

氏 名	ない とう よう こ 内 藤 洋 子
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1688 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Reproductive ecology and early demography of two dipterocarp species in a lowland tropical rainforest of Peninsular Malaysia (マレーシア半島部低地熱帯雨林におけるフタバガキ科二種の繁殖生態および初期デモグラフィーに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 太 田 誠 一 教 授 井 鷲 裕 司 教 授 大 澤 晃

論 文 内 容 の 要 旨

フタバガキ科樹木は東南アジアの森林を構成する主要な林冠種であり、木材として高い経済的価値を持つため天然林における択伐の対象となってきた。フタバガキ科の多くの樹種が絶滅の危機に瀕している今日、その生物学的特性に基づいた森林管理が求められているが、個体群存続の基盤となる繁殖および初期更新過程に関する知見は未だ極めて限られている。本論文は、マレーシア半島部低地熱帯雨林における代表的林冠構成種であるフタバガキ科二種 (*Shorea acuminata* と *Neobalanocarpus heimii*) を対象に、成木集団における繁殖挙動と交配プロセス、開花から種子生産に至る過程のデモグラフィーを解明し、開花直後から種子が成熟し散布された後、実生を形成するまでの繁殖および初期更新過程の成否を左右する生態学的ならびに遺伝学的要因について論じたものである。論文は4つのトピックを扱っている。

1) 個体サイズは植物の繁殖頻度や繁殖量に関わる重要な要因であることが一般に知られる。本論文では母樹の個体サイズが繁殖量および繁殖投資パターンに与える影響を *S. acuminata* の2回の繁殖イベントについて検討した。開花量は胸高直径90cmまでは個体サイズの増加に伴って単調増加し明瞭なサイズ依存性を示したが、結実量は母樹サイズに依存しなかった。この結果から、開花後種子生産に至るまでの間に、散布前種子食害などの、サイズに依存しない外的死亡要因が強く働いた可能性の高いことを指摘した。また、中径木と大径木間で開花・結実量などの繁殖量に明瞭な違いは認められなかったが、中径木が2001年と2002年の2回の繁殖イベントのうち、いずれか一方のイベントへ繁殖投資を集中させたのに対し、大径木は2回の繁殖イベントへ比較的均等に繁殖投資を行っており、中・大径木の間で繁殖投資パターンに明瞭な違いがあることを明らかにした。

2) *S. acuminata* の結実量を規定する要因を検討するため、散布前種子のデモグラフィーを2001年と2002年に連続して起きた二度の繁殖イベント間で比較した結果、結実率は2001年の方が2002年よりも有意に高く、これは種子登熟初期の死亡率(アボーション率)と昆虫による散布前種子食害率が、2001年よりも2002年で有意に高かったことが原因であった。一方、樹上脊椎動物による散布前種子食害率は2002年に比べて2001年で高く、昆虫と脊椎動物による捕食圧が繁殖イベントによって大きく変動することを明らかにした。

3) 一般的に熱帯樹木は、成木が低密度で分布するにもかかわらず高い他殖率を維持していることが知られている。本論文はマイクロサテライトマーカーを用いた種子の父性解析を行い、各対象樹種につき7-8母樹について他殖率を求めた。その結果、母樹の平均他殖率は *S. acuminata* で約60%、*N. heimii* で約87%であり、両種が他殖優勢の交配様式をもつことを明らかにした。加えて、いずれの樹種でも母樹周囲の局所開花個体密度が低くなるほど自殖率が上昇する傾向が認められ、高い他殖率の維持には繁殖木周囲の局所開花個体密度を一定水準以上に保つ必要があることを示した。さらに *S. acuminata* においては、同種個体間の開花フェノロジーの同調性も自殖率や交配パターンを決める要因として重要であることを明らかにした。

4) 一般に他殖性の植物では、自家受粉によって生じた個体においては近交弱勢が現れ、適応的な形質や生残に対し悪影響の出ることが知られる。本論文では *S. acuminata* および *N. heimii* の種子重を自殖および他殖由来の種子間で比較し、他殖由来の種子が自殖由来の種子よりも重いことを明らかにした。また圃場での播種実験の結果、種子重が大きいほど発芽や実形成の成功率が高くなることを明らかにし、種子重の小さい自殖由来の種子は他殖由来種子に比べ初期更新過程の生残に不利であると推論した。さらに *N. heimii* の同齡コホートの追跡調査を行い、自殖個体の割合が実生段階において急激に減少することを見出し、近交弱勢が野外集団においても顕在化していることを明らかにした。

以上のように、*S. acuminata* と *N. heimii* のいずれの種においても、局所開花個体密度の低下が自殖率の上昇を招き、自殖の結果起きる近交弱勢が初期更新の制限要因となり得ることを明らかにした。また、*S. acuminata* の開花量の規定要因としては個体サイズが重要であるのに対し、結実量の規定要因としては登熟初期に起こるアボーションや散布前種子のデモグラフィーがより重要であることを明らかにした。これらの成果に基づき繁殖特性に留意した択伐施業方法の改善が必要であることを論じた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、虫媒のフタバガキ科二種 (*Shorea acuminata* と *Neobalanocarpus heimii*) を対象として、交配プロセスと自家受粉の結果起きる近交弱勢の影響を分子遺伝学的手法で評価し、さらに繁殖のサイズ依存性や散布前種子の死亡要因の詳細な分析を行い、フタバガキ科植物の繁殖様式と繁殖成功に関わる要因について論じたものである。評価出来る点は次の4点にまとめられる。

1) 大型樹木である *S. acuminata* の自然集団について、多数の種子トラップを母樹下に設置し、長期間落下種子の回収分析を続けることで個体レベルでの繁殖量と繁殖成功度を明らかにした。従来、大型樹木の繁殖の研究には観察タワーやウォークウェイ、さらにはクレーンなどを使った研究が実施されてきたが、観察個体数が限定される欠点があった。種子トラップを多数設置し落下種子から繁殖過程を復元することによって個体間比較を可能にした。

2) 多数の種がほぼ同時期に開花結実するという一斉開花現象は、東南アジア熱帯林のとくにフタバガキ科において顕著である。しかし、この現象の進化的な背景を解明するには、個体レベルでの繁殖の成否を開花程度の異なる複数の開花繁殖イベント間で比較することが不可欠である。本論文は、*S. acuminata* の散布前種子のデモグラフィーとそれに関わる主要な死亡要因を二度の繁殖イベントにわたって追跡し、繁殖イベント間での繁殖成功率の違いは、登熟初期の種子死亡率と散布前種子の食害率のイベント間差に依存することを明らかにした。このことは、一斉開花・結実がフタバガキの対ポリネータあるいは対捕食者戦略として進化してきたとする仮説を検証するには、ポリネータや捕食者の効果を、平均値ではなくその時間空間変動を含めて考察しなければならないことを具体的に示した数少ない研究で、今後の研究の方向性を示唆する優れた成果である。

3) 植物の繁殖成功には、形成される次世代の遺伝的構成が大きく影響する。本論文は、分子遺伝学的手法によって、*S. acuminata* と *N. heimii* 両種の交配パターンを明らかにし遺伝的側面から繁殖を評価した。対象とした両種ともに調査対象母樹の自殖率の平均は40%を下回り、全体的に他殖優勢であったが、局所開花個体密度の低下に伴って自殖率が急激に上昇することを示した。このことは、生育地が分断隔離され個体密度が減少しているフタバガキ個体群の今後の存続にとって、遺伝的劣化が大きな問題となる可能性を示した点で保全生物学分野における重要な成果といえる。

4) 上で述べたような自殖率の増加に伴う近交弱勢の顕在化は個体群の存続に大きな影響を与える。本論文では、*S. acuminata* と *N. heimii* の両樹種において、初期更新過程における近交弱勢の発現が繁殖の成否にきわめて重大な影響を与えることを示した。自殖由来種子と他殖由来種子の比較から、両樹種共に後者の方が種子重が大きく、発芽や実形成の成功率が高いことを示し、さらに *N. heimii* については、自然条件下においても種子から実生に至る間に自殖由来種子が選択的に死亡していることを実証的に明らかにした。他殖性のフタバガキ科樹種においては、自殖の結果起きる近交弱勢が初期更新過程における死亡要因としてきわめて重要であり、野外集団の存続にとって、分断隔離や個体密度の減少が、致命的な影響を与える可能性を指摘した。

以上のように本論文は、フタバガキ樹種における繁殖量ならびに繁殖成功程度を左右する要因を明らかにすると同時に、

分子遺伝学的手法を用いて近交弱勢の影響を推定することで、フタバガキ科樹木の繁殖を生態学的並びに遺伝学的側面から総合的に明らかにしたものであり、植物繁殖生態学、保全生態学、進化生態学の発展ならびに、東南アジア熱帯林の保全・管理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20年2月14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。