

Tiefenverteilung von Wurzeln bei Winterweizen

Schweiger, P.¹, Petrasek, R.¹, Ableidinger, Ch.¹, Hartl, W.¹

Keywords: winter wheat, roots, development, distribution in soil.

Abstract

The production and distribution of roots was examined for two winter wheat cultivars (Capo and Saturnus). Plants were grown in PVC tubes of 150 cm length that were placed in a field. The length of roots in 20 cm soil sections was measured at three times. Mean root length densities decreased from 7-15 cm cm⁻³ soil in the top 20 cm soil to 2 cm cm⁻³ at soil depths below 80 cm. Only slight differences were obtained for the two cultivars and between harvests. Saturnus produced relatively greater root lengths in upper soil horizons, while Capo spread its roots further down the soil profile. Maximum rooting depth was between 150 to 160 cm.

Einleitung und Zielsetzung

Winterweizen ist die im biologischen Ackerbau flächen- und ertragsmäßig bedeutendste Kulturart Österreichs (2007: 25 000 ha). Für die weitere Verarbeitung, hauptsächlich als Brotgetreide, ist ein hoher Proteingehalt wichtig. Dieser wird hauptsächlich vom Stickstoffangebot im Boden und der Sortenwahl beeinflusst. Besonders bei geringem Stickstoffangebot, wie es in der biologischen relativ zur konventionellen Landwirtschaft öfter auftritt, ist die effiziente Nutzung der im Boden befindlichen Stickstoffressourcen wichtig. Dafür ist die Ausbildung von einem ausgedehnten Wurzelsystem notwendig (King et al. 2003).

Aufgrund der Bedeutung der Wurzeln für die Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzen, ist deren Entwicklung und Verteilung von grundlegender Bedeutung. Besonders Wurzeln in den oberen Bodenschichten dienen einer effizienten Nutzung von mineralischen Nährstoffen. Tief reichende Wurzeln hingegen tragen zu einer gesicherten Wasserversorgung insbesondere unter Trockenstress bei. Dadurch können auch bei spät einsetzender Trockenheit bereits in den Spross aufgenommene Stickstoffvorräte in das sich entwickelnde Korn umgelagert werden.

Die Wurzelproduktion und -verteilung im Boden unterliegt bei Winterweizen genotypischer Variation (Løes und Gahoonia, 2004). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Produktion und räumliche Verteilung der Wurzeln von zwei im östereichischen Trockengebiet häufig angebauten Winterweizensorten zu quantifizieren.

Methoden

Die vergleichenden Wurzeluntersuchungen wurden 2006/07 an den Sorten Saturnus und Capo auf einer biologisch bewirtschafteten Fläche in Wien durchgeführt (48° 11' N, 16° 31' O). Der Boden des Standorts ist ein Fluvisol (pH_{KCl} 7,2; 2 % C_{org}; 120-200 kg NO₃-N in 0-90 cm Bodentiefe). Im Herbst 2006 wurden PVC Rohre von 10 cm Durchmesser und 120 bzw. 150 cm Tiefe am Standort installiert. Für jede Sorte wurden auf einem 1 m breiten Streifen 12 Rohre ausgebracht. Die Rohre waren in quadratisch angeordnete 4-er Gruppen unterteilt, mit einem Abstand von 75 cm zwischen den Gruppen. Innerhalb der 4-er Gruppen betrug der Abstand zwischen den

¹ Bio Forschung Austria, Rinnböckstrasse 15, A-1110 Wien, Österreich, p.schweiger@bioforschung.at

einzelnen Rohren 25 cm. Die in einer Grube installierten Rohre wurden mit Aushubmaterial schichtweise befüllt, wobei nach jeder Schicht nachverdichtet wurde. Der ausgehobene Boden war dafür in vier Schichten unterteilt worden: 0-30, 30-60, 60-100 und 100-150 cm Bodentiefe. Das restliche Aushubmaterial wurde danach schichtweise um die Rohre herum in die Grube gefüllt. Sieben Samen der jeweiligen Sorte wurden in die Rohre gesät. Rund um die Rohre wurde die jeweils selbe Sorte in praxisüblicher Dichte und Reihenabstand händisch angebaut. Nach Aufgang wurde auf fünf Pflanzen je Rohr ausgedünnt. Während der frühen Bestockung wurde schlussendlich auf drei Pflanzen von generell gleicher Größe je Rohr reduziert.

Zu drei verschiedenen Zeitpunkten wurden beginnend bei den 120 cm langen Rohren die darin wachsenden Pflanzen geerntet. Nach Ernte der oberirdischen Biomasse wurden die PVC Rohre ausgegraben und seitlich aufgeschnitten. Der Bodeninhalt der Rohre wurde in 20 cm Bereiche geteilt. Aus allen Bodenproben wurden nachfolgend die Wurzeln gewaschen, deren Frischgewicht bestimmt und Teilproben für die Bestimmung der Wurzellänge entnommen. Die Bestimmung der Wurzellänge erfolgte mit Hilfe einer Linienschnittpunktmethode (Newman, 1966).

Zur Bestimmung der maximalen Durchwurzelungstiefe wurden exponentielle Gleichungen an die für die verschiedenen Tiefen erhobenen Wurzellängendichten (WLD) angepasst. Der für eine WLD=0 extrapolierte Wert wurde als maximale Durchwurzelungstiefe festgesetzt.

Ergebnisse

Die Gesamtwurzellängen der in den PVC Rohren gezogenen Pflanzen lagen zum ersten Erntezeitpunkt am 10.5. bei 100-180 m pro Pflanze. Dabei bildete Saturnus etwas mehr Wurzeln aus ($p < 0,05$). Dies war auch, jedoch nicht mehr signifikant ($p < 0,1$), bei der zweiten Ernte am 1.6. zum Stadium Ende Ährenschieben festzustellen. Bei der dritten Ernte (26.6.) waren in diesem Merkmal keine

Sortenunterschiede festzustellen. Die Verteilung der WLD ist in den Abbildungen 1a und 1b dargestellt. Während für Capo kaum Veränderungen über den Versuchszeitraum festgestellt wurden, variierten die WLD von Saturnus besonders in den obersten 40 cm relativ stark. Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten ($p = 0,073$), kaum einen Einfluß des Faktors Ernte ($p = 0,15$) und keine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Sorte und Ernte ($p = 0,27$).

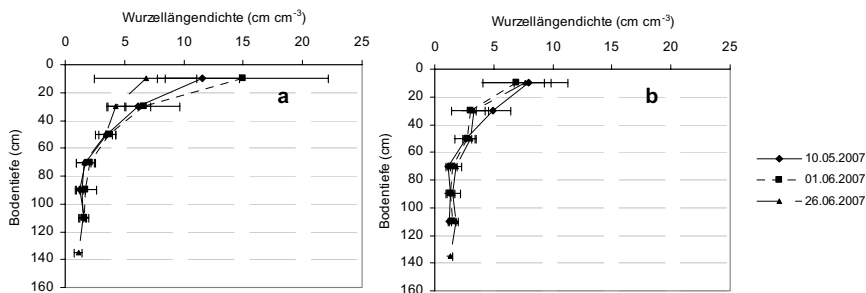


Abbildung 1a und b: Tiefenverteilung der Wurzeln von (a) Saturnus und (b) Capo.

Die errechnete maximale Durchwurzelungstiefe lag am 1.6. für Saturnus bei 118 cm und für Capo bei 133 cm. Bei beiden Sorten befanden sich 97-98% der

Gesamtwurzellänge oberhalb dieser Bodentiefe. Bei außerhalb der Rohre durchgeführten Grabungen wurden einzelne Wurzeln bis zu einer Tiefe von 150-160 cm festgestellt. Für alle drei Erntezeitpunkte wurde im Mittel für Capo eine relativ zu Saturnus um den Faktor 1,1 (Wertebereich 1,08-1,13) größere maximale Durchwurzelungstiefe festgestellt.

Die Analyse der relativen Verteilung der Wurzellängen in den Rohren (Abbildungen 2a und 2b) brachte ein ähnliches Ergebnis wie die Analyse der WLD, mit etwas größeren Irrtumswahrscheinlichkeiten (Sorte: $p=0,074$; Ernte: $p=0,36$; Ernte*Sorte: $p=0,39$). Als genereller Trend wurde für Saturnus die Verteilung eines etwas höheren Anteils der Wurzellänge in oberen Bodenschichten festgestellt.

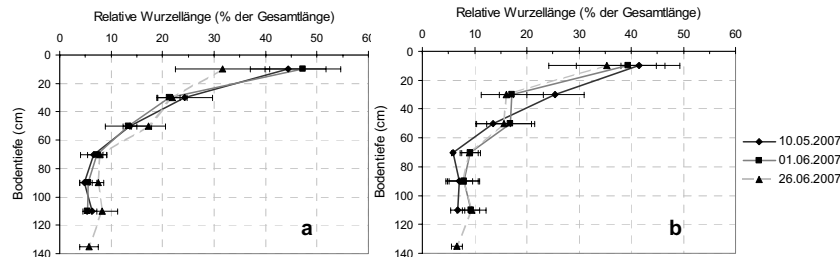


Abbildung 2a und b: Prozentuelle Verteilung der Wurzeln von (a) Saturnus und (b) Capo in unterschiedlichen Bodenschichten.

Für die in den unterschiedlichen Bodenschichten ausgebildeten Wurzelbiomassen wurden hoch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten ($p<0,05$) und den Erntezeitpunkten ($p<0,01$) erhoben. Die Sorten unterschieden sich allerdings im zeitlichen Verlauf der Änderung dieses Merkmals nicht voneinander (Ernte*Sorte: $p>0,3$).

Diskussion

Die erhobenen Daten über die Wurzellängendichten in der obersten Bodenschicht sind größenordnungsmäßig mit Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen vergleichbar (Ford et al. 2006). Auch die Ergebnisse über die Verteilung der Wurzeln in unterschiedlichen Bodentiefen sowie deren zeitliche Dynamik stimmen mit Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen gut überein (Mian et al. 1994; Asseng et al. 1997). In der vorliegenden Studie wurden auch Wurzeldata aus mehr als 1 m Bodentiefe erhoben, wozu es in der Literatur nur relativ wenige Angaben gibt. Gerade Wurzeln aus diesen Tiefen können jedoch zur Trockentoleranz der Pflanzen beitragen (Manschadi et al. 2006). Für den Versuchsstandort wurde eine maximale Durchwurzelungstiefe von knapp mehr als 150 cm festgestellt. Die maximale Durchwurzelungstiefe ist stark standortabhängig, wobei die erhobenen 150-160 cm im Vergleich zu anderen Studien als im Mittelfeld liegend zu betrachten sind (Kirkegaard und Lilley 2007).

Die beiden untersuchten Sorten unterschieden sich nur geringfügig in der Produktion und räumlichen Verteilung ihrer Wurzeln. Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass beide Sorten auf Trockenstress mit im Vergleich zu vielen anderen Sorten relativ geringen Ertragseinbußen reagieren (Oberforster & Flamm, 2008). Größere Unterschiede in der Wurzelverteilung sind zwischen Sorten zu erwarten, die im Ertrag stark unterschiedlich auf Trockenstress reagieren.

Eine relativ große Streuung der Wurzellängendaten, wie auch in dieser Studie zu beobachten, ist für Wurzeluntersuchungen an besonders Freilandproben schon öfters thematisiert worden (z.B. Kücke et al. 1995). Generell ist davon auszugehen, dass erhobene Wurzellängendaten die effektive Wurzelproduktion unterschätzen (Pierret et al. 2005). Direkte vergleichende Untersuchungen von Sorten hinsichtlich ihrer Wurzelproduktion können allerdings dazu beitragen, beobachtete Unterschiede zwischen Sorten in deren besonders für den biologischen Ackerbau bedeutsamen Nährstoffaufnahmeeffizienz zu erklären.

Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie den Bundesländern im Rahmen des Projekts 1315 "Grundlagen zur Züchtung, Vermehrung und Sorten-/Saatgutprüfung für den Biolandbau" finanziert.

Literatur

- Asseng, S., Richter, C., Wessolek, G. (1997): Modelling root growth of wheat as the linkage between crop and soil. *Plant Soil* 190: 267-277.
- Ford, K.E., Gregory, P.J., Gooding, M.J., Pepler, S. (2006): Genotype and fungicide effects on late-season root growth of winter wheat. *Plant Soil* 284: 33-44.
- King, J., Gay, A., Sylvester-Bradley, R., Bingham, I., Foulkes, J., Gregory, P., Robinson, D. (2003): Modelling cereal root systems for water and nitrogen capture: towards an economic optimum. *Ann Bot* 91: 383-390.
- Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M. (2007): Root penetration rate – a benchmark to identify soil and plant limitations to rooting depth in wheat. *Aust J Exp Agric* 47: 590-602.
- Kücke, M., Schmid, H., Spiess, A. (1995): A comparison of four methods for measuring roots of field crops in three contrasting soils. *Plant Soil* 172: 63-71.
- Løes, A.-K., & Gahoonia, T.S. (2004): Genetic variation in specific root length in Scandinavian wheat and barley accessions. *Euphytica* 137: 243-249.
- Manschadi, A.M., Christopher, J., deVoil, P., Hammer, G.L. (2006): The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Funct Plant Biol* 33: 823-837.
- Mian, M.A.R., Nafziger, E.D., Kolb, F.L., Teyker, R.H. (1994): Root size and distribution of field-grown wheat genotypes. *Crop Science* 34: 810-812.
- Newman, E. (1966) A method for estimating the total length of root in a sample. *J Appl Ecol* 3: 139-145.
- Oberforster, M., Flamm, C. (2008): Ertragsreaktion eines Weizensortiments auf induzierten Trockenstress. Abschlussbericht des Projekts „Grundlagen zur Züchtung, Vermehrung und Sorten-/Saatgutprüfung für den Biolandbau“.
- Pierret, A., Moran, C.J., Doussan, C. (2005): Conventional detection methodology is limiting our ability to understand the roles and functions of fine roots. *New Phytol* 166: 967-980.