



In situ measurement of fine root water absorption in three temperate tree species—Temporal variability and control by soil and atmospheric factors

Heinz Coners, Christoph Leuschner*

Plant Ecology, Albrecht-von-Haller-Institut of Plant Sciences, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Germany

Received 27 July 2004; accepted 15 December 2004

KEYWORDS

Fagus sylvatica;
Mature stand;
Miniature sap flow gauges;
Picea abies;
Quercus petraea;
Root sap flow

Summary

Miniature heat balance-sap flow gauges were used to measure water flows in small-diameter roots (3–4 mm) in the undisturbed soil of a mature beech–oak–spruce mixed stand. By relating sap flow to the surface area of all branch fine roots distal to the gauge, we were able to calculate real time water uptake rates per root surface area (J_s) for individual fine root systems of 0.5–1.0 m in length. Study aims were (i) to quantify root water uptake of mature trees under field conditions with respect to average rates, and diurnal and seasonal changes of J_s , and (ii) to investigate the relationship between uptake and soil moisture θ , atmospheric saturation deficit D , and radiation I . On most days, water uptake followed the diurnal course of D with a mid-day peak and low night flow. Neighbouring roots of the same species differed up to 10-fold in their daily totals of J_s ($<100\text{--}2000\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$) indicating a large spatial heterogeneity in uptake. Beech, oak and spruce roots revealed different seasonal patterns of water uptake although they were extracting water from the same soil volume. Multiple regression analyses on the influence of D , I and θ on root water uptake showed that D was the single most influential environmental factor in beech and oak (variable selection in 77% and 79% of the investigated roots), whereas D was less important in spruce roots (50% variable selection). A comparison of root water uptake with synchronous leaf transpiration (porometer data) indicated that average water fluxes per surface area in the beech and oak trees were about 2.5 and 5.5 times smaller on the uptake side (roots) than on the loss side (leaves) given that all branch roots $<2\text{ mm}$ were equally participating in uptake. Beech fine roots showed maximal uptake rates on mid-summer days in the range of $48\text{--}205\text{ g m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ (i.e.

*Corresponding author. Tel.: +49 551 39 5718; fax: +49 551 395701.
E-mail address: cleusch@gwdg.de (C. Leuschner).

0.7–3.2 mmol m⁻² s⁻¹), oak of 12–160 g m⁻² h⁻¹ (0.2–2.5 mmol m⁻² s⁻¹). Maximal transpiration rates ranged from 3 to 5 and from 5 to 6 mmol m⁻² s⁻¹ for sun canopy leaves of beech and oak, respectively. We conclude that instantaneous rates of root water uptake in beech, oak and spruce trees are above all controlled by atmospheric factors. The effects of different root conductivities, soil moisture, and soil hydraulic properties become increasingly important if time spans longer than a week are considered.

© 2005 Gesellschaft für Ökologie. Published by Elsevier GmbH. All rights reserved.

Zusammenfassung

In einem Buchen-Eichen-Fichten Altbestand wurden Miniatur-Saftflußsensoren eingesetzt, um Wasserflüsse in 3–4 mm dünnen Wurzeln im ungestörten Boden zu untersuchen. Wir konnten oberflächenbezogene Wasseraufnahmeraten (J_s) für einzelne Wurzelstränge von 0.5 bis 1.0 m Länge berechnen, indem wir den Saftfluß auf die Oberfläche aller Feinwurzeln distal des Sensors bezogen. Untersuchungsziele waren (i) die mittlere Rate der Wasseraufnahme von Altbäumen im Tages- und saisonalen Verlauf zu quantifizieren und (ii) die Beziehungen zwischen der Wasseraufnahme, der Bodenfeuchte θ , des Wasserdampf-sättigungsdefizites der Luft D und der Globalstrahlung I zu untersuchen. An den meisten Tagen folgte die Wasseraufnahme dem Tagesgang von D mit einem mittäglichen Maximum und geringen Nachtflüssen. Benachbarte Wurzeln der gleichen Art unterschieden sich bis zum 10-fachen der Tagessumme von J_s ($< 100\text{--}2000\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$), was auf eine große räumliche Heterogenität der Wasseraufnahme hindeutet. Obwohl sie das Wasser aus dem selben Bodenvolumen aufnahmen, wiesen die Wurzeln von Buche, Eiche und Fichte unterschiedliche Jahrgänge auf. Mittels Regressionsanalysen wurde der Einfluß von D , I und θ untersucht. Dabei erwies sich D als die Haupt-Einflußgröße für die Wasseraufnahme bei Buche und Eiche (Variablenselektion bei 70 bzw. 77% der untersuchten Wurzeln), bei der Fichte hingegen als weniger wichtig (50% Variablenselektion). Ein Vergleich der Wasseraufnahmerate mit der Transpiration (Porometerdaten) ergab, dass die mittlere oberflächenbezogene Flussrate bei Buche und Eiche auf der Aufnahmeseite (Wurzeln) etwa 2.5 bzw. 5.5 fach kleiner war als auf der Abgabeseite (Blätter), wobei von einer gleichmäßigen Aufnahme durch alle Feinwurzeln $< 2\text{ mm}$ ausgegangen wurde. Buchen-Feinwurzeln zeigten im Hochsommer maximale Aufnahmeraten von 48 bis 205 g m⁻² h⁻¹ (entsprechend 0.7–0.2 mmol m⁻² s⁻¹), Eichen-Feinwurzeln lagen bei 12 bis 160 g m⁻² h⁻¹ (0.2–2.5 mmol m⁻² s⁻¹). Die maximale Transpirationsrate von Buchen- und Eichenblättern aus der Sonnenkrone lag dagegen bei 3 bis 5 bzw. 5 bis 6 mmol m⁻² s⁻¹. Wir kommen zu dem Schluß, dass kurzfristige Änderungen in der Wasseraufnahme durch Buchen-, Eichen- und Fichtenwurzeln in erster Linie durch atmosphärische Faktoren gesteuert werden. Der Einfluß unterschiedlicher Wurzeleitfähigkeiten, der Bodenfeuchte und der hydraulischen Leitfähigkeit des Bodens kommt erst in Zeitspannen von Wochen zum Tragen.

© 2005 Gesellschaft für Ökologie. Published by Elsevier GmbH. All rights reserved.

Introduction

Water uptake and nutrient absorption are key functions of tree root systems. Fine roots ($< 2\text{ mm}$ in diameter) are organs which can track water reserves in the soil and extract and channel large amounts of water from the soil to the plant's conducting system. There is increasing evidence from experiments and modelling studies that water flow through plants is not only controlled by transpiration rate and shoot hydraulic conductivities but also by root properties. In theory, roots could influence water flow indirectly through

effects on leaf water status, or through root-borne hormonal signals that both can act on stomatas (Correia, Pereira, Chaves, Rodrigues, & Pacheo, 1995; Steudle, 2000; Cochard, Coll, Le Roux, & Amégio, 2002), or directly if the flow through the plant was limited by root hydraulics (Sperry, Adler, Campbell, & Comstock, 1998).

During the last decade, we have made significant progress in our understanding of the physiology of root water absorption following the introduction of new technologies such as root pressure probe, nuclear magnetic resonance (NMR), and molecular approaches in root physiology (Steudle, 2000;

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/9445679>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/9445679>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)