

Nachlieferungspotential und Zwiebelchalenmodell der organischen Bodensubstanz: Was sagen uns Mehrfachextrakte und deren C/N-Verhältnisse?

W. Wenzl¹, W. Bussink², G. Ros², W. Hartl³, I. Diethart³

¹ HBLFA-Raumberg-Gumpenstein, A - 8952 Irdning

² NMI Wageningen, NL- 6709 PD Wageningen

³ Bio-Forschung-Austria, A - 1220 Wien

1. Einleitung

Das für die landwirtschaftliche Praxis entscheidende Stickstoffangebot des Bodens wird von N-min und den verfügbaren organischen Substanzen (N-org) bestimmt (Ros 2011). Der Abbau - beginnend bei mikrobiellem Zellplasma - liefert Energie, wie aus Abbildung 1 hervorgeht (ODUM 1983). Höhere Temperaturen und verfügbare Kohlenstoffquellen begünstigen aber auch die Mineralisierung der wasserlöslichen organischen Substanz (WOS) bzw. von DOM (*dissolvable or degradable organic matter*) aus dem „Wechselhumus“.

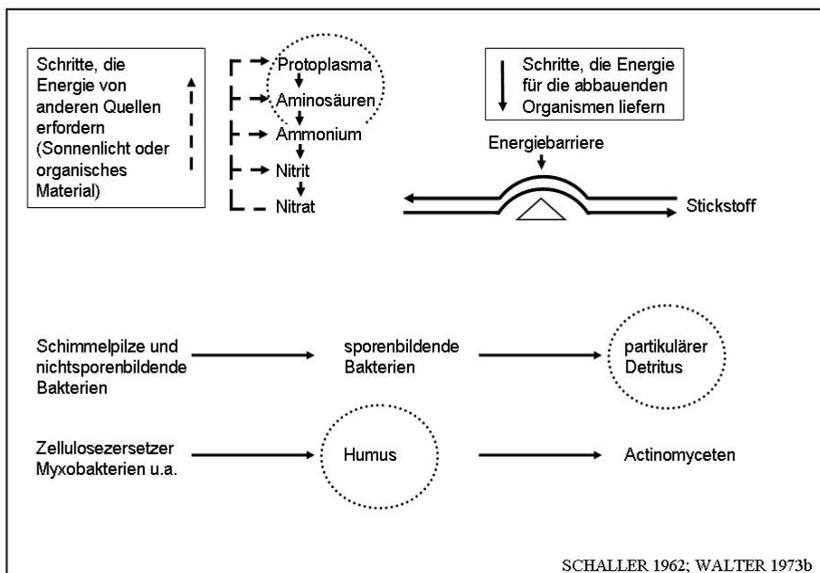


Abb. 1 Stickstoffnachlieferung aus organischer Substanz

Im Abbauweg stickstoffreicher Nichtthuminstoffe (SRNH) - vom mikrobiellen Protoplasma bis zu N-min - entstehen „detritische“ Peptone und Aminosäuren. Die Eigenschaften der intermediären Zwischenprodukte sind durch die für die abbauenden Mikroorganismen energieliefernden Schritte bestimmt (Wenzl 2010). Es ist bekannt, dass der Hauptteil des N-org in den ungefärbten, peptidartigen SRNH mit einem engem C/N-Verhältnis zu finden ist (Wenzl 2009). In einer zweiten Fraktion sind gefärbte Substanzen (Fulvo- und Huminsäuren) mit komplexeren Großmolekülen dominierend, die ein weites C/N-Verhältnis aufweisen.

2. Ausgangslage und Zielsetzung

Für die Mineralisierung ist auch das Energieangebot in Form von leicht verfügbaren C-Quellen ausschlaggebend. Daher ist nicht nur der N-org-Gehalt, sondern auch das C/N-Verhältnis der unterschiedlichen Fraktionen von Interesse. Eine weitere Frage ist die Speicherung und räumliche Verteilung der WOS (DOM) am Sorptionskomplex. Ae (2011) stellt dazu bildhaft ein „Zwiebelschalenmodell“ zur Diskussion. PEON-Moleküle (phosphate extractable organic nitrogen), blaue Ovale in Abb. 2, werden in diesem Modell durch Oxide von Eisen und Aluminium (rote Kreise) zusammengehalten.

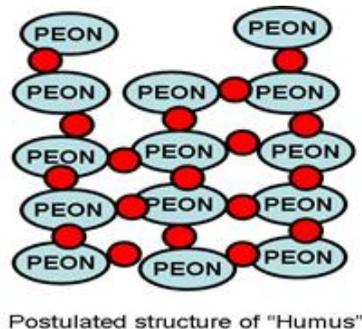


Abb. 2 Zwiebelschalenmodell (Ae N., R. GAKUEN University, Japan)

Bei ausgewählten Proben sollen anhand eines milden (0,1 n HCl) und eines „tiefergehenden“ Auszugs (PEON-Extrakt) die unterschiedlichen Mengen an Stickstoff und Kohlenstoff bestimmt und geprüft werden, ob die C/N-Verhältnisse auf funktionelle und räumliche Merkmale des N-org im Sinne des Modells hinweisen.

3. Material und Methoden

97 Bodenproben des NMI Wageningen (BUSSINK W., ROS G. 2011) wurden 1 h extrahiert. Die C - N - Bestimmung in den Extrakten erfolgte mittels Elementaranalyse (IDC - Analytic - Jena) und CFA (ALLIANCE - FLOWSYS) Geräte: Temperaturgesteuerter Luftbad-Überkopfschüttler. Extraktion: 5 g Boden in 25 ml Elutionslösung. Extrakt 1: 0,1 n HCl bei 21° und Extrakt 2: Phosphatboratpuffer bei 55° C. 8,91 g/l Natriumtetraborat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$), 12,20 g/l Natriumdihydrogenphosphat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$), pH-Wert: 6,7.

3. Ergebnisse und Diskussion

In den Abbildungen 3 und 4 sind die N-org-Gehalte der „milderen“ HCl-Extrakte und der „tiefergehenden“ PBP-Extrakte gegenübergestellt: Es wird im HCl-Extrakt bei einem Mittelwert von 14,2 mg N/l ein durchschnittlicher N-org-Anteil von 31,1 % der PBP-Extrakte mit einem Mittelwert von 45,6 mg N/l erhalten (Tab. 1).

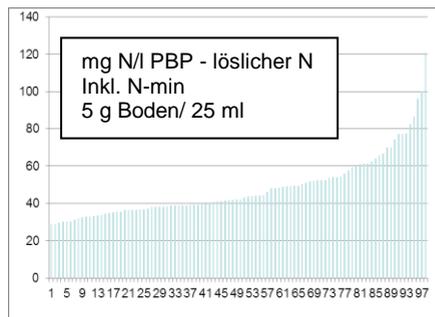
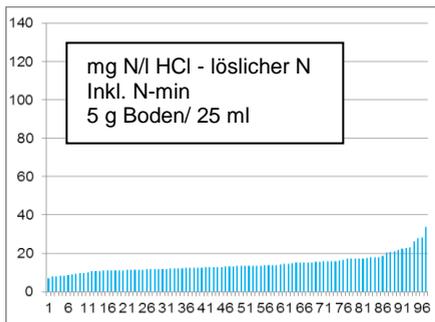


Abb. 3 HCl - Extrakte

Abb. 4 PBP - Extrakte

Die extrahierbaren C-Mengen (DOC) betragen im analogen Vergleich durchschnittlich 30,8 % bei Mittelwerten von 191,1 mg HCl-C/l und Mittelwerten von 620,4 mg PBP-C/l, wie die Abbildungen 5 - 7 zeigen. Für die HCl - Extrakte errechnet sich ein mittleres C/N-Verhältnis von 8,8 wenn leichtlösliche, möglicherweise in einer „äußeren“ Schalenschicht lokalisierte Anteile erfasst werden (Abb. 8). Die schwerer lösliche PBP - Fraktion weist ein C/N-Verhältnis von 11,6 auf (Tab. 1). Die komplexer gebundenen, möglicherweise weiter „innen“ liegenden Nichthumin- und Huminstoffe der WOS gehen erst im stärker dispergierenden, warmen PBP bei 55 °C in Lösung.

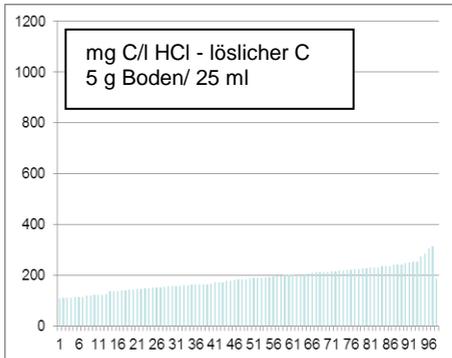


Abb. 5 C in HCl - Extrakten

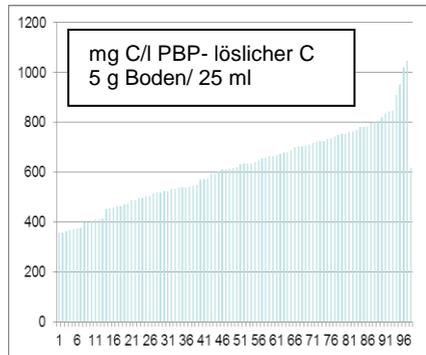


Abb. 6 C- in PBP - Extrakten

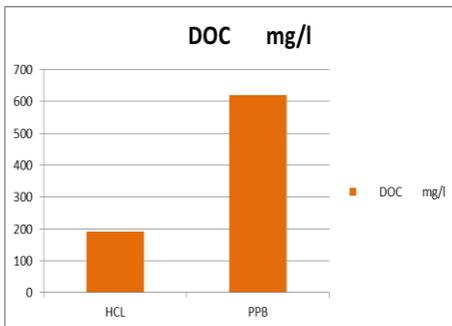


Abb. 7 C-org Fraktionen (DOC)

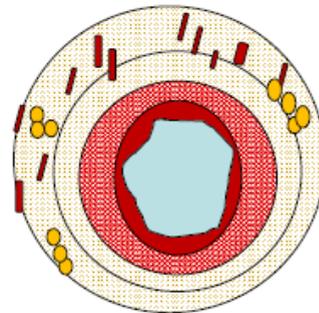


Abb. 8 Schalenmodell

Wie Tab. 1 auch aufzeigt, ist in den WOS je nach Extraktionsverfahren der jeweilige Anteil von N-min an N-org stark unterschiedlich.

Extrakt	NH ₄ - N mg/l	NO ₃ - N mg/l	N-org mg/l	N-Gesamt mg/l	DOC mg/l	C/N
HCL	2,4	5,2	14,2	21,8	191,1	8,8
PBP	1,7	6,3	45,6	53,6	620,4	11,6

Tab. 1 Durchschnittliche Stickstofffraktionen im Vergleich

In der HCl-Fraktion teilt sich Gesamt-N in 65,1 % N-org und 34,9 % N-min. In der PBP-Fraktion wurden 53,6 mg/l Gesamt-N extrahiert, wovon 85 % organisch und 15 % in Form von Ammonium und Nitrat zu finden waren. Die vorliegenden Ergebnissen können die räumliche

Anordnung von PEON bzw. WOS entsprechend einem Zwiebelschalenmodell untermauern: Am Sorptionskomplex tritt in der mikrobiell belebteren Außenzone stickstoffreicher Detritus mit engem C/N-Verhältnis auf; in „inneren“, den mineralischen Haftplätzen zugewandten Bereichen zunehmend huminstoffähnliche Substanzen mit weiterem C/N-Verhältnis. Abb. 9 und 10 zeigen Bodenkolloide (Schulten 2000) als Humusfraktionen mit unterschiedlichem Molekulargewicht, räumlichem Aufbau und C/N-Verhältnissen in Form von Hexapeptiden (MG 7760 D) und Huminsäurekomplexen (MG 124.000 D).

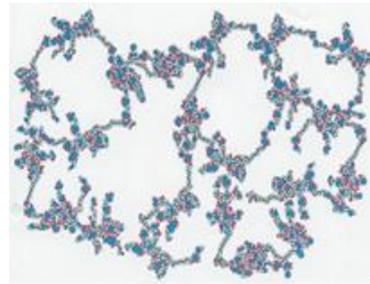
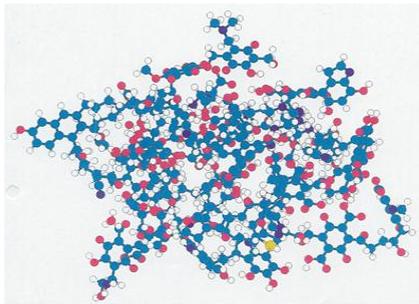


Abb. 9 Huminstoff: Hexapeptid, Abb. 10 Huminsäuremodell mit
Trisaccharid, 12 x H₂O 22 Huminstoffeinheiten

Das C/N-Verhältnis von Fraktionen ist umso enger, je kleiner das Molekulargewicht ist und je „näher“ der Extrakt noch dem Zellplasma von pflanzlicher oder mikrobieller Biomasse ist.

Stoff	Formel	C/H/O/N	C/N
Pflanzen, Mikroben	C106H263O110N16P	1/2.5/1/0.15	6 - 7
Hexapeptid: MG 7760 D (Abb. 9)	C349H401N26O173S	1/1.1/0.5/0.07	13,4
Komplex: MG 124.000 D (Abb. 10)	C6932H7662O1970N110	1/1.1/0.3/0.02	63,0

Tab. 2 C-N-Quellen des Bodens (n. Sposito 1998)

Ein Blick auf die Praxisrelevanz zeigt, dass umgerechnet auf 1 Hektar Ackerboden (30 cm Tiefe, 3 x 10⁹ kg) nach dem HCl-Extrakt 165 kg Stickstoff zu Verfügung stehen, davon 58 kg/ha als N-min und 107 kg/ha als N-org. Das Stickstoffpotential beträgt entsprechend dem PBP-Extrakt durchschnittlich 405 N kg/ha, davon sind 60 kg als N-min direkt verfügbar. Ein unbekannter Teil von 345 kg Stickstoff in

der N-org-Reserve wird entsprechend den Bodeneigenschaften und nach dem Jahresverlauf der Witterung umgesetzt werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Lösliche organische Substanzen treten als PEON gegenüber einem HCl-Extrakt durchschnittlich in dreifacher Menge zu Tage. Das mittlere C/N-Verhältnis der HCl – Fraktion ist mit 8,8 gegenüber einer „inneren“ PBP-Fraktion mit 11,6 enger. Dieser funktionelle Unterschied kann als Hinweis auf eine „schichtweise“ Speicherung der WOS im Sinne eines Zwiebelmodells mit nach innen abnehmend belebten Schalen gewertet werden. Stickstoffreichere „Außenregionen“ werden von Bodenmikroorganismen bevorzugt besiedelt. Die Annahme, dass SRNH in stärker belebten Zonen als mikrobieller Detritus zu finden ist und als HCl-Extrakt erfasst werden kann und PEON das Gesamtpotential an mineralisierbarer organischer Substanz widerspiegelt, sollten weitere Arbeiten erhärten. Eine standortspezifische Modellierung der N-org/C-org-Daten mit Hilfe von GIS könnte zu verbindlichen Werten des Angebots an Bodenstickstoff führen.

5. Literatur

- Ae N., 2011, Persönliche Mitteilung
Bussink, W., Ros G., 2011, persönliche Mitteilung
Odum, E. 2007, Grundlagen der Ökologie, Thieme 1983
Ros G., 2011, Predicting soil Nitrogen supply. Rrelevance of extractable soil organic matter fractions, Thesis at Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2011
Schulten, H.-R., Leinweber P., 2000. New insights into organic-mineral particles: composition, properties and models of molecular structure. Biol. Fertil. Soils 30
Sposito, 1998, Bodenchemie, Enke, Stuttgart
Wenzl W., Hartl W., Unterfrauner H., 2010. Aminosäuremuster von Mikroben, Autolysat und verschiedenen Bodenextrakten, VDLUFA-Kongressband Kiel.
Wenzl W., Hartl W., Diethart I., Unterfrauner H., 2009: Eine Schnellmethode (NIRS) zur Bestimmung von Stickstoff und Kohlenstoff der wasserlöslichen organischen Substanz (WOS) in Bodenextrakten, VDLUFA-Kongressband Karlsruhe.