

## Der Zusammenhang von Aminosäurenstoffwechsel im Boden und Humusniveau im Darmstädter Düngungsversuch

### Amino acid metabolism in the soil and humus level in the long term fertilizer trial of Darmstadt

E. Scheller<sup>1</sup>, J. Raupp<sup>2</sup>

**Key words:** humus, amino acids, amino acid metabolism, cattle manure, biodynamic preparations

**Schlüsselwörter:** Humus, Aminosäuren, Aminosäurenstoffwechsel, Rindermist, bio.dyn. Präparate

#### Abstract:

*Since 1980 a long-term experiment has been carried out to compare mineral fertilizers (MIN), composted manure (RM) and composted manure with application of biodynamic preparations (RMBD) at three different fertilizer application rates. The total C and N contents in the topsoil were significantly different between all three fertilizer types. 42.9 to 53.7 % of  $N_t$  was bound in 18 total hydrolysable protein amino acids (THAA) including asparagine and glutamine. Amino acid contents in the hydrolysates of the topsoil were significantly different according to fertilizer type: MIN < RM < RMBD. The higher contents in manure fertilized plots were observed even at the lowest rate of fertilizer application. This indicates that differences between the treatments do not depend only on the amino acid supply from manure, but are also influenced by an altered amino acid metabolism in the soil.*

#### Einleitung und Zielsetzung:

Nach einmaliger saurer Hydrolyse liegen ca. 28 – 54 % des Norg im Oberboden in landwirtschaftlich genutzten Böden und Waldböden in Aminosäuren eingebunden vor (FRIEDEL und SCHELLER, 2002, SCHELLER und RAUPP, 2004). Ca. 20 – 35 % des Norg werden dabei nicht hydrolysiert. Sowohl Tonminerale und die Feinschlufffraktion als auch Al-, Fe- und Mn-Oxide gehen mit Aminosäuren und Aminosäuren Verbindungen ein, die sie anscheinend vor Hydrolyse schützen. Entfernt man Oxide und zerstört die Tonminerale, so kann ein Großteil des nicht hydrolysierbaren N als Amino- und Amid-N gefunden werden (SCHARPENSEEL und KRAUß, 1962, LEINWEBER und SCHULTEN, 2000). Damit kann der Aminosäuren-N-Anteil im Oberboden auf bis zu 70% geschätzt werden, weitere 6 – 19 % können Aminosäuren sein. In <sup>15</sup>N-NMR-Untersuchungen wurden bis 80 % des Norg im Oberboden als Amino- und Amid-N bestimmt. Aminosäuren und Aminosäuren scheinen die wichtigsten konstituierenden N-haltigen organischen Substanzen in den Huminstoffen zu sein. Ihr Abbau, Umbau und ihre Zufuhr bestimmen demzufolge maßgeblich das Humusniveau im Boden.

In vielen langjährigen Feldversuchen führte Rindermistdüngung gegenüber einer alleinigen Mineraldüngung zu höheren Humusgehalten im Boden, so auch in dem 1980 in Darmstadt angelegten Düngungsvergleichsversuch (BACHINGER, 1996). In hydrolysiertem Rinderkot sind ca. 63 % seines  $N_t$  in Aminosäuren eingebunden, in hydrolysiertem Rindermist um die 50 %. Damit ist Rindermist in erster Linie ein Eiweißdünger und sein Aminosäuren-N kann leicht in die organische Substanz des Bodens einge-

---

<sup>1</sup> Dr. Edwin Scheller, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen, E-Mail edwsche@aol.com

<sup>2</sup> Dr. Joachim Raupp, Institut für biologisch-dynamische Forschung e.V. (IBDF), Brandschneise 5, D-64295 Darmstadt, E-Mail raupp@ibdf.de

baut werden, wie RAUHE (1989) zeigte. Insofern sind die höheren Humusgehalte bei Rindermistdüngung durch die höhere Aminosäurezufuhr gegenüber den mineralisch gedüngten Parzellen biochemisch rational begründet. In dem Darmstädter Versuch zeigten sich zudem überraschenderweise signifikante Unterschiede zwischen Rindermist ohne und mit bio.dyn. Präparaten, die nicht durch eine unterschiedliche Proteinzufuhr erklärt werden können (BACHINGER, 1996; SCHELLER und RAUPP, 2004). Beide Varianten erhielten gleiche Rindermistmengen aus dem gleichen Stall und in gleichem Rottezustand. Im vorliegenden Beitrag wird versucht, aus analytischen Untersuchungen und Literaturergebnissen eine Erklärung für das Phänomen zu liefern.

### Methoden:

In einem Feldversuch wird seit 1980 die Wirkung von gerottetem Rindermist (in Varianten mit und ohne Einsatz der biologisch-dynamischen Präparate) mit Mineraldüngung verglichen. Jede der drei Düngungsarten wird in drei Stufen entsprechend 60, 100 und 140 kg ha<sup>-1</sup> N gegeben. Der Versuch ist auf vier identisch eingeteilten Feldern angelegt. Die Probenahme erfolgte im August 1995 auf Feld A. Weitere Einzelheiten und die verwendeten analytischen Methoden sind ausführlich bei SCHELLER und RAUPP (2004) beschrieben. Für die Abschätzung der Proteinzufuhr wurden folgende Faktoren verwendet: Aminosäuren-N-Anteil am N<sub>t</sub> im kompostierten Rindermist 46 %, Rizinusschrot 59,4%, Hornmehl 61,1 %, Stroh 55 %. Der bodenbürtige Aminosäuren-N wurde für eine Schichtdicke von 25 cm mit einer Dichte von 1,4 g cm<sup>-3</sup> berechnet.

### Ergebnisse und Diskussion:

Nach sechs bis sieben Jahren zeigten sich in dem Versuch in den C<sub>t</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalten der Oberböden signifikante Unterschiede zwischen allen drei Düngerarten (BACHINGER, 1996). Diese Unterschiede spiegeln sich auch in den durchschnittlichen Gesamtaminosäuregehalten der Oberböden nach einmaliger saurer Hydrolyse wider. Mineralgedüngt (MIN) zeigt die niedrigsten, Stallmist + bio.dyn. Präparate (RMBD) die höchsten Gehalte und die Stallmistparzellen ohne Präparate (RM) liegen dazwischen (Abb. 1).

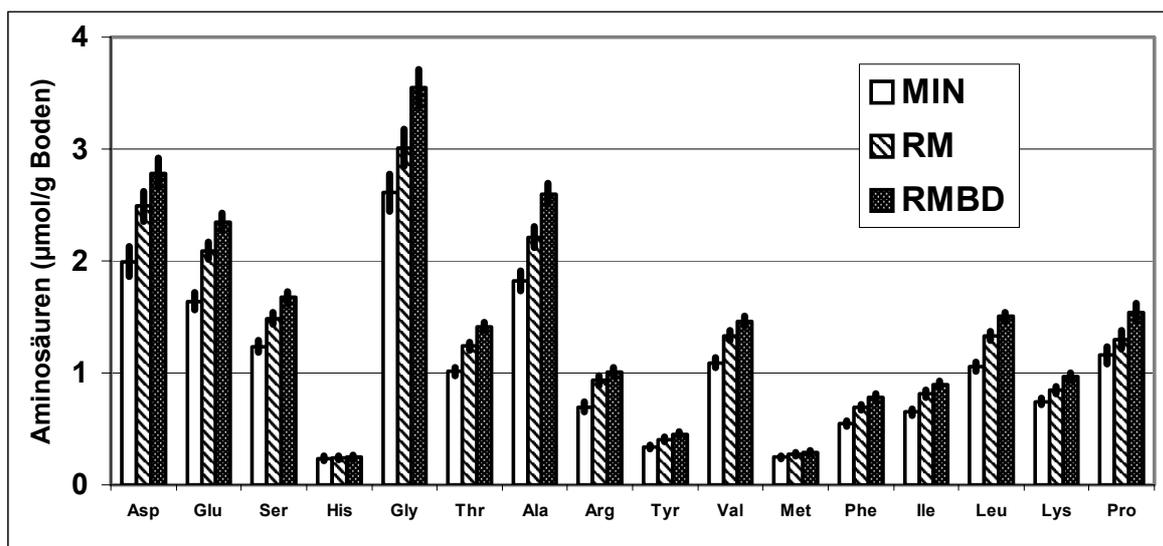


Abb. 1: Durchschnittliche Gesamtaminosäuregehalte in den Oberböden der mineralisch (MIN), mit Rindermist (RM) und Rindermist+bio.dyn. Präparate (RMBD) gedüngten Parzellen; Tuckey-Test  $p < 0,05$  (SCHELLER und RAUPP, 2004)

Eine Abschätzung der Aminosäurezufuhr in den Jahren 1981 – 1995 durch Stroh und organische Dünger zeigte große Unterschiede zwischen den Mineraldüngerparzellen und den organisch gedüngten Parzellen (Tab. 1). Es wurden in den organischen Düngungsstufen ca. 320, 620 und 900 kg Aminosäuren-N mehr zugeführt als in den Mineraldüngerstufen. Diese unterschiedliche Proteinzufuhr in den 15 Jahren führte zu den ebenfalls in Tab. 1 dargestellten unterschiedlichen Aminosäuregehalten der Oberböden von 1.060 – 1.610 kg ha<sup>-1</sup> Aminosäuren-N. Von dem gegenüber den Mineraldüngerparzellen mehr zugeführten Aminosäuren-N finden sich in den Stallmistparzellen 32 % - 72 % im Oberboden wieder, auf den Stallmist+Präparate-Parzellen dagegen 57 % - 109 %. Zwei Phänomene fallen ins Auge:

- In der niedrigsten Düngungsstufe scheint die Effizienz des Einbaus jeweils höher als in der mittleren und höchsten Düngungsstufe
- In den Rindermist+Präp.-Parzellen scheint die Effizienz des Einbaus des zusätzlich zugeführten Aminosäuren-N in der Düngungsstufe 1 um ca. 50%, in den Stufen 2 und 3 um ca. 100 % gegenüber den reinen Rindermistparzellen erhöht

Eine Einbaurate von 109 % (RMBD Stufe 1) erscheint unwahrscheinlich, da es bei der Metabolisierung des Mistes immer zu Verlusten kommt. Deshalb können die Werte nur so interpretiert werden, dass die Mineraldüngung, Rindermistzufuhr und Präparateanwendung nicht nur die Umsetzung der zugeführten organischen Substanz verändert haben, sondern auch die der organischen Bodensubstanz überhaupt.

Tab. 1: Abschätzung der Zufuhr an hydrolysiert. Aminosäuren-N (THAA-N = total hydrolyzable amino acids, kg ha<sup>-1</sup>) durch Rindermist, Rizinussschrot und Hornmehl in den org. gedüngten Varianten und durch Stroh in den Mineraldüngervarianten, Gegenüberstellung der Unterschiede in den hydrolysiert. Aminosäuren-N-Gehalten in den Oberböden im Verhältnis zur Aminosäuren-N-Zufuhr der Jahre 1981 – 1995

	Düngungsstufen		
	1	2	3
THAA-N Zufuhr durch org. Dünger, RM und RMBD	380	690	1.000
THAA-N Zufuhr auf den Mineraldüngerparzellen durch Stroh	60	80	100
Überschuss von RM + RMBD im Verhältnis zu MIN (1)	320	620	900
THAA-N im Oberboden von MIN	1.060	1.120	1.100
THAA-N im Oberboden von RM	1.290	1.320	1.400
THAA-N im Oberboden von RMBD	1.410	1.500	1.610
Differenz THAA-N im Oberboden RM – MIN (2)	230	200	300
Differenz THAA-N im Oberboden RMBD – MIN (3)	350	380	510
Quotient von (2) zu (1)	0,72	0,32	0,33
Quotient von (3) zu (1)	1,09	0,61	0,57

MÄDER et al. (1993) ermittelten im DOK-Versuch, Therwil, Schweiz, eine von mineralgedüngt über Stallmist + Mineraldüngung zu den organisch und den bio.dyn. bewirtschafteten Parzellen ansteigende mikrobielle Biomasse, aber einen abfallenden metabolischen Quotienten. Das heißt, die C-Veratmung sinkt und der Einbau von Kohlenstoffverbindungen nimmt in dieser Reihenfolge zu. Rindermistdüngung führte bei Versuchen in Japan zu einem stärkeren Aufbau von Makroaggregaten gegenüber einem bevorzugten Aufbau von Mikroaggregaten bei Mineraldüngung. In den Makroaggregaten wurde <sup>13</sup>C-markierte Glucose stärker eingebaut, in den Mikroaggregaten wurde sie stärker veratmet (AOYAMA et al. 1999, 2000). Die Dichtefraktionierung ergab im DOK-Versuch einen höheren Anteil der leichten Fraktion bei Mineraldüngung und einen höheren Anteil der mittleren Fraktion im bio.dyn. System (FLIEßBACH und

MÄDER, 2000). Im Darmstädter Versuch lagen die Gehalte der leichten Fraktion in MIN ebenfalls höher, diejenigen der schweren Fraktion niedriger als in den Mistvarianten (RAUPP und OLTMANN, 2002). Diese Ergebnisse weisen in Verbindung mit der reduzierten Protease-Aktivität (BACHINGER, 1996) auf den Rindermist + Präparate-Parzellen darauf hin, dass die unterschiedlichen Humusgehalte durch eine qualitative Veränderung des Eiweißstoffwechsels im Boden mitbestimmt sind. Der Effekt der Rindermistdüngung und Präparateanwendung gegenüber reiner Mineraldüngung auf den Humusgehalt ist größer als der Effekt einer Steigerung der Rindermistzufuhr, da schon in der niedrigsten Düngungsstufe deutliche Unterschiede auftraten (SCHELLER und RAUPP, 2004).

### Schlussfolgerungen:

Die Wirkung von Rindermist auf den Humusaufbau basiert auf zwei Effekten: Der Zufuhr von Aminosäuren und Proteinen, die in den Humus eingebaut werden, und einer Förderung des anabolen Eiweißstoffwechsels, der geringere Veratmungsraten und eine höhere Einbaurate der zugeführten organischen Substanz bewirkt. Der zweite Effekt scheint gerade in Kombination mit den bio.dyn. Präparaten eine stärkere Wirkung zu haben als die Zufuhr von Aminosäuren als Humusbausteine durch den Rindermist. Mineraldüngung scheint den katabolen Eiweißstoffwechsel zu fördern.

### Literatur:

- Abele U (1987) Produktqualität und Düngung - mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch. Angewandte Wissenschaft Heft 345 Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
- Aoyama M, Angers D-A, N'Dayegamiye A (1999) Particulate and mineral associated organic matter in stable aggregates as affected by fertilizer and manure applications. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 295–302
- Aoyama M, Angers D-A, N'Dayegamiye A, Bissonnette N (2000) Metabolism of <sup>13</sup>C-labelled glucose in aggregates from soils with manure application. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 295–300
- 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. Universität Giessen. Schriftenreihe Bd. 7, Institut für bio.-dyn. Forschung, Darmstadt
- Fließbach A, Mäder P (2000) Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 757-768
- Friedel J-K, Scheller E (2002) Amino acid composition of soil organic matter and soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry* 34 315–325
- Leineweber P, Schulten H-R (2000) Nonhydrolyzable forms of soil organic nitrogen: Extractability and composition. *Journal Plant Nutrition and Soil Science* 163: 433-439
- Mäder P, Pfiffner L, Jäggi W, Wiemken A, Niggli U, Besson J-M (1993) DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. III. Boden: Mikrobiologische Untersuchungen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 32 4: 509–545
- Rauhe K (1990) Ergebnisse und Erfahrungen aus langjährigen Feldversuchen mit organischer Düngung sowie <sup>15</sup>N-Anwendung. *VDLUFA-Schriftenreihe 30 Kongreßband 1989* ; 509-516
- Raupp J, Oltmanns M (2002) Fractions of particulate organic matter in soils depending upon farmyard manure and mineral fertilization. *Proc. 14th IFOAM Organic World Congress, 21-24 August 2002, Victoria, Canada*; p. 25
- Scharpenseel H-W, Krauß R (1962) Aminosäurenuntersuchungen an verschiedenen organischen Sedimenten, besonders Grau- und Braunhuminsäurefraktionen verschiedener Bodentypen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 96: 11–34
- Scheller E, Raupp J (2004) Amino acid and soil organic matter content of topsoil in a long-term trial with farmyard manure and mineral fertilizers. *Biological Agriculture and Horticulture*, 22, 379-397