

110 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：農業技術
科 目：試驗設計

吳迪老師

一、試驗改良單位的雜糧作物育種專家欲比較 A、B、C、D 四個高粱品種的穗長 (cm)；該試驗於試驗田區中進行，採單畦雙行，單穴單粒栽培，空間布置採取五重複的完全隨機設計 (completely randomized design, CRD) 進行，各品種試驗數據分析如下表。假設品種效應為固定型，並且該試驗數據符合單向變方分析的前提假設：

統計量 \ 品種	A	B	C	D
平均值	27.50	26.43	31.49	32.63
標準差	2.64	2.32	3.40	4.05

(一) 試計算該四個高粱品種之 95% 信賴區間，並據此結果進行闡述。(10 分)

(二) 試建立變方分析表，並在 $\alpha=0.05$ 下進行假設檢定的結果闡述。(10 分)

(三) 試在 $\alpha=0.05$ 下，利用最小顯著差異法 (least significant difference, LSD) 進行各高粱品種平均穗長間之多重比較，且以小寫英文字母 (a, b, c...) 在各處理平均值右側標示其差異比較結果，闡述結果並與(一)之結果進行比較。(15 分)

1. 《考題難易》：★

2. 《解題關鍵》：單因子變方分析 CRD, 基本題

3. 《命中特區》：吳迪著試驗設計 P89 範例 6, P93 範例 9, P102 範例 15

【擬答】：

$$\begin{aligned} \text{(一)} \bar{x}_{..} &= \frac{27.50 + 26.43 + 31.49 + 32.63}{4} \\ &= 29.5125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SSE &= \sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2 \\ &= (5-1) \times 2.64^2 + (5-1) \times 2.32^2 + (5-1) \times 3.4^2 + (5-1) \times 4.05^2 \\ &= 161.258 \end{aligned}$$

$$MSE = \frac{SSE}{N - m} = \frac{161.258}{20 - 4} = 10.08$$

μ_i 信賴度 95% 之信賴區間為

$$\left(\bar{X}_i - t_{0.025, 16} \sqrt{\frac{MSE}{n_i}}, \bar{X}_i + t_{0.025, 16} \sqrt{\frac{MSE}{n_i}} \right)$$

1. μ_1 之信賴區間為

$$\left(27.50 - 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}}, 27.50 + 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}} \right)$$

$$\Rightarrow (24.4899, 30.5101)$$

2. μ_2 之信賴區間為

$$\left(26.43 - 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}}, 26.43 + 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}} \right)$$

$$\Rightarrow (23.4199, 29.4401)$$

3. μ_3 之信賴區間為

$$\left(31.49 - 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}}, 31.49 + 2.120 \sqrt{\frac{10.08}{5}} \right)$$

$$\Rightarrow (28.4799, 34.5001)$$

共 6 頁 第 1 頁

公職王歷屆試題 (110 高考三級)

4. μ_4 之信賴區間為

$$\left(32.63 - 2.120\sqrt{\frac{10.08}{5}}, 32.63 + 2.120\sqrt{\frac{10.08}{5}} \right)$$

$$\Rightarrow (29.6199, 35.6401)$$

因為 μ_2, μ_4 信賴區間沒有重疊，所以品種 B、D 平均穗長有顯著差異，其它品種間均無顯著差異

(二)

$$\begin{aligned} SS_t &= \sum_{i=1}^m n_i (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2 \\ &= 5(27.50 - 29.5125)^2 + \dots + 5(32.63 - 29.5125)^2 \\ &= 135.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SST &= SS_t + SSE = 135.91 + 161.258 \\ &= 297.168 \end{aligned}$$

ANOVA 表

變因	SS	DF	MS	F 值
處理	135.91	3	45.30	F=4.494
機差	161.258	16	10.08	
總和	297.168	19		

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \\ H_1: \mu_i \text{ 不全相同} \end{cases}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$F = 4.494 > 3.2389 = F_{0.05, 3, 16} \Rightarrow \text{Re } H_0$$

結論：在 0.05 顯著水準下，有證據顯示四種品牌平均穗長不全相同

(三)

$$\begin{aligned} LSD_{\frac{\alpha}{2}} &= t_{0.025, 16} \sqrt{2 \times \frac{MSE}{n}} \\ &= 2.120 \sqrt{2 \times \frac{10.08}{5}} = 4.26 \end{aligned}$$

處理平均數	平均數差異值
$a\bar{X}_4 = 32.63$	—
$ab\bar{X}_3 = 31.49$	1.14 —
$b\bar{X}_1 = 27.50$	5.13* 3.99 —
$bc\bar{X}_2 = 26.43$	6.2* 5.06* 1.07 —

結論

D 與 A，D 與 B，C 與 B 品種間平均穗長有顯著差異，其結果與(一)不同。

二、農藝學家擬探討不同儲藏環境條件 (A：相對濕度 25%，溫度 -4°C；B：相對濕度 25%，溫度 6°C；C：相對濕度 50%，溫度 -4°C；D：相對濕度 50%，溫度 6°C) 對於玉米種子發芽率的影響。今從同期作收穫之玉米種子挑選出均質的種子樣本，共四組各 200 粒的種子進行儲藏。一年後進行發芽試驗，並計數各組樣本之發芽種子個數。如下結果：

儲藏條件	A	B	C	D
發芽粒數	165	143	132	92

今欲探討儲藏一年後玉米種子的發芽結果是否有差異，請試擬出可能的分析策略及分析方法。(10分)

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：無母數卡方檢定, 基本題

3. 《命中特區》：吳迪著試驗設計 P247 範例 5

【擬答】：

利用卡方百分比同質性檢定

儲藏條件	A	B	C	D	合計
發芽粒數	165 (133)	143 (133)	132 (133)	92 (133)	532
沒發芽粒數	35 (67)	57 (67)	68 (67)	108 (67)	268
合計	200	200	200	200	800

其中 () 為在 H_0 為真條件下的理論值

$$e_{ij} = \frac{\text{第 } i \text{ 列和 } \times \text{第 } j \text{ 行和}}{N}$$

H_0 ：四種儲藏條件發芽結果無差異
 H_1 ：四種儲藏條件發芽結果有差異
 檢定統計量

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

$$= \frac{(165 - 133)^2}{133} + \dots + \frac{(108 - 67)^2}{67} = 62.978$$

結論：若 $X^2 = 62.978 > X_{\alpha,3}^2 \Rightarrow Re H_0$
 即四種儲藏條件發芽結果有差異



農業行政 & 農業技術 111 金榜 輔考課程

 基礎課	正規課	專題課
基礎架構課程協助考生建立基礎，以簡易的體系架構，理解各類科法令大綱，有助日後各類科學習。	開課時間依照各科目學習關聯性作安排，由淺入深教學、循序漸進的授課模式，讓同學完整學習、快速考取。	考前要拿高分除了理論內容熟記外，在答題上再加入新的時事見解，藉此提高分數，增加上榜機會。
總複習	題庫班	奪榜班/特訓班
考前關鍵時刻，由授課老師精心篩選並分析考前重要考點補充，以地毯式重點整理給各位同學。	以題目帶觀念方式授課，將題目進行整合連貫的剖析，強化同學做答技巧的提升！達到舉一反三之效。 【自費加選】	成績診斷分析→複習計劃擬定→隨堂小考檢視→弱科加強課程→駐班輔導老師→全真模擬考試。 【自費加選】

全國探花

沈○璇

109 高考農業技術
109 普考農業技術

農業技術要準備的科目並非在大學皆上過，故決定報名補習班，這樣可以減少自己整理資料的時間，直接開始專心念書。我是以一年考取為目標，故報名的是年度班的視訊課程，可以彈性調整上課時間，也可以一直重複播放不懂的地方。

一年考取

黃○睿

109 高考農業技術

補習班有三大好處，一是幫助裡整理複習資料。二是擴大知識範圍，補習班一定比你了解考古題出過哪些及考試方向，能幫你最大化的抓取可能會考的考題。三提供一個複習進度，我是不擅長安排計畫的人，所以補習對我是很有幫助。

■更多課程資訊詳洽全國志光·保成·學儒門市■

三、為尋找試驗處理族群的真實情況並進行探討分析，試驗人員依據試驗的目的及條件進行試驗規劃。然而，試驗結果的量測值，與實際真值間仍有試驗誤差。請試分析探討誤差的來源，並從試驗設計的基本原則說明如何減少試驗誤差、估計試驗誤差，並估計族群真值。(18分)

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：變方分析基本假設, 常考題
3. 《命中特區》：吳迪著試驗設計 P81 範例 3

【擬答】：

(參考：沈明來；試驗設計學第五版P4~10；2016年9月再刷；九州圖書文物有限公司)

試驗設計中的試驗誤差分為系統誤差和隨機誤差,其中系統誤差為同一個試驗處理使用不同工具或使用同一種工具但由不同的人操作所得到不同的數據。而隨機誤差為同一個試驗處理使用同一種工具且由相同的人操作所得到不同的數據。

試驗設計的三原則如下：

(一)設置重複：

同一個試驗重複實施很多次以增加試驗效果。其原則如下：

1. 同一個試驗處理有二個以上的單位數,其單位數即為重複的次數
2. 同一個試驗重複多次才可以估計試驗誤差。理論上試驗愈多次所得到誤差也愈小,結果也會愈精準。
3. 一般田間農作物大約重複 4~6 次即可。但其它試驗有些可能需要到 30 次以上。設置重複的功用有：
 - (1) 可以不用增加試驗單位的面積而使試驗的範圍擴大。
 - (2) 可以較準確的估計試驗誤差。
 - (3) 試驗所得到的結果有較佳的準確性和推論性。

(二)隨機排列：

隨機排列可以滿足變方分析的基本假設,也可以平衡每個試驗處理因條件不同而受到不一樣的對待。其原則如下：

1. 隨機的方法有亂數表, 丟硬幣, 丟骰子……等
2. 每一個試驗單位所要做的試驗處理的機率要相等
3. 試驗處理隨機重複多次所得到數據具有不偏性,其所推論的結果才會正確

(三)誤差控制：

1. 系統誤差：

同一個試驗處理使用不同工具或使用同一種工具但由不同的人操作所得到不同的數據這種偏差稱為系統誤差。系統誤差的產生是有原因的,所以試驗設計就是要來排除系統誤差對試驗結果所造成的影響。

2. 隨機誤差：

同一個試驗處理使用同一種工具且由相同的人操作所得到不同的數據這種偏差稱為隨機誤差。隨機誤差產生的原因是未知且不規則,雖然不可避免但可利用試驗處理的安排來降低其對試驗結果所造成的影響。

四、國外水稻調查研究時常使用著粒密度 (grain density), 亦即每單位穗長 (cm) 下的穀粒數, 作為目標特徵進行水稻品種與氮肥的複因子試驗, 以探討水稻品種與氮肥施用量在著粒密度上的效應。今欲探討兩個水稻品種 (V_1 、 V_2) 與三個氮肥等級 (N_1 : 60、 N_2 : 120、 N_3 : 180kg/ha), 試驗以栽培桶進行栽培調查, 空間布置採取三重覆完全隨機設計 (completely randomized design, CRD) 進行。試針對下列問題進行回答及探討：

(一)請完成下列變方分析表 (ANOVA Table) : (15分)

source	DF	Sum of Squares	Mena Square	F Value	Pr>F
Nitrogrn	(A)	(F)	0.00135000	(L)	(N)
Varieties	(B)	(G)	(J)	7.11	0.0205
Nitrogrn* Varieties	(C)	(H)	0.00665000	(M)	(O)
Error	(D)	(I)	(K)		
Corrected Total	(E)	0.2460000			

(N)、(O) 以星號 (*) 表示；*, **, *** 分別代表在 5%、1% 及 0.1% 顯著水準下存在顯著差異結果，NS 代表無顯著差異存在。

(二) 在 $\alpha=0.05$ 下，請依據 ANOVA Table 的結果進行假設檢定的結果闡述及其原因。(12 分)

(三) 請依據分析結果研擬後續之分析策略，並說明其原因及可呈現之分析結果的表格。(10 分)

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：二因子變方分析 CRD, 基本題
3. 《命中特區》：吳迪著試驗設計 P162 範例 3

【擬答】：

(一)

- (A) 2 (B) 1 (C) 2 (D) 12 (E) 17
 (F) 0.0027 (G) 0.0032 (H) 0.0133
 (I) 0.0054 (J) 0.0032 (K) 0.00045
 (L) 3 (M) 14.78 (N) NS (O) ***

(二) 1. 氮肥因子

- H_0 ：氮肥施用量對著粒密度無顯著差異
 H_1 ：氮肥施用量對著粒密度有顯著差異
 檢定統計量 $F=3 < 3.8853 = F_{0.05, 2, 12}$
 $\Rightarrow \text{not ReHo}$

結論：在 0.05 顯著水準下氮肥施用量對著粒密度無顯著差異

2. 水稻品種

- H_0 ：水稻品種對著粒密度無顯著差異
 H_1 ：水稻品種對著粒密度有顯著差異
 檢定統計量 $F=7.11 > 4.7472 = F_{0.05, 2, 12}$
 $\Rightarrow \text{ReHo}$

結論：在 0.05 顯著水準水稻品種對著粒密度有顯著差異

3. 交感作用

- H_0 ：二者無交感
 H_1 ：二者有交感
 檢定統計量 $F=14.78 > 12.974 = F_{0.001, 2, 12}$
 $\Rightarrow \text{ReHo}$

結論：在 0.001 顯著水準下氮肥施用量與水稻品種有交感

(三) 1. 氮肥施用量未達顯著水準，不須做多重比較

2. 品種達顯著水準，但只有 2 個水準，不須做多重比較

3. 交感作用達顯著水準，須做多重比較，其中 $LSD_{\frac{\alpha}{2}} = t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot df \sqrt{\frac{(a-1)(b-1)MSE}{nab}}$

※F分布值： $\alpha = P(F > F_{\alpha=0.05, df_1, df_2}) = 0.05$

$df_2 \backslash df_1$	1	2	3	4	5	6
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613

※F分布值： $\alpha = P(F > F_{\alpha=0.01, df_1, df_2}) = 0.01$

$df_2 \backslash df_1$	1	2	3	4	5	6
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.102
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015

※F分布值： $\alpha = P(F > F_{\alpha=0.001, df_1, df_2}) = 0.001$

$df_2 \backslash df_1$	1	2	3	4	5	6
11	19.687	13.812	11.561	10.346	9.578	9.047
12	18.643	12.974	10.804	9.633	8.892	7.480
13	17.815	12.313	10.209	9.073	8.354	7.489
14	17.143	11.779	9.729	8.622	7.922	7.077
15	16.587	11.339	9.335	8.253	7.567	6.741
16	16.120	10.971	9.006	7.944	7.272	6.805
17	15.722	10.658	8.727	7.683	7.022	6.562
18	15.379	10.390	8.487	7.459	6.808	6.355

※t分布值： $\alpha = P(t > t_{df})$

df	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.01$
2	1.886	2.920	4.303	6.965
3	1.638	2.353	3.182	4.541
4	1.533	2.132	2.776	3.747
5	1.476	2.015	2.571	3.365
6	1.440	1.943	2.447	3.143
...
15	1.341	1.753	2.131	2.602
16	1.337	1.746	2.120	2.583
17	1.333	1.740	2.110	2.567
18	1.330	1.734	2.101	2.552
19	1.328	1.729	2.093	2.539
20	1.325	1.725	2.086	2.528