Rapportage oktober 2021

Duurzame bloemkool

Vierjarig onderzoek naar het effect van het niet onderwerken van strorijke stalmest in bloemkoolteelt in Noord-Holland.

UNIVERSITY OF AMSTERDAM

amsterdam green campus
duurzame innovatie in de regio

Provincie Noord-Holland

Dit is de tweede rapportage van het vierjarig onderzoek naar de effecten van het niet onderwerken van strorijke stalmest in bloemkoolteelt op kleigronden in Noord-Holland.

In dit onderzoek wordt gekeken naar de invloed op fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen, uitspoeling naar oppervlaktewater, boven- en ondergrondse biodiversiteit en de smaak en productkwaliteit van de gewassen

Auteurs

Elly Morriën, Erik Cammeraat, Léon Feenstra, Sascha Nijdam, Roos van Maanen en Lisa Bibbe

Mede dank aan

Wim Reus, Pé Slagter, Danielle Lieuwen, Janny Gerritsen, Erna Steenhuis, Renée Snoek, Rutger van Dam en Emiel Elferink

Inhoudsopgave

1 Aanleiding 3
2 Inleiding 5
3 Kennismaking bloemkooltelers 6
4 Fysische bodemeigenschappen 8
4.1 Bodemopbouw en bodemtextuur 8
4.2 Watervasthoudend vermogen 9
4.3 Aggregaatstabiliteit 11
4.4 Droge bulkdichtheid 12
5 Uitspoeling naar oppervlaktewater 13
6 Chemische bodemeigenschappen 15
6.1 pH 15
6.2 Bodemorganische stof 16
6.2.1 Totale bodemorganische stof 16
6.2.2 Re-actieve bodemorganische koolstof 17
6.2.3 Heetwater extraheerbare organische koolstof 18
6.3 Stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) 20
6.4 Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) 22
7 Biologische bodemeigenschappen 24
7.1 Schimmels en bacteriën 24
7.2 Aaltjes 26
7.3 Regenwormen 27
8 Bovengrondse biodiversiteit 30
8.1 Bovengrondse insecten 30
8.2 Weidevogels 33
9 Kwaliteit en smaak 34
10 Impact 36
10.1 Impact via kennisdeling 36
10.2 Impact via onderwijsactiviteiten 38
Huidige betrokken studenten 38
Afgeronde studentprojecten 2021 40
Samenwerking: data deling met ‘koolstofproject’ 41
Bronnenlijst 43
Bijlage 1 Proefopzet 44

1 Aanleiding

Bloemkoolteler Wim Reus liep er tegenaan dat hij binnen de huidige mestwetgeving zijn organische stofgehalte niet op peil kon houden. Terwijl behoud van organische stof voor de teler van essentieel belang is om op lange termijn kwalitatief hoogwaardige bloemkolen te blijven produceren. Daarom droeg hij in 2019 zijn casus aan bij de Hackathon Natuurinclusieve Landbouw: Boer en Business in Balans; Natuurlijk doen we het samen! Die door Provincie Noord-Holland werd georganiseerd.

Het doel van deze driedaagse Hackathon was om in teams van experts, studenten, wetenschappers, techneuten etc. samen praktische, innovatieve en natuurinclusieve oplossingen te vinden voor problemen van agrariërs. In totaal is er gewerkt met 8 boeren, 8 cases en 8 hackteams. Het hackteam van bloemkoolteler Wim behoorde tot de beste 3 van deze hackathon. Ze hebben nachtenlang gerekend aan cijfermatige modellen en zelfs RVO was enthousiast over deze uitwerking.

Wim Reus: *"Naar aanleiding van mijn casus bij de hackathon van de Provincie Noord-Holland is dit proces begonnen. Vanaf het begin ben ik erbij betrokken. Ik ben samen met Bert Knegtering (RVO) en Daniëlle Lieuwen (Provincie Noord-Holland) op het ministerie van LNV geweest. Ook ben ik samen met een afvaardiging van Amsterdam Green Campus naar Friesland geweest om met Ecolane te gaan samenwerken. Ik denk dat we veel kennis opdoen waarmee we het huidige mestbeleid kunnen veranderen ten gunste van de biodiversiteit. Aangezien we als agrariërs in en met de natuur werken en leven en dat in de toekomst moeten blijven doen, is het belangrijk dat we de natuurlijke processen niet verstoren. "*

Na de Hackathon heeft Wim zijn plan verder uitgewerkt in samenwerking met RVO, Inholland, de vereniging van broccoli- en bloemkooltelers en provincie Noord-Holland. Op 11 oktober 2019 is het plan met het ministerie van LNV besproken. De vraag aan het ministerie was om vrijstelling te krijgen voor het uitrijden van vaste mest bovengronds, om via onderzoek aan te kunnen tonen dat het bovengronds aanwenden van vaste mest een positieve bijdrage levert aan de bodemstructuur, bodemvruchtbaarheid en de voedingsstoffen in de bloemkool. De wetgeving rondom het gebruik van vaste mest luidt nu dat vaste mest na aanwending op de bodem direct ingewerkt moet worden. Het ministerie heeft het onderzoek van Wim als deelproject benoemd bij het landelijke programma Bodem. Daardoor werd het mogelijk om de vrijstelling te krijgen, maar Wim moet wel binnen de fosfaatnormering blijven. Bloemkoolteler Pé Slagter heeft zich ook aangesloten bij het project en een deel van zijn percelen beschikbaar gesteld voor het onderzoek.

Pé Slagter: *"Ik sta zeer achter dit project. Ik ben ervan overtuigd dat het niet inwerken van de mest een zeer positief effect zal hebben op de weidevogels. Bovendien ben ik teleurgesteld in de huidige wetgeving en de handhaving ervan. Werknemers zijn bij ons op het perceel een keer begonnen met uitrijden van geitenmest en ik kwam een uur nadat ze gestart waren aan. Volgens de huidige wetgeving zijn we verplicht om de mest direct in te werken en was ik dus in overtreding. Ik kreeg een boete van 1000 euro en we werden gekort op onze GLB subsidie. In totaal heeft het me toen een bedrag van 10.000 euro gekost."*

Foto 1 Velden Wim Reus op 16 juli 2021.

Foto 2 Velden Pé Slagter op 29 maart 2021.

2 Inleiding

In het kader van de kringloopvisie van het ministerie van LNV wordt, uitgaande van het idee van natuur inclusieve landbouw in de regionale context, onderzocht hoe het niet-onderwerken van strorijke stalmest (bovengronds aanwenden van dierlijke strorijke stalmest) een bijdrage levert aan een gezonde bodem, bodemvruchtbaarheid, biodiversiteit en het verhogen van de voedingswaarde in de bloemkool. Binnen de huidige mestwetgeving moet strorijke stalmest direct worden ondergewerkt in de bodem. Voor dit onderzoek in Noord-Holland zijn twee proeflocaties aangewezen waar ontheffing is verleend voor het niet-onderwerken van bovengronds toegediende strorijke mest.

Dit is de tweede tussentijdse rapportage van het vierjarig Living Lab experiment in Noord-Holland in samenwerking met Hogeschool Van Hall Larenstein (HVHL) en Ecolane om het effect van bovengrondse aanwending van regionaal beschikbare vaste mest op de bovengenoemde factoren te onderzoeken. Na vier jaar helpen de resultaten bij het vaststellen of het wenselijk is de huidige regelgeving met betrekking tot het verplicht onderwerken van vaste mest aan te passen. Dit zal ook bijdragen om een remmende factor voor het gebruik van vaste mest én voor het sluiten van kringlopen in de landbouw weg te nemen.

In de periode 2020-2023 worden metingen gedaan aan de fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen en wordt bepaald wat de invloed is van niet onderwerken op bodemkwaliteit, uitspoeling naar oppervlaktewater, onder- en bovengrondse biodiversiteit (microben, aaltjes en insecten) en weidevogels, opbrengst en productkwaliteit van gewassen. De volgende vier vragen zullen in de loop van de jaren beantwoord worden:

1. Wat is het effect van bovengronds aanwenden van dierlijke vaste mest op de fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen?

2. Wat is het effect van bovengronds aanwenden van dierlijke vaste mest op uitspoeling naar oppervlaktewater?

3. Wat is het effect van bovengronds aanwenden van dierlijke vaste mest op bovengrondse biodiversiteit (insecten en weidevogels)?

4. Wat is het effect van bovengronds aanwenden van dierlijke vaste mest op de opbrengst, productkwaliteit, en voedingswaarden van de gewassen?

In de eerste tussentijdse rapportage is de methode (en (zover beschikbaar) de resultaten van de nulmeting weergegeven. De nulmetingen zijn de metingen die zijn gedaan vóór het starten van de behandelingen. Deze metingen zijn belangrijk om de uitgangssituatie op de velden te bepalen en te kunnen vergelijken met de metingen na de behandelingen. In deze tweede rapportage worden alle resultaten van de nulmetingen (maart 2020) en de eerste metingen (gedaan tussen augustus en november 2020) gegeven. De tweede metingen, die gedaan zijn in 2021 zijn inmiddels afgerond, maar moeten nog geanalyseerd worden in het lab. Deze metingen zullen in de volgende rapportage meegenomen worden. Vanwege de beperkte grootte van de dataset is het nu nog niet mogelijk om algemene conclusies te trekken. De methoden van het experiment zijn te vinden in de vorige rapportage (2020). In bijlage 1 is wel een korte toelichting over de bemonsteringspunten gegeven, waar in deze rapportage naar kan worden verwezen.

Daarnaast is het goed om te benadrukken dat het onderzoek een living lab experiment is, wat inhoudt dat het experiment uitgevoerd wordt in een praktijksetting. Wim en Pé hebben bijvoorbeeld

hun eigen landbouwpraktijken en die worden ook constant aangepast aan weer- en marktomstandigheden. Hierdoor worden de alledaagse gang van zaken en praktijken gecombineerd met het uitvoeren van onderzoek, wat ook belangrijk is omdat de resultaten moeten matchen met de praktijk om tot een werkbaar resultaat te komen. Echter, door de vele factoren die spelen, is het wel lastiger om resultaten te kunnen vergelijken.

In het volgende hoofdstuk zal eerst kennis worden gemaakt met de bloemkooltelers waar het experiment wordt uitgevoerd. Vervolgens worden alle resultaten besproken en de impact door communicatie en via onderwijs toegelicht.

3 Kennismaking bloemkooltelers

Het onderzoek is opgenomen in het bouwplan (teeltplan) van twee deelnemende telers in Hem, Noord-Holland: Wim Reus en Pé Slagter.

Proeflocatie 1, de boerderij van Wim, bevindt zich aan de Elbaweg 21 in Hem. Wim zijn teelt kan omschreven worden als kleinschalig. Wim doet het werk op de velden voornamelijk zelf.

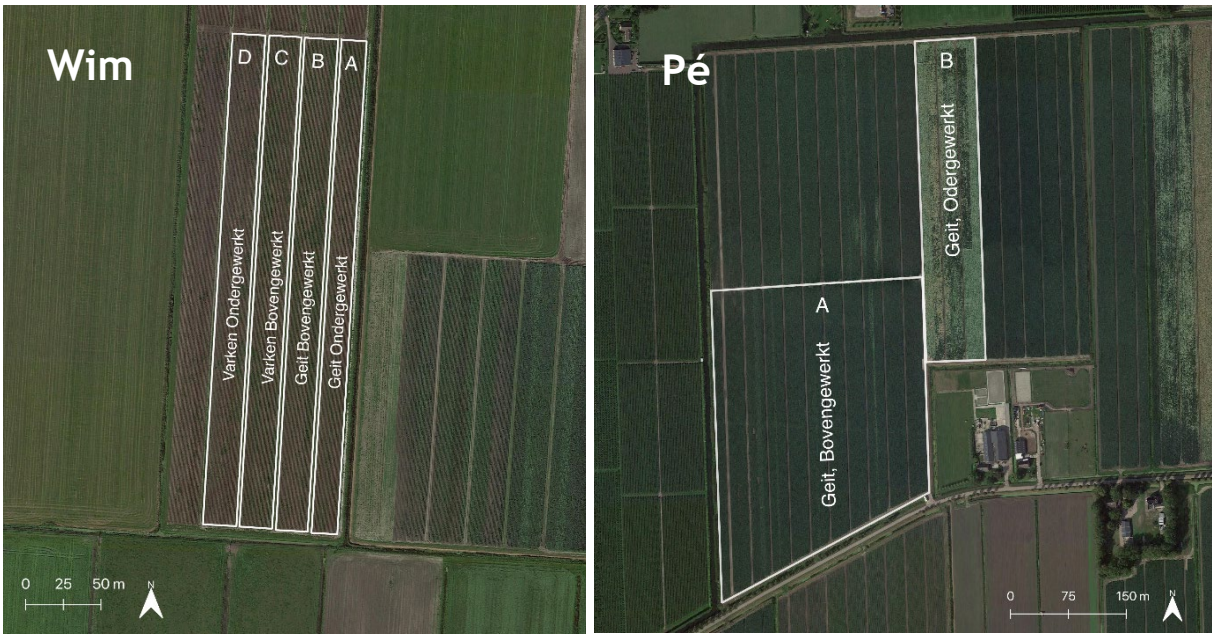
Proeflocatie 2 omslaat een gedeelte van het bedrijf van Pé en bevindt zich aan de Hornweg 6 in Hem. Het bedrijf van de familie Slagter is een stuk groter en een groot deel van het werk wordt uitgevoerd door werknemers. Het bedrijf van Pé is vergeleken met de teelt van Wim grootschalig.

Figuur 1 Een bovenaanzicht van Hem in Noord-Holland, maar daarop aangegeven proeflocatie 1 (Wim Reus, proeflocatie 2 (Pé Slagter) en het controleveld (Dirk Jan).

Voorafgaand aan de proef maakten beide telers gebruik van verschillende soorten meststoffen. Wim gebruikte onder meer compost, kunstmest, strorijke stalmest (ondergewerkt) en drijfmest. Pé gebruikte zowel drijfmest, kunstmest als strorijke stalmest op zijn percelen. Beide telers doen overwegend aan niet-kerende grondbewerking. De bodem wordt ter voorbereiding op de teelt en na

afloop van de teelt vaak gefreesd. Frezen is een manier van niet-kerende bodembewerking waarbij de bodem wordt verkruimeld. Bladmateriaal en plantenresten worden hiermee onder de toplaag van de bodem verwerkt. Daarbij wordt de bodem direct zaai klaar gemaakt. Ook wordt regelmatig gebruik gemaakt van vanggewassen in de winter, zoals Japanse haver. De telers maken allebei gebruik van verschillende variëteiten bloemkool, geschikt voor verschillende groeiperioden. De verschillende behandelingen leiden tot verschillende uitgangssituaties op de deelnemende velden bij aanvang van de proef. Om te voorkomen dat deze verschillen de interpretatie van de resultaten beïnvloeden, wordt voor aanvang van de proef een nulmeting gedaan. Daarmee worden de bestaande verschillen tussen de velden in kaart gebracht.

Op proeflocatie 1 (Wim Reus) omvat de proef vier stroken, waarop twee behandelingen worden toegepast. Op strook A en B wordt geitenmest gebruikt, op strook C en D varkensmest (zie Figuur 2). Op proeflocatie 2 bestaat de proef uit twee velden, A en B. Op beide velden wordt geitenmest gebruikt. Op veld A wordt deze niet ondergewerkt, op veld B wel (zie Figuur 2). Alle mest die wordt toegepast, is strorijke stalmest. Strorijke stalmest is in dit geval een mengsel van stro gemaakt van brouwgerst en vaste varkens- of geitenmest.



Figuur 2 Op links proeflocatie 1 (Wim) en rechts proeflocatie 2 (Pé) met onderverdeling in de verschillende stroken met bijbehorende type mest en behandeling. Gecreëerd in ArcGISPro door Evelina Elere (2021).

De gewasrotatie op proeflocatie 2 (Pé Slagter) is 3 jaar bloemkool, 2 jaar Luzerne en 1 jaar tulpen. Op veld A komt in 2022 en 2023 luzerne en in 2024 tulpen. Op veld B komt in 2022 nog bloemkool, in 2023 en 2024 luzerne en in 2025 tulpen. In de winter, wordt er mits niet te nat na de oogst in de herfst, Japanse haver ingezaaid.

Op proeflocatie 1 (Wim Reus) wordt geen gewasrotatie toegepast. Hier worden dus alleen bloemkolen geteeld.

De controlevelden in dit onderzoek is het bedrijf van Dirk Jan Kok, gevestigd aan de Koggeweg in Venhuizen (naast Hem). Ook Dirk Jan verbouwt bloemkolen en heeft vanwege de ligging, ongeveer 2 kilometer bij Wim en Pé vandaan een soortgelijke bodem. Daarnaast worden deze velden niet voorzien van strorijke stalmest. De velden van Dirk Jan zijn daarom geschikt om als controle velden te dienen tijdens dit vierjarige experiment.

4 Fysische bodemeigenschappen

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de fysische bodemeigenschappen besproken. In 4.1 wordt de bodemopbouw en bodemtextuur toegelicht, in 4.2 het watervasthoudend vermogen, in 4.3 de aggregraatstabiliteit en tenslotte in 6.4 de droge bulkdichtheid van de bodem. In iedere paragraaf wordt eerst besproken wat er wordt gemeten en waarom, vervolgens de hypothese en ten slotte de resultaten tot nu toe.

4.1 Bodemopbouw en bodemtextuur

Wat en waarom?

Het is van belang om de bodemopbouw en bodemtextuur van de proefvelden te bepalen omdat het de basis is van alle processen die plaatsvinden in de bodem en daarom van invloed zijn op de metingen in dit onderzoek.

Een bodem bestaat uit meerdere 'lagen' (horizonten) en dit wordt de bodemopbouw genoemd. De bodemtextuur is de korrelgrootte samenstelling van de bodem en wordt op grond daarvan ingedeeld in textuurklassen. Met andere woorden is het de verhouding tussen de hoeveelheid klei (< 2 micrometer), silt (2-63 micrometer) en zand (> 63 micrometer) in de bodem. Alle metingen zijn gedaan aan de bovenste laag van de bodem (0-10 cm; tenzij anders vermeld), omdat daar de interactie tussen plant, bodem en bodemleven, en de grondbewerking en bemesting het grootst is.

Hypothese

De bodemopbouw en bodemtextuur worden alleen aan het begin van het experiment bepaald, aangezien hier geen verandering zal plaatsvinden binnen de tijdspanne van het onderzoek. Deze bodemvormende processen spelen een rol op een tijdschaal van duizenden jaren. Om die reden kan de bodemopbouw en de textuur als een constante worden meegenomen in dit onderzoek.

Resultaten

De velden waar het onderzoek wordt uitgevoerd hebben een kleirijke bodem. De bodem is sterk beïnvloed door de landbouwpraktijk. Het oorspronkelijk aanwezige microreliëf is gedurende de jaren geëgaliseerd, waardoor hoogteverschillen minimaal zijn. Door grondbewerking is de oorspronkelijke bodemopbouw en met name de dikte van de bovenste laag teelaarde (Ap horizont) veranderd.

De bodemopbouw tussen de velden is vergelijkbaar. De bodem heeft een donkere bruinzwarte toplaag, die rijk is in organische stof (de Ap horizont). Deze laag ligt meestal direct op een grijze of gelig grijze ondergrond (de Cg horizont) die vlekking vertoont als gevolg van oxidatie-reductie processen in de bodem. Onder de invloed van wisselende grondwaterstanden is de bodem afwisselend blootgesteld aan zuurstofrijke en zuurstofarme omstandigheden. Dit beïnvloedt het gedrag van elementen als ijzer in de bodem. De verschillen tussen de velden van Pé en Wim uiten zich vooral in de dikte van de donkere bovengrond (ongeveer 40cm bij Pé en 25cm bij Wim respectievelijk).

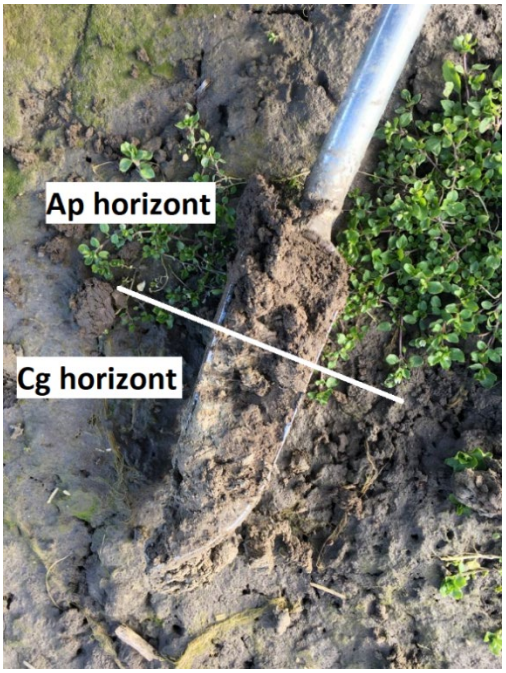


Foto 3 Foto van een grondboring op veld Pé A. Dit gedeelte laat precies de overgang tussen de donkere bruinzwarte organische stof rijke toplaag (de Ap horizont) en de gelig grijze ondergrond zien (de Cg horizont). De overgang is aangegeven met een lijn.

Alhoewel de bodems goed vergelijkbaar zijn*, varieert het kleigehalte in de bovengrond bij Pé tussen de velden A en B (21-33% en 20-23% respectievelijk) en bij Wim varieert het tussen 25 en 32%. Omdat er ook behoorlijk wat zand en silt in de bodem zit, wordt dit type grond ook wel als zware zavel- (tot 25% klei) en lichte kleigrond (25-35% klei) aangeduid. Doordat klei slecht doorlatend is, stagneert water in de bodem op de grijze C horizont in meer of minder mate met variatie binnen de velden.

* De bodems zijn vergelijkbaar: Woudeerdgrond (Ap 30-50cm) of Leekeerdgrond (Ap < 30cm) volgens de NL classificatie of een Calcaric Gleysol volgens FAO WRB classificatie.

Tabel 1 Textuur van de bodem van de proefvelden (in %), textuurklasse volgens Nederlandse indeling (de Bakker en Schelling, 1989).

Locatie	Klei	Silt	Zand	Textuur klasse
Pé A1	26.8	43.1	29.9	Lichte klei
Pé A5	33.3	47.5	19.1	Lichte klei
Pé A10	21.5	57.4	20.8	Zware zavel
Pé B5	24.0	48.6	27.1	Zware zavel
Pé B7	23.4	40.7	35.8	Zware zavel
Pé B10	20.4	52.1	27.1	Zware zavel
Wim A2	30.0	33.2	36.6	Lichte klei
Wim B5	32.3	40.7	26.9	Lichte klei
Wim C5	32.2	39.4	27.6	Lichte klei
Wim D1	30.3	42.2	27.3	Lichte klei
Wim E2	24.5	47.7	27.7	Zware zavel

4.2 Watervasthoudend vermogen

Wat en waarom?

Het watervasthoudend vermogen van de bodem is belangrijk voor planten omdat dit de beschikbare hoeveelheid water in de bodem bepaalt, in dit geval het gewas. Optimale water hoeveelheden in de bodem bepalen dus direct de gewasopbrengst.

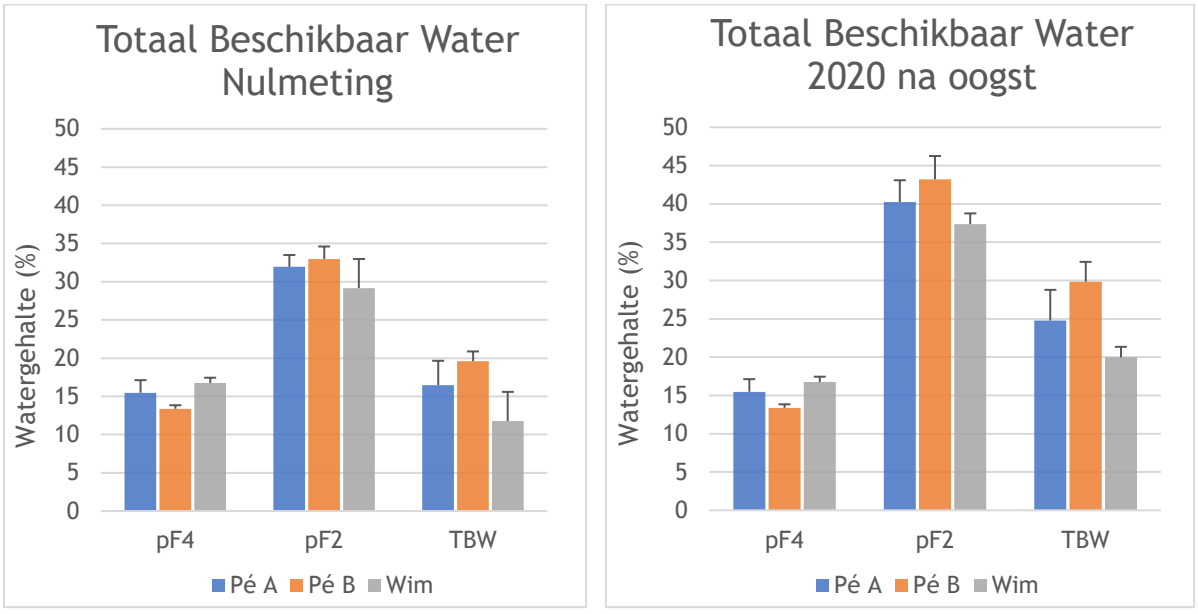
Niet al het water in de bodem is beschikbaar voor planten. Het watervasthoudend vermogen van de bodem is afhankelijk van het verschil tussen de veldcapaciteit en het permanent verwelkingspunt. De veldcapaciteit is de hoeveelheid water die een bodem kan vasthouden en die zelfs onder invloed van de zwaartekracht niet uit de bodem wegzakt. Als er meer water in de bodem aanwezig is, dan sijpelt dat weg naar de ondergrond. Een deel van het bodemwater is zo sterk gebonden aan de bodemdeeltjes dat het niet door planten kan worden opgenomen. Het moment waarop dat gebeurt, wordt ook wel het verwelkingspunt genoemd.

De waarde van het watervasthoudend vermogen hangt vooral samen met de bodemstructuur (verdeling en samenhang van vaste gronddeeltjes) en de bodemtextuur (korrelgrootte verdeling). Omdat het verwelkingspunt vooral wordt bepaald door de aanwezigheid van hele kleine poriën, wordt die vooral bepaald door de textuur. Omdat de textuur van een bodem niet snel verandert over korte perioden, blijft het verwelkingspunt min of meer constant. De veldcapaciteit wordt echter beïnvloed door grotere poriën, bijvoorbeeld graafgangen van wormen of scheurvorming door uitdroging van een kleiige bodem en de aanwezigheid van organische stoffragmenten die ook water vast kunnen houden. Deze waarde zal dus onderhevig zijn aan fluctuaties onder invloed van het bodemleven, bodemvochtgehalte, organische stofgehalte en bodembewerking.

Hypothese

We verwachten dat het watervasthoudend vermogen beïnvloed wordt door de seizoen dynamiek (vocht, bewerking en biologische activiteit) en de aanwezigheid van organische stof. Verder verwachten we dat het niet onderwerken van strorijke mest geen direct effect heeft op het watervasthoudend vermogen behalve dat er minder verdamping plaatsvindt. Een indirect gevolg is een positief effect op het organische stofgehalte in de bodem en dat gehalte draagt bij aan een hoger watervasthoudend vermogen.

Resultaten



*Figuur 3 Gemiddelde waarden voor het totaal beschikbare bodemwater (volume water t.o.v. volume bodem * 100) gebaseerd op veldmetingen op proeflocatie 1 (Wim A t/m D samengenomen) en proeflocatie 1 (Pé A en B) voor de nulmeting (vóór het planten in 2020) en na de oogst in 2020. De foutbalk op de staafjes is de standaard fout t.o.v. het gemiddelde.*

pF 4 is het verwelkingspunt , pF 2 = de veldcapaciteit en TBW = totaal beschikbaar bodemwater. De pF4 is berekend uit de textuur met een standaard methode.

We zien voor het verwelkingspunt dat veld Pé B significant afwijkt van de andere velden en dat het totaal beschikbare water het hoogst is voor veld B van Pé en het laagst voor de velden van Wim. Na de oogst is zowel de veldcapaciteit en daarmee het totaal beschikbare water sterk toegenomen. De patronen in de verschillen tussen de velden blijft gelijk. Deze significante toename van 25-30 % suggereert een sterke opname van dood plant materiaal in de bodem en een daarmee gerelateerde toename in de biologische activiteit (zie 7 Biologische bodemeigenschappen). Dit komt overeen met de afname in droge bulkdichtheid (zie 4.4 Droge bulkdichtheid) die ook vaak te wijden is aan

verhoogde organische stof gehalten en/of biologische activiteit. Nieuwe metingen in de periode 2021-2023 moeten uitsluitsel geven of deze link tussen biologische activiteit, droge bulkdichtheid, watervasthoudend vermogen en organische stof daadwerkelijk aanwezig is.

4.3 Aggregaatstabiliteit

Wat en waarom?

Aggregaten zijn bodemdeeltjes die samengeklonterd zijn en daarmee natuurlijke kluitjes in de bodem vormen. Aggregaatvorming wordt onder andere beïnvloed door de korrelgrootteverdeling van de bodem en door de hoeveelheid organische stof. Daarnaast is de landbewerking van invloed doordat ploegen de (grotere) bodemkluiten kapotscheurt. Omdat we kijken hoe de opgebrachte mest de aanwezigheid van organische stof beïnvloed en we ook invloed van grondbewerking verwachten, of liever gezegd het effect van de afwezigheid van (kerende) grondbewerking, is het zinvol om naar de aggregaten in de bodem te kijken. Tussen aggregaten zitten grotere poriën die belangrijk zijn voor de beworteling, beluchting en het watertransport door de bodem. Die poriën kunnen dus lucht, bodemgassen of water bevatten of een combinatie.

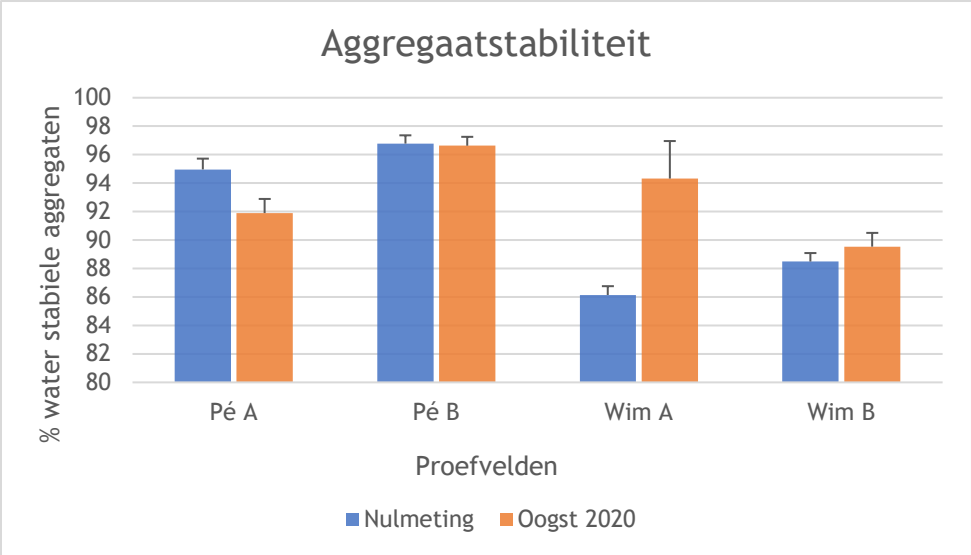
Als de aggregaten (kluitjes) uit elkaar vallen in kleinere aggregaten of in losse klei, silt en zanddeeltjes, dan blokkeren zij daarmee de grotere poriën en dat benadeelt de beluchting en het watertransport door de bodem. Het is dus belangrijk dat de hoeveelheid kluitjes en grote poriën stabiel blijft in de bodem en dat kunnen we meten door de stabiliteit van de aggregaten met de *natte zeef methode*. Daarnaast beïnvloedt de porieverdeling ook het watervasthoudend vermogen van de bodem.

Hypothese

We verwachten dat de aggregaatstabiliteit hoog is, omdat we met een kleiige bodem werken die van zichzelf al een hoge stabiliteit heeft, omdat klei de interne cohesie tussen alle bodemdeeltjes in bodemaggregaten bevordert. We verwachten ook dat de mest de organische stofgehalten verhoogt, waardoor ook de stabiliteit zou kunnen toenemen. We verwachten dat de verschillen het duidelijkst zichtbaar worden aan het eind van de veldproef na 4 jaar.

Resultaten

Figuur 4 laat zien dat de aggregaat stabiliteit een wisselend beeld toont. De aggregaatstabiliteit is overal hoog (fractie > 0.85; 1 = alle aggregaten zijn stabiel)) zoals verwacht en de velden van Wim laten een significante toename van de aggregaatstabiliteit zien, terwijl de velden van Pé geen verschil laten zien of zelfs een afname van de aggregaatstabiliteit zonder kerende grondbewerking (Pé A) na de oogst.



Figuur 4 Aggregaat stabiliteit voor de velden van proeflocatie 1 (Wim A en Wim B) en proeflocatie 2 (Pé A en Pé B) bij aanvang van het experiment (nulmeting) en na de oogst in 2020. (Gebaseerd op de data van Susanne de Bruin; 2021). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error). De velden Wim C en Wim D zijn nog niet geanalyseerd, dus deze zijn nog niet meegenomen in de resultaten.

Ook is er een duidelijk positief en significant verband tussen de mate van aggregaatstabiliteit en de diverse organische koolstof fracties (organische stof (LOI), Heetwater extraheerbare koolstof (HWC) en permanganaat oxydeerbare gevonden koolstof (POXC) (zie de Bruin, 2021). Deze verschillende koolstof fracties worden verder besproken in paragraaf 4.2 Bodemorganische stof.

We kunnen concluderen dat de effecten na één oogst nog niet eenduidig zijn voor alle velden. De velden van proeflocatie 1 (Wim) laten in ieder geval al wel een positieve invloed zien. Daarnaast is de hypothese dat aggregaatstabiliteit wordt beïnvloed door organische stof bevestigd.

4.4 Droge bulkdichtheid

Wat en waarom?

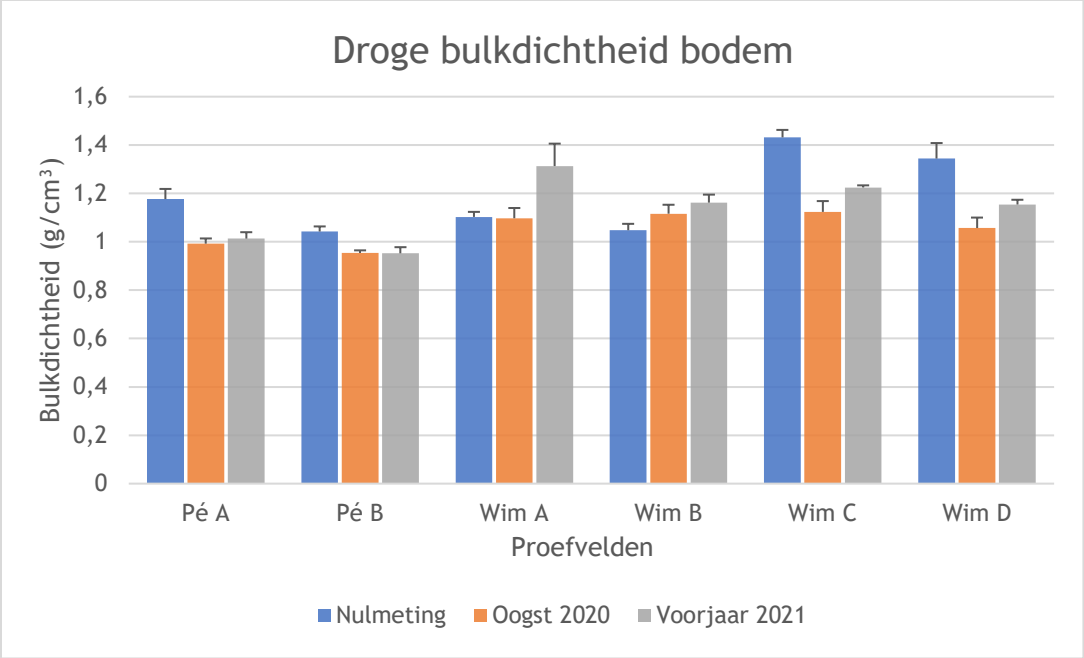
De droge bulkdichtheid van de bodem geeft het gewicht van ovendroge grond per volume eenheid. Grond bestaat uit 3 fasen, vaste stof, lucht en water waarbij de laatste twee in de bodemporiën zitten. Zijn er veel poriën aanwezig dan zijn er minder bodemdeeltjes en omgekeerd. Omdat het watergehalte erg varieert wordt de bulkdichtheid bepaald aan bodem zonder water (oven droog). Een bodem met veel poriën heeft dus een lagere bulkdichtheid. Poriën zijn belangrijk voor het transport van gassen in de bodem, b.v. de uitwisseling van zuurstof en koolstofdioxide voor het bodemleven, en voor het vasthouden en transport van bodemwater. De samenstelling van de bodemdeeltjes zelf beïnvloedt ook de bulkdichtheid. Organische stof is een onderdeel van de vaste stof in de bodem, en heeft een laag soortelijk gewicht. Minerale bodemdelen zoals zand of klei hebben een veel hoger soortelijk gewicht. De mengverhouding tussen organische stof en minerale delen heeft dus ook invloed op bulkdichtheid: veel organische stof geeft een lagere bulkdichtheid van de bodem.

Hypothese

Bodembewerking (keren of niet keren) beïnvloedt de bodemstructuur en dus ook de poriën tussen de bodemkluitjes. Een hogere biologische activiteit, met name van de gravende bodemfauna, geeft een hogere porositeit en dus een lagere bulkdichtheid. Een hoger gehalte aan organische stof leidt

ook tot een lagere bulkdichtheid. Niet kerende grondbewerking kan tot verdichting leiden, omdat een van de doelen van het ploegen is om de bodem open te breken en grotere poriën te creëren. Bij Pé en Wim wordt echter wel gefreesd wat dan wel weer tot een hogere porositeit van het bovenste deel van de bodem leidt. Verder verwachten we een toename van bodem biologische activiteit door het niet keren van de grond, waardoor de droge bulkdichtheid zal afnemen. Daarnaast verwachten we een verbeterde organische stof *samenstelling* en op de lange duur verhoging van de organische stof *gehalten* wat ook tot een lagere droge bulkdichtheid moet leiden.

Resultaten



Figuur 5 Dynamiek in de bulkdichtheid (g / cm³) van de bodem op de velden van proeflocatie 1 (Wim A t/m D) en proeflocatie 2 (Pé A en B) bij aanvang van het experiment (nulmeting), na de oogst in 2020 en in het voorjaar van 2021 (vóór het planten in 2021). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

De droge bulkdichtheid is op de meeste velden afgenomen over het groeiseizoen van 2020 (van de nulmeting tot na de oogst 2020), behalve voor de velden Wim A en B. Voor de velden van Pé is de droge bulkdichtheid nadien niet veranderd en is die nog steeds lager dan in voorjaar 2020. De velden van Wim geven een wisselend beeld, waarbij sommige velden in het voorjaar 2021 zelfs een hogere waarde vertonen dan het jaar ervoor.

5 Uitspoeling naar oppervlaktewater

Leeswijzer

In dit hoofdstuk wordt uitspoeling van water uit de bodem naar het oppervlakte besproken. In de eerste paragraaf wordt besproken wat er wordt gemeten en waarom, vervolgens de hypothese en ten slotte de resultaten tot nu toe.

Wat en waarom?

Het is van belang om de uitspoeling van water naar het oppervlaktewater te onderzoeken op de hoeveelheid opgeloste stikstof (nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+)), omdat een verhoogt stikstofgehalte in het omliggende oppervlaktewater kan leiden tot eutrofiëring. Bij een te hoog stikstof

aanbod gaan bepaalde plantensoorten overheersen ten nadele van andere soorten wat een afname van biodiversiteit tot gevolg kan hebben.

Het bodemwater is gemeten in het najaar van 2020 (na de oogst) en in het voorjaar van 2021 op proeflocatie 2 (veld A en B van Pé) op drie verschillende dieptes: eerste 10 cm, 25 cm en 50 cm. Daarnaast is het regenwater en het oppervlakte water in de omgeving van de velden ook geanalyseerd.

Foto 4 Op de linker foto zijn Erik Cammeraat (links) en Léon Feenstra (rechts) bodemwater via een pompsysteem uit de bodem aan het halen. De watersamples worden vervolgens in potjes gedaan (foto rechts) en meegenomen naar het laboratorium op de Universiteit van Amsterdam voor analyse.

Hypothese

Het wordt verwacht dat het niet onderwerken van de mest zorgt voor een verminderde uitspoeling van stikstof naar oppervlakte water, door onder andere een afname van nitrificatie processen die plaatsvinden in de bodem en omdat de mest in droge vorm wordt opgebracht.

Resultaten

Bij de metingen in november 2020 tot en met maart 2021 is er een structureel hogere concentratie van nitraat (NO_3^-) gemeten in veld B (ondergewerkt) van Pé ten opzichte van veld A (niet ondergewerkt). Dit is in tegenstelling tot de gemiddelde concentraties van ammonia (NH_4^+), welke hoger zijn voor het ondergewerkte veld (veld B) dan voor het niet ondergewerkte veld (veld A). Het effect van het wel of niet onderwerken van de mest is op beide resultaten significant bevonden.

Doordat de bodem vanaf het voorjaar 2021 tot aan de oogst 2021 erg droog was, is het extraheren van bodemwater met behulp van poreuze cups niet gelukt, doordat deze geen water hebben kunnen aanzuigen. Verdere analyses hebben daardoor niet plaats kunnen vinden. Omdat er door de droogte geen water in de cups is gevangen, kan er ook geconcludeerd worden dat er geen uitspoeling van bodemwater en daarmee uitspoeling van stikstof heeft plaatsgevonden.

6 Chemische bodemeigenschappen

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de chemische bodemeigenschappen besproken. In 6.1 wordt de pH toegelicht, in 6.2 het bodemorganisch stof, in 6.3 stikstof, fosfor en kalium en ten slotte in 6.4 het potentieel mineraliseerbare stikstofgehalte. In iedere paragraaf wordt eerst besproken wat er wordt gemeten en waarom, vervolgens de hypothese en ten slotte de resultaten tot nu toe.

6.1 pH

Wat en waarom?

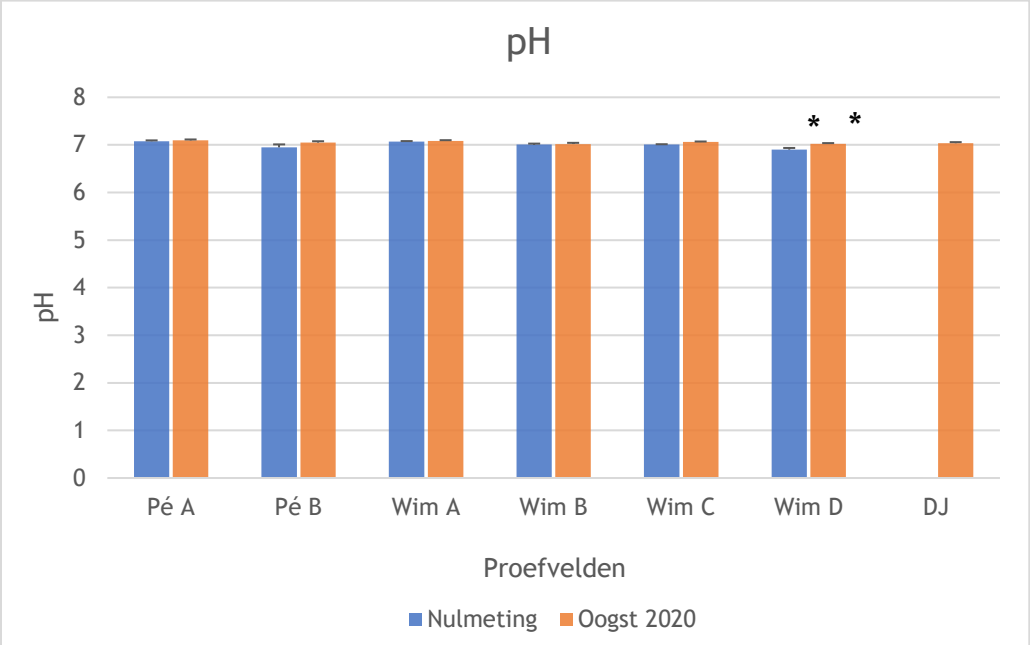
De pH of zuurgraad van de bodem is een belangrijke en simpele indicator voor bodemkwaliteit. Een lage pH oftewel een zure bodem kan veel nutriënten verliezen door uitspoeling. De bodem rondom Hem bevat van nature een paar procent kalk en kalk in de bodem neutraliseert verzuring. De uitgangspositie van de bodem pH is dus gunstig. Normaliter wordt er ook bekalkt bij de teelt om de pH van de bodem op pijl te houden en dat is ook het geval bij onze proefvelden.

Hypothese

We verwachten dat de pH zal dalen als gevolg van toepassing van mest, omdat mest een verzurende werking heeft. Echter verwachten we ook dat dit tijdens de veldproeven weer omhoog wordt gebracht door bekalking door Wim en Pé.

Resultaten

De resultaten van de nulmeting in 2020 laten zien dat de pH gunstig (neutraal) is en tussen de 6.8 en 7.1 varieert. Er zijn wel verschillen tussen de velden bij de nulmeting: Wim veld D had een significant lagere pH dan de velden Wim A-C en die van Pé en Dirk Jan (controle veld). Na de oogst in 2020 zijn die verschillen niet meer significant aanwezig. Waarschijnlijk is dit het effect van de kalkbemesting gedurende de teelt, die de verwachte verzurende werking van de mest heeft geneutraliseerd.



Figuur 6 Zuurgraad van proeflocatie 1 (Wim A t/m D), proeflocatie 2 (Pé A en B) en controleveld (Dirk Jan) tijdens de nulmeting en na de oogst 2020. De sterretjes (*) boven de staven betekenen dat de pH waarden significant verschillend zijn. Alleen bij veld Wim D zijn er verschillen ten opzichte van de andere velden. De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

6.2 Bodemorganische stof

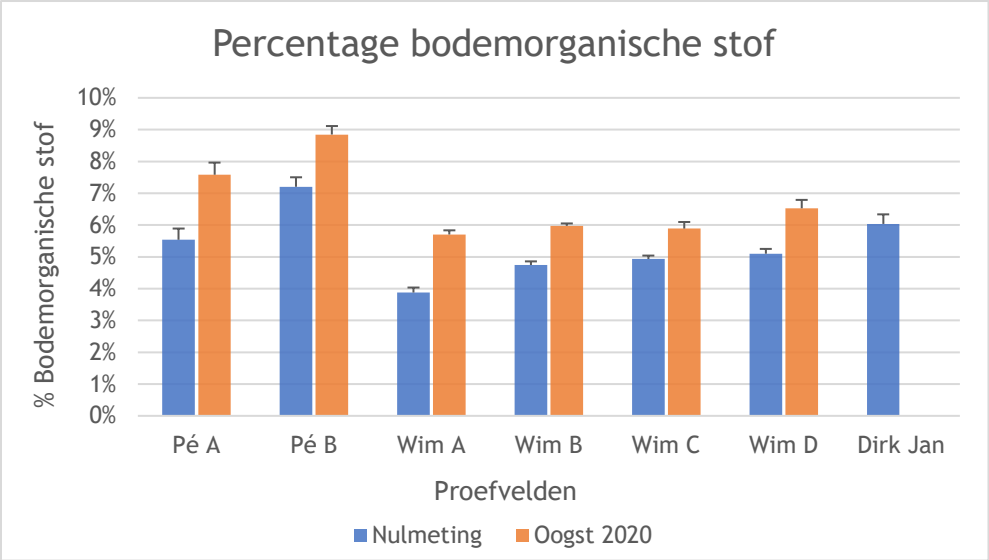
Organische stof in de bodem is een belangrijke graadmeter voor bodemkwaliteit en is ook belangrijk voor vastlegging van koolstof vanuit de atmosfeer. Daarnaast is bodemorganische stof ook het voedsel voor het bodemleven. Bodemorganische stof wordt gevormd door het vergaan van zowel boven- als ondergrondse plantenresten. De dode biomassa van wortels en bladeren wordt dan omgezet naar kleinere vaste deeltjes door bodemleven van klein tot groot, of wordt omgezet naar oplosbare stoffen die dan in het bodem- en grondwater verdwijnen of het wordt weer gemineraliseerd tot kooldioxide gas. Omdat bodemorganische koolstof bestaat uit plantenresten is dat oorspronkelijk uit de atmosfeer vastgelegde koolstofdioxide. Hoe meer van die koolstof in de bodem blijft en wordt vastgelegd, hoe beter het is om het broeikaseffect tegen te gaan.

De bodemorganische stof hoeveelheid wordt naast de plantengroei en toevoer van dode plantbiomassa ook sterk beïnvloed door de landbouwpraktijk. Hoeveel plantmateriaal komt er uiteindelijk in de bodem, hoeveel wordt er bij de oogst afgevoerd, vindt er rotatie met verschillende gewassen plaats, hoe wordt de bodem bewerkt (want ploegen brengt extra zuurstof in de bodem waardoor organische stof makkelijker kan vergaan), wordt er extra organische stof opgebracht (bijvoorbeeld via mest) etc. Bodemorganische stof bevordert ook de vruchtbaarheid van de bodem omdat het nutriënten vasthoudt, de bodemstructuur verbetert en waterinfiltratie bevordert.

De hoeveelheid organische stof in de bodem verandert maar langzaam. Slechts maximaal 1% van de koolstof in plant materiaal dat in de bodem komt wordt uiteindelijk stabiele organische stof. Uit de literatuur is bekend dat veranderingen in totale bodem organische stof langzaam verlopen, vaak over tientallen jaren.

6.2.1 Totale bodemorganische stof

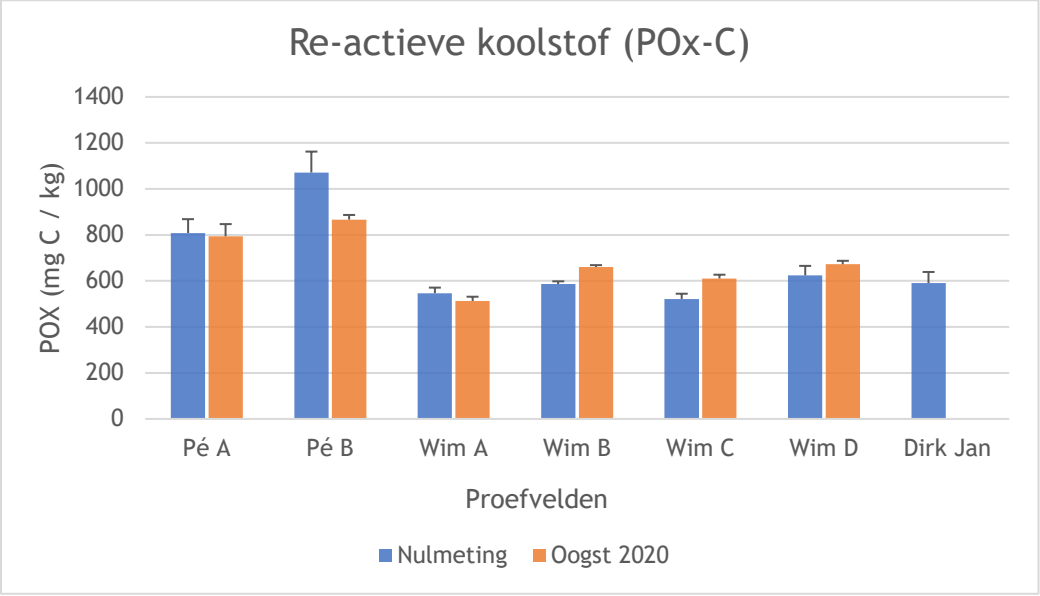
In figuur 7 zien we dat de organische stofgehalten op alle velden tussen de 4 en 9% bedragen en dat de waarden in de velden van Pé significant hoger zijn dan in die van Wim en Dirk Jan. We zien ook een significante toename in bodemorganische stof na de oogst in 2020 in vergelijking tot de nulmeting, met een gemiddelde toename van 1.5%. Dat is een enorm verschil en heel veel groter dan we verwacht hadden. Of dit een seizoen effect is doordat er veel bladafval op de grond komt na de oogst en dat vervolgens bijdraagt aan bodemorganische stof, of dat het een toename is door de verandering in bemesten en grondbewerking moet blijken uit de metingen die gaan komen. Met name de metingen die direct voor het planten van de bloemkool zijn gedaan zullen hier meer duidelijkheid gaan verschaffen.



Figuur 7 Percentage bodemorganische stof (%) op proeflocatie 1 (Wim A t/m D), proeflocatie 2 (Pé A en B) en controlelocatie (Dirk Jan) tijdens de nulmeting en na de oogst 2020. De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

6.2.2 Re-actieve bodemorganische koolstof

Organische stof bestaat uit veel verschillende stoffen en sommige stoffen reageren sneller op veranderingen in de bodem dan andere. Daarom meten we ook permanganaat oxideerbare koolstof (POx-C) ook wel (re-)actieve koolstof genoemd. Dit deel van de bodemorganische stof is actief betrokken bij de nutriënten cyclus in de bodem en is een gevoelige indicator voor het meten van snelle veranderingen in de bodemkoolstof. Het reageert snel op veranderingen in teeltsystemen, zoals bijvoorbeeld niet-kerende grondbewerking of variatie in de gewas rotatie. Een toenemend (re-)actief koolstof gehalte betekent meestal dat de bodemkwaliteit verbetert.



Figuur 8 Vergelijking van (re-)actieve organische koolstof (POx-C) na de oogst in vergelijking tot de nulmeting in het voorjaar 2020. De nulmeting van veld Dirk Jan is genomen in 2021. De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

In figuur 8 zien we de verschillen in (re-)actieve koolstof tussen de nulmeting en na de oogst van 2020. De waarden komen goed overeen met de range die in de literatuur wordt gerapporteerd, waarbij veld Pé B duidelijk aan de hoge kant is. Het beeld varieert echter tussen de proefvelden. Velden Pé A en Wim A laten geen verschil zien en veld Pé B toont zelfs een significante achteruitgang, terwijl velden Wim B, Wim C en Wim D een significante toename laten zien. We kunnen dus nog niet eenduidig zeggen of de (re-)actieve koolstof veranderingen door de niet kerende grondbewerking en de opgebrachte bemest wordt veroorzaakt. Er kan wel geconcludeerd worden dat de waarden bij Pé duidelijk hoger zijn dan bij Wim en op het controleveld van Dirk Jan.

Foto 5 Inwegen van bodemmonsters in het laboratorium van de Universiteit van Amsterdam.

6.2.3 Heetwater extraheerbare organische koolstof

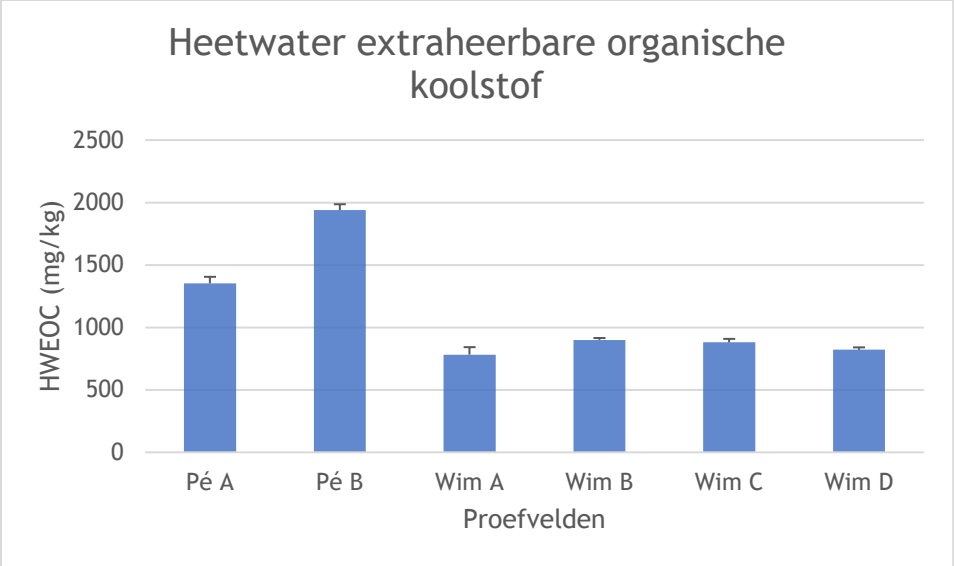
Wat en waarom?

Heetwater extraheerbare koolstof (HWEOC) wordt gezien als een gevoelige indicator voor het effect van bemesting en cultivatie. Het is net als POx-C een onderdeel van de totale organische stof in de bodem. De literatuur geeft aan dat er een sterk verband is met bodem microbiele biomassa, microbieel stikstof, mineraliseerbare stikstof en de totale hoeveelheid koolwaterstof (Ghani et al., 2003). Het wordt gezien als indicator voor labiele organische stof en reageert relatief snel op bodembewerking en teelt net zoals de re-actieve bodemorganische stof (POx-C).

Hypothese

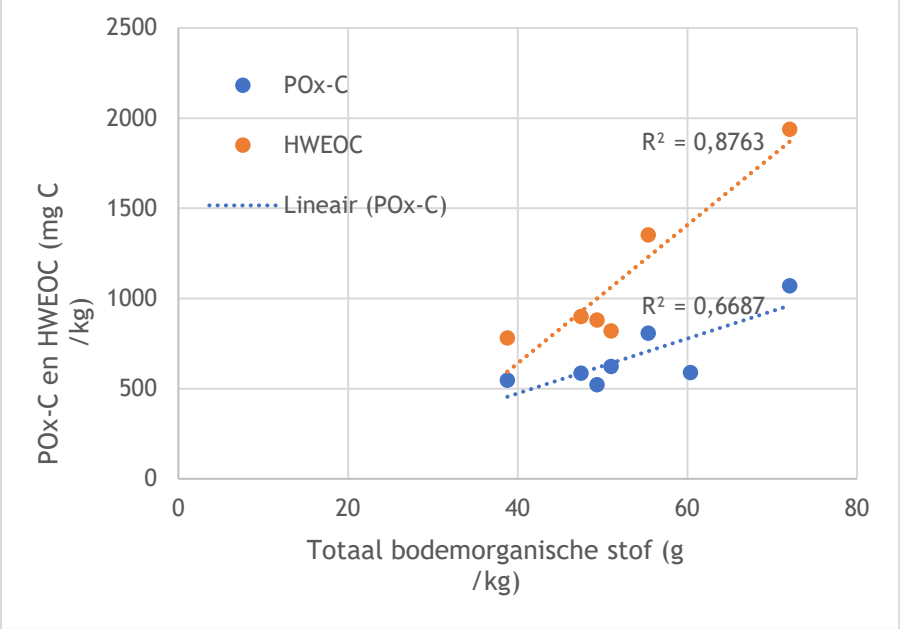
We verwachten dat er een toename zal zijn van de heet water extraheerbare koolstof (HWEOC) door de veranderede teeltsystemen. Daarnaast verwachten we ook een verband met POx-C en mogelijk ook mineraliseerbare stikstof en microbiële biomassa. Als we deze verbanden kunnen vaststellen, zal heetwater extraheerbare organische koolstof een goede indicator zijn om snel veranderingen in de bodemorganische stof samenstelling te kunnen aantonen.

Resultaten



Figuur 9 Waarden van de hulmeting van heet water extraheerbare organische koolstof (HWEOC). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error). *(bron figuur: HWC nulmeting 2RB3 / analysis)*

De waarden van de nulmeting geven enerzijds een groot significant verschil tussen de velden van Pé en Wim en anderzijds ook een groot significant verschil tussen de twee velden van Pé in de hoeveelheid heet water extraheerbare organische koolstof (Figuur 9). De metingen van na de oogst in 2020 zijn helaas nog niet beschikbaar. We zien voor de nulmeting dezelfde verschillen terug in de POx-C waarden (Figuur 8). Dit is ook in overeenstemming met de literatuur die veelal een sterk verband laat zien tussen HWEOC en POx-C. De overeenkomsten met de microbiële biomassa en mineraliseerbare stikstof zijn echter niet eenduidig.



Figuur 10 Correlaties tussen bodemorganische koolstof en permanganaat oxideerbare organische koolstof en heet water extraheerbare organische stof.

In figuur 10 is de relatie aangegeven tussen de verschillen organische stof fracties met de totale organische stof in de bodem (data van de nulmeting). De correlatie van totaal bodem organische stof

met de HWEOC (r^2= 0.88) is sterker dan met POxC (r^2=0. 67) maar beiden zijn significant ($p < 0.01$ en $p < 0.05$ respectievelijk), en ook is er een significante correlatie tussen HWEOC en POx-C (r^2= 0.96, $p < 0.001$) voor de nulmeting. De correlatie tussen POx-C en LOI neemt af voor alle data gezamenlijk (r^2=0.46), en hier speelt de seizoensinvloed een belangrijke rol. De vraag is natuurlijk hoe dit zich gaat ontwikkelen als we de veranderde bemesting en landbewerkingsmethoden effecten mee kunnen meenemen en data van voor het planten en na de oogst kunnen vergelijken over meerdere jaren.

6.3 Stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K)

Stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) zijn de belangrijkste voedingsstoffen voor het gewas. Strorijke stalmest vormt een bron van deze voedingsstoffen in de landbouw, evenals kunstmest. Voor beide bemestingsbronnen wordt de bemestende waarde vaak uitgedrukt in de aanwezige NPK. Deze waarde varieert voor strorijke stalmest per jaar en wordt vaak pas bekend nadat de mest op het land is gebracht.

De hoeveelheid N, P en K in de mest is niet gelijk aan de hoeveelheid plant beschikbare N, P en K. Deze laatste is voor de landbouwpraktijk echter wel de meest relevante maat, aangezien dit ook daadwerkelijk door het gewas kan worden opgenomen. De hoeveelheid aan plant beschikbare nutriënten is afhankelijk van vele factoren, waarbij het bodemleven, de beworteling, de pH, de bodemstructuur, textuur en het gehalte organische stof de belangrijkste zijn.

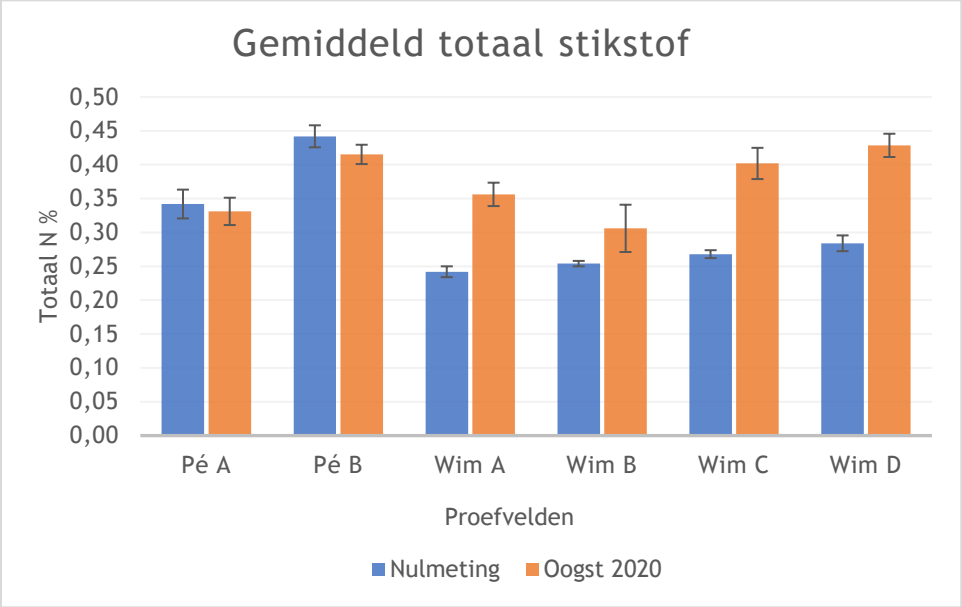
Stikstof komt het meeste voor in de bodem als organisch gebonden stikstof en kan vrijkomen door mineralisatie. Daarbij ontstaan de plant beschikbare vormen NH_4^+ (ammonium) NO_2^- (nitriet) en NO_3^- (nitraat). Deze zijn echter gevoelig voor uitspoeling, waardoor de voedingsstoffen met water uit de bodem kunnen spoelen en verloren gaan. We bepalen zowel totaal stikstof (N) in de bodem als het direct door de plant opneembare stikstof (potentieel mineraliseerbare stikstof; PMN). Fosfor (P) wordt opgenomen door planten in de vorm van fosfaten en kan door planten beschikbaar worden gemaakt, maar de stof verbindt zich ook sterk aan elementen als ijzer, aluminium of calcium waardoor het dan niet meer direct beschikbaar is. Deze binding is ook sterk bodem pH afhankelijk . Fosfor zit ook in organische stof en is dan niet direct beschikbaar, maar als de organische stof makkelijk mineraliseerbaar is, dan is de fosfor die vrij komt bij omzetting ook beschikbaar. We meten alleen het voor planten beschikbare P in de bodem (P-Olsen). Kalium bindt zich over het algemeen goed aan organisch materiaal en aan klei (adsorptie). Het kan hiervan ook gemakkelijk weer loskomen en opgenomen worden door planten.

Hypothese

De hoeveelheid plant beschikbaar N, P en K wordt beïnvloedt door de capaciteit van de plant om goed te wortelen en de omstandigheden in de bodem voor de omzetting van N, P en K in de juiste vorm. Onder de juiste omstandigheden bepaalt de activiteit van het bodemleven in hoeverre deze voedingsstoffen in de plant beschikbare vorm geleverd worden door de bodem. De levering van deze voedingsstoffen hangt daarmee af van de mate waarin de toediening van strorijke stalmest de structuur, pH, het organische stofgehalte en het bodemleven ten goede komt. De verwachting is dat strorijke stalmest met name het bodemleven stimuleert, waardoor de bodem beter in staat is N, P en K aan het gewas te leveren.

Resultaten

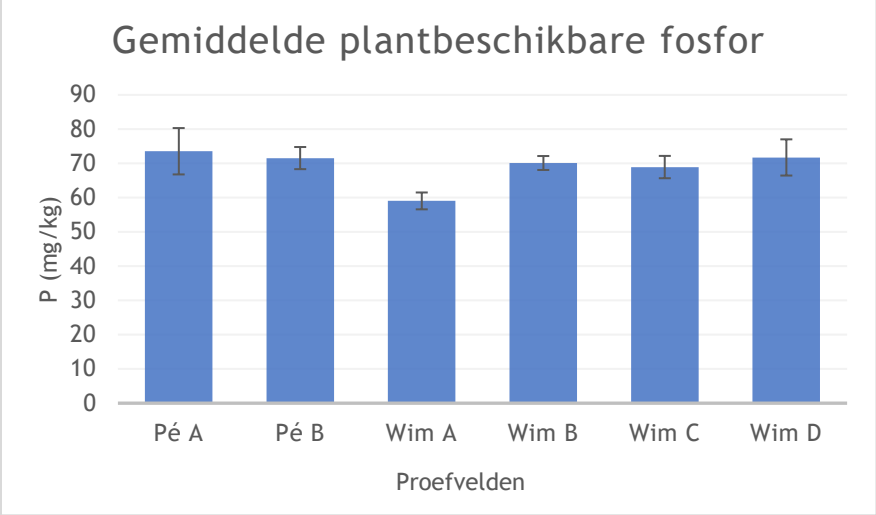
Figuur 11 laat het totale percentage stikstof (N) tijdens de nulmeting en na de oogst van 2020 zien op de verschillende velden van zowel Wim als Pé. De totale stikstof pool bestaat zowel uit niet plant beschikbare en wel plant beschikbare stikstof.



Figuur 11 Gemiddelde hoeveelheid stikstof (totaal N%) op proeflocatie 1 (Wim A t/m D) en proeflocatie 2 (Pé A en B) tijdens de nulmeting (blauw) en na de oogst van 2020 (oranje). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

De resultaten laten zien dat de gemiddelde hoeveelheid stikstof bij de velden van Wim significant is toegenomen tijdens de oogst in 2020 ten opzichte van de nulmeting in het voorjaar van 2020. Met name velden C en D laten een stijging zien van 0,1 %. De velden van Pé laten een kleine daling zien, maar deze waarden liggen erg dicht bij elkaar en het verschil is niet significant.

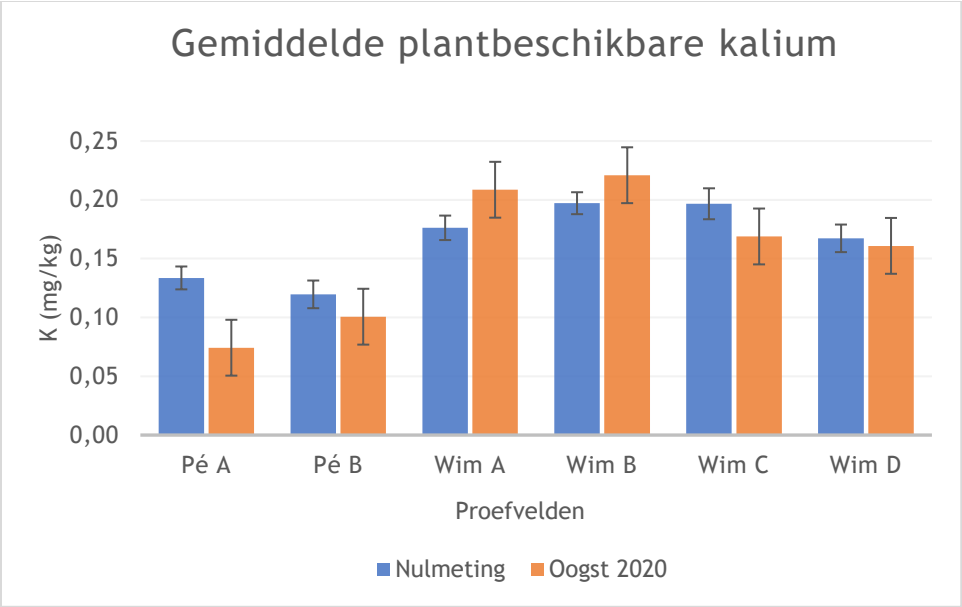
Figuur 12 geeft de gemiddelde plant beschikbare fosfor (P) tijdens de nulmeting. De analyses van de eerste meting na de oogst van 2020 zijn nog niet voltooid en zullen daarom in de volgende rapportage worden meegenomen.



Figuur 12 Gemiddelde plant beschikbare fosfor (P [mg / kg]) op proeflocatie 1 (Wim A t/m D) en proeflocatie 2 (Pé A en B) tijdens de nulmeting. De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

In de resultaten is te zien dat de gemiddelde hoeveelheid plant beschikbaar fosfor (P) min of meer gelijk is over alle velden. Veld Wim A beschikt over een significant mindere hoeveelheid plant beschikbare hoeveelheid P ten opzichte van de andere velden.

Figuur 13 presenteert de resultaten van de gemiddelde plant beschikbare hoeveelheid kalium (K) tijdens de nulmeting en na de oogst van 2020.



Figuur 13 Gemiddelde plant beschikbare K (mg / kg) op proeflocatie 1 (Wim A t/m D) en proeflocatie 2 (Pé A en B) tijdens de nulmeting (blauw) en na de oogst van 2020 (oranje). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

De grafiek laat zien dat er voor de velden van Pé een vermindering over de tijd te zien, waarbij veld A tijdens de oogst over minder K beschikt dan veld B. De waarden van veld B van Pé liggen dichtbij elkaar. De velden Wim A en B tonen een toename van plant beschikbare K tijdens de oogst, waar veld Wim C een vermindering laat zien. Veld Wim D is stabiel gebleven ten opzichte van de nulmeting.

6.4 Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN)

Wat en waarom?

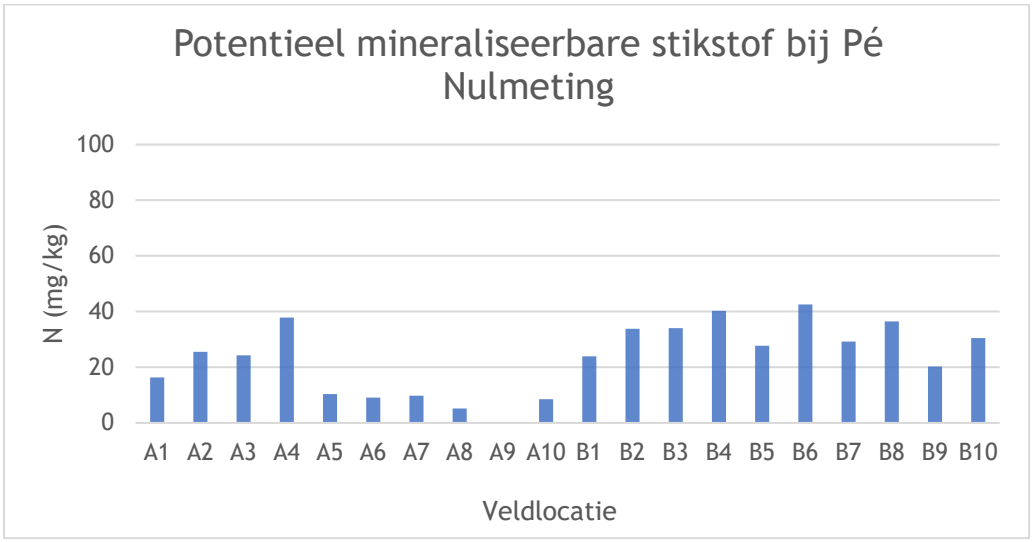
Bij organische meststoffen (mest, compost) is stikstof pas beschikbaar voor de plant op het moment dat de organische delen worden afgebroken en minerale verbindingen (ammonia en nitraat) worden gevormd. De laatste twee stoffen worden gevormd door nitrificerende bacteriën, door ammonia met behulp van zuurstof te oxideren tot NO_3^-. Het bodemleven dat de organische delen afbreekt is daarom een belangrijke component in de levering van voedingsstoffen aan het gewas. Kunstmest levert stikstof wel in direct gemineraliseerde vorm zodat planten het direct kunnen opnemen.

Het stikstof-leverend vermogen van de bodem kan worden getest door de hoeveelheid potentieel mineraliseerbare stikstof te bepalen. Over het algemeen lijkt een hoger stikstof-leverend vermogen gunstiger, maar gemineraliseerde stikstof kan niet altijd direct worden opgenomen door de plant, waardoor het risico op uitspoeling van nitraat vergroot. Het is interessant om vanuit dat perspectief naast het stikstof-leverend vermogen ook de uitspoeling van stikstofcomponenten te bepalen (Hoofdstuk 5 Uitspoeling naar oppervlakte water).

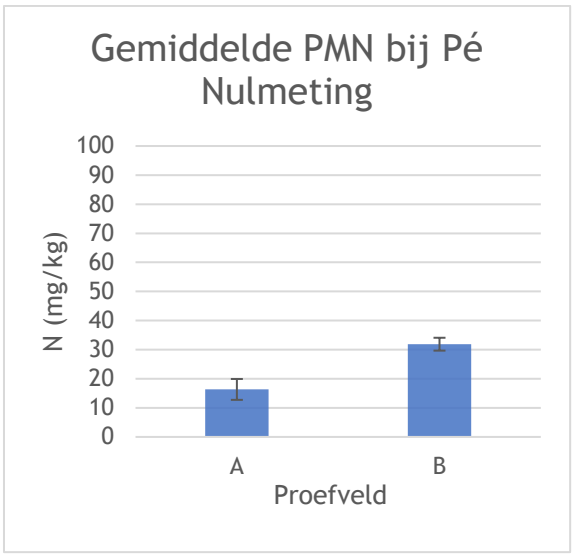
Hypothese

De verwachting is dat organische mest, via de stimulering van het bodemleven en de toevoeging van organisch materiaal, minder snel en voor een langere periode tot stikstoflevering leidt dan kunstmest dat kan. Doordat er meer bodemleven en meer stikstofbronnen aanwezig zijn, in de vorm van strorijke stalmest, is de verwachting dat het stikstof-leverend vermogen stijgt gedurende de proef. Het onderwerken van de mest kan ertoe leiden dat andere belangrijke factoren, zoals de bodemstructuur en de doorlaatbaarheid beïnvloedt worden, wat de mineralisatie en de uitspoeling van de stikstof kan beïnvloeden.

Resultaten



Figuur 14 Hoeveelheid potentieel mineraliseerbare stikstof in de bodem van proeflocatie 2 (Pé A en B) op alle meetpunten (PA1 t/m PA10 en PB1 t/m PB10).



Figuur 15 Gemiddelde hoeveelheid potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) tijdens de nulmeting op proeflocatie 2 (Velden Pé A en B). De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).

De PMN analyse is uitgevoerd op de velden A en B van Pé. De resultaten voor de velden van Wim zijn nog niet beschikbaar. Het effect van de strorijke stalmest is nog niet meegenomen in de score, omdat op dit moment alleen de resultaten van de nulmeting beschikbaar zijn. In figuur 14 is duidelijk te zien dat er binnen de velden variatie in de waarden te vinden is. Met name in veld A beschikken de sample locaties 5 t/m 10 een lagere hoeveelheid potentieel mineraliseerbaar stikstof, wat mogelijk veroorzaakt wordt door een mindere afwatering en daardoor een nattere grond. Veld A heeft een

gemiddelde waarde van 16 en veld B ligt een stuk hoger met een waarde van 32 (Figuur 15). Dit toont al een duidelijk verschil aan tussen beide velden. De potentieel mineraliseerbare stikstof is optimaal vanaf 16 N mg/kg (Moebius-Clune et al., 2017). Gemiddeld voldoen de velden van Pé aan deze waarde.

7 Biologische bodemeigenschappen

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de biologische bodemeigenschappen besproken. In 7.1 worden de resultaten voor schimmels en bacteriën toegelicht, in 7.2 aaltjes en tenslotte in 7.3 regenwormen. In iedere paragraaf wordt eerst besproken wat er wordt gemeten en waarom, vervolgens de hypothese en ten slotte de resultaten tot nu toe.

7.1 Schimmels en bacteriën

Wat en waarom?

Microbiële gemeenschappen geven veel informatie over veranderingen in het milieu en zijn ook een belangrijke indicator van verandering in het bodemleven door verschillende bemestingstechnieken. Bovendien spelen de micro-organismen een grote rol in de koolstofhuishouding binnen de bodem en in de onderdrukking van ziekten en plagen.

Soorten microben zijn lastig te onderscheiden met het blote oog, daartoe gebruiken wij vingerafdruk technieken op basis van DNA. Omdat dit vrij kostbare analyses betreft zullen wij deze alleen aan het begin en eind van het project verzamelen en analyseren. Deze hebben we nog niet tot onze beschikking.

Naast biodiversiteit van microben is de biomassa belangrijk. De biomassa zegt iets over de verhoudingen van de microbiële groepen in de bodem. Een hoge biomassa van schimmels kan een goede indicatie zijn voor een gezond bodemvoedselweb. De biomassa van bacteriën, schimmels en protozoa (eten bacteriën) is bepaald met vetzuuranalyses (PFLA), volgens Hanegraaf (2019). Vetzuren zijn stukjes celwand die voor elke groep microben specifieke chemische vingerafdrukken hebben (markers). Op basis van die markers kan uit een totale extractie van vetzuren de biomassa van deze groepen microben bepaald worden.

Microbiële biomassa zegt niet altijd iets over de functie. Veel microbiële biomassa is inactief. Om te meten wat microben doen kun je een functietest doen met koolstofsubstraten die makkelijk of moeilijk af te breken zijn door microben. Als alle substraten worden omgezet door de microbiële gemeenschap is er sprake van een hoge functionele diversiteit. Als er slechts een paar afgebroken kunnen worden is er sprake van een lage functionele diversiteit. De mate van afbraak per substraat wordt kwantitatief bepaald. Hierdoor ontstaat voor elk genomen grondmonster een reeks met nummers die staan voor hoe goed ieder van de 31 gemeten koolstofbronnen afgebroken kunnen worden in vergelijking tot water, dat fungeert als negatieve controle. De platen waarmee dit gemeten kan worden heten Ecoplates.

Een hoge biodiversiteit garandeert niet altijd een hoge functionele biodiversiteit, maar die relatie is er vaak wel.

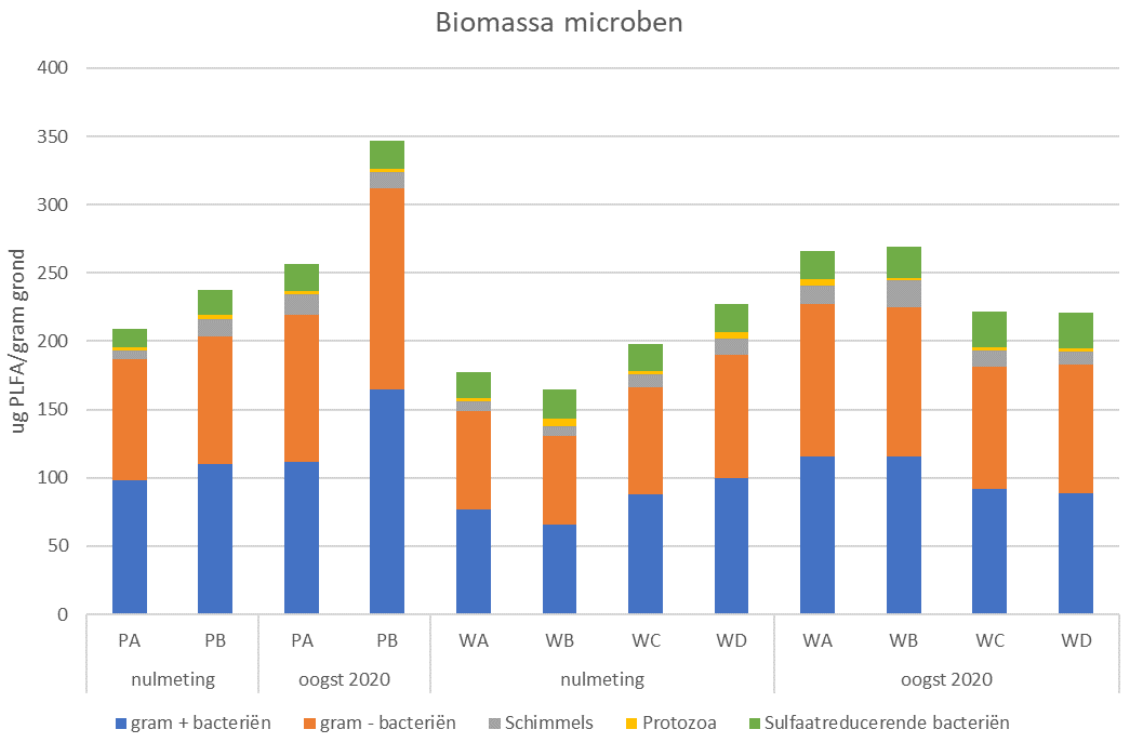
Hypothese

De verwachting is dat de biomassa van microben varieert per seizoen, daarom kunnen we pas in de loop van de jaren iets zeggen over de trends van jaar tot jaar. Omdat de nulmeting is genomen in

maart en de na-oogst meting in juli/augustus 2020 is het op dit moment nog moeilijk in te schatten of de gemeten verschillen te wijten zijn aan de seizoenen of aan de behandelingen onderwerken/bovenwerken van de mest. Daarnaast verwachten we dat bacteriën sterk domineren. Dit is bijna altijd zo in landbouwbodems, omdat schimmels sterk worden gereduceerd door landbewerking. Een toename in schimmelbiomassa is daardoor een goede indicatie dat de intensiteit van landbewerking afneemt. We verwachten dat door het bovengronds aanwenden van mest de schimmelbiomassa zal toenemen.

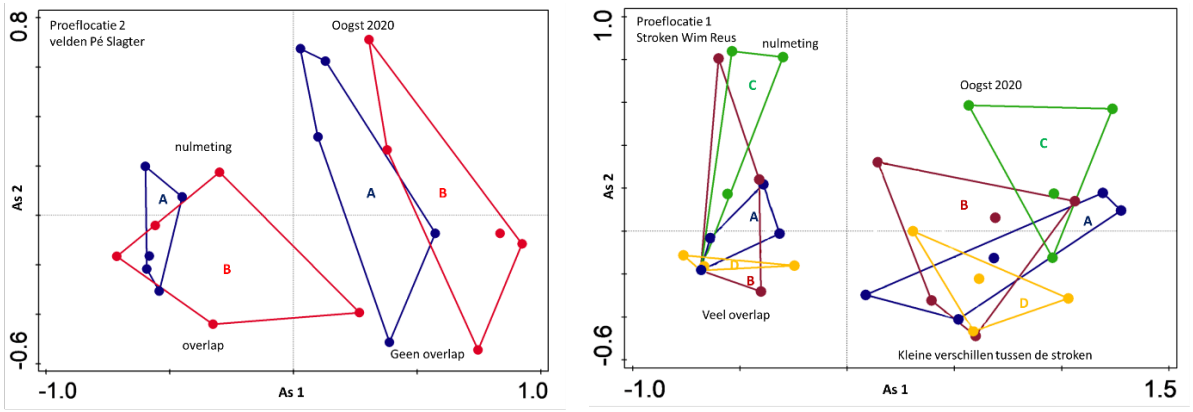
In de functionele diversiteit verwachten we dat het gebruik van strorijke mest de diversiteit in makkelijke en moeilijkere afbreekbare koolstof componenten toeneemt. Hierdoor zal naar verwachting ook de ondergrondse biodiversiteit gaan toenemen en zal de functionele diversiteit met name in de velden waar de mest bovengewerkt wordt versus de velden waar de mest ondergewerkt wordt van elkaar gaan verschillen.

Resultaten



Figuur 14 Biomassa microben per microgram vetzuur (PLFA) per gram grond op proeflocatie 1 (Velden Wim A, B, C en D) en proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) tijdens respectievelijk de nulmeting en de oogst. De gehele staafjes representeren de totale biomassa verdeeld over gram positieve/negatieve bacteriën, schimmels, protisten en sulfaatreducerende bacteriën (karakteristiek voor zuurstofarme condities, dus zeer natte

We zien in figuur 14 dat met name in het onderwerkte veld B van proeflocatie 2 (velden van Pé Slagter) de totale microbiële biomassa toeneemt, maar zoals genoemd in de verwachtingen is dit seizoeneffect nog niet uit te sluiten. Immers, in de nulmeting heeft dit veld ook een hogere microbiële biomassa, het is dus waarschijnlijk dat dit als geheel omhoog gaat. In proeflocatie 1 (velden Wim Reus) zien we een omgekeerde trend die we niet logisch kunnen verklaren met de behandelingen en daardoor waarschijnlijk vooral toe te schrijven is aan een seizoenseffect.



Figuur 15 Een Principale component analyse (PCA) van de functionele diversiteit tijdens de nulmeting en oogst 2020 op proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) en proeflocatie 1 (velden Wim Reus). We zien hier een verschuiving van volledige overlap van de microbiële functionele diversiteit tijdens de nulmetingen naar het ontstaan van kleine verschillen na de start van de behandeling tijdens de eerste oogst.

In figuur 15 zien we de functionele diversiteit van proeflocatie 2 links (velden van Pé Slagter) en van proeflocatie 1 rechts (velden van Wim Reus). Tijdens de nulmeting laat het veld B in proeflocatie 2 veel variatie zien, maar na de oogst is de variatie tussen veld A en B gelijk getrokken. Waar de velden voor de behandelingen veel overlap vertoonden gaan ze na de oogst van het eerste jaar bovenwerken/onderwerken van elkaar verschillen. Het is nu nog niet uit te sluiten dat het seizoen effect daar ook aan bijdraagt. Rechts zien we een vergelijkbaar patroon bij proeflocatie 1 waar met name de bovengewerkte stroken op de tweede as gaan verschillen van de ondergewerkte stroken. Ook hier kunnen wij een seizoen effect niet uit sluiten.

7.2 Aaltjes

Wat en waarom?

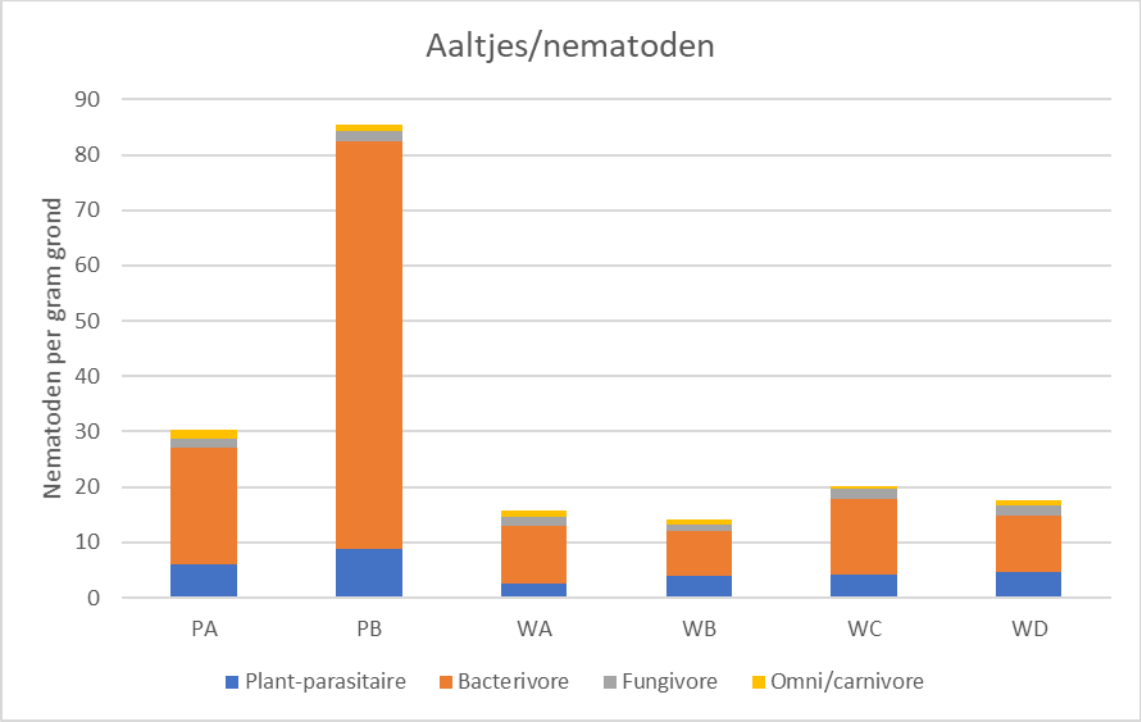
Bodem aaltjes of nematoden zijn microscopisch kleine wormpjes die verschillende functies hebben in de bodem. Beruchte aaltjes in de landbouw kunnen ziektes aan gewassen veroorzaken zoals het aardappelmoeheid. Bloemkool kan ook last hebben van plant-parasitaire aaltjes. Knolvoet wordt echter door een protist veroorzaakt (*Plasmodiophora brassicae*), en niet door een aaltje. De dichtheid, de voedselgroep en diversiteit van aaltjes (nematoden), kan een goede indicator zijn voor bodemgezondheid en wordt daarom gemeten zoals aangeraden in Hanegraaf (2019).

Bodemaaltjes, ook wel bekend al nematoden, behoren tot de microfauna in de bodem. Nematoden kunnen zowel een positieve als negatieve invloed hebben op de bodemkwaliteit. Om de dichtheid aan aaltjes en de verhouding in de functionele groepen te bepalen is uit 100 gram grond nematoden geëxtraheerd met een Oostenbrink trechter. Levende aaltjes migreren vervolgens door filterpapier uit de uitdrogende bodem in het kraanwater. Vervolgens wordt deze watersuspensie met nematoden ingedikt en gefixeerd met ethanol of formaline. Voor de nulmeting en aan het eind van het project zullen monsters op alcohol gebruikt worden voor biodiversiteit analyses op een zo gedetailleerd mogelijke niveau (soorten aaltjes). Deze extracties zijn al wel uitgevoerd, maar er zijn nog geen resultaten. De monsters op formaline zijn voor de nulmeting wel geteld onder een omkeer microscoop. Omdat er uit een bekende hoeveelheid grond nematoden zijn geëxtraheerd, kunnen we de dichtheid van nematoden per gram grond vaststellen. Op basis van de structuur van de monddelen wordt bepaald of ze plantensappen aanzuigen (plant-parasitaire nematoden), of dat ze bacteriën, schimmels of andere nematoden eten.

Hypothese

Omdat landbouwsystemen gevoelig kunnen zijn voor aaltjes is het goed om de dichtheid van plant-parasitaire aaltjes (PPN) te bekijken. De hoeveelheid PPN die schadelijk is voor een gewas is sterk variabel afhankelijk van het soort aaltje en gewas. In dit onderzoek zijn alleen de vrijlevende aaltjes uit de grond meegenomen een druk van een aantal honderden per 100 gram grond hoeft niet altijd tot problemen te leiden. Gezien het grote aantal bacteriën in de microbiële gemeenschap verwachten we ook dat deze nematoden het grootste aandeel van nematoden populatie uitmaken.

Resultaten



Figuur 16 Aantallen aaltjes/nematoden per gram grond tijdens de nulmeting proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) en proeflocatie 1 (velden Wim Reus A, B, C en D). De aaltjes zijn onderverdeeld in voedselgroepen op basis van de morfologie van hun monddelen. Microscopisch bepaald.

In figuur 16 zien we de aantallen aaltjes per gram grond bij de nulmeting in maart 2020 op proeflocatie 2 (velden van Pé Slagter A en B) en proeflocatie 1 (velden van Wim Reus A, B, C en D). Wat opvalt is dat op proeflocatie 2 de totale hoeveelheid aaltjes meer dan twee keer zo hoog is als op de andere velden voordat de behandeling begonnen is. De verhouding van de groepen nematoden lijkt wel overeenkomstig. De grootste groep zijn de bacterie-eters, hetgeen niet vreemd is gezien de in verhouding hoge bacteriële biomassa. De PPN druk ligt in alle stroken onder de 10 aaltjes per gram grond.

7.3 Regenwormen

Wat en waarom?

Regenwormen leven graag in organisch rijkere bodems en bevorderen met hun gedrag in de grond dat planten beter kunnen wortelen en ze verhogen het watervasthoudend vermogen. Daarom wordt de dichtheid en diversiteit van wormen zoals aangeraden in Hanegraaf (2019) onderzocht. De dichtheid laat zien hoeveel wormen er in de grond aanwezig zijn en de diversiteit in het aantal verschillende soorten. Daarnaast wordt ook een onderscheid gemaakt tussen juveniele en volwassen wormen.

Volwassen regenwormen kunnen op soort worden gedetermineerd, waarmee een indicatie wordt gegeven van de functie die de worm vervult in de bodem. Daarnaast zijn wormen een voedselbron voor weidevogels. Juveniele wormen worden geteld, omdat zij de voornaamste voedselbron zijn voor jonge weidevogels. Regenwormen proberen over het algemeen daglicht te vermijden en trekken zich bij verstoringen in de bodem (ook bij bemonstering) terug naar diepere lagen. Door een diepte te kiezen van 30 cm, vormt zich een beeld van de beschikbare fractie regenwormen voor weidevogels (Tolkamp et al., 2006).

Foto 4 Lumbricus terrestris, een pendelaar regenworm. Dit is de grootste soort gevonden in beide proeflocaties.

Lumbricus terrestris, een zeer grote grijze worm met een rode kop, behoort tot de pendelaars. Deze wormen pendelen van diepe bodemlagen (tot wel 3 meter) naar het oppervlakte en trekken organisch materiaal hun gang in naar diepere bodemlagen. Zij maken hierbij verticale gangen, wat goed is voor de bodemstructuur en zorgen voor drainage en beluchting van de bodem. *Aporectodea caliginosa* is een grijze worm die samen met *Allobophora chlorotica,* een groene worm, die behoren tot de bodembewoners. Ze leven tot 40 cm diep en eten organische stof. Hun functie is de structuur van de bodem verbeteren. *Lumbricus rubellus,* een paars-rode worm*,* is een strooiselbewoner, die leeft niet dieper dan 20 cm onder de grond en eet voornamelijk plantenresten en mest. Daarmee vervult deze soort de functie van onderwerken van organische materiaal in de toplaag van de bodem.

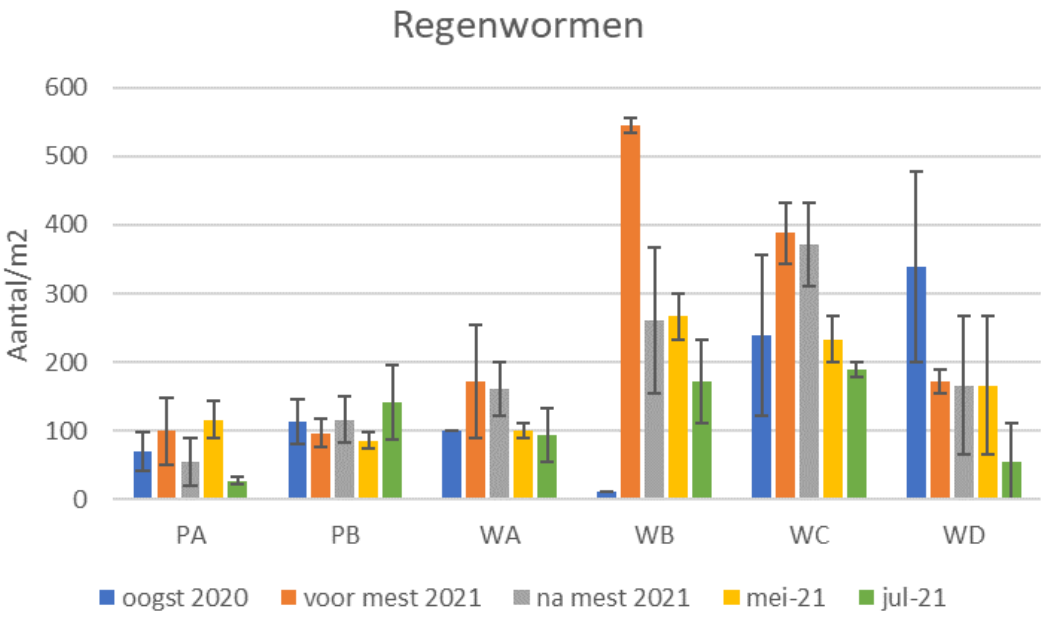
De regenwormen zijn na het eerste jaar van de behandelingen bemonstered voor bemesting, vlak na bemesting en daarna op nog twee momenten na bemesting om een goed idee te krijgen van de aanwas van juvenielen door het seizoen heen en of er veel verschuiving zit in de soorten die gevonden worden door het groeiseizoen heen.

Hypothese

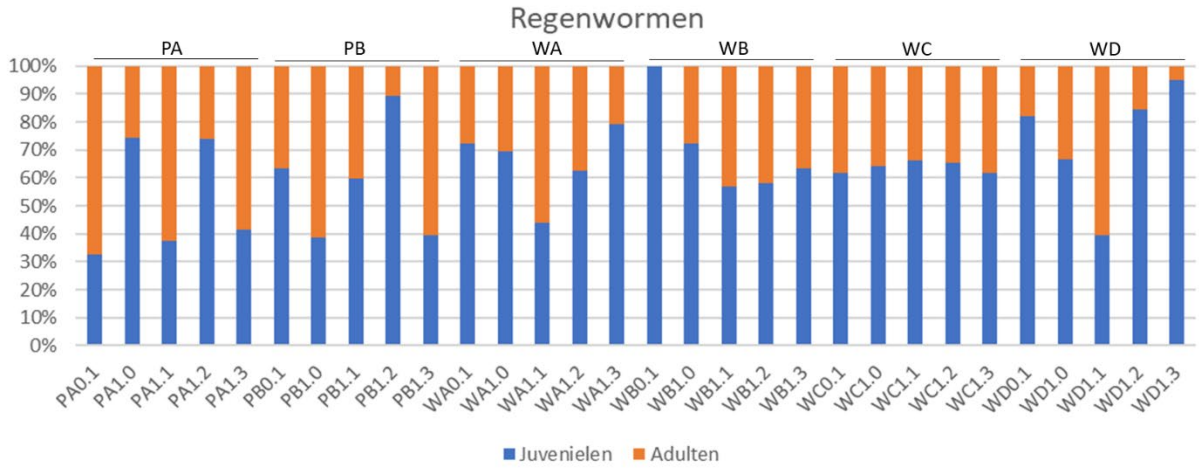
De voornaamste verwachting is dat het bovengronds aanwenden van mest een impuls geeft aan de regenwormen. Waarschijnlijk stimuleert het de wormen die het meest aan de oppervlakte komen zoals *L. rubellus* nog het meest.

Resultaten

In figuur 17 is te zien dat al voor het uitrijden van de mest de piek van regenwormen begint. Dit wordt ook gereflecteerd in figuur 18 waarin te zien is dat op moment voor de mest al vaak het moment is dat de populatie uit 2/3de juvenielen bestaat. Een tweede voorplantingscyclus voor de regenwormen lijkt plaats te vinden in mei. Tussen beide momenten komt overeen met de tijd dat jonge weidevogels hun voedsel zoeken. De dichtheid van regenwormen lijkt uit figuur 17 iets hoger te zijn in de bovengewerkte stroken op proeflocatie 1 (velden B en C bij Wim Reus), maar de komende jaren moeten gaan uitwijzen of deze trend zich voortzet.

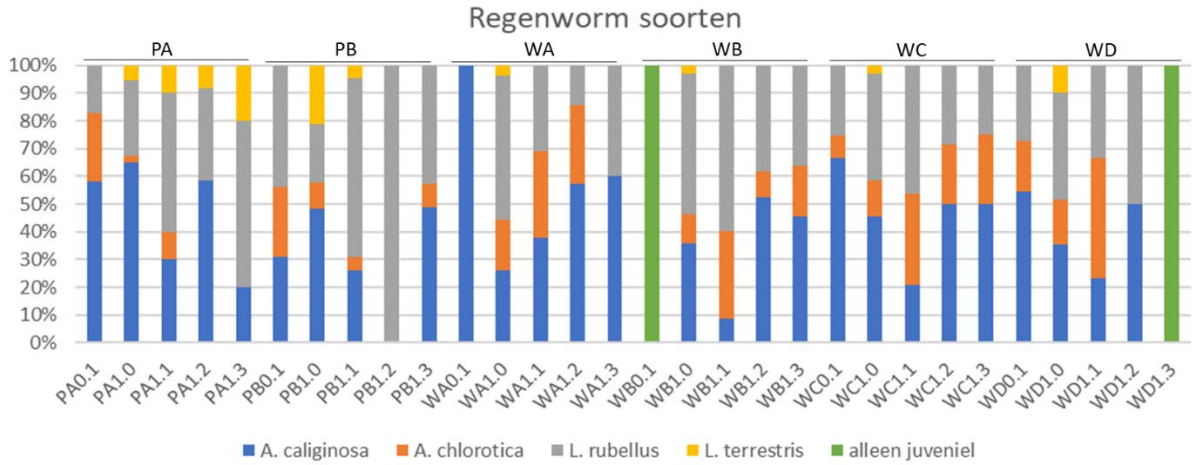


Figuur 17 Aantallen regenwormen omgerekend naar m2 in proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) en proeflocatie 1 (velden Wim Reus A, B, C en D). De regenwormen zijn in het eerste jaar bemonsterd en het groeisezoen van 2021 4 keer. De foutindicatie betreft de standaard fout (standard error).



Figuur 18 Percentage adulten en juvelielen regenwormen in proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) en proeflocatie 1 (velden Wim Reus A, B, C en D). De regenwormen zijn in het eerste jaar bemonsterd en afgelopen groeisezoen 4 keer tijdens het seizoen overeenkomstig met figuur 17. 0.1=oogst 2020, 1.0=voor mest 2021, 1.1= na mest 2021, 1.2= mei 2021 en 1.3= juli 2021.

In figuur 19 is te zien dat *A. caliginosa* en *L. rubellus* de meest talrijke gevonden soorten regenwormen zijn, maar dat er niet een verschuiving in soorten te zien is in de stroken die bovengewerkte mest hebben. De komende jaren zullen moeten uitwijzen of er inderdaad weinig effect is van het onderwerken of bovenwerken van mest op de soortensamenstelling van regenwormen.



Figuur 19 Percentuele weergave van regenworm-soorten in proeflocatie 2 (Velden Pé A en B) en proeflocatie 1 (velden Wim Reus A, B, C en D). De regenwormen zijn in het eerste jaar bemonsterd en afgelopen groeiseizoen 4 keer tijdens het seizoen overeenkomstig met figuur 17. 0.1=oogst 2020, 1.0=voor mest 2021, 1.1= na mest 2021, 1.2= mei 2021 en 1.3= juli 2021.

8 Bovengrondse biodiversiteit

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de bovengrondse biodiversiteit besproken. In 8.1 komen de bovengrondse insecten aanbod en in 8.2 de weidevogels. In iedere paragraaf wordt eerst besproken wat er wordt gemeten en waarom, vervolgens de hypothese en ten slotte de resultaten tot nu toe.

8.1 Bovengrondse insecten

Wat en waarom?

Insecten zijn een belangrijke voedselbron voor weidevogels en daarom is het aantal individuen en de biomassa bepaald van insecten tijdens het broedseizoen. Er is daarbij een onderverdeling gemaakt in insecten van 3 mm en kleiner, tussen de 3-5 mm en groter dan 10 mm. We hebben daarbij gebruik gemaakt van 2 methoden: malaisevallen en plakvallen.

Malaisevallen zijn open tentjes waaronder insecten terecht komen, omdat deze richting licht (naar boven vliegen) is daar een opvang reservoir met alcohol bevestigd. De malaisevallen staan ongeveer een week open per meting. Het vang succes hangt sterk af van de windrichting, de oriëntatie van de val, de temperatuur en zonuren. Malaisevallen zijn geschikt om insecten die vanuit de bodem, lage posities opvliegen te vangen, maar zijn mogelijk niet heel specifiek. Insecten die van honderden meters verderop met de wind meegevoerd worden kunnen er ook in terecht komen. Daarom zijn de data mogelijk niet strikt strook gebonden. Vooral niet in de smalle stroken op proeflocatie 1.

Daarnaast zijn er 2 soorten vallen. Kleine lage vallen, entosphinx (zie foto 5) en de wat grotere NHBS malaisevallen die een stevige tentstok nodig hebben. Vanwege de smalle stroken op proeflocatie 1 is daar gekozen voor het gebruik van entosphinx vallen. Op proeflocatie 2 waar de velden veel groter zijn is naast entosphinx vallen ook gekozen de NHBS vallen te gebruiken. In 2020 hadden we slechts de beschikking over 4 entosphinx vallen en 2 NHBS vallen. Daarom is in dat jaar de kleine vallen gebruik voor proeflocatie 1 en de NHBS-vallen voor proeflocatie 2. Om de effectiviteit van de vallen met elkaar te kunnen vergelijken zijn in 2021 in proeflocatie 2 de entosphinx vallen naast de NHBS-

vallen gebruikt. Helaas was de effectiviteit daar veel lager en door de harde wind zijn er tijdens een aantal meetmomenten de entosphinx vallen losgewaaid. Daarom hebben we alleen de vergelijking van de entosphinx-vallen voor proeflocatie 1 en de NHBS-vallen voor proeflocatie 2. Hierdoor kunnen we de proeflocaties niet een-op-een vergelijken, maar wel de behandelingen onderwerken vs. Bovenwerken van mest.

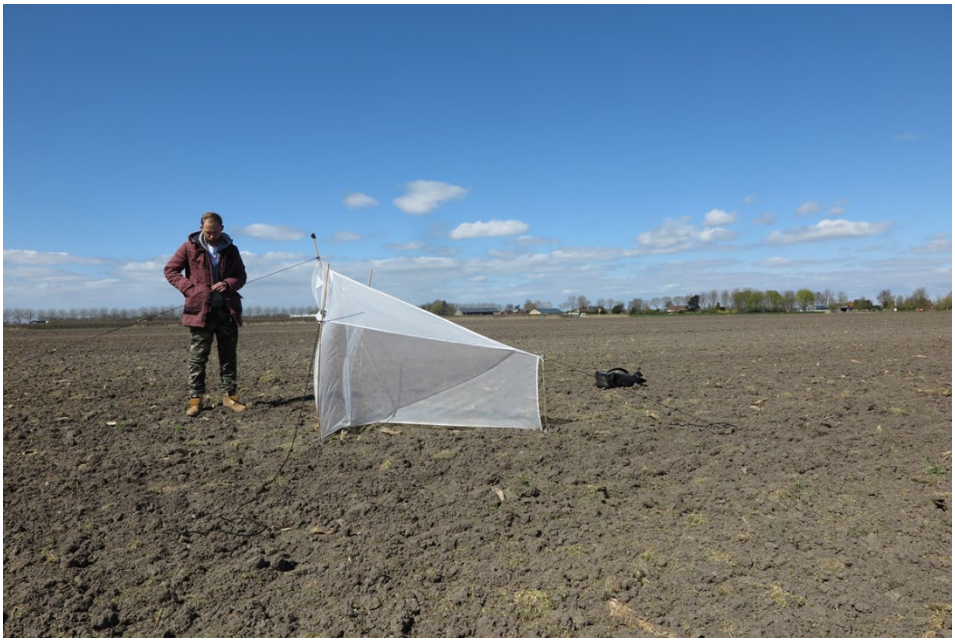


Foto 5 Bachelor-student Douwe de Maijer naast een net geplaatste entosphinx malaiseval op proeflocatie 2.

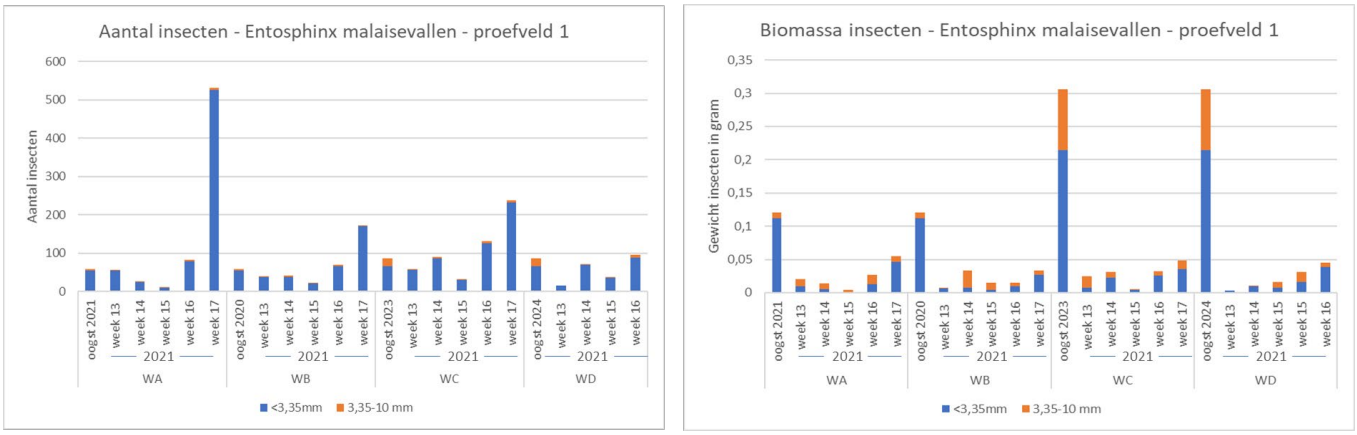
Naast malaisevallen hebben we ook eenmaal plakvallen gebruikt (zie foto 6). Dit zijn strips die aan twee kanten lijm bevatten. Omdat we graag een indicatie wilde hebben van het latere broedseizoen als de malaisevallen vanwege de aanplantte bloemkool-rijen niet meer op de stroken kunnen staan. De plakvallen kunnen tussen de vegetatie op houten prikkers geplaatst worden en in twee windrichtingen opvliegende insecten vangen. In juli en augustus hebben de plakvallen op proeflocatie 1 en 2 eenmaal een kleine week gestaan. Als controlepunt zijn de groenstroken aan de rand van de akker gebruikt. We zijn op dit moment een methode aan het ontwikkelen om de foto's van de plakvallen met behulp van pixelherkenning te laten tellen door een computerprogramma.

Foto 6 Plakval van Royal Brinkman. Deze val stond dicht op de groenstrook in juli vandaag het grote aantal aan waterjuffers.

Hypothese

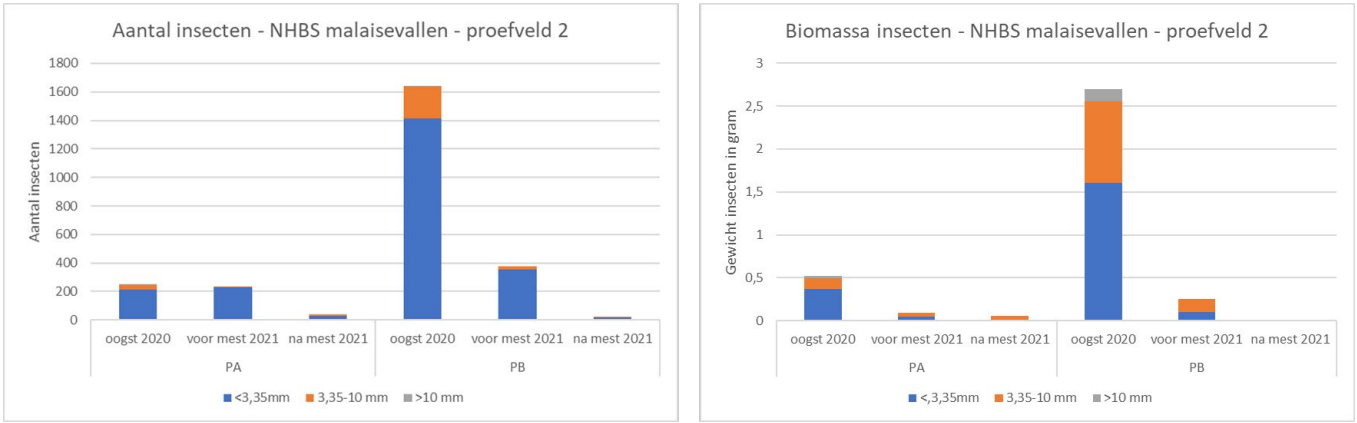
We verwachten een sterk seizoensgebonden effect op het aantal en gewicht van vliegende insecten. Vroeg in het seizoen zal de biomassa laag zijn en zijn er mogelijk ook vooral kleinere insecten. Grote insecten hebben vaak een iets langere levensduur en hebben genoeg zonkracht en warmte nodig om te kunnen vliegen, daarom verwachten we die grotere insecten pas later in het seizoen. Het bovengronds aanwenden van ruige mest zou een extra impuls kunnen geven aan de insectenpopulaties omdat er veel vliegenlarven in zitten die aan de oppervlakte met de eerste warme dagen snel tot ontwikkeling kunnen komen. We verwachten dat dit ook een positieve invloed kan hebben op het foerageergedrag van weidevogels (zie 8.2).

Resultaten



Figuur 20 Links aantal insecten en rechts gewicht van de insecten op proeflocatie 1 (velden Wim Reus A, B, C en D) gemeten met de entosphinx malaisevallen. De insecten zijn in het eerste jaar alleen in juli 2020 gemeten, en in 2021 in 5 opeenvolgende weken waarbij week 13 voor het mest uitrijden was en week 14 erna.

In proefveld 1 (stroken A, B, C en D) is te zien dat het seizoenseffect het sterkst is. Zowel de zomermeting oogst 2020 als de laatste meetweek van 2021 laten de hoogste aantallen en biomassa aan insecten zien. Opvallend is dat de entosphinx vallen geen insecten boven de 10 mm vingen. Er zijn in proeflocatie 1 geen duidelijke verschillen gevonden in insecten aantallen noch gewicht van het bovenwerken van ruige mest. Dat kan komen doordat de stroken erg smal zijn en het totaal aantal insecten over de vallen verspreid raakt.



Figuur 21 Links aantal insecten en rechts gewicht van de insecten op proeflocatie 2 (velden Pé Slagter A en B) gemeten met de NHBS malaisevallen. De insecten zijn in het eerste jaar alleen in juli 2020 gemeten, en in 2021 en in 2021 voor- en na het uitrijden van de mest.

In proefveld 2 (veld A en B) is zowel het aantal en gewicht aan insecten in veld B hoger dan in A zowel in de na oogst meting van 2020 als de metingen van 2021. Dit lijkt onze verwachtingen inzake onder- en bovenwerken van mest niet te volgen, maar kan ook sterk aan de oriëntatie van de velden op de windrichting liggen. We hopen in de komende jaren meer data te verzamelen om hier consistente uitspraken over te kunnen doen.

8.2 Weidevogels

Wat en waarom?

Weidevogels staan sterk onder druk sinds de verhoging van de intensiteit van de landbouw na de Tweede wereldoorlog. Een iconische soort als de grutto heeft het speciaal zwaar. Om genoeg insecten en regenwormen te kunnen vinden om hun kuikens te voeden. Het gebruik van zware landbouwmachines, veelvuldig maaien en gebruik van kunstmatige mest of slurry van dieren die veel antibiotica krijgen heeft een negatieve invloed gehad op het nestsucces van deze weidevogel. Daar deze vogels ook nog eens heel oud kunnen worden duurde het lang voor deze oorzaken zichtbaar werden in de populatie, en nu dat de oorzaken duidelijk zijn en de gevolgen duidelijk te zien zijn in sterke afname van de populatie, is dit ook moeilijk weer te keren.

Grutto's foerageren niet heel veel op akkers en zijn meer te vinden in de omringende graslanden. Naast grutto's zijn de vroege broeders zoals kieviten wel talrijk aanwezig in akkers, evenals scholeksters en een enkele tureluur en gele kwikstaart. Daarnaast maken ook meer opportunistische vogels gebruik van akkers zoals de grauwe gans, houtduiven, kauw en zilvermeeuw. Daarnaast zijn er natuurlijk roofvogels zoals de buizerd en de bruine kiekendief die het systeem in evenwicht houden.

Kieviten zijn de vroegste broeders op de akkers van proefveld 1 en 2 en ook relatief makkelijk te volgen omdat ze broeden en foerageren voordat de bloemkool wordt aangeplant. De scholekster en tureluur broeden ten opzichte van de kievit later en zijn moeilijker te volgen tussen de jonge aanplant voor de bloemkool. Ook maken de netten om duivenvraat op de jonge zaailingen te voorkomen de akker minder aantrekkelijk voor de late broeders om er te nestelen.

Met inachtneming van deze beperkingen zijn er toch met ingang van dit jaar 2021, MAS-tellingen verricht in het broedseizoen in 4 tijdsvakken van april tot juli op beide proefvelden. De tellingen begonnen vroeg in de ochtend vanuit een vast punt waarvandaan het hele vlak kon worden overzien. Daarna is een uur lang iedere 5 minuten een telling gedaan van de aanwezige akkervogels en is er opgeschreven of ze broeden, foerageren of iets anders doen (opvliegen, territorium verdedigen). Daarna is er een inventarisatie gemaakt van de nesten. Broedsucces is moeilijk vast te stellen omdat de onderzoekers slechts een of tweemaal per week de akkers bezoeken.

Verwachting

Akkervogels en hun kuikens zijn afhankelijk van de insecten op de akkerbouwpercelen. De overlevingskans van pullen wordt bepaald door het voedselaanbod op percelen, wat bestaat uit insecten en wormen. Mogelijk kan strorijke stalmest het aanbod aan insecten positief beïnvloeden (toename). Hiervoor zijn metingen van wormen (zie 7.3) en insecten (8.1) in en op de bodem nodig, gecombineerd met waarneming van het voorkomen van akkervogels en hun gedrag op de percelen.

Foto 7 Kievitsnest op proeflocatie 1 (Wim Reus).

Resultaten

We hebben nog geen overzichtelijke manier gevonden om het foerageergedrag overzichtelijk visueel weer te geven. Maar uit de data blijkt wel dat de akkervogels de niet-ondergewerkte stroken prefereren om op te foerageren. Dus op proeflocatie 1 strook B en D en op proeflocatie 2 strook A.

Tabel 2 Aantal nesten gevonden na afloop MAS-tellingen in maart-april 2021

Stroken	Bewerking	Aantal nesten	Vogel soort
Pé A	bovengewerkt	4	Kievit
Pé B	ondergewerkt	0	Kievit
Wim A en D	bovengewerkt	1	Kievit
Wim B en C	ondergewerkt	3	Kievit

Er is geen concrete effect van onder- of bovenwerken op keuze voor nestplaats gevonden (zie tabel 2). Ook zijn er tijdens de tellingen alleen nesten van kieviten gevonden. We zullen in een later stadium de nestinformatie van Wim Reus en weidevogel-vereniging nog naast onze eigen waarnemingen leggen om consistente patronen te ontdekken. Tot op heden is het niet gelukt om deze data voor de percelen waar onze proefvlakken deel uit de maken uit de grotere datasets van bijv. SOVON te verkrijgen.

9 Kwaliteit en smaak

Naast het onderzoek naar de bodem en biodiversiteit wordt ook onderzocht of de behandelingen in dit onderzoek effect hebben op de kwaliteit en smaak van de bloemkool.

Bij sensorisch testen kan men denken aan testen op zoetheid, stevigheid, korreligheid, maar ook aan een gronderig aroma. Het onderzoeken van de smaakervaringen bij een bepaalde productgroep wordt gedaan aan de hand van een lijst van smaakattributen. De mate waarin elk attribuut in een te testen product aanwezig is, wordt uitgedrukt op een schaal van 0-100 en verwerkt tot een smaakprofiel. Tabel 3 geeft een overzicht van de smaakattributen die uitgevraagd zijn bij twee testpopulaties in september en oktober 2021.

Tabel 3 Overzicht smaakattributen voor de sensorische testen (smaak testen)

Attribuut groep	**Attribuut**
Uiterlijk	Kleur: wit tot geel
Geur	Muffig, aards
Smaak	Bitter, zoetheid, aards en nootachtig: zwak tot sterk
Mondgevoel	Korreligheid
Nasmaak	Zwak tot sterk

De eerste sensorische test vond plaats op 28 september op Hogeschool Inholland te Delft en is afgenomen bij een populatie studenten.

De tweede sensorische test heeft plaats gevonden in Pakhuis de Zwijger te Amsterdam tijdens de lectorale rede van Feike van der Leij (Professor en lector Health and Food, Inholland). De projectgroep gaat op deze dag de sensorische test uitvoeren met de personen die deelnemen aan het evenement.

Daarnaast worden inhoud stoffen in de bloemkolen geanalyseerd bij het bedrijf AGRO Control. De bloemkolen zullen op de inhoud stoffen zoals aangegeven in Tabel 4 worden getest.

Foto 6 Opstelling van de sensorische test. Na het proeven van één soort bloemkool wordt de smaak geneutraliseerd met crackers en water.

Tabel 4 Overzicht stoffen die worden gemeten per bloemkool

Vitamines	B1, B2, B3, B5, B6, B8, C, E en K
Carotenoïden	Luteïne, Zeaxanthine, B-Caroteen
Mineralen	Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Stikstof totaal, Sulfaat en Fosfaat
Sporenelementen	Ijzer, Mangaan, Zink, Boor, Molybdaat en Koper

De resultaten van het sensorisch onderzoek zullen voor het seizoen van 2021 in januari 2022 opgeleverd worden. Deze resultaten zullen daarom in de volgende rapportage gepresenteerd worden.

10 Impact

10.1 Impact via kennisdeling

Middels verschillende activiteiten wordt het Duurzame bloemkool project gedeeld en uitgedragen met ondernemers, overheden, studenten en de regio. In samenwerking met ERNA.NU is een communicatieplan opgesteld, waarin communicatie activiteiten (blogs en nieuws, excursies en contactdagen en overige activiteiten) gepland zijn voor het gehele project.

Tabel 5 Overzicht van alle communicatie activiteiten van het Duurzame bloemkool project in de periode oktober 2020 tot oktober 2021. Daarnaast worden ook enkele geplande activiteiten al weergeven.

Communicatie	
Blogs/projectpagina	
Boer & Business in Balans – Provincie Noord-Holland	Duurzame bloemkool: Niet onderwerken van strorijke stalmest - Boer & Business in Balans (boerenbusinessinbalans.nl) Beheert door Renée Snoek
Amsterdam Green Campus	Duurzame bloemkool: niet onderwerken van vaste mest - Amsterdam Green Campus Beheert door Lisa Bibbe
Greenport Noord-Holland-Noord	Duurzame Bloemkool | Greenport NHN Beheert door Erna Steenhuizen
Nieuwsberichten	
Boer & Business in Balans	Studenten Clusius op bezoek bij Pé Slagter en UVA - Boer & Business in Balans (boerenbusinessinbalans.nl)
Amsterdam Green Campus	Studenten plantenteelt op bezoek bij de UvA - Amsterdam Green Campus
Vakblad Groente & Fruit	3 artikelen in het vakblad Groente & Fruit waarin ook het project Duurzame Bloemkool wordt toegelicht.
Nieuwsbrief Amsterdam Green Campus	Eens per kwartaal een bericht over het project in de nieuwsbrief van Amsterdam Green Campus (450 ontvangers). In de volgende nieuwsbrief van Biodivers perspectief zal het Duurzame Bloemkoolproject ook worden benoemd.
Groenkennisnet.nl	Duurzame bloemkool met strorijke stalmest - Groen Kennisnet
Website Clusius College	Studenten plantenteelt voor project 'Duurzame Bloemkool' op excursie in lab UVA (clusius.nl)
Nieuwsbrief Biodivers Perspectief	In de volgende nieuwsbrief van Biodivers perspectief (oktober 2021) zal het project ook benoemd worden.
Excursies/contactdagen	
Ringproef bij Wim Reus	Op 4 oktober 2021 vond de ringproef (bespreken van het testen van verschillende rassen bloemkool) plaats bij Wim Reus. Op deze dag hebben onderzoekers verteld over het project en gesproken met de bloemkoolbouwers.
Bloemkool-Broccoli contactdag	Op 21 januari 2022 is de Bloemkool-Broccoli contactdag gepland op het bedrijf van Pé Slagter. Ook hier zullen onderzoeker wat komen vertellen over het project.
Overige activiteiten	
Afspraken ministerie LNV &	Het project gepresenteerd en besproken met Harm Smit (LNV, senior beleidsmedewerker Mest & Milieu), Henrieke Paul (LNV, beleidsmedewerker Natuur) en Bert Knegtering (RVO). We zullen jaarlijks een update geven aan de hand van de jaarlijkse rapportage en eind 2021 of begin 2022 een presentatie geven voor een grotere delegatie van LNV en andere betrokken ministeries.

Projectvergaderingen	Iedere twee maanden vindt een projectvergadering plaats met alle projectleden.
Communicatie plan	Planning en taakverdeling van communicatie activiteiten binnen het project.
Infographic / poster	Een poster kan gebruikt worden op fysieke evenementen. Bijvoorbeeld bij een ringpoef met telers, de bloemkool-broccoli contactdag, smaaktesten, serveren van bloemkool in de kantine van Provincie Noord-Holland, lunch bij de provinciale staten etc. Op zulke evenementen kunnen we posters ophangen of een banner neerzetten, zodat bezoekers meteen geïnformeerd worden en via een QR code worden doorgelinkt naar de blog op Boer & Business in Balans voor meer informatie. Op het moment aan het zoeken naar een stagiaire/student die een infographic kan maken binnen een klein budget.

Foto 7 Sascha Nijdam (rechts) en Léon Feenstra (tweede van rechts) van de Universiteit van Amsterdam vertellen over het Duurzame bloemkool project tijdens de ringproef op 4 oktober 2021 op het bedrijf van Wim Reus (derde van rechts).

Foto 8 Instagram post met een foto van veldwerk op de velden van Wim Reus (proeflocatie 1) van Nieuwe Oogst op 26 maart 2021.

10.2 Impact via onderwijsactiviteiten

Impact voor het onderwijs houdt in dat de agrarisch ondernemers en adviseurs van de toekomst (de nieuwe generatie) op een betrokken, praktijkgerichte wijze opgeleid wordt voor o.a. kringlooplandbouw. Door mbo, hbo en universitaire studenten te betrekken bij het ‘Duurzame bloemkool project’ kunnen ze op hun eigen niveau leren door praktijkervaring op te doen, wat zal leiden tot een grotere kans op de arbeidsmarkt.

In de rapportage van 2020 zijn de studenten die betrokken waren in het project tot november 2020 toegelicht. In deze rapportage zal deze lijst met studenten worden aangevuld met de activiteiten tot oktober 2021. Verder zal data van dit project worden uitgewisseld met het lopende koolstofproject. Dit zal tenslotte nog worden toegelicht.

Huidige betrokken studenten

Momenteel (oktober 2021) zijn er 3 hbo studenten (Hogeschool Inholland), 1 mbo student (Nova College) en 3 wo studenten (Universiteit van Amsterdam en Amsterdam University College) betrokken bij het project ‘Duurzame bloemkool’.

De drie hbo studenten van Inholland doen sensorisch onderzoek naar de smaak en kwaliteit van de bloemkolen binnen het vierdejaars vak Gezondheid en Voeding, van de studie x. Zij doen dit onder begeleiding van Vera van Stokkom (Postdoc Sensory and Consumer Research Methods en Lector Food Commerce and Technology, Inholland) en Feike van der Leij (Professor en lector Health and Food, Inholland). Hun onderzoek loopt van september 2021 tot januari 2022. Naast het opleveren van hun resultaten in een rapportage, zullen zij ook een artikel schrijven die gepubliceerd kan worden op de website Boer & Business in Balans (Provincie Noord-Holland) en een vakblad.

Foto 9 Hogeschool Inholland studenten Floor en Demy op bezoek bij Wim om de bloemkolen op te halen voor de sensoriek testen (september 2021).

Daarnaast werkt er één dag in de week een mbo student chemisch-fysisch analist van het Nova College in de laboratoria van de Universiteit van Amsterdam. Zij helpt met de vele analyses van de verschillende monsters.

Verder werken er momenteel twee studentassistentes van de Universiteit van Amsterdam binnen het project. Zij voeren veldwerk uit op de velden van Wim en Pé en analyseren de monsters in het lab. Van september tot december is er ook een studente van Amsterdam University College betrokken middels de module 'Community Project'. De studente loopt mee met de projectleiding en doet daarnaast een literatuurstudie naar het gebruik en effecten van strorijke stalmest in andere landen in dezelfde klimaatzone als Nederland.

Foto 10 Sascha Nijdam neemt bodemsamples op proeflocatie 1 (Wim Reus).

Afgeronde studentprojecten 2021

Naast de huidige studenten, zijn er in het afgelopen jaar ook studentprojecten afgerond. Hieronder worden de onderzoeken en werkzaamheden van de verschillende studenten kort samengevat. Daarnaast is er ook een excursie georganiseerd voor een groep mbo studenten plantenteelt van het Clusius College. Deze middag zal ook korten worden toegelicht, evenals de samenwerking tussen het project 'Duurzame bloemkool' en het koolstof project.

Douwe de Maijer: 3e jaar bachelor Future Planet Studies, Universiteit van Amsterdam

1 april 2021 – 30 mei 2021.
Thesis: "Effects of Minimal Tillage Management on Low-flying Insect Abundance and Meadow Bird Nests and Behaviour in Dutch Cauliflower Fields".
Dit onderzoek is gericht op de effecten van het niet-onderwerken van strorijke stalmest op laagvliegende insectenpopulaties en weidevogelnesten en -gedrag. Voor het analyseren van insectenpopulaties is gebruik gemaakt van malaisevallen die voor en na het toedienen van mest wekelijks geleegd, gedroogd, gewogen en geteld werden, om vervolgens te meten of er een verschil was tussen wel- en niet-ondergewerkte stroken. Direct na toediening van mest blijken insecten populaties significant hoger te zijn op niet-ondergewerkte velden, hoogstwaarschijnlijk omdat het voedselaanbod hoger en beter beschikbaar is. Er is geen significante relatie tussen vogelnestaantallen en wel- of niet-ondergewerkte velden, maar er werden wel meer nesten aangetroffen op niet-ondergewerkte velden. Daarbij moet wel vermeld worden dat de vogelnestkeuze van weidevogels vaak eerder gewoonte is dan bewuste keuze, dus een directe relatie met wel of niet onderwerken kan niet worden geconcludeerd. Wel werd er significant meer gefoerageerd op niet-ondergewerkte velden, waarschijnlijk omdat het insectenaanbod op deze velden hoger is.

Susanne de Bruin: 3e jaar bachelor Future Planet Studies, Universiteit van Amsterdam

1 april 2021 – 30 mei 2021.
Thesis: "The impact of tillage practices on the aggegrate stability of clay soil".
De thesis richt zich op het effect van grondbewerking op de aggregaat stabiliteit van de bodem. Dit onderzoek is gebaseerd op de theorie dat grondbewerking leidt tot een lagere aggregaat stabiliteit en tot verlies van organische stof uit de bovengrond, wat uiteindelijk kan leiden tot bodemdegradatie. Bodembewerkingspraktijken zouden dan problemen kunnen veroorzaken in de landbouw, omdat ze aanzienlijke schadelijke effecten hebben op de bodem. In dit onderzoek is gekeken naar vier verschillende soorten organische stof (POXC, HWC, totale organische stof en totaal koolstofgehalte) en hun relatie tot de aggregaat stabiliteit. Bodemmonsters zijn onderzocht in een laboratorium, met behulp van natte zeefmethoden, om de aggregaat stabiliteit te berekenen. Deze resultaten zijn vergeleken met eerder verzamelde gegevens en besproken binnen het geselecteerde kader van duurzame landbouwpraktijken. De resultaten toonden aan dat grondbewerkingspraktijken geen significant effect hadden op de aggregaat stabiliteit binnen de aangegeven periode van 5 maanden ($P > 0,05$). De verschillende velden hadden echter een significant verschillende aggregaat stabiliteit ($P < 0,0001$). Alle vier soorten organische stof hadden een significant positieve matige correlatie met de aggregaat stabiliteit in de bodem. We concluderen dat de aggregaat stabiliteit niet reageert op strategieën voor bodembeheer op de korte termijn (< jaar).

Mees Zwagerman: 3e jaar bachelor Future Planet Studies, Universiteit van Amsterdam

1 april 2021 – 30 mei 2021.
Thesis: "Effects of Minimal Tillage Management and Different Manure Types on Earthworm Populations in Dutch Cauliflower Fields".

Deze thesis richt zich op het effect van bodemwerking op regenwormen. Bodembewerking tast het ondergrondse leven aan. Het niet onderwerken van mest kan daarom bijdragen aan de verbetering van de bodembiodiversiteit omdat het de bodem waarin organismen zoals wormen leven, ongemoeid laat. Wormen verbeteren de bodemstructuur, de stabiliteit en de omzetting van organische stof in de bodem (SOM) en spelen op die manier een cruciale rol bij het stimuleren van een gezonde bodem. De volgende vragen zijn in dit onderzoek beantwoord: Hoe varieert de dichtheid en biomassa van regenwormen in Nederlandse zeekleigronden over het seizoen (1)? Wat is de correlatie tussen regenwormtypen in relatie tot verschillende mestsoorten (2)? Wat is het effect van grondbewerking op het aantal jonge regenwormen, de voedselbron van weidevogels (3)?

Excursie voor mbo studenten plantenteelt Clusius College

Tweedejaars studenten plantenteelt van het Clusius College bezochten binnen het programma Biodivers Perspectief (natuurinclusief leren) in mei het bedrijf van Pé waar ze onder leiding van bodemcoach Bas Slagter in een praktijkles profielkuilen hebben gegraven en geanalyseerd. Een mooie kans om de mbo-studenten ook uit te nodigen op de Universiteit van Amsterdam om ze mee te nemen in het project 'Duurzame bloemkool'.

De studenten zijn rondgeleid door de verschillende laboratoria, hebben pH metingen gedaan, wormen geteld en een goed gesprek gevoerd over de toekomst van de landbouw en de meerwaarde van een onderzoek als het 'Duurzame bloemkool' project. Een mooie en bijzondere dag waarbij praktijk en wetenschap van elkaar konden leren.

Foto 11 Fotocollage van de excursie voor plantenteelt studenten van het Clusius College op de Universiteit van Amsterdam, om een kijkje te krijgen in het onderzoek voor het 'Duurzame bloemkool project'.

Samenwerking: data deling met 'koolstofproject'

In opdracht van Provincie Noord-Holland en Provincie Flevoland wordt het koolstofproject uitgevoerd. In dit project wordt gekeken in hoeverre organisch stofgehalte aan de hand van satellietbeelden in kaart kan worden gebracht, inclusief de ontwikkeling door de jaren heen. Deze opdracht gaat om de kalibratie van het bestaande rekenmodel voor organisch stofgehalte in de bodem op basis van satellietdata.

Aangezien er verschillende metingen voor bodemorganisch stof worden gedaan in het ‘Duurzame bloemkool’ project en de velden zich in Noord-Holland bevinden, zijn de data de verzameld worden uitermate geschikt om het koolstofproject te delen. In september 2021 is dit dan ook vastgelegd en ook Wim en Pé stemmen hier van harte mee in.

Bronnenlijst

Hanegraaf, M.C., H.G.M. van den Elsen, J.J. de Haan & S.M. Visser (2019). Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795.

Moebius-Clune, et al. (2016). *Comprehensive assessment of soil health: The Cornell framework manual*. Cornell University.

Tolkamp, G.W. Berg, Diepen, C.A.den, van & Nabuurs, G.L. & Olsthoorn, A.F.M. (2006). Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen.

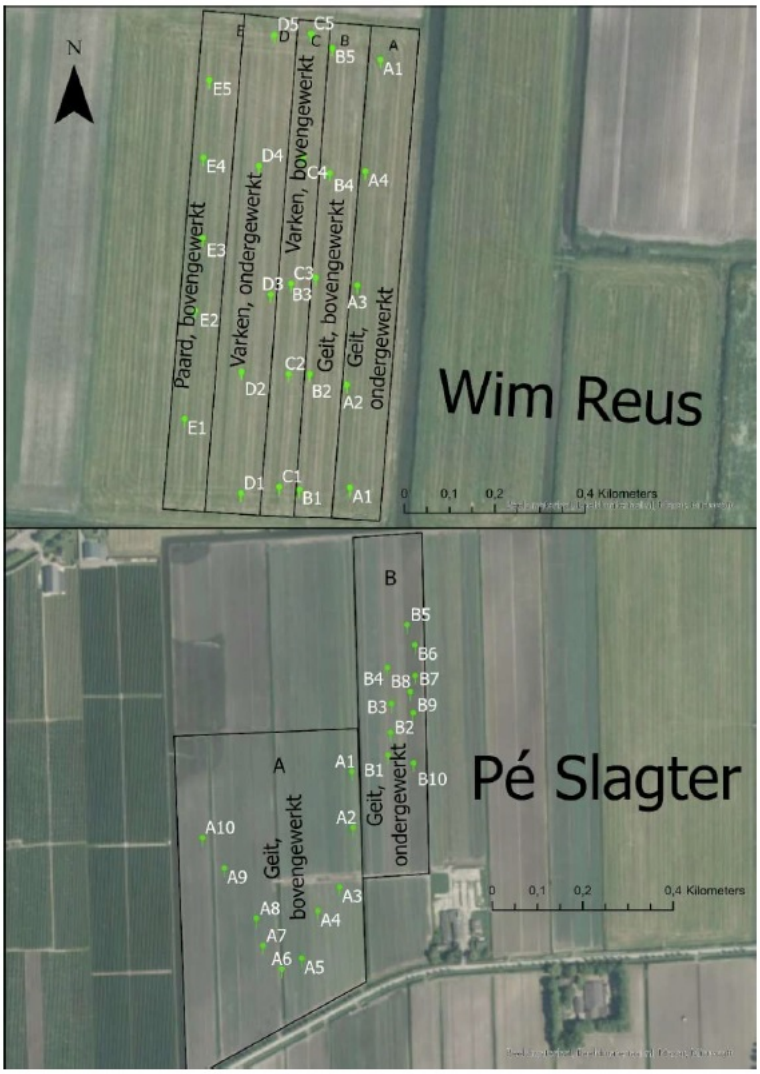
Bijlage 1 Proefopzet

De proef is opgenomen in het bouwplan van twee deelnemende telers in Hem (Noord-Holland): Wim Reus en Pé Slagter. Proeflocatie 1, de boerderij van Wim, bevindt zich aan de Elbaweg 21 in Hem. Proeflocatie 2 omvat een veld van Pé aan de Hornweg 6 te Hem. De proefopzet is in samenwerking met proeven op landbouwpercelen in de regio Noordoost-Friesland en West-Friesland opgezet zodat de resultaten onderling kunnen worden vergeleken, op deze locaties begint de proef naar alle waarschijnlijkheid in het voorjaar van 2021.

De verschillende behandelingen leiden tot verschillende uitgangssituaties op de deelnemende velden bij aanvang van de proef. Om te voorkomen dat deze verschillen de interpretatie van de resultaten beïnvloeden, wordt voor aanvang van de proef een nulmeting gedaan. Daarmee worden de bestaande verschillen tussen de velden in kaart gebracht. De resultaten van een deel van de analyses van deze monsters staat toegelicht in dit rapport.

Op proeflocatie 1 omvat de proef vier stroken, waarop twee behandelingen worden toegepast. Op strook A en B wordt geitenmest gebruikt, op strook C en D varkensmest. Op proeflocatie 2 bestaat de proef uit twee velden, A en B. Op beide velden wordt geitenmest gebruikt. Op veld A wordt deze niet ondergewerkt, op veld B wel (zie Figuur 22). Alle mest die wordt toegepast, is strorijke stalmest. Strorijke stalmest is in dit geval een mengsel van stro gemaakt van brouwgerst en vaste varkens- of geitenmest.

De stroken en velden die voor het experiment worden gebruikt op de twee proeflocaties verschillen in grootte. Op het bedrijf van Pé zijn de velden groter. De heterogeniteit van de bodemmonsters kan daarom ook groter zijn. Om een zo representatief mogelijke steekproef te nemen die corrigeert voor verschillen in oppervlakte, wordt er op de stroken bij Wim op vijf vaste punten bemonsterd. Op de proeflocatie van het bedrijf van Pé zijn er twee velden die ieder op tien punten bemonsterd zijn. De bemonsteringspunten zijn vaste meetpunten, waar gedurende de proef steeds opnieuw bemonsterd zal worden (Figuur 22).



Figuur 22 Onderverdeling type mest en bewerking op de proeflocaties van dit experiment. Daarnaast zijn ook de bemonsteringspunten per veld weergegeven. Gecreëerd in ArcGISPro door Rosa Boone (2020).

.