

トドマツ実生集団における遺伝変動

久保田 泰 則 畠 山 末 吉

1. はじめに

表現型で優れた個体を選抜し、採種園や採穂園を造成して、次代の遺伝的進歩を期待するいわゆる精英樹選抜による育種事業が始められてからすでに数年を経過した。しかしこの育種方法による品種改良の事業が進められた根拠は、簡単にいえば天然林、人工林を問わず林木の個体間にはいろいろな形質に優劣があり、この中からとくに優れた個体を選びだせば、遺伝的に優れたものもかなりふくまれるだろうという推量だけである。このように理論的にも実験的にも証明がないまま事業が進められているが、育種家である私たちは、遺伝 Parameter の推定値にもとづいた育種方法を確立し、その改良効果をあきらかにすることを考えなければならない。

林木集団の各個体の部分形質の表現型 P は、その個体の遺伝的効果 G と、その個体をとりまく環境によって規定される最 E との加算的な和であるとみなされるから $P = G + E$ の形であらわされる。これを1つの集団で考えると、個体間のバラツキは分散であらわすことができるから、表現量 P のバラツキは σ_p^2 となり、これは上述と

同じように遺伝子効果による分散 σ_G^2 と、環境効果による分散性の和であらわされる。すなわち $\sigma_p^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$

であらわされ、全遺伝分散 σ_G^2 は有性繁殖によってそのまま子供に伝えられる相加的遺伝分散 $\sigma_{G_a}^2$ と、有性繁殖の場合、子供には伝えられない非相加的な遺伝分散 $\sigma_{G_n}^2$ の両方の効果である。表現型のバラツキが、どれだけの遺伝的効果によっているかをしめす割合に遺伝力 h^2 という概念が用いられる。これは集団の表現型分散に対する遺伝分散の割合である。

すなわち遺伝力には非相加的遺伝分散も含めた全遺伝分散による広い意味の遺伝力

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$$

と狭義の遺伝力

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_{G_a}^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2}$$

がある。

本論文でとりあつかう遺伝分散および遺伝力は後者である。

1つの集団について集団内の個体が無作為交配すると仮定し、その集団からランダムにとった母樹の自然交配のタネで、家系ごとに子供を育て、家系内、家系間について分散分析して σ_g^2 を推定し、遺伝力を求めることができる。集団のある形質を向上させるために、目的の形質を選抜すれば、そのとき期待される向上の程度、すなわち遺伝獲得量は $G = \bar{i} h^2$ であらわされる。 G は遺伝獲得量であり、 \bar{i} は選抜された個体群ともとの集団との平均値の差である。

本論文ではトドマツ精英樹の選抜林分の自然交配による家系群のうち、同一集団から数個体選抜されている家系群を対象に、各家系の苗長と根元径の両形質について分散分析し遺伝分散と環境分散を推定した。また部分形質 [北海道光珠内林木育種場報告 . NO . 2 , 1963 年 7 月]

質間の遺伝相関を求めトドマツにおけるある形質の選抜が他の形質に与える遺伝的な変化を調べ、さらに稚樹の形質の発現と成木の形質発現との関係について検討した。

・材料と方法

集団および精英樹番号は第1表のとおりで、美深および名寄の両集団は4個体、函館の集団は2個体の家系群を用いた。これらの家系群は1958年にタネを採取し、1959年から光珠内林木育種場内で養苗し現在床替2回を経た4年生苗木である。

試験地は2回反覆で、その経過の概略は第2表に示したが、標本は各家系から約150本を無作為に調査した。

第1表 集団，精英樹一覧表

集 団	美 深				名 寄				函 館		備 考
	美深事 5ろ				天塩事 58い				湯川事 38い		
所 在											
植 栽 年	1928年5月				1927年5月				1930年5月		
林 令	29				30				30		
精 英 樹 名	1	2	5	6	1	2	3	4	1	2	
樹 高 (m)	17.0	16.0	19.0	18.5	17.6	17.6	18.3	19.8	19.0	19.0	樹高比および直径比は周囲大木との比較平均直径およびF値は周囲本との比較である。
樹高比 (%)	131	114	133	121	109	122	103	119	120	114	
胸 径 (cm)	26.0	29.0	20.0	27.5	27.0	29.5	34.5	32.5	31.0	35.3	
直径比 (%)	133	141	144	126	137	159	134	124	104	130	
平均直径(cm)	15.6	15.3	14.3	15.5	17.1	14.5	21.0	21.2	21.1	20.9	
直径 F 値	0.05	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.01	0.05	0.05	0.01	

第2表 精英樹家系別成長経過表

集 団	美 深				名 寄				函 館		
	1	2	5	6	1	2	3	4	1	2	
精 英 樹 名											
型	C	-	-	-	C	C	D	D	F	F	
100 粒 重 (g)	1.00	0.90	1.25	0.85	1.30	1.35	1.20	1.45	0.90	1.05	
充 実 率 (%)	26.5	67.0	62.0	49.5	60.5	52.5	58.0	74.0	40.5	36.0	
ま き つ け 月 日	1959年 4月下旬										
子 葉 長(mm)	13.5	12.4	13.5	11.3	14.1	14.0	13.1	14.3	13.0	12.7	
子 葉 高(mm)	24.7	20.9	20.8	15.4	20.1	20.0	18.9	20.8	24.8	25.9	
1959年秋当年生苗長(mm)	35.5	29.2	30.6	22.8	29.8	27.5	26.2	30.1	38.7	34.4	
第 1 回 床 替 月 日	1960年 8月下旬										
1960年秋2年生苗長(cm)	10.8	9.8	8.7	7.4	13.1	11.6	11.3	11.8	8.9	8.6	
1961年秋3年生苗長(cm)	11.9	12.1	10.9	9.6	18.6	13.2	14.7	13.3	10.3	11.0	
第 2 回 床 替 月 日	1962年 4月下旬										
1962年秋4年生苗長(cm)	15.5	18.2	16.0	15.5	27.0	19.3	20.8	19.8	14.9	14.2	
根 元 径(cm)	0.65	0.66	0.58	0.60	0.72	0.74	0.68	0.70	1.06	0.90	

統計学的分析

各集団について、その集団内で親木が無作為交配したと仮定すればそれらの子供群は第3表のような分散および共分散分析ができる。

第3表 分散，共分散分析とその成分

要因	自由度	分散		共分散	
		平均平方和	期待成分	平均積和	期待成分
全体	$\sum (y_i - 1)$				
家系間	$c - 1$	M_1	$\frac{2}{W} \times k^2 B$	P_1	$W \times W + k B \times B$
家系内	$\sum (y_i - 1)$	M_2	$\frac{2}{W}$	P_2	$W \times W$

は家系の数， y_i は*i*番目の家系における個体数， k は*y*に関連した常数である。もし各家系のもつ個体数が一定すなわち $y_1 = y_2 = \dots y_i = y_c = y$ であれば $k = y$ であるが，異なる時はつぎの式から k を求める (Crump1956)

$$k = \frac{1}{c-1} \left\{ \sum y_i^2 - \frac{1}{\sum y_i} \sum y_i^2 \right\}$$

$\frac{2}{W}$ と $W \times W$ は家系内分散および共分散であり， $\frac{2}{B}$ と $B \times B$ は家系間分散および共分散である。そして遺伝学的に解釈すると $\frac{2}{W}$ または $W \times W$ は環境分散と遺伝子の非相加的效果による分散，共分散の 3/4 よりなると考えられ， $\frac{2}{B}$ または $B \times B$ は相加的な遺伝分散の 1/4 からなると考えられる。ただし，遺伝子の優性効果は無視できるものとする。したがって形質の遺伝力と遺伝相関はつぎの式から求められる。

遺伝力

$$h^2 = \frac{\frac{2}{G}}{\frac{2}{E} + \frac{2}{G}} = \frac{4}{\frac{2}{W} + \frac{2}{B}}$$

形質間遺伝相関

$$r_{G_i G_j} = \frac{G_i G_j}{G_i \times G_j} = \frac{B_i B_j}{\sqrt{\frac{2}{B_i} \times \frac{2}{B_j}}}$$

親子間の遺伝相関はつぎのように解析される。すでに成木となっている母樹のある形質の表現型を P_1 ，その遺伝質を H_1 ，その母樹に与えられた環境の影響を E_1 とし，それから生じた子供の一定形質，たとえば一定樹齢における樹高または胸高直径のそれを P_2 ， H_2 ， E_2 ，とすれば第1図のような関係図で示される。

第1図で r は相関係数， h は遺伝力の平方根を意味するから， $r_{P_1 P_2}$ は母樹と子供との間の表現型相関， $r_{H_1 H_2}$ は遺伝相関， $h_1 h_2$ は母樹の形質および子供の形質の遺伝力の平方根である。そしてこれらの間にはつぎのような関係式が成り立つ。

$$r_{P_1 P_2} = \frac{W_{P_1 P_2}}{S_{P_1} S_{P_2}}$$



W_{P1P2} は、 P_1, P_2 の間の共分散推定値であり、 σ_{P1}, σ_{P2} は P_1, P_2 の標準偏差推定である。

IV . 結 果

前に述べてきたように、家系ごとの子供群の苗長および根元径について分散分析を行なった結果は第4表のとおりである。この表に見られるように、家系間の分散は家系内分散よりはるかに大きく、家系間に有意の差が

第4表 樹高および根元直径についての分散分析とその期待成分

集 団	要 因	自由度	樹 高			根 元 径		
			平均平方	σ^2_W	σ^2_B	平均平方	σ^2_W	σ^2_B
美 深	家系間	6	558.2205		1.6580	0.5585		0.0016
	家系内	1309	12.5696	12.5696		0.0206	0.0206	
名 寄	家系間	6	2136.979		6.9190	0.3848		0.0012
	家系内	1214	23.0244	23.0244		0.0251	0.0251	
函 館	家系間	2	182.9095		0.4691	0.5805		0.0016
	家系内	673	24.1099	24.1099		0.0249	0.0250	

第5表 樹高と根元直径の遺伝分散(σ^2_G)
環境分散(σ^2_E)および遺伝力(h^2)

集 団		樹 高	根元直径
美 深	σ^2_G	6.6320	0.0064
	σ^2_E	7.5956	0.0158
	h^2	0.466	0.288
名 寄	σ^2_G	27.620	0.0047
	σ^2_E	2.2674	0.0216
	h^2	0.924	0.178
函 館	σ^2_G	1.8764	0.0066
	σ^2_E	22.7064	0.0201
	h^2	0.076	0.246

第6表 樹高と根元直径間の遺伝相関

集 団	美 深	名 寄	函 館
遺伝共分散	0.151	0.099	0.098
環境共分散	0.238	0.315	0.255
遺伝相関係数	+0.732	+0.274	+0.279
環境相関係数	+0.688	+1.000	+0.378

第7表 高さとおさの表現型親子相関

集 団	美 深	名 寄
樹高比と苗長	-0.059	-0.159
母樹直径比と根元径	0.000	0.078
母樹直径F値と根元径	-0.518	+0.612

第8表 タネの重さと表現型との相関

集 団	美 深	名 寄	函 館
直 径	0.001	0.040	0.000
苗 長	0.000	-0.002	-0.010

認められる。遺伝分散および遺伝力は第5表のとおりで、樹高においては3集団とも異なった値を示し、名寄集団は1に近い。函館集団は0.07で家系間の差がほとんど環境効果であることを意味している。美深集団の

遺伝力は約0.5である。根元径の遺伝力は3集団とも約0.2である。以上の結果から表現型で選抜した集団の遺伝力は樹高において相当高く、根元径では比較的低いことがわかる。また各集団の樹高と根元直径の遺伝相関および環境相関は第6表のとおりすべて正の相関が認められた。さらに稚苗と母樹間の樹高および直径の表現型相関を第7表に示したが、一定の傾向は認められなかった。

母樹の効果としてタネの重さが苗木の大きさにどの程度影響するかを調べたが、相関は全く認められなかった 第 8 表。

V. 考 察

トドマツの同一集団で選抜した精英樹の家系群をもちいて苗長と根元径の遺伝力を推定した結果、表現型の同一基準で選んだ個体間に遺伝的な差異のあることがわかった。このことから母集団内には、これと同じ以上の遺伝的変異が存在すると推定される。

遺伝獲得量は推定しなかったが、稚樹の遺伝力と成木における遺伝力が等しいと仮定すれば、選抜した個体群は、もとの集団に比べ遺伝的に大きな進歩があると判断できる。また高さとおよび太さの間には正の遺伝相関があり選抜に際して望ましい関係であると思われる。樹高および直径について親子相関を求めたが一定の傾向は認められなかったので早期検定の形質としてこれらの形質は適当ではないと思われるが、その他の形質についてはあきらかなことはいえない。

VI. 結 び

トドマツの同じ造林地から選ばれた精英樹のタネから養成した家系別の 4 年生苗木をもちいて推定した苗長と根元径の遺伝力、遺伝相関を計算したところ選抜した個体間にも遺伝的差異が認められたので、林分全体ではさらに大きな遺伝的変異があると推定される。この稚樹における遺伝変異の発現を成木にも適用できるとすれば、選抜育種によって子供集団の成長量を親集団より高めることが可能であると考えられる。

また樹高と直径間には正の遺伝相関が認められたが、このことは今後の選抜にとって望ましい関係であろう。親子相関は詳しく述べられないが、4 年生位の稚苗では早期検定の材料としては適当でないことがわかる。

文 献

- 酒井寛一．1957 林木育種における遺伝相関の推定とその利用．育種学雑誌，7(2):83-85．
- 酒井寛一．1960．ココヤシの育種学的研究．玉川大学農学部研究報告，1：63-71．
- 戸田良吉．1957．スギの林分内変異量と遺伝力．林業試験場報告，100：1-12．
- 戸田良吉．1959．タネ繁殖の場合のスギの樹高と胸高直径の遺伝力．林業試験場報告，112：1-18．
- 戸田良吉．1961．スギの遺伝変動に関する研究．林業試験場報告，132：1-146．