

Agropole Innovates AP4 Benefits of Frass

Arbeitspaket	AP4 – Benefits of Frass
Projekt	Agropole Innovates (Projektnummer 14052)
Förderung	Interreg VI-Programm Deutschland-Niederland
Durchführungszeitraum	1. Januar 2023 – 31. August 2026
Beteiligte Partner	Hochschule Rhein-Waal, Brightlands Campus Greenport Venlo



Deutschland – Nederland

Agropole Innovates

Finanzierung:



Mitfinanziert von:

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



provincie limburg



Niedersächsische
Staatskanzlei



Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Projektpartner:

Lead Partner:



Projektpartner aus der Region Niederrhein:



Baum & Bonheur



Projektpartner aus Niedersachsen:



Projektpartner aus der Provinz Limburg in den Niederlanden:



Gemeente Venray



Kleve, August 2026

Zusammenfassung

Die Hochschule Rhein-Waal und ihr niederländischer Partner Brightlands Campus Greenport Venlo arbeiteten im Rahmen von „Benefits of Frass“, einem Teilbereich des von der EU geförderten Projekts „Agropole Innovates“, zusammen. Frass ist ein fruchtbares Nebenprodukt der industriellen Produktion von Insektenlarven, die insbesondere als alternative Proteinquelle genutzt werden sollen. Zu den verschiedenen Zielen von „Benefits of Frass“ gehörte es, die chemischen und biologischen Eigenschaften verschiedener Frass-Proben gründlich zu charakterisieren, zu untersuchen, welche Faktoren die Chemie von Frass beeinflussen, die Wirksamkeit von Frass als Dünger und Bodenverbesserungsmittel zu bewerten, sowie die potenziellen Auswirkungen der Frass-Behandlung auf die weitere Umwelt zu ermitteln.

Wichtigste Ergebnisse

- Frass ist reich an extrahierbaren pflanzlichen Makro- und Mikronährstoffen
- Die Larvenart und das Futter beeinflussen die chemische Zusammensetzung des Frass, doch darüber hinaus wirkt sich auch die optimierte Produktion von Larvenbiomasse aus
- Frass verbessert die physikalischen Eigenschaften des Bodens, insbesondere dessen Wasserhaltekapazität
- Die Biomasse der Versuchspflanzen kann gesteigert werden, wenn bis zu 150 % des Stickstoffbedarfs über Frass zugeführt werden
- In Feldversuchen wird der organisch gebundene Stickstoff aus Frass nicht schnell biologisch verfügbar
- Frass verliert während der Lagerung und Sterilisation einen messbaren Anteil seines reaktiven Stickstoffs in Form von Ammoniak
- Der Abbau des Frass im Boden ist geringer, wenn der Frass granuliert statt pelletiert ist

1. Chemische und biologische Eigenschaften von Frassproben

Insgesamt wurden zwanzig Frassproben untersucht, wobei die Mehrheit (15) von Züchtern der Schwarzen Soldatenfliege stammte, drei von Mehlwurmzüchtern, sowie je eine von Züchtern von Hausgrillen und Büffelwürmern. Die Frassproben wurden auf extrahierbare pflanzliche Makronährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium und Magnesium) und Mikronährstoffe (Eisen, Kupfer, Mangan, Bor, Nickel und Zink) untersucht. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für die Bandbreite und Variabilität der Nährstoffkonzentrationen, die aus den Frassproben extrahiert wurden.

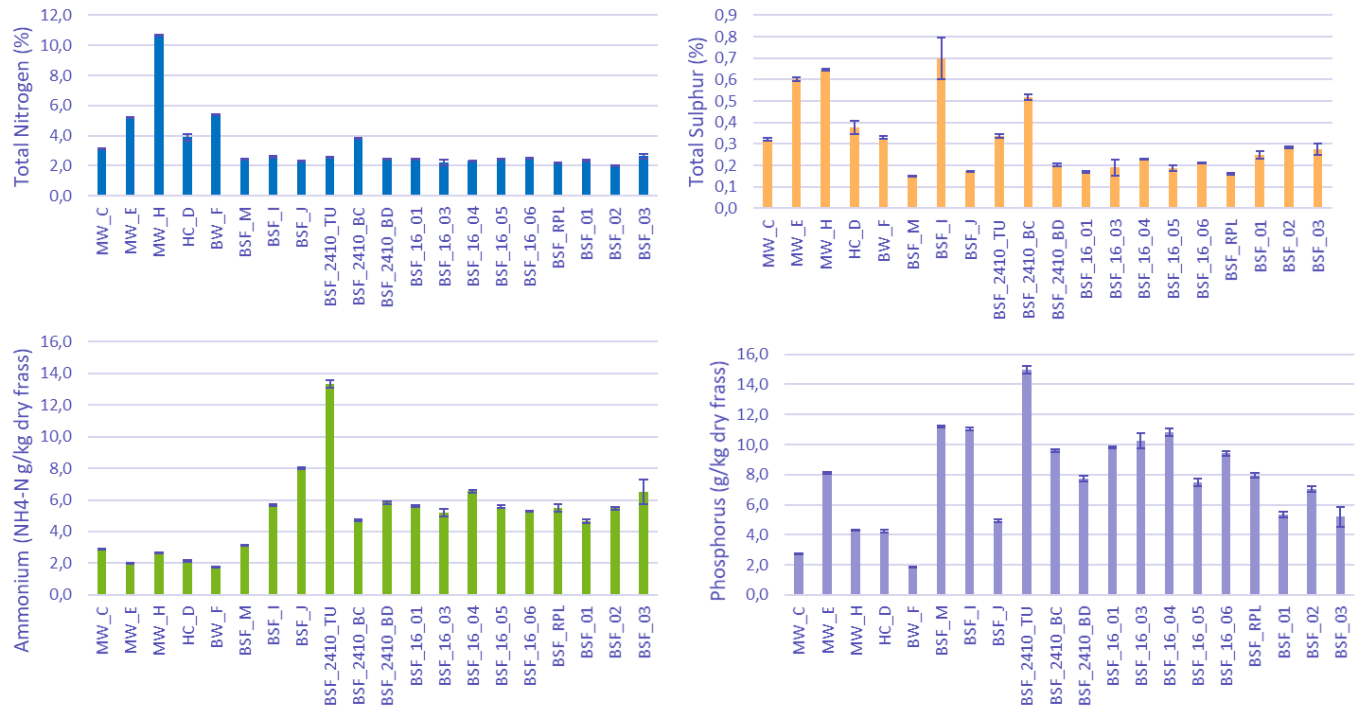


Abbildung 1: Konzentrationen von Gesamtstickstoff, Ammonium, Schwefel und Phosphor in 20 Frassproben

Die erheblichen Unterschiede, bei denen die Konzentrationen in einem Frass bis zu achtmal höher sein können als in einem anderen, sind auf die Larvenart (so weisen beispielsweise Frassproben von Mehlwürmern, Büffelwürmern und Hausgrillen tendenziell einen geringeren Ammonium- und Phosphorgehalt auf als Frass der Schwarzen Soldatenfliege) sowie auf das Larvenfutter und die Aufzuchtbedingungen zurückzuführen. Darauf wird in Abschnitt 2 eingegangen.

Da Pflanzen den Makronährstoff Stickstoff in den größten Mengen in ihrer Biomasse benötigen, wird das Potenzial von Frass als organischer Dünger häufig daran gemessen, wie gut Frass Testpflanzen mit Stickstoff versorgen kann. Dies hängt wiederum davon ab, wie schnell der (hauptsächlich organische) Anteil des Gesamtstickstoffs im Frass in Ammonium umgewandelt wird. Die organischen Stickstoffformen im Frass bestehen hauptsächlich aus Chitin, Harnstoff und Proteinen. In einem Inkubationsexperiment wurde gemessen, wie viel anorganischer Gesamtstickstoff aus Böden extrahierbar war, denen Frass sowie Enzymhemmer zugesetzt worden waren, die den Abbau von Harnstoff, Chitin oder Protein stören. Die durch die Hemmstoffe für Harnstoff und Chitin verursachten signifikanten Verringerungen (Abbildung 2) lassen vermuten, dass diese im Frass größere Pools an organischem Stickstoff darstellen als Protein.

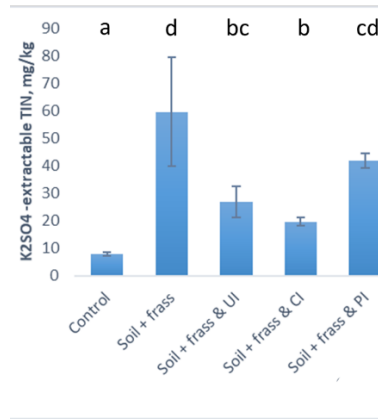


Abbildung 2: Gesamtgehalt an anorganischem extrahierbarem Stickstoff (TIN) in Bodenproben, denen Frass sowie Chitin- (CI), Harnstoff- (UI) und Proteinhemmer (PI) zugesetzt wurden

Dies hat Auswirkungen auf die Verwendung von Frass als organischen Dünger, da die proteolytische Kapazität in Böden im Allgemeinen breit gefächert ist, während die chitinolytische und ureolytische Kapazität tendenziell ungleichmäßig verteilt sind und stark von der Bodenchemie sowie den lokalen Lebensraumbedingungen abhängen.

Die drei wichtigsten mikrobiellen Domänen, die für den Nährstoffkreislauf im Boden verantwortlich sind, sind Bakterien, Pilze und Archaeen. Die Genkopienzahlen dieser Taxa wurden in Frassproben gemessen. Die Genkopienzahlen der Archaeen waren in allen Proben extrem niedrig oder lagen unterhalb der analytischen Nachweisgrenze. Abbildung 3 zeigt die Genkopienzahlen von Bakterien und Pilzen.

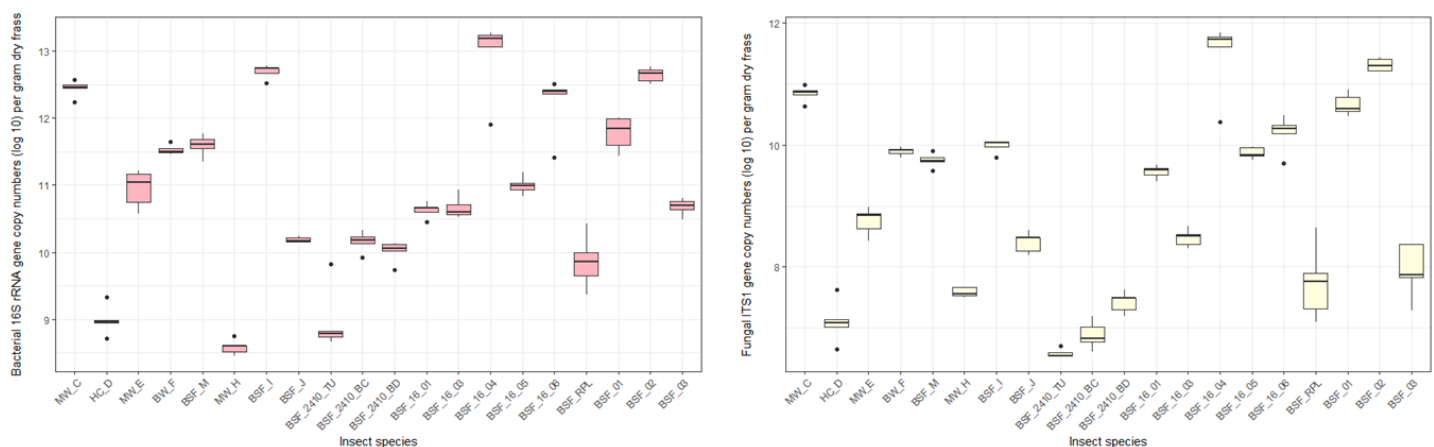


Abbildung 3: Genkopienzahlen von Bakterien (links) und Pilzen (rechts) in 20 Frassproben

Die Werte unterscheiden sich um bis zu vier Größenordnungen. Dies verdeutlicht die Heterogenität von Frass: bei Proben mit höheren Werten wird davon ausgegangen, dass sie mehr Larvenkot enthielten, während Proben mit niedrigeren Werten möglicherweise mehr abgestoßene Exoskelette oder unverdaute Larvennahrung enthalten. In jedem Fall ist es höchst unwahrscheinlich, dass die Frassmikroben selbst die natürlichen Mikrobiellenpopulationen des Bodens, auf den Frass ausgebracht wird, wesentlich verändern

würde, insbesondere nach der erforderlichen Sterilisierung des Frasses (dieser Punkt wird in Abschnitt 4 behandelt). Die Ausbringung von Frass auf den Boden führt durch die Zufuhr von bioverfügbarem Kohlenstoff und anorganischen Nährstoffen durchweg zu einem Anstieg der mikrobiellen Biomasse im Boden.

2. Faktoren, die die chemische Zusammensetzung von Frass beeinflussen

Die chemische Zusammensetzung des Frassmaterials kann durch die Larvenart, die Larvennahrung und die Aufzuchtbedingungen der Larven beeinflusst werden. Da von den zwanzig Proben, die im Rahmen des Projekts in der Region gesammelt wurden, nur fünf nicht aus dem Frass der Schwarzen Soldatenfliege stammten, war ein gründlicher Vergleich zwischen den Arten leider nicht möglich.

Dennoch macht Abbildung 4 auf eine wichtige Beobachtung aufmerksam. Mehlwurmfrass von Larven, die mit Braugetreide gefüttert wurden, weist eine sehr hohe Gesamtstickstoffkonzentration auf, was sich jedoch nicht in einer hohen Konzentration an extrahierbarem Ammonium, also pflanzenverfügbarem Stickstoff niederschlägt.

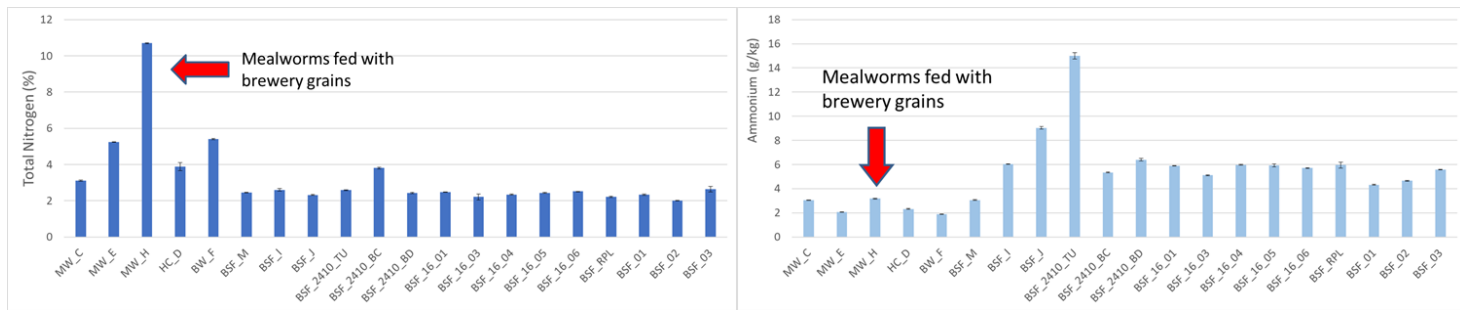


Abbildung 4: Gesamtstickstoff (links) und extrahierbares Ammonium (rechts) in 20 Frassproben

Die Larvenproduzenten von elf der Frassproben stellten zudem Proben des Larvenfutters zur Verfügung. Diese wurden auf Gesamtstickstoff und Eiweiß untersucht (Tabelle 1).

Frassprobe	Frass N-Gehalt (%)	Futter N-Gehalt (%)	Futter Proteingehalt (%)
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

Tabelle 1: Gesamtstickstoffgehalt im Frass sowie Gesamtstickstoff- und Proteingehalt des entsprechenden Futters

Die Korrelationen zwischen dem Gesamtstickstoffgehalt des Frasses und dem Eiweißgehalt des Futters ($p = 0,085$) sowie dem Gesamtstickstoffgehalt des Futters ($p = 0,076$) waren statistisch nicht signifikant. Dies könnte auf die Heterogenität sowohl der Frass- als auch der Futterproben zurückzuführen sein; jede Analyse ist lediglich eine „Momentaufnahme“ der Probe. Alternativ könnte es sich um einen Effekt der Larvenproduktion handeln. Wenn die Bedingungen für die Produktion der Larvenbiomasse optimiert wurden (z. B. das Verhältnis von Larven zu Futter), geht weniger Stickstoff über den Frass „verloren“.

3. Die Wirksamkeit von Frass als Bodenverbesserungsmittel und Dünger

In einem Inkubationsexperiment wurde das bislang weitgehend übersehene Potenzial von Frass zur Verbesserung der physikalischen Bodenparameter untersucht. Abbildung 5 zeigt deutlich den linearen Anstieg der Wasserhaltekapazität in Proben, denen zunehmende Mengen an Frass beigemischt wurden (0,25–3,5 % Gewichtsanteil). Dies ist wahrscheinlich auf die wasseradsorbierenden und porenfüllenden Wirkungen der organischen Substanz des Frass zurückzuführen.

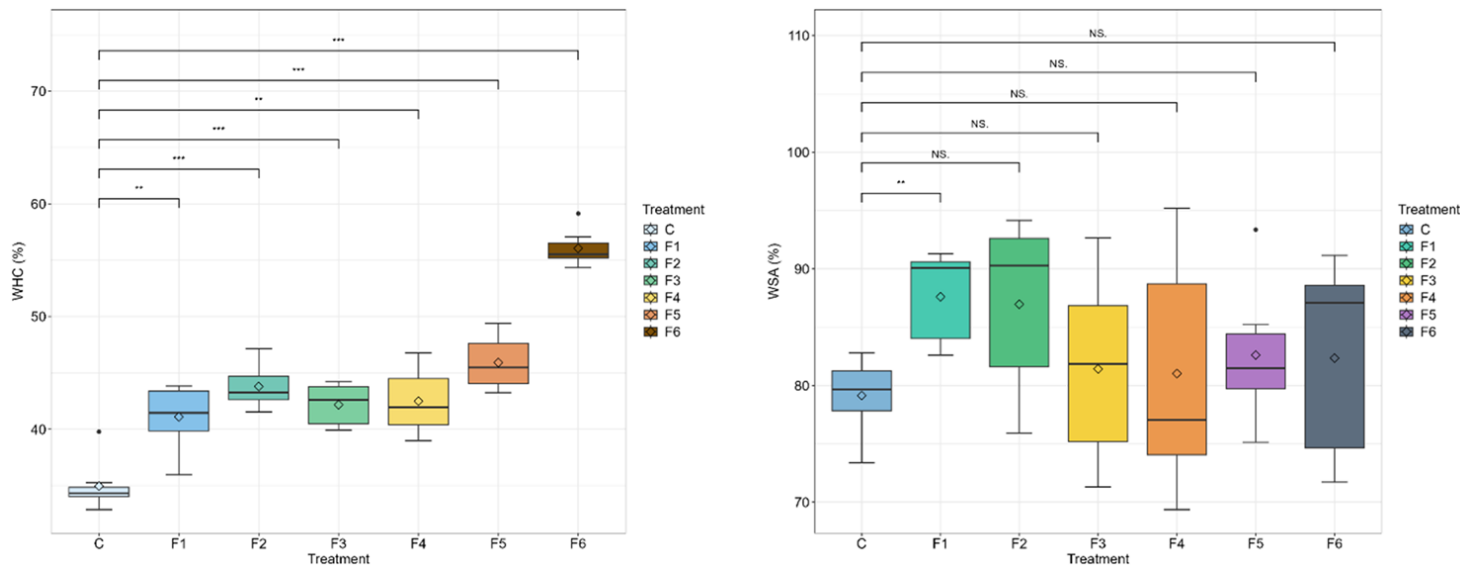


Abbildung 5: Wasserhaltekapazität (links) und Wasser-Aggregat-Stabilität (rechts) von mit Frass angereichertem Boden

Die Ergebnisse zur Aggregatstabilität (WSA = Water Stable Aggregates) waren nicht ganz so eindeutig. Dafür gibt es zwei mögliche Gründe. Der erste ist die Heterogenität: Die Proben für die Wasser-Aggregat-Stabilität sind wesentlich kleiner als die für die Wasserhaltekapazität, was bedeutet, dass lokale Auswirkungen des Frass in einigen Proben möglicherweise übersehen wurden. Der zweite Grund ist, dass die Auswirkungen auf die Wasserhaltekapazität bei dieser 42-tägigen Inkubation wahrscheinlich unmittelbarer waren als diejenigen auf die Aggregatstabilität. Die Bildung und Persistenz wasserstabiler Aggregate hängt möglicherweise von biologischen und physikalischen Umstrukturierungsprozessen ab, die sich nach der Ausbringung von Frass entwickeln, wie beispielsweise mikrobielle Exsudation und die Ausbreitung von Pilzhyphen.

Angeichts der nährstoffreichen, organischen und salzhaltigen Beschaffenheit des Substrats wurden mehrere Topfversuche in nährstoffarmem Substrat durchgeführt, um die Reaktionen der Testpflanzen auf die Düngung mit Frass zu untersuchen, wobei verschiedene Vielfache des Stickstoffbedarfs der Pflanzen verabreicht wurden. Abbildung 6 zeigt, dass die Biomasse von Erbsen und Salat bei einer Stickstoffzufuhr von 150 Prozent ihres Bedarfs eine statistisch signifikant stärkere Reaktion zeigte als bei einer Zufuhr von 100 Prozent ihres Bedarfs, was der Tatsache geschuldet ist, dass es sich um einen organischen Dünger mit langsamer Freisetzung des Stickstoff in pflanzenverfügbare Form handelt.

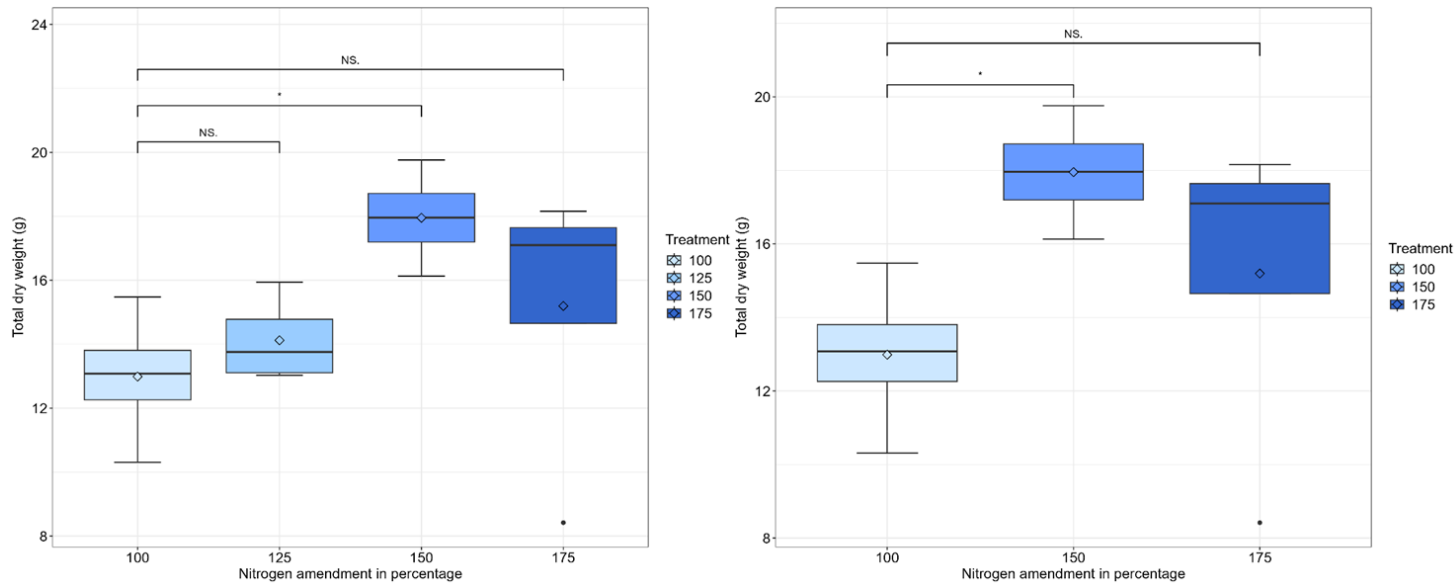


Abbildung 6: Trockenmasse von Erbsen (links) und Salat (rechts), die in Substrat mit Frass angebaut wurden, wobei der Stickstoffbedarf der Pflanzen zu 100 bis 175 % aus Frass gedeckt wurde

Diese Reaktion hängt von der Versuchsanlage ab, wie in Abbildung 7 dargestellt: bei den in mit Frass angereichertem Substrat angebauten Möhren wurden weder bei der Biomasse noch bei der Stickstoffaufnahme statistisch signifikante Unterschiede festgestellt.

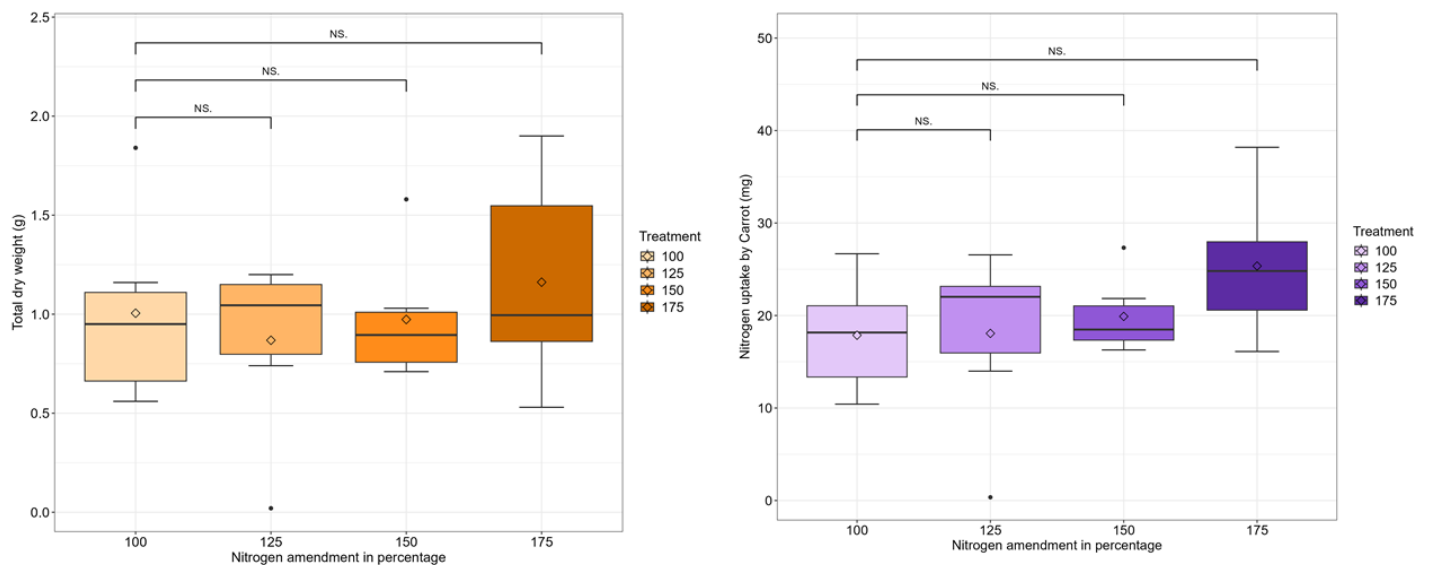


Abbildung 7: Trockenmasse (links) und Stickstoffaufnahme (rechts) von Möhren, die in einem Substrat mit Frass angebaut wurden, das zwischen 100 und 175 % des Stickstoffbedarfs deckte

Spinat zeigte eine ähnliche Tendenz zu einer steigenden Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme bei zunehmender Ausbringung von Frass, die jedoch statistisch nicht signifikant war (Abbildung 8).

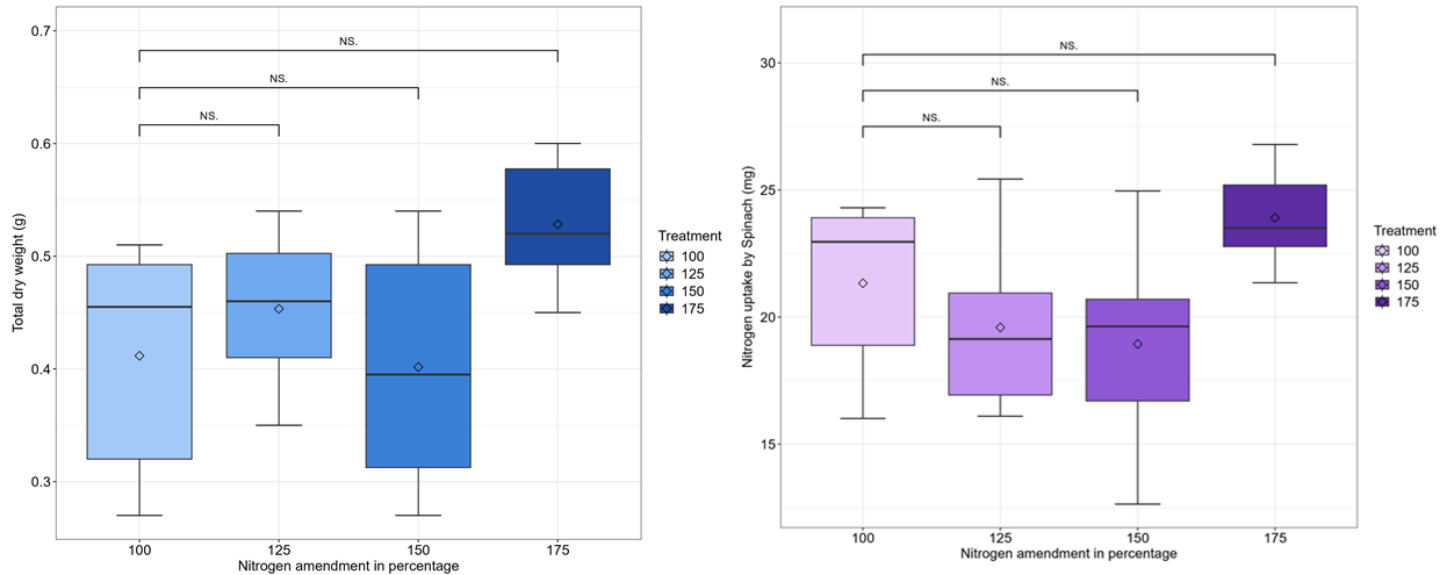


Abbildung 8: Trockenmasse (links) und Stickstoffaufnahme (rechts) von Spinat, der in einem Substrat mit Frass angebaut wurde, das zwischen 100 und 175 % des Stickstoffbedarfs deckte

Dennoch zeigten die Spinatanalysen, dass Frass neben Stickstoff eine gute Nährstoffquelle für weitere Elemente darstellt: Die Ausbringungsmenge von 175 % führte durchweg zur höchsten Aufnahme des Makronährstoffs Phosphor sowie der Mikronährstoffe Bor, Kupfer, Mangan, Nickel, Zink und Eisen (Abbildung 9).

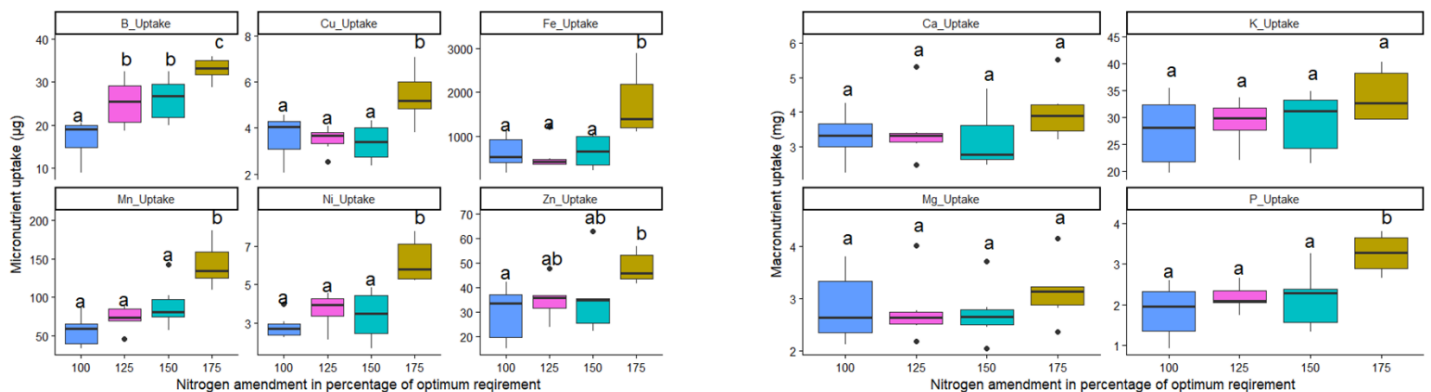


Abbildung 9: Aufnahme von Mikronährstoffen (links) und Makronährstoffen (rechts) durch Spinat in mit Frass angereichertem Substrat

Was die Möhre betrifft, so zeigte die Testpflanze Basilikum bei steigender Ausbringungsmenge an Frass keinen statistisch signifikanten Anstieg der Biomasse; im Gegensatz dazu war jedoch bei zwei erhöhten Ausbringungsmengen eine signifikant höhere Stickstoffaufnahme zu verzeichnen (Abbildung 10).

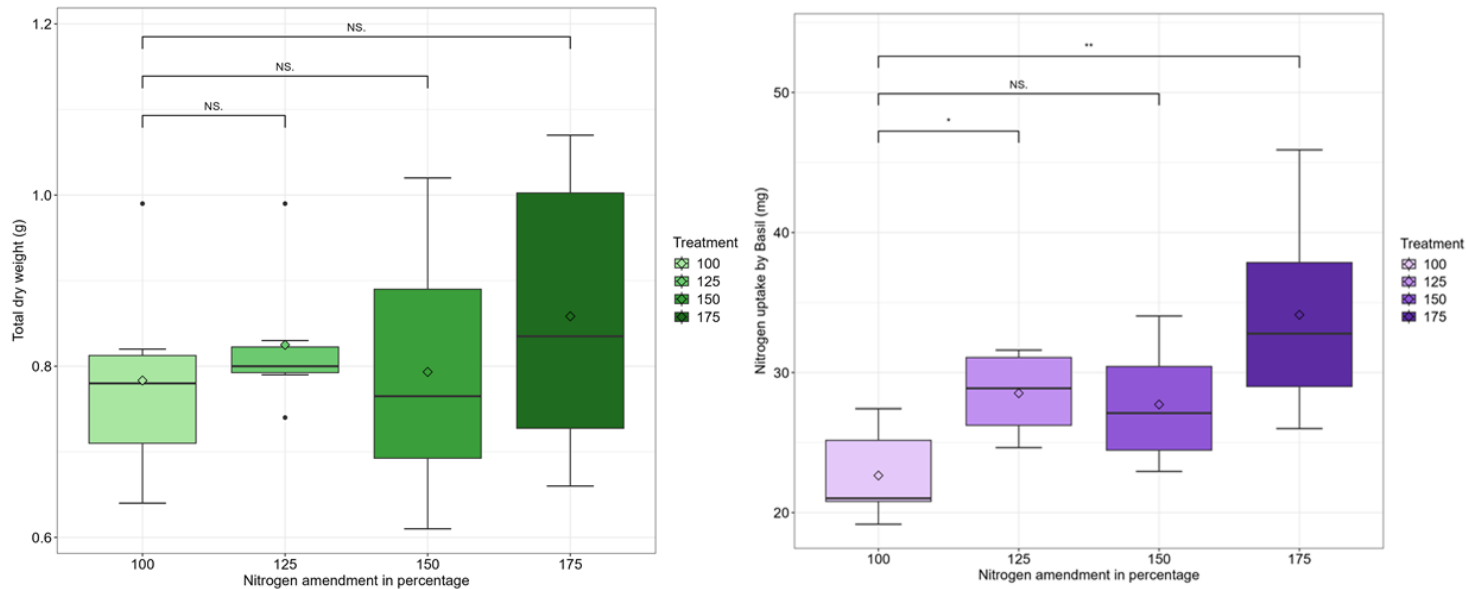


Abbildung 10: Trockenmasse (links) und Stickstoffaufnahme (rechts) von Basilikum, das in einem Substrat mit Frass angebaut wurde, das zwischen 100 und 175 % des Stickstoffbedarfs deckte

Eine ähnliche „Luxusaufnahme“ wurde bei den Makronährstoffen Magnesium und Phosphor sowie beim Mikronährstoff Zink beobachtet (Abbildung 11).

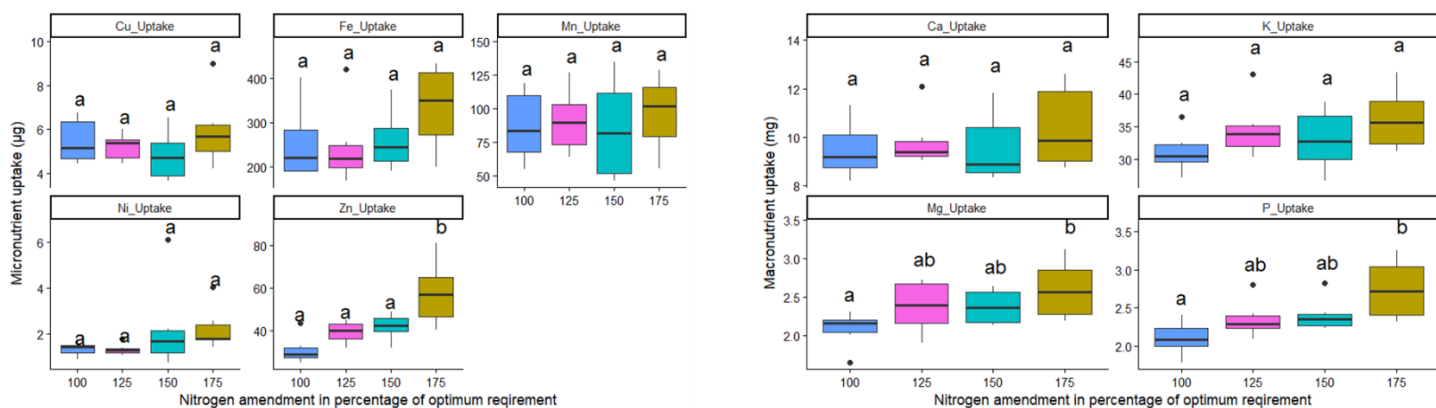


Abbildung 11: Aufnahme von Mikronährstoffen (links) und Makronährstoffen (rechts) durch Basilikum in mit Frass angereichertem Substrat

Die Topfversuche wurden unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt, die für die Produktion von Pflanzenbiomasse optimiert waren. Um praxisnahe Einschätzungen über die Wirksamkeit von Frass als Dünger zu bekommen, war es notwendig, die Wirksamkeit von Frass als organischen Dünger unter den Bedingungen eines Feldversuchs mit schwankenden Umweltbedingungen zu bewerten.

In diesem Versuch wurde ebenfalls der Ansatz verfolgt, dass Frass zwischen 100 und 175 % des Stickstoffbedarfs der Versuchspflanze (Rettich) deckte, wobei die Ergebnisse mit denen eines herkömmlichen mineralischen Düngers mit leicht verfügbaren Nährstoffen (N, P, K) verglichen wurden, der 100 % des Bedarfs deckte. Obwohl keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt wurden, zeigte die Radieschenbiomasse bei den Pflanzen die Frass als Stickstoffquelle erhielten, eine deutliche Tendenz zu geringeren Werten, was an geringerer Nährstoffverfügbarkeit (insbesondere Stickstoff) und langsamer Freisetzung derselben lag. Dieses führte wahrscheinlich zu einer signifikant höheren Aufnahme von Kalzium aus dem Boden bei den Pflanzen, die Mineraldünger erhielten (Abbildung 12).

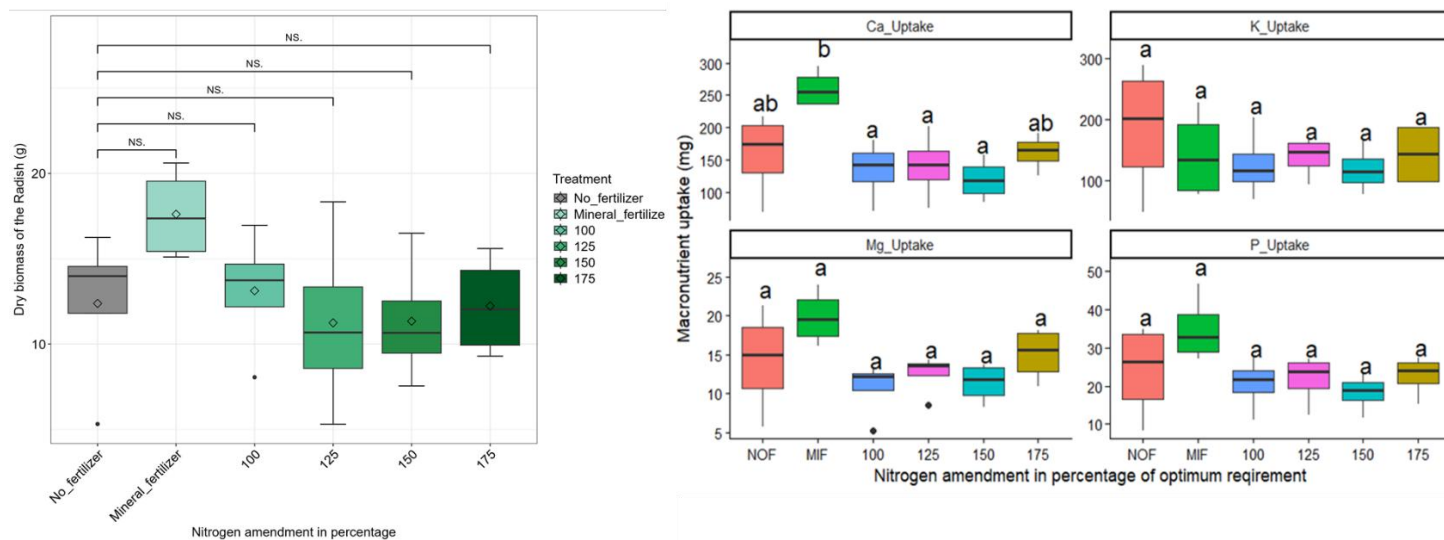


Abbildung 12: Biomasse (links) und Makronährstoffaufnahme der oberirdischen Biomasse (rechts) von Radieschen, die mit Frass oder einem herkömmlichen Mineraldünger gedüngt wurden

Dies verdeutlicht, dass Stickstoff aus Frass im Vergleich zu mineralischem Dünger nicht schnell pflanzenverfügbar wird. Die Stickstofffreisetzung hängt von der mikrobiellen Biomasse und Aktivität des Bodens und den Umweltbedingungen (Bodenfeuchte, Temperatur) und der Zusammensetzung des Frass (Restfutter/Insektenfäzes) ab.

4. Die potenziellen Auswirkungen der Frass-Behandlung auf die weitere Umwelt

Erste semiquantitative Untersuchungen an Kresse in Anwesenheit von Frass deuteten auf eine möglicherweise gehemmte Keimung hin (Abbildung 13).



Abbildung 13: Kresse-Testvorrichtung und Beispiele für durch Frass bedingtes gehemmtes, teilweise gehemmtes und ungehemmtes Wachstum

Man ging davon aus, dass dies auf lokale Ammoniakemissionen aus dem Frass zurückzuführen sei, bei denen Ammonium beim Trocknen des Frasses als Ammoniak gasförmig freigesetzt wird. Es war wichtig, eine Methode zur Quantifizierung des Ammoniakverlusts während der vorgeschriebenen Sterilisation von Frass zu entwickeln. Die Frassproben wurden daher eine Stunde lang bei 70 Grad Celsius in einem temperaturgeregelten Schrank erhitzt, und das freigesetzte Ammoniak wurde in einer Säurefalle aufgefangen, in Ammonium umgewandelt und spektrophotometrisch bestimmt. Erste Versuche zeigten einen Verlust von bis zu 2,8 % des im Frass enthaltenen Ammoniumstickstoffs in Form von Ammoniakstickstoff (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gasförmiger Verlust von Ammonium aus dem Frass in Form von Ammoniak während einer einstündigen Sterilisation bei 70 Grad Celsius

Frassprobe	Extrahierbarer Ammoniumstickstoff, mg/kg	Ammoniakstickstoff, der während der Sterilisation verloren geht (mg/kg Frass/h)	Ammoniumstickstoff, der innerhalb einer Stunde als Ammoniakstickstoff verloren geht (%)
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

Zusammen mit dem Ammoniakverlust, der bei der Lagerung von Frass bei Umgebungstemperatur auftreten würde – wie der Kresstest zeigt –, bedeutet dies einen erheblichen Verlust an reaktivem Stickstoff an die Umwelt. Dieses führt nicht nur zu einem Verlust des wertvollen Nährstoffs, sondern auch zu negativen Umweltauswirkungen durch Ammoniak.

Zwar hat sich gezeigt, dass die Ausbringung von Frass auf Böden die mikrobielle Biomasse fördert, doch kommt es in mit Frass angereicherten Böden aufgrund des mikrobiellen Verbrauchs des labilen Kohlenstoffs zur Freisetzung von Kohlendioxid. Die Höhe dieses Verlusts

könnte vom Bodentyp und der physikalischen Form des Frass beeinflusst werden. Zu diesem Zweck wurde in einem Inkubationsexperiment die mikrobielle Atmung von Böden verglichen, die mit Frass in granulierter bzw. pelletierter Form angereichert wurden. Überraschenderweise führte pelletierter Frass sowohl in beiden getesteten Böden als auch bei beiden Ausbringungsmengen durchweg zu einer höheren kumulierten Atmung als granulierter Frass (Abbildung 14).

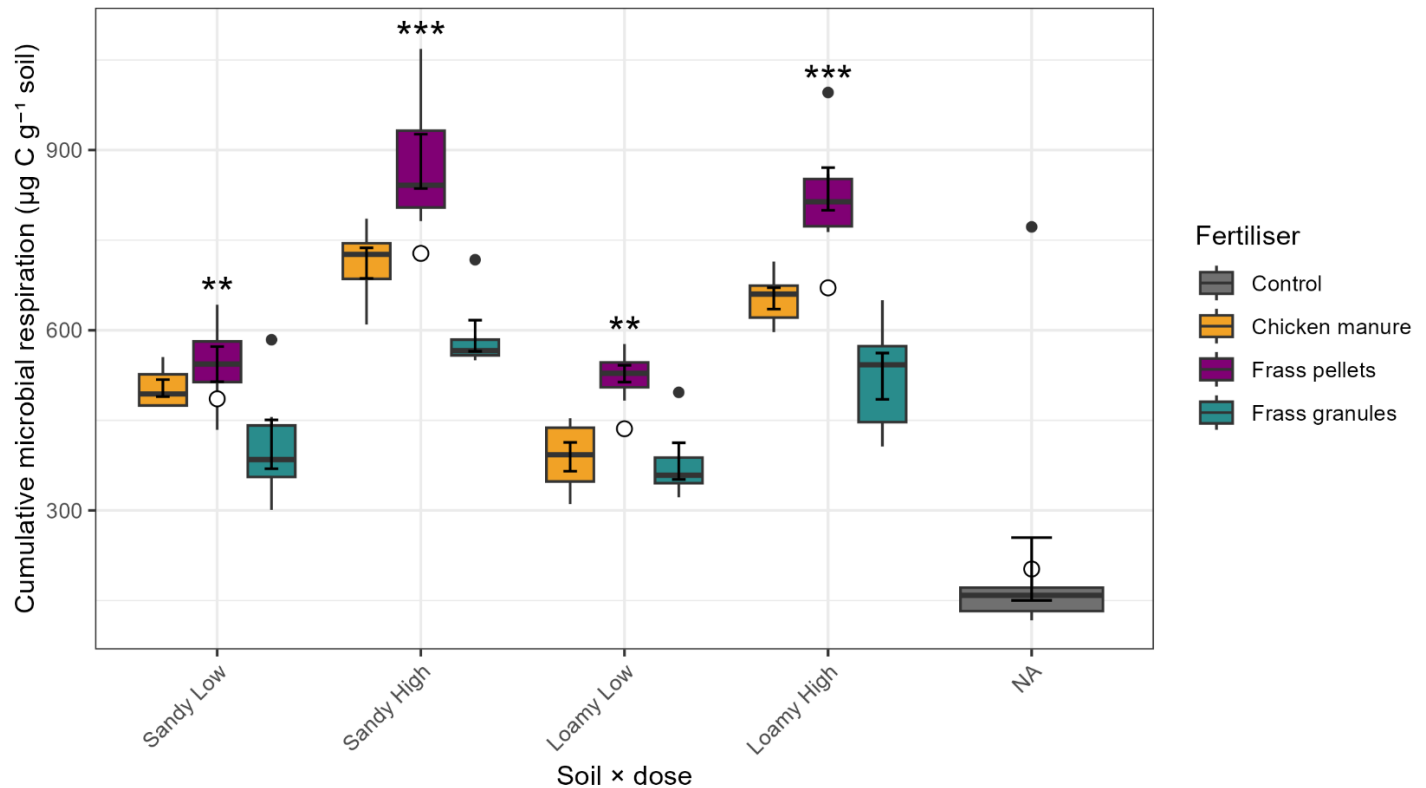


Abbildung 14: Kumulierte mikrobielle Atmung von sandigen und lehmigen Böden, die mit Frass-Pellets oder -Granulat in zwei Ausbringungsmengen angereichert wurden

Aufgrund der geringeren äußeren Oberfläche der Pellets wäre das Gegenteil zu erwarten gewesen. Zwar mag die anfängliche Reaktion auf die Pellets tatsächlich langsamer verlaufen sein, doch zeigen die kumulierten Atmungsergebnisse, dass durch die Pelletierung möglicherweise mehr lösliche Verbindungen zurückgehalten wurden, die bei der Hydratisierung, dem Aufquellen und dem Zerfall der Pellets an Mikroben abgegeben werden konnten. Granulate hingegen könnten eine höhere Dichte aufweisen oder schlecht benetzbar sein. Hier bedarf es weiterer Untersuchungen zum Verhalten der Dünger hinsichtlich ihres Abbaus und der Nährstofffreisetzung unter Feldbedingungen.

5. Fazit und Empfehlungen

Leider steht der Larvenzuchtsektor in der grenzüberschreitenden Region unter Druck: Die Marktnachfrage nach Insekten basiertem Protein und anderen Produkten ist unzureichend, eine Skalierung ist nicht möglich, und verschiedene kleine wie auch große Produzenten stellen ihren Betrieb ein. Bestehende Betriebe suchen nach alternativen Verwertungspfaden und die Nutzung von Frass in Biogasanlagen ist eine Option. Dennoch kann Frass, der nicht als Biogas-Substrat verwendet wird, als Bodenverbesserer eingesetzt werden, idealerweise in Böden, die typischerweise wenig organische Substanz enthalten, wie beispielsweise Sandböden. Von dem überwiegend organisch gebundenen Stickstoff im Frass scheint Protein den geringsten Anteil auszumachen, was seine im Vergleich zu herkömmlichen Mineraldüngern geringe Wirksamkeit als organischer Dünger erklären könnte. Daher wird es notwendig sein, Frass bei verschiedenen Kulturpflanzen, insbesondere auf wenig fruchtbaren Böden, zusammen mit einem Mineraldünger auszubringen. Eine drastische Erhöhung der Ausbringungsmengen von Frass wird angesichts des Risikos einer Ammoniakvergiftung bei Sämlingen nicht empfohlen. Die Freisetzung der organisch gebundenen Nährstoffe kann beschleunigt werden, wenn der Frass in pelletierter statt in granulierter Form ausgebracht wird.