



Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest toegediend aan grond

Effecten van vochtgehalte in de grond en drogen van de grond

Herman de Boer

OPENBAAR
Rapport 1346



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest toegediend aan grond

Effecten van vochtgehalte in de grond en drogen van de 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-34-001-002)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, november 2021

Openbaar

Rapport 1346

De Boer, H.C., 2021. Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest toegediend aan grond: effecten van vochtgehalte in de grond en drogen van de grond. Wageningen Livestock Research, Openbaar rapport 1346.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/559329> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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.

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1346.

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal & methoden	8
	2.1 Proefopzet	8
	2.2 Proefuitvoering	8
	2.2.1 Mestverzameling en -analyse	8
	2.2.2 Grondverzameling en -analyse	8
	2.2.3 Incubatieproef	9
	2.2.4 Berekeningen	10
	2.2.5 Statistische analyse	10
3	Resultaten en discussie	11
	3.1 Samenstelling van mest en grond	11
	3.2 Effect van niveau van vochtgehalte	12
	3.2.1 Behandelingen met alleen grond	12
	3.2.2 Behandelingen met mengen van drijfmest met grond	14
	3.3 Effect van drogen en opnieuw bevochtigen	14
	3.3.1 Behandelingen met alleen grond	14
	3.3.2 Behandelingen met mengen van drijfmest met grond	16
	Conclusies	18
	Dankwoord	19
	Literatuur	20

Samenvatting

Voor een optimale benutting van dierlijke mest in agro-ecosystemen dient de organische stof uit deze mest voldoende snel af te breken in de bodem. Uit laboratoriumproeven bleek dat na het mengen van runderdrijfmest met zandgrond de afbraak van bodemorganische stof kan worden geremd. Omdat deze remming gevolgen kan hebben voor de bodemkwaliteit en de nutriëntenlevering aan gewassen is het noodzakelijk om de oorzaak van deze remming te achterhalen. Als mogelijke oorzaak werd eerst gedacht aan een relatief hoog zoutgehalte in de mest. Uit vervolgonderzoek bleek dat het zoutgehalte van mest inderdaad een remmende werking op de C-mineralisatie kan hebben, maar de geconstateerde remming slechts deels kon verklaren. In het nu voorliggende onderzoek is een vervolghypothese getest, namelijk dat de remming werd veroorzaakt door het gebruik van verse in plaats van gedroogde grond. Het onderzoek is daarbij uitgebreid met twee aanvullende vragen: 1) welk effect heeft het vochtgehalte van grond op de C-mineralisatie uit grond en toegediende runderdrijfmest?; en 2) wordt de C-mineralisatie uit grond en mest gestimuleerd door uitdrogen en opnieuw bevochtigen?

De hypothese en aanvullende vragen werden onderzocht in een incubatieproef met herhaalde meting van de CO₂-respiratie na het mengen van een runderdrijfmest met een zandgrond. De incubatieproef duurde 168 dagen, en bestond uit twee deelproeven. Bij de eerste deelproef werden behandelingen met vooraf gedroogde grond (40°C) ingezet op een tijdens de proefperiode constant blijvend vochtgehalte van 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, en 80% van de WHC ('water holding capacity'). Bij de tweede deelproef werden behandelingen met verse respectievelijk gedroogde grond ingezet bij een vochtgehalte van 60% en vervolgens tijdens de incubatieperiode tot twee keer toe uitgehaald, gedroogd, en opnieuw ingezet bij 60% WHC. Op basis van de gemeten CO₂-emissies werd berekend hoeveel van de oorspronkelijk met grond en mest toegediende C per meettijdspip overbleef.

Uit de resultaten blijkt dat de C-mineralisatie van alleen de zandgrond lineair toenam bij een toename van het vochtgehalte van 20% tot 80% van de WHC. De hoeveelheid C die over de incubatieperiode mineraliseerde verdrievoudigde daarbij van 41 mg tot 136 mg (+330%). Het verloop van de C-mineralisatie in de tijd was afwijkend bij vochtgehalten 20%, 30%, en 80%; deze vochtgehalten kunnen daarom bij incubatieproeven met grond beter worden vermeden. De relatieve hoeveelheid overblijvende C uit met zandgrond gemengde runderdrijfmest werd door het niveau van vochtgehalte niet significant beïnvloed ($P = 0,13$) en was gemiddeld 84% na 168 dagen incubatie.

Drogen van de grond, voorafgaande aan incubatie of tijdens incubatie, gaf een hogere C-mineralisatie op dag 1 en dag 3 na het (opnieuw) bevochtigen, en een wat lagere mineralisatie daarna. Twee keer tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen gaf geen extra C-mineralisatie vergeleken met 1x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen. Bij vers ingezette grond nam de hoeveelheid gemineraliseerde C als gevolg van 1x of 2x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen af van 112 mg tot 104 mg (-7%). De C-mineralisatie uit toegediende mest werd meer beïnvloed door drogen van grond voorafgaande aan incubatie dan door drogen tijdens incubatie. Bij vooraf drogen was de C-mineralisatie lager op dag 1, 3, 28, en 70, en wat hoger vanaf dag 84, vergeleken met verse grond. Drogen vooraf of tijdens incubatie had uiteindelijk geen significant effect op de totale hoeveelheid gemineraliseerde C uit mest na 168 dagen incubatie (gemiddeld 13%).

Geconcludeerd wordt dat het gebruik van gedroogde in plaats van verse grond, en het herhaald drogen en opnieuw bevochtigen van de grond tijdens incubatie, in de voorliggende proef geen effecten van betekenis had op de uiteindelijke hoeveelheid C-mineralisatie uit mest. Het gebruik van verse in plaats van gedroogde grond is daarmee geen waarschijnlijke oorzaak van een lage C-mineralisatie uit drijfmest zoals gemeten in eerdere incubatieproeven.

1 Inleiding

Bij het streven om kringlopen zoveel mogelijk te sluiten is het van belang dat de 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 uit mest aan gewassen, moet de organische stof (OS) uit mest voldoende snel afbreken in de bodem. In eerder laboratoriumonderzoek daalde de snelheid van C-mineralisatie in mengsels van grond en runderdrijfmest na verloop van de tijd tot onder de snelheid van C-mineralisatie in grond alleen (De Boer et al. 2018). Dat betekent dat in dat onderzoek de afbraak van bodem-OS door de toediening van drijfmest werd geremd. Vermoedelijk was dit ook de oorzaak van de aanzienlijk grotere hoeveelheid (toegerekende) overblijvende C uit deze mest vergeleken met eerdere, vergelijkbare incubatieproeven. Als mogelijke oorzaak voor de remming werd gedacht aan een hoog zoutgehalte in het mengsel van grond en mest, als gevolg van een relatief hoge mestconcentratie in dit mengsel (7,8% w/w).

Uit vervolgonderzoek (De Boer 2020) bleek dat het zoutgehalte van mest inderdaad een remmende werking op de C-mineralisatie van grond en mest kan hebben. Een hogere mestdosering (= hogere zoutdosering) gaf echter slechts bij één van de vier onderzochte mest-grondcombinaties een lagere relatieve C-mineralisatie. Bij de overige drie mest-grondcombinaties werd de remming gecompenseerd door andere doseringseffecten en mesteigenschappen. Het zoutgehalte in mest had daarmee een relatief groot (verborgen) effect op de (toegerekende) overblijvende C uit de mest, maar kon slechts voor een beperkt deel verklaren waarom de hoeveelheid overblijvende C uit de mest veel hoger was dan in eerder incubatieonderzoek.

Omdat een hoog zoutgehalte geen afdoende verklaring bleek voor de geconstateerde remming, is vervolgens nagegaan welke verschillen er waren in proefopzet en gebruikte materialen tussen incubatieproeven met en zonder remming. Een mogelijk relevant verschil is dat er gedroogde grond was gebruikt in een proef zonder remming, maar verse grond in meerdere proeven met remming. Uit deze observatie ontstond de hypothese dat verse grond mogelijk een remmende factor bevat, die door drogen kan verdwijnen.

In vervolgonderzoek is daarom de hypothese getest dat de remming veroorzaakt wordt door het gebruik van verse grond en dat door het drogen van de grond deze remming verdwijnt. Deze hypothese is vervolgens aangevuld met twee andere relevante vragen: 1) welk effect heeft het niveau van vochtgehalte van de grond op de C-mineralisatie uit grond en toegediende mest?; en 2) wordt de C-mineralisatie uit grond en mest gestimuleerd door uitdrogen en opnieuw bevochtigen? De opzet, uitvoering en resultaten van dit vervolgonderzoek zijn beschreven in het voorliggende rapport.

2 Materiaal & methoden

2.1 Proefopzet

De hypothese en aanvullende vragen werden onderzocht in een incubatieproef met herhaalde meting van de CO₂-respiratie na het mengen van een runderdrijfmest met een zandgrond. De incubatieproef duurde 168 dagen, en bestond uit twee deelproeven. In beide proeven werd grond van dezelfde partij gebruikt. Bij de eerste deelproef werden behandelingen met vooraf aan de lucht gedroogde (verse) grond wel of niet gemengd met drijfmest en ingezet op een tijdens de proefperiode constant blijvend vochtgehalte van 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, en 80% van de WHC ('water holding capacity'; vloeigrens). Bij de tweede deelproef werden behandelingen met verse of gedroogde grond wel of niet gemengd met drijfmest, ingezet bij een vochtgehalte van 60% van de WHC, en tijdens de incubatieperiode een of twee keer uitgehaald, ovengedroogd (40°C), opnieuw bevochtigd tot 60% WHC en opnieuw ingezet. De behandelingen van de twee deelproeven werden gezamenlijk herhaald in drie gerandomiseerde blokken. Deelproef 1 werd twee keer herhaald en deelproef 2 drie keer. Aan ieder blok werden tenslotte nog twee blanco behandelingen (lege flessen) toegevoegd en gerandomiseerd met de rest van de behandelingen. De blanco behandelingen werden gebruikt als referenties, ten behoeve van een zo nauwkeurig mogelijke meting van de CO₂-respiratie (zie paragraaf 2.2.3).

2.2 Proefuitvoering

2.2.1 Mestverzameling en -analyse

De runderdrijfmest werd verzameld op 30 juli 2019 op het melkveebedrijf waar de 'maïsmest' voor de vorige incubatieproef was verzameld (op 9 juli 2018; De Boer 2020). Op dit bedrijf stonden de koeien jaarrond op stal, en bevatte het rantsoen een bovengemiddelde hoeveelheid snijmaïs. De mestkelder was eind april geleegd voor de bemesting van de snijmaïspercelen, en op het moment van verzameling was de mesthoogte in de kelder 1,3 meter. Bij het verzamelen werd met behulp van een 1 L monsterbeker (bevestigd aan een lange stok) een verzamelmonster van in totaal 10 L uit een mangat geschept. Dit verzamelmonster werd gemengd en gesplitst in een aantal submonsters van 0,8 L. De submonsters werden binnen een dag naar Wageningen vervoerd en daar bewaard bij 4°C tot aan het moment van gebruik.

De drijfmest werd op samenstelling geanalyseerd door het Chemisch-Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB, Wageningen). In de verse mest werden de pH en EC gemeten met standaard elektroden; N-totaal en P-totaal met ICP-AES (na destructie van de verse mest met zwavelzuur en salicylzuur, en de toevoeging van selenium en waterstofperoxide, bij een temperatuur van 100°C); K-totaal met SFA (na de hiervoor beschreven destructie); en NH₄-N eveneens met SFA (na extractie met 1 M KCl). Het drogestofgehalte werd op twee manieren bepaald: door eerst 24 uur te drogen bij 70°C en daarna 24 uur bij 105°C, of door 24 uur te drogen bij 105°C. De achterliggende vraag daarbij was of de droogtemperatuur effect heeft op het niveau van drogestofgehalte. In de gedroogde mest (70°C) werd vervolgens het organische stofgehalte bepaald door drie uur te gloeien bij 550°C, en werd C-totaal bepaald door meting met een CN-analyzer (na malen op 50 µm).

2.2.2 Grondverzameling en -analyse

De zandgrond werd verzameld op een ander bedrijf dan de drijfmest, op een perceel van proefbedrijf 'De Marke' waar voor het derde opeenvolgende jaar snijmaïs werd verbouwd (Perceel 17-1; verzameldatum 18 juli 2019). De grond werd verzameld in het midden tussen twee rijen snijmaïsplanten, tot een diepte van 10 cm, en werd eerst opgeslagen bij kamertemperatuur. Na drie dagen werd de partij grond gezeefd op 6 mm en werd er, gezien het lage vochtgehalte, leidingwater

toegevoegd voor een (geschatte) toename in gravimetrisch vochtgehalte van 10%. Na vier dagen conditionering bij het hogere vochtgehalte werd de grond opgeslagen bij 4°C. Op 8 augustus werd de partij grond gemengd (betonmolen), gezeefd op 5 mm, en bemonsterd voor analyse. Vervolgens werd de partij in twee delen gesplitst en werden de twee deelpartijen verschillend behandeld. Een partij van 40 kg werd weer opgeslagen bij 4°C, en een partij van 60 kg werd uitgespreid op een betonnen vloer, gedurende enkele dagen bij kamertemperatuur aan de lucht gedroogd, en daarna ook opgeslagen. De bemonsterde grond werd geanalyseerd (Houba et al. 1997) op: granulaire samenstelling (fractie klei, silt, zand), pH-KCl, pH-H₂O, EC, organische stof, organische C (Kurmies), N-totaal, P-Al, en K-HCl.

2.2.3 Incubatieproef

De incubatieproef werd uitgevoerd door het CBLB en ingezet op 19 augustus 2019. Glazen flessen (ø 6,9 cm; 575 ml) werden gevuld met alleen zandgrond (vers of gedroogd; 300 g op DS-basis) of zandgrond gemengd met drijfmest (11,1 g per fles), met een dosering in het eindmengsel (grond + mest + toegevoegd water) van 3% w/w. Bij deelproef 1 werd er, afhankelijk van de behandeling, gedemineraliseerd water aan de grond toegevoegd tot 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, of 80% van de WHC (312 ml kg⁻¹ droge grond). Bij deelproef 2 werd water aan de grond toegevoegd tot 60% van de WHC. Bij de toevoeging van water werd gecorrigeerd voor vocht dat al was toegediend met drijfmest. Bij deelproef 1 was de gedroogde grond niet droog genoeg om de behandeling met vochtgehalte 20% WHC te kunnen inzetten. Daarom werd de benodigde hoeveelheid grond voor deze behandeling verder gedroogd in de oven, eerst op 40°C en daarna op 105°C, en vervolgens ingezet. Na het vullen van de flessen werden ze gewogen, afgesloten met een prop watten, en gedurende 168 dagen weggezet, bij 20°C, in het donker. Bij deelproef 2 werden een aantal behandelingen 1x of 2x tussentijds uitgehaald, 24 uur gedroogd bij 40°C, opnieuw bevochtigd tot 60% WHC en opnieuw ingezet. De behandelingen met 1x drogen en opnieuw bevochtigen werden respectievelijk 27 en 28 dagen na start van de incubatie uitgehaald en opnieuw ingezet; de behandelingen met 2x drogen en opnieuw bevochtigen na respectievelijk 27 en 28 dagen, en 55 en 56 dagen.

Tijdens de incubatieperiode werd de CO₂-respiratie in de flessen regelmatig gemeten met een Innova 1412 foto-akoestische gasmonitor. Bij beide deelproeven werd de CO₂-concentratie gemeten na 1, 3, 7, 14, 28, 56, 84, 112, 140, en 168 dagen. Bij deelproef 2 werden de behandelingen met 1x uithalen en opnieuw bevochtigen ook gemeten na 29, 31, 35, en 42 dagen, en werden de behandelingen met 2x uithalen en opnieuw bevochtigen ook gemeten na 57, 59, 63, en 70 dagen. Bij de aanvullende CO₂-metingen was het de bedoeling om steeds vier referentiebehandelingen mee te meten: de behandelingen met alleen verse of droge grond, en de behandelingen met verse of droge grond gemengd met drijfmest. De referentiemetingen van dag 29, 31, 35, en 42 zijn abusievelijk niet uitgevoerd; de referentiemetingen van dag 57, 59, 63, en 70 wel.

Op ieder meettijdstip werden de relevante flessen voor een periode afgesloten, zodat zich een hoeveelheid CO₂ in de fles kon verzamelen. Aan het einde van deze accumulatieperiode werd de CO₂-concentratie (ppm) in iedere fles gemeten. Deze concentraties werden gecorrigeerd voor de CO₂-concentratie in de omgevingslucht op het moment van het sluiten van de flessen, zoals gemeten in de blanco flessen. De accumulatieperiode werd tijdens de proef verlengd, van 1 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. De ondergrens werd gehanteerd om voldoende onderscheidend vermogen te houden met achtergrondconcentratie, en de bovengrens om rond het midden van de kalibratielijn uit te komen (de gasmonitor was gekalibreerd tot 30.000 ppm). Na iedere meting werden de flessen gewogen en werd gedemineraliseerd water toegevoegd om het oorspronkelijke vochtgehalte in de flessen te herstellen. Na de laatste meting werd het luchtvolume in de flessen gravimetrisch bepaald.

De met drijfmest toegediende hoeveelheid C was 0,29 g C per fles, 3,6% van de totaal aanwezige C in grond en mest (8,09 g C). Deze drijfmestgift was op basis van het grondoppervlak in de fles gelijk aan een praktijkgift van 29,6 ton ha⁻¹. De grondlaag in de flessen was ca. 5 cm hoog.

2.2.4 Berekeningen

De CO₂-emissie uit de flessen werd gebruikt als afgeleide van de C-mineralisatie en van de OS-afbraak. Per fles 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, met aanname van een molair volume (V_m) van 24,04 L mol⁻¹. De CO₂-fluxen van de flessen met toediening van mest werden, binnen ieder blok, gecorrigeerd voor de CO₂-flux van de flessen met alleen grond. Door deze correctie werd het verschil in flux toegerekend aan de toedienende mest.

De hoeveelheid C die tussen de meettijdstippen via respiratie ontweek werd per fles berekend door lineaire integratie van de CO₂-fluxen over de tijd. Vervolgens werd berekend hoeveel C er per meettijdstip nog over was. Tenslotte werden de hoeveelheden overblijvende C uitgedrukt als fractie van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid C in grond of mest (100% op $t = 0$ dagen).

2.2.5 Statistische analyse

De relatieve hoeveelheden overblijvende C na 168 dagen incubatie werden geanalyseerd met de procedure voor variantieanalyse in statistisch pakket Genstat (Genstat, 19^e editie; VSNI, Hemel Hempstead, UK). Analyses werden binnen iedere deelproef afzonderlijk uitgevoerd voor de set behandelingen met alleen grond en de set behandelingen met toediening van drijfmest.

Bij deelproef 1 werden relaties tussen het vochtgehalte in de grond en relatief overblijvende hoeveelheid C aan het einde van de incubatieperiode ($t = 168$ dagen) statistisch geanalyseerd met behulp van de procedure voor polynome regressie in Genstat. De twee reeksen met en zonder toediening van drijfmest werden daarbij apart geanalyseerd. Het initieel getoetste model was: $Y = a + bx + cx^2$, met Y de relatieve hoeveelheid overblijvende C, x het vochtgehalte in de grond, a de constante, b de lineaire coëfficiënt, en c de kwadratische coëfficiënt. Wanneer de kwadratische coëfficiënt niet significant was, werd de lineaire variant van het model getoetst.

3 Resultaten en discussie

3.1 Samenstelling van mest en grond

Samenstelling mest

De drijfmest die werd gebruikt in de huidige incubatieproef had een hoger C-gehalte, een hogere C : N-verhouding, en een hoger aandeel C in de OS vergeleken met de drijfmest die werd gebruikt in de vorige proef (De Boer 2020) (Tabel 1). De drijfmest in de huidige proef was daarnaast wat dunner (lager DS-gehalte), wat bijdroeg aan lagere gehalten aan mineralen en zouten. Het DS-gehalte bij eerst drogen op 70°C en dan op 105°C week niet af van het DS-gehalte bepaald door alleen drogen op 105°C.

Tabel 1 Samenstelling van de runderdrijfmest zoals gebruikt in de vorige en huidige incubatieproef, beide verzameld op hetzelfde melkveebedrijf en in dezelfde periode van het jaar.

Parameter ¹⁾	Eenheid	Herkomst mest	
		Vorige proef ¹⁾	Huidige proef
PH	-	7,5	7,7
EC	mS cm ⁻¹	23,7	18,1
Drogestof (105°C)	g kg ⁻¹ vers	73	64
Drogestof (70°C)	g kg ⁻¹ vers	-	67
Drogestof (70°C -> 105°C)	g kg ⁻¹ vers	-	64
Organische stof	g kg ⁻¹ vers	53	48
C-totaal	g kg ⁻¹ vers	23,4	26,1
C in OS	%	44	55
N-totaal ²⁾	mg kg ⁻¹ vers	4096	3481
C : N	-	5,7	7,5
P-totaal	mg kg ⁻¹ vers	577	424
K-totaal	mg kg ⁻¹ vers	3578	2513
NH ₄ -N	mg kg ⁻¹ vers	2380 ²⁾	2039 ³⁾

¹⁾ De Boer 2020; ²⁾ zonder extractie met 1 M KCl; ³⁾ na extractie met 1 M KCl

Samenstelling grond

De grond die werd gebruikt in de huidige incubatieproef had een vergelijkbare granulaire samenstelling als de grond gebruikt in de vorige proef (De Boer 2020), een hogere pH, een lager gehalte OS, een lager gehalte C, eenzelfde gehalte C in de OS, een vergelijkbaar gehalte N, een lagere C/N-verhouding, een veel lager gehalte P-AI, een hoger gehalte K-HCl, en een wat hogere EC (Tabel 2). De lagere C:N-verhouding in de grond gebruikt in de huidige proef duidt erop dat de OS in deze grond minder was omgezet, c.q. jonger was, vergeleken met de OS in de grond gebruikt in de vorige proef.

Tabel 2 Samenstelling van de zandgrond gebruikt in de vorige en huidige incubatieproef, beide verzameld op vergelijkbare percelen uit bodemlaag 0-10 cm. Gehalten zijn uitgedrukt op basis van drogen bij 40°C; minerale fracties op basis van drogen bij 105°C.

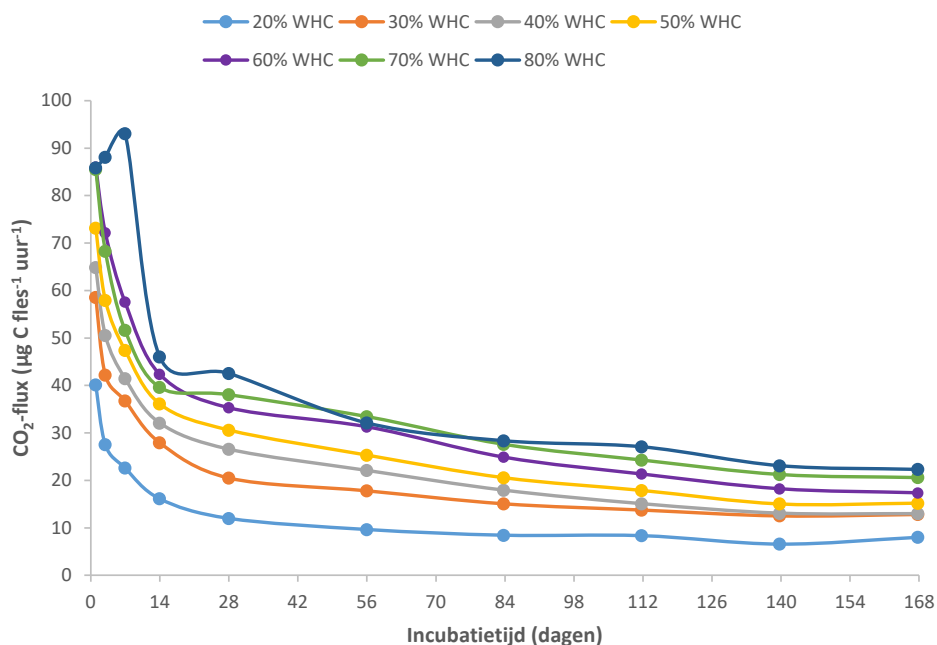
Parameter ¹⁾	Eenheid	Perceel	
		Vorige proef ²⁾	Huidige proef
Klei	%	4	2
Silt	%	5	8
Zand	%	84	84
pH-KCl	-	5,3	6,3
pH-H ₂ O	-	6,4	7,1
OS	%	6,4	5,1
C-totaal	g C kg ⁻¹	30	23
C in OS	%	47	45
N-totaal	g N kg ⁻¹	2,0	1,9
C : N	-	15	12
P-AI	mg P kg ⁻¹	226	81
K-HCl	mg K kg ⁻¹	149	216
EC	μS cm ⁻¹	61	88

¹⁾ geanalyseerd volgens methodieken beschreven in Houba et al. (1997); ²⁾ De Boer 2020

3.2 Effect van niveau van vochtgehalte

3.2.1 Behandelingen met alleen grond

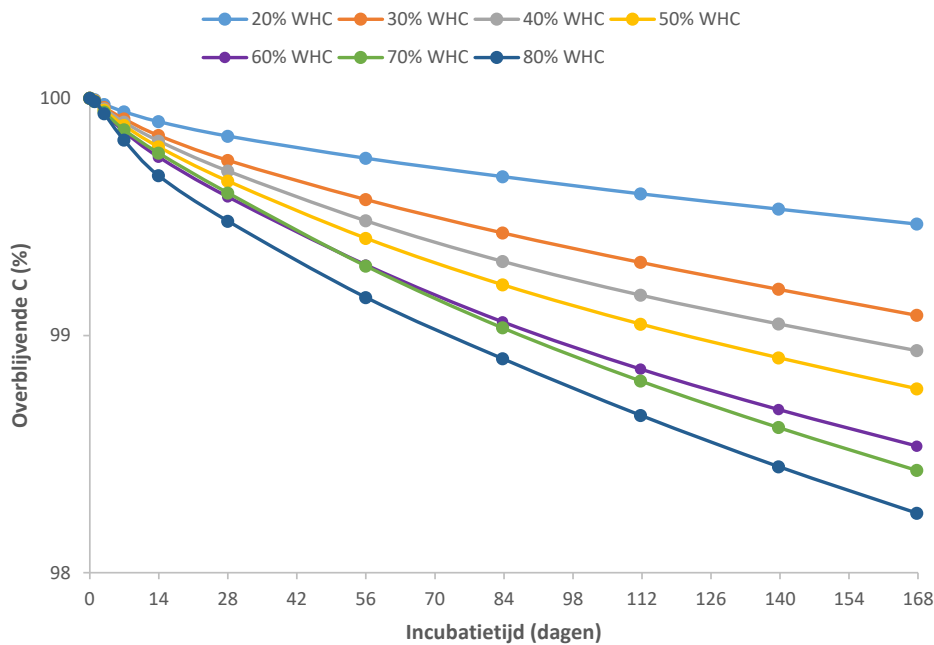
Bij deelproef 1 was bij de behandelingen met alleen grond de CO₂-flux hoger bij een hoger vochtgehalte (Fig. 1).



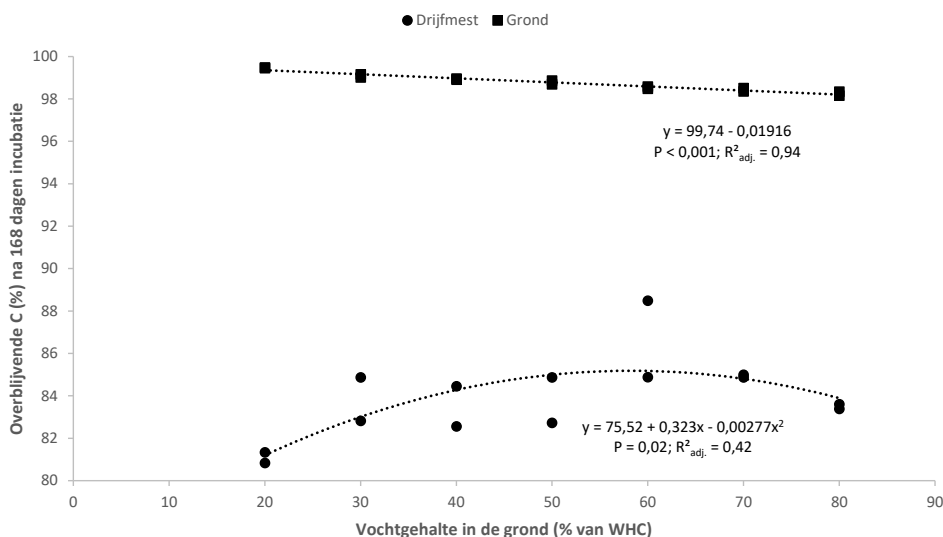
Figuur 1 Verloop van de CO₂-flux uit een zandgrond tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden en zoals beïnvloed door het niveau van vochtgehalte als % van de WHC ('water holding capacity').

De flux piekte aan het begin van de incubatie en nam daarna af. Deze afname was vloeiend bij een vochtgehalte van 40% t/m 60% van de WHC, maar bij vochtgehalte 20% en 30% nam de flux tussen dag 3 en dag 7 minder af dan bij de andere vochtgehalten, en bij vochtgehalte 70% en 80% nam de flux tussen dag 14 en dag 28 minder af dan bij de andere vochtgehalten. Bij vochtgehalte 80% week

het verloop van de flux ook af in de eerste dagen van incubatie en nam de flux niet af maar toe, tot een piek op dag 7, en daalde daarna. De relatieve hoeveelheid overblijvende C na 168 dagen incubatie was vanaf een vochtgehalte van 20% bij ieder hoger niveau significant lager vergeleken met het vorige niveau ($P < 0,001$; $LSD = 0,11\%$), behalve bij vergelijking van vochtgehalte 70% met 60% (Fig. 2). Bij toename van het vochtgehalte van 20% tot 80% nam de relatieve hoeveelheid overblijvende C af van 99,47% tot 98,25%. De absolute hoeveelheid gemineraliseerde C nam toe van 41 tot 136 mg C (+330%). Uit polynome regressie bleek dat de kwadratische coëfficiënt niet significant was ($P > 0,05$) en dat er een negatieve lineaire relatie was tussen het vochtgehalte en de relatief overblijvende hoeveelheid C na 168 dagen incubatie ($P < 0,001$; $R^2_{adj.} = 94\%$) (Fig. 3).



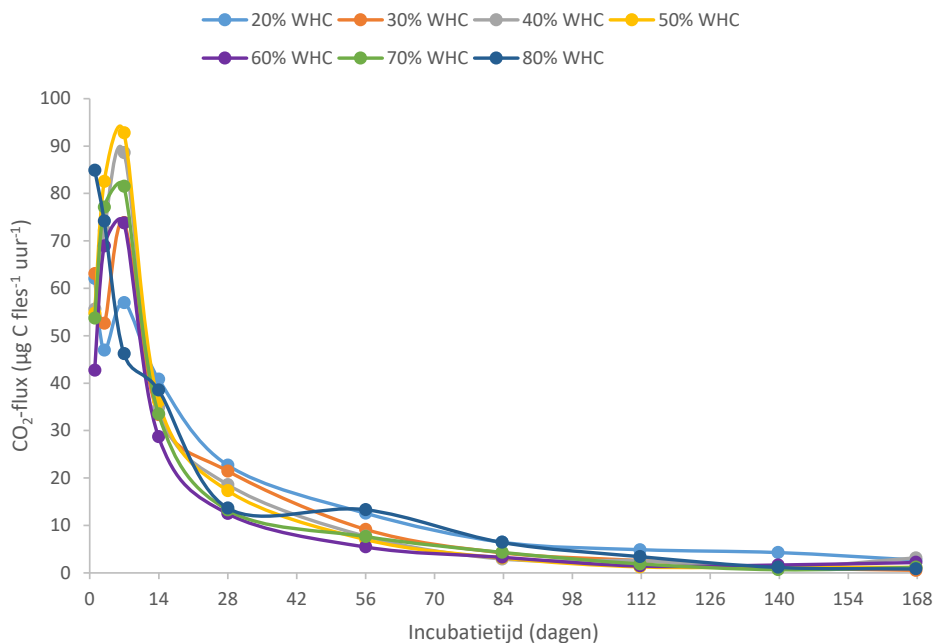
Figuur 2 Verloop van de overblijvende hoeveelheid C in een zandgrond tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden en zoals beïnvloed door het niveau van vochtgehalte als % van de WHC ('water holding capacity').



Figuur 3 Relatie tussen vochtgehalte van een zandgrond en overblijvende C uit deze grond of uit met deze grond gemengde runderdrijfmest (RDM) na 168 dagen incubatie onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van de mest zijn na aftrek van de bijdrage van de grond.

3.2.2 Behandelingen met mengen van drijfmest met grond

De extra CO₂-flux als gevolg van de toediening van drijfmest werd bij deelproef 1 beïnvloed door het vochtgehalte (Fig. 4). Bij een vochtgehalte van 40% t/m 70% nam de flux toe tot een piek op dag 7 en nam daarna af. Evenals bij de behandelingen met alleen grond was het verloop van de flux toegerekend aan de drijfmest afwijkend bij vochtgehalte 20%, 30%, en 80%. Bij vochtgehalten 20% en 30% nam de flux af tussen dag 1 en 3, nam daarna toe tot een piek op dag 7, en daalde daarna met de andere behandelingen. De tussentijdse toename was bij vochtgehalte 20% kleiner dan bij vochtgehalte 30%. Bij vochtgehalte 80% was het verloop in flux aan het begin van de incubatie anders dan bij de andere vochtgehalten; de flux nam niet toe tot een piek op dag 7, maar piekte op dag 1 en nam daarna af.



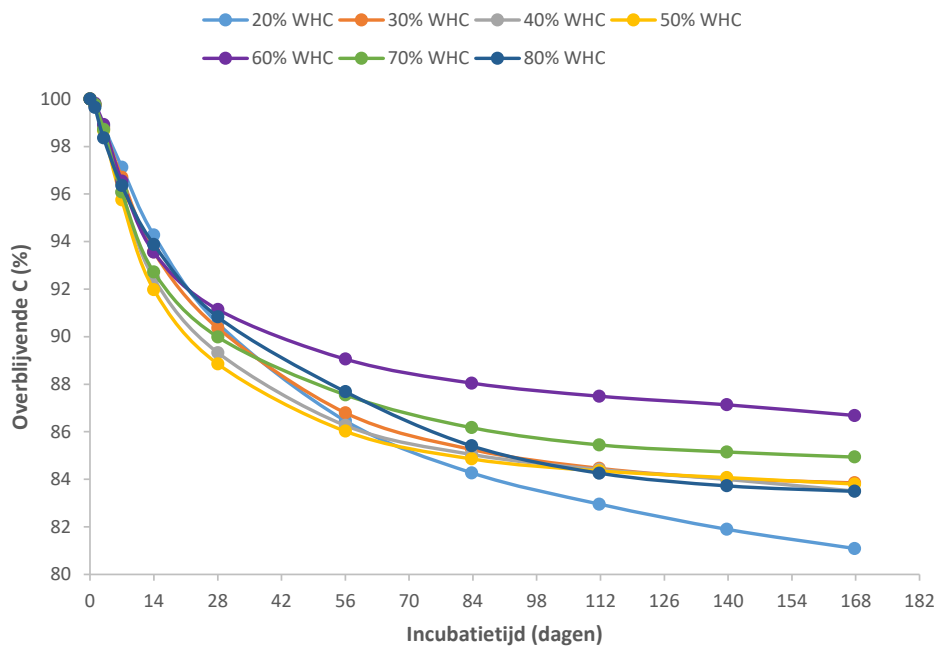
Figuur 4 Verloop van de CO₂-flux uit runderdrijfmest gemengd met een zandgrond, tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden en zoals beïnvloed door het niveau van vochtgehalte als % van de WHC ('water holding capacity'). Resultaten van de mest zijn na aftrek van de bijdrage van de grond.

Uit variantieanalyse bleek dat de relatief overblijvende hoeveelheid C uit mest, na 168 dagen incubatie, door het vochtgehalte niet significant werd beïnvloed ($P = 0,13$) (Fig. 5). Gemiddeld bleef 83,9% over. Uit regressie bleek dat er wel een significante kwadratische relatie kon worden gelegd tussen het vochtgehalte en de overblijvende hoeveelheid C uit mest na 168 dagen incubatie ($P = 0,02$; $R^2_{\text{adj.}} = 42\%$) (Fig. 3). De hoeveelheid overblijvende C was daarbij lager bij lage en hoge vochtgehalten.

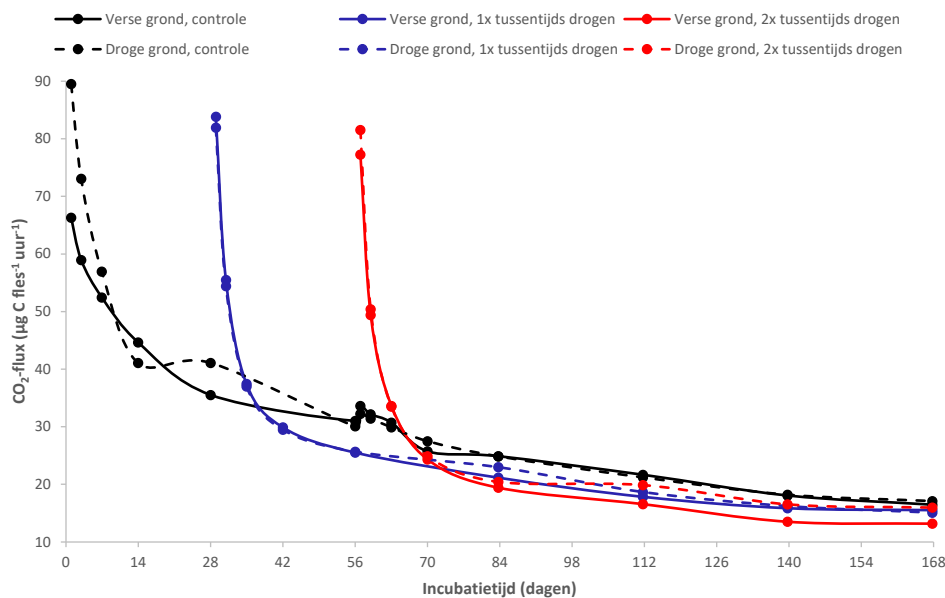
3.3 Effect van drogen en opnieuw bevochtigen

3.3.1 Behandelingen met alleen grond

Het drogen van vochtige grond, zowel voorafgaande aan het inzetten van de proef of tijdens de incubatieperiode, gaf een hogere CO₂-flux op dag 1, 3, en 7 na het (opnieuw) bevochtigen, en daarna een wat lagere flux over de rest van de incubatie (Fig. 6).

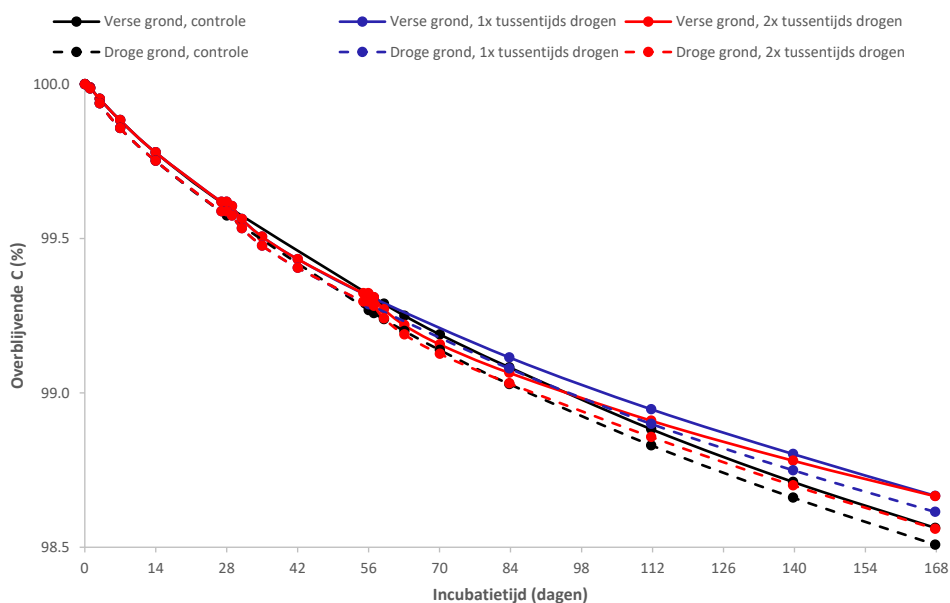


Figuur 5 Verloop van de overblijvende hoeveelheid C uit runderdrijfmest gemengd met een zandgrond, tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden en zoals beïnvloed door het niveau van vochtgehalte als % van de WHC ('water holding capacity'). Resultaten van de mest zijn na aftrek van de bijdrage van de grond.



Figuur 6 Verloop van de CO₂-flux uit een vers ingezette of eerst gedroogde en daarna bevochtigde zandgrond, tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden, en zoals beïnvloed door tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen.

Bij gebruik van verse grond bij het inzetten was de relatieve hoeveelheid overblijvende C na 168 dagen incubatie hoger bij 1x of 2x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen (beide 98,7%), vergeleken met de controle (98,6%) ($P = 0,02$; $LSD = 0,09\%$) (Fig. 7). De absolute hoeveelheid gemineraliseerde C nam als gevolg van 1x of 2x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen af van 112 mg tot respectievelijk 104 en 104 mg (-7%).

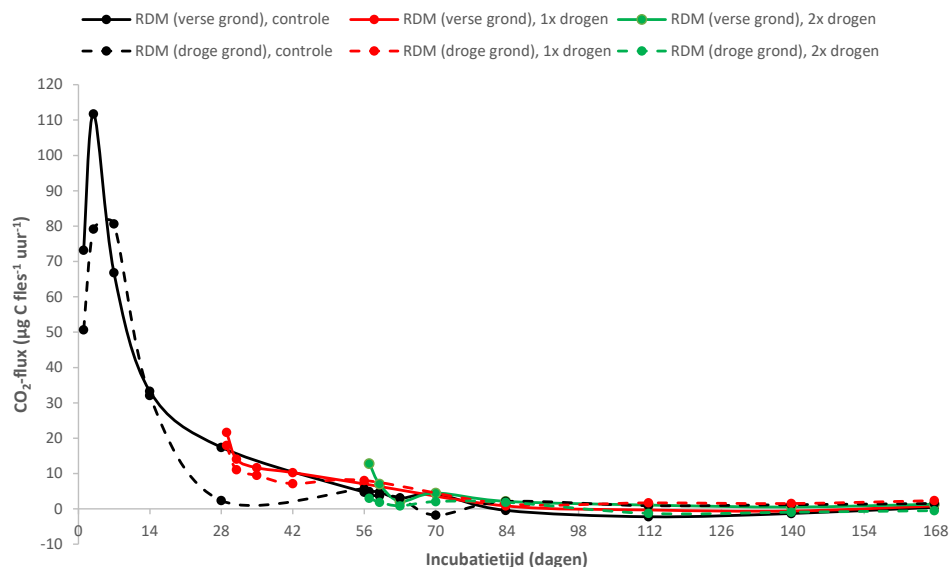


Figuur 7 Verloop van de overblijvende hoeveelheid C in een vers ingezette of eerst gedroogde en daarna bevochtigde zandgrond, tijdens incubatie onder gecontroleerde omstandigheden en zoals beïnvloed door tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen.

Bij gebruik van gedroogde grond bij het inzetten van de proef was de relatieve hoeveelheid overblijvende C na 168 dagen incubatie (98,5%) niet significant verschillend vergeleken met het gebruik van verse grond (98,6%) ($P > 0,05$). Bij 1x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen was de relatieve hoeveelheid overblijvende C na 168 dagen incubatie (98,6%) significant hoger vergeleken met de controle (98,5%). Na 2x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen was de relatieve hoeveelheid overblijvende C (98,6%) niet significant verschillend van de behandeling met 1x drogen en opnieuw bevochtigen (98,6%) en ook niet verschillend van de controle (98,5%). De absolute hoeveelheid gemineraliseerde C nam als gevolg van 1x tussentijds drogen af van 116 tot 108 mg (-7%) en bij 2x tussentijds drogen af van 116 tot 112 mg (-3%). Geconcludeerd wordt dat eenmalig tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen leidde tot een iets lagere C-mineralisatie, zowel bij gebruik van verse als gedroogde grond bij het inzetten, maar dat een tweede keer tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen geen extra effect had.

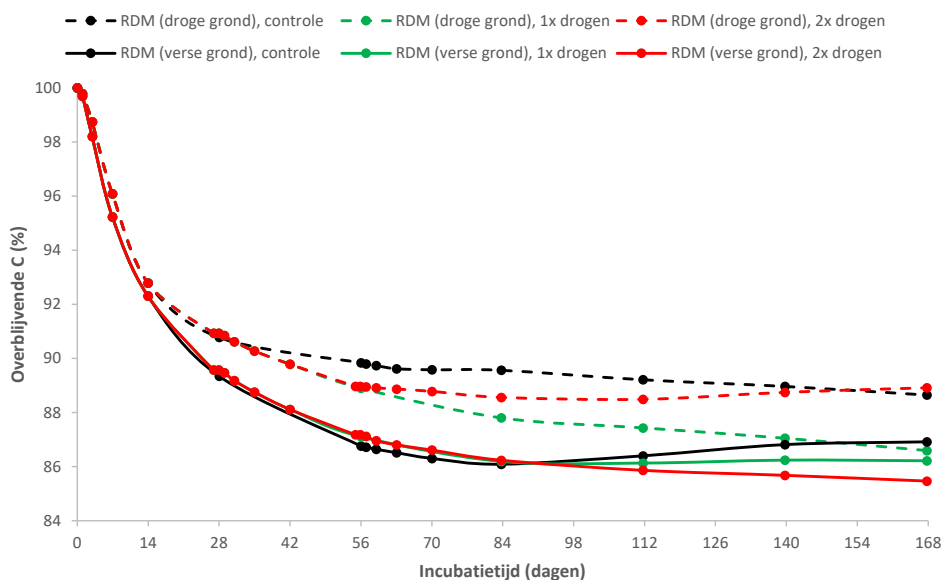
3.3.2 Behandelingen met mengen van drijfmest met grond

De aan de mest toegerekende CO_2 -flux was bij het gebruik van verse grond bij het inzetten hoger dan bij het gebruik van gedroogde grond (Fig. 8). De flux was hoger op dag 1, 3, 28, en 70, en wat lager vanaf dag 84. Effecten van tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen op de CO_2 -flux waren klein, zowel bij het gebruik van verse als droge grond.



Figuur 8 Verloop van de CO₂-flux uit runderdrijfmest (RDM) gemengd met een zandgrond en geïncubeerd onder gecontroleerde omstandigheden, zoals beïnvloed door wel of niet drogen van de grond voorafgaande aan incubatie, en vervolgens wel of niet drogen en opnieuw bevochtigen tijdens incubatie. Resultaten van de mest zijn na aftrek van de bijdrage van de grond.

De relatieve hoeveelheid overblijvende C uit drijfmest na 168 dagen incubatie verschilde niet significant tussen de behandelingen en was gemiddeld 87% ($P = 0,40$) (Fig. 9). Het drogen van de grond voorafgaande aan de incubatie, of drogen en opnieuw bevochtigen tijdens incubatie, had daarmee geen blijvend effect op de C-mineralisatie van drijfmest.



Figuur 9 Verloop van de overblijvende hoeveelheid C uit runderdrijfmest (RDM) gemengd met een zandgrond en geïncubeerd onder gecontroleerde omstandigheden, zoals beïnvloed door drogen van de grond voorafgaande aan incubatie, of drogen en opnieuw bevochtigen tijdens incubatie. Resultaten van de mest zijn na aftrek van de bijdrage van de grond.

Conclusies

- De C-mineralisatie van een zandgrond nam lineair toe bij een toename van het vochtgehalte van 20% tot 80% van de WHC. De hoeveelheid C die mineraliseerde over de incubatieperiode van 168 dagen verdrievoudigde daarbij van 41 tot 136 mg (+330%), en de relatieve hoeveelheid overgebleven C nam af van 99,5% tot 98,3%;
- Het verloop van de C-mineralisatie van deze grond was afwijkend bij een vochtgehalte van 20%, 30%, en 80% van de WHC; deze vochtgehalten kunnen daarom beter worden vermeden bij incubatieproeven met grond. Het meestal bij incubatieproeven aangehouden vochtgehalte van 60% van de WHC blijkt een representatieve keuze;
- De relatieve hoeveelheid overblijvende C uit de met zandgrond gemengde runderdrijfmest werd door het vochtgehalte niet significant beïnvloed ($P = 0,13$) en was gemiddeld 84% na 168 dagen incubatie;
- Het drogen van de verse zandgrond, voorafgaande aan incubatie of tijdens incubatie, gaf een hogere C-mineralisatie bij meting op dag 1, 3, en 7 na het (opnieuw) bevochtigen, en een wat lagere mineralisatie daarna;
- Als gevolg van 1x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen van vers ingezette grond nam de hoeveelheid gemineraliseerde C over 168 dagen af van 112 mg tot 104 mg (-7%). Bij 2x tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen was er geen extra C-mineralisatie vergeleken met 1x;
- De C-mineralisatie uit toegediende mest werd meer beïnvloed door drogen van verse grond voorafgaande aan de incubatie dan door drogen tijdens incubatie. Bij vooraf drogen was de C-mineralisatie hoger op dag 1, 3, 28, en 70, en wat lager vanaf dag 84. Tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen had weinig effect op de C-mineralisatie uit toegediende mest, zowel bij het gebruik van verse als gedroogde grond;
- Drogen van de grond voorafgaande aan het inzetten, of tussentijds drogen en opnieuw bevochtigen, had geen significant effect op de hoeveelheid overblijvende C uit drijfmest na 168 dagen incubatie (gemiddeld 87%) ($P = 0,40$);
- Het gebruik van gedroogde in plaats van verse grond, en het herhaald drogen en opnieuw bevochtigen van de grond tijdens incubatie, had in de voorliggende proef slechts beperkte effecten op de C-mineralisatie uit grond en mest;
- Het gebruik van verse in plaats van gedroogde grond lijkt daarmee niet verantwoordelijk voor de lage C-mineralisatie uit drijfmest zoals gemeten in meerdere incubatieproeven.

Dankwoord

Melkveehouder John van Kasteren wordt bedankt voor de mogelijkheid om drijfmest van zijn bedrijf te verzamelen; melkveeproefbedrijf De Marke voor de mogelijkheid om grond van een maisperceel te verzamelen; Henk Schilder (WLR) voor het uitvoeren van de mestverzameling; Willeke van Tintelen en Tamas Salanki (CBLB) voor het uitvoeren van de incubatieproef; en Jantine van Middelkoop (WLR) en Marjoleine Hanegraaf (WPR) voor de review van een conceptversie van dit rapport.

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

Literatuur

De Boer HC (2020) Afbreeksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest: effecten van dosering, zoutgehalte en herkomst mest en grond. Rapport 1231, 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.

Houba VJG, Van der Lee JJ, Novozamsky I (1997) Soil and plant analysis. Part 1: Soil analysis procedures, Department of Soil Quality, Wageningen University.

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

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.

