

氏名	平野 侑
学位 (専攻分野の名称)	博士 (農学)
学位記番号	甲 第910号
学位授与の日付	令和6年3月20日
学位論文題目	Interspecific differences in phosphorus use and acquisition strategies of trees in Bornean lowland tropical rainforests
論文審査委員	主査 教授・博士 (農学) 上原 巖 教授・博士 (農学) 山崎 晃司 准教授・博士 (農学) 田中 恵 准教授・博士 (林学) 今井 伸夫 博士 (農学) 青柳 亮太*

論文内容の要旨

熱帯林では激しい土壌風化により土壌中のリン (P) が少ないため、P が欠乏状態にあると言われている。しかし、それにもかかわらず、熱帯低地林では樹高 50–60 m に達する巨大なバイオマスが維持されている。P 欠乏下の熱帯樹木は、葉の窒素 (N) 及び P 再吸収効率を高めたり、有機酸などの根滲出物や土壌有機態 (土壌 Po) 分解酵素 (ホスファターゼ) を介した P 獲得能を高めたりすることで、その生産性を維持している可能性が考えられる。一方、このような栄養塩利用・獲得特性は遷移段階や菌根菌タイプが異なる機能群間で異なることも予想される。

そこで第 1 章では、P 利用・獲得戦略に関するこれまでの知見をまとめるとともに、熱帯林における野外施肥実験をレビューした。その結果、既存の野外施肥実験サイトが AM 種優占の新熱帯域に偏って分布していること、熱帯樹木の根形質を種レベルで検証した研究がほとんどないことにより、遷移段階や菌根菌タイプが異なる機能群間における P 利用・獲得戦略の差異について検証できていないことが分かった。そこで、マレーシア・ボルネオ島の野外施肥実験区 (対照, P 施肥, N 施肥, NP 施肥) において、極相—ECM 種, 極相—AM 種, パイオニア—AM 種それぞれ 2,3 種ずつを対象に NP 施肥に対する葉・根形質の応答を調べることで、P 利用・獲得戦略の機能群間の差異を検証した。

第 2 章では、葉の栄養塩濃度などを含めた葉形質と葉の被食率との関係性を検証した。葉

の被食は、森林生態系における物質循環、腐食連鎖系から生食連鎖系への資源量変化を理解するうえで重要であるが、その規定要因はよく分かっていない。そこで、環境勾配に沿った生態特性の検証に適したマングローブ林において、葉の形質と被食率の関係を調べた。その結果、葉の縮合型タンニンは変動する葉の被食率を緩やかに規定し、生食連鎖系を駆動する要因の1つとなっていると考えられた。

第3章では、ボルネオ熱帯低地林において、NP施肥に対する熱帯樹木の葉におけるN・P再吸収効率の応答を検証した。その結果、ECM種は、極相・AM種とは異なりP施肥によりP再吸収効率が低下したことから、P欠乏下で葉のP再吸収率を高く維持していることが示唆された。また、パイオニア種は、極相種よりもN再吸収効率が高く、Nを効率的に利用している可能性が考えられる。

第4章では、NP施肥に対する熱帯樹木の細根ホスファターゼ活性の応答を検証した。機能群ごとに3種類の細根ホスファターゼ活性(PME; PDE; PhT)を測定することで、分解特性の異なる土壌Po資源(モノエステル態、ジエステル態、フィチン酸など)の獲得戦略を検証した。その結果、極相種はパイオニア種と異なり、P施肥によりPhT・PDE活性も減少した。極相種はホスファターゼを介し、より難分解な土壌Po(フィチン酸やジエステル態P)を獲得していると考えられる。

第5章では、NP施肥に対する熱帯樹木の根滲出物速度の応答を検証した。対象樹木の根系にガラスフィルタートラップを設置し培養することで、根滲出物速度を定量した。その結果、機能群に関わらず、原生林の優占種は他種に比べて根滲出物速度が高いことが示唆された。特に極相・AM種の一部の種は、根滲出物速度を高めることでN・P獲得を行っている可能性が示唆された。

第6章では、機能群特異的なP利用・獲得戦略について議論した。P利用・獲得特性の全体的なP施肥応答を検証するため、機能群ごとにP利用特性(N・P再吸収効率)および獲得特性(ホスファターゼ、根滲出物)を全て含めてPCA解析を行った。このPCA解析と各章の結果から、極相—ECM種は主に葉におけるP再吸収効率を、極相—AM種は主に

難分解な土壌 Po 獲得能を、それぞれ高めることで、その生産性を維持していると考えられる。加えて、原生林で特に優占する極相種は、菌根菌タイプに関わらず高い根滲出物速度を維持していると考えられる。また、パイオニア-AM種は、材成長に必要な N を葉の N 利用効率を高めて節約的に利用することで、その高い生産性を維持していると考えられる。このような栄養塩の利用・獲得戦略の機能群間の違いは、熱帯林における P 制限メカニズムやバイオマス維持・多種共存機構の理解を促進するものである。

審査報告概要

熱帯林では激しい土壌風化によりリン P が欠乏状態にある。しかし、それにもかかわらず、熱帯低地林では樹高 50-60 m に達する巨大なバイオマスが維持されている。P 欠乏下の熱帯樹木は、葉の P 再吸収効率を高めたり、有機酸などの根滲出物や土壌有機態の分解酵素（ホスファターゼ）を介した P 獲得能を高めたりすることで、その生産性を維持している可能性がある。こうした適応は、遷移段階や菌根菌タイプが異なる機能群間で異なることも予想される。また、このような養分制限のメカニズムは、野外施肥実験により明確に検証できることが知られている。しかし、異なる機能群間での P 利用・獲得戦略の違いを検証した事例はこれまでなかった。そこで、本研究では、ボルネオ島の野外施肥実験区において、世界で初めて P 利用・獲得戦略の機能群間の差異を明らかにした。これは、熱帯林の P 制限メカニズムや多種共存機構の理解に資する研究である。本研究の成果を詳細に検討した結果、審査委員一同は博士（農学）の学位を授与する価値があると判断した。