

S511

~~3508~~

研究叢刊第一號

Research Bulletin No. 1

廿四年八月

August, 1935

水稻研究

白 思 九

NEW FIELD TECHNIQUE IN RICE INVESTIGATION

S. C. PEH.

廣州私立嶺南大學農學院出版

The College of Agriculture, Lingnan University.

CANTON, CHINA.

水稻研究

序

近年來田間試驗方法允稱絕大之進步者。厥爲英國斐雪氏 Dr. R. A. Fisher 所創之拉丁方及隨機排列法 The Latin Square and Randomized Block Arrangements。氏爲英國生物統計專家。以其在諾斯曼的實驗場 Rothamsted Expt. Sta. 多年之研究。引用變異分析法 Analysis of Variance。以解釋試驗之結果。故其試驗區之排列。以能用正確數學之計算法爲準則。此其特點也。此法自公佈之後。歐美試驗場繼起研究者。與日俱增。作者於 1932 年起。亦採用其法以試驗水稻。三四年來。所作試驗。不下三數十種。以個人之經驗。覺其優點不僅理論正確。方法謹嚴而已。卽以應用而論。亦復極爲廣博。變化多端。詢今日田間技術上之一大貢獻也。茲將數年來試驗之一部。簡單報告於下。以供參攷。另有十餘試驗。正在繼續研究中。遲日當再報告。

本報告之目的除 (1) 注意試驗之結果外。尤注意 (2) 方法之介紹。故於每一試驗。其區段之排列及計算法等。與其他試驗不同者。除述其計劃外。更詳列其計算法。其相似者。則於計算法略而不載。以省篇幅。

作者僻處南疆。對國中賢者。甚少領受教益之機會。自知鄙俗。難登大雅。所幸科學研究。貴尙真實。茲篇所記。不過將所作之經歷。誠實敘述而已。尙望海內明達。不吝指教是幸。

本篇各種試驗之計劃及計算法。多得洛夫博士 Dr. H. H. Love 及韋適博士 Dr. J. Wishart 之指導與批評。又本系同人伍箭心君帮忙校對。特此一併誌謝。

本報告多得本院院長兼本系主任古桂芬先生之指導與鼓勵。得以出版。又蒙鍾校長榮光代爲題簽。感激之餘。特此鳴謝。

中華民國廿四年八月

著者序於私立嶺南大學農藝試驗室。

水稻研究

私立嶺南大學農藝助教授

白思九 著

目次

	頁數
序	III
第一類 行間距離試驗及肥料試驗	1
緒言	1
一. 行間距離試驗	2
甲. 拉丁方法 The Latin Square 之介紹及行間距離 1933 年早造試驗結果	2
乙. 行間距離 1933 晚造試驗結果	11
丙. 行間距離 1935 早造試驗結果	13
二. 肥料試驗	16
甲. 隨機排列法 The Randomized Block 之介紹及 肥料試驗 1932 年晚造結果	16
乙. 肥料試驗 1932 年早造結果	20
丙. 肥料試驗 1933 年早造結果	22
丁. 肥料試驗 1933 年晚造結果	23
戊. 肥料試驗 1934 年早造結果	24
三. 公式畧解	27

目 次

	頁數
第二類 種子量試驗.....	33
一. 1932 年早造試驗結果 單純隨機排列法	33
二. 1933 年早造試驗結果 複雜隨機排列法	35
三. 1933 年晚造試驗結果 複雜隨機排列法	47
第三類 秧苗株數試驗.....	53
一. 1932 年早造試驗結果 單純隨機排列法	53
二. 1933 年早造試驗結果 複雜隨機排列法	56
三. 1933 年晚造試驗結果 複雜隨機排列法	62
第四類 每穴秧苗株數及穴間距離之研究.....	69
1933 年晚造試驗結果 複雜隨機排列法	69
第五類 直播移植比較試驗	93
一. 1933 年早造試驗結果 複雜拉丁方法.....	93
二. 1933 年晚造試驗結果 複雜拉丁方法	114
三. 1932 年早造試驗結果 偶區法	124
第六類 下種時間試驗	131
一. 1934 年早造試驗結果 複雜拉丁方法	131
二. 1934 年晚造試驗結果 複雜拉丁方法	136
參攷文獻.....	145
附言.....	150

水稻研究

New Field Technique in Rice Investigation

第一類 行間距離試驗及肥料試驗^{*1}

Experiment Group I. Planting Distance Studies and Fertilizer Trials.

緒言

本文所介紹之拉丁方及隨機排列法 (The Latin Square and Randomized Block arrangements), 係斐雪 Dr. R. A. Fisher 與韋適 Dr. J. Wishart 二氏最近在諾斯曼的實驗場 Rothamsted Exp. Sta. 所創設。其試驗區之排列及產量之計算等, 載於彼等所著 The Arrangement of Field Experiments & The Statistical Reduction of the Results. 1930 內。此二法之優點有二: 一能準確估計試驗之差誤 (A valid Estimate of Error)。

^{*1} (註一) 本篇內行間距離試驗 1933 年早造^{*2}。及肥料試驗 1932 年晚造^{*2}。曾載於嶺南農刊第一卷第一期 Dec. 1934. 原名“田間試驗新法”。初意重在方法之介紹。但該期于付印時。作者適去南京參加實業部中央農業實驗所聘請英國劍橋大學教授韋適博士 (Dr. J. Wishart) 所主講之生物統計研究班。未能親自校閱。故錯漏百出。茲乘本報告面世之便。用將前稿詳加校正。其解釋未週者。重加說明。並將行間距離試驗 1933 年晚造。1935 年早造及肥料試驗 1932 年早造 1933 年早晚造與 1934 年早造結果加入。改易今名。特載於此。以冠篇首。

^{*2} (註二) 按在廣州一帶。一年種稻二次。第一次約在三月中旬至四月上旬下種。四五星期後插秧。六月底至七月下旬收割。普通稱曰早造。第二次約在早造收割之前一月下種。早造收割後插秧。十月底至十一月底或十二月初收割。是曰晚造。

二能消除大部土壤差異 (Diminishing the Errors due to Soil Heterogeneity) 之影響。本校農藝系於 1932 年開始應用之於水稻試驗。經二三年之研究。認其在實施及學理上均有特殊之價值。實近年來田間試驗法之一大進步。茲特介紹於下：

一、行間距離試驗 Effect of Varying the Planting Distances Between Rows.

甲、拉丁方 (The Latin Square) 法之介紹及行間距離 1933 年早造試驗結果 Results of 1933 1st. Crop Illustrating the Latin Square method in detail.

A. 試驗區之排列 試驗區排列之限制有二：1. 試驗之品種 (Varieties) 或處置法 (Treatments) 之數目為若干。則每一品種或每一處置法即重複若干次。2. 試驗諸區排作正方形。在縱橫列各區之數相同。每一品種或每一處置法在各縱橫列中各佔一位。但其排列之次序可任意放置。此種排列法。不獨備有重複 (Replication) 之優點。且因各縱列與各橫列之品種或處法皆同。故各縱列或橫列間之土壤差誤。皆可因此消除。各單區之形式。正方或長方均可。但不宜過於狹長。茲舉例以明之。

第一表 水稻行間距離試驗 1932 年早造計劃

		縱 列				
橫 列	9	18	6	12	24	
	24	12	18	9	6	
	6	24	9	18	12	
	18	6	12	24	9	
	12	9	24	6	18	

本試驗之目的在求知水稻行間距離與產量之關係。計劃內每方格爲一區。其面積長 14 呎，寬 12 呎。區與區之間。另有餘地 2 呎以備種特別行。特別行之用在免除區與區間之競爭影響。其產量不計入試驗內。各區內之數字 6, 9, 12, 18, 24 等。指明各該區內行間距離吋數。如距離爲 6 吋則行數爲 24。9 吋則爲 16。12 吋則爲 12。18 吋則爲 8。24 吋則爲 6。計劃內有五種不同之處置法。各重複五次。共爲 25 區。以排成縱橫五列之正方形。在縱橫各列中。每處置法各佔一區。其次序可任意放置。

第二表 產量

縱 列

橫
列

431	339	507	513	428
285	479	492	565	619
494	499	552	465	584
441	549	541	484	600
516	542	401	570	687

第二表爲第一表內各該相當區之產量。重量以 (gm.) 計。每區產量乘以 .1 卽得每英畝英斗數。並假定每英斗稻種標準重量爲 45 磅。

B. 計算方法 今將計算法之各種步驟。詳細敘述如下。

1. 總數及平均數 Totals & Means

將各區產量按縱橫各列及各處置法分別相加。各求其總數及平均數。爲計算簡單起見。先設一與全試驗總平均數相差甚近之假設平均數。愈近真平均數愈佳。由各區之產量減去假設平均數。得各區產量差。再求各區產量差之各項總數及平均數如第三四表。

第三表 各區產量乘以·1。減去假設平均數 50 (真平均數 50·332)
後所得之各個差數。及縱橫各列之總數及平均數(表內正負號應注意)。

縱 列						總 數	平均數
橫 列	-6·9	-16·1	·7	1·3	-7·2	-28·2	-5·64
	-21·5	- 2·1	- ·8	6·5	11·9	- 6·0	-1·2
	- ·60	- ·1	5·2	- 3·5	8·4	9·4	1·88
	-5·9	4·9	4·1	- 1·6	10·0	11·5	2·3
	1·6	4·2	-9·9	7·0	18·7	21·6	4·32
總 數	-33·3	- 9·2	- ·7	9·7	41·8	8·3	
平均數	- 6·66	- 1·84	- ·14	1·94	8·36		·332

第四表 各項處置法差數之總數及平均數。

處 置 法	6 吋	9 吋	12 吋	18 吋	24 吋	
	7·0	4·2	1·6	18·7	- 9·9	
	4·9	10·0	4·1	- 5·9	- 1·6	
	-·6	5·2	8·4	- 3·5	- 0·1	
	11·9	-6·5	-2·1	- 0·8	-21·5	
	·7	-6·9	1·3	-16·1	- 7·2	
總 數	23·9	19·0	13·3	- 7·6	-40·3	8·3
平 均 數	4·74	3·8	2·66	- 1·52	- 8·06	·332

2. 各種平方和 (Sum of Squares)

將各區產量或產量與假設平均數或真平均數之差數。各個平方之。

求其總和。此項手續至為繁瑣。如有計算機或巴羅氏計算表 Barlow's Tables。則當計算時。通常以 0 為試驗之假設平均數。而將各個產量之平方數。由巴羅氏表內查出。此可免除各種相減手續。但此法之弊。在各個平方數之位數過多。不若採取與真平均數相近之假設平均數之差數為便。蓋如採取差數。則各數多為一位或二位罕有三位者。亦即各該數之平方數至多四位。罕有五位或六位者。如此則各數之平方數。多可由心算而得。減少查表之勞。又如計算者能熟記 40 以內各數之平方數。則用 $(a+b)^2$ 公式可增其記憶至 60 以內之各數。因 $(50+a)^2 = 2500 + 100a + a^2$ 。如 a 為 10 以內之任何數。則 a^2 為平方數之最後二位或一位數。其前二位數則為 $25+a$ 。

例 $(56)^2 = 2500 + 600 + 36 = 3136$ 。若少於 50 時。則上式變為 $(50-a)^2$ 。
例 $(48)^2 = (50-2)^2 = 2500 - 200 + 4 = 2304$ 。能如此。當求平方數時。雖不用任何平方表亦可。

(a) 總數平方和 (Total Sum of Squares) 之計算法。

將第三表內各區之差數寫於 (1) 項下。求其總數得 8.3。第 (2) 項係第 (1) 項各數之平方。求其和得 1817.31。此為全試驗各區與假設平均數 50 相差之平方和 (The Crude Sum of Squares of Deviations from the Working Mean 50)。亦可稱曰差數平方和。

(1)	(2)
數目	平方數
- 6.9	47.61
- 16.1	259.21
.7	.49
1.3	1.69
⋮	⋮
7.0	49.00
18.7	349.61
總數 8.3	總數 1817.31

由 1817.31 減去 8.3 (全試驗總差) 與 0.332 (全試驗總差平均數) 相乘之積 2.7556。餘 1814.5544。此即全試驗各區產量與總平均數 General Mean 相差之平方和。按 $2.7556 (= 8.3 \times 0.332 \text{ 亦} = \frac{8.3^2}{25})$ 稱為校正數 (Correction)。須由下列 (b) (c) (d) 各平方和中減去。

(b) 縱列平方和 (Sum of Squares for Columns)

將第三表內各縱列之各個總數平方之。求其和。除以五。減去校正數 2.7556。即得縱列平方和。

數目	平方數	
33.3	110.89	$\frac{3035.35}{5} = 607.07$
9.2	84.64	
.7	.49	
9.7	94.09	$607.07 - 2.7556 = 604.3144$
41.8	1747.24	
8.3	3035.35	

(c) 橫列平方和 (Sum of Squares for Rows)

將第三表橫列之各個總數平方之。求其和。除以五。減去校正數 2.7556。即得橫列平方和。

數目	平方	
28.2	795.24	$\frac{1518.41}{5} = 303.682$
19.0	36.00	
13.3	88.36	$303.682 - 2.7556 = 300.9264$
7.6	132.25	
21.6	466.56	
8.3	1518.41	

(d). 處法平方和 (Sum of Squares for Treatments)

將第四表各種處置法之各個總數平方之。求其和。減去校正數 2.7556。即得處法平方和。

數目	平方	
23.9	571.21	$\frac{2790.95}{5} = 558.19$
19.0	361.00	
13.3	176.89	
7.6	57.76	$558.19 - 2.7556 = 555.4344$
40.3	1624.09	
8.3	2790.95	

(e). 差誤平方和 (Sum of Squares for Error)

由總數平方和 (a)。減去縱 (b) 橫 (c) 及處置法 (d) 之平方和。所餘之數。即差誤平方和。

由	(a)	1814.5544
減去	(b)	604.3144
	(c)	300.9264
	(d)	555.4344
餘數		$= 353.8792$

3. 變異度 (Degrees of Freedom) 及平方中數 (Mean Squares)

平方中數斐雪氏稱之為差異數 (Variance)*。即標準差 (Standard Deviation) 之平方數。不能由平方和除以試驗區之數目而得。因在取樣學說 (Sampling Theory) 當試驗區之數目過小時。區之數目非適當除數

* Variance $V = \sigma^2$

S = 標準差

(Divisors)。惟各組平方和相當之獨立比對 (Independent Comparisons) 數。乃為適當之除數。此數係由區之數目或處法及縱橫列之數目等減去一以後所餘之數。亦曰變異度。以全試驗論。25 區之產量共有 24 獨立之比對或 $25 - 1 = 24$ 變異度。以縱橫列論。各為五列。即各有 $5 - 1 = 4$ 變異度。同理五種處法亦有 $5 - 1 = 4$ 變異度。但此縱橫列及處法之變異度已包括在上述全試驗之 24 變異度內。又因每種處法在每一縱列或橫列中只佔有一位置。故彼此皆係各自獨立。換言之。即此縱列或橫列之四變異度並不包括處法四變異度中之任何一變異度也。故由 $24 - (4 + 4 + 4) = 12$ 。此 12 變異度可代表種種處法在各縱橫列中比對之差別。是即差誤 (Error) 之變異度。亦即由此差誤之變異度。吾人乃能準確估計處法比對之差誤也。將各個平方和除以相當之變異度。即得各該平方中數或差異數。如下第五表。

4. 差異之分析 (Analysis of Variance)

第五表 差異之分析

(1) 由于	(2) 平方和	(3) 變異度	(4) 平方中數	(5) ± 自然對數
縱列	604.3144	4	151.0786	3.00889
橫列	300.9264	4	75.2310	2.16028
處法	555.4344	4	138.8586	2.46672
差誤	353.8792	12	29.4900	1.69202
總數	1814.5544	24		$Z = .77470$

上表 (2) 項之各平方和。除以 (3) 項之各相當變異度。得 (4) 項之各平方中數。即差異數。此各差異數之值可互相比較。而差誤 (Error) 之差異數。又為直接測驗差別 (Difference) 之是否顯著而為測量試驗準確程度之標準。因差異數 29.49 乃單區差異數 (Mean Square Error of a Single Plot.) 其平方根 $\sqrt{29.49} = 5.4305$ 為單區標準差 (Standard Error of Single Plot.)。若以之與處置法較。則五區總數之差異數當大於單差異數之五倍。即 29.49×5 其方根 $\sqrt{29.49 \times 5} = 12.142$ 即五區總數之標準差 (Standard Error of total of 5 Plots.)。除以五得 2.429 即平均標準差 * (Standard Error of mean of 5 Plots.)。再除以總平均數 50.332, 得 4.5% 即平均標準百分差 (Standard Error in Percentage of the general mean.)。各平方中數與差誤平方中數之比較法。係以各該平方中數與差誤平方中數相較所得差別 Difference 之大小為斷。如上表處置法之平方中數 138.8586 較差誤平方中數 29.49 大至數倍。可判定處置法之差別為顯著。若處置法之平方中數較小於或相近於差誤平方中數時。則處置法之差別為不顯著。此外更有一精密之法用以測定較為可疑之情形者。即斐雪氏之 Z 測驗是。上表 (5) 項各值。係 (4) 項各值相當之 $\frac{1}{2}$ 自然對數 $\left(\frac{1}{2} \text{ Natural Logarithms}\right)$ 其值可由自然對數表中求出。如無自然對數表時。可先求 (4) 項各值之常對數 (Common Logarithms)。將所得之值乘以 1.15129 $\left(\frac{1}{2} \log_e 10\right)$ 即得。此各 $\frac{1}{2}$ 自然對數相較之值即 Z 之值。此時可查斐雪氏 5 Percent Point Z 表內當 $n_1=4, n_2=12$ 時。Z 之值為 .5907。倘所計算之 Z 大於 .5907 時。則差別為顯著。若小於 .5907 時。則為不顯著。今 .7747 較 .5907 為大。則處置法差別之為顯著明矣。

* Standard Error of Mean $\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

5. 今將本試驗之結果表列於下

第六表 總結 Summary

處置法	6 吋	9 吋	12吋	18吋	24吋	平均產量	標準差
五區總產量	273.9	269.0	263.3	242.4	209.7	251.66	12.142
平均產量(每英畝英斗數)	54.76	58.8	52.7	48.5	41.9	50.332	2.429
百分率(除以50.332)	108.8	106.9	104.6	96.3	83.3	100	4.5

在 Z 測驗既判定處置法之差異為顯著。乃再用標準差以比較處置法之各個差別。此種差別必三倍於標準差始稱顯著。設 s 為試驗之標準差。則差別之標準差 (Standard Error of a Difference)* 為 $\sqrt{2 \times s^2}$ 或 $1.414 \times s$ 。差別之值須二倍於差別之標準差 ($2 \times 1.414 \times s$) 方為顯著。今 $2 \times 1.414 \times s$ 與 $3 \times s$ 相差無幾，故謂之為三倍標準差亦可。有時遇變異數之數目過小時。則差別尤須大於三倍標準差。

上表 6, 9, 12 吋行之產量百分率與 24 吋相較。均多於 $3 \times 4.5 = 13.5\%$ 其差別之顯著蓋無疑義。又 6 吋行多于 18 吋行約 13%；18 吋行亦多于 24 吋行約 13%，其差別亦可稱為顯著。(遇此等情形最好多試驗數次) 本試驗于同年晚造曾重複試驗一次記載及結果請參觀乙段。

* Standard Error of a Difference $\sigma_{diff} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ 如 $\sigma_1 = \sigma_2$

則 $\sigma_{1-2} = \sqrt{\sigma_1^2 \times 2} = \sqrt{2} \cdot \sigma_1$

乙. 行間距離 1933 年晚造試驗結果 Results of 1933

2nd. Crop.

第一表 計劃及產量

	縱 列					總 數
	9"	18"	6"	12"	24"	
橫 列	722	516	634	561	324	2757
	24"	12"	18"	9"	6"	2521
	397	572	401	549	602	
	6"	24"	9"	18"	12"	2445
	674	376	625	377	393	
	18"	6"	12"	24"	9"	2633
	655	576	579	329	494	
	12"	9"	24"	6"	18"	2689
	629	655	331	614	460	
總 數	3077	2695	2570	2430	2273	13045

522 平均數

說明：地址磨地沙試驗場

下種期七月十三 1933

收割期十一月七日 1933

第二表 處法分類產量表

區段號數	6 吋	9 吋	12吋	18吋	24吋
1	614	655	629	460	331
2	576	494	579	655	329
3	674	625	393	377	376
4	602	549	572	401	397
5	634	722	561	516	324
總 數	3100	3045	2734	2409	1757
平 均 數	620	609	547	482	351

第三表 變異分析表

由於	平 方 和	變異度	平方中數	$\frac{1}{2}$ 自然對數
縱列	74575.6	4	18643.9	
橫列	12704.0	4	3176.0	
處法	242541.2	4	60635.3	2.05239
差誤	47587.2	12	3965.6	.68888
總數	377608.0	24		Z=1.36351

差別顯著

第四表、行間距離總結

	距 離 吋 數					平均數	標準差
	6	9	12	18	24		
平均產量	620	609	547	482	351	522	28.16
百 分 率	118.7%	116.6%	104.7%	92.3%	67.2%	100%	5.4%

$$3 \times 5.4\% = 16.2\%$$

結論：6, 9, 12 吋行之差別不顯著。

6, 9, 吋較18吋之產量為高其差別甚顯著。但12吋與18吋之差別不顯著。24 吋行之產量最低。與其他較。皆有顯著之差別。

將本試驗與同年早造相較。大略相似。根據上二試驗之結果。行間距離似以 12 吋行為最宜。但有一點宜注意者。此種結果亦視田之肥瘦及氣候變遷而異。本試驗舉行地為磨磑沙試驗場。土力並不甚肥。如在土壤特肥之地試驗。結果或又不同也。

丙. 行間距離 1935 年早造試驗結果 Results of 1935

1st. Crop.

第一表 計劃及產量

12	6	18	24	9	
616	465	551	506	375	2513
9	24	12	18	6	
608	484	603	549	392	2636
18	12	9	6	24	
478	611	626	412	529	2656
6	18	24	9	12	
575	473	436	599	651	2734
24	9	6	12	18	
358	567	614	613	566	2718
2635	2600	2830	2679	2513	13257
					530.3 總平均