

Abb. 1: Entwicklung des Wurzelsystems einer Maispflanze (Tag 10, 15, 19, 23 und 28 nach Keimung)

Innovation für
Ihr Wachstum

DIE WURZEL – DIE BEKANNTE UNBEKANNTE

Wie innovative Wurzelforschung Lösungen für die Praxis schafft

Dr. Ulf Feuerstein · Asendorf

Das Wurzelsystem einer Pflanze bildet die Basis ihrer Leistungsfähigkeit. Bisher war es in der Züchtung nur schwer möglich Pflanzen nach Wurzelwachstum zu selektieren. Aktuelle Forschungsarbeiten eröffnen nun neue Perspektiven.

Alljährlich ist es das gleiche Schauspiel. Gewaltige Staubwolken ziehen hinter riesigen Mähdreschern her, die die Getreide- und Rapsfelder dreschen. Im Augenblick der Ernte denkt kaum jemand an das Pflanzenorgan, auf dem dieser Ertrag aufbaut – an die Wurzeln. In der Landwirtschaft, der Pflanzenzüchtung und der Forschung fristete der unsichtbare Teil der Pflanzen, das Wurzelsystem, ein Dasein im Untergrund. Man ist sich zwar bewusst, dass das Wurzelsystem für den Ertrag von großer Bedeutung ist, es fehlte bisher aber an systematischen Methoden, um sich diesem Pflanzenorgan zu nähern. Durch das Wachstum im Boden entzie-

hen sich die Wurzeln der einfachen Beobachtung. Messungen und Beobachtungen sind deshalb nur durch sehr aufwendige Verfahren durchzuführen. In einer Reihe von Instituten wurden neue Methoden entwickelt, die es ermöglichen, mehr über die Wurzeln zu erfahren. Angeregt durch die Wissenschaft, aber auch durch die Fragestellungen aus der Praxis, beginnen Pflanzenzüchter wie die Deutsche Saatveredelung AG damit, die Wurzel als Ziel in ihre Züchtungsarbeiten aufzunehmen. Dazu müssen die in der Wissenschaft entwickelten Methoden an einen großen Massendurchsatz, wie er in der Züchtung üblich ist, angepasst werden.

Die Keimwurzel

Wurzeln reagieren extremer auf unterschiedliche Bedingungen als oberirdische Pflanzenorgane. Schon kleine Unterschiede in der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Nährstoffversorgung oder der Bodendichte führen zu sehr unterschiedlichen Wurzelentwicklungen. Diese Sensitivität der Wurzeln macht es außerordentlich schwierig, vergleichende Untersuchungen im großen Umfang durchzuführen. Die Wurzelentwicklung während der ersten Wochen kann in mehr oder weniger großen Spezialbehältern mit Glaswänden, sogenannten Rhizotronen, durchgeführt werden.



Bestellen Sie die neue TerraLife- und Energiepflanzenbroschüre unter www.dsv-saaten.de



Möchte man jedoch das Wurzelwachstum von älteren Pflanzen erforschen, dann müssen im Feld Wurzeln aus dem Boden isoliert werden. Ein Samen keimt, wenn er Wasser aufnehmen kann und eine ausreichende Keimtemperatur zur Verfügung steht. Der Züchter weiß, dass sich die Wurzeln in Richtung der Schwerkraft orientieren, sie wachsen immer nach unten zum Erdmittelpunkt (Geotropismus). Setzt man den Samen auf ein Filterpapier und stellt dieses senkrecht, dann kann man sehr gut beobachten, wie sie keimen und sich die Keimwurzeln entwickeln. Für die Etablierung eines Bestandes ist es wichtig, dass das Saatgut möglichst schnell und gleichmäßig keimt und sich die Keimwurzel stark entwickelt. In jeder Saatgutpartie gibt es Samen, die schneller keimen als andere und die eine besonders starke Keimwurzel hervorbringen. Die **Abbildung 2** verdeutlicht am Beispiel von Keimpflanzen des Ölleins, wie heterogen sich die Keimwurzelentwicklung innerhalb von 48 Stunden nach Keimbeginn vollzieht. Beobachtet der Züchter Unterschiede in der Entwicklung, kann er entsprechend seiner Zuchtziele die am besten geeigneten Pflanzen auswählen und für die weitere Züchtung verwenden.

Keimtemperatur

Einen großen Einfluss auf das Keimverhalten der Samen hat vor allem die Temperatur. Bei zu niedrigen oder zu hohen Temperaturen findet keine Keimung statt. Jede Art zeigt in der Keimung ein Optimum für eine bestimmte Temperaturspanne. Dabei

treten durchaus auch von Sorte zu Sorte erhebliche Unterschiede auf. Diese werden mit Hilfe eines Temperaturgradiententisches sichtbar gemacht, auf dem sich die Keimlinge je nach Temperaturbedürfnis unterschiedlich schnell entwickeln. Eine Stahlplatte wird so erwärmt bzw. gekühlt, dass ihre Oberfläche einen Temperaturgradienten aufweist. An einem Ende wird z.B. eine Temperatur von 6 °C angelegt und an das andere Ende eine Temperatur von 25 °C. Die Fläche weist in gleichmäßiger Abstufung alle Temperaturen dazwischen auf. Legt man nun das Saatgut auf diesen Gradienten, kann man beobachten, bei welchen Temperaturen die jeweilige Sorte zuerst keimt und unter welchen Bedingungen sie nicht keimt. Um die einzelnen Bereiche besser zu identifizieren, wird ein Raster über den Gradiententisch gelegt.

Das Wurzelwachstum im Rhizotron sichtbar machen

Wären es zu Beginn des Wachstums nur wenige Faktoren, die auf die Entwicklung der Keimwurzel einen Einfluss haben, so nehmen die positiven wie auch die negativen Einflussfaktoren mit jedem Tag des Wachstums zu. Es ist deshalb sinnvoll, die weitere Beobachtung des Wurzelwachstums in die Erde zu verlegen. Um hier eine gewisse Einheitlichkeit der Bedingungen und Beobachtungen zu erreichen, wurde das Rhizotron entwickelt. Rhizotrone sind flache, quaderförmige Behälter, die auf einer Seite mit einer Glasscheibe versehen sind. Diese Kästen werden

mit einem Spezialsubstrat befüllt, in dem die Pflanzen heranwachsen. Die Rhizotrone werden im Winkel von 60° unter Lichtabschluss gelagert, damit die Wurzeln an den Glasscheiben entlang wachsen und gut zu beobachten sind. Die **Abbildung 3** zeigt, wie die Rhizotrone mit unterschiedlichsten Leguminosenarten bestückt in eine Grube versenkt werden. Alle drei bis sieben Tage werden alle Rhizotrone fotografiert und die Bilder mit einer speziellen Software ausgewertet. Die Informationen zur Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln und zur Seitenwurzelbildung stellen dabei für den Züchter wichtige Grundlagen für eine gezielte Selektion dar. Da kleinere Unterschiede hinsichtlich der Befüllung mit Erde, der Bewässerung oder der Temperatur nicht ganz auszuschließen sind, muss mit mehreren Wiederholungen gearbeitet werden, um die Wurzelbildung einer Sorte richtig beurteilen zu können.

In **Abbildung 1** ist die Dynamik des Wurzelwachstums einer Maispflanze dargestellt. Sehr schön zu beobachten ist, wie sich nach und nach die Seitenwurzeln ausbilden und wie das Wurzelsystem den zur Verfügung stehenden Raum immer mehr ausfüllt. Ein weiteres eindrucksvolles Beispiel für die Nutzung eines Rhizotrons bildet der Vergleich der Wurzeln zwischen diploiden und tetraploiden Sorten des Deutschen Weidelgrases. Bekannt ist, dass das Deutsche Weidelgras relativ empfindlich auf Trockenperioden reagiert. Besonders betroffen sind davon die diploiden Sorten.

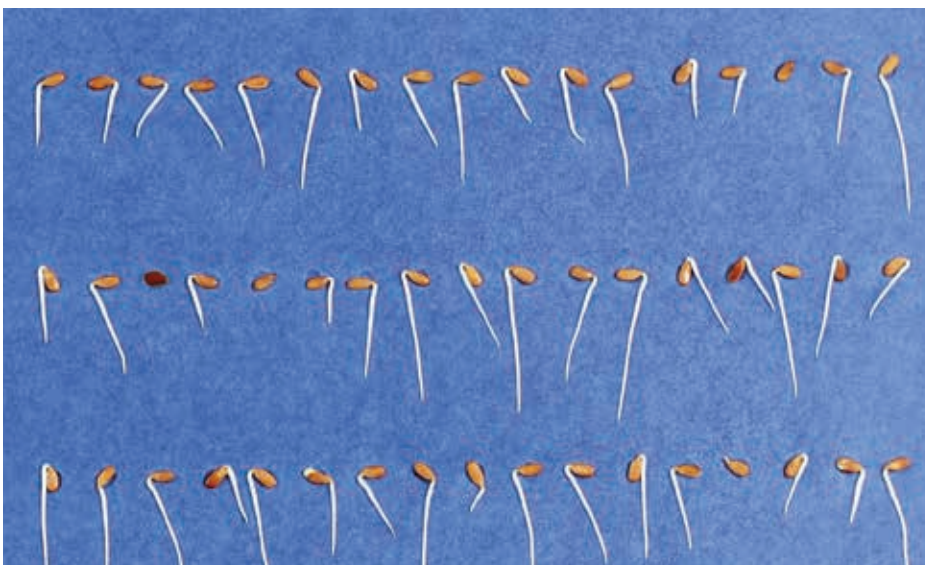


Abb. 2: 48 h nach Keimbeginn zeigt der Keimwurzeltest die unterschiedliche Wurzelentwicklung von Ölleinsorten



Abb. 3: Leguminosenarten in Rhizotrone

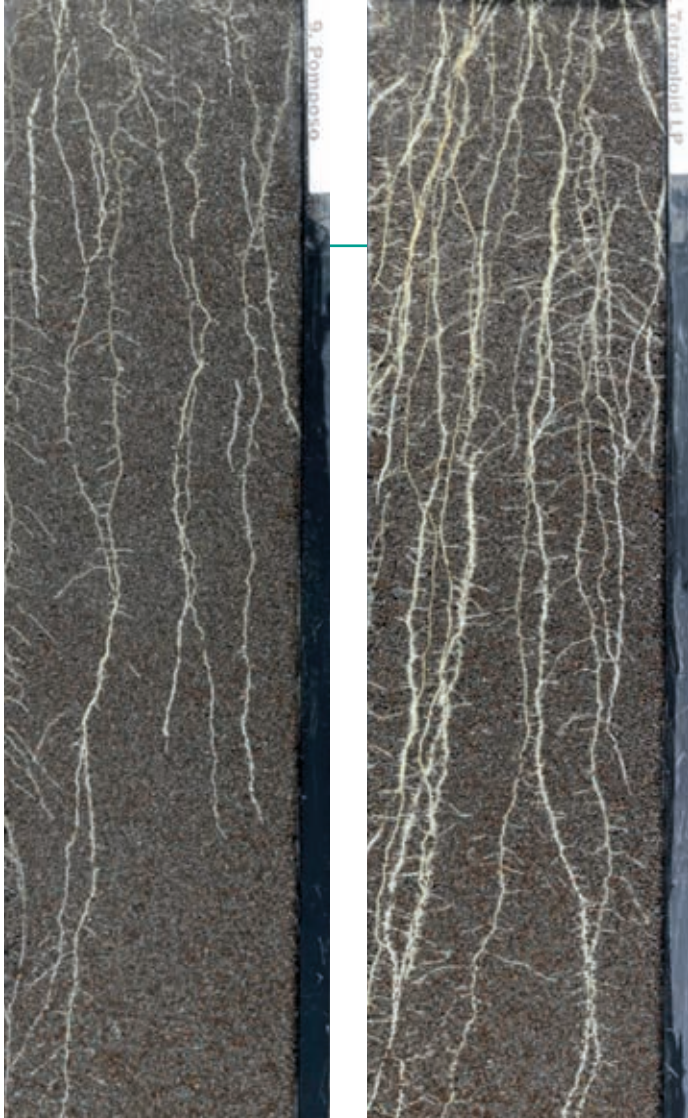


Abb. 4: Wurzelsystem von diploiden (links) und tetraploiden (rechts) Pflanzen des Deutschen Weidelgrases

Betrachtet man das Wurzelsystem von diploiden und tetraploiden Weidelgraspflanzen, dann wird sehr schnell deutlich, dass die Ursache für die unterschiedliche Toleranz gegenüber Trockenheit in der Ausprägung ihres Wurzelsystems liegt (**Abbildung 4**).

Wurzeln im Bestand

Die bisher beschriebenen Methoden ermöglichen es dem Züchter, einen ersten Eindruck vom Wurzelsystem seiner Pflanzen zu erhalten. Die beschriebenen Methoden sind für Massenerhebungen an Wurzeln geeignet und ermöglichen es, bereits in diesem Stadium der Züchtung gezielte Selektionen durchzuführen. Letztendlich muss aber die Auswahl des Züchters im Feld überprüft werden und dies ist mit einem sehr hohen Arbeitsaufwand verbunden. „Nichtinvasive Methoden“ wie z. B. die Nutzung von Röntgenstrahlen oder die Messung der Leitfähigkeit zwischen Pflanze und Boden stecken noch in den Kinderschuhen und werden vor allem für Einzelbeobachtungen entwickelt. Derzeit eignen sich diese Methoden aber noch nicht für Massenerhebungen, wie sie von der Züchtung benötigt werden. Alle anderen Methoden, die gegenwärtig zur Verfügung stehen, sind „destruktiv“, d. h. der Bestand ist nach den Untersuchungen nicht mehr nutzbar. Die bislang gebräuchlichste Methode zur Wurzeluntersuchung im Feld ist

nach wie vor das Ausheben eines Bodenprofils, verbunden mit dem vorsichtigen Freilegen der Wurzeln. Diese Methode ist aber für züchterische Zwecke nicht geeignet, da für eine Massenerhebung zu stark in ein Feld eingegriffen werden müsste und der Aufwand viel zu groß wäre. Bewährt hat sich dagegen die ebenfalls aufwendige Siebmethode. Dabei wird der Boden unter einem Pflanzenbestand auf einer festgelegten Fläche in 10 cm-Schritten abgetragen. Die Erde wird ausgesiebt und die Wurzeln werden vom Sieb abgesammelt (**Abbildung 5**). Lässt sich die Erde nicht gut absieben, dann müssen die Wurzeln ausgewaschen werden. Da die Bedingun-

gen im Feld nie ganz gleichmäßig sind, müssen mehrere Proben je Bestand genommen werden, um zu einer validen Wurzelanalyse zu kommen. Verbindet man die Ermittlung der Wurzelmasse mit einer Feststellung der oberirdischen Masse, dann erhält man ein gutes Bild vom Wachstum der einzelnen Prüfglieder. In einer Versuchsserie auf zwei Flächen in der Saatzuchtstation Hof Steinke der Deutschen Saatveredelung AG wurden im Oktober die Wurzelmassen nach der oben beschriebenen Siebmethode bei einer Reihe von Zwischenfruchtarten, die im Juli ausgesät worden sind, ermittelt.

Die Tabelle 1 zeigt, wie unterschiedlich die Wurzeln der einzelnen Arten in den unterschiedlichen Bodenschichten auf Sand- und Lehmboden verteilt sind. Im zur Austrocknung neigenden Sandboden wurden im Durchschnitt 60% der Wurzeln in der Schicht 0–10 cm gefunden, im Lehmboden jedoch 81%. In der Schicht 10–20 cm wurde in beiden Böden die geringste Durchwurzelung ermittelt (16% bzw. 8%). Dagegen war die untere Schicht der Ackerkrume (20–30 cm) mit 24% bzw. 11% wieder stärker durchwurzelt.

Fazit

Die Wurzel steht in der Landwirtschaft und in der Züchtung verstärkt im Fokus. In den letzten Jahren wurde von der Deutschen Saatveredelung AG eine Reihe von Methoden für das Labor und das Gewächshaus entwickelt, damit sie sich für Massenerhebungen in der Züchtung eignen.

Im Feld dagegen ist jegliche Wurzelanalyse immer noch mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Die Züchtung möchte den bisher weitestgehend



Abb. 5: Untersuchung des Wurzelwachstums im Bestand mit der Siebmethode



Maisuntersaaten – So funktioniert's!

Untersaaten können als Ergänzung zu Hauptkulturen viele Vorteile bringen.



Direkt zum Film



Forschung

Tab. 1: Verteilung der Wurzelmassen in der Ackerkrume auf Sand-/Lehmboden (rel.)

Art	Sandboden			Lehmboden			
	Bodenschicht	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm
Rauhafer		79	14	7	92	8	0
Blaue Lupine		69	9	21	82	0	18
Senf		56	24	20	84	16	0
Phacelia		53	0	47	73	0	27
Ölrettich		53	32	15	74	19	7
Sonnenblume		51	18	31	79	6	14
Mittel		60,2	16,2	23,5	80,7	8,2	11,0

vernachlässigten Bereich der Pflanzen, die Wurzeln, stärker in den Focus rücken.

Wozu dieser ganze Aufwand? Eingangs wurde festgestellt, dass ‚das Wurzelsystem für den Ertrag von großer Bedeutung ist‘, doch das ist nur die halbe Wahrheit. Die Geschehnisse im Boden

sind sehr komplex. Zwischen Wurzel und Boden, Nährstoffen und Mikroorganismen kommt es zu vielfältigen Interaktionen. Als Beispiel seien hier die Leguminosen aufgeführt, die zusammen mit Bakterien, den Rhizobien zu einer Stickstofffixierung in der Lage sind. Mischt man im Anbau die Leguminosen mit Gräsern, dann profitieren

auch die Gräser von dem Zusammenwirken der Leguminosen mit den Rhizobien. Noch vielfältiger werden die Interaktionen in Mischungen mit mehreren Arten, wie sie heute mehr und mehr im Zwischenfruchtanbau eingesetzt werden.

Die Deutsche Saatveredelung AG möchte die Vorgänge im Boden rund um die Wurzel verstehen, um für unterschiedliche Anbaubedingungen und verschiedene Böden die geeigneten Sorten zu selektieren und der Landwirtschaft zur Verfügung zu stellen.



Dr. Ulf Feuerstein
Fon +49 4253 931111

Die sind SOOOOOO stark!



EPSO[®]Top

EPSO
Microtop[®]

EPSO
Combitop[®]

Korn-Kali[®]

Patentkali[®]

ESTA[®] Kieserit

Magnesia-Kainit[®]

Die starken Mineraldünger der K+S KALI GmbH überzeugen durch ihren hohen Wirkungsgrad und versorgen Ihre Kulturen zuverlässig mit Nährstoffen. Dank des natürlichen Ursprungs und der direkten Wirkung unserer kalium-, magnesium- und schwefelhaltigen Mineraldünger wird die Nahrungsmittelproduktion effizient und nachhaltig unterstützt.

Mehr Informationen unter www.kali-gmbh.com

