

Pflanzenernährung, Wurzeleistung und Exsudation.

8. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes.

(Ed. W. Merbach) B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, Leipzig 1998, pp. 143-149

ZUM PHOSPHATANEIGNUNGSVERMÖGEN VON GELBLUPINE (*Lupinus luteus* L.) und KICHERERBSE (*Cicer arietinum* L.) AUF ZWEI SAUREN, P-ARMEN BÖDEN PORTUGALS

RÖMER, W.; CASTANEDA-ORTIZ, N.; GERKE, J.

Institut für Agrikulturchemie

Von Siebold-Str. 6

D - 37075 Göttingen

PHOSPHATE ACQUISITION OF YELLOW LUPIN (*Lupinus luteus* L.) AND CHICK PEA (*Cicer arietinum* L.) ON TWO ACID P-DEFICIENT SOILS FROM PORTUGAL

Abstract

Yellow lupin and chick pea were cultivated on two acid P-deficient soils (pH: 5.3; < 2 mg lactate extractable P/100 g soil) in a pot experiment.

The application of 50 mg P/kg soil strongly increased dry matter production in both species. Lupines showed a higher P-concentration in the shoots than chick pea especially in the P-treatment (0.13 - 0.19 % vs. 0.08 - 0.15 % P).

This result was caused by a higher P-influx in yellow lupin compared to chick pea, which was, on average, a factor of 4 higher in the P-treatment. Root morphology parameters or differing root/shoot ratio did not explain the differences in P acquisition between both plant species. We explain this result by the excretion of mobilizing agents by yellow lupines. Like white lupin, this plant species forms proteoid roots as a result of P deficiency.

Zusammenfassung

In zwei sauren, P-armen Böden (weniger als 2 mg P/100 g Boden, Laktat-Extraktion) steigert eine P-Gabe von 50 mg/kg Boden den Sproßertrag in 45 bzw. 90 Tagen bei Kichererbse und Lupine, weil die P-Gehalte in der Sproßmasse in den optimalen Bereich angehoben werden. Interessant ist, daß die Lupinen stets, aber besonders bei niedrigem P-Niveau, höhere P-Gehalte in

der Sproßmasse (0,13 bis 0,19 %) besitzen als die Kichererbsen (0,08 bis 0,15 %). Das höhere P-Aneignungsvermögen der Lupine beruht nicht auf einem höheren Wurzel/Sproß-Verhältnis, sondern auf einer höheren P-Aufnahmerate je cm Wurzel (Influx). Der Influx ist bei niedrigem P-Niveau ca. 4 mal größer und bei hohem P-Niveau ca. 1,8 mal größer als bei Kichererbse. Die Ursache kann darin bestehen, daß die Gelblupine Proteoidwurzeln ähnlich denen der Weißlupine bildet, die über Citratausscheidung Phosphor mobilisieren.

Einleitung

Es gibt im wesentlichen drei Gründe, sich mit dem Phosphataneignungsvermögen von Kulturpflanzen zu beschäftigen. Erstens muß auf hoch mit P versorgten und erosionsgefährdeten Standorten die Düngieranwendung (organisch und mineralisch) aus ökologischen Gründen reduziert werden (RÖMER 1997), so daß die Boden-P-Gehalte zukünftig sinken werden. Dies ist auch ökonomisch sinnvoll, wie Versuche mit längerfristig unterlassener P-Düngung zeigten (WENDT et al. 1996). Zweitens ist das Niveau der Boden-P-Gehalte in „ökologisch“ wirtschaftenden Betrieben häufig niedriger als im konventionellen Landbau (DIETZ et al. 1991). Drittens gibt es weltweit riesige landwirtschaftliche Areale, vorzugsweise in den Tropen, an P-verarmten Böden und/oder geringer P-Verfügbarkeit (VLEK und KOCH 1992; SOLTAN et al. 1993). Pflanzen haben für die Situation geringer P-Versorgung Anpassungsmechanismen verschiedener Art (Vergrößerung des Wurzel/Sproß-Verhältnisses, Steigerung der Wurzelphosphataseaktivität, Ausscheidung von Protonen und/oder organischer Säureanionen etc.) entwickelt (vgl. BEISSNER 1997). Im vorzustellenden Versuch wurde das P-Aneignungsvermögen von zwei Leguminosen auf zwei P-armen sauren portugiesischen Böden im Gefäßversuch geprüft. Als wesentliche Kriterien des P-Aneignungsvermögens wurde in Anlehnung an CLAASSEN (1990) das Wurzel/Sproß-Verhältnis, also die je Sproßeinheit zur Verfügung stehende Wurzellänge und die P-Aufnahmerate je cm Wurzel (Influx) bei zwei P-Niveaus bestimmt.

Material und Methoden

In Gefäßen (3 000 cm³) mit zwei sauren (pH CaCl₂: 5,3) und P-armen Böden (laktatlöslicher P im Humic Cambisol: 1,2; im Vertic Luvisol: 2,0 mg/100 g Boden) wurden beide Pflanzenarten in der Klimakammer ohne und mit P-Düngung (50 mg P/kg Boden als Na₂HPO₂) für 45 bzw. 90 Tage angezogen. Die Pflanzen wurden mit K₂SO₄ gedüngt, erhielten aber keine mineralische N-Düngung. Statt dessen wurden die Böden mit Knöllchenbakterien beimpft (Kichererbse mit einem

Rhizobiumpräparat der Gruppe „chick pea“, Lupine mit „Radizin“ für Lupinen. Zu den Ernteterminen wurden je 3 Gefäße pro Versuchsglied geerntet und die Pflanzenparameter bestimmt, Wurzellängen nach NEWMAN (1966), P-Influx nach WILLIAMS (1948), P im Pflanzenmaterial nach KITSON und MELLON (1944).

Ergebnisse und Diskussion

Eine P-Düngung führte bei Kichererbse nach 45 bzw. 90 Tagen zu relativ geringen Mehrerträgen der Sprosse (Abb. 1), obwohl die P-Konzentration in der Sproßtrockenmasse sich verdoppelte bzw. verdreifachte, wenn P gedüngt wurde. Die Düngung mit 50 mg P/ kg Boden reichte offenbar aus, den P-Gehalt in den optimalen Konzentrationsbereich von ca. 0,25-0,30 % bei Körnerleguminosen in diesem Stadium zu bringen (BERGMANN 1993). Wichtig ist zu bemerken, daß die P-Konzentrationswerte in den Varianten ohne Phosphatgabe zur zweiten Ernte von 0,15 auf unter 0,08 % absanken (Abb. 2).

Gelblupine produzierte in allen Versuchsgliedern höhere Sproßtrockenmasseerträge als Kichererbse (Abb. 1). Die P-Konzentrationen im Sproß lagen in der Mehrzahl der Varianten deutlich über denen der von Kichererbse (Abb. 2). Damit ergibt sich insgesamt, daß sich die Gelblupine bei gleichem P-Angebot mehr P aus dem Boden aneignen konnte.

Verschiedene Ursachen können für das höhere P-Aneignungsvermögen von Gelblupine verantwortlich sein. Einerseits kann das Wurzel/Sproß-Verhältnis (cm Wurzel/mg TM Sproß) von Gelblupine höher als das von Kichererbse sein. Dadurch wäre die aufnehmende Wurzeloberfläche pro Einheit Sproß erhöht und bei gleicher P-Verfügbarkeit im Boden auch die aufgenommene P-Menge. Andererseits könnte ein unterschiedlicher P-Influx die differierende P-Aufnahme erklären. Beide Möglichkeiten wurden geprüft. Beide Pflanzenarten wiesen, wie erwartet, ohne P-Düngung ein höheres Wurzel/Sproß-Verhältnis auf als mit P-Düngung (Abb. 3). Dabei sind jedoch die Unterschiede zwischen den zwei Arten relativ gering, aber die Kichererbse zeigte stets die größere Wurzellänge je Einheit Sproß. Das erklärt somit nicht die Unterschiede in der P-Aufnahme. Dagegen ist der P-Influx von Gelblupine ohne P-Düngung um den Faktor 3 bis 4 höher als der von Kichererbse (Abb. 4). Die Unterschiede zeigen sich ebenso, wenn auch abgeschwächt, in den P-gedüngten Varianten.

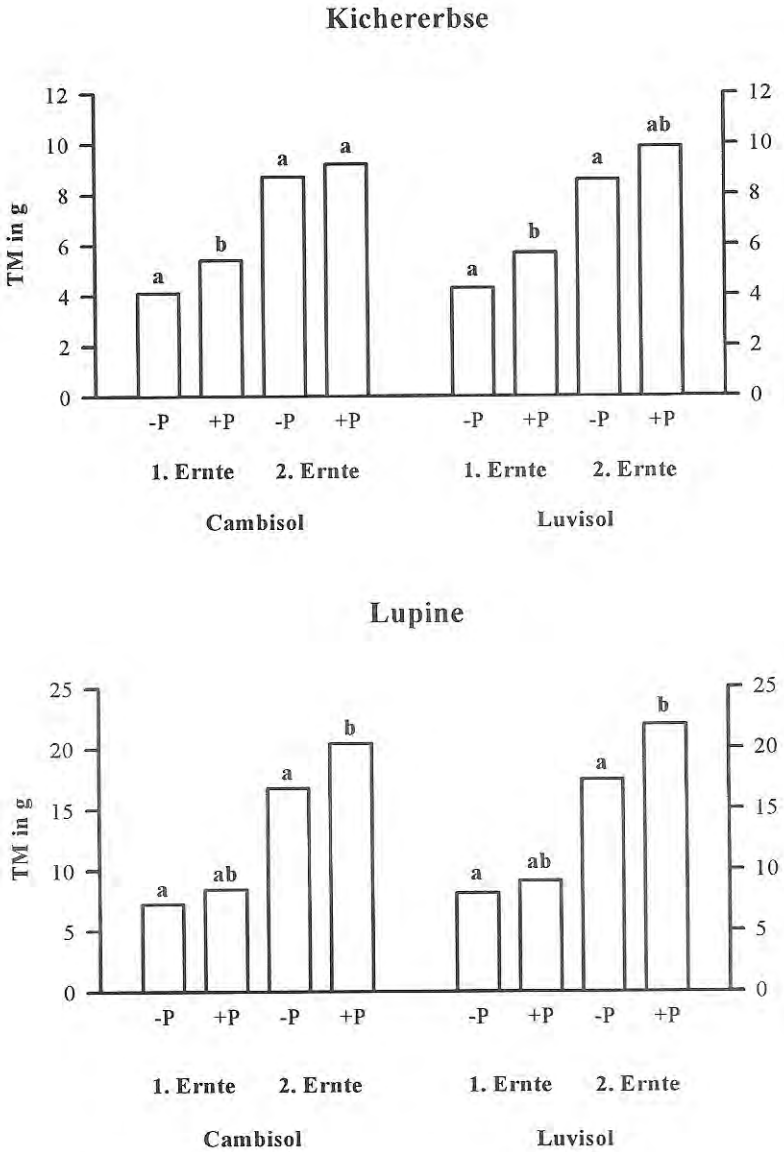
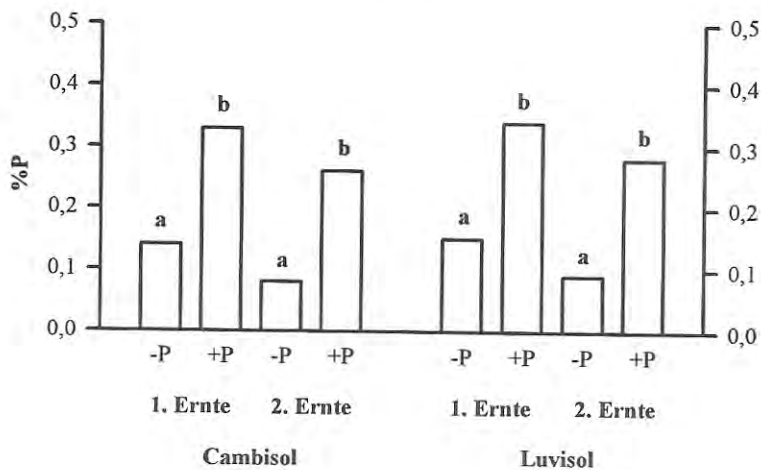


Abb. 1: Sproßtrockenmasseerträge in g je Gefäß

Säulen mit verschiedenen Buchstaben (a, b) sind statistisch signifikant voneinander verschieden bei $p = 0,05$.

Kichererbse



Lupine

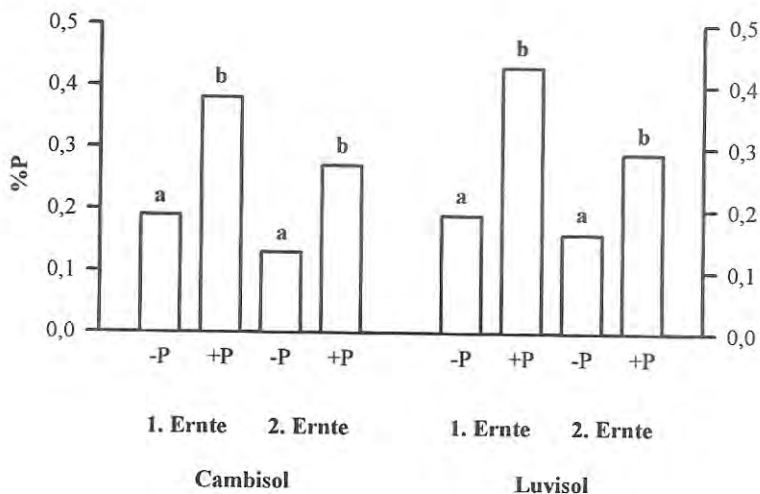


Abb. 2: P-Konzentration in der Sproßtrockenmasse

Säulen mit verschiedenen Buchstaben (a, b) sind statistisch signifikant voneinander verschieden bei $p = 0,05$.

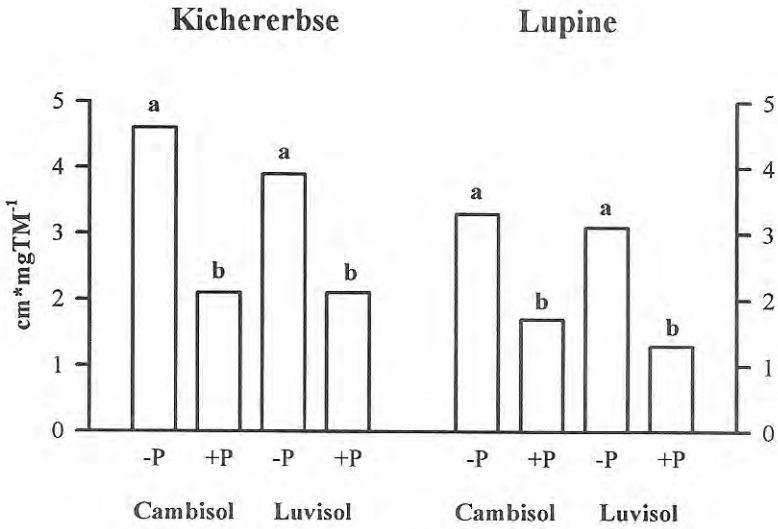


Abb. 3: Wurzel/Sproß-Verhältnisse ($\text{cm}^3 \text{mg TM}^{-1}$) zur 2. Ernte.

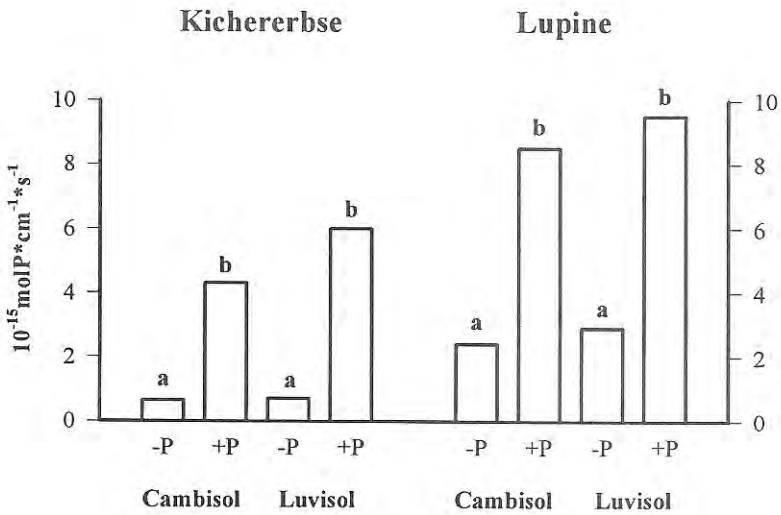


Abb. 4: P-Influxwerte ($10^{-15} \text{mol P cm}^{-1} \text{s}^{-1}$) zwischen 1. und 2. Ernte.

Die Gründe für das größere P-Aneignungsvermögen der Gelblupine könnte in einer stärkeren Ausbildung von Wurzelhaaren und/oder der Exsudation von P-mobilisierenden Substanzen sein. Beides ist bisher nicht in vergleichenden Untersuchungen geprüft worden. Es ist aber bekannt, daß beide Pflanzenarten Protonen ausscheiden, damit den pH-Wert in der Rhizosphäre absenken und vermutlich Ca-Phosphate in Lösung bringen (DINKELAKER 1990; GERKE 1995). Hier handelte es sich aber um zwei saure Böden, in denen kaum mit nennenswerten Mengen an Ca-Phosphaten zu rechnen ist. Damit dürfte die Protonenausscheidung in bezug auf eine P-Mobilisierung wenig bewirken. Während die Protonenausscheidung bei der Kichererbse nach DINKELAKER (1990) eine unspezifische Reaktion ist, werden aber von den Proteoidwurzeln der Weißlupine Protonen offenbar in Verbindung mit Citrat und Malat ausgeschieden (DINKELAKER et al. 1989). Beide organische Säuren sind aber effektiv bei der P-Mobilisierung (GERKE 1995). Gelblupinen-Pflanzen bilden bei geringem P-Angebot ebenfalls Wurzeln mit proteoidwurzelnähnlichem Charakter aus. Daraus ergibt sich die Vermutung, daß das größere P-Aneignungsvermögen der Gelblupine vielleicht ebenfalls auf der verstärkten Säureausscheidung in die Rhizosphäre und die damit verbundene P-Mobilisierung beruht.

Literaturverzeichnis

- BERGMANN, W.: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, S. 386 (1993).
- CLAASSEN, N.: Nährstoffaufnahme höherer Pflanzen aus dem Boden - Ergebnis von Verfügbarkeit und Aneignungsvermögen. Severin Verlag, Göttingen (1990).
- DIEZ, T.; BECK, T.; BORCHERT, H.; CAPRIEL, P.; BAUCHHENS, J.: Vergleichende Bodenuntersuchungen von konventionell und alternativ bewirtschafteten Betriebsschlägen. 2. Mitteilung. Bayer. Landw. Jahrbuch 68, 409-443 (1991).
- DINKELAKER, B.; RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H.: Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white lupin (*Lupinus albus* L.). *Plant Cell Environment*, 12, 285-292 (1989).
- DINKELAKER, B.: Genotypische Unterschiede in der Phosphateffizienz von *Kichererbse* (*Cicer arietinum* L.). Diss. Agrarfak. Stuttgart-Hohenheim (1990).
- GERKE, J.: Chemische Prozesse der Nährstoffmobilisierung in der Rhizosphäre und ihre Bedeutung für den Übergang vom Boden in die Pflanze. Cuvillier Verlag, Göttingen (1995).
- KITSON, R.E.; MELLON, M.G.: Colorimetric determination of phosphorus as molybdovanado acid. *Industr. Engineering Chem. Anal. Ed.* 16, 379-383 (1994).
- NEWMAN, E.J.: A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3, 133-145 (1966).
- RÖMER, W.: Phosphataustrag aus der Landwirtschaft in Gewässer. *Wasser und Boden* 8, 51-54 (1997).
- SOLTAN, S.; RÖMER, W.; ADGO, E.; GERKE, J.; SCHILLING, G.: Phosphate sorption by Egyptian, Ethiopian and German soils and P uptake by rye (*Secale cereale* L.) seedlings. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 156, 501-506 (1993).
- VLEK, P.L.G.; KOCH, H.: The soil resource base and food production in the developing world: special focus on africa. *Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen.* 139-160 (1992).
- WENDT, J.; JUNGK, A.; CLAASSEN, N.: Höhe der Erhaltungsdüngung und Ausnutzung von Düngerphosphat vor dem Hintergrund der P-Alterung im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 159, 271-278 (1996).
- WILLIAMS, R.F.: The effect of phosphorus supply on the rates of intake of phosphorus and upon certain aspects of phosphorus metabolism in gramineous plants. *Austr. J. Sci. Res.* 1, 333-361 (1948).