

Agropole Innovates AP4 Benefits of Frass

Werkpakket	WP4 – Benefits of Frass
Project	Agropole Innovates (Projectnummer 14052)
Subsidieprogramma	Interreg VI-programma Deutschland-Nederland
Looptijd	1 januari 2023 – 31 augustus 2026
Betrokken partners	Hochschule Rhein-Waal, Brightlands Campus Greenport Venlo



Deutschland – Nederland

Agropole Innovates

Financiering:



Medegefinancierd door:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



provincie limburg



Niedersächsische
Staatskanzlei



Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Projectpartners:

Lead Partner:



Projektpartner aus der Region Niederrhein:



Baum & Bonheur



Projektpartner aus Niedersachsen:



Projektpartner aus der Provinz Limburg in den Niederlanden:



Gemeente Venray



yookr
for living data

Kleef, augustus 2026

Samenvatting

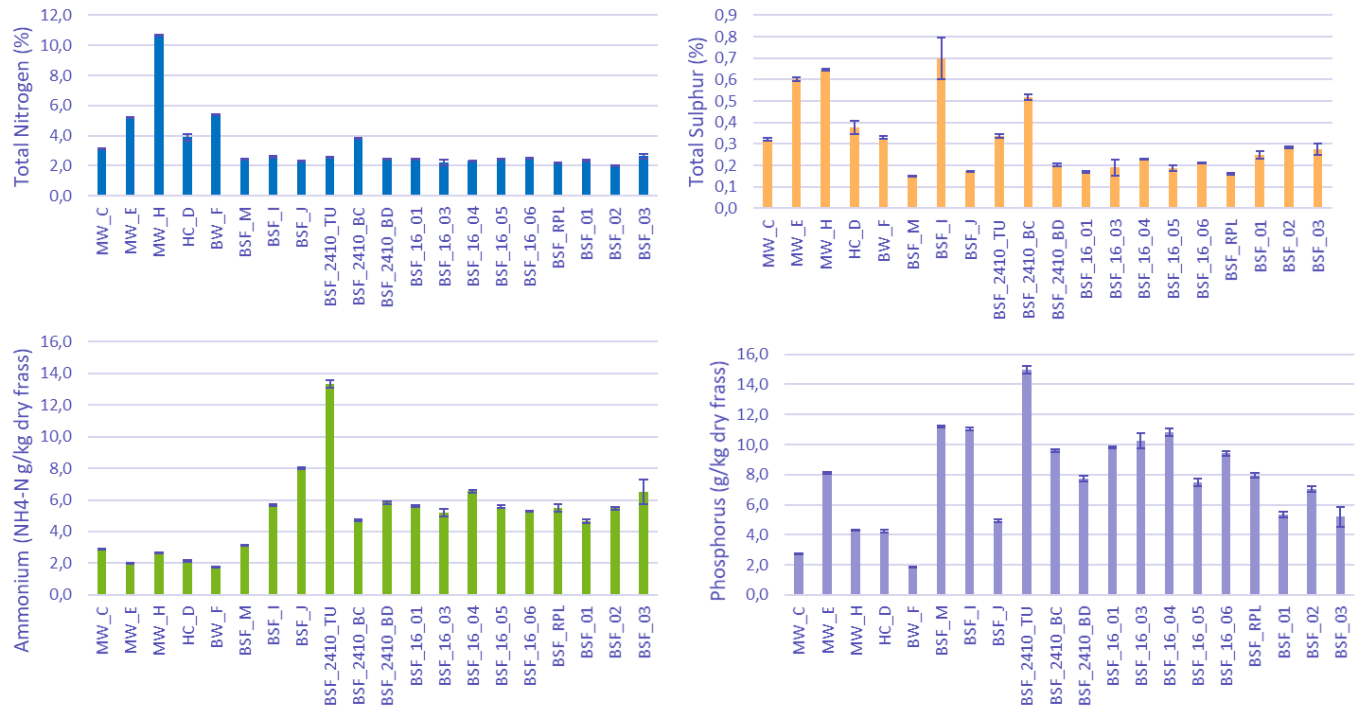
De Hochschule Rhein-Waal en haar Nederlandse partner Brightlands Campus Greenport Venlo werkten samen in het innovatieproject Benefits of Frass, onderdeel van het door de EU gesubsidieerde project Agropole Innovates. Frass is een waardevol bijproduct van de industriële productie van insectenlarven, die als alternatieve eiwitbron kan worden gebruikt. Doelstellingen van Benefits of Frass waren onder andere het uitvoerig onderzoeken van de chemische en biologische eigenschappen van verschillende frassmonsters, het onderzoeken welke factoren de chemische samenstelling van frass beïnvloeden, het beoordelen van de effectiviteit van frass als meststof en bodemverbeteraar, en het vaststellen van de mogelijke effecten van de toepassing van frass op het milieu.

Belangrijkste resultaten

- Frass is rijk aan extraheerbare plantaardige macro- en micronutriënten.
- De larvensoort en het voer beïnvloeden de chemische samenstelling van het frass, maar daarnaast speelt ook de geoptimaliseerde productie van larvenbiomassa een rol.
- Frass verbetert de fysische eigenschappen van de bodem, met name het waterhoudend vermogen.
- De biomassa van de proefgewassen kan worden verhoogd wanneer tot 150% van de stikstofbehoefte via frass wordt toegevoerd.
- Uit veldproeven blijkt dat de organisch gebonden stikstof uit frass niet snel biologisch beschikbaar komt.
- Frass verliest tijdens opslag en sterilisatie een meetbaar deel van zijn reactieve stikstof in de vorm van ammoniak.
- De afbraak van frass in de bodem is minder wanneer het frass in korrelvorm in plaats van in pelletvorm aanwezig is.

1. Chemische en biologische eigenschappen van frassmonsters

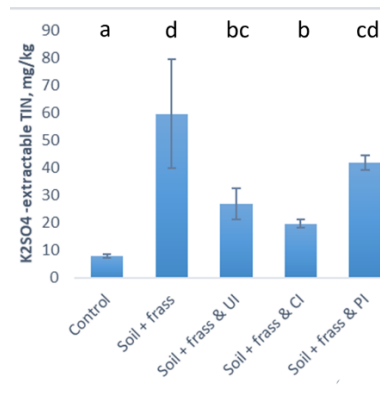
In totaal werden twintig frassmonsters onderzocht, waarvan het merendeel (vijftien) afkomstig was van kwekers van zwarte soldaatvliegen. Er waren er drie van kwekers van meelwormen afkomstig en een van een kweker van huiskrekels en een van een kweker van buffalowormen. De frassmonsters werden onderzocht op extraheerbare plantaardige macronutriënten (stikstof, fosfor, zwavel, kalium, calcium en magnesium) en micronutriënten (ijzer, koper, mangaan, boor, nikkel en zink). In Afbeelding 1 wordt een voorbeeld weergegeven van de spreiding en variabiliteit van de nutriëntenconcentraties die uit de frassmonsters zijn geëxtraheerd.



Afbeelding 1: Concentraties van de totale stikstof, ammonium, zwavel en fosfor in 20 frassmonsters

De aanzienlijke verschillen, waarbij de concentraties in het frass van de ene soort tot wel acht keer hoger kunnen zijn dan in die van een andere, zijn toe te schrijven aan de larvensoort (zo vertonen frassmonsters van meelwormen, buffalowormen en huiskrekels doorgaans een lager ammonium- en fosforgehalte dan die van de zwarte soldaatvlieg), het frass en de kweekomstandigheden. Dit wordt in hoofdstuk 2 besproken.

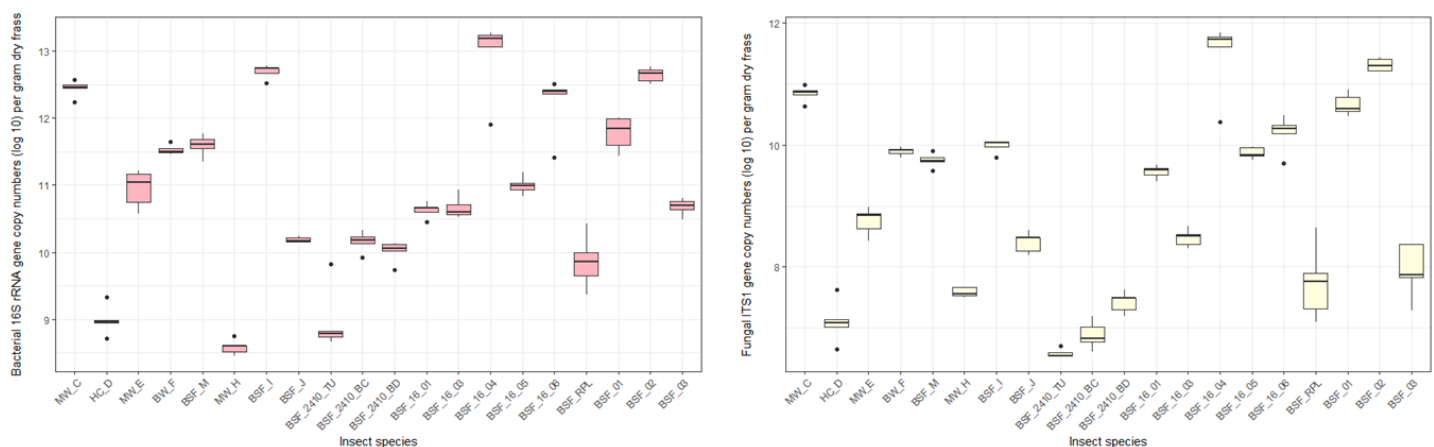
Aangezien planten de macronutriënt stikstof in de grootste hoeveelheden in hun biomassa nodig hebben, wordt het potentieel van frass als organische meststof vaak afgemeten aan de mate waarin frass proefplanten van stikstof kunnen voorzien. Dit hangt op zijn beurt weer af van hoe snel het (voornamelijk organische) aandeel van de totale stikstof in het frass wordt omgezet in ammonium. De organische stikstofvormen in het frass bestaan voornamelijk uit chitine, ureum en eiwitten. In een incubatie-experiment werd gemeten hoeveel anorganische totale stikstof kon worden geëxtraheerd uit bodems waaraan frass waren toegevoegd, evenals enzymremmers die de afbraak van ureum, chitine of eiwitten verstoren. De significante afnames die door de remmers voor ureum en chitine werden veroorzaakt (Afbeelding 2) doen vermoeden dat deze in het frass grotere reserves aan organische stikstof vormen dan eiwitten.



Afbeelding 2: Totale gehalte aan anorganische extraheerbare stikstof (TIN) in bodemmonsters waaraan frass en chitin- (CI), ureum- (UI) en eiwitremmers (PI) werden toegevoegd

Dit heeft gevolgen voor het gebruik van frass als organische meststof, aangezien de proteolytische capaciteit in bodems over het algemeen breed gespreid is, terwijl de chitinolytische en de ureolytische capaciteit doorgaans ongelijkmatig verdeeld zijn en sterk afhankelijk zijn van de bodemchemie en de lokale habitatomstandigheden.

De drie belangrijkste microbiële domeinen die verantwoordelijk zijn voor de nutriëntencyclus in de bodem zijn bacteriën, schimmels en archaea. Het aantal genkopieën van deze taxa werd gemeten in frassmonsters. Het aantal genkopieën van de archaea was in alle monsters extreem laag of lag onder de analytische detectielimiet. In Afbeelding 3 wordt het aantal genkopieën van bacteriën en schimmels weergegeven.



Afbeelding 3: Aantal genkopieën van bacteriën (links) en schimmels (rechts) in twintig frassmonsters

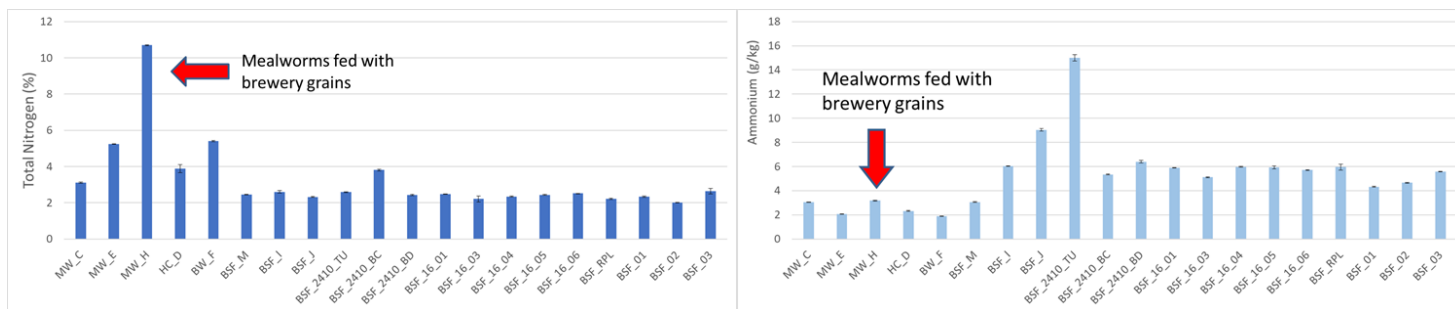
De waarden verschillen tot wel vier ordes van grootte. Dit illustreert de heterogeniteit van frass: bij monsters met hogere waarden wordt aangenomen dat ze meer larvenuitwerpselen bevatten, terwijl monsters met lagere waarden mogelijk meer afgestoten exoskeletten of onverteerd larvenvoer bevatten. In ieder geval is het hoogst onwaarschijnlijk dat de microben in het frass zelf de natuurlijke microbenpopulaties van de bodem waarop het frass worden toegepast wezenlijk zouden veranderen, met name na de vereiste sterilisatie

van het frass. (Dit wordt besproken in hoofdstuk 4.) Het toepassen van frass op de bodem leidt door de toevoer van biologisch beschikbare koolstof en anorganische voedingsstoffen stevast tot een toename van de microbiële biomassa in de bodem.

2. Factoren die de chemische samenstelling van frass beïnvloeden

De chemische samenstelling van het frass kan worden beïnvloed door de larvensoort, het voer en de kweekomstandigheden van de larven. Omdat slechts vijf van de twintig frassmonsters die in het kader van het project in de regio werden verzameld niet afkomstig waren van zwarte soldaatvliegen was een uitvoerige vergelijking tussen de soorten niet mogelijk.

Toch wordt in Afbeelding 4 de aandacht gevestigd op een belangrijke observatie: het frass van meelwormlarven die met brouwgraan werden gevoerd, vertonen een zeer hoge totale stikstofconcentratie, wat zich echter niet vertaalt in een hoge concentratie aan extraheerbaar ammonium oftewel stikstof die beschikbaar is voor planten.



Afbeelding 4: Totale stikstof (links) en extraheerbaar ammonium (rechts) in twintig frassmonsters

De larvenproducenten van elf frassmonsters hebben bovendien monsters van het larvenvoeder ter beschikking gesteld. Deze zijn onderzocht op totale stikstof en eiwitten (Tabel 1).

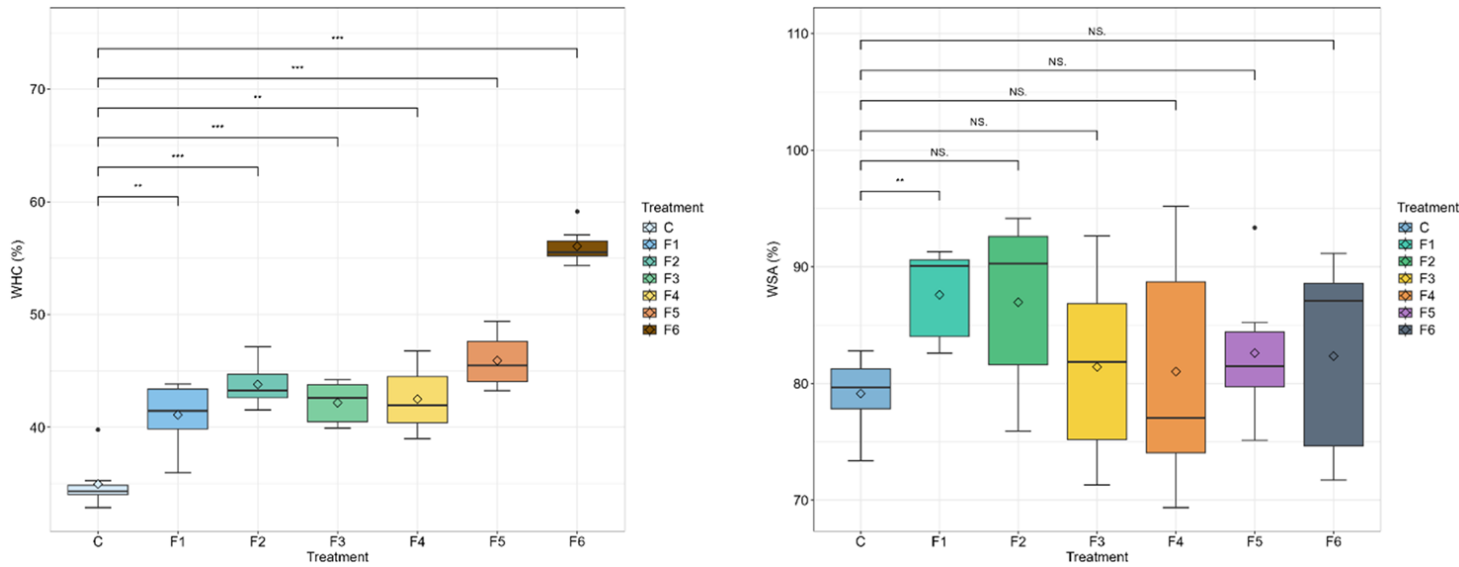
Frassmonster	Stikstofgehalte (N) in frass (%)	Stikstofgehalte (N) in voer (%)	Eiwitgehalte in voer (%)
BSF_J	2,32	2,74	17,1
BSF_2410_TU	2,59	1,40	10,0
BSF_2410_BC	3,81	1,40	10,0
BSF_2410_BD	2,43	1,40	10,0
BSF_16_01	2,48	2,97	18,5
BSF_16_03	2,21	3,29	20,5
BSF_16_04	2,34	2,93	18,3
BSF_16_05	2,44	3,23	20,2
BSF_16_06	2,51	3,00	18,8
BSF_01	2,34	2,74	17,1
BSF_02	2,01	2,57	16,0

Tabel 1: Totale stikstofgehalte in het frass en totale stikstof- en eiwitgehalte van het bijbehorende voer

De correlaties tussen het totale stikstofgehalte van het frass en het eiwitgehalte van het voer ($p = 0,085$) en het totale stikstofgehalte van het voer ($p = 0,076$) waren statistisch niet significant. Dit zou te wijten kunnen zijn aan de heterogeniteit van zowel het frass- als de voermonsters; elke analyse is slechts een momentopname van het monster. Een andere mogelijkheid is dat het een effect is van de larvenproductie. Wanneer de omstandigheden voor de productie van de larvenbiomassa zijn geoptimaliseerd (bijvoorbeeld de verhouding tussen larven en voer), gaat er minder stikstof via het frass ‘verloren’.

3. De effectiviteit van frass als bodemverbeteraar en meststof

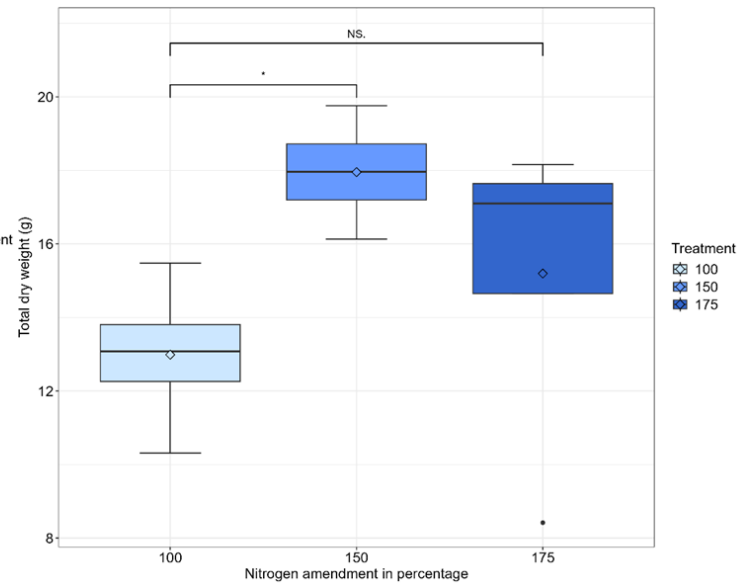
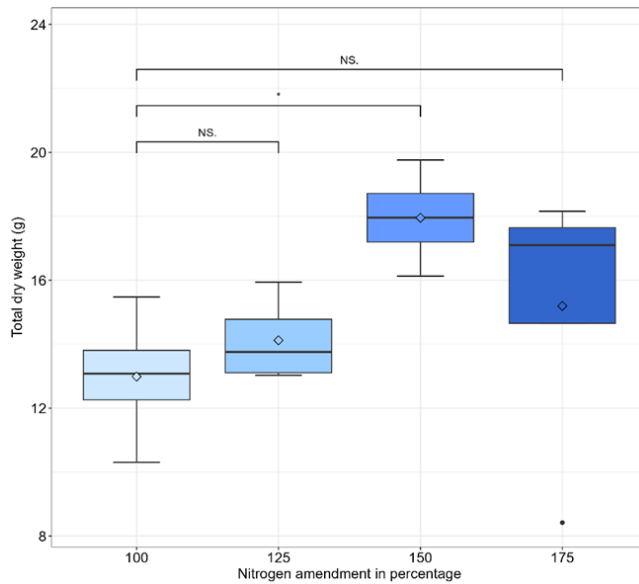
In een incubatie-experiment werd het tot nu toe grotendeels over het hoofd geziene potentieel van frass voor de verbetering van de fysische bodemparameters onderzocht. Afbeelding 5 toont duidelijk de lineaire toename van het waterhoudend vermogen in monsters waaraan toenemende hoeveelheden frass werden toegevoegd (0,25–3,5% gewichtspercentage). Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de waterabsorberende en poriënvullende effecten van de organische stof in het frass.



Afbeelding 5: Waterhoudend vermogen (links) en stabiliteit van water-aggregaten (rechts) van met frass verrijkte grond

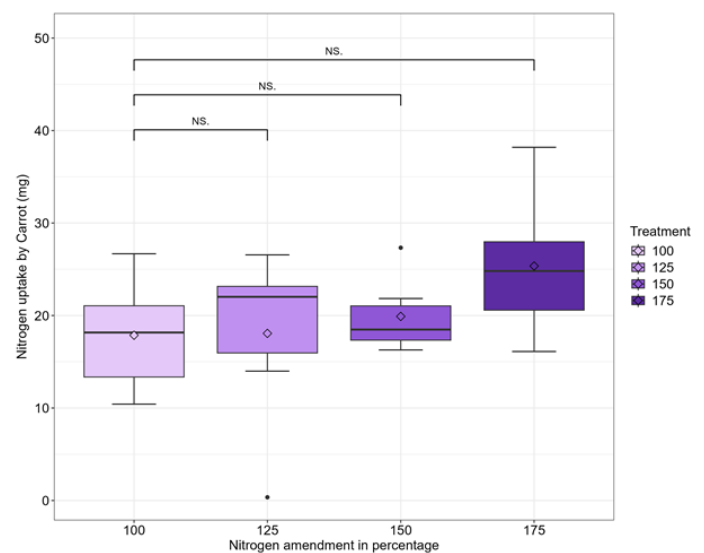
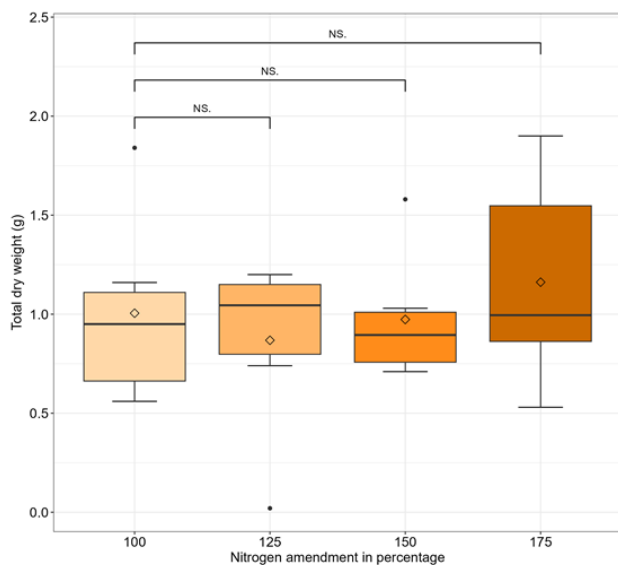
De resultaten met betrekking tot de stabiliteit van de aggregaten (WSA = Water Stable Aggregates) waren niet helemaal zo eenduidig. Daar zijn twee mogelijke redenen voor. De eerste is de heterogeniteit: de monsters voor de stabiliteit van wateraggregaten zijn aanzienlijk kleiner dan die voor het waterhoudend vermogen, wat betekent dat lokale effecten van het frass in sommige monsters mogelijk over het hoofd zijn gezien. De tweede reden is dat de effecten op het waterhoudend vermogen tijdens deze incubatie van 42 dagen waarschijnlijk directer waren dan die op de stabiliteit van de aggregaten. De vorming en persistentie van in water stabiele aggregaten hangt mogelijk af van biologische en fysische herstructureringsprocessen die zich ontwikkelen na het toepassen van frass, zoals microbiële exsudatie en de verspreiding van schimmelhyfen.

Gezien de voedingsrijke, organische en zouthoudende samenstelling van het substraat werden verschillende potproeven uitgevoerd in voedingsarm substraat om de reacties van de proefplanten op bemesting met frass te onderzoeken, waarbij verschillende veelvouden van de stikstofbehoefte van de planten werden toegediend. In Afbeelding 6 is te zien dat de biomassa van erwten en sla bij een stikstoftoevoer van 150% van hun behoefte een statistisch significant sterkere reactie vertoonde dan bij een toevoer van 100% van hun behoefte. Dit komt doordat het gaat om een organische meststof waarbij de stikstof langzaam vrijkomt in een voor planten opneembare vorm.



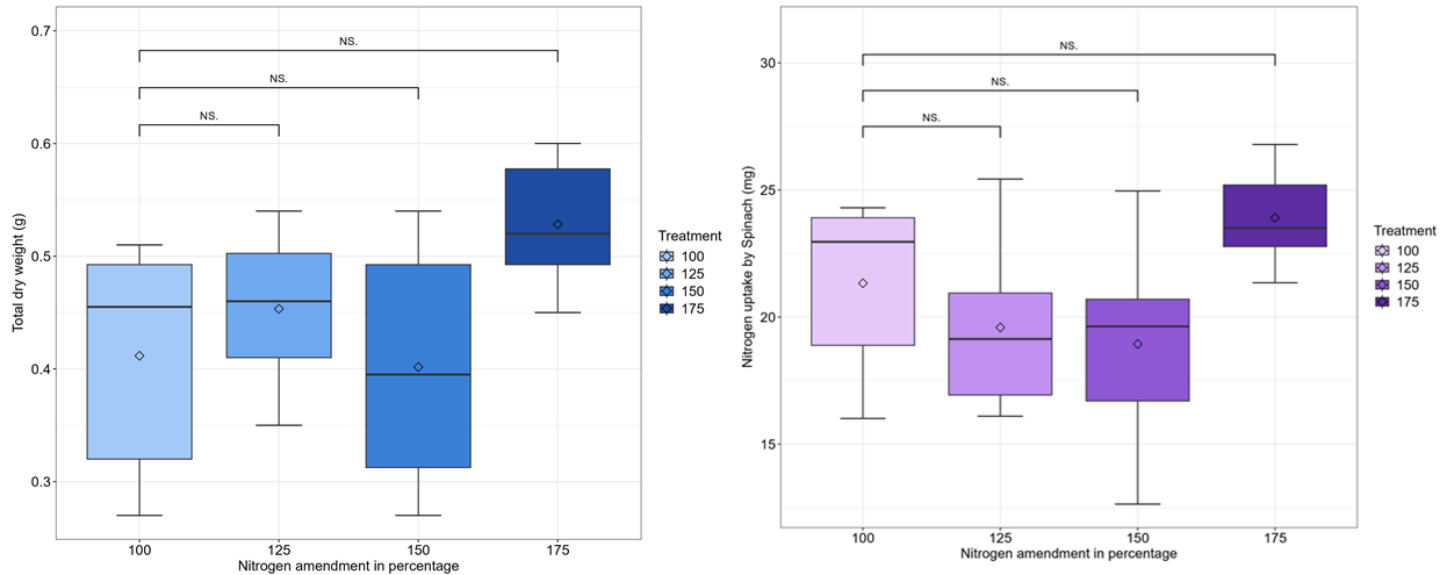
Afbeelding 6: Droge stof van erwten (links) en sla (rechts) die zijn geteeld in substraat met frass, waarbij de stikstofbehoefte van de planten voor 100 tot 175% door frass werd gedekt

Deze reactie hangt af van de proefopstelling, zoals weergegeven in Afbeelding 7: bij de wortelen, die in met frass verrijkt substraat werden geteeld, werden noch bij de biomassa noch bij de stikstofopname statistisch significante verschillen vastgesteld.



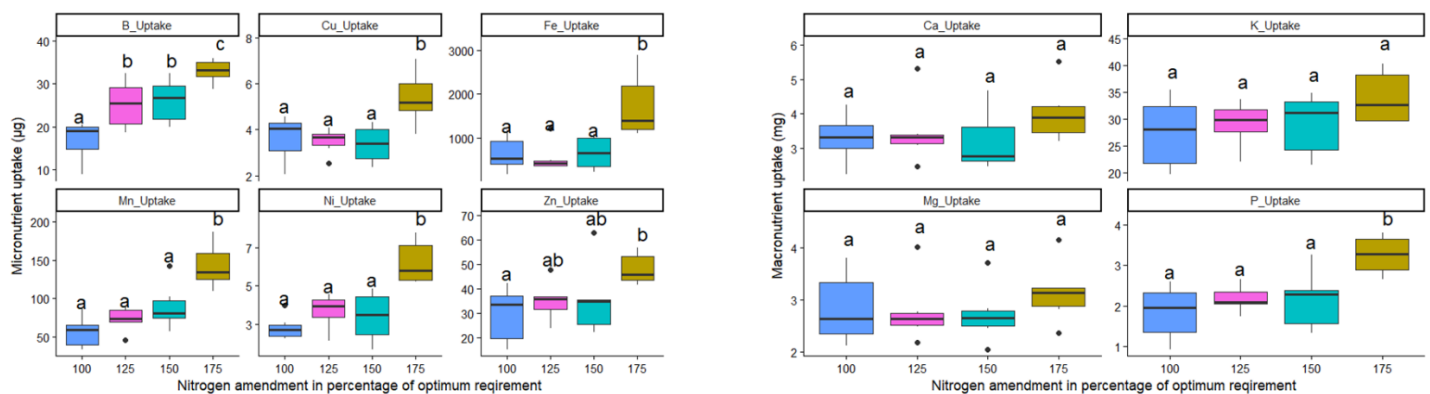
Afbeelding 7: Droge stof (links) en stikstofopname (rechts) van wortelen die werden geteeld in een substraat met frass dat tussen 100 en 175% van de stikstofbehoefte dekte

Spinazie vertoonde een vergelijkbare trend van toenemende biomassa-productie en stikstofopname bij een toenemende toevoer van frass, die statistisch echter niet significant bleek (Afbeelding 8).



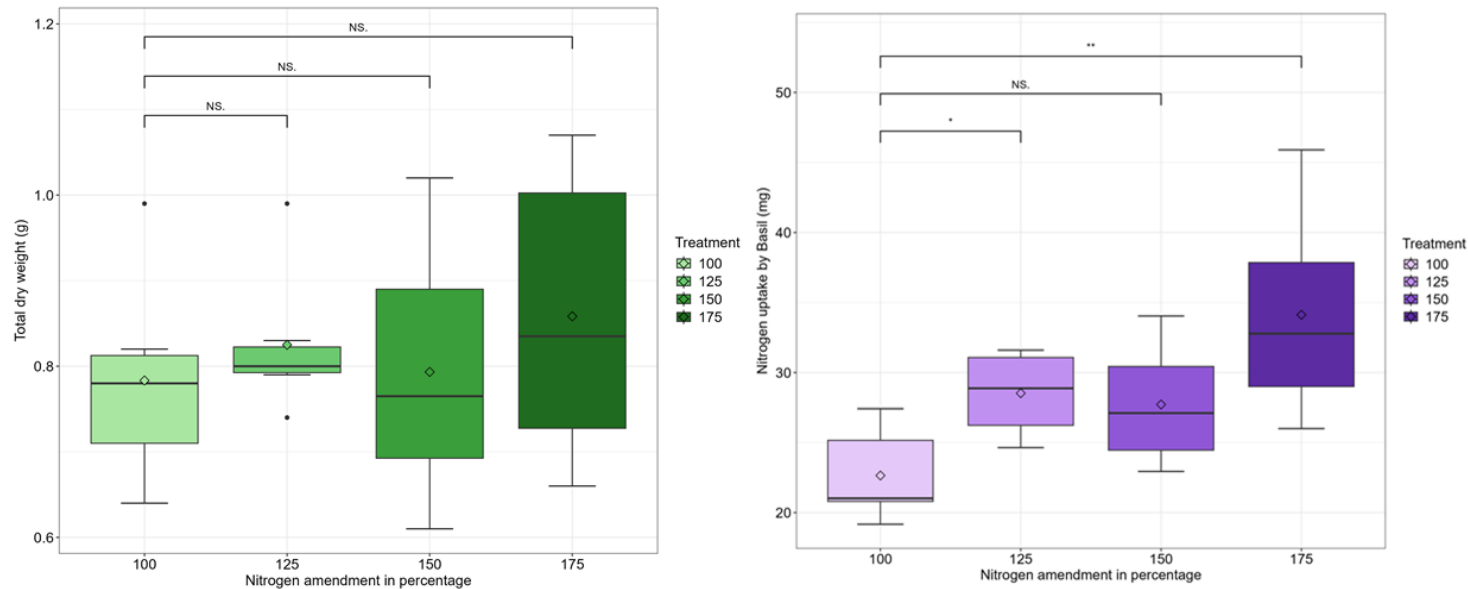
Afbeelding 8: Droge stof (links) en stikstofopname (rechts) van spinazie die werd geteeld in een substraat met frass dat tussen 100 en 175% van de stikstofbehoefte dekte

Toch bleek uit de spinazieanalyses dat frass naast stikstof ook een goede bron van nutriënten is voor andere elementen: de dosering van 175% leidde in alle gevallen tot de hoogste opname van de macronutriënt fosfor en van de micronutriënten boor, koper, mangaan, nikkel, zink en ijzer (Afbeelding 9).



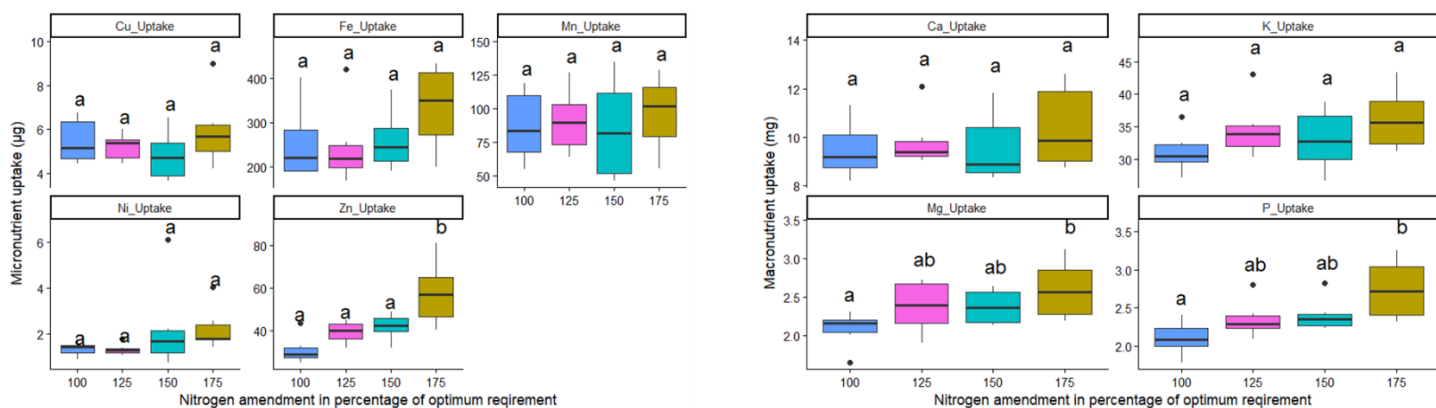
Afbeelding 9: Opname van micronutriënten (links) en macronutriënten (rechts) door spinazie in met frass verrijkt substraat

Bij wortelen vertoonden de proefplanten basilicum bij toenemende dosering van frass geen statistisch significante toename van de biomassa. Bij twee verhoogde doseringen werd daarentegen wel een significant hogere stikstofopname waargenomen (Afbeelding 10).



Afbeelding 10: Droge stof (links) en stikstofopname (rechts) van basilicum dat werd geteeld in een substraat met frass dat tussen 100 en 175% van de stikstofbehoefte dekte

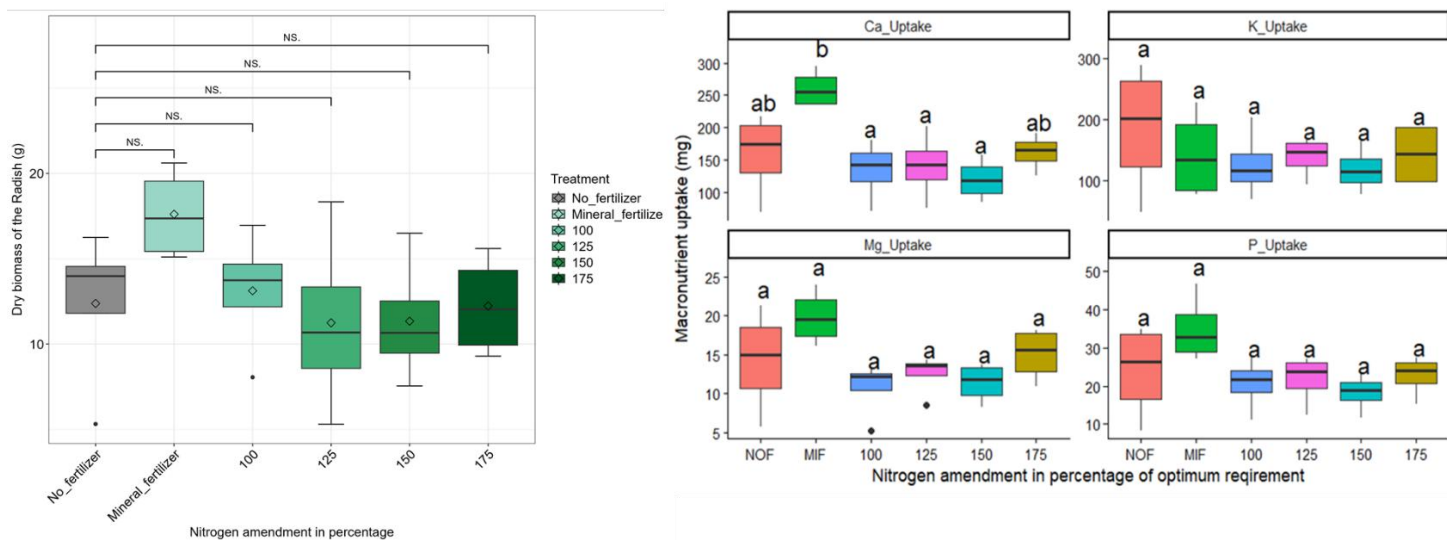
Een soortgelijke 'luxepname' werd waargenomen bij de macronutriënten magnesium en fosfor, evenals bij het micronutriënt zink (Afbeelding 11).



Afbeelding 11: Opname van micronutriënten (links) en macronutriënten (rechts) door basilicum in met frass verrijkt substraat

De potproeven werden uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden die waren geoptimaliseerd voor de productie van plantaardige biomassa. Om praktijkgerichte inzichten te verkrijgen in de effectiviteit van frass als meststof was het noodzakelijk om de effectiviteit van frass als organische meststof te beoordelen met een veldproef met wisselende omgevingsomstandigheden.

In deze proef werd eveneens uitgegaan van het uitgangspunt dat frass tussen 100 en 175% van de stikstofbehoefte van de proefplant (radijs) dekte, waarbij de resultaten werden vergeleken met die van een conventionele minerale meststof met gemakkelijk beschikbare voedingsstoffen (N, P, K) die 100% van de behoefte dekte. Hoewel er geen statistisch significante verschillen werden vastgesteld, vertoonde de radijsbiomassa bij de planten die frass als stikstofbron kregen een duidelijke neiging tot lagere waarden. Dit was te wijten aan een lagere beschikbaarheid van voedingsstoffen (met name stikstof) en een langzamere afgifte daarvan. Dit leidde waarschijnlijk tot een significant hogere opname van calcium uit de bodem bij de planten die minerale meststoffen kregen (Afbeelding 12).



Afbeelding 12: Biomassa (links) en opname van macronutriënten door de bovengrondse biomassa (rechts) van radijsjes die zijn bemest met frass of met een conventionele minerale meststof

Dit maakt duidelijk dat in vergelijking met minerale meststoffen stikstof uit frass niet snel beschikbaar komt voor de planten. De stikstofafgifte hangt af van de microbiële biomassa en activiteit in de bodem, de omgevingsomstandigheden (bodemvochtigheid, temperatuur) en de samenstelling van het frass (restvoer/insectenuitwerpselen).

4. De mogelijke effecten van de behandeling met frass op de bredere omgeving

Eerste semikwantitatieve onderzoeken bij tuinkers in aanwezigheid van frass wezen op een mogelijk geremde kieming (Afbeelding 13).



Afbeelding 13: Proefopstelling met tuinkers en voorbeelden van door voer veroorzaakte geremde, gedeeltelijk geremde en ongeremde groei

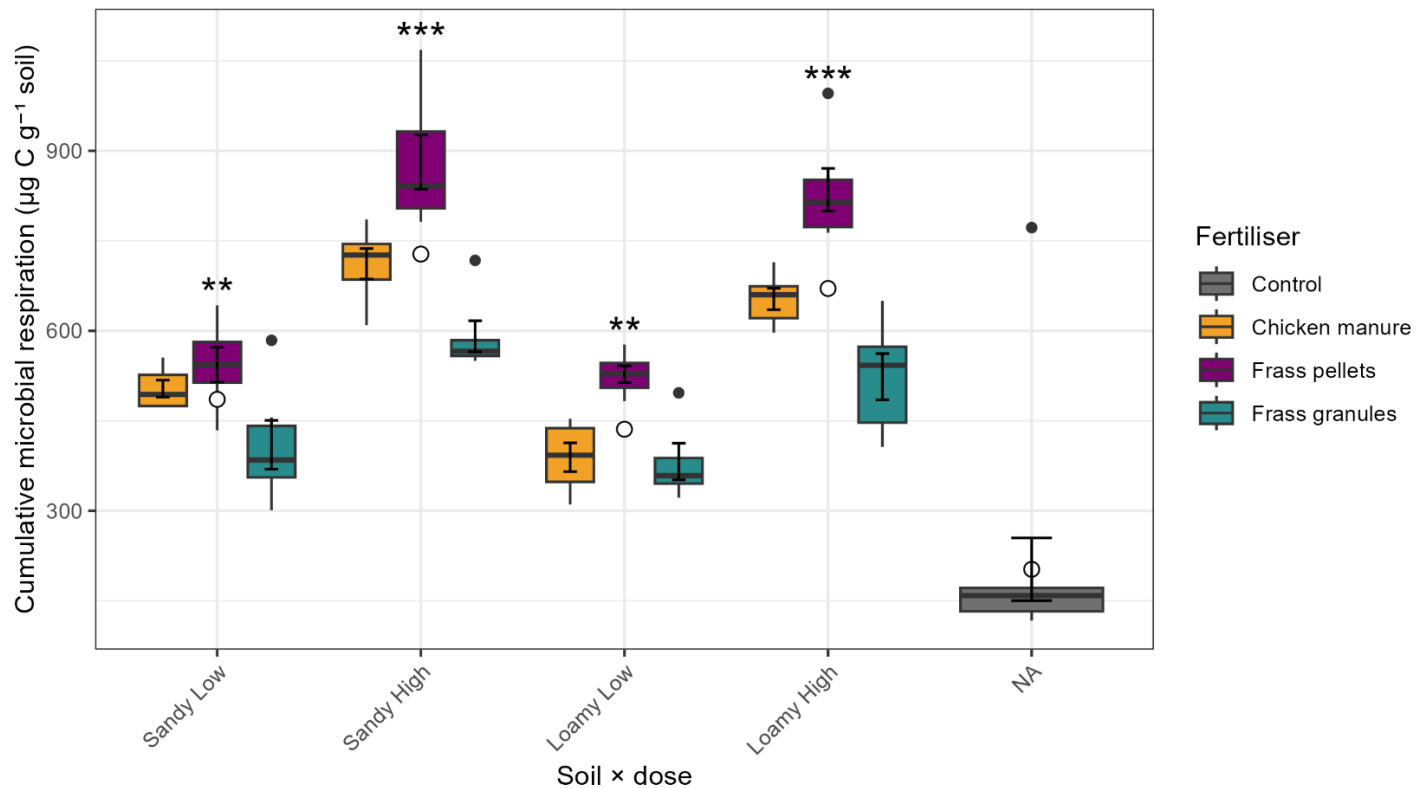
Er werd van uitgegaan dat dit te wijten was aan lokale ammoniakemissies uit het frass, waarbij ammonium tijdens het drogen van het voer in de vorm van ammoniakgas vrijkomt. Het was belangrijk om een methode te ontwikkelen voor het kwantificeren van het ammoniakverlies tijdens de voorgeschreven sterilisatie van frass. De frassmonsters werden daarom gedurende een uur bij 70 graden Celsius in een temperatuurgeregelde kast verwarmd, en de vrijgekomen ammoniak werd opgevangen in een zuurvanger, omgezet in ammonium en spectrofotometrisch bepaald. Eerste proeven toonden een verlies aan van maximaal 2,8% van de in het frass aanwezige ammoniumstikstof in de vorm van ammoniakstikstof (Tabel 2).

Tabel 2: Gasvormig verlies van ammonium uit het frass in de vorm van ammoniak tijdens een sterilisatie van één uur bij 70 graden Celsius

Frassmonster	Extraheerbare ammoniumstikstof, mg/kg	Ammoniakstikstof die tijdens de sterilisatie verloren gaat (mg/kg voer/uur)	Ammoniumstikstof die binnen een uur als ammoniakstikstof verloren gaat (%)
BSF_16_01	5550	122	2,2
BSF_16_04	6496	176	2,7
BSF_16_05	5521	148	2,7
BSF_16_06	5220	145	2,8

Samen met het ammoniakverlies dat zou optreden bij de opslag van frass bij omgevingstemperatuur, zoals de proef met tuinkers aantoont, betekent dit een aanzienlijk verlies aan reactieve stikstof aan het milieu. Dit leidt niet alleen tot een verlies van deze waardevolle voedingsstof, maar ook tot negatieve milieueffecten door ammoniak.

Hoewel werd aangetoond dat het toepassen van frass op de bodem de microbiële biomassa bevordert, komt er in met frass verrijkte bodems kooldioxide vrij als gevolg van het microbiële verbruik van de labiele koolstof. De omvang van dit verlies zou kunnen worden beïnvloed door het bodemtype en de fysieke vorm van het frass. Daartoe werd in een incubatie-experiment de microbiële ademhaling vergeleken van bodems die waren verrijkt met frass in korrelvorm dan wel pelletvorm. Verrassend genoeg leidde frass in pelletvorm zowel in beide geteste bodems als bij beide toepassingshoeveelheden consequent tot een hogere cumulatieve ademhaling dan frass in korrelvorm (Afbeelding 14).



Afbeelding 14: Gecumuleerde microbiële ademhaling van zand- en leemgronden die met frass in pellet- of korrelvorm in twee doseringen waren verrijkt

Gezien het kleinere uitwendige oppervlak van het frass in pelletvorm was de verwachting dat het tegenovergesteld het geval zou zijn geweest. Hoewel de aanvankelijke reactie op het frass in pelletvorm inderdaad langzamer kan zijn verlopen, tonen de cumulatieve ademhalingsresultaten aan dat door het frass in pelletvorm mogelijk meer oplosbare verbindingen zijn vastgehouden, die bij de hydratatie, het opzwellen en het uiteenvallen van het frass in pelletvorm aan microben konden worden afgegeven. Frass in korrelvorm zou daarentegen een hogere dichtheid kunnen hebben of moeilijker te bevochtigen kunnen zijn. Hiervoor is

verder onderzoek nodig naar het gedrag van de meststoffen met betrekking tot hun afbraak en de afgifte van voedingsstoffen onder veldomstandigheden.

5. Conclusie en aanbevelingen

De insectenkweeksector staat in de grensregio onder druk: de vraag naar op insecten gebaseerde eiwitten en andere producten op de markt is onvoldoende. Opschaling is niet mogelijk en diverse kleine en grote producenten stoppen met hun activiteiten. Bestaande bedrijven zoeken naar alternatieve verwerkingsmogelijkheden en het gebruik van frass in biogasinstallaties is een optie. Toch kan frass dat niet als substraat voor biogas wordt gebruikt, worden ingezet als bodemverbeteraar, idealiter in bodems die doorgaans weinig organische stof bevatten, zoals zandgronden. Van de overwegend organisch gebonden stikstof in frass lijkt eiwit het kleinste aandeel uit te maken, wat de geringe effectiviteit ervan als organische meststof in vergelijking met conventionele minerale meststoffen zou kunnen verklaren. Daarom zal het noodzakelijk zijn om frass bij verschillende gewassen, met name op weinig vruchtbare bodems, samen met een minerale meststof toe te passen. Een drastische verhoging van de hoeveelheid frass dat wordt toegepast, wordt afgeraden gezien het risico op ammoniakvergiftiging bij zaailingen. De afgifte van de organisch gebonden voedingsstoffen kan worden versneld wanneer frass in pelletvorm in plaats van korrelvorm wordt toegepast.