

Compost toevoegen aan runderdrijfmest

DAT ZOULDEN MEER BOEREN MOETEN DOEN?

2024

Uitgevoerd door:

VKON

Samenwerkingspartners:

Han
Kraaijvanger




Gefinancierd door:



 info@vkon.nl

 www.vkon.nl

 Daarleseweg 35A, 7683 RC Den Ham

Samenvatting

Het project "Compost toevoegen aan Runderdrijfmest" onderzoekt de effecten van compost in een mestput in biochemisch opzicht. Melkveehouder Han Kraaijvanger heeft positieve ervaringen met compost toevoegen aan zijn runderdrijfmest, zoals minder geur, vloeibaarheid van de mest en gezondere gewassen. Het doel was om biochemische veranderingen te begrijpen, indien mogelijk een praktijkproef op te zetten en kennis te delen met boeren.

Het onderzoek richt zich op de vragen: (1) Welke biochemische veranderingen treden op in mest door compost? (2) Welke stoffen ontstaan bij bacteriële omzetting door compost?

De methodologie bestaat uit een literatuuronderzoek, gesprekken met experts en een discussiebijeenkomst. Omdat direct wetenschappelijk onderzoek ontbreekt, zijn hypothesen opgesteld over de invloed van compost op mestprocessen. Specialisten gaven inzichten over microbiologie, emissies en mestkwaliteit, maar benadrukten dat de effecten moeilijk meetbaar zijn. Hoewel een praktijkproef werd overwogen, bleek deze te complex door te grote variatie in compost, bedrijven en het gebrek aan een nulmeting.

De focus is verschoven naar kennisdeling, waarbij Han Kraaijvanger zijn ervaringen als inspirerend voorbeeld dienen. De kernboodschap van praktijkonderzoeker Peter Vanhoof op het symposium "Mest in balans, bodem in balans" was dat boeren de bodem moeten voeden met kwalitatief goede mest in plaats van de plant met enkel minerale zouten. Goede mest ontstaat door een gezond rantsoen en goede penswerking, wat leidt tot een vruchtbare bodem zonder verstoringen zoals overbemesting of chemische toevoegingen. Toevoegingen aan de bodem, zoals het gebruik van compost en steenmeel versterken de bodem, verbeteren gewasopbrengsten en verminderen emissies.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
>>> Introductie	3
Aanleiding	3
Doel	3
Onderzoeksvragen	3
>>> Methodologie	4
>>> Resultaten	5
Literatuuronderzoek.....	5
Mogelijke aanknopingspunten voor de gesprekken met experts	8
Management rondom compost toevoegen aan runderdrijfmest	9
Gesprekken met experts	9
>>> Discussiebijeenkomst	11
>>> Symposium “Mest in balans, bodem in balans”	12
>>> Conclusies	15
Literatuur	16

>>> Introductie

Ongeveer 110 leden (agrariërs en grondbezitters in Overijssel) van de Agrarische Natuurvereniging (ANV) 'De Ommer Marke' zien het platteland als een plek die in belangrijke mate kan bijdragen aan de oplossing voor de opgaven op het gebied van bodemkwaliteit, klimaatbestendigheid en duurzame voedselproductie. De focus van het ANV ligt daarbij op het inzetten voor ontwikkeling van praktijkoplossingen, die bijdragen aan een levenskrachtig platteland. Het toevoegen van compost aan runderdrijfmest is hier een voorbeeld van.

Aanleiding

Melkveehouder Han Kraaijvanger is hier fanatiek mee en voegt al geruime tijd kleine hoeveelheden compost toe aan zijn drijfmest. Hij merkt dat de mest hierdoor niet meer ruikt, veel vloeibaarder is en ervaart dat deze bewerkte drijfmest beter is voor de grond en het gewas.

Het toevoegen van compost in runderdrijfmest biedt mogelijk kansen als binder van een groot oppervlak aan schadelijke stoffen (bv. ammoniak) en resulteert mogelijk in lagere emissies in de put. Dit kan tevens worden gezien als een positief bijkomend effect op het stalklimaat dat voordelen oplevert voor het dierenwelzijn. Ook kan het toevoegen van compost aan runderdrijfmest bijdragen aan een gezondere bodem en een efficiëntere omgang met stoffen in de kringloop. Het is dus interessant om meer informatie én (kennis)ervaringen hierover te vergaren.

Doel

Met dit project wordt in kaart gebracht wat er reeds bekend is over de toevoeging van compost in drijfmest. Het doel is om de mogelijke werking en potentiële voor- of nadelen van de toevoeging van compost aan runderdrijfmest te onderzoeken. Daarnaast wordt geïnventariseerd hoe een praktijkproef zou kunnen worden opgezet. Het doel van de ANV is om kennis te delen en te vertellen wat de toegevoegde waarde van deze interventie is en dit laten zien.

Onderzoeksvragen

Het project wordt duidelijk afgebakend, waarbij onderstaande hoofd- en deelvragen worden beantwoord. Als hoofdvraag is de volgende vraag opgesteld:

- *Wat gebeurt er in biochemisch opzicht als je compost toevoegt aan mest?*

Deze hoofdvraag wordt opgesplitst in twee deelvragen:

- 1. Welke biochemische verandering in mestsamenstelling/kwaliteit verwachten we door het toevoegen van compost in de mestput?*
- 2. Welke stoffen komen vrij bij de bacteriologische omzetting als gevolg van toevoegen van compost aan mest?*

Deze informatie wordt besproken in een discussiebijeenkomst en indien mogelijk gebruikt als kader om een opzet voor een praktijkproef te schetsen. De opzet van deze praktijkproef zal dan worden bijgeschaafd door kennispartners (bv. agrariërs tot bodemdeskundigen). Indien allen akkoord zijn met de opzet van de proef, zullen we mogelijkheden voor samenwerkingspartners vergaren.

>>> Methodologie

Literatuuronderzoek

De onderzoeksvragen zijn integraal aangevlogen. Dit is gedaan door te starten met een gedegen inventariserend literatuuronderzoek, om in kaart te brengen welke informatie tot zover bekend is. Denk hierbij aan het in kaart brengen van het biochemische proces in de mestput. Hierbij is gekeken naar de bacteriologische omzetting in de mestput en welke emissies hierbij vrij komen. Al snel werd duidelijk dat er nog geen literatuur beschikbaar is naar het effect van compost toevoegen aan drijfmest in de put. Daarom is er op basis van de beschikbare literatuur een aantal aanknopingspunten opgesteld hoe het toevoegen van compost potentieel de biochemische processen in de mestput kan beïnvloeden.

Gesprekken met experts

Vervolgens zijn bovenstaande aanknopingspunten verder onderzocht door in gesprek te gaan met experts. Experts werden geselecteerd op basis van hun expertise op de thema's mest en mestverwaarding. In deze gesprekken is hun kennis en ervaring ingezet om te beredeneren welk effect het toevoegen van compost mogelijk heeft.

De experts die geselecteerd zijn:

- Luuk Grollenbeek (onderzoeker bij Wageningen University & Research)
- Wim Bussink (onderzoeker bij Nutriënten Management Instituut)
- Chris Koopmans (onderzoeker bij Louis Bolk Instituut)
- Nynke Bakker (adviseur bij Mulder Agro)
- Peter Vanhoof (praktijkonderzoeker Organic Forest Polska)

Inventarisatie opzet praktijkproef

In de gesprekken met experts is de praktijkproef al kort besproken. Na afloop van alle gesprekken heeft er een discussiebijeenkomst plaatsgevonden met een aantal experts en alle partners in het project. Met elkaar is besproken wat de potentiële toegevoegde waarde is van compost toevoegen aan runderdrijfmest en of dit in een praktijkproef kan worden onderzocht. Naar aanleiding hiervan is een plan van aanpak opgesteld voor het vervolg van het project.

>>> Resultaten

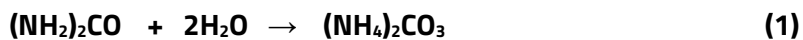
Literatuuronderzoek

Vormen van stikstof

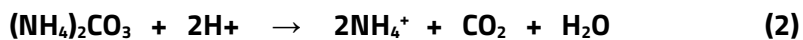
Ongeveer 78% van de lucht bestaat uit stikstof (N₂) en is niet schadelijk. Pas wanneer stikstof verbindingen aangaat met zuurstof of waterstof worden de schadelijke stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) gevormd (RIVM, n.d.). De totale hoeveelheid ammoniakale N in de mest wordt uitgedrukt in TAN en bestaat uit ammonium en ammoniak (Sommer et al., 2006). Niet-verteerd eiwit wordt door de koe uitgescheiden in de mest in de vorm van organische stikstof. Daarnaast wordt via de urine stikstof uit verteerd maar onbenut eiwit uitgescheiden in de vorm van ureum. De hoeveelheid uitgescheiden organische stikstof in de mest en ureumstikstof in de urine bepaalt indirect de TAN in mest en is de bron voor ammoniakemissies (Netwerkpraktijkbedrijven, n.d.; Sommer et al., 2006).

Omzetting naar ammoniak

Zowel organische stikstof als ureum kan (indirect) worden omgezet naar ammoniak in de mestput. Hydrolyse van ureum ((NH₂)₂CO) gebeurt onder invloed van het enzym urease, geproduceerd door micro-organismen in de mest. Eerst wordt ureum omgezet in ammoniumcarbonaat ((NH₄)₂CO₃) (reactievergelijking 1), wat vervolgens wordt omgezet in ammonium (NH₄⁺), koolstofdioxide (CO₂) en water (H₂O) (reactievergelijking 2) (Oenema et al., 2001).



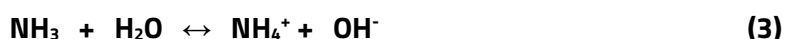
Reactievergelijking 1. Omzetting van ureum en water in ammoniumcarbonaat.



Reactievergelijking 2. Omzetting van ammoniumcarbonaat en waterstof in ammonium, koolstofdioxide en water.

Organische stikstof kan worden omgezet in ammonium door micro-organismen (mineralisatie) en ammonium kan terug worden omgezet in organische stikstof (immobilisatie). Het optreden van deze processen is afhankelijk van de C:N ratio in de mest (Sommer et al., 2006).

Ammonium is het geconjugeerde zuur van ammoniak. Er bestaat een evenwichtsreactie tussen ammonium en ammoniak (reactievergelijking 3). Het evenwicht tussen ammonium en ammoniak is afhankelijk van verschillende factoren en kan hierdoor meer naar links of naar rechts verschuiven (Mosquera et al., 2017). Als het evenwicht links ligt wordt ammonium omgezet in ammoniak. Omgekeerd betekent dit dat vervluchtiging van ammoniak kan worden tegengegaan door het evenwicht naar rechts, richting ammonium te verplaatsen.



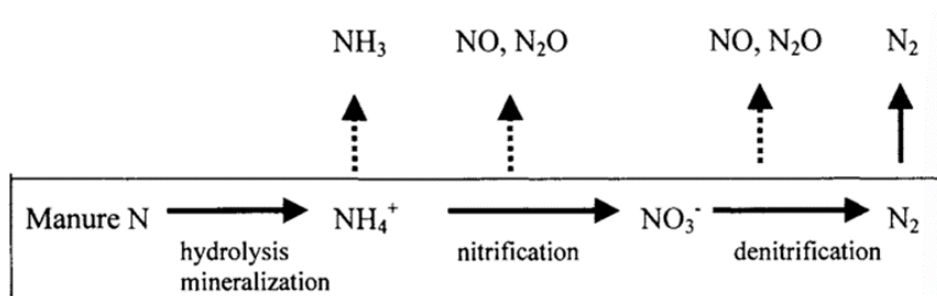
Reactievergelijking 3. Evenwichtsreactie tussen ammoniak en ammonium.

Vervluchting van ammoniak

Vervluchting van ammoniak verloopt via diffusie en is afhankelijk van de ammoniakconcentratie gradiënt tussen de atmosfeer en de drijfmest, de Henry's constante en weersomstandigheden (Sommer et al., 2006).

Overige stikstof gerelateerde processen

Verder kan TAN worden omgezet naar nitraat (NO_3^-) en distikstof (N_2) via de processen nitrificatie (aerobe) en denitrificatie (anaerobe), waarbij de uitstoot van stikstofoxide (NO), het broeikasgas distikstofmonoxide (N_2O) en distikstof (N_2) leiden tot verliezen (figuur 1) (Oenema et al., 2001).



Figuur 1. Omzettingsprocessen vanuit organische stikstof in mest die optreden in de mestput, met daarbij de optredende emissies (Oenema et al., 2001).

Factoren die invloed hebben op ammoniakemissie in de mestput

Er zijn meerdere factoren die invloed hebben op de chemische reacties die optreden in de mestput en zo op de vervluchting van ammoniak.

Omgevingsfactoren

➤ *Temperatuur*

Temperatuur is een belangrijke factor in de formatie en vervluchting van ammoniak (McGinn et al., 2008). Het heeft zowel effect op het percentage vrije ammoniak, de vluchtigheid van ammoniak en het ammoniakgehalte in de mest. Bij een hogere temperatuur neemt het percentage vrije ammoniak toe en wordt de vluchtigheid ervan groter (Freney et al., 1981). Ook verdampt er meer water uit de mest waardoor het ammoniakgehalte toeneemt (Roelsma, 1997).

➤ *Luchtsnelheid in de stal*

Vervluchting van ammoniak is afhankelijk van de luchtsnelheid (Ye et al., 2008). Verhoging van de luchtsnelheid langs het emitterend oppervlak leidt tot meer vervluchting van ammoniak (Mosquera et al., 2017).

Mesteigenschappen

➤ pH van de drijfmest

Bij een hoge pH verschuift het evenwicht van reactievergelijking 3 naar links. Dit betekent dat ammonium wordt omgezet in ammoniak, wat kan vervluchtigen. Bij een lange opslagperiode worden vetzuren afgebroken en stijgt de pH (Roelsma, 1997).

➤ TAN gehalte in de drijfmest

Hoe hoger de ammoniakale N gehalte van de mest, hoe hoger de ammoniakemissie. Dit gehalte is afhankelijk van meerdere factoren:

- Rantsoen van melkvee, met name het eiwitgehalte in het voer heeft invloed op de TAN-excretie van de koeien (Necula et al., 2021);
- Hoeveelheid water in de mest, hoe minder water hoe hoger het ammoniakgehalte (Sebek et al., 2016).
- Ouderdom van de mest, door afbraak van organische stof in de opslag ontstaat ammoniak uit organisch gebonden stikstof.

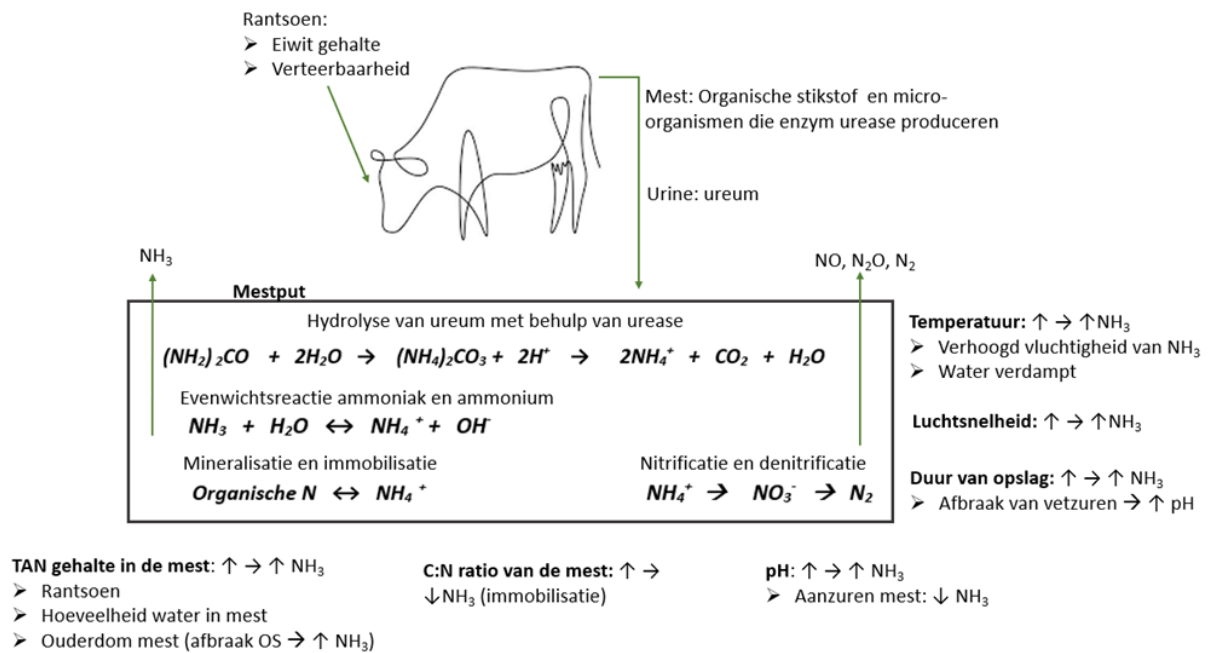
➤ C:N ratio van de drijfmest

De C:N ratio in de mest bepaald het optreden van mineralisatie of immobilisatie door micro-organismen in de mest en dus de hoeveelheid TAN in de mest (Kirchmann & Witter, 1989). De C:N ratio kan worden beïnvloed door het al dan niet toevoegen van stikstof arme producten. Een hoge C:N ratio, bijvoorbeeld door toevoeging van strooisel, verhoogd de immobilisatie en een lage C:N ratio stimuleert mineralisatie. De verandering in TAN (NH_4^+-N) heeft vervolgens invloed op de ammoniak formatie (Sommer et al., 2006).

Mestput eigenschappen

➤ Emitterend oppervlak

Het emitterend oppervlak, zowel de (rooster)vloer als de onderliggende mestopslag, beïnvloed ammoniak emissies (Ogink et al., 2014). Hoe groter het emitterende oppervlak, hoe hoger de emissieniveaus.



Figuur 2. Visualisatie van processen in de mestput en invloedrijke factoren.

Vluchtige vetzuren

Naast omzetting van stikstof in de mestput spelen ook vluchtige vetzuren een belangrijke rol in biochemisch opzicht. Vluchtige vetzuren zijn (deels) verantwoordelijk voor de kenmerkende geur van mest (Page et al., 2015). Deze vetzuren bestaan voornamelijk uit azijnzuur, propionzuur, boterzuur, en valeriaanzuur. De gehalten van vluchtige vetzuren zijn sterk afhankelijk van de ouderdom van mest. Vluchtige vetzuren worden gevormd door microbiële afbraak van organische stof in mest onder anaerobe omstandigheden. Een deel van deze vluchtige vetzuren wordt omgezet in acetaat, koolstofdioxide en waterstof, welke vervolgens worden omgezet in het broeikasgas methaan. Deze methanogene micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor deze omzettingen zijn gevoelig voor mesteigenschappen zoals temperatuur, pH en TAN gehalte (Page et al., 2014).

Mogelijke aanknopingspunten voor de gesprekken met experts

Bovenstaande informatie heeft inzicht gegeven in een aantal basisprocessen die optreden in een mestput. Aan de hand hiervan zijn er een aantal aanknopingspunten om de observaties van melkveehouder Han Kraaijenvanger bij het toevoegen van compost te kunnen verklaren. De volgende aanknopingspunten zijn meegenomen in de gesprekken met de experts, heeft compost in de mestput mogelijk effect op:

- De pH van de mest
- De microbiologie in de mest
- De C:N ratio van de mest
- De vluchtige vetzuursamenstelling in de mest

Management rondom compost toevoegen aan runderdrijfmest

Allereerst is het voor het verklaren van de observaties van Han Kraaijvanger van belang om in beeld te brengen hoe, hoeveel en wat voor compost er wordt aangewend.

Per jaar wordt er 30 ton Agrotop-compost toegevoegd aan de mestput. De compost wordt eens per maand, van oktober tot april, op de roosters aangebracht. Met 100 melkkoeien op stal in de periode van oktober tot en met maart betekent dit dat de compost circa 2% van het totale volume in de mestput beslaat.

Gehalten in de compost zijn bepaald middels een analyse en weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Analyse van de Agrotop-compost die wordt toegevoegd aan de runderdrijfmest in de put.

Parameter	Gehalte op productbasis	Gehalte op droge stofbasis
Droge stof	698 kg/ton	1000 g/kg ds
Stikstof	9,5 kg/ton	13,6 g/kg ds
Fosfaat	4,4 kg/ton	6,3 g/kg ds
Organische stof	244 kg/ton	350 g/kg ds
C/N verhouding	15	
pH - KCl	7,1	

Gesprekken met experts

Na het literatuuronderzoek naar processen in de mestput is door middel van gesprekken met experts op het gebied van mest en mestverwaarding getracht de onderzoeksvragen te beantwoorden.

1. Welke biochemische verandering in mestsamenstelling/kwaliteit verwachten we door het toevoegen van compost in de mestput?

Allereerst benoemen zowel Grollenbeek als Bussink dat er relatief een kleine hoeveelheid compost, in volume circa de hoeveelheid mest van 1 melkkoe, wordt toegevoegd. Hierdoor verandert niet de hele substantie en zal het naar verwachting geen enorme impact (kunnen) hebben op de mestsamenstelling en biochemische processen in de mestput.

Microbiologie

Grollenbeek verwacht dat het toevoegen van compost het meeste effect heeft op de microbiologie in de mestput. Een vraagstuk dat hierbij blijft is dat de microbiologie in compost in aerobe omstandigheden leeft en het milieu in de mestput anaerobe is. Door het toevoegen van compost

veranderen de omstandigheden niet. Om de aerobe bacteriën te faciliteren zou je de mestput intens moeten gaan beluchten. Volgens Vanhoof kan het wel zo zijn dat anaerobe bacteriën zuurstof produceren als afvalproduct, waar de aerobe bacteriën vervolgens van kunnen profiteren.

Daarnaast is naar verwachting de mestbacteriepopulatie in de put relatief dominant is, hierdoor is de hypothese dat deze de aerobe compostbacteriepopulatie zullen verdringen. Echter heeft Han Kraaijvanger al jaren lang de put geënt met goede bacteriën, dit heeft mogelijk de omstandigheden voor de goede bacteriën beter gemaakt.

Mestkwaliteit en C/N verhouding

Over het algemeen geldt: hoe hoger de C/N verhouding in de mest, hoe beter voor de bodem. Vanhoof en Bakker stellen dat de gemeten C/N verhouding van 7 in de mest van Han Kraaijvanger lager is dan zij zouden verwachten met het toevoegen van compost. Dit roept vragen op bij Vanhoof en hij zou graag meer metingen doen.

Viscositeit van de mest

Ook werd de vraag gesteld of Han Kraaijvanger vaker mixt dan voorheen. Ook het mixen bij iedere toediening van de compost kan effect hebben op de consistentie en vloeibaarheid van de mest. Grollenbeek hypothetiseert dat als de viscositeit van de mest anders wordt (observatie van de melkveehouder), de urine er ook anders in valt. Hierdoor ontstaat een bovenste laag met urine op de mest (met een hoge pH), waar de hoogste concentratie ammoniak wordt gevormd en van vervluchtigd, mogelijk minder. Door een lagere viscositeit van de drijfmest, valt urine er beter in en zal er minder uitwisselingsoppervlakte zijn met de omgevingslucht en dus mogelijk minder ammoniak vrijkomen.

2. Welke stoffen komen vrij bij de bacteriologische omzetting als gevolg van toevoegen van compost aan mest?

Melkzuur en pH van de mest

Aan de hand van de bevindingen van Han Kraaijvanger verwachten Gollenbeek en Bussink dat het toevoegen van compost mogelijk dezelfde werking heeft als een aantal andere mest toevoegingsmiddelen op de markt. Vaak wordt hierbij gebruik gemaakt van melkzuurbacteriën die vetzuren niet omzetten in methaan maar in melkzuur. Hiermee kunnen ze een (licht) verzurend effect op de mest hebben. Bij het zuurder worden van de mest stoppen bacteriën met werken en is er minder stankontwikkeling. Echter hebben deze bacteriën ook voldoende suikers nodig en in compost zijn de suikers al verbruikt in het composteringsproces. Door de beperkte aanwezigheid van suikers is het de vraag of compost echt een aanzurend effect heeft en hiermee ammoniak formatie vermindert.

Vluchtige vetzuren en methaan

Vluchtige vetzuren ontstaan bij de afbraak van organische stof in de mest. Methanogene bacteriën kunnen vetzuren vervolgens afbreken, waarbij methaan vrijkomt. Vluchtige vetzuren geven mest de typische mestgeur. De koolstof in compost en ook het minerale deel van de stikstof is in het composteringsproces al verbruikt. Daarom bestaat de organische stof in compost voornamelijk nog uit de bestendige organische fractie, die naar verwachting niet snel meer wordt afgebroken in de put. Om te kunnen vaststellen of er organische stof wordt afgebroken moet er worden gewerkt met een massabalans: hoeveel organische stof gaat er door de dieren heen en hoeveel voeg je toe. Ondanks dat de melkveehouder ervaart dat de mest vloeibaarder is, verwacht Grollenbeek niet dat er veel organische stof wordt afgebroken. Indien dit wel zo zou zijn moet er ook worden gekeken of de methaan emissies toenemen.

Organische stof in compost heeft een groot absorptieoppervlak waar vluchtige vetzuren aan kunnen binden. Daarnaast is het mogelijk dat bacteriën in de compost een deel van de vetzuren verorberen. Een mogelijke vermindering van vrije vetzuren en het licht aanzuren van de mest kunnen dus beide bijdragen aan de observatie minder geur van Han Kraaijvanger.

>>> Discussiebijeenkomst

Op 14 maart 2024 heeft er een hybride discussiebijeenkomst plaatsgevonden met betrokkenen in het project bij VKON in Den Ham en online. Hier zijn bovenstaande bevindingen uit het literatuuronderzoek en de gesprekken met experts besproken. Hieruit bleek dat compost kan bijdragen aan een betere microbiologie in de mestput en mogelijk emissies verlagen, maar dit is moeilijk wetenschappelijk te bewijzen vanwege variabelen zoals mengmethoden en bedrijfsvoering. Het meten van de effecten van compost in mest is complex door een gebrek aan een nulsituatie en variatie tussen bedrijven.

Daarnaast is compost in de mestboekhouding besproken. Bij aanvoer van compost voor op het land telt de stikstof en fosfaat in de mestboekhouding respectievelijk maar voor 10% en 50% mee. Echter, als de compost (of ander organisch materiaal) wordt toegevoegd aan mest telt de stikstof en fosfaat in de compost 100% mee in de mestboekhouding. Hierdoor verhoogt het toevoegen van compost het stikstof gehalte, wat voor veehouders die mest moeten afvoeren nadelig kan zijn. Het toevoegen van compost kan dus economisch onaantrekkelijk zijn als het geen directe en aantoonbare voordelen oplevert.

Vanwege de twee bovenstaande redenen is er besloten niet te vervolgen met de praktijkproef opzet, maar te focussen op het delen van Han Kraaijvanger's ervaringen. Samenvattend ligt de nadruk op kennisdeling over mestkwaliteit en het inspireren van andere veehouders tijdens een symposium, genaamd "Mest in balans, Bodem in balans".

>>> Symposium “Mest in balans, bodem in balans”

Spreker: Peter van Hoof, praktijkonderzoeker Organic Forest Polska

Peter Vanhoof doet al 15 jaar metingen bij boeren op het erf. Hij noemt zichzelf een spion, want hij kijkt wat de handige boeren doen en dit probeert hij bij de minder handige boeren bij te brengen. Hij kijkt naar wat werkt in de praktijk, want als het in de praktijk werkt, dan is het voor hem bewezen. Uiteindelijk gaat het erom dat je niet tegen de natuur werkt, maar dat je de krachten van de natuur gebruikt in je bedrijf. De natuur is sterker dan wij, dat moet je niet tegen willen werken want je kunt beter samenwerken met een sterk iemand dan tegenwerken.

Alles begint met de plant

Als de zon schijnt en er is genoeg vocht en CO₂, dan maakt de plant suikers aan. De plant is een specialist om CO₂ onder invloed van zonlicht en water om te zetten in suiker door middel van fotosynthese, dit is de basis van de plant. Als dit proces goed gaat, zijn er geen verliezen. **Om energie uit zonlicht om te zetten in voedsel zijn nutriënten nodig en deze zitten gedeeltelijk vast aan het klei-humuscomplex in de bodem.** Een eerste vorm van nutriënten zijn minerale zouten die door het klei-humuscomplex worden opgenomen en vastgehouden.

Neerwaartse spiraal met slechte (be)mest(ing)

De plant kan minerale zouten opnemen door ionen uitwisseling vanuit het klei-humuscomplex, echter kost dit energie. Als we meer bemesten met zouten raakt het klei-humuscomplex verzadigd en kan de plant nog meer zouten opnemen. Dit is nog niet voldoende voor goede groei, dus we bemesten nog meer. **Het klei-humuscomplex kan de zouten niet meer vasthouden en de bodem is oververzadigd waardoor we de plant rechtstreeks voeden.** De plant neemt deze zouten passief op met het water. Deze zouten bestaan voor een groot deel uit nitraat, ammonium, kalium, chloor en natrium. De plant moet zijn energievoorraad aanspreken om de snelle stikstof te verwerken. Daarbij kan een deel van de extra zouten uitspoelen.

De koe eet de plant en omdat het rantsoen niet in orde is werkt de pens niet optimaal en produceert de koe slechte mest. De mest is rijk aan onbenut eiwit en levert in de bodem door rotting giftige stoffen op in de grond en bij de plant die de biologie in de bodem remmen. Door het gif verteert een deel van de in normale omstandigheden wel verteerbare organische stof niet goed. Het echt onverteerbare deel wordt stabiele humus, dat samen met de klei uit de bodem het klei-humuscomplex vormt.

Verlies van nutriënten door rottende mest

Organische stof verteert het best onder zuurstofrijke omstandigheden in de bovenste 10 à 15 cm van de bodem. In een zuurstofarme bodem met rottende mest is er maar beperkte ademhaling nodig en is er verlies van nutriënten naar de atmosfeer. Ammonium wordt in de bodem snel nitraat

en neemt calcium mee als het uitspoelt. Sulfaten kunnen ook uitspoelen. **In de rhizosfeer, de directe wortelomgeving, leven micro-organismen zoals mycorrhiza schimmels en melkzuurbacteriën, deze moeten gevoed worden door de suikers (energie) uit de plant.**

Onvoldoende gewasgroei door slechte mest

Doordat de mestkwaliteit niet goed is, is de opbrengst ook niet goed en gaan we dus kunstmest strooien. Er komt veel snelle stikstof in de plant en door een tekort aan koolstof kan de plant dit niet goed verwerken. Daardoor moet de plant een deel van de energie gebruiken om de nitraat te verwerken. Er blijft minder energie over voor de rhizosfeer, er is minder ademhaling en de toevoer van nutriënten naar de plant uit de rhizosfeer neemt af. **Door de hoge zoutconcentratie veroorzaakt door de kunstmest, neemt de bewortelingsdiepte af, want de plant heeft niet genoeg energie en geen motivatie om diep te wortelen.** Dit is ongunstig bij droogte. Door teveel stikstof verteert een deel van de humus sneller dan normaal en komt er meer CO₂ in de atmosfeer en er blijft een arme en verzuurde bodem over. Zure grond houdt minder goed nutriënten vast dan grond met de juiste pH. Een toenemend deel van het klei-humuscomplex raakt verzadigd met zouten waardoor er minder nutriënten op de rest van het klei-humuscomplex overblijven.

Slechte voerkwaliteit door verminderde bodemkwaliteit

Het uiteindelijke effect is een slechte voerkwaliteit: een lage VEM doordat een deel van de suikers in de kuil wordt gebruikt voor de omzetting van nitraat waardoor de kuil niet goed kan verzuren. De kuil heeft een hoge OEB, een slechte eiwitkwaliteit en veel te veel kali. **Door onhandige bemesting is een slechte kwaliteit eiwit geproduceerd wat leidt tot een zwakke pensfermentatie en min of meer giftige mest.**

Wat je vaak ziet is dat er veel magnesium in de grond zit, maar dat het vaak niet in de kuil zit, de plant heeft dan niet genoeg bladgroen. Als je kalk toevoegt krijg je meer magnesium in de kuil. Bij gebrek aan mangaan, maakt een plant minder suiker dan hij kan doordat hij minder goed aan fotosynthese kan doen. In de bodem worden veel van deze elementen vrij gemaakt door de bodembioïologie. In combinatie met stikstof maakt de plant eiwit. Eigenlijk is elk stukje van het blad van de plant een zonnepaneel.

Aanpak op korte termijn

Velen hebben geleerd dat je een maximale productie moet halen, veel melkveehouders voeren de koeien op darmniveau **terwijl een goede pensfermentatie juist erg belangrijk is, anders krijg je slechte mest met teveel ammoniakale stikstof, een verminderde melkkwaliteit en klauwproblemen.** Om dit op te lossen kan minder eiwit worden gevoerd en bijproducten zoals appemelasse, spoorelementen en impactpoeder. Als we kijken naar de vetzuren dan geldt het volgende: Omega 6 is slecht en ontstekingsbevorderend, deze zit bijvoorbeeld in soja en mais. Omega 3 is goed en ontstekingsremmend, dit zit bijvoorbeeld in lijnzaad en gras. De verandering is

het voeren van de koeien op pensniveau, gebruik de krachten van de natuur namelijk de pensbacteriën. Hierdoor is de melkopbrengst iets lager maar de melkkwaliteit is beter en de kosten zijn lager. **In de mest krijg je organische stikstof en minder ammoniak en dus een goede kwaliteit mest die als voeding voor het bodemleven kan dienen.** Medicijnen en ontmettingsmiddelen zijn ook niet goed voor de mest. Wees verder niet te royaal met het gebruik van kalk in de boxen, want teveel kalk is niet goed voor de mest en zorgt voor meer emissies.

Mest injecteren op zandgrond is onverantwoord. Zandgrond is niet in staat om de mest vast te houden. Ook heraanvoer van stikstof door kunstmest en zware machines is slecht voor de bodem. Je krijgt wel hoge opbrengst door veel bemesting, maar de kwaliteit van het voer is niet goed: teveel kalium, weinig sporenelementen, slecht eiwit, mycotoxinen, weinig energie en een te hoge OEB. **Voor betere mest zou je een koolstofbron toe kunnen voegen, bijvoorbeeld steenmeel, dit zorgt voor minder emissies en dus behoud van nutriënten.** In stinkende mest zitten andere microben dan in niet-stinkende mest (bevat goede bacteriën bijv. melkzuurbacteriën en bacillen (afvalverwerkers)). Mestkwaliteit zegt heel veel over hoe je de koeien voert en enkele andere aspecten zoals toevoegingen aan de mest.

Positieve opwaardse spiraal met goede mest

Hoe krijgen we de bodem nu goed? We hebben betere mest dus dit fungeert als microbieel preparaat voor de bodem. **Als we minder stikstof aanvoeren, minder bemesten en bovengronds bemesten zal de biodiversiteit verbeteren.** Het bodemleven verwerkt de goede kwaliteit mest graag. Er ontstaan geen giftige stoffen meer maar er vindt mineralisatie plaats. De organische stof wordt omgezet in voedingshumus bestaande uit bacteriecellen en schimmeldraden. Deze levende humus kan niet uitspoelen en wordt buiten het klei-humuscomplex opgeslagen.

Daarnaast helpen vlinderbloemigen bij de stikstofbinding, zij helpen om de humusopbouw te versnellen waardoor verliezen door uitspoeling van nutriënten afnemen. Door verantwoordelijke bemesting krijgt de plant minder zout en maakt dus meer suiker aan waardoor er meer biodiversiteit ondergronds en bovengronds zal zijn. De plant produceert meer suiker dus dit komt ook in de bodem, wat leidt tot meer bacteriën in de rhizosfeer dus meer beworteling.

Door diepere beworteling is de plant beter bestand tegen droogte, er is meer zuurstof in de grond en je bouwt sneller organische stof op. Dit gaat zelfs sneller dan door bijvoorbeeld compost toe te voegen op je bodem. Er komt meer CO₂ voor de plant waardoor de fotosynthese gestimuleerd wordt. Een goed functionerende symbiose tussen de bacteriën en de plant is belangrijk voor organische stof opbouw. Hoe beter de fotosynthese en hoe langzamer de stikstof, hoe meer organische stof opbouw in de bodem, waardoor de biomassa van de rhizosfeer toeneemt. Daarmee stijgt het humusgehalte, het vochthoudend vermogen en de vruchtbaarheid van de bodem. In ruil voor de suiker leveren de rhizosfeer organismen rijkelijk voedsel aan de plant. Het gras heeft een hoge

kwaliteit als voer met volwaardig eiwit dus een lage OEB, een hoge VEM en DVE, niet teveel kalium maar wel veel sporenelementen.

De beworteling op zandgrond verdubbeld door twee simpele dingen: strooi 2 ton grofgemalen steenmeel en combineer dit met minder minerale (snelle) stikstof. Om nutriënten uit steenmeel vrij te maken heb je de rhizosfeer nodig, daarom niet teveel snelle stikstof geven (kunstmest en drijfmest). **Op zandgrond is het beduidend beter om bovengronds te bemesten.** Voldoende sporenelementen is bevorderlijk voor de stikstofbenutting. Als je veel stikstof bemest en er zit weinig in de kuil, dan is de benutting dus slecht.

>>> Conclusies

Concluderend is er beperkte literatuur beschikbaar over het effect van compost in mestputten. Daarom zijn hypothesen opgesteld over mogelijke biochemische veranderingen.

- Compost kan het microbiële milieu in de mestput verbeteren, maar de anaërobe omstandigheden beperken hypothetisch gezien de werking van aerobe compostbacteriën.
- Compost kan mogelijk ammoniakemissies verminderen door de binding aan organische stof en een verlaging van de viscositeit van mest in de put.
- De stabiele koolstof in compost heeft naar verwachting weinig invloed op verzuring van mest of significante emissiereductie.
- De organische stof in compost is grotendeels stabiel en breekt in de mestput langzaam af, wat de vorming van vluchtige vetzuren kan beperken.
- Frequent mixen van de mest kan bijdragen aan betere mestkwaliteit, maar dit maakt het moeilijk om het effect van compost afzonderlijk te beoordelen.

Een praktijkproef is te complex gebleken vanwege variërende bedrijfsomstandigheden en een gebrek aan een controlegroep. De specifieke bedrijfsvoering van Han Kraaijvanger (zoals mixfrequentie en jaren lange composttoepassing) maakt het lastig om resultaten te generaliseren. Daarom is de nadruk verschoven naar kennisdeling en het inspireren van andere boeren met Han Kraaijvanger's ervaringen op het symposium "Mest in balans, bodem in balans".

Literatuur

- Freney, J. R., Simpson, J. R., & Denmead, O. T. (1981). Ammonia volatilization. *Ecological Bulletins*, 33, 291–302.
- Kirchmann, H., & Witter, E. (1989). Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil*, 115, 35-41.
- McGinn, S. M., Coates, T., Flesch, T. K., & Crenna, B. (2008). Ammonia emission from dairy cow manure stored in a lagoon over summer. *Canadian journal of soil science*, 88(4), 611-615.
- Mosquera, J., Aarnink, A., Ellen, H., van Dooren, H., van Emous, R., van Harn, J., & Ogink, N. (2017). Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken: Geactualiseerde versie 2017.
- Necula, D. C., Balta, I., Corcionivoschi, N., & Stef, L. (2021). Nutritional and genetical factors influencing Nitrogen metabolism and excretion in dairy cows: A review. *Sci. Pap. Anim. Sci. Biotechnol*, 54, 31-38.
- Netwerkpraktijkbedrijven. (n.d.). Hoe en waar ontstaat ammoniak? Retrieved June 2023 from <https://www.netwerkpraktijkbedrijven.nl/themas/ammoniak>
- Oenema, O., Bannink, A., Sommer, S. G., & Velthof, G. (2001). Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems. In *Nitrogen in the Environment* (pp. 395-441): Elsevier.
- Ogink, N., Groenestein, C., & Mosquera, J. (2014). *Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij= Update of ammonia emission factors for cattle categories: advisory report for amendments in regulations on ammonia and livestock* (1570-8616). Retrieved from
- Page, L. H., Ni, J. Q., Heber, A. J., Mosier, N. S., Liu, X., Joo, H. S., ... & Harrison, J. H. (2014). Characteristics of volatile fatty acids in stored dairy manure before and after anaerobic digestion. *Biosystems Engineering*, 118, 16-28.
- Page, L. H., Ni, J. Q., Zhang, H., Heber, A. J., Mosier, N. S., Liu, X., ... & Harrison, J. H. (2015). Reduction of volatile fatty acids and odor offensiveness by anaerobic digestion and solid separation of dairy manure during manure storage. *Journal of environmental management*, 152, 91-98.
- RIVM. (n.d.). Vragen en antwoorden over stikstof en ammoniak. Retrieved from <https://www.rivm.nl/stikstof/vragen-en-antwoorden-over-stikstof-en-ammoniak>
- Roelsma, J. (1997). *Vervluchtiging van ammoniak uit dierlijke mest; literatuuronderzoek ten behoeve van de watersysteemverkenningen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 442.
- Sebek, L., van Dooren, H., Klop, A., van Riel, J., & Ogink, N. (2016). *Relatie tussen TAN-excretie en mest- en urinesamenstelling op praktijkbedrijven* (1570-8616). Retrieved from
- Sommer, S., Zhang, G., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., . . . Ni, J. (2006). Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in agronomy*, 89, 261-335.

Ye, Z., Zhang, G., Li, B., Strøm, J. S., & Dahl, P. J. (2008). Ammonia emissions affected by airflow in a model pig house: effects of ventilation rate, floor slat opening, and headspace height in a manure storage pit. *Transactions of the ASABE*, 51(6), 2113-2122.