

Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Leguminosen in einem Gefäßversuch unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen

Landgraf, A.¹ und Schmidtke, K.

Keywords: Rhizodeposition, Stickstoff, Rotklee, Erbse, Split-Root-Experiment.

Abstract

The N rhizodeposition of legumes is defined as the N release into the soil via roots during the growth of the plant. The aim of the experiment presented here was to estimate the N rhizodeposition of red clover and pea using ¹⁵N labelling split-root technique in pot experiments under greenhouse and field conditions. The proportion of total N rhizodeposition of the total plant-N was not significantly affected by the tested factors. It amounted between 7 % to 19 % and 9 % to 10 % for plants grown under greenhouse and between 4 % to 11 % and 10 % to 15 % under field conditions for red clover and pea, respectively. In the experiment the absolute amount of N derived from rhizodeposition [mg pot⁻¹] was in the first year tendential and in the following year significant higher by red clover than by the pea. Furthermore, the amount of N derived from rhizodeposition was in the second year significant higher by the legumes are grown under greenhouse compared to legumes are grown under field conditions.

Einleitung und Zielsetzung

Die während des Wachstums der Leguminosen über Rhizodeposition in den Boden abgegebene Stickstoffmenge hat in Fruchtfolgen einen häufig unterschätzten Anteil an der N-Zufuhr. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war es, den Einfluss der Leguminosenart (Rotklee, *Trifolium pratense* L. versus Erbse, *Pisum sativum* L.) und der Wachstumsbedingungen (Gewächshaus versus Freiland) auf die Höhe der N-Rhizodeposition zu quantifizieren. Dabei wurde mittels eines Split-Root-Experiments und kontinuierlicher ¹⁵N-Anreicherung die N-Rhizodeposition der geprüften Leguminosen geschätzt.

Methoden

In einem Gefäßversuch im Gewächshaus und auf dem Versuchsfeld der Fakultät Landbau/Landespflege der HTW Dresden in Dresden-Pillnitz wurde die Höhe der N-Rhizodeposition der Leguminosenarten Rotklee und Erbse ermittelt. Mittels „split-root technique“ wurde eine kontinuierliche Anreicherung der Leguminosen mit ¹⁵N durchgeführt (Schmidtke 2005b). Als Pflanzgefäße dienten Polypropylen-Töpfe (12 cm x 12 cm x 20 cm), welche mit Folie ausgekleidet waren, um den Verlust von Nährlösung aus dem Gefäß zu verhindern. Für die Verwendung im Split-Root-Experiment wurden jeweils zwei Pflanzgefäße nebeneinander gestellt. Ein Gefäß wurde mit Boden (sL3, pH-Wert: 5,8, C: 0,97 %, N: 0,1 %) gefüllt; das zweite Gefäß mit Vermiculit (Körnung: 1 bis 2 mm). Pro Doppeltopf wurden drei Rotklee bzw. zwei Erbsenpflanzen gepflanzt, bei denen sich je etwa eine Hälfte des Wurzelsystems im Ge-

¹ Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Pillnitzer Platz 2, 01326, Dresden, Deutschland, landgraf@htw-dresden.de

fäß mit Boden befand und die andere Hälfte im Gefäß mit Vermiculit. Das mit Boden gefüllte Gefäß erhielt N-freie Nährlösung und entionisiertes Wasser nach Bedarf der Pflanzen. Die kontinuierliche ^{15}N -Anreicherung der Leguminosenwurzel im Gefäß mit Vermiculit erfolgte durch Zugabe einer 10 at.% ^{15}N -Kaliumnitratlösung. Als Referenzfrucht wurde Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) in einem Gefäß mit Versuchsboden ohne ein geteiltes Wurzelsystem verwendet. Der Versuch wurde als Blockanlage mit fünf Wiederholungen in den Jahren 2010 sowie 2011 angelegt. Die Pflanzen im Freiland wurden unter Verwendung einer Abdeckhaube getestet, so dass kein mit ^{15}N angereicherter Stickstoff aus der Pflanze über Auswaschung aus dem Spross oder Blattfall in das Gefäß mit Boden gelangen konnte (Landgraf & Schmidtke 2011). Die Probenahme erfolgte ca. 55 Tage nach Versuchsbeginn zur Blüte des Rotklee und zur physiologischen Reife der Erbse. Die Höhe der N-Rhizodeposition wurde wie folgt berechnet (Schmidtke 2005a, Schmidtke 2005b):

$$P_{\text{Ndf}} = \frac{\text{at.\% } ^{15}\text{N Soil}_L N - \text{at.\% } ^{15}\text{N Soil}_R N}{\text{at.\% } ^{15}\text{N Root}_{\text{Soil}} N - \text{at.\% } ^{15}\text{N Soil}_R N} \quad (1)$$

at.% $^{15}\text{N Soil}_L N$ = ^{15}N -Anreicherungsgrad Boden_{Leguminose}

at.% $^{15}\text{N Soil}_R N$ = ^{15}N -Anreicherungsgrad Boden_{Referenzpflanze}

at.% $^{15}\text{N Root}_{\text{Soil}} N$ = ^{15}N -Anreicherungsgrad_{Leguminosenwurzel Gefäß Boden}

P_{Ndf} = Anteil Stickstoff im Boden_{Leguminose}, der aus der Rhizodeposition stammt

$$\text{Ndf} = P_{\text{Ndf}} \times \text{Soil}_L N \quad (2)$$

Ndf = Menge Stickstoff im Boden_{Leguminose} aus der Rhizodeposition

$\text{Soil}_L N$ = Menge Stickstoff im Boden_{Leguminose} zur Ernte der Leguminose

Für die Berechnung der N-Rhizodeposition der Pflanze_{Gefäß Boden} [in % von N_{Bt}] wurde nachfolgende Formel verwendet:

$$\text{Anteil der N - Rhizodeposition der Pflanze}_{\text{Gefäß Boden}} \text{ an der} \quad (3)$$

$$\text{Summe aus Spross und Wurzel} - N = \text{Ndf} \times N_{\text{Bt}}^{-1} \times 100$$

N_{Bt} = Summe Stickstoff in der Leguminose in Spross und Wurzel

Prozentangaben, wie z.B. N-Rhizodeposition der Pflanze_{Gefäß Boden} werden als gewichtetes Mittel (gew. Mittel) ausgewiesen.

Ergebnisse

In 2010 konnten signifikante Wechselwirkungen zwischen den beiden geprüften Faktoren Pflanzenart und Umwelt in der Höhe der N-Rhizodepositionsmenge (Ndf -Menge) festgestellt werden, da der Unterschied in der Höhe der N-Rhizodeposition zwischen den Umwelten bei Rotklee wesentlich größer ausfiel als bei der Erbse (Tab. 1). Der Anteil N-Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen N-Menge betrug im Mittel der Umwelten in 2010 bei Rotklee 10,0 % und bei Erbse 11,8 % ($P = 0,4659$). Unter Gewächshausbedingungen belief sich die N-Rhizodeposition im Mittel der Pflanzenarten entsprechend auf 7,8 % und unter Freilandbedingungen auf 11,6 % der gesamt-pflanzlichen N-Menge ($P = 0,1835$). Der Anteil N-Rhizodeposition am BGN (below-ground-N: Wurzel-N aus Gefäß mit Boden und Ndf -Menge) zeigte in 2010

keine signifikanten Unterschiede zwischen den geprüften Leguminosenarten ($P = 0,0562$) und den Umwelten ($P = 0,8301$). In der Versuchsreihe 2011 hingegen konnten zwischen den Pflanzenarten sowie zwischen den Umwelten signifikante Unterschiede in der durch Rhizodeposition in den Boden abgegebenen N-Menge verzeichnet werden (Wechselwirkung Pflanzenart \times Umwelt n.s.). So konnten bei Rotklee signifikant höhere Ndf-Mengen verzeichnet werden im Vergleich zur Erbse ($64,1/43,0 \text{ mg N Gefäß}^{-1}$, $P = 0,0126$). Unter Gewächshausbedingungen konnten zudem signifikant höhere Ndf-Mengen ermittelt werden als im Freiland ($67,3/39,7 \text{ mg N Gefäß}^{-1}$, $P = 0,0024$). In 2011 lag auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Leguminosenart und der Umwelt im Anteil N-Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen N-Menge sowie am BGN vor (Tab. 1). Während dieser Anteil bei der Erbse unter beiden Umwelten (Gewächshaus/Freiland) nahezu gleich hoch ausfiel (10,0 %/10,4 % der gesamt-pflanzlichen N-Menge), so lag der Anteil bei Rotklee unter Gewächshausbedingungen über dem Wert des Freilandes (18,9 %/4,0 %).

Tabelle 1: Menge an N-Rhizodeposition (Ndf-Menge in $\text{mg N Gefäß}_{\text{Boden}}^{-1}$), Anteil N-Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen N-Menge (in %) sowie Anteil N-Rhizodeposition am BGN (in %) der geprüften Leguminosenarten unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen in 2010 und 2011

2010						
	Rotklee			Erbse		
	Ndf-Menge	Anteil N-Rhizodeposition an NBt ¹⁾	Anteil N-Rhizodeposition an BGN ¹⁾	Ndf-Menge	Anteil N-Rhizodeposition an NBt ¹⁾	Anteil N-Rhizodeposition an BGN ¹⁾
Gewächshaus	27,7	7,3	29,2	27,0	8,5	67,4
Freiland	137,1	10,7	52,2	47,5	15,2	65,7
2011						
	Rotklee			Erbse		
	Ndf-Menge	Anteil N-Rhizodeposition an NBt ¹⁾	Anteil N-Rhizodeposition an BGN ¹⁾	Ndf-Menge	Anteil N-Rhizodeposition an NBt ¹⁾	Anteil N-Rhizodeposition an BGN ¹⁾
Gewächshaus	79,4	18,9	66,0	55,3	10,0	76,7
Freiland	48,8	4,0	14,0	30,7	10,4	67,9

¹⁾ gewichtetes Mittel NBt = gesamt-pflanzliche N-Menge BGN = below ground N

Tukey-Test:

2010 Ndf-Menge: Pflanzenart $P = 0,0031$; Umwelt $P = 0,0002$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,0034$
 Ndf*NBt¹⁾: Pflanzenart $P = 0,4659$; Umwelt $P = 0,1835$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,4305$
 Ndf*BGN¹⁾: Pflanzenart $P = 0,0562$; Umwelt $P = 0,8301$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,6621$
 2011 Ndf-Menge: Pflanzenart $P = 0,0126$; Umwelt $P = 0,0024$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,6878$
 Ndf*NBt¹⁾: Pflanzenart $P = 0,7349$; Umwelt $P = 0,003$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,0006$
 Ndf*BGN¹⁾: Pflanzenart $P = <0,0001$; Umwelt $P = <0,0001$; Pflanzenart \times Umwelt $P = 0,0005$

Diskussion

Im zweiten Versuchsjahr konnte die geprüfte Futterleguminosenart eine signifikant höhere Ndf-Menge ($\text{mg N Gefäß}_{\text{Boden}}^{-1}$) verzeichnen gegenüber der Körnerleguminosenart. Zudem gaben die unter Gewächshausbedingungen geprüften Leguminosen in 2011 signifikant höhere Ndf-Mengen ab im Vergleich zum Freiland. Die Versuchsrei-

hen in 2010 zeigten gegensätzliche Tendenzen auf, welche jedoch nicht statistisch gesichert werden konnten.

Die in den vorliegenden Untersuchungen geschätzte N-Rhizodeposition der Erbse in Höhe von 8,5 % (2010) bzw. 10,0 % (2011) der gesamt-pflanzlichen N-Menge unter Gewächshausbedingungen fiel mit der von Schmidtke (2005b) mit der gleichen Methode geschätzten Höhe von 10,5 % vergleichbar hoch aus. Unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen konnte für Erbse ein Anteil der N-Rhizodeposition am BGN von 66 bis 77 % geschätzt werden und lag somit auf einem vergleichbaren Niveau wie bei Mahieu et al. (2007). Der Anteil Stickstoff aus der Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen N-Menge war, mit Ausnahme bei Rotklee in 2011, unter Freilandbedingungen leicht höher als im Gewächshaus. Im Gewächshaus lagen höhere Temperaturamplituden im Tagesverlauf vor als im Freiland, da die Gefäße im Feld durch den umliegenden Boden den Temperaturschwankungen in geringerem Maße ausgesetzt waren. Im Feld wirkten natürliche Wachstumsbedingungen des Lichtes oder der Luftfeuchte ein, die unter Gewächshausbedingungen nicht in gleichem Maß gegeben waren. Bei gleicher Wachstumsdauer der Leguminosen konnten auch keine signifikanten Unterschiede im Anteil N-Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen N-Menge bzw. am BGN zwischen den Leguminosenarten ermittelt werden, so dass dem Einfluss der Prüfumwelt offenbar eine größere Bedeutung als der Leguminosenart zukommt.

Schlussfolgerungen

Die Gewächshaus- und Freilandlanduntersuchungen zur N-Rhizodeposition lassen die Schlussfolgerung zu, dass in die unter nahezu natürlichen Wachstumsbedingungen im Boden eingefügten Gefäße im Freiland im Vergleich zum Gewächshaus tendenziell höhere Anteile Stickstoff am gesamt-pflanzlich von den Leguminosen aufgenommenen Stickstoff über Rhizodeposition in den Boden abgegeben werden. Die ermittelten signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Pflanzenart und Umwelt weisen darauf hin, dass bei gleicher Entwicklungsdauer Rotklee offenbar stärker als die Erbse auf die Umwelt reagiert. Rotklee wächst im Gegensatz zur Erbse indetermiert und kann mehrschichtig genutzt werden, so dass Umweltbedingungen offenbar intensiver auf das Wurzelwachstum und die Höhe der N-Rhizodeposition Einfluss nehmen können.

Literatur

- Landgraf, A., Schmidtke K. (2011): Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Leguminosen in einem Gefäßversuch unter Freilandbedingungen. Mitteilungen Agrarwissenschaften, Band 20, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Mahieu, S.; J. Fustec; M.-L. Faure; G. Corre-Hellou und Y. Crozat (2007): Comparison of two ¹⁵N labelling methods for assessing nitrogen rhizodeposition of pea. *Plant Soil* 295, 193-205.
- Schmidtke, K. (2005a): A model to predict the accuracy of measurements of legume N rhizodeposition using a split-root technique. *Soil Biology and Biochemistry* 37 (5), S. 829-836.
- Schmidtke, K. (2005b): How to calculate nitrogen rhizodeposition: a case study in estimating N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous ¹⁵N labelling split-root technique. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1893-1897.