



Bodemgezondheidproef 2019

Effect van maatregelen en teeltsystemen op milieuaaltjes

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

¹ Wageningen University & Research | Open teelten

² Wageningen University & Research | Biointeracties & Plantgezondheid

Rapport WPR-OT 925



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Bodemgezondheidproef 2019

effect van maatregelen en teeltsystemen op milieuaaltjes

Pella Brinkman¹, Johnny Visser¹, Leendert Molendijk¹ en Gerard Korthals²

1 Wageningen University & Research | Open teelten

2 Wageningen University & Research | Biointeracties & 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, februari 2022

Rapport WPR-OT 925

Brinkman, E.P., J.H.M. Visser, L.P.G. Molendijk, G.W. Korthals, 2022. *Bodemgezondheidproef 2019; effect van maatregelen en teeltsystemen op milieuaaltjes*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT 925. 50 blz.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/564642>

Trefwoorden: groenbemester; organische restmaterialen; ontsmetten; milieuaaltjes.

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320-291111; 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.

Projectnummer 3750354205

Rapport WPR-OT 925

Foto omslag: Bodemgezondheidproef Vredepeel



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, Agrocares/HLB, Imants, Delphy.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Achtergrond van de bodemmaatregelen	10
1.2.1 Groenbemesters	11
1.2.2 Organische restmaterialen	12
1.2.3 Ontsmetten	12
1.3 Nematoden	13
1.4 Doelstelling project	13
2 Opzet en uitvoering	15
2.1 Gewasrotatie	15
2.2 Maatregelen	16
2.3 Bemesting	18
2.4 Nematodenbepaling	19
2.5 Verwerking resultaten	19
3 Resultaten	21
3.1 Totaal aantal, biomassa en dauerlarven	22
3.2 Aantal niet-planteneters	25
3.3 Aantal herbivoren (planteneters)	28
3.4 Nematoden in CP-klassen	31
3.5 Nematoden in PP-klassen	34
3.6 Indexen	36
4 Discussie en conclusies	41
4.1 Bodemmaatregelen	41
4.2 Teeltsystemen	42
4.3 Effect op specifieke groepen	42
4.4 Toekomstig onderzoek	43
Literatuur	44
Bijlage 1: Bodemmaatregelen 2006 en 2009	
Bijlage 2: Proefveldschema	
Bijlage 3: Mineralensamenstelling producten en groenbemesters	

Woord vooraf

De Bodemgezondheidsproef is opgezet in 2006 om veel verschillende bodemmaatregelen te toetsen op hun effectiviteit om het wortelstelselaaltje *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-termijneffecten 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 resultaten van de bepalingen van milieuaaltjes die in 2019 in de Bodemgezondheidsproef zijn gedaan, zijn beschreven in het huidige rapport.

Samenvatting

Het oorspronkelijke doel van de Bodemgezondheidproef was om bodemmaatregelen te toetsen die kunnen worden gebruikt om het wortelstelselaaltje *Pratylenchus penetrans* en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* te beheersen in een akkerbouwsysteem op zandgrond. Daarnaast is de proef gebruikt om maatregelen te ontwikkelen die bodemweerbaarheid en bodemleven kunnen stimuleren en om dit te meten. 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). De maatregelen werden vergeleken met een controle (zwarte braak), die onkruidvrij werd gehouden. In maart 2019 werd de grond in alle velden bemonsterd en werd de samenstelling van de nematodengemeenschap bepaald. Nematoden komen voor op verschillende niveaus in het bodemvoedselweb en verschillen in de mate en snelheid waarin ze reageren op voedselaanbod en verstoring. Daarmee weerspiegelen ze veranderingen in de bodem.

De bodemmaatregelen hadden een significant effect op veel van de parameters die uit de tellingen van de nematoden zijn berekend. Het effect van de bodemmaatregelen op de meeste nematodenparameters was groter dan het effect van het teeltsysteem (biologisch versus gangbaar). Weliswaar was door de proefopzet het effect van de bodemmaatregelen preciezer vast te stellen dan dat van het teeltsysteem, maar per saldo was het effect van het teeltsysteem minder groot. Bij een deel van de parameters verschilde het effect van de maatregelen tussen de twee teeltsystemen. Dit was onder andere het geval voor de Enrichment Index (EI) die iets hoger was in het biologische dan in het gangbare systeem. Dit is een indicatie dat in het biologische systeem relatief meer aaltjessoorten voorkomen die voedselrijkere omstandigheden nodig hebben. Dit kan te maken hebben met de bemesting met alleen organische mest en met een groter aantal grondbewerkingen bij sommige maatregelen in het biologische systeem.

Het telen van de drie **groenbemesters** had een vergelijkbaar effect op veel bodemparameters met vooral een verhoogd aantal bacterie-etters en herbivoren, al was het aantal herbivoren lager bij de teelt van tagetes dan bij gras-klaver en het groenbemestermengsel. Het lagere aantal herbivoren was deels toe te schrijven aan het bestrijdende effect op *Pratylenchus*, maar vooral door een minder sterke toename van het aantal Dolichodoridae dan bij de andere twee groenbemesters. Door de teelt van groenbemesters wordt vers organisch materiaal in de grond gebracht dat wordt verteerd door micro-organismen. Dit stimuleert de bacterie-etende nematoden die snel op voedselaanbod reageren (uit de CP-1 groep). In veel opzichten leek de nematodengemeenschap na toedienen van **compost** het meeste op die van de onbehandelde controle. Het aantal bacterie-etters en herbivoren was vrij laag, terwijl het aantal omnivoren wat hoger was. Met compost wordt organische stof ingebracht die al gedeeltelijk is verteerd, waardoor het bodemleven beperkt extra voedsel beschikbaar heeft. Het effect van toedienen van **chitine** en **haarmeel** op de nematodengemeenschap was vergelijkbaar en verschilde in beide gevallen niet sterk van de controle. Wel was er een verschuiving in de Structure Index (SI), door een opstapeling van niet-significante effecten in meerdere groepen. Na de natte **grondontsmetting** met Monam was de totale dichtheid nematoden zeer laag vergeleken met de andere behandelingen. ASD, ontsmetten met zaadmeel of natte grondontsmetting en de combinatiebehandeling (ASD, haarmeel en compost) hadden in veel opzichten het sterkste effect op de nematodengemeenschap. Het aantal plantenvoeders, predatoren en omnivoren was na deze maatregelen laag. Het aantal bacterie-etters was alleen laag na ASD en ontsmetten, maar juist hoger na de combinatiebehandeling. Na ASD en ontsmetten bestond de groep niet-plantenvoeders vooral uit soorten bacterie- en schimmeleters die minder gevoelig zijn voor verstoring (CP-2).

De diverse bodemmaatregelen hadden effect op het bodemleven dat terug was te zien in de samenstelling van de nematodengemeenschap. De verschillen tussen het biologische en het gangbare systeem waren kleiner. Naast effecten op de nematodengemeenschap zijn ook effecten op gewasopbrengst, bodemchemie en ander bodemleven bepaald. Vergelijken van de gegevens kan

inzicht geven in relaties tussen maatregelen, gewasgroei en bodem en daarmee mogelijk indicatoren voor bodemkwaliteit opleveren. Dit wordt in een later stadium gerapporteerd.



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 en bacteriën. Dit moet bovendien passen binnen 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. Daardoor 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 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 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 en een deel van de behandelingen is oorspronkelijk uitgekozen op een besmetting met het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) en *Verticillium dahliae*, veroorzaker van verwelkingsziekte. Daarnaast is het perceel besmet met verscheidene andere plantparasitaire aaltjes en schadelijke bodemschimmels. 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 gangbare 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). Elk van de vier blokken is verdeeld in vier plots, waarover de vier teeltsystemen zijn geward. Elke plot is onderverdeeld in tien subplots, waarover tien bodemmaatregelen zijn geward. Dit betekent dat gangbare 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 (in 2006, 2009 en 2018) tien verschillende bodemmaatregelen uitgevoerd, die gericht zijn op het onderdrukken van pathogenen, 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 ontsmetten van de bodem. De bodemmaatregelen die zijn uitgevoerd zijn in de loop van de tijd iets aangepast (Tabel 1.1, Bijlage 1). Omdat biofumigatie met de gebruikte methode 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 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* een zeer sterk effect heeft op de besmetting met het wortellesieaaltje en daarmee op opbrengst en kwaliteit. Het effect van de aanvullende maatregelen was daardoor moeilijk te bepalen.

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-klover	Gras-klover
3	<i>Tagetes patula</i> (Afrikaantje)	<i>Tagetes patula</i> (Afrikaantje)
4	Sarepta mosterd	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 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 verschillende 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 plantparasitaire aaltjes, moeten bij de teelt van mengsels worden onderzocht.

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* werken 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 half juli.

1.2.2 Organische restmaterialen

In de literatuur wordt in het algemeen een neutraal of positief effect gemeld van toevoegen 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 polysaccharide 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). 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 reageert op de toevoeging van haarmeel, dat een hoog gehalte aan keratine bevat. In bio-toetsen 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 biologische 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 of duurzamer effect is op de bodemgezondheid (Korthals *et al.*, 2014).

Het uitvoeren van een chemische grondontsmetting om bodempathogenen als aaltjes en schimmels, maar ook (wortel)onkruiden te bestrijden is in de land- en tuinbouw vrij gangbaar. Door een goed uitgevoerde natte grondontsmetting kan een aaltjesbesmetting met circa 85% afnemen. Op dit moment (februari 2022) is voor het uitvoeren van een Natte Grondontsmetting (NGO) alleen het middel Monam toegelaten. De actieve stof van Monam is metam-natrium, dat in de bodem ontbindt in het voor veel bodemorganismen toxische methylisothiocyanaat (MIT). Monam wordt met een spitinjecteur bouwvoordiep ingebracht, waarna de grond dichtgerold wordt. Sinds 2018 is 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 zijn 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 Nematoden

Nematoden of aaltjes zijn microscopisch kleine rondwormen die in de grond leven. In elke bodem zitten al gauw 40-100 verschillende soorten, die leven van verschillende soorten voedsel. Plant-parasitaire aaltjes voeden op plantenwortels en een deel van de soorten kan schadelijk zijn voor plantengroei of -kwaliteit. Daarnaast zijn er veel niet plant-parasitaire aaltjes die grazen van bacteriën en schimmels en zo bijdragen aan de mineralisatie. Verder zijn er ook predatoren (roofaaltjes) die protozoën en andere nematoden belagen en alleseters (omnivoren) die verschillende voedselbronnen gebruiken (Yeates *et al.*, 1993). Doordat ze zo talrijk, divers en belangrijk zijn, worden ze al lang gebruikt als indicator, en verschillende indexen geven een indicatie over de vruchtbaarheid en mate van verstoring in de bodem (Bongers, 1990; Ferris & Bongers, 2006).

Bodemmaatregelen, zoals het telen van verschillende gewassen, toedienen van materialen aan de grond of ontsmetten zorgen zowel voor een verschillende mate van verstoring als voor verschillende vormen van voedselaanbod. Organisch materiaal wordt afgebroken door schimmels en bacteriën. Afhankelijk van de samenstelling van het materiaal zullen bepaalde groepen in aantal toenemen (Reardon *et al.*, 2016; Abbott *et al.*, 2018; Clocchiatti *et al.*, 2020). Dit kan invloed hebben op de nematoden die van deze schimmels en bacteriën leven en daarmee op de samenstelling van de aaltjesgemeenschap.

Naast een indeling op basis van de voedselbron, kunnen aaltjesgroepen worden ingedeeld op basis van een CP-waarde (Colonizer-Persister waarde), die kan variëren van 1 tot 5 (Bongers, 1990). Deze waarden zijn toegekend afhankelijk van de levensstrategie van de aaltjes. De aaltjes met een lage CP-waarde hebben een korte levenscyclus, produceren veel nakomelingen en kunnen snel reageren op een toename in voedsel. Aaltjes met een hoge CP-waarde hebben een langere levenscyclus, produceren weinig nakomelingen en zijn gevoelig voor verstoringen.

Verschuivingen tussen CP-groepen kunnen worden weergegeven met indexen, zoals de Maturity Index (MI; Bongers, 1990). De MI geeft een gewogen gemiddelde van de CP-waarde en is gebaseerd op alle aaltjesgroepen, met uitzondering van de plantenparasieten. De Maturity Index 2-5 (MI2-5) wordt op dezelfde manier berekend als de MI, maar laat de groepen met een CP-waarde van 1 buiten beschouwing (Bongers & Korthals, 1994). De Plant Parasitic Index (PPI) is gebaseerd op dezelfde classificatie in CP-waarden als de MI, maar is juist alleen gebaseerd op de plantenparasieten (Bongers & Korthals, 1994).

Andere indexen belichten het belang van verschillende groepen (Ferris *et al.*, 2001). De Basal Index (BI) is een indicatie voor de mate van voorkomen van aaltjes met een hoge stresstolerantie (CP-waarde 2). De Enrichment Index (EI) is een maat voor de aanwezigheid van bacterie- en schimmeleeters die snel reageren op een toename in voedselaanbod. Een hoge EI geeft aan dat het voedselaanbod voor de aaltjes hoog is. De Channel Index (CI) specificiert het aandeel van de schimmeletende aaltjes binnen de groep die snel reageert op voedselaanbod. Bij hogere waarden zijn de schimmeletende aaltjes in deze groep dominant, bij lagere waarden de bacterie-etende aaltjes. In het algemeen zijn CI-waarden in akkerbouwgronden laag. De Structure Index (SI) is een maat voor de complexiteit, structuur en interacties tussen aaltjes in de grond. Lagere waarden geven aan dat het voedselweb basaal is met voornamelijk bacterie- en schimmeleeters met lage CP-waarden. Hogere waarden van de SI daarentegen zijn een indicatie voor een complexer voedselweb, waarin ook groepen voorkomen die gebruik maken van andere voedselbronnen (zoals predatoren en omnivoren) en met hogere CP-waarden. Dit zijn nematoden die gevoeliger zijn voor verstoring.

1.4 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 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 te bestrijden en wat is de impact van deze maatregelen op de gewassen, bodemweerbaarheid en het bodemleven.
 - Bodembioïecologie en bodemweerbaarheid; welke maatregelen zijn effectief om het bodemleven en de bodemweerbaarheid duurzaam 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 op milieuaaltjes in 2019 beschreven. In hoofdstuk 2 wordt de opzet en de uitvoering van de proef en de meting beschreven, in hoofdstuk 3 de resultaten en in hoofdstuk 4 de discussie en conclusie.

In aanvullende rapportages zullen de effecten van de maatregelen en teeltsystemen op andere bodembioïecologische parameters (o.a. bodemvruchtbaarheid, plantparasitaire aaltjes, HWC, PMN en microbiologische metingen), de bodemweerbaarheid, opbrengst en kwaliteit van de gewassen, en een integrale analyse van alle resultaten worden opgenomen (Kurm *et al.*, 2022; Visser *et al.* 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 2; 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 deels verschillende gewassen in het biologische en het gangbare systeem geteeld (Tabel 2.1). 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 duureffecten 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 2.2 is de rotatie van de hoofdgewassen en groenbemesters vanaf 2017 weergegeven. In 2017 zijn consumptieaardappelen 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 conservenerwtten 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 geoogst. 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, 2006-2016.

Jaar	Hoofdgewas-BIO	Hoofdgewas-GBR	Groenbemester-BIO	Groenbemester-GBR
2006	Zomergerst	Zomertarwe		<i>Bodemmaatregelen¹</i>
2007	Aardappel-vroeg	Aardappel-laai	Japanse haver	-
2008	Lelie	Lelie	-	-
2009	Zomergerst	Zomertarwe		<i>Bodemmaatregelen¹</i>
2010	Aardappel-vroeg	Aardappel-laai	Japanse haver	-
2011	B-peen	B-peen	-	-
2012	Mais	Mais	Japanse haver	Bladrogge
2013	Mais	Mais	Japanse haver	Bladrogge
2014	Mais	Mais	Japanse haver	Bladrogge
2015	Conservenerwt	Conservenerwt	Japanse haver	Bladrogge
2016	Zomergerst	Zomertarwe	Japanse haver	Bladrogge

¹ De bodemmaatregelen werden na de teelt van het hoofdgewas uitgevoerd.

Tabel 2.2 Details van de 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
		<i>Bodemmaatregelen</i>	-	<i>juli</i>	
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.

2.2 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 (CTR), 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 handzaamachine (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 handzaamachine (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 handzaamachine (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 4.

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 4.

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 4.

8. Anaerobe grondontsmetting (ASD)

Voor het uitvoeren van de ASD is op 17 juli per veldje 180 kg vers gras opgebracht (50 ton/ha). Het gras is circa 25 cm diep ingespit. Vervolgens zijn de veldjes berekend 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 4.

9. Grondontsmetting (ONT: NGO of CAL)

In het gangbare systeem is op 19 juli een Natte GrondOntsmetting (NGO) met Metamnatrium (Monam) uitgevoerd. Met een spinjecteur 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 gespit. 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 berekend 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 4.

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.

Door het toedienen van de verschillende producten (bodemmaatregelen) 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.

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 hoeveel N, P en K per ha wordt vastgelegd (tabel 2.4).

Tabel 2.3 Dosering en mineralentoevoer bij toedienen van organische producten als bodemmaatregel.

Dosering/Mineraal	Eenheid	Compost	Chitine	Haar-meel	Zaad-meel	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	435	*	824
Borium	g/ha	-	140	*	94	144
Koolzure kalk	g/ha	56	-	-	-	-

- niet gemeten; * beneden de detectiegrens.

Tabel 2.4 Productie en mineralenvastlegging door de drie groenbemesters in de twee teeltsystemen in de bodemgezondheidsproef, gemeten in november 2018.

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.

2.3 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 2.5). De kunstmest is in meerdere giften toegediend. 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 Bodemgezondheidproef 2017-2018, Vredepeel. Er is geen extra P als kunstmest toegediend.

Jaar/gewas	Systeem	Vaste rundmest (m ³ /ha)	Rundvee drijfmest (m ³ /ha)	Vinassekali (m ³ /ha)	Kunstmest N (kg/ha)	Kunstmest K ₂ O (kg/ha)
2017/aardappel	BIO	25	25	-	-	-
	GBR	-	40	-	110	-
2018/erwt	BIO	-	22	-	-	-
	GBR	-	22	-	-	-
2019/prei	BIO	-	25+40*	4	-	-
	GBR	-	25+40*	-	195	75
2020/gerst	BIO	-	30 + 25**	-	-	-
	GBR	-	0 + 25**	-	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

** 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.

2.4 Nematodenbepaling

In maart 2019 zijn grondmonsters gestoken om het effect van de maatregelen en teeltsystemen op milieuaaltjes 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 (120 g) is genomen voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesgemeenschap.

Het 100 mL submonster is over een 180 µm zeef gespoeld. 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 op een Tork filter 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. Daarna werd de rest van het monster gefixeerd met TAF om de nematoden te kunnen determineren. TAF is een oplossing van 7.6 mL formaline (37% formaldehyde), 2,0 mL triethylamine en 90,4 mL gedestilleerd water (van Bezooijen en Ettema, 1996). Hiertoe werden de nematoden in de watersuspensie eerst overgebracht in glazen potjes van 25-30 mL, 24 uur te bezinken gezet en de bovenstaande vloeistof werd afgezogen tot 2 mL. Er werd 4 mL TAF van 90°C bij gepipetteerd en meteen daarna 4 mL TAF van 20°C. Bij een vergroting van 400-1000× werden willekeurig ca. 150 nematoden gedetermineerd tot op familie, geslacht of soort (Bongers, 1988). Dauerlarven werden wel geteld, maar niet meegerekend in het aantal te determineren nematoden.

2.5 Verwerking resultaten

Het aantal geïdentificeerde nematoden per groep (familie/geslacht/soort) per 100 g verse grond werd berekend met de volgende formule:

$$\frac{(\text{aantal nematoden in bepaalde groep})}{(\text{totaal aantal geïdentificeerde nematoden})} \times \frac{(\text{aantal nematoden in 100 mL gespoelde grond}) \times 100}{(\text{versgewicht gespoelde grond})}$$

Met het programma Ninja werd van elk monster de verdeling over de verschillende voedselgroepen, de verdeling over de verschillende CP-klassen, de biomassa en de indexen MI, MI2-5, BI, CI, EI en SI berekend (Sieriebriennikov *et al.*, 2014). Dauerlarven zijn weggelaten bij het berekenen van deze waarden, omdat ze geen deel uitmaken van de actieve nematodengemeenschap.

Daarna werden verschillen tussen de behandelingen statistisch geanalyseerd. Hiertoe werden de aantallen nematoden ¹⁰log(x+1)-getransformeerd en de biomassa van de nematoden ¹⁰log(x)-

getransformeerd, maar de indexen hoefden niet te worden getransformeerd. De gegevens werden geanalyseerd volgens een split-plot design, met teeltsysteem als plot en bodemmaatregel als subplot. Effecten van de bodemmaatregelen kunnen in deze opzet met grotere precisie worden geschat dan effecten van teeltsysteem (Oude Voshaar, 1994). Significantie van de verschillen tussen de behandelingen werden berekend met een LSD-toets (Least Significant Difference), waarbij een drempelwaarde van $P < 0,05$ werd aangehouden. Na berekenen van de gemiddelden werden de waarden van de aantallen en biomassa terug getransformeerd naar een lineaire schaal om interpretatie te vereenvoudigen.

In de figuren is het gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval voor de aantallen en de biomassa van de nematoden weergegeven; dit zijn terug getransformeerde waarden. In de figuren van de indexen is het gemiddelde en de standaarddeviatie weergegeven (niet getransformeerde waarden). Waarden die met verschillende letters zijn gemarkeerd, verschillen betrouwbaar van elkaar.

3 Resultaten

Het effect van de teeltsystemen en bodemmaatregelen op het aantal nematoden en de berekende indexen wordt in dit hoofdstuk beschreven. Er was een significante interactie tussen teeltsysteem en bodemmaatregel bij het totaal aantal nematoden (zonder dauerlarven), het aantal fungivoren, bacterivoren en wortelhaarvoeders en de aantallen nematoden in de klassen CP1, CP2 en CP4 (niet-plantparasieten), PP2, PP3 (plantparasieten), de SI en de biomassa van de nematoden (Tabel 3.1). Veel parameters van milieuaaltjes werden vooral beïnvloed door de bodemmaatregel vóór de teelt en minder door het teeltsysteem: het aantal dauerlarven, predatoren, omnivoren, herbivoren (plantparasieten/wortelhaarvoeders), aantal nematoden in klasse CP3, CP5 en PP4, Basal Index (BI), Enrichment Index (EI) en het aantal taxa (Tabel 1). Het teeltsysteem had invloed op de Enrichment Index (EI), die iets hoger was in het biologische dan in het gangbare systeem (Tabel 3.1, 3.2). Er was geen significant effect van teeltsysteem of bodemmaatregel op het aantal nematoden in klasse PP5, de Plant Parasite Index (PPI) en de Channel Index (CI). Er is een indicatie gegeven van de groepen (families) die opvallen bij de verschillende classificaties (voedselgroepen en CP-klassen). Van deze groepen zijn geen gemiddelde aantallen per teeltsysteem of bodemmaatregel berekend.

Tabel 3.1 Significantie van de Split-plot Anova van het effect van teeltsysteem (biologisch en gangbaar) en bodemmaatregelen (tien, zie tekst voor beschrijving) op verschillende parameters van milieuaaltjes in 2019 (n=4).

Parameter	Significantie Anova		
	Landbouw	Bodemmaatregel	Landbouw*Bodemmaatregel
Aantal (n/100 g verse grond)			
Dauerlarven	ns	***	ns
Totaal (zonder dauerlarven)	*	***	***
Fungivoren	.	**	*
Bacterivoren	*	***	***
Predatoren	ns	*	ns
Omnivoren	ns	***	ns
Herbivoren (plantparasiet)	ns	***	ns
Sedentaire endoparasieten	ns	ns	.
Migratoire endoparasieten	ns	***	ns
Semi-endoparasieten	ns	***	ns
Ectoparasieten	ns	***	ns
Wortelhaarvoeders	ns	***	***
CP1	**	***	***
CP2	*	***	***
CP3	ns	***	*
CP4	ns	***	*
CP5	ns	***	ns
PP2	ns	***	**
PP3	ns	***	*
PP4	ns	***	ns
PP5	ns	ns	ns
Index			
Maturity Index (MI)	ns	***	ns
Maturity Index 2-5 (MI2-5)	ns	***	.
Plant Parasite Index (PPI)	ns	ns	ns
Channel Index (CI)	.	.	ns
Basal Index (BI)	ns	***	ns
Enrichment Index (EI)	*	***	ns
Structure Index (SI)	ns	***	*
Aantal taxa	ns	***	ns
Biomassa (mg/100 g)	**	***	***

Significantie codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 'ns' niet significant.

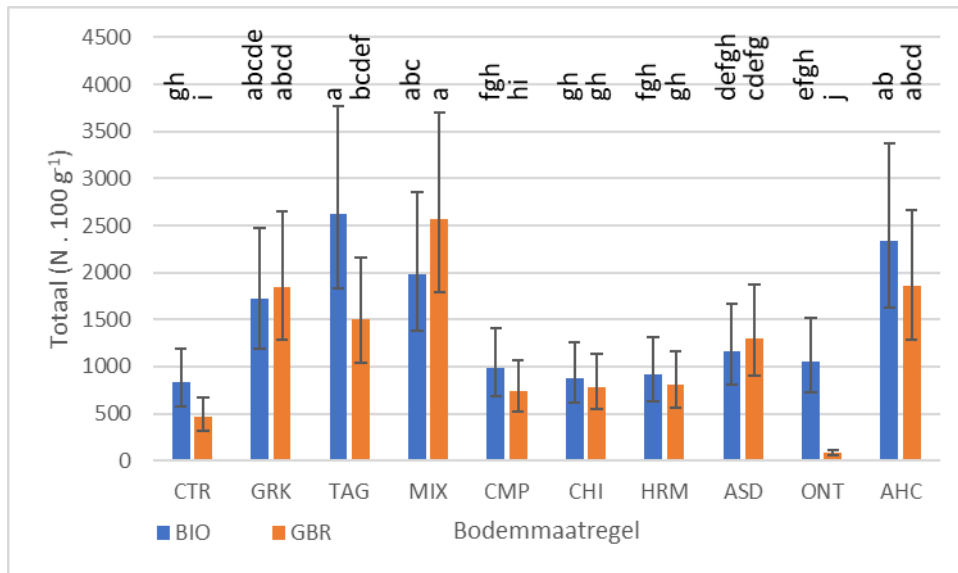
Tabel 3.2 Gemiddelde waarden van parameters van milieuaaltjes in de bodemgezondheidsproef (maart 2019) in twee teeltsystemen (biologisch en gangbaar), gemiddeld over 10 bodemmaatregelen, met significantie van de Split-plot Anova (n=4). Alleen de parameters waarbij de interactie tussen teeltsysteem en bodemmaatregel niet significant was, zijn weergegeven.

Parameter	Biologisch	Gangbaar	Significantie [‡]
Aantal (n/100 g verse grond)			
Dauerlarven	68.5	46.5	ns
Predatoren	1.6	3.4	ns
Omnivoren	14.1	13.8	ns
Herbivoren (plantparasiet)	120	109	ns
Sedentaire endoparasieten	0.05	0.26	ns
Migratoire endoparasieten	4.1	3.1	ns
Semi-endoparasieten	1.2	1.8	ns
Ectoparasieten	63.0	53.0	ns
CP5	5.9	7.5	ns
PP3	35.6	37.5	ns
PP4	15.7	13.9	ns
PP5	0.1	0.5	ns
Index			
Maturity Index (MI)	1.73	1.79	ns
Maturity Index I2-5 (MI2-5)	2.34	2.39	ns
Plant Parasite Index (PPI)	2.97	2.82	ns
Channel Index (CI)	1.74	1.07	.
Basal Index (BI)	19.5	21.0	ns
Enrichment Index (EI)	77.2	73.8	*
Aantal taxa	28.6	30.3	ns

[‡] Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 'ns' niet significant

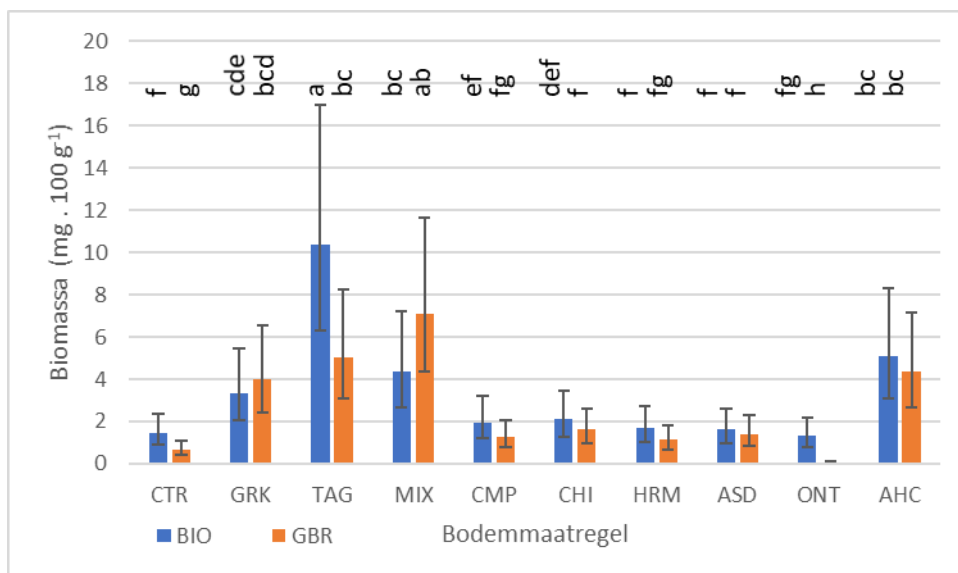
3.1 Totaal aantal, biomassa en dauerlarven

In het biologische systeem was het totaal aantal nematoden na tagetes, het groenbemestermengsel en de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontsmetting met zaadmeel, compost en haarmeel (Figuur 3.1). In het gangbare systeem was het totaal aantal nematoden na het groenbemestermengsel en de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontsmetting met NGO (Monam), compost en haarmeel. Het effect van tagetes op het totaal aantal nematoden verschilde in beide systemen: het aantal was hoger in het biologische dan in het gangbare systeem. Dit effect werd vooral veroorzaakt door een verschil in het aantal bacterie-etters. Ook in de onbehandelde controle en na ontsmetten was het totale aantal nematoden hoger in het biologische dan in het gangbare systeem.



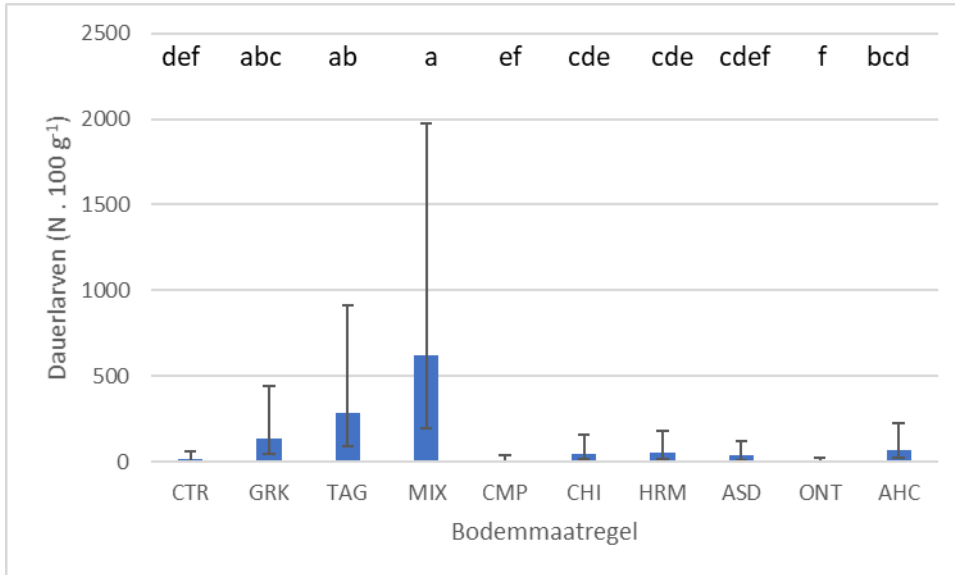
Figuur 3.1 Totaal aantal nematoden (zonder dauerlarven) per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

De biomassa van de nematoden is een maat voor de bijdrage die ze leveren aan het ecosysteem. De biomassa is zowel gerelateerd aan het totale aantal nematoden als aan de soortensamenstelling, omdat er verschillen zijn in grootte tussen de nematoden. Het patroon van het effect op biomassa was vergelijkbaar met dat van het totale aantal nematoden (Figuur 3.1, 3.2). De biomassa van de nematoden verschilde meestal niet significant tussen beide teeltsystemen (Figuur 3.2). Alleen na behandeling tagetes en ontzmetting met zaadmeel/NGO was de biomassa lager in het gangbare dan in het biologische systeem. In het biologische systeem was de biomassa bij tagetes hoger dan bij alle andere behandelingen. De biomassa bij het groenbemestermengsel en de combinatie was hoger dan bij de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontzmetting met zaadmeel, compost en haarmeel. In het gangbare systeem was naast tagetes de biomassa bij het groenbemestermengsel en de combinatie hoger dan in de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontzmetting met NGO, compost en haarmeel.



Figuur 3.2 Biomassa van de nematoden (zonder dauerlarven) per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

Het aantal dauerlarven na de teelt van het groenbemestermengsel was significant hoger dan na de andere bodemmaatregelen, behalve na de teelt van gras-klover en tagetes (Figuur 3.3). Dauerlarven zijn ruststadia die niet kunnen worden geïdentificeerd. Ze horen of tot bacterie-etters uit cp-klasse 1 of tot insectenparasieten. Een hoog aantal dauerlarven kan een indicatie zijn dat er een (tijdelijke) opbloei is geweest in het voedselaanbod, in dit geval bacteriën. Het aantal dauerlarven in de proef was niet duidelijk gerelateerd aan het aantal bacterie-etters. Op basis van deze gegevens is het niet mogelijk om een uitspraak te doen waarom er na de teelt van het groenbemestermengsel meer dauerlarven werden gevonden, omdat niet is af te leiden wanneer ze zijn gevormd. De dauerlarven zijn niet meegeteld in het totaal aantal nematoden en de biomassa.

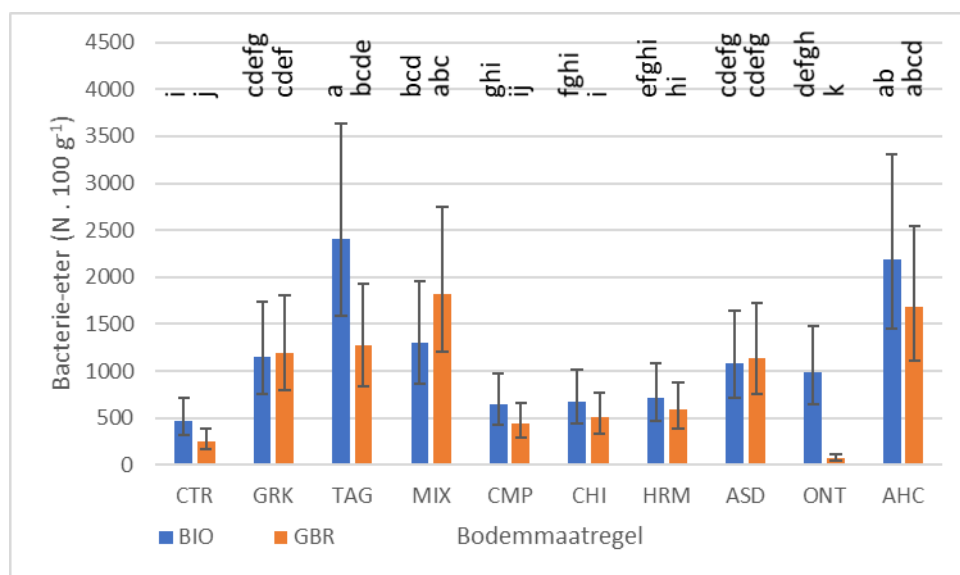


Figuur 3.3 Aantal dauerlarven per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

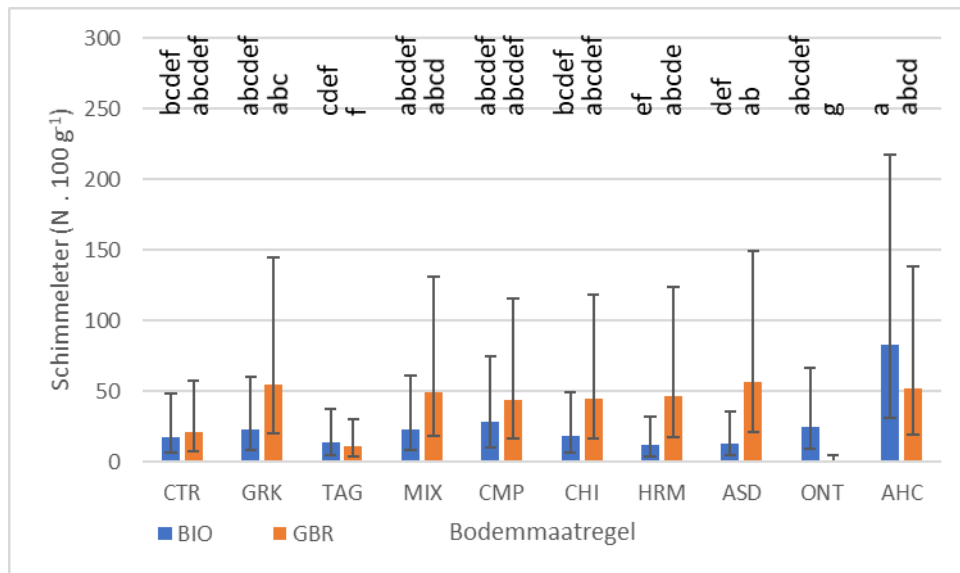
3.2 Aantal niet-planteneters

In het biologische systeem was het aantal bacterie-eters na tagetes en de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, gras-klover, ASD, chitine, ontsmetten met zaadmeel, compost en haarmeel (Figuur 3.4). In het gangbare systeem was het aantal bacterie-eters na het groenbemestermengsel hoger dan na de onbehandelde controle, chitine, ontsmetten met NGO, compost en haarmeel. Het aantal bacterie-eters in de controle, na tagetes en na ontsmetten was in het biologische systeem hoger dan in het gangbare systeem. Door de maatregelen namen verschillende groepen bacterie-eters meer of minder toe. Na de teelten gras-klover, tagetes en het groenbemestermengsel was het aantal Rhabditidae vrij hoog. Bij ASD, zaadmeel (alleen in het biologische systeem) en bij de combinatie was het aantal Cephalobidae juist hoger. Het aantal Plectidae en Alaimidae was lager, maar wel relatief hoog in de onbehandelde controle, de drie groenbemesters en compost.

In het biologische systeem was er het aantal schimmeleeters na de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, tagetes, ASD, chitine, en haarmeel (Figuur 3.5). In het gangbare systeem was het aantal schimmeleeters na gras-klover, het groenbemestermengsel, ASD, haarmeel en de combinatie significant hoger dan na tagetes en NGO. Na ASD was het aantal schimmeleeters hoger in het gangbare dan in het biologische systeem, maar na ontsmetten met Monam was het aantal lager dan na ontsmetten met zaadmeel. In de combinatie bestonden de schimmeleeters vooral uit *Aphelenchus*, in de andere behandelingen uit zowel *Aphelenchus* als *Aphelenchoides* (naast lage aantallen andere schimmeleeters).



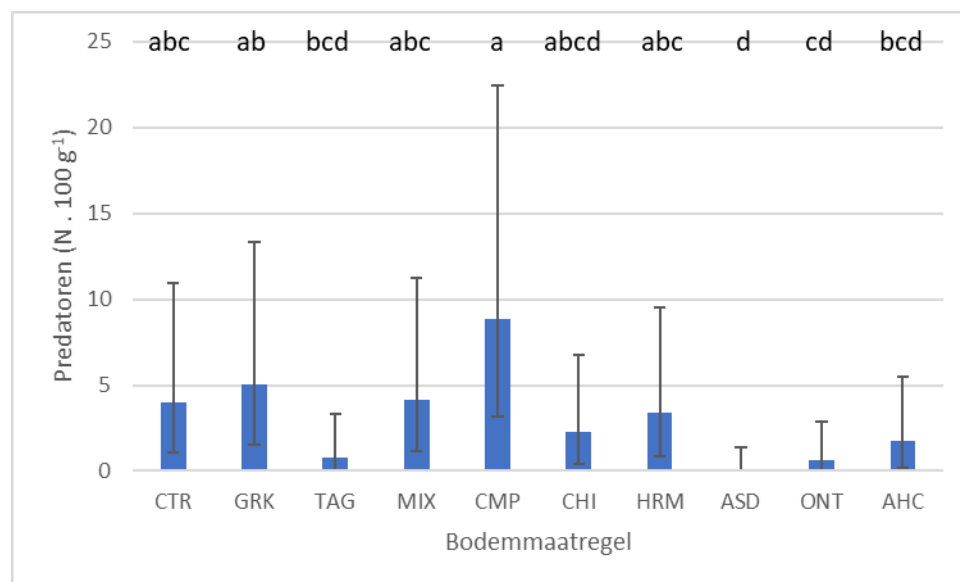
Figuur 3.4 Aantal bacterie-eters per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).



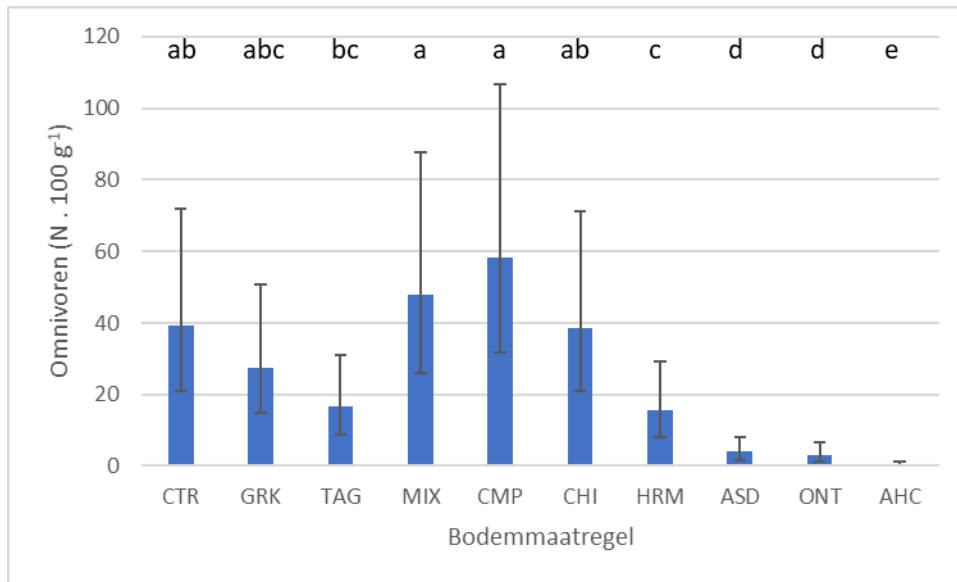
Figuur 3.5 Aantal schimmeleeters per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

Het aantal predatoren was significant hoger na toedienen van compost dan na tagetes, ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie (Figuur 3.6). Het betrof verschillende groepen, waarbij op het oog geen duidelijk patroon te zien was in aanwezigheid in specifieke behandelingen. Binnen een behandeling waren er zowel monsters met heel lage aantallen als met hogere aantallen. Dit gold ook voor compost.

Het aantal omnivoren (alleseters) was na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie lager dan na de andere bodemmaatregelen (Figuur 3.7). Het aantal omnivoren na tagetes en haarmeel was ook relatief laag ten opzichte van het groenbemestermengsel, chitine en compost. Het aantal Thorenematidae was specifiek hoger na het groenbemestermengsel en compost, maar ook andere groepen omnivoren waren bij die bodemmaatregelen in hogere aantallen aanwezig.



Figuur 3.6 Aantal predatoren per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch systeem (maart 2019; n=8).

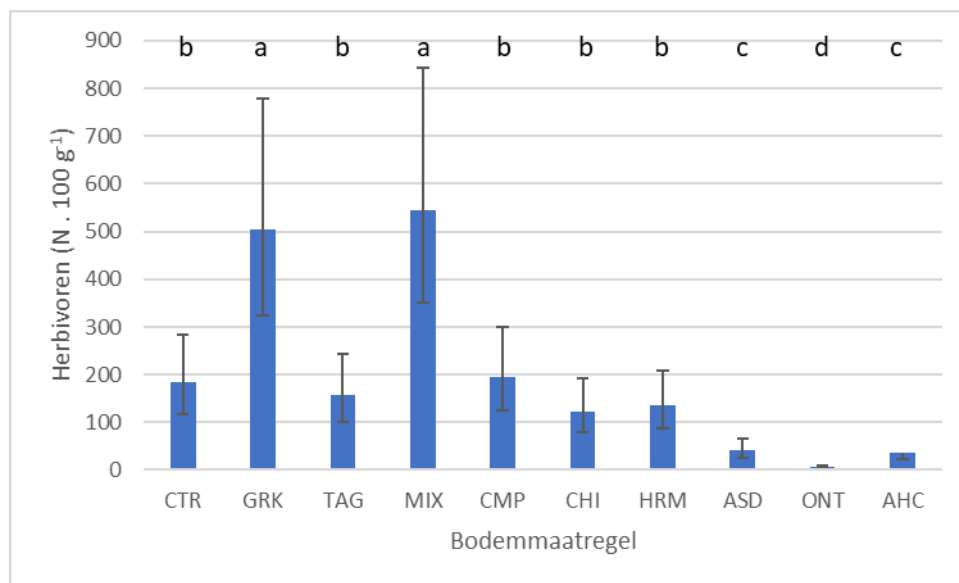


Figuur 3.7 Aantal omnivoren (alleseters) per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

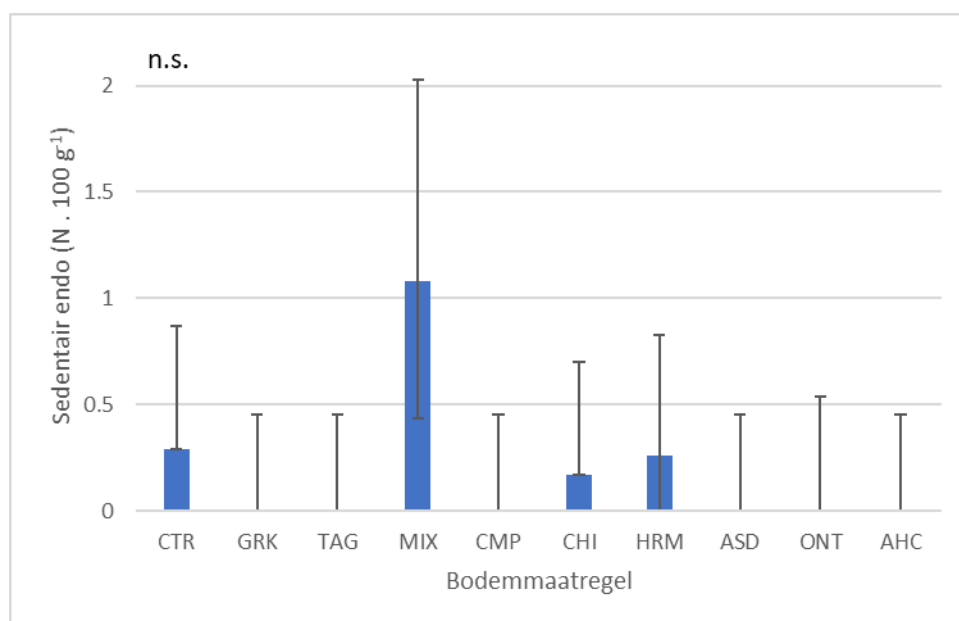
3.3 Aantal herbivoren (planteneters)

Het aantal herbivoren was significant hoger na gras-klover en het groenbemestermengsel dan na de andere bodemmaatregelen (Figuur 3.8). Dit werd vooral veroorzaakt door hogere aantallen ectoparasieten (voornamelijk Dolichodoridae, ook wel bekend als *Tylenchorhynchus*, maar ook trichodoriden). Het aantal herbivoren na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie was het laagste. Er zijn verschillende groepen herbivoren, waarbij vaak een indeling wordt gemaakt naar de manier waarop ze zich op de plant voeden: sedentaire, migratoire en semi-endoparasieten, ectoparasieten en wortelhaarvoeders.

Bij sedentaire endoparasieten zijn de onvolwassen stadia en de mannetjes beweeglijk, maar zwelt het vrouwtje na binnendringen van de plant op en kan zich dan niet meer verplaatsen. Van deze groepen worden bij grondextractie dus alleen onvolwassen exemplaren en mannetjes gevonden. Het aantal sedentaire endoparasieten (*Meloidogyne*) in de grond was erg laag (Figuur 3.9) en daardoor minder relevant. De bodemmaatregelen en het teeltsysteem hadden geen significant effect op het aantal sedentaire endoparasieten.



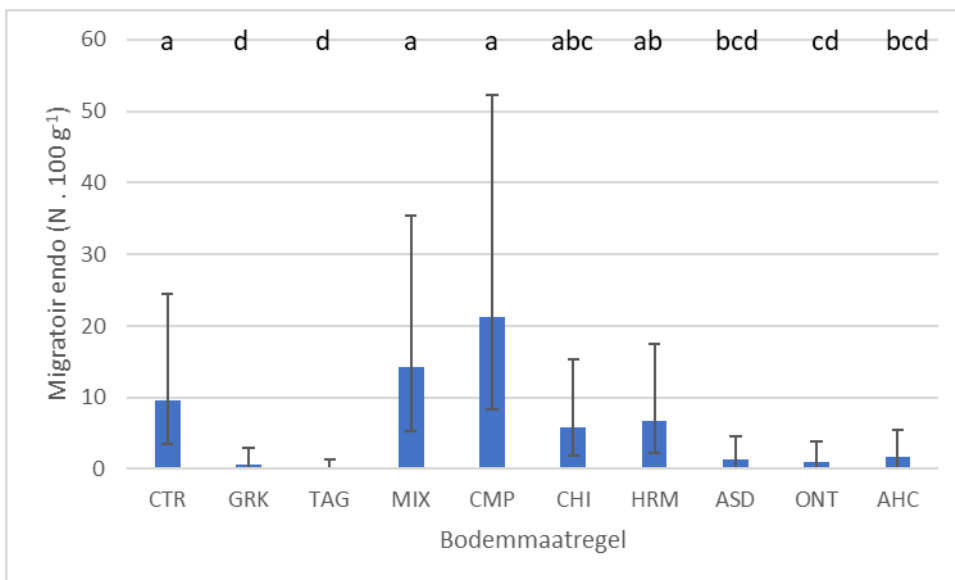
Figuur 3.8 Totaal aantal herbivoren (planteneters) per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



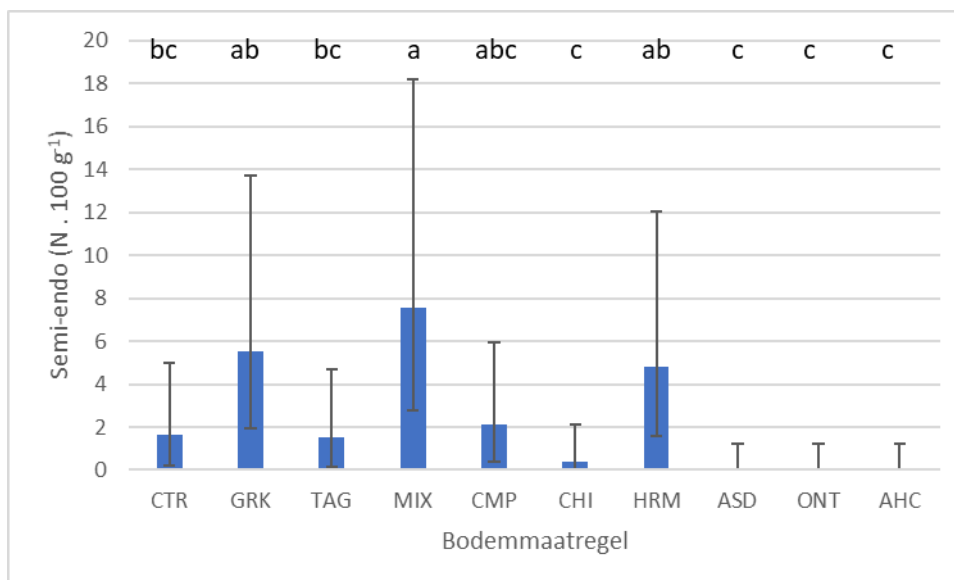
Figuur 3.9 Aantal sedentaire endoparasieten per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

Migratoire (beweeglijke) endoparasieten kunnen zowel de wortels van de plant volledig binnendringen en zich daar verplaatsen, als zich door de grond bewegen. Het aantal migratoire endoparasieten in de grond (*Pratylenchus*, Anguinidae) was laag (Figuur 3.10) en kan zijn onderschat door de gebruikte extractiemethode, waarbij de grond niet werd geïncubeerd. Het aantal migratoire endoparasieten na de onbehandelde controle, het groenbemestermengsel en compost was hoger dan na gras-klover, tagetes, ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie.

Semi-endoparasieten dringen bij het voeden met hun kop de wortel in, maar blijven met de rest van hun lijf in de grond. Het aantal semi-endoparasieten (Hoplolaimidae; *Rotylenchus* en *Helicotylenchus*) was laag (Figuur 3.11). Het aantal semi-endoparasieten na gras-klover, het groenbemestermengsel en haarmeel was hoger dan na ASD, chitine, ontsmetten met zaadmeel/NGO, en de combinatie.



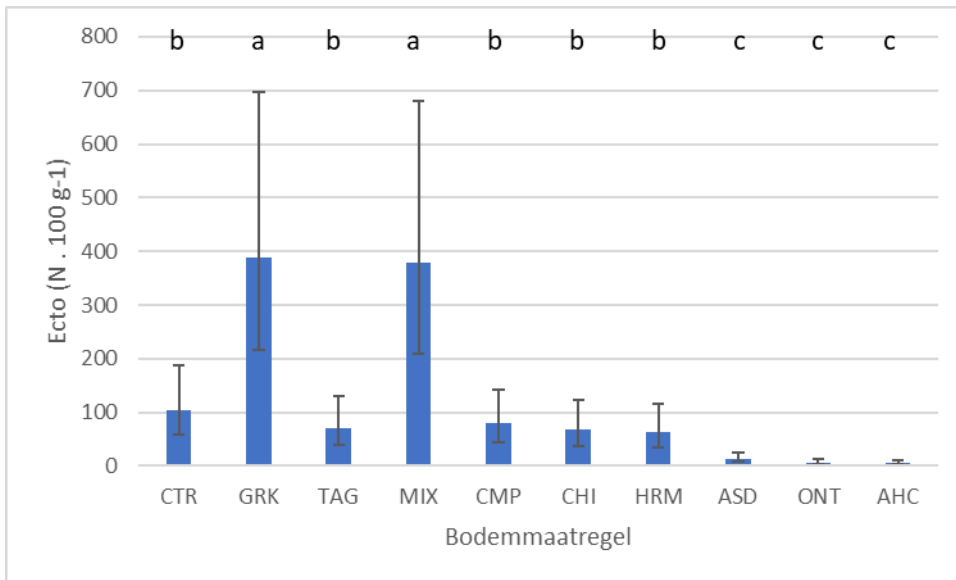
Figuur 3.10 Aantal migratoire endoparasieten per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



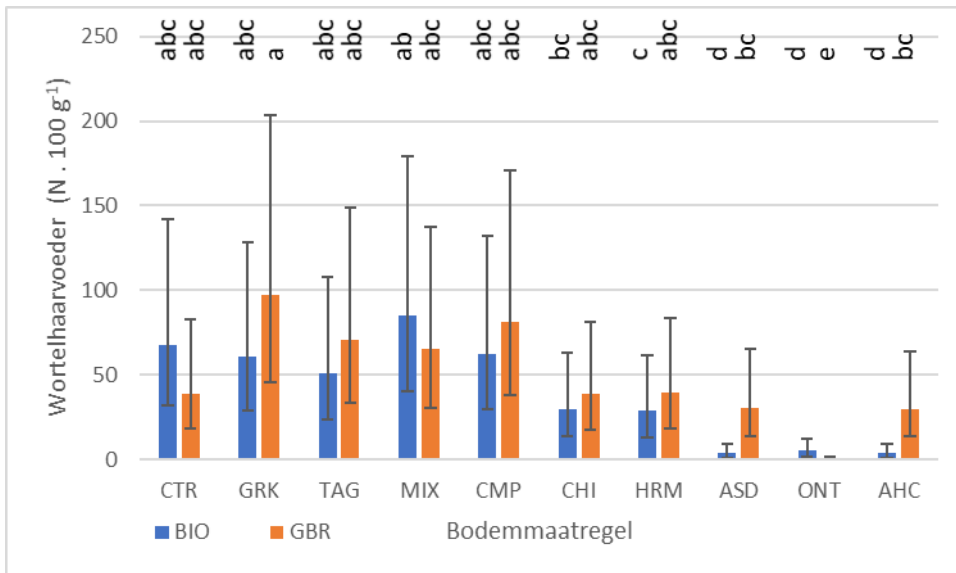
Figuur 3.11 Aantal semi-endoparasieten per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

Ectoparasieten zijn nematoden die bij het voeden van de plant alleen hun stekel in de wortel brengen om sap op te zuigen, maar verder buiten de plant blijven. Het aantal ectoparasieten (vooral Dolichodoridae (*Tylenchorhynchus*), maar ook trichodoriden) na gras-klover en het groenbemestermengsel was hoger dan na de andere behandelingen (Figuur 3.12). Het aantal ectoparasieten was het laagste na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie.

Wortelhaarvoeders voeden zich alleen op de wortelharen. Er wordt aangenomen dat dit weinig schade toebrengt aan de plant. In het biologische systeem was het aantal wortelhaarvoeders (*Tylenchidae*) na ASD, ontsmetten met zaadmeel en de combinatie lager dan na de andere bodemmaatregelen (Figuur 3.13). In het gangbare systeem was het aantal wortelhaarvoeders alleen lager na ontsmetten met NGO dan na de andere behandelingen. In het gangbare systeem was het aantal wortelhaarvoeders na gras-klover hoger dan na ASD, NGO en de combinatie.



Figuur 3.12 Aantal ectoparasieten per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

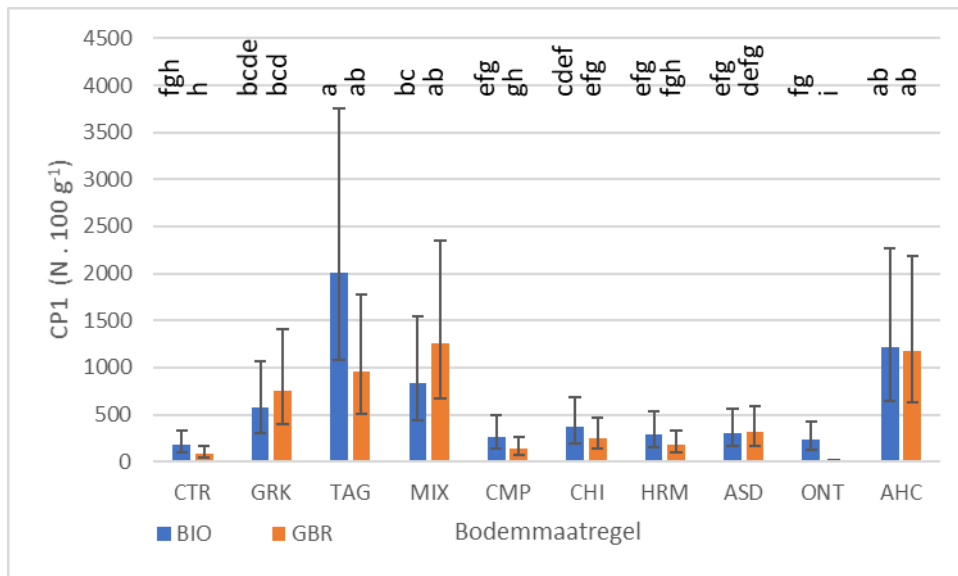


Figuur 3.13 Aantal wortelhaarvoeders per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

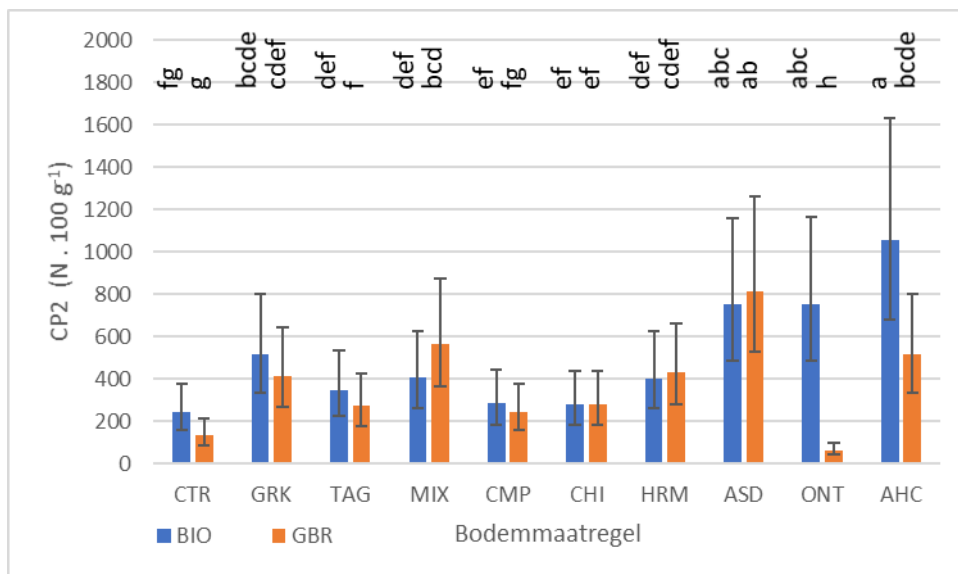
3.4 Nematoden in CP-klassen

In het biologische systeem was het aantal nematoden in de klasse CP-1 (vooral Rhabditidae) na tagetes en de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontsmetten met zaadmeel, compost en haarmeel (Figuur 3.14). In het gangbare systeem was het aantal nematoden in de klasse CP-1 hoger na tagetes, het groenbemestermengsel en de combinatie dan na de onbehandelde controle, ASD, chitine, ontsmetten met NGO, compost en haarmeel.

In het biologische systeem was het aantal CP-2 nematoden (vooral Cephalobidae, lagere aantallen Plectidae en Monhysteridae) na ASD, zaadmeel en de combinatie hoger dan na de onbehandelde controle, tagetes, het groenbemestermengsel, chitine, compost en haarmeel. In het gangbare systeem was het aantal CP-2 nematoden na het groenbemestermengsel en ASD hoger dan na de onbehandelde controle, tagetes, chitine, NGO en compost. Het aantal nematoden in de klasse CP-2 was hoger na ontsmetten met zaadmeel in het biologische systeem dan na NGO in het gangbare systeem (Figuur 3.15). Dit verschil was ook te zien bij de combinatie.



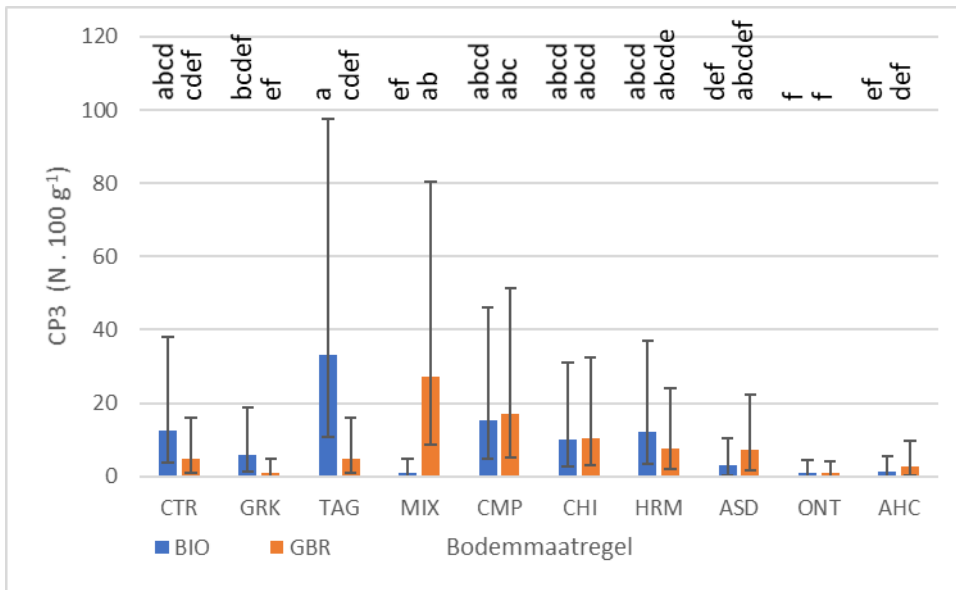
Figuur 3.14 Aantal nematoden in de klasse CP-1 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).



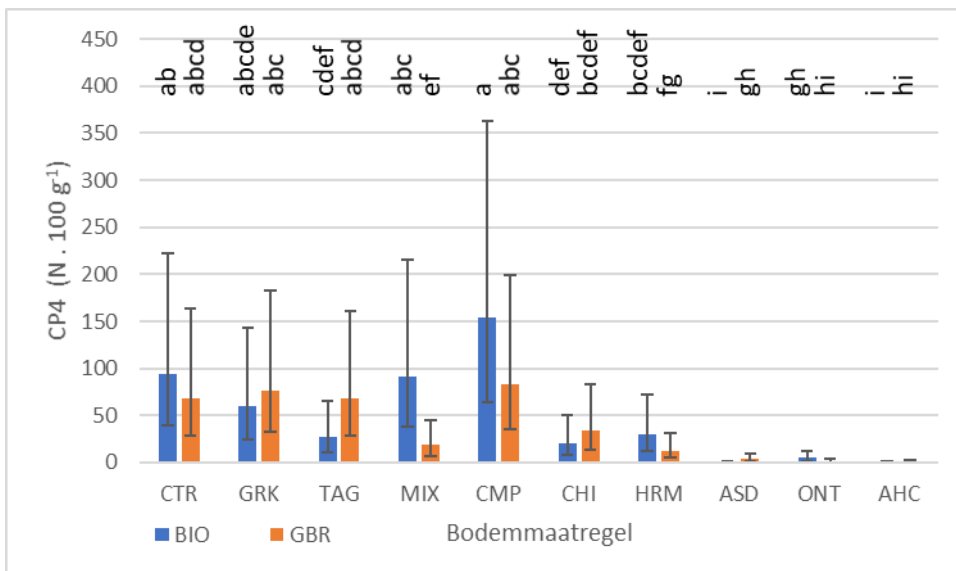
Figuur 3.15 Aantal nematoden in de klasse CP-2 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

Het aantal nematoden in de klasse CP-3 was in het algemeen laag en vertegenwoordigd door diverse groepen (Figuur 3.16). Het aantal CP-3 nematoden na tagetes was in het biologische systeem hoger dan in het gangbare systeem, terwijl na het groenbemestermengsel het omgekeerde het geval was. Na ontsmetten met zaadmeel en de combinatie was het aantal CP-3 nematoden in het biologische systeem lager dan in de onbehandelde controle.

Het aantal nematoden in de klasse CP-4 (vooral Alaimidae en Qudsianematidae) was variabel (Figuur 3.17). In het biologische systeem was het aantal nematoden in de klasse CP-4 na de onbehandelde controle, het groenbemestermengsel en compost hoger dan na ASD, chitine, ontsmetten met zaadmeel en de combinatie. In het gangbare systeem was het aantal nematoden in klasse CP-4 na de onbehandelde controle, gras-klover, tagetes en compost hoger dan na ASD, ontsmetten met NGO, haarmeel en de combinatie. Na het groenbemestermengsel was het aantal nematoden in CP-4 in het biologische systeem hoger dan in het gangbare systeem.

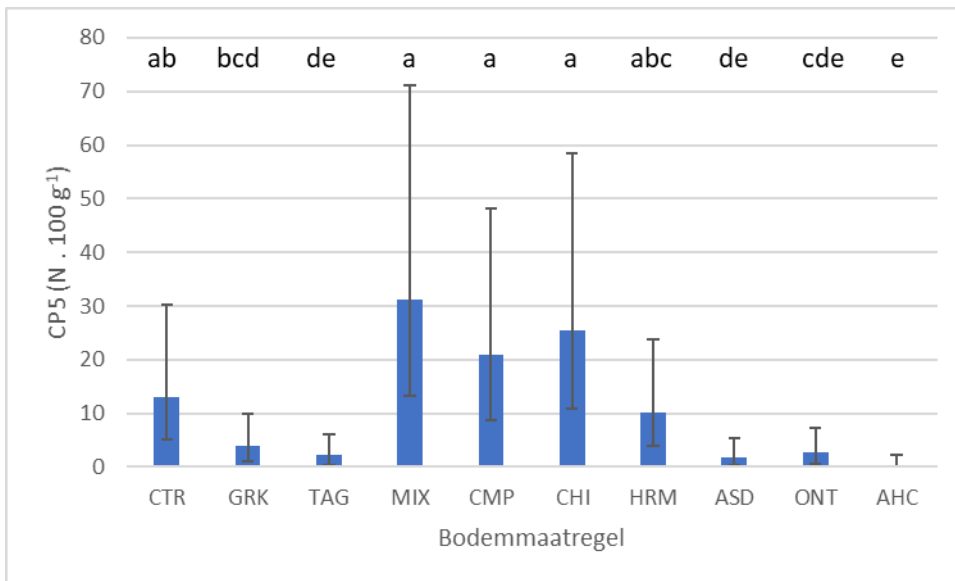


Figuur 3.16 Aantal nematoden in de klasse CP-3 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



Figuur 3.17 Aantal nematoden in de klasse CP-4 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

Het aantal nematoden in de klasse CP-5 (vooral Thornenematidae) was laag (Figuur 3.18). Het aantal nematoden in de klasse CP5 was hoger na het groenbemestermengsel, chitine en compost dan na gras-klover, tagetes, ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie.

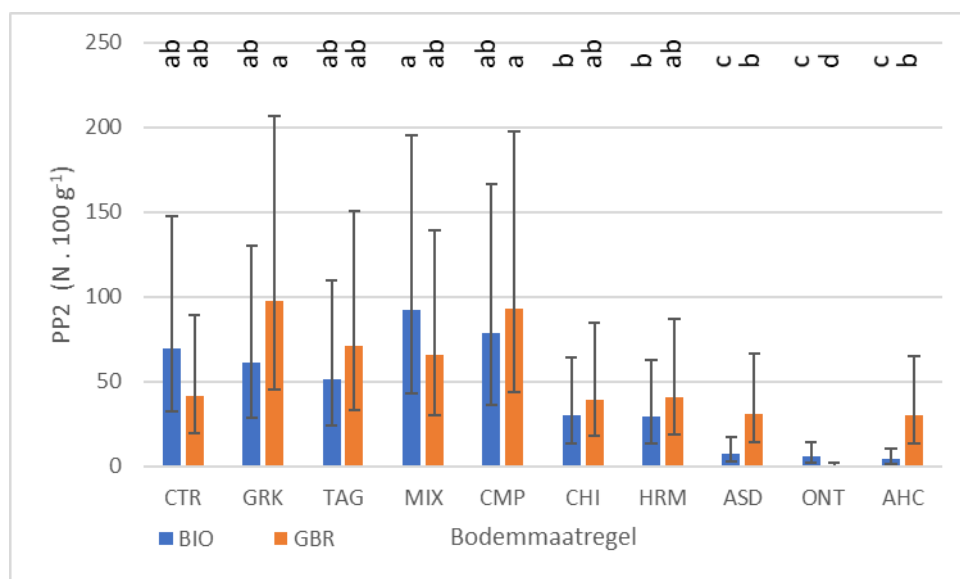


Figuur 3.18 Aantal nematoden in de klasse CP-5 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

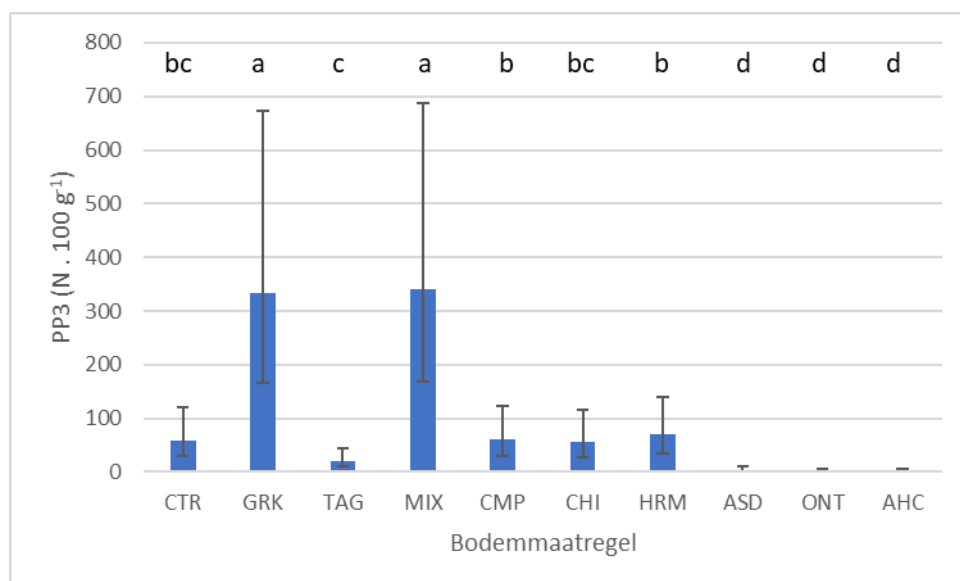
3.5 Nematoden in PP-klassen

In het biologische systeem was het aantal nematoden in klasse PP-2 (*Tylenchidae*, *Anguinidae*) na de onbehandelde controle, gras-klover, tagetes, het groenbemestermengsel en compost hoger dan na ASD, ontsmetten met zaadmeel en de combinatie (Figuur 3.19). In het gangbare systeem was het aantal nematoden in klasse PP-2 na de onbehandelde controle, gras-klover, tagetes, het groenbemestermengsel en compost hoger alleen hoger dan na NGO. Het aantal nematoden in de klasse PP-2 was in het biologische systeem lager na ASD en de combinatie dan in het gangbare systeem, maar na ontsmetten met zaadmeel hoger dan na NGO.

Het aantal nematoden in de klasse PP-3 varieerde sterk tussen de behandelingen. Zowel in het biologische als in het gangbare systeem was het aantal nematoden in klasse PP-3 (vooral *Dolichodoridae* (*Tylenchorhynchus*), daarnaast *Meloidogyne*, *Pratylenchus* en *Hoplolaimidae*) na gras-klover en het groenbemestermengsel hoger dan na de andere maatregelen. Het aantal PP-3 na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie was lager dan alle andere maatregelen (Figuur 3.20).



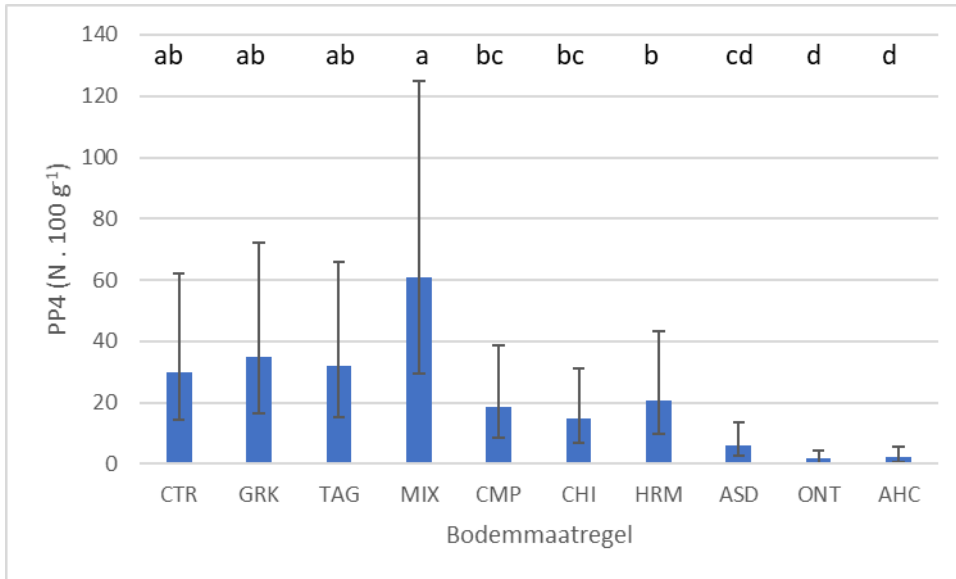
Figuur 3.19 Aantal nematoden in de klasse PP-2 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).



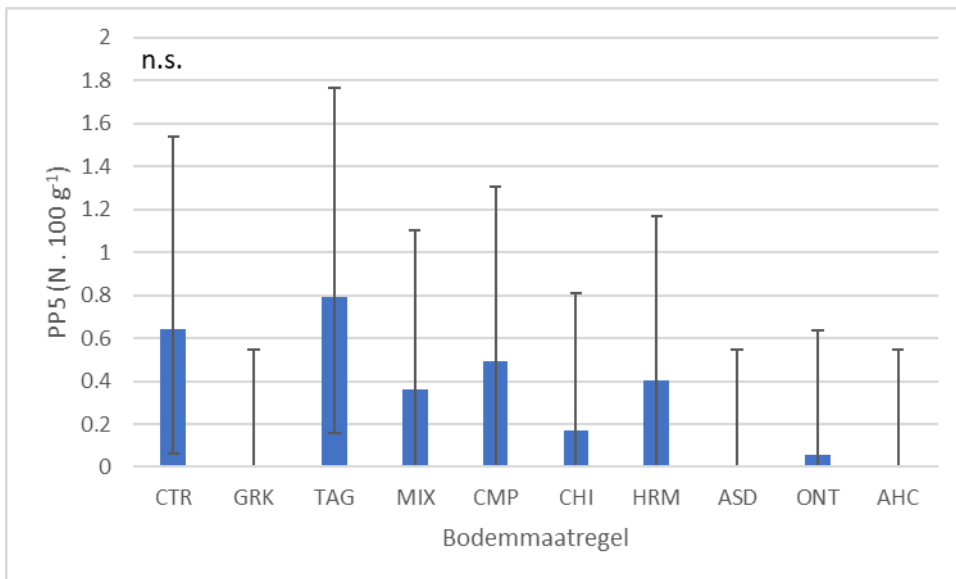
Figuur 3.20 Aantal nematoden in de klasse PP-3 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).

Het aantal nematoden in de klasse PP4 (Trichodoridae, *Longidorella*) was hoger na de onbehandelde controle en de teelt van gras-klaver, tagetes en het groenbemestermengsel dan na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie (Figuur 3.21).

Het aantal nematoden in klasse PP-5 was zeer laag (Figuur 3.22). Er was geen significant verschil tussen de bodemmaatregelen voor het aantal nematoden in de klasse PP-5 (*Belondiridae*, *Dorylaimellus*).



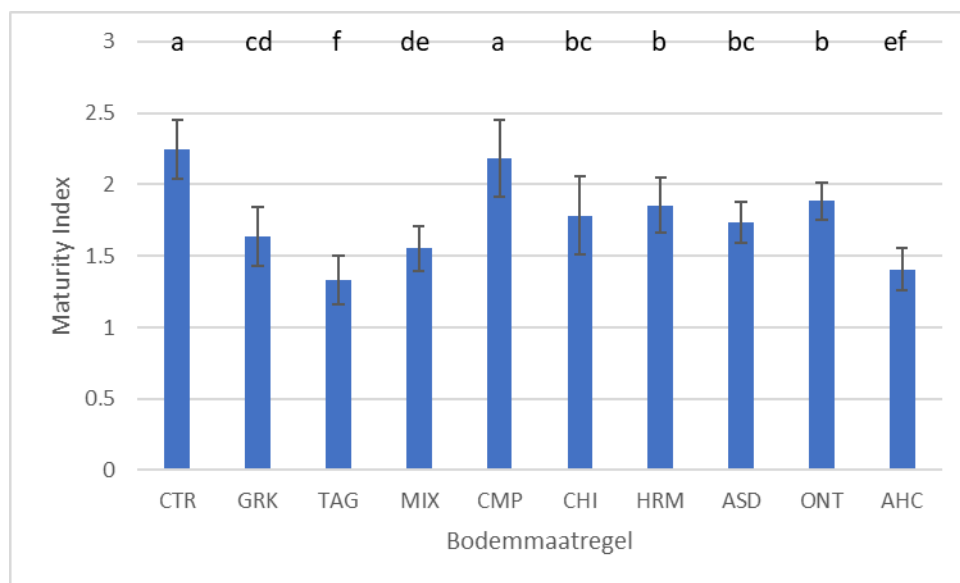
Figuur 3.21 Aantal nematoden in de klasse PP-4 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



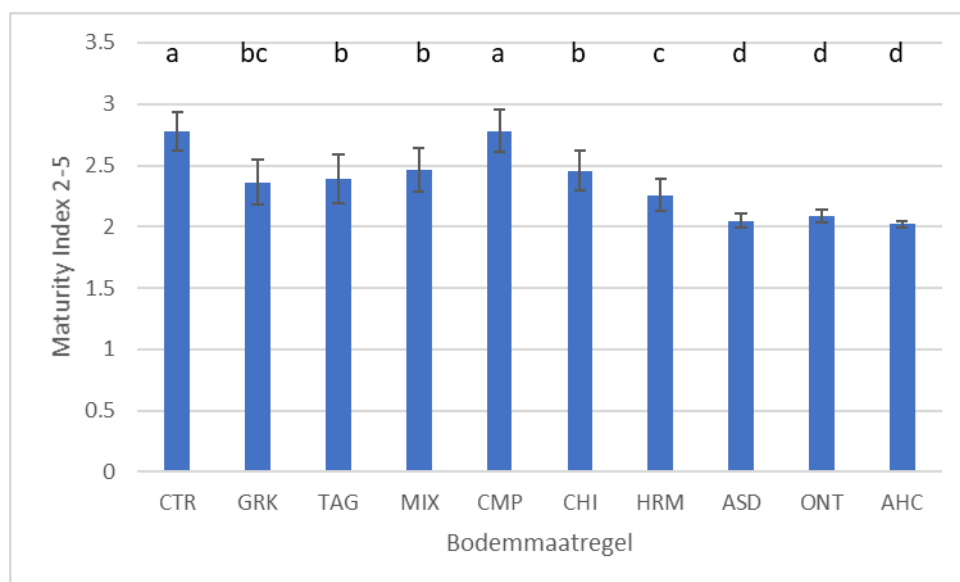
Figuur 3.22 Aantal nematoden in de klasse PP-5 per 100 g verse grond in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

3.6 Indexen

De MI geeft een gewogen gemiddelde van de CP-waarde en is gebaseerd op alle aaltjesgroepen, met uitzondering van de plantenparasieten. De MI was hoger na de onbehandelde controle en compost dan na de andere bodemmaatregelen (Figuur 3.23). De MI was het laagst na tagetes en de combinatie. De Maturity Index 2-5 (MI2-5) wordt op dezelfde manier berekend als de MI, maar laat de groepen met een CP-waarde van 1 buiten beschouwing. De MI2-5 was hoger na de onbehandelde controle en compost dan na de andere bodemmaatregelen en was het laagst na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie (Figuur 3.24).



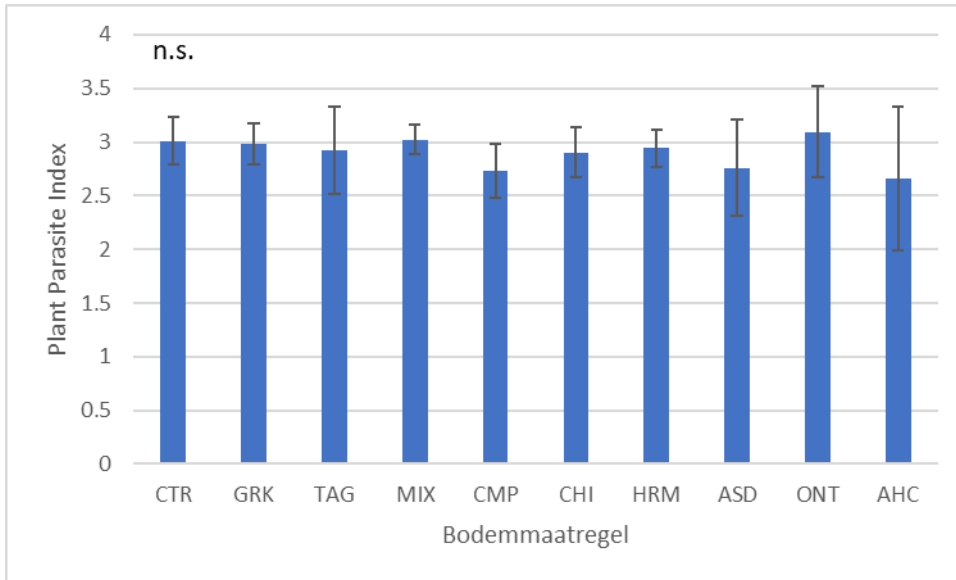
Figuur 3.23 Maturity Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



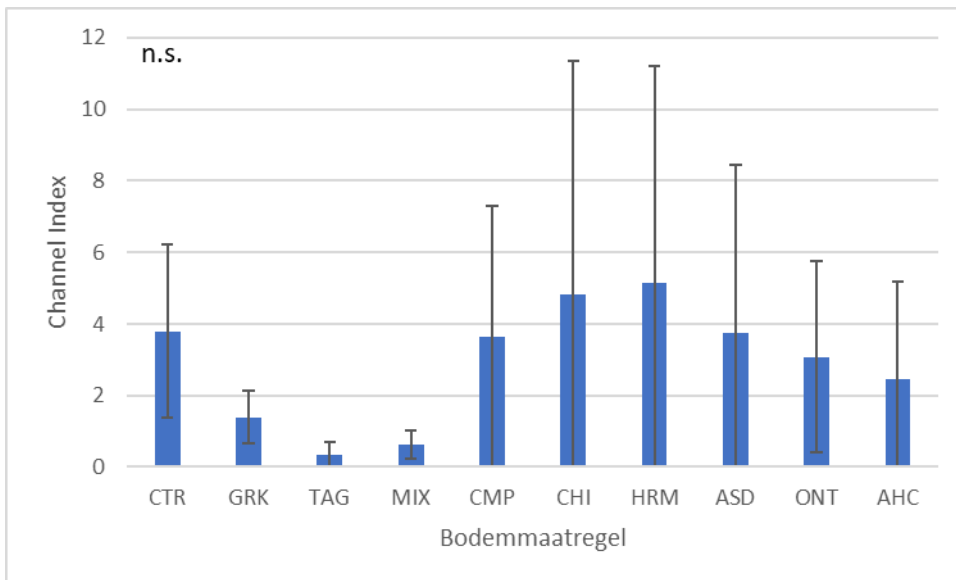
Figuur 3.24 Maturity Index 2-5 in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

De Plant Parasitic Index (PPI) is gebaseerd op dezelfde classificatie in CP-waarden als de MI, maar is juist alleen gebaseerd op de plantenparasieten. Er was geen significant verschil in effect van de bodemmaatregelen op de PPI (Figuur 3.25).

De Channel Index (CI) specificeert het aandeel van de schimmeletende aaltjes binnen de groep die snel reageert op voedselaanbod. Bij hogere waarden zijn de schimmeletende aaltjes in deze groep dominant, bij lagere waarden de bacterie-etende aaltjes. De CI was laag (meestal <5) en niet significant verschillend tussen de bodemmaatregelen (Figuur 3.26).



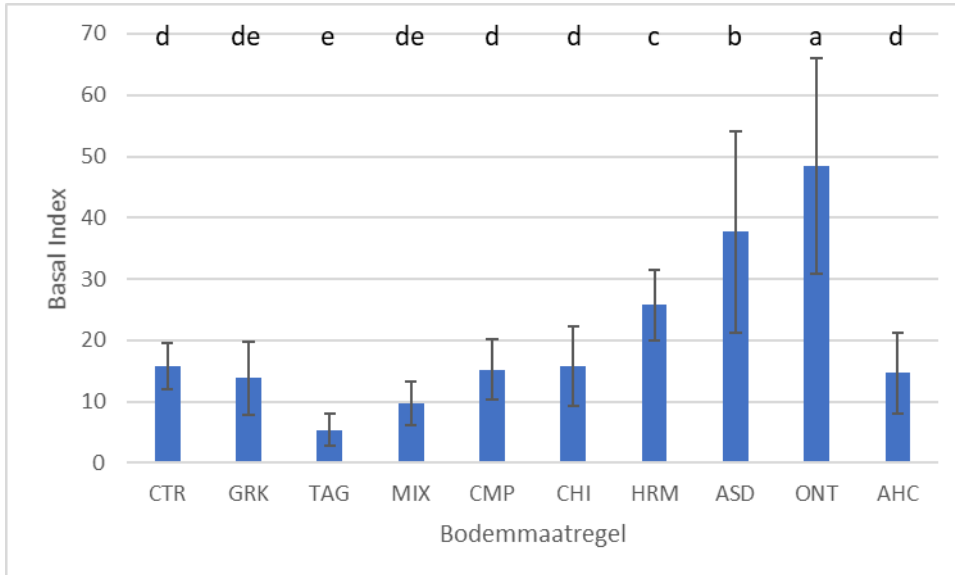
Figuur 3.25 Plant Parasite Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



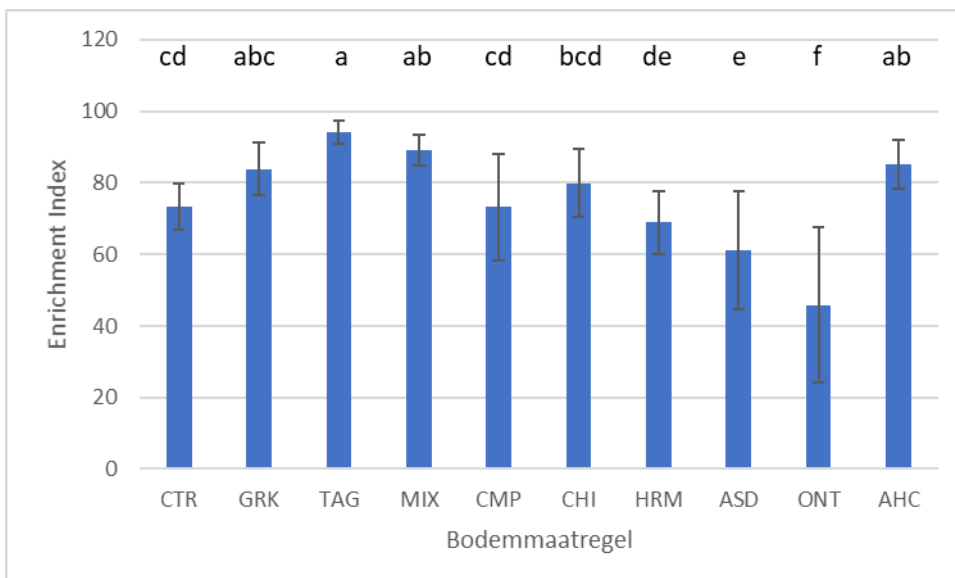
Figuur 3.26 Channel Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

De Basal Index (BI) is een indicatie voor de mate van voorkomen van aaltjes met een hoge stresstolerantie (CP-waarde 2). De BI was hoog na ASD en ontsmetten met zaadmeel/NGO (Figuur 3.27). Het is opvallend dat de BI laag was na de combinatiebehandeling AHC vergeleken met de afzonderlijke behandelingen ASD en haarmeel, maar vergelijkbaar met toedienen van compost.

De Enrichment Index (EI) is een maat voor de aanwezigheid van bacterie- en schimmelers die snel reageren op een toename in voedselaanbod. Een hoge EI geeft aan dat het voedselaanbod voor de aaltjes hoog is. De EI was hoog na gras-klover, tagetes, groenbemestermengsel, chitine en de combinatie en laag na ASD en ontsmetten met zaadmeel/NGO (Figuur 3.28).



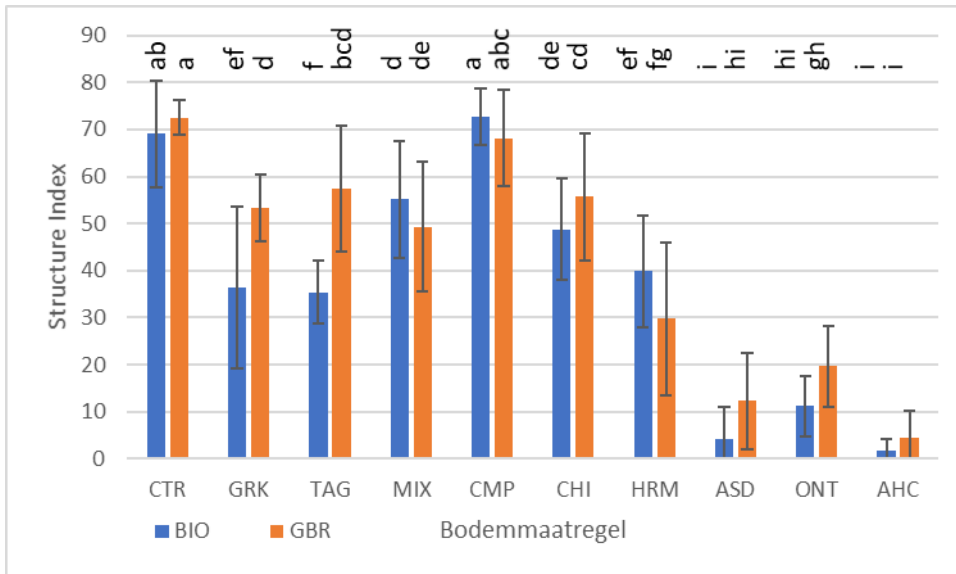
Figuur 3.27 Basal Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).



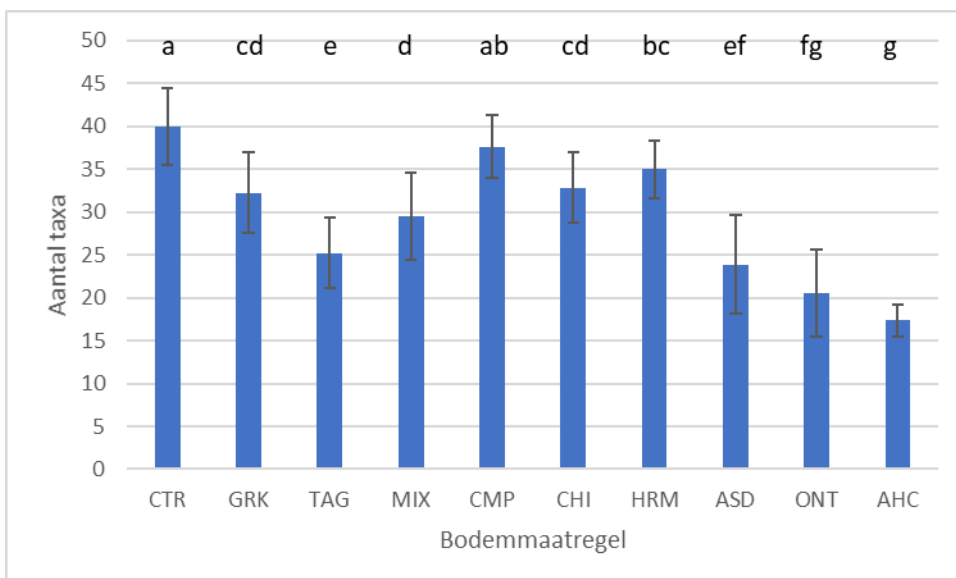
Figuur 3.28 Enrichment Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

De Structure Index (SI) is een maat voor de complexiteit, structuur en interacties tussen aaltjes in de grond. Lagere waarden geven aan dat het voedselweb basaal is met voornamelijk bacterie- en schimmelaars met lage CP-waarden. Hogere waarden van de SI daarentegen zijn een indicatie voor een complexer voedselweb, waarin ook groepen voorkomen die gebruik maken van andere voedselbronnen (zoals predatoren en omnivoren) en met hogere CP-waarden. Dit zijn nematoden die gevoeliger zijn voor verstoring. In beide teeltsystemen was de SI na de onbehandelde controle en compost het hoogste, had een middenwaarde na gras-klover, tagetes, groenbemestermengsel, chitine en haarmeel en was laag na ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie (Figuur 3.29). Na gras-klover en tagetes was de SI lager in het biologische dan in het gangbare systeem, terwijl er bij de andere maatregelen geen verschillen waren tussen de teeltsystemen.

Het aantal getelde taxa (de families/geslachten/soorten die werden onderscheiden) was het hoogste na de onbehandelde controle en compost en was het laagste na tagetes, ASD, ontsmetten met zaadmeel/NGO en de combinatie (Figuur 3.30).

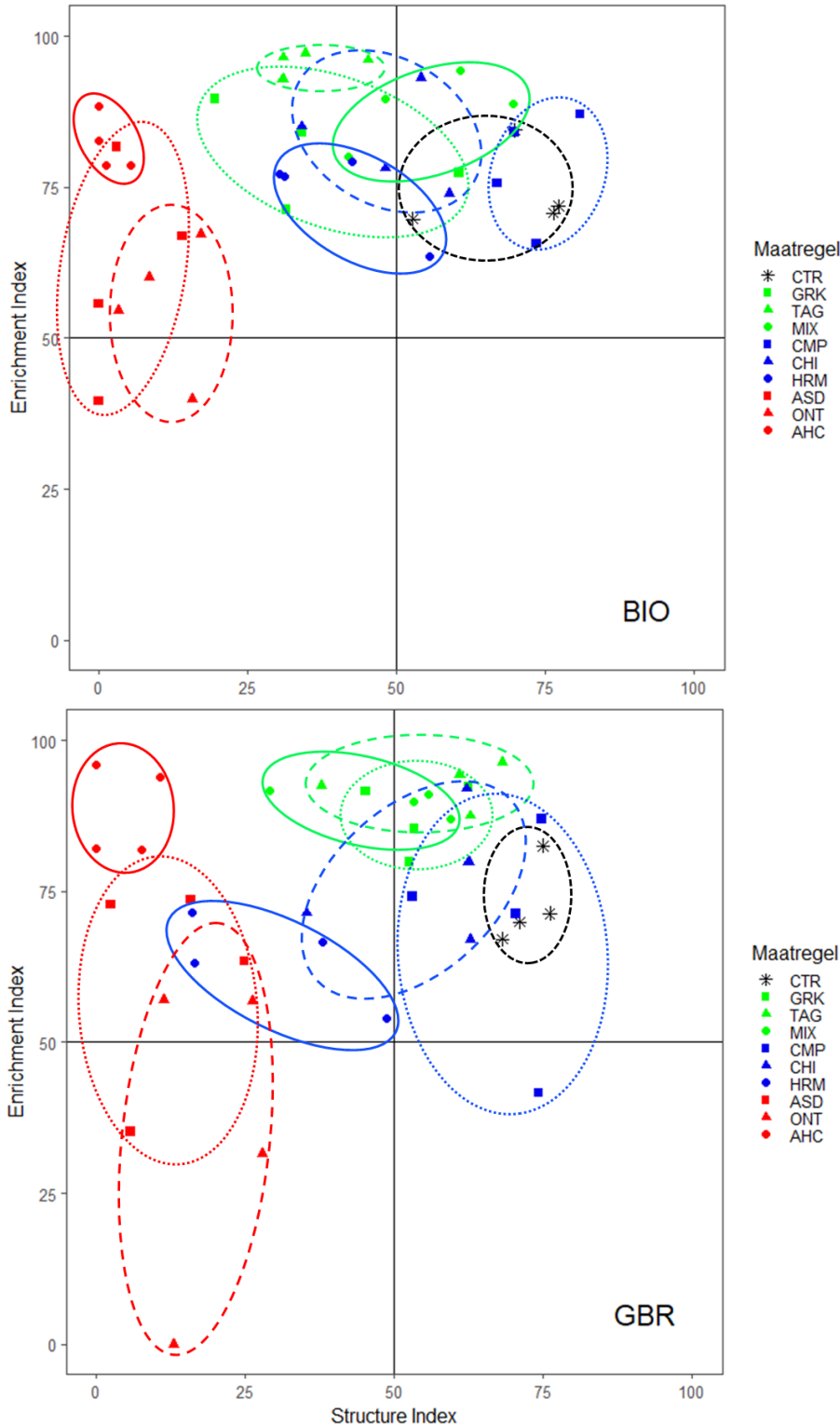


Figuur 3.29 Structure Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=4).



Figuur 3.30 Aantal getelde nematodentaxa ('soorten') in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen, gemiddeld over een biologisch en een gangbaar systeem (maart 2019; n=8).

Zowel in het biologische als in het gangbare systeem liggen de punten in de SI-EI-grafiek voor de controle, de drie groenbemesters, compost en chitine in het rechtsboven-kwadrant. Dit staat voor een stabiel systeem dat hoog is in N, een lage C:N-verhouding heeft, bacterie-gedomineerd is en regulerend is voor ziekten en plagen. Een uitzondering hierop is na de teelt van de tagetes in het biologische systeem. Deze punten komen, net als toedienen van haarmeel en toepassen van ASD, zaadmeel, NGO en de combinatie, in het linksboven-kwadrant van de figuur. Dit staat voor een verstoord systeem, dat hoog is in N, een lage C:N-verhouding heeft, bacterie-gedomineerd is en gevoelig is voor ziekten en plagen.



Figuur 3.30 Voedselwebanalyse-diagram met Enrichment en Structure Index in het jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch (boven) en een gangbaar systeem (onder; maart 2019, n=4).

4 Discussie en conclusies

Het oorspronkelijke doel van de Bodemgezondheidproef was om bodemmaatregelen te toetsen die kunnen worden gebruikt om het wortelstelselaaltje *P. penetrans* en de bodemschimmel *V. dahliae* te beheersen. Daarnaast is de proef gebruikt om maatregelen te ontwikkelen die bodemweerbaarheid en bodemleven kunnen stimuleren en om dit te meten. In dit rapport is het effect van bodemmaatregelen op de nematodengemeenschap in een biologisch en een gangbaar teeltsysteem beschreven. De maatregelen hadden een significant effect op veel van de parameters die uit de tellingen van de nematoden zijn berekend. Het effect van de bodemmaatregelen op de meeste nematodenparameters was groter dan dat van het teeltsysteem. Weliswaar was door de proefopzet het effect van de bodemmaatregelen preciezer vast te stellen dan dat van het teeltsysteem, maar per saldo was het effect van het teeltsysteem minder groot. Bij een deel van de parameters verschilde het effect van de maatregelen tussen de twee teeltsystemen. Hieronder volgt een discussie van het effect van bodemmaatregelen en teeltsystemen.

4.1 Bodemmaatregelen

Een deel van de verschillen tussen bodemmaatregelen kan mogelijk worden verklaard door het tijdstip van toepassen van de maatregelen in relatie tot de bemonstering van de nematoden. De maatregelen werden in juli 2018 toegepast, maar er was verschil in de duur van de periode waarin handelingen aan de grond werden verricht. Zo werden de organische toevoegingen (compost, chitine en haarmeel) in juli 2018 ingewerkt en werden ook de ontsmettingsmaatregelen (ASD en ontsmetten met zaadmeel of Monam) in juli uitgevoerd. Bij de combinatiebehandeling werd na afloop van ASD nog haarmeel en compost in de grond gewerkt, waardoor de periode tussen toedienen van het organisch materiaal en de bemonstering van de nematoden korter was dan bij toepassen van de afzonderlijke maatregelen. De groenbemesters werden pas in november 2018 gekleplend en ingewerkt. Het effect van de groenbemesters op het bodemleven is daarmee een combinatie van een periode van gewasgroei en een relatief korte periode waarin het verse organische materiaal wordt afgebroken in de grond. Dit zal vooral effect hebben op het aantal nematoden in groepen die sterk reageren op veranderingen in voedselaanbod (CP-1 en CP-2).

Groenbemesters. Het telen van de drie groenbemesters had een vergelijkbaar effect op veel bodemparameters met vooral een verhoogd aantal bacterie-etters en herbivoren, al was het aantal herbivoren lager bij de teelt van tagetes dan bij gras-klover en het groenbemestermengsel. Het lagere aantal herbivoren was deels toe te schrijven aan het bestrijdende effect op *Pratylenchus*, maar vooral door een minder sterke toename van het aantal Dolichodoridae (o.a. *Tylenchorhynchus*) dan bij de andere twee groenbemesters. De bestrijding van *Pratylenchus* was een beoogd effect van de maatregel, maar de gevonden dichtheden waren in het algemeen zo laag dat er geen grote effecten op de groei van gevoelige volggewassen zijn te verwachten. Dolichodoridae staan niet bekend als schadeveroorzakers in de akkerbouw, waarmee het niet waarschijnlijk is dat verschillen in dichtheden van deze groep een effect zullen hebben op een volgteelt. Na de teelt van groenbemesters was de SI iets lager dan bij de onbehandelde controle en compost, maar de EI iets hoger. Door de teelt van groenbemesters wordt vers organisch materiaal in de grond gebracht dat wordt verteerd door micro-organismen. Dit stimuleert de bacterie-etende nematoden die snel op voedselaanbod reageren (uit de CP-1 groep), wat de hogere EI verklaart.

Compost. In veel opzichten leek de nematodengemeenschap na toedienen van compost het meeste op die van de onbehandelde controle. Het aantal bacterie-etters en herbivoren was vrij laag, terwijl het aantal omnivoren wat hoger was. De SI was vrij hoog en de EI wat lager. Met compost wordt organische stof ingebracht die al gedeeltelijk is verteerd, waardoor het bodemleven slechts beperkt extra voedsel beschikbaar heeft.

Chitine/haarmeel. Het effect van toedienen van chitine en haarmeel op de nematodengemeenschap was vergelijkbaar en verschilde in beide gevallen niet sterk van de controle. Na beide bodemmaatregelen was de SI lager dan in de controle, maar in het gangbare systeem was

de SI na toedienen van haarmeel lager dan na toedienen van chitine. Dit effect is niet terug te voeren op specifieke groepen, maar zal zijn veroorzaakt door een opstapeling van niet-significante verschillen in meerdere CP-groepen.

Ontsmetten. Na de natte grondontsmetting met Monam was de totale dichtheid nematoden zeer laag vergeleken met de andere behandelingen. ASD, ontsmetten met zaadmeel of natte grondontsmetting en de combinatiebehandeling (ASD, haarmeel en compost) hadden in veel opzichten het sterkste effect op de nematodengemeenschap. Het aantal plantenvoeders, predatoren en omnivoren was laag. Het aantal bacterie-eters was alleen laag na ASD en ontsmetten, maar juist hoger na de combinatiebehandeling. Dit resulteerde in een lage SI in deze systemen en een lage EI na ASD en ontsmetten, maar een hoge EI na de combinatiebehandeling. In de combinatiebehandeling zijn haarmeel en compost na afloop van ASD en daardoor op een later tijdstip in het jaar toegediend dan bij de afzonderlijke maatregelen. Het is mogelijk dat het materiaal minder ver was verteerd en er daardoor meer voedsel voor de bacterie-eters beschikbaar was. De BI was juist hoog na ASD en ontsmetten, wat betekent dat de groep niet-plantenvoeders vooral bestond uit soorten bacterie- en schimmeleeters die minder gevoelig zijn voor verstoring (CP-2). De BI na de combinatiebehandeling was wat lager, doordat er naast deze CP-2-groepen ook soorten bacterie-eters aanwezig waren die sterker reageren op voedselaanbod (CP-1).

4.2 Teeltsystemen

Het enige significante verschil tussen de teeltsystemen (afgezien van de interacties) was het effect op de EI: deze was iets hoger in het biologische systeem dan in het gangbare systeem. De toename in EI werd veroorzaakt door een toename van verschillende groepen, afhankelijk van de bodemaatregel. In het biologische systeem was na de teelt van tagetes de dichtheid bacterie-eters uit de klasse CP-1 hoger, terwijl na de combinatiebehandeling de dichtheid schimmeleeters uit de klasse CP-2 hoger was. Het biologische systeem werd alleen bemest met organische mest, terwijl in het gangbare systeem ook kunstmest werd toegediend. Daarnaast vergen sommige bodemaatregelen in het biologische systeem meer grondbewerkingen, doordat onkruid mechanisch werd bestreden waar in het gangbare systeem herbiciden werden toegepast. Dit speelde met name een rol bij de controle en de teelt van tagetes, waar onkruidbestrijding belangrijk is. Deze verschillen in handelingen tussen de teeltsystemen hebben invloed op zowel de groei van het gewas als op het bodemleven.

Bij een derde van de berekende parameters van de nematodengemeenschap was er een significante interactie tussen het teeltsysteem en de toegepaste bodemaatregelen. Dit betekent, dat het effect van de bodemaatregelen in het biologische systeem anders was dan in het gangbare systeem. Dit effect werd deels veroorzaakt door het verschil in de gebruikte ontsmettingsmethode, waarbij natte grondontsmetting in het gangbare systeem het aantal nematoden sterker terug bracht dan zaadmeel in het biologische systeem. Daarnaast verschilde het effect van de teelt van tagetes: in het biologische systeem was het aantal bacterie-eters en dauerlarven hoger dan in het gangbare systeem.

4.3 Effect op specifieke groepen

De indeling in groepen en het berekenen van indexen is een versimpeling om bepaalde patronen weer te geven. Daarnaast blijft het belangrijk om ook naar de onderliggende gegevens te kijken. Zo is het opvallend dat weliswaar meerdere bodemaatregelen bacterie-eters stimuleren, maar wel uit verschillende CP-groepen. De groenbemesters hadden vooral een positief effect op de Rhabditidae, een groep bacterie-eters uit CP-1. Toepassen van ASD, biologische grondontsmetting met zaadmeel en de combinatiebehandeling stimuleerden vooral Cephalobidae, bacterie-eters uit CP-2. In de controle en na het toepassen van groenbemesters en compost kwamen daarnaast hogere dichtheden voor van de bacterie-eters Plectidae (CP-2) en Alaimidae (CP-4) dan na de andere bodemaatregelen, al waren de dichtheden beduidend lager dan van de Rhabditidae en Cephalobidae. De schimmeleeters waren in veel lagere dichtheden aanwezig dan de bacterie-eters, maar ook hier waren verschillen in specifieke groepen tussen de bodemaatregelen. In de combinatiebehandeling waren vooral de dichtheden *Aphelenchus* hoger, terwijl in de controle en na tagetes en toepassen van ASD, chitine en

haarmeel zowel de dichtheden *Aphelenchus* als *Aphelenchoides* (beide CP-2) hoger waren. Mogelijk kan een multivariate analyse deze verschillen zichtbaar maken.

4.4 Toekomstig onderzoek

In dit onderzoek zijn verschillende bodemmaatregelen op hetzelfde tijdstip in gang gezet, maar was de tijd tussen de laatste handelingen die werden verricht en het bemonsteren van de nematodengemeenschap verschillend. Dit maakt vergelijken van het effect van de groenbemesterteelten en de combinatiebehandeling met de andere maatregelen lastig. Voor de uitgangssituatie van de volgteelt was het relevant om de bemonstering op één tijdstip in het voorjaar uit te voeren. Toch blijft de vraag open wat het grootste effect had op de berekende nematodenparameters: de bodemmaatregelen zelf, of het verschil in tijd. Een opzet waarbij op hetzelfde tijdstip de laatste handeling bij alle bodemmaatregelen wordt uitgevoerd, zou antwoord kunnen geven op deze vraag. Het is wel van belang om daarbij rekening te houden randvoorwaarden rond het uitvoeren van bepaalde maatregelen, zoals bodemtemperatuur bij ASD.

De diverse bodemmaatregelen hadden een effect op het bodemleven dat terug was te zien in de samenstelling van de nematodengemeenschap. De verschillen tussen het biologische en het gangbare systeem waren kleiner. Naast effecten op de nematodengemeenschap zijn ook effecten op gewasopbrengst, bodemchemie en ander bodemleven bepaald, die in afzonderlijke rapporten zijn beschreven (Kurm *et al.*, 2022; Visser *et al.*, 2022). Vergelijken van de gegevens kan inzicht geven in relaties tussen maatregelen, gewasgroei en bodem en daarmee mogelijk indicatoren voor bodemkwaliteit opleveren.

Literatuur

- Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production - A review. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 256, 34-50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>
- 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.
- Bezooijen, J. van, & Ettema, C. (1996). Practicumhandleiding nematologie (gedeeltelijk herziene versie). Wageningen: Vakgroep Nematologie.
- 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.
- Bongers, T. (1988). *De nematoden van Nederland: een identificatietabel voor de in Nederland aangetroffen zoetwater- en bodembewonende nematoden*. Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Bongers, T. & Korthals, G. (1994). The behaviour of maturity index and plant parasite index under enriched conditions. *Proceedings 22nd International Symposium European Society of Nematologists*, Gent, België.
- Bongers, T. (1990). The Maturity Index - an Ecological Measure of Environmental Disturbance Based on Nematode Species Composition. *Oecologia*, 83(1), 14-19.
- 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. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090543>.
- Clocchiatti, A., Hannula, S. E., van den Berg, M., Korthals, G., & de Boer, W. (2020). The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103434>
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.
- Ferris, H., Bongers, T., & De Goede, R. G. M. (2001). A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18(1), 13-29.
- Ferris, H., & Bongers, T. (2006). Nematode indicators of organic enrichment. *Journal of Nematology*, 38(1), 3-12.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.12.016>
- Kurm, V., Visser, J., Postma, J. & Korthals, G. (2022). *Bodemgezondheidproef 2017-2020: Langjarig onderzoek naar het effect van verschillende maatregelen en teeltsystemen op het bodemmicrobioom en ziektevering*. Wageningen Research. <https://doi.org/10.18174/564744>
- Lamers, J., Wanten, P., & Blok, W. (2004). Biological soil disinfestation: 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.
- Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor onderzoekers met voorbeelden uit de landbouw- en milieuwetenschappen*. Wageningen Pers, Wageningen, 253 pp.
- Postma, J., Schilder, M., Bloem, J., Visser, J., Os, G. v., Broilma, 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.
- Reardon, C. L., & Wuest, S. B. (2016). Soil amendments yield persisting effects on the microbial communities—a 7-year study. *Applied Soil Ecology*, 101, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.12.013>

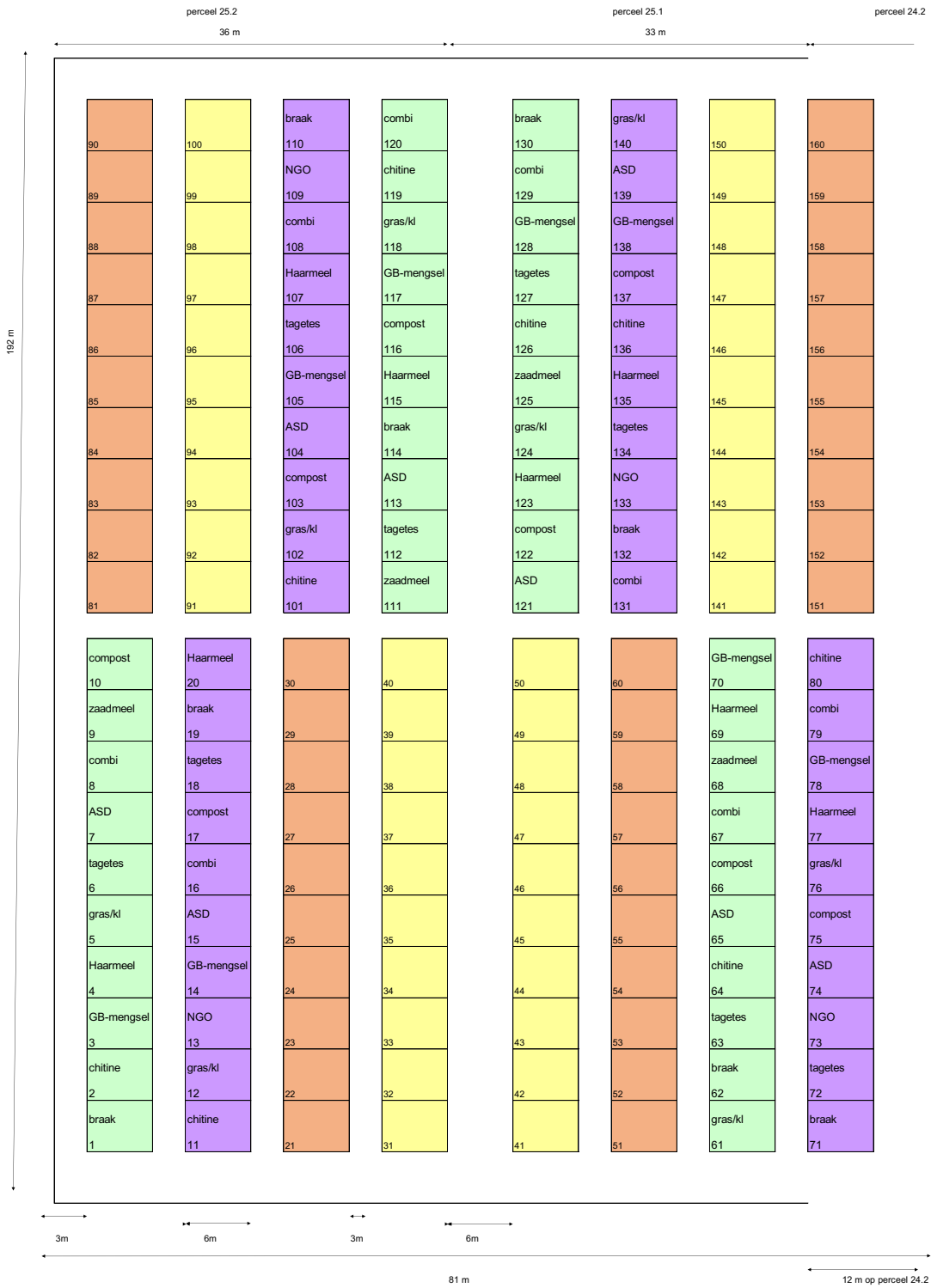
-
- Schippers, B., & Palm, L.C. (1973). Ammonia, a fungistatic volatile in chitin-amended soil. *Netherlands Journal of Phytopathology*, 79, 279-281.
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H., & de Goede, R. G. M. (2014). NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, 61, 90-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.02.004>
- 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.
- Visser, J., Brinkman, P., Molendijk, L. & Korthals, G. (2022). *Bodemgezondheidsproef 2017-2020: Langjarig onderzoek naar het effect van verschillende (bodem)maatregelen en teeltsystemen op plant parasitaire nematoden, gewasopbrengst en bodemvruchtbaarheid*. Wageningen Research. Rapport WPR-OT 926, <https://doi.org/10.18174/565163>
- Yeates, G. W., Bongers, T., de Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding-habitats in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25(3), 315-331.

Bijlage 1 Bodemmaatregelen 2006 en 2009

In 2006 en opnieuw in 2009 zijn de volgende maatregelen uitgevoerd:

- Onbehandeld. Zwarte braak.
- Teelt van gras-klaver. Een mengsel van Engels en Italiaans raaigras en rode en witte klaver
- Teelt van afrikaantjes (*Tagetes patula*). Dit gewas staat bekend als vanggewas voor wortelstieaaltjes
- Teelt van *Sarepta mosterd*, een biofumigatiegewas.
- Compost, 50 ton/ha uitgerijpte houtcompost is opgebracht en ingewerkt
- Chitine, 20 ton/ha chitine in de vorm van gemalen garnalenafval is opgebracht en ingewerkt
- Fysische grondontsmetting. Een grondontsmetting met hete lucht (Cultivit).
- Anaerobe grondontsmetting. 50 ton/ha vers gras is in de grond gespit en gedurende minimaal 12 weken afgedekt met plastic.
- Chemische grondontsmetting. In het gangbare systeem is ontsmet met 300L/ha Monam. In het biologische systeem is ontsmet met Caliente. In 2006 en 2009 is de bodem niet afgedekt met folie, omdat dit toen nog geen vereiste was bij ontsmetten met Monam.
- Combinatie van de behandelingen Tagetes- Chitine - Compost.

Bijlage 2 Proefveldschema



KERNSYSTEEM BIO
 REST_SYSTEEM GANGBAAR
 REST_SYSTEEM BIO
 KERNSYSTEEM GANGBAAR

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. Hiermee verschilde de uitgangssituatie voor de twee systemen die vanaf 2017 zijn voortgezet. De verschillen zullen zijn verkleind door de aardappelteelt in 2017.

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. Zoals al genoemd, worden de variant Good-Practice versus Best-Practice niet voortgezet.

Bijlage 3 Mineralensamenstelling producten en groenbemesters

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.

Tabel 2. Productie en mineralengehalte van de drie groenbemesters in de bodemgezondheidproef, gemeten in november 2018.

Teelt-systeem	Groen-bemester	Vers gewicht (ton/ha)	Droge stof (kg/ha)	N (g/kg ds)	P (g/kg ds)	K (g/kg ds)
BIO	Gras-klaver	16.6	2420	--	--	--
	Tagetes	40.7	5875	21	4	42
	Mengsel	27.1	3525	29	2	21
GBR	Gras-klaver	18.8	2760	31	3	29
	Tagetes	36.0	5180	17	2	30
	Mengsel	28.1	3690	20	3	32

- per ongeluk niet gemeten.

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-OT 925

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6,000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
