Samenvatting resultaten bodemmaatregelen: Lumbricus Bewuste Bodem

M. Heinen (red.)

Samenvatting resultaten bodemmaatregelen: Lumbricus Bewuste Bodem

M. Heinen (red.)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in het kader van onderzoeksprogramma Lumbricus en mede gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (kennisbasisproject KB-24-002-006).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, maart 2021

Gereviewd door:

Mirjam Hack-ten Broeke, teamleider van team Bodem, Water en Landgebruik

Akkoord voor publicatie:

Mirjam Hack-ten Broeke, teamleider van team Bodem, Water en Landgebruik

Rapport 3060
ISSN 1566-7197

In het onderzoeksprogramma Lumbricus zijn binnen thema Bewuste Bodem (cluster 2) bodemmaatregelen getoetst waarbij werd gekeken naar de onder meer de invloed op bodemstructuur, infiltratie, doorworteling: 1: introduceren pendelende wormen op grasland; 2: effect wormgaten, vertidrainen en grondbewerking op infiltratie en oppervlakkige maaiveldafvoer; 3: nitraatuitspoeling op proefperceel van project 'Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel'; 4: effect van toepassen van Bokashi binnen project OMAB op organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling; 5: zuiniger met water in de melkveehouderij: sorghum als mogelijk alternatief voor of aanvulling op snijmais; 6: demonstratieproef dieper-wortelende grasmengsels.

In research program Lumbricus theme conscious soil ('Bewuste Bodem') several soil measures were tested for their impact on soil structure, infiltration and rootability: 1: introduction of vertical commuting earthworms on grassland; 2: effect of vertical wormholes, vertidrainen and loosening of top soil in grassland on infiltration and surface runoff; 3: nitrate leaching under plots without and with addition of organic material; 4: effect of bokashi on organic matter content in soil and nitrate leaching; 5: sorghum as possible alternative for maize in crop rotation on dairy farms; 6: demonstration of deeper rooting grass species.

Trefwoorden: bodemmaatregelen, bokashi, diepwortelende gewassen, infiltratie, nitraatuitspoeling, organische stof, pendelende wormen, sorghum, wormgaten

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/541562> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2021 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	11
2	Introductie pendelende wormen op grasland	14
	2.1 Samenvatting	14
	2.2 Belang	14
	2.3 Aanpak	14
	2.4 Resultaten	15
	2.5 Implementatie	15
	2.6 Toepassingsmogelijkheden	16
	2.7 Referenties	16
3	Effect wormgaten, vertidrainen en grondbewerking op infiltratie en oppervlakkige maaiveldafvoer	17
	3.1 Samenvatting	17
	3.2 Belang	17
	3.3 Aanpak	17
	3.4 Resultaten	18
	3.5 Implementatie	19
	3.6 Toepassingsmogelijkheden	19
	3.7 Referenties	19
4	Nitraatuitspoeling op een proefperceel van project 'Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel'	20
	4.1 Samenvatting	20
	4.2 Belang	20
	4.3 Aanpak	20
	4.4 Resultaten	20
	4.5 Implementatie	21
	4.6 Toepassingsmogelijkheden	21
	4.7 Referenties	21
5	Effect van toepassen van Bokashi op organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling binnen project OMAB	22
	5.1 Samenvatting	22
	5.2 Belang	22
	5.3 Aanpak	22
	5.4 Resultaten	23
	5.5 Implementatie	23
	5.6 Toepassingsmogelijkheden	23
	5.7 Referenties	23

6	Sorghum als mogelijk alternatief voor of aanvulling op de teelt van snijmais	24
6.1	Samenvatting	24
6.2	Belang	24
6.3	Aanpak	24
6.4	Resultaten	25
6.5	Implementatie	26
6.6	Toepassingsmogelijkheden	26
6.7	Referenties	26
7	Demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels	27
7.1	Samenvatting	27
7.2	Belang	27
7.3	Aanpak	27
7.4	Resultaten	27
7.5	Implementatie	28
7.6	Toepassingsmogelijkheden	28
7.7	Referenties	28
8	Discussie	29
	Literatuur	30
Bijlage 1	Bokashi	31
Bijlage 2	Sorghum	49
Bijlage 3	Demo dieper wortelende grassen	53

Verantwoording

Rapport: 3060

Projectnummer: 5200042777

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: teamleider van team Bodem, Water en Landgebruik

naam: Mirjam Hack-ten Broeke

datum: 06-01-2021

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Mirjam Hack-ten Broeke, teamleider van team Bodem, Water en Landgebruik

datum: 06-01-2021

Woord vooraf

Het onderzoek dat in dit rapport is beschreven maakt onderdeel uit van het thema 'Bewuste Bodem' van het onderzoeksprogramma Lumbricus (looptijd 2016-2020). Lumbricus is een samenwerkingsprogramma met onderzoeksinstituten en regionale partijen, waarin doelstellingen met betrekking tot waterkwaliteit, zoetwatervoorziening, bodembeheer, klimaatadaptatie en waterveiligheid samenkomen. Kern van het programma Lumbricus is het ontwikkelen en implementeren van een klimaatrobuust bodem- en watersysteem door het op stroomgebiedsniveau geïntegreerd toepassen van innovatieve maatregelen op het gebied van bodem, ondergrond en water. Het Lumbricus-thema 'Bewuste Bodem' richt zich op de bodem als sleutel in vocht- en nutriëntenvoorziening voor landbouw en natuur en op een duurzaam bodem- en waterbeheer voor een gezonde bodem in relatie tot gebruiksfuncties. Het thema richt zich met name op de effectiviteit van hydrologische en bodemmaatregelen op perceel-niveau en de verbetering van modellen om de effectiviteit te kunnen beoordelen.

Lumbricus bestaat uit een consortium van partijen, zijnde Waterschap Vechtstromen, Waterschap Aa en Maas, Waterschap Limburg, STOWA, Universiteit Twente, Radboud Universiteit, Wageningen Universiteit (departement Omgevingswetenschappen), Wageningen Environmental Research, KWR Watercycle Research Institute, Deltares, KnowH₂O, FutureWater en het Louis Bolk Instituut.

Dit rapport geeft een beknopte samenvatting van alle deelprojecten binnen Lumbricus 'Bewuste Bodem' (cluster 2). In veel gevallen zijn deze deelprojecten uitvoerig beschreven in afzonderlijke rapporten of als wetenschappelijke publicatie. De verantwoordelijke auteurs voor de hoofdstukken in dit rapport zijn: 1: Marius Heinen (WENR); 2: Nick van Eekeren (LBI); 3: Perry de Louw en Vince Kaandorp (Deltares); 4: Joachim Rozemeijer (Deltares); 5: Marius Heinen (WENR); 6: Marius Heinen en Joachim Deru (WENR; LBI); 7: Joachim Deru (LBI); Bijlage 1: Marius Heinen, Eduard Hummelink, Willy de Groot (allen WENR), Marleen Zanen (voorheen LBI), Nick van Eekeren (LBI); Bijlage 2 Marius Heinen en Joachim Deru (WENR; LBI); Bijlage 3: Joachim Deru (LBI).

Samenvatting

In het onderzoeksprogramma Lumbricus zijn binnen thema 'Bewuste Bodem' (cluster 'effectiviteit maatregelen') enkele deelprojecten uitgevoerd. In een deel daarvan zijn bodemmaatregelen verkend, waarbij vooral werd gekeken naar de invloed op bodemstructuur, op infiltratie en op doorworteling. In dit samenvattende rapport worden korte samenvattingen gegeven voor de volgende onderdelen en maatregelen:

1. Introductie van pendelende wormen op grasland.
2. Effect van aanleg van (kunstmatige) wormgaten en vertidrainen en van grondbewerking op infiltratie en oppervlakkige maaiveldafvoer.
3. Nitraatuitspoeling op een proefperceel van project 'Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel'.
4. Effect van toepassen van Bokashi op organische stof in de bodem en op nitraatuitspoeling binnen project OMAB.
5. Sorghum als mogelijk alternatief voor of aanvulling op de teelt van snijmais.
6. Demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels.

In deze zes korte samenvattingen wordt omschreven wat het belang en de aanpak van het onderzoek was. Vervolgens worden enkele resultaten gegeven. Ten slotte wordt aangegeven wat de mogelijke implementatie en toepassingsmogelijkheden zijn. De onderwerpen 2, 3 en 5 zijn uitgebreid beschreven in afzonderlijke rapporten waar meer achtergrondinformatie te vinden is. Voor het eerste onderwerp is een wetenschappelijk artikel ingediend voor publicatie in een peer-reviewed tijdschrift. Van onderwerpen 4 en 7 zijn uitgebreidere beschrijvingen gegeven in respectievelijk Bijlage 1 en Bijlage 3.

Enkele highlights uit de samenvattingen per onderwerp volgen hieronder.

Ad 1)

In een geconditioneerde veldproef is nagegaan of pendelende wormen (*Lumbricus terrestris*) op grasland op zandgrond geïntroduceerd kunnen worden en of ze zich reproduceren. De gedachte is dat pendelende wormen zorgen voor een betere bodemstructuur en voor een betere infiltratie van water. De metingen lieten nog geen bevestigende resultaten zien. Er is meer aandacht nodig voor de onderlinge competitie tussen verschillende wormsoorten, voor de juiste voeding van de wormen bij introductie en de mogelijkheid voor de andere pendelende worm *Aporrectodea longa*. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat *Aporrectodea longa* makkelijker overleeft op zandgrond dan de *Lumbricus terrestris*.

Ad 2)

Voor een drietal behandelingen (vertidrain, (kunstmatige) verticale wormgangen, grasland woelen) zijn infiltratie- en beregeningsproeven uitgevoerd. De metingen laten een duidelijk effect zien van het bodemvochtgehalte op de infiltratiecapaciteit. Geboorde wormgangen lijken het effectiefst in het vergroten van de infiltratie en het tegengaan van plasvorming en maaiveldafvoer. Echter, daadwerkelijke conclusies over het effect van de verschillende maatregelen zijn door de beperkte opzet bij deze proef niet te trekken. De praktische ervaringen van deze veldproef zijn zeer waardevol voor vervolgonderzoek.

Ad 3)

Bij toedienen van organische (rest)materialen aan de bodem (bijvoorbeeld voor structuurverbetering) moet rekening gehouden worden met het vrijkomen van stikstof bij afbraak van deze materialen. Op een proeflocatie zijn twee materialen opgebracht en vergeleken met een referentiebehandeling. Zowel in grondmonsters op 20 cm diepte als in het bovenste grondwater zijn verhoogde nitraatgehaltes en nitraatconcentraties gemeten onder met keurcompost en insectensubstraat behandelde plots in vergelijking tot de blanco behandelde plots. Insectensubstraat blijkt snel af te breken en dat kan verklaren waarom onder deze plots de hoogste nitraatgehaltes zijn gemeten. Meer inzicht is nodig in

de afbraaksnelheid (humificatie-coëfficiënt) van verschillende substraten en de relatie met nitraat-uitspoeling voordat ze op grotere schaal toegepast kunnen worden. In dat geval kunnen de voordelen van dergelijke materialen, zoals bijdragen aan bodemstructuurverbetering, benut worden, terwijl de nadelen, zoals (kans op verhoogde) nitraatuitspoeling, worden geminimaliseerd.

Ad 4)

In een enkelvoudige proef is nagegaan of toediening van Bokashi (gefermenteerd bermmaaisel) leidt tot bodemverbetering en of er mogelijk uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan optreden. In vergelijking tot een blanco plot werd in de met Bokashi behandelde plot visueel een betere bodemstructuur waargenomen, maar er was geen sprake van verhoging van het organische stofgehalte. Dat komt omdat de afbraaksnelheid van Bokashi vrij hoog is. Deze afbraak leidt ook tot het vrijkomen van nutriënten (o.a. nitraat) die aan het begin van of tijdens het winterseizoen kunnen uitspoelen. In deze proef was er geen verschil in nitraatuitspoeling wanneer het gehele winterseizoen werd beschouwd, maar in de eerste helft van het winterseizoen was de nitraatconcentratie onder de Bokashi-plot wel hoger dan onder de referentieplot. Net zoals bij 3): bij juist management kunnen de voordelen van dergelijke materialen, zoals bijdragen aan bodemstructuurverbetering, benut worden, terwijl de nadelen, zoals (kans op verhoogde) nitraatuitspoeling, worden geminimaliseerd.

Ad 5)

Het doel van dit onderzoek was om de geschiktheid van sorghum als 3^e ruwvoergewas voor melkvee op verdichte droge zandgronden te testen. De bedoeling was om op een locatie met een verdichte ondergrond na te gaan of sorghum de ondergrondverdichting (deels) kon opheffen, waardoor een volggewas, bijvoorbeeld mais, dieper zou kunnen wortelen. De doorworteling van sorghum was in bepaalde gevallen dichter dan die van mais, maar niet-optimale groeiomstandigheden bij de sorghum waren daarin mogelijk beperkend. In het laatste jaar van de proef werden weliswaar geen indicaties gevonden voor opheffen van de ondergrondverdichting, maar wel een trend van een positief vruchtwisselingseffect in de mais na sorghum. Definitieve conclusies worden opgenomen in het eindrapport dat in maart 2021 verschijnt.

Ad 6)

In een demonstratieproef op een melkveebedrijf is geëxperimenteerd met diep wortelende rietzwenkgras- en kruidenmengsels. Hieruit bleek dat een rietzwenkgrasmengsel weliswaar iets langer doorgroeide tijdens droogte, een hogere grasproductie en een dichtere beworteling had, maar dat de smakelijkheid en voederwaarde voor de koeien tegenviel. Er wordt aanbevolen om zulke laagdrempelige demonstraties te herhalen met aangepaste mengsels, omdat dit bijdraagt aan het opdoen van ervaringen met innovaties in de praktijk.

1 Inleiding

Het onderzoeksprogramma Lumbricus voor een klimaatrobuust bodem- en watersysteem (<https://www.programmalumbricus.nl/>) was gericht op het toewerken naar een toolbox met kennis over en instrumenten en werkwijzen voor het klimaatrobuust inrichten en beheren van stroomgebieden op de hogere zandgronden. Lumbricus was onderverdeeld in diverse thema's, waarvan we ons hier richten op het thema 'Bewuste Bodem'. Binnen 'Bewuste Bodem' waren twee clusters gedefinieerd: 1) beoordelingssystemen voor landbouw en natuur en 2) effectiviteit van lokale maatregelen voor het bodem- en waterbeheer. Cluster 1 betrof de systemen Waterwijzer Landbouw en Waterwijzer Natuur. In dit rapport gaan we alleen in op cluster 2, en dan ook vooral op de bodemgerichte maatregelen. In een uitgebreid apart rapport wordt aandacht besteed aan de hydrologische maatregelen klimaatadaptieve drainage met subirrigatie en de slimme SAWAX-stuw (De Wit et al., 2021a, b).

Doel van cluster 2 van 'Bewuste Bodem' was het opbouwen van kennis over de relatie tussen de integrale kwaliteit van landbouwbodems en de functie die deze bodems vervullen voor het watersysteem (waterinfiltratie, water vasthouden en zuiverende werking) en over de effectiviteit van perceelmaatregelen. Uit vooronderzoek is gebleken dat de grootste bodemgerelateerde problemen allen terug te voeren zijn op bodemstructuur inclusief bodemverdichting en slemp. Een verdichte bovenlaag (o.a. slemp) kan leiden tot slechte infiltratie en oppervlakkige afvoer; een verdichte ondergrond kan leiden tot ondiep wortelende gewassen welke daardoor gevoeliger worden voor watergebrek en water-overschot in de wortelzone (bijv. Groenendijk et al., 2017); ongunstige omstandigheden in de bovengrond staat het bodemleven (o.a. wormen) in de weg.

In het onderzoek bodemgerichte maatregelen zijn de volgende onderwerpen aan bod gekomen:

1. Effect aanwezigheid diep gravende wormen in combinatie met aangepaste grondbewerking (inclusief kunstmatige wormgangen en vertidrainen) (proeftuin Oost; twee sublocaties).
2. Toediening organische stof (onderdeel wordt door HAS uitgevoerd), met aandacht voor nitraat-uitspoeling (proeftuin Zuid).
3. Diep wortelende sorghumteelt als alternatief voor maisteelt om ondergrondverdichting op te heffen (proeftuin Zuid).
4. Demonstratieproef dieper wortelende grassen om ondergrondverdichting op te heffen en droogtegevoeligheid te verkleinen (proeftuin Oost).
5. Effect van toepassen van Bokashi binnen project OMAB op organische stof in de bodem en nitraat-uitspoeling (proeftuin Oost).

De genoemde proeftuinen betreffen: Zuid: stroomgebied de Raam in Oost-Brabant (waterschap Aa en Maas); en Oost: deelgebied Stegeren in het stroomgebied van de Vecht in Overijssel (waterschap Vechtstromen).

Hieronder volgt een korte toelichting op de vijf genoemde maatregelen.

Ad 1)

In proeftuin Oost (voornamelijk permanent grasland) was geconstateerd dat de bodemstructuur in de bovengrond niet goed was ontwikkeld, mede door laag bodemleven, o.a. door geringe (of geen) aanwezigheid van wormen en met name diepgravende (pendelende) wormen. De slechte bovengrondstructuur leidt vaak tot slechte waterinfiltratie, waardoor er plaatselijk oppervlakkige afvoer kan ontstaan. De hypothese was dat door het aanbrengen van pendelende wormen (en het vervolgens goed beheren hiervan) de bodemstructuur verbetert en daarmee de infiltratiecapaciteit wordt verhoogd en de oppervlakkige afvoer vermindert. Eventueel kunnen mechanisch aangebrachte verticale gaten (kunstmatig geboorde wormgangen en vertidrainen) hierbij een toegevoegde waarde hebben, onder meer omdat deze kunnen dienen als 'model wormengangen'.

Ad 2)

Organische stof is o.a. gunstig voor bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur en bodemleven en heeft hiermee ook een directe invloed op de gewasopbrengst. In intensieve akkerbouw is ook veelvuldig sprake van de aanwezigheid van plant-parasitaire nematoden (aaltjes) die de gewasopbrengst negatief beïnvloeden. Afbraak van organische stof levert ook nitraat. Indien deze mineralisatie niet of onvoldoende wordt meegenomen in het bemestingsplan dan wel wanneer dit vrijkomen ook plaatsvindt buiten het groeiseizoen, dan kan het overschot aan nitraat uitspoelen en het grondwater vervuilen.

In onderzoek dat door de HAS (Den Bosch) wordt uitgevoerd (in het kader van Agroproeftuin de Peel¹), worden de volgende behandelingen getoetst (proeftuin Zuid, locatie Odiliapeel): blanco (geen aanvoer; nul-object of referentieobject), aanvoer compost, aanvoer insectensubstraat en aanvoer mengsel compost + insectensubstraat.

Vanuit Lumbricus is in het uitspoelseizoen 2019-2020 het bovenste grondwater onder de plots bemonsterd en geanalyseerd op nitraatgehalte, aangevuld met enkele bodemextracten vanuit de wortelzone (diepte 20 cm) eveneens geanalyseerd op nitraat. Aanvullend (t.b.v. modellering) is eenmalig van de uitgangsmaterialen (compost, insectensubstraat) de humificatie-coëfficiënt (percentage afbraak na één jaar) bepaald.

Ad 3)

In 2017 is door ZLTO, het Louis Bolk Instituut en Wageningen Environmental Research het project *Zuiniger met water in de melkveehouderij door de teelt van sorghum* gestart in het kader van *Klimaatrobuuste Zoetwatervoorziening Hoge Zandgronden* en Lumbricus 'Bewuste Bodem' (50/50-financiering). De proeflocatie is gelegen in proeftuin Zuid (Odiliapeel). Het doel van dit deelproject was om de geschiktheid van sorghum als alternatief of aanvullend ruwvoergewas voor melkvee op verdichte droge zandgronden ten opzichte van snijmais te testen en te demonstreren. De geclaimde voordelen van sorghum, zoals minder droogtegevoelig, dus minder beregeningsbehoefte, een hogere water- en nutriëntenefficiëntie, het via doorwortelen van een verdichte laag (ploegzool) deze voor volggewassen beter doorwortelbaar maken en de voordelen in een gewasrotatie met snijmais, moeten inzichtelijk worden gemaakt. Deze mogelijke voordelen dragen bij aan een vitale bodem, aan de kwaliteitsdoelstellingen van de Kaderrichtlijn Water, het terugbrengen van wateroverlast, het versterken van de regionale economie en aan een duurzame zuivelketen voor een circulaire economie.

Ad 4)

In proeftuin Oost is op een hoger gelegen esgrond een demonstratieproef uitgevoerd met stroken van enkele diep wortelende grasmengsels (o.a. inclusief rietzwak). Op deze locatie werden door de agrariër problemen ervaren met bodemverdichting en droogtegevoeligheid. De nadruk lag hier vooral op demonstratie en ervaring opdoen in de teelt van diep wortelende grasmengsels, ondersteund met enkele gewas- en bodemmetingen.

Ad 5)

De Agrarische Natuur Vereniging De Ommer Marke voert onderzoek uit naar de mogelijkheid om bermmaaisel te fermenteren volgens het Bokashi-principe en dit vervolgens aan te wenden op landbouwpercelen in hun project *Organisch (rest) Materiaal Als Bodemverbeteraar* (OMAB).² Dit onderzoek wordt onder meer uitgevoerd in samenwerking met waterschap Vechtstromen.

Waterschap Vechtstromen heeft, in het kader van samenwerkingsprogramma Lumbricus, een aanvullende onderzoeksopdracht gegeven aan Wageningen Environmental Research en het Louis Bolk Instituut. Dit aanvullende onderzoek werd uitgevoerd op een van de zes Bokashi-proeflocaties (locatie Dedemsvaart; iets ten noorden van proeftuin Oost). Hierbij was de focus gericht op de effecten op bodemkwaliteit (o.a. organische stof) en uitspoeling naar het bovenste grondwater in de winter. De specifieke onderzoeksvragen waren: a) in hoeverre leidt meerjarige toediening van Bokashi tot verschillen in bodemkwaliteit en meer specifiek in de visuele beoordeling (structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding; Bodemscan), indringingsweerstand, bodemrespiratie en de

¹ <https://www.agroproeftuindepel.nl/projecten/Regio-bundelt-krachten-voor-bodemgezondheid>

² http://www.ommermarke.nl/cms/?page_id=727

biologisch en chemisch actieve fractie van organische stof (POM)? b) hoe snel breekt Bokashi af (humificatie-coëfficiënt) en geeft dit mogelijk aanleiding tot uitspoeling van nitraat en opgeloste organische koolstof en stikstof in het winterseizoen?

Op onderdelen zijn deze maatregelen ook beschouwd in een aanpalend Lumbricus-deelproject getiteld *Aanpassen en doorontwikkelen modelinstrumentarium ten behoeve van bodem en hydrologische maatregelen*. Voor details van het modelleringsproject wordt verwezen naar Heinen et al. (2021). Voor een overalloverzicht van alle in Lumbricus behaalde resultaten wordt verwezen naar Bartholomeus (red.; 2021).

Het doel van dit rapport is om een samenvatting van de vijf genoemde bodemgerichte maatregelen te presenteren. Hiermee kan in korte tijd een goed beeld worden verkregen over de behaalde resultaten op hoofdlijnen. In de meeste gevallen kunnen details van de maatregelen nagelezen worden in apart verschenen rapporten of publicaties (Van de Logt et al., 2021; De Weert et al., 2020; De Louw & Kaandorp, 2021) dan wel in de bijlagen van dit rapport.

In de volgende hoofdstukken zal voor de genoemde onderwerpen een managementsamenvatting gegeven worden die zijn opgesteld op basis van de volgende indeling:

- Samenvatting
- Belang
- Aanpak
- Resultaten
- Implementatie
- Toepassingsmogelijkheden
- Referenties

De hoofdstukken zijn:

Hoofdstuk 2: Introductie pendelende wormen op grasland

Hoofdstuk 3: Effect wormgaten, vertidraats en grondbewerking op infiltratie en oppervlakkige maaiveldafvoer

Hoofdstuk 4: Nitraatuitspoeling op een proefperceel van project 'Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel'

Hoofdstuk 5: Effect van toepassen van Bokashi op organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling

Hoofdstuk 6: Sorghum als mogelijk alternatief voor of aanvulling op de teelt van snij

Hoofdstuk 7: Demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels

2 Introductie pendelende wormen op grasland

2.1 Samenvatting

Pendelende wormen bevorderen met hun diepe verticale gangen waterinfiltratie en een diepere beworteling. In Nederland komen deze wormen op 20-25% van het grasland voor en de eventuele natuurlijke verspreiding is traag. In een geconditioneerde veldproef is nagegaan of pendelende wormen (*Lumbricus terrestris*) op grasland op zandgrond geïntroduceerd kunnen worden en zich reproduceren. De metingen lieten nog geen geruststellende resultaten zien. Er is meer aandacht nodig voor de onderlinge competitie tussen verschillende wormsoorten, de juiste voeding van de wormen bij introductie en de mogelijkheid voor de andere pendelende worm *Aporrectodea longa*.

2.2 Belang

In Nederland komen achttien soorten regenwormen (Lumbricidae) voor, die kunnen worden onderverdeeld in drie groepen: strooisel bewonende, bodem bewonende en pendelende regenwormen. Met hun gangenstelsel kunnen regenwormen de bodemstructuur verbeteren en de waterinfiltratie verhogen. Specifiek de pendelende regenworm – die als enige diepe, verticale en semipermanente gangen graaft – kan de waterinfiltratie verdrievoudigen en de beworteling naar diepere bodemlagen bevorderen. Ze hebben hiermee een unieke functie die veel effect kan hebben op de waterregulatie, zowel bij piekregenval als bij droogte. Ondanks dat deze wormen van nature in Nederland voorkomen, maken we nog niet genoeg bewust gebruik van deze functie van pendelende regenwormen, aangezien ze momenteel niet op alle graslandpercelen voorkomen en zich langs de natuurlijke weg slechts langzaam verspreiden.

2.3 Aanpak

In Nederland wordt de groep van pendelende wormen vertegenwoordigd door twee soorten: *Lumbricus terrestris* en *Aporrectodea longa*. *Aporrectodea longa* bleek echter heel moeilijk te verzamelen. Aangezien *Lumbricus terrestris* het meest voorkomt in Nederland en het makkelijkst verkrijgbaar is, heeft de focus in dit onderzoek op *Lumbricus terrestris* gelegen. In een tweejarig onderzoek is gekeken of pendelende regenwormen op grasland op zandgrond, waar pendelende regenwormen niet aanwezig zijn, kunnen worden geïntroduceerd en of deze zich gaan vermenigvuldigen. Hiervoor is eerst een nulmeting gedaan om te inventariseren welke wormen precies op verschillende percelen in het gebied voorkwamen. Daarna zijn in een perceel 20 metalen buizen (diameter 61 cm, lengte 50 cm) aangebracht (april 2019). In de helft van de buizen zijn 15 pendelende regenwormen (*Lumbricus terrestris*, LT) uitgezet; Figuur 1 geeft een schematische weergave en een foto van de proefopzet. In november 2019 en in juli 2020 zijn 5 LT-buizen en 5 controlebuizen (C) tot 60 cm leeggehaald (in 3 lagen van 20 cm), de grond uit de buizen is gesorteerd en alle aanwezig wormen zijn eruit gehaald voor determinatie op soort en gewicht. De bodemlagen zijn in oorspronkelijke volgorde teruggebracht in de buizen en in 5 ervan zijn opnieuw 15 *Lumbricus terrestris*-wormen uitgezet. De dichtheid van de bodem was in deze buizen lager dan die in de onverstoorde buizen om het effect hiervan op de wormen te testen. In juli 2020 zijn alle buizen geoogst op dezelfde wijze als in het najaar van 2019; er zijn vervolgens geen nieuwe wormen geïntroduceerd, aangezien de proef ten einde liep.

1	C2	C1	11
2	C2	LT1	12
3	C1	LT1	13
4	LT1	LT2	14
5	C1	C2	15
6	LT2	LT1	16
7	LT1	C2	17
8	LT2	C2	18
9	C1	C1	19
10	LT2	LT2	20

Figuur 1 Schematische weergave en foto proefopzet op graslandperceel in Stegeren. De letters in de code duiden op: C = controlebehandeling (zonder uitzetten wormen); LT = behandeling waarbij wormen (*Lumbricus terrestris*, LT) zijn uitgezet; de cijfers in de code duiden op oogstmoment (zie tekst voor toelichting) van de behandeling: 1 = november 2019; 2 = juli 2020. De netten op de buizen zijn aangebracht om bovengrondse ontsnapping en predatie te voorkomen (Foto: Nick van Eekeren).

2.4 Resultaten

Van de volwassen pendelende regenwormen die in april 2019 zijn geïntroduceerd, werden er in november 2019 nog 33% teruggevonden. Vergelijkbare resultaten na 7 maanden zijn gevonden in onderzoek op bouwland op een leemhoudende zandgrond. Echter in juli 2020 (15 maanden na introductie) was dit nog maar 6%. Procentueel werden er in juli 2020 wel veel meer juveniele pendelende wormen gevonden (50%) dan in november 2019. Dit betekent dat er reproductie heeft plaatsgevonden, maar in zeer beperkte mate. In de proefopstelling is ook gekeken of lossere grond de introductie en overleving vergrootte. De overleving was niet veel groter, maar wel groeven de pendelende wormen diepere gangen in de lossere grond. Er lijkt een competitieve relatie met de 'autochtone' strooiselbewonende wormenpopulatie te bestaan, van wie het dieet vergelijkbaar is met dat van *Lumbricus terrestris*. Hoewel de wormen in de proefopstelling werden gevoerd met vaste mest, lijkt het voedingsaspect onderbelicht bij de introductie en vermenigvuldiging van pendelende regenwormen. Daarnaast laat recent onderzoek naar het effect van regenwormen op de fosfaatbeschikbaarheid voor grasland zien dat de pendelende regenworm van het geslacht van de *Aporrectodea longa* makkelijker overleeft op zandgrond dan de *Lumbricus terrestris*.

Naast introductie van pendelende wormen is een deltafact geschreven over aspecten van management waarmee in de agrarische bedrijfsvoering rekening kan worden gehouden om regenwormen te stimuleren.

2.5 Implementatie

Het lonkende perspectief van verhoging van waterinfiltratie en diepere beworteling is er, maar het directe handelingsperspectief voor de introductie van pendelende regenwormen is er nog niet. Wel kan er direct worden ingezet op aspecten van management in de agrarische bedrijfsvoering waarmee rekening kan worden gehouden om regenwormen in het algemeen en aanwezige pendelende regenwormen specifiek, te stimuleren.

2.6 Toepassingsmogelijkheden

Het perspectief voor toepassing is er, maar de maatregel van introductie is noch niet praktijkrijp. Er is meer aandacht nodig voor de onderlinge competitie tussen verschillende wormsoorten, de juiste voeding van de wormen bij introductie en de mogelijkheid voor de andere pendelende worm *Aporrectodea longa*.

2.7 Referenties

Dit onderzoek is niet in een rapport beschreven. In plaats daarvan is een wetenschappelijk artikel ingediend (Van de Logt et al., 2021). Er wordt een STOWA-deltafact geschreven, getiteld *Regenwormen voor betere waterinfiltratie en diepere beworteling*. In hoofdstuk 3 worden resultaten gegeven over infiltratiemetingen in situaties zonder en met wormgangen. Die laatste metingen zijn ook gebruikt voor modelvalidatie in Heinen et al. (2021).

3 Effect wormgaten, vertidrain, en grondbewerking op infiltratie en oppervlakkige maaiveldafvoer

3.1 Samenvatting

In een veldproef is het effect van verschillende maatregelen op maaiveld afvoer tegen het licht gehouden. Deze maatregelen zijn 1) de vertidrain, 2) verticale wormgaten en 3) de graslandwoeler. Na uitvoer van de maatregelen op proefvlakken is voor een zomer- en een wintersituatie neerslag nagebootst met beregening. Hierbij zijn metingen uitgevoerd aan grondwaterstanden, bodemvocht en infiltratie. In een natte situatie komt plasvorming en maaiveldafvoer sneller voor doordat minder water in de bodem kan worden geborgen. De metingen laten een duidelijk effect zien van het bodemvochtgehalte op de infiltratiecapaciteit. Geboorde wormengangen lijken het effectiefst in het vergroten van de infiltratie en het tegengaan van plasvorming en maaiveldafvoer. Echter, daadwerkelijke conclusies over het effect van de verschillende maatregelen zijn door de beperkte opzet bij deze proef niet te trekken. De praktische ervaringen van deze veldproef zijn zeer waardevol voor vervolgonderzoek en de proef heeft geleid tot verschillende aanbevelingen hiervoor.

3.2 Belang

Hoewel bekend is dat maaiveldafvoer en plasvorming op grote schaal in Nederland voorkomen, is in vergelijking met andere hydrologische routes nog weinig bekend over de precieze bijdrage van maaiveldafvoer aan de afvoer van water en stoffen. Om modelconcepten te verbeteren en beter effectieve maatregelen te definiëren, is meer kennis nodig over waar en wanneer maaiveldafvoer voorkomt. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de effectiviteit van maatregelen, terwijl dit een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verbeteren van de waterkwaliteit en de vermindering van piekafvoeren.

3.3 Aanpak

Na een korte literatuurstudie is een veldproef opgezet op een perceel in Stegeren. Hiervoor zijn vier proefvlakken uitgezet waarvan één referentievak (geen maatregel) en drie vlakken met verschillende maatregelen: (1) de vertidrain, (2) verticale wormengangen en 3) de graslandwoeler. Met de vertidrain zijn verticale gaten mechanisch aangebracht die de bodeminfiltratie kunnen bevorderen. Wormengangen zijn nagebootst door gaten met een bepaalde diameter en diepte handmatig te boren. De algemene hypothese was dat door het voorkomen van bodemleven en specifiek van pendelende wormen (zie hoofdstuk 2) de infiltratie wordt bevorderd en daardoor oppervlakkige afvoer wordt verminderd. Met de graslandwoeler wordt de grasmat iets opgetild, wordt de verdichte bovenlaag losgewoeld en wordt de grasmat weer neergelaten. Er dient te worden opgemerkt dat het moment van uitvoering per maatregel verschilt (o.a. door praktische zaken als beschikbaarheid van landbouwmachines) en dit heeft invloed op de effectiviteit. Zo zijn de wormengangen maximaal een week vóór de uitvoering van de beregeningsproef geboord en heeft het woelen en verti-draineren respectievelijk minimaal 4 en 9 maanden vóór uitvoering van de veldproeven plaatsgevonden.

Grondwaterstanden in de peilbuizen zijn gedurende langere tijd gemonitord. Vervolgens is een beregeningsproef uitgevoerd in de zomer en in de winter. Zowel voor als na deze proeven zijn metingen verricht aan de infiltratiecapaciteit en zijn monsters genomen om het bodemvochtgehalte te bepalen. Tijdens de proeven is gemeten aan grondwaterstanden en beregening ('neerslag') en zijn plasvorming en maaiveldafvoer gekarteerd.

3.4 Resultaten

De infiltratiemetingen (Figuur 2) voorafgaand aan de zomer- en winterproef laten een duidelijk effect zien van het vochtgehalte op de infiltratiecapaciteit: deze was veel lager in de winter, wanneer het vochtgehalte in de onverzadigde zone hoger is. Dit wordt veroorzaakt door de lagere 'sorptivity' (zuigkracht) bij een nattere bodem, waardoor de bodem dus minder water kan absorberen in de poriën. Ook laten de metingen zien dat grondwaterstanden in een natte situatie sneller reageren op neerslag.

Figuur 2 Infiltratiemeting met een dubbele ringinfiltrometer (Bron: Kaandorp et al., 2021).

Tijdens de beregeningsproeven is plasvorming vooral geobserveerd bij de inrit van het perceel en in rijsporen, waar de grond is verdicht. Bij de winterproef werd ook oppervlakkige afstroming geobserveerd, waarbij plassen werden geleidigd richting de sloot. Dit gebeurde onder andere via muizengang-en, die een verbinding vormden tussen plassen op het perceel en de slootkant.

De maatregel kunstmatig aangebrachte wormengangen leek tijdens de proeven de infiltratie het meest te vergroten en daarmee plasvorming en maaiveldafvoer te voorkomen. Een positief effect van de vertidrain werd echter alleen gevonden bij de eerste nulmeting, wat zou kunnen betekenen dat het effect op de infiltratiecapaciteit van de bodem minder dan negen maanden standhoudt. Voor het woelen geldt dat de infiltratie vier maanden na de toepassing hoger is dan het referentievlak, maar lager na tien maanden bij de winterproef. Waarschijnlijk hebben beide maatregelen dus gedurende beperkte tijd effect en moeten zij regelmatig herhaald worden.

Er dient te worden opgemerkt dat het een veldproef van beperkte omvang betrof waarin de mogelijk kansrijke maatregelen werden gedemonstreerd. Daadwerkelijke conclusies over het effect van de verschillende maatregelen zijn door de beperkte opzet bij deze proef niet te trekken.

3.5 Implementatie

De maatregelen die in de proef zijn getest, lijken over het algemeen toepasbaar voor het vergroten van de infiltratiecapaciteit en het tegengaan van maaiveldafvoer. Aanbevolen wordt om verder onderzoek uit te voeren om de effecten te kwantificeren. De in deze studie gebruikte proefopzet kan, na enkele verbeteringen, hiervoor worden toegepast.

3.6 Toepassingsmogelijkheden

Aanvullende proeven kunnen de effectiviteit van maatregelen onderbouwen. Verschillende (praktische) aanbevelingen zijn gedaan om dergelijk vervolgonderzoek op te zetten. Zo zijn meerdere herhalingen van proefvlakken nodig om de heterogeniteit op een perceel beter mee te nemen. Daarnaast wordt aanbevolen om de berekening zo in te richten dat deze homogener over de proefvlakken is verdeeld en gedurende langere tijd kan plaatsvinden. Speciale aandacht is nodig voor het effect van verdichting (in het algemeen, rijpaden en keerakkers).

De metingen van infiltratie, oppervlakkige afvoer en grondwaterstand, aangevuld met bodemvocht en retentiecurves, kunnen daarnaast gebruikt worden om nieuwe modelconcepten te valideren dan wel te kalibreren. Speciale aandacht hierbij is de link met de bodemfysische eenheden, de ruimtelijke variatie hierbinnen en binnen een perceel en het effect van macroporiën. Door WENR zijn de resultaten van deze veld demonstratie gebruikt in combinatie met modellen zoals SWAP. Dit is opgenomen in een aparte rapportage (Heinen et al., 2021).

3.7 Referenties

De werkzaamheden en bevindingen van dit onderdeel zijn uitgebreid beschreven in Kaandorp et al. (2021). Een deel van de metingen is gebruikt om een aangepast modelconcept in SWAP te toetsen (Heinen et al., 2021).

4 Nitraatuitspoeling op een proefperceel van project 'Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel'

4.1 Samenvatting

Zowel in grondmonsters op 20 cm diepte als in het bovenste grondwater zijn verhoogde nitraat-gehalten en nitraatconcentraties gemeten onder met keurcompost en insectensubstraat behandelde plots in vergelijking tot de blanco behandelde plots. Insectensubstraat blijkt snel af te breken en dat kan verklaren waarom onder deze plots de hoogste nitraatgehalten zijn gemeten. De hoge nitraatgehalten onder keurcompost kunnen niet verklaard worden uit de gemeten lage afbraaksnelheid. Over het algemeen breekt compost niet erg snel af en je zou dan minder nitraatuitspoeling verwachten. Toch geven de metingen hier aan dat er substantieel meer nitraatuitspoeling bij de keurcompost is opgetreden ten opzichte van de blanco. Meer inzicht is nodig in de afbraaksnelheid (humificatie-coëfficiënt) van verschillende substraten en de relatie met nitraatuitspoeling voordat ze op grotere schaal toegepast kunnen worden.

4.2 Belang

Toedienen van organische stof aan de bodem dient meerdere doelen. Organische stof is onder andere gunstig voor bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, bodemleven en het vermogen om water en nutriënten vast te houden en heeft hiermee ook een directe invloed op de gewasopbrengst. Een gezond bodemleven kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat er minder plant-parasitaire nematoden (aaltjes) in de bodem aanwezig zijn bij intensieve akkerbouw die de gewasopbrengst negatief beïnvloeden. Het doel van dit deelonderzoek was om vast te stellen in hoeverre het opgebrachte substraat leidt tot uitspoeling van nitraat naar het grondwater. Afbraak van organisch materiaal levert namelijk ook nitraat op. Indien deze mineralisatie niet of onvoldoende wordt meegenomen in het bemestings-plan en er meer nitraat beschikbaar komt dan dat het gewas kan opnemen, kan het overschot aan nitraat uitspoelen en het grondwater vervuilen. Uitspoeling kan ook plaatsvinden als het nitraat vrijkomt buiten het groeiseizoen en er geen gewas meer aanwezig is om het nitraat op te nemen.

4.3 Aanpak

In een lopend onderzoek uitgevoerd door de HAS (Den Bosch) in het kader Agroproeftuin de Peel¹ zijn gedurende één winterseizoen bodemvochtmonsters (20 cm diepte) en monsters van het bovenste grondwater genomen en geanalyseerd op nitraatgehalten. Hiervoor is één perceel uit het onderzoek beschouwd (Odiliapeel) en bemonsteringen zijn in alle afzonderlijke behandelingen uitgevoerd: referentieplots (zonder toediening organisch materiaal), plots behandeld met keurcompost, plots behandeld met insectensubstraat en plots behandeld met een mengsel van compost en insectensubstraat. Daarnaast zijn de gebruikte organische materialen geanalyseerd op hun afbraaksnelheid (humificatie-coëfficiënt).

4.4 Resultaten

Gemiddeld werden onder de behandeling met insectensubstraat de hoogste nitraatconcentraties in het bovenste grondwater gemeten: twee keer hoger dan onder de referentiebehandeling (de spreiding was groot): 70 mg NO₃ L⁻¹ versus 35 mg NO₃ L⁻¹ (Figuur 3). Bij de behandeling met keurcompost was

de gemiddelde nitraatconcentratie 60 mg NO₃ L⁻¹. Ook in de bovengrond was de nitraatconcentratie in het bodemvocht onder de behandeling insectensubstraat gemiddeld bijna twee keer zo hoog als onder de referentiebehandeling. Daar werden de grootste verschillen met name aan het begin van het winterseizoen waargenomen, en aan het einde van het uitspoelseizoen waren de verschillen nihil (alles uitgespoeld). Het insectensubstraat breekt snel af (ca. 70% in 1 jaar) en bevat circa 3% stikstof.

Figuur 3 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties in het grondwater onder de verschillende behandelingen (substraat 1 is keurkompost, substraat 2 is insectensubstraat) (Bron: De Weert et al., 2020).

4.5 Implementatie

De resultaten betekenen dat agrariërs bij het toedienen van substraat rekening moeten houden met de daaruit vrijkomende nutriënten; de dosering van andere meststoffen kunnen ze daar dan op aanpassen. Het stikstofgehalte en de humificatie-coëfficiënt van het substraat moeten hiertoe bekend zijn.

Voor waterbeheerders is het zaak om bij stimuleringsregelingen voor bodemverbetering rekening te houden met het type substraat en hoe snel dit afbreekt. Snel afbrekende substraten zorgen immers niet voor structurele bodemverbetering en het uitspoelende nitraat belast het grond- en oppervlaktewater.

4.6 Toepassingsmogelijkheden

Als bovenstaande informatie bekend is, kunnen agrariërs voor een substraat kiezen dat niet snel afbreekt (met veel persistent organisch materiaal) en ook op de langere termijn (5-10 jaar) een positief effect heeft op de bodemstructuur. Met de vrijkomende stikstof als gevolg van de afbraak moet rekening worden gehouden in het bemestingsplan.

4.7 Referenties

Dit onderzoek is uitgebreid gerapporteerd in De Weert et al. (2020). Op basis van de gemeten humificatie-coëfficiënten blijkt ook via modelberekeningen dat er meer nitraatverliezen zijn in vergelijking tot de referentiesituatie (Heinen et al., 2021).

5 Effect van toepassen van Bokashi op organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling binnen project OMAB

5.1 Samenvatting

In een enkelvoudige proef is nagegaan of toediening van Bokashi (gefermenteerd bermmaaisel) leidt tot bodemverbetering en of er mogelijk uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan optreden. In vergelijking tot een blanco plot werd in de met Bokashi behandelde plot visueel een betere bodemstructuur waargenomen, maar er was geen sprake van verhoging van het organische stofgehalte. Dat komt omdat de afbraaksnelheid van Bokashi vrij hoog is. Deze afbraak leidt ook tot het vrijkomen van nutriënten (o.a. nitraat) die aan het begin van of tijdens het winterseizoen kunnen uitspoelen. In deze proef was er geen verschil in nitraatuitspoeling wanneer het gehele winterseizoen werd beschouwd, maar in de eerste helft van het winterseizoen was de nitraatconcentratie onder de Bokashi-plot wel hoger dan onder de referentieplot.

5.2 Belang

In het project 'Organisch (rest) Materiaal Als Bodemverbeteraar' (OMAB)² wordt Bokashi (in dit geval gefermenteerd bermmaaisel) als bodemverbeteraar getest op zes proeflocaties. Om een iets beter beeld te krijgen in welke mate er sprake is van bodemverbetering, maar ook in welke mate als gevolg van de afbraak van Bokashi in de bodem dit kan leiden tot eventueel nitraatuitspoeling, is dit nader onderzocht in aanvullend onderzoek in het kader van Lumbricus 'Bewuste Bodem' op een van deze zes proeflocaties.

5.3 Aanpak

Op de proeflocatie was een blanco plot en een met Bokashi behandelde plot aanwezig. Deze plots zijn bij aanvang (september 2017) en na drie jaar toedienen van Bokashi (oktober 2019) visueel beoordeeld op bodemkwaliteit (structuur) en zijn de penetrologger-indringingsweerstand, organische stofgehalte inclusief POM en CO₂-bodemademhaling gemeten. Daarnaast is de afbreekbaarheid (de zogenaamde humificatie-coëfficiënt) van Bokashi eenmalig gemeten. Tijdens de winterseizoenen, na de maisteelt, zijn regelmatig monsters van het bovenste grondwater verzameld, zowel in de blanco als de Bokashi-plots en geanalyseerd op nitraat en opgelost organische stikstof (Figuur 4).

Figuur 4 Foto-impressie van locatie peilbuizen en bemonstering bovenste grondwater (Foto's: Eduard Hummelink).

5.4 Resultaten

De met Bokashi behandelde plot vertoonde een iets hoger organischestofgehalte, zowel bij aanvang als na afloop van de driejarige proefperiode. Er was geen sprake van toename in OS-gehalte over de jaren, hetgeen verklaard kan worden door het hoge startniveau van organische stof vanwege de blijvend grasland historie en de snelle afbraak (humificatie-coëfficiënt = 0.78³) van Bokashi, waardoor jaarlijkse aanvulling met Bokashi niet leidt tot snelle toename van OS. Wel werd in het laatste jaar een hogere bodemademhaling gemeten in de plot met Bokashi, wat duidt op een verhoogde biologische activiteit. Volgens een visuele beoordeling van de bodem (bodemscans) kan gemeld worden dat de Bokashi-variant, zowel in 2017 als in 2019, leidde tot een betere score van de bodemstructuur in de bouwvoor, die was losser en kruimeliger. In de Bokashi-variant was in 2019 een mulchlaag zichtbaar die gunstig is voor het vasthouden van water en het voorkómen van afspoeling bij flinke buien. Er was relatief weinig regenwormenactiviteit en er werd geen duidelijk verschil gevonden tussen de varianten.

Tijdens drie winterseizoenen zijn er geen duidelijke effecten van Bokashi aangetroffen in de bemonsteringen van het bovenste grondwater op stikstofgehalten. Een eventueel verschil in nitraatgehaltes is alleen zichtbaar in de eerste periode van het winterseizoen, waarbij de nitraatgehaltes onder de Bokashi-plot iets hoger waren. Hierbij moet vermeld worden dat de bemesting van de plots niet was afgestemd op de aanvoer van stikstof via Bokashi.

Omdat het hier om een enkelvoudige waarneming gaat, verdient het aanbeveling deze bevindingen in meervoud te herhalen.

5.5 Implementatie

De toediening van Bokashi leidt wel tot een (visueel) betere bodemstructuur op het onderzochte veldpodzol-perceel, maar door de snelle afbraak zal dit niet leiden tot een snelle toename in het totale organischestofgehalte in de bodem. Bij afbraak van Bokashi komt stikstof vrij. Indien hiermee geen rekening wordt gehouden bij het opstellen van een bemestingsplan, dan kan het teveel aan beschikbare stikstof in het winterseizoen uitspoelen. In onderhavige proef vonden we verhoogde nitraatconcentraties aan het begin van het uitspoelseizoen.

5.6 Toepassingsmogelijkheden

De in dit onderzoek behaalde resultaten zijn verkregen in een enkelvoudige proef. Dat betekent dat we geen uitspraken kunnen doen over de betrouwbaarheid van de bevindingen. Aanvullende proeven kunnen onderbouwen of de resultaten reproduceerbaar zijn. Hierbij kan ook nagegaan worden of de bemesting in de Bokashi-behandelde plots verminderd kan worden doordat nutriënten vrijkomen bij de afbraak van Bokashi. Op die manier kan de kans op nitraatuitspoeling verlaagd worden.

5.7 Referenties

Dit onderzoek is niet in een apart rapport gepubliceerd. In Bijlage 1 is een uitgebreid verslag opgenomen.

³ Ter vergelijking: compost: 0.9; runder(drijf)mest: 0.7.

6 Sorghum als mogelijk alternatief voor of aanvulling op de teelt van snijmais

6.1 Samenvatting

Het doel van dit onderzoek was om de geschiktheid van sorghum als 3^e ruwvoergewas voor melkvee op verdichte droge zandgronden ten opzichte van snijmais te testen. De bedoeling was om op een locatie met een verdichte ondergrond na te gaan of sorghum de ondergrondverdichting (deels) kon opheffen, waardoor een volggewas, bijvoorbeeld mais, dieper zou kunnen wortelen. De doorworteling van sorghum was in bepaalde gevallen dichter dan die van mais, maar niet-optimale groeiomstandigheden (vooral bij sorghum) waren daarin mogelijk beperkend. In het laatste jaar van de proef werden weliswaar geen indicaties gevonden voor opheffen van de ondergrondverdichting, maar wel een trend van een positief vruchtwisselingseffect in de mais na sorghum. *(Deze managementsamenvatting is nog voorlopig, omdat nog niet alle meetresultaten zijn uitgewerkt (eindrapport maart 2021).)*

6.2 Belang

Met het oog op een klimaatrobuuste zoetwatervoorziening is het belangrijk om zuinig om te gaan met water. De ruwvoerteelt voor melkvee is een grote waterverbruiker. Daarom is het nodig ruwvoerteelt-systemen te ontwikkelen die beter bestand zijn tegen droogte en zuiniger omgaan met water. Een belangrijk knelpunt hierbij is de bodemverdichting die over de afgelopen decennia is ontstaan als gevolg van mechanisatie, waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt en wortels van ruwvoergewassen moeilijker in de bodem kunnen doordringen. De beperkte infiltratiecapaciteit en ondiepere beworteling verkleinen de waterbuffer voor het opvangen van droge perioden. Bovendien kan het gewas minder efficiënt omgaan met nutriënten, met uitspoeling als gevolg. Ook spoelt er bij felle buien meer water oppervlakkig af, omdat het water niet in de grond kan doordringen. Sorghum kan gezien worden als een alternatief voor mais in het bouwplan voor de melkveehouderij. Vanuit de literatuur is bekend dat sorghum in potentie meer droge stof kan opleveren, dat het dieper kan wortelen (ook in situaties met ondergrondverdichting) en dat het minder water nodig heeft per kg geproduceerde droge stof. Maisteelt in vervolg op sorghumteelt kan daarbij profiteren van de (gedeeltelijke) opheffing van de verdichte ondergrond.

6.3 Aanpak

Het doel van dit deelproject was om de geschiktheid van sorghum als 3^e ruwvoergewas voor melkvee op verdichte droge zandgronden ten opzichte van snijmais te testen en te demonstreren aan melkveehouders en hun adviseurs. Het onderzoek is uitgevoerd in Lumbricus proeftuin Zuid, locatie Odiliapeel.

In het eerste jaar (2017) zijn in viervoud drie sorghumrassen en één maisras geteeld. Na afloop van het eerste seizoen zijn de opbrengsten en bewortelingsprofielen beoordeeld. Een van de sorghumrassen (C7) is geselecteerd om in de jaren 2 en 3 met de mais te vergelijken. Ten slotte is het vierde jaar benut om na te gaan of mais na sorghum een betere oogst en doorworteling zou laten zien ten opzichte van de behandeling met continue maisteelt. Jaarlijkse gewasobservaties bestonden uit het meten van de opbrengst, in latere jaren ook momentopname van gewashoogte en LAI (Leaf Area Index; bladoppervlakte per m²), bewortelingsdiepte en -dichtheid (op basis van steekmonsters) en metingen van drukhoogte (indicatie voor bodemvochttoestand) en grondwaterstand.

6.4 Resultaten

Figuur 5 Foto-impressie van sorghum en maisplots (Foto: Jan van Kleef; 08-07-2020).

In groeiseizoenen 2 (2018) en 3 (2019) bleek de groei en opbrengst van sorghum (het ras C7) ten opzichte van mais laag te zijn, en bleek dat sorghum niet dieper had geworteld. Dit was vermoedelijk deels te wijten aan de vocht- en temperatuur-condities in de bodem ten tijde van inzaaien en de kiemingsfase: droge bovengrond en lage bodemtemperatuur, met name in 2018 en 2019. Hierdoor ontwikkelde sorghum zich minder goed in de beginfase en had mais, die koude-toleranter is, een groeivoorsprong (Figuur 5).

Sorghumrassen worden momenteel volop verder veredeld voor aanpassing aan het Noordwest-Europese klimaat, maar de hier gebruikte rassen zijn genetisch nog heel divers en nog niet zo goed aangepast zoals de huidige maisrassen. De proef is voor het vierde jaar (2020) – in overleg met de subsidieverlener – aangepast, omdat het verwachte effect van doorworteling van de verdichte laag niet had plaatsgevonden in de voorafgaande drie groeiseizoenen. Naast de reeds geplande vruchtwisselingsproef voor 2020 (mais na sorghum of mais na mais) zijn ook twee sorghumrassen geteeld (Suzy, een structuurtype, en opnieuw C7 voor de continuïteit) om na te gaan of hiermee wel een betere doorworteling van de verdichte laag zou optreden. De voorlopige analyse van de wortelmetingen lijkt te duiden op een trend naar *lagere* worteldichtheid en -massa in de onderste bodemlaag bij mais die is geteeld na 3 jaar C7 (waarbij C7 (zoals besproken) in groei bij mais achterbleef). Daartegenover lijken de maisopbrengst en -voederwaarde, inclusief N-opname, na 3 jaar sorghum hoger te zijn dan na 3 jaar mais. Deze verschillen zijn niet significant, maar trendmatig. Verder lijkt Suzy beter te wortelen dan mais en C7, maar de voederwaarde van Suzy is significant lager dan zowel C7 als mais.

De resultaten laten zien dat sorghum weliswaar in veel gevallen een fijner en intensiever wortelstelsel heeft dan mais en een hogere wortelmassa kan hebben in diepere lagen (tot 50 cm gemeten), maar dat dit zich niet vertaalde in vermindering van ondergrondverdichting. Wel lijkt er een (zwak) vruchtwisselingsvoordeel te zijn wat betreft opbrengst, voederwaarde en N opname van de mais na sorghum. De variatie in beworteling was bij sorghum rasafhankelijk (met name biomassa-typen met geringe voederwaarde hadden een diepere beworteling).

De gewasontwikkeling in termen van LAI en gewashoogte verschilde tussen mais en sorghum (Bijlage 2). Metingen van de droge bulkdichtheid in 2018 en 2020 lieten zien dat de dichtheid toenam met de diepte; hierbij werd dus geen opheffing van de verdichte laag op circa 30 cm waargenomen in 2020 (Bijlage 2).

6.5 Implementatie

In deze vierjarige proef is naar voren gekomen dat de elders gerapporteerde voordelen van sorghum niet zomaar reproduceerbaar zijn, maar dat dit mogelijk deels met rassenkeuze (en -ontwikkeling) en suboptimale groeiomstandigheden te maken heeft en deels ook door gebrek aan genoeg teeltermijning in Nederland.

Op grond van deze ervaringen en van de proefresultaten lijkt de implementatiestap van sorghum als bodemverbeteraar nog niet voor de hand te liggen. Omdat we hierover onder Nederlandse omstandigheden nog te weinig informatie hebben is het advies om aanvullend onderzoek uit te voeren. Er zou ingezet moeten worden op – vooraf bekende – meer extreme verschillen in beworteling tussen gebruikte sorghumrassen en op het verder duiden en verklaren van een mogelijk vruchtwisselings-voordeel.

6.6 Toepassingsmogelijkheden

Zoals in de vorige paragraaf beschreven, lenen de resultaten van de proef zich (nog) niet voor brede toepassing. Er zijn weliswaar aanwijzingen op het gebied van beworteling, sorghumtypen en opbrengsteffecten, maar dit zou bevestigd moeten worden in een vervolgpriof met betere teeltomstandigheden en meer aangepaste rassen.

6.7 Referenties

Een uitgebreid onderzoeksrapport zal eind maart 2021 verschijnen (voorlopige referentie: Van den Akker et al., 2021), wanneer dit wordt aangeboden aan de subsidieverleners. Enkele voorlopige resultaten zijn gegeven in Bijlage 2.

7 Demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels

7.1 Samenvatting

In een demonstratieproef op een melkveebedrijf is geëxperimenteerd met diep wortelende rietzwenkgras- en kruidenmengsels. Doel was voornamelijk het opdoen van ervaring in de boerenpraktijk en er zijn in dat kader enkele gewas- en bodemmetingen uitgevoerd. Hieruit bleek dat een rietzwenkgras-mengsel weliswaar iets langer doorgroeide tijdens droogte, een hogere grasproductie en een dichtere beworteling had, maar dat de smakelijkheid en voederwaarde voor de koeien tegenvielen. Er wordt aanbevolen om zulke laagdrempelige demonstraties te herhalen met aangepaste mengsels, omdat dit bijdraagt aan het opdoen van ervaringen met innovaties in de praktijk.

7.2 Belang

De landbouw heeft steeds meer te maken met lange, droge periodes als gevolg van klimaatverandering. Dieper wortelende gewassen hebben toegang tot meer bodemvocht en hebben daarnaast een gunstige uitwerking op de bodemstructuur en bodemkwaliteit. Voor grasland in de melkveehouderij betekent een betere droogtetolerantie dat tijdens een droge periode de grasgroei langer doorgaat, dat het aandeel productieve soorten beter in stand blijft en dat daarmee de noodzaak tot grasland-vernieuwing kleiner is.

Productieve grassoorten als rietzwenkgras en ook kruidenrijke grasmengsels voor de melkveehouderij staan bekend om hun diepere beworteling. In de praktijk is daar echter nog weinig ervaring mee; laagdrempelige demonstratieproeven op percelen van melkveehouders en in nauwe samenspraak met melkveehouders kan deze lacune op lokale schaal helpen veranderen.

7.3 Aanpak

In proeftuin Oost is in 2018 en 2019 op een hoger gelegen esgrond van een melkveebedrijf een demonstratieproef uitgevoerd met stroken van enkele diep wortelende soorten, waaronder rietzwenkgras en een kruidenrijk mengsel, naast de referenties van nieuw ingezaaid Engels raaigras en grasland van vijftien jaar oud. Het betrof een voormalig maisperceel waar grasland werd ingezaaid. Omdat het perceel droogtegevoelig was, was de veehouder geïnteresseerd in de waarde van zulke mengsels tijdens droogte en of deze een genoeg hoge voederwaarde en smakelijkheid hebben voor de koeien. De nadruk lag bij de proef vooral op demonstratie en ervaring opdoen. Om dit te ondersteunen, zijn in 2019 enkele gewas- en bodemmetingen uitgevoerd: opbrengst en voederwaarde van de eerste snede, en visuele beoordeling van bodemstructuur, beworteling en bodemleven-activiteit door een expert.

7.4 Resultaten

Rietzwenkgras had een duidelijk dichtere beworteling dan het gras-kruidenmengsel en Engels raaigras (Figuur 6) en ook de hoogste productie, maar met een lagere voederwaarde. Tijdens droge periodes in 2018 en 2019 kon dit mengsel iets langer doorgroeien dan het gewas in de andere stroken. Het kruidenmengsel bevatte twee seizoenen na het inzaaien weinig andere kruiden dan smalle weegbree en toonde geen bijzonder diepe beworteling. Het gaf een iets lagere productie met een iets hogere voederwaarde dan puur Engels raaigras. De melkveehouder zag het belang in van diepere en

intensievere beworteling, maar de voederwaarde van rietzwenkgras viel tegen, wat ook zichtbaar was in de iets grotere hoeveelheid voerresten bij stalvoeding van de strook met rietzwenkgras. Daarnaast viel op dat de naastgelegen strook met oud grasland meer bodemleven en wormengangen bevatte en dat deze, ondanks de minder diepe beworteling, volgens de veehouder beter tegen droogte kon.

Figuur 6 Foto-impressies van beworteling voor de diverse behandelingen (Foto's: Joachim Deru).

7.5 Implementatie

Om bekendheid met innovaties – in dit geval diep wortelende grasmengsels – in de boerenpraktijk te bevorderen, is het van belang laagdrempelige demonstraties te organiseren, bijvoorbeeld vanuit het waterschap. Met een combinatie van metingen, veldobservaties en ervaringen van de boer ontstaat een beeld over de waarde van een innovatie in een specifieke context.

Op grond van de hier beschreven demonstratie en boerenervaring lijkt het zinvol om verder te experimenteren met rietzwenkgrasmengsels die een betere voederwaarde hebben, bijvoorbeeld mengsels met een lager aandeel rietzwenk. Daarnaast kan dit bij herinzaai van grasland gecombineerd worden met rode en witte klover die de benodigde hoeveelheid kunstmest-stikstof kan verminderen of zelfs overbodig maken.

7.6 Toepassingsmogelijkheden

Dit betrof een demonstratieproef zonder herhalingen, met als doel toepassing te ondersteunen waarin vooral de lokale context van belang is. Vergelijkbare demonstraties op andere locaties kunnen zowel het draagvlak onder de boeren vergroten als de reproduceerbaarheid van de bevindingen tonen.

7.7 Referenties

Dit onderzoek is niet apart gerapporteerd. In Bijlage 3 is een aanvullende technische beschrijving gegeven van activiteiten en metingen bij de demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels.

8 Discussie

In onderzoeksprogramma Lumbricus zijn binnen het thema 'Bewuste Bodem' enkele bodemgerichte maatregelen onderzocht op hun effectiviteit voor verbetering van de bodemstructuur, infiltratie en doorworteling. Voor de gekozen maatregelen werden in de (internationale, wetenschappelijke) literatuur positieve ervaringen vermeld. Omdat onder Nederlandse omstandigheden op de hogere zandgronden hiervoor nog geen of niet voldoende ervaringen beschikbaar waren, zijn de hiervoor beschreven maatregelen uitgekozen. In alle gevallen gaat het om kleinschalige proeven en soms zelfs in enkelvoud of als demonstratieproef uitgevoerd. Dat betekent ook dat op basis van de gevonden resultaten geen harde conclusies getrokken kunnen worden en dat de resultaten niet direct opgeschaald kunnen worden naar mogelijke effecten op regionale of landelijke schaal.

Het blijkt lastig te zijn om pendelende wormen te introduceren en te laten leven en reproduceren op grasland op zandgronden. Mogelijk speelt hierbij dat er competitie bestaat tussen de nieuw geïntroduceerde wormen en de van nature aanwezige wormen in de bovengrond, maar ook is het belangrijk te zorgen voor de juiste voeding voor de nieuwe wormen. Er is nog niet bekend wat de invloed van bodemverdichting is op het voortbestaan van pendelende wormen. Op basis van kunstmatig geboorde wormgangen is aangetoond dat dit leidt tot een betere infiltratie ten opzichte van een situatie zonder wormgangen. Het voordeel van pendelende wormen zou dan zijn dat deze wormen hun gangen in stand houden, zodat de betere infiltratie behouden blijft. Andere vormen van bodemverbetering met als doel om infiltratie te bevorderen (denk aan verti-drains en grondbewerking), geven aanleiding te concluderen dat dit vaak op langere termijn geen effect meer heeft.

Veel maatregelen focussen op verbetering van de bodemstructuur, waarbij organische materialen worden toegediend. In Lumbricus betrof dit meerdere soorten organische materialen. Naast een visueel beter beoordeelde bodemstructuur is ook vastgesteld dat als gevolg van de relatief snelle afbraak van enkele van deze materialen er in de winterperiode extra nitraatuitspoeling optreedt. In de hier uitgevoerde praktijkproeven was geen rekening gehouden met de extra N-toediening die gepaard gaat met toedienen van organische materialen. Wanneer de overige (kunst)bemesting was afgestemd op de gewasbehoefte, zou het extra vrijgekomen nitraat via de afbraak van de organische materialen leiden tot een verhoogde nitraatuitspoeling. De extra beschikbare stikstof bij toediening uit organische materialen moet derhalve in rekening gebracht worden bij het bemestingsplan.

Dieper wortelende gewassen zouden gebruikt kunnen worden om verdichte lagen te kunnen doorwortelen en ook om een groter volume bodem te bereiken waardoor meer water en nutriënten beschikbaar kunnen zijn voor de gewassen. Uit de literatuur is bekend dat sorghumwortels in staat zijn om verdichte lagen te doorwortelen. Uit de hierboven beschreven proef blijkt dat nog niet op te treden in Nederland. Dat kan te maken hebben met het feit dat de huidige sorghumrassen nog niet specifiek genoeg geschikt zijn voor de Nederlandse klimaatomstandigheden. Zo lijkt het erop dat de geteelde sorghum in de proefomstandigheden last heeft gehad van de droge bovengrond en lage bodemtemperatuur tijdens het zaaien en de kiemingsfase. Andere of nog nieuw te ontwikkelen sorghumrassen zouden dan opnieuw getest moeten worden. Niet elk dieper wortelend gewas is interessant voor de agrariër. Immers, de kwaliteit of voederwaarde van het gewas moet natuurlijk ook goed zijn.

De resultaten die zijn behaald in Lumbricus 'Bewuste Bodem' duiden erop dat de bodemstructuur en infiltratie verbeterd kunnen worden, waarbij wel aandacht nodig is om de verbeterde bodemstructuur intact te houden (wormgangen) of om de maatregelen regelmatig te herhalen (grondbewerking; toedienen organische stof). Toedienen van extra N via organische stof moet in rekening gebracht worden bij het bemestingsplan. Zomaar nieuwe gewassen telen om de bodem dieper te doorwortelen, kan alleen indien de voederwaarde van het nieuwe gewas voldoende is. Het doorbreken van verdichte bodemlagen met dieper wortelende sorghum is nog niet aangetoond in de hier beschouwde proef.

Literatuur

- Bartholomeus, R. (red.) 2021. Programma Lumbricus. Integrale benadering van een klimaatrobuuste inrichting en beheer van stroomgebieden. Een overzicht. Rapport 2021-05, STOWA, Amersfoort. Zie ook: Lumbricus: voldoende water van goede kwaliteit. <https://www.stowa.nl/lumbricus>; Zie ook: <https://www.programmalumbricus.nl/> en <https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuuste-hogere-zandgronden/inrichten-en-beheren-welke-maatregelen-kun>
- De Weert, J., J. Rozemeijer, A. Cinjee, E. van Vilsteren, M. Heinen, W. de Groot. 2020. Bodemverbeterende maatregelen: Pilot met toevoegen organisch materiaal. Effecten op nitraatuitspoeling naar het grondwater. Rapport 1220765-000-BGS-0022, Deltares, Delft/Utrecht.
- De Wit, J., Van Huijgevoort, M., Van den Eertwegh, G., Van Deijl, D., Bartholomeus, R., 2021a. Technische rapportage veldproeven met watermaatregelen Stegeren. Ontwerp en monitoring van vijf veldproeven met (automatisch gestuurde) regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuw in Stegeren (2017-2020). KWR, Nieuwegein.
- De Wit, J., Van Huijgevoort, M., Van Deijl, D., Van den Eertwegh, G., Bartholomeus, R., 2021b. Regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuwen - Veldproeven en modelanalyses in het zandgebied van Nederland voor een meer robuuste waterhuishouding op lokale en regionale schaal. KWR, Nieuwegein.
- Groenendijk, P., P. Schipper, R. Hendriks, J. van den Akker, en M. Heinen. 2017. Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit. Deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem. Rapport 2811 (STOWA rapport 2017-020), Wageningen Environmental Research, Wageningen. (<http://edepot.wur.nl/418283>)
- Heinen, M., P.E.D. Dik, J.J.P. Cruijsen. 2021. Aanpassing en toepassing SWAP gericht op bodem en hydrologische maatregelen. Deelrapport thema Bewuste Bodem in onderzoeksprogramma Lumbricus. 3059 Wageningen Environmental Research, Wageningen. <https://doi.org/10.18174/512761>
- Kaandorp, V., P. de Louw, N. van Eekeren, C. Versteeg. 2021. Demonstratie Maatregelen Maaiveldafvoer. Rapport 1220765-013-BGS-0002, Deltares, Delft/Utrecht.
- Van de Logt, R., C. Versteeg, P. Struyk & N. van Eekeren. 2021. Introduction of *Lumbricus terrestris* into permanent grasslands on sandy soil. *Submitted to Applied Soil Ecology*.
- Van den Akker, J.J., J.G.C. Deru, J.W.M. Sleiderink, M. van Agtmaal, I.G.A.M. Noij, M. Heinen. 2021. Zuiniger met water in de melkveehouderij door de teelt van sorghum (*voorlopige titel*). Rapport xxxx Wageningen Environmental Research, Wageningen *Verschijnt maart 2021*.

Bijlage 1 Bokashi

Effect van toepassen van Bokashi binnen project OMAB op organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling

Marius Heinen¹, Eduard Hummelink¹, Willy de Groot¹, Marleen Zanen², Nick van Eekeren²

¹ Wageningen Environmental Research, Wageningen

² Louis Bolk Instituut, Bunnik

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de resultaten van een opdracht van waterschap Vechtstromen aan Wageningen Environmental Research (WENR) en Louis Bolk Instituut (LBI). Dit onderzoek was aanpalend aan een lopend onderzoek van het waterschap in samenwerking met De Agrarische Natuur Vereniging De Ommer Marke, en was ingebed in het onderzoeksprogramma Lumbricus.

Het onderzoek dat in dit rapport is beschreven maakt onderdeel uit van het thema 'Bewuste Bodem' van het onderzoeksprogramma Lumbricus (looptijd 2016-2020). Lumbricus is een samenwerkingsprogramma met onderzoeksinstituten en regionale partijen, waarin doelstellingen met betrekking tot waterkwaliteit, zoetwatervoorziening, bodembeheer, klimaatadaptatie en waterveiligheid samenkomen. Kern van het programma Lumbricus is het ontwikkelen en implementeren van een klimaatrobuust bodem- en watersysteem door het op stroomgebiedsniveau geïntegreerd toepassen van innovatieve maatregelen op het gebied van bodem, ondergrond en water. Het Lumbricus-thema 'Bewuste Bodem' richt zich op de bodem als sleutel in vocht- en nutriëntenvoorziening voor landbouw en natuur en op een duurzaam bodem- en waterbeheer voor een gezonde bodem in relatie tot gebruiksfuncties. Het thema richt zich met name op de effectiviteit van hydrologische en bodemmaatregelen op perceel-niveau en de verbetering van modellen om de effectiviteit te kunnen beoordelen.

WENR was verantwoordelijk voor de beschrijving van het bodemprofiel en het meten van grondwaterstanden en de samenstelling van het bovenste grondwater, LBI was verantwoordelijk voor de bodemscans en de metingen van indringingsweerstand, humificatie, organische stofgehalte en bodemademhaling. WENR en LBI hebben samen de rapportage verzorgd.

Hierbij wordt de veehouder bedankt voor zijn toestemming om peilbuizen te plaatsen in zijn perceel.

Inleiding

De Agrarische Natuur Vereniging De Ommer Marke voert onderzoek uit naar de mogelijkheid om bermmaaisel te fermenteren volgens het Bokashi principe en dit vervolgens aan te wenden op landbouwpercelen in hun project 'Organisch (rest) Materiaal Als Bodemverbeteraar' (OMAB)⁴. Dit onderzoek wordt onder meer uitgevoerd in samenwerking met waterschap Vechtstromen. Waterschap Vechtstromen heeft, in het kader van samenwerkingsprogramma Lumbricus⁵, een aanvullende onderzoeksopdracht gegeven aan Wageningen Environmental Research en het Louis Bolk Instituut. Dit aanvullende onderzoek werd uitgevoerd op een van de zes Bokashi-proeflocaties. In het OMAB-project was een brede aanpak gekozen, variërend van kwaliteit uitgangsmateriaal, wijze waarop Bokashi gemaakt moet worden en resulterende effecten op gewasgroei en bodem- en grondwaterkwaliteit. In

⁴ http://www.ommermarke.nl/cms/?page_id=727

⁵ <http://www.programmalumbricus.nl/>

het onderhavige aanvullende project werd iets dieper ingegaan op de effecten op bodemkwaliteit (o.a. organische stof) en uitspoeling in de winter naar het bovenste grondwater. De specifieke onderzoeksvragen waren de volgende:

- a. In hoeverre leidt meerjarige toediening van Bokashi tot verschillen in bodemkwaliteit en meer specifiek in de visuele beoordeling (structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding; bodemscan), indringingsweerstand, bodemrespiratie en de biologisch en chemisch actieve fractie van organische stof (POM)?
- b. Hoe snel breekt Bokashi af (humificatie-coëfficiënt) en geeft dit mogelijk aanleiding tot uitspoeling van nitraat en opgelost organische koolstof en stikstof in het winterseizoen?

Methoden

Het onderzoek is uitgevoerd op een van de zes OMAB-locaties (locatie Dedemsvaart; Figuur 1). Hier werd op het proefperceel Bokashi toegediend, behalve op een strook van 15x150 m in het NW-deel. In onderhavig onderzoek bekijken we naast deze controleplot naar de naastgelegen 15x150 m-strook waar Bokashi is toegediend. De volgende aspecten zijn beschouwd:

- Bodemprofielbeschrijving;
- Bodemscan inclusief beoordeling structuur, penetrologger-indringingsweerstand, organische stofgehalte, inclusief POM en CO₂-bodemademhaling (methodes: Louis Bolk Instituut): bij aanvang (najaar 2017) en aan het eind (najaar 2019);
- Afbreekbaarheid Bokashi (humificatie);
- Gehaltes nitraat, DOC en DON in bovenste grondwater (blanco, Bokashi);
- Grondwaterstand.

Figuur 1 Ligging plots zonder (blanco) en met toevoeging Bokashi in enkelvoud op proefperceel. De twee rode markeringen geven de locaties van bestaande peilbuizen. De blauwe pijl geeft de richting weer van de grondwaterstroming (informatie waterschap Vechtstromen).

Elk jaar werd nieuwe Bokashi gemaakt en werd ca. 20 ton/ha toegediend in het voorjaar in de onderzoeksperiode voorjaar 2017-voorjaar 2020. Voorafgaand aan de proef was het perceel vier jaar grasland. Het grasland is voorafgaand aan de proef gescheurd. De bemesting op beide plots was gelijk; er werd dus geen rekening gehouden met aanvoer van mineralen via de Bokashi.

Resultaten

Beschrijving bodemprofiel

Op 27-07-2017 zijn op drie plaatsen in het perceel (Figuur 2; Tabel 1) bodemprofielbeschrijvingen (Figuur 3; Figuur 4) gemaakt.

De eerste profielbeschrijving (1;24) is gemaakt bij een peilbuis in het oosten van het maisproefveld (Figuur 2; Tabel 1). De peilbuis staat vlak bij de sloot, waardoor de peilbuis voornamelijk het slootpeil zal weergeven. Op de bodemkaart 1:50 000 staan hier nog moerige gronden aangegeven. In de bouwvoor zijn nog wel resten van veen teruggevonden, maar de bodem laat zich nu vooral typeren als een tot grote diepte gediepploegde veldpodzolgrond. Volgens de boer zou het hele perceel gediepploegd zijn. De grondwaterstand in het eerste boorgat was ca. 70 cm -mv.

De tweede profielbeschrijving (2;25) is aan de oostzijde van het proefveld vlak bij de sloot (Figuur 2). Ook hier was de grondwaterstand kort na beschrijving ca. 70 cm -mv.

De derde profielbeschrijving (3;26) is bij een peilbuis langs diezelfde sloot aan het andere eind van het proefveld genomen (Figuur 2). De peilbuis ligt verderop dan het proefveld. Ook deze peilbuis staat langs de sloot en geeft vooral het slootpeil aan. De grondwaterstand was hier dieper dan 100 cm. Het slootpeil wordt door het waterschap in de zomer gehandhaafd op 50-70 cm -mv.

a)

b)

Figuur 2 Ligging boorpunten t.b.v. beschrijving bodemprofiel: a) ligging in het perceel, b) ligging op de hoogtekaart (24=1, 25=2, 26=3).

Tabel 1 Coördinaten en maaiveldhoogte van de drie boorpunten t.b.v. beschrijving bodemprofiel.

Boorpunt	Maaiveldhoogte (m +NAP)	RDS (X,Y)	Longitude, latitude (decimaal)
1 (24)	6.11	226247.080, 510269.995	52.57536, 6.43825
2 (25)	6.51	226106.846, 510349.466	52.57610, 6.43620
3 (26)	6.78	225931.536, 510327.387	52.57592, 6.43361

Figuur 3 geeft een impressie van de profielopbouw bij boring 3 en de details van de drie profielbeschrijvingen zijn gegeven in Figuur 4. Hierin staat onder meer vermeld de opbouw van het bodemprofiel in horizonten (A, B, C), bewortelbare diepte, GLG en GHG. Binnen het perceel treffen we drie Gt-classes aan: 1) IIIb, 2) IVu en 3) VIo. Dit hangt samen met de hogere maaiveldligging in het westelijke deel. Alle bodemprofielen zijn in zekere mate verwerkt.

Figuur 3 Opbouw bodem bij boorpunt 3 (Foto: Willy de Groot).

Beide plots zijn op 27-07-2017 bemonsterd voor de bepaling van het organische stofgehalte (OS). Per plot 15-20 steken in de laag 0-30 cm -mv, waarna per plot de grond is gemengd en in duplo is sub-bemonsterd waarin OS is bepaald. De waarden zijn al heel hoog door het voorgaande blijvende grasland. De met Bokashi behandelde plot heeft een hoger OS-gehalte dan de onbehandelde plot (Tabel 2). Bij de bodemprofielbeschrijvingen van boorpunten 1 en 3 was een iets lager OS-gehalte ingeschat (4%); een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er nogal wat veenresten in de grond zitten die moeilijk te schatten zijn. Uit eerder metingen uitgevoerd door de veehouder bleek dat het OS-gehalte hoger was (8,3%), maar dat komt omdat er toen blijvend grasland was en mogelijk alleen de bovenste 5 of 10 cm is bemonsterd.

Tabel 2 Organische stofgehalte in onbehandelde en met Bokashi behandelde plots (27-07-2017).

	Onbehandeld	Behandeld met Bokashi
OS-gehalte (% g/g; $\pm$ st.afw.)	5.4 ($\pm$ 0.14)	6.3 ($\pm$ 0.08)

1)

Boorstaat

Projectnummer: 8235 X coördinaat: 226247.080 Drainage: ☐ ? ☒ Nee ☐ Ja
 Karteerder: GRT Y coördinaat: 510269.995 Bewortelbare diepte: 30
 Datum: 27-7-2017 Maaiveldhoogte: 6.11
 Veldkaart nummer: 999 Bepaling maaiveldhoogte: MAHN
 Boorpunt nummer: 1 Bodemgebruik: AM

Kroonboring: ☐

Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.Stof		Textuur						K	R	Geo info	K verz.	C	D	Boor methode	Opmerking
				%	vs	<2mu	<50	2-63	M50	>2mm	Schelp								
1Ap	0	30	4	1	14	14	160	0	0	1	411						EDM	wat veenre...	
1Ah/B/C	30	100	0.5	1	10	10	180	0	0	1	411						EDM	verwerkt	
1Cg	100	120	0.1	1	10	10	160	0	0	1	411						EDM		
1Cr	120	150	0.3	1	10	10	160	0	0	1	411						EDM		

GHG: ☐ > 30
 GLG: ☐ > 115
 Gt: ☐ s ☐ b ☐ w

Toev. voor: 2r Subgroep code: 422 Cijferdeel: K Toev. achter:

Gebiedscode:

Vergraving: ☐ Opgehoogd (H) ☐ Afgegraven (G) ☒ Vergraven (F) ☐ Geëgaliseerd (E)

Bijzonderheden:

Annuleren Opslaan

2)

Boorstaat

Projectnummer: 8235 X coördinaat: 226106.846 Drainage: ☐ ? ☒ Nee ☐ Ja
 Karteerder: GRT Y coördinaat: 510349.466 Bewortelbare diepte: 30
 Datum: 27-7-2017 Maaiveldhoogte: 6.51
 Veldkaart nummer: 999 Bepaling maaiveldhoogte: MAHN
 Boorpunt nummer: 2 Bodemgebruik: AM

Kroonboring: ☐

Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.Stof		Textuur						K	R	Geo info	K verz.	C	D	Boor methode	Opmerking
				%	vs	<2mu	<50	2-63	M50	>2mm	Schelp								
1Ap	0	30	6	1	12	12	160	0	0	1	693						EDM		
1Bhs	30	50	3	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM	koffiebruin...	
1Cu	50	90	0.1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		
1Cg	90	125	0.1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		
1Cr	125	150	0.1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		

GHG: ☐ > 50
 GLG: ☐ > 115
 Gt: ☐ s ☐ b ☐ w

Toev. voor: 2r Subgroep code: 422 Cijferdeel: K Toev. achter:

Gebiedscode:

Vergraving: ☐ Opgehoogd (H) ☐ Afgegraven (G) ☒ Vergraven (F) ☐ Geëgaliseerd (E)

Bijzonderheden: scherpe overg van B naar C, teruggestort, waterinlaat

Annuleren Opslaan

3)

Boorstaat

Projectnummer: 8235 X coördinaat: 225931.536 Drainage: ☐ ? ☒ Nee ☐ Ja
 Karteerder: GRT Y coördinaat: 510327.387 Bewortelbare diepte: 40
 Datum: 27-7-2017 Maaiveldhoogte: 6.78
 Veldkaart nummer: 999 Bepaling maaiveldhoogte: MAHN
 Boorpunt nummer: 3 Bodemgebruik: AM

Kroonboring: ☐

Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.Stof		Textuur						K	R	Geo info	K verz.	C	D	Boor methode	Opmerking
				%	vs	<2mu	<50	2-63	M50	>2mm	Schelp								
1Aap	0	30	4	1	12	12	160	0	0	1	692						EDM		
1Aa	30	38	4	1	12	12	160	0	0	1	692						EDM		
1Ah/Cu	38	70	1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM	verwerkt	
1Bhs	70	90	0.5	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM	koffiebruin	
1BCg	90	110	0.3	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		
1Cg	110	140	0.1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		
1Cr	140	170	0.1	1	12	12	160	0	0	1	411						EDM		

GHG: ☐ > 65
 GLG: ☐ > 140
 Gt: ☐ s ☐ b ☐ w

Toev. voor: 2q Subgroep code: 422 Cijferdeel: K Toev. achter:

Gebiedscode:

Vergraving: ☐ Opgehoogd (H) ☐ Afgegraven (G) ☒ Vergraven (F) ☐ Geëgaliseerd (E)

Bijzonderheden: tot 70 afgegraven en mat. teruggestort, foto 14:30u

Annuleren Opslaan

Figuur 4 Beschrijving bodemprofiel voor de drie boorpunten 1, 2 en 3.

Humificatie-coëfficiënt

Bokashi is een relatief nieuw organisch materiaal. Om een indruk te krijgen van de snelheid waarmee dit materiaal verteert, is de zogenaamde humificatie-coëfficiënt (h_c) bepaald. De humificatie-coëfficiënt geeft de fractie weer van vers organisch materiaal dat één jaar na toediening nog over is in de bodem, de zogenaamde effectieve organische stof. Hoe lager h_c , des te gemakkelijker het materiaal afbreekt. In april 2018 is ter plaatse een Bokashi-monster verzameld vlak voor het moment dat Bokashi aan het perceel werd toegediend. In Tabel 3 zijn de humificatie-coëfficiënt en het bijbehorende (effectieve) organische stofgehalte voor Bokashi gegeven. In deze tabel zijn ook voor een aantal andere organische materialen deze waarden gegeven, zodat het resultaat in perspectief gesteld kan worden. De cijfers van de humificatie-coëfficiënten laten zien dat gft-compost, groencompost en zeefgrond redelijk dicht bij elkaar liggen en nijken naar de waarde die in de literatuur wordt aangehouden voor compost.

Interessant is te zien dat Bokashi weliswaar iets lager ligt dan compost, maar voor een niet gecomposteerd product nog redelijk hoog is. Wat betreft de aanvoer van effectieve organische stof scoort gft-compost heel goed door een hoog gehalte aan organische stof en een relatief hoge humificatie-coëfficiënt. Het organische stofgehalte in het product van groencompost, zeefgrond en Bokashi is duidelijk lager, wat ook in een lagere aanvoer van effectieve organische stof resulteert.

Bij modellering van organische stof wordt in sommige gevallen het MINIP-model van Janssen (1984) gehanteerd. Hierin wordt een afbraakcoëfficiënt voor het organische materiaal gebruikt die de zogenaamde initiële leeftijd van het materiaal aanduidt (a ; jaar). Deze is gerelateerd aan de humificatie-coëfficiënt volgens $h_c = \exp[b(a+1)^m - ba^m]$, waarin b en m vaste constanten zijn: $b = 4.7$, $m = -0.6$ (Heinen et al., 2020). Voor de gemeten h_c -waarden zijn in Tabel 3 de berekende initiële leeftijden a gegeven.

Tabel 3 De gemeten humificatie-coëfficiënt en (effectieve) organische stofgehalten van verschillende organische mestsoorten. Ter vergelijking zijn beschikbare waarden uit de literatuur^{1,2} gegeven tussen haakjes. De laatste kolom bevat de waarde voor de initiële leeftijd (zie tekst voor toelichting).

Mestsoort	Humificatie-coëfficiënt	Organische stof (kg ton ⁻¹)	Effectieve organische stof (kg ton ⁻¹)	Initiële leeftijd (jaar)
Bokashi	0.78	131	102	4.09
Gft-compost	0.83 (0.90) ¹	212 (242) ¹	175 (218) ¹	4.98 (3.68) ²
Groencompost	0.91 (0.90) ¹	127 (179) ¹	115 (161) ¹	7.88 (3.70) ²
Zeefgrond	0.85	113	96	5.47
Dikke fractie	0.49 (0.73) ¹	197 (200) ¹	96 (146) ¹	1.91 (3.16) ²
Vaste rundermest	(0.70) ¹	(155) ¹	(109) ¹	(3.16) ²
Runderdrijfmest	(0.70) ¹	(71) ¹	(50) ¹	(3.16) ²

1 De Haan, J.J., & Van Geel, W.C.A. Kengetallen organische stof. Handboek Bodem en Bemesting.

<https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans/Kengetallen-organische-stof.htm>

2 Heinen et al. (2020)

Bodemscan

Bodemscan – September 2017

Op 15-09-2017 is er een visuele bodembeoordeling (bodemscan) uitgevoerd op beide plots (Figuur 5). Op basis van die scan zijn scores toegekend (Figuur 6). Opvallend hierbij was dat er in de plot met Bokashi meer regenwormen en wormgangen werden aangetroffen. Daarom is begin oktober 2017 een aanvullende bemonstering in beide plots uitgevoerd. Hieruit kwamen echter geen verschillen naar voren (Tabel 4). In de tien monsters werden in totaal 16 adulten gevonden. Qua soorten geen bijzonderheden; 1x een strooiselbewoner (*L. Rubellus*); 15x een bodembewoner (14x *A. Caliginosa*, 1x *A. Chlorotica*).

Tabel 4 Aantal regenwormen (adulten, juvenielen) en biomassa in onbehandelde en met Bokashi behandelde plots ten tijde van de bemonstering (03-10-2017).

	Behandeld met Bokashi	Onbehandeld
Adulten (aantal per m ²)	40	40
Juvenielen (aantal per m ²)	15	10
Biomassa (g m ⁻²)	32	45

Blanco

Bokashi

Figuur 5 Foto-impressies van de bodem in de blanco (links) en met Bokashi behandelde plots (rechts); boven: aanzicht met de diepte (ca. 0-35 cm); onder: aanzicht aan maaiveld (ca. 0-25 cm); september 2017 (Foto's: Marleen Zanen).

SCOREFORMULIER BODEMCONDITIE

Locatie/perceel nr: Strook Blanco

Datum: 15-09-2017

Kenmerken	Slecht (1-4)	Matig (5-6)	Goed (7-10)	Opmerkingen
Structuur (0-25 cm)			7	Los tot 15 cm, daaronder compactere kluiten
Structuur (25-50 cm)			6	Lichter zand
Bodemleven (0-25 cm)			6	Geen bodemleven zichtbaar, nog resten van ondergeploegde graszode
Beworteling (0-25 cm)			8	Tot op het zand, op 46 cm diepte
Waterhuishouding (0->50 cm)			8	Geen drainage. Homogeen vochtig.

Gewas: Mais

Voorvrucht: 4 jaar grasland, daarvoor 3 jaar mais

Groenbemester, organische mest: Geen

Hoofdgroendbewerking: Grasland gescheurd/geploegd

Opmerkingen:

Zandgrond.

Geen regenwormen gezien.

Beoordeeld in 10e rij mais vanaf het paaltje.

SCOREFORMULIER BODEMCONDITIE

Locatie/perceel nr: Strook met Bokashi

Datum: 15-09-2017

Kenmerken	Slecht (1-4)	Matig (5-6)	Goed (7-10)	Opmerkingen
Structuur (0-25 cm)			8	
Structuur (25-50 cm)			7	Ondergrond wat losser en vochtiger dan in de blanco. Beter vasthoudende??
Bodemleven (0-25 cm)			8	Opvallend veel regenwormen en regenwormen gangen.
Beworteling (0-25 cm)			8	Tot op zand, op 46 cm.
Waterhuishouding (0->50 cm)			8	

Gewas: Mais

Voorvrucht: 4 jaar grasland, daarvoor 3 jaar mais

Groenbemester, organische mest: voorj 2017 20 ton Bokashi

Hoofdgroendbewerking: Grasland gescheurd/geploegd

Opmerkingen:

Zandgrond.

Opvallend veel regenwormen en regenwormen gangen! Was dit een plek of is het structureler?

Beoordeeld in 35e rij vanaf het paaltje.

Figuur 6 Scoreformulier bodemconditie voor plot zonder (blanco; links) en met toediening Bokashi (rechts).

Bodemscan – Oktober 2019

Op 03-10-2019 is er opnieuw een visuele bodembeoordeling (bodemscan) uitgevoerd op beide plots (Figuur 7). Op basis van die scan zijn scores toegekend (Figuur 8). Ook in 2019 was de bouwvoor in de variant met Bokashi wat losser en vochtiger. In beide jaren was de structuur onder de bouwvoor matig tot voldoende. De grond was droog en compact rond de 28 cm -mv. De beworteling in 2019 was intensief en ongestoord tot ca. 45 cm -mv. De waterhuishouding lijkt goed. In de variant met Bokashi is minder afspoeling bij neerslag en wordt het regenwater beter vastgehouden door de strooisellaag op het oppervlak (Figuur 9). In de tien monsters voor regenwormen werden in totaal slechts 5 adulten gevonden, waarschijnlijk door de droogte in 2018 en 2019. In de variant Bokashi zaten gemiddeld 25 adulte regenwormen per m² en in de controle 20 per m² (Tabel 5). Alleen de bodembewoner *A. Caliginosa* werd gevonden. De biomassa was hoger in de Bokashi-variant. Verwacht was dat het aantal strooiseleTERS zou toenemen in de Bokashi-variant, maar dat laten deze data niet zien.

Tabel 5 Aantal regenwormen (adulten, juvenielen) en biomassa in onbehandelde en met Bokashi behandelde plots ten tijde van de bemonstering (03-10-2019).

	Behandeld met Bokashi	Onbehandeld
Adulten (aantal per m ²)	25	20
Juvenielen (aantal per m ²)	0	0
Biomassa (g m ⁻²)	12	3

Blanco

Bokashi

Figuur 7 Foto-impressies van de bodem in de blanco (links) en met Bokashi behandelde plots (rechts); boven: aanzicht met de diepte (ca. 0-30 cm); onder: aanzicht aan maaiveld (ca. 0-25 cm); oktober 2019. In de Bokashi-variant is de bouwvoor minder compact dan in de blanco (Foto's: Marleen Zanen).

SCOREFORMULIER BODEMCONDITIE

Locatie/perceel nr: Strook Blanco
Datum: 03-10-2019

Kenmerken	Slecht (1-4)	Matig (5-6)	Goed (7-10)	Opmerkingen
Structuur (0-25 cm)		5-6		Verdicht
Structuur (25-50 cm)		6		Droog
Bodemleven (0-25 cm)		6		Geen bodemleven zichtbaar, erg droog!
Beworteling (0-25 cm)			8	Tot op het zand, op 42 cm diepte
Waterhuishouding (0-50 cm)			8	Homogeen

Gewas: Mais
Voorvrucht: Mais
Groenbemester, organische mest: Grasgroenbemester komt op
Hoofdgroenbemester: _____

Opmerkingen:
De grond is heel droog.
Met graven geen regenwormen gezien.

SCOREFORMULIER BODEMCONDITIE

Locatie/perceel nr: Strook met Bokashi
Datum: 03-10-2019

Kenmerken	Slecht (1-4)	Matig (5-6)	Goed (7-10)	Opmerkingen
Structuur (0-25 cm)			8	Losse structuur
Structuur (25-50 cm)		6		Verdichting vanaf 28 cm.
Bodemleven (0-25 cm)		6-7		Opvallend veel regenwormen en regenwormen gangen.
Beworteling (0-25 cm)			8	Tot op zand, op 42 cm
Waterhuishouding (0-50 cm)			8	Geen bijzonderheden

Gewas: Mais
Voorvrucht: Mais
Groenbemester, organische mest: voorj 2017, 2018 en 2019 20 ton Bokashi
Hoofdgroenbemester: _____

Opmerkingen:

Figuur 8 Scoreformulier bodemconditie voor plot zonder (blanco; links) en met toediening Bokashi (rechts).

Figuur 9 Links: de Bokashi zorgt voor een mulchlaag waardoor het water minder afspoelt en beter wordt vastgehouden. De grasgroenbemester komt al redelijk op en zal na oogst het perceel vlot bedekken. Rechts: op 22 november 2019 kwam de grasgroenbemester mooi door na de maisoogst (Foto's: Marleen Zanen).

Indringingsweerstand

Tijdens de visuele bodembeoordeling in 2017 en 2019 is ook de indringingsweerstand van de twee stroken bepaald. De indringingsweerstand van de bodem of ondiepe ondergrond, zoals die gemeten wordt met de penetrologger, is een maat voor de compactie of de draagkracht van de grond. Per plot zijn er acht metingen verricht, waarvan de gemiddelden zijn gegeven in Figuur 10. Een hoge mate van compactie kan de beworteling van gewassen en de zuurstofvoorziening van de wortels belemmeren.

In beide jaren laat de penetrologger een vergelijkbaar beeld zien: weinig weerstand in de bouwvoor, vanaf 25-28 cm -mv een overgang en vanaf 30-35 cm -mv een hoge weerstand tot boven de 3 MPa. De verhoogde weerstand na 35 cm geeft de overgang naar de gelig/bruine laag weer. De maiswortels hebben weinig last van de verdichting en de beworteling gaat door tot in de laag op 42-46 cm -mv. De weerstand in de bouwvoor is in 2019 in beide varianten iets hoger dan bij aanvang in 2017.

Figuur 10 Indringingsweerstand tot 80 cm -mv in de twee behandelingen in beide jaren.

Organische stofgehalte, POM en bodemademhaling

Ten tijde van de bodemscans zijn ook bodemonsters genomen ter bepaling van het organische stofgehalte (en welk deel hiervan biologisch en chemisch het actiefst is) en van de bodemademhaling. De Particulate Organic Matter (POM) fractie in deze meting bestaat uit al het organisch materiaal in de bodem kleiner dan 2 mm en groter dan 0.053 mm. POM is biologisch en chemisch actief en maakt onderdeel uit van de labiele (makkelijk afbreekbare) pool aan organische stof in de bodem.

Bodemademhaling meet de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt uit de bodem als gevolg van de activiteit en ademhaling van het bodemleven (aerobe microbiële afbraak van bodemorganische stof) en de ademhaling van plantenwortels en bodemfauna. Bodemrespiratie is een indicator voor de biologische activiteit en de afbraak van organisch materiaal (C) door het bodemleven.

In de behandeling met Bokashi werd in 2017 een hoger organischestofgehalte gemeten, net als bij de metingen door WENR (Tabel 2). Het verschil in OS-gehalte is ook in 2019 aanwezig. Er was geen verschil in de beschikbaarheid van organisch materiaal in de zin van een groter aandeel organische stof in de labiele fractie. De bodemademhaling was in 2017 voor beide varianten laag en verschilde nauwelijks. In 2019 was de bodemademhaling hoger in de variant met Bokashi.

Tabel 6 Organische stof en OS-fractie in de grond (POM). Daarnaast de CO₂-waarde na één week als maat voor de biologische activiteit van de bodem. In 2019 zijn monsters op 03-10-2019 en 22-11-2019 genomen en beide resultaten zijn vermeld.

Datum	Behandeling	OS in de grond [%]	OS in de fractie 0,053-2 mm [%]	OS in de fractie van totaal OS in de grond [%]	CO ₂ [mg 100 g ⁻¹ wk ⁻¹]
15-09-2017	Blanco	4.84	2.14	41.53	19.71
	Bokashi	6.83	3.13	42.49	21.28
03-10-2019 22-11-2019	Blanco	5.26 – 5.92	1.61 – 1.68	30.51 – 28.33	32.85
	Bokashi	6.72 – 6.58	2.20 – 1.69	32.66 – 25.66	46.01

Grondwaterbemonstering

Gedurende drie opeenvolgende winterseizoenen (2017-2018, 2018-2019, 2019-2020) zijn steeds acht peilbuizen per behandeling geplaatst in een raai in de lengterichting van de plots (Figuur 11; details locatie peilbuizen zie Sectie 0). Op vier tot zes momenten (maandelijks, indien mogelijk) tijdens het winterseizoen is volgens een standaardprotocol het bovenste grondwater bemonsterd. Per plot zijn de watermonsters gemengd en per plot is hieruit een gefilterd (0.45 µm) submonster genomen ter analyse in het laboratorium (CBLB, Wageningen Environmental Research). Hierin zijn de volgende grootheden bepaald: IC: anorganische koolstof (carbonaten); TOC: totaal opgelost koolstof; voor een gefiltreerd (0.45 µm) monster is dit gelijk aan opgelost organische koolstof (DOC); N-NH₄: opgelost ammonium; N-NO₃ (+NO₂): opgelost nitraat (+nitriet); N_{ts}: totaal opgelost stikstof. De hoeveelheid opgelost organische stikstof, DON, werd berekend als $DON = N_{ts} - (NH_4 + NO_3)$.

Aan het eind van het winterseizoen zijn de buizen verwijderd, zodat de boer voorbereidingen voor het groeiseizoen kon uitvoeren. Resultaten zijn gegeven in Tabel 7, Tabel 8 en Figuur 12. De niveaus van de meetwaarden verschilden per jaar en er zijn geen duidelijke unieke trends zichtbaar. Omdat het een proef in enkelvoud betreft, is er geen statische analyse op deze data uitgevoerd. Op het oog lijkt het nitraatgehalte onder de behandelde plots aan het begin van het winterseizoen wat hoger te zijn dan de gehalten in de controleplots; dit lijkt minder/niet het geval in het tweede deel van het winterseizoen. Daarom zijn de verschillen tussen behandeld en onbehandeld berekend en toegekend aan de factoren begin (okt-dec) of eind (jan-mar) van het winterseizoen. Volgens een variantieanalyse blijkt dat deze verschillen significant ($P < 0.05$) zijn voor IC, TC, NO₃ en N_{ts} (Tabel 9). Het nitraatgehalte in onder de Bokashi-plots is bijvoorbeeld groter dan onder de onbehandelde plot tijdens de eerste maanden van het winterseizoen. Een mogelijke reden dat onder de met Bokashi behandelde plots in de periode na de oogst meer nitraatuitspoeling optreedt, kan zijn omdat deze plots in totaal meer N aangewend hebben gekregen: het hele perceel is uniform bemest (kunstmest, dierlijke mest; agrariër, persoonlijke mededeling, mei 2020) en de plot met Bokashi heeft daarbovenop nog N via Bokashi gekregen. Als de gewasopbrengst (en N-opname) dan vergelijkbaar is, zal aan het eind van het groeiseizoen er onder de Bokashi-plots meer nitraat aanwezig zijn dat kan uitspoelen. Voor zover bekend, wordt in het OMAB-project geen N-balans opgesteld, zodat dit niet nader uitgewerkt kan worden.

Figuur 11 Foto-impressie van locatie peilbuizen en bemonstering (Foto's: Eduard Hummelink).

Tabel 7 Gemeten C- en N-gehalten in bovenste grondwater op vermelde monstertijdstippen voor de onbehandelde en met Bokashi behandelde plots.

Datum	Behandeling	IC [mg L ⁻¹]	TC [mg L ⁻¹]	N-NH ₄ [#] [mg L ⁻¹]	N-NO ₃ [§] [mg L ⁻¹]	N _{ts} [mg L ⁻¹]	DON ^{&} [mg L ⁻¹]
25-10-2017	Onbehandeld	8.7	39.8	(0.0)	35.3	36.8	1.5
	Behandeld	4.2	37.2	(0.03)	51.4	52.4	1.0
15-11-2017	Onbehandeld	10.6	40.2	(0.0)	23.6	25.1	1.5
	Behandeld	4.0	44.6	(-0.01)	39.5	41.6	2.1
18-12-2017	Onbehandeld	3.0	45.7	(0.02)	27.4	29.2	1.8
	Behandeld	2.6	43.0	(0.01)	29.0	30.6	1.6
21-02-2018	Onbehandeld	1.1	34.4	(0.0)	35.9	36.2	0.3
	Behandeld	0.8	35.4	(-0.01)	32.9	34.3	1.4
25-10-2018	Onbehandeld	14.6	50.3	0.08	2.26	4.1	1.8
	Behandeld	4.2	49.4	0.08	28.2	32.3	4.1
19-11-2018	Onbehandeld	14.3	45.5	(0.03)	1.28	3.1	1.8
	Behandeld	4.5	47.1	(0.03)	29.3	31.3	2.0
10-12-2018	Onbehandeld	5.6	41.8	(0.03)	7.18	8.5	1.3
	Behandeld	0.8	47.0	(0.03)	18.2	20.1	1.9
29-01-2019	Onbehandeld	1.9	40.8	(0.02)	11.0	13.1	2.1
	Behandeld	1.4	41.1	(0.0)	12.5	14.6	2.1
28-02-2019	Onbehandeld	5.5	41.8	(0.02)	12.6	13.6	1.0
	Behandeld	1.0	49.2	(0.01)	14.1	16.2	2.1
27-03-2019	Onbehandeld	3.9	43.1	(0.03)	8.18	10.3	2.1
	Behandeld	2.4	54.2	0.04	6.24	8.9	2.7
28-10-2019	Onbehandeld	6.5	72.7	0.05	2.97	6.3	3.3
	Behandeld	4.4	57.9	0.06	5.8	9.0	3.2
18-11-2019	Onbehandeld	4.6	74.1	0.12	3.48	7.3	3.8
	Behandeld	3.5	66.5	0.06	6.85	9.9	3.1
18-12-2019	Onbehandeld	3.0	49.2	0.02	17.0	19.4	2.4
	Behandeld	2.7	47.4	0.03	21.4	23.2	1.8
22-01-2020	Onbehandeld	0.6	44.6	0.02	19.5	22.0	2.5
	Behandeld	1.3	44.3	0.01	26.6	29.4	2.8
26-02-2020	Onbehandeld	4.0	51.1	0.04	18.9	21.6	2.7
	Behandeld	4.2	56.0	0.04	17.9	21.1	3.2
24-03-2020	Onbehandeld	1.1	74.3	0.04	14.2	17.2	3.0
	Behandeld	1.4	75.2	(0.03)	18.6	21.7	3.1

Meetwaarden beneden aantoonbaarheidsgrens van 0.04 mg L⁻¹ zijn tussen haakjes weergegeven

§ Formeel N-(NO₃+NO₂)

& DON is berekend als DON = N_{ts} - (NH₄+NO₃).

Tabel 8 Neerslagsom (mm) tussen twee opeenvolgende grondwaterbemonsteringen tijdens de drie uitspoelseizoenen; de neerslagsom voor de eerste bemonstering per seizoen is bepaald sinds begin oktober van het betreffende jaar.

Datum	Neerslagsom	Datum	Neerslagsom	Datum	Neerslagsom
25-10-2017	68.2	25-10-2018	13.6	28-10-2019	87.1
15-11-2017	32.9	19-11-2018	44.0	18-11-2019	56.6
18-12-2017	143.3	10-12-2018	69.0	18-12-2019	96.5
		29-01-2019	139.9	22-01-2020	60.1
21-02-2018	168.2	28-02-2019	52.3	26-02-2020	173.0
		27-03-2019	101.9	24-03-2020	55.1

Tabel 9 Verschilwaarden uit Tabel 7 (behandeld - onbehandeld) opgesplitst naar begin (w1; okt-dec) en eind (w2; jan-mar) van de drie winterseizoenen en de gemiddelde verschillen w2-w1 en bijbehorende P-waarde.

Behandeling	IC	TC	NH4	NO3	Nts	DON
w1	-4.5	-2.6	0.03	16.1	15.6	-0.5
w1	-6.6	4.4	-0.01	15.9	16.5	0.6
w1	-0.4	-2.7	-0.01	1.6	1.4	-0.2
w2	-0.3	1	-0.01	-3	-1.9	1.1
w1	-10.4	-0.9	0	25.94	28.2	2.26
w1	-9.8	1.6	0	28.02	28.2	0.18
w1	-4.8	5.2	0	11.02	11.6	0.58
w2	-0.5	0.3	-0.02	1.5	1.5	0
w2	-4.5	7.4	-0.01	1.5	2.6	1.1
w2	-1.5	11.1	0.01	-1.94	-1.4	0.54
w1	-2.1	-14.8	0.01	2.83	2.7	-0.13
w1	-1.1	-7.6	-0.06	3.37	2.6	-0.77
w1	-0.3	-1.8	0.01	4.4	3.8	-0.6
w2	0.7	-0.3	-0.01	7.1	7.4	0.3
w2	0.2	4.9	0	-1	-0.5	0.5
w2	0.3	0.9	-0.01	4.4	4.5	0.1
w2-w1	3.64	5.75	-0.004	-10.91	-10.55	0.36
P-waarde	0.028	0.046	0.68	0.012	0.019	0.32

Figuur 12 a) nitraatconcentratie, b) opgelost organische stikstof en c) opgelost organische koolstof op de aangegeven bemonsteringstijdstippen voor de blanco en Bokashi-plots.

Grondwaterstanden

Bij elke bemonstering van het bovenste grondwater zijn de grondwaterstanden in alle buizen gemeten (Figuur 13); data zijn vermeld in Bijlage 2. Tevens zijn in peilbuis 9 en 16 (coördinaten in Tabel 10) met behulp van divers de grondwaterstanden 'continu' (elke 6 u.) gemeten (Figuur 14). Over het algemeen geldt dat bij aanvang van het winterseizoen de grondwaterstanden relatief diep waren en dat deze stegen naarmate het winterseizoen vorderde. Er zijn geen grondwaterstanden geregistreerd die tot in de bovenlaag reikten waar de Bokashi was ingewerkt. Met andere woorden: de grondwaterbemonsteringen zijn niet beïnvloed door de eventueel rechtstreekse verhoging van nitraatgehaltes in de bovengrond en de gemeten concentraties zijn het gevolg van stikstof die tot beneden de laag van ca. 75 cm -mv of meer is uitgespoeld. De getoonde grondwaterstanden zijn ten opzichte van maaiveld. Wanneer uitgezet ten opzichte van NAP, blijkt dat voor het grootste deel van de periode er geen helling in het grondwatervlak in de lengterichting van het perceel aanwezig was. Uitzondering hierop was de zomerperiode van 2018, waarbij de grondwaterstand in het westelijke (hoger gelegen) deel van het perceel wat dieper lag.

Figuur 13 Schematische weergave locatie peilbuizen in de twee behandelingen. De coördinaten van de peilbuizen aan de uiteinden zijn gegeven in Tabel 10. De peilbuis in de linkerbovenhoek is de permanente peilbuis van het waterschap.

Tabel 10 Coördinaten van de peilbuizen aan begin en einde per behandeling.

Peilbuis	X	Y	m +NAP (AHN2)
1	226098	510345	6.56
8	225961	510327	6.92
9	226101	510329	6.58
16	225962	510311	7.05

Figuur 14 Continue registratie grondwaterstanden in peilbuis 9 en 16 (blauwe en rode lijnen) met bijbehorende handmetingen (symbolen) en de dagelijkse neerslag van KNMI-neerslagstation te Dedemsvaart (mm).

Overig

In het voorgaande zijn de aanvullende metingen en resultaten beschreven op een van de zes proeflocaties in het OMAB-project.⁴ Omdat er geen grote verschillen tussen de behandelingen zijn aangetroffen, is het niet zinvol om in deze rapportage verder een link proberen te leggen met andere onderzoeksresultaten uit het genoemde OMAB-project. Het zou voor de hand hebben gelegen indien er duidelijke verschillen in de nitraat- en/of DON-gehalten waren aangetroffen om een link te leggen met de opbrengst en eventueel het effect op de groei van het wintergewas (vanggewas) te duiden. Voor een beschrijving van de opbrengstgegevens wordt verwezen naar de rapportage van het OMAB-project. Ter informatie: de groei van het vanggewas tijdens het eerste winterseizoen in deze studie was zeer slecht en er kon geen oogst bepaald worden vanwege de geringe hoeveelheid biomassa op het land (Figuur 15).

Figuur 15 Het vanggewas in winterseizoen 2017-2018 had een zeer geringe opbrengst (situatie eind maart 2018) en kon niet bemonsterd worden (Foto: Gert Hirink).

Samenvattende bevindingen

Op een van de zes proeflocaties van het OMAB-project zijn aanvullende metingen uitgevoerd in een plot met jaarlijkse toediening van Bokashi en een naastgelegen plot zonder toediening hiervan. Het betrof een locatie met een veldpodzol-bodemprofiel. De onderzoeksvragen luiden:

- a. In hoeverre leidt meerjarige toediening van Bokashi tot verschillen in bodemkwaliteit en meer specifiek in de visuele beoordeling (structuur, bodemleven, beworteling en waterhuishouding; Bodemscan), indringingsweerstand, bodemrespiratie en de biologisch en chemisch actieve fractie van organische stof (POM)?
- b. Hoe snel breekt Bokashi af (humificatie-coëfficiënt) en geeft dit mogelijk aanleiding tot uitspoeling van nitraat en opgeloste organische koolstof en stikstof in het winterseizoen?

Ad a)

De met Bokashi behandelde plot vertoonde een iets hoger organische stofgehalte, zowel bij aanvang als na afloop van de driejarige proefperiode. Er was geen sprake van een toename in OS-gehalte over de jaren, hetgeen verklaard kan worden door het hoge startniveau van organische stof vanwege de blijvend-grasland-historie en de snelle afbraak (lage humificatie-coëfficiënt) van Bokashi, waardoor jaarlijkse aanvulling met Bokashi niet leidt tot een snelle toename van OS. Wel werd in het laatste jaar een hogere bodemademhaling gemeten in de plot met Bokashi, wat duidt op een verhoogde biologische activiteit. Volgens een visuele beoordeling van de bodem (bodemscans) kan gemeld worden dat de Bokashi-variant zowel in 2017 als in 2019 leidde tot een betere score van de bodemstructuur in de bouwvoor, die was losser en kruimeliger. In de Bokashi-variant was in 2019 een mulchlaag zichtbaar, die gunstig is voor het vasthouden van water en het voorkomen van afspoeling bij flinke buien. Er was relatief weinig regenwormenactiviteit en er werd geen duidelijk verschil gevonden tussen de varianten.

Ad b)

Er zijn tijdens drie winterseizoenen geen duidelijke effecten van Bokashi aangetroffen in de bemonsteringen van het bovenste grondwater op stikstofgehalten. Een eventueel verschil in nitraatgehalten is alleen zichtbaar in de eerste periode van het winterseizoen, waarbij de nitraatgehalten onder de Bokashi-plot iets hoger waren. Hierbij moet vermeld worden dat de bemesting van de plots niet was afgestemd op de aanvoer van stikstof via Bokashi. Omdat het hier om een enkelvoudige waarneming gaat, verdient het aanbeveling deze bevindingen in meervoud te herhalen.

De toediening van Bokashi leidt wel tot een (visueel) betere bodemstructuur op het onderzochte veldpodzol-perceel, maar door de snelle afbraak zal dit niet leiden tot een snelle toename in het totale organische stofgehalte in de bodem. Bij afbraak van Bokashi komt stikstof vrij. Indien hiermee geen rekening wordt gehouden bij het opstellen van een bemestingsplan, kan het teveel aan beschikbare stikstof in het winterseizoen uitspoelen. In onderhavige proef vonden we verhoogde nitraatconcentraties aan het begin van het uitspoelseizoen.

Literatuur

- Heinen, M., F. Assinck, P. Groenendijk and O. Schoumans. 2020. Soil Dynamic Models: Predicting the Behavior of Fertilizers in the Soil. Chapter 8.2 in: E. Meers, G. Velthof, E. Michels, R. Rietra, C.V. Stevens (eds.), Biorefinery of Inorganics: Recovering Mineral Nutrients from Biomass and Organic Waste. Wiley.
- Janssen, B.H. 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. *Plant and Soil* 76: 297–304.

Bijlage 2 Sorghum

Proefplan

De proefopzet bestond uit 16 plots van elk 45 m² (zie schema hieronder). Op plot 4, 6, 9 en 15 werd elk jaar mais geteeld; op de overige plots werden één of meerdere sorghumrassen geteeld (zoals aangegeven onderaan het schema). Aanvullende gewas- en bodemmetingen, zoals grondwaterstand, drukhoogtes op diverse dieptes, LAI en gewashoogte, werden uitgevoerd in plot 2, 6 en 7.

zandpad									
NO	ZO	4x10m + 3x1m=43m							
NW	ZW								
		1 S2	8 S1	9 M1	16 S3				
4x4,5 + 3x0,5		2 S3	7 S2	10 S1	15 M1				
		3 S1	6 M1	11 S3	14 S2				
=19,5 m		4 M1	5 S3	12 S2	13 S1				
<-- zaairichting -->									
				RASSEN			voorstel 1		
<u>legenda</u>		<u>code</u>		2017	2018	2019	2020		
mais		M1		LG 30.209	LG 30.209	LG 30.209	LG 30.209		
sorghum		S1		C1	C7	C7	LG 30.209		
sorghum		S2		C7	C7	C7	C7		
sorghum		S3		Piper	C7	C7	Suzy		

LAI en gewashoogte

Enkele puntsgewijze observaties:

- 2017: LAI C7 > LAI mais; geen gewashoogtes beschikbaar
- 2018: LAI C7 > LAI mais; mais hoger dan C7
- 2019: LAI C7 = LAI mais; mais hoger dan C7
- 2020: LAI Suzy > LAI mais > LAI C7; mais iets hoger dan Suzy, maar beide hoger dan C7

Foto-impressie: verschillen in gewassen (dd. 08-07-2020) (Foto: Jan van Kleef)

Droge bulkdichtheid

De droge bulkdichtheid op verschillende dieptes is gemeten in plot 2, 6 en 7 in 2018 (geen meting in plot 2) en in 2020. De toename in dichtheid op dieptes > 30 cm is zichtbaar. De resultaten lijken erop te duiden dat de dichtheid over de gehele bemonsterde diepte is afgenomen; mogelijk is dit deels een artefact van verschillende meetmethoden?

Drukhoogtes

In 2020 droogde de bodem op 25 cm -mv sterk uit in de plot met Suzy in de eerste helft van augustus 2020 (de metingen na half augustus zijn onbetrouwbaar). Dat was niet het geval bij plot 6 en 7.

Op grotere dieptes (50, 80, 105 cm -mv) zien we dat de drukhoogtes onder de drie plots zeer synchroon verlopen in de tijd en tevens zeer sterk gecorreleerd zijn met de fluctuaties in de grondwaterstand (zwarte symbolen). Dat betekent dat het bodemvocht goed in contact was met het grondwater en dat er voldoende aanvulling vanuit het grondwater was.

De dag-en-nachtritmes in de metingen duiden op herverdeling van water in de nacht (wanneer de wateropname en de bodemverdamping vrijwel tot nul zijn gereduceerd).

Bijlage 3 Demo dieper wortelende grassen

Technische beschrijving van activiteiten en metingen bij de demonstratieproef dieper wortelende grasmengsels

Joachim Deru, Louis Bolk Instituut

Proeflocatie en behandelingen

De demonstratieproef is uitgevoerd in Stegeren op een bol perceel (es) met het grondwater rond de 3 m diep. Het perceel is zes jaar gebruikt voor mais (tot en met 2017) en in april 2018 ingezaaid met grasland. Het perceel ligt op ca. 300 m afstand van de Vecht en werd door de melkveehouder aangemerkt als droogtegevoelig.

Langs de zuidoostkant van het perceel zijn in april 2018 tevens vier lange parallelle banen aangelegd als demonstratie, grenzend aan een stuk oud grasland (> 15 jaar oud):

1. Grasmengsel Country Multi Life 16 (DSV): kruidenrijk graslandmengsel met Engels raaigras en timothee; Rode klaver, witte klaver, alexandrijnse klaver en inkarnaat klaver, Cichorei, smalle weegbree en duizendblad
2. Green Spirit Structuur (Barenbrug): 85% rietzwenkgras, 15% timothee
3. Controle 1: Engels raaigras tetra- en diploïd met timothee, rode en witte klaver; géén kunstmest (enkel drijfmest)
4. Controle 2: Engels raaigras tetra- en diploïd met timothee, rode en witte klaver; mét kunstmest (volgens praktijk)

Het was oorspronkelijk de bedoeling om in de mengsels 1 en 2 witte klaver mee te zaaien, maar later bleek dat de loonwerker die dat moest uitvoeren, het niet goed te hebben begrepen.

Dit betreft uitdrukkelijk een demonstratieproef, met het doel om praktijkervaring op te doen met diep wortelende grasmengsels. Als ondersteuning van de ervaring van de veehouder zijn enkele indicatieve metingen uitgevoerd.

Proefveldmanagement en algemene observaties

2018 vóór de proefaanleg: Na de mais is geploegd en licht gekilverd, daarna is met een vaste tand ondiep losgetrokken. Eind februari is 28 m³ drijfmest per ha bemest. Daarna 200 kg kunstmest per ha (38% N + S) (Novurea van Triferto).

Tijdens 2018 en 2019 is het perceel conform praktijk bemest met drijfmest en kunstmest (behalve de baan zonder kunstmest) en is enkel gemaaid, deels ook voor stalvoeding.

In het voorjaar 2019 was veel klaver in de controlebanen, maar was najaar 2019 vrijwel helemaal weg; her en der rode klaver met vraat (bladrand). Baan zonder kunstmest iets meer klaver, maar verre van genoeg.

Oktober 2019: zowel kilveren als stalvoeren vóór de zaai is waarschijnlijk slecht geweest voor de bodemstructuur in de bovengrond. Is ook duidelijk zichtbaar rond 10-20 cm. Ondergrond (beneden 45 cm) opvallend goede structuur en wortels. Ook opvallend dat nieuw ingezaaide banen meer wortels hebben tussen 25 en 65 cm dan oud grasland. In het oude grasland is de bovengrond juist beter.

Metingen en specifieke observaties

De opbrengst en voederwaarde van de 1^e snede van 2019 zijn gemeten op 13 mei 2019 (zie Tabel 1). Opvallend is de duidelijk hogere drogestofopbrengst van rietzwenkgras, dat samengaat met een lagere voederwaarde: lagere VEM, DVE, verteerbaarheid en suikergehalte en een relatief hoog ruwcelstofgehalte.

Tabel 1 Opbrengst en voederwaarde van de 1^e snede van 2019 (13-05-2019) voor de vier banen.

Grasmengsel	ds %	t ds/ha	VEM	DVE	Ruw eiwit	Ruwe celstof	VCOS	Suiker
1 Rietzwenk + timothee, wel kunstmest	22,4	6,11	890	76	127	236	75,1	166
2 Kruidenmengsel, wel kunstmest	22,8	3,76	1054	93	127	184	85,7	253
3 E.raai + klaver, geen kunstmest	25,3	2,36	1092	80	109	171	n.d.	268
4 E.raai + klaver, wel kunstmest	19,9	4,36	1009	90	131	215	83,8	228

Op 16 oktober is met een expert (Coen ter Berg) gekeken naar de beworteling, bodemstructuur en bodemleven-activiteit in de vier banen en in het oude grasland op verschillende dieptes. De observaties zijn gescoord op een schaal van 0-10 (zie Tabel 2) en verder toegelicht.

Aanvullende opmerkingen per baan:

1. Barenbrug rietzwenk + timothee
 - a. Bovengronds heel grof. Is ook ervaring van de veehouder bij het voerhek: meer voerresten van deze baan. Mengsel met minder RZ (max 20%) was mogelijk beter geweest; dat geeft volgens Coen nog goede beworteling, maar ook productie en bodemleven. Tijdens droogte viel het Gerjan op dat RZ het net iets langer volhield (ca. 1 week), maar dat daarna het gras net als in de andere banen verdroogde.
 - b. Ondergronds mooie structuur en intensieve beworteling, hoogste score van de vier banen in de laag 0-25 cm. Het lijkt erop dat RZ minder regenwormen heeft. Daaronder echter geen verschil met andere banen qua bodemstructuur.
2. DSV kruidenrijk mengsel
 - a. Bovengronds lichter groen, heel fijn gras (waarschijnlijk vanwege diploïde rassen). Qua kruiden enkel smalle weegbree te zien, hoge bedekking (schatting ca. 40%), ook veel jonge planten. Werd goed door de koeien gegeten (stalvoeding).
 - b. Ondergronds: beworteling valt eigenlijk tegen; hadden meer verwacht.

3. Engels raaigras zonder kunstmest
 - a. Bovengronds: iets meer klaver dan met kunstmest, maar nog veel te weinig. Is ook aan de DS 1e snede gezien: veel lager dan met kunstmest. Nu in najaar geen visueel verschil in productie.
 - b. Beworteling wel duidelijk beter in 0-25 cm dan met kunstmest. Daaronder geen verschil (of verschil is waarschijnlijk gevolg van plaatselijke structuurverschillen).
4. Engels raaigras met kunstmest
 - a. Bovengronds zie 3
 - b. Ondergronds zie 3
5. Oud grasland (15 jaar)
 - a. Bovengronds: volgens de veehouder was dit oude grasland beter in staat de droogte van 2018 en 2019 te trotseren dan de nieuw ingezaaide banen.
 - b. Ondergronds: veel wormen in bovenlaag. 25-45 slechte score, maar wel gangen met wortelstrengen.

Tabel 2 Scores voor structuur en wortels op drie dieptes in de vier banen.

Grasbaan	Diepte (cm)	Structuur	Wortels	Opmerkingen
1: Rietzwenk	0-25	7,5	8	Wormen opvallend weinig aanwezig
	25-45	5,5	6,5	
	45-60	6,5	7	
2: Kruidenmengsel	0-25	6,5	6,5	
	25-45	5	5	
	45-60	7	7	
3: E. Raaigras geen kunstmest	0-25	7	7	
	25-45	6	6,5	
	45-60	7	7,5	
4: E. Raaigras met kunstmest	0-25	6	6,5	Veel wormen en nieuwe wortels op 0-10 cm; 10-25 cm oude wortels en verdichte structuur
	25-45	7,5	7	
	45-60	7	7	
Oud grasland	0-25	7,5	7	Veel wormen
	25-45	5,5	5	Gangen en 'wortelstrengen',
	45-60	7	5	Goede structuur maar veel minder wortels dan andere banen op die diepte.

Conclusie/aanbevelingen

Het oorspronkelijke doel om met een mengsel van rietzwenkgras diepe beworteling en daardoor een betere droogtetolerantie te bewerkstelligen, is ten dele gelukt. Rietzwenk heeft een zichtbaar betere beworteling in de bovengrond en kon net iets langer doorgroeien tijdens de droogte. Dit was echter te weinig om echt het verschil te maken. Mogelijk heeft het met het hangwaterprofiel te maken. Ook het opmerkelijke feit dat het oude grasland met minder diepe wortels, maar meer in de bovengrond toch beter tegen de droogte kon, heeft mogelijk hiermee te maken. Ander punt is dat de smakelijkheid en verteerbaarheid van RZ tegenvalt. Wel was de productie goed. Aanbeveling zou zijn om een mengsel met minder % RZ te zaaien.

Ander punt is dat de zaai van klaver in het RZ-mengsel niet is gelukt; aanbeveling blijft om zo'n mengsel met klaver te zaaien i.v.m. N-binding, smakelijkheid, stimuleren regenwormen. Ook is om onduidelijke reden de klaver in het Engels raaigras zonder kunstmest vrijwel verdwenen.

Qua grondbewerking en gebruik wordt aanbevolen om bij herinzaai geen egalisatie met kilveren toe te passen; als dat toch gebeurt, dan daarna lostrekken tot minimaal 30 cm. Oogst voor stalvoeding is negatief voor de bodemstructuur en duidelijk ook voor de beworteling in de laag 10-20 cm. Beste is weiden.

Beeldmateriaal bodembeoordeling oktober 2016

Rietzwenk

Engels raai zonder kunstmest

Kruidenmengsel

Engels raai met kunstmest

Foto's: Joachim Deru

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3060
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 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.

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

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 3060
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.000 fte) en 12.500 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.