

熟度が異なる牛糞堆肥を飼料イネ栽培前後に施用した水田土ポットにおける冬季の窒素溶脱

原 嘉隆*・土屋 一成・中野 恵子・田中 章浩
(九州沖縄農研)

Wintertime nitrogen leaching in the paddy-soil-filled pot, in which the cow manure composts with varying degrees of development were applied before and after forage rice plant cultivation

Yoshitaka HARA, Kazunari TSUCHIYA, Keiko NAKANO and Akihiro TANAKA

(National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region)

近年、畜糞の適切な処理の義務化によって、堆肥が過剰生産となりつつあることから、今後、水田でも畜糞堆肥の利用を促進することが求められる。特に、食味が問題にならない飼料イネの栽培では、畜糞堆肥が多量に施用されやすい。堆肥の多量施用は窒素溶脱を促進し、周囲の水系に悪影響を及ぼす懸念がある。一般に、水田では畑地に比べて窒素溶脱が起こりにくい(鳥山 1994, 竹内 1997)、九州のような二毛作地帯では、冬季に麦などの畑作を行うため、飼料イネ栽培における多量の堆肥施用の影響は、飼料イネの栽培期間だけでなく、その後の冬作期間においても、評価しておく必要がある。そこで、飼料イネ栽培前に施用した堆肥による冬季の窒素溶脱の程度を評価するために、ここでは、ポットによる飼料イネ栽培前後に熟度が異なる牛糞堆肥を施用し、冬季の管理を変えた際における冬季の窒素溶脱の程度の違いを調べた。

材料と方法

2006年6月に、福岡県筑後市の水田(灰色低地土)から採取した風乾土4 kgをポット(0.05 m²)に詰め、窒素50 g m²相当量の異なる熟度の牛糞堆肥を表層10 cm程に混和し、飼料イネ「タチアオバ」を栽培(移植6/22～収穫10/24)した。牛糞堆肥は、1ヶ月程堆積したもの(以後、未熟堆肥と呼ぶ)と、強制通気1次発酵後(以後、中熟堆肥と呼ぶ)と、さらに2次発酵後に成型したもの(以後、完熟堆肥と呼ぶ)の3種類を用いた。2006年11月に、別のポットに砂利4 kgを入れ、その上に下層土として風乾土2 kg、さらにその上に作土として飼料イネの栽培残土全てを詰めた。これらの層間には土壌流亡抑制と根域制限のため、不織布を敷いた。これらのポットは、冬季の間、作物を植えずに裸地のままで管理した。以後、これらは「春施用区」または「処理1」と呼ぶ。

2006年11月に、上記と同様に、砂利と下層土、作土として新たな風乾土4 kgを不織布で仕切ってポットに詰めた。これらのポットの作土の表層10 cm程に、上記の3種類の牛糞堆肥を混和した。ただし、中熟堆肥と完熟堆肥は春に

採取してから低温で保管していたものを用い、未熟堆肥は施用前に改めて採取したものを用いた。以後、これらは「秋施用区」と呼ぶ。これらのポットの半数は、裸地管理とした。以後、これらは「処理2」と呼ぶ。また、残り半数のポットでは、大麦「ニシノチカラ」を栽培(播種11/20～収穫4/25)した。以後、これらは「処理3」と呼ぶ。

大麦播種から飼料イネの代かきに相当するまでの期間(11/20～5/1)、全てのポットを屋外に置いた。ポットの下にある横穴から経時的に砂利層に溜った水の有無を確認し、水が溜まっている場合は採取し、液量およびその無機態窒素(アンモニウム態窒素、硝酸態窒素)と有機態窒素の濃度を測定した。また、代かき時の窒素溶脱の程度を評価するため、2007年5月1日にポットに栓をして湛水した後、栓を開放して流れ出た水についても、採取し、液量と窒素濃度を調べた。無機態窒素は比色法(BRAN+LUEBBE QuAAtro)によって測定した。有機態窒素はアルカリ性のペルオキシ二硫酸によって硝酸態窒素に酸化し、上記と同様に測定した。

なお、堆肥の特性を調べるため、堆肥を施用した土壌に対して、水田を想定した湛水培養と畑を想定した湿潤培養を行った後の無機態窒素を定量した。湛水培養後の無機態窒素は、風乾土15 gに水30 mlを加えて30℃で4週間密栓静置した後に0.1 kg L⁻¹ KCl溶液で抽出される無機態窒素とした。湿潤培養後の無機態窒素は、最大容水量の0.6 L L⁻¹に相当する水を加えて細部を開放し、上記と同様に抽出される無機態窒素とした。いずれの値も、風乾土当たりの値に換算して示した。堆肥を施用した土壌の無機態窒素量から、堆肥を施用しなかった土壌の無機態窒素量を差し引き、その差を堆肥中窒素量で除した割合を「窒素無機化率」とした。

結果と考察

供試した堆肥の特性を第1表に示した。完熟堆肥は溶脱しやすい硝酸態窒素が多く、中熟堆肥はアンモニウム態窒素が多く、未熟堆肥はいずれの無機態窒素も少なかった。

キーワード：牛糞堆肥、飼料イネ、水田土壌、窒素溶脱、冬季

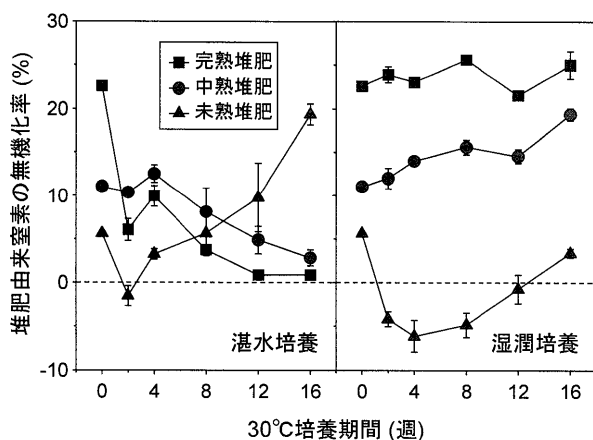
* 連絡責任者：yshara@affrc.go.jp

第1表 供試した堆肥の特性.

	完熟	中熟	未熟(春)	未熟(秋)
水分(mg g ⁻¹)	97	443	794	733
C(mg g ⁻¹)	351	232	87	93
N(mg g ⁻¹)	26	16	4.6	6.1
硝酸態N(mg g ⁻¹)	5.0	0.2	0.2	0.3
アンモニウム態N(mg g ⁻¹)	0.3	1.2	0.0	0.2
P(mg g ⁻¹)	16	9.4	1.9	2.6
K(mg g ⁻¹)	30	18	2.9	6.8
Ca(mg g ⁻¹)	9.6	6.2	2.5	3.0
Mg(mg g ⁻¹)	7.3	4.2	1.3	1.6
灰分(mg g ⁻¹)	202	116	33	48
C/N比	13	15	19	15
pH	6.3	8.9	8.1	8.6
EC(mS cm ⁻¹)	13.2	7.3	3.0	9.8

含有量は現物当たりの値.

風乾土に堆肥を施用し、水田を想定した湛水培養を行ったところ、完熟堆肥や中熟堆肥を施用した場合、ゆっくりと無機態窒素が減少する傾向があったが、未熟堆肥を施用した場合、窒素有機化が素早く起きた後、窒素無機化がゆっくりと起きる傾向があった(第1図)。畑を想定した湿潤培養を行ったところ、完熟堆肥や中熟堆肥を施用した場合、ゆっくりと窒素無機化に向かう傾向があったが、未熟堆肥では著しい有機化が起きた後、ゆっくりと窒素無機化に転じる傾向が得られた。

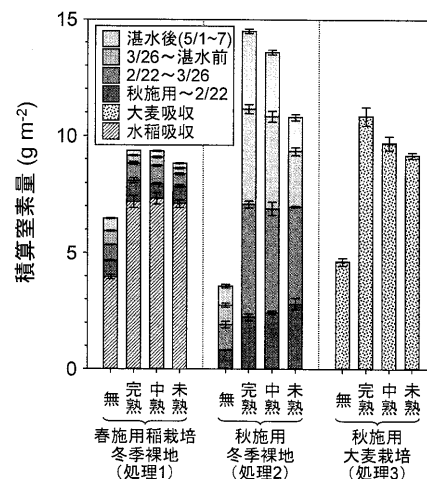


第1図 堆肥の窒素無機化率の推移.

水田を想定した湛水培養と畑を想定した湿潤培養を示した。堆肥の窒素無機化率は、添加堆肥中窒素量に対する堆肥添加によって増加した無機態窒素量の割合。

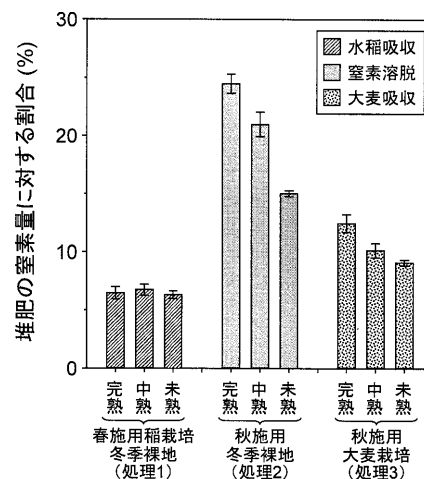
堆肥を施用した直後に栽培した飼料イネ(処理1)と大麦(処理3)の吸収窒素量は、大麦の方が多かった(第2図)。このことは、牛糞堆肥からの窒素無機化は、水田での還元的な湛水条件よりも、畑での酸化的な湿潤条件で、勝っている可能性が考えられた。

堆肥を春施用した際(処理1)の飼料イネの吸収窒素量は、堆肥の熟度によらずほぼ同程度であり(第2図)、堆肥無施用の場合に比べて増加した吸収窒素量は堆肥に含まれる窒素量の7%程に相当した(第3図)。湛水培養では、堆肥の熟度によって堆肥中窒素の無機化の様式が異なったが、完熟堆肥と中熟堆肥の窒素無機化率は前半に高く、未



第2図 作物吸収と溶脱で回収された窒素量.

処理と施用した堆肥の熟度を記載した。「無」は堆肥無施用を示す。溶脱量は、大まかな期間で区切って示した。



第3図 施用した堆肥の窒素量に対する作物吸収と溶脱の割合. 処理1, 3における溶脱窒素量は有意ではなかった.

熟堆肥の窒素無機化率は後半に高かった(第1図)ことから、培養で観察された前半と後半での堆肥の熟度による差異が相殺され、飼料イネの栽培期間中の窒素吸収量は堆肥の熟度によらず同程度となったと考えられた。

一方、堆肥を秋施用した際(処理3)の大麦による吸収窒素量は、顕著な差ではなかったが、完熟堆肥で多く、未熟堆肥で少なかった(第2図)。堆肥無施用の場合に比べて増加した吸収窒素量は、堆肥に含まれる窒素量の9~13%相当した(第3図)。飼料イネによる吸収窒素量とは異なり、このように堆肥の熟度によって大麦の吸収窒素量に差がみられたことは、湿潤培養中における窒素無機化率の推移が、湛水培養とは異なり、堆肥の熟度によって大きく異なることを反映したと考えられた。

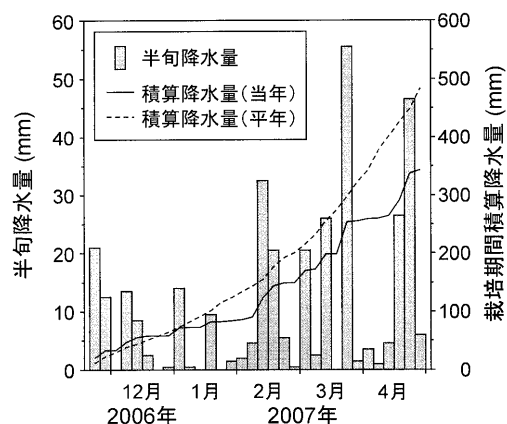
春に堆肥を施用して飼料イネを栽培し、冬季を裸地管理とした場合(処理1)、冬季における窒素溶脱は一定程度あったが、堆肥施用で多くなる傾向はなかった(第2図)。一方、秋に堆肥を施用して裸地管理した場合(処理2)、冬季における窒素溶脱は著しかったが、大麦を栽培した場合(処理3)、窒素溶脱は全く観察されなかった。なお、

いずれの場合も、溶脱した窒素はほとんど硝酸態窒素で、アンモニウム態窒素や有機態窒素はほとんどなかった。

秋施用区の冬季裸地管理時（処理2）の溶脱窒素量は、大麦栽培時の吸収窒素量よりも多かったが、施用した堆肥の熟度による大小関係は同様であり、堆肥の熟度が進むほど大きく、施用した堆肥の窒素量に対する溶脱窒素の増加量の割合は完熟で25%、中熟で21%、未熟で15%となった（第3図）。なお、湿潤培養の結果から、完熟堆肥や中熟堆肥に比べて未熟堆肥の施用で当初窒素有機化が起き、その後窒素無機化が進むことが示唆された（第1図）が、完熟堆肥や中熟堆肥に比べて未熟堆肥を施用した場合に、前半に溶脱窒素量が減少した傾向はなく、むしろ後半の溶脱量が減少した（第2図）。この理由は不明であるが、未熟な堆肥を施用した場合に流出水量が有意に多くなったことから、未熟な堆肥の施用が何らかの作用により透水性を高めて、窒素の溶脱を速めた可能性が考えられた。

以上から、牛糞堆肥を秋に施用すると、熟度に拘わらず、冬作を行わなければ窒素溶脱が著しかったが、飼料イネ栽培前に牛糞堆肥を施用した場合、冬作を行わなくても冬季の溶脱窒素量が増加することはなかった。さらに、堆肥を秋に施用した場合でも、冬作を行えば窒素溶脱は著しく抑制された。

本試験は、下層土の透水性が圃場に比べて高いと考えられるポットで行ったので、窒素溶脱が起きやすい条件であったと考えられる。一方、試験をした年の冬季の降水量は、特に1月に、平年に比べて少なかった（第4図）、窒素溶脱が起きにくい条件であったと考えられる。このように窒素溶脱には様々な影響が関与するため、定量的に評価することは難しい。しかし、本試験において、春に堆肥施用して飼料イネを栽培した後であれば冬季を裸地管理とした場合でも、また冬作を行うならば春の堆肥施用よりも窒素溶脱が著しい秋の堆肥施用後でも、堆肥施用によって溶脱する窒素はほとんど増加しなかったことから、一般的に冬作が行われる二毛作地帯において、飼料イネ栽培前の堆肥施用によって冬季の溶脱窒素量が顕著に増加する可能性は極めて低いと考えられた。



第4図 冬季の降水量。

摘 要

牛糞堆肥を春に施用して飼料イネを栽培した場合、冬作を行わなくても冬季の溶脱窒素量は増加しなかった。また、牛糞堆肥を秋に施用した場合、冬作を行えば溶脱窒素量は著しく減少した。これらの結果は、堆肥の熟度が違ってもほぼ同様であった。したがって、一般的に冬作が行われる二毛作地帯において、飼料イネ栽培前に牛糞堆肥を施用する場合、堆肥の熟度に拘わらず、冬季の溶脱窒素量が増加する可能性は低いと考えられた。

謝 辞

当センターの大久保吉郎氏・山内捷恵氏・詫間菜穂子氏・中尾貞子氏・中野加代子氏・日高恭子氏には試験遂行上でお世話になりました。

引用文献

- 竹内 誠 1997. 農耕地からの窒素・リンの流出. 土肥誌 68: 708-715.
- 鳥山和伸 1994. 作物へのふん尿施用技術 (1) 水稻. 農林水産研究文献解題 20.