

## Wurzelwachstum und Nodulation von Luzerne: Einfluss von Bioporendichte im Unterboden und Nährstoffgehalt im Oberboden

Athmann M<sup>1,2</sup>, Kautz T<sup>3</sup> & Köpke U<sup>1</sup>

*Keywords: fodder cropping, soil structure, subsoil, nitrogen fixation*

### Abstract

*The aim of this study was to quantify the effects of large sized biopores and soil nutrient contents on the nodulation of lucerne roots. In a field trial on a deep loess, lucerne (*Medicago sativa* L.) was cultivated (i) on native topsoil, rich in nutrients or in plots where the native topsoil was removed and replaced with soil from unfertilized plots of a long-term field experiment and (ii) after cultivation of tap rooted, biopore generating chicory (*Cichorium intybus* L.) or after tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) without tap roots. Root length-density and nodulation were quantified with the profile wall method and from monolith samples. Shoot growth and nutrient uptake of lucerne was reduced by nutrient poor topsoil but remained unaffected by the precrops. High nutrient contents in the topsoil and a high biopore density in the subsoil seemed to have an increasing effect on the number of nodules, however the differences were not significant. The share of nodules in large sized biopores in the subsoil was generally between 20 and 40 %. Since the volume of such biopores comprises only approximately 2 % of the total soil volume, we conclude that biopores are preferred places of nodulation and probably N<sub>2</sub>-fixation.*

### Einleitung und Zielsetzung

Der Symbiose zwischen Leguminosen und knöllchenbildenden Bakterien kommt im Organischen Landbau eine zentrale Rolle für die Bereitstellung von bioverfügbarem Stickstoff zu. Es ist bekannt, dass die Knöllchenbildung an Leguminosenwurzeln in hohem Maße abhängig ist von Umweltfaktoren wie bspw. dem Nitratgehalt des Bodens (Streeter 1988) und der Bodenfeuchtigkeit (Athar und Johnson 1996). Auch P-, S- oder Mo-Zufuhr wirkten sich positiv auf Anzahl und Biomasse der Knöllchen aus (Cassman et al. 1980, Gunawardena et al. 1993, Scherer et al. 2006, Hafner et al. 1992). Demgegenüber ist noch wenig erforscht, wie sich fruchtfolgeinduzierte Bodengefügeänderungen auf die Knöllchenbildung auswirken. In diesem Zusammenhang stellen sich die Fragen, (i) ob großlumige Bioporen, generiert von zuvor angebaute Pflanzwurzelpflanzen, einen Effekt auf den Knöllchenbesatz von Luzerne haben und (ii) ob Interaktionen zwischen der Bioporendichte und Bodennährstoffgehalten bestehen.

---

<sup>1</sup> Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn

<sup>2</sup> Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Abteilung Agrarökologie und Organischer Landbau, Universität Bonn, Auf dem Hügel 6, 53121 Bonn

<sup>3</sup> Albrecht Daniel Thaer-Institut, Fachgebiet Pflanzenbau Humboldt Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

## Methoden

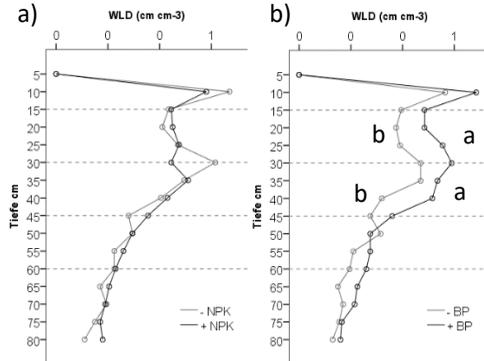
Die Untersuchungen wurden in einem Feldversuch in der südlichen Niederrheinischen Bucht am Campus Klein-Altendorf der Universität Bonn auf einem tiefgründigen Lössboden durchgeführt. Von 2008 bis 2009 wurde in vier Feldwiederholungen entweder Wegwarte (*Cichorium intybus* L.) oder Rohrschwengel (*Festuca arundinacea* Schreb.) angebaut. Frühere Untersuchungen belegen, dass die Dichte großlumiger Bioporen nach Anbau der Wegwarte (Pfahlwurzelsystem) im Vergleich zum homorhizen Rohrschwengel erhöht war (Han et al. 2015). Nach dem Umbruch der Futterpflanzen folgten in den Jahren 2010 bis 2012 Sommerweizen, Winterraps und Winterroggen. Im Frühjahr 2013 wurde vor der Aussaat der Luzerne (*Medicago sativa* L.) in drei Feldwiederholungen beider Vorfrucht-Varianten auf jeweils 0,25 m<sup>2</sup> großen Teilflächen der Oberboden bis 45 cm Tiefe entfernt und durch Oberboden aus einer seit 100 Jahren nicht gedüngten Variante eines ebenfalls auf Löss angelegten Dauerversuchs (Dikopshof in Wesseling bei Bonn) ersetzt. Die Luzerne wurde in den Jahren 2013 und 2014 jeweils dreimal, im Jahr 2015 einmal, am 1.6.2015, gemulcht. Bei jedem Schnitt wurden Sprosstrockenmasse und N-,P-,K-Gehalte im Spross (N: Elementaranalyse, Euro EA 3000, HEKAtech, P: photometrisch, K: AAS) bestimmt. Im dritten Anbaujahr der Luzerne (2015) wurden nach dem Mulchen Wurzellängendichten (WLD) und Knöllchenbesatz der Luzernewurzeln mit der Profilwandmethode (Böhm 1979) quantifiziert. Für eine sichere Erfassung aller Knöllchen wurden 3 cm Boden weggespült. Die Anteile der Knöllchen in Bioporen wurden nach Auswaschen der Wurzeln in 12x24x100 cm großen Bodenmonolithen mit intakter Bodenstruktur visuell quantifiziert. Die Daten wurden mittels zweifaktorieller ANOVA (Faktor 1: Vorfrucht, Faktor 2: Oberboden) bzw. t-test ausgewertet (SAS 9.4 proc ttest und proc mixed).

## Ergebnisse

Nährstoffarmer Oberboden (-NPK) resultierte in signifikant geringerer Sprossmasse sowie N-, P- und K-Aufnahme der Luzerne (Tab. 1), hatte aber keinen Einfluss auf das Wurzelwachstum (Abb. 1a). Auffällig ist, dass in der Variante ‚-NPK‘ die P-Aufnahme und die K-Aufnahme mit ca. -40 bzw. -45 % gegenüber der Variante ohne Oberbodenaustausch deutlicher reagierten, als die N-Aufnahme (ca. -20 %). Die WLD war im Oberboden und unterhalb der Krumbasis höher nach Wegwarte (+BP) als nach Rohrschwengel (-BP) (Abb 1b).

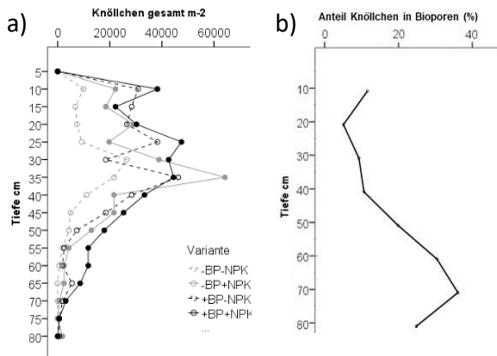
**Tabelle 1: Sprosstrockenmasse sowie N-, P- und K-Aufnahme von Luzerne. Summen aller Schnitte von 2013-2015 in Abhängigkeit der Vorfrucht (-BP: Rohrschwengel, +BP: Wegwarte) und des Nährstoffgehalts im Oberboden. Verschiedene Buchstaben: Werte unterscheiden sich signifikant (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ). BP: Bioporen.**

Vorfrucht	Spross-TM (t ha <sup>-1</sup> )	N-Aufnahme (kg ha <sup>-1</sup> )	P-Aufnahme (kg ha <sup>-1</sup> )	K-Aufnahme (kg ha <sup>-1</sup> )
-BP	26	766	109	510
+BP	24	642	100	467
Oberboden				
-NPK	19 b	617 b	77 b	347 b
+NPK	31 a	791 a	131 a	630 a



**Abbildung 1: Profilwand: Mittelwerte der Wurzellängendichte von Luzerne, nach Anbau von a) nährstoffarmem (-NPK) bzw. nährstoffreichem (+NPK) Oberboden und b) Rohrschwengel (-BP) bzw. Wegwarte (+BP). Verschiedene Buchstaben: Werte unterscheiden sich signifikant in der jeweiligen Tiefenstufe (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ).**

Es zeigte sich eine Tendenz zu höherer Knöllchenanzahl nach Anbau von Wegwarte und bei höherem Nährstoffgehalt des Oberbodens, jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant (Abb. 2a). Generell waren unterhalb der Ackerkrume weniger Knöllchen vorhanden als im Oberboden. Anders als im umgebenden Bulkboden nahm die Knöllchenanzahl in Bioporen mit zunehmender Tiefe nicht ab, dementsprechend war der Anteil an Knöllchen in Bioporen im Unterboden mit bis zu 37 % im Mittel der Varianten vergleichsweise hoch (Abb. 2b).



**Abbildung 2: a) Knöllchendichte an Luzernerwurzeln nach Anbau von Wegwarte (+BP) und Rohrschwengel (-BP) bzw. mit nährstoffreichem (+NPK) und nährstoffarmem (-NPK) Oberboden. b) Anteil Knöllchen in Bioporen im Mittel der Varianten.**

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Der hohe Anteil an Knöllchen in Bioporen im Unterboden generell und besonders bei nährstoffarmem Oberboden bestätigt die Vermutung, dass Bioporen im Unterboden bevorzugte Orte der Nodulation sind – der Volumenanteil der Bioporen beträgt am Untersuchungsstandort nur 1.9% (Perkons et al. 2014). Ob und ggf. unter welchen Bedingungen dies angesichts der insgesamt im Vergleich zum Oberboden geringen Knöllchenzahlen relevant ist, ist Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten. Künftige Untersuchungen sollten neben der Knöllchenanzahl auch die Aktivität der Knöllchen bestimmen. Der Austausch nativen Oberbodens mit langjährig ungedüngtem Oberboden hatte deutliche Effekte auf Sprosswachstum und Nährstoffaufnahme der Luzerne, beeinflusste aber Wurzelwachstum und Knöllchenbildung nur tendenziell. Die tendenziell höhere Anzahl Knöllchen bei nährstoffreichem Oberboden unterstützt die Ergebnisse von Cassman et al. (1980), Gunawardena et al. (1993), Scherer et al. (2006) und Hafner et al. (1992). Die vermuteten fördernden Effekte erhöhter Bioporendichten auf die Nodulation wurden nicht bestätigt, sind aus den Ergebnissen lediglich tendenziell abzulesen. Es ist nicht auszuschließen, dass durch das Mulchen der Luzerne die Neigung zur Knöllchenbildung und mögliche Effekte des nährstoffarmen Oberbodens vermindert wurden. Für künftige Untersuchungen wird die Kultivierung in ungestörten Bodensäulen empfohlen, da so die Anzahl der Wiederholungen bei gleichem Oberbodenvolumen deutlich erhöht werden kann.

## Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung der Projekte FOR 1320 und PAK 888 sowie den Mitarbeitern des Campus Klein-Alterndorf der Universität Bonn und der Lehr- und Forschungsstation Wiesengut für die Betreuung des Feldversuchs.

## Literatur

- Athar M & Johnson DA (1996) Nodulation, biomass production, and nitrogen fixation in alfalfa under drought. *J Plant Nutr* 19: 185–199.
- Böhm, W (1979) *Methods of Studying Root Systems*. Springer, Berlin.
- Cassman KG, Whitney AS, Stockinger KR (1980): Root growth and dry matter distribution of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. *Crop Sci* 20: 239-244.
- Gunawardena SFBN, Danso SKA, Zapata F (1993): Phosphorus requirement and sources of nitrogen in three soybean (*Glycine max*) genotypes, Bragg, ntw 382 and Chippewa. *Plant Soil* 151: 1-9.
- Hafner H, Ndunguru BJ, Bationo A, Marschner H (1992): Effect of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N<sub>2</sub>-fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. *Fertilizer Research* 31: 69-77.
- Han E, Kautz T, Perkons U, Lüsebrink M, Pude R & Köpke U (2015) Quantification of soil biopore density after perennial fodder cropping. *Plant Soil* 394: 73-85.
- Perkons, U., Kautz, T., Uteau, D., Peth, S., Geier, V., Thomas, K., Lütke Holz, K., Athmann, M., Pude, R. und Köpke, U. (2014): Root-length densities of various annual crops following crops with contrasting root systems. *Soil Till Res* 137: 50-57.
- Scherer HW, Pacyna S, Manthey N, Schulz M (2006): Sulphur supply to peas (*Pisum sativum* L.) influences symbiotic N<sub>2</sub> fixation. *Plant Soil Environ* 52: 72–77.
- Streeter J (1988) Inhibition of legume nodule formation and N<sub>2</sub> fixation by nitrate. *Crit Rev Plant Sci* 7: 1–23.