

ポプラクロンの総乾物増加量と純同化率 (NAR), 累計葉量, 葉積 (LAD), 葉の寿命の関係

斯波 義 宏*

Total Dry Weight Increment in Relation to Net Assimilation Rate, Total Amount of Leaf Area, Leaf Duration, and Leaf Longevity in Some Poplar Clones

Yoshihiro SHIBA*

I. はじめに

光合成器管(葉)の量, 能率と乾物生産量の関係については, 早くから農学方面で注目されており, その後林学でも検討されるようになった。

WATSON, D. J.¹⁹⁾ はオオムギ, コムギ, ジャガイモ, サトウダイコンでそれぞれ平均乾物収量が着落量の積分——LAD (葉積) に比例し, 乾物収量を LAD で割った効率——NAR (平均純同化率) には差がなかったとのべている。

林木で乾物生産量が葉の量に比例している例としては, 15 年生のアカマツ¹³⁾, 26 年生のトドマツ¹⁶⁾, 47 年生のウダイカンバ¹⁴⁾, 28 年生のヒバ¹⁷⁾, 21 年生のカラマツ¹⁵⁾, 17 年生のメタセコイア¹⁸⁾, などの数多くの森林についての報告がある。また, 葉の能率が関与している例としては, 種々の林齢のアカマツ林についての報告⁹⁾がある。さらに, 葉の量, 能率がともに関与している例が 20~21 年生のアカマツ⁵⁾, 18 年生のクロマツ¹⁰⁾で報告されている。

筆者は WATSON²⁰⁾ らのいわゆる生長解析学派的野外直接測定による方法と, BOYSEN JENSEN¹¹⁾ の CO₂ ガス代謝による解析法を併用して, ポプラクロンの生長解析をおこなってきた。

ポプラの萌芽の生長については HUBER ら⁷⁾ は地下部の貯蔵養分を利用して春先に大面積の葉を展開できる点が有利だと述べている。

陳³⁾ はポプラを砂耕し, 培養液の窒素濃度と物質生産の関係を調べた。窒素濃度とともに LAD (葉積) は飛躍的にふえ, (10.5~21.0 倍), 総乾物生産量もそれに比例して (17.7~37.9 倍) に増加した。一方, 単位光合成速度は 1.3 倍にすぎなかった。

本論文では, イギリス流の野外直接測定による方法を用いて, ポプラクロンの総乾物生産量の差と, 葉量および, 葉の物質生産能率について報告する。

この報告で扱った資料は主に, 東京大学農学部附属田無試験地で得られた。実験を行うにあたって, 種々便宜をはかっていただいた, 八木喜徳郎講師, ならびに実験測定を手伝っていただいた試験地の方々に, 心から感謝の意を表します。

* 東京大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

表-1 実験に使用したポプラクロンの遺伝的系統および測定個体数

Table 1. The families and sample numbers of seven poplar clones employed observation

Clone	遺伝的系統 Families	文 献 Literature	測 定 個 体 数 Sample numbers of observation			
			掘取測定 digging observation		継続測定 periodical observation	
			1年目 1st year	2年目 2nd year	1年目 1st year	2年目 2nd year
OP 20	<i>P. charkowensis</i> × <i>P. caudina</i>	8)	50	60	7	8
OP 29	<i>P. charkowensis</i> × <i>P. trichocarpa</i>	9)	50	60	7	10
OP 206	<i>P. deltoides</i> × <i>P. trichocarpa</i>	9)	50	60	9	7
OP 226	<i>P. deltoides virginiana</i> × <i>P. caudina</i>	8)	50	60	7	8
I 72/51	<i>P. deltoides</i>	8)	50	60	7	8
I 214	<i>P. euramericana</i> cv.	21)	50	60	7	8
巨大	<i>P. Japonica-gigas</i>	10)	50	60	7	9

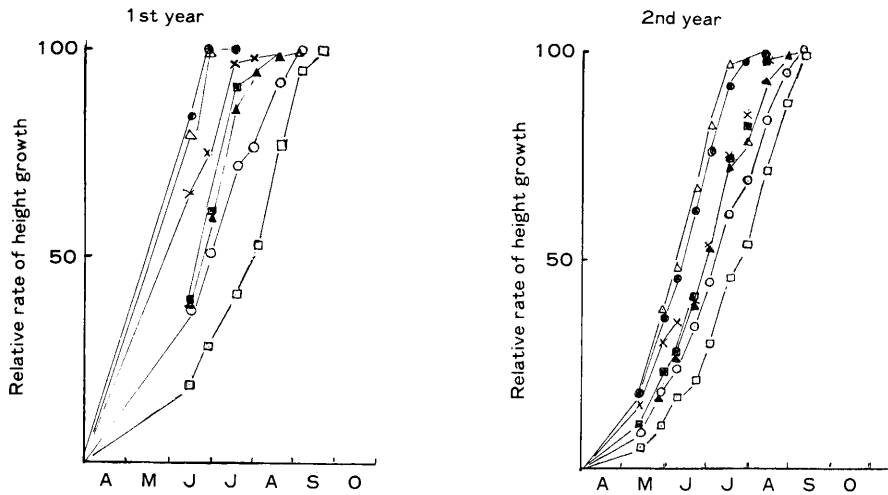


図-1 1年目、2年目のクローン別樹高生長（最大値を100とした相対値）

Fig. 1. Height growth among clones in first and second years. (Figures are showed as relative to the maximum.)

○ OP 20 ● OP 29 △ OP 206 ▲ OP 226 □ I 72/51 ■ I 214 × 巨大

II. 材料と方法

材料のポプラクロンは、上長生長速度、上長生長期間、個葉の大きさに基準をおいて選んだ。

ポプラ1年生苗での上長生長をクローン間比較した例として、林業試験場浅川苗畑での31クローン²¹⁾、東大農学部田無試験地でのOP系統を主とした10クローン(佐藤、未発表)、I系統を主とした7クローン²⁾の調査がある。これらを参考にして、上長生長のすぐれたクローンとして、OP20、OP226、I214、巨大種を選んだ。このうち、OP20は葉が小さいが、これに対して葉が大きい

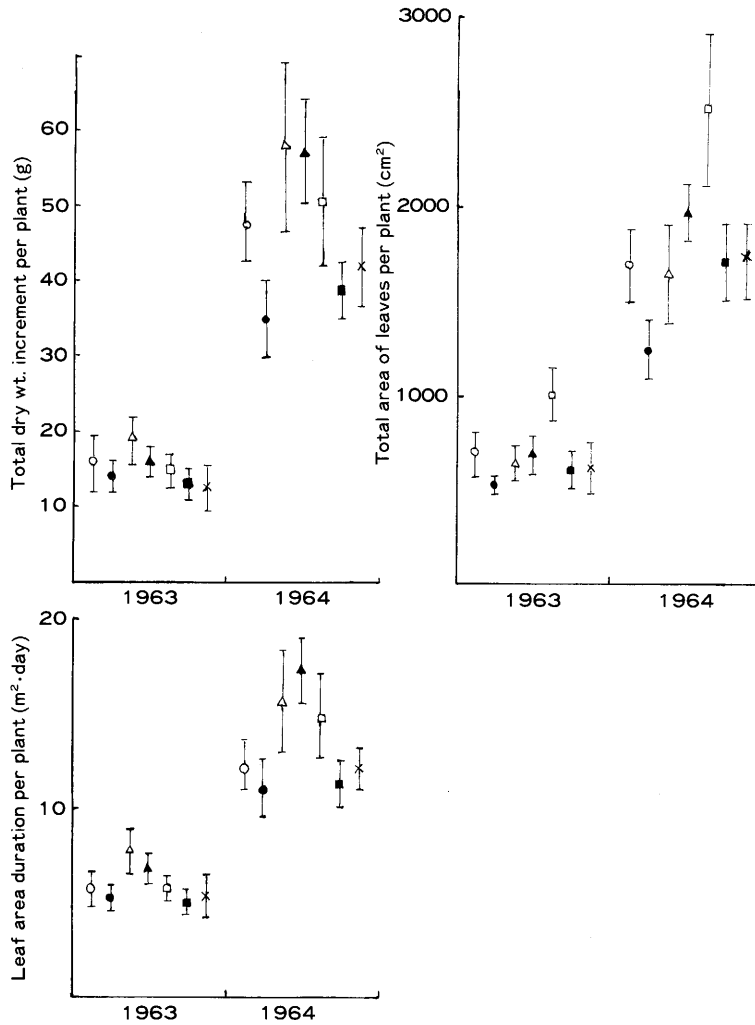


図-2 1年目, 2年目のクローン別累計葉面積, LAD, 総乾物増加量 (平均値±標準偏差) 図中の記号は図-1と同じ

Fig. 2. Total area of leaves per plant LAD, and total dry weight increment among clones in the first and second years (mean ± standard deviation). Symbols are the same as in Fig.1.

いクローンとして, I72/51 を選んだ。I72/51 の葉は平均して OP20 の 4 倍近くある。次に生長期間に関連して, 芽の展開停止時期が早い OP29 と OP206 をくわえた。上長成長期間でわけると, 6 月下旬~7 月上旬に停止の OP29 と OP206, 8 月中下旬~9 月上旬に停止の OP20, OP226, I72/51, その中間の巨大種, I214 となる。

実験に使用した 7 クローンの遺伝的系統, 供試個体数を表-1 に示す。OP はアメリカでつくられた改良のポプラで, OP20 はヨーロッパ系クロヤマナラシの種間雑種, OP29 はヨーロッパ系クロヤマナラシとアメリカ系バルサムポプラの種間雑種, OP206 はアメリカ系クロヤマナラシとアメリカ系バルサムポプラの種間雑種, OP226 はアメリカ系クロヤマナラシとヨーロッパ系

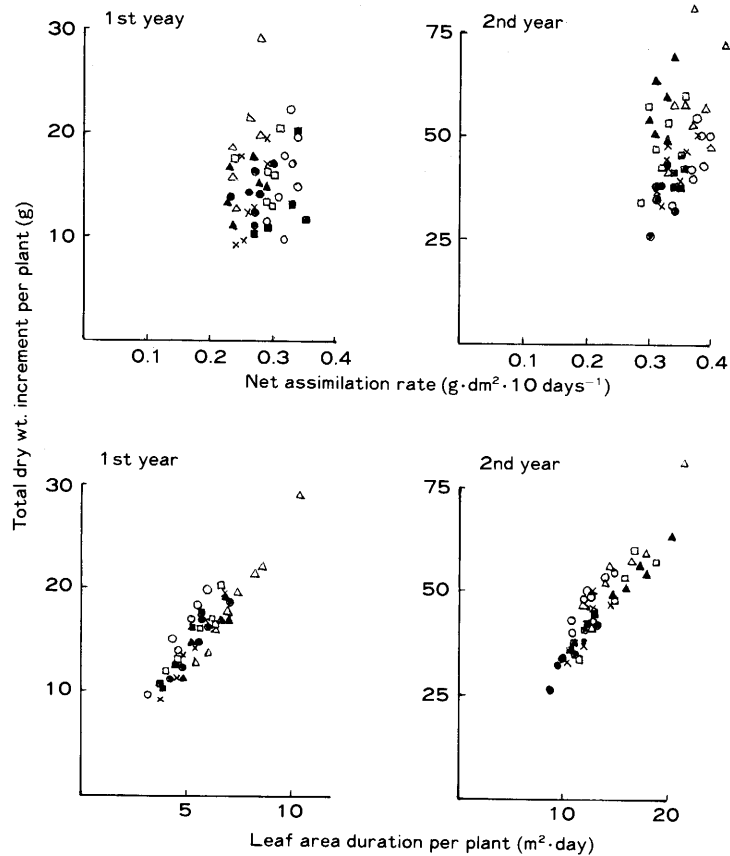


図-3 1年目2年目のクローン別、個体別NAR, LADと総乾物増加量 図中の記号は図-1と同じ
 Fig. 3. NAR, LAD and total dry weight increment among clones and individuals in the first and second years. Symbols are the same as in Fig. 1.

クロヤマナラシの交雑種である。I系統はイタリアで選ばれた改良ポプラで、I214はアメリカ系クロヤマナラシの天然雑種に属する雌性株である。I72/51はアメリカ系クロヤマナラシ *P. deltoides* の種内交雑で作られた。巨大種は群馬大学の中島吾一氏がクロヤマナラシ類の雑種からみつけたもので、ロブスタ種に極めて近いといわれている。

実験は東京大学農学部附属田無試験地第1苗畑で、鉢植えの当年生挿木苗についておこなった。鉢は素焼きの1尺鉢(直径約30cm)を使用し、これに田無試験地第1苗畑の埴質壤土(火山灰土壤)を入れた。挿穂の挿付け前にFAO⁴⁾の基準に照し、各鉢に硫酸加里、硫酸アンモニウムを各2.3g、過磷酸石灰を7.0gずつ与えた。

実験用に長さ15cm、太さ1.0cm、生重5.0g前後の挿穂にそろえた。実験は2回くり返しおこない、両年とも挿付けは4月8日であった。

実験個体は、樹高生長、葉面積、葉の寿命測定を生育期間を通じて継続的に測定するための継続測定個体と、葉面積と葉乾重の回帰式によって各生育段階での継続測定個体の葉重を求めるための掘り取り個体にわかれる。継続、掘り取り個体数はクローンごとに表-1に示した。

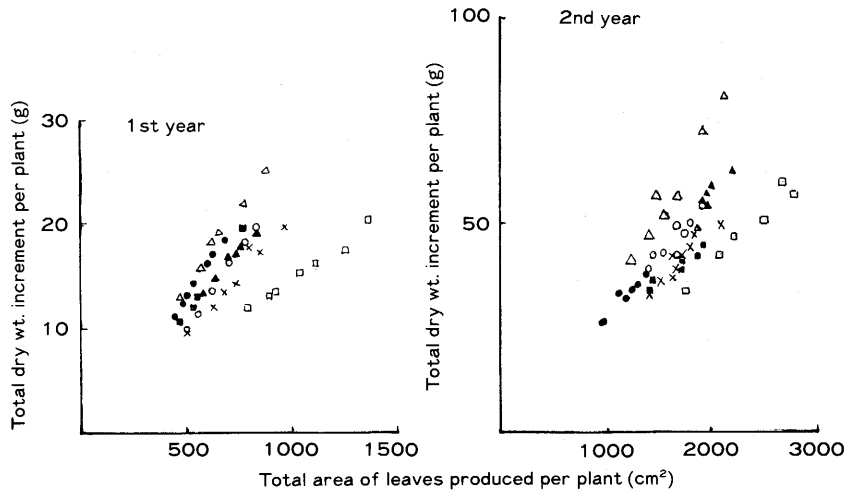


図-4 1年目, 2年目のクローン別, 個体別累計葉面積 (着葉面積+落葉面積) と総乾物増加量 図中の記号は図-1と同じ

Fig. 4. Total area of leaves produced per plant (living area of leaves per plant + defoliated area of leaves per plant) and total dry weight increment among clones and individuals in the first and second years. Symbols are the same as in Fig. 1.

樹高測定は樹高成長が停止するまで, 2週間ごとにおこなった。葉面積の測定は点数法¹¹⁾によって4月下旬の展開時期から, 11月上旬の落葉期まで, 点の間隔 0.7×0.7 cm で1週間ごとにおこなった。測定した葉については, 展開から落葉までの寿命を調べた。

継続測定個体については12月下旬にすべて掘り上げて各部分に分け, 乾重量を計算した。その際, 挿穂の乾重増加量については各クローン20個体前後のサンプルについて, 生重と乾重の回帰直線式を求め, 挿し付け時の挿穂の生重量から, 挿穂の乾重量を計算し, 最終時に掘り上げた継続測定個体の挿穂乾重からさし引いて求めた。

III. 結果と考察

各クロンの樹高成長を最も成長のすぐれている最大値を100として相対値で図-1に示す。どのクローンも2年目が1年目にくらべて生長が良かった。個々のクローンについて観察すると, 巨大種を除いて年による生長パターンのちがいはほとんどみとめられなかった。1回目の実験では上生長停止時期は OP29, OP206, 巨大種が7月上旬~中旬, これに対して OP20, OP226, I72/51, I214 は8月下旬~9月中旬であった。3クローンが生長停止が早いという傾向は2年目にもみとめられた。

両方の実験の総乾物増加量, LAD, 累計葉面積 (着葉面積+落葉面積) を図-2に示す。樹高成長と同様に7クローンとも, どの項目も2年目が1年目にくらべていちじるしく大きかった。各クロンのLADの大小は1年目, 2年目とも総乾物増加量の順位とほぼ一致する。累計葉面積の場合は, 1年目では I214, 2年目では OP20, OP226 のみしか一致がみとめられなかった。

図-3に2回の実験の総乾物増加量とLAD, 平均NAR——総乾物増加量をLADで割った値——の関係を示す。平均NARは1年目は0.20~0.35, 2年目は0.30~0.40の範囲に分布し, 総

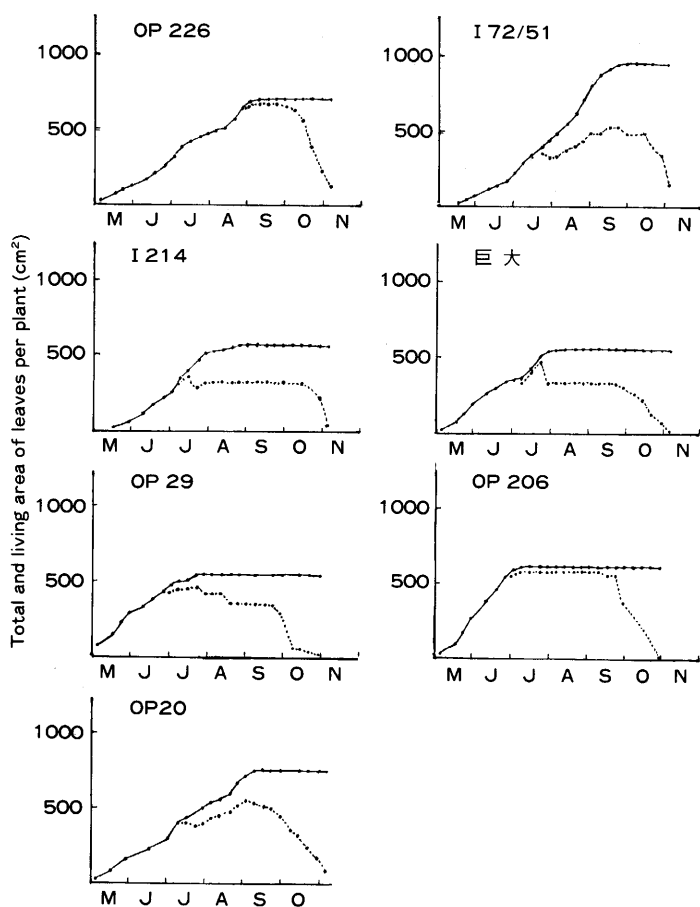


図-5 1年目のクローン別累計葉面積（着葉面積+落葉面積），着葉面積の季節変化 ——：累計葉面積
 ----：着葉面積

Fig. 5. The seasonal variation of total area of leaves per plant (living area of leaves per plant + defoliated area of leaves per plant), living area of leaves per plant among clones in the first year. ——: total area of leaves per plant, ----: living area of leaves per plant.

乾物増加量との関係はあきらかではない。一方，LADと総乾物増加量は両年とも各クローンごとに比例関係がみとめられた。

各クローンの総乾物増加量と累計葉面積の関係を図-4に示す。1年目，2年目ともに各クローンごとに両者の間に比例関係がみられる。単位累計葉面積あたりの総乾物増加量はI72/51が最小で，OP206が最大であった。

上記のクローン差を生じる原因の検討のために，累計葉面積の季節変化を図-5，図-6に示す。1年目，2年目とも落葉の季節変化にクローン差がみとめられた。すなわち，7月上旬～9月上旬の生育期に落葉量の少ないOP206，OP226と，落葉量の大きいOP20，I72/51，I214，巨大種にわかれる。ただし，OP29のように年によって変動もみられる。両年ともI72/51は累計葉面積は最も大きかったが，生育期間中に失われる落葉量も大きい。一方OP206は累計葉面積が大きいだ

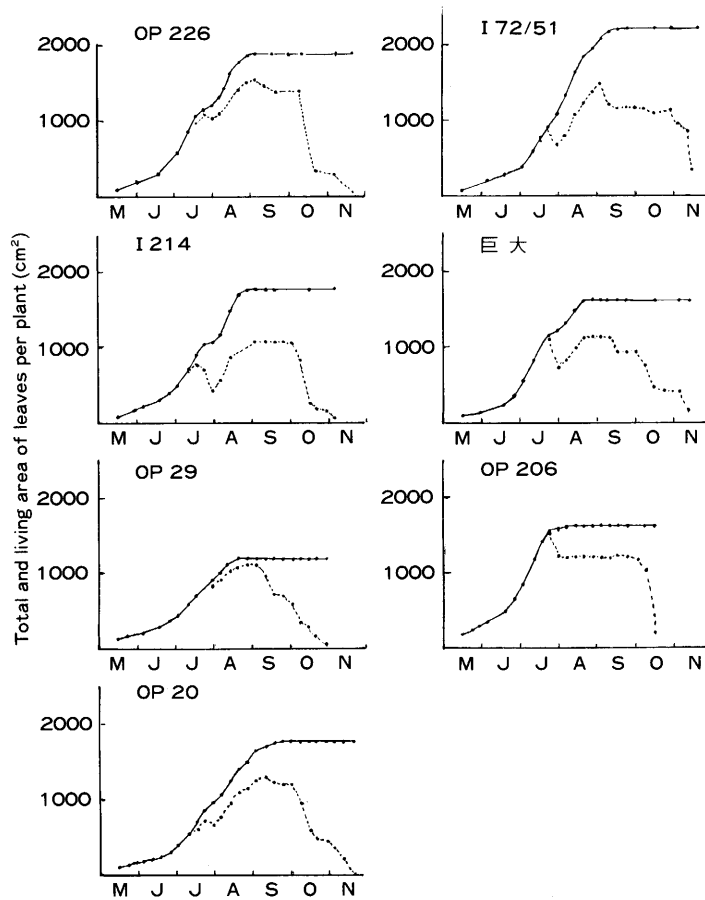


図-6 2年目のクローン別累計葉面積 (着葉面積+落葉面積), 着葉面積の季節変化 —: 累計葉面積
----: 着葉面積

Fig. 6. The seasonal variation of total area of leaves per plant (living area of leaves per plant + defoliated area of leaves per plant), living area of leaves per plant among clones in the second year. —: total area of leaves per plant. ----: living area of leaves per plant.

けでなく、生育期の落葉量が極めて少ない。その結果、単位累計葉面積あたりの総乾物増加量は OP206 が最大、I72/51 が最小となると考えられる。

落葉量と関連して、1年目、2年目のクローン別、時期別の葉の平均寿命を図-7に示す。葉の平均寿命は葉が展開してから落葉するまでの日数で表わしたが、ほとんどのクローンが5月下旬の生育初期の段階では低く、その後次第に高くなり、終期の落葉期の低下にはクローン差があり、OP29、OP206は最後まで平均寿命が長い。LADは着葉量の積分であるから、生育期間が同じ場合は落葉がなければ累計葉量の大きい程、LADも大きい。また、累計葉量が等しければ、落葉量の少ない方が大きなLADを持つ。落葉量は葉の寿命に左右されるから、葉の寿命はLADと大きな関係を持ち、したがって総乾物増加量におけるクローン差に関連していると考えられる。

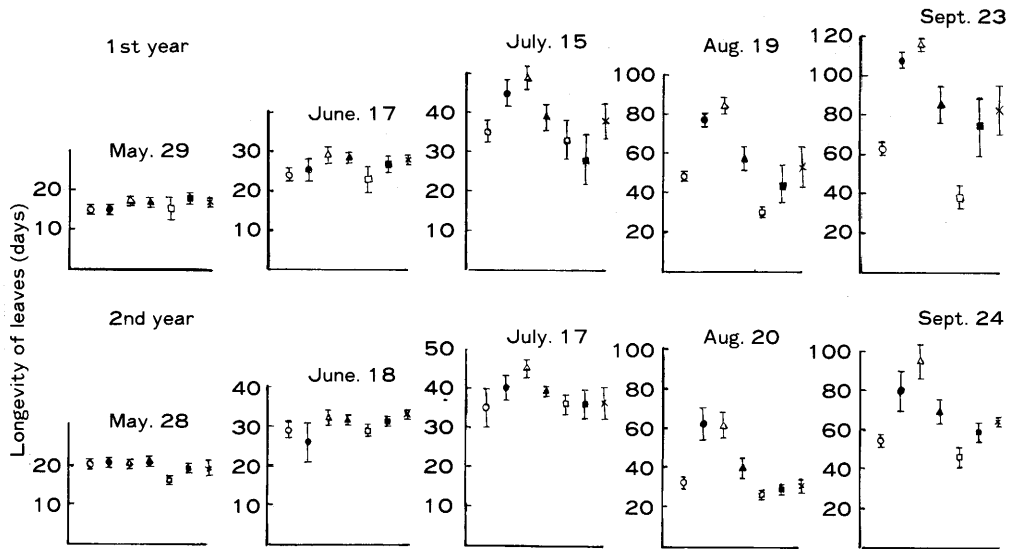


図-7 1年目, 2年目のクローン別時期別の葉の平均寿命(平均値±標準偏差) 図中の記号は図-1と同じ

Fig. 7. The seasonal differences with the mean leaf longevity among clones in the first and second years. (mean standard deviation). Symbols are the same as in Fig. 1.

IV. おわりに

ポプラクローンについて総乾物増加量と葉の量, 葉の能率との関係について2年間しらべた。

総乾物増加量とLAD(葉積)の間には明らかな関連がみとめられたが, 総乾物増加量と平均NAR(純同化率)との関連は明らかでなかった。平均NARは全生育期間にわたつての平均の葉の能率で, 乾物増加量との関連を論じるためには全生育期間を通して各クローンのNARの季節経過を調べ, 乾物生産量との関連を検討する必要がある。さらに, NARは直接乾物量の測定によって求められる葉の能率であるが, NARの値は単位光合成速度, 単位呼吸速度, および植物体全体に対する光合成器官(葉)のわりあい等によってきまる。今回の報告でわかっているのは光合成器官(葉)のわりあいだけである。したがって, NARの季節経過を調べ, 総乾物増加量と葉の能率の関係のクローン差について, より進んだ解析をおこなうためには, CO₂ガス代謝測定によって, 少なくとも光合成量か, 呼吸量のどちらかを知る必要がある。

要 旨

ポプラの挿し付け当年の総乾物増加量と, 葉の能率, 葉の量の関係をしらべた。

7クローン, OP20 (*P. charkowensis*×*P. caudina*), OP29 (*P. charkowensis*×*P. trichocarpa*), OP206 (*P. deltoides*×*P. trichocarpa*), OP226 (*P. deltoides virginiana*×*P. caudina*), I72/51 (*P. deltoides*), I214 (*P. euramericana* cv.), 巨大 (*P. japono-gigas*) につきしらべた。

調査は2年間にわたって東京大学農学部演習林附属田無試験地で鉢植え材料についておこなった。生育期間中, 樹高, 葉面積, 葉の寿命を継続的に測定し, 最後に掘り取って, 乾物増加

量を求めた。

総乾物増加量と LAD (葉積), 累計葉面積とのあいだには各クロンとも比例関係がみとめられた。これに対して平均 NAR (純同化率) とのあいだには関連がみとめられなかった。

LAD と総乾物増加量の比例関係には, ほとんどクロン差がなかったが, 累計葉面積の場合には差がみとめられた。こうした差は落葉量の季節経過にクロン差があるためと考えられる。落葉量に関連して葉の平均寿命をしらべたが, 生育旺盛期にクロン差がいちじるしかった。

キーワード: ポプラ, NAR (純同化率), LAD (葉積), 累計葉面積, 葉の寿命

引用文献

- 1) BOYSEN JENSEN, P.: Die Stoffproduktion der Pflanzen 108 pp., C. Fischer, Jena, 1932.
- 2) 千葉 茂・永田義明: イタリア系ポプラの試験地における 10 年生の樹形と生長について. 日林北支講 **18**: 122-127, 1969.
- 3) 陳 賢強: 培養液の窒素濃度がポプラ苗の物質生産に及ぼす影響. 東大農修論, 30 pp., 1970.
- 4) FAO: Poplars in forestry and land use. 498 pp., Rome, 1970.
- 5) 蜂屋欣二・羽秋一延・成田忠範: アカマツ天然林の林分生長の解析——地位のちがいと成長の関係——. 76 回日林講: 161-162, 1965.
- 6) 蜂屋欣二・羽秋一延: 高密度のアカマツ林分の生長解析——林齢のちがいと生長の関係——. 79 回日林講要旨, 31-32, 1968.
- 7) HUBER, B. and POLSTER, H.: Zum Frage der physiologischen Ursachen der unterschiedlichen Stoffherzeugung von Pappelklonen. Biol. Cbl. **74**: 370-419, 1955.
- 8) 猪熊泰三: ポプラ類の雑種管見 I. 林木の育種 **4**: 2-3, 1958.
- 9) 猪熊泰三: ポプラ類の雑種管見 II. 林木の育種 **5**: 4-8, 1958.
- 10) 蒲谷 肇: 生育の悪い海岸砂丘クロマツ林の施肥による改善とその生産生態学的研究. 東大演報 **70**: 11-90, 1981.
- 11) 中村賢太郎・佐藤大七郎: (巨大ポプラ) 調査報告. 山脈 **4**(4): 134-139, 1953.
- 12) 根岸賢一郎・八木喜徳郎・佐藤大七郎: ハのヒロサをはかる一方法 (点数法). 日林誌 **39**: 380-384, 1957.
- 13) SATOO, T.: Primary production relations in woodlands of *Pinus densiflora*. In: Symposium on productivity and mineral cycling in natural ecosystems (YOUNG, H. E. ed.). 52-80, Maine Univ. Press, 1968.
- 14) SATOO, T.: Primary production relations in a natural forest of *Betula maximowicziana* in Hokkaido: Materials for the studies of growth in forest stands. 9. Bull. Tokyo Univ. For. **66**: 109-117, 1974.
- 15) SATOO, T.: Primary production relations in a plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido: Materials for the studies of growth in forest stands. 10. Bull. Tokyo Univ. For. **66**: 119-126, 1974.
- 16) SATOO, T.: Primary production relations in a plantation of *Abies sachalinensis* in Hokkaido: Materials for the Studies of growth in forest stands. 11. Bull. Tokyo Univ. For. **66**: 127-137, 1974.
- 17) SATOO, T.: Primary production relations in a plantation of *Thujaopsis dolabrata* in the Noto Peninsula: Materials for the studies of growth in forest stands. 12. Bull. Tokyo Univ. For. **66**: 139-151, 1974.
- 18) SATOO, T.: Primary production relations of a young stand of *Metasequoia Glyptostroboides* planted in Tokyo: Materials for the studies of growth in forest stands. 13. Bull. Tokyo Univ. For. **66**: 153-164, 1974.
- 19) WATSON, D. J.: Comparative studies on the growth 1. Variation in the net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Ann. Bot. (n.s) **41**: 71-76, 1947.
- 20) WATSON, D. J.: The physiological basis for variation in yield. Adv. Agron. **4**: 105-145, 1957.
- 21) 柳沢聰雄・塩田 勇: 外国樹種各論, ポプラ属 (林總協編), 348-372, 産業図書, 東京, 1958.

(1989年1月31日受理)

Summary

Effects of net assimilation rate and total amount of leaf area and leaf duration, leaf longevity on total dry weight increment among seven poplar clones: OP20 (*P. charkowensis* × *P. caudina*), OP29 (*P. charkowensis* × *P. trichocarpa*), OP206 (*P. deltoides* × *P. trichocarpa*), OP226 (*P. deltoides virgiana* × *P. caudina*), I72/51 (*P. deltoides*), I214 (*P. euramericana cv.*), 巨大 (*P. Japonogigas*).

The experiment were studied, repeated twice at Tokyo University Experiment Station, Tanasi, Tokyo.

Young cuttings of clones mentioned above were used for the experiment. The plants were grown in pots arranged in line, and the pots were burried to their rims in the field. The measurements of height growth, leaf area and leaf longevity, were carried out at a week interval through a whole growing season, and the plants employed in the experiment, finally were dug out for the calculation of total dry weight increment.

In both years, total dry weight increment were in proportion to both leaf area duration and total leaf area per plant, regardless of clonal differences. As a result, net assimilation rate was similar among all poplar clones. However, total leaf area per plant showed a dignificant difference among the clones used in the present experiment, and this is attributed to difference among clones in both years. Furthermore the difference in relationship between total dry weight increment and total leaf area per plant among clones, were attributed to leaf longevity among clones in growing season.

The differences in leaf longevity were remarkable among the clones in a season of vigorous growth. For example, OP20 continuously shed old leaves and regenerated new leaves in short interval, on the other hand, OP206 shed scarcely and their leaves were long-lived.

The results as above mentioned, showed that the growth of poplar clones in this experiment highly depends on total leaf area per plant and leaf longevity through the growing season.

Key word: Poplar, NAR (net assimilation rate), LAD (leaf area duration), Total amount of leaf area per plant, Leaf longevity