

Tagungsbeitrag zu:	Jahrestagung der DBG Kommission I
Titel der Tagung:	Böden - eine endliche Ressource
Veranstalter:	DBG, September 2009, Bonn
Berichte der DBG	(nicht begutachtete online Publikation) http://www.dbges.de

Monitoring des Wurzelraumes von Paddy Soils mit Hilfe von Rhizotronen und digitaler Bildanalyse

Hannes Schmidt*, Thilo Eickhorst und
Rolf Tippkötter

Zusammenfassung

Chemische Eigenschaften im Wurzelraum von Nassreisböden (Paddy Soils) werden signifikant durch die Aktivität der Reisswurzeln beeinflusst. Die partielle Freisetzung des zuvor über Aerenchyme zu den Wurzeln transportierten Sauerstoffs führt in der Rhizosphäre unter anoxischen Bedingungen zur Entstehung räumlicher Redoxgradienten.

In einem Rhizotron-Experiment wurde die Entwicklung des Wurzelraumes eines Paddy Soils dokumentiert. Während einer Anbauphase von Nassreis (*Oryza sativa* L.) wurden hierfür täglich Rhizotron-Scans erstellt, die mit Hilfe digitaler Bildanalysemethoden ausgewertet wurden. Prägnant gefärbte reduzierte und oxidierte Bereiche im Wurzelraum wurden mit Farbschwellwerten detektiert und in Falschfarben diskret dargestellt. Über die Quantifizierung der detektierten Bereiche konnte die Dynamik reduzierter und oxidierten Flächen während der Anbauphase visualisiert und analysiert werden.

Rhizotron, Rhizosphäre, digitale Bildanalyse, Redoxpotential, Paddy Soil, Nassreis

Institut für Bodenkunde, Universität Bremen
Leobener Str. - UFT, 28359 Bremen
* h.schmidt@uni-bremen.de

1 Einleitung

Reis (*Oryza sativa* L.) dient als Nahrungsgrundlage für einen Großteil der Weltbevölkerung und wird überwiegend als Nassreis auf überfluteten Feldern kultiviert (Roger et al., 1993; McLean et al., 2002). Die hierfür genutzten Böden (Paddy Soils) besitzen ein anaerobes Milieu mit negativen Redoxpotentialen. Unter diesen Bedingungen bilden Reispflanzen vermehrt Aerenchyme aus, die den Transport von Sauerstoff zu den Wurzeln ermöglichen (Armstrong et al., 1991). Aufgrund der partiellen Freisetzung des Sauerstoffs in die Rhizosphäre treten aerobe Bedingungen in Paddy Soils überwiegend an aktiven Wurzeln auf (Liesack et al., 2000). Damit verbundene Oxidationsprozesse stehen im Gegensatz zu den reduzierenden Bedingungen im Boden.

Ziel dieser Arbeit ist es, (a) die Entwicklung des Wurzelraumes von Nassreis im Rahmen eines Rhizotron-Experimentes zu dokumentieren, und (b) mit Hilfe digitaler Bildanalysemethoden Rückschlüsse auf bodenchemische Bedingungen im Wurzelraum zu ziehen.

2 Material und Methoden

Das Rhizotron-Experiment wurde in einer Klimakammer durchgeführt, in der das subtropische Klima des Standortes simuliert wurde.

Rhizotrone mit den Maßen 24,0 × 23,5 × 6,0 cm (h × b × t) wurden aus Kunststoff gefertigt und mit einer transparenten Frontscheibe (Acrylglas) versehen. Nach Keimung des Saatguts wurden die Rhizotrone mit einem frisch gepuddelten, chinesischen Nassreisboden (Anthraquic Cambisol; Tab. 1) befüllt und mit je einer Jungpflanze bepflanzt (Abb. 1a).

Tab. 1: Ausgangsparameter des Paddy Soils.

Textur (KA 5)	S [%]	U [%]	T [%]	C _t [%]	C/N	pH (CaCl ₂)	Fe _{ox} [mg/100g]
Ls2	33	44	23	1,99	10,1	4,8	135,2

Um die Entwicklungen im Paddy Soil kontinuierlich zu dokumentieren, wurde ein Flachbettscanner (CanoScan D660 U, Canon) täglich vor dem Scan-Rhizotron fixiert und ein Abbild des Wurzelraumes erstellt.

Anhand der so angefertigten Rhizotron-Scans wurde eine digitale Bildanalyse auf Grundlage der Merkmalsextraktion über Farbschwellwerte durchgeführt. Farblich prägnante Bereiche im Wurzelraum der Rhizotron-Scans wurden Reaktionsprodukten von Reduktions- bzw. Oxidationsprozessen zugeordnet (rot: Eisenoxide, Oxidation; schwarz: Eisensulfide, Reduktion). Mit Hilfe ausgewählter Rhizotron-Scans wurden Farbschwellwerte definiert, die entweder oxidierte oder reduzierte Bereiche im Wurzelraum repräsentieren.

Die Bildanalyse erfolgte anhand von vier Detektionsflächen (Abb. 1b), deren detektierte Bereiche quantifiziert und in Falschfarben diskret dargestellt wurden. In einem weiteren Rhizotron wurden das Redoxpotential und der pH-Wert kontinuierlich erfasst (Schmidt et al., 2009).

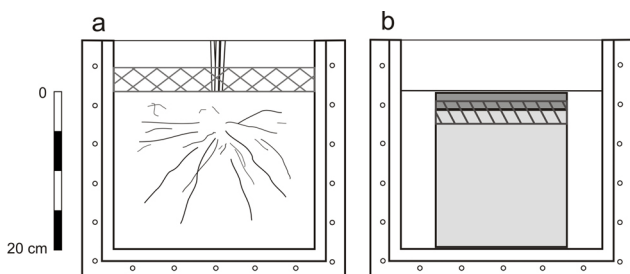


Abb. 1: Rhizotronschemata. (a) Kontroll-Rhizotron mit Spross, Wurzeln und Bewässerung (schraffiert); (b) Scan-Rhizotron mit den Detektionsflächen *gesamt* (vollständiges Rechteck), *oxidiert* (dunkelgrau), *anaerob* (hellgrau), und *reduziert* (schraffiert).

3 Ergebnisse

In Abbildung 2 sind ausgewählte Rhizotron-Scans dargestellt, die die Entwicklung des Wurzelraumes im Verlauf der Reisanbauphase zeigen. Während der Bewässerungsphase (20 und 45 days after transplanting, DAT) lassen sich farblich prägnante Redox-Bereiche erkennen. Rötliche, oxidierte Bereiche treten kontinuierlich in einer dünnen Zone nahe der Bodenoberfläche und in der

direkten Umgebung von aktiven Wurzeln auf. Schwarze, reduzierte Bereiche hingegen sind zunächst unterhalb der oxidierten, oberflächennahen Zone erkennbar (20 DAT). Die starke Durchwurzelung des oberflächennahen Bodens führt jedoch zur Auflösung dieser reduzierten Zone, die zum Zeitpunkt 45 DAT bereits vollständig verschwunden ist. Dunkle Färbungen sind hier hauptsächlich im tieferen, wurzelfernen Boden sowie an abgestorbenen Wurzeln zu erkennen. Nach Austrocknung des Bodens (106 DAT) weist der Wurzelraum keine signifikanten Färbungen auf. Lediglich die Wurzeloberflächen sind durch hellrote Eisenoxide gekennzeichnet.

In Abbildung 3 sind die detektierten Redox-Bereiche der zuvor gezeigten Rhizotron-Scans (Abb. 2) in Falschfarben (rot: oxidiert; schwarz: reduziert) diskret dargestellt. Die Differenzierung zwischen oxidierten und reduzierten Bereichen, wie z.B. das räumlich begrenzte Auftreten reduzierter Bedingungen an einer abgestorbenen Wurzel (45 DAT), wird durch diese Darstellungsweise erleichtert. Zum Zeitpunkt 45 DAT wird der Einfluss der Durchwurzelung auf die Ausbildung reduzierter und oxidierten Bereiche deutlich. Während im oberen, stark durchwurzelten Rhizotron-Zentrum Oxidationsprozesse dominieren, überwiegen im tieferen, schwach durchwurzelten Boden Reduktionsprozesse. Im Anschluss an die Bewässerungsphase sind Redox-Bereiche nur noch unwesentlich detektierbar (106 DAT).

Mit Hilfe der Quantifizierung der Redox-Bereiche konnte das Verhältnis von reduzierter zu oxidierten Fläche im Verlauf der Anbauphase bestimmt werden. Zu Beginn des Experimentes dominierten im Wurzelraum hauptsächlich oxidierte Bereiche, während gegen Ende der Bewässerungsphase fast ausschließlich reduzierte Bereiche überwogen.

4 Schlussfolgerungen

Das gewählte Verfahren stellt eine geeignete Methode zur kontinuierlichen Dokumenta-

tion der Entwicklungen im Wurzelraum eines Bodens dar. Die tägliche Anfertigung eines Rhizotron-Scans ermöglichte die detaillierte Betrachtung der Veränderungen im Wurzelraum des Paddy Soils.

Durch die Verknüpfung bildspezifischer Parameter (Farbschwellwerte) mit oxidierten und reduzierten Bereichen lassen sich Rückschlüsse auf bodenchemische Eigenschaften wie das Redoxpotential und den pH-Wert im Wurzelraum ziehen. Rötlich gefärbte Bereiche in der Rhizosphäre von Paddy Soils weisen auf die lokale Verfügbarkeit von Sauerstoff hin, die mit erhöhten Redoxpotentialen sowie einer Absenkung des pH-Wertes einhergeht. Dunkel gefärbte

Bereiche hingegen zeigen die Bildung von Eisensulfiden (FeS ; FeS_2) unter stark reduzierenden Bedingungen an.

Die Dynamik der Redox-Bereiche im Verlauf der Anbauphase konnte mit Hilfe diskreter Darstellungen visualisiert werden. Oxidierte Bereiche wurden während der Bewässerungsphase des Experimentes ausschließlich im oberflächennahen Boden und in der direkten Umgebung von Wurzeln detektiert. Reduzierte Bereiche hingegen wiesen mit zunehmender Dauer der Anbauphase eine Verlagerung in tiefere, schwächer durchwurzelte Bodenbereiche auf. Die Sauerstoff-Freisetzung der Wurzeln variierte im Verlauf der Anbauphase. Die Entwicklung eines

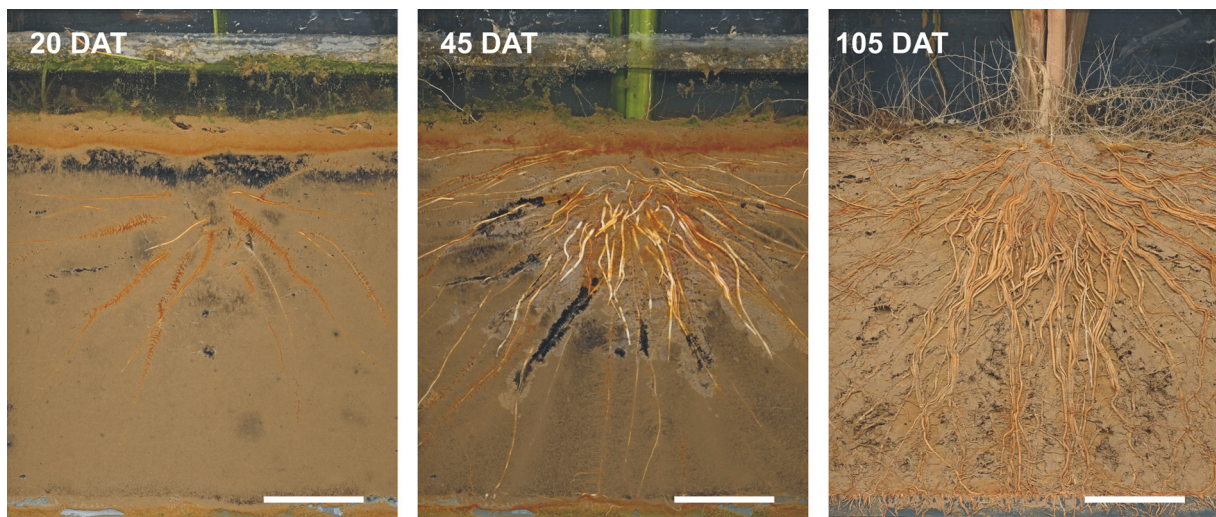


Abb. 2: Rhizotron-Scans an ausgewählten Tagen nach Umpflanzung (DAT). Maßstab: 5 cm.

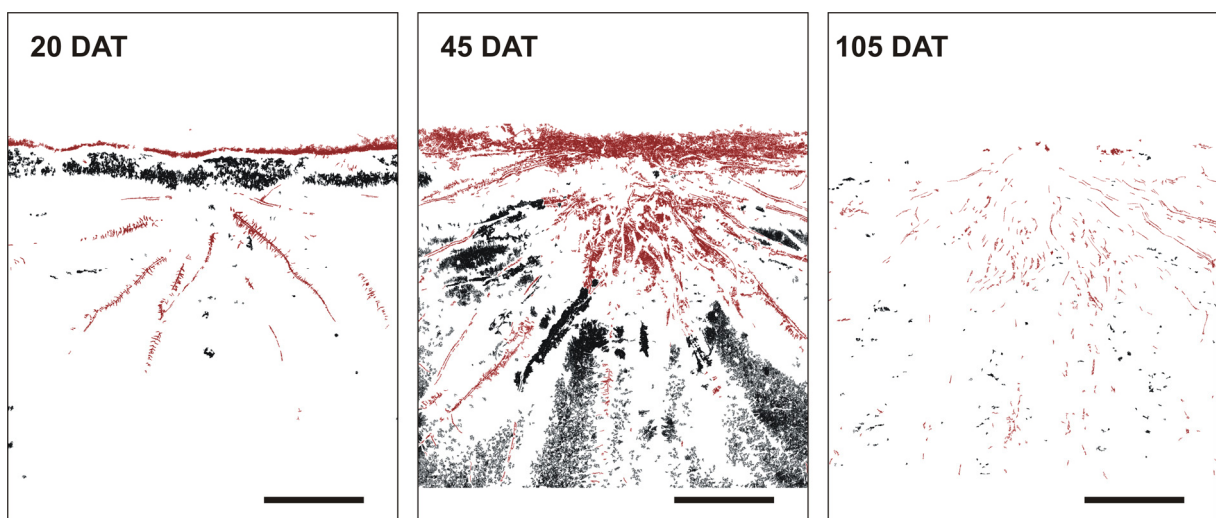


Abb. 3: Detektierte Redox-Bereiche in digital analysierten Rhizotron-Scans an ausgewählten Tagen nach Umpflanzung (DAT). Rot: oxidiert; schwarz: reduziert. Maßstab: 5 cm.

räumlichen Redoxgradienten in der Rhizosphäre von Paddy Soils ist deshalb nicht als kontinuierlich zu betrachten. Dies wird am Beispiel der reduzierten Bereiche an abgestorbenen Wurzeln (Abb. 3, 45 DAT) deutlich. Die durch Sauerstoff-Freisetzung entstehenden chemischen Gradienten in der Rhizosphäre von Nassreis beeinflussen die Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren für mikrobielle Stoffwechselfvorgänge (Liesack et al., 2000). Somit lassen sich aus der Detektion von oxidierten und reduzierten Bereichen in Rhizotron-Scans Erkenntnisse über die Rahmenbedingungen der mikrobiellen Besiedelung im Wurzelraum von Paddy Soils ableiten.

Aus den täglich angefertigten Rhizotron-Scans und deren diskreter Darstellung wurden Filme erstellt, die die Entwicklung des Wurzelraumes im Verlauf einer Anbauphase von Nassreis zeigen. Diese sind auf der Homepage www.microped.uni-bremen.de unter „Rhizotron experiment“ einsehbar.

Literatur

Armstrong W., Justin S.H.F.W., Beckett P.M. und Lythe S. (1991): Root adaptation to soil waterlogging. *Aquatic Botany* 39, 57-73.

Liesack W., Schnell S. und Revsbech N.P. (2000): Microbiology of flooded rice paddies. *FEMS Microbiology Reviews* 24, 625-645.

Maclean J.L., Dawe D.C., Hardy B. und Hettel G.P. (2002): *Rice Almanac*, 3rd edition. International Rice Research Institute (IRRI), Manila.

Roger P.A., Zimmerman W.J. und Lumpkin T.A. (1993): Microbiological management of wetland rice fields. In: Metting Jr. F.B. (ed) *Soil microbial ecology*. Dekker, New York, 417-455.

Schmidt H., Eickhorst T. und Tippkötter R. (2009): Monitoring of root growth and redox conditions in paddy soil rhizotrons. *Plant and Soil* (submitted).