



# Effecten van 10 bodemmaatregelen op de bodemgezondheid

Onderzoek naar het effect van maatregelen en vormen van grondgebruik op het bodemleven en de teelt van aardappelen in 2021

Viola Kurm, Pella Brinkman, Johnny Visser, Jaap Bloem en Gerard Korthals



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH





# Effecten van 10 bodemmaatregelen op de bodemgezondheid

Onderzoek naar het effect van maatregelen en vormen van grondgebruik op het bodemleven en de teelt van aardappelen in 2021



Viola Kurm<sup>1</sup>, Pella Brinkman<sup>2</sup>, Johnny Visser<sup>2</sup>, Jaap Bloem<sup>3</sup> en Gerard Korthals<sup>1</sup>

1 Wageningen University & Research, Wageningen Plant Research, Biointeracties en Plantgezondheid

2 Wageningen University & Research, Wageningen Plant Research, Open teelten

3 Wageningen University & Research, Wageningen Environmental Research, Dierecologie

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) en het KB-33 programma "Towards a circular climate positive today society" (KB-33-006-005).

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

Wageningen, juli 2023

---

Rapport WPR-1247

---

Kurm, V., P. Brinkman, J. Visser, J. Bloem, G.W. Korthals, 2023. *Effecten van 10 bodemmaatregelen op de bodemgezondheid; Onderzoek naar het effect van maatregelen en vormen van grondgebruik op het bodemleven en de teelt van aardappelen in 2021*. Wageningen Research, Rapport WPR-1247. 78 blz.; 42 fig.; 12 tab.; 48 ref.

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



Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/634349>

Trefwoorden: biologisch teeltsysteem; gangbaar teeltsysteem; gewasopbrengst; groenbemester; organische restmaterialen; grondontsmetting; bodemmicrobioom, aaltjesgemeenschappen, bodemvruchtbaarheid, aardappel

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Biointeracties, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

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

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

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

Rapport WPR-1247

Foto omslag: Harry Verstegen, WUR Open Teelten, locatie Vredepeel

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Aanleiding	9
1.2 Achtergrond van de bodemmaatregelen	9
1.2.1 Groenbemesters	10
1.2.2 Organische restmaterialen	11
1.2.3 Ontsmetten	11
1.3 Microbioom	12
1.4 Nematoden	12
1.5 Doelstelling project	13
<b>2 Opzet en uitvoering</b>	<b>14</b>
2.1 Gewasrotatie	14
2.2 Maatregelen	15
2.3 Bemesting	17
2.4 Referentiebos en -grasland	18
2.5 Metingen en bemonsteringen	20
2.5.1 Microbiële gemeenschap	20
2.5.2 HWC en PMN	21
2.6 Nematodenbepaling	21
2.7 Statistische verwerking	21
<b>3 Resultaten</b>	<b>23</b>
3.1 Bodemmicrobioom	23
3.1.1 Effecten van grondgebruik	23
3.1.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen	29
3.1.3 Correlaties tussen HWC, PMN en microbiële parameters	37
3.1.4 Structuur van de microbiële gemeenschap	37
3.2 Milieuaaltjes	39
3.2.1 Effecten van grondgebruik	39
3.2.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen op aaltjesgemeenschappen.	46
3.3 Bodemvruchtbaarheid	55
3.3.1 Effecten van grondgebruik	55
3.3.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen	55
3.4 Opbrengst	55
<b>4 Discussie en Conclusies</b>	<b>58</b>
4.1 Discussie	58
4.2 Conclusie	60
4.3 Dankwoord	60
<b>Literatuur</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage 1 Bodemchemische parameters</b>	<b>64</b>
<b>Bijlage 2 Proefveldschema</b>	<b>74</b>
<b>Bijlage 3 Afkortingen</b>	<b>76</b>

---

---

# 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 landbouwsysteem (in dit geval akkerbouw) zijn aangelegd. Daarnaast is de proef gebruikt om de invloed van de maatregelen te onderzoeken op het bodemleven. Dit 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 langetermijneffecten 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, Agrocarea/HLB, Imants en Delphy. De resultaten van het microbiologisch onderzoek in 2018-2020 zijn beschreven in het huidige rapport. De microbiom analyses in 2019 zijn uitgevoerd met financiering van het KB-33 programma 'Towards a circular climate positive society' met projectnummer KB-33-006-005 ('Microbiom Plant' - Sturing microbiom voor betere veerkracht in planten).





---

# Samenvatting

In een lange termijn veldproef sinds 2006, zijn in 2006, 2009 en 2018 tien verschillende bodemmaatregelen uitgevoerd in twee vormen van grondgebruik: een gangbaar en een biologisch landbouwsysteem met een praktijkconforme gewasrotatie. De maatregelen waren zwarte braak (CTR), teelt van gras/klaver (GRK), teelt van *Tagetes patula* (TAG), teelt van een groenbemestermengsel (MIX), compost (CMP), chitine (CHI), haarmeel (HRM), anaerobe grondontsmetting (ASD), grondontsmetting (ONT: NGO of CAL) en een combinatie van anaerobe grondontsmetting, haarmeel en compost (AHC). Vervolgens werd in 2021 de samenstelling van de microbiële gemeenschap middels PLFA biomarkers gemeten. Daarnaast werden de hoeveelheden labiele C en N gemeten als heet water extraheerbaar koolstof (HWC) en potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN). Ook werden milieuaaltjes, de bodemvruchtbaarheid en de gewasproductie van aardappel bepaald. Om een aantal indicatoren van deze "akkerbouw op zand" locatie te vergelijken werden een groot deel van de indicatoren ook bepaald in nabijgelegen referentie-locaties: grasland op zand en bos op zand. Doel van het project is (1) het ontwikkelen van maatregelen voor het duurzaam verbeteren van bodemkwaliteit en (2) het evalueren van indicatoren waarmee verschillen in bodemkwaliteit kunnen worden gemeten.

In de vergelijking van de verschillende vormen van grondgebruik, namelijk bos, grasland en de controle behandelingen van de biologische en gangbare landbouwgrond, toonden de PLFA-metingen een grotere hoeveelheid schimmels in de bos- en biologische landbouwgrond dan in het grasland. De totale hoeveelheid PLFA vertoonde de hoogste waarden in gras en de laagste in bos, maar de bacterie PLFA gaven geen significante verschillen. HWC was significant hoger in het bos dan in de gras- en landbouwgronden. PMN was het meeste onderscheidend, alle 4 systemen waren significant verschillend met de hoogste waarden in grasland.

In de vergelijking van de verschillende bodemmaatregelen in biologische en gangbare landbouwgrond waren de meeste middels PLFA gemeten parameters ca. 10% hoger in de biologische landbouwgrond. Bacterie- en schimmelbiomassa was verhoogd in de combinatiebehandeling (AHC) vergeleken met de controle.

HWC (heet-water extraheerbare koolstof) was significant hoger in het bos dan in het grasland en de landbouwgronden. In de vergelijking van behandelingen was HWC hoger in de combinatie-behandeling, de haarmeel-behandeling en de anaerobe ontsmetting. PMN was daarentegen het hoogst in het grasland en slechts hoger in de combinatie-behandeling vergeleken met de controle.

De meeste metingen tonen een sterk en langdurend effect van de combinatiebehandeling op het bodemmicrobioom, omdat dit de meest ingrijpende behandeling was. Ook was er meer microbiële bodemleven in grondgebruik als biologische akkerbouw dan in grondgebruik als gangbare akkerbouw. In de vergelijking tussen bos en grasland was deze het hoogste in het grasland.

In grasland en de controle van de biologische en de gangbare akkerbouw grondgebruik was het totale aantal aaltjes hoger dan in bosgrond. Dit werd veroorzaakt door een hoger aantal herbivoren en bacterie-etende aaltjes. Het aantal predatoren was hoger in de biologische akkerbouw dan in grasland en bos, terwijl het aantal omnivoren hoger was in de gangbare akkerbouw dan in het bos. In het bos was de Channel Index hoger dan in de andere vormen van grondgebruik, wat er op duidt dat het organische materiaal vooral wordt afgebroken door schimmels. De EI was lager in het bos dan in de andere vormen van grondgebruik, wat een indicatie is dat hier relatief weinig makkelijk afbreekbaar organisch materiaal was en dat de voedselrijkdom van deze vorm van grondgebruik lager ligt.

In 2021 was er geen effect van de biologische of gangbare akkerbouw en de maatregelen die in 2018 waren uitgevoerd op het totale aantal aaltjes. Het aantal herbivoren was wel hoger in de gangbare dan in de biologische akkerbouw. Het aantal herbivoren was het laagste na de maatregel ontsmetten met monam (ONT-ngo), maar verschilde niet van *Tagetes* en de andere twee ontsmettingsmaatregelen. Wat betreft

---

aaltjes die betrokken zijn bij de decompositie van organisch materiaal waren er geen effecten van de maatregelen, behalve een hoger aantal predatoren na de biologische grondontsmetting (ONT-cal) dan in het groenbemestermengsel.

De bodemvruchtbaarheid lijkt in het algemeen in het biologisch akkerbouwsysteem iets hoger te liggen. De netto aardappelopbrengsten in 2021 lagen o.a. door *Phytophthora* in het gangbare landbouwsysteem hoger dan in het biologische landbouwsysteem, waarbij qua maatregelen het groenbemester mengsel en de gras-klover lagere opbrengsten te zien gaven dan maatregelen zoals Tagetes, grond ontsmetten en de combinatie die juist hogere opbrengsten gaven. De financiële opbrengsten scoorden in het biologische systeem veel beter. Deze lange termijn proef geeft aan dat de bodemgezondheid en de bodembiologie te beïnvloeden zijn door een combinatie van grondgebruik (welk type landbouwsysteem) en bodemmaatregelen. Om deze resultaten te vergelijken met andere vormen van grondgebruik of referenties, zoals in dit rapport gras en bos, is een betere aanpak nodig met veel meer locaties en data.

---

# 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 geïntegreerde (gangbare) en biologische akkerbouwsysteem en het ontwikkelen van indicatoren waarmee bodemkwaliteit kan worden gemeten en waar adviezen op kunnen worden gebaseerd.

De systeemproof Bodemgezondheid is aangelegd op een perceel dat typerend is voor lichte (zand)gronden. In het perceel zijn van nature verschillende bodempathogenen aanwezig zoals plant parasitaire 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 geïntegreerde systemen met inzet van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. De teelt in het biologische systeem voldoet sinds het begin in voorjaar 2006 aan SKAL richtlijnen. De proef is aangelegd als een split-plot blokkenproef in vier herhalingen (blokken) zodat de resultaten statistisch geanalyseerd kunnen worden. Binnen elk van de vier blokken zijn de twee akkerbouwsystemen geward over twee plots. Binnen iedere plot liggen tien subplots waarover tien bodemmaatregelen zijn geward. Dit betekent dat geïntegreerde en biologische akkerbouw (geward) op één perceel zijn aangelegd in een statistisch robuuste opzet.

## 1.2 Achtergrond van de bodemmaatregelen

In deze systemen zijn tien verschillende bodemmaatregelen uitgevoerd, die gericht zijn op het (duurzaam) 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 grond ontsmetten. De bodemmaatregelen die zijn uitgevoerd zijn in de loop van de tijd iets aangepast (Tabel 1.1). 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 reducerend effect heeft op de besmetting met het wortellesieaaltje en daarmee op opbrengst en kwaliteit. Het effect van de aanvullende maatregelen was daarmee moeilijk te bepalen.

**Tabel 1.1** Overzicht van de toegepaste bodemaatregelen 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	Biofumigatie (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 bodemaatregelen te kiezen. Hieronder volgt een beschrijving van de achterliggende gedachten bij de drie groepen maatregelen die zijn geselecteerd en die in de zomer van 2018, na de teelt van conservenerwten, zijn uitgevoerd. In hoofdstuk 2 volgt een beschrijving van de uitvoering van de maatregelen in de proef.

### 1.2.1 Groenbemesters

Voor de teelt van groenbemesters wordt vaak bewust gekozen vanwege de positieve effecten op de bodem die aan de teelt van deze gewassen wordt toegeschreven. De groenbemesters leggen 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 plant parasitaire aaltjes of (mycorrhiza)schimmels. Hierdoor zal het nettoresultaat (positief of negatief) afhangen van verschillende factoren, zoals het aanwezige bodemleven en de gewasrotatie.

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

*Tagetes patula* wordt vooral geteeld ter bestrijding van het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*). 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  $\alpha$ -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 aaltjes effectief. Met betrekking tot andere gevolgen voor het bodemleven is echter zeer weinig bekend. *Tagetes*-soorten verschillen in de mate van dodelijke werking. *Tagetes minuta* en *T. erecta* werken minder effectief tegen *Pratylenchus penetrans* dan *T. patula*. (Molendijk and Rovers, 1996). 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 meest 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 organische toevoegingen 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 wordt 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 and 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 et al., 2004). Bij de (anaerobe) omzetting van het organische materiaal ontstaan verschillende afbraakproducten en wordt zuurstof onttrokken, waardoor de samenstelling van het bodemleven verandert (Lamers et al., 2004). Dit heeft een dodend effect op meerdere soorten verwekkers van bodemziekten, aaltjes en onkruiden (Termorshuizen et al., 2006). 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 (mei 2021) is voor het uitvoeren van een Natte Grond Ontsmetting 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). 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 Microbioom

Er is steeds meer aandacht voor de rol van het microbiom, de microbiële gemeenschap, bij het behouden en verbeteren van de bodemgezondheid. Bacteriën en schimmels in de grond zijn betrokken bij uiteenlopende bodemfuncties, zoals decompositie en bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur en waterhuishouding en verbetering van de plantengroei. Tegelijkertijd zijn sommige bacterie- en schimmelsoorten ziekteverwekkers die bestreden kunnen worden door een gezond en gevarieerd microbiom dat overmatige groei van schadelijke pathogenen tegengaat.

Meerdere microbiologische parameters kunnen worden gemeten als belangrijke indicatoren voor de bodemgezondheid, zoals microbiële biomassa, activiteit, diversiteit en de samenstelling van de microbiële gemeenschap, oftewel de aanwezigheid en specifieke abundantie van verschillende soorten. Hogere microbiële biomassa en activiteit zijn indicatoren voor een snellere afbraak en vervolgens een hogere beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten (Dalal, 1998). Tegelijk kan een actief bodemleven bijdragen aan weerbaarheid (Stockdale and Brookes, 2006). Een grote diversiteit van bacteriën en schimmels is vaak gecorreleerd met een betere afbraak van organische stof door de aanwezigheid van gespecialiseerde soorten, resistentie tegenover schommelingen in omgevingsfactoren en weerbaarheid tegen ziektes. Maar ook de aanwezigheid van specifieke soorten kan grote invloed hebben op de bestrijding van ziekteverwekkers of gespecialiseerde bodemfuncties.

Van veel bodemmaatregelen is bekend dat ze invloed kunnen hebben op het bodemmicrobioom. Zo verhogen de toevoeging van chitine en keratine de aanwezigheid van chitinolytische micro-organismen (Andreo-Jimenez et al., 2021). Ook verschillende groenbemesters kunnen de samenstelling van het microbiom veranderen door het afgeven van verschillende secundaire metabolieten (Finney et al., 2017) of door symbiose met specifieke micro-organismen, bijvoorbeeld stikstof bindende bacteriën. Ontsmettingsmaatregelen leiden doorgaans tot het afsterven van een aantal ziekteverwekkers, maar ook van een deel van onschadelijke micro-organismen. Daarnaast kunnen ontsmettingsmaatregelen leiden tot een verandering in de samenstelling van de microbiële gemeenschap, welke op zijn beurt een positief effect kan hebben op plantengroei en ziektevermindering (Mazzola et al., 2018).

## 1.4 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. Plantparasitaire 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 op 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 and 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 (Abbott et al., 2018; Clocchiatti et al., 2020; Reardon and Wuest, 2016). 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 and 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 and 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 schimmelaars 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) specificeert het aandeel van de schimmelende aaltjes binnen de groep die snel reageert op voedselaanbod. Bij hogere waarden zijn de schimmelende 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 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.

## 1.5 Doelstelling project

Doelstelling van het hele project is om bij te dragen aan het ontwikkelen van praktisch toepasbare maatregelen om enkele bodempathogenen (in dit geval met name *Pratylenchus penetrans* en *Verticillium dahliae*) te onderdrukken en tegelijkertijd de bodemkwaliteit (bodemgezondheid en -weerbaarheid) duurzaam te verbeteren in zowel biologische als geïntegreerde akkerbouw-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 bodemweerbaarheid en het bodemleven.
- Bodembioologie en bodemweerbaarheid; welke maatregelen zijn effectief om het bodemleven en de bodemweerbaarheid duurzaam te veranderen. Het bodemleven is een bepalende factor in het functioneren van de bodem en voor de gewasproductie.
- Organisch stofbeheer; effect van organische stof toepassingen (samenstelling en hoeveelheid) op bodemweerbaarheid, bodemleven en andere bodemdiensten.

In de metingen in 2021 is de focus gelegd op de effecten van grondgebruik en bodemmaatregelen op het gunstige bodemleven i.e., het bodemmicrobioom en milieuaaltjes.

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).

## 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 achtereenvolgens de volgende gewassen geteeld: graan (+ maatregelen), aardappelen, lelie, graan (+ maatregelen), aardappel, B-peen, maïs (2012, 2013, 2014), conservenerwten en graan. Na een aantal "rustjaren" waarin geen maatregelen zijn uitgevoerd, zijn in 2017 overall 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 2.1 is de rotatie van de hoofdgewassen en groenbemesters vanaf 2017 weergegeven. Dit is de periode rond het voor de derde maal uitvoeren van de bodemmaatregelen, waarvan een deel van de resultaten in dit rapport is beschreven. 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 conservenerwten geteeld, zodat er na de vroege oogst voldoende tijd was voor bodemmaatregelen die in de zomerperiode moeten worden uitgevoerd. De erwten zijn op 13 juni 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, 2017-2021.

Jaar	Hoofdgewas	Groenbemester	ras	Zaai/pootdatum	Oogstdatum
2017	Aardappel		Agria	7 april	30 augustus <sup>1</sup>
		Japanse haver	Pratex	7 september	Half december
2018	Conservenerwt		Selune	10 april	13 juni
		Bodemmaatregelen	-	juli	
2019	Prei	Gerst-erwt <sup>2</sup>		29 maart	29 mei
			Belton	26 juni	5 november
2020	Zomergerst		Irina	28 mrt	20 juli
		Bladrammenas	Cordoba	11 augustus	30 november
2021	Aardappel		Agria	16 april	8 september <sup>3</sup>
		Bladrammenas/Japanse haver	Angus/Pratex	11 september	Half december

<sup>1</sup> Loof aardappelen in biologisch systeem is op 31 juli afgebrand, aardappelen in gangbaar systeem zijn op natuurlijke wijze (begin augustus) afgestorven.

<sup>2</sup> Gerst-erwt mengsel geteeld voorafgaand aan de preiteelt.

<sup>3</sup> Loof aardappelen in biologisch systeem is op 14 juli afgebrand, aardappelen in gangbaar systeem zijn op natuurlijke wijze (begin augustus) afgestorven.

---

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

### 2. Teelt gras/klaver (GRK)

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

### 3. Teelt *Tagetes patula* (TAG)

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

### 4. Teelt groenbemestermengsel (MIX)

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

Alexandrijnse klaver (11%)	boekweit (5%)
mergkool (3%)	vlas (3%)
bladrammenas (1%)	Perzische klaver (23%)
Facelia (6%)	Japanse haver (3%)
Serradella (19%)	zonnebloem (1%)
Italiaans raaigras (18%)	winterbladkool (2%)
winterkoolzaad (3%)	winterwikke (2%)

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

### 5. Compost (CMP)

Op 16 juli is het compost-object aangelegd. Per veldje is 180 kg (50 ton/ha) natuurcompost opgebracht en 15 cm tot 20 cm diep gefreesd.

### 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).

### 7. Haarmeel (HRM)

Op 16 juli is per veldje 25 kg (7 ton/ha) haarmeel opgebracht en 15-20 cm diep gefreesd. Het haarmeel is geleverd door Darling Ingredients. Het product is gemaakt van varkenshaar.

---

## 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 beregend met 20 mm water en afgedekt met luchtdicht plastic (HyTibarrier-folie). Op 11 september, acht weken na de aanleg, is het folie weer verwijderd. Het zuurstofgehalte in de bodem onder het folie is de eerste twee weken elke drie dagen gemeten en vervolgens wekelijks. Vierentwintig uur na het aanleggen van de anaerobe grondontsmetting is het zuurstofgehalte in de bodem afgenomen naar minder dan 1 procent. Zes weken na aanleg neemt het zuurstofgehalte licht toe naar 1,5 tot 2%.

## 9. Grondontsmetting (ONT: NGO of CAL)

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

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

## 10. Combinatie (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 2.2 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 2.3).

**Tabel 2.2** 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 2.3** Productie en mineraleninhoud van de drie groenbemesters in de twee teeltsystemen in de bodemgezondheidsproef, gemeten in november 2018.

Teeltsysteem	Groenbemester	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 2.4 is de organische bemesting en de bemesting met kunstmest weergegeven. De bemesting in zowel het biologische als in het gangbare systeem is afgestemd op de behoefte van het gewas in de controle. Nutriënten die met een deel van de bodemmaatregelen worden toegediend zijn extra.

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

**Tabel 2.4** Bemesting Bodemgezondheidproef 2017-2020, Vredepeel. Er is geen extra P als kunstmest toegediend.

Jaar/gewas	systeem	Vaste rundermest (m <sup>3</sup> /ha)	Rundvee drijfmest (m <sup>3</sup> /ha)	Vinassekali (m <sup>3</sup> )/ha)	Kunstmest N (kg/ha)	Kunstmest K <sub>2</sub> 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 m<sup>3</sup> rundveedrijfmest (RVDM) RVDM toegepast voorafgaand aan de teelt van de groenbemester, een mengsel van gerst-erwt. In juni is 40 m<sup>3</sup> 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 25m<sup>3</sup> RVDM, voorafgaand aan de teelt van bladrammenas.

## 2.4 Referentiebos en -grasland

Om te bepalen hoe enkele microbiologische en nematologische parameters in de landbouwgrond van de bodemgezondheidsproef zich verhouden tot wat voorkomt in hetzelfde type grond maar dan in gebruik als bos of grasland zijn ook deze vormen van grondgebruik gelijktijdig bemonsterd als referenties (zie Figuur 2.1). Hiervoor zijn in maart 2021 een referentiebos en referentiegrasland gekozen nabij de proef en dus met hetzelfde grondtype. Het referentiegrasland was een graslandperceel te Rips en het referentiebos was een naaldbos te Merselo.

a





b



c



**Figuur 2.1** Fotos van de verschillende vormen van grondgebruik op zand die zijn bemonsterd.  
a) Akkerbouw (biologisch en gangbaar, b) bos, c) grasland.



---

## 2.5 Metingen en bemonsteringen

In het voorjaar van 2021 is grond verzameld. Per netto veldje in de akkerbouw (1,5 x 2,7m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor grond verzameld; 2 tot 5L afhankelijk van de hoeveelheid grond die nodig was voor de diverse analyses/toetsen. In het graslandperceel en in het bosperceel zijn zes meetplots van 6 x 6m uitgezet, verspreid over een oppervlakte van ca. 1 ha. Per plot is met een boor ca. 6 L grond verzameld (minimaal 30 steken). In het bosperceel is de humuslaag mee bemonsterd. Het totale monster werd gemengd en opgedeeld in submonsters bestemd voor de verschillende analyses en toetsen.

### 2.5.1 Microbiële gemeenschap

De structuur van de microbiële gemeenschap werd afgeleid uit de hoeveelheid en samenstelling van de in de bodem aanwezige fosfolipide vetzuren ('Phospholipid fatty acids'; PLFA). Deze komen voor in de membranen van levende cellen en worden gebruikt als biomarker voor belangrijke groepen micro-organismen. Deze analyses zijn uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (WENR).

De PLFA en NLFA analyses zijn uitgevoerd bij WENR zoals beschreven door Heijboer et al. (2016) volgens Frostegård et al. (1993). Kort samenvattend: Na ontdooien werden de PLFA geëxtraheerd uit 4 gram grond en gemeten met een gaschromatograaf (Agilent 6890B) uitgerust met een automatische monsterwisselaar (Agilent 7683), 2 µl splitless injector en een vlam ionisatie detector. De injector temperatuur was 240°C en de detector temperatuur 260°C. De oventemperatuur was 55°C. Het temperatuurprogramma was als volgt: na 1,0 minuut verhoging met 50°C.min<sup>-1</sup> tot 100°C, met 2,2 °C.min<sup>-1</sup> tot 275 °C en tenslotte met 30 °C.min<sup>-1</sup> tot 300 °C, welke 5,00 min werd vastgehouden om de kolom te reinigen. De analysetijd per monster was 86 min. De relatieve retentietijden van de PLFA werden vergeleken met tussen de monsters door gemeten FAME en BAME standaarden: (1) 37 component FAME mix Supelco CRM47885 en (2) BAME (Bacterial ACID Methyl esters mix) Supelco 47080-u. Helium werd gebruikt als draaggas. De PLFAs werden chromatografisch gescheiden door een 60 meter HP-5MS capillaire kolom (interne diameter 0,25 mm, filmdikte 0,25 µm, Agilent), waarbij de pieken visueel/handmatig (niet automatisch) werden geïdentificeerd en gemeten met MassHunter software (Agilent). Aan elk monster werd een bekende hoeveelheid FAME 19:0 toegevoegd als interne standaard, waaraan elke piek werd gerelateerd om de hoeveelheid te bepalen. De resultaten werden uitgedrukt in nmol PLFA/gram droge grond en gebaseerd op een conservatieve (terughoudende) selectie van biomarkers (Frostegård et al., 2011). Bij de analyse werden de PLFAs i15:0, a15:0, 15:0, i16:0, 16:1ω9, i17:0, a17:0, cy17:0, 18:1ω7 en cy19:0 gebruikt als biomarker voor bacteriën; PLFA 18:2ω6 voor schimmels; PLFAs i15:0, a15:0, i16:0, i17:0 en a17:0 voor Grampositieve (GP) bacteriën; PLFAs cy17:0 en cy19:0 voor Gramnegatieve (GN) bacteriën; en PLFAs 10Me16:0, 10Me17:0 en 10Me18:0 voor Actinobacteria.

Verder werden ook een aantal minder specifieke PLFAs (i14:0, 14:0, br16:0, 16:1ω7c, 16:0, br17:0, 17:0, br18:0, 18:1ω9, 18:0, 20:4, 20:5, 20:3, 20:0) meegenomen, zodat er in totaal 29 PLFAs werden gemeten. Daarnaast werd de neutral lipid fatty acid (NLFA) 16:1ω5 gemeten als specifieke biomarker voor arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Deze NLFA komt uitsluitend voor in reserve lipiden (storage lipids, voornamelijk sporen) van AMF.

AMF zijn niet inbegrepen in de met PLFA 18:2ω6 gemeten hoeveelheden schimmels. De schimmel biomarker PLFA 18:2ω6 zit wel in ectomycorrhiza schimmels die in bosgrond voorkomen, maar niet in landbouwgrond. In landbouwgrond vertegenwoordigt PLFA 18:2ω6 alleen saprotrofe schimmels. Deze meest specifieke schimmel-PLFA wordt gebruikt voor berekening van de schimmel/bacterie PLFA verhouding. De minder specifiek PLFA 16:1ω5 voor arbusculaire mycorrhiza wordt niet meegerekend, omdat deze ook in bacteriën kan voorkomen (Frostegård et al., 2011; Olsson and Lekberg, 2022).

Bovendien werd door WENR ook ergosterol gemeten als biomarker voor schimmels, door extractie van 4 g grond in methanol en HPLC analyse (de Ridder-Duine et al., 2006). Net als PLFA 18:2ω6 komt ergosterol voor in saprotrofe schimmels en ectomycorrhiza schimmels, maar niet in arbusculaire mycorrhiza schimmels.

## 2.5.2 HWC en PMN

Heet-water extraheerbare koolstof (HWC) en Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) zijn gemeten in veldvochtige grond door WENR. HWC werd gemeten als de toename in opgelost organische koolstof na 16 uur extractie van 4 g grond in 30 ml water bij 80 °C (Ghani et al., 2003); dit is een maat voor de hoeveelheid labiele koolstof in de bodem. PMN werd gemeten als de toename van ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) gedurende een week anaerobe (waterverzadigde) incubatie van 16 g grond in 40 ml water bij 40 °C (Canali and Benedetti, 2006; Keeney and Nelson, 1983). Dit is een maat voor de hoeveelheid labiele stikstof die gemakkelijk beschikbaar kan komen voor het gewas.

## 2.6 Nematodenbepaling

Voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesgemeenschap is een submonster van 100 mL grond gebruikt. De grond is eerst 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 triethylamineen 90,4 mL gedestilleerd water (Van Bezooijen and 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.

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. De analyse in Ninja is op 8-7-2022 uitgevoerd.

## 2.7 Statistische verwerking

Voor de analyse werden de aantallen nematoden  $10\log(x+1)$ -getransformeerd en de biomassa van de nematoden  $10\log(x)$ - getransformeerd, maar de indexen hoefden niet te worden getransformeerd. Ook de overige parameters zijn niet getransformeerd.

Voor de vergelijking van de vier vormen van grondgebruik (akkerbouw biologisch, akkerbouw gangbaar, bos en grasland) werd gebruik gemaakt van alleen de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw. Generalized linear models werden gebruikt voor de analyses van alle parameters.

Voor de analyses van het verschil tussen de vormen van grondgebruik en maatregelen is in eerste instantie gebruik gemaakt van een linear mixed model met als random variabele Blok:Grondgebruik om rekening te houden met de split-plot opzet van de veldproef. Dit model is, als mogelijk, in een latere stap versimpeld afhankelijk van welke factoren een significant effect bleken te hebben. Ook is er gekeken of de data voldoet aan de aannames voor een linear mixed model. Als deze aannames niet gewaarborgd zijn is gebruik gemaakt van een niet-parametrisch model.

---

Er is zijn NMDS analyses uitgevoerd op de PLFA biomarkers met het pakket "vegan" (Oksanen et al., 2013). Deze NMDS analyse is gedaan voor zowel de gehele dataset met referentiebos en -grasland en de gereduceerde dataset met alleen akkerbouw en maatregelen. Verschillen tussen de vormen van grondgebruik en maatregelen zijn bepaald middels de functie "adonis", waarbij het effect van grondgebruik en maatregel met inachtneming van het blokeffect is geanalyseerd. Paarsgewijze verschillen zijn getest met de functie "pairwise.adonis2".

Omdat wordt aangenomen dat PMN en HWC indicatoren zijn voor de stikstof en koolstof in de microbiële biomassa, zijn de PLFA metingen gecorreleerd met HWC en PMN middels een spearman-correlatie.

# 3 Resultaten

## 3.1 Bodemmicrobioom

Het effect van grondgebruik (akkerbouw biologisch en gangbaar, grasland en bos) en de maatregelen op het bodemmicrobioom, gemeten als PLFA-samenstelling, HWC en PMN, worden in dit hoofdstuk beschreven.

### 3.1.1 Effecten van grondgebruik

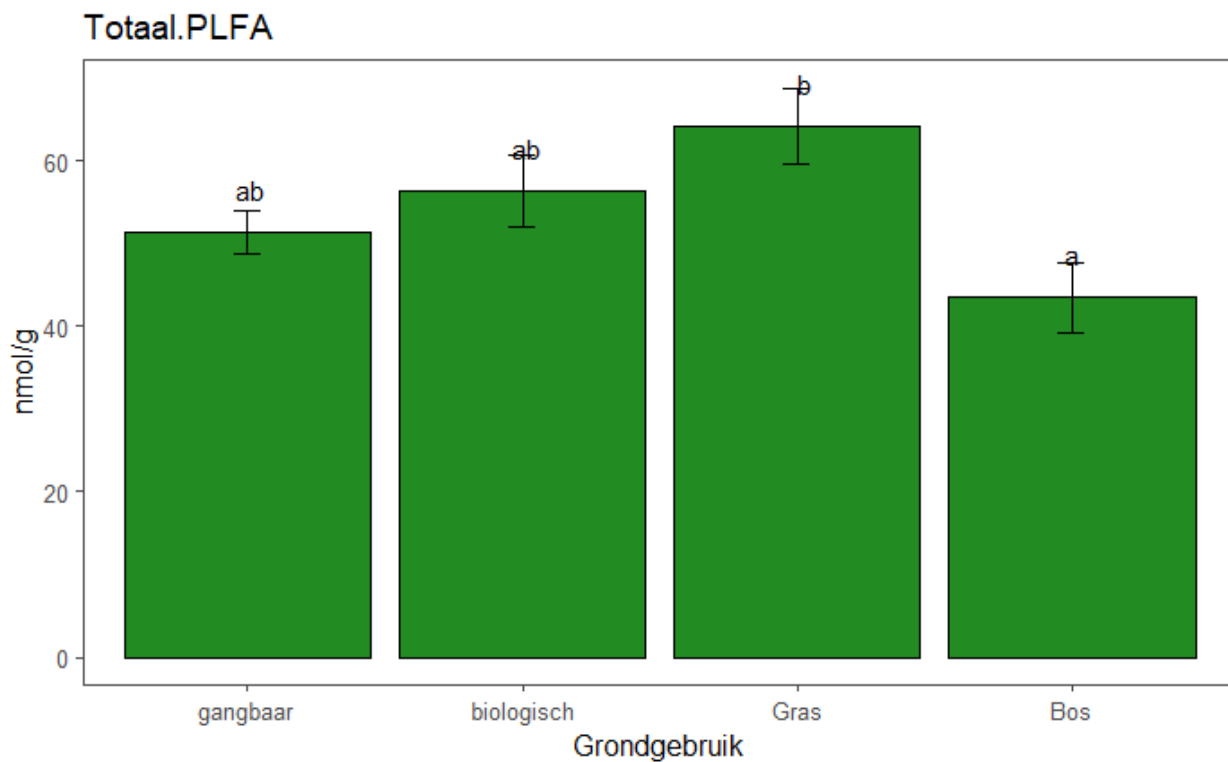
Mogelijke verschillen tussen de twee akkerbouwsystemen, biologisch en gangbaar, en grasland (Gras) en bos (Bos) zijn onderzocht.

#### 3.1.1.1 PLFA

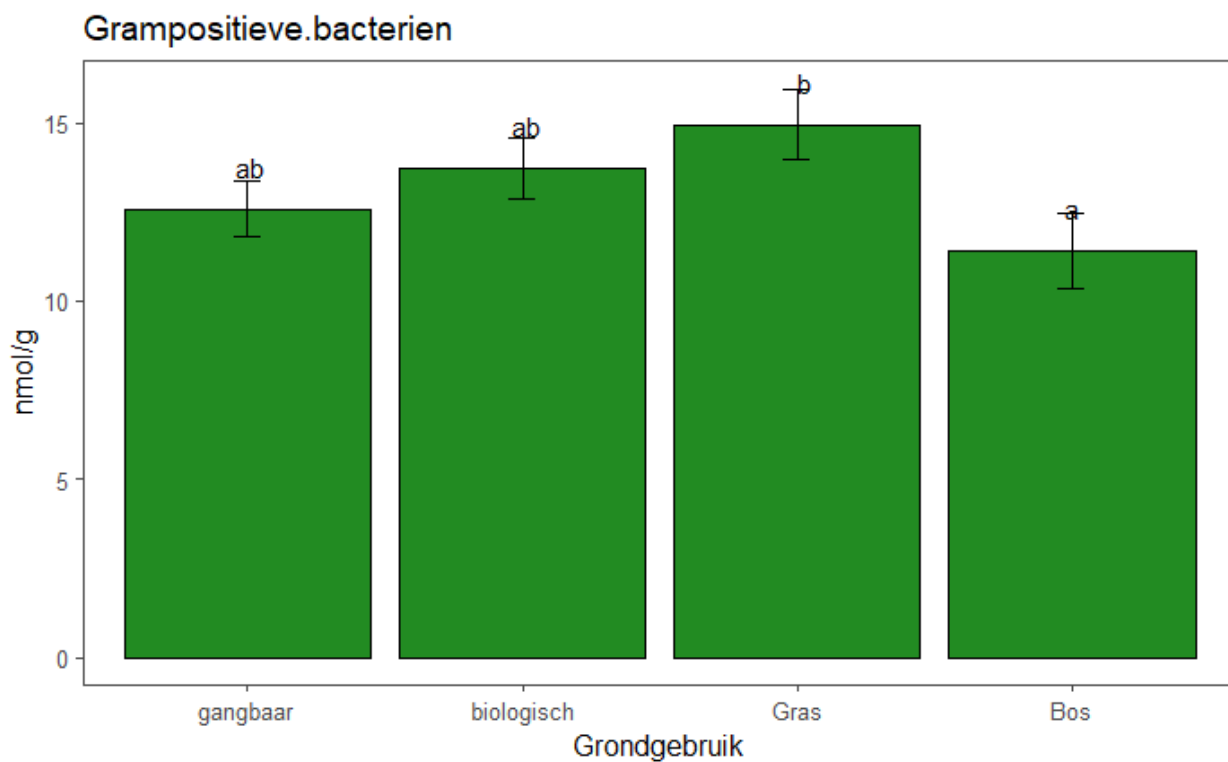
Voor de meeste parameters was er een significant effect van grondgebruik (Tabel 3.1). De parameters totaal PLFA (Figuur 3.1), Grampositieve bacteriën (Figuur 3.2) en Actinobacteria (Figuur 3.3) waren het hoogst in het grasland en het laagst in het bos. Gramnegatieve bacteriën waren significant verhoogd in het bos vergeleken met het gangbare landbouwsysteem (Figuur 3.4) en de verhouding tussen Grampositieve en Gramnegatieve bacteriën was hoger in beide vormen van akkerbouw vergeleken met grasland en bos (Figuur 3.5). De schimmel/bacterie verhouding was het hoogst in de biologische akkerbouw en het bos en het laagst in het grasland (Figuur 3.6). De hoeveelheid AMF daarentegen was het laagst in het bos (Figuur 3.7). Er waren geen paarsgewijze significante verschillen tussen de vormen van grondgebruik voor schimmel PLFA.

**Tabel 3.1** Statistische resultaten van een generalized linear models voor alle PLFA parameters van WENR gebruik makend van de controle behandeling voor biologische en gangbare landbouw en gras en bos monsters.

Variable	Chisq	Df	P
Totaal PLFA (nmol/g)	14.64	3	<0.01
Bacteriën PLFA (nmol/g)	2.85	3	0.42
Schimmel PLFA (nmol/g)	8.19	3	0.04
Mycorrhiza (AMF) (nmol/g)	16.56	3	<0.01
Schimmel/Bacteriën	77.08	3	<0.01
Actinobacteria (nmol/g)	46.26	3	<0.01
Grampositieve bacteriën (nmol/g)	8.17	3	0.04
Gramnegatieve bacteriën (nmol/g)	9.07	3	0.03
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	215.80	3	<0.01
Ergosterol (mg/kg)	5.73	3	0.13
Droge stof (%)	13.48	3	<0.01



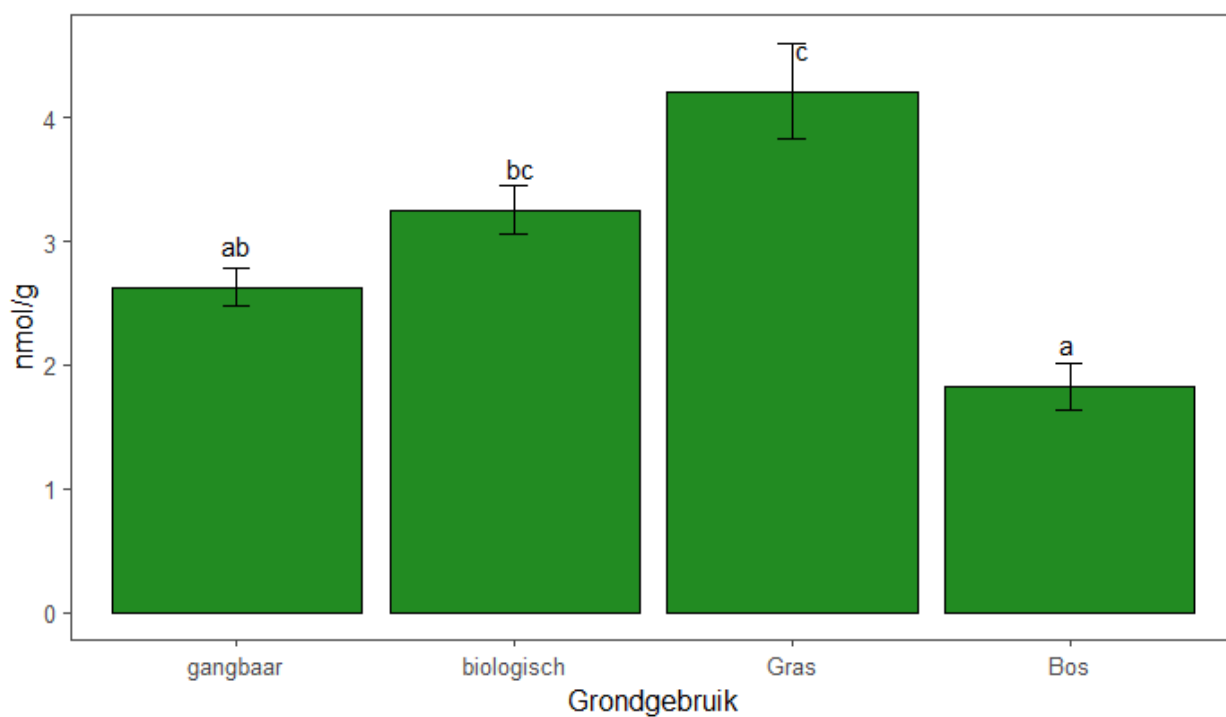
**Figuur 3.1** Gemiddelde hoeveelheid totaal PLFA in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.



**Figuur 3.2** Gemiddelde hoeveelheid Grampositieve bacteriën in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.

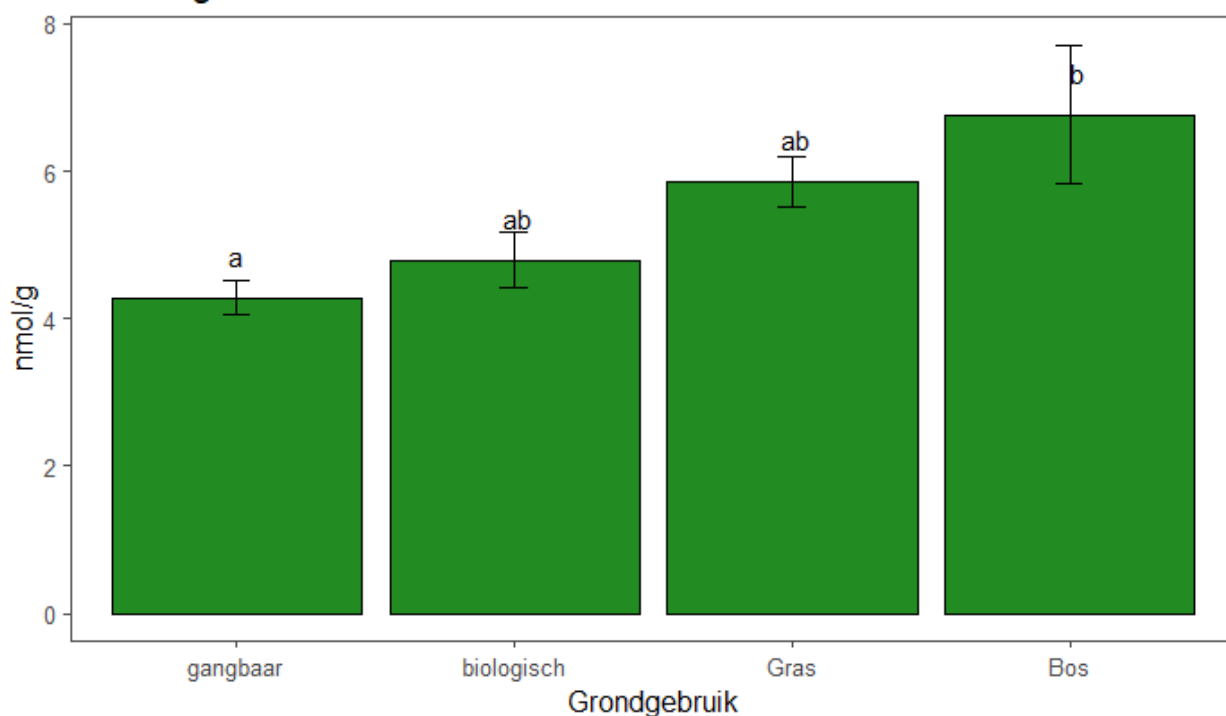


### Actinobacteria

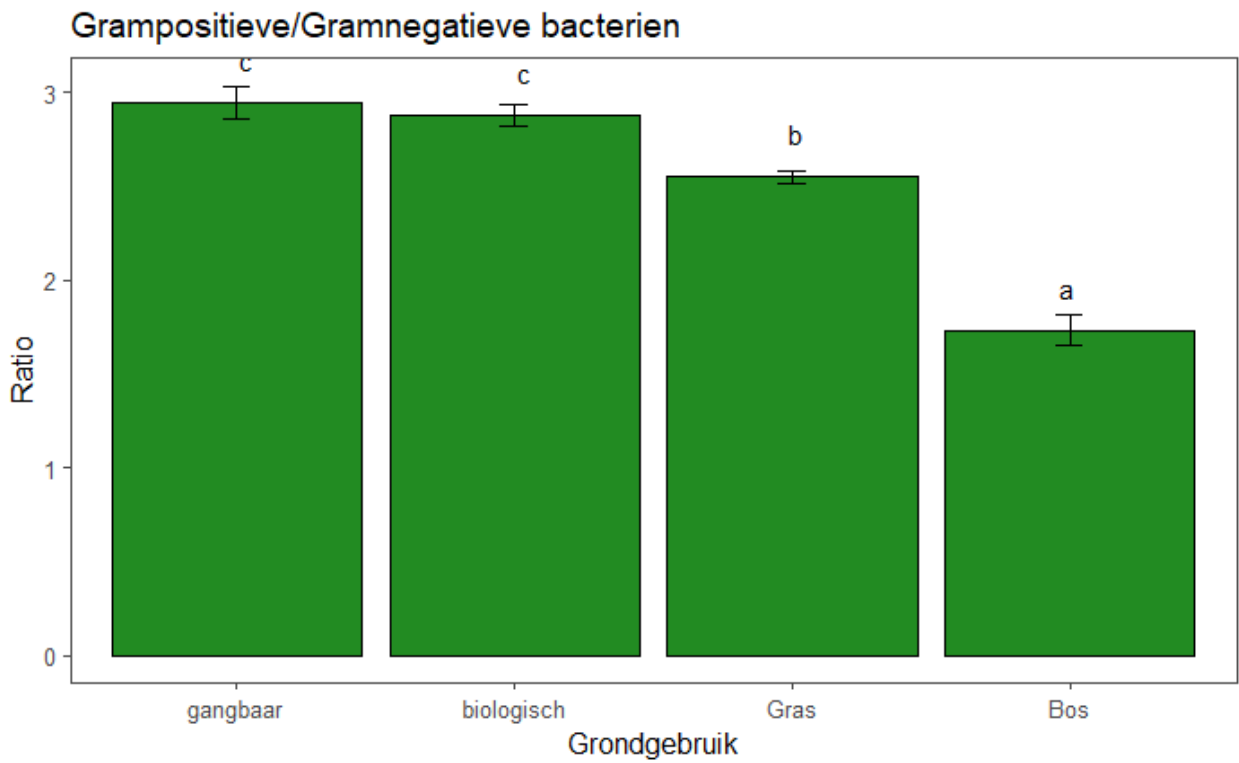


**Figuur 3.3** Gemiddelde hoeveelheid Actinobacteria in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.

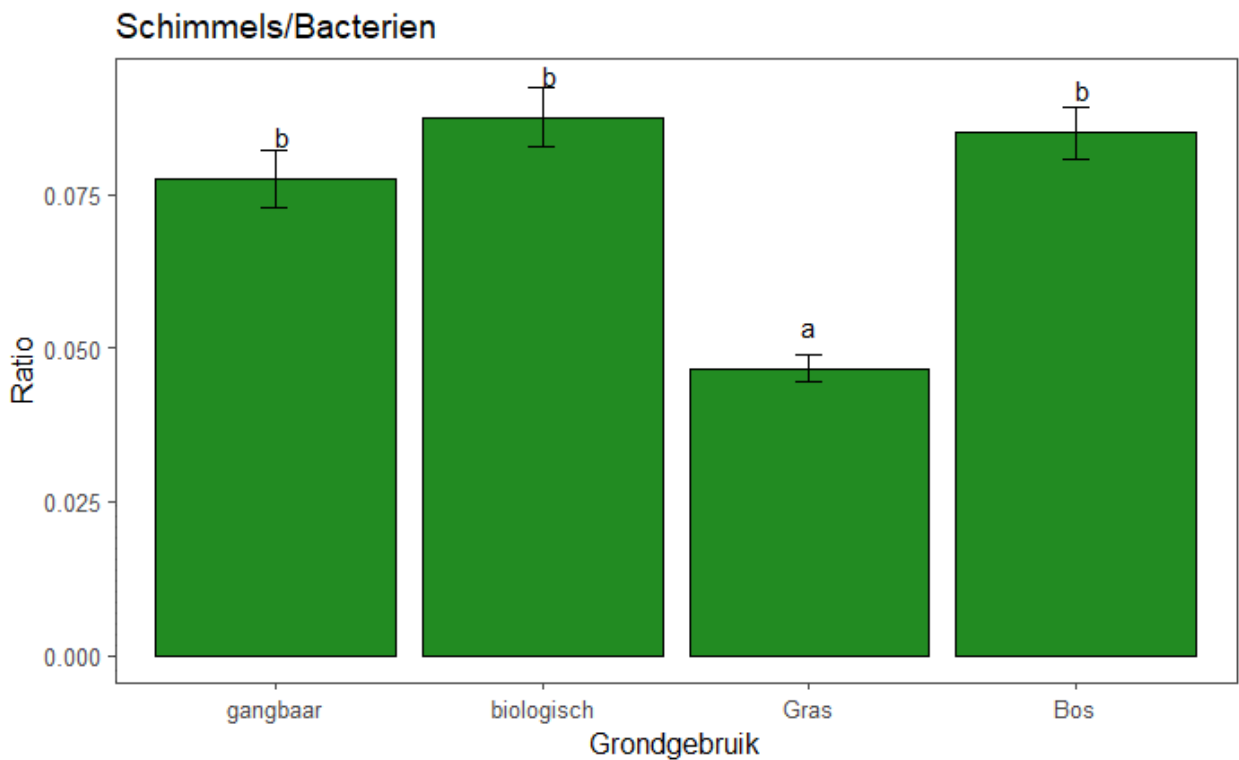
### Gramnegatieve bacteriën



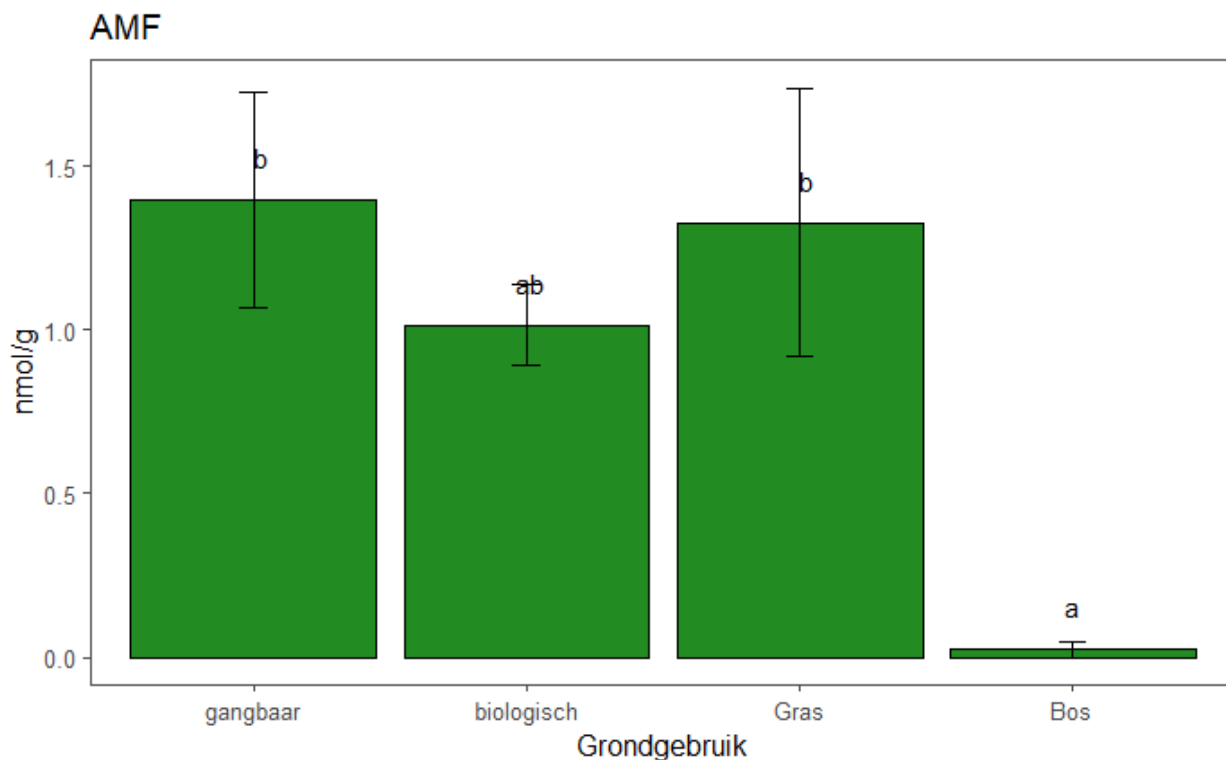
**Figuur 3.4** Gemiddelde hoeveelheid Gramnegatieve bacteriën in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.



**Figuur 3.5** Gemiddelde verhouding tussen Grampositieve en Gramnegatieve bacteriën in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.



**Figuur 3.6** Gemiddelde verhouding tussen schimmels en bacteriën in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.



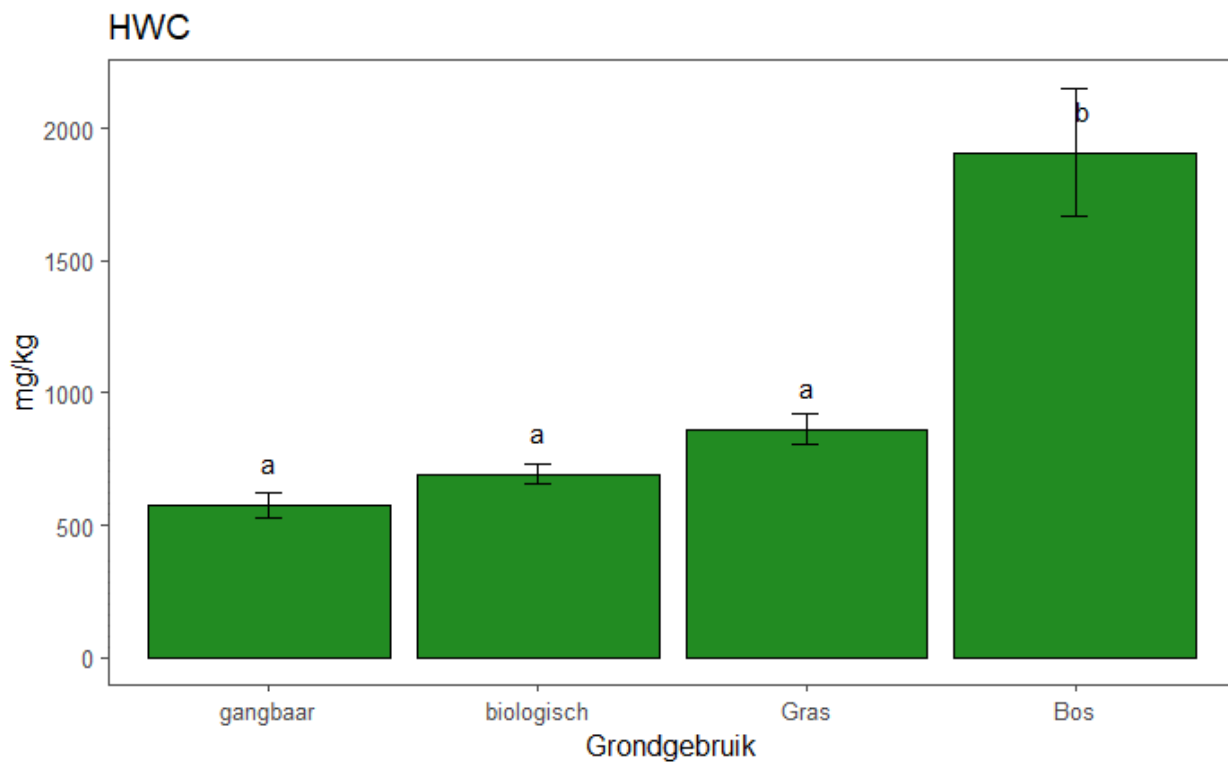
**Figuur 3.7** Gemiddelde hoeveelheid arbusculaire mycorrhiza NLFA in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.

### 3.1.1.2 HWC & PMN

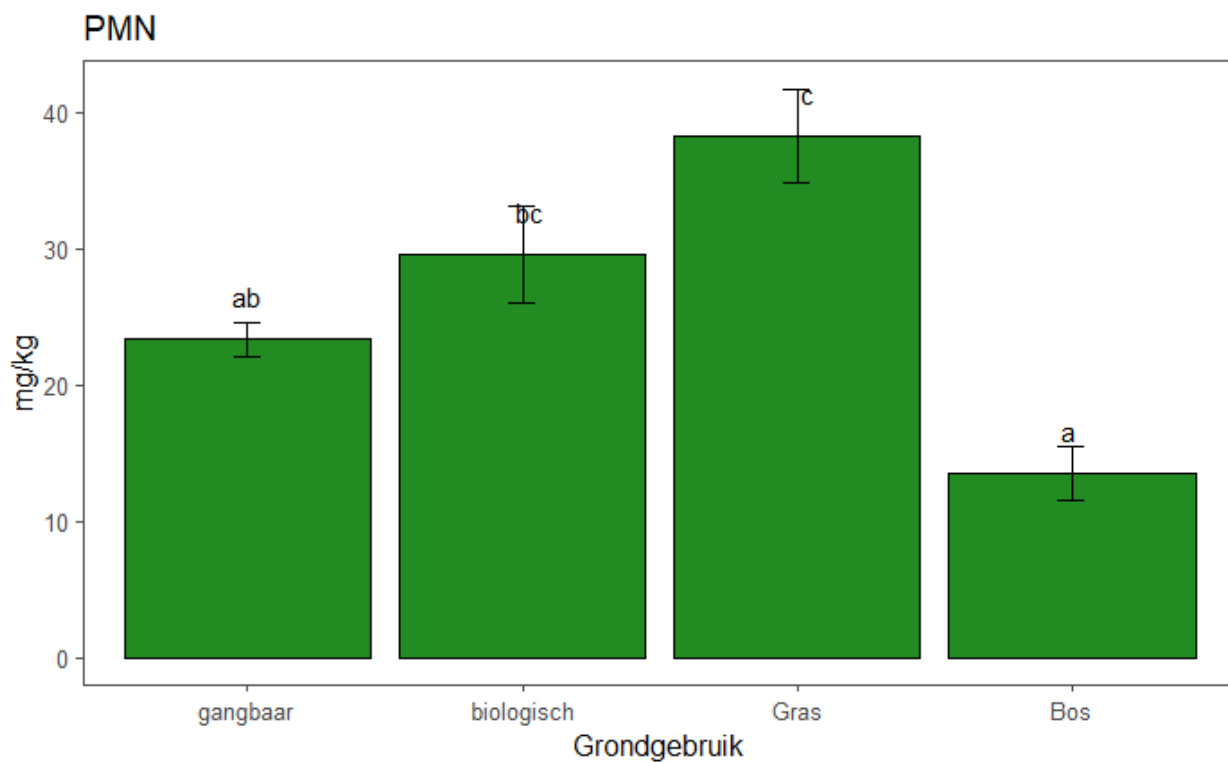
HWC was het hoogst in het bos (Figuur 3.8), terwijl PMN het hoogst was in het grasland (Figuur 3.9) (Tabel 3.2).

**Tabel 3.2** Statistische resultaten van een generalized linear models voor HWC & PMN gebruik makend van de controle maatregel voor biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos monsters.

Variabele	Chisq	DF	P
PMN (mg/kg)	48.14	3	<0.01
HWC (mg/kg)	51.36	3	<0.01



**Figuur 3.8** Gemiddelde hoeveelheid HWC in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.



**Figuur 3.9** Gemiddelde hoeveelheid PMN in de controle maatregel van de biologische en gangbare akkerbouw en gras en bos.

### 3.1.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen

Mogelijke verschillen tussen de twee vormen van grondgebruik akkerbouw biologisch (BIO) en gangbaar (GBR) en de elf maatregelen zijn onderzocht.

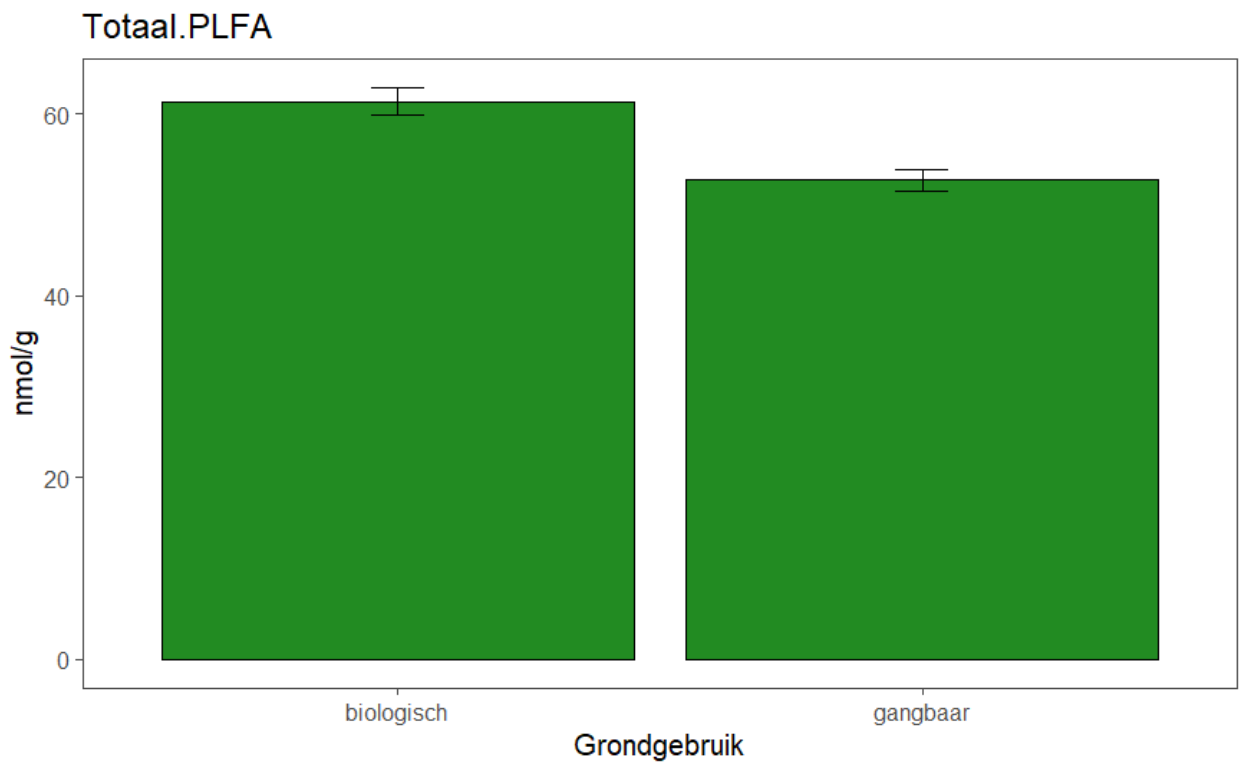
#### 3.1.2.1 PLFA

Voor de PLFA-data waren de meeste parameters, zoals de totale hoeveelheid PLFA (Figuur 3.10), het aantal bacteriën en schimmels verhoogd in de biologische akkerbouw (Tabel 3.3, Figuur 3.11a, Figuur 3.12a) ten opzichte van de gangbare akkerbouw. Verder waren veel parameters ook verhoogd met de AHC-maatregel, zoals de totale hoeveelheid PLFA (Figuur 3.10b), bacteriën (Figuur 3.11b), Actinobacteria (Figuur 3.13), Grampositieve bacteriën (Figuur 3.14) en Gramnegatieve bacteriën (Figuur 3.15).

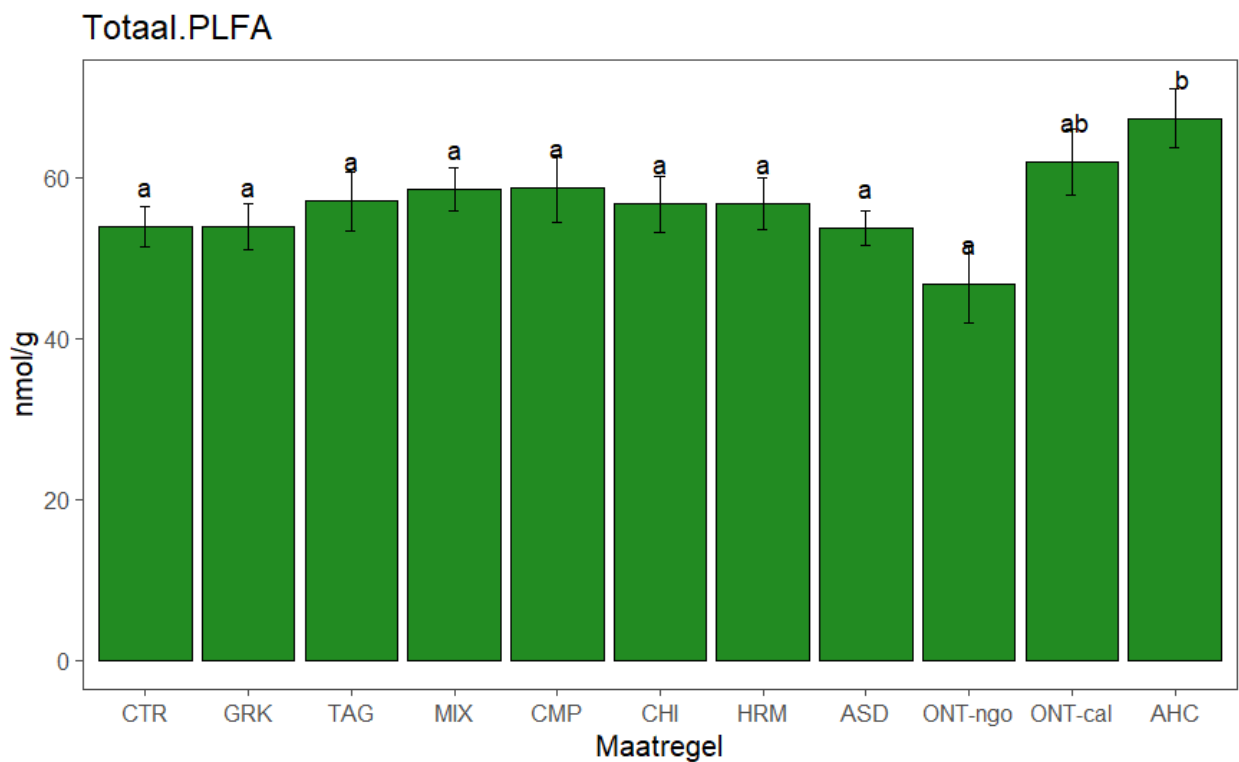
**Tabel 3.3** Statistische resultaten van complete linear mixed models voor alle gemeten PLFA parameters en ergosterol van WENR. Statistisch significante resultaten zijn vet gedrukt.

Meting	Parameter	Chisq	Df	P
Totaal PLFA (nmol/g)	Blok	40.75	3	<b>&lt;0.01</b>
Totaal PLFA (nmol/g)	Grondgebruik	17.28	1	<b>&lt;0.01</b>
Totaal PLFA (nmol/g)	Maatregel	52.73	10	<b>&lt;0.01</b>
Totaal PLFA (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	6.90	8	0.55
Bacteriën PLFA (nmol/g)	Blok	42.30	3	<b>&lt;0.01</b>
Bacteriën PLFA (nmol/g)	Grondgebruik	16.51	1	<b>&lt;0.01</b>
Bacteriën PLFA (nmol/g)	Maatregel	75.76	10	<b>&lt;0.01</b>
Bacteriën PLFA (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	6.89	8	0.55
Schimmel PLFA (nmol/g)	Blok	16.02	3	<b>&lt;0.01</b>
Schimmel PLFA (nmol/g)	Grondgebruik	16.31	1	<b>&lt;0.01</b>
Schimmel PLFA (nmol/g)	Maatregel	21.08	10	<b>0.02</b>
Schimmel PLFA (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	5.86	8	0.66
AMF (nmol/g)	Blok	3.33	3	0.34
AMF (nmol/g)	Grondgebruik	0.62	1	0.43
AMF (nmol/g)	Maatregel	10.68	10	0.38
AMF (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	8.39	8	0.4
Schimmel/Bacterie	Blok	2.65	3	0.45
Schimmel/Bacterie	Grondgebruik	3.98	1	0.05
Schimmel/Bacterie	Maatregel	17.42	10	0.07
Schimmel/Bacterie	Grondgebruik:Maatregel	5.94	8	0.65
Actinobacteria (nmol/g)	Blok	59.00	3	<b>&lt;0.01</b>
Actinobacteria (nmol/g)	Grondgebruik	28.06	1	<b>&lt;0.01</b>
Actinobacteria (nmol/g)	Maatregel	63.45	10	<b>&lt;0.01</b>
Actinobacteria (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	10.17	8	0.25
Grampositieve bacteriën (nmol/g)	Blok	41.00	3	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve bacteriën (nmol/g)	Grondgebruik	16.92	1	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve bacteriën (nmol/g)	Maatregel	64.11	10	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve bacteriën (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	6.75	8	0.56
Gramnegatieve bacteriën (nmol/g)	Blok	46.43	3	<b>&lt;0.01</b>
Gramnegatieve bacteriën (nmol/g)	Grondgebruik	15.07	1	<b>&lt;0.01</b>
Gramnegatieve bacteriën (nmol/g)	Maatregel	98.68	10	<b>&lt;0.01</b>
Gramnegatieve bacteriën (nmol/g)	Grondgebruik:Maatregel	4.02	8	0.86
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Blok	28.56	3	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Grondgebruik	0.61	1	0.43
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Maatregel	58.92	10	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Grondgebruik:Maatregel	2.86	8	0.94
Ergosterol (mg/kg)	Blok	4.24	3	0.24
Ergosterol (mg/kg)	Grondgebruik	6.42	1	<b>0.01</b>
Ergosterol (mg/kg)	Maatregel	8.10	10	0.62
Ergosterol (mg/kg)	Grondgebruik:Maatregel	10.03	8	0.26
Droge stof %	Blok	9.81	3	<b>0.02</b>
Droge stof %	Grondgebruik	0.22	1	0.64
Droge stof %	Maatregel	20.08	10	<b>0.03</b>
Droge stof %	Grondgebruik:Maatregel	7.15	8	0.52

a



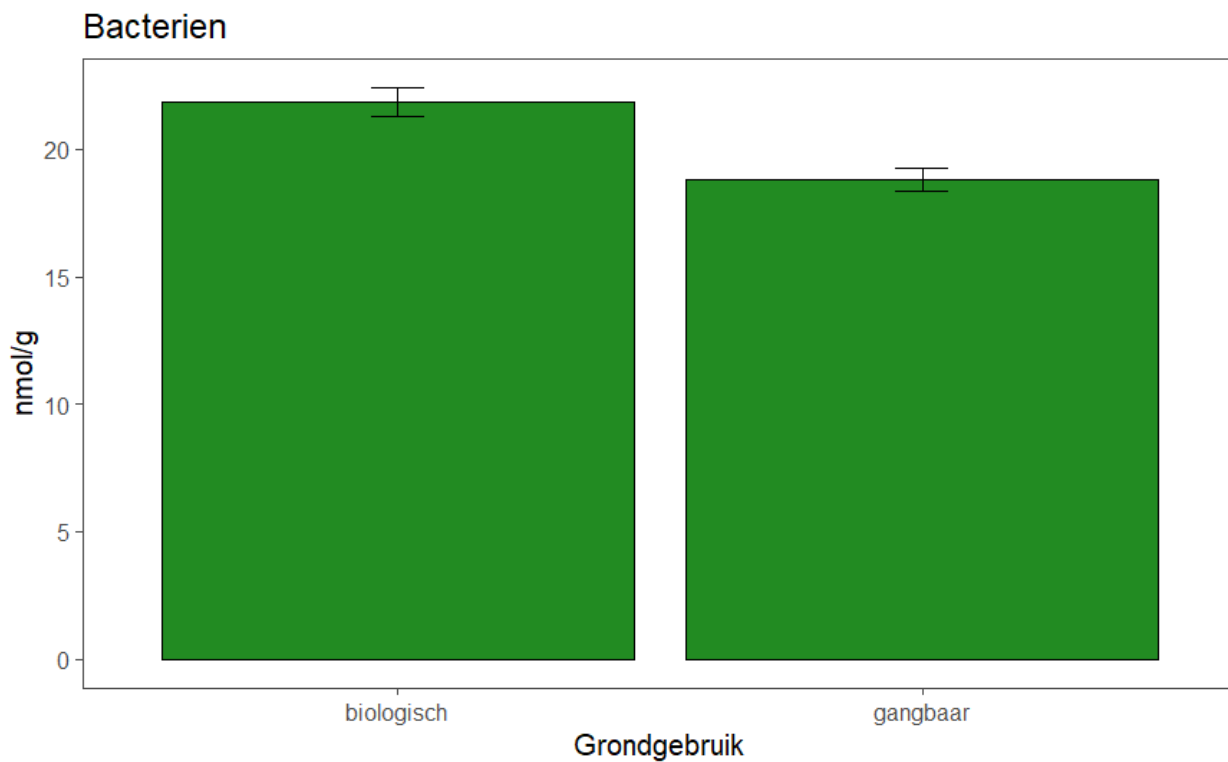
b



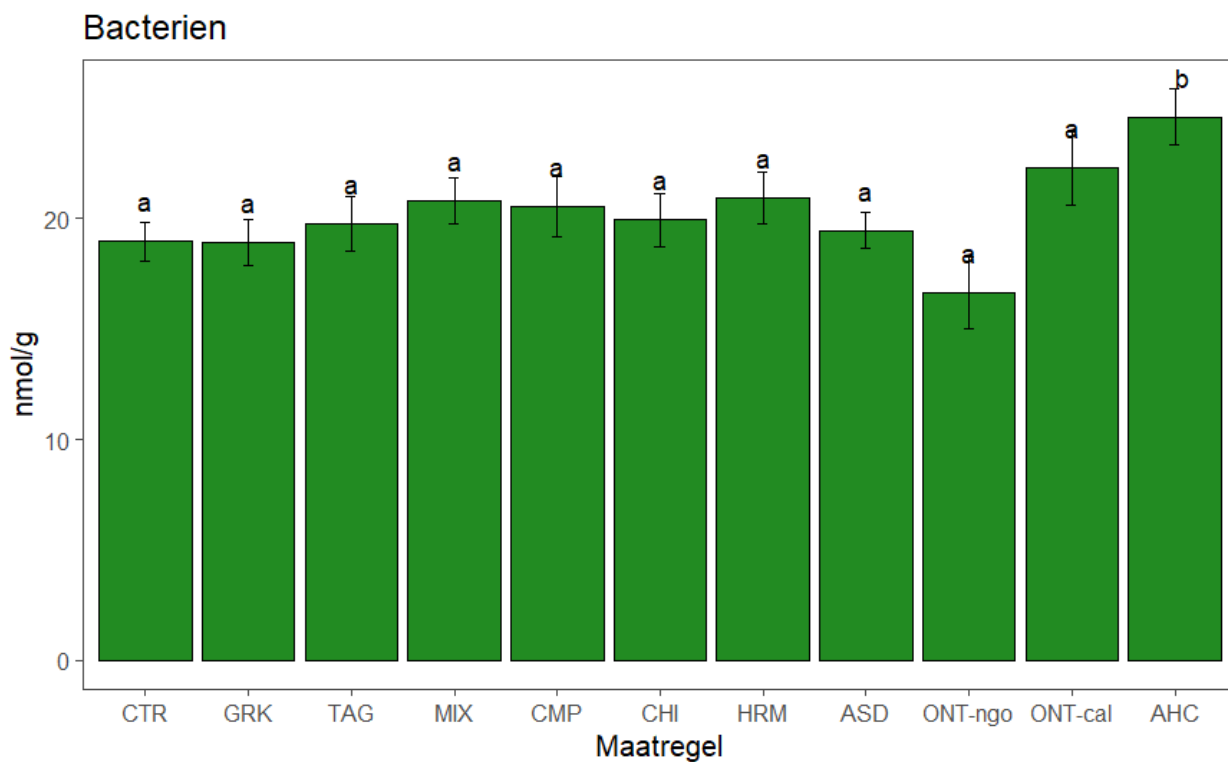
**Figuur 3.10** Gemiddelde totale hoeveelheid PLFA in a) de biologische en gangbare akkerbouw en b) de 11 maatregelen.



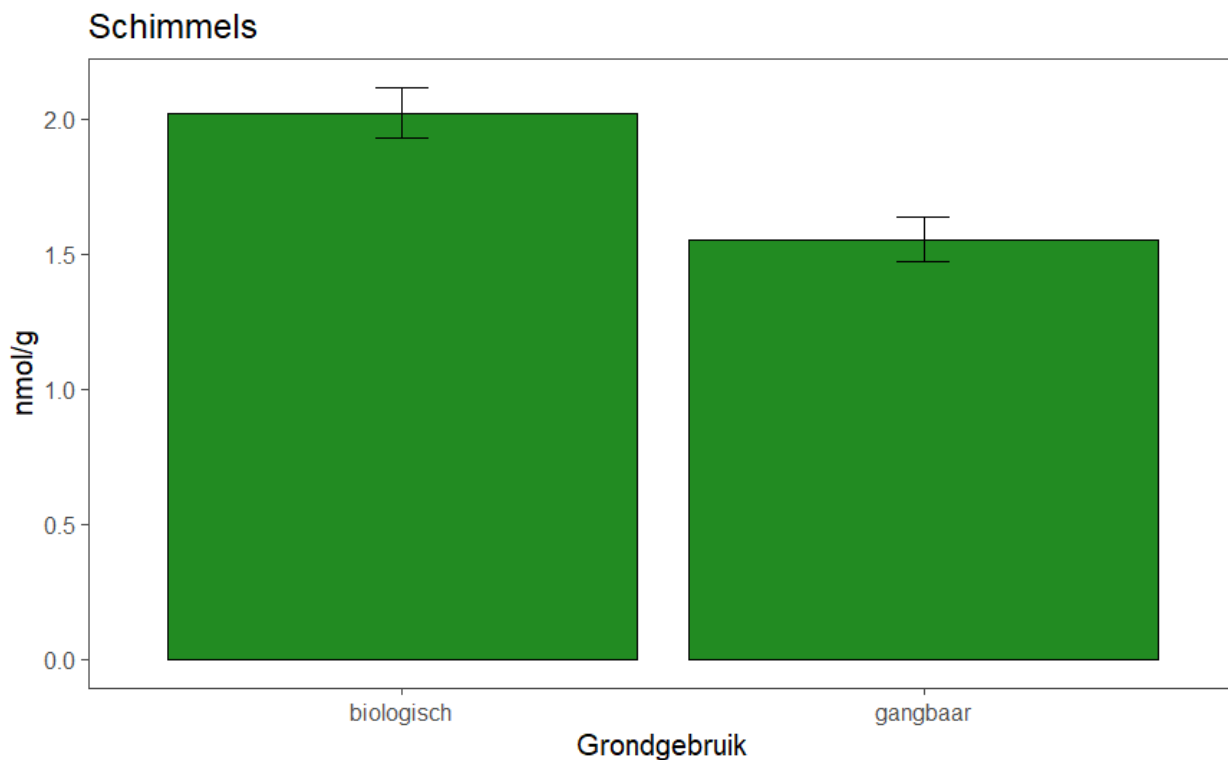
a



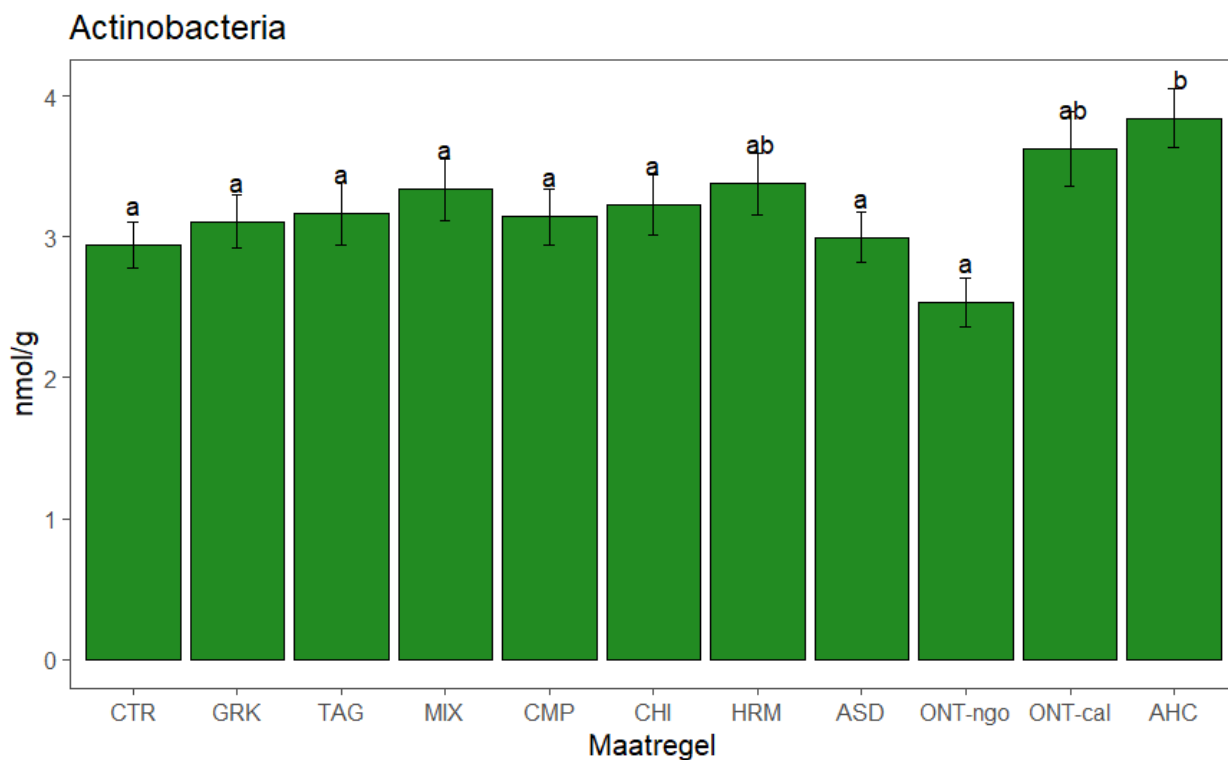
b



**Figuur 3.11** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van bacteriën in a) de biologische en gangbare akkerbouw en b) de 11 maatregelen.

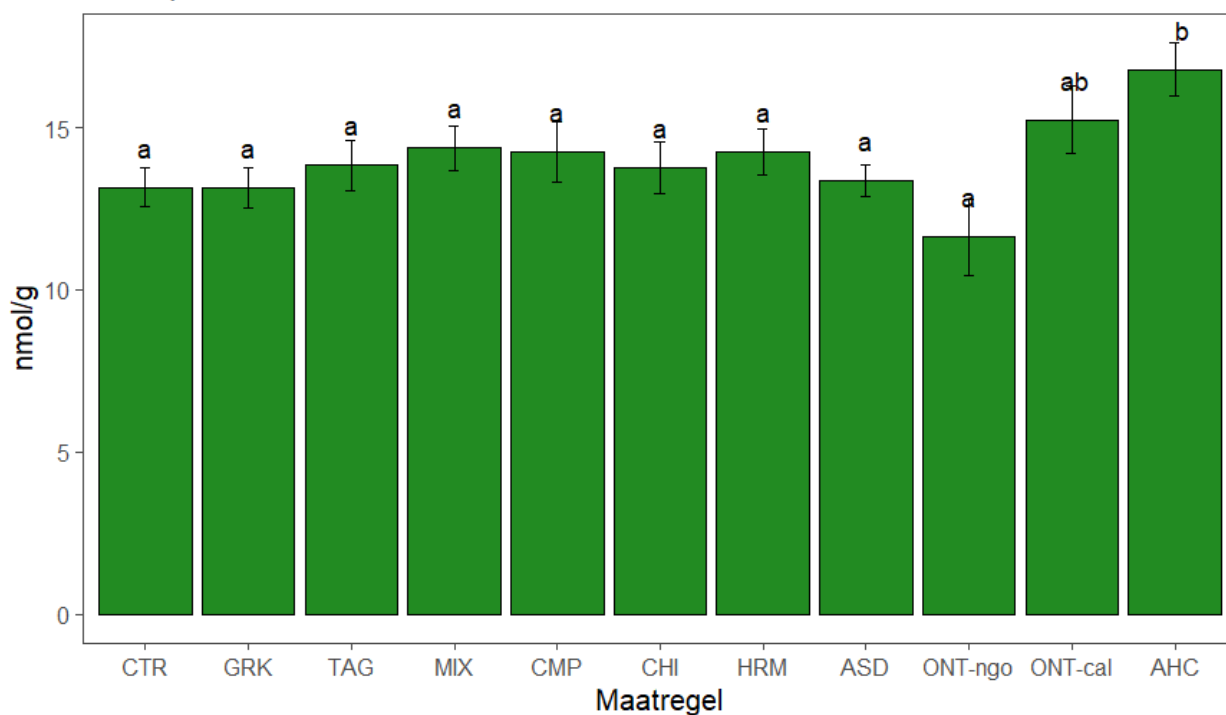


**Figuur 3.12** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van schimmels in de biologische en gangbare akkerbouw.



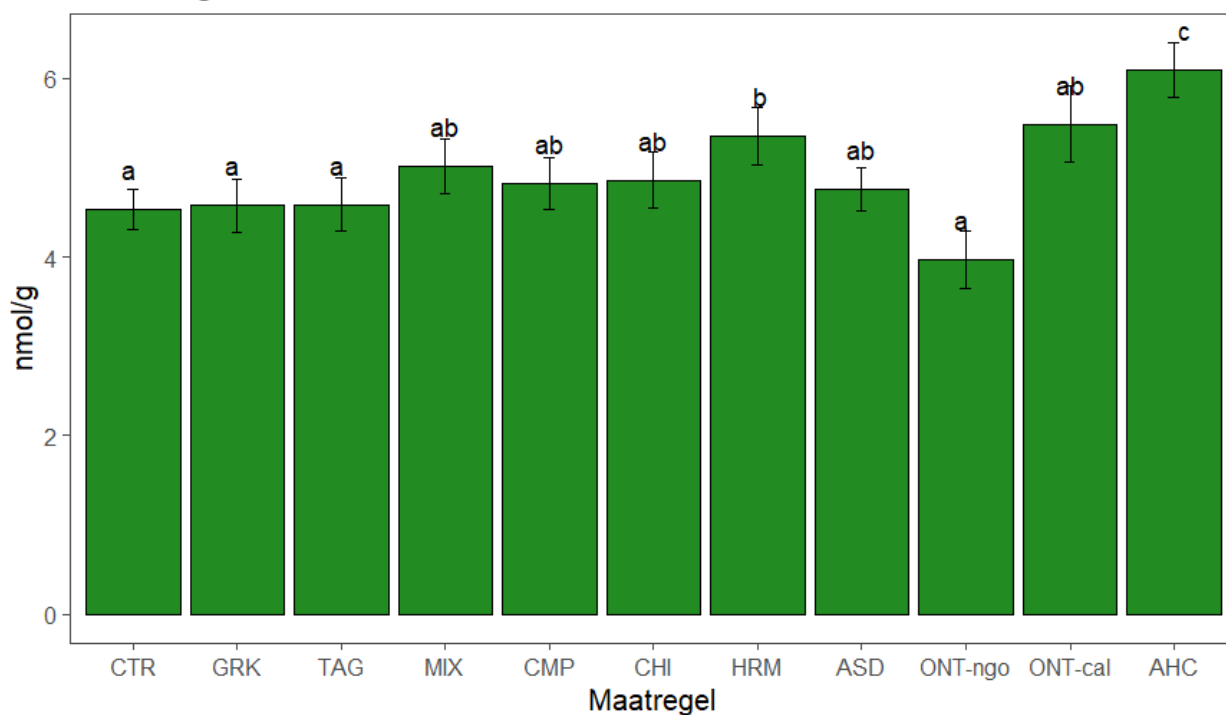
**Figuur 3.13** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van Actinobacteria met de 11 maatregelen.

### Grampositieve bacterien



**Figuur 3.14** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van Grampositieve bacteriën met de 11 maatregelen.

### Gramnegatieve bacterien



**Figuur 3.15** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van Gramnegatieve bacteriën met de 11 maatregelen.

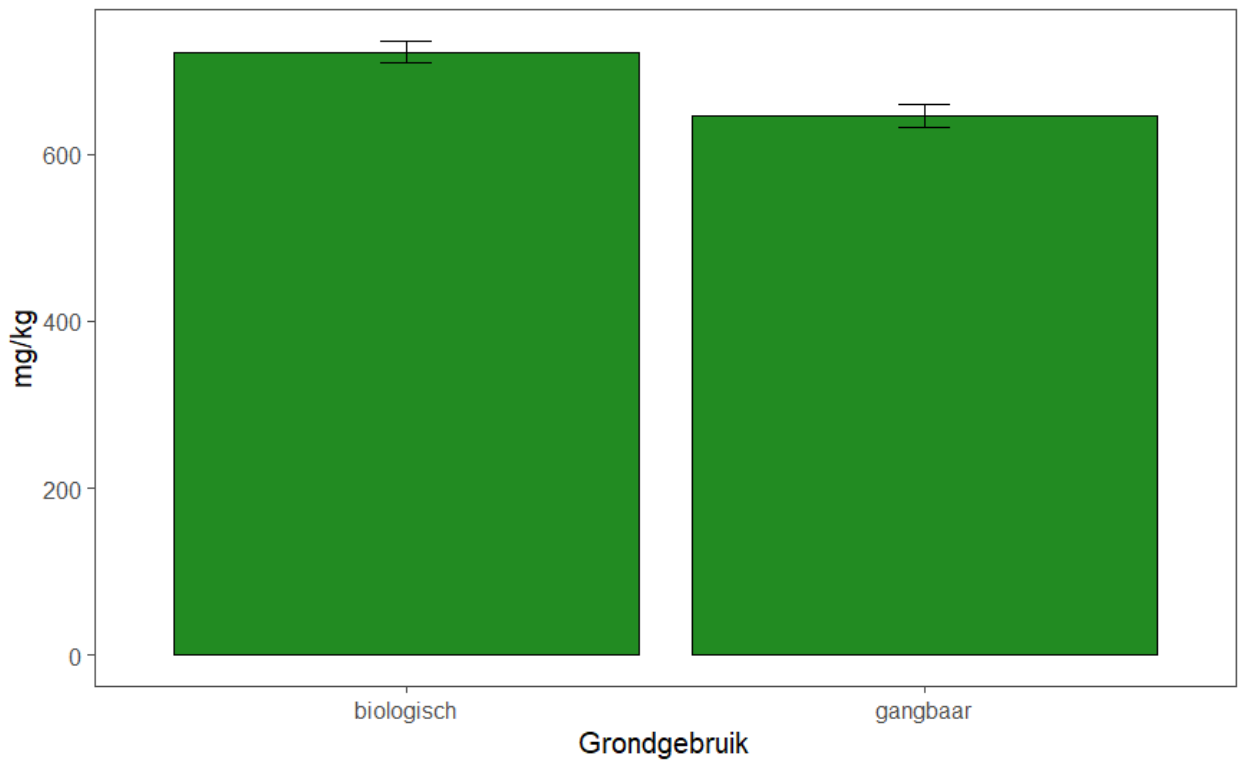
### 3.1.2.2 HWC & PMN

Zowel HWC als PMN waren hoger in het biologische systeem dan in het gangbare systeem (Tabel 3.4, Figuur 3.16a, Figuur 3.17a). HWC was het hoogst in de combi en de haarmeel-maatregel (Figuur 3.16b). Ook met anaerobe ontsmetting lag de concentratie hoger dan in de controle. PMN was slechts in de combinatie-maatregel significant hoger dan in de controle (Figuur 3.17b).

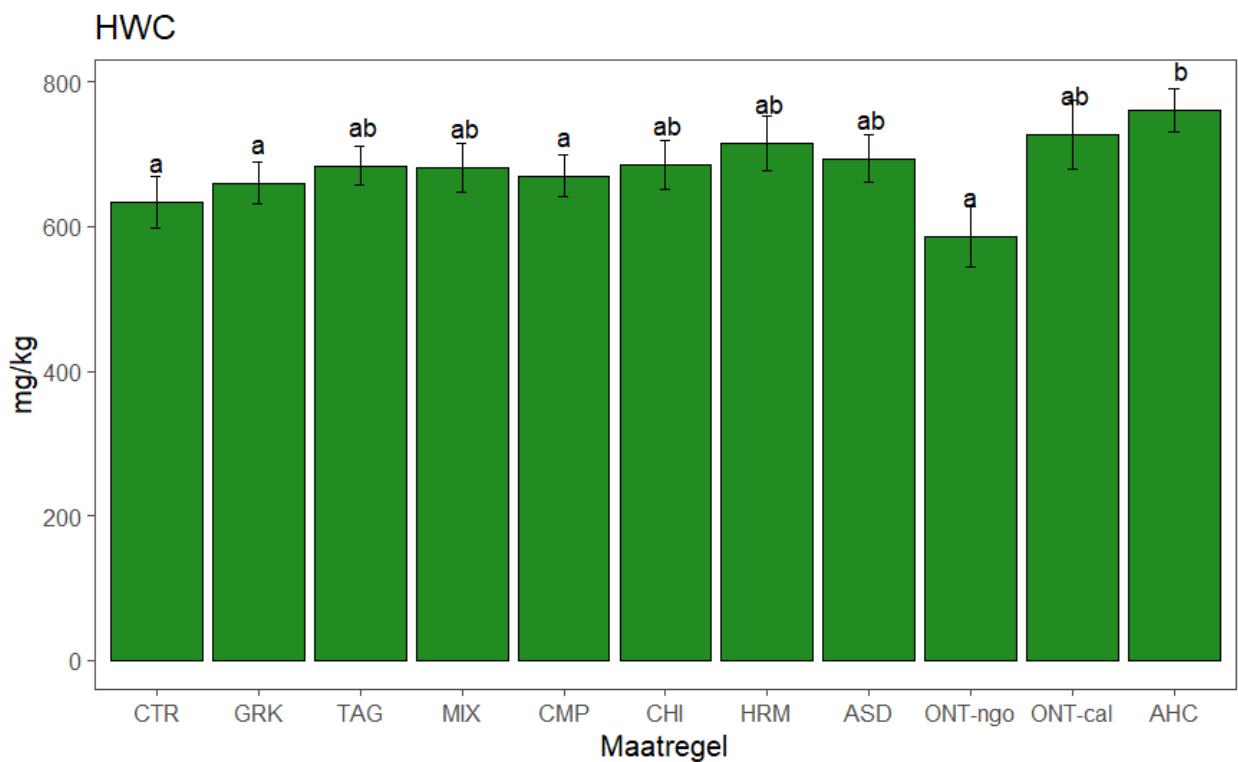
**Tabel 3.4** Statistische resultaten van complete linear mixed models voor PMN en HWC-metingen van WENR. Statistisch significante resultaten zijn vet gedrukt.

Meting	Parameter	Chisq	DF	P
PMN (mg/kg)	Blok	56.95	3	<b>&lt;0.01</b>
PMN (mg/kg)	Grondgebruik	18.82	1	<b>&lt;0.01</b>
PMN (mg/kg)	Maatregel	45.27	10	<b>&lt;0.01</b>
PMN (mg/kg)	Grondgebruik:Maatregel	7.09	8	0.53
HWC (mg/kg)	Blok	18.16	3	<b>&lt;0.01</b>
HWC (mg/kg)	Grondgebruik	6.37	1	<b>0.01</b>
HWC (mg/kg)	Maatregel	36.45	10	<b>&lt;0.01</b>
HWC (mg/kg)	Grondgebruik:Maatregel	3.54	8	0.9

a

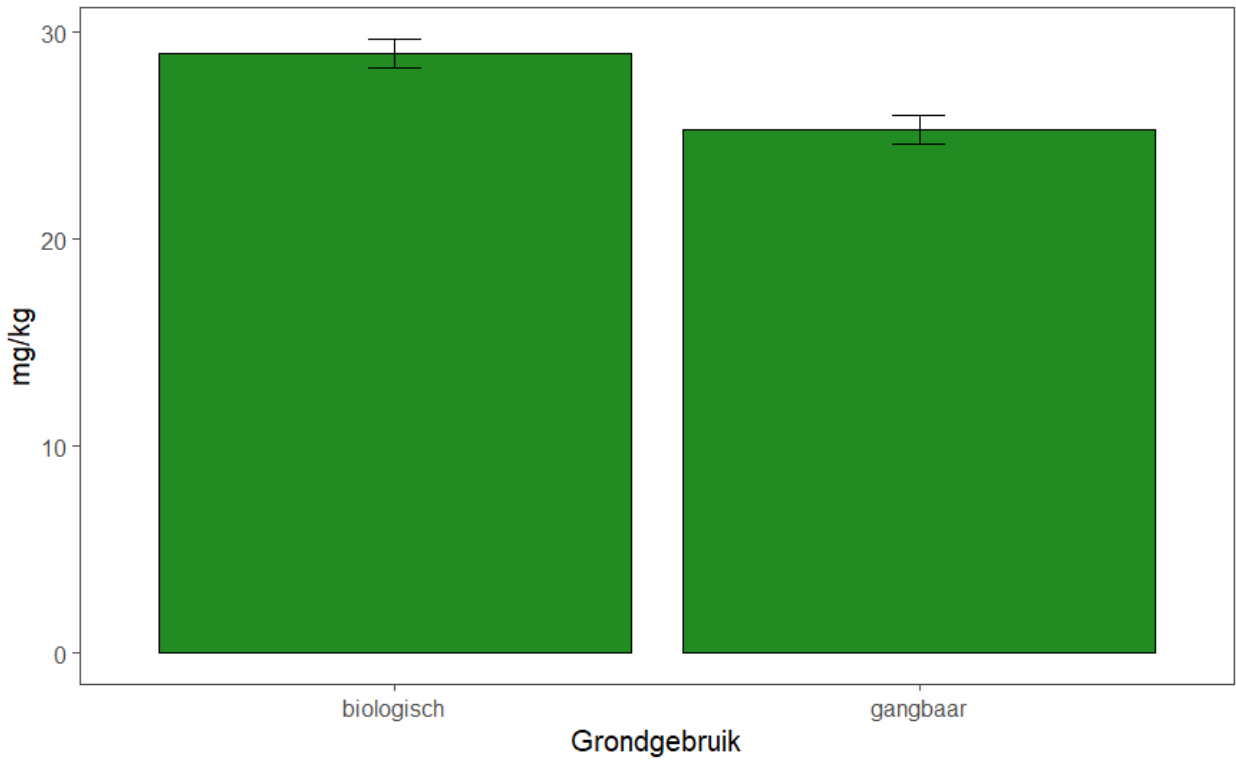


b

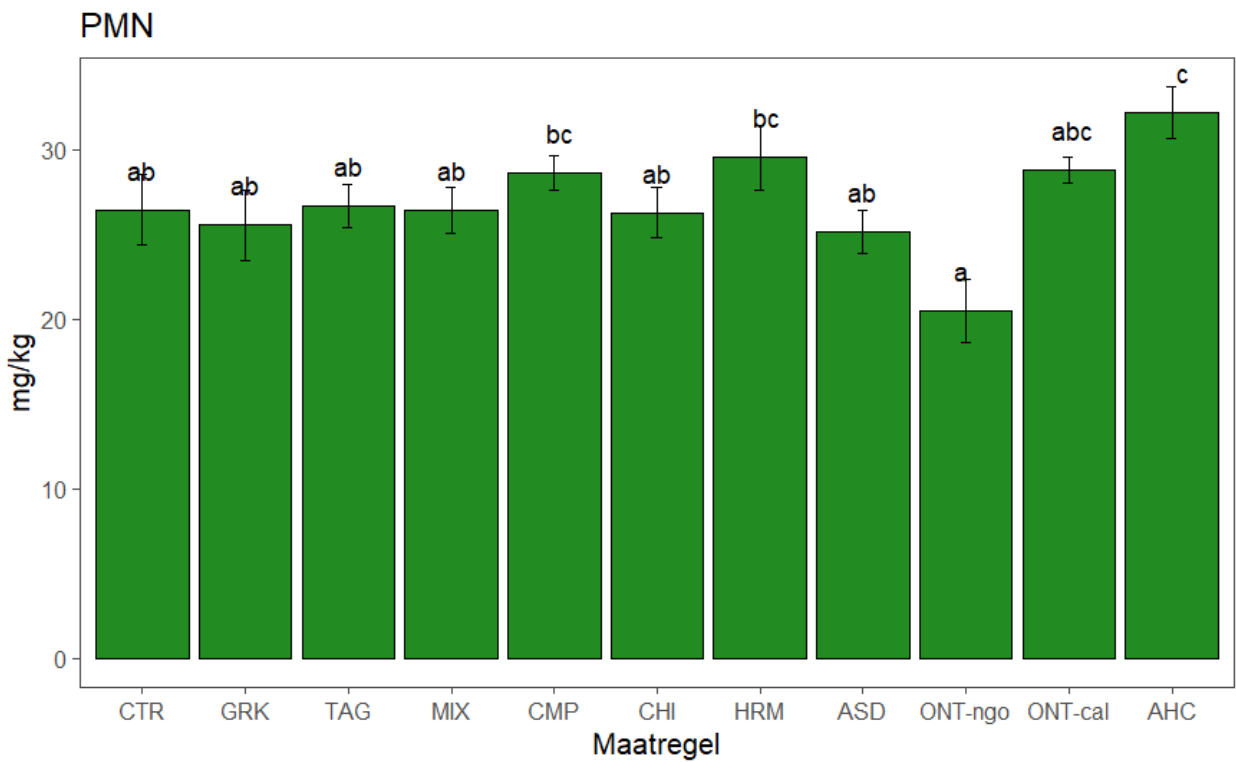


**Figuur 3.16** Gemiddelde hoeveelheid HWC in a) de biologische en gangbare akkerbouw en b) de 11 maatregelen.

a



b



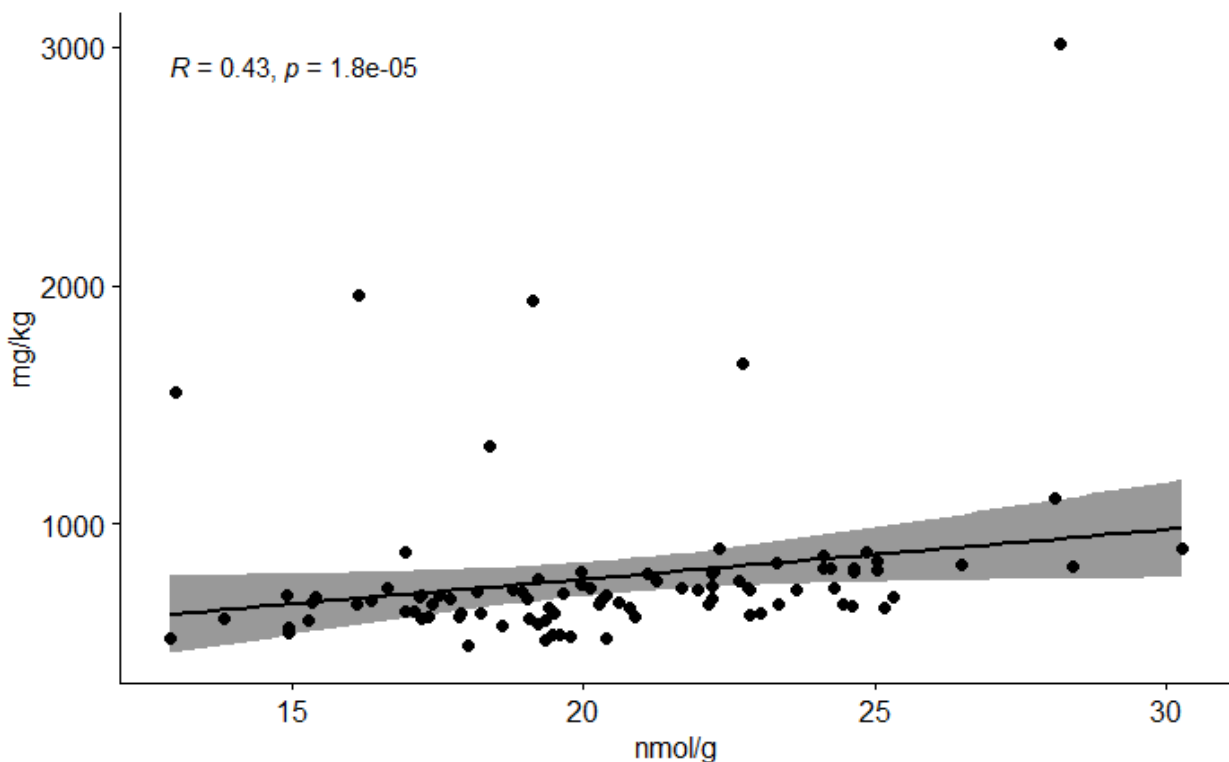
**Figuur 3.17** Gemiddelde hoeveelheid PMN in a) de biologische en gangbare akkerbouw en b) de 11 maatregelen.

### 3.1.3 Correlaties tussen HWC, PMN en microbiële parameters

De meeste correlaties tussen PMN, HWC en de gemeten microbiële parameters zijn significant maar zwak (Tabel 3.5). Er konden wel enkele sterkere correlaties worden gevonden tussen bacteriële PLFA (Gramnegatieve en Grampositieve bacteriën) en HWC (Figuur 3.18). Hierbij worden enkele outliers zichtbaar die de bosmonsters representeren.

**Tabel 3.5** Correlaties tussen PMN, HWC en de gemeten microbiële parameters.

Parameter 1	Parameter 2	R	p
PMN	Totaal PLFA	0.29	<0.01
PMN	Bacterie PLFA	0.18	0.08
PMN	Schimmel PLFA	0.06	0.6
PMN	Grampositieve bacterie PLFA	0.27	0.01
PMN	Gramnegatieve bacterie PLFA	0.07	0.49
PMN	Actinobacteria PLFA	0.32	<0.01
PMN	AMF	0.21	0.04
HWC	Totaal PLFA	0.29	0.01
HWC	Bacterie PLFA	0.43	<0.01
HWC	Schimmel PLFA	0.11	0.31
HWC	Grampositieve bacterie PLFA	0.32	<0.01
HWC	Gramnegatieve bacterie PLFA	0.64	<0.01
HWC	Actinobacteria PLFA	0.4	<0.01
HWC	AMF	-0.26	0.01

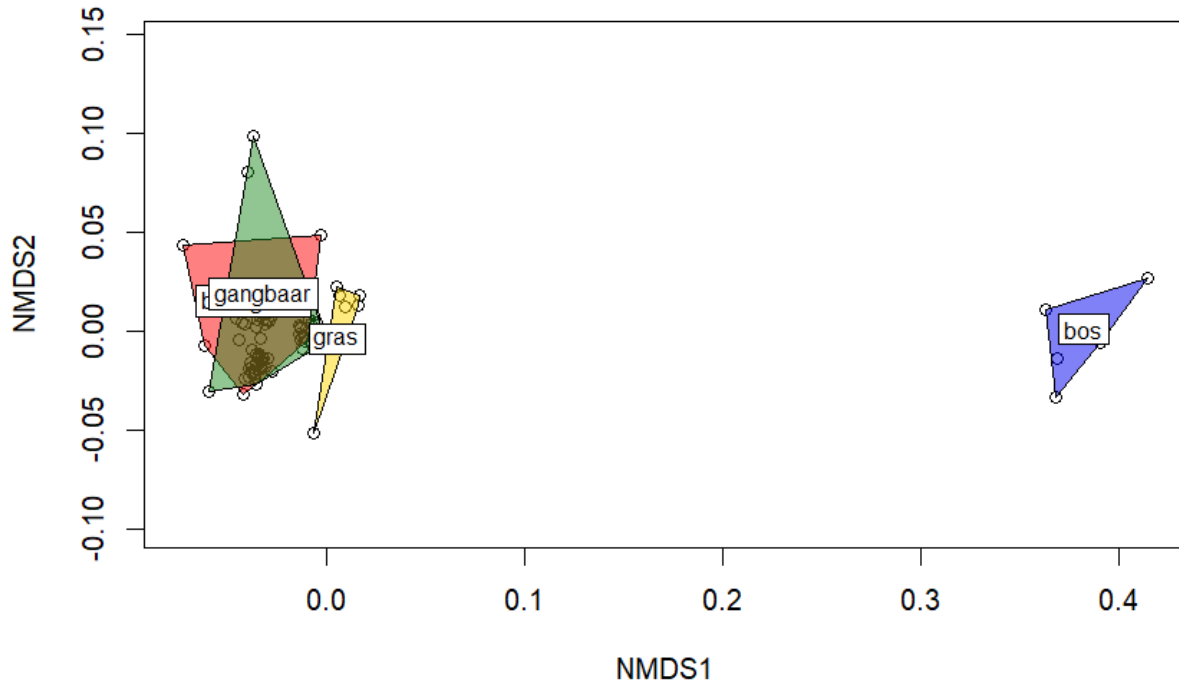


**Figuur 3.18** Correlatie tussen HWC en bacteriële PLFA.

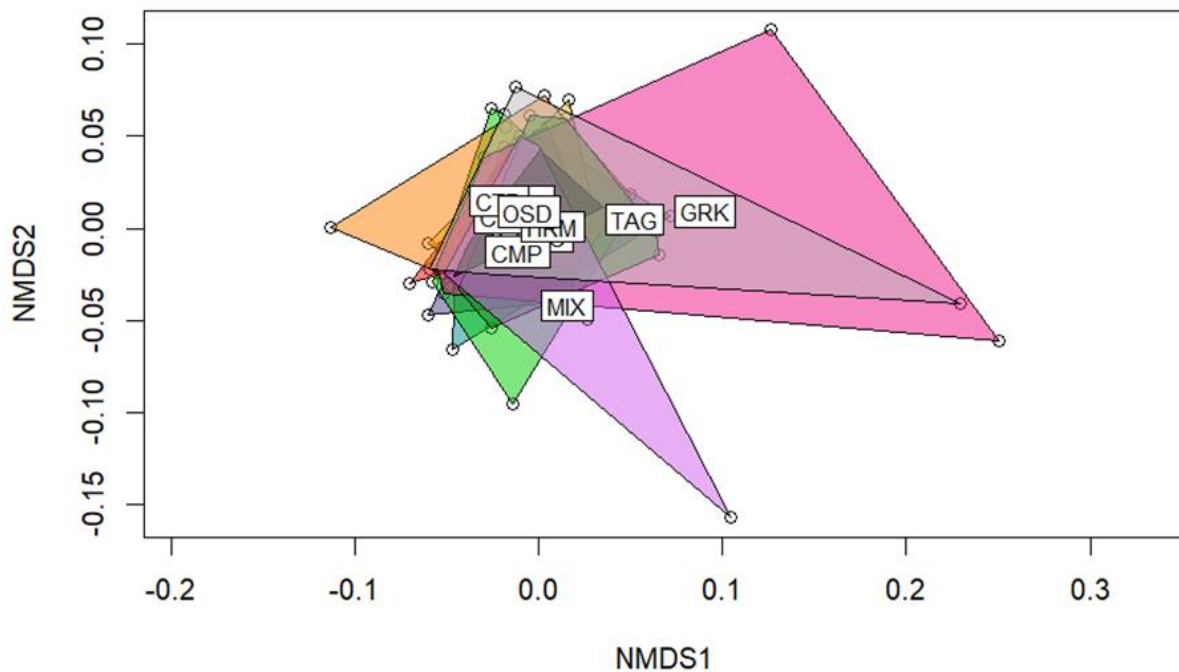
### 3.1.4 Structuur van de microbiële gemeenschap

De structuur van de microbiële gemeenschap, gemeten met PLFA, verschilde significant tussen de vormen van grondgebruik ( $F=26.39$ ,  $p<0.01$ ). Hieruit blijkt dat de gemeenschap in het bos het meest verschilde van de overige vormen van grondgebruik (Figuur 3.19).

Ook verschillen de microbiële gemeenschappen tussen de biologische en gangbare akkerbouw ( $F=16.13$ ,  $p<0.01$ ). Verder waren er significante verschillen tussen de maatregelen ( $F=1.46$ ,  $p<0.01$ ) (Figuur 3.20), maar geen interactie tussen grondgebruik (biologische en gangbare akkerbouw) en de maatregelen ( $F=0.27$ ,  $p=0.89$ ). De microbiële gemeenschap was significant verschillend tussen de AHC-maatregel en de CTR, CHI, MIX, HRM, GRK, TAG, ASD, CMP en ONT-ngo. Ook de ONT-ngo-maatregel verschilde van de CHI, MIX, HRM, GRK en CMP-maatregel.



**Figuur 3.19** NMDS-analyse van de PLFA biomarkers in het grasland, bos en de controle behandelingen in de twee akkerbouwsystemen.



**Figuur 3.20** NMDS-analyse van de PLFA biomarkers met alle elf bodemmaatregelen.



## 3.2 Milieuaaltjes

Eerst wordt het effect van grondgebruik (akkerbouw, grasland of bos) beschreven, daarna van maatregelen in het biologische en gangbare akkerbouwsysteem.

### 3.2.1 Effecten van grondgebruik

Er waren significante verschillen tussen de controlebehandeling van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem, grasland en bos voor het aantal aaltjes in de meeste voedselgroepen, groepen met verschillende CP- en PP-waarden, berekende indexen, biomassa en het aantal getelde taxa (Tabel 3.6).

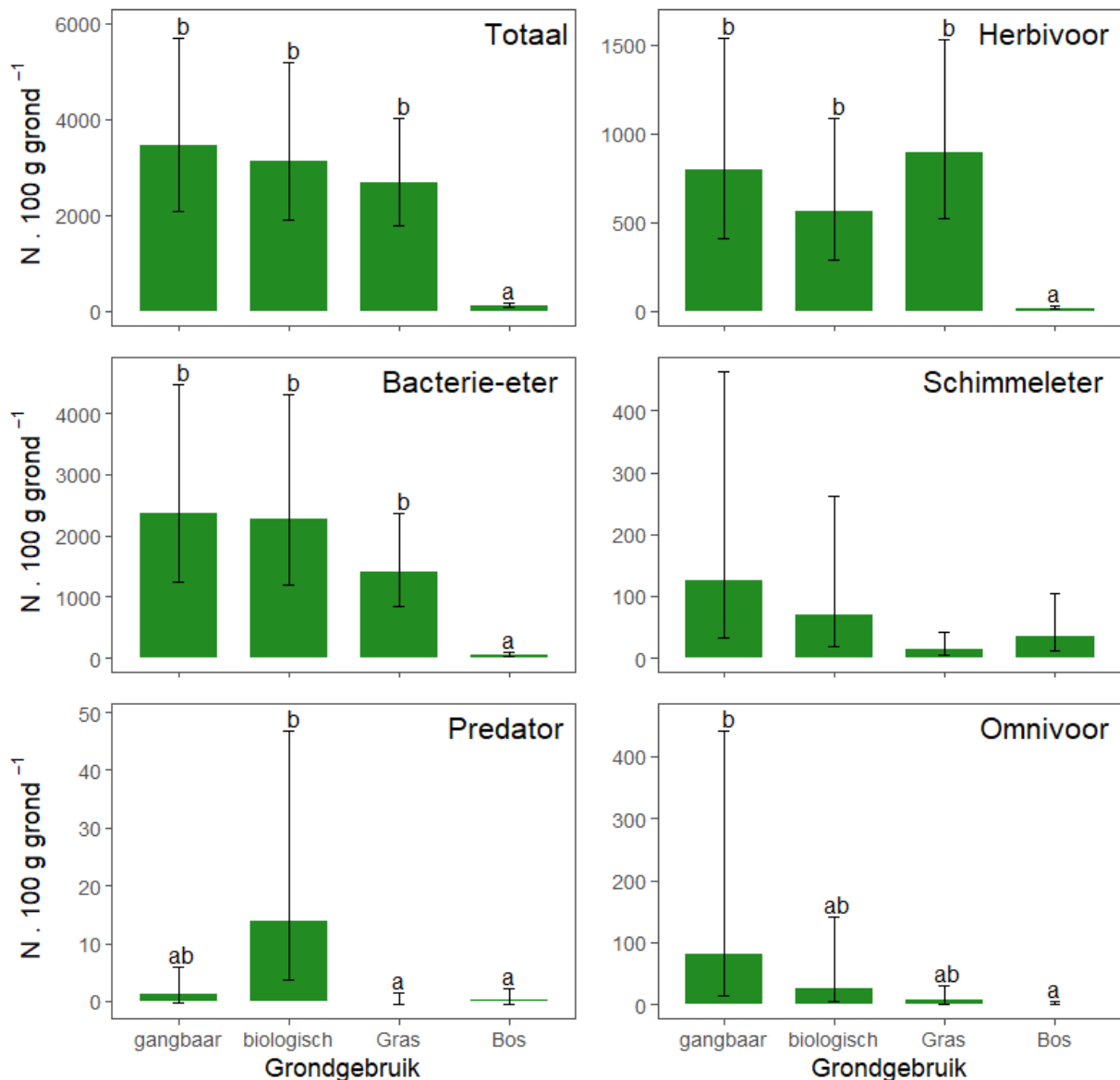
**Tabel 3.6** Resultaten van een statistische analyse (F- en P-waarden van een Anova) voor alle gemeten en berekende parameters van milieuaaltjes in de controlemaatregelen van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem (n=4) en in grasland en bos (n=6), in maart 2021.

Parameter	F <sub>3,16</sub> -waarde	P-waarde <sup>#</sup>
Aantal (n/100 g droge grond)		
dauerlarve	3.20	0.0518
Totaal aantal (zonder dauerlarven)	66.02	<b>&lt;0.001</b>
Schimmeleter	2.80	0.0733
Bacterie-eter	46.52	<b>&lt;0.001</b>
Predator	5.64	<b>0.0078</b>
Alleseeter	5.51	<b>0.0086</b>
Herbivoor	49.42	<b>0.0000</b>
Sedentair endoparasiet	195.46	<b>0.0000</b>
Migratoir endoparasiet	2.88	0.0683
Semi-endoparasiet	7.78	<b>0.0020</b>
Ectoparasiet	73.78	<b>&lt;0.001</b>
Wortelhaarvoeder	6.00	<b>0.0061</b>
CP1	55.08	<b>&lt;0.001</b>
CP2	52.01	<b>&lt;0.001</b>
CP3	6.78	<b>0.0037</b>
CP4	4.74	<b>0.0149</b>
CP5	2.84	0.0712
PP2	15.65	<b>0.0001</b>
PP3	152.83	<b>&lt;0.001</b>
PP4	5.13	<b>0.0112</b>
PP5	0.50	0.6860
Index		
Maturity Index (MI)	11.87	<b>0.0002</b>
Maturity Index 2-5 (MI2-5)	1.94	0.1639
Plant Parasite Index (PPI)	13.38	<b>0.0001</b>
Channel Index (CI)	12.40 <sup>‡</sup>	<b>0.0061<sup>‡</sup></b>
Basal Index (BI)	18.76	<b>&lt;0.001</b>
Enrichment Index (EI)	23.47	<b>&lt;0.001</b>
Structure Index (SI)	2.04	0.1489
Biomassa (mg/100 g)	51.71	<b>&lt;0.001</b>
Aantal taxa	8.58	<b>0.0013</b>

<sup>‡</sup> Chi-kwadraat- en P-waarde van een Kruskal-Wallis toets.

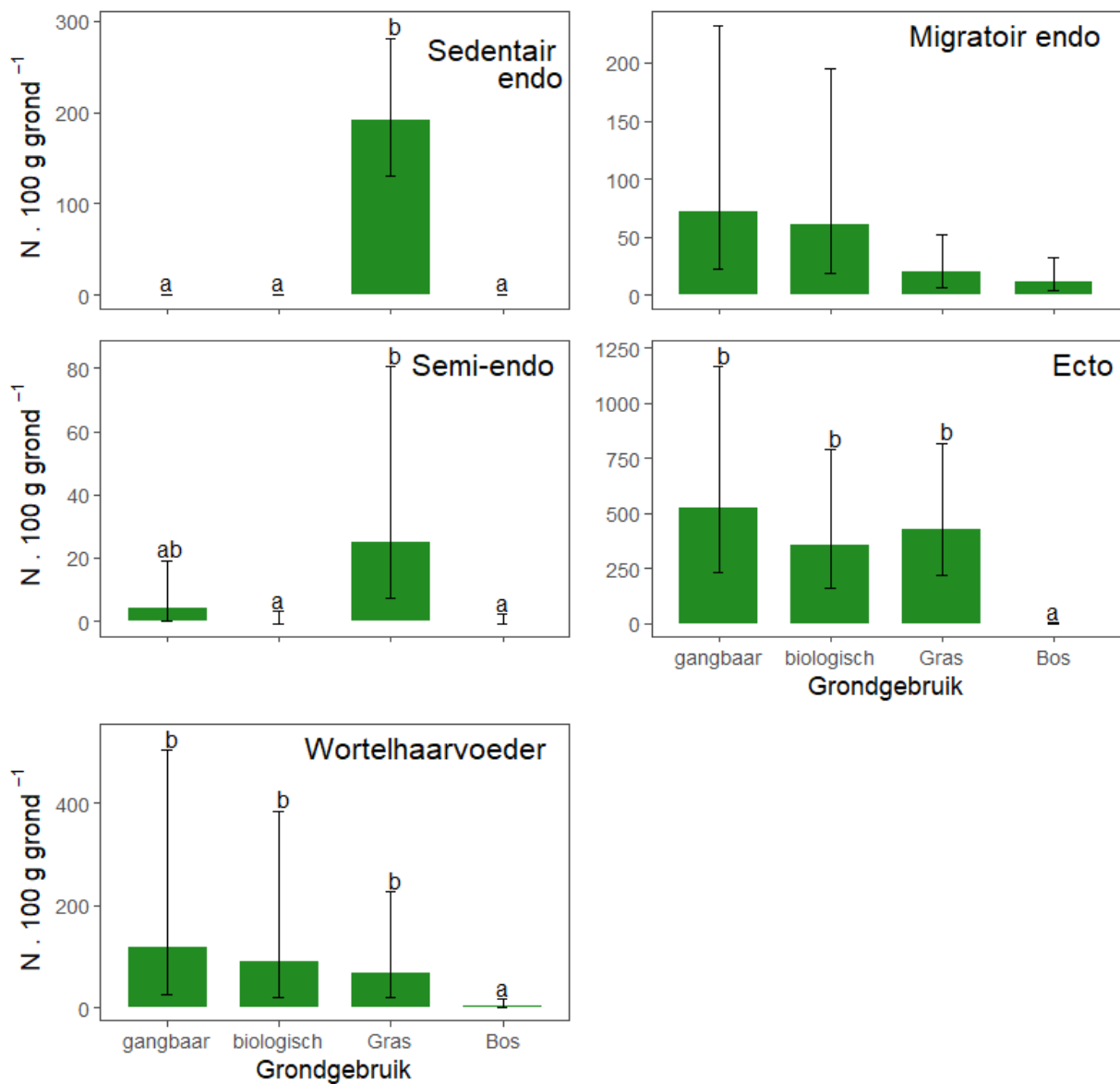
Het totale aantal aaltjes was significant hoger in beide akkerbouwsystemen en grasland in vergelijking met bos (Figuur 3.21). Dit werd vooral veroorzaakt door hogere aantallen herbivoren (planteneters) en bacterie-eters. Er was geen significant verschil in aantal schimmeleeters tussen de verschillende typen grondgebruik. Het aantal predatoren was hoger in het biologische akkerbouwsysteem dan in grasland en bos, terwijl het aantal alleseters (omnivoor) juist hoger was in het gangbare akkerbouwsysteem dan in bos.

Uitgedrukt in percentages van het totaal was er geen significant verschil in aandeel bacterie-eters, predatoren en omnivoren tussen de vormen van grondgebruik, maar was het aandeel schimmeleeters in het bos met 31% hoger dan in de andere vormen van grondgebruik (1.9-3.9%). Het aandeel herbivoren was significant hoger in grasland (41%) dan in bos (16%), met intermediaire waarden in de akkerbouwsystemen (20-24%).



**Figuur 3.21** Totaal aantal aaltjes en aantal in verschillende voedselgroepen in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

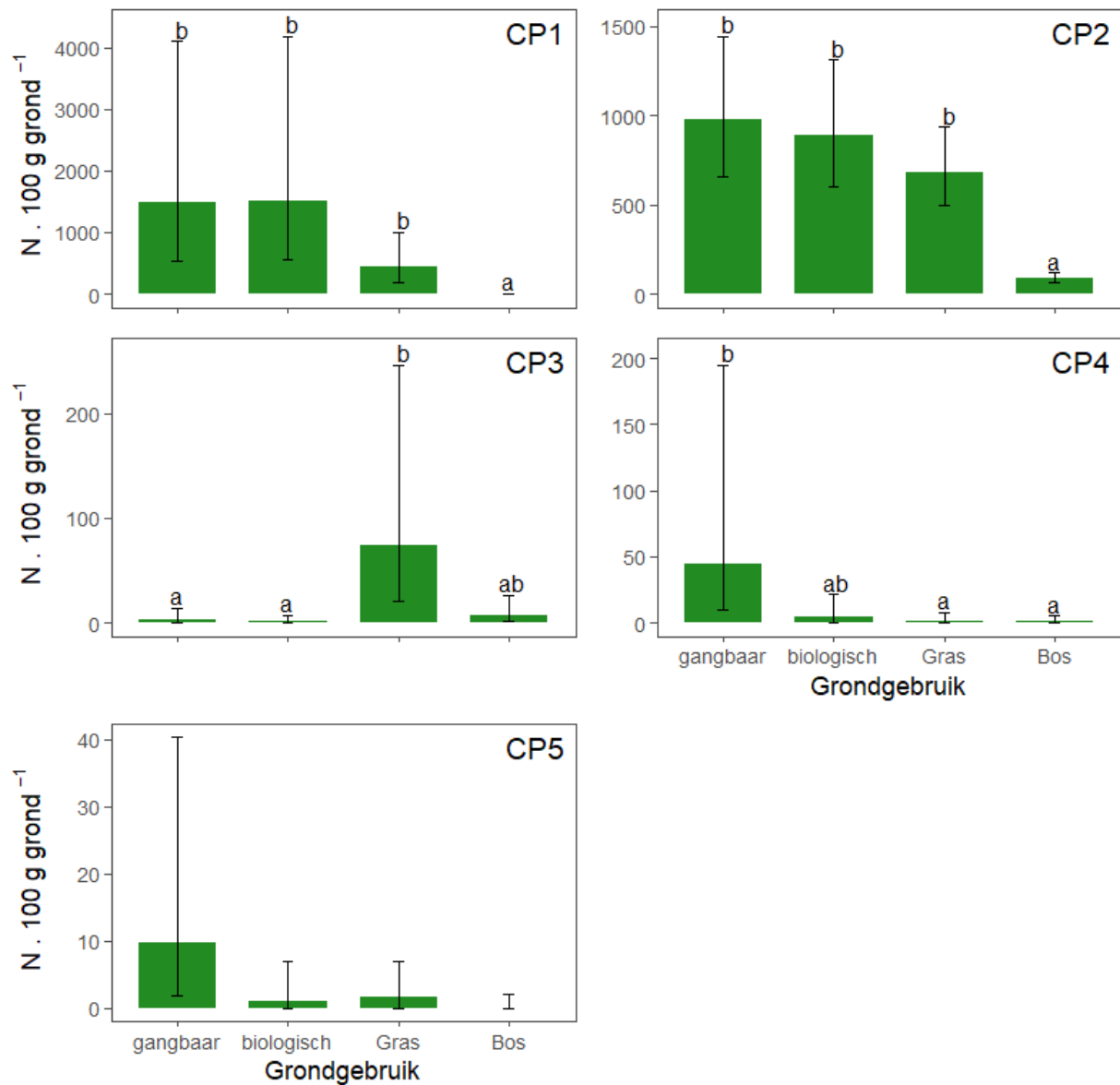
Het aantal sedentaire endoparasitaire aaltjes (*Heterodera* spp. en *Meloidogyne naasi*) was significant hoger in grasland dan in de andere vormen van grondgebruik (Figuur 3.22). Er was geen significant verschil tussen de vormen van grondgebruik in het aantal migratoire endoparasieten. In de akkerbouwsystemen en grasland betrof dit *Pratylenchus*, in het bos Anguinidae. De extractietechniek was niet gericht op endoparasieten, waardoor de gevonden aantallen een onderschatting zullen zijn van het werkelijke aantal. Het aantal semi-endoparasieten (vooral *Helicotylenchus* spp.) was hoger in grasland dan in het biologische akkerbouwsysteem en bos. Het aantal ectoparasieten was hoger in beide akkerbouwsystemen en grasland dan in bos. In de landbouwsystemen waren dit vooral Dolichodoridae (o.a. *Tylenchorhynchus*), in het grasland voornamelijk *Paratylenchus*. Ook het aantal wortelhaarvoeders, waarvan wordt aangenomen dat ze weinig invloed hebben op de plantengroei, was hoger in de akkerbouwsystemen en grasland dan in het bos. Niet nader gedetermineerde Tylenchidae kwamen voor in alle vormen van grondgebruik, in grasland daarnaast *Coslenchus* en in het gangbare akkerbouwsysteem *Neopsilenchus*.



**Figuur 3.22** Totaal aantal en aantal aaltjes in verschillende voedselgroepen in de controlebehandeling van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

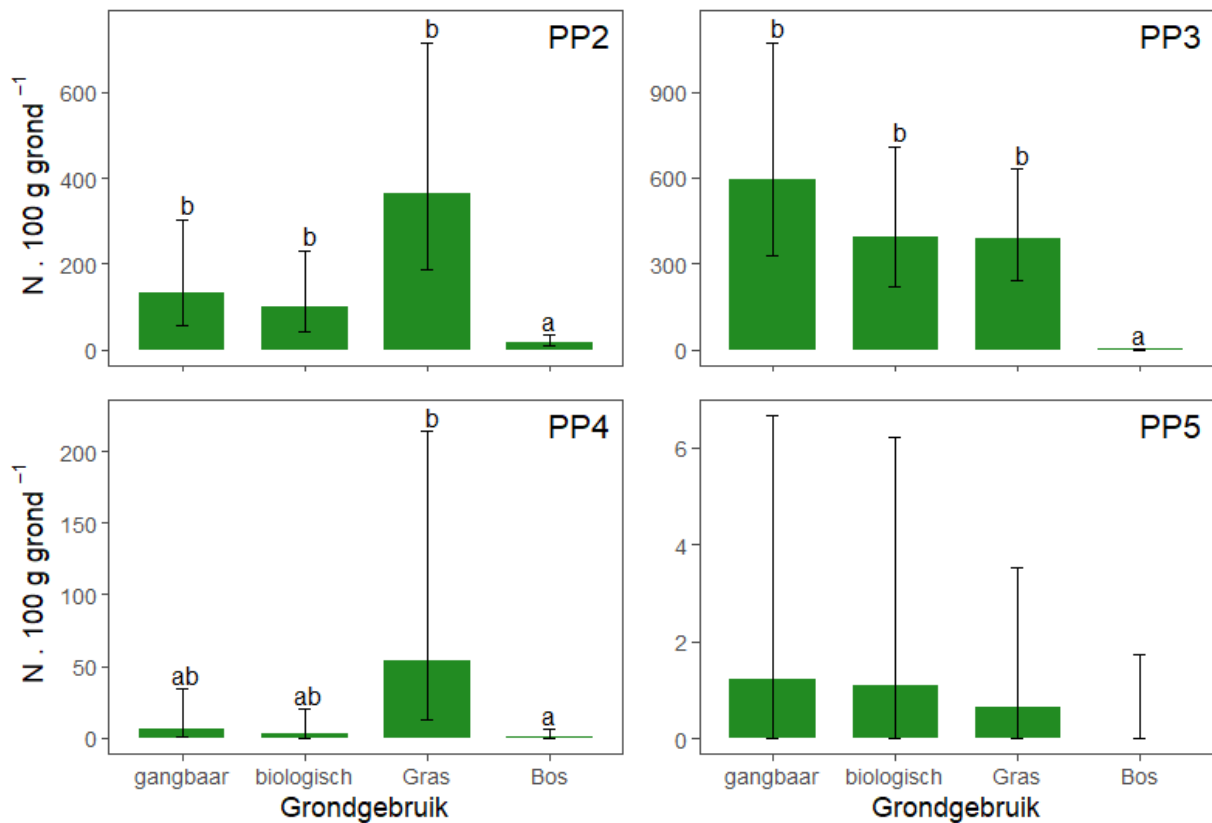
In de twee akkerbouwsystemen en grasland kwamen significant meer aaltjes uit de CP-klassen 1 en 2 voor dan in het bos (Figuur 3.23). De aaltjes in CP-klasse 1 waren vooral de bacterie-eters Rhabditidae en lagere aantallen Diplogastridae en omnivore Neodiplogastridae. In het bos behoorden de aaltjes in CP-klasse 2 vooral tot de schimmel-etende *Aphelenchoides* en de bacterie-eters *Acrobeloides*, *Cervidellus*, *Plectus* en *Wilsonema*. In de andere typen grondgebruik kwamen ook andere aaltjes uit CP-klasse 2 voor, zoals de schimmel-eter *Aphelenchus*, andere geslachten uit de bacterie-etende Cephalobidae en Monhysteridae. In grasland kwamen meer aaltjes uit CP-klasse 3 (vooral de bacterie-eter *Prismatolaimus*) voor dan in de akkerbouwsystemen. In het gangbare akkerbouwsysteem kwamen meer CP4-aaltjes voor dan in grasland en bos. Dit waren bacterie-etende Alaimidae, omnivore Qudsianematidae en schimmel-etende Leptonchidae. Het aantal CP5-aaltjes was zeer laag en verschilde niet significant tussen de vormen van grondgebruik. Dit waren vooral omnivore Thornenematidae.

Uitgedrukt in percentages was het aandeel CP1-aaltjes in het bos veel lager (1.8%) dan in het grasland (36%) en in de akkerbouwsystemen (58-62%). Het aandeel CP2-aaltjes was juist hoger in het bos (89%) dan in grasland (55%) en de akkerbouwsystemen (37-38%). Het aandeel aaltjes in de klassen CP3-CP5 was ca. 9% in bos en grasland en 1-3.7% in de akkerbouwsystemen.



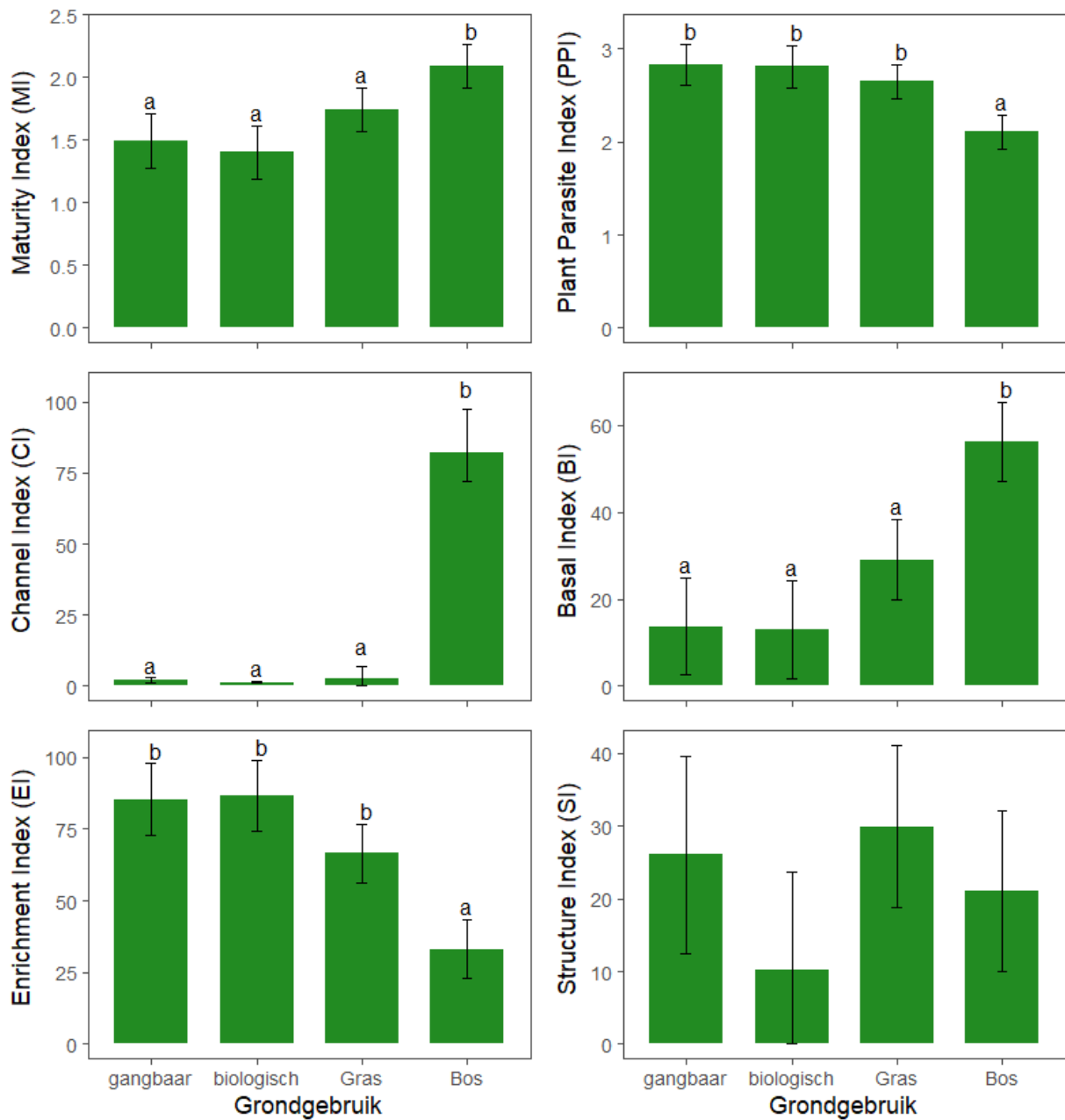
**Figuur 3.23** Aantal aaltjes in de Colonizer-Persister-klassen CP1 t/m CP5 in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem (n=4) en in grasland en bos (n=6).

Het aantal aaltjes in de Plantparasiet-klassen PP2 en PP3 was significant hoger in de twee akkerbouwsystemen en in grasland dan in het bos (Figuur 3.24). Plantparasitaire aaltjes in klasse PP2 waren de wortelhaarvoedende Tylenchidae en de ectoparasiet *Paratylenchus*. De klasse PP3 werd hier vertegenwoordigd door Dolichodoridae, *Pratylenchus*, *Heterodera* en *Meloidogyne*. Het aantal aaltjes in klasse PP4 (vooral Trichodoridae) was significant hoger in grasland dan in het bos. Het aantal aaltjes in klasse PP5 was zeer laag en verschilde niet significant tussen de vormen van grondgebruik. Dit waren Belondiridae en *Dorylaimellus*, die slechts in enkele monsters voorkwamen.



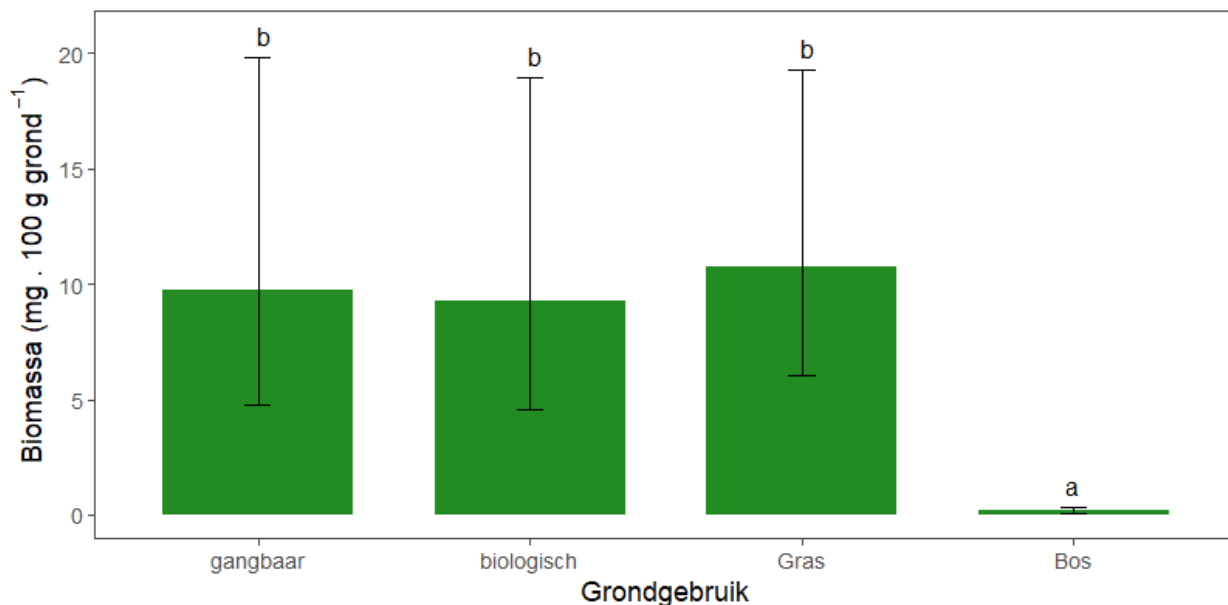
**Figuur 3.24** Aantal aaltjes in de Plantparasiet-klassen PP2 t/m PP5 in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

De berekende indexen van de aaltjesgemeenschap laten alleen verschillen zien tussen de twee akkerbouwsystemen en grasland enerzijds en het bos anderzijds (Figuur 3.25). De MI, CI en BI waren significant hoger en de PPI en EI waren significant lager in het bos dan in de andere vormen van grondgebruik. De SI was vrij laag en er was geen significant verschil tussen de vormen van grondgebruik. De hogere waarde van MI in het bos kan worden verklaard door het zeer lage aantal Rhabditidae met CP-waarde 1 vergeleken met de andere vormen van grondgebruik. De hoge CI in het bos komt door een relatief hoog aantal schimmeleeters met CP-waarde 2 ten opzichte van bacterie-eters met CP-waarde 1. De hoge BI in het bos geeft aan dat een groot aandeel van de aaltjesgemeenschap bestaat uit bacterie- en schimmeleeters uit CP-klasse 2, die minder gevoelig zijn voor verstoring. De lage EI in het bos geeft aan dat er relatief weinig aaltjes zijn die snel reageren op aanbod van makkelijk verteerbaar voedsel.



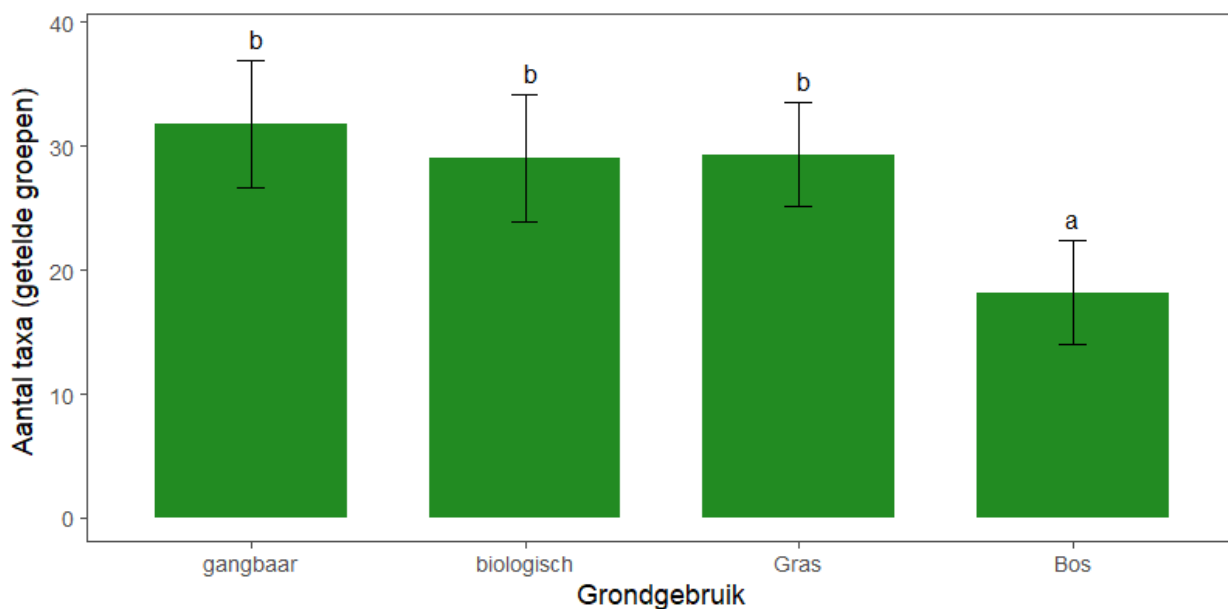
**Figuur 3.25** Berekende indexen van de aaltjesgemeenschap in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

Het patroon in de biomassa van de aaltjesgemeenschap kwam overeen met het totale aantal aaltjes: de biomassa was significant hoger in de twee akkerbouwsystemen en grasland dan in het bos (Figuur 3.26).



**Figuur 3.26** Biomassa van de aaltjesgemeenschap in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

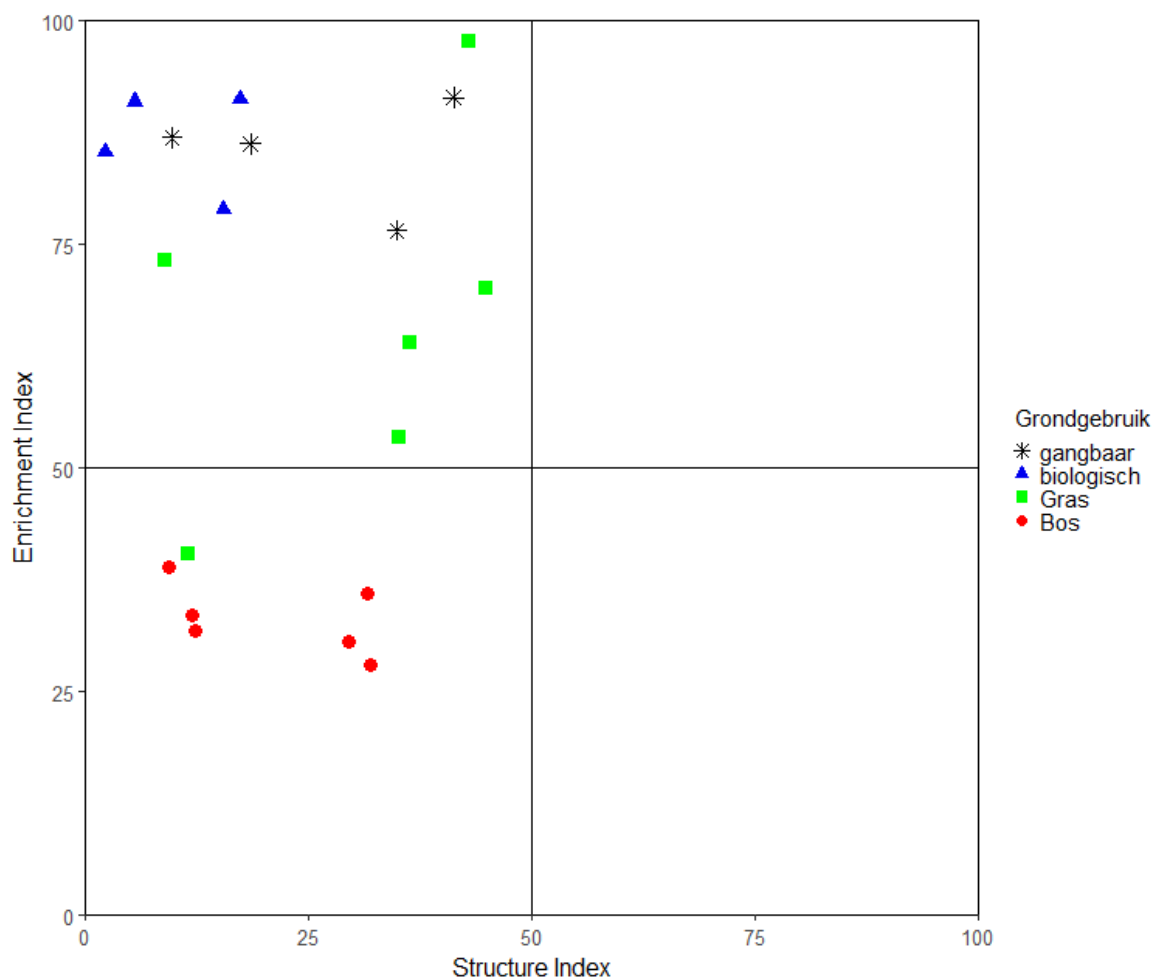
Het aantal onderscheiden taxa was hoger in de twee akkerbouwsystemen en grasland dan in het bos (Figuur 3.27). Dit had deels te maken met het lage gemiddelde aantal aaltjes ( $117 \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$ ) in het bos, waardoor in twee van de zes monsters niet de gewenste 150 aaltjes konden worden gedetermineerd. Aangezien ook in de andere vier monsters een lager aantal taxa werd geteld, zal dit ook een eigenschap van het type grondgebruik zijn.



**Figuur 3.27** Aantal onderscheiden taxa in de controlemaatregel van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem ( $n=4$ ) en in grasland en bos ( $n=6$ ).

Bij weergave van de EI en SI in een voedselwebanalyse-diagram valt op dat alle punten in de linkerkant van de grafiek liggen en dus een vrij lage SI hadden (Figuur 3.28). Dit gold zowel voor het akkerbouwsysteem als voor grasland en bos. De waarnemingen van het bos hadden een lage EI, wat te verwachten is in een naaldbos.





**Figuur 3.28** Voedselwebanalyse-diagram met Enrichment en Structure Index in de controlevelden van het biologische en het gangbare akkerbouwsysteem van de bodemgezondheidsproef ( $n=4$ ) en in een nabijgelegen grasland en naaldbos ( $n=6$ , Vredepeel, maart 2021).

### 3.2.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen op aaltjesgemeenschappen.

In maart 2021 was er alleen een significant effect van het grondgebruik op het aantal dauerlarven en herbivoren (Tabel 3.7). Daarnaast was er een significant effect van de maatregelen op het aantal predatoren en herbivoren. Er was een significante interactie tussen grondgebruik en bodemmaatregelen op het aantal omnivoren en CP4-aaltjes. Er was een significant blokeffect op het totaal aantal aaltjes. Dit betrof zowel aaltjes die betrokken zijn bij de decompositie (bacterie- en schimmeleeters en omnivoren) als herbivoren. Het blokeffect trad ook op bij de Channel Index en de Enrichment Index. Het blokeffect laat zien dat de verdeling van de aaltjes in het veld niet homogeen is.

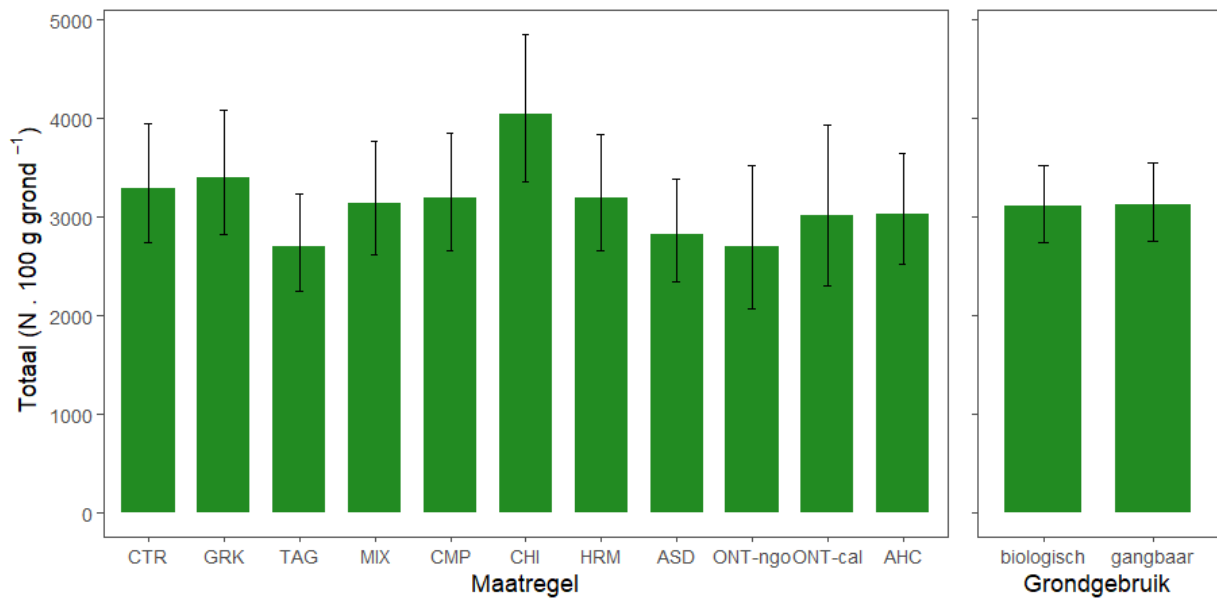
**Tabel 3.7** Resultaten van een statistische analyse ( $F$ - en  $P$ -waarden van een Anova) voor alle gemeten en berekende parameters van milieuaaltjes in velden met 11 bodemmaatregelen van het biologische en gangbare akkerbouwsysteem in de bodemgezondheidsproef ( $n=4$ ), in maart 2021. De ontsmettingsbehandeling verschilde tussen het biologische en het gangbare systeem en is daarom niet opgenomen in de interactie.

Parameter	Variabele	Chi-kwadraat	Df	P-waarde*
dauerlarve	Blok.H	4.85	3	0.18
dauerlarve	Maatregel	13.67	10	0.19
dauerlarve	Grondgebruik	11.03	1	<b>&lt;0.001</b>
dauerlarve	Maatregel:Grondgebruik	8.50	8	0.39
Totaal	Blok.H	44.55	3	<b>&lt;0.001</b>
Totaal	Maatregel	15.32	10	0.12

Parameter	Variabele	Chi-kwadraat	Df	P-waarde <sup>#</sup>
Totaal	Grondgebruik	0.01	1	0.92
Totaal	Maatregel:Grondgebruik	12.71	8	0.12
Schimmeleter	Blok.H	11.69	3	<b>&lt;0.01</b>
Schimmeleter	Maatregel	9.68	10	0.47
Schimmeleter	Grondgebruik	0.51	1	0.48
Schimmeleter	Maatregel:Grondgebruik	15.02	8	0.06
Bacterie-eter	Blok.H	13.23	3	<b>&lt;0.01</b>
Bacterie-eter	Maatregel	8.00	10	0.63
Bacterie-eter	Grondgebruik	1.62	1	0.20
Bacterie-eter	Maatregel:Grondgebruik	13.66	8	0.09
Predator	Blok.H	6.44	3	0.09
Predator	Maatregel	26.38	10	<b>&lt;0.01</b>
Predator	Grondgebruik	3.51	1	0.06
Predator	Maatregel:Grondgebruik	7.97	8	0.44
Omnivoor	Blok.H	18.61	3	<b>&lt;0.001</b>
Omnivoor	Maatregel	14.01	10	0.17
Omnivoor	Grondgebruik	0.01	1	0.92
Omnivoor	Maatregel:Grondgebruik	17.47	8	<b>0.03</b>
Herbivoor	Blok.H	74.95	3	<b>&lt;0.001</b>
Herbivoor	Maatregel	78.91	10	<b>&lt;0.001</b>
Herbivoor	Grondgebruik	11.83	1	<b>&lt;0.001</b>
Herbivoor	Maatregel:Grondgebruik	2.28	8	0.97
Migratoir endo	Blok.H	5.03	3	0.17
Migratoir endo	Maatregel	66.77	10	<b>&lt;0.001</b>
Migratoir endo	Grondgebruik	3.94	1	<b>0.047</b>
Migratoir endo	Maatregel:Grondgebruik	8.95	8	0.35
<i>Pratylenchus</i>	Blok.H	14.9	3	0.0019
<i>Pratylenchus</i>	Maatregel	243.7	10	<b>&lt;0.001</b>
<i>Pratylenchus</i>	Grondgebruik	1.3	1	0.2569
<i>Pratylenchus</i>	Maatregel:Grondgebruik	30.9	8	<b>&lt;0.001</b>
Semi-endo	Blok.H	11.68	3	<b>&lt;0.01</b>
Semi-endo	Maatregel	8.14	10	0.62
Semi-endo	Grondgebruik	0.05	1	0.82
Semi-endo	Maatregel:Grondgebruik	11.96	8	0.15
Ectoparasiet	Blok.H	43.83	3	<b>&lt;0.001</b>
Ectoparasiet	Maatregel	56.05	10	<b>&lt;0.001</b>
Ectoparasiet	Grondgebruik	7.07	1	<b>&lt;0.01</b>
Ectoparasiet	Maatregel:Grondgebruik	1.57	8	0.99
Wortelhaarvoeder	Blok.H	36.98	3	<b>&lt;0.001</b>
Wortelhaarvoeder	Maatregel	34.73	10	<b>&lt;0.001</b>
Wortelhaarvoeder	Grondgebruik	11.24	1	<b>&lt;0.001</b>
Wortelhaarvoeder	Maatregel:Grondgebruik	5.76	8	0.67
CP1	Blok.H	6.26	3	0.10
CP1	Maatregel	8.57	10	0.57
CP1	Grondgebruik	0.60	1	0.44
CP1	Maatregel:Grondgebruik	6.16	8	0.63
CP2	Blok.H	23.60	3	<b>&lt;0.001</b>
CP2	Maatregel	5.52	10	0.85
CP2	Grondgebruik	0.37	1	0.54
CP2	Maatregel:Grondgebruik	8.97	8	0.34
CP3	Blok.H	4.73	3	0.19
CP3	Maatregel	5.82	10	0.83
CP3	Grondgebruik	0.26	1	0.61
CP3	Maatregel:Grondgebruik	2.68	8	0.95
CP4	Blok.H	1.10	3	0.78
CP4	Maatregel	14.59	10	0.15
CP4	Grondgebruik	0.04	1	0.84
CP4	Maatregel:Grondgebruik	18.96	8	<b>0.02</b>

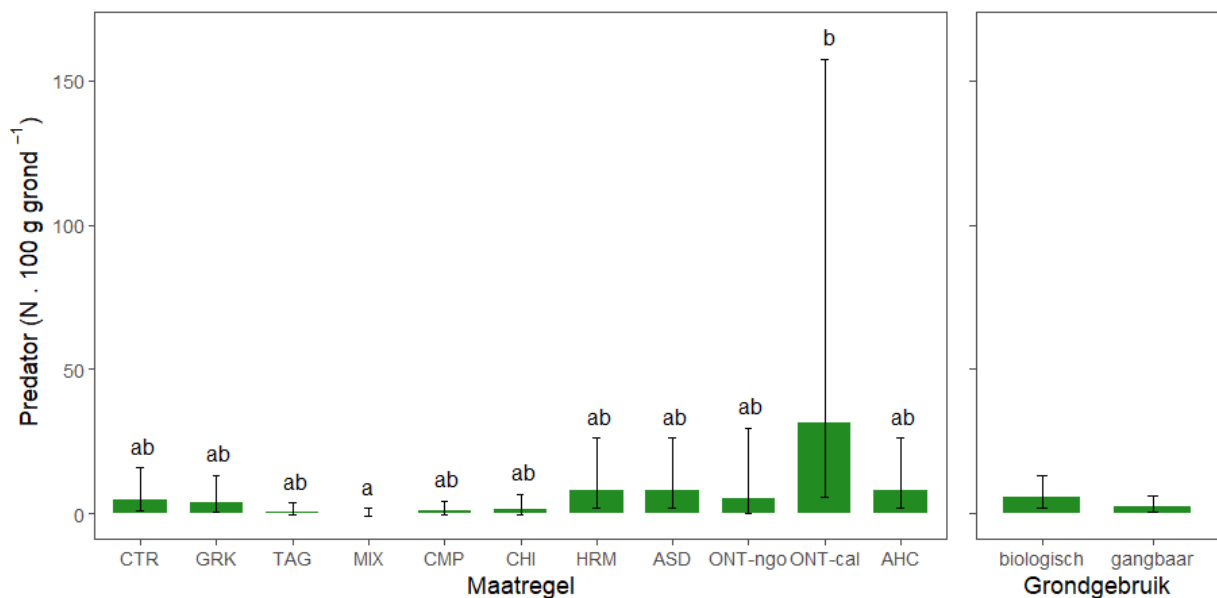
Parameter	Variabele	Chi-kwadraat	Df	P-waarde <sup>#</sup>
CP5	Blok.H	2.25	3	0.52
CP5	Maatregel	8.30	10	0.60
CP5	Grondgebruik	0.08	1	0.78
CP5	Maatregel:Grondgebruik	9.70	8	0.29
PP2	Blok.H	30.50	3	<b>&lt;0.001</b>
PP2	Maatregel	30.61	10	<b>&lt;0.001</b>
PP2	Grondgebruik	20.16	1	<b>&lt;0.001</b>
PP2	Maatregel:Grondgebruik	6.83	8	0.56
PP3	Blok.H	24.55	3	<b>&lt;0.001</b>
PP3	Maatregel	58.17	10	<b>&lt;0.001</b>
PP3	Grondgebruik	3.02	1	0.08
PP3	Maatregel:Grondgebruik	0.62	8	1.00
PP4	Blok.H	11.69	3	<b>&lt;0.01</b>
PP4	Maatregel	21.48	10	<b>0.02</b>
PP4	Grondgebruik	0.13	1	0.72
PP4	Maatregel:Grondgebruik	3.08	8	0.93
PP5	Blok.H	1.80	3	0.62
PP5	Maatregel	9.68	10	0.47
PP5	Grondgebruik	0.08	1	0.78
PP5	Maatregel:Grondgebruik	5.60	8	0.69
MI	Blok.H	8.88	3	0.03
MI	Maatregel	6.60	10	0.76
MI	Grondgebruik	0.02	1	0.90
MI	Maatregel:Grondgebruik	3.97	8	0.86
MI2-5	Blok.H	2.05	3	0.56
MI2-5	Maatregel	13.21	10	0.21
MI2-5	Grondgebruik	0.02	1	0.88
MI2-5	Maatregel:Grondgebruik	12.57	8	0.13
PPI	Blok.H	5.93	3	0.12
PPI	Maatregel	48.97	10	<b>&lt;0.001</b>
PPI	Grondgebruik	1.82	1	0.18
PPI	Maatregel:Grondgebruik	2.82	8	0.95
CI	Blok.H	15.80	3	<b>&lt;0.01</b>
CI	Maatregel	7.85	10	0.64
CI	Grondgebruik	2.59	1	0.11
CI	Maatregel:Grondgebruik	7.90	8	0.44
BI	Blok.H	7.79	3	0.05
BI	Maatregel	10.19	10	0.42
BI	Grondgebruik	0.03	1	0.87
BI	Maatregel:Grondgebruik	4.58	8	0.80
EI	Blok.H	8.11	3	<b>0.04</b>
EI	Maatregel	9.74	10	0.46
EI	Grondgebruik	0.01	1	0.92
EI	Maatregel:Grondgebruik	4.37	8	0.82
SI	Blok.H	1.54	3	0.67
SI	Maatregel	13.38	10	0.20
SI	Grondgebruik	0.02	1	0.90
SI	Maatregel:Grondgebruik	12.66	8	0.12
Biomassa	Blok.H	12.46	3	<b>&lt;0.01</b>
Biomassa	Maatregel	9.22	10	0.51
Biomassa	Grondgebruik	0.05	1	0.83
Biomassa	Maatregel:Grondgebruik	5.63	8	0.69
taxa	Blok.H	0.78	3	0.85
taxa	Maatregel	13.98	10	0.17
taxa	Grondgebruik	0.11	1	0.74
taxa	Maatregel:Grondgebruik	9.14	8	0.33

Er was geen significant verschil in het totaal aantal aaltjes per 100 g grond tussen veldjes waarin verschillende maatregelen waren toegepast en tussen het biologische en het gangbare akkerbouwsysteem (Figuur 3.29).



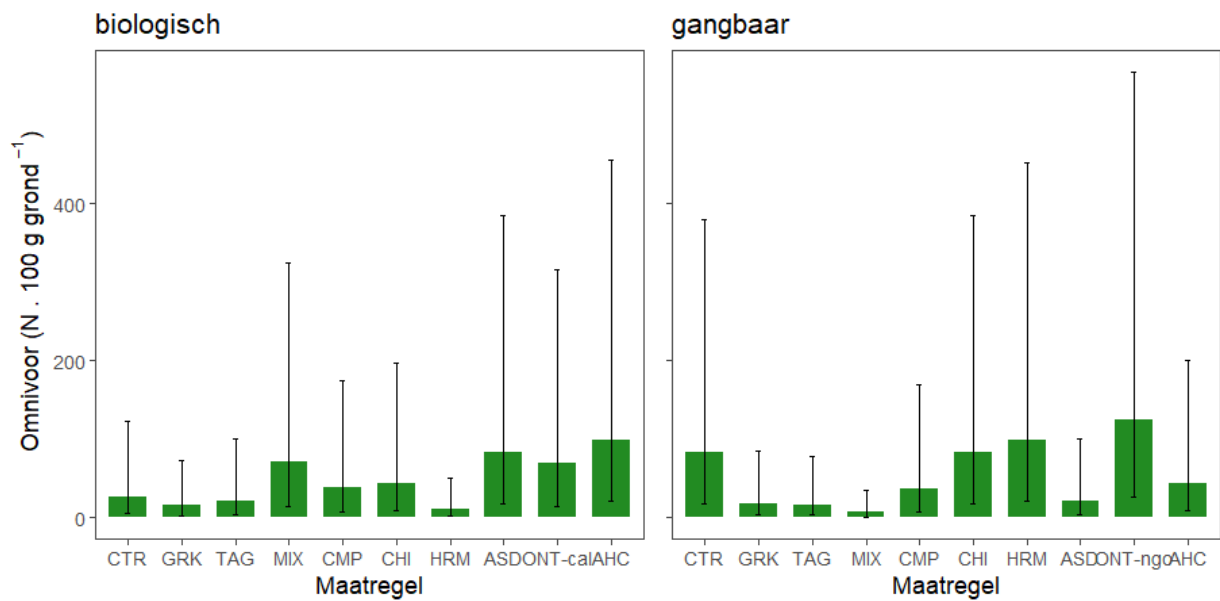
**Figuur 3.29** Totaal aantal aaltjes per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen). Dauerlarven zijn niet opgenomen in het totale aantal aaltjes.

Er was geen significant verschil in het aantal predatoren per 100 g grond tussen de controle en de verschillende bodemmaatregelen (Figuur 3.30). Wel was het aantal predatoren hoger na ontsmetten met zaadmeel (ONT-cal) dan na de teelt van het groenbemestermengsel (MIX). Er was geen effect van grondgebruik op het aantal predatoren.



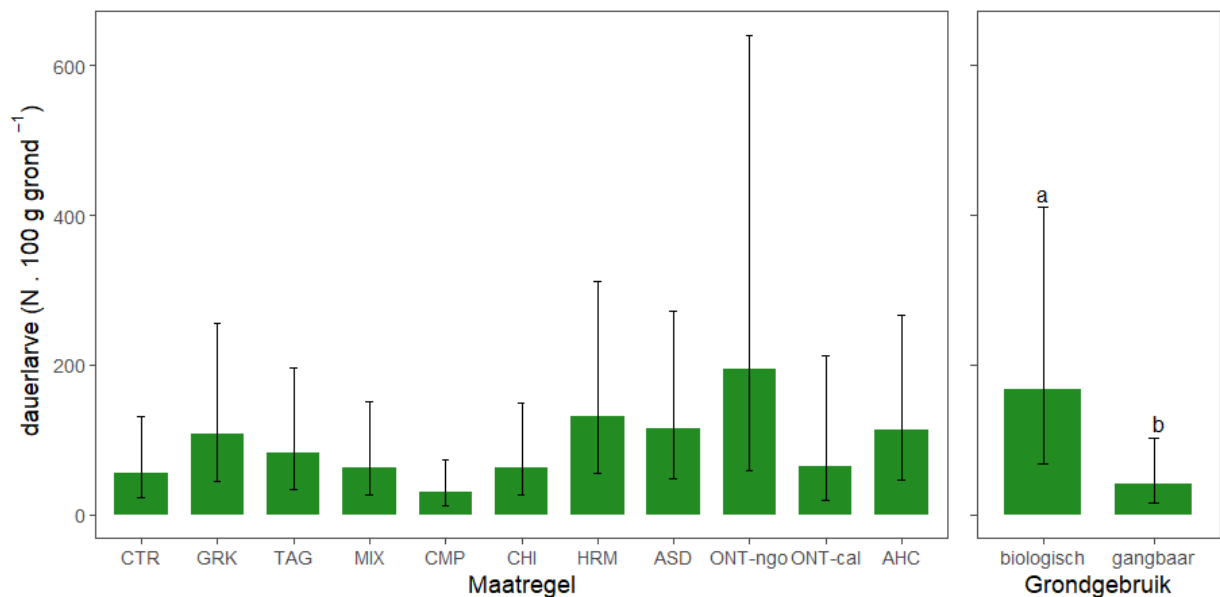
**Figuur 3.30** Aantal predatoren per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de landbouwsystemen).

Er was een significante interactie tussen grondgebruik en bodemmaatregelen, maar dit resulteerde niet in onderling significante verschillen in aantal omnivoren tussen de afzonderlijke maatregelen (Figuur 3.31).



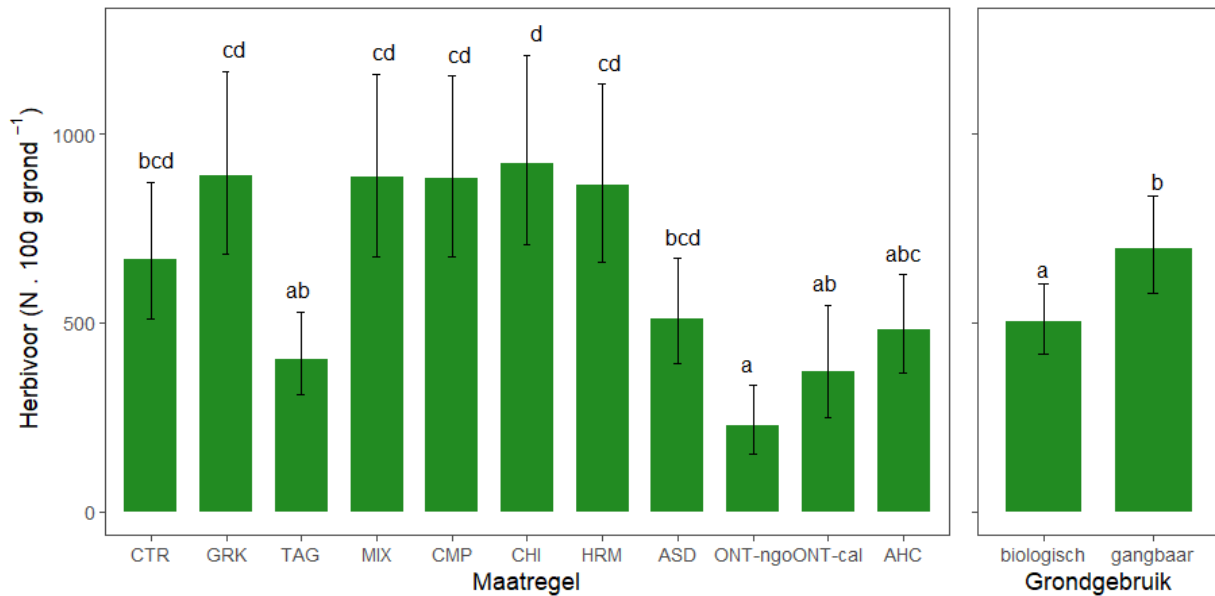
**Figuur 3.31** Aantal omnivoren per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen).

Het aantal dauerlarven per 100 g grond was significant hoger in het biologische dan in het gangbare akkerbouwsysteem, maar er was geen significant effect van de bodemmaatregelen (Figuur 3.32).



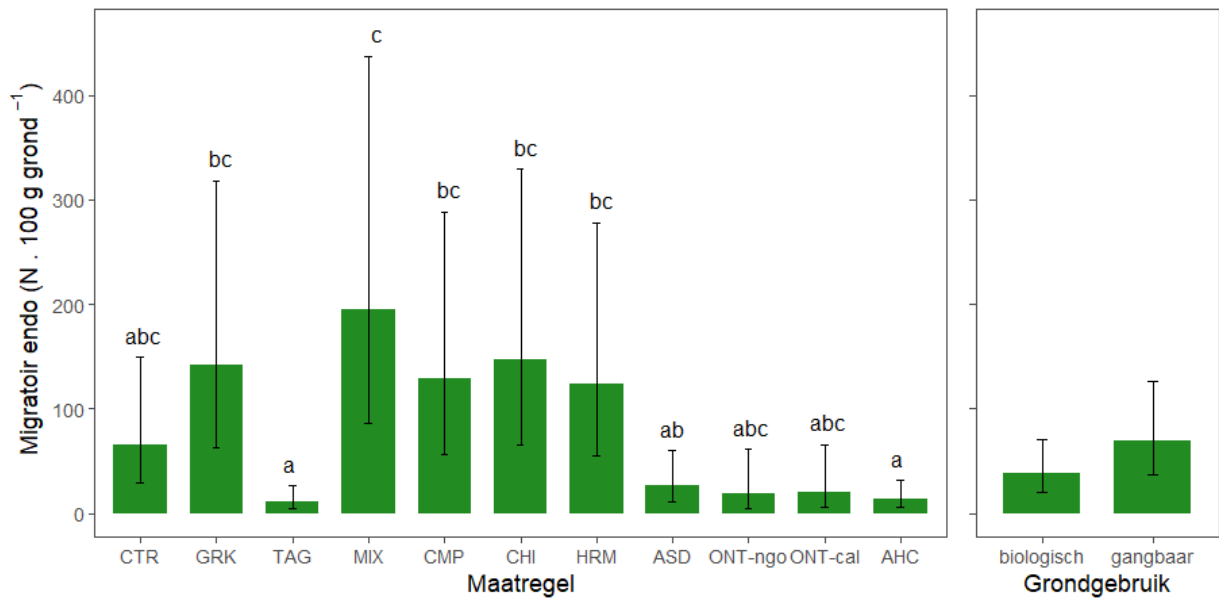
**Figuur 3.32** Aantal dauerlarven per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen).

Er was een significant effect van de maatregelen op het aantal herbivoren, maar er waren weinig significante verschillen met de controlebehandeling (Figuur 3.33). Alleen het aantal herbivoren in de veldjes die waren ontsmet met monam (ONT-ngo) was significant lager dan in de controle. Er was wel een aantal andere verschillen. Het aantal herbivoren was lager na de teelt van *Tagetes* en de twee ontsmettingsmaatregelen (ONT-cal en ONT-ngo) dan na de teelt van gras-klover en het groenbemestermengsel en na toedienen van compost, chitine en haarmeel.



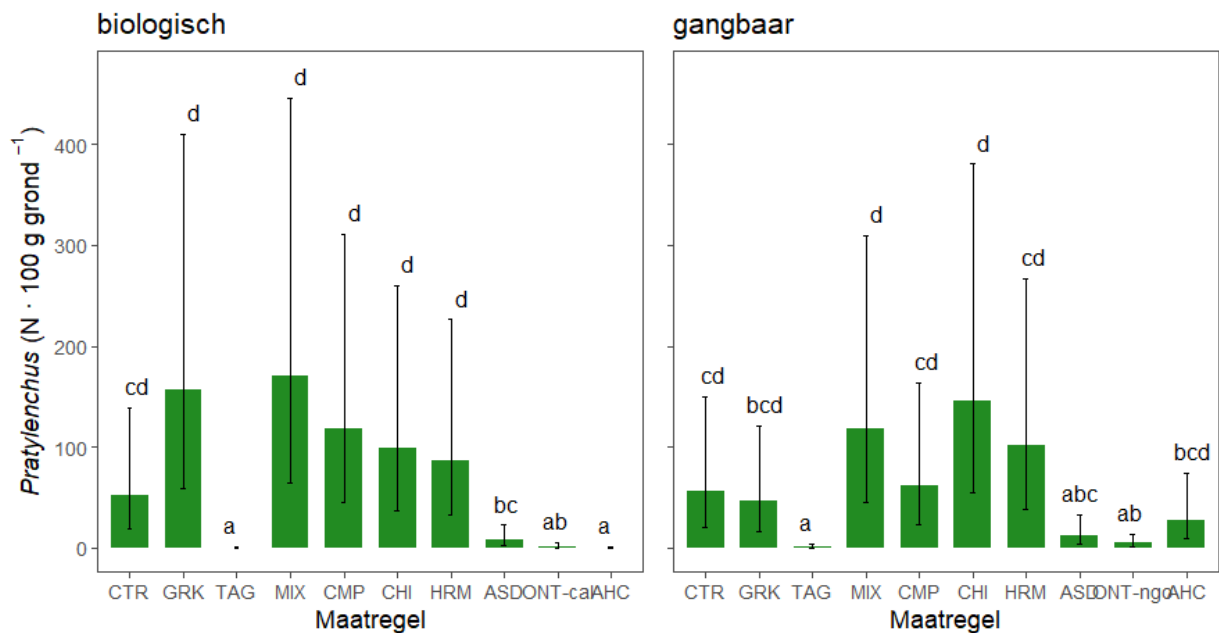
**Figuur 3.33** Aantal herbivoren per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen).

De verschillen in aantal herbivoren tussen de veldjes met verschillende bodemmaatregelen werden veroorzaakt door responsen van verschillende groepen. Het aantal migratoire endoparasieten was lager na de teelt van *Tagetes* en de combinatiebehandeling AHC (ASD gevolgd door toedienen van haarmeel en compost) dan na de teelt van gras-klover en het groenbemestermengsel en toedienen van compost, chitine of haarmeel (Figuur 3.34). Dit effect was vooral te zien in het aantal *Pratylenchus* spp., maar het aantal Anguinidae was alleen lager na AHC en niet na de teelt van *Tagetes*. Het aantal migratoire endoparasieten na de andere ontsmettingsbehandelingen was weliswaar laag, maar de meeste verschillen met de overige bodemmaatregelen was niet significant. Een kanttekening hierbij is dat de extractietechniek niet specifiek was gericht op endoparasieten, waardoor de gevonden aantallen een onderschatting kunnen zijn van het werkelijke aantal.



**Figuur 3.34** Aantal migratoire endoparasieten per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 behandelingen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de behandelingen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen).

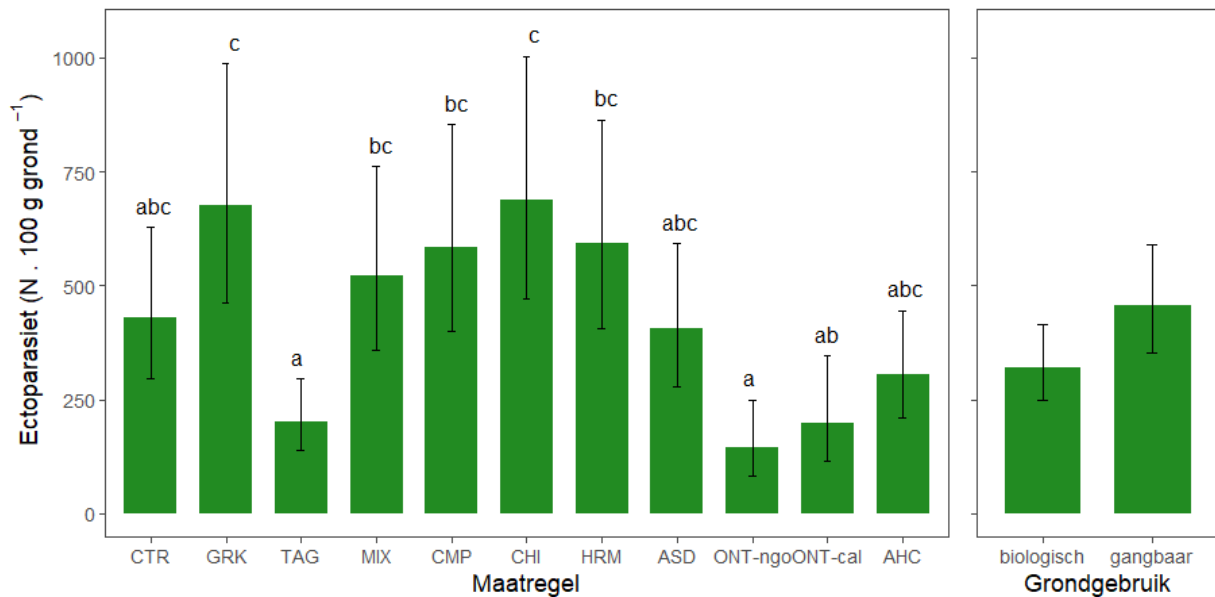
Het aantal *Pratylenchus* was drie jaar na uitvoeren van de maatregelen nog steeds lager in de veldjes waarin *Tagetes* was geteeld of die waren ontsmet met Monam (ONT-ngo) of zaadmeel (ONT-cal) dan in de controle, zowel in het biologische als in het gangbare systeem (Figuur 3.35). Dit effect was duidelijker dan het effect op het totale aantal herbivoren. Het verschil tussen de controle en de Anaerobe grondontsmetting was niet meer significant. Een kanttekening hierbij is dat de extractietechniek niet specifiek was gericht op endoparasieten, waardoor de gevonden aantallen *Pratylenchus* een onderschatting kunnen zijn van het werkelijke aantal.



**Figuur 3.35** Aantal *Pratylenchus* per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen ( $n=8$  voor de maatregelen, behalve voor ONT  $n=4$ , en  $n=40$  voor de akkerbouwsystemen).

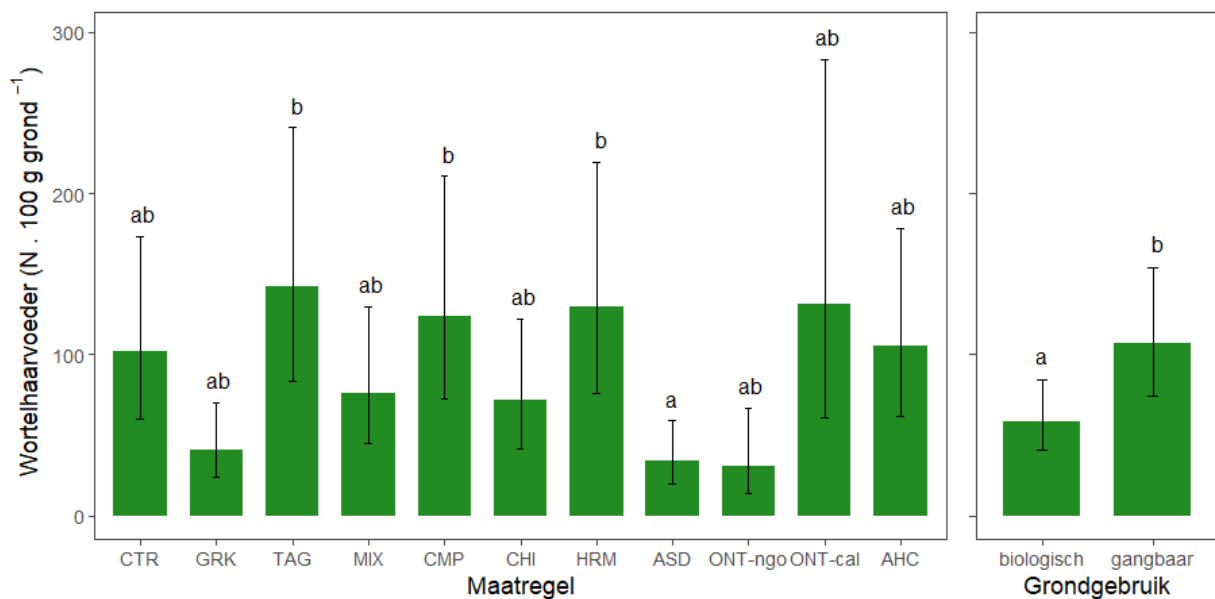


Het aantal ectoparasieten (voornamelijk Dolichodoridae (vaak vermeld als *Tylenchorhynchus* bij telling van plantparasieten) en lagere aantallen trichodoriden) was hoger dan het aantal migratoire endoparasieten. Het effect van de bodemmaatregelen op de endoparasieten was vergelijkbaar met het effect op de migratoire endoparasieten (Figuur 3.34, Figuur 3.36).



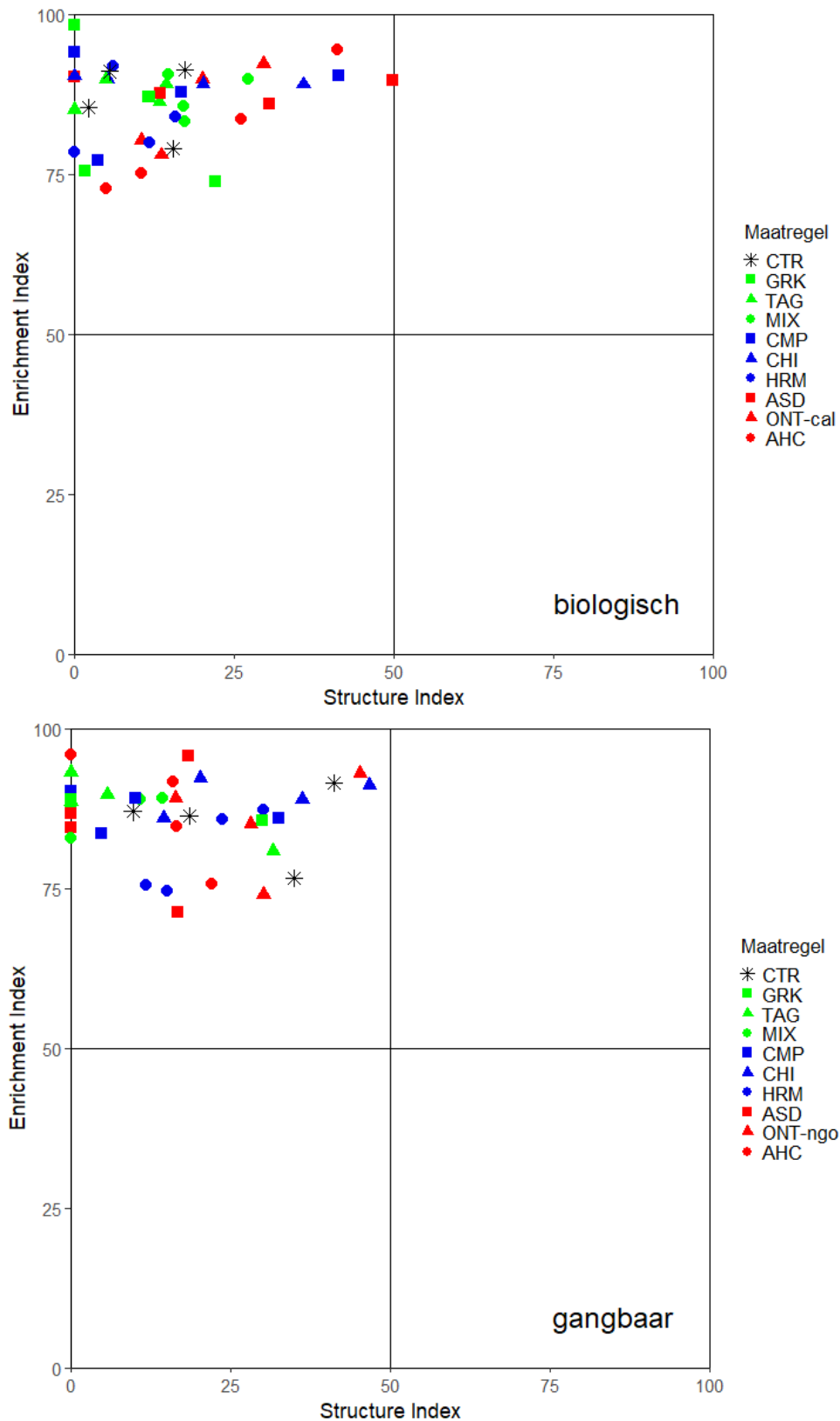
**Figuur 3.36** Aantal ectoparasieten per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen (n=8 voor de maatregelen, behalve voor ONT n=4, en n=40 voor de akkerbouwsystemen).

Het aantal wortelhaarvoeders was significant hoger in het gangbare dan in het biologische akkerbouwsysteem (Figuur 3.37). Het patroon in het effect van de verschillende bodemmaatregelen was hier anders dan bij de andere herbivoren. Het aantal wortelhaarvoeders was niet laag na de teelt van Tagetes. Het aantal wortelhaarvoeders was wel laag na ASD, maar na ontsmetten met monam (ONT-ngo) was het aantal niet significant verschillend van de andere bodemmaatregelen.



**Figuur 3.37** Aantal wortelhaarvoeders per 100 g grond (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval) in de 11 maatregelen en in de twee akkerbouwsystemen (n=8 voor de maatregelen, behalve voor ONT n=4, en n=40 voor de akkerbouwsystemen).

Bij weergave van de EI en SI in een voedselwebanalyse-diagram lagen alle punten hoog in de linkerbovenhoek (Figuur 3.38). Dit geeft aan dat het voedselweb van zowel het biologische als het gangbare akkerbouwsysteem relatief eenvoudig was. Het aandeel bacterie- en schimmelers met lagere CP-waarden was hoog en het aandeel aaltjes met andere voedingswijzen en hogere CP-waarden laag.



**Figuur 3.38** Voedselwebanalyse-diagram met Enrichment en Structure Index bijna drie jaar na toepassen van tien bodemmaatregelen in een biologisch (boven) en een gangbaar akkerbouwsysteem (onder; maart 2021, n=4).

---

## 3.3 Bodemvruchtbaarheid

### 3.3.1 Effecten van grondgebruik

In het bos werd een hoger gehalte aan organische koolstof gemeten en een gemiddeld lagere pH, wat te verwachten is in een naaldbos (voor alle vergelijkingen zie Bijlage 1). Het grasland systeem lijkt in veel variabelen op de landbouwpercelen, maar had de hoogste PMN-waarde en ook zwavel-gerelateerde waardes waren gemiddeld hoger dan in de akkerbouw of bos. De akkerpercelen hadden hogere waardes met betrekking tot N, P, K en micronutriënten. Het bos was juist relatief nutriëntenarm.

### 3.3.2 Effecten van grondgebruik en maatregelen

Een aantal metingen gerelateerd aan de beschikbaarheid van N, P, S en K was hoger in het biologische akkerbouwperceel dan in het gangbare akkerbouwperceel (zie Bijlage 1). Voor S-leverend vermogen was dit alleen het geval in de AHC-maatregel. Verder waren er verschillen tussen de behandelingen. Verschillende parameters, zoals Pw, beschikbaar Co, Mg, beschikbaar Mn, P-AL, plantbeschikbaar P, PMN en beschikbaar Zn waren significant hoger in de AHC-maatregel vergeleken met de controle (zie Bijlage). Beschikbaar Co, Mg, beschikbaar Zn en ook totaal waren ook verhoogd in de HRM behandeling. Pw, P-AL en plantbeschikbaar P waren hoger in de CHI-maatregel.

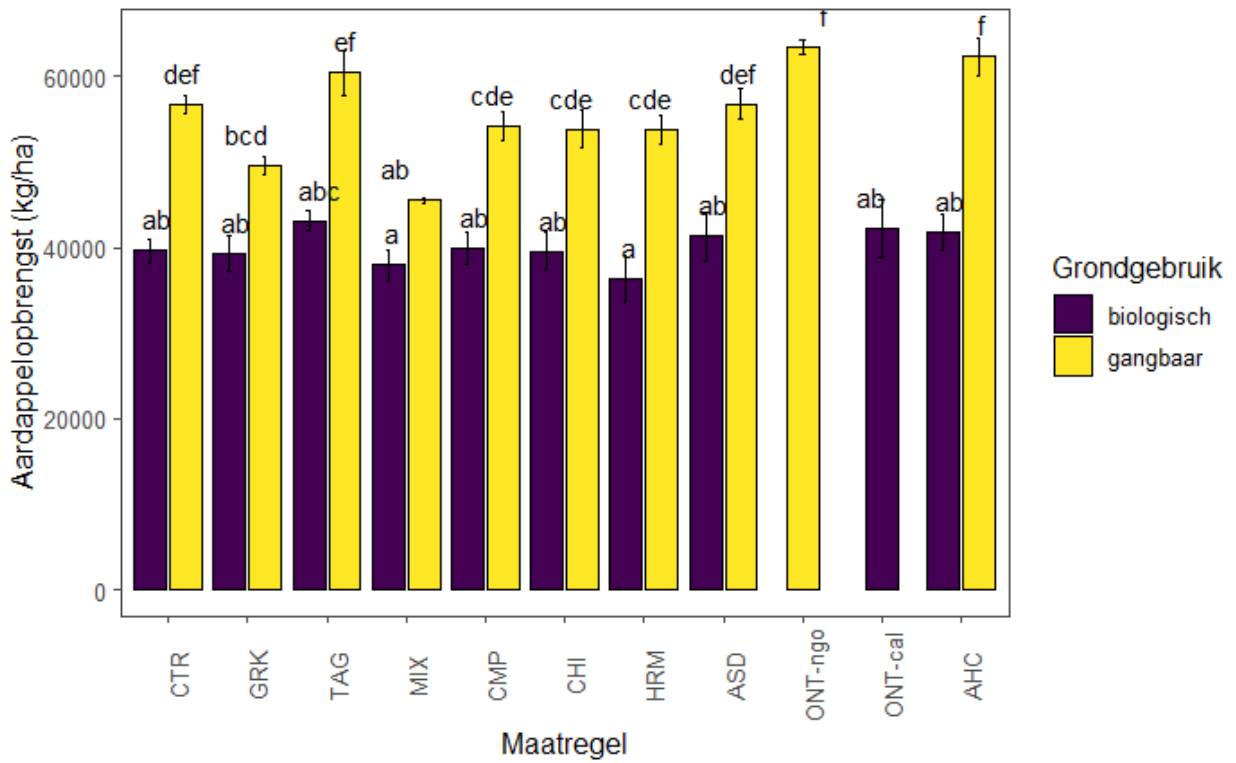
## 3.4 Opbrengst

De opbrengst van aardappel in 2021 verschilde zowel tussen de biologische en gangbare akkerbouw als tussen de maatregelen. Ook was er een interactie tussen de twee vormen van grondgebruik en de maatregelen ( $\chi^2=27.25$ ,  $p<0.01$ ).

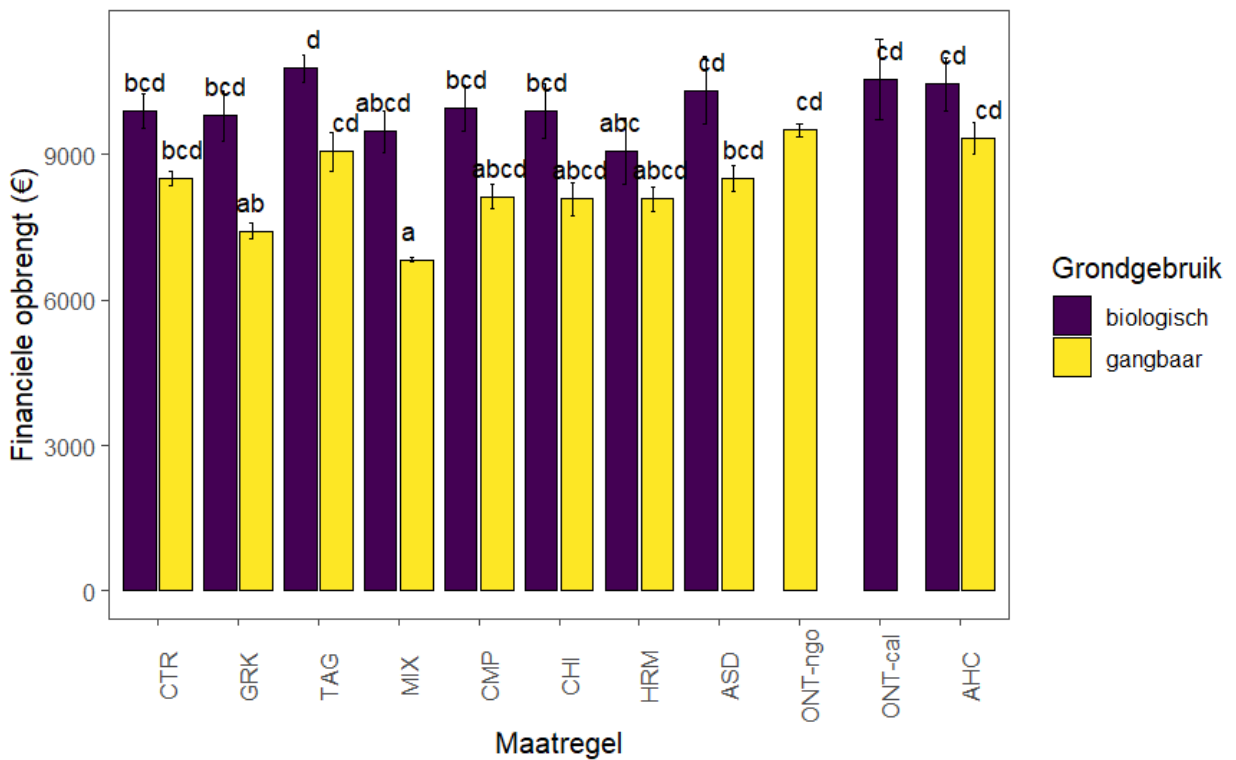
Gemiddeld was de opbrengst hoger in de gangbare akkerbouwpercelen, maar dit was afhankelijk van de specifieke maatregelen. Dit verschil kan komen doordat het aardappel lof in de biologische landbouw vanwege *Phytophthora* besmetting op 14. Juli gebrand werd. De opbrengst verschilde nauwelijks tussen maatregelen in het biologische systeem, was de opbrengst in het gangbare akkerbouwperceel het hoogst in de controle en in de ONT-ngo- maatregel en het laagst in de MIX- maatregel (Figuur 3.39).

Ook de financiële opbrengst verschilde significant tussen de twee vormen van grondgebruik ( $\chi^2=15.59$ ,  $p<0.01$ ) en tussen de maatregelen ( $\chi^2=86.86$ ,  $p<0.01$ ) (Figuur 3.40) als voor aardappelen uit gangbare teel 15ct/kg en voor aardappelen uit biologische teel 25ct/kg wordt gerekend. Er was echter geen interactie tussen grondgebruik en maatregel.

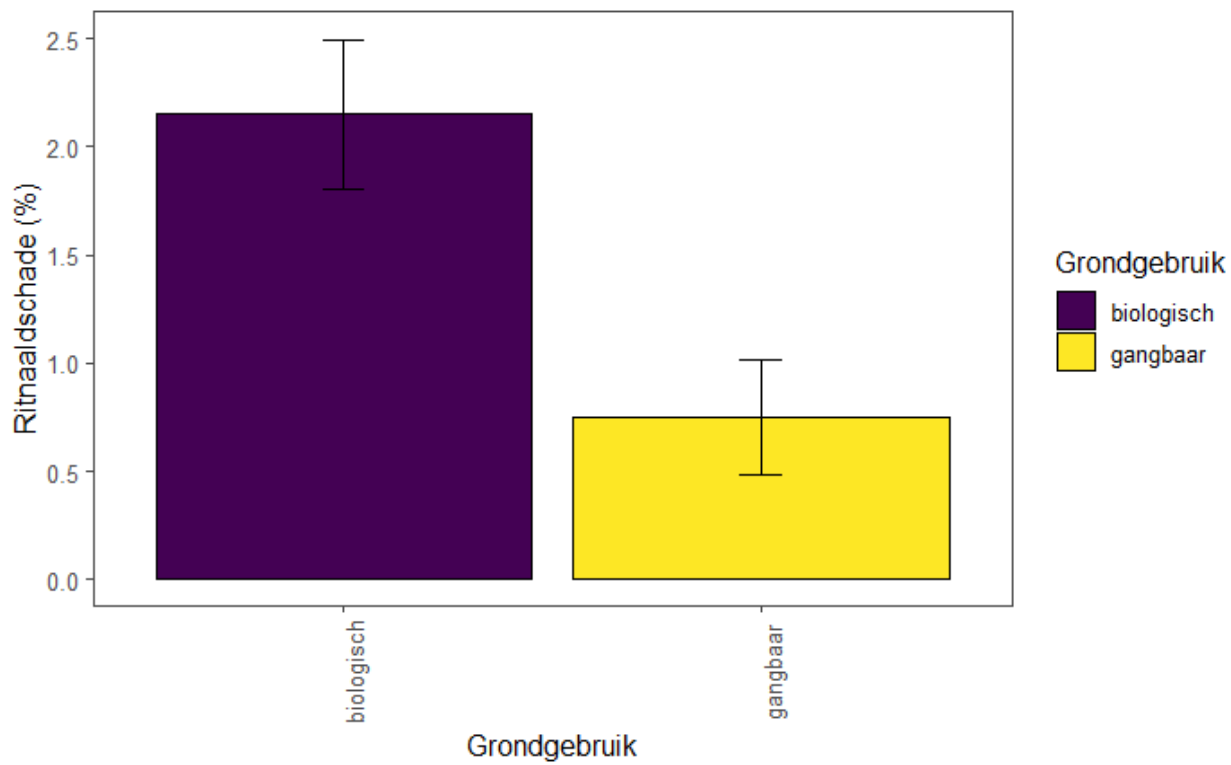
Met betrekking tot kwaliteit van de knollen waren er geen significante verschillen voor de aantasting door schurft of schade door emelten. Wel was de schade door ritnaalden hoger in het biologische systeem ( $\chi^2=10.58$ ,  $p<0.01$ ) (Figuur 3.41). De schade door ritnaalden was overigens erg laag (0.5-2%).



**Figuur 3.39** Gemiddelde opbrengst in de biologische en gangbare akkerbouwpercelen en met de 11 maatregelen; verschillende letters tonen significante verschillen.



**Figuur 3.40** Gemiddelde financiële opbrengst in de biologische en gangbare akkerbouwpercelen en met de 11 maatregelen; verschillende letters tonen significante verschillen.



**Figuur 3.41** Gemiddelde schade door ritnaalden in de in de biologische en gangbare akkerbouw.

---

## 4 Discussie en Conclusies

### 4.1 Discussie

De totale hoeveelheid PLFA was het hoogst in grasland. Vergeleken met de landbouwgronden is er doorgaans minder verstoring in grasland wat gunstig kan zijn voor het microbiële bodemleven. Zoals verwacht was de schimmelbiomassa significant hoger in het bos en de biologische landbouwgrond. In beide vormen van grondgebruik is een grotere hoeveelheid complexe organische stoffen te verwachten die kunnen leiden tot een grotere rol voor (saprotrofe) schimmels in het systeem (Rousk and Frey, 2015). De hoeveelheid arbusculaire mycorrhiza was hoger in het grasland. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de grotere hoeveelheid fijne wortels in grasland vergeleken met de andere systemen (Treseder and Cross, 2006). Er waren geen significante verschillen tussen de gronden met betrekking tot de hoeveelheid bacteriën. Wel was de verhouding tussen Grampositieve en Gramnegatieve bacteriën hoger in de landbouwgronden dan in bos en grasland. Ze bevatten dus een relatief grotere hoeveelheid van Grampositieve bacteriën. Dit is onverwacht, omdat de ratio vaak hoger is met een lagere beschikbaarheid van C (Fanin et al., 2019). Daarentegen was de hoeveelheid Actinobacteria, een groep Grampositieve bacteriën, het hoogst in het grasland. Om een beter beeld te krijgen van de mogelijke oorzaken achter deze observaties zou kunnen worden gekeken naar veranderingen binnen deze groepen middels metabarcoding-analyses. Daarnaast zijn er meer data van andere locaties met gras op zand en bos op zand nodig om een beter begrip te krijgen van deze parameters.

PMN was het hoogst in het grasland wat overeenkomt met de hogere PLFA waardes gevonden in deze grond, omdat PMN vooral afkomstig is van het microbiële bodemleven (Drinkwater et al., 1997). HWC was vooral sterk verhoogd in de bosgrond met een gemiddelde waarde meer dan twee keer hoger dan in grasland en landbouwgrond. De correlaties onderling en met de micro-organismen waren zwak tot matig. Dit illustreert dat PMN en HWC geen eenvoudige afspiegeling zijn van het (complexe) bodemleven maar dat alle parameters een verschillend aspect van het microbiom vertegenwoordigen.

Wel lieten de metingen zien dat de meeste microbiologische parameters in de zandgrond van proefbedrijf Vredepeel ongeveer 10% hoger zijn in het biologische dan in het gangbare akkerbouwperceel. Deze verhoging in het microbiële bodemleven kan worden toegeschreven aan een grotere input van organische stof in het biologische systeem. De combinatiebehandeling met de hoogste input vertoonde de hoogste waarden. Deze resultaten komen overeen met die van 2019. In een andere lange termijn proef op kleigrond in Lelystad waren de bacteriebiomassa 16%, de schimmelbiomassa 24%, de HWC 28% en de PMN 186% hoger in een biologisch akkerbouw systeem dan in een gangbaar systeem (Hoek et al., 2019). In kleigrond is het makkelijker om organische stof en bodemleven op te bouwen omdat de afbraak minder snel verloopt door bescherming in fijne poriën en adsorptie aan kleimineralen.

Verder werd aangetoond dat een aantal microbiologische parameters hoger waren in de combinatie-matregel (AHC) vergeleken met de controle. In de metingen van 2019 werden slechts de controle-, compost- en combinatie-matregel bemonsterd voor PLFA-analyse. Ook hier werd een correlatie gevonden tussen de AHC-matregel en een hogere microbiële biomassa. De reductie van het bodemleven door anaerobe ontsmetting gevolgd door toevoeging van haarmeel en compost leidde vermoedelijk tot een stimulatie van een specifieke subset van micro-organismen. Zoals verwacht verschilt ook de samenstelling van de microbiële gemeenschap in de combinatie-matregel van de meeste andere maatregelen.

Er werden geen interacties gevonden tussen grondgebruik en maatregel. De reden hiervoor is mogelijk dat het effect van enkele maatregelen sterker was dan het verschil in effect tussen biologische en conventionele akkerbouw. Wel nam het effect van de maatregelen op het microbiom af tegenover eerdere jaren, vermoedelijk doordat de maatregelen langer geleden zijn toegepast. Het effect van biologische en gangbare akkerbouw daarentegen blijft.

---

Zowel PMN als HWC waren significant hoger in de combinatie-maatregel dan in de controle. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de veel hogere toediening van organische stof. Er werden positieve correlaties gevonden tussen de meeste microbiële parameters en PMN. Deze waren echter relatief zwak. HWC daarentegen was positief gecorreleerd met vooral het aantal bacteriën. Het viel echter op de monsters van bosgrond outliers zijn in de correlatie. Dit wordt veroorzaakt door de ongeveer 2 keer hogere hoeveelheid HWC in bosgrond.

Het aantal aaltjes in verschillende groepen varieerde sterk tussen de verschillende vormen van grondgebruik. Het aantal aaltjes in het naaldbos was veel lager dan in grasland en het akkerbouwsysteem. Het aantal aaltjes in het bos is vergelijkbaar met de aantallen die worden genoemd in een Zweeds dennenbos (Sohlenius, 1997). De grote verschillen in aantallen tussen de typen grondgebruik maakt dat het lastig is om dit als maat te gebruiken om de vormen van grondgebruik te vergelijken, omdat het aantal aaltjes in bijna alle groepen lager was in het bos. In dit geval geeft het percentage aaltjes in de verschillende voedsel- en CP-groepen een beter beeld van de bijdrage van de verschillende groepen in het systeem. Het aantal zegt wel iets over de hoeveelheid beschikbaar voedsel in het systeem.

Het relatief lage percentage herbivoren in het bos kan worden verklaard door de geringere doorworteling van de grond vergeleken met de andere systemen (De Goede et al., 1993). In dezelfde lijn kan het hogere percentage herbivoren in grasland worden verklaard door een grotere doorworteling (Sohlenius et al., 1987). In de huidige studie was het percentage schimmeleeters in het bos hoog vergeleken met de andere systemen, wat tot uiting kwam in een hoge Channel Index (CI). Het percentage schimmeleeters dat in bosgrond wordt gevonden hangt wel af van de bemonsteringsstrategie: wanneer de strooisellaag wordt meegenomen, zal het percentage schimmeleeters hoger zijn dan wanneer alleen de minerale laag wordt bemonsterd (De Goede et al., 1993). In een vergelijking van meerdere studies in diverse systemen blijkt dat er grote variatie is in verhouding tussen schimmel- en bacterie-eters binnen eenzelfde type systeem (Ruess, 2003). In de huidige studie was het verschil in de Channel Index tussen naaldbos en de andere systemen nog groter dan het gemiddelde in de door haar geciteerde studie (Ruess, 2003). De hogere Maturity Index (MI) en de lagere Plant Parasite Index (PPI) in het naaldbos vergeleken met de andere systemen wordt ook genoemd in een vergelijking van naald- en loofbossen (Coosemans, 2001). Het lage percentage CP1-aaltjes in het bos is een indicatie dat er weinig makkelijk afbreekbaar organisch materiaal beschikbaar was, ondanks de hoge HWC die in het bos mogelijk minder labiel is.

Bijna drie jaar na toepassen van de maatregelen in de bodemgezondheidsproef was er nauwelijks verschil in de samenstelling van de aaltjesgemeenschap, op de herbivoren na. Wel was het aantal predatoren hoger in veldjes die waren ontsmet met zaadmeel (ONT-cal) dan in veldjes waar een groenbemestermengsel was gezaaid. Het is onduidelijk wat daarvan de oorzaak is. Het aantal herbivoren was hoger na de teelt van gras-klover en het groenbemestermengsel en toedienen van compost, chitine en haarmeel dan na de teelt van *Tagetes* en beide ontsmettingsmaatregelen (ONT-cal en ONT-ngo). In 2019 waren er nog wel verschillen in aantallen aaltjes in de andere voedselgroepen tussen de maatregelen. Blijkbaar is het effect van zowel ontsmetten als de teelt van groenbemesters op het aantal herbivoren langduriger dan het effect op aaltjes die onderdeel zijn van het voedselweb dat betrokken is bij de decompositie van organisch materiaal.

In 2019 lag een deel van de punten (controle en compost) in het voedselwebanalyse-diagram in het rechtsbovenkwadrant en de groenbemesters en chitine en haarmeel in het midden van de bovenste kwadranten (SI van 25-70). In 2021 lagen alle punten in de bovenste helft van het linksbovenkwadrant. Dit betekent dat het voedselweb minder complex is geworden en dat er op het moment van bemonsteren in velden van alle maatregelen veel relatief makkelijk afbreekbaar organisch materiaal was. Omdat het hier gaat om een akkerbouw-systeem-proef, kunnen de resultaten altijd een gevolg zijn van verschillende managementkeuzes (gewasvolgorde, moment en wijze van bemesten etc.), het seizoen/klimaat en de aangebrachte maatregelen.

In de bodemgezondheidsproef kwam in de bemonstering van 2021 naar voren dat de aaltjes niet homogeen zijn verdeeld over het veld. Dit uitte zich in een significant blokeffect. Dit geeft aan dat het belangrijk is om bij het opzetten van een proef rekening te houden met de ruimtelijke verdeling van aaltjes in het veld.



---

## 4.2 Conclusie

De combinatie-behandeling van anaerobe ontsmetting, haarmeel en compost had een groot effect op het bodemleven. Het is opmerkelijk dat deze veranderingen nog steeds te meten zijn drie jaar na toepassing van de maatregelen. Ook tussen de vormen van grondgebruik werden verschillen gevonden met een meestal positief effect van biologische akkerbouw op de hoeveelheid microbiologisch bodemleven. Het effect van de maatregelen op de aaltjes was na drie jaar voornamelijk terug te zien in de herbivoren en met name het geslacht *Pratylenchus*, waarvan de aantallen lager waren na de teelt van *Tagetes*, biologische grondontsmetting met zaadmeel en ontsmetten met Monam. In het gangbare systeem werden meer herbivoren gevonden dan in het biologische systeem, maar dat betrof vooral het aantal wortelhaarvoeders. De bodemvruchtbaarheid lijkt in het algemeen in het biologisch akkerbouwsysteem iets hoger te liggen. De netto aardappelopbrengsten lagen o.a. door *Phytophthora* in het gangbare landbouwsysteem hoger dan in het biologische landbouwsysteem, waarbij qua maatregelen het groenbemester mengsel en de gras-klover lagere opbrengsten te zien gaven dan maatregelen zoals *Tagetes*, grond ontsmetten en de combinatie die juist hogere opbrengsten gaven. De financiële opbrengsten scoorden in het biologische systeem veel beter. Deze lange termijn proef geeft aan dat de bodemgezondheid en de bodembioïologie te beïnvloeden zijn door een combinatie van grondgebruik (welk type landbouwsysteem) en bodemmaatregelen. Om deze resultaten te vergelijken met andere vormen van grondgebruik of referenties, zoals in dit rapport gras en bos, is een betere aanpak nodig met veel meer locaties en data.

## 4.3 Dankwoord

Wij danken de collegae van WUR proefboerderij Vredepeel voor het uitvoeren van de veldproef en de monsternamen in het grasland en bos; Arriënne Matser (Wageningen Environmental Research) voor de PLFA en ergosterol analyses, Wim Dimmers voor de HWC en PMN analyses; en de collegae van het laboratorium van WUR-OT in Lelystad voor de aaltjesdata. Ook dank aan Tess van de Voorde voor waardevol commentaar op dit rapport.

---

# Literatuur

- Abbott, L., Macdonald, L., Wong, M., Webb, M., Jenkins, S., Farrell, M., 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 256, 34-50
- Andreo-Jimenez, B., Schilder, M.T., Nijhuis, E.H., Beest, D.E.t., Bloem, J., Visser, J.H.M., Os, G.v., Brolsma, K., Boer, W.d., Postma, J., Stabb, E.V., 2021. Chitin- and keratin-rich soil amendments suppress *Rhizoctonia solani* disease via changes to the soil microbial community. *Appl. Environ. Microbiol.* 87, e00318-00321.[doi:10.1128/AEM.00318-21](https://doi.org/10.1128/AEM.00318-21)
- Bakker, J., Gommers, F., Nieuwenhuis, I., Wynberg, H., 1979. Photoactivation of the nematocidal compound alpha-terthienyl from roots of marigolds (*Tagetes* species). A possible singlet oxygen role. *Journal of Biological Chemistry* 254, 1841-1844
- Blok, W.J., Lamers, J.G., Termorshuizen, A.J., Bollen, G.J., 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90, 253-259
- Bongers, T., 1988. De nematoden van Nederland: een identificatietabel voor de in Nederland aangetroffen zoetwater-en bodembewonende nematoden. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging ...
- Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83, 14-19
- Bongers, T., Korthals, G., 1994. The behaviour of maturity index and plant parasite index under enriched conditions, *Proc. 22nd Int. Symp. Eur. Soc. Nematologists*, Gent, België, p. 39
- 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, 543
- Canali, S., Benedetti, A., 2006. Soil nitrogen mineralization. *Microbiological methods for assessing soil quality*, 23-49
- 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. *Appl. Soil Ecol.* 147, 103434
- Coosemans, J., 2001. Nematoden als indicators voor bodemclassificatie, *Proceedings of the symposium "Status and trends of the Belgian fauna with a particular emphasis on alien species"*, Brussels, Belgium KBIN, pp. 51-62
- Ctgb, <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations/275>, wijziging toelating 23-2-2018,
- Dalal, R.C., 1998. Soil microbial biomass-what do the numbers really mean? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38, 649-665. <https://doi.org/10.1071/EA97142>
- De Goede, R., Verschoor, B., Georgieva, S., 1993. Nematode distribution, trophic structure and biomass in a primary succession of blown-out areas in a drift sand landscape. *Fundamental and applied nematology* 16, 525-538
- de Ridder-Duine, A.S., Smant, W., van der Wal, A., van Veen, J.A., de Boer, W., 2006. Evaluation of a simple, non-alkaline extraction protocol to quantify soil ergosterol. *Pedobiologia* 50, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2006.03.004>
- Drinkwater, L.E., Cambardella, C.A., Reeder, J.D., Rice, C.W., 1997. Potentially Mineralizable Nitrogen as an Indicator of Biologically Active Soil Nitrogen, *Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 217-229. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c13>
- Evenhuis, A., Korthals, G., Molendijk, L., 2004. *Tagetes patula* as an effective catch crop for long-term control of *Pratylenchus penetrans*. *Nematology* 6, 877-881
- Fanin, N., Kardol, P., Farrell, M., Nilsson, M.-C., Gundale, M.J., Wardle, D.A., 2019. The ratio of Gram-positive to Gram-negative bacterial PLFA markers as an indicator of carbon availability in organic soils. *Soil Biol. Biochem.* 128, 111-114
- Ferris, H., Bongers, T., 2006. Nematode indicators of organic enrichment. *Journal of nematology* 38, 3
- Ferris, H., Bongers, T., de Goede, R.G., 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.* 18, 13-29
- Finney, D., Buyer, J., Kaye, J., 2017. Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. *Journal of Soil and Water Conservation* 72, 361-373

- 
- Frostegård, Å., Bååth, E., Tunlio, A., 1993. Shifts in the structure of soil microbial communities in limed forests as revealed by phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biol. Biochem.* 25, 723-730
- Frostegård, Å., Tunlid, A., Bååth, E., 2011. Use and misuse of PLFA measurements in soils. *Soil Biol. Biochem.* 43, 1621-1625
- Ghani, A., Dexter, M., Perrott, K., 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biol. Biochem.* 35, 1231-1243.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00186-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00186-X)
- Gooday, G.W., 1990. The ecology of chitin degradation, *Advances in microbial ecology*. Springer, pp. 387-430
- Hartsema, O., Koot, P., Molendijk, L., Van Den Berg, W., Plentinger, M., Hoek, J., 2005. Rotatie onderzoek *Paratrichodorus teres*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR, The Netherlands. Available online at <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/rotatieonderzoek-paratrichodorusteres>
- Heijboer, A., ten Berge, H.F.M., de Ruiter, P.C., Jørgensen, H.B., Kowalchuk, G.A., Bloem, J., 2016. Plant biomass, soil microbial community structure and nitrogen cycling under different organic amendment regimes; a <sup>15</sup>N tracer-based approach. *Appl. Soil Ecol.* 107, 251-260.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.06.009>
- Keeney, D.R., Nelson, D.W., 1983. Nitrogen—inorganic forms, in: Page, A.L. (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 2 ed. American Society of Agronomy, Inc., pp. 643-698.  
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c33>
- Korthals, G., Thoden, T., Van den Berg, W., Visser, J., 2014. Long-term effects of eight soil health treatments to control plant-parasitic nematodes and *Verticillium dahliae* in agro-ecosystems. *Appl. Soil Ecol.* 76, 112-123
- Lamers, J., Wanten, P., Blok, W., 2004. Biological soil disinfection: a safe and effective approach for controlling soilborne pests and diseases. *Agroindustria* 3, 289-291
- Mazzola, M., Muramoto, J., Shennan, C., 2018. Anaerobic disinfection induced changes to the soil microbiome, disease incidence and strawberry fruit yields in California field trials. *Appl. Soil Ecol.* 127, 74-86. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.03.009>
- Meijer, H., Lamers, J., Bertrums, E., Snoek, A., Geers, F., 2004. Biologische grondontsmetting: bestrijding van bodemziekten voor een gezonde bodem. PPO Bomen
- Molendijk, L., Rovers, J., 1996. Tagetes geen middel tegen elke aal. *Ekoland*
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'hara, R.B., Oksanen, M., 2013. Package 'vegan'.
- Olsson, P.A., Lekberg, Y., 2022. A critical review of the use of lipid signature molecules for the quantification of arbuscular mycorrhiza fungi. *Soil Biol. Biochem.* 166, 108574.  
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108574>
- Postma, J., Schilder, M., Bloem, J., Visser, J., van Os, G., Brolsma, K., Hoogmoed, M., Postma, R., Korthals, G., 2020. Sturen op bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen: TKI-AF-15261.
- Reardon, C.L., Wuest, S.B., 2016. Soil amendments yield persisting effects on the microbial communities—a 7-year study. *Appl. Soil Ecol.* 101, 107-116
- Rousk, J., Frey, S.D., 2015. Revisiting the hypothesis that fungal-to-bacterial dominance characterizes turnover of soil organic matter and nutrients. *Ecological Monographs* 85, 457-472
- Ruess, L., 2003. Nematode soil faunal analysis of decomposition pathways in different ecosystems. *Nematology* 5, 179-181
- Schippers, B., Palm, L.C., 1973. Ammonia, a fungistatic volatile in chitin-amended soil. *Neth. J. Plant Pathol.* 79, 279-281
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H., de Goede, R.G., 2014. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology* 61, 90-93
- Sohlenius, B., 1997. Fluctuations of nematode populations in pine forest soil. Influence by clear-cutting. *Fundamental and applied nematology* 20, 103-114
- Sohlenius, B., Bostrom, S., Sandor, A., 1987. Long-term dynamics of nematode communities in arable soil under four cropping systems. *J. Appl. Ecol.*, 131-144
- Stockdale, E.A., Brookes, P.C., 2006. Detection and quantification of the soil microbial biomass – impacts on the management of agricultural soils. *The Journal of Agricultural Science* 144, 285-302. [10.1017/S0021859606006228](https://doi.org/10.1017/S0021859606006228)
- Termorshuizen, A., Van Rijn, E., Van Der Gaag, D., Alabouvette, C., Chen, Y., Lagerlöf, J., Malandrakis, A., Paplomatas, E., Rämert, B., Ryckeboer, J., 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.* 38, 2461-2477

- 
- Treseder, K.K., Cross, A., 2006. Global Distributions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Ecosystems* 9, 305-316.10.1007/s10021-005-0110-x
- Van Bezooijen, J., Ettema, C., 1996. Practicumhandleiding Nematologie (Gedeeltelijk herziene versie).
- Yeates, G.W., Bongers, T., De Goede, R.G., Freckman, D.W., Georgieva, S., 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology* 25, 315

# Bijlage 1 Bodemchemische parameters

**Tabel B1.1** Resultaten van linear mixed models voor de bodemvruchtbaarheidsdata met de verschillende vormen van grondgebruik (bos, grasland, controle biologisch en controle gangbaar).

Variabele	Chisq	Df	P
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	4.04	3	0.26
C/N ratio	131.00	3	<0.01
N-leverend vermogen (kg N/ha)	59.84	3	<0.01
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	10.61	3	0.01
Pw (mg P2O5/l)	47.77	3	<0.01
P-Al (mg P2O5/100 g)	199.96	3	<0.01
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	178.66	3	<0.01
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	25.63	3	<0.01
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	4.72	3	0.19
S-leverend vermogen (kg S/ha)	63.77	3	<0.01
S-aanvoer	63.77	3	<0.01
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	53.21	3	<0.01
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	107.24	3	<0.01
pH	739.06	3	<0.01
Koolzure kalk (%)	4.21	3	0.24
Organische stof (%)	33.22	3	<0.01
Klei (%)	0.88	3	0.83
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	7.06	3	0.07
CEC-bezetting (%)	250.19	3	<0.01
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	18.29	3	<0.01
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	68.68	3	<0.01
C/S ratio	97.32	3	<0.01
Ca-voorraad (mmol+/kg)	31.87	3	<0.01
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	10.22	3	0.02
Na-bodemvoorraad (mmol+/kg)	39.69	3	<0.01
Verslemping (rapportcijfer)	33.20	3	<0.01
Ca-bezetting aan CEC (%)	186.84	3	<0.01
Mg-bezetting aan CEC (%)	3.92	3	0.27
K-bezetting aan CEC (%)	6.65	3	0.08
Na-bezetting aan CEC (%)	25.32	3	<0.01
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	16.94	3	<0.01
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	55.19	3	<0.01
C-organisch (%)	37.70	3	<0.01
C-anorganisch (%)	16.38	3	<0.01
C/OS-ratio (%)	2.23	3	0.53
Silt (%)	2.65	3	0.45
Zand (%)	2.78	3	0.43
pF 2.0 (%)	26.52	3	<0.01
pF 4.2 (%)	19.48	3	<0.01
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	270.56	3	<0.01
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	34.28	3	<0.01
Mn-plantbeschikbaar (µg Mn/kg)	31.12	3	<0.01
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	77.02	3	<0.01
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	7.29	3	0.06
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	25.04	3	<0.01
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	2.04	3	0.56

**Tabel B1.2** Resultaten van paarsgewijze vergelijkingen voor variabelen met een statistisch significant effect van grondgebruik.

Variabele	biologisch	gangbaar	gras	bos
Pw (mg P2O5/l)	53.75	36.25	42.66667	20.5
Pw (mg P2O5/l)	c	b	bc	a
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	447.25	394	137.8333	80.33333
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	b	b	a	a
C-anorganisch (%)	0.5	0.375	0.116667	0.133333
C-anorganisch (%)	b	ab	a	a
C-organisch (%)	2.025	2.275	2.166667	3.9
C-organisch (%)	a	a	a	b
C/OS-ratio (%)	0.545	0.5775	0.55	0.555
C/OS-ratio (%)	a	a	a	a
C/S ratio	89.75	108.5	85.66667	185
C/S ratio	a	a	a	b
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	118.75	90	29.16667	29.16667
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	b	ab	a	a
Ca-bezetting aan CEC (%)	79.75	80.25	67.66667	25.33
Ca-bezetting aan CEC (%)	c	c	b	a
Ca-voorraad (mmol+/kg)	2962.5	3047.5	1952.5	409.1667
Ca-voorraad (mmol+/kg)	bc	c	b	a
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	50	51.5	34.5	15.33333
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	b	b	b	a
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	61.75	64.25	48.5	38.83333
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	a	a	a	a
CEC-bezetting (%)	96.25	97.75	88	40.67
CEC-bezetting (%)	bc	c	b	a
C/N ratio	17.75	19.5	15	28.5
C/N ratio	ab	b	a	c
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	3.425	3.925	7.383333	20.83333
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	a	a	a	b
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	38.25	41	34.5	21
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	b	b	b	a
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	213.5	122	136.5	16.83333
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	c	b	b	a
K-bezetting aan CEC (%)	3.575	3.375	4.616667	2.43
K-bezetting aan CEC (%)	a	a	a	a
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	2.025	2.1	2.183333	1.1
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	b	b	b	a
Koolzure kalk (%)	0.275	0.25	0.316667	0.333333
Koolzure kalk (%)	a	a	a	a
Klei (%)	1	1.25	1.166667	1.166667
Klei (%)	a	a	a	a
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	167.5	145	134.3333	11
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	b	b	b	a
Mg-bezetting aan CEC (%)	12.05	13	14.33333	10.2
Mg-bezetting aan CEC (%)	a	a	a	a
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	7.2	8.25	7.116667	4.066667
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	ab	b	ab	a
Mn-plantbeschikbaar (µg Mn/kg)	985	755	4865	1910
Mn-plantbeschikbaar (µg Mn/kg)	a	a	b	a
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	1135	1162.5	1455	1410
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	a	a	a	a
N-leverend vermogen (kg N/ha)	37.5	32.5	59.16667	7.5
N-leverend vermogen (kg N/ha)	b	b	c	a
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	22.25	15.25	6.166667	6.666667
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	c	b	a	a
Na-bezetting aan CEC (%)	0.875	0.825	1.216667	2.33

Variabele	biologisch	gangbaar	gras	bos
Na-bezetting aan CEC (%)	a	a	a	b
Na-bezetting aan CEC (%)	0.5	0.525	0.566667	0.883333
Na-bezetting aan CEC (%)	a	a	a	b
C/OS-ratio (%)	3.725	3.95	3.933333	7.083333
C/OS-ratio (%)	a	a	a	b
P-Al (mg P2O5/100 g)	70.25	52.75	48.83333	3.5
P-Al (mg P2O5/100 g)	c	b	b	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	4.275	2.2	3.566667	2.316667
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	b	a	ab	a
pF 2.0 (%)	26.725	26.7	26.266667	31.43333
pF 2.0 (%)	a	a	a	b
pF 4.2 (%)	4.3	4.35	4.133333	6.983333
pF 4.2 (%)	a	a	a	b
pH	5.675	5.675	5.266667	3.133333
pH	c	c	b	a
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	18	10.5	42	19.66667
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	a	a	b	a
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	6.05	5.175	3.783333	4.45
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	b	ab	a	a
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	222.5	210	256.6667	214.1667
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	a	a	a	a
S-aanvoer	10.25	7.75	12	4.166667
S-aanvoer	bc	b	c	a
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	2.175	2.15	3.266667	2.583333
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	a	a	b	a
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	4872.5	5242.5	6198.333	6965
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	a	a	a	a
Silt (%)	9.25	8.75	7.666667	7.333333
Silt (%)	a	a	a	a
S-leverend vermogen (kg S/ha)	7.25	4.75	9	1.166667
S-leverend vermogen (kg S/ha)	bc	b	c	a
Verslemping (rapportcijfer)	7.75	7.8	7.783333	8.416667
Verslemping (rapportcijfer)	a	a	a	b
Zand (%)	86	86	87	84.5
Zand (%)	a	a	a	a
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	1285	1177.5	2743.333	2625
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	a	a	a	a

**Tabel B1.3** Resultaten van linear mixed models voor de bodemvruchtbaarheidsdata met grondgebruik en maatregel.

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	Blok	28.10	3	<0.01
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	Grondgebruik	4.07	1	0.04
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	Maatregel	22.98	10	0.01
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	Grondgebruik:Maatregel	8.43	8	0.39
C/N ratio	Blok	8.12	3	0.04
C/N ratio	Grondgebruik	3.10	1	0.08
C/N ratio	Maatregel	9.29	10	0.50
C/N ratio	Grondgebruik:Maatregel	1.84	8	0.99
N-leverend vermogen (kg N/ha)	Blok	3.80	3	0.28
N-leverend vermogen (kg N/ha)	Grondgebruik	11.46	1	<0.01
N-leverend vermogen (kg N/ha)	Maatregel	12.74	10	0.24
N-leverend vermogen (kg N/ha)	Grondgebruik:Maatregel	2.45	8	0.96
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	Landbouw:Behandeling	222.44	1	<0.01
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	Blok	9.67	3	0.02
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	Grondgebruik	98.27	1	<0.01

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	Maatregel	118.05	10	<0.01
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	Grondgebruik:Maatregel	8.88	8	0.35
Pw (mg P2O5/l)	Blok	39.44	3	<0.01
Pw (mg P2O5/l)	Grondgebruik	128.68	1	<0.01
Pw (mg P2O5/l)	Maatregel	159.05	10	<0.01
Pw (mg P2O5/l)	Grondgebruik:Maatregel	10.64	8	0.22
P-Al (mg P2O5/100 g)	Blok	152.27	3	<0.01
P-Al (mg P2O5/100 g)	Grondgebruik	91.95	1	<0.01
P-Al (mg P2O5/100 g)	Maatregel	109.22	10	<0.01
P-Al (mg P2O5/100 g)	Grondgebruik:Maatregel	8.64	8	0.37
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	Blok	17.46	3	<0.01
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	Grondgebruik	57.63	1	<0.01
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	Maatregel	10.03	10	0.44
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	Grondgebruik:Maatregel	13.63	8	0.09
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Blok	41.99	3	<0.01
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik	4.48	1	0.03
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Maatregel	22.46	10	0.01
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik:Maatregel	4.73	8	0.79
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	Blok	9.66	3	0.02
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	Grondgebruik	3.66	1	0.06
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	Maatregel	12.15	10	0.28
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	Grondgebruik:Maatregel	5.78	8	0.67
S-leverend vermogen (kg S/ha)	Blok	29.30	3	<0.01
S-leverend vermogen (kg S/ha)	Grondgebruik	39.26	1	<0.01
S-leverend vermogen (kg S/ha)	Maatregel	17.03	10	0.07
S-leverend vermogen (kg S/ha)	Grondgebruik:Maatregel	8.66	8	0.37
S-aanvoer	Blok	29.30	3	<0.01
S-aanvoer	Grondgebruik	39.26	1	<0.01
S-aanvoer	Maatregel	17.03	10	0.07
S-aanvoer	Grondgebruik:Maatregel	8.66	8	0.37
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	Blok	18.36	3	<0.01
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	Grondgebruik	1.46	1	0.23
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	Maatregel	57.44	10	<0.01
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	Grondgebruik:Maatregel	7.81	8	0.45
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	Blok	18.28	3	<0.01
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	Grondgebruik	62.93	1	<0.01
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	Maatregel	3.15	10	0.98
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	Grondgebruik:Maatregel	10.98	8	0.20
pH	Blok	2.06	3	0.56
pH	Grondgebruik	0.90	1	0.34
pH	Maatregel	67.03	10	<0.01
pH	Grondgebruik:Maatregel	3.35	8	0.91
Koolzure kalk (%)	Blok	2.92	3	0.40
Koolzure kalk (%)	Grondgebruik	0.32	1	0.57
Koolzure kalk (%)	Maatregel	7.39	10	0.69
Koolzure kalk (%)	Grondgebruik:Maatregel	7.51	8	0.48
Organische stof (%)	Blok	23.10	3	<0.01
Organische stof (%)	Grondgebruik	0.17	1	0.68
Organische stof (%)	Maatregel	18.22	10	0.05
Organische stof (%)	Grondgebruik:Maatregel	6.78	8	0.56
Klei (%)	Blok	59.76	3	<0.01
Klei (%)	Grondgebruik	0.12	1	0.73
Klei (%)	Maatregel	3.09	10	0.98
Klei (%)	Grondgebruik:Maatregel	3.07	8	0.93
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	Blok	16.58	3	<0.01
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	Grondgebruik	0.10	1	0.75
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	Maatregel	16.26	10	0.09
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	Grondgebruik:Maatregel	10.48	8	0.23



Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
CEC-bezetting (%)	Blok	7.06	3	0.07
CEC-bezetting (%)	Grondgebruik	0.83	1	0.36
CEC-bezetting (%)	Maatregel	12.17	10	0.27
CEC-bezetting (%)	Grondgebruik:Maatregel	4.21	8	0.84
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	Blok	10.96	3	0.01
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	Grondgebruik	16.26	1	<b>0.00</b>
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	Maatregel	5.88	10	0.83
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	Grondgebruik:Maatregel	17.88	8	<b>0.02</b>
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	Blok	58.99	3	<b>&lt;0.01</b>
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	Grondgebruik	39.98	1	<b>0.00</b>
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	Maatregel	22.01	10	<b>0.02</b>
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	Grondgebruik:Maatregel	7.01	8	0.54
C/S ratio	Blok	59.68	3	<b>&lt;0.01</b>
C/S ratio	Grondgebruik	15.15	1	<b>0.00</b>
C/S ratio	Maatregel	16.18	10	0.09
C/S ratio	Grondgebruik:Maatregel	10.31	8	0.24
Ca-voorraad (mmol+/kg)	Blok	18.15	3	<b>&lt;0.01</b>
Ca-voorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik	0.05	1	0.82
Ca-voorraad (mmol+/kg)	Maatregel	12.07	10	0.28
Ca-voorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik:Maatregel	6.73	8	0.57
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Blok	18.08	3	<b>&lt;0.01</b>
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik	1.14	1	0.29
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Maatregel	14.63	10	0.15
Mg-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik:Maatregel	20.09	8	<b>0.01</b>
Na-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Blok	37.04	3	<b>&lt;0.01</b>
Na-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik	0.55	1	0.46
Na-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Maatregel	12.93	10	0.23
Na-bodemvoorraad (mmol+/kg)	Grondgebruik:Maatregel	7.58	8	0.48
Verslemping (rapportcijfer)	Blok	26.11	3	<b>&lt;0.01</b>
Verslemping (rapportcijfer)	Grondgebruik	0.21	1	0.65
Verslemping (rapportcijfer)	Maatregel	14.75	10	0.14
Verslemping (rapportcijfer)	Grondgebruik:Maatregel	8.45	8	0.39
Ca-bezetting aan CEC (%)	Blok	4.84	3	0.18
Ca-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik	0.37	1	0.54
Ca-bezetting aan CEC (%)	Maatregel	11.53	10	0.32
Ca-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik:Maatregel	1.78	8	0.99
Mg-bezetting aan CEC (%)	Blok	0.93	3	0.82
Mg-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik	4.52	1	<b>0.03</b>
Mg-bezetting aan CEC (%)	Maatregel	10.85	10	0.37
Mg-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik:Maatregel	13.04	8	0.11
K-bezetting aan CEC (%)	Blok	10.05	3	<b>0.02</b>
K-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik	1.42	1	0.23
K-bezetting aan CEC (%)	Maatregel	10.26	10	0.42
K-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik:Maatregel	1.95	8	0.98
Na-bezetting aan CEC (%)	Blok	7.89	3	0.05
Na-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik	0.00	1	0.97
Na-bezetting aan CEC (%)	Maatregel	7.16	10	0.71
Na-bezetting aan CEC (%)	Grondgebruik:Maatregel	7.93	8	0.44
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	Blok	11.97	3	<b>0.01</b>
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	Grondgebruik	3.63	1	0.06
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	Maatregel	26.91	10	<b>&lt;0.01</b>
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	Grondgebruik:Maatregel	9.87	8	0.27
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	Blok	15.42	3	<b>&lt;0.01</b>
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	Grondgebruik	0.04	1	0.85
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	Maatregel	19.49	10	<b>0.03</b>
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	Grondgebruik:Maatregel	6.33	8	0.61
C-organisch (%)	Blok	22.17	3	<b>&lt;0.01</b>
C-organisch (%)	Grondgebruik	0.08	1	0.78

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
C-organisch (%)	Maatregel	17.54	10	0.06
C-organisch (%)	Grondgebruik:Maatregel	10.20	8	0.25
C-anorganisch (%)	Blok	11.12	3	<b>0.01</b>
C-anorganisch (%)	Grondgebruik	3.38	1	0.07
C-anorganisch (%)	Maatregel	26.44	10	<b>0.00</b>
C-anorganisch (%)	Grondgebruik:Maatregel	9.95	8	0.27
C/OS-ratio (%)	Blok	5.48	3	0.14
C/OS-ratio (%)	Grondgebruik	0.59	1	0.44
C/OS-ratio (%)	Maatregel	4.81	10	0.90
C/OS-ratio (%)	Grondgebruik:Maatregel	7.77	8	0.46
Silt (%)	Blok	3.62	3	0.31
Silt (%)	Grondgebruik	0.40	1	0.53
Silt (%)	Maatregel	12.61	10	0.25
Silt (%)	Grondgebruik:Maatregel	2.27	8	0.97
Zand (%)	Blok	5.77	3	0.12
Zand (%)	Grondgebruik	0.26	1	0.61
Zand (%)	Maatregel	12.83	10	0.23
Zand (%)	Grondgebruik:Maatregel	4.98	8	0.76
pF 2.0 (%)	Blok	12.17	3	<b>0.01</b>
pF 2.0 (%)	Grondgebruik	0.30	1	0.58
pF 2.0 (%)	Maatregel	14.00	10	0.17
pF 2.0 (%)	Grondgebruik:Maatregel	3.82	8	0.87
pF 4.2 (%)	Blok	12.58	3	<b>0.01</b>
pF 4.2 (%)	Grondgebruik	0.47	1	0.49
pF 4.2 (%)	Maatregel	16.94	10	0.08
pF 4.2 (%)	Grondgebruik:Maatregel	5.45	8	0.71
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	Blok	13.85	3	<b>&lt;0.01</b>
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	Grondgebruik	1.94	1	0.16
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	Maatregel	4.76	10	0.91
B-plantbeschikbaar (µg B/kg)	Grondgebruik:Maatregel	12.65	8	0.12
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	Blok	8.72	3	<b>0.03</b>
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	Grondgebruik	5.75	1	<b>0.02</b>
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	Maatregel	19.03	10	<b>0.04</b>
Cu-plantbeschikbaar (µg Cu/kg)	Grondgebruik:Maatregel	18.35	8	<b>0.02</b>
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	Blok	0.43	3	0.93
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	Grondgebruik	0.00	1	0.97
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	Maatregel	173.59	10	<b>0.00</b>
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	Grondgebruik:Maatregel	8.24	8	0.41
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	Blok	0.44	3	0.93
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	Grondgebruik	1.74	1	0.19
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	Maatregel	114.05	10	<b>0.00</b>
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	Grondgebruik:Maatregel	5.87	8	0.66
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	Blok	0.92	3	0.82
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	Grondgebruik	0.19	1	0.66
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	Maatregel	133.02	10	<b>0.00</b>
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	Grondgebruik:Maatregel	3.54	8	0.90
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	Blok	2.77	3	0.43
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	Grondgebruik	0.37	1	0.54
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	Maatregel	8.40	10	0.59
Se-plantbeschikbaar (µg Se/kg)	Grondgebruik:Maatregel	7.70	8	0.46
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	Blok	7.57	3	0.06
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	Grondgebruik	6.38	1	<b>0.01</b>
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	Maatregel	15.01	10	0.13
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	Grondgebruik:Maatregel	14.42	8	0.07

**Tabel B1.4** Resultaten van paarsgewijze vergelijkingen voor variabelen met een statistisch significant effect van maatregel.

Variable	Maatregel	Gemiddelde	.group
Pw (mg P2O5/l)	AHC	56.63	b
Pw (mg P2O5/l)	ASD	45.75	a
Pw (mg P2O5/l)	CHI	64.00	c
Pw (mg P2O5/l)	CMP	47.38	a
Pw (mg P2O5/l)	CTR	45.00	a
Pw (mg P2O5/l)	GRK	45.25	a
Pw (mg P2O5/l)	HRM	48.88	a
Pw (mg P2O5/l)	MIX	48.38	a
Pw (mg P2O5/l)	ONT-cal	54.75	a
Pw (mg P2O5/l)	ONT-ngo	36.75	a
Pw (mg P2O5/l)	TAG	44.38	a
C-anorganisch (%)	AHC	0.24	a
C-anorganisch (%)	ASD	0.25	a
C-anorganisch (%)	CHI	0.53	b
C-anorganisch (%)	CMP	0.35	ab
C-anorganisch (%)	CTR	0.44	ab
C-anorganisch (%)	GRK	0.36	ab
C-anorganisch (%)	HRM	0.21	a
C-anorganisch (%)	MIX	0.29	ab
C-anorganisch (%)	ONT-cal	0.40	ab
C-anorganisch (%)	ONT-ngo	0.28	ab
C-anorganisch (%)	TAG	0.39	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	AHC	56.88	a
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	ASD	58.75	a
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	CHI	124.38	b
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	CMP	82.50	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	CTR	104.38	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	GRK	85.63	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	HRM	50.63	a
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	MIX	67.50	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	ONT-cal	93.75	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	ONT-ngo	65.00	ab
Ca-plantbeschikbaar (kg Ca/ha)	TAG	91.25	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	AHC	2786.88	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	ASD	2778.75	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	CHI	3088.13	b
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	CMP	2945.63	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	CTR	3005.00	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	GRK	2952.50	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	HRM	2521.88	a
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	MIX	2725.63	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	ONT-cal	3041.25	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	ONT-ngo	2896.25	ab
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	TAG	3018.75	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	AHC	5.71	b
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	ASD	4.59	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	CHI	3.75	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	CMP	3.49	a
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	CTR	3.68	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	GRK	3.79	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	HRM	8.59	c
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	MIX	4.43	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	ONT-cal	5.00	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	ONT-ngo	3.68	ab
Co-plantbeschikbaar (µg Co/kg)	TAG	3.49	a

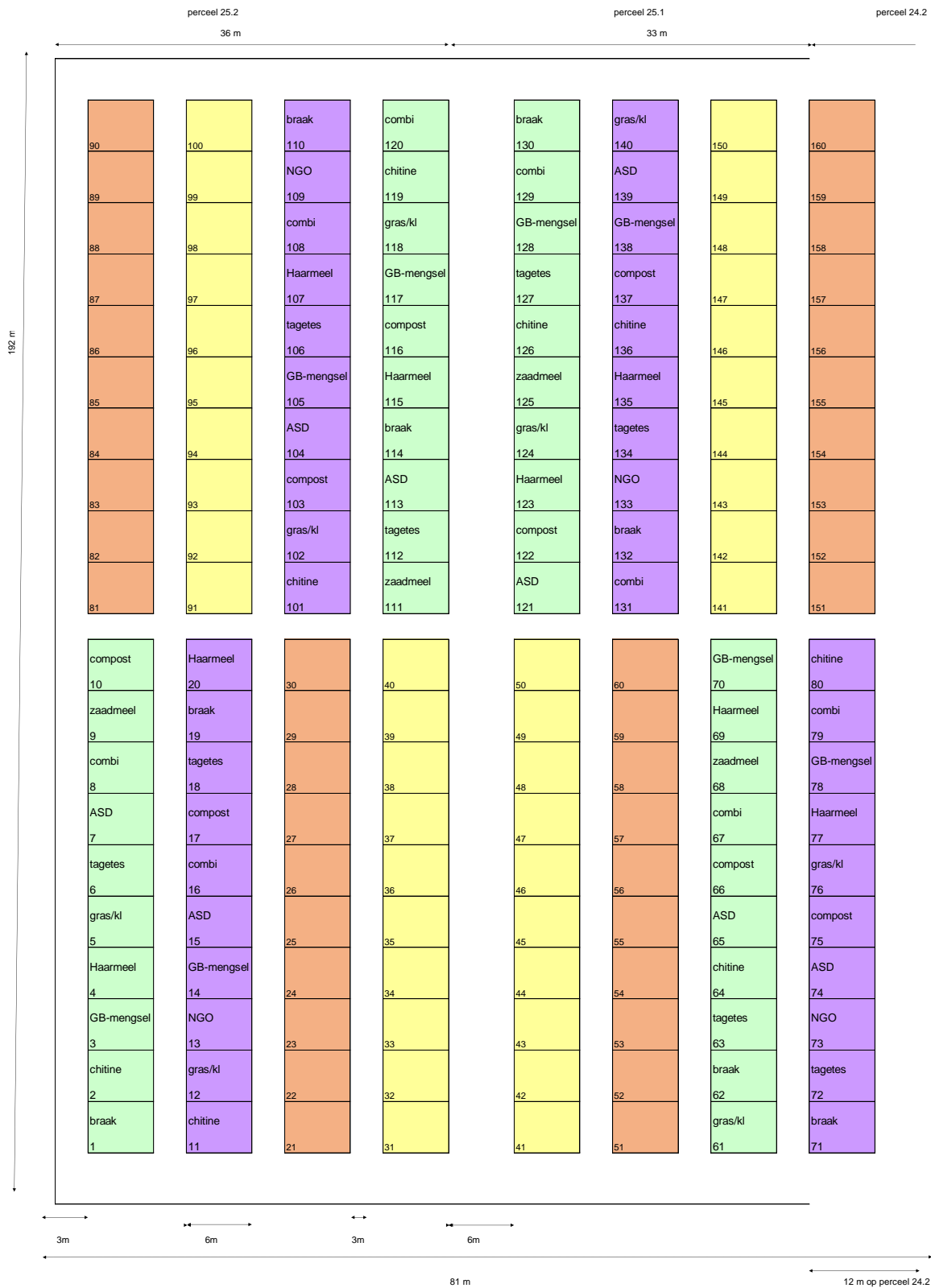
Variable	Maatregel	Gemiddelde	.group
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	AHC	2.09	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	ASD	2.20	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	CHI	2.10	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	CMP	2.33	b
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	CTR	2.06	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	GRK	2.11	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	HRM	1.94	a
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	MIX	1.88	a
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	ONT-cal	2.20	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	ONT-ngo	2.08	ab
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	TAG	2.21	ab
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	AHC	118.63	ab
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	ASD	144.25	bc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	CHI	134.88	abc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	CMP	143.88	bc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	CTR	156.25	c
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	GRK	159.25	c
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	HRM	112.25	a
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	MIX	147.88	bc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	ONT-cal	152.00	abc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	ONT-ngo	147.00	bc
Mg-plantbeschikbaar (mg Mg/kg)	TAG	156.75	c
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	AHC	1837.50	cd
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	ASD	1395.00	bc
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	CHI	893.75	a
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	CMP	872.50	a
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	CTR	870.00	a
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	GRK	843.75	a
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	HRM	2086.25	d
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	MIX	1032.50	ab
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	ONT-cal	1360.00	abc
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	ONT-ngo	767.50	a
Mn-plantbeschikbaar(µg Mn/kg)	TAG	851.25	a
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	AHC	1313.75	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	ASD	1230.00	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	CHI	1217.50	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	CMP	1273.75	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	CTR	1148.75	a
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	GRK	1225.00	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	HRM	1340.00	b
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	MIX	1183.75	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	ONT-cal	1315.00	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	ONT-ngo	1215.00	ab
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	TAG	1242.50	ab
P-Al (mg P2O5/100 g)	AHC	68.88	bc
P-Al (mg P2O5/100 g)	ASD	60.63	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	CHI	73.13	c
P-Al (mg P2O5/100 g)	CMP	62.13	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	CTR	61.50	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	GRK	61.63	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	HRM	60.00	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	MIX	60.38	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	ONT-cal	72.25	ab
P-Al (mg P2O5/100 g)	ONT-ngo	53.50	a
P-Al (mg P2O5/100 g)	TAG	59.38	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	AHC	4.89	bc
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	ASD	3.41	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	CHI	5.93	c

Variable	Maatregel	Gemiddelde	.group
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	CMP	3.63	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	CTR	3.24	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	GRK	3.30	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	HRM	4.01	ab
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	MIX	3.90	ab
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	ONT-cal	4.38	a
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	ONT-ngo	2.23	ab
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	TAG	3.26	a
pH	AHC	5.49	ab
pH	ASD	5.51	bc
pH	CHI	5.73	c
pH	CMP	5.65	bc
pH	CTR	5.68	bc
pH	GRK	5.69	bc
pH	HRM	5.28	a
pH	MIX	5.51	bc
pH	ONT-cal	5.53	abc
pH	ONT-ngo	5.58	bc
pH	TAG	5.63	bc
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	AHC	22.75	b
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	ASD	16.25	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	CHI	18.75	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	CMP	18.00	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	CTR	14.25	a
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	GRK	16.25	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	HRM	20.63	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	MIX	16.00	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	ONT-cal	20.25	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	ONT-ngo	8.75	ab
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	TAG	15.63	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	AHC	1822.50	b
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	ASD	1506.25	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	CHI	1371.25	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	CMP	1155.00	a
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	CTR	1231.25	a
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	GRK	1316.25	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	HRM	2631.25	c
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	MIX	1537.50	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	ONT-cal	1682.50	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	ONT-ngo	1332.50	ab
Zn-plantbeschikbaar (µg Zn/kg)	TAG	1236.25	a

**Tabel B1.5** Gemiddelde van variabelen met een statistisch significant verschil tussen de twee vormen van grondgebruik in akkerbouw.

Variabele	Grondgebruik	N	Gemiddelde	sd
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	biologisch	40	1300.00	225.56
N-totale bodemvoorraad (mg N/kg)	gangbaar	40	1188.00	144.83
N-leverend vermogen (kg N/ha)	biologisch	40	42.00	6.77
N-leverend vermogen (kg N/ha)	gangbaar	40	34.88	6.55
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	biologisch	40	5.09	1.23
P-Plantbeschikbaar (mg P/kg)	gangbaar	40	2.68	1.03
Pw (mg P2O5/l)	biologisch	40	58.28	9.11
Pw (mg P2O5/l)	gangbaar	40	40.00	8.65
P-Al (mg P2O5/100 g)	biologisch	40	70.38	10.79
P-Al (mg P2O5/100 g)	gangbaar	40	55.73	10.52
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	biologisch	40	218.65	31.57
K-plantbeschikbaar (mg K/kg)	gangbaar	40	149.68	29.71
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	biologisch	40	2.19	0.40
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	gangbaar	40	2.02	0.33
S-leverend vermogen (kg S/ha)	biologisch	40	7.05	1.45
S-leverend vermogen (kg S/ha)	gangbaar	40	5.25	1.48
S-aanvoer	biologisch	40	10.05	1.45
S-aanvoer	gangbaar	40	8.25	1.48
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	biologisch	40	21.10	3.23
Na-plantbeschikbaar (mg Na/kg)	gangbaar	40	16.08	2.47
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	biologisch	40	6.33	0.82
S-plantbeschikbaar (mg S/kg)	gangbaar	40	5.40	1.28
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	biologisch	40	21.28	6.77
Potentieel mineraliseerbare stikstof (mg N/kg)	gangbaar	40	13.33	7.05
C/S ratio	biologisch	40	94.43	13.17
C/S ratio	gangbaar	40	104.18	10.74
Mg-bezetting aan CEC (%)	biologisch	40	13.61	2.07
Mg-bezetting aan CEC (%)	gangbaar	40	12.85	1.79
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	biologisch	40	6291.25	2513.42
Si-plantbeschikbaar (µg Si/kg)	gangbaar	40	5062.50	1818.24

# Bijlage 2 Proefveldschema



KERNSTEEEM BIO
REST_SYSTEEM GANGBAAR
REST SYSTEEM BIO
KERNSTEEEM 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 Afkortingen

CTR	zwarte braak
GRK	gras/klaver
TAG	Tagetes patula
MIX	groenbemester mengsel
CMP	compost
CHI	chitine
HRM	haarmeel
ASD	anaerobe grondontsmetting
ONT-ngo	chemische grondontsmetting
ONT-cal	biologische grondontsmetting
AHC	combinatie anaerobe grondontsmetting, haarmeel, compost
HWC	heet water extraheerbaar koolstof
PMN	potentieel mineraliseerbare stikstof
PLFA	Phospholipid-derived fatty acid
AMF	arbusculaire mycorrhiza
CP-waarde	Colonizer-Persister waarde
MI	Maturity Index
PPI	Plant Parasitic Index
EI	Enrichment Index
BI	Basal Index
SI	Structural Index



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-1247



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

---



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



---

Correspondentieadres voor dit rapport:  
Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-1247

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

