

Wurzeleigenschaften von Luzerne auf ökologisch bewirtschafteten Flächen mit unterschiedlicher Bodentextur

Chmelíková L.^{1,2}, Schmid H.¹, Hejzman M.² und Hülsbergen K.-J.¹

Keywords: Luzerne, Knöllchenbakterien, Ertrag

Abstract

Alfalfa (Medicago sativa L.) belongs to the significant part of legume pastures and is a high-quality forage. In organic farming, it plays a pivotal role for the maintenance of the soil nitrogen balance. The aim of this study was to evaluate the effect of the site and the time on the root diameter, number of nodules and yield of alfalfa in field experiments of organic farming. In May, July and August 2011 on six areas with different soil texture (clay content: 12-32 %) in South Bavaria, Germany, plants were sampled with the monolith method. The yield, the root diameter and the number of nodules were evaluated. The yield amounted to 8-12 t ha⁻¹. The root diameter increased, the number of nodules decreased with time. The significant differences were investigated in site and in time as well. The nutrients and the other site parameters will be focused yet.

Einleitung und Zielsetzung

Luzerne (*Medicago sativa* L.), eine wichtige Futterleguminose, beeinflusst durch ihre intensive Durchwurzelung, Humusbildung und N₂-Fixierung positiv den Ertrag nachfolgender Kulturen. Biomasseproduktion und Ertrag sind von den Wurzel- und Knöllcheneigenschaften der Luzerne abhängig. Die Wurzelausprägung und -eigenschaften werden von der Genetik vorgegeben und von den Standortbedingungen beeinflusst (Kutschera und Lichtenegger 2002). Zu den entscheidenden Standorteinflüssen gehört die Bodentextur (Sadras *et al.* 2005). Nach Šmilauerová (2001) wird die Wurzelpenetration vom Sandgehalt beeinflusst, die Wurzelbiomasse jedoch nicht. Salako *et al.* (2002) fanden, dass die Körnung die Wurzelmorphologie und -verteilung der Leguminosen beeinflusst. Die Wurzel- und Knöllcheneigenschaften entwickeln sich mit dem Vegetationsverlauf analog zum Ertrag. Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, ob Standortparameter und Vegetationsablauf (i) die Ausbildung der Wurzel- und Knöllcheneigenschaften beeinflussen, (ii) die Ertragshöhe prägen.

Methoden

Im Jahr 2011 wurden Versuchsflächen mit Luzerne (*Medicago sativa* L.) auf sechs Standorten (D1, S1, S2, V1, V2, und V3) mit unterschiedlicher Bodentextur untersucht (Tab. 1). Die Versuchspartellen befanden sich in Versuchs- und Praxisbetrieben im Tertiärhügelland (in der Nähe von Freising – 48° 24' N, 11° 45' O). Jede Versuchspartelle besteht aus vier Wiederholungen (je 10 x 10 m). Zu drei Terminen (Mai, Juli und August) wurden die **Erträge**, der **Wurzelhalsdurchmesser** und die **Knöllchenanzahl** erfasst. Für die Ertragsbestimmung wurden 20 m² je Wiederholung geerntet, für mor-

¹ Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Alte Akademie 12, 85354 Freising, E-Mail: lucie.chmelikova@mytum.de

² Lehrstuhl für Ökologie, Tschechische landwirtschaftliche Universität Prag, Kamýcká 1176, 16521 Prag, E-Mail: lchmelikova@fzp.czu.cz

phologische Wurzeluntersuchung jeweils 5 Pflanze je Wiederholung. Die Pflanzen wurden mit Hilfe der Monolithmethode (30 x 30 x 30 cm) entnommen. Nach dem Auswaschen wurden bei allen Pflanzen die Wurzel- und Knöllcheneigenschaften bestimmt.

Die Absicherung der Standortsunterschiede erfolgte mit one-way ANOVA, die Unterschiede im zeitlichen Verlauf mit repeated measures ANOVA; signifikante Unterschiede sind mit dem Tukey-Test ($p < 0,05$) ausgewiesen. Zur Anwendung kam das Programm STATISTICA 8.0 Software (Statsoft, Tulsa).

Tabelle 1: Beschreibung der Standorte

	D1	S1	S2	V1	V2	V3
Bodenart	Ut4/Tu4	Ls2	Slu	Lu/Uls	Sl3/Sl4	Lu/Tu3
Sand (%)	4	37	43	25	57	18
Schluff (%)	71	45	41	58	32	52
Ton (%)	25	18	16	17	12	32

Ergebnisse

Es wurden deutliche Ertragsunterschiede (Tab. 2) zum zweiten und dritten Termin zwischen den Standorten festgestellt. Die höchsten Werte wurden zum ersten Termin auf den Versuchspartellen S1, S2 und V1; zum zweiten Termin auf den Partellen V3, V1 und V2 ermittelt. Zu diesen Terminen wies die Fläche D1 den niedrigsten Ertrag auf. Zum dritten Termin kehrten sich diese Unterschiede um.

Tabelle 2: Erträge (t TM ha⁻¹) im Jahr 2011 auf den Standorten

	D1	S1	S2	V1	V2	V3	p
Mai	3,4 ^a	5,7 ^a	5,4 ^a	5,2 ^a	3,4 ^a	4,5 ^a	*
Juli	2,2 ^a	2,9 ^a	2,5 ^a	4,8 ^b	4,0 ^{bc}	5,7 ^c	***
August	2,4 ^a	2,4 ^a	2,3 ^a	1,9 ^{ab}	1,4 ^b	1,5 ^b	***
Gesamtertrag	8,0 ^b	11,0 ^{ab}	10,2 ^{ab}	11,9 ^a	8,8 ^{ab}	11,7 ^a	**

n.s.: nicht signifikante Unterschiede; signifikante Unterschiede: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Anm. abc – für Standortsunterschiede, verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede.

Es wurden deutliche Standortunterschiede (zu allen Terminen) beim **Wurzelhalsdurchmesser** und bei der **Knöllchenanzahl** der Luzerne beobachtet (Abb. 1 und Tab. 3). Die Unterschiede zwischen den Standorten waren signifikant. Im zeitlichen Verlauf wiesen nicht alle Flächen Unterschiede auf. Die Standorte V1 und V2 hatten beim Wurzelhalsdurchmesser, der Standort S2 bei der Knöllchenanzahl keinen Unterschied im Vegetationsablauf.

Im Zeitverlauf zunehmende Wurzelhalsdurchmesser (Abb. 1a) und abnehmende Knöllchenanzahl (Abb. 1b) wurden auf allen Standorten (ausgenommen S2) gemessen. Der **Wurzelhalsdurchmesser** betrug 3,5 mm (S1 Termin 1) bis 11,8 mm (D1 Termin 2). Der größte Wurzelhalsdurchmesser wurde auf dem Standort D1 festgestellt, gefolgt von S1 und S2. Die höchste Knöllchenanzahl wurde beim ersten Termin beobachtet. Die Knöllcheneigenschaften der Luzerne auf der Fläche D1 unterschieden sich deutlich von den anderen Standorten. Die niedrigste **Knöllchenanzahl** wurde zum zweiten und dritten Termin auf der Fläche D1 gemessen.

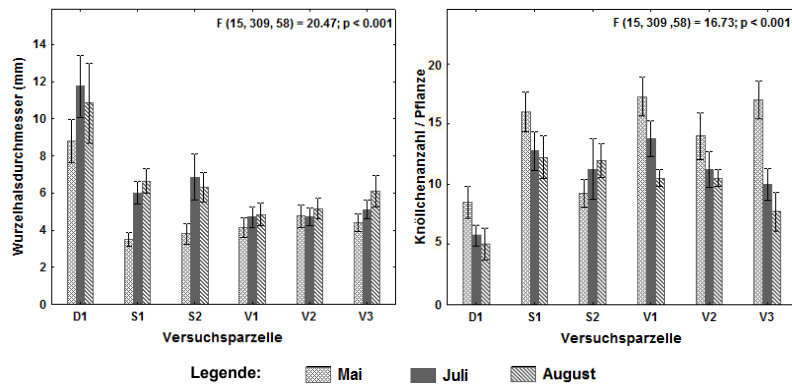


Abbildung 1: (a) Wurzelhalsdurchmesser und (b) Knöllchenanzahl der Luzerne auf 6 Versuchsstandorten (D1, S1, S2, V1, V2, V3) zwischen Mai und August

Tabelle 3: Wurzelhalsdurchmesser und Knöllchenanzahl von Luzerne auf unterschiedlichen texturierten Böden (one-way ANOVA)

		D1	S1	S2	V1	V2	V3	p
Wurzelhals Ø [mm]	Mai	8,8 ^{bBC}	3,5 ^{aBC}	3,8 ^{aBC}	4,2 ^{aA}	4,8 ^{aA}	4,4 ^{aBC}	***
	Juli	11,8 ^{cAC}	6,0 ^{abAC}	6,9 ^{bAC}	4,7 ^{aA}	4,7 ^{aA}	5,1 ^{abAC}	***
	Aug.	10,9 ^{bAB}	6,7 ^{aAB}	6,3 ^{aAB}	4,9 ^{aA}	5,2 ^{aA}	6,1 ^{aAB}	***
	MW	10,5	5,4	5,7	4,6	4,9	5,2	
	P	*	***	***	n.s.	n.s.	***	
Knöllchenanzahl pro Pflanze	Mai	8,5 ^{cB}	16,2 ^{abB}	9,5 ^{cA}	17,6 ^{aC}	14,1 ^{aB}	17,2 ^{abB}	***
	Juli	6,0 ^{cA}	13,1 ^{abA}	11,9 ^{abA}	14,3 ^{bbB}	11,5 ^{abA}	10,0 ^{aA}	***
	Aug.	5,3 ^{bA}	12,5 ^{aA}	12,2 ^{aA}	10,5 ^{aA}	10,5 ^{aA}	7,5 ^{cA}	***
	MW	6,6	13,9	11,2	14,1	11,8	11,6	
	P	***	**	*	***	**	***	

n.s.: nicht signifikante Unterschiede; signifikante Unterschiede: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.
Anm. abc – für Standortsunterschiede, ABC – für Terminunterschiede, verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede.

Diskussion

Die Wurzeln der Luzerne wurden unter praxisnahen Bedingungen untersucht. Dadurch konnte der Einfluss einzelner Faktoren nicht bestimmt werden; die Ausbildung der jeweiligen Wurzel- und Knöllcheneigenschaften wurde deswegen unter den komplexen Umweltbedingungen des jeweiligen Betriebes ausgewertet.

Die **Erträge** wurden von den Standortbedingungen, den Terminen (vgl. Testa *et al.* (2011) und dem Anbauverfahren (1- und 2jährigen Bestand) beeinflusst. Der niedrigste Gesamtertrag wurde auf dem schluffigen Ton D1 gemessen; dieser Textureinfluss entspricht den Ergebnissen von Annicchiarico (2007).

So unterschieden sich die **Wurzelhalsdurchmesser** auf der Fläche D1 zu allen Terminen von denen der anderen Standorte hierbei ist das Alter der Pflanzen (zweijähriger Bestand, im Vergleich zu einjährigen Pflanzen auf den anderen Standorten) als wesentlicher Einflussfaktor anzusehen. Größere Wurzelhalsdurchmesser bei älteren

Luzernepflanzen fanden auch Haki *et al.* (2011); dickere Wurzeln werden auch auf verdichtete Bodenschichten zurückgeführt (Salako *et al.* 2002).

Die geringste **Knöllchenanzahl** wurde auf dem Standort D1 ermittelt. Das Pflanzenalter hatte hierauf keinen Einfluss, da die Knöllchen nur ein paar Wochen aktiv sind, danach absterben (Puppo *et al.* 2005). Im Einklang mit Zahran (1998) nahm die Knöllchenanzahl im Vegetationsverlauf ab. Auf dem Standort S2 nimmt die Knöllchenanzahl zu; als Ursache kommt Wassermangel in Frage (Aranjuelo *et al.* 2011). Die Unterschiede in der Knöllchenanzahl (und deren Verhalten während der Vegetation) deuten an, dass auch der Nährstoffversorgung eine entscheidende Rolle zukommt. Der negative Einfluss des Stickstoffes und der positive Effekt des Phosphors auf die Knöllchenausbildung wurden von vielen Autoren bei unterschiedlichen Leguminosenarten beschrieben (z.B. Chmelíková und Hejčman 2012).

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Standortparameter und Vegetationsablauf Ertrag, Wurzel- und Knöllcheneigenschaften beeinflussen. In weitergehenden Untersuchungen soll der Einfluss bisher nicht geprüfter Parameter (v.a. Nährstoffversorgung, Wasserhaushalt, Bodenverdichtung) betrachtet werden.

Danksagung

Die Forschungsaktivitäten wurden durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) unterstützt.

Literatur

- Annicchiarico P. (2007): Lucerne shoot and root traits associated with adaptation to favourable or drought-stress environments and to contrasting soil types. *Field Crop Res* 102: 51–59
- Aranjuelo I., Molero G., Erice G., Avice J.C., Nogue's S. (2011): Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *J Exp Bot* 62: 111–123.
- Chmelíková L., Hejčman M. (2012): Effect of nitrogen, phosphorus and potassium availability on emergence, nodulation and growth of acidicole *Trifolium arvense* L. in alkaline soil. *Flora* 207: In press.
- Haki J., Fuksa P., Šantrůček J., Mášková K. (2011): The development of lucerne root morphology traits under high initial stand density within a seven-year period. *Plant Soil Environ* 57: 81–87.
- Kutschera L., Lichtenegger E. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Bd. 2, Pteridophyta und Dicotyledoneae, Vols. 1–2, Gustav Fischer, Stuttgart, 851 S.
- Puppo A., Groten K., Bastian F., Carzaniga R., Soussi M., Lucas M.M., Rosario de Felipe M., Harrison J., Vanacker H., Foyer C. (2005) Legume nodule senescence: roles for redox and hormone signalling in the orchestration of the nat. aging process. *New Phytol* 165: 683–701.
- Salako F.K., Kang B.T. (2002): Indices of root and canopy growth of leguminous cover crops in the savanna zone of Nigeria. *Trop Grassland* 36: 33–46.
- Sadras V.O., O'Leary G.J., Roget D.K. (2005): Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation. *Field Crop Res* 91: 131–148.
- Šmilaurová M. (2001): Plant root response to heterogeneity of soil resources: Effects of nutrient's patches, AM symbiosis, and species composition. *Folia Geobot* 36: 337–351.
- Testa G., Grestab F., Cosentino S.L. (2011): Dry matter and qualitative characteristics of alfalfa as affected by harvest times and soil water content. *Europ J Agronomy* 34: 144–152.
- Zahran H.H. (1998): Structure of root nodules and nitrogen fixation in Egyptian wild herb legumes. *Biol Plantarum* 41: 575–585.