Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 80 (1970)

Artikel: Die Absorption von Blei und Kupfer durch Wurzeln von Hordeum vulgare

Autor: Goren, Ayana / Wanner, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-56310

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Absorption von Blei und Kupfer durch Wurzeln von Hordeum vulgare

Von *Ayana Goren* und *Hans Wanner*

Manuskript eingegangen am 14. März 1970

1. Einleitung

Durch die Verwendung von Bleialkylen und Bleihalogeniden als Klopfbremsen im Benzin ist der Bleigehalt der Biosphäre vor allem in der Nähe von Strassen beträchtlich gestiegen. Aus dem Benzinverbrauch kann für die Schweiz eine Bleifreisetzung von 4 Tonnen pro Tag ermittelt werden. Obwohl die ausgestossenen Bleiverbindungen schwerlöslich sind, ist zu erwarten, dass Spuren von Pb^{2+}-Ionen in die Bodenlösung gelangen. Sie können hier an verschiedenen Reaktionen teilnehmen, in erster Linie werden sie von Anionen abgefangen, mit denen sie schwerlösliche Salze bilden, wie $PbCO_3$, $PbSO_4$ oder $Pb_3(PO_4)_2$. Anderseits können aber Pb^{2+}-Ionen auch an die Oberfläche lebender Pflanzenwurzeln gelangen und dort ebenfalls fixiert werden. Wir haben in einer früheren Arbeit gezeigt, dass dadurch die Absorption von Mangan stark gehemmt wird. Die Untersuchungen, über die hier berichtet wird, ergaben eine ähnliche Wirkung für Cu^{2+}-Ionen.

2. Methodik

2.1 Pflanzenmaterial

Körner von Hordeum vulgare wurden über Nacht gequollen, anschliessend einen Tag in Schalen angekeimt. Die Keimpflanzen wurden in einem Tageslichtklimaraum bei einer Temperatur von 20° ± 1° in einer gut durchlüfteten Hoaglandlösung aufgezogen. Bei Versuchsbeginn hatten die 8 Tage alten Pflanzen neben der Koleoptile ein ausgewachsenes Laubblatt.

2.2 Fütterung

Zur Anzucht wie zur Fütterung wurden Kunststoffbecher (160 ml) mit je 15 Pflanzen benützt. Zur Feststellung der Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme wurden die Versuche in Wasserbädern bei 15° und bei 25° durchgeführt. Gefüttert wurden Pb bzw. Cu als Nitrate $Pb(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$. In jedem Falle wurde EDTA als Komplexbildner in äquivalenter Menge zugegeben. Die Lösungen hatten einen Anfangs-pH von 4,3. Dieser Wert blieb während der kurzen Versuchszeit von 1 bis 3 Stunden annähernd konstant. Die Fütterungskonzentrationen und -perioden sind bei den einzelnen Versuchen angegeben. Nach Beendigung der Fütterung wurden die Wurzeln eine Minute in destilliertem Wasser gespült, danach abgeschnitten und bei 105° über Nacht getrocknet. Analysiert wurden nur die Wurzeln, da es sich gezeigt hatte, dass der Spross praktisch kein Blei und wenig Kupfer aufnimmt. In den Versuchen, bei denen die Nettoabsorption bestimmt werden sollte, wurden die Wurzeln zusätzlich für eine halbe Stunde in eine 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$-Lösung getaucht und wieder eine Minute mit destilliertem Wasser gespült und dann erst getrocknet.

2.3 Veraschung und Pb- bzw. Cu-Bestimmung

Die Proben wurden vor der Veraschung abgewogen unl dann mittels nasser Veraschung aufgeschlossen. Die Proben wurden mit 20 ml konz. HNO_3 (mit Dithizon geprüft) und 1 ml konz.

$HClO_4$ in Kjeldahlgefässen gekocht, dann wurde die Salpetersäure durch Zugabe von 25 ml destilliertem Wasser abgedampft und der erhaltene Aufschluss in einem Messkolben übertragen. Nach Zusatz von konz. NH_4OH (bis pH 2,5) und EDTA als Komplexbildner wurde mit destilliertem Wasser auf ein Volumen von 500 ml aufgefüllt. Der Blei- und Kupfergehalt wurde mittels Flammen-Absorptionsspektrophotometrie bestimmt.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse einer Fütterung von Gerstenpflanzen mit 1, 2, 4 und 8×10^{-4} $Cu(NO_3)_2$-Lösungen mit und ohne Zusatz von 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ während einer Stunde bei 15° und bei 25° sind in Abbildung 1 zusammengestellt. Die Cu-Absorption ist deutlich konzentrationsabhängig, wobei bei der höchsten geprüften Konzentration noch keine Sättigung erreicht ist. In bezug auf die Temperatur ist nur bei den höheren Konzentrationen eine geringe Steigerung der Absorptionsgeschwindigkeit festzustellen (Q_{10} = 1,2–1,3). Die Zugabe von 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ verursachte eine bedeutende Verminderung der Cu-Aufnahme auf etwa 55%. Die Hemmung der Cu-Absorption scheint nicht temperaturabhängig zu sein.

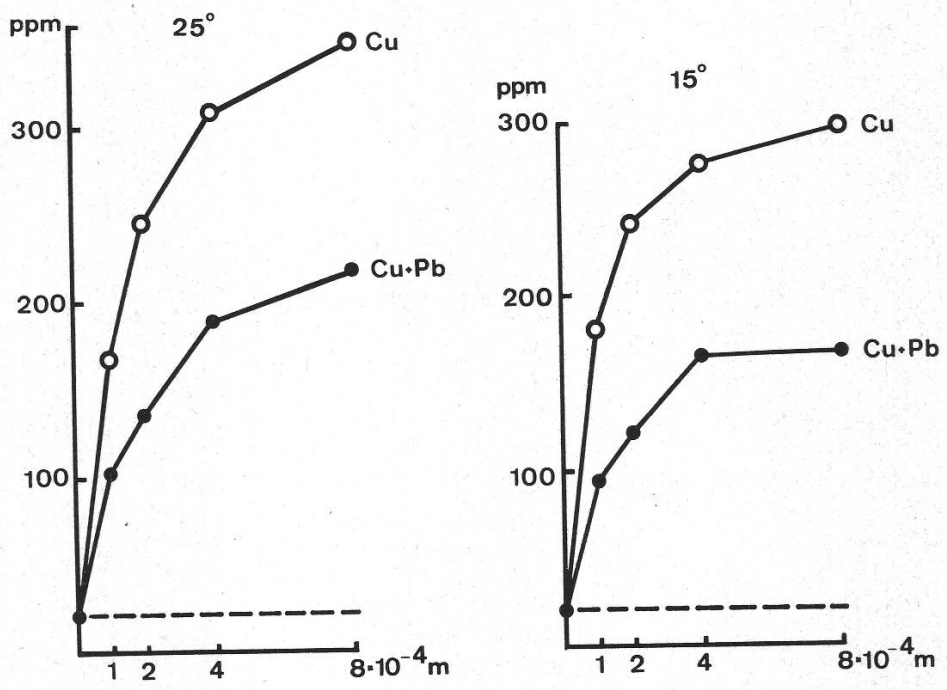

Abbildung 1

Cu-Absorption bei 15° und 25° in 10^{-6}g/g Wurzeltrockengewicht. Konzentration der Lösungen: 1, 2, 4 und 8×10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$ und 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$. Die gestrichelte Linie entspricht dem Kupfergehalt der Wurzeln vor der Fütterung

Abbildung 2 zeigt die Cu-Aufnahme aus einer 5×10^{-4}m (Kurve A) und einer 1×10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$-Lösung (Kurve B) in Abhängigkeit von der Fütterungszeit. Die Absorption von Cu verläuft in zwei Phasen, deren Geschwindigkeit verschieden ist. Durch Auswaschen mit 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$ kann das Kupfer des «freien Raumes» entfernt werden (Kurve D). Die Zugabe einer äquivalenten Menge von Pb^{2+} setzt die Cu-Aufnahme stark herab (Kurve C). Das Auswaschen mit 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$

nach dieser Fütterung verursacht wiederum eine annähernd gleich grosse Verminderung des noch aufgenommenen Kupfers in dem Gewebe (Kurve E).

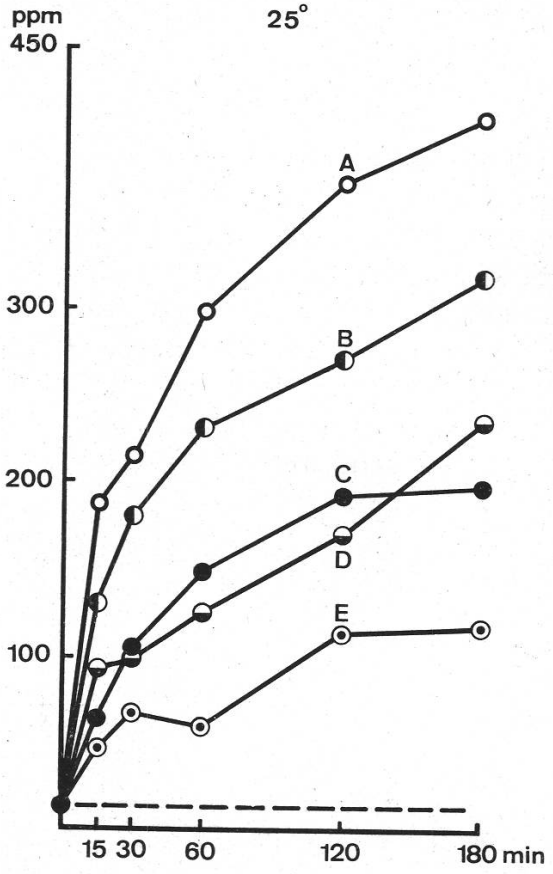

Abbildung 2

Cu-Absorption in 10^{-6}g/g Wurzeltrockengewicht. 25°. Konzentration der $Cu(NO_3)_2$-Lösung: A: 5×10^{-4}m. B, C, D, E: 1×10^{-4}m. C: Zusatz von 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$. D: Wurzeln mit 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$ gespült. E: Zusatz von 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ und Wurzeln mit 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$ gespült

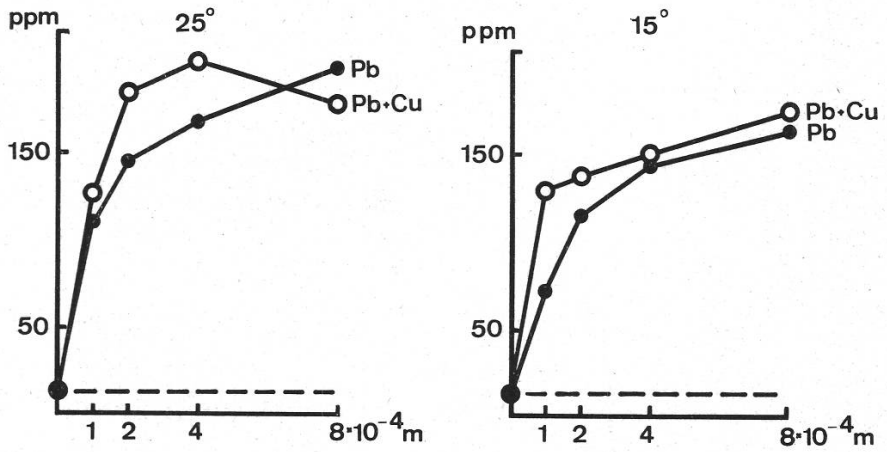

Abbildung 3

Pb-Absorption bei 15° und 25° in 10^{-6}g/g Wurzeltrockengewicht. Konzentration der Lösungen: 1, 2, 4 und 8×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ und 1×10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$

Die Ergebnisse einer Fütterung von Gerstenpflanzen mit 1, 2, 4 und 8 × 10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$-Lösungen mit und ohne Zugabe von 1 × 10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$ während einer Stunde bei 15° und 25° sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Pb-Aufnahme ist, ähnlich wie die Cu-Absorption, nur wenig temperaturabhängig (Q_{10} = 1,2). Die Zugabe von 1 × 10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$ steigerte bei den niederen Konzentrationen in einem geringen Ausmass die Pb-Absorption. Hingegen ist die Cu-Aufnahme bei diesem Versuch stark gehemmt; die aufgenommene Cu-Menge nimmt mit steigender Pb-Konzentration temperaturunabhängig ab (Abbildung 4).

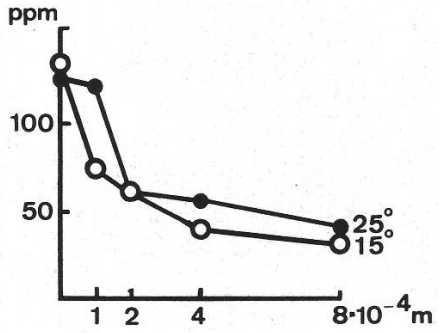

Abbildung 4

Cu-Absorption bei 15° und 25° in 10^{-6}g/g Wurzeltrockengewicht. Konzentration der Lösungen wie bei Abbildung 3

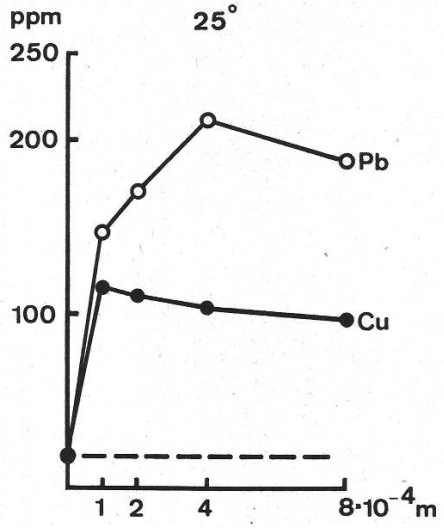

Abbildung 5

Pb- und Cu-Absorption bei 25° in 10^{-6}g/g Wurzeltrockengewicht. Konzentration der Lösungen: 1, 2, 4 und 8 × 10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ und 1, 2, 4 und 8 × 10^{-4}m $Cu(NO_3)_2$

Die Resultate einer gleichzeitigen Fütterung von Gerstenpflanzen mit äquivalenten Mengen von $Cu(NO_3)_2$ und $Pb(NO_3)_2$ (1, 2, 4 und 8 × 10^{-4}m) bei 25 % sind in Abbildung 5 zusammengestellt. Die Pb-Absorption steigt trotz zunehmender Konzentration und ist bei den höchsten Konzentrationen ungefähr doppelt so hoch wie die-

jenige des Kupfers. Die Cu-Aufnahme ist hingegen blockiert und nimmt bei äquivalenter Konzentrationssteigerung sogar etwas ab.

4. Diskussion

Die Cu-Aufnahme weist in Abhängigkeit von der Fütterungszeit einen zweiphasigen Verlauf auf: eine kurze Phase mit höherer und eine zweite Phase mit geringerer Absorptionsgeschwindigkeit. Diese für viele Ionen typische Aufnahmekurve führte zu schon früher beschriebenen Diskussionen über den Charakter der zweiten Phase (Goren und Wanner). Hinsichtlich der Absorption von zweiwertigen Kationen versuchen Maas, Moore und Mason (1968) die metabolische Steuerung der Mn^{2+}-Aufnahme zu beweisen; Moore, Overstreet und Jacobson (1961) diejenige von Mg^{2+}; Schmid, Haag und Epstein (1965) zeigten, wie die Zn^{2+}-Aufnahme durch tiefe Temperaturen und Stoffwechselgifte (wie DNP und NaN_3) beeinträchtigt wird; Stiles und Skelding (1940) und Skelding und Rees (1952) fanden einen hohen Q_{10} für die zweite Phase der Mn^{2+}-Aufnahme, während Bowen (1969) den metabolischen Charakter der Aufnahme von Cu^{2+}, Zn^{2+} und Mn^{2+} durch Zuckerrohrblätter zeigt.

In Widerspruch zu diesen Arbeiten stehen jedoch einige Publikationen, in welchen versucht wird, den nichtmetabolischen Charakter der zweiten Phase zu beweisen. Page und Dainty (1964) zeigten dies bei der Aufnahme von Mn^{2+} durch Haferwurzeln; Moore, Jacobson und Overstreet (1961) für die Aufnahme von Ca^{2+}; Findenegg und Broda (1965) fanden eine passive ^{65}Zn-Aufnahme durch Gerstenwurzeln, und Goren und Wanner (1969) stellten bei intakten Gerstenwurzeln keine Temperaturabhängigkeit der Mn^{2+}-Absorption fest, was gegen eine metabolisch abhängige Aufnahme spricht.

In unseren Versuchen beobachteten wir eine zweiphasige Cu-Aufnahme (Abbildung 2), aber auch hier spricht die geringe Abhängigkeit der Absorption von der Temperatur (Abbildung 1) gegen eine metabolisch gesteuerte Aufnahme. Die starke Beeinträchtigung der Cu-Aufnahme durch Pb^{2+} kann wohl nur auf einer Konkurrenz um die gleichen Adsorptionsstellen beruhen, wobei die Pb^{2+}-Ionen eine grössere Affinität zu diesen aufweisen. Eine solch ausgesprochene Hemmung der Aufnahme von Mikroelementen durch Pb^{2+} wurde auch durch Filipovic und Mitarbeiter (1959) gefunden. Sie stellten im Freiland bei «Gras» eine Abnahme des Gehaltes an Mikronährstoffen (Cu, Zn, Ni und Co) während des Sommers fest, das heisst in der gleichen Zeit, in welcher der maximale Pb-Gehalt festgestellt wurde. Die schon früher von uns gefundene Hemmung der Mn-Aufnahme durch Pb^{2+}-Ionen (Goren und Wanner) und der jetzige Befund über die Hemmung der Cu^{2+}-Absorption durch Pb^{2+}-Ionen weisen auf eine allgemeine Beeinträchtigung der Aufnahme von Mikroelementen durch Blei hin.

Die ähnlichen Resultate (Abbildung 2), die erzielt wurden durch Zugabe von 1×10^{-4}m $Pb(NO_3)_2$ zu den $Cu(NO_3)_2$-Lösungen (Kurve C) und durch Auswaschen mit 10^{-2}m $Ca(NO_3)_2$ (Kurve D) nach der Cu-Fütterung, könnten zum Fehlschluss führen, dass das Pb^{2+} die Aufnahme in den «freien Raum» hemmt. Spült man die Wurzeln, deren Cu-Absorption durch Blei gehemmt wurde (Kurve C), mit Kalziumnitrat, so werden ungefähr gleich viel Cu^{2+}-Ionen herausgelöst wie bei den nicht

mit Blei behandelten Wurzeln. Das beweist, dass die Cu-Aufnahme in den freien Raum durch Blei-Ionen nicht beeinflusst wird. Die Pb-Aufnahme wird durch Cu^{2+} Ionen nicht gehemmt (Abbildung 3), sondern eher etwas gefördert, während die Cu-Aufnahme durch Bleizugabe stark herabgesetzt wird (Abbildung 4). Auch der in Abbildung 5 dargestellte Versuch mit äquivalenten Kupfer- und Bleikonzentrationen beweist die viel niedrigere Affinität der Cu^{2+}-Ionen zu den Adsorptionsstellen, verglichen mit Pb^{2+}.

Zusammenfassung

Die Pb- und Cu-Aufnahme von intakten Gerstenwurzeln wurde untersucht. Sowohl die Cu- als auch die Pb-Absorption weisen einen zweiphasigen Verlauf auf. Der Q_{10} für die Aufnahme der Cu^{2+} und Pb^{2+}-Ionen beträgt höchstens 1,1–1,2, was gegen eine metabolisch gesteuerte Aufnahme spricht. Die Cu-Absorption wird durch Pb^{2+}-Ionen sehr stark gehemmt, während die Pb-Aufnahme durch Cu^{2+}-Ionen bei niederen Pb-Konzentrationen eher schwach gefördert wird.

Summary

The absorption of lead and copper ions by intact barley roots was investigated. The uptake of these ions shows a two-phase character. The Q_{10} for Cu^{2+}- and Pb^{2+}-absorption is approximately 1.1–1.2 This suggests a non-metabolic absorption. The Cu^{2+}-uptake is strongly depressed by Pb^{2+}-ions while the Pb^{2+}-absorption with the lower concentrations of Pb^{2+} seems to be even a little enhanced by Cu^{2+}.

Dem Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung danken wir für die Unterstützung unserer Arbeiten.

Literatur

Bowen J.E. 1969. Absorption of Copper, Zinc and Manganese by Sugarcane Leaf Tissue. Plant Physiol. **44**, 255–261.

Filipovic Z. et al. 1959. The Effect of Lead on the Content of Some Trace Elements in Pastures in the Vicinity of Trepca Mines. Arh. Poljopr. Nauk. **12**, 63–68.

Findenegg G. und E. Broda. 1965. Mechanism of Uptake of Trace Elements by Plant Roots. Nature **208**, 196–197.

Goren A. und H.Wanner. 1969. Die Absorption von Blei und Mangan durch Wurzeln von *Hordeum vulgare* Z. Pflanzenphysiologie **61**, 122–128.

Maas E.V., D.P.Moore und B.J.Mason. 1968. Manganese Absorption of Excised Barley Roots. Plant Physiol. **43**, 527–530.

Moore D.P., R.Overstreet und L.Jacobson. 1961. Uptake of Magnesium and its Interaction with Calcium in Excised Barley Roots. Plant Physiol. **36**, 290–295.

— L.Jacobson und R.Overstreet. 1961. Uptake of Calcium by Excised Barley Roots. Plant Physiol. 36, 53–57.

Page E.R. und J.Dainty. 1964. Manganese Uptake by Excised Oat Roots. J. Exp. Botany **15**, 427–443.

Schmid E.E., H.P.Haag und E.Epstein. 1965. Absorption of Zinc by Excised Barley Roots. Physiol. Plantarum **18**, 860–869.

Skelding A.D. und W.J.Rees. 1952. An Inhibitor of Salt Absorption in the Root Tissues of Red Beet. Ann. Bot. **16**, 513–529.

Stiles W. und A.D.Skelding. 1940. The Salt Relations of Plant Tissue. Ann. Bot. **4**, 673–700.