

Einflüsse der Rhizodeposition von Körnerleguminosen auf den Umsatz ihrer Residuen im Boden

Jochen Mayer¹, Franz Buegger², Erik Steen Jensen³, Michael Schlöter² & Jürgen Heß¹

Problemstellung/Ziele: Pflanzen beeinflussen während ihres Wachstum die Umsatzprozesse der organischen Bodensubstanz (OBS) durch direkte Interaktionen. Diese Prozesse werden hauptsächlich durch die Rhizodeposition der Pflanzenwurzeln verursacht. Die meisten bekannten Interaktionen wirken kurzfristig und dienen der Verbesserung der Nährstoffversorgung der Pflanzen: Mechanismen wie die Absenkung des Rhizosphären pH-Wertes oder die Komplexierung verschiedener Ionen sind relativ gut untersucht. Die Ausscheidung von leicht verfügbaren C- und N-Verbindungen kann zu einer Aktivierung der Rhizosphärenmikroorganismen führen, die positive Priming-Effekte zur Folge haben können und somit die N-Versorgung verbessern. Darüber hinaus wurden direkte Wurzeleinflüsse auf den Umsatz von Pflanzenresiduen beobachtet.

Neben den kurzfristigen Einflüssen treten auch längerfristige Wirkungen auf: Lösliche Wurzelexudate können direkt an der Tonfraktion adsorbiert werden und somit zu einer Stabilisierung der Bodenaggregate beitragen. Im Zusammenhang mit positiven Priming-Effekten wurde dagegen auch eine Verringerung der Aggregatstabilität durch Wurzeleinflüsse beobachtet. Neben einer Veränderung der Aktivität und Größe der mikrobiellen Biomasse in der Rhizosphäre wurden auch pflanzenartspezifische Veränderungen ihrer Zusammensetzung nachgewiesen.

Während die C-Rhizodeposite zum größten Teil durch die Mikroorganismen veratmet werden, verbleiben die N-Verbindungen weitgehend im Boden. In einer komplementären Studie ermittelten Mayer et. al. (2002) bei Ackerbohne, Erbse und Weißer Lupine eine N-Rhizodeposition von 12% - 16% bezogen auf die Gesamt-N-Aufnahme und von 35% – 45% bezogen auf die Residuen, die nach Abfuhr der Körner auf dem Feld verbleiben. Dieser Stickstoff wurde hauptsächlich als mikrobielle Residualmasse und zu einem geringeren Teil in der mikrobiellen Biomasse immobilisiert.

Ziele dieser Arbeit waren, den Umsatz des N aus Rhizodeposition der von Mayer et al. (2002) evaluierten Körnerleguminosen zu untersuchen und mögliche Einflüsse der Rhizodeposition auf den C- und N-Umsatz ihrer Residuen zu überprüfen.

Hypothesen: Dabei wurde angenommen, dass die N-Einträge durch Rhizodeposition eine wesentlich Rolle für die N-Dynamik nach Körnerleguminosen spielen und der Umsatz der „erfassbaren Residuen“ (=Stengel+Blätter+Wurzeln) durch die Rhizodeposition beeinflusst wird. Kenntnisse über diese Prozesse können wesentlich zu einer Optimierung des N-Managements im Ökologischen Landbau beitragen.

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme, Nordbahnhofstr. 1a, D-37217 Witzenhausen;

aktuelle Adresse: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich, Tel.: +41 1 377 72 14, Fax: +41 1 377 72 01, Email: Jochen.Mayer@fal.admin.ch

² GSF, Institut für Bodenökologie, Postfach 1129, D-85758 Neuherberg

³ KVL, Organic Farming Unit, Department of Agricultural Sciences, Højbakkegård Allé 13, DK-2630 Taastrup

Bodenfruchtbarkeit

Methoden: Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) (AB), Körnererbsen (*Pisum sativum* L.) (E) und Weiße Lupinen (*Lupinus albus* L.) (Lu) wurden in mit Boden (Ls3) gefüllten 8,5 l Gefäßen angezogen und *in situ* mit ^{15}N markiert (Docht-Technik) (Mayer et al. 2002). Als Kontrolle diente derselbe Boden, der über die Vegetationsperiode der Leguminosen in feuchtem Zustand kühl und dunkel gelagert wurde. Nach der Ernte der oberirdischen Pflanzenteile zur Reife der Pflanzen wurden aus dem Boden alle sichtbaren Wurzeln von Hand entfernt und der verbleibende pflanzenbürtige N als N-Rhizodeposition (NdfR) definiert. Der Anteil der Feinwurzeln in diesem Pool wurde durch Auswaschen über einem 200µm Sieb bestimmt.

Die Böden wurden anschließend in einem Inkubationsexperiment in 900 ml Einmachgläsern über 168 Tage bei 15°C und 50% WK_{max} in dreifacher Wiederholung inkubiert. Die Böden der drei Körnerlegumosenarten und der Kontrollboden wurden dabei jeweils ohne (Umsatz N-Rhizodeposition; Varianten: A,B) und mit (Einfluss auf Umsatz der Residuen; Varianten: C,D) Zugabe der "erfassbaren Residuen" (8g kg⁻¹ TM, 2mm, getrocknet 60°C) bebrütet.

Versuchsvarianten (B, C und D jeweils für AB, E und Lu):

A: Kontrollboden (K)
B: Boden mit Rhizodeposition (Bo+Rh)
C: Kontrollboden + Residuen (K+Res)
D: Boden mit Rhizodeposition + Residuen (Bo+Rh+Res)

Während der Inkubation wurde die CO₂-Bildung, der mikrobielle C und N, N_{min}, N_t sowie die jeweiligen ^{15}N -Gehalte der Pools bestimmt.

Anhand eines approximativen Rechenverfahrens unter Verwendung der CO₂, $^{15}\text{N}_{\text{min}}$, $^{15}\text{N}_{\text{mic}}$ sowie der C_{mic} Daten wurde die neugebildete mikrobielle Residualmasse aus den Leguminosenresiduen geschätzt.

Ergebnisse/Diskussion: Die Netto-N-Mineralisierung in den Varianten Bo+Rh zeigte deutliche Unterschiede zur Kontrolle (K). Nach 168 Tagen wurden im Lupinenboden 33 µg N_{min} g⁻¹ Boden im Ackerbohnenboden 31 µg g⁻¹ und im Erbsenboden 29 µg g⁻¹ mineralisiert, im Kontrollboden dagegen nur 27 µg g⁻¹ (Tab. 1). Nach 168 Tagen waren 21% (Lupine), 26% (Ackerbohne) und 27% (Erbse) des N aus Rhizodeposition (NdfR) mineralisiert (Tab. 1). Ähnliche Resultate erzielten Jensen (1996) und Janzen (1990) in Inkubationsexperimenten und fanden eine Mineralisierung des NdfR von 30% bei Erbse und 23% bei Gerste.

Tabelle 1: Netto-N-Mineralisierung und Anteil des mineralisierten NdfR der Böden ohne Residuenzugabe nach 168 Tagen Inkubation (N = 3, ±s, versch. Buchstaben: Mittelwertdifferenzen sind signifikant, p<0,05).

Boden mit Vorfrucht	Netto-N _{min} (µg g ⁻¹ Bo)	% NdfR mineralisiert
Ackerbohne	31 ^{bc} ±0,8	26 ±0,4
Erbse	29 ^b ±0,1	27 ±1,1
Lupine	33 ^c ±0,7	21 ±0,7
Kontrolle	27 ^a ±1,0	-

Die C-Mineralisierung (Abb. 3) sowie der mikrobielle C (C_{mic}) und N (N_{mic}) (Abb. 1) zeigten dagegen praktisch keine Unterschiede zwischen den Varianten (-/AB, -/E, -/Lu, -/K). Die mikrobielle Residualmasse bildete den größten Pool des NdfR. Der in der mikrobielle Biomasse immobilisierte Anteil war dagegen relativ gering und betrug 10% - 13% zu Beginn des Experiments. Dieser Anteil reduzierte sich bis zum Tag 84 auf 2% - 3% und nahm später wieder auf ca. 6% zu (Abb. 2). Der in der mikrobiellen Biomasse immobilisierte NdfR trug daher nur zu einem geringen Teil, 15% - 17% für AB und E zum N_{min} dR bei. Der weitaus größere Teil des mineralisierten NdfR, 55% -

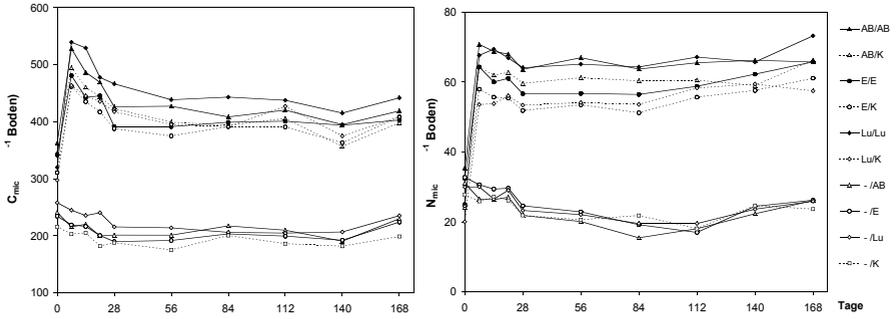


Abb. 1: C_{mic} und N_{mic} Gehalte des Bodens der Versuchsvarianten (-/K = K; -/AB, -/E, -/Lu = Bo+Rh; AB/K, E/K, Lu/K = K+Res; AB/AB, E/E, Lu/Lu = Bo+Rh+Res).

52% bei AB und E, wurde aus der mikrobiellen Residualmasse mineralisiert. Die noch im Boden verbliebenen Feinwurzeln trugen zu ca. 30% zum N_{min} dFR bei. Der Erbsenboden zeigte aufgrund des relativ hohen Feinwurzelaufbaus ein indifferentes Bild. Der Abbau der Feinwurzeln wurde sowohl als mikrobielle Residualmasse immobilisiert als auch mineralisiert. Dabei bleibt allerdings unklar, ob die Feinwurzeln direkt mineralisiert werden oder vorher immobilisiert wurden.

Der bodenbürtige Netto- N_{min} unterschied sich nur geringfügig und betrug zwischen 23 und 27 $\mu\text{g g}^{-1}$. Allerdings konnten in der Ackerbohnenvariante kleine "scheinbaren" negativen Priming-Effekte nachgewiesen werden. Der erwartete deutliche Effekt auf das Mineralisierungsverhalten der OBS zeigte sich jedoch nicht. Interessant ist allerdings die Veränderung des Verhältnisses von residuenbürtigem und bodenbürtigen N_{min} während des Inkubationszeitraums. Zu Beginn nahm der Anteil an N_{min} dFR noch ab, stabilisierte sich aber zum Ende zu einem annähernd konstanten Verhältnis (keine Abb.). Dies lässt auf eine Stabilisierung der N-Rhizodeposition in einem leicht umsetzbaren Bodenpool mit einer vergleichbaren Umsatzdynamik schließen.

Die Residuenzugabe führte in den Varianten K+Res und Bo+Rh+Res zu ein kompletten N-Immobilisierung, die bis zum Tag 84 anhält. (keine Abb.). Der durch Rhizodeposition beeinflusste Boden zeigte jedoch unterschiedliche Wirkungen auf den Umsatz der "erfassbaren Residuen". Die kumulative C-Mineralisierung in den Varianten Bo+Rh+Res unterschied sich bei Lu deutlich und bei

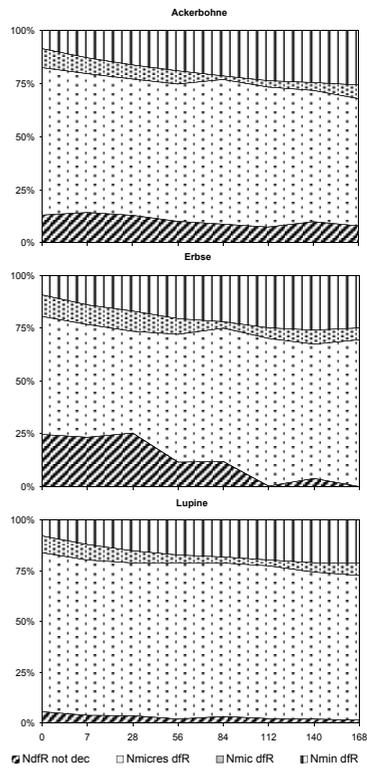


Abb. 2: Verteilung des N aus Rhizodeposition (NdfR) in verschiedenen Pools der Bø+Rh. NdfR not dec = nicht umgesetzter NdfR (Feinwurzeln); Nmicres = mikrobielle Residualmasse; dFR = derived from Rhizodeposition.

Bodenfruchtbarkeit

Tagen, während an kalten Tagen und in der restlichen Vegetationszeit der Argininanteil um die 4% und der Prolinanteil unter 10% lag. Der Vergleich des in verschiedenen Landschaften von Witzenhausen gewonnen Taus zeigte im Frühling eine hohe Übereinstimmung bei den Prozentanteilen von freiem Arginin und Prolin.

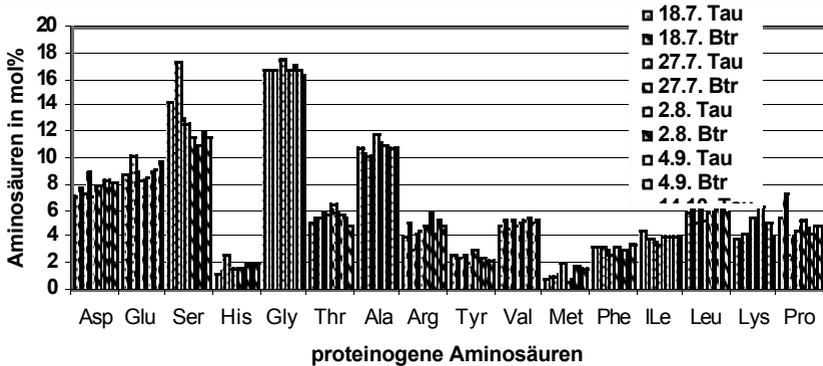


Abb. 3: Vergleich der prozentualen Aminosäurenverteilung im Tau und in dem Transpirationswasser der Talwiese in ausgewählten Proben von Juli bis Oktober 1996

Fazit: Es gibt einen Austausch bzw. Kreislauf von Aminosäuren und Proteinen zwischen dem Boden, Pflanzen und der Atmosphäre. Blütenpollen dominieren im Frühling die Proteingehalte in den erdnahen Luftschichten, während in der übrigen Jahreszeit Böden und Pflanzen die Hauptquellen zu sein scheinen. Aminosäuren und Proteine der erdnahen Luftschichten werden durch Tau und Regen auf die Pflanzen und die Böden wieder niedergeschlagen. In der Luft werden sie von Mensch und Tier eingeatmet oder über die Schleimhäute aufgenommen. In einem Ökosystem besteht ein Stoffaustausch über die erdnahen Luftschichten zwischen den einzelnen Kompartimenten, über deren Bedeutung für Mensch, Tier und Pflanzenwachstum wir noch sehr wenig wissen.

Literaturangaben: Kesselmeier, J., Bode, K., Gerlach, C. und Jork, E.M. (1998): Exchange of atmospheric formic and acetic acids with trees and crop plants under controlled chamber and purified air conditions. *Atmospheric environment* Vol 32, 10, 1765 – 1775. Kesselmeier, J. und Staudt, M. (1999): Biogenic volatile organic compounds (VOC): An overview on emission, physiology and ecology. *Journal of Atmospheric chemistry* 33, 23 – 88. Kuhn, U., Amman, C., Wolf, A., Meixner, F.X., Andreae, M.O., Kesselmeier, J. (1999): Carbonyl sulfide exchange on an ecosystem scale: soil represents a dominant sink for atmospheric COS. *Atmospheric environment* Vol 33, 995 – 1008. Meixner, F.X., Bliefert, M., Helas, G., Kesselmeier, J., Wyers, P.G. und Andreae, M.O. (1997): Ammonia exchange between terrestrial plants and the atmosphere controlled by plant physiology: Compensation point and CO₂-exchange. In: Slanina, S. (Hrsg.) *Biosphere-atmosphere exchange of pollutants and trace substances*. Springer Berlin. Scheller, E. (2001): Amino acids in dew – origin and seasonal variation. *Atmospheric environment* 35, 2179-2192. Steiner, R. (1924): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft. GA 327, Dornach 1979, 178-194

Bibliographische Angabe zu diesem Dokument:

Mayer, Jochen and Buegger, Franz and Jensen, Erik Steen and Schloter, Michael and Heß, Jürgen (2003) Einflüsse der Rhizodeposition von Körnerleguminosen auf den Umsatz ihrer Residuen im Boden [Rhizodeposition effects of grain legumes on the turnover of its crop residues]. Paper presented at 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, Universität für Bodenkultur, 24. - 26. Feb. 2003; Published in Freyer, Bernhard, Eds. *Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, page 5-8.

Dokument ist abrufbar unter www.orgprints.org/00000932/