



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Soil organic amendments for climate-smart agriculture

Kok, D.D.

Citation

Kok, D. D. (2024, September 26). *Soil organic amendments for climate-smart agriculture*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4093453>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4093453>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

SAMENVATTING

Organische stof is bepalend voor de vruchtbaarheid van de bodem. Het draagt bij aan de ontwikkeling van een goede bodemstructuur en is tevens een belangrijke bron van nutriënten voor planten en het bodemleven. Het aanvullen van bodem organische stofgehaltes door het toevoegen van vers biomassa, compost of andere organische stoffen is dan ook een eeuwenoude bemesting- en afvalverwerking strategie die, historisch gezien, wereldwijd werd toegepast. Tegenwoordig spelen organische meststoffen een minder belangrijke rol in onze voedselproductie. Snelwerkende, makkelijk op te slaan en eenvoudig te verspreiden kunstmeststoffen hebben de rol van organische meststoffen als bron van nutriënten grotendeels vervangen.

Klimaatverandering vernieuwt het belang bij het toevoegen van organische meststoffen in de landbouw. Doordat ze de chemische en fysieke eigenschappen van een bodem verbeteren kunnen organische stoffen de veerkracht van onze gewasproductiesystemen tegen klimaatextremen vergroten. Daarnaast zijn ze een effectief middel om koolstof vast te leggen en kunnen daarmee een deel van ons broeikasgas uitstoot compenseren. Zodoende kunnen organische meststoffen onze voedselproductiesystemen versterken tegen bodemdegradatie en weersextremen en daarmee bijdragen aan de overgang naar een meer klimaatbestendige vorm van landbouw.

Organische stoffen kunnen echter aanzienlijk van elkaar verschillen waarbij ook hun effecten op verschillende bodemeigenschappen sterk uiteen kunnen lopen. De diversiteit aan organische stoffen, de invloed van vele omgevingsfactoren op hun afbraakproces, en de complexiteit van interacties met het bodemleven maken het moeilijk om te bepalen hoe en via welke mechanismen de samenstelling van organische stoffen de veranderingen in de bodem bepalen. Deze kennislacune belemmert het gerichte gebruik van organische stoffen en hindert de toepassing van direct beschikbare organische restproducten als bodemverbeteraars.

In dit proefschrift hoop ik het effectieve en efficiënte gebruik van organische reststoffen te vergroten door beter inzicht te bieden in de complexe relaties tussen de eigenschappen van organische stoffen, het microbiële bodemleven en de resulterende veranderingen in bodemeigenschappen. Ik onderzoek daarvoor in zes hoofdstukken de relatie tussen de samenstelling van organische stoffen met veranderingen in het microbiële bodemleven en de bodemkoolstofdynamiek (Hoofdstuk 2); Ontwikkel ik een bodemmodel dat voorspellingen kan doen van effecten van verschillende organische stoffen op de bodemkoolstofdynamiek en zogenoemde 'priming effects' - een verandering in afbraaksnelheid van bodemeigen koolstof na het toedienen van een organische meststof

(Hoofdstuk 3); verken ik de invloed van organische stoffen op de weerstand en veerkracht van de bodem en het bodemleven tegen extreme temperatuurveranderingen (Hoofdstuk 4); en onderzoek ik de invloed van organische stoffen op de intra-jaarlijkse ontwikkeling van fysische bodemeigenschappen (Hoofdstuk 5). De bevindingen uit deze laboratorium-, veld- en modelleerexperimenten worden vervolgens samengevat in een laatste hoofdstuk (Hoofdstuk 6) waarin ik ook lessen trek uit mijn onderzoek voor de praktijk en mogelijkheden voor toekomstig onderzoek uiteenzet.

In **Hoofdstuk 2** laat ik zien hoe tweeëntwintig verschillende karakteriseringen van organische stof correleren met veranderingen in elf microbiële eigenschappen en processen en priming effecten. Resultaten van 150-dagen-durend laboratoriumexperiment laten zien dat de concentratie van heet-wateroplosbaar koolstof vaak een betere voorspeller is voor priming effecten dan traditioneel gebruikte stoichiometrische kwaliteitsindices. Hiernaast blijkt ook dat de priming effecten sterk correleren met veranderingen in microbiële DNA-concentraties, biomassa en metabolisch quotiënten. Ik sluit het hoofdstuk af met de aanbeveling om energetische principes te integreren in het modelleren van microbiel aangedreven koolstoftransformaties en benadruk dat organische stof met hoge concentraties heet-wateroplosbaar koolstof op gewichtsbasis efficiënter koolstof kan vastleggen in de bodem dan stof met lage concentraties heet-wateroplosbaar koolstof.

In **Hoofdstuk 3** introduceer ik MiPrime, het '**MI**crobially mediated **PR**iming effects model with **ME**asurable organic carbon pools'. MiPrime is ontwikkeld om de bodem koolstofdynamiek, inclusief priming effecten, te kunnen voorspellen na het toepassen van een willekeurig organische meststof. Na verschillende toetsingen blijkt het model de korte termijn koolstofdynamiek nauwkeurig te kunnen voorspellen. Wel is er ruimte voor verbetering in de voorspelling van veranderingen in koolstof fracties van de bodemeigen koolstofpool. MiPrime kan worden gebruikt als een nieuw instrument om organische bemestingsplannen mee te ontwikkelen.

In **Hoofdstuk 4** onderzoek ik de invloed van organische meststoffen op de gevoeligheid van het microbiel bodemleven voor snelle temperatuursveranderingen. De snelheid waarmee temperatuur verandert wordt verondersteld geen invloed te hebben op het bodemleven en wordt derhalve niet meegenomen in bestaande koolstofmodellen. Toch is het bodemleven hier waarschijnlijk wel vatbaar voor gegeven de tijdsafhankelijkheid van de signalerings- en activeringsprocessen waarmee bodemmicro-organisme zich verdedigt tegen snelle veranderingen in omgeving. Om dit te onderzoeken volg ik de veranderingen in microbiële responsvariabelen en concentraties van verschillende koolstof- en stikstof fracties bij temperatuurveranderingen van 2,5 en 30 °C per dag na behandeling van een bodem met drie verschillende organische meststoffen. Uit het onderzoek blijkt dat de snelheid van temperatuurverandering, ongeacht de gebruikte organische meststof, een klein maar meetbaar effect heeft op de concentratie microbiel DNA en op de oplosbare en

onoplosbare fracties koolstof en stikstof in de bodem. De organische meststoffen beïnvloedden op hun beurt het effect van de temperatuurbehandelingen op CO₂ uitstoot, priming effecten en de concentratie van heet-wateroplosbaar koolstof en stikstof in de bodem. Ik concludeer dat organische meststoffen ingezet kunnen worden om het effect van temperatuurstress te beïnvloeden, maar benadruk de noodzaak voor verder onderzoek naar de relevante ecologische processen en mechanisme die deze processen aansturen.

In **Hoofdstuk 5** onderzoek ik het effect van organische stoffen op fysische bodemeigenschappen en hun ontwikkeling over de tijd. De resultaten tonen aan dat organische stoffen leiden tot veranderingen in fysische bodemeigenschappen, maar dat deze veranderingen binnen een jaar sterk kunnen variëren, tot wel 10% voor bodemdichtheid, 100% voor infiltratiecapaciteit, 45% voor aggregaatstabiliteit en 70% voor waterretentie. De data voor de twee onderzochten bodems laat geen duidelijk en consistent verband zien tussen deze variabiliteit en de verschillende eigenschappen van de organische stoffen. Wel bleken de veranderingen in de tijd over het algemeen nauwer verbonden met verschillen in de hoeveelheid aangebrachte organische stof dan met verschillen in de kwaliteit daarvan. We benadrukken de noodzaak om rekening te houden met de intra-jaarlijkse variabiliteit bij het vergelijken van studies naar organische stofeffecten en bij het opzetten van bemestingsplannen.

Tot slot, in **Hoofdstuk 6**, vat ik de bevindingen samen en bespreek ik de implicaties voor het toepassen van organische stoffen in de landbouw en toekomstig onderzoek. Als vuistregel blijkt de kwantiteit van organische stoffen over het algemeen bepalender te zijn dan de kwaliteit ervan, tenminste voor de verbeteringen in fysische bodemeigenschappen. We benadrukken het belang van verder onderzoek naar de biochemische samenstelling en functie van heet-wateroplosbare koolstoffractie aangezien deze sterk geassocieerd lijkt te zijn met de verschillende veranderingen in bodem- en microbiële eigenschappen. Ook het gebruik van nieuwe, geavanceerde technieken in gegevensanalyse, zoals kunstmatige intelligentie, bieden nieuwe kansen om inzicht te krijgen in de complexe interacties binnen het bodemsysteem en om overzicht te krijgen in de vele bodemkundige studies die wekelijks gepubliceerd worden.

De bevindingen van dit proefschrift onderschrijven de bijdragen die organische stoffen kunnen leveren aan het verbeteren van landbouwbodems en daarbij onze voedselproductiesystemen. Hoewel de scala aan precieze effecten lastig te voorspellen zijn, bieden organische stoffen de mogelijkheid om de bodemstructuur te verbeteren en onze CO₂ uitstoot deels te compenseren. Door verder inzicht te bieden in de relevante bodemprocessen en koppeling te maken naar praktische toepassing, draagt dit proefschrift bij aan het verkennen van de waarde van organische stoffen voor een klimaatbestendige landbouw en duurzaam bodembeheer.

