

精英樹の非選抜形質に
ついての育種効果の推定

精英樹の非選抜形質についての 育種効果の推定

I 試験担当者

生物機能開発部遺伝科集団遺伝研究室

明石孝輝

II 要旨

スギの幹と枝の諸形質についての広義の遺伝率を推定し、その選抜効果を推定した。また、これら諸形質相互の遺伝相関、環境相関、表現型相関を求め、選抜時に留意すべき点を考究した。材の密度に関する諸形質についても遺伝率と遺伝相関を求め同様な情報を得た。スギの着花性については、一般種苗で育成された地スギの着花量が、精英樹系統の着花量より多いことを認め、この原因として地スギの育苗に用いた種子が開花量の多い個体から採取されたためと判断され、その開花に関する選抜効果のあることを確認した。また、スギ開花量と雪害による根元曲がりのについては、精英樹クローン検定林と実生家系の次代検定林からデータを得、クローンと実生で共通に植栽された系統の平均値を求め、前者を親、後者を子供とみなした親子相関から、選抜効果を確認した。

III 試験目的

精英樹選抜による育種は主に、生産量に重点がおかれ実行された。しかし、その後、材質や諸被害に対する抵抗性が重視されるようになり、その育種効果についての情報が必要となった。また、スギの雄花着性については、花粉アレルギーの問題が生じ、その対策として花粉生産量の少ないスギの育種が重要視されるようになり、その情報が必要となった。本研究では、その一端として、スギの枝の諸形質や材質、また雪害に基づく根曲がり抵抗性及び雄花着性について選抜育種による効果を推定することとした。

1. スギの幹と枝の諸形質についての選抜効果

スギの精英樹選抜において、成長量が重視されたが、枝の諸形質が無視されて実行されたわけではない。すなわち、枝張りの狭いほうが単位面積当りの成立本数が多くなることから、成長がよく枝が小さく短い個体が選抜された。しかし、当時は枝の諸形質が、どのような大きさに遺伝的支配を受けているのか明らかにされておらず、また、幹の成長と枝の諸形質との関係や、枝の諸形質相互の関係が、遺伝的あるいは、環境的にどのように支配されているか明らかでなかった。本試験ではスギサシキ22クローンをを用いて、植栽密度を変えて設定した試験地の13年生のデータを用い、枝の諸形質の広義の遺伝率、関連した

幹の成長形質の広義の遺伝率を求め、その選抜効果を推定し、さらにそれら形質相互の遺伝相関、環境相関、表現型相関を求め選抜時に留意すべき事項についての情報を得た。

1) 材料及び方法

植栽材料は、1970年春、関東林木育種場のスギ採穂圃から採穂し、サシキ増殖した22クローン（表1）である。

表1 供試クロンのプロットごとの植栽本数と林縁への植栽本数

クローン番号	クローン名	植栽本数	林縁への植栽本数		高密度区でデータを得たクローン（○印）
			反復 1	反復 2	
1	長野5号	36	2	2	
2	坂下2号	36	2	2	○
3	喜多方1号	36	2	2	○
4	郷台1号	36	2	2	○
5	若松2号	36	2	2	
6	那珂6号	36	2	2	○
7	大井6号	36	2	2	○
8	勢多3号	36	2	2	○
9	大月4号	36	2	2	
10	新治3号	36	2	2	○
11	多賀5号	36	2	2	
12	久慈8号	36	2	2	○
13	武儀8号	36	2	2	○
14	南那珂5号	36	1	2	○
15	新治2号	36	2	2	○
16	上郷賀1号	36	2	2	○
17	東白川10号	36	2	2	○
18	武儀4号	36	2	1	○
19	南会津5号	36	2	2	
20	石川署5号	36	2	1	○
21	大月1号	36	2	2	
22	今市2号	36	1	2	○

各苗木は1971年春、農林水産省林業試験場赤沼試験地苗畑で養苗し、1972年春同試験地内に次に述べるような配置で定植した。植栽密度を3段階（1.8m, 1.4m, 1.0mの正方形）にとり、2反復を設けたので6プロットとなった。以下、この密度別を低密度区、中密度区、高密度区と呼ぶ。各プロットの大きさは12行×11列であり、その中に22クロンの各6個体を単木混交で植栽した。各プロット内の個体配置は、同一クロンが隣接しないようにし、また、林縁に配置される個体が、特定クロンにかたよらないように留意した。また、このクロン別の個体配置は同一反復内の異密度区間は共通として、反復によって異なる配置とした。

定植後、13年を経過した1984年秋に、各プロットについて、林縁を除く個体の中から、クローンごと2個体ずつを伐採し、所用のデータを収集した。しかし、高密度区では、す

でに植栽後7年目より林分閉鎖により枯損個体が生じ始めており、試料の得られないクローンがあった。従って、低、中密度区については22クロンのデータについて、高密度区については16クロンのデータについて分析した。

測定形質は、樹高、1.2m位置直径（A）、3.2m位置直径（B）、枝張り、枝の長さ、枝の太さ、枝の角度、枝の数であるが、これら諸形質のデータは、直接分析に用いた場合と、2形質間の組合せで、違った特性を表現するように変換して用いた。以下に、測定方法と、データ変換について説明する。

樹高：伐倒後巻尺で測定。

幹の直径：1.2m位置直径（胸高直径）と3.2m位置直径を直径巻尺で測定。

完満度：胸高直径より、3.2m位置直径を差し引き、その値を2で除し、1m当りの直径減量値を求める。この減量値を全データについて求め、これを従属変数として、胸高直径を説明変数とした回帰式を求める。この回帰式から推定される個々のデータの推定値と、実測値（直径減量値）との差を胸高直径の大きさに修正された完満度とした。

枝下高：巻尺による測定。

枝張り：伐倒した状態で最大樹冠幅を巻尺で測定。

枝の長さ：上位3大枝の長さを巻尺で測定した3個のデータの平均値。

枝の太さ：上位3大枝について、各枝の付け根より、10cmの位置の直径をノギスで測定した3個のデータの平均値。

枝の角度：上位3大枝について、各枝の付け根から、幹と枝の両者の先端方向の30cm位置の点同士を結んだ弦の長さ（図1）を物差しで測定した3個のデータの平均値。

枝の数：最下部の枝から上部、1m範囲の枝の数。

各クロンの諸形質が植栽密度により、どのように変化したかについて分析した結果はすでに報告した¹⁾。従って、その他の事項について報告する。

各形質についての遺伝率、遺伝相関ともに密度別に求めた。遺伝率は、反復とクロンを要因とした2元分類の分散分析から求めた。遺伝相関は、この分散分析と、2形質をデータとした同じ要因の2元分類の共分散分析とにより求めた。その計算過程は次のとおりである。

形質xの2元分類の分散分析の平均平方の期待成分と、形質xと形質yについての2元分類の共分散分析の平均積和の期待成分は表2のとおりである。これらの分析から得られたクロン内個体分散（ σ_{ex}^2 , σ_{ey}^2 ）、クロン間分散（ σ_{cx}^2 , σ_{cy}^2 ）、クロン内個体共分散（ $\text{cov}(WxWy)$ ）、クロン間共分散（ $\text{cov}(CxCy)$ ）を用いて次のように形質xの遺伝率 h^2 、形質xと形質yの遺伝相関（ r_{exy} ）、環境相関（ r_{oxy} ）、表現型相関（ r_{oxy} ）を求めた。

$$h^2 = \sigma_{cx}^2 / (\sigma_{cx}^2 + \sigma_{ex}^2)$$

$$r_{oxy} = \text{cov}(CxCy) / \sqrt{(\sigma_{cx}^2 \cdot \sigma_{cy}^2)}$$

$$r_{xy} = \text{cov}(WxWy) / \sqrt{(\sigma_{x^2} \cdot \sigma_{y^2})}$$

$$r_{xy} = \{ \text{cov}(CxCy) \cdot \text{cov}(WxWy) \} / \sqrt{(\sigma_{cx^2} + \sigma_{ex^2})(\sigma_{cy^2} + \sigma_{ey^2})}$$

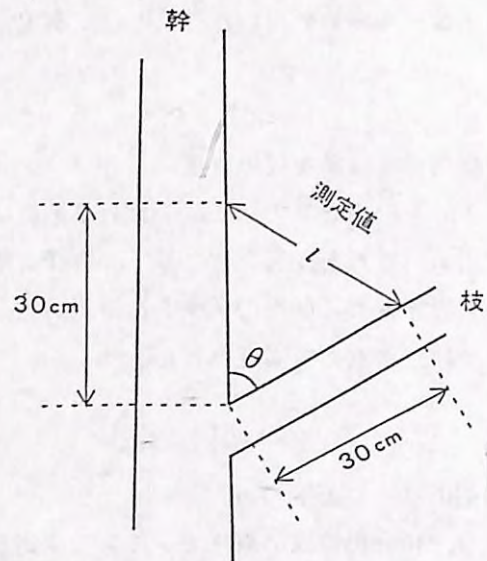


図1 枝の立ち上がり角度の表わし方

2) 結果

植栽密度ごとの形質別分散分析は表3～5に示すとおりであり、枝の数についてのクローン間差は、3密度区ともに有意性が認められず、その他、枝下高のクローン間差は高密度区で有意性が認められなかった。このデータに関する限り、枝の数については、遺伝的寄与が低いものと判断されたので、遺伝相関等の分析には用いなかった。

植栽密度別に求めた各形質の遺伝率と形質相互の遺伝相関を表6～8に、環境相関を表9～11に、表現型相関を表12～14に示した。なお、遺伝相関の中で1よりわずかに大きい値が得られたが、1以上の値は理論上ありえないので、標本抽出誤差によるものとみなし1と解釈する。

各相関行列から2形質間の相関係数を全体的によみとることは煩雑なため、相関係数の大きさを図に示した。ただし、高密度区は一般的な林分より閉鎖の度合いが高く、実際の林分への適用は低いと考えられるので、低、中密度区のみについて遺伝相関を図2と図3に、環境相関を図4と図5に、表現型相関を図6と図7にそれぞれ示した。

各形質の密度別の遺伝率は表6～8の最終列に示した。この各形質の遺伝率を通覧すると、完満度の他は全ての形質で中密度区の遺伝率が大きく、この密度では最低でも完満度

の45.1%である。ついで、完満度と枝の角度を別として、低密度区の遺伝率が高密度区よりも大きい。

表3 低密度における幹と枝の諸形質についての分散分析

形質	要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
樹高	反クローン誤差	1	4524.6	4524.56	1.517
	クローン誤差	21	1525043.1	72621.06	24.345**
	誤差	65	193897.2	2983.03	
幹直径A	反クローン誤差	1	1.047	1.407	0.453
	クローン誤差	21	585.790	27.895	12.197**
	誤差	65	148.654	2.287	
幹直径B	反クローン誤差	1	0.045	0.045	0.030
	クローン誤差	21	454.794	21.657	14.080**
	誤差	65	99.978	1.538	
枝下高	反クローン誤差	1	41368.9	41368.91	5.557*
	クローン誤差	21	527197.0	25104.61	3.372**
	誤差	65	483913.6	7444.82	
完満度	反クローン誤差	1	0.164	0.164	2.758
	クローン誤差	21	4.568	0.217	3.652**
	誤差	65	3.870	0.060	
枝張り	反クローン誤差	1	834.6	834.56	1.236
	クローン誤差	21	56647.3	2697.49	3.996**
	誤差	65	43875.2	675.00	
枝の長さ	反クローン誤差	1	165.41	165.41	0.518
	クローン誤差	21	37026.16	1763.15	5.520**
	誤差	65	20762.74	319.43	
枝の太さ	反クローン誤差	1	8.846	8.846	1.484
	クローン誤差	21	738.815	35.182	5.903**
	誤差	65	387.428	5.960	
枝の角度	反クローン誤差	1	31.548	31.548	3.929
	クローン誤差	21	353.221	16.820	2.095*
	誤差	65	521.976	8.030	
枝の数	反クローン誤差	1	25.102	25.102	1.684
	クローン誤差	21	329.193	15.676	1.051
	誤差	65	969.148	14.910	

注) **: '危険率1%で有意、*: '危険率5%で有意

表4 中密度における幹と枝の諸形質についての分散分析

形質	要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
樹高	反クローン誤差	1	450.0	450.01	0.178
	クローン誤差	21	3317560.2	157979.00	62.363**
	誤差	65	164658.7	2533.21	
幹直径A	反クローン誤差	1	2.946	2.946	1.966
	クローン誤差	21	779.104	37.100	24.761**
	誤差	65	97.390	1.498	
幹直径B	反クローン誤差	1	1.691	1.691	1.420
	クローン誤差	21	703.572	33.503	28.123**
	誤差	65	77.436	1.191	
枝下高	反クローン誤差	1	4453.1	4453.13	0.855
	クローン誤差	21	690460.0	32879.04	6.310**
	誤差	65	338682.9	5210.50	
完満度	反クローン誤差	1	0.043	0.043	1.437
	クローン誤差	21	2.709	0.129	4.289**
	誤差	65	1.955	0.030	
枝張り	反クローン誤差	1	5956.5	5956.54	13.522**
	クローン誤差	21	98853.5	4707.31	10.686**
	誤差	65	28634.0	440.52	
枝の長さ	反クローン誤差	1	2.80	2.80	0.017
	クローン誤差	21	51710.85	2462.42	14.649**
	誤差	65	10926.10	168.09	
枝の太さ	反クローン誤差	1	15.759	15.759	4.525*
	クローン誤差	21	866.716	41.272	11.852**
	誤差	65	226.354	3.482	
枝の角度	反クローン誤差	1	161.814	161.814	24.710**
	クローン誤差	21	800.775	38.132	5.823**
	誤差	65	425.662	6.549	
枝の数	反クローン誤差	1	38.227	38.227	1.515
	クローン誤差	21	507.591	24.171	0.958
	誤差	65	1639.773	25.227	

注) **: '危険率1%で有意、*: '危険率5%で有意

表5 高密度における幹と枝の諸形質についての分散分析

形質	要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
樹高	反クローン誤差	1	18462.0	18462.02	3.476
	クローン誤差	15	388524.7	25901.65	4.876**
	誤差	47	249643.7	5311.57	
幹直径A	反クローン誤差	1	3.950	3.950	1.002
	クローン誤差	15	176.744	11.783	4.957**
	誤差	47	111.713	2.377	
幹直径B	反クローン誤差	1	2.139	2.139	1.045
	クローン誤差	15	146.908	9.794	4.786**
	誤差	47	96.168	2.046	
枝下高	反クローン誤差	1	1774.5	1774.52	0.602
	クローン誤差	15	67649.7	4509.98	1.531
	誤差	47	138482.2	2946.43	
完満度	反クローン誤差	1	0.069	0.069	2.801
	クローン誤差	15	2.190	0.146	5.935**
	誤差	47	1.156	0.025	

注) **: '危険率1%で有意、*: '危険率5%で有意

形質	要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
枝張り	反クローン誤差	1	435.8	435.77	0.645
	クローン誤差	15	39258.0	2617.20	3.874**
	誤差	47	31751.0	675.55	
枝の長さ	反クローン誤差	1	52.56	52.56	0.184
	クローン誤差	15	16123.03	1074.87	3.761**
	誤差	47	13433.08	285.81	
枝の太さ	反クローン誤差	1	0.032	0.032	0.006
	クローン誤差	15	359.547	23.970	4.856**
	誤差	47	231.988	4.936	
枝の角度	反クローン誤差	1	0.251	0.251	0.031
	クローン誤差	15	306.982	20.465	2.563**
	誤差	47	375.248	7.984	
枝の数	反クローン誤差	1	14.063	14.063	0.895
	クローン誤差	15	408.500	27.233	1.733
	誤差	47	738.437	15.711	

表6 低密度における幹と枝の諸形質間の遺伝相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度	遺伝率(%)
樹高	1	0.904	0.913	0.905	0.602	0.758	0.854	0.865	0.668	85.37
幹直径A	0.904	1	0.993	0.753	0.761	0.895	0.913	0.915	0.675	73.68
幹直径B	0.913	0.993	1	0.721	0.681	0.899	0.934	0.943	0.725	76.58
枝下高	0.905	0.753	0.721	1	0.726	0.701	0.648	0.632	0.937	37.23
完満度	0.602	0.761	0.681	0.726	1	0.628	0.546	0.507	0.207	39.87
枝張り	0.758	0.895	0.899	0.701	0.628	1	0.908	0.933	0.784	42.83
枝の長さ	0.854	0.913	0.934	0.648	0.546	0.908	1	0.982	0.756	53.05
枝の太さ	0.865	0.915	0.943	0.632	0.507	0.933	0.982	1	0.742	55.07
枝の角度	0.668	0.675	0.725	0.937	0.207	0.784	0.756	0.742	1	21.48

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表7 中密度における幹と枝の諸形質間の遺伝相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度	遺伝率(%)
樹高	1	0.944	0.958	0.863	0.3	0.913	0.871	0.872	0.863	93.88
幹直径A	0.944	1	0.995	0.716	0.491	0.922	0.936	0.914	0.838	85.59
幹直径B	0.958	0.995	1	0.751	0.405	0.939	0.938	0.923	0.866	87.15
枝下高	0.863	0.716	0.751	1	0.007	0.808	0.644	0.686	0.866	57.04
完満度	0.3	0.491	0.405	0.007	1	0.254	0.404	0.328	0.12	45.12
枝張り	0.913	0.922	0.939	0.808	0.254	1	0.936	0.922	0.876	70.77
枝の長さ	0.871	0.936	0.938	0.644	0.404	0.936	1	0.979	0.814	77.34
枝の太さ	0.872	0.914	0.923	0.686	0.328	0.922	0.979	1	0.81	73.07
枝の角度	0.863	0.838	0.866	0.866	0.12	0.876	0.814	0.81	1	54.66

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表8 高密度における幹と枝の諸形質間の遺伝相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度	遺伝率(%)
樹高	1	0.822	0.884	1.126	0.089	0.745	0.869	0.881	0.539	43.22
幹直径A	0.822	1	0.976	0.732	0.502	0.827	0.892	0.816	0.612	49.73
幹直径B	0.884	0.976	1	0.878	0.302	0.899	0.927	0.874	0.691	48.63
枝下高	1.126	0.732	0.878	1	-0.283	1.07	0.904	1.029	0.892	11.71
完満度	0.089	0.502	0.302	-0.283	1	0.047	0.223	0.1	-0.066	55.23
枝張り	0.745	0.827	0.899	1.07	0.047	1	0.941	0.932	0.893	41.81
枝の長さ	0.869	0.892	0.927	0.904	0.223	0.941	1	1.015	0.782	40.84
枝の太さ	0.881	0.816	0.874	1.029	0.1	0.932	1.015	1	0.73	49.08
枝の角度	0.539	0.612	0.691	0.892	-0.066	0.893	0.782	0.73	1	28.1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表9 低密度における幹と枝の諸形質間の環境相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.682	0.707	0.005	0.317	0.375	0.384	0.358	0.306
幹直径A	0.682	1	0.956	-0.398	0.669	0.554	0.615	0.585	0.437
幹直径B	0.707	0.956	1	-0.337	0.422	0.537	0.615	0.592	0.409
枝下高	0.005	-0.398	-0.337	1	-0.377	-0.457	-0.519	-0.415	-0.391
完満度	0.317	0.669	0.422	-0.377	1	0.354	0.341	0.309	0.314
枝張り	0.375	0.554	0.537	-0.457	0.354	1	0.607	0.489	0.688
枝の長さ	0.384	0.615	0.615	-0.519	0.341	0.607	1	0.847	0.332
枝の太さ	0.358	0.585	0.592	-0.415	0.309	0.489	0.847	1	0.239
枝の角度	0.306	0.437	0.409	-0.391	0.314	0.688	0.332	0.239	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表10 中密度における幹と枝の諸形質間の環境相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.714	0.747	0.155	0.171	0.526	0.531	0.437	0.202
幹直径A	0.714	1	0.962	-0.213	0.503	0.616	0.683	0.687	0.344
幹直径B	0.747	0.962	1	-0.181	0.247	0.672	0.737	0.683	0.392
枝下高	0.155	-0.213	-0.181	1	-0.184	-0.275	-0.262	-0.324	-0.331
完満度	0.171	0.503	0.247	-0.184	1	0.061	0.091	0.274	-0.021
枝張り	0.526	0.616	0.672	-0.275	0.061	1	0.504	0.493	0.529
枝の長さ	0.531	0.683	0.737	-0.262	0.091	0.504	1	0.877	0.292
枝の太さ	0.437	0.687	0.683	-0.324	0.274	0.493	0.877	1	0.223
枝の角度	0.202	0.344	0.392	-0.331	-0.021	0.529	0.292	0.223	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表11 高密度における幹と枝の諸形質間の環境相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.868	0.899	-0.076	0.164	0.642	0.7	0.785	0.512
幹直径A	0.868	1	0.98	-0.266	0.444	0.69	0.718	0.819	0.584
幹直径B	0.899	0.98	1	-0.221	0.259	0.74	0.759	0.843	0.626
枝下高	-0.076	-0.266	-0.221	1	-0.299	-0.144	-0.204	-0.234	-0.155
完満度	0.164	0.444	0.259	-0.299	1	0.016	0.07	0.182	0.012
枝張り	0.642	0.69	0.74	-0.144	0.016	1	0.714	0.688	0.654
枝の長さ	0.7	0.718	0.759	-0.204	0.07	0.714	1	0.873	0.506
枝の太さ	0.785	0.819	0.843	-0.234	0.182	0.688	0.873	1	0.514
枝の角度	0.512	0.584	0.626	-0.155	0.012	0.654	0.506	0.514	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表12 低密度における幹と枝の諸形質間の表現型相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.851	0.869	0.512	0.445	0.567	0.676	0.685	0.39
幹直径A	0.851	1	0.984	0.232	0.678	0.718	0.787	0.784	0.467
幹直径B	0.869	0.984	1	0.255	0.535	0.711	0.799	0.804	0.469
枝下高	0.512	0.232	0.255	1	0.048	0.006	0.007	0.065	-0.01
完満度	0.445	0.678	0.535	0.048	1	0.467	0.433	0.398	0.276
枝張り	0.567	0.718	0.711	0.006	0.467	1	0.747	0.701	0.699
枝の長さ	0.676	0.787	0.799	0.007	0.433	0.747	1	0.92	0.457
枝の太さ	0.685	0.784	0.804	0.065	0.398	0.701	0.92	1	0.397
枝の角度	0.39	0.467	0.469	-0.01	0.276	0.699	0.457	0.397	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表13 中密度における幹と枝の諸形質間の表現型相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.913	0.932	0.657	0.226	0.815	0.804	0.778	0.652
幹直径A	0.913	1	0.99	0.447	0.447	0.844	0.885	0.858	0.661
幹直径B	0.932	0.99	1	0.487	0.319	0.868	0.896	0.864	0.693
枝下高	0.657	0.447	0.487	1	-0.086	0.416	0.346	0.333	0.338
完満度	0.226	0.447	0.319	-0.086	1	0.168	0.271	0.294	0.049
枝張り	0.815	0.844	0.868	0.416	0.168	1	0.822	0.801	0.737
枝の長さ	0.804	0.885	0.896	0.346	0.271	0.822	1	0.952	0.623
枝の太さ	0.778	0.858	0.864	0.333	0.294	0.801	0.952	1	0.59
枝の角度	0.652	0.661	0.693	0.338	0.049	0.737	0.623	0.59	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

表14 高密度における幹と枝の諸形質間の表現型相関

形質	樹高	幹直径A	幹直径B	枝下高	完満度	枝張り	枝の長さ	枝の太さ	枝の角度
樹高	1	0.845	0.892	-0.219	0.125	0.687	0.773	0.832	0.51
幹直径A	0.845	1	0.978	-0.001	0.473	0.75	0.794	0.818	0.58
幹直径B	0.892	0.978	1	0.06	0.281	0.81	0.831	0.858	0.636
枝下高	0.219	-0.001	0.06	1	-0.26	0.134	0.05	0.09	0.038
完満度	0.125	0.473	0.281	-0.26	1	0.031	0.142	0.139	-0.019
枝張り	0.687	0.75	0.81	0.134	0.031	1	0.808	0.797	0.729
枝の長さ	0.773	0.794	0.831	0.05	0.142	0.808	1	0.934	0.595
枝の太さ	0.832	0.818	0.858	0.09	0.139	0.797	0.934	1	0.582
枝の角度	0.51	0.58	0.636	-0.019	0.038	0.729	0.595	0.582	1

幹直径A:1.2m位置の幹直径,幹直径B:3.2m位置の幹直径

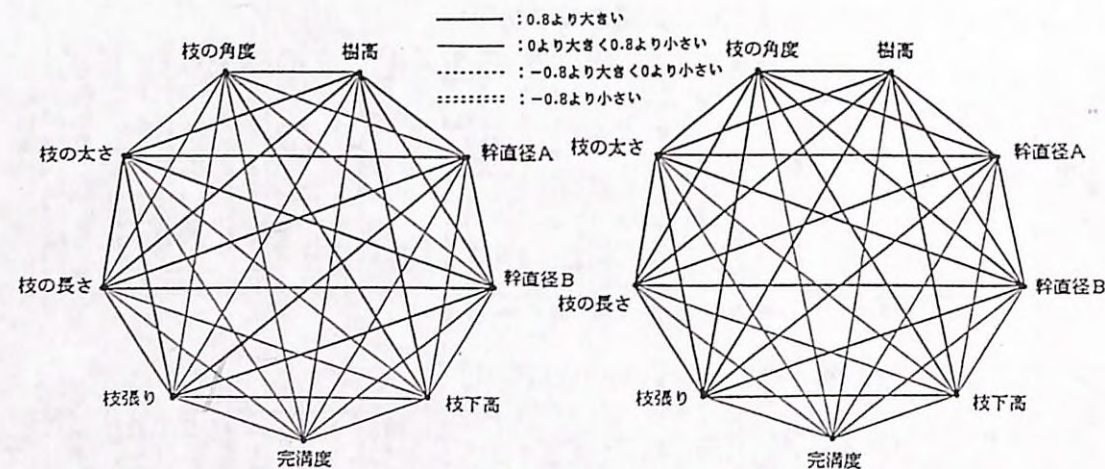


図2 低密度における幹と枝の諸形質間の遺伝相関

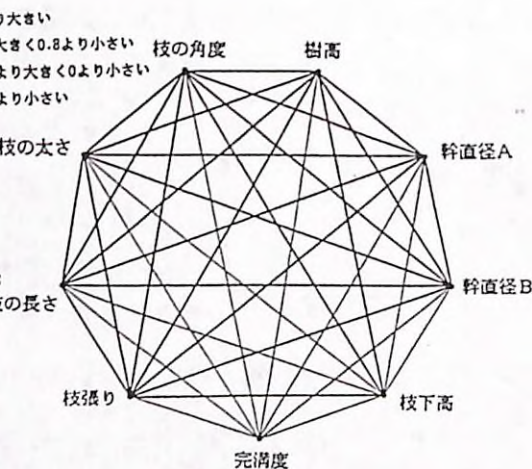


図3 中密度における幹と枝の諸形質間の遺伝相関

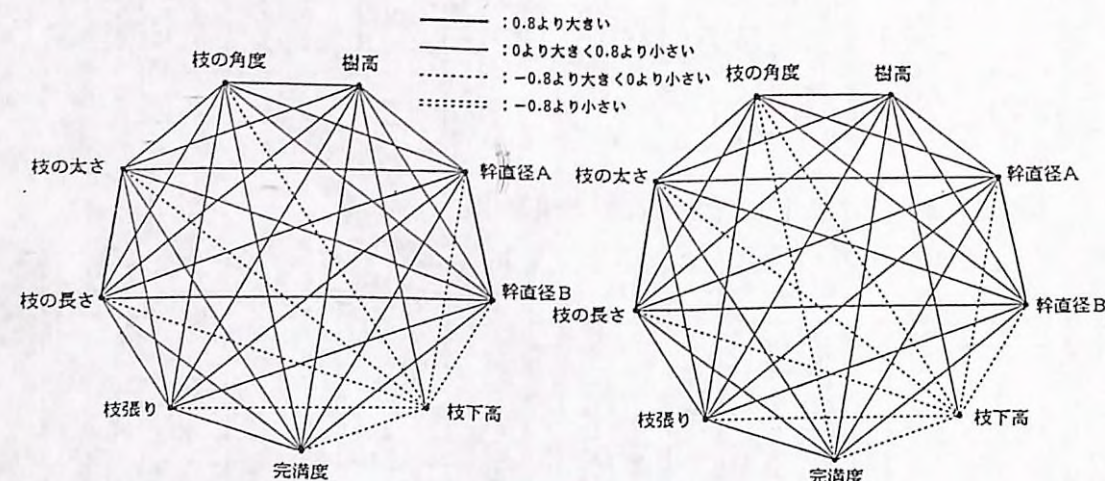


図4 低密度における幹と枝の諸形質間の環境相関

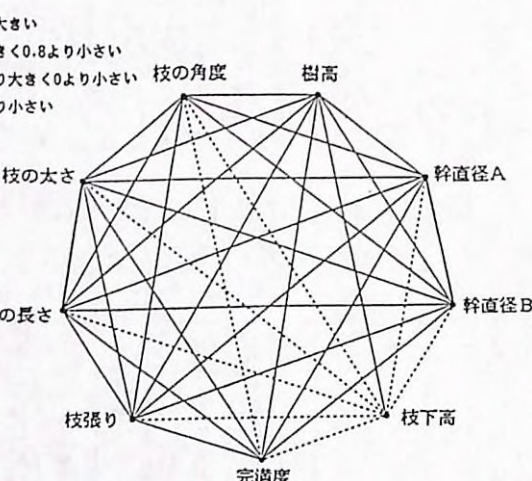


図5 中密度における幹と枝の諸形質間の環境相関

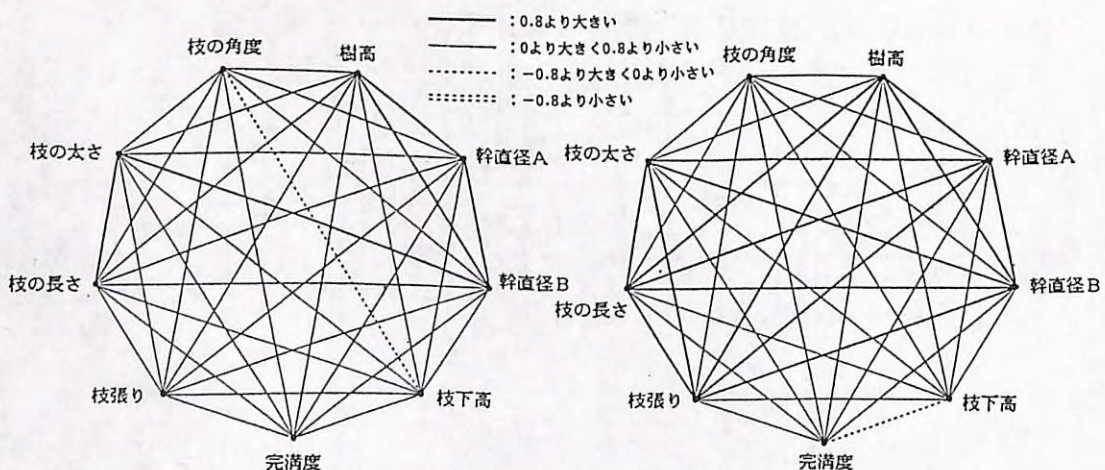


図6 低密度における幹と枝の諸形質間の表現型相関

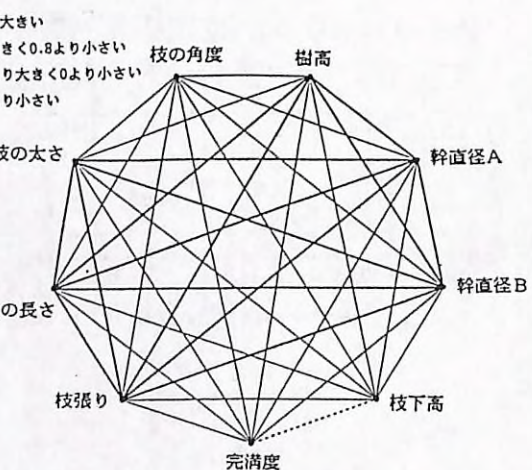


図7 中密度における幹と枝の諸形質間の表現型相関

遺伝相関は、低密度区の完満度と枝の角度の値が、0.207と小さい他は0.5より大きい。中密度区では完満度とその他の形質の値が、全て0.5より小さい他は0.6より大きく、高密度区もこれと同様の傾向である。

環境相関は、枝下高と他の形質との相関が、低密度区の樹高を除いてマイナス値の傾向である。また、枝下高と完満度を除いた、その他の形質の相互間では、植栽密度の増加につれ大きくなる傾向であった。

なお、完満度と他の形質との遺伝相関と環境相関は植栽密度の増加にともない減少する傾向がみられた。

遺伝相関の値と、環境相関の値を比較すると、低、中密度区ではほとんどの形質で前者が大きく、高密度区では、この傾向は顕著でなかった。

表現型相関の値は、当然であるが、遺伝相関と環境相関の値がともに大きい場合は大きくなり、互いに小さい場合は小さくなる。また、遺伝相関と環境相関の値に差がある場合は、大半はその中間値となる。

3) 考察

幹と枝の諸形質における広義の遺伝率は大きく、選抜個体をクローン増殖することによる選抜効果の大きいことを示唆される。また、各形質の遺伝率は全て、中密度区における値が大きかった。この中密度区は林分閉鎖の直前であり、一般の造林地に近い林況であった。このことから、遺伝的特性は、疎開した林分でもなく、極端に閉鎖した林分でもなく通常の施業の中でもっとも大きく発現されるものと認識される。

この中密度区にしばらく、遺伝相関をみると、低い値を示したものは、完満度と、その他の形質との相関であった。同植栽区の環境相関は、完満度と、その他の形質との相関及び、枝下高と、その他の相関も低い値であった。

従って、完満度に関する選抜は、成長形質とは無関係に実施でき、ついで枝下高についても、他の形質との関係を見捨てて選抜できると考えられる。ただし、枝下高は遺伝相関が高いので、クローン平均値でクローン選抜を行えば、他の形質も大きいクローンを選抜することになる。

なお、遺伝相関、環境相関、表現型相関ともにプラスで大きい値を示した幹と枝の太さに関する形質間では、幹が大きく、枝の小さい個体の選抜が困難であることを意味する。従って、この目的を達成するためには多くの個体を対象として選抜を実行する必要があることが示唆される。

2. 年輪構造に関する諸形質の遺伝率と遺伝相関

年輪構造の特徴を示す形質である最大密度と最小密度及び利用上の品質と関係が深い年輪幅、平均密度、早材密度、晩材密度、晩材率の各遺伝率と相互の遺伝相関、環境相関、

表現型相関を求め選抜効果についての情報を得た。

1) 材料及び方法

材料は幹と枝の諸形質を調査した個体とほとんど同一であるが、一部に材質の特性調査に不適当な個体があったので、その分だけをとりかえて分析した。

本試験は材質研究室との共同で行い、材質の分析を材質研究室で、集団遺伝研究室でデータ解析を行った。

調査形質は年輪幅、平均密度、最大密度、最小密度、早材幅、晩材幅、早材密度、晩材密度、晩材率である。また、これら形質と成長量との関係を明らかにするため樹高と胸高と直径についても調査した。なお、材質各形質の分析は1981年と1983年に形成された年輪について測定し求めた値の平均値について行った。

2) 結果

各形質においてクローン特性がどのように変化するか、いわゆるクローンと密度との交互作用を検定するための分散分析の結果は表15と表16のとおりである。

表15 材の年輪構造の諸形質に関する各要因の有意性 (22クローン)

要 因	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率
反 復	0.00	0.75	0.00	0.00	1.37	3.13	1.97	10.82	0.00
密 度 (D)	3.42	0.00	0.04	0.00	0.17	15.96*	15.24	8.38	2.34
1 次誤差	4.02**	0.04	4.16**	5.71**	0.00	0.00	0.00	0.73*	1.97*
クローン (C)	49.61**	49.83**	40.98**	45.04**	29.34**	48.41**	48.72**	36.27**	44.97**
D×C	2.55	1.74	2.08	4.00	7.31	5.88**	5.87**	1.04	1.22
2 次誤差	0.00	0.62	1.89	1.09	2.86	0.00	0.00	0.00	2.24
3 次誤差	40.41	47.02	50.84	44.15	58.95	26.61	28.21	42.75	47.27

注) **: 危険率1%で有意、*: 危険率5%で有意

表16 材の年輪構造の諸形質に関する各要因の有意性 (16クローン)

要 因	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率
反 復	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	2.59	2.07	9.17	0.00
密 度 (D)	26.70	0.00	11.34	15.42	0.00	44.15**	42.43**	15.64	25.91*
1 次誤差	1.68*	0.70	1.47*	2.58**	0.00	0.10	0.00	2.29**	0.73
クローン (C)	30.57**	20.06**	28.59**	33.37**	16.17**	22.95**	22.51**	20.05**	24.04**
D×C	7.58**	3.02	5.70**	6.54**	7.93	4.47**	4.31**	3.68*	8.09*
2 次誤差	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00
3 次誤差	33.48	74.99	52.90	42.09	72.66	25.74	28.68	49.18	41.24

注) **: 危険率1%で有意、*: 危険率5%で有意

クローン間差は両表を通じて有意であり、その寄与率は大きい。密度の寄与率は、低、中密度区 (表15) では、最大の寄与率でも年輪幅の15.96%と比較的に小さかった。しかし、

高密度区を含んだ場合 (表16) は、年輪幅に関する形質と平均密度で大きい値となった。クローンと密度の交互作用は、有意である形質も多かったが、その変動の寄与率はクローンの寄与率に比較し極めて小さかった。

各形質についての分散分析の結果は表17~19に示すとおりであり、最大密度について高密度区で有意性が認められなかっただけであり、他は全て有意性が認められた。

表17 低密度における年輪構造の諸形質に関する分散分析

形 質	要 因	自由度	平 方 和	平均平方	分散比
平均密度	反クローン	1	97555.7	97555.63	43.132**
	誤差	21	273869.7	13041.41	5.766**
	全 体	65	147018.1	2261.82	
最大密度	反クローン	1	1325.3	1325.25	0.444
	誤差	21	319823.1	15229.67	5.105**
	全 体	65	193903.1	2983.12	
最小密度	反クローン	1	38451.8	38451.82	33.714**
	誤差	21	100458.7	4783.75	4.194**
	全 体	65	74133.5	1140.52	
早材密度	反クローン	1	36080.6	36080.61	46.275**
	誤差	21	106965.3	5093.58	6.533**
	全 体	65	50680.2	779.70	
晩材密度	反クローン	1	909.5	909.46	0.222
	誤差	21	195827.3	9325.11	2.275**
	全 体	65	266482.1	4099.72	
平均年輪幅	反クローン	1	51.592	51.592	64.316**
	誤差	21	138.211	6.581	8.205**
	全 体	65	52.140	0.802	
早材幅	反クローン	1	44.766	44.766	61.586**
	誤差	21	116.288	5.538	7.618**
	全 体	65	47.248	0.727	
晩材幅	反クローン	1	0.263	0.263	19.941**
	誤差	21	1.949	0.093	7.026**
	全 体	65	0.859	0.013	
晩材率	反クローン	1	868.147	868.147	21.578**
	誤差	21	3633.150	173.007	4.300**
	全 体	65	2615.196	40.234	

注) **: 1%危険率で有意、*: 5%危険率で有意

表18 中密度における年輪構造の諸形質についての分散分析

形 質	要 因	自由度	平 方 和	平均平方	分散比
平均密度	反クローン	1	2110.1	2110.14	1.238
	誤差	21	206172.8	9817.75	5.762**
	全 体	65	110760.4	1704.01	
最大密度	反クローン	1	2150.3	2150.28	0.703
	誤差	21	336282.6	16013.46	5.236**
	全 体	65	198801.0	3058.48	
最小密度	反クローン	1	0.2	0.18	0.000
	誤差	21	136611.6	6505.31	5.372**
	全 体	65	78719.7	1211.07	
早材密度	反クローン	1	432.4	432.369	0.374
	誤差	21	104713.3	4986.344	4.309**
	全 体	65	75210.1	1157.078	
晩材密度	反クローン	1	3653.3	3653.28	2.200
	誤差	21	116965.3	5569.77	3.354**
	全 体	65	107933.8	1660.52	
平均年輪幅	反クローン	1	46.633	46.633	26.066**
	誤差	21	183.861	8.755	4.894**
	全 体	65	116.286	1.789	
早材幅	反クローン	1	33.493	33.493	22.041**
	誤差	21	154.006	7.334	4.826**
	全 体	65	98.773	1.520	
晩材幅	反クローン	1	0.990	0.990	21.057**
	誤差	21	3.605	0.172	3.651**
	全 体	65	3.057	0.047	
晩材率	反クローン	1	27.029	27.029	0.782
	誤差	21	3563.564	169.694	4.911**
	全 体	65	2246.223	34.557	

注) **: 1%危険率で有意、*: 5%危険率で有意

植栽密度別に求めた各形質の遺伝率と形質相互の遺伝相関を表20~22に、環境相関を表23~25に、表現型相関を表26~28に示した。なお、遺伝相関の中で1よりわずかに大きい値が得られたが、1以上の値は理論上、ありえないので、標本抽出誤差によるものであるから1と解釈すべきである。各相関行列から2形質間の相関係数を全体的によみとることは煩雑なため、相関係数の大きさを図に示した。ただし、前の幹と枝の諸形質と同様に、高密度区は一般的な林分より閉鎖の度合いが高いので、中、低密度区のみについて遺伝相関を図8と図9に、環境相関を図10と図11に、表現型相関を図12と図13にそれぞれ示した。

密度別に示した表20~22の最終列の各形質の遺伝率を通覧すると、全体として高密度が

他密度より小さいが、これは成長にかかわる形質の場合、高密度では弱小クローンが欠測となりクローン間差が小さくなったためである。そこで、低、中密度区に注目すると、殆どの形質で40%以上であり、小さい値は晩材密度で37.05%である。

この低、中密度を通じて遺伝相関が0.9以上と、大きいのは年輪幅と早材幅、平均密度と晩材率、最大密度と晩材密度、最小密度と早材密度である。

低、中密度区の間相関(表23~25)で、0.9以上と、大きいのは年輪幅と早材幅である。

遺伝相関と環境相関がともに大きく、従って表現型相関の大きいのは、図8から図13を通覧すれば明らかなように早材密度と最小密度の関係、また、平均年輪幅と早材幅の関係、平均密度と早材密度及び晩材率との関係である。

3) 考察

年輪構造に関する諸形質の広義の遺伝率は、選抜育種により、良質材を得ることが示唆される大きな値であった。形質相互間の遺伝相関、環境相関の大きさに関し、次のように説明することができる。

遺伝相関も環境相関も大きい2形質では、表現型相関も大きいので、いずれか一方の形質で大きい個体を選抜すれば、一方の形質も大きくなる。従って、一方の形質で代用できることが考えられる。年輪幅と早材幅、早材密度と最小密度、平均密度と早材密度、平均密度と晩材率がこれに相当する。

遺伝相関が大きく、環境相関の小さい2形質間の場合に、一方の形質のクローン平均値に基づき大きいクローンを選抜すれば、他方の形質も大きいクローンを選抜できることになる。このような関係にある形質は図8から図11を通覧すれば明らかなように晩材幅と晩材密度である。

表19 高密度における年輪構造の諸形質についての分散分析

形質	要因	自由度	平方和	平均平方	分散比
平均密度	反	1	907.5	907.52	0.323
	クローン	15	316941.3	21129.41	7.524**
	誤全	47	131993.7	2808.38	
	全	63	449842.5		
最大密度	反	1	446.3	446.27	0.074
	クローン	15	142879.5	9525.30	1.584
	誤全	47	282570.2	6012.13	
	全	63	425896.0		
最小密度	反	1	260.0	260.02	0.123
	クローン	15	150424.9	10028.33	4.753**
	誤全	47	99173.0	2110.06	
	全	63	249857.9		
早材密度	反	1	74.1	74.07	0.057
	クローン	15	118099.6	7873.31	6.103**
	誤全	47	60632.4	1290.05	
	全	63	178806.1		
晩材密度	反	1	2531.3	2531.35	1.160
	クローン	15	81850.5	5656.70	2.593**
	誤全	47	102543.0	2181.77	
	全	63	189924.8		
平均年輪幅	反	1	1.671	1.671	1.978
	クローン	15	66.993	4.466	5.289**
	誤全	47	39.690	0.844	
	全	63	108.354		
早材幅	反	1	2.288	2.288	2.589
	クローン	15	53.841	3.589	4.062**
	誤全	47	41.532	0.884	
	全	63	97.661		
晩材幅	反	1	0.071	0.071	2.917
	クローン	15	1.016	0.068	2.787**
	誤全	47	1.142	0.024	
	全	63	2.229		
晩材率	反	1	65.367	65.367	0.935
	クローン	15	5584.185	372.279	5.323**
	誤全	47	3287.308	69.943	
	全	63	8936.859		

注) **: 1%危険率で有意、*: 5%危険率で有意

表20 低密度における年輪構造の諸形質間の遺伝相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径	遺伝率(%)
平均密度	0	0.096	0.924	0.967	-0.009	-0.74	-0.788	-0.208	0.944	-0.644	-0.758	54.37
最大密度	0.096	0	0.133	0.041	0.955	0.496	0.447	0.759	-0.117	0.684	0.459	50.65
最小密度	0.924	0.133	0	0.991	-0.011	-0.695	-0.733	-0.236	0.177	-0.684	-0.751	44.4
早材密度	0.967	0.041	0.991	0	-0.094	-0.763	-0.802	-0.276	0.861	-0.683	-0.766	58.04
晩材密度	-0.009	0.955	-0.011	-0.094	0	0.597	0.54	0.88	-0.188	0.752	0.577	24.16
平均年輪幅	-0.74	0.496	-0.695	-0.763	0.597	0	0.997	0.814	-0.801	0.93	0.965	64.3
早材幅	-0.788	0.447	-0.733	-0.802	0.54	0.997	0	0.766	-0.841	0.918	0.962	62.33
晩材幅	-0.208	0.759	-0.236	-0.276	0.88	0.814	0.766	0	-0.334	0.812	0.765	60.11
晩材率	0.944	-0.117	0.77	0.861	-0.188	-0.801	-0.841	-0.334	0	-0.746	-0.826	45.21
樹高	-0.644	0.684	-0.664	-0.683	0.752	0.93	0.918	0.812	-0.746	0	0.925	86.37
胸高直径	-0.758	0.459	-0.751	-0.766	0.577	0.965	0.962	0.765	-0.826	0.925	0	79.97

表21 中密度における年輪構造の諸形質間の遺伝相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径	遺伝率(%)
平均密度	0	-0.278	0.82	0.847	-0.622	-0.789	-0.841	-0.154	0.929	-0.682	-0.842	54.35
最大密度	-0.278	0	-0.371	-0.389	0.959	0.765	0.702	0.94	-0.328	0.86	0.705	51.43
最小密度	0.82	-0.371	0	1.001	-0.602	-0.628	-0.636	-0.376	0.577	-0.61	-0.692	52.22
早材密度	0.847	-0.389	1.001	0	-0.654	-0.697	-0.713	-0.366	0.611	-0.675	-0.762	45.28
晩材密度	-0.622	0.959	-0.602	-0.654	0	0.933	0.899	0.844	-0.644	0.996	0.893	37.05
平均年輪幅	-0.789	0.765	-0.628	-0.697	0.933	0	0.995	0.681	-0.777	0.991	1.038	49.33
早材幅	-0.841	0.702	-0.636	-0.713	0.899	0.995	0	0.602	-0.835	0.965	1.038	48.89
晩材幅	-0.154	0.94	-0.376	-0.366	0.844	0.681	0.602	0	-0.091	0.83	0.674	39.86
晩材率	0.929	-0.328	0.577	0.611	-0.644	-0.777	-0.835	-0.091	0	-0.735	-0.854	49.43
樹高	-0.682	0.86	-0.61	-0.675	0.996	0.991	0.965	0.83	-0.735	0	0.936	86.39
胸高直径	-0.842	0.705	-0.692	-0.762	0.893	1.038	1.038	0.674	-0.854	0.936	0	75.17

表22 高密度における年輪構造の諸形質間の遺伝相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径	遺伝率(%)
平均密度	0	-0.035	0.871	0.933	-0.275	-0.838	-0.82	-0.28	0.98	-0.577	-0.656	61.99
最大密度	-0.035	0	0.136	-0.004	0.92	0.761	0.734	1.169	-0.093	1.009	0.63	12.75
最小密度	0.871	0.136	0	0.993	-0.295	-0.724	-0.764	-0.441	0.766	-0.538	-0.664	48.4
早材密度	0.933	-0.004	0.993	0	-0.359	-0.8	-0.816	-0.457	0.86	-0.583	-0.708	56.06
晩材密度	-0.275	0.92	-0.295	-0.359	0	0.806	0.834	1.063	-0.341	0.892	0.781	28.48
平均年輪幅	-0.838	0.761	-0.724	-0.8	0.806	0	1.007	0.642	-0.875	0.883	0.808	51.74
早材幅	-0.82	0.734	-0.764	-0.816	0.834	1.007	0	0.636	-0.851	0.949	0.847	43.36
晩材幅	-0.28	1.169	-0.441	-0.457	1.063	0.642	0.636	0	-0.274	0.736	0.627	30.88
晩材率	0.98	-0.093	0.766	0.86	-0.341	-0.875	-0.851	-0.274	0	-0.625	-0.674	51.94
樹高	-0.577	1.009	-0.538	-0.583	0.892	0.883	0.949	0.736	-0.625	0	0.822	49.22
胸高直径	-0.656	0.63	-0.664	-0.708	0.781	0.808	0.847	0.627	-0.674	0.822	0	49.73

表23 低密度における年輪構造の諸形質間の環境相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	0.183	0.808	0.838	0.016	-0.602	-0.655	0.178	0.91	-0.222	-0.311
最大密度	0.183	0	-0.034	-0.034	0.715	0.09	0.032	0.436	0.105	0.138	0.025
最小密度	0.808	-0.034	0	0.919	-0.135	-0.459	-0.482	0.017	0.603	-0.217	-0.258
早材密度	0.838	-0.034	0.919	0	-0.191	-0.484	-0.501	-0.054	0.598	-0.247	-0.291
晩材密度	0.016	0.715	-0.135	-0.191	0	0.101	0.078	0.218	-0.035	0.138	-0.026
平均年輪幅	-0.602	0.09	-0.459	-0.484	0.101	0	0.992	0.376	-0.548	0.171	0.459
早材幅	-0.655	0.032	-0.482	-0.501	0.078	0.992	0	0.258	-0.605	0.17	0.458
晩材幅	0.178	0.436	0.017	-0.054	0.218	0.376	0.258	0	0.23	0.053	0.158
晩材率	0.91	0.105	0.603	0.598	-0.035	-0.548	-0.605	0.23	0	-0.195	-0.223
樹高	-0.222	0.138	-0.217	-0.247	0.138	0.171	0.17	0.053	-0.195	0	0.734
胸高直径	-0.311	0.025	-0.258	-0.291	-0.026	0.459	0.458	0.158	-0.223	0.734	0

表24 中密度における年輪構造の諸形質間の環境相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	0.2	0.751	0.802	0.061	-0.604	-0.651	-0.014	0.807	-0.006	-0.279
最大密度	0.2	0	0.064	0.068	0.736	-0.088	-0.093	-0.011	0.046	0.102	-0.011
最小密度	0.751	0.064	0	0.814	0.028	-0.493	-0.489	-0.272	0.404	-0.119	-0.369
早材密度	0.802	0.068	0.814	0	-0.01	-0.443	-0.449	-0.194	0.506	0.019	-0.255
晩材密度	0.061	0.736	0.028	-0.01	0	-0.04	0.005	-0.253	-0.18	0.103	0.011
平均年輪幅	-0.604	-0.088	-0.493	-0.443	-0.04	0	0.988	0.535	-0.558	0.215	0.584
早材幅	-0.651	-0.093	-0.489	-0.449	0.005	0.988	0	0.403	-0.63	0.185	0.559
晩材幅	-0.014	-0.011	-0.272	-0.194	-0.253	0.535	0.403	0	0.131	0.262	0.421
晩材率	0.807	0.046	0.404	0.506	-0.18	-0.558	-0.63	0.131	0	0.029	-0.211
樹高	-0.006	0.102	-0.119	0.019	0.103	0.215	0.185	0.262	0.029	0	0.681
胸高直径	-0.279	-0.011	-0.369	-0.255	0.011	0.584	0.559	0.421	-0.211	0.681	0

表25 高密度における年輪構造の諸形質間の環境相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	0.022	0.786	0.783	-0.068	-0.617	-0.604	-0.25	0.894	-0.625	-0.635
最大密度	0.022	0	-0.148	-0.15	0.918	0.257	0.265	0.278	-0.234	0.327	0.271
最小密度	0.786	-0.148	0	0.947	-0.234	-0.409	-0.412	-0.225	0.628	-0.543	-0.431
早材密度	0.783	-0.15	0.947	0	-0.267	-0.454	-0.453	-0.283	0.584	-0.544	-0.476
晩材密度	-0.068	0.918	-0.234	-0.267	0	0.321	0.331	0.267	-0.259	0.41	0.37
平均年輪幅	-0.617	0.257	-0.409	-0.454	0.321	0	0.908	0.767	-0.622	0.703	0.885
早材幅	-0.604	0.265	-0.412	-0.453	0.331	0.908	0	0.681	-0.608	0.633	0.819
晩材幅	-0.25	0.278	-0.225	-0.283	0.267	0.767	0.681	0	-0.226	0.52	0.624
晩材率	0.894	-0.234	0.628	0.584	-0.259	-0.622	-0.608	-0.226	0	-0.629	-0.639
樹高	-0.625	0.327	-0.543	-0.544	0.41	0.703	0.633	0.52	-0.629	0	0.868
胸高直径	-0.635	0.271	-0.431	-0.476	0.37	0.885	0.819	0.624	-0.639	0.868	0

表26 低密度における年輪構造の諸形質間の表現型相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	0.137	0.861	0.91	0.006	-0.68	-0.73	-0.043	0.923	-0.497	-0.594
最大密度	0.137	0	0.045	0.006	0.771	0.321	0.265	0.612	-0.002	0.488	0.3
最小密度	0.861	0.045	0	0.947	-0.091	-0.576	-0.606	-0.114	0.678	-0.471	-0.534
早材密度	0.91	0.006	0.947	0	-0.143	-0.654	-0.682	-0.185	0.728	-0.542	-0.606
晩材密度	0.006	0.771	-0.091	-0.143	0	0.288	0.251	0.455	-0.085	0.388	0.244
平均年輪幅	-0.68	0.321	-0.576	-0.654	0.288	0	0.995	0.648	-0.675	0.731	0.814
早材幅	-0.73	0.265	-0.606	-0.682	0.251	0.995	0	0.569	-0.721	0.712	0.805
晩材幅	-0.043	0.612	-0.114	-0.185	0.455	0.648	0.569	0	-0.067	0.598	0.575
晩材率	0.923	-0.002	0.678	0.728	-0.085	-0.675	-0.721	-0.067	0	-0.519	-0.571
樹高	-0.497	0.488	-0.471	-0.542	0.388	0.731	0.712	0.598	-0.519	0	0.89
胸高直径	-0.594	0.3	-0.534	-0.606	0.244	0.814	0.805	0.575	-0.571	0.89	0

表27 中密度における年輪構造の諸形質間の表現型相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	-0.053	0.788	0.821	-0.246	-0.699	-0.748	-0.079	0.869	-0.469	-0.632
最大密度	-0.053	0	-0.161	-0.153	0.826	0.342	0.305	0.42	-0.143	0.599	0.435
最小密度	0.788	-0.161	0	0.903	-0.25	-0.562	-0.563	-0.318	0.492	-0.44	-0.56
早材密度	0.821	-0.153	0.903	0	-0.274	-0.563	-0.573	-0.267	0.556	-0.417	-0.539
晩材密度	-0.246	0.826	-0.25	-0.274	0	0.376	0.385	0.169	-0.378	0.594	0.475
平均年輪幅	-0.699	0.342	-0.562	-0.563	0.376	0	0.991	0.597	-0.666	0.703	0.839
早材幅	-0.748	0.305	-0.563	-0.573	0.385	0.991	0	0.489	-0.731	0.676	0.829
晩材幅	-0.079	0.42	-0.318	-0.267	0.169	0.597	0.489	0	0.032	0.562	0.532
晩材率	0.869	-0.143	0.492	0.556	-0.378	-0.666	-0.731	0.032	0	-0.473	-0.596
樹高	-0.469	0.599	-0.44	-0.417	0.594	0.703	0.676	0.562	-0.473	0	0.88
胸高直径	-0.632	0.435	-0.56	-0.539	0.475	0.839	0.829	0.532	-0.596	0.88	0

表28 高密度における年輪構造の諸形質間の表現型相関

形質	平均密度	最大密度	最小密度	早材密度	晩材密度	平均年輪幅	早材幅	晩材幅	晩材率	樹高	胸高直径
平均密度	0	0.003	0.825	0.87	-0.151	-0.739	-0.706	-0.25	0.938	-0.594	-0.642
最大密度	0.003	0	-0.066	-0.094	0.9	0.362	0.359	0.448	-0.175	0.471	0.338
最小密度	0.825	-0.066	0	0.968	-0.251	-0.566	-0.573	-0.305	0.697	-0.541	-0.545
早材密度	0.87	-0.094	0.968	0	-0.293	-0.64	-0.628	-0.346	0.732	-0.563	-0.597
晩材密度	-0.151	0.9	-0.251	-0.293	0	0.498	0.504	0.503	-0.283	0.581	0.516
平均年輪幅	-0.739	0.362	-0.566	-0.64	0.498	0	0.952	0.7	-0.753	0.794	0.846
早材幅	-0.706	0.359	-0.573	-0.628	0.504	0.952	0	0.659	-0.721	0.778	0.83
晩材幅	-0.25	0.448	-0.305	-0.346	0.503	0.7	0.659	0	-0.24	0.595	0.614
晩材率	0.938	-0.175	0.697	0.732	-0.283	-0.753	-0.721	-0.24	0	-0.627	-0.657
樹高	-0.594	0.471	-0.541	-0.563	0.581	0.794	0.778	0.595	-0.627	0	0.845
胸高直径	-0.642	0.338	-0.545	-0.597	0.516	0.846	0.83	0.614	-0.657	0.845	0

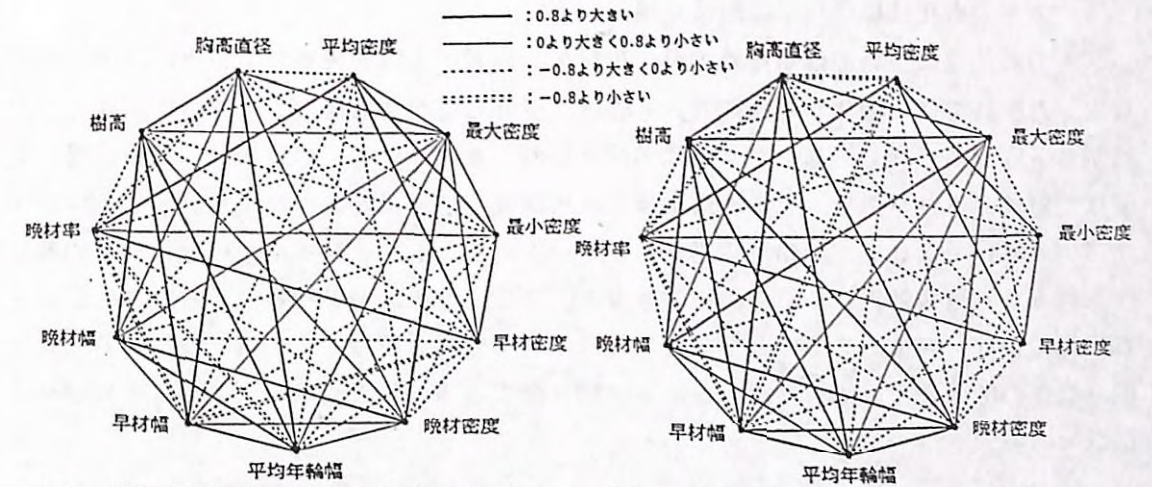


図8 低密度における年輪構造の諸形質間の遺伝相関

図9 中密度における年輪構造の諸形質間の遺伝相関

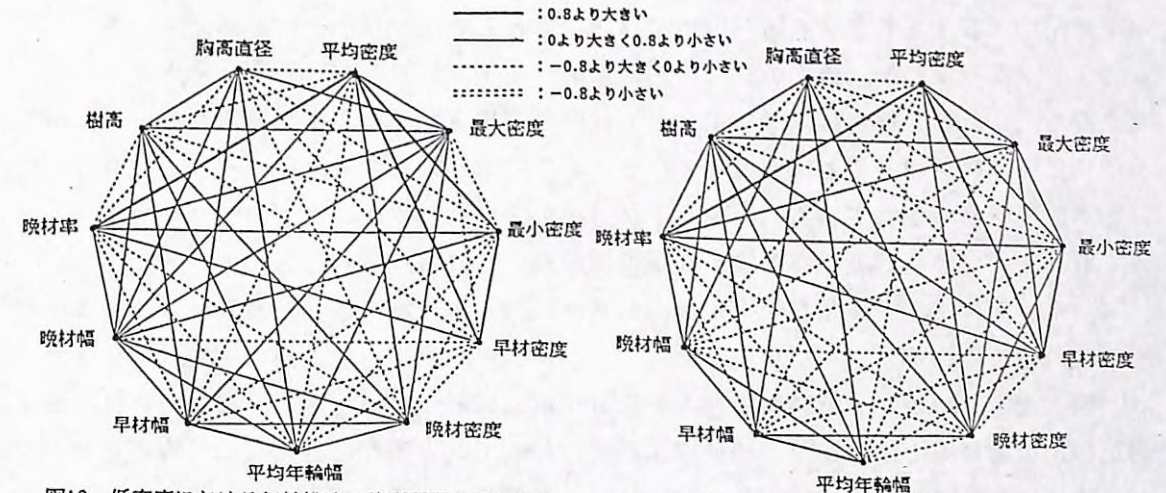


図10 低密度における年輪構造の諸形質間の環境相関

図11 中密度における年輪構造の諸形質間の環境相関

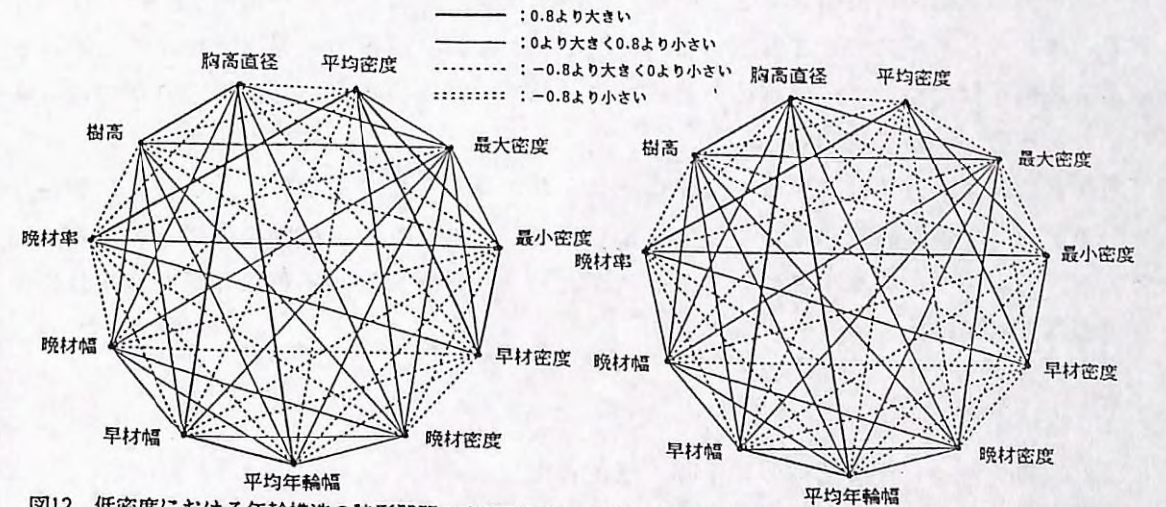


図12 低密度における年輪構造の諸形質間の表現型相関

図13 中密度における年輪構造の諸形質間の表現型相関

3. スギの着花性についての選抜効果

スギの着花性については雄花着生量が花粉アレルギーで問題視されている。球果の沢山着生した樹高の低い個体から採取したものは、子守しながらも採取できるので、諺で、古くから子守タネと称し、悪いタネの代名詞とされてきた。一方、精英樹は、成長の優良な個体が対象とされたので、タネの着生量とは無関係である。前者の材料が必ずしも植栽されているわけではないが、精英樹系統の検定林を対象として、精英樹系統と地スギの着花性を調査し、選抜効果についての情報を得た。また、今後、精英樹系統から、さらに雄花着生量の少ない育種のめやすとなる遺伝率についても検討した。この他、雌雄花着生量と樹高成長の関係についても検討した。本試験に関する現地調査や取りまとめは千葉県林業試験場の協力を得て行った。

1) 材料及び方法

千葉県内に設定されたスギ精英樹検定林を対象として、クローン検定林は関・千・1号からデータを収集した。実生の次代検定林は関・千・2号と、関・千・6号を調査しデータを得た。これらの検定林には、主として県内で選抜された精英樹が植栽されているが、一部に近県の精英樹系統も植栽されている。また、対照として在来種が植栽されたり、地元の地スギが植栽されている。なお、千葉県産のスギ精英樹は、実生の地スギの中から選抜されたものであり、それらの家系は採種園産種子から育成されたものである。

関・千・1号は、千葉県富津市鬼沓山県有林に1970年に設定され、植栽材料は千葉県選出のスギ精英樹の15サシキクローンの他、サンプスギ、クモトオシ及び実生の地スギである。関・千・2号は、千葉県夷隅郡大多喜町平沢に1983年に設定され、植栽材料は千葉県選出の精英樹家系と近県選出の精英樹家系を合わせて26家系が、在来種の3家系と地スギと一緒に植栽されている。関・千・6号は、千葉県鴨川市東条に1986年に設定され、植栽材料は千葉県選出の精英樹家系と近県選出の精英樹家系を合わせて37家系が、在来種の2家系と地スギと一緒に植栽されている。各検定林ともに3反復の乱塊法で設計されている。以上の3検定林について、雌雄花の着生量について、諸調査を行った。得られた情報も多岐にわたるので、順次説明する。

着花量の調査の方法は、無着生個体0、わずかに着花している個体1、中程度に着花している個体2、多く着花している個体3として行った。また、反復別系統ごとの無着生個体に対する着生個体の比率についてもデータとした。以下に述べる雌雄花量、球果量についての調査も同様である。

2) 結果

(1) 関・千・1号検定林の2年間の雄花着生

関・千・1号の雄花着生量を林令21年生時である1991年と、1年後の1992年に調査し

た。反復ごと系統別に得られた雄花着生率を、系統別に平均した結果は表29のとおりである。地スギと精英樹クローンの着生量を比較すると、地スギの着生量は精英樹クローンよりも多く、その差は明らかである。この1991年と1992年の精英樹クローンだけの比率の変換値について、それぞれ行った分散分析の結果は表30と表31のとおりであり、いずれもクローン間差は有意であった。

表29 雄花着生率の年次ごとクローン平均値

番号	系統名	1991年	1992年
1	鬼沓5号	10.73	10.47
2	鬼沓6号	17.13	1.13
3	鬼沓7号	23.83	0.00
4	鬼沓8号	19.40	35.13
5	鬼沓10号	0.00	0.00
6	周南1号	3.90	0.00
7	周南2号	12.90	0.47
8	周南3号	2.17	4.10
9	北三原1号	4.00	1.33
10	北三原3号	4.53	1.50
11	西畑1号	32.03	7.00
12	東1号	3.27	4.03
13	千倉1号	2.23	6.67
14	勝浦1号	0.00	0.00
15	郷台1号	0.00	0.63
16	クモトオシ	67.53	76.00
17	サンプスギ	0.00	0.00
18	地スギ	54.53	64.03

表30 1991年の雄花着生率についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	1586.694	793.347	14.413**
クローン	14	4987.125	356.223	6.413**
誤差	28	1555.427	55.551	
全体	44	8129.246		

注) データはプリスの変換値、**：危険率1%で有意

表31 1992年の雄花着生率についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	288.892	144.45	1.585
クローン	14	2965.199	211.80	2.324*
誤差	28	2551.258	91.12	
個体	2468	5805.349		

注) データはプリスの変換値、*：危険率5%で有意

各精英樹クローンの着生量が調査年により、どのような大きさで変化するかは、クローンと年次の交互作用の大きさで推定されるので、両年次のデータについて分散分析を行った。その結果は表32のとおりであり、平均平方の期待成分から推定した各要因の変動の寄与率は同表の下に記載したが、クローン間変動の寄与率30.1%に対し、交互作用変動の寄与率は10.5と小さい値であった。

スギ精英樹クローンの中から、さらに着花量の少ないクローンを選抜する場合の選抜効果推定のため、その母数の一つである広義の遺伝率を、精英樹15クローンについて求めた。この遺伝率は、着生個体1、無着生個体0としたデータの場合と、0、1、2、3の指数データの両者について求めた。前者についての分散分析の結果は表33と表34のとおりである。この結果と、別に求めたプロット内個体分散に基づき推定した広義の遺伝率は1991年9.3%、1992年8.6%であった。後者の指数データについての分散分析の結果は表35と表36のとおりである。この結果と、別に求めたプロット内個体分散に基づき推定した広義の遺伝率は1991年7.6%、1992年10.6%であった。

表32 両年次の雄花着生率についての分散分析（データはプリスの変換値）

要 因	自由度	平方和	平均平方	F	平均平方の期待成分
年 次	1	612.088	612.088	1.035	$\sigma_{e1}^2 + 15\sigma_{e2}^2 + 45\sigma_E^2$
年次内反復	4	1875.637	468.909	6.394**	$\sigma_{e1}^2 + 15\sigma_{e2}^2$
クローン	14	5405.254	386.089	5.264**	$\sigma_{e1}^2 + 6\sigma_c^2$
年次×クローン	14	2547.122	181.937	2.481*	$\sigma_{e1}^2 + 3\sigma_{EC}^2$
誤 差	56	4106.633	73.333		σ_{e1}^2
全 体	89	14546.742			

注) **: 危険率 1% で有意
 *: 危険率 5% で有意
 σ_{e1}^2 : 誤差変動 (44.8%)
 σ_{e2}^2 : 年次内の反復間変動 (10.9%)
 σ_c^2 : クローン間変動 (30.1%)
 σ_{EC}^2 : クローンと年次の交互作用変動 (10.5%)
 σ_E^2 : 年次間変動 (3.7%)

表33 1991年の雄花着生率についての分散分析（1、0データ）

要 因	自由度	平方和	平均平方	平均平方の期待成分
反 復	2	0.138909	0.69454	
クローン	14	0.414695	0.29621	$\sigma_e^2/n_0 + \sigma_P^2 + 3\sigma_c^2$
誤 差	28	0.219665	0.07845	$\sigma_e^2/n_0 + \sigma_P^2$
全 体	44	0.773268		σ_e^2/n_0

注) n_0 : プロットごとデータ数代表値=34.5
 σ_e^2 : プロット内個体分散 (0.06445)
 σ_P^2 : プロット間分散
 σ_c^2 : クローン間分散
 h^2 : 9.3%

表34 1992年の雄花着生率についての分散分析（1、0データ）

要 因	自由度	平方和	平均平方	平均平方の期待成分
反 復	2	0.025809	0.012904	
クローン	14	0.337878	0.024134	$\sigma_e^2/n_0 + \sigma_P^2 + 3\sigma_c^2$
誤 差	28	0.314175	0.011221	$\sigma_e^2/n_0 + \sigma_P^2$
個 体	2468	4.610527	0.001868	σ_e^2/n_0

注) 平均平方の期待成分の記号内容は表-33に同じ
 σ_e^2 : 0.034331
 h^2 : 8.6%

表35 1991年の雄花着生量の指数データについての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	F	平均平方の期待成分
反 復	2	0.167	0.083	7.763**	
クローン	14	0.481	0.034	3.193**	$\sigma_w^2/k_0 + \sigma_e^2 + \sigma_c^2$
誤 差	28	0.301	0.011		$\sigma_w^2/k_0 + \sigma_e^2$
全 体	44	0.949			
個 体	2468	207.330	0.0840		σ_w^2

注) **: 危険率 1% で有意、プロットごと本数代表値 $k_0=34.5$ 、 σ_w^2 : プロット内個体分散、 σ_e^2 : 誤差分散（プロット間分散）、 σ_c^2 : クローン間分散
 $h^2=7.6\%$

表36 1992年の雄花着生量の指数データについての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	F
反 復	2	0.049	0.025	1.553
クローン	14	0.722	0.052	3.236**
誤 差	28	0.446	0.016	
全 体	44	0.949		
個 体	2468	216.551	0.0877	

注) 表35と同じ、 $h^2=10.6\%$

(2) 親子相関に相当する遺伝率

各クローンの平均値は各親の測定値とみなすことができるので、それらと、実生家系平均値との相関は、親子相関に相当する。そこで、クローン検定林の関・千・1号検定林と実生検定林の関・千・2号検定林及び6号検定林に共通に植栽された精英樹系統のデータから、各平均値を求めこの値を求めた。各検定林で調査した個体数は表37に示すとおりである。関・千・1号検定林のデータと、その分散分析の結果は前述した。

関・千・2号検定林及び6号検定林のデータは示さないが、分散分析の結果は、表38～41に示すとおりであり、いずれも家系間差が有意に認められた。クローンと実生の相互の検定林に共通して植栽された系統のデータについて求めた親子の相関を図14～17に示した。相関係数と回帰係数を図中に記入したが、1号検定林と2号検定林では、指数値で、0.336と0.270、着生率で0.437と0.334であった。1号検定林と6号検定林では、指数値で、0.473と0.225、着生率で0.532と0.316であった。なお、遺伝率を相関係数の2倍で求めると、家系のデータが平均値であることから、分散値が小さくなっているため回帰係数の2倍で遺伝率を求めた。この値から、遺伝率は最低45%で最高67%と推定された。

表37 3検定林のデータ数

検定林名	関・千・1号				関・千・2号				関・千・6号			
反復	1	2	3	計	1	2	3	計	1	2	3	計
千倉1号	19	15	21	55	51	34	37	122	35	36	40	111
磐台1号	63	56	54	173	—	—	—	—	32	39	39	110
東1号	84	82	76	242	30	28	33	91	36	40	37	113
小糸1号	—	—	—	—	—	—	—	—	32	35	33	100
西畑1号	50	43	37	130	35	36	23	94	31	39	28	98
周南1号	97	94	98	289	—	—	—	—	15	39	19	73
周南2号	71	77	80	228	—	—	—	—	17	17	25	59
周南3号	89	94	91	274	23	33	27	83	13	40	18	71
鬼沼2号	—	—	—	—	25	29	31	85	40	38	24	102
鬼沼5号	85	86	88	259	42	43	44	129	39	37	40	116
鬼沼6号	88	83	92	263	7	5	7	19	—	—	—	—
鬼沼7号	9	10	11	30	17	18	51	86	33	31	37	101
鬼沼8号	61	58	64	183	24	24	21	69	39	37	35	111
鬼沼10号	17	26	22	65	—	—	—	—	28	27	17	72
北三原1号	25	25	31	81	—	—	—	—	40	39	17	96
北三原3号	18	22	21	61	16	18	16	50	38	25	24	87
勝浦1号	57	59	64	180	7	3	5	15	—	—	—	—
西白河3号	—	—	—	—	—	—	—	—	33	33	40	106
松坂1号	—	—	—	—	—	—	—	—	34	38	36	108
富岡2号	—	—	—	—	—	—	—	—	27	39	40	106
富岡3号	—	—	—	—	0	6	9	15	19	40	20	79
群馬5号	—	—	—	—	—	—	—	—	21	38	36	95
南多摩5号	—	—	—	—	—	—	—	—	34	40	36	110
北那須4号	—	—	—	—	—	—	—	—	37	40	37	114
久慈8号	—	—	—	—	30	30	27	87	30	39	31	100
久慈10号	—	—	—	—	—	—	—	—	27	29	31	87
上野原7号	—	—	—	—	61	60	50	171	32	37	38	107
足柄下1号	—	—	—	—	—	—	—	—	15	39	16	70
高萩13号	—	—	—	—	—	—	—	—	20	38	31	89
唯水2号	—	—	—	—	—	—	—	—	29	31	18	78
勢多2号	—	—	—	—	—	—	—	—	32	35	24	91
沢9号	—	—	—	—	18	24	26	68	36	40	26	102
西多摩1号	—	—	—	—	24	17	14	55	—	—	—	—
西多摩5号	—	—	—	—	8	9	5	22	—	—	—	—
西多摩17号	—	—	—	—	—	—	—	—	39	39	22	100
丹沢5号	—	—	—	—	—	—	—	—	36	38	21	95
東加茂2号	—	—	—	—	26	31	22	79	39	39	35	113
北投案1号	—	—	—	—	24	20	15	59	—	—	—	—
北投案7号	—	—	—	—	—	—	—	—	39	40	37	116
河沼1号	—	—	—	—	—	—	—	—	35	40	33	108
東白川9号	—	—	—	—	—	—	—	—	40	39	35	114
安部4号	—	—	—	—	10	11	9	30	40	40	33	113
飯山10号	—	—	—	—	6	5	9	20	—	—	—	—
北会津1号	—	—	—	—	19	23	24	66	—	—	—	—
岡崎1号	—	—	—	—	51	42	47	140	—	—	—	—
下水内2号	—	—	—	—	18	18	16	52	—	—	—	—
天竜17号	—	—	—	—	11	2	10	23	—	—	—	—

表38 関・千・2号検定林の雄花指数についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	0.037(0.036)	0.019(0.018)	2.614
家系	24	0.791(0.789)	0.033(0.033)	4.798**
誤差	47	0.322	0.007	
全体	73	1.150		

注)**:危険率1%で有意、()は欠測データ補正による

表39 関・千・2号検定林の雄花着生率についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	92.759(89.319)	46.380(44.660)	0.648
家系	24	5355.223(5330.434)	223.134(222.101)	3.222**
誤差	47	3239.960	68.935	
全体	73	8687.944		

注)**:危険率1%で有意、()は欠測データ補正による

表40 関・千・6号検定林の雄花指数についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	0.125	0.062	13.557**
家系	36	0.259	0.007	1.561*
誤差	72	0.331	0.005	
全体	110	0.715		

注)**:危険率1%で有意

*:危険率5%で有意

表41 関・千・6号検定林の雄花着生率についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	2	1805.79	902.894	19.819**
家系	36	3330.87	92.524	2.066**
誤差	72	3280.06	45.556	
全体	110	8476.72		

注)**:危険率1%で有意

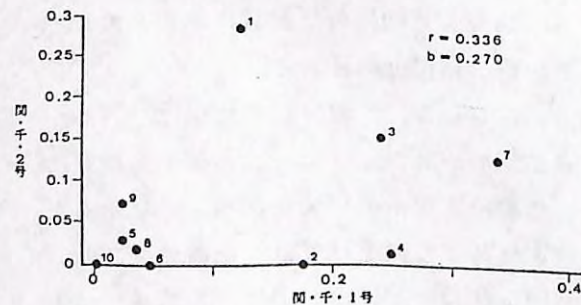


図14 関・千・1号検定林と同2号検定林の散布図(指数値)

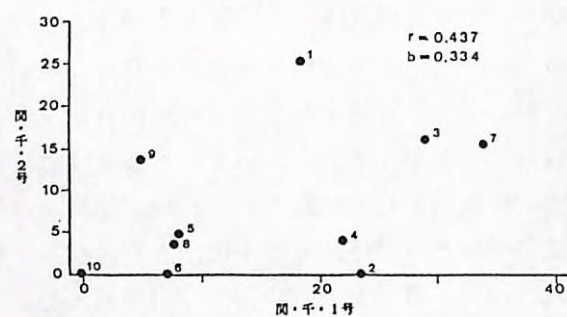


図15 関・千・1号検定林と同2号検定林の散布図(着生率)

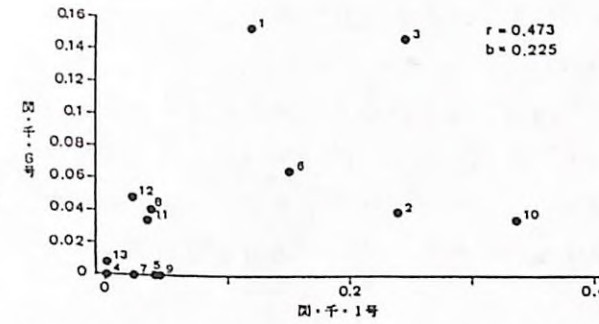


図16 関・千・1号検定林と同6号検定林の散布図(指数値)

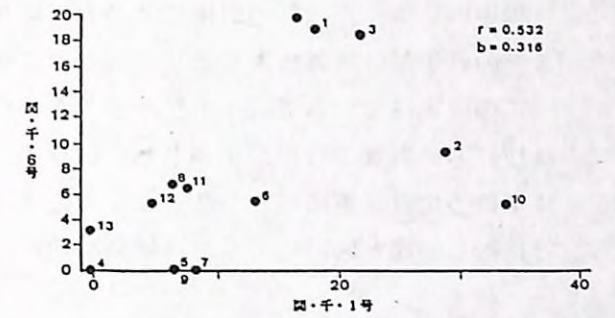


図17 関・千・1号検定林と同6号検定林の散布図(着生率)

(3) 精英樹家系と地スギの着生量の違い

実生家系を植栽した関・千・6号については1992年1月に雌雄花について調査を行う予定であったが、直前に枝打ちが実施されており調査できず、球果着生量の調査を行った。この検定林では、1列ずつ植栽された精英樹の6~7家系おきに、地スギが1列ずつ配置されている。そこで、地スギと、地スギを挟んで、両側の2列の精英樹家系を調査対象として各系統10~40個体について行った。このような調査を11組について行い地スギと精英樹家系の球果着生量を比較した。各組についての求めた系統別平均値を図18に示した。いずれも地スギの着生量は精英樹家系よりも多かった。

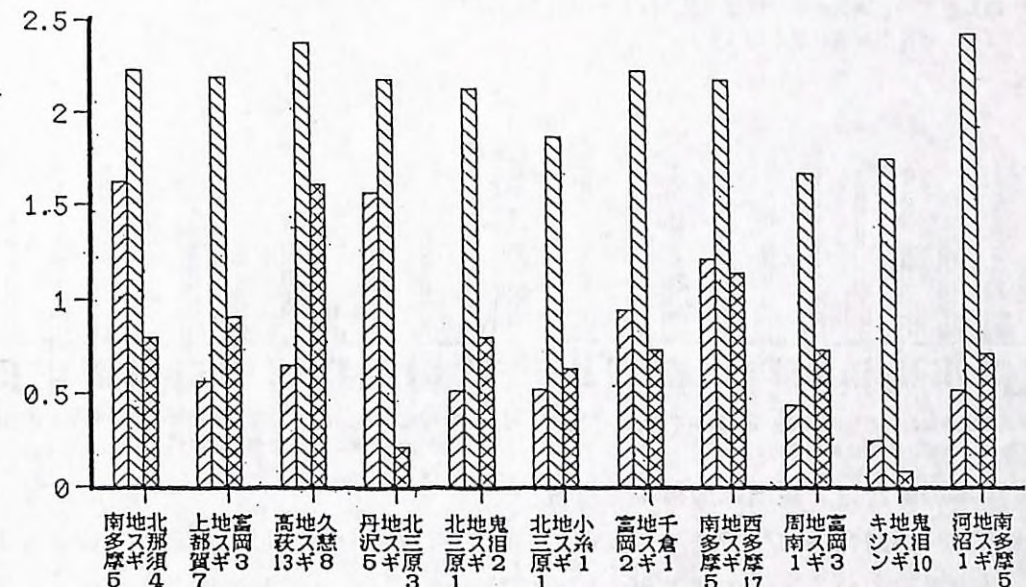


図18 精英樹家系と地スギの球果着生量の個体単位での比較

(白:精英樹家系、黒:地スギ)

5組の例について両群の個体ごとの着生量を図19に示したが、統計検定するまでもなく地スギの着生量は精英樹家系よりも明らかに多かった。

この検定林について同年の秋から冬季にかけて雌雄花量を調査したが、雌雄花の着生量は枝打ちの影響のためか全体として少なく、無着花個体が多く、図19で説明したような個体単位の比較は不適当と判断した。そこで、図18に示したと同様に家系別平均値を地スギと比較し図20と図21に示した。結果は前述の球果量と同様に、地スギの着生量が多かった。

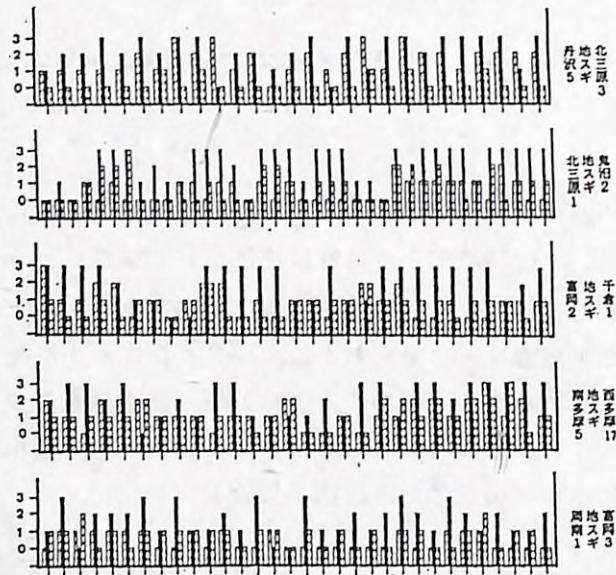


図19 精英樹家系と地スギの球果着生量の家系平均値での比較
(白：精英樹家系、黒：地スギ)

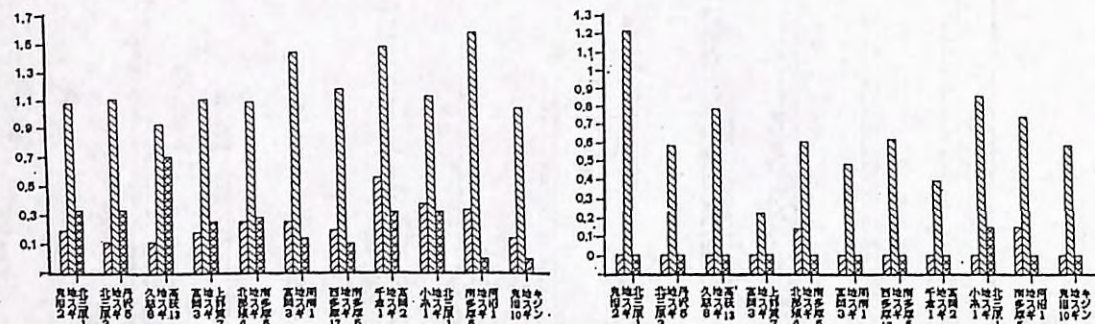


図20 精英樹家系と地スギの雌花着生量の家系平均値での比較
(中央地スギ、両側精英樹家系)

(4) 家系の雌花量と採種親の種子生産量

精英樹各家系の雌花の着生量を、3反復について指数値で調査し、各家系平均値を求めた。この各家系平均値と、その採種親である採種園のクローンごとの種子生産量との相関関係を求めた。なお、採種園の種子生産量は1982年から1986年までの平均値である。結果は図22に示すとおりであり、自由度が小さく有意ではなかったが相関係数は0.509とプラス相関の傾向がみとめられた。

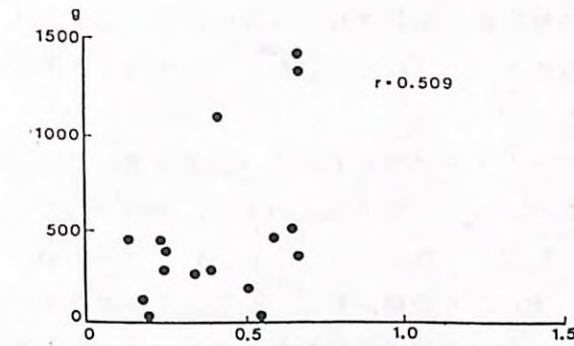


図22 採種園の種子生産量と、子供家系の雌花量との散布図

表42 雄花と雌花の量で区分された樹高の平均値 (m)

	雄花				雌花			
指数	0	1	2	3	0	1	2	3
個体数	204	57	44	26	99	101	93	38
平均値	4.24	4.21	4.18	3.52	3.87	3.98	4.54	4.55

表43 雄花と雌花の量で区分された樹高の分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F	平方和	平均平方	F
群間	3	11.886	3.922	3.286*	30.066	10.022	8.714**
群内	327	394.283	1.206		376.103	1.150	
全体	330	406.169			406.169		

注) **: 危険率1%で有意、*: 危険率5%で有意

(5) 着生量と樹高成長の関係

地スギについては、比較的雌雄花の着生量があったので、着生量と樹高成長の関係を調査した。調査対象となった地スギについて前述の指数値0, 1, 2, 3に基づき各個体を群別し、その樹高平均値を求め、その群間差を検討した。各平均値は表42のとおりであり、分散分析の結果は表43に示すとおりであり、雌雄花ともに群間差が有意差が認められた。雌花と樹高成長の関係は多く着生しているものが樹高が大きく、雄花については指数3に区分された開花量の多い個体群の樹高の成長量が小さく、統計的に他の群より有意な差が認められた。

3) 考察

関・千・1号検定林の2年間の雄花着生量は、クローンごとの着生量に大きな変化を生じなかった。この検定林の精英樹だけで求めた広義の遺伝率は、比率で求めた値が1991年9.3%, 1992年8.8%で、指数データの場合、1991年7.6%, 1992年10.6%であり、いずれも小さい値であった。この理由は次のように考えられる。

クローン検定林に対照して植栽されている実生の地スギの雌雄花の着生量は極めて多かった。精英樹も、これら地スギの中から選抜したので、同様に着花量が多いはずである。しかし、精英樹は栄養成長に重点をおいて選抜されたのに対し、地スギが球果量の多い個体、すなわち、生殖成長の旺盛な個体から採種されたことによって、その差が生じたものと考えられる。すなわち、精英樹クローン群は、開花量が少なく、クローン間差が小さかったため遺伝率は低い値となったと判断される。なお、精英樹クローン群と地スギの開花量の差は、地スギが開花量の多い個体を選抜し、採種したことになるので、開花量の選抜効果を意味する。この差の大きさから、一般の未選抜のスギ集団における広義の遺伝率は

相当に大きいものと推定される。なお、これら検定林に植栽されている地スギの種子源は、皆伐林から収集されたもので、特定の母樹からのものではない。しかし、比較的球果量の多い複数個体から採種されたものと判断される。

クローン検定林のデータを親として、家系データを子供として求めた狭義の遺伝率は、前述の広義の遺伝率よりも大きく45～67%であった。この理由は次のように説明される。

親に相当するクローンは、雄花量が少なく変動幅が小さいが、その各クローン平均値と、その家系平均値とで、描かれる回帰式の傾き、すなわち回帰係数は、全部のデータを用いた場合の回帰式の一部で傾きは同じである。従って、回帰係数は変わらぬはずであるから、狭義の遺伝率は歪みなく算出されたと考えられる。このことから先に求めた10%内外の広義の遺伝率は、無意識に選抜された開花量の少ない個体に起因した結果であり、広義の遺伝率は、この狭義の遺伝率より、はるかに大きいものと考えられる。従って、選抜個体のクローン増殖や実生繁殖のいずれでも、選抜育種による開花量の少ないスギの育種が期待できる。精英樹の実生家系を植栽した関・千・6号についての雌雄花量や球果量も、図18～21に示したように、同時に植栽された実生の地スギの着生量より極めて少なかった。この差は実生繁殖でも開花量に関する選抜効果の大きいこと、すなわち、狭義の遺伝率の大きいことを意味する。このことは、採種圃のクローンごとの種子生産量と、その次代家系の雌花量との間でプラス相関の傾向の認められたことから裏付けされる。

なお、精英樹家系群は、開花量の少ない個体の集団と考えられるので、そこから再選抜する場合、遺伝変異のため、選抜効果が小さいことが疑問視される。しかし、選抜個体の次代集団では、変異そのものはほとんど減少しないのが一般的であり、この問題は無用である。

地スギにおいて雄花量の著しい個体の樹高成長の小さかったことは、尾根筋に近い痩せ地で開花量の多かったことに起因すると考えられる。雌花の多い個体の成長の良かったことは、極端な早生型の個体に着生が多く認められたものと考えられるので、この傾向は早期に失われるものと推測される。

以上のことから、木材生産と花粉アレルギー対策の面から精英樹選抜事業の有用性が強調される。

4. 雪害によるスギの根元曲がりについての選抜効果

雪害によるスギの根元曲がりについては、抵抗性個体が選抜され、サシキクロンの育成等により育種事業が進行しており、この選抜効果はクローン特性の発現の状況から大きいものと期待されている。しかし、より高い育種効果は、抵抗性個体間の交配による次代の個体群から再選抜することによって得られよう。この選抜効果は、その遺伝性がいわゆるポリジーン支配によるものとすれば、全分散に対する相加的な遺伝分散の寄与率、すなわち、狭義の遺伝率の大きさによって規制される。この遺伝率は、親子相関の大きさや、

家系を要因とした分散分析における家系間分散の全変動に対する寄与の大きさによって推定される。前者の親子相関による推定値は、実現された遺伝率に相当するものであり、後者の分散分析によるよりも価値が高い。本報告における遺伝率は、両方法によって求めた遺伝率に関する情報である。

1) 材料及び方法

雪害に関する遺伝試験地が、まだ十分でないので、本試験では一般の次代検定林で測定された傾幹幅²⁾をデータとした。親子相関に関する情報は精英樹のクローン検定林と、自然受粉で得た種子の実生家系による次代検定林に共通に植栽されている精英樹系統について測定されたデータを用いた。すなわち、親に相当するデータとしてクローン平均値を、子どものデータとして次代の実生家系平均値を用い、相関係数と回帰係数を求めた。

用いたデータの検定林は表44に示すクローン検定林の3組のデータと、実生検定林の3組のデータであり、データの組数を同表中に記載した。各検定林は乱塊法で設定されており、東秋局7号の6反復を除いて他は3反復で植栽されている。

表44 サシキクロン平均値と実生家系平均値の相関係数および回帰係数

	東秋局8号(5年)		東秋局8号(10年)		東秋局28号(5年)	
	相関係数	回帰係数	相関係数	回帰係数	相関係数	回帰係数
東秋局7号(5年)	0.198	0.125(8)	0.207	0.098(8)	0.330	0.088(8)
東秋局7号(10年)	0.507	0.292(8)	0.424	0.183(8)	0.410	0.135(8)
東秋局6号(5年)	—	—	—	—	0.161	0.102(10)

注) () 内はデータ数

2) 結果

表44に検定林間で求めた親子相関に関する相関係数と回帰係数を示した。また、相互の各データの値を散布図として図23～図25に示した。図25にみられるように東秋局6号と東秋局28号のデータの値は小さく、従って、雪害の程度が弱く抵抗性を顕著に表現していないことが考えられた。

これらの相関関係について、相関係数と回帰係数を表44に示したが、いずれもプラスの値であり、相加的遺伝分散の存在が明らかであった。親子相関からの遺伝率は、ここで用いた家系が自然受粉種子からのもので、半きょうだいであるから相関係数の2倍値となる。しかし、ここで求めた相関係数は、前にも述べたように家系の平均値を用いたので、個々のデータを用いた値よりも大きくなっている。回帰係数の2倍値ならばこの問題は生じない。従って、表44中の回帰係数の2倍値から遺伝率は約20%～60%と推定した。

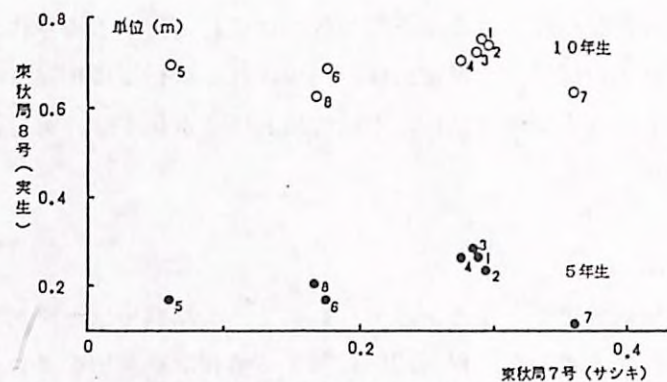


図23 東秋局7号(5年)と東秋局8号(5・10年)の傾幹幅の散布図
注) 図中の番号1: 東南区3、2: 東南区5、3: 西村山1、4: 雄勝1
5: 大館1、6: 田川3、7: 新庄1、8: 山形3

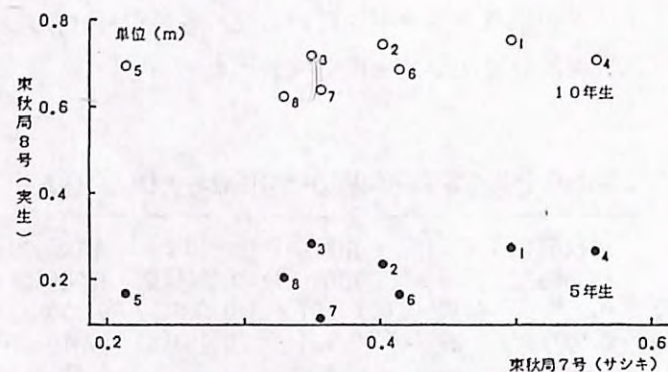


図24 東秋局7号(7年)と東秋局8号(5・10年)の傾幹幅の散布図
凡例は図23と同じ

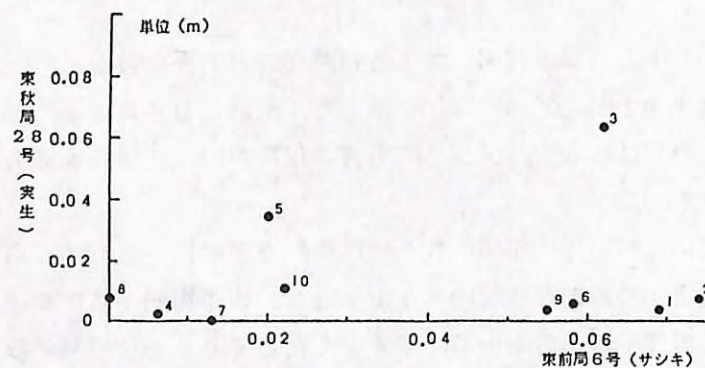


図25 東秋局6号(5年)と東秋局28号(5年)の傾幹幅の散布図
注) 図中の番号1: 岩船2、2: 東蒲原6、3: 東蒲原2、4: 長岡2
5: 長岡1、6: 六日町4、7: 六日町1、8: 酒田3、9: 東蒲原5
10: 村松4

実生検定林のうち、根元曲がりが大きく、精度が高いと考えられる東秋局8号の5年生と10年生のデータについて分散分析を行った結果は表45と表46のとおりであり、両データともに反復間のみが著しく有意であり、家系間差は5年生のみが有意であった。この分散分析の平均平方の期待成分に基づき家系間分散、プロット間分散を求め、得られた遺伝率は5年生16.3%、10年生4.5%であった。

表45 東秋局8号検定林の5年生のデータについての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F	平均平方の期待成分
反復	2	1.269	0.635	2.130	$\sigma_e^2 + 52.35\sigma_p^2 + 1570.51\sigma_f^2$
家系	29	14.586	0.503	1.687*	$\sigma_e^2 + 52.57\sigma_p^2 + 157.70\sigma_f^2$
プロット	58	17.270	0.298	7.095**	$\sigma_e^2 + 83.94\sigma_p^2$
個体	4668	194.476	0.042		σ_e^2
全体	4757	227.601			

$$h^2: 0.0019 / (0.0019 + 0.0031 + 0.0417) \times 4 = 0.1627$$

注) **: 危険率1%で有意、*: 危険率5%で有意

表46 東秋局8号検定林の10年生のデータについての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F	平均平方の期待成分
反復	2	31.911	15.955	64.334**	$\sigma_e^2 + 42.83\sigma_p^2 + 1284.79\sigma_f^2$
家系	29	8.535	0.294	1.185	$\sigma_e^2 + 43.02\sigma_p^2 + 129.05\sigma_f^2$
プロット	58	14.402	0.248	3.220**	$\sigma_e^2 + 68.52\sigma_p^2$
個体	89	298.893	0.077		σ_e^2
全体	3988	353.741			

$$h^2: 0.0009 / (0.0017 + 0.0025 + 0.0767) \times 4 = 0.0449$$

注) **: 危険率1%で有意

3) 考察

親子の関係とみなすことのできるクローン検定林と家系検定林の関係から、遺伝率は20%~60%と推定されたが、これは、クローンと家系のデータが別の植栽地から得られた結果である。従って、同じ植栽地からのデータであれば、もっと大きな値となるはずであり、この遺伝率は低めの推定値といえることができる。

相関係数が比較的に小さい値であった3個の散布図(図23, 24, 25)をみると、図23に関しては、新庄1(番号7番)の影響が大きく、また、図25に関しては東秋局6号検定林と、28号検定林のデータの値が小さく、雪害の程度が弱く、抵抗性を顕著に表現していなかったことに起因すると考えられる。

東秋局8号検定林の両年次の分散分析において家系間差が5年生のみにしか認められず、遺伝率も極めて低かった原因は次のように考えられる。両分散分析で反復間差が大きかつ

たことは、両検定林内における雪害が場所により大きな差を生じることを示す。このことは、反復内の各プロット間にも大きな差を生じたことを意味し、このため各反復内においても各家系のデータに著しく歪みを与えたものと判断される。すなわち、乱塊法ではこのような試験地内の変動は、反復間の変動を大きくなるように配置し、反復内変動を小さくして検定精度を向上させることが前提となる。しかし、雪害試験においては、雪害がどの場所にどのように生じるか予測できないので、そのような実験計画は不可能に近い。従って結果として反復間変動が大きかったことは、反復内変動も大きいことを意味し、反復ごとの家系平均値に歪みを与え家系間変動の検出精度を低下させたものと判断される。このことの証拠の一つとして次のような検討を行った。

5年生データで1反復と3反復で得られたデータで、観察上、各反復内に2分できるような被害変化があった。そこで、そのように2分し、5反復としてプロット平均値をデータとした分散分析を行ってみた。その結果、表47のように家系間差の有意性は向上し、前述の理由がうらづけされた。

表47 東秋局8号検定林の5年生の修正データについての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	F
反 復	4	0.631(0.195)	0.158(0.049)	18.074**
家 系	29	0.274(0.160)	0.009(0.006)	2.037*
誤 差	56	0.153	0.003	
全 体	89	1.058		

注) **: 危険率1%で有意、*: 危険率5%で有意

以上のことから、本試験における遺伝率は分散分析で求めたものよりも、親のデータ及び子のデータともに複数の反復の平均値を元にして求められた親子相関のほうが精度が高いものと考えられる。この結果から抵抗性個体同士等の交配による次代集団の中から、より強い抵抗性個体の選抜が有効であることが明らかにされた。また、雪害による根元曲がりの試験地については、単木混交植栽による試験配置が望ましいと考えられる。

IV ま と め

1. スギの幹や枝の遺伝的特性についてのクローンの選抜効果は大きく、とくに適切な密度管理の中で発現される。
2. 幹が大きく枝の小さい個体は希にしか存在しないので、多くの個体を対象して選抜を実行する必要がある。
3. 植栽密度によって各クローンの幹と枝の特性の順位が変わることは少ない。

4. 極端な植栽密度でなければ幹と枝のクローン特性への密度の影響は小さい。
5. 年輪構造に関する諸形質の広義の遺伝率は高いので、クローン選抜による改良効果が期待できる。
6. 年輪構造に関する諸形質についても植栽密度の影響は小さく、クローン特性への植栽密度による影響は小さい。
7. 年輪構造に関する諸形質の相互間では、表現型相関が極めて大きいものがあるので、調査すべき形質を整理する必要がある。
8. スギの開花特性についての遺伝寄与は大きいので、開花量の少ない個体を選抜し、サシキ増殖、あるいは実生繁殖しても相当の選抜効果が期待できる。
9. スギの開花特性については狭義の遺伝率も大きいので精英樹家系植栽地からの選抜、すなわち次代の選抜効果が期待できる。
10. スギの一般種苗による造林地は雄花着生量が多いことが、この試験結果から示唆される。
11. 雪害による根元曲がり抵抗性については、選抜個体をクローン増殖することでの効果はもちろんであるが、実生繁殖によっても、その効果は十分に期待できる。また、実生繁殖による次代からの選抜の効果が期待できる。
12. 雪害による根元曲がりの試験地は単木混交植栽が望ましい。

引用文献

- (1) 明石孝輝：スギの幹と枝の諸形質に対する植栽密度とクローンの影響，日林誌，69(4)，136～145(1987)
- (2) 向田 稔・寺田貴美雄・太田 昇：スギ精英樹家系群と雪害抵抗性候補木家系群の根元曲がりの違い，日林東北支論，No40，84～85(1988)