

Ein Enchyträentest zur Bestimmung der
Säure- und Metalltoxizität im Boden

von
Graefe, U.⁺⁾

Einleitung

Chemische Parameter sind nur mit Einschränkung geeignet, die ökologische Wirkung der Bodenversauerung auf edaphische Organismen und Wurzeln zu beschreiben. Potentiell toxische Metallionen können in organischen Komplexbindungen vorliegen und unterschiedliche Reaktionen auslösen. Unter natürlichen Bedingungen ist die Kombinationswirkung aller bodenchemischen Faktoren entscheidend.

Hinweise auf toxische Bereiche im Mineralboden ergeben sich aus der Vertikalverteilung der Bodenlösungs-Fauna. Der Begriff bezeichnet Tiere, deren Körperoberfläche mit der Bodenfestphase durch Kapillarwasser verbunden ist. Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind die Enchyträen (Kleinringelwürmer). In stark sauren Sandböden weisen die oberen Mineralbodenhorizonte oft einen hohen Enchyträenbesatz auf. Andererseits ist an besseren Standorten, die im Oberboden bis zum Aluminium-Pufferbereich versauert sind, nicht selten eine scharfe Besiedlungsgrenze im Mineralboden festzustellen. In diesem Fall dient der Auflagehumus als Zersetzerrefugium (RASTIN & ULRICH 1985). Der toxische Zustand im Mineralboden läßt sich an der Mortalität der Enchyträen im wäßrigen Bodenextrakt direkt nachweisen.

Toxizität des wäßrigen Extrakts

Testversuche wurden in einem Wasserextrakt durchgeführt, der bei der Austreibung der Enchyträen aus Bodenproben entsteht. Die feldfrische, 50 ml große Stechzylinderprobe wurde vorsichtig zerlegt und auf einem Plastiksieb (Maschenweite 1 mm) in Leitungswasser getaucht. Das Volumenverhältnis Boden zu Wasser betrug 1 zu 6. Nach 24 Stunden wurde das Sieb mit der Bodenprobe entfernt. Die ausgeatmeten Enchyträen wurden gezählt und bestimmt. In einen Teil des wäßrigen Extrakts wurden 10 Exemplare von Enchytraeus minutus Niels. & Christ. eingesetzt, die aus einer im Labor gehaltenen Massenkultur stammten. Der Vitalitätszustand der Tiere wurde nach 24 und 48 Stunden kontrolliert. Unterschieden wurde zwischen vital (ungeschädigt), geschädigt (einzelne Segmente in Auflösung) und tot.

Die Anwendung der Methode erfolgte im Rahmen bodenzoologischer Untersuchungen an Waldmeßstationen in Nordrhein-Westfalen. Abb. 1 zeigt die Verhältnisse am Beispiel einer Stechzylinderprobe aus dem Buchenbestand bei Elberndorf (Rothaargebirge), dessen Zersetzergesellschaft bereits im anderen Zusammenhang beschrieben worden ist (GRAEFE 1990). Der Vertikalverteilung der Enchyträen in fünf Tiefenstufen ist die Mortalität von E. minutus nach 48stündiger Exposition im Wasserextrakt gegenübergestellt. Der toxische Zustand beginnt in dieser Probe bei 5 cm Mineralbodentiefe.

+) IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH
Sodenkamp 62, D-2000 Hamburg 63

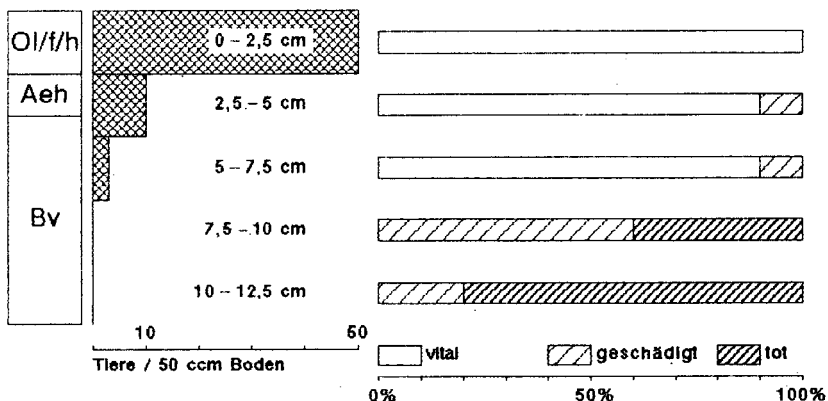


Abb. 1: Stechzylinderprobe aus einem Buchenbestand bei Elberndorf, podsolige Braunerde aus Tonschiefer mit Moder als Humusform. Mitte: Vertikalverteilung der Enchytraen in 5 Tiefenstufen. Rechts: Mortalität von *Enchytraeus minutus* (n = 10) nach 48-stündiger Exposition im Wasserextrakt.

Toxizität des Sickerwassers

Der Bezug zwischen toxischer Wirkung und chemischen Parametern der Bodenlösung wurde an Testreihen mit analysierten Sickerwässern überprüft, die von Hamburger Waldmeßstationen zur Verfügung standen. In 10 ml der Lösung wurden 10 Exemplare von *Enchytraeus lacteus* Niels. & Christ. aus einer im Labor gehaltenen Massenkultur eingesetzt. Die Vitalität der Tiere wurde zunächst in 12stündigen Abständen, später nur noch alle 2 Tage kontrolliert.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse zusammengestellt. Von 17 analysierten Parametern wurden 3 herausgegriffen, deren Einfluß auf die Lebensdauer der Tiere deutlich erkennbar ist. Sortiermerkmale der Tabelle sind absteigender pH-Wert und nachgeordnet absteigendes Ca/Al-Molverhältnis.

Auf den ersten Blick fällt die starke Verkürzung der Lebenszeit unterhalb von pH 3,9 auf. Dieser pH-Wert ist identisch mit dem Schwellenwert für H-Ionen-Toxizität, den ROST-SIEBERT (1985) an Fichtenkeimpflanzen in Lösungskultur ermittelte. Ein Schwellenwert für Aluminium-Toxizität läßt sich wegen der Kombinationswirkung der Faktoren hier nicht direkt ableiten. Die drei Lösungs-paare mit gleichem pH-Wert zeigen aber, daß ein kleineres Ca/Al-Verhältnis die Lebenszeit der Tiere noch weiter verkürzt. Zur Ionenspezifikation und Komplexbindung des Aluminiums in den aus 1 m Tiefe gewonnenen Lysimeterlösungen liegen keine Daten vor.

Unter günstigen Voraussetzungen können bodenbewohnende Enchytraen wochenlang im Wasser aushalten. Eine ungünstige Ionenzusammensetzung mindert jedoch die Überlebenszeit proportional zur physiologischen Belastung der Tiere. Die von ROST-SIEBERT (1985) an Keimwurzeln der Fichte und Buche in Hydrokultur bestimmten Toxizitätsschwellen gelten tendenziell auch für Enchytraen. Die Wirkungsweise auf zellulärer Ebene ist offenbar die gleiche. Daraus folgt, daß der Enchytraentest geeignet ist, chemischen Streß im Wurzelraum anzuzeigen, auch wenn die spezifische Toleranz der Arten unterschiedlich ist.

Diskussion

Der Enchyträentest ist im Prinzip in jeder wäßrigen Lösung durchführbar, also auch in allen Arten von Bodenlösungen und Extrakten, die ohne Chemikaliensätze gewonnen werden. Der Wassereextrakt, der bei der Austreibung von Enchyträen aus Bodenproben entsteht, hat den Vorteil, daß er besonders einfach herzustellen ist und bei Bestandserhebungen an Enchyträen nebenbei anfällt. Weil die wasserstabilen Aggregate dabei erhalten bleiben, wird die Lösungszusammensetzung wie in Perkulationslösungen ungestörter Bodenproben vorrangig von den Aggregataußenflächen bestimmt. Zum Einfluß und zur zeitlichen Entwicklung der Austauschprozesse, die durch die Verwendung von Leitungswasser in Gang gesetzt werden (Hamburger Wasser enthält 1,3 mmol Ca/l), sind weitergehende Untersuchungen notwendig. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Test in Anlehnung an die pH-Wert-Bestimmung in einer Bodenaufschlammung mit destilliertem Wasser durchzuführen.

Für einen Biotest geeignete Enchyträenarten müssen im Labor leicht kultivierbar sein. Dies trifft nur für die Arten der Gattung Enchytraeus zu. Weil die Empfindlichkeit artenspezifisch ist, empfiehlt sich die Verwendung definierter Standardkulturen. Im "Multi-Spezies-Test" können Sensitivitätsunterschiede benutzt werden, um toxische Wirkungen differenzierter darzustellen.

Standardkulturen verschiedener Enchyträenarten können beim Institut für Angewandte Bodenbiologie in Hamburg bezogen werden.

Danksagung

Ich danke der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung für die Finanzierung der Untersuchung an Waldmeßstationen in Nordrhein-Westfalen und Herrn Dr. Wolfgang Lux, Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, für die Überlassung von Sickerwässern und Analysedaten.

Literatur

- GRAEFE, U. (1990): Untersuchungen zum Einfluß von Kompensationskalkung und Bodenbearbeitung auf die Zersetzerfauna in einem bodensauren Buchenwald- und Fichtenforst-Ökosystem. In: J. GEHRMANN (Hrg.): Umweltkontrolle am Waldökosystem. Forschung und Beratung, Reihe C, Heft 48, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup: 232-241.
- RASTIN, N. & ULRICH, B. (1985): Bodenchemische Standortskarakterisierung zur Beurteilung des Stabilitätszustands von Waldökosystemen in Hamburg. Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme Univ. Göttingen, Reihe A, Bd. 10: 1-91.
- ROST-SIEBERT, K. (1985): Untersuchungen zur H- und Al-Ionen-Toxizität an Keimpflanzen von Fichte (*Picea abies*, Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica*, L.) in Lösungskultur. Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme Univ. Göttingen, Reihe A, Bd. 12: 219 S.