

Mit Mykorrhizen gegen Trockenstress

Eine gut funktionierende Symbiose von Pflanzenwurzeln und Pilzen ist in der Lage, für ein Drittel mehr Wasseraufnahme zu sorgen. Entscheidend dafür sind die Feinporen des Bodens, erläutern Namid Krüger, Matthias Beyer und Falko Feldmann.

Bei der Infiltration von Wasser in Böden wurde bisher angenommen, dass »altes« im Boden befindliches Wasser bei Niederschlägen durch neues Wasser ersetzt und nach unten verschoben wird. Eine aktuelle Hypothese, die als »two water worlds« bekannt wurde, stellt dies infrage. Sie besagt, dass es in Böden zwei Komponenten des Wassers gibt: eine infiltrierende, die an der Bodenwasserbewegung teilnimmt, zur Grundwasserneubildung beiträgt und in Interaktion mit Flüssen steht. Und eine zweite, fest gebundene Komponente, die kaum Austausch mit dem mobilen Wasser hat. Genau letztere Komponente sei aber essentiell für Pflanzen – besonders während Trockenphasen. Wenn die Pflanzen aber gebundenes Wasser benötigen, welche Rolle spielen dann die Feinporen des Bodens, aus denen das Wasser kaum pflanzenverfügbar ist?

Ganz praktische Fragen drängen sich auf: Beregnen wir falsch? Bearbeiten wir den Boden suboptimal? Vernachlässigen wir womöglich natürliche Anpassungsstrategien der Pflanzen, sich das knappe Gut Wasser und damit darin gelöste Nährstoffe verfügbar zu machen?

Ein Schlüssel für neue Antworten könnte die Rückkehr der Mykorrhiza-Technologie in die pflanzenbauliche Praxis sein. Um sie erfolgreich nutzen zu können, ist ein möglichst ungestörtes Geflecht aus Pilzfäden, sogenannten Myzelien, im Boden erforderlich. Ungestört heißt hier: möglichst wenig Bodenbearbeitung.

Die Mykorrhiza-Technologie setzt auf gegenseitig nützliche Lebensgemeinschaften zwischen vielen unserer Kulturpflanzen und mikroskopisch kleinen Pilzen,

welche die Wurzeln besiedeln. Glücklicherweise sind Mykorrhizapilze nicht spezifisch, d. h., sie können mehr als nur einen bestimmten Wirt besiedeln. Das führt in der Natur und im Agrarökosystem dazu, dass weit verbreitete Myzelien Pflanzen der gleichen Art, aber auch unterschiedlicher Arten verbinden. Die als Unkräuter »verrufenen« Wildpflanzen auf den Feldern können den Nutzpflanzen sogar helfen, indem über die Symbiosen Nährstoffe in die Kulturpflanze umgeleitet werden! Der Großteil unserer Feldfrüchte ist zur Bildung der Lebensgemeinschaft der arbuskulären Mykorrhiza fähig, darunter Getreide, Leguminosen, Kartoffeln, Spargel und Zwiebeln. Die Pilze kommen in den meisten Böden natürlich vor und werden bereits als Biostimulanzien auf dem Markt angeboten.

Und nun kommen wir zum Punkt: Die Pilz-Pflanze-Symbiose ist möglicherweise eine Anpassungsstrategie der Pflanze für die Verbesserung der Verfügbarkeit von Wasser aus der »ersten Wasserwelt« – dem fest gebundenen Bodenwasser.

Pflanzen brauchen einen kontinuierlichen Wasserfluss, um vitale Prozesse wie Nährstoffaufnahme und Photosynthese zu betreiben, und einen gewissen Wassergehalt im Zellgewebe für ihr Wachstum und ihr Überleben. Die arbuskulären Mykorrhizen können die Stresstoleranz gegenüber abiotischen Umweltfaktoren erhöhen und für ein besseres Wachstum von Wirtspflanzen sorgen. Heute weiß man, dass Mykorrhizapilze zahlreiche Bodenbakterien im Gepäck haben, welche die positiven Effekte der Symbiose noch verstärken und die Pflanzengesundheit för-

Foto: agrarfoto



Für die Durchlüftung und die Fähigkeit, Wasser zu speichern, spielt die Struktur des Bodens eine entscheidende Rolle.

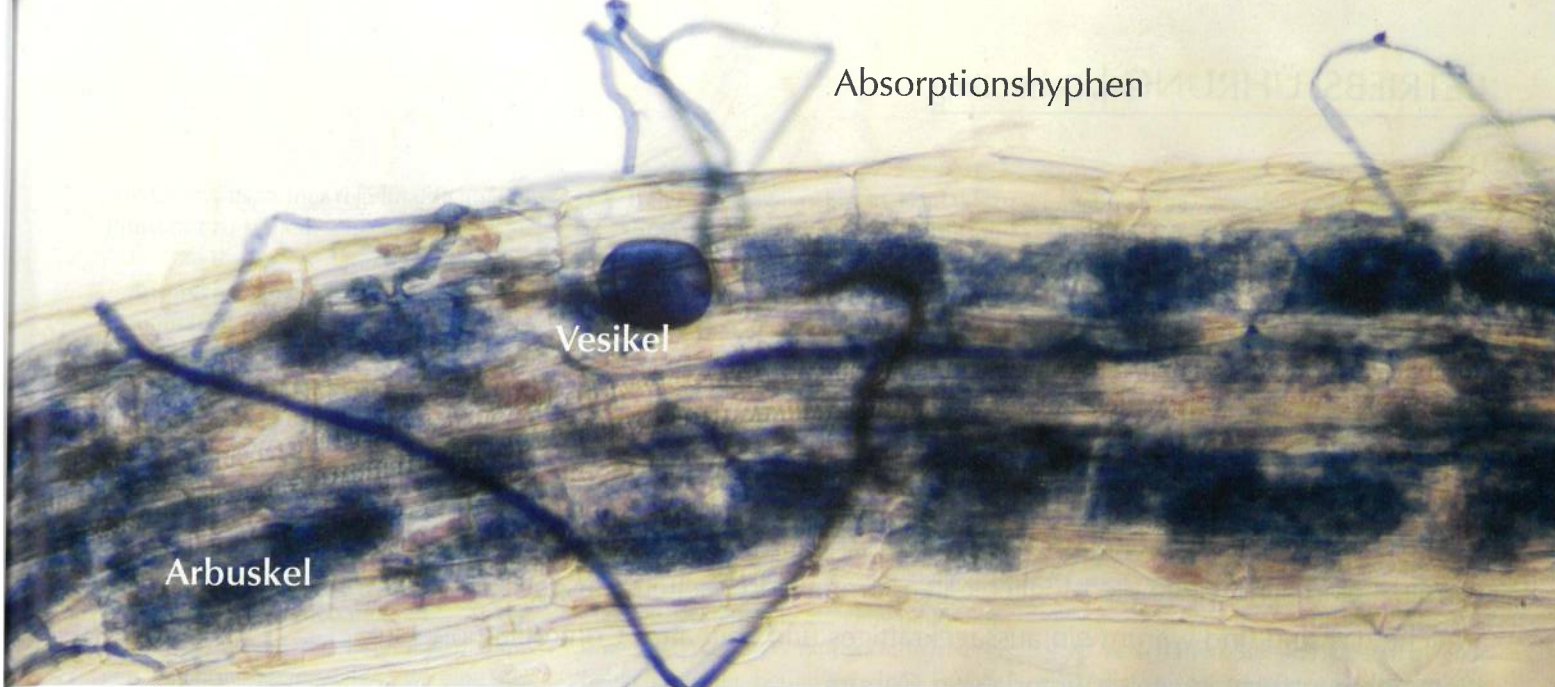


Foto: Feldmann

Die Symbiose zwischen Pilzen und den Feinwurzeln bezeichnet man als Mykorrhiza. Arbuskuläre Mykorrhizen sind eine Art dieser »Pilzwurzeln der Pflanzen«.

dem. Die enormen Myzeliennetze im Boden verschaffen der Pflanze nicht nur die Möglichkeit, mehr Nährstoffe zu erschließen, sondern auch an Wasser heranzukommen, an das die Wurzel ohne die Pilze nicht heranreichen könnte.

Wasseraufnahme auch aus den Feinporen. Mykorrhizen können die Trockenheitsresistenz der Kulturpflanzen erhöhen, indem sie die pflanzliche Wasseraufnahme bei einer gut funktionierenden Symbiose um mehr als 30% steigern. Dies wird durch die vergrößernde Oberfläche des Pilzmyzels hervorgerufen, welches bis zu 40 m/g Boden lang sein und Ressourcen in bis zu 25 cm Entfernung zur Wurzel erschließen kann. Wurzelsysteme haben im Vergleich eine Länge von weniger als 0,1 m/g. Die meisten Kulturpflanzen können Wasser und Nährstoffe nur aus den engen Grobporen und den Mittelporen aufnehmen und Ressourcen in den Feinporen (< 0,2 µm) nicht selbst erschließen. Nur durch langsame Diffusionsprozesse gelangen Nährstoffe aus den Feinporen in die Bodenlösung und zu den Wurzeln. Die Pilzhyphe könnten dieses Wasser aus den Feinporen extrahieren, die ansonsten für die Pflanzenwurzeln nicht zu erschließen wären.

Versuche mit »schwerem Wasser« ... In einem Experiment betrachteten wir exemplarisch Prozesse zwischen mykorrhizierten Spitzwegerich-Pflanzen und schluffigem, feinstrukturiertem Boden (Ut3) sowie der Atmosphäre unter kontrollierten Bedingungen. Wir haben insbesondere untersucht, wie genau und wann welche Wasserquellen für Pflanzen verfügbar werden. Um die Wassertransportwege in-

nerhalb des Pflanzen-Boden-Atmosphäre-Kontinuums verfolgen zu können, wurde an schweren ^2H -Wasserstoffisotopen angereichertes Wasser in die Feinporen des Bodens eingebracht. ^2H ist ein natürlicher Bestandteil des Wassers und hat keinerlei negativen Umwelteffekt. Ein Wassermolekül mit dem Wasserstoffisotop ^2H hat eine unterschiedliche Masse verglichen mit dem »normalen« Wassermolekül (dieses enthält nur ^1H). Diese leicht verschiedenen physikalischen Eigenschaften wirken sich auf Wassertransportprozesse wie Evaporation und Transpiration aus und lassen sich nutzen, um Einblicke in den Wasserkreislauf zu gewinnen. Durch verschiedene Anreicherungsverhältnisse lassen sich auch einzigartige Rückschlüsse über Transportwege im biologischen Wasserkreislauf erzielen.

... und ihre Ergebnisse. Unsere Ergebnisse bestätigen die Hypothese. Im Blattwasser der trockensten, mykorrhizierten Pflanzen waren die ^2H -Werte geringer als bei den trockensten, nicht mykorrhizierten Pflanzen. Eine Fraktionierung bei der Wasseraufnahme der Pflanzen durch eine Fokussierung des Wassertransports durch »Wasserkanäle« (Aquaporine) durch die Pflanzenzellen könnte die Ergebnisse erklären. Arbuskuläre Mykorrhizen könnten also den Wassertransport der Pflanzen regulieren und Anpassungen an Stresssituationen vornehmen. Die Rolle der Feinporen in unserem Experiment bedarf weiterer Klärung: Entgegen der »two water worlds«-Hypothese wurde das Wasser aus den Feinporen rasch ausgetauscht.

Die Ergebnisse zeigen hingegen eindeutig, dass Transpiration und Evaporation zu Anreicherungen an schweren ^{18}O - und ^2H -Isotopen im zurückbleibenden Wasser führen. Diese Isotopen lassen sich als Trockenheitsindikator nutzen. Nach diesen ersten Studien haben wir eine Methode zur Hand, mit der wir systematische Untersuchungen anstellen können. Nun wird es darum gehen, unterschiedlich große Mykorrhizanetze zu studieren, tief- und flachwurzelnde Kulturpflanzen in den Fokus zu rücken und so Rückschlüsse für Anbausysteme zu ziehen.

Fazit. Fest in Feinporen und Mikroaggregaten des Bodens gebundenes Wasser spielt entgegen bisheriger Annahmen eine große Rolle für die Pflanzen. In unserer Studie führte bereits eine kurze Trockenheit zu großen Veränderungen der bodenhydraulischen Eigenschaften und zu einer Einschränkung der Blattfunktionen. Solche nachteiligen Entwicklungen könnten durch arbuskuläre Mykorrhizen verringert bzw. verlangsamt werden. Diese verflochtenen Bodenpartikel zu Makroaggregaten und befördern durch ihre Interaktion mit Bakterien auch die Bildung von Mikroaggregaten. Für den Anbau von Feldfrüchten ist eine Bodenstruktur mit porösen, wasserstabilen Aggregaten mit einer Größe von 1 bis 10 mm am besten geeignet, da diese Struktur für eine gute Durchlüftung und Wasserspeicherfähigkeit sorgt.

Namid Krüger, Dr. Matthias Beyer,
TU Braunschweig, Dr. Falko Feldmann,
Julius Kühn-Institut, Braunschweig