

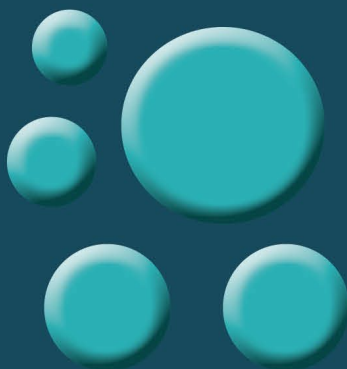


BOKASHI

Van groene reststroom naar bodemverbeteraar

Eindrapportage 2018-2024

Definitieve versie 5 juni 2025





Mts. Bos-Jonkman



Colofon

Auteurs

Sigrid Dassen¹
Ruben Dümmer¹
Emiel Elferink¹
Joost Mulder²
Tim Wiersma²
Jelle Pilat³
Jan Roelsma⁴

Vormgeving

Sanne de Boer-Postma³

Met dank aan

Astrid Meier⁵
Amar Sjaauw En Wa-Windhorst⁵
René Rietra⁶
Paul Römken⁶
Joop Spijker⁶

Projectfinanciering

Ondernemersfonds Gemeente Dantumadiel
Versnellingsagenda Noordoost Fryslân
Wetterskip Fryslân

¹ Hogeschool Van Hall Larenstein - lectoraat Duurzaam Bodembeheer, ² Mulder Agro BV, ³ Vereniging Noardlike Fryske Wâlden, ⁴ Wetterskip Fryslân, ⁵ Programma Circulair Terreinbeheer, ⁶ Wageningen Environmental Research

Voorwoord

Het bokashi-project begon in 2017 met een praktijkproef op vijf boerenbedrijven in Noordoost-Friesland, opgezet door acht initiatiefnemers. De aanleiding kwam rechtstreeks uit de praktijk: boeren zijn benieuwd naar de mogelijkheden van bodemverbeteraars zoals bokashi, maar hebben ook vragen over zaken als onkruiddruk en veilige verwerking van biomassa. Daarbij speelde het idee om koolstof vast te leggen in de bodem en zo de bodemgezondheid te verbeteren een belangrijke rol.

Wetterskip Fryslân toonde belangstelling voor de verwerking van slootmaaisel tot bokashi en de effecten daarvan op waterberging in de bodem. Als het organische stofgehalte in de grond toeneemt, werkt het land als een spons en kan het meer regenwater opnemen en bergen. Ook Gemeente Dantumadiel onderzocht kansen voor bokashi als verwerkingsmethode voor maaisel en blad. Gedurende zeven jaar is op vijf locaties bokashi toegediend, waarbij via labanalyses en studentenonderzoek de effecten zijn gevolgd.

De auteurs zijn dankbaar voor de betrokkenheid van velen die dit project mogelijk hebben gemaakt. In het bijzonder danken wij Gemeente Dantumadiel, Ondernemersfonds Dantumadiel, Fjildlab en Wetterskip Fryslân voor hun inhoudelijke en financiële bijdragen. Onze dank gaat ook uit naar de deelnemende boeren voor hun inzet en beschikbaar stellen van hun percelen, Mulderagro voor de inhoudelijke expertise en het begeleiden van de praktijkproef, Noardlike Fryske Wâlden voor de coördinatie, en Nordwin (tegenwoordig Aeres Leeuwarden) en Van Hall Larenstein voor hun onderzoek en het betrekken van studenten. Agenda Netwerk Noordoost en de Kenniswerkplaats danken we voor hun betrokkenheid in de beginfase. Programma Circulair Terreinbeheer danken we voor de ondersteuning en kennisdeling. Tot slot danken wij de Versnellingsagenda Noordoost-Fryslân en KCNL voor hun financiële ondersteuning.

Met waardering noemen we de betrokken agrariërs, de vele studenten die waardevol onderzoek verrichtten en de initiatiefnemers van beide projectfasen: de deelnemende agrariërs: Geert Broersma, Andries Halbersma, Gerke Jilt Veenstra, Pieter de Vries, Douwe Zijlstra. De studenten: Nienke Aal, Aan Atsma, Wopke Andringa, Coen van Beekhuizen, Lotte Berends, Cato Bontekoe, Guusje van Diermen, Niels den Hartog, Harm Jan Hamster, Erik Hoving, Niels de Jager, Wybren Jansma, Silke Jonker, Erik Mosterdman, Matthijs Schoonhoven, Rein Stremler. Initiatiefnemers Bokashi Praktijkproef (2017-2020): Yede van de Kooij (†), Wim Oosterhuis, Tamara van der Sluis, Rianne Vos, Joost Mulder, Theo Mulder, Jelle Pilat, Marieke Jelsma, Goaitske Iepema, Emiel Elferink, Rinze Fokkema en Fokalin Tadema. Initiatiefnemers Bokashi Groenstations project (2020-2025): Joost Mulder, Tim Wiersma, Jan Auke Bos, Jelle Pilat, Jan Roelsma, Emiel Elferink, Willem Struijk, Ilse Ubels, Ruben Dümmer en Sigrid Dassen.

Samenvatting

Plantaardig materiaal zoals bermgras en blad worden vaak als afval beschouwd, terwijl ze lokaal waardevol kunnen zijn voor de bodem, onder meer door verbeteringen in structuur, waterberging en bodemleven. Dit materiaal kan onbewerkt en verwerkt worden toegepast op de bodem. Bokashi, een product dat ontstaat via fermentatie van plantaardig materiaal, is veelbelovend binnen kringlooflandbouw. In tegenstelling tot compost is bokashi momenteel nog niet wettelijk erkend als bodemverbeteraar. Deze status hangt samen met zorgen over mogelijke verontreiniging met zware metalen, onkruidzaden en andere risico's. Hierdoor zijn de productie- en toepassingsmogelijkheden beperkt, ondanks de positieve ervaringen in de praktijk.

Diverse partijen, waaronder Circulair Terreinbeheer en WUR, werken sinds 2021 via 60 pilots aan de grondslag voor juridische erkenning. Hett onderzoek in dit rapport richt zich op één van de langstlopende pilots waarbij in Noordoost Friesland tussen 2018 – 2024 op vijf verschillende percelen geëxperimenteerd is met bokashi om langjarige effecten te onderzoeken op bodem, water en gewas.

De onderzochte proefvelden bevonden zich op zand-, klei- en veenbodems. Op elk proefveld lagen minimaal drie behandelingen waarin de effecten van bokashi vergeleken zijn met een drijfmest- en onbemeste behandeling. In deze proef is jaarlijks één bokashi-kuil gemaakt van slootmaaisel van het Wetterskip Fryslân, bedrijfseigen drijfmest en voerresten van de veehouder waar de bokashi is gemaakt. Ieder voorjaar werd er vanuit dezelfde bokashi-kuil 10-15 ton bokashi per hectare uitgereden op de vijf proefvelden. Jaarlijks zijn er metingen gedaan aan gewasopbrengst, gewaskwaliteit, chemische, biologische en fysische bodemeigenschappen.

De belangrijkste bevindingen uit dit onderzoek op een rijtje, gekoppeld aan de onderzoeksdoelen:

Onkruiddruk (§ 3.1). Het correct opzetten (mét effectieve micro-organismen en minstens acht weken fermenteren) en afgedekt bewaren van de bokashi-kuil is essentieel om de kiemkracht van onkruidzaden volledig te reduceren. Ook moet het uitgangsmateriaal schoon en onverdacht zijn. Wanneer hiervoor de Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad van het programma Circulair Terreinbeheer wordt toegepast, dan verkrijgt men een goede basis voor een veilig eindproduct.

Gewasopbrengst (§ 3.2) Gemiddeld over de jaren genomen verhoogt bokashi de gewasopbrengst van gras en maïs niet significant, maar de trend is positief ten opzichte van drijfmest. Ook blijkt uit dit onderzoek dat bokashi geen invloed heeft op gewaskwaliteit. Deze resultaten liggen in lijn met onze bevindingen dat de bemestende waarde van bokashi zeer gering is.

Waterbergend vermogen (§3.3) Bokashi verminderd de indringingsweerstand van de bodem licht, al verschilt dit per diepte en over jaren, wat duidt op een potentieel hoger vochtvasthoudend vermogen. De waterinfiltratiesnelheid veranderde in dit onderzoek niet door toepassing van bokashi, maar onze resultaten laten wel zien dat bokashi in een enkel geval het watervasthoudend vermogen in de verzadigde toestand met 4% verhoogd. Deze sponswerking kan de kans op uitspoeling van nutriënten en eventuele gewasbeschermingsmiddelen verkleinen. Ons onderzoek laat zien dat toepassing van bokashi, zij het in beperkte mate, kan bijdragen aan het behalen van de doelen van Kaderrichtlijn Water.

Koolstofopslag (§ 3.4-5). Ten opzichte van drijfmestbemesting heeft toepassing van bokashi geen effect op het totale organisch stofgehalte. De onderzochte percelen hadden bij aanvang reeds een

relatief hoog bodem organische stofpercentage en bokashi heeft door de goede verteerbaarheid een relatief laag percentage effectief organische stof. Wel heeft bokashi op sommige percelen invloed op de bodembioologie en dan met name op de samenstelling van het microbiom en de nematodengemeenschap. Deze verschuiving hangt mogelijk samen met de goede verteerbaarheid van bokashi.

Uit het onderzoek blijkt dat zevenjarige toepassing van 10-15 ton bokashi per hectare neutraal tot licht positieve effecten heeft op gewas, bodembioologie, bodemchemie en fysische bodemeigenschappen. De resultaten onderbouwen de verwachting dat bokashi veilig toegepast kan worden, zonder negatieve gevolgen van onkruiddruk of achteruitgang van bodemfuncties. Hiermee draagt het onderzoek bij aan de onderbouwing van nieuw circulair beleid.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
2. Materialen en methoden	9
2.1 Proces bokashi maken	9
2.2 Proefopstelling	9
2.3 Bemestingsplan	11
2.4 Beheer	11
2.5 Beschrijving bodemtypes en perceelhistorie	11
2.6 Metingen	13
2.7 Data-analyse	16
3. Resultaten	18
3.1 Bokashi	18
3.2 Gewas	20
3.3 Bodem fysische eigenschappen	27
3.4 Bodem biologische eigenschappen	32
3.5 Bodem chemische eigenschappen	38
4 Discussie	40
5 Conclusie	46
Bronnen	47
Bijlagen	51

1. Inleiding

Ongeveer één derde van de totale Nederlandse landbouwgrond is te vinden in Noord-Nederland (provincies Groningen, Drenthe en Friesland) (Roemers et al., 2018). Het grootste deel ($\pm 65\%$) van deze landbouwgrond is bestemd voor de productie van ruwvoer voor vee, waarvan ongeveer 82% uit grasland en ongeveer 18% maïsland bestaat (Agrimatie, 2022). Om de gewassen productief te houden, wordt er doorgaans bemest met dierlijke mest, aangevuld met kunstmest. Maar een vruchtbare grond bestaat niet alleen uit nutriënten, ook het bodemleven en bodemstructuur spelen een cruciale rol.

Het bodemleven is de motor van nutriëntenkringlopen, draagt door vastlegging van organisch materiaal bij aan het vochtvasthoudend vermogen, stikstofleverend vermogen en structuurverbetering van de bodem. Het bodemleven vervult hiermee belangrijke functies. Om deze verschillende functies in stand te houden moet het bodemleven gevoed worden met organisch materiaal. Dat organisch materiaal is deels afkomstig van de gewassen zelf, via afstervende delen en worteldepositie, maar kan ook aangevoerd worden. Door organisch materiaal aan te voeren kan gestuurd worden met de kwantiteit en kwaliteit van het bodem organische stof en dat heeft gevolgen voor de samenstelling van het bodemleven (Harkes et al., 2019; Onrust & Piersma 2019). Er is onder agrariërs toenemende aandacht voor het verbeteren van bodemvruchtbaarheid door middel van toevoer van organisch materiaal, anders dan dierlijke mest. Vanuit de gedachte van de circulaire economie kan ingesprongen worden op de vraag naar organisch materiaal, afkomstig van lokale en vooral plantaardige stromen.

Benutten van organische stromen

Plantaardige stromen, zoals berm- en natuurgras en blad- en snoeimateriaal, kunnen een waardevolle bron van organische materiaal zijn (Biomassa Alliantie 2014). Echter, deze stromen worden vaak bestempeld als afvalproduct en daarom niet optimaal benut. Wanneer overheden en terrein beherende organisaties plantaardige stromen afvoeren, worden deze meestal door externe partijen bewerkt via compostering of vergisting. Het afvoeren van plantaardige stromen gaat gepaard met transportkosten en relatief hoge kosten aan de poort (Dassen et al., 2024). Men moet groene stromen niet zien als afval maar als waardevolle grondstof. Desondanks zit er veel verschil in kwaliteit van plantaardige stromen. Voor het borgen van de kwaliteit van het eindproduct wordt vanuit het programma Circulair Terreinbeheer gewerkt met de CT Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad (Circulair Terreinbeheer 2023). Via de checklist worden er door toeleveranciers en ontvangers afspraken gemaakt over de kwaliteit van het geleverde plantaardige stromen.

Het benutten van organische stromen past in het streven naar het circulair gebruik van grondstoffen. Andere toepassingen en bewerkingsmethoden voor berm- en natuurgras zijn het direct aanwenden in de bodem, verwerking tot bioplastics, verassing van het materiaal en productie van biochar, in de berm laten liggen, bron voor vezelgrondstof of productie van bokashi (Sven Jurgens, *persoonlijke communicatie* 2020). Het maken van bokashi is nog geen reguliere praktijk in Nederland. Bij het maken van bokashi worden er kleimineralen, zeeschelpenkalk en micro-organismen gemengd met organische stromen (provinos.nl, 2017). De toegevoegde micro-organismen noemt men effectieve micro-organismen (EM) en bestaan uit melkzuurbacteriën, fotosynthetische bacteriën, actinobacteriën, gist en gistende schimmels (Janmaat, 2015; Shin et al., 2017). De bokashi-kuil wordt vervolgens afgesloten met plastic waardoor er een anaerobisch proces ontstaat, namelijk fermentatie. Tijdens fermentatie worden in de afwezigheid van zuurstof suikers afgebroken door enzymen van de aanwezige micro-organismen.

Bij dit proces blijft de temperatuur onder de 40°C en er gaat weinig organisch materiaal verloren, slechts 3-6% (Hitman & Bosch, 2017; Römken et al., 2020). Aan de productie en toepassing van bokashi zijn door de overheid regels verbonden, deze regels zijn, samen met een uitgebreide beschrijving van het productieproces en wetenschappelijke inzichten, uiteengezet in 'Bokashi: een Blauwdruk' (Dassen et al., 2024).

Toepassen van bokashi

In een enquête uit 2020 bleek dat meer dan de helft van de responderende agrariërs in Noordoost-Friesland bokashi als een interessante bodemverbeteraar beschouwde (de Jager, 2020). Ze gaven aan dat ze bokashi willen toepassen om de organische stof in de bodem te verhogen, het bodemleven te stimuleren en lokale groene stromen te benutten. Deze ontwikkelingen passen binnen de doelstellingen van kringlooplandbouw, waarbij lokale grondstoffen worden ingezet om de landbouw te verduurzamen.

Naast de ecologische potentie heeft bokashi ook economische potentie, omdat het bijdraagt aan het sluiten van nutriëntenkringlopen, emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater kan reduceren. Bovendien kan bokashi door het inkuilen van organisch materiaal de snelle afbreekbare voedingsstoffen behouden, wat het bodemleven en de gewasproductie ten goede komt. Het gebruik van bokashi uit lokale groene stromen kan bovendien de mestboekhouding ontlasten, mits er geen dierlijke mest toe is gevoegd (RVO, 2022). Vanuit de praktijk zijn er vragen over de veiligheid van het gebruik van bokashi. Agrariërs maken zich zorgen om de hoeveelheid zwerfvuil, zware metalen en onkruiden die eventueel met de bokashi meekomen. Door middel van het selecteren van de juiste bermen en sloten kunnen groene stromen benut worden waar de kansen op vervuiling niet tot beperkt aanwezig zijn.

Projectrealisatie

In samenwerking met Gemeente Dantumadiel, Mulder Agro, Wetterskip Fryslân, Noardlike Fryske Wâlden, Kenniswerkplaats Noordoost Fryslân, KennisCentrum Natuur en Leefomgeving, Nordwin College en Hogeschool van Hall Larenstein is de eerste fase (2018 -2022) van een langjarige praktijkproef opgezet om de effecten van bokashi op bodemeigenschappen en gewasopbrengst te onderzoeken. Daarna is met Mulder Agro, Wetterskip Fryslân, Noardlike Fryske Wâlden, Mts. Bos-Jonkman en Van Hall Larenstein de praktijkproef voortgezet tot aan 2024. De praktijkproef heeft een totale looptijd van 7 jaar. Bij vijf melkveehouders is een proefveld aangelegd, met een strook bokashi naast een strook drijfmest en een onbemeste strook. Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in de gevolgen van bokashi als bodemverbeteraar. Dit om te onderzoeken hoe bokashi bijdraagt aan bodembiodiversiteit, een gezonde bodem en kringlooplandbouw, zodat als bokashi gelegaliseerd wordt de voor- en nadelen van het toedienen van bokashi goed zijn onderzocht. De centrale onderzoeksvraag luidt als volgt: Wat zijn de langdurige effecten van de toepassing van bokashi op bodemeigenschappen en gewas?

2. Materialen en methoden

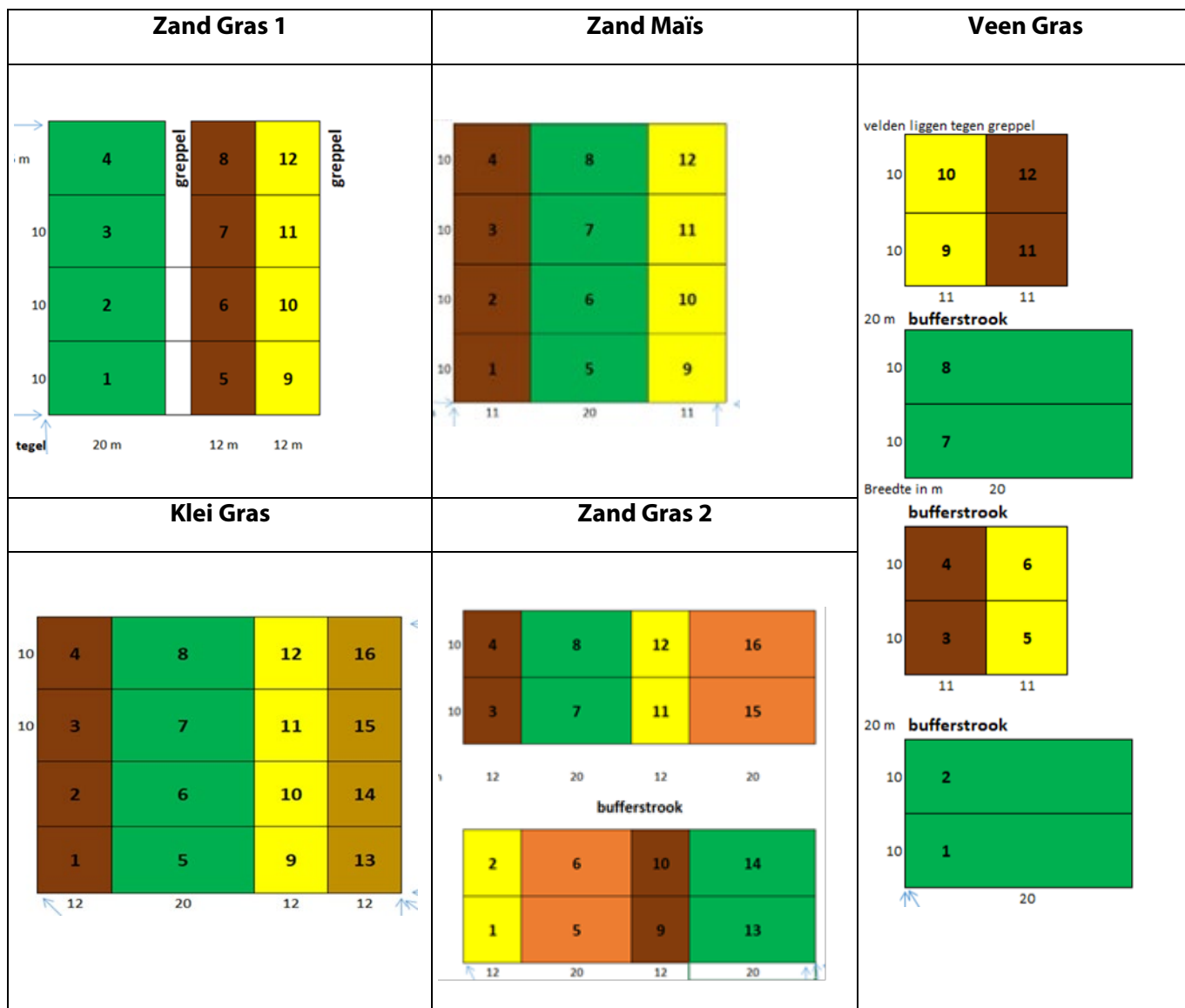
2.1 Proces bokashi maken

In deze proef is jaarlijks 10 - 16 ton bokashi gemaakt van slootmaaisel van het Wetterskip Fryslân (60%), bedrijfseigen drijfmest (20%) en restvoer (kuilgras) van de veehouder (20%). Hieraan is 12 kg/ton zeeschelpen, 12kg/ton kleimineralen en 2 liter/ton microferm toegevoegd afkomstig van Agritron. Met behulp van een graafmachine zijn de verschillende lagen materiaal aangebracht. De bokashi-kuil is afgedekt met landbouwfolie. Het opzetten van de kuil vond doorgaans plaats in oktober-november en de kuil bleef minimaal 10 weken afgedekt. Elk jaar lag de bokashi-kuil op het erf van een van de agrariërs en van daaruit verdeeld naar de andere proefvelden. Het uitrijden van de bokashi vond doorgaans plaats in de maanden februari-maart.

2.2 Proefopstelling

In 2018 zijn op vijf locaties in noordoost Friesland proefvelden aangelegd (figuur 1). Van deze vijf proefvelden zijn er vier aangelegd in grasland en één proefveld op een maïspanceel. Elke locatie heeft drie of vier behandelingen met vier herhalingen per behandeling. De herhalingen liggen binnen het proefveld in elkaars verlengde. Bij het uitzetten van het proefveld is rekening gehouden met de werkbreedte van de bemestingsmachines. De locatie van het proefveld is representatief voor het gehele perceel. Afstand vanaf greppels en droge/natte dooradering is aangehouden waar nodig. Op locatie Zand Gras 2 zijn alleen de veldjes 9-16 meegenomen in de analyse. Dit omdat het proefveldkaartje in 2019 180 graden is gedraaid. Dit heeft ervoor gezorgd dat de veldjes 1-8 niet de goede bemesting hebben ontvangen en daarom uit de resultaten zijn gelaten. Op de proefvelden zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

- Het toepassen van bokashi en drijfmest
- Het toepassen van drijfmest
- Het toepassen van een dubbele bokashi-dosering (alleen op Zand Gras 2)
- Het toepassen van vaste mest en drijfmest (alleen op Klei Gras)
- Geen bemesting (controlebehandeling)



Figuur 1: proefopzet op de percelen. Afmetingen van de proefvelden staan in het figuur weergegeven in meters. Kleurcodering voor de behandelingen: bokashi = groen, drijfmest = donkerbruin, controle = geel, dubbele bokashi = oranje, vaste mest = lichtbruin.

2.3 Bemestingsplan

Voor de bokashi-behandeling is jaarlijks 10-15 ton bokashi per hectare uitgereden. Voor deze behandeling is ongeveer 50% van de drijfmest vervangen door bokashi. Per locatie is de jaarlijkse stikstofgift tussen de behandelingen gelijk gehouden en afgestemd op het stikstofgehalte in de mest en in de bokashi (bijlage I). Hiervoor zijn jaarlijks bij de melkveehouders drijfmestmonsters genomen voor nutriëntenanalyse (bijlage II). De hoogte van de stikstofgift verschilde tussen de locaties, afhankelijk van de stikstofbehoefte van het gewas en het regime van de veehouder. Op perceel Zand Gras 1 en Zand Maïs is op bepaalde momenten kunstmest aangevoerd, op zowel de bokashi- en drijfmestbehandelingen, om aan de stikstofbehoefte te voldoen. De bokashi is uitgereden met een mestverspreider, in grasland voor de 1e snede en in maïsland rond april-mei. Op het proefveld waar ook vaste mest een van de behandelingen was is jaarlijks 15 ton vaste mest uitgereden voor de eerste snede. Op het perceel Zand Maïs is vanaf 2021 de controlestrook bemest gelijk aan de drijfmestbemesting, omdat de maïsopbrengst dusdanig achteruitliep.

2.4 Beheer

Alleen op het perceel Veen Gras is het proefveld beweid door melkvee, de overige graspercelen zijn meerdere keren per jaar gemaaid voor stalvoeren en of kuilproductie. Wel was op de meeste graspercelen 's winters beweiding van schapen of jongvee. Het aantal snedes varieerde per jaar, maar lag doorgaans tussen de 5-7.

2.5 Beschrijving bodemtypes en perceelhistorie

De startsituatie in 2018 van de bokashi-proef verschilde per perceel op basis van fysische bodemparameters en organische stof (tabel 1). Alle percelen lagen in de provincie Friesland. Er waren drie verschillende bodemtypes waar de proefvelden zijn aangelegd: klei, veen en zand. Veen Gras heeft het hoogste organische stofgehalte terwijl Zand Maïs het laagste organische stofgehalte heeft. Klei Gras heeft het hoogste klei- en siltgehalte. De zandpercelen verschilde niet in siltgehalte maar wel in zandgehalte. De startsituatie tussen de percelen verschilde ook op basis van chemische bodemparameters (tabel 1 en 2). Stikstof en calcium waren het hoogst bij Veen Gras en het laagst bij Zand Gras 2. Klei Gras heeft de hoogste pH, fosfaat-, kalium-, magnesiumgehaltes. De drie zandpercelen hebben vaak de laagste waarden. De C/N verhouding was het laagst voor de Klei Gras perceel.

Tabel 1: organische stof (%), klei (%), silt (%) en zand (%) bij aanvang van de proef in 2018, gemiddelde $\pm$ SE. Verschillende letters geven aan dat de waarden significant van elkaar verschillen, $p < 0.05$.

	Organische stof (%)	Klei (%)	Silt (%)	Zand (%)
Klei Gras	12.6 ^b $\pm$ 0.9	31.7 ^a $\pm$ 1.6	33.7 ^a $\pm$ 1.8	22.1 ^e $\pm$ 3.8
Veen Gras	25.4 ^a $\pm$ 0.9	2.7 ^{cd} $\pm$ 0.4	8.6 ^c $\pm$ 1.1	63.4 ^d $\pm$ 1.5
Zand Gras 1	5.5 ^c $\pm$ 0.1	6.3 ^b $\pm$ 0.3	14.5 ^b $\pm$ 0.4	73.5 ^c $\pm$ 0.3
Zand Gras 2	5.1 ^d $\pm$ 0.2	3.9 ^c $\pm$ 0.1	14.5 ^b $\pm$ 0.5	76.5 ^b $\pm$ 0.4
Zand Maïs	4.7 ^e $\pm$ 0.2	2.1 ^d $\pm$ 0.1	13.0 ^b $\pm$ 0.4	80.8 ^a $\pm$ 0.5

Tabel 2: chemische samenstelling van de percelen bij aanvang van de proef in 2018, gemiddelde $\pm$ SE. Verschillende letters geven aan dat de waarden significant van elkaar verschillen, $p < 0.05$.

	Stikstof (kg/ha)	Fosfaat (kg/ha)	Kalium (kg/ha)	Calcium (kg/ha)	Magnesium (kg/ha)	C:N	pH
Klei Gras	6592 ^b $\pm$ 332	834 ^a $\pm$ 23	788 ^a $\pm$ 11	3126 ^b $\pm$ 145	934 ^a $\pm$ 31	11 ^b $\pm$ 0	6.2 ^a $\pm$ 0.1
Veen Gras	8304 ^a $\pm$ 232	212 ^c $\pm$ 10	267 ^c $\pm$ 7	3697 ^a $\pm$ 104	524 ^b $\pm$ 11	14 ^a $\pm$ 0	5.4 ^b $\pm$ 0.0
Zand Gras 1	3074 ^d $\pm$ 76	90 ^d $\pm$ 4	230 ^d $\pm$ 11	1415 ^c $\pm$ 50	310 ^d $\pm$ 6	14 ^a $\pm$ 0	5.4 ^b $\pm$ 0.0
Zand Gras 2	2636 ^e $\pm$ 153	198 ^c $\pm$ 5	171 ^e $\pm$ 14	1064 ^d $\pm$ 108	200 ^e $\pm$ 16	14 ^{ab} $\pm$ 1	5.1 ^c $\pm$ 0.1
Zand Maïs	5885 ^c $\pm$ 167	724 ^b $\pm$ 13	323 ^b $\pm$ 14	1261 ^{cd} $\pm$ 77	404 ^c $\pm$ 15	14 ^a $\pm$ 0	4.7 ^d $\pm$ 0.1

2.6 Metingen

2.6.1 Botanische samenstelling

Op de proefvelden Zand Gras 1 en 2 is in 2018, 2020 en in 2024 de botanische samenstelling van het grasland bepaald. De samenstelling is bepaald door binnen één vierkante meter alle plantensoorten te determineren en het percentage per soort te schatten. In 2018 en 2024 is per herhaling één willekeurige vierkante meter gedetermineerd en in 2020 zijn per herhaling twee losse vierkante meters gedetermineerd. De meting in 2018 vond plaats in april na de eerste toepassing van bokashi. De meting in 2020 vond in augustus plaats en de meting in 2024 vond in september plaats. Op de proefvelden Klei Gras en Veen Gras is alleen in 2020 de botanische samenstelling bepaald door per herhaling twee losse vierkante meters te determineren, de metingen vonden plaats in juli.

2.6.2 Onkruidkiemproeven

Bokashi-kuil (binnen vs buiten)

In 2022, 2023 en 2024 waren er diverse kiemprouven ingezet door Van Hall Larenstein. In 2022 is er aan de buiten- en binnenkant van de bokashi-kuil een monster genomen. De bokashi-kuil lag een jaar open voor bemonstering. Het zeil is verwijderd om aan de buitenkant van de bokashi-kuil te bemonsteren. Om de binnenkant te bemonsteren is er met een schep een gat gegraven tot 75 cm. De onkruidkiemprouf is uitgevoerd op Van Hall Larenstein van 11 mei 2022 tot 9 juni 2022. De prouf stond in een onverwarmde kas met gemiddeld 7,1 ichturen per dag en een gemiddelde buitentemperatuur van 13,7 °C (Bijlage XXVIII). Opkweekbakjes (B 24 x H 6 x D 17 cm) zijn gevuld met 2 cm brekerzand. 500 ml bokashi van binnen en buiten de kuil zijn in zesvoud uitgezet. De bokashi is zo egaal mogelijk verspreid over de bakjes. Elke week is de kieming genoteerd.

Bokashi-kuil (Onkruiden in netzakken in bult)

Er zijn drie netzakken gevuld met Japanse duizendknoop, ridderzuring en jacobskruiskruid en in een bokashi-kuil geplaatst op 3 november 2022 (Bijlage III). Op 1 mei 2023 is de bokashi-kuil opengemaakt en uitgereden. Op 3 mei 2023 zijn de zakken met onkruiden getest op kiemkrachtig in opkweek bakjes (B 24 x H 6 x D 17 cm). Op 17 mei 2023 is de laatste meting gedaan. Gemiddelde buitentemperatuur lag rond de 12,1 °C (Bijlage XXVIII). Bij het openen van de kuil zijn de zakken van jacobskruiskruid en ridderzuring teruggevonden, de zak met Japanse duizendknoop is niet teruggevonden.

Bokashi gemaakt van onkruiden

Op 9 november 2022 en op 27 augustus 2024 is er bokashi gemaakt van Japanse duizendknoop, ridderzuring en jacobskruiskruid. Op dezelfde dag is ook een kiemprouf ingezet om te testen hoe kiemkrachtig de onkruid(zaden) zijn. Naast bokashi zijn de onkruiden ook gefermenteerd zonder toevoeging van EM en klei, voor recepten zie Bijlage IV. De onkruiden, microferm en klei zijn gemengd in plastic zakken, aangedrukt en vervolgens zijn deze zakken in afgesloten bakken van 1.6 liter gestopt. Op 6 februari 2023 (13 weken) en 30 oktober 2024 (9 weken) is de bokashi uitgezet in opkweek bakjes (B 24 x H 6 x D 17 cm) met zes herhalingen. De onkruidkieming is twee keer per week waargenomen en vastgelegd op foto (Bijlage V).

2.6.3 Gewasopbrengst en gewaskwaliteit

Voor de bepaling van grasopbrengst is een grashoogtemeter (Jenquip EC10) gebruikt. Per herhaling zijn er 30 metingen gedaan waarna het apparaat een gemiddelde weergeeft. Om de grashoogte om te zetten in opbrengst is gebruik gemaakt van de bijgeleverde omrekeningstabel. Daarnaast zijn er opbrengstmetingen gedaan door per herhaling een strook te maaien met een vingerbalkmaaier. De oppervlakte van het gemaaid stuk is nagemeten en het verse gras gewogen. Van een submonster is de droge stof bepaald, de uitkomsten zijn omgerekend naar ton/ha en ton/ds ha. Voor de bepaling van de maïsopbrengst is gebruik gemaakt van een proefveldhakselaar. Per herhaling zijn hierbij 4 rijen maïs gehakseld met een lengte van 8 meter. De gehakselde strook is nagemeten en de gegevens zijn omgerekend naar ton/ha en ton/ds ha. Analyses voor gewaskwaliteit van zowel gras als maïs zijn uitgevoerd door Eurofins Agro en bepaald voor het verse product. Meegenomen parameters zijn onder andere: voeder eenheid melk (VEM), darm verteerbaar eiwit (DVE), onbestendig eiwit balans (OEB), suiker, ruw eiwit, ruwe celstof, ruw vet, ruw as, netural detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) en acid detergent lignine (ADL).

2.6.4 pF curve

Ongestoorte grondmonsters zijn gestoken met Kopecky-ringen in de laag van 10-15 cm. Elke herhaling is in duplo genomen. Deze grondmonsters zijn gewogen en vervolgens 24 uur in een bak met water geplaatst om de grond te verzadigen. Na verzadiging zijn de grondmonsters opnieuw gewogen. De verzadigde monsters zijn daarna overgeplaatst naar een pF-bak. Na enkele dagen is pF 1 (grondwaterspanning) bereikt. De ringen zijn opnieuw gewogen na het bereiken van pF 1. Hetzelfde proces is herhaald totdat pF 2 (veldcapaciteit) was bereikt. Na het wegen zijn de ringen in de droogstoof geplaatst om het gewicht van de droge grond te bepalen. Vervolgens zijn de ringen in een drukpan geplaatst bij de juiste druk voor pF 3. Na enkele dagen is pF 3 bereikt, en de grondmonsters zijn opnieuw gewogen. Om pF 4.2 (verwelkingspunt) te bepalen, zijn de ringen opnieuw in de drukpan geplaatst bij een hogere druk. Na enkele dagen zijn de grondmonsters opnieuw gewogen. De pF is in 2020 en 2024 bepaald voor de percelen Zand Maïs en Zand Gras 1.

2.6.5 Indringingsweerstand

De indringingsweerstand is gemeten door middel van een penetrometer. De indringingsweerstand van de bodem is de weerstand tegen penetratie van de bodem in kracht per oppervlakte-eenheid (MPa). De weerstand hangt af van bulkdichtheid, vochtigheid, bodemstructuur en -textuur, organische stofgehalte en de stevigheid (Eijkelkamp, 2004). Voor elke herhaling zijn er 10 metingen genomen in een Z patroon. De gemiddelde per herhaling is gebruikt om data te analyseren. De indringingsweerstand is gemeten in het najaar van 2019, 2020 en 2024 op de percelen Zand Maïs en Zand Gras 1.

2.6.6 Waterinfiltratie/retentie

De waterinfiltratie methode is een methode dat laat zien hoe snel het water de bodem infiltreert. De binnen- en buitenringen zijn 15 cm de bodem ingeslagen met een hamer. Vervolgens is de buitenring met water gevuld tot een hoogte van ongeveer 15 cm. Daarna is de binnenring gevuld tot dezelfde hoogte gevuld. Op diverse tijdsintervallen (1, 2, 5, 10, 20 en 30 minuten) is de waterhoogte in de

binnering genoteerd. Per behandeling is de waterinfiltratie drie keer gemeten op het Zand Maïs perceel in 2020 en 2024.

2.6.7 Bodem conditiescore

De bodemconditiescore is een methode waarbij men aan de hand van een aantal criteria een snelle indruk kan krijgen over de gesteldheid van de bodem. Per meting wordt er een kuil gegraven van ongeveer 20x20x20 cm, de grond uit de kuil wordt opgevangen op een vuilniszak of in een bak. Vervolgens wordt aan de hand van het scoreformulier een oordeel gegeven over toestand van de zuurtegraad, bodemstructuur, regenwormen, vlekken, beworteling, bodemkleur, ploegzool en de gewasbedekking. Scoreformulieren en toelichting is te vinden op <https://mijnbodemconditie.nl/>. Belangrijk om op te merken is dat de score die men geeft aan een criteria kan variëren tussen personen en deels afhankelijk is van inzicht en ervaring. De bodemconditiescore is bepaald in 2018, 2020 en in 2024 en ieder jaar door iemand anders uitgevoerd.

2.6.8 Regenwormen

In oktober 2020 en november 2023 zijn er op percelen Zand Maïs en Zand Gras 1 monsters gestoken om het aantal regenwormen te bepalen. Van alle behandelingen zijn per herhaling twee kluiten van 20x 20x20 cm gestoken. De monsters zijn in vuilniszakken meegenomen naar de schuur bij Mulder Agro waar per kluit de wormen verzameld, gewogen en in potjes met alcohol gestopt zijn. De monsters zijn opgestuurd naar het Louis Bolk Instituut waar ze op soort gebracht zijn.

2.6.9 Nematoden

In de winter van 2021 en 2023 is onderzoek gedaan naar nematoden. Hiervoor zijn bodemmonsters genomen op percelen Zand Maïs en Zand Gras 1 tot een diepte van 0-20 cm. Voor elke herhaling per behandeling zijn er 10 steken genomen. De monsters zijn homogeen gemengd, een submonster van 100 gram verse grond is gemaakt en opgestuurd naar Lios. De nematoden zijn uit de grond gespoeld en op soort gebracht via microscopie. Er is onderzoek gedaan naar totale aantallen nematoden, en verschillende voedselgroepen, in grasland en maïsland. De verschillende voedselgroepen die geïdentificeerd waren zijn: bacterie eters, planteneters, en planteneters. Dauerlarven zijn wel geteld, maar niet meegerekend in het aantal te determineren nematoden.

2.6.10 Theezakjes index

De theezakjes index is een relatief simpele methode om organische stof afbraak in de bodem te meten door middel van het ingraven van twee verschillende theezakjes die in de supermarkt gekocht kunnen worden: groene- en rooibosthee (Keuskamp *et al.*, 2013). De theezakjesindex geeft een stabilisatiefactor, dit geeft aan hoeveel van het organische materiaal in de loop van de tijd wordt gestabiliseerd. Hoge waarden impliceren dat het organische materiaal meer resistent zijn tegen afbraak, wat bijdraagt aan lange termijn opbouw van organische stof in de bodem. De andere waarde is de afbraaksnelheid. Dit geeft aan hoe snel het organische materiaal wordt afgebroken. Hoge waarden impliceren dat organische materiaal sneller wordt afgebroken en daardoor sneller nutriënten vrijgeeft. Rooibos en groene thee zakjes zijn eerst gedroogd (40°C voor 2 uur) en daarna gewogen op een precisieweegschaal (± 0.001 g). Vier zakjes rooibos en groene thee zijn per herhaling per behandeling in de bodem geplaatst. De theezakjes zijn op 8 cm diep geplaatst verspreid over een herhaling. Na drie maanden zijn de theezakjes uitgegraven, gedroogd en weer gewogen. De theezakjes index zijn in 2019 en 2020 bepaald.

2.6.11 Mycorrhizakolonizatie

Voor het bepalen van de mycorrhizakolonizatie zijn er op het proefveld Zand Gras 1 per herhaling zes monsters genomen. Monsters zijn gestoken met een 2 cm brede guts tot een diepte van 0–30 cm. De wortels zijn gespoeld en drooggedept waarnaar ze ontkleurd zijn door middel van 10% KOH bij een temperatuur van 90 °C. Nadat de wortels waren ontkleurd, zijn ze gekleurd in een inktoplossing. Uiteindelijk zijn de wortels via een lichtmicroscopie gescoord op mycorrhizakolonisatie via de de magnified intersection method (McGonigle *et al.*, 1990).

2.6.12 Bodemchemie (Handheldscanner en Eurofins)

In het vroege voorjaar van 2020, 2023 en 2024 zijn bodemmonsters verzameld om te analyseren met behulp van een handheldscanner. Daarnaast zijn in 2018, 2021 en 2024 bodemmonsters verzameld en opgestuurd naar Eurofins voor uitgebreide analyse. Alle bodemmonsters zijn genomen met een gutsboor (25 cm lang, 1 cm breed). Op bouwland zijn per herhaling 20 steken verzameld op een diepte van 0–25 cm. Op grasland is een diepte van 0–10 cm gehanteerd, eveneens 20 steken. De verzamelde grond is goed gemengd en vervolgens gekoeld bewaard voor verdere analyse. De AgroCares handheldscanner, biedt een relatief snelle (10 minuten) bepaling van diverse bodemparameters met behulp van Nabij-Infrarood Spectroscopie (NIR) binnen het bereik van 1300–2550 nm. De volgende parameters zijn gemeten: organische stof (OS, %), pH, kationen uitwisselings-capaciteit (CEC), bodemvocht, kleigehalte (%), totaal stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). De bodemmonsters die in 2018, 2021 en 2024 zijn verzameld, zijn naar Eurofins Agro gestuurd voor een uitgebreide analyse. In dit rapport worden per locatie de volgende parameters uitgelicht: organische stof (OS, %), pH, stikstofleverend vermogen, totaal stikstof (N-totaal), fosforbodemvoorraad, C/N-verhouding, calcium (Ca) en magnesium (Mg).

2.7 Data-analyse

Alle data-analyses zijn uitgevoerd in R en grafieken zijn gemaakt in Excel mits anders vermeld. Voor de analyse van de botanische samenstelling is het aantal soorten per behandeling getoetst met ANOVA, post-hoc test via TukeyHSD en een betrouwbaarheidsniveau van 0.95. Verschillen in de soortensamenstelling tussen de behandelingen is getoetst met RDA. Effecten van de behandelingen op grasopbrengst en graskwaliteit zijn getoetst met een lineair model, met behandeling, snede en jaar als factoren. Modelselectie was op basis van de Akaike informatie criteria (AIC), waarbij het model met de laagste AIC-waarde is gekozen. Bij significante effecten en interacties is de post-hoc test TukeyHSD gebruikt met een betrouwbaarheidsniveau van 0.95. Effecten van de behandelingen op maïsopbrengst en maïskwaliteit zijn getoetst met een lineair model, met behandeling, en jaar als factoren. Bij significante effecten is de post-hoc test TukeyHSD gebruikt met een betrouwbaarheidsniveau van 0.95.

De mycorrhizakolonisatie is geanalyseerd met behulp van IBM SPSS Statistics (versie 28) met een two-way ANOVA. Het verschil in indringingsweerstand van de verschillende behandelingen is getoetst met ANOVA, post-hoc test via TukeyHSD en een betrouwbaarheidsniveau van 0.95. De hittekaart is gemaakt met Rstudio versie 2024.04.2 “Chocolate Cosmos”, functie ggplot. Het effect van de behandelingen op de stabilisatiefactor en afbraaksnelheid van de theezakjes is getoetst met een *mixed model*, waarbij de verschillende proefvelden als *random factor* zijn meegenomen, post-hoc test via Kenward-Roger met een betrouwbaarheidsniveau van 0.95. Het verschil in aantal opgekomen onkruiden, waterretentie,

waterinfiltratie, wormenaantallen - en typeverdeling, nematodenaantallen - en voedingsgroepsverdeling en de chemische bodemparameters tussen de verschillende behandelingen is getoetst met ANOVA, post-hoc test via Tukey's Range Test en een betrouwbaarheidsniveau van 0.95. Niet normaal verdeelde data is getoetst met een Kruskal – Wallis test, post-hoc test via Wilcoxon Sign-Rank Test.

3. Resultaten

3.1 Bokashi

3.1.1 Bokashi-kwaliteit

Kuilmetingen voor de beoordeling van de bokashi-kwaliteit vonden jaarlijks plaats in februari-maart, gemiddeld 10 weken na het aanleggen van de kuil. In sommige jaren zijn meerdere monsters per kuil genomen, alleen monsters van de kuilen die zijn uitgereden zijn meegenomen in de berekening van de gemiddelde waarden (tabel 3).

3.1.2 Kiemproeven

Onkruidkieming van bokashi-monsters uit bestaande kuil

Bij alle vijf de herhalingen van bokashi die aan de buitenkant van de kuil waren genomen, waren kiemingen aanwezig, met gemiddeld 1.5 ± 0.7 kiemingen per liter materiaal. Van de vijf herhalingen uit het binnenste van de kuil kwamen kwam in slechts één van de herhalingen kiemingen voor, hier was het gemiddelde 0.6 ± 0.4 kiemingen per liter materiaal. De opgekomen onkruiden waren uitsluitend melganzevoet.

Kiemkracht van jacobskruiskruid en ridderzuring, netzakken in bestaande kuil

Na acht weken fermentatie in een bokashi-kuil is er geen kieming opgetreden van jacobskruiskruid, echter wel van ridderzuring met gemiddeld 1.2 kiemingen per liter bokashi (figuur 2).

Kiemkracht van Japanse duizendknoop, jacobskruiskruid en ridderzuring

In 2023 en 2024 zijn onkruidkiemproeven uitgevoerd met uitsluitend bokashi gemaakt van Japanse duizendknoop, jacobskruiskruid of ridderzuring. In 2023 is de kiemproof uitgevoerd na 12 weken fermentatie. Voor alle drie de onkruiden zijn geen kiemingen waargenomen (Bijlage VI). In 2024 is het experiment herhaald met een fermentatieduur van acht weken, waarbij ook de kiemkracht vóór fermentatie is onderzocht. Zowel de Japanse duizendknoop, jacobskruiskruid en ridderzuring waren kiemkrachtig voorafgaand aan de fermentatie (tabel 4). Na acht weken fermentatie zonder EM was er kiemkracht waargenomen in bokashi van Japanse duizendknoop en ridderzuring (0.7 ± 0.2 en 5.7 ± 4.1 kiemingen per liter resp.), maar niet van jacobskruiskruid. Na acht weken fermentatie mét EM is bij geen van de onkruiden kieming waargenomen.

Tabel 3: bokashi-kwaliteit parameters, gemiddelden over de jaren 2018-2024.

	Gemiddelde $\pm$ SE	Min	Max
Droge stof (g/kg)	284 $\pm$ 12	199	358
Organische stof (% van DS)	64 $\pm$ 3	40	74
Stikstof (g/kg ds)	21 $\pm$ 1	14	29
Fosfaat (g/kg ds)	8.6 $\pm$ 0.4	5.3	10.5
Kalium (g/kg ds)	27 $\pm$ 2	18	32
C/N	19 $\pm$ 2	15	28
pH-KCl	7.8 $\pm$ 0.8	5.9	8.8



Figuur 2: kiemproef van jacobskruiskruid en ridderzuring uit netzakken geplaatst in bokashi-kuil (RZ = Ridderzuring; JKK = jacobskruiskruid).

Tabel 4: kiemproef 2024 van Japanse duizendknoop, jacobskruiskruid en ridderzuring met en zonder effectieve micro-organismen (EM). Gemiddelden $\pm$ SE, N = 6.

	Kiemen (aantal/l)		
	Japanse duizendknoop	Jacobskruiskruid	Ridderzuring
Voor fermentatie	8.0*	78.7 $\pm$ 20.8 a	226.7 $\pm$ 12.0 a
Na fermentatie** zonder EM	0.7 $\pm$ 0.2	0.0 $\pm$ 0.0 b	5.7 $\pm$ 4.1 b
Na fermentatie** met EM	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b

* Twaalf stengels met knop zijn getest op kiemkracht i.p.v. een hoeveelheid (ml) onkruid.

** Na 8 weken fermentatie

3.2 Gewas

3.2.1 Gewasopbrengst

Graspercelen

Op het proefveld Zand Gras 1 zijn over de periode van 2018-2024 in totaal 15 opbrengstmetingen gedaan. De droge stof opbrengst varieert tussen de behandelingen ($F_{2, 167} = 7.41$, $p < 0.01$), waarbij de opbrengst van de bokashi-behandeling (3.3 ± 0.2 ton/ha) een hoger drogestofgehalte heeft dan de controle (2.7 ± 0.2 ton/ha) ($p < 0.01$) (figuur 3). Het drogestofgehalte van het gras in de bokashi-behandeling en de drijfmestbehandeling (3.0 ± 0.2 ton/ha) verschillen onderling niet ($p = 0.09$).

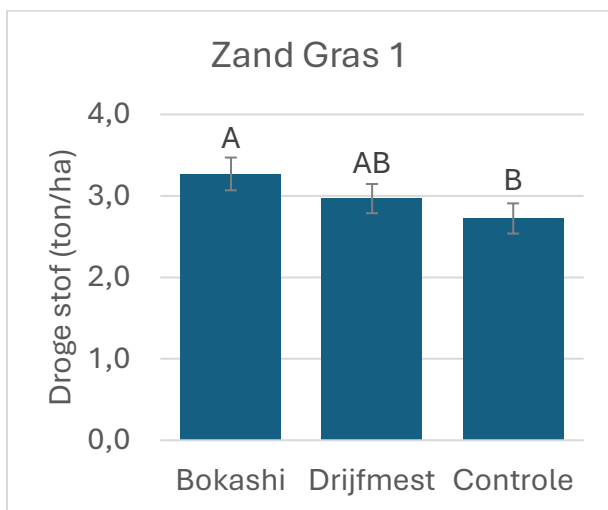
Op het proefveld Zand Gras 2 zijn in 2020 en 2024 in totaal vijf opbrengstmetingen gedaan. Er is geen effect van de behandelingen waargenomen ($F_{3,30} = 0.39$, $p = 0.76$). De gemiddelde droge stof opbrengst was 2.1 ± 0.2 ton/ha.

Op het proefveld Klei Gras is in 2020 eenmalig een opbrengstmeting gedaan. Tussen de behandelingen is er geen verschil waargenomen in droge stof opbrengst van het gras, hierin is ook de behandeling met vaste mest meegenomen ($F_{3,12} = 0.93$, $p = 0.46$). De gemiddelde droge stof opbrengst was 2.4 ± 0.1 ton/ha.

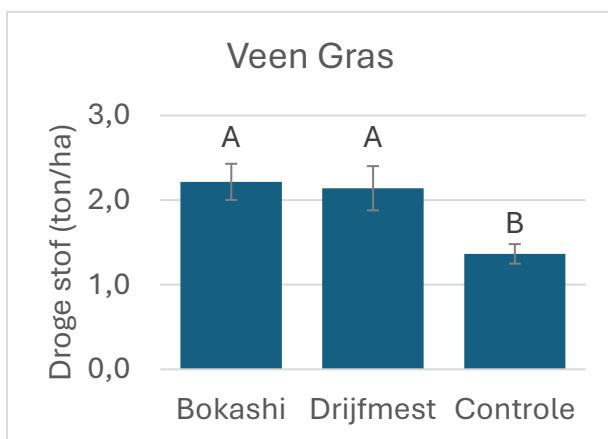
Op het proefveld Veen Gras zijn in 2020 vier opbrengstmetingen gedaan. De droge stof opbrengst varieert tussen de behandelingen ($F_{2,36} = 12.22$, $p < 0.01$), waarbij het gras van de bokashi-behandeling (2.2 ± 0.2 ton/ha) en de drijfmestbehandeling (2.1 ± 0.3 ton/ha) een hoger drogestofgehalte heeft dan de controle (1.4 ± 0.1 ton/ha) ($p < 0.01$) (figuur 4). Het droge stofgehalte van het gras in de bokashi-behandeling en de drijfmestbehandeling verschillen onderling niet ($p = 0.92$).

Maïspancel

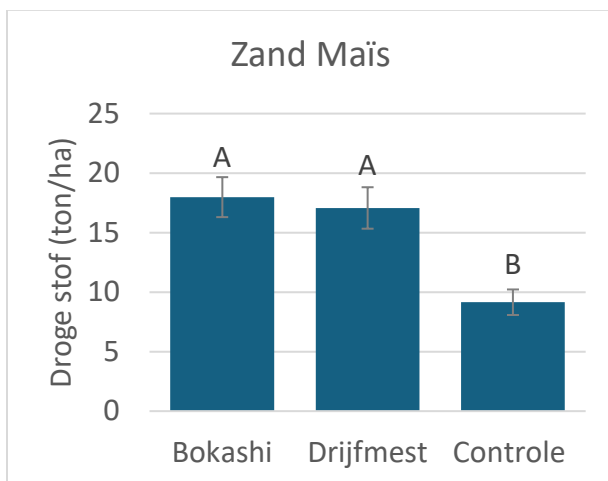
Op het proefveld Zand Maïs zijn over de periode van 2018-2024 in totaal vijf opbrengstmetingen gedaan tijdens de oogst van het gewas. De droge stof opbrengst varieert tussen de behandelingen ($F_{2,53} = 10.14$, $p < 0.01$), waarbij de opbrengst van de controle (9 ± 2 ton/ha) een lager drogestofgehalte heeft dan in de behandeling met bokashi (18 ± 2 ton/ha) en met drijfmest (17 ± 1 ton/ha) ($p < 0.01$) (figuur 5). Het droge stofgehalte van de maïs in de bokashi-behandeling en de drijfmestbehandeling verschillen onderling niet ($p = 0.91$). Daarnaast was er variatie in opbrengst tussen de jaren, waarbij van 2018-2020 het droge stof percentage relatief dicht bij elkaar lagen, in 2023 hogere droge stof percentages en in 2024 relatief lage droge stof percentages (Bijlage VII).



Figuur 3: droge stof opbrengst in ton per hectare van 15 snedes over de jaren 2018-2024 (gemiddelde $\pm$ SE).



Figuur 4: droge stof opbrengst in ton per hectare van vier snedes uit 2020 (gemiddelde $\pm$ SE).



Figuur 5: droge stof opbrengst van maïs in ton per hectare van vijf oogstmetingen over de periode van 2018-2024 (gemiddelde $\pm$ SE).

3.2.2 Gewaskwaliteit

Graspercelen

De kwaliteitsaspecten die geanalyseerd zijn voor grasmonsters zijn de voeder eenheid melk (VEM) en het gehalte ruw eiwit (g/kg droge stof). Op het proefveld Zand Gras 1 zijn over de periode van 2018-2020 in totaal 11 VEM analyses gedaan en 12 ruw eiwit analyses. Op zowel de VEM-waarde als het gehalte aan ruw eiwit zijn geen effecten waargenomen van de toegepaste behandelingen ($F_{2,110} = 0.02$, $p = 0.98$; $F_{2,128} = 0.07$, $p = 0.93$ resp.). De gemiddelde VEM was 915 ± 6 en het gemiddelde gehalte ruw eiwit was 153 ± 4 .

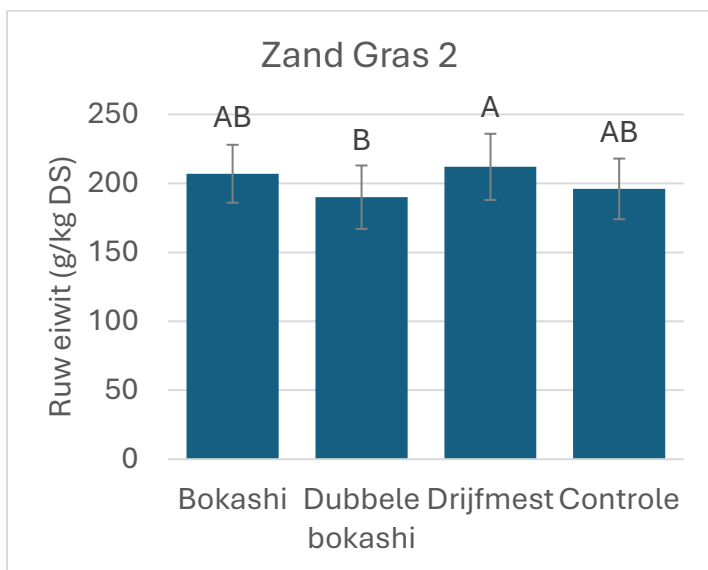
Op proefveld Zand Gras 2 zijn over de periode van 2020 en 2024 in totaal drie VEM en eiwit analyses gedaan. De behandeling heeft geen effect op de VEM-waarde ($F_{3,18} = 1.29$, $p = 0.31$), deze was gemiddeld 970 ± 14 . De behandeling heeft wel effect op het gehalte ruw eiwit ($F_{3,19} = 3.55$, $p = 0.03$), waarbij het gehalte ruw eiwit in de drijfmestbehandeling (212 ± 24) hoger was dan in de behandeling met dubbele bokashi (190 ± 23) ($p = 0.04$) (figuur 6). De ruw eiwitgehalten van de behandeling met een standaard bokashi-gift (207 ± 21) en de controle (196 ± 22) verschilden niet van elkaar of van de overige behandelingen.

Op het proefveld Klei Gras is in 2020 eenmalig een kwaliteitsanalyse gedaan. Tussen de behandelingen is er geen verschil waargenomen in VEM-waarde, hierin is ook de behandeling met vaste mest meegenomen ($F_{3,12} = 2.22$, $p = 0.14$). De gemiddelde VEM-waarde was 805 ± 5 . Ook het gehalte ruw eiwit verschilde niet tussen de behandelingen ($F_{3,12} = 1.39$, $p = 0.29$). Het gemiddelde ruw eiwitgehalte was 125 ± 2 .

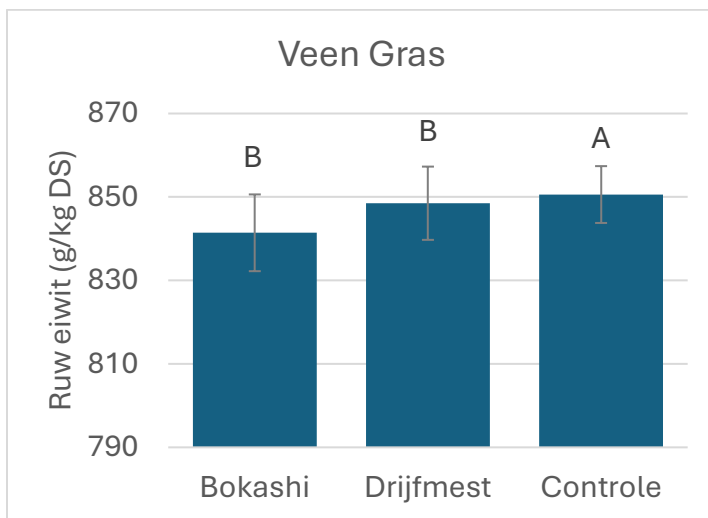
Op het proefveld Veen Gras zijn in 2020 drie VEM-analyses gedaan en vier ruw eiwit analyses. Tussen de behandelingen is er een verschil waargenomen in VEM-waarde ($F_{2,36} = 7.43$, $p < 0.01$), waarbij de VEM-waarde van de controle (851 ± 7) hoger was dan die in de behandeling met bokashi (841 ± 9) en drijfmest (849 ± 9) ($p < 0.01$) (figuur 7). De VEM-waarde van de behandeling met drijfmest en bokashi verschilden onderling niet van elkaar ($p = 0.94$). Het gehalte ruw eiwit verschilde niet tussen de behandelingen ($F_{2,27} = 0.48$, $p = 0.62$). Het gemiddelde ruw eiwitgehalte was 158 ± 5 .

Maïisperceel

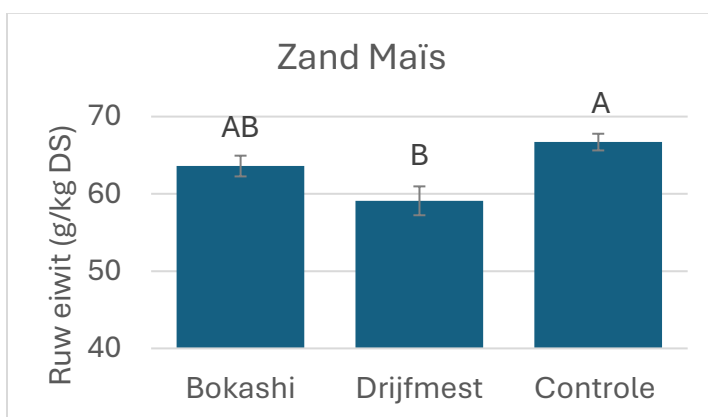
De gemeten kwaliteitsaspecten bij de maïs zijn zetmeelgehalte (g/kg droge stof) en ruw eiwit (g/kg droge stof). Het gehalte ruw eiwit varieerde wel tussen de behandelingen ($F_{2,53} = 7.23$, $p < 0.01$), waarbij het gehalte ruw eiwit in de controle (59 ± 2) lager was dan bij de behandeling met drijfmest (67 ± 1) ($p < 0.01$) (figuur 8). Het gehalte ruw eiwit in de behandeling met bokashi (64 ± 1) en drijfmest verschilden niet van elkaar ($p = 0.29$). Het zetmeelgehalte verschilde niet tussen de behandelingen ($F_{2,41} = 0.36$, $p = 0.70$) en was gemiddeld 425 ± 4 .



Figuur 6: ruw eiwit van gras in gram per kilogram droge stof van drie metingen over de periode van 2020-2024 (gemiddelde $\pm$ SE).



Figuur 7: ruw eiwit van gras in gram per kilogram droge stof van vier metingen over de periode van 2019-2024 (gemiddelde $\pm$ SE).



Figuur 8: ruw eiwit van maïs in gram per kilogram droge stof van vijf metingen over de periode van 2018-2024 (gemiddelde $\pm$ SE).

3.2.3 Botanische samenstelling

Op het proefveld Zand Gras 1 en Zand Gras 2 is de botanische samenstelling gemeten in 2018, 2020 en 2024. Waarbij 2018 de graslandsamenstelling is opgenomen vlak nadat de eerste behandelingen zijn uitgevoerd en daarom als nulmeting worden weergegeven.

Soortenaantallen

In proefveld Zand Gras 1 verschilt het aantal soorten per behandeling ($F_{6,41} = 5.20$, $p < 0.01$), waarbij er in 2024 minder soorten aanwezig waren in de bokashi-behandeling ten opzichte van de nulmeting ($p_{\text{adj}} < 0.01$) en de drijfmestbehandelingen in 2020 en 2024 ($p_{\text{adj}} = 0.01$ en 0.03 resp.) (Bijlage VIII). De overige behandelingen verschillen niet van elkaar wat betreft soortenaantallen. Ook in proefveld Gras zand 2 verschilt het aantal soorten per behandeling ($F_{8,23} = 6.13$, $p < 0.01$), waarbij er ten opzichte van de nulmeting in 2018 minder soorten zitten in de controle van 2020 ($p_{\text{adj}} < 0.01$) en in de drijfmest van 2024 ($p_{\text{adj}} < 0.01$) (Bijlage IX). Ook zitten er in de drijfmest van 2024 minder soorten ten opzichte van de drijfmest in 2020 ($p_{\text{adj}} = 0.01$). In het proefveld Veen Gras is alleen in 2020 de botanische samenstelling gemeten. Het aantal soorten per behandeling verschilt ($F_{2,13} = 5.01$, $p = 0.02$), waarbij er ten opzichte van de controle minder soorten zitten in de bokashi ($p = 0.02$) (Bijlage X). Het aantal soorten tussen de controle en drijfmest of tussen de bokashi en de drijfmest verschilt niet van elkaar ($p = 0.34$ en $p = 0.35$ resp.).

Soortensamenstelling

De soortensamenstelling van het proefveld Zand Gras 1 varieert tussen de opnames, 73% van de variatie in plantensamenstelling kan verklaard worden door jaar en behandeling ($p < 0.01$, $R^2_{\text{adj.}} = 69\%$). In de nulmeting van 2018 valt op dat de soortensamenstelling grotendeels bestaat uit Engels raaigras (50%) en ruw veldbeemd (37%), aangevuld met kruiden die per soort een bedekkingspercentage hebben van $< 4\%$ (figuur 9). In de daaropvolgende jaren veranderd de soortensamenstelling en zijn er patronen te linken aan de behandelingen (tabel 5). In de strook met bokashi is in 2020 en in 2024 het aandeel paardenbloem relatief hoog en constant. Ook kweekgras is relatief hoog bij de bokashi-behandeling ten opzichte van drijfmest en de controle. Ridderzuring komt beide jaren het meest voor in de drijfmestbehandeling. De bedekkingsgraad van ruw beemdgras liep in 2020 terug en heeft in 2024 weer relatief hoge waarden, maar niet bij de controle.

Tabel 5: bedekkingsgraad (%) van plantensoorten in Zand Gras 1 die mogelijk samenhangen met de behandelingen.

	2018	2020			2024		
	Nulmeting	Bokashi	Drijfmest	Controle	Bokashi	Drijfmest	Controle
Paardenbloem	4	15	8	8	13	4	16
Kweek	<1	4	1	1	7	1	1
Ridderzuring	3	<1	1	<1	<1	3	0
Ruw beemdgras	37	7	4	3	25	26	8

Tabel 6: bedekkingsgraad (%) van plantensoorten in Zand Gras 2 die mogelijk samenhangen met de behandelingen.

	2018	2020				2024			
	Nulmeting	Bokashi laag	Bokashi hoog	Drijfmest	Controle	Bokashi laag	Bokashi hoog	Drijfmest	Controle
Straatgras	6	0	<1	0	0	0	1	0	0
Cichorei	3	<1	0	<1	<1	0	0	0	0
Engels raaigras	55	36	32	23	37	55	65	57	65
Witte klaver	5	6	17	14	7	8	3	8	3
Duizendblad	<1	10	3	6	9	4	1	1	5
Kropaar	1	23	20	22	23	3	<1	18	3

Tabel 7: bedekkingsgraad (%) van plantensoorten in Klei Gras die mogelijk samenhangen met de behandelingen in 2020.

	Bokashi	Drijfmest	Vaste mest	Controle
Kweek	8	16	0	9
Ridderzuring	0	1	0	0
Krulzuring	0	0	<1	0
Straatgras	0	<1	<1	0

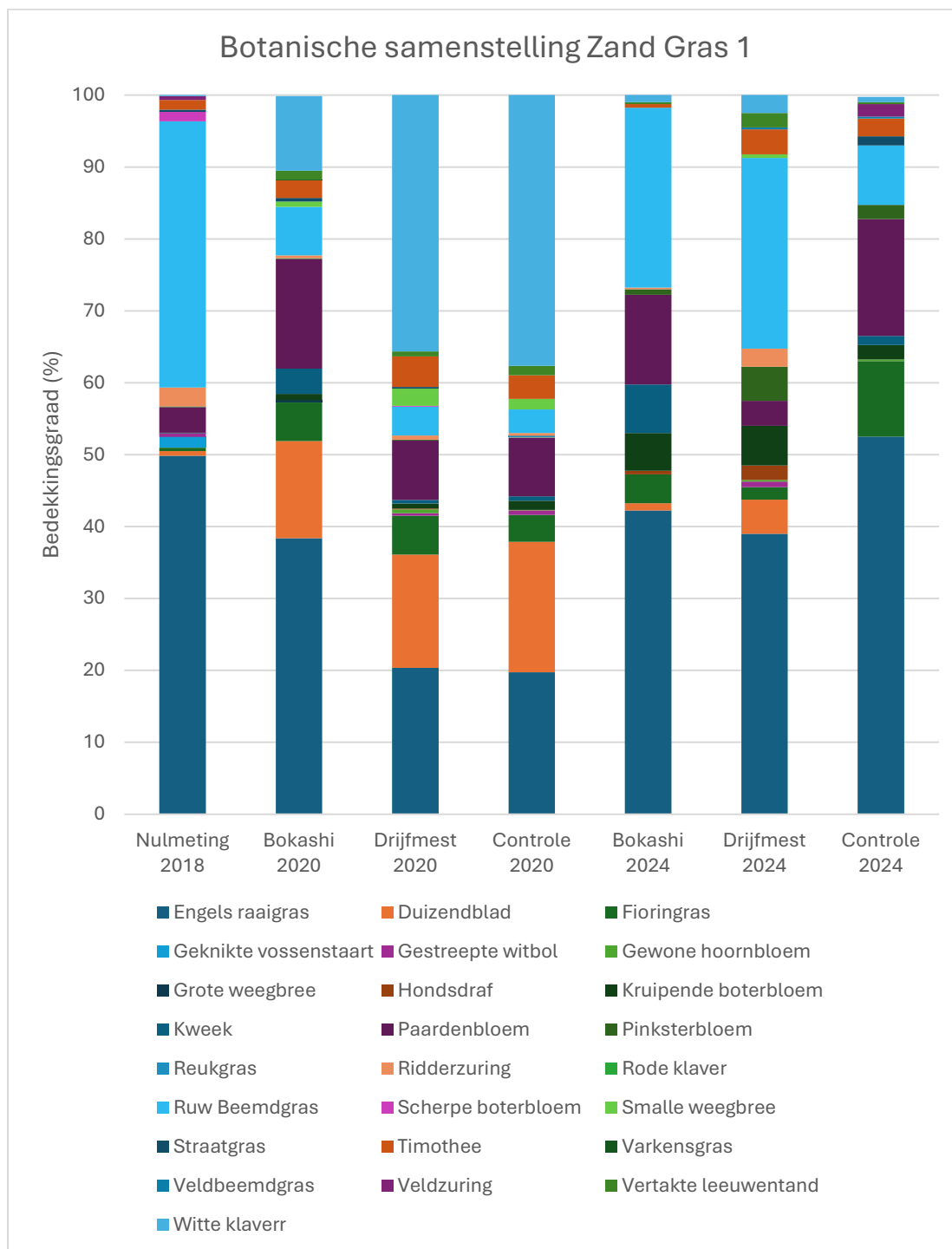
Tabel 8: bedekkingsgraad (%) van plantensoorten in Veen Gras die mogelijk samenhangen met de behandelingen in 2020.

	Bokashi	Drijfmest	Controle
Gestreepte witbol	8	0	4
Kweek	23	16	9
Witte klaver	<1	3	10

Ook de samenstelling van het proefveld Zand Gras 2 varieert tussen de opnames, 70% van de variatie in plantensamenstelling kan verklaard worden door jaar en behandeling ($p < 0.01$, $R^2_{\text{adj.}} = 59\%$). In de nulmeting van 2018 bestaat het proefveld voornamelijk uit Engels raaigras (55%) en ruw beemdgras (18%). Opvallend is het aandeel straatgras en cichorei welke in de jaren daarna vrijwel verdwenen zijn (tabel 6). In 2020 neemt het percentage Engels raaigras af, waarbij de drijfmestbehandeling het kleinste aandeel raaigras heeft ten opzichte van de andere behandelingen. Het aandeel witte klaver was in 2020 gemiddeld hoger dan in 2018 en 2024 en varieerde tussen de behandelingen. Ook was het aandeel duizendblad in 2020 hoger dan in 2018 en 2024 met enige variatie tussen de behandelingen bokashi laag en hoog, drijfmest en de controle. Het aandeel kropaar varieert in 2024 tussen de behandelingen en is aanzienlijk hoger bij drijfmest dan bij de andere behandelingen.

In het proefveld Klei Gras is alleen in 2020 de botanische samenstelling gemeten. In dit proefveld is er naast de behandeling met drijfmest en bokashi ook vaste mest toegepast. Uit de gewasopname blijkt dat er hoofdzakelijk grassen waargenomen zijn ($> 98\%$), het aantal plantensoorten per opname varieert tussen de drie en vijf (Bijlage XII). Opvallend is dat bij de behandeling met vaste mest geen kweek is waargenomen (tabel 7). Krul- en of ridderzuring en straatgras zijn alleen waargenomen en de behandelingen met drijfmest en vaste mest met een percentage van $< 1\%$.

Ook in het proefveld Veen Gras is alleen in 2020 de botanische samenstelling gemeten. De meest opvallende verschillen in sortenaandeel tussen bokashi en drijfmest zijn gestreepte witbol, kweek en witte klaver (tabel 8, Bijlage XIII). Gestreepte witbol komt niet voor op de drijfmestbehandelingen maar wel in bokashi en de controle. Het aandeel kweek is het hoogst in de bokashi-behandeling en het laagst in de controle. Witte klaver kwam het meest voor op de controle en het minst op de bokashi-behandeling.



Figuur 9: botanische samenstelling op proefveld Zand Gras 1 over de periode 2028-2024 (gemiddelden).

3.3 Bodem fysische eigenschappen

3.3.1 Bodemconditiescore

De bodemconditiescore is in 2018 en in 2020 op alle percelen uitgevoerd en in 2024 alleen op Zand Gras 1. De eindscores van proefveld Zand Gras 1 tonen geen verschillen tussen de behandelingen, maar

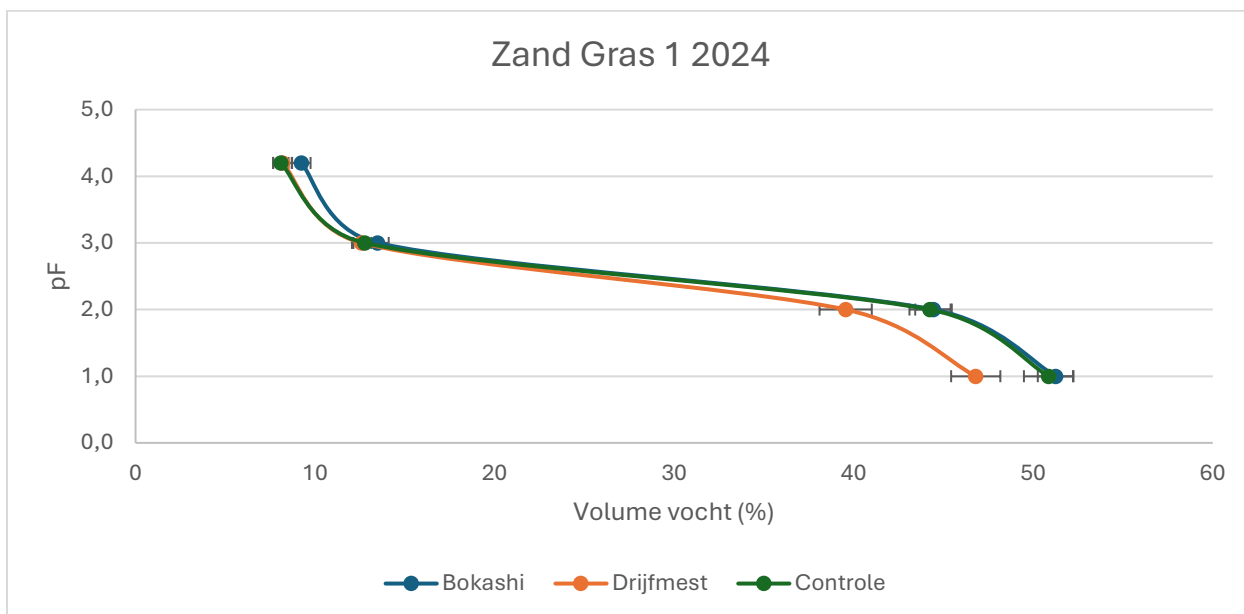
wel over de jaren heen (2018 matig, 2020 goed en 2024 goed). Zand Gras 2 geeft wel verschillende eindscores tussen de behandelingen, waarbij in beide jaren de behandelingen met drijfmest en dubbele bokashi matig scoren (op pH en beworteling), bokashi en de controle scoren goed. Veen Gras scoort in 2018 op alle behandelingen een goed en in 2020 een matig bij de drijfmest (minder regenwormen) en een goed bij de bokashi en de controle. Klei Gras scoort beide jaren op alle behandelingen een matig (plasmvorming, scheuren). Ook Zand Maïs scoort beide jaren op alle behandelingen matig (minder gewasbedekking en regenwormen). In Bijlage XIV staan van alle proefvelden de scores per jaar en per bodem beoordelingscriteria.

3.3.2 pF-curve

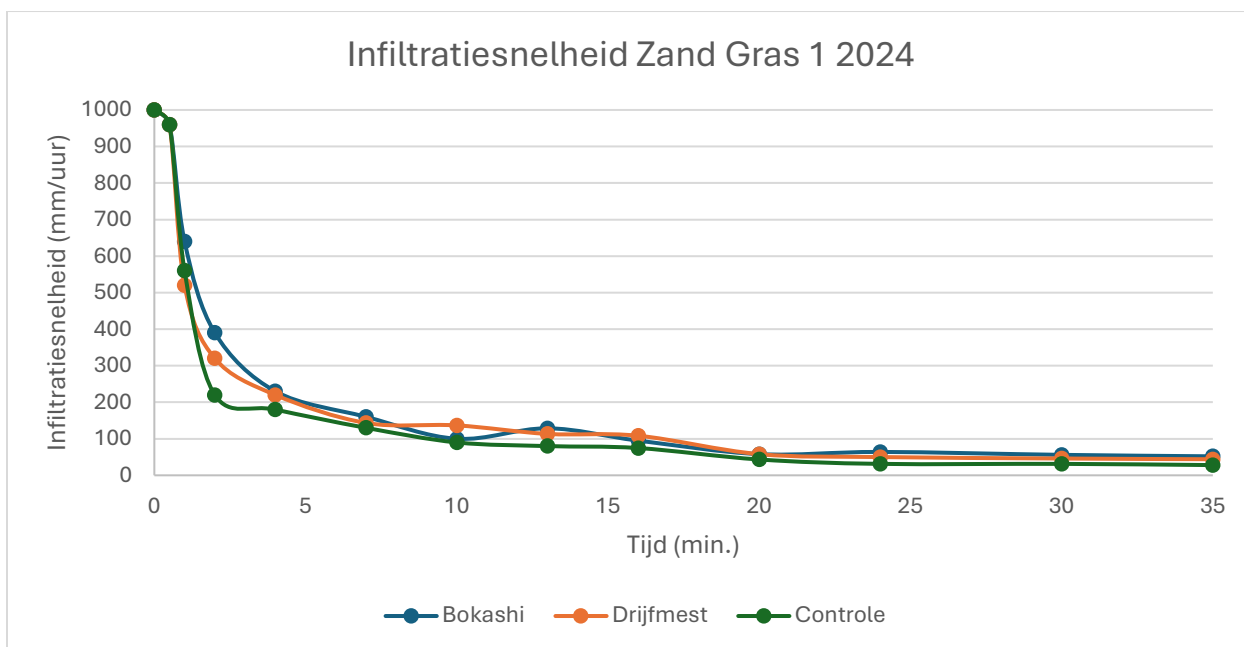
Het volume bodemvocht (%) per pF-waarde (4.2, 3, 2 en 1) van de bokashi- (46%, 29%, 12% en 8% resp.) en drijfmestbehandeling (46%, 28%, 13% en 8% resp.) waren vrijwel identiek aan elkaar in 2019 (Bijlage XV). In 2024 heeft de drijfmestbehandeling bij pF 1 een vochtgehalte van $47 \pm 1\%$ wat lager lijkt te zijn ten opzichte van de bokashi en controle (beide $51\% \pm 1\%$) ($F_{2,23} = 3.84$, $p = 0.05$ en $p = 0.08$, resp.) (figuur 10). Er was geen verschil tussen de bokashi- en controle behandelingen ($p = 0.97$). Bij pF 2 heeft de drijfmestbehandeling een vochtgehalte van $40 \pm 1\%$ wat lager was dan de bokashi- ($F_{2,23} = 5.16$, $p = 0.03$; $44 \pm 1\%$) en de controlebehandeling ($44 \pm 1\%$, $p = 0.03$). De vochtgehaltenes van de bokashi- en controlebehandelingen verschilden niet van elkaar bij pF 2 ($p = 0.99$). Voor pF 3 en pF 4.2 waren geen verschillen gevonden tussen de drie behandelingen met een gemiddelde van 23% ($F_{2,23} = 0.62$, $p = 0.55$) en 15%, resp. ($F_{2,23} = 1.69$, $p = 0.21$). Op perceel Zand Maïs verschilden de vochtgehaltenes niet tussen de behandelingen voor pF-waarden 1, 2, 3 en 4.2 ($F_{1,15} = 0.16$) (Bijlage XVI).

3.3.3 Waterinfiltratie

De snelheid van waterinfiltratie verschilden in zowel 2021 als in 2024 niet tussen de behandelingen ($F_{2,72} = 1.39$, $p = 0.26$) (figuur 11). In 2021 was de infiltratiesnelheid na 24 minuten 53.5 mm/uur gemiddeld voor de twee meetmomenten ongeacht de behandeling (Bijlage XVII en XVIII). In 2024 was de infiltratiesnelheid na 24 minuten, ongeacht de behandeling, gemiddeld 44.7 mm/uur. Wel is te zien dat na circa 2 minuten de infiltratiesnelheid van de bokashi-behandeling hoger ligt dan die van de andere behandelingen, dit verschil is echter rond de 5 minuten weer verdwenen.



Figuur 10: pF curve van Zand Gras 1 in 2024.

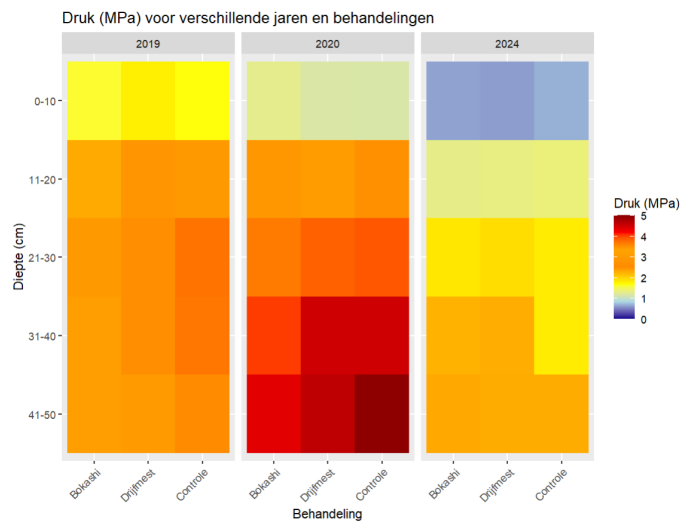


Figuur 11: infiltratiesnelheid voor Zand Gras 1 in 2024. Op de y-as is de snelheid in mm/uur weergegeven. De x-as geeft tijd in minuten aan. Blauw voor drijfmest-, oranje voor bokashi- en groen voor de controle behandeling.

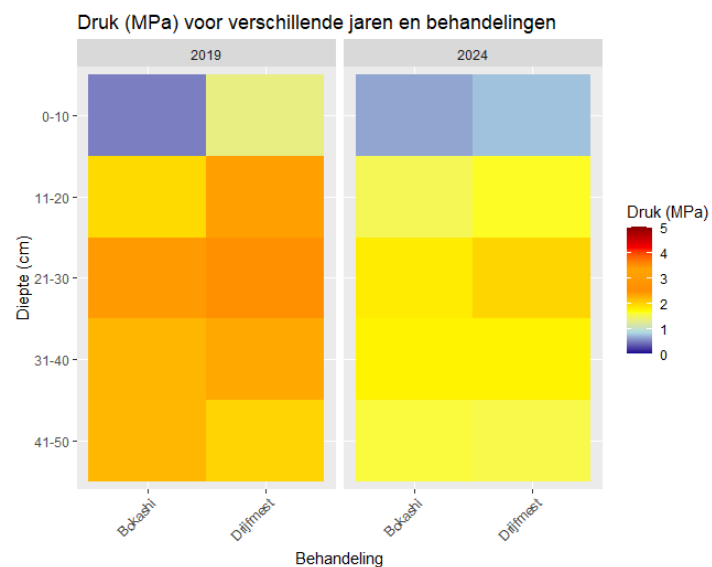
3.3.4 Indringingsweerstand

Op het Zand Gras 1 proefveld is in 2019 geen verschil in druk (MPa) waargenomen tussen de behandelingen op de verschillende dieptes ($F_{8,45} = 0.24$; $p = 0.98$) (figuur 12). In 2020 waren er wel verschillen in druk tussen de behandelingen voor de verschillende dieptes ($F_{8,59} = 4.48$; $p < 0.01$) (Bijlage XIX). Op 31-40 cm heeft de bokashi-behandeling (4.0 ± 0.0 MPa) een lagere druk dan de controle- (5.1 ± 0.0 MPa) en drijfmestbehandeling (5.1 ± 0.0 MPa) ($F_{2,11} = 12.96$, $p < 0.01$). Op 41-50 cm was het verschil vergelijkbaar, met een lagere druk voor bokashi-behandeling (4.2 ± 0.0 MPa) dan de controle- (5.1 ± 0.0 MPa) en drijfmestbehandeling (5.1 ± 0.0 MPa) ($F_{2,11} = 44.17$, $p < 0.01$). In 2024 zat op diepte 0-10 cm een drukverschil tussen de behandelingen waarbij de bokashi-behandeling de laagste druk heeft (0.5 ± 0.0 MPa) vergeleken met drijfmest (0.7 ± 0.0 MPa) en controle (0.7 ± 0.0 MPa) ($F_{2,11} = 8.33$, $p = 0.03$). Op de lagere dieptes waren er geen verschillen gevonden tussen de behandelingen ($F_{2,11} = 0.49$, $p = 0.63$). Over de jaren heen nam in alle behandelingen de druk af in de bovenste bodemlaag (0-10 cm) ($F_{2,35} = 207.79$; $p < 0.01$). Ook voor 11-20 cm nam de druk af, met een lagere druk in 2024 dan in 2020 en 2019 ($p < 0.01$). In 2019-2020 nam de druk juist toe voor de lagen 21-30 cm, 31-40 cm en 41-50 cm ($p < 0.01$), maar daalde tussen 2020 en 2024 ($p < 0.01$).

Op het Zand Maïs perceel vertoonde de bokashi-behandeling in 2019 lagere drukniveaus dan de drijfmestbehandeling voor de dieptes 0-10 cm ($F_{1,7} = 9.68$, $p = 0.02$) en 11-20 cm ($F_{1,7} = 16.47$, $p < 0.01$), 21-30 cm ($F_{1,7} = 19.23$, $p < 0.01$) en 31-40 cm ($F_{1,7} = 7.07$, $p = 0.04$) (Bijlage XX) (figuur 13). Er was geen verschil in druk tussen de behandelingen voor de diepte 41-50 cm ($F_{1,7} = 0.24$, $p = 0.64$). In 2024 waren er geen drukverschillen gevonden tussen de behandelingen ($p > 0.05$). De druk voor de drijfmestbehandeling nam van 2019 naar 2024 af voor de diepte 0-10 cm ($F_{6,1} = 18.16$; $p < 0.01$), maar voor de bokashi-behandeling was er geen verschil ($F_{6,1} = 0.54$; $p = 0.49$) in 2024 ten opzichte van 2019.



Figuur 12: hittekaart van Zand Gras 1 data verzameld met de penetrologger. Het geeft de druk (in MPa) per diepte en behandeling weer voor de jaren 2019, 2020 en 2024. De x-as toont de drie behandelingen: bokashi, drijfmest, en nul (controle), terwijl de y-as de diepte in centimeters weergeeft (0-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm, 31-40 cm, 41-50 cm). De kleurenschaal aan de rechterkant geeft de druk (MPa) aan, van blauw (lage druk) tot rood (hoge druk).



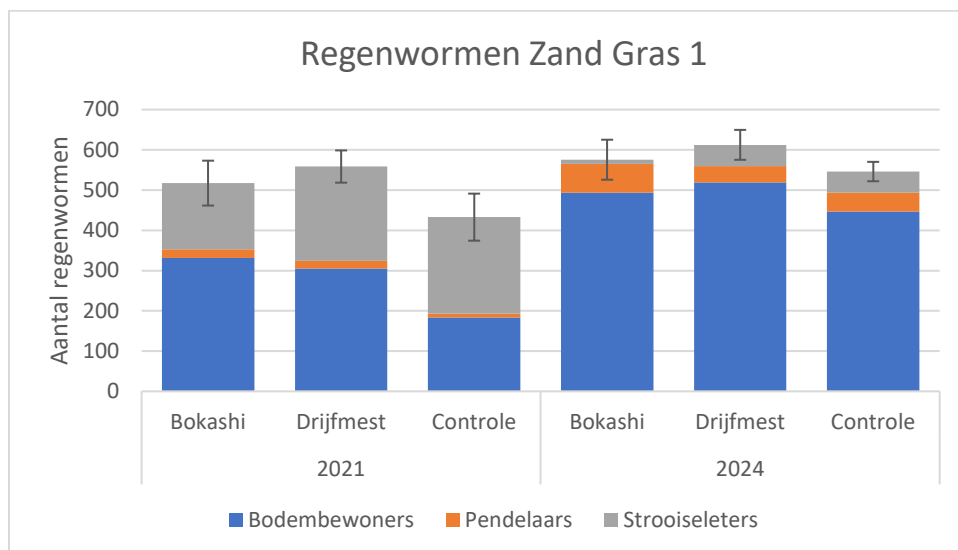
Figuur 13: hittekaart van Zand Maïs data verzameld met de penetrologger. Het geeft de druk (in MPa) weer voor verschillende jaren (2019 en 2024) en behandelingen (bokashi en drijfmest) op verschillende dieptes van de bodem (0-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm, 31-40 cm, 41-50 cm). De kleurenschaal aan de rechterkant toont de druk, variërend van blauw (lage druk) tot rood (hoge druk).

3.4 Bodem biologische eigenschappen

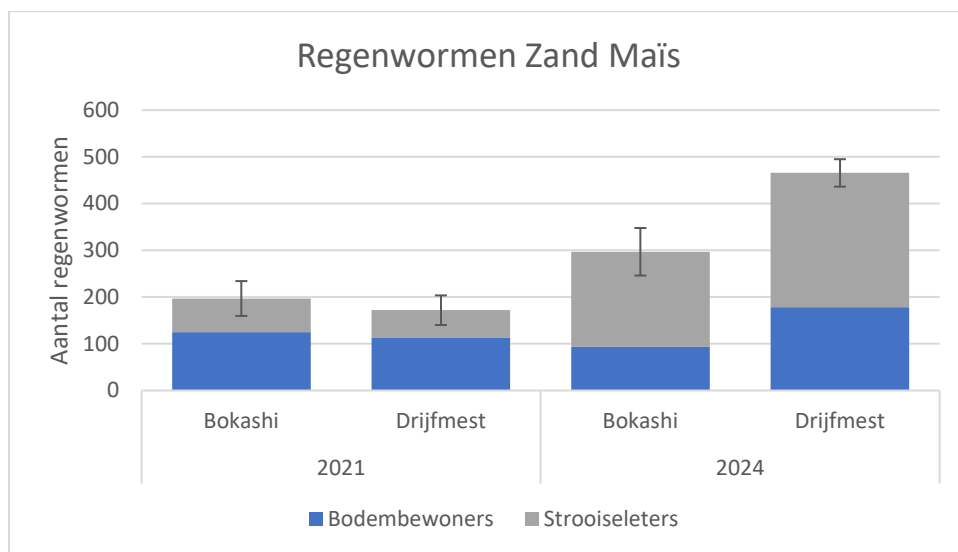
3.4.1 Regenwormen

Op het Zand Gras 1 perceel lijkt er een trend te zijn dat de wormenbiomassa in zowel 2021 als 2024 hoger was in de bokashi-behandeling (209 ± 39 g en 298 ± 46 g, resp.) vergeleken met de controle- (136 ± 25 g en 219 ± 24 g) en drijfmestbehandelingen (187 ± 21 g en 229 ± 22 g), echter waren deze verschillen niet significant (χ^2 (2, N = 36) = 6.71, $p = 0.08$) (Bijlage XXI). Ook het totaal aantal wormen verschilde niet tussen de behandelingen in zowel 2021 (gemiddeld 503 ± 37) ($\chi^2 = (2, N = 18) = 0.44$, $p = 0.81$) en 2024 (gemiddeld 578 ± 36) ($\chi^2 = (2, N = 18) = 0.18$, $p = 0.93$) (figuur 14). Daarnaast was er ook geen verschuiving in het aandeel van de verschillende typen regenwormen tussen de behandelingen ($p = 0.19$). Los van de behandelingen zijn in 2021 minder pendelaars gevonden dan in 2024 ($\chi^2 = (2, N = 18) = 46.35$, $p < 0.01$), minder bodembewoners ($\chi^2 = (2, N = 18) = 82.95$, $p < 0.01$) en meer strooiselelers.

Op het Zand Maïs perceel was er geen verschil in totale regenwormenbiomassa tussen de drijfmest en bokashi-behandeling in 2021 ($F_{1,20} = 0.48$, $p = 0.50$) of in 2024 ($F_{1,20} = 3.7$, $p = 0.07$) (Bijlage XXII). Wel zijn er in 2024 meer wormen gevonden dan in 2021 ($F_{1,46} = 15.07$, $p < 0.01$) en was met name het aandeel strooiselbewoners toegenomen. Ook het totaal aantal regenwormen verschilde niet tussen de behandelingen in 2021 (gemiddeld 184 ± 29 wormen) ($F_{1,28} = 0.27$, $p = 0.61$) of in 2024 (gemiddeld 381 ± 57 wormen) ($F_{1,12} = 3.97$, $p = 0.07$) (figuur 15). Los van de behandelingen zijn in 2024 meer strooiselelers gevonden dan in 2021 ($\chi^2 = (5, N = 24) = 53.99$, $p < 0.01$). Het aantal bodembewoners verschilde niet tussen de jaren ($p = 0.67$).



Figuur 14: aantal regenwormen opgesplitst in functionele groepen per behandeling in 2021 en 2024 op perceel Zand Gras 1 (gemiddelde $\pm$ SE).



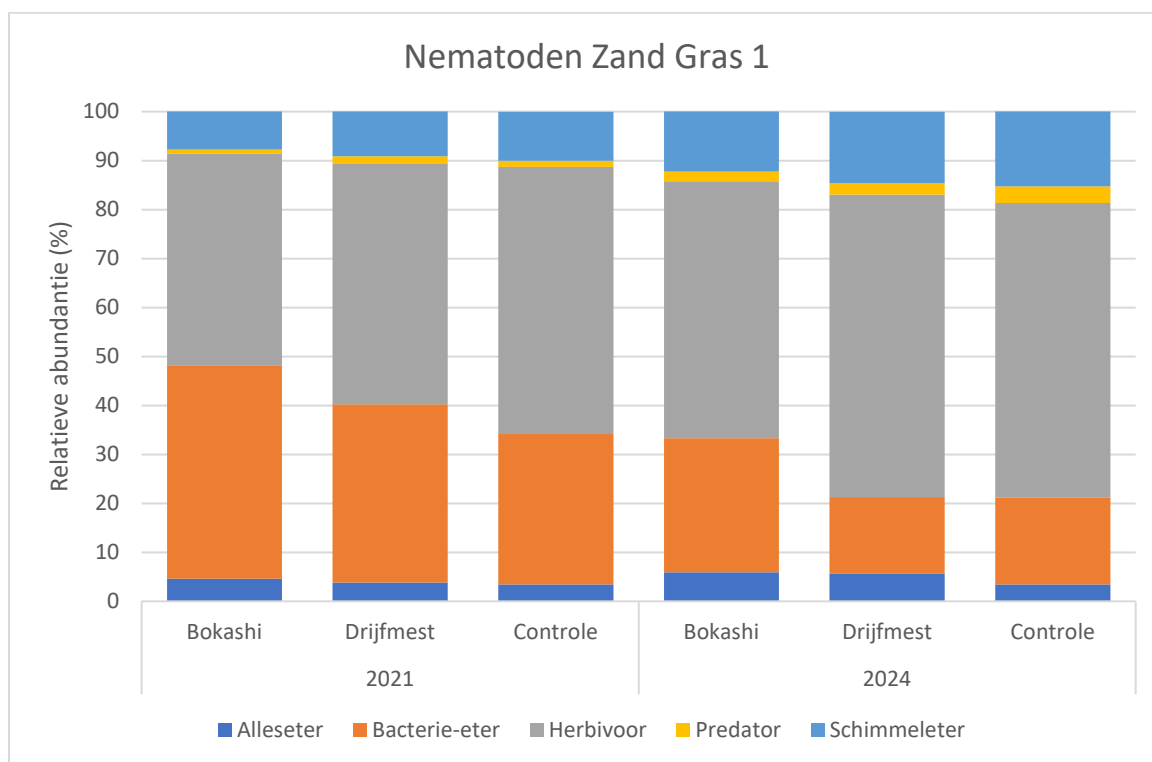
Figuur 15: aantal regenwormen opgesplitst in functionele groepen per behandeling in 2021 en 2024 op perceel Zand Maïs (gemiddelde $\pm$ SE).

3.4.2 Nematoden

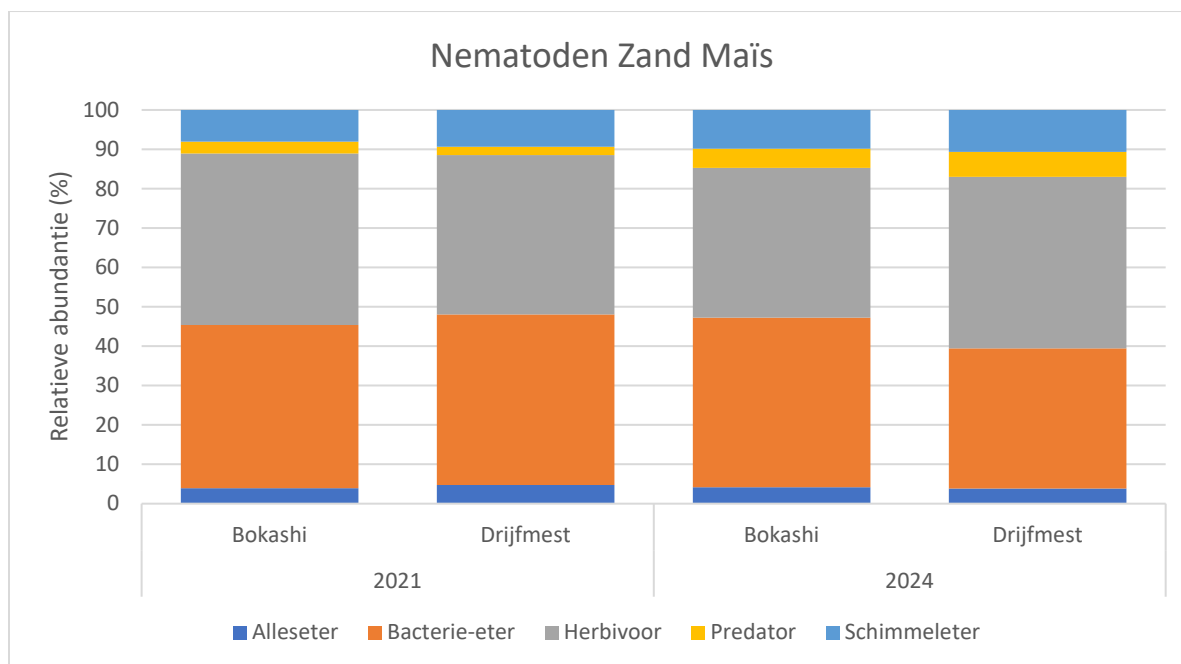
Er zijn op perceel Zand Gras 1 gemiddeld 6.8 ± 0.5 mg nematoden per 100 gram verse grond gevonden. In de jaren 2021 en 2024 zijn significante verschillen vastgesteld in de totale nematodenbiomassa tussen de behandelingen met bokashi, drijfmest en een controle ($F_{2,18} = 4.4$, $p = 0.03$) (Bijlage XXIII). Echter, uit de post-hoc analyse bleek niet welke specifieke behandelingen significant van elkaar verschilden ($p > 0.05$). Daarnaast zijn verschillen waargenomen in de relatieve abundantie van functionele groepen nematoden (figuur 16). Het aandeel schimmeletende nematoden varieerde tussen de behandelingen ($F_{2,18} = 4.3$, $p = 0.03$) en was hoger in de controle dan in de bokashi-behandeling ($p = 0.03$), de overige behandelingen verschilden onderling niet van elkaar ($p > 0.05$). Ook het aandeel herbivoren varieerde tussen de behandelingen ($F_{2,18} = 4.3$, $p = 0.03$) en was tevens hoger in de controle dan in de bokashi-behandeling ($p = 0.03$), de overige behandelingen verschilden onderling niet van elkaar ($p > 0.05$). Als laatste varieerde het aandeel bacterie-etende nematoden tussen de behandelingen ($F_{2,18} = 6.4$, $p < 0.01$) en waren in de bokashi-behandeling hoger dan in de controle ($p < 0.01$) en in de drijfmestbehandeling ($p = 0.03$), de controle en de drijfmestbehandelingen verschilden onderling niet van elkaar ($p > 0.05$). Het aandeel omnivoren en predatore nematoden verschilden niet tussen de behandelingen ($F_{2,18} = 3.5$, $p = 0.05$; $F_{2,18} = 2.0$, $p = 0.17$ resp.).

Op perceel Zand Gras 1 varieerde de relatieve abundantie van de voedingsgroepen ook tussen de jaren. De relatieve abundantie van schimmeletende nematode nam ongeacht de behandeling toe van 2021 ($9.0 \pm 2.6\%$) naar 2024 ($14.0 \pm 0.6\%$) ($F_{1,18} = 46.7$, $p < 0.01$). Ook de relatieve abundantie van predatoren nam ongeacht de behandeling toe van 2021 ($1.2 \pm 0.3\%$) naar 2024 ($2.6 \pm 0.3\%$) ($F_{1,18} = 12.8$, $p < 0.01$). Tevens nam de relatieve abundantie van herbivoren toe ongeacht de behandeling van 2021 ($49.1 \pm 2.5\%$) naar 2024 ($58.1 \pm 1.9\%$) ($F_{1,18} = 12.8$, $p < 0.01$). De relatieve abundantie van bacterie-etende nematode nam juist af van 2021 ($36.9 \pm 2.6\%$) naar 2024 ($20.3 \pm 2.0\%$) ($F_{1,18} = 37.0$, $p < 0.01$).

Op Zand Maïs is voor de bokashi- en drijfmestbehandelingen geen verschillen gevonden in de totale biomassa nematoden (1.84 ± 0.43 mg/100 gram vers grond) in zowel 2021 als 2024 ($F_{1,12} = 0.22$, $p = 0.67$) (Bijlage XXIV). Ook de relatieve abundantie van de functionele groepen verschilden niet tussen de behandelingen of de jaren ($\chi^2 = (1, N = 80) = 0.00$, $p = 0.96$). Over de behandelingen en jaren heen zijn voornamelijk bacterivore ($40.9 \pm 1.3\%$) en herbivore nematoden ($41.4 \pm 1.8\%$) aangetroffen. Schimmel-etende ($9.5 \pm 0.5\%$), omnivore ($4.2 \pm 0.4\%$) en predatoren nematoden ($4.1 \pm 0.5\%$) kwamen in aanzienlijk lagere mate voor (figuur 17).



Figuur 16: verdeling van de nematodenvoedingsgroepen per behandeling in proefveld Zand Gras 1.



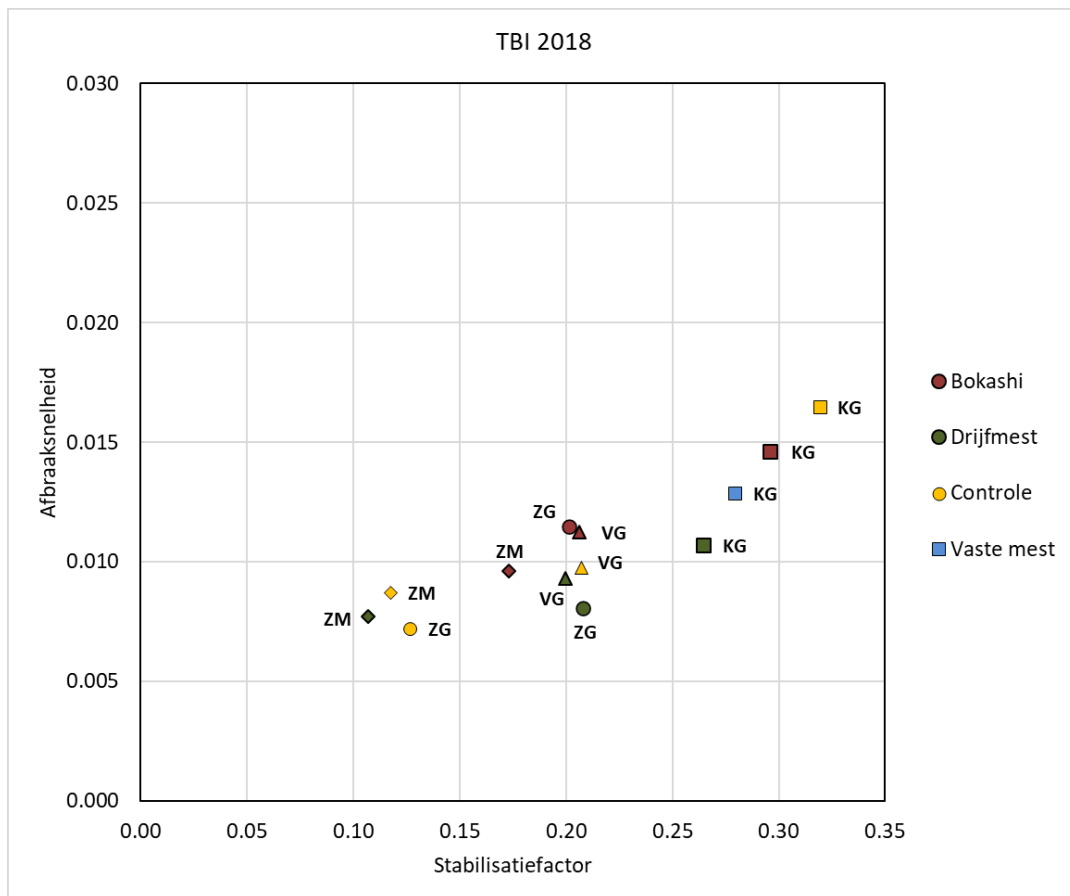
Figuur 17: verdeling van de nematodenvoedingsgroepen per behandeling in proefveld Zand Maïs.

3.4.3 Theezakjesindex

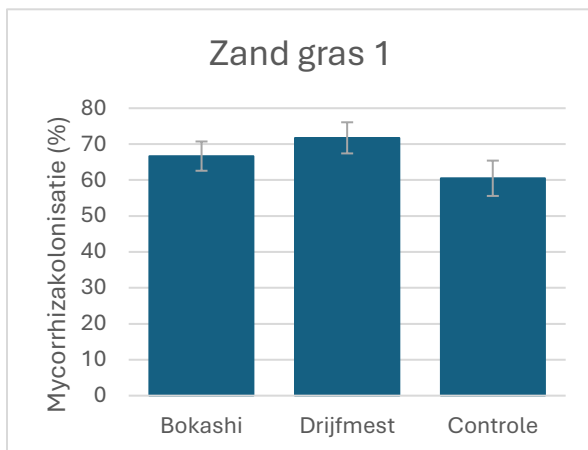
In 2018 en 2019 is de theezakjesmethode toegepast om de afbraaksnelheid van organisch materiaal in de bodem te meten. Afbraaksnelheidfactor varieerde in 2018 tussen de behandelingen ($F_{3,45} = 3.82$, $p = 0.02$), waarbij de theezakjes in de bokashi-behandeling een hogere afbraaksnelheidfactor hebben dan in de drijfmestbehandeling (0.012 ± 0.001 en 0.009 ± 0.000 resp.). De overige behandelingen verschilden niet van elkaar, in 2019 was er geen effect van behandeling op de afbraaksnelheidfactor ($F_{5,52} = 1.19$, $p = 0.33$). De behandelingen heeft in beide jaren geen effect op de stabilisatiefactor ($F_{3,45} = 2.29$, $p = 0.09$; $F_{5,52} = 0.13$, $p = 0.98$ resp.). In beide jaren is een clustering te zien van de percelen (figuur 18 en Bijlage XXV).

3.4.4 Mycorrhiza

De mycorrhizakolonisatie van graswortels, gemeten in 2023 op Zand Gras 1, verschilde niet tussen de bokashi, drijfmest en de controlebehandelingen (Figuur 19: $F_{2,35} = 1.60$, $P = 0.23$). De gemiddelde kolonisatie van alle behandelingen samen lag op $66 \pm 4\%$.



Figuur 18: theezakjesindex van de vijf proefvelden. Stabilisatiefactor: hoge waarden impliceren dat het organische materiaal meer resistent is tegen afbraak. Afbraaksnelheid: factor voor de afbraak, hoge waarden impliceren dat organische materiaal sneller wordt afgebroken. ZG1 = Zand Gras 1, ZM = Zand Mais, VG = Veen Gras, KG = Klei Gras.



Figuur 19: percentage mycorrhizakolonisatie per behandeling (gem. ± SE, n = 12).

3.5 Bodem chemische eigenschappen

In 2018, 2020, 2021, 2023 en 2024 zijn de chemische bodemparameters gemeten met de handheldscanner en/of door Eurofins. Er is gekeken naar het effect van de behandelingen (bokashi, drijfmest, dubbele bokashi, vaste mest en controle) op de diverse chemische bodemparameters door de jaren heen. Uit de PCA-analyse, op basis van de Eurofins data, blijkt dat de monsters clusteren op basis van bodemtype (zand, klei en veen; figuur 20) en niet op basis van behandeling.

3.5.1 Eurofins

Uit de Eurofins-analyses zijn de volgende parameters meegenomen in de analyse: N-totaal, P-bodem, K-bodem, Ca-bodem, Mg-bodem, C/N verhouding, OS, pH en CEC. Significante verschillen in bodemparameters tussen de jaren worden alleen beschreven wanneer er een interactie is tussen jaar en behandeling. Alle gemiddelde waarden zijn terug te vinden in Bijlage XXVI.

Op het Zand Maïs perceel heeft de bokashi-behandeling (777 ± 22 kg P/ha) een hogere bodemfosfaatvoorraad vergeleken met de controle- en drijfmestbehandeling (733 ± 21 kg P/ha en 715 ± 17 kg P/ha, resp.) ($F_{2,27} = 7.8$; $p < 0.01$). Op het perceel Zand Gras 2 heeft bokashi ook effect op bodem chemische parameters, maar alleen bij de dubbele bokashi toepassing. De dubbele hoeveelheid bokashi gaf een hogere totale bodemstikstofvoorraad (2957 ± 90 kg N/ha) ten opzichte van de drijfmest- en enkele bokashi-behandeling (2627 ± 70 en 2665 ± 78 kg N/ha, resp.) ($F_{3,12} = 5.92$; $p = 0.01$). Ook de kaliumbodenvoorraad was hoger in de dubbele bokashi-behandeling dan in de drijfmestbehandeling (186 ± 16 kg K/ha en 143 ± 12 kg K/ha, resp.) ($F_{3,12} = 4.01$, $p = 0.03$). De calciumbodenvoorraad was het hoogst in dubbele bokashi (1516 ± 124) ten opzichte van enkele bokashi, drijfmest en controle (1225 ± 137 , 1068 ± 94 en 1317 ± 58 kg K/ha, resp.) ($F_{3,12} = 22.18$; $p < 0.01$) en als laatst was de magnesiumbodenvoorraad in de stroken met dubbele bokashi (225 ± 7) hoger dan in stroken met drijfmest (171 ± 6) ($F_{3,12} = 5.23$; $p = 0.02$).

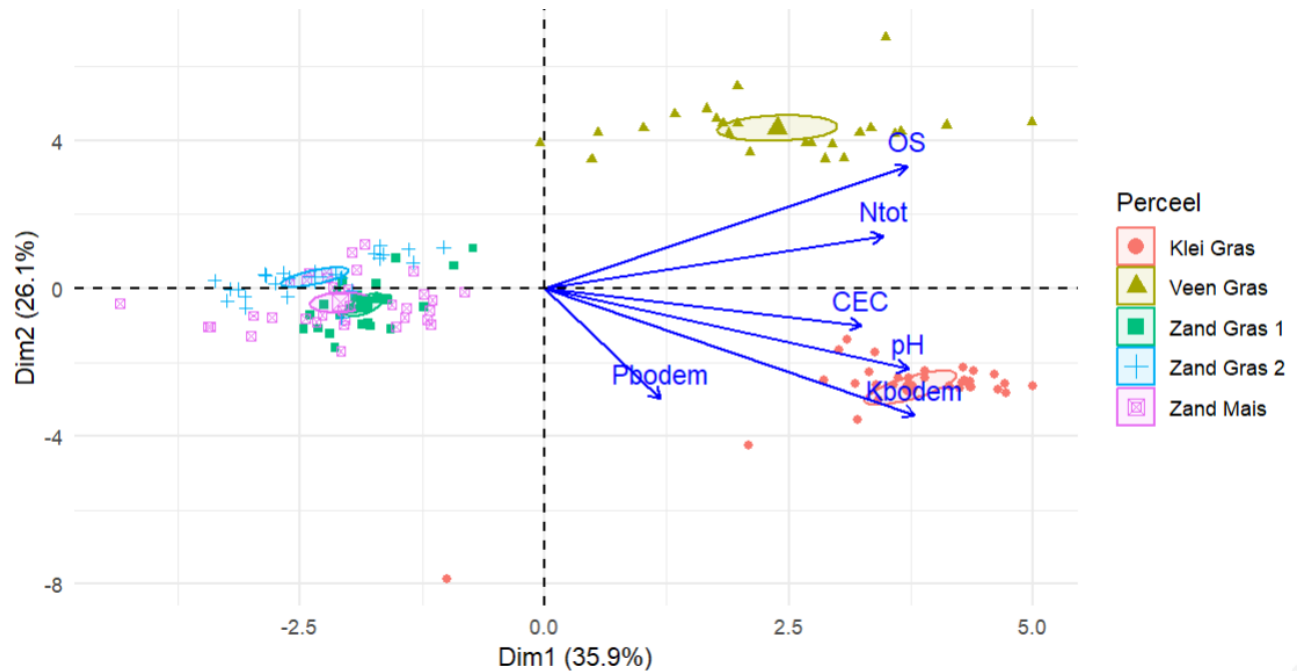
Overige effecten van behandelingen zijn waargenomen op het perceel Klei Gras. Hier was de fosfaatbodenvoorraad hoger in de drijfmestbehandeling (778 ± 54) ten opzichte van vaste mest (704 ± 33) en de controle (704 ± 33), maar verschilde niet van de bokashi-behandeling (724 ± 34) ($\text{Chi}^2 = (7, N = 32) = 25.17$, $p < 0.01$). Daarnaast was de calciumbodenvoorraad hoger in de behandeling met vaste mest (4373 ± 242) ten opzichte van drijfmest (3751 ± 362) ($\text{Chi}^2 = (7, N = 32) = 27.01$, $p < 0.01$). Op het perceel Zand Gras 1 en Veen Gras zijn geen effecten van de behandelingen waargenomen op een van de chemische bodemparameters (allen $F_{2,20}$, $p > 0.05$ en $F_{2,18}$, $p > 0.05$ resp.).

3.5.2 Handheldscanner

Uit de analyses van de Handheld scanner zijn de volgende parameters meegenomen in de analyse: N-totaal, P-bodem, K-uitwisselbaar, OS, pH en CEC. Significante verschillen in bodemparameters tussen de jaren worden alleen beschreven wanneer er een interactie is tussen jaar en behandeling. Alle gemiddelde waarden zijn terug te vinden in Bijlage XXVII.

De enige effecten van behandeling op de gemeten bodemparameters zijn waargenomen in het perceel Zand Maïs. Op dit perceel heeft de bodem met drijfmestbehandeling een hogere pH (6.3 ± 0.03) dan de bokashi- en controlebehandeling (6.2 ± 0.00 en 6.2 ± 0.03 resp.) ($F_{2,9} = 16.71$; $p < 0.01$). Bij de overige percelen was er voor vrijwel alle chemische bodemparameters een interactie tussen jaar en

behandeling, maar de behandelingen binnen de jaren verschilden niet van elkaar. Vervolgens is getest of behandeling alleen een effect heeft op een van de bodemparameters, ongeacht het jaar, ook daar kwamen geen significantie effecten naar voren.



Figuur 20: PCA-plot op basis van de bodem chemische parameters van Eurofins in de jaren 2018, 2021 en 2024. Blauwe pijlen zijn vectorpijlen voor organische stof % (OS), pH, kationenuitwisselingscapaciteit (CEC), totaal stikstof in de bodem (Ntot), totaal kalium in de bodem (Kbodem) en totaal fosfaat in de bodem (Pbodem).

4 Discussie

Bokashi kwaliteit

De C/N ratio van de bokashi in dit onderzoek lag gemiddeld op 19 ± 1.5 , dat is vergelijkbaar met bokashi gemaakt van bermmaaisel (21) en dat is relatief laag vergeleken met andere bokashi gemaakt van slootmaaisel (30) of gemaakt van blad (35) (Spijker 2004; Struyk & Schijndel 2021). De relatief lage C/N verhouding komt door de toevoeging van drijfmest en verhoogt de verteerbaarheid van het materiaal. Het stikstofgehalte van 21 g/kg DS ligt dan ook relatief hoog ten opzichte van bokashi gemaakt van maaisel (12 g/kg DS) (pers. comm. P.F.A.M. Römken). Ook het gehalte organische stof, fosfaat en kali liggen gemiddeld iets hoger dan bij referentiemonsters (Spijker et al., 2022). Er kan gesteld worden dat de bokashi een licht bemestende waarde heeft.

Kiemproeven

Een kwalitatief goede bodemverbeteraar bevat bij voorkeur geen kiemkrachtige zaden, de norm die voor keurcompost gehanteerd wordt is 0 kiemen per liter materiaal (Beoordelingsrichtlijn Keurcompost, 2023). Uit de kiemprouven van dit onderzoek komt naar voren dat het behalen van onkruidvrije bokashi mogelijk is, maar in een aantal gevallen onkruidzaden uit de bokashi gaan kiemen. Echter, bij het correct opzetten en bewaren van de bokashi blijft het aantal kiemkrachtige zaden nagenoeg nul en dit komt overeen met eerder onderzoek (Janmaat 2015; van't Westeinde et al., 2016; Riechelman & Postma 2021). In bokashi uit de buitenkant van de kuil zijn wel meer kiemen aangetroffen, gemiddeld 1.5 kiem/liter materiaal. De meeste kiemen kwamen van melganzevoet en zijn mogelijk op de kuil terechtgekomen nadat de kuil enige tijd open had gelegen. Bokashi gemaakt van puur alleen ridderzuring, jacobskruiskruid of Japanse duizendknoop bleef ook onder de norm mits er wel ferment toegevoegd was aan de bokashi. Bij het ontbreken van ferment kwam een aantal zaden van ridderzuring tot kieming (5.7 ± 4.1), terwijl er geen enkele kieming optrad van ridderzuring bij toevoeging van ferment. Ook de stengels van Japanse duizendknoop liepen niet uit na fermentatie met ferment, terwijl bij het ontbreken van ferment gemiddeld 0.7 van de 12 stengels nog uitliepen. De resultaten duiden erop dat het verloop van het fermentatieproces en de opslag van de kuil bepalend zijn voor de kwaliteit van het eindproduct (Struyk & van Schijndel 2019).

Vanuit de praktijk komt vaak de vraag of bokashi niet leidt tot meer onkruid, met name ridderzuring, maar deze zorg kan weggenomen worden als de kuil correct opgezet wordt. Ondanks dat de kiemkracht van Japanse duizendknoop volledig vernietigd kan worden bij een goed fermentatieproces (zie ook Cvejic et al 2021), is het af te raden om als particulier Japanse duizendknoop te verwerken tot bokashi. Gezien de risico's van het verspreiden van een exoot dient dit maaisel volgens landelijk protocol afgevoerd te worden naar een erkende verwerker (NVWA - invasieve exoten).

Botanische samenstelling

De analyse van de botanische samenstelling richtte zich op het totaal aantal plantensoorten per behandeling en op variatie in de soortensamenstelling tussen de behandelingen. De effecten van de behandelingen op het totaal aantal soorten verschilt per proefveld. Over alle proefvelden heen is het soortenaantal ten opzichte van de nulmeting meestal gelijk gebleven, soms achteruitgegaan, maar nooit toegenomen. Soorten die ten opzichte van de nulmeting niet meer voorkomen zijn zowel

gunstige soorten (o.a. smalle weegbree, chichorei) als ongunstige soorten (o.a. straatgras, ridderzuring en gestreepte witbol). Van deze soorten is de bedekkingsgraad veelal gering en vanaf 2020 lager dan 1%, ongeacht de behandeling.

Er zijn verschillen in soortensamenstelling waargenomen tussen de behandelingen, echter deze verschillen houden geen stand over de jaren heen. Opvallend is wel dat ridderzuring in de bokashi-behandeling in mindere mate tot niet voorkomt ten opzichte van de drijfmestbehandeling. Ook voor deze soort geldt dat dit het ene jaar meer evident is dan het andere jaar. Deze bevindingen zijn in lijn met de resultaten van de kiemproeven, waaruit blijkt dat ridderzuring niet kiemkrachtig blijft na fermentatie. Op de drijfmestbehandelingen is meer drijfmest gekomen dan op de bokashi-behandelingen en zaden van ridderzuring kan na opeten en uitpoepen nog kiemkrachtig zijn. Uit onderzoek blijkt dat de kiemkracht van ridderzuring na 100 dagen inkuiling verdwenen is en alleen via vers of gehooit materiaal zich kan verspreiden via de mest (Baars 2020). Uit het hier voor genoemd onderzoek blijkt ook dat gaten in de zode door zodebemesting of mestflarden de vestigingskans van ridderzuring doet vergroten.

Op proefvelden op zand- en veengrond waar kweek voorkomt, is de bedekkingsgraad van kweek in de bokashi-behandelingen gemiddeld hoger dan in de drijfmestbehandelingen, echter is dit beeld op de kleigronden juist tegenovergesteld. In bokashi van bovengrondse delen zal kweek zich niet kunnen vermeerderen, wel is het mogelijk dat zich er in het slootmaaisel stolonen (ondergrondse uitlopers) van kweek bevonden. Echter zijn in de verschillende kiemproeven geen uitlopers van kweek teruggevonden. De kans dat het hogere aandeel kweek een direct gevolg is van de bokashi-toepassing lijkt daarom niet voor de hand liggend.

Gewasopbrengst en -kwaliteit

Opbrengstverschillen op de graspercelen en het maïspaneel worden alleen waargenomen tussen bemest (bokashi en drijfmest) en de onbemeste controle (Zand gras 1 en Veen gras als Zand). Bij Zand Gras 2 en Klei Gras zijn er geen opbrengstverschillen tussen de drie behandelingen waargenomen. Ook kwaliteitsparameters (verteerbaarheid (VEM), zetmeel- en eiwitgehalte) verschillen niet tussen de bemeste en onbemeste behandelingen, met uitzondering van Zand Gras 2 waar het eiwitgehalte hoger is in de drijfmestbehandeling dan bij bokashi-behandeling. Uit eerdere onderzoeken komt naar voren dat het toevoegen van bokashi geen tot gering effect heeft op gewasopbrengst of kwaliteit van aardappels, luzerne, tarwe, gerst en maïs (Mayer et al., 2010; Bovendeert & de Vos, 2022; van der Sloot et al. 2025). In het onderzoek van van der Sloot et al. (2025) is het toegevoegde stikstofgehalte in de maaiselbehandelingen (aanzienlijk) hoger dan de controlebehandeling met kunstmest. In het huidige onderzoek is de hoeveelheid toegevoegde stikstof gelijk tussen de bokashi-behandeling en de drijfmestbehandeling. Dat ook in deze situatie de gewasgroei door bokashi-toevoeging niet achterblijft is opmerkelijk, omdat de C/N verhouding van bokashi relatief hoog is. Door de hoge C/N verhouding zal door immobilisatie de stikstof niet direct of slechts deels beschikbaar zijn voor gewasopname. Deze verwachting wordt door de literatuur en analyses van de nog lopende pilots bevestigd, waarbij geen verandering (Spijker et al., 2022) of relatief kleine verhogingen (Spijker et al., 2022; van't Westeinde 2016) van nutriënten gevonden worden na toepassing van bokashi. Mogelijk is er toch voldoende stikstofmineralisatie om de stikstof uit drijfmest op te vangen. Andere verklaringen zijn indirecte effecten via bodem organische stof, zoals verbeterde waterhuishouding of structuur, of indirecte

effecten via het bodemleven (wormen kunnen waterhuishouding en structuur verbeteren, nematoden kunnen invloed hebben op gewasgezondheid).

Voor de maïsopbrengst was er wel duidelijke variatie tussen de jaren, in 2023 waren er relatief hoge opbrengsten en in 2024 relatief lage opbrengsten ten opzichte van 2018-2020. Beide jaren hebben echter bovengemiddeld hoge neerslag (KNMI en Bijlage XXVIII). Opvallend voor 2024 was de sterke variatie in gewashoogte tussen de rijen, ongeacht behandeling. Deze variatie binnen het perceel kan eraan bijgedragen hebben dat de gevonden opbrengstverschillen niet direct aan de toepassing van bokashi te koppelen zijn.

pF-curve

De pF-curve geeft weer hoeveel vocht de bodem kan vasthouden bij een bepaalde zuigspanning. Uit dit onderzoek komt naar voren dat in 2024 op het perceel Zand Gras 1 de bodem bij pF 1 en pF 2 meer vocht vast kan houden in de bokashi- en controlebehandeling, dan in de drijfmestbehandeling. pF 2 is de veldcapaciteit en geeft weer hoeveel procent vocht de bodem vasthoudt onder zijn eigen zwaartekracht. De hoeveelheid vocht die een bodem onder natte omstandigheden vast kan houden hangt samen met het porievolume en bodem organische stof, hoe groter het porievolume en hoe meer organische stof, hoe meer water de bodem vast kan houden (Lal 2020). Echter, op perceel Zand Gras 1 was er geen verschil in infiltratiesnelheid of bodem organische stof tussen de behandelingen.

Indringingsweerstand

De indringingsweerstand van een bodem wordt mede bepaald door bulkdichtheid, bodemvocht en bodem organische stof (Marshall et al, 1996). Bokashi heeft mogelijk effect op bovengenoemde bodemparameters en daarmee ook op de indringingsweerstand. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat toepassing van bodemverbeteraars de indringingsweerstand kan verminderen (Tester 1990; Celik et al., 2010). In het huidige onderzoek zijn na één jaar geen verschillen waargenomen tussen de behandelingen, echter na drie en na zeven jaren toepassing zijn er positieve effecten waargenomen bij toepassing van bokashi. De diepte waarop de reductie in indringingsweerstand is waargenomen varieerde tussen de jaren. De tegendruk heeft gevolgen voor gewasgroei, waarbij op dergelijke lichte grond 1.7-2.0 MPa relatief hoge druk is en gewasgroei negatief beïnvloedt (Klonowski 2024). Of de drukverschillen tussen de behandelingen gevolgen hebben voor gewasgroei hangt dus af ze boven of onder de drempelwaarde vallen. Op het grasperceel vielen de verschillen ruim boven de grenswaarde (< 0.7MPa) of er ver onder (> 4.0 MPa). Het is daarom onwaarschijnlijk dat de verschillen in tegendruk tussen de behandelingen gevolgen hebben gehad voor de gewasgroei. Echter, voor het maïsperceel vallen de verschillen tussen de behandelingen dicht bij de grenswaarde en hebben mogelijk wel effect gehad op gewasgroei. Op beide percelen valt op dat de voornaamste variatie in tegendruk samenhangt met de jaren. Tegendruk wordt niet alleen door de dichtheid van de bodem bepaald, maar ook door het bodemvocht. Daarnaast is het gehalte bodem organische stof medebepalend voor de indringingsweerstand. Uit het huidige onderzoek blijkt dat het gehalte bodem organische stof niet verschilt tussen de behandelingen wat mogelijk weer bijdraagt aan de geringe verschillen in indringingsweerstand.

Waterinfiltratie

Bodemstructuur beïnvloedt de snelheid waarmee water de bodem infiltreert. De bodemstructuur wordt op zijn beurt mede bepaald door toevoegingen van bodemverbeteraars, wat een positieve invloed heeft op waterinfiltratie (Basset et al., 2023). Uit het huidige onderzoek komt naar voren dat de behandelingen geen effect hebben op de waterinfiltratiesnelheid. Mogelijk hangt dit samen met de geringe verschillen in bodem organische stof en daarmee met de sponswerking van de bodem. Ook de aggregaatstabiliteit kan positief beïnvloed worden door bodemverbeteraars (Basset et al., 2023) en bevordert op zijn beurt de infiltratiesnelheid (Franzluebbers 2002). De aggregaatstabiliteit is niet onderzocht in dit onderzoek. Naar verwachting zal er tussen de behandelingen relatief weinig verschil zijn in aggregaatstabiliteit omdat de bodem permanent bedekt is met langjarig grasland.

Bodemconditiescore

De bodemconditiescore is een methode om op laagdrempelige wijze een indruk te krijgen van de bodemtoestand. Binnen dit onderzoek zijn in 2018 en 2020 alle percelen beoordeeld en in 2024 één perceel. De resultaten laten geen eenduidige effecten zien van de behandelingen, wel zijn er tussen de jaren en tussen de percelen verschillen aangetoond. De parameters die meegenomen worden in de bodemconditiescore zijn voornamelijk fysische en biologische bodemeigenschappen. De beoordeling van de bodemeigenschappen zijn afhankelijk van het inzicht en ervaring van degene die de beoordeling uitvoert. Die afhankelijkheid maakt een vergelijking over de jaren heen minder betrouwbaar, omdat de beoordeling door verschillende mensen is uitgevoerd. Uit de overige analyses blijkt dat de effecten van de behandelingen op bodemeigenschappen veelal gering zijn en daarmee is de kans ook kleiner dat verschillen optisch waarneembaar zijn. Desondanks is de bodemconditiescore een nuttig instrument om inzicht te krijgen in de toestand van een perceel en geeft inzicht in de mate van heterogeniteit binnen en tussen de proefvelden.

Regenwormen

Regenwormen spelen een belangrijke rol bij de afbraak van organisch materiaal. Op percelen waar vaste mest naast drijfmest of alleen vaste mest wordt uitgereden worden meer regenwormen aangetroffen, met name meer strooiseleTERS (Onrust & Piersma 2019). Vergelijkbare effecten zouden kunnen optreden wanneer er naast drijfmest bokashi wordt uitgereden, omdat er meer organisch materiaal wordt opgebracht. Uit dit onderzoek blijkt echter dat er tussen de behandelingen geen verschillen zijn in totale aantallen regenwormen of verschuivingen van voedselgroepen. Wel was er een niet significante trend van een hogere regenwormenbiomassa bij bokashi-behandelingen ten opzichte van drijfmest- en controlebehandelingen. Dat de verschillen in regenwormenaantallen niet waargenomen zijn kan komen doordat bokashi relatief gemakkelijk en snel verteerd ten opzichte van bijvoorbeeld vaste mest waar stro in zit. De regenwormen zijn in het najaar bemonsterd, terwijl de bokashi in het voorjaar opgebracht is. Een eventuele piek in toename van wormenaantallen kan dan gemist worden.

Nematoden

Het type mest dat gebruikt wordt op percelen heeft invloed op de samenstelling van nematodengemeenschappen (ref). Ondanks dat bokashi relatief snel afbreekt zijn er na langjarige

toepassing mogelijk effecten waarneembaar die direct of indirect invloed hebben op de abundantie van de voedingsgroepen. Op het grasperceel zijn tussen de behandelingen verschillen in relatieve abundantie waargenomen in een deel van de nematodevoedingsgroepen, het gaat om schimmeleeters, bacterie-eters en herbivoren. Op het maïisperceel zijn echter geen effecten van de behandelingen op de relatieve abundantie waargenomen. Veranderingen in de nematodengemeenschap hangen mogelijk samen met een verschuiving in het bodem microbiom (voedselaanbod), maar kunnen ook samenhangen met veranderingen op hoger trofisch niveau (Williamson et al., 2005). Daarnaast was er op het grasperceel een verschuiving in de relatieve abundantie van de voedingsgroepen over de twee jaren, met in 2024 meer schimmeleeters, predatoren en herbivoren dan in 2021.

Theezakjesindex

De theezakjesindex geeft twee factoren aan, een stabilisatiefactor en een afbraaksnelheidsfactor. Uit dit onderzoek bleek dat in het eerste jaar, 2018, de afbraaksnelheid in de behandelingen met bokashi gemiddeld hoger lag dan in de behandelingen met drijfmest. Echter was dit verschil in het opvolgende jaar niet waargenomen. De gevonden waarden van de afbraaksnelheid en stabilisatiefactor liggen beide in een range die te verwachten is op basis van vergelijkbare onderzoeken (Keuskamp et al., 2013; Iepema et al., 2015). Ondanks dat het verschil tussen bokashi en drijfmest met 0.003 relatief gering was en niet consistent over de jaren kan het wel duiden op een kleine verandering in de microbiële activiteit en samenstelling van het microbiële bodemleven (Daebeler et al., 2022). Microbiële activiteit en -samenstelling worden sterk beïnvloed door abiotische factoren als vocht en pH (de Vries et al., 2012) en overstemmen daarmee mogelijk de eventuele effecten van de bemestingswijzen.

Mycorrhizakolonisatie

Omdat een toepassing van bokashi resulteert in een diversificatie van het voedselaanbod voor bodemleven heeft dit mogelijk gevolgen voor de microbiële samenstelling en activiteit. Een van de microbengroepen die relatief eenvoudig te kwantificeren zijn is arbusculaire mycorrhiza. Op perceel Zand Gras 1 is in 2023 de mycorrhizakolonisatie van Engels raaigras geanalyseerd, echter verschilde de mate van kolonisatie niet tussen de behandelingen en lag gemiddeld op 66%. De mate van AMF-kolonisatie komt overeen met andere graslandstudies (Endresz et al., 2013; Sielaff et al., 2019). Mycorrhizakolonisatie wordt sterk beïnvloed door de beschikbaarheid van nutriënten, met name fosfaat (Verbruggen et al., 2012). Op het desbetreffende perceel is er echter geen verschil in fosfaatbeschikbaarheid tussen de behandelingen.

Chemische bodemparameters

De chemische samenstelling van bokashi verschilt van drijfmest en daarom kunnen na langjarige toepassing van bokashi de chemische bodemparameters mogelijk veranderen. De gevonden verschillen in bodem chemische parameters tussen de bokashi-behandelingen en drijfmestbehandelingen zijn echter beperkt. Op het Zand Maïs perceel was de bodemfosfaatvoorraad in de bokashibehandeling hoger ten opzichte van de drijfmestbehandeling, het verschil van ± 40 kg/ha is gering, maar kan duiden op een licht bemestende waarde van bokashi. In ditzelfde perceel lag de pH van de drijfmestbehandeling hoger dan de pH van de bokashi-behandeling, echter was het verschil zeer klein (0.1) en zal naar waarschijnlijkheid geen effect hebben gehad op gewasgroei. Ook op het perceel Zand Gras 2 waren er effecten van de bokashi-behandeling op een aantal chemische bodemparameters,

maar alleen van de behandeling met dubbele bokashi-dosering. De dubbele bokashi gaf ten opzichte van drijfmest hogere gehalten aan stikstof, kalium, calcium en magnesium. De mate van toename in bodemvoorraad is in principe groot genoeg om gewasgroei te beïnvloeden, echter was er geen significant verhoogde gewasopbrengst meetbaar. Van alle behandelingen was het gehalte aan stikstof, kalium en magnesium in de bodem hoog tot vrij hoog. Calcium was echter vrij laag en de extra 500 kg/ha heeft hier mogelijk een gunstig effect gehad op gewasgroei.

Het percentage bodem organische stof nam niet toe over de jaren heen. Een van de voor de hand liggende verklaringen is de relatief lage dosering van 10-15 ton bokashi per hectare (Dilling-Pool 2022, pers. comm. J.H. Spijker). Ook heeft bokashi een goede verteerbaarheid. De humificatiecoëfficiënt van bokashi gemaakt van maaisel ligt tussen de 0.82-0.87 (Spijker et al., 2025). Doordat aan de bokashi gebruikt in dit project 20% runderdrijfmest is toegevoegd, zal de humificatiecoëfficiënt lager liggen. Ter vergelijking, de humificatiecoëfficiënt van runderdrijfmest ligt rond de 0.60 (Handboekbodemenbemesting.nl). Of toepassing van bokashi een andere kwaliteit van bodem organische stof, uitgedrukt in de verhouding tussen particulaire organische stof en mineraal geassocieerde organische stof (POM en MAOM), oplevert dan toepassing van alleen drijfmest is niet onderzocht in dit project. Wageningen University & Research heeft lopend onderzoek naar de effecten van bodemverbeteraars op de fracties van POM en MAOM, de resultaten worden in 2026 verwacht (Spijker et al., 2025). Tot slot kan gesteld worden dat bij aanvang van de proef op alle percelen het organische stofgehalte al relatief hoog lag ($\geq 4.7\%$). Toevoeging van extra organisch materiaal draagt dan waarschijnlijk meer bij aan vermindering van afbraaksnelheid, dan aan opbouw van bodem organische stof (Caruso et al., 2018).

5 Conclusie

Uit zeven jaar onderzoek blijkt dat 10-15 ton bokashi per hectare toegepast kan worden zonder dat het gewas en of bodemfuncties daarvan negatieve gevolgen ondervinden. De gevonden effecten op bodembioologie, bodemchemie en fysische bodemeigenschappen zijn neutraal tot licht positief. Daarbij hebben de fysische, biologische en chemische bodemparameters een relatief grote variatie van jaar tot jaar, deze variatie is veelal groter dan de effecten van de bokashi- en drijfmestbehandeling.

De resultaten laten zien dat het correct opzetten (mèt effectieve micro-organismen en minstens acht weken fermenteren) en afgedekt bewaren van de bokashi-kuil is noodzakelijk voor de reductie van onkruid kiemkracht. Wanneer daarnaast de CT Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad van het programma Circulair Terreinbeheer wordt toegepast, dan verkrijgt men een goede basis voor een veilig eindproduct.

Uit zowel de gras- als maïsoogst van 2018-2024 blijkt dat toepassing van bokashi de gewasopbrengst niet verhoogd, maar de trend is positief ten opzichte van drijfmest. Ook blijkt uit dit onderzoek dat bokashi geen invloed heeft op gewaskwaliteit. Deze resultaten liggen in lijn met onze bevindingen dat de bemestende waarde van bokashi zeer gering is.

Bokashi heeft, wisselend over de dieptes en jaren, een licht reducerend effect op de indringingsweerstand, wat duidt op een potentieel hoger vochtvasthoudend vermogen. De waterinfiltratiesnelheid veranderde in dit onderzoek niet door toepassing van bokashi, maar onze resultaten laten wel zien dat bokashi in een enkel geval het watervasthoudend vermogen in de verzadigde toestand met 4% verhoogd. Hoe meer vocht wordt vastgehouden in natte periodes, hoe kleiner de kans op uitspoeling van nutriënten en eventuele gewasbeschermingsmiddelen. Ons onderzoek laat zien dat toepassing van bokashi, zei het in beperkte mate, kan bijdragen aan het behalen van de doelen van Kaderrichtlijn Water.

Ten opzichte van drijfmestbemesting heeft toepassing van 10-15 ton bokashi per hectare geen effect op het organisch stofgehalte. De verwachting dat met toepassing van bokashi meer koolstof vastgelegd kan worden in de bodem lijkt niet aan te worden voldaan. De onderzochte percelen hadden bij aanvang een relatief hoog bodem organische stofpercentage en bokashi heeft door de goede verteerbaarheid een relatief laag percentage effectief organische stof. Wel lijkt bokashi de bodembioologie enigszins te beïnvloeden en dan met name het microbiom en de nematodengemeenschap. Deze verschuiving hangt mogelijk samen met de goede verteerbaarheid van bokashi.

Bronnen

Agrimatie. (z.d.). Agrarische feiten en cijfers. Geraadpleegd op 3 oktober 2022, van <https://agrimatie.nl/>

Baars, T. (2020). *Vluchtschriften*. Louis Bolk Instituut. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/1569.pdf>

Basset, A., et al. (2023). How does soil structure affect water infiltration? A meta-data systematic review. *Soil & Tillage Research*, 229, 105577. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105577>

Beoordelingsrichtlijn Keurcompost. (2023). In *Beoordelingsrichtlijn Keurcompost* [Report]. <https://keurcompost.nl/wp-content/uploads/images/Beoordelingsrichtlijn-Keurcompost-8.0-DEF-.pdf>

Biomassa Alliantie (oktober 2014). Waarde van maaisel, circulair terreinbeheer in de praktijk. https://circulairterreinbeheer.nl/wp-content/uploads/2017/10/Def_MagazineCT_171010_WEB_A3.pdf

Bovendeert, A., & De Vos, B. (2022). *Eindrapport Pilot Organisch (rest) Materiaal Als Bodemverbeteraar: Regelgeving*. ANV De Ommer Marke. <https://ommermarke.nl/wp-content/uploads/2022/07/EINDRAPPORT-Pilot-OMAB-Regelgeving-.pdf>

Caruso, T., De Vries, F. T., Bardgett, R. D., & Lehmann, J. (2018). Soil organic carbon dynamics matching ecological equilibrium theory. *Ecology and Evolution*, 8(22), 11169–11178. <https://doi.org/10.1002/ece3.4586>

Çelik, İ., Güneş, K., & Budak, M. (2010). Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, 160(2), 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.027>

Circulair Terreinbeheer (2023). Checklist helpt te bouwen aan vertrouwen. <https://circulairterreinbeheer.nl/wp-content/uploads/2023/07/2022-03-Checklist-helpt-te-bouwen-aan-vertrouwen.pdf>

Cvejić, R., Klages, S., Pintar, M., Resman, L., Slatnar, A., & Mihelič, R. (2021). Invasive plants in support of urban farming: Fermentation-based organic fertilizer from Japanese Knotweed. *Agronomy*, 11(6), 1232. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061232>

Daebeler, A., Paustian, K., Tiemeyer, B., Don, A., & Wiesmeier, M. (2022). Soil organic carbon stocks and sequestration potentials of drained and rewetted peatlands in Germany. *SOIL*, 8(1), 163–180. <https://soil.copernicus.org/articles/8/163/2022/soil-8-163-2022.html>

Dassen, S., Dümmer, R., Elferink, E., Mulder, J., Wiersma, T., & Pilat, J. (2024). *Bokashi: Een blauwdruk*. Fjildlab. <https://fjildlab.nl/wp-content/uploads/2024/06/Blauwdruk-bokashi-DRUKKLAAR.pdf>

De Vries, F. T., Liiri, M. E., Bjørnlund, L., Bowker, M. A., Christensen, S., Setälä, H. M., & Bardgett, R. D. (2012). Land use alters the resistance and resilience of soil food webs to drought. *Ecology Letters*, 15(4), 537–546. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2012.01844.x>

- Dilling-Pool, M. (2022). *Bokashi als bodemverbeteraar, Resultaten van het veldonderzoek 2013-2022*. Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw.
<https://www.spna.nl/dynamic/download/250a0a23578101a96fb715bcb717b8da2c1e966de6acc0b4b7ff60e8b66c0186.pdf?name=Rapportage+Bokashi+proefveld+2013-2022>
- Eijkelkamp Agrisearch Equipment. (2004). *Penetrologger set: Gebruiksaanwijzing*. Eijkelkamp Agrisearch Equipment.
- Endresz, G., Somodi, I., & Kalapos, T. (2013). Arbuscular mycorrhizal colonisation of roots of grass species differing in invasiveness. *Community Ecology*, 14(1), 67–76.
<https://doi.org/10.1556/ComEc.14.2013.1.8>
- Franzluebbers, A. J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 197–205. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00027-2)
- Harkes, P., Suleiman, A. K. A., Van Den Elsen, S., De Haan, J., Holterman, M., Kuramae, E. E., & Helder, J. (2019). Conventional and organic soil management as divergent drivers of resident and active fractions of major soil food web constituents. *Scientific Reports*, 9(1). doi.org/10.1038/s41598-019-49854-y
- Hitman, A., & Bos, K. (2017). *Fermenteren versus composteren V2.0*. Feed Innovation Services B.V.
- Iepema, G. L., Domhof, B., & Van Eekeren, N. (2015). Capacity of the soil to decompose organic matter in old and young grasslands. In J. Oenema (Ed.), *Sward quality and yields of grassland in a dairy farm with reduced fertilizer N rates* (pp. 453–454). <https://www.researchgate.net/profile/J-Oenema/publication/309552146>
- de Jager, N. (2020). Resultaten enquête bokashi in Noordoost-Friesland. Gemeente Noardeast-Fryslân.
- Janmaat, L. (2015). *Verwerken van maaisel voor landbouwkundig gebruik: Waarde van compost, bokashi en bermgraskuil als meststof* (Rapport 2015-045 LbP). Louis Bolk Instituut. <https://orgprints.org/36520/>
- Keuskamp, J. A., Dingemans, B. J. J., Lehtinen, T., Sarneel, J. M., & Hefting, M. M. (2013). Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11), 1070–1075. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12097>
- Klonowski, J., Lisowski, A., Dąbrowska, M., Chlebowski, J., Sypuła, M., & Zychowicz, W. (2024). The usefulness of soil penetration resistance measurements for improving the efficiency of cultivation technologies. *Sustainability*, 16(16), 6962. <https://doi.org/10.3390/su16166962>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). (z.d.). *Geografische overzichten – Maandarchief*. Geraadpleegd op 16 april 2025, van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd>
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*, 112(6), 5193–5210.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/agj2.20282>

Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., & Oberholzer, H. (2010). How effective are 'Effective Microorganisms®' (EM)? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, 46(2), 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.007>

NVWA – Invasieve Exoten. (z.d.). *Japanse duizendknoop*. Geraadpleegd op 15 april 2025, van <https://www.invasieve-exoten.info/nl/home-7/soorten/overige-invasieve-exoten-planten/japanse-duizendknoop-1.htm>

Onrust, J., & Piersma, T. (2019). How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.005>

Provinos. (z.d.). Bodem & Bokashi. Geraadpleegd op 3 oktober 2022, van www.provinos.nl/

Riechelman, W. H., & Postma, R. (2020). *Productie en karakterisering van Bokashi: Resultaten van praktijkpilots op zeven bedrijven* (Rapport 1812.N.21). Nutriënten Management Instituut. www.nmi-agro.nl/wp-content/uploads/2021/09/Rapport-1812-Bokashi-pilot-eindrapport-140921-def-1.pdf

Roemers, G., Veerle, W., Blok, M., Jurgens, S & Kamminga, C. (2018, april). Noord-Nederland Circulair: Het Metabolisme van Noord-Nederland. Metabolic. www.metabolic.nl/publications/noord-nederland-circulair/

Romkens, P., Rietra, R., & Spijker, J. (2020). Aanzet Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer : Landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost. doi.org/10.18174/520312

RVO. (2022, 13 juni). Bokashi als mest gebruiken. www.rvo.nl/onderwerpen/mest/bewerken/bokashi

Sales, A. C., Weisenhorn, P., & Fatila, E. M. (2020). Use of Bokashi compost as a soil amendment for vegetable production. *HortScience*, 55(3), 353–359. <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/55/3/article-p353.xml>

Shin, K., Van Diepen, G., Blok, W., & Van Bruggen, A. (2017). Variability of Effective Micro-organisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens. *Crop Protection*, 99, 168–176. doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.025

Sielaff, A. S., Polley, H. W., Fuentes-Ramirez, A., Hofmockel, K., & Wilsey, B. J. (2019). Mycorrhizal colonization and its relationship with plant performance differs between exotic and native grassland plant species. *Biological Invasions*, 21, 1981–1991. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01948-y>

Spijker, J.H., Ehlert, P., De Jong, J., Niemeijer, C., Scheepens, P., & De Vries, E. (2004). *Geschiedenis van bermmaaisel als meststof: Een verslag van acht praktijkproeven*. Alterra. <http://edepot.wur.nl/21053>

Spijker, J. H., Korthals, G. W., Rietra, R. P. J. J., Römkens, P. F. A. M., Timmermans, L., & Visser, J. H. M. (2022). *Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer Jaarrapportage 2021*. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/633075>

Spijker, J. H., Korthals, G. W., Brinkman, P., Kurm, J., Rietra, R. P. J. J., Römkens, P. F. A. M., & Visser, J. H. M. (2025). *Circulair Terreinbeheer Voortgangsrapportage 2024*. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/693556>

Struyk, P., & Van Schijndel, M. (2019). *Hergebruik van organisch restmateriaal: Bokashi nader bekeken* (Nr. 2019-017 LbD). Louis Bolk Instituut. www.louisbolk.nl/publicaties/hergebruik-van-organisch-restmateriaal

Sven Jurgens *persoonlijke communicatie* 2022 powerpoint Provincie Fryslan “Verdieping emissies verwerkingsroute bermgras” geraadpleegd op 3 mei 2023

Tea Bag Index. (z.d.). *Tea Bag Index*. Geraadpleegd op 4 maart 2025, van <https://teabagindex.org>

Tester, C. F. (1990). Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*, 54(3), 827–831. <https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400030037x>

Van 't Westeinde, J., Otter, W. S., & Van Dijk, T. (2016). *Bokashi als bodemverbeteraar: Resultaten van het veldonderzoek 2013-2016* (Nr. 205). Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw.

Van der Sloot, M., Limpens, J., De Deyn, G. B., & Kleijn, D. (2025). The multifunctionality of cuttings from semi-natural habitats as organic amendments in arable farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 386, 109613. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109613>

Verbruggen, E., Van der Heijden, M. G., Weedon, J. T., Kowalchuk, G. A., & Rölting, W. F. (2012). Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Molecular Ecology*, 21(10), 2341–2353. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05534.x>

Williamson, K. E., Radosevich, M., Smith, D. W., & Wommack, K. E. (2005). Changes in soil microbial and nematode communities during ecosystem decline across a long-term chronosequence. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(7), 1289–1301. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.11.012>

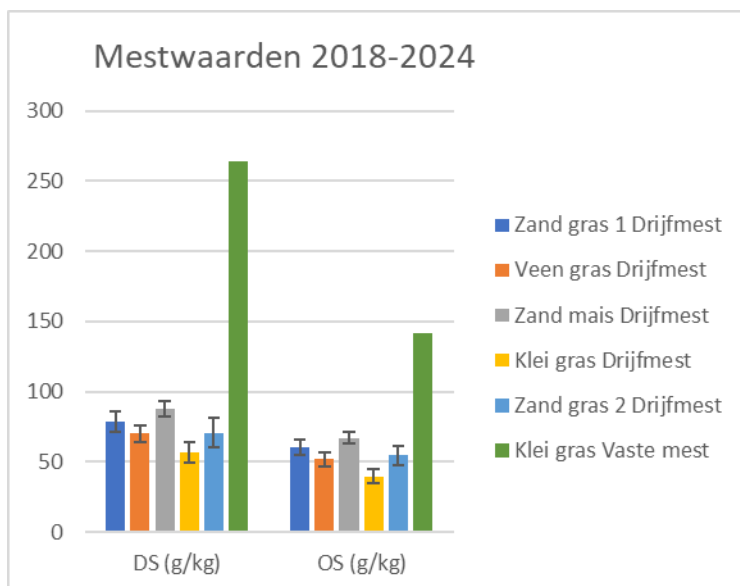
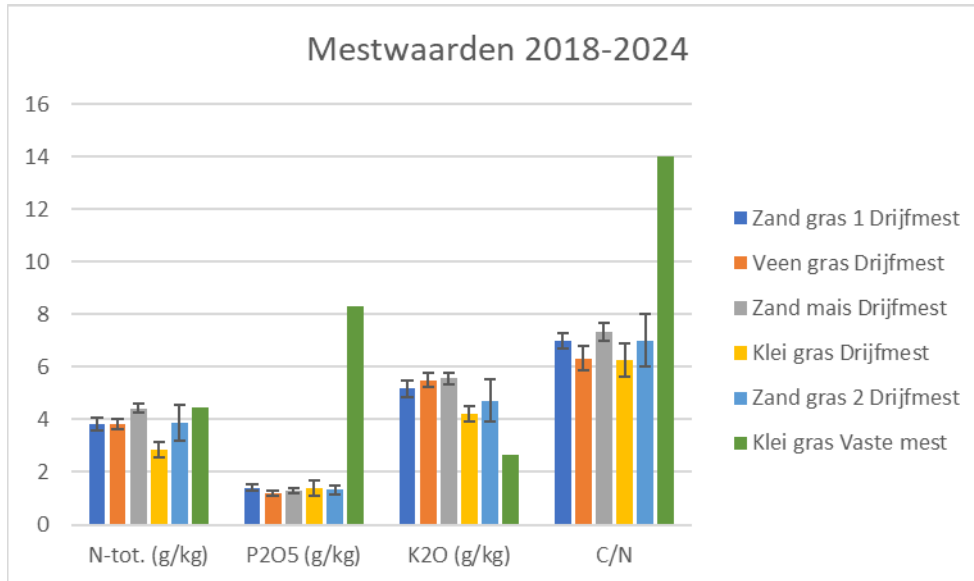
Bijlagen

Bemestingsplan

Bijlage I: bemesting per perceel per jaar. DM = drijfmest, VM = vaste mest, B = bokashi. Bokashi en vaste mest zijn altijd uitgereden voor de 1^e snede. 1 = Zand Gras 1, 2 = Zand Maïs, 3 = Veen Gras, 4 = Klei Gras, 5 = Zand Gras 2.

Behandeling	Proefveld	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Bokashi + drijfmest		15 ton B +	10 ton B +	15 ton B +	15 ton B +	15 ton B +	15 ton B +	10 ton B +
	1	48 m3 DM	40 m3 DM	30 m3 DM	42 m3 DM	42 m3 DM	42 m3 DM	42 m3 DM
	2	14 m3 DM	14 m3 DM	14 m3 DM	14 m3 DM	14 m3 DM	14 m3 DM	14 m3 DM
	3	39 m3 DM	39 m3 DM	39 m3 DM	39 m3 DM	39 m3 DM	39 m3 DM	39 m3 DM
	4	48 m3 DM	41 m3 DM	41 m3 DM	41 m3 DM	41 m3 DM	41 m3 DM	41 m3 DM
	5	7 m3 DM	14 m3 DM	10 m3 DM	10 m3 DM	10 m3 DM	10 m3 DM	10 m3 DM
Drijfmest	1	67 m3 DM	60 m3 DM	49.5 m3 DM	57 m3 DM	57 m3 DM	57 m3 DM	52 m3 DM
	2	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM
	3	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM
	4	568 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM	60 m3 DM
		15 m3 DM	30 m3 DM	30 m3 DM	30 m3 DM	30 m3 DM	30 m3 DM	30 m3 DM
Controle	1,3-5	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM	35 m3 DM
Kunstmest	1	249 kg N	0	0	0	0	0	0
		43 kg N	43 kg N	43 kg N	43 kg N	43 kg N	43 kg N	43 kg N
Vaste mest	4	15 ton VM	15 ton VM	15 ton VM	15 ton VM	15 ton VM	15 ton VM	15 ton VM
Dubbel bokashi	5	30 ton B	20 ton B	30 ton B	30 ton B	30 ton B	30 ton B	20 ton B

Mestanalyses



Bijlage II: gemiddelde mestwaarden van de vijf percelen ($\pm$ SE).

Kiemproeven



Bijlage III: netzakken met onkruiden (jacobskruid, ridderzuring en Japanse duizendknoop) zijn in de bokashi-kuil begraven.

Bijlage IV: recept bokashi onkruid proef (2024) JKK: *jacobskruid*; JDK: *Japanse duizendknoop* en RZ: *ridderzuring*

Toevoeging	Bokashi			Fermentatie		
	JKK	JDK	RZ	JKK	JDK	RZ
Maaisel (g)	157	80	100	157	80	100
Microferm (ml)	0,31	0,16	0,20	-	-	-
Klei (g)	2,62	1,34	1,67	-	-	-
Water (ml)	20,00	3,00	150,00	20,31	3,16	150,20

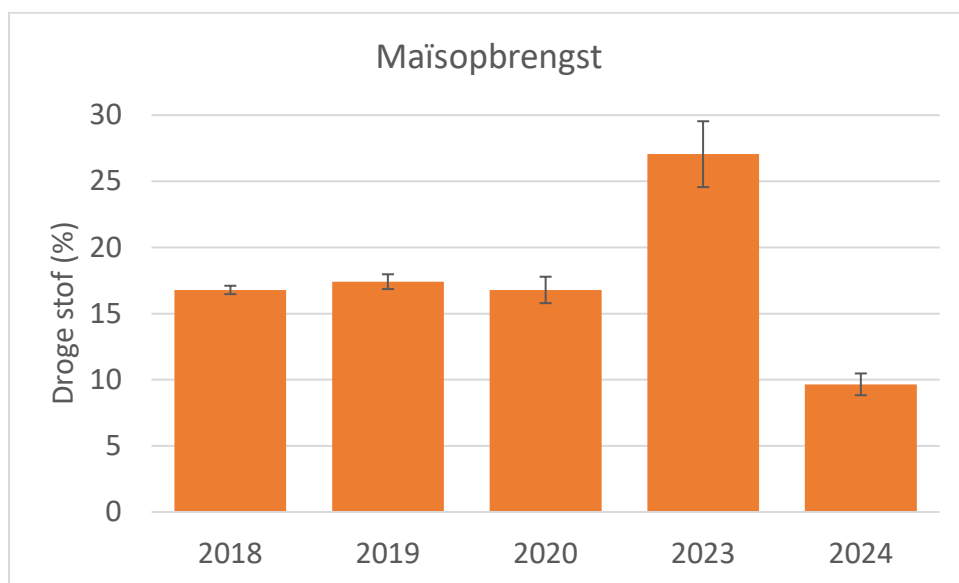


Bijlage V: gekiemde onkruiden in bokashi gemaakt van onkruiden (links: Japanse duizendknoop; rechts: ridderzuring – beide zonder EM)



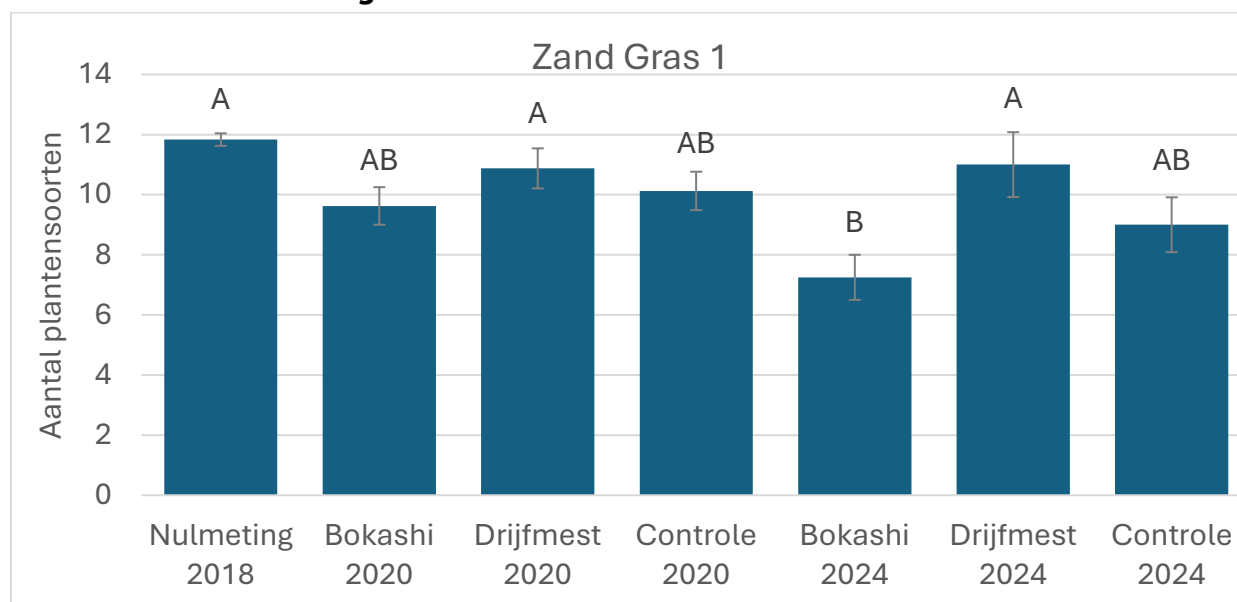
Bijlage VI: resultaat van de kiemproef in 2023 na 12 weken fermentatie. Bokashi gemaakt van jacobskruiskruid, Japanse duizendknoop en ridderzuring. Geen kiemingen geconstateerd.

Gewasopbrengst

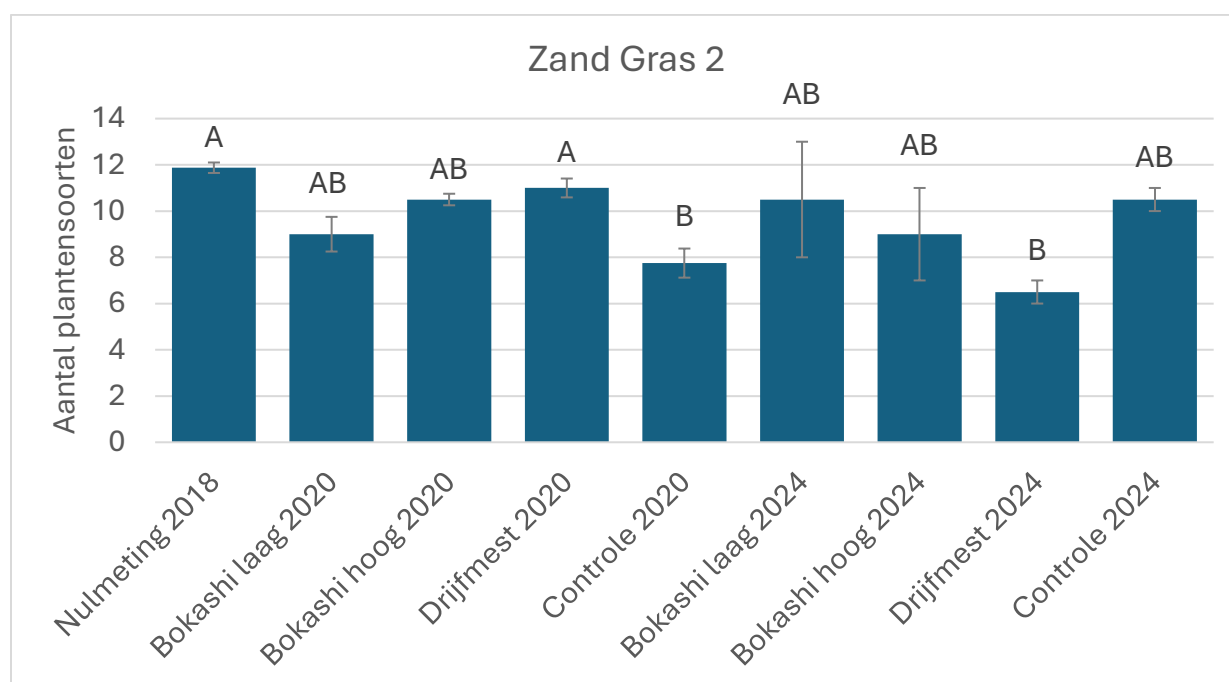


Bijlage VII: droge stof opbrengst van bokashi en drijfmest samen (gemiddelde $\pm$ SE).

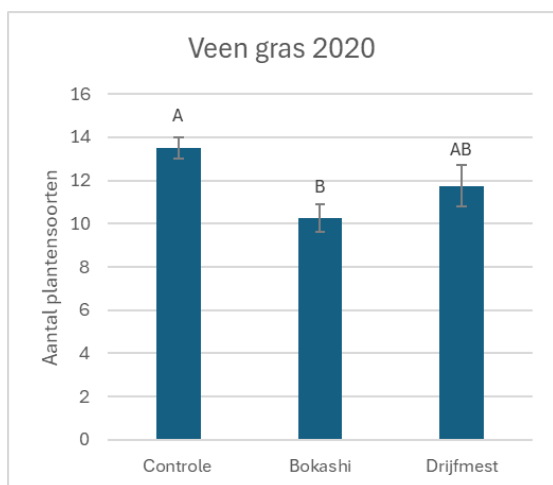
Botanische samenstelling



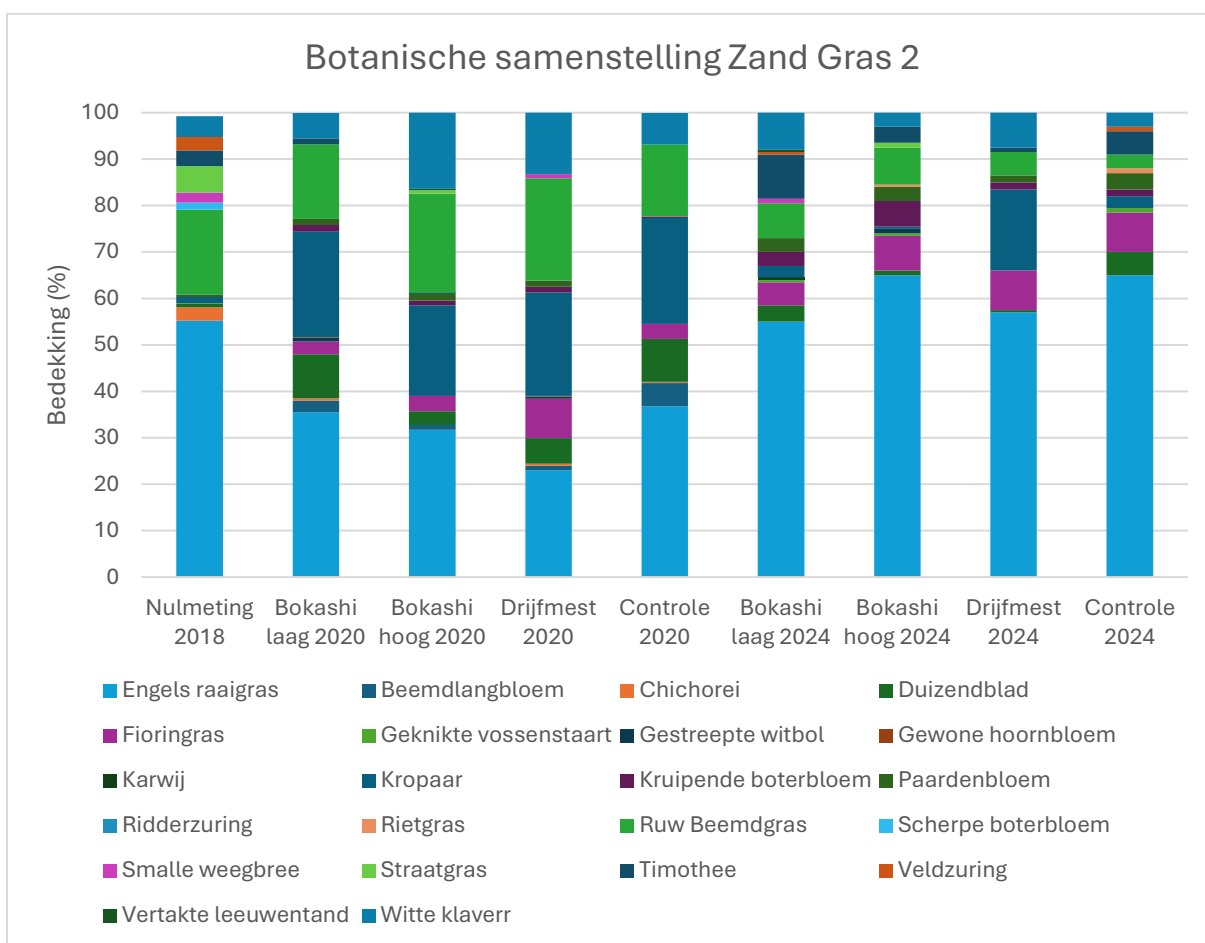
Figuur VIII: aantal plantensoorten op proefveld Zand Gras 1 over de periode 2028-2024 (gemiddelde ± SE). Verschillende letters geeft een significant verschil aan ($p < 0.05$).



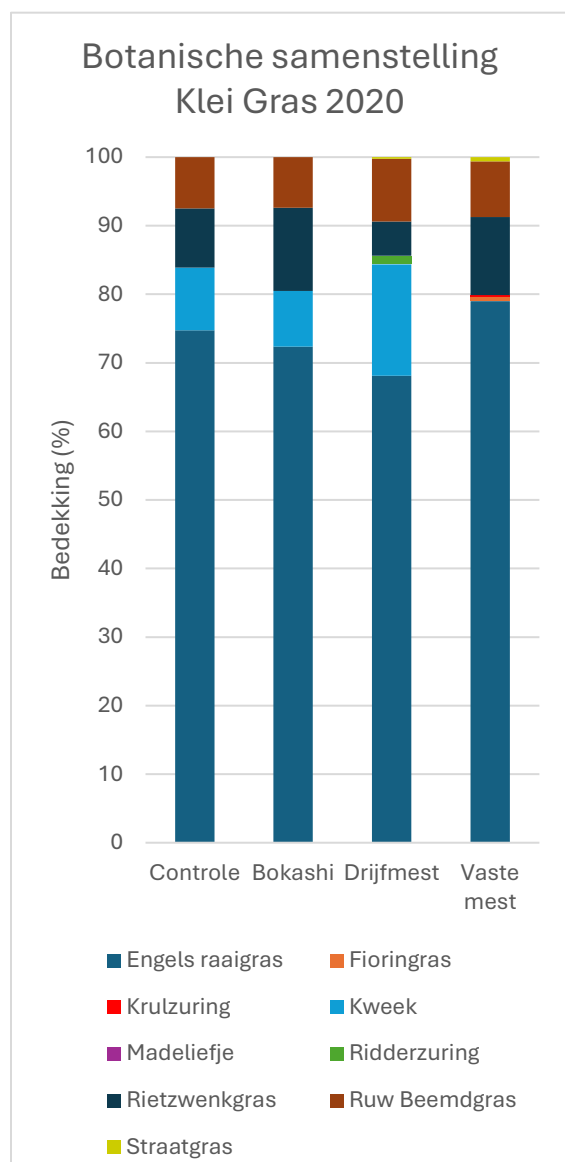
Figuur IX: aantal plantensoorten op proefveld Zand Gras 2 over de periode 2028-2024 (gemiddelde ± SE). Verschillende letters geeft een significant verschil aan ($p < 0.05$).



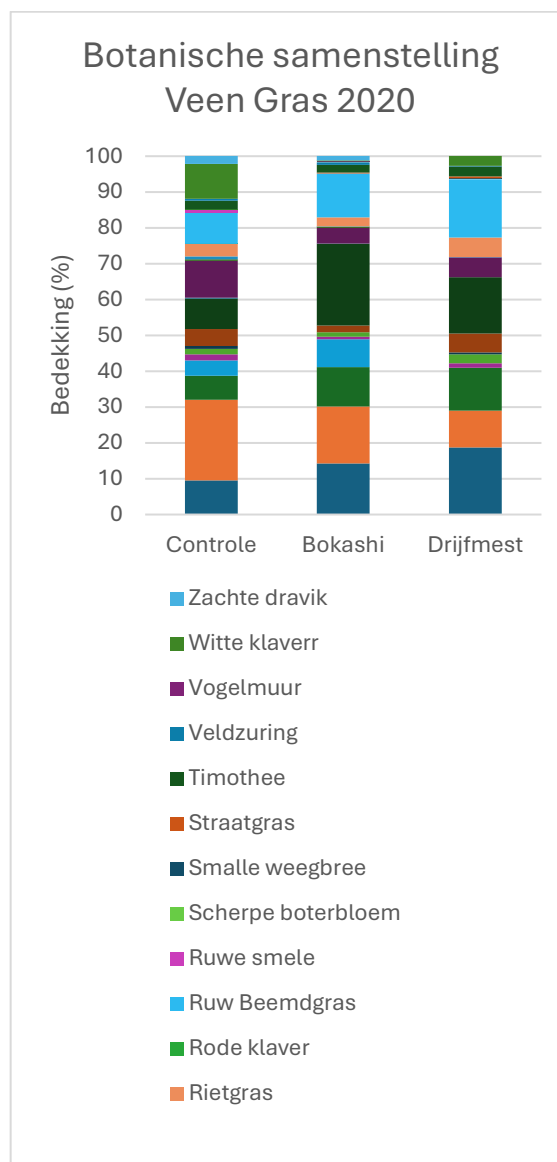
Bijlage X: gemiddelde aantal plantensoorten op het proefveld Veen Gras in 2020 $\pm$ SE. Verschillende letters geeft een significant verschil aan ($p < 0.05$).



Bijlage XI: bedekkingsgraad (%) botanische samenstelling van Zand Gras 2 voor alle behandelingen en jaren.



Bijlage XII: bedekkingsgraad (%) botanische samenstelling van Klei Gras in 2020.



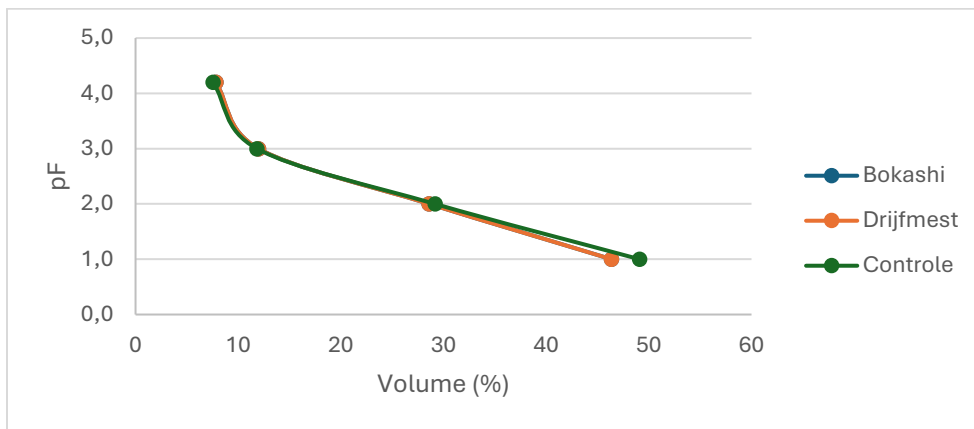
Bijlage XIII: bedekkingsgraad (%) botanische samenstelling van Veen Gras in 2020.

Bodemconditiescore

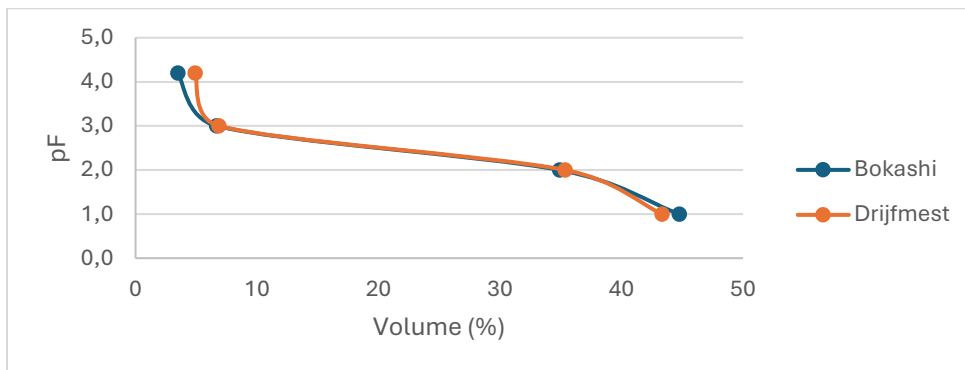
Bijlage XIV: gemiddelde scores per parameter van de bodemconditiescore, N = 4.

Bedrijf	Jaar	Behandeling	Gewasbedekking	Beworteling	Verdichting	Regenwormen	Bodemstructuur	Zuurtegraad	Organische stof	Aantal gekleurde vlekken	Plasvorming	Scheuren	Spoorvorming	Bodemconditie score
Gras zand 1	2018	Bokashi	4.00	3.00	2.25	4.50	5.25	3.00	3.75	2.00	0.00	0.00	0.00	27.75 Matig
		Drijfmest	4.00	3.00	3.00	5.25	5.25	3.00	3.75	1.75	0.00	0.00	0.00	29.00 Matig
		Controle	4.00	3.00	3.00	5.25	4.50	3.00	3.75	2.00	0.00	0.00	0.00	28.50 Matig
	2020	Bokashi	4.00	3.00	4.00	8.00	6.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	33.00 Goed
		Drijfmest	4.00	3.00	6.00	8.00	3.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	32.00 Goed
		Controle	4.00	3.00	4.00	8.00	4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	31.00 Goed
	2024	Bokashi	3.50	4.50	3.00	5.25	5.25	6.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	35.50 Goed
		Drijfmest	2.00	2.25	6.00	6.00	5.25	6.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	35.50 Goed
		Controle	3.00	2.25	6.00	6.00	4.50	6.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	35.75 Goed
Gras veen	2018	Bokashi	4.00	6.00	6.00	3.00	6.00	3.00	6.00	2.00	0.00	0.00	-1.00	35.00 Goed
		Drijfmest	4.00	6.00	6.00	3.00	6.00	3.00	6.00	2.00	0.00	0.00	-1.00	35.00 Goed
		Controle	4.00	6.00	6.00	3.00	6.00	3.00	6.00	2.00	0.00	0.00	-1.00	35.00 Goed
	2020	Bokashi	4.00	6.00	6.00	4.00	6.00	3.00	6.00	2.00	-6.00	0.00	0.00	31.00 Goed
		Drijfmest	4.00	6.00	6.00	2.00	6.00	3.00	6.00	2.00	-6.00	0.00	0.00	29.00 Matig
		Controle	4.00	6.00	6.00	4.00	6.00	3.00	6.00	2.00	-4.00	0.00	0.00	33.00 Goed
Mais zand	2018	Bokashi	2.00	3.00	3.00	3.75	6.00	3.00	2.25	2.00	0.00	0.00	0.00	25.00 Matig
		Drijfmest	2.00	3.00	3.00	3.75	6.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	25.75 Matig
		Controle	2.00	3.00	3.00	1.50	6.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	23.50 Matig
	2020	Bokashi	2.00	3.00	2.00	2.00	4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	21.00 Matig
		Drijfmest	2.00	3.00	2.00	4.00	3.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	22.00 Matig
		Controle	2.00	3.00	2.00	2.00	4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	21.00 Matig
Gras klei	2018	Bokashi	4.00	3.00	3.00	6.00	3.00	6.00	6.00	1.50	0.00	-2.00	-1.00	29.50 Matig
		Drijfmest	4.00	3.00	3.00	6.00	0.00	4.50	6.00	0.00	0.00	-2.00	-1.00	23.50 Matig
		Controle	4.00	3.00	3.00	6.00	1.50	6.00	6.00	0.00	0.00	-2.00	-1.00	26.50 Matig
		Vaste mest	4.00	3.00	3.00	6.00	1.50	4.50	6.00	0.50	0.00	-2.00	-1.00	25.50 Matig
	2020	Bokashi	4.00	3.00	3.00	6.00	3.00	3.00	6.00	2.00	-3.00	-2.00	-1.00	24.00 Matig
		Drijfmest	4.00	3.00	3.00	6.00	2.00	3.00	6.00	0.00	-3.00	-2.00	-1.00	21.00 Matig
		Controle	4.00	3.00	3.00	6.00	2.00	3.00	6.00	2.00	-3.00	-2.00	0.00	24.00 Matig
		Vaste mest	4.00	3.00	3.00	6.00	2.00	3.00	6.00	1.00	-3.00	-2.00	0.00	23.00 Matig
Gras zand 2	2018	Bokashi	4.00	4.50	3.00	6.00	6.00	1.50	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	30.00 Goed
		Drijfmest	4.00	3.00	3.00	6.00	6.00	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	27.00 Matig
		Controle	4.00	3.00	3.00	6.00	6.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	30.00 Goed
		2x Bokashi	4.00	3.00	3.00	6.00	6.00	1.50	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	28.50 Matig
	2020	Bokashi	4.00	4.00	3.00	6.00	6.00	2.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	30.00 Goed
		Drijfmest	4.00	3.00	3.00	6.00	6.00	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	27.00 Matig
		Controle	4.00	4.00	3.00	6.00	6.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	31.00 Goed
		2x Bokashi	4.00	3.00	3.00	6.00	6.00	2.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	29.00 Matig

pF-curves

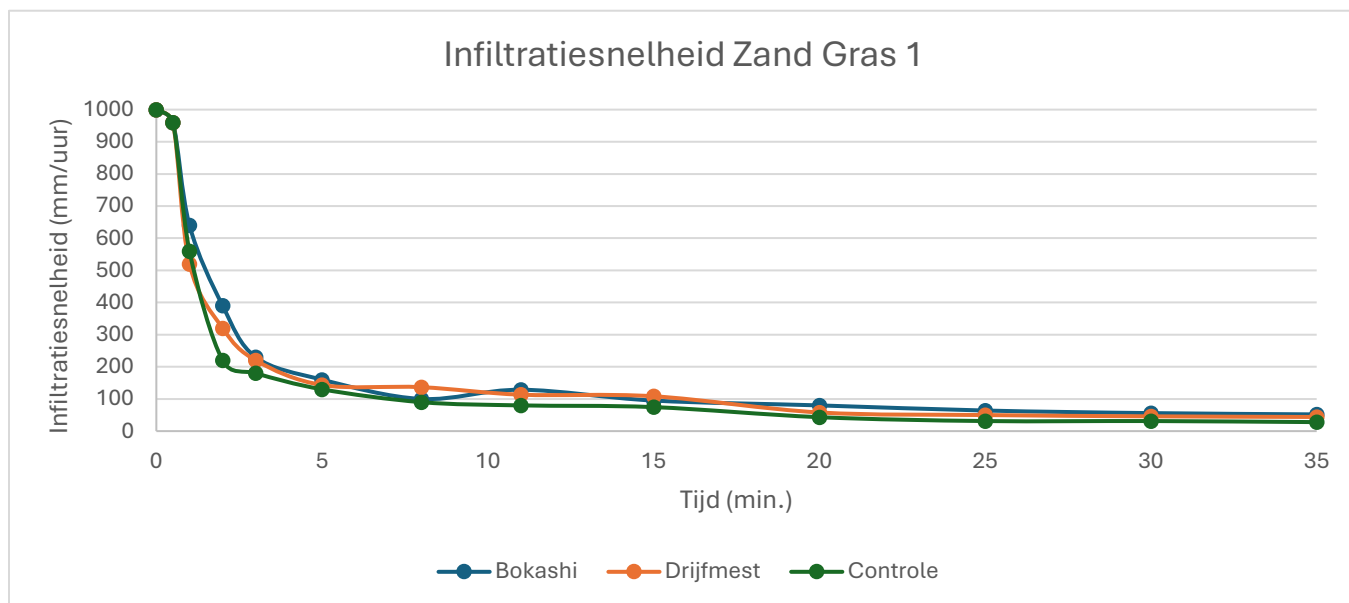


Bijlage XV: pF-curve Zand Gras 1 2019, N = 3.

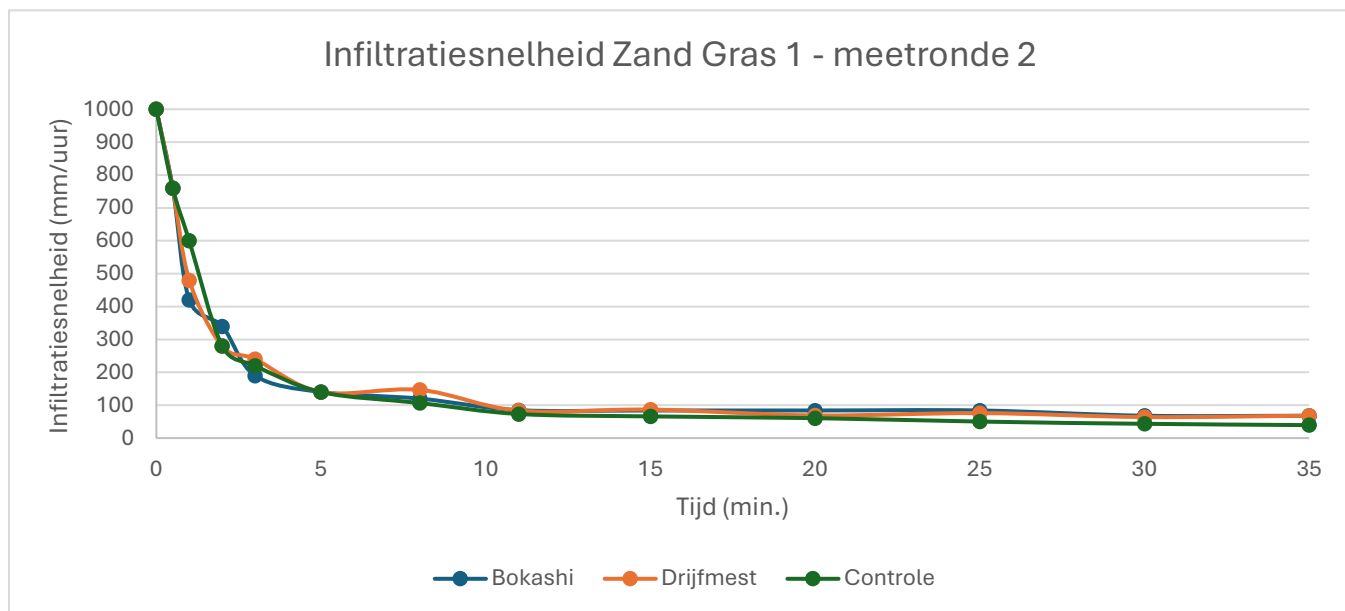


Bijlage XVI: pF-curve Zand Maïs 2024, N = 3.

Infiltratiesnelheid



Bijlage XVII: waterinfiltratie Zand Gras 1 - Meetronde 1 (2019), N = 2.



Bijlage XVIII: waterinfiltratie Zand Gras 1 - Meetronde 2 (2019), N = 2.

Indringingsweerstand

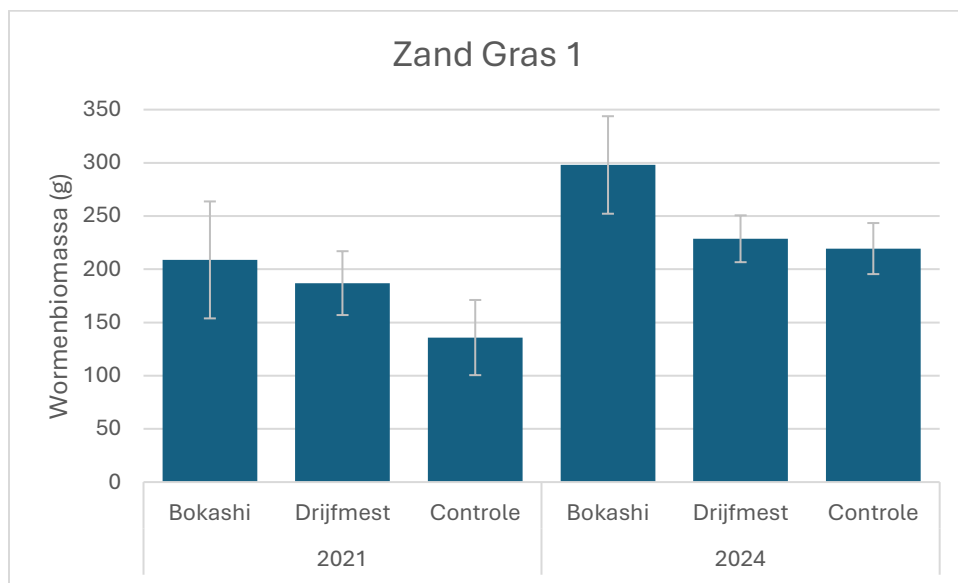
Tabel XIX: verschillen in weerstand (MPa) per diepte en tussen de behandelingen voor perceel Zand Gras 1 (gem. $\pm$ SE). Verschillende letters geeft een significant verschil aan ($p < 0.05$).

Diepte (cm)	2019	2020				2024			
	Gemiddeld	Gemiddeld	Bokashi	Drijfmest	Controle	Gemiddeld	Bokashi	Drijfmest	Controle
0-10	1.7 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.0					0.5 $\pm$ 0.0 b	0.7 $\pm$ 0.0 a	0.7 $\pm$ 0.0 a
11-20	2.7 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1				1.2 $\pm$ 0.1			
21-30	3.3 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1				1.8 $\pm$ 0.0			
31-40	3.4 $\pm$ 0.1		4.0 $\pm$ 0.0 b	4.3 $\pm$ 0.1 a	4.4 $\pm$ 0.0 a	2.2 $\pm$ 0.0			
41-50	3.3 $\pm$ 0.1		4.2 $\pm$ 0.0 b	4.6 $\pm$ 0.0 a	5.1 $\pm$ 0.1 a	2.3 $\pm$ 0.1			

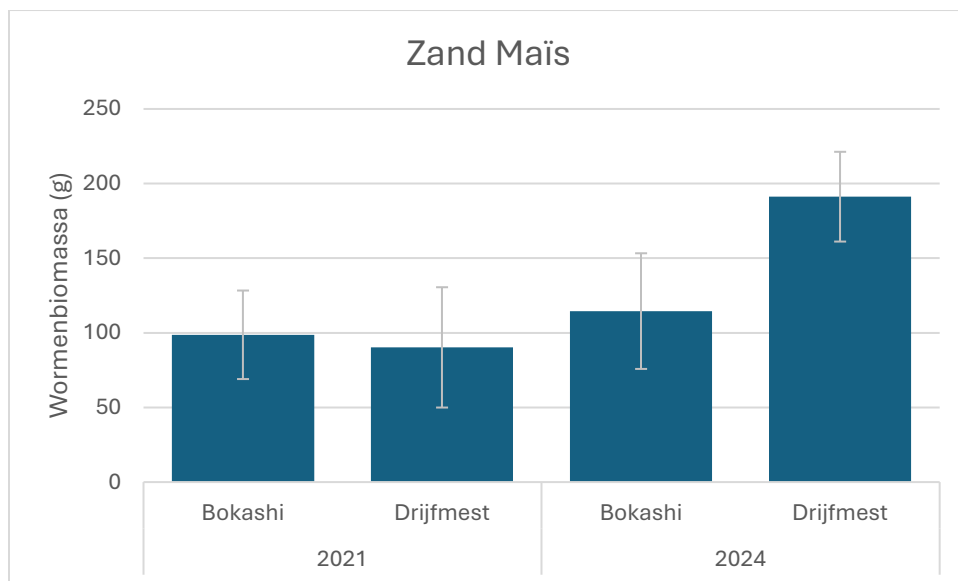
Tabel XX: verschillen in weerstand (MPa) per diepte en tussen de behandelingen voor perceel Zand Maïs (gem. $\pm$ SE).

Diepte (cm)	2019	2024		
	Gemiddeld	Bokashi	Drijfmest	Gemiddeld
		0.9 $\pm$ 0.3		
0-10		b	1.1 $\pm$ 0.1 a	0.7 $\pm$ 0.1
		2.1 $\pm$ 0.2		
11-20		b	2.4 $\pm$ 0.1 a	1.6 $\pm$ 0.1
		2.5 $\pm$ 0.2		
21-30		b	2.7 $\pm$ 0.1 a	1.9 $\pm$ 0.1
		2.3 $\pm$ 0.1		
31-40		b	2.3 $\pm$ 0.1 a	1.7 $\pm$ 0.0
41-50	2.0 $\pm$ 0.1			1.5 $\pm$ 0.1

Regenwormen

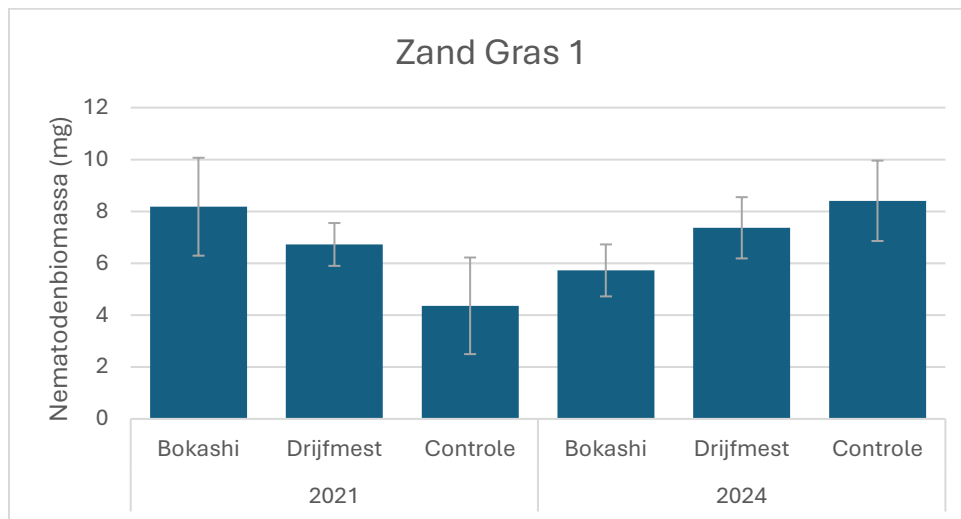


Figuur XXI: wormenbiomassa Zand Gras 1 (gem. ± SE).

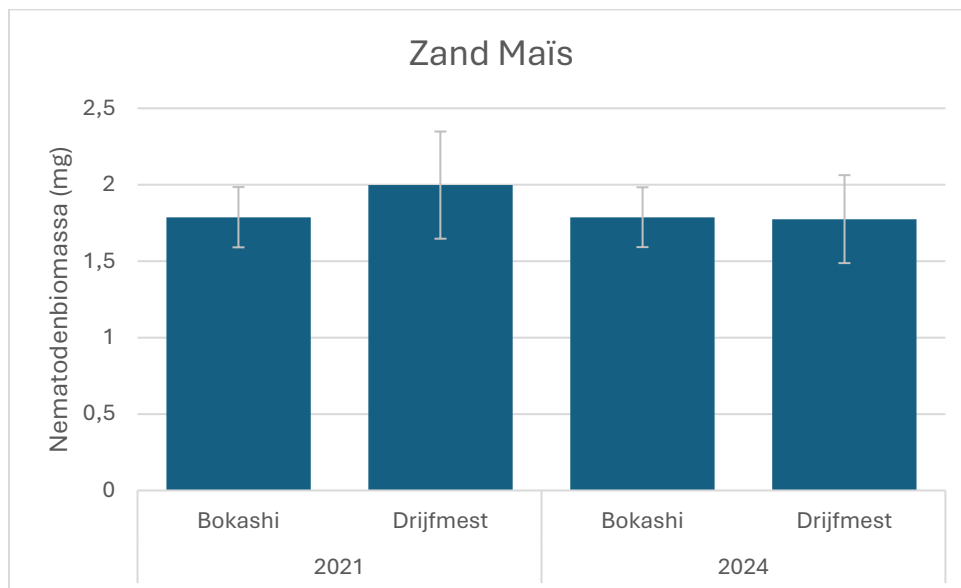


Figuur XXII: wormenbiomassa Zand Maïs (gem. ± SE).

Nematoden

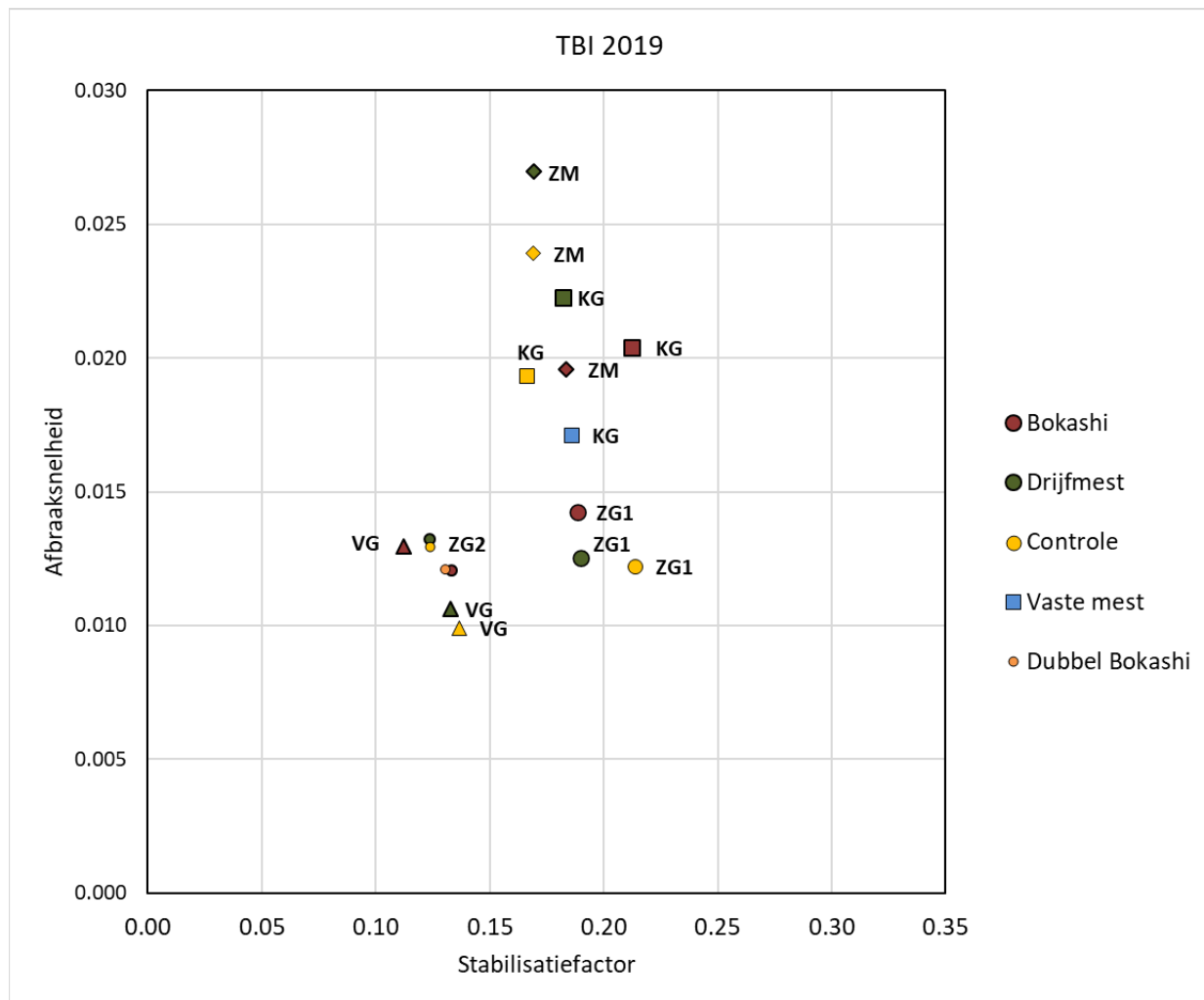


Figuur XXIII: nematodenbiomassa Zand Gras 1 (gem. $\pm$ SE).



Figuur XXIV: nematodenbiomassa Zand Maïs (gem. $\pm$ SE).

Theezakjesmethode



Figuur XXV: theezakjesindex van de vijf proefvelden. Stabilisatiefactor: hoge waarden impliceren dat het organische materiaal meer resistent is tegen afbraak. Afbraaksnelheid: factor voor de afbraak, hoge waarden impliceren dat organische materiaal sneller wordt afgebroken. ZG1 = Zand Gras 1, ZG2 = Zand gras 2, ZM = Zand Maïs, VG = Veen Gras, KG = Klei Gras.

Chemische bodemparameters

Tabel XXVI: Bodem chemische parameters uit de Eurofins-analyses. Gemiddelde over de jaren $\pm$ SE, verschillende letters achter de getallen betekend significante verschillen ($p < 0.05$).

	N-tot (kg/ha)	CN	P-bodem (kg/ha)	K-bodem (kg/ha)	Ca-bodem (kg/ha)	Mg-bodem (kg/ha)	pH	OS (%)	CEC bezetting (%)
Zand Gras 1									
Bokashi	3231 $\pm$ 91	12.5 $\pm$ 0.4	93 $\pm$ 4	229 $\pm$ 15	1538 $\pm$ 79	268 $\pm$ 14	5.5 $\pm$ 0.1	5.8 $\pm$ 0.1	91 $\pm$ 2
Drijfmest	3207 $\pm$ 84	13.1 $\pm$ 0.3	87 $\pm$ 3	257 $\pm$ 23	1630 $\pm$ 90	281 $\pm$ 7	5.6 $\pm$ 0.1	6.0 $\pm$ 0.1	93 $\pm$ 2
Controle	3157 $\pm$ 95	12.9 $\pm$ 0.5	83 $\pm$ 4	228 $\pm$ 13	1529 $\pm$ 52	273 $\pm$ 13	5.5 $\pm$ 0.0	5.9 $\pm$ 0.1	91 $\pm$ 2
Zand Gras 2									
Bokashi	2665 $\pm$ 107 ^b	13.7 $\pm$ 0.7	184 $\pm$ 7	166 $\pm$ 4 ^{ab}	1225 $\pm$ 137 ^b	189 $\pm$ 10 ^{ab}	5.2 $\pm$ 0.1	5.2 $\pm$ 0.2	89 $\pm$ 2
Bokashi 2x	2957 $\pm$ 64 ^a	13.0 $\pm$ 0.4	175 $\pm$ 10	186 $\pm$ 12 ^a	1516 $\pm$ 124 ^a	225 $\pm$ 7 ^a	5.6 $\pm$ 0.1	5.2 $\pm$ 0.2	92 $\pm$ 2
Drijfmest	2627 $\pm$ 59 ^b	13.3 $\pm$ 0.2	191 $\pm$ 7	143 $\pm$ 7 ^b	1068 $\pm$ 94 ^b	171 $\pm$ 6 ^b	5.1 $\pm$ 0.1	4.8 $\pm$ 0.1	87 $\pm$ 2
Controle	2803 $\pm$ 98 ^{ab}	13.3 $\pm$ 0.6	194 $\pm$ 7	163 $\pm$ 8 ^{ab}	1317 $\pm$ 58 ^b	188 $\pm$ a12 ^b	5.2 $\pm$ 0.0	5.1 $\pm$ 0.2	88 $\pm$ 3
Klei Gras									
Bokashi	6373 $\pm$ 166	10.5 $\pm$ 0.2	724 $\pm$ 34 ^{ab}	806 $\pm$ 20	3935 $\pm$ 310 ^{ab}	951 $\pm$ 21	6.2 $\pm$ 0.1	11.8 $\pm$ 0.4	99 $\pm$ 0
Vaste mest	6433 $\pm$ 210	10.8 $\pm$ 0.3	704 $\pm$ 33 ^b	783 $\pm$ 35	4373 $\pm$ 242 ^a	959 $\pm$ 25	6.3 $\pm$ 0.1	12.3 $\pm$ 0.5	100 $\pm$ 0
Drijfmest	6519 $\pm$ 288	10.5 $\pm$ 0.3	778 $\pm$ 54 ^a	791 $\pm$ 24	3751 $\pm$ 362 ^b	949 $\pm$ 50	6.3 $\pm$ 0.1	12.9 $\pm$ 0.7	98 $\pm$ 1
Controle	6354 $\pm$ 155	10.9 $\pm$ 0.3	704 $\pm$ 33 ^b	842 $\pm$ 15	3964 $\pm$ 267 ^{ab}	977 $\pm$ 17	6.2 $\pm$ 0.0	12.0 $\pm$ 0.5	99 $\pm$ 0
Veen Gras									
Bokashi	7865 $\pm$ 357	14.0 $\pm$ 0.3	171 $\pm$ 24	243 $\pm$ 15	3661 $\pm$ 97	460 $\pm$ 32	5.3 $\pm$ 0.1	26.2 $\pm$ 1.1	90 $\pm$ 3
Drijfmest	7613 $\pm$ 374	14.3 $\pm$ 0.5	153 $\pm$ 19	233 $\pm$ 13	3541 $\pm$ 112	448 $\pm$ 30	5.3 $\pm$ 0.0	24.9 $\pm$ 0.9	89 $\pm$ 2
Controle	7438 $\pm$ 362	14.4 $\pm$ 0.3	148 $\pm$ 24	224 $\pm$ 16	3454 $\pm$ 169	419 $\pm$ 37	5.2 $\pm$ 0.1	24.8 $\pm$ 1.3	88 $\pm$ 3
Zand Maïs									
Bokashi	5924 $\pm$ 198	13.3 $\pm$ 0.4	777 $\pm$ 22 ^a	323 $\pm$ 14	1242 $\pm$ 82	266 $\pm$ 27	4.6 $\pm$ 0.1	4.1 $\pm$ 0.1	75 $\pm$ 2
Drijfmest	6198 $\pm$ 143	12.5 $\pm$ 0.3	715 $\pm$ 17 ^b	345 $\pm$ 17	1308 $\pm$ 65	293 $\pm$ 36	4.8 $\pm$ 0.0	4.2 $\pm$ 0.1	77 $\pm$ 2
Controle	6088 $\pm$ 70	13.0 $\pm$ 0.3	733 $\pm$ 21 ^b	313 $\pm$ 12	1214 $\pm$ 123	238 $\pm$ 33	4.6 $\pm$ 0.1	4.1 $\pm$ 0.1	71 $\pm$ 3

Tabel XXVII: Bodem chemische parameters uit de Handheld scanner-analyses. Gemiddelde over de jaren $\pm$ SE, verschillende letters achter de getallen betekend significante verschillen ($p < 0.05$).

	OS (%)	pH	N-totaal (g/kg)	P-bodem (mg P/kg)	K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	CEC (mmol+/kg)
Zand Gras 1						
Bokashi	6.0 $\pm$ 0.2	6.0 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	29.3 $\pm$ 5.5	3.3 $\pm$ 0.2	110 $\pm$ 9
Drijfmest	5.3 $\pm$ 0.1	6.1 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	30.0 $\pm$ 5.8	2.7 $\pm$ 0.3	98 $\pm$ 7
Controle	5.8 $\pm$ 0.2	6.2 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.2	25.8 $\pm$ 5.5	3.2 $\pm$ 0.3	113 $\pm$ 9
Zand Gras 2						
Bokashi	6.2 $\pm$ 0.7	5.7 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.4	16.5 $\pm$ 10.0	3.1 $\pm$ 0.8	102 $\pm$ 25
Bokashi 2x	6.0 $\pm$ 1.0	5.6 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.4	15.9 $\pm$ 9.6	2.8 $\pm$ 0.8	84 $\pm$ 24
Drijfmest	5.8 $\pm$ 0.6	5.5 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.4	16.2 $\pm$ 9.9	2.7 $\pm$ 0.9	82 $\pm$ 27
Controle	5.2 $\pm$ 0.5	5.5 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.2	15.8 $\pm$ 9.6	2.6 $\pm$ 0.8	70 $\pm$ 20
Klei Gras						
Bokashi	7.9 $\pm$ 0.8	6.7 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 0.4	20.7 $\pm$ 8.6	9.7 $\pm$ 0.6	244 $\pm$ 25
Vaste mest	8.8 $\pm$ 0.9	6.8 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.4	21.8 $\pm$ 9.0	10.4 $\pm$ 0.2	265 $\pm$ 27
Drijfmest	8.1 $\pm$ 1.1	6.7 $\pm$ 0.1	4.1 $\pm$ 0.5	20.3 $\pm$ 8.4	10.2 $\pm$ 0.3	257 $\pm$ 29
Controle	8.4 $\pm$ 1.2	6.7 $\pm$ 0.1	4.2 $\pm$ 0.5	20.8 $\pm$ 8.6	10.1 $\pm$ 0.4	244 $\pm$ 29
Veen Gras						
Bokashi	22.1 $\pm$ 3.7	5.4 $\pm$ 0.1	9.5 $\pm$ 2.1	13.0 $\pm$ 5.2	5.6 $\pm$ 0.4	304 $\pm$ 41
Drijfmest	20.9 $\pm$ 3.0	5.4 $\pm$ 0.2	8.8 $\pm$ 1.8	14.5 $\pm$ 5.8	5.2 $\pm$ 0.4	265 $\pm$ 36
Controle	22.3 $\pm$ 3.7	5.3 $\pm$ 0.2	9.5 $\pm$ 2.1	14.1 $\pm$ 5.7	5.4 $\pm$ 0.5	290 $\pm$ 41
Zand Maïs						
Bokashi	4.1 $\pm$ 0.1	6.2 $\pm$ 0.0 ^b	1.7 $\pm$ 0.0	98.4 $\pm$ 2.8	2.9 $\pm$ 0.0	73 $\pm$ 3
Drijfmest	4.1 $\pm$ 0.2	6.3 $\pm$ 0.0 ^a	1.7 $\pm$ 0.1	90.0 $\pm$ 4.8	3.1 $\pm$ 0.1	78 $\pm$ 5
Controle	4.1 $\pm$ 0.2	6.2 $\pm$ 0.0 ^b	1.6 $\pm$ 0.0	103.1 $\pm$ 3.2	2.9 $\pm$ 0.1	67 $\pm$ 3

Klimaat

Tabel XXVIII: weergegevens gemiddeld per jaar van weerstation Leeuwarden

<https://weerstatistieken.nl/leeuwarden/2018>

Jaartal	Temperatuur (°C)	Neerslag (mm)	Zonuren
2018	10.7	610	2067
2019	10.7	899	1921
2020	11.0	891	1951
2021	9.9	939	1742
2022	11.0	765	2178
2023	11.1	1008	1902
2024	11.3	1068	1751