

Fascinating

Eindrapport - Bodemgezondheid FAS-PL2-03

Indiener Leading partner in het consortium	
Naam contactpersoon	Auke Schripsema
Naam uitvoerend projectleider	Christiaan Kapper
Naam organisatie	Royal Agrifirm Group
Telefoon (mobiel)	06 20616824
E-mail	a.schripsema@agrifirm.com
E-mail projectleider	c.kapper@soilbase.nl

Project nummer	FAS-PL2-03
Project titel	Bodemgezondheid
Project partners	FrieslandCampina, LTO Noord, Royal Cosun, Royal Avebe, Royal Agrifirm, ISPT-AFT
Project startdatum	1-12-2021
Project einddatum	31-3-2023

Publieke samenvatting/Executive summary

Afgelopen jaar (december 2021 – maart 2023) is er binnen Fascinating gewerkt aan het project bodembioogie (FAS-PL2-03). Voor dit project is een webinar over bodembioogie in relatie tot gewas en teelt georganiseerd. Daarnaast heeft een bodembioogie onderzoek met nieuwe analyse technieken en rapportages bij 30 agrariërs plaatsgevonden.

Achtergrond

Een gezonde bodem is een onlosmakelijk onderdeel van de natuur, onze welvaart en van een gezond productiesysteem. Door het consumeren van voedsel onttrekken wij als mens uiteindelijk voedingstoffen via planten uit de bodem. Een gezonde bodembioogie is essentieel voor een de gezondheid van een plant omdat deze een unieke samenwerking met het bodemleven onderhoudt. Hierover wordt steeds meer bekend. Daarnaast staan samen met veranderende regelgeving en inzichten het gebruik van kunstmeststoffen en gewasbeschermingsmiddelen steeds meer onder druk. Het belang van het ondersteunen, stimuleren en verbeteren van een gezonde bodembioogie voor een toekomstbestendige landbouw wordt daarom steeds meer erkend.

In dit project is met, voor en door agrariërs gewerkt aan een praktijkstudie waarin met nieuwe analyse technieken samen met bodemgezondheidsexperts de huidige staat en behoefte van de bodembioogie in kaart is gebracht. De verkregen inzichten kunnen een opmaat zijn naar (vervolg) projecten die bodemverbeteraars uit plantaardige reststromen en dierlijke mest ontwikkelen en in de praktijk toetsen.

Het project bestond uit:

1. Webinar: Tijdens een webinar is kennis gedeeld over het nut en toepassing van bodemgezondheid in de praktijk. Er kwamen verschillende bodemvitaliteitexperts aan het woord om kennis over het nut van bodembioogie te delen met de aanwezige agrarische ondernemers. Ook werd aangegeven welke eigenschappen de bodembioogie moet hebben om gunstig te zijn voor het te telen gewas. Dit webinar had als doel om deze kennis voor de praktijk onder de aandacht te brengen.
2. Haalbaarheidsonderzoek van nieuwe bodembioogie analyse technieken richting de praktijk: Op percelen van 30 agrariërs is de huidige staat van de bodembioogie getoetst middels nieuwe- en bestaande analysetechnieken. Daarnaast zijn de uitkomsten van deze nieuwe analysetechnieken verwerkt in individuele rapporten en gedeeld met de agrariërs. De uitkomsten bieden mogelijkheden om de potentiële nuttige aspecten van bodembioogie voor gewassen te benutten in de praktijk. Daarnaast leveren de uitkomsten van het onderzoek input voor het maken van bodemverbeteraars uit plantaardige reststromen en dierlijke mest, en kan het mogelijk helpen voor de teelt van alternatieve eiwitgewassen.

Het georganiseerde webinar en het presenteren van de resultaten aan de deelnemers hebben extra bewustwording van het nut van een goede bodembioogie opgeleverd. Bodembioogie blijkt inmiddels meer relevant geworden voor de praktijk en industrie. Het bleek dat de onderzochte bodems een rijk bacterieel microbiom bevatten, maar dat het aandeel gunstige bodemschimmels en grotere bodemdierpjes verder verhoogd kan worden. Uit de analyses blijkt dat er kansen liggen voor de agrarische sector om de gewassen te kunnen ondersteunen met behulp van de bodembioogie. De bodembioogie kan ingezet worden om de gewassen te beschermen, groei te bevorderen en gezondheid te ondersteunen. Daarnaast lijkt er een rol weggelegd voor de bodembioogie in het genereren, vastleggen en vrijmaken van nutriënten voor de planten.

Door het analyseren, begrijpen en het bewust beïnvloeden van bodembioogie kan de agrarische sector hiervan mogelijk profiteren. Het is nog niet altijd duidelijk hoe er op bodembioogie in de bedrijfsvoering gestuurd kan worden. Daarbij lijkt het cruciaal om vanuit een integraal perspectief naar de bodem te kijken, omdat vele aspecten een invloed op de bodembioogie uitoefenen en dit proces erg complex is. Dit maakt implementatie zonder goed plan en goede begeleiding van experts

uitdagend. Dit verslag en uitkomsten kunnen gebruikt worden als input voor het maken van bodemverbeteraars vanuit plantaardige reststromen en dierlijke mest en voor het telen van alternatieve eiwitgewassen.

Een gezonde bodem is cruciaal voor de toekomst van de landbouw.

Het project is over het algemeen als positief ervaren door de deelnemers. De meeste deelnemers zijn op hun bedrijven reeds bezig met het stimuleren van bodembioïologie wat duidelijk het belang van dit project onderstreept.

Dhr. Werkman: "Ik zie en ervaar al duidelijk de voordelen van een goede bodembioïologie voor mijn gewassen en zou hier graag nog meer op willen kunnen sturen. Dit project was een goede eerste stap om bodembioïologie meetbaar te maken; immers meten is weten voordat je hierop kan sturen".

Dhr. Mensink: "Wij weten meer niet dan wel van de bodem, terwijl het bodemleven voor ons erg belangrijk is. Als boer wil ik meer over het bodemleven leren en het bodemleven kunnen meten. In dit project heb ik beide kunnen doen en hoop dat er een vervolg komt".

Inhoud

Publieke samenvatting.....	2
Aanleiding en doel	4
Uitvoering activiteiten.....	5
Budget.....	5
Resultaten	5
Discussie.....	10
Conclusie en aanbevelingen.....	11
Impact	15
Dankwoord.....	17

Aanleiding en doel

Het toegenomen besef van de noodzaak van een gezonde bodem én de toegenomen kennis over de unieke processen tussen bodem microbioom en planten hebben ervoor gezorgd dat bodembioologie meer aandacht in de huidige landbouwpraktijk krijgt. Uit onderzoeken is gebleken dat de unieke samenwerkingen tussen plant en bodembioologie, planten weerbaarder en minder afhankelijk kunnen maken van externe input zoals (kunst) mest stoffen en gewasbescherming. Het beter begrijpen en meten van de bodembioologie kan daarom helpen om de agrarische sector meer toekomstbestendig en weerbaarder te maken tegen externe factoren zoals, klimatologische veranderingen, veranderende wetgeving rond gewasbeschermingsmiddelen en kostprijs fluctuaties van teelt ondersteunende middelen zoals (kunst) mest. Daarnaast staat de Nederlandse landbouw onder druk vanwege wettelijke beperkingen rondom stikstof gebruik.

Het doel van dit project is om enerzijds het belang en potentie van een gezonde bodembioologie voor agrariërs meer inzichtelijk te maken. Daarnaast is het doel van dit project om met een haalbaarheidsstudie inzicht verkrijgen in de huidige staat van de bodembioologie met behulp van nieuwe analysetechnieken. Deze twee doelen creëren de mogelijkheid om de potentie van de bodembioologie te ontdekken voor gewas, bodem, agrariër en de keten. De resultaten van dit project kunnen binnen Fascinating als input gebruikt worden voor het maken van bodemverbeteraars vanuit plantaardige reststromen en dierlijke mest en het telen van alternatieve eiwitgewassen. Daarmee is het een richtinggevend project voor o.a. programmalijn 2 van Fascinating Groningen¹.

¹ <https://fascinating-groningen.nl/>

Uitvoering activiteiten

De activiteiten kunnen opgesplitst worden in twee hoofdactiviteiten die hieronder beschreven staan.

1. Webinar: Tijdens een webinar is kennis gedeeld over het nut en toepassing van bodemgezondheid in de praktijk. Er kwamen verschillende bodemvitaliteitexperts aan het woord om kennis over het nut van bodembioogie te delen met de aanwezige agrarische ondernemers. Ook werd aangegeven welke eigenschappen de bodembioogie moet hebben om gunstig te zijn voor het te telen gewas. Dit webinar had als doel om deze kennis voor de praktijk onder de aandacht te brengen.
2. Haalbaarheidsonderzoek van nieuwe bodembioogie analyse technieken richting de praktijk: Op percelen van 30 agrariërs is de huidige staat van de bodembioogie getoetst middels nieuwe- en bestaande analysetechnieken. Daarnaast zijn de uitkomsten van deze nieuwe analysetechnieken verwerkt in individuele rapporten en gedeeld met de agrariërs. De uitkomsten bieden mogelijkheden om de potentiële nuttige aspecten van bodembioogie voor gewassen te benutten in de praktijk. Daarnaast leveren de uitkomsten van het onderzoek input voor het maken van bodemverbeteraars uit plantaardige reststromen en dierlijke mest, en kan het mogelijk helpen voor de teelt van alternatieve eiwitgewassen.

Budget

Kosten		activiteit 1	activiteit 2	Totaal
ISPT	loonkosten	2.250	21.500	23.750
AFT	materiaal		38.750	38.750
	inhuur Agrifirm	7.000	40.000	47.000
	inhuur LTO	1.250	12.500	13.750
	inhuur derden	4.875	36.875	41.750
Totaal		15.375	149.625	165.000

Het project is op budget gerealiseerd.

Resultaten

Generiek is met dit project samen met de deelnemende agrariërs inzicht verkregen in de huidige staat van de bodembioogie op hun bedrijf en bewustwording gecreëerd van de potentie van een gezonde bodem, vanuit het perspectief van de bodem, agrariër en de keten. De resultaten van dit project kunnen gebruikt worden als input voor het maken van bodemverbeteraars vanuit plantaardige reststromen en dierlijke mest en voor het telen van alternatieve eiwitgewassen.

Technische resultaten

Chemische bodem analyses

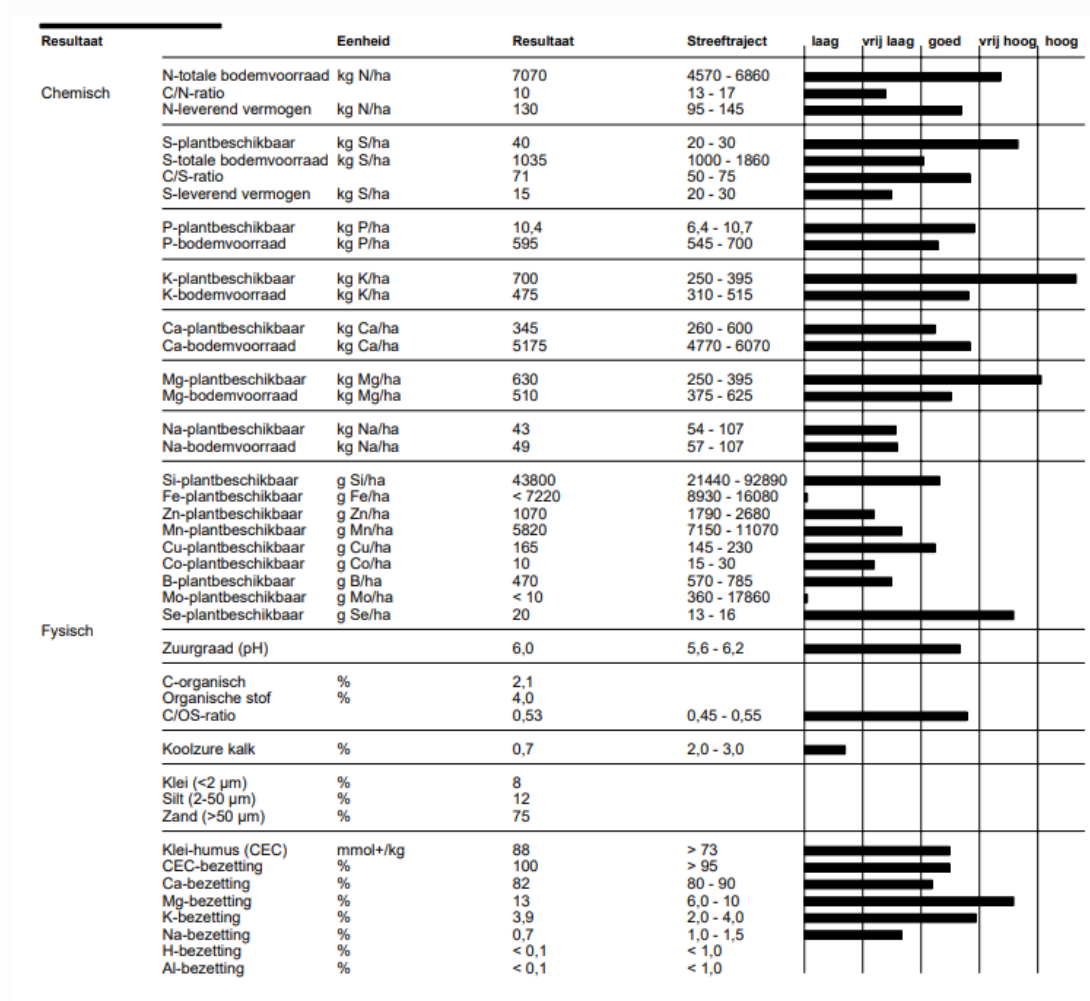
De chemische bodem analyses lieten zien dat er op de percelen over het algemeen voldoende bodemvoorraden aanwezig zijn qua stikstof, fosfaat en kali. Afhankelijk van het te telen gewas dient er bijbemest moet worden.

De bodemvoorraden voor stikstof varieerden en zaten voor de meeste gewassen in de zone 'goed' tot 'voldoende' volgens de rapporten. De C/N ratio van de onderzochte percelen lag tussen 8 en 21, waarbij het gemiddelde C/N ratio op 12,8 lag. Een C/N ratio van 12,8 geeft aan dat het organische stof redelijk goed afgebroken kan worden door het bodemleven en daardoor redelijk goed beschikbaar kan komen voor de planten. Hoe hoger het C/N ratio van de bodem, hoe minder stikstof vrijkomt bij de afbraak van organische stof en hoe minder gemakkelijk organische stof afgebroken kan worden door het bodemleven.

Voor de fosfaat voorraden in de bodem en het fosfaat P-AL getal waren de meeste waarden 'voldoende' tot 'goed'. Het laagste fosfaat getal werd gevonden bij een monster van een bosrand (P-AL 5,0) terwijl het gemiddelde van de percelen (inclusief het bosrand monster) op P-AL 43 lag. Voor kali scoorden de meeste percelen volgens de rapporten 'voldoende' tot 'goed', waaruit blijkt dat over het algemeen de bodemvoorraden voldoende aanwezig zijn, zie voorbeeld in figuur 1.

De plantbeschikbaarheid van de sporenelementen varieerde per perceel. Het viel op dat het koolzure kalk gehalte van enkele percelen aan de lage kant was, wat betekent dat sommige percelen minder goede pH bufferende eigenschappen hebben. Wanneer een perceel de pH minder goed kan bufferen is er kans op opbrengstderiving. Enkele percelen zaten op het niveau van potentiële opbrengst deriving.




Het organische stof had een gemiddelde van 5,95 en varieerde tussen 1,9 en 20,9%. Waarbij grasland gemiddeld een hogere organische stof percentage bevat (9,6%) en akkerbouw percelen gemiddeld een lager organische stof percentage bevatten (4,6%). Het verhogen van het organische stof kan een positief effect hebben op het vasthouden van de nutriënten in de bodem door het verhogen van de Cation Exchange Capacity (CEC), omdat organische stof van nature geladen deeltjes aan zich bind. Ook bevat organische stof zelf nutriënten die vrijkomen als het wordt afgebroken door het bodemleven. Daarnaast heeft organische stof gunstige eigenschappen voor het water vasthoudende vermogen van een bodem en voor de bewerkbaarheid van de bodem.



Figuur 1: Voorbeeld van op nat-chemisch gebaseerde uitslagen (Eurofins) van één van de onderzochte percelen.

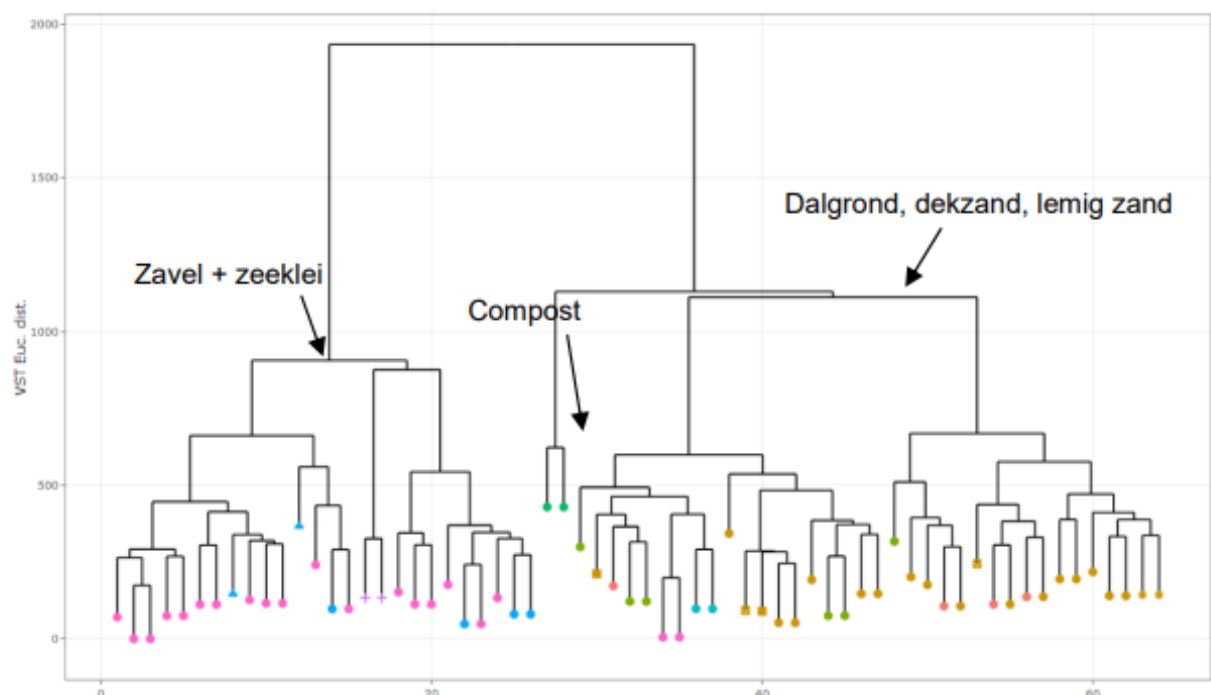
DNA Next-generation sequencing analyses

In de onderzochte percelen werd een ruime variatie aan verschillende bacteriesoorten gevonden, deze varieerde van ongeveer 7.700 tot ruim 8.000 verschillende soorten, zie figuur 2. Ook zijn in elke bodem archea (oer-bacteriën) en bodemschimmels zoals de arbusculaire mycorrhiza schimmels aangetroffen.

Biodiversiteit				
INDEX	UNIEKE SOORTEN	GEMMIDELDE	SHANNON INDEX	GEMMIDELDE
 Bactërien	● 7865	● 7712 - 8153	● 8.11	● 8.11 - 8.41
 Archaea	● 359	● 354 - 672	● 3.96	● 3.87 - 4.89
 Schimmels	● 1768	● 1629 - 1875	● 6.20	● 6.09 - 6.35






Figuur 2: Voorbeeld van unieke soorten microbiom van één van de onderzochte percelen.

Er is door BioClear een duidelijke relatie tussen grondsoort en microbiom gevonden, wat te verklaren valt dat de omstandigheden zoals grondsoort de voorkeur en overlevingssucces van bepaalde soorten bacteriën en schimmels beïnvloedt, zie figuur 3.

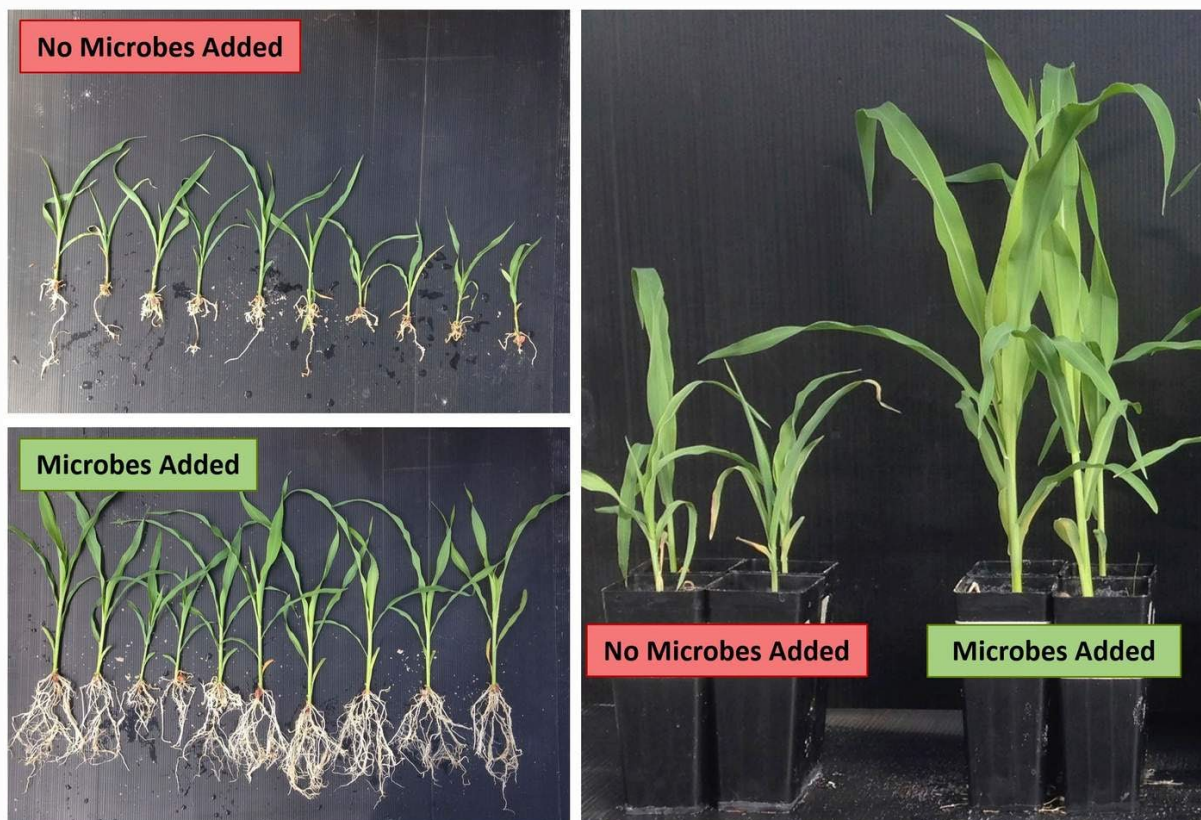


Figuur 3: Hiërarchische clustering op basis van microbiom, bodems met gelijke grondsoort clusteren samen.

Daarnaast zijn er in wisselende mate plantengroei bevorderende schimmels en bacteriën in de percelen aangetroffen, zie figuur 4. Plantengroei bevorderend bodemleven (zoals mycorrhiza schimmels) kunnen een groot effect hebben op de ontwikkeling van planten en significante effecten vertonen op groei en biomassa van planten (tot wel +30%), zie figuur 5.

Weerbaarheid				
INDEX	BACTERIËN	GEMIDDELDE	SCHIMMELS	GEMIDDELDE
 Plantenhormoon productie	● 0.83 %	● 0.57 - 1.00 %	● n.v.t.	● n.v.t.
 Plantengroei bevorderend	● 13.8 %	● 9.70 - 13.71 %	● n.v.t.	● n.v.t.
 Antibiotica productie	● 0.52 %	● 0.97 - 2.24 %	● n.v.t.	● n.v.t.
 Arbusculaire mycorrhiza	● n.v.t.	● n.v.t.	● 0.15 %	● 0.01 - 0.38 %
 Plant pathogenen	● 0.004 %	● 0.0 - 0.003 %	● 5.70 %	● 4.31 - 8.17 %

Figuur 4: Voorbeeld van plant ondersteunende microbiom in één van de onderzochte percelen.





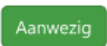



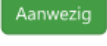

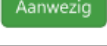

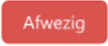




Figuur 5: Voorbeeld van het effect van planten groei bevorderende bodembioïologie, bron: [Promoting plant probiotics \(uq.edu.au\)](http://Promoting-plant-probiotics.uq.edu.au).

Net zoals er bij gewassen een relatie is gevonden met het microbiom, lijken er ook relaties te bestaan tussen het bedrijf en de microbiom samenstelling. Dit duidt erop dat bijvoorbeeld handelingen zoals type bemesting en bodembewerkingen het bodem microbiom lijken te beïnvloeden. Dit lijkt het vermoeden te bevestigen dat het microbiom beïnvloed kan worden door onder andere het bedrijfsmanagement.

In de meeste bodems werd microbiologie aangetroffen waarvan bekend is dat ze specifieke sporenelementen plantbeschikbaar maken, zie figuur 6. De aanwezigheid van de gevonden microbiologie wisselde per perceel.

Daarnaast is er microbiom voor koolstofvastlegging in de meeste onderzochte percelen aangetroffen wat mogelijk belangrijk kan zijn voor het ten gelde maken van carbon credits, zie figuur 6.

Koolstofkringloop (Opbouw organische stof)		
INDEX	BACTERIËN	GEMMIDELDE
 Koolstofvastlegging	• 0.11 %	• 0.03 - 0.06 %

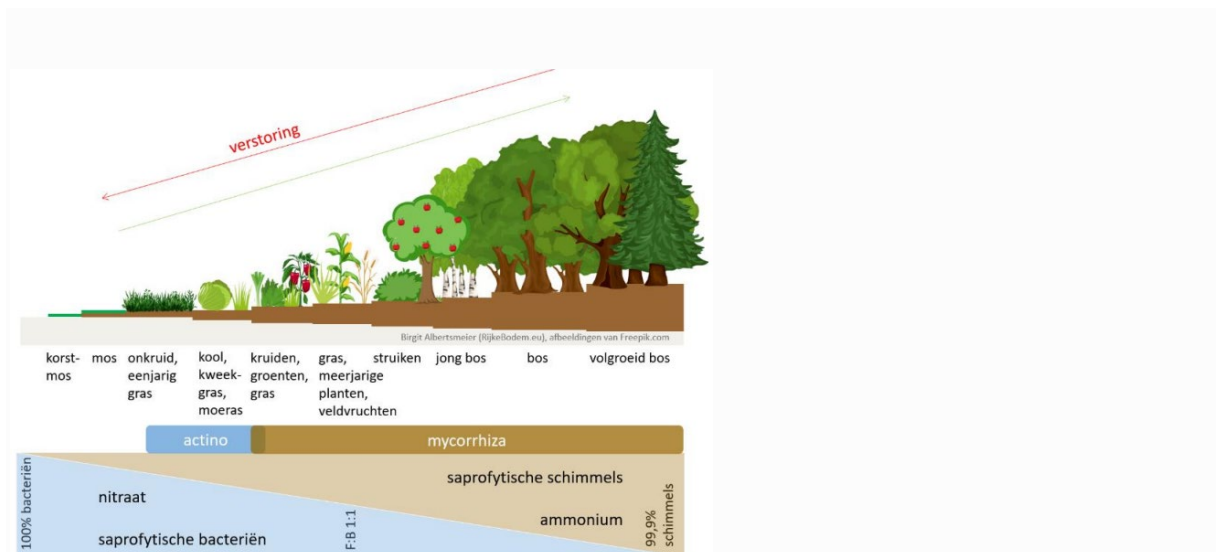
Sporenelementen		
INDEX	MICROBIOLOGIE AFWEZIG	MICROBIOLOGIE AANWEZIG
 Mg Magnesium		 Aanwezig
 B Borium		 Aanwezig
 Mo Molybdeen		 Aanwezig
 Mn Mangaan		 Aanwezig
 Zn Zink	 Afwezig	
 I Jodium	 Afwezig	
 Se Selenium		 Aanwezig

Figuur 6: Voorbeeld van aanwezigheid van microbiom voor koolstofvastlegging en vrijmaken van sporenelementen uit de bodem van één van de onderzochte percelen.

Microscopische analyses

Uit de analyses van het Bodem Voedsel Web School (microscopische analyse) kwam naar voren dat de aantallen bacteriën in de onderzochte bodems hoger zijn dan de aantallen schimmels. De huidige bodems zijn te classificeren als bacterie dominant. Volgens het bodem voedsel web systeem zijn de aantallen bacteriën goed, maar is een hoger aandeel gunstige bodemschimmels gewenst. Een hoger aantal arbusculaire mycorrhiza schimmels in de bodems geven nog meer plant ondersteuning aan de gewassen.

Volgens het Bodem Voedsel Web School kan er voordeel worden gehaald wanneer de schimmel-bacterie ratio verschuift naar 1:1, terwijl deze nu grofweg rond de 0,1:1 ligt. Volgens de bodem successie schaal (figuur 7) is een bacterie dominante bodem meer geschikt voor pioniers planten (de meeste onkruiden zijn pioniers planten) en een schimmel dominante bodem geschikt voor bos (>5000:1). De huidige landbouwgewassen blijken het beste te floreren bij een schimmel-bacterie ratio van 1:1.



Plaatje: Birgit Albertsmeier (RijkeBodem.eu) met afbeeldingen van Freepik

Figuur 7: voorbeeld van bodem successie op basis van schimmel-bacterie ratio, volgens het Bodem Voedsel Web School.

Naast planten groei bevorderende eigenschappen hebben de gunstige bodemschimmels zoals mycorrhiza schimmels ook een grote invloed op het water vasthoudende vermogen en de beluchting van een bodem. De schimmels zijn in staat om kleine bijeen geplakte bodemdeeltjes samen te binden tot grotere bodemdeeltjes (agregaten) waardoor de bodem korrelig, luchtig en beter watervasthoudend wordt. Het is daarnaast bekend dat arbusculaire mycorrhiza schimmels kunnen samensmelten met plantenwortels via een unieke samenwerking en via hun schimmeldraden (hyfen) het worteloppervlak en de bereikbaarheid van nutriënten voor de planten tot wel factor 1000x groter kunnen maken. Gewassen kunnen daardoor bijvoorbeeld minder droogtegevoelig worden. Deze gunstige eigenschappen kunnen in de onderzochte bodems mogelijk nog meer benut worden door de aanwezigheid van deze gunstige schimmels meer te stimuleren.

De onderzochte grotere bodemdierpjes zoals protozoa (en andere predatoren) die onder andere dienen om het bodem voedsel web te controleren en de aantallen van bepaalde microbiom en bodemdierpjes reguleren waren (te) laag. Bij het verhogen van het aantal grotere bodemdierpjes (predatoren) kan waarschijnlijk nutriënten cyclus in de bodem nog meer door planten benut worden (eten en gegeten worden van bodembioologie en de nutriënten die daarbij vrijkomen). De bacteriën in de bodems bevatten over het algemeen een C/N ratio van 5:1 waarbij relatief veel stikstof vrijkomt voor planten als deze bacteriën door predatoren worden gegeten, dit lijkt deels nog onbenut in de onderzochte bodems door de lagere gevonden aantallen predatoren in de bodems.

Discussie

Dit project was een eerste succesvolle stap in het creëren van bewustwording rond de mogelijkheden en potentie van bodembioologie voor gewas, agrariëer en keten. Bewustwording is de eerste noodzakelijke stap voordat de potentiële gunstige eigenschappen van bodembioologie verder benut kan worden. Er zijn mogelijk ook andere werkwijzen nodig om het bodem microbiom te kunnen beïnvloeden en benutten in de praktijk.

Uit de microbiologie analyses over de bedrijven is gebleken dat de werkwijzen zoals type bemesting en bodembewerkingen een directe invloed op de bodembioologie kunnen uitoefenen. Aanpassingen in bedrijfsmanagement ten gunste van het beïnvloeden van de bodembioologie is nog grotendeels onbekend. Dit was geen onderdeel van dit project, maar hierin zou meer kennis opgedaan moeten worden om te begrijpen met welke handelingen de bodembioologie beïnvloed kan worden ten gunste van de te telen gewassen. Voor het ontwikkelen van alternatieve bodemverbeteraars is het noodzakelijk dat deze een behoefte (van de bodembioologie) vervullen.

Het valt op dat de basisprincipes van regeneratieve landbouw mogelijk richting kunnen geven voor werkzaamheden op het agrarisch bedrijf ter bevordering van het bodemleven. Regeneratieve landbouw hanteert principes voor werkwijzen op het bedrijf met als doel de bodembioologie zo min mogelijk te verstoren en maximaal mogelijk te stimuleren. De werkwijzen van regeneratieve landbouw zijn gebaseerd op een integrale aanpak, wat op basis van de resultaten van dit project nodig lijkt om de gunstige aspecten van bodembioologie te kunnen benutten.

Tijdens de presentaties en discussies kwam naar voren dat het onderwerp bodembioologie erg leeft onder de deelnemende agrariërs en er reeds het nodige wordt geëxperimenteerd. De definitie van een goede bodembioologie, hoe deze te herkennen, te meten en hoe de resultaten geïnterpreteerd moeten worden richting de praktijk wordt als lastig ervaren.

Binnen dit project is gewerkt met nieuwe analysetechnieken. Twee van deze technieken zijn (nog) niet mainstream, maar staan wel op het punt van doorbreken en zijn nog in volle ontwikkeling. Het nieuwe aspect van deze analyses is dat op basis van DNA sequencing de gehele populatie schimmels en bacteriën in één keer geanalyseerd kan worden en inzicht geven in de totale aantallen soorten en functies die in de bodem aanwezig zijn. Dit maakt de huidige staat en potentie van de bodembioologie zichtbaar, welke tot dusverre vrijwel onzichtbaar was.

De microscopische analyse van het Bodem Voedsel Web School is uniek omdat deze naar het geheel van het bodem voedsel web kijkt en kan zien of de bodembioologie uit balans is en/of bepaalde soorten bodemdierpjes ontbreken voor een goed werkend ecosysteem. Binnen dit project is de referentiemaand september gekozen om het effect van de geteelde gewassen te kunnen observeren. Echter, de zomer in 2022 was extreem droog waardoor mogelijk de grotere bodemdierpjes minder goed gevonden konden worden. Deze kunnen inactief kunnen worden of migreren ter overleving, waardoor ze lastiger op te sporen zijn. Hierdoor kan mogelijk het aandeel grotere bodemdierpjes zijn onderschat in dit project (zoals protozoa en andere predatoren).

De huidige gebruikte analyses in de praktijk zijn voornamelijk gebaseerd op de chemie van de bodem en laten de biologische kant van de bodem vrijwel geheel buiten beschouwing, terwijl deze bodembioologie een enorme invloed kan uitoefenen op het succes van het gewas, de beschikbaarheid van nutriënten en zelfs de fysische samenstelling van een bodem.

Het combineren van chemische en biologische analyses geeft een meer compleet beeld van de bodems en de kansen en bedreigingen voor het succes van de te telen gewassen.

De bodem is enorm complex en een groot deel van de bodembioologie is nog in functie en interactie onbekend (>50%). De verwachting is dat in de loop der jaren de gekozen analyses verder uitgebreid kunnen worden en nog meer inzicht beschikbaar zal zijn in de potentie van het bodembioologie. Wij denken dat dit project mede heeft geholpen om nieuwe essentiële analysetechnieken voor bodembioologie te introduceren, door de DNA analyse en de bodem voedsel web analyses te combineren met de bestaande chemische analyses en deze toe te passen in praktijk situaties.

Conclusie en aanbevelingen

Bevindingen

Het bodem microbioom is een zeer complex systeem waarin duizenden verschillende soorten met elkaar samenwerken of concurrentie aangaan. Uit de analyses bleek dat de onderzochte bodems rijk zijn aan een divers microbioom. De onderzochte bodems laten een divers bodemleven met ruim 7.000 verschillende soorten bacteriën en ruim 1.000 soorten schimmels zien. De gebruikte nieuwe analyse technieken in dit project geven een beeld van de functies en potentie van het bodemleven in de onderzochte bodems.

Volgens de resultaten van dit project zijn met name de schimmels en grotere bodemdierpjes in de onderzochte bodems aan de lage kant. De bacteriën zijn in ruime mate in de bodem aanwezig. Hoewel de functie van schimmels en grotere bodemdierpjes breed en complex is, werd door de

experts gesteld dat een hogere aantal gunstige bodemschimmels leidt onder andere tot een lagere onkruiddruk en meer ondersteuning voor de gezondheid van gewassen. Een hoger aantal grotere bodemdierpjes (predatoren) leidt tot meer nutriënt beschikbaarheid bij onder andere de wortels van een plant. Met name de beschikbaarheid van micronutriënten kunnen met betrekking tot plantgezondheid een significante rol spelen. Het verhogen van het aantal gunstige schimmels en grotere bodemdierpjes lijkt daardoor een kans voor de onderzochte percelen om de gewassen nog verder te ondersteunen met behulp van de bodembioogie.

Bodembioogie blijkt inmiddels meer relevant geworden voor de praktijk en industrie. Uit de resultaten blijkt dat er kansen liggen voor de agrarische sector om de gewassen te kunnen ondersteunen met behulp van de bodembioogie. De bodembioogie kan ingezet kunnen worden om de gewassen te beschermen en groei te bevorderen en gezondheid te ondersteunen. Daarnaast lijkt er een rol weggelegd voor de bodembioogie in het genereren, vastleggen en vrijmaken van nutriënten voor de planten.

Door het analyseren, begrijpen en het bewust inzetten van de gunstige aspecten van bodembioogie kan de agrarische sector hiervan mogelijk profiteren. Het is nog niet altijd duidelijk hoe bodembioogie in de bedrijfsvoering ingezet kan worden. Daarbij lijkt het cruciaal om vanuit een integraal perspectief naar de bodem te kijken, omdat vele aspecten invloed op de bodembioogie uitoefenen en dit proces erg complex is. Dit maakt implementatie zonder goed plan en goede begeleiding van experts uitdagend.

Dit verslag en uitkomsten kunnen gebruikt worden als input voor het maken van bodemverbeteraars vanuit plantaardige reststromen en dierlijke mest en voor het telen van alternatieve eiwitgewassen. Een gezonde bodem is cruciaal voor de toekomst van de landbouw.

Vervolgonderzoek

Het is belangrijk dat wordt beseft dat de beïnvloeding van de nuttige aspecten van bodembioogie een integrale aanpak vereist. De handelingsmogelijkheden op het agrarisch bedrijf bepalen in belangrijke mate de mogelijkheden en succes van de maatregelen. Het is zeer aannemelijk dat juist de combinatie van maatregelen nodig is voor het stimuleren en benutten van de gunstige aspecten van de bodembioogie. Ter illustratie: het gebruik van groenbemesters, het terugbrengen van bodembewerkingen, reductie van specifieke gewasbeschermingsmiddelen en verminderen van anorganische meststoffen geven samen een verbeterde kans voor het ontwikkelen van meer bodemleven. Het belangrijkste advies aan Fascinating ten aanzien van vervolgonderzoek is om met behulp van regeneratieve werkwijzen de mate van beïnvloeding op bodembioogie te toetsen. Dit zou uitgevoerd kunnen worden in een langjarig project met 30-60 Groningse boeren.

Uitgaande van een integrale benadering op termijn is het uiteraard wel van significant belang dat individuele maatregelen zoals bovenstaand weergegeven in de praktijk worden getoetst op effectiviteit.

Hierbij enkele concrete voorbeelden:

- Hoe is er vanuit de dikke fractie van digestaat en andere reststromen een bio-complete voeding voor het bodem voedsel web te maken?
- Hoe kan groene mest en bokashi ingezet worden om specifieke microbiom van het bodem voedsel web te voeden en te beïnvloeden?
- Kan dierlijke (drijf) mest voorbewerkt worden zodat het specifieke bodem microbiom en expliciet de bodemschimmels stimuleert?
- Welke interactie en effect hebben de huidige beschikbare groenbemesters op de bodembioogie, zodat ze ingezet kunnen worden voor het beïnvloeden van de bodembioogie ten behoeve van de toekomstige hoofdgewassen?
- Welke huidige beschikbare bio-stimulanten zijn effectief ten aanzien van het beïnvloeden van de bodembioogie?

Samenvatting bevindingen en kansen

Bevindingen en kansen uit dit project	Mogelijke oplossingen en aanknopingspunten richting Fascinating	Effect op verdienvermogen van de agrariër en of verwerker
<p>Te weinig schimmels in de bodems aanwezig wat naar verwachting o.a. leidt tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lager vochtvasthoudend vermogen van bodem door het ontbreken van grotere aggregaten. - Hogere onkruiddruk door aanwezigheid van stikstof in met name nitraatvorm. - Minder ontwikkeld en minder efficiënt nutriënt transportsysteem voor plantenwortels door gebrek of afwezigheid van hyfen (wortelbereik kan vele malen groter gemaakt worden door schimmels). - Minder bescherming en plant gezondheid bevorderende eigenschappen in de bodem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bio-complete compost of andere bodem stimulanten ontwikkelen ter bevordering van bodemschimmels. - Onderzoek naar effecten van handelingen op het agrarisch bedrijf welke de bodemschimmels kunnen beïnvloeden. - Huidige gebruikte (dierlijke) meststoffen en plantaardige reststromen nog meer bodemschimmel stimulerend maken, zodat deze als biostimulant ingezet kunnen worden naast meststof. - Onderzoek naar inzet van gerichte groenbemester mengsels welke bodemschimmels bevorderen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Potentieel reductie van inputkosten zoals meststoffen en beregeningskosten door verbeterde nutriënt beschikbaarheid voor planten in de bodem dankzij stimulatie van mycorrhiza schimmels. - Verbeterde plantweerbaarheid waardoor minder curatieve kosten. - Meer opbrengst zekerheid door weerbaarder gewas.
<p>Te weinig predatoren/ grotere bodemdierpjes van het bodemvoedsel web aanwezig wat naar verwachting o.a. leidt tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minder nutriëntencyclus van bodemleven, met name rondom wortels van gewassen wat specifiek leidt tot lagere concentraties nutriënten die daarom in de gangbare praktijk vaak in anorganische vorm toegediend moeten worden (wat potentiaal leidt tot meer uitspoelingsgevoelige situaties). - Minder controle mechanismes tegen ongecontroleerde groei van specifieke bodem microbiom (evt. pathogeen) wat kan leiden tot minder gezonde en ongunstige situaties voor de planten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bio-complete compost of andere bodem stimulanten ontwikkelen ter bevordering van grotere bodemdierpjes. - Onderzoek naar effecten van handelingen op het agrarisch bedrijf welke de bodembiologie kunnen beïnvloeden. - Ontwikkelen van alternatieven voor bodembiologie remmende en beschadigende meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grotere beschikbaarheid van nutriënten voor het gewas. - Reductie van input bemestingskosten. - Meer zelfregulerende en weerbare bodem richting het onderdrukken van gewas pathogenen.

<p>Koolstof in de vorm van organische stof in bouwland lager dan grasland wat naar verwachting o.a. leidt tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lager vochtvasthoudend vermogen. - Lagere nutriënt binding eigenschappen van de bodem (CEC). - Minder huisvestingsmogelijkheden/habitat voor het bodem microbiom en daardoor een lagere vitaliteit en nutriënten stroom in de bodem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compost of producten uit reststromen ontwikkelen welke gebruikt kunnen worden om het organische stof op het land te verhogen. - Onderzoek naar effecten van handelingen op het agrarisch bedrijf welke de organische stof kunnen beïnvloeden. - Onderzoek naar inzet van gerichte groenbemester mengsels welke organische stof verhogen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hogere waterbergend vermogen van de bodem, minder droogtegevoelig, hogere bewerkbaarheid en grotere nutriëntenpool en verbeterde nutriënten buffer (CEC) geven de agrariër meer ruimte in de teeltplannen - Potentieel verdienvermogen: carbon credits.
<p>Bodemvoorraden (chemisch) ruim voldoende tot hoog, maar beschikbaarheid van nutriënten en sporen elementen wisselend plantbeschikbaar wat naar verwachting o.a. leidt tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wisselende plantgezondheid en weerbaarheid. - Mogelijk minder nutritioneel hoogwaardig consumentenproduct dan wat mogelijk is. - Hogere ziektedruk van het gewas door een lagere plantweerstand. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bio-complete compost of andere bodem stimulanten ontwikkelen ter bevordering van het vrijmaken en reguleren van sporenelementen vrijmakende micro-organismen. - Huidige gebruikte (dierlijke) meststoffen en plantaardige reststromen ontwikkelen als sporenelementen bronnen. - Onderzoek naar inzet van gerichte groenbemester mengsels welke het vrijmaken van specifieke sporenelementen bevorderen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Potentieel minder kosten voor curatieve gewas behandelingen. - Reductie van bemestingskosten door verbeterde benutting van de bodemvoorraden.
<p>Plantgroei bevorderende en plant beschermende microbiom wisselend tot weinig aanwezig, wat naar verwachting o.a. leidt tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wisselende plantgezondheid en weerbaarheid - Een grotere behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen. - Meer behoefte aan anorganische meststoffen om opbrengsten veilig te stellen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bio-complete compost of andere bodem stimulanten ontwikkelen ter bevordering van plant beschermende bodembioologie. - Onderzoek naar effecten van handelingen op het bedrijf welke de bodembioologie kunnen beïnvloeden. - Stimulanten ontwikkelen voor plantengroei bevorderende microbiom uit (dierlijke) meststoffen en plantaardige reststromen. - Onderzoek naar inzet van gerichte groenbemester mengsels welke specifieke bodembioologie functies bevorderen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hogere plantweerbaarheid, minder curatieve kosten. - Additionele gewasgroei en verbeterde opbrengsten tegen lagere bemesting. - Lagere inputkosten per ton geoogst product.

Impact

Bijdrage aan KPI's van FASCINATING

KPI's van het Fascinating-programma	streefwaarde in 2030 op programmaniveau	Bijdrage project - beschrijving	Bijdrage project - cijfers
Economie			
Meeropbrengst in de keten door teelt van nutritioneel hoogwaardige gewassen	10-25%		
Toename Bruto Toegevoegde Waarde in de regio door verwaardiging hoogwaardige producten	€ 200.000.000		
New Business voor de regio	€ 50.000.000	Potentieel gebruik van bodembio-logie analyses door bedrijven zoals BioClear	Reeds: €54.918
Private investeringen in nieuwe economische activiteiten (unit operations, fabrieken, logistieke ketens)	€ 150.000.000		
Investeringen in R&D	€ 40.000.000		
Werken en leren			
Additionele banen die samenhangen met precisie-landbouw, digitalisering van landbouw tot hightech boerenbedrijf	100 fte	Potentieel gerealiseerde nieuwe inzet van adviseurs, monsternemers en analisten voor bodembio-logie	Potentieel 4 fte te realiseren in komende 5 jaar.
Impuls op werkgelegenheid en welvaart in landbouwsector, verwerkende industrie, (bio)chemie, consumentenproducten	5000 personen		
Stageplekken en leerplaatsen	50		
Leefbaarheid			
Verbetering woon- en leefomgeving op het platteland			
Gezondere leefomgeving (bodem-, water- en luchtkwaliteit)		Potentieel meer inzet van bodembio-logie ter reductie van gewasbescherming en kunstmeststoffen	Reeds bewustwording bij 30 x ~70 ha = ~2100 ha en mogelijk meer in de toekomst
Duurzaam en lokaal geproduceerde voeding			
Gezondere bevolking door betere voeding		Gewassen welke geteeld worden in	De verwachting is dat voor de

		relatie tot de benutting en stimulering van de bodembiologie kunnen potentieel gemakkelijker micronutriënten tot hun beschikking hebben en minder gewasbescherming smiddelen nodig hebben. Dit kan potentieel leiden tot betere voeding.	percelen met een gestimuleerde en gezonde bodembiologie in de toekomst een hogere aanwezigheid van micro nutriënten in de producten gevonden kan gaan worden.
Bijdrage aan vitale economie met baankansen voor bevolking			
Natuur en klimaat			
Opwaardering van de regionale akkerbouw en veehouderij passend bij het klimaat en cultuurlandschap	50% areaal		
Bijdrage aan de ontwikkeling van een circulaire landbouw	25%		
Uitbreiding van het areaal met verbeterde biodiversiteit in 2030	25%	Stimulering van bodembiologie vereist onder andere het groeien van meer verschillende planten naast hoofdgewassen als ondergewas en/of groenbemester mengsels. Deze maatregelen geven een directe bijdrage aan biodiversiteit op de velden.	De verwachting is dat agrarische bedrijven welke de bodembiologie principes gaan volgen minimaal 1 tot ruim 10 additionele plantensoorten zullen toepassen via groenbemesters en/of bijgewassen.
Reductie broeikasgasemissie in de keten	50% areaal		
Reductie stikstofemissie		Kennis over inzetten bodembiologie voor o.a. stikstofvoorziening naar planten.	Potentieel 20 - 50% reductie per jaar van stikstofkunstmest bij de deelnemende agrariers.

Uitbreiding van het areaal met verbeterde bodemkwaliteit in 2030		Potentieel meer inzet van bodembio­logie ter reductie van gewas­bescherming en kunstmeststoffen	Reeds bewustwording bij 30 x ~70 ha = ~2100 ha en mogelijk meer in de toekomst
--	--	---	--

Additionele Impact

Overzicht communicatie en disseminatie activiteiten inclusief links

<https://www.youtube.com/watch?v=hiAm6PbZARU&t=177s>

<https://youtu.be/oJYiD0beKuc>

Bodemgezondheid – Fascinating Groningen ([Bodemgezondheid – Fascinating Groningen \(fascinating-groningen.nl\)](http://Bodemgezondheid – Fascinating Groningen (fascinating-groningen.nl)))

Christiaan Kapper op LinkedIn: #bodembio­logie #bodembio­logie

Fascinating op LinkedIn: #fascinating #agrifood #innovatie #programma

Dankwoord

Dit programma wordt mede gerealiseerd door Nationaal Programma Groningen.

