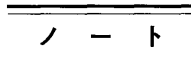


各種緑肥を施与した畑土壌の窒素無機化特性値

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	今野, 一男 金野, 隆光 菊地, 晃二
巻/号	67巻4号
掲載ページ	p. 422-424
発行年月	1996年8月



各種緑肥を施与した畑土壌の 窒素無機化特性値

今野一男*・金野隆光**・菊地晃二***

キーワード 緑肥, 可分解性窒素量, 無機化速度定数, 活性化エネルギー

1. はじめに

緑肥の有効利用を図るためには、緑肥すき込み土壌における窒素の無機化過程を定量的に把握することが重要である。一般に、有機態窒素の無機化は土壌や気象などの環境条件の影響を受けるが、とりわけ北海道のような寒冷地では地温の影響が大きい。このため、反応速度論的解析法^{1,2)}に基づいて窒素の無機化過程を把握することが有益と思われる。

一方、反応速度論的解析に基づく畑土壌の窒素無機化特性値に関しては、これまで土壌の種類および施肥・有機物管理などの影響が明らかにされてきた^{1,3,4)}。しかし、緑肥のような新鮮有機物を施与した土壌ではほとんど検討されておらず、不明な点が多い。

そこで、本報告ではC/N比など化学成分の相違する各種の緑肥作物を供試し、これらを施与した土壌の窒素無機化パターンとその特性値を長期の培養実験で検討した。

2. 実験方法

1) 供試緑肥

緑肥作物として、C/N比の相違するアカクローバ(マメ科), エンバク(イネ科), レバナ(アブラナ科)を供試した。これらの化学成分は第1表に示すとおりである。

2) 培養法

風乾し、2 mm 以下に粉碎した緑肥を北見農業試験

場の多腐植質黒ボク土(pH:5.2, T-C:66 g kg⁻¹, T-N:4.9 g kg⁻¹, 土性:L)に乾物重比で20 g kg⁻¹相当量添加した。土壌は風乾し、2 mmの篩を通過させたものを使用した。土壌水分は最大容水量の60%に調整し、温度条件を20, 25, 30°Cの3段階に設定し、1~26週間培養した。培養当初は1週間ごとに、4~8週間は2週間ごとに、8週日以降は4~6週間ごとに無機態窒素を測定した。

3) 窒素無機化特性の解析

金野のプログラム⁵⁾を用いて、温度別窒素無機化曲線を一次反応式およびARRHENIUS式にあてはめ、可分解性窒素(N_0), 25°Cにおける無機化速度定数(k), みかけの活性化エネルギー(E_a)を求めた。一次反応式による窒素無機化モデルについては、杉原ら¹⁾によって示された単純型(1), 単純並行型(2), 有機化・無機化並行型(3)の3種類、

$$N = N_0[1 - \exp(-k \cdot t)] + C \quad (1)$$

$$N = N_{0q}[1 - \exp(-k_q \cdot t)] + N_{0s}[1 - \exp(-k_s \cdot t)] + C \quad (2)$$

$$N = N_{im}[1 - \exp(-k_{im} \cdot t)] + N_0[1 - \exp(-k \cdot t)] + C \quad (3)$$

について検討した。

ただし、 N :窒素無機化量, N_0 :可分解性窒素量(N_{0q} と N_{0s} は分解の速やかな画分と遅い画分), N_{im} :有機化窒素量, k :無機化速度定数(k_q と k_s は分解の速やかな画分と遅い画分), k_{im} :有機化速度定数, C :定数。

なお、窒素無機化モデルの適合性については、赤池⁶⁾の情報量基準(AIC法)を用いて最小値を与えるモデルを最良とした。

3. 実験結果および考察

1) 窒素無機化モデル

植物残渣すき込み土壌における窒素無機化は一次反応式に適合するとされている^{7,8)}。本実験の結果では、AIC値からみたモデルの適合性は、緑肥添加土壌、緑肥無添加土壌ともエンバクAを除いてすべて単純並行型が優っていた(第2表)。一般に、C/N比20以上の緑肥を施用した場合には最初有機化傾向が優先し、その後無機化に転じるため⁹⁾、無機化モデルは有機化・無機化並行型が適合するものと思われる。しかし、本実験では単純並行型を上回るほどの適合性は認められなかった。この要因としては、培養期間が長期で、かつ培養当初の無機態窒素の測定回数が少なかったためと思われる。一方、エンバクAについては、単純型が最も優っていたが、単純型と単純並行型とのAIC値の差は僅かであった。したがって、ここでは主として単純並行型モデルに

Kazuo KONNO, Takamitsu KONNO and Kouji KIKUCHI : Kinetic Parameters of Nitrogen Mineralization Rates of Various Green Manures Incorporated into Upland Soil

* 北海道立北見農業試験場(現在、道立中央農業試験場 069-03 岩見沢市上幌向町217)

** 農業研究センター(現在、新潟大学農学部 950-21 新潟市五十嵐二の町)

*** 北海道立北見農業試験場(現在、帯広畜産大学 080 帯広市稲田町)

1995年9月18日受付・受理

日本土壤肥科学雑誌 第67巻 第4号 p.422~424(1996)

第1表 緑肥作物の種類と化学成分 (g kg⁻¹)

緑肥作物の種類	T-C	T-N	C/N比	炭水化物	リグニン
アカクローバ	449	32.2	13.9	363	126
エンバク A	429	19.7	21.8	499	95
〃 B	438	30.7	14.3	408	66
レバナ A	410	17.5	23.4	418	59
〃 B	411	36.4	11.3	262	94

第2表 窒素無機化モデルの適合性

処理区分	単純型		単純並行型		有機・無機並行型	
	AIC	S	AIC	S	AIC	S
無施用	19.7	1.5	14.1	1.0		
アカクローバ	123.0	46.1	116.5	30.6		
エンバク A	59.3	10.3	61.4	8.6	78.4	10.9
〃 B	130.6	59.5	85.1	10.7		
レバナ A	54.7	8.4	27.8	1.9	74.0	9.2
〃 B	143.0	90.2	94.6	14.7		

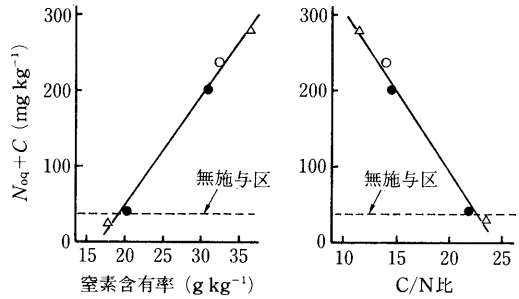
注) AIC：赤池の情報量基準，S：残差平方和。

に基づき、各種の無機化特性値を検討することにした。

2) 窒素無機化特性値

各種緑肥を施用した土壌および無施用土壌の窒素無機化特性値を第3表に示した。この中で、無施用土壌およびアカクローバ施用土壌は培養日数が不足していたため無機化曲線が収束せず、したがって遅く分解する画分の窒素量 (N_{0s}) および無機化速度定数 (k_s) は参考値として示した。

可分解性窒素量 (N_0) は、速やかに分解する画分 (N_{0q}) で処理間の変動が大きく、アカクローバ>レバナ B>エンバク B>レバナ A>エンバク A の順であった。ゆっくりと分解する画分 (N_{0s}) の場合には、無施用土壌、アカクローバ施用土壌で多少過大評価しているものと思われるが、処理間の差異は概して小さかった。 $N_{0q}+C$ と緑肥の窒素含有率および C/N 比との間には、



第1図 緑肥の窒素含有率および C/N 比と可分解性窒素量 ($N_{0q}+C$) の関係

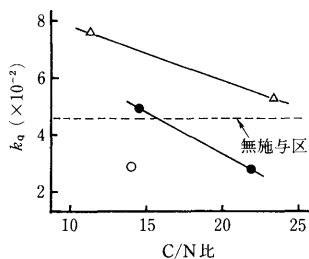
○, アカクローバ; ●, エンバク; △, レバナ。

第1図に示すように、いずれも直線的な関係が認められた。すなわち、緑肥の施与量が同一の場合には窒素含有率が高く、C/N 比の低い緑肥区ほど $N_{0q}+C$ は多くなった。なお、C/N 比 22~23 程度の緑肥を施用した場合には、緑肥無施用区とほぼ同じ値を示すことから、窒素の有機化・無機化の分岐点となる C/N 比は 22~23 程度とみなされた。このようなことから、 $N_{0q}+C$ は緑肥すき込み土壌の可給態窒素量の指標として有効と思われる。

無機化速度定数 (k) は、速やかに分解する窒素画分 (k_q) の場合、無施用区で 0.046 (d⁻¹) を示し、半減期は 15 日であった。これに対して緑肥区の場合は 0.029~0.076 (d⁻¹) の範囲にあり、半減期は 9~25 日であった。このように緑肥間で変動幅が非常に大きく、その一部は無施用区よりも低い値を示した。緑肥施与により k_q が低下した要因については、緑肥の C/N 比が高いと培養当初窒素の有機化が進み、正味の無機化速度が低くなるためと推察された。そこで、緑肥の C/N 比と k_q との関係 (第2図) をみると、エンバク、レバナとも k_q は C/N 比の高いものが小さかった。しかし、同程度の C/N 比でも k_q は緑肥作物間で明瞭に相違し、レバナ>エンバク>アカクローバの順に高い傾向を示した。

第3表 緑肥施用土壌の窒素無機化特性値

処理区分	可分解性窒素量			無機化速度定数		活性化エネルギー	
	N_{0q}	N_{0s}	C	k_q	k_s	E_{aq}	E_{as}
	mg kg ⁻¹			d ⁻¹ , 25°C		kJ mol ⁻¹	
無施用	12.2	217.7	24.1	0.046	0.0023	78.7	74.1
アカクローバ	282.1	355.8	-44.4	0.029	0.0037	59.8	38.5
エンバク A	98.8	278.4	-59.1	0.028	0.0065	80.8	51.5
〃 B	228.1	318.5	-27.1	0.049	0.0051	79.9	55.6
レバナ A	157.6	275.8	-126.2	0.053	0.0060	51.0	55.6
〃 B	241.2	311.2	37.3	0.076	0.0081	70.3	60.7



第2図 緑肥のC/N比と無機化速度定数(k_a)の関係
○, アカクロバ; ●, エンバク; △, レバナ.

前報⁹⁾で述べたように、アカクロバについては、C/N比が低い場合でもリグニン含有率が高いと窒素無機化率は著しく低下する。本実験に供試したアカクロバのリグニン含有率は 126 g kg^{-1} と高く、このことが k_a の低下をもたらしたものと思われる。いずれにせよ、無機化速度定数は微生物活性を表す特性値とされていることから³⁾、 k_a は緑肥中の難分解性成分の多少を反映したものと思われる。

一方、ゆっくりと分解する窒素画分の無機化速度定数(k_s)はアカクロバを除くと0.0051~0.0081(半減期は86~107日)の範囲であり、 k_a の場合と比較してこれら緑肥間の変動は小さいものであった。

みかけの活性化エネルギー(E_a)については、分解の速やかな画分(E_{aq})の場合、エンバクA, B>レバナB>アカクロバ>レバナAの順に大きく、エンバクは無施与区と同程度、アカクロバ、レバナは無施与区よりも小さかった。また分解のゆっくりとした画分(E_{as})の場合は、各緑肥区とも無施与区よりかなり小さかった。このことから、 E_a は、堆きゅう肥の多量施与の場合^{1,9)}と同様に、緑肥施与によっても低下する傾向が示された。一方、 E_a は有機物の分解抵抗性を示す一つの指標とみなされているが^{1,10)}、本実験の結果では緑肥間における分解の難易と E_a との関係は判然としなかった。

4. まとめ

緑肥施与と土壌の窒素無機化曲線は、おおむね一次反応式の単純並行型モデルに適合した。この中で、速やかに分解する画分の窒素量($N_{0q}+C$)は緑肥のC/N比と密接に関係し、緑肥すぎ込み土壌の可給態窒素量の指標として有効とみなされた。また、速やかに分解する画分の無機化速度定数(k_a)は緑肥のC/N比、リグニン含有率などと密接に関係することから、緑肥中の難分解性成分の多少を反映するものとみなされた。一方、みかけの活性化エネルギー(E_a)は緑肥施与により低下する傾向を示したが、このことと緑肥分解の難易との関係は判然としなかった。

文 献

- 1) 杉原 進・金野隆光・石井和夫：土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法，農環研報，1，127~166 (1986)
- 2) 金野隆光・杉原 進：土壌生物活性への温度影響の指標化と土壌有機物分解への応用，同上，1，51~68 (1986)
- 3) 斉藤雅典：東北地方における畑土壌の窒素無機化特性値各種可給態窒素指標との関係について，土肥誌，61，265~272 (1990)
- 4) NIRA, R. and NISHIMUNE, A.: Studies on nitrogen mineralization properties of Tokachi soils by kinetic analysis. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **39**, 321~329 (1993)
- 5) 金野隆光：土壌窒素無機化の特性評価と窒素供給量予測プログラム (ENMS)，関東東海地域農業関係試験研究期間開発ソフトウェア一覧1987年版，IV，農業研究センター編，p. 2~3 (1987)
- 6) 赤池弘次：情報量基準 AIC とは何か—その意味と将来への展望，数理科学，153，5~11 (1976)
- 7) FRANKENBERGER, W. T. and ABDELMAGID, H. M.: Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant Soil*, **87**, 257~271 (1985)
- 8) BEAUCHAMP, E. G., REYNOLDS, W. D., BRASCHE-VILLENEUVE, D. and KIRBY, K.: Nitrogen mineralization kinetics with different soil pretreatments and cropping histories. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **50**, 1478~1483 (1986)
- 9) 今野一男・菊地晃二：緑肥窒素の無機化に及ぼす化学成分の影響，土肥誌，67，419~421 (1996)
- 10) CAMPBELL, C. A., MYERS, R. J. K. and WEIER, K. L.: Potentially mineralization nitrogen decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. *Aust. J. Soil Res.*, **19**, 323~332 (1981)