

等 別：高等考試

類 科：農藝技師

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、有 6 位作物學者（摘自 *Experimental Agriculture* 2012, 48:523-535）研究食用萵苣在缺鐵情況下的生理現象。他們考慮兩個試驗因子，一個因子為萵苣品種，他們選擇兩種萵苣做為試驗材料，一為 Romaine（葉子深綠色），另一則為 Vista（葉子淺綠色）；另一因子則為在盆栽培養液中添加鐵離子與不添加鐵離子。這是一個兩因子的試驗，每個因子各有兩個變級，一共四個組合，每個組合之下含有 8 個試驗單位，亦即 8 個塑膠栽植盆裝有培養液，每盆種植 3 株，試驗配置採用 CR 設計（completely randomized design）。在試驗開始之前，先讓種子發芽，並在發芽後暫時種植在蒸餾水的栽植盆。試驗者希望探討在缺鐵的情況下，萵苣的生長狀況，以及對乾物質量的影響等。上述學者的研究結果關於四種處理組合各自乾物質所含的鐵、鉀與鎂量以圖形表示如下：

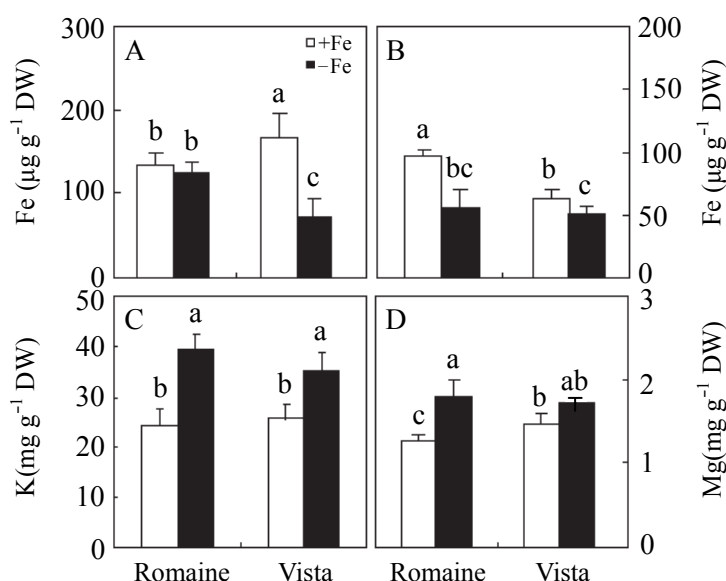


Figure 1. Root A) and shoot B) Fe concentrations and shoot K C) and Mg D) concentrations in two lettuce varieties after 15 days of growth under Fe-sufficient (+Fe) or Fe-deficient (-Fe) conditions. Data are means of 8 replicates $\pm$ standard error. Bars labelled by the same letter are not statistically different according to the ANOVA test at $p \leq 0.05$.

請根據上述之敘述回答下列問題：

- (一)根據試驗者對於試驗設計之敘述，我們推測此試驗的設計有包含次級取樣（subsampling）的情形，也就是說每個試驗單位（栽植盆）之中 3 株萵苣都分別經過分析並取得觀測值。因此我們可以確定「變因」有下列幾項：「萵苣品種」、「鐵離子處理」、「品種與處理之交互」、「試驗機差」、「取樣機差」、「總和」。請你寫出這些變因所對應的「自由度」。（8 分）
- (二)上圖標示的小寫英文字母種類一共有五種情形：‘a’，‘b’，‘c’，‘ab’，‘bc’，若是標示有相同的字母則表示此兩處理組合的均數在統計上沒有顯著之差異。此論文之作者提到這種表示方式是根據變方分析檢定（ANOVA test）得出的結果。請問您覺得以小寫英文字母表示處理均數之間的差異顯著性與否是變方分析的結果嗎？或是多重比較（multiple comparisons）的結果？請說明。（8 分）
- (三)左上角的圖 A 是分析根（Root）乾物質中的鐵（Fe）含量，四種處理組合的個別鐵含量分別以四個柱子表示，每個柱子的高度是觀測值的均數，柱子上的釘子其長度是標準誤差的幅度，4 支柱子上分別標示著小寫的英文字母（‘b’，‘b’，‘a’，‘c’）。請根據此圖推測：針對於根乾物質的鐵含量而言，品種（Romaine, Vista）與鐵離子處理（+Fe, -Fe）兩因子的交互效應是否存在？請說明理由。（9 分）（提示：先根據上述之條形圖約略繪出交互圖）

（請接第二頁）

等 別：高等考試
類 科：農藝技師
科 目：試驗設計

二、四位泰國的作物學者（Experimental Agriculture 2013, 49: 366-381）做了一個研究，探討在乾季時，豆類作物的播種深度的效應，究竟是深播（deep）或是淺播（shallow）較為有利。他們的田間試驗所用的設計是裂區設計，主區的因子是豆類（legume），一共有四種豆類（四個變級）：豇豆（cowpea）、綠豆（mungbean）、花生（peanut）、大豆（soybean）；副區因子則為播種深淺（depth），一共有淺播與深播兩個變級（levels）。此試驗共有 8 個處理組合，每個組合重複四次，亦即四個區集。試驗者在泰國的三個不同地點：Kokeyai, Samjan, KKU，進行同樣的試驗。對於各種豆類作物的萌芽率，試驗者在播種後做了 4 次調查，調查時間分別在播種後 6、9、14、21 天。原敘述附錄於下：

A split-split plot design was used with four legume species (peanut, cowpea, mungbean and soybean) in the main plot, two levels of sowing depth (5 and 15 cm from soil surface) as the split plot factor and sampling time as a repeated measure. Experiments were replicated four times.

有關於各種豆類作物萌芽率的試驗結果列於下表：

Table 2. Emergence percentage (%) of legumes after shallow and deep sowing in Kokeyai and Samjan (2007–2008), and KKU (2008–2009).

Treatment	Emergence percentage (%)											
	Kokeyai				Samjan				KKU			
	Days after sowing (DAS)											
	6	9	14	21	6	9	14	21	6	9	14	21
Legume (L)												
Cowpea	28.2	75.6	79.9	83.4	24.8	56.9	71.1	75.9	49.9	89.2	93.8	94.2
Mungbean	31.5	63.6	68.6	73.0	33.1	60.8	71.5	75.5	50.5	79.5	86.9	87.2
Peanut	13.8	43.9	69.6	72.9	3.0	33.0	59.9	66.1				
Soybean	25.5	39.1	48.2	51.1	13.8	34.1	44.5	51.8				
LSD	15.7	15.5	17.6	17.5	14.8	10.3	13.9	16.4	3.0	9.0	7.5	7.0
F-test	ns	***	*	*	**	***	**	*	NS	*	NS	NS
Depth (D)												
Shallow	49.5	58.9	66.4	68.3	25.9	61.4	70.6	73.2	91.8	95.1	96.5	96.6
Deep	0.0	52.2	66.8	71.9	11.4	31.0	52.9	61.4	8.6	73.6	84.1	84.9
LSD	16.4	15.8	14.6	14.2	8.9	10.6	11.0	11.0	3.6	5.8	4.3	4.6
F-test	***	NS	NS	NS	**	***	**	*	***	***	***	***
L × D												
Cowpea × Shallow	56.5	67.2	70.2	72.0	36.0	68.0	72.5	74.2	89.8	94.0	95.8	96.0
Cowpea × Deep	0.0	84.0	89.5	94.8	13.5	45.8	69.8	77.5	10.0	84.5	91.8	92.5
Mungbean × Shallow	63.0	68.0	72.0	73.2	42.0	76.2	78.5	81.2	93.8	96.2	97.2	97.2
Mungbean × Deep	0.0	59.2	65.2	72.8	24.2	45.2	64.5	69.8	7.2	62.8	76.5	77.2
Peanut × Shallow	27.5	46.0	60.0	62.2	5.5	55.2	79.2	82.0				
Peanut × Deep	0.0	41.8	79.2	83.5	0.5	10.8	40.5	50.2				
Soybean × Shallow	51.0	54.5	63.2	65.8	20.0	46.0	52.2	55.2				
Soybean × Deep	0.0	23.8	33.2	36.5	7.5	22.2	36.8	48.2				
LSD	32.8	31.7	29.2	28.4	17.8	21.1	22.0	22.0	5.1	8.2	6.1	6.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**

LSD: Least significant difference at the 0.05 probability level.

NS: Non-significant.

Significant at the *0.05, **0.01 and ***0.001 probability levels.

請回答下列問題：

- (一)請根據試驗者所使用的裂區設計，針對播種後 21 天的調查資料，寫出此資料所對應的變方分析表中之「變因」與「自由度」，並根據此說明試驗者在 Table 2 所做的三個 F-test 其個別的自由度（包括分子自由度與分母自由度）。（8 分）
- (二)對於萌芽率比較，我們觀察表中在播種後 21 天，在 Samjan 試驗地點的數據為 (Cowpea, Mungbean, Peanut, Soybean) = (75.9, 75.5, 66.1, 51.8)，其下方列出最小顯著差 LSD 的數值為 16.4，請說明 LSD 列在此處的用意為何？（8 分）
- (三)請說明試驗者在表中為何同時列出 LSD(16.4)之數值與 F-test 的顯著性(*)？（9 分）

（請接第三頁）

等 別：高等考試
類 科：農藝技師
科 目：試驗設計

- 三、在試驗的過程中，試驗者以「隨機」(randomly)的方式將「參試處理」配給(allocate)「試驗單位」(experimental unit)，雖然隨機配置的方式隨著試驗設計的種類而異，但是隨機配置的目的是相同的。請問何謂「隨機配置」(random allocation)？並敘述試驗者使用隨機配置的目的為何？(25分)
- 四、試驗設計與統計分析中常見的降低試驗機差變異(variation of experimental error)的方法為何？(25分)