

初生葉展開期におけるアカマツ子葉の窒素再転流に伴う クロロフィル, Rubisco含量変化

白旗 学*・橋本良二*

Changes of chlorophyll and Rubisco contents by nitrogen translocation in cotyledon of
Pinus densiflora during primary needles development period

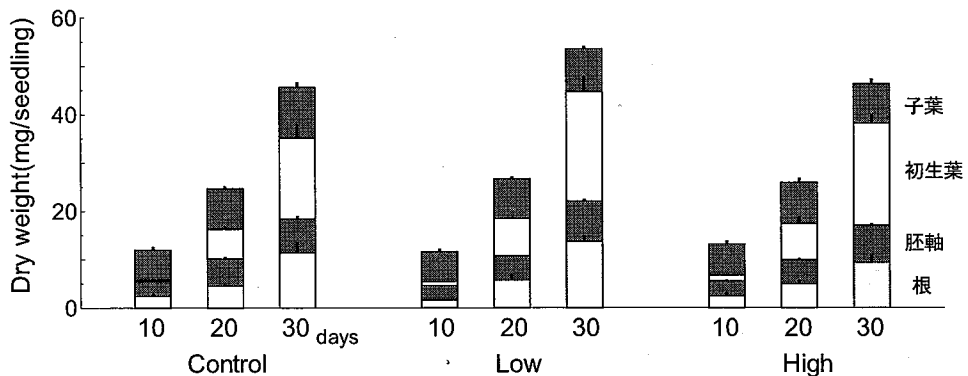
Manabu SHIRAHATA* and Ryoji HASHIMOTO*

1. はじめに

発芽直後の針葉樹は光合成能力を持った子葉を展開する。発芽の際、子葉は最後まで種子の雌性配偶体と接しており、種子中の養分を吸収する吸器として働くと同時に、最初の同化器官として苗木の形成に重要な役割をもつ(畑野・佐々木, 1987)。発芽時、種子中の窒素は、雌性配偶体 → 子葉 → 他器官という経路で個体に運ばれるが、その過程で子葉自身の光合成に利用され、さらに初生葉の成長にともない再転流していく経路も同時に存在するであろう。そのため、子葉の光合成系の窒素資源利用様式は、普通葉とは異なったものになることが予想される。一方、一般的に同化能力は窒素養分と密接な関係があることが知られている(Field and Mooney, 1986)。これは、葉中窒素の50~60%が光合成系に使用されるためであり(彦坂, 1999)、その中でもクロロフィルタンパク複合体をはじめとする光化学系、さらに二酸化炭素固定反応を律速するRubiscoへの窒素配分は大きい(Hikosaka and Terashima, 1996)。本研究では、アカマツの芽生えについて、窒素の再転流に着目し、クロロフィル, Rubisco量を測定することで発芽初期段階における子葉の光合成能力の変化を窒素利用と関連させて考察した。

II. 材料と方法

アカマツ種子は、岩手県林木育種場が配布しているものを持ちいた。種子をまきつけ前に24 hr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。播種したバットを人工光型グロースチャンバー (コイトトロンKG, 小糸工業) に入れ発芽させた。生育条件は、日照:14hr (250 μ mol quanta \cdot m⁻²·s⁻¹), 昼/夜:25 $^{\circ}$ C/20 $^{\circ}$ C, 70%RHであった。約一週間後に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持ちいた。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。乾燥を防ぐためポット表面にバーミキュライトを敷き詰めた後、グロースチャンバー内に再び設置した。栄養条件は、ハイポネックス液肥 (N:P:K = 5:10:5, ハイポネックスジャパン) を使用して1000倍希釈 (低栄養区: Low), 500倍希釈 (高栄養区: High), 脱イオン水のみ無処理区 (無施肥区: Control) の3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。灌水および施肥は、ポットをそれぞれの処理区ごとにプラスチックバットに設置し、常にポット下部が漬かるようにして自然吸水させた。サンプリングは、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て、それぞれの処理区より発芽後10日, 20日, 30日の3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。



図一 各栄養条件区の器官別重量成長
縦棒は標準偏差を示す。

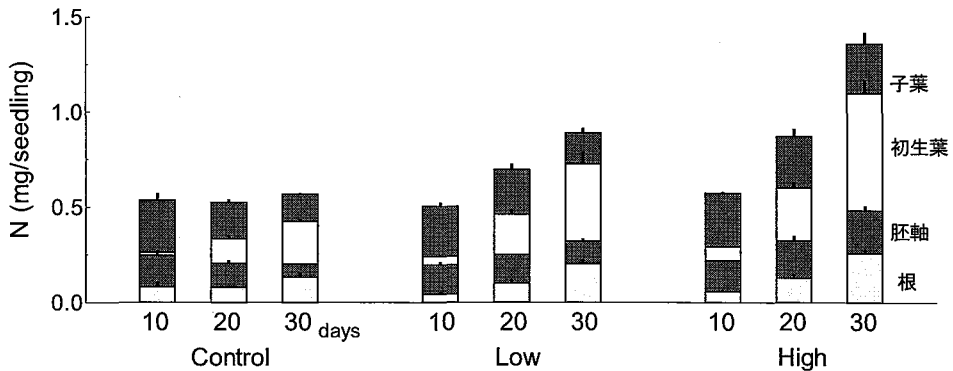


図-2 各栄養条件区の器官別窒素含有量
縦棒は標準偏差を示す。

ポットあたり平均的な7個体を選び、個体ごとに子葉、初生葉、胚軸、根に分け、7個体分をまとめて乾燥重量(80℃, 24hr)を測定した後、マイクロケルダール法により窒素含有量を測定した。さらに子葉クロロフィル量、Rubisco量を白旗ら(2005)と同様に測定した。7個体まとめて測定をおこなったのは、窒素含有量の測定法の検出限界の制限によるものであり、得られた測定値を個体数で割って1個体当たりの値として扱った。

III. 結 果

図-1に栄養区ごとの個体重を、図-2に個体あたりの窒素量をそれぞれ器官別に示す。今回の栽培条件では、発芽10日後の個体の成長段階は初生葉展開が開始された時期に相当しており、20日後で子葉と初生葉はほぼ同じ、30日後では初生葉の方が多かった。栄養区別に比較すると、それぞれの測定日における全個体重には有意な差はみられなかった。また、30日後における各器官重も栄養区による有意な差はなかった(図-1)。一方窒素量は栄養条件の違いが大きく、発芽20日以降、個体全体および各器官別とも高栄養区ほど高い値を示した。また、同一栄養条件ごとの器官別窒素量は日数が進むにつれ、子葉と胚軸は減少、初生葉と根は増加していった。特に無施肥区でその傾向は強く、測定期間中、個体全体の窒素量はほとんど増加しなかったが、子葉、胚軸における窒素量の減少割合はもっとも大きかった(図-2)。

子葉中のクロロフィル、Rubiscoの個体あたりの含有量の変化を図-3に、含有率の変化を図-4に示す。子葉中のクロロフィル含有量は高栄養区で徐々に増加したが、低栄養区、無施肥区ではあまり変化せず、両処理区では10日後と30日後の値に有意な差はみられなかった。それに対し、Rubisco含有量は、全処理区で日数とともに低下していった。その際、高栄養区は他の2処理区に比べ常に大きな値であった(図-3)。クロロフィル含有率は、発芽10日後では各処理区間で差はなかったが、その後高栄養区を除いて低下していった。また、Rubisco含

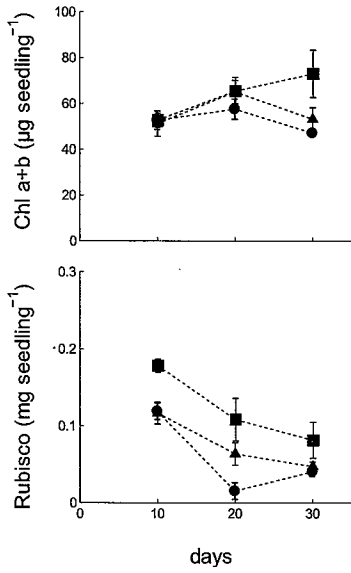


図-3 子葉のクロロフィルとRubisco量 (個体あたり)
 (● : Control, ▲ : Low, ■ : High)
 縦棒は標準偏差を示す。

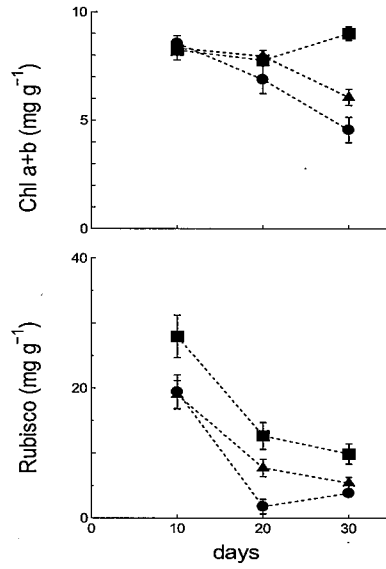


図-4 子葉のクロロフィルとRubisco含有率
 (● : Control, ▲ : Low, ■ : High)
 縦棒は標準偏差を示す。

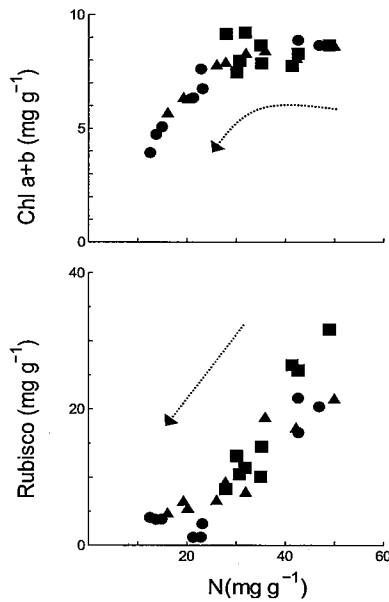


図-5 子葉の窒素含有率とクロロフィル、Rubisco含有率
 (● : Control, ▲ : Low, ■ : High)
 図中の矢印は日数経過に伴う変化の方向

有率は日数の経過とともにすべての処理区で低下しており, 10–20日後にかけて大きく低下していた(図-4)。

最後に子葉中の窒素含有率とクロロフィル, Rubisco含有率の関係を試験期間中のすべての個体について図-5に示す。クロロフィル, Rubisco含有率とも, 処理区による関係の分離は見られず, 窒素含有率との間に一定の関係が見られる。しかし, その関係性は両者で異なり, 日数経過に伴う窒素含有率の低下に伴い, クロロフィルは一定の値を保った後低下, Rubiscoは直線的に低下していった。

IV. 考 察

白旗ら(2005)は, スギ, アカマツの子葉成長に及ぼす施肥の影響は, 子葉個体重にはみられず含有窒素量に大きく現れることを報告している。本研究の結果, それは子葉だけではなく, 個体全体にも当てはまることが確認された(図-1, 図-2)。窒素量の違いにより個体重に変化が現れなかった理由について, 窒素以外, 特にリン酸が光合成を律速し, 個体成長に影響を与えている可能性がある。しかし, 筆者らは窒素量のみを変化させた培養液をもちいた場合も同様の結果をえている(白旗, 未発表)。ハイポネックス液肥をそのまま希釈しリン酸濃度が異なる施肥をもちいた今回の結果とあわせて考えると, アカマツの発芽から本葉展開期において, 窒素だけではなく, 施肥中のリン酸濃度が個体成長におよぼす影響も小さいと考えられる。無施肥区で顕著な子葉, 胚軸の窒素含有量の低下は, それぞれの器官がソースとなって根, 初生葉へ窒素の再転流が起こっていることをあらわしており, 本研究で対象とした発芽段階は子葉の窒素の再転流が進みつつある時期ととらえることができる。子葉中のクロロフィル含有量は測定期間中ほとんど低下しなかったのに対し, Rubiscoの低下は大きかった(図-3)。一般的にRubiscoは光合成系タンパクの中ではもっとも量が多く, 半分近くを占める例も報告されている(Hikosaka and Terashima, 1996)。そのためRubiscoは子葉窒素の再転流の際, ソースのひとつとなっていると思われる。次に子葉の実際の光合成能力を考察する。図-4においてクロロフィル含有率からみれば高栄養区以外では徐々に低下, Rubisco含有率からみれば初期に大幅な低下を生じていることになる。Rubisco量に対する光合成能力は, 直線的ではなく飽和型の関係を示すことが多く報告されており(Evans and Terashima, 1988; Hikosaka and Terashima, 1996 など), その一方で電子伝達系タンパク量と光合成能力は直線的な関係が知られている(Hikosaka and Terashima 1996)。また, Warren and Adams (2004)は, 常緑樹では実際の光合成能力以上にRubiscoの蓄積がみられ, それは貯蔵タンパクとして機能している可能性を指摘している。以上のことから, 今回測定したアカマツ子葉では, 発芽10日後における高いRubisco含有率は光合成能力に反映されていないと考えられ, 実際の光合成能力は, クロロフィル含有率で評価した方が妥当であろう。そうであれば, 図-5から, 窒素再

転流にともなう子葉光合成能力の低下は、ある程度まで能力を一定に保ってから低下していくと考えられる。以上から、子葉では種子から受け取った窒素をRubiscoに合成した後、再転流しており、Rubiscoが光合成機能以外、たとえば貯蔵タンパクとして機能している可能性を示唆していると考えられる。

引用文献

- Evans, J.R. and Terashima, I. (1988) Photosynthetic characteristics of spinach leaves grown with different nitrogen treatments. *Plant Cell Physiol.* 29: 157-165.
- Field, C.B. and Mooney, H.A. (1986) The Photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. (On the economy of plant form and function, Givnish, T.J. ed.). 25-55. Cambridge University Press, Cambridge.
- 畑野健一・佐々木恵彦(1987) 種子の生理. (「樹木の生長と環境」 畑野健一・佐々木恵彦編), 45-132, 養賢堂, 東京.
- Hikosaka K, Terashima I (1996) Nitrogen partitioning among photosynthetic components and its consequence in sun and shade plants. *Func. Ecol.*10: 335-343.
- 彦坂幸毅 (1999) 植物の窒素利用. (「植物の環境適応」 渡邊 明・篠崎一雄・寺島一郎 監修), 160-170, 秀潤社, 東京.
- 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: 1-7.
- Warren, C.R. and Adams, M.A. (2004) Evergreen trees do not maximize instantaneous photosynthesis. *Trends in Plant Sci.* 9: 270-274.