# Regenerearje kinst leare

Onderzoeksrapport over Niet Kerende Grondbewerking in de akkerbouw en toepassing van fermenten en compostthee

24-9-2026

Sigrid Dassen, Sander Bernaerts, Kika Lewak, Tsjippie Visser, Ilse Ubels, Emiel Elferink



© 2026 Van Hall Larenstein University of Applied Sciences

Regenerearje kinst leare, Regenereren kun je leren

Onderzoeksrapport over Niet Kerende Grondbewerking in de akkerbouw en toepassing van fermenten en compostthee

Lectoraat Duurzaam Bodembeheer

Sigrid Dassen, Sander Bernaerts, Kika Lewak, Tsjippie Visser, Ilse Ubels, Emiel Elferink

6060 pagina’s

https://doi.org/10.31715/2026.26

*Dit project is mogelijk gemaakt door een subsidie van Versnellingsagenda Noordoost-Fryslân in het kader van de Regio Deal Noordoost Fryslân.*

**Licentievoorwaarden**

www.hvhl.nl

info@hvhl.nl

T 058 284 61 00

Agora 1

8934 CJ Leeuwarden

## Auteursbijdrage volgens CRediT taxonomie

| Rollen | Uitgevoerd door: |
|---|---|
| Conceptualisatie | Sander Bernaerts, Sigrid Dassen, Emiel Elferink |
| Databeheer / Datacuratie | Sigrid Dassen |
| Formele analyse | Kika Lewak, Ilse Ubels, Tsjippie Visser, Sigrid Dassen |
| Financiering verwerven | Sigrid Dassen, Emiel Elferink |
| Onderzoek / Uitvoering | Anco van der Bos, Klaas jan Jensma, Erik Hoekstra, Kika Lewak, Ilse Ubels, Tsjippie Visser, Jesse Wagenaar, Martijn Rotteveel, Hendrik Boekhoud |
| Methodologie | Sander Bernaerts, Sigrid Dassen |
| Projectadministratie | Willem Struijk |
| Kennisdisseminatie | Corrie Terpstra, Jelle Pilat, Sanne de Boer-Postma, Sander Bernaerts, Kika Lewak |
| Supervisie / Begeleiding | Emiel Elferink |
| Validatie | Sigrid Dassen |
| Visualisatie Kennisclips, factsheets, posters | Ruben Dümmer, Martien de Haas, Ilse Ubels, Sanne de Boer-Postma, Kika Lewak |
| Schrijven – eerste concept | Kika Lewak, Ilse Ubels, Tsjippie Visser, Sigrid Dassen |
| Schrijven – review & redactie | Ruben Dümmer, Martien de Haas, Jasper Wubs, Sander Bernaerts, Emiel Elferink |

*Noot.* De hierboven weergegeven CRediT-rollen betreffen uitsluitend de auteurs vanuit de samenwerkende projectpartners. Onze dank gaat daarnaast uit naar de externe partijen die aan specifieke onderdelen hebben bijgedragen; zij worden nader geïntroduceerd in het Voorwoord.

# Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van Hogeschool Van Hall Larenstein naar verschillende regeneratieve landbouwpraktijken bij akkerbouwers in Noordoost-Fryslân. In dit onderzoek hebben we gekeken naar de timing van het inwerken van groenbemesters en de toepassing van fermenten en compostthee, en naar de effecten hiervan op bodem en gewas.

Wat mij bijzonder aanspreekt aan dit onderzoek, is dat het niet is begonnen vanuit een theoretische onderzoeksvraag, maar vanuit een behoefte uit de praktijk. Vanuit een studiegroep rondom niet-kerende grondbewerking, onder leiding van Sander Bernaerts (Naturim), ontstond de vraag of we samen verder konden onderzoeken wat verschillende regeneratieve landbouwpraktijken in de praktijk betekenen. Sander klopte hiervoor bij Hogeschool Van Hall Larenstein aan. Vanuit deze eerste vraag ontstond een samenwerking met de agrarische natuurverenigingen Noardlike Fryske Wâlden en Waadrâne, die een belangrijke rol speelden in de kennisdeling. Uiteindelijk stelden drie akkerbouwers hun bedrijven beschikbaar voor het aanleggen van proefvelden en het uitvoeren van de proeven.

Dat dit initiatief binnen de Versnellingsagenda werd gehonoreerd, hebben we als een mooie erkenning ervaren van de behoefte die in de regio leeft. De ondersteuning maakte het mogelijk om praktijkvragen daadwerkelijk te onderzoeken en kennis op te bouwen die kan bijdragen aan de verdere ontwikkeling van de landbouw in Noordoost-Fryslân. Tegelijkertijd sprak hieruit het vertrouwen dat er toekomst zit in de ontwikkeling van regeneratieve landbouw en dat het waardevol is om hier als regio gezamenlijk in te investeren. Juist die lokale betrokkenheid heb ik als bijzonder waardevol ervaren. Het is mooi om onderzoek te kunnen uitvoeren in je eigen omgeving en daarbij niet alleen kennis te verzamelen, maar ook iets terug te kunnen geven aan de regio. De vragen kwamen rechtstreeks uit de praktijk en de resultaten konden daardoor ook weer terug naar diezelfde praktijk.

Onderzoek doen in het veld betekent dat niet alles volgens planning verloopt. In dit onderzoek stond timing centraal, maar het juiste moment van inwerken was afhankelijk van het weer, de omstandigheden op het perceel en de agenda van de deelnemende akkerbouwers. Omdat aan ieder inwerkmoment veel metingen en bemonsteringen voorafgingen, moesten mijn collega's hiervoor regelmatig op korte termijn hun werkzaamheden omgooien. Ik waardeer het enorm dat zij hierin steeds meedachten, schakelden en tijd vrijmaakten om het benodigde veld- en laboratoriumwerk uit te voeren. Ook de deelnemende akkerbouwers wil ik bedanken voor hun openheid, communicatie en flexibiliteit. Dankzij de inzet van alle betrokkenen konden we het onderzoek uitvoeren en heb ik de samenwerking als bijzonder prettig en waardevol ervaren.

Wat mij gedurende het project daarnaast is bijgebleven, is het enthousiasme rondom regeneratieve landbouw en de behoefte aan praktijkgerichte kennis. Tijdens bijeenkomsten, gesprekken en presentaties werden de resultaten met belangstelling ontvangen en kregen we regelmatig de vraag of het onderzoek kon worden voortgezet. Het was mooi om te merken dat de kennis die we in Noordoost-Fryslân opdeden, ook buiten de regio belangstelling wekte. Daarmee heeft een lokaal onderzoeksproject een bredere betekenis gekregen.

Ik wil tot slot iedereen bedanken die aan dit project heeft bijgedragen, in het bijzonder de akkerbouwers Anco van der Bos, Klaas Jan Jensma, Erik en Klaas Hoekstra, de collega's bij de agrarische natuurverenigingen Corrie Terpstra (Agrarisch Collectief Waadrâne) en Jelle Pilat, Sanne de Boer-Postma (Vereniging Noardlike Fryske Wâlden), de initiatiefnemer van het project Sander Bernaerts (Naturim) en aanjager Auke Age de Jong. Ook dank aan Fjildlab voor het mogelijk maken van de proefveldvergoeding. De studenten die met hun afstuderen, stage of onderzoeksproject hebben bijgedragen: Royanne Douma en Jaxon Scholten, Heimen Krijgsman, Felicia Huisman en Louise Smeets,

dank voor jullie inzet en enthousiasme! Gjalt Jan Feersma Hoekstra (Agriton) voor de levering van ferment en melasse. Jouke Hoekstra en Jelte Wiersma voor het meedenken over de proefopzet en René Jochems voor het delen van zijn kennis over plantinhoudsstoffen. Binnen dit project zijn twee kennisclips ontwikkeld met dank aan Job Pijlman en Dano Nunes (AnotherMotion), Anoula Voerman (RO Visuals), Bianca van der Bos en Johan Dankert. Ook de collega's bij Wageningen University & Research, ReGeNL en Urgenda wil ik bedanken voor de fijne samenwerking: Charlotte Wellink, Elisa van Geldorp, Guusje Koorneef, Margriet Goris, Heidi Uenk, Linda Calciolari en Roos Köbben. Het project had geen doorgang kunnen vinden zonder steun van Versnellingsagenda Subsidieregeling Regiodeal Noordoost Fryslân, Cristina Jelsma en Nova-Lilly Kop bedankt voor de vlotte communicatie. En tot slot mijn directe collega's: Kika, Tsjippie, Ilse, Jesse, Martijn, Martien, Ruben, Willem, Hendrik, Jasper en Emiel dank voor jullie tijd, kennis, enthousiasme en bereidheid om samen dit onderzoek vorm te geven.

Ik hoop dat dit rapport niet alleen inzicht geeft in de resultaten van het onderzoek, maar ook bijdraagt aan de verdere ontwikkeling van regeneratieve landbouw in de praktijk en uitnodigt om samen verder te leren.

Veel leesplezier gewenst.

Leeuwarden, 24 september 2026

Sigrid Dassen

## Samenvatting

Niet kerende grondbewerking, het toepassen van fermenten en compostthee zijn geen gangbare praktijk in Nederland. Om regeneratieve agrariërs te ondersteunen, is er meer kennis nodig over hoe regeneratieve landbouw in de praktijk uitpakt. Daarnaast is de ervaring van een groep pionierende akkerbouwers dat regeneratieve landbouwpraktijken, zoals laat inwerken van groenbemesters, toepassing van fermenten en compostthee, wisselende effecten hebben op gewasgroei wanneer deze principes worden toegepast.

Het doel van het project is om te achterhalen hoe bepaalde regeneratieve landbouw-praktijken (NKG, gebruik fermenten en compostthee) succesvol toegepast kunnen worden door akkerbouwers in Noordoost Fryslân en het uitdragen van deze leerervaringen, zodat de regio kan profiteren van geoptimaliseerde bodemecosysteemdiensten, weerbaarder is voor weersextremen en tegelijkertijd een gunstig verdienmodel heeft voor de akkerbouw. De onderzoeksvraag is tweedelig. Enerzijds willen de akkerbouwers achterhalen of het inwerkmoment van de groenbemester daadwerkelijk effect heeft op gewasgroei. Anderzijds willen de akkerbouwers meer kennis opdoen van de verteringsbiologie van groenbemesters op kleigronden. Deze kennis biedt akkerbouwers handvaten voor het gerichter timen van bodembewerking met in acht houding van regeneratieve maatregelen waarbij bodemprocessen optimaal ondersteund en benut worden.

Om dit te onderzoeken, zijn er bij drie akkerbouwbedrijven proefvelden aangelegd waarbij de soortenrijke groenbemester op drie momenten werd ingewerkt: in de late herfst, vroeg in het voorjaar en laat in het voorjaar. Hierbij werd een deel van deze proefvelden behandeld met een fermentoplossing. Tijdens elk inwerkmoment is de afbraak van de groenbemester geanalyseerd om de afbraak te monitoren. Om de effecten op de bodem en het hoofdgewas te bepalen is het gewas gemonitord doormiddel van een eenmalige bladgroenmeting (NDVI) en plantsapanalyses bij de oogst, en zijn van de bodem verschillende biologische, fysische en chemische parameters gemeten op verschillende tijdstippen. Tegelijkertijd met de veldproeven liep een kasproef om de effecten van het toedienen van compostthee op het plantmicrobioom in kaart te brengen. Dit is gedaan door haver- en gerstplanten eenmalig te besproeien met compostthee als zaailing en in vaste intervallen te bemonsteren om te kijken hoe lang de effecten van compostthee zichtbaar zijn. Als laatst zijn er ervaringen uit de praktijk geïnventariseerd doormiddel van bijeenkomsten, gesprekken, enquêtes en een workshop.

Dit onderzoek heeft aangetoond dat het inwerkmoment effect heeft op gewasgroei en dat de effecten gewasafhankelijk zijn. Bij aardappel en gerst had laat inwerken geen negatief effect op gewasgroei, terwijl bij zaaiui lichte groeiremming is waargenomen. Hoewel er tijdens het afbraakproces stikstofimmobilisatie op kan treden lijkt dit in dit onderzoek niet een verklaring voor de waargenomen groeiremming bij zaaiui, wanneer de groenbemester kort van tevoren ingewerkt werd. Afbraak van groenbemesters hangt voornamelijk samen met tijd en in mindere mate met bodemtemperatuur, pH en vocht. Effecten van toepassing van ferment zijn subtiel en hebben voornamelijk effect op gewasinhoudsstoffen. Akkerbouwers moeten hierbij de afweging maken of de kosten van toepassing opwegen tegen de te behalen winst. De waargenomen groeiremming is mogelijk te vinden in de samenstelling van het bodemleven. Alleen in het uienperceel had het inwerkmoment invloed op de samenstelling van zowel de bacterie- als schimmelgemeenschap. Hoewel van de bacteriën en schimmels achterhaald is in welke geslachten de voornaamste verschillen in abundantie optraden, is het niet met zekerheid te zeggen dat die groepen ook verantwoordelijk zijn voor de groeiremming. Ook heeft het onderzoek aangetoond dat na toepassing van compostthee het bladmicrobioom 10-15

dagen na toepassing nog een meetbaar andere samenstelling heeft. Maar de effecten van compostthee op de kieming en groei van zaailingen was niet eenduidig.

De resultaten geven akkerbouwers kennis mee over de afweging tussen maximale benutting van groenbemester en minimale oogstverliezen. Daarnaast heeft het onderzoek inzichtelijk gemaakt wat de te verwachte effecten zijn van fermenttoepassing op groenbemesters in kleibodems en met welk interval compostthee toegepast kan worden. Uit het contact met het werkveld blijkt dat de opgedane resultaten een waardevolle aanvulling zijn op de bestaande kennis en dat men uitkijkt naar aanvullend onderzoek zodat regeneratieve praktijken verder ingepast kunnen worden in de bedrijfsvoering.

# Inhoudsopgave


1 Inleiding ..... 8
2 Ervaring uit de praktijk ..... 11
2.1 Kennis voor veldproeven ..... 11
2.2 Studiegroepbijeenkomsten ..... 11
2.3 Enquête compostthee ..... 11
2.4 Workshop Compostthee ..... 12
2.5 Dutch microbiome day ..... 13
2.6 Webinar ..... 13
3 Methode ..... 14
3.1 Proefopzet veldproeven ..... 14
3.2 Proefopzet kasproeven ..... 15
3.3 Metingen en analyses ..... 16
4 Resultaten ..... 21
4.1 Gewasgroei ..... 21
4.2 Verteringsbiologie ..... 26
5 Discussie ..... 41
5.1 Inwerkmoment in relatie tot gewaskenmerken ..... 41
5.2 Inwerkmoment en ferment in relatie tot afbraak groenbemesters ..... 42
5.3 Invloed van nutriënten ..... 42
5.4 Invloed van bodemstructuur ..... 43
5.5 Invloed van het bodemmicrobioom ..... 44
5.6 Compostthee ..... 45
6 Conclusie ..... 46
7 Bibliografie ..... 48
Bijlage I - Infographic Compostthee ..... I
Bijlage II - Perceelgegevens inwerkmomenten ..... II
Bijlage III - Afbraak organisch materiaal trend en eindmeting ..... III
Bijlage IV - Stikstofmineralisatie ..... V
Bijlage V - NDVI kaarten ..... VI
Bijlage VI - Dutch Microbiome Day poster (11 juni 2026) ..... VIII

# 1 Inleiding

Bodemfuncties als waterberging en -zuivering, vastleggen van koolstof en biodiversiteit herbergen zijn essentieel voor het functioneren van het ecosysteem en onze voedselvoorziening, maar staan tegelijk onder druk door onder andere intensief bodemgebruik (Schulte et al., 2013; Bardgett & van der Putten 2014). Achteruitgang van bodemfuncties heeft grote economische gevolgen en maken bodems extra kwetsbaar voor klimaatverandering. Recente nieuwsberichten geven aan dat de steeds vaker voorkomende weersextremen in Nederland bij ruim de helft van de akkerbouwers opbrengstderving geeft (Hiddink, 2024). De financiële schade op bodem en gewas door droogte of juist zeer natte omstandigheden kunnen oplopen tot duizenden euro's per hectare. Er zijn verschillende strategieën om binnen de akkerbouw bodemfuncties te ondersteunen. Enerzijds kan men aanpassingen doen aan het bouwplan: een ruimere rotatie, minder rooigewassen en meer rustgewassen. Naar verwachting stimuleren deze maatregelen bodembiodiversiteit, koolstof-vastlegging en waterberging. Ook bieden nieuwe gewassen in de rotatie kansen voor de economie (Kansrijke Gewassen - Fjildlab, 2024). Anderzijds kunnen aanpassingen in de teeltmaatregelen bijdragen aan verbetering van bodemfuncties. Dit natuurlijke herstel van het landbouwsysteem wordt ook wel regeneratieve landbouw genoemd, waarbij de focus ligt op bodem, water, biodiversiteit en het verdienvermogen van de agrariër (Goris, z.d.). Binnen de regeneratieve landbouw wordt onder meer niet kerende grondbewerking (NKG) toegepast om bodemfuncties zo veel mogelijk te behouden. Door bodembewerking te beperken en de bodem te bedekken met gewasresten of soortenrijke groenbemesters blijft de bodemstructuur in stand en zal water beter de bodem in gaan infiltreren, is er minder stikstofverlies, blijft bodemorganische stof behouden en de boven- en ondergrondse biodiversiteit verbeterd (van Balen, 2023; Dabney et al., 2007; Cherr et al., 2006).

NKG kan een positief effect hebben op gewasgroei en gewaskwaliteit (Van Balen, 2020). Ook in Fryslân en Groningen zijn onder andere in de pootaardappelteelt positieve ervaringen opgedaan, met name in jaren met extremen van droogte en neerslag (S. Bernaets, 2024, pers. comm.). Echter, wordt met NKG een gelijke of hogere opbrengst niet altijd behaald, in Noordoost Fryslân doet zich het volgende voor: bij regeneratieve landbouw worden voor het behoud van de bodemfuncties de groenbemesters bij voorkeur zo kort mogelijk voor het zaaien of poten van het hoofdgewas bewerkt of ondergewerkt. Bij sommige akkerbouwers uit Noordoost Fryslân pakt dit goed uit, maar andere akkerbouwers hebben ervaren dat wanneer de groenbemester relatief kort voor het zaaien van het hoofdgewas wordt bewerkt, dat het hoofdgewas dan minder goed groeit (Figuur 1). De nutriënten uit de ingewerkte groenbemester zijn voedingstoffen voor het volggewas, maar ook voor de groei van het bodemleven zijn voedingstoffen nodig. Wanneer er te weinig stikstof in de bodem zit ten opzichte van koolstof, zal het bodemleven de stikstof immobiliseren (Cao et al,. 2021). Door immobilisatie is er minder stikstof voor het gewas beschikbaar wat resulteert in vertraagde opkomst en gewasgroei. De ervaring leert dat ook percelen met een ruime stikstofbemesting groeiachterstand kunnen ervaren, de immobilisatie verklaart dus niet het volledige beeld. De timing van het inwerken speelt een belangrijke rol, maar ook de bodemeigenschappen en het soort groenbemesters zijn waarschijnlijk medebepalend voor het succes van vertering en vrijkomen van nutriënten.

**Figuur 1**

*Perceel suikerbieten met groeiremming na laat inwerken groenbemester*



*Noot.* Links van de gele lijn is de groenbemester later ondergewerkt dan recht van de gele lijn. Links is de groei en opkomst van de suikerbieten beduidend minder (Sander Bernaerts 2023).

Het bodemleven is een van de bodemeigenschappen die bij vertering een belangrijke rol spelen. Om de afbraak van het organische materiaal te versnellen kunnen kort voor het inwerken van groenbemesters fermenten worden toegepast. Een ferment is een waterige substantie gemaakt van gefermenteerd organisch materiaal, waarin zich voornamelijk melkzuurbacteriën bevinden. Een ferment wordt over de grond en de groenbemester gespoten ter bevordering van de vertering. Maar binnen de regeneratieve landbouw is er nog een toepassing waarbij micro-organismen worden ingezet en dat is het gebruik van compostthee, ter bevordering van gewasgezondheid. Compostthee is in de basis een oplossing van water en compost dat enkele uren tot dagen (an)aeroob heeft kunnen mengen. Het ontstane waterige deel wordt tijdens het groeiseizoen meerdere keren over het gewas of de bodem heen gespoten. Compostthee bestaat grotendeels uit water en micro-organismen, de aanwezige macronutriënten zijn van relatief lage concentraties. Verder bevat compostthee planthormonen, aminozuren en sporenelementen (Yin et al., 2025). Gewasgezondheid kan via compostthee bevorderd worden door verhoogde weerbaarheid tegen plantpathogenen (Schreuerell & Mahaffee 2002). De aanwezige micro-organismen verhogen de competitie voor nutriënten en ruimte. Daarnaast kunnen er mutualisten aanwezig zijn in compostthee die indirect de gewasweerbaarheid verhogen door activatie van het afweersysteem of het produceren van voedingsstoffen. Biologische akkerbouwers zijn vrijwel geheel afhankelijk van de natuurlijke weerbaarheid van het systeem, maar ook gangbare akkerbouwers profiteren van verbeterde bodem- en plantweerbaarheid door hogere opbrengsten en lager gewasbeschermingsmiddelengebruik.

Vanuit de principes van regeneratieve landbouw zijn er ten opzichte van gangbare landbouwpraktijken allerlei handelingen die bodem- en gewasgezondheid kunnen bevorderen en gevolgen van weersextremen kunnen temperen. Deze handelingen hebben tegelijkertijd gunstige effecten op de omgeving. In Noordoost Fryslân experimenteren verschillende agrarische bedrijven met NKG, de toepassing van fermenten en compostthee, maar hun ervaringen zijn wisselend. Vanuit de agrariërs komt de wens om de waarnemingen te valideren en meer kennis op te doen over de processen en succesfactoren van regeneratieve landbouw. Niet alleen voor individuele akkerbouwers, maar voor de gehele regio is kennis van regeneratieve landbouw belangrijk omdat het sociale en economische belangen ten goede komt.

Niet kerende grondbewerking, het toepassen van fermenten en compostthee zijn geen gangbare praktijk in Nederland. De wens om over te schakelen naar regeneratieve landbouw komt steeds vaker voor, maar het succesvol toepassen is niet vanzelfsprekend en dat heeft financiële consequenties (Van Den Hoorn et al., 2025). De ervaring van een groep akkerbouwers uit Noordoost Fryslân is dat het weglaten van ploegen op het ene perceel positieve of geen nadelige gevolgen heeft voor de groei van het gewas, en op een ander perceel de gewasgroei achterblijft, terwijl dezelfde principes worden toegepast. Ook de ervaring met toepassing van fermenten en compostthee zijn wisselend. Men vraagt zich af of het succes afhankelijk is van het gebruikte recept of externe factoren. De agrariërs willen graag beter begrijpen via welke route fermenten en compostthee de vertering of gewasgroei ondersteunen. Successen in de regio zijn belangrijk om verduurzaming van de landbouw door te zetten.

Het doel van het project is om te achterhalen hoe bepaalde regeneratieve landbouw-praktijken succesvol toegepast kunnen worden door akkerbouwers in Noordoost Fryslân en het uitdragen van deze leerervaringen, zodat de regio kan profiteren van geoptimaliseerde bodemecosysteemdiensten, weerbaarder is voor weersextremen en tegelijkertijd een gunstig verdienmodel heeft voor de akkerbouw. De focus zal hierin liggen op het toepassen van niet kerende grondbewerking, een verbeterde benutting van groenbemesters door toepassen van fermenten en het verhogen van gewasweerbaarheid door compostthee.

De onderzoeksvraag is tweedelig. Enerzijds willen de akkerbouwers achterhalen of het inwerkmoment van de groenbemester daadwerkelijk effect heeft op gewasgroei. Anderzijds willen de akkerbouwers meer kennis opdoen van de verteringsbiologie van groenbemesters op kleigronden. Deze kennis biedt akkerbouwers handvaten voor het gerichter timen van bodembewerking met in acht houding van regeneratieve maatregelen waarbij bodemprocessen optimaal ondersteund en benut worden.

Deelvragen

1. Heeft het inwerkmoment en toepassing van ferment effect op de gewasgroei?
2. Wat is het effect van inwerkmoment en toepassing van ferment op het afbraakpercentage van groenbemesters?
3. Welke factoren zijn medebepalend voor de gewasgroei en het afbraakpercentage van groenbemesters?
4. Draagt toepassing van compostthee bij aan gewasontwikkeling- en weerbaarheid?

# 2 Ervaring uit de praktijk

## 2.1 Kennis voor veldproeven

Samen met Naturim is een eerste opzet voor de proef ontwikkeld. Deze conceptopzet is vervolgens besproken met zes akkerbouwers uit de studiegroep, zodat praktijkervaring en inzichten vanuit het veld direct konden worden meegenomen in het onderzoeksontwerp.

Tijdens de gesprekken zijn verschillende aandachtspunten aan bod gekomen. Zo is besproken hoeveel momenten van het inwerken van de groenbemester in de proef opgenomen zouden moeten worden en op welke tijdstippen deze het meest relevant zouden zijn. Daarnaast is gekeken naar de wijze van inwerken en de mogelijke invloed daarvan op de resultaten. Ook zijn de verwachtingen ten aanzien van de effecten van fermenttoepassing besproken, zodat de proef zo goed mogelijk kon aansluiten bij vragen uit de praktijk.

Verder is aandacht besteed aan de praktische uitvoerbaarheid van de proef. Daarbij kwamen onder meer de gewenste omvang van de proefvelden en de selectie van geschikte locaties aan bod. In overleg met de akkerbouwers is bepaald op welke bedrijven de proefvelden konden worden aangelegd. Hierbij is ook rekening gehouden dat de te telen gewassen economisch relevant zijn voor de regio Noordoost Friesland. Door deze gezamenlijke voorbereiding is een proefopzet ontstaan die wetenschappelijke onderbouwing combineert met praktijkkennis en goed aansluit bij de behoeften van de akkerbouwers uit de studiegroep.

## 2.2 Studiegroepbijeenkomsten

In de bijeenkomsten van de studiegroep Niet Kerende Grondbewerking in het Noorden is timing van inwerken van de groenbemesters en effecten op de groei steeds een item. Op de bijeenkomst van 16 juli 2024 bij mts van Os in Uithuizen is een NKG veld zaaiuien met verschillende bewerkingen bezocht. Ook is toen met de telers besproken hoe een goede proef eruit zou moeten zien en wanneer de timing van het inwerken plaats zou moeten vinden. Tevens zijn er ervaringen uitgewisseld met compostthee en fermenten. Op deze bijeenkomst is tevens teruggeblikt op de lessen vanuit eerdere testen met al dan niet inwerken in specifiek zaaiuien.

Op de bijeenkomst van 11 dec 2024 zijn verschillende NKG percelen in Friesland bezocht waaronder ook de proeven bij Jensma en Hoekstra.

Op 24 maart 2025 was er een bijeenkomst in Groningen. Sigrid Dassen heeft hier het verloop van de proeven toegelicht. Op deze bijeenkomst is het idee ontstaan om naar een landelijke bijeenkomst te werken en in deze bijeenkomst ook aandacht te hebben voor compostthee en fermenten (zie 2.4). De ervaringen zijn niet ruim aanwezig.

Op 3 april 2026 is er in een bijeenkomst bij Hoekstra in Friesland aandacht geweest voor de proeven en ervaringen van Hoekstra zelf en zijn de eerste resultaten besproken.

## 2.3 Enquête compostthee

Gedurende de looptijd van het project ontstond er contact met Charlotte Wellink, masterstudente aan Wageningen University & Research. Zij was voornemens een kasproef op te zetten om meer inzicht te verkrijgen in de werking van compostthee. Als voorbereiding op dit onderzoek heeft zij een online enquête uitgevoerd onder gebruikers van compostthee. Het doel van deze enquête was om in kaart te brengen welke kennis en ervaringen er al aanwezig zijn in de praktijk. Daarbij werd onder andere

gevraagd waarom gebruikers compostthee toepassen, welke doelen zij hiermee nastreven, welke werkwijzen zij hanteren en welke vragen of kennisbehoeften nog leven. Op deze manier werd niet alleen bestaande praktijkkennis verzameld, maar werden ook belangrijke kennislacunes en onderzoeksvragen zichtbaar gemaakt.

Vanuit het project is er feedback gegeven op de vragen van de enquête en is deze vervolgens uitgezet binnen het netwerk van Hogeschool Van Hall Larenstein. Daarnaast hebben wij inzicht gekregen in de verzamelde reacties, waardoor de resultaten ook konden bijdragen aan de kennisontwikkeling binnen ons eigen project. De opgehaalde informatie bood waardevolle inzichten in de diversiteit aan toepassingen, verwachtingen en ervaringen rondom compostthee in de praktijk. Charlotte Wellink heeft de resultaten van de enquête vervolgens samengevat en visueel verwerkt in een infographic (Bijlage I). Deze infographic geeft een overzicht van de belangrijkste bevindingen en maakt inzichtelijk hoe compostthee wordt gemaakt, toegepast en welke verwachtingen gebruikers erbij hebben. Daarmee vormt zij een waardevolle basis voor vervolgonderzoek en verdere kennisuitwisseling tussen praktijk en onderzoek.

## 2.4 Workshop Compostthee

Op vrijdag 23 januari 2026 vond in Wageningen de inspiratiedag *Boeren met Levende Bodem* plaats, georganiseerd vanuit het ReGeNL-project (https://regenl.nl/inspiratiedag-boeren-met-levende-bodem/). Tijdens deze dag hebben wij een bijdrage geleverd aan een workshop over het gebruik van compostthee. De workshop is ontwikkeld in samenwerking met Margriet Goris (ReGeNL, trekker actielijn 4, Wageningen University & Research), Linda Calciolari (Ekoboerderij De Lingehof), Elisa van Geldorp en Charlotte Wellink (beiden Wageningen University & Research) en Sigrid Dassen (Hogeschool Van Hall Larenstein).

De workshop werd gedurende de dag twee keer aangeboden en trok in totaal ruim veertig deelnemers. Sigrid Dassen verzorgde de introductie, waarin de huidige stand van kennis rondom het gebruik van compostthee werd toegelicht. Hierbij werd ingegaan op de mogelijke toepassingen, de veronderstelde werkingsmechanismen en de huidige kennislacunes binnen dit onderwerp. Na deze introductie gingen de deelnemers in kleinere groepen met elkaar in gesprek. Zij deelden hun eigen ervaringen, kennis en vragen rondom het maken en toepassen van compostthee. De uitwisseling van praktijkervaringen bleek waardevol voor de aanwezige gebruikers, voornamelijk akkerbouwers, die hierdoor nieuwe inzichten opdeden over de productie van compostthee en mogelijkheden om deze gerichter in te zetten binnen hun bedrijfsvoering.

Voor de betrokken onderzoekers leverden de groepsgesprekken belangrijke input op voor vervolgonderzoek. Onderwerpen die veelvuldig naar voren kwamen waren de werking van compostthee, de invloed van de samenstelling van de gebruikte compost, de effecten op gewasweerbaarheid en bodemeigenschappen en de behoefte aan een betrouwbaar basisrecept voor de bereiding van compostthee. Een veelgehoorde opmerking van deelnemers was: “Geef mij een recept, dan ga ik ermee aan de slag.” Tegelijkertijd bleek uit de gesprekken dat de gebruikte uitgangsmaterialen sterk uiteenlopen en dat veel gebruikers overtuigd zijn van de waarde van hun eigen receptuur en werkwijze.

De tijdens de workshop verzamelde kennis, ervaringen en onderzoeksvragen vormen een belangrijke basis voor verdere kennisontwikkeling rondom compostthee. De uitkomsten zijn onder meer gebruikt als input voor het Engineering Doctorate (EngD)-onderzoek van Elisa van Geldorp (Wageningen University & Research), waarin verdere verdieping plaatsvindt op de ontwikkeling, toepassing en effecten van compostthee in de landbouwpraktijk.

## 2.5 Dutch microbiome day

Op 11 juni 2026 was de *Dutch Microbiome Day*, een congres waar wetenschap en het werkveld samenkomen met in de schijnwerpers het microbioom. Tijdens deze dag is een poster van het project *Regenerearje kinst leare* in een pitch van één minuut toegelicht voor een jury, op de poster stonden de belangrijkste microbiële resultaten, de proefopzet en de *key findings* die in dit project zijn gevonden (Bijlage VI). Naderhand waren er een aantal vragen zoals: welke inwerkmomenten worden aangeraden voor andere gewassen op basis van deze resultaten (is inwerken in de winter nog steeds een goed idee?)? Welke factoren zijn bepalend voor de veranderingen in het microbioom? En wat zijn de gevolgen voor de volggewasseb? En hoewel er op dat moment nog geen antwoorden gegeven konden worden op alle vragen, was de indruk er wel dat er behoefte naar een vervolg is!

## 2.6 Webinar

Op 26 mei vond een webinar plaats waarin de resultaten van het onderzoek werden gepresenteerd. De bijeenkomst werd onder de aandacht gebracht via de studiegroepen van Naturim, Agrarisch collectief Waadrâne, Vereniging Noardlike Fryske Wâlden en LinkedIn. Tijdens de webinar gaf Naturim een introductie op het onderzoek en lichtte hij de aanleiding voor de veldproeven toe. Vervolgens presenteerde Hogeschool Van Hall Larenstein de proefopzet en de belangrijkste resultaten. De webinar leidde tot een levendige discussie, waarbij deelnemers zowel interesse toonden als constructief-kritische vragen stelden. Zo werd opgemerkt dat de exacte opbrengst en oogstresultaten niet zijn meegenomen in het onderzoek, dit vonden een aantal aanwezigen een gemiste kans. Ook is geen specifieke beoordeling uitgevoerd naar verschillen in ziektegevoeligheid tussen de gewassen. Een aanwezige akkerbouwer gaf echter aan tijdens de teelt geen zichtbare verschillen tussen de proefstroken te hebben waargenomen.

Daarnaast kwamen verschillende vragen naar voren die interessante aanknopingspunten bieden voor vervolgonderzoek. Zo werd onder meer gevraagd naar het mogelijke effect van ferment op het opkomstpercentage en de kieming van gewassen. Ook werd besproken of pootui mogelijk minder gevoelig is voor het tijdstip van inwerken van ferment dan zaaiui. Verder werd de behoefte uitgesproken aan meer kennis over de relatie tussen de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en de veranderende behoefte van het gewas gedurende het groeiseizoen.

# 3 Methode

## 3.1 Proefopzet veldproeven

In oktober 2025 zijn op drie locaties in Friesland proefpercelen aangelegd, waar in 2026 aardappel, gerst en zaaiui zijn verbouwd. Alle drie percelen bevonden zich op bouwgrond van gangbare akkerbouwbedrijven die zo vele mogelijk NKG toepassen. Het bodemtype van alle drie percelen is lichte zavel (Bodemdata.nl, z.d.). Op alle drie de proefpercelen is in het najaar van 2025 een soortenrijke groenbemester ingezaaid, waarbij ieder bedrijf zijn eigen mengel heeft gebruikt (bijlage II). Ieder proefveld bestond uit zes stroken van 3 meter breed en 30 meter lang, die onderverdeeld waren in drie herhalingen per strook van 10 meter lang (Figuur 2). Op alle drie de proefvelden zijn de groenbemesters op drie verschillende momenten ingewerkt. Op alle drie bedrijven vond het eerste inwerkmoment plaats op half november. De timing van de overige twee inwerkmomenten zijn afgestemd met de akkerbouwer, waarbij het laatste moment zo kort mogelijk op het zaaien en poten plaatsvond. De exacte momenten zijn terug te lezen in bijlage II. Per inwerkmoment zijn er steeds twee stroken ingewerkt, waarbij één strook voorafgaand behandeld werd met ferment. Het ferment werd gemengd toegepast in de verhouding van 20 liter Effectieve Micro-organismen (Agriton), 10 liter melasse (Agriton) en 300 liter water per hectare. De controlestrook kreeg enkel 300 liter water per hectare toegediend. De toepassing van ferment vond plaats met een rugspuit op de dag van inwerken en zo kort mogelijk voor het inwerken zelf.

Binnen 24 uur voorafgaand aan de inwerkmomenten zijn er van iedere in te werken herhaling één vierkante meter groenbemester afgeknipt op ongeveer drie cm boven de grond. Van dit materiaal is het versgewicht en drooggewicht bepaald en dit materiaal is ook gebruikt voor de verteringsproeven (zie 3.3.3). Tegelijkertijd met de oogst van de groenbemesters zijn de bodem pH (Hanna HI99121 Draagbare pH/temp.-meter voor bodemonderzoek, met elektrode HI12923), bodemvocht- en temperatuur (FieldScout TDR 150 Bodemvochtmeter) gemeten. Ook zijn er per inwerkmoment en per herhaling grondmonsters gestoken, tien willekeurige steken van 0-25 cm, voor de bepaling van de minerale stikstof, CEC, totaal stikstof, fosfaat (PM3) en kalium (Exch.), percentage organische stof, organische stof kwaliteit (fracties POM en MAOM) en het bodemmicrobioom. De bodem chemische eigenschappen zijn in de loop van het experiment meerdere keren bemonsterd: op de dagen van inwerken en vervolgens twee weken, één maand, drie maanden na inwerken en als laatst zes weken na het zaaien op poten van het volggewas. Grondmonsters voor de bepaling van de organische stofkwaliteit zijn genomen op het eerste inwerkmoment en zes weken na het zaaien op poten van het volggewas. Het bodemmicrobioom is alleen bemonsterd zes weken na het zaaien op poten van het volggewas.

Perceelgegevens en bodemcondities van de inwerkmomenten staan beschreven in bijlage II. De drie percelen zijn tijdens de looptijd van de proef bewerkt zoals de akkerbouwers de rest van het perceel ook heeft behandeld. Binnen de looptijd van de proef is op het aardappelperceel 5000 kg gips/ha, 2 liter Boron/ha en 0,5 liter Zink FL/ha uitgereden. Het gerstperceel is tussen inwerkmoment twee en drie bemest met 30-35 kuub runderdrijfmest/ha. Het uienperceel is niet bemest in de looptijd van de proef.

**Figuur 2**

*Proefopzet van de drie proefpercelen.*

Rijrichting

18 x 30 m ↓

↔ 3m

| | Moment 1 half nov | | Moment 2 vroeg voorjaar | | Moment 3 late voorjaar | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Controle | Ferment | Controle | Ferment | Controle | Ferment | |
| ↕ 10m | 1 | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 | **Herhaling 1** |
| | 2 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | **Herhaling 2** |
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | **Herhaling 3** |

## 3.2 Proefopzet kasproeven

### 3.2.1 Weerbaarheidstoetsen

Om de weerbaarheid van planten te toetsen, zijn meerdere experimenten uitgevoerd met spinazie, bladrammenas, gerst en erwtenzaadjes. Als ziekteverwekker is een reinkweek van *Pythium* gebruikt.

In de eerste proef is gebruikgemaakt van grond afkomstig van het aardappelperceel en het uienperceel. Per grondsoort zijn twee kweektrays van 24 cellen ingezet: één tray werd behandeld met compostthee en één tray diende als onbehandelde controle, wat resulteerde in 48 cellen per grondsoort. In alle kweektrays werd een laagje bodem aangebracht, gevolgd door een stuk agar met *Pythium*, en daarbovenop opnieuw een laagje grond waarin één zaadje werd gezaaid. De kweektrays zijn in afsluitbare bakken geplaatst om een hoge luchtvochtigheid te behouden en vervolgens in een klimaatcel (18 °C) gezet met een dag/nacht-lichtcyclus (12/12). De behandelde trays werden tweemaal

per week met compostthee behandeld. Na tien dagen zijn de opkomst van de zaden en de ziekteverschijnselen bij de kiemplanten beoordeeld.

In de tweede proef is naast het effect van compostthee ook de interactie met de aanwezigheid van *Pythium* onderzocht. Hiervoor zijn vier kweektrays van 24 cellen gebruikt, gevuld met kleigrond met of zonder toevoeging van *Pythium*, zoals beschreven in de eerste proef (totaal 96 cellen). De opzet en omstandigheden waren identiek aan die van de eerste proef. Ook hier werden de behandelde trays tweemaal per week met compostthee behandeld en zijn na tien dagen de opkomst en ziekteverschijnselen geëvalueerd.

In de derde en vierde proef is opnieuw gekeken naar de interactie tussen compostthee en *Pythium*, ditmaal met 54 zaaipotjes met erwtenzaadjes en 54 zaaipotjes met spinaziezaadjes. Voor spinazie zijn twee zaden per potje gezaaid (totaal 108 zaden). De potjes zijn gevuld met potgrond (Jardino, Nederland), met of zonder toevoeging van *Pythium* zoals beschreven in de eerste proef (totaal 108 zaaipotjes). De potjes zijn in afsluitbare bakken geplaatst om een hoge luchtvochtigheid te behouden en in een klimaatcel (18 °C) met een dag/nacht-lichtcyclus gezet. De proef duurde twee weken. Tijdens deze periode zijn verschillende variabelen gemeten, waaronder de opkomst van de planten, het optreden van *damping-off* (afsterven van kiemplanten), de bovengrondse lengte, het versgewicht en het drooggewicht. Metingen zijn uitsluitend uitgevoerd op planten die daadwerkelijk zijn gekiemd.

### 3.2.2 Wormenproef

Het effect van ferment op regenwormen is getest middels een potproef. Potten van 1 liter zijn gevuld met zandgrond, afkomstig van een grasland. Voorafgaand aan het vullen van de potten is de grond gezeefd met een 5 mm zeef om organisch materiaal, stenen en aanwezige regenwormen te verwijderen. De potten werden gevuld met grond tot 3 cm onder de potrand. Iedere pot kreeg vervolgens 5 volwassen regenwormen (*Eisenia fetida*). Bovenop de grond kreeg iedere pot 23 gram gehakselde groenbemester, een mengsel van gras, haver, klaver en bladrammenas. De potten zijn van boven afgesloten met een fijn gaas, vastgezet met elastiek. Onder iedere pot is een schotel gezet, zodat er zowel van onderen als van boven water gegeven kon worden. Het exacte vochtpercentage van de grond is niet bepaald, maar alle potten ontvingen om de paar dagen een gelijke hoeveelheid water om de bodem veldvochtig te houden. De potten hebben 5 weken bij 18 °C in het donker gestaan. Bij de oogst is de resterende groenbemester dat bovenop de pot lag eraf gehaald en gewogen. De grond is voorzichtig gezeefd om alle regenwormen en eicoconnen te kunnen tellen.

## 3.3 Metingen en analyses

### 3.3.1 NDVI

De Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) is een maat van groenheid van een gewas. Hoge waarden richting 0,7 indiceren gezonde gewassen en waarden tussen de 0,1 en 0,5 kunnen duiden op een perceel met jonge gewassen, gewassen die ver uit elkaar groeien of afrijpende gewassen. Ook kunnen dit gewassen met plagen of ziekten zijn.

Er is met een drone is eenmalig (aardappel 27 juni 2025; gerst 1 juli 2025; ui 14 juli 2025) gevlogen boven de drie onderzoekspercelen waarbij er foto's zijn gemaakt met de reguliere (RGB) en de infraroodcamera van de drone. Deze dronefoto's zijn ingeladen in ArcGIS Pro en vervolgens zijn in dit programma de NDVI berekeningen uitgevoerd. De formule die hierbij gebruikt is, is als volgt:

$$NDVI = \frac{(NIR - Rood)}{(NIR + Rood)}$$

Daarna is er vanuit de NDVI kaartlaag in ArcGIS Pro het gemiddelde en de standaarddeviatie uitgelezen en verwerkt in Excel voor het maken van grafieken.

### 3.3.2 Inhoudsstoffen

De inhoudsstoffen van de gewassen aardappel en ui zijn bepaald doormiddel van plantsapanalyses door Nova Crop Control (NovaCropControl, z.d.), dit is niet gedaan voor gerst, omdat dit gewas al te ver gerijpt was. Voor aardappel is de knol opgestuurd. Voor ui zijn voor 9:00 uur in de ochtend, wanneer er voldoendebladspanning is, oud en jong blad van de plant bemonsterd en zo snel mogelijk opgestuurd naar Nova Crop Control. Oud en jong blad zijn beide bemonsterd, waardoor er accurater bepaald kan worden of er bepaalde gebreken aanwezig zijn in het verloop van het groeiproces. Oud en jong blad zijn apart van elkaar geanalyseerd. Er is gekeken naar de volgende parameters voor zowel aardappel als ui: pH, EC (mS/cm), suikers (%), kalium, calcium, K/Ca, magnesium, natrium, ammonium, nitraat, N uit nitraat, stikstof totaal, chloride, zwavel, fosfaat, silicium, ijzer, mangaan, zink, borium, koper, molybdeen en aluminium (ppm).

### 3.3.3 Afbraak organisch materiaal

Voor het monitoren van het afbraakpercentage van organisch materiaal zijn netzakken gebruikt (Groentezakjes van de Albert Heijn), met een maaswijdte van ongeveer 1 x 2 mm. De zakjes zijn gevuld met groenbemester, afkomstig van het plotje waarin de netzakken terug geplaats zijn. Per netzak is er 10 gram (±0,01 gram) groenbemester gebruikt, klein geknipt in stukken van 2-3 cm. Bij de groenbemester in de netzak zijn ook een zakje groene thee en rooibosthee toegevoegd omdat deze een vaste samenstelling hebben, in tegenstelling tot de groenbemesters die kan variëren tussen tijd en perceel. Het protocol voor bepaling van organische stof afbraak via de theezakjes is volgens het protocol van The Tea Bag Index (Keuskamp et al., 2013). Na het vullen van de zakjes zijn deze binnen 48 uur teruggeplaatst in de ingewerkte stroken. De zakjes zijn op een rij, verticaal in de grond geplaatst op maximaal 10 cm diepte, waarna de gleufjes weer licht zijn aangedrukt om contact met de grond te waarborgen. Geplaatste zakjes raakten elkaar niet. Per plotje zijn er 3-5 zakjes geplaatst, afhankelijk van het aantal mogelijke monstermomenten tot aan 6 weken na zaaien/poten. De monstermomenten vonden plaats op twee weken, één maand, drie maanden na inwerken en als laatst zes weken na het zaaien op poten van het volggewas.

Opgegraven zakjes zijn gekoeld bewaard (4 °C) en binnen 24 uur verwerkt. De netzakken zijn stuk voor stuk voorzichtig uitgespoeld op een 1 mm zeef om grond te verwijderen. Levende plantenwortels zijn uit het opgevangen materiaal verwijderd waarna het drooggewicht van de resterende groenbemester, groene thee en rooibosthee bepaald is door het materiaal 48 uur te drogen bij 60 °C.

### 3.3.4 Minerale stikstof

De grondmonsters zijn direct na monstername gekoeld en verwerkt op het laboratorium, in uitzonderlijke gevallen zijn de grondmonsters maximaal 24 uur bewaard op 4 °C. Voor de analyse van $NO_3^-$ en $NH_4^+$ is een submonster gezeefd op 2 mm (VWR). Uit dit monster is 5 gram in een centrifugebuis gedaan met 25 ml 1M KCl. De centrifugebuizen zijn vervolgens voor 30 minuten op 250 RPM geschud en afgedraaid in een centrifuge op 3000 RPM voor 5 minuten. Het supernatant is uit de buis gehaald met een 10 ml spuit en door een filter (CHROMAFIL Xtra PTFE -45/25) in een nieuwe centrifugebuis gedaan. De geëxtraheerde stikstofoplossing is bewaard bij -20 °C tot verdere analyse. Nadat alle grondmonsters genomen waren zijn de extracties in één keer geanalyseerd door middel van spectrofotometrische en turbidimetrische analyses met een discreet analyser (Aquakem250).

### 3.3.5 Handheld scanner

Via de handheld scanner van AgroCares zijn de bodemchemische eigenschappen bepaald. De scanner scant met een NIR sensor (~ 1400 - 2500 nm) een grondmonster, waardoor het mogelijk is om snel een

bepaling van het percentage organische stof, CEC, totaal stikstof, fosfaat (PM3) en kalium (Exch.) te doen. De grondmonsters zijn hooguit twee weken bewaard in een koelcel op 4 °C voordat ze werden geanalyseerd. Per analyse is een mengmonster gebruikt van ongeveer 100 gram, welke driemaal na mixen gescand is met de handheld scanner.

### 3.3.6 Organische stof kwaliteit

De organische stof kwaliteit in de bodem is bepaald door het totaal organische stof te scheiden op basis van grootte. Deeltjes kleiner dan 2 mm maar groter dan 53 µm vallen onder *particulate organic matter* (POM), deeltjes kleiner dan 53 µm worden *mineral associated organic matter* (MAOM) genoemd. Beide organische stoffracties gedragen zich anders in de bodem.

Grondmonsters zijn na monstername ingevroren (-20°C) tot analyse, de grond is voor analyse gedroogd op 60 °C tot er geen vocht meer aanwezig was. Een submonster van 5 gram gedroogde grond is in een 50 ml falcon buis gedaan met 40 ml water. Deze grondsuspensie is behandeld met een ultrasoon probe met een kracht van 450 J $mL^{-1}$ om aggregaten en andere bodemverbindingen te breken, vervolgens is de suspensie gezeefd met een 2 mm zeef (VWR, ø 10 cm) bovenop een 53 µm zeef (VWR, ø 10 cm). Het materiaal wat op de 53 µm zeef lag bevat de POM-fractie en wat er doorheen is gespoeld bevat de MAOM-fractie. Beide fracties zijn apart van elkaar in verassingskroesjes gedaan en gedroogd op 60 °C tot er geen gewichtsverlies meer optrad. Na het drogen zijn de kroesjes gewogen, verast op 600 °C voor 3 uur en weer gewogen. Het gewicht wat is verloren tijdens het verassen is het organisch materiaal en kan gekwantificeerd worden per 5 gram grond.

### 3.3.7 Microbioom

#### *3.3.7.1 Veldproef*

Grondmonsters die in het veld zijn genomen zijn direct na monstername opgeslagen bij -20 °C tot verdere verwerking. Uit de grondmonsters is DNA geïsoleerd met de DNeasy® PowerSoil® Kit (Qiagen) met de volgende modificaties op het protocol: er is tussen de 0,25 gram en 0,5 gram grond gebruikt in plaats van 0,25 gram en er is gebruik gemaakt van een powerlyzer 24 (Qiagen) in plaats van een vortex adapter met een snelheid van 4 m/s voor 1 minuut. Voor het in kaart brengen van het microbioom is het DNA geanalyseerd door BMKgene, het 16S rRNA gen (bacteriën) en het ITS DNA (schimmels) is met behulp van Illumina MiSeq 2x250bp gesequenced, de volgende primers zijn gebruikt (tabel 1).

**Tabel 1**

*Primer sequenties gebruikt voor Illumina MiSeq 2x250bp sequencing*

| Primer naam | Primer sequentie |
|---|---|
| 16S 341F (forward) | CCTAYGGGRBGCASCAG |
| 16S 806R (reverse) | GGACTACNNGGGTATCTAAT |
| ITS1F (forward) | CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA |
| ITS4 (reverse) | TCCTCCGCTTATTGATATGC |

De ruwe data die hieruit volgde is verwerkt tot taxonomische eenheden in R-studio (versie 4.6.1) met behulp van *DADA2* (Callahan et al., 2016, Versie 1.26) en *Phyloseq* (McMurdie & Holmes, 2013, versie 1.56.0). Voor zowel de bacteriedata (Callahan, z.d.-a) als de schimmeldata is gebruik gemaakt van de bestaande DADA2 1.8 pipeline met voor de schimmeldata de specifieke ITS-pipeline (Callahan, z.d.). Voor de bacteriedata is gekozen om de primers, evenals de schimmeldata, te verwijderen met het programma cutadapt (Martin, 2011) als additie op de DADA2 pipeline. Na een kwaliteitscontrole van de ruwe data is ervoor gekozen om voor zowel de bacteriedata als de schimmeldata de *reads* niet te trimmen, het trimmen zorgde voor een te groot verlies van de data. Na het verwijderen van de primers,

de kwaliteitscontrole en het filteren zijn de *reads* geclassificeerd tot taxonomische eenheden. De gebruikte database voor de bacterie classificatie was SILVA versie 138.2 "*ToSpecies*" (Chuvochina et al., 2025) en voor de schimmel classificatie UNITE (Abarenkov et al., 2025), *general release* (FASTA) versie 10.0.

Na de taxonomische classificatie is er een Phyloseq object gemaakt wat de taxonomische eenheden samen bundelde met de metadata wat verzameld is tijdens dit onderzoek.

#### *3.3.7.2 Kasproef*

Bij elk monsternamemoment is ongeveer 5 gram blad in duplo verzameld van de planten in centrifugebuizen. Naast bladmonsters is ook een monster van compostthee en van het ferment genomen, van beide is 45 ml in centrifugebuizen in triplo genomen. De buizen zijn bewaard bij -20°C tot verdere analyse, dit was nadat alle monstermomenten waren geweest.

De bladmonsters zijn voor DNA analyse bewerkt gebaseerd op de methode van Krupka en Piotroqicz-Cieslak (Krupka & Piotrowicz-Cieślak, 2024). Aan de centrifugebuizen met bladmateriaal is 45 ml 0.85% NaCl toegevoegd. De suspensie is behandeld met een ultrasoon probe (Fisherbrand™ 505 Sonicator) met de volgende instellingen: 25% amplitude, pulsating 5 seconden aan/15 seconden uit met een totale tijd van 3 minuten aan. Na 45 en na 105 seconden is de buis geschud om blad materiaal te mixen. De buizen stonden in een ijsbad om oververhitting en afbraak van DNA te voorkomen. De probe is tussen monsters schoongemaakt met chloorbleek en nagespoeld met steriel water. Na de behandeling met de ultrasoon probe zijn de buizen geschud op 180 RPM voor 1 uur op kamertemperatuur. Na het schudden zijn de monsters overnacht op 4 °C bewaard. De suspensies zijn vervolgens gezeefd over een fijnmazige zeef en de overgebleven vloeistof is gefilterd met een spuit door een membraan van 0,22 µm. Het membraan is in stukken uit het filter verwijderd en in 2 ml eppendorf buisjes gedaan en ingevroren op -20°C tot verdere analyse.

De compostthee en het ferment was voor analyse ontdooid en afgedraaid op 4700g voor 20 minuten. Het supernatant is verwijderd en het overgebleven pellet is verzameld in eppendorf buisjes.

Van het plantmateriaal, de compostthee en het fermentet is het DNA geïsoleerd met hetzelfde protocol als beschreven in hoofdstuk 3.3.7.1 veldproef gebruikt evenals de sequencingstappen en de taxonomische classificatie.

### 3.3.8 Statistische analyse

Statistische analyse van de weerbaarheidsproeven zijn geanalyseerd in R-Studio (versie 4.6.1) middels Chi-kwadraattoets voor samenhang (binaire data: opkomst, aantasting) en middels ANOVA (numerieke data: lengte, gewicht). Statische analyse van data van de wormenproef (resterende groenbemester, aantal regenwormen en eicoconnen) en veldproef (NDVI, inhoudsstoffen, afbraakpercentages, minerale stikstof, organische stof %, CEC, totaal stikstof, fosfaat, kalium, POM, MAOM) zijn geanalyseerd in R middels ANOVA. Hierbij is steeds gekeken naar de effecten van inwerkmoment en toepassing van ferment op de genoemde parameters ($y$ = ferment * behandeling). Bij significante interacties ($p < 0.05$) is een post hoc analyse (Tukey HSD) toegepast. Enkele parameters zijn getransformeerd om een normale verdeling te verkrijgen: aantallen regenwormen (kwadratische transformatie), ijzer en ammonium (omgekeerde transformatie toegepast), aluminium (logtransformatie toegepast).

De relatie tussen plantinhoudsstoffen en bodemparameters is getest middels *non-metric multidimensional scaling* (NMDS), via package *Vegan* (Oksanen et al., 2026, versie 2.5.7) in R-Studio (versie 4.6.1). De microbiële data van zowel de veld- als de kasproef zijn geanalyseerd in R met behulp van de packages *phyloseq* (versie 1.56.0), *Vegan* (versie 2.5.7), *ggplot2* (Wickham, 2016, versie 4.0.3),

*microViz (Barnett et al., 2021,* versie 0.13.1), *ggpubr* (Kassambara, 2026, versie 1.0.0.9) en *ggrepel (Slowikowski, 2016,* versie 0.9.8). Allereerst is een Bray-Curtis afstandsmatrix berekend, waarna met een PERMANOVA getoetst is of er significante verschillen aanwezig zijn tussen de behandelingen. Voor de veldproef is gekeken naar effecten van ferment en het inwerkmoment, terwijl voor de kasproef het effect van tijd en de composttheebehandeling is onderzocht. Bij significante effecten ($p < 0.05$) is de data eerst geaggregeerd op genusniveau en omgezet naar relatieve abundanties. Hiervan zijn *multidimensional scaling* (MDS)-plots opgesteld om de resultaten te visualiseren.

# 4 Resultaten

## 4.1 Gewasgroei

Het eerste deel van de resultaten gaat in op de gewasgroei. De NDVI-waarde is een indicator van de bedekkingsgraad en de productiepotentie van het gewas. De plantinhoudsstoffen geven aan of er voldoende nutriënten beschikbaar waren voor gewasgroei. Correlaties tussen gewasgroei en andere gemeten parameters kunnen een indicatie geven welke processen invloed hebben gehad op de gewasgroei.

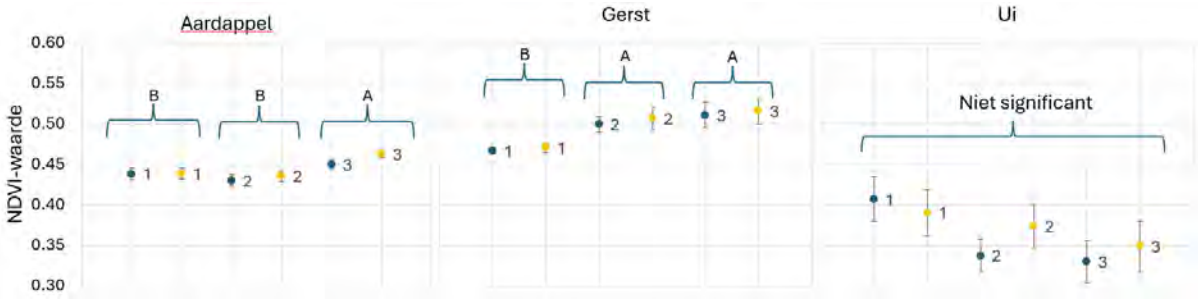
### 4.1.1 NDVI

Het inwerkmoment heeft in twee van de drie percelen effect op de hoogte van de NDVI-waarde (aardappel $F_{2,12} = 6.96$, $p < 0.01$; Gerst $F_{2,12} = 8.20$, $p < 0.01$; Ui $F_{2,6} = 2.60$, $p = 0.15$) (Figuur 3 en Bijlage V). In het aardappelperceel heeft het derde inwerkmoment hogere NDVI-waarden dan moment één en twee ($p < 0.05$) en in het gerstperceel hebben inwerkmoment twee en drie een hogere NDVI-waarde dan inwerkmoment één ($p < 0.05$).

Toepassing van ferment heeft geen significant effect op de NDVI-waarden (aardappel $F_{1,12} = 1.39$, $p = 0.26$; Gerst $F_{1,12} = 0.31$, $p = 0.59$; Ui $F_{1,6} = 0.34$, $p = 0.58$). Wel lijkt er een trend te zijn dat toepassing van ferment samenhangt met een iets hogere NDVI-waarde.

**Figuur 3**

*Effect van inwerkmoment en ferment op de NDVI-waarde van de gewassen.*




*Noot.* De cijfers 1, 2 en 3 geven het inwerkmoment weer. Blauw = controle, geel = ferment. Aardappel en gerst N = 3, ui N = 2. Verschillende letters geven significant effect weer ($p < 0.05$).

### 4.1.2 Plantinhoudstoffen

In het aardappelperceel heeft toepassing van ferment invloed op het gehalte nitraat ($F_{1,12} = 7.40$, $p = 0.02$), stikstof uit nitraat ($F_{1,12} = 7.19$, $p = 0.02$) en het kopergehalte ($F_{1,12} = 5.31$, $p = 0.04$) van de aardappelknollen (Tabel 2). Ten opzichte van de controle zijn nitraat en stikstof uit nitraat hoger bij toepassing van ferment (248 ± 12 vs. 311 ± 17 en 56 ± 3 vs. 70 ± 4 resp.), het kopergehalte is lager bij toepassing van ferment (0.92 ± 0.02 vs 0.85 ± 0.02).

Het inwerkmoment heeft invloed op de gehaltes silicium ($F_{2,12} = 4.70$, $p = 0.03$) en molybdeen ($F_{2,12} = 3.90$, $p < 0.05$). Het siliciumgehalte van de aardappelknollen is hoger bij inwerkmoment 3, ten opzichte van inwerkmoment 1, maar verschilde niet van inwerkmoment 2 (0.95 ± 0.05, 0.97 ± 0.05, 1.42 ± 0.20, 1, 2 en 3 resp.). Ook het molybdeengehalte van de aardappelknollen is hoger bij inwerkmoment 3, ten opzichte van inwerkmoment 1, maar verschilde niet van inwerkmoment 2 (0.035 ± 0.003, 0.038 ± 0.002, 0.047 ± 0.003, 1, 2 en 3 resp.).

**Tabel 2**

*Inhoudsstoffen van aardappelknollen*

| | Behandeling | | | Inwerkmoment | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Controle | Ferment | Sign. | 1 | 2 | 3 | Sign. |
| Suikers % | 0.39 | 0.44 | NS | 0.38 | 0.40 | 0.47 | NS |
| pH | 6.2 | 6.2 | NS | 6.2 | 6.2 | 6.2 | NS |
| EC mS/cm | 11.8 | 12.2 | NS | 12.2 | 11.6 | 12.2 | NS |
| Kalium | 5472 | 5640 | NS | 5717 | 5371 | 5581 | NS |
| Calcium | 79 | 78 | NS | 78 | 77 | 81 | NS |
| K-Ca | 71 | 72 | NS | 74 | 71 | 69 | NS |
| Magnesium | 322 | 331 | NS | 323 | 319 | 338 | NS |
| Natrium | 7.6 | 8.0 | NS | 7.5 | 7.2 | 8.7 | NS |
| Ammonium | 38 | 40 | NS | 37 | 40 | 39 | NS |
| $NO_3^-$ | 248 | 311 | $P = 0.02$ | 266 | 288 | 284 | NS |
| N-Nitraat | 56 | 70 | $P = 0.02$ | 60 | 65 | 64 | NS |
| N totaal | 1687 | 1853 | NS | 1645 | 1794 | 1871 | NS |
| Chloride | 599 | 622 | NS | 594 | 558 | 679 | NS |
| Zwavel | 259 | 252 | NS | 262 | 247 | 259 | NS |
| Fosfaat | 286 | 283 | NS | 286 | 260 | 308 | NS |
| Silicium | 1.17 | 1.06 | NS | 0.95 | 0.97 | 1.42 | $P = 0.03$ |
| IJzer | 0.95 | 0.90 | NS | 0.67 | 0.83 | 1.29 | $P = 0.01$ |
| Mangaan | 1.12 | 1.13 | NS | 1.09 | 1.05 | 1.24 | NS |
| Zink | 3.01 | 2.90 | NS | 2.94 | 2.86 | 3.07 | NS |
| Borium | 0.99 | 1.04 | NA | 0.97 | 0.99 | 1.09 | NS |
| Koper | 0.92 | 0.85 | $P = 0.04$ | 0.91 | 0.83 | 0.91 | NS |
| Molybdeen | 0.042 | 0.038 | NS | 0.035 | 0.038 | 0.047 | $P < 0.05$ |
| Aluminium | 0.10 | 0.05 | NS | 0.01 | 0.03 | 1.19 | NS |

*Noot*. De inhoudsstoffen staan uitgedrukt in ppm, tenzij anders weergegeven. Bij NS dan $p > 0.05$. Hoe donkerder het groen, hoe hoger de waarde ten opzichte van de andere waarden in de reeks.

Toepassing van ferment heeft invloed op de inhoudsstoffen van jong en oud uienblad, waarbij de meeste effecten van ferment afhankelijk zijn van het inwerkmoment (Tabel 3 en 4). In jong uienblad is het gehalte kalium en de kalium-calcium verhouding hoger na toepassing van ferment bij inwerkmoment 3 ($F_{2,12} = 16.7$, $p < 0.001$ en $F_{2,12} = 5.41$, $p = 0.02$), terwijl natrium afneemt bij toepassing van ferment bij inwerkmoment 3, zowel in jong als oud uienblad ($F_{2,12} = 22.9$, $p < 0.001$ en $F_{2,12} = 11.6$, $p < 0.01$). Toepassing van ferment verhoogt het zwavelgehalte bij inwerkmoment 1 in zowel jong als oud uienblad ($F_{2,12} = 10.7$, $p < 0.01$ en $F_{2,12} = 8.84$, $p < 0.01$). En ook het boriumgehalte is hoger bij toepassing van ferment op inwerkmoment 1 in jong uienblad ($F_{2,12} = 10.3$, $p < 0.01$). Toepassing van ferment heeft in jong uienblad op inwerkmoment 3 een hoger gehalte aan molybdeen ($F_{2,12} = 8.14$, $p < 0.01$).

Los van de fermenttoepassing heeft ook het inwerkmoment effect op de inhoudsstoffen van uienblad. In jong uienblad zijn magnesium, fosfaat, ijzer, zink en aluminium het hoogst bij inwerkmoment 1, nitraat, N-nitraat en mangaan zijn het hoogst bij inwerkmoment 2 en chloride is het hoogst bij inwerkmoment 3 (alle $p < 0.05$)(Tabel 3). Bij oud uienblad zijn magnesium, mangaan en molybdeen het hoogst bij inwerkmoment 1, aluminium is het hoogst bij inwerkmoment 2 en chloride en de pH zijn het hoogst bij inwerkmoment 3 (alle $p < 0.05$)(Tabel 4).

**Tabel 3**

*Inhoudsstoffen van jong uienblad*

| | Behandeling | | | Inwerkmoment | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Controle | Ferment | Sign. | 1 | 2 | 3 | Sign. |
| Suikers % | 2.11 | 2.44 | NS | 2.35 | 2.50 | 1.98 | NS |
| pH | 6.2 | 6.2 | NS | 6.1 | 6.2 | 6.2 | NS |
| EC mS/cm | 7.6 | 7.5 | NS | 7.2 | 7.6 | 7.9 | NS |
| Kalium | Controle | | | 1996 | 2226 | 1673 | $p < 0.001$ |
| | Ferment | | | 2034 | 2198 | 2298 | |
| Calcium | 1399 | 1370 | NS | 1412 | 1434 | 1308 | NS |
| K-Ca | Controle | | | 1.37 | 1.52 | 1.32 | $p = 0.02$ |
| | Ferment | | | 1.49 | 1.57 | 1.72 | |
| Magnesium | 208 | 202 | NS | 220 | 210 | 185 | $p < 0.01$ |
| Natrium | Controle | | | 139 | 107 | 322 | $p < 0.001$ |
| | Ferment | | | 98 | 158 | 162 | |
| Ammonium | 169 | 119 | NS | 132 | 120 | 180 | NS |
| $NO_3^-$ | 20 | 27 | NS | 15 | 35 | 22 | $p < 0.01$ |
| N-Nitraat | 4.67 | 6.00 | NS | 3.33 | 7.83 | 4.83 | $p < 0.01$ |
| N totaal | 982 | 948 | NS | 923 | 974 | 999 | NS |
| Chloride | 997 | 957 | NS | 799 | 954 | 1180 | $p < 0.001$ |
| Zwavel | Controle | | | 206 | 275 | 223 | $p < 0.01$ |
| | Ferment | | | 293 | 262 | 231 | |
| Fosfaat | 119 | 136 | $p = 0.02$ | 139 | 132 | 111 | $p < 0.01$ |
| Silicium | 6.5 | 6.3 | NS | 6.8 | 6.5 | 5.9 | NS |
| IJzer | 1.46 | 1.38 | NS | 1.68 | 1.49 | 1.08 | $p = 0.02$ |
| Mangaan | 4.2 | 4.4 | NS | 4.5 | 4.8 | 3.6 | $p = 0.02$ |
| Zink | 0.46 | 0.49 | NS | 0.57 | 0.54 | 0.32 | $p < 0.01$ |
| Borium | Controle | | | 0.20 | 0.36 | 0.33 | $p < 0.01$ |
| | Ferment | | | 0.44 | 0.33 | 0.12 | |
| Koper | 0.16 | 0.15 | NS | 0.16 | 0.16 | 0.15 | NS |
| Molybdeen | Controle | | | 0.080 | 0.087 | 0.047 | $p < 0.01$ |
| | Ferment | | | 0.093 | 0.070 | 0.080 | |
| Aluminium | 0.34 | 0.28 | NS | 0.47 | 0.32 | 0.15 | $p < 0.01$ |

*Noot*. De inhoudsstoffen staan uitgedrukt in ppm, tenzij anders weergegeven. Bij interacties is het inwerkmoment waarbinnen de behandelingen van elkaar verschillen omkaderd. Bij NS dan $p > 0.05$. Hoe donkerder het groen, hoe hoger de waarde ten opzichte van de andere waarden in de reeks.

**Tabel 4**

*Inhoudsstoffen van oud uienblad*

| | Behandeling | | | Inwerkmoment | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Controle | Ferment | Sign. | 1 | 2 | 3 | Sign. |
| Suikers % | 1.84 | 1.89 | NS | 1.78 | 1.92 | 1.90 | NS |
| pH | 6.19 | 6.27 | NS | 6.12 | 6.22 | 6.35 | $p < 0.05$ |
| EC mS/cm | 8.73 | 8.66 | NS | 8.43 | 8.83 | 8.82 | NS |
| Kalium | 2344 | 2434 | NS | 2314 | 2499 | 2354 | NS |
| Calcium | 1992 | 1964 | NS | 2106 | 1920 | 1906 | NS |
| K-Ca | 1.19 | 1.24 | NS | 1.10 | 1.31 | 1.24 | NS |
| Magnesium | 284 | 256 | NS | 297 | 259 | 253 | $p = 0.04$ |
| Natrium | Controle | | | 181 | 157 | 346 | $p < 0.01$ |
| | Ferment | | | 128 | 191 | 224 | |
| Ammonium | 139 | 145 | NS | 118 | 153 | 154 | NS |
| $NO_3^{-*}$ | 41 | 37 | NS | 41 | 34 | 41 | NS |
| N-Nitraat* | 9.2 | 8.3 | NS | 9.3 | 7.7 | 9.3 | NS |
| N totaal | 917 | 887 | NS | 846 | 920 | 941 | NS |
| Chloride | 1089 | 1045 | NS | 866 | 1123 | 1211 | $p = 0.01$ |
| Zwavel | Controle | | | 151 | 184 | 182 | $p < 0.01$ |
| | Ferment | | | 198 | 183 | 171 | |
| Fosfaat | 111 | 105 | NS | 112 | 109 | 104 | NS |
| Silicium | 7.3 | 7.3 | NS | 7.5 | 7.9 | 6.6 | NS |
| IJzer | 1.53 | 1.28 | NS | 1.60 | 1.59 | 1.02 | NS |
| Mangaan | 3.1 | 3.4 | NS | 3.6 | 3.4 | 2.5 | $p < 0.001$ |
| Zink | 0.53 | 0.42 | NS | 0.52 | 0.56 | 0.34 | NS |
| Borium | 0.10 | 0.10 | NS | 0.12 | 0.08 | 0.09 | NS |
| Koper | 0.14 | 0.13 | NS | 0.13 | 0.14 | 0.13 | NS |
| Molybdeen | 0.10 | 0.11 | NS | 0.13 | 0.10 | 0.08 | $p < 0.001$ |
| Aluminium | 0.30 | 0.19 | NS | 0.30 | 0.33 | 0.11 | $p = 0.04$ |

*Noot*. De inhoudsstoffen staan uitgedrukt in ppm, tenzij anders weergegeven. Bij interacties is het inwerkmoment waarbinnen de behandelingen van elkaar verschillen omkaderd. Bij NS dan $p > 0.05$. Hoe donkerder het groen, hoe hoger de waarde ten opzichte van de andere waarden in de reeks. *Log transformatie toegepast.

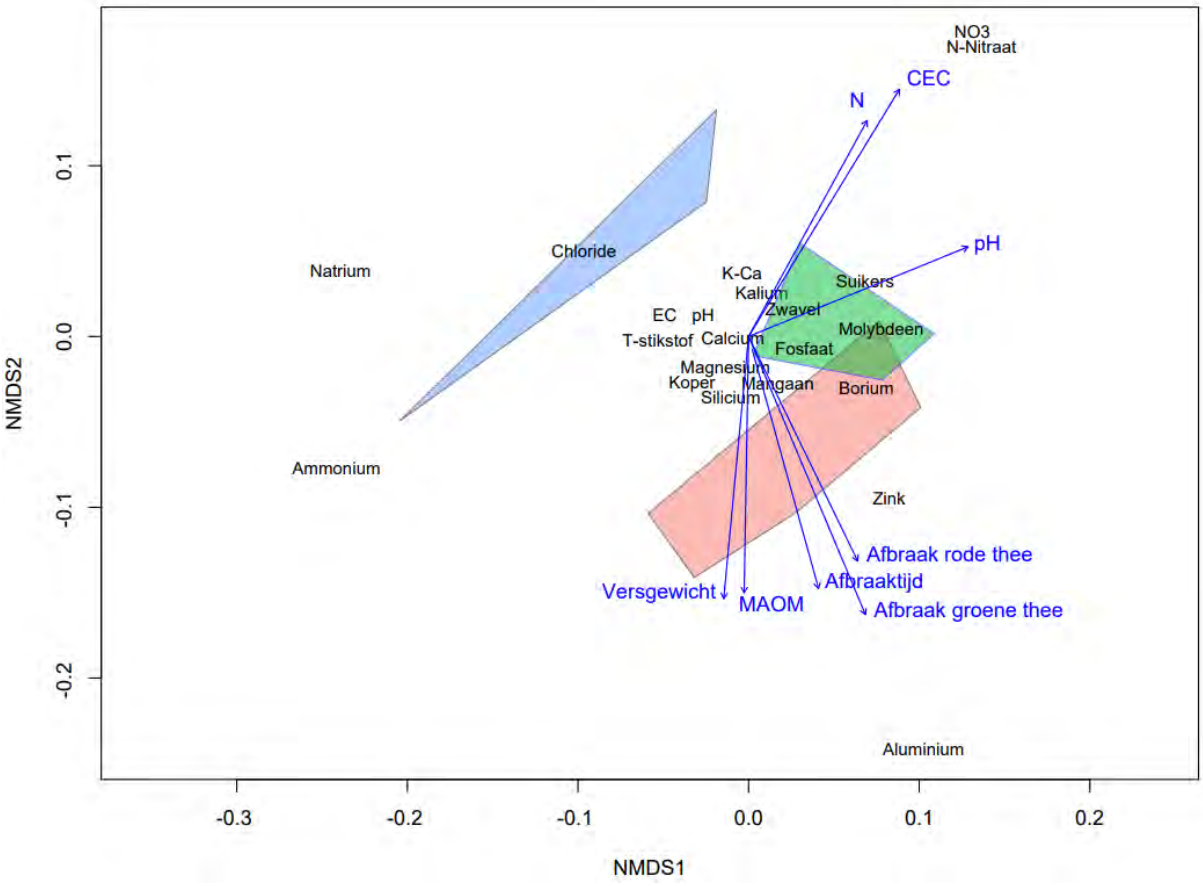
### 4.1.3 Inhoudsstoffen, bodem- en groenbemestereigenschappen

De gehele inhoudsstoffensamenstelling van de aardappelknollen kan niet worden verklaard door het inwerkmoment ($R^2 = 0.23$, $p = 0.11$) of toepassing van ferment ($R^2 = 0.08$, $p = 0.31$)(Tabel 2). Wel is er een associatie met het percentage organische stof ($R^2 = 0.47$, $p = 0.03$) en een trend dat N-totaal samenhangt met de inhoudsstoffensamenstelling ($R^2 = 0.34$, $p = 0.07$). Hogere organische stofgehaltes hangen samen met lagere $NO_3$ ($r_{16} = -0.60$, $p < 0.01$) en suikerwaardes ($r_{16} = -0.51$, $p = 0.03$).

De inhoudsstoffensamenstelling van jong uienblad hangt samen met het inwerkmoment ($R^2 = 0.59$, $p < 0.01$), waarbij inwerkmoment 3 een andere samenstelling heeft dan inwerkmoment 1 en 2. De inhoudsstoffensamenstelling kan niet worden verklaard door de toepassing van ferment ($R^2 = 0.19$, $p = 0.15$)(Figuur 4). Verteringseigenschappen die samenhangen met de inhoudsstoffensamenstelling zijn het afbraakpercentage van groene en rode thee, de tijd dat het organisch materiaal afgebroken komen worden en het versgewicht van de groenbemester. Bodemeigenschappen die samenhangen met de inhoudsstoffensamenstelling zijn de CEC-waarde, het gehalte MAOM, stikstof totaal en de pH.

**Figuur 4**

*Effect van inwerkmoment, bodem- en groenbemestereigenschappen op de inhoudsstoffensamenstelling van jong uienblad.*




*Noot.* De pijlen geven aan welke factoren bijdragen aan de inhoudsstoffensamenstelling ($p < 0.05$). De gekleurde vlakken geven de inwerkmomenten aan rood = inwerkmoment 1, groen = inwerkmoment 2, blauw = inwerkmoment 3.

De inhoudsstoffensamenstelling van oud uienblad kan niet worden verklaard door het inwerkmoment ($R^2 = 0.25$, $p = 0.35$) of toepassing van ferment ($R^2 = 0.03$, $p = 0.77$). Wel is er een trend dat het gehalte nitraat in de bodem samenhangt met de inhoudsstoffensamenstelling ($R^2 = 0.50$, $p = 0.05$).

### 4.1.4 Effecten compostthee op gewasweerbaarheid en gewasgroei

In de eerste proef, waarin wel of geen compostthee is toegediend aan bladrammenaszaden is er geen verband tussen behandeling en opkomst in zowel grond van het aardappelperceel ($X^2$ (1, $N = 48$) = 0.67, $p = 0.41$) als in de grond van het uienperceel ($X^2$ (1, $N = 48$) = 3.80, $p = 0.05$). Wel is er een trend dat toepassing van compostthee op bladrammenaszaden een hoger aantal gekiemde zaden opleverde ten opzichte van de controle (21 vs. 14 zaden). In beide gronden is er geen verband tussen behandeling en aantal zieke kiemplanten (beide $X^2$ (1, $N = 48$) = 0, $p = 1.00$).

In de tweede proef, waarbij naast de behandeling met wel of geen compostthee ook wel of geen *Pythium* werd toegevoegd aan de bodem, is er wel een verband tussen behandeling en aantal gekiemde zaden ($X^2$ (3, $N = 96$) = 11.11, $p = 0.01$). De behandeling met *Pythium* zonder compostthee heeft minder gekiemde zaden (12) dan de behandeling met *Pythium* met compostthee (19), alleen

compostthee (21) en de controle (20) ($p < 0.01$). In de tweede proef is er geen verband tussen behandeling en aantal zieke kiemplanten ($X^2$ (3, $N$ = 96) = 3.87, $p$ = 0.28).

In de derde proef, waarin wel of geen compostthee is toegediend aan spinazie en erwt, is er geen effect te zien op de lengtegroei, bovengronds vers- of drooggewicht van spinaziekiemplanten (alle $F_{1,41} < 2.30$, $p > 0.05$) en de erwtenkiemplanten (alle $F_{1,44} < 3.40$, $p > 0.05$). Wel is er een trend te zien waarbij het versgewicht van de spinaziekiemplanten na toepassing van compostthee een lager gewicht (0.12 ± 0.01 gram) hebben dan de onbehandelde planten (0.15 ± 0.01 gram) ($F_{1,41}$ = 3.40, $p$ = 0.07). Toepassing van compostthee heeft geen effect op de opkomst van erwt ($X^2$ (1, $N$ = 54) = 0.66, $p$ = 0.42) en spinazie ($X^2$ (1, $N$ = 108) = 0.19, $p$ = 0.67).

In de vierde proef, waarbij naast de behandeling met wel of geen compostthee ook wel of geen *Pythium* werd toegevoegd aan de bodem, is er geen effect van de behandelingen op bovengrondse lengtegroei ($F_{3,41}$ = 2.31, $p$ = 0.09), bovengronds versgewicht ($F_{3,41}$ = 1.21, $p$ = 0.32), drooggewicht ($F_{3,41}$ = 0.91, $p$ = 0.45) en opkomst ($X^2$ (1, $N$ = 48) = 1.07, $p$ = 0.79) van erwt.

## 4.2 Verteringsbiologie

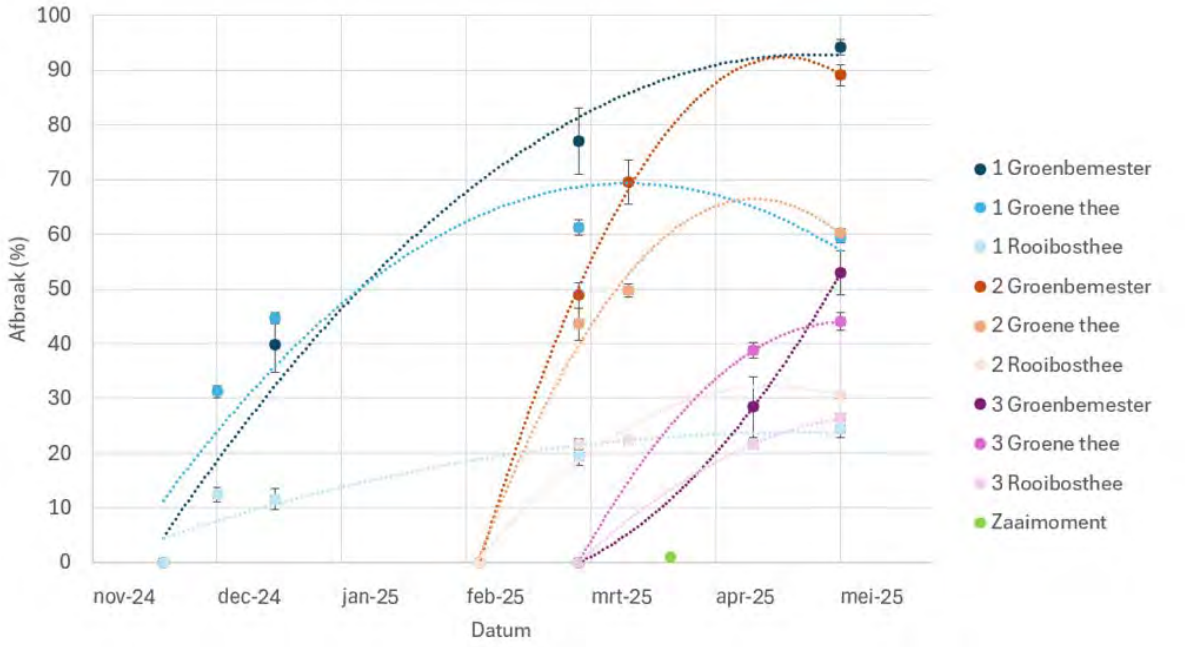
Het tweede deel van de resultaten gaat in op de verteringsbiologie. Het afbraakpercentage geeft aan hoeveel organisch materiaal er over de tijd verdwenen is. De stikstofmineralisatie geeft aan hoeveel minerale en dus plantopneembare stikstof er beschikbaar is, deze minerale stikstof komt deels uit de verteerde groenbemester, deels uit de toegepaste bemesting en deels uit de afbraak van bodem organische stof. De verhouding van POM en MAOM zijn een indicatie voor de organische stof kwaliteit en hieruit is af te leiden hoe het afgebroken organische materiaal is vastgelegd. De samenstelling van het bodemmicrobioom geeft aan of de timing van inwerking en de toepassing van ferment een nawerking hebben in de bodem. Correlaties tussen de gemeten parameters kunnen een indicatie geven welke processen invloed hebben gehad op de vertering.

### 4.2.1 Afbraak organisch materiaal

Het afbraakpercentage van het organisch materiaal volgt bij alle drie percelen een vergelijkbare trend, waarbij ongeacht het inwerkmoment in de eerste vier weken de afbraak het snelst toeneemt (Figuur 5, Bijlage III). Daarbij maakt het niet uit naar welk type organisch materiaal wel kijken: groenbemester, groene thee of rooibos thee.

**Figuur 5**

*Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de afbraak van organisch materiaal in het gerstperceel*




*Noot.* De cijfers in de legenda verwijzen naar inwerkmoment 1, 2 en 3. De weergegeven foutbakt is de SE, N = 6. De stippelijnen geven de trendlijnen weer (polynoom).

Op alle drie percelen is het inwerkmoment bepalend voor het uiteindelijke afbraakpercentage van zowel de groenbemester (aardappel $F_{2,23} = 40.7$, $p < 0.001$; Gerst $F_{2,36} = 69.1$, $p < 0.001$; Ui $F_{2,24} = 24.5$, $p < 0.001$), de rooibosthee (aardappel $F_{2,21} = 30.7$, $p < 0.001$; Gerst $F_{2,35} = 12.3$, $p < 0.001$; Ui $F_{2,24} = 10.7$, $p < 0.001$) en de groene thee (aardappel $F_{2,21} = 177.1$, $p < 0.001$; Gerst $F_{2,35} = 66.9$, $p < 0.001$; Ui $F_{2,24} = 39.0$, $p < 0.001$) (Figuur 6, Bijlage III).

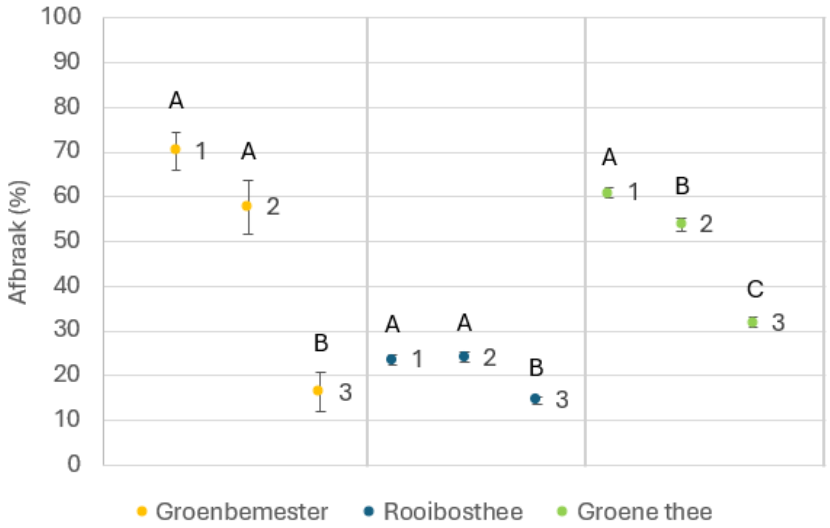
In het aardappelperceel volgt de afbraak van de groenbemester en de rooibosthee hetzelfde patroon, waarbij de eerste twee inwerkmomenten een even hoog afbraakpercentage hebben en hoger dan inwerkmoment 3 (alle $p < 0.001$). Het afbraakpercentage van groene thee is het hoogst bij inwerkmoment 1, gevolgd door inwerkmoment 2 en het laagst bij inwerkmoment 3 (alle $p < 0.01$). In het gerstperceel volgt de afbraak van de groenbemester en de groene thee hetzelfde patroon, waarbij de eerste twee inwerkmomenten een even hoog afbraakpercentage hebben en hoger dan inwerkmoment 3 (alle $p < 0.001$). Bij rooibosthee is het afbraakpercentage op inwerkmoment 2 hoger dan inwerkmoment 1 en 3, maar verschillen onderling niet ($p < 0.001$). In het uienperceel volgt de afbraak van de groenbemester en de groene thee hetzelfde patroon, waarbij het eerste inwerkmoment een hoger afbraakpercentage heeft dan inwerkmoment 2 en 3 (alle $p < 0.001$). Ook bij rooibosthee is het afbraakpercentage op inwerkmoment 1 hoger dan inwerkmoment 3, maar verschilt niet van inwerkmoment 2 ($p < 0.001$).

Toepassing van ferment heeft op geen van de drie percelen effect op het afbraakpercentage van de groenbemesters (aardappel $F_{1,23} = 0.02$, $p = 0.90$; Gerst $F_{1,36} = 0.02$, $p = 0.89$; Ui $F_{1,24} = 0.11$, $p = 0.74$), de rooibosthee (aardappel $F_{1,21} = 0.05$, $p = 0.82$; Gerst $F_{1,35} = 0.56$, $p = 0.46$; Ui $F_{1,24} = 0.19$, $p = 0.67$) en de groene thee (aardappel $F_{1,21} = 0.01$, $p = 0.93$; Gerst $F_{1,35} = 2.80$, $p = 0.10$; Ui $F_{1,24} = 0.24$, $p = 0.15$). Echter is bij de afbraak van groene thee op het gerst- en uienperceel wel een trend te zien waarbij de

afbraakpercentages bij toepassing van ferment iets hoger liggen dan bij de controle (gerst: controle 53.3 % ± 0.9 en ferment 56.0 % ± 0.9 (SE), ui: controle 46.9 % ± 1.5 en ferment 50.7 % ± 1.5 (SE)).

**Figuur 6**

*Afbraakpercentage van organisch materiaal in het aardappelperceel, 6 weken na poten.*




*Noot.* De cijfers 1, 2 en 3 geven het inwerkmoment weer. Inwerkmoment 1: N = 12, inwerkmoment 2: N = 6, inwerkmoment 3: N = 11. Verschillende letters boven de meetpunten geven significant effect weer, alle $p < 0.01$.

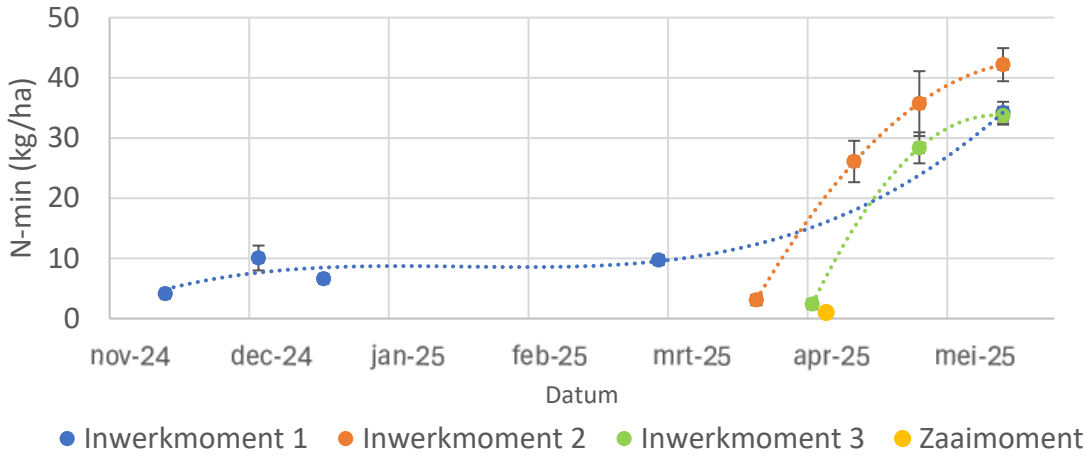
### 4.2.2 Stikstofmineralisatie

Het verloop van de hoeveelheid minerale stikstof die met de tijd vrijkomt volgt bij alle drie percelen een vergelijkbaar patroon, waarbij rond de periode van zaaien en poten de gehaltes minerale stikstof toenemen. In de periode voor het zaaien en poten blijft het gehalte minerale stikstof vrij constant.

Het inwerkmoment heeft in twee van de drie percelen effect op de hoogte van de bodem minerale stikstof (aardappel $F_{2,12} = 58.8$, $p < 0.001$; Gerst $F_{2,12} = 3.10$, $p = 0.08$; Ui $F_{2,12} = 8.21$, $p < 0.01$)(Figuur 7 en Bijlage IV). Zowel in het aardappelperceel als het uienperceel heeft het tweede inwerkmoment een hoger gehalte minerale stikstof dan moment één en drie ($p < 0.05$).

**Figuur 7**

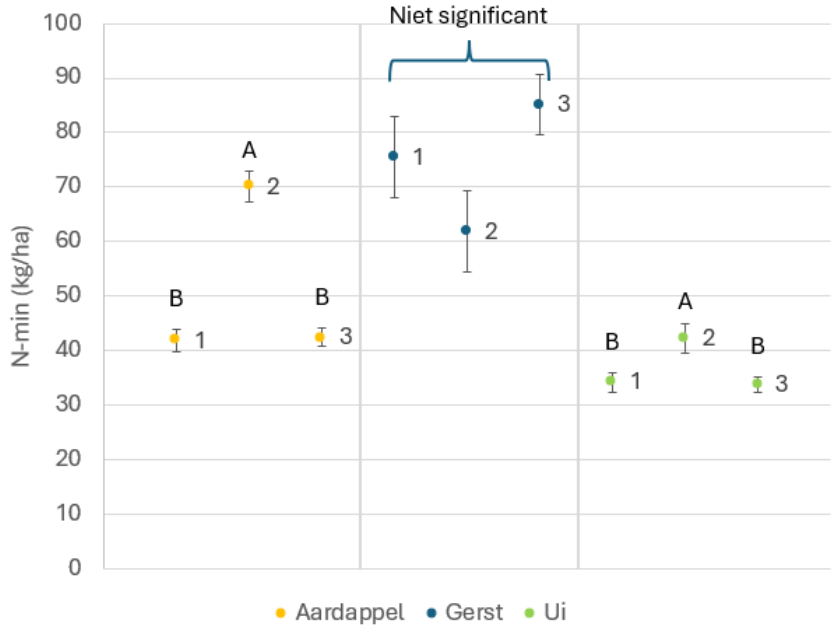
*Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de minerale stikstof in de bodem van het uienperceel*




Op het uienperceel is er weliswaar een interactie tussen inwerkmoment en toepassing van ferment ($F_{2,12}$ = 5.70, $p$ = 0.02), maar de verschillen op de minerale stikstof vallen niet binnen één van de inwerkmomenten. Toepassing van ferment heeft geen significant effect op het gehalte minerale stikstof in het aardappelperceel en gerstperceel (aardappel $F_{1,12}$ = 0.47, $p$ = 0.51; Gerst $F_{1,12}$ = 1.25, $p$ = 0.28)(Figuur 8).

**Figuur 8**

*Effect van inwerkmoment en ferment op de minerale stikstof in de bodem*




*Noot.* De minerale stikstof is de som van $NO_3^-$ en $NH_4^+$. De cijfers 1, 2 en 3 geven het inwerkmoment weer. N = 3. Verschillende letters geven significant effect weer ($p$ < 0.05).

### 4.2.3 N, P, K, CEC

In het aardappelperceel heeft het inwerkmoment zes weken na poten effect op de gehaltes stikstof totaal en fosfaat ($F_{2,12}$ = 4.29, $p$ = 0.04; $F_{2,12}$ = 5.76, $p$ = 0.02 resp.), maar niet op het gehalte kalium of de CEC-waarde ($F_{2,12}$ = 1.05, $p$ = 0.38; $F_{2,12}$ = 2.51, $p$ = 0.12 resp.). Voor zowel stikstof totaal als fosfaat zijn de gehaltes hoger bij inwerkmoment 3 ten opzichte van inwerkmoment 2 en verschillen niet van inwerkmoment 1 (alle $p < 0.05$). De P-AL gehaltes van de drie inwerkmomenten zijn 37.9 ± 1.4, 33.4 ± 2.3 en 42.9 ± 1.9 mg $P_2O_5$/100 g resp.. De gehaltes stikstof totaal zijn 1.8 ± 0.06, 1.7 ± 0.03 en 2.0 ± 0.08 g N/kg resp..

In het gerstperceel heeft het inwerkmoment zes weken na zaaien geen effect op stikstof totaal, fosfaat, kalium en de CEC-waarde ($F_{2,12}$ = 0.17, $p$ = 0.84; $F_{2,12}$ = 0.39, $p$ = 0.68; $F_{2,12}$ = 0.52, $p$ = 0.61; $F_{2,12}$ = 0.11, $p$ = 0.90 resp.).

In het uienperceel heeft het inwerkmoment zes weken na zaaien alleen effect op het gehalte stikstof totaal ($F_{2,12}$ = 6.33, $p$ = 0.013), maar niet op het gehalte fosfaat en kalium ($F_{2,12}$ = 1.11, $p$ = 0.36; $F_{2,12}$ = 3.78, $p$ = 0.05 resp.). Het gehalte stikstof totaal is hoger bij inwerkmoment 2 ten opzichte van inwerkmoment 1 en 3, welke onderling niet van elkaar verschillen (alle $p < 0.05$). De gehaltes stikstof totaal zijn 1.4 ± 0.03, 1.6 ± 0.02 en 1.4 ± 0.03 g N/kg resp.. Wel is er bij het gehalte kalium een trend te zien, waarbij het kaliumgehalte van inwerkmoment 1 lager is dan bij inwerkmoment 2 en 3. De gehaltes kalium zijn 139 ± 6, 163 ± 10 en 164 ± 4 mg K/kg resp.. Er is een interactie tussen ferment en inwerkmoment op de CEC-waarde ($F_{2,12}$ = 5.11, $p$ = 0.02), waarbij de CEC van de controle bij inwerkmoment 1 lager is dan alle andere behandelingen ($p$ = 0.04), die verder onderling niet verschillen. De CEC-waarde bij inwerkmoment 1 controle is 67 ± 3 en bij ferment 81 ± 2 $mmol^+$ /kg.

Toepassing van ferment heeft zes weken na zaaien in geen van de percelen invloed op de nutriëntengehaltes bij de verschillende inwerkmomenten (alle $p > 0.05$).

### 4.2.4 pH

Toepassing van ferment heeft in geen van de percelen effect op het pH-gehalte in bodem, op het moment van de eindmeting (aardappel $z$ = 0.04, $p$ = 0.97; gerst $z$ = 0.14, $p$ = 0.89; ui $z$ = 0.10, $p$ = 0.92).

### 4.2.5 Organische stofgehalte en-kwaliteit

In het aardappelperceel heeft het inwerkmoment effect op het percentage organische stof ($F_{2,12}$ = 4.17, $p$ = 0.04). Het organische stofpercentage van inwerkmoment 3 is hoger dan inwerkmoment 2 (4.2% ± 0.2 en 3.6% ± 0.1 resp.; $p$ = 0.04), maar verschilde niet van inwerkmoment 1 (4.0% ± 0.1). Het inwerkmoment heeft geen effect op de kwaliteit van het organisch materiaal, de gehaltes POM en MAOM verschillen niet tussen de inwerkmomenten ($F_{2,12}$ = 1.48, $p$ = 0.27 en $F_{2,10}$ = 0.86, $p$ = 0.45 resp.).

In het gerstperceel heeft het inwerkmoment geen effect op het percentage organische stof ($F_{2,12}$ = 0.24, $p$ = 0.79). Ook het inwerkmoment heeft geen effect op de kwaliteit van het organische stof, de gehaltes POM en MAOM verschillen niet tussen de inwerkmomenten ($F_{2,12}$ = 2.37, $p$ = 0.14 en $F_{2,12}$ = 2.29, $p$ = 0.14 resp.).

In het uienperceel heeft het inwerkmoment effect op het percentage organische stof ($F_{2,12}$ = 8.48, $p$ < 0.01), waarbij het gehalte van inwerkmoment 1 en 2 hoger zijn dan inwerkmoment 3 (alle $p > 0.02$), maar onderling niet verschillen (3.2% ± 0.1, 3.3% ± 0.1 en 2.9% ± 0.1 resp.). Ook het inwerkmoment heeft effect op de kwaliteit van het organische stof. Het gehalte MAOM verschilt tussen de inwerkmomenten ($F_{2,11}$ = 4.67, $p$ = 0.03), waarbij inwerkmoment 1 een hoger gehalte MAOM heeft dan inwerkmoment 3 ($p$ = 0.03), inwerkmoment 2 verschilt niet van de andere twee momenten (7.3 ± 0.3, 6.1 ± 0.3 en 6.5 ± 0.3 g MAOM/kg resp.). Het gehalte POM verschilt niet significant tussen de

inwerkmomenten, maar laat wel een trend zien ($F_{2,11}$ = 3.31, $p$ = 0.07), waarbij inwerkmoment 2 een lager gehalte POM heeft dan inwerkmoment 1 en 3.

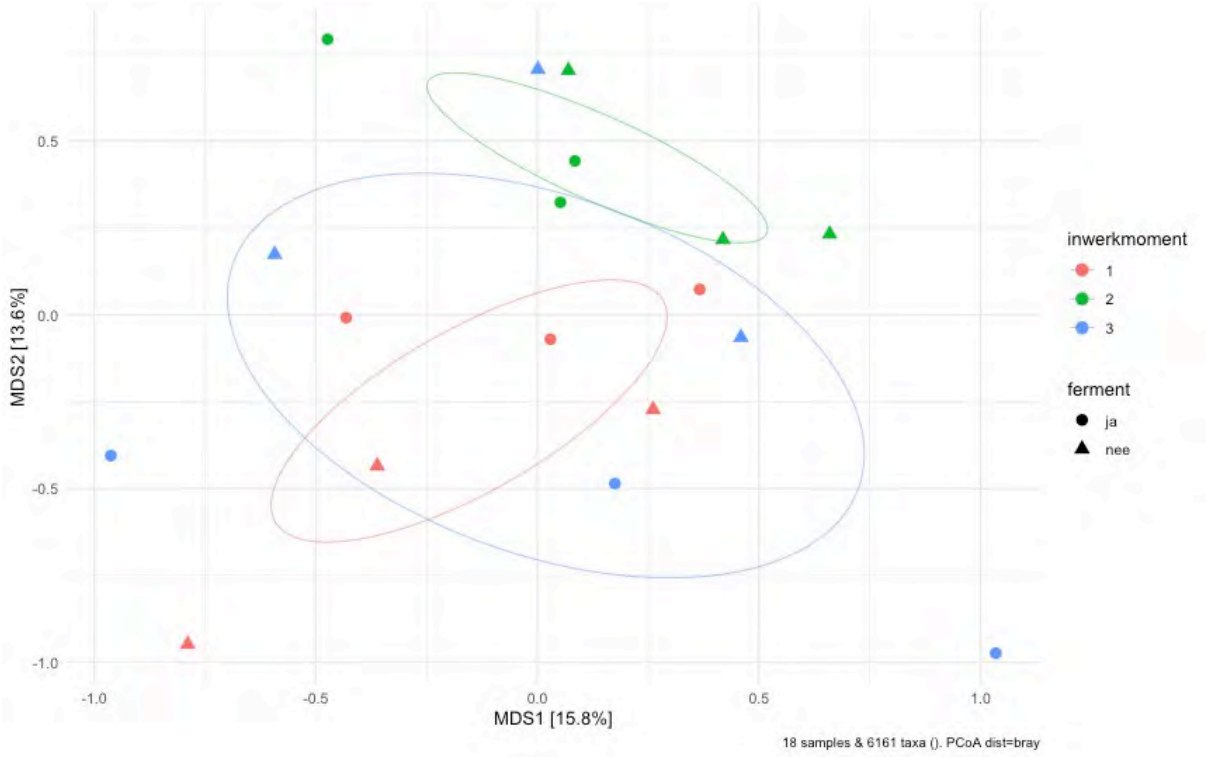
De toepassing van ferment heeft in geen van de percelen effect op het percentage organische stof (aardappel $F_{1,12}$ = 0.30, $p$ = 0.59; gerst $F_{1,12}$ = 2.51, $p$ = 0.14; ui $F_{1,12}$ = 0.01, $p$ = 0.77). Toepassing van ferment heeft ook op geen van de percelen effect op de organische stof kwaliteit (alle $p$ > 0.25). Wel is er in het aardappelperceel een trend te zien waarbij toepassing van ferment bij het eerste inwerkmoment een lager POM-gehalte heeft ten opzichte van de controle van het eerste inwerkmoment (1.04 ± 0.13 en 1.63 ± 0.23 g POM/kg resp.) ($F_{1,12}$ = 3.31, $p$ = 0.07).

### 4.2.6 Bodemmicrobioom

In het aardappelperceel hebben het inwerkmoment en de toepassing van ferment geen effect op de bacteriegemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 0.99, $p$ = 0.64 en pseudo-$F_{1,14}$ = 1.00, $p$ = 0.43 resp.) en ook niet op de schimmelgemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 1.31, $p$ = 0.09 en pseudo-$F_{1,14}$ = 0.63, $p$ = 0.94 resp.). Er is echter wel een trend te zien dat de schimmelgemeenschap van inwerkmoment 2 wat meer afwijkt van de gemeenschappen van inwerkmoment 1 en 3 (Figuur 9).

**Figuur 9**

*Effect van inwerkmoment en ferment op de schimmelgemeenschap in de bodem van het aardappelperceel*



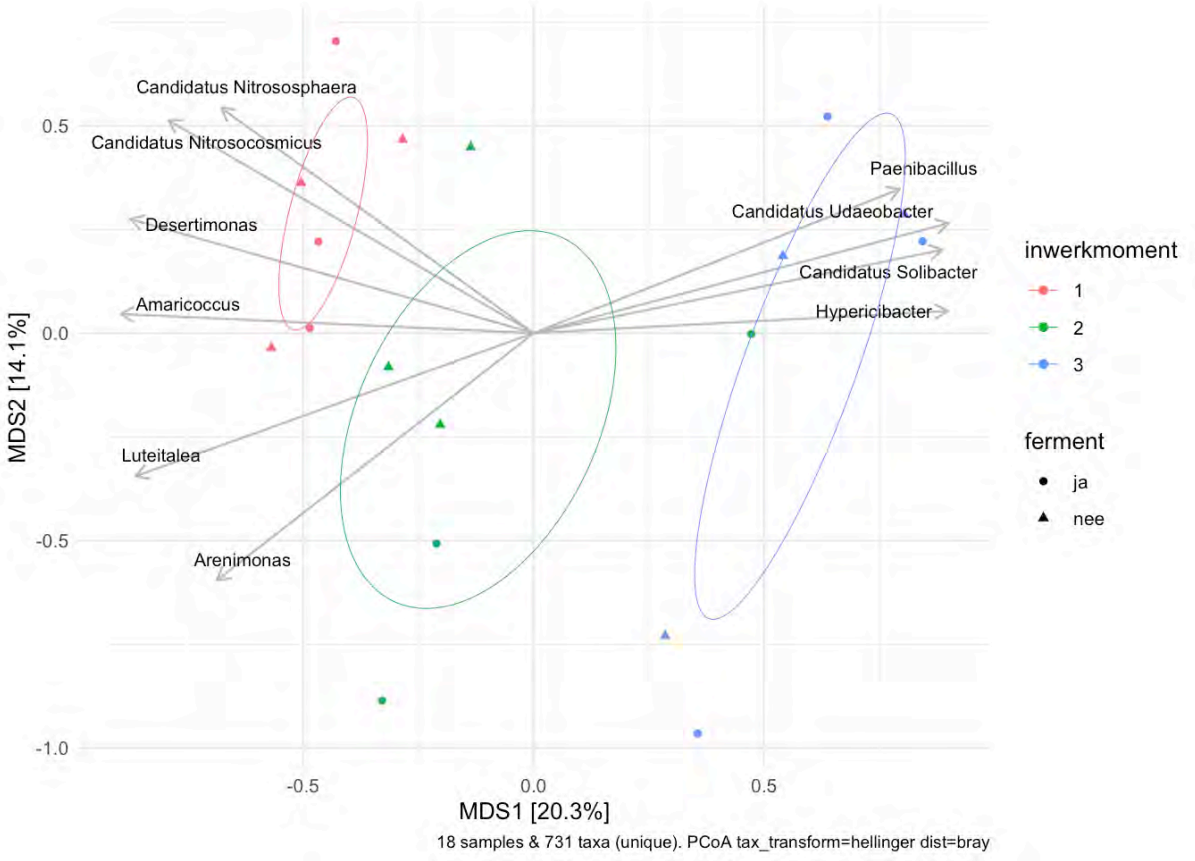

Ook in het gerstperceel hebben het inwerkmoment en de toepassing van ferment geen effect op de bacteriegemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 0.80, $p$ = 0.92 en pseudo-$F_{1,14}$ = 0.92, $p$ = 0.58 resp.) en ook niet op de schimmelgemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 1.11, $p$ = 0.28 en pseudo-$F_{1,14}$ = 0.81, $p$ = 0.72 resp.).

In het uienperceel heeft het inwerkmoment wel effect op de samenstelling van de bacteriegemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 3.61, $p$ < 0.001, Figuur 10) en op de schimmelgemeenschap (pseudo-$F_{2,14}$ = 4.27, $p$ < 0.001, Figuur 11). Toepassing van ferment heeft geen effect op de

bacteriegemeenschap of op de schimmel-gemeenschap (pseudo-$F_{1,14}$ = 1.02, $p$ = 0.37 en pseudo-$F_{1,14}$ = 0.71, $p$ = 0.73 resp.).

**Figuur 10**

*Effect van inwerkmoment en ferment op de bacteriegemeenschap in de bodem van het uienperceel*




*Noot*. De weergegeven percentages bij de assen geven aan hoeveel procent van de data verklaard wordt door die as. De pijlen en namen die staan weergegeven dragen allen significant bij aan de ordinatie ($p$ < 0.05).

In figuur 10 zijn de top tien bacteriën te zien die het meest bijdragen aan de verschillen tussen de inwerkmomenten. De functies van deze bacteriën staan beschreven in tabel 5. Alle tien de bacteriën dragen bij aan verschillende bodemprocessen, zoals de stikstof-, fosfor- en zwavelcyclus.

**Tabel 5**

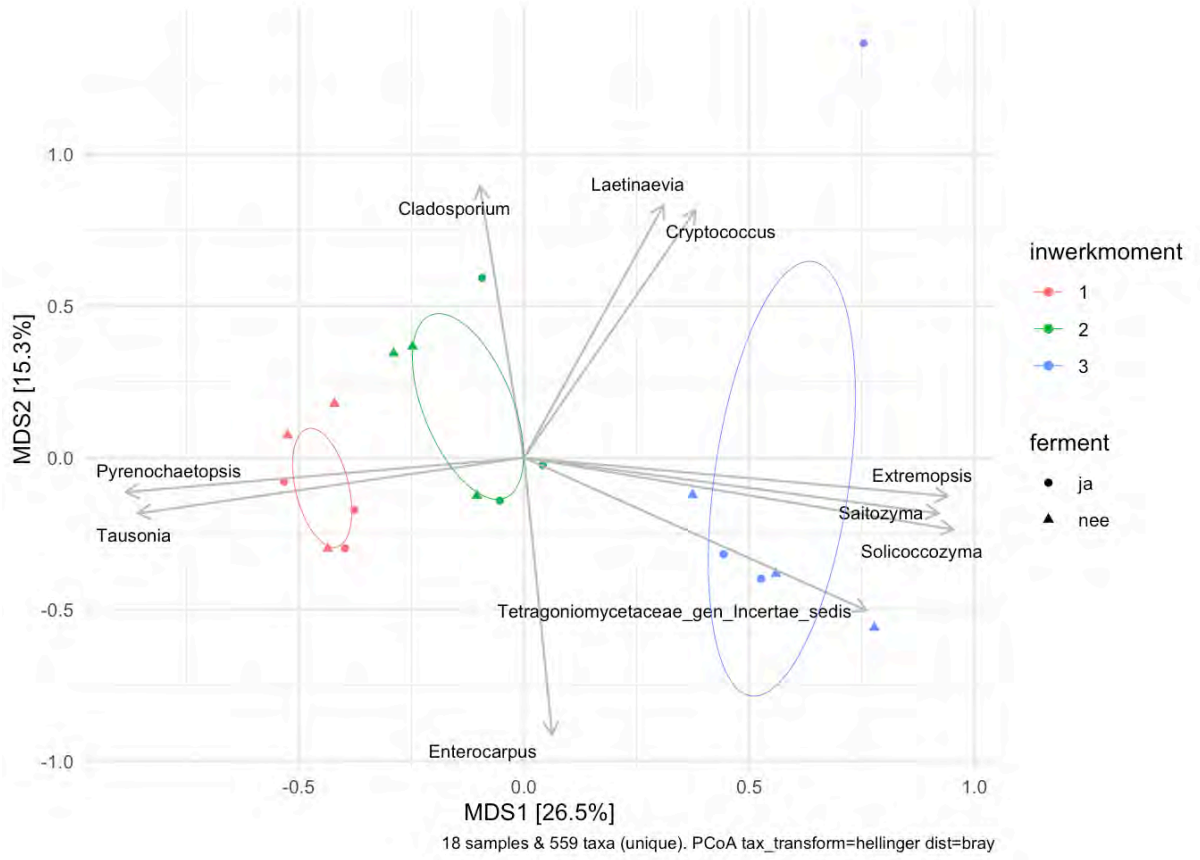
*De top 10 bacteriën en archea en hun functies die het meest bijdragen aan de verschillen in gemeenschapssamenstelling tussen de inwerkmomenten van het uienperceel*

| Geslacht | Functie |
|---|---|
| *Hypericibacter* | Rhizobacterium[1] |
| *Candidatus Solibacter* | Draagt bij aan de stikstofcyclus, nitraatreductie, nitrietreductie, organisch materiaal afbraak[2] |
| *Candidatus Udaeobacter* | Breekt organische structuren af onder invloed van zuurstof[3] |
| *Paenibacillus* | Draagt bij aan de fosfor- en stikstofcyclus, produceert hormonen, stimuleert nutriëntopname (PGPB)[4] |
| *Candidatus Nitrosophaera* | Draagt bij aan de stikstofcyclus, ammoniak oxidatie[5] |
| *Cand. Nitrosocosmicus* | Draagt bij aan de stikstofcyclus, ammoniak oxidatie[6] |
| *Desertimonas* | *Niet bekend* |
| *Amaricoccus* | Organisch materiaal afbraak[7] |
| *Luteitalea* | Draagt bij aan de stikstofcyclus, nitraatreductie, nitrietreductie, organisch materiaal afbraak[8] |
| *Arenimonas* | Draagt bij aan de stikstofcyclus, nitraatreductie, ureolysis[7] |

*Noot.* De cijfers refereren naar de volgende bronnen: 1 (Noviana et al., 2020b); 2 (Ward et al., 2009); 3 (Brewer et al., 2016) | 4 (Tariq et al., 2025)| 5 (Zhalnina et al., 2014); 6 (Nicol et al., 2019); 7 (Louca et al., 2016); 8 (Kuramae & De Assis Costa, 2019)

**Figuur 11**

*Effect van inwerkmoment en ferment op de schimmelgemeenschap in de bodem van het uienperceel*




*Noot*. De weergegeven percentages bij de assen geven aan hoeveel procent van de data verklaard wordt door die as. De pijlen en namen die staan weergegeven dragen allen significant bij aan de ordinatie ($p < 0.05$).

In figuur 11 zijn de top tien schimmels te zien die het meest bijdragen aan de verschillen in gemeenschapssamenstelling tussen de verschillende inwerkmomenten. De functies van deze schimmels zijn uitgewerkt in tabel 6. Van de tien schimmels zijn twee schimmelgeslachten onbekend. Er zijn zeven schimmelgeslachten welke positief bijdragen aan bodemprocessen en plantengroei door het afbreken van plantaardig-, organisch- en dierlijk materiaal wat in de voedselkringloop terecht komt. Er is één schimmelgeslacht, *Cladosporium*, welke enkele soorten bevat die zich kunnen gedragen als plantpathogeen. Een voorbeeld hiervan is *C. alli-cepea,* welke specifiek uien kan infecteren (Bayer Crop Science, 2024).

**Tabel 6**

*De 10 schimmels en hun functies die het meest bijdragen aan de verschillen in gemeenschapssamenstelling tussen de inwerkmomenten van het uienperceel (Põlme et al., 2020).*

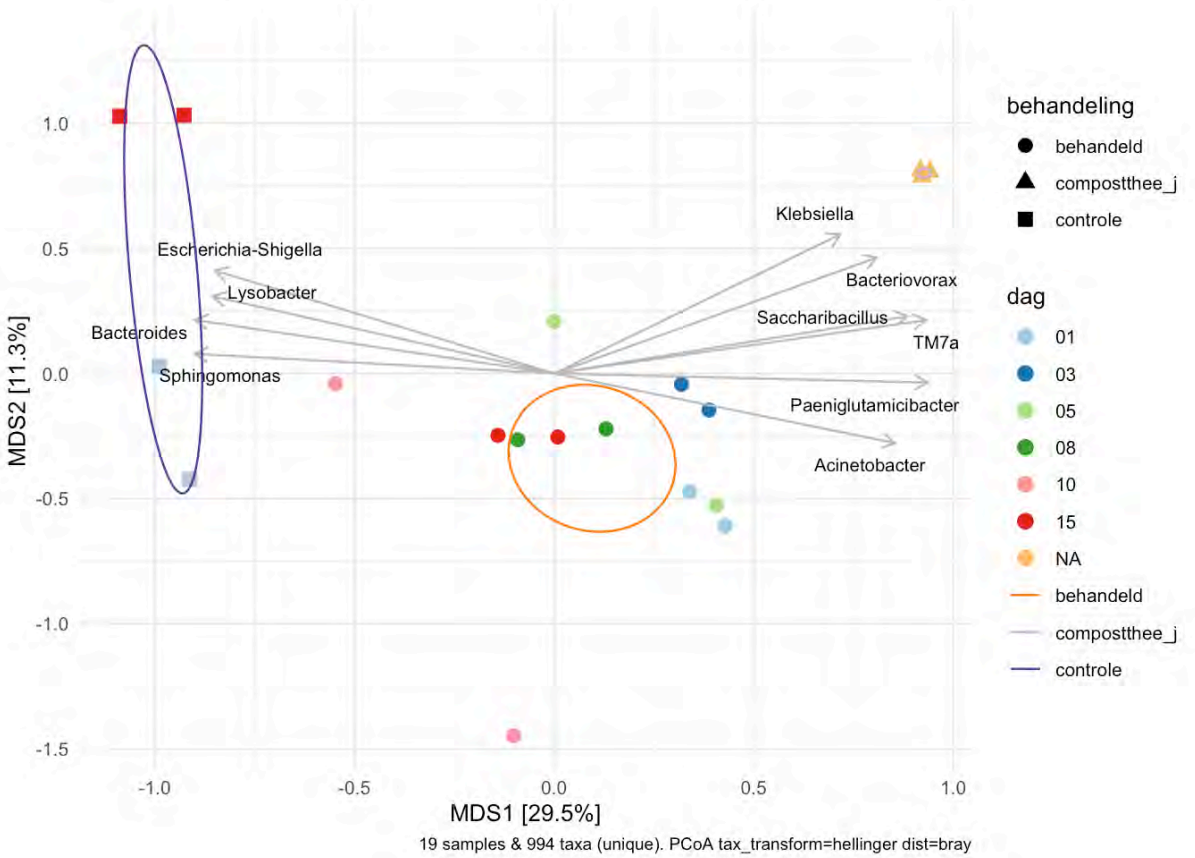
| Geslacht | Hoofdtaken | Secundaire taken | Pathogeen eigenschappen | Substraat (voedsel) | Groeivorm |
|---|---|---|---|---|---|
| *Solicoccozyma* | Bodemsaprotroof | Epifyt | Nee (*niet bekend)* | Bodemdeeltjes | Gist |
| *Extremopsis* | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Nee (*niet bekend)* | *Niet bekend* | *Niet bekend* |
| *Saitozyma* | Bodemsaprotroof | *Niet bekend* | Nee (*niet bekend)* | Bodemdeeltjes | Gist |
| *Enterocarpus* | Mestsaprotroof | Dierlijke resten opruimen | Nee (*niet bekend)* | Mest en dierlijk materiaal | Draadvormig mycelium |
| *Tetragoniomycetaceae* | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Nee (*niet bekend)* | *niet bekend* | *niet bekend* |
| *Cryptococcus* | Saprotroof (ongespecificeerd) | Bladendofyt | Nee (*niet bekend)* | Algemeen organisch materiaal | Gist |
| *Cladosporium* | Grof organisch materiaal saprotroof | Plant-pathogeen | blad/vrucht/zaad pathogeen | Algemeen organisch materiaal | Draadvormig mycelium |
| *Pyrenochaetopsis* | Bladendofyt | Grof organisch materiaal saprotroof | Nee (*niet bekend)* | Blad/vrucht/zaad van planten | Draadvormig mycelium |
| *Laetinaevia* | Grof organisch materiaal saprotroof | *Niet bekend* | Nee (*niet bekend)* | Blad/vrucht/zaad van planten | Draadvormig mycelium |
| *Tausonia* | Bodemsaprotroof | *Niet bekend* | Nee (*niet bekend)* | Gronddeeltjes | Gist |

### 4.2.7 Effect van compostthee op het plantmicrobioom (kasproef)

De haver- en gerstbladeren die eenmalig behandeld zijn met compostthee hebben een andere bacteriesamenstelling (pseudo-$F_{2,14}$ = 5.88, $p$ < 0.001, Figuur 12) en schimmelsamenstelling (pseudo-$F_{2,14}$ = 2.16, $p$ = 0.02, Figuur 13) dan de planten die niet zijn behandeld (controle) en de compostthee zelf. Zowel de bacterie- als de schimmelgemeenschap veranderd niet over de tijd heen (pseudo-$F_{2,14}$ = 1.58, $p$ = 0.05, pseudo-$F_{2,14}$ = 1.40, $p$ = 0.08 respectievelijk). Wel lijkt er in beide microbiële gemeenschappen een trend te zijn waarbij met verloop van tijd de microbiële gemeenschap sterker gaat lijken op die van de onbehandelde planten.

**Figuur 12**

*Effect van compostthee op de bacteriegemeenschap van haver- en gerstbladeren in een tijdsverloop van 15 dagen.*




*Noot*. De weergegeven percentages bij de assen geven aan hoeveel procent van de data verklaard wordt door die as. De pijlen en namen die staan weergegeven dragen allen significant bij aan de ordinatie ($p$ < 0.05).

In figuur 12 zijn de top tien bacteriën te zien die het meest bijdragen aan de verschillen tussen de behandelingen. De functies van deze bacteriën zijn uitgewerkt in tabel 7. Van de tien bacteriën zijn drie onbekend, de overige zeven dragen bij aan meerdere bodemprocessen zoals de stikstof cyclus, de zwavel cyclus of organische stof afbraak. Het geslacht *Sphingomonas* bevat enkele soorten die ook als plant pathogeen kunnen optreden, dit is echter niet vast te stellen in deze data.

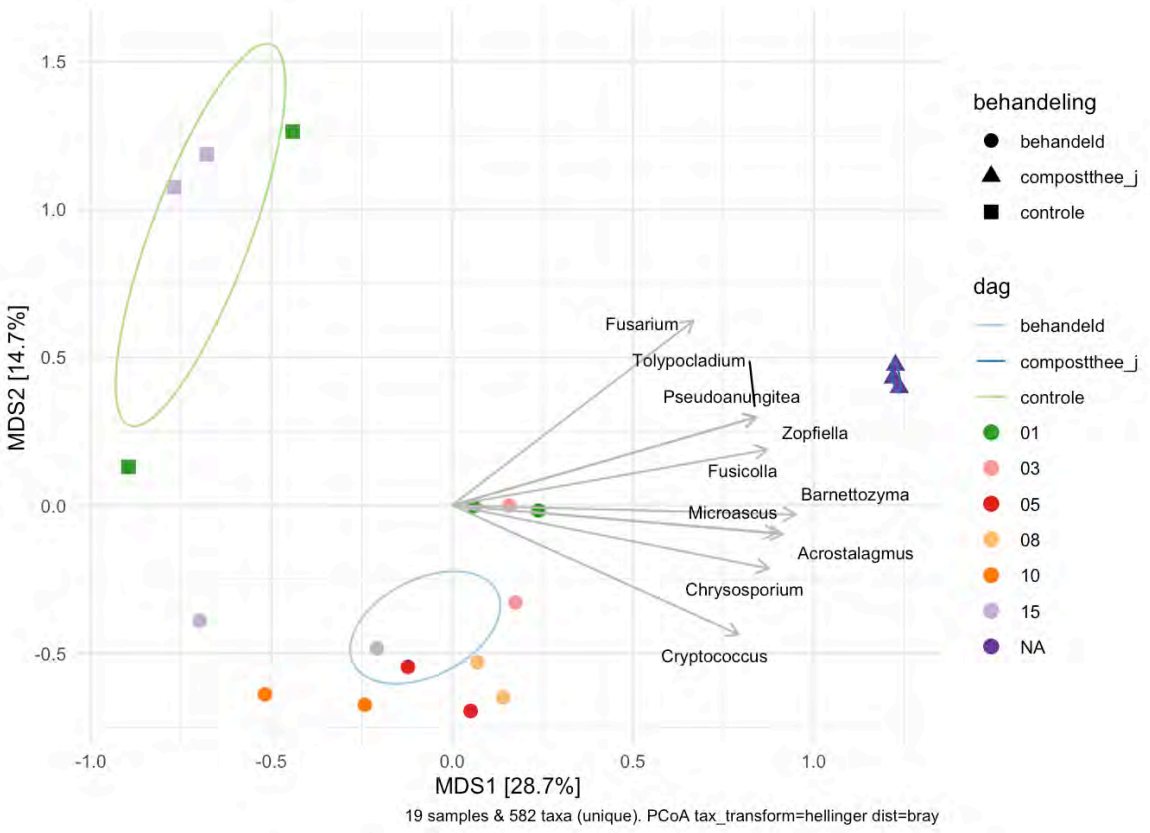
**Tabel 7**

*De top 10 bacteriën en hun functies die het meest bijdragen aan de gemeenschapssamenstelling van de verschillende behandelingen in de composttheeproef (Louca et al., 2016).*

| Geslacht | Functie | Plantpathogeen |
|---|---|---|
| *Klebsiella* | Nitraat-ammonificatie, thiosulfaat oxidatie, ligninolyse, plastic degradatie, ijzer respiratie, complexe koolstofafbraak | Nee (*niet bekend*) |
| *Bacteriovorax* | Nitraatreductie | Nee (*niet bekend*) |
| *Saccharibacillus* | *Niet bekend* | *Niet bekend* |
| *TM7a* | *Niet bekend* | *Niet bekend* |
| *Paeniglutamicibacter* | *Niet bekend* | *Niet bekend* |
| *Acinetobacter* | Zwaveloxidatie, mangaan oxidatie, complexe koolstofafbraak, nitraatreductie, plastic degradatie | Nee (*niet bekend*) |
| *Escheria Shigella* | Nitraatreductie | Nee (*niet bekend*) |
| *Lysobacter* | Ureolyse, chitinolyse | Nee *(niet bekend)* |
| *Bacteroides* | Cellulolyse, xylanolyse, zwavel oxidatie, ureolyse | Nee (*niet bekend*) |
| *Sphingomonas* | Stikstof fixatie, ligninolyse, complexe koolstof- en aromatische verbindingen afbraak, plastic afbraak | Ja |

**Figuur 13**

*Effect van compostthee op de schimmelgemeenschap van haver en gerstplanten in een tijdsverloop van 15 dagen.*




*Noot*. De weergegeven percentages bij de assen geven aan hoeveel procent van de data verklaard wordt door die as. De pijlen en namen die staan weergegeven dragen allen significant bij aan de ordinatie ($p < 0.05$).

In figuur 13 zijn de top tien schimmels te zien die het meest bijdragen aan de verschillen tussen de behandelingen. De functies van deze schimmels zijn uitgewerkt in tabel 8. Van de tien schimmels kunnen zes schimmels direct bijdragen aan de bodemprocessen en plantengroei door het afbreken van plantaardig en organisch materiaal. Twee schimmels, *Fusicolla* en *Barnettozyma* dragen indirect bij aan het bodemecosysteem door het afbreken van schimmelresten en suiker exudaten. *Fusarium* en *Microascus* zijn twee schimmelgeslachten die afhankelijk van de soort zich kunnen gedragen als plant pathogeen of juist als plant groei bevorderend.

**Tabel 8**

*De 10 schimmels en hun functies die het meest bijdragen aan de gemeenschapssamenstelling van de verschillende behandelingen in de compostthee proef (Põlme et al., 2020)*

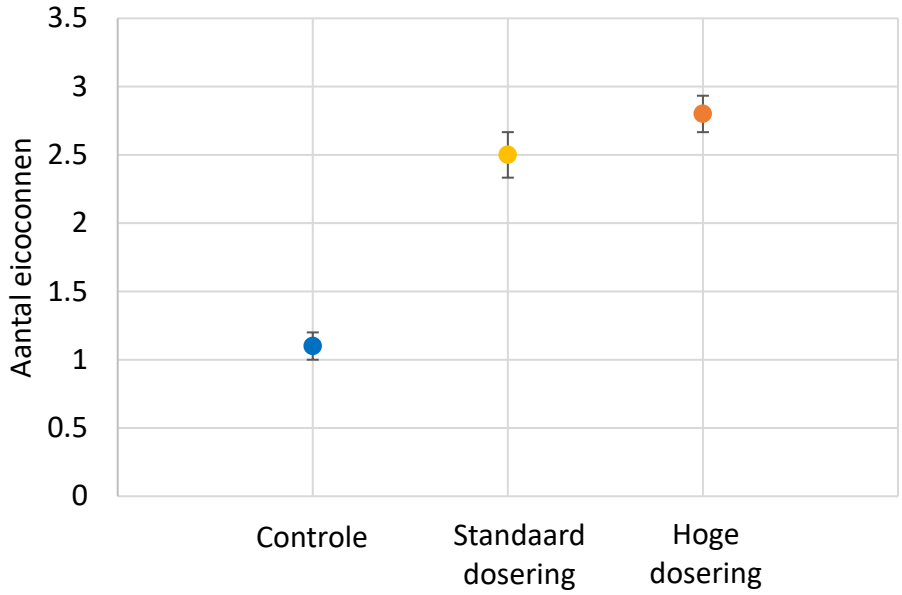
| Geslacht | Hoofdtaken | Secundaire taken | Pathogeen eigenschappen | Substraat (voedsel) | Groeivorm | Bijzonderheden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Fusarium* | Plantpathogeen | Grof organisch materiaal saprotroof | Blad/vrucht/zaad pathogeen | Blad/vrucht/zaad/wortels/bodemdeeltjes en dierlijk materiaal | Draadvormig mycelium | Multivariabele schimmel, afhankelijk van de soort kan deze positief of negatief zijn. Opportunistische humane parasiet. |
| *Tolypocladium* | Dierlijke parasiet | Blad endofyt | *Niet bekend* | Dierlijk materiaal | Draadvormig mycelium | Produceert toxines |
| *Pseudoanungitea* | Houtsaprotroof | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Hout | Draadvormig mycelium | |
| *Zopfiella* | Mestsaprotroof | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Mest | Draadvormig mycelium | |
| *Fusicolla* | Mycoparasiet | Schimmelresten afbreken | *Niet bekend* | Schimmels | Draadvormig mycelium | |
| *Barnettozyma* | Suiker exudaten saprotroof | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Suikerrijk plantaardig materiaal | Gist | Opportunistische humane parasiet |
| *Microascus* | Bodemsaprotroof | Grof organisch materiaal saprotroof | Blad/vrucht/zaad pathogeen | Blad/vrucht/zaad en bodemdeeltjes | Draadvormig mycelium | Opportunistische humane parasiet |
| *Acrostalagmus* | Bladendofyt | Grof organisch materiaal saprotroof | *Niet bekend* | Blad/vrucht/zaad | Draadvormig mycelium | |
| *Chrysosporium* | Houtsaprotroof | *Niet bekend* | *Niet bekend* | Hout | Draadvormig mycelium | |
| *Cryptococcus* | Saprotroof (ongespecificeerd | Blad endofyt | *Niet bekend* | Blad/vrucht/zaad, bodemdeeltjes, mest en dierlijk materiaal | Gist | Multivariabele schimmel, bevind zich bij dieren, opportunistische humane parasiet. |

### 4.2.8 Effect van ferment op regenwormen

De standaard of dubbele dosering van ferment heeft geen effect op het aantal regenwormen, ten opzichte van de controle ($F_{2,27}$ = 1.27, $p$ = 0.30, Figuur 14). De gemiddelde aantallen regenwormen in de controle, standaard en dubbele dosering zijn 4.4 ± 0.3, 3.8 ± 0.3 en 4.2 ± 0.3 resp.. Toepassing van ferment heeft echter wel effect op het aantal ei-cocons ($F_{2,27}$ = 44.5, $p$ < 0.001). Zowel bij de standaarddosering als de hoge dosering zijn er meer ei-cocons aanwezig ten opzichte van de controle (2.5 ± 0.2, 2.8 ± 0.1 en 1.1 ± 0.1 resp.). Toepassing van ferment had geen effect op de afbraak van de groenbemester ($F_{2,27}$ = 0.52, $p$ = 0.60). De gemiddelde hoeveelheid afgebroken groenbemester van de controle, standaard en dubbele dosering zijn 16.8 ± 0.4, 17.2 ± 0.6 en 17.5 ± 0.4 gram resp.. Hoewel het geen significante effecten zijn, is wel een trend zichtbaar dat bij toepassing van ferment en met name de hoge dosering er iets meer groenbemester is afgebroken ten opzichte van de controle.

**Figuur 14**

*Effect van ferment op het aantal ei-cocons*




*Noot.* De foutbalk geeft de SE weer, N = 10. Controle = water, standaard dosering = 30 liter/ha ferment, hoge dosering = 60 liter/ha ferment.

# 5 Discussie

## 5.1 Inwerkmoment in relatie tot gewaskenmerken

Tijdens het onderzoek is er gekeken naar de invloed van inwerkmoment van groenbemesters en het gebruik van ferment op verschillende bodemparameters en gewaskenmerken. Uit de resultaten blijkt dat het inwerkmoment inderdaad gevolgen heeft voor de gewasgroei en dat de drie gewassen verschillend reageren op de inwerkmomenten. Bij zowel aardappel als gerst zijn hogere NDVI-waarden waargenomen wanneer de groenbemesters kort voor het poten en zaaien ingewerkt werd. De hogere NDVI-waarden duiden erop dat de gewassen meer rood licht absorberen voor fotosynthese en of dat deze gewasstroken een hogere bedekkingsgraad hebben. Dat deze gewassen bij laat inwerken beter gedijen dan bij vroeg inwerken kan duiden op een gunstigere nutriëntenbeschikbaarheid, bodemstructuur of microbioom.

Bij zaaiui hebben de verschillende inwerkmomenten geen significant effect op de NDVI-waarde van de stroken. De resultaten laten echter wel een trend zien dat na de winter inwerken lagere NDVI-waarden oplevert. Deze trend komt overeen met eerdere observaties van akkerbouwers dat laat inwerken groeiremming kan geven in ui (Sander Bernaerts, persoonlijke communicatie). Wat opvalt is dat de spreiding tussen de herhalingen relatief groot is, wat waarschijnlijk komt door de open structuur van het gewas. De open structuur maakt ook dat de aanwezigheid van onkruiden een relatief groot effect hebben op de NDVI-waarden ten opzichte van een gesloten gewas.

Dat het inwerkmoment van de groenbemesters effect heeft op de gewaskenmerken is ook terug te zien in de gewasinhoudsstoffen van aardappelknollen en uienblad, van gerst zijn hier geen meetgegevens van. De sporenelementen silicium, ijzer en molybdeen zijn hoger in aardappelknollen van het laatste inwerkmoment, ten opzichte van de knollen waarvan de stroken groenbemester vier weken eerder of voor de winter zijn ondergewerkt. De gevonden verschillen zijn echter relatief klein en de gehaltes ijzer en molybdeen ook relatief laag (Pandey et al. 2023; Sing et al. 2022, NovaCropControl), het is dan ook onwaarschijnlijk dat deze verschillen effect hebben op gewasopbrengst. De toename van het siliciumgehalte is wezenlijker en zou een verhoogd positief effect op de weerbaarheid kunnen hebben. De inhoudsstoffen van de bladeren van zaaiui worden ook beïnvloedt door de inwerkmomenten. De bladeren van de uien in de stroken die vier dagen voor het zaaien zijn ondergewerkt bevatten overwegend hogere concentraties ammonium, nitraat, natrium en chloride en gemiddeld genomen lagere concentraties aan sporenelementen dan de stroken die twee weken eerder of voor de winter zijn ingewerkt. Ammonium en nitraat zijn direct gelinkt aan de stikstofmineraliatie. Ook zijn uienwortels erg gevoelig voor zoutschade en met name in het laatste inwerkmoment zijn de gehaltes ammonium, natrium en chloride bovengemiddeld hoog, wat mogelijk een negatief effect heeft op de gewasgroei.

Fotosynthese limiterende nutriënten als stikstof, fosfaat, ijzer en magnesium zijn waarschijnlijk in voldoende mate aanwezig geweest bij aardappel en gerst. Bij zaaiui lijkt stikstof geen beperkende factor geweest te zijn, maar de gehaltes fosfaat, ijzer en magnesium waren in jong en oud uienblad beduidend hoger in uien van het eerste inwerkmoment, ten opzichte van de andere twee inwerkmomenten. Een gebrek aan ijzer of magnesium bij de twee laatste inwerkmomenten lijkt onwaarschijnlijk. Het immobiele ijzer is per inwerkmoment in jong en oud blad vergelijkbaar en het mobiele magnesium is in jong blad lager dan in oud blad. Bij een gebrek kunnen mobiele elementen van oud blad naar jong blad verplaatsen en dat lijkt niet het geval te zijn geweest bij magnesium. Het mobiele fosfaat daarentegen is hoger in het jonge blad dan in het oude blad, wat mogelijk wijst op een fosfaatgebrek. Uit de bodemanalyse blijkt dat het gehalte fosfaat bodemvoorraad niet verschilt tussen de inwerkmomenten en met een P-Al getal van 39 een goede bodemvoorraad betreft (Bodemgericht

Advies op Basis van P-Al - Handboek Bodem en Bemesting, 2026), maar mogelijk dat het gehalte plant beschikbaar fosfaat wel varieerde tussen de inwerkmomenten.

Ook toepassing van ferment heeft gevolgen voor gewaskenmerken. Hoewel niet significant lijkt er een trend te zijn dat toepassing van ferment samenhangt met een iets hogere NDVI-waarden van de gewassen. Wel significant zijn de effecten van ferment op een aantal inhoudsstoffen van de gewassen. In dit onderzoek had toepassing van ferment geen effect op het afbraakpercentage van groenbemesters of de mineralisatie. Het is dan ook niet aannemelijk dat het effect van ferment op de inhoudsstoffen een direct gevolg is van een verhoogde nutriëntenaanvoer uit de groenbemesters. De micro-organismen in het ferment dienen mogelijk als biostimulant en kunnen via hun plantengroeibevorderende eigenschappen bijdragen aan nutriëntenopname en gewasgroei (Ncube, 2024).

## 5.2 Inwerkmoment en ferment in relatie tot afbraak groenbemesters

De resultaten laten zien dat het afbraakpercentage van de groenbemester sterk samenhangt met het inwerkmoment. De groenbemester van het eerste inwerkmoment heeft logischerwijs het langst in de bodem gezeten en heeft daarmee de meeste tijd gehad om af te breken. Behalve tijdsduur kunnen ook bodemtemperatuur en bodemvocht de afbraak van groenbemester beïnvloeden (Thapa et al., 2021). Uit onze metingen blijkt dat bodemtemperatuur en -vocht varieerden tussen de inwerkmomenten. Toch heeft dit waarschijnlijk weinig invloed gehad op het afbraakpercentage, want de afbraaksnelheid nam ongeacht het inwerkmoment in de eerste vier weken het meest toe. De toepassing van ferment voorafgaand aan het inwerken van de groenbemester had geen significant effect op het afbraakpercentage ten opzichte van onbehandelde stroken. Maar op het gerst- en uienperceel is er wel een trend bij de afbraak van groene thee, waar de afbraak van de met ferment behandelde groenbemester iets hoger ligt dan bij de controle. Het gaat in beide percelen om ongeveer 3% meer afbraak ten opzichte van de controle, dit is een relatief klein verschil.

## 5.3 Invloed van nutriënten

De afbraak van groenbemesters wordt onder andere bepaald door de kwaliteit van het organische materiaal, zoals de C:N verhouding en ligninegehalte. Materiaal met een lage C:N verhouding wordt doorgaans sneller afgebroken en leidt eerder tot stikstofmineralisatie, terwijl een hoge C:N verhouding juist tijdelijke stikstofimmobilisatie kan veroorzaken. Ook de hoeveelheid biomassa speelt hierbij een rol. In dit onderzoek is de C:N verhouding van de groenbemesters niet bepaald, maar varieerden de hoeveelheid biomassa en het drogestofgehalte sterk tussen percelen en inwerkmomenten. De afbraak vertoonde tussen percelen en inwerkmomenten een vergelijkbaar patroon, ondanks verschillen in hoeveelheid en vermoedelijk samenstelling van de groenbemester. Mogelijk bestond een groot deel van het materiaal uit relatief jonge, gemakkelijk afbreekbare plantendelen. De afbraak van de groenbemester volgde bovendien een vergelijkbaar patroon als die van de groene thee uit de Tea Bag Index, terwijl de groenbemester doorgaans een hoger afbraakpercentage had. Dit wijst erop dat de groenbemester in de onderzochte periode relatief gemakkelijk afbreekbaar was.

Naast de eigenschappen van de groenbemester zijn bodemtemperatuur en -vochtigheid belangrijke factoren voor microbiële afbraak en stikstofmineralisatie. In dit onderzoek nam de hoeveelheid minerale stikstof rond het zaaien en poten toe, wat samenviel met een stijging van de bodemtemperatuur. Dit suggereert dat temperatuur een belangrijke factor was bij de toenemende afbraak en stikstofmineralisatie. Een vroeg inwerkmoment leidde echter niet tot een hogere nitraatbeschikbaarheid op het moment dat het volggewas stikstof nodig had. In het aardappel- en uienperceel was de nitraatbeschikbaarheid na vroeg inwerken zelfs lager dan na het latere inwerkmoment. Mogelijk is een deel van de eerder vrijgekomen stikstof gedurende de winter verloren

gegaan, bijvoorbeeld door uitspoeling. Een langere periode voor afbraak betekent daarom niet automatisch dat meer stikstof beschikbaar is voor het volggewas. De timing van mineralisatie ten opzichte van de nutriëntenbehoefte van het gewas is hierbij van belang.

Het totale stikstofgehalte in het aardappelperceel varieerde van 1,7 tot 2,0 g N $kg^{-1}$ bodem, een verschil van ongeveer 18%. Hoewel dit statistisch significant was, vertegenwoordigt totaal-N voornamelijk stikstof die in organische stof is opgeslagen en is dit niet gelijk aan de hoeveelheid stikstof die direct beschikbaar is voor het gewas. Het verschil kan daarom niet rechtstreeks worden vertaald naar een verschil in stikstofopname of opbrengst. Bovendien kan een deel van de variatie in totaal-N samenhangen met ruimtelijke variatie in organische stof en de bodemmonsters zelf. De gemeten verschillen moeten daarom voorzichtig worden geïnterpreteerd als behandelingseffect. Bij ui was het effect van het inwerkmoment op totaal-N eveneens significant. Het gehalte bedroeg 1,4, 1,6 en 1,4 g N $kg^{-1}$ bodem, waarbij het middelste inwerkmoment ongeveer 14% hoger lag dan beide andere momenten. De stikstofbemestingsrichtlijn voor zaaiui bedraagt ongeveer 175 kg N $ha^{-1}$, verdeeld over meerdere giften. Hoewel een verschil in bodem-N dus potentieel relevant kan zijn, is op basis van totaal-N alleen niet vast te stellen of dit verschil groot genoeg was om de gewasgroei wezenlijk te beïnvloeden. De afwezigheid van een overeenkomstig patroon in de NDVI-metingen ondersteunt bovendien dat de verschillen in totaal-N niet de enige bepalende factor voor de gewasgroei waren.

In het aardappelperceel varieerde het totale fosfaatgehalte tussen de inwerkmomenten van 33,4 tot 42,9 mg $P_2O_5$ per 100 g bodem, een verschil van ongeveer 28%. Ondanks dit relatief grote procentuele verschil vallen alle waarden binnen de klasse ‘goed’ volgens het Handboek Bodem en Bemesting. Hierdoor is het niet waarschijnlijk dat dit verschil op zichzelf tot een groot verschil in fosfaatvoorziening of gewasgroei heeft geleid. Wel kan fosfaat uit de groenbemester tijdens de afbraak beschikbaar komen. De mate waarin dit bijdraagt aan de P-voorziening van het volggewas hangt onder andere af van de hoeveelheid en P-concentratie van het residu, de snelheid van mineralisatie en de vastlegging van vrijgekomen fosfaat in de bodem. Op basis van de huidige metingen kan niet worden vastgesteld welk deel van het gemeten P-verschil daadwerkelijk afkomstig is van de afbraak van de groenbemester.

Voor kalium was in het uienperceel geen statistisch significant verschil tussen de inwerkmomenten, hoewel een trend zichtbaar was waarbij het kaliumgehalte bij het eerste inwerkmoment lager was dan bij de latere momenten. De waarden bedroegen respectievelijk 139, 163 en 164 mg K $kg^{-1}$ bodem. Het verschil tussen de laagste en hoogste waarde bedraagt daarmee ongeveer 18%. Kalium kan relatief snel uit vers plantenmateriaal vrijkomen, omdat een groot deel van het K niet in structurele organische verbindingen is ingebouwd. Onderzoek naar gewasresten laat inderdaad zien dat K doorgaans sneller vrijkomt dan P tijdens de afbraak. Het waargenomen verschil zou daarom in principe kunnen passen bij het vrijkomen van K uit de groenbemester. Omdat het verschil echter niet statistisch significant was, kan dit op basis van dit onderzoek niet als een duidelijk behandelingseffect worden beschouwd.

## 5.4 Invloed van bodemstructuur

De nog niet volledig afgebroken groenbemester kan behalve via nutriënten ook via de fysieke bodemgesteldheid invloed hebben op de gewasgroei. De aanwezigheid van relatief grof organisch materiaal kan de verdeling van poriën, vocht en lucht in het zaaibed beïnvloeden. De bodemstructuur bepaalt onder andere de water- en gasuitwisseling, temperatuur, mechanische weerstand en het contact tussen zaad en bodem. Daarmee heeft de bodemstructuur directe invloed op de kieming en vestiging van gewassen.

In dit onderzoek lijkt dit mogelijk relevant voor de verschillen tussen ui, gerst en aardappel. Ui is, in tegenstelling tot gerst, een fijnzadig gewas waarvoor een gelijkmatig en fijn zaaibed extra belangrijk is voor een goede en uniforme vestiging. Fijnzadige gewassen hebben weinig reserves en moeten na

kieming direct goed contact maken met de bodem. Wanneer nog niet volledig verteerde gewasresten aanwezig zijn, kan dit een ongelijkmatiger zaaibed veroorzaken. Vooral bij aardappel kan een relatief losse bodemstructuur juist gunstig zijn voor de ontwikkeling van knollen. De grote hoeveelheid groenbemester op het aardappelperceel lijkt dit beeld te ondersteunen. Ondanks de veel grotere hoeveelheid ingewerkte biomassa werden hier geen duidelijke problemen met de gewasgroei waargenomen. Het is daarom aannemelijk dat dezelfde hoeveelheid organisch materiaal afhankelijk van het gewas verschillende gevolgen kan hebben. Dit betekent dat het optimale inwerkmoment niet uitsluitend vanuit de afbraaksnelheid van de groenbemester moet worden bepaald, maar ook vanuit de eisen die het volggewas stelt aan de bodemstructuur en de wijze van vestiging.

## 5.5 Invloed van het bodemmicrobioom

Naast fysische en chemische processen kan het bodemmicrobioom een belangrijke schakel vormen tussen de afbraak van groenbemesters en de groei van het volggewas. Micro-organismen zijn verantwoordelijk voor een groot deel van de afbraak van organisch materiaal en spelen daarmee een centrale rol in de mineralisatie en immobilisatie van nutriënten. De hoeveelheid en kwaliteit van organisch materiaal kunnen daardoor de samenstelling en activiteit van de microbiële gemeenschap beïnvloeden. In het huidige onderzoek werd de samenstelling van de bacterie- en schimmelgemeenschap alleen in het uienperceel duidelijk beïnvloed door het inwerkmoment. Dit effect werd niet op dezelfde manier waargenomen in het aardappel- en gerstperceel. Op basis van de gemeten massa en het drogestofgehalte van de groenbemesters is geen duidelijke verklaring voor dit verschil gevonden.

Een mogelijke verklaring ligt in de interactie tussen het gewas en het bodemmicrobioom. Wortels scheiden verschillende organische verbindingen uit die als voedingsbron en signaalstof voor micro-organismen kunnen functioneren; wortelexudaten. Hierdoor kan het gewas zelf de samenstelling van de rhizosfeergemeenschap sterk beïnvloeden. De samenstelling van wortelexudaten is bovendien afhankelijk van de plantensoort, ontwikkelingsfase en omgevingsomstandigheden. De verschillen tussen de gewassen kunnen daarom mogelijk hebben bijgedragen aan de verschillen in microbiële respons op het inwerkmoment. Daarnaast kan de bemonsterde bodem bij ui relatief weinig rhizosfeergrond hebben bevat doordat het gewas een opener gewasstructuur en een andere wortelverdeling heeft dan gerst en aardappel. Hierdoor kunnen verschillen tussen de percelen deels het gevolg zijn van verschillen in de bijdrage van het gewas zelf aan het gemeten bodemmicrobioom, en niet alleen van verschillen in de afbraak van de groenbemester.

In de microbiële analyses werden bovendien verschillende bacteriële geslachten geassocieerd met het uiengewas die betrokken kunnen zijn bij afbraak en stikstofomzetting, waaronder *Candidatus Solibacter*, *Luteitalea* en verschillende nitrificerende bacteriën. Ook werden schimmelgeslachten gevonden die organisch materiaal kunnen afbreken. Deze associaties laten zien dat de microbiële gemeenschap potentieel betrokken is bij de omzetting van de groenbemester, maar bewijzen niet dat deze micro-organismen daadwerkelijk verantwoordelijk waren voor de verschillen in gewasgroei. Met microbiële samenstellingsdata alleen kan namelijk niet rechtstreeks worden vastgesteld welke processen in de bodem daadwerkelijk sneller of langzamer verliepen. De associatie van *Cladosporium allii-cepae* met één van de inwerkmomenten in het uienperceel moet eveneens voorzichtig worden geïnterpreteerd. Deze schimmel is bekend als veroorzaker van bladvlekken bij ui. De aanwezigheid van het geslacht of de soort in een bodemmicrobioomanalyse betekent echter niet dat daadwerkelijk infectie heeft plaatsgevonden. Bovendien was een eventuele groeiremming niet duidelijk terug te zien in de NDVI-metingen of de gemeten plantinhoudsstoffen. Op basis van deze resultaten kan daarom geen directe relatie tussen *C. allii-cepae* en de eventuele groeiremming worden gelegd.

## 5.6 Compostthee

Uit de resultaten van de kasproeven blijkt dat in een enkel geval de kieming van bladrammenas in met *Pythium* besmette grond hoger is wanneer de bodem behandeld werd met compostthee. Dit resultaat was echter niet reproduceerbaar en werd ook niet waargenomen bij de andere gewassen (erwt en spinazie). Ook is er geen effect van composttheetoepassing gevonden op de andere groeiparameters van de spinazie- en erwtenplanten. Dit laat zien dat de effectiviteit van compostthee kan verschillen per gewassoort, maar mogelijk hebben andere factoren ook een invloed. Meerdere onderzoeken laten zien dat zowel de mogelijke positieve als negatieve effecten van compostthee op gewasontwikkeling- en weerbaarheid inconsistent kunnen zijn. Dit kan komen door verschillen in de theesamenstelling die kunnen worden veroorzaakt door verschillen in onder andere de compostsamenstelling, het recept, duur en omstandigheden van het brouwen van de thee maar ook de verdunning en de toedieningsfrequentie (St Martin, 2015; Saad et al., 2025). In het uitgevoerde onderzoek is weliswaar steeds hetzelfde recept en proefopzet gebruikt, maar variatie in de compostsamenstelling is niet uit te sluiten omdat het om een natuurproduct gaat. Een andere mogelijke verklaring voor de matige reproduceerbaarheid van de weerbaarheidsproef kan liggen aan de mate van virulentie van de gebruikte *Pythium* en aan de omgevingsfactoren. *Pythium* slaat voornamelijk toe bij zeer vochtige en warme omstandigheden. Ondanks allerlei mogelijke verklaringen waarom positieve effecten van compostthee in dit onderzoek niet tot uiting zijn gekomen is het waardevol om met compostthee te blijven experimenteren. Een groot aantal onderzoeken laat echter positieve resultaten zien, zij het in beperkte mate binnen de Nederlandse context. Daarnaast heeft het versterken van gewasweerbaarheid en -ontwikkeling via een microbiologisch middel de voorkeur boven chemische middelen.

Dat toepassing van compostthee het gewasmicrobioom daadwerkelijk veranderd hebben we aan kunnen tonen in dit onderzoek en is in lijn met eerdere studies (o.a. Carrascosa et al 2023; Bonanomi et al 2025). Wat het hier gepresenteerde onderzoek uniek maakt is dat de samenstelling van het microbioom over langere tijd gevolgd is. Het onderzoek toont aan dat verandering in microbioomsamenstelling minimaal tien dagen stand hield, waarna de samenstelling weer op dat van onbehandelde planten ging lijken. Er werden meerdere micro-organismen geïdentificeerd die significant verschilden tussen behandelde en onbehandelde bladeren, waaronder zowel plantgroeibevorderende soorten als potentiële pathogenen. Enkele schimmelgeslachten, zoals *Fusarium* en *Microascus*, die geassocieerd werden met de compostthee, kunnen een positieve rol spelen in bodemprocessen, maar staan ook bekend om hun mogelijke pathogene eigenschappen. De aanwezigheid van dergelijke potentiële pathogenen in de compostthee benadrukt dat de kwaliteit en samenstelling van de thee afhankelijk zijn van meerdere factoren en per bereiding kunnen variëren. Dit onderstreept het belang van controle en standaardisatie bij toepassing in de praktijk.

Hoewel de resultaten van de kasproef niet direct gekoppeld kunnen worden aan plantengroei of weerbaarheid, tonen ze wel aan dat compostthee meetbare effecten heeft op het bladmicrobioom en daarmee mogelijk invloed uitoefent op de plantgezondheid. Ook helpen de resultaten in het onderbouwen van de frequentie waarmee compostthee toegepast moet worden, wanneer men er vanuit gaat dat het te behalen effect microbiologisch is. Voor een blijvend effect zou compostthee iedere tien dagen toegepast moeten worden. Deze frequentie komt in de buurt met de frequentie waarop het merendeel van de ondervraagde gebruikers compostthee toepast (iedere 14 dagen) (Wellink et al. 2025, Bijlage I). Een hogere toepassingsfrequentie van bijvoorbeeld iedere twee dagen, wat ook regelmatig genoemd wordt, lijkt hiervoor overbodig.

# 6 Conclusie

Dit onderzoek had als doel om vast te stellen of het inwerkmoment van groenbemesters effect heeft op de groei van het volggewas en om meer inzicht te krijgen in de verteringsbiologie van groenbemesters op kleigrond. Daarnaast is onderzocht of ferment en compostthee een bijdrage kunnen leveren aan gewasontwikkeling, weerbaarheid en bodemprocessen.

Het inwerkmoment had effect op de gewasontwikkeling, maar de gewassen reageerden verschillend. Bij aardappel en gerst waren de NDVI-waarden hoger bij het latere inwerkmoment, zonder dat aanwijzingen werden gevonden voor negatieve gevolgen van het later inwerken. Bij zaaiui was geen significant effect op de NDVI, maar was wel een trend naar een lagere gewasontwikkeling zichtbaar. De verschillen in gewasinhoudsstoffen bevestigen dat het inwerkmoment invloed had op de gewassen, maar geven geen eenduidige verklaring voor de verschillen in groei. Ferment had geen duidelijk effect op de gewasgroei, maar beïnvloedde wel enkele gewasinhoudsstoffen. Hiervoor moet de afweging gemaakt worden of de verandering in inhoudsstoffen wenselijk is en toepassing van ferment financieel uit kan.

Het afbraakpercentage nam vooral toe naarmate de groenbemester langer in de bodem aanwezig was, waarbij de afbraak in de eerste vier weken het sterkst toenam. Ferment had geen significant effect op het afbraakpercentage. Een langere periode tussen inwerken en zaaien of poten leidde bovendien niet automatisch tot een hogere stikstofbeschikbaarheid voor het volggewas. De timing van mineralisatie ten opzichte van de nutriëntenbehoefte blijkt daarmee belangrijker dan alleen het maximaliseren van de afbraakperiode.

De resultaten laten zien dat zowel de eigenschappen van de groenbemester als de omstandigheden in de bodem een rol spelen. Naast de hoeveelheid en kwaliteit van het organische materiaal zijn bodemtemperatuur, bodemvocht, nutriëntenbeschikbaarheid, bodemstructuur en het bodemmicrobioom van belang. Vooral bij zaaiui lijkt de bodemstructuur een mogelijke rol te spelen, omdat dit gewas sterk afhankelijk is van een fijn en gelijkmatig zaaibed. De verschillen in totale bodemnutriënten gaven geen eenduidige verklaring voor de verschillen in gewasgroei. Alleen bij zaaiui werd een duidelijk effect op het microbioom waargenomen. Dit kan erop wijzen dat niet alleen de eigenschappen en afbraak van de ingewerkte groenbemester bepalend zijn voor het bodemmicrobioom, maar dat ook het gewas zelf hierin een belangrijke rol speelt via verschillen in beworteling, wortelexudaten en de interactie tussen gewaswortels en micro-organismen.

Compostthee had geen duidelijk of reproduceerbaar effect op de gewasontwikkeling en weerbaarheid. Wel werd een verandering in het bladmicrobioom aangetoond die minimaal tien dagen aanhield. De resultaten laten daarmee zien dat compostthee het microbioom kan beïnvloeden, maar op basis van dit onderzoek kan niet worden vastgesteld of dit zich vertaalt naar een betere gewasontwikkeling of weerbaarheid.

Het onderzoek laat zien dat het inwerkmoment van groenbemesters invloed kan hebben op de gewasontwikkeling en op de afbraak en nutriëntendynamiek, maar dat dit effect afhankelijk is van het volggewas en van de interactie tussen biologische, chemische en fysische bodemprocessen. Voor aardappel en gerst geven de resultaten ruimte om groenbemesters langer te laten staan, omdat later inwerken binnen de onderzochte omstandigheden geen duidelijke negatieve gevolgen voor de gewasgroei had. Bij zaaiui is deze afweging complexer en is aanvullend onderzoek nodig om vast te stellen of een eventuele groeiremming samenhangt met het fijne zaaibed, het oppervlakkige wortelstelsel of andere bodemprocessen.

Voor de praktijk betekent dit dat het inwerkmoment niet uitsluitend moet worden gekozen om de groenbemester zo lang mogelijk te laten afbreken. Binnen een regeneratieve bedrijfsvoering kan een soortenrijke groenbemester, waar het volggewas dit toelaat, juist zo lang mogelijk blijven staan om de functies van levende wortels en bodembedekking te benutten. Het inwerkmoment wordt daarmee een strategische keuze: niet wanneer de groenbemester maximaal is afgebroken, maar wanneer de voordelen van de levende groenbemester nog kunnen worden benut zonder de vestiging en ontwikkeling van het volggewas te beperken.

Voor vervolgonderzoek wordt aanbevolen om een vergelijking te maken tussen zaaiui en pootui, om te bepalen of de waargenomen groeiremming bij laat inwerken samenhangt met de vereisten van een fijn zaaibed voor zaaiui, of met het oppervlakkige wortelstelsel van uien in het algemeen. Daarnaast is het relevant om de ontwikkeling van het wortelstelsel en de bodemstructuur rondom het inwerkmoment mee te nemen, zodat beter kan worden verklaard waarom verschillende gewassen verschillend reageren op hetzelfde inwerkmoment. Voor compostthee wordt aanbevolen om het effect op gewasontwikkeling en -weerbaarheid gedurende een volledig groeiseizoen in een veldsituatie te onderzoeken, waarbij ook de frequentie en het moment van toepassing worden meegenomen.

# 7 Bibliografie


Abarenkov, K., Zirk, A., Piirmann, T., Pöhönen, R., Ivanov, F., Nilsson, R. H., & Kõljalg, U. (2025). *UNITE general FASTA release for Fungi* [Dataset]. Plutof Data Management and Publishing Platform. https://doi.org/10.15156/bio/3301229

Bardgett, R. D., & van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature, 515*, 505–511. https://doi.org/10.1038/nature13855.

Barnett, D. J. M., Arts, I. C. W., & Penders, J. (2021). microViz: An R package for microbiome data visualization and statistics. *Journal of Open Source Software, 6*(63), 3201. https://doi.org/10.21105/joss.03201

Bayer Crop Science. (2024). *Cladosporium*. Bayer Farmer Experience. https://agro.bayer.nl/diagnose/ziekten/cladosporium

*Bodemdata*. (z.d.). https://bodemdata.nl/

Bodemgericht advies op basis van P-Al. (2026, 13 april). *Handboek Bodem en Bemesting*. https://www.handboekbodemenbemesting.nl/bemestingsadviezen/fosfaat/bodemgericht-advies-op-basis-van-p-al/

Bonanomi, G., Iacomino, G., Idbella, A., Amoroso, G., Staropoli, A., De Sio, A., Saccocci, F., Abd-ElGawad, A. M., Moreno, M., & Idbella, M. (2025). Compost tea combined with fungicides modulates grapevine bacteriome and metabolome to suppress downy mildew. *Journal of Fungi, 11*(7), 527. https://doi.org/10.3390/jof11070527

Brewer, T. E., Handley, K. M., Carini, P., Gilbert, J. A., & Fierer, N. (2016). Genome reduction in an abundant and ubiquitous soil bacterium *Candidatus Udaeobacter copiosus*. *Nature Microbiology, 2*(2), 16198. https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.198

Callahan, B. J. (z.d.-a). *DADA2 ITS pipeline workflow (1.8).* https://benjjneb.github.io/dada2/ITS_workflow.html

Callahan, B. J. (z.d.-b). *DADA2 pipeline tutorial (1.8).* https://benjjneb.github.io/dada2/tutorial_1_8.html

Callahan, B. J., McMurdie, P. J., Rosen, M. J., Han, A. W., Johnson, A. J. A., & Holmes, S. P. (2016). DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature Methods, 13*(7), 581–583. https://doi.org/10.1038/nmeth.3869

Cao, Y., He, Z., Zhu, T., & Zhao, F. (2020). Organic-C quality as a key driver of microbial nitrogen immobilization in soil: A meta-analysis. *Geoderma, 383*, 114784. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114784

Carrascosa, A., Pascual, J. A., López-García, Á., Romo-Vaquero, M., De Santiago, A., Ros, M., Petropoulos, S. A., & Alguacil, M. del M. (2023). Effects of inorganic and compost tea fertilizers application on the taxonomic and functional microbial diversity of the purslane rhizosphere. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1159823. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1159823

Cherr, C. M., Scholberg, J. M. S., & McSorley, R. (2006). Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy Journal, 98*(2), 302–319. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0035

Chuvochina, M., Gerken, J., Frentrup, M., Sandikci, Y., Goldmann, R., Freese, H. M., Göker, M., Sikorski, J., Yarza, P., Quast, C., Peplies, J., Glöckner, F. O., & Reimer, L. C. (2025). SILVA in 2026: A global core biodata resource for rRNA within the DSMZ digital diversity. *Nucleic Acids Research, 54*(D1), D334–D341. https://doi.org/10.1093/nar/gkaf1247

Dabney, S. M., Delgado, J. A., & Reeves, D. W. (2001). Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 32*(7–8), 1221–1250. https://doi.org/10.1081/CSS-100104110

Goris, M. (z.d.). *Regeneratieve landbouw*. Wageningen University & Research. https://www.wur.nl/nl/onderzoek/plant/regeneratieve-landbouw

Hassan-Dalléac, S., Guiga, W., & Suau-Pernet, A. (2026). Soil microbes are the tiny bioengineers running Earth's underground factory. *Communications Earth & Environment*, *7*(1). https://doi.org/10.1038/s43247-026-03544-6

Hao, J., Chai, Y. N., Lopes, L. D., Ordóñez, R. A., Wright, E. E., Archontoulis, S., & Schachtman, D. P. (2020). The Effects of Soil Depth on the Structure of Microbial Communities in Agricultural Soils in Iowa (United States). *Applied And Environmental Microbiology*, *87*(4). https://doi.org/10.1128/aem.02673-20

Hiddink. (2024, 3 mei). Ruim helft van akkerbouwers kampt met opbrengstderving door weersextremen. *Nieuwe Oogst*. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2024/05/03/ruim-helft-van-akkerbouwers-kampt-met-opbrengstderving-door-weersextremen

Kansrijke gewassen. (2024, 22 augustus). *Fjildlab*. https://fjildlab.nl/projecten/kansrijke-gewassen/

Kassambara, A. (2026). *ggpubr: "ggplot2" based publication ready plots* (R package version 0.6.3). https://rpkgs.datanovia.com/ggpubr/

Keuskamp, J. A., Dingemans, B. J. J., Lehtinen, T., Sarneel, J. M., & Hefting, M. M. (2013). Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution, 4*(11), 1070–1075. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12097

Krupka, M., & Piotrowicz-Cieślak, A. I. (2024). Optimization of the method for isolating bacterial DNA from the aboveground part of lettuce. *International Journal of Molecular Sciences, 25*(15), 8513. https://doi.org/10.3390/ijms25158513

Kuramae, E. E., & de Assis Costa, O. Y. (2019). Acidobacteria. In T. M. Schmidt (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (4th ed., pp. 1–8). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20780-2

Louca, S., Parfrey, L. W., & Doebeli, M. (2016). Decoupling function and taxonomy in the global ocean microbiome. *Science, 353*(6305), 1272–1277. https://doi.org/10.1126/science.aaf4507

Martin, M. (2011). Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet.journal, 17*(1), 10–12. https://doi.org/10.14806/ej.17.1.200

McMurdie, P. J., & Holmes, S. (2013). phyloseq: An R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data. *PLoS ONE, 8*(4), e61217. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061217

Metze, D., Schnecker, J., De Carlan, C. L. N., Bhattarai, B., Verbruggen, E., Ostonen, I., Janssens, I. A., Sigurdsson, B. D., Hausmann, B., Kaiser, C., & Richter, A. (2024). Soil warming increases the

number of growing bacterial taxa but not their growth rates. *Science Advances*, *10*(8), eadk6295. https://doi.org/10.1126/sciadv.adk6295

Ncube, L. (2024). Effective Microorganisms (EM): A Potential Pathway for Enhancing Soil Quality and Agricultural Sustainability in Africa. In *Agricultural sciences.* https://doi.org/10.5772/intechopen.114089

Nicol, G. W., Hink, L., Gubry-Rangin, C., Prosser, J. I., & Lehtovirta-Morley, L. E. (2019). Genome sequence of *Candidatus Nitrosocosmicus franklandus* C13, a terrestrial ammonia-oxidizing archaeon. *Microbiology Resource Announcements, 8*(40). https://doi.org/10.1128/MRA.00435-19

NovaCropControl. (z.d.). *Werkwijze*. https://www.novacropcontrol.nl/werkwijze

Noviana, Z., Vieira, S., Pascual, J., Fobofou, S. A. T., Rohde, M., Spröer, C., Bunk, B., & Overmann, J. (2020). *Hypericibacter terrae* gen. nov., sp. nov. and *Hypericibacter adhaerens* sp. nov., two new members of the family Rhodospirillaceae isolated from the rhizosphere of *Hypericum perforatum*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 70*(3), 1850–1860. https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003983

Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., De Cáceres, M., Durand, S., Evangelista, H., Hannigan, G., ... Weedon, J. (2026). *vegan: Community ecology package* (Version 2.8-0) [R package]. https://github.com/vegandevs/vegan

Põlme, S., Abarenkov, K., Nilsson, R. H., Lindahl, B. D., Clemmensen, K. E., Kauserud, H., Nguyen, N., Kjøller, R., Bates, S. T., Baldrian, P., Frøslev, T. G., Adojaan, K., Vizzini, A., Suija, A., Pfister, D., Baral, H., Järv, H., Madrid, H., Nordén, J., ... Tedersoo, L. (2020). FungalTraits: A user-friendly traits database of fungi and fungus-like stramenopiles. *Fungal Diversity, 105*(1), 1–16. https://doi.org/10.1007/s13225-020-00466-2

Saad, A., Shah, S. H. H., & Carpenter-Boggs, L. (2025). Evaluating compost tea recipes for enhanced nutrient cycling: An innovative management practice for sustainable soil health. *Applied Soil Ecology, 218*, 106618. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.106618

Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2002). Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization, 10*(4), 313–338. https://doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702095

Schulte, R. P., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'hUallachain, D. (2013). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy, 38*, 45–58. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002

Slowikowski, K. (2016). *ggrepel: Automatically position non-overlapping text labels with "ggplot2".* https://slowkow.com/projects/ggrepel/

St Martin, C. C. G. (2015). Potential of compost tea for suppressing plant diseases. *CABI Reviews, 10*, 1–38. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20149032

Tajima, R. (2021). Importance of individual root traits to understand crop root system in agronomic and environmental contexts. *Breeding Science*, *71*(1), 13–19. https://doi.org/10.1270/jsbbs.20095

Tariq, H., Subramanian, S., Geitmann, A., & Smith, D. L. (2025). Bacillus and Paenibacillus as plant growth-promoting bacteria in soybean and cannabis. *Frontiers in Plant Science, 16*, 1529859. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1529859

Van Balen, D. (2020, 1 december). *Niet-kerende grondbewerking: Nieuwe inzichten in toepasbaarheid en haalbaarheid*. Wageningen University & Research. https://research.wur.nl/en/publications/niet-kerende-grondbewerking-nieuwe-inzichten-in-toepasbaarheid-en/

Van Balen, D., Cuperus, F., De Haan, J., Haagsma, W., Sukkel, W., Tolhoek, J., & Van den Berg, W. (2023). *De effecten van langjarig gereduceerde grondbewerking op zavelgrond op opbrengsten in een gangbaar en biologisch teeltsysteem* (WPR-OT-1015). Wageningen Plant Research. https://doi.org/10.18174/587143

Van Den Hoorn, H., Kortstee, H., & Beldman, A. (2025). *Op weg naar verdienmodellen voor de regeneratieve landbouw : Een eerste inzicht in kosten en baten van regeneratieve praktijken*. https://doi.org/10.18174/691168

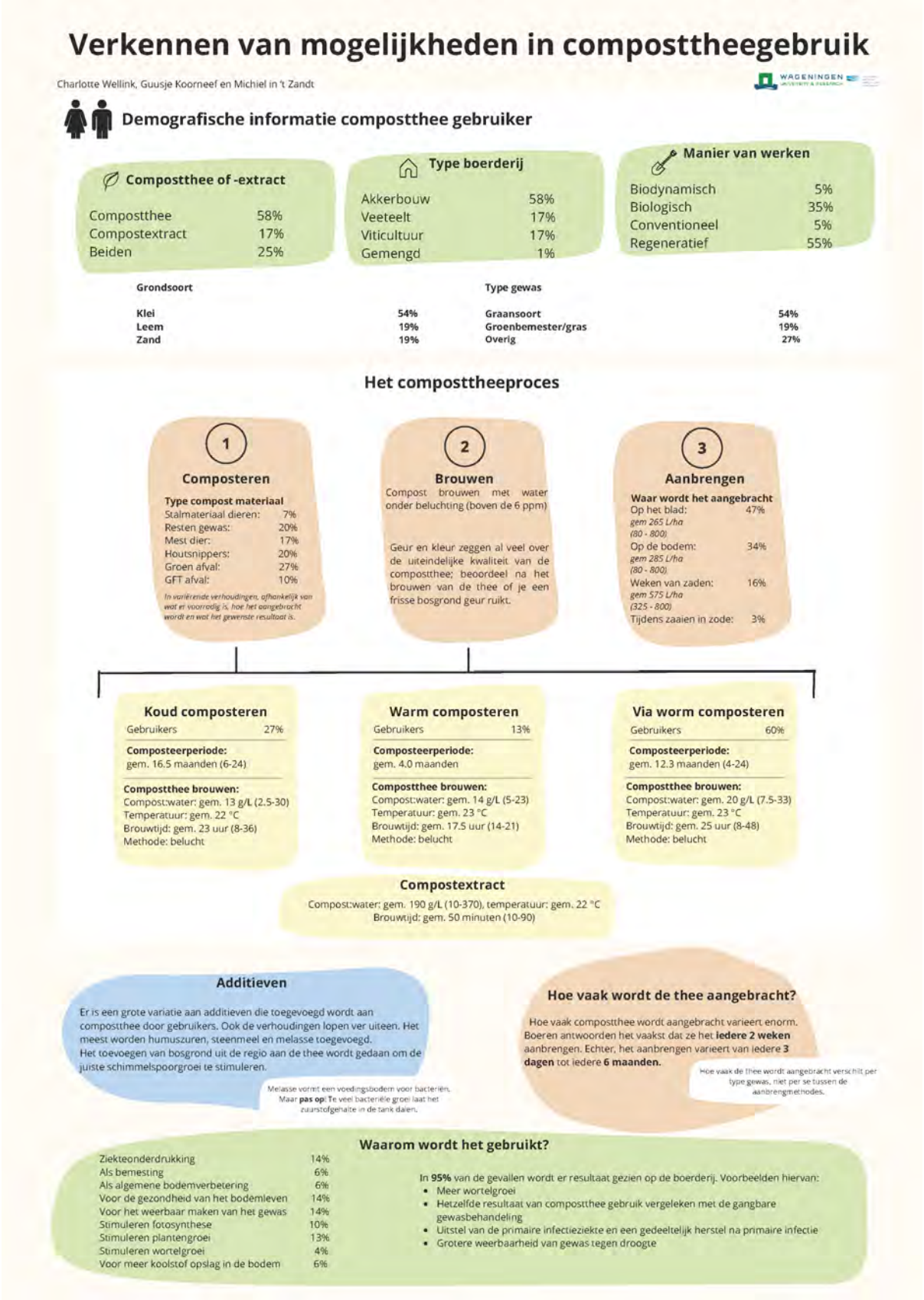
Ward, N. L., Challacombe, J. F., Janssen, P. H., Henrissat, B., Coutinho, P. M., Wu, M., Xie, G., Haft, D. H., Sait, M., Badger, J., Barabote, R. D., Bradley, B., Brettin, T. S., Brinkac, L. M., Bruce, D., Creasy, T., Daugherty, S. C., Davidsen, T. M., DeBoy, R. T., ... Kuske, C. R. (2009). Three genomes from the phylum Acidobacteria provide insight into the lifestyles of these microorganisms in soils. *Applied and Environmental Microbiology, 75*(7), 2046–2056. https://doi.org/10.1128/AEM.02294-08

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York. https://ggplot2.tidyverse.org

Yin, J., Wang, J., Zhao, L., Cui, Z., Yao, S., Li, G., & Yuan, J. (2025). Compost tea: Preparation, utilization mechanisms, and agricultural applications potential—A comprehensive review. *Environmental Technology & Innovation, 38*, 104137. https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104137

Zhalnina, K. V., Dias, R., Leonard, M. T., De Quadros, P. D., Camargo, F. A. O., Drew, J. C., Farmerie, W. G., Daroub, S. H., & Triplett, E. W. (2014). Genome sequence of *Candidatus Nitrososphaera evergladensis* from group I.1b enriched from Everglades soil reveals novel genomic features of the ammonia-oxidizing archaea. *PLoS ONE, 9*(7), e101648. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101648

# Bijlage I- Infographic Compostthee

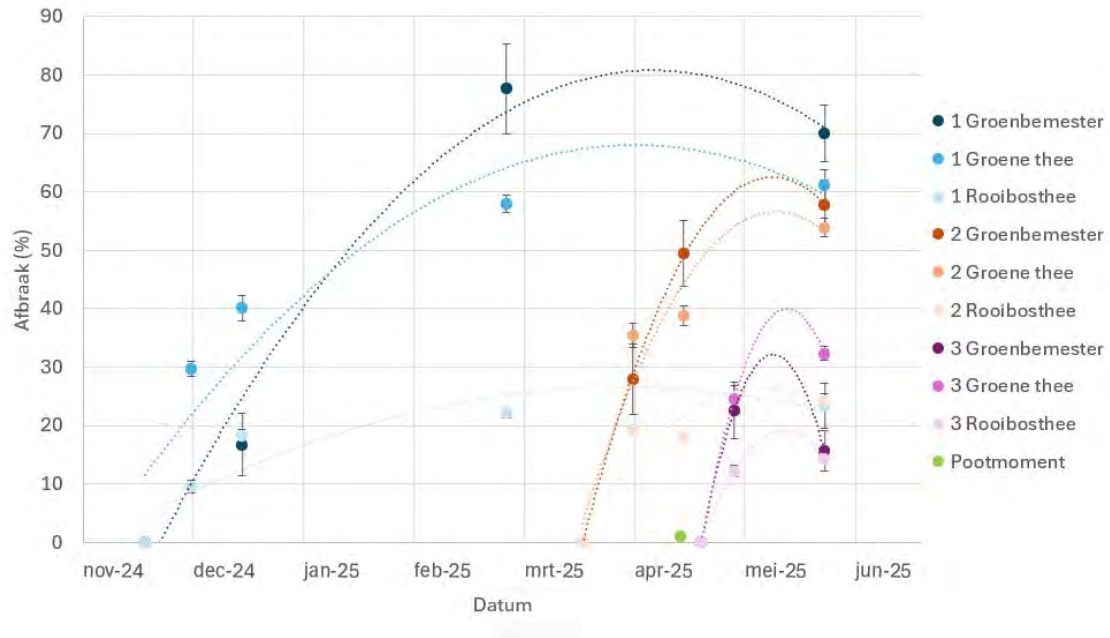


# Bijlage II- Perceelgegevens inwerkmomenten

| | Moment 1 | Moment 2 | Moment 3 |
|---|---|---|---|
| **Gerst: deder, tuinkers, haver, vlas, perzische klaver, gele mosterd, phacelia, zomerwikke, ingewerkt met schijveneg, gezaaid op 21 maart** | | | |
| Datum | 15-11-2024 | 3-2-2025 (vorst) | 20-3-2025 |
| Ingewerkte groenbemester versgewicht ($g/m^2$) | 861.5 ± 87.2 | 713.2 ± 61.9 | 276.0 ± 20.1 |
| Ingewerkte groenbemester DS (%) | 13.4 ± 0.6 | 14.1 ± 0.6 | 32.9 ± 1.0 |
| Bodemtemperatuur ($^oC$) | 9.7 ± 0.2 | 2.7 ± 0.3 | 12.7 ± 0.2 |
| pH | 7.8 ± 0.0 | 7.6 ± 0.0 | 7.4 ± 0.1 |
| Vocht (%) | 32.1 ± 0.4 | 36.5 ± 1.3 | 24.1 ± 1.7 |
| | | | |
| **Ui: vlas, phacelia, perzische klaver, (restant gerststro), ingewerkt met 3-tands rotorkopeg/mulcher, gezaaid op 4-4-2025** | | | |
| Datum | 16-11-2024 | 20-3-2025 | 1-4-2025 |
| Ingewerkte groenbemester versgewicht ($g/m^2$) | 1162.4 ± 85.7 | 222.0 ± 23.3 | 373.0 ± 10.0 |
| Ingewerkte groenbemester DS (%) | 12.1 ± 0.5 | 38.1 ± 3.8 | 30.8 ± 1.1 |
| Bodemtemperatuur ($^oC$) | 10.1 ± 0.1 | 11.9 ± 0.2 | 6.1 ± 0.1 |
| pH | 7.4 ± 0.1 | 7.3 ± 0.1 | 7.7 ± 0.1 |
| Vocht (%) | 31.9 ± 0.4 | 28.5 ± 0.7 | 24.2 ± 0.6 |
| | | | |
| **Aardappel: Zomerhaver, zomerroge, zomertriticale, alexandrijnse klaver, deder, niger, tillage radish, zonnebloem, bladraap, ingewerkt met klepel en cultivator, gepoot op 16 april** | | | |
| Datum | 14-11-2024 | 17-3-2025 | 15-4-2025 |
| Ingewerkte groenbemester versgewicht ($g/m^2$) | 3105 ± 134.3 | 916.3 ± 82.3 | 1822.8 ± 81.4 |
| Ingewerkte groenbemester DS (%) | 11.5 ± 0.5 | 23.3 ± 1.2 | 17.5 ± 0.6 |
| Bodemtemperatuur ($^oC$) | 10.2 ± 0.1 | 7.3 ± 0.2 | 13.0 ± 0.1 |
| pH | 7.3 ± 0.0 | 7.4 ± 0.1 | 6.4 ± 0.0 |
| Vocht (%) | 32.2 ± 0.5 | 31.5 ± 0.5 | 16.3 ± 1.3 |

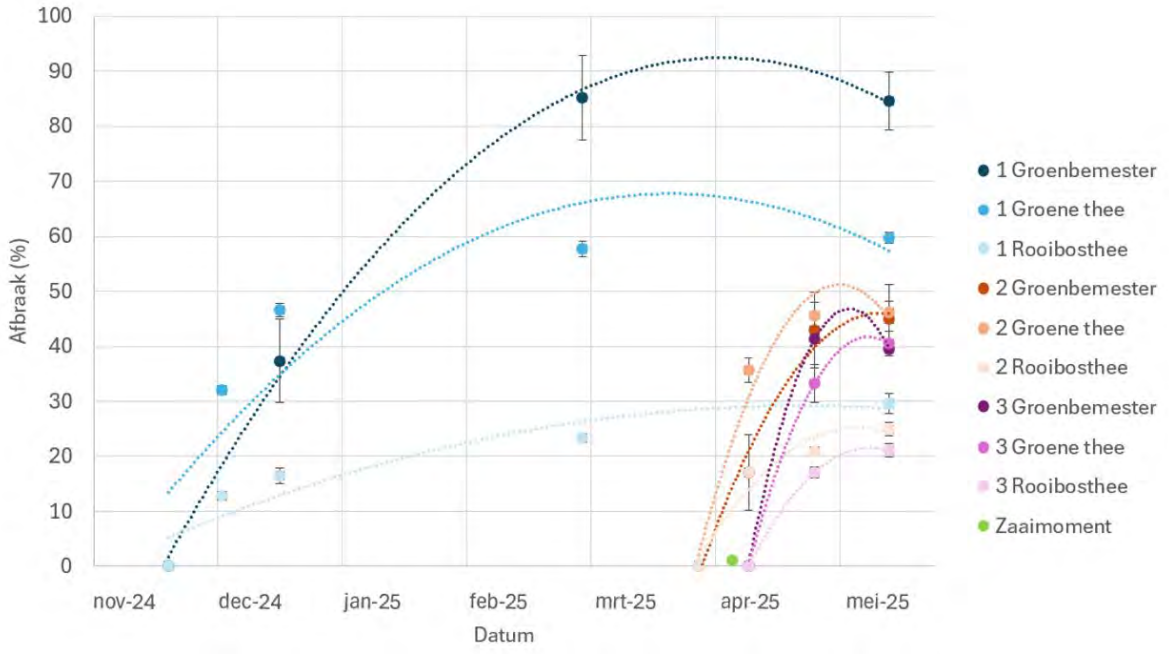
# Bijlage III- Afbraak organisch materiaal trend en eindmeting

**Bijlage III-I** *Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de afbraak van organisch materiaal in het aardappelperceel*



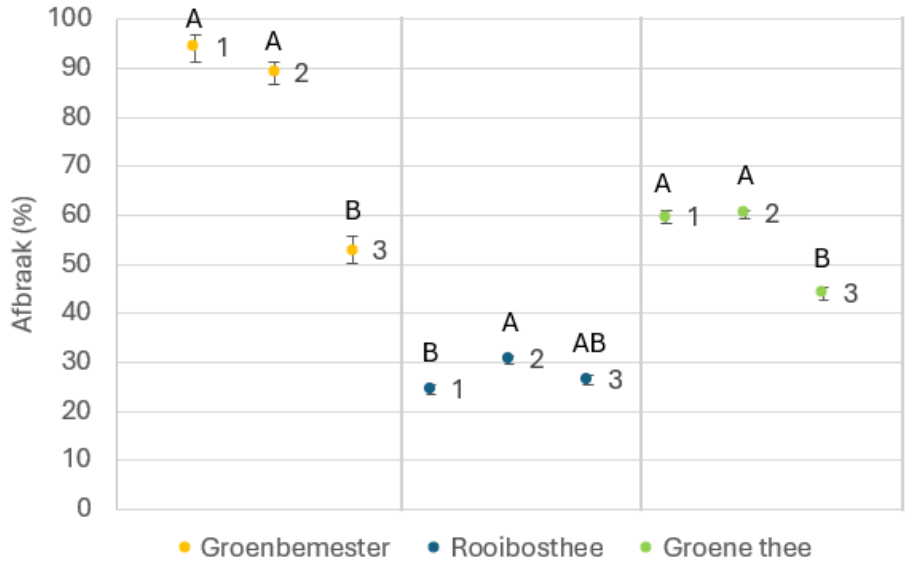

*Noot.* De cijfers in de legenda verwijzen naar inwerkmoment 1, 2 en 3. De weergegeven foutbakt is de SE, N = 6. De stippelijnen geven de trendlijnen weer (polynoom).

**Bijlage III-II** *Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de afbraak van organisch materiaal in het uienperceel*



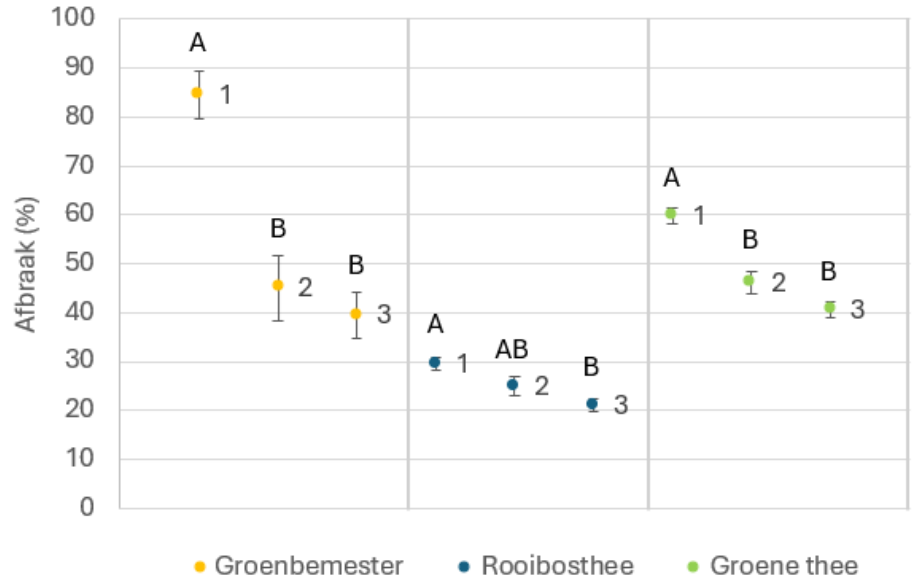

*Noot.* De cijfers in de legenda verwijzen naar inwerkmoment 1, 2 en 3. De weergegeven foutbakt is de SE, N = 6. De stippelijnen geven de trendlijnen weer (polynoom).

**Bijlage III-III** *Afbraakpercentage van organisch materiaal in het gerstperceel, 6 weken na poten.*




*Noot.* De cijfers 1, 2 en 3 geven het inwerkmoment weer. Inwerkmoment 1: N = 12, inwerkmoment 2: N = 6, inwerkmoment 3: N = 11. Verschillende letters boven de meetpunten geven significant effect weer, alle $p < 0.01$.

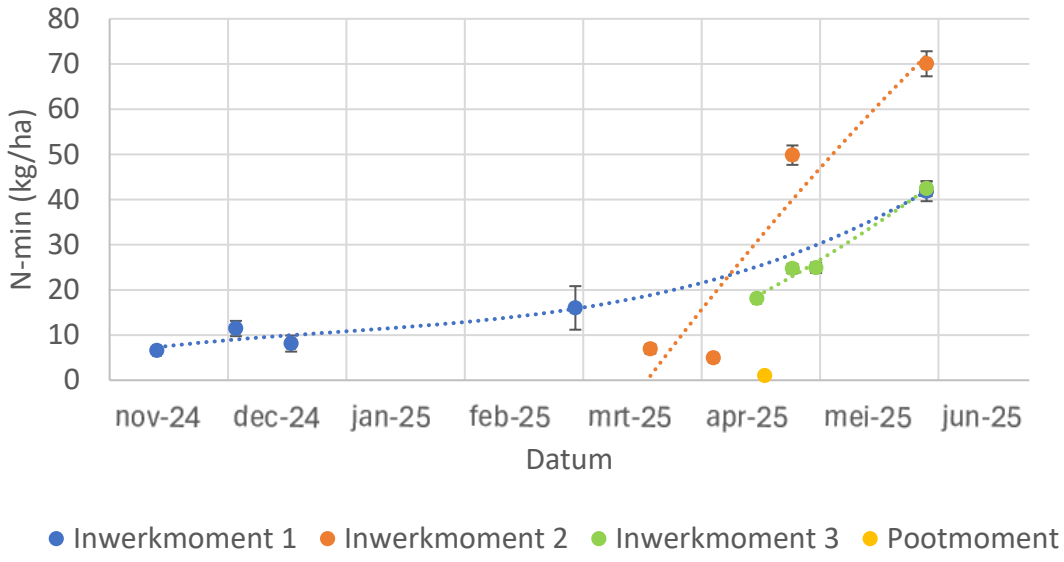
**Bijlage III-IV** *Afbraakpercentage van organisch materiaal in het uienperceel, 6 weken na poten.*




*Noot.* De cijfers 1, 2 en 3 geven het inwerkmoment weer. Inwerkmoment 1: N = 12, inwerkmoment 2: N = 6, inwerkmoment 3: N = 11. Verschillende letters boven de meetpunten geven significant effect weer, alle $p < 0.01$.

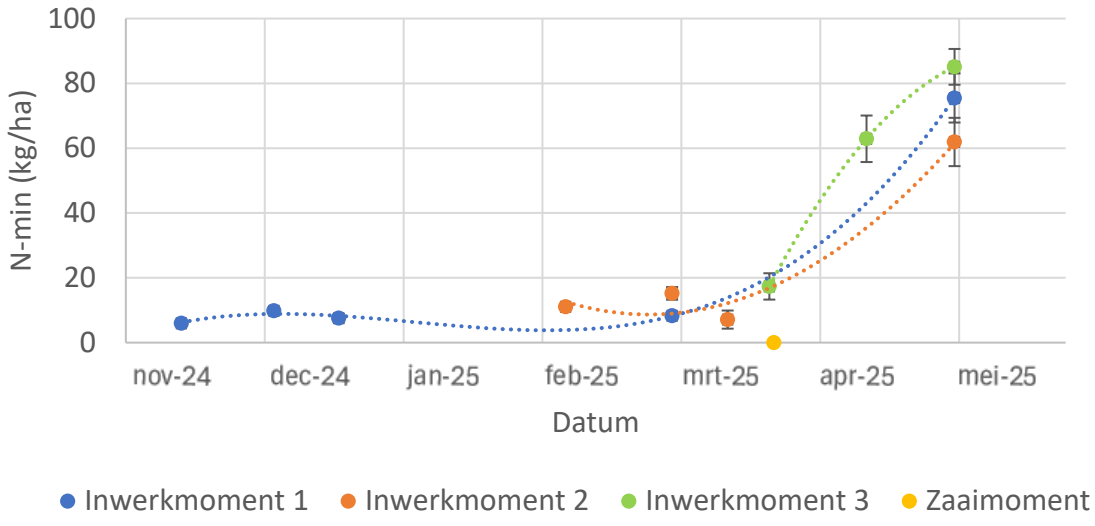
# Bijlage IV- Stikstofmineralisatie

**Bijlage IV-I** *Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de stikstofmineralisatie in het aardappelperceel*




*Noot.* De weergegeven foutbakt is de SE, N = 6. De stippelijnen geven de trendlijnen weer (polynoom).

**Bijlage IV-II** *Effect van inwerkmoment over verloop van tijd op de stikstofmineralisatie in het gerstperceel*




*Noot.* De weergegeven foutbakt is de SE, N = 6. De stippelijnen geven de trendlijnen weer (polynoom).

# Bijlage V- NDVI kaarten

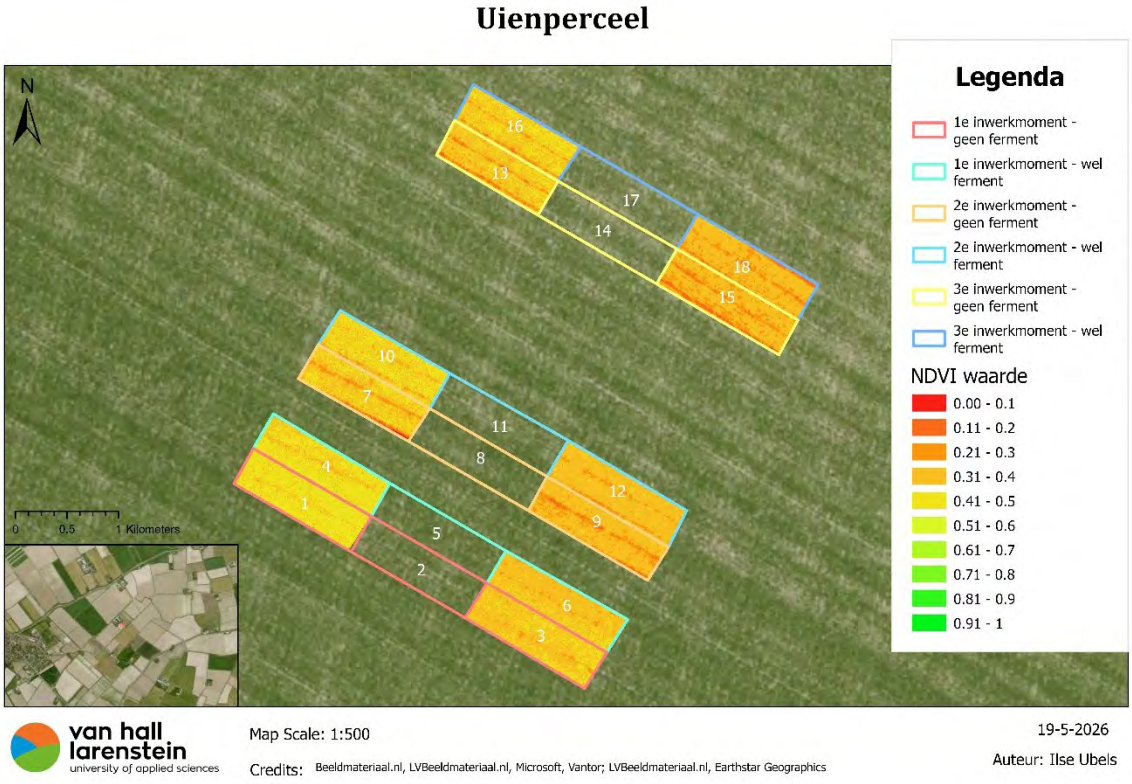
**Bijlage V-I** *NDVI kaart van het aardappelperceel*




**Bijlage V-II** *NDVI kaart van het gerstperceel*



**Bijlage V-III** *NDVI kaart van het uienperceel*



# Bijlage VI- Dutch Microbiome Day poster (11 juni 2026)

**Bijlage VI-I** *Poster met onderzoeksresultaten voor de posterpresentatie DMD 2026*

van hall larenstein
university of applied sciences

## Learn Today, Regenerate Tomorrow

Kika Lewak[1], Ilse Ubels [1], Tsjippie Visser [1], Royanne Douma [1], Jesse Wagenaar [1], Sander Bernaerts[2], Emiel Elferink[1], Sigrid Dassen[1]

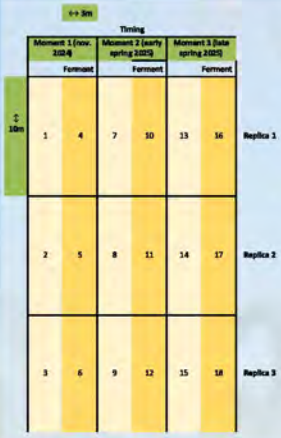
[1] Van Hall Larenstein Univeristy of Applied Sciences, Leeuwarden. [2] Naturim, Alphen.

### Introduction

Regenerative agriculture is gaining increasing attention as a pathway towards more sustainable arable farming. However, the outcomes of regenerative practices such as no-till farming and the timing of cover crop incorporation often fall short of expectations, resulting in reduced crop yield and quality.

To support successful implementation, Van Hall Larenstein University of Applied Sciences and Naturim collaborate with arable farmers in Friesland to optimize no-till farming through field trials. The project aims to provide farmers with knowledge and practical tools to improve soil ecosystem services and achieve profitable arable farming.

### Methodology

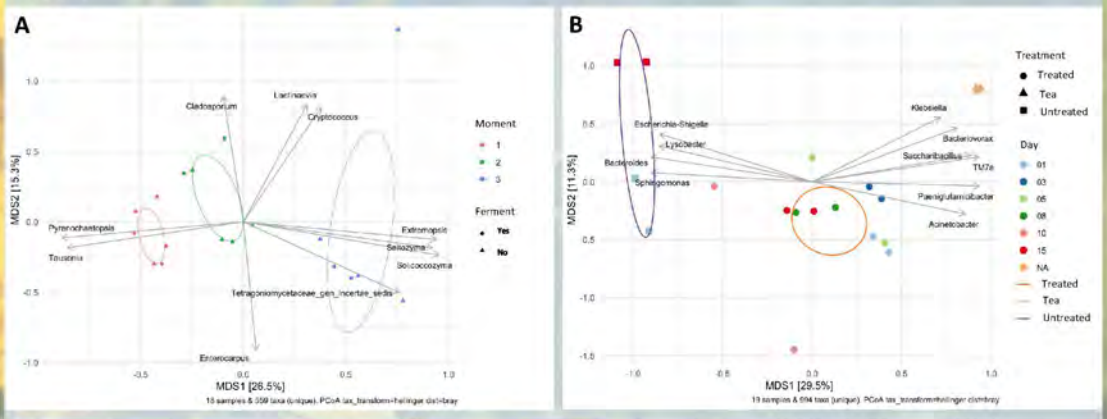



A field study at three farms each cultivating one crop (potato, onion and wheat) was conducted with the set up shown in the overview (left):

- After incorporation, mesh bags containing chopped cover crop material, green tea, and rooibos tea were buried to monitor decomposition over time.
- Measurements were taken at regular intervals to assess soil physical, chemical and biological properties as well as crop growth and crop nutritional value.

In addition, a greenhouse experiment was set up to investigate the effect of compost tea on plant microbiome. Oat and barley was sown; the seedlings were treated once with compost tea. Treated plants were sampled after treatment (T=1) and at T=3, 5, 8, 10 and 15 where T=days. Untreated plants were sampled at T=1 and T=15.

### Results




### Key findings

- Nutrient availability (N, $NO_3$ , P, K, CEC) is generally highest when green manure was incorporated one month or one day prior to sowing/planting.
- The incorporation moments of the cover crops changed the fungal (**A**) and bacterial composition significantly; the effect was still visible six weeks after crops were sown/planted.
- Incorporation one day prior to planting/ sowing affects barley and potato growth positively, whereas onion growth benefits a longer decomposition period. Timing of incorporation changed nutrient content of onion leaves, but not in potatoes tubers.
- Application of ferment didn't alter soil properties or crop growth but affects plant nutrient content, albeit limited.
- Bacterial (**B**) and fungal composition of oat and barley leaves was affected by compost tea; the effect was still visible after 15 days.

*This project was funded by Versnellingsagenda Regiodeal Noordoost-Fryslân under the project* "Regenerearje kinst leare".

If you wish to receive the final report,
mail to: kika.lewak@hvhl.nl

WAADRÂNE NATURIM VERSNELLINGSAGENDA