

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18770011

研究課題名 (和文) 植物のシュート間の生理的統合性と個体の生産性の関連

研究課題名 (英文) Physiological integration of shoots and its consequence on plant productivity

研究代表者 長田 典之 (Osada Noriyuki)

東北大学・大学院生命科学研究科・研究支援者

研究者番号：80400307

研究成果の概要：

複数の枝をもつ植物個体がどのように個々の枝の成長を調節し、その結果として植物のかたちが決まっているのかを理解することを目的として、枝間での炭素と窒素の生理的統合の意義を理論・実験の両面から解析した。まず、2つのシュートをもつ個体についての葉群動態モデルをつくった。この結果、シュート間で炭素が転流する場合と窒素が転流する場合では個体の生産性や葉寿命への影響が異なる可能性が示された。次にオオオナモミを異なる栄養条件で育て、シンク活性によって個々のシュート内の窒素分配が調節されている可能性を示した。さらにオオオナモミ生育条件を富栄養から貧栄養に切り替えることで、栄養条件の変化がその後の枝に与える影響を調べた。この結果、栄養条件に合わせて枝の成長を変化させており、富→貧栄養では枝を死亡させて積極的に樹高成長を高めていることが示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,800,000	0	1,800,000
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	240,000	3,640,000

研究分野：植物生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学 生態・環境

キーワード：モジュール、生理的統合、植物、物質生産

1. 研究開始当初の背景

植物のかたちは光などの資源獲得量の主要な決定要因である。これまで、環境変化に対して植物のかたちがどのように応答するのか、その機構と意義が多くの研究者の興味をひいてきた。そのアプローチの一つがモジュールからのスケールアップである。植物の地上部は、基本的に複数のモジュール（茎と葉の集合を一つの単位としたもの）の複合体である。このアプローチでは、植物のかたちを個々のモジュールの振る舞いの結果と見なし、個々のモジュールの成長・枯死がどのようなルールで決まっているのかを主要な解析対象としている。

これまでに数多くのモジュールを単位とする研究が行われてきた。Sprugel et al. (1991) はモジュールの自律性を研究することの重要性を指摘し、多くの場合、炭素ではモジュールの自律性が成立すると論じた。この考えによるとモジュールの成長・枯死はそのモジュールの環境のみによって決まることになる。しかし、その後多くの研究でモジュール間に物質のやりとりがあることが明らかになりつつある。たとえば、一個体が複数の枝を持つ場合、光条件の悪い枝から良い枝へと光合成産物の転流がおこっている可能性が指摘されている。このような個体レベルでのモジュール間の調節を生理的統合と呼ぶ。

生理的統合については、同位体を用いた解析などによって現実の物質移動の様子は盛んに調べられている。しかし、モジュール間で物質のやりとりが起こるための条件、すなわち、どのようなルールで生理的統合が制御されているのか、という点は未解明である。

これは、モジュールの積み重ねとして植物のかたちを考える上で不可欠な情報である。

2. 研究の目的

本研究では、分枝している植物個体において炭素と窒素の生理的統合を実験・理論の両面から解析することで、炭素と窒素の移動を追跡するだけでなく、移動した先でどのように物質生産（光合成）に寄与したのか、移動元の物質生産がどう変わったのかに着目した解析を行った。この結果から、複数の枝をもつ植物個体がどのように個々の枝の成長を調節し、その結果として植物のかたちが決まっているのかを理解することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、炭素と窒素の生理的統合を理論・実験の両面から解析した。

(1) まず、Hikosaka (2003) の葉群動態モデルを拡張し、2つのシュートをもつ個体についての葉群動態モデルをつくった。Hikosaka (2003) のモデルでは、ある環境条件において1本のシュートを持つ植物個体の生産性を最大にするような着葉面積および窒素分配様式の時間変化を考えることにより、環境に応じた葉寿命などの葉の特性の違いを説明することができた。本研究では2本のシュートを持つ植物個体について、シュート間の炭素と窒素転流の有無を考慮した。設定はStoll & Schmid (1998) にならい、まず暗条件下に2本のシュートを持つ植物（個体全体が暗い環境におかれた場合）を考え、その後片方のシュートを明条件に変えたとき（ギャ

ップ形成)、シュート間の生理的統合が個体の生産性や葉寿命に与える影響に着目した解析を行った。

(2)次に、実験圃場において低密度条件下でオオオナモミを育て、栄養条件に応じた分枝パターン、個葉の光環境と窒素含量の関係を調べた。まず富栄養(HN)および貧栄養(LN)条件で育てることで、栄養条件が分枝形態に及ぼす影響を調べた。次に一定期間を富栄養条件で育て、分枝が始まったあとに一部の個体の栄養条件を貧栄養に切り替えた(HNとH→LN)。一定期間ごとに個葉の光環境と窒素含量を測定すると同時に、個葉の窒素含量と光—光合成曲線のパラメータの関係を調べた。これにより、個葉の光環境と窒素含量から日光合成量を推定した。枝についているすべての葉について日光合成量を推定し、積算することで枝の生産性を推定し、その後の成長量の関係を比較した。この結果に基づいて、栄養条件が枝の成長に及ぼす影響を把握した。

4. 研究成果

(1)葉群動態モデルの解析の結果、シュート間の炭素転流は生産性にあまり影響を及ぼさなかったものの、窒素転流は大きく影響した。個体の窒素吸収速度が低いときには暗いシュートから明るいシュートへの窒素転流に伴って暗いシュートは死亡した。2本のシュートが共存するためには光条件の変化にともない個体の窒素吸収速度を上げる必要があった。2本のシュートが共存したとき、葉寿命は明るいシュートで短く、暗いシュートで長くなった。とくに炭素転流率が大きいほど暗いシュートの葉寿命は長くなった。以上の結果は、炭素が転流する場合と窒素が転

流する場合には個体の生産性や葉寿命への影響が異なる可能性を示している。

(2)オオオナモミを富栄養(HN)および貧栄養(LN)条件で育てたところ、HNでは分枝したものの、LNでは分枝しなかった。個葉の窒素含量と葉位とは強い相関がみられ、主軸、枝ともに古い葉ほど窒素含量が小さかった。一方、個葉の窒素含量と光環境の相関は弱かった(図1)。

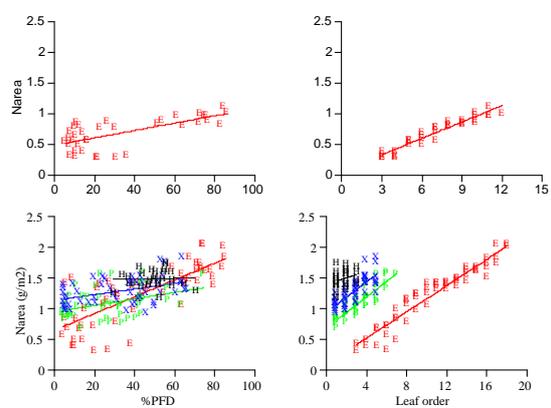


図1. 個葉の光条件および葉位と葉の窒素含量の関係(上段:LN、下段:HN、○:主軸、▲:上部の枝、●:中部の枝、▼:下部の枝)

このことは、個々のシュートごとにシンク活性によって窒素分配が調節されていて、分枝個体では最適窒素分配は成立しないことを示唆している。

次に富栄養条件で育て、分枝が始まったあとに一部の個体の栄養条件を貧栄養に切り替えた(HNとH→LN)。HNでは生育期間を通して個体あたりの枝数も着葉面積も増加し続けたのに対し、H→LNでは栄養条件変化後に枝の死亡が起こり、個体の枝数および着葉面積は減少した(図2)。個体の高さには栄養条件による差はみられなかった。

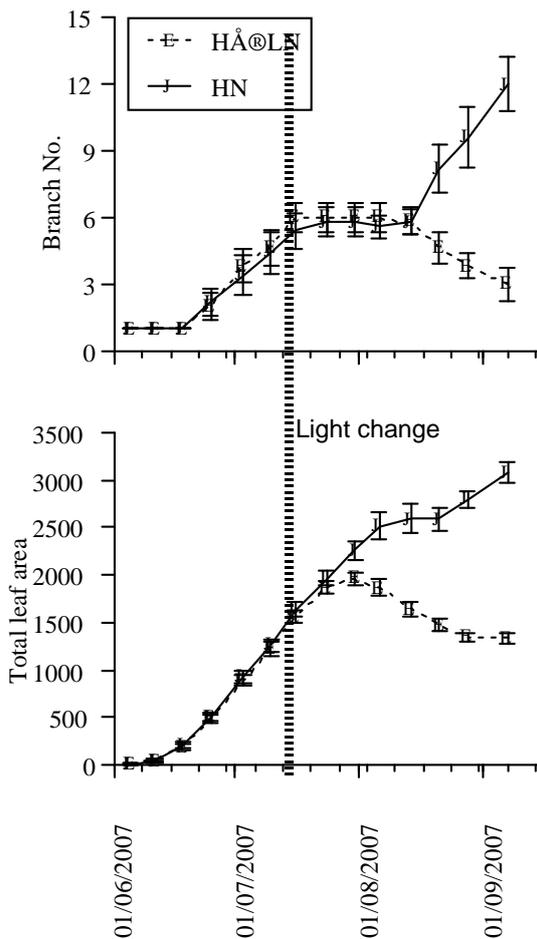


図2. 枝数と総着葉面積の季節変化

枝の光合成量とその後の成長量の関係と比較すると、H→LNでは、枝につけていた葉を落とし、落葉から回収した窒素を主軸の葉に転流することで、主軸の成長を維持していると考えられた(図3)。

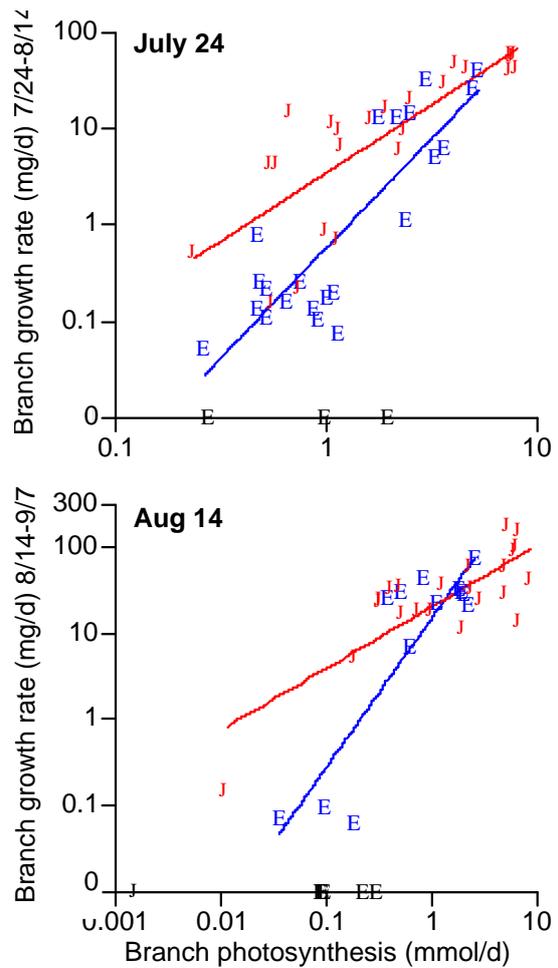


図3. 枝の光合成量とその後の成長速度の関係 (○ : H→LN、● : HN)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

1. Osada, N. and Sugiura, S. 2006. Effects of pollinators and flower bud herbivores on reproductive success of two ericaceous woody species differing in flowering season. *Canadian Journal of Botany* 84: 112-119. 査読有り

2. Osada, N. 2006. Crown development in a

pioneer tree, *Rhus trichocarpa*, in relation to the structure and growth of individual branches. *New Phytologist* 172: 667-678. 査読有り

なし

(3) 連携研究者

なし

[学会発表] (計 4件)

1. 長田典之・彦坂幸毅. 2009. 天然CO2 噴出地における落葉の分解過程. 第56回日本生態学会大会 盛岡 2009年3月19日
2. 長田典之. 2009. 遷移初期種であるヤマウルシの樹形変化. 企画集会 生活史戦略としての樹形変化—姿を変える樹木たち. 第56回日本生態学会大会 盛岡 2009年3月18日
3. 長田典之・彦坂幸毅. 2008. 栄養条件は植物個体の分枝パターンや枝の成長にどのような影響を与えるのだろうか—オオオナミノバアイ. 第55回日本生態学会大会 福岡 2008年3月17日
4. 長田典之・小野田雄介・彦坂幸毅. 2007. 天然CO2 噴出地におけるオオイタドリ群落の炭素、窒素動態. 第54回日本生態学会大会 松山 2007年3月20日

[図書] (計 1件)

1. 安田雅俊・長田典之・松林尚志・沼田真也. 2008. 熱帯雨林の自然史—東南アジアのフィールドから, 東海大学出版会 (pp. 41-98)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長田 典之 (Osada Noriyuki)
東北大学・大学院生命科学研究科・研究支援者
研究者番号: 80400307

(2) 研究分担者