

Jahrestagung der DBG. Komm. V.
Böden - eine endliche Ressource.
DBG, September 2009, Bonn.
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation).
<http://www.dbges.de>

Düngungs- und Fruchtfolgeinflüsse auf organische Bodensubstanzen in einem Dauerversuch in Kenia: Mes- sung mit Lichtreflektion und Mas- senspektrometrie

Mansur, N.¹, Warren, G.², Schlichting, A.¹,
Leinweber, P.¹

Zusammenfassung

In einem Dauerversuch im ariden Klimagebiet in Kenia wurden die Düngungs- und Fruchtfolgeinflüsse auf organische Bodensubstanzen (OBS) mit Lichtreflektion (Chromameter) und Massenspektrometrie (Pyrolyse-Feldionisation) untersucht. Aus Datensätzen von 54 Bodenproben wurde die Farbhelligkeit (L^* -Wert) mit den C_{org} -Gehalten korreliert, und es wurde die molekulare OBS-Zusammensetzung von 6 Bodenproben mit Pyrolyse-Massenspektrometrie (Py-FIMS) bestimmt.

Die Resultate dieser Arbeit zeigen, dass:

- (1) die Farbhelligkeit der Böden im ariden Klimagebiet grundsätzlich in einer gesicherten negativen Beziehung zum C_{org} -Gehalt steht;
- (2) die Bodenbewirtschaftung (Düngung, Bewuchs) eine Bedeutung für den Zusammenhang zwischen Farbhelligkeit und C_{org} -Gehalt hat, und andererseits die Qualität der OBS beeinflusst;
- (3) die Qualität der OBS wiederum die Farbhelligkeit beeinflusst, weil das

Licht stärker durch die aromatischen und heterozyklischen Moleküle in den OBS absorbiert wird.

1. Einleitung und Zielstellung

Die Bodenfarbe integriert chemische, biologische und physikalische Transformationen und Umlagerungen, die innerhalb eines Bodenprofils aufgetreten sind. Die Bodenfarbe der Ah-Horizonte wird in starkem Maße durch die Gehalte und Zusammensetzung der organischen Bodensubstanzen (OBS) beeinflusst. Bisherige Ableitungen der Zusammenhänge zwischen OBS und Bodenfarbe liegen v.a. aus gemäßigten Klimaten vor (Spielvogel et al., 2004), während solche Zusammenhänge für Böden aus anderen Klimaten noch weitgehend unbekannt sind. **Ziel** dieser Untersuchung war es daher, die Abhängigkeit der Bodenfarbe von OBS-Gehalten und -qualitäten in Proben aus einem Dauerversuch im ariden Klimagebiet in Kenia zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Der Boden auf dem Versuchsfeld ist ein stark sandiger Ton mit 56% Sand, 13% Schluff und 31% Ton, und als Chromic Cambisol beschrieben (Kihanda et al., 2006). Die Versuchsglieder umfaßten eine Fruchtfolge mit Einzelpflanzen sowie Fruchtfolge mit Reihen-Mischanbau, 3 Düngungsstufen (0, 5, 10 t / ha organische Dünger pro Jahr), sowie 3 unterschiedliche Positionen am Hang (Ober-, Mittel- und Unterhang).

Die Bodenfarbe wurde mit Chromameter (Konica Minolta CR-410) in trockenem Zustand (< 2 mm gesiebter Boden) gemessen und als Bodenfarbhelligkeit (L^* -Wert) im CIE $L^*a^*b^*$ -Farbkoordinatensystem angegeben (Torrent and Barron, 1993).

C_{org} sowie N_t wurden mit Vario El sowie die molekulare OBS-Zusammensetzung durch Pyrolyse-Feldionisation Massenspektrometrie (Py-FIMS) mit Finnigan MAT 900 bestimmt. Danach wurden die Ionenintensitäten von circa 900 Einzelsignalen der Moleküle aus den sehr komplex aufgebauten organischen Bodensubstanzen jeweils einzeln mit den L^* -Werten korreliert.

¹ Institut für Landnutzung/Bodenkunde, Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, D18051 Rostock.

² Department of Soil Science, University of Reading, Whiteknights, Reading RG6 6DW.

Nauaf.mansur@uni-rostock.de

Table 1:

| Code | Erklärung | C _{org} -Gehalte | Total N |
|------|--|---------------------------|---------------|
| C2 | Fruchtfolge* | 0,544 -1,409 | 0,043 - 0,159 |
| C3 | Reihen-Misch- ^{**} anbau | 0,352 -1,538 | 0,055 - 0,155 |
| M0 | Kein organischer Dünger | 0,352 -0,812 | 0,043 - 0,094 |
| M1 | 10 t ha ⁻¹ yr ⁻¹ | 0,446 -1,538 | 0,051 - 0,159 |
| M2 | 5 t ha ⁻¹ yr ⁻¹ | 0,629 -1,269 | 0,075 - 0,131 |
| U | Oberhang | 0,375 -1,166 | 0,045 - 0,116 |
| M | Mittelhang | 0,352 -1,289 | 0,043 - 0,136 |
| L | Unterhang | 0,410 -1,538 | 0,046 - 0,159 |

*Fruchtfolge: Sorghumhirse (*Sorghum bicolor*); Kuherbse (*Vigna unguiculata*); Perlhirse (*Pennisetum typhoides*); Mungbohne (*Vigna radiata*). Ab 1999: Mais (*Zea mays*).

**Reihen-Mischanbau: Sorghumhirsen + Kuherbse; Perlhirse + green gram. Ab 1999: Straucherbse (*Canjunus cajan*) + Mais.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Farbelligkeit der Böden (L*-Wert) nimmt generell signifikant mit zunehmendem C_{org}-Gehalt ab und das Anbausystem hat einen Einfluß auf diesen Zusammenhang ($R^2_{\text{alle}} = 0,54$, $R^2_{\text{Fruchtfolge}} = 0,47$, $R^2_{\text{Reihen-Mischanbau}} = 0,59$), und dies könnte vor allem durch den Einfluß der Straucherbse in den letzten drei Jahren (November 1999 bis April 2002) gekommen sein.

Gruppierung nach organischer Düngung führt zu einer weiteren Differenzierung der Regressionsgleichungen, wobei sich die engsten Korrelationen für die Proben aus den ungedüngten und Parzellen und denen mit mittlerer Düngung ergaben ($R^2_{M0} = 0,86$, $R^2_{M2} = 0,51$).

Analog waren die Korrelationen für die durch Erosion verarmten Oberhänge enger als für die durch OBS aus den organischen Düngern angereicherten Mittel- und Unterhänge ($R^2_{\text{Oberhang}} = 0,81$, $R^2_{\text{Mittelhang}} = 0,62$, $R^2_{\text{Unterhang}} = 0,37$). Dies kann durch die unterschiedliche Qualität (Zusammensetzung) der OBS erklärt werden, die sich in Abhängigkeit vom Transport partikulärer organische Substanz und Hangposition ausbildet. So ist es z.B. möglich, dass partikuläre, spezifisch leichte OBS aus dem organischen Dünger (Ziegendünger), die den Zusammenhang zwischen L*-Wert und

C_{org}-Gehalten grundsätzlich verschlechtern, hangabwärts transportiert worden sind.

Reihen-Mischanbau führte im Vergleich zur Fruchtfolge zu einem Abbau der OBS (niedrigere Ionenintensitäten), aber auch zur Veränderung der OBS-Zusammensetzung (s. *m/z* 270-360). Weiterhin war in den Proben vom Reihen-Mischanbau das Freisetzungsmaximum der TII-Thermogramme nach 450°C und die Schultern auf 360 und 500°C.

Organische Düngung führte zur Erhöhung des Freisetzungsmaximums auf 520°C (Abbildung 1c, 1d, 1e und 1f) im Vergleich zum Boden ohne organische Düngung (Freisetzungsmaximum bei 480°C und 450°C; Abb. 1a, 1b), was auf einen Aufbau thermisch stabiler Substanzen aus dem Düng hindeutet.

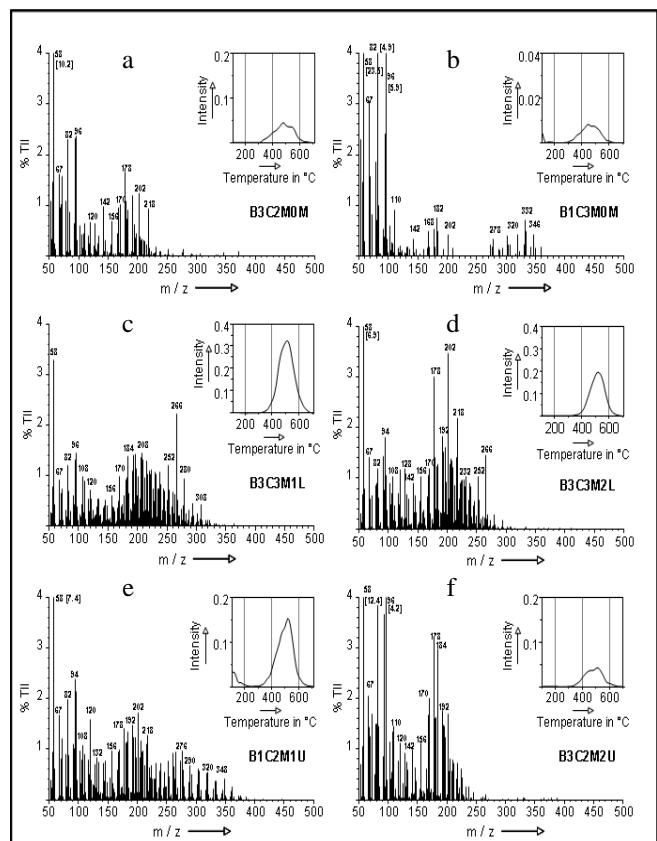


Abb. 1: Pyrolyse-Feldionisation Massenspektren und Thermogramme.

Positiv zur Verringerung der L*-Werte trugen vor allem Alkylaromaten (*m/z* 190, 193, 204, 218, 219, 232), Phenole und Ligninmonomere (*m/z* 152, 208) sowie N-Verbindungen (*m/z* 181, 203) bei.

Die L*-Werte werden nicht nur durch C_{org} insgesamt, sondern durch die Art der C-

Verbindungen der OBS bestimmt. Die Bedeutung der aromatischen C-Verbindungen bestätigt die Ergebnisse von Schmidt et al. (1997), die nicht nur eine starke Beziehung zwischen Farbhelligkeit und Gehalt der verkohlten organischen Substanz zeigten, sondern auch auf die Bedeutung der aromatischen C-Verbindungen des Bodens für die Farbhelligkeit hinwiesen.

Ebenso bestätigt die Bedeutung der aromatischen C-Verbindungen, die für eine große Anzahl von Einzelmolekülen erstmals mit Py-FIMS gezeigt wurde, generell die Ergebnisse von Spielvogel et al. (2004), die analoge Zusammenhänge mittels ^{13}C -NMR nachwiesen. In der Untersuchung waren die Anteile an Aryl-C (hauptsächlich aromatische Verbindungen wie Lignin und Tannin) enger als anderen Gruppen von C-Verbindungen, mit den L*-Werten korreliert.

Die Qualität der OBS beeinflusst die L*-Werte, indem hauptsächlich aromatische und heterozyklische Moleküle zur Lichtabsorption und damit zu dunkleren Farbtönen beitragen. Hohe Gehalte an aromatischen Verbindungen wurden für die außergewöhnlich dunkle Farbe neolithischen Materials verantwortlich zu sein (Schmidt et al. 2001). Jedoch haben Chen et al. (1977) gezeigt, daß die optischen Eigenschaften von Humin- und Fulvosäuren in Form der Extinktionskoeffizienten bei 400 und 600 nm (E4/E6) hauptsächlich durch die Teilchengrößen und die Molekularmassen verursacht werden. Dies schließt jedoch Korrelationen mit den Aromatenanteilen nicht aus, denn möglicherweise sind Aromatizität und Molekülmassen bei extrahierten Huminstoffen auch interkorreliert.

4.Literatur

- Chen, Y.; Senesi, N.; Schnitzer, M. (1977). Information Provided on Humic Substances by E4/E6 Ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol.41, 1977:352–358.
- Kihanda F. M, Warren G. P, Micheni A. N (2006), Effect of manure application on crop yield and soil chemical properties in a long-term field trial of semi-arid Kenya. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2006) 76:341–354.
- Schlichting, E., Blume H.-P., Stahr K. (1995) *Bodenkundliches Praktikum* Blackwell, S. 48.
- Schmid, E.-M., Knicker, H; Bäuml R., and Kögel-Knabner I. (2001). Chemical composition of the organic matter in neolithic soil material as revealed by CPMAS ^{13}C NMR spectroscopy, polysaccharide analysis, and CuO oxidation. *Soil Science* 2001;166:569–584.
- Schmidt, M.W. I., H. Knicker, P. G. Hatcher, and I. Kögel-knabner. 1997. Improvement of ^{13}C and ^{15}N CPMAS NMR spectra of bulk soils, particle size fractions and organic material by treatment with 10% hydrofluoric acid. *Eur. J. Soil Sci.* 48: 319–328.
- Spielvogel, S., Knicker H., Kögel-knabner I. (2004) Soil organic matter composition and soil lightness. *J.Plant Nutr. Soil Sci.*, 545-555.
- Torrent, J.; Barrón, V. (1993) Laboratory measurement of soil color: Theory and practice. In: *Soil Color* (Hrsg. J.M. Bigham; E.J. Ciolkosz), pp 21-33. Soil Science Society of America, Madison/WI.