

Fine root growth and vitality of European beech in acid forest soils with a low base saturation

Doctoral Thesis

Author(s):

Richter, Anika Katrin

Publication date:

2007

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005556807>

Rights / license:

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

Diss. ETH No. 17496

Fine root growth and vitality of European beech in acid forest soils with a low base saturation

A dissertation submitted to
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

ANIKA KATRIN RICHTER
Dipl.-Biol., Georg-August-Universität Göttingen
born 18.02.1979
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Emmanuel Frossard, examiner
Prof. Dr. Douglas J. Godbold, co-examiner
Dr. Ivano Brunner, co-examiner

2007

the Ah-horizon. In contrast the root branching frequency, length growth, and branches growth of the seedling roots increased in the B-horizons.

The fine root physiology of both, the mature trees and seedlings, was negatively affected in soils with a low BS. The O₂-consumption of the fine roots of mature trees was decreased in the forest sites having a BS < 5% and in seedling roots growing in monoliths having a BS < 3%. Also the callose concentration in the root apices of the seedling roots was higher in the roots of seedlings growing in monoliths with a BS < 3%. The Ca/Al molar ratio in the fine root tissue of mature trees was decreased in the BS < 5% but not in the seedling root tissue. Decreases in the morphological properties and in the O₂-consumption in the fine roots of mature trees were related to decreases in the Ca/Al molar ratio of the fine root tissues.

This study shows indications, especially *in situ*, that the fine root properties are negatively influenced due to low BS and pH. However, there was no strong evidence that beech seedling roots suffered from high concentrations of Al³⁺ in the soil solution. Seedling root properties were more affected due to low nutrient availability in the B-horizon as due to low soil matrix BS or high soil solution Al³⁺ concentration. Also in the drought treatment the decreasing water content most likely affected the seedling root properties more than the soil chemical parameters. The fine root systems of European beech in their natural ecological environment seem to be able to compensate adverse effects of low BS. But it can be hypothesised that further acidification and additional stress, e.g. drought, can potentially decrease the health status of fine roots in future.

Feinwurzeln sind von hoher Wichtigkeit bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme von Waldbäumen. Ebenso tragen ihr dynamisches Wachstum, Entwicklung und Umsatz maßgeblich zu den Kohlenstoffflüssen im Boden bei. Generell wird angenommen, dass eine hohe Al^{3+} Konzentration in der Bodenlösung von sauren Böden mit einer geringen Basensättigung (BS) in der Bodenmatrix, sich negativ auf das Wachstum und die Vitalität der Feinwurzeln von Waldbäumen, und somit auch auf die Kohlenstoffflüsse im Boden, auswirkt. In dieser Studie wurden saure Waldböden mit einer geringen BS (<15%) ausgewählt, um den Einfluss von bodenchemischen Parametern auf die Feinwurzeln der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) zu ermitteln. Wachstum und Entwicklung, Morphologie, Physiologie und Chemie der Feinwurzeln von Altbäumen sowie Wurzeln von Keimlingen, welche in Bodenmonolithen angezogen wurden, wurden analysiert.

Feinwurzelnproben von Altbäumen wurden bis zu einer Tiefe von 1 m in sieben (2005) und sechs (2006) Waldbeständen im Schweizer Mittelland genommen. Diese Bestände wurden anhand ihrer BS < 5% und 5-10% im B-Horizont gruppiert. Die Umsatzrate und das berechnete Alter der Feinwurzeln wurden durch die Methode des sequential corings ermittelt und das Alter von Feinwurzeln zweier Standorte wurde durch die radiocarbon Methode gemessen. Samen der Rotbuche wurden in Bodenmonolithen mit einer geringen BS (1.2-6.5%) und unterschiedlichem Nährstoffgehalt (Ah- und B-Horizonte) von vier Beständen ausgesät und im Gewächshaus angezogen. Die Dynamik des Wurzelwachstums wurde in mit Bodenmaterial des Ah- und B-Horizonts gefüllten Rhizoboxen beobachtet. Von den Bodenmonolithen wurde die freie Al^{3+} und Nährstoff (basische Kationen und Nitrat) Konzentration in der Bodenlösung analysiert. Zusätzlich wurden die Auswirkungen von einer 14 tägigen Trochenbehandlung auf die Keimlinge beobachtet.

Das Wachstum und die Entwicklung der Feinwurzeln in den Waldbeständen mit einer BS < 5% wurde negativ beeinflusst, indem das Verhältnis der Feinwurzeln lebend/tot verringert war. Die Umsatzrate war weder durch den pH noch die BS beeinflusst. Doch zusammen mit publizierten Studien, welche eine breitere Spanne von bodenchemischen Parametern abdeckten (pH 2.9-7.8 und BS 1.9-99.9%), nahm die Umsatzrate mit abnehmenden pH zu. Ebenfalls war eine geringfügige Zunahme mit der Abnahme der BS zu verzeichnen. Dennoch wurden keine anderen Feinwurzeln oder Keimlingswurzeln Eigenschaften durch die geringe BS oder die hohe Al^{3+} Konzentration in der Bodenlösung beeinträchtigt. Eine eher starke Abnahme der Biomasse, Necromasse, Produktivität, Mortalität und Umsatzrate und Zunahme des Alters der Feinwurzeln war auf Grund der zunehmenden Bodentiefe zu sehen. Die zwei

Methoden, um das Alter der Feinwurzeln zu bestimmen (sequential coring, radiocarbon) waren signifikant korreliert.

Die Morphologie der Feinwurzeln der Altbäume war in den Beständen mit einer BS < 5% negativ beeinflusst. So war die Wurzelspitzenhäufigkeit, die Wurzelverzweigungshäufigkeit und die spezifische Wurzellänge geringer, als in den Beständen mit einer BS 5-10%. Die spezifische Wurzellänge der Keimlinge war ebenfalls geringer im B-Horizont, in welchem die BS und Nährstoffversorgung geringer waren im Vergleich zum Ah-Horizont. Demgegenüber waren die Wurzelverzweigungsfrequenz, das Längenwachstum und das Verzweigungswachstum der Keimlingswurzeln im B-Horizont höher.

Die Feinwurzelphysiologie der Altbäume und der Keimlinge waren gleichfalls in Böden mit einer geringen BS beeinträchtigt. Der O₂-Verbrauch der Feinwurzeln der Altbäume war geringer in den Beständen mit einer BS < 5% und der Verbrauch der Keimlinge war geringer in den Monolithen mit einer BS < 3%. Ebenso war die Callose Konzentration im Apex der Wurzeln in den Monolithen mit einer BS < 3% erhöht. Das molare Verhältnis von Ca/Al war in den Feinwurzelgeweben der Altbäume geringer bei einer BS < 5% aber nicht in den Wurzelgeweben der Keimlinge. Die Abnahme des molaren Verhältnisses von Ca/Al und der O₂-Verbrauch der Feinwurzeln der Altbäume waren miteinander korreliert.

Wie diese Studie zeigen konnte, gibt es Hinweise darauf, dass die Feinwurzeleigenschaften, besonders *in situ*, negativ durch geringe BS und geringen pH im Boden beeinflusst werden. Dennoch gab es keine eindeutigen Hinweise darauf, dass die Keimlingswurzeln durch hohe Al³⁺ Konzentrationen in der Bodenlösung gelitten haben. Vielmehr waren die Wurzeleigenschaften der Keimlinge durch die geringe Nährstoffverfügbarkeit im B-Horizont, als durch die geringe BS oder hohe Al³⁺ Konzentrationen in der Bodenlösung beeinflusst. Auch war in der Trockenbehandlung der Keimlinge eher eine Auswirkung der Abnahme des Wassergehalts, als der bodenchemischen Parameter zu erkennen. Feinwurzelssysteme von Rotbuchen scheinen die negativen Effekte, welche eine geringe BS im Boden mit sich bringt, in ihrer natürlichen ökologischen Umgebung kompensieren zu können. Dennoch kann die Hypothese aufgestellt werden, dass eine weiterführende Acidifikation und zusätzlicher Stress, wie z.B. Trockenheit, den Gesundheitszustand der Feinwurzeln in Zukunft potentiell negativ beeinträchtigen kann.