

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

Der Einfluss von Reisstrohmanagement-Praktiken auf mikrobielle Prozesse in chinesischen Reisböden

Beke Gredner*, Thilo Eickhorst und
Rolf Tippkötter

Zusammenfassung

Das Verbrennen von Reisstroh ist in China eine der gängigen Reisstrohmanagement-Praktiken, welche neben den Verlusten von Nährstoffen auch zu Umweltproblemen, wie der Emission von Treibhausgasen und der Produktion von Feinstaub führt. Eine Alternative zur Verbrennung ist das Einbringen des anfallenden Stroh in den Boden.

Mit einem Mikrokosmenexperiment konnte der Einfluss der verschiedenen Reisstrohapplikationen auf die Aktivitäten unterschiedlicher mikrobieller Enzyme während der Vegetationsperiode im Nassreisanbau gezeigt werden. Zusätzlich wurden die Beziehungen zwischen der Pflanze, dem Stroh, bzw. der Strohasche, einerseits und der Produktion von Kohlendioxid und Methan sowie dem pH und dem Redoxpotential andererseits aufgezeigt.

Mikrokosmenexperiment, Reisstroh, Paddy Soils, hydrolytische Enzyme, Gasemissionen

1 Einleitung

Der Anbau von Reis (*Oryza sativa* L.) führt weltweit zu einer Produktion von durchschnittlich 2-9 t·ha⁻¹ Reisstroh. Diese Ernterückstände werden in vielen Staaten auf den Feldern verbrannt (Cao et al., 2008), was neben phytosanitären Vorteilen (Ponnamperuma, 1984) auch Nachteile, wie Emissionen von Treibhausgasen und Feinstaub zur Folge hat (Hays et al., 2005). Eine Alternative zum Verbrennen stellt das Einbringen der Ernterückstände in den Boden dar (Cassman und Pingali, 1995). Reisstroh besteht jedoch vorwiegend aus Cellulose und Hemicellulose mit einem hohen Lignifizierungsgrad und weist im Gegensatz zu Weizen- oder Gerstenstroh geringe Proteingehalte auf. Verglichen mit diesen Strohsorten ist Reisstroh resistent gegenüber mikrobiellem Abbau (Parr et al., 1992).

Der mikrobielle Abbau der Ernterückstände wird unter anderem durch extrazelluläre hydrolytische Enzyme wie Cellulasen und Xylanasen begleitet. Diese Enzyme sind eine direkte Reaktion der in den metabolischen Umsatz der Pflanzenrückstände involvierten Mikroorganismen. Die Aktivität der Enzyme kann deshalb als Indikator für managementbedingte Änderungen von Bodeneigenschaften angesehen werden (Caldwell, 2005).

Mit dieser Arbeit soll der Einfluss von Reisstroh und Strohasche auf Methan- und Kohlendioxidemissionen in zwei chinesischen Reisböden gezeigt werden. Zu diesem Zweck wurde nach Zugabe von Cellulose durch die Hydrolyse der Polysaccharide die potentielle Enzymaktivität ermittelt. Darüber hinaus wurde der Abbau der natürlich vorkommenden Substrate über die aktuelle hydrolytische Enzymaktivität als Freisetzung von Zuckermomeren gemessen.

2 Material und Methoden

Die zwei untersuchten Böden (Tab. 1) entstammen der Jiangsu Provinz (China):

1. sandig-schluffiger Lehm (Gleyic Fluvisol) aus Wujia
2. schluffig-toniger Lehm (Stagnic Anthro-sol) aus Jinjiaba.

Zur Simulation von verschiedenen Reisstrohmanagement-Praktiken wurden vier Varianten gewählt:

- A: Stroh ($8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), bepflanzt
- B: Stroh ($8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- C: Strohasche (aus $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ Stroh), bepflanzt
- D: Ohne Stroh, bepflanzt

Das Reisstroh wurde zerkleinert, bzw. verbrannt und zur Simulation eines intensiven Anbausystems den Böden direkt vor Beginn der Anbauphase zugegeben. Die Düngung der Varianten war identisch. Die Mikrokosmen (A, C und D) wurden mit je zwei Jungpflanzen Nassreis (*Oryza sativa* L., Typ *Japonica*, Kultivar 中选 181 (Zhong Xuan 181)) bepflanzt. Bis Tag 112 nach Umpflanzung (days after transplanting, DAT) waren die Mikrokosmen geflutet, anschließend wurden sie drainiert. Temperatur und Tageslichtlänge der Klimakammer wurden wie von Eickhorst und Tippkötter (2009) beschrieben simuliert.

Die Mikrokosmen (Abb. 1), hatten einen Durchmesser von 15 cm und eine Höhe von 25 cm. Die untere Abdichtung erfolgte über eine konstruierte Pflugsohle (ca. 2,5 cm, d_B ca. $1,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), die Ap-Horizonte wurden frisch gepuddelt, mit Stroh oder Strohasche vermischt und auf je drei Mikrokosmen verteilt. Das Redoxpotential wurde kontinuier-

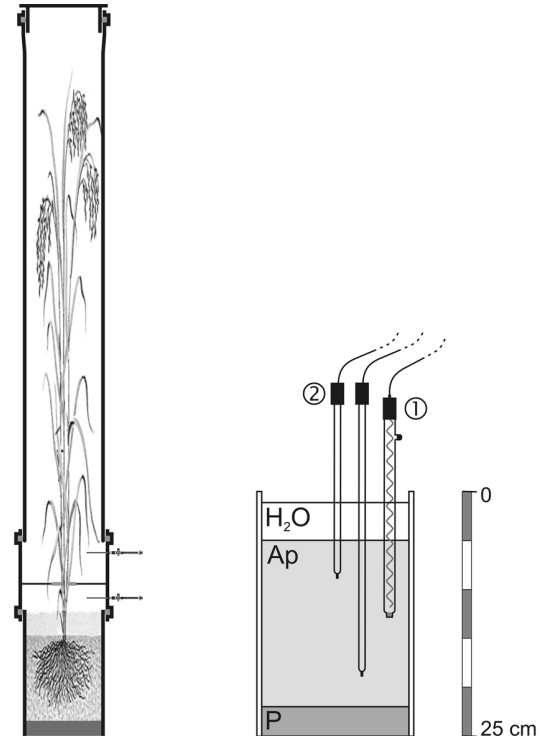


Abb. 1: Aufbau der Mikrokosmen zur Erfassung der Gasemissionen (links) und der Redoxpotentiale (rechts), 1: Referenzelektrode, 2: Platinelektroden.

lich in zwei Tiefen (3 cm und 13 cm unter Bodenoberfläche) erfasst. Dazu wurde ein Mikrokosmos mit zwei Platinelektroden und einer Silber-Silberchlorid-Elektrode als Referenz versehen. Der pH-Wert wurde in diesen Mikrokosmen wöchentlich über eine Einstechelektrode ermittelt. Die Methan- und Kohlendioxidemissionen wurden wöchentlich durch Aufsetzen von Röhren auf installierte Doppelmuffen (Gesamthöhe 125 cm) als 24 Stunden-Werte des gesamten Pflanze-Boden-Systems erhoben. Gasproben wurden über Kanülen entnommen und gaschromatographisch (Perkin Elmer Autosystem XL) untersucht. Ein dritter Mikrokosmos wurde bei jeder Variante zur Entnahme von Bodenproben verwendet. Aus diesem wurden zu ausgewählten Wachstumphasen der Pflanzenentwicklung

Tab. 1: Eigenschaften der verwendeten Paddy Soils.

Name	Textur (KA 5)	S [%]	U [%]	T [%]	C _t [%]	C/N	pH (CaCl ₂)	EC [μS/cm]
Wujia	Uls	27,1	64,2	8,7	1,23	11,1	6,3	268
Jinjiaba	Ltu	0,9	58,1	41,0	1,88	10,9	5,1	418

Mischproben entnommen und homogenisiert. Die aktuelle hydrolytische Enzymaktivität (nach Boschker et al., 1995, modifiziert) und die Cellulose-induzierte Enzymaktivität (nach Hope und Burns, 1987) wurden anschließend fotometrisch untersucht. Die Menge der akkumulierten reduzierenden Zucker wurde nach Lever (1973) bestimmt und die Aktivitäten in produzierter Glucose [$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Boden (TM) $\cdot\text{h}^{-1}$] ausgedrückt.

3 Ergebnisse

Redoxpotentiale

Die ermittelten Redoxpotentiale sanken in der ersten Woche nach Versuchsbeginn in allen Varianten auf stark negative Werte. In der Folgezeit wurden sie sowohl vom Standort, als auch von der Strohapplikationsvariante beeinflusst. Die pH-Werte änderten sich über den Versuchszeitraum kaum, standen aber ebenfalls unter dem Einfluss von Standort und Strohapplikationsvariante.

Methanemissionen

Die Methanemissionen wiesen für die Varianten A, B und C des Standortes Wujia und für die Varianten A und B des Standortes Jinjiaba am 7 DAT ein Maximum von bis zu $400 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ auf. Im weiteren Verlauf sanken die Werte und erreichten ein weiteres Maximum für den Standort Jinjiaba zum Zeitpunkt 28 DAT bzw. für Wujia nach 49 DAT. Die Varianten C und D des Standortes Jinjiaba wiesen über die gesamte Vegetationsperiode kaum Methanemissionen auf, wogegen für Wujia die Variante D ab 42 DAT Methan emittierte. Die Emissionswerte des Standortes Wujia verliefen ab 63 DAT analog zueinander.

Kohlendioxidemissionen

Die Kohlendioxidemissionen lassen ähnlich wie bei den Methanemissionen am 7 DAT ein Maximum für die Varianten A, B und C des Standortes Wujia und für die Varianten A und B in Jinjiaba erkennen. Bis 21 DAT sinken die Werte beider Standorte, steigen anschließend kontinuierlich bis 63 DAT an

und bleiben bis zum Ende der Vegetationsphase auf diesem Niveau. Die Varianten ohne Pflanze (B) lassen nach ihrem anfänglichen Maximum nur sehr geringe Kohlendioxidemissionen erkennen. Die Varianten Wujia D und Jinjiaba C und D wiesen dieses anfängliche Maximum nicht auf, setzten jedoch in der weiteren Vegetationsphase analog zu den übrigen Varianten Kohlendioxid frei.

Während die Varianten des Standortes Wujia keine einheitlichen Tendenzen zeigen, weisen die Varianten A, C und D des Standortes Jinjiaba einen einheitlichen Verlauf der Kohlendioxidemissionen auf. Die Emissionswerte beider Standorte sind sowohl von der Variante, als auch von der Zeit nach Umpflanzung abhängig.

Enzymaktivitäten

Verglichen mit den Werten ab 21 DAT zeigen die aktuellen hydrolytischen Enzymaktivitäten der Varianten A und B des Standortes Wujia und in allen Varianten des Standortes Jinjiaba höhere Werte als in der ersten Woche nach der Bepflanzung (0 DAT und 7 DAT). Ab 21 DAT sind keine Unterschiede zwischen den Varianten mehr erkennbar. Insgesamt liegen die Werte für Jinjiaba höher als für Wujia (produzierte Glucose ab 21 DAT: Wujia $0,003 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Boden $\cdot\text{h}^{-1}$; Jinjiaba $0,008 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Boden $\cdot\text{h}^{-1}$).

Die Cellulose-induzierte Enzymaktivität weist über den gesamten Zeitraum höhere Werte auf als die aktuelle hydrolytische Aktivität, zeigt dabei jedoch nur in Wujia Unterschiede im Verlauf der Vegetationsperiode und in Jinjiaba zwischen den Varianten.

4 Schlussfolgerungen

Die gleichzeitigen Maxima der Methan- und Kohlendioxidemissionen zeigen, dass die Reduktionsphase und die methanogene Phase parallel zueinander verliefen und es neben einer Produktion von Kohlendioxid, bereits zu einer Methanproduktion kam. Die hohen Emissionswerte während der ersten Wochen sind durch das Vorkommen leicht

abbaubarer Kohlenhydrate erklärbar, die sich auch in den erhöhten Werten der aktuellen hydrolytischen Enzymaktivitäten zeigen. Im weiteren Verlauf der Anbauphase werden die Methanemissionen deutlich von der Strohzugabe beeinflusst, während die Kohlendioxidemissionen ab 21 DAT primär von den Pflanzen gesteuert werden, die steigenden Kohlendioxidwerte korrelieren mit dem Pflanzenwachstum.

Die im Vergleich zur aktuellen hydrolytischen Aktivität erhöhten Werte der Cellulose-induzierten Aktivität lassen erkennen, dass die potentielle, substratgesättigte Enzymaktivität durch die Reisstrohmanagement-Praktiken nicht verändert wurde. Die zu Beginn der Anbauphase erhöhten Werte der aktuellen hydrolytischen Enzymaktivität lassen sich auf leicht abbaubare Polysaccharide zurückführen. Die Abbaubarkeit der übrigen Polysaccharide kann durch die Struktur der Biopolymere im Stroh eingeschränkt werden, was eine verminderte Freisetzung von Zuckern im Verlauf der Anbauphase zur Folge hat.

Es zeigt sich, dass die für den Strohabbau wichtigen mikrobiellen Parameter wesentlich von den Standorteigenschaften der Böden beeinflusst sind und eine Überprägung durch das Reisstrohmanagement in der kurzen Zeit nicht möglich ist. Ein signifikanter Einfluss des Reisstrohs lässt sich nur in Hinblick auf die Methanemissionen erkennen, während die Kohlendioxidemissionen sehr stark von der Pflanze abhängen.

Der lediglich geringe Einfluss auf die Aktivitäten der ermittelten hydrolytischen Enzyme zeigt, dass sich diese nicht als direkte Indikatoren für kurzfristige, managementbedingte Änderungen eignen.

Literatur

- Boschker, H.T.S., Bertilsson, S.A., Dekkers, E.M.J. und Cappenberg, T.E. (1995) An inhibitor-based method to measure initial decomposition of naturally occurring polysaccharides in sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 61, 2186-2192.
- Caldwell, B.A. (2005) Enzyme activities as a component of biodiversity: A review. *Pedobiologia* 49, 637-644.
- Cao, G.L., Zhang, X.Y., Wang, Y.Q., Zheng, F.C. (2008) Estimation of emissions from field burning of crops straw in China. *Chinese Science Bulletin* 53, 784-790.
- Cassman, K.G. und Pingali, P.L. (1995) Intensification of irrigated rice systems learning from the past to meet future challenges. *Geo Journal* 35, 299-305.
- Eickhorst, T. und Tippkötter, R. (2009) Management-induced structural dynamics in paddy soils of South East China simulated in microcosms. *Soil and Tillage Research* 102, 168-178.
- Hays, M.D., Fine, P.M., Geron, C.D., Klee-man, M.J. und Gullet, B.K. (2005) Open burning of agricultural biomass: Physical and chemical properties of particle phase emissions. *Atmospheric Environment* 39, 6747-6764.
- Hope, C.F.A. und Burns, R.G. (1987) Activity, origins and location of cellulases in a silt loam soil. *Biology and Fertility of Soils* 5, 164-170.
- Lever, M. (1973) Colorimetric and fluorometric carbohydrate determination with *p*-hydroxybenzoic acid hydrazide. *Biochemical Medicine* 7, 274-281.
- Parr, J.F., Papendick, R.I., Hornick, S.B. und Meyer, R.E. (1992) Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 5-11.
- Ponnamperuma, F.N. (1984) Straw as a source of nutrients for wetland rice. Seiten 117-137. In: *Organic matter and rice*. IRRI, Los Banos, Philippines.