

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23658126

研究課題名(和文)窒素負荷がもたらす森林木本種の窒素利用の変化に伴うコストの定量

研究課題名(英文) Estimation of nitrate use cost by woody plant

研究代表者

徳地 直子 (Tokuchi, Naoko)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：60237071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：窒素負荷が森林生態系の土壌窒素動態にもたらす変化が、植物が吸収する窒素の形態の変化を通して樹木の窒素利用コスト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、森林木本種について異なる形態の窒素代謝における根からのCO₂放出量の定量、異なる形態の窒素条件下における根の形成コストの定量を行い、比較検討した。常緑であるアラカシと落葉のコナラに対して、窒素源の違いによる根呼吸量の測定を行った。経過時間に対する積算呼吸量の総同化量に対する割合は、アラカシでNO₃吸収の場合8%、NH₄吸収で4%、コナラはNO₃吸収で8%、NH₄吸収で4%と、両種ともにNO₃吸収は吸収の2倍をしめた。

研究成果の概要(英文)：Increase of N deposition has changed the major form of available N for plant from ammonium (NH₄⁺) to nitrate (NO₃⁻). There are the complicate processes to use NO₃⁻ comparing with the use of NH₄⁺. It results in higher cost for the plant to use NO₃⁻. To estimate the cost of N use we measured CO₂ flux labeled by ¹⁴C under the different forms of available N. The ratio of CO₂ fluxes to total photosynthesis were 8% for NO₃⁻ use vs 4% for NH₄⁺ use by both of evergreen *Quercus glauca* and deciduous *Quercus ser*. After three months cultivation under each form of available N source the root structures were not significantly different between N forms in both species. These results suggested that the cost of NO₃ use by woody tree species was two times larger than NH₄⁺ use. However, the difference in cost was not significant influences on the root structure.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林圏科学・森林科学

キーワード：窒素利用 窒素負荷 窒素飽和

1. 研究開始当初の背景

植物の窒素源は主に硝酸態 (NO_3^-) とアンモニウム態 (NH_4^+) である。植物がどちらを吸収するかは、植物体の炭水化物の代謝やエネルギー効率に影響する。すなわち、吸収された NH_4^+ は直接アミノ酸に合成されるが、 NO_3^- は同化に先立ち NH_4^+ へ還元される。 NO_3^- から NH_4^+ への還元は、硝酸還元酵素 (Nitrate Reductase; 以下、NR) をはじめとする酵素により触媒され、引き続き NH_4^+ の同化が生じる。これらは植物体で最もエネルギーを必要とする過程で、特に暗条件で呼吸量に大きな差を生じる

(Gavrichkova & Kuzyakov 2010, Plant Soil)。

一方、産業革命以降、大気からの窒素負荷の増加は、窒素制限条件にある森林土壌の窒素状態を大きく変化させている (ex. Aber et al. 1998, Ambio)。すなわち、土壌中の窒素の形態を NH_4^+ から NO_3^- に変化させる。これに伴い、植物が吸収する窒素も NH_4^+ から NO_3^- に変化する。 NH_4^+ は粘土表面に吸着し、植物はその獲得のために探索型の根を必要とする。しかし、 NO_3^- は移動性が高く探索型の根は必要とされない。従って、土壌の窒素動態の変化は植物体内の窒素代謝を通じて炭素配分にも影響し、根の形成から呼吸へ炭素配分の変化が生じると考えられる。

申請者は、これまで森林生態系における土壌の窒素動態 (Tokuchi et al. 1999, J For Res; 2001, Eco Res; 2004, Hydro Proc)、大気からの窒素負荷が森林生態系の窒素動態に与える影響 (徳地ら 2010; 日生誌; 査読中)、ならびに植物の NR の季節変動や樹種による違い (Koyama et al. 2008, Tree Physiol; Ueda et al. 2009, Tree Physiol; Ueda et al. 2010, J For Res) について考察しており、窒素負荷がもたらす植物の窒素代謝の変化における炭素配分の研究がなされていないことに大きな問題意識をもつに至った。

2. 研究の目的

本研究では、窒素負荷が森林生態系の土壌窒素動態にもたらす変化が、植物が吸収する窒素の形態の変化を通して樹木の窒素利用コストに与える影響を明らかにすることを目的とする。すなわち、植物に吸収された窒素の形態による窒素利用に関わる炭素量を明らかにする。具体的には、森林木本種について異なる形態の窒素代謝における根からの CO_2 放出量の定量異なる形態の窒素条件下における根の形成コストの定量を行い、比較検討する。

3. 研究の方法

植物の窒素利用に関わる炭素代謝を明らかにするため、植物体に ^{15}N でラベルした形態の異なる無機態窒素を吸収させ、その後 ^{14}C パルス標識法を用いて苗に ^{14}C を同化させ、形態の異なる無機態窒素代謝に伴う $^{14}\text{CO}_2$ 放出速度を測定した。測定が終了した苗は、解体し、根の形態の観察・スキャナーによる情報の取り込み・サンプリングを行い、その炭素コストを算出した。

苗の育成および測定の準備

京都大学フィールド科学教育研究センター北白川試験地苗畑に、同じ母樹から採取された種子から発芽した苗木を育成した。対象とする樹種は自然分布に従い、また生活形の異なる落葉樹種であるミズナラと常緑樹種であるアラカシとした。苗木は 20cm 程度のものを用い、1 鉢 (500cc) に 1 本ずつ栽培した。

繰り返し数を 12 とし、また、土壌呼吸量のみ値を求めるために苗木を植えない鉢 (12 鉢) も設けた。後半の温度条件のための実験用の苗も栽培を開始した。

これらの (鉢 + 苗) がはいる密閉可能な容器を 3 つ準備した。この容器には 2 か所にチューブが付けられる口を設け、空気を循環させ CO_2 アナライザーで呼吸量の測定ができるように設計した。

測定

密閉チャンパー内に苗を鉢ごと入れた（図1）。

^{15}N でラベルした $^{15}\text{NH}_4^+$ あるいは $^{15}\text{NO}_3^-$ の施肥および無施肥を行う。

3時間後、 ^{14}C パルス標識法を用いて苗に ^{14}C を同化させ、根から放出される $^{14}\text{CO}_2$ をアルカリトラップ法で捕集した。

採取した $^{14}\text{CO}_2$ はシンチレーションカウンタを注入して発光させ、シンチレーターで測定した。

^{14}C パルスの測定後、根を回収し、 ^{14}C を測定する。根の定量ならびに形態の観察を行った。

また、異なる窒素形態で生育させた場合の窒素利用酵素（硝酸還元酵素活性）についても測定を行った。

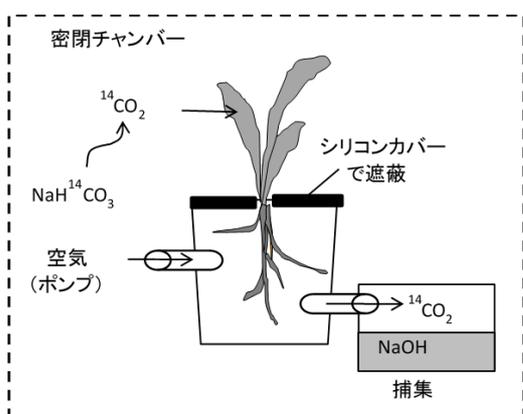


図1 実験に用いたチャンパー

4. 研究成果

1時間あたりの根乾重あたり吸収量あたりの根呼吸放出量（% assimilated CO_2 /hour/g）は、それぞれ、アラカシで NO_3^- 吸収で0.055、 NH_4^+ 吸収で0.035、コナラは NO_3^- 吸収で0.03、 NH_4^+ 吸収で0.02であった。

また、経過時間に対する積算呼吸量の総同化量に対する割合は、アラカシで NO_3^- 吸収の場合8%、 NH_4^+ 吸収で4%、コナラは NO_3^- 吸収で8%、 NH_4^+ 吸収で4%と、両種ともに NO_3^-

吸収は NH_4^+ 吸収の2倍をしめた（図2）。

根の形態ならびにバイオマスに両窒素形態間で有意な違いはみられなかった。

硝酸還元酵素活性は、どちらの種においても硝酸を利用した場合にアンモニウムを利用した場合より有意に高かった。

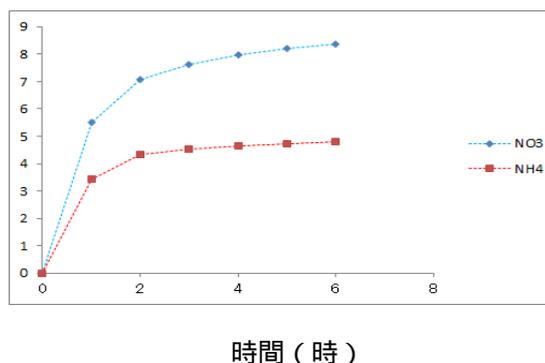


図2 アラカシにおける根呼吸放出量（% assimilated CO_2 /hour/g）の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

日高, 涉; 徳地, 直子; 藤井, 一至; 小山, 里奈; 長田, 典之; 藤巻, 玲路: 木本植物の硝酸還元に伴う根呼吸の定量、 $^{14}\text{CO}_2$ パルスラベリングを用いて。第59回日本生態学会大津大会・第5回 EAFES(東アジア生態学会連合)・2012.3.19・滋賀県、大津

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

徳地 直子 (TOKUCHI, Naoko) 京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授
研究者番号: 60237071

(2)研究分担者

長田 典之 (OSADA, Noriyuki) 北海道大学・北方圏フィールド科学教育研究センター・特任助教

研究者番号: 80400307

(3) 研究分担者

小山 里奈 (KOYAMA, Lina) 京都大学・情報
学研究科・准教授

研究者番号：50378832

(4) 研究分担者

藤巻 玲路 (FUJIMAKI, Reiji) 島根大学・
生物資源科学部・助教

研究者番号：90401695