

---

# Einfluss unterschiedlicher N-Düngermengen im Zusammenhang mit Bodeneigenschaften auf die Wurzelentwicklung

M.L. HIMMELBAUER, F. KASTANEK, W. LOISKANDL und P. CEPUDER

## Einleitung

Die rationelle und zweckmäßige Anwendung von Mineraldüngern ist von großer Bedeutung für eine nachhaltige Landwirtschaft. Dabei spielt das Vermögen des Bodens die Pflanzen mit den notwendigen Nährstoffen bzw. Stickstoff zu versorgen eine Schlüsselrolle. Das Wachstum und die Verteilung der Pflanzenwurzeln, sowie deren Aufgabe, Nährstoffe für eine gute Pflanzenentwicklung aufzunehmen, sind von verschiedenen Boden - Klima - Faktoren abhängig. Die Aufnahmefähigkeit der Wurzeln ist unter anderem eine Funktion ihrer Morphologie. Ziel dieser Forschung war die Charakterisierung der Wurzelentwicklung in Abhängigkeit verschiedener Bodenparameter im Hinblick auf die Stickstoffzufuhr.

## Material und Methoden

Die Feldversuche wurden von September 1997 bis Juni 2000 auf kalkhaltigen Tschernosem in der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß-Enzersdorf durchgeführt. Alle Versuchspartellen wurden entsprechend der üblichen landwirtschaftlichen Praxis in diesem Gebiet bewirtschaftet. Wintergerste der Sorte "Montana" (1997/1998 und 1999/2000) und Sommerweizen der Sorte "Helidur" (1999) wurden angebaut. Es wurden vier Düngevarianten mit zwei Wiederholungen durchgeführt, nämlich mit 200 %, 150 % und 100 % Stickstoffdüngergabe entsprechend dem ortsüblichen Pflanzenentzug. Als Mineraldünger wurde Ammonnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) mit 27% Reinstickstoff verwendet. Zwei Partellen wurden zum Vergleich (Kontrolle) nicht gedüngt. Die Wurzelproben wurden mehrmals während der Vegetationsperiode entnommen: am Anfang der

Bestockung (Datum 0I), in der Halmentwicklung (I Datum), in der Blüteperiode (II Datum) und in der frühen Milchreife (III Datum). Die Wurzelentwicklung wurde über verschiedene Wurzelparameter ausgewertet. Die Bildanalyseprogramme ROOTEDGE und WinRHIZO wurden angewendet, um morphologische Eigenschaften der Wurzel zu bestimmen (HIMMELBAUER et al., 2002b). Zusätzlich wurden Bodenproben zur Erfassung unterschiedlicher bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter entnommen. Pflanzenverfügbare Stickstoff (N) im Boden wurde ebenso vor der Aussaat und nach der Ernte gemessen. Während der Vegetationsperiode wurden wöchentlich der Bodenwasseranteil, der Niederschlag, die Luft- und Bodentemperatur, der Nitratgehalt des Sickerwassers gemessen sowie eine phenologische Beobachtung des Getreides durchgeführt. Zeitgleich mit der Entnahme der Wurzelproben und bei der Ernte wurden Pflanzenproben genommen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern des Wurzelwachstums und Bodeneigenschaften (d.h. Bodenwasseranteil, Trockendichte, Eindringwiderstand, etc.) in Wechselwirkung mit dem Stickstofftransport. Der Zustand der Pflanzen hat auch eine maßgebliche Rolle auf die Wurzelentwicklung gehabt. Am Anfang der Bestockung (Datum 0I, 1999 - 2000) war die maximale Wurzeltiefe, die in allen Partellen gemessen wurde, ungefähr 45 cm. Am Stadium der Halmentwicklung wurde bereits eine Tiefe von 90 cm erreicht. Dies war etwa die repräsentative Tiefe

bis Ende der Vegetationsperioden in allen drei Jahren (HIMMELBAUER et al., 2002a). Der verhältnismäßig kleine Effekt der N-Düngermenge auf die Wurzelwachstumdynamik in der Tiefe beruhte vermutlich auf der beobachteten Abnahme des Wurzel/Sproß Verhältnisses mit der Zunahme des Bodenstickstoffes. Wie für Getreide typisch wurde ca. 60 % des gesamten Wurzelwachstums, ausgedrückt als Längen-, Massen- und Oberflächendichte, in den oberen 25 cm des Bodens in den ungedüngten Partellen beobachtet. In der gedüngten Partellen war dieser Anteil sogar höher, insbesondere bei der Wintergerste (HIMMELBAUER et al., 2000). Die Verteilung des Wassers und des mineralischen Stickstoffes im Bodenprofil sowie die ermittelte Bodenverdichtung in 25-45 cm Tiefe haben auch die Wurzelausrichtung beeinflusst. Mit dem Wachstum der Wurzeln im Unterboden wurde die Steigung zum Oberboden allmählich weniger steil. Bei Sommerweizen haben sich die Wurzelsysteme bis zum Milchreifestadium (III Probenahme) überall weiterentwickelt. Die Niederschlagsverteilung bzw. der Bodenwasservorrat im Jahr 1999 war für die Pflanzenentwicklung verhältnismäßig besser als in den Jahren 1998 und 2000. Bei Wintergerste wurde eine Verringerung des gesamten Wurzelwachstum am Anfang des reproduktiven Stadiums in den ungedüngten Partellen beobachtet. In den gedüngten Partellen konnte man ein weiteres Wachstum auch danach feststellen: Die Zunahme war hauptsächlich im Unterboden, in dem zu dieser Zeit bessere Wasserbedingungen beobachtet wurden (HIMMELBAUER et al., 2000; 2002a). Im Allgemeinen wurde die Wurzelmorphologie in hohem Grade durch die zusätzliche Stickstoffgabe beeinflusst. Am

---

**Autoren:** Dipl.-Ing. Margarita L. HIMMELBAUER, Univ.-Prof. Dr. Ferdinand KASTANEK, Univ.-Prof. Dr. Willibald LOISKANDL und Dipl.-Ing. Dr. Peter CEPUDER, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 WIEN

---

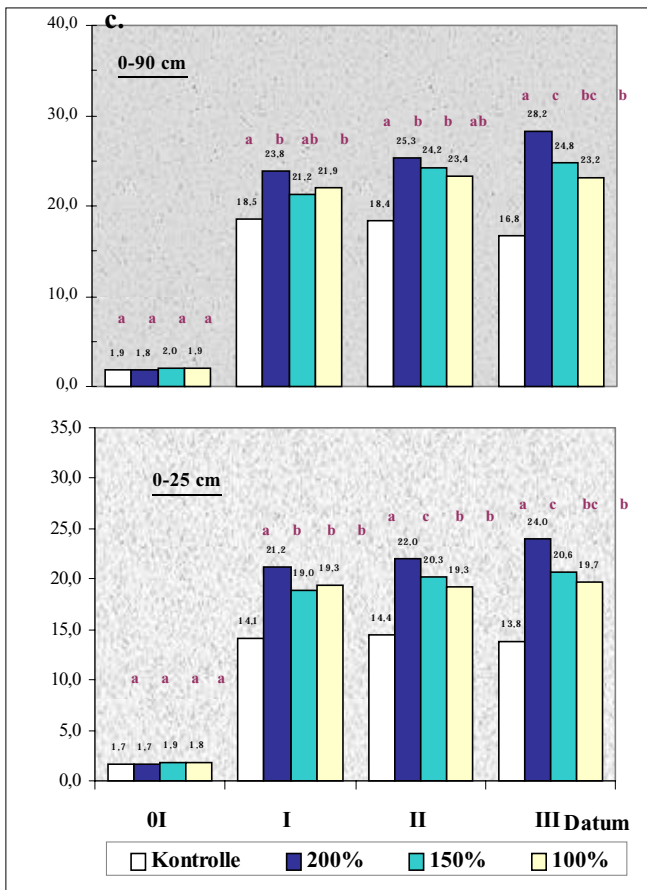
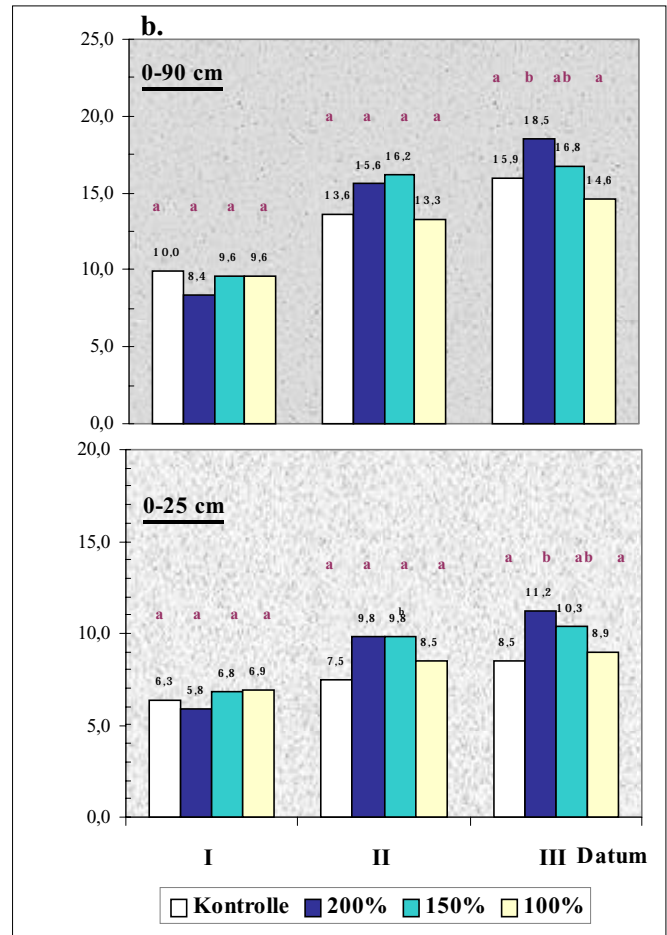
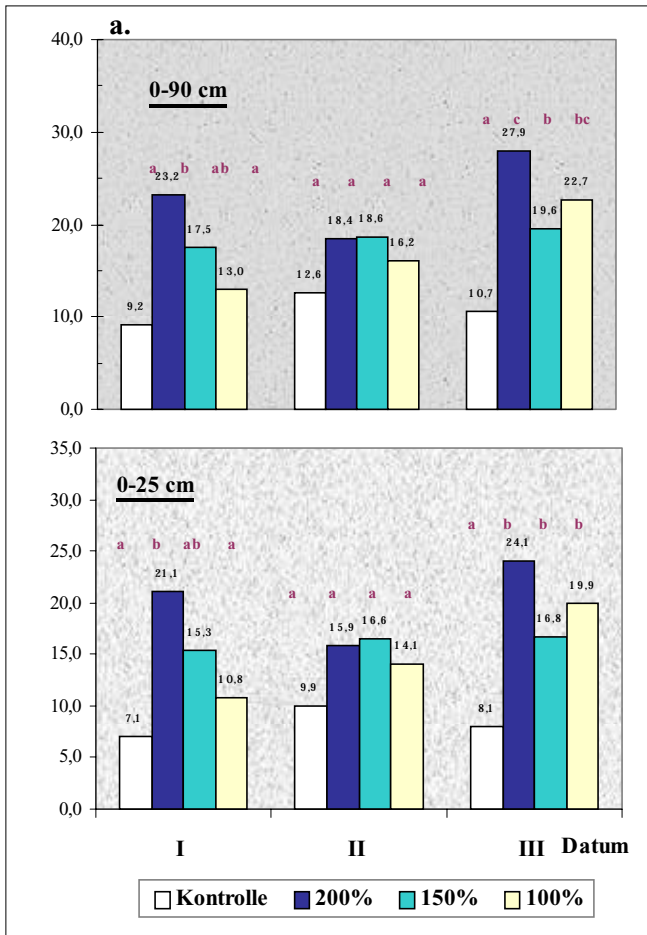


Abbildung 1: Wurzellänge (km m<sup>-2</sup>) bei der Wintergerste in (a) 1998 und (c) 1999-2000 und bei dem Sommerweizen in (b) 1999

Anfang der Vegetationsperiode wurde eine negative Relation der Wurzeldichte zur N Zufuhr gefunden. Später, mit dem Fortschritt in der Pflanzenentwicklung, ergab die Stickstoffdüngung eine beträchtliche Zunahme des Wurzelwachstums sowie eine verstärkte Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln. Diese Tendenz war für Wintergerste mit einer längeren Wachstumsperiode und nahe der Zone, in der die Düngung durchgeführt wurde, in den oberen Bodenschichten (10 bis 25 cm) stärker zu beobachten (Abbildung 1). In Bodenbereichen tiefer als ca. 25 cm gab es keine wesentlichen Unterschiede im Wurzelwachstum innerhalb der Düngewarianten (HIMMELBAUER et al., 2001). Die Länge und Oberfläche der Wurzeln wurden durch die Stickstoffdüngergabe stärker beeinflusst als die Wurzelmasse. Die N Zugabe förderte die Entwicklung von feinen und verästelten Wurzeln, ohne aber große Änderungen der Wurzelmasse zu bewirken. Die Wurzelmassemessungen gaben wegen der Beeinflussung durch die großen und meistens inaktiven Wurzeln keine Information über die aktive absorbierende Fläche der Wurzel. In dieser Studie verursachte das zusätzliche Düngemittel einen Wurzelauflauf mit kleinerem Durchmesser und höherer spezifischer Wurzellänge. Bis zu Ende des Vegetationsperiode hat sich der mittlere Wurzelradius bei gedüngten Parzellen um 4 bis 10 % reduziert. Die spezifische Wurzellänge wird als Index der feinen

Wurzelmorphologie (Bsp. Wurzelverzweigung) betrachtet. Sie ist eine wichtige Voraussetzung für die Aufnahmefähigkeit der Pflanzenwurzeln. Je länger und feiner das Wurzelsystem ist, desto größer ist die Wurzeloberfläche und es wird ein größeres Potential für die Wasser- und Nährstoffaufnahme aufweisen. Zwischen gedüngten Varianten wurde oft kein wesentlicher Unterschied bezüglich des Gesamtwurzelwachstums beobachtet (HIMMELBAUER et al., 2001; 2002a).

Eine positive Korrelation wurde zwischen Wurzel- und Pflanzenentwicklung und der Stickstoffaufnahme hergestellt. Morphologische und physiologische Veränderungen der Pflanze oberhalb des

Bodens beeinflussen die Wurzelentwicklung und umgekehrt. Die Wurzelmasse zeigte eine bessere Relation zu der Pflanzenbiomasse als zum Stickstoffentzug. Andererseits waren die Fläche und besonders die Länge der Wurzel besser mit der Stickstoffaufnahme der Pflanze verbunden als die Wurzelmasse. In dieser Studie schien sich die Wurzellänge als besserer Indikator für die Wasser- und Nährstoffaufnahme-fähigkeit der Wurzeln zu erweisen. Generell hat die Zugabe von Stickstoffdünger einen stärkeren Effekt auf Pflanzenbiomasse, Korn- und Strohertrag als auf den gesamten Wurzel-aufbau (HIMMELBAUER et al., 2001).

## Literatur

- HIMMELBAUER, M., F. KASTANEK, W. LOISKANDL and P. CEPUDER, 2000: Analysis of root development of cereals during a growing cycle. Root development of winter barley, and soil characteristics. In: Proc. of the International PhD Symposium, Vienna Oct. 5-7. 2000. vol.1, pp. 547-555.
- HIMMELBAUER, M., I. DAMYANOVA-KIRILOVA, W. LOISKANDL and P. CEPUDER, 2001: Effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter barley. Soil Science, Agrochemistry and ecology, v.4-6: 118-121.
- HIMMELBAUER, M., P. CEPUDER, W. LOISKANDL and F. KASTANEK, 2002a: Field study on root soil nitrogen relations. Journal of Balkan Ecology, v. 5 No. 1.
- HIMMELBAUER, M., W. LOISKANDL and F. KASTANEK, 2002b: Estimation of root morphological characteristics using Image analyses systems. 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, 14-21 Aug., 2002.

