

Zink-Aufnahme verschiedener Pflanzen unter dem Einfluß von NH₄-Ernährung und DCD

H. Rothmeier und A. Amberger
Institut f. Pflanzenernährung, Techn. Univ. München-Weihenstephan

Zusammenfassung

Eine NH₄-Düngung in Kombination mit DCD zur Sicherstellung eines ständigen NH₄-Angebotes führte zu einer deutlichen pH-Absenkung des Rhizosphärenmediums. Daraus resultierte eine Mobilisierung von Bodenzink und eine verbesserte Verfügbarkeit schwerlöslicher Zn-Dünger. In einem Neubauserversuch mit Mais, Hafer und Buchweizen wurde der pH-Wert des Bodens durch NH₄-Düngung mit DCD um bis zu 1.9 pH-Einheiten abgesenkt, damit die Zn-Aufnahme der Pflanzen erheblich verbessert und die Zn-Sorptionskapazität des Bodens reduziert.

Da die Mobilität anderer kationischer Spurenelemente ebenfalls pH-abhängig ist, dürfte deren Verfügbarkeit in ähnlicher Weise beeinträchtigt werden.

Summary: Zn uptake of some crops as influenced by nutrition with NH₄ + DCD.

NH₄-fertilizing in combination with DCD to ensure a steady NH₄ supply, caused a pH decrease of the rhizosphere medium. The result was mobilization of native zinc and better availability of applied hardly soluble zinc fertilizers. In a Neubauser trial with corn, oat, buckwheat, and NH₄ + DCD as source of nitrogen, pH decreased by up to 1.9 pH-units, thus zinc uptake was increased and sorption of Zn in the soil considerably reduced.

As mobility of other cationic microelements is also dependent on pH, their availability might be influenced in a similar manner.

Einleitung

Die Zn-Mobilität im Boden und damit die Zn-Verfügbarkeit für Pflanzen ist neben physikalischen Bodenfaktoren in hohem Maße abhängig von organischen Chelatoren und dem pH-Wert (Elgawhary et al. 1970, Hodgson et al. 1967, Melton et al. 1973, Olsen und Kemper 1968, Randhawa und Broadbent 1964, Saeed und Fox 1976, Wear 1956.)

Wie aus der Literatur bekannt ist, kann durch die Wahl der Stickstoffform der pH-Wert des Wurzelmediums verändert werden: Durch NH₄-Aufnahme der Pflanze im Austausch gegen Protonen erfolgt eine Absenkung, durch NO₃-Aufnahme und Ausscheidung von OH⁻- bzw. HCO₃⁻-Ionen eine Erhöhung des pH-Wertes. Diese Veränderungen lassen sich durch H⁺-sensitive Elektroden meßtechnisch erfassen oder durch Zusatz von Indikatoren zum Wurzelmedium visuell verdeutlichen. Da die Mobilität von Zink mit abnehmendem pH zunimmt, konnte durch eine mittels Nitrifikationshemmstoff gesicherte NH₄-Ernährung eine höhere Zn-Aufnahme der Pflanzen erwartet werden.

Versuchsanstellung u. Methoden

Die Agarversuche entsprachen bis auf geringe Abänderungen der von Marschner und Mitarbeitem (1982) entwickelten Methode (einem mit Agar verfestigtem Nährmedium wird ein pH-Indikator zugesetzt).

Für die Neubauserversuche wurden die Boden-Quarzsand-Gemische nach folgendem Schema (Abb. 1) eingefüllt.

Boden: Dürmast, ul, pH 6.5, WK 60 & Düngung: NO₃ als Ca(NO₃)₂

NH₄ als (NH₄)₂SO₄ + 5 mg DCD-N/100 mg Dünger-N

Die gesamte N-Düngung (140 mg N/Topf) wurde über das Gießrohr in den unteren Bodenbereich plaziert.

166 mg K₂HPO₄/Topf
30 mg ZnO (beim Einfüllen der unteren Bodenschicht zugemischt)

20 Pflanzen/Topf in sechs Parallelsätzen
Versuchsdauer: 5 Wochen.

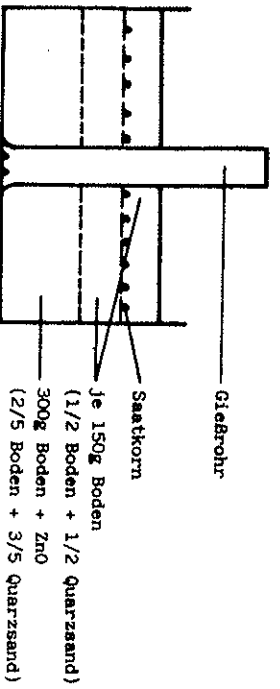


Abbildung 1: Schema zur Füllung der Neubauerschalen
Figure 1 : Outline for filling of Neubauer pots

Die Bestimmung der Zn-Sorption wurde aus den Arbeiten von Udo und Mitarbeitern (1970), Kuo und Mikkelsen (1980) und Elsockary (1979) abgeleitet: 2 g luftgetrockneter Boden (0.5 mm) wurden mit 40 ml H_2O dest. versehen. Den Bodensuspensionen wurden in 3 parallelen Ansätzen steigende Mengen an Zn zugesetzt, so daß letztlich Konzentrationen von 100, 250, 600, 1200, 2000 und 3000 μM Zn vorlagen. Die Proben wurden für 24 h geschüttelt, zentrifugiert und der Überstand im Atomabsorptionsspektrometer gemessen.

Die Zn-Sorptionsthermen sind durch die Langmuir - Gleichung beschrieben. A_{max} entspricht der maximalen Zn-Sorptionskapazität und wird durch den Quotienten der Steigung der Regressionsgeraden bestimmt, die sich aus der Transformation der Langmuir - Funktion in eine lineare Gleichung ergibt.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Agar eingesessenen Wurzeln der Maispflanzen bewirken bereits nach 6 h eine deutliche Farbänderung des Indikators (Bromkresolpurpur) im wurzelnahen Bereich (Abb.2). In der NH_4^+ -Variante (in der Abb. rechts) wurde das vorgegebene Agarmedium (pH 6.5) im unmittelbaren Wurzelbereich angesäuert. Die ursprünglich rote Farbe des Indikators (in der Abb. dunkelgrau) ging dabei in gelb über (in der Abb. als Aufhellung erkennbar); das entspricht einem pH-Wert

von weniger als 4.5. Das pH wurde somit um mehr als zwei Einheiten abgesenkt. In der NO_3^- -Variante (in der Abb. links) verfärbte sich der vorgegebene Agar (pH 4.5) im Wurzelbereich von gelb (in der Abb. hell) nach rotviolett (in der Abb. dunkelgrau) entsprechend einer pH-Erhöhung auf ca. 6.5 bis 7.0.

Das Ausmaß einer solchen pH-Veränderung hängt ab von der Pufferkapazität und der Dauer der Einwirkung der Pflanzenwurzeln.

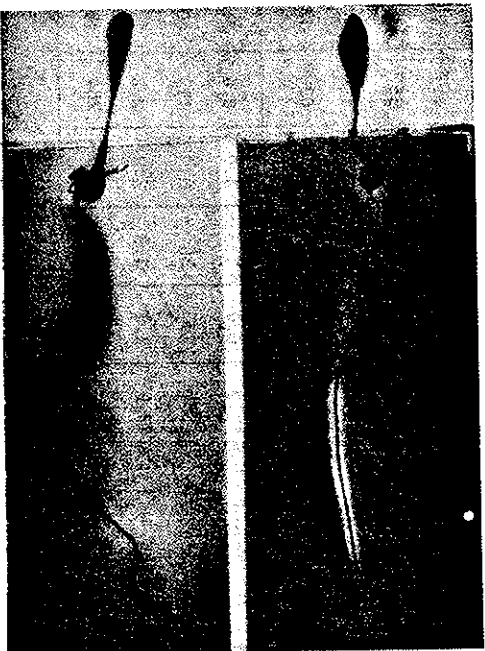


Abbildung 2: pH-Veränderungen in einem Agarmedium nach 6 h, verursacht durch die Wurzeln NO_3^- (links)-bzw. NH_4^+ (rechts) - ernährter Maispflanzen

Figure 2 : Changes in pH in an agar medium within 6 h caused by roots of corn plants supplied with either NO_3^- (left) - or NH_4^+ (right)

In einem Neubauerversuch wurde der durch die Stickstoffform induzierte pH-Effekt bestätigt und eine daraus resultierende veränderte Löslichkeit des schwerlöslichen ZnO geprüft (Tab. 1).

Tab. 1: Neubauerversuch zur Zn-Aufnahme bei NO_3^- - bzw. NH_4^+ -Ernährung

	Mais		Hafer		Buchweizen	
	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+
pH (untere Bodenhälfte)	7.1	4.7	7.4	4.6	6.7	4.6
ppm Zn i.d.TS	12	20	17	23	35	85
g TS i. g/Topf	3.8	3.4	3.1	3.0	1.8	2.2
Zn-Aufn. i. µg/Topf	46	68	53	69	63	187
pH (untere Bodenhälfte)	7.2	5.0	7.3	4.9	6.6	5.4
	ppm Zn i.d.TS	30	50	36	81	129
g TS i. g/Topf	3.9	3.8	3.3	2.9	2.2	1.2
Zn-Aufn. i. µg/Topf	117	190	119	235	284	485

Table 1: Zinc uptake in Neubauer trial with NO_3^- and NH_4^+ as source of nitrogen

Die Ergebnisse zeigen, daß durch NO_3^- -Ernährung das pH im Boden bei allen Versuchspflanzen deutlich anstieg, während durch NH_4^+ -Ernährung eine pH-Senkung um 1.1 (Buchweizen +ZnO) bis 1.9 (Hafer, Buchweizen -ZnO) pH-Einheiten auftrat.

Alle Versuchspflanzen nahmen unter NH_4^+ -Ernährung mehr Zink auf und erreichten auch höhere Zn-Konzentrationen (in der Trockensubstanz) als Folge einer verbesserten Löslichkeit des gedüngten Zinkoxids bzw. einer Desorption von Bodenzink durch die pH-Absenkung. In der Variante ohne ZnO-Düngung war der Effekt der NH_4^+ -Düngung zu Buchweizen im Vergleich zu den anderen Versuchspflanzen besonders deutlich. Dies könnte, da die pH-Werte der Böden nahezu gleich waren, mit

der größeren Effizienz des fein verzweigten, haarförmigen Wurzelsystems des Buchweizens zusammenhängen. Durch intensive Durchwurzelung des Bodens konnte die Diffusionsstrecke des desorbierten, nativen Zinks verkürzt und dadurch die Zn-Aufnahme verbessert werden.

In der Variante "+ZnO" waren Zn-Aufnahme und Zn-Konzentration aller Versuchspflanzen deutlich höher.

Ein Vergleich der Zn-Werte unter NO_3^- - und NH_4^+ -Düngung zeigt, daß die NH_4^+ -ernährten Pflanzen ein deutlich höheres An-eignungsvermögen für Zink haben.

Die hohen Zn-Werte des Buchweizens in der NH_4^+ -Variante sind als "Konzentrationseffekt" zu sehen, der zu einem reduzierten Wachstum (1.2 g TS/Topf) führte; auch die verminderte pH-Absenkung dürfte in diesem Zusammenhang gesehen werden.

Zum Nachweis einer erhöhten Zn-Mobilität nach NH_4^+ -Düngung

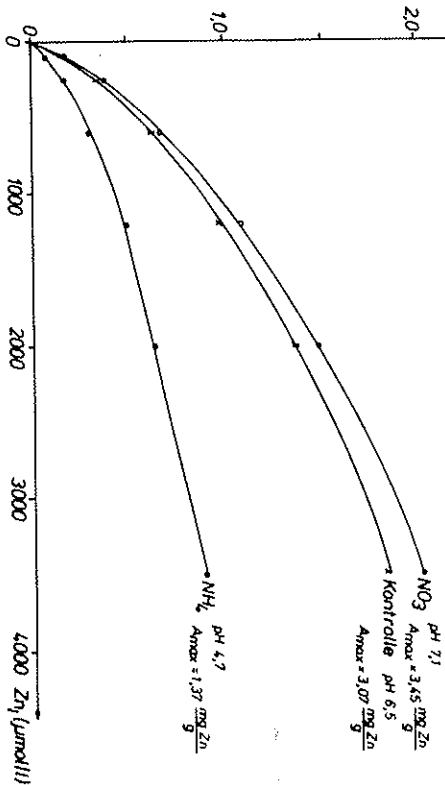


Abbildung 3: Zn-Sorptionsisothermen eines mit Mais bewachsenen und NO_3^- - bzw. NH_4^+ -gedüngten Bodens

Figure 3: Zn-sorption isotherms of a soil supplied with either NO_3^- or NH_4^+ and stocked with corn plants

wurde in dem mit Mais bewachsenen, nicht Zn-gedüngten Boden die Zn-Sorption bestimmt. In der Abb. 3 charakterisiert die Ordinate die sorbierte Zn-Menge (mg Zn/g Boden) und die Abszisse das lösliche Zn in der Gleichgewichtslösung ($\mu\text{mol/l}$). Der NH_4 -gedüngte Boden zeigte eine deutlich geringere Zn-Sorption als der NO_3 -gedüngte bzw. der Kontrollboden (unbewachsen).

Das Sorptionsmaximum war somit aufgrund des durch NH_4 -Düngung erzielten pH-Effektes erheblich geringer. Eine zusätzliche Wirkung N-spezifischer organischer Wurzelausscheidungen ist zwar nicht grundsätzlich auszuschließen, jedoch konnte in weiteren Versuchen durch entsprechenden Säurezusatz zum Boden ein ähnlicher Verlauf der Sorptionsisotherme erreicht werden.

Literatur

- Elsokkary, J.H. 1979: The chemical fractionation of soil zinc and its specific and total adsorption by Egyptian alluvial soils. *Plant and Soil*, 53, 117 - 129
- Elgawhary, S.M., Lindsay, W.L. and Kemper, W.D. 1970: Effect of complexing agents and acids on the diffusion of zinc to a simulated root. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34, 211 - 214
- Kuo, S. and Mikkelsen, D.S. 1980: Kinetics of zinc desorption from soils. *Plant and Soil* 56, 355 - 365
- Hodgson, J.F., Lindsay, W.L. and Kemper W.D. 1967: Contributions of fixed charge and mobile complexing agents to the diffusion of zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31, 410 - 413
- Marschner, H., Römheld, V. and Ossenberg-Neuhaus, H. 1982: Rapid method for measuring changes in pH and reducing processes along roots of intact plants. *Zeitschr. f. Pflanzenphysiologie*, 105, 407 - 416

- Melton, J.R., Samuel, K. and Swoboda, A.R. 1973: Diffusion of zinc in soils as a function of applied zinc, phosphorus and soil pH. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37, 379 - 381
- Olsen, S.R. and Kemper, W.D. 1968: Movement of nutrients to plant roots. *Advance in Agron.* 20, 91 - 151
- Randhawa, N.S. and Broadbent, F.E. 1964: Soil organic matter-metal complexes: 6. Stability constants of zinc-humic acid complexes at different pH values. *Soil Sci.* 99, 362 - 366
- Saeed, M. and Fox, R.L. 1976: Relation between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soils. Sonderdruck vom College of Tropical Agriculture University of Hawaii, 199 - 204
- Udo, E.J., Bohn, H.L. and Tucker, T.C. 1970: Zinc absorption by calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34, 405 - 407
- Wear, J.J. 1956: Effect of soil pH and calcium on uptake of zinc by plants. *Soil Sci.* 81, 311 - 317