

カラマツ類ポット苗における光合成特性の季節変化

森林総合研究所 北海道支所 原山尚徳
 北海道立総合研究機構 林業試験場 大野泰之
 森林総合研究所 北海道支所 上村 章・北岡 哲
 森林総合研究所 宇都木 玄
 北海道立総合研究機構 林業試験場 来田和人

はじめに

近年、北海道のカラマツ林が収穫時期を迎えている。次世代の再造林樹種として、グイマツを母親、カラマツを花粉親として交配したグイマツ雑種 F₁ が開発されている (2)。グイマツ雑種 F₁ の中でもグイマツ精英樹「中標津5号」とカラマツ精英樹を掛け合わせたクリーンラーチは、炭素固定能力が高く、苗木の大量生産に向けての研究開発が進められており、現在注目が高まっている。

クリーンラーチはカラマツよりも初期成長が早いことから (5, 6), 下刈りコストの削減が期待されている。では、この初期成長の早さをもたらす生理生態学的要因は何だろうか?そこで本研究では、樹木の成長の礎となる光合成特性について、クリーンラーチ、カラマツ、グイマツで測定し、特にクリーンラーチとカラマツの差異を明らかにすることを目的とした。グイマツ雑種 F₁ やグイマツは展葉および落葉時期がカラマツよりも早く (3), 葉フェノロジーが異なることから、本研究では光合成特性を年間を通じて評価した。

材料と方法

研究にはクリーンラーチ、カラマツ、グイマツの3年生ポット苗を用いた。森林総合研究所北海道支所構内で各樹種 10 個体ずつ育成した (平均苗高; クリーンラーチ 66 cm, カラマツ 55 cm, グイマツ 51 cm)。苗には元肥として緩効性肥料 (250 mgN) を与え、追肥として5月初めから10月末まで液肥を週1回 250ml (15 mgN) 与えた。灌水は1日おきに行った。

光合成一葉内二酸化炭素濃度曲線の測定を、2012年7月初めから10月末まで計5回行った。測定はポット苗を野外から環境調節室内 (室温 25°C) へ移動させて行った。各樹種ともに育成苗 10 個体のうち無作為に6~7個体を選び、先端から2~7 cm に位置する長枝葉について測定した。測定には携帯型光合成蒸散測定装置 (LI-6400, Li-Cor 社) を用いた。測定条件は光合成有効放射束密度 1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 葉温 25°C, 相対湿度 70%とした。測定はチャンバー内の CO₂ 濃度 370 ppm から開始し、50-1600 ppm の間で計 13 段階変化させて行った。得られたデータから、外気 CO₂ 濃度 370 ppm 時の光合成速度と気孔コンダクタンス、最大カルボキシル化速度、最大電子伝達速度を算出した (1, 4)。測定した葉と周辺の葉

を採取し、単位面積あたりの葉乾重を算出した。10月末に苗高を測定した。各パラメータにおいてクリーンラーチとカラマツの間に差があるかどうかを、二元配置分散分析から求めた。説明変数は種類 (クリーンラーチとカラマツ) および測定時期とした。

結果

10月末の平均苗高と平均苗高年成長量はそれぞれ、クリーンラーチで 82 cm と 17cm, カラマツで 68 cm と 13cm, グイマツで 64 cm と 13cm と、クリーンラーチが最も高かった

外気 CO₂ 濃度が 370 ppm 時の光合成速度の季節変化をクリーンラーチとカラマツで比較すると、クリーンラーチ、カラマツともに、光合成速度は測定を開始した7月上旬に高く、8月上旬に低下し、9月上旬に大きく増加した (図-1 a)。その後、クリーンラーチでは10月上旬まで光合成速度を高く維持し10月下旬に低下したのに対して、カラマツでは10月上旬に大きく低下した。また、クリーンラーチのほうがカラマツよりも光合成速度は高い傾向を示した (図-1 a, 表-1)。グイマツの光合成速度は7月上旬から10月上旬まで増加したのち、10月下旬に大きく低下した。グイマツの光合成速度はクリーンラーチ、カラマツよりも高かった。

外気 CO₂ 濃度が 370 ppm 時の気孔コンダクタンスは、クリーンラーチ、カラマツ、グイマツともに光合成速度と概ね同じような季節変化を示した (図-1 b)。クリーンラーチの気孔コンダクタンスはカラマツよりも有意に

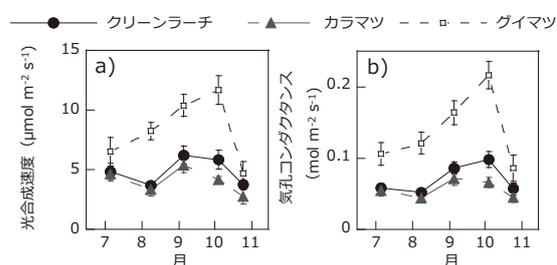


図-1 クリーンラーチ、カラマツ、グイマツにおける葉のガス交換特性の季節変化 (a; 外気 CO₂ 濃度 370 ppm の時の光合成速度, b; 気孔コンダクタンス、平均値±標準誤差、n = 6-7)

Hisanori HARAYAMA (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516), Yasuyuki OHNO (Local Independent Administrative Agency, Hokkaido Research Organization), Akira UEMURA, Satoshi KITAOKA (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute), Hajime UTSUGI (Forestry and Forest Products Research Institute), Kazuhito KITA (Local Independent Administrative Agency, Hokkaido Research Organization) Seasonal variations in photosynthetic properties in saplings of three *Larix* spp.

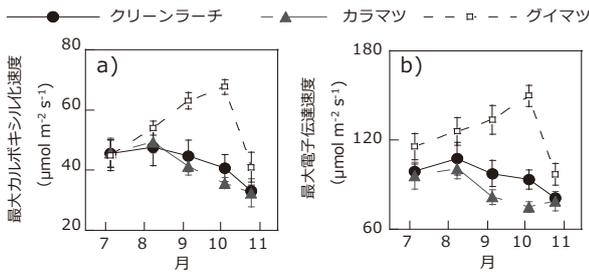


図-2 クリーンラーチ, カラマツ, グイマツにおける光合成の生化学特性の季節変化 (a; 最大カルボキシル化速度, b; 最大電子伝達速度, 平均値±標準誤差, 高く (図-1b, 表-1), グイマツの気孔コンダクタンスはクリーンラーチやカラマツよりも高かった。

最大カルボキシル化速度は, クリーンラーチでは7月から9月までほぼ一定の値で推移した後, 10月上旬に緩やかに低下したのち, 10月下旬に大きく低下した (図-2a)。カラマツでは, 7月, 8月と高い値で推移した後, 9月上旬から10月下旬にかけて大きく低下した。クリーンラーチとカラマツでは最大カルボキシル化速度の差は小さかった。グイマツの最大カルボキシル化速度は, 光合成速度や気孔コンダクタンスと同様に, 7月上旬から10月上旬まで増加した後, 10月下旬に大きく低下した。

最大電子伝達速度は, 3類ともに最大カルボキシル化速度と概ね同様の季節変化を示した (図-2b)。ただし, 最大電子伝達速度はクリーンラーチのほうがカラマツよりも有意に高かった (図-2b, 表-1)。グイマツの電子伝達速度はクリーンラーチとカラマツよりも高かった。

単位面積あたりの葉乾重は, クリーンラーチでは7月上旬から9月にかけて緩やかに増加し, その後ほぼ一定の値を示した (図-3)。カラマツでは, 8月上旬から10月上旬まで増加した。グイマツでは, 7月上旬から10月下旬まで増加傾向にあった。クリーンラーチの単位面積あたりの葉乾重は, カラマツよりも高く, グイマツと同程度だった。

考察

クリーンラーチの光合成速度は, 生育期間の後半にカラマツよりも高かった (図-1a)。これは, クリーンラーチのほうがカラマツよりも気孔コンダクタンスが高いことと (図-1b), 光合成の生化学特性のうち特に電子伝達系の能力が高いこと (図-2b) に起因していた。こうした光合成能力の高さが, クリーンラーチの初期成長が早い要因の一つになっていると考えられる。

グイマツの光合成速度は, クリーンラーチやカラマツよりもかなり高かった。これは, グイマツの個体あたりの葉量が非常に少なく (6), 結果として葉面積あたりの窒素濃度が高くなっている (5) ためであろう。また, このグイマツの葉量の少なさが, クリーンラーチやカラマツと比べた成長の遅さ (6) の要因の一つと考えられる。

生育期間後半におけるクリーンラーチとカラマツの光合成能力の違いは, 気孔コンダクタンスや光合成の生化学特性の低下時期の違いに起因しており, クリーンラーチはカラマツよりも気孔コンダクタンス, 最大カルボキ

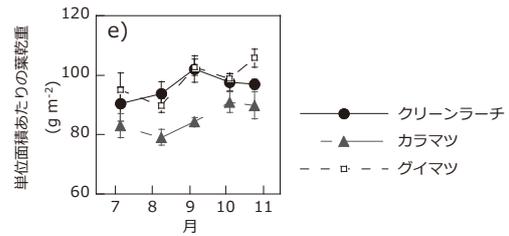


図-3 クリーンラーチ, カラマツ, グイマツにおける単位面積あたりの葉乾重の季節変化 (平均値±標準誤差, n=6-7)

表-1 光合成速度 (A), 気孔コンダクタンス (gs), 最大カルボキシル化速度 (Vcmax), 最大電子伝達速度 (Jmax), 単位面積あたりの葉乾重 (LMA) における二元配置分散分析の結果

	A	gs	Vcmax	Jmax	LMA
種類	ns (P=0.068)	*	ns	*	***
季節	ns	ns	***	***	*
種類×季節	ns	ns	ns	ns	ns

ns; P ≥ 0.05, *; P < 0.05, **; P < 0.01, ***; P < 0.001

シル化速度, 最大電子伝達速度ともに1ヶ月遅い時期まで高い状態を維持できていた。一方, 今回実験に用いたポット苗の黄葉時期はクリーンラーチのほうがカラマツよりも10日程度早かった。これらの結果は, クリーンラーチとカラマツの光合成能力の差は落葉フェノロジーの差とは無関係であることを示している。クリーンラーチの母親であるグイマツの分布はサハリン・千島列島南部と, 本州中部が自然分布域であるカラマツよりもかなり北に位置している (2)。クリーンラーチでより気温の低い時期まで光合成能力を維持できたことは, こうした分布域の違いを反映しているのかもしれない。

引用文献

- (1) Farquhar GD., von Caemmerer S. and Berry JA. (1980) A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species. *Planta* **149**:78-90.
- (2) 北海道立林業試験場 (2004) これがグイマツ雑種 F₁ だ! 8pp.
- (3) 北海道林業試験場道産木材データベース, <http://www.fpri.hro.or.jp/gijutsujoho/doumoku-db/doumoku/doumoku-index.htm>
- (4) Long SP. and Bernacchi CJ. (2003) Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. *J. Exp. Bot.* **54**:2393-2401.
- (5) 上村章・飛田博順・北岡哲・飯田滋生・宇都木玄・黒丸亮・石塚森吉 (2010) カラマツ属3種の人工列状伐採実験による伐採幅の葉の特性、成長への影響評価。 *日林学術講* **120**: Pa3-11.
- (6) 宇都木玄・上村章・北岡哲・飛田博順・黒丸亮 (2011) クリーンラーチ (グイマツ雑種 F₁) の初期成長と被陰の影響。 *日林北支論* **59**: 13-15.