

樹木水耕に於ける通氣量の影響

中山 治 朗

The Effects of Aeration on Hydroponics of Trees

By

Jiro NAKAYAMA

目 次

	頁
緒 言	98
I. 資 料	98
II. 水 耕 液	99
III. 實 驗 方 法	99
IV. 實 驗 結 果	101
V. 摘 要	109
文 献	111
Résumé	112

緒 言

植物生理研究の爲に屢々水耕法が行われるがその場合の養液組成及び濃度等に関しては, Sachs, Knop 其他從來多數の研究が發表せられ林木稚苗に對しても最近芝本氏⁴⁾等の報告がある。しかしその養液中の酸素含有量に關しては一般に多量な程良好な結果を得ると言う傾向が認められている程度³⁾であつて定量的にその基準を追究した例が少く、僅に ZIMMERMAN 氏⁶⁾の切枝に關するもの、CH'WAN-KWANG LIN 氏⁴⁾、VLAMIS, DAVIS 氏⁶⁾等の稻、麥類に關するもの等が多少参考とされるに過ぎない。

しかも液中酸素の供給は根の活動、ひいては植物全體としての成長に著しい影響を與えるものと思われる。此の點に關し林木稚苗の水耕に於ける酸素要求量の基準、樹種間の相違を求め、更に樹木の生育に對する土壤孔隙の意義、耐滲水性等の問題を考察する資料を得んとして本實驗に着手した。

實驗方法には未だ改善の餘地が多々あるであろうがとりあえず現在迄に得た二、三の結果を纏めて是正を仰ぎたいと思う。

本研究に當り御指導を賜つた沼田教授、尾中教授に深甚の謝意を表する。

I. 資 料

(1) ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.)

妻籠營林署産種子を7月30日大形シャーレ内の濾紙上に播種、蒸溜水にて培養し、發育略々同等の根長約2cmのものを選んで8月18日水耕ポットに5本宛移植した。水耕10日後更に各ポットから成長状態の異なるもの2本を除去し、各ポットに3本宛残り硝子室内にて11月17日まで90日間水耕、實驗に供した。

(2) フサアカシア (*Acacia dealbata* Link)

福岡林業試験場産種子を8月11日、30分間熱湯處理し、蒸溜水にて培養し、發育同等にて根長約2.5cmのものを3本宛8月27日水耕ポットに移植した。その後10日目に各ポット中成長状態齊一のもの1本宛を残し11月16日まで82日間水耕、實驗に供した。

(3) アイグロマツ (*Pinus densi-Thunbergii* Uyeki)

水俣營林署管内にてモドウマツと呼ばれているものの種子を7月12日京大演習林苗圃に播種し、略々同等に生育した稚苗を10月5日に掘り取り根を洗い、蒸溜水中に一晝夜おき後各ポットに5本宛移植し、11月18日まで44日間水耕し實驗に供した。移植時(10月5日)の稚苗の大きさは莖の長さ5

～6 cm, 主根の長さ12～22cmの範囲であつた。

II. 水 耕 液

實驗に使用した水耕液は芝本氏の一般林木稚苗用第Ⅰ液⁴⁾及び R. V. OLSON²⁾氏が林木稚苗に用いて好成績であつたと稱するものを基として作製した。

但し、筆者は蒸留水を使用したから、芝本氏液に對しては井戸水に含まれた微量成分を缺き、又 OLSON氏液は芝本氏液と同じ條件とする爲に H_3BO_3 , ZnSO_4 , CuSO_4 , H_2MnO_4 を省略すると共に沈澱物の生成を避けるため $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ の代りに KH_2PO_4 を用いたから兩者共に考案者の示した處方通りではない事を斷つておく。茲に使用した兩液の組成は次表の通りである。

第1表 水 耕 液 處 方

單位 g/lit

鹽 類	水 耕 液	芝 本 氏 液	Olson 氏液
KH_2PO_4		0.0383	0.4733
KNO_3		—	0.0228
KCl		0.0423	—
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		0.1755	0.3127
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		0.3675	0.3500
NH_4NO_3		0.0862	0.5127
$\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$		—	0.0300
FeCl_3		0.0101	—

兩液の成分は次表の如くなる。

第2表 水 耕 液 成 分

單位 mg/lit

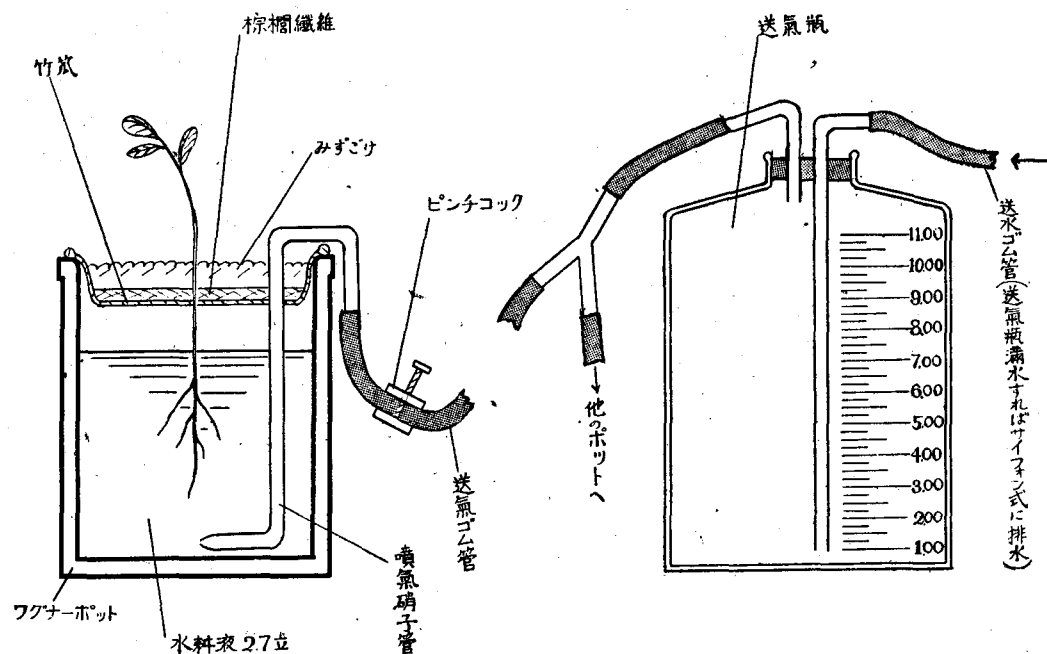
成 分	水 耕 液	芝 本 氏 液	Olson 氏液
N	$\left\{ \begin{array}{l} \text{NO}_3\text{態} \\ \text{NH}_3\text{態} \end{array} \right.$	44.9	146.2
		15.1	101.2
K_2O		40.0	186.3
P_2O_5		20.0	247.0
CaO		60.0	107.0
MgO		60.0	57.3
Fe_2O_3		5.0	8.0
SO_4		143.4	136.9

III. 實 驗 方 法

1/50,000ワグナーポットに水耕液2.7立を入れ、第1圖の如く竹製箆をはめこみ、水洗した棕櫚葉鞘纖維及びみづごけを敷いて稚苗を固定すると共に水耕液中に藻類の發生するのを防いだ。

通気は毎日8時及び16時30分の2回に行つた。その方法は第1圖に示した如き装置によつて器底の細孔より空氣を噴出せしめた。

第1圖 通 氣 装 置



通氣量は各水耕液に就て各回夫々0.25立、0.50立、1.00立、2.00立の四階程としその速度は1分1立の割合とした。

水耕液は約10日毎に午前8時の送氣時に更新し、その廢液に就て酸素含有量を WINKLER 氏法により定量した。

培養期間中は液の高温を避けるために9月12日まではポットを大きな水槽に九分通り浸し流水によつて冷却した。培養期間中の硝子室内温度及びポット内液温の月別、最大、最小値及び平均値は

第3表 月 別 温 度 單位 °C

月 測定 時刻		8 月			9 月			10 月			11 月		
		08.00	14.00	16.30	08.00	14.00	16.30	08.00	14.00	16.30	08.00	14.00	16.30
室 温	最大値	28.0	39.0	40.0	29.0	37.0	36.0	18.0	26.0	24.0	13.0	20.0	17.0
	最小値	25.0	28.0	30.0	16.0	23.0	22.0	5.0	18.0	14.0	4.0	11.0	8.0
	平均値	26.4	34.8	32.1	23.0	30.2	28.2	14.2	22.7	19.9	8.9	16.4	13.4
液 温	最大値	25.0	28.0	27.0	26.0	28.0	28.0	17.0	22.0	22.0	12.0	17.0	17.0
	最小値	22.0	23.0	23.0	15.0	21.0	21.0	5.0	17.0	13.0	4.0	9.0	8.0
	平均値	23.6	26.2	25.1	21.4	24.8	24.8	13.4	18.8	19.1	8.1	13.2	13.3

第3表の通りである。

IV. 實 験 結 果

(1) 水耕液中の酸素量

約10日毎に水耕液中の含有酸素を定量した結果は第4表(ヒノキ)、第5表(フサアカシア)、第6表(アイグロマツ)の通りである。

第4表 水 耕 液 酸 素 量 (ヒノキ)

測定 月 日	通 氣 量 (立)	滴定に要した $\frac{N}{100} Na_2S_2O_3$ 量 (cc)			水耕液 1 cc 中 の酸素量 (p.p.m)	分析時 液温 (°C)	通氣時 (前日 16時30 分) 氣温 (°C)	標準状態 に換算し た前日午 後の通氣 量 (立)	通氣時 (前日 16時30 分) 液温 (°C)	通氣時の各 酸素溶解度 を 27°C の 時のものを 1として表 わせる数	換算通氣量及 び溶解度比に より除した水 耕液 1 cc 中の 酸素量 (p.p.m)
		Olson 氏 液	芝本氏液	平 均							
9 月 1 日	0.25	24.92	25.11	25.01	16.0064	24	30	0.216	27	1.0000	18.55
	0.50	25.09	25.08	25.09	16.0576			0.432			18.61
	1.00	25.39	25.59	25.49	16.3136			0.863			18.90
	2.00	25.79	25.12	25.46	16.2944			1.726			18.88
9 月 13 日	0.25	25.70	26.37	26.04	16.6656	21	29	0.217	25	1.0347	18.56
	0.50	25.99	26.11	26.05	16.6720			0.434			18.57
	1.00	26.85	27.99	26.42	16.9088			0.868			18.83
	2.00	27.19	28.78	27.99	17.9136			1.736			19.95
9 月 23 日	0.25	26.89	26.60	26.75	17.1200	20	24	0.223	23	1.0724	17.89
	0.50	27.51	26.88	27.20	17.4080			0.446			18.20
	1.00	28.11	26.60	27.36	17.5104			0.892			18.30
	2.00	28.09	26.59	27.34	17.4976			1.784			18.30
10 月 3 日	0.25	27.62	28.45	28.04	17.9456	14	22	0.225	21	1.1126	17.90
	0.50	27.96	28.10	28.03	17.9392			0.451			17.90
	1.00	28.45	28.53	28.49	18.2336			0.901			18.19
	2.00	29.10	29.32	29.21	18.6944			1.802			18.64
10 月 13 日	0.25	29.19	29.31	29.25	18.7200	16	21	0.227	20	1.1338	18.22
	0.50	29.12	29.63	29.38	18.8230			0.453			18.33
	1.00	29.11	30.61	29.86	19.1104			0.906			18.60
	2.00	29.89	30.67	30.28	19.3792			1.812			18.86
10 月 24 日	0.25	34.68	34.79	34.74	22.2336	9	20	0.228	20	1.1338	21.55
	0.50	35.24	34.80	35.02	22.4128			0.455			21.72
	1.00	36.52	34.88	35.70	22.8480			0.910			22.15
	2.00	36.49	35.61	36.05	23.0720			1.820			22.37
11 月 8 日	0.25	33.50	34.37	33.94	21.7216	10	16	0.232	13	1.3008	18.00
	0.50	34.26	34.50	34.38	22.0032			0.464			18.23
	1.00	35.11	34.90	35.01	22.4064			0.928			18.56
	2.00	35.91	36.99	36.45	23.3280			1.856			19.32

第5表 水耕液酸素量(フサアカシア)

測定月日	通気量 (立)	滴定に要した $\frac{N}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 量 (cc)			水耕液 1 cc 中の 酸素量 (p.p.m)	分析時 液温 (°C)	通気時 (前日 16時30 分) 気温 (°C)	標準状態 に換算し た前日午 後の通気 量 (立)	通気時 (前日 16時30 分) 液温 (°C)	通気時の各 酸素溶解度 を 27°C の 時のものを 1として表 わせる数	換算通気量及 び溶解度比に より除した水 耕液 1 cc 中の 酸素量 (p.p.m)
		Olson 氏 液	芝本氏液	平均							
9月10日	0.25	25.26	25.27	25.27	16.1728	23	31	0.215	27	1.000	18.85
	0.50	25.39	25.30	25.35	16.2240			0.429			18.91
	1.00	25.78	25.89	25.84	16.5376			0.858			19.27
	2.00	25.91	25.99	25.95	16.8080			1.716			19.59
9月22日	0.25	26.52	26.29	26.41	16.9024	22	27	0.220	25	1.0347	18.60
	0.50	26.90	26.42	26.66	17.0624			0.439			18.79
	1.00	27.41	25.79	26.75	17.1200			0.878			18.85
	2.00	27.27	27.24	27.26	17.4464			1.756			19.20
10月2日	0.25	27.96	27.89	27.93	17.8752	16	23	0.224	22	1.0921	18.27
	0.50	27.78	28.20	27.99	17.9136			0.448			18.27
	1.00	28.69	26.70	27.70	17.7280			0.896			18.12
	2.00	28.91	27.41	28.16	18.0224			1.792			18.42
10月12日	0.25	/	27.18	27.18	17.3952	14	23	0.224	21	1.113	17.45
	0.50	28.40	26.67	27.54	17.6256			0.448			17.67
	1.00	28.73	26.81	27.77	17.7728			0.896			17.83
	2.00	29.79	27.44	28.62	18.3168			1.792			18.36
10月21日	0.25	30.02	30.70	30.36	19.4304	11	19	0.229	19	1.1553	18.38
	0.50	30.12	31.45	30.79	19.7056			0.458			18.64
	1.00	30.71	31.90	31.31	20.0384			0.915			18.96
	2.00	31.60	32.83	32.22	20.6208			1.830			19.57
11月2日	0.25	34.10	/	34.10	21.8240	9	16	0.232	15	1.2482	18.84
	0.50	34.20	33.80	34.00	21.7600			0.464			18.79
	1.00	34.59	34.26	34.43	22.0352			0.928			19.02
	2.00	枯死	34.40	34.40	22.0160			1.856			19.00

第6表 水耕液酸素量(アイグロマツ)

測定月日	通気量 (立)	滴定に要した $\frac{N}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 量 (cc)			水耕液 1 cc 中の 酸素量 (p.p.m)	分析時 液温 (°C)	通気時 (前日 16時30 分) 気温 (°C)	標準状態 に換算し た前日午 後の通気 量 (立)	通気時 (前日 16時30 分) 液温 (°C)	通気時の各 酸素溶解度 を 27°C の 時のものを 1として表 わせる数	換算通気量及 び溶解度比に より除した水 耕液 1 cc 中の 酸素量 (p.p.m)
		Olson 氏 液	芝本氏液	平均							
10月15日	0.25	26.94	30.19	28.57	18.2848	14	18	0.230	17	1.1999	16.58
	0.50	27.00	30.48	28.74	18.3936			0.460			16.68
	1.00	28.64	30.22	29.43	18.8352			0.919			17.08
	2.00	31.36	30.74	31.05	19.8720			1.838			18.02
10月25日	0.25	/	30.11	30.11	19.2704	15	20	0.228	20	1.1338	18.68
	0.50	/	30.32	30.32	19.4048			0.455			18.80
	1.00	/	30.80	30.80	19.7120			0.910			19.10
	2.00	/	31.44	31.44	20.1216			1.820			19.50
11月10日	0.25	32.35	33.17	33.01	21.1284	10	15	0.233	15	1.2482	18.16
	0.50	33.25	33.38	33.38	21.3248			0.466			18.33
	1.00	34.48	34.51	34.50	22.0800			0.932			18.98
	2.00	35.31	35.36	35.34	22.6176			1.864			19.44

この表によれば各樹種共に盛夏の候より秋季に向うに従い酸素含有量を増加し、その範囲及び平均値は第7表に示した通りである。

第7表 水耕液含有酸素量の増減

単位 p.p.m. l.c.c.

樹種 通氣量 (立)	ヒ ノ キ		フ サ ア カ シ ア		アイグロマツ	
	範 圍	平 均	範 圍	平 均	範 圍	平 均
0.25	16.0064~22.2336	18.6304	16.1728~21.8240	18.2667	18.2848~21.1284	19.5612
0.50	16.0576~22.4128	18.7594	16.2240~21.7600	18.3819	18.3936~21.3248	19.7077
1.00	16.3136~22.8480	19.0473	16.5376~22.0352	18.5387	18.8352~22.0800	20.2091
2.00	16.2944~23.3280	19.4542	16.8080~22.0160	18.8717	19.8720~22.6176	20.8704

夏季より秋季に赴くに従い液中酸素の含有量が増加する原因に関しては種々の因子が考えられるが、その主なものは通氣時の空気の密度、通氣の際に於ける水耕液に對する酸素の溶解度及び植物の酸素消費量の變化等である。

第一の通氣時の空気の密度の中では分析直前の通氣が最大の影響を與えと考えられるが、前日午後の通氣時の氣壓を一氣壓と假定し、次式によつてその際の氣温に應ずる各通氣量の標準状態に於ける換算量を求めた。第4~6表左より第9欄の數字は之によつて算出したものである。

$$V_0 = \frac{V \times 273 \times (b - f)}{(t + 273) \times 760}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{但し } V_0 \dots\dots \text{標準状態に於ける體積} \\ V \dots\dots t^{\circ}\text{Cに於ける空氣量} \\ b \dots\dots \text{氣壓 (760mmと假定す)} \\ f \dots\dots t^{\circ}\text{Cの水の蒸氣壓} \end{array} \right.$$

即ち室温15°Cの時及び30°Cの時に通氣せる1立の空氣は標準状態に換算すれば64ccの差を生ずる。

第二の酸素溶解度に関しては通氣時の液温に逆比例する故比較のため、液温27°Cに於ける溶解度を1として Bunsen の吸収係數から分析直前の各通氣時に於ける溶解度の比を求めたのが第4~6表中左より第11欄である。

勿論、通氣時の空氣密度は分析直前の一回の通氣のみが關係するものでなく、又酸素の溶解度に関しても本實驗の裝置によつては液温に應じ Bunsen の吸収係數に嚴密に比例して酸素が溶解するとは考えられないが、之等の最も大きな二つの因子を減除したのが第4~6表左より第12欄である。

これによれば最後の通氣から15.5時間後の分析時に於ける酸素含有量の比率はヒノギに於ては9

月末に、フサアカシアに於ては10月12日に最小値を示す。之は發芽後、地上部及び根の發育と共に次第に液中の酸素消費量を増加し、これらの時期に最大の消費量に達せるものが秋季に向うに従い成長が漸次緩慢になり酸素消費量を減じたによるものと見る事が出来るであろう。

(2) 水耕稚苗の成長と通氣量との關係

ヒノキ90日、フサアカシア82日、アイグロマツ44日間の水耕後、地上部及び根に就て成長量の測

第8表 ヒノキ成長量

水耕液	通氣量 (立)	稚苗番號	地上部			根						備考
			長さ (cm)	根元の直徑 (mm)	幹岐數	主根の長さ (cm)	上部側根		第二次根		第三次根の數	
							數	平均の長さ (cm)	數	平均の長さ (cm)		
Olson 氏 液	0.25	1	5.7	0.7	7	1.2	6	3.6	3	0.7	0	
		2	5.2	0.6	3	5.9	4	1.8	1	0.9	0	
		3	6.5	0.7	4	11.1	2	2.2	5	0.8	1	
		平均	5.8	0.68	4.7	6.1	4.0	2.5	3.0	0.8	0.3	
	0.50	1	4.1	0.6	2	9.0	2	4.2	0	—	0	
		2	6.2	0.6	5	13.3	0	—	4	2.2	0	
		3	6.0	0.6	4	12.7	0	—	4	1.7	0	
		平均	5.4	0.60	3.7	11.7	0.7	1.4	2.7	1.3	0	
	1.00	1	4.8	0.6	3	12.0	0	—	4	1.0	0	一本枯死
		2	3.7	0.6	3	5.7	2	2.4	4	0.9	0	
		平均	4.3	0.60	3.0	8.9	1.0	1.2	4.0	1.0	0	
	2.00	1	6.1	0.6	5	11.4	1	3.0	4	1.0	0	
		2	4.5	0.6	4	12.9	0	—	3	1.9	0	
		3	4.2	0.7	2	12.3	0	—	2	1.3	0	
		平均	4.9	0.63	3.7	12.2	0.3	1.0	3.0	1.4	0	
芝 本 氏 液	0.25	1	5.1	0.5	6	1.5	3	4.4	0	—	0	
		2	4.2	0.6	6	5.3	1	11.1	4	0.5	0	
		3	5.0	0.6	3	1.1	7	1.8	0	—	0	
		平均	4.8	0.57	5.0	2.6	3.7	5.8	1.3	0.2	0	
	0.50	1	5.2	0.7	3	2.9	4	1.4	3	2.3	0	一本枯死
		2	6.5	0.7	4	10.8	0	—	7	1.1	0	
		平均	5.9	0.70	3.5	6.9	2.0	0.7	5.0	1.7	0	
	1.00	1	6.3	0.6	4	10.5	2	2.5	2	0.9	0	
		2	4.5	0.6	2	6.6	3	1.9	1	0.9	0	
		3	5.9	0.8	5	12.1	3	2.8	5	1.1	0	
		平均	5.6	0.67	3.7	9.7	2.7	2.4	2.7	1.0	0	
	2.00	1	4.8	0.6	4	6.5	1	3.1	2	2.7	0	
		2	4.3	0.7	2	9.0	1	1.4	3	0.9	0	
		3	4.2	0.6	3	10.1	0	—	1	2.3	0	
		平均	4.4	0.63	3.0	8.5	0.7	1.5	2.0	2.0	0	

定を行い通氣量との關係を求めた。

a. ヒノキ

地上部に關しては幹の長さ、胚軸基部の直徑、分枝の數等に就て測定し、根に關しては通氣量の多少に應じて分岐部を異にする傾向があり、通氣の少いもの程主根の伸長不良であり、基部に於て側根を分つ傾向があるのを認めたので、根の基部近くに生ずる側根を他のものと區別して上部側根とし之等主根及上部側根より分れるものを第二次根、それより更に分れるものを第三次根とした。

第8表はその測定結果である。

この結果によつて見ると次の様な事が認められる。

- (1) 芝本及び OLSON 兩氏の水耕液の差による成長の差異は餘り認められない。
- (2) 基部の直徑に關しては通氣量に應ずる一定の傾向を認め得ないが、幹長及び幹の分枝數等に於ては通氣量の小なる程平均して大なる傾向がある。尤も同一ポット内に於ても個體による偏差が可なりあるので通氣量との關係は高くないであらう。
- (3) 主根の長さは通氣量の増加に應じて増大する傾向がある。(第2圖参照)
- (4) 上部に分岐する根は通氣量の減少に従つて、その數竝に長さを増加する。
- (5) 第二次根は通氣量の増加に従いその數、長さ共に増加する傾向が認められるが、その數に對

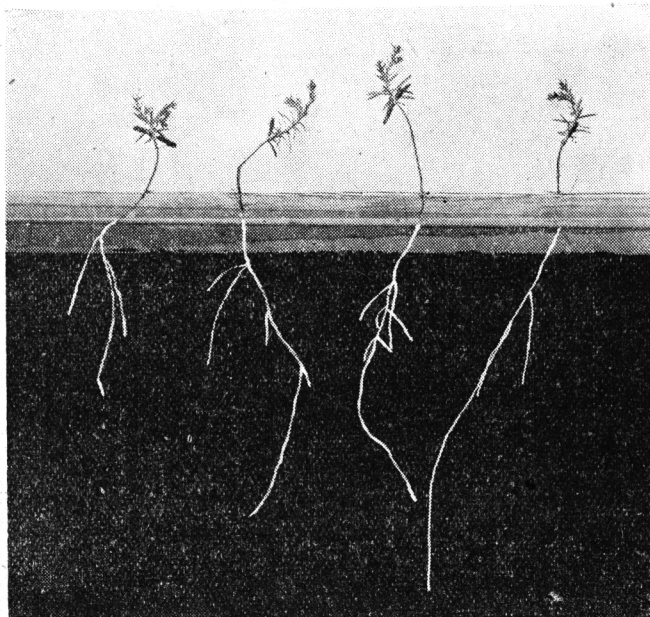
する關係は小である。

通氣量に應ずる主根長、上部側根の長さ及び第二次根の長さの關係を圖示すれば第3圖の通りである。

b. フサアカシア

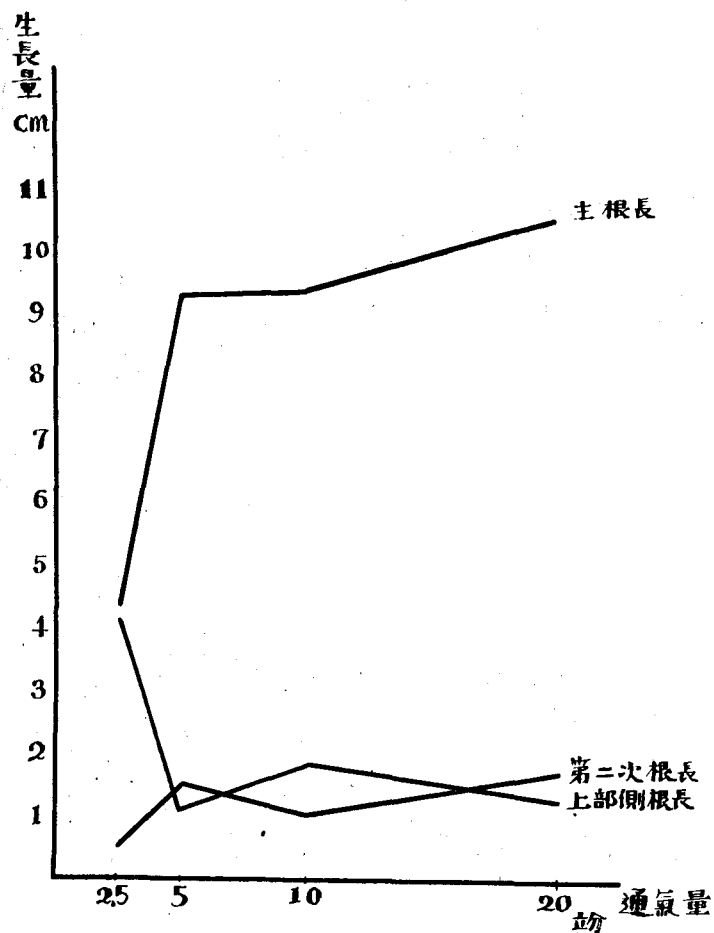
フサアカシアに於ては、ヒノキの如き顯著な主根は認められず胚軸直下より數本の少々太い根を發生しているのを一括して第一次根とし之等より生ずるものを第二次根、第二次根より分岐するものを第三次根とした。

第2圖 ヒノキ



左より 通氣量 0.25, 0.50, 1.00, 2.00立

第3圖 通氣量とヒノキの根の生長量



地上部及根の測定結果は第9表の通りである。

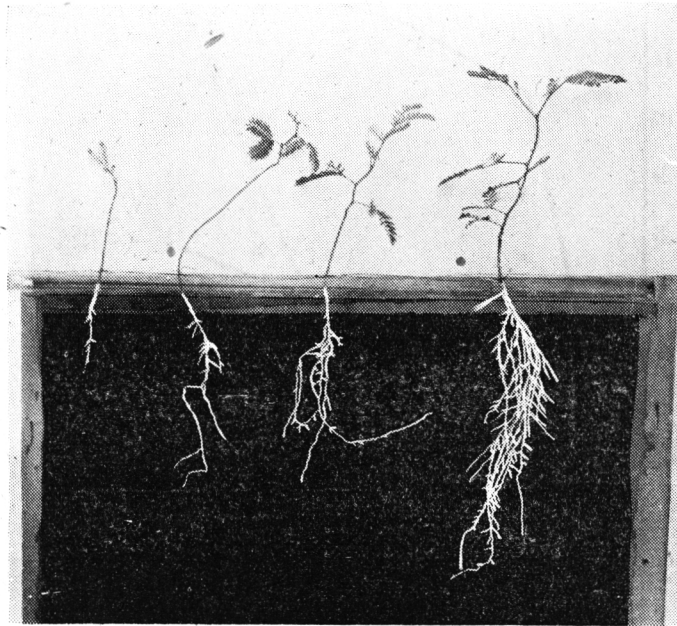
第9表 フサアカシア成長量

水 耕 液	通 氣 量 (立)	地 上 部			根					備 考
		長 さ (cm)	根元の直 径 (mm)	葉 数	第 一 次 根		第二次根	第三次根		
					数	最長のもの の長さ (cm)			平均の 長 さ (cm)	
Olson 氏液	0.25	3.6	0.4	6	3	3.3	2.4	5	0	通氣量2立のものは原因不明にて枯死したが10月25日までは芝本氏液の通氣量2立のものに次ぐ生長をしていた
	0.50	7.2	0.9	8	2	5.7	5.0	7	0	
	1.00	11.3	1.5	12	6	11.8	7.0	69	0	
芝本氏液	0.25	8.5	1.0	8	7	3.2	0.8	9	0	
	0.50	13.7	1.3	8	8	12.1	3.1	21	0	
	1.00	11.7	1.3	10	9	9.8	5.3	16	0	
	2.00	12.6	1.6	24	11	14.5	7.7	177	4	

第9表によれば

- (1) 芝本氏液の方が OLSON 氏液よりも成績が良いと考えられる。
- (2) 地上部は長さ、葉の数、根元直徑共に通氣量の増加に應じて増大し、その差異は顯著である。(第4圖参照)

第4圖 フ サ ア カ シ ア



左より通氣量 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 立

- (3) 第一次根は通氣量の増加に伴い數及び長さを増加すること地上部と同様顯著である。
- (4) 第二次根も同様に、その數を増加する。

以上の關係を圖示すれば第5圖の通りである。

c. アイグロマツ

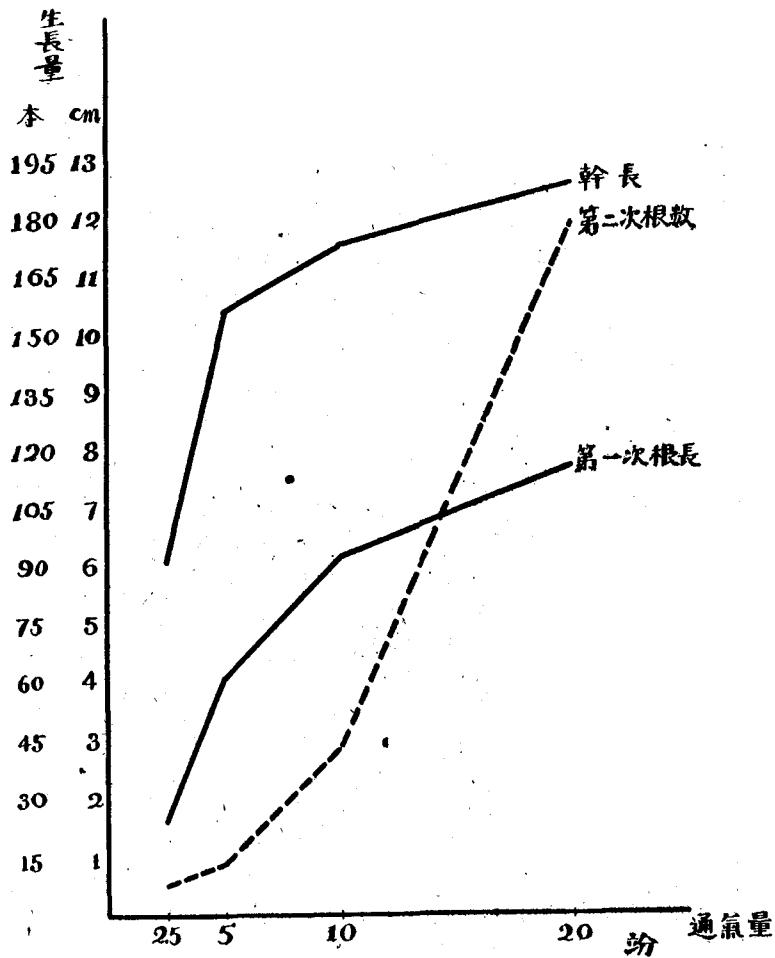
アイグロマツは既に苗圃に於て生育せるものを水耕に移した爲、前記、二樹種と少々其の趣を異にする。又生育休止期に近く水耕期間も短いから傾向は明でないが第10表はその結果である。

地上部、根共に水耕前より殆んど伸長を示さず只新しく根を發生してそれが伸長し、新しい環境への適應を示したので之等の新根を測定の對象とした。

第10表によれば

- (1) OLSON 氏液はアイグロマツの水耕には適さない。
- (2) 土壌中から水耕液に移された場合、從來の根がそのまま伸長するものと、從來の根の隨所か

第5圖 通氣量とフサアカシアの生長量



第10表 アイグロマツ成長量

水 耕 液	通 氣 量 (立)	新 根 生 成 の 區 分						新 根 生 成 部 位			備 考
		側根の先端より新に側根を生ぜるもの			側根に新に第二次根を生ぜるもの			根の上端より	根の上端より	根の上端より	
		數	平均の長さ (cm)	數	平均の長さ (cm)	數	平均の長さ (cm)	0~3cm	3~6cm	6~9cm	
芝 本 氏 液	0.25	3	1.0	—	—	15	0.2	3	15	—	二本は新根を生ぜず
		3	3.5	4	0.2	45	0.2	18	34	—	
		—	—	—	—	2	0.1	1	1	—	
	0.50	1	1.6	—	—	9	0.2	7	3	—	三本は新根を生ぜず
		—	—	2	0.1	—	—	—	2	—	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1.00	2	1.2	—	—	13	0.1	—	15	—	三本は新根を生ぜず
		—	—	5	0.2	2	0.1	7	—	—	
2.00	2	2.8	1	0.2	8	0.2	0	8	3	二本は新根を生ぜず	
	—	—	2	0.1	1	0.1	2	1	—		
		1	6.0	—	—	12	0.1	8	5	—	
Olson氏液		地上部は凋萎の傾向あつて、根部は全然新根を形成せず									

ら側根を生ずるものがあるが、前者の方が後者よりも第二次的な新根を形成する傾向が強い。併し之等の事と通氣量との間に一定の関係は見出せなかつた。

(3) 新根の形成部位に就ても、形成個體数が少くて通氣量との間に一定の関係が見出せなかつた。

V. 摘 要

水耕に際し同一の水耕液を使用せる場合も通氣の程度によつて植物の生育に著しい相違を見る場合があるが、之等の事實に就て、ヒノキ、フサアカシア及びアイグロマツを用いて實驗した結果次の様な事が認められた。

尙水耕液は OLSON 氏液及び芝本氏液（共に假稱）を用いたが、前者はアイグロマツに對しては不適であり、フサアカシアに對しては後者よりも稍々劣り、ヒノキに對しては兩者による差異を認めなかつた。

(1) ヒノキに對しては通氣一日二回、各回0.25立乃至2.00立の間では通氣量の差は地上部の生育には殆んど相違を現さないが主根の發育には相當の影響を與え、通氣量 0.5 立（通氣後15.5時間の酸素含有量16.06~22.41, 平均18.76 p.p.m/cc.)の附近より減少すると主根の伸長は急に減退する。而してその際、主根基部附近より分岐する根を増加する。之は液中酸素の含量低下に伴い、液の表面に接する空氣より溶解する酸素の利用に對する適應と見る事が出來よう。

通氣量を 0.5 立以上に増加した場合は通氣量による影響は著しくない。換言すれば此の附近に根の酸素要求濃度の最小限度があると思われる。

(2) フサアカシアに對しては通氣量は地上部及び根の双方に對して顯著な影響を及ぼし通氣量 0.25立乃至2.00立の範圍内に於ては通氣が多くなる程發育が良好であり、特に根の分岐が旺盛となる。フサアカシアの良好なる生育の爲には、2 立（通氣後 15.5 時間に於ける酸素含有量 16.81 ~ 22.02, 平均18.87 p.p.m/cc.) 以上の通氣を必要とすると考えられる。

(3) 土壤に生育せるアイグロマツを水耕に移した際は、從來の根は衰退し新根を形成する。その發生數及び發生部位に對する通氣量の影響は本實驗では明でないが、之は試驗期間が短かく、且秋の休止期に向える爲とも考えられ再試験を要する。

(4) 通氣後15.5時間に於ける水耕液中の酸素含有量は實驗期間8月中旬より11月中旬の間に於てヒノギの場合9月末に、フサアカシアの場合10月12日前後に最小量が見られたが、之は發芽後次第に伸長した之等の稚苗の根の酸素消費量の増加が最大に達し、後、秋季に向つて漸減した時期に一致するかと推察される。尤も之には液中に生ぜる少許の藻類の光合成による酸素放出等の因子も多

少は関係するであろう。

- (5) 発芽後同一期間を経過したフサアカシアをヒノキと比較すると、液中酸素の単木當り消費量も、要求濃度の限界も、前者が遙に高い點にあると認められる。

文 献

- 1) Ch'wan-Kwang Lin (1946) Plant Physiology. Vol. 21.
- 2) Olson, R. V. (1944) Jour. of Forestry. Vol. 42.
- 3) 齋藤 清 (1949) 作物水耕の理論と實際.
- 4) 芝本武夫, 高原末基 (1948) 東大演習林報告第36号.
- 5) Vlamis, J. and A. R. Davis (1943) Plant Physiology. Vol. 18.
- 6) Zimmerman, P. W. (1930) Amer. Jour. of Bot. Vol. 17.

Résumé.

For the sake of deciding the amount of oxygen which is required by seedlings of trees in hydroponic, and, if possible, investigating the rôle of soil-porosity to the growth of trees, these studies were carried out.

Results are as follows:—

(1) There is no difference between Shibamoto's and Olson's Solution for the growth of Japanese cypress (*Chamacyparis obtusa* S. et Z.) but for the growth of Acasia (*Acasia dealbata* Link.) the former somewhat superior to the latter, and for the growth of pine (*Pinus densi-Thunbergii* Uyeki) the latter is not suitable.

(2) The quantity of oxygen in solution showed minimum value about the end of September and 12th of October respectively in the case of Japanese cypress and Acasia, when the influences of density of air and solubility of oxygen at the time of aeration are eliminated.

(3) The various grades of aeration—two times a day, each time from 250 c.c. to 2000 c.c.—give not so much influence upon the growth of tops of Japanese cypress, but upon the roots they give considerable influence, that is, as the volume of aeration decrease, the growth of main root diminish and, at the same time, the roots which diverge from upper part of main root increase their number and length.

These influences are conspicuous when the aeration is less than 500 c.c.—at the time of analysis 15.5 hours after aeration, quantity of oxygen in solution is from 16.06 to 22.41, on average 18.76 p.p.m./c.c.—and when the aeration is over 500 c.c., these influences decrease. (table 1)

Table 1.

Volume of Aeration (c.c.)	Main root	Roots which diverge from upper part of main root		Secondary roots
	Averaged length (cm)	Averaged number	Averaged length (cm)	Averaged length (cm)
250	4.35	3.9	4.2	0.5
500	9.30	1.4	1.1	1.5
1,000	9.30	1.9	1.7	1.0
2,000	10.35	0.9	1.3	1.7

Table 2.

Volume of Aeration (c.c.)	Top			Root		
	Averaged length (cm)	Averaged diameter of stalks (mm)	Averaged number of leaves	Primary roots		Secondary roots
				Averaged number	Averaged length (cm)	Averaged number
250	6.1	0.7	7	5.0	3.2	7
500	10.5	1.1	8	5.0	8.9	14
1,000	11.5	1.4	11	7.5	10.8	16
2,000	12.6	1.6	24	11.0	14.5	177

(4) Corresponding to the grade of aeration, both tops and roots of *Acasia* show conspicuous distinction in growth.

The more the volume of aeration (from 250 c.c. to 2000 c.c.) the better the growth of the plants—length, diameter of stalks, number of leaves, number and length of primary and secondary roots.

For the favourable growth of *Acasia* more than 2000 c.c. of aeration—at the time of analysis the quantity of oxygen in solution is from 16.81 to 22.02, on average 18.87 p.p.m./c.c.—is required. (table 2)

(5) When pines are transplanted to hydroponic from nursery, their old roots seem to stop their growth and form new roots.

The relations between number, length and diverging portion of new roots and the grade of aeration could not evidently obtained.

(6) About the amount of consumed oxygen per one seedling, *Acasia* surpass Japanese cypress, and the more prosperous the growth of plant the more oxygen they consume.