

等 別：三等考試

類 科：農業技術

科 目：試驗設計

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

- 一、某學者擬以高效液相層析儀 (High-Performance Liquid Chromatography, HPLC) 來檢測某種中草藥製劑之有效成分的濃度。為此，他必須先以一組有效成分濃度不同 (記為 $X_{i(i=1,\dots,m)}$) 的標準品 (standard concentration preparations)，藉由 HPLC 檢測其吸收率 (absorbance，記為 $Y_{ij(i=1,\dots,m; j=1,\dots,n_i)}$)；據以建立該有效成分的標準檢量線 (standard calibration curve)。下表係該學者考慮採用的三種試驗設計之重複次數 (replications， $n_{i(i=1,\dots,m)}$)；請就這三種試驗設計在建立標準檢量線之估計效率上詳予比較。(15 分)

試驗設計	X_i (有效成分之濃度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)				
	0.2	0.6	0.8	1.0	1.2
設計 A	3 ^(a)	3	3	3	3
設計 B	2	3	5	3	2
設計 C	4	2	3	2	4

(a) 表中數字係將各已知濃度的標準品輸入 HPLC 檢驗的重複次數

- 二、某農藝學者從目前國內推廣的水稻品種中隨機抽出四個稉型品種；在行、株距為 (1)30 cm × 25 cm，(2)30 cm × 20 cm 及 (3)30 cm × 15 cm 的三種栽培密度下進行試驗；田間排列採用隨機完全區集設計 (Randomized Complete Block Design)，每一處理組合重複四次。收穫時調查各小區之稻穀產量 ($\text{kg} \cdot \text{plot}^{-1}$)，並進行變方分析，求得各項變異原因之平方和 (sum of squares)，如下：(25 分)

變異原因	平方和	自由度	均方	F 統計數	P 值
區集	26956				
密度	30743				
品種	55160				
密度×品種	23162				
試驗誤差	76036				

據此，請依循適當的分析程序，測驗各項變異原因的顯著性；並詮釋測驗的結果。
註：以下是 F 分布的一些分位數：

$F_{0.95, df_1, df_2}$				$F_{0.99, df_1, df_2}$			
df_2	df_1			df_2	df_1		
	2	3	6		2	3	6
6	5.14	4.76	4.28	6	10.92	9.78	8.47
33	3.28	2.89	2.39	33	5.31	4.44	3.41
39	3.24	2.85	2.34	39	5.19	4.33	3.30

(請接背面)

等 別：三等考試

類 科：農業技術

科 目：試驗設計

三、某作物生理學家擬於生長箱 (growth chambers) 中進行盆栽試驗，探討二氧化硫 (sulfur dioxide) 與臭氧 (ozone) 兩種空氣污染物對毛豆營養生長 (vegetative growth) 的影響。已知：

- (1) 二氧化硫擬設置 0 與 10 (ppb) 兩個等級，臭氧擬設置 0 與 20 (ppb) 兩個等級，共有四個處理組合 (treatment combinations)；
- (2) 參試的品種有臺南選 1 號、高雄 5 號、高雄 7 號及高雄 8 號，共四個毛豆品種；
- (3) 共有四部生長箱可供本研究使用；每部生長箱內的平台上可同時置入 16 盆毛豆植株；
- (4) 擬於 V_5 生長期測量每一盆毛豆植株之全株乾物重 (total dry weight) 做為主要的反應變數 (response variable)。

請依上述條件擬定一項足以「有效地」測驗二氧化硫與臭氧兩種污染物之主效應 (main effects) 及其交感效應 (interaction effects) 且規模最小的試驗設計 (minimal design)；並列出試驗數據之變方分析表的變異原因 (sources of variation) 與自由度 (degrees of freedom)。(25 分)

四、茲有一筆在隨機完全區集設計下完成的試驗數據，其各處理的平均值與變方分析表如下：

處理代碼(j)	1	2	3	4
處理平均(\bar{Y}_j)	70.6	72.6	72.4	75.6

變異原因	平方和	自由度	均方	F 統計數	P 值
區集	150.7	4	?	?	?
處理	64.4	3	?	?	?
試驗誤差	20.1	?	?		

已知該試驗之區集效應為隨機型 (random block effects)，處理效應為固定型 (fixed treatment effects)；因此試驗數據之數學模式可表示為：

$$Y_{ij} = \mu + b_i + \tau_j + e_{ij} \quad (i=1, \dots, 5; j=1, \dots, 4);$$

式中之 μ 為總平均； b_i 為第 i 區集之效應； τ_j 為第 j 處理之效應； e_{ij} 為第 i 區集內，第 j 處理之觀測值的試驗誤差。

請在處理與區集之間無交感作用， $b_i \sim iid N(0, \sigma_b^2)$ ， $e_{ij} \sim iid N(0, \sigma_e^2)$ ，且 b_i 與 e_{ij} 互相獨立的假設下完成這筆數據的變方分析；並請計算：(35 分)

(一) 區集變方之估值 ($\hat{\sigma}_b^2$)

(二) 處理平均的標準誤差 ($SE(\bar{Y}_j)$)

(三) 第 4 處理之真平均 (μ_4) 的 95% 信賴區間 (confidence interval)

(四) 兩處理平均間之差的標準誤差 ($SE(\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'})$)

(五) 第 1 處理之真平均與第 2 處理之真平均間之差 ($\mu_1 - \mu_2$) 的 95% 信賴區間。

註：(1) $\sum_{i=1}^m c_i S_i^2$ 的有效自由度為：
$$v' = \frac{\left(\sum_{i=1}^m c_i S_i^2 \right)^2}{\sum_{i=1}^m \frac{(c_i S_i^2)^2}{v_i}}$$
。

(2) 以下是 F 分布與 Student's t 分布的一些分位數：

$$F_{(0.95, df_1=3, df_2=12)} = 3.49, \quad F_{(0.95, df_1=4, df_2=12)} = 3.26,$$

$$F_{(0.99, df_1=3, df_2=12)} = 5.95, \quad F_{(0.99, df_1=4, df_2=12)} = 5.41,$$

$$t_{(0.975, df=5)} = 2.571, \quad t_{(0.975, df=6)} = 2.447, \quad t_{(0.975, df=12)} = 2.179。$$