

〈論文〉

クヌギ苗の生育と陽光量との関係

橋 詰 隼 人[※]

The Effect of Light Intensity on the Growth and Development of *Quercus acutissima* Seedlings

Hayato HASHIZUME[※]

Summary

Seedlings of *Quercus acutissima* were grown under different light intensities, and the effect of shading on the growth, development, and components of the seedlings were investigated.

The height growth of seedlings was promoted most under relative light intensities of 25 to 50 %, but the growth of the basal diameter and tap root were best when grown under 100 % day light. The growth of seedling weight was promoted most at 50 % day light in 1-year old seedlings and at 100 % day light in 2-years old seedlings. When shading treatment was done continuously for 2 years, the growth of seedlings was inhibited markedly at light intensities below 25 %.

As regards the effect of shading on the form of seedlings, the T/R ratio, A_L/W_L ratio, H/Do ratio, and the degree of weakness increased with decreasing relative light intensity, whereas the W_c/W_L ratio decreased.

The percentage of surviving seedlings fell sharply at relative light intensities below 15 %. At a relative light intensity of 5 %, all the seedlings died within two years.

The percentage of nitrogen and calcium contained in seedlings increased at lower light intensities, but the percentage of crude starch and the C/N ratio in the root decreased. The total contents of each constituent per seedling decreased with decreasing relative light intensity.

It was suggested in this study that the seedlings of *Q. acutissima* were in need of relative light intensities above 50 % for their healthy growth and development.

I 緒 言

クヌギはシイタケ原木として重要な樹種で、最近人工造林や天然更新によって原木林が造成されている。クヌギは陽樹と考えられており、人工造林や天然更新によって森林を造成する場合には、稚樹の生育に及ぼす陽光量の影響について特に注意を払う必要がある。すなわち、陽樹は耐陰性が弱いので、植栽後下刈などの手入れをおろそかにすると稚樹の生育は阻害され、短期間に枯死する場合もでてくる。天然更新においても、稚樹や萌芽の発生、生長と陽光量との関係について十分研究して施業がなされなければならない。クヌギの稚苗の生育と陽光量との関係についてはくわしい研究がないので、今回苗畑で庇陰試験を行って生育状況を調べた。

本研究に際し、造林学研究室専攻生板持功毅君（現在島根県安木市市役所勤務）の援助を得たので付記して感謝の意を表す。

II 材 料 と 方 法

1. 庇陰試験

本実験は鳥取大学農学部苗畑で1979年に行った。種子は岡山県真庭郡川上村熊谷で母樹別に採集した。庇陰試験に用いた材料は、当年生苗、1回床替1年生苗（2年目庇陰処理区）及び1回床替1年生苗（2年連続庇陰処理区）の3種類で、庇陰処理区として相対照度100%、50%、25%、15%、5%及び2%の6区を設けた。相対照度はダイオネットで調節した。庇陰格子の大きさは、1.5m（長さ）×1.5m（幅）×1.2m（高さ）とし、その中に1×1mの畝をつくって播種及び床替を行った。庇陰処理は5月から10月まで行った。

播種は4月に行った。基肥として1㎡当たり堆肥2kg、住友化成森林肥料特2号（N:P:K=13:17:12, %）を100g施し、1㎡当たり100粒の割合で筋播きした。6月に更に粒状肥料を100g追肥した。

1年生苗は2年目の春に床替えした。元肥として1㎡当たり堆肥2kg、粒状肥料200gを施し、列間15cm、苗間10cmの間隔に床替えした。育苗管理は、人力で除草を行い、ボルドー液及び殺虫剤を数回散布した。また7、8月の干ばつ時にはかん水を行った。

測定は、各処理区の一部について10日おきに苗高と根元直径を測定し、また10月下旬に各処理区から10～20本を掘り取り、苗高、根元直径、各部分乾重量、葉面積などを測定した。葉面積の測定には自動面積計を用いた。

2. 化学分析

10月に掘り取った苗木について、灰分、鉍物性元素、全糖及びデンプンの含有量を測定した。化学分析の方法は栽培植物分析測定法¹⁰⁾を応用して行った。すなわち、窒素は硫酸分解法、リンはバナド

モリブデン酸法による比色法, カリウムは炎光光度法, カルシウムはEDTA滴定法, 糖はソモギ・ネルソン法によって定量した。

Ⅲ 結果と考察

1. 伸長生長及び肥大生長の経過

各処理区における伸長生長の経過を図1～6に示す。クヌギ苗の伸長生長は5月下旬に始まり9月

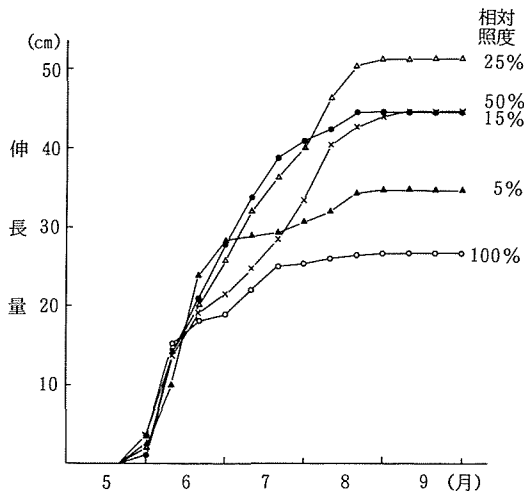


図1 各相対照度区における当年生苗の伸長生長の経過
○相対照度100%区, ×50%区, △25%区, ●15%区, ▲5%区。

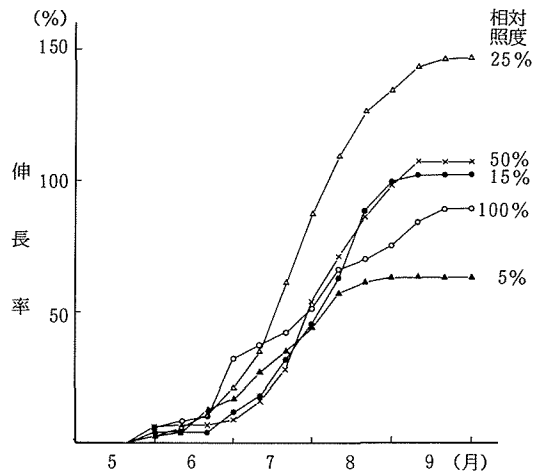


図2 1回床替1年生苗(2年目処理区)の伸長生長の経過。伸長率は前年の伸長量に対する伸長率を示す。

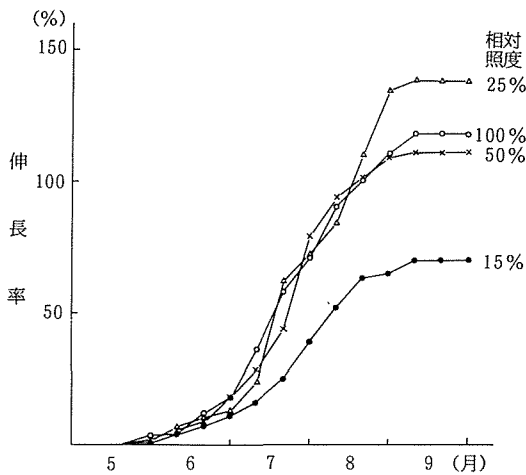


図3 1回床替1年生苗(2年連続処理区)の伸長生長の経過

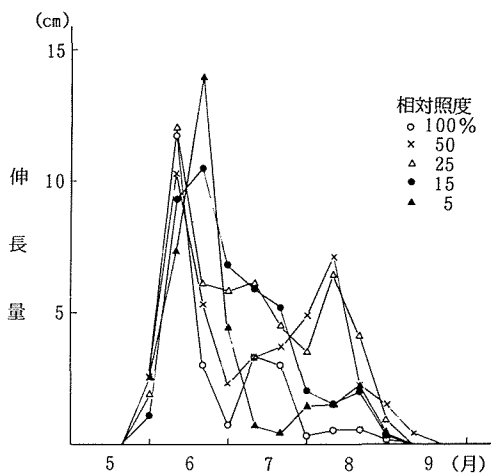


図4 当年生苗の定期伸長生長の経過

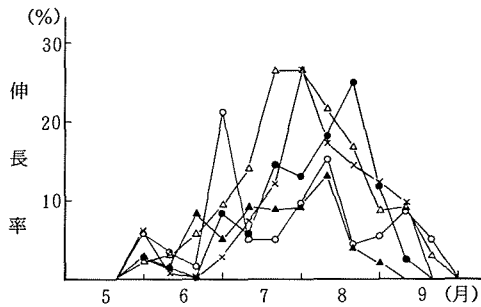


図5 1回床替1年生苗(2年目処理区)の定期伸長生長の経過。伸長率は前年の伸長量に対する伸長率を示す。

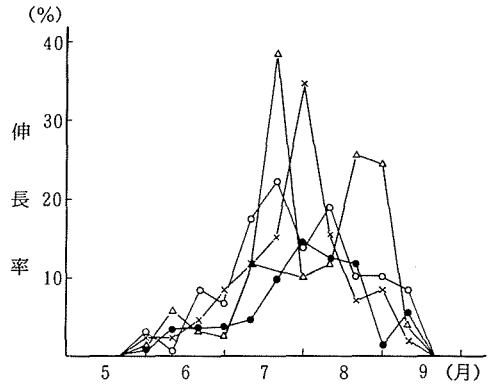


図6 1回床替1年生苗(2年連続処理区)の定期伸長生長の経過

上旬に終わった。当年生苗においては、伸長生長は相対照度25%区で最も良く、100%で最も悪かった。1回床替1年生苗においても、やはり25%区で最も伸長生長が良く、5%区で最も悪かった。1回床替苗2年連続処理区では、伸長生長は25%区>100%区=50%区>15%区の順に低下した。当年生苗と1年生苗とで伸長生長に及ぼす照度の影響が多少異なるようである。特に当年生苗では100%区で伸長生長が悪く注目された。

次に定期伸長生長についてみると、当年生苗の相対照度50%区と25%区では6月と8月に伸長生長のピークがあるが、100%、15%及び5%区では6月に1回大きなピークがあり、8月以降はあまり生長していない。特に100%区は8月以降の生長が悪い。1回床替苗では、6月の生長は顕著でなく、7、8月によく伸長した。これは床替時期が少し遅れたためにその影響がでたものと思われる。

次に、根元直径の生長についてみると(図7)、1年生苗では相対照度25%以上で生長が良く、15%以下では生長が悪かった。季節変化をみると、7月中旬から9月下旬にかけて肥大生長が盛んであったが、8月の肥大生長が特に顕著であった。

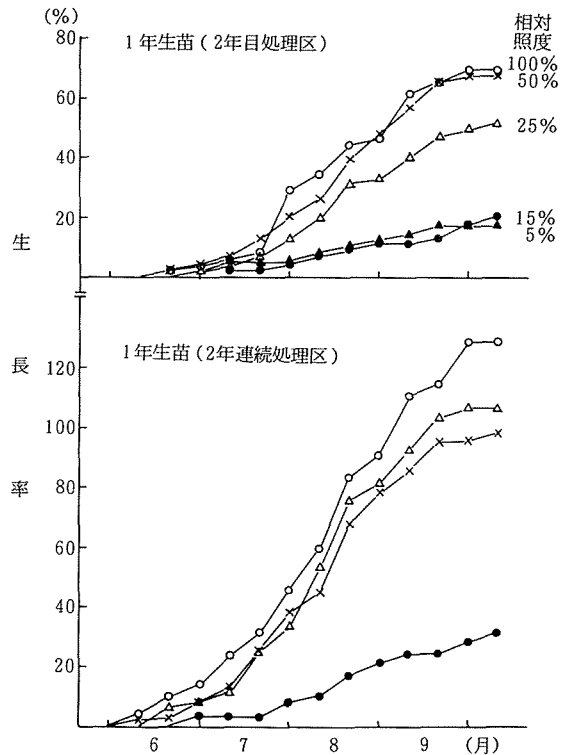


図7 1年生苗における根元直径の生長経過。生長率は前年の根元直径に対する生長率を示す。

2. 苗木の生長量

10月に掘り取り調査した結果を図8と表1に示す。苗木高は1, 2年生苗木ともに相対照度25~50%区で最も高く、100%区では逆に低下した。しかし、2年生苗木では根元直径、主根長、地下部乾重及び苗木重が相対照度100%区で最大になり、相対照度の低下に伴ってこれらの値は減少した。1

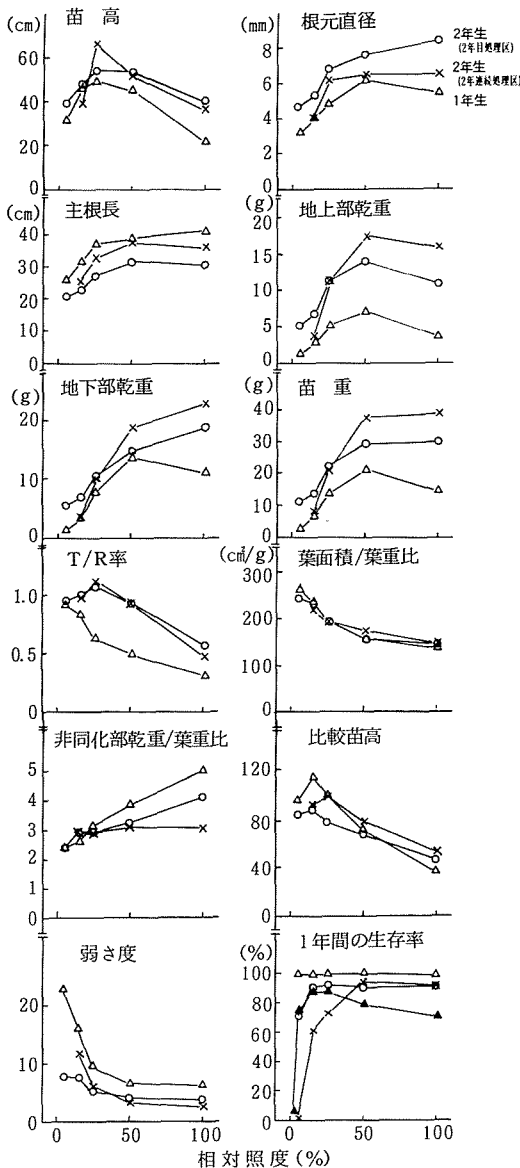


図8 苗木の生長, T/R率, 葉面積/葉重比, 生存率などと相対照度との関係
 △-△ 1年生, ○-○ 2年生(2年目処理区),
 ×-× 2年生(2年連続処理区)。

表1 各処理区の苗木高, 根元直径, 苗木重等の比較値

項目	苗木	相対照度(%)				
		100	50	25	15	5
苗木高	1年生	100	214	235	221	149
	2年生(2年目区)	100	133	136	122	99
	2年生(連続区)	100	141	182	103	-
根元直径	1年生	100	113	89	73	58
	2年生(2年目区)	100	91	80	64	54
	2年生(連続区)	100	97	99	60	-
主根長	1年生	100	95	91	77	64
	2年生(2年目区)	100	103	88	75	69
	2年生(連続区)	100	103	90	69	-
葉面積	1年生	100	204	188	122	66
	2年生(2年目区)	100	131	128	94	92
	2年生(連続区)	100	103	73	27	-
葉乾重	1年生	100	179	136	73	35
	2年生(2年目区)	100	118	96	57	53
	2年生(連続区)	100	90	56	18	-
幹枝重	1年生	100	265	193	111	52
	2年生(2年目区)	100	137	112	65	42
	2年生(連続区)	100	142	91	26	-
根乾重	1年生	100	127	75	31	14
	2年生(2年目区)	100	80	55	35	29
	2年生(連続区)	100	84	43	15	-
苗木重	1年生	100	146	93	44	20
	2年生(2年目区)	100	97	73	45	36
	2年生(連続区)	100	95	54	17	-
葉面積/葉重比	1年生	100	114	139	167	189
	2年生(2年目区)	100	111	134	164	173
	2年生(連続区)	100	114	130	157	-
T/R率	1年生	100	161	206	271	300
	2年生(2年目区)	100	159	186	172	164
	2年生(連続区)	100	188	233	198	-
比較苗木高	1年生	100	190	264	305	256
	2年生(2年目区)	100	147	170	192	184
	2年生(連続区)	100	145	185	173	-
弱さ度	1年生	100	104	154	262	370
	2年生(2年目区)	100	105	131	200	207
	2年生(連続区)	100	128	260	500	-

備考: 2年目区は2年目処理区を, 連続区は2年連続処理区を示す。

年生苗では、相対照度50%区で地上部乾重、地下部乾重及び苗重が最大になった。クヌギ苗の生育は相対照度15%以下で著しく悪くなり、苗重の比較値は相対照度100%区を100とした場合45以下となる。2年連続処理区においては更に低照度区で苗重が低下し、相対照度25%区で苗重は100%区の54%となった。すなわち、庇陰の効果は庇陰期間が長くなるほど顕著になった。

3. 苗木の形態（各部分の相対生長関係）

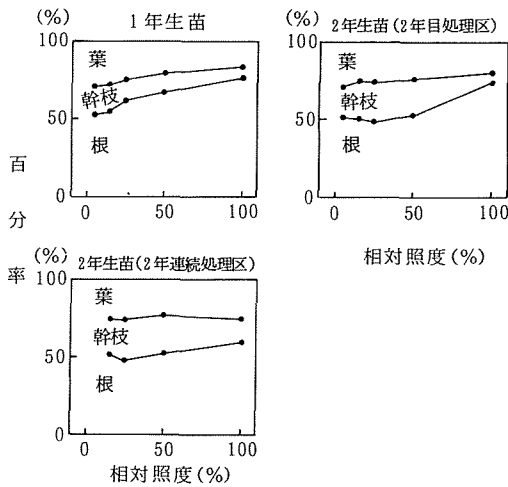


図9 苗木の各部分の重量割合

各部分の重量割合を図9に示す。1年生苗では、相対照度の低下に伴って葉重と幹枝重の割合が増加し、根重の割合が減少した。2年生苗でも同様の傾向がみられたが、1年生苗ほど変化は顕著でなかった。

同化部乾重(W_L)と非同化部乾重(W_C)の相対生長関係を図10に示す。1年生苗においては、相対照度5%区の苗木は W_L 、 W_C の値が著しく小さく、他の処理区と分離し、また W_C/W_L 比が小さい傾向がみられた。図8によると、 W_C/W_L 比は相対照度の低下に伴って減少している。すなわち、相対照度の低下に伴って相対的に葉の物質生産能力が低下する。 T/R 率は相対照

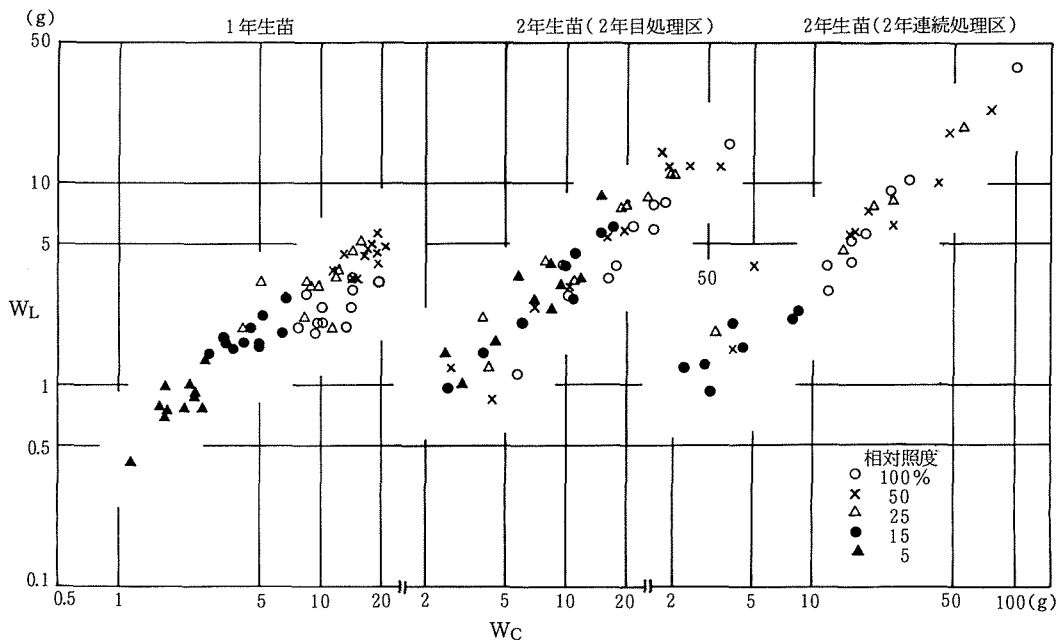


図10 同化部乾重(W_L)と非同化部乾重(W_C)の相対生長関係

度の低下に伴って増大した(図8)。特に1年生苗ではこの傾向が顕著であった。これは低照度区では相対的に根の発達が悪いことを示している。図11によると、1年生苗の相対照度5%区の苗木は W_T 、 W_R の値が著しく小さく、他の処理区と分離している。葉面積/葉重比は相対照度の低下に伴って増加した(図8)。全日光下の葉は厚くて重い、照度が低下するに従って葉は薄くて軽くなり、陰葉化した。比較苗高(苗高/根元直径)及び弱さ度(苗高/地上部乾重)は相対照度の低下に伴って値が大きくなった(図8)。特に1年生苗では相対照度15%以下で弱さ度の値が著しく増加した。すなわち、低照度区の苗木は苗高に対して根元直径及び地上部乾重が相対的に小さく、ひ弱な徒長苗の形態を示した。

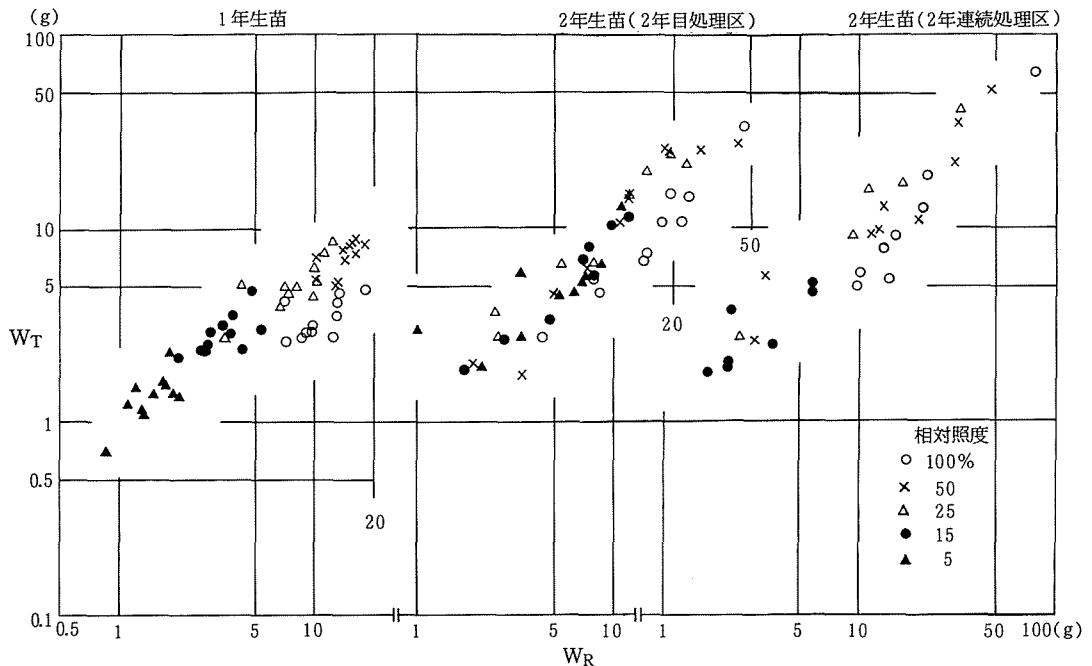


図11 地上部乾重(W_T)と地下部乾重(W_R)の相対生長関係

4. 生存率

相対照度と種子の発芽率及び苗木の1年間の生存率との関係を表2に示す。種子の発芽率については各処理区間に大きな差はなく、照度と発芽率とは無関係のようである。苗木の1年間の生存率は、1年生苗では相対照度5%以下で低下し、

表2 相対照度と種子の発芽率及び苗木の生存率との関係

相対照度 (%)	発芽率 (%)		1年間の生存率 (%)			
	1978年	1979年	1年生苗		2年生苗 (2年目処理区)	2年生苗 (2年連続処理区)
			1978年	1979年	1979年	1979年
100	75	100	72	100	91	91
50	79	96	79	100	91	94
25	71	96	88	100	91	73
15	67	91	87	100	91	62
5	67	91	75	100	73	0
2	75	—	6	—	—	0

2%区ではわずかに6%であった。1回床替2年生苗, 2年目処理区においても相対照度5%区で生存率が低下した。2年連続処理区においては, 2年目の生存率は相対照度25%以下で低下し, 5%以下の低照度区では全部枯死した。庇陰処理の期間が長くなるに従って低照度区の枯死率が段々と増加した。相対照度と生存率との関係は供試材料やその年の気象条件などによって多少異なるようであるが, 生存率からみるとクヌギ苗の光補償点は相対照度5%と15%の間にあり, 陰樹に比べてかなり高いようである。なお1年生苗の相対照度100%区で生存率が低下することがあるが, これは夏の干害が影響しているものと思われる。

5. 含有成分の変化

10月に掘り取った苗木について化学分析を行った結果を図12~14に示す。1年生苗についてみると, 灰分とリンの含有率は相対照度100%区で最も高く, 照度の低下に伴って減少したが, 15%以下の低照度区では再び増加する傾向にあった。全窒素とカルシウムの含有率は相対照度15%以下の低照度区でやや増加した。カリウムの含有率は, 葉と幹枝では相対照度の低下に伴って増加する傾向にあったが, 根では相対照度100%区で最も含有率が高く, 50%と25%区で減少し, 15%以下の低照度区で再び増加した。全糖の含有率は相対照度5%区で著しく減少した。粗デンプンの含有率は, 葉と幹

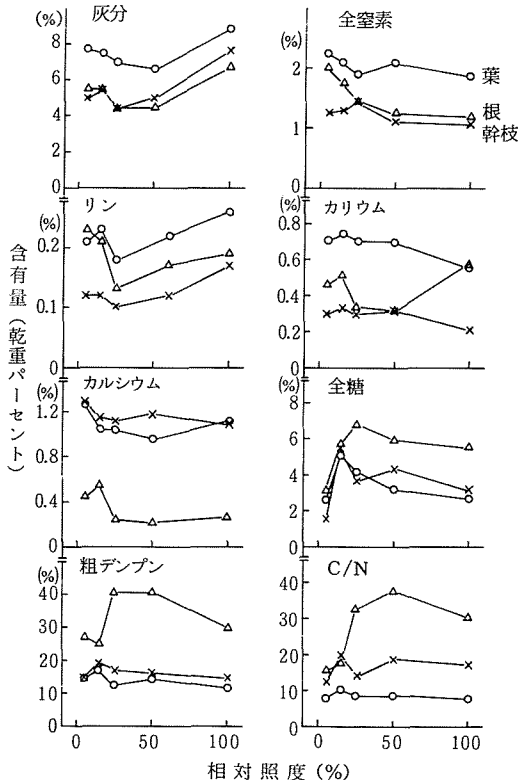


図12 1年生苗における相対照度と化学成分含有率との関係

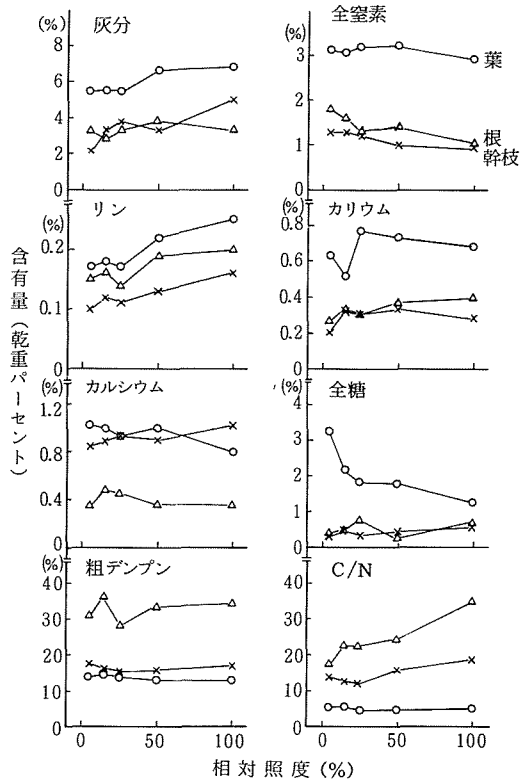


図13 1回床替2年生苗, 2年目処理区における相対照度と化学成分含有率との関係

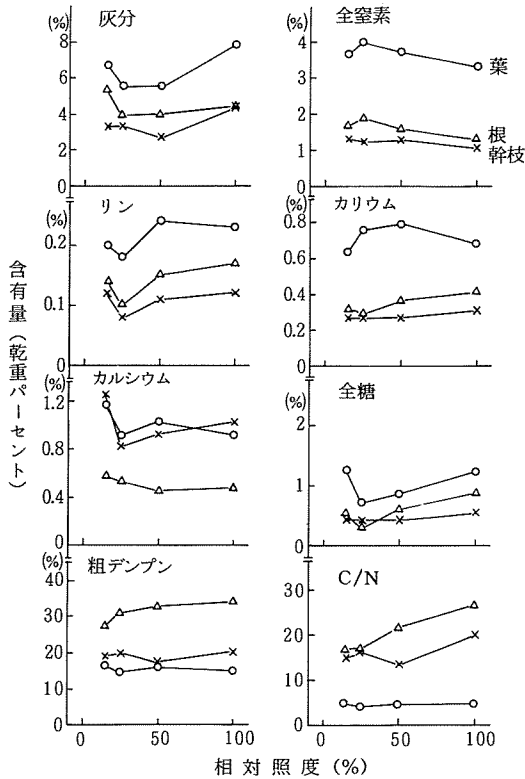


図14 1回床替2年生苗, 2年連続処理区における相対照度と化学成分含有率との関係

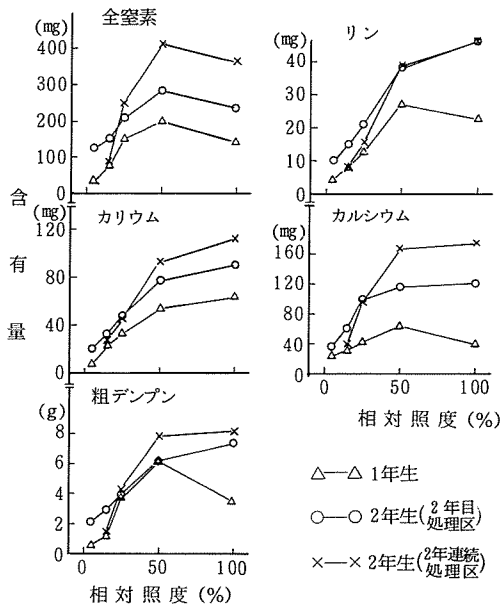


図15 苗木1本当たり(葉を除く)貯蔵養分含有量

枝では著しい変化がみられなかったが、根では15%以下の低照度区で減少した。C/N率は根において低照度区で著しく減少した。

2年生苗, 2年目処理区においては、灰分、リン及びカリウムの含有率は相対照度の低下に伴って減少し、全窒素の含有率は反対に増加する傾向がみられた。カルシウム及び粗デンプンの含有率については著しい変化がみられなかった。全糖の含有率は葉において低照度区で増加した。2年連続処理区では、全窒素、リン、カリウム及び全糖の含有率は2年目処理区とほぼ同じ変化を示した。しかし、カルシウムの含有率は低照度区でやや増加し、また根における粗デンプンの含有率は低照度区でやや減少する傾向にあった。C/N率は根において相対照度の低下に伴って減少した。

化学成分の含有率は苗木の部分によって異なり、1年生苗においては全窒素、リン、カリウムの含有率は葉>根>幹枝の順に高く、カルシウムの含有率は根で低く、全糖と粗デンプンの含有率は反対に根で最も高かった。2年生苗においては、全窒素、リン、カリウム、カルシウム及び粗デンプンの含有率は1年生苗と同様の傾向を示したが、全糖の含有率は葉で最も高かった。

クヌギの葉は秋に落葉するので、幹枝と根が養分の貯蔵場所となる。そこで苗木1本当たりの幹枝及び根に含まれる貯蔵養分の総量を計算した(図15)。全窒素の含有量は相対照度50%区で最も多く、照度の低下に伴って減少した。リン、カリウム、カルシウム及び粗デンプンの含有量は、1年生苗を除き相対照度100%区で最も多く、照度の低下に伴って減少した。1年生苗においては、リン、カルシウム及び粗デンプン

プンの含有量が相対照度50%区よりも100%区で少なくなっているが、これは根及び幹枝の乾重量が50%区に比べて減少したためである。苗木1本当たりの貯蔵養分含有量は相対照度15%以下で著しく減少した。

6. 考 察

広葉樹の生長と陽光量との関係はヤマハンノキ、アキニレ、トチウ、ヤチダモ、ブナ、*Quercus petraea*などで試験されている。川那辺ら⁶⁾の研究によると、アキニレの樹高生長は相対照度100%区よりも65~24%区で良く、またヤマハンノキでは100%区よりも52~31%区で良い生長を示している。しかし、純生産量は両樹種とも100%区で最も高く、照度の低下に伴って減少している。ヤチダモの稚樹は、中江ら⁸⁾の研究によると相対照度60%区で最も生長が良かったが、真鍋ら⁷⁾の研究によると苗長は60%区で、苗重は100%で最大となり、照度の低下に伴って減少している。筆者¹⁾の研究によると、ブナ稚苗の生長は全陽光下で最も良く、相対照度の低下に伴って苗高、根元直径、苗重などが減少した。Jarvis⁵⁾の研究によると、*Quercus petraea*は陰樹と考えられるが、庇陰処理によって苗高、葉面積比などが増加し、根重、根重/幹重比、純同化率、相対生長率などが減少した。本研究においては、クヌギ苗の伸長生長は相対照度25%区で最も良く、100%区ではかえって低下した。しかし、苗重は1年生苗では50%区で、2年生苗では100%区で最も重く、相対照度の低下に伴って減少した。陰樹は幼時の耐陰性が特に強く、弱光下でもよく発芽し、健全な生育を示す樹種であり、陽樹は耐陰性が弱く、陽光の十分あたる所に好んで生育し、陰樹に比べて最小受光量、補償点がより明るい所にある樹種である。樹種の陰陽性あるいは耐陰性の度合は、異なる受光量の下における純生産量、相対生長率、生存率などから総合的に判断すべきであろう。クヌギの純生産量は、苗重から判断すると全陽光下で最も大きく、また個体の補償点は生存率からみると相対照度5%と15%の間にあり、ブナよりも高い(ブナは2%と5%の間にある¹⁾)。クヌギは陽樹に属すると考えてよい。

次に受光量と含有成分量との関係についてみると、高原ら⁹⁾によるとシラカシの葉の全窒素及びカリウムの含有率は庇陰下で高く、灰分、ケイ酸、リンは全陽光下の葉に多く含まれていた。中江ら⁸⁾の研究によると、ヤチダモの稚樹では庇陰処理によって葉の灰分、全窒素及び蛋白態窒素の含有率が増加し、リン及び全糖の含有率が減少している。本江ら^{2~4)}の研究によると、ブナでは受光量の少ない所で生育した稚樹は受光量の多い所で生育したものに比べて単位重量当たりの窒素量が多く、また受光量の多い所で生育した稚樹はデンプンを地上部よりも地下部に多く含み、受光量の少ない所で生育した稚樹は地上部と地下部のデンプン量の差が少なくなるという。筆者¹⁾の研究によると、ブナ稚樹では庇陰処理によって窒素、リン、カリウム及びカルシウムの含有率が低照度区で増加し、全糖及び根のデンプン含有率が減少する傾向がみられた。受光量と化学成分含有率との関係は樹種や実験材料などによって多少異なるようであるが、いずれの樹種においても相対照度が低下すると葉に含まれる窒素の含有率が増加し、また根に含まれるデンプンの含有率が減少するようである。クヌギは落葉

樹で秋に幹枝や根に貯蔵された養分によって翌春の生長が起こる。受光量が少ないと光合成生産物の量は必然的に減少し、生長量は低下する。受光量の多い区と少ない区の生長量の差は毎年累積して益々大きくなる。クヌギ苗の生育は相対照度15%以下で著しく悪いが、2年連続庇陰処理区では相対照度25%区で苗重は全陽光下の約半分に低下する。クヌギの人工造林や天然更新に際しては、稚樹に十分光をあてるように施業することが肝要である。少なくとも50%以上の相対照度の下で生育させることが必要であると思われる。

IV 総 括

クヌギの当年生と1年生苗を異なる相対照度の下で育てて生育状況を比較し、更に化学分析を行って含有成分の変化を調べた。本研究の結果は次のごとくである。

1. 苗木の伸長生長の時期は5月下旬から9月上旬まで、肥大生長の時期は6月上旬から10月上旬までであった。伸長生長は6月と8月がおう盛で、2つのピークがみられた。肥大生長は7月中旬から9月下旬にかけて盛んであったが、8月が最もおう盛であった。

2. 苗木の伸長生長は相対照度25~50%区で良く、全陽光下では逆に低下した。しかし、根元直径及び主根長は全陽光下で最大値を示した。苗重は1年生苗では相対照度50%区で、2年生苗では100%区で最も重く、照度の低下に伴って減少した。苗木の生育は相対照度15%以下で不良であったが、2年連続処理区では25%区で苗重は全陽光下の約半分に低下した。

3. 苗木の形態については、一般に相対照度の低下に伴って葉重と幹枝重の割合が増加し、根重の割合が減少する傾向がみられた。また相対照度の低下に伴って、非同化部乾重/葉重比が減少し、T/R率、葉面積/葉重比、比較苗高及び弱さ度が増加した。低照度区の苗木は、地上部に比べて地下部の発達が悪く、葉は薄く、幹は細長くて、ひ弱な徒長苗の形態を示した。

4. 苗木の生存率は相対照度15%以下で低下し、2%区では1年以内に、5%区では2年以内にはほとんどが枯死した。

5. 低照度区では、苗木の全窒素とカルシウムの含有率が増加し、根の粗デンプン含有率及びC/N率が減少した。苗木1本当たり貯蔵養分含有量は各成分とも相対照度の低下に伴って減少した。

6. クヌギ苗を健全に生育させるためには50%以上の相対照度が必要のようである。

文 献

- 1) 橋詰隼人：ブナ稚苗の生育と陽光量との関係。鳥大農研報，34，82~88(1982)
- 2) 本江一郎・片岡寛純：生育環境を異にするブナ稚樹中の窒素，カルシウム，カリウム，マグネシウムについて。87回日林論，211~212(1976)
- 3) 本江一郎・片岡寛純：生育環境を異にするブナ稚樹中のデンプンについて。87回日林論，213~214(1976)
- 4) 本江一郎・片岡寛純：ブナ稚樹の受光量とデンプン量の変化。88回日林論，203~204(1977)

- 5) Jarvis, P. G. : The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *J. Ecol.*, **52**, 545~571 (1964)
- 6) 川那辺三郎・四手井綱英 : 陽光量と樹木の生育に関する研究 (I). 2, 3 の落葉広葉樹苗木の庇陰効果について. *日林誌*, **49**, 9~16 (1965)
- 7) 真鍋逸平・大窪 勝 : 広葉樹の造林に関する研究 (I). ヤチダモの庇陰効果と植栽密度. 78回日林講, 106~108 (1967)
- 8) 中江篤記・辰己修三 : 京都大学北海道演習林におけるヤチダモの育林学的研究 (第II報). ヤチダモ稚樹の耐陰性について. 71回日林講, 161~163 (1961)
- 9) 高原未基・川名 明・丹下 勲 : 受光量と土壤水分の量とがシラカシ苗の耐陰性におよぼす影響. *植物学雑誌*, **68**, 212~215 (1955)
- 10) 作物分析法委員会 : 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂 (1975) pp. 59~389