

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：21401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25850042

研究課題名(和文) 重窒素トレーサー法を用いた田畑輪換体系における有機物由来窒素動態の定量的評価

研究課題名(英文) Quantitative evaluation of dynamics of nitrogen derived from organic materials applied to the paddy-upland rotation system by the ¹⁵N tracer method

研究代表者

高階 史章 (Takakai, Fumiaki)

秋田県立大学・生物資源科学部・助教

研究者番号：30451420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水稻とダイズを1年交互に作付けする田畑輪換体系における有機質資材由来窒素の動態(作物吸収及び土壌残存)を、重窒素トレーサー法により複数年にわたり評価した。1作目(イネ及びダイズ)に施用した有機質資材(緑肥ヘアリーベッチ及び牛ふん堆肥)由来窒素は、5年間作物に継続的に利用され(施用窒素量の各38～45%、10～12%)、5年後も土壌中に一部が残存していた(各35%、60%)。ダイズに比べイネでは、資材由来可給態窒素の吸収率が高く、過去に施用した資材由来の窒素吸収量が多いため、イネ作付時には有機質資材の施用歴を考慮に入れた肥培管理が必要となることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, the fate of nitrogen (N) derived from organic materials applied to paddy fields under paddy-upland rotation (plant uptake or remaining in soil) were evaluated for a long term by the ¹⁵N-tracer method. The N derived from organic materials (hairy vetch [green manure] and cattle manure compost) applied to the rice paddy and upland soybean fields in the first year had been continuously utilized for five years (38-45% and 10-12% of applied N, respectively), and were partly remained in the soil after five years of application (35% and 60% of applied N, respectively). Compared to the soybean cultivation, uptake rates of available N derived from materials in the soil and the amounts of uptake N derived from preceding applied organic materials were higher in the rice cultivation. Consequently, fertility management taking history of organic matter application into consideration is required for the timing of rice cultivation.

研究分野：土壌肥料学、環境農学

キーワード：田畑輪換 窒素動態 土壌窒素肥沃度 重窒素 水稻 ダイズ

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、北日本において水稲とダイズを交互に作付けする田畑輪換圃場での土壤窒素肥沃度の低下とそれに伴うダイズ収量の低下が指摘されている(住田ら 2005)。申請者らの研究でも、転換畑でのダイズ栽培に伴う年間 10 g-N/m² の窒素損失が定量的に示され(Takakai ら 2010)、田畑輪換圃場の土壤窒素肥沃度保全のために堆肥や緑肥等有機物の積極的な施用が求められている。

(2) 一般的に、土壤に施用して1年以内に肥効の無くなる化学肥料由来窒素と異なり、有機物由来の窒素は一部が土壤に残存して翌年以降も肥効が続くことが知られており、その動態を評価するには複数年の追跡試験が必要となる。例えば、Nishida ら(2008)は寒冷地の連作水田に重窒素(¹⁵N)で標識した牛糞堆肥を施用し、牛糞堆肥由来窒素は施用後3年にわたり毎年2~3%ずつ継続的に水稲に吸収される一方、施用3年後の土壤への残存率は70%弱であったと報告している。現在まで、この手法の適用例は水稲連作圃場に限定されており、水稲-ダイズの田畑輪換体系における堆肥などの有機物由来窒素の動態の詳細は明らかにされていない。

(3) また近年、北日本の日本海側の田畑輪換圃場におけるダイズ栽培では、水稲収穫後から翌年のダイズ播種前に生育可能な緑肥として、マメ科牧草ヘアリーベッチ(HV)の導入が進んでいる。HVは共生根粒により大気中の窒素を多量(15 g-N/m²以上)に蓄積し、土壤に鋤込まれる。堆肥と異なりC/N比が10前後と低いHV由来窒素は、鋤込み後速やかに無機化され土壤中に放出されるが、その詳細な動態は明らかにされていない。

2. 研究の目的

田畑輪換体系における有機質資材由来窒素の動態を長期的かつ定量的に解明することを目的とし、土壤・資材・作物の違いが窒素動態に及ぼす影響を、重窒素(以下、¹⁵N)トレーサー法を用いて複数年にわたり検証した。

3. 研究の方法

(1) 供試圃場・土壌：秋田県立大学生物資源科学部附属フィールド教育研究センター(土壤タイプ：グライ土)および東北農業研究センター大仙研究拠点(灰色低地土)で行った。

(2) 供試作物：イネ(*Oryza sativa*、品種：あきたこまち)、ダイズ(*Glycine max* [L.] Merr.)、品種：リュウホウ)

(3) 供試資材：緑肥植物ヘアリーベッチ(HV)、牛ふん堆肥(堆肥)、対照として一般的な化学肥料である硫酸アンモニウム(硫安)を用いた。資材の施用量は現場での施用状況を踏まえ、HV、堆肥、硫安でそれぞれ6、20、6 g-N/m²(イネ) 15、20、2 g-N/m²(ダイズ)とした。追肥は実施していない。

(4) 栽培方法：1年交互の田畑輪換体系を想定した。1年目のイネ及びダイズ作付時に¹⁵N

標識資材(HV、堆肥、硫安)を土壤に混和し、不織布で底をつけた塩ビ製の枠(30 cm x 17 cm x 25 cm)に充填して、水田及び畑に埋設した。イネ及びダイズを枠あたり1株で栽培し、イネは成熟期、ダイズは黄化期直前に作物体地上部と枠内土壤の一部を採取した。栽培後の土壤は枠に戻し、翌年の栽培まで寒冷紗をかけ屋外に保管した。2~5年目は、1年目と同量の無標識資材を施用して栽培し、試料(作物・土壤)を採取した。

(5) 調査項目：

資材由来窒素の動態：作物体及び土壤の全窒素、¹⁵N含量を測定し、1年目に施用した資材由来窒素の作物吸収量・土壤残存量を求めた。未回収量(主に溶脱・脱窒による圃場から系外への流出)は、¹⁵N標識資材の窒素施用量から作物吸収量と土壤残存量を差し引いて算出し、それぞれを窒素施用量で除し、分配率(作物吸収率、土壤残存率、未回収率)を算出した。

資材由来の可給態窒素：各年の作付後の風乾細土を30~4週間で湛水培養し、可給態窒素量を測定した。さらに抽出液中の¹⁵N含量より、資材由来の可給態窒素量を算出した。

4. 研究成果

(1) 施用初年目の資材由来窒素の動態

水田作における動態：資材由来窒素の植物体吸収量はいずれの資材でも、灰色低地土よりグライ土で多かった。グライ土では灰色低地土よりイネの生育が旺盛となり、資材由来窒素を多く吸収したと考えられた。灰色低地土で土壤残存量はいずれの資材ともグライ土より多かった。グライ土の未回収量は堆肥区のみ灰色低地土より有意に多くなり、他の資材ではほぼ同等であった(図1)。分解が速いHVは湛水状態の水田では硝化の影響をあまり受けず、未回収量は土壤タイプで差がみられなかったと考えられた。一方、堆肥区のグライ土で未回収量が多かった理由としては、グライ土では灰色低地土より有機物の分解が速い可能性があり、無機化された窒素が落水後の酸化的な条件で硝化を受け、溶脱・脱窒が進んだためと推察された。

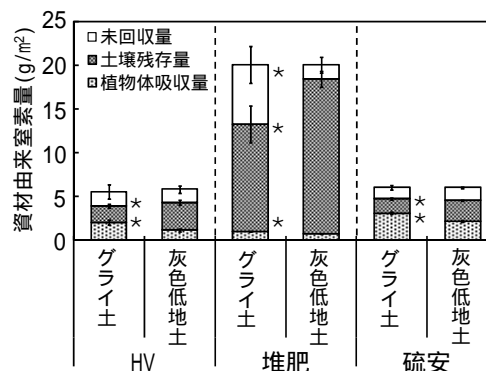


図1 水田作における資材由来窒素の動態 (施用初年目)

畑作における動態：資材由来窒素の植物体吸収量は HV 区と堆肥区において灰色低地土よりグライ土で有意に多くなった。また、資材由来窒素の土壌残存量は HV 区と硫安区で灰色低地土、堆肥区でグライ土が多かった(図2)。硫安及び分解の速い HV は、灰色低地土に比べて硝化速度の速いグライ土で溶脱などにより未回収量が増加したものと推察された。一方、堆肥の未回収量は土壌タイプで有意差がなく、硝化速度の違いによる影響はみられなかった。

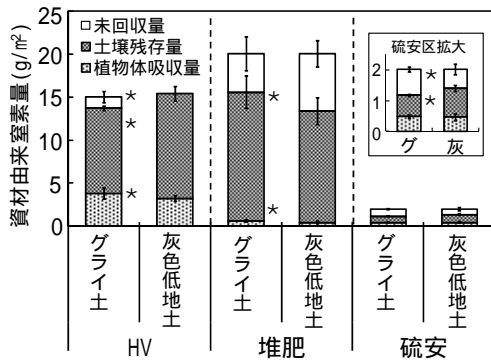


図2 畑作における資材由来窒素の動態 (施用初年目)

以降の結果は、土壌間で大きな差が見られなかったため、灰色低地土の結果のみ示した。

(2) 5年間の資材由来窒素の動態：イネ作付時(イネ始め)に施用した有機質資材由来窒素の1年目作物吸収率は、硫安>HV>堆肥の順で有意に高く、ダイズ作付時(ダイズ始め)施用では硫安及びHVが同等で、堆肥は有意に低かった。5年後の土壌残存量は、イネ、ダイズともにHV(35%)に比べ堆肥(60%)で有意に高かった(図3)。有機質資材の分解速度はC/N比により異なるとされ、C/N比が低く分解が速いHVは作物に吸収されやすい一方、C/N比が高い堆肥は分解が遅いため作物に吸収されにくく、土壌に多く残存したと推測された。

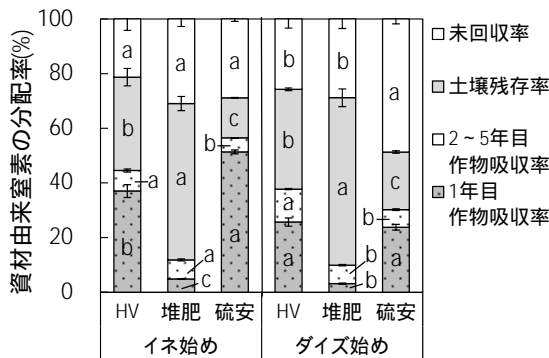


図3 資材由来窒素の分配率(5年後)

エラーバーは標準誤差
異なる英文字は同一作物の資材間で5%の有意差あり(Tukey test)

(3) 土壌可給態窒素と吸収量の関係：イネ、ダイズともに、作付後土壌の資材由来の可給態窒素量と翌年作物の資材由来窒素吸収量には有意な相関が見られた(図4)。イネの回帰直線の傾きはダイズに比べ有意に大きく、資材由来窒素の吸収率が高いと考えられた。

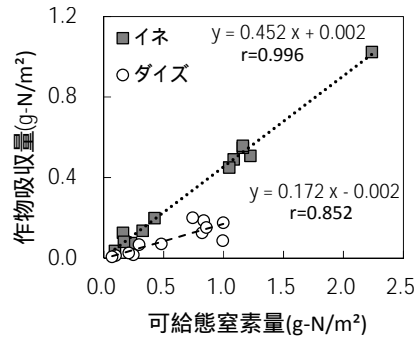


図4 作付後土壌の資材由来可給態窒素量と翌年作物の資材由来窒素吸収量の関係
全ての年次、資材タイプの値を示している
イネ・ダイズともに1%水準で有意な相関あり
2つの近似曲線の傾きに1%水準で有意差あり

(4) 連用効果の評価：前年までに施用した資材由来窒素がどの程度作物に利用されているか(連用効果)を評価するために、資材連用5年目の作物における資材由来窒素吸収量を施用年別に見積もった(図5)。累計吸収量はイネにおいてHV>硫安>堆肥の順で有意に多くなり、ダイズではHV>堆肥>硫安の順で有意に多くなった。ダイズに比べイネでは、過去(1~4年前)に施用した資材由来窒素の吸収量がHV、堆肥ともに多く、特に堆肥では施用年ごとに一定量(0.5 g-N/m²)の資材由来窒素を吸収していた。よって、イネでは当年に施用した資材由来窒素に加え、過去に施用した資材由来窒素を利用する一方、ダイズでは当年に施用した資材由来窒素を主に利用することが明らかとなった。以上から、イネ作付時には有機質資材の施用履歴を考慮に入れた肥培管理が必要と考えられた。

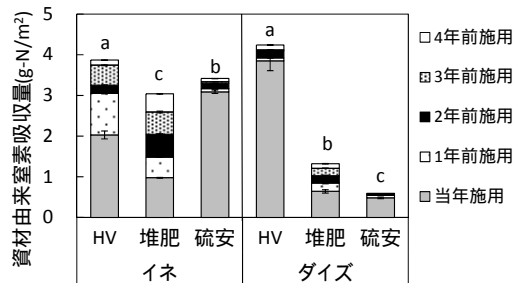


図5 資材連用5年目作物における施用年別の資材由来窒素吸収量の見積もり

試算方法：1~5年目までの同一作物の作物吸収量を合算し、資材連用5年目の作物における資材由来窒素の作物吸収量を推定した。

エラーバーは標準誤差
異なる英文字は累計窒素吸収量において、同一作物の資材間で5%の有意差あり(Tukey test)

<引用文献>

住田 弘一 他、田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化、東北農研研報、103 巻、2005、39 - 52

Takakai F. 他、Effects of preceding compost application on the nitrogen budget in an upland soybean field converted from a rice paddy field on gray lowland soil in Akita, Japan、Soil Science and Plant Nutrition、56 巻、2010、760 - 772

Nishida M. 他、Fate of nitrogen derived from ¹⁵N-labeled cattle manure compost applied to a paddy field in the cool climate region of Japan、Soil Science and Plant Nutrition、54 巻、2008、459 - 466

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

鋸屋 沙季、西田 瑞彦、保田 謙太郎、白土 耕史、金田 吉弘、佐藤 孝、高階 史章、排水不良転換畑における緑肥植物と籾殻補助暗渠による大豆・エダマメ多収技術 - (5)ダイズ作付時に施用したヘアリーベッチの当該年及び次年のイネ作での窒素動態 -、日本土壌肥料学会、2014 年 9 月 9 日、東京農工大学(東京・小金井)

鋸屋 沙季、西田 瑞彦、保田 謙太郎、金田 吉弘、佐藤 孝、高階 史章、寒冷地の田畑輪換体系における有機質資材由来窒素の動態 (第2報) 作付体系別の2年間の窒素動態、日本土壌肥料学会東北支部大会、2014 年 7 月 7 日、東北大学(宮城・仙台)

鋸屋 沙季、西田 瑞彦、保田 謙太郎、佐藤 孝、金田 吉弘、高階 史章、寒冷地の田畑輪換体系における有機質資材由来窒素の動態 - (第1報)異なる土壌タイプにおける比較 -、日本土壌肥料学会、2013 年 9 月 11 日、名古屋大学(愛知・名古屋)

Ogaya S.、Nishida M.、Yasuda K.、Kaneta Y.、Sato T.、Takakai F.、Fate of nitrogen derived from organic fertilizer applied to paddy and converted upland fields、The 11th International Symposium on Integrated Field Science "Utilization of organic resources and Environmental protection"、2013 年 8 月 1 日、ホテル松島大観荘(宮城・松島)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕無し

6 . 研究組織

(1)研究代表者

高階 史章 (TAKAKAI, Fumiaki)

秋田県立大学・生物資源科学部・助教

研究者番号：30451420