

都市林におけるシュロとトウジュロの異常繁殖

IV. シュロ実生個体の NAR, LAR, RGR と相対照度との関係

萩原 信介*

Rapid Multiplication of *Trachycarpus fortunei* and *T. wagnerianus* in Urban Forest

IV. An Analysis of the Differential Effects of Light Intensity on the Net Assimilation Rate, Leaf-Area Ratio, and Relative Growth Rate of Seedlings of *Trachycarpus Fortunei* (PALMAE).

Shinsuke Hagiwara*

まえがき

照度と植物の生長の関係は、種によって、また同種内でも生育段階や、他の環境との相互作用によっても異った傾向を示すことが知られている。

BLACKMAN (1951 a, b) らは、植物の個体の生長と照度との関係を論じ、いわゆる陰生植物が強い照度のもとで生長がおとろえる現象を、NAR と LAR の照度に対する関係から RGR が低下することを説明し、種によって最適照度が存在することを明かにした。

さらに種特有の最小受光量（個体の光補償点）をも説明したが、かならずしも実際の結果とはうまく一致しなかった。これにはロジスチック理論（穂積他, 1958）からの反論もあり今後の問題となっている。

著者は、耐陰性が強いと考えられる *Trachycarpus fortunei* ワジュロの実生個体を持いて、光補償点をはるかに越える低照度から最適照度を越える高照度までの広範囲にわたる人工被陰区において5ケ年にわたって生長を調べた。そして低照度および高照度における NAR, LAR の照度に対する反応、age による変化、LAR の性質について得られた結果から、これらの問題について論議する。

今回の実験を行うにあたっては、実験区の設定、管理について自然教育園の職員にひとかたならぬお世話になった。ここに深く謝意を表する次第である。また本研究のとりまとめには文部省科学研究費（奨励A）の一部を用いた。

材料および方法

材料および方法等については前回の報告（萩原, 1980）に詳しく述べてあるので簡単にふれる。ワジュロ (*Trachycarpus fortunei*) の種子を、6照度区（100%, 50%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01%）と3つの土

* 国立科学博物館付属自然教育園, National Park for Nature Study, National Science Museum

壤水分区を組合せた処理区内で1975年～1980年の6ヶ年生育させ、毎年、草高、葉数、小葉数、葉身長、葉柄長を、あらかじめラベリングされたすべての個体について測定し、さらに標準的な生育をしている個体を、各処理区で年平均2本ぬきとり、各部の乾重量、葉面積を測定した。1980年3月に残った全個体をぬきとり、各部の測定、および絶乾重量、葉面積を測定した。1975年～1979年のそれぞれの年平均乾物重および葉面積は、各年の供試個体ごとの総葉柄長、葉数、小葉数、葉身長との相関関係に基づく推定値を用いた。

葉面積の測定は、生葉を複写し点格子法により求めた。

実験期間を通して途中で死亡した個体（萩原，1980）は、各年の平均値から除外した。土壌水分の乾区は個体数が急激に減少したため考慮しなかった。また弱乾区は100%区が1年目にすべての個体が枯死し、また50%区では非常にバラツキが大きかったため乾重の各部の比較以外は用いなかった。

したがって1980年の掘り取り時の個体のみが、各処理区の供試木となり、100%から0.01%までの個体数は、弱乾区でそれぞれ、0、32、19、25、0、0、であり適潤区では、19、32、31、21、0、0、となりこれらの平均値を用いてすべての計算を行った。

1978年までは出葉したほとんどの葉は枯死することはなかったが1979—1980年にかけてはいくらか枯死が見られ、特に100%区、50%区に多く見られたが、そのような葉は葉面積値、乾重値から省いて計算された。

1975年の6月の実験開始時には催芽し、発芽時期をそろえたが、地上に第1葉が展開するまでに遅い個体では11月までかかったことが原因で'75年と'76年の他の測定形質からの乾重と葉面積の推定値は'77年以降と比較するとやや幅が大きかった。そのため100%区は実験区外の1、2年生個体を若干供試個体として追加した。

供試個体の掘取りは水中で土を落し根を切らないように注意を払った。100%区、50%区の個体の一部には鉢外にわずかに出根した個体もみられたが、他の処理区個体は鉢外に出根することは認められなかった。

結果および考察

草高、葉数、小葉数、葉柄長については先に報告した（萩原，1980）。

乾燥区を除いた各処理区の葉面積、各部の乾重量は Table 1. に示すとおりである、また生育状態は

Table 1. Average leaf area, dry weight and its distribution within seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) on each treatment at the end of experimental periods.

Relative Light Intensity (%) and Soil Moisture (Wet, Semi-Dry)		Dry Weight (g) and percentage on each parts						Average Leaf Area (cm ²)
		Leaves	Petioles	Stems	Roots	Total	$\frac{\sigma_{n-1}}{(c. v.)} \%$	
100%	W	2.61 (24.0)	4.46 (41.1)	0.64 (5.9)	3.12 (28.7)	10.86 (100)	6.06 (55.8)	358
50%	D	5.17 (33.9)	5.78 (37.9)	0.56 (3.7)	3.73 (24.4)	15.27 (100)	31.76 (208.9)	603
	W	5.21 (34.8)	6.08 (40.6)	0.68 (4.6)	2.91 (19.4)	14.97 (100)	13.12 (87.6)	602
10%	D	3.16 (35.2)	3.65 (40.6)	0.38 (4.3)	1.79 (19.9)	8.99 (100)	6.34 (70.6)	428
	W	2.49 (39.3)	2.72 (43.0)	0.21 (3.4)	0.89 (14.1)	6.33 (100)	4.99 (78.8)	343
1%	D	1.09 (50.4)	0.70 (32.5)	0.08 (3.5)	0.29 (13.6)	2.16 (100)	0.98 (45.3)	167
	W	0.94 (52.2)	0.59 (32.6)	0.06 (3.4)	0.21 (11.6)	1.80 (100)	0.84 (46.7)	147

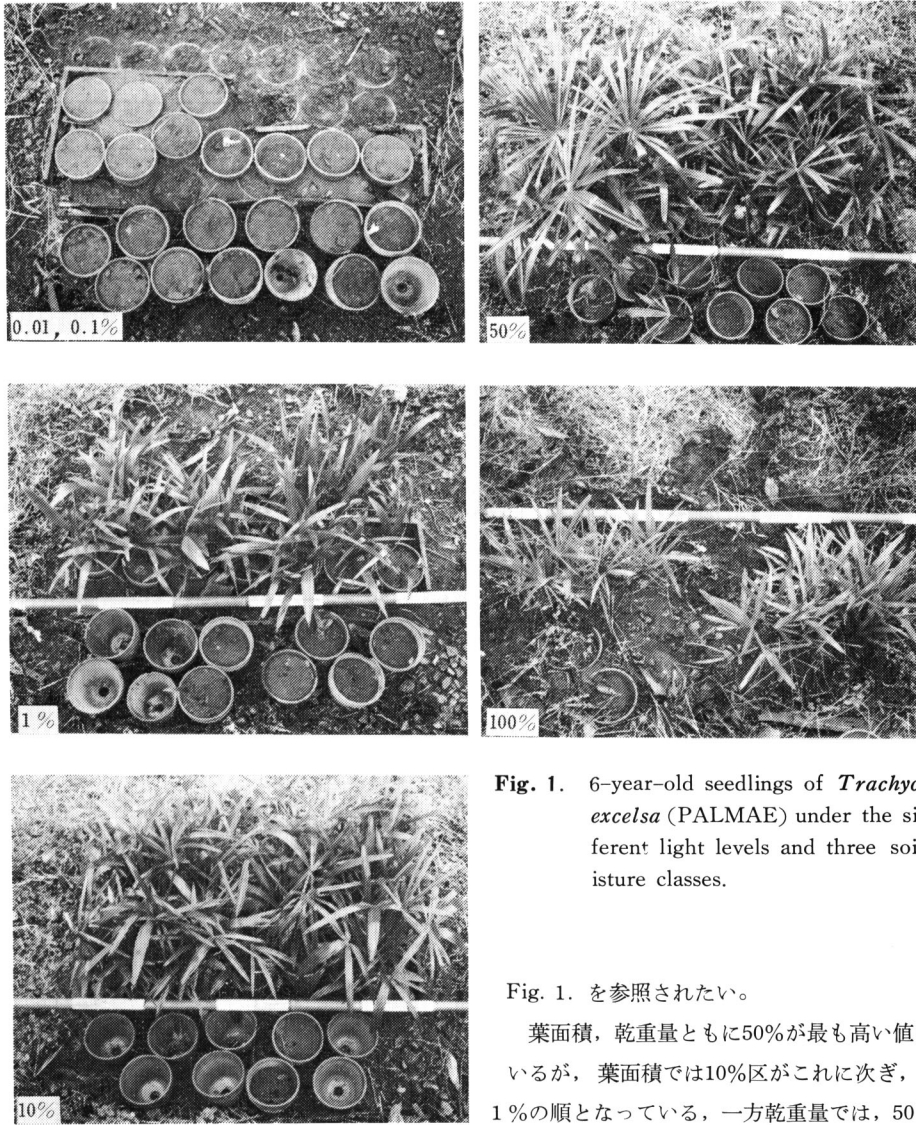


Fig. 1. 6-year-old seedlings of *Trachycarpus excelsa* (PALMAE) under the six different light levels and three soil moisture classes.

Fig. 1. を参照されたい。

葉面積、乾重量ともに50%が最も高い値を示しているが、葉面積では10%区がこれに次ぎ、100%、1%の順となっている、一方乾重量では、50%、100%、10%、1%の順となり、乾重生長と葉面積生長は必ずしも一致しない。

弱乾区と適潤区の比較では、すべての弱乾区で乾重、葉面積とも適潤区をわずかながら上まっているが、100%区では弱乾区はすべて枯死し、50%区では有意差がなかった。土壤水分の実際の測定値（萩原、1980）は各照度区で被陰の影響を強く受け、また一定の水分にコントロールしなかったためにより詳細な解析はできない。

各処理区内のバラツキをみると50%弱乾区が異常に高く、他の処理区もかなりの大きな値となっている。1%区が最も少ないことから密度効果が生長の良い区でより強く働き始めたためと考えられる、そこで各処理区で最も乾重量の大きい5個体のみで示した値（Table 2.）が各処理区で正常な生長を示しているかもしれない。全体の平均値と比較して各処理区でバラツキは小さくなるが、50%弱乾区ではやはり異常に大きなバラツキが残った。乾重量、葉面積は、約1.5倍～2倍の差が認められるが、順位等の変化はみられなかった。

乾重の分配率については Table 1. および Fig. 2. に示すとおりである。

Table 2. Average leaf area, dry weight and its distribution within 5 seedlings of maximum weight of *Trachycarpus fortunei* on each treatment at the end of experimental periods.

Relative Light Intensity (%) and Soil Moisture (Wet, Semi-Dry)		Dry Weight (g) and percentage on each parts						Average Leaf Area (cm ²)
		Leaves	Petioles	Stems	Roots	Total	σ_{n-1} (c. v.) %	
100%	W	4.33 (23.0)	7.83 (41.5)	1.26 (6.7)	5.43 (28.8)	17.24 (100)	4.82 (28.0)	574
50%	D	20.27 (31.7)	27.52 (43.1)	3.92 (6.1)	12.13 (17.0)	63.85 (100)	65.1 (98.0)	2,429
	W	11.37 (29.9)	16.90 (44.5)	2.00 (5.3)	7.71 (20.3)	37.89 (100)	4.8 (12.7)	1,350
10%	D	5.65 (32.1)	7.73 (43.9)	0.73 (4.1)	3.49 (19.8)	17.60 (100)	3.2 (18.2)	791
	W	5.49 (35.1)	7.42 (47.5)	0.53 (3.4)	2.17 (13.9)	15.62 (100)	6.4 (40.9)	729
1%	D	1.66 (46.9)	1.30 (36.7)	0.12 (3.4)	0.47 (13.3)	3.54 (100)	0.58 (16.4)	248
	W	1.40 (49.0)	1.03 (36.0)	0.10 (3.5)	0.33 (11.5)	2.86 (100)	0.89 (31.1)	209

100%区では葉の占める割合が24%に対し、50%区、10%区、1%区と照度が下るに従って葉重の占める割合は増加し、1%区では全重量の半分近くに達する。

川那部・四手井(1968)は耐陰性の小さいアカマツ、クロマツでは、照度の減少により葉重の割合が変化しないか逆に減少し、一方スギ、ヒノキではわずかながら増加することを指摘している。また HIROI & MONSI (1963) はヒマワリの被陰実験においてこの葉重比が加えて低下してしまうことを耐陰性の

低さの原因としている。さらに KUROIWA et al. ら(1964)は葉への分配率が照度により低下しない性質の植物が耐陰性が大きいことを推論している。これらと比較してシュロの場合は1%区まで照度が下ると葉重比の増加は非常に顕著であり、可塑性の大きさをうかがわせる。

葉重の分配率に反して根の占める割合は逆に減少傾向を顕著に示している。100%区では28.7%に比して1%区では11.6%とほぼ1/2程度まで下ってしまう、川那部・四手井(1966)はカンレンボク *Camptotheca acuminata* で同様の結果を得ている。

葉柄が全重量に占める割合は、照度に対して顕著な傾向は示さない。また幹重も同様に変化は認められな

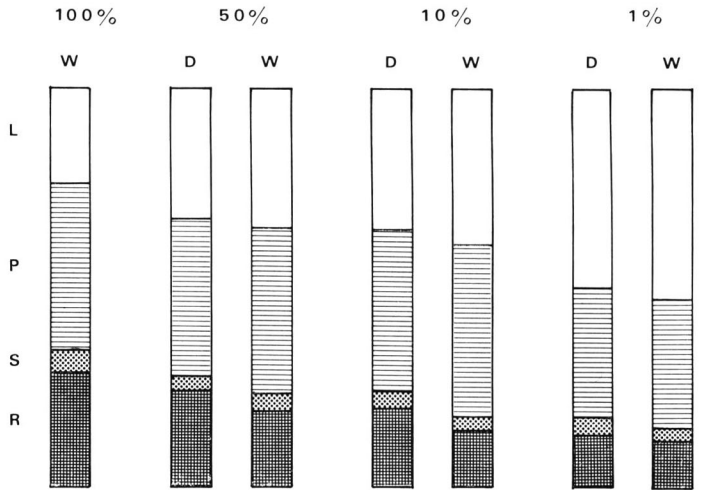


Fig. 2. Average dry matter allocation of 6-year-old seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) to L (leaf), P (petiole), S (stem), R (root).

い。他の一般植物と比較して、葉柄の占める割合が4割近くもあり、逆に幹の占める割合が5%前後という特異な配分比を示した。これはシュロの高さの生長の比較で照度に対してあまり差が認められなかった(萩原, 1980)ことをうらづけるもので、つまり高照度では短かい葉柄を持つが、低照度では細く長い葉柄を作ることでより伸長生長をし、他の植物との光に関する競争に適応することが可能であるということが推察される。

土壌水分と乾物の分配率との関係を見ると、弱乾区では適潤区に比して根重の割合が増加

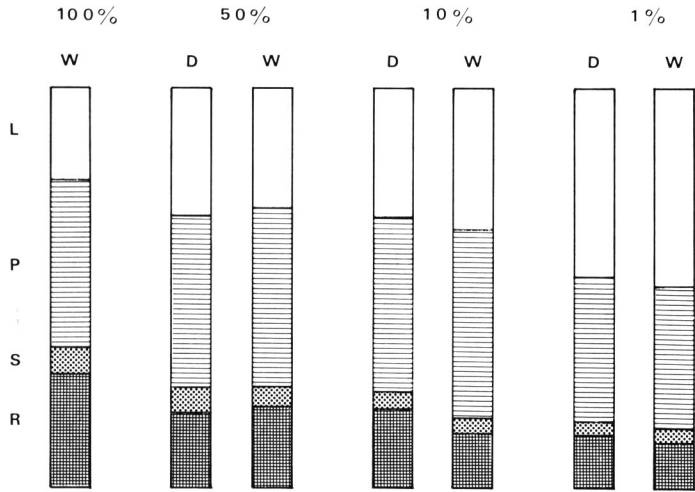


Fig. 3. Average dry matter allocation of maximum five individuals in 6-year-old seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) to F (leaf), P (petiole), S (stem), R (root).

Table 3. Average leaf area and dry weight of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) on each relative light intensity in standard soil moisture class for six growing periods, and NAR, LAR, RGR. Parenthesized figures show average value of five maximum seedlings.

		'75. 10 Oct.	'76. 10 Sept.	'77. 1 Sept.	'78. 9 Jun.	'79. 19 Jul.	'80. 27 Mar.
100%	Dry Weight (g)	0.19	0.41	1.05	2.06	6.84(12.0)	10.86(17.24)
	Leaf Area (cm ²)	16.0	25.5	57.9	103	243(370)	357(574)
	RGR (g/g/year)		0.923	0.941	0.899	1.087	0.694(0.534)
	NAR (g/cm ² /year)		0.0129	0.0162	0.0172	0.0265	0.0205(0.0169)
	LAR (cm ² /g)		71.4	58.0	52.4	40.8	33.9(32.2)
50%	Dry Weight	0.20	0.44	1.20	2.59	9.02(24.9)	15.0(37.9)
	Leaf Area	18.9	38.2	85.7	163	389(906)	603(1,353)
	RGR		0.946	1.003	1.031	1.130	0.760(0.623)
	NAR		0.0105	0.0129	0.0150	0.0224	0.0183(0.0174)
	LAR		90.0	77.6	66.6	45.1	41.5(35.8)
10%	Dry Weight	0.16	0.30	0.69	1.31	4.00(10.7)	6.33(15.6)
	Leaf Area	17.1	33.2	67.3	111	235(503)	343(729)
	RGR		0.754	0.833	0.855	1.018	0.682(0.551)
	NAR		0.0069	0.0081	0.0092	0.0147	0.0122(0.0121)
	LAR		109	103	90.1	68.6	55.8(46.9)
1%	Dry Weight	0.15	0.21	0.39	0.61	1.28(2.14)	1.80(2.86)
	Leaf Area	16.7	27.2	46.8	66.9	110(188)	147(232)
	RGR		0.404	0.527	0.596	0.685	0.488(0.395)
	NAR		0.0033	0.0044	0.0051	0.0067	0.0059(0.0053)
	LAR		121	119	114	100	86.8(74.3)

し、逆にその分だけ葉重比が下がり、葉柄重、幹重の割合は変化しない。照度に対する反応と比べるとわずかな違いであるが、各照度区でこの傾向は認められる。

成長の良い5個体内での乾物配分率は Fig. 3. に示すとおりであるが、全体の平均値との間に差はほとんど見られなかった。

1975年から1980年3月までの適潤土壌区の葉面積、乾物重の生長は Table 3, Fig. 4, 5 に示すとおりである。

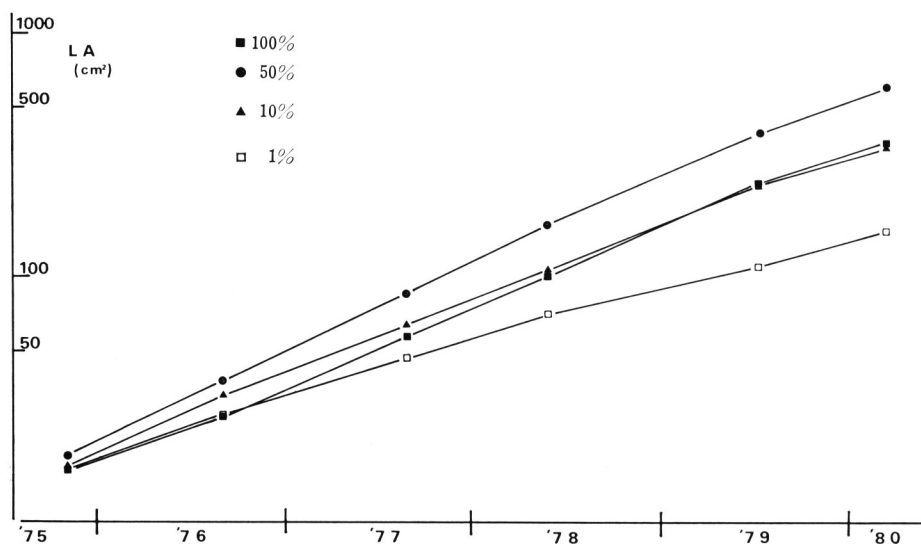


Fig. 4. Growth curves of leaf area for *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) under the different light levels.

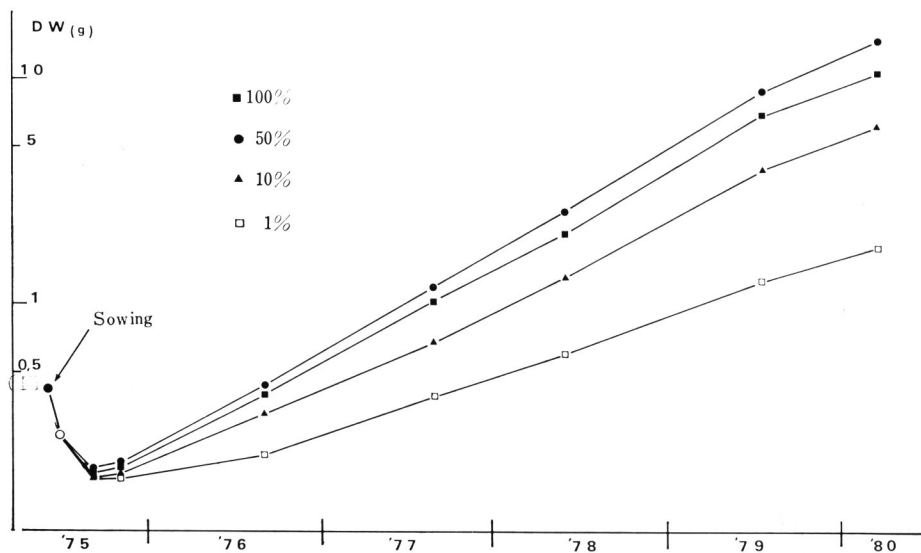


Fig. 5. Growth curves of dry matter for *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) under different light levels.

葉面積、乾重ともに増加は指数関数的であり、増加率は各処理区でほぼ同じような傾向を示す、葉面積では1978年から1979年にかけて100%区と10%区で順位が入れ替わっていることを除けば、すべての処理区で、葉面積、乾物重とも順位の入替えはみられない。

一方平均値としては生育の良かった弱乾区においては、順位の入替えが、特に初期に多く、増加率も適潤区に比較して一定でなかった。また前述したよに50%弱乾区では偏差が多いこと、100%区では2年目にすべての個体が枯死したことから、以後の論議は適潤土壌区についてのみ行う。

Table 3. にはそれぞれの測定日が記されているが必ずしも毎年同じ月に調査ができなかったこと、また1980年は苗圃の都合により3月に掘り取りを行ったため、NAR, RGR の計算値は、すべて12ヶ月に換算してある。

NAR, RGR, LAR の age による変化は、Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 に示す通りである。

最後の生育期間を除くと NAR, RGR とともに増加の傾向にあることが認められる。1979年～1980年は、7月19日から翌年の3月27日までの生長が遅いと考えられる期間であるために、生長速度が、age によるものかは判断できないが、秋から春にかけての生長も SAEKI & NOAOTO (1958) がトベラやシイでまた楠元 (1957) がシイで冬期の光合成能力が夏期の30%～50%の値にあることを報告しているようになりに行われていることが推察できる。

NAR と age との関係については THORNE(1960, 1961) が、一定の環境条件のもとでは age とともに NAR は減少することを証明した。その後もこの結果に対する反論はみあたらない。Fig. 4. に示す乾物生長曲線を見ると、初期値としての種子重量がシュロの場合0.4g以上あり大変高い、この種子重までに seedling が生長するまでに50%区、100%区で1年以上、10%区では2年、1%区では2年以上の期間を要している。すなわちシュロの生長が他の植物に比して極端に遅いために、発芽後数年間は、lag-time 的な期間と考えることもできる。したがってさらに実験を継続すれば NAR の低下が期待できるかもしれない。この現象はさらに他の耐陰性の大きい、また種子重量の

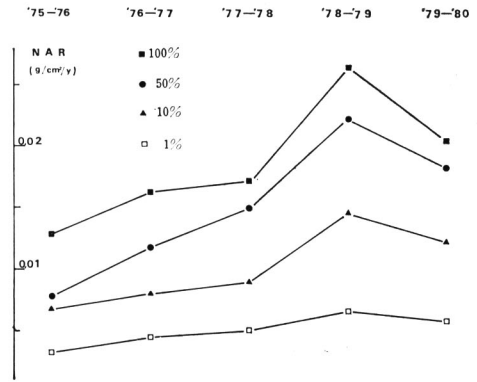


Fig. 6. Yearly change in net assimilation rate of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) under different light levels.

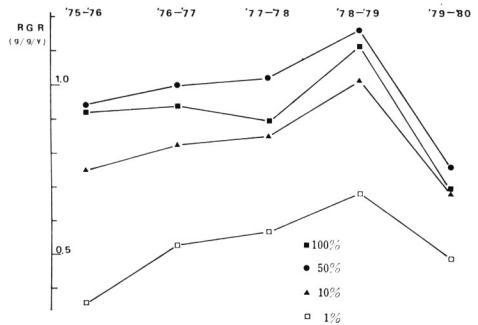


Fig. 7. Yearly change in relative growth rate of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) under different light levels.

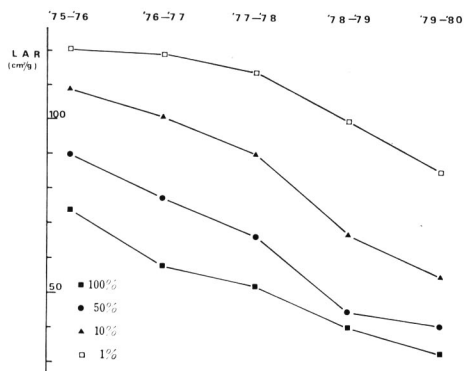


Fig. 8. Yearly change in leaf area ratio of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) under different light levels.

高い種で追試されなければならない問題であろう。

LAR はすべての照度区で age とともに低下を示すが、常緑生の多年生植物としてはこの傾向は個体の成熟、枯死まで続くものと考えられる。

NAR と LAR が相対照度の対数値に対して、前者では正の直線関係、後者では負の直線関係になり、両者の積である RGR は二次曲線であらわせることを BLACKMAN & WILSON (1951 a, b) は最初に示した。そして RGR の極大値を最適照度とし、NAR と RGR の重なる点、すなわち対数軸を切る値を個体の光

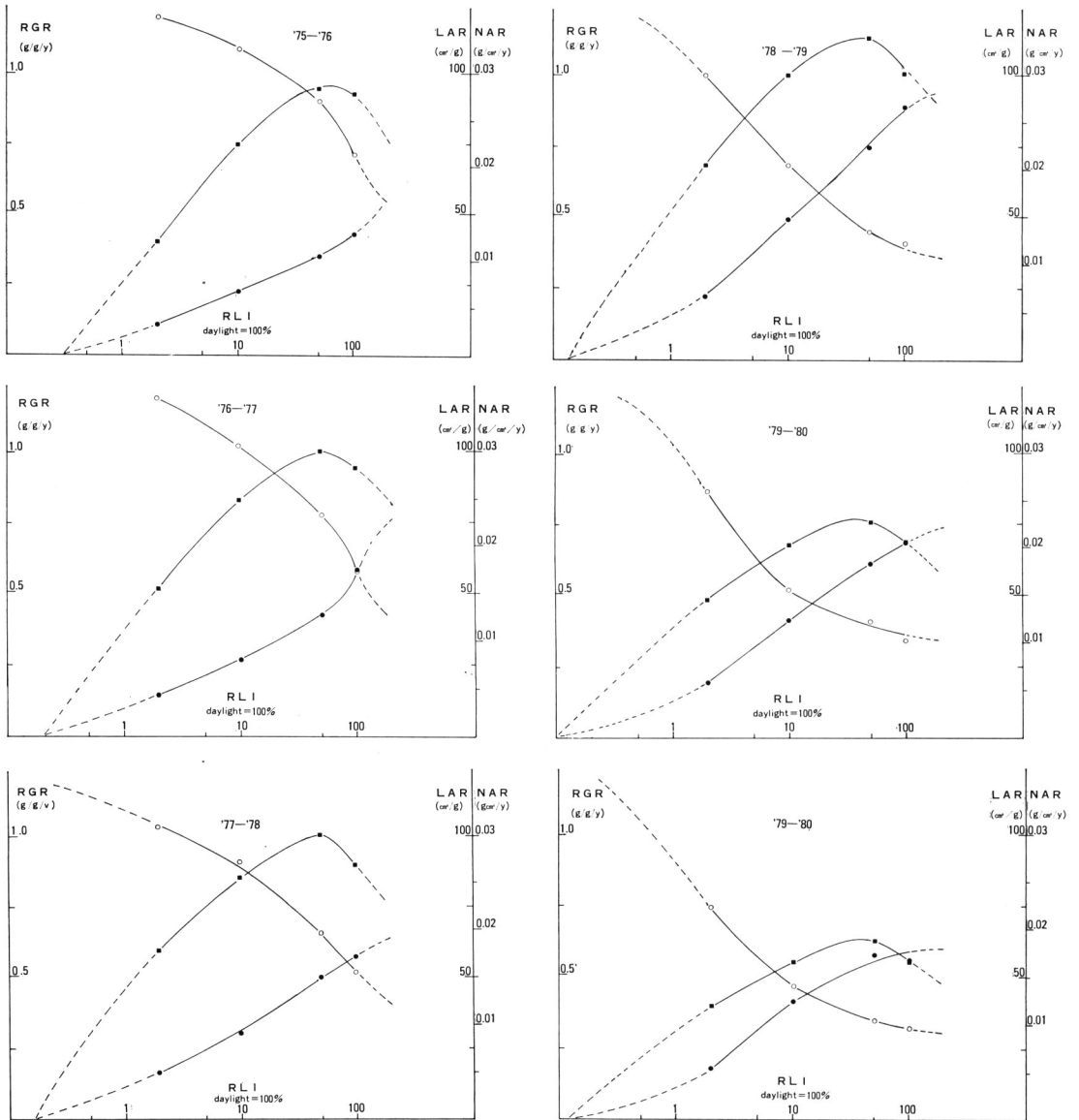


Fig. 9. 1 ~ 6 The effects of varying light intensity (log scale) on the net assimilation rate (NAR), the leaf-area ratio (LAR), and the relative growth rate (RGR) of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) over successive experimental period (1975—1976, 1976—1977, 1977—1978, 1978—1979, 1979—1980 and 1979—1980 within the maximum five individuals).

補償点とした。補償点に関しては実際の耐陰性と一致しないという批判 (KASANAGA & MONSI, 1954; 川那辺・四手井, 1968) と、ロジスチック理論から、NAR, LAR の直線性に異論が出されている (穂積他, 1958; SHINOZAKI, & KIRA, 1956)。しかし BLACKMAN, & BLACK (1959) はより低照度区を加えた実験から直線関係は中, 高照度域では成りたつがより低照区を含めると二次曲線となることを後に認めた。

NOMOTO et al. (1961) はヤエナリを用いた詳細な実験を行ったが、その値から判断すると発育段階の異なる場合に NAR, LAR, RGR の光に対する反応が一定方向に変化することが理解できる。

ここでシュロの場合の1975年から1980年までの平均値と、最終生育期間の最大乾重量を持つ5個体の平均を加えた結果 (Fig. 9. 1~6) を示す。1%照度区は実際の照度の測定で秋から春にかけては1%~5%と変動し (萩原, 1980) 平均的な照度は2%前後であったために1%区は2%の照度にプロットされている。そして2%以下の照度における破線部分は RGR の曲線の傾きと、野外で得られた LAR の値から推定して作られたものである。

1975年~1976年は生育のバラツキが多く、葉面積、乾重と実際に測定された草高、葉数、小葉数、葉身長、総葉柄長との近似が他の年度と比して悪かったが、供試個体12本の他に100%区の場合は、実験区以外の1, 2年生個体を用いて修正した。

NAR の照度に対する変化は、100%, 50%, 10%, 2%の点を結ぶとほぼ直線になるが0.1%区の個体が、半数ほど生存していたこと (生長はほとんどみられない) から、これ以下ではカーブはゆるやかな曲線で漸減していくものと思われる。100%を越える照度域については RGR の曲線の予想される減少を考慮すると、やや急激に上昇すると考えるのが妥当であろう。

LAR は10%, 2%と照度が下るにしたがって、わずかな増加しか認められない、逆に50%から100%にかけては急激に減少している。100%を越す照度では、RGR の曲線の妥当な減少と、NAR の上昇を加味すると、LAR はゆるやかに減少すると考えられ、この付近に一つの変曲点が存在すると推定できる。

1976年から1977年における NAR と LAR の曲線は、'75~'76の傾向を100%以上の照度域でよりいっそう顕著に示している、特に NAR は100%付近に一つの変曲点があると推定できる。一方 LAR は低照度域において逆に直線的になる傾向を示し、NAR も同様の傾向にある。

1977年から1978年においては、NAR, LAR とともに直線に近くなるが、高照度域の変曲点はわずかに認められ、また LAR ではこの変曲点は100%よりやや低照度側にずれ、NAR では40%付近が変曲点と考えられる。

1978年から1979年は生育期間が他年度より長く、6月上旬から7月中旬の1年間の生長を年平均値にしているためか、RGR は相対的に高く、NAR も同様の傾向にある。NAR は、ほぼ直線的になるが、2%以下の低照度域の曲線は、RGR および LAR の野外での極大値等を加味すると、かなりゆるやかな減少をしていると考えられる。一方 LAR の変曲点は10%付近と考えられ、50%, 100%の値から100%以上の照度域では非常にゆるやかな減少をすると思えるのが妥当であろう。

1979年から1980年の値は、7月中旬から翌3月下旬までの約8ヶ月の期間から年平均値を計算したものであり、生育の良いと考えられる4月~7月が入っていないために RGR, NAR の値は最も低くなっている。NAR, LAR の変曲点はより低照度側にずれ、2%~3%付近にあると考えられる。

1979年から1980年にかけては処理区内の生育のバラツキが大きくなってきた。そのために、乾重で最も生長の良い個体を5本だけとりだして比較してみる。RGR, NAR は、全体の平均値よりさらに下り、RGR の傾きは40%~50%を中心にして最もゆるやかになる。NAR, LAR の変曲点は、2%以下に存在するものと考えられるが、NAR は100%区よりも50%区がやや高い値を示し、中照度~高照度にかけての凸形曲線はいっそう明かになってくる。一方 LAR も50%区と100%にほとんど差がなくなるためにより高照度域

では、LAR の減少はほとんど認められなくなると考えられる。

以上まとめてみると、1975年から1977年の段階では NAR は高照度域で急激に上昇し、低照度域では減少がよりゆるやかになり、LAR は高照度域で急激に減少し、低照度域ではよりゆるやかに上昇するが、1977年から1978年にかけては両者ともほぼ直線に近づき、さらに1978年から1980年、1980年の生育の良い個体の比較では、NAR は、初期の段階で得られた曲線がより低照度域で適用され、高照度域では逆にゆるやかなカーブとなり、LAR でも同様の傾向が認められる。

RGR は50%付近に最大値を持つことは変わらず、また補償点については、初期にやや高照度域にずれ、しだいに低照度域に向う傾向はあるが、いずれも0.1%~0.3%付近に存在し、萩原(1980)の生存率の結果と一致する。

ここで得られた曲線を NAR, LAR, RGR に分け、生育段階と曲線の変化を示したものが Fig. 10~12 である。NAR についてみると、シグモイド曲線を上昇するように変化し、逆に LAR は下降するように変化している。また RGR は極大値への傾きが age とともにゆるくなることがわかる。

この傾向が age とともにさらに進むと仮定すると、照度に対して生育の差がより少なくなり、補償点もわずかではあるが低照度域に下ってくると想像できる。このような現象が常緑多年性植物の耐陰性の一般的傾向なのか、シュロの種特異性が判断できないが、さらに今後、園内に繁茂する個体の生長と比較する必要がある。

BLACKMAN (1956) は、一般の植物では光の低下にとまらぬ、主に葉の厚さ (SLA) がうすくなることによって耐陰性を増大させ、葉重比 (LWR) はあまり変化しないこと、しかしイネ科の種では LWR の増加の可能性を指摘した。今回得られた、全体重、葉重、葉面積の関係を100%区を100として示せば Fig. 13. の通りである。また LAR を SLA と LWR に分解し、同様に100%区を100として示した。

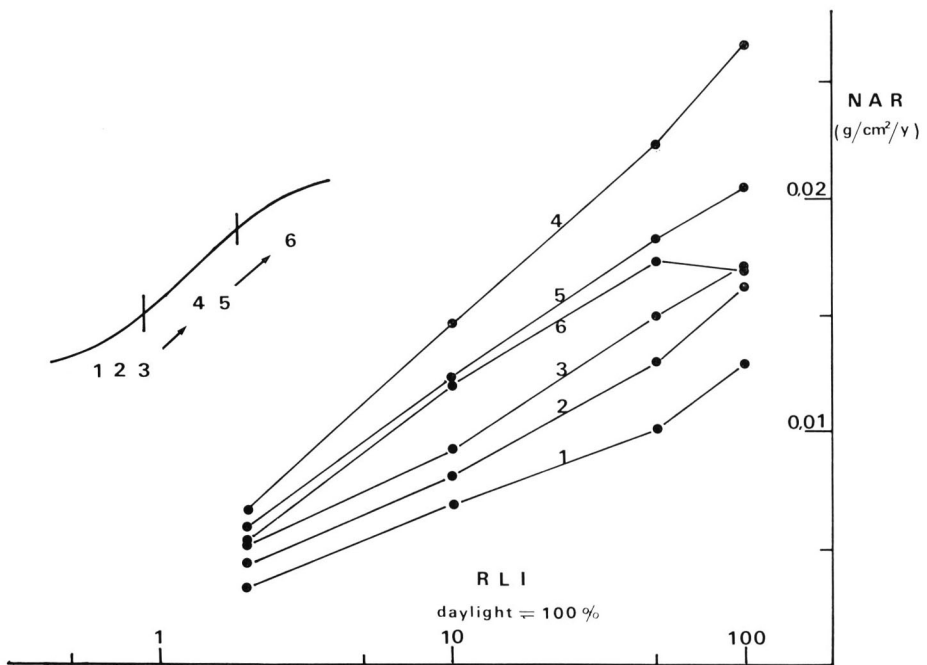


Fig. 10. Relationship between relative light intensity (logarithmic scale) and net assimilation rate in each five growing period of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE). and schematic changing course of each curves.

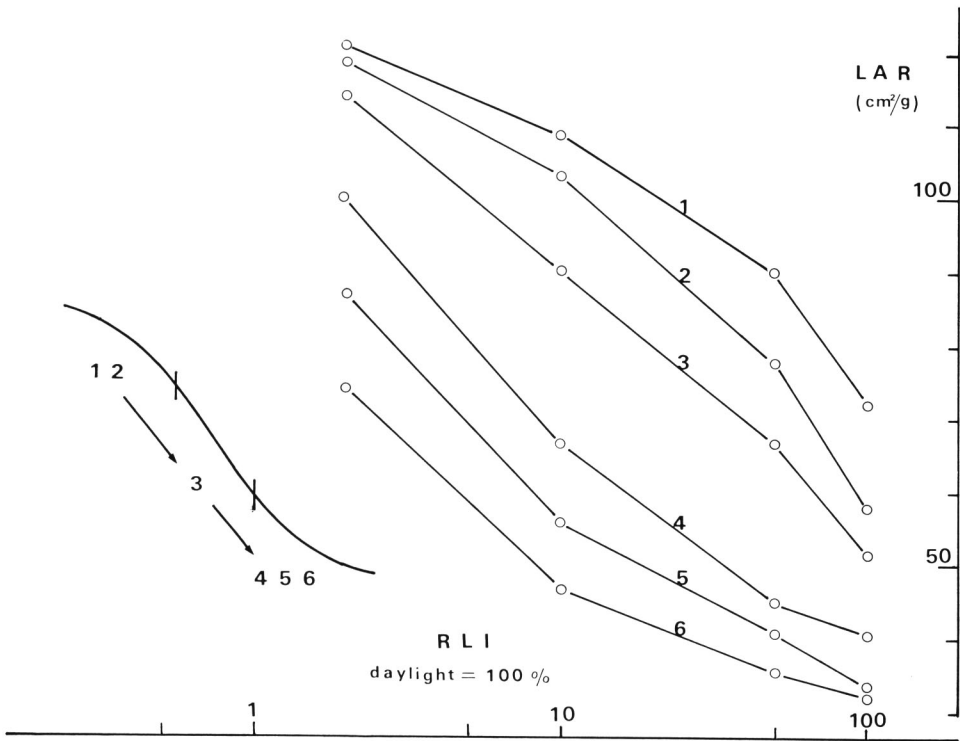


Fig. 11. Relationship between relative light intensity (logarithmic scale) and leaf-area ratio in each five growing period of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE), and schematic changing course of each curves.

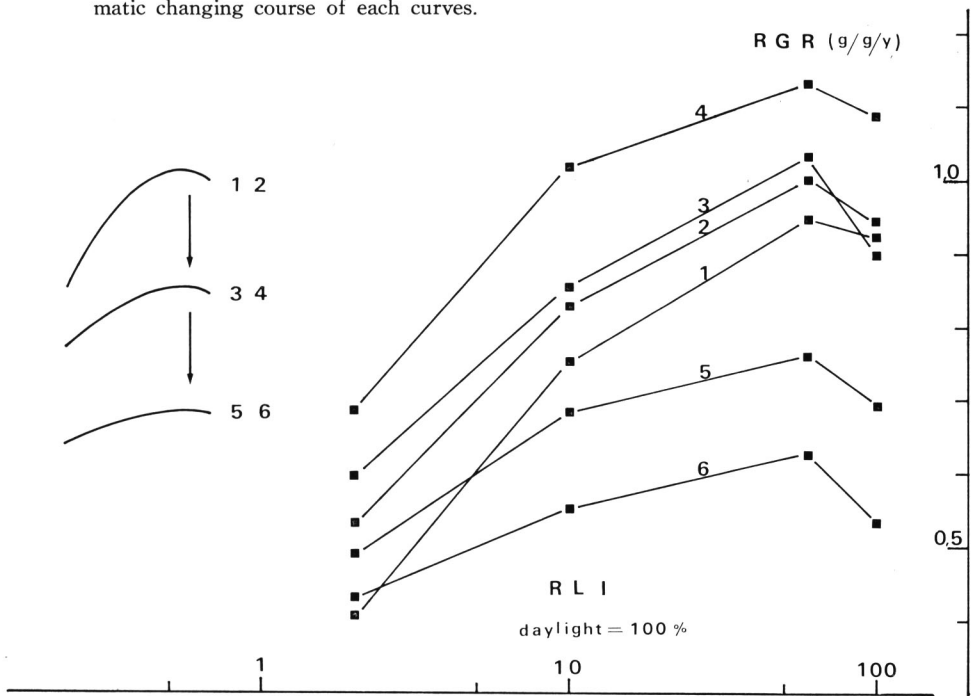


Fig. 12. Relationship between relative light intensity (logarithmic scale) and relative growth rate in each five growing period of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) and schematic changing course of each curves.

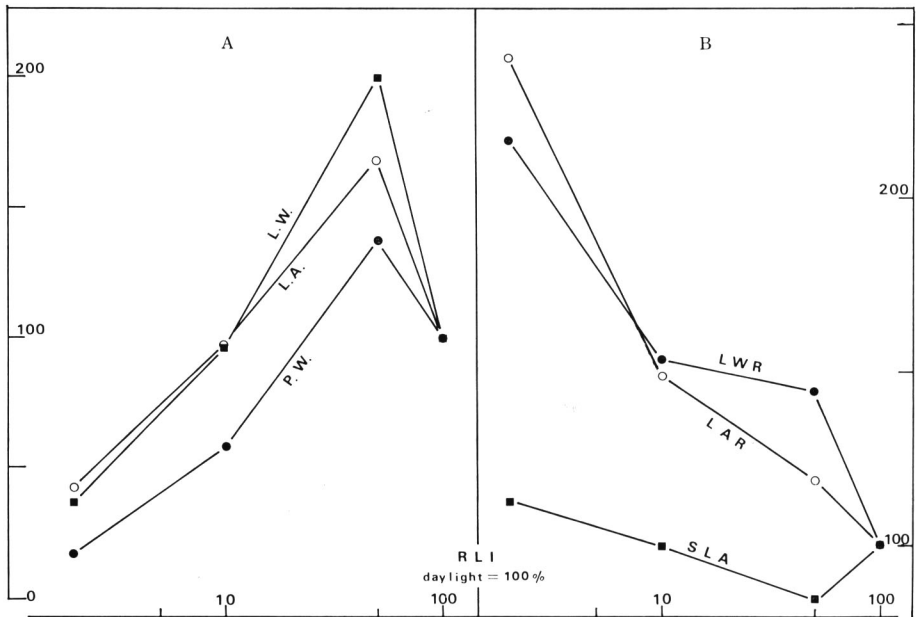


Fig. 13. The effects of shading on A the relative growth rates of the whole plant, its leaves, and its leaf area and B the LAR (leaf area/plant weight), LWR (leaf weight/plant weight) and SLA (leaf area/leaf weight). For each growth rate and for each ratio the value in full daylight has been equated to 100.

これから判断できることは、シュロの場合照度の低下にともなう LAR の増大は主に LWR によるものであり、SLA もわずかに寄与しているということである。SLA は50%区が最も低く、100%区では逆に高くなっている。100%区の葉は50%区に比較して硬く、強度もあり、維管束の発達も良いが、葉肉が薄いために SLA が高くなっている。このことが RGR の低下に直接的に結びつくと考えられる。したがって、50%付近を最適照度とするのは野外の条件では適当であるが、水分条件を一定にした場合は100%区の LAR はより下がるが、逆に NAR は上がる可能性もあり、生理的な最適照度はよりコントロールされた条件での実験が必要であろう。

要 旨

都市林におけるシュロの増加の原因の一つとして実生個体の耐陰性が非常に高いことが前報(萩原, 1980)で予測されたが、BLACKMAN & WILSON (1951 a, b) が用いた生長解析法を用いてシュロ実生個体の光補償点(最小受光量)や NAR, LAR, RGR と相対照度との関係について以下のことが明かになった。

1. シュロ実生個体は RGR, NAR, LAR の関係から相対照度で0.1%~0.3%の間に個体の光補償点(最小受光量)があり、age による変化は明かではなかった。
2. NAR は相対照度と正の関係がみられ LAR は逆の関係になったが、RGR は50%区が各 age とともに最大であり、シュロの陰性植物の性質が明かに示された。
3. LAR は各照度区とも age とともに減少した (Fig. 7.)。NAR, RGR は増大し (Fig. 5, Fig. 6) Thorne (1960, 1961) の結果と逆になったが、シュロの実生の生長速度が遅いためにいわゆる lag-time に相当する期間が極めて長いためと考えられた。

4. LAR, NAR と照度の対数値との関係は、直線にならず、特に高照度、低照度では曲線関係になった (Fig. 9. 1~6)。両者の関係はシグモイド曲線を基本とし、age により曲線上を一定方向移動すると解釈することが妥当と考えられた (Fig. 10, Fig. 11)。一方 RGR は age とともにきめがゆるくなり、照度に対する差がみられなくなる傾向を示した (Fig. 12)。
5. LAR の照度に対する増大は、他の植物に見られるように SLA の増大も認められたが、LWR の増加がシュロの耐陰性を高める主な原因と考えられた (Fig. 13)。
6. 土壌水分別に見た各部の乾重比では、乾燥区が常に根の占める割合が高く、逆に葉の占める割合が少ない。また照度別に見ると同様の結果となり、高照度・乾燥、低照度・湿潤という両者複合された環境変化に広い可塑性を持つことが明らかになった。

さらに茎幹の占める割合は 3%~5% と小さく、逆に葉柄は 30%~40% と極めて高い割合を示し、シュロの実生の一つの特徴と考えられた。

文 献

- BLACKMAN, G. E. & WILSON, G. L. 1951 a. Physiological and Ecological Studies in the Analysis of Plant Environment. 6. The Constancy for Different Species of a Logarithmic Relationship between Net Assimilation Rate and Light Intensity and its Ecological Significance. *Ann. Bot., N. S.*, 15 : 63—94.
- &———. 1951 b. Physiological and Ecological Studies in the Analysis of Plant Environment. 7. An Analysis of the Differential Effects of Light Intensity on the Net Assimilation Rate, Leaf-Area Ratio, and Relative Growth Rate of Different Species. *Ann. Bot., N. S.*, 15 : 374—408.
- BLACKMAN, G. E. 1956. Influence of Light and Temperature on Leaf Growth. "Growth of Leaves" (ed. MILTHORPE, F. L.), 151—169. Butterworths Scientific Pub., London.
- BLACKMAN, G. E. & BLACK, J. N. 1959. Physiological and Ecological Studies in the Analysis of Plant Environment. *Ann. Bot., N. S.*, 23 : 51—63.
- 萩原信介. 1980. 都市林におけるシュロとトウジュロの異常繁殖. Ⅲ. 相対照度及び土壌水分のいくつかのコントロール条件下でのシュロ実生個体の生育について. *自然教育園報告*, 10 : 37—50.
- HIROI, T. & MONSI, M. 1963. Physiological and Ecological Analysis of Shade Tolerance of Plant 3. Effect of shading on Growth Attributes of *Helianthus annuus*. *Bot. Mag. Tokyo*, 76 : 121—129.
- 穂積和夫・篠崎吉郎・吉良竜夫. 1958. 光と葉面積. *日本生態学会第 5 回大会講演*.
- KASANAGA, H. & MONSI, M. 1954. On the Light-Transmission of Leaves, and its Meaning for the Production of Matter in Plant Communities. *Jap. J. Bot.*, 14 : 304—324.
- 川那辺三郎・四手井網英. 1966. 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅱ). カンレンボク (*Camptotheca acuminata* DECNE.) の庇陰効果におよぼす密度の影響. *京大演報*, 38 : 68—75.
- ・———. 1968. 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅲ). 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響. *京大演報*, 40 : 111—121.
- KUROIWA, S., HIROI, T., TAKADA, K. & MONSI, M. 1964. Distribution Ratio of Net Photosynthetic and Non-Photosynthetic Systems in Shaded Plants. *Bot. Mag. Tokyo*, 77 : 37—42.
- NOMOTO, N., IWAKI, H. & MONSI, M. 1961. Physiological and Ecological Analyses of Shade Tolerance of Plants. 1. Growth of Green-grass under Varying Light Intensities. *Bot. Mag. Tokyo*, 74

: 386—394.

- SAEKI, T. & NOMOTO, N. 1958. On the Seasonal Change of Photosynthetic Activity of Some Deciduous and Evergreen Broadleaf Tree. Bot. Mag. Tokyo, 71 : 235—241.
- SHINOZAKI, K. & KIRA, T. 1956. Intraspecific Competition among Higher Plants. 7. Logistic Theory of the C—D Effect. J. Inst. Polytech., Osaka City Univ. D 7 : 35—71.
- THORNE, G. N. 1960. Variation with Age in Net Assimilation Rate and other Growth Attributes of Sugarbeet, Potato, and Barley in a Controlled Environment. Ann. Bot., N. S., 24 : 356—371.
- . 1961. Effect of Age and Environment on Net Assimilation Rate of Barley. Ann. Bot., N. S., 25 : 29—38.

Summary

In previous paper of this series (HAGIWARA, 1980), it is assumed that one of the most reasonable factor which promote rapid multiplication of seedlings of *Trachycarpus fortunei* (PALMAE) is due to the wide tolerance to lower relative light intensity less than 1 %.

In this paper logarithmic relationships between Leaf-area ratio (LAR), Net assimilation rate (NAR), Relative growth ratio (RGR) and Relative light intensity of seedlings of *Trachycarpus fortunei* were analysed with the growth analysis methods (BLACKMAN and WILSON 1951 a, b) through the six growing periods.

The results are as follows :

1. The hypothetical compensation point (light minimum) of seedling may exist in 0.1%—0.3% relative light intensity which can be estimated from the relationships between NAR, LAR, RGR and relative light intensity (log scale), and this values agree well with the observed results of survivorship percentage (HAGIWARA 1980). The differences of compensation point between five growing periods are not clear.
2. NAR show positive relationship with light intensity, but in contrast, LAR increase with decreasing light intensity. The maximal RGR value which is the product of NAR and LAR are maintained at 50% light throughout all growing periods. This evidence supports that *Trachycarpus fortunei* has the quality of shade plant that grow sufficiently under the lower light intensity than under full day light.
3. It is completely contrary to the results of THORNE (1960, 1961) that NAR and RGR except LAR increase with age at every plots. But it is possible to understand that the seedlings have so long "lag time" more than two growing periods which are included in this experimental periods, as the growth of *Trachycarpus fortunei* is very slow in early stage (Fig. 5).
4. NAR and LAR are not linear relationships to logarithm of the light intensity, especially in higher or lower light intensity, but curvilinear relationships are obtained (Fig. 9. 1—6). The relationships between NAR and light intensity (log. scale) are based upon sigmoid curve, and the value at each light slide towards the upper limited line with the age (Fig. 10).

Conversely, LAR slide from the upper limited line to the horizontal line on the reverse sigmoid curve with age (Fig. 11). On the other hand, the relationships between RGR and light intensity

(log. scale) are as in figure 12, the slopes became gentle with age gradually.

5. The rapid increase of LAR with decreasing light intensity is due to significantly increasing LWR (leaf weight ratio) rather than increasing SLA (the ratio of leaf area to leaf weight) (Fig. 13).
6. The petiole occupied so high ratio (33%—43%) in contrast with stem (3%—6%) and moreover, the seedlings showed large plasticity in different light intensity in comparison with dry matter allocations of each part (Fig. 2, 3). That results must have been important properties to survive under the low light intensity for competition with other coexisting plants.