

論文の内容の要旨

森林科学専攻

平成 8 年度博士課程進学

氏名 山ノ下 卓

指導教官名 八木久義

論文題目 *Melaleuca cajuputi* の熱帯泥炭湿地環境への適応機構

Melaleuca cajuputi Powell はフトモモ科に属する常緑の有用樹で、北オーストラリアからアジアの熱帯および亜熱帯の広い地域に分布しており、タイ南部の荒廃した泥炭湿地では純林が見られる。この泥炭湿地は、土壌の酸性や貧栄養、湛水、人為的な火事などによって、植物の生育に極めて不適な環境になっているが、*M. cajuputi* はそのような不良環境条件に適応できる樹種と考えられる。さらに、湿地での生産力が高いことから、*M. cajuputi* は泥炭湿地における生物生産に最も適した樹種と考えられる。本研究は、泥炭湿地における *M. cajuputi* 林の持続的な利用に資する知見を得るために、荒廃した泥炭湿地の環境条件の中で、最も植物の生存や成長に影響を及ぼすと考えられる火事と湛水への *M. cajuputi* の適応機構を明らかにすることを目的として、更新と成長について現地調査を行い、火事と湛水への適応能力を実験により評価した。

[火事への適応]

M. cajuputi の更新機会について、現地での観察を行った。火事などの大きな攪乱のない *M. cajuputi* 林の林床で 2 年間にわたって実生の発生を調べたところ、*M. cajuputi* の実生はほとんど発生しないことがわかった。一方、攪乱がないときの種子散布の有無を現地での *M. cajuputi* の成木のフェノロジー、特に種子散布の観点から観察したところ、年 2 回以上開花する枝がみられ、さらに、ほとんどのさく果が成熟してからも種子を含んだまま樹上に 19 ヶ月間以上着いていた。これらの観察結果から、*M. cajuputi*

は樹上に種子を多量に蓄えており、攪乱がないと地上に散布される種子量はわずかであることが示唆された。泥炭湿地での火事後の更新を考えた場合、火事中は泥炭が燃焼しているので、*M. cajuputi* は樹上にシードバンクを形成することで、火事後の出現を栄養繁殖に依存する種や表層土壌にシードバンクを形成する種より、更新に成功する確率が高くなると考えられる。

泥炭湿地で最も大きな攪乱であると考えられる火事が *M. cajuputi* の種子散布に与える影響を調べるために、火事跡地に残存した *M. cajuputi* の成木について、樹上のさく果の状態を観察した。枯れた枝のさく果はほとんど種子囊が開いて種子が散布されていたのに対し、緑色の葉を着けていた枝では種子囊が開いていないさく果が多かった。このことから、火事の高温や燃焼もしくは火事後の枝の枯死によって樹上のさく果の種子囊が開いた可能性があり、火事が直接的もしくは間接的に引き金となって *M. cajuputi* の種子が樹上から散布されることが考えられる。

実験室内で *M. cajuputi* の種子の発芽特性を湿地内外に分布する *Melastoma malabathricum* Linn. と *Fagraea fragrans* Roxb. と比較し、さらに *M. cajuputi* の種子の高温耐性について評価した。火が入った湿地に生育する *M. cajuputi* は他の火事頻発地域に生育する植物と比べても高い高温耐性を持ち、林内のギャップ内や林縁に生育する *M. malabathricum* は暗黒下と遠赤色光下での顕著な発芽抑制がみられ、湛水や火事が起こらない砂地に生育する *F. fragrans* は乾燥耐性が高く、高温耐性が低かった。これらの 3 樹種の発芽特性はそれぞれの主な生育環境における発芽更新に適応していると考えられる。

次に、さく果による種子の保護効果を調べた。さく果を 10 分間以上高温にさらすと、種子を直接高温に同じ時間さらしたときに比べて種子の発芽率は低くなった。しかし、炎に種子とさく果をそれぞれ 10 秒間さらすと、種子は燃えたが、さく果は燃えなかった。種子はさく果によって 10 分間以上の高温から保護されることはないが、短時間炎にさらされる際の燃焼からは保護されることが考えられる。種子が樹上に蓄えられていることと種子の高い高温耐性に加え、さく果によって炎から保護されることで、火事中に *M. cajuputi* の種子が比較的発芽能を維持している可能性が高いと考えられる。

さく果の種子囊はデシケーターで乾燥させると開くことと、高温にさらしたさく果のうち、種子囊が開かずにいたものは開いたものより含水率が高かったこと、炎に 10 秒間さらしてもさく果の種子囊が開かなかったことから、さく果の種子囊は熱ではなく、乾燥によって開くことが示唆された。種子は火事中には放出されず、火後に枝の枯死に伴って放出されることが考えられる。火事と種子散布に時間差があることは、炎に直接種子がさらされないという利点がある。

[湛水への適応]

泥炭湿地上の 3 ヶ所の水位が異なる試験地で、純林を形成している *M. cajuputi* 稚樹群を対象にし

て、1年間にわたって樹高成長を測定した。林冠を構成している個体は水位が高い試験地ほど樹高成長が大きく、また、寡雨期よりも、地表が冠水する多雨期に樹高成長が大きかった。このことから、*M. cajuputi* は湛水によって成長が促進されることが示唆された。

泥炭湿地上の別の試験地で、林冠を構成している個体と被陰された個体の枯死率と水ポテンシャルについて調べたところ、林冠を構成している個体には水ポテンシャルにも枯死率にも季節性がなかったのに対し、被陰された個体は湛水期に水ポテンシャルが下がり、枯死率が高くなっていた。このことから、*M. cajuputi* は湛水時に光要求性が高いことが示唆された。

さらに、実験によって、*M. cajuputi* の湛水耐性について評価した。湛水条件や過湿条件下で *M. cajuputi* の樹高成長が大きかったことから、湛水によって樹高成長が促進されることが実験的にも確かめられた。

また、酸素濃度が低い湛水環境下での根の機能の維持機構についても解析した。湛水条件下でも *M. cajuputi* の根は高いエネルギー状態を保っていた。根のアルコール脱水素酵素(E.C. 1.1.1.1)活性とピルビン酸脱炭酸酵素(E.C. 4.1.1.1)活性が上昇したことから、湛水条件下での酸素呼吸の低下によるATP生産の低下をアルコール発酵で補っていることが示唆された。

湛水条件下で長期間生育するためには根の生理的な適応だけではなく、通気組織などの形態的な適応も必要となる。湛水条件下で生育した *M. cajuputi* では、樹皮中の通気組織を通して地上部から根端近くまで酸素を供給している様子が、ロイコメチレンブルー溶液の呈色反応によって観察された。このことから、*M. cajuputi* では湛水によって通気組織が発達することにより、最も酸素の不足する根端付近でも酸素呼吸ができるようになると考えられる。アルコール発酵系の増大と、通気組織の発達で可能となる酸素呼吸によって、*M. cajuputi* は湛水環境下で根のエネルギー状態を高く保っていると考えられる。被陰個体では、エネルギー源である光合成産物の減少によってアルコール発酵系が低下し、さらに、日照によって生じる温度差を駆動力とする通気組織中の酸素輸送が低下するために、根のエネルギー状態を維持できず、湛水期に枯死率が高くなったと推測された。

湛水環境下で発達する不定根の機能についても評価を試みたが、湛水期間中に不定根を切除しても地上部の水ポテンシャルが落ちなかった。このことから、地中根の水分吸収能は維持されており、水分吸収への不定根の寄与は少ないと考えられる。湛水環境に対し、水面近くに発達させた不定根によって地中根の機能低下を補うという適応反応が他樹種で知られているが、泥炭湿地に適応した *M. cajuputi* では湛水環境下で地中根の機能を維持させ、泥炭湿地の軟らかい土壌で樹体を支えられるだけの根を地中に張っていると考えられる。

火事によって *M. cajuputi* は更新が促進され、また、泥炭湿地の火事による裸地化と泥炭の焼失による相対的水位の上昇が *M. cajuputi* の稚樹の成長にとって好適な条件となることから、泥炭湿地に生育する *M. cajuputi* の生活史に火事が重要な役割を担っていると考えられる。また、他の多くの植物には致命的なストレスとなる火事と湛水が、それぞれ *M. cajuputi* の更新と成長に好適な条件であることにより、結果として熱帯泥炭湿地に純林が形成されると考えられる。

本研究により、泥炭湿地上での *M. cajuputi* 林の持続的な利用にあたって、火事に代わる更新のための皆伐や植栽の必要性、また、成長に対する水位を高く保つことの重要性などが指摘できた。本研究で得られた *M. cajuputi* の泥炭湿地環境に対する適応能力に関する知見は、実際の泥炭湿地における現象に即しており、熱帯泥炭湿地での *M. cajuputi* の造林や森林管理に応用することが十分可能である。本研究で得られた知見を用いることによって *M. cajuputi* 林の持続的利用が可能になり、現在放棄状態に置かれている熱帯地域の泥炭湿地での持続的生物生産が可能になると思われる。