

[本部]2. 格子法によるスギ品種の比較試験：6演習林共同試験九大粕屋昭和47年度結果の取まとめについて

木梨，謙吉
九州大学農学部附属演習林：教授

宮崎，安貞
九州大学農学部附属演習林：助教授

<https://doi.org/10.15017/1462222>

出版情報：演習林研究経過報告．昭和48年度，pp.13-24，1974．九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

2. 格子法によるスギ品種の比較試験

—— 6 演習林共同試験九大粕屋昭和 4 7 年度

結果の取まとめについて ——

木梨謙吉・宮崎安貞

1. 緒 言

この報告は第 29 回日本林学会九州支部大会において報告し、同研究論文集第 27 号 (1974) に掲載されているが、同論文集は 2 頁に制限されているので、計算の大部分を省略せざるをえなかった。そこで詳細をこゝにまとめて後日の参考とするものである。

この 2 重格子法による試験は昭和 46 年 3 月に、6 演習林共同試験の一部として実施したものである。こゝでは九大粕屋演習林の資料のみについて、昭和 48 年 3 月測定された数値について行い。なお計算法は三留三千男著農業実験計画法によった。

2. 品種配置図と測定値

試験地位置図は九大演習林報告第 47 号 30 頁 Fig. 6-1 に示すとおりであり、また 2 重格子法試験の 1 プロットの苗木の植栽方式は同書 35 頁 Fig. 10 の (2) により、この試験に用いた 25 クローンは同頁 Table 5 にかゝってあるとおりである。

品種の配置図を図-1 に示す。図の 1 マスはプロットをあらわし、マス内の左肩の数字は品種 (クローン) 番号を、中央の数値は平均の樹高を cm であらわしてある。原則として 1 プロット当り 12 本である。

反 復 1 (X₁)

ブロック和

456.9	17 97.0	18 71.9	20 106.5	19 92.2	16 89.3
465.9	24 85.5	21 74.8	23 114.7	25 97.8	22 93.1
497.5	3 85.4	4 86.8	5 113.8	1 94.4	2 117.1
440.7	14 88.8	11 95.6	15 86.6	13 74.2	12 95.5
432.4	8 78.5	6 82.9	10 89.8	9 85.3	7 95.9

R₁ = 2293.4

$$\sum_{25} (Y^2) = 213813.48$$

反 復 2 (Y₁)

ブロック

ブロック和

1	4 87.9	19 102.8	24 81.3	14 96.0	9 87.1	455.1
2	20 118.3	10 97.4	15 85.0	25 98.3	5 111.7	510.7
3	6 76.7	16 97.4	21 81.0	11 96.3	1 87.7	439.1
4	23 117.6	8 84.6	18 73.1	3 89.2	13 82.7	447.2
5	17 117.9	22 88.8	12 78.4	2 96.8	7 110.0	491.9

$$\sum_{25} (Y^2) = 223977.52$$

R₂ = 2344.0

反 復 3 (X₂)

423.2	15 82.5	12 89.1	14 80.0	13 74.5	11 97.1
488.0	3 87.7	5 112.8	2 100.9	1 88.0	4 98.6
467.0	21 75.6	22 96.4	23 109.8	25 93.0	24 92.2
443.0	7 93.2	9 86.3	6 76.1	8 85.3	10 102.1
458.8	18 71.8	20 108.4	19 77.1	17 101.1	16 100.4

R₃ = 2280.0

$$\sum_{25} (Y^2) = 211177.04$$

反 復 4 (Y₂)

1	2 94.8	7 91.3	22 93.0	17 100.0	12 80.9	460.0
2	20 134.9	5 115.3	10 99.8	15 104.7	25 111.7	566.4
3	9 69.6	4 81.1	19 107.3	14 105.6	24 104.8	468.4
4	16 67.4	11 104.1	6 83.6	1 81.3	21 70.5	406.9
5	8 76.9	13 86.4	23 107.9	18 99.3	3 103.6	474.1

$$\sum_{25} (Y^2) = 232039.62$$

R₄ = 2375.8

R₁ + R₃ = 4573.4

R₂ + R₄ = 4719.8

$$G = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 9293.2$$

$$(\sum_{100} Y)^2 = G^2 = (9293.2)^2 = 86363566.24$$

$$\sum_{100} (Y^2) = 881007.66$$

$$\sum_4 (R^2) = 21596845.20$$

図-1 品種配置および測定値 (cm)

3. 2重格子法の分析

格子法は多数品種の試験に用いられるために考案されたものであるが、今一度その要点を整理して分析計算のすゝめ方を復習したい。

こゝでは25のスキ品種（クローン）を5品種ごと5組にわけこの一組を一つのブロックに入れてある。一般には一つのブロックに25品種全部入れるのであるがそれは大変なことになる。したがってこのように一つのブロックは不完全である。だから同じブロック内の品種は比較出来るが、異ったブロック間は比較出来ない。すなわち異ったブロックにわりあてられた品種間の比較には、ブロック間の差異が混同されることになる。その混同から情報が失われまい以下に工夫が必要となる。

こゝではX群とY群にわけて、それぞれ2回反復している。X群もY群も5×5の格子型記列であるが、たとえばX群の第1行が品種番号1, 2, 3, 4, 5と列べてこれをブロックとみたてたとき、Y群ではこれと直交するように、第1列を1, 2, 3, 4, 5と並べる。そして以後ランダム化を行っている。この場合不完全なブロックをあたかも疑似的にXの水準と考え、Yも水準と考える、タテ、ヨコの並べ方が直交するようなブロックを要因と考えた形式となる。準要因計画法という所謂である。

この分析ではXの2回、Yの2回の反復で計4回の反復とみたてた乱かい法として先づ分析する。

つぎにブロック内平方和と、ブロック間平方和に分け、さらにブロック間平方和を(a)、(b)に分けて、全平方和から反復、品種、(a)、(b)の合計を差引いて求めている。(a)はX群、Y群におけるそれぞれのブロックの交互作用項の和であり、(b)はX群とY群の差を求めることによって、品種の効果を除いたブロック効果である。以上の説明はその筋書をしめすもので、以下の計算と、詳細は前記参考文献によるとよい。

4. 計算および分散分析表

そこでまず反復1と3、反復2と4を合計する。これを図-2に示す。反復1と3はX群を、反復2と4はY群をしめしている。

X群というのは横行で分割した品種群であり、Y群というのは縦列で分割した品種群である。

さらに図-3ではこれを一まとめにして運算表とした。運算表中 X_1 、 X_2 は図-1のブロック和を示す。 Y_1 、 Y_2 についても同様である。Bは X_1 、 X_2 の和を示し、 $C = A - 2B$ を示している。AはX、Yを含み、BはXの2倍を引いているので結局はYとXの差を示して

いる。

X 群 (反復 1・3)

1	2	3	4	5	小計
182.4	218.0	173.1	185.4	226.6	985.5
6	7	8	9	10	
159.0	189.1	163.8	171.6	191.9	875.4
11	12	13	14	15	
192.7	184.6	148.7	168.8	169.1	863.9
16	17	18	19	20	
189.7	198.1	143.7	169.3	214.9	915.7
21	22	23	24	25	
150.4	189.5	224.5	177.7	190.8	932.9
計					4573.4

Y 群 (反復 2・4)

1	6	11	16	21	
169.0	160.3	200.4	164.8	151.5	846.0
2	7	12	17	22	
191.6	201.3	159.3	217.9	181.8	951.9
3	8	13	18	23	
192.8	161.5	169.1	172.4	225.5	921.3
4	9	14	19	24	
169.0	156.7	201.6	210.1	186.1	923.5
5	10	15	20	25	
227.0	197.2	189.7	253.2	210.0	1077.1
計					4719.8
合計					9293.2

図-2 X群、Y群による群別品種和

C = A - 2B

$\begin{matrix} Y \\ X \end{matrix}$	1	2	3	4	5	計(A)	X_1	X_2	計(B)	差	C	μC
1	35.14	409.6	365.9	354.4	453.6	1934.9	497.5	488.0	985.5	9.5	-36.1	-2.38
2	319.3	390.4	325.3	328.3	389.1	1752.4	432.4	443.0	875.4	-10.6	1.6	0.10
3	393.1	343.9	317.8	370.4	358.8	1784.0	440.7	423.2	863.9	17.5	56.2	3.70
4	354.5	416.0	316.1	379.4	468.1	1934.1	456.9	458.8	915.7	-1.9	102.7	6.76
5	301.9	371.3	450.0	363.8	400.8	1887.8	465.9	467.0	932.9	-1.1	2.0	1.45
計(A)	1720.2	1931.2	1775.1	1796.3	2070.4	9293.2	2293.4	2280.0	4573.4	13.4	146.4	9.63
Y_1	439.1	491.9	447.2	455.1	510.7	2344.0						
Y_2	406.9	460.0	474.1	468.4	566.4	2375.8						
計(B)	846.0	951.9	921.3	923.5	1077.1	4719.8						
差	32.2	31.9	-26.9	-13.3	-55.7	-31.8						
C	28.2	27.4	-67.5	-50.7	-83.8	-146.4						
μC	1.86	1.80	-4.44	-3.34	-5.51	-9.63						

$$\mu = \frac{r(E_b - E_e)}{k(rE_b + (r-1)E_e)}$$

$$\mu = 0.0658$$

図--3 連 算 表

まず最初に乱かい法による分散分析を行う。

$$1) \text{CT} = \frac{G^2}{2r k^2} = \frac{(9293.2)^2}{2 \times 2 \times 25} = \frac{86363566.24}{100} \\ = 863635.6624$$

$$2) \text{全平方和 } S = \{ (97.0)^2 + (71.9)^2 + \dots + (103.6)^2 \} - \text{CT} \\ = 881007.66 - 863635.6624 \\ = 17371.9976$$

$$3) \text{反復平方和 } S_R = \frac{1}{k^2} \times (2293.4^2 + 2344.0^2 + 2280.0^2 + 2375.8^2) - \text{CT} \\ = \frac{21596845.20}{25} - 863635.6624 \\ = 863873.808 - 863635.6624 \\ = 238.1456$$

$$4) \text{品種平方和 } S_V = \frac{1}{2r} \times (351.4^2 + 409.6^2 + \dots + 400.8^2) - \text{CT} \\ (\text{ブロック効果無視}) \\ = \frac{3501784.76}{4} - 863635.6624 \\ = 875446.19 - 863635.6624 \\ = 11810.5276$$

分散分析表は

要因	自由度	平方和	平方平均	F
反復	$3 = 2r - 1$	238.1456	79.3819	1.0737
品種	$24 = k^2 - 1$	11810.5276	492.1053	6.6559**
誤差	$72 = (2r - 1)(k^2 - 1)$	5323.3244	73.9351	
計	$99 = 2rk^2 - 1$	17371.9976		

品種は著しく有意である。r は群内の反復数、k² は品種数で r = 2、k = 5 である。ついでブロック平方和を(a)と(b)の2つに分割する。図-3の差およびCを用いる。

フロッグ平方和（品種効果除去）

$$\begin{aligned}
 S_{B(a)} &= \frac{1}{2k} \left\{ 9.5^2 + (-10.6)^2 + 17.5^2 + (-1.9)^2 + (-1.1)^2 + 32.2^2 + 31.9^2 \right. \\
 &\quad \left. + (-26.9)^2 + (-13.3)^2 + (-55.7)^2 \right\} \\
 &\quad - \frac{1}{2k^2} \left\{ 13.4^2 + (-31.8)^2 \right\} \\
 &= \frac{1}{10} (6571.12) - \frac{1}{50} (1190.80) \\
 &= 657.112 - 23.816 \\
 &= 633.2960
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{B(b)} &= \frac{1}{2rk} \left\{ (-36.1)^2 + (1.6)^2 + (56.2)^2 + (102.7)^2 + (22.0)^2 + (28.2)^2 \right. \\
 &\quad \left. + (27.4)^2 + (-67.5)^2 + (-50.7)^2 + (-83.8)^2 \right\} - \frac{1}{2rk^2} \left\{ 146.4^2 + (-146.4)^2 \right\} \\
 &= \frac{1}{20} \left\{ 31190.68 \right\} - \frac{1}{100} \left\{ 42865.92 \right\} \\
 &= 1559.534 - 428.6592 \\
 &= 1130.8748
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_E &= S - (S_R + S_V + S_{B(a)} + S_{B(b)}) \\
 &= 17371.9976 - (238.1456 + 11810.5276 + 633.296 \\
 &\quad + 1130.8748) = 17371.9976 - 13812.8440 \\
 &= 3559.1536
 \end{aligned}$$

以上の結果から次の表を作る。

分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	3	238.1456	79.3819	1.2490
品種	24	11810.5276	492.1053	7.7428
ブロック	16	1764.1708	110.2607 $\equiv E_b$	1.7349
成分(a)	8	633.2960	79.1620	1.2455
成分(b)	8	1130.8748	141.3594	2.2242
誤差(ブロック内)	56	3559.1536	63.5563 $\equiv E_e$	
総	99	17371.9976		

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{r(E_b - E_e)}{k[rE_b + (r-1)E_e]} = \frac{2 \times (110.2607 - 63.5563)}{5 \times [2 \times 110.2607 + (2-1) \times 63.5563]} \\ &= \frac{2 \times 46.7044}{5 \times (220.5214 + 63.5563)} \\ &= \frac{93.4088}{5 \times 284.0777} \\ &= \frac{93.4088}{1420.3885} \\ &= 0.0657628529 \\ &= 0.0658 \end{aligned}$$

分散分析表から品種は著しく有意である。上に計算した μ に図-3のCを乗じて μC を計算し、各品種ごとに修正する。たとえば品種17については

$$416.0 + 6.76 + 1.80 = 424.56$$

図-4に示すとおりである。

図-4 修正品種樹高の合計値と平均値 (cm)

○印は順序

1 350.88 ⑰ 87.72	2 409.02 ⑤ 102.26	3 359.08 ⑮ 89.77	4 348.68 ⑲ 87.17	5 445.71 ③ 111.43
6 321.26 ⑳ 80.32	7 392.30 ⑧ 98.08	8 320.96 ㉒ 80.24	9 325.06 ㉐ 81.27	10 383.69 ⑨ 95.92
11 398.66 ⑥ 99.67	12 349.40 ⑩ 87.35	13 317.06 ㉔ 79.27	14 370.76 ⑫ 92.69	15 356.99 ⑱ 89.25
16 363.12 ⑬ 90.78	17 424.56 ④ 106.14	18 318.42 ㉓ 79.61	19 382.82 ⑩ 95.71	20 469.35 ① 117.34
21 305.21 ㉕	22 374.55 ⑪ 93.64	23 447.01 ② 111.75	24 361.91 ⑭ 90.48	25 396.74 ⑦ 99.19

数字上段：クローン番号

5. まとめ

標準誤差の計算は次の3通りであるがほとんど同じ値となるから平均された標準誤差を用いて、最小有意差 LSD を計算すると次の通りである

2品種が同一ブロックにあらわれるばあい

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{2E_e}{2r} (1+\mu)} &= \sqrt{\frac{2 \times 63.5563}{2 \times 2} (1+0.0658)} = \sqrt{31.7782 \times 1.0658} \\ &= \sqrt{33.8692} = \underline{\underline{5.8197}} \end{aligned}$$

2品種が同一ブロックにあらわれない場合

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{2E_e}{2r} (1+2\mu)} &= \sqrt{\frac{2 \times 63.5563}{2 \times 2} (1+2 \times 0.0658)} = \sqrt{31.7782 \times 1.1316} \\ &= \sqrt{35.9602} = \underline{\underline{5.9967}} \end{aligned}$$

平均された標準誤差

$$\begin{aligned}\sqrt{\frac{2E_e}{2r} \left[1 + \frac{2k\mu}{(k+1)} \right]} &= \sqrt{\frac{2 \times 63.5563}{2 \times 2} \left[1 + \frac{2 \times 5 \times 0.0658}{5+1} \right]} \\ &= \sqrt{31.7782 \times 1.1097} = \sqrt{35.2643} = \underline{\underline{5.9384}}\end{aligned}$$

$$\text{LSD} = 5.9384 \times 2 = 11.8768$$

また

乱塊法に対する2重格子法の相対効率

$$E_e \left[1 + \frac{2k\mu}{k+1} \right] = 63.5563 \left[1 + \frac{2 \times 5 \times 0.0658}{5+1} \right]$$

$$= 63.5563 \times 1.1097 = 35.2643$$

$$\frac{73.9351}{35.2643} \times 100 = 209.6599 \times 100 = 209.66 (\%) \quad \text{となる。}$$

最終的に平均樹高の順序を示したものが図-5である。前年と比較してあげてある。

図-5 2重格子法によるスギ品種の比較

	クローン 番号	名 称	平均樹高 昭47		クローン 番号	名 称	平均樹高 昭48		
I	20	県佐賀3号	77.20 ^{cm}		20	県佐賀3号	117.34 ^{cm}	I	
II	9	県鹿児島1号	69.43		23	宮崎署4号	111.75		
III	17	県竹田12号	65.70		5	県始良6号	111.43		
	11	県竹田6号	64.27		17	県竹田12号	106.14		
	5	県始良6号	64.01		2	県大分5号	102.26		
	19	県始良12号	63.46		11	県竹田6号	99.67		
	22	大根占署1号	63.26		25	大口署2号	99.19		
	25	大口署2号	62.86		7	県東臼杵4号	93.08	II	
IV	4	福岡署1号	62.80		10	県竹田5号	95.92		
	8	県始良25号	62.80		19	県始良26号	95.71		
	6	県始良26号	62.57		22	大根占署1号	93.64		
	23	宮崎署4号	62.54		14	都城署5号	92.69		
	2	県大分5号	61.53		16	県始良25号	90.78		
	10	県竹田4号	60.67		24	県浮羽11号	90.48		
	16	県始良15号	60.62		3	県薩摩5号	89.77		
	3	県薩摩5号	60.44		15	県竹田9号	89.25		
	14	都城署5号	59.47		1	県東臼杵12号	87.72		
	24	県浮羽11号	58.78		12	県長崎1号	87.35		
V	7	県東臼杵4号	56.82		4	福岡署1号	87.17		
	1	県東臼杵12号	55.23		9	県鹿児島1号	81.27		
	13	県藤津14号	55.13		6	県始良26号	80.32		
	15	県竹田9号	55.08		8	県始良25号	80.24		
VI	12	県長崎1号	51.65		18	県阿蘇1号	79.61	IV	
	18	県阿蘇1号	50.70		13	県藤津4号	79.27		
VII	21	綾署1号	48.88		21	綾署1号	76.30		
Range			28.32 cm		(直線は同一クローンを結んである)	Range			41.04 cm
LSD			4.66 cm			LSD			11.88 cm

最大は県佐賀3号117.34cmで、最小は綾署1号の76.30cmでそのレンジは41.04cmである。最小有意差は11.88cmであるから、全体を4ランクに分つ。昭和47年と比較してレンジ28.32cm、最小有意差4.66cmでおよそいずれも2倍を示している。

最大と最小の2品種は前年度と変りがないが、ランクが急上したのは、宮崎署4号、県大分5号、県東臼杵4号であり、逆に上位から下位におちたものには、県鹿児島1号、福岡署1号、県始良25号、同26号などがある。順位変化なし2、上り14、下り9となり、まだ年毎に変化することが考えられる。しかし上位の県佐賀3号、県始良6号、県竹田12号、県竹田6号などは前年度とも上位であった。

最下位の綾署1号、ついで県阿蘇1号、県藤津14号などは前年度とも下位にあった。

なお引続いて測定分析を続ける。

文 献

1. 三留三千男：農業実験計画法、朝倉書店
2. 木梨外21名：九州産スギ品種の特性に関する実験統計学的研究、九大演習林報告第47号