

Aktivieren Sie die Schätze im Untergrund

Wie können tiefwurzelnde Zwischenfruchtmischungen optimiert werden, um Hauptfrüchten wie Mais einen besseren Zugang zu Nährstoffen und Wasser im Unterboden zu ermöglichen? Genau das wird in dem Verbundprojekt RootWayS untersucht. Michaela Dippold und Henrik Füllgrabe stellen die bisherigen Ergebnisse vor.

Zwischenfrüchte sind ein bewährtes Mittel, um Auswaschung und Erosion zu mindern und zugleich Humusaufbau und Bodenfruchtbarkeit zu fördern. Bei zunehmend limitiertem Nährstoffan-

gebot und immer unberechenbareren Niederschlägen ruhen verstärkt Hoffnungen auf der positiven Wirkung des Zwischenfruchtanbaus. Eine oft übersehene Chance liegt in der Tiefe – dem Unterboden. Tief-

wurzelnde Zwischenfruchtmischungen bieten eine Möglichkeit, um die vorhandenen Unterbodenressourcen zu erschließen. In dem Projekt »RootWayS« wird untersucht, welche Zwischenfruchtspezies kombiniert werden können, um für die Folgekultur Mais effektive Wurzelkanäle zu schaffen.

Unterböden bieten ein bislang wenig genutztes Reservoir an Nährstoffen und Wasser.

Das ist inzwischen umfassend erforscht. Zwar sind die Nährstoffgehalte unterhalb der Pflugsohle häufig niedrig. Doch die Gesamtvorräte an einigen Nährstoffen wie Phosphor (P) oder Kalium (K) sind beträchtlich. Ressourcen im Unterboden könnten vor allem bei ausgetrockneten Oberböden relevant werden, da Nährstoffe des Oberbodens aufgrund fehlenden Wassertransports nicht mehr zur Verfügung stehen. Trotz des großen Nährstoffangebots wird im konventionellen Landbau bislang nur ein kleiner Teil des Unterbodenvolumens genutzt. Aus dem ökologischen Landbau gibt es bereits Nachweise, dass die Zugänglichkeit und damit die Verfügbarkeit von Unterboden-nährstoffen und -wasser durch Zwischenfrüchte verbessert werden kann.

In dem Projekt »RootWayS« untersuchen die Forschenden auf drei verschiedenen Standorten (einer Parabraunerde, einem Podsol und einem schwarzerdeähn-



Foto: Füllgrabe

Die Wurzelgänge der Zwischenfrüchte dienen dem nachfolgenden Mais als »Schnellstraßen« in den Unterboden.

lichem Boden) über mehrere Jahre, inwiefern tiefwurzelnde Winter-Zwischenfruchtmischungen die Nährstoff- und Wasseraufnahme von Mais aus dem Unterboden durch Nutzung stabiler Bioporen verbessern können.

Für das Projekt wurden drei verschiedene Zwischenfruchtmischungen aus jeweils vier Komponenten zusammengestellt. Der Anbau erfolgte zwischen Wintergerste und Silomais. Zudem gab es Kontrollparzellen mit Winterbrache. Die Mischungen setzten sich immer aus je zwei Arten der funktionellen Gruppen der Leguminosen, Gräser und Ölsaaten zusammen (Übersicht). Innerhalb dieser Gruppen wurde jeweils eine flach- und eine tiefwurzelnde Art kombiniert. Das Nischen-Konkurrenzausschlussprinzip besagt, dass Pflanzen innerhalb der gleichen funktionellen Gruppe Konkurrenz im gleichen Wurzelraum vermeiden: Man zwingt den Tiefwurzler quasi trotz der kurzen Wachstumsperiode damit in den Unterboden. Die so entstehenden stabilen Wurzelgänge der tiefwurzelnden Zwischenfrucht sollen der Folgekultur Mais anschließend als »Schnellstraße« für die Wurzeln in den Unterboden dienen, sobald dessen Wurzelsystem den flachgründig bearbeiteten Oberboden durchdrungen hat.

Im Zwischenfruchtanbau ist Stickstoff häufig der Nährstoff, dem die größte Aufmerksamkeit gewidmet wird. Denn dieser wird in Zwischenfrüchten »zwischen gespeichert« und vor Verlusten im Winter gesichert. Im Frühjahr erfolgt dann durch langsame Mineralisation sukzessive wieder eine Freisetzung. In RootWayS wurden die Blätter der Zwischenfrüchte mit dem stabilen Stickstoff-Isotop ¹⁵N »gefüttert«,

Jeder Boden ist anders. Daher müssen auch die Komponenten der Zwischenfruchtmischungen an den jeweiligen Standort angepasst werden.

um im späteren Versuchsverlauf den Weg dieses zwischengespeicherten Stickstoffs nachvollziehen zu können. Während der Wachstumsperiode des Mais konnte dieser zwischenfruchtbürtige Stickstoff sowohl direkt pflanzenverfügbar in der Bodenlösung als auch in den Bodenmikroorganismen wiedergefunden werden. Dabei zeigte sich, dass die Wurzelgänge deutlich mehr Stickstoff enthielten als der sie umgebende Boden.

Auf den eher nährstoffarmen Böden, also dem Podsol und der Parabraunerde, war der Zwischenfrucht-Stickstoff hauptsächlich in gelöster Form wiederzufinden, auf dem fruchtbaren, schwarzerdeähnlichem Boden vermehrt in der aktiven mikrobiellen Biomasse. Dies unterstreicht, dass vor allem dort, wo die natürliche Bodenfruchtbarkeit weniger Stickstoff für die Maisernährung zur Verfügung stellt, die Zwischenfrüchte einen essentiellen Beitrag zur N-Verfügbarkeit im Boden leisten können.

Entscheidend für den Maisanbau ist jedoch nicht, wie viel Stickstoff eine Zwischenfrucht in den Boden einbringt. Viel wichtiger ist, wie viel davon im Nachgang durch den Mais auch wieder genutzt werden kann. Hierfür sind offensichtlich die Wurzelkanäle oder die hinterlassenen Nährstoffvorräte der Ölsaaten/Gras-Mischung besonders vorteilhaft. Auf dem Podsol waren z. B. 15 % und auf der Parabraunerde sogar 18 % des Stickstoffs der



Wurzeln der Zwischenfrüchte in den Maispflanzen wiederzufinden (Grafik 1).

Dieses Ergebnis ist von besonderer Relevanz in Jahren mit ausgeprägter Frühjahrstrockenheit, die in Deutschland immer häufiger auftritt. Unter diesen Bedingungen kann der Mais wenig von dem leicht verfügbaren Stickstoff im Oberboden profitieren, da dieser weitgehend ausgetrocknet ist. Hier ist es besonders wichtig, dass der Mais bereits frühzeitig ein tief reichendes Wurzelsystem ausbildet, um die Ressourcen im noch feuchten Unterboden ausschöpfen zu können. Im Versuch folgten einige Maiswurzeln den Bioporen der Zwischenfrüchte mehr als einem Meter in die Tiefe. Und auch der markierte Zwischenfrucht-Stickstoff konnte in dieser Tiefe noch gefunden werden.

Im Projekt wurden auch die Nährstoffaufnahmen von Kalium (K) und Calcium (Ca) in Mais untersucht. Grafik 2 zeigt die Ergebnisse dieses Experiments exemplarisch für die Parabraunerde. Es ist zu se-

Zusammensetzung der Zwischenfruchtmischungen*

Funktionelle Gruppe	Spezies	Mischung 1 (Leguminose/Gras)	Mischung 2 (Leguminose/Ölsaat)	Mischung 3 (Gras/Ölsaat)
Leguminosen	Rotklee	tiefwurzelnd	tiefwurzelnd	x
	Weißklee	flachwurzelnd	flachwurzelnd	x
Gräser	Rohrschwingel	tiefwurzelnd	x	tiefwurzelnd
	Dt. Weidelgras	flachwurzelnd	x	flachwurzelnd
Ölsaaten	Ölrettich	x	tiefwurzelnd	tiefwurzelnd
	Winterraps	x	flachwurzelnd	flachwurzelnd

* jeweils aus einer tief- und einer flachwurzelnden Art einer funktionellen Gruppe

hen, dass der Mais zu seiner Hauptwachstumsphase auf den Kontrollparzellen ohne Zwischenfrucht den Großteil seiner Nährstoffe aus den obersten 30 cm des Bodenprofils gezogen hat. Gleichzeitig ist ein deutlicher Zwischenfruchteffekt erkennbar. Vor allem die Leguminosen/Gras- und die Ölsaaten/Gras-Mischungen führten zu einer deutlich erhöhten Nährstoffaufnahme beim Mais aus dem Unterboden. So wurden 49 % des K-Bedarfs nach der Ölsaaten/Gras-Mischung und 51 % des Ca-Bedarfs von unterhalb der Pflugsohle gedeckt. Dies lässt auf die Wiedernutzung der Wurzelgänge und die Aufnahme von ehemaligen Wurzel-Nährstoffen aus den Porenwänden schließen.

Für die anderen beiden Standorte zeigten sich in den Untersuchungen ähnlich hohe Zwischenfruchteffekte, jedoch mit dem Unterschied, dass jeweils andere Zwischenfruchtmischungen die optimale Nutzung der Unterbodenressourcen unterstützten. Auf dem schwarzerdeähnlichen Boden zeigten jeweils Mischungen mit Gräsern die beste Wirkung für die Nährstoffaufnahme aus dem Unterboden. Bei dem nährstoffarmen Podsol war es wiederum die Ölsaaten/Leguminosen-Mischung, die die größten Effekte erzielte. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass es nicht eine universell einsetzbare optimale Zwischenfruchtmischung für den nachfolgenden Maisanbau gibt. Vielmehr entscheidet der Standort darüber, welche Mischung(en) am besten geeignet sind. Dies erschwert den optimierten Praxiseinsatz, denn Landwirte müssen die jeweilige Bodenbeschaffenheit ihrer Flächen kennen, und Saatgutanbieter müssen entsprechend angepasste Mischungen im Portfolio haben. Um das gewährleisten zu können, bedarf es weiterer Forschung, welche diese Ergebnisse bestätigen und zudem mechanistisch so weit erklären, dass sich auch für nicht direkt untersuchte Bodentypen Schlussfolgerungen ziehen lassen.

Ausblick. Nicht eindeutig geklärt ist bisher, ob es sich um einen rein mechanisch-energetischen Vorteil für das Wurzelwachstum handelt oder ob weitere Faktoren wie die Qualität der Wurzelexudate und -biomasse oder Symbiosen der Zwischenfrüchte mit Pilzpartnern von Bedeutung sind. In »RootWayS« wird daher weitergeforscht. Zum einen werden die bereits bekannten Mischungen mit zusätzlichen Trockendächern dem Härtetest (einem sehr trockenen Frühjahr) auf ihre Wir-

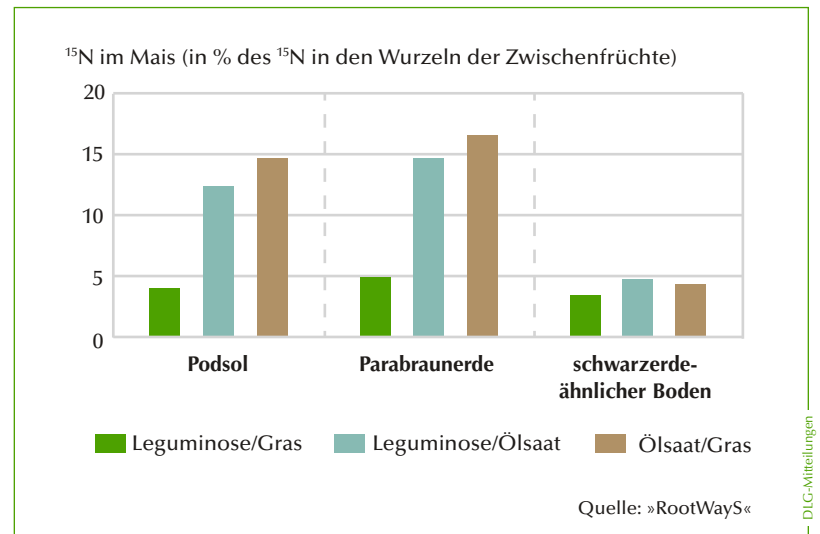
kung geprüft. Zum anderen werden die Mischungen weiterentwickelt. Eine Überlegung ist zum Beispiel, die tiefwurzelnenden Arten zusätzlich nach der Eigenschaft Winterhärte auszuwählen (z. B. Perserklee anstelle von Rotklee), um sicherzugehen, dass die Wurzeln bis zur Maisaussaat weitestgehend abgebaut und die Wurzelgänge frei für die Wiedernutzung durch den Mais sind. Die Ergebnisse hierzu sind in

den kommenden zwei Jahren zu erwarten und werden dann öffentlich zugänglich für alle Interessierten vom Team der Universität Kiel zusammengefasst.

*Prof. Dr. Michaela Dippold,
Henrik Füllgrabe, Universität Tübingen*

Das Projekt RootWayS wird vom BMBF finanziert und von Frau Prof. Sandra Spielvogel (Universität Kiel) koordiniert.

Grafik 1: Stickstoffübertrag von Zwischenfrüchten auf den Mais (%)



Grafik 2: Relative Nährstoffaufnahme aus dem Boden durch Mais zu Beginn des Rispenstehens*

