



Doctoral Thesis

Influence of metals on the decomposition of cellulose in a model soil system

Author(s):

Geiger, Gabriella

Publication Date:

1997

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001856519> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Influence of Metals on the Decomposition of Cellulose in a Model Soil System

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

presented by

GABRIELLA GEIGER
Dipl. Natw., ETH Zurich
born January 15, 1966
citizen of Lenzburg AG



CaE

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Rainer Schulin, examiner
Dr. Helmut Brandl, co-examiner
Dr. Gerhard Furrer, co-examiner

Summary

Soil pollution by heavy metals is a serious environmental problem at present. High metal concentrations in soil reduce the capability of soil organisms to degrade organic substances and thus soil fertility is impaired. In this work, the impact of heavy metals on the decomposition of organic substances such as cellulose in a model system was investigated. The effects were studied at both the enzymatic and the microbial level.

The experiments in the cell-free system showed that copper inhibited cellulase activity significantly stronger than nickel and zinc. The effect of copper was more distinct at high pH, whereas at low pH nearly no inhibitory effect could be seen. A chemical speciation model was successfully used to qualitatively describe the effects of pH and metals on enzyme activity.

In the presence of a mineral matrix, the enzyme activity decreased in the following sequence: goethite > Al-montmorillonite > montmorillonite. This could be explained by the different charges of the mineral surfaces. The effect of clay minerals and copper was additive whereas goethite reduced the inhibitory effect of copper. It was shown that the interaction of the enzyme with the mineral surface is determining the degree of inhibition by copper. This means, the stronger the adsorption of the enzyme at the mineral surface is, the stronger the inhibition by the metal.

Bioreactor experiments were conducted with pure bacteria cultures of *Cellvibrio mixtus* subsp. *mixtus* in a mineral medium mimicking soil solution at fixed pH. Copper inhibited cellulose degradation already at low concentrations strongly. In the presence of a mineral matrix, bacterial proliferation was reduced compared to solutions without minerals. However, in combination with copper, minerals with very high copper affinity sites reduced copper toxicity, whereas this was not the case for minerals with high copper affinity sites.

Zusammenfassung

Die Belastung von Böden mit Schwermetallen ist ein gravierendes Umweltproblem unserer Zeit. Im Uebermass in den Boden eingetragene Schwermetalle konzentrieren sich in der organischen Substanz des Bodens und beeinträchtigen hier die biologische Aktivität des Bodens, insbesondere die Fähigkeit der Bodenorganismen, organische Substanz abzubauen. In dieser Arbeit wurde der Einfluss von Schwermetallen auf den Abbau von organischen Substanzen wie Zellulose in einem Modellsystem untersucht. Das System wurde auf der zellfreien und der mikrobiellen Ebene untersucht.

Die Versuche im zellfreien System zeigten, dass Kupfer die Zellulaseaktivität stärker beeinträchtigte als Nickel oder Zink. Der Einfluss von Kupfer war stark pH-abhängig, wobei bei tiefem pH keine Hemmung vorhanden war. Ein chemisches Spezierungsmodell wurde verwendet, um qualitativ den Einfluss von pH und Metallen auf die Enzymaktivität zu beschreiben.

In Anwesenheit einer mineralischen Matrix reduzierte sich die Enzymaktivität in der folgenden Reihenfolge: Goethit > Al-montmorillonit > montmorillonit. Diese Reihenfolge konnte erklärt werden durch die unterschiedliche Oberflächenladung der Mineralien. Der kombinierte Einfluss von Tonmineralien und Kupfer war additiv, Goethit hingegen reduzierte die Hemmung durch Kupfer. Es scheint, dass die Wechselwirkung zwischen mineralischen Oberflächen und Enzym den Ausschlag für die Enzymhemmung durch die Schwermetalle gibt. Das heisst, je stärker das Enzym an die mineralische Oberfläche adsorbiert wird, umso stärker ist deren Hemmung in Anwesenheit eines Metalls.

Bioreaktorexperimente wurden mit reinen Bakterienstämmen von *Cellvibrio mixtus* in einem bodenlösungsähnlichen Minimalmedium bei fixiertem pH durchgeführt. Kupfer hemmte den Zelluloseabbau bereits in sehr geringen Konzentrationen. In der Anwesenheit einer mineralischen Matrix wurde das Bakteriumwachstum ebenfalls gehemmt. Die Zugabe von einem Mineral bei pH 6.8 konnte die Kupfertoxizität nur verringern, falls die mineralische Oberfläche Bindungsstellen mit sehr hoher Kupferaffinität besitzt.