

2016 年國際生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題

Student Code :



注意事項：

- 1.本試題一份共 5 本
測驗時間 8:30~12:00，共計 210 分鐘。
- 2.本試題共分五部份，每部份 100 分，總分為 500 分。
- 3.作答時請在試題封面是否和你的考號相同。
- 4.請在試題卷上用藍(黑)筆作答，並請保持試卷的整潔。
- 5.試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第一部份：(100分)

PART A：排序題(全對才得分)、填充題(共40分)

1. 每年流行性感冒的流行期間，衛生福利部疾病管制署都會對病原體做鑑定，請依結果的準確性將下列鑑定方式排序，最準確的排在最前方。(3分)

- (A) 某病人的體溫變化
- (B) 血清抗體的檢測
- (C) 臨床症狀類型
- (D) 病毒核苷酸定序
- (E) 套膜醣蛋白亞型分析

_____ → _____ → _____ → _____ → _____

2. 白血球逸出作用(leukocyte extravasation)包括下列步驟，請依序排列。(3分)

- (A) 整合素活化(integrin activation)
- (B) 滾動(rolling)
- (C) 結合細胞黏附分子(cell adhesion molecule)
- (D) 越內皮細胞移行(transendothelial migration)
- (E) 黏附(adhesion)

_____ → _____ → _____ → _____ → _____

3. 肉毒素(botulinum toxin, BTX)是毒性最強的天然物質之一，來自肉毒桿菌，請依序排列肉毒素從生成到引起食物中毒的過程。(3分)

- (A) 細胞死亡釋出前毒素
- (B) 肉毒桿菌細胞繁殖
- (C) 細胞內合成前毒素
- (D) 阻斷乙醯膽鹼分泌
- (E) 蛋白酶激活前毒素

_____ → _____ → _____ → _____ → _____

4. 霍亂是由霍亂弧菌引起，可導致嚴重的腹瀉、嘔吐、脫水、酸中毒、甚至休克。請依發生次序排列下列過程。(3分)

- (A) 細菌在小腸上皮細胞繁殖產生腸毒素
- (B) 腸毒素的 α 次單位進入細胞
- (C) 活化腺苷環化酶使 $ATP \rightarrow cAMP$
- (D) 腸毒素的 β 次單位與上皮細胞表面受體結合使毒素分子變構
- (E) 細胞內 $cAMP$ 增高，促使腸粘膜細胞大量分泌

_____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____

5. 在補體活化的古典途徑(classical pathway)中會產生下列的中間產物，請依出現次序排列中間產物。(3分)

- (A) C5b
- (B) C1
- (C) C4b2a3b
- (D) C4b
- (E) C2b

_____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____

6. 上皮鈣黏蛋白(E-cadherin)存在於所有表皮細胞上，主要功能是造成細胞間的黏附作用，以維持組織的完整形態。上皮細胞的 E-cadherin 異常時，可造成細胞的癌化。小科學家伯翰最近分離出一株細胞，他認為能分泌對 E-cadherin 具專一性的抗體，抗體可阻斷老鼠胚胎幹細胞之間的黏附作用。他經過某些實驗步驟，用此抗體辨識出編碼 E-cadherin 的 cDNA，並證明此 cDNA 真的能編碼一個細胞黏附分子。請依先後序排列他的實驗步驟。(5分)

- (A) 以逆轉酶(reverse transcriptase)生成 DNA
- (B) 篩選出能表達此抗體作用目標蛋白的菌落
- (C) 在非黏附細胞株中表達可使細胞黏附，但此抗體可阻斷細胞黏附
- (D) 以質體(plasmid)作 cDNAs 基因庫
- (E) 由黏附細胞分離出 mRNA

_____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____ \rightarrow _____

7. 假設一個細胞的某一特定訊號傳遞路徑需要下列五種蛋白質：

- A) Ca^{++} channel
- B) transcription factor
- C) receptor
- D) G-protein
- E) phospholipase C

a) 當此特定訊號傳到這個細胞時，請依序寫出其傳達順序（5分，完全正確才給分）

_____ → _____ → _____ → _____ → _____

8. 承接排序題第 7 題，這五種蛋白質分別最可能位於細胞的何處？（填充題）

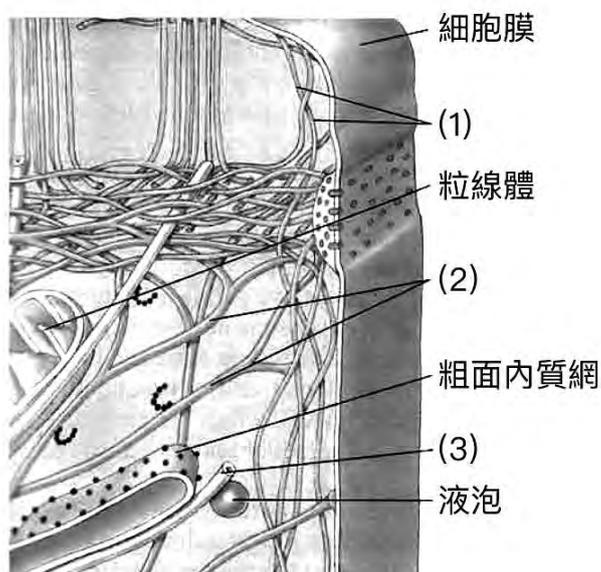
(15分,每格3分)

A	
B	
C	
D	
E	

PART C：填空题（34分）

細胞骨架 (cytoskeleton) 係指細胞質中由蛋白質構成纖維狀的網絡結構，它屬於一種動態結構，意指其中有一部分是不斷的被破壞，更新或新建的。生物體內的細胞骨架系統是由一群相似的蛋白質所組成；由於生物外型和細胞類型的歧異度相當高，因此，細胞骨架的結構、功能和動態行為是可以不同的。

1. 下圖為真核細胞結構卡通圖，請填入圖中標示題號為 (1), (2), 與 (3) 間相對應的正確細胞骨架 (cytoskeleton) 名稱選項 (A, B 與 C)。(3分)



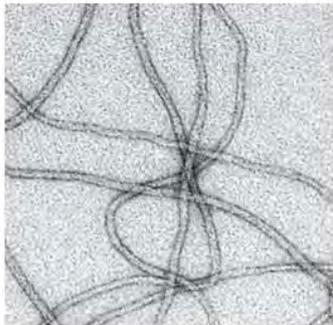
答對 3 項得 3 分；2 項得 1 分；1 項及 0 項得 0 分。

答案	題號	選項
	(1)	(A) 微管 (microtubule)
	(2)	(B) 微絲 (microfilament)
	(3)	(C) 中間纖維(intermediate filament)

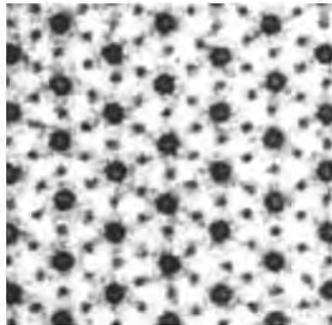
2. 下圖為真核細胞細胞骨架的穿透式電子顯微鏡 (transmitted electron microscopy) 的結果。請填入圖中標示題號為 (4), (5), 與 (6) 間相對應的正確細胞骨架名稱選項 (A, B 與 C) (3分)

答對 3 項得 3 分；2 項得 1 分；1 項及 0 項得 0 分。

答案	題號	選項
	(4)	(A) 微管 (microtubule)
	(5)	(B) 微絲 (microfilament)
	(6)	(C) 中間纖維(intermediate filament)



(4)



(5)



(6)

3. 細胞骨架不僅在維持細胞形態，承受外力、保持細胞內部結構起重要作用，還參與許多重要的生命活動。請填入三種主要的細胞骨架（標示為 (7), (8), 與 (9)）間相對應的正確生命現象（A, B 與 C）。（3分）

答對 3 項得 3 分；2 項得 1 分；1 項及 0 項得 0 分。

答案	題號		選項	
	(7)	微管 (microtubule)	(A)	肌肉細胞收縮
	(8)	微絲 (microfilament)	(B)	有絲分裂染色體分離
	(9)	中間纖維(intermediate filament)	(C)	小腸內皮細胞絨毛支撐

4. 變形蟲的細胞質可以分成內、外兩層，這兩層都以不同的狀態存在。外層的質料較稀薄，不含顆粒，狀態像流體，容易流動，稱為膠溶質 (cytosol)。內層原生質較濃稠，含有各種胞器 (organelles)，狀態像凝膠，不容易流動，稱為膠凝質 (cytogel)。在外層膠溶質中，alpha-tubulin 及 beta-tubulin 會以單元的形式存在，所以黏度比較小，流動性比較大。內層膠凝質中，alpha-tubulin 及 beta-tubulin 組成聚合體，所以黏度比較大，流動性比較小。請在下列選項中，選出能妨礙變形蟲運動的藥品、物質或物理環境。正確標記『O』，錯誤標記『X』。（4分）

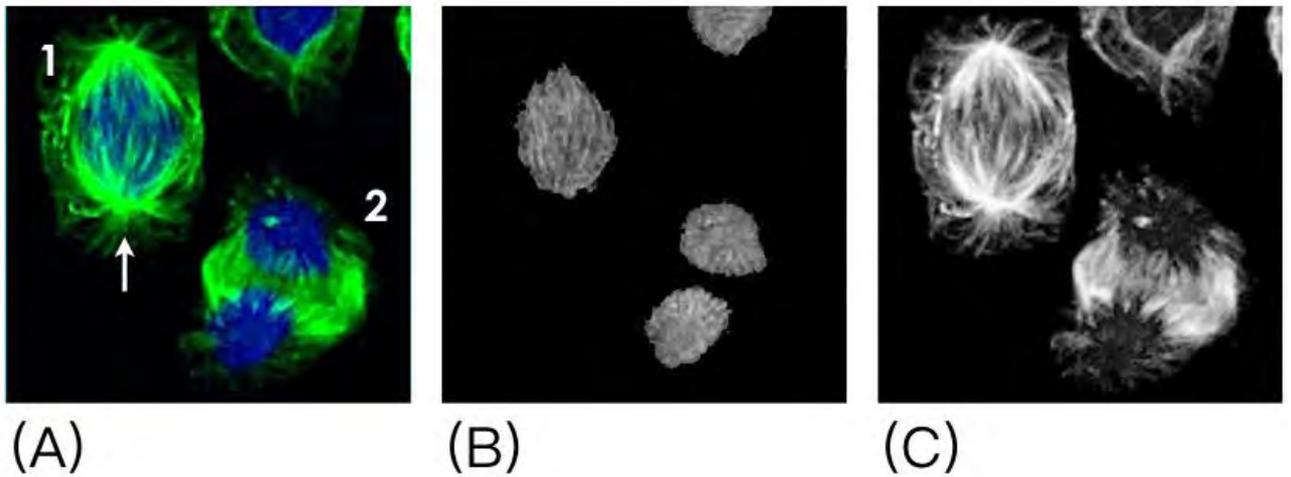
計分方式：答對 4 項得 4 分；3 項得 2 分；2 項得 1 分；1 項及 0 項得 0 分。

答案	題號	選項
	(10)	秋水仙素
	(11)	高鈣溶液
	(12)	紫杉醇
	(13)	低溫環境

5. 下圖為分裂中的 HeLa 細胞，圖 (A) 為兩種螢光染料經染色後，分別觀察拍照後再重疊的結果；圖 (B) 是 DAPI (4',6-二脒基-2-苯基吲哚 (4',6-diamidino-2-phenylindole)) 的染色結果，DAPI 是一種能與 DNA 強力結合的藍色螢光染料；圖 (C) 為綠色螢光染料。

5.1. 請回答以下問題 (14-16)，圖 (C) 中被綠色螢光標定的細胞骨架為何？請在下列選項中，正確標記『O』，錯誤標記『X』。(3分)

答對 3 項得 3 分；2 項得 1 分；1 項及 0 項得 0 分。



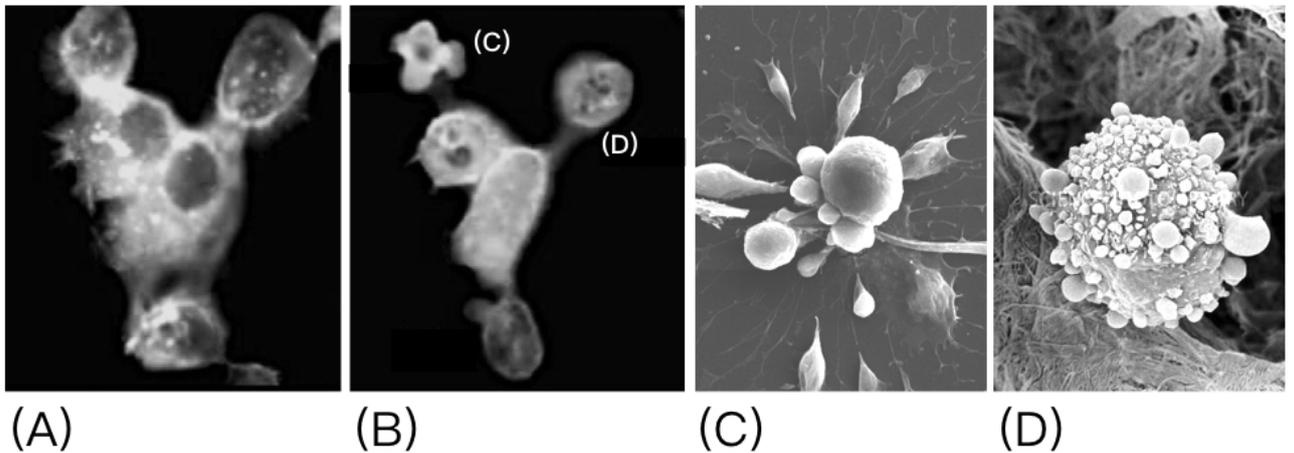
答案	題號	選項
	(14)	(A) 微管 (microtubule)
	(15)	(B) 微絲 (microfilament)
	(16)	(C) 中間纖維(intermediate filament)

5.2. (17) 箭號處所指為何種結構？(3分)

5.3.細胞週期 (cell cycle) 係指能持續分裂的真核細胞從一次有絲分裂結束後再生長，到下一次分裂結束的循環過程。請問圖 (A) 中，1 與 2 號細胞 (題號 18-19) 分別處於細胞週期中何種階段? (2 分)

答案	題號	選項	
	(18)	(A)	G1
	(19)	(B)	S
		(C)	G2
		(D)	M

6. 使用流式技術，免疫螢光或免疫化學組織染色，研究者可以迅速而準確的確定增殖細胞群中單個細胞的週期狀態或組織定位。細胞週期一般分成四個時期，G₁ 期、S 期、G₂ 期及 M 期。細胞週期中各期的細胞 DNA 含量不同，故可以細胞內 DNA 之含量判別細胞週期。

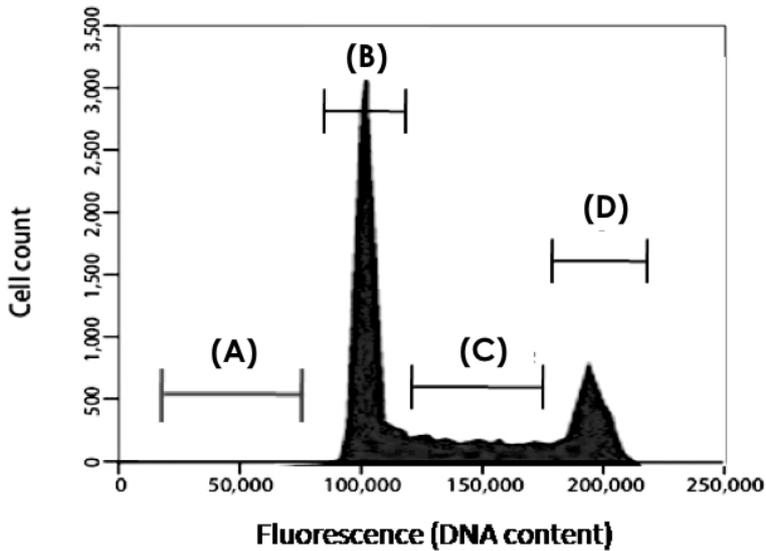


6.1.圖 (A) 為正常培養的 HeLa 細胞，圖 (B) 為添加 OBI-822 培養 48 小時後的肌動蛋白 (actin) 的螢光照片。圖 (C) 與 (D) 分別為圖 (B) 標示 (C) 與 (D) 的掃描式電子顯微鏡的結果。

請回答以下問題 (20-21)，圖 (C) 與 (D) 的細胞因為添加 OBI-822 產生死亡。
 請問分別屬於何種狀況？請在下列選項中，正確標記『O』，錯誤標記『X』。
 (4分)

題 號	細胞凋亡 (apoptosis)	細胞壞死 (necrosis)
(20)		
(21)		

6.2. 下圖為流式細胞儀應用於細胞週期分析的結果，
 請問 6.1. 圖 (C) 與 (D) (題號 22 - 23) 的細胞會處於的哪一個區域？請填入
 正確的答案 (A ~ D)。(4分)



題 號		答案
(20)	圖 (C)	
(21)	圖 (D)	

7. 細胞膜內部的分子、胞器或反應很重要，過去認為細胞核中帶有決定細胞命運的基因，因此最為重要。近年來，科學家也將研究轉移到細胞膜的外部。請分別回答下列敘述是 正確(T) 或 錯誤(F) (5 分)

- I. 所有上皮細胞均有極性且基本上均相同，基底表面均附著於基膜而緊靠其他組織，頂端的表面均暴露。
- II. 不像一般離子通道，個別的縫隙連接通道(gap-junction channel)一旦形成，就會一直保持打開的狀態。
- III. 整合素(Integrin)可以將張力等對細胞的機械信號轉換為分子信號。
- IV. 細胞外基質(extracellular matrix)位於細胞膜外部，是穩定組織的鷹架構造，對鄰近細胞的發育、遷移、擴散、形狀、代謝等無太大的影響。
- V. 在人類，所有形式的纖連蛋白(fibronectin)都是由同一段長基因經過交替剪接(alternative spicing)而來的。

I	II	III	IV	V

PART D：填充題 (15 分,每格 3 分)

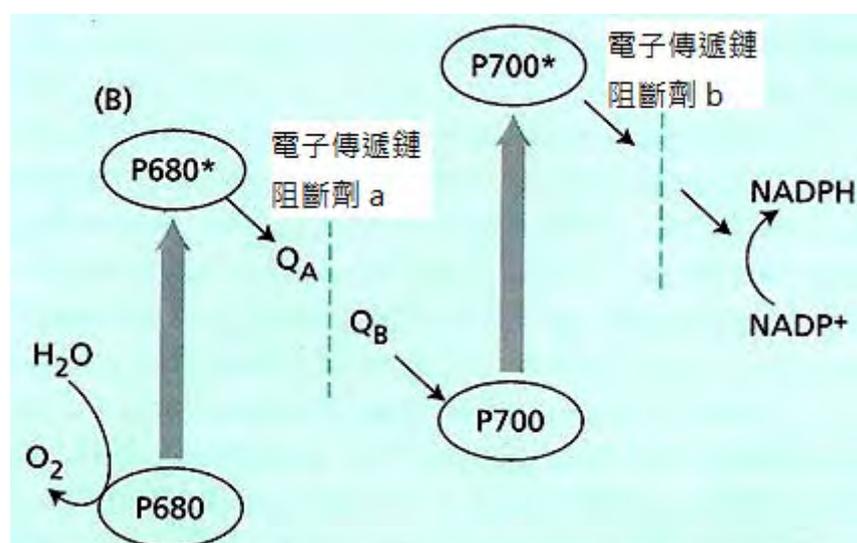
- 1. 黏菌在遭逢環境中養分缺乏時，細胞會產生並釋放 cAMP 到周遭的環境並吸引其他黏菌聚集，最後形成子實體，請問：
cAMP 是由何種酵素產生而來_____，並由何種酵素分解_____
- 2. 動物細胞受到逆境壓力下，胞內鈣離子濃度會升高，請問胞內何種蛋白質可與鈣離子結合並接續啟動下游酵素活性_____
- 3. 動物細胞之細胞膜上，可接收外來訊號的受體蛋白質可約略區分為三種，除了 (1) 具酵素活性的受體蛋白質外，還有哪兩種 _____，_____

第二部份：(100 分)

以下為植物生理及形態相關主題，請依各主題說明回答問題。

一、光合作用 (共 5 題、共 25 分)

植物學家常利用電子傳遞鏈的電子阻斷劑來研究光合作用的相關議題，包括光系統 I (PSI)、光系統 II (PSII) 與捕光複合體 I (LHCI)、捕光複合體 II (LHCII) 的生理功能，甚至於利用這些知識運用在農業科技上。例如下圖的電子阻斷劑 a 及 b 分別阻斷電子傳遞鏈的不同位置，利用這些阻斷劑的實驗設計，就可獲得光合作用的生理功能及其作用機制。將這些知識應用在農業科技上，就可發展殺草劑等新興農藥，提昇作物生產潛能。



下列為光合作用電子傳遞鏈的相關題目，據此請回答下列題組問題：

1. 激發光系統 I 與光系統 II 的一莫耳電子分別需要的能量為 171 與 175 kJ/mol 光子，而一對莫耳電子可讓一莫耳的 NADPH 及兩莫耳的 ATP 形成。就 NADPH 與 ATP 形成的能量轉移效率而言，光系統電子傳遞鏈的理論能量轉移效率值，下列何者較為接近？(2 分)

(註：形成 NADPH 需 218 kJ/mol，而 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$ 的自由能為 -7.3 kcal/mol ， $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$)。

- (A) 90%
- (B) 70%
- (C) 60%
- (D) 40%
- (E) 30%

答：_____

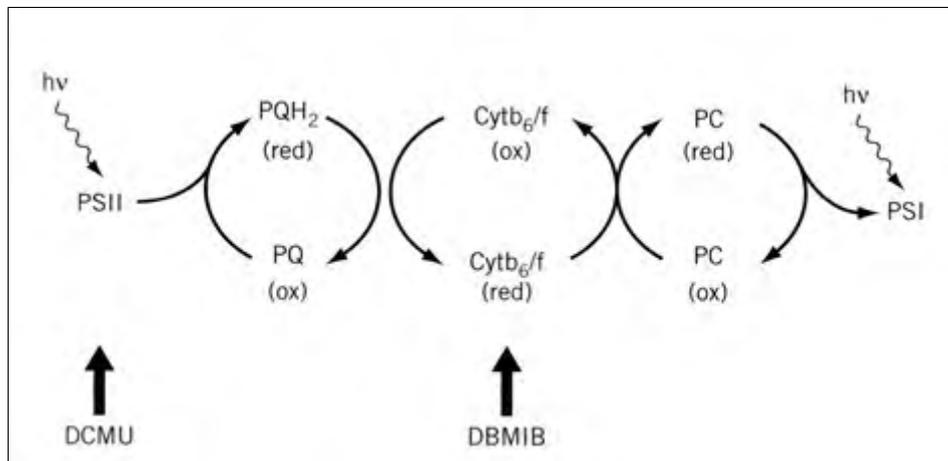
2. 請列出上題的計算式(計算流程)及計算結果 (8分):

答:

3. 循環式電子傳遞鏈的理論能量轉移效率為何? 請列出計算式(計算流程)及計算結果, 並請比較循環式與非循環式電子傳遞鏈的理論能量轉移效率何者高低及其生理意義 (5分)

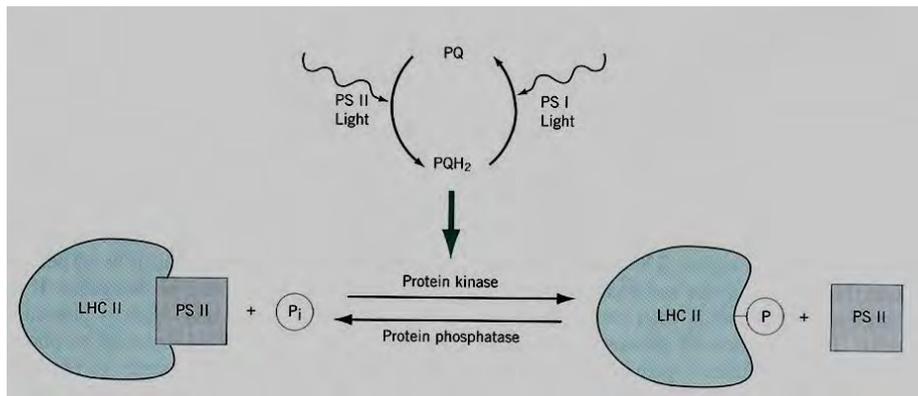
答:

4. 植物學家已知植物可依其光反應的PQ氧化還原勢(redox state)而調整及改變其生理活性, 包括捕光系統結構的微調及代謝酵素活性的增減, 來因應外界環境改變所引起氧化還原勢的變化。下圖的DCMU與DBMIB均為電子傳遞鏈的電子阻斷劑, 阻斷位置如下圖所示, 試問照光下何者電子阻斷劑會造成藻類葉綠素合成的抑制? 理由是什麼? (5分)



答：

5. 下圖是植物葉片的捕光系統之光調控細微構造之作用示意圖，PSII 與 LHCII 的結合與分離受光反應的 PQ 氧化還原勢而調控。PQ 氧化還原勢會引影響蛋白激酶(protein kinase)及蛋白磷酸酶(protein phosphatase)的活性，而調控 PSII 與 LHCII 的結合與分離。其作用機制如下圖所示，試問無光照與光照下的 PSII 與 LHCII 是結合或分離？理由是什麼？此現象的生理意義為何？(5分)



答：

二、訊息傳遞 (共 3 題、共 25 分)

植物學家在 1992 年利用長有兩葉片的蕃茄幼苗為實驗材料，發現蕃茄子葉受機械傷害會有作用電位(action potential)的訊息傳遞，造成遠端第一片葉片(成熟葉片)的 systemic proteinase 酵素之抑制作用，來達到植物防禦機制的表現。兩電極分別接在子葉基部的莖，以及第一葉片的葉柄上，來記錄其作用電位。據此請回答下列題組的相關問題：

1. 你認為此植物學家如何設計實驗來證實此作用為受傷部位的作用電位(action potential)所產生訊息傳遞，而排除此作用並非我們熟悉的生化訊息傳遞之植物防禦途徑？

(10 分)

答：

2. 你認為此植物學家所測得的作用電位圖形為何？請繪製並標註作用電位的重要特徵：(5 分)

答：

3. 上述題目所指的「我們熟悉的生化訊息傳遞之植物防禦途徑」是指甚麼？請說明之。(10 分)

答：

三、細胞特化 (共 2 題、共 25 分)

被子植物的莖頂分生組織通常有明顯分層，L1(或稱外層，也稱tunica)主要進行垂周分裂(anticlinal division)而形成表皮；而內層(玉米為L2；阿拉伯芥則為L2及L3)則構成分生組織的內體(也稱corpus)。在表皮的發育過程中，原皮(proto-derm)細胞主要進行垂周分裂，而形成單層表皮。

藉由研究具有表皮細胞分裂與分化缺陷的突變株，可用來顯示細胞分裂與分化相互協調的機制。而多細胞層(*Xcl1*)的突變會使原皮細胞發生斜的平周分裂(periclinal division)，導致多層表皮的形態。*Xcl1*突變的劑量分析顯示，此突變會導致正常基因的過度表現而產生 *XCL1* 過量的情形。若增加 *XCL1* 的突變，則會延長在葉片發育過程中的細胞分裂，於是已接收到將特化為表皮之訊息的細胞會繼續分裂成多層，並依照姐妹細胞的關聯性而特化，而非依照細胞所在的位置來特化。

*Xcl1*的表現型除了在葉片上明顯導致多層表皮之外，也會影響莖的頂端分生組織。*Xcl1* 的莖頂端分生組織通常較正常者短35%，同時其新形成的葉原體(leaf primordium)也會有較多細胞參與。此現象表示*XCL1*可能不只與原皮的分裂及特化模式有關，同時也在調節分生組織大小及葉片的起始發育中扮演初期的角色，也可能提供L1細胞分裂模式、激素運送路徑與維護分生組織等構造特性之聯結。

圖1為利用*Xcl1*突變在玉米上的表現結果。由圖1A及1B的結果可知，野生型的第三片葉片完全包住分生組織，而*Xcl1*的第三至第四片葉片則無法完全包住其分生組織，表示*Xcl1*葉片從早期發育起即呈現狹窄。在第二片葉片之前，野生型及*Xcl1*型的葉原體形態很相似，雖然*Xcl1*型的分生組織圓頂(apical dome)較野生型短(圖1C及1D)。*Xcl1*最明顯的表型是多層表皮，這是在葉片發育初期時L1發生斜向分裂所導致(圖1H)。此外，在*Xcl1*型葉片中，有較少量的小型葉脈(intermediate veins；圖1I)。

根據以上說明以及圖1之結果，回答下列(1)-(2)小題。

1. 參考圖1下方的文字說明，在圖1的每個小圖(A-H)中，明顯指出(或圈出)下列對應構造的位置，並在圖兩側的空白處寫出該構造名稱(如圖1A中所示)。(每個正確標示得2分；最高得15分)

分生組織、分生組織圓頂、第1片葉、第2片葉、第3片葉、單層表皮、多層表皮、維管束

葉原體
(第3片葉)

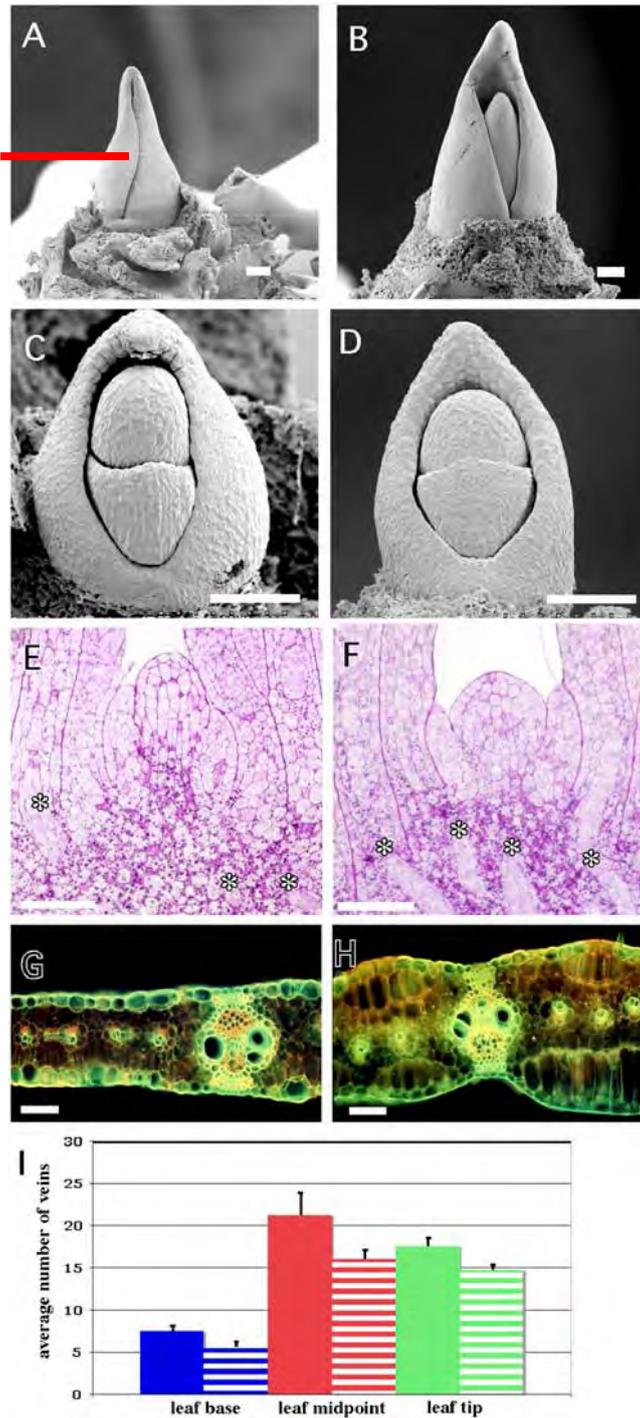


圖 1. 玉米之野生株 (A, C, E, and G) and *Xcl1*突變株(B, D, F, and H) 分生組織及葉原體。 A, 野生株的分生組織，其第3片葉完全包住分生組織且邊緣有重疊。 B, *Xcl1*的分生組織，其第3片葉沒有重疊。 C, 野生株分生組織，其具有1-2片葉。 D, *Xcl1*的分生組織，其具有1-2片葉且可見微短的分生組織圓頂。 E, 野生株分生組織的縱切面，並可見維管束在第2及第3片葉原體中形成。 F, *Xcl1*分生組織的縱切面，並可見維管束較為延伸至分生組織中。 G, 野生株葉片的橫切。 H, *Xcl1* 葉片的橫切，可見多層表皮。 I, 野生株(實心條帶)及*Xcl1*(橫紋條帶)葉片中，三個不同部位(基部base、中段midpoint、尖端tip)的葉脈數。

2. 根據以上研究延伸說明葉的發育，亦即—從細胞分裂及特化的角度，說明自葉原體至成熟葉片的完整形成過程，特別是葉原體中的 L1, L2 如何分裂及特化出葉內各種組成組織。(10 分)

答：

四、人工育種(共 2 題、共 25 分)

園藝花卉常是經由人工育種方式而來。以下四張照片(A-D)是外觀相似的花，現已知花的俗稱及所屬分類科別：大理花(菊科)、麗格秋海棠(秋海棠科)、玫瑰(薔薇科)、重瓣朱槿(錦葵科)。

1. (下一頁) 請在圖下方標示該圖片的花名稱(每格 1.5 分)，並說明其判斷所屬分類科別的特徵(每格 1.5 分)。(共 12 分)



(A)名稱：

科別特徵：



(B)名稱：

科別特徵：



(C)名稱：

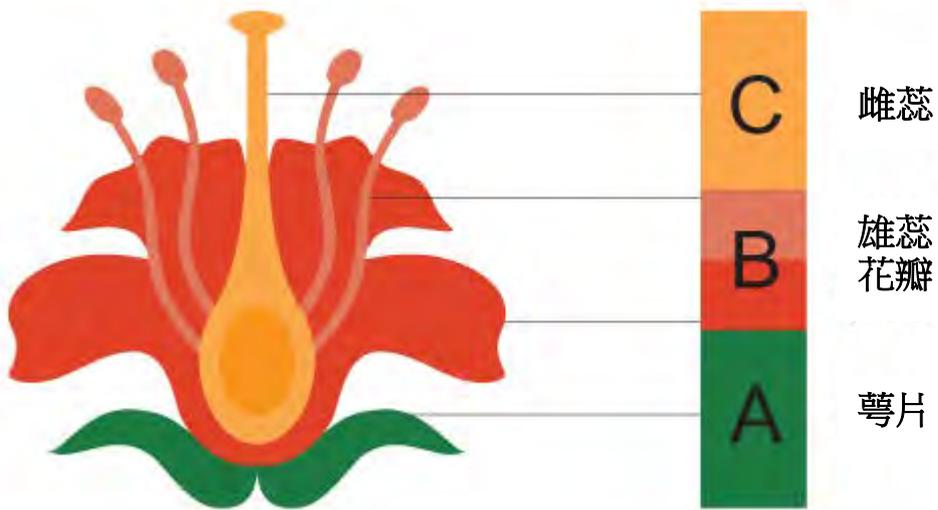
科別特徵：



(D)名稱：

科別特徵：

2. 參考下圖所示的花組成發育之突變模式(ABC model), 你認為以上花卉可能分別是發生哪些突變? 如何由野生型篩選出這些突變? 又如何栽培以保持該花卉之特性? (13 分)



答:

- (1) 突變類型 (6 分)

花俗稱	突變

- (2) 突變篩選方法 (4 分)

- (3) 栽培方法 (3 分)

第三部份：100分

一、問答題：25分

1.呼吸商(RQ)定義為動物呼吸時呼出二氧化碳量與氧氣消耗量之比率。(共4分)

(一)由 $C_xH_yO_z + (x + y/4 - z/2) O_2 \rightarrow x CO_2 + (y/2) H_2O$ 之反應式，計算以碳水化合物為主要能量來源時之 RQ 值(2分，寫出計算過程)

(二)解釋為何人類在激烈運動下之 RQ 值比休息狀態時高(2分)。

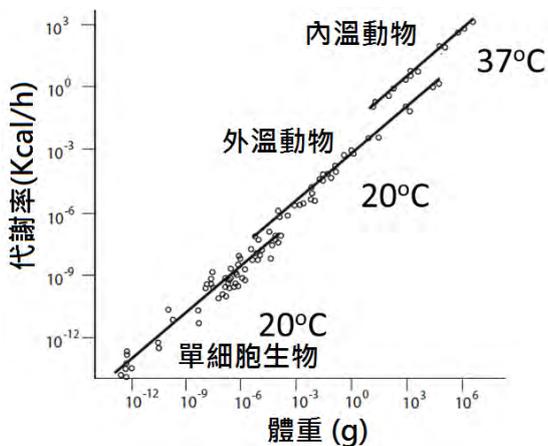
2. 生物之代謝率與體重的 0.75 次方呈線性關係(如下圖)。(共6分)

(一)寫出單位體重之代謝率與體重之關係(2分，請寫出推導過程)。

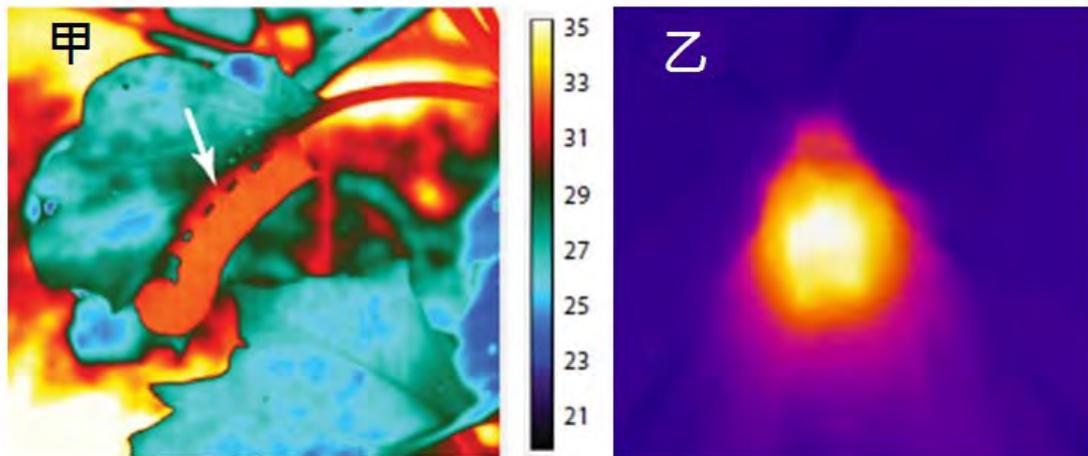
(二)推測單位體重之代謝率與體重在老鼠或大象，何者較高？

寫出可能之生物學解釋(2分)。

(一)從以上資訊及”體型與表面積的關係”說明為何內溫動物體型有下限(2分)



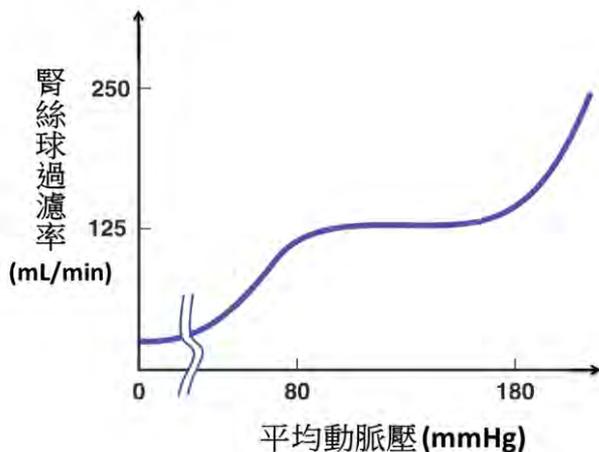
3. 外溫動物可利用生理或行為調節體溫高低，下圖(甲)(乙)是以熱相儀所測量在日間之昆蟲幼蟲(圖甲)與其食草的溫度，及一種蛾類(圖乙)在夜間起飛前之體溫及環境溫度。(共 15 分)



- (一) (甲)幼蟲提高體溫最可能是與外界透過何種熱交換方式達成(2分)?
主要外界熱源為何(2分)?
- (二) 甲圖幼蟲體壁上幾處體溫較低的位置(箭頭標示處)，可能為其何種構造所在之處(寫出名稱，2分)，並提出解釋支持你的推測(2分)
- (三) 提出解釋(乙)圖中的蛾類提高體溫之生理機制(2分)
- (四) 以上兩種不同的體溫調節方式，何者較耗費生物體的能量，為什麼?(2分)
- (五) 請說明 (1) 溫度對空氣中水氣的含量的影響(1分)(2) 溫度對生物體代謝量的影響(1分) 及(3) 提高體溫對生物體體表水分散失的影響?(1分)

二、填充題 25分

1. 尿液的形成(urine formation)主要由三種作用決定，分別是濾過作用(A)、再吸收作用(B)及分泌作用(C)，物質在尿液排泄量可利用上述三個參數以公式表示： (1) (2分)
2. 腎絲球對血液的濾過作用(有效過濾壓)，可由四種壓力決定，請寫出哪四種壓力 (2)、(3)、(4)、(5) (每格2分)，及這四種壓力如何決定有效過濾壓 (6) (3分)
3. 如果腎臟發生病變，血中蛋白質進入鮑氏囊，則會使何種壓力上升 (7) (2分)
4. 下圖橫軸為平均動脈血壓(mean arterial pressure, mmHg)，縱軸為腎絲球過濾率(glomerular filtration rate; ml/min)；請簡單描述彼此的關係 (8) (5分)
(Stanfield, Principles of Human Physiology, 5th Ed.)



5. 所謂過濾負載(或稱濾過負荷量; filtered load)指單位時間內特定溶質之過濾量。承上圖，高血壓患者之血壓為200mmHg時，GFR為250 ml/min；葡萄糖在血漿中濃度為1 mg/ml，則葡萄糖之過濾負載為 (9) (5分)

答案欄

(1)			
(2)	(3)	(4)	(5)
(6)			
(7)	(8)		
(9)			

三、問答題 25分

1. 老王在海水中進行浮潛觀光時被某種水母螫傷，雖然即時奮力游回岸邊最終還是很快的因為呼吸衰竭導致窒息而不幸死亡。研究人員捕獲該水母之後再其觸手的刺細胞分離出A毒素並旋即證實該毒素就是造成老王與呼吸有關的肌肉運作失能而窒息的原因。A毒素是一種分子量很大的蛋白質並無法通過血腦障壁。請描述與呼吸有關肌肉的運作過程（5分），並據此舉出五種A毒素造成這些呼吸肌肉運作失能的可能機制並說明原因（20分）。

四、問答題 25 分

請自行選擇 10 種日常生活中會吃到的動物加上一個外群，畫出一個根據形態證據與最簡約法重建且完全解析(fully resolved)親緣關係假說。並說明以下資訊：

- (1) 為何選用該動物作為外群？(5 分)
- (2) 若這些被選用的動物都被視為一個分類操作單元(Operational taxonomic unit, OTU)，那麼這些 OTU 所形成的親緣關係中每一個單系群的共衍徵(synapomorphy)為何？(15 分)
- (3) 請挑選其中五個共衍徵說明在生態上的意義，還有這些衍徵是否可能促成這個生物所代表的類群在演化上的成功？(5 分)

2016 年國際生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題
第四部分

Student Code : A1



注意事項：

- 1.本部份試題共 4 頁(不含封面)，共 100 分。請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
- 2.作答時請核對試題封面是否和你的考號相同。
- 3.請在試題卷上用藍（黑）筆作答，並請保持試卷的整潔。
- 4.試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第四部份：(100 分)

● PART A (共 50 分)

在 1970 年代 DNA 可以用兩種方法進行定序，一種是由 Allan Maxam 及 Walter Gilbert 所發明的化學切割法，步驟較繁瑣，另一種是較簡易而廣為應用的由 Frederick Sanger 所發明的雙去氧鏈終止法(Dideoxynucleotide chain termination method)。此外，也因核酸膠體電泳技術之改進得以區別單一鹼基核苷酸差異大小之 DNA 片段，而使得能一次定序數百個鹼基核苷酸之序列。Sanger 定序法利用酵素依據欲定序的 DNA 當模版，以經放射線同位素標定之引子合成具放射性同位素標定的互補 DNA 片段，在四組 A、C、G 及 T 組別之反應管中，除了加入四種鹼基核苷酸(dNTPs)原料外，並各加入少量 dideoxynucleotide (ddNTP)，分別如下：

A 組: dNTPs + ddATP

C 組: dNTPs + ddCTP

G 組: dNTPs + ddGTP

T 組: dNTPs + ddTTP

反應完成後將反應物分別各注入到電泳膠體樣品槽 A、C、G 及 T 槽中，進行電泳後將膠體烘乾後以 X-光底片進行放射顯影，以獲得定序反應產物 DNA 片段之影像。小瑛要以 Sanger 方法利用放射性同位素(*)標定之引子*5'-----3' 進行具括弧中序列(-----ACGACGCAGGACATTAGAC)的 DNA 片段之定序，其中虛線部分為與引子序列互補之序列，下圖為其定序結果之放射同位素顯影圖像，但只呈現 T 組實驗結果中的 DNA 片段之影像條帶，請將圖中 C、A 及 G 組別的定序反應產物 DNA 片段放射同位素顯影影像條帶分別標示在圖中各組別下方。

(18 分)

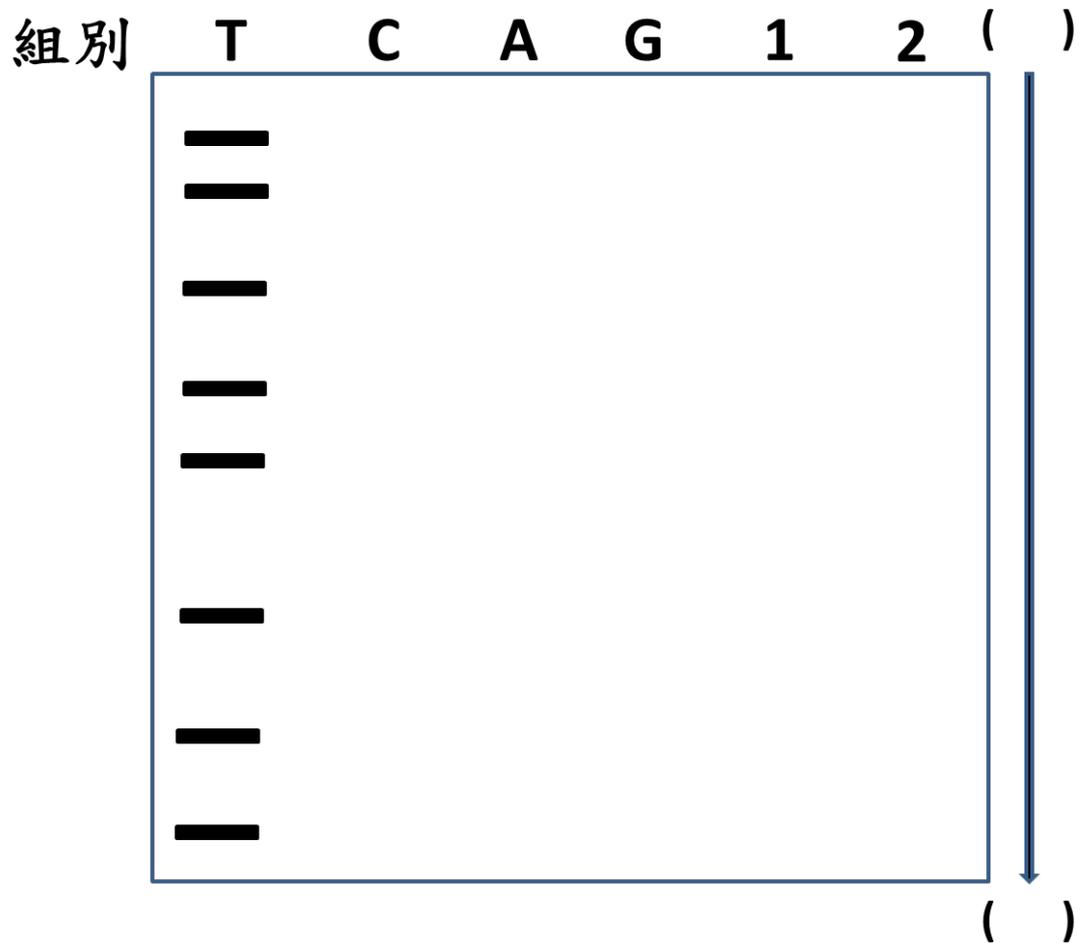
在 1 及 2 組別中所加入的鹼基核苷酸為: 1. dNTPs + ddCTP 及 ddATP

2. dATP、dGTP、dTTP 及 ddGTP

也請分別在圖中其組別下方標示出其反應產物 DNA 片段結果之放射影像條帶
(12 分)。

並請回答下列問題:

1. 右圖右邊箭頭表示定序反應 DNA 片段泳動方向，請在箭頭兩端的括號中標示出正負電極符號。**(5 分)**



2. 定序 DNA 所使用的電泳膠體為何? (5 分)

3. Sanger 定序法所使用的酵素為何?請說明其與在活體細胞中進行 DNA 複製所使用的酵素有差別嗎? (5 分)

4. 請說明 Sanger 定序法所使用的引子與在活體細胞中進行 DNA 複製時所使用的引子有差別嗎? (5 分)

PART B (共 3 題、共 50 分)

1. 人類蠶豆症是葡萄糖-6-磷酸脫氫酶(G6PD; Glucose-6 phosphate-dehydrogenase)缺乏症的 x 染色體連鎖性遺傳疾病。參與此酶作用的物質為_____、_____。
2. 患者在接觸到樟腦，蠶豆以及部分藥品時會發生溶血、黃疸或是急性腎衰竭，原因是其生化反應的主要產物為 NADPH，可以協助抗氧化作用，缺乏此酵素則紅血球易受氧化物攻擊而產生溶血症狀。請寫出三種方法來確認一個人是否有此遺傳性疾病？(每方法 5 分，共 15 分)
3. 科學家在台灣北部、中部和南部分別完成了 1000 個人的檢驗，發現在北部蠶豆症的患者有 3.06%；在中部的人口裡 2.98%有蠶豆症；在南部蠶豆症的人口占所有人口裡面的 2.96%。請問台灣的人口中蠶豆症的發生率為何？
(10 分)

4. 假設台灣男女生的總人數約略相同，請你估計女性患者的約有多少比率？
(25 分)

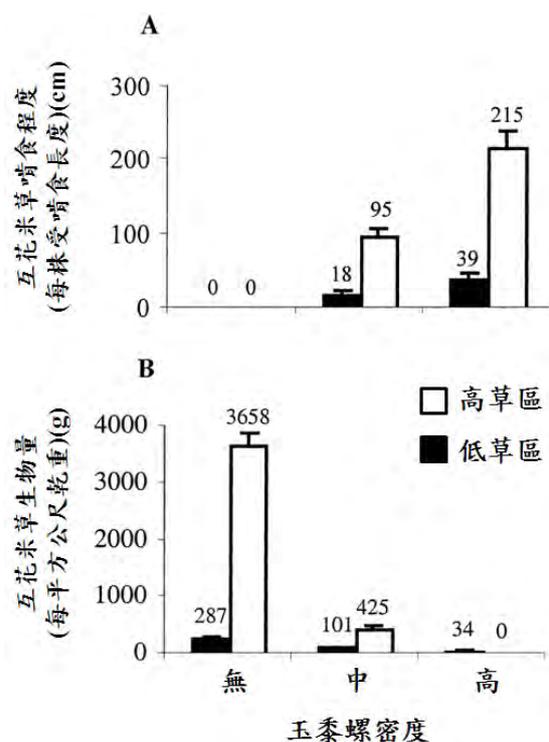
第五部分：(100 分)

一、單選題 (共 4 題、共 24 分)

- _____ 1. 生態型(ecotypes)是指一種植物的族群，因適應其生長地區環境的特質，而具有特殊的基因型與形態型。生態型是遺傳變異和自然選擇的結果，代表不同的基因型，所以即使將它們移植於同一生境，仍保持其穩定差異，生態型是新種發生的先驅。下列那一種特性最可能妨礙某一物種產生新的生態型？
- (A) 高的散播的能力
 - (B) 較長的世代時間
 - (C) 有限資源的競爭
 - (D) 穩定的棲地條件
 - (E) 環境條件重疊性高
- _____ 2. 一種禾本科植物包含有二類生態型(ecotypes)，即重金屬耐性生態型及重金屬不耐性生態型。但雜交後所產生的後代在原棲地的適應度均很低。在此條件之下，此二類生態型要能維持其遺傳一致性時，將與下列哪一項最有關係？
- (A) 兩生態型的花粉散播能力
 - (B) 兩生態型族群間雜交的數量
 - (C) 兩生態型各自族群的生長狀況
 - (D) 兩生態型雜交種的數量及其繁殖能力
 - (E) 兩生態型原生地環境條件的穩定性
- _____ 3. 下列諸特性中以哪一項最能代表極相群集(climax community)？
- (A) 高的物種豐富度(species richness)
 - (B) 高的物種均勻度(species equitability)
 - (C) 高的生產力(productivity)
 - (D) 較多的優勢種
 - (E) 低的物種轉換速率(species turnover)
- _____ 4. 一般認為演替後期的社會在養分獲取上會受到限制，其可能的原因為？
- (A) 這個演替階段對養分資源的競爭性較強
 - (B) 風化的速率減小，因此限制了養分的有效性
 - (C) 初級生產量的速率限制了養分獲取所需的能量
 - (D) 入侵的外來種變少，所提供的養分量也隨之減少
 - (E) 歷經長期的演替階段，養分的流失大於補充量

二、是非題 (共 12 小題、共 24 分)

互花米草(*Spartina alterniflora*)是北美洲大西洋沿岸的潮間帶泥灘的優勢植物。在美國喬治亞州，互花米草會因為泥灘的營養鹽濃度而有二種不同的生長型；在地勢較低的沼澤地，氮濃度較高，互花米草會長到 200-300 cm (高草區)，在地勢較高的沼澤地，氮濃度較低，互花米草則只有 40-80 cm (低草區)。當地的玉黍螺 (*Littoraria irrorata*)會取食互花米草的枯葉，但也可能會取食互花米草的鮮葉。該地玉黍螺正常密度約為每平方公尺 600 隻，壽命為三年。為探討動物與營養鹽對互花米草生長的影响，Silliman and Bertness(2002)進行一連串的操作實驗。他們分別在高草區及低草區以圍網圈出三類樣區，在這些 1 m² 樣區分別製造高 (1200 隻)、中(600 隻)、無(0 隻)三種不同的玉黍螺成螺密度，其餘環境狀況均保持一樣，而且動物都無法進出這些圍網樣區(共 48 個樣區，2 類互花米草樣區×3 種玉黍螺密度×8 個重複)。八個月後(該年十月)，發現圍網樣區內的玉黍螺密度幾乎沒有改變，測量互花米草的被啃食程度(每株被啃食的葉片長度)，並收集互花米草地上部，烘乾後測量生物量(見下圖)。



註: 圖片修改自 Silliman, B. R. and M. D. Bertness. 2002. A Trophic Cascade Regulates Salt Marsh Primary Production. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 99: 10500-1050

請問下列敘述何者為正確或錯誤？請以 T(正確)和 F(錯誤)表示

- _____ (A) 玉黍螺會啃食互花米草的鮮葉
- _____ (B) 圍網樣區內僅有玉黍螺會啃食互花米草的鮮葉
- _____ (C) 互花米草受玉黍螺啃食的程度，與營養鹽濃度無關
- _____ (D) 營養鹽較高的地方，玉黍螺的次級生產量也應較高
- _____ (E) 營養鹽較高的地方，每隻玉黍螺平均啃食的互花米草生物量也較高
- _____ (F) 隨玉黍螺密度增加，每隻玉黍螺平均啃食的互花米草生物量也大幅降低
- _____ (G) 營養鹽高低會影響互花米草的生物量
- _____ (H) 玉黍螺密度會影響互花米草的生物量
- _____ (I) 玉黍螺密度愈高，互花米草的初級生產量也較高
- _____ (J) 營養鹽較高的地方，互花米草的淨初級生產量也較高
- _____ (K) 如果玉黍螺的天敵可以進入樣區，互花米草的生物量可能會大幅改變
- _____ (L) 在有玉黍螺的樣區，互花米草初級生產量被玉黍螺消費的量不超過一半

三、問答題 (共 2 小題、共 52 分)

1. 生態學這門學科的主要內涵，是探討物種和環境之間的互動，包括環境如何影響物種的數量與分佈。為了瞭解環境如何影響物種的數量與分佈，有幾種研究方法被廣泛採用，包括野外直接觀察，操作性實驗，與數學模擬這三種方法。分別敘述這三種方法在何種狀況下，比較適合使用，還有各個方法的優缺點為何？(25 分)

2. 穴鴉是美洲草原常見的一種小型貓頭鷹，以捕食小型動物維生，包括脊椎及無脊椎動物。牠利用其牠在草原穴居動物所遺棄的洞穴為家並繁殖幼鳥。研究人員觀察到牠會收集草原上牛隻的糞便，置放在洞穴附近。試提出可能的假說解釋此一現象，並設計實驗驗證所提出的假說。另簡述牠與牛隻間屬何種關係。(27 分)