

Het fermentatieverschil tussen graskuil en bokashi van vers gras

P.R.A. Struyk & J. Pijlman



© december 2022 Louis Bolk Instituut

Het fermentatieverschil tussen graskuilen en bokashi van vers gras

P.R.A Struyk, J. Pijlman

Publicatienummer: 2022-048 LbP

Foto's: LBI

27 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

@LouisBolk



Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering
van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Het afvoeren van grote hoeveelheden maaisel uit natuurgebieden, watergangen en bermen is een kostenpost. Het op kleine schaal verwerken van maaisel tot een bodemverbeteraar en/of meststof is een alternatief. Er zijn verschillende manieren om dit maaisel te verwerken. Naast het direct uitrijden valt te denken aan composteren, inkuilen of verwerken tot bokashi. Inkuilen en bokashi zijn beide fermentatieprocessen die in tegenstelling tot composteren, op gang komen in de afwezigheid van zuurstof. Het onderzoek beschreven in deze rapportage richtte zich op deze twee varianten. De doelen van dit onderzoek waren het kijken naar de toevoegmiddelen bij bokashi en het zoeken naar geschikte parameters om het succes van een bokashihoop vast te kunnen stellen.

Dit onderzoek is samen met het Kennis Transfer Centrum (KTC) Zegveld uitgevoerd. Wij willen Maarten van Schijndel en Annelies Balkema van het Waterschap De Dommel en Karel van Houwelingen van het KTC Zegveld bedanken voor de goede samenwerking.

Inhoud

1	Introductie	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2	Materiaal & methode	7
3	Resultaten	11
3.1	Nulmeting	11
3.2	Eindmeting	12
4	Discussie	18
4.1	Het fermentatieproces	18
4.2	Evaluatie als meststof	20
5	Conclusies	23
	Referenties	25
	Bijlage 1: Screenshot materiaalkeuze Agriton	26
	Bijlage 2: Broei aanleg bokashi	27

1 Introductie

Bokashi is een gefermenteerd product dat wordt gevormd onder zuurstofarme omstandigheden en door het toevoegen van micro-organismen en een kalkproduct zoals schelpengruis, gesteentemeel en kleimineralen. De micro-organismen bestaan voornamelijk uit melkzuurbacteriën. De bacteriën worden toegevoegd om het fermentatieproces op te starten en te stimuleren. Bij alleen fermentatie zal – door de productie van vluchtige vetzuren zoals melkzuur – de kuil verzuren en de pH dalen naar een stabiele waarde, waarbij de melkzuurbacteriën zichzelf uiteindelijk op non-actief zetten. Het fermentatieproces wordt hierbij gestopt. Bij bokashi worden kalkhoudende stoffen toegevoegd in de vorm van schelpen(gruis) en kleimineralen. Deze kalkhoudende toevoegmiddelen zorgen voor een bufferende werking met als doel dat de pH niet of minder zal dalen en de melkzuurbacteriën zichzelf niet tot nauwelijks op non-actief zetten. De bedoeling is dat de fermentatie langer door kan gaan; dit wordt soms rijping genoemd.

Een belangrijk verschil tussen bokashi en compost is dat de organische stof anaeroob (dat is zuurstofarm) wordt gefermenteerd, waardoor er minder verliezen te verwachten zijn ten opzichte van compost. Daarnaast is de verwachting dat bokashi door de anaerobe fermentatie een bron wordt van een zo stabiel mogelijke organische stof. Bokashi is in Nederland een relatief nieuwe manier van het verwerken van maaisel tot een product dat toepasbaar is als bodemverbeteraar. De oorsprong ligt in Japan waar het al geruime tijd wordt toegepast.

Naast bokashi wordt het gebruik van ruw of ingekuild maaisel in de vorm van maaimeststoffen al geruime tijd onderzocht in voornamelijk de biologische landbouw. Hierbij gaat het vaak om mengsels van vlinderbloemigen als rode en witte klaver en luzerne. De vlinderbloemigen binden stikstof door een symbiose aan te gaan met *Rhizobium* bacteriën, waardoor het stikstofgehalte in het maaisel relatief hoog is. Deze mengsels worden gemaaid en vers of ingekuild over de bodem uitgereden als bemesting. Op deze manier is het gebruik van (dierlijke)meststoffen niet per sé nodig (Rietbergen & ter Berg, 2012; van der Burgt, Rietema, Bus & Timmermans, 2020).

Ook het inzetten van berm- en slootmaaisel in de landbouw is ruim 20 jaar geleden al verschillende malen onderzocht. Hierbij ging het om het inzetten van vers maaisel vergeleken met ingekuild maaisel. Onkruidzaden in het maaisel vormen het grootste risico bij het gebruik van vers maaisel in de landbouw. Door het maaisel in te kuilen voor minimaal zes weken, bleek er minder kieming van de onkruidzaden (Spijker, et al., 2004). Daarnaast bleek de C/N verhouding belangrijk voor de inzet in de landbouw, aangezien bij een hogere C/N verhouding meer minerale stikstof in de bodem geïmmobiliseerd kan worden door het bodemleven. Dit kan op korte termijn een negatief effect hebben op de gewasgroei (Spijker, et al., 2004).

Inkuilen blijkt dus een effectieve manier te zijn om maaisel op te slaan en te ontdoen van kiemkrachtige onkruidzaden en ook eventuele pathogenen als bruinrot (Pötsch, 2005; NVWA, 2013). Echter, zonder het toevoegen van het micro-organisme en een bufferende stof als kalk spreekt men niet van bokashi maar van gefermenteerd maaisel of kuilgras. Dat roept de vraag op wat de invloed van de toevoegmiddelen op het fermentatieproces en het uiteindelijke eindproduct in bokashi is ten opzichte van een gefermenteerde kuil.

In 2018 is gestart met een proef waarbij verschillende varianten van toevoegmiddelen in verschillende combinaties zijn vergeleken met een controlebehandeling zonder toevoegmiddelen (Struyk & van Schijndel, 2019). Daaruit is gebleken dat in de

aanwezigheid van de toevoegmiddelen meer vluchtige vetzuren (voornamelijk boterzuur) werden gevormd. Er was geen effect gevonden van alleen een mineralentoevoeging op de pH. In de aanwezigheid van toegevoegde micro-organismen werden er meer eiwitten afgebroken, wat resulteerde in een hogere C/N verhouding. Er bleken geen verschillen te zijn in kiemingspercentage van zaden tussen alle behandelingen. Echter bleven er veel vragen onbeantwoord, welke in dit onderzoek verder zijn opgepakt. Deze vragen zijn:

1. Wat is het effect van de toevoegmiddelen op het eindproduct?
2. Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur op het fermentatieproces?
3. Wat is de invloed van het suikergehalte in het ingangsmateriaal op het fermentatieproces?
4. Wat is de invloed van het drogestofgehalte van het ingangsmateriaal op het fermentatieproces?
5. Wat is de invloed van de toevoegmiddelen op de onkruidkieming?
6. Wat zijn meetbare indicatoren die laten zien dat de fermentatie is 'geslaagd'?

Voor dit onderzoek zijn de volgende hypothesen opgesteld bij deze onderzoeksvragen:

1. Toevoegmiddelen van bokashi zorgen ervoor dat de fermentatie langer doorgaat dan bij een normale fermentatie in een graskuil, doordat de pH daling wordt gebufferd en doordat de toegevoegde melkzuurbacteriën een zekere sturing geven aan de fermentatie.
2. Een lage omgevingstemperatuur heeft een negatieve invloed op het fermentatieproces. Bokashi wordt voornamelijk gemaakt van maaisel uit natuurgebieden, watergangen en bermen. Dit wordt vaak begin herfst gemaaid, opgeslagen en dan begin winter tot bokashi gemaakt. De buitentemperatuur ligt dan lager. Melkzuurbacteriën werken het beste tussen de 15-35°C. Het inkuilen van gras voor voederwinning gebeurt juist vooral in het voorjaar/zomer wanneer de temperaturen hoog liggen.
3. Een lager suikergehalte heeft een negatief effect op het fermentatieproces. Maaisel voor bokashi heeft over het algemeen een lager suikergehalte en daarmee minder voeding voor de melkzuurbacteriën dan voorjaars- of zomergras om kuil van te maken.
4. Drogestofgehalten boven ca. 50-60% hebben een negatief effect op de conservering ten opzichte van nattere maaisels. Maaisel voor bokashi is over het algemeen droger met drogestofgehaltenes tot wel 70%. Gras voor voederwinning wordt gedroogd tot een optimaal drogestofgehalte waarbij er een balans wordt gezocht naar kwaliteit en de juiste consistentie om de kuil goed 'aan te rijden' voor een goede conservering.
5. Door de bij het inkuilproces gevormde zuur en warmte, wordt de kiemkracht van onkruidzaden afgeremd. Bij het inkuilen van voedergras zakt de pH naar plus minus 4,5. De schelpen/mineralen kunnen de pH langer hooghouden of een pH-daling grotendeels voorkomen.
6. De parameters pH, melkzuur, boterzuur en de ammoniakfractie – welke reeds voor graskuilen geschikt zijn gebleken – zijn ook voor bokashi geschikte parameters om het fermentatieproces te beoordelen. Wel is de verwachting dat door de toevoegmiddelen de fermentatie in bokashi langer doorgaat, waardoor in een bokashikuil verhoudingsgewijs meer afbraakproducten aanwezig zouden zijn.

2 Materiaal & methode

Het maaisel voor dit onderzoek is gewonnen op productiegrasland en slootranden van KTC Zegveld. Na het harken op wiersen zijn al dan niet de toevoegmiddelen toegevoegd en verdeeld. De toevoegmiddelen bestonden per m³maaisel uit 1L Microbalans Standaard van het bedrijf Microbalans, 5 kg schelpengruis en 3 kg kleimineralen van Agriton. Daarna is het maaisel met een ronde balenpers met messen geperst in balen van ca. 200 kg en zijn de balen in folie gewikkeld. Tijdens het persen zijn er per baal twee zakjes met koolzaadzaden toegevoegd om de kiemkracht na fermentatie te onderzoeken.



Figuur 1. Trekker met balen pers-wikkelcombinatie

Alle typen maaisel zijn – onafhankelijk van de lengte van de veldperiode – gelijktijdig ingekuuld op 15 oktober 2020. Er is gekozen voor de volgende soorten maaisel:

Jong gras: Gras dat gemaaid is in een vroeg stadium.

Ouder gras: Gras dat gemaaid is in een optimaal stadia voor het verkrijgen van ruwvoer.

Gedroogd ouder gras: Gras dat gemaaid is in een optimaal stadia voor het verkrijgen van ruwvoer, waarbij de veldperiode langer was voor een hoger drogestofgehalte.

Bermgras: Gras dat gemaaid is van bermen langs watergangen.



Figuur 2. Maaisel na toevoeging van de toevoegmiddelen. De witte deeltjes zijn stukjes schelpen.

De balen zijn vervolgens gedurende 12 weken weggezet in een klimaatcel waar een constante omgevingstemperatuur van 5°C of 15°C werd gehandhaafd, met uitzondering van het jonge maaisel welke alleen bij de hoogste omgevingstemperatuur was weggezet wegens een tekort aan maaisel. Van alle behandelingen zijn drie balen gemaakt en omvatten dus drie herhalingen. De volledige proefopzet is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. De bokashi-proef was opgezet als een bijna volledig factorieel design met drie herhalingen per behandeling; in totaal 42 balen. Alleen het jonge maaisel was niet ingezet bij de laagste temperatuur.

Behandeling	Maaisel	Toevoegmiddelen*	Omgevingstemperatuur
1	Jong	+	15°C
2	Ouder	+	15°C
3	Gedroogd ouder	+	15°C
4	Berm	+	15°C
5	Jong	-	15°C
6	Ouder	-	15°C
7	Gedroogd ouder	-	15°C
8	Berm	-	15°C
9	Ouder	+	5°C
10	Gedroogd ouder	+	5°C
11	Berm	+	5°C
12	Ouder	-	5°C
13	Gedroogd ouder	-	5°C
14	Berm	-	5°C

* De toevoegmiddelen bestonden uit 1L Microbalans Standaard van het bedrijf Microbalans, 5 kg schelpengruis en 3 kg kleimineralen van Agriton per m³ maaisel.

Voor de nulmeting zijn er op de eerste dag (15 oktober 2021) van het maken van de balen, steekproefsgewijs monsters genomen van de 4 type maaisel met en zonder toevoegmiddelen in duplo (totaal 16 monsters). Voor de eindmeting zijn er monsters verzameld van elke baal (14 x 3 balen) op 5 januari 2021 bij het openmaken van de balen. De koolzaadzakjes ten behoeve van de kiemkracht zijn niet verzameld wegens een gebrek aan kiemkracht bij de nulmeting.

Bij het openmaken van de balen zijn er onafhankelijk van het maaiseltype, monsters genomen met en zonder toevoegmiddelen bij beide omgevingstemperaturen (14 monsters), voor een bemestingsanalyse.

Bij de metingen zijn in alle monsters de volgende indicatoren vastgesteld zowel als nulmeting (15 oktober 2020) als bij de eindmeting (5 januari 2021).

- Droge stof (DS) gehalte, pH, boterzuur (BZ), azijnzuur (AZ), melkzuur (MZ), alcohol (ETH), NH₃ fractie, ruw as (RAS), verteerbaarheid (VCOS), ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), suiker, NDF, ADL en ADF, via nat chemische bepalingen (Eurofins Agro).
- Bij openen van de balen (5 januari 2021) is per uitgangskuilsoort een analyse op de 'bemestende waarde': ruw as, organische stof, stikstof, fosfor, kalium, magnesium, chloride, pH-KCL, koolzure kalk, koolstof en C:N ratio (Eurofins Agro).
- Subjectieve visuele beoordeling van geur en structuur.

Statistische analyse

De 'uitkuilparameters' zijn geanalyseerd met behulp van ANOVA, waarin maaisel, wel of geen toevoegmiddel en temperatuur (warm vs. koud weggezet) factoren waren. Interacties tussen maaisel, toevoegmiddel en temperatuur waren toegestaan. Voor de 'bemestende waarde' parameters kon kuilsoort niet als factor meegenomen worden, omdat er per kuilsoort maar één monster was geanalyseerd. Een p-waarde <0.05 was beschouwd als een significant verschil en een p-waarde <0.10 was beschouwd als een tendens naar een significant verschil.



Figuur 3. Balen tijdens de bemonstering van de eindmeting (l) en onopgeloste schelpendeeltjes in het maaisel (r).

3 Resultaten

3.1 Nulmeting

Voorafgaand aan het maken van de bokashibalen was het drogestofgehalte van het jonge maaisel en bermmaaisel hoger dan van het oudere en oudere gedroogde maaisel (tabel 2). Het bermmaaisel had het laagste ruw eiwit en hoogste NDF, ADF en ADL-gehalte en de laagste VCOS. Het bermmaaisel was dus het meest vezelrijk en stengelig en had in termen van rundveevoederwaarde relatief de minst gunstige waarden. Het oudere maaisel had een wat hoger ruw eiwitgehalte dan het jonge maaisel, wat lagere NDF en ADL-gehalten, en een wat hoger VCOS. Ook was het ruw as gemiddeld iets lager, en het suikergehalte iets hoger. Dit maaisel was daarom in termen van voederwaarde voor rundvee het meest gunstig.

Tabel 2. Chemische analyse van de verschillende gebruikte maaisels, in duplo voorafgaand aan het maken van bokashi, in g/kg ds tenzij anders aangegeven.

Maaisel Toevoegmiddel	Jong		Ouder		Gedroogd ouder		Berm	
	Zonder	Met	Zonder	Met	Zonder	Met	Zonder	Met
DS, %	38,9	41,0	24,0	25,6	30,2	32,0	43,4	41,6
pH	5,8	6,1	5,9	5,9	5,9	5,8	6,1	5,9
RAS	114	122	112	102	107	125	104	116
RE	236	203	245	262	227	236	175	183
RC	234	252	214	240	225	220	239	240
Suiker	84	84	116	80	116	92	87	87
NDF	486	526	457	494	480	478	556	516
ADF	243	249	210	282	236	238	292	295
ADL	21	23	13	17	19	20	32	32
VCOS, %	75,0	71,6	80,0	76,7	78,6	77,8	62,5	65,9
NH ₃	2	1	1	1	1	2	1	2
AZ, g/kg product	1	1	1	4	2	5	1	1
MZ, g/kg product	8	3	5	4	4	3	8	2

3.2 Eindmeting

Gemiddelde verschillen per soort maaisel, toevoegmiddel en de omgevingstemperatuur op de samenstellingsparameters bij het uitkuilen zijn weergegeven in tabel 3. Gemiddelde hoofdeffecten van het soort maaisel, het toevoegmiddel en de omgevingstemperatuur op de verandering t.o.v. de nulmeting van de verschillende samenstellingsparameters zijn weergegeven in tabel 4 en figuur 4.

Maaiselsoorten

In alle bokashikuilen daalde de pH met gemiddeld ruim 1 punt. Er werd echter geen significant effect gevonden tussen de maaiselsoorten, de aanwezigheid van toevoegmiddelen en de omgevingstemperatuur op de pH-daling. Het bermmaaisel liet de grootste daling van het drogestofgehalte (bij de lage omgevingstemperatuur) zien. Het jonge en oudere maaisel hadden een daling van het ruwe celstof gehalte, terwijl het bermmaaisel en het gedroogde oudere maaisel gemiddeld een stijging lieten zien. Bij het bermmaaisel stegen het NDF en ADF-gehalte en daalde het VCOS-gehalte in de aanwezigheid van het toevoegmiddel, terwijl het bij de andere maaisels vrijwel gelijk bleef of daalde. De producties van azijnzuur en melkzuur verschilden tussen de maaiselsoorten, maar deze werden ook beïnvloed door zowel de aanwezigheid van het toevoegmiddel als de omgevingstemperatuur. Gemiddeld gaf het jongere gras de grootste azijnzuurproductie, terwijl het gedroogde oudere gras de grootste melkzuurproductie gaf.

Kijkend naar de afname in suikergehalten en de toename van azijnzuur en melkzuur, kan worden geconcludeerd dat er in alle kuilen sprake was van fermentatie. Het lijkt er wel op dat de fermentatieprocessen verschilden tussen de kuilen, gezien de verschillen in wel of geen daling van het ruwe celstof gehalte en wel of geen stijging van het NDF en ADF-gehalte. Het bermmaaisel leek het meest afwijkend voor wat betreft verandering van de chemische samenstelling ten opzichte van de andere kuilen.

Toevoegmiddelen

In de aanwezigheid van toevoegmiddelen bij een lage omgevingstemperatuur bleef het drogestofgehalte van de bokashikuilen vrijwel gelijk, terwijl het bij de hogere omgevingstemperatuur juist licht daalde. Opvallend was ook dat in de aanwezigheid van toevoegmiddelen het eiwitgehalte, het suikergehalte (alleen bij de hogere omgevingstemperatuur) en VCOS verder daalde en ammoniak (alleen bij de hogere omgevingstemperatuur), azijnzuur en melkzuur verder stegen. Het ruw as gehalte en de lignine fractie stegen ook in de aanwezigheid van het toevoegmiddel. Opvallend is dat bij het bermmaaisel deze verschuiving niet werd gezien. Dit was een relatief droger, vezelrijker en moeilijker verteerbaar uitgangsmateriaal.

Omgevingstemperatuur

Bij een lage omgevingstemperatuur was er duidelijk minder effect van de toevoegmiddelen op de afname van het suikergehalte, terwijl bij een hogere temperatuur de aanwezigheid van toevoegmiddelen zorgde voor een verdere afname van het suikergehalte en een kleinere toename van melkzuur (interacties waren significant). Daarnaast gaf een hogere omgevingstemperatuur een verdere afname van het eiwitgehalte en een toename van het ammoniakgehalte, wat nog eens versterkt werd in de aanwezigheid van het toevoegmiddel, wat duidt op een verdere eiwitafbraak in de kuilen. Een hogere omgevingstemperatuur leek daarmee een positief effect te hebben op de mate van afbraak van producten in de kuilen.

Eindproduct bemestende waarde

In het eindproduct zijn, op de parameter koolzure kalk na, geen significante verschillen gevonden (tabel 5). Bij de koolzure kalk werd er een hogere waarde gevonden bij de behandeling met toevoegmiddelen. Dit komt overeen met het toevoegen van de schelpen als onderdeel van de toevoegmiddelen. Bij de parameters stikstof, organische stof, ruw as en pH werd een trend gevonden. Een aantal parameters zijn in de kuilanalyses ook geanalyseerd, waar vaak wel een significant verschil werd aangetoond, zoals bij ruw as en ruw eiwit.

Visuele beoordeling

Alle balen met maaisels roken fris zurig, als mooi ingekuild gras. De structuur van het maaisel was nog steeds stevig dat niet gemakkelijk stuk getrokken kon worden, redelijk vergelijkbaar met de uitgangssituatie. Er is geen boterzuur geroken.

Tabel 3. Hoofdeffecten van soort maaisel, toevoegmiddel en temperatuur op de chemische analyse van bokashi op het **moment van openen**. Alle cijfers zijn in g/kg droge stof.

	Effect soorten maaisel			Effect toevoegmiddel		Effect omgevingstemperatuur			SEM	p-waarden ¹					
	Jong	Ouder	Gedroogd ouder	Berm	Zonder	Met	Lager	Hoger		M	Tv	Temp	M x Tv	M x Temp	Tv x Temp
DS	40 ^a	26 ^c	32 ^b	39 ^a	34	34	33	34	1.1	***			*		
pH	4.8	4.6	4.7	5.0	4.7	4.9	4.9	4.7	0.1						
RAS	141	129	119	107	110 ^b	133 ^a	119	123	5.4		*		†		
RE	207 ^a	221 ^a	216 ^a	155 ^b	205 ^a	190 ^b	200 ^a	196 ^a	5.2	***	**	*			
RC	214 ^b	213 ^b	225 ^b	282 ^a	235	240	243	233	5.3	***					
Suiker	51	40	41	38	54 ^a	28 ^b	42	41	3.6		***				*
NDF	431 ^{bc}	402 ^c	437 ^b	560 ^a	454	472	476	455	11.6	***			†		
ADF	250 ^b	237 ^b	245 ^b	311 ^a	260	267	267	261	5.8	***			*		
ADL	20 ^b	16 ^b	16 ^b	34 ^a	19 ^b	25 ^a	23	21	1.6	***	**				
VCOS	75.6 ^a	79.2 ^a	78.5 ^a	61.5 ^b	74.9 ^a	71.4 ^b	72.2	73.8	1.4	***	*				
NH ₃	10.7	12.3	11.8	11.3	11.1 ^b	12.2 ^a	10.1 ^b	12.6 ^a	0.4		*	***		*	*
AZ	4.8	5.2	4.5	3.5	3.4 ^b	5.5 ^a	4.5	4.4	0.4		**		*		
BZ	0.7 ^b	0.9 ^b	0.8 ^b	5.1 ^a	2.2	2.0	1.5 ^a	2.5 ^a	0.5	***		*		*	
MZ	17.5 ^{ab}	15.5 ^b	19.5 ^a	6.9 ^c	11.7 ^b	16.9 ^a	11.6 ^b	16.1 ^a	1.2	***	***	*	*		*
ETH	1.5 ^b	1.2 ^b	1.4 ^b	3.1 ^a	1.6	2.1	1.4 ^b	2.2 ^a	0.2	**		**			

¹ *** = $p < 0.001$; ** = $p > 0.001$ en < 0.01 ; * = $p > 0.01$ en $p < 0.05$; † = $p > 0.05$ en $p < 0.10$

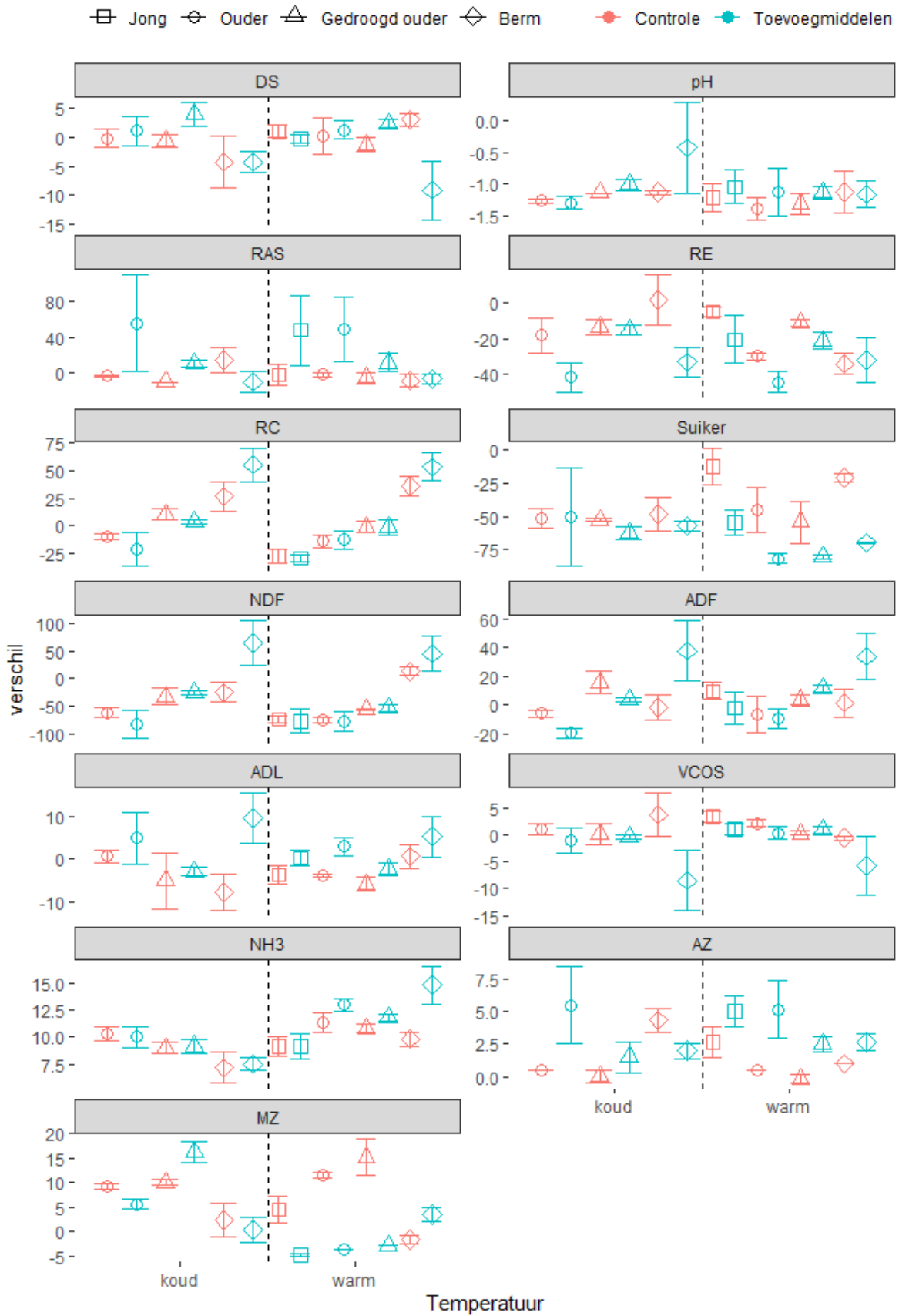
SEM= standaardfout van het gemiddelde, M= maaisel, Tv= toevoegmiddel, Temp= temperatuur. Letters bij de waarden geven aan tussen welke behandelingen een significant verschil is wanneer de letters van elkaar verschillen, bijvoorbeeld ^a met ^b.

Tabel 4. Hoofdeffecten van soort maaisel, toevoegmiddel en temperatuur op de **verandering van de chemische analyse** tussen het maken en het moment van openen van de bokashi. Alle cijfers zijn in g/kg droge stof.

	Effect soorten maaisel				Effect toevoegmiddel		Effect omgevingstemperatuur			p-waarde ¹					
	Jong	Ouder	Gedroogd ouder	Berm	Zonder	Met	Lager	Hoger	SEM	M	Tv	Temp	M x Tv	M x Temp	Tv x Temp
DS	0 ^{ab}	1 ^a	1 ^a	-4 ^b	0	-1	-1	0	0.8	*			*		
pH	-1.1	-1.3	-1.2	-1.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.2	0.1						
RAS	23	22	3	-3	-2 ^b	21 ^a	8	11	5.4		*				
RE	-13 ^a	-33 ^b	-15 ^a	-24 ^{ab}	-16 ^a	-29 ^b	-19 ^a	-25 ^b	2.7	*	**	*			
RC	-29 ^c	-14 ^c	2 ^b	43 ^a	3	8	13	0	4.8	***					
Suiker	-34 ^a	-58 ^b	-63 ^b	-49 ^{ab}	-40 ^a	-66 ^b	-54	-53	3.9	*	***				*
NDF	-75 ^c	-73 ^c	-42 ^b	24 ^a	-45	-27	-23	-44	8.4	***			†		
ADF	4 ^{ab}	-9 ^b	8 ^a	18 ^a	2	9	6	5	3.3	*			*		
ADL	-2	1	-4	2	-3 ^b	3 ^a	0	-1	1.0	†	**				
VCOS	2.3	0.8	0.3	-2.7	1.6 ^a	-1.9 ^b	-0.8	0.3	0.8	*	*				
NH ₃	9.2	11.3	10.3	9.8	9.7 ^b	10.8 ^a	8.8 ^b	11.3 ^a	0.4	†	*	***		†	*
AZ	3.8 ^a	2.7 ^a	1.0 ^b	2.5 ^{ab}	1.3 ^b	3.4 ^a	2.3	2.4	0.4	*	**		*		
MZ	-0.1 ^c	5.6 ^b	9.6 ^a	1.1 ^c	1.9 ^a	7.2 ^b	2.8 ^a	7.2 ^b	0.5	***	***	**	**	*	***

¹ *** = $p < 0.001$; ** = $p > 0.001$ en < 0.01 ; * = $p > 0.01$ en $p < 0.05$; † = $p > 0.05$ en $p < 0.10$

SEM= standaardfout van het gemiddelde, M= maaisel, Tv= toevoegmiddel, Temp= temperatuur. Letters bij de waarden geven aan tussen welke behandelingen een significant verschil is wanneer de letters van elkaar verschillen, bijvoorbeeld ^a met ^b.



Figuur 4. Gemeten verschil van inhoudsstoffen per behandeling, bepaald door de analyse voor en na het bokashi inkuilproces met elkaar te vergelijken. De foutbalken geven de standaardfout weer.

Tabel 5. Effecten van toevoegmiddel en omgevingstemperatuur op de gemiddelde gehalten van de **bemestende waarde** genomen van de vier soorten maaisel. Per kuil is één analyse gedaan van de parameters, waardoor effecten van de kuilen niet konden worden geanalyseerd, maar er mogelijk wel waren. Alle cijfers zijn in g/kg droge stof, tenzij anders is aangegeven.

	Effect toevoegmiddel		Effect omgevingstemperatuur		SEM	Tv	p-waarde ¹	
	Zonder	Met	Lager	Hoger			Temp	Tv x Temp
Ruw as	116	130	122	124	3.5	†		
Organische stof, %	88.4	87.0	87.8	87.7	0.35	†		
Stikstof	34.9	33.6	34.5	33.7	1.48	†		
Fosfor	3.6	3.5	3.5	3.6	0.11			
Kalium	32.7	31.9	32.2	32.4	1.59			
Zwavel	3.9	3.8	3.8	3.9	0.16			
Magnesium	2.3	2.3	2.3	2.4	0.05			
Chloride	17.1	16.1	16.3	16.9	0.68			
pH-KCl, -	4.6	4.9	4.9	4.7	0.09	†		
Koolzure kalk, %	0.2 ^b	0.5 ^a	0.5	0.3	0.08	*		
Koolstof	442	437	441	439	1.6			
C:N ratio, -	13.3	13.1	13.0	13.4	0.66			

¹ *** = $p < 0.001$; ** = $p > 0.001$ en < 0.01 ; * = $p > 0.01$ en $p < 0.05$; † = $p > 0.05$ en $p < 0.10$

4 Discussie

Gezien eerder onderzoek, waren er verschillen tussen de behandelingen zonder en met bokashi toevoegmiddelen te verwachten. Bij ons weten is dit het eerste onderzoek waar bokashi is onderzocht op nat chemische graskuilparameters.

Er wordt wel eens gesteld dat elk type materiaal geschikt is voor de productie van bokashi. In de praktijk worden meestal relatief eiwitarme maaisels gebruikt. De gebruikte maaiseltypen in deze proef waren relatief eiwitrijk productiegras en bermgras afkomstig van een veenweidebedrijf en gemaaid begin oktober 2020. De representativiteit van de maaisels om te worden omgevormd tot bokashi was daarmee mogelijk wat kleiner. Wel waren de maaisels geschikt om te gebruiken als maaimeststof, onder andere gezien het relatief hoge eiwitgehalte en daarmee stikstofgehalte.

4.1 Het fermentatieproces

Dat er in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen een intensievere fermentatie heeft plaatsgevonden, is mogelijk ook af te leiden uit parameters als ruwe celstof, ADL, VCOS en ruw eiwit, welke allemaal significant veranderden in aanwezigheid van de toevoegmiddelen. Van bokashi wordt wel gezegd dat het maaisel meer wordt "voorverteerd", waardoor het beter opneembaar zou zijn voor het bodemleven. Echter, wanneer er meer celinhoud (suikers en eiwit) wordt afgebroken in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen – als gevolg van een langer doorlopende fermentatie – blijven er meer celwanden over. Deze celwanden zijn slechter verteerbaar waardoor de verteringcoëfficiënt van de organische stof (VCOS) daalt.

Mogelijk zorgde de aanwezigheid van het toevoegmiddel ervoor dat het fermentatieproces langer doorging dan zonder de behandeling zonder het toevoegmiddel, en zorgde dat voor de grotere veranderingen van makkelijk afbreekbare componenten. Lignine (houtstof) is moeilijk afbreekbaar en door het achterblijven van die fractie, terwijl andere componenten worden afgebroken, kan het gehalte relatief stijgen. Hetzelfde geldt voor de as-fractie. Dat zou dus kunnen betekenen dat de toevoegmiddelen erin slaagden de pH in de kuilen langzamer te laten dalen, waardoor er meer tijd was voor microben om suiker af te breken. Blijkbaar waren die omstandigheden relatief iets ongunstiger voor melkzuur producerende micro-organismen en iets gunstiger voor azijnzuur producerende micro-organismen. Melkzuurbacteriën hebben een wat lagere pH tolerantie dan bijvoorbeeld azijnzuurbacteriën. De bufferende werking van de toevoegmiddelen zouden daarom een verklaring kunnen zijn van de verschuiving van melkzuur naar azijnzuur in de aanwezigheid ervan.

Ook het lignine gehalte (ADL) liet een stijging zien in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen. Dit duidt er ook op dat er meer celinhoud is verdwenen waardoor er relatief meer lignine (houtstof) overblijft. Houtstof is moeilijker afbreekbaar in de bodem. Het ruw eiwitgehalte laat een daling zien in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen, waarbij er meer eiwit wordt afgebroken met toevoegmiddelen. Dit resulteert onder andere in een hoger ammoniakgehalte. Ook dit duidt erop dat in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen de fermentatie langer is doorgegaan. In de studie van Struyk & van Schijndel uit 2019 is dit resultaat ook gevonden.

De verandering van de samenstelling van het maaisel, waarbij er meer celinhoud verdwijnt en meer celwand overblijft na fermentatie in de aanwezigheid toevoegmiddelen, kan als

gevolg hebben dat het bodemleven het maaisel minder gemakkelijk kan verwerken en laat mineraliseren ten opzichte van het uitgangsmateriaal. Ook kan dit leiden tot een grotere stikstofmobilisatie ten opzichte van een makkelijker afbreekbaar product, omdat het C:N ratio stijgt naarmate de fermentatie verder is gevorderd. Het ruw as gehalte steeg ook meer in aanwezigheid van de toevoegmiddelen. Aangezien er geen extra ruw as in de kuil/bokashi bij kan komen is er dus organische stof afgebroken, waardoor er relatief meer as overblijft (as analyse van het uitgangsmateriaal was gedaan na aanbrengen toevoegmiddelen). Dit wordt bevestigd door de compostanalyse waarbij er een trend is dat er daadwerkelijk minder organische stof in het eindproduct zit met de toevoegmiddelen.

Bij een hogere omgevingstemperatuur werd er meer suiker afgebroken en meer melkzuur gevormd. Wanneer er ook toevoegmiddelen werden gebruikt was deze relatie nog sterker. Dit zou verklaard kunnen worden uit de aanname dat de melkzuurbacteriën onder hogere temperaturen actiever en/of langer actief zijn.

Een daling van het drogestofgehalte kan komen door de vorming van vocht, wat vooral kan vrijkomen bij de anaerobe omzetting van organische stof en dus minder voor de hand ligt in een afgesloten kuil. Of door de omzetting van organische stof in gasen welke verloren gaan en waardoor het droge stof aandeel daalt.

Verwacht was dat het suikergehalte van invloed is op de fermentatie, omdat suiker een belangrijke bron is voor microbiële groei. In geen van de behandelingen was alle suiker omgezet, waardoor het erop leek dat in deze proef het suiker niet de limiterende factor was voor de fermentatie. Wanneer de melkzuurbacteriën suiker omzetten in melkzuur, geldt doorgaans dat des te meer suiker beschikbaar is, des te meer melkzuur er gevormd kan worden en de pH kan dalen. Dit is gedeeltelijk teruggevonden in de verschillende typen maaisel, waarbij de oudere maaisels met aan de start een hoog aandeel suiker ook een sterkere suikerdalingen lieten zien en een stijging van het aandeel melkzuur. De behandelingen met en zonder toevoegmiddelen gaven beide een daling van suikergehalte en er was ook melkzuur gevormd. Daarom kan er gesteld worden dat er een fermentatieproces is geweest in zowel de behandelingen met als zonder de toevoegmiddelen. De behandelingen met de toevoegmiddelen lieten echter een sterkere daling van het suikergehalte zien en een hoger aandeel melkzuur. De toevoegmiddelen lijken daarmee een versterkende rol te hebben gespeeld in het fermentatieproces.

Normaal gesproken is een graskuil op een bepaald moment (bijna) stabiel als gevolg van pH daling en zal er weinig verdere afbraak plaatsvinden. Door de bufferende werking van schelpen en klei kan de fermentatie in bokashi mogelijk langer doorgaan, mogelijk totdat de suiker op is en er geen voeding meer is voor de bacteriën. Zo kan er gedurende een langere periode celinhoud worden afgebroken. Dit resulteert dan ook in een eindproduct waar dus geen tot zeer weinig suiker in zit met een laag ruw eiwitgehalte en hoog aandeel ruwe celstof en lignine. Gezien het hoge suikergehalte in alle maaiseltypen bij openen van de balen was een langere fermentatieduur misschien wenselijk geweest om tot verder gefermenteerd eindproduct te komen. In tabel 5 een schematische weergaven van de effecten op de fermentatieparameters voor het toevoegmiddel en omgevingstemperatuur.

Tabel 5. Samenvatting effecten toevoegmiddel en temperatuur op de fermentatieparameters. Pijlen geven aan of de parameter steeg, daalde of gelijk bleef. Wanneer groen is het verschil significant.

	Effect toevoegmiddel		Effect omgevingstemperatuur	
	Zonder	Met	Lager	Hoger
DS	-	-	-	-
pH	↓	↓	↓	↓
RAS	↓	↑↑	↑	↑
RE	↓	↓↓	↓	↓↓
RC	↑	↑	↑	-
Suiker	↓	↓↓	↓	↓
NDF	↓	↓	↓	↓
ADF	↑	↑	↑	↑
ADL	↓	↑	-	-
VCOS	↑	↓	-	-
NH ₃	↑	↑↑	↑	↑↑
AZ	↑	↑↑	↑	↑
MZ	↑	↑↑↑	↑	↑↑

4.2 Evaluatie als meststof

Het is de vraag of het wenselijk is om een product langer te laten fermenteren met behulp van de toevoegmiddelen. Dit is voornamelijk afhankelijk van welk doel er wordt nagestreefd met het gebruik van maaisel als meststof. Als dit ter bodemverbetering is en voor het verhogen van organische stofgehalte in de bodem, lijkt het opbrengen van maaisel met toevoegmiddelen een gunstigere optie, aangezien hier relatief meer organische stof is behouden met minder makkelijk afbreekbare celinhoud, gemeten als minder stijging van het as gehalte. De afbreekbare celinhoud (suiker en eiwit) is juist op kortere termijn belangrijk om het bodemleven te voeden. In de praktijk zal het product voornamelijk worden gezien als 'gratis meststof' die 'buiten de mestboekhouding' ingezet kan worden. Het behouden van zoveel mogelijk makkelijk afbreekbare componenten lijkt dan logischer en wenselijk.

Suiker is ook een snelle vorm van energie voor het bodemleven. Suiker zou dus belangrijk kunnen zijn om zoveel mogelijk te behouden in het maaisel, om te dienen als snelle

voedingsbron voor het bodemleven (Gunina & Kuzyakov, 2015). Dit is ook bevestigd in proeven met het gebruik van maaimeststoffen. Hier is onder andere de beschikbaarheid van nutriënten vergeleken tussen verse luzerne en ingekuilde luzerne. Omdat suiker bij inkuielen of fermentatie voor een groot deel wordt omgezet in melk- en azijnzuur, zal het gehalte aan suiker in de verse luzerne hoger liggen. Dit zorgt ervoor dat het bodemleven meteen een snelle vorm van energie ter beschikking heeft, waarmee het sneller kan gaan werken aan de mineralisatie van een meststof (Scholberg, Berg ter, Staps, & Strien van, 2010).

Daarnaast kan het moment van uitrijden ook mede bepalen om wel of geen toevoegmiddelen te gebruiken. Wanneer het maaisel in het najaar wordt uitgereden is er minder behoefte aan makkelijk afbreekbare componenten als suiker en eiwit, omdat die waarschijnlijk weg zijn zodra het daaropvolgende groeiseizoen start. Dit maakt het risico op verliezen van nutriënten ook groter. Bij uitrijden in het voorjaar geldt het tegenovergestelde; dan is er belang om het bodemleven te stimuleren met gemakkelijke energie om de mineralisatie te stimuleren. Daar lijkt inkuielen zonder toevoegmiddelen beter bij te passen. Al is op dat moment vers maaisel niet beschikbaar.

Een van de parameters die vaak gebruikt wordt om een bokashihoop te beoordelen is de mate van verbrokkeling van het maaisel. Hierbij wordt bedoeld dat het maaisel gemakkelijk breekt en daarmee ook gemakkelijk strooibaar is op het land. In het geval van deze proef leek de mate van verbrokkeling na een visuele beoordeling niet verschillend. Het maaisel was nog steeds stevig van structuur en verbrokkelde niet. Wat hier mogelijk aan ten grondslag ligt is de lengte van de fermentatieperiode (ook in de balen met toevoegmiddelen was suiker aanwezig bij het openen) en dat er gewerkt is met vers materiaal dat binnen 48 uur was gemaaid en verwerkt. Hier heeft dan ook geen broeiplaats kunnen vinden gezien de korte veldperiode. In de praktijk is dit vaak anders. Berm- en natuurmaaisel wordt gemaaid en opgeslagen op depotlocaties van waterschappen, gemeenten, provincies en terreinbeheerders. Hier kan het maaisel enige tijd liggen waardoor er broei ontstaat. Tijdens deze broei wordt er gestart met een composteerproces en kan een deel van het maaisel langzaam 'veraarden' en worden ook deels suikers en eiwitten afgebroken. Gedeeltelijk gecomposteed maaisel verbrokkelt vaak gemakkelijker en is beter strooibaar. Zo kan er afgevraagd worden of lichte broei in sommige situaties niet zelfs noodzakelijk is voor een 'makkelijk strooibare' bokashi. In bijlage 2 een voorbeeld van een broeiende hoop waar op dat moment bokashi van werd gemaakt. Het eindproduct kan behoorlijk verschillen in uiterlijk, zoals het voorbeeld in figuur 5 waar twee uiterlijk verschillende bokashi's werden gemaakt van hetzelfde uitgangsmateriaal.



Figuur 5. Twee visueel verschillende bokashi's gemaakt van hetzelfde ingangsmaisel

5 Conclusies en aanbevelingen

Per gestelde onderzoeksvraag en aanpalende hypothese is een conclusie geformuleerd:

1. *De toevoegmiddelen van bokashi zorgen ervoor dat de fermentatie langer doorgaat dan bij een graskuil.*

Bij de behandeling met toevoegmiddelen was er significant meer celinhoud (suiker en eiwit) verdwenen en was er een stijging van ADL en ruw as. Er is daarom waarschijnlijk meer organische stof verloren gegaan dan in de behandelingen zonder toevoegmiddelen. Daarmee lijkt het erop dat in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen de fermentatie langer is doorgedaan.

2. *Een lage omgevingstemperatuur heeft een negatieve invloed op het fermenteerproces.*

Een hogere omgevingstemperatuur (15 vs. 5 °C) droeg significant bij aan een snellere en intensievere fermentatie. Hierbij werd meer eiwit afgebroken en meer melkzuur gevormd. In de aanwezigheid van toevoegmiddelen werd er meer suiker afgebroken bij een hogere omgevingstemperatuur. Daarom valt te concluderen dat een lagere omgevingstemperatuur een negatief effect heeft op het fermenteerproces.

3. *Een lager suikergehalte heeft een negatief effect op het fermentatieproces.*

In de aanwezigheid van de hogere suikergehaltes in het oudere en gedroogde oudere maaisel werd er meer melkzuur gevormd. Er is echter geen duidelijk negatief effect op het fermentatieproces gevonden bij maaisels met minder suiker, maar wel een significant lager aandeel melkzuur bij deze maaisels. Het lijkt er daarmee op dat het suikergehalte inderdaad een negatief effect had op het fermentatieproces. Echter was in geen van de behandelingen alle suiker verdwenen na fermentatie, wat de onderbouwing van deze conclusie beperkt.

4. *Drogestofgehalten boven ca. 50-60% hebben een negatief effect op de conservering ten opzichte van nattere maaisels.*

Alle typen maaisel in het onderzoek hadden een droge stof gehalte tussen de 24% en 43% bij de start. Daardoor is er geen duidelijke conclusie aan deze hypothese te verbinden op basis van dit onderzoek. Wel was er in het gedroogde oudere gras wat minder eiwitafbraak en wat meer melkzuurproductie ten opzichte van het niet voorgedroogde oudere gras, wat erop duidt dat bij nat ingekuild gras er meer eiwitverliezen kunnen zijn. Dit is ook bekend vanuit kennis rondom kuilgras maken.

5. *Door het zuur en warmte gevormd bij het inkuilproces wordt de kiemkracht van onkruidzaden afgeremd.*

Wegens een zeer lage kiemkracht van de ingezette koolzaden, kon deze parameter niet worden meegenomen in de analyse.

6. *De parameters pH, melkzuur, boterzuur en de ammoniakfractie – welke reeds voor graskuilen geschikt zijn gebleken – zijn ook voor bokashi geschikte parameters om het fermentatieproces te beoordelen.*

Omdat de parameters pH, melkzuurfractie, suikergehalte en ruweiwit gehalte duidelijk veranderden tijdens het fermentatieproces, en ook anders veranderden in de aanwezigheid van de toevoegmiddelen, lijken dit geschikte parameters om de mate van fermentatie in te schatten van bokashi. Eventueel in combinatie met andere parameters zoals drogestof, ruw as en NDF, ADF en ADL, konden deze parameters gebruikt worden om de mate van fermentatie te beschrijven. Zowel op het gebied van geur als in breekbaarheid van het maaisel was er geen verschil tussen de behandelingen met of zonder toevoegmiddelen.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd:

- Weeg het maaisel of de baal voor inkuilen en bij uitkuilen om het eventuele (gasvormige) massaverlies te bepalen. Zo kan geschat worden wat het verlies van organische stof is tijdens het fermentatieproces is en kan er meer inzicht worden verkregen in de mate van fermentatie. Ook is dit van belang voor een eventuele bredere vergelijking van bijvoorbeeld koolstofverliezen tussen het gebruik van vers materiaal, compost, kuil of bokashi als bodemverrijkende stof.
- Meet de (kern)temperatuur van het maaisel gedurende de fermentatieperiode. Dit kan mogelijk door gebruik te maken van een hooibroeimeter die mee wordt ingekuild en digitaal kan worden afgelezen. Temperatuurstijging kan invloed hebben op de kiemkracht van eventuele onkruidzaden. Ook kan aan de hand van het temperatuurverloop de periode van fermentatie worden onderzocht.
- Voer onderzoek uit naar het verloop en de tijdsduur van de fermentatie bij eventueel verschillende hoeveelheden toevoegmiddelen en voor verschillende soorten ingangsmateriaal (o.a. variërend in suiker- en eiwitgehalte). Hoe meer suiker, hoe langer de fermentatie kan doorgaan en ook hoe meer schelpen en klei nodig zijn voor pH buffering. De tijdsduur van fermentatie lijkt een belangrijke rol te spelen bij het beoogde eindproduct en gebruiksdoel, en zou hier idealiter op kunnen worden afgestemd. Maak ook gebruik van zowel vers uitgangsmateriaal als materiaal met lichte broei.
- Beoordeel bokashikuilen ook op verbrokkeling en strooibaarheid, en maak hier eventueel een scoresysteem voor.
- Achterhaal wat de motivatie is van agrariërs om bokashi in te willen zetten. Denk aan bodemverbetering, gratis nutriënten, bodem-OS% verhogen, etc. Stem (indien mogelijk) de keuze van het uitgangsmateriaal, het gewenste (fermentatie)proces en de te analyseren parameters hierop af.

Referenties

- Gunina, A., & Kuzyakov, Y. (2015). Sugars in soil and sweets for microorganisms: Review of origin, content, composition and fate. . *Elsevier*, 87-100.
- NVWA. (2013, november 1). Informatiedocument ringrot. Ministerie van Economische Zaken.
- Pötsch, E. (2005). *Der ampfer, verbreitung physiologie und möglichkeiten der regulierung im Grünland*. . . Grünlandmanagement und Kulturlandschaft.
- Rietbergen, P., & ter Berg, C. (2012). Groene Maaimeststoffen. *BioKennis*, 1-8.
- Scholberg, J., Berg ter, C., Staps, S., & Strien van, J. (2010). *Minder en anders bemesten*. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Spijker, J., Ehlert, P., de Jong, J., Niemeijer, C., Scheepens, P., & de Vries, E. (2004). *Geschiedenis van bermmaaisel als meststof*. Wageningen: Alterra.
- Struyk, P., & van Schijndel, M. (2019). *Hergebruik van organisch restmateriaal - bokashi nader bekeken*. Bunnik: Louis Bolk Instituut.
- van der Burgt, G., Rietema, C., Bus, M., & Timmermans, B. (2020). *PlantyOrganic*. Bunnik: Louis Bolk Instituut.

Bijlage 1: Screenshot materiaalkeuze Agriton

the role of effective micro... | How effective are 'Effecti... | The role of 'effective mic... | Bokashi verbindt stad en... | Bokashi in het groot

agriton.com/nl/content/24-bokashi-in-het-groot

Apps | Gmail - Postvak IN... | Nieuw tabblad | WebUren - Louis B... | Teeltkalender | Nieuwe map | Leeslijst

AGRITON
GROUP

EM AGRITON | BOKASHI | DIEREN | BODEM EN PLANTEN | WATERBEHANDELING | SCHOONMAAK | WELL-BEING | BLOG | CONTACT

WAT IS HET?

Bokashi is een manier om organisch materiaal voor te verteren en te verrijken. Hierdoor worden koolstof en voedingsstoffen dankzij het fermentatieproces en EM Technologie® weer in de bodem opgenomen.

Bokashi betekent in het Japans "goed gefermenteerd organisch materiaal". Dit alternatief voor compost maakt het mogelijk om organisch afval (planten of dieren) te recyclen tot een rijk materiaal voor de bodem, terwijl er maar heel weinig CO2 of geuren worden uitgestoten.

Welke materialen kunnen we fermenteren?

ALLES! Alle organische materialen kunnen met Bokashi vergist worden: mest, groenafval, gewasresten, vaste mest, keukenafval etc.

Zeer houtachtige materialen fermenteren minder goed, maar u kunt wel gemalen materiaal in redelijke hoeveelheden aan de stapel toevoegen.

15:13
9-2-2022

Bijlage 2: Broei aanleg bokashi



<https://www.vork.org/nieuws/bokashi-verbindt-stad-en-platteland/>