©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	**Vol. 25**	Fasc. 2	301–307	30. 11. 1985

Zur Bedeutung des Nickels für *Fabaceae* II. Nickelaufnahme und Nickelbedarf von *Pisum sativum* L.

Von

Othmar HORAK*)

Mit 2 Abbildungen (1 Tafel)

Eingelangt am 28. Januar 1985

Key words: Nickel uptake, concentration of Ni in seeds, growth response, *Pisum sativum*

Summary

HORAK O. 1985. The importance of nickel in *Fabaceae*. II. Uptake and requirement of nickel by *Pisum sativum* L. – Phyton (Austria) 25 (2): 301–307, with 2 figures (1 plate). – German with English summary.

Pea plants, cultivated three weeks on two different soils, took up Ni at a threefold higher rate than maize plants. Repeated culture of peas on Ni-deficient nutrient solution reduced the seed concentration of Ni to 0,17 ppm/DM, against 2, 94 ppm, analyzed in Ni-supplied peas. When seeds, pretreated in such a way, were planted under conditions of low nitrogen supply, the plant growth was different with respect to the seed Ni-content. Already a few days after germination seedlings with high Ni-content showed a better root growth than those with low Ni-content. Pea seedlings were inoculated with *Rhizobium* and planted on unfertilized soil. At the end of the growth period, plants from seeds with a high level of Ni gave a 30% higher yield than those from Ni-deprived seeds. It is thus concluded, that Ni, as an essential compound of urease, is necessary for the breakdown of arginine stored in pea seeds.

Zusammenfassung

HORAK O. 1985. Zur Bedeutung des Nickels für *Fabaceae*. II. Nickelaufnahme und Nickelbedarf von *Pisum sativum* L. Phyton (Austria) 25 (2): 301–307, mit 2 Abbildungen (1 Tafel). – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

---

*) Dr. Othmar HORAK, Institut für Landwirtschaft, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H., A-2444 Seibersdorf.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Nach dreiwöchiger Kultur auf zwei verschiedenen Böden hatten Erbsenpflanzen dreimal so viel an Ni aufgenommen wie Maispflanzen. Durch wiederholte Kultur von Erbsen in Nährlösung bei Ni-Mangel konnte der Ni-Gehalt im Samenkorn auf 0,17 ppm/TS gegenüber 2,94 ppm in dem Ni-versorgten Ansatz abgesenkt werden. Eine weitere Kultur derartig vorbehandelter Samen ergab bei geringer Stickstoffversorgung Wachstumsunterschiede in Abhängigkeit vom Ni-Gehalt im Samenkorn. Bereits nach einigen Tagen waren Keimpflanzen aus Ni-armen Samen am geringeren Wurzelwachstum erkennbar. Gekeimte Erbsenpflänzchen wurden mit *Rhizobium* inokuliert und auf ungedüngtem Boden gepflanzt. Am Ende der Wachstumsperiode ergaben die aus Ni-reichen Samen gezogenen Pflanzen gegenüber jenen aus Ni-armen Samen einen Mehrertrag von 30%. Dies läßt den Schluß zu, daß Ni als Bestandteil der Urease zum Abbau des in den Erbsensamen gespeicherten Arginins benötigt wird.

Einleitung

Aus verschiedenen Befunden ist eine besondere Bedeutung des Nickels für Pflanzen aus der Familie der *Fabaceae* abzuleiten. So konnten CATALDO & al. (1978 a) nachweisen, daß die Ni-Aufnahme bei intakten Sojabohnenpflanzen aktiv über ein mehrphasiges System verläuft. In der Pflanze selbst zeichnet sich Ni, im Gegensatz zu anderen Schwermetallen, durch außerordentlich hohe Mobilität aus (CATALDO & al. 1978 b). In einer zusammenfassenden Arbeit berichtete WELCH 1981 über einige bis dahin bekannte positive Wirkungen von Ni auf das Wachstum verschiedener Pflanzen sowie über mögliche Funktionsmechanismen des Elementes, das von DIXON & al. 1976 als Metallkomponente des Enzyms „Urease" identifiziert wurde. Insbesondere waren es immer wieder Fabaceen, in denen hohe Ureaseaktivität nachgewiesen wurde. So zum Beispiel jene Pflanzen, in deren Stickstoffhaushalt die Ureide Allantoin und Allantoinsäure, oder Guanidinverbindungen wie Canavanin eine bedeutende Rolle spielen.

Von ESKEW & al. 1983 konnte schließlich der Nachweis erbracht werden, daß die Sojabohne unter extremem Ni-Mangel Harnstoff in den Blättern anreichert, was die Ausbildung typischer Nekrosen zur Folge hat. Der Versuch gelang nur unter der Voraussetzung, daß der Ni-Gehalt der Samen, aus denen die Pflanzen herangezogen wurden, auf ein Mindestmaß abgesenkt wurde. Dazu war ein spezielles Reinigungsverfahren für die verwendeten Nährlösungen nötig (ESKEW & al. 1984).

Die stark ausgeprägte Eigenschaft, Ni in den Samenkörnern anzureichern, dürfte für Fabaceen typisch sein. Diese Ni-Reserve ist ein Hinweis auf die essentielle Bedeutung des Elementes, wobei eine wesentliche Funktion bei der Mobilisierung von Stickstoffverbindungen im Verlauf der Keimung anzunehmen ist (HORAK 1985). In einer weiteren Arbeit wird nun über Versuche mit der Gartenerbse, *Pisum sativum* L. berichtet, in denen die Ni-Aufnahme sowie der Einfluß der Ni-Konzentration im Samenkorn auf das Wachstum der nachfolgenden Generation untersucht wurde.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Material und Methode

Die Versuche wurden in einem Glashaus mit *Pisum sativum* L. cv. Kleine Rheinländerin in folgender Anordnung durchgeführt:

1. In 8 cm-Kunststofftöpfen wurde je eine Erbsenpflanze und vergleichsweise auch *Zea mays* L. cv. Dea 21 Tage auf zwei verschiedenen Böden herangezogen. Die Versuchsböden waren eine kalkhältige Feuchtschwarzerde (Seibersdorf, pH = 7,4) und eine Felsbraunerde (Zwettl, pH = 5,7). Eine Variante des fünffach wiederholten Versuches verblieb unbepflanzt, wurde jedoch mit dest. Wasser feucht gehalten. Am Versuchsende wurden die Sprosse beider Pflanzen 2 cm über der Bodenoberfläche abgeschnitten. Die Bodenlösungen wurden, nachdem am Vorabend aufgesättigt worden war, abgesaugt und anschließend zentrifugiert. Pflanzen und Bodenlösungen wurden auf ihre Ni-Konzentration analysiert.

2. Je zwei Erbsenpflanzen wurden in 2 Liter fassenden Kunststoffgefäßen auf einer Nährlösung, die wöchentlich erneuert wurde, bis zur Samenreife kultiviert. Die Nährlösung enthielt pro Liter 5 mM KNO_3, 3 mM $Ca(NO_3)_2$, 4 mM KH_2PO_4, 1 mM K_2SO_4, 2 mM $MgSO_4$, 50 µM Fe(EDTA), 6 µM H_3BO_3, 50 µM NaCl, 3 µM $MnSO_4$, 2 µM $ZnSO_4$, 1 µM $CuSO_4$, 0,3 µM MoO_3 und 0,2 µM $Co(NO_3)_2$. Nach dem Ankeimen auf feuchtem Zellstoff wurden die Jungpflanzen bis zum Erreichen einer Wurzellänge von etwa 5 cm auf dest. Wasser und anschließend eine Woche lang auf halb konzentrierter Nährlösung herangezogen. In der voll konzentrierten Lösung erhielt eine Variante 1,7 µM $NiSO_4$/l, die andere verblieb Ni-frei.

3. Die geernteten Samen wurden ein zweites Mal der beschriebenen Nährlösungskultur unterzogen, wobei die Anordnung der Ni-Varianten gleich blieb.

4. Eine dritte Generation Erbsen wurde auf einem nicht gedüngten Boden (Tschernosem, pH = 7,5) bis zur Samenreife herangezogen. Dazu wurden die Keime durch Eintauchen in eine Suspension von Rhizobium leguminosarum inokuliert und anschließend in Kunststofftöpfe mit 1 kg Boden verpflanzt.

Die Ni-Bestimmung in Pflanzen erfolgte nach Aufschluß mit Perchlorsäure – Salpetersäuregemisch (1 : 5 Volumsteile). Gemessen wurde auf einem Atomabsorptions-Spektrophotometer in der Graphitrohrküvette.

Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die Ni-Gehalte und Entzugsmengen von Mais und Erbse auf zwei verschiedenen Böden (Versuch 1). Die beiden Böden unterscheiden sich trotz ihrer verschieden hohen pH-Werte nur geringfügig in der Ni-Verfügbarkeit. Die Erbse läßt eine geringe Tendenz zur Mobilisierung des Nickels im Wurzelraum erkennen und nimmt das Element offensichtlich mit wesentlich höherer Intensität auf als der Mais. Die Gehalte und Ent-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

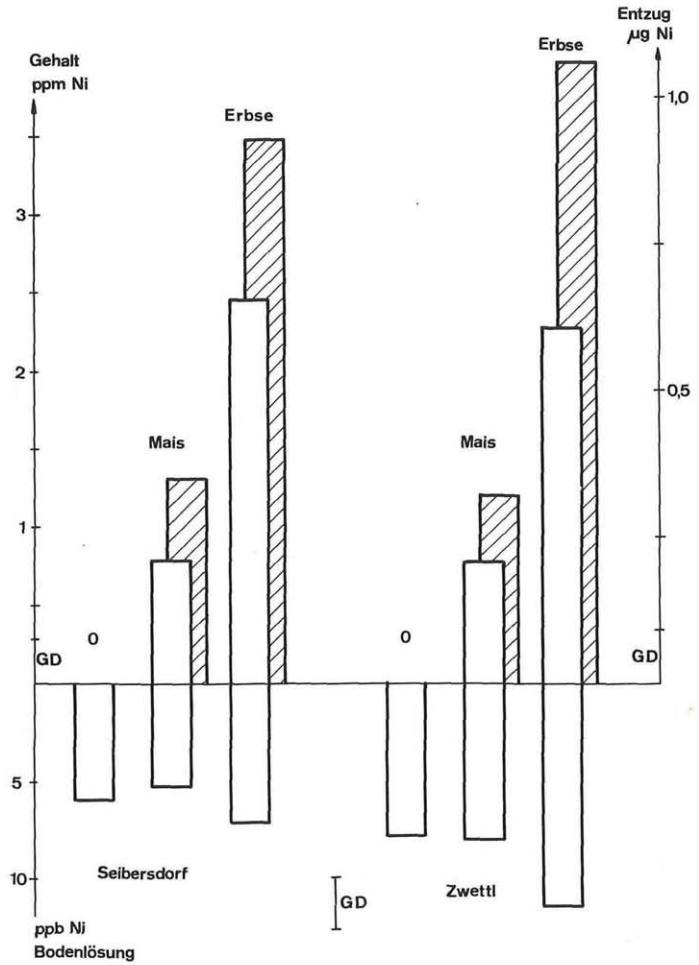


Abb. 1. Ni-Konzentration der Bodenlösung, Ni-Entzug (schraffiert) sowie Ni-Gehalt im Sproß von Mais- und Erbsenpflanzen auf 2 verschiedenen Böden. 0 = Variante ohne Pflanze.

zugsmengen der beiden Pflanzen unterscheiden sich zum Teil um mehr als das Dreifache.

Die Versuche 2 und 3 dienten in erster Linie dazu, Samen mit niedriger Ni-Konzentration zu erhalten. Die Tabelle 1 gibt die durch Analyse von Stichproben ermittelten Ni-Gehalte der Samenkörner wieder. Es ist ersichtlich, daß der Gehaltswert zwar beträchtlich unter den des Ausgangsmaterials absank, durch weiteren Ni-Mangel aber kaum mehr beeinflußt wurde. Wachstumsunterschiede waren bei diesen Versuchen nicht zu erkennen.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

Nickelgehalt von Erbsensamen (ppm/TS)

	Ausgangssaatgut	nach dem Versuch	
		ohne Ni	mit Ni
2. Versuch	2,04	0,20	2,47
3. Versuch	2,47	/	2,96
	0,20	0,17	/

Im 4. Versuch wurden Wachstumsunterschiede verzeichnet. Ein Teil der Keimlinge verblieb einige Tage länger im Wasser. In diesem Fall waren Pflänzchen aus Ni-reichen Samen am besseren Wurzelwachstum erkennbar. Die in den Boden versetzten Pflanzen wuchsen auch besser, wenn sie aus Samen mit hohem Ni-Gehalt stammten. Abbildung 2 zeigt die Pflanzen zur Blütezeit. Am Versuchsende betrug der Wachstumsunterschied etwa ein Drittel. Tabelle 2 enthält die Trockenmasseproduktion und die Ni-Gehalte der Pflanzen. Letztere zeigen keine signifikanten Unterschiede, da die Ni-Versorgung aus dem Boden ausreichte, den Gehalt im Samenkorn wieder auf einen Wert von über 2 ppm/TS anzuheben.

Tabelle 2

Trockenmasse und Ni-Gehalt von Erbsenpflanzen aus Samen mit unterschiedlicher Ni-Versorgung

	Gramm TM je Pflanze		Nickelgehalt (ppm/TS)	
	Sproß + Hülse	Korn	Sproß + Hülse	Korn
Samen Ni-reich	1,34	1,59	1,51	2,31
Samen Ni-arm	0,88	0,97	1,36	2,19
	$GD_{5\%} = 0,20$		$GD_{5\%} = 0,36$	

Diskussion

Ein Anstieg der Bodenlösungskonzentration in Verbindung mit der Wurzelaktivität der Erbse wurde – in noch stärkerem Maße – für verschiedene andere Elemente nachgewiesen und ist eine Folge der Protonenabgabe zur Erhaltung des Ionengleichgewichtes (HORAK 1982). Im konkreten Fall kann wahrscheinlich auch angenommen werden, daß auf Grund der staken Entzugswirkung der Erbsenpflanze die Konzentration in der Bodenlösung eher niedrig bleibt.

Bedingt durch die relativ kurze Wachstumsperiode könnten die von den Pflanzen aufgenommenen Nickelmengen bis zu einem gewissen Grad vom

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ausgangsgehalt des Samenkornes beeinflußt worden sein. So enthielt beispielsweise das Saatgut von Mais gegenüber der Ni-reichen Erbse (Tabelle 1) nur 0,33 ppm Ni/TS. Als geschätzte Gesamtmenge je Samenkorn ergibt sich daraus für Mais rund 0,1 µg und für die Erbse 0,5 µg. Der in Abbildung 1 angeführte Entzugswert bezieht sich lediglich auf den Sproß und ist in beiden Fällen wesentlich höher als der im Samenkorn vorhandene Anteil. Somit ist erwiesen, daß eine bedeutende Menge an Ni über die Wurzel aufgenommen und in den Sproß gelangt sein muß, wobei der in den Wurzeln verbleibende Rest nicht erfaßt wurde. Bei zahlreichen Versuchen mit Schwermetallen wurde stets der Hauptanteil des aufgenommenen Elementes in den Wurzeln lokalisiert. CATALDO & al. 1978 b stellten beispielsweise bei Sojabohne ein Verbleiben von 85% des aufgenommenen Nickels in den Wurzeln fest. Der deutliche Unterschied im Ni-Gehalt zwischen Erbse und Mais könnte allerdings auch allein oder überwiegend auf verschieden hohe Translokationsraten zurückzuführen sein.

Die weiteren Versuche lassen einen positiven Einfluß des im Samenkorn gespeicherten Nickels auf das Wachstum der Nachfolgegeneration erkennen, der anscheinend bei reichlicher Stickstoffversorgung in Hydrokultur nicht zur Geltung kommt. Wird die junge Pflanze aber nur mit geringen Mengen an mineralischem Stickstoff versorgt, was auf dem nicht gedüngten Boden wahrscheinlich der Fall war, so ist sie bis zum Einsetzen der Stickstoffbindung in erster Linie auf den Stickstoffvorrat des Samenkornes angewiesen. Nach Untersuchungen von DIXON & al. 1976 ist Urease und somit Ni wesentlich am Abbau gespeicherter Stickstoffverbindungen wie Arginin oder Canavanin beteiligt. Für die Erbse trifft dies sicher zu, denn sie enthält Reserveproteine mit hohem Anteil an Arginin, das im Verlauf der Keimung zu Ornithin und Harnstoff gespalten wird (DE RUITER & KOLLÖFFEL 1982). Zur weiteren Verwendung des Harnstoffs ist die Urease nötig. DE RUITER & KOLLÖFFEL 1983 beobachteten in keimenden Erbsen einen Anstieg der Ureaseaktivität auf das Fünffache des Ausgangswertes. Ebenso wie *Pisum* besitzt *Vicia faba* L. Arginin als wesentliche Stickstoffspeichersubstanz (KOLLÖFFEL & VAN DIJKE 1975), während zahlreiche andere Fabaceen durch hohe Konzentrationen des strukturanalogen Canavanins bekannt sind, dessen Abbau durch die gleichen Enzyme katalysiert wird (DOWNUM & al. 1983). Untersuchungen von ASHIHARA 1983 an *Phaseolus mungo* L. lassen auch eine gewisse Bedeutung von Purinverbindungen als leicht mobilisierbare Stickstoffreserven erkennen. Ihr Abbau erfolgt über Allantoin zu Allantoinsäure und schließlich zu Glyoxylat und Harnstoff.

Somit liegen nun eine Reihe von Befunden vor, die eine Interpretation bisher beobachteter stimulierender Wirkungen von Ni-Salzen auf keimende Samen zulassen. Dabei werden neben einer Reihe von Fabaceen auch verschiedene andere Pflanzen genannt (WELCH 1981). Die allgemeine Verbreitung des Arginins oder der Purine im Pflanzenreich läßt erwarten, daß Nickel eine generelle Bedeutung im Stickstoffhaushalt der Pflanze besitzt.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

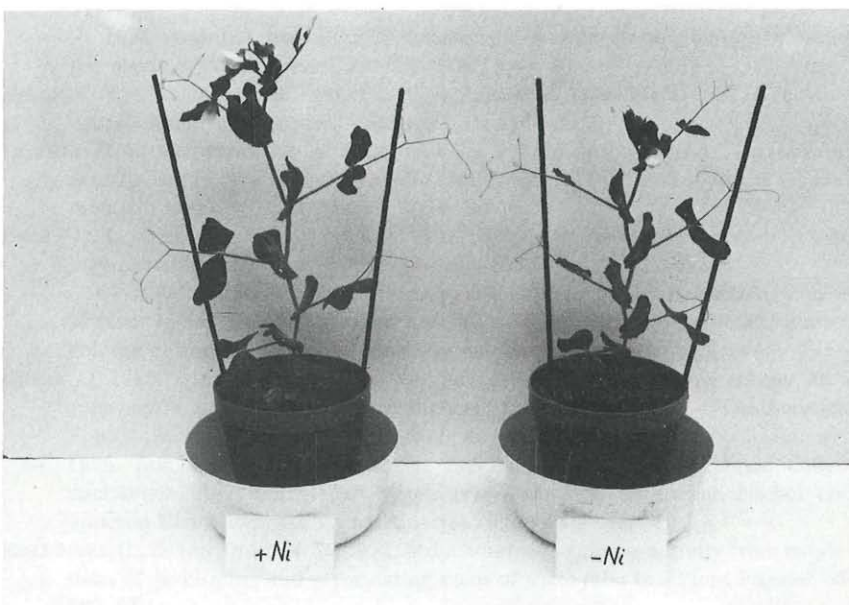


Abb. 2. Erbsenpflanzen aus Samen mit unterschiedlichen Ni-Gehalten zur Zeit der Blüte.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Literaturverzeichnis

ASHIHARA H. 1983. Changes in activities of purine salvage and unreide synthesis during germination of black gram *(Phaseolus mungo)* seeds. – Z. Pflanzenphysiol. 113: 47–60.

CATALDO D. A., GARLAND T. R. & WILDUNG R. E. 1978 a. Nickel in plants. I. Uptake kinetics using intact soybean seedlings. – Plant Physiol. 62: 563–565.

— — — 1978 b. Nickel in plants. II. Distribution and chemical form in soybean plants. – Plant Physiol. 62: 566–570.

DE RUITER H. & KOLLÖFFEL C. 1982. Activity of enzymes of arginine metabolism in the cotyledons of developing and germinating pea seeds. – Plant Physiol. 70: 313–315.

— — 1983. Arginine catabolism in the cotyledons of developing and germinating pea seeds. – Plant Physiol. 73: 525–528.

DIXON N. E., GAZZOLA C., BLAKELEY R. L. & ZERNER B. 1976. Metal ions in enzymes using ammonia or amides. – Science 191: 1144–1150.

DOWNUM K. R., ROSENTHAL G. A. & COHEN W. S. 1983. L-arginine and L-canavanine metabolism in Jack bean, *Canavalia ensiformis* (L.) D. C. and soybean, *Glycine max* (L.) MERR. – Plant Physiol. 73: 965–968.

ESKEW D. L., WELCH R. M. & CARY E. e. 1983. Nickel: An essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. – Science 222: 621–623.

— — — 1984. A simple plant nutrient purification method for effective removal of trace metals using controlled pore glass – 8 – hydroxyquinoline chelation column chromatography. – Plant Physiol. 76: 103–105.

HORAK O. 1982. Die Beziehung zwischen der pflanzlichen Aufnahme einiger Mikroelemente und deren wasserlöslichem Anteil im Boden. – Landwirtsch. Forsch., Kongreßband, Sonderheft 39: 404–414.

— 1985. Zur Bedeutung des Nickels für *Fabaceae*. I. Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt vegetativer Teile und Samen an Nickel und anderen Elementen. – Phyton (Austria) 25 (1): 135–146.

KOLLÖFFEL C., & VAN DIJKE H. D. 1975. Mitochondrial arginase activity from cotyledons of developing and germinating seeds of *Vicia faba* L. – Plant Physiol. 55: 507–510.

WELCH R. M. 1981. The biological significance of nickel. – J. Plant Nutr. 3: 345–356.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 25_2

Autor(en)/Author(s): Horak Othmar

Artikel/Article: Zur Bedeutung des Nickels für Fabaceae, II. 301-307