

マツ類のさしきの発根に関する研究

第1報 発根に及ぼす2, 3の環境因子について

渡辺 政俊・中井 勇・橋本 英二

Masatoshi WATANABE, Isamu NAKAI and Eiji HASHIMOTO

Studies on the Rooting of the Cuttings of Pines

Report 1 On the Effects of some Environmental Factors on the Rooting.

目 次

ま え が き	1	総 括	13
実験Ⅰ 用土の理化学性と発根との関係	1	文 献	14
実験Ⅱ 床の水分量と発根との関係	6	Résumé	15
実験Ⅲ 光量と発根との関係	10		

ま え が き

マツ類のさしきの発根困難な原因の1つにさしき床の環境条件があげられる。これまでに環境因子のうち、さしき床の^{22,24)}用土、^{5,18)}温度、¹⁴⁾水分、^{15,16)}光線などについて究明されてきた。筆者らも過去において種々の実験を試みたが、²⁵⁾おのおのの実験の場所、材料、方法などが異なったため、その結果を統一し、比較検討することは不可能であった。従って1963年より数カ年にわたって、材料や方法に共通性をもった実験を計画実施し再検討することとした。

本稿ではその第1段階として3つの実験結果をとりまとめた。すなわち、実験Ⅰは、用土の理化学性と発根との関係、実験Ⅱは床の水分量と発根との関係、実験Ⅲは光量と発根との関係である。

なお本研究を進めるにあたって、終始適切な指導をして頂いた本学演習林斉藤達夫助教授、ならびに有意義な助言を頂いた伊佐義朗、上田晋之助、池本彰夫の各教官および薬師寺清雄技官に深謝する次第である。

実験Ⅰ 用土の理化学性と発根との関係

1. 材 料

材料は本学上賀茂試験地に生育するアカマツ (*Pinus densiflora*) およびクロマツ (*P. Thunbergii*) の当年生実生苗と12年生天然木、テダマツ (*P. taeda*) の当年生実生苗と12年生植栽木の母樹より採取したさしほである。

さしほの採取にあたって、母樹の個体差を除く目的で、¹⁹⁾すべて1本の母樹より採取し、その採取位置は樹冠下部の側枝であった。これらの採取方法は以下の実験(Ⅱ, Ⅲ)にも同様である。

2. 実 験 方 法

上賀茂試験地にある二重ガラス室内に幅2 m、長さ5 m、深さ70 cmのさしき床をつくり、1区50 cm×50 cmの区を5つ設けた。さしき床の下部には20 cmの厚さに砂利を敷き、その上に用土を満した。

さしほは長さ 10cm とし、さしつけ部分は除葉せず、切口は剪定鋏で水平切とした。さし方は垂直さしとし、さしほの長さの半分を土中にさし込んだ。さしつけは1963年2月19日に行ない、以後表土が乾燥しない程度に灌水し、150日目の同年7月19日に掘取調査した。

土壌の理学的性の測定の毛管現象による水の上昇度の測定は、松野の方法を応用し、直径 1.7cm、長さ 80cm のガラス管に土壌を入れ、下方より水を吸収させる方法を取り、透水速度の測定は、麻生の方法を応用し、内径 4 cm のガラス管に土壌を 15 cm 入れて上方より注水し、下方より滴下する水量の時間単位量を測った。

なお、実験期間中のガラス室内の環境として、気温と湿度を自記計によって測定した。

3. 用土の種類とその理学的性

実験に用いた土壌は 5 種類で、おのおのの理学的性質は Table 1-1 に示した通りである。なお A、B 両区の上賀茂産土壌は山腹の B 層より採ったものであり、C 区の黒土は京大演習林本部の苗畑の耕

Table 1-1. Physical characteristics of the soil in planting beds.

(a) Kinds of soil, soil color, soil texture, height of capillary ascent of water and percolation rate in each plot.

Plots	Kinds of soil		*Soil color	Soil texture	Height of capillary ascent of water in soil column		Percolation rate cc/mins.	
	Common name	Produced place			cm/1 hour	cm/24 hours	5 min.	15 mins.
A	Yellow soil	Kamigamo, Kyoto City Nursery bed of Kyoto Univ. Kanuma, Tochigi Pref. Sakyo-ku, Kyoto City	Yellowish Brown	SL	18.8	44.5	(cc) 4.0	(cc) 3.8
B	Red soil		Light Brown	SL	21.0	44.5	3.2	3.1
C	Brack soil		Dark Brown	SCL	14.6	26.9	5.0	4.8
D	Kanuma soil		Pale Yellowish Brown	CL	8.2	18.1	36.0	19.8
E	Shirakawa sand			LS	23.1	31.7	21.2	32.6

* 新色名帖 日本色彩社 (1956) による。

(b) Analytical results of mechanical composition.

(国際法による)

Plots	Gravel (Per original soil)	Per fine soil			
		Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
A	1.90	29.91	51.67	13.04	7.07
B	2.73	19.92	54.55	17.71	3.85
C	10.67	49.74	27.14	0.71	18.60
D	3.45	10.01	30.95	35.35	22.20
E	25.98	83.67	11.05	1.65	4.27

(c) Properties of the soil in each plot.

Plots	Porosity (%)	Water holding capacity (%)		Moisture content (%)		Air capacity (%)		(B)/(A)
		Per weight	Per volume	Per weight	Per volume (A)	Maximum (B)	Minimum	
A	64.48	49.96	47.92	25.71	24.66	39.82	16.56	0.62
B	68.09	55.22	45.82	30.83	25.58	42.51	22.27	0.60
C	60.45	46.33	45.81	30.59	30.25	30.20	14.64	1.00
D	89.34	195.04	52.01	115.70	30.84	58.50	37.33	0.53
E	50.80	30.12	38.53	10.08	12.90	37.90	12.27	0.34

土であるが、腐植量はすくない。D区のカヌマ土は粒径 2~5 mm であり、E区の砂はぞくに白川砂と称し、花崗岩の風化したものである。

4. 実験結果

1) ガラス室とさしき床の環境

ガラス室内の温度は Fig. 1-1 のように、さしつけ直後の午前9時の平均気温は約12°Cで、6月上

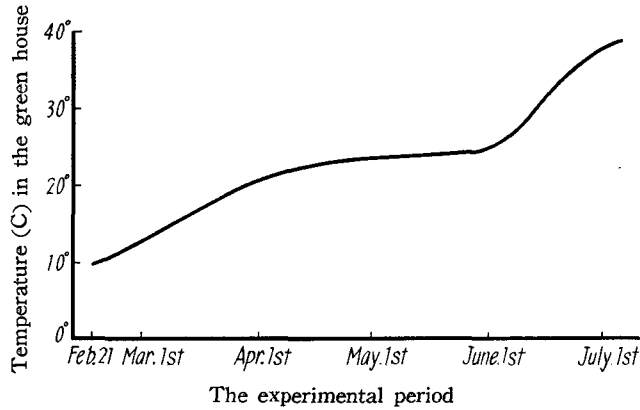


Fig. 1-1 Curve of the temperature in the green house during the experimental period

旬には約25°Cに上昇した。さらに7月に入ってから急激に高温となり、掘取調査時には日平均38°Cに達した。これは日おいをしなかったために上昇したものである。室内の湿度は夜間、80~90%で、昼間の50~60%よりもつねに高く、この変化は実験期間中ほとんど一定していた。

さしき床の地温（地表下5cm）については、用土によるちがいがほとんどみられず、時期的な変化は、さしつけ時に8°Cの低温で、その後じょじょに上昇して7月中旬には26°C前後に達した。

2) 発根と根の生長

さしつけ後150日目の発根状態は Table 1-2 の通りであった。まず母樹の年令と発根率との関係を見ると、各樹種とも用土の種類によって大きなちがいがあるが、当年生では20~90%の発根を示すのに対し、12年生ではクロマツに1本発根したにすぎなかった。従って、本実験においても母樹の年令

Table 1-2. Number and percentage of the survivals and the mortalities per planted cuttings in each plot.

Species	Age of parent tree	Plots	Number of planted cuttings	Survivals				Mortalities	
				Rooting		No-rooting		Number	%
				Number	%	Number	%		
<i>Pinus densiflora</i>	Yearling	A	30	27	90	3	10	0	0
		B	30	18	60	12	40	0	0
		C	30	18	60	8	27	4	13
		D	30	12	40	18	60	0	0
		E	30	12	40	18	60	0	0
	Twelve years o'd	A	30	0	0	0	0	30	100
		B	30	0	0	2	7	28	93
		C	30	0	0	0	0	30	100
		D	30	0	0	0	0	30	100
		E	30	0	0	1	3	29	97

Species	Age of parent tree	Plots	Number of Planted cuttings	Survivals				Mortalities	
				Rooting		No-rooting		Number	%
				Number	%	Number	%		
<i>Pinus thunbergii</i>	Yealing	A	30	24	80	6	20	0	0
		B	30	19	63	11	37	0	0
		C	30	15	50	15	15	0	0
		D	30	13	43	17	57	0	0
		E	30	7	23	21	70	2	7
	Twelve years old	A	30	0	0	26	87	4	13
		B	30	0	0	8	27	22	73
		C	30	1	3	4	13	25	84
		D	30	0	0	7	23	23	77
		E	30	0	0	14	47	16	53
<i>Pinus taeda</i>	Yearling	A	30	20	67	10	33	0	0
		B	30	14	47	16	53	0	0
		C	30	7	23	17	57	6	20
		D	30	12	40	18	60	0	0
		E	30	6	20	17	57	7	23
	Twelve Years old	A	30	0	0	0	0	30	100
		B	30	0	0	1	3	29	97
		C	30	0	0	0	0	30	100
		D	30	0	0	0	0	30	100
		E	30	0	0	0	0	30	100

Table 1-3. Number and length of the roots in rooted cuttings picked from yearling parent tree.

Species	Plots	Number of rooted cuttings	Average of root numbers	Root length	
				Maximum (cm)	Average (cm)
<i>Pinus densiflora</i>	A	27	6.0 ± 3.2	15 ± 4.7	9 ± 2.6
	B	18	8.4 ± 6.3	13 ± 5.0	7 ± 3.0
	C	18	4.6 ± 1.9	14 ± 5.1	8 ± 3.2
	D	12	5.0 ± 2.7	15 ± 8.1	8 ± 5.6
	E	12	3.2 ± 2.3	11 ± 9.9	6 ± 3.7
<i>Pinus thunbergii</i>	A	24	2.8 ± 1.9	14 ± 6.1	11 ± 5.9
	B	19	2.8 ± 2.8	12 ± 5.7	10 ± 5.4
	C	15	2.5 ± 1.9	12 ± 2.9	10 ± 3.2
	D	13	2.5 ± 1.4	15 ± 7.3	12 ± 6.3
	E	7	3.3 ± 1.5	10 ± 7.7	5 ± 1.5
<i>Pinus taeda</i>	A	20	2.3 ± 1.4	12 ± 4.0	10 ± 4.1
	B	14	3.3 ± 2.1	12 ± 2.2	9 ± 3.9
	C	7	1.3 ± 0.5	10 ± 2.2	10 ± 2.3
	D	12	2.0 ± 1.0	11 ± 4.2	10 ± 4.1
	E	6	2.3 ± 1.9	13 ± 2.5	11 ± 3.5

が高いと発根率がわかった。

つぎに樹種別の発根率をみると、用土によってかなりのちがいがみられるが、アカマツでは40~90%でもっとも高く、ついでクロマツの23~80%、テーダマツの20~67%の順に低下した。

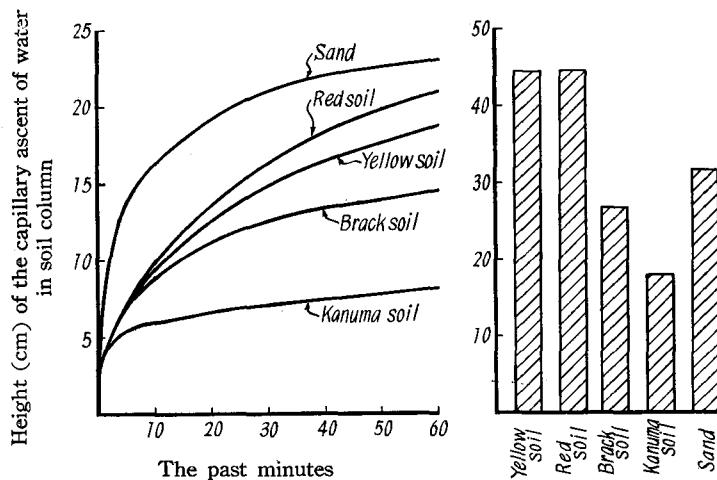
用土別の発根率のちがいについてみると、3樹種ともA区がもっとも高く67~90%の発根率を示し、ついでB区の47~60%であった。C、D区はA、B区よりも低い発根率(23~60%)で、アカマツ、クロマツではC区がD区よりも高く、テーダマツでは逆にD区がC区よりも高かった。なおE区は3樹種を通じてもっとも低い発根率(20~40%)であった。

つぎに根の生長状態を Table 1-3 に示した。各区における生長を樹種別の根数からみると、アカマツではもっとも多く(3.2~8.4本)、クロマツ、テーダマツではほぼ同じ(1.3~3.3本)であった。

5. 考 察

戸田⁹⁾は諸外国におけるさしき用土として砂、砂とピートの混合したものをもっとも広く用いられるようであるといっているが、そのいずれが良いかは明らかでない。また Toda⁶⁾や小笠原^{26), 27)}はおもにカヌマ土を用いている。本実験に用いた5種の用土ではA区の黄土とB区の赤土がともに高い発根率を示したが、カヌマ土や砂²⁷⁾はあまり良い結果を得られなかった。

このように、小笠原の結果と異なった結果がみられたのは、用土の理学的性のちがいによるものと考えられる。用土の理学的性としては、さしき床の保水力と通気性が発根の良否を決める重要な因子であると考えられるので、本実験ではとくに毛管現象による水の上昇速度(力)と、透水速度の測定を行なった。その結果は Fig. 1-2 と Table 1-1a に示した。これよりみると、毛管水の上昇度は発根率の高い黄土や赤土では、24時間後にもっとも高く上昇したが、透水速度は比較的に遅かった。従って両土は保水力がよく、毛管水を豊富に保持することのできる土壤であるといえよう。



(a) Change curve of the height in one hour (b) The height after 24 hours

Fig. 1-2 Height of the capillary ascent of water in soil column in each soil and sand

山路²⁴⁾はスラッシュマツの1年生を用いたさしき実験で、土壤の透水性がわるいものほど発根率は高いといい、本実験も同様の結果であった。さらに本実験では、毛管水の上昇度がよく、しかも透水速度の遅い性質をもつ黄土と赤土の土性はSLであったので、マツ類のさしきの発根に適する土性はSLであると考えられる。

マツ類の発根について、小笠原²⁰⁾はカヌマ土を用い、用土中に十分な水分が存在する場合には容気量の多少が重要で、含水量と容気量との割合が発根の良否に関係するようであるといい、アカマツでは

その割合が1.0:1.0前後、クロマツでは1.0:0.5前後が良いと報告した。また同論文¹²⁾中に、鶴島¹³⁾は観賞植物のさしき用土の水分(含水度)は、その用土の最大容水量の50~60%が適当であるといい、宮島¹³⁾はヒノキでは含水量と容水量との割合が1.0:0.8前後が良いことを引用してある。しかし本実験では3樹種を通じて、その割合が1.0:0.6のときにもっとも高い発根率を示した。これらの相異は、土性のちがいによって生ずるものと考えられる。

実験Ⅱ 床の水分量と発根との関係

1. 材 料

さしほはアカマツの当年、3年生実生苗および12年生天然生木の母樹より採集した。母樹の選定や採穂方法などは実験Ⅰと同様であった。

2. 実 験 方 法

穂作りやさしつけ方などはすべて実験Ⅰと同様であった。さしつけは1963年3月19日に、掘取調査はさしつけ後122日目の同年7月10日に行なった。

さしき床は2万5千分の1のワグナーポットを4個使用し、Fig. 2-1 のような装置とした。またポット下部に約5cmの厚さに砂利を入れ、その上に実験ⅠのB区土壌(赤土)を満した。

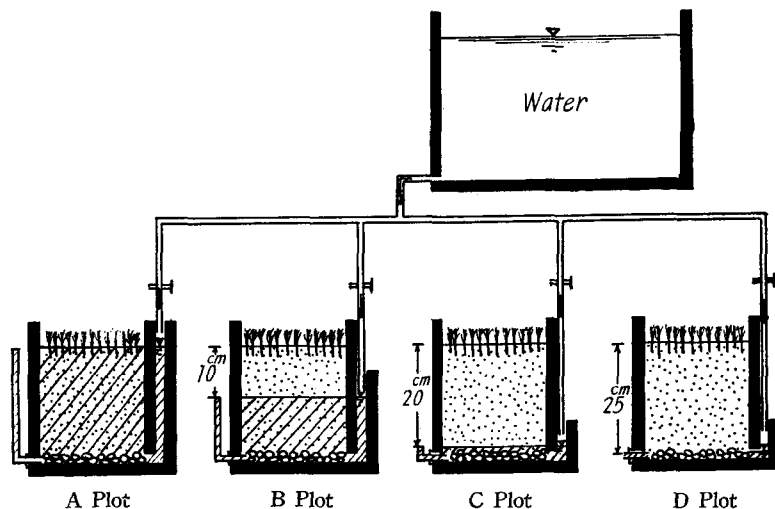


Fig. 2-1 Experimental arrangement of the planting beds on the experiment II

床の水分量をちがえる装置として、ポットの排水穴にガラス曲管をさし込み、その長さによってポット内の水位を安定させた。水はゴム管を通してつねに一定量注がれ、ガラス曲管を通して流出し、ポット内の水がつねに循環するようにした。

さしほの切口位置における含水率を一定に保たせるため、別に24時間後のガラス管内土壌の毛管水上昇度を測り、さらに吸水位置より上方にむかって部分的に採土して含水率を求める実験(実験Ⅰと同方法)を行ない、その結果(Fig. 2-2)より排水ガラス管の高さを決めた。このようにしてさしき床の水分量の異なる4つの区を作り、それら各区の目標含水率をTable 2-1のようにした。

3. 実 験 結 果

1) 床の含水率とその温度変化

各区の含水率を一定にするため、約10日間ごとに地表下5cmの土壌を採取して含水率を求めた。

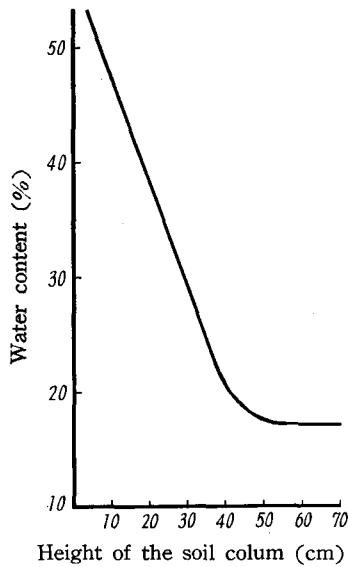


Fig. 2-2 Relation between the height of soil column and the water content (per weight) when full absorbed the water from the base of soil column (full-ed red soil)

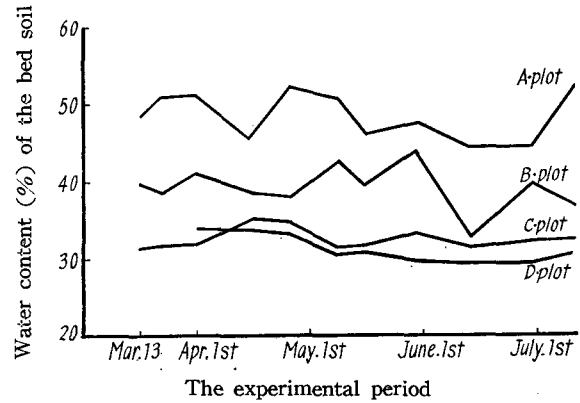


Fig. 2-3 Change curves of the water content in each plot during the experimental period

Table 2-1. Expectant moisture contents and water level in each plot.

Plots	Expectant moisture contents	Water holding capacity / Expectant moisture contents	Water level in each plot
	(%)	(%)	
A	50	90.5	0 cm
B	45	81.5	10 cm
C	35	63.4	20 cm
D	30	54.3	25 cm

} down from soil surface

その結果は Fig. 2-3 に示したように、A区では44～52%、B区では33～44%、C区では32～35%、D区では29～34%の範囲でつねに変化し、つねに目標含水率を保つことはきわめて困難であった。

さしき床の地表下 5 cm の温度を毎日午前 9 時に測定した結果、さしつけ当時約 5°C であったものが、7 月中旬には約 25°C に達した。なお各区における温度差はあまり認められなかった。

2) 発根について

さしつけ後122日目の発根状態を Table 2-2 に示した。まず発根率について、母樹の年令別にみると、床の水分量によって大きく異なるが、当年生では43～90%、3年生のものでは0～17%、12年生のものでは0%を示し、母樹の年令が高くなるほど発根しにくい傾向がみられた。各区のちがいにについてみると、当年生ではA区がもっとも高い発根率を示し(90%)、B区(67%)、C区(60%)、D区(43%)と床の含水率が低下するにつれて発根率もわるくなる傾向を示した。しかし、3年生のものでは、当年生とは逆に、A区では発根せず、B、C、D区と発根率が高くなる傾向がみられた。

最大容水量に対する含水率の割合より発根率をみると、当年生のものでは、その割合が約90%のときにもっとも高い発根率を示し、3年生のものでは、その割合が約54%のときにもっとも高い発根率を示した。また含水量と容気量の比より発根率をみると、当年生のものでは容気量が小さい(1.0:0.5以下)ときに高い発根率を示し、3年生のものでは、1.0:0.6のときにもっとも高い発根率であ

Table 2-2. Number and percentage of the survivals and the mortalities per the number of planted cuttings in each plot.

Age of parent tree	Plots	Number of planted cuttings	Survivals				Mortalities	
			Rooting		No-rooting		Number	%
			Number	%	Number	%		
Yearling	A	30	27	90	3	10	0	0
	B	30	20	67	9	30	1	3
	C	30	18	60	12	40	0	0
	D	30	13	43	11	37	6	20
Three years old	A	30	0	0	0	0	30	100
	B	30	2	7	9	30	19	63
	C	30	2	7	3	10	25	83
	D	30	5	17	7	33	18	60
Twelve years old	A	30	0	0	12	40	18	60
	B	30	0	0	0	0	30	100
	C	30	0	0	0	0	30	100
	D	30	0	0	5	17	25	83

った。このように当年生と3年生の母樹では、さしほの発根条件としての水分量はまったく異なった。

なお、12年生母樹のさしほでは発根したものがなく、生存数においても、当年、3年生でみられた関係は認められなかった。

3) 根の生長

根の本数や長さなどの生長状態を調べ、Table 2-3 を得た。当年生母樹よりとったさしほの根の数は、D区だけがすくなく、他はほぼ同数であったが、根の平均長では、含水率が低くなるにしたがって長くなる傾向がみられ、根の最大長もほぼ同様の傾向であった。また3年生母樹のさしほの根の生長をみると、当年生のものほど顕著ではないが、やはり床の含水率が低下するほど、根の生長も良くなる傾向であった。

Table 2-3. Number and length of the rooted cuttings in each plot.

Age of parent tree	Plots	Number of rooted cuttings	Average of root numbers	Root length	
				Maximum	Average
				(cm)	(cm)
Yearling	A	27	5.1 ± 3.1	5.4 ± 1.67	3.8 ± 1.07
	B	20	5.7 ± 4.7	9.8 ± 3.08	7.1 ± 2.40
	C	18	5.8 ± 3.1	16.2 ± 5.13	8.4 ± 3.39
	D	13	3.7 ± 2.0	15.8 ± 5.96	8.9 ± 5.02
Three years old	A	0	—	—	—
	B	2	4.0 ± 3.0	14.5 ± 0.63	13.1 ± 1.95
	C	2	4.5 ± 0.5	16.5 ± 3.50	7.8 ± 1.41
	D	5	6.2 ± 1.8	21.5 ± 5.68	12.1 ± 2.21

以上の結果より根の生長状態をみると、さしほの母樹年令に関係なく、土壤含水率が低いときに良好な生長を示す傾向であった。

4) 地上部の伸長生長

当年生よりとったさしほについて、生存しているもの（発根、未発根とも）の地上部の伸長量を測

り、Table 2-4 を得た。その結果をみると、さしつけ時のさしほの地上部の高さが 5 cm であったものが、掘取時には 8～15 cm となった。各区のちがいをみると、A 区の伸長は他の区よりもきわめて大きく、B、C、D 区と次第に小さくなった。すなわち、地上部の伸長は、土壌含水率が高いほど大きくなる傾向であった。

Table 2-4. Height growth of the survivals in planted cuttings.

Plots	A	B	C	D
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Rooted cuttings	13 ± 1.3	10 ± 1.6	11 ± 1.1	10 ± 0.8
No-rooted 〃	14 ± 2.1	9 ± 1.6	9 ± 1.2	8 ± 1.1

4. 考 察

さしきの発根については、さしほの切口付近に高濃度の酸素を要し、リンゴでは¹⁴⁾12%の酸素濃度以下では発根がおくれるといわれ、水分量も重要な関係をもつことが報告された。これらの研究からわかるように、土壌中の水分量と酸素量の割合は、発根のための重要な因子であるといえよう。

土壌中の水分と酸素については、含水量と容気量を取りあげ、その比によって発根率を問題にした報告が¹²⁾2, 3 みられた。例えば、小笠原は含水量に対する容気量の割合で、アカマツは 1.0 : 1.0 前後、クロマツは 1.0 : 0.5 前後であるという。しかし、本実験では、母樹の年令によって発根に適する含水率が異なり、最大容水量に対する含水率の割合(重量比)や、含水量と容気量の比率も異なった。従って、発根に要する水分量と容気量は、同一樹種においても母樹の年令によって、まったく反対の現象を示した。

この原因については、当年生親木は完全な幼形か、または成形に移行したにすぎないものであるの²¹⁾で、さしほ自身を維持し、さらに発根するには盛んな同化、吸収作用を要するものと思われる、その相互関係において、多量の水分を要するのではないかと考えられる。また生理作用に要する土壌中の酸素は、新鮮な水(循環している水)にふくまれる酸素量で十分に補なわれるものと考えられ、土壌中における高い含水率で吸水と蒸散の均衡が保たれるものと思われる。しかし、3 年生母樹よりとったさしほは、さしほ自身の生活力があまりつよくなく、水分もあまり必要としないように思われ、むしろ土壌中の酸素量の多少がさしほの生存と発根作用に大きな影響を及ぼすのではないかと考えられる。

以上の考え方については、小笠原や齊藤らの研究からもある程度理解できであろう。すなわち、小笠原はホルモン関係を研究し、アカマツやクロマツは樹令が高まるにつれて生長促進物質が減少し、生長抑制物質が増加することを認め、これが発根に大きな作用を及ぼしているといい、齊藤らはスギについて、老令になるほど窒素が減少して糖が増加すると述べ、さしほ内の含有成分によって、老令母樹のさしき困難な理由を追求している。

用土の含水量と容気量の比は、さしきの樹種および母樹年令によって異なることは前述の通りであるが、実験 I の考察でも述べたように、用土の種類によっても異なるものと思われるので、今後いろいろな土壌について検討すべきであろう。

発根後の根の生長は、母樹年令の老若に関係なく、土壌含水率の低い場合に良好であった。これについては、さしほが発根して生理的な活動をする場合、あまりにも土壌水分が多いと根の呼吸作用がいちじるしく阻害されることによって生ずるものと考えられる。

地上部の伸長生長は、土壌含水率が高いほど良好な傾向を示した。この原因については、当年生母樹のさしほは完全な幼形であるため、さしほ自身は多量の水分を吸収し、水にふくまれる養分によって自己の伸長を増すように考えられる。なお、これについては別途究明しようと思う。

実験Ⅲ 光量と発根との関係

1. 材 料

材料はアカマツの当年、3年生の実生苗および12年生の天然実生木から採取したさしほである。さしほの採取方法は実験Ⅰ、Ⅱと同様であった。

2. 実 験 方 法

さしき床には直径 23 cm、高さ 20 cm の素焼の植木鉢を使用し、底には砂利を入れ、その上に赤土（実験Ⅱと同様）を満した。穂作りやさしつけ方などは実験Ⅰ、Ⅱと同様である。

さしつけは1963年3月22日に行ない、以後適時に灌水し、さしつけ後 119 日目の同年7月19日に掘取調査した。

光量の調節は25%、50%、75%、90%の各庇陰度の異なった格子を用い、その中に植木鉢が2個入る大きさにした。本実験の処理区および処理の方法は Table 3-1 の通りである。すなわち、これまでの実験では、常時（実験期間中を通して；以下常時とする）庇陰を与えた実験であったが、本実験では常時庇陰区のほかに、さしつけ後 25 日間だけ庇陰する区（以下一時庇陰区とする）を設け、無庇陰区（庇陰なしの比較対照区）と比較検討した。

Table 3-1. Treated method of the light value in each plot.

Plots	Treated method	Plots	Treated method
Cont.	Open (Control)	E	25% limit of light value → open
A	25% limit of light value	F	50% " → "
B	50% "	G	75% " → "
C	75% "	H	90% " → "
D	90% "	I	Open → 90% limit of light value

3. 実 験 結 果

1) 各区の庇陰度のちがい

実験に使用した庇陰格子は計算によって作られたものであるが、実際に各格子内の照度を測定すると、それぞれの庇陰度は設計光量よりもかなり異なった。Table 3-2 は実験期間中の4月と5月の曇天時に、マツダ5号照度計で測定した照度比である。これによると、75%および90%庇陰区では約10%以内のちがいであったが、25%および50%庇陰区では、ときには30%もつよい庇陰となった。晴天時の庇陰度は測定しなかったが、やはりかなりの差がみられると思われる。

Table 3-2. Percentage of the light value in each blind per the open.

Tested date	Limit of light value					Climate
	Open	25%	50%	75%	90%	
April 4	(%) 100.0	(%) 45.7	(%) 38.3	(%) 16.0	(%) 3.2	Cloudy day
May 10	100.0	60.5	42.9	14.1	4.2	"

2) 庇陰度のちがいと発根との関係

さしつけ後 119 日目の生存および枯死の本数とその割合は Table 3-3 の通りであった。この結果より、まず当年生について、常時庇陰の各区をみると、発根率ではA、B、C区が60~75%を示し、無庇陰区（45%）よりも高かったが、D区では発根しなかった。従って、枯死率もD区は90%でもっとも高かったが、他の区ではA区に5%みられただけであった。このように当年生の常時庇陰区では、

Table 3-3. Number and percentage of the survivals and the mortalities per the number of planted cuttings in each plot.

Age of parent trees	Plots	Number of planted cuttings	Survivals				Mortalities	
			Rooting		No-rooting		Numbers	%
			Numbers	%	Numbers	%		
Yearling	Open	20	9	45	11	55	0	0
	A	20	15	75	4	20	1	5
	B	20	12	60	8	40	0	0
	C	20	15	75	5	25	0	0
	D	20	0	0	2	10	18	90
	E	20	15	75	5	25	0	0
	F	20	14	70	5	25	1	5
	G	20	2	10	16	80	2	10
	H	20	4	20	15	75	1	5
	I	20	2	10	7	35	11	55
Three years old	Open	30	0	0	1	3	29	97
	A	30	1	3	2	7	27	90
	B	30	1	3	0	0	29	97
	C	30	0	0	0	0	30	100
	D	30	0	0	0	0	30	100
	E	30	0	0	0	0	30	100
	F	30	1	3	5	17	24	80
	G	30	0	0	0	0	30	100
	H	30	0	0	0	0	30	100
	I	30	0	0	0	0	30	100
Twelve years old	Open	20	0	0	0	0	20	100
	A	20	0	0	8	40	12	60
	B	20	0	0	1	5	19	95
	C	20	0	0	0	0	20	100
	D	20	0	0	0	0	20	100
	E	20	0	0	2	10	18	90
	F	20	0	0	9	45	11	55
	G	20	0	0	2	10	18	90
	H	20	0	0	1	5	19	95
	I	20	0	0	0	0	20	100

25～75%庇陰した各区は無庇陰よりも発根率が高く、90%庇陰区では発根せず、ほとんどが枯死した。

つぎに、一時庇陰区の発根率と枯死率をみると、発根率ではE区75%、F区70%を示して無庇陰区よりも多く発根したが、G区およびH区はともに低い発根率（10～20%）であった。枯死はE区になく、他の区でわずかにみられたにすぎなかった。またH区には20%の発根がみられ、枯死率もわずかに5%であった。

3年生の母樹からとったさしはについて、常時庇陰の各区の発根率をみると、A区とB区にそれぞれ3%みられたにすぎなかった。また、一時庇陰の各区では、F区のみ3%の発根を示した。しかも生存率でも各区を通じて最高の20%であった。

12年生母樹よりとったさしはは発根しなかったが、生存率についてみると、常時庇陰ではA、B両区にそれぞれ40%、5%みられたにすぎず、一時庇陰の各区ではF区に45%、他の区でも5～10%の

生存率を示した。

以上のように、当年生母樹のさしほでは、常時25~75%庇陰したとき無庇陰よりも高い発根率を示し、さしつけ直後だけ一時的に25~50%庇陰したときも高い発根率であった。3年生および12年生母樹のさしほでは、無庇陰区より、常時25~50%庇陰したときに生存率が高く、とくに25~50%一時庇陰も高い生存率を示した。

3) 根の生長

根の生長状態は Table 3-4 の通りであった。すなわち、当年生のものの根の本数はF区がもっとも多く、最大長や平均長では無庇陰区が長かった。なお、無庇陰区の根の生長は、他の区に比べてもっとも良好であった。3年生からとったさしほの根の生長はA区がもっとも良く、F区もかなり良好であった。

Table 3-4. Number and length of the roots of rooted cuttings in each plot.

Age of parent tree	Plots	Number of rooted cuttings	Average of root number	Root length	
				Maximum	Average
Yearling	Open	9	3.7 ± 2.9	(cm) 16 ± 3.9	(cm) 12 ± 3.5
	A	15	2.6 ± 1.4	11 ± 6.0	8 ± 5.1
	B	12	3.9 ± 1.6	13 ± 4.4	8 ± 3.1
	C	15	2.5 ± 1.7	6 ± 5.8	4 ± 3.8
	D	0	—	—	—
	E	15	3.1 ± 1.8	12 ± 6.5	9 ± 5.5
	F	14	4.0 ± 1.8	9 ± 3.8	6 ± 2.9
	G	2	2.0 ± 1.0	8 ± 3.5	7 ± 1.9
	H	4	3.8 ± 1.7	7 ± 2.1	5 ± 2.2
	I	2	1.5 ± 0.5	7 ± 3.0	6 ± 2.0
Three years old	Open	0	—	—	—
	A	1	11.0	18	6
	B	1	3.0	2	2
	C	0	—	—	—
	D	0	—	—	—
	E	0	—	—	—
	F	1	7.0	17	10
	G	0	—	—	—
	H	0	—	—	—
	I	0	—	—	—

4. 考 察

小笠原¹⁷⁾、大山¹⁸⁾、佐藤¹⁰⁾らはさしほの水分収支について、さしつけ後しばらくの間はさしほの蒸散量がいちじるしく多く、吸水との均衡がくずれやすい期間が続き、以後その期間をすぎると、水分収支の均衡は安定してくると述べている。しかし実際にさしほの水分収支の均衡を保たせることはむずかし¹⁶⁾く、格子や日おいによって光量を調節する実験が行なわれてきた。

日おいの効果について、Deuber⁴⁾は日光が強すぎるときには、白い布カーテン²³⁾をとりつける程度が良⁹⁾いといい、Michel³⁾はさしきには日おいをする方が良いと述べた。小笠原や戸田はさしつけ後しばらくの間だけ日おいをし、さしほの水分収支が安定したと思われる頃に取り除く方が、良い結果を得られるのではないかと述べたが、その効果については明らかにしていない。

本実験の結果より、光量の多少と発根との関係をみると、発根に要する光量は25%以上であって、

10%ではまったく発根せず、さしほの生存は不可能であった。また発根に適する光量は25~75%であって、大山や小笠原の実験とはほぼ同様の結果であった。

さしつけ期間中25~75%の光量を与えることによるさしほの生理的影響については、さしほの蒸散を抑制され、吸水との量的な均衡が保たれたものと考えられるが、10%の光量では、蒸散を抑制しても、強度の光不足によってさしほの生理作用がいちじるしく阻害され、生存することも不可能になったものと考えられる。

無庇陰区が25~75%光量を与えたときより低い発根率であったことについては、風による蒸散量の増大¹¹⁾と考えられる。すなわち、格子内では風の影響は比較的にすくないのであるが、無庇陰ではかなり影響していると考えられる。

つぎに一時庇陰の効果についてみると、さしつけ後一時的に50~75%に光量を制限することにより、水分収支の不安定な時期だけ蒸散を抑制し、安定する頃に十分な光量にすることができたので、発根率や根の生長が良好であったものと考えられる。とくに、さしほの母樹年令が高くなるほど、蒸散と吸水の関係がくずれやすいように考えられ、このような一時庇陰の効果は大きいように思われる。また、つよい庇陰から無庇陰に移した区と、逆に無庇陰からつよい庇陰に移した区を比較しても、前者が後者よりも高い発根率を示し、枯死率も低いことから、一時庇陰の効果が見える。

一時庇陰でもつよく庇陰したとき(10%光量)は、いちじるしく発根率が低下する。これについては、さしつけ直後の光量は温度や湿度にも関係していることによるものと思われる。すなわち、温度が上昇すると発根率が高まり、湿度が高すぎると発根率が低下し、枯死も多くなることから、光量の不足は、温度を低め、湿度を高めるので、さしほの生理作用にわるい影響を与えるものと思われる。

以上のように、一時庇陰は、さしほの発根に効果的であって、とくに高令母樹の発根にも効果が期待されるが、さしつけ後の蒸散抑制期間については、今後さらに研究しなければならない問題である。

光量と根の生長の関係においては、光量の多い方が根の生長に良い結果をもたらすので、マツ類のさしきにおいては発根促進と根の生長促進との2通りが考えられ、両者に効果的な方法を考えるべきであるが、一時庇陰はかなりの効果が期待できるように思われる。

総 括

本研究は京都大学上賀茂試験地において、1963年より数カ年計画でマツ類のさしきの発根に及ぼす環境因子の影響を明らかにしようとして行なったものである。本報告はそれらのうち3つの実験結果をとりまとめたものであり、その概要はつぎの通りである。

実験Ⅰ 用土の理化学性と発根との関係

1. アカマツ (*Pinus densiflora*)、クロマツ (*P. Thunbergii*) およびテーダマツ (*P. taeda*) の当年および12年生母樹よりとったさしほを材料とし、Table 1-1a に示した5種類の用土にさしつけた。
2. 発根率は母樹年令が高いと低下し、樹種別では、アカマツ、クロマツ、テーダマツの順に低下した。また、用土によって発根率は異なり、とくに黄土と赤土で高かった (Table 1-2)。
3. 土壤毛管水の上昇度が大きく、しかも透水速度のおそい土壤 (Fig. 1-2) は高い発根率を示す傾向がみられ、このような土壤の土性はSLであり (Table 1-1b)、含水量と最大容気量の比は1.0:0.6であった (Table 1-1c)。なお、発根に適する比は、土性によって異なるように思われる。
4. 根の生長は用土のちがいにによってあまり影響されなかった (Table 1-3)。

実験Ⅱ さし床の水分量と発根との関係

1. アカマツの当年、3年および12年生母樹のさしほを、含水率30, 35, 45および50%を目標とした床 (赤土) にさしつけた (Fig. 2-1, Table 2-1)。しかし、実験期間中の含水率は目標値とは若干異なる場合もみられた (Fig. 2-3)。

2. 発根率は母樹年令が高くなるほど低下する傾向であった (Table 2-2)。
3. 当年生母樹のさしほは、土壌含水率の高いときによく発根したが、3年生母樹では逆に含水率の低いときに高い発根率を示した。
4. 当年生母樹のさしほは、新鮮な水に含まれる酸素と十分な水量によって発根がうながされるが、3年生母樹のさしほでは、水分が少なく酸素が多いときに発根が促進されるように思われる。
5. 根の生長は土壌含水率の低いときに良好であったが (Table 2-3)、地上部の伸長生長は逆に含水率の高いときに大きかった (Table 2-4)。

実験Ⅲ 光量と発根との関係

1. アカマツの当年、3年および12年生母樹のさしほを赤土にさしつけ、庇陰格子によって、常時庇陰 (4区) と一時庇陰 (5区) に分け、無庇陰と比較した (Table 3-1)。なお、実験期間中における格子内の光量は一定しなかった (Table 3-2)。
2. 当年生母樹のさしほは常時25, 50, 75%庇陰や一時25, 50%庇陰のとき、いずれも無庇陰よりも高い発根率を示した。また3年および12年生母樹のさしほは一時50%庇陰においてもっとも高い生存率を示した (Table 3-3)。
3. 常時90%庇陰下では、さしほは生存しないが、一時90%庇陰では生存率が高まった。一般に一時庇陰の効果は母樹年令が高くなるほど大きいように思われる。
4. 一時庇陰はさしつけ直後のさしほの蒸散と吸水の平衡を保つのにやくだち、その発根に効果があるように思われる。
5. 根の生長は光量が多いほど大きかった (Table 3-4)。

文 献

- 1) Sheppy, W. B.: Ame. Jour. Bot. 17, : 290-327, 1930.
- 2) 松野孝雄: 土壌学通論, 明文堂, 1938.
- 3) Michel Aganiasiev: Jour. Forest. 37, (1), 1939.
- 4) Deuber, C. G.: Conn. Acad. Arts and Sci. Frans 34, 1940.
- 5) Mirov, N. T.: Jour. Forest. 42, 1944.
- 6) Toda, R.: 東大演報, 36, 1948.
- 7) 麻生慶次郎: 新土壌学簡易実験法, 日本農林社, 1950.
- 8) 齊藤孝蔵・須藤昭二: 日林大会講, 61, 1952.
- 9) 戸田良吉: 林試研報, 65, 1953.
- 10) 佐藤大七郎・福原樞勝: 東大演報, 45, 1953.
- 11) 齊藤孝蔵: 林木生理, 朝倉書店, 1954.
- 12) 鶴島久男: 20) より引用, 農業及園芸, 30 (6), 1955.
- 13) 宮島 寛: 20) より引用, 九大演報, 29, 1957.
- 14) Nienstaedt, H. et al: Jour. Forst. 56 (11), 1958.
- 15) 大山浪雄: 日林関西支講, 8, 1958.
- 16) 大山浪雄: 日林関西支講, 10, 1960.
- 17) 小笠原健二・中井勇: 日林関西支講, 10, 1960.
- 18) 沖村義人: 日林誌. 43 (11), 1961.
- 19) 小笠原健二: 日林関西支講, 11, 1961.
- 20) 小笠原健二: 京大演報, 33, 1961.
- 21) 小笠原隆三: 日林誌, 42 (10), 1961.
- 22) 小笠原健二: 林木の育種, 20, 1962.
- 23) 小笠原隆三: 日林誌. 44 (10), 1962.
- 24) 山路木曾男: 日林誌. 45 (2), 1963.
- 25) 橋本英二・渡辺政俊・中井勇: 日林誌, 45 (9), 1963.
- 26) 小笠原健二: アカマツの造成より, 地球出版, 1963.
- 27) 小笠原健二: 京大演報, 35.

Résumé

The studies were carried out to make clear the influence of the some environmental factors on the rooting of planted cuttings of pines, at the Kamigamo Experimental Forest Station of Kyoto University. This report consists of the following three experiments, and are outlined as follows:

Experiment I : Relationship between the physical characteristics of the bed soil and the rooting of cuttings.

1. The cuttings were severed from the parent trees of yearling seedlings and twelve-year-old of *Pinus densiflora*, *P. Thunbergii* and *P. taeda*, and they were also planted in five kinds of soil (Table 1—1a).

2. The ability of the cuttings to root declined in the cuttings obtained from the matured trees of twelve-year-old and also in *P. densiflora*, *P. Thunbergii* and *P. taeda* in the cutting from yearling seedlings. The rooting responses were differed according to the planted bed soils, and rooting ability was high in the yellow colored and red colored soils (Table 1—2).

3. The cuttings tend to show a high response for rooting in such soil as the capillary ascent of water in the soil column is high (Fig. 1—2) and the percolation rate is low. The soil class was SL (Table 1—1b), and the ratio of the maximum air capacity to the water holding ones of the yellow Colored and red Colored soils was 1.0/0.6 (Table 1—1c). But it seems that the optimum ratio of rooting ability may be changed by the soil class used for the beds.

4. The growth response of roots formed by the difference of the soil was not obvious (Table 1—3).

Experiment II : Relationship between the water content in bed soil and the rooting of cuttings.

1. The cuttings were severed from the parent trees of yearling and three-year-old seedlings, and twelve-year-old *P. densiflora*, and they were planted in the bed (red Colored soil) prepared for adjusting the water content, which was always kept at 30, 35, 45 and 50 % in each plot (Fig 2—1, Table 2—1).

2. The rooting ability of the cuttings tends to decrease with increasing parent tree age (Table 2—2).

3. The cuttings obtained from the yearling seedlings showed the high rooting response when the water content was high, and those from three-year-old seedlings were conversely low in the former conditions. The mutual relations between the water content in the bed soil and the rooting of cuttings was clearly observed in the difference of water supply by the age of parent trees.

4. It seems that the cuttings obtained from the yearling seedlings form the root according to the oxygen contained in flowing water and enough water capacity in the soil, and those from three-year-old tend to increase in activity when the water capacity is comparative, scarce and the oxygen is sufficient.

5. The root growth increased due to low water content in the soil (Table 2—3), but the height of the cuttings conversely decreased under the conditions (Table 2—4).

Experiment III : Relationship between the light value of the bed and the rooting of cuttings.

1. The cuttings obtained from yearling and three-year-old seedlings and matured trees of twelve-year-old *P. densiflora* was planted in red soil and was provided with the light value limited by the blinds. The treatments consisted of three methods of continual, temporal and not blinded (Table 3—1). However, the purposed light value in blinds was not fixed for a short time (Table 3—2).

2. The cuttings from yearling seedlings comparatively showed higher rooting ability than those of not blind when the light value was limited to continual 25, 50 and 75% and temporal 25 and 50%, and those from three-year-old seedlings and from matured parent trees numerously survived in temporal 50% of the light value Table 3—3).

3. The cuttings planted under the temporal 90% limit of the light value showed a great number of survivals than those under the continual 90%. Especially, the effect of temporal blinds have a tendency to increase with the parent tree age.

4. To keep the quantitative equilibrium between the transpiration and the absorption of the cuttings just after planting, the temporal blind tends to be effective in root formation.

5. The root growth increased with light value (Table 3—4).

Photo 1. Rooted state of the cuttings picked out from the yearling parent trees (*P. Thunbergii*) in the Experiment I.

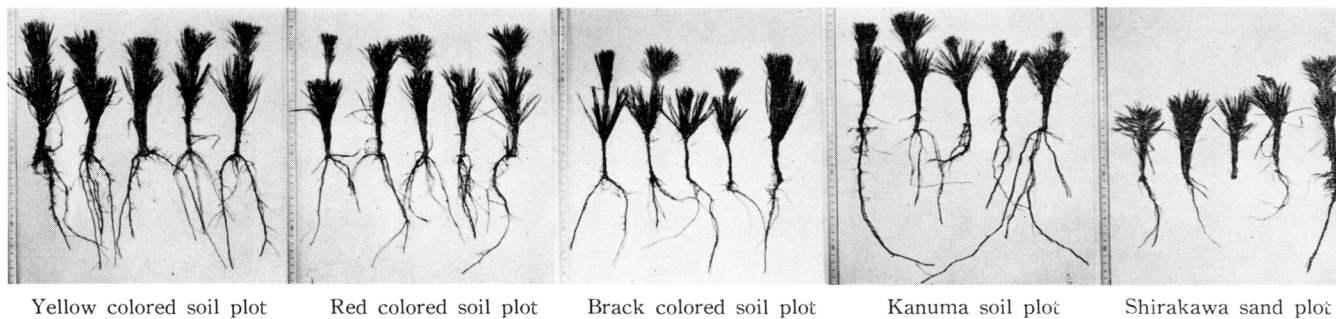
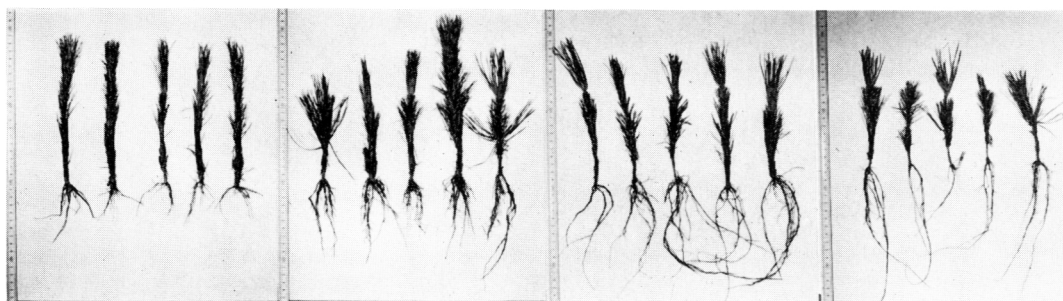


Photo 2. Rooted state of the planted cuttings (*P. densiflora*) in the Experiment II.

(1) Rooted state of the cuttings picked out from the yearling parent trees.



(2) Rooted state of the cuttings picked out from the parent trees of three-year-old.

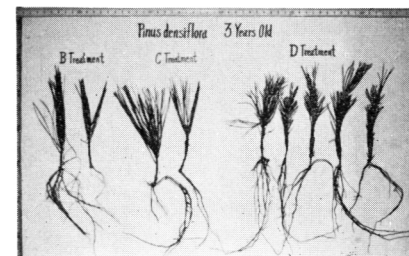


Photo 3. Rooted state of the planted cuttings picked out from the yearling parent trees (*P. densiflora*) in the Experiment III.

