

Unterschiedlich aktive C-Pools im Boden: C_{org}, POS, CO₂. 2. Vergleich der Parameter und Methoden zur Beurteilung der Bewirtschaftung

Joachim Raupp, Meike Oltmanns

Problemstellung/Ziele: Die Beschreibung und Bewertung der organischen Substanz im Boden stützt sich zum einen auf Bestandesparameter (z.B. C_{org}, heißwasserlöslicher C, Fraktionen der Partikulären Organischen Substanz (POS), nasschemische Humusfraktionen wie Huminsäuren, Humine etc.) und zum anderen auf Aktivitätsparameter (z.B. Bodenatmung, mikrobielle Biomasse (CFE, SIR), Enzymaktivitäten, Biolog[®]-Analyse, Inkubationstests). Jeder Parameter beschreibt einen spezifischen Teil des organischen Kohlenstoffs bzw. spezifische Umwandlungsprozesse im komplexen Geschehen der C-Mobilisierung/Immobilisierung. Anhand dreier ausgewählter Parameter (C_{org}, POS, CO₂-Peak nach Wiederbefeuchten) und ihrer Ergebnisse aus einem Langzeitversuch sollen die Vor- und Nachteile der Parameter und ihrer Analysemethoden diskutiert werden mit dem Ziel, ihre Aussagekraft zur Beurteilung von Bewirtschaftungsmaßnahmen zu beleuchten.

Hypothesen: 1. Jede Düngerart (Frischmist, Kompost, Jauche, Mineraldünger etc.) begünstigt entweder vorwiegend die Bestandesgrößen (Humusaufbau) oder vorwiegend die Umsetzungsaktivität. 2. Bestandesparameter sind eher für die langfristige Bodenentwicklung bedeutsam, während Aktivitätsparameter mehr über die kurzfristigen Eigenschaften (z.B. Nährstoffnachlieferung) aussagen. 3. Für eine fundiertere Beurteilung sollten Parameter beider Kategorien kombiniert werden.

Methoden: In einem langjährigen Düngungsversuch (Raupp, 2001) werden zwei Rottemistvarianten ohne und mit Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate mit Mineraldüngung (Kalkammonsalpeter, Superphosphat, Kalimagnesia) verglichen. Jede Düngungsart wird in einer Höhe von 60, 100 und 140 kg Gesamt-N ha⁻¹ gegeben. In diesem Versuch wurden C_{org} (Verbrennungsmethode), die leichte und schwere Fraktion der POS (modifiziert nach Meijboom et al., 1995) sowie der CO₂-Peak nach Wiederbefeuchten lufttrockener Proben (Haney et al., 2000) bestimmt. Einzelheiten sind unserem anderen Beitrag in diesem Band zu entnehmen.

Ergebnisse/Diskussion: Die Ergebnisse unseres Versuches lassen sich wie folgt zusammenfassen. Im Vergleich zur Mineraldüngung bewirkte die Rottemistdüngung höhere Gehalte an C_{org} und HF, geringere Gehalte an LF und stärkere CO₂-Peaks (Raupp & Oltmanns, 2003). Die Erhöhung der Düngermenge verstärkte die Effekte nur bei Rottemist, und eigentlich nur in Verbindung mit den bd Präparaten. Höhere Gaben Mineraldüngung dagegen brachten bei allen vier Merkmalen keine gesicherten Unterschiede. Die Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate bewirkte (im Vergleich zu Rottemist ohne die Präparate) mehr C_{org} im Boden (aber gleich viel HF) und einen höheren CO₂-Peak.

Ergebnisse/Diskussion: Die Rottemistdüngung erzielte also bessere Ergebnisse sowohl bei den langfristigen Pools C_{org} und HF, als auch bei der kurzfristigen biologischen Aktivität (ausgedrückt als LF und CO₂-Peak). Dies widerspricht der o.g. Annahme, dass eine Düngerart entweder in die eine oder in die andere Richtung wirkt.

Ergebnisse/Diskussion: Die Prüfung der Abhängigkeiten zwischen den Merkmalen ergab, dass der C_{org} erwartungsgemäß mit der HF deutlich positiv ($r = 0,736$; $p = 0,01$) und mit der LF negativ ($r = -0,332$; $p = 0,05$) korreliert ist. Ebenso ist leicht zu verstehen, dass eine Probe mit hohem HF-Gehalt gleichzeitig wenig LF enthält ($r = -0,510$; $p = 0,01$). Der Aktivitätsparameter CO_2 -Peak dagegen war deutlich mit den langfristigen Pools C_{org} ($r = 0,497$; $p = 0,01$) und HF ($r = 0,560$; $p = 0,01$) korreliert, nicht dagegen mit der LF ($r = -0,170$; n.s.).

Tab. 1: Grobe Charakterisierung der untersuchten Parameter (basierend auf eigenen Ergebnissen und Informationen aus der im Text zitierten Literatur)

	C_{org}	POS	CO_2 -Peak
Art des Merkmals	Chemisch	Physikalisch	Physiologisch
Probenbeschaffenheit bei Analyse	Lufttrocken (Proben können vermutlich jahrelang gelagert werden)	Feldfrisch (Proben sind nur begrenzt lagerfähig)	Lufttrocken (Proben können vermutlich jahrelang gelagert werden)
Kategorie	Bestandesgröße, Globalmerkmal	Bestandesgröße (HF) und Aktivitätsgröße (LF)	Aktivitätsgröße
Analysenaufwand	Gering	Hoch	Mittel
Reaktionszeit	Langfristig, nach mehreren Jahren	LF kurzfristig (1 Jahr), HF langfristig	u.U kurzfristig (1 Jahr)
Welche Einflüsse drücken sich aus? (in Bezug auf Besonderheiten des ökol. Landbaus)	Die langjährige Geschichte des Bodens und der Bewirtschaftung. Effekte der Fruchtfolge, der organischen Düngung und der bd Präparate.	Einjährige (LF) und mehrjährige (HF) Faktoren wie Düngung und Kulturart. LF: je geringer die Gehalte, desto höher die Aktivität der mik. Biomasse	Effekte der Kulturart, der organischen Düngung und der bd Präparate. Die Qualität des Substrates oder eher die des „Lebensraumes Boden“?

Über die Wirkungen von Stallmist werden in der Literatur häufig ähnliche Resultate berichtet wie wir sie gefunden haben. Im Vergleich zu Mineraldüngung höhere C_{org} -Gehalte bestimmten auch Asmus et al. (1987), Garz & Stumpe (1992) und Németh & Tóth (1992). Höhere HF-Gehalte berichtete auch Hassink (1995). Allerdings stellten Fließbach & Mäder (2000) in den konventionellen Anbausystemen des DOK-Versuches, gleichgültig ob mit oder ohne Stallmist, höhere LF-Kohlenstoffmengen fest als in den ökologischen Systemen, und in der HF fanden sie keinen sign. Unterschied.

Eine höhere Basalatmung im Mist-gedüngten Böden fanden Kubat et al. (1999), Mercik et al. (1995) und Carpenter-Boggs et al., (2000).

In Tab. 1 werden die Parameter C_{org} , POS und CO_2 -Peak nach verschiedenen Kriterien charakterisiert. Für C_{org} und CO_2 -Peak spricht die einfache und billige Durchführung der Analyse. Die Bestimmung der POS ist dagegen relativ arbeits- und kostenaufwendig. Während der CO_2 -Peak weiter gehende Rückschlüsse auf die mikrobielle Biomasse und auf die Mineralisation erlaubt (Franzluebbers et al., 1996), bietet der sehr allgemeine Parameter C_{org} kaum spezifische Interpretationsmöglichkeiten. Die Unterschiedlichkeit der LF und der HF der POS gibt nicht nur ein breites Spektrum bodenbiologischer Prozesse wieder, sondern ermöglicht außerdem mit dem jeweiligen Substrat tiefer gehende mikrobiologische Untersuchungen (Swanston et al., 2002).

Bezüglich der Ursachen und Zusammenhänge der besprochenen Parameter besteht in einigen Punkten noch Unklarheit. So war in unserem Versuch der CO_2 -Peak sign. mit der HF, nicht aber mit der LF korreliert. Dagegen war die im normalen Inkubationsversuch gemessene Bodenatmung in der Untersuchung von Janzen et al. (1992) stark mit der LF korreliert. Dies deutet darauf hin, dass in beiden Fällen (Testbedingungen) wahrscheinlich nicht die gleichen Mikroorganismengruppen beteiligt waren.

In Bezug auf die im ökologischen Landbau wichtigen Aspekte (z.B. Effekte von Stallmist u.a. organischen Düngern, Fruchtfolge, Langzeitwirkungen, Nährstoffnachlieferung) sind alle drei Parameter, je nach Fragestellung, interessant.

Fazit: Eine strenge Trennung (entsprechend der o.g. Hypothesen) in kurzfristig relevante Aktivitätsparameter und in langfristig wichtige Zustandsgrößen wird der Komplexität des C-Haushaltes der Böden nicht gerecht, da es vielfältige Überschneidungen zwischen beiden Bereichen und den involvierten Prozessen gibt. Eine Kombination mehrerer Parameter, wie z.B. die hier betrachtete Dreiergruppe, ist eher in der Lage, ein umfassendes Bild über die Wirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen und -systemen abzugeben. Die beteiligten Einflussfaktoren und gegenseitigen Abhängigkeiten aller Parameter muss noch weiter untersucht werden. Hierbei sollten weitere Parameter und Methoden (z.B. heißwasserlöslicher C, Thermogravimetrie) mit berücksichtigt werden.

Literaturangaben:

Asmus, F.; Kittelmann, G.; Görlitz, H. (1987): Einfluß langjähriger organischer Düngung auf physikalische Eigenschaften einer Tieflehm-Fahlerde. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 31, 41-46

Bachinger, J. (1996): Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Gießen. Schriftenreihe Bd. 7, Inst. f. biol.-dyn. Forschung, Darmstadt

Carpenter-Boggs, L; Kennedy, A.C. and Reganold, J.P. (2000): Organic and biodynamic management: effects on soil biology. Soil Science Society of America Journal 64, 1651-1659

Fließbach, A. and Mäder, P. (2000): Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology & Biochemistry 32, 757 – 768

Bodenfruchtbarkeit

Franzluebbers, A.J.; Haney, R.L.; Hons, F.M.; Zuberer, D.A. (1996): Determination of microbial biomass and nitrogen mineralization following rewetting of dried soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 1133-1139

Garz, J. u. Stumpe, H. (1992): Der von JULIUS KÜHN begründete Versuch "Ewiger Roggenbau" in Halle nach 11 Jahrzehnten. *Kühn-Arch.* 86, 1-8

Haney, R.L.; Hons, F.M.; Sanderson, M.A. and Franzluebbers, A.J. (2000): A rapid procedure for estimating nitrogen mineralization in manured soil. *Biol. Fert. Soils* 33, 100-104

Hassink, J. (1995): Density fractions of soil macroorganic matter and microbial biomass as predictors of C and N mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 27, 1099-1108

Janzen, H. H.; Campbell, C. A.; Brandt, S. A.; Lafond, G.P.; Townley-Smith, L. (1992): Light-Fraction Organic Matter in Soils from Long-Term Crop Rotations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1799-1806

Kubat, J.; Novakova, J.; Mikanova, O. and Apfelthaler, R. (1999): Organic carbon cycle, incidence of microorganisms and respiration activity in long-term field experiment. *Rostlinna Vyroba* 45, 189-395

Meijboom, F. W.; Hassink, J. and van Noordwijk, M. (1995): Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. *Soil Biology & Biochemistry* 27, 1109-1111

Mercik, S.; Korschens, M.; Bielawski, W; Russel, S and Rumpel, J. (1995): Ammonification, nitrification activity and soil respiration intensity as affected by long-term fertilization and soil type. *Annals of Warsaw Agricultural University Agriculture* 29, 27-35

Neméth, I. u. Tóth, B. (1992): Die Wirkung von Stallmist und Mineraldüngung auf den Pflanzenertrag und auf die biologische Aktivität des Bodens in einem 31jährigen Dauerversuch in Keszthely. *Symp. Dauerfeldversuche und Nährstoffdynamik, Bad Lauchstädt, 9.-12.6.92; hrsg. v. UFZ Leipzig-Halle; 148-153*

Raupp, J. (2001): Forschungsthemen und Ergebnisse eines Langzeitdüngungsversuchs in zwei Jahrzehnten; ein Beitrag zur Bewertung von pflanzenbaulichen Langzeitversuchen. *Berichte über Landwirtschaft* 79, 71-93

Raupp, J. u. Oltmanns, M. (2003): Unterschiedlich aktive C-Pools im Boden: C_{org}, POS, CO₂. 1. Effekte von Rottemist, biologisch-dynamischen Präparaten und Mineraldüngung (im vorliegenden Band)

Swanston, C.W.; Caldwell, B.A.; Homann, P.S.; Ganio, L. and Sollins, P. (2002): Carbon dynamics during a long-term incubation of separate and recombined density fractions from seven forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 34, 1121-1130

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Ökologischen Landbau



**Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau
Ökologischer Landbau der Zukunft**

24.-26. Februar 2003 in Wien

Herausgegeben von Bernhard Freyer

Veranstalter

Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur Wien
Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim