



Resultaten Project 2.2e Bodem- en Klimaatkennis gerelateerd aan de PPS Beter Bodembeheer

In het kader van het klimaatprogramma Slim Landgebruik

Ir J.J de Haan (ed)



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Resultaten Project 2.2e Bodem- en Klimaatkennis gerelateerd aan de PPS Beter Bodembeheer

In het kader van het klimaatprogramma Slim Landgebruik

Ir J.J de Haan (ed)

Wageningen University & Research



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van het Klimaatbeleid (BO-53-002-008)

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

Wageningen, september 2019

Rapport WPR-800

Haan, J.J. de, 2019. *Resultaten Project 2.2e Bodem- en Klimaatkennis gerelateerd aan de PPS Beter Bodembeheer. In het kader van het klimaatprogramma Slim Landgebruik*. Wageningen Research, Rapport WPR-800 24 blz.

© 2019 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

<https://doi.org/10.18174/513470>

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

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

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

Foto omslag: Wageningen University & Research Open Teelten

Rapport WPR-800

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Bedrijvennetwerk Bodemmetingen	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Methode	5
2.2.1	Werving en selectie	5
2.2.2	Inventarisatie en metingen	5
2.3	Resultaten	6
2.3.1	Vorming netwerk	6
2.3.2	Koolstofopslagmetingen	6
2.4	Conclusies en vervolg	9
2.5	Communicatie	9
3	Afbraakpercentages van bodemorganische stof	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Methode	10
3.3	Resultaten	10
3.4	Conclusies en vervolg	11
3.5	Communicatie	12
3.6	Rapport	12
4	Kengetallen EOS-aanvoer van gewasresten en groenbemesters	13
4.1	Inleiding	13
4.2	Methode	13
4.2.1	Literatuurstudie	13
4.2.2	Metingen	13
4.3	Resultaten	14
4.3.1	Literatuurstudie	14
4.3.2	Metingen	14
4.4	Conclusie en vervolg	14
4.5	Rapporten	15
5	Metten van stikstofverliezen van koolstofopslagmaatregelen	16
5.1	Inleiding	16
5.2	Methode	16
5.3	Resultaten	17
5.4	Conclusies en vervolg	17
5.5	Rapport	17
Bijlage 1	Metten stikstofverliezen in lange termijn experimenten	18

1 Inleiding

In de PPS Beter Bodembeheer zijn een aantal geplande activiteiten in 2017-2018 on hold gezet. Een aantal van deze activiteiten met een link naar koolstofopslag zijn in 2018 in uitvoering genomen in een apart project binnen de Klimaatvelop Slim Landgebruik: *2.2e Bodem en Klimaat kennis gerelateerd aan de PPS Beter Bodembeheer: integrale benadering*. Het gaat om de volgende onderdelen:

1. Opzetten bedrijsvennetwerk bodemmetingen incl. uitvoeren metingen en analyse koolstofopslag
2. Vaststellen afbraakpercentages bodemorganische stof van Nederlandse bodems
3. EOS-aanvoer van gewasresten en groenbemesters incl. wortel en stoppelresten
4. Metingen aan broeikasgasemissies en andere stikstofverliezen bij koolstofopslagmaatregelen in lange termijnproeven (LTE's)

Deze notitie geeft een samenvatting van de activiteiten en resultaten van de deelprojecten. De hieronder beschreven onderdelen dragen bij aan kennis over de mate van bijdrage van een aantal geselecteerde maatregelen aan koolstofopslag in Nederlandse bodems om zo een invulling te geven aan de klimaatopgave (0,5–1 ton CO₂-eq per ha per jaar ofwel ca 125-250 kg C per ha per jaar).

2 Bedrijvennetwerk Bodemmetingen

2.1 Inleiding

In een aantal projecten van de PPS Beter Bodembeheer zijn metingen op praktijkbedrijven in de akkerbouw gepland. Om de efficiëntie en kwaliteit van de metingen te verbeteren is besloten om een bedrijvennetwerk bodemmetingen op te zetten. Op deze wijze is de inspanning in dataverzameling kleiner, kunnen metingen gecombineerd worden en kan de kwaliteit van de analyse verbeteren door betrekken van data die anders niet beschikbaar waren. Ook op gebied van koolstofopslag kunnen dan metingen in het netwerk uitgevoerd worden.

Doel van het project is het opzetten van een netwerk van 15 representatieve akkerbouwbedrijven in Nederland voor het doen van bodemmetingen. Een tweede doel is het meten en berekenen van de koolstofopslag op deze bedrijven.

De uitvoering van het project is gedaan in samenwerking met Albert Jan Olijve en Anna Zwijnenburg van "Van Tafel naar Kavel".

2.2 Methode

2.2.1 Werving en selectie

De werving is uitgevoerd door een algemene oproep via nieuwsbericht op Beterbodembeheer.nl welke ook gedeeld is op social media en via navragen in het netwerk bij diverse partijen zoals LTO, NAV, Veldleeuwierik, adviesorganisaties, toeleveranciers naar mogelijke kandidaten. Daaruit is een groslijst ontstaan met indeling over de verschillende akkerbouwregio's in Nederland. Per regio is een prioritering van de bedrijven gemaakt en vervolgens zijn bedrijven benaderd of ze willen meedoen. Daaruit is een eerste selectie ontstaan die is voorgelegd nog ter commentaar aan NAV, LTO, Veldleeuwierik en de Projectleider van project 2.2b Netwerken Bodem en Klimaat Akkerbouw van Slim Landgebruik. Hieruit is een definitieve selectie van bedrijven ontstaan.

2.2.2 Inventarisatie en metingen

Na de selectie zijn alle bedrijven bezocht is een selectie gemaakt van twee onderscheiden percelen. Binnen de percelen is een oppervlak van 1 ha geselecteerd waar de metingen worden uitgevoerd. Vervolgens zijn er bodemmetingen op deze percelen uitgevoerd en is informatie over het bedrijf in het algemeen en de twee geselecteerde percelen in het bijzonder verzameld. De volgende gegevens zijn verzameld:

- Algemene bedrijfsgegevens over grondsoort en ontwatering, bouwplan, oppervlakte, algemene strategieën van bemesting en grondbewerking en veranderingen in de bedrijfsvoering in de afgelopen jaren
- Informatie van de twee percelen qua grondsoort en ontwatering, historie van bouwplan, grondbewerking en bemesting
- Historische uitslagen van bodemvruchtbaarheid van de percelen.

De volgende metingen zijn uitgevoerd

- Algemene bodemvruchtbaarheid (Bemestingswijzer Bouwland Eurofins Agro), 1 ha
- Profielbeschrijving van 4 profielkuilen op perceel met foto's
- Koolstofopslagmetingen volgens protocol van projecten 2.2a en 2.2b in Slim Landgebruik
 - Meting over 2 lagen 0-30 en 30-60
 - Meting van organische stof, koolstof, N-totaal, pH, lutum

-
- Meting van bulkdichtheid in deze lagen met ringmonsters

Met de bulkdichtheid en het percentage organische koolstof is de hoeveelheid koolstof per laag berekend.

2.3 Resultaten

2.3.1 Vorming netwerk

Voor een goede landelijke dekking zijn 16 bedrijven geselecteerd in plaats van 15. Hier rechts is een kaartje opgenomen met de locatie van de bedrijven. Twee bedrijven in Flevoland en één bedrijf in Noordoost Nederland doen tevens mee in project 2.2b. Netwerken Bodem en Klimaat Akkerbouw. Alle bedrijven zijn bezocht en alle metingen zijn uitgevoerd. De gegevens van de bedrijven zijn grotendeels verwerkt in Exceloverzichten, deze worden in de loop van 2019 ingevoerd in de Bodemdatabase.

Er is afstemming geweest met de projecten vanuit de PPS Beter Bodembeheer die in 2019 en 2020 gebruik willen gaan maken van het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen. Tevens is er belangstelling voor gebruik van het bedrijvennetwerk in het project Nitraatindicatoren wat in het kader van het 6^e Actieprogramma Nitraat wordt uitgevoerd.

13 maart 2019 is er een startbijeenkomst geweest met de telers uit het netwerk om toelichting te geven op doel, opzet en werkwijze van het netwerk, hun rol hierin en de verwachte metingen met achtergronden in 2019. Ook is op de startbijeenkomst een presentatie gegeven over Slim Landgebruik en koolstofopslag. De ondernemers zijn enthousiast over hun deelname en willen graag meewerken om zo ook meer kennis te verkrijgen over de bodem en de beheersopties.

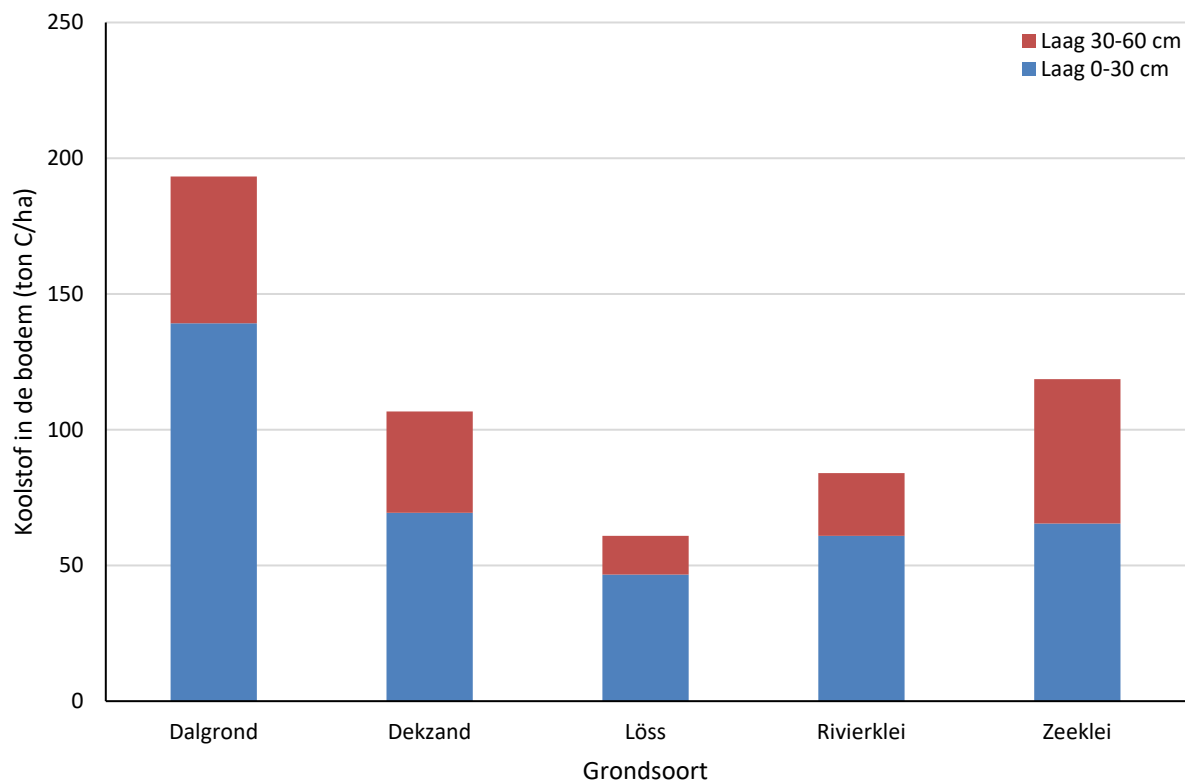
De globale ligging van de bedrijven staat in Figuur 1.

2.3.2 Koolstofopslagmetingen

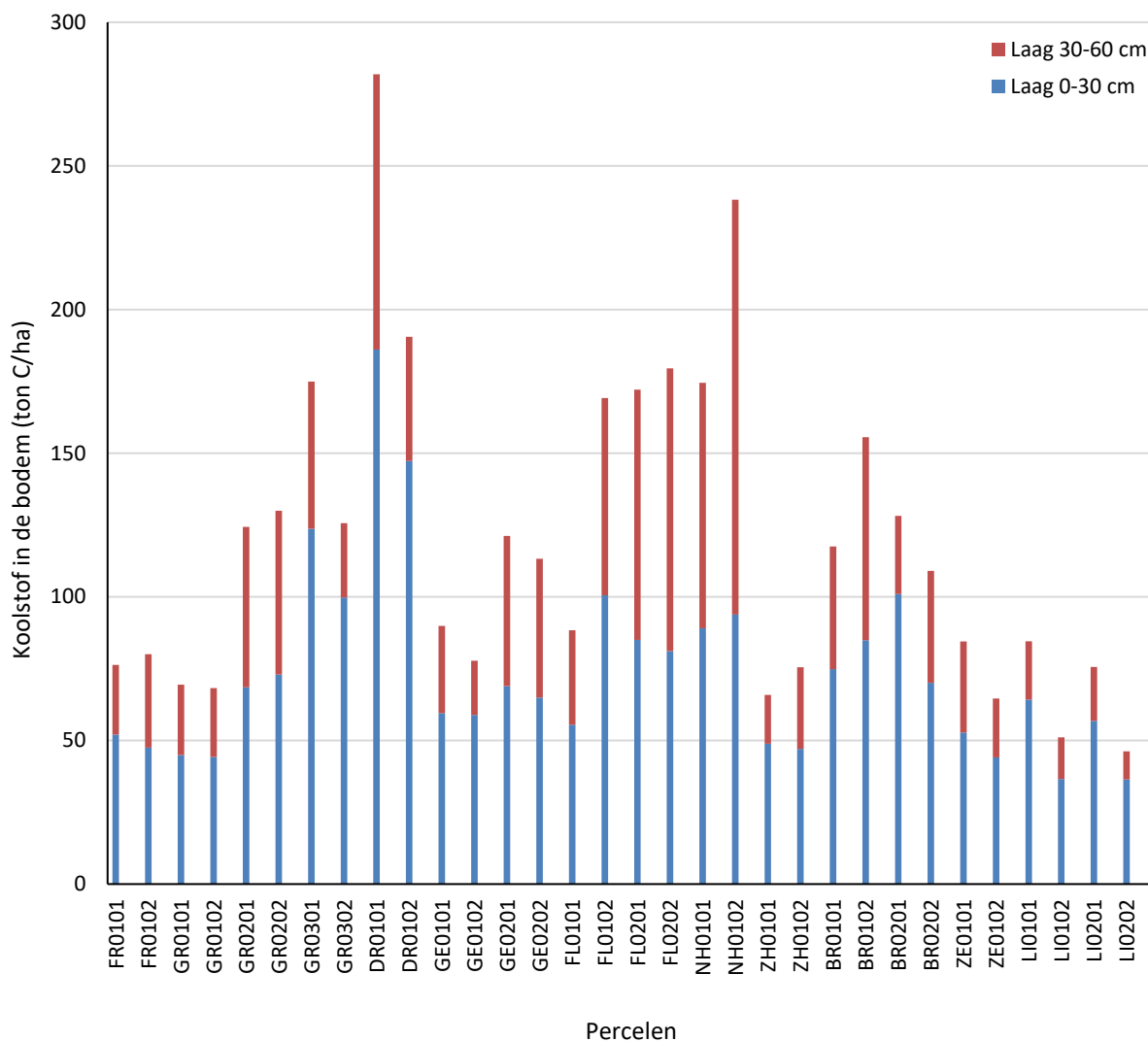
De gemiddelde hoeveelheid koolstof is per grondsoort weergegeven in Figuur 2. In deze figuur is te zien dat in dalgronden gemiddeld genomen meer koolstof is vastgelegd dan in de andere grondsoorten. De gemiddelde hoeveelheid koolstof in zeeklei is hoger dan in rivierklei. Wat verder opvalt is dat de hoeveelheid koolstof in de bovenste laag nauwelijks verschilt tussen beide kleigronden terwijl in zeeklei meer koolstof in de diepere laag (30-60 cm) is vastgelegd dan in rivierklei. De hoeveelheid koolstof per laag per perceel is weergegeven in Figuur 3. Hieruit blijkt dat aanzienlijke verschillen aanwezig zijn in de hoeveelheid opgeslagen koolstof tussen de deelnemers aan het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen. Zo bevat de bodem met de laagste hoeveelheid 46 ton koolstof per hectare terwijl dit 282 ton per hectare is voor het perceel met de meeste koolstof. Hier zit een factor zes verschil in.



Figuur 1 Locaties van de deelnemers aan het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen. De code bij elke locatie komt overeen met de codes gebruikt in figuren 2 en 3 en tabel 1.



Figuur 2 Gemiddelde hoeveelheid koolstof (ton/ha) in de laag 0-30 en 30-60 cm per grondsoort.



Figuur 3 Hoeveelheid koolstof (ton/ha) in de laag 0-30 en 30-60 cm per perceel.

2.4 Conclusies en vervolg

Het netwerk is opgezet, de eerste metingen zijn uitgevoerd en het netwerk is klaar om ingezet te worden in andere projecten. Het in standhouden van het netwerk, afstemming met andere projecten en verzamelen en verwerken van bedrijfsgegevens van de deelnemende bedrijven wordt in 2019 en 2020 gefinancierd binnen de PPS Beter Bodembeheer door de Brancheorganisatie Akkerbouw. De huidige meting van de hoeveelheid koolstof opgeslagen in de bodem kan worden gezien als een nulmeting. Met vervolgmetingen in combinatie met het management van de boer kunnen uitspraken worden gedaan over de mate van koolstofopslag op de bedrijven.

2.5 Communicatie

Nieuwsbericht werving:

<https://www.beterbodembeheer.nl/nl/beterbodembeheer/show/Oproep-15-Praktijkbedrijven-gezocht-voorBedrijvennetwerk-Bodemmetingen.htm>

3 Afbraakpercentages van bodemorganische stof

3.1 Inleiding

De afbraakpercentages van bodemorganische stof in minerale grond zijn gebaseerd op vuistregels die mogelijk gedateerd zijn (o.a. Kortleven, gemiddeld 2%, 1963, NMI (2000)). Recent is gewerkt aan betere inschattingen (Zwart e.a., 2013) op basis van model Wadman & De Haan (1997), maar validatie van dit model heeft niet plaatsgevonden. Goede inschattingen van afbraak van bodemorganische stof zijn essentieel voor goede inschattingen van CO₂-emissies en het opstellen van koolstofbalansen en berekenen van koolstofopslag. Doel van deze studie is te komen tot perceelsspecifieke rekenregel(s) voor de afbraak van bodem organische stof.

3.2 Methode

Grondmonsters van akkerbouwpercelen zijn geïncubeerd in het laboratorium, waarna uit de tijdserie van CO₂-metingen een exponentieel model is gefit dat onderscheid maakt in een stabiele en een afbreekbare pool. Hiervan kunnen nieuwe kengetallen voor de relatieve afbraaksnelheid (RDR) worden afgeleid. De relaties tussen modelparameters en bodemkenmerken c.q. teeltvariabelen zijn vervolgens met regressieanalyse onderzocht. Daarna zijn enkele perspectievolle regressiemodellen getoetst met behulp van tijdreeksen van organische stofgehalten uit lange termijn experimenten (LTEs) van Bodemkwaliteit op Zand (BKZ, Vredepeel, Limburg), Bodemkwaliteit Veenkoloniën (BKV, Valthermond, Drenthe) en de Lovinkhoeve (LH, Marknesse).

3.3 Resultaten

De relatieve afbraaksnelheid RDR en de stabiele koolstoffractie C_{stab} in de bodem kunnen worden afgeleid uit de bodemeigenschappen C/N, N-totaal en/of één van de parameters lutumpercentage, pH en de verhouding verse-totale organische stof. Aannemende dat het C-gehalte van een grond gelijk is aan de som van stabiele en afbreekbare fractie, kan de afbreekbare fractie worden geschat uit een schatting van de stabiele fractie. De RDR is zowel berekend op basis van de totale C-voorraad (RDR_T) in de bodem als op basis van de afbreekbare fractie (RDR_{AF}).

De laboratoriumuitkomsten moeten vertaald worden naar een veldsituatie met een omrekenfactor. In de literatuur zijn hiervoor data beschikbaar maar met een grote spreiding. De gemiddelde omrekenfactor voor de akkerbouw uit de literatuur is 2.9 en kent een grote spreiding.

De toetsing van de rekenregel leidde tot de volgende resultaten:

- In BKZ geeft de berekening op basis van RDR_{AF} de beste match met het gemeten organische stofgehalte en laten een licht stijgende trend zien. De berekeningen op basis van RDR_T en op basis van de vuistregel van 2% suggereren een lichte afname.
- In de toetsing in BKV is met name gekeken naar de benodigde aanvoer van organische stof om het gehalte op peil te houden. Volgens de berekening op basis van de afbreekbare fractie neemt het verlies aan organische stof beperkt toe met het organische stofgehalte, binnen realistisch haalbare grenzen wat betreft benodigde aanvoer. In de berekeningswijze op basis van RDR van C-totaal neemt het verlies af met stijgend OS-gehalte en zou vanaf een organische stofgehalte van 12% geen aanvoer meer nodig zijn. Dit wordt niet realistisch geacht vanuit oogpunt van N-levering vanuit de bodem. Met de 2% rekenregel worden onrealistische hoge aanvoeren berekend van 4000 tot 8000 kg organische stof.

- In de toetsing van de rekenregels op de LH geeft de berekening op basis van RDR_{AF} de beste match met het gemeten organische stofgehalte in drie van de vier varianten. De drie berekeningswijzen leiden tot een systematisch verschil in de uitkomsten.

De gemiddelde afbraaksnelheid over alle gegevens bedraagt 2.8%, spreiding 0-8%, afhankelijk van omrekenfactor en bodem- en teeltkenmerken. De vergelijking van deze resultaten met die op basis van de bestaande vuistregel (2%) geeft de indruk dat deze beperkt van elkaar afwijken. Het is nog niet met zekerheid aan te geven of het model wat het gemiddelde afbraakpercentage betreft een substantiële verbetering biedt in de schatting van de afbraak ten opzichte van de huidige vuistregel. Onzekerheden in de omrekenfactor, de gloeiverliesmethode, en de aanvoer in effectieve organische stof spelen hierbij een rol.

Een perceelsspecifieke schatting van de omvang van stabiele en afbreekbare pool en bijbehorende afbraaksnelheid kan zinvol zijn om onderscheid te maken in percelen met vergelijkbaar organische stofgehalte wat betreft het bodemmanagement en/of de teeltkeuze. Uit de rekenregels is af te leiden dat bekalking, N-bemesting, en aanvoer van vers organische materiaal mogelijke sturingsmechanismen zijn. Het onderscheid in de vaste en de afbreekbare fractie is mogelijk zinvol met het oog op zowel de N-bemesting als de opbouw van organische stof. Een perceel waarvan de organische stof overwegend in de stabiele fractie aanwezig is, mogelijk een lagere N-mineralisatie kennen dan op basis van andere bodemkenmerken verwacht wordt. Omgekeerd biedt een perceel met een kleine fractie stabiele organische stof mogelijk meer perspectief voor koolstofvastlegging.

3.4 Conclusies en vervolg

Afbraaksnelheid

De parameterisatie op basis van bodemeigenschappen is in principe bruikbaar voor een perceelsspecifieke schatting van de afbraak van organische stof. Bij de gehanteerde omrekenfactor van 3.4 wijkt in veel gevallen de afbraaksnelheid niet af van het huidige kengetal. Er zijn sterke aanwijzingen dat de omrekenfactor te hoog is, en de gemiddelde afbraaksnelheid in minerale gronden groter is dan 2%.

Aanbevolen wordt om meer onderzoek te doen naar de omrekenfactor van lab- naar veldgegevens. Mogelijk speelt het aandeel afbreekbare organische stof hierbij een rol, vanwege de temperatuurgevoeligheid van deze fractie. Daarom is het raadzaam om voor de afleiding van de omrekenfactor onderscheid te maken in zand- en kleigronden, en in akkerbouw/vollegrondsgroente- en grasland.

Model

Het exponentiële model met twee pools organische stof en de daarvan afgeleide RDR_{AF} biedt meer inzicht dan een één-pool model. In de eerste plaats wordt is de ratio tussen de afbreekbare en de totale C-pool indicatief voor de mate waarin voortschrijdende afbraak mag worden verwacht. In de tweede plaats is de omvang van de afbreekbare pool mogelijk indicatief voor de hoeveelheid stikstof die kan vrijkomen.

Aanbevolen wordt om :

- op basis van het model adviezen te ontwikkelen voor het management van organische stof, op basis van
 - een perceelsspecifiek afbreekpercentage dat gebruikt kan worden bij het opstellen van een organische stofbalans en bepalen van de benodigde aanvoer;
 - aangeven bij welke range in afbreekbaar/totaal organische stof gerichte aandacht nodig is voor de kwaliteit van de toe te voegen organische stof.
- te verkennen of het model bruikbaar kan zijn voor verbeterde schattingen van de N-mineralisatie. Hiervoor kunnen in eerste instantie bestaande datasets worden gebruikt van perceels- en gewasgegevens.

Koolstofvastlegging

Het geparameteriseerde model geeft aan dat akkerbouwpercelen op minerale gronden aanzienlijk kunnen verschillen in de afbraaksnelheid van bodemorganische stof. Zowel bodemkenmerken als de aanvoer van vers organisch materiaal spelen hierbij een rol. Dit is zijn aanwijzingen dat percelen

verschillen in de capaciteit voor C-vastlegging en dat er grenzen zijn aan de koolstofvastlegging met behulp van de aanvoer van vers organisch materiaal.

Vervolgonderzoek met o.a. een onzekerheidsanalyse is aanbevolen.

De aanbevelingen rond afbraaksnelheid en model worden in 2019 uitgevoerd binnen de PPS Beter Bodembeheer. Tevens zullen de nieuwe adviezen op basis van dit onderzoek worden opgesteld en voorgelegd aan de Commissie Bemesting Akkerbouw Vollegrondsgroenten voor opname in het Handboek Bodem en Bemesting.

3.5 Communicatie

- Presentatie in Commissie Bemesting Akkerbouw Vollegrondsgroenten 30 november 2019, Putten
- Presentatie op Themamiddag Bemesting Akkerbouw van Commissie Bemesting Akkerbouw Vollegrondsgroenten 30 november 2019, Putten.
https://www.handboekbodemenbemesting.nl/upload_mm/e/3/a/2d679ee6-a9a2-457d-800d5be5ddd7c6c4_Presentatie%206%20Hanegraaf%20Organische%20stofafbraak.pdf

3.6 Rapport

Hanegraaf, Marjoleine, Willem van Geel, Wim van de Berg, Janjo de Haan, 2019. *Afbraaksnelheid bodem organische stof*. Tussenrapportage. Perceelsspecifieke schatting uit bodemparameters. Wageningen Research.

4 Kengetallen EOS-aanvoer van gewasresten en groenbemesters

4.1 Inleiding

De kengetallen voor aanvoer van effectieve organische stof (EOS) van gewasresten en groenbemesters zijn grotendeels gebaseerd op onderzoek van meer dan 30 jaar geleden. In de tussentijd zijn opbrengsten gestegen en is mogelijk de harvestindex veranderd. Deze getallen zijn nodig om een goede koolstofbalans op te stellen en de effectiviteit van maatregelen te kunnen doorrekenen en adviezen te geven over organisch stofbeheer en koolstofopslag aan boeren. Actualisatie van kengetallen van EOS-aanvoer van mestproducten wordt al in een project in kader van 6^e Actieprogramma Nitraat opgepakt. Het doel van deze studie is om te onderzoeken of de waarden van effectieve organische stof voor gewasresten van akkerbouw- en groentegewassen en groenbemesters nog steeds geldig zijn of dat ze moeten worden bijgewerkt. Hierbij lag de focus vooral op het vaststellen van de bovengrondse en ondergrondse biomassa van gewasresten en groenbemesters. Dit onderdeel is uitgevoerd in samenwerking met Romke Postma en Imke Harms (NMI) en Kimberly van der Vegt (Student HAS Hogeschool Den Bosch). Niet gepubliceerde gegevens zijn beschikbaar gesteld door Wiepie Haagsma en Johnny Visser.

4.2 Methode

4.2.1 Literatuurstudie

Gegevens over de biomassa van gewasresten van de meest voorkomende akkerbouwgewassen in Nederland (aardappel, suikerbieten, zomergerst, wintertarwe), enkele groentegewassen (korrelmaïs, prei en erwt) en snijmaïs, groenbemesters (bladrammenas, gele mosterd, winterrogge, haver, Italiaans raaigras, Engels raaigras, wikke en tagetes) zijn verzameld uit wetenschappelijke en grijze literatuur. In totaal zijn gegevens van 11 publicaties (4 voor akkerbouwgewassen, 8 voor vanggewassen en groenbemesters) geïntegreerd in een database. In sommige studies waren er geen gegevens beschikbaar over ondergrondse biomassa. In die gevallen werden gewasspecifieke aannames van de ondergrondse biomassa gemaakt.

4.2.2 Metingen

Metingen van bovengrondse en ondergrondse biomassa, droge stofpercentage en stikstofinhoud zijn uitgevoerd in de volgende groenbemesters: Japanse haver, bladrammenas, gele mosterd, tagetes en een mix van Japanse haver en bladrammenas in twee proeven op zandgrond en kleigrond en in het systeemonderzoek Bodemkwaliteit op zand en een demonstratie op WUR proeflocatie Vredepeel. Een vierkant van 0,25 m² werd gebruikt om de bovengrondse biomassa te oogsten, waarna bodemonsters werden verzameld tot 30 cm diep om de ondergrondse biomassa te bepalen. De bodemonsters zijn gespoeld om de ondergrondse biomassa te isoleren. De ondergrondse en bovengrondse biomassa is gewogen, gedroogd en weer gewogen en monsters zijn geanalyseerd op ruw as en stikstofinhoud door Eurofins Agro. Vervolgens zijn de resultaten omgerekend naar EOS-aanvoer en geanalyseerd.

4.3 Resultaten

4.3.1 Literatuurstudie

De verschillen tussen de huidige kengetallen en de gemiddelde waarden van EOS-aanvoer zoals berekend op basis van literatuurgegevens zijn klein. Behalve voor Italiaans raaigras (groenbemester), is het verschil kleiner dan 20%. Voor Italiaans raaigras, is het huidige kengetal ongeveer 30% lager dan het gemiddelde in de literatuur. De variatie rond de gemiddelden was echter groot en het lijkt de moeite waard om rekening te houden met deze variaties in de organische stofbalans.

De EOS-aanvoer van gewasresten van aardappel is in de literatuur lager dan het huidige kengetal. Voor prei, erwt en zomergerst liggen de huidige kengetallen op een vergelijkbaar niveau als de literatuurgemiddelden. De gemiddelde EOM-input van gewasresten van suikerbieten lijkt iets lager te zijn dan de huidige waarde van 1275 kg EOM per ha, hetgeen kan worden verklaard door de lagere hoeveelheid biomassa in de bladeren van de nieuwere rassen en verschillen in de oogstmethode. De gegevens voor wintertarwe laten vergelijkbare waarden zien als de huidige kengetallen voor ondergrondse maar niet voor bovengrondse biomassa. Ongeacht of stro wordt geoogst of als gewasrest wordt achtergelaten, wijzen literatuurgegevens op veel kleinere EOS-aanvoer van bovengrondse gewasresten dan de huidige waarden voor wintertarwe. Echter de hoeveelheid beschikbare data uit de literatuur van gewasresten van akkerbouw en groentegewassen was klein. Op basis van verschillende overzicht artikelen is het moeilijk om een nauwkeurige schatting te maken van de biomassa (en de EOS-aanvoer) van gewasresten van akkerbouwgewassen op basis van gewasopbrengst. Andere managementfactoren, zoals het bemestingsniveau, kunnen een groot effect hebben op de hoeveelheid gewasresten, met name de bovenstaande: biomassa-ratio onder de grond. Er is een quickscan van de humificatiecoëfficiënten van gewasresten en groenbemesters gemaakt. De gerapporteerde humificatiecoëfficiënten voor ondergrondse biomassa variëren. De humificatiecoëfficiënten van bovengrondse gewasresten en vanggewassen gaan allemaal terug naar dezelfde bron.

4.3.2 Metingen

De gemeten EOS-aanvoer van de groenbemesters was voor elk gewas aanzienlijk hoger dan de huidige kengetallen en dan de resultaten uit de literatuurstudie. De vraag is of dit komt door het relatief goede groeiseizoen in 2018 voor groenbemesters of door veranderde rassen en of teeltmethodes. Er was een grote variatie tussen de gemeten verhouding van bovengrondse en ondergrondse biomassa. Factoren zoals grondsoort, organische stof aanvoer, gangbaar-biologisch, mengsel of afzonderlijke groenbemesters gaven geen significante verschillen.

4.4 Conclusie en vervolg

De kengetallen van EOS-aanvoer voor groenbemesters stemmen overeen met de literatuur behalve voor Italiaans raaigras maar in alle gevallen niet met de metingen. De gevonden literatuur voor EOS-aanvoer met gewasresten is onvoldoende om aanpassingen van de huidige kengetallen te doen. Er zijn geen mogelijkheden om EOS-aanvoer te schatten vanuit gewasopbrengst. De humificatiecoëfficiënten van gewasresten en groenbemesters moeten ook geactualiseerd worden.

Het is gewenst om de huidige kengetallen van EOS-aanvoer door groenbemesters te vervangen door waarden die afhankelijk zijn van de (verwachte) ontwikkeling van de groenbemester. Als de organische stofbalans wordt gebruikt als planningsinstrument, kan een schatting worden gemaakt van de voorziene ontwikkeling van groenbemesters aan de hand van de geplande zaaidata. Als de organische stofbalans wordt gebruikt als monitoringinstrument, kan rekening worden gehouden met de eigenlijke biomassa productie van vanggewassen. Met foto's, sensoren en/of satellietwaarnemingen kan een inschatting van de biomassa gemaakt worden.

Het is gewenst om de metingen van de EOS-aanvoer van groenbemesters te herhalen om de gevonden resultaten van 2018 uit de metingen en literatuurstudie te bevestigen. Daarnaast is het gewenst om metingen van EOS-aanvoer in gewasresten te gaan starten om de resultaten uit de literatuurstudie te bevestigen. Hierbij is het gewenst om in beide gevallen ook effecten van

managementfactoren mee te nemen. In beide gevallen is het gewenst om ook metingen van de humificatiecoëfficiënten te doen van bovengrondse en ondergrondse biomassa. In de PPS Beter Bodembeheer is voorzien om hieraan te werken.

Echter het budget is onvoldoende om al het bovenstaande uit te voeren in de komende twee jaar. Aanvullend budget vanuit Slim Landgebruik op dit onderwerp is gewenst. Daarom wordt voor de komende twee jaar k€ 150 gevraagd om meer metingen aan EOS-aanvoer van gewasresten en groenbemesters uit te kunnen voeren.

4.5 Rapporten

1. Harms Imke, Romke Postma, Kimberly van de Vegt & Janjo de Haan, 2019. Input values for the organic matter balance: catch crops and crop residues. NMI-report 1740.N.18, Wageningen, Nutrient Management Institute NMI B.V.
2. Vegt, Kimberly. 2019. Effective organic matter supply of cover crops. Research internship WUR Field Crops. Research internship year 3 Horticulture and business management. HAS Hogeschool Den Bosch.

5 Meten van stikstofverliezen van koolstofopslagmaatregelen

5.1 Inleiding

Uitvoering van maatregelen die leiden tot meer koolstof in de bodem hebben het risico dat stikstofverliezen toenemen. Het gaat hierbij zowel om stikstofuitspoeling als om lachgas- en ammoniakemissie. Vooral lachgas is als broeikasgas een directe trade-off van koolstofopslag. Verschillende vormen van organische stofbeheer in lange termijn experimenten (LTE) zoals Bodemkwaliteit op Zand (BKZ) op proefbedrijf Vredepeel en de BASIS proef op klei bij Lelystad, zijn gericht op behoud en opbouw van organische stof in de bodem. Het doel van dit project is het vergelijken van N verliezen in deze LTE's na langjarig uitvoering van maatregelen. Daarnaast kijken we ook naar microbiologische indicatoren voor organische stof opbouw en koolstofvastlegging. Hypothese is dat de organische stof behandelingen (Laag versus Standaard in LTE Bodemkwaliteit op zand op WUR-proeflocatie Vredepeel) en niet kerende grondbewerking (NKG versus ploegen in LTE BASIS op WUR-proeflocatie Lelystad), leiden tot meer microbiële biomassa, mogelijk een hogere schimmel/bacterie verhouding, en minder uitspoeling van stikstof. Echter, meer organische stof kan ook een risico geven op een hogere denitrificatie (Heijboer et al., 2016). Daarom worden uitspoeling en denitrificatie gelijktijdig gemeten. Dit onderzoek is uitgevoerd door Jaap Bloem, Willem de Visser, Wim Dimmers, Marjoleine Hanegraaf en Hein ten Berge in samenwerking met diverse andere collega's.

5.2 Methode

Intacte bodemkolommen (25 cm diep, 12 cm diameter) zijn gestoken in het veld met het staande gewas, en overgebracht naar de kas (gecontroleerde omstandigheden). De kolommen werden op een vochtgehalte van 60% van de waterhoudende capaciteit (WHC) gebracht en werden een week met rust gelaten om te stabiliseren en eventueel verhoogde microbiële activiteit te laten wegebben. Vervolgens werd een oplossing van 15N gelabelde NH_4NO_3 toegediend (dosering 30 kg N/ha). In controles werd geen N maar schoon water toegediend. Dit is tijdstip 0. Na 48 uur kreeg de helft van de kolommen een (gesimuleerde) zware regenbui. Het water dat na 24 uur uit de kolommen was gelekt (leaching) werd opgevangen, inclusief de uitgespoelde 15N-mineraal. Ook werd de N_2O emissie gemeten met een gasdichte kap over de kolommen. Twee dagen na het uitspoelen werden gewasmonsters afgeknipt en werden de kolommen in tweeën gedeeld voor analyse van 15N in bodem (inclusief wortels) en gewas. In de bodem werden meten: de N-totaal, N mineraal, denitrificatie enzym activiteit (DEA), microbiële biomassa N en C (fumigatie), de samenstelling van de microbiële gemeenschap (schimmels en bacteriën met PLFA), en labiele N en C (potentieel mineraliseerbare N en heet water extraheerbaar C). PLFAs zijn ingevroren, voor analyse in 2019. Ook 15N monsters konden dit jaar wel worden verzameld maar niet meer geanalyseerd. De spruit is geoogst zodat naast de N verliezen en de microbiële pools ook 15N in het gewas kan worden gemeten. Op Vredepeel (BKZ) stond wintergerst (na mais), bij Lelystad (BASIS) stond gras-klover (1^e jaars). Van het gewas zullen ook C/N verhoudingen worden bepaald, omdat die net als de schimmel/bacterie verhouding indicatief kunnen zijn voor de N verliezen. Na 4 weken kreeg de andere helft van de kolommen een gesimuleerde zware regenbui en werden dezelfde metingen uitgevoerd. De gewas- en 15N monsters zullen in 2019 worden geanalyseerd, evenals de ingevroren monsters voor PLFA analyse van de microbiële gemeenschap (bacteriën, schimmels en mycorrhiza). Tevens is in de plots waar de monsters genomen zijn de koolstofopslag gemeten volgens het protocol van project 2.2a om de gemeten stikstofverliezen te kunnen koppelen aan effecten in koolstofopslag.

5.3 Resultaten

De proef is afgerond, maar een aantal metingen moeten nog worden uitgevoerd en de resultaten moeten nog worden geanalyseerd. Dit gebeurt in 2019 binnen de PPS Beter Bodembeheer. De proefuitvoering is goed verlopen en dit geeft vertrouwen in de gevolgde aanpak. Punt van aandacht in de proefuitvoering is de diameter en diepte van de kolommen en wel of geen gewas. Voor een representatief gewas op de kolommen en om effecten van waterstromen langs de randen van de kolommen te beperken is een grotere diameter van de kolommen wenselijk.

5.4 Conclusies en vervolg

De proefaanpak lijkt te werken. Herhaling van de proef en verbreding naar andere maatregelen, grondsoorten en bedrijfssystemen is gewenst om de kennis rond trade-offs van koolstofopslagmaatregelen beter in beeld te brengen, de mechanismen achter de trade-offs beter te begrijpen en op basis daarvan betere keuzes in (uitvoering van) maatregelen te maken. Dit is aanvullend en verdiepend op metingen en waarnemingen in het veld waar niet tegelijkertijd denitrificatie en uitspoeling gemeten kan worden. In combinatie met modellering kunnen adviezen geformuleerd worden over deze maatregelen voor een brede range van omstandigheden. Binnen de PPS Beter Bodembeheer is ruimte voor uitvoering van een beperkt deel van dit werk. Voor uitvoering hiervan wordt ca. 250 keuro per jaar gevraagd voor de komende jaren vanuit het programma Slim Landgebruik.

5.5 Rapport

Bijlage 1: Jaap Bloem, Willem de Visser, Wim Dimmers, Marjoleine Hanegraaf, Hein ten Berge. 2019. Verslag proef met bodemkolommen 2018. Meten stikstofverliezen in lange termijn experimenten. SL Bodem en Klimaat kennis gerelateerd aan de PPS Beter Bodembeheer: integrale benadering 2.2e BO-53-002-008.

Bijlage 1 Verslag activiteiten mesocosum proef 2018

Jaap Bloem, Willem de Visser, Wim Dimmers, Marjoleine Hanegraaf, Hein ten Berge

Inleiding en doel

Voor een duurzame landbouw is het van groot belang dat natuurlijke processen en kringlopen zo goed mogelijk worden benut, met minimale verliezen van nutriënten en koolstof naar grondwater (NO₃) en atmosfeer (N₂, N₂O, CO₂). N₂O (lachgas) is een 300x sterker broeikasgas dan CO₂. Lachgasemissie kan worden verlaagd door een betere benutting van meststoffen. Bodems met meer organische stof, meer schimmels en bacteriën en een hogere schimmel/bacterie verhouding vertoonden minder nitraatuitspoeling, minder lachgas productie en een efficiënter gebruik van koolstof en nutriënten (de Vries et al., 2006, 2011; Paul 2015, 2016)). Minder nitraatuitspoeling correleerde met een hogere biomassa van mycorrhiza schimmels (de Vries et al. 2013). Schimmels leggen koolstof efficiënter vast dan bacteriën (de Vries et al., 2012; Paul 2015, 2016; Kallenbach 2016). Vastlegging van organische stof in de bodem is moeilijk te meten omdat de toename relatief klein is ten opzichte van de totale hoeveelheid organische stof. Labiele fracties van de organische stof zoals de microbiële biomassa en microbiële resten en omzettingsproducten veranderen veel sneller dan de totale hoeveelheid organische stof. Daarom worden labiele N en C, gemeten als potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) en heet water extraheer koolstof (HWC), gebruikt als early indicators van toename in organische stof. Hiermee zijn effecten van beheer al na enkele jaren te meten (Bloem et al., 2017, Schouten et al., 2018).

Verschillende vormen van organische stofbeheer in lange termijn experimenten (LTE) zoals Bodemkwaliteit op Zand (BKZ) op proefbedrijf Vredepeel en de BASIS proef op klei bij Lelystad, zijn gericht op behoud en opbouw van organische stof in de bodem. Het doel van dit project is het vergelijken van N verliezen in deze LTE. Daarnaast kijken we ook naar microbiologische indicatoren voor organische stof opbouw en koolstofvastlegging. Hypothese is dat de organische stof behandelingen (Laag versus Standaard, 4 herhalingen) op Vredepeel en niet kerende grondbewerking (NKG versus ploegen, 4 herhalingen) bij Lelystad, leiden tot meer microbiële biomassa, mogelijk een hogere schimmel/bacterie verhouding, en minder uitspoeling van stikstof. Echter, meer organische stof kan ook een risico geven op een hogere denitrificatie (Heijboer et al., 2016). Daarom is het belangrijk dat uitspoeling en denitrificatie gelijktijdig worden gemeten.

Aanpak

Bij de C en N kringloop, stikstofverliezen en koolstofvastlegging spelen de bodemstructuur, de planten, de met wortels samenlevende mycorrhiza schimmels en de hele microbiële gemeenschap een belangrijke rol. Daarom gebruiken we intacte bodemkolommen (25 cm diep, 12 cm diameter). die zijn gestoken in het veld met het staande gewas, en overgebracht naar de kas (gecontroleerde omstandigheden). De kolommen werden op een vochtgehalte van 60% van de waterhoudende capaciteit (WHC) gebracht en werden een week met rust gelaten om te stabiliseren en eventueel verhoogde microbiële activiteit te laten wegebben. Vervolgens werd een oplossing van 15N gelabelde NH₄NO₃ toegediend (dosering 30 kg N/ha). In controles werd geen N maar schoon water toegediend. Dit is tijdstip 0. Na 48 uur kreeg de helft van de kolommen een (gesimuleerde) zware regenbui. Het water dat na 24 uur uit de kolommen was gelekt (leaching) werd opgevangen, inclusief de uitgespoelde 15N-mineraal. Ook werd de N₂O emissie gemeten met een gasdichte kap over de kolommen. Twee dagen na het uitspoelen werden gewasmonsters afgeknipt en werden de kolommen in tweeën gedeeld voor analyse van 15N in bodem (inclusief wortels) en gewas. In de bodem werden meten: de N-totaal, N mineraal, denitrificatie enzym activiteit (DEA), microbiële biomassa N en C (fumigatie), de samenstelling van de microbiële gemeenschap (schimmels en bacteriën met PLFA), en labiele N en C (potentieel mineraliseerbare N en heet water extraheerbaar C). PLFAs zijn ingevroren, voor analyse in 2019. Ook 15N monsters konden dit jaar wel worden verzameld maar niet meer

geanalyseerd. De spruit is geoogst zodat naast de N verliezen en de microbiële pools ook 15N in het gewas kan worden gemeten. Op Vredepeel (BKZ) stond wintergerst (na mais), bij Lelystad (BASIS) stond gras-klover (1^e jaars). Van het gewas zullen ook C/N verhoudingen worden bepaald, omdat die net als de schimmel/bacterie verhouding indicatief kunnen zijn voor de N verliezen.

Na 4 weken kreeg de andere helft van de kolommen een gesimuleerde zware regenbui en werden dezelfde metingen uitgevoerd.

Stand van zaken en vervolg

In september 2018 hebben we een prototype van de steekbuizen en de techniek getest voor het hydraulisch steken van kolommen met minimale verstoring van het bodemprofiel en minimale schade aan de proefvelden. Daarna is de proefopstelling voor het gelijktijdig meten van uitspoeling en denitrificatie in de kas ontwikkeld en getest. Half oktober zijn de bodemkolommen gestoken op Vredepeel en bij Lelystad, in totaal 64. De 15N gelabelde NH_4NO_3 is toegevoegd op 2 november. De lachgasemissie is gedurende ruim een maand gemonitord. De uitspoeling is gemeten op 6 november en 4 december, waarna op elke datum van 32 kolommen monsters zijn genomen voor analyse van bodem en gewas. De meeste metingen zijn voor de kerst voltooid, maar de ruwe data moeten nog worden uitgewerkt.

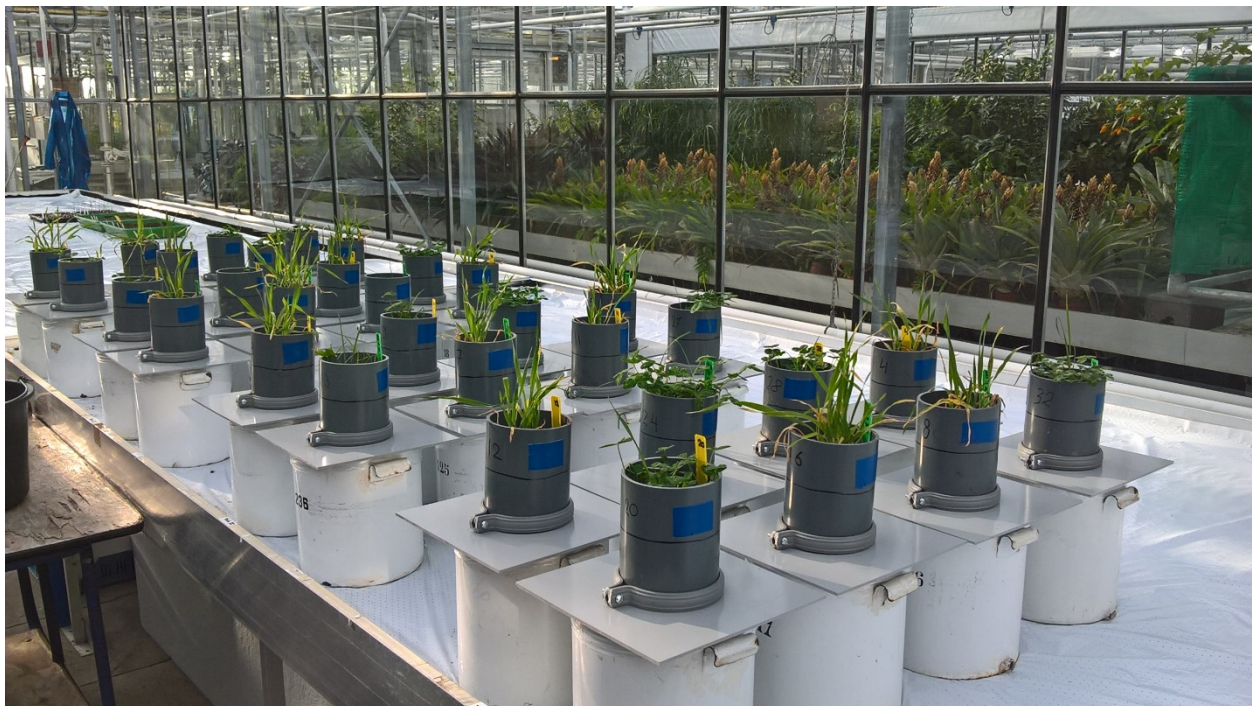


Steken en extractie van intacte bodemkolommen.

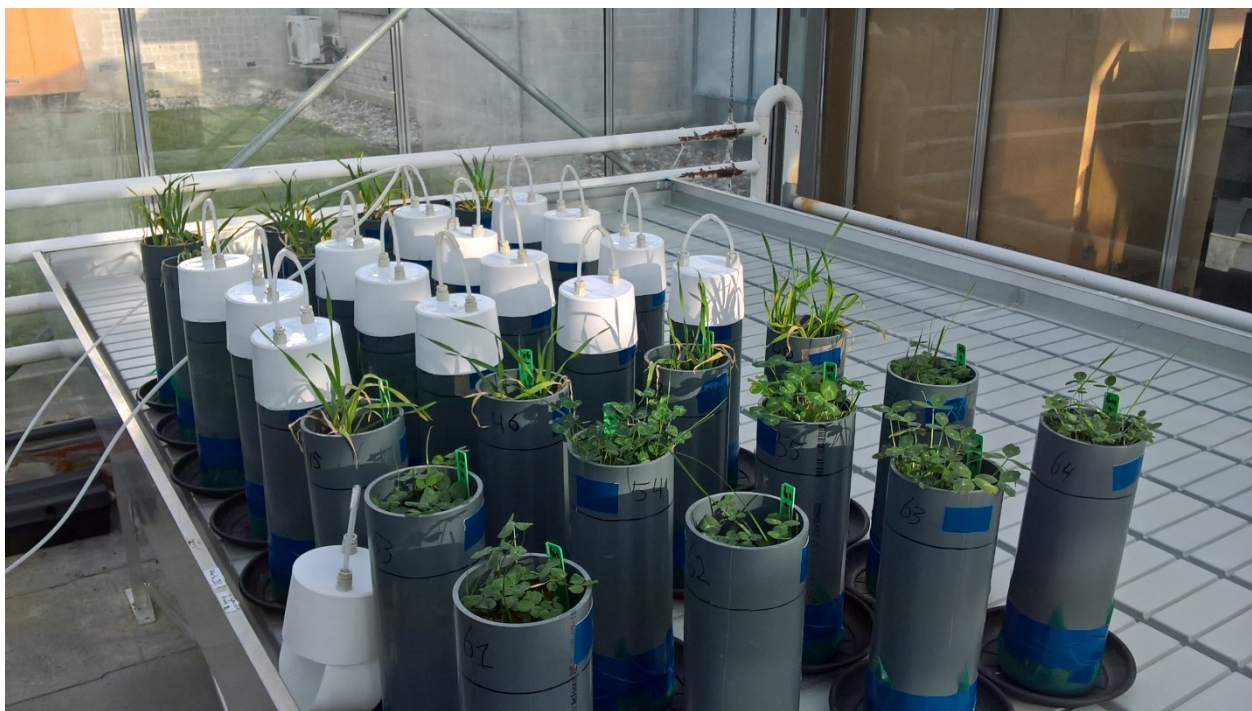
De resultaten van de bemonstering van 32 kolommen na de eerste berekening laten zien dat er een brede range was in de microbiële biomassa van de verschillende kolommen met lagere waarden voor BKZ Vredepeel op zand en hogere waarden voor BASIS Lelystad op klei (Figuur B1). Door de grote variatie tussen de verschillende kolommen kunnen relaties tussen verschillende parameters goed worden onderzocht. De totale microbiële biomassa is gemeten als de toename van C en N in K_2SO_4 extract na fumigatie met chloroform. Biomassa C en N waren sterk gecorreleerd (r^2 0.88) vertoonden ook een sterk verband met potentieel mineraliseerbare N gemeten als de toename van NH_4 na 1 week anaerobe incubatie van grond onder water bij 40°C (Figuur 1). Dit bevestigt dat PMN bruikbaar is als praktische maat voor de microbiële biomassa in de bodem. PMN is makkelijker te meten dan microbiële biomassa via chloroform fumigatie. De gewas- en 15N monsters zullen in 2019 worden geanalyseerd, evenals de ingevroren monsters voor PLFA analyse van de microbiële gemeenschap (bacteriën, schimmels en mycorrhiza). Vervolgens zullen de ruwe data worden uitgewerkt en relaties tussen gewas, microorganismen, organische stof en stikstofverliezen en benutting verder worden geanalyseerd.

Dankwoord

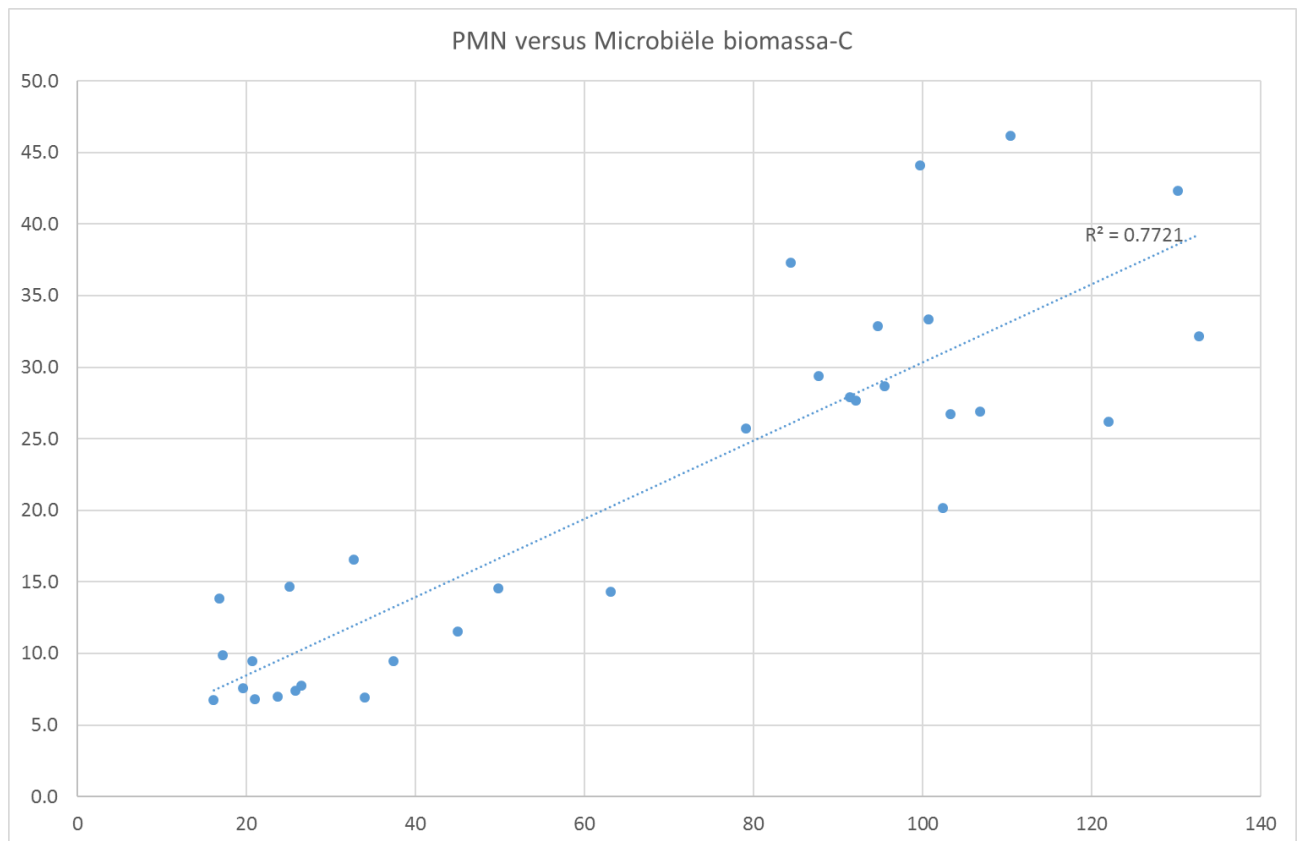
We zijn veel dank verschuldigd aan Harry Verstegen, Marc Kroonen, Derk van Balen en collega's op de proefbedrijven Vredepeel en Broekemahoeve voor onmisbare hulp bij het steken van de bodemkolommen, en aan Eduard Hummelink voor de gasmetingen.



Verzamelen lekwater voor meting nitraat uitspoeling na berekening.



Metten van lachgas emissie via ophoping van N₂O boven overkapte kolommen.



Figuur B1. Correlatie tussen potentieel mineraliseerbare N (PMN, Y-as) en microbiële biomassa-C (X-as) bij de eerste bemonstering van 16 kolommen van Vredepeel en 16 kolommen van Lelystad.

Referenties

Bloem, Jaap, Chris Koopmans en René Schils. 2017. Effect van mest op de biologische bodemkwaliteit in de Zeeuwse akkerbouw. Wageningen Environmental Research, Rapport 2843. 54 blz.

De Vries, F.T., E. Hoffland, N. Van Eekeren, L. Brussaard and J. Bloem. 2006. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting management. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 2092-2103.

De Vries, F.T., J. W. van Groenigen, E. Hoffland and J. Bloem. 2011. Nitrogen losses from two grassland soils with different fungal biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 997-1005.

De Vries, F.T. J. Bloem, H. Quirk, C. Stevens, R. Bol and R. D. Bardgett. 2012. Extensive management promotes plant and microbial nitrogen retention in temperate grassland. *PLoS ONE* 7(12) art. no. e51201

De Vries, F.T., Liiri, M.E., Bjørnlund, L., Bowker, M.A., Christensen, S., Setälä, H.M., Bardgett, R.D. (2012) Land use alters the resistance and resilience of soil food webs to drought. *Nature Climate Change* 2, 276-280.

De Vries, F.T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M.A., Bjørnlund, L., Jørgensen, H.B., Brady, M.V., Christensen, S., De Ruiter, P.C., D'Hertefeldt, T., Frouz, J., Hedlund, K., Hemerik, L., Gera Hol, W.H., Hotes, S., Mortimer, S.R., Setälä, H., Sgardelis, S.P., Uteseny, K., Van Der Putten, W.H., Wolters, V., Bardgett, R.D. (2013) Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 14296-14301.

Heijboer, A., Hein F.M. ten Berge, Peter C. de Ruiter, Helene Bracht Jørgensen, George A. Kowalchuk, Jaap Bloem. 2016. Plant biomass, soil microbial community structure and nitrogen cycling under

different organic amendment regimes; a ¹⁵N tracer-based approach. *Applied Soil Ecology* 107, 251 – 260.

Kallenbach, C.M., Frey, S.D., Grandy, A.S. (2016) Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls. *Nature Communications* 7, art. no. 13630.

Paul, E. A., A. Kravchenko, A. S. Grandy, and S. Morris. (2015) Soil organic matter dynamics: Controls and management for sustainable ecosystem functioning. pp. 104-134 in S. K. Hamilton, J. E. Doll, and G. P. Robertson, eds. *The Ecology of Agricultural Landscapes: Long-Term Research on the Path to Sustainability*. Oxford University Press, New York, New York, USA.

Paul, E.A. (2016) The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization *Soil Biology and Biochemistry* 98, 109-126.

Schouten, Ton, Jaap Bloem, Ron de Goede, Nick van Eekeren, Joachim Deru, Marleen Zanen, Wijnand Sukkel, Derk van Balen, Gerard Korthals en Michiel Rutgers. 2018. Niet-kerende grondbewerking goed voor de bodembiodiversiteit? - Veldexperimenten uitgelicht. *Bodem* nr. 3 juni 2018, p.20-23.

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



Correspondentie adres voor dit rapport:
Wageningen University & Research | Open
Teelten
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T (+31)320 29 11 11
www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-800

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein.

De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

