

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Ⅳ報

ヤチダモ稚樹の耐陰性について

中 江 篤 記 辰 巳 修 三

The Silvicultural Studies on Yachidamo in the Kyoto University Forest in
Hokkaido. No. Ⅳ The Shade Resistance of Yachidamo Young Tree.

Atsunori NAKAE and Syuzo TATSUMI

目 次

Ⅰ ま え が き	285	Ⅳ 摘 要	290
Ⅱ 試料及び試験方法	285	文 献	291
Ⅲ 試験結果及び考察	286	Summary	292

Ⅰ は じ め に

筆者達は、かねてより有用広葉樹の一つであるヤチダモの生態上に現われる特性について、2, 3の研究をおこなってきたが、その結果、天然生林におけるヤチダモの成長は立地学的な要因に多分に影響せられることが予測された。また幼令期には相当な庇陰に耐えて、しかもなお生育可能なことも判明した。

この研究は、これらの問題点のうち、特にヤチダモ稚樹の耐陰度を成長量及び栄養生理上から明らかにするためにおこなったものである。実験上の手違いから若干の不備な箇所のあることも判明したが、これらについては今後の研究によつて漸次明らかにして行く予定である。

Ⅱ 試料及び実験方法

1958年6月に当演習林地で掘りとつたヤチダモ稚樹（3年生、苗高平均 20cm ± 3.15）を3つの庇陰格子（照度5%, 15%, 60%；格子の大きさ1.80m×1.80m×1.80m）と対照区（裸地）の計4区に35本ずつ植え付けた。植栽地土壌には、あらかじめ各区とも堆肥 11.2kg を均等に混入しておいた。区名はⅠ（裸地）、Ⅱ（照度60%）、Ⅲ（照度15%）、Ⅳ（照度5%）とした。

1960年8月に稚樹を掘りとり、地上高、根元直径、地上部重量、葉重量及び根系重量を測定し、さらに栄養生理上の影響を調べるために同日午後1～2時に各區別に無作為に3本ずつ選出したものについて摘葉して炭酸同化生成物、窒素化合物、CaO、SiO₂、K₂O、P₂O₅の定量をおこなった。同時

に幹部も採取して同上の定量をおこない、各区別の庇陰の度合による影響を調べた。

有機及び無機成分は所定の分析方法により定量したが、無機成分のうち P_2O_5 はモリブデン青比色法、 CaO は A. O. A. C 法、 K_2O は炎光光度計法を採用した。

Ⅲ 試験結果及び考察

1 各区別の成長量

i 乾重量

各区別の地上部重量、葉重量、及び根系重量は第1表に示す通りである。

Table 1. The variations of dry weight, diameter at near root and height of the stems by the increasing of light intensity.

Light intensity	Dry weight (gr.)			Diameter at near root (cm)
	Stems	Leaves	Roots	
I (100%)	116.3±61.3	15.25±5.95	60.5±30.1	1.38±0.21
II (60%)	170.1±49.1**	16.82±4.32*	60.2±25.0	1.64±0.28**
III (15%)	71.7±41.8**	6.01±2.13	32.8±17.9**	1.25±0.26*
IV (5%)	24.1±16.8	1.54±0.94	11.1±6.1	0.85±0.16**

* Significant at the 10% level.

** Significant at the 5% level.

Height of the stems (cm)			
1st. year (1958)	2nd. year (1959)	3rd. year (1960)	total
9.4±4.6	30.4±19.7	46.0±14.7	111.7±20.3
13.3±5.9**	71.9±17.6**	60.7±12.9**	173.9±30.2**
16.2±5.9**	64.1±19.7**	50.2±19.9*	156.0±32.9**
10.7±5.4	28.1±13.3	26.5±15.8**	83.7±30.4**

地上部重量を対照区との比率で示すと $I : II : III : IV = 1 : 1.46 : 0.62 : 0.21$ となり、III, IV 区がいずれも対照区より少なくなっている。根系重量は $I : II : III : IV = 1 : 0.995 : 0.54 : 0.18$ である。II 区の根系重量が対照区とほとんど変らない値であるのに地上部重量で II 区が I 区の1.46倍となつてゐることは、照度60%区が裸地区と同様な根系の発達程度であるにも拘らず、地上部がより良好な成長を示すものであることを物語つてゐる。葉重量は I, II, III, IV 区と照度がさがるに従つて軽くなつてゐるが、これは庇陰の影響によるものと考えられる。地上部重量に対する葉重量の比は $I = 0.1311$, $II = 0.0989$, $III = 0.0838$, $IV = 0.0640$, となり I 区で最大となる。ISANOGLÉ 及び SCHRAMM によれば、樹冠の外部の陽光のあたる葉と庇陰内の葉とでは、葉部組織に差異が認められ、一般に陽葉は陰葉よりも組織が厚く、同化組織が良好に発達して、細胞間隙はちいさく、又気孔数も多いとしている。本実験においては単一葉の組織上の比較は行なわなかつたが、上記の $\frac{\text{葉重量}}{\text{地上部重量}}$ が I 区で最大であることは裸地における葉組織の良好な発達を示すものであつて、陽葉、陰葉における ISANOGLÉ, SCHRAMM らの研究結果によく一致している。II, III, IV 区と照度が減じるに従つてこの比は減少するが、これは明らかに庇陰の影響の現われである。II 区の地上部重量は I 区よりも重く、さらに上長、肥大成長においても下記の如く I 区にまさつてゐるにも拘らず、この両者の比が I 区よりも小さいと

いうことは、照度60%のⅡ区が、葉組織の発達と地上部成長との間のバランスを良好に保持していること発を示すものと思われ、又逆にⅠ区は過度の光線のもとにさらされたため葉部の機械組織が過度に達して、地上部成長量との間のバランスを失なつたものと推測される。

ii 根元直径

各年別の直径成長は測定しなかつたが、3ケ年の庇陰格子試験による結果は第1表からも明らかなように、Ⅱ区が最大であり以下Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ区と減退する。今対照区を基準にして各區別の比をみるとⅠ：Ⅱ：Ⅲ：Ⅳ＝1：1.19：0.91：0.62である。

iii 地上高

全地上高はⅡ＞Ⅲ＞Ⅰ＞Ⅳの順に低くなつており、Ⅱ区が最高でⅢ区もⅠ区よりも高値を示している。今対照区を1として考えるとⅠ：Ⅱ：Ⅲ：Ⅳ＝1：1.56：1.40：0.75となる。各乾重量及び根元直径からⅢ区及びⅣ区の全地上高の成長度合を考察すると、Ⅲ区はこれらの値がいずれもⅠ区よりも少値であつて、この区の稚樹が徒長の傾向にあることを示しており、Ⅳ区はⅠ区よりも乾重量、根元直径がともに少値であつて、更に全地上高も低いから、この区が極端に被圧化された状態にあることを示すものである。各年次別の成長量は第1表からも明らかなように、初年度(1958年)：Ⅲ＞Ⅱ＞Ⅳ＞Ⅰ、第2年度：Ⅱ＞Ⅲ＞Ⅰ＞Ⅳ、3年度：Ⅱ＞Ⅲ＞Ⅰ＞Ⅳとなつており植付当初はⅠ区の上長成長が最も悪いことを示している。しかし2年目から上長成長は回復の傾向にあり、逆にⅣ区は漸時衰退に向かい3年目では完全に被圧された状態にあることが察知される。これらの上長定期成長量を図示すると(第1図)、Ⅱ区とⅢ区はほぼ同様な成長経過を辿っているが3年目には成長の減退が認められる。Ⅳ区は第1図からも年々被圧化の傾向にあることがわかる。Ⅱ、Ⅲ区に現われる成長減退については、その原因の一つとしてこれらの区の前2年間の成長が著しかつた結果、葉枝部が極端にふれ合い、そのため限られた庇陰格子内で稚樹相互が制約せられて、栄養生理学上、生態学上からも不利な条件下にさらされたことが挙げられよう。このことについては、格子内の微気象の測定を行なわなかつたため確証はできないが、今後の研究によつて漸次明らかにして行きたい。

2 葉分析、幹分析結果

i 窒素化合物

葉部における蛋白態窒素は第1表からも明らかなように、Ⅲ、Ⅳ区に多く、Ⅰ、Ⅱ区には少なく、この間には、ほとんど差が認められない。各区間の比はⅠ：Ⅱ：Ⅲ：Ⅳ＝1：0.98：1.38：1.54で示される。これに反し可溶態窒素はⅠ、Ⅱ区に多く、Ⅲ、Ⅳ区に少なくなつて蛋白態窒素の場合と対照的な割合を示している。高原はシラカンを使つて光線の強弱が葉中の窒素代謝に及ぼす影響について調べ弱光線にあたる葉部(陰葉)程全窒素量の多いことを認めた。本試験では、全窒素量を上述の如く可溶性、蛋白態の2者に分別して定量したが、その結果窒素化合物中とくに蛋白態窒素の含有量において高原と同様な傾向のあることがわかつた。しかるに可溶態窒素では全く逆の傾向にあつて、庇陰度の小なるものに多量含まれるという結果を示した。光合成が植物の窒素代謝と若干の關係を持つということについては従来からも指摘されているところであるが、本研究の結果からは特に可溶態窒素の含有量に日照効果のあることが認められた。各窒素化合物についての分離定量はおこなつていないので、可溶態窒素中、特に光線と關係のある物質についての量的關係は不明であるが、この問題については、今後行なう予定の研究によつて漸次明らかにして行きたい。

幹部における可溶態窒素は葉部程明らかではないが、Ⅲ、Ⅳ区に漸減の傾向がみられ、蛋白態窒素は葉部とは逆にⅠ、Ⅱ区に漸増の傾向にあることが認められた。

ii 炭水化物

第2表から明らかなように葉部の単糖類はⅠ＞Ⅱ＞Ⅲ＞Ⅳ区と照度を減じるに従つて漸減の傾向にあり、二糖類は逆にⅠ＜Ⅱ＜Ⅲ＜Ⅳ区と漸増している。澱粉量はⅡ区で最多値を示しついでⅠ区に多

Fig. 1 The variations of dry weight, diameter at near root and height of the stems by the increasing of light intensity.

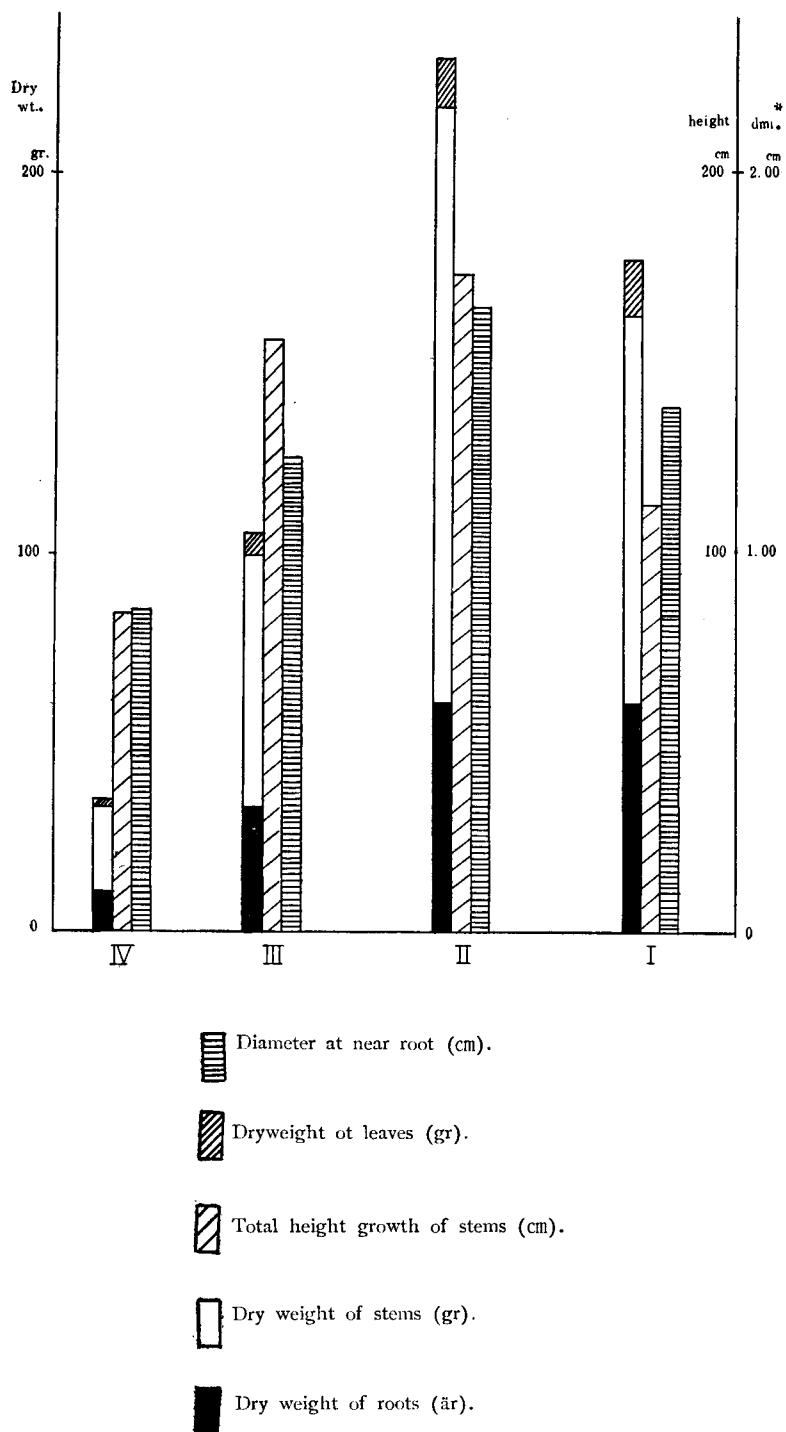


Table 2. The variation of organic matter contents by the increasing of light intensity.

Light intensity		Soluble nitrogen	Albuminous nitrogen	Total nitrogen	Mono-saccha- ride	Poli- saccharide
		%*	%*	%*	%*	%*
Leaves	I (100%)	0.08	2.64	2.72	2.27	0.32
	II (60%)	0.07	2.59	2.66	1.87	0.43
	III (15%)	0.02	3.63	3.65	1.13	0.65
	IV (5%)	0.02	4.06	4.08	0.98	0.34
Stems	I (100%)	0.11	0.85	0.96	0.62	0.46
	II (60%)	0.11	0.85	0.96	0.61	0.48
	III (15%)	0.10	0.82	0.92	0.26	0.56
	IV (5%)	0.07	0.79	0.86	0.20	0.59

* Percentage of dry weight

く、III, IV区では殆んど同一値を示した。

炭酸同化生成物を同化過程から順序づければ単糖類→二糖類→多糖類(澱粉)となり、単糖類は生成物質の最初の過程に位置するものと言われている。又二糖類、多糖類は、光合成とは関係のない要因(たとえば、糖の濃度、酵素、温度)によつても転移合成が可能とされ、かような点からして光合成は単糖類の生成をまつて完了したものと解して良いといわれている。上述の論点から本研究の結果を考察すると、光合成は照度100%のI区において最も旺盛であつて、以下II>III>IV区と照度を減じるにしたがつ

Total sugar	Starch
%*	%*
2.59	11.57
2.30	12.01
1.78	11.16
1.32	11.13
1.08	8.68
1.09	9.21
0.82	8.45
0.79	8.90

て光合成能力は弱化的傾向にあることが推定できる。しかしこれら4つの区における単糖類含量を類別すると、I, II区及びIII, IV区に2分されるようであつて、照度15%区、5%区では光合成能力が遙かに劣弱化するものと思われる。二糖類、澱粉では照度別による系統的な変化を認め難いが、澱粉がII区に異常に多いことが特筆される。上記のように多糖類は、葉中の糖濃度、酵素の作用、あるいは温度の影響を受けても形成されるものと言われるため、このII区における澱粉量が直ちにこの区的光合成機能の旺盛さを示すものとは断じ難い。この点については、外的内的因子を更に詳細に調べることによつて究明する必要がある。

幹部における糖類は葉部とはほぼ同様な傾向を示し、澱粉量はII区で最多となつてゐる。又炭水化物全量はII>I>IV>III(10.30>9.76>9.69>9.27)となり、II区が最多値を示している。

3 無機化合物

第3表からも明らかなように葉部の灰分はIII区で最も多く、以下IV>II>Iと減少しているが、これを大別すれば、I, II区とIII, IV区の2つのグループになる。高原はスギの陰・陽樹冠の葉分析において、陰樹冠の葉部に灰分の多いことを認め、光線が葉部の灰分代謝に影響することを指摘しているが、本試験においてもこれと同様な傾向にあることが認められた。すなわち庇陰度の大きい区程灰分代謝が旺盛であることが推定できた。

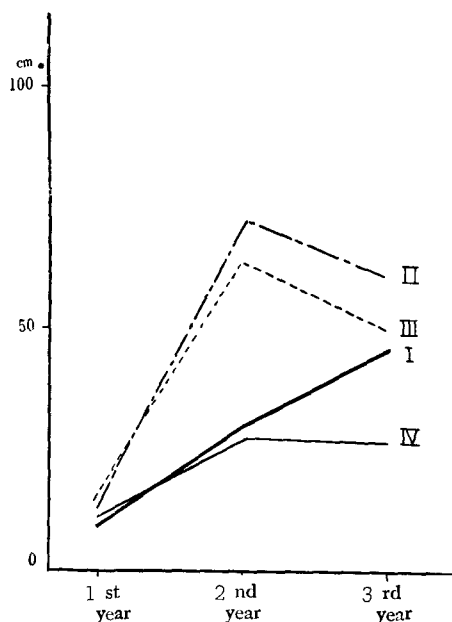
無機化合物中、PはI, II区に多く、III, IV区に少なくなつており、最多値はI区に示される。従来から、植物中における磷酸は、極めて易動性のある物質と言われ、とくに成長の旺な部分及び新鮮葉に集積されるという事実が認められてきた。又 BIDDULPH¹⁰⁾、葛西¹¹⁾らは磷酸の移行が光によつて促進される事実を認めており、さらに光合成にあづかる磷酸化合物の直接的な役割についても数多くの実験例が示されている。本研究の葉部磷含量から、直ちに上述の事実に適した考察を加えることは

Table 3. The variations of inorganic matter contents by the increasing light intensity.

Light intensity			Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	SiO ₂
			%*	%*	%*	%*	%*
Leaves	I	(100%)	10.25	0.213	2.50	2.40	1.70
	II	(60%)	10.30	0.209	2.45	2.43	1.87
	III	(15%)	11.85	0.175	2.40	2.65	2.83
	IV	(5%)	11.65	0.179	2.65	2.51	2.03
Stems	I	(100%)	2.30	0.157	1.10	0.62	0.23
	II	(60%)	2.50	0.150	1.57	0.66	0.30
	III	(15%)	2.30	0.127	1.17	0.69	0.23
	IV	(5%)	2.90	0.137	1.15	0.75	0.47

* Percentage of dry weight.

Fig. 2 Annual changes of the height growth.



以上述べた如くヤチダモ稚樹の生育に及ぼす庇陰の影響は照度15%、5%区でマイナスとなつて現われ、就中5%区では完全な被圧状態を呈した。又60%区は成長量は対照区の裸地に比して良好であるが、栄養生理上から眺めると、対照区に比して、やや機能の劣えが見えるようであつた。しかし、60%区における栄養器官の機能障害については、先にも述べた如く、この区には、稚樹の旺盛な成長に伴う立木密度の問題（過密本数から来る温度、湿度及び機械作用が栄養生理上に及ぼす影響）も起つて来るため、単に光線量による結果とは断定し難い。この所に種々の問題点も残っているわけであるが、結局、本研究実験からはヤチダモ稚樹が若干の庇陰におかれてもなお生育の可能なことが判明したわけである。

IV 摘 要

(1) 庇陰格子（照度5%、15%、60%）を使つてヤチダモ稚樹の庇陰に対する成長上及び栄養生

危険であるが、 $I > II > IV > III$ 区と庇陰度が高まると共に磷酸含量が減退するということは、明らかに照度の変化が磷酸の集積量に影響しているものと考えられよう。

CaO 及び SiO₂ は、磷とは逆の傾向にあつて I, II 区に少なく、III, IV 区に多くなつてゐる。これは庇陰の影響によるものと思われるが、なお検討の余地がある。

K₂O は IV 区に多く、ついで $I > II > III$ 区となつてゐる。加里は植物中では磷について易動性の物質と言われており、その分布もほぼ磷の場合と一致しているようである。本試験の結果からみると IV 区に最多となつてかけ離れた値を示しているが、I, II, III 区の間には、大体照度の変化に応じての系統的な差のあることが認められた。恐らく磷と同様な日照効果を受けたものと推定できる。

幹部に含まれる各無機化合物は第2表からも明らかのように、葉分析と大体類似した傾向を示しており、灰分、CaO, SiO₂ は IV 区に多く、P₂O₅, K₂O は I, II 区に多くなつてゐる。

理上の影響を調べた。

(2) 幹重量成長量は、60%区>100%区>15%区>5%区となつて、60%区は対照区よりも良好である。

(3) 肥大成長量は大体乾重量と同様な傾向にあり60%区が最大である。

(4) 上長成長は、60%区>15%区>100%区>5%区となつて、60%区で最大であるが、15%区も対照区より良好である。

(5) 有機化合物中、窒素代謝に対する庇陰の影響は葉部の蛋白態窒素及び可溶性窒素に現われ前者は15%、5%区に、後者は60%及び100%区に多量に存在した。

(6) 葉部炭水化物の含量は60%区>100%区>15%区>5%区となつて、60%区で最多となる。

(7) 光合成能力は、単糖類の出現量から推して、100%区が最も旺盛であることがわかつた。以下60%>15%>5%となる。

(8) 葉部 P_2O_5 及び K_2O 含量は光線量の増加に伴なつて増大の傾向にある。これに反し CaO 及び SiO_2 は減少の傾向が認められた。

(9) 葉部組織の灰分代謝は光線量の不足に伴なつて旺盛になるようである。

(10) 以上の栄養生理上の事実は、陰、陽両葉における過去の文献と良く一致しており、庇陰下における樹木の葉部生理機能も、全く陰陽両葉における生理機能と同一であることが推定できた。

(11) 各種、4段階の光線量のもとで試験を実施したが、成長量及び栄養生理面から眺めれば、100%、60%区、及び15%、5%区の2区に大別できるようである。

(12) 本研究の結果、ヤチダモ稚樹は、60%前後の光線で生育可能であつて、それ以下では被圧を受け漸次生長量の減退を来すものと思われる。

文 献

- 1) 中江・酒瀬川・辰巳：京都大学演習林報告，Vol. 29, P 33-64, 1960.
 - 2) 中江・酒瀬川・辰巳：同 Vol. 32, 1961.
 - 3) 岡崎文彬篇，林木の生理，1960.
 - 4) ISANOGELE. Ecology. 25 : 404-413, 1944.
 - 5) SCHRAMM. Flora. 104 : 225-295, 1912.
 - 6) 高原末基，他：植物雑誌，68 : 212-215, 1955.
 - 7) 坂村徹：植物生理学，1960.
 - 8) 高原末基：東京大学演習林報告，46 : 1-95, 1954.
 - 9) 奥田東篇，肥科学新説，1959.
 - 10) BIDDULPH, O., Am. J. Botany. : 28 : 348, 1941.
 - 11) 葛西・浅田・奥田：日土肥誌，27 : 403, 1956.
- その他
- 原田 泰：森林気象学，1951.
- 斉藤孝蔵：樹木生理，1954.
- 郡場 寛：植物生理生態，1950.
- 中村教授選歴記念事業会篇，育林学新説，1955.

Summary

These investigations reported here were performed to make clear the shade resistances of Yachidamo (*Fraxinus Mandshurica* Rupr) reported here young tree (4 years old) from the standpoint of growth, functional changes of nutrition and plant physiology. Then the light intensity was adjusted by 3 shade lattices (the light intensity; 60%, 15%, 5%). We also supplied the control section (100% light intensity) besides 3 shade lattices.

The followings are the results of these investigations,

A. The changes of growth by light intensity;

The dry matter weight of the leaves, stems and roots in 60% light intensity was much greater than that of the others. They changed in the following order: 60%, 100%, 15% and 5%. The diameter growth showed almost the same tendency as the dry matter weights. But the height growth changed as follows; 60%, 15%, 100%, and 5%. It was a distinctive character that the height growth in the section of the 15% light intensity was better than that in the control section (light intensity 100%).

These investigations summarized that the plot of 60% light intensity showed the best growth in dry matter weight, diameter growth and height growth, and the plot of 5% light intensity the worst growth.

B. The changes of the organic matter contents by light intensity;

The shade effects for the nitrogenous metabolism in leaves appeared as following Albuminous nitrogen was in a large quantity both in the 15% and 5% light intensity plot and soluble nitrogen was much both in the 100% and 60% light intensity plot. Conjecturing the faculty of photosynthesis from the mono-saccharide contents in leaves, it was most vigorous in the section of 100% light intensity. This faculty of the other section decreased in proportion to declining of the light intensity.

C. The changes of the inorganic matter contents by light intensity;

Phosphorus and potassium contents in leaves increased with the enlargement of the light intensities, on the other hand calcium oxide (CaO) and silicon dioxide (SiO_2) decreased with them. The ash metabolism in leaves was more vigorous with the declining of the light intensity.

From B and C, we understood that the physiological faculty of this tree under the shade was almost the same as that of the shade leaf and the sun leaf.

D. Considering the changes of the growth, organic and inorganic matter contents, the Yachidamo young tree in the 60% light intensity grew much better than others. In the 5% light intensity it grew worse.