



Doctoral Thesis

## **Wurzelinduzierte Veränderungen der Rhizosphäre unter Kupferüberschuss und Eisenmangel bei *Lupinus albus* L.**

**Author(s):**

Jung, Christoph

**Publication Date:**

2000

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004043540> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 13792

# **Wurzelinduzierte Veränderungen der Rhizosphäre unter Kupferüberschuss und Eisenmangel bei *Lupinus albus* L.**

Abhandlung  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

**CHRISTOPH JUNG**

Dipl. Chem., Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
geboren am 16. Juni 1969  
in Mannheim  
(deutscher Staatsangehöriger)

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H. Sticher, Referent  
Prof. Dr. E. Frossard, Korreferent  
Dr. F. Funk, Korreferent

2000

# Zusammenfassung

Im Mittelpunkt dieser Studie stand die Untersuchung wurzelinduzierter Veränderungen im Wurzelraum von *Lupinus albus* L. bei Kupferüberschuss sowie Kupfer- und Eisenmangel. Die zentralen Fragen der Arbeit waren: a) Kann die Weiße Lupine die chemischen Bedingungen in der Rhizosphäre derart verändern, dass einer Kupfervergiftung entgegengewirkt wird? b) verfolgt sie eine spezielle Kupferaufnahme-Strategie unter Kupfermangelstress? c) wie beeinflusst die Eisenaufnahme-Strategie den Kupferhaushalt der Pflanze bei Eisenmangel?

Das Wachstum individueller Pflanzen erfolgte in separaten Wachstumsrohren unter hydroponischen und semi-sterilen Bedingungen. Die Nährmedien enthielten entweder erhöhte Kupfermengen (20-100  $\mu\text{M}$ ), oder es wurde kein Eisen bzw. Kupfer zugegeben. Diesen Stressbedingungen waren die Pflanzen bis zu 50 Tagen ausgesetzt. Alle 4 Tage wurden dem Medium Proben entnommen und analysiert (pH-Wert, Redox-Potential, niedermolekulare organische Säuren, Gehalt löslicher Phenole, hochmolekulare Wurzelexsudate, Eisen- und Kupfergehalte). Weiterhin wurden der Kupfer- und Eisengehalt der Pflanzen, die Kupfereinlagerung in die Wurzelzellen, sowie phenolische Inhaltsstoffe der Wurzeln untersucht.

Unter moderaten Kupferüberschuss-Bedingungen (20  $\mu\text{M}$ ) sekretierten die Pflanzen vermehrt lösliche Phenole und hochmolekulare, phenolische Wurzelexsudate und reicherten Isoflavone (v.a. Genistein und Genistein-(malonyl)-glucosid) in den Wurzeln an. Da diese unterschiedlichen Moleküle Kupfer binden, kann vermutet werden, dass die beobachteten Effekte einer Kupfervergiftung entgegenwirken können. Damit konsistent ist die beobachtete Akkumulation von Kupfer im Apoplasten der Wurzel-Epidermis.

Kupfermangel bewirkte bei *Lupinus albus* L. kein verändertes Exsudationsverhalten. Offensichtlich sind die in den Samen gespeicherten Kupfervorräte ausreichend für ein gesundes Wachstum innerhalb der ersten 50 Tage.

Auf Eisenmangel reagierten die Pflanzen mit den charakteristischen Merkmalen der Strategie I. Sie exsudierten  $\text{H}^+$ , lösliche Phenole und setzten das Redox-Potential im Medium herab. Vermutlich wurden auch Riboflavine im Wurzelraum abgegeben (sichtbar an einer intensiven Gelbfärbung der Wurzeln). Zusätzlich wurde eine - bisher noch nicht berichtete - Ausschüttung hochmolekularer Wurzelexsudate und grosser Mengen an Citronensäure (2,7 mmol/g Wurzel Trockensubstanz) beobachtet. Darüber hinaus akkumulierte Genistein-(malonyl)-glucosid in den Wurzeln. Die Pflanzen reagierten auf den Eisenmangel vor allem durch eine stark erhöhte Kupfer- und Zinkanreicherung in Wurzeln und Spross. Die Auswirkungen dieser gegenseitigen Wechselwirkungen könnten von Interesse sein, wenn Kulturpflanzen auf eisenarmen Böden angebaut werden.

# Abstract

In this study we have investigated root-induced changes in the rhizosphere of *Lupinus albus* L. (white lupine) grown under different stress conditions (Cu excess, Cu deficiency and Fe deficiency) to address the following questions: a) Is white lupine able to influence the chemical conditions in the rhizosphere to reduce copper toxicity? b) does Cu deficiency provoke responses by the roots? and c) what are the effects of Fe deficiency on Cu speciation in the rhizosphere and Cu uptake by the plants?

Individual plants were grown in growth tubes under semisterile hydroponic conditions. Plants were exposed to different stress conditions (copper excess: 20 - 100  $\mu\text{M}$ , Cu or Fe deficiency) for up to 50 days. Every 4<sup>th</sup> day nutrient solution samples were taken to determine pH, redox potential, low molecular weight organic acids, soluble phenolics, high molecular weight phenolics, Fe and Cu contents. In addition, Cu and Fe uptake by the plants, Cu distribution in root cells and polyphenolic compounds of the roots were investigated.

At moderate Cu excess (20  $\mu\text{M}$ ) *Lupinus albus* L. secreted soluble and high molecular weight phenolics. Additionally, plants enhanced isoflavonoid production (particularly genistein and genistein-(malonyl)-glucosid) in the roots. Since these molecules each can bind Cu, it may be assumed that all effects described above can counteract copper-mediated toxicity. Consistent with this view, Cu was accumulated in the apoplasm of root epidermis, resulting in a lower translocation rate to the shoot.

Cu deficiency provoked no significant changes of rhizosphere conditions of *Lupinus albus* L. Conclusively, within the first 50 days of plant growth, the small copper amounts stored in lupine grains provides sufficient copper supply for plants to develop normally.

In response to Fe deficiency plants showed characteristic features of strategy I. They exuded protons, soluble phenolics, and reduced redox potential around the roots. It is likely that flavins were also accumulated and secreted as indicated by intensively yellowish coloured roots and root exudates. Additionally, we observed the release of high molecular weight phenolics, large amounts of citric acid from the roots and an enhanced production of genistein-(malonyl)-glucosid in the roots, which had not been reported before. Finally, we monitored a strongly increased Cu- and Zn-uptake by plants. This mobilization effect of toxic elements could be of interest for cultivation of agriculture plants on Fe deficient soils.