

N-Umsatz von verschiedenem Pflanzenmaterial im Boden in Gefäß- und Feldversuchen

R. Gutser und K. Vilsmeier

Institut für Pflanzenernährung der TU München, 8050 Freising 12

Herrn Prof. Dr. A. Amberger zum 65. Geburtstag gewidmet

Eingegangen: 25. Februar 1985 Angenommen: 23. Mai 1985

Zusammenfassung – Summary

In Gefäß- und Feldversuchen wurde die Auswirkung von verschiedenem Pflanzenmaterial wie Grünrap, Zuckerrübenblätter, Kartoffelkraut und Stroh von Weizen, Mais und Ackerbohnen auf den N-Umsatz im Boden (Mineralisation, N_{\min} -Gehalte, NO_3 -Auswaschung) sowie Ertrag und N-Aufnahme verschiedener Pflanzen in Abhängigkeit von der mineralischen N-Düngung geprüft. In beiden Versuchen wurden weitgehend übereinstimmende Versuchsergebnisse erzielt: Unabhängig vom N-Gehalt des Pflanzenmaterials war mit einsetzender Mineralisierung stets eine biologische N-Festlegung verbunden (Gefäßversuch – Verminderung der NO_3 -Auswaschung im Spätherbst). Grünrap ($C/N = 12/1$) zeigte im Feldversuch nach 4 Wochen bereits eine deutliche Nettomineralisation (N_{\min}) von 20–30 % des zugeführten Stickstoffs, die sich quantitativ in höheren N-Entzügen niederschlug.

Rübenblätter ($C/N = 20/1$) wurden bedeutend langsamer abgebaut, verbunden mit einer Zunahme der N-Entzüge der Folgefrüchte von 6–20 % je nach Höhe der mineralischen Düngung.

Sämtliche Stroharten ($C/N = 57$ – $86/1$) und Kartoffelkraut ($C/N = 73/1$) führten zu einer deutlichen biologischen N-Immobilisierung, die je nach Abbaugeschwindigkeit (Kartoffelkraut und Ackerbohnenstroh schnell, Weizenstroh langsam) und N-Gehalt des organischen Materials zu verminderten N-Entzügen der Pflanzen führte.

Durch das Aufbringen von oberirdischen Ernterückständen auf eine einheitliche Getreidestoppel wurde ein Teil des Vorfruchtwertes verschiedener Pflanzen vergleichend geprüft und der je nach den Mineralisationsbedingungen im Winter freigesetzte Stickstoff durch die N_{\min} -Analyse zu Vegetationsbeginn erfaßt.

Turnover of nitrogen of different plant material in the soil in pot and field trials

In pot and field trials, effects of various plant materials like green rape, sugar beet leaves, potato foliage, straw of wheat, maize, or field beans, on the turnover of N in the soil (mineralization, N_{\min} -concentrations, NO_3 -leaching) and on yield and N uptake by some crops was tested in relation to mineral N fertilizer application.

In both experiments, widely corresponding results were obtained: Irrespective of the N contents of the plant material, biological immobilization of N always was combined with beginning mineralization (pot trial: decrease of NO_3 leaching in late fall).

Green rape ($C/N = 12/1$) showed already after 4 weeks in the field trial a marked net mineralization (N_{\min}) of 20–30 % of the added nitrogen which was quantitatively reflected in higher removals of N.

Beet leaves ($C/N = 20/1$) were decomposed at a much slower rate in combination with an increase in N removals of subsequent crops by 6–20 % depending on the rate of mineral fertilizer application. All types of straw ($C/N = 57\text{--}86/1$) and potato foliage ($C/N = 73/1$) caused a marked biological immobilization of N which resulted in reduced N removals depending on turnover rate (potato foliage: fast, wheat straw: slow) and N contents of the organic material. Different plant residues (straw, leaves) were applied on a harvested field with cereal to test comparatively one part of the total value of different preceding crops; at onset of vegetation the N_{\min} -contents in soil, depending on the climatic conditions during the non-growing season for mineralization, were analyzed.

Einleitung

Mineralisation bzw. Stickstoffimmobilisation nach Einarbeiten von Ernterückständen oder Gründüngung in den Boden können sehr unterschiedlich verlaufen. Ein wesentlicher Einfluß geht vom C/N -Verhältnis aus. Pflanzenreste mit geringem N-Gehalt bewirken eine N-Festlegung (Hill, 1926; Amberger und Aigner, 1965; Amberger et al., 1971; Kick und Massen, 1976); dagegen kommt es bei engem C/N -Verhältnis zur N-Freisetzung (Debruck, 1979; Weeraratna, 1979; Jung et al., 1980). Im Freiland sind vor allem Bodentemperatur und -feuchte bestimmend für diese Vorgänge, so daß eine Berücksichtigung der organischen Düngung in der N-Düngebilanz sehr schwierig wird (Vilsmeier und Amberger, 1981 und 1982). Darüber hinaus gewinnt die biologische N-Festlegung Bedeutung im Zusammenhang mit dem Nitratproblem von Grund- und Oberflächengewässer; auf diese Weise kann die NO_3 -Ein- bzw. -Auswaschung in der vegetationslosen Jahreszeit zumindest anfangs wirkungsvoll verringert werden (Gutser, 1981; Amberger et al., 1982). Als Fortsetzung eines früheren Modellversuches (Vilsmeier und Amberger, 1981) sollte unter Gefäß- (Mitscherlich) und Freilandbedingungen die Umsetzung verschiedener Ernterückstände (Stroh, Kartoffelkraut, Rübenblatt) bzw. von Gründüngungspflanzen (Raps) mit Auswirkung auf Nitratbildung und -verlagerung während der vegetationsfreien Jahreszeit im Boden sowie N-Ernährung der Folgefrucht geprüft werden. Das Hauptaugenmerk lag zunächst auf der unmittelbaren Wirkung dieses Pflanzenmaterials unter Eliminierung anderer Faktoren wie z. B. Wurzelrückstände der Vorfrucht sowie unterschiedliche Bodenstruktur durch Pflege- und Erntearbeiten etc. – Faktoren also, die sehr wesentlich den Vorfrucht- bzw. Düngewert mitbestimmen. Deshalb wurde das organische Material im Feldversuch nach einheitlicher Getreidevorfrucht zum jeweils üblichen Zeitpunkt ausgebracht.

Versuchsanstellung, Material, Methoden

Pflanzenmaterial

Die chemische Zusammensetzung schwankt innerhalb der bekannt großen Streubreite (Tab. 1). Das Pflanzenmaterial wurde für den Gefäßversuch luft- (Weizen- und Ackerbohnenstroh, Kartoffelkraut) bzw. gefriergetrocknet (Maisstroh, Rübenblätter, Grünraps) und grob vermahlen ($< 2,5$ mm), für den Feldversuch frisch auf 3–5 cm gehäckselt.

Tabelle 1: Stickstoff- und Kohlenstoffgehalte des Pflanzenmaterials**Table 1:** Nitrogen and carbon contents of plant material

	Gesamt-N (% i. TS)	Gesamt-C	C/N
Weizenstroh	0.51	44	86
Ackerbohnenstroh	0.71	47	66
Maisstroh	0.84	48	57
Kartoffelkraut	0.55	40	73
Grünraps	3.70	43	12
Zuckerrübenblätter	2.10	41	20

Gefäßversuch

Versuchsboden: uIS, pH (CaCl₂) 6,5 – 7 kg/Mitscherlichgefäß;
12 % Ton, 45 % Schluff, C_t = 0.6 %, N_t = 0.07 %
P-, K-Düngung optimal

Versuchsplan:

I. N-Stufen: N₁ = 0.6 g N

N₂ = 1.2 g N als NH₄NO₃ zu jeder aufwachsenden Frucht

II. organische Düngung:

52,5 g TS/Gefäß zum gesamten Boden gemischt

(Weizen-, Ackerbohnenstroh u. Kartoffelkraut 16.9.80,

Maisstroh, Rübenblätter u. Grünraps 23.10.80);

Die Gefäße wurden einheitlich entsprechend 75 % der maximalen Wasserkapazität befeuchtet und bis 20.3.81 im Freien aufgestellt; es fielen 4 Perkolate zu je 1–3 l/Gefäß an.

Versuchsf Frucht: 1. Hafer Saat 31.3.81 Ernte 19.5.81

2. Mais Saat 25.5.81 Ernte 26.7.81

Untersuchung: N-Entzug der Pflanzen
NO₃-Auswaschung

Parallelen: 6

Feldversuch

Versuchsboden: Braunerde (Lößlehm) – Weihenstephan
20 % Ton, 70 % Schluff, pH (CaCl₂) = 6.0, C_t = 1.2 %, N_t = 0.13 %, allgemein guter Nährstoffzustand

Versuchsf Frucht: Hafer (Pirol)

P-, K-Düngung und Pflanzenschutz optimal

Vorfrucht: Weizen (Stroh abgefahren)

Versuchsplan:

- I. N-Stufen: N_0
 (kg/ha) $N_1 = 60 \text{ N (30/30)}$
 $N_2 = 110 \text{ N (60/50)}$ als KAS zur Saat bzw. Bestockung

II. Organische Düngung

	dt TS/ha	dt FriS/ha	kg N/ha	Düngungs- termin
1. Kontrolle				
2. Weizenstroh (92 % TS)	50	54	26	4.09.80
3. Ackerbohnenstroh (51 % TS)	50	98	36	4.09.80
4. Maisstroh (18 % TS)	50	278	42	1.10.80
5. Kartoffelkraut (90 % TS)	50	56	28	16.09.80
6. Grünraps (12 % TS)	50	417	185	30.09.80
7. 1 x Zuckerrübenblätter (14 % TS)	50	357	105	
8. 2 x	100	714	210	30.09.80

Die Aufwandmengen von Kartoffelkraut, Grünraps und 2 x Rübenblätter überschreiten den üblichen Anfall mehr oder weniger stark; diese wurden mit der Fräse leicht eingearbeitet – Ende Oktober Pflugfurche –.

Parzellengröße: 80 m²

Untersuchungen: N_{\min} im Boden während der vegetationsfreien Zeit
 (3.11.80, 25.11.80 und 5.3.81)
 N-Entzug der Pflanzen (Korn + Stroh)

Methodik:

Ges.-N: nach Kjeldahl

Ges.-C: nasse Veraschung (*Springer und Klee, 1955*)

N_{\min} : Extraktion in 0.025 n CaCl₂; NO₃: UV-Messung; NH₄: Indophenolblau-Methode

Ergebnisse

Die Witterung während der vegetationsfreien Zeit von September 1980 bis März 1981 entsprach weitgehend dem langjährigen Mittel für Weihenstephan mit 319 mm Niederschlag (Durchschnitt 355 mm) und 3,2°C Lufttemperatur (Durchschnitt 3,1°C) – (Tab. 2).

Der Monat Februar und insbesondere das Frühjahr (April – Juni 81) waren sehr trocken.

Gefäßversuch

Nach Applikation des Pflanzenmaterials und Bebrütung im Freien während des Herbstes und Winters bis zum 20. März trat eine deutliche N-Festlegung auf, gemessen an der Stickstoffauswaschung (Tab. 3). Insgesamt 172 mg Nitrat-N wurden in der Kontrolle

Tabelle 2: Witterungsdaten 1980/81 (agrometeorologische Forschungsstelle Weihenstephan)
Table 2: Meteorological data 1980/81 (Weihenstephan)

	Niederschlag (mm)		Temp. (°C)	
	1980/81	langj. Mittel	1980/81	langj. Mittel
Sept.	61	65	13.3	13.3
Okt.	81	56	6.9	7.9
Nov.	27	51	1.6	3.1
Dez.	33	45	-1.2	-1.2
Jan.	58	7	-3.9	-2.7
Feb.	17	46	-1.4	-1.2
März	42 (= 319)	45 (355)	7.1 (ø 3.2)	3.0 (3.1)
April	23	55	8.3	7.8
Mai	86	91	12.4	12.2
Juni	30	105	15.7	15.6
Juli	165	113	16.1	17.1
Aug.	58	92	16.4	16.5
Summe bzw. Mittel	681	811	7.6	7.6

(ohne Zusatz) zu 4 Zeitpunkten ausgewaschen, der größte Teil bereits im Oktober. Sogar Zuckerrübenblätter und vor allem Grünraps mit teils engem C/N-Verhältnis blockierten über den Winter hinweg ca. 90% des in der Kontrolle verlorengegangenen Stickstoffs. Eine sehr geringe N-Freisetzung deutete sich nur in der Variante mit Grünraps im März an.

Nach der letzten Untersuchung wurden Grünhafer und später Grünmais mit jeweils 2 N-Stufen angebaut.

Tabelle 3: NO₃-Auswaschung (mg N/Gefäß)
Table 3: Leaching of NO₃ (mg N/pot)

	20.10.	Messungen		20.3.	Summe
		2.1.	4.2.		
Kontrolle	109.4	23.5.	20.7	18.8	172.4
Weizenstroh	3.4	1.3	0.8	5.4	10.9
Ackerbohnenstroh	3.8	1.4	1.0	3.5	5.9
Maisstroh	—*	1.1	0.5	4.7	6.3
Kartoffelkraut	4.5	1.2	0.8	2.4	4.4
Grünraps	—*	10.5	0.9	12.5	23.9
Zuckerrübenblätter	—*	5.3	1.2	6.5	13.0

* Applikation des Pflanzenmaterials erst am 23.10.

GD 5 % 7.8

Tabelle 4: Stickstoffentzüge durch Grünhafer und Grünmais (mg N/Gefäß)
Table 4: Removals of nitrogen by green oats and green maize (mg N/pot)

	Kontrolle	Weizenstroh	Ackerbohnen- stroh	Maisstroh	Kartoffel- kraut	Grünraps	Zu-Rübenblätter	GD 5 %
N ₁	Grünhafer	438	321	301	339	358	813	553
	Grünhafer-Wurzeln	70	93	52	72	76	67	95
	Grünmais	496	490	417	448	391	681	583
Summe	1004	904	770	859	825	1561	1231	144
N ₂	Grünhafer	825	659	661	587	729	992	811
	Grünhafer-Wurzeln	87	33	60	42	92	81	88
	Grünmais	1031	809	874	915	898	1104	952
Summe	1943	1501	1595	1544	1719	2177	1851	144

Mit Ausnahme von Rübenblättern und insbesondere Grünraps bewirkten die organischen Dünger auf beiden N-Stufen gesichert geringere N-Aufnahmen von 100-230 (N₁) bzw. 220-440 (N₂) mg N gegenüber der Kontrolle, d. h. es wurde noch während der Vegetationszeit mineralischer Stickstoff immobilisiert (Tab. 4).

In der Stufe N₁ wies Ackerbohlenstroh trotz wesentlich geringerem C/N-Verhältnis eine stärkere N-Festlegung auf als Weizenstroh (Tab. 5). Offensichtlich wurde Weizenstroh während des Winters (niedrige Temperaturen) mikrobiell nur sehr langsam abgebaut. Aus dem N-Entzug von Grünhafer und Grünmais errechnet sich eine N-Mineralisation der Rübenblätter von ca. 20 % (in Stufe N₂ dagegen keine), für Grünraps von 29 (N₁) bzw. 12 % (N₂). Berücksichtigt man noch die in der Kontrolle um

Tabelle 5: N-Freisetzung (+) bzw. -Festlegung (-) (Mehrentzug gegenüber Kontrolle, mg N/Gefäß)

Table 5: Release of N (+) resp. fixation of N (-) (surplus removal as compared to control, mg N/pot)

	ohne Berücksichtigung der NO ₃ -Auswaschung		mit Berücksichtigung der NO ₃ -Auswaschung	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
Weizenstroh	- 100	- 442	- 261	- 603
Ackerbohlenstroh	- 234	- 348	- 400	- 514
Maisstroh	- 145	- 399	- 311	- 565
Kartoffelkraut	- 179	- 224	- 347	- 392
Grünraps	+ 557 (29 %)*	+ 234 (12 %)	+ 409 (21 %)	+ 86 (4 %)
Zuckerrübenblätter	+ 227 (20 %)	- 92	+ 68 (6 %)	- 251

* in % des zugeführten N

Tabelle 6: N_{min} im Boden während der vegetationsfreien Zeit 1980/81 (kg N/ha.90 cm); Versuchsbeginn (8.9.80): 38 (Verteilung -30/-60/-90 cm: 19/12/7)

Table 6: N_{min} in the soil during non-growing season 1980/81 (kg N/ha.90 cm); start of experiment (Sept. 8/80): 38 (distribution -30/-60/-90 cm: 19/12/7)

	3.11.80	25.11.80	5.3.81	(-30/-60/-90 cm)
Kontrolle	48	50	51	(25/15/11)
Weizenstroh	40	51	37	(20/10/7)
Ackerbohlenstroh	26	46	53	(20/14/9)
Maisstroh	36	41	44	(17/14/13)
Kartoffelkraut	31	44	35	(15/11/9)
Grünraps	102	104	101	(41/35/25)
	(57/32/17)	(60/33/11)		
1 x Rübenblätter	40	51	46	(23/12/11)
2 x Rübenblätter	47	50	48	(24/14/10)

149 bis 168 mg N geringere NO₃-Auswaschung, so ergibt sich nur noch für Grünrap in Stufe N₁ eine Nettomineralisation von 21 % der zugeführten N-Menge (z. Vergleich: Rübenerblätter nur noch 6 %).

Feldversuch

Die organische Düngung im Herbst führte bis Anfang November zu einem mehr (Ackerbohnenstroh, Kartoffelkraut) oder weniger (Mais-, Weizenstroh) deutlichen Rückgang der N_{min}-Mengen des Bodens im Vergleich zur Kontrolle (Tab. 6).

Auch die niedere Menge Rübenerblätter verminderte etwas den N_{min}-Stickstoff, während Grünrap sehr rasch mineralisiert wurde, mit einem deutlichen Anstieg der NO₃- und folglich N_{min}-Mengen. Letztere Variante zeigte Anfang März den deutlich höchsten N_{min}-Wert, mit großem Abstand vor Ackerbohnenstroh und Kontrolle; Kartoffelkraut und Weizenstroh führten zu den niedrigsten N_{min}-Mengen. Im letzteren Falle lagen die Mengen an leichtlöslichem, mineralischen Stickstoff im März noch etwas unter (N-Festlegung), in sämtlichen anderen Varianten (Ausnahme Rübenerblätter) meist etwas über (Ackerbohnenstroh) den Werten von Anfang November, d. h. organischer Stickstoff wurde freigesetzt und nitrifiziert. Kartoffelkraut, Ackerbohnenstroh und insbesondere Weizenstroh hinterließen die niedrigsten NO₃-Mengen in der tiefen Bodenschicht, Grünrap hingegen bewirkte eine merkliche NO₃-Einwaschung.

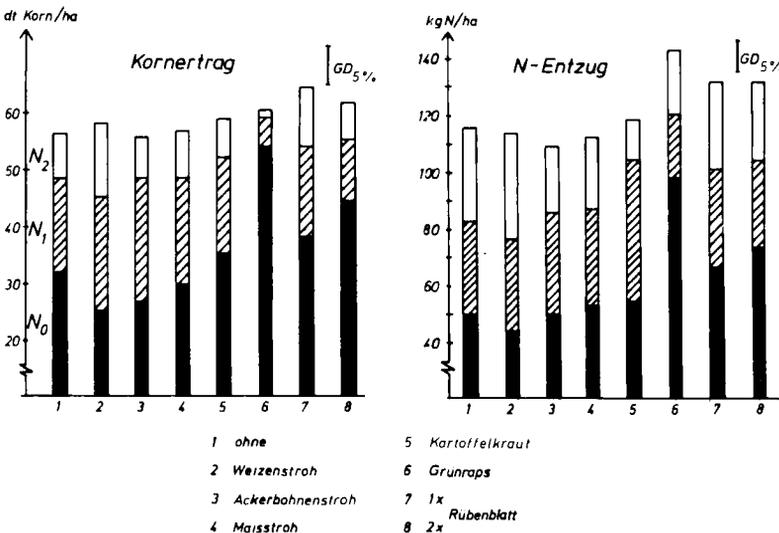


Abbildung 1: Kornertrag und N-Entzug von Hafer nach unterschiedlicher organischer Düngung in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung

Figure 1: Grain yield and removal of nitrogen of oat by different manuring in relation to mineral N fertilizing

Der im Frühjahr angebaute Hafer differenzierte deutlich entsprechend dem unterschiedlichen N-Zustand der Parzellen. Auf den Varianten ohne zusätzliche N-Düngung wurde mit Grünraps vor 2x und 1x Rübenblätter der mit Abstand höchste Kornertrag und N-Entzug erreicht (Abb. 1). Der Grünraps-bedingte Mehrentzug gegenüber N_0 betrug ca. 50 kg N und damit knapp 30% der organischen N-Düngung (1x Rübenblätter: 16 kg N = 15%). Die Parzellen mit Raps wiesen bereits zu Vegetationsbeginn um 50 kg höhere N_{min} -Mengen auf (s. Tab. 6).

Kartoffelkraut brachte gegenüber dem Kontrollglied einen geringen, statistisch jedoch nicht gesicherten Anstieg von Ertrag und N-Aufnahme. Von den drei Stroharten bewirkte Weizenstroh den deutlichsten Rückgang des Kornertrages und N-Entzuges. Mit

Tabelle 7: Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten (Versuche auf Lößbraunerde in Weißenstephan)

Table 7: Winter wheat following various preceding crops (trials in loess brown earth in Weißenstephan)

Vorfrucht 1975	N_{min} - Boden		Kornertrag (dt/ha)	N_0 Entzug kg N/ha
	3.2.76	30.3.76		
Brache	47	42	38	56
Getreide o. Stroh	43	43	19	34
Silomais	34	38	30	48
1976	22.11.76	2.3.77	N_0 Kornertrag	Σ 120/30/50 dt/ha
Brache	107	58	49	73
Silomais	96	51	26	68
Kartoffeln	33	28	33	71
Zu-Rüben ohne Blätter	36	32	29	72
1977	18.10.77	1.3.78	N_0 Kornertrag	Σ 100/30/50 dt/ha
Hafer ohne Stroh	55	40	35	83
Silomais	53	48	52	85
Kartoffeln	63	40	52	88
Zu-Rüben ohne Blätter	16	36	42	82
Zu-Rüben mit Blätter	16	35	51	86
(Gartelshausen)				
Hafer	43	51	64	70
Hafer + Gründüngung	18	45	64	74

steigender mineralischer N-Düngung wurden die durch organische Düngung bedingten Unterschiede vermindert. Die Parzelle mit Grünraps zeigte jedoch auch in der Stufe N₂ vor Rübenblätter den höchsten N-Entzug (und damit die beste Nachwirkung).

In den bisher dargestellten Versuchen wurde ausschließlich die Mineralisation und N-Wirkung von verschiedenem pflanzlichen Material geprüft, ohne daß die jeweilige Vorfrucht angebaut war. Für eine etwas umfassendere Beurteilung des Vorfruchtwertes verschiedener Pflanzen (optimale Produktionsbedingungen) werden in Tab. 7 einige Ergebnisse früherer Versuche zu Winterweizen mitgeteilt.

Die Vorfrucht ohne und mit Gründung beeinflusst in den drei Versuchsjahren z. T. sehr unterschiedlich das N_{min}-Angebot zu Vegetationsbeginn und den späteren Weizen-ertrag: Brache erzielte trotz unwesentlicher Unterschiede im N_{min}-Gehalt in der N₀-Variante den mit Abstand höchsten Kornertrag (N-Mineralisation aus dem Bodenvorrat). Getreide erwies sich in der Regel als schlechtere Vorfrucht für Wi-Weizen als Zuckerrüben und insbesondere Kartoffeln; die N_{min}-Gehalte zu Vegetationsbeginn unterschieden sich jedoch kaum. Rübenblätter und Grünraps nach Hafer zeigten 1977 eine gute Nachwirkung; Anfang März waren keine wesentlichen Unterschiede im N_{min}-Gehalt zu erkennen. Eine optimale N-Düngung unter Berücksichtigung von N_{min} (Summe 100 oder 120 N aus N_{min} + 1. N-Gabe) konnte den Vorfruchtwert nicht völlig ausgleichen; zum einen wurde potentiell pflanzenverfügbarer Stickstoff zu Vegetationsbeginn noch nicht als N_{min}-Stickstoff ausgewiesen (z. B. Rübenblätter, Grünraps 1977), zum anderen beeinflusst die Vorfrucht über eine veränderte Bodenstruktur (und speziellen Pflege- und Erntemaßnahmen) die Freisetzung von Boden-N während der Vegetationszeit sehr wesentlich.

Diskussion

Von dem verwendeten Pflanzenmaterial wurde Grünraps mit dem höchsten N-Gehalt (3,7 % i. TS) und engsten C/N-Verhältnis (12/1) mit deutlichem Abstand am schnellsten mineralisiert, trotz spätem Düngungstermin (Ende Oktober). Bereits nach einem Monat waren 30 % des Raps-N freigesetzt; die Zunahme des N_{min}-Gehaltes entsprach etwa der Mehraufnahme des folgenden Hafers auf den Rapsparzellen gegenüber der Kontrolle. Im Gefäßversuch betrug die Nettomineralisation von Raps ebenfalls 30 %, selbst unter Berücksichtigung der NO₃-Auswaschung immerhin noch 20 %; trotz des engen C/N-Verhältnisses wurde anfänglich eine Fixierung von Boden-N (verminderte NO₃-Auswaschung) festgestellt (s. Vilsmeier und Amberger, 1981) – mit 7,5 g Raps-TS/kg Boden wurden im Gefäßversuch etwa 4x soviel Pflanzenmaterial angeboten wie im Feldversuch. Die N-Ausnutzung von Grünraps entsprechend der N-Bilanz (Ertrag und N-Entzug der Folgefrucht) nahm mit steigender mineralischer N-Düngung im Feld auf 15 %, im Gefäß auf 12 % ab.

Rübenblatt (2,1 % N_t i. TS, C/N = 20/1) brachte gegenüber Raps eine geringere und langsamere Nettomineralisation mit 15 (Feld) bzw. 20 % (Gefäßversuch – unter

Berücksichtigung der NO_3 -Auswaschung nur noch maximal 6 %). Anders als im Freiland fixierte Rübenblatt im Gefäßversuch (höhere Applikationsmenge s. o.) anfänglich deutlich Boden-N. Jung et al. (1980) berichteten von einer wesentlich besserer N-Ausnutzung von Rübenblatt bis zu 59% auf Sandböden; es handelte sich jedoch um: ein sehr N-reiches (4 % i. TS) Rübenblatt mit einem C/N-Verhältnis von annähernd 10/1, das damit ähnlich gute Rottebedingungen aufwies wie Grünraps. Mittlere N-Gehalte für Rübenblatt liegen derzeit etwa um 2,2–2,5 % N.

Sämtliche Stroharten und Kartoffelkraut bewirkten zunächst eine mehr oder weniger deutliche N-Fixierung im Boden. Im Gefäßversuch ergaben sich Mindererträge und -entzüge gegenüber der Kontrolle und damit eine negative Nettomineralisation, besonders deutlich in Stufe N_1 für Ackerbohnenstroh, in Stufe N_2 für Weizenstroh. Neben dem N-Gehalt spielt offensichtlich die Zersetzbarkeit des Pflanzenmaterials für Mikroorganismen (z. B. gut für Ackerbohnenstroh und Kartoffelkraut, schlechter für Weizenstroh mit ausgeprägter Wachsschicht) eine wichtige Rolle für den Verlauf der N-Mineralisation. Insgesamt gesehen stimmen aber die im Gefäß- und Feldversuch gewonnenen Ergebnisse gut überein.

Die Nettomineralisation gibt nur eine summarische Aussage über das N-Angebot aus dem Boden. Genauere Schlüsse im Hinblick auf N-Dynamik, Pflanzenverfügbarkeit des durch den Rotteprozeß fixierten Boden-N, Mineralisationsgeschwindigkeit von verschiedenem Pflanzenmaterial sowie Auswirkung unterschiedlich hoher mineralischer Düngung auf die Verfügbarkeit von biologisch festgelegtem N bzw. Abbaugeschwindigkeit von Pflanzenmaterial lassen sich nur mit markierten Stickstoffverbindungen erarbeiten. Mit der gewählten Versuchsanstellung wird nur ein Teil des sogenannten Vorfruchtwertes verschiedener Kulturen erfaßt. In früheren Arbeiten konnten wir zeigen, daß das optimale N-Angebot für Winterweizen (N_{\min} + mineralische Düngung) je nach Vorfrucht um bis zu 30–40 kg N/ha schwanken kann (Gutser und Teicher, 1980). Die Vorfruchtwirkung läßt sich durch eine Ausgleichsdüngung mit Stickstoff nicht voll ersetzen. Ein wesentlicher Teil des Vorfruchtwertes ist sicherlich auf einen Struktureffekt zurückzuführen (Durchwurzelung, Pflege- und Erntearbeiten etc.). Im Gegensatz zu Kartoffeln oder Zuckerrüben dürfte dieser im Falle der Ölfrüchte zusätzlich auch durch eine N-Freisetzung aus den N-reichen Ernterückständen und dem Gründüngungsaufwuchs bedingt sein. Die N_{\min} -Methode vermag einen Teil dieses leicht mineralisierbaren Stickstoffs nur dann zu erfassen, wenn im Boden auch während der vegetationsfreien Zeit noch nennenswerte Mengen (Bodentemperatur $> 5^\circ\text{C}$, s. Vilsmeier und Amberger 1981) mineralisiert werden (Gutser und Teicher, 1980).

Zum Verständnis des N-Umsatzes von organischem Material sind weitere Versuche notwendig, in denen vor allem Fragen über die Verfügbarkeit von biologisch festgelegtem N oder auch Auswirkungen von Ernterückständen und Gründüngung auf die NO_3 -Dynamik im Boden (Auswaschung, Denitrifikation) bearbeitet werden (s. a. Schmeer, 1984).

Literatur

- Amberger, A. u. Aigner, H.* (1965): Ergebnisse eines achtjährigen Feldversuches mit Strohdüngung. Z. Acker- u. Pflanzenbau 130, 251–303
- Amberger, A., Wagner A. u. Rassadi, F.* (1971): Über die Festlegung des Stickstoffs bei der Verrottung von Maisstroh. Bayer. Landwirtsch. Jb. 48, 190–205
- Amberger, A., Gutser, R. u. Vilsmeier, K.* (1982): N-Wirkung von Rindergülle unter Zusatz von Dicyandiamid bzw. Stroh in Gefäß- und Lysimeterversuchen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 145, 337–346
- Debruck, J.* (1979): Rübenblatt: so wertvoll wie eine Stallmistgabe. Mitt. Dt. Landwirtsch.-Ges. 18, 1030–1032
- Gutser, R. u. Teicher, K.* (1980): Bedeutung verschiedener standortlicher und pflanzenbaulicher Faktoren für die Düngungsempfehlung zu Winterweizen auf Basis von N_{\min} -Untersuchungen. Landw. Forsch. 33, 95–107
- Gutser, R.* (1981): Gefäß- und Feldversuche zur N-Wirkung von Gülle mit Dicyandiamid („Didin“). Bayer. Landw. Jb. 58, H. 7, 872–879
- Hill, H.H.* (1926): Decomposition of organic matter in soil. J. Agric. Res. 33, 77–99
- Jung, J., Dressel, J. u. Henjes, G.* (1980): Untersuchungen zur Stickstoffmineralisierung aus Rübenblatt in zwei verschiedenen Böden im Gefäßversuch. Z. Acker- u. Pflanzenbau 149, 183–190
- Kick, H. u. Massen, G.* (1976): Stickstofffestlegung und Stickstoffverfügbarkeit bei Maisstrohdüngung. Landwirtsch. Forsch. 29, 131–140
- Schmeer, H.* (1984): Einfluß der Strohdüngung auf gasförmige Stickstoffverluste und die Stickstoffimmobilisierung in Ackerböden. Diss. J.L.-Universität Gießen
- Vilsmeier, K. u. Amberger, A.* (1981): Modellversuche zur Mineralisation verschiedenen Pflanzenmaterials in Abhängigkeit von der Temperatur. Landw. Forsch. 34, 234–241
- Vilsmeier, K. u. Amberger, A.* (1982): Mineralisierung von ^{15}N -Düngerstickstoff aus Wurzel-extrakten und Boden. Landw. Forsch. 35, 146–150
- Weeraratna, C.S.* (1979): Pattern of nitrogen release during decomposition of some green manures in a tropical alluvial soil. Plant and Soil 53, 287–294

[P 4376 P]