

圃場試験法の歴史と課題 (15)

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	堀江, 正樹
巻/号	41巻4号
掲載ページ	p. 181-187
発行年月	1986年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



圃場試験法の歴史と課題 (15)

堀江正樹

46. 均一栽培試験について

前回は、研究の主たる対象となる作物に視点をおいて圃場に集団としてあるときの状態とその特性についてみてきた。そこでは作物の立場にたつて、地力の均質な圃場で同一条件のものに作物を栽培したとき、諸形質にみられる個体間の変異を検討し、形質ごとの変異とその品種間差異およびその成因、また栽培条件が異なることによって生じる変化の仕方等についていくらかの知見を述べた。今回は既に圃場試験法の研究史の中でみてきた Fisher による近代統計学の方法に立脚した圃場試験法が提案される以前および以後を通じて常に大きな問題とされてきた試験区のとり方、大きさ、形等についてみておくことにする。

Fisher 以前の圃場試験法に関する研究は、多くの研究者の試行錯誤のくり返しの中から、順次均一栽培試験によってえられたデータの利用に主眼がおかれるようになってきた。さらにこの時代には K. Pearson らによる記述統計学が確立し、この成果をふまえて Wood, Haeyns, Mercer や Montgomery らによって確率誤差の概念を

利用してさまざまな解析、検討が行われた。そこではこの誤差を一つの基準としてとらえ、試験区間の変異を小さくする試験区の適切な大きさや形、くり返し数の探究が行われ、そこからえられた多くの成果が公表されるとともに具体的な圃場試験の方法が提案されるようになってきた。このような経過の中で Fisher らにより統計的手法に基づく圃場試験法が提案され、多くの圃場試験にもとり入れられ、きわめて短期間に欧米各地で広範囲にわたって利用されるようになってきた。このようなことから、それまで大きな問題となっていた試験区にかかわる諸問題は順次解決していったものと考えられた。しかし既に述べたように、実際には何ら解決されることなく現在に至るまで残されていることが明らかになってきた。事実、Fisher 以降、供試圃場の地力の分布や試験区のとり方、大きさ、形およびくり返し数等についての研究が各地で多数行われた。1937年にローザムステッド農事試験場の Cochran¹⁾が行った調査によれば、各地で大・小麦、水稻、とうもろこし、豆類、飼料作物、嗜好作物、果樹類、野菜類等、41作物を対象とした圃場試験法にかかわる試験結果の報告数が134、事例として見る

と161例の多数に達していたことは既に述べたとおりである。これらのことからみても、これらの問題は、現在でも全く無視することのできない重要な検討課題であることは明らかである。わが国では1913年に盛岡高等農林学校の三宅²⁾が初めて大麦を対象とした均一栽培試験の結果を報告し、試験区間の変異と試験区の大きさについて検討して以来最近に至るまで、その試験規模の大小はあるとしても、さまざまな立場にたつていくつかの試みが行われてきたが、適切な圃場試験の方法について何らかの報告がなされたということは寡聞にして聞かない。現在ではこのような試験は供試圃場の面積や圃

第1表 均一栽培試験の解析結果

(1) 水稻 東北農業試験場盛岡試験地 (1951)
 矩形植 (6×8寸), 精粒重 (g), 単位区 (1×1), 1畦5株, 1/15坪

試験区面積	1-Unit 区			3-Unit 区			5-Unit 区			15-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
0.07坪	1×1	13.04	0.58									
0.13	2×1	11.81	0.72									
0.20	3×1	10.79	0.80	1×3	10.79	0.80						
0.27	4×1	10.18	0.88									
0.33							1×5	9.73	0.94			
0.40	6×1	9.38	0.99	2×3	9.90	1.04						
0.60	9×1	8.50	1.10	3×3	9.46	1.22						
0.67							2×5	9.07	1.23			
0.80	12×1	7.74	1.15	4×3	9.10	1.46						
1.00							3×5	8.87	1.48	1×15	7.82	1.30
1.20	18×1	7.35	1.34	6×3	8.60	1.57						
1.33							4×5	8.53	1.64			
1.80				9×3	7.85	1.75						
2.00							6×5	8.26	1.95	2×15	7.57	1.78
2.40	36×1	4.65	1.20	12×3	8.19	2.11				3×15	7.48	2.16
3.00							9×5	7.69	2.22			
3.60				18×3	6.94	2.20				4×15	7.46	2.47
4.00							12×5	8.08	2.69	6×15	7.59	3.10
4.00							18×5	7.04	2.37			
6.00				36×3	4.15	1.86				9×15	7.31	3.65
7.20										12×15	7.99	4.62
9.00										18×15	7.53	5.33
12.00												
18.00												

注 1. 計算法は本シリーズ⑩, 農業技術 40 : p. 554 参照
 2. 形を表す数字の左は畦数, 右は畦の方向にとつた最小単位の数を示す。
 3. CV は変異係数, CVr は反復を考慮したときの CV である。

1) Cochran, W. G. (1937), Jour. Roy. Stat. Soc. Supple, 4: 233~253.
 2) 三宅千秋 (1913), 農学会報, 127号 : 20~29.

場管理、形質調査等の労力、経費等の制約からほとんど実施不能の状態にあり、試験規模の小さい試験区内の調査個体数についての研究以外にはこれらの問題に答えるような研究はとくに行われていない。

ここではまずこのシリーズの11回でみた1950年以降各地でさまざまな作物を対象として実施された、文部省科学試験研究費による“農事試験の設計に関する数理統計学的研究”の成果をみておくことにする。既に述べたように、この試験の規模はかなり大きく、その一部が計算処理してまとめられ、謄写印刷され公表されているが、既に30余年を経過し、印刷物そのものの風化がすすみ、また資料としても一般の目にふれがなくなってきたので、前号に掲載した以外の成績を第1表としてまとめた。ここにあげた結果は、水稻が東北農業試験場盛岡試験地における陸羽132号、農林17号および

(1) 水稻 (つづき)

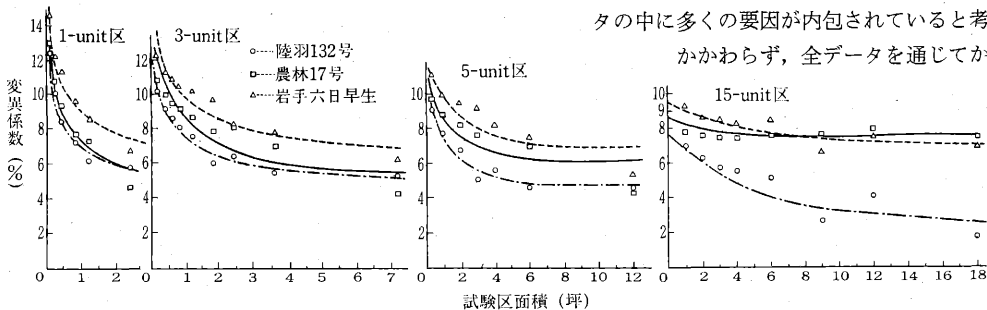
	試験区面積	1-Unit 区			3-Unit 区			5-Unit 区			15-Unit 区		
		形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
(e) 岩手六日早生	0.07坪	1×1	14.63	0.63	1×3	12.28	0.92	1×5	11.27	1.09	1×15	9.31	1.55
	0.13	2×1	12.91	0.79									
	0.20	3×1	12.24	0.91									
	0.27	4×1	11.85	1.02									
	0.33	6×1	11.38	1.20	2×3	11.28	1.19						
	0.40		10.65	1.37									
	0.60	9×1	10.65	1.37	2×5	10.26	1.40						
	0.67	12×1	9.60	1.43				4×3	10.46	1.56			
	0.80		9.60	1.43									
	1.00	18×1	8.63	1.58	6×3	10.34	1.89	3×5	10.01	1.67			
	1.20		8.63	1.58									
	1.33	36×1	6.70	1.73	9×3	9.82	2.20	4×5	9.62	1.85			
	1.80												
	2.00												
	2.40				12×3	8.39	2.17	9×5	9.26	2.63			
	3.00												
	3.60												
	4.00	18×3	7.93	2.51	6×5	9.60	2.26	2×15	8.62	2.03			
4.00													
7.20													
6.00	36×3				6.03	2.69	9×5	9.26	2.63	3×15	8.50	2.46	
7.20													
9.00													
12.00	18×5	7.45	3.04	36×5	5.29	3.06	4×15	8.27	2.72				
12.00													
18.00													

岩手六日早生 (実施年次は 1951), 兵庫県農事試験場の農林37号 (1950), 静岡県農事試験場の愛知旭 (1951), 小麦は中国四国農業試験場の農林52号 (1951), 岐阜県農事試験場の農林53号 (1951), かんしょは鹿児島県農事試験場鹿屋分場の農林2号 (1951), 落花生は三重県農事試験場のジャワ13号 (1951) である。

第1表の個々のデータの内容を理解しやすくするために、東北農業試験場で行われた陸羽132号、農林17号および岩手六日早生の3品種の結果をみておくことにする。試験区の間の変異係数との関係は、第1図にみられるように、すべての品種、単位区間のいずれの場合にも試験区の間の変異係数は急激に減少し、その傾向は指数関数(ついで3次曲線)がよく適合している。しかもその当てはまりの程度は、データの中に多くの要因が内包されていると考えられるにもかかわらず、全データを通じてかなりよいといえる。ここでは試験区間の変異を表すのに変異係数を用いているが、既に述べた Mer-

(1) 水稻 (つづき)

	試験区面積	1-Unit 区			3-Unit 区			5-Unit 区			15-Unit 区					
		形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr			
(b) 陸羽132号	0.07坪	1×1	12.48	0.54	1×3	10.17	0.76	1×5	9.19	0.88	1×15	6.97	1.16			
	0.13	2×1	10.90	0.66												
	0.20	3×1	10.06	0.75												
	0.27	4×1	9.44	0.81												
	0.33	6×1	8.48	0.89	2×3	9.15	0.97									
	0.40		7.03	0.91										3×3	8.57	1.11
	0.60	9×1	7.03	0.91	2×5	8.37	1.14									
	0.67	12×1	7.28	1.08				4×3	8.11	1.21						
	0.80		7.28	1.08												
	1.00	18×1	6.17	1.13	6×3	7.56	1.38	3×5	7.79	1.30						
	1.20		6.17	1.13												
	1.33	36×1	5.67	1.47	9×3	5.96	1.33	4×5	7.35	1.41						
	1.80															
	2.00															
	2.40				12×3	6.43	1.66	6×5	6.84	1.61				2×15	6.24	1.47
	3.00															
	3.60															
	4.00	18×3	5.47	1.73	9×5	5.09	1.47	3×15	5.75	1.66						
4.00																
7.20																
6.00	36×3	5.34	2.38	12×5	5.65	1.88	4×15	5.49	1.83							
7.20																
9.00																
12.00	18×5	4.62	1.89	36×5	4.52	2.61	6×15	5.13	2.09							
12.00																
18.00																



第1図 各単位区ごとの各品種の変異係数(%)と試験区面積(坪)の関係

(2) 水稲 兵庫県立農事試験場 (1950)
農林37号, 並木植 (10×6寸), 精粒重 (g), 単位区 (1×1), 1畦17株, 1/4坪

試験区 面積	1-Unit 区			2-Unit 区			5-Unit 区			10-Unit 区		
	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r
0.25坪	1×1	12.73	0.67	1×2	10.34	0.77						
0.50	2×1	8.26	0.62									
0.75	3×1	7.25	0.66	2×2	6.61	0.70						
1.00	4×1	5.70	0.60									
1.25							1×5	9.08	1.70			
1.50	6×1	4.46	0.58	3×2	6.09	0.79						
2.00				4×2	4.64	0.69						
2.25	9×1	4.07	0.64									
2.50							2×5	5.72	0.95	1×10	8.21	1.37
3.00	12×1	3.57	0.65	6×2	3.88	0.71						
3.75							3×5	5.68	1.16			
4.50	18×1	2.72	0.61	9×2	3.67	0.82						
5.00							4×5	4.02	0.95	2×10	4.83	1.14
6.00				12×2	3.23	0.85				3×10	5.09	1.47
7.50							6×5	3.53	1.02			
9.00	36×1	2.22	0.70	18×2	2.50	0.79				4×10	2.98	0.99
10.00							9×5	3.48	1.23			
11.25							12×5	3.06	1.25	6×10	2.60	1.06
15.00												
18.00				36×2	2.11	0.94				9×10	2.61	1.31
22.50							18×5	2.57	1.29	12×10	2.43	1.40
30.00										18×10	1.23	0.87
45.00							36×5	2.77	1.96			

積に達すると減少の程度は著しく小さくなる。しかし、図で明らかのように、ここに述べた一般的にみられる傾向は、品種の違いによっても、また単位区の違いによってもかなり大きな差異がみられる。このことを品種間でさらに詳細に比較すると、各単位区ともに常に陸羽132号は変異係数が相対的に低い水準で推移し、各推定値の指数曲線からの離散の程度が比較的小さく、試験区がかなり大きくなったときのバラツキも小さい。一方、岩手六日早生は常に相対的に大きい値の水準で推移し、各推定値の指数曲線からの離散の程度も大きい。農林17号は常に両品種の間を推移しており、試験区

cer³⁾ は、試験区的面積と試験区間の確率誤差の関連をみて、同様の関係を見出し、また後に Smith⁴⁾ は小麦圃場における均一栽培試験の結果からこの関係を明らかにし、試験区的面積の対数値と対応する試験区間の分散の対数値の間には直線関係のあることを指摘しているが、この結果とも全く一致する。このような結果から、Mercer はこの指数曲線で試験区間の確率誤差の変化(減少)の程度が小さくなった附近の面積が試験区として最も適当な大きさであるとし、実際に行われた小麦の均一栽培試験の結果から小麦について圃場試験を行う場合、1/50 エーカー (約81m²) 程度の試験区が最も適当であると結論づけている。この試験区の大きさの決め方は、後に多くの研究者に受け入れられて、各地の試験場でさまざまな作物を対象とした均一栽培試験の結果から、それぞれ適当と考えられる試験区の大きさについて提案されている。また Smith は試験区的面積と試験区間の分散の両者の対数値の間には直線関係のあることに着目し、両者の間の1次回帰式の回帰係数によって作物試験における試験区の大きさを特徴づける目安とすることを提案している。

47. 試験区について

これらの関係をさらに深くみることにする。何れの場合にも最初は試験区的面積の増加に伴って試験区の変異係数は急速に減少し、以降それぞれある特定の面

の単位が小さい場合には変異係数が相対的に小さい陸羽132号の近くを推移し、試験区の単位が大きくなるに従って変異係数の相対的に大きい岩手六日早生の近くを推移するようになり、指数曲線からのバラツキの程度も大きくなり、さらに15単位区に至ると試験区的面積の大小にかかわらず変異係数の大きさに差異がみられなくなり、陸羽132号や岩手六日早生とはやや異なった特異な状態を示す。

このような現象は各品種のもつ何らかの特性に基づいて生じるものなのか、また各品種がたまたまおかれた圃場の特性によって影響を受けた結果によるものなのか、ここに与えられたデータからはその原因を明らかにすることはできない。しかし、これらの結果からみて、品種の違いや供試圃場の条件によってかなり異なった傾向を示すことが考えられる。したがって、きわめて厳密にいうならば、同一場所のきわめて近い隣接した圃場で試験を行うとしても、Smith のような作物により画一化した方法についての基準に従って、どこの場所の、どの

(3) 水稲 静岡県立農事試験場 (1951)
愛知旭, 矩形植 (7×9寸), 精粒重 (g), 単位区 (1×1), 3畦6株, 0.315坪

試験区 面積	1-Unit 区			2-Unit 区			5-Unit 区			10-Unit 区		
	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r	形	CV	CV _r
0.315坪	1×1	8.53	0.39	1×2	6.89	0.44						
0.63	2×1	6.97	0.45									
0.945	3×1	6.44	0.51	2×2	5.87	0.54						
1.26	4×1	6.07	0.55									
1.575							1×5	5.32	0.54			
1.89	6×1	5.51	0.62	3×2	5.60	0.63						
2.52				4×2	5.32	0.69						
3.15												
3.78	12×1	4.67	0.74	6×2	4.83	0.76				1×10	4.77	0.69
4.725												
6.30							2×5	4.58	0.66			
7.56							3×5	4.30	0.76			
9.45				12×2	4.07	0.91				2×10	4.19	0.86
12.60							4×5	4.21	0.86			
18.90							6×5	3.82	0.96	3×10	4.01	1.00
37.80										4×10	3.90	1.13
							12×5	3.31	1.18	6×10	3.71	1.31
										12×10	3.30	1.65

3) Mercer, W. B. and Hall, M. B. (1911), Jour. Agr. Sci. 4: 107~132.

4) Smith, H. F. (1938), Jour. Agr. Soc., 28: 1~21.

作物を試験するときは、どのような試験区を、どのように処置すれば最もよいのか、必ずしも一概に律しきれない複雑な問題が内包されているように思われる。

これまで述べてきた試験区の面積と試験区間の変異係数の対数値による一次回帰式を、第1表にあげたすべてのデータに適用し、それぞれのデータについての定数項 $\log a$ と回帰係数 b を求め、両者の関係を散布図として第2図に示した。この場合いずれのデータについても、二の事例を除いて一次の回帰式の当てはまりの程度はかなりよいようである。ここで定数項 $\log a$ は単位面積（ここでは1坪、 $3.3m^2$ ）における変異係数の対数値であり、したがって第2図では右側に行くほど変異係数は指数関数的に大きくなる。回帰係数 b は、試験区の面積の変化に伴う変異係数の変化の程度を示すもので、ここではすべて負値であって、したがって減少率を示すものであり、第2図では下に行くほどその程度が大きくなることを示している。

データ全体の分布はがかなり広い範囲にわたっており、作物間の比較で $\log a$ についてみると（ここで数値は対数値なので、最大値と最小値の差は1程度であるが、実数で比較すると10倍の差があることに注意）、水稻が最も左側に寄って分布し、順次小麦、いも類、落花生と右側に広く分布してゆき、全体としてみ

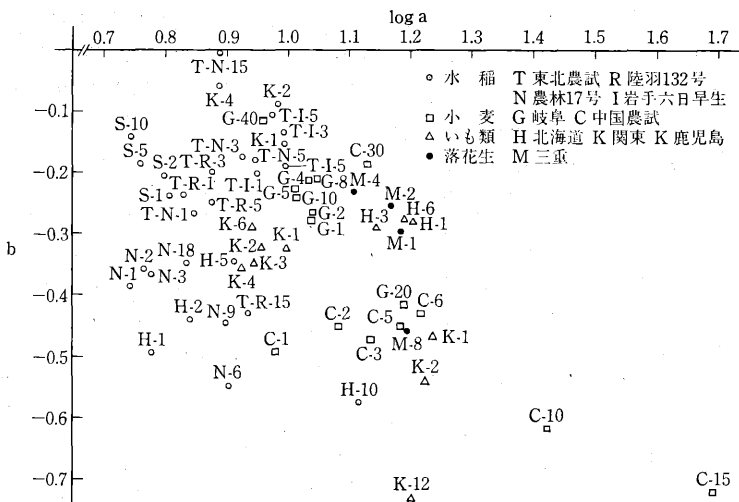
(4) 小麦 岐阜県立農業試験場(1951)
農林53号, 畦幅4.2尺, 5寸幅2条条播, 子実総量(匁), 単位区(1×1), 1畦4.2尺, 約0.5坪

試験区面積	1-Unit 区			2-Unit 区			4-Unit 区			5-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
0.5坪	1×1	12.04	0.59									
1.0	2×1	10.48	0.66	1×2	11.00	0.71						
1.5	3×1	9.30	0.74				1×4	9.34	0.86	1×5	8.79	0.90
2.0	4×1	8.76	0.80	2×2	8.95	0.82						
2.5							2×4	7.49	0.97			
3.0	6×1	8.20	0.92	3×2	7.96	0.89				2×5	7.01	1.01
4.0				4×2	7.57	0.93				3×5	6.26	1.10
5.0							3×4	5.75	1.07	4×5	6.09	1.24
6.0	12×1	6.29	0.99	6×2	7.23	1.14				6×5	5.84	1.46
7.5							4×4	6.48	1.18			
8.0												
10.0							6×4	6.29	1.40			
12.0				12×2	5.56	1.24						
15.0							12×4	5.06	1.60			
16.0												
20.0												
24.0												
30.0										12×5	4.85	1.72

試験区面積	8-Unit 区			10-Unit 区			20-Unit 区			40-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
4.0	1×8	8.16	1.05	1×10	7.56	1.08						
5.0												
6.0							1×20	6.01	1.23			
7.5												
8.0	2×8	6.40	1.17	2×10	5.78	1.18						
10.0												
12.0	3×8	5.78	1.29	3×10	5.22	1.31						
15.0												
16.0	4×8	5.54	1.43	4×10	5.15	1.49	2×20	4.16	1.20	1×40	5.68	1.64
20.0												
24.0	6×8	5.55	1.76	6×10	5.11	1.81	3×20	3.51	1.24	2×40	3.83	1.56
30.0							4×20	3.34	1.36			
40.0												
48.0	12×8	4.47	2.00	12×10	3.95	1.98	6×20	3.70	1.85	3×40	3.44	1.72
60.0										4×40	3.34	1.93
80.0										6×40	4.10	2.90
120.0												

データ全体の分布はがかなり広い範囲にわたっており、作物間の比較で $\log a$ についてみると（ここで数値は対数値なので、最大値と最小値の差は1程度であるが、実数で比較すると10倍の差があることに注意）、水稻が最も左側に寄って分布し、順次小麦、いも類、落花生と右側に広く分布してゆき、全体としてみ

ると $\log a$ が右側に寄るに従って b は下にさがる。すなわち単位面積の試験区の変異係数が大きくなるほど試験区面積の増加に伴う変異係数の減少の程度が大きくなる傾向がみられる。ごく概略的に説明するならば、 $3m^2$ 程度の試験区を用いる場合には、試験区間の変異係数は水稻が相対的に小さく、小麦、かんしょ、馬鈴薯、落花生等の畑作物はそれよりも大きいといえる。しかしその減少の程度 b を含めてみると、水稻ではそれが著しく小さい。すなわち試験区の面積が大きくなっても変異の減少の程度が少ない場合もみられ、より広い試験区を用いたとき水稻は変異が小さくなると一概にいえることは難しいようである。だが試験場所ごとにみたとき、二、三の極端な例外を除き、さらにデータの広がり方の程度はさておいて、ごく大雑把にいうならば、大体において試験場所ごと、品種ごとにややまとまっている傾向があるといえようである。このようにしてみると、



第2図 均一栽培試験結果の対数変換による一次回帰式の定数項 $\log a$ と回帰係数 b による散布図

試験区の面積と試験区間の変異係数の関係は、個々の場合には何らかの傾向がありそうだとはいえるが、さらに深く踏みこんで、実際場面への利用を可能にするためには、なお多くの吟味・検討を行う必要があるといえよう。

試験区の形については従来から大きな問題の一つとして検討の対象となっており、多くの研究者によってそれぞれ適切と考えられる試験区の形について提案されてきたが、いずれも研究者の試験結果に基づいて行われたもので、それぞれが試験場所や対象作物、特定の試験方法に立脚した一つの事例とはなりえても、一般性をもって、どこでも誰でも適用可能な案とはいいたくないようである。ここでも、ここでとりあげたデータを踏まえて、適切な試験区とはどのようなものかを問われたとき、答えることは大変難しく、むしろ適切な答はでてこない、といった方が正直なように思われる。

第1表でみられる試験区の間積のとり方は、形を表す項の左側の数字の畦数と右側の数字の畦の方向にとった最小単位区の数によっている。したがって試験区の間積が同じであっても、畦数と単位区の間積の両者がそれぞれ異なる場合があることになる。このことから明らかなように、試験区の間積を大きくするためには、畦数を増していく方法と畦の方向に単位区を増していく方法がある。ここで、ここにあげた一連の均一栽培試験の結果から、どちらの方法が試験区の間積の変異係数をより小さくするために効果があるかということになると、畦の方向に単位区を増していくよりは、むしろ畦数を増していく方

(5) 小麦 中国四国農業試験場(1951)

農林52号, 畦幅3.5尺2条条播, 子実重(匁), 単位区(1×1), 1畦5尺, 約0.5坪

試験区面積	1-Unit 区			2-Unit 区			3-Unit 区			5-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
0.5坪	1×1	11.94	0.54	1×2	10.67	0.69						
1.0	2×1	9.53	0.61									
1.5							1×3	9.93	0.78			
2.0	4×1	7.67	0.70	2×2	8.73	0.80				1×5	9.27	0.95
2.5							2×3	8.27	0.92			
3.0										2×5	7.03	1.15
4.0	8×1	5.84	0.75	4×2	7.07	0.91						
5.0							4×3	6.67	1.05			
6.0										4×5	6.53	1.33
7.5												
8.0	16×1	2.80	0.51	8×2	5.53	1.01						
10.0							8×3	5.20	1.16			
12.0										8×5	5.20	1.50
15.0												
16.0				16×2	2.60	0.67						
20.0							16×3	2.46	0.78			
24.0										16×5	2.26	0.93
30.0												
40.0												

試験区面積	6-Unit 区			10-Unit 区			15-Unit 区			30-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
3.0	1×6	9.13	1.02									
4.0				1×10	8.53	1.23						
5.0							1×15	8.27	1.46			
6.0	2×6	7.80	1.23									
7.5				2×10	7.47	1.52						
8.0							2×15	7.33	1.83	1×30	7.53	1.88
10.0	4×6	6.47	1.45									
12.0				4×10	6.13	1.77						
15.0							4×15	6.20	2.19	2×30	6.93	2.45
16.0												
20.0	8×6	5.13	1.62	8×10	4.86	1.99				4×30	5.03	2.97
24.0							8×15	4.93	2.47			
30.0				16×10	1.26	0.73				8×30	5.13	3.63
40.0												
48.0	16×6	2.53	1.13				16×15	0.86	0.61			
60.0												
80.0												
120.0												

がより効果が大きいようである(しかし、畦数の増加に主眼をおきすぎて単位数の小さい多数の畦にわたる試験を設定した場合には、逆効果も当然起りうる), というのがごく一般的な答のようである。このことは第1表のすべてのデータに共通していえ、全般にわたって畦数による効果は大きい。とくに水稻の静岡県農事試験場、かんしょの関東東山農業試験場および馬鈴薯の北海道農業試験場においてこの傾向は著しい。また、水稻の兵庫県農事試験場および新潟県農事試験場、小麦の岐阜県農事

(6) かんしょ 鹿児島県立農事試験場鹿屋分場(1950)

農林2号, 並木植(2.5×1.2尺), 上いも重(匁), 単位区(1×1): 1畦3株, 約1/4坪

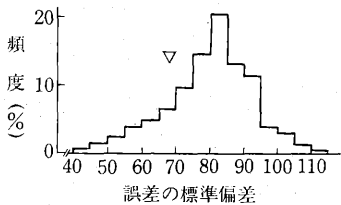
試験区面積	1-Unit 区			2-Unit 区			3-Unit 区			4-Unit 区			6-Unit 区			12-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
0.25坪	1×1	16.68	0.85															
0.50	2×1	12.19	0.88	1×2	12.24	0.88												
0.75							1×3	10.24	0.91									
1.00	4×1	9.30	0.95	2×2	8.74	0.89				1×4	8.65	0.88						
1.50							2×3	7.29	0.91				1×6	7.68	0.96			
2.00	8×1	7.75	1.12	4×2	6.85	0.99				2×4	6.15	0.89						
3.00							4×3	5.71	1.01				2×6	6.83	1.21	1×12	5.94	1.05
4.00	16×1	6.15	1.26	8×2	5.19	1.21				4×4	4.93	1.01				2×12	3.94	0.99
6.00							8×3	5.25	1.01				4×6	4.99	1.25			
8.00	32×1	5.39	1.56	16×2	4.56	1.32				8×4	4.46	1.29				4×12	3.20	1.13
12.00							16×3	3.71	1.32				8×6	4.67	1.66			
16.00				32×2	3.97	1.62				16×4	3.06	1.25				8×12	3.26	1.63
24.00							32×3	2.96	1.48				16×6	3.24	1.62			
32.00										32×4	2.21	1.28						
48.00													32×6	3.01	2.13	16×2	0.53	0.41

験場および中国四国農業試験場では、単位区を極端に大きくするとむしろ試験区間の変異係数を大きくする傾向のあることが見出され、試験区を考えると、その形状とそのとり方について十分配慮する必要のあることを示唆しているものといえる。

48. 圃場試験の誤差について

三宅が盛岡高等農林学校で、わが国で初めて実施した大麦の均一栽培試験の結果を利用して、分散分析における誤差に

ついて検討を試みた。そのデータの奇数区と偶数区をそれぞれブロックとし、さらに各ブロック内を25の試験区として2反復25処理区からなる無作為配列ブロック法を想定した。そして各ブロックごとに処理区をそれぞれ無作為にとり、対として分散分析を行い、その都度誤差の推定値を求めるとともに、25処理区間の平均値の差の検定を行った。供試データは均一栽培試験の結果であるから、データの中がほとんど均一であるならば、すべての分散は0に近づき、処理間には当然有意差は認められないはずである。しかし、このデータの中にはある程度の変異が存在するので、データの組合せによっては分散分析の結果にはある程度の変化がみられることが予想できたので、2つのブロックへの処理区の配置をそれぞれ全く無作為に割当てることを300回ほど行い、その都度えられたデータについて分散分析を行い、推定された誤差の標準偏差の頻度分布を求めるとともに仮想される処理区間の平均値の間の差の検定を行った。その結果を第3図



第3図 分散分析における誤差の標準偏差の分布

▽: この値以下の場合、処理間差有意あり

分散分析の結果のうち16%程度が処理間に有意差が認められたのである。

当初、誤差分散の多少のパラツキやくり返し作り出される仮想の処理区間に有意差の認められる場合も出てくるかもしれないと期待はしていたが、えられた結果は当初の期待をはるかに上まわる幅広い変異がえられたばかり

(7) 落花生. 三重県立農業試験場 (1951)

ジャワ13号, 並木植 (2.3×0.6尺), 総子実重 (匁), 単位区 (1×1), 1畦12株, 約0.5坪

試験区面積	1-Unit 区			2-Unit 区			4-Unit 区			8-Unit 区		
	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr	形	CV	CVr
0.5坪	1×1	17.76	1.04									
1.0	2×1	15.08	1.25	1×2	14.72	1.22						
1.5	3×1	13.41	1.36									
2.0	4×1	12.96	1.52	2×2	12.62	1.48	1×4	11.42	1.34			
3.0	6×1	11.48	1.65	3×2	11.36	1.23	4×2	10.81	1.80	2×4	9.45	1.57
4.0				4×2	10.81	1.80				1×8	8.42	1.40
4.5	9×1	10.15	1.79	6×2	10.17	2.07	3×4	8.20	1.67			
6.0	12×1	9.30	1.89				4×4	7.87	1.85	2×8	6.22	1.46
8.0				9×2	9.00	2.25	6×4	7.42	2.14	3×8	5.02	1.44
9.0	18×1	8.29	2.07	12×2	8.27	2.38	9×4	6.14	2.17	4×8	4.30	1.43
12.0				18×2	7.92	2.80	12×4	5.25	2.11	6×8	3.96	1.61
16.0							18×4	5.52	2.76	9×8	2.55	1.27
18.0	36×1	5.87	2.07	36×2	5.71	2.85				12×8	2.64	1.52
24.0										18×8	2.54	1.79
36.0												
48.0												
72.0												

りでなく、かなりの数の有意差を示す結果が見出された。とくに処理間に有意差が認められた割合が16%ということは、大体6回に1回は有意になるということであって、均一栽培試験のデータからえられたには無視することのできない生起率といえよう。データの質の問題や処理区のとおり方等についていろいろと意見があるかもしれないが、このような事実が現実に存在することは認めざるをえないであろう。

現在、圃場試験の結果を解析し情報を抽出する方法として一般に用いられている方法は分散分析法であろう。分散分析における誤差分散は、統計的検定の基準となるもので、誤差分散と各要因の分散の比によって有意差検定の行われることは承知の通りであり、きわめて重要なものである。したがって分散分析を行ったとき、誤差分散の推定値は、データの状況によってかなり異なった値を示す可能性があり、このために圃場試験を実施する際に、適切な計画と細心の管理が望まれる。

分散分析における誤差分散は一般にみてどうなっているか、1954年に茨城県農事試験場石岡試験地で実施された大豆農林2号についての均一栽培試験のデータを用いて、分散分析における誤差分散のもつ性質の一部についてみておくことにする。細かい手続きはさておき、まず20個体からなる試験区を設定し、さらに30、40個体からなる試験区を作る。それぞれ処理区を8区とし、各2、3、4回の反復の無作為配列ブロック法による試験を想定し、前述の三宅のデータに適用した方法と全く同様にそれぞれ300から350回程度くり返して分散分析を行った。それぞれの解析結果における誤差分散とその変異係数について、頻度分布として第4図に示した。

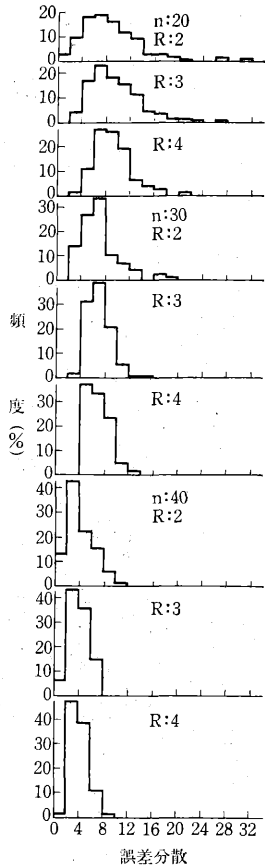
図から明らかなように、20個体の試験区の2回反復の試験における誤差分散の分布は0~32までの広い範囲に分布しており、最頻値は0~8の間にあり、右側に長い裾をひき、典型的なパラツキの分布型を示している。

反復数が3, 4回と増加するに伴って誤差の小さい部分と大きい部分がともに減少し, その分布範囲は小さくなる。とくに大きい部分の減少は著しく, 順次分布範囲は縮小し, 最頻値は4~8の間に集中してくる。試験区の大きさが30, 40個体と大きくなるに伴ってこの傾向はさらに著しくなり, とくに40個体4反復の場合には分布の幅は4~14までときわめて狭い範囲に縮小し, 処理間に有意差のみられる場合も, 20個体2反復のときの8%余から40個体4反復の5%程度と約半減する。

このことを誤差の変異係数についてみると(第5図), 分散の場合とほぼ同様の傾向がみられ, その分布の範囲は20個体2反復で4~30%, 30個体4反復で6~14%, 40個体4反復で4~12%と小さくなり, 最頻値は20個体で10~14%, 30個体で8~12%, さらに40個体で6~10%となり, 試験区が大きくなるに従って小さくなり, 相対的にかなり安定した値となる。このようにみえてくると, 誤差分散はかなり不安定であるが, 一方では適切な計画のもとで適当な大きさの試験区とくり返しを設け, 十分に精細な管理を行い, さらに試験結果の精度をよく吟味することによって, ある程度確からしい結果をうることができるのではないかと, との希望がもてそうである。

以上の例では最も単純な無作為配列ブロック法をとりあげて模擬試験を行ったが, 要因を交絡させる等複雑な圃場配置法を用いる場合には必ずしも前述の論理では説明できないこともあり, このことから圃場試験を行う際は単純な方法を用い, 管理等に細心の注意を払うのが相対的に好ましい結果がえられるといえる。

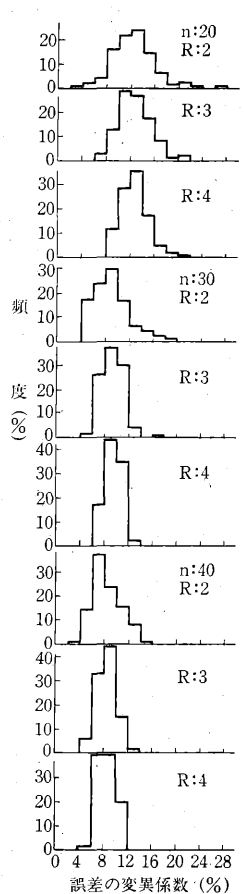
増田⁵⁾は試験の反復数について具体的な事例をあげて



第4図 各場合における誤差分散の頻度分布
n: 試験区の大きさ R: 反復数

問題提起している。増田は農業研究センター麦栽培研究室で行った6回反復の分割試験区法による試験の結果を用いて, 反復数と分散分析の結果との関係のみた。反復数を順次減じていくと, この試験結果ではA, B両要因の検出力にかなりの程度の差異をもたらし6, 5回の反復では両要因に有意差が認められるにかかわらず, 3, 2回へと減少すると検出力が悪化して両要因とも有意差を示さなくなる。このことは試験規模が変ることにより, その結果からさまざまな結論を導き出してくる, という大変困った事態が発生してくることを示している。ここでは, たまたま6回反復で試験を行ったので, 両要因に有意差のあることを見出すことができたが, 2, 3回の反復では全く異った結論をうることになる。このことは, 統計的な方法を信頼し, 忠実に実行しようとする研究者にとっては切実な問題となってくる。

一般に統計的方法について論議するとき, 数理的な方法を用いて理論的に説明し, だからどうと論理を展開し, だから正しい, としていくのが常道のようなのである。しかし圃場では理論とはまったく無縁な要因が数多く介入し, 理論では律しきれない現実を展開しているといえる。したがって, 圃場からえられた実際かつ具体的なデータを用いて誤差分散の特性を理解する必要があると考えている。しかし, 現実にはこのような試みは行われていないし, 現場で悪戦苦闘する研究者にしてみれば直面する現実の一つ一つが応用問題で, 理論として説明される筋道からは理解できない問題に遭遇することもあるから, 理論と現実の間のギャップに悩まされるよりは, 敬して近寄らない道を選びたいのも無理のないことかもしれない。



第5図 各場合における誤差の変異係数の頻度分布
n, Rは第4図参照

(農業環境技術研究所環境管理部計測情報科長)

5) 増田澄夫 (1985) 農業技術 40: 467~471