

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660186

研究課題名(和文)土中の窒素動態に対して水分流れにともなう土壤微生物の移動が与える影響

研究課題名(英文) Effects of water transport on distributions of ammonium- and nitrate- nitrogen, and ATP in soil.

研究代表者

武藤 由子 (MUTO, YOSHIKO)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：30422512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：持続的な農業生産には土壌中の窒素動態の理解が不可欠である。そこで、水分流れにともなう土壤微生物の移動量の定量化と土壤微生物の移動が土中の窒素動態に与える影響を明らかにすることを目的とした実験を行った。その結果、水分流れに対するATPとアンモニア態窒素、硝酸態窒素の移動特性が明らかとなった。また、蒸発過程において水分量・ATP量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量の分布の変化とその関係を明らかとした。

研究成果の概要(英文)：Understanding fate and transport of nitrogen in soil is important to consider sustainable agriculture. We set soil columns under steady water flow with various flow rate, and investigated the distributions of water, ammonium- and nitrate- nitrogen, and ATP in the columns. We also performed evaporation experiment, and clarified the relationship between water flow rate and nitrification rate, as well as ATP.

研究分野：農学

キーワード：土壤微生物 窒素動態 水移動

1. 研究開始当初の背景

農業生産にともなう地球環境への負荷要因(窒素・炭素化合物)の発生機構には土壤微生物活動・水分溶質移動・土壤の酸化還元電位(Eh)といった土壤の物理性・化学性・生物性が相互に関連している。持続的に農業生産を行うためには、土壤中での窒素炭素動態について、土壤の諸条件との関連を明らかにする必要がある。これまでの研究により、農地の水分移動が溶質移動や土壤 Eh に作用して窒素炭素動態を変化させることが示されている。我々も、水田土壤を充填した次元カラムを用いた蒸発実験を行い、水分移動に対する土壤 Eh の応答を明らかにした。また、畑地土壤に異なる窒素・炭素濃度の基質を加えた次元カラム通水実験では、土壤 Eh 変化の C/N 比・通水速度・通水の硝酸濃度速度依存性を明らかにした。しかし、窒素炭素動態に直接関わる土壤微生物の分布が、水分溶質移動にともないどのように変化するかを評価した例はない。これは、土壤微生物量測定法の煩雑さのためである。一方、近年ルミノメーターを用いた土壤の簡易 ATP 量測定法が開発された。そこで我々は、この簡易 ATP 量測定法を次元カラム流出実験に応用し、水分流れにともなう土壤微生物の移動の様子を捉えることに成功した。そして、次の段階として増殖・吸脱着・目詰まりなどを考慮して定量的に土壤微生物の移動を評価することと、その窒素炭素動態への影響を調べる必要があると考えるに至った。

2. 研究の目的

そこで本研究では、水分流れにともなう土壤微生物の移動量を定量化し、土中の窒素動態に与える影響を明らかにすることを目的とした。具体的には、(1) 土壤微生物量の経時変化を調べる実験、(2) 土壤の水分量と窒素濃度に応じた土壤微生物の分布状態を調べる実験、(3) 水分溶質流れにともなう土壤微生物の移動量を調べる実験、(4) 蒸発過程での土壤水分量・土壤微生物・アンモニア態窒素・硝酸態窒素の分布の変化を調べる実験を行い、「土壤の水分量と窒素濃度に応じた土壤微生物の分布状態」、「水分流れにともなう土壤微生物の移動量」、「土壤微生物の移動量とアンモニア態窒素・硝酸態窒素動態の関係」、「土壤微生物の分布状態・移動量と土壤電荷特性の関係」を定量的に明らかにするための室内実験を行った。

3. 研究の方法

(1) 土壤微生物量の経時変化を調べる実験

尿素を添加した砂質土と黒ボク土の二種類の土壤試料を用いて、水分量と温度を一定に保った条件下での ATP 量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量の経時変化の測定を行った。

(2) 土壤の水分量と窒素濃度に応じた土壤微生物の分布状態を調べる実験

尿素を添加した砂質土と黒ボク土の二種類の土壤試料を、水分量を一定に保った状態で4日間一定の温度条件下に静置した。その後、遠心分離機(pF3)で抽出される土壤水とそれ以外の部分に分離し、それぞれの ATP 量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量を測定した。

(3) 水分溶質流れにともなう土壤微生物の移動量を調べる実験

円筒容器に砂質土と黒ボク土の二種類の土壤試料を充填し、上端から除菌水を一定フラックスで48時間流入させた(図1)。下端からの流出水を15分間隔で採取し、ATP 量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量を測定した。また、浸透を終えた後の試料の ATP 量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量の分布を測定した。

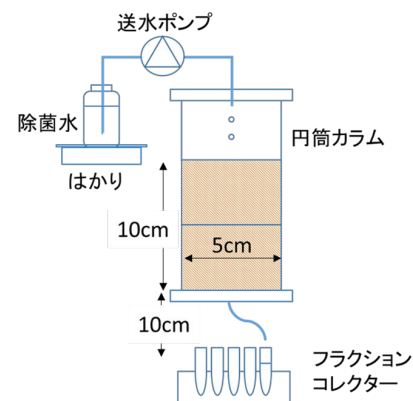


図1 浸透実験の装置図

(4) 蒸発過程での土壤水分量・土壤微生物・アンモニア態窒素・硝酸態窒素の分布の変化を調べる実験

円筒容器に硫酸アンモニウムと水を添加した黒ボク土を充填し、上端を一定フラックスの蒸発条件とした。このときのカラム内の土壤水分量・土壤微生物・アンモニア態窒素・硝酸態窒素の分布の経時変化を測定した。

4. 研究成果

(1) 土壤微生物量の経時変化を調べる実験

ATP 量・アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量の経時変化が測定された。この結果を用いて、硝化による窒素の形態変化を1次反応式で表すことができた(図2)。

(2) 土壤の水分量と窒素濃度に応じた土壤微生物の分布状態を調べる実験

ATP とアンモニア態窒素は吸着態、硝酸態窒素は水溶態として試料中に分布したことがわかった(表1)。

(3) 水分溶質流れにともなう土壤微生物の移動量を調べる実験

実験により、アンモニア態窒素・硝酸態窒素・ATP の流出濃度曲線が得られた(図3)。流出濃度曲線より各々の浸透による流出量を調べたところ、アンモニア態窒素 16%、硝酸態窒素 96%、ATP 10%であった。また、浸透後におけるカラム内のアンモニア態窒素・硝酸態窒素・ATP の分布の変化を調べた(図

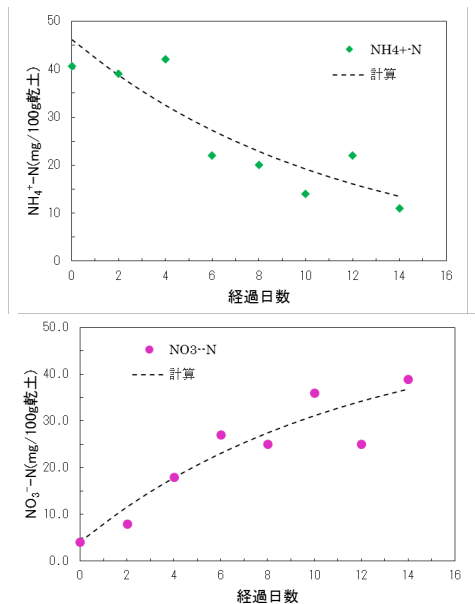


図2 アンモニア態窒素量・硝酸態窒素量の経時変化と1次反応式による計算結果

表1 脱水試料と抽出水中のアンモニア態窒素・硝酸態窒素・ATPの分配の割合(%)

条件	NH ₄ ⁺ -N		NO ₃ ⁻ -N		ATP	
	試料	抽出水	試料	抽出水	試料	抽出水
豊浦砂・水	0	0	0	0	0	0
豊浦砂・尿素	63	37	30	70	0	0
岩大土・水	100	0	55	45	100	0
岩大土・尿素	100	0	76	24	100	0

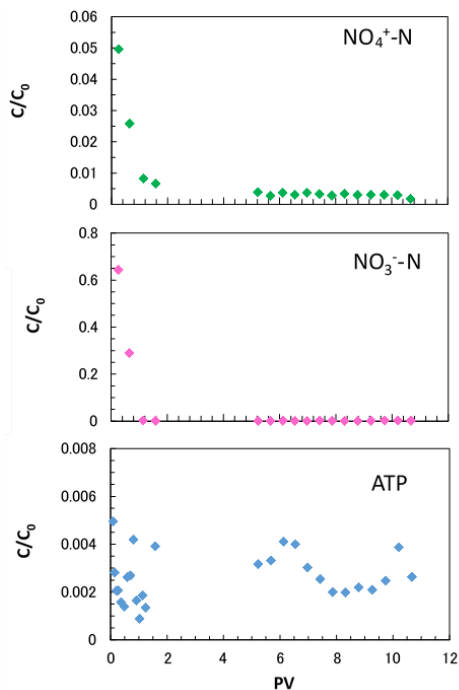


図3 NH₄⁺-N・NO₃⁻-N・ATPの流出濃度曲線

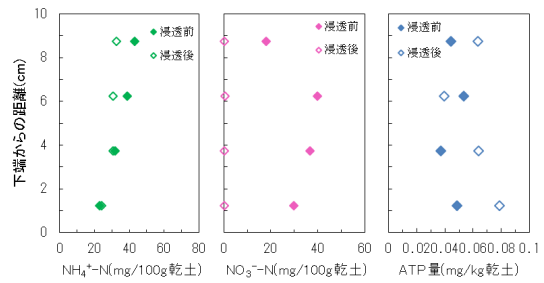


図4 NH₄⁺-N・NO₃⁻-N・ATPの分布

4). アンモニア態窒素の分布は殆ど変化していないが、硝酸態窒素は全てが流出した。以上の結果は、各々の吸着特性によるものと考えられる。また、浸透の前後でアンモニア態窒素と硝酸態窒素の全量に変化がなかったことから、形態変化が起こっていないと考えられる。

(4) 蒸発過程での土壌水分量・土壌微生物・アンモニア態窒素・硝酸態窒素の分布の変化を調べる実験

土壌水分が蒸発に伴って上方に移動しつつ土壌に含まれる全量が減少する過程での、アンモニア態窒素・硝酸態窒素の動態を捉えた(図5)。アンモニア態窒素は硝化により全層で減少した。一方、硝酸態窒素は硝化による増加と水移動による上層への移動が見られた。またATP量は蒸発による土壌水分量の減少にともなって減少した。

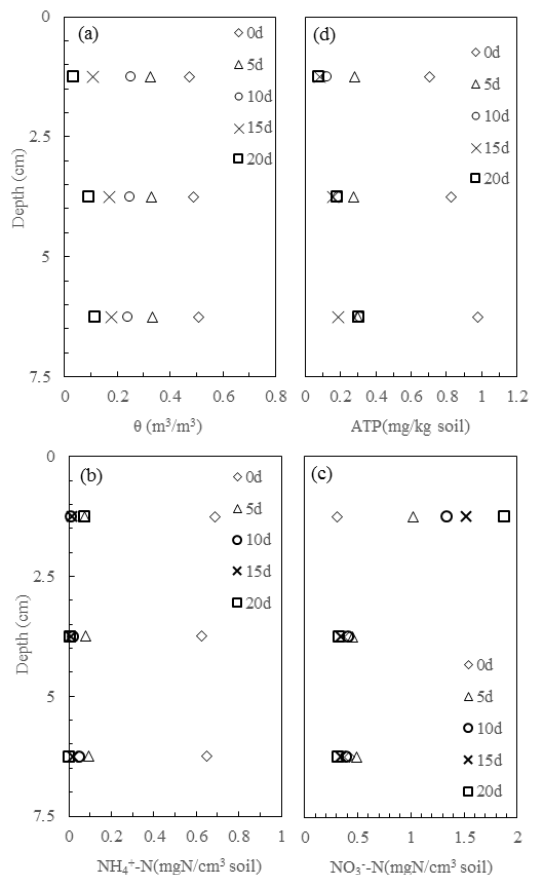


図5 蒸発過程における体積含水率・アンモニア態窒素・硝酸態窒素・ATP量の分布

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5件)

Kunctoro, P. H., Koga, K., Kanayama, M. and Muto, Y., Anisotropy of Transport Properties of a Remolded, Compacted Andisol, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.79, 1267-1274

DOI:10.2136/sssaj2015.01.0015

武藤由子、渡辺晋生、山本清仁、倉島栄一、5TE センサーで測定した土壌水分量の簡易補正と電気伝導率の検証、農業農村工学会論文集、査読有、第296号、2015、1_9-1_17

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsidre/83/2/83_1_9/_pdf

Kunctoro, P. H., Koga, K., Satta, N. and Muto, Y., A study on the effect of compaction on transport properties of soil gas and water II: Soil pore structure indices, Soil Till. Res., 査読有, Vol.143, 2014, 180-187

DOI:10.1016/j.still.2014.01.008

Kunctoro, P. H., Koga, K., Satta, N. and Muto, Y., A study on the effect of compaction on transport properties of soil gas and water I: Relative gas diffusivity, air permeability, and saturated hydraulic conductivity, Soil Till. Res., 査読有, Vol.143, 2014, 172-179

DOI:10.1016/j.still.2014.02.006

武藤由子、加藤希枝、渡辺晋生、蒸発過程にある土中の酸化還元電位の変化、農業農村工学会論文集、査読有、第284号、2013、23-29

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsidre/81/2/81_137/_pdf

[学会発表](計2件)

武藤由子、排水過程にある畑地土壌中の無機態窒素及び土壌微生物の分布、平成27年度農業農村工学会大会講演会、2015.8.3、岡山大学津島キャンパス(岡山県)

武藤由子、窪田有真、渡辺晋生、5TE センサーで土壌水分量と電気伝導率を推定するための簡易的利用法、2014年度土壌物理学学会大会、2014.10.25、宮城大学太白キャンパス(宮城県)

6. 研究組織

(1)研究代表者

武藤 由子 (MUTO Yoshiko)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：30422512

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：