

Modelling the dynamics of root system architecture and nitrate uptake for barley (*Hordeum vulgare* L.)

Michael Kohl

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Kage

Wesentliche Funktion von Wurzelsystemen ist die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen aus dem Boden. Darüber hinaus haben die Eigenschaften von Wurzelsystemen große Bedeutung für den Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens.

Eine optimale Versorgung mit Bodenressourcen ist demnach entscheidend für die Weiterentwicklung bestehender landwirtschaftlicher Produktionssysteme sowohl im Hinblick auf die Erhaltung und Verbesserung der Ertragsleistung als auch in Bezug auf eine Verminderung der Umweltbelastung.

Trotz großer Bedeutung ist die Funktionsweise von Wurzelsystemen unter Feldbedingungen nur unzureichend untersucht. Die Topologie von Wurzelsystemen ist in der Regel komplex und führt zu einer heterogenen dreidimensionalen Wurzelverteilung, die wiederum die Nährstoff- und Wasseraufnahme der Pflanze beeinflusst. Die Anwendung von kombinierten Wurzelstruktur – Funktions - Modellen bietet einen vielversprechenden Ansatz um den Anforderungen gerecht zu werden, die sich aus der zeitlich und räumlich nicht-linearen Veränderung von Wurzelsystemen ergeben.

Ziel der Arbeit ist die Bereitstellung geeigneter Methodik für die Modellierung des Wachstums und der Nährstoffaufnahme von Pflanzenwurzeln. Dabei sollte insbesondere der Einfluss heterogener Wurzelverteilung auf die Nitrataufnahme quantifiziert werden. Als Modellorganismus wurde Sommergerste (*Hordeum vulgare* L. cv. Barke) gewählt.

Ein Aspekt dieser Arbeit war die Evaluation eindimensionaler und zweidimensionaler Ansätze im Hinblick auf ihre Eignung für die Simulation der Nährstoffaufnahme heterogen verteilter Wurzelsysteme. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Berechnung von Konzentrationsprofilen in den Senkenzellen mit Hilfe einer ‚steady state‘ – Näherungslösung sowohl Performanz (geringere Anzahl notwendiger Rasterzellen) als auch Genauigkeit des zweidimensionalen Ansatzes deutlich verbessert werden konnten. Durch dieses Verfahren steht nun ein geeignetes Nährstofftransport/Nährstoffaufnahme-Modell für die Simulation der Nitrataufnahme heterogen verteilter Wurzelsysteme zur Verfügung.

Wurzelsystemarchitekturmodelle erlauben eine detaillierte Simulation des Wurzelwachstums und eine dynamische Abbildung heterogen verteilter Wurzelsysteme. Solche Modelle verwenden sehr häufig Entwicklungsordnungen zur Charakterisierung des Verzweigungsmusters des Wurzelsystems. Erhebung spezifischer Daten für jede Entwicklungsordnung ist aber extrem schwierig und zeitaufwändig. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war daher die Entwicklung eines Verfahrens zur Schätzung der entwicklungsordnungsspezifischen Wachstumsdynamik aus dem Wachstumsverlauf des Wurzelsystems im Ganzen. Zu diesem Zweck wurde ein Wurzelwachstumsmodell an vorhandene Daten aus Experimenten mit Gerste angepasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die *Verhältnisse* zumindest einiger Modellparameter genetisch determiniert sind. Der Einfluss des Substrats ist demgegenüber eher vernachlässigbar. Das hier vorgestellte Verfahren erlaubt die Schätzung des Wurzelwachstums sämtlicher Entwicklungsordnungen aus Messdaten einer einzigen Entwicklungsordnung und aus der Wachstumsdynamik des Gesamtwurzelsystems. Das neuartige Verfahren ist geeignet den Messaufwand deutlich zu reduzieren.

Diese Technik ist Teil eines im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Schemas zur Kalibrierung Wurzelsystemarchitekturmodells der Gerste. Anhand vorhandener Daten heterogener Wurzelverteilung wurde die Qualität der Modellparametrisierung evaluiert. Das Modell reproduziert die Messwerte heterogener Wurzelverteilung bis zu einer Tiefe von 0.7 m mit ausreichender Genauigkeit. In den darunter liegenden Bodenschichten wird die Heterogenität der Durchwurzelung durch das Modell deutlich überschätzt.

Gegenwärtig ist das Modell in Teilen überparametrisiert. Für eine verbesserte Modellkalibrierung sind weitere Experimente notwendig, die mit anderen Messmethoden durchgeführt werden müssen.

Die Anwendung des Wurzelarchitekturmodells und des Nährstofftransport-Nährstoffaufnahme-Modells wurde auf Bestandesebene dargestellt: Beide Modelle wurden zu einem übergeordneten Modell verbunden und der Einfluss heterogener Durchwurzelung auf die Nitrataufnahme exemplarisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nitrataufnahme durch die Reihenabstände und die Insertionswinkel der Primärwurzeln deutlich beeinflusst werden. Im Falle kleinerer Insertionswinkel wird bei sich verringern den Wurzellängendichtewerten keine verringerte Nitrataufnahme simuliert.

Dieses Ergebnis ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Wurzeln in diesem Szenario bei abnehmender Wurzellängendichte gleichmäßiger verteilt waren.