

アカマツ実生の初生葉展開期における バイオマスと窒素の器官別分配関係

白旗 学*・内田千波**・橋本良二*

Relationships between biomass and nitrogen allocation to organs in *Pinus densiflora*
seedlings during primary needles development period

Manabu SHIRAHATA*, Chinami UCHIDA** and Ryoji HASHIMOTO**

1. はじめに

植物の成長は、外部から獲得する資源と、それをどのように各器官に配分し利用していくか、というバランスによって決定づけられる (BAZZAZ, 1997)。個体の成長、すなわちバイオマス増加は葉の光合成作用によって生じているが、光合成能力を決定する色素タンパク複合体や各種酵素タンパク質量は個体が持つ窒素量、およびその葉への配分量で決まる。そのため窒素量とバイオマス量は密接な関係を持ち、たとえば個体が持つ窒素量と葉の総生産量の間には強い関係がみられ (ÅGREN and INGESTAD, 1987)、相対成長速度と直線関係をしめすという報告もある (HIROSE, 1986)。このような個体の成長と資源配分を考える際、同化器官と同様に、養分吸収器官である根へのバイオマス配分も、地上部との比率という観点を中心に重要視されてきた (BAZZAZ, 1997)。すなわち、解析の対象として、地下部、地上部をあわせたいわゆる Whole Plantレベルで取り扱う必要がある。しかし、樹木についてみると、個体サイズが大きいことにより、成木を対象に Whole Plantレベルで資源配分を調べることは難しい。白旗ら (2005) は、発芽直後の子葉展開期にあるアカマツとスギについて、異なる栄養条件に対する子葉の光合成能力の変化の面で、すでに樹種特性が認められることを報告しており、この段階での個体の資源獲得と配分も、その樹種特性を反映したものになることが充分予想される。今

Received January 28, 2005

Accepted February 18, 2005

* 岩手大学農学部農林環境科学科森林科学講座

** 岩手大学農学部農林生産学科

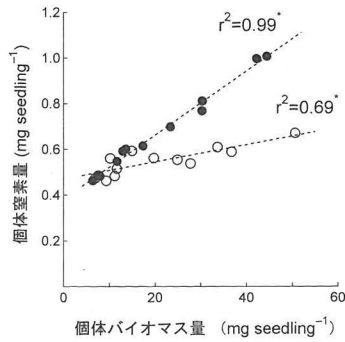
回、アカマツを対象に、数段階の栄養条件、光環境のもとで、発芽後約1ヶ月間栽培実験をおこない、個体内の各器官に対するバイオマス配分と窒素配分の変化を調べ、両者の間の関係について検討した。さらに発芽後初期段階の個体成長に関して、初生葉の発達に着目し考察を加えた。

II. 材料と方法

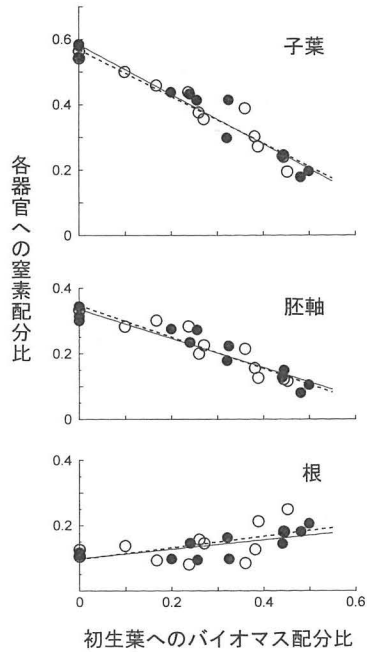
アカマツ種子として、岩手県林木育種場が配布しているものをもちいた。種子をまきつけ前に24hr流水中につけ、発芽促進処理をおこなった後、プラスチックバット(40cm×30cm×6cm)にバーミキュライトを入れた播種床に播種した。播種したバットをグロースチャンバー(日照:14hr、 $250\mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、昼/夜:25℃/20℃、70%RH)内に入れ発芽させた。約一週間後、発芽したものをビニール製のポットに移植し、砂耕法で生育させた。使用したポットは直径10.5cmの黒色ビニール製で、培養土として3%塩酸、さらに水道水でよく洗浄したケイ砂をもちいた。移植の際、個体ごとの発芽段階をあわせることを考慮し、幼根が確実に発根し、子葉が種皮中にありまだ展開していない状態のものをポットあたり30個体ずつ選び移植した。ポットには、乾燥を防ぐため表面にバーミキュライトを敷き詰めた後、同グロースチャンバー内で、異なった光・栄養条件のもとで育てた。光条件は黒色の寒冷紗を用い、相対照度100% (高照度区)、60% (中照度区)、15% (低照度区) の3段階、養分条件は、0.5mM-N (低栄養区) と5mM-N (高栄養区) の2段階、合計6種の処理区を設定し、それぞれの処理区ごとに12ポット設置した。なお、養分としてHoglandの水耕液を2倍に希釈したものを基本に、窒素濃度のみを上記の濃度に調整したものを毎日与えた。なお、今回の測定では、発芽種子をポットに移植し各処理区に設置した日を発芽開始日とした。サンプリングは、それぞれの処理区より発芽後10日、20日、30日、38日の4回おこなった。1回のサンプリングにつき、各処理区より3ポットを回収し、根を切らないように注意しながら砂を洗い流した。ポットあたり平均的な10個体を選び、個体ごとに子葉、初生葉、胚軸、根に分けた。これを各ポットごとに10個体分をまとめて乾燥重量(80℃、24hr)を測定した後、窒素含有量を測定した。今回、本文中で示すバイオマス量、窒素量は、10個体の平均値である。なお10個体ずつまとめて測定したのは、窒素含有量の測定にもちいたマイクロケルダール法の検出限界のためである。

III. 結果

測定期間中の個体あたりのバイオマス量と窒素含有量について栄養区別に図-1に示す。窒素含有量は個体のバイオマスと高い相関関係があったが、増加率は低栄養区で小さかった。図-2に初生葉へのバイオマス配分比(初生葉の乾重/個体全体の乾重)と各器官への窒素配分比



図一． 個体バイオマス量と個体窒素量
 ○：低栄養区 ●：高栄養区.
 点線は最小二乗法による。
 * $P < 0.001$



図一 2. 初生葉へのバイオマス配分比と各器官への窒素配分比
 ○：低栄養区 (点線) ●：高栄養区 (実線)

$$\text{配分比} = \frac{(\text{各器官のバイオマスまたは窒素量})}{(\text{個体全体のバイオマスまたは窒素量})}$$

 線は最小二乗法による。
 子葉：低栄養区 $r^2 = 0.92^*$, 高栄養区 $r^2 = 0.95^*$
 胚軸：低栄養区 $r^2 = 0.88^*$, 高栄養区 $r^2 = 0.89^*$
 根：低栄養区 $r^2 = 0.30^{***}$, 高栄養区 $r^2 = 0.50^{***}$
 * $P < 0.001$ ** $P < 0.05$ *** $P < 0.1$

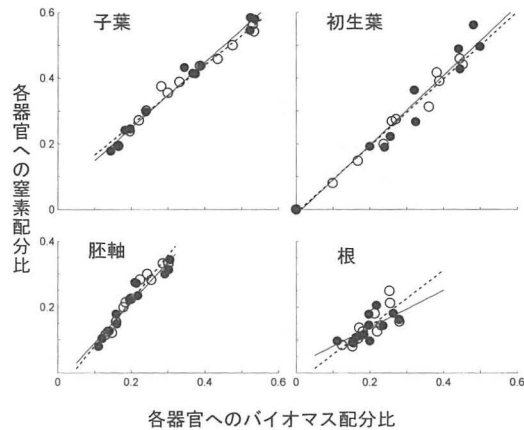


図-3. 各器官へのバイオマス分配比と窒素分配比

凡例は図-2を参照

子葉 : 低栄養区 $r^2=0.97^*$, 高栄養区 $r^2=0.99^*$

初生葉 : 低栄養区 $r^2=0.98^*$, 高栄養区 $r^2=0.96^*$

胚軸 : 低栄養区 $r^2=0.95^*$, 高栄養区 $r^2=0.92^*$

根 : 低栄養区 $r^2=0.64^{**}$, 高栄養区 $r^2=0.48^{***}$

* $P<0.001$ ** $P<0.01$ *** $P<0.05$

(各器官の窒素量/個体全体の窒素量)を示す。初生葉へのバイオマス分配比と各器官の窒素分配比は子葉、胚軸とも有意な負の相関、根ではわずかに正の相関が認められた。また、いずれの関係も、栄養条件による明らかな違いはみられなかった。最後に、各器官について、それぞれの器官へのバイオマス分配比と窒素分配比の関係を図-3に示す。いずれの器官でもバイオマス分配比と窒素分配比の間には、栄養区に関わらず有意な正の相関がみられた。

IV. 考察

発芽直後の個体では同化器官は子葉のみであり、子葉による光合成生産によって初生葉の展開をおこなう。子葉の光合成能力を決定する窒素分は、主に種子の雌性配偶体中の貯蔵用養分由来のものであり(畑野・佐々木, 1987), 発芽直後の個体窒素量は培地の養分条件よりも種子の持つ養分によって決まると思われる。そのため、個体の窒素量は、発芽初期の小さい段階では栄養区の差は小さいが、成長にともない培地から吸収された窒素の割合が増加していくため差がひろがっていく(図-1)。また、個体のバイオマスの増加率に対する窒素吸収率は、それぞれの栄養区ではほぼ一定であり、高栄養区ほどその割合が大きいと見える。一方、発芽初期のステージでは、初生葉の発達を速やかに起こさない、子葉主体の種子の養分に依存した成長段階から、初生葉・二次葉主体の独立した資源獲得の成長段階に移行することはその後の個体の

生存を決定づける重要なポイントである。その場合、利用できる資源量が多いほど速やかに移行すると考えられる。そのため、実生個体の成長段階の時間軸として、単純に日数を用いるよりは、初生葉の発達段階を考慮した時間軸を用いた方が生物学的に妥当であろう。図-2において、初生葉へのバイオマス配分比と各器官への窒素配分割合を示したが、いずれの器官でも栄養条件によらず一定の関係がみられたことは、初生葉のバイオマス配分比を発達段階の指標として使うことの有効性を示していると思われる。最後に、根以外の器官において、個体内の窒素配分は、バイオマス配分と強い相関を示していた(図-3)。根では図-2でも相関関係が弱く、他器官と比べ相対的な窒素の重要性が異なっている可能性があるが、今回の結果だけでははっきりしたことはいえない。今後、さらに成長が進んだ段階での測定とともに、養分特性が異なる樹種について、器官バイオマスと窒素量の関係に違いがあるかどうかを検討する必要があると考える。

引用文献

- ÄGREN, G.I. and INGESTEAD, T.(1987) Root:shoot ratio as a balance between nitrogen productivity and photosynthesis. *Plant Cell and Environment* 10,579-586.
- BAZZAZ, F.A.(1997) Allocation of resources in plants: State of the science and critical questions. *In* Plant resource allocation. BAZZAZ, F.A. and GRACE, J.(eds.), 303pp, Academic Press, San Diego, 1-37.
- 畑野健一・佐々木恵彦(1987) 種子の生理. 畑野健一・佐々木恵彦 編「樹木の生長と環境」, 383pp, 養賢堂, 東京, 45-132.
- HIROSE, T.(1986) Nitrogen uptake and plant growth. II.An empirical model of vegetative and partitioning. *Annals of Botany* 58, 487-496.
- 白旗 学・橋本良二・高島輝之(2005) アカマツとスギ芽生えの子葉のRubisco含量と施肥の影響. 東北森林科学会誌10, 印刷中.