

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	孫 麗娟
論文題目	Study on the mechanisms of rhizosphere priming effects induced by root exudates in a temperate broad-leaved forest (温帯広葉樹林における根滲出物の根圏プライミング効果のメカニズム研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>植物の細根からは有機酸などの有機物が滲出物として放出され、これが土壌有機物の分解を促進し、この過程で植物に利用される無機態窒素の可給性が上昇することが知られている。この効果は根圏プライミング効果と呼ばれる。しかし、森林生態系における根圏プライミング効果の種間差や、根圏プライミング効果のメカニズムは未解明である。本研究では、京都の温帯広葉樹林に優占する高木種を用いて、根滲出物フラックスの決定要因と根圏プライミング効果のメカニズムを検証した。</p> <p>第1章では、植物細根からの滲出物に関する既往研究を整理し、森林樹木に関する研究事例が極めて少ないことを指摘した。また、窒素可給性の低い森林において、樹木細根の滲出物が根圏プライミング効果を引き起こすことで、窒素獲得において適応的役割を持つ可能性があるが、そのメカニズムが未解明であることを指摘した。そこで、樹木細根の滲出物がどのように根圏プライミング効果を引き起こすのか、作業仮説を提案した。</p> <p>第2章では、京都の温帯広葉樹林に優占する高木種4種を用いて、細根滲出物フラックスの決定要因を検証した。野外で生きた状態の細根にシリンジを装着する非侵襲性的の方法を用いて、細根滲出物フラックスを通年に渡り測定し、樹種毎に平均滲出物フラックスとその季節変動を明らかにした。その結果、平均フラックスに有意な樹種間差が認められ、成長期の滲出物フラックスは樹木の窒素要求度と有意に相関していることを明らかにした。</p> <p>第3章では、根圏プライミング効果のメカニズムを解明するため、第2章と同じ樹種を対象にして、細根滲出物と根圏土壌微生物の相互作用を解析した。滲出物フラックスが高い樹種ほど、根圏土壌中の微生物バイオマス、窒素無機化に関わる酵素活性、土壌窒素純無機化速度が大きかった。一方、根圏土壌中の微生物の炭素：窒素比は、滲出物フラックスに依存せず、一定に維持されていた。これらのことから、滲出物中の炭素量が微生物バイオマスの増加に正の影響を与え、増殖した微生物が一定の炭素：窒素比を維持するために、窒素への要求性が高まり、窒素無機化に関わる細胞外酵素の活性を上昇させることで、根圏プライミング効果が生じていることを示した。さらに、リン脂質脂肪酸をバイオマーカーとして用いることで、滲出物の増加に伴い根圏土壌中の土壌微生物が増加する過程において、微生物群集</p>			

の真菌：細菌比は一定に維持されていることも明らかにした。このことから、窒素への要求性が高まる過程には、真菌：細菌比の変化は関わっていないことを示した。

第4章では、前章と同じ樹種について、滲出物中の単糖濃度と主要な有機酸の濃度を決定し、滲出物化学組成に樹種間差があるかどうかを検定した。滲出物中の全炭素濃度に対する単糖、クエン酸、フマル酸、シュウ酸の濃度の割合を使って、主成分分析をしたところ、これらの化学組成には有意な樹種間差が認められなかった。このことから、根圏プライミング効果の大小には、滲出物中の有機物化学組成ではなく、全炭素量が量的に関わっていることを、第3章に加えて、改めて示した。

第5章では、樹木細根の滲出物フラックスと細根呼吸速度および細根形質との関係について解析を行った。これまで、樹木細根の呼吸速度と細根形質との関係については明らかにされているが、滲出物フラックスがどのような形質と関わっているのかは明らかにされていなかった。細根の滲出物フラックスと細根の窒素濃度には有意な正の相関が認められた。また、滲出物フラックスと細根呼吸速度にも有意な正の相関が認められた。炭素ベースで比較すると、細根呼吸速度は常に滲出物フラックスの約8.7～10.5倍大きかった。このことは、滲出物と呼吸の間に炭素投資のバランスが存在することを示していた。

第6章では、以上の結果を総合的に考察し、森林樹木の地上部と地下部が窒素要求性を介在して機能的に連結されていることを提示した。すなわち、地上部の窒素要求性の高い樹種は、より多くの炭素を細根滲出物に投資し、根圏微生物を活性化させることで根圏プライミング効果を引き起こし、より多くの無機態窒素を獲得しているものと考察された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

植物の細根からは有機酸などの有機物が滲出物として放出され、これが土壌有機物の分解を促進し、この過程で植物に利用される無機態窒素の可給性が上昇することが知られていた。この効果は根圏プライミング効果と呼ばれるが、森林生態系における根圏プライミング効果の種間差や、根圏プライミング効果のメカニズムは未解明であった。本研究は、京都の温帯広葉樹林に優占する高木種を用いて、根滲出物フラックスの決定要因と根圏プライミング効果のメカニズムを検証したものである。本研究の評価できる点は、以下の通りである。

1. 野外で生きた状態の細根にシリンジを装着する非侵襲性的の方法を用いて、根滲出物フラックスを測定し、成長期の滲出物フラックスが樹木の窒素要求度と関係していることを初めて示した。

2. 樹木細根滲出物中の炭素量が根圏における微生物バイオマスの増加に正の影響を与え、増殖した微生物が一定の炭素：窒素比を維持するために根圏プライミング効果が生じている可能性を初めて示した。

3. 樹木細根の滲出物フラックスと細根呼吸速度および細根形質との関係を明らかにし、滲出物と呼吸の間に炭素投資のバランスが存在することを初めて示した。

4. 森林樹木の地上部と地下部が窒素要求性を介在して機能的に連結されていることを提示した。すなわち、地上部の窒素要求性の高い樹種は、より多くの炭素を細根滲出物に投資し、根圏微生物を活性化させることで根圏プライミング効果を引き起こし、より多くの無機態窒素を獲得していることを指摘した。

以上のように、本論文は、森林樹木の細根滲出物の決定要因と根圏プライミング効果のメカニズムを解明したものであり、森林生態学、生態系生態学、樹木生理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年2月9日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)