ETH zürich

ETH Library

Application of P isotope techniques to low-P acid tropical soils

Doctoral Thesis

Author(s):
Bühler, Susanne

Publication date:
2001

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-004301708

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.

Diss. ETH Nr. 14319

Application of P isotope techniques to low-P acid tropical soils

A dissertation submitted to the

Swiss Federal Institute of Technology Zurich

for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by

SUSANNE BÜHLER

Dipl. Biol. Universität Basel

born July 6, 1971

citizen of Basel

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. E. Frossard, examiner
Prof. Dr. R. Kretzschmar, co-examiner
Dr. I.M. Rao, co-examiner
Dr. A. Oberson, co-examiner

Zurich, 2001

Summary

Phosphorus (P) is the main limiting nutrient for crops and forage plants in acid tropical soils. Besides low total and available P contents, these soils are often highly P fixing due to their high aluminum and iron oxide concentrations. The correct determination of plant available P and profound knowledge about P dynamics are prerequisites for the evaluation of different soil/plant systems. The aim of this work was to improve this knowledge by using P-isotope techniques. While these techniques have successfully been used, mainly in temperate soils, the application to tropical, low-P soils has been shown to be rather difficult.

The isotopic exchange method was applied in soil/solution suspension in a batch experiment (E value determination) to quantify plant available P to soils of different P status from two sites in Colombia. E values, calculated from the P concentration (C_p) and the decrease of radioactivity in the soil solution (r_t/R), were determined during 4 to 5 weeks according to the method proposed by Fardeau (1996). Parameters (r_1/R, n, r_∞/R) used to describe r_t/R were derived from the first 100 minutes of isotopic exchange either as proposed by Fardeau (1996) or from a non-linear fitting procedure and used to extrapolate r_t/R until 12 weeks. The results showed that the extrapolation of r_t/R calculated as proposed by Fardeau (1996) leads to values which were very close to the measured values, but which were not in all cases identical. Especially in the P-poorest native savanna (SAV) soil the extrapolated r_t/R were clearly and significantly lower than the measured values. Errors in n and r_∞/R, which in turn is dependent on P_i and on the P concentration in the soil solution (C_p), might explain the differences. On the other hand, the measured r_t/R values might have been influenced by microbial activity and therefore not strictly have followed the prediction of the model of isotopic exchange. For most soils C_p was higher than the detection limit but for some soils C_p was lower than the quantification limit (i.e. $< 4\ \mu g\ l^{-1}$), showing that the determination of C_p remaines one of the major limitations of the methodology.

L values were determined in the same soils to quantify plant available P calculated from the specific activity of the test plant *Agrostis capillaris* grown on ^{33}P-labelled soil. As in the

soils with the lowest P availability, the seed-P diluted the specific activity of the plant and therefore hindered the precise determination of the L value, too, it can be concluded that the isotopic exchange method, i.e. E and L values, can only be used with limitation in such low P acid soils. Due to these constraints, the comparison of L values of different plants (beans, maize, rice, the forage legume *Arachis pintoi*, and the forage grass *Brachiaria decumbens*) with the purpose to identify special P uptake mechanisms which would be manifested in increased L values, resulted in unsatisfying results. For *Brachiaria decumbens*, however, the resulting L value strongly indicated P uptake from normally unavailable P-pools. The application of carrier-P with the label to overcome the problem of limited plant growth was shown to modify the system, making it impossible to measure P exchange.

By the sequential P extraction of labelled soil samples derived from different land-use systems with varying P fertilizer inputs it was found that already 14 days after labelling, a significant amount (20 %) of the label was found in organic P forms in the non- or weakly fertilized soils whereas this percentage was lower in the soils with more P input. Most of the label, however, was recovered in inorganic P fractions in all soils, showing that they contained most of the available P.

Zusammenfassung

Phosphor (P) ist der hauptsächlich limitierende Nährstoff für Kultur- und Futterpflanzen in sauren tropischen Böden. Neben tiefen totalen und verfügbaren P-Gehalten sind diese Böden aufgrund ihrer hohen Aluminium- und Eisenoxidgehalte oft auch stark P fixierend. Die korrekte Bestimmung des pflanzenverfügbaren P und grundledendes Wissen über die P Dynamik sind Voraussetzung für die Beurteilung von verschiedenen Boden/Pflanzen Systemen. Das Ziel dieser Arbeit war, dieses Wissen durch die Anwendung von P-Isotopentechniken zu verbessern. Währenddem diese Methoden erfolgreich, hauptsächlich in Böden der temperierten Zone, angewendet werden, hat es sich gezeigt, dass die Anwendung in tropischen, schwach P-versorgten Böden eher schwierig ist.

Die Isotopenaustauschmethode wurde auf Böden mit unterschiedlichem P-Status von zwei Standorten in Kolumbien in Boden/Lösungs-Suspensionen (E-Wert Bestimmung) angewendet, um das pflanzenverfügbare P zu bestimmen. Die E-Werte, die mit der P-Konzentration (C_p) und der Abnahme der Radioaktivität in der Bodenlösung berechnet werden, wurden während 4 bis 5 Wochen nach der Methode von Fardeau (1996) bestimmt. Die Parameter (r_l/R, n, r_∞/R), die r_t/R beschreiben, wurden von den ersten 100 Minuten des Isotopenaustausch abgeleitet, entweder nach Fardeau (1996) oder durch eine nicht-lineare Regressionsmethode. Mit den abgeleiteten Parametern wurden dann r_t/R-Werte bis 12 Wochen extrapoliert. Die Resultate zeigten, dass die Extrapolation von r_t/R nach Fardeau (1996) zu Werten führt, die sehr nah bei den gemessenen Werten lagen, aber nicht in allen Fällen identisch waren. Besonders im P-ärmsten ursprünglichen Savannenboden (SAV) waren die extrapolierten Werte deutlich tiefer als die gemessenen. Dies kann einerseits durch Fehler in der Bestimmung von n und r_∞/R, das wiederum abhängig vom totalen P_i und der P- Konzentration in der Bodenlösung (C_p) ist, erklärt werden. Andererseits können auch die gemessenen r_t/R-Werte durch mikrobielle Aktivität beeinflusst sein und deshalb von den Voraussagen des Isotopenaustauschmodelles abweichen. Die C_p-Werte waren für die meisten Böden höher als die Nachweisgrenze. Für einige Böden war C_p jedoch tiefer als die Bestimmungsgrenze (4 $\mu g\ l^{-1}$), was zeigt, dass die Bestimmung von C_p eine der Hauptbeschränkungen der Methodik bleibt.

Neben den E Werten wurden auf den selben Böden L-Werte bestimmt, die es erlaubten, das pflanzenverfügbare P mit der spezifischen Aktivität von dem auf markierten Böden gewachsemem Gras *Agrostis capillaris* zu bestimmen. Da in den Böden mit der tiefsten P-Verfügbarkeit das Samen-P die spezifische Aktivität der Pflanze stark verdünnte und dadurch die präzise Bestimmung des L Wertes erschwerte, kann geschlossen werden, dass die Isotopenaustauschmethoden, also E wie L Wert, in solchen P-armen sauren Böden nur sehr limitiert angewendet werden können.
Wegen diesen Einschränkungen waren die Resultate des Vergleichs von L-Werten verschiedener Pflanzen (Bohnen, Mais, Reis, die Futterleguminose *Arachis pintoi* und das Futtergras *Brachiaria decumbens*) mit der Absicht, spezielle P-Aufnahmemechanismen aufzuzeigen, die sich in erhöhten L-Werten manifestieren würden, wenig zufriedenstellend. Für *Brachiaria decumbens* wies der erhöhte L-Wert aber klar auf P-Aufnahme von normalerweise nicht verfügbarem P hin. Die Anwendung von Carrier-P mit der Markierung, um das Problem des limitierten Pflanzenwachstum zu überwinden, veränderte das System so sehr, dass es unmöglich wurde, den P-Isotopenaustausch zu messen.

Durch die sequentielle chemische P-Fraktionierung von ^{33}P markierten Bodenproben von verschiedenen Landnutzungssystemen mit unterschiedlicher P-Düngung wurde gezeigt, dass schon 14 Tage nach der Bodenmarkierung ein bedeutender Teil der Markierung (bis zu 20 %) in organische P-Formen eingebaut war und dass dieser Teil grösser war in den Landnutzungssystemen mit geringerer P-Düngung. Der grösste Teil der Markierung wurde hingegen in allen Böden in anorganischen P-Formen gefunden, was zeigte, dass diese den grössten Teil des verfügbaren P enthalten.