



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	牛ふん堆肥ペレットの黒ボク土畑への施用に伴う一酸化二窒素の発生およびその発生制御に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	山根, 剛
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第7103号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79582
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tsuyoshi_Yamane_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（農学）	氏 名	山根 剛
審査担当者	主査	特任教授	波多野隆介
	副査	教 授	石黒 宗秀
	副査	教 授	信濃 卓郎

学位論文題名

牛ふん堆肥ペレットの黒ボク土畑への施用に伴う一酸化二窒素の発生 およびその発生制御に関する研究

本論文は和文 78 項、図 17、表 26、9 章からなり、参考論文 5 編が付されている。

環境保全型農業の達成には地域における有機性廃棄物の循環利用が不可欠である。堆肥を小粒状に成型した堆肥ペレットは、堆肥のハンドリングが改善され、家畜ふん堆肥の耕種場面での利用促進が期待される。また、優れた輸送性から堆肥の広域流通を促進し、畜産生産地域の家畜ふん尿の偏在化により生じる窒素溶脱等の環境負荷低減が期待される。しかし、堆肥等有機物の施用により主要な温室効果ガスの一つである一酸化二窒素(N_2O)が発生するおそれがある。本研究は、堆肥ペレット施用に伴う N_2O 発生の低減を目指して、施用後の N_2O 発生実態や発生要因を調査するとともに N_2O 発生低減対策技術を検討したものである。

1. 堆肥のペレット化に伴う土壌への施用後の N_2O の発生実態

飼料用トウモロコシ栽培圃場において栽培期間中の N_2O 発生量を調査し、堆肥ペレットを施用した場合、ペレット化していないバラ状の堆肥や化学肥料を施用した場合よりも、堆肥ペレット施用数日後(3~4 日後)に大きな N_2O の発生ピークが生じ、発生量を著しく増大させることを認めた。一方、窒素付加堆肥(堆肥化過程で生じるアンモニア等を完熟堆肥に吸着させたもの)を用いて作成したペレットは栽培期間中の N_2O 発生量を通常の堆肥ペレット施用と比べ、30~91%低減することを認めた。

2. 堆肥ペレット施用に伴う N_2O 発生の発生制御要因

堆肥ペレット施用に伴う N_2O の多量発生要因解明のため、まず培養試験により土壌水分ならびに発生に関わる脱窒菌と硝化菌の影響を調査した。堆肥ペレットを土壌に混和し異なる土壌水分で培養試験を行い N_2O 発生量を調査したところ、土壌水分が高いほど、培養期間中の N_2O 発生量が大いことを認めた。堆肥ペレットの脱窒菌数は施用前と比べ施用後に $10^4 \sim 10^5$ 倍増加し、乾物あたりで土壌の脱窒菌数の $10^3 \sim 10^4$ 倍となった(10^8MPN/g のオーダーへ増加)。堆肥ペレットの硝化菌(アンモニア酸化菌)数は施用前後で約 20 倍増加したことを認めた(10^4MPN/g のオーダー)。以上から、土壌水分が高くより嫌気的な条件で N_2O 発生量が高いことや、施用後に堆肥ペレットの脱窒菌数が急増し、土壌の脱窒菌数と比べ著しく高かったことから、堆肥ペレット施用に伴う N_2O の多量発生は堆肥ペレットにおける脱窒に由来すると考えた。

ついで、 N_2O 発生に影響を及ぼす可能性のある土壌 pH と無機態窒素濃度に着目して試験を行った。pH の影響について、通常の堆肥ペレット(pH8.6)および窒素付加堆肥

ペレット(pH5.3)において酸、アルカリ溶液を添加して pH を段階的に変えて培養試験により N_2O 発生を調査した。アルカリ性～中性条件では培養初期を除き N_2O 発生は低い傾向にあったが、pH は N_2O 発生量へ一定の傾向は認められなかった。

さらに、無機態窒素の影響について、通常堆肥ペレット($\text{NO}_3\text{-N}$ 1.1 g kg^{-1} 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.0 g kg^{-1})に無機態窒素が窒素付加堆肥ペレット($\text{NO}_3\text{-N}$ 18.3 g kg^{-1} 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.4 g kg^{-1})と同等(窒素成分で約 2%)となるよう硝酸カリウムおよび硫酸アンモニウム溶液を堆肥ペレットへ直接添加して、培養試験により N_2O 発生量を調査した。無添加の堆肥ペレットと比べて培養期間中の N_2O 発生量が有意に低減した。特に培養開始直後(1 日後)の発生ピークが低減した。以上から、堆肥ペレットへの無機態窒素添加は、堆肥ペレットからの N_2O 発生を低減させる効果があることを認めた。

3. 堆肥ペレットの施用に伴う N_2O 発生の更なる低減対策

これまでに調査した発生制御要因や既知の知見を参考に N_2O 発生を低下させる処理を検討した。培養試験により、発生低減効果を検証したところ、①窒素成分で尿素を 2% 添加した堆肥ペレット、②窒素成分で石灰窒素を 2% 添加した堆肥ペレット、③成型前の堆肥水分を高めに調整し、成型後乾燥させ、ペレット内の気相を高めた堆肥ペレットが、投入窒素量あたりの発生量で無処理の堆肥ペレットの 50% 以下を示した(無処理の堆肥ペレットの発生量は 12 mg $\text{N}_2\text{O-N/g N}$ 施与量)。

さらに牛ふん堆肥へ比較的高い割合(全重量の 20%)で尿素を混合してペレット化したもの(尿素混合ペレット)、そして尿素に加え石灰窒素(堆肥・尿素混合物重量の 1%)を混合してペレット化したもの(石灰窒素・尿素混合ペレット)を施用して、コマツナを栽培したところ、積算 N_2O 発生量は化学肥料(尿素)とほぼ同等のレベルまで低下した。

4. 堆肥ペレットの作物生産への利用と土壌への施用に伴う N_2O 発生の低減方法

以上の結果から、堆肥ペレットを施用して作物栽培を行う際に発生する N_2O 発生低減方法として、① N_2O 発生が低い堆肥ペレット(窒素付加堆肥ペレット、または、窒素肥料を添加して窒素成分を高めた堆肥ペレット)を利用して作物栽培を行うこと、②施用直後の N_2O 発生ピークが著しく大きい高地温(夏季～初秋)や降雨後等の高土壌水分時の施用を避けることが効果的であると考察した。特に前者については、堆肥に不足している窒素成分を添加することで、肥料成分のアンバランスを解消し、有機質肥料として利用できることなど耕種上のメリットも期待されることを示した。

以上の成果は、堆肥のペレット化における N_2O 排出の増加を改善し施用法上の注意点を明らかにしたことで、堆肥ペレットが持つハンドリングの良さを活かした有機性廃棄物の循環利用が期待され、環境保全型農業の推進に貢献するものとして高く評価される。

よって審査員一同は、山根剛が博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。