

Agrarwissenschaften

Komi Egle

**Untersuchungen zum
Phosphor-, Kupfer-, Zink- und
Cadmium-Aneignungsvermögen
von drei Lupinenarten und Weidelgras
unter Berücksichtigung wurzelbürtiger
organischer Säuren**

Georg-August-Universität Göttingen, Shaker Verlag, Aachen.

ISBN:3-8322-1310-4

**SHAKER
VERLAG**

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Egle, Komi:

Untersuchungen zum Phosphor-, Kupfer-, Zink- und Cadmium-Aneignungsvermögen von drei Lupinenarten und Weidelgras unter Berücksichtigung wurzelbürtiger organischer Säuren / Komi Egle.

Aachen: Shaker, 2003

(Berichte aus der Agrarwissenschaft)

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2002

ISBN 3-8322-1310-4

Gefördert durch die DFG im Rahmen des Graduiertenkollegs "Landwirtschaft und Umwelt" am Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt der Fakultät für Agrarwissenschaften

D7

Referent : Prof. Dr. W. Römer

Korreferent : Prof. Dr. R. Rauber

Tag der mündlichen Prüfung : 16. Mai 2002

Copyright Shaker Verlag 2003

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1310-4

ISSN 0945-0653

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407/95 96 - 0 • Telefax: 02407/95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Summary

Under phosphorus deficiency conditions white lupin increased the efflux of carboxylic acid anions which led to increased solubility and acquisition of P even in strongly P-fixing soils. Excreted carboxylic acid anions increase not only the solubility of soil phosphorus but also that of metallic ions such as Al^{3+} and Fe^{3+} . It was hypothesized that also the solubility of Cu, Zn and Cd was increased in the rhizosphere, which probably led to their higher uptake by the plants. Therefore, the objective of this research was to investigate the acquisition of P, Cu, Zn and Cd by three lupin species (white lupin: *Lupinus albus* L.; blue lupin: *Lupinus angustifolius* L.; yellow lupin: *Lupinus luteus* L.) in comparison to that of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) as affected by low-molecular-weight organic acids of root exudates.

Following experiments were conducted:

- Six cultivars of the three lupin species and one cultivar of ryegrass were cultivated in pot experiments to investigate the P, Cu, Zn, Cd uptake. Two soil types were used: an acid humic podsol and a neutral luvisol previously contaminated with heavy metals. Shoot and root contents, acquisition parameters such as root length, root length / shoot ratio, net uptake rate were investigated.
- Investigation of the effect of P nutrition on the organic acid exudation of the root by the three lupin species cultivated in quartz sand.
- Effect of citric acid on the solubility of P, Cu, Zn and Cd in the humic podsol.
- Effect of citrate on the uptake of Cu, Zn and Cd by the three lupin species. The metals were given as free metal ions or complexed by citrate in nutrient solution within 48 hours.

Following results were obtained:

Ryegrass showed the highest Cu and Cd shoot concentrations followed by blue lupin and yellow lupin, while white lupin showed the lowest P, Cu, and Cd content in the shoot. For Zn concentration in shoots, white lupin and ryegrass had similar low values in comparison to the two others lupin species. The high Cu and Cd shoot content of ryegrass may be mainly caused by the ten times higher root / shoot ratio in comparison to that of the lupin species and particularly for Cd, it was due to a high translocation from the roots into the shoots (34 %). The low Cd content in shoot especially of white lupin was not owing to a low net uptake rate (it was six times higher than that of ryegrass) but was due to a low Cd translocation from roots into shoots (white lupin: 9 %, yellow lupin: 15 %; blue lupin 21 %). The high uptake rate of Cu, Zn and Cd by the lupin species corresponded to the exudation rate of organic acid anions by their roots. They increased their citrate efflux under P deficiency. Additional citric acid application to the humic podsol increased the solubility of P, Cu, Zn and Cd in the soil (ligand exchange, formation of complex with citric acid!). The investigation of the effect of citric acid on the metal uptake within 48 hours showed a total inhibition of Cu uptake. For Zn, the uptake was reduced by 80 % after addition of citric acid while the Cd uptake was significantly restrained at least during the first hour; later on, there were no significant differences between Cd uptake rate from free Cd ions or those complexed by citrate. The increased heavy metal uptake rate of plants grown in the soil might have been due partially to the increase of the solubility of these metals e.g. the solubility of Cd in the rhizosphere on the one hand and on the other due to the slight diffusion of the trace elements into the root surface. Despite the higher Cd uptake rate of lupin species grown in soil as compared to the ryegrass, the lower Cd shoot content of the lupin species resulted mainly from their capacity of retention of Cd in the roots (81 – 94 %) in comparison to that of ryegrass (66 %). This retention of Cd in the roots might have resulted from high Cd sorption in the apparent free space and / or complexation by low molecular organic anions in the cortex cells and must be further investigated.

Kurzfassung

Das Ziel der Untersuchungen war, das Aneignungsvermögen der drei Lupinenarten *L. albus*, *L. angustifolius* und *L. luteus* für die Schwermetalle Cu, Zn und Cd im Vergleich zu der monokotylen Spezies *Lolium multiflorum* näher zu untersuchen. Hintergrund für dieses Ziel war die bekannte hohe Exsudation der Wurzeln von Weißen Lupinen an Citrat und Malat und deren Einfluss auf die Erhöhung der Löslichkeit von Phosphat aber auch von metallischen Ionen wie Fe^{3+} und Al^{3+} . Es war zu vermuten, dass auch die Löslichkeit von Cu, Zn und Cd erhöht wird und ihre Aufnehmbarkeit in unerwünschterweise steigen könnte.

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Verfolgung der Cu-, Zn- und Cd-Aufnahme von 7 Genotypen der 4 Spezies in Gefäßversuchen durch Anzucht auf einem sauren, humosen Sandboden und einem anthropogen mit Schwermetallen belasteten, neutralen Schluffboden.
- Messung der Exsudation organischer Säuren bei variiertem P-Angebot.
- Messung der P-, Cu-, Zn- und Cd-Mobilisierung im Boden durch Zugabe von Citrat.
- Prüfung der Aufnahme von freien und mittels Citrat komplexierter Cu-, Zn- und Cd-Ionen

Folgende Resultate wurden erzielt:

Die vergleichsweise hohen Cu- und Cd-Gehalte des Weidelgrases resultieren aus dem sehr hohen Wurzellängen / Sproßmasse-Verhältnis bei relativ geringeren Aufnahmeleistungen aber insbesondere bei Cd aus einer hohen Cd-Verlagerung in den Spross (34 %). Die Zn-Gehalte des Weidelgrases lagen zumeist niedriger als in den Lupinensprossen, da die Aufnahmeleistungen im Vergleich zu den Lupinenarten mehr als eine Zehnerpotenz niedriger lagen und die Verlagerung in den Spross ähnlich der der Lupinen war.

Die hohen Aufnahmeleistungen an Cu, Zn und Cd der Lupinenwurzeln korrespondierten mit der hohen Exsudation organischer Säuren dieser Lupinenarten, die bei P-Mangel noch erhöht war.

Die steigende Zufuhr von Citronensäure zum Boden erhöhte die Löslichkeit einerseits von P (Ligandenaustausch) und andererseits von Cu, Zn und Cd durch ihre Komplexbildung mit den Citratanionen.

Bei der Anwesenheit von 10^{-3} M Citrat in den „Nährlösungen“ mit den Metallionen wurde die Aufnahme von Cu total und die von Zn bei allen drei Lupinenarten bis zu 80 % im Vergleich zu Lösungen ohne Citrat im Kurzzeitversuch gehemmt. Bei Cd erschwerte Citrat die Cd-Aufnahme nur während der ersten ein bis zwei Stunden.

Die erhöhte Schwermetallaufnahmerate von im Boden gewachsenen Pflanzen dürfte zum Teil auf die direkt erhöhte Löslichkeit z.B. bei Cd in der Rhizosphäre und zum anderen auf die erleichterte Diffusion der Spurennährstoffe Cu und Zn zur Wurzel zurückzuführen sein, da die direkte Aufnahme der komplexierten Ionen wenig wahrscheinlich ist. Dass die Lupinensprosse trotz höherer Cd-Aufnahmeleistungen bei Anzucht im Boden im Vergleich zum Weidelgras niedrigere Sprossgehalte aufweisen, resultiert hauptsächlich aus dem wesentlich höheren Rückhaltevermögen der Wurzeln (81 – 94 %) im Vergleich zu dem des Weidelgrases (66 %). Die Ursache dafür (Komplexierung in Vakuolen?) ist noch offen.