

各種土壌における窒素の動態について

稲 葉 保

(短期大学部 農業技術学科・生物生産専攻)

1. はじめに

作物が根から吸収可能な窒素成分が土壌中に充分あるか否かは、作物の生育や収量に大きく影響する。しかしながら、土壌中に存在する窒素の全量やその形態は土壌によって種々であり、また、土壌環境の要因によっても動的に変化する。したがって、種々の土壌を類型区分し、その中に存在する窒素の含量、形態および動的変化を可能な限り整理しておくことは、作物栽培にとって大事なことである。また、さらに各土壌に付与される有機態窒素の形態変化についても、土壌の類型区分毎にあらかじめ把握していることは、同じく栽培管理上重要なことである。

著者は、かつて草地造成および維持管理技術の体系化のために、富山県内の土壌をその生因や作歴によって、大きく5つのタイプに類型区分をし、それぞれの性質や特徴を明らかにした¹⁾。また、なかでもりん酸成分の型態や肥効性についても、土壌区分毎に明らかにした²⁾。そこで今回は、とくに窒素成分に主眼を置いて、土壌中におけるその動態を検討したので報告する。

2. 供試土壌

供試土壌と類型区分 試験に用いた5種類の土壌は第1表のとおりで、富山県内の各地から取り寄せた。その土壌の類型区分は前報¹⁾と同じで、やや包括的な区分である。すなわち、作物栽培に利用し得る土地で

あり、生因および来歴を考慮し、さらに土壌の生産力、土壌改良および肥培管理などから類型化したものである。

まず未耕地土壌は、畑地の作土下の有機物の非常に少ない下層土壌¹⁾、山麓の雑木林を切り開いた新墾地土壌²⁾および砂質で野草の繁っている河川敷土壌³⁾の3種類である。また、耕地土壌としては、各種野菜を主として作付している熟畑土壌⁴⁾および一般の水田土壌(乾田)⁵⁾の2種類である。地質は新墾地土壌が第3紀層、下層土壌および畑土壌は洪積層、河川敷土壌と水田土壌は沖積層である。

土壌分析 各土壌の一般的な理化学性は第2表のとおりである。なお、分析方法は常法を用いている。

各土壌の特徴を簡単に概括してみると、下層土壌は粘土の多い軽埴土で塩基分が少なく、酸性の強い土壌である。新墾地土壌は腐植が多く塩基分も少ない酸性土壌で、しかもりん酸吸収係数は大きい。河川敷土壌は当然のことながら粗砂が多く、肥料養分含有量は少ない。また酸性も弱く、有害成分の少ない土壌である。畑土壌は割合粘土分も多く土壌改良や施肥が行なわれているので、概して良好な土壌である。水田土壌は砂質で酸性も弱く、肥料養分的にも欠点の少ないバランスのとれた土壌である。

3. 土壌窒素の動態

1) 土壌中の窒素

土壌の処理と分析 土壌中の窒素は自然状態で乾燥が進むと無機化が起る。また、実験室に運び水分を整

第1表 供試土壌

| 土 壌 | | 採取地 (富山県内) | 場 所 概 要 |
|-------------|-------|------------|------------------|
| 区 分 | 名 称 | | |
| 未 耕 地 | 下層土壌 | 射水郡小杉町黒河 | 畑地下層土 (25~35cm) |
| | 新墾地土壌 | 小矢部市稲葉山地内 | 雑木林地表層土 (標高230m) |
| | 河川敷土壌 | 富山市有沢橋下 | 野草地表層土 |
| 耕 地 | 畑土壌 | 射水郡小杉町黒河 | 畑地作土 |
| | 水田土壌 | 富山市布市 | 水田作土 |

えて培養すると一層無機化が促進される。この各々の場合における各土壌間の違いを検討しようとした。すなわち、採土時の生土、1週間自然乾燥させた風乾土および培養土の各々について、その窒素含有量を分析した。なお、土壌培養については最大容水量の60%水分、pH 6.5~6.8に調整、30°C恒温器中で15日間培養したものである。窒素分析については、全窒素は硫酸で分解後水蒸気蒸溜法、無機態窒素中のアンモニア態窒素は10% KCl 浸出後水蒸気蒸溜法で行ない、硝酸態窒素は水浸出後フェノール硫酸法でそれぞれ定量した。

結果と考察 成績は第3表に示した。まず、全窒素を土壌別に見ると、当然のことながら腐植含量に比例する。すなわち、新墾地土壌が最も多く、ついで畑土壌、さらに下って水田土壌がきて、下層土壌および河川敷土壌は非常に少ない。つぎに無機態窒素を見ると、生土では各土壌間で差異は小さい。しかし、これを風乾すると各土壌でかなり違いが見られる。最も多いのは新墾地土壌で、つぎに水田土壌がくる。畑土壌は僅かに生土より多くなる。また、下層土壌と河川敷土壌はほとんど生土と同じか逆に幾分下っている。つぎに、土壌を15日間培養すると各土壌とも生土の数倍の無機化が起る。最も多いのが新墾地土壌で生土の約11倍である。ついで水田土壌が10倍、畑土壌、下層土壌および河川敷土壌が4倍前後である。すなわち、易分解性窒素の多いのは新墾地土壌と水田土壌である。

2) 牧草（オーチャードグラス）の無肥料栽培

栽培試験の方法 5000分の1 a ワグナーポットを用いて、オーチャードグラスの無肥料栽培をガラス室内で行なった。試験区は前記5種類の各土壌区である。ただし、この場合の各土壌区については生土と風乾土の両者(系列)で行なっている。土壌はポット当り3.5kgを充填し、オーチャードグラスの稚苗(30日苗)をポット当り3本1株として植付をした。栽培期間は5月8日から7月10日までの約2か月である。また、給水は畑状態水分が維持できるよう適宜行なった。

結果と考察 以上の方法で栽培試験を行なった結果、オーチャードグラスの風乾収量成績を第4表に示した。まず、収量の多い風乾土系列でみると、水田土壌区

第2表 土壌の理化学性

| 項目 | 下層土壌 | 新墾地土壌 | 河川敷土壌 | 畑土壌 | 水田土壌 | |
|------------------------|------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| 粒径組成 (%) | 砂 | 27.5 | 41.6 | 87.0 | 37.3 | 49.7 |
| | 微砂 | 32.9 | 35.3 | 8.4 | 41.6 | 36.9 |
| | 粘土 | 39.6 | 23.1 | 4.6 | 21.1 | 13.4 |
| 土性 (国際法) | LiC | CL | LS | LiC | L | |
| 腐植 (%) | 2.38 | 7.12 | 1.58 | 4.96 | 3.40 | |
| pH | H ₂ O | 4.89 | 4.58 | 5.75 | 5.52 | 5.12 |
| | KCl | 3.68 | 3.80 | 4.60 | 4.45 | 4.12 |
| 置換酸度 (y _i) | 11.5 | 16.2 | 0.6 | 0.8 | 1.9 | |
| りん酸吸収係数 | 1515 | 2043 | 755 | 1012 | 632 | |
| 置換性塩基 (mg/100g) | CaO | 119.7 | 131.2 | 87.7 | 231.0 | 165.4 |
| | MgO | 17.4 | 7.4 | 18.7 | 38.6 | 33.3 |
| | K ₂ O | 18.9 | 16.7 | 8.6 | 56.3 | 17.1 |

第3表 土壌窒素の分析

| 土 壌 | 全窒素 (%) | 無機態窒素 a) (mg/乾土100g) | | 15日間培養後の無機態窒素 (mg/乾土100g) |
|-------|---------|----------------------|-------|---------------------------|
| | | 生 土 | 風 乾 土 | |
| 下層土壌 | 0.078 | 0.48 | 0.46 | 1.78 |
| 新墾地土壌 | 0.290 | 0.93 | 1.33 | 10.54 |
| 河川敷土壌 | 0.055 | 0.66 | 0.61 | 2.54 |
| 畑土壌 | 0.238 | 0.93 | 1.02 | 4.24 |
| 水田土壌 | 0.149 | 0.58 | 0.81 | 5.71 |

a) : 無機態窒素はNH₄-NとNO₃-Nの合計量

第4表 オーチャードグラスの収量成績 (風乾重g/ポット)

| 区 名 | 生土系列 | | 風乾土系列 | |
|-------|------|------|-------|------|
| | 茎 葉 | 根 | 茎 葉 | 根 |
| 下層土壌 | 0.61 | 0.38 | 0.40 | 0.11 |
| 新墾地土壌 | 1.35 | 0.57 | 2.39 | 0.96 |
| 河川敷土壌 | 0.82 | 0.37 | 0.41 | 0.20 |
| 畑土壌 | 0.98 | 0.34 | 2.26 | 2.07 |
| 水田土壌 | 1.82 | 0.92 | 4.54 | 3.28 |

の収量が最も高い。土壌中の無機態窒素、とくに易分解性の窒素含量の多かったことからうなずける。ついで新墾地土壌区と畑土壌区が続く。新墾地土壌区については、本来なら無機化窒素含量が一番多いのであるが、土壌の一般分析で見られるようにりん酸吸収係数の高いことなど土壌の欠点が目立ち、これ等のことがオーチャードグラスの生育に阻害的に働いたものと思われる。また、下層土壌区と河川敷土壌区の収量が極端に下る。このことも土壌中の無機態窒素含量の少ないことによるものである。

つぎに、風乾土系列と生土系列を比較してみると、新墾地土壤区、畑土壤区および水田土壤区で風乾土系列の収量が生土系列の収量の2倍前後になっている。このことも、土壤の風乾ならびに培養することによって無機化してくる窒素量の多かったことから当然である。これに対し、下層土壤区と河川敷土壤区はむしろ風乾土系列で下っている。このことは、土壤中の無機態窒素含量が少ない上に、土壤の風乾過程で無機化した窒素がポット土壤中の底に流下し、オーチャードグラスの根が届かず吸収し得なかったためと思われる。

ところで、収穫したオーチャードグラスの茎葉については窒素成分を分析し、さらに窒素吸収量を算出してみた。その成績が第5表である。まず下層土壤区および河川敷土壤区の窒素%が高いのは窒素成分以外の肥料養分の吸収が悪く、そのためにオーチャードグラスの生育が停滞し、乾物当り%が高くなったものと思われる。これに対し、水田土壤区は最も窒素%が低い。これは不足したというより、土壤の欠点があり見られず、バランスのとれた生育経過となり乾物当り%が下ったものである。また、窒素吸収量については、大体各土壤の無機化してくる窒素含量に比例しているようである。

3) 土壤中の有機態窒素の形態

作物栽培において、土壤中の有機態窒素が、その1作物栽培期間中に無機化するのは数%といわれる。そこでこの土壤有機態窒素の組成について、分画抽出を行ない土壤の類型区分との関係を検討しようとした。とくに、従来のこの方面での研究では、耕地土壤における土壤統群間の差異は小さい³⁾といわれるだけに、マクロな土壤の類型区分で検討することの方がより意義があるように思われる。

有機態窒素の分画定量法 三木ら⁴⁾の分画定量法で行なった。すなわち、各土壤を6N-HClで加水分解する。加水分解性窒素は、さらにアルカリ性で不安定なアンモニア態窒素、アミド態窒素およびアミノ糖態窒素と、アルカリ性に安定なアミノ酸態窒素の2画分に分けた。窒素の定量は前者が分解液をアルカリ性にして水蒸気蒸溜をする。後者はニンヒドリンを反応させ、さらにpH 11.2に調整したのち水蒸気蒸溜した。

結果と考察 以上の方法で分別定量した結果、各土壤の有機態窒素の組成を、全窒素に対する比率で第6表に示した。

まず、加水分解性窒素で割合の大きいのは新墾地土壤、水田土壤および畑土壤であり、下層土壤と河川敷土壤はかなり下廻る。全窒素が後者で少ないだけに、一層加水分解性の画分が少なくなる。したがって、下

第5表 オーチャードグラス茎葉の窒素含量
(風乾土系列)

| 区名 | 含有率(N%) | 吸収量 (Nmg/ポット) |
|-------|---------|------------------|
| 下層土壤 | 2.78 | 11 |
| 新墾地土壤 | 1.68 | 40 |
| 河川敷土壤 | 2.96 | 12 |
| 畑土壤 | 1.68 | 38 |
| 水田土壤 | 1.00 | 45 |

第6表 各土壤の有機態窒素の組成(全窒素比)

| 土壤 | 加水分解性窒素 (%) | アンモニア・アミド・アミノ糖態窒素 (%) | アミノ酸態窒素 (%) | 全窒素 (Nmg/100g) |
|-------|----------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| 下層土壤 | 47 | 19 | 11 | 78 |
| 新墾地土壤 | 96 | 33 | 26 | 290 |
| 河川敷土壤 | 56 | 29 | 16 | 55 |
| 畑土壤 | 74 | 24 | 19 | 238 |
| 水田土壤 | 88 | 24 | 27 | 149 |

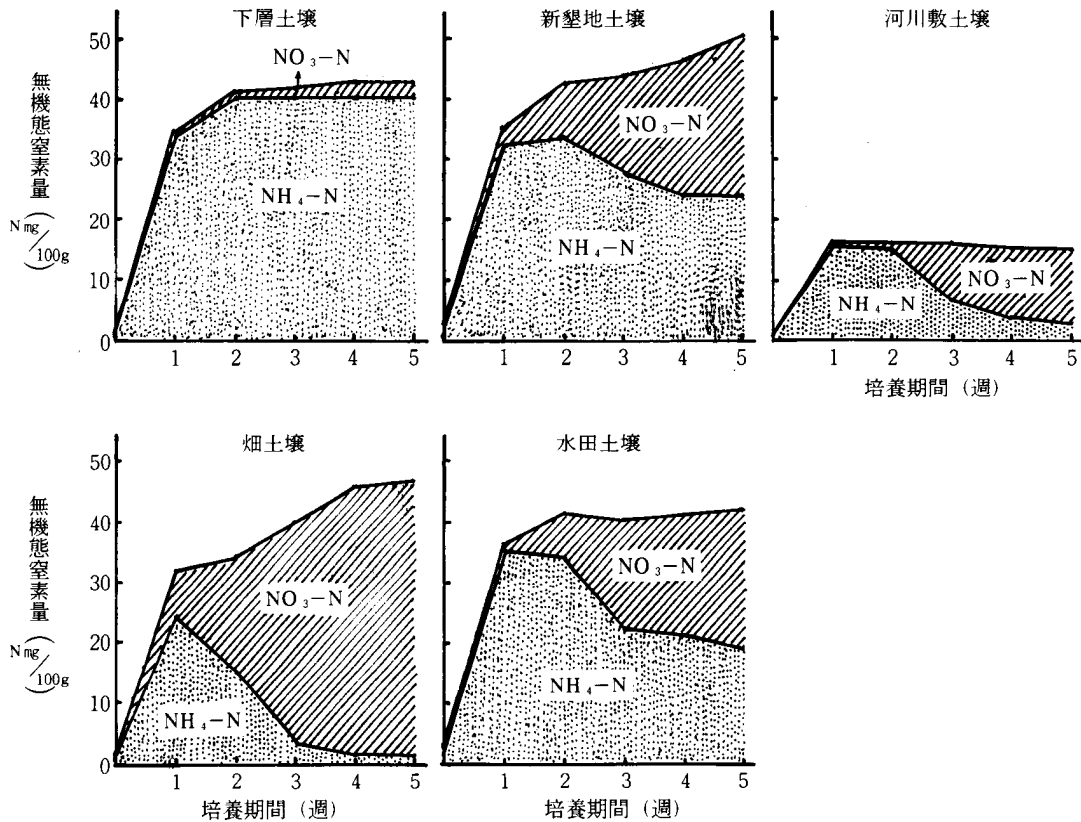
層土壤と河川敷土壤の地力は殊の外劣り、施肥が重要となる。つぎに、加水分解性窒素の中でも比較的易分解性と思われるアンモニア態、アミド態およびアミノ糖態窒素では、最も高いのが新墾地土壤である。このことは未分解有機物の多いことからもうなずけるが、やや意外なのは河川敷土壤で、畑土壤および水田土壤より比率が高い。しかし、全窒素が少ないだけに絶対量は小さく変動が大きいものと思われる。

さて、これについて可給化し易いアミノ酸態窒素では、畑土壤の小さいことが目立つ。土壤の酸化状態が進むだけに小さくなるものと思われる。また、前記のオーチャードグラスの無肥料栽培における窒素吸収量とは、この画分の相関が比較的高いように思われる。

4. 土壤に施用された有機質肥料窒素の無機化作用

土壤に付与された有機物は土壤中で分解されて無機化する。なかでも有機態窒素はアンモニア化成作用と硝酸化成作用が進行して、そのかなりの部分が作物に吸収される。この無機化作用が各土壤によって、どのように違うかを、とくに油粕肥料を用いて検討した。

実験方法 ノイバウエルポットによる培養試験である。風乾した各土壤400gに油粕をN成分にしてポット当り200mg(土壤100g当り50mg)、すなわちなタネ油粕で3.57gを土壤とよく混合する。水分は最大容水量の60%とし、25°Cの恒温器中で5週間培養した。1週間毎に土壤の一部を採りNH₄-NとNO₃-Nを定



第1図 各種土壌におけ油粕窒素の無機化

量した。

結果と考察 以上の方法で培養した結果、その成績を第1図に示した。有機質肥料のナタネ油粕は炭素率(C/N)が7.3と低く、土壌中では割合とスムーズに分解されて無機化する。

土壌別に見ると、まず下層土壌区では割合早くアンモニア態窒素に分解して無機化している。しかし、このアンモニア態窒素がさらに硝酸態窒素に変化する硝酸化成作用が進まない。土壌の酸性が強いため硝酸化成作用が阻害されるものと思われる。新墾地土壌区ではアンモニア化成作用は割合早い。また硝酸化成作用は下層土壌区より進むが特別多くはない。このことは図中すぐ下の水田土壌区でも見られ、パターンが似ている。共に土壌がやや還元性であるためと思われる。下段左の畑土壌区ではアンモニア化成作用および硝酸化成作用のいずれも早い。土壌の酸性が弱く、しかも酸化状態なので微生物活性が高いためと思われる。さて、やや変っているのが上段右の河川敷土壌区である。アンモニア態窒素と硝酸態窒素の合計量がかかなり少な

い。このことは油粕の分解が進まないためでなく、多分無機化した後、さらにガス化して揮散したものと思われる。土壌が砂質であり中性に近いこと、および硝酸化成作用の早いことから推察される。

5. 要 約

富山県内の作物栽培可能地土壌を、その生因や作歴によって5つのタイプに類型区分し特徴を調べた。なかでも今回は、とくに土壌の窒素成分の動態について土壌肥料学的な検討をした。

- 1) 潜在的な窒素地力は新墾地土壌、畑土壌および水田土壌で高く、下層土壌と河川敷土壌は低い。このことは、オーチャードグラスの無肥料栽培における収量や窒素吸収量からも認められた。
- 2) 土壌中の有機態窒素の画分(全窒素比)については、酸加水分解窒素が新墾地土壌、畑土壌および水田土壌で高い。しかし、河川敷土壌では加水分解性窒素が下るものの易分解性画分は割合と多い。また、

下層土壌はこのいずれも少ない。

- 3) 土壌に付与される有機態窒素の無機化過程では、とくに硝酸化成作用が畑土壌で速く、下層土壌は殆んど進まないことが目立った。

参 考 文 献

- 1) 松山三樹男・稲葉保、(1966)、日本畜産学会北陸支部報、**14** : 8.
- 2) 稲葉保、(1980)、富山技短大報、**13** : 91~96.
- 3) 津高寿和・砂野正・田中平義・日下昭二、(1981)、土肥誌、**52** : 427~432.
- 4) 土壌養分測定法委員会編、(1970)、土壌養分分析法、養賢堂、東京、201~205.