



Foto: Agrarfoto.com



MIT WURZELN GEGEN DIE TROCKENHEIT

Die Fröhsommer werden trockener, die Landwirtschaft muss sich für Dürreperioden wappnen. Eine gute Durchwurzelung des Bodens kann helfen, denn sie **regt die Mikroorganismen zur Arbeit an**.

AUF DEN PUNKT

- Die Klimakrise mit mehr Dürren hat gravierende Folgen für die Kleinstlebewesen im Boden.
- Das kann zu substantziellen Humus- und Nährstoffverlusten in vielen Böden führen.
- Schonende Bearbeitung, Zwischenfrüchte und Biostimulanzien sollen dem entgegenwirken.

a

Die künftigen Entwicklungen des Klimawandels sind sicher noch nicht bis ins letzte Detail abschätzbar.

Dennoch zeichnet sich für den mitteleuropäischen Raum ein sehr deutliches Bild ab: Neben höheren Temperaturen verteilen sich die Niederschläge um. Vor allem im Fröhsommer wird es deutlich trockener. Dies hat Konsequenzen für den Ackerbau: Hitzestress und Wassermangel hemmen das Wachstum direkt. Indirekt hat beides Konsequenzen für die wichtigsten Unterstützer der Kulturen, die Bodenmikroorganismen.

Mikroorganismen, in erster Linie Bakterien und Pilze, sind im Boden oft wenig aktiv, außer es wächst eine Pflanzenwurzel in ihrer unmittelbaren Nähe. Dann aktivieren Wurzelausscheidungen die Kleinstlebewesen – das heißt, ihnen wird eine Nahrungsquelle zur Verfügung gestellt.

Im Gegenzug dazu setzen die dann aktivierten Mikroorganismen Nährstoffe frei. Das sind zum Beispiel Stickstoff und Phosphor aus dem Humus durch den enzymatischen Abbau; aber auch an Mineralien festgelegtes Phosphat und Kalium durch dessen Austausch.

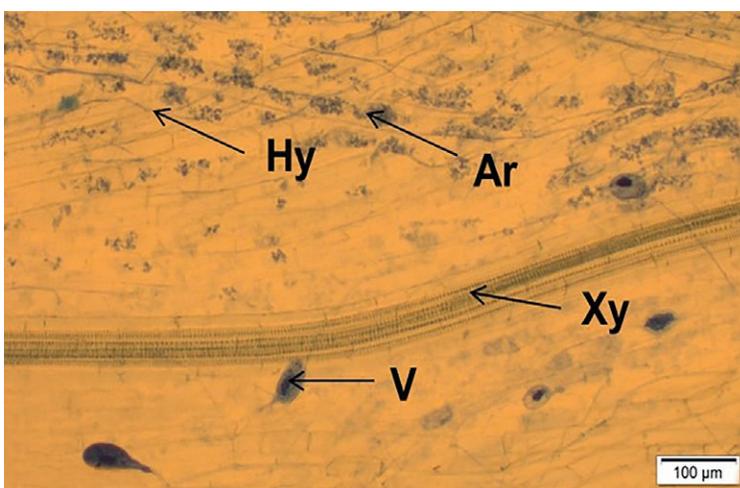
Wie die allermeisten biochemischen Prozesse nehmen solche Abläufe mit steigender Temperatur zu. Pro 10 °C Temperaturerhöhung verdoppelt sich etwa die Geschwindigkeit. Bei Wassermangel kommen die Umwandlungsprozesse aber nahezu zum Erliegen. Dies hat folgende Konsequenzen für das Bodenleben: »

Wurzel der Zwischenfrucht Phacelia:
Ständige Bodenbedeckung und minimale Eingriffe in den Boden halten die Erde bei steigenden Temperaturen kühl.

Wurzelausscheidungen um die Kronenwurzeln einer Maispflanze. Die so genannte Muzilage ist hier zu sehen an der Sorte Kentos, Bayreuth 2018.



So läuft der Austausch von Nährstoffen gegen Kohlenhydrate an einer Erdnusswurzel: Xy = Xylemstreifen als Leitsystem, Hy = Hyphen oder Pilzfäden, V = Vesikel zum Speichern, Ar = Arbuskel als fein verzweigte Strukturen der Pilze in einer Pflanzenzelle.



Maiswurzeln in Schwarzerde (Löss): Halten sich die Wurzeln Bakterien und Pilze wie wir Nutzvieh?



Bodenschichten und Wassereffizienz unter Löss: Fruchtbare Boden ist resistent gegen Hitze.

- Die mittlere Temperaturerhöhung der nächsten Jahrzehnte wird die mikrobielle Nährstofffreisetzung in der Vegetationsperiode zwar etwas erhöhen. Der Beitrag wird im Vergleich zum hohen Bedarf und bei gestressten Pflanzen aber eher marginal sein.
- Ein systematisch erhöhtes Freisetzen über die immer wärmer werdenden Wintermonate kann jedoch mittel- bis langfristig zu substanziellen Humus- und Nährstoffverlusten für landwirtschaftlich genutzte Böden führen.
- Zunehmende Trockenheiten als Konsequenz des Klimawandels mindern die Fähigkeit des Bodens deutlich, Nährstoffe in pflanzenaufnehmbare Form zur Verfügung zu stellen.
- Der Wegfall dieser durch Mikroorganismen ermöglichten Funktion des Bodens infolge von Trockenperioden wird vermutlich ähnlich ertragsmindernde Konsequenzen wie der Wassermangel selbst mit sich bringen.

Die Landwirtschaft muss darauf vorbereitet sein und jetzt die Weichen stellen, um dem gegenzusteuern. Einige Möglichkeiten sind dabei durchaus weit bekannt oder lassen sich aus trockeneren Klimazonen übernehmen, etwa aus dem Mittelmeerraum.

Das gilt zum Beispiel für eine wassersparende Bodenbearbeitung oder die Aussaat von Zwischenfrüchten, die in wärmeren Wintern die freigesetzten Nährstoffe effektiv in ihrer Biomasse aufnehmen und Winterverluste minimieren. Dies wird jedoch bei Weitem nicht ausreichen.

WURZELAUSSCHIEDUNGEN ANKURBELN

Vielmehr müssen zusätzliche, innovative Methoden zum Einsatz kommen, um den Herausforderungen des Klimawandels gerecht zu werden. Vielversprechende Ansätze sind aufgezeigt.

Wurzelausscheidungen (Muzilage) bilden ein Biogel, das wie ein Schwamm das Wasser in der Nähe der Wurzel bindet. Die Ausscheidungen verhindern, dass der Wurzel-Boden-Kontakt abreißt oder die Wurzeln austrocknen. Solange der Boden um die Wurzel herum feucht bleibt, heißt dies aber auch, dass die unterstützenden Mikroorganismen weiter eine Lebensgrundlage haben und für die Pflanze Nährstoffe aus dem Humus freisetzen können. Damit lässt sich dem negativen Effekt der Trockenheit zumindest für einen Teil des Bodens um »



PROSARO®

WURZELSYSTEM UND RHIZOSPHERE EINER MAISPFLANZE IM BLICK

Gute Wasserversorgung

80 % der Wasserhaltekapazität

Trockenstress

30 % der Wasserhaltekapazität



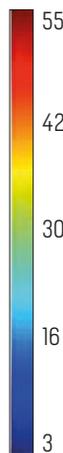
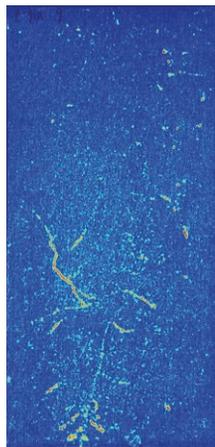
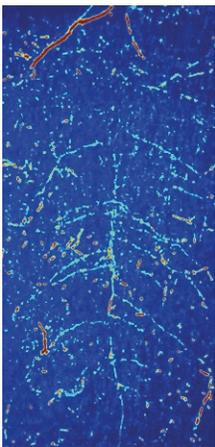
Fotografie des Wurzelsystems der Maispflanzen (an der Oberfläche einer Rhizobox)

Echtlichtfoto des Wurzelsystems einer Maispflanze mit Rhizosphäreneigenschaft, aufgenommen in so genannten Rhizoboxen, in denen die Pflanze an einer transparenten Scheibe entlang wächst.



relative Menge an Wurzelauausscheidungen (gemessen als Fotoluminiszenz)

Visualisierte Wurzelauausscheidungen nach Markieren des photosynthetisch fixierten Kohlendioxids mit dem Radioisotop ¹⁴C. Neu in das unterirdische Wurzel-Boden-System gelieferter Kohlenstoff lässt sich über Fotoluminiszenz eindeutig nachweisen.



mikrobielle Enzymaktivität (nmol cm⁻² h⁻¹)

Visualisierte mikrobielle Aktivität anhand des Beispielenzyms β -Glucosidase, das zentral am Abbau des Humus und damit auch indirekt an der Nährstoff-freisetzung beteiligt ist.

Wurzel- und Rhizosphäre (Wurzelumgebung), Eigenschaften jeweils fotografiert in sogenannten Rhizoboxen. Quelle: New Phytologist, Zhang et al. 2022

@agrarteute www.agrarteute.com, Ausgabe 06/2023



Zuverlässiger Ährenschutz

- // **Sichert die Kornqualität**
- // **Exzellenter Schutz gegen Fusarium und Rost**
- // **Ausgezeichnete Formulierung**
- // **Sehr gute Pflanzenverträglichkeit**



Premeo Sonderaktion 2023

Aktionscode: **GETFUN2023**

www.agrar.bayer.de/aktion

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

die Wurzeln herum entgegenwirken. Um diese Pflanzeigenschaft effektiv nutzen zu können, ist dieses Merkmal aber noch züchtungsbasiert zu optimieren.

Problematisch gestaltet sich dabei, dass es wenig Möglichkeiten gibt, über Hochdurchsatzverfahren unterirdische Pflanzenmerkmale wie die Muzilageproduktion in Echtzeit zu beobachten.

Das ist aber eine Voraussetzung, um zahlreiche, über klassische Züchtung generierte neuen Genotypen auf ein bestimmtes Merkmal hin auszuwählen. Hier sind sowohl neue technische Entwicklungen gefragt als auch neue potenziell gentechnikbasierte Züchtungsansätze, etwa Genomeditierung.

MYKORRHIZIERUNG MIT MEHR HUMUS

Mykorrhiza stellt eine Symbiose zwischen Pflanzen und filamentösen Pilzen dar, die mehrere Vorteile gegenüber der losen Assoziation mit Bakterien birgt. Die filamentösen Pilzfäden wachsen in die Wurzel hinein, wodurch dort ein äußerst effizienter Austausch möglich ist. Die Pflanze ernährt die Pilzhyphe durch Abgabe von Kohlenstoff aus der Fotosynthese. Im Gegenzug versorgt die Pilzhyphe die Pflanze mit Nährstoffen, die sie aus dem Boden aufnimmt.

Die ultrafeinen Pilzhypen fungieren in gewisser Weise wie verlängerte Wurzeln,



Junge Maiswurzel in einem von einer Zwischenfrucht vorgeformten Wurzelkanal.



Hier sind sogar noch die noch nicht abgebauten Fasern der ursprünglichen Wurzel zu sehen.

nur sind sie viel feiner und können damit effizienter Nährstoffquellen auffinden. Dort arbeiten sie dann mit Bakterien zusammen, um die Nährstoffe zu erschließen.

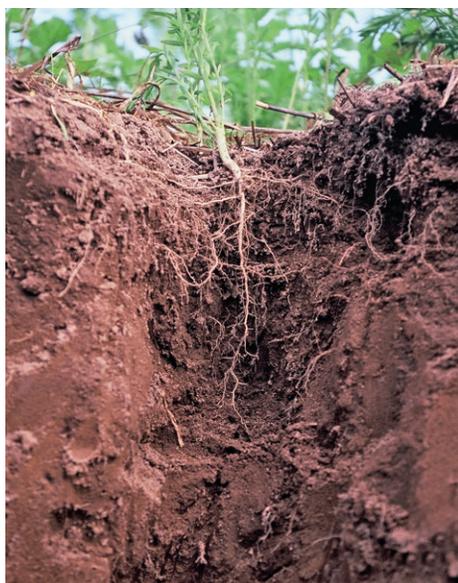
Im trockenen Boden erhalten sie über Kohlenstofffreisetzung die mikrobielle Aktivität dort aufrecht, wo noch Wasser vorhanden und damit Nährstofffreisetzung möglich ist. Der Nährstofftransport zur Pflanze ist dann auch in sehr trockenen Böden möglich, da die Pilzhyphe selbst nicht austrocknet und weiter Transporte auch über weite Strecken ermöglicht.

Mykorrhizierung als Strategie gegen die Trockenheit ist schon länger in der Diskussion, lässt sich jedoch nicht durch eine einfache Bewirtschaftung erzielen. Ein gutes Humusmanagement und Minimalbodenbearbeitung wirken dabei unterstützend. Dann kann auch eine Inokulation, also ein Ausbringen der entsprechenden Pilzsporen auf den Feldern, eine gewinnbringende Strategie sein.

Zentral ist jedoch auch hier die Pflanzenzüchtung, denn die Intensität der Wurzelmykorrhizierung und auch die Intensität des Austauschs zwischen Pflanze und Pilz sind im Genom der Nutzpflanze verankert. Sie lassen sich durch gezielte Züchtungsprozesse verbessern.

Ungeachtet dessen bleibt jedoch die Herausforderung, dass Böden nicht transparent sind und es keine Hochdurchsatzverfahren

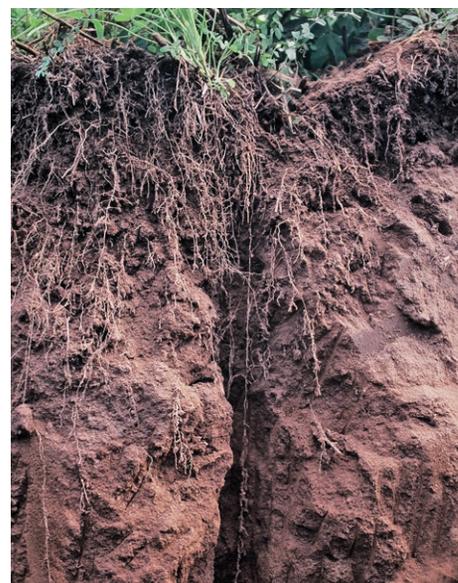
Fotos: Osman Mustafa, Tobias Stürzebecher, Heinrich Füllgrabe, Joachim Bischoff, Desa Lazic, Michaela Dippold



Wurzelwachstum von Öllein: Der Tiefgang einzelner Arten unterscheidet sich stark.



Wurzelfäden von Tillagerettich zur Melioration: Sie reichen auf lehmigem Sand bis zu 1m tief.



Wurzelbild von Sparrigem Klee: Die Pfahlwurzel dringt bis zu 2 m tief in den Boden.

zur Quantifizierung von Mykorrhizierung gibt. Das stellt den Züchtungsprozess derzeit noch vor Herausforderungen.

RESSOURCEN IM UNTERBODEN NUTZEN

Eine weitere Strategie ist das Nutzen der Unterbodenressourcen: Sowohl von einer Erwärmung noch mehr aber von dürrebedingter Austrocknung ist primär der Oberboden betroffen. Tiefere Bodenschichten bleiben meist selbst über längere Trockenperioden hinweg feucht und damit mikrobiell aktiv.

Allerdings ist erstens die mikrobielle Aktivität des Unterbodens meist geringer, da dieser wenig Humus enthält, und zweitens das Erschließen des Unterbodens durch Wurzeln oft sehr gering. Beiden Nachteilen wirken tiefwurzelnde Zwischenfrüchte entgegen, da sie Wurzelrückstände und Stickstoff in den Unterboden einbringen. Über die Wurzelkanäle, die sie hinterlassen, lässt sich der Unterboden durch Wurzeln leichter erschließen, was der nachfolgenden Frucht zugutekommt.

Seitdem die Behauptung, dass Zwischenfrüchte im Winter die Wasservorräte so stark verbrauchen, dass in trockenen Folgejahren der Wassermangel früher einsetzt, für die allermeisten Anbauszenarien klar widerlegt wurde, werden tiefwurzelnde Zwischenfrüchte immer häufiger als Strategie gegen die Auswirkungen des Klimawandels erwo-

„
Gesunder Boden, richtig bewirtschaftet, ist von sich aus resilient bei Dürre, Wind oder Starkregen.“

Christoph Felgentreu

Bodenexperte, ehemals Deutsche Saatveredelung (DSV), Bückwitz



Prof. Dr. Michaela Dippold

Eberhard Karls Universität Tübingen,
Fachbereich Geowissenschaften
michaela.dippold@uni-tuebingen.de

gen. Ihr klassischer Einsatz fokussierte sich darauf, dass sie den Boden im Herbst, Winter und Frühjahr gegen Erosion stabilisieren und Humus akkumulieren und damit die Bodenstruktur und die Wasserhaltekapazität verbessern.

TIEF WURZELNDE ARTEN LOHNEN SICH

Neue Ansätze, wie zum Beispiel über gezielte Mischungen mit tiefwurzelnden Arten Wurzelkanäle zur Erschließung des Unterbodens zu erschaffen, werden zurzeit in anwendungsorientierten Forschungsprojekten erprobt (siehe agrarheute 11/2022 ab Seite 90 oder unter www.bonares.de/rootways). Sie lassen sich deutlich schneller einführen als Methoden, der zuerst eine Saatgutzüchtung auf bestimmte Merkmale vorausgeht.

Derzeit laufende Forschungsarbeiten werden finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Robert Bosch-Stiftung. Sie haben das Ziel, die mikrobielle Aktivität als wichtigen, ertragsstabilisierenden Faktor robust gegenüber den Folgen des Klimawandels zu machen. Da schon viele Teile Deutschlands die Folgen der Erderwärmung auf die landwirtschaftliche Produktion deutlich spüren, muss das zügige Erproben und Etablieren erfolgversprechender Lösungsansätze oberste Priorität haben. (kb)

KNOCHE

AM ENDE ZÄHLT DAS ERGEBNIS.
AM ANFANG KNOCHE.

SCHNITTIG. SPARSAM.
SPEEDMAX.

Intelligente Konstruktion. Perfekte Klingengeometrie. Zuverlässig, hochwertig und kombinierbar. Für neue Maßstäbe in der Restpflanzenzerkleinerung.



QR-Code scannen und
mehr Infos erhalten



SEIT
1790

KNOCHE
SPEEDMAX 300