



Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest: effecten van dosering, zoutgehalte en herkomst mest en grond

Herman de Boer

RAPPORT 1231



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest: effecten van dosering, zoutgehalte en herkomst mest en grond

Herman de Boer

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, binnen het KennisBasisproject 'Ontwikkeling van een evaluatiekader voor (de productie van) organische meststoffen' (KB-33-003-003, KB-34-001-002)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, Januari 2020

Rapport 1231

De Boer, H.C., 2019. Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest: effecten van dosering, zoutgehalte en herkomst mest en grond. Wageningen Livestock Research, Rapport 1231.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/514462> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2018 Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl,
www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.
Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Report 1231

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal & methoden	8
	2.1 Proefopzet	8
	2.2 Proefuitvoering	8
	2.2.1 Grondverzameling	8
	2.2.2 Mestverzameling	8
	2.2.3 Incubatieproef	9
	2.2.4 Berekeningen en statistische analyse	9
3	Resultaten	11
	3.1 Grondsamenstelling	11
	3.2 Mestsamenstelling	11
	3.3 Effect van zoutdosering	12
	3.4 Effect van mestdosering	13
4	Discussie	17
	4.1 Effect van zoutdosering	17
	4.2 Effect van mestdosering	18
	4.3 Interacties tussen type grond en type mest	18
	Conclusies	21
	Dankwoord	23
	Literatuur	25

Samenvatting

Voor een optimale benutting van dierlijke mest in agro-ecosystemen is het nodig dat de organische stof (OS) uit deze mest voldoende snel afbreekt in de bodem. Uit laboratoriumonderzoek bleek dat na de toediening van runderdrijfmest aan grond de afbraak van bodem-OS kan worden geremd. Deze remming kan gevolgen hebben voor de bodemkwaliteit en de nutriëntenlevering aan gewassen, wat het noodzakelijk maakt om de oorzaak van deze remming te achterhalen. In vervolgonderzoek is de hypothese getoetst dat het remmende effect van drijfmest werd veroorzaakt door het zoutgehalte in de mest en dat de remming daarom toeneemt bij een hogere mestdosering.

Deze hypothese werd getoetst in een incubatieproef waarbij runderdrijfmest werd gemengd met zandgrond, bij een mestconcentratie in de grond van 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, of 10% (w/w). Twee typen drijfmest werden toegediend aan twee typen zandgrond. De ene drijfmest was afkomstig van koeien gevoerd met een hoog aandeel snijmaïs in het rantsoen (maïsmest) en had een hoog zoutgehalte; de andere drijfmest was afkomstig van koeien gevoerd met vrijwel alleen gras (grasmest) en had een laag zoutgehalte. Het ene type grond kwam van een perceel waar voor het derde jaar snijmaïs werd verbouwd (maïisperceel); het andere type grond van een perceel blijvend grasland van negen jaar oud. Aan beide typen grond werd ook een zoutoplossing (NaCl) toegediend, met hetzelfde zoutgehalte als in de grasmest en met dezelfde doseringsreeks als voor de drijfmesten. Tijdens de incubatieproef (20°C, 168 dagen) werd regelmatig de CO₂-emissie uit de mengsels gemeten. Op basis daarvan werd berekend hoeveel van de oorspronkelijk met grond en mest toegediende C per meettijdspit was overgebleven. De overblijvende C in de mengsels werd ook nog gecorrigeerd voor de overblijvende C in alleen de grond (controle), waardoor het verschil in overblijvende C volledig werd toegerekend aan de toegediende mest. De C-mineralisatie werd hierbij gebruikt als een afgeleide van de OS-afbraak. De relaties tussen zout- of mestdosering en de hoeveelheid overblijvende C in de mengsels na 168 dagen incubatie werden geanalyseerd met 3^e-graads polynome regressie.

Uit de resultaten blijkt dat toediening van de zoutoplossing aan grond de mineralisatie van bodem-C inderdaad remde, met een grotere remming bij hogere dosering. Echter, bij toediening van drijfmest gaf een hogere mestdosering slechts bij één van de vier mest-grondcombinaties een toenemende remming van de C-mineralisatie. De remming werd bij drie van de vier mest-grondcombinaties gecompenseerd door andere doseringseffecten en mesteigenschappen.

Een correctie van de aan mest toegerekende C-mineralisatie voor het geïsoleerde effect van zoutgehalte gaf bij toediening van de grasmest aan de grond van het maïisperceel een hoeveelheid overblijvende C van 68%, in plaats van de eerder berekende 79%. Na een aanvullende correctie voor een hoger zoutgehalte, zoals gemeten in de maïsmest, was de overblijvende C uit grasmest 62%. Het zoutgehalte in mest had daarmee een relatief groot (verborgen) effect op de overblijvende C toegerekend aan de mest, maar kon tegelijk slechts voor een beperkt deel verklaren waarom de overblijvende hoeveelheid C uit mest aan het einde van de incubatieperiode veel hoger was dan in ander onderzoek.

Een mestdosering van 1% gaf bij drie van de vier mest-grondcombinaties afwijkende resultaten in C-mineralisatie, vergeleken met de andere doseringsniveaus. Daarom kunnen dergelijke lage doseringen in incubatieproeven waarschijnlijk beter worden vermeden.

Bij toediening van maïsmest aan de grond van het grasperceel nam de relatieve C-mineralisatie toe bij oplopende dosering; bij toediening van deze mest aan de grond van het maïisperceel nam de relatieve C-mineralisatie toe tot een dosering van 6% en bleef daarboven stabiel. De toename in relatieve C-mineralisatie kan verklaard worden door 'priming': een extra mineralisatie van bodem-C na toediening van relatief jonge OS aan grond. De stabilisatie vanaf een dosering van 6% suggereert dat daar het maximale primingeffect was bereikt. Bij toediening van grasmest aan de grond van het grasperceel

had een oplopende dosering geen effect op de relatieve C-mineralisatie. Bij toediening van de maïsmest aan deze grond was de relatieve C-mineralisatie hoger vergeleken met de grasmest, en nam deze af bij een oplopende dosering. Voor deze verschillen in effecten tussen beide mesten, toegediend aan dezelfde grond, kon (nog) geen sluitende verklaring worden gevonden. Uit het onderzoek blijkt dat er complexe relaties kunnen zijn tussen type runderdrijfmest, type grond en mestdosering. Aanvullend en verdiepend onderzoek is nodig om deze relaties beter te begrijpen. Hierbij is het noodzakelijk om de effecten van drijfmesttoediening op de omvang en samenstelling van de populatie micro-organismen in de bodem te bestuderen.

1 Inleiding

Bij het streven om kringlopen te sluiten is het van belang dat door dieren geproduceerde mest zo goed mogelijk wordt benut door de bodem en het gewas. Voor een goed functionerende bodem en een voldoende snelle levering van nutriënten aan gewassen is het nodig dat de organische stof (OS) uit mest in de bodem voldoende snel afbreekt. In laboratoriumonderzoek daalde de snelheid van C-mineralisatie in mengsels van grond en runderdrijfmest tot onder de snelheid van C-mineralisatie in grond alleen (De Boer et al. 2018). Dat betekent dat in dit onderzoek de afbraak van bodem-OS door de toediening van drijfmest werd geremd. Tevens was de hoeveelheid overblijvende C, toegerekend aan de mest, aan het einde van de incubatie aanzienlijk hoger dan in eerdere, vergelijkbare incubatieproeven. Als mogelijke oorzaak voor de geconstateerde remming werd gedacht aan een hoog zoutgehalte in het mengsel grond+mest, als gevolg van een relatief hoge mestconcentratie in de grond (7,8% op gewichtsbasis).

Een geremde afbraak van bodem-OS en mest-OS kan gevolgen hebben voor de bodemkwaliteit en de nutriëntenlevering aan gewassen. Daarom is het nodig om inzicht te krijgen in de oorzaak van deze remming. Dit inzicht maakt het mogelijk om de remming te verminderen, te voorkomen, of in specifieke gevallen juist bewust toe te passen. Door rekening te houden met de mogelijkheid van remming kan voorkomen worden dat op basis van incubatieproeven mogelijk foutieve conclusies worden getrokken over de afbreeksnelheid van OS uit mest en (nieuwe) mestproducten.

Er is daarom vervolgonderzoek uitgevoerd om de oorzaak van de remming te achterhalen. In dit onderzoek is de hypothese getoetst dat de remming wordt veroorzaakt door een hoog zoutgehalte in de grond, als gevolg van een hoge dosering drijfmest (De Boer et al. 2018). De opzet, uitvoering en resultaten van dit vervolgonderzoek zijn beschreven in het voorliggende rapport.

2 Materiaal & methoden

2.1 Proefopzet

De gestelde hypothese werd getoetst in een incubatieproef met toediening van runderdrijfmest of zoutoplossing aan zandgrond, en regelmatige meting van de CO₂-respiratie. Drijfmest of zoutoplossing werd toegediend met een dosering in het eindmengsel (van grond en mest) van respectievelijk 0% (controle), 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, of 10% op gewichtsbasis (w/w). Er werden twee typen drijfmest toegediend; een drijfmest geproduceerd door koeien met een hoog aandeel snijmaïs in het gevoerde rantsoen ('maïsmest') en een drijfmest met een hoog aandeel gras in het gevoerde rantsoen ('grasmest'). Deze twee typen mest waren gekozen vanwege een verwacht groot contrast in zoutgehalte, gemeten aan de elektrische geleidbaarheid (EC). De zoutoplossing (NaCl) had dezelfde EC-waarde als de grasmest. De zoutoplossing en de twee typen drijfmest werden toegediend aan twee typen zandgrond: grond afkomstig uit de toplaag van een perceel met meerjarige teelt van snijmaïs (maïspaneel) en grond afkomstig uit de toplaag van een perceel blijvend grasland (grasperceel). Deze twee typen grond waren gekozen vanwege een verwacht contrast in ouderdom en samenstelling van de OS, met de verwachting van gemiddeld jongere OS in het perceel grasland en gemiddeld oudere OS in het perceel snijmaïs. Alle behandelingen werden herhaald in twee gerandomiseerde blokken.

2.2 Proefuitvoering

2.2.1 Grondverzameling

De twee typen grond werden beide verzameld op proefbedrijf 'de Marke' (verzameldatum 26 juni 2018). De partij grond van het maïspaneel werd verzameld op een perceel waar voor het derde jaar snijmaïs werd verbouwd (Perceel 4). Hier werd de grond verzameld in het midden tussen twee rijen snijmaïspanelen, tot een diepte van 10 cm. De partij grond van het grasperceel werd verzameld op een perceel blijvend grasland van negen jaar oud (Perceel 17-2). Na het afsteken van de graszode werd de losse grond uit de zode geschud. Daarna werd deze grond aangevuld tot een verzamelmonster met grond tot een diepte van 10 cm. Beide partijen grond werden op dezelfde dag vervoerd naar Wageningen en opgeslagen bij 4°C. Begin augustus werd iedere partij grond gemengd, op 5 mm gezeefd, bemonsterd voor analyse, korte tijd aan de lucht gedroogd om het vochtgehalte te verlagen, en vervolgens weer opgeslagen bij 4°C tot aan het moment van gebruik.

2.2.2 Mestverzameling

De twee typen drijfmest werden verzameld op twee verschillende melkveebedrijven. Bij het ene bedrijf stonden de koeien jaarrond op stal en bevatte het rantsoen een bovengemiddelde hoeveelheid snijmaïs, 34 kg vers koe⁻¹ dag⁻¹. Dit was ongeveer 52% van het gemiddelde dagelijkse dierrantsoen op DS-basis; de rest bestond uit 1 kg hooi, 1 kg luzerne, 5 kg bierbostel, 5 kg bietenperspulp, en 8,5 kg mengvoer. Bij het andere bedrijf werd jaarrond maximaal geweid en maximaal gras gevoerd, gemiddeld 15 kg DS koe⁻¹ dag⁻¹. Dit was 97% van het gemiddelde jaarlijkse rantsoen op DS-basis. De overige 3% bestond uit luzerne, dat in de winter werd gevoerd als aanvulling op het kuilgras. Op dit bedrijf werd geen mengvoer verstrekt.

Beide typen mest werden verzameld op 9 juli 2018. De maïsmest werd verzameld uit een mangat. Na het mixen van de mest werd met behulp van een 1 L monsterbeker (bevestigd aan een lange stok) een verzamelmonster van in totaal 10 L uit het mangat geschept. De grasmest werd tussen de roosters door verzameld met een multisampler (Eijkelkamp, Giesbeek). Hier werd ook een verzamelmonster van 10 L genomen. Elk verzamelmonster werd goed gemengd en gesplitst in 10 submonsters van 0,8 L. Alle submonsters werden binnen een dag vervoerd naar Wageningen en daar bewaard bij -20°C tot aan het moment van gebruik.

Per drijfmest werd één submonster op samenstelling geanalyseerd door het Chemisch-Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) te Wageningen. De pH en EC werden bepaald door directe meting in de drijfmest met standaard elektroden; drogestof door 24 uur drogen bij 105°C; OS door bepaling van het gloeiverlies (3 uur bij 550°C); N-totaal en P-totaal door meting met ICP-AES (na destructie van verse mest met zwavelzuur en salicylzuur, en de toevoeging van selenium en waterstofperoxide, bij een temperatuur van 100°C); K-totaal door meting met SFA (na de hiervoor beschreven destructie); C-totaal met een CN analyzer (na het drogen van de mest bij 70°C en malen op 50 µm); NH₄-N door meting met SFA (in centrifugevocht); en K, Na, en S door meting met ICP-AES (in centrifugevocht).

2.2.3 Incubatieproef

De incubatieproef werd uitgevoerd door het CBLB te Wageningen en ingezet op 21 augustus 2018. Voor deze proef werden glazen flessen (ø 6,9 cm; 575 mL) gevuld met verse zandgrond (300 g op DS-basis) (controlebehandeling) of verse zandgrond gemixt met zoutoplossing of drijfmest op de gewenste dosering. Daarbij werd gedemineraliseerd water toegevoegd tot de grond op 60% van de waterhoudende capaciteit was (320 en 342 ml kg⁻¹ droge grond voor respectievelijk de grond van het snijmaïspaneel en graspaneel). Hierbij werd gecorrigeerd voor al toegediend water met mest of zoutoplossing. Na het vullen werden de flessen gewogen, afgesloten met een prop watten, en gedurende 168 dagen weggezet bij 20°C, in het donker. De CO₂-respiratie van de flessen werd gemeten met een Innova 1412 foto-akoestische gasmonitor, 1, 3, 7, 14, 28, 56, 84, 112, 140 en 168 dagen na het inzetten. Bij iedere meting werd de CO₂-concentratie (ppm) in de fles gemeten aan het einde van een accumulatieperiode, en werd deze gecorrigeerd voor de CO₂-concentratie in de omgevingslucht (~ beginconcentratie in de flessen). De accumulatieperiode werd tijdens de proef verlengd (van 0,5 uur bij de eerste meting tot 19 uur bij de laatste meting) om de CO₂-concentratie tussen de 1000 en 10.000 ppm te houden. Na iedere meting werd gedemineraliseerd water toegevoegd om het oorspronkelijke vochtgehalte in de flessen te herstellen. Na het einde van de incubatieperiode werd het luchtvolume in de flessen (headspace) gravimetrisch bepaald.

De toegediende hoeveelheden zoutoplossing of mest varieerden van 3,58 g fles⁻¹ (1%) tot 35,76 g fles⁻¹ (10%) bij de grond van het perceel snijmaïs, en van 3,62 g fles⁻¹ tot 36,15 g fles⁻¹ bij de grond van het perceel grasland. De toegediende hoeveelheden C met mest, als percentage van totaal aanwezige C in grond+mest, varieerden van 0,9% (1% grasmest in maïsgrond) tot 10,9% (10% maïsmest in grasgrond). Op basis van het grondoppervlak in de fles varieerden de toegediende hoeveelheden drijfmest van 9,6 ton ha⁻¹ (1%) tot 96,7 ton ha⁻¹ (10%). De grondlaag in de flessen was ca. 5 cm hoog.

2.2.4 Berekeningen en statistische analyse

In het onderzoek werd C-respiratie gebruikt als een vertegenwoordiger van C-mineralisatie en van de afbraak van OS. Per fles/behandeling werd berekend hoeveel C er bij de start van de proef aanwezig was in grond en mest. Vervolgens werd per meettijdstip de CO₂-flux uit iedere fles berekend, op basis van de begin- en eindconcentratie CO₂. Hierbij werd een molair volume (V_m) van 24,04 L mol⁻¹ aangenomen. Door lineaire integratie van de CO₂-fluxen over de tijd werd per fles/behandeling berekend hoeveel C er tussen de tijdstippen via respiratie ontweek en hoeveel er per tijdstip nog in de fles over was. Deze hoeveelheid werd voor de behandelingen met toediening van mest tevens nog gecorrigeerd voor de hoeveelheid overblijvende C van de zandgrond (controlebehandeling), waardoor het verschil in overblijvende C werd toegerekend aan de toegediende mest. Deze toegerekende overblijvende hoeveelheid C werd ook nog uitgedrukt als fractie van de toegediende hoeveelheid C met mest (100% op t = 0 dagen).

Relaties tussen de toegediende zout- of mestdosering en de absolute hoeveelheden overblijvende C aan het einde van de incubatie (t = 168 dagen) werden per meetreeks statistisch geanalyseerd met 3^e-graads polynome regressie (Genstat, 19^e editie; VSNI, Hemel Hempstead, UK). Deze regressievariant werd gekozen omdat bij grafische weergave van de resultaten de relatie tussen dosering en overblijvende C bij één meetreeks twee kwadratische componenten leek te bevatten.

Wanneer bij het uitvoeren van de regressie op een meetreeks de 3^e-graads coëfficiënt niet significant was ($P > 0,05$) werd 2^e-graads polynome regressie uitgevoerd, en wanneer de 2^e-graads coëfficiënt niet significant was, werd lineaire regressie toegepast. Tot slot werd met de zes vastgestelde regressiemodellen het effect van dosering op de relatieve C-mineralisatie voorspeld, voor een dosering oplopend van 1% tot 10%.

3 Resultaten

3.1 Grondsamenstelling

De grond van het perceel grasland had een hogere pH, een lager gehalte OS (en C), een (veel) lager gehalte P-Al, een hoger gehalte K-HCl, en een hogere EC dan de grond van het grasperceel (Tabel 1).

Tabel 1 Samenstelling van zandgrond uit bodemlaag 0 - 10 cm van een perceel snijmaïs en een perceel grasland, gebruikt in de incubatieproef. Gehalten zijn uitgedrukt op basis van drogen bij 40°C; minerale fracties op basis van drogen bij 105°C.

Parameter ¹⁾	Eenheid	Perceel	
		Snijmaïs	Grasland
Klei	%	4	2
Silt	%	5	8
Zand	%	84	84
pH-KCl	-	5,3	6,3
pH-H ₂ O	-	6,4	7,1
OS	%	6,4	5,1
C-totaal	g C kg ⁻¹	30	23
C in OS	%	47	45
N-totaal	G N kg ⁻¹	2,0	1,9
C : N	-	15	12
P-Al ²⁾	mg P kg ⁻¹	226	81
K-HCl ³⁾	mg K kg ⁻¹	149	216
EC	µS cm ⁻¹	61	88

¹⁾ geanalyseerd volgens methodieken beschreven in Houba et al. (1997); ²⁾ voor omrekening naar het P-getal (mg P₂O₅ 100 g⁻¹) vermenigvuldigen met factor 0,2291; ³⁾ voor omrekening naar het K-getal (mg K₂O per 100 g⁻¹) vermenigvuldigen met factor 0,1205

3.2 Mestsamenstelling

De maïsmest was dikker (hoger DS-gehalte) dan de grasmest, bevatte twee keer zoveel N-totaal en bijna drie keer zoveel NH₄-N in het verse product, en de EC was 80% hoger (Tabel 2). De EC in beide mesten reflecteerde respectievelijk de ondergrens (13,6 mS cm⁻¹) en bovengrens (24,4 mS cm⁻¹) van de range in EC zoals eerder gemeten in een set van 29 runderdrijfmesten en 10 digestaten (De Boer en Bloem 2010). Daarmee was het beoogde contrast in EC voldoende gerealiseerd. De hogere EC in de maïsmest vergeleken met de grasmest was deels het gevolg van het aanzienlijk hogere Na-gehalte in deze mest. De OS in de grasmest was waarschijnlijk ouder/meer omgezet dan de OS in de maïsmest, omdat de grasmest langer in opslag was geweest, en vanwege de vrijwel onbeperkte weidegang (ook in de winter) maar zeer beperkt met verse mest was aangevuld. Een indicatie voor oudere OS is het hogere aandeel C in de OS van de grasmest vergeleken met de maïsmest, evenals een hogere C : N verhouding (Tabel 2).

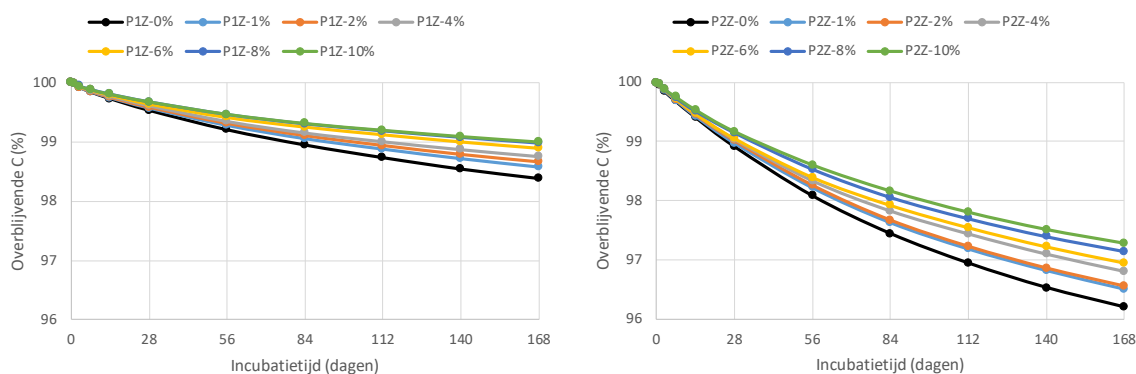
Tabel 2 Samenstelling van de twee typen drijfmest gebruikt in de incubatieproef, met de ene mest geproduceerd uit een rantsoen met veel snijmaïs (maïsmest) en de andere mest uit een rantsoen met veel gras (grasmest).

Parameter ¹⁾	Eenheid	Type mest	
		Maïsmest	Grasmest
PH	-	7,5	7,2
EC	mS cm ⁻¹	23,7	13,2
Drogestof	g kg ⁻¹ vers	73	59
Organische stof	g kg ⁻¹ vers	53	43
C-totaal	g kg ⁻¹ vers	23,4	21,6
C in OS	%	44	50
N-totaal ¹⁾	mg kg ⁻¹ vers	4096	1925
C : N	-	5,7	11,2
P-totaal ²⁾	mg kg ⁻¹ vers	577	462
K-totaal ³⁾	mg kg ⁻¹ vers	3578	3789
NH ₄ -N (centrifugevocht)	mg kg ⁻¹ vers	2380	761
K (centrifugevocht)	mg kg ⁻¹ vers	3000	3550
Na (centrifugevocht)	mg kg ⁻¹ vers	1470	350
S (centrifugevocht)	mg kg ⁻¹ vers	237	142

¹⁾ voor omrekening naar kg N ton⁻¹ delen door 1000; ²⁾ voor omrekening naar kg P₂O₅ ton⁻¹ vermenigvuldigen met factor 2,291/1000; ³⁾ voor omrekening naar kg K₂O ton⁻¹ vermenigvuldigen met factor 1,205/1000

3.3 Effect van zoutdosering

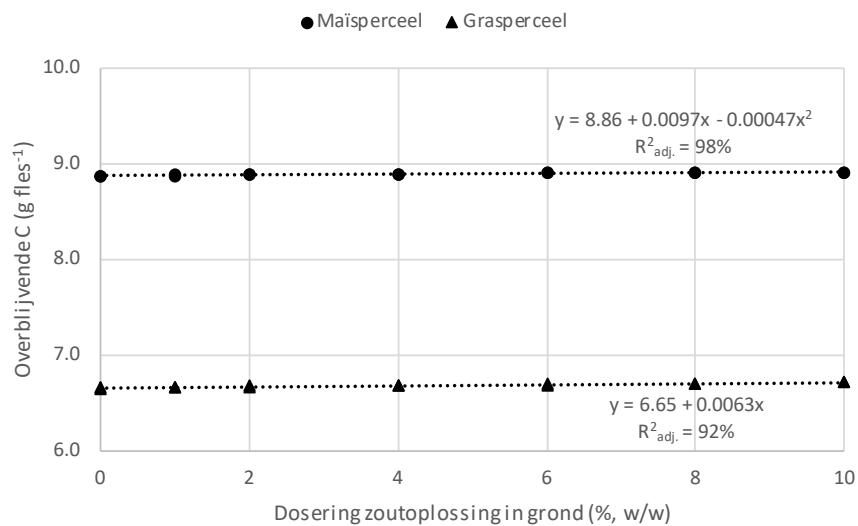
In de grond van het maïspaneel mineraliseerde tijdens incubatie relatief minder C dan in de grond van het graspaneel (Fig. 1, Fig. 3). Bij de controlebehandelingen (0% zoutoplossing) bleef er in de grond van het maïspaneel aan het einde van de incubatie 98,4% over van de oorspronkelijk aanwezige C (9,00 g) en in de grond van het graspaneel 96,5% van de oorspronkelijk aanwezige C (6,90 g). Toediening van de zoutoplossing gaf in de grond van beide pannen een lagere C-mineralisatie en daardoor meer overblijvende C aan het einde van de incubatie.



Figuur 1 Verloop van de overblijvende C (%) in zandgrond van een maïspaneel (P1) of een graspaneel (P2) bij een oplopende dosering zoutoplossing (Z) (% w/w), tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden.

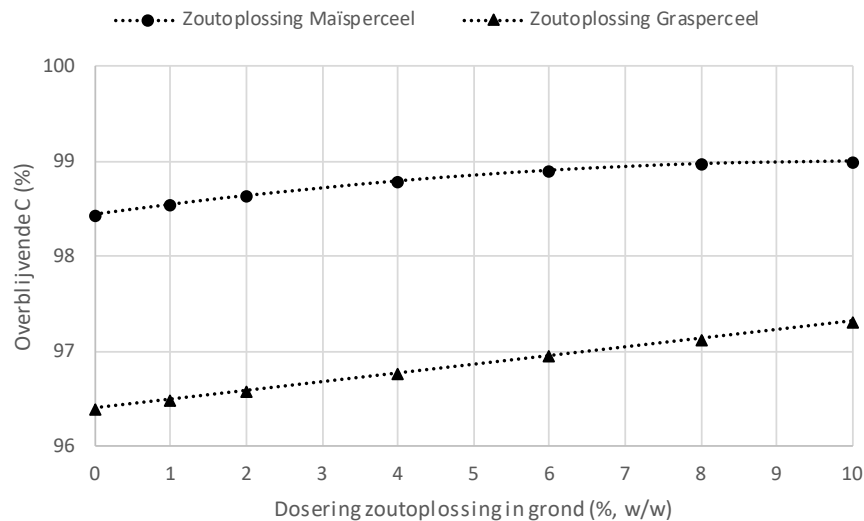
Bij de grond van het maïspaneel was er een significante 2^e-graads polynome relatie tussen de toegediende dosering zoutoplossing en de hoeveelheid overblijvende C na 168 dagen ($P < 0,001$; $R^2_{adj.} = 98\%$) (Fig. 2). Bij de grond van het graspaneel was er een significante lineaire relatie ($P < 0,001$; $R^2_{adj.} = 92\%$).

Bij een hogere dosering zoutoplossing bleef er in de grond meer C over aan het einde van de incubatieperiode (Fig.1, Fig. 2, Fig. 3). Daaruit blijkt dat de mineralisatie van bodem-C bij een hogere zoutdosering meer werd geremd.



Figuur 2 Relatie tussen een oplopende dosering toegediende zoutoplossing en overblijvende C in de grond van een maïspancel of een graspancel na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden.

In de grond van het maïspancel was de hoeveelheid gemineraliseerde C bij 10% zoutoplossing (0,09 g C) 36% lager dan bij 0% zoutoplossing (0,14 g C). In de grond van het graspancel was de hoeveelheid gemineraliseerde C bij 10% zoutoplossing (0,19 g C) 25% lager dan bij 0% zoutoplossing (0,25 g C). De remming was daarmee in absolute hoeveelheid C wat groter in de grond van het graspancel dan in de grond van het maïspancel, maar relatief gezien kleiner.

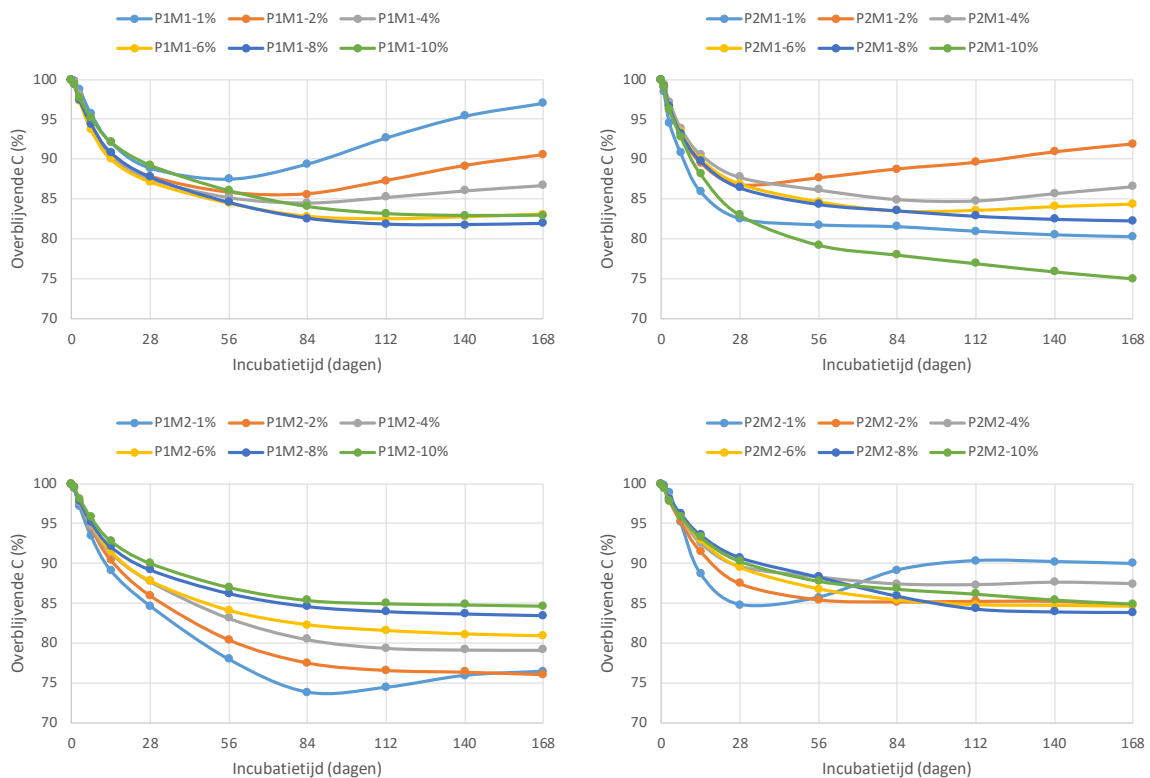


Figuur 3 Voorspelde relatieve C-mineralisatie bij een oplopende dosering zoutoplossing, toegediend aan grond van een maïspancel of graspancel, na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. NB: de opeenvolgende punten op de x-as vertegenwoordigen doseringen in de grond van (0), 1, 2, 4, 6, 8, en 10% (w/w).

3.4 Effect van mestdosering

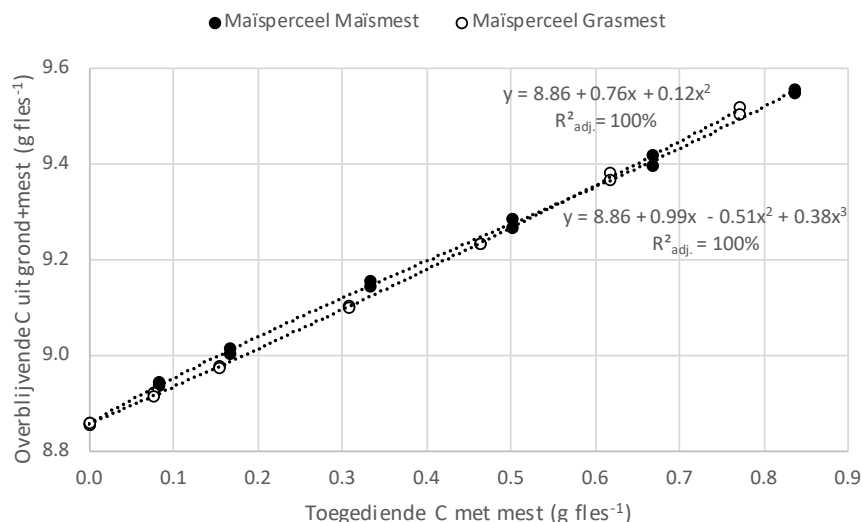
Bij toediening van de maïsmest aan de grond van het maïspancel (code P1M1 in Fig. 4) was er bij een mestdosering van 4% of lager, na aftrek van de bijdrage van de grond, een schijnbare toename in de hoeveelheid C uit de toegediende mest tijdens de incubatieperiode, ofwel van een zichtbare remming

van de mineralisatie van bodem-C. Deze remming leek eerder te starten en relatief groter te zijn bij een lagere mestdosering. Bij toediening van de grasmest aan de grond van het maïspaneel (P1M2) was een dergelijke remming niet zichtbaar en leek de C-mineralisatie van de toegediende mest gaandeweg de incubatieperiode tot stilstand te komen. Een uitzondering was er bij de mestdosering van 1%, waar de C-mineralisatie halverwege de incubatieperiode toe leek te nemen. Bij toediening van de maïsmest aan de grond van het graspaneel (P2M1) was er wel een zichtbare remming bij een mestdosering tussen de 2% en 6%. Bij een mestdosering van 1%, 8% en 10% bleef de C-mineralisatie doorgaan tot het einde van de incubatieperiode. Bij toediening van de grasmest aan de grond van het graspaneel (P2M2) was er geen zichtbare remming en leek de mineralisatie van met mest toegediende C gaandeweg de incubatieperiode tot stilstand te komen. Een uitzondering was er bij de mestdosering van 1%, waar de C-mineralisatie uit mest na 28 dagen incubatie leek toe te nemen en na 112 dagen tot stilstand leek te komen. Uit de bovenstaande waarnemingen kan geconstateerd worden dat er bij drie van de vier mest-grondcombinaties een afwijkend verloop in C-mineralisatie was bij een mestdosering van 1%, wanneer vergeleken met de andere doseringen.



Figuur 4 Verloop van de (toegerekende) overblijvende C (%) uit een maïsmest (M1) of een grasmest (M2), toegediend aan grond van een maïspaneel (P1) of een graspaneel (P2) bij een mestdosering oplopend tot 10% (w/w), tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van M1 en M2 zijn na aftrek van de bijdrage van P1 of P2 aan het mengsel.

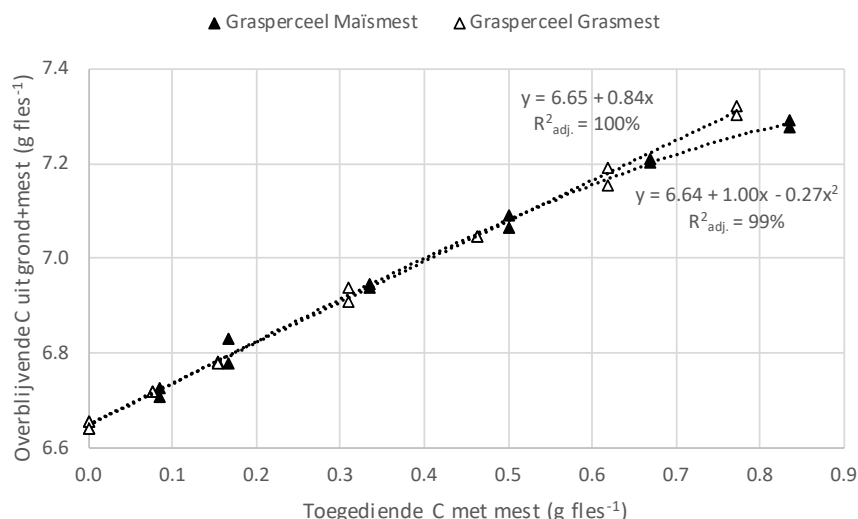
Bij toediening van de maïsmest aan de grond van het maïspaneel was er een significante 3^e-graads polynome relatie tussen mestdosering en overblijvende hoeveelheid C uit grond+mest ($P < 0,001$; $R^2_{\text{adj.}} = 100\%$) (Fig. 5). Bij toediening van de grasmest aan deze grond was er een significante 2^e-graads polynome relatie ($P < 0,001$; $R^2_{\text{adj.}} = 100\%$).



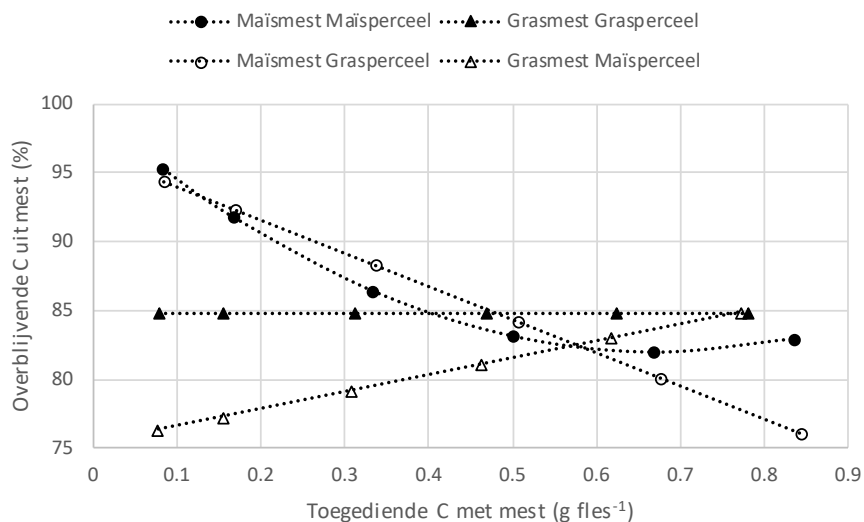
Figuur 5 Relatie tussen een oplopende mestdosering en overblijvende C uit grond+mest na toediening van een maïsmest of een grasmest aan grond van een maïspancel, gemeten na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. NB: de opeenvolgende punten op de x-as vertegenwoordigen mestdoseringen in de grond van (0), 1, 2, 4, 6, 8, en 10% (w/w)

Bij toediening van de maïsmest aan deze grond nam de relatieve C-mineralisatie bij oplopende mestdosering eerst af, en stabiliseerde daarna (Fig. 5, Fig. 7). Bij toediening van de grasmest aan deze grond mineraliseerde er bij oplopende mestdosering relatief steeds minder C uit grond+mest. Bij een dosering hoger dan 0,57 g C fles⁻¹ mineraliseerde er minder C uit grond+grasmest dan uit grond+maïsmest.

Bij toediening van de maïsmest aan de grond van het grasperceel was er een significante 2^e-graads polynome relatie tussen mestdosering en de hoeveelheid overblijvende C uit grond+mest ($P < 0,001$; $R^2_{adj} = 99\%$) (Fig. 6). Bij toediening van de grasmest aan deze grond was er een significante lineaire relatie ($P < 0,001$; $R^2_{adj} = 100\%$). Bij de maïsmest nam de aan de mest toegerekende relatieve C-mineralisatie lineair toe bij een hogere dosering, terwijl bij de grasmest een hogere mestdosering geen effect had op de relatieve C-mineralisatie (Fig. 7). Bij een mestdosering hoger dan 0,49 g fles⁻¹ mineraliseerde er in deze grond relatief minder C uit grond+grasmest dan uit grond+maïsmest.



Figuur 6 Relatie tussen een oplopende mestdosering en overblijvende C uit grond+mest na toediening van een maïsmest of grasmest aan grond van een grasperceel, gemeten na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. NB: opeenvolgende punten op de x-as vertegenwoordigen mestdoseringen in de grond van (0), 1, 2, 4, 6, 8, en 10% (w/w).



Figuur 7 Voorspelde relatieve C-mineralisatie uit een maïsmest of een grasmest, met oplopende dosering toegediend aan grond van een maïasperceel of grasperceel, na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. NB: de opeenvolgende punten op de x-as vertegenwoordigen mestdoseringen in de grond van (0), 1, 2, 4, 6, 8, en 10% (w/w).

4 Discussie

4.1 Effect van zoutdosering

De toediening van een oplopende dosering zoutoplossing aan grond gaf een afnemende mineralisatie van bodem-C. Hiermee werd de hypothese van de Boer et al. (2018) bevestigd. De afnemende mineralisatie is waarschijnlijk het gevolg van een toenemend negatief effect van een oplopend zoutgehalte op de activiteit van het bodemleven, zoals eerder gemeten door b.v. Rath et al. (2016). De remming van de C-mineralisatie was in absolute hoeveelheid C wat groter in de grond van het grasperceel dan in de grond van het maïspanceel, maar relatief gezien kleiner. In grond van blijvend grasland is doorgaans meer bodemleven aanwezig dan in grond van maïspanceel (bouwland) (Van Eekeren et al. 2008). Blijkbaar werd de totale hoeveelheid bodemleven door een oplopende zoutconcentratie minder negatief beïnvloed in de grond van het grasperceel dan in de grond van het maïspanceel.

De Boer et al. (2018) veronderstelden dat een hogere mestdosering kan leiden tot een grotere remming van de C-mineralisatie als gevolg van een toenemend zoutgehalte in de grond. Dit was in het voorliggende onderzoek zichtbaar bij slechts één van de vier mest-grondcombinaties: de toediening van de grasmest aan de grond van het maïspanceel (Fig. 4, Fig. 7). Bij de andere mest-grondcombinaties had een oplopende mestdosering geen effect op de relatieve C-mineralisatie, of nam deze zelfs toe. Omdat een oplopende dosering van de representatieve zoutoplossing wel een grotere remming van de mineralisatie van bodem-C gaf, wordt geconstateerd dat bij de overige drie mest-grondcombinaties het negatieve effect van een hoger zoutgehalte (meer dan) gecompenseerd werd door andere doseringseffecten en mesteigenschappen.

Omdat het effect van zout op de mineralisatie van bodem-C afzonderlijk was gemeten, kon er een correctie worden uitgevoerd voor het negatieve effect van zoutgehalte in de mest op de C-mineralisatie toegerekend aan de mest. Deze correctie werd uitgevoerd voor de toediening van de grasmest aan de grond van het maïspanceel, de mest-grondcombinatie waarbij de relatieve C-mineralisatie over de incubatieperiode afnam bij een toenemende mestdosering (Fig. 7). Bij toediening van de zoutoplossing op een dosering van 3,0% (w/w), een niveau dat op oppervlaktebasis overeenkomt met een normale praktijkgift drijfmest (28,7 ton ha⁻¹), mineraliseerde er 25 mg bodem-C minder, vergeleken met de controle. Werd de toegerekende hoeveelheid overblijvende C uit de grasmest, ook toegediend aan de grond van het maïspanceel op een niveau van 3,0% w/w, met deze hoeveelheid verlaagd, dan bleef er 68% C uit mest over, in plaats van de eerder berekende 79%. In de maïspanceel was de EC 80% hoger dan in de grasmest (Tabel 2). Een aanvullend effect van deze hogere EC op de mineralisatie van bodem-C kon worden geschat door de dosering zoutoplossing met 80% te verhogen, van 3,0% tot 5,4%. Bij deze dosering mineraliseerde er 39 mg C minder in de grond van het maïspanceel. Werd de toegerekende hoeveelheid overblijvende C uit grasmest met deze 39 mg C verlaagd, in plaats van met 25 mg, dan bleef er 62% over van de met mest toegediende C, in plaats van 79%. Uit dit voorbeeld blijkt dat zout in mest een relatief groot effect op de aan mest toegerekende overblijvende C kan hebben. Desondanks verklaart het zouteffect maar een beperkt deel van de grote verschillen in de hoeveelheid overblijvende C uit runderdrijfmest tussen verschillende experimenten. De hoeveelheid overblijvende C bij de gekozen mest-grondcombinatie was 79%, meer dan dubbel de hoeveelheid die overbleef in ander onderzoek (o.a. De Boer 2013). Het lage niveau van C-mineralisatie in het mengsel grond+mest heeft daarmee, naast zoutgehalte, ook andere oorzaken.

In de incubatieproef waren de omstandigheden voor een deel wezenlijk anders dan in het veld. In het veld zal na toediening van de mest de zoutconcentratie in de grond relatief snel afnemen, door regenval en opname van b.v. kationen Na⁺ en K⁺ door het gewas. Hierdoor zal het effect van zout uit mest (of kunstmest) meestal tijdelijk van aard zijn. In de incubatieproef bleef de zoutconcentratie in de grond echter constant, vanwege het ontbreken van de verdunnende en uitspoelende werking van regenval en vanwege het ontbreken van een gewas. De resultaten van de incubatieproef kunnen

daarom maar beperkt worden vertaald naar veldomstandigheden. Echter, als er na toediening van drijfmest in het veld een droge periode volgt, dan mag worden verwacht dat de remmende werking van zout uit drijfmest of kunstmest ook in het veld voor langere tijd kan aanhouden.

4.2 Effect van mestdosering

De resultaten van dit onderzoek geven meer inzicht in de optimale dosering drijfmest voor dit type incubatieproeven. Een mestdosering van 1% gaf bij drie van de vier mest-grondcombinaties afwijkende resultaten, vergeleken met de andere doseringsniveaus (Fig. 4). Bij twee van de combinaties bleef er meer C over, en bij één combinatie minder C, dan verwacht zou worden op basis van de relatie tussen doseringsreeks en C-mineralisatie. Een mogelijke verklaring voor deze afwijking is een grotere invloed van de grond op het mineralisatieproces bij een (erg) lage mestdosering. Ook kan de standaardfout van de proefuitvoer een groter relatief effect hebben bij een lage dosering. Gezien de gevonden afwijkende resultaten bij de 1% dosering kunnen dergelijke lage doseringen in incubatieproeven waarschijnlijk beter worden vermeden.

Bij een mestdosering tussen de 6% en 8% waren de verschillen in relatieve C-mineralisatie tussen de mest-grondcombinaties klein (Fig. 7); hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat dit een optimaal niveau van dosering is voor vergelijkend onderzoek tussen mesten. Wel ligt deze mestgift, omgerekend naar oppervlakte een gift van 57 tot 77 ton ha⁻¹, aanzienlijk hoger dan praktijkgift; daarnaast kan het van belang zijn om doseringsafhankelijke verschillen tussen drijfmesten wel mee te nemen in een beoordeling. Een dosering rond 3% (~30 ton ha⁻¹) sluit het best aan bij het niveau van een normale praktijkgift en lijkt daarmee voorlopig een geschikte dosering voor het type incubatieproeven zoals beschreven in dit rapport.

4.3 Interacties tussen type grond en type mest

Uit het voorliggende onderzoek blijkt dat er relatief grote interacties kunnen zijn tussen type mest, type grond en mestdosering, leidend tot verschillen in de aan mest toegerekende relatieve C-mineralisatie. Bij toediening van de maïsmest nam de aan mest toegerekende relatieve C-mineralisatie toe bij een oplopende dosering, in beide typen grond (Fig. 7). Dit effect kan worden verklaard door het optreden van 'priming', een bovengemiddelde stimulering van de activiteit van het bodemleven na toediening van relatief jonge OS. Hierdoor kan extra bodem-C mineraliseren (Bol et al. 2003; Kuzyakov et al. 2000). Bij toediening van de maïsmest aan de maïsgrond stabiliseerde de relatieve C-mineralisatie bij een dosering van 6% en hoger. Dit suggereert dat in deze grond vanaf deze dosering het maximale primingseffect bereikt was.

Bij toediening van de grasmest aan de grond van het grasperceel was er geen doseringseffect (Fig. 7). Een eerste verklaring hiervoor was dat dit ontbreken van effect het gevolg was van een (eerdere) aanpassing van de samenstelling en activiteit van het bodemleven in deze grond aan de aanvoer van OS uit gras. Tijdens de teelt van een gewas wordt OS van dit gewas in de bodem aangevoerd, uit afstervende plantendelen (wortels, bladeren) en oogstresten. De (micro-)organismen die deze OS het beste kunnen afbreken, hebben daarmee een concurrentievoordeel, kunnen zich in aantal snel uitbreiden en daardoor de samenstelling van het bodemleven gaan domineren. Wanneer er aan deze grond vervolgens mest wordt toegediend die (grotendeels) is geproduceerd met OS van hetzelfde gewas (paragraaf 2.2.2), dan kan worden verwacht dat dit 'bekende' materiaal probleemloos en relatief snel wordt afgebroken, ook bij een relatief hoge dosering. Eerder wezen Groot et al. (2007) en Rashid et al. (2013) op een mogelijke 'home field advantage', een verschijnsel waarbij de mest van het eigen bedrijf, die jarenlang wordt toegediend aan de eigen percelen, in die percelen sneller kan worden afgebroken dan mest die van elders wordt aangevoerd. Een variant van dit verschijnsel kan zijn opgetreden in het voorliggende onderzoek. De afnemende relatieve C-mineralisatie bij een hogere mestdosering van grasmest toegediend aan grond van het maïisperceel kan dan verklaard worden uit het feit dat relatief oude OS uit grasmest (paragraaf 3.2) werd toegediend aan bodemleven dat aangepast was aan jongere OS. Hierdoor kan het bodemleven in deze grond tijd nodig gehad hebben om zich aan te passen (= in aantal toenemen) aan de afbraak van deze OS, wat tot uitdrukking komt

in een lagere relatieve C-mineralisatie over de incubatieperiode. Dit effect kan dan groter zijn bij een hogere mestdosering, omdat een benodigde populatieverandering dan meer tijd kost. Wat echter niet past bij de bovenstaande gecombineerde verklaring is dat de toegerekende relatieve C-mineralisatie bij toediening van de grasmest aan de grond van het maïspaneel *hoger* was dan bij toediening aan de grond van het graspaneel, waar juist een lagere toegerekende relatieve C-mineralisatie verwacht zou worden.

Bovenstaande verklaringen zijn niet meer dan een poging om de waargenomen effecten te verklaren. Uit het voorliggende onderzoek komt duidelijk naar voren dat de relaties tussen type mest, type grond en dosering complex zijn, en dat aanvullend en verdiepend onderzoek nodig is om deze relaties beter te begrijpen. Hierbij is het ook noodzakelijk om de effecten van drijfmesttoediening op de omvang en samenstelling van de populatie micro-organismen in de bodem te bestuderen.

Conclusies

- Toediening van een zoutoplossing aan een zandgrond, met een EC-waarde van de zoutoplossing aan de onderkant van waarden die gemeten worden in runderdrijfmest, remde de mineralisatie van bodem-C. Deze remming was groter bij een hogere dosering, en was relatief kleiner in de grond van een grasperceel vergeleken met de grond van een maïspanceel;
- Een hogere dosering drijfmest gaf bij slechts één van de vier onderzochte mest-grondcombinaties (grasmest gemengd met grond van een maïspanceel) een lagere, aan mest toegerekende relatieve C-mineralisatie. Het negatieve effect van zoutgehalte op C-mineralisatie werd bij drie van de vier mest-grondcombinaties gecompenseerd door andere doseringseffecten en mesteigenschappen;
- Een correctie van de aan mest toegerekende C-mineralisatie voor het (geïsoleerde) effect van zout in de mest gaf voor toediening van de grasmest aan de grond van het maïspanceel een hoeveelheid overblijvende C van 68% in plaats van de eerder berekende 79%. Bij een aanvullende correctie voor een hogere EC-waarde, zoals gevonden in de maïsmest, was de overblijvende C uit grasmest 62%;
- Het zoutgehalte in mest had daarmee een relatief groot (verborgen) effect op de overblijvende C toegerekend aan de mest, maar kon tegelijk slechts voor een beperkt deel verklaren waarom de overblijvende hoeveelheid C aan het einde van de incubatieperiode aanzienlijk hoger was dan in ander onderzoek;
- Een mestdosering van 1% gaf bij drie van de vier mest-grondcombinaties een afwijkende relatieve C-mineralisatie, wanneer vergeleken met de andere doseringsniveaus. Een dergelijke lage dosering kan daarom in incubatieproeven waarschijnlijk beter worden vermeden;
- Bij toediening van de maïsmest aan de grond van het grasperceel nam de relatieve C-mineralisatie toe bij oplopende dosering; bij toediening van deze mest aan de grond van het maïspanceel nam de relatieve C-mineralisatie toe tot een dosering van 6% en bleef daarboven stabiel;
- Deze toename kan worden verklaard door 'priming', extra mineralisatie van bodem-C wanneer relatief jonge OS aan grond wordt toegediend; De stabilisatie vanaf een dosering van 6% suggereert dat daar het maximale primingseffect was bereikt;
- Bij toediening van grasmest aan de grond van het grasperceel had een oplopende dosering geen effect op de relatieve C-mineralisatie. Bij toediening van de maïsmest aan deze grond was de relatieve C-mineralisatie hoger vergeleken met de grasmest, en nam deze af bij een oplopende dosering. Voor deze verschillen in effecten tussen beide mesten, toegediend aan dezelfde grond, kon (nog) geen sluitende verklaring worden gevonden;
- Uit het onderzoek blijkt dat er complexe relaties kunnen zijn tussen type runderdrijfmest, type grond en mestdosering. Aanvullend en verdiepend onderzoek is nodig om deze relaties beter te begrijpen. Hierbij is het noodzakelijk om de effecten van drijfmesttoediening op de omvang en samenstelling van de populatie micro-organismen in de bodem te bestuderen.

Dankwoord

Bert Philipsen (WLR) en Mark de Beer (Groeikracht) worden bedankt voor hun hulp bij het zoeken naar geschikte melkveebedrijven voor de mestverzameling; melkveehouders John van Kasteren (maïsmest) en Sytse Gerritsma (grasmest) voor de mogelijkheid om mest te verzamelen op hun bedrijven; melkveeproefbedrijf De Marke voor de mogelijkheid om grond van een maïs- en grasperceel te verzamelen; Henk Schilder (WLR) voor de verzameling van mest en grond; Willeke van Tintelen en Tamas Salanki (CBLB) voor uitvoer van de incubatieproef, en Jantine van Middelkoop (WLR) en Marjoleine Hanegraaf (WPR) voor de review van conceptversies van dit rapport.

Het onderzoek in dit rapport werd gefinancierd uit het KennisBasisproject 'Ontwikkeling van een evaluatiekader voor (de productie van) organische meststoffen' (KB-33-003-003, KB-34-001-002).

Literatuur

- Bol R, Moering J, Kuzyakov Y, Amelung W (2003) Quantification of priming and CO₂ respiration sources following slurry C incorporation in two grassland soils with different C content. *Rapid Communication of Mass Spectrometry* 17:2585–2590.
- De Boer HC (2013) On farm development of bedded-pack dairy barns in the Netherlands - Nutrient balances and manure quality of bedding material. Report 709, Wageningen Livestock Research.
- De Boer HC, Bloem J (2010) Voorspelling van de bemestende waarde (N) van runderdrijfmest. Rapport 359, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- De Boer HC, Timmerman M, Verdoes N, Schilder H (2018) Afbraak van organische stof uit (bewerkte) rundermest na toediening aan een zandgrond. Rapport 1095, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Groot JCJ, Van der Ploeg JD, Verhoeven FPM, Lantinga EA (2007) Interpretation of results from on-farm experiments: manure-nitrogen recovery on grassland as affected by manure quality and application technique. 1. An agronomic analysis. *NJAS - Netherlands Journal of Life Sciences* 54:235-254.
- Houba VJG, Van der Lee JJ, Novozamsky I (1997) Soil and plant analysis. Part 1: Soil analysis procedures, Department of Soil Quality, Wageningen University.
- Kuzyakov Y, Friedel JK, Stahr K (2000) Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology & Biochemistry* 32:1485-2000.
- Rath KM, Maheshwari A, Bengtson P, Rousk J (2016) Comparative Toxicities of Salts on Microbial Processes in Soil. *Applied and Environmental Microbiology* 82, Nr. 7.
- Rashid MI, De Goede RGM, Brussaard L, Lantinga EA (2013) Home field advantage of cattle manure decomposition affects the apparent nitrogen recovery in production grasslands. *Soil Biology and Biochemistry* 57:320-326.
- Van Eekeren N, Bommelé L, Bloem J, Rutgers M, De Goede RGM, Reheul D, Brussaard L (2008) Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology* 40:432-446.

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



Wageningen Livestock Research Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl [www.wur.nl/
livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

