

ツシママツの遺伝と変異に関する研究 (II)

母樹別ミシヨウ系統における幼苗の変異性

吉川 勝好・岡田 幸郎*

Studies on the Genetics and Breeding of Local Variety

Tsushima-matsu in Japanese Red Pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)

(II) Variability of Seedling Characters in Half-sib Families

Katsuyoshi YOSHIKAWA and Yukio OKADA

目 次

要 旨	169	A. 形 態	
1. まえがき	170	B. 量的形質	
2. 実験材料	170	C. 各形質の相関	
3. 実験方法	170	引用文献	190
4. 実験結果ならびに考察	172	Résumé	191

要 旨

本研究は有名マツの一つであるツシママツの母樹別家系を育成して、一連の実験・調査を行ない、林木育種に関する基礎資料を提供することを目的としている。本報は母樹別家系の幼苗期における諸形質の表現型変異に関する資料をとりまとめたものである。

母樹別実生系統について苗畑における3年間に子葉数、子葉長、胚軸長、本葉形成所要日数、1年生苗の冬芽数、苗高、2年生苗の根元直径、主軸高、最高軸高、枝数、越冬時の形態、3年生苗の根元直径、苗高、枝数、頂部の越冬形態などの変異を調査し、つぎのことがわかった。

1) 2年生苗の越冬時の形態を成葉および幼形葉のつきかたにより成形、部分幼形、幼形の3型に分けたところ、一般に成形がもっとも多く、部分幼形がこれにつき、幼形は少なかった。これら3つの型に属する幼苗のそれぞれの百分率に関し母樹別系統間に差異が認められた。

3年生苗の頂部の越冬形態をAa(主軸が側軸より高い)、Ab(側軸が主軸より高い)、Ba(Aaと同型であるが針葉をつける)、Bb(Abと同型であるが針葉をつける)の4型に分けたところ一般にAaが多く、Bb、Ab、Baの順になるが、各系統間に顕著な差は認められなかった。

2) 量的形質における変異の大きさは、形質によって大きいものと小さいものがあり、また系統間にも差異が認められた。

子葉数は6のものが多く、系統によって多少の差が認められた。子葉長は系統間の変異が大きく、系統間に有意差のある組み合わせがかなり多く認められた。胚軸長には特に顕著な差はみられ

* 農林省林業試験場

Gov. For. Exp. Sta., Meguro, Tokyo

なかった。本葉形成所要日数は系統によってかなり差があることが判明した。冬芽数の変異は大きく、系統間の差異が顕著であった。

1年生苗高、2年生直径とも系統間では大きな差異は認められず、2年生苗高を主軸高と最高軸高とに分けてみたが両者の頻度分布はほとんど変わらず、系統間の差も少なかった。

枝数は、2年生とも系統間に大きな差は認められず、3年生の根元直径にも同一傾向が認められた。

- 3) 各形質間の相関の高いものとして胚軸長と主軸高、主軸高と最高軸高、2年生直径と3年生苗高、3年生苗高と3年生直径があり、いずれも1%水準で有意の相関が認められた。冬芽数、苗高、根元直径と他の形質間には正の相関を示す傾向が多く認められ、本葉形成所要日数は3年生枝数を除き、他の生長に関連するすべての形質との相関係数は負の値を示す傾向があることがわかった。
- 4) 以上述べた表現型形質のなかで母樹別系統間に有意差のある形質は、母樹系統の育種上選抜の対象となりうる可能性がある。今後、生育経過と比較検討することにより、これら幼苗形質のうち成木時の形質との相関をみることにより、早期検定に適切な形質を具体的に指摘できるようになる。

1. ま え が き

近年人工造林地の増加にともない、種苗産地と造林地との生育環境の相違にもとづく林木生産力の変化、母樹選抜効果の再検討、あるいは積極的に林木育種を推進するために不可欠な育種年限の短縮などに関する諸問題が重要視されている。しかしこのような問題に対処するための基礎資料、ことに林木の諸形質の遺伝的パラメーターの推定に関する資料は未だ不十分であり、これらの情報集積が要望されている。以上のような現状から著者らはツシママツを材料として長期計画にもとづく一連の実験を続けている。本研究の目的および実験計画の細部については第1報¹⁾に述べたとおりである。本報では母樹選抜効果の問題に関連して、母樹別家系の幼苗時における諸形質の表現型変異に関する調査結果を報告する。

本研究を発表するにあたり、御教示、ご鞭撻を賜った京都大学農学部森林生態学研究室四手井綱英教授、育種学研究室赤藤克己教授、安室喜正講師、演習林本部佐野宗一教授、斎藤達夫助教授、林業試験場加藤善忠造林部長、岩川盈夫高知支場長にたいし厚くお礼申し上げるとともに、現地調査についてお世話になった前橋営林局および浪江営林署の関係各位に感謝の意を表す。

2. 実 験 材 料

本試験に用いたツシママツの母樹別系統は第1報でのべた母樹別に採集した種子から養苗したものである。すなわち、福島県双葉郡浪江町浪江営林署管内柗平国有林15林班“は”小班のツシママツ保存林から無作為に20本の母樹を選び、種子を採取したもので、この中には2本の精英樹(No. 19, No. 20)がふくまれている。母樹の一般的形質および種子の諸形質と発芽率は第1報¹⁾にのべたとおりである。

3. 実 験 方 法

1967年11月に採取した乾燥種子を翌年4月26日に京都大学農学部附属演習林(京都市左京区北白川)の苗畑に播種した。播種床は幅1.0m、長さ10.0mのものを6面使用し、実験区の配置は1 plot 10列、3回反復の乱塊法を用いた。播種密度は列長1.0mに35粒を下種、列間隔10cmとし1 plot あ

たり供試種子数は 350 粒とした。なお播種床には立枯病を予防するため上賀茂試験地産の赤土を 4~5 cm の厚さにあらかじめ客土した。

育苗期間（3 カ年）の調査の対象とした形質はつぎのとおりである。

1 年生苗木における調査項目

子葉数、子葉長、胚軸長、本葉形成所要日数、冬芽数、苗高

2 年生苗木における調査項目

根元直径、主軸高、最高軸高、枝数、越冬時の形態

3 年生苗木における調査項目

根元直径、苗高、枝数、頂部の越冬形態

各項目の調査方法は次のとおりである。なお母樹系統ごとに苗木全数に個体番号をつけて、追跡調査に役出たせることにした。調査は子葉数、子葉長、胚軸長については各 300 本、その他の形質については全苗木数について行なった。

子 葉 長：各苗について最大の子葉の長さを mm 単位で測定した。

胚 軸 長：mm 単位で測定した。

本葉形成所要日数：播種時から針葉が出現するまでの日数を表示した。測定間隔は 7 月 30 日から 12 月上旬までは 1~5 日とし、最終の測定は翌年の 1 月 21 日に行なった。ただし図-12 に示した頻度分布は 10 日ごとの間隔になおして作成し、分散分析などの計算もこれを用いて行なった。

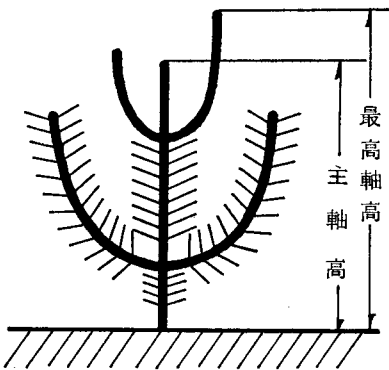


図1 2年生苗木における主軸高と最高軸高の測定位置（模式図）

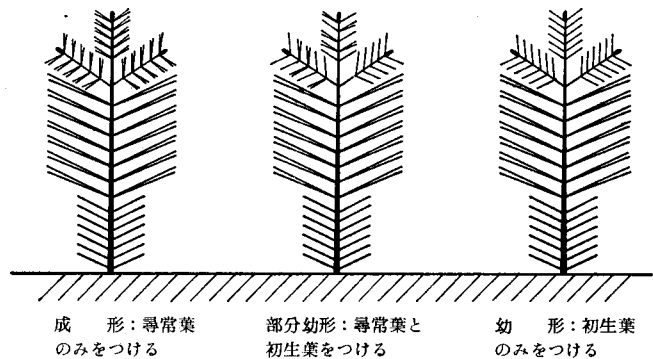


図2 ツシママツ2年生苗木の越冬時の形態（模式図）

冬 芽 数：播種当年の11月6~7日に個体ごとに外見上の冬芽数^{註1)}を計測した。

1 年生苗高：mm 単位で胚軸長をふくめ地際から主軸の先端まで測定した。

2 年生苗高：図-1 に示したように主軸高と最高軸高（地際から最高位までの高さ）とに区分して測定した。

3 年生苗高：地際から苗の最高位までを測定した。

2 年生苗木の越冬時の形態：図-2 に示したように葉の着生状態により成形、部分幼形および幼形に区分し、母樹別系統ごとの個体ごとに類別調査した。

枝 数：2 年生、3 年生ともに苗木に着生している全枝数を計測した。

3 年生苗木の頂部の越冬形態：図-3 に示したように主軸、側軸の形態および針葉の着生状態により区分し、母樹別系統の個体ごとに類別調査した^{註2)}。

註1) 沢江らは1年生アカマツ稚苗の芽型をI、II型に分けている²⁾

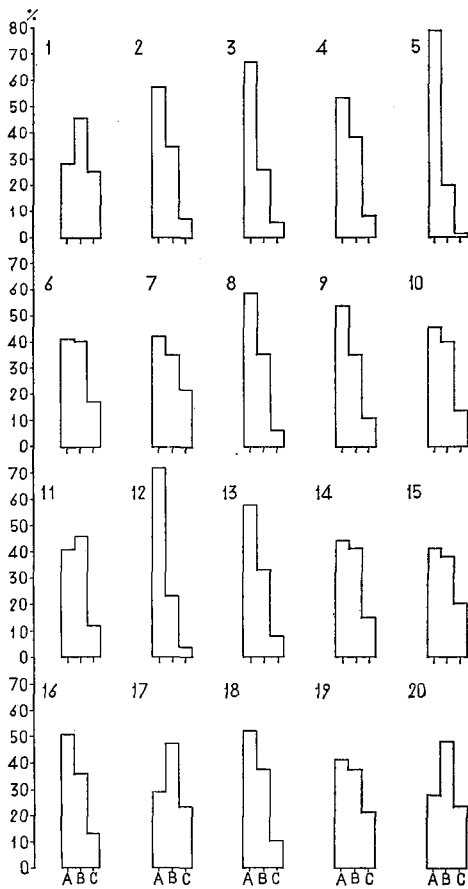
註2) 沢江らは頂部の越冬形態を芽型として36型に分け、それをA、B、C₁、C₂に大別している³⁾

つぎに以上の各形質の変異をあらわす統計量として平均値、標準偏差、変異係数および相関係数を用いた。母樹別系統間の有意差検定は分散分析によるTukey⁴⁾の方法によって行なった。なお分散分析は母樹別系統の平均値を用い、標本数は子葉数、子葉長、胚軸長については3ブロック各100(計300)、その他の形質については無作為抽出により各30(計90)とした。

4. 実験結果ならびに考察

A. 形態

2年生苗の各母樹別系統ごとの越冬時の形態の調査結果をヒストグラムで示すと図-4のとおりである。一般に成形(A)で越冬するものが多く、ついで部分幼形(B)が多く、幼形(C)で越



A: 成形 B: 部分幼形 C: 幼形

図4 2年生苗越冬時の形態のヒストグラム

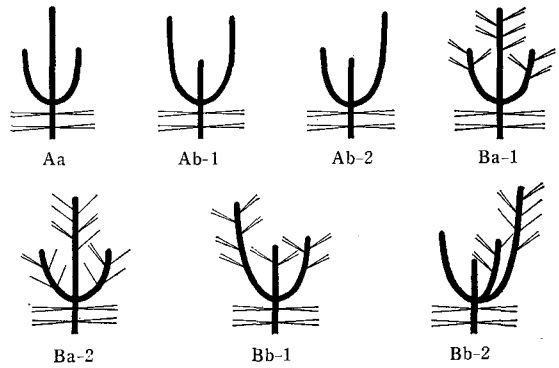


図3 ツシママツ3年生苗の頂部の越冬形態(模式図)

- Aa 主軸が側軸より高い
- Ab Ab-1: 側軸が主軸よりも高い
- Ab-2: Ab-1型の変形, 側軸の位置が著しく高い
- Ba Ba-1: 主軸が高く尋常葉をつける
- Ba-2: 主軸が高く初生葉をつけるか、尋常葉がまじることもある
- Bb Bb-1: 側軸が高く針葉の着生はBa-1と同じ
- Bb-2: 側軸が高く針葉の着生はBa-2と同じ

冬するものは少ない。しかし各型の含まれる割合は母樹別系統によって差異が認められる。これを表-1により母樹別系統ごとにもみるとNo. 3, No. 5, No. 12 は成形のしめる割合が多く、部分幼形、とくに幼形が少なく大別すれば成形型とみなされ

表1 2年生苗の越冬時の形態

母樹番号	測定数	成形	部分幼形	幼形
1	844	28.6%	45.9%	25.5%
2	782	57.7	34.8	7.5
3	792	67.2	26.9	5.9
4	893	53.1	38.6	8.3
5	835	78.8	19.6	1.6
6	731	41.5	41.1	17.4
7	832	43.2	35.0	21.8
8	815	58.7	35.1	6.2
9	755	54.0	35.2	10.8
10	846	45.7	40.3	14.0
11	722	41.2	46.1	12.7
12	755	72.5	23.6	3.9
13	740	58.1	33.7	8.2
14	606	44.2	41.1	14.7
15	728	41.3	38.3	20.4
16	738	50.8	35.9	13.3
17	779	28.8	47.4	23.8
18	494	51.9	37.7	10.4
19	769	41.1	37.5	21.4
20	574	28.0	48.3	23.7

る。なお、成形が比較的少なく、部分幼形、幼形のしめる割合の多い No. 1, No. 17, No. 20 は幼形型の形質発現を示したものと見える。また No. 1, No. 11, No. 17, No. 20 の 4 系統は部分幼形が成形または幼形よりも多く、No. 6 No. 10, No. 14 の 3 系統は成形と部分幼形がほぼ同数認められた。なお No. 1, No. 7, No. 15, No. 17 と精英樹の No. 19, No. 20 のように幼形が 20% をこえたものもあった。上記各型について母樹別系統ごとに占める割合の最大、最小を見ると成形では No. 5 の 78.8% が最大で No. 20 の 28% が最小であり、部分幼形では最大が No. 20 の 48.3%、最小が No. 5 の 19.6%、幼形では No. 1 の 25.5% が最大で No. 5 の 1.6% が最小であった。このように系統内の各型の占める割合には系統間に差異があることが認められるので幼苗形質の特性の一つとして、今後成木時の諸形質との相関関係について究明する必要がある。

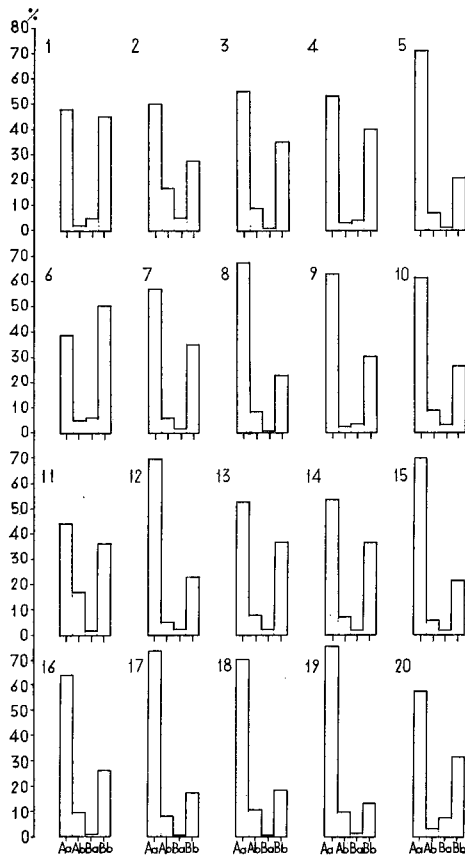


図5 3年生苗頂部の越冬形態のヒストグラム

つぎに3年生苗の冬期における頂部の形態を同じように各母樹別系統ごとに、ヒストグラムで示すと図-5のようになる。図-5では頂部の形態はAa, Ab, Ba, Bbの4種になっているが、これはヒ

表2 3年生苗頂部の越冬形態

母樹番号	測定数	Aa	Ab	Ba	Bb
1	844	48.2%	1.9%	5.2%	44.7%
2	779	50.7	17.1	4.6	27.6
3	794	55.9	8.2	1.8	34.1
4	893	53.0	3.1	4.1	39.8
5	835	71.5	6.7	1.1	20.7
6	731	39.5	4.8	6.2	49.5
7	832	57.7	6.3	1.9	34.1
8	815	67.7	8.8	0.7	22.8
9	755	63.2	2.6	3.7	30.5
10	845	61.6	8.9	3.2	26.3
11	722	44.5	17.7	1.5	36.3
12	755	69.1	5.4	2.3	23.2
13	739	52.9	8.2	2.2	36.7
14	606	54.1	7.3	2.0	36.6
15	728	70.6	5.8	1.8	21.8
16	736	63.6	9.2	0.8	26.4
17	779	73.8	8.1	0.4	17.7
18	494	70.7	10.3	0.4	18.6
19	769	75.8	9.6	1.2	13.4
20	573	57.8	3.1	7.5	31.6

ストグラムの作成上、図-3に示したAb-1とAb-2をこみにしてAbとしたものである。Ba, Bbについても同様である。図-5から明らかのように一般に頂部の形態はAaが多く、Bb, Ab, Baの順に少なくなっている。しかし各系統間にはNo. 6の系統がAaよりもBbの方が多いという特徴がある以外は顕著な差は認められない。

苗木時代に頂部の越冬形態が異っても、その後数年たてば頂部形態がいずれも一樣になることはすでに知られている。こうした幼苗時の頂部形態の差異と成長期の形質との関連についてはくわしい検討を要する。系統No. 6はやや特徴があるので今後の追跡調査上注目する必要がある。

B. 量的形質

形態形質を除く13形質について計算した各母樹別系統ごとの平均値、標準偏差、変異係数は表-3~

表3 当年生稚苗の調査結果

母樹 番号	測定 形質 数	子 葉 数			子 葉 長			胚 軸 長		
		平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数
1	300	6.3	0.62	9.84%	2.07cm	0.33	15.94%	1.46cm	0.43	29.45%
2	300	6.4	0.60	9.38	1.93	0.29	15.03	1.35	0.39	28.88
3	300	6.6	0.70	10.61	2.24	0.39	17.41	1.50	0.36	24.00
4	300	6.2	0.49	7.90	1.86	0.32	17.20	1.37	0.28	20.44
5	300	6.4	0.65	10.16	2.13	0.41	19.25	1.38	0.36	26.09
6	300	6.2	0.54	8.71	1.48	0.30	20.27	1.16	0.36	31.03
7	300	6.1	0.30	4.92	1.85	0.32	17.30	1.64	0.42	25.61
8	300	6.5	0.61	9.38	2.18	0.43	19.72	1.47	0.45	30.61
9	300	6.3	0.59	9.37	1.91	0.35	18.32	1.32	0.38	28.79
10	300	6.5	0.63	9.69	2.00	0.34	17.00	1.39	0.43	30.94
11	300	6.1	0.30	4.92	1.78	0.47	26.40	1.31	0.36	27.48
12	300	6.2	0.63	10.16	2.29	0.40	17.47	1.33	0.35	26.32
13	300	6.1	0.40	6.56	1.88	0.32	17.02	1.16	0.30	25.86
14	300	6.3	0.61	9.68	1.97	0.36	18.27	1.26	0.35	27.78
15	300	6.4	0.55	8.59	1.74	0.35	20.11	1.18	0.37	31.35
16	300	6.1	0.39	6.39	1.84	0.35	19.02	1.23	0.31	25.20
17	300	6.1	0.28	4.59	2.00	0.31	15.50	1.41	0.35	24.82
18	300	6.4	0.57	8.91	2.12	0.41	19.34	1.51	0.45	29.80
19	300	6.2	0.52	8.39	2.05	0.37	18.05	1.48	0.46	31.08
20	300	6.1	0.35	5.74	1.72	0.32	18.02	1.32	0.31	23.48

表4 1年生苗の生育調査結果

母樹 番号	測定 形質 数	木葉形成所要日数					冬 芽 数					苗 高		
		形成本数	平均値	標準偏差	変異係数	平均値	0	1	2	3	平均値	標準偏差	変異係数	
		%	日		%	%	%	%	%	cm		%		
1	844	681	80.7	129.6	18.4	14.2	0.6	45.7	49.4	2.7	2.2	6.25	1.38	22.08
2	781	634	81.2	123.9	22.2	17.8	0.7	38.1	46.6	10.1	5.2	5.66	1.33	23.50
3	794	705	88.8	112.6	16.7	14.8	1.1	42.2	25.9	15.7	16.0	6.54	1.61	24.62
4	893	643	72.0	128.6	18.1	14.1	0.4	61.9	35.7	1.5	0.9	6.15	1.92	31.22
5	835	743	89.0	118.3	15.7	13.3	1.5	15.5	41.2	22.2	21.1	6.43	1.59	24.73
6	731	552	75.5	124.6	19.5	15.7	0.5	60.6	31.7	4.5	3.2	5.51	1.62	29.40
7	832	681	81.9	122.4	16.7	13.6	0.7	33.6	61.5	4.2	0.7	6.54	1.46	22.32
8	815	723	88.7	112.1	15.3	13.7	1.0	27.4	49.6	14.7	8.3	6.67	1.79	26.84
9	755	609	80.7	126.1	18.2	14.4	0.4	67.0	26.3	4.5	2.2	6.09	1.46	23.97
10	846	757	89.5	113.4	20.3	17.9	0.7	45.2	45.8	5.0	4.0	6.37	1.99	31.24
11	722	607	84.1	121.9	16.9	13.9	0.6	53.8	37.0	5.0	4.2	6.44	1.67	25.93
12	755	610	80.8	121.3	21.8	18.0	0.9	36.0	44.1	13.8	6.1	5.53	1.66	30.02
13	740	694	93.8	116.4	17.6	15.1	0.9	43.4	34.2	15.0	7.4	5.95	1.55	26.05
14	606	489	80.7	128.9	16.2	12.6	0.5	61.4	31.8	3.9	2.9	5.87	1.64	27.94
15	728	558	76.6	126.8	18.1	14.3	0.6	54.3	36.4	5.6	3.7	5.43	1.35	24.86
16	738	595	80.6	120.6	16.8	13.9	0.8	31.1	56.0	9.9	3.0	5.90	1.40	23.73
17	779	673	86.4	117.1	15.6	13.3	0.7	47.2	42.6	7.4	2.8	5.87	1.61	27.43
18	494	478	96.8	119.1	22.7	19.1	1.0	22.7	57.6	15.4	4.3	6.01	1.13	18.80
19	769	616	80.1	129.7	26.6	20.5	0.7	38.9	57.1	2.9	1.1	6.34	1.73	27.28
20	574	345	60.1	127.1	20.3	16.0	0.6	48.2	48.6	2.6	0.6	5.89	1.59	26.99

表5 2年生苗の生育調査結果

母樹 番号	形質 測定 数	直 径			苗 高						枝 数		
					主 軸 高			最 高 軸 高					
		平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数	着生本数	1本当りの 平均値	
1	844	0.61	0.13	21.31	17.73	4.10	23.12	18.81	4.21	22.38	120	14.2	0.2
2	781	0.55	0.12	21.82	14.50	3.51	24.21	15.68	4.08	26.02	198	25.4	0.5
3	794	0.60	0.13	21.67	16.33	4.25	26.03	17.57	4.32	24.59	170	21.4	0.4
4	893	0.55	0.12	21.82	15.66	4.05	25.86	16.91	4.13	24.42	102	11.4	0.2
5	836	0.61	0.13	21.31	17.65	4.15	23.51	19.01	4.42	23.25	206	24.7	0.5
6	732	0.51	0.11	21.57	14.17	4.34	30.63	15.10	4.77	31.59	64	8.8	0.1
7	832	0.55	0.11	20.00	17.10	4.18	24.44	18.28	4.30	23.52	176	21.2	0.4
8	815	0.56	0.12	21.43	17.13	4.25	24.81	18.96	4.43	23.36	133	16.4	0.3
9	755	0.52	0.10	19.23	15.23	4.02	26.40	16.02	3.68	22.97	76	10.1	0.1
10	846	0.55	0.12	21.82	14.86	3.96	26.65	16.16	4.19	25.93	73	8.6	0.2
11	722	0.54	0.11	20.37	16.24	4.16	25.62	17.91	4.40	24.57	122	16.9	0.3
12	755	0.55	0.12	21.82	15.22	3.90	25.62	15.90	4.13	25.97	151	20.0	0.4
13	740	0.54	0.11	20.37	15.57	4.08	26.20	16.84	4.17	24.79	175	23.6	0.4
14	606	0.59	0.12	20.34	17.11	4.10	23.96	19.22	4.31	22.42	63	10.4	0.2
15	728	0.57	0.12	21.05	14.91	4.23	28.37	15.93	4.29	26.93	120	16.5	0.3
16	738	0.56	0.11	19.64	15.71	3.87	24.63	17.03	4.07	23.90	92	12.5	0.2
17	779	0.57	0.13	22.81	15.69	3.91	24.92	17.02	3.99	23.44	92	11.8	0.2
18	494	0.60	0.11	18.33	17.30	3.93	22.72	19.17	4.20	21.91	41	8.3	0.1
19	770	0.55	0.12	21.82	15.76	4.04	25.63	16.82	4.25	25.27	119	15.5	0.2
20	574	0.53	0.11	20.57	15.05	3.86	25.65	16.61	4.02	24.20	45	7.8	0.1

表6 3年生苗の生育調査結果

母樹 番号	形質 測定 数	直 径			苗 高			枝 数		
		平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数	平均値	標準偏差	変異係数
		cm		%	cm		%			%
1	844	0.91	0.22	24.17	45.72	10.44	22.83	3.9	1.51	38.52
2	781	0.88	0.22	25.00	40.78	9.50	23.30	3.3	1.51	45.61
3	794	0.97	0.21	21.65	40.83	9.51	21.70	3.8	1.36	36.07
4	893	0.92	0.20	21.74	45.69	10.08	22.06	3.7	1.32	35.48
5	836	0.90	0.21	23.33	44.02	9.31	21.15	4.1	1.68	40.88
6	731	0.90	0.20	22.22	41.27	11.84	28.69	3.0	1.19	39.53
7	830	0.90	0.22	24.44	44.21	9.86	22.30	3.7	1.18	31.72
8	815	0.93	0.21	22.58	41.16	9.64	23.42	3.5	1.24	35.53
9	755	0.85	0.19	22.35	40.34	9.65	23.92	3.3	1.21	37.23
10	848	0.92	0.22	23.91	40.63	9.23	22.72	3.1	1.12	36.48
11	722	0.88	0.23	26.14	44.82	10.10	22.53	3.7	1.42	37.97
12	755	0.93	0.23	24.74	39.41	9.79	24.84	3.3	1.11	34.05
13	740	0.87	0.21	24.14	42.98	11.13	25.90	3.8	1.67	43.83
14	606	0.94	0.21	22.34	48.13	10.28	21.36	3.6	1.20	33.61
15	728	0.93	0.23	24.73	42.54	10.93	25.70	3.4	1.33	38.78
16	737	0.89	0.23	25.84	41.90	10.89	25.99	3.3	1.21	36.23
17	779	0.90	0.22	24.44	40.40	9.60	23.76	3.7	1.29	34.32
18	494	0.95	0.21	22.11	45.87	8.28	18.05	3.7	1.21	32.88
19	769	0.87	0.20	22.99	39.04	9.15	23.44	3.4	1.07	31.94
20	574	0.90	0.21	23.33	38.03	9.14	24.03	3.8	1.26	32.90

6に示したとおりである。表-3~6をみると形質によって変異の大きさが異なり、また同一形質でも母樹別系統間によって変異の大小のあることが認められる。すなわち、形質でみると変異係数の最大は3年生の枝数の31.72~45.61で最小は1年生子葉数の4.59~10.61である。しかし1年生の冬芽数と2年生の枝数は図-14および図-24に示すようにポアソン分布の傾向を示す。また3年生の枝数は2年生の枝数のポアソン分布から正規分布へと移行する傾向があり、したがって3年生の枝数の変異係数の大きいことが、ただちに系統内の変異の大きいことを意味しない。

つきに各形質ごとに変異の状態をみると、まず子葉数であるが、各母樹別系統の頻度分布(図-6)をみると一般に子葉数6のものがもっとも多いが、系統によって多少の差が認められ、図-7のヒストグラムをみると、No. 3, No. 8, No. 10などの系統は7のものも比較的多い。この分散分析の結果は表-7に示すとおりであり、各系統ごとの有意差は表-8に示すとおり、No. 3と他の6系統間 No. 8 No. 17との間に有意差が認められた。石井⁵⁾はマツ属の子葉数は初期の根組織に見出される放射維管

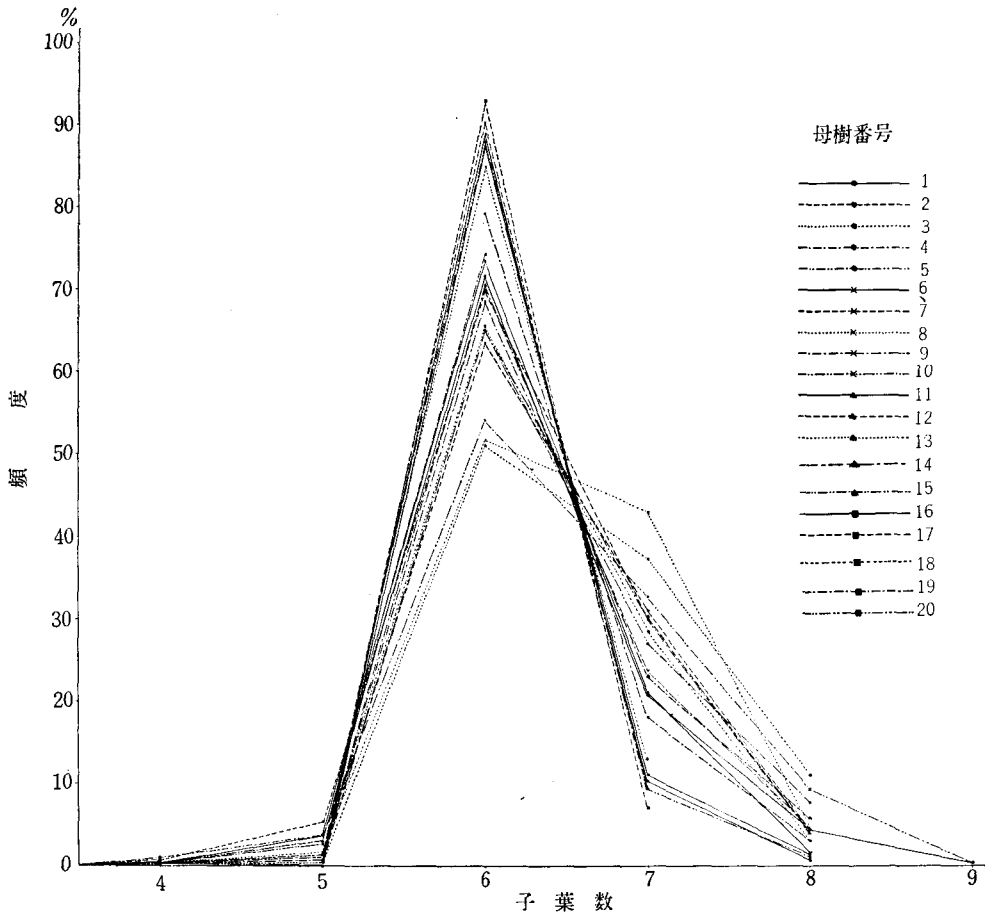


図6 子葉数の頻度曲線

束の倍数の場合が多く、3数の放射維管束をもつアカマツでは6子葉が普通であるが、子葉数には変化があり分類上の根拠とするには適当でないと述べている。子葉数は種内では比較的安定しているので、種内遺伝子型間の変異は非常に小さいものと考えられ、変異性研究上の形質としてはとく

表7 子葉数の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	2.4620	0.0417	3.5127**
ブロック	2	0.3970	0.1985	
系統	19	1.3153	0.0692	
誤差	38	0.7497	0.0197	

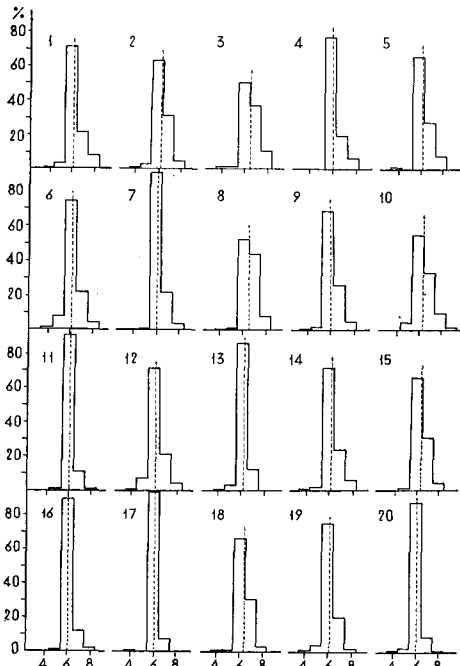


図7 子葉数のヒストグラム

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	6.27																			
2		6.40																		
3			6.57																	
4				6.23																
5					6.40															
6						6.20														
7			*				6.10													
8								6.50												
9									6.30											
10										6.47										
11			*								6.10									
12												6.23								
13			*										6.10							
14														6.33						
15															6.40					
16			*													6.13				
17			*					*									6.07			
18																		6.37		
19																			6.17	
20			*																	6.10

$D=Q. S\bar{x} = (5.36) (0.08) = 0.43$

表8 子葉数における母樹別系統間の有意差

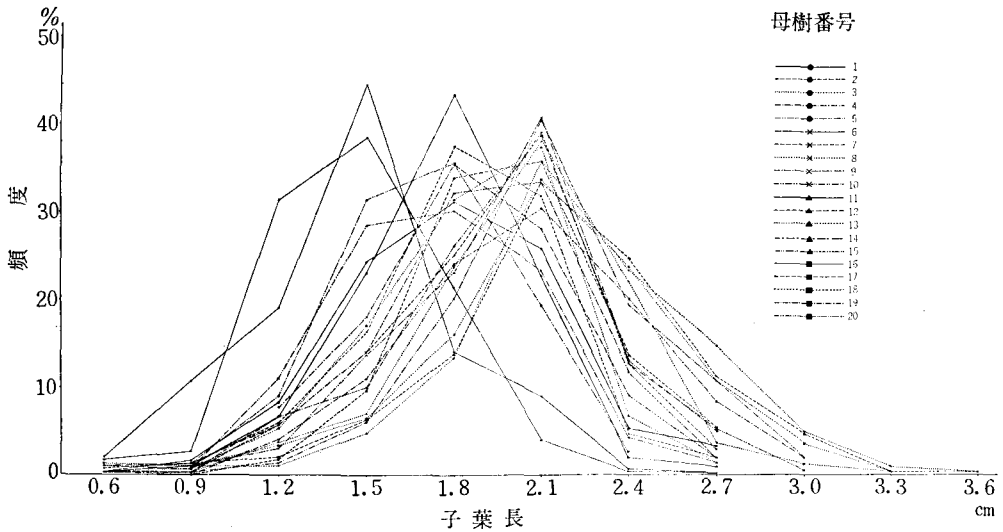


図8 子葉長の頻度曲線

に重要でないと思われる。

つぎに子葉長をみると図-8, 9に示したように系統間に変異が大きく, 分散分析の結果も系統間に有意差の認められるものが多い(表-9, 10), 子葉長は種子形成と関連して, 母樹の影響をかなり受けていると考えられるので, 本実験で認められた系統間の差異については, 母樹の After effect

表9 子葉長の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	2.6213	0.0444	
ブロック	2	0.0138	0.0069	
系統	19	2.1798	0.1147	
誤差	38	0.4277	0.0113	10.1504**

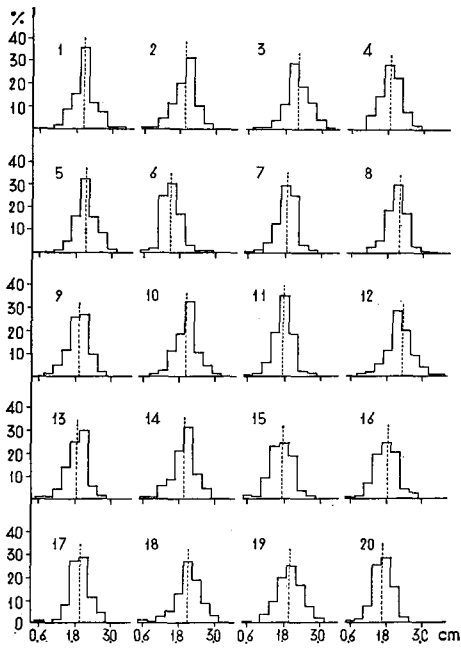


図9 子葉長のヒストグラム

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2.07																			
2		1.93																		
3			2.24																	
4			*	1.86																
5					2.13															
6	*	*	*	*		1.48														
7			*				1.85													
8				*	*	*		2.18												
9			*		*	*			1.91											
10					*	*				2.00										
11		*	*	*	*	*					1.78									
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		2.29								
13		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1.88							
14				*	*	*	*	*	*	*	*	*		1.97						
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1.74					
16		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		1.84				
17					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		2.00			
18					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		2.12		
19					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		2.05	
20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1.72

$D=Q, S\bar{x} = (5.36) (0.06) = 0.32$

表10 子葉長における母樹別系統間の有意差

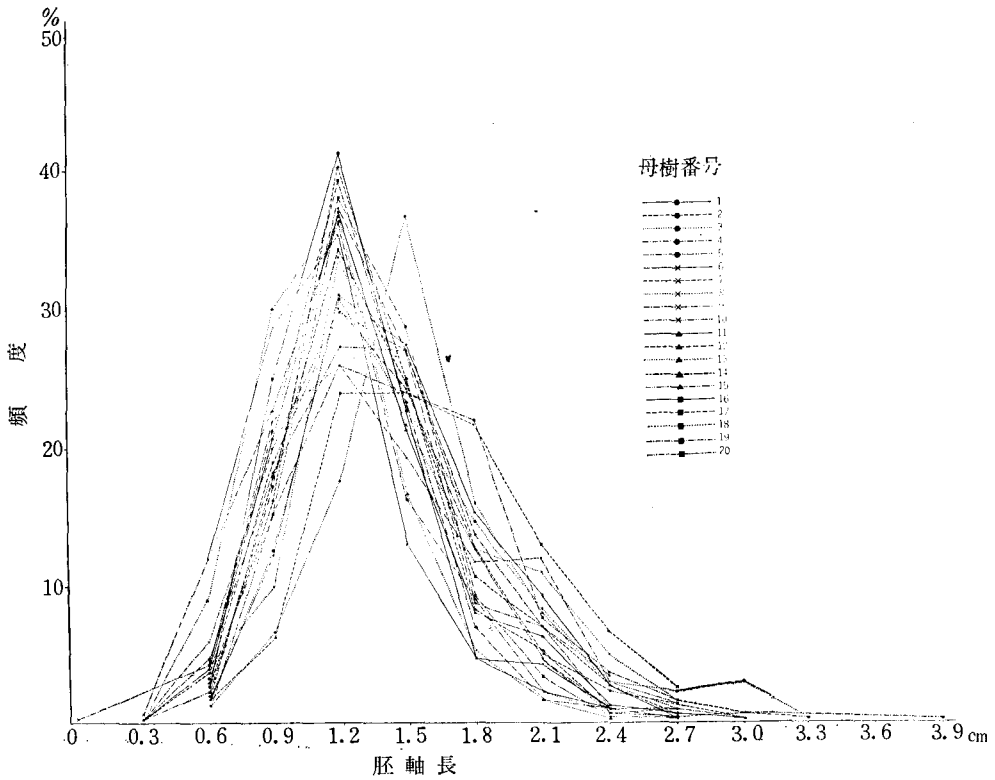


図10 胚軸長の頻度曲線

をも考慮する必要がある。

胚軸長は図-10に示したような変異を示し、図-11をみると各系統内における胚軸長が平均値より短

かい方にかたよっている系統が多い。分散分析の結果は表-11のように5%水準で系統間に有意差が認められたが、各2系統間の検定ではいずれも有意の差がなかった註。

本葉形成所要日数は図-12に示したように本葉形成の期間が相当長い、したがって変異も大きい。このことは図-13の各母樹別系統のヒストグラムをみてもわかるように比較的早い時期に本葉

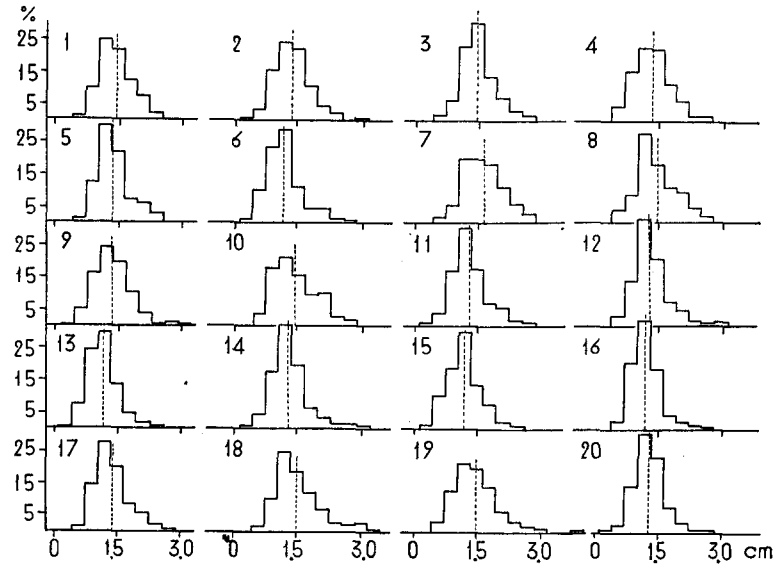


図11 胚軸長のヒストグラム

表11 胚軸長の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	1.8180	0.0308	2.0340*
ブロック	2	0.0165	0.0083	
系統	19	0.9083	0.0478	
誤差	38	0.8932	0.0235	

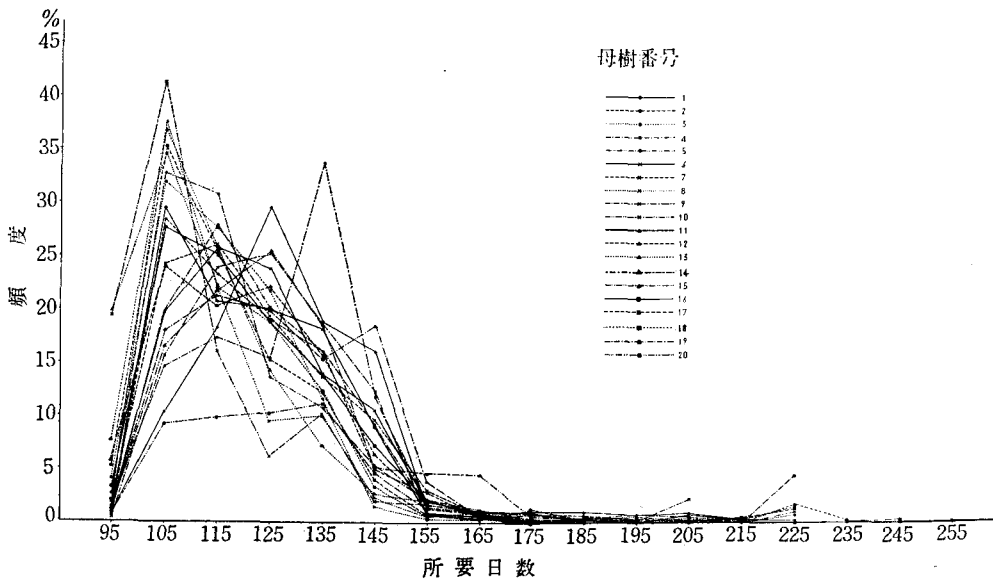


図12 本葉形成所要日数の頻度曲線

註) 分散分析の結果では微少の差で有意差が認められ、Tukey の検定で系統間に有意差が認められないことは、2系統間の標準誤差を分散分析の平均誤差から求めるために生ずる誤差による。

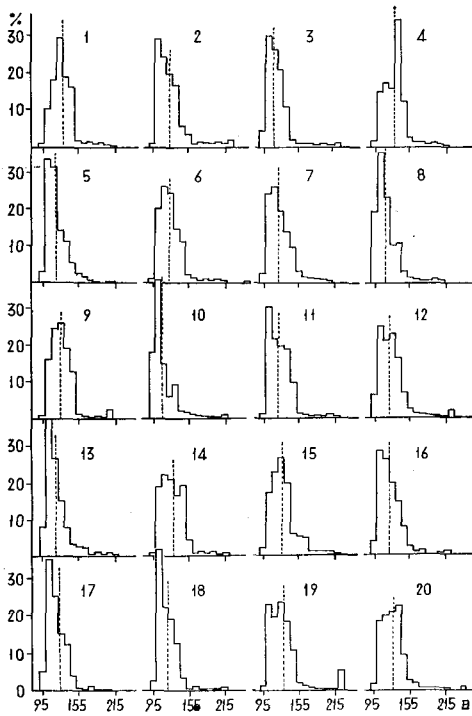


図13 本葉形成所要日数のヒストグラム

表12 本葉形成所要日数の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	5208.8498	88.2856	2.2203*
ブロック	2	1798.3403	899.1701	
系統	19	1794.2631	94.4349	
誤差	38	1616.2464	42.5328	

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	128.7																			
2		124.1																		
3			116.7																	
4				126.9																
5					116.7															
6						128.9														
7							123.3													
8								114.7												
9									126.5											
10										112.3										
11											124.7									
12												123.3								
13													117.5							
14														124.5						
15															122.6					
16																120.7				
17																	118.7			
18																		119.8		
19										*									132.8	
20																				131.7

$D=Q. S\bar{x} = (5.36) (3.77) = 20.21$

表13 本葉形成所要日数における母樹別系統間の有意差

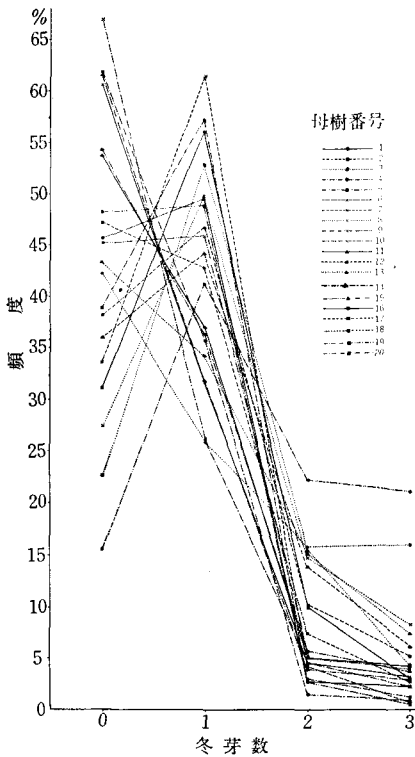


図14 冬芽数の頻度曲線

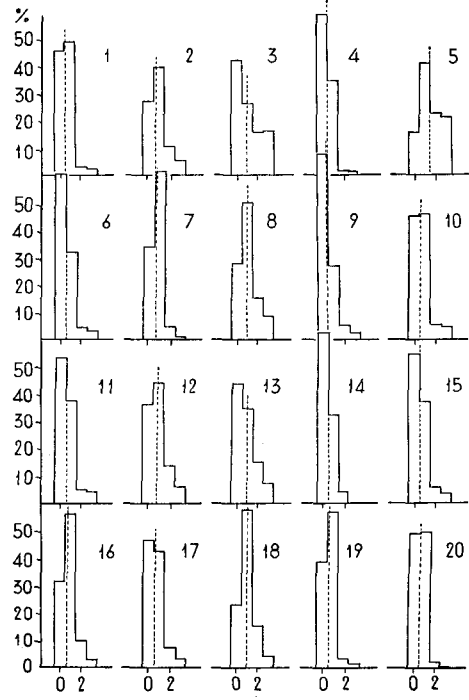


図15 冬芽数のヒストグラム

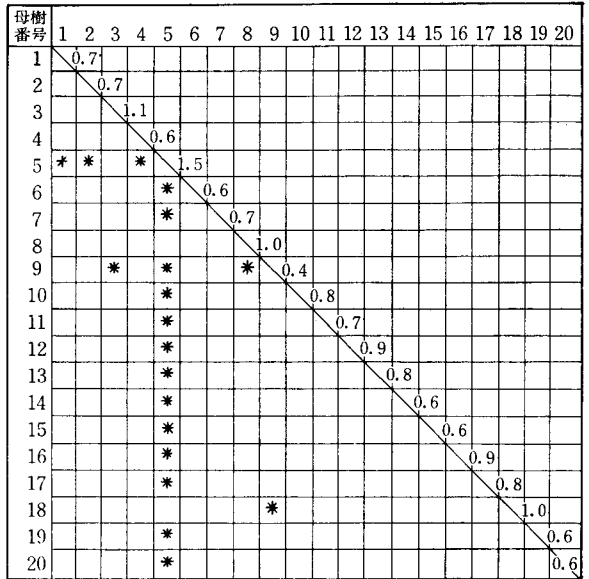
を形成する系統と、遅くなって形成する系統があり、傾向としてNo. 2, No. 3, No. 5, No. 7, No. 8, No. 10, No. 13, No. 16, No. 17, No. 18が前者に属して圧倒的に多く、わずかにNo. 4とNo. 20の系統が後者に属している。また、その他の系統は比較的長い期間にわたって本葉を形成し、精英樹No. 19は遅くなって再び多くの本葉を形成している。系統間の有意差は表-12に示したように5%水準で有意であり、各2系統間の差はNo. 10とNo. 19の間だけで有意であった(表-13)。

冬芽数の変異は図-14に示したようにポワソン分布の傾向を示し、系統によって分布の様相が変っている。図-15をみると外見上冬芽を認められない苗木が多いのはNo. 3, No. 4, No. 6, No. 9, No. 11, No. 13, No. 14, No. 15およびNo. 17の9系統であり、その他の11系統は反対に冬芽をもつ苗木の方が多くなっている。系統間の差の検定結果は表-14および表-15に示すように差の有意性が高かった。

1年生苗高は図-16および図-17に示したとお

表14 冬芽数の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	5.9794	0.1013	
ブロック	2	1.1464	0.5732	
系統	19	3.7660	0.1982	
誤差	38	1.0670	0.0281	7.0534**



$$D = Q. Sx = (5.36) (0.096) = 0.51$$

表15 冬芽数における母樹別系統間の有意差

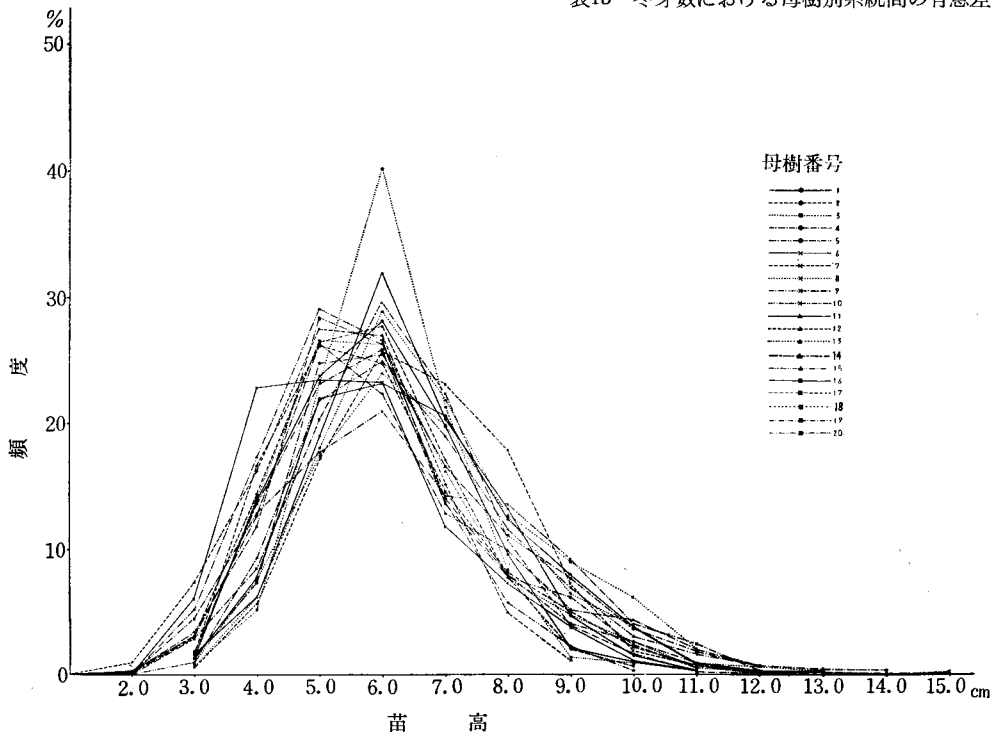


図16 1年生苗高の頻度曲線

り系統による目だった差異は認めにくく、表-17に示すように No. 8 と No. 12, No. 15 との間で有意差が認められたにすぎない。苗高は幼苗形質として非常に重要なものであるが、少なくとも1年生においてはそれほど重要視できないと考えられる。

表16 1年生苗高の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	62.2365	1.0549	
ブロック	2	41.7574	20.8787	
系統	19	12.5091	0.6584	
誤差	38	7.9700	0.2097	3.1397*

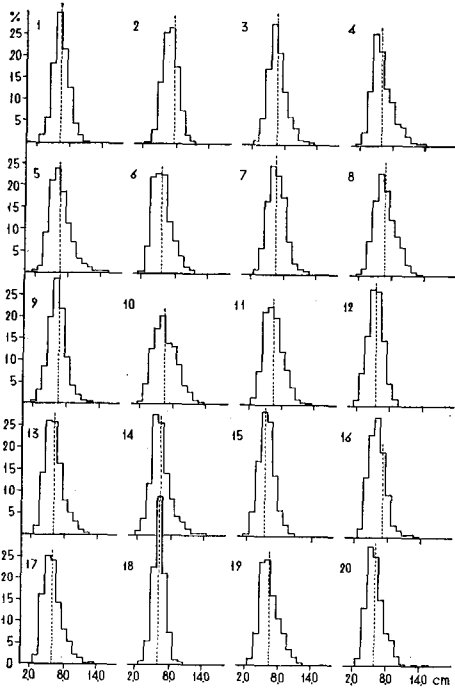


図17 1年生苗高のヒストグラム

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	6.24																				
2		5.58																			
3			6.36																		
4				6.14																	
5					6.46																
6						5.50															
7							6.55														
8								6.72													
9									6.22												
10										6.37											
11											6.19										
12								*				5.31									
13													5.84								
14														6.08							
15									*						5.28						
16																6.05					
17																	5.97				
18																		5.85			
19																			6.22		
20																				5.89	

$D=Q. S\bar{x} = (5.36) (0.26) = 1.39$

表17 1年生苗高における母樹別系統間の有意差

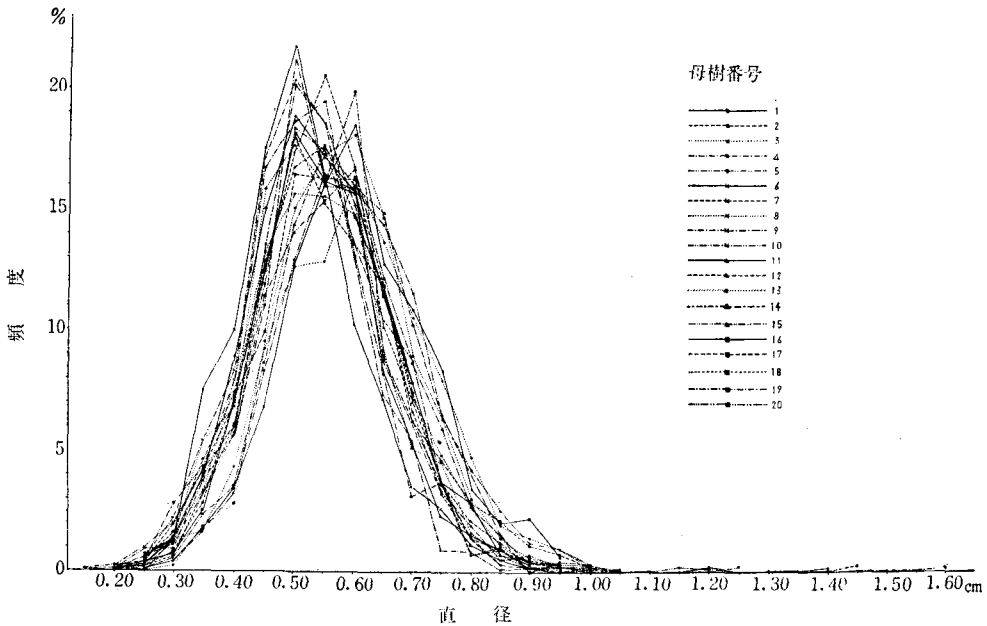


図18 2年生根元直径の頻度曲線

2年生根元直径の分布は図-18, 19に示したように系統間で大きな差異は認められない。分散分析の結果では表-18のように系統間で平均値に1%水準で有意の差があり, 表-19の差の検定ではNo. 1系統がやや太いことが認められた。

表18 2年生根元直径の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	0.1895	0.0032	2.7273**
ブロック	2	0.0907	0.0454	
系統	19	0.0578	0.0030	
誤差	38	0.0410	0.0011	

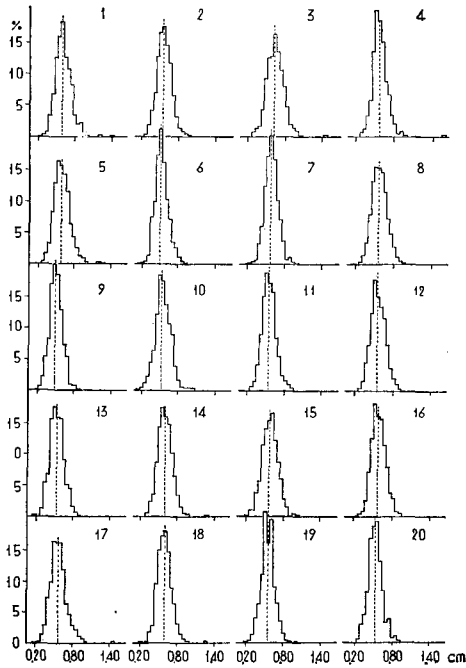


図19 2年生根元直径のヒストグラム

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	0.63																				
2	0.56																				
3		0.58																			
4			0.54																		
5				0.55																	
6	*				0.50																
7						0.56															
8							0.56														
9								0.53													
10									0.56												
11										0.52											
12											0.53										
13												0.52									
14													0.60								
15														0.55							
16															0.56						
17																0.57					
18																	0.59				
19																		0.53			
20	*																		0.51		

$D=Q. S\bar{x} = (5.36) (0.02) = 0.11$

表19 2年生根元直径における母樹別系統間の有意差

2年生苗高は主軸高と最高軸高とに分けて調査したが, 主軸高の変異は図-20と図-21, 最高軸高の変異は図-22と図-23に示したとおりである。この両者の頻度分布にはほとんど差異が認められない。

表20 2年生主軸高の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	188.1707	3.1893	2.0273*
ブロック	2	9.7471	4.8735	
系統	19	89.8167	4.7272	
誤差	38	88.6069	2.3318	

表21 2年生最高軸高の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	220.6256	3.7394	5.0011**
ブロック	2	13.6860	6.8430	
系統	19	147.8244	7.7802	
誤差	38	59.1152	1.5557	

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	19.32																				
2		15.68																			
3			17.32																		
4				17.34																	
5					18.93																
6						15.36															
7							18.05														
8								18.86													
9									15.92												
10										16.85											
11											17.23										
12												15.59									
13													16.15								
14														19.48							
15															15.34						
16																17.56					
17																	16.67				
18	*																	19.54			
19		*																	16.16		
20																				15.96	

$D=Q. S\bar{x} = (5.36) (0.72) = 3.86$

表22 2年生最高軸高における母樹別系統間の有意差

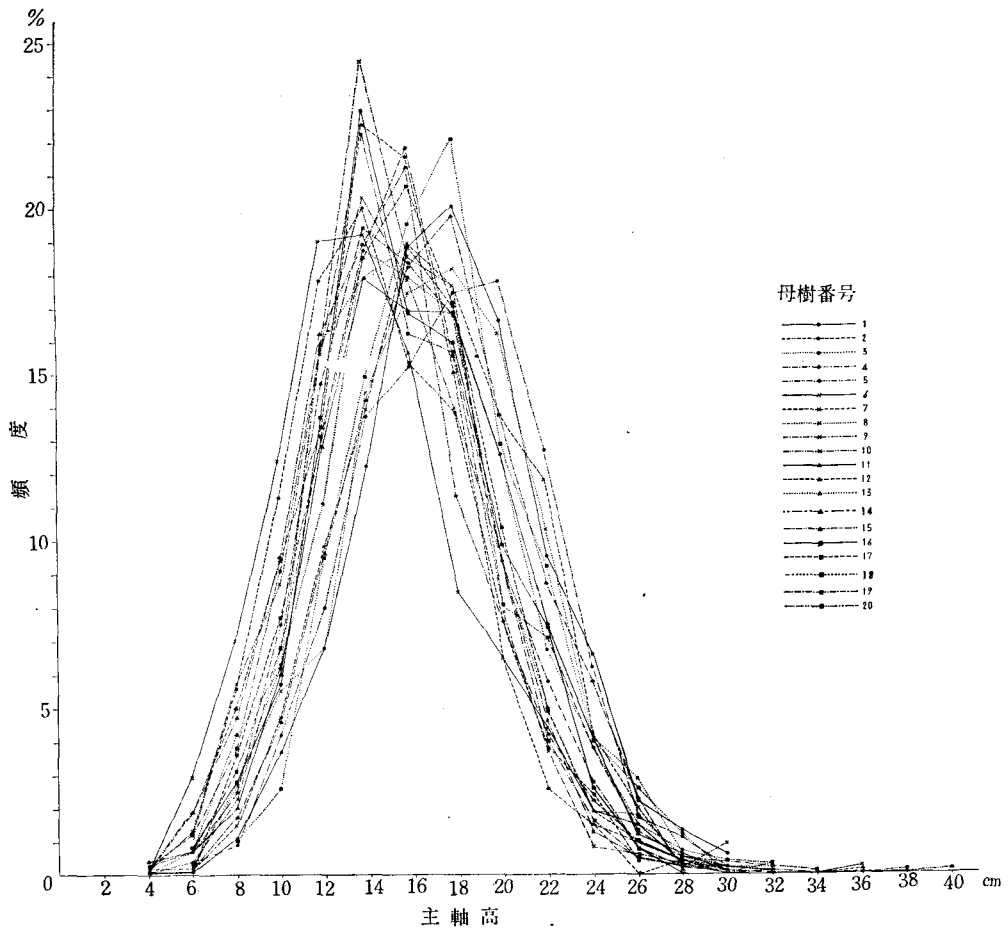


図20 2年生主軸高の頻度曲線

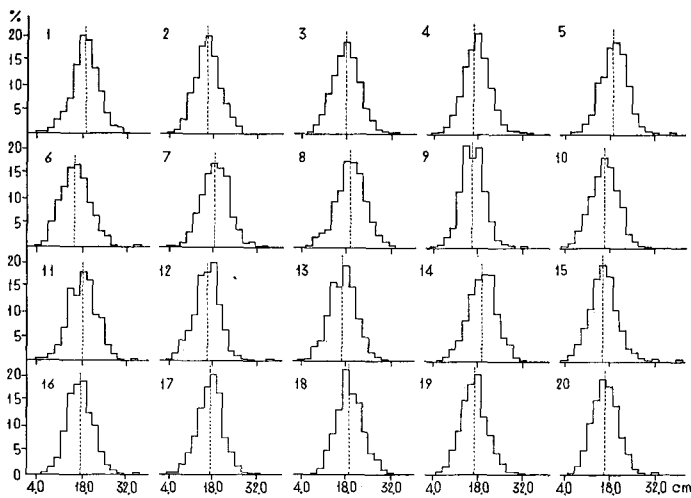


図21 2年生主軸高のヒストグラム

主軸高の分散分析の結果は表-20に示したように5%水準で系統間に有意差がみられ、各2系統間の差の検定では有意差は認められなかった。また最高軸高の分散分析では表-21のとおり1%水準で有意性が認められたが、表-22のように各系統間の差では有意差のある系統 No. 18 が認められたにすぎない。

2年生枝数の変異は図-24、図-25および表-23に示したように、系統間に大きい差は認められなかった。

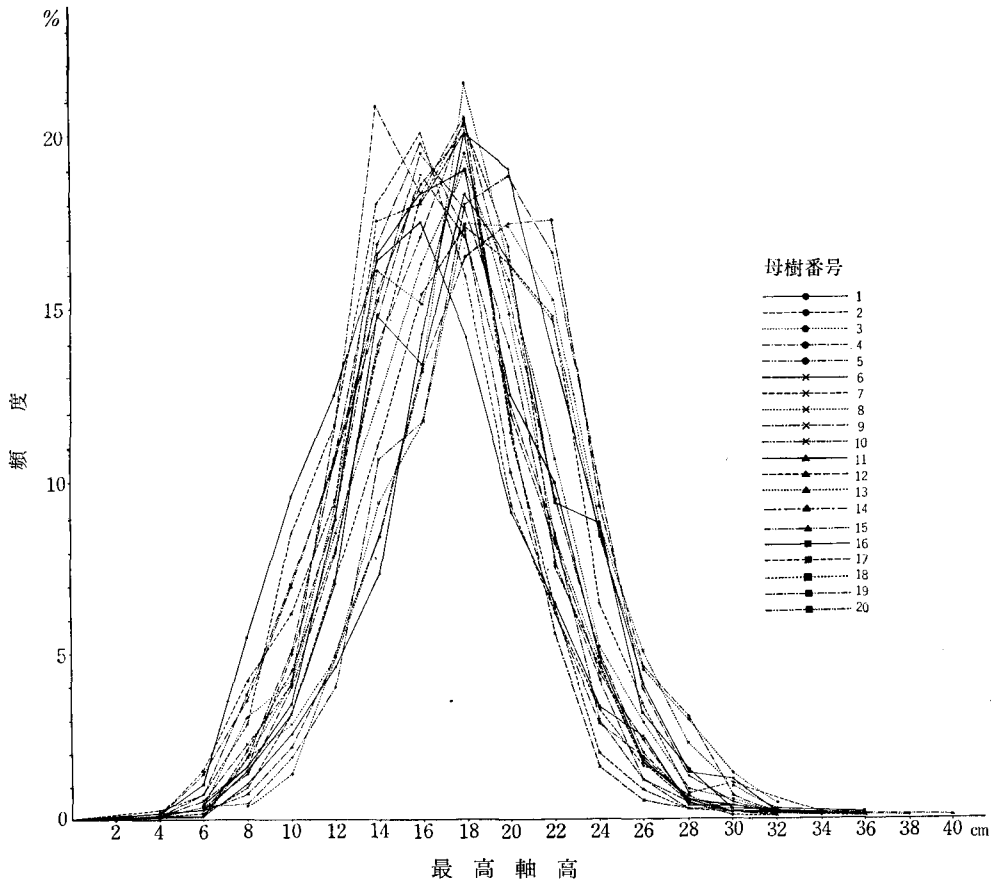


図22 2年生最高軸高の頻度曲線

つぎに3年生における各形質の変異であるが、根元直径の変異は図-26に示したような頻度分布となり、各系統のヒストグラムも図-27のようにとくに顕著な差は認められない。系統間の分散比も表-24のように5%水準で有意であったにすぎない。

1年生および2年生においては苗高に関しては系統間の差異は顕著ではないが、3年生苗高は図-28および図-29に示したような差異がみられ、表-25の分散分析では系統間の分散比は有意性が高く各系統間の差も表-26のようになり認められた。

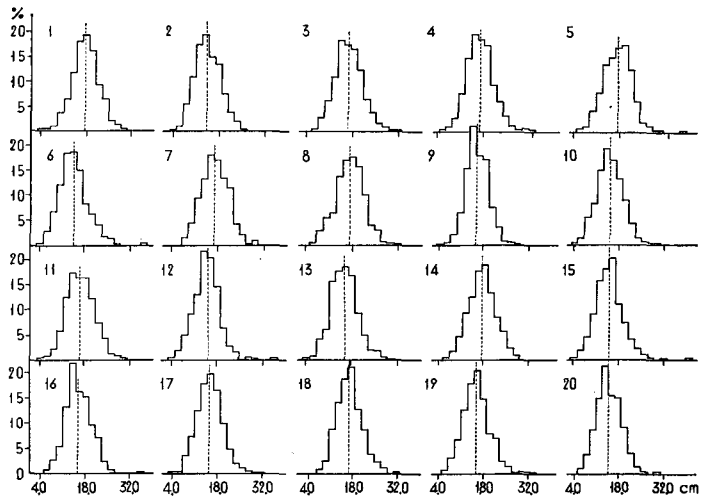


図23 2年生最高軸高のヒストグラム

3年生枝数では2年生の枝数と同じように大きな差異はなく、図-30と図-31のような頻度分布およびヒストグラムを示し、表-27のように分散分析でも分散比に有意性はなかった。枝数は材質との関

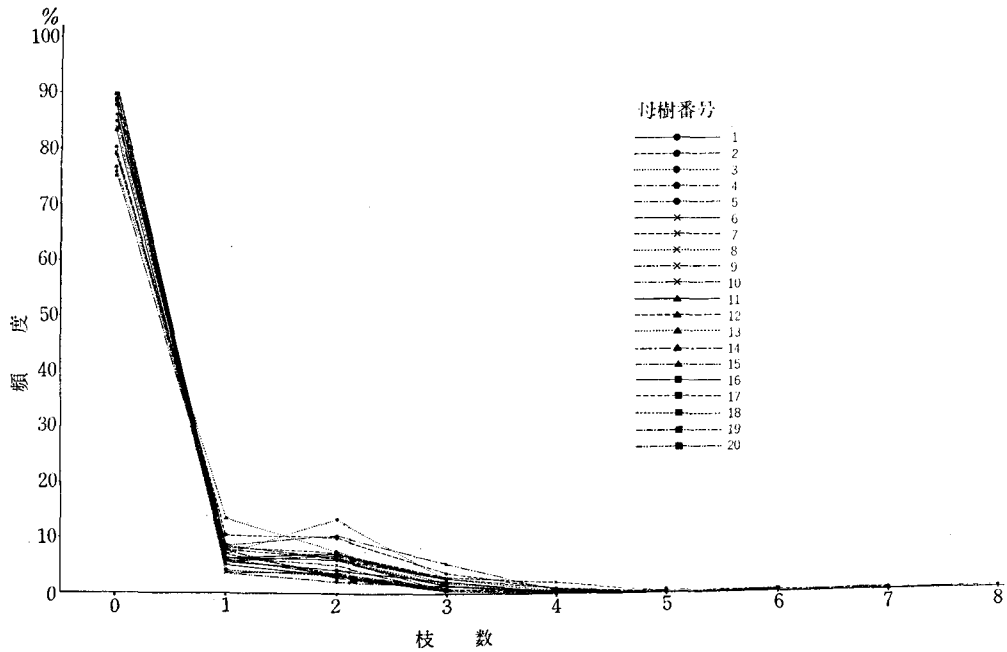


図24 2年生枝数の頻度曲線

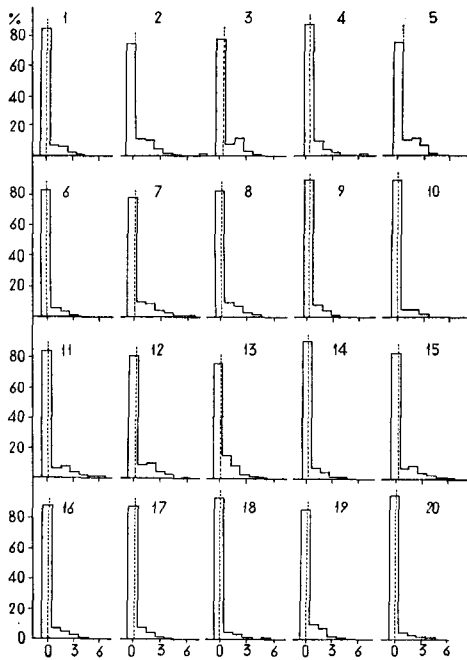


図25 2年生枝数のヒストグラム

係が大きいのでアカマツの育種においても重要と思われる、今後はさらに解剖学的観察によって分枝機構を確かめながら、遺伝、育種学的検討を加えていく予定にしている。

表23 2年生枝数の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	2.2000	0.0373	1.9729
ブロック	2	0.2517	0.1259	
系統	19	0.9667	0.0509	
誤差	38	0.9816	0.0258	

表24 3年生根元直径の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	0.2580	0.0044	1.9355*
ブロック	2	0.0266	0.0133	
系統	19	0.1147	0.0060	
誤差	38	0.1167	0.0031	

表25 3年生苗高の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	1635.3720	27.7182	4.2699**
ブロック	2	793.1240	396.5620	
系統	19	573.5840	30.1886	
誤差	38	268.6640	7.0701	

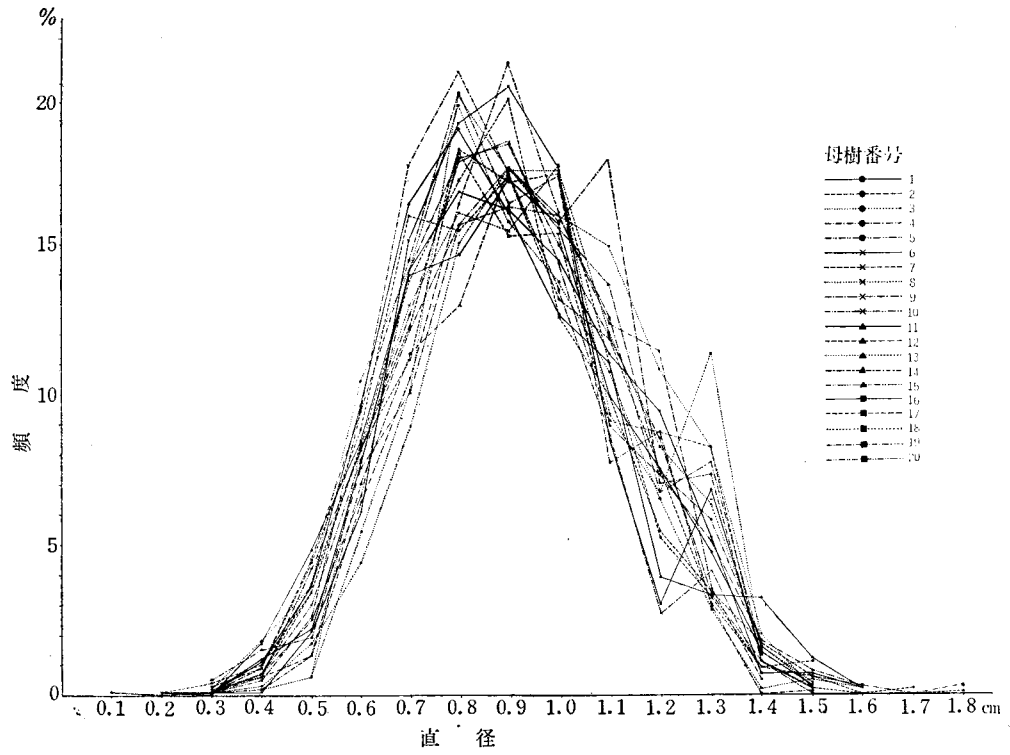


図26 3年生根元直径の頻度曲線

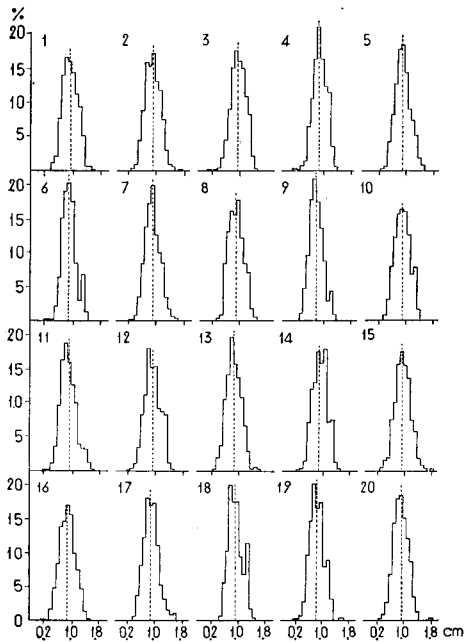


図27 3年生根元直径のヒストグラム

母樹番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	45.3																				
2		40.4																			
3			42.9																		
4				45.7																	
5					43.1																
6						39.4															
7							45.1														
8								40.3													
9									39.5												
10										41.5											
11											41.0										
12												37.5									
13													41.1								
14							*	*	*					48.1							
15															*	39.3					
16																*	39.5				
17																		*	40.1		
18												*								46.6	
19			*										*						*	37.1	
20	*			*										*							37.0

$D = Q. S\bar{x} = (5.36) (1.54) = 8.25$

表26 3年生苗高における母樹別系統間の有意差

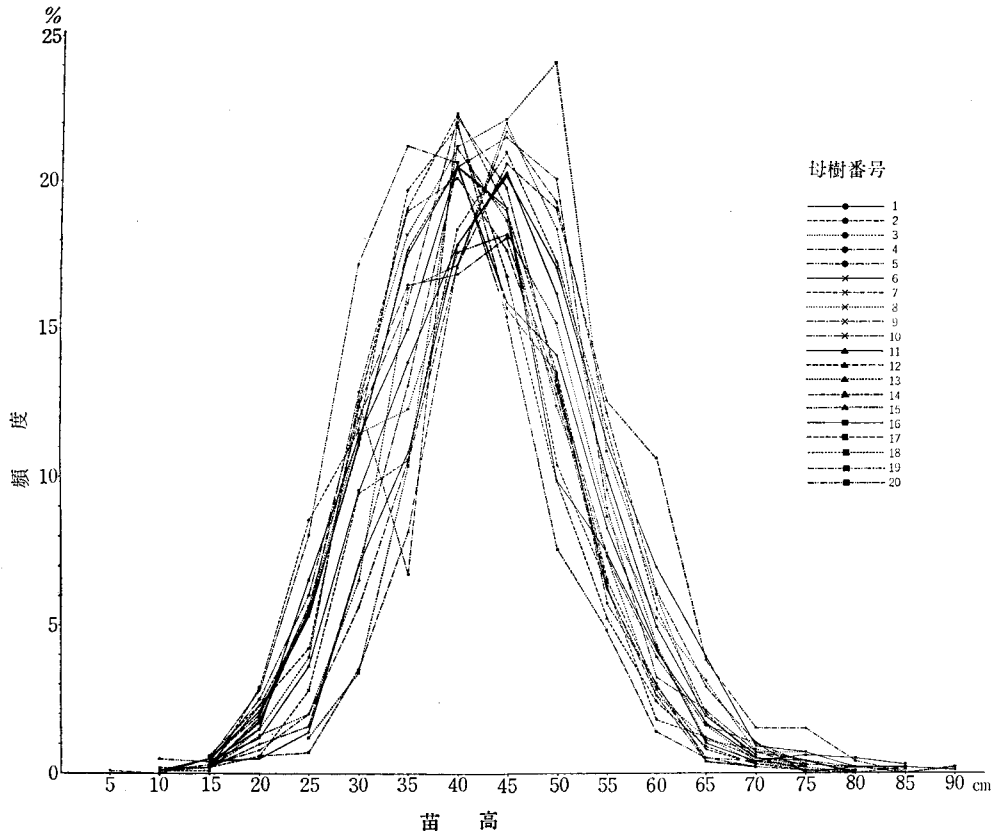


図28 3年生苗高の頻度曲線

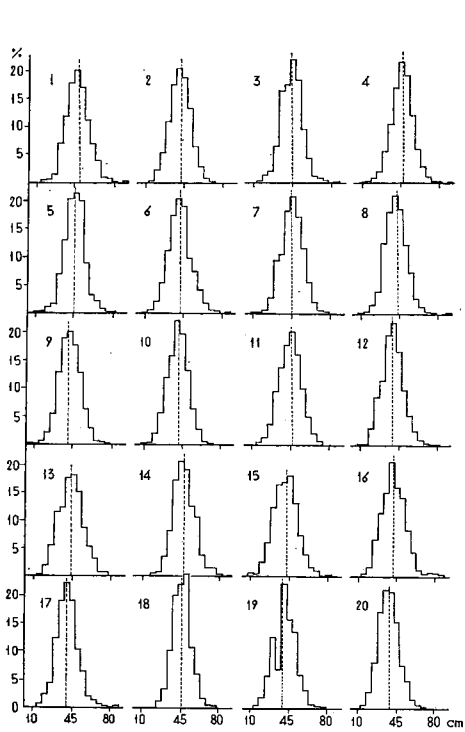


図29 3年生苗高のヒストグラム

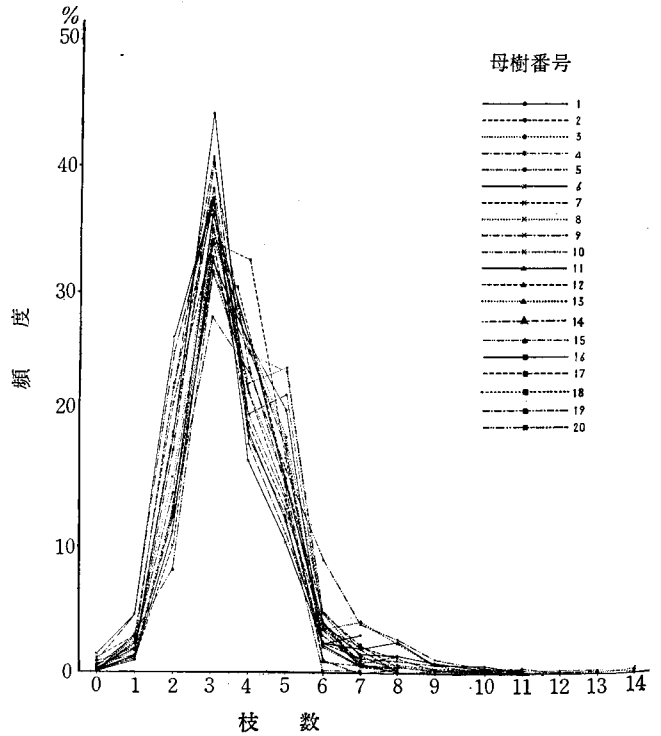


図30 3年生枝数の頻度曲線

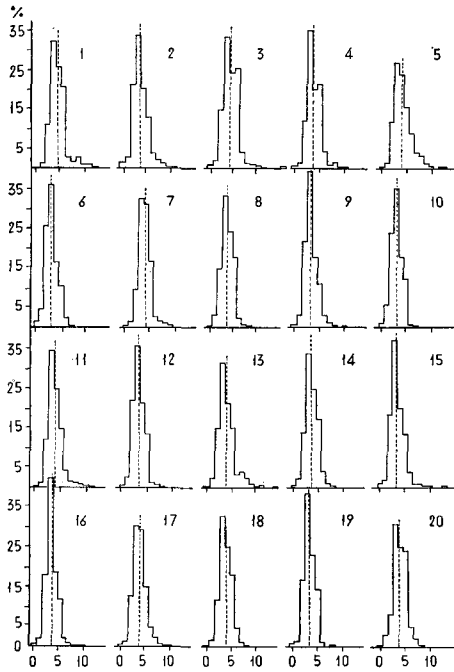


図31 3年生枝数のヒストグラム

表27 3年生枝数の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
全体	59	9.5019	0.1610	
ブロック	2	0.7374	0.3687	
系統	19	3.5219	0.1854	
誤差	38	5.2426	0.1380	1.3435

C. 各形質の相関

つぎに以上の各形質について相互関係をみるために相関係数を計算した結果は表-28に示したとおりである。子葉数は他の形質と相関係数は正と負の値を示すものがほぼ半数ずつになっているが、いずれも有意差は認められなかった。つぎに子葉長に関する相関係数は胚軸長との間が有意で、その他はいずれも有意差は認められないが、本葉形成所要日数と3年生枝数とのものが負、他はすべて正の傾向を示している。

胚軸長と他の形質との相関係数は3年生枝数との間だけが負の値を示し、他はすべて正の傾向があり、胚軸長と子葉長、主軸高との間に有意の相関が認められた。

本葉形成所要日数はいままでの形質と異なつて、これと生長に関係ある他の諸形質との相関係

表28 各形質の相互関係

子葉数	子葉長	胚軸長	本葉形成所要日数	冬芽数	1年生苗	1年生高	2年生直	2年生主軸高	2年生最高軸高	2年生枝数	3年生直	3年生高	3年生枝数
数	0.3232												
長	0.1747	0.5243*											
軸長	-0.0517	-0.0259	0.0021										
本葉形成所要日数	0.0229	0.3814	0.0068	-0.5785**									
芽数	-0.0849	0.1170	0.0200	-0.6394**	0.4156								
1年生苗	0.1176	0.3384	0.1672	-0.4164	0.0334	0.6695**							
2年生苗	-0.0113	0.2095	0.7861***	-0.2371	0.3225	0.4474*	0.3771						
2年生主軸高	-0.0048	0.2804	0.2295	-0.3305	0.4989*	0.5560*	0.5227*	0.9439***					
2年生最高軸高	-0.2248	0.1118	0.2236	-0.2519	0.1703	0.2183	0.2369	0.0424	0.0591				
3年生苗	0.2772	0.3617	0.0305	-0.1943	0.2173	0.4317	0.6320**	0.4122	0.5380*	0.2155			
3年生直	0.1846	0.1579	0.0201	-0.3953	0.1748	0.6431**	0.8263***	0.3712	0.5513*	0.2918	0.7949***		
3年生枝数	-0.1288	-0.0193	-0.0347	0.1629	0.1444	0.0721	0.0877	0.5412*	0.3770	-0.0252	-0.1162	0.0287	

* 5%水準で有意 ** 1%水準で有意 ***0.1%水準で有意

数はほとんどが負の傾向を示し、冬芽数および1年生苗高と高い相関が認められた。これらの相関は今後アカマツの遺伝、育種学的研究を進めていく上に重要な指標となることが考えられる。このことは第1報¹⁾で論議したように Boysen Jeasenの従属栄養期と独立栄養期との関係も考えられることである。

冬芽数の相関係数は本葉形成所要日数とのものが負の値を示し、他はすべて正の傾向が認められ、本葉形成所要日数と最高軸高との相関係数には有意性が認められたが、枝数とは有意の相関が認められなかった。1年生苗高と他の形質との相関係数はほとんどが正の傾向があり、本葉形成所要日数、2年生苗直径、主軸高、最高軸高および3年生苗高と高い相関関係が認められた。著者の一人である岡田の研究では樹高成長などで年次間の相関をみると1年生の苗高との相関は年齢とともに急速に低くなっていくことが認められているが(岡田未発表)、本研究の苗高では3年間に於ける年次相関はかなり高いといえる。

つぎに2年生直径であるが、これも本葉形成所要日数をのぞけばすべて正の相関係数で、1年生苗高、最高軸高、3年生直径、3年生苗高と高い相関関係が認められた。主軸高もほとんどの相関係数が正の傾向があり、胚軸長、1年生苗高、最高軸高、3年生枝数との相関係数に有意性があつた。最高軸高は主軸高と非常に似た傾向をもち、冬芽数、1年生苗高、2年生直径、主軸高、3年生直径、3年生苗高と高い相関があつた。2年生枝数は子葉数、本葉形成所要日数、3年生枝数との相関係数は負の値を示し、その他の形質との間ではいずれも正の傾向にあつたが有意性はみられなかった。3年生直径は正の値を示す相関が多く、2年生直径、最高軸高、3年生苗高との相関に有意性が認められた。3年生苗高は本葉形成所要日数をのぞいたすべての形質との間に正の値を示す相関係数をもち、1年生苗高、2年生直径、最高軸高、3年生直径との相関に有意性が認められた。3年生枝数は負の相関関係が多く、わずかに主軸高との相関係数が有意であつた。

近年林木の育種研究では実験材料が吟味されるようになり、在来種、クローンおよび母樹別実生系統などが実験に用いられることが多くなつた^{9)~10)10~14)}。しかしアカマツについて母樹の選抜効果を目的として幼苗形質を調べたものは少ない。ツシママツの母樹別家系を用いて幼苗期の表現型形質を調べた本研究では諸形質中母樹系統間にかなり顕著な差を示す形質も2, 3認められたが、研究の主目的のひとつである母樹選抜の効果を検定する資料としては未だ不十分である。一方、母樹系統の中に含まれる2本の精英樹の系統も他の系統との間にあまり形質の差を示さなかつた。このことから、幼苗形質のみでその母樹が精英樹であるか否かを判定することは困難であることがうかがえる。しかし幼苗の形質は成木時形質との相関をみるために重要であり、今後の生育過程および成木期の形質と対照比較することにより、幼苗期の形質に関するこれらの資料が、優良木選抜の早期検定に役立つことが十分期待される。

引用文献

- 1) 吉川勝好, 岡田幸郎: ツシママツの遺伝と育種に関する研究 第1報 母樹間におけるタネの形質と発芽の差異, 京大演報, 37, 77~101, (1965)
- 2) 沢江正晴, 遠山富太郎, 板根肇: アカマツ樹形改善に関する研究(Ⅲ), 75回 日林講, 297~299, (1964)
- 3) —, —, 上田信良: アカマツ樹形改善に関する研究(Ⅱ), 75回 日林講, 293~296, (1964)
- 4) 畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎訳: スネデッカー, 統計的方法, 岩波, 東京, (1966)
- 5) 石井盛次: マツ属植物の基礎造林学的研究, 特にその分類学的ならびに地理学的考察, 高知大農紀要, 19 (3), (1968)
- 6) 大庭喜八郎, 岡田幸郎, 塩田勇, 武藤淳, 岡本敬三: 林木の変異に関する研究 (I) 母樹別産地別のアカマツおよびクロマツ幼苗の肥料反応について, 日林誌, 40 (7), 363~371, (1965)

- 7) —, —, —, —, —, (II) : 母樹別のスギ幼苗の肥料反応について, 日林誌, 40(12), 438~443, (1965)
- 8) 岩川盈夫, 渡辺操, 佐藤享, 三上進, 井沼正之, 貴田忍 : アカマツの母樹別自然交配家系における諸形質の遺伝性, 林試研報, 207, 31~67, (1967)
- 9) 岡田幸郎 : 林木における量的形質の遺伝 林業科学技術振興所, 東京, (1966)
- 10) Ehrenberg, C. E. : Genetic variation in progeny test of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Studia Forestalia Svecica, 10, 1~137, (1963)
- 11) Wright, J. W. : Geographic variation in European black pine two-year results. For. Sci., 8, (1), 32~42 (1962)
- 12) Wright, J. W. & Bull, W. I. : Geographic variation in Scotch pine. Silvae Genetica 12, 1~25, (1963)
- 13) Wright, J. W. : Genetic variation among 140 half-sib Scotch pine families derived from 9 stands. Silvae Genetica, 12 (3), 83~89, (1963)
- 14) Wells, O. O. : Geographic variation in ponderosa pine, Silvae Genetica, 13 (4) 89~103, (1964)

Résumé

This work was carried out to investigate variation in the seedlings within or among the half-sib families obtained from twenty mother trees of *Pinus densiflora*, local variety Tsushima-matsu. One- to three-year-old seedlings grown in the nursery of Kyoto University Forest were used for this purpose.

As characters for investigation the followings were chosen : number and length of cotyledonary leaves, length of hypocotyl, days for appearance of adult-form leaves, number of winter buds, growth height, length of main axis, number of branching, main-stem diameter at the base (soil level), wintering form of the top part, and so forth. Results obtained were as follows.

1) Depending on the state whether the young shoot(s) of the top developed adult-form leaves or not, the wintering form of two-year-old seedlings could be classified into three, *i.e.*, adult-, partially juvenile- and juvenile-form. The proportion of seedlings belonging to these forms becomes smaller in the above-stated order, and significantly differs among the half-sib progenies. Several types were also distinguished in the wintering form of the top part of three-year-old seedlings, but remarkable difference among half-sib families was not discernible in regard to the appearance ratio of such variations.

2) Amount of variation within or among the half-sib families differed much or less in each observed quantitative character. Branching number of the three-year-old seedlings had maximum coefficient of variation, *i.e.* from 31.72 to 45.61, though the distribution somewhat resembled Poisson's. Minimum coefficient of variation was found in the number of cotyledons, *i.e.* from 5.74 to 10.16. Length of cotyledon and number of days for appearance of adult-form leaves had also small variation.

By analysis of variance, it was recognized that some characters had significant difference among the half-sib families. Above all, number and length of cotyledonary leaves, number of winter buds and height of the three-year-old plants showed statistically significant differences in many combinations of two progenies. These characters might be useful for studies on quantitative genetics and breeding of forest trees.

3) Characters of the two half-sib families, which obtained from the trees chosen as "elite", showed no conspicuous differences as compared with those of the other eighteen families.

4) Correlations between characters were varied according to the characters examined, and the partners which showed significant correlation were considerably few. There were positive correlations between height or diameter growth and some of the other characters. Between length of hypocotyl and length of main stem, length of main stem and growth height of plant, stem diameter of the two-year-old seedlings and growth height of the three-year-old ones, stem diameter and growth height in the three-year-old seedlings, the correlations were significant at 0.1 % level.