Accumulation d'oxalate de calcium dans les nodules du champignon mycorrhizien Hebeloma crustuliniforme : importance du phénomène pour la nutrition de l'arbre

Autor(en): **Froidevaux, L. / Kälin, I.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **132 (1981)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-764408

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Accumulation d'oxalate de calcium dans les nodules du champignon mycorrhizien Hebeloma crustuliniforme: Importance du phénomène pour la nutrition de l'arbre.

Par L. Froidevaux et *I. Kälin*
Institut fédéral de recherches forestières (IFRF),
CH-8903 Birmensdorf

Oxf.: 181.351

Introduction

Les sclérotes sont des organes de persistance qui peuvent être déterminants pour la survie des champignons mycorrhiziens après une coupe de bois. Des sclérotes produits artificiellement en laboratoire représenteraient une forme très pratique d'inoculum mycorrhizogène qui pourrait être mélangé aux graines. Or on connaît très peu d'espèces de champignons mycorrhiziens qui forment des propagules autres que les spores produites par les fructifications. C'est pourquoi toute nouvelle information à ce sujet mérite d'être soigneusement vérifiée. Ainsi dans l'Orégon aux Etats-Unis, *Zak* découvrit dans la mycorrhizosphère du douglas des sclérotes blancs minuscules (fig. 1)

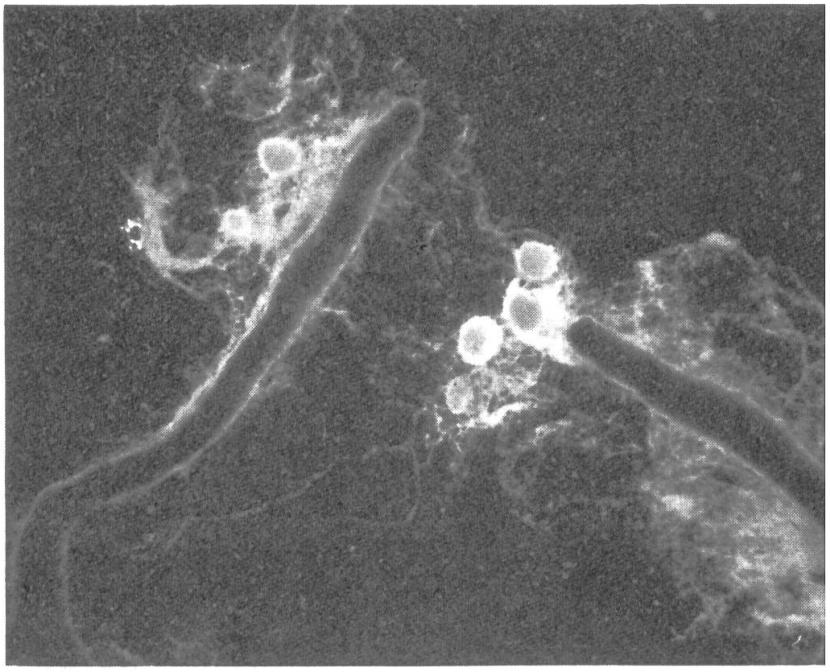

Fig. 1
Nodules et mycorrhizes d'*Hebeloma crustuliniforme* sur *Fagus sylvatica*. × 40.

qu'il attribua d'abord à *Inocybe xanthomellas* (Zak, 1971), puis à *Hebeloma crustuliniforme* (Zak, 1973). En France, *Voiry* (1980) trouva en Lorraine des sclérotes identiques dans la mycorrhizosphère du chêne et du hêtre. Par synthèse des mycorrhizes en conteneurs il confirma leur appartenance à *Hebeloma crustuliniforme*. Afin de déterminer la nature de ces sclérotes, M. J. Garbaye, chercheur au Centre national de recherches forestières de Champenoux en France (CNRF), nous envoya des échantillons de racines de hêtre et de chêne contenant des sclérotes. Ce sont les résultats de ces analyses qui font l'objet de cette note.

Matériels et méthodes

Provenance des sclérotes

Station de hêtre: Peuplement de 110 ans, hauteur dominante 29,7 m, en forêt domaniale de Liffol-le-Grand au sud-ouest de la Lorraine dans un mull calcique sur rendzine dont la roche-mère est un calcaire rauracien.

Station de chêne: Futaie de 23 m de hauteur dominante en forêt domaniale de Sturzelbronn au nord-est de la Lorraine dans un mor d'un sol ocre podzolique sur grès vosgien.

Le matériel comprenant mycorrhizes et sclérotes fut envoyé en piluliers contenant du formol à 40 % dans de l'eau distillée. Lors d'un premier envoi en août 1980, les sclérotes se désagrégèrent après un mois de conservation. Des cristaux s'accumulèrent au fond des récipients. Lors d'un second envoi, le matériel fut analysé dès sa réception en décembre 1980.

Description du matériel

Les sclérotes se situent à l'intérieur du mycélium émanant du manteau mycorrhizien, comme pris dans une «toile d'araignée» qui relie plusieurs mycorrhizes. Leur diamètre peut atteindre celui des mycorrhizes adjacentes, c'est-à-dire 0,3 mm. Ils peuvent être très abondants. Le réseau mycélien est très fin, les hyphes ont 2 μm de diamètre. Ce n'est qu'à l'aide du microscope qu'on peut distinguer la structure des sclérotes: Une enveloppe mycélienne formant un filet à mailles lâches rassemble un amas de cristaux qui constituent visiblement le contenu principal des nodules.

Méthodes d'analyse

La nature des cristaux a été déterminée selon la méthode décrite par *Dumann* (1980), qui est basée sur la réaction chimique des cristaux à une série d'acides de plus en plus violents et à la transformation par l'acide sulfurique des cristaux d'oxalate de Ca en aiguilles cristallines de gypse identifiables au microscope à polarisation (*Kordes*, 1960).

Résultats

Les premières observations au microscope optique révélèrent que la désignation de sclérote pour les nodules d'*Hebeloma crustuliniforme* était erronée. Le réseau périphérique qui entoure les nodules se colore au bleu coton au lactophénol et n'est en fait qu'une trame mycélienne. De grandes quantités de cristaux s'échappent des nodules lorsqu'on les écrase sous le binoculaire. Ces particules sont anisotropes sous le microscope à polarisation. Au microscope électronique à balayage, la texture réticulaire du tissu fongique périphérique ainsi que le contenu cristallin des nodules apparaissent nettement (fig. 2). A un fort grossissement on peut constater des hyphes isolées à l'intérieur des nodules (fig. 3).

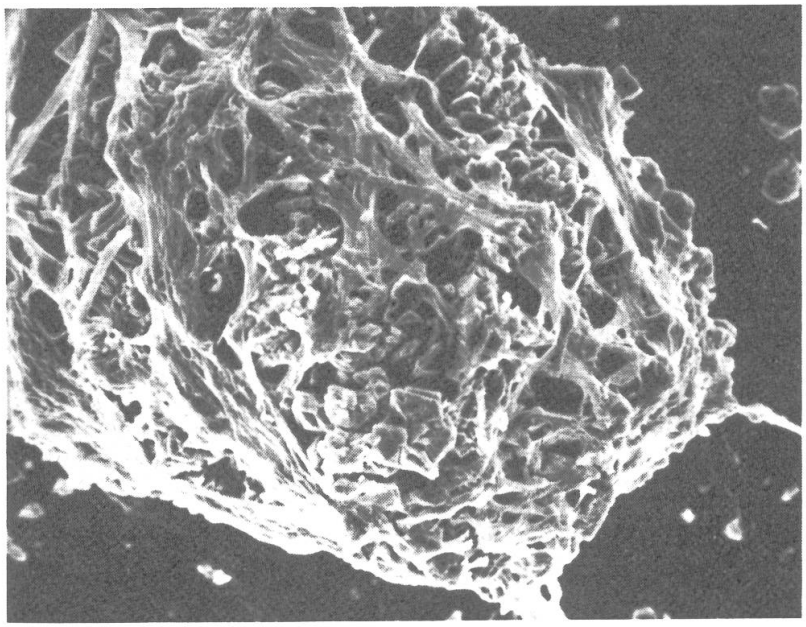

Fig. 2
Micrographie d'un nodule au microscope électronique à balayage. La trame mycélienne enveloppe les cristaux d'oxalate de Ca. × 500.

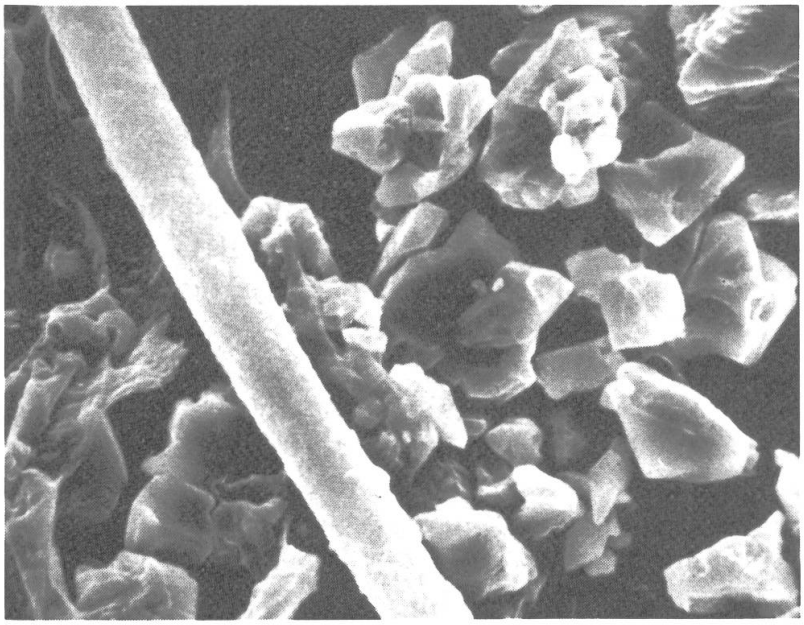

Fig. 3
Micrographie d'une hyphe et de cristaux à l'intérieur d'un nodule écrasé. × 3000.

Discussion

Ce qui a été désigné jusqu'ici comme des sclérotes blancs dans la mycorrhizosphère d'*Hebeloma crustuliniforme,* sont en fait des accumulations de cristaux d'oxalate de Ca dans le mycélium frangeant des mycorrhizes de ce champignon sur divers arbres forestiers. Ni la structure microscopique, ni la fonction de ces nodules ne rappelle des sclérotes. La trame lâche du mycélium qui enveloppe les cristaux ne peut remplir le rôle d'organe de persistance. Comme nous le verrons plus loin ces nodules devraient plutôt intervenir dans les processus d'altération des sols et de nutrition des arbres. Nous n'avons pas connaissance de formation semblable chez d'autres champignons. Alors que la présence de cristaux d'oxalate de Ca a été signalée sur les hyphes d'un champignon présumé mycorrhizateur du douglas, *Hysterangium crassum* (couverture de la revue américaine «Science» du 23 décembre 1977), les cristaux d'*Hebeloma crustuliniforme* ont la particularité de ne pas être incrustés dans les hyphes et pourtant ils sont maintenus groupés par le mycélium. Chez *Hysterangium crassum,* l'oxalate sécrété par les hyphes précipite sous forme de cristaux après avoir réagi avec le Ca en solution et cela uniquement chez les hyphes des espaces interstitiels du sol. Par ailleurs, l'oxalate sécrété près de la surface d'un minéral du sol réagit avec l'Al ou le Fe pour former un complexe soluble; c'est pourquoi les hyphes en contact avec des particules minérales sont dépourvues de cristaux (*Graustein* et al., 1977). D'une manière générale, la production d'oxalate permet de retenir le Ca, élément nutritif essentiel requis en grande quantité par les arbres dans la zone des racines. En raison de leur petite taille, les cristaux d'oxalate se solubilisent rapidement et libèrent le Ca lorsque les racines sont en pleine activité d'absorption. Graustein et al. ont montré que l'oxalate est un produit majeur du métabolisme des champignons dans l'environnement forestier. Selon eux, la présence d'oxalate dans le sol accélère l'altération des minéraux et augmente la disponibilité des éléments nutritifs pour les arbres. La présence apparemment généralisée d'oxalate a un effet considérable sur les processus biologiques et géochimiques dans les sols: (a) Les cristaux représentent un réservoir de Ca pour l'écosystème; (b) de petites quantités d'oxalate en solution augmentent considérablement la solubilité du Fe et de l'Al; (c) l'oxalate abaisse fortement le pH du sol et (d) la chélation du Fe et de l'Al par l'oxalate maintient le P disponible pour les racines des arbres.

Toujours aux Etats-Unis, une équipe interdisciplinaire de huit chercheurs (*Cromack* et al., 1979) démontra l'importance quantitative de l'acide oxalique produit par le seul *Hysterangium crassum* dans un peuplement de douglas dans l'Orégon et son rôle dans les processus d'altération du sol. Ils constatèrent que les plaques de mycélium du champignon occupent près d'$^1/_{10}$ du volume des dix premiers centimètres du sol et sécrètent des quantités considérables d'acide oxalique, dont une partie précipite avec le Ca en for-

mant des cristaux microscopiques d'oxalate de Ca. La quantité de Ca sous cette forme représente la moitié du Ca échangeable dans le sol et excède la masse de Ca perdue annuellement par l'écoulement des eaux. Le réservoir de Ca dans le sol sous forme d'oxalate est supérieur à la quantité totale de Ca calculée dans les modèles.

Les micrographies du microscope électronique à balayage indiquent une décomposition chimique intense dans le voisinage immédiat des hyphes. L'oxalate produit par les hyphes décompose les grains d'andésite, matériel de la roche-mère des sols du Pacific Northwest. Il réagit avec le Fe et l'Al de l'andésite, accélérant ainsi la décomposition du minéral. L'environnement acide et la présence d'oxalate, fort chélateur de Fe et d'Al, dans les plaques de mycélium, permettent de libérer les cations situés entre les feuillets des argiles.

Zusammenfassung

Calziumoxalat-Anhäufung in Knöllchen des Mykorrhizapilzes Hebeloma crustuliniforme: Bedeutung für die Baumernährung

Sklerotien sind Dauerorgane, die für das Überleben der Mykorrhizapilze nach einem Holzschlag entscheidend sein können. Im Labor künstlich hergestellte Sklerotien würden eine sehr praktische Form von mykorrhizabildendem Impfstoff darstellen, den man dem Samen beimischen könnte.

Deswegen wurden die von verschiedenen Autoren beschriebenen weissen Sklerotien vom Fälbling *Hebeloma crustuliniforme* untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass es sich in diesem Fall nicht um Dauerorgane handelt, sondern um Calziumoxalatanhäufungen in einem Pilzgeflecht, die für die Baumernährung eine grosse Rolle spielen.

Oxalate halten das Ca zurück, einen für die Bäume in grossen Mengen in der Wurzelzone notwendigen Nährstoff. Oxalate im Boden beschleunigen die Verwitterung der Bodenmineralien und fördern die Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Bäume.

Bibliographie

Cromack, K., Jr, P. Sollins, W. C. Graustein, K. Speidel, A. W. Todd, G. Spycher, C. Y. Li, R. L. Todd, 1979: Calcium oxalate accumulation and soil weathering in mats of the hypogeous fungus *Hysterangium crassum*. Soil Biol. Biochem. *11:* 463—468.

Dumann, H., 1980: Oxalatkristalle in Pflanzenzellen. Mikrokosmos *69:* 25—28.

Graustein, W. C., K. Cromack, Jr, P. Sollins, 1977: Calcium oxalate: Occurrence in soils and effects on nutrient and geochemical cycles. Science *198:* 1252—1254.

Kordes, E., 1960: Optische Daten zur Bestimmung anorganischer Substanzen. Verlag Chemie GmbH., Weinheim.

Voiry, H., 1980: Les ectomycorrhizes du chêne et du hêtre. Possibilités d'application pratique. CNRF Champenoux F-54280 Seichamps. 73 pp.

Zak, B., 1971: Characterization and identification of Douglas-fir mycorrhizae. Dans: Mycorrhizae. Edité par E. Hacskaylo. Misc. publication 1189. U. S. Dpt. of Agriculture — Forest Service. 255 pp.

Zak, B., 1973: Classification of ectomycorrhizae. Dans: Ectomycorrhizae. Edité par G. C. Marks et T. T. Kozlowski. Academic Press. 444 pp.