

2023 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題

第一部分

Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 9 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請確認試卷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。

第一部分: (100 分)

一、 單選題

- ____1. 正常細胞必須依附於適合的表面才能生長，而懸浮於液體或半固體狀態中則難以生長良好。然而，可以懸浮於液體或半固體狀態中生長的細胞，我們認為此現象是細胞的什麼因素所造成？(3 分)
- (A) 受到病毒感染 (infected with a virus)
 - (B) 永生化 (immortalized)
 - (C) 凋亡 (apoptotic)
 - (D) 非錨定依賴性 (anchorage-independent)
 - (E) 密度依賴性 (density-dependent)
- ____2. 器官移植患者的癌症發生率通常高於正常人。此結果與下列哪一項因素有關聯？(3 分)
- (A) 非錨定依賴性生長 (anchorage-independence of growth)
 - (B) 免疫監控的避開 (evasion of immune surveillance)
 - (C) 多步突變 (multistep mutations)
 - (D) 血管生成 (angiogenesis)
 - (E) 癌細胞移動性的增加 (increased motility of cancer cells)
- ____3. 下列哪一項不是致癌基因 (oncogene) 編碼的蛋白質類別？(3 分)
- (A) 生長因子 (growth factor)
 - (B) 訊號受體 (signal receptor)
 - (C) 質膜相關的 GTP 結合蛋白 (plasma membrane-associated GTP-binding protein)
 - (D) 細胞週期調控劑 (cell cycle regulator)
 - (E) P-450 細胞色素 (P-450 cytochrome)

二、 簡答題

1. 什麼是 G 蛋白 (G protein)? (3 分)

2. 什麼是 G 蛋白偶聯受體 (G protein-coupled receptor, GPCR)? (4 分)

3. 為了發揮作用，週期蛋白依賴型激酶 (cyclin-dependent kinase, CDK) 必須與細胞週期蛋白 (cyclin) 相互作用。在整個細胞週期中，同一個細胞週期蛋白是否與相同的週期蛋白依賴型激酶相互作用? (2 分) 為什麼? (2 分)

4. 細胞週期蛋白 (cyclin) 的含量在整個細胞週期中是否恆定? (2 分) 為什麼? (2 分)

答案：

三、 填充題

1. 請從下列各選項 (A - O) 選出最洽當的答案填入各空格中，每格2分，本題共10分。

大丹登山時，遇到一隻黑熊向他衝過來，這時他的交感神經受到活化，而引發血管擴張，此過程是由一系列的反應所造成：首先交感神經細胞會釋放出 (1)，而此物質可與血管的 (2) 表面受體結合，導致血管外的 (3) 回流進入細胞；此程序可活化 ceNOS 而製造出 (4)，此物質擴散進入鄰近的平滑肌細胞，活化了 (5)，而使 GTP 轉化成為 cGTP。cGTP 接著可使平滑肌細胞鬆弛，因而最終造成了血管的擴張。

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|-----------|
| A. Ca^+ | F. Na^+ | K. 鳥苷酸環化酶 |
| B. N_2O | G. H_2O_2 | L. 內皮細胞 |
| C. NO | H. 平滑肌細胞 | M. 纖維母細胞 |
| D. K^+ | I. 菸鹼酸 | N. 腺苷酸環化酶 |
| E. NO_3^- | J. 腎上腺素 | O. 乙醯膽鹼 |

細胞週期	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
答案					

2. 請從下列各選項 (A-P) 選出最洽當的答案填入各空格中，每個空格可能有一個以上的選項。
每格2分，本題共16分。

A. 蔗糖

G. 甘油

M. FADH_2

B. 葡萄糖

H. 乳酸

N. O_2

C. 乳糖

I. H_2O

O. ATP

D. 丙酮酸

J. CO_2

P. 甘油醛-3-磷酸

E. 乙醯輔酶 A

K. NADPH

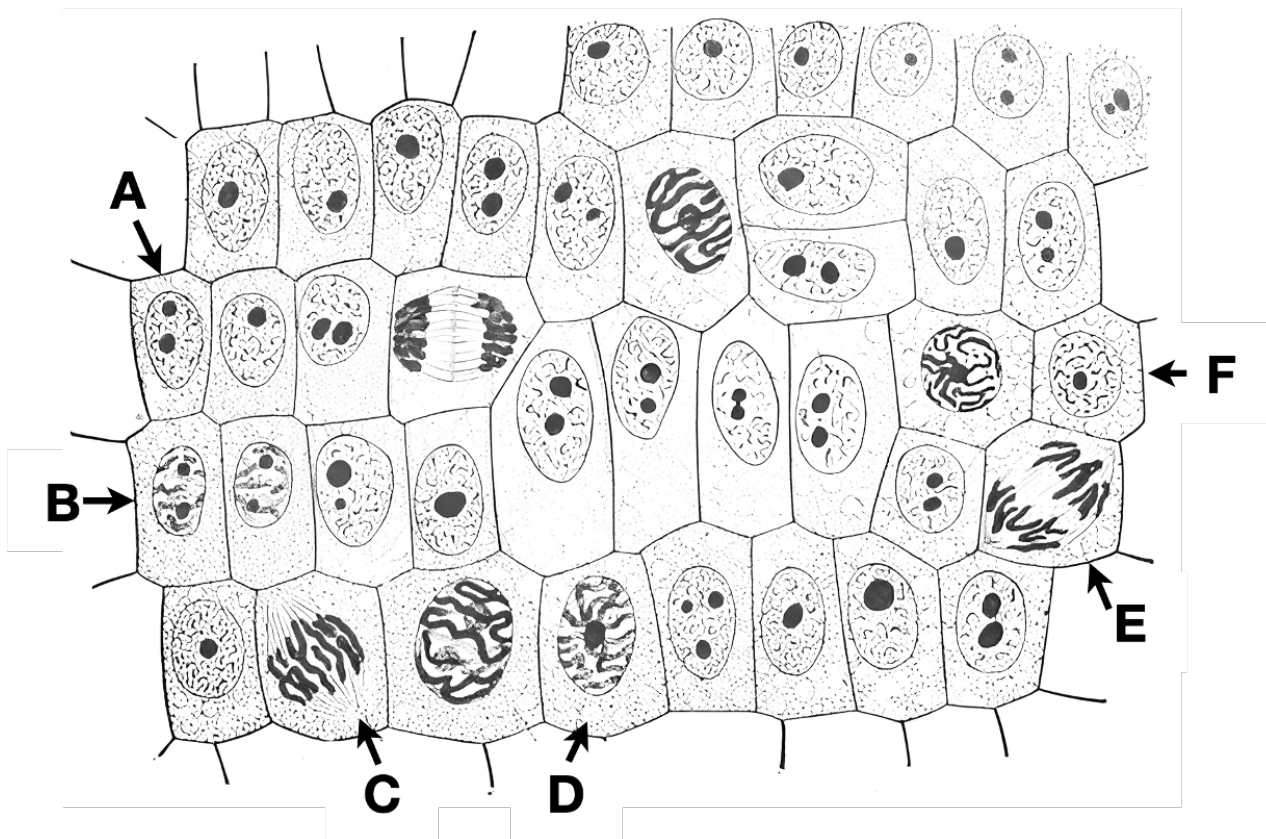
F. 脂肪酸

L. NADH

代謝途徑	直接受質	直接產物
糖解作用		
克氏循環 (Kreb cycle)		
光合作用之光反應		
光合作用之固碳反應		

四、 填充題

1. 上圖為洋蔥根尖細胞切片的手繪圖，請依序將英文字母標示的細胞 (A-F)，分別填入最正確的細胞有絲分裂順序空格中：（每格 1.5 分，共計 9 分）



有絲分裂 順序	間期	前期	前中期	中期	後期	末期
	INTERPHASE	PROPHASE	PROMETAPHASE	METAPHASE	ANAPHASE	TELOPHASE
答案						

2. 接續上圖的洋蔥根尖細胞切片手繪圖，請依序將英文字母標示的細胞 (A-F)，分別填入細胞週期的最正確位置：（每格 2 分，共計 10 分）

細胞週期	G ₀	G ₁	S	G ₂	M
答案					

五、 單選題

_____ 1. 下列何種現象，最可能出現在細胞有絲分裂的後期？（每題 2 分）

- (A) 中心粒分離
- (B) 染色體分裂
- (C) 紡錘體形成
- (D) 核膜重新形成
- (E) 細胞膜開始收縮

_____ 2. 下列何種現象，最可能出現在細胞週期的 G2 期？（每題 2 分）

- (A) DNA 複製
- (B) 染色體分裂
- (C) 染色體複製
- (D) 紡錘體形成
- (E) 細胞膜收縮

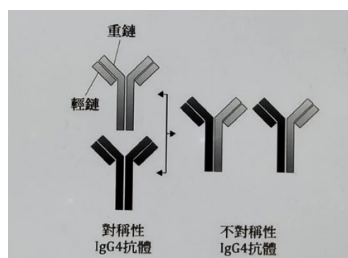
_____ 3. 下列何種現象，最可能出現在細胞週期的 S 期？（每題 2 分）

- (A) 細胞增加大小
- (B) 細胞合成 DNA
- (C) 細胞膜開始收縮
- (D) 細胞核分裂成兩個子核
- (E) 細胞分裂成兩個子細胞

六、國際賽型題：

● 報導一：

IgG 免疫球蛋白 (immunoglobulin) 是在體液中最主要的抗體成分，人類的 IgG 可分為四個亞型，相對於 IgG1、IgG2 及 IgG3 三亞型，IgG4 濃度在不同健康人血清中變異很大，從 0.01 到 1.4 mg/ml，但每個人自己血清中的 IgG4 濃度是相當穩定的。IgG4 重鏈 (heavy chain) 的不變區 (constant domains) 與其他 IgG 亞型的相似度超過 95%，但第二不變區 (CH2) 上胺基酸的不同，使 IgG4 與 C1q 及 Fcγ 受體結合的能力受限制。IgG4 鉸鏈區的胺基酸組成與其他三亞型也有差異，可經兩條重鏈間的雙硫鍵重排，形成半抗體分子 (half molecule) 結構，兩個半抗體分子再通過第三不變區 (CH3) 的非共價作用結合，可與其他 IgG4 分子進行抗原結合片段 (fragment of antigen binding, Fab) 臂交換 (Fab-arm exchange, FAE)，或半抗體交換反應 (half antibody exchange reaction)，形成不對稱抗體分子 (下圖)，因此兩個不同 IgG4 半分子的分開及在重排，可形成 FAE 雙特異抗體。通過 IgG4 鉸鏈區序列的改構，可降低 FAE 的發生。例如鉸鏈區序列的改構，或把 CH3 區第 409 位置上的精胺酸 (Arg) 突變為如 IgG1 保守序列的離胺酸 (Lys)，均可將 IgG4 框架穩定化。



1. 判斷下列六項敘述 (A-F) 是否正確，在答案表對應欄位中填入 T (代表正確) 或 F (代表錯誤)。本題全錯得 0 分，答對一、二、三、四、五、六項分別得 1、2、4、7、10.5、15 分。
- (A) 在 4 種 IgG 亞型中，IgG4 的血清濃度最低
 - (B) IgG4 抗體主要對抗的是蛋白質抗原，如常見的細菌或病毒感染
 - (C) 所有 IgG 亞型均能有效的活化補體，但活化補體能力都不如 IgM 強
 - (D) 以單株抗體製作的雙特異抗體，可用在鑑別細胞表面分子差異並攜帶特定毒素殺死癌細胞上
 - (E) 雙價 IgG4 分子經過 Fab-arm 交換後會變成單價的結構，無法與抗原交叉連結而形成穩定的免疫複合物 (immune complex)
 - (F) IgG4 抗體藥物可能與人體內原有的 IgG4 發生 Fab 臂交換而降低藥效，若將鉸鏈區的胺基酸序列改構，可避免 IgG4 治療性抗體藥發生 FAE

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
答案						

● 報導二：

自去年 5 月英國爆發猴痘 (monkeypox) 疫情以來，至少已有 109 國報告超過 8.6 萬例確診，主要分布於美洲及歐洲，但今年 3 月疾管署公布新竹與高雄分別出現 1 例本土猴痘病例，為我國第 6、7 例確定病例。猴痘病毒主要由齧齒類和靈長類動物傳播給人，接觸感染者的血液、體液、呼吸道分泌物、損傷的皮膚或黏膜，食用被感染的肉類，或長時間接觸飛沫均可傳染猴痘，亦可經胎盤垂直傳染給胎兒。猴痘潛伏期 5~21 天，感染後症狀包括發燒、畏寒、出汗、頭痛、肌肉痛、淋巴腺腫大、極度倦怠。發燒一至三天後出現皮膚病灶，通常自臉頰蔓延到身體，四肢比軀幹更常見。皮膚病灶出現後依斑疹、丘疹、水泡、膿疱階段變化，最終結痂脫落，嚴重病患出疹數目可達數千。症狀持續 14 至 21 天，致死率低於 10%，多數個案可於幾週內康復。兒童及免疫功能低下者易患重症，併發症包括繼發性細菌感染、肺炎、敗血症等。預防包括在流行地區避免接觸齧齒動物、靈長類動物、不生食，避免與感染者親密接觸，特別是性行為。目前有兩種疫苗，JYNNEOS 疫苗含有減弱的牛痘病毒，適用於 18 歲以上感染猴痘之高風險族群；ACAM2000 疫苗含有活病毒的天花疫苗，被用於感染天花高風險者，如實驗室操作天花病毒之人員。

2. 判斷下列五項 (A-E) 敘述是否正確，在下表的對應欄位中填入 **T** (代表正確) 或 **F** (代表錯誤)。本題全錯得 0 分，答對一、二、三、四、五項分別得 1、2、4、7、10 分。

- (A) 猴痘是人畜共通傳染病的一種。
- (B) 猴痘是人類歷史上最嚴重的正痘病毒 (Poxviridae) 疾病。
- (C) 新竹與高雄兩個本土案例的出現，代表國內已存在有猴痘的傳播鏈。
- (D) JYNNEOS 疫苗用以預防猴痘和天花，以前接種過天花疫苗的人無需再接種。
- (E) 猴痘病例突然增加是因為病毒變異快速如同冠狀病毒或流感病毒，造成猴痘病毒比過去更容易傳染。

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
答案					

2023 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題
第二部分
Student Code :



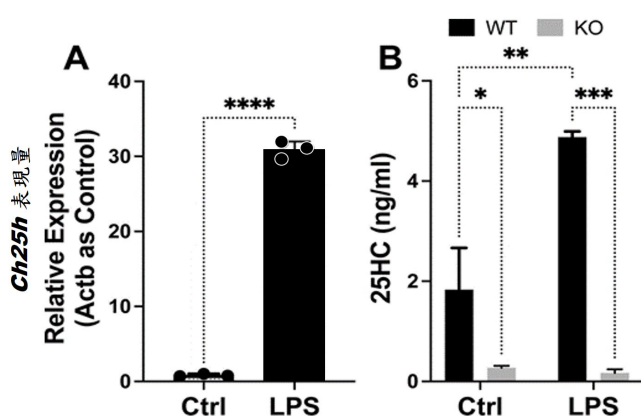
注意事項：

1. 本部分試題共 7 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面確定號碼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。

第二部分：(100 分)

一、是非及簡答：

- 發炎反應會活化多種免疫細胞，例如巨噬細胞(macrophages)和微小膠細胞(microglia)，這些免疫細胞會合成並釋放具有抗病毒和免疫調節特性的**膽固醇 25-羥基膽固醇 (25HC)**。脂多醣 (Lipopolysaccharide, LPS)為免疫激活劑，一般而言，可透過TLR4來誘發免疫細胞之反應。本篇論文欲探討脂多醣 (Lipopolysaccharide, LPS) 是否會影響微小膠細胞產生25HC，及探討LPS及25HC對海馬迴CA1處的神經可塑性及學習與記憶(長期增益現象，long term potentiation, LTP)之功能 (Izumi et al., *J. Neurosci.* 2021)



Ctrl: 控制組

LPS: 投與LPS組(100 ng/ml)

圖A：以qPCR所測得微小膠細胞(WT)中加入LPS處理後Ch25h的表現量

圖B：野生型(WT)與KO(Ch25h基因剔除鼠)微小膠細胞中加入LPS處理後其培養液中25HC的表現量

- 請根據上圖判別下列各選項正確或錯誤 (6%)

- _____ (A) LPS之投予可刺激小鼠表現Ch25h基因。(1%)
- _____ (B) 野生型老鼠的微小膠細胞本身就會表現25HC。(1%)
- _____ (C) LPS 會刺激野生型老鼠的微小膠細胞大量表現 25HC。(1%)

- 請用一句話精確說明 Ch25h 與 25HC 之關係。(3%)

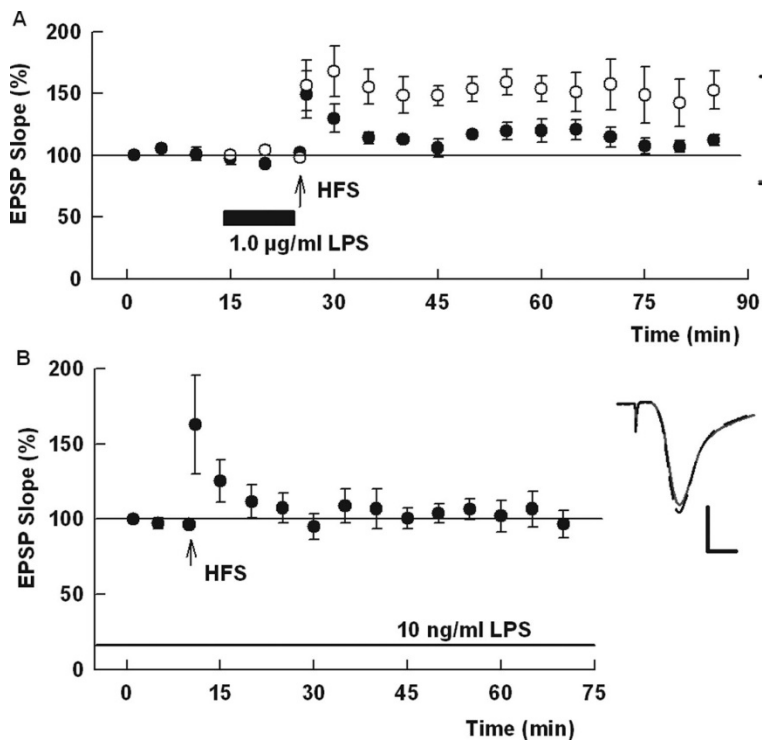
(15字內，英文代碼(例LPS, Ch25h, 25HC算一個字)答案後寫出字數)

答案：

共_____ 個字

2. 請根據下圖說明本圖所代表之意義

(20 個字內，英文代碼(例 LPS, LTP, HFS)算一個字，答案後寫出字數)(3%)



圖A：處理LPS之EPSP

HFS：高頻刺激100 Hz × 1 s (用以產生LTP)

EPSP：興奮性突觸後電位

黑色橫條為加入LPS處理之時間

處理部位：海馬迴CA1處

● LPS投予組

○:控制組

圖B：持續加入LPS處理之EPSP

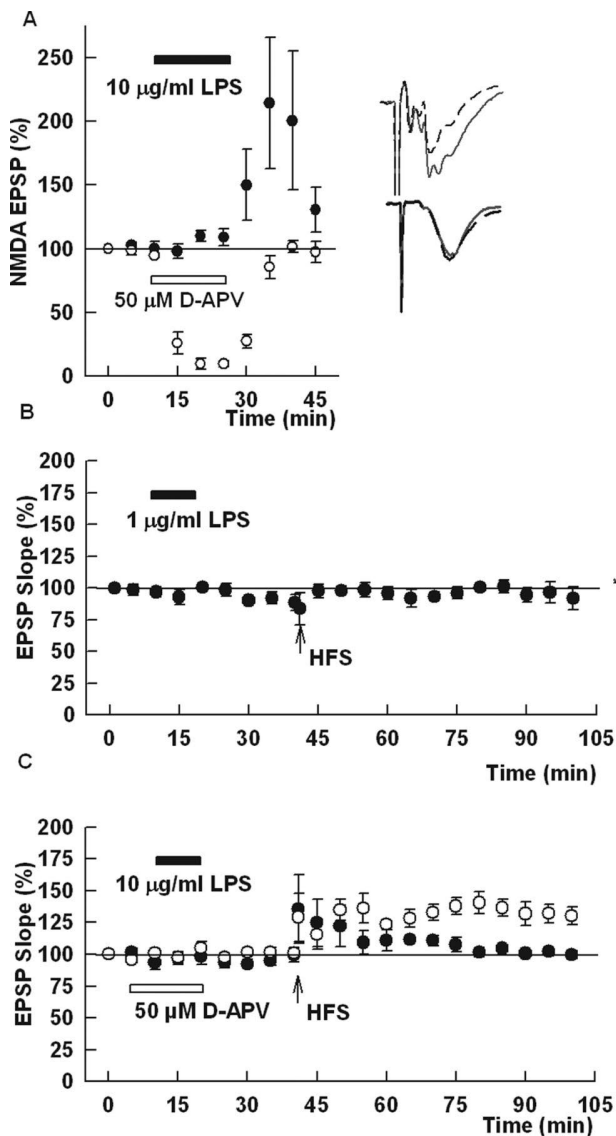
●LPS投予組

答案：

共____ 個字

3. 請根據下圖說明圖3A，3B，3C及圖三之意義

(20 個字內，英文代碼(例 LPS, LTP, NMDA-EPSP, HFS)算一個字，答案後寫出字數)(11%)



圖A：

黑色橫條：為預處理LPS之NMDA EPSP(黑色橫條為加入LPS處理之時間)

白色橫條：為預處理LPS及D-APV藥劑之NMDA EPSP(白色橫條為加入LPS及D-APV藥劑處理之時間)

D-APV：NMDA受體拮抗劑

EPSP：興奮性突觸後電位

NMDA EPSP：由NMDA受體媒介之EPSP

HFS：高頻刺激，用以產生LTP

黑、白橫條表示加入藥劑處理之時間

● LPS投予組 (10 µg/ml)

○ LPS (10 µg/ml) + D-APV (50 µM) 投予組

圖B：LPS投予組給予短暫HFS之EPSP

● LPS投予組 (1 µg/ml)

圖C：預處理LPS組與合併LPS及D-APV組給予短暫HFS之EPSP

● LPS投予組 (10 µg/ml)

○ LPS (10 µg/ml) + D-APV (50 µM) 投予組

(1) 3A: (2%)

答案：

共_____個字

(2) 3B: (2%)

答案：

共_____個字

(3) 3C (2%)

答案：

共_____個字

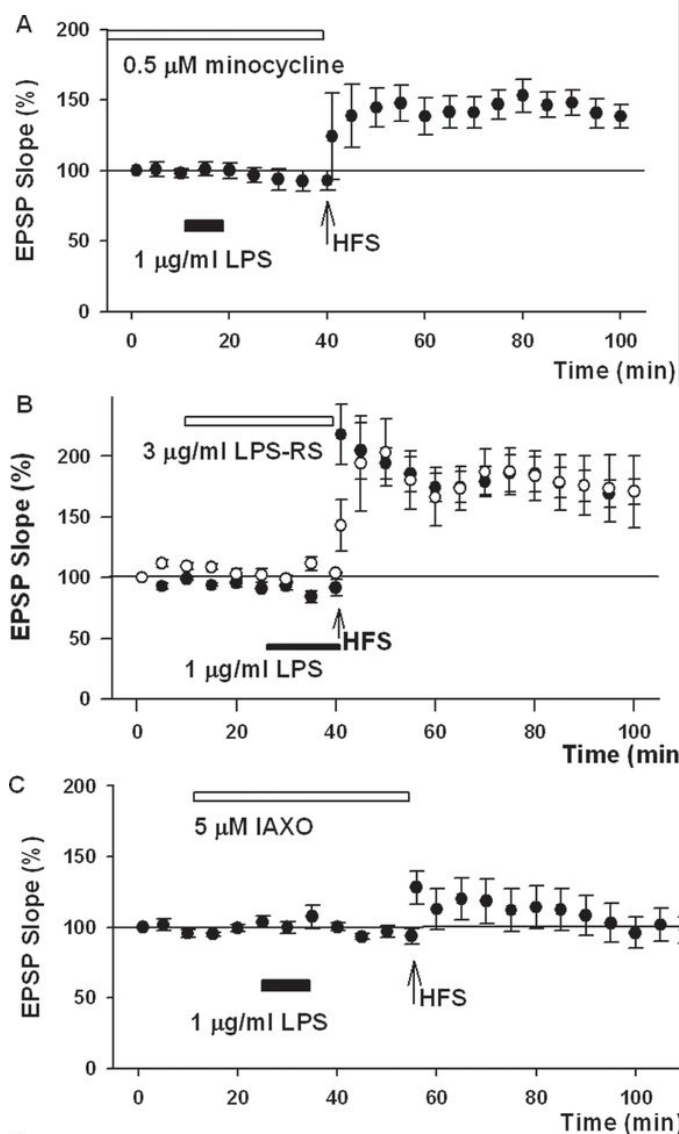
(4) 請精確說明圖 3 之意義(5%)

答案：

共_____個字

4. 請根據下圖說明圖4A，4B，4C及圖四之意義

(25個字內，英文代碼或名詞(例minocycline, LPS, LTP, HFS)算一個字，答案後寫出字數)(10%)



圖A：預處理LPS及minocycline藥劑給予短暫HFS之EPSP(黑色橫條為加入LPS藥劑處理之時間，白色橫條為加入minocycline藥劑處理之時間。)
黑、白橫條表示加入藥劑處理之時間

minocycline: 微小膠細胞抑制劑

HFS：高頻刺激，用以產生LTP

EPSP：興奮性突觸後電位

● LPS (1 μ g/ml)+ minocycline(0.5 μ M)組

圖B：預處理LPS及預處理LPS-RS藥劑再加LPS後給予短暫HFS之EPSP(黑色橫條為加入LPS藥劑處理之時間，白色橫條為加入LPS-RS藥劑處理之時間。)
黑、白橫條表示加入藥劑處理之時間

LPS-RS: LPS抑制劑

● LPS投予組 (1 μ g/ml)
○ LPS(1 μ g/ml) +LPS-RS(3 μ g/ml)投予組

圖C：預處理LPS及IAXO後給予短暫HFS之EPSP(黑色橫條為加入LPS藥劑處理之時間，白色橫條為加入IAXO處理之時間。)
黑、白橫條表示加入藥劑處理之時間

IAXO：選擇性TLR4抑制劑

● LPS (1 μ g/ml)+IAXO組

(1) 4A: (2%)

答案：

共_____個字

(2) 4B: (2%)

答案：

共_____個字

(3) 4C (2%)

答案：

共_____個字

(4) 請精確說明圖 4 之意義(4%)

答案：

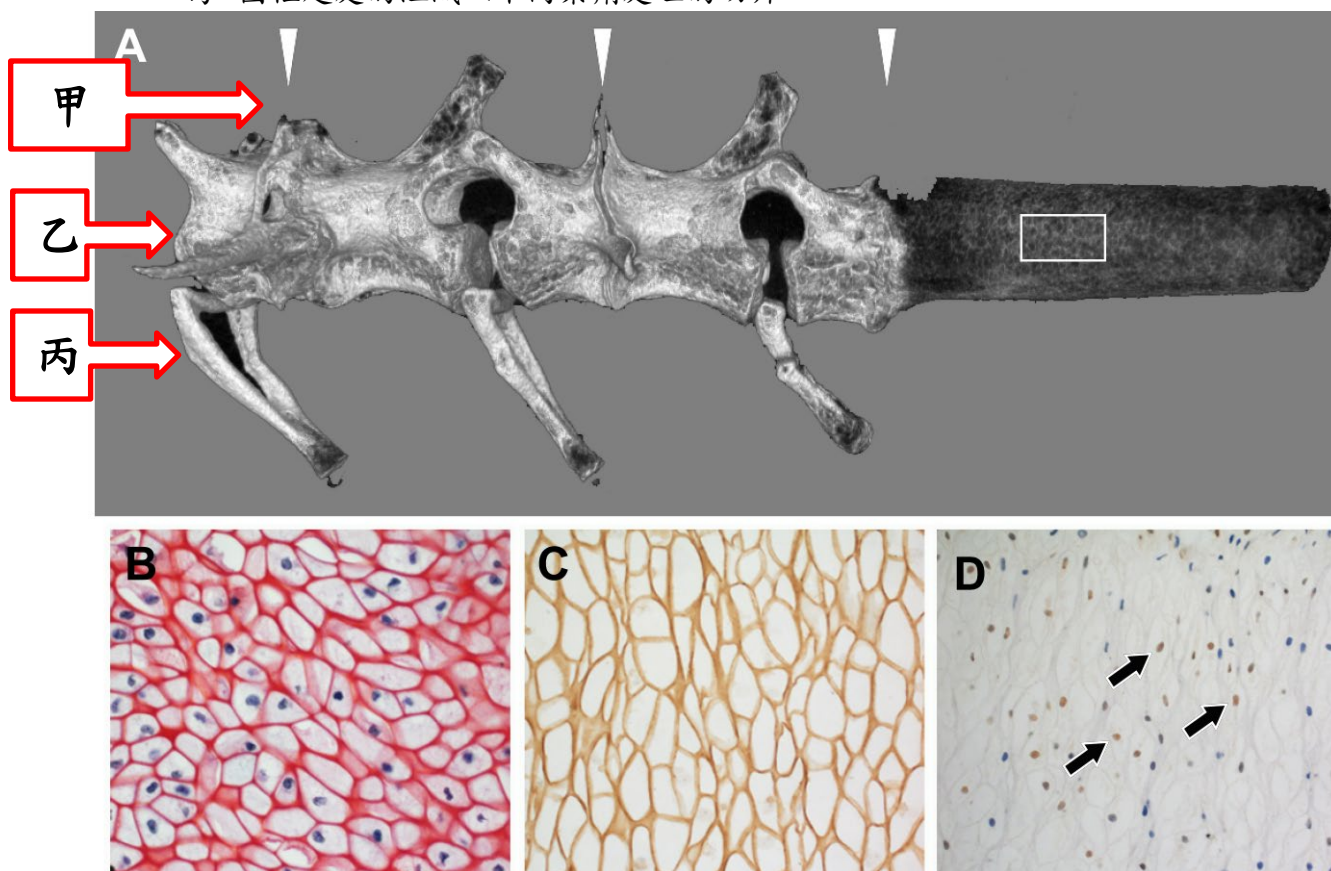
共_____個字

二、選擇及簡答：

_____1. 尾部自割是許多種蜥蜴面對捕食者的脫逃方式，下列為知名的台灣蜥蜴原生種或特寵，哪些具有尾部自割的能力？(每個選項1分)(複選題)

- | | |
|-----------|----------|
| (A) 鉛山壁虎 | (F) 鬃獅蜥 |
| (B) 麗紋石龍子 | (G) 豹紋守宮 |
| (C) 斯氏攀蜥 | (H) 澤巨蜥 |
| (D) 綠鬣蜥 | (I) 綠水龍 |
| (E) 台灣草蜥 | (J) 台灣蛇蜥 |

2. 下圖A為斷尾後再生的蜥蜴尾巴骨骼系統之電腦斷層重建造影，左側為尾部原本的骨骼，右側深色部份則是再生後的部位，倒三角形箭頭所指處為可發生自割的位置。B-D為A圖框起處的組織以不同染劑處理的切片。



(1) 根據上圖，蜥蜴尾部自割的位置位於尾部脊椎骨的 節間 / 節內 (圈選正確選項，2分)

(2) 再生後的尾巴部位，其骨骼應為何種組織？(4分) _____

(3) 尾部脊髓通行於 甲 / 乙 / 丙，大血管則通行於 甲 / 乙 / 丙。(圈選正確選項，各3分)

(4) 蜥蜴尾部自割過後，再次自割尾部時位置會更靠近或遠離軀幹？為什麼？（8分）

答案：

三、填充及問答：

1. 下圖為1866年博物學家Ernst Haeckel手繪的各類生物演化樹。請根據此圖以及現代科學家對地球上生物之間關係的知識背景回答以下問題：

(1) 填充題：請在圖中找出以下分類群的名字並填於空格中，請務必使用此圖中的拼法(每格2分，共計20分)

羊膜類：_____

鞭毛蟲：_____

矽藻：_____

石蓴：_____

裸子植物：_____

棘皮動物：_____

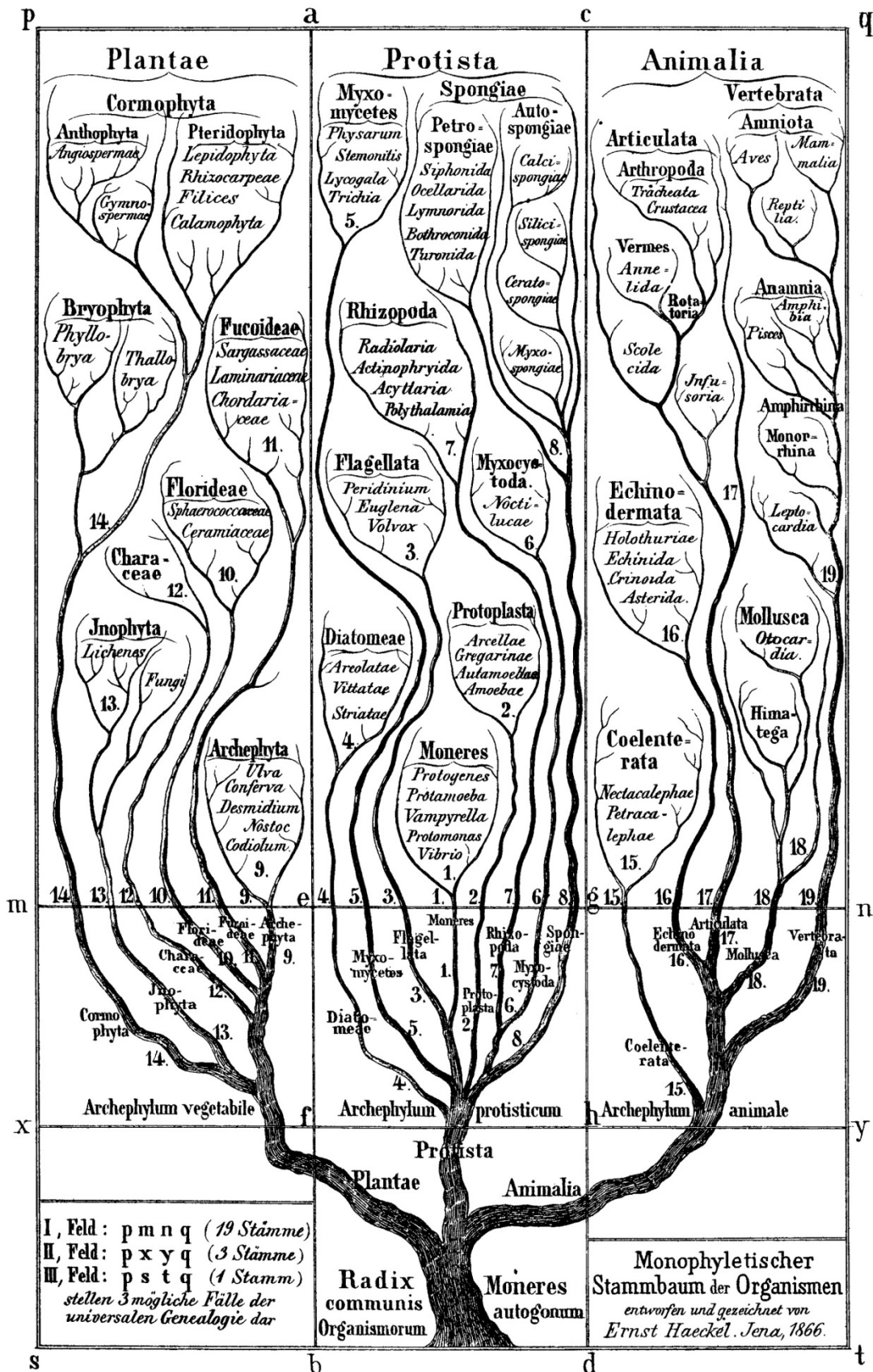
節肢動物：_____

海綿動物：_____

軟體動物：_____

環節動物：_____

(2) 請根據現代的假說，評論這個圖中所示的演化關係與現代科學知識有那些差異？評論方式請先畫出現在已知的假說(可根據Campbell Biology的版本)，然後說明與此圖有那些地方不同。請在此圖中挑出四處與現代知識不符之處，並說明演化假說的差異會影響我們對那些生物學知識的認知？(每部份5分，共計20分)



2023 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題

第三部分

Student Code :

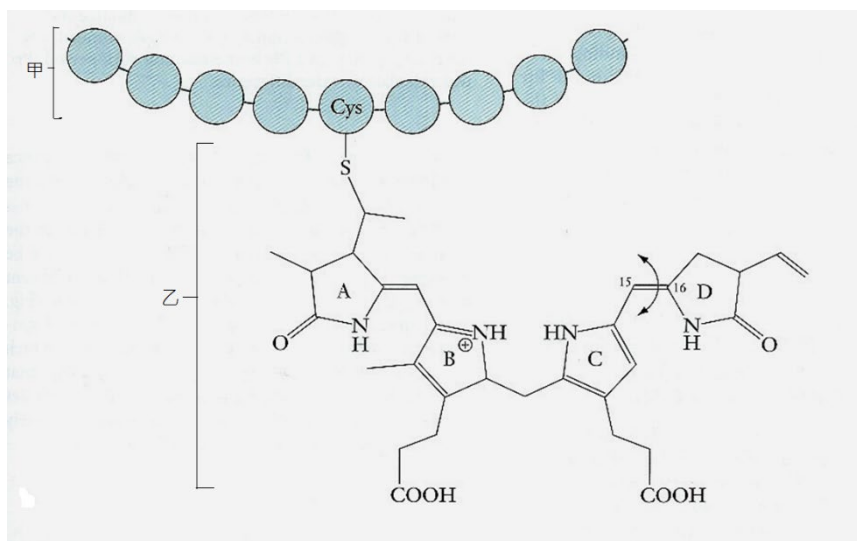


注意事項：

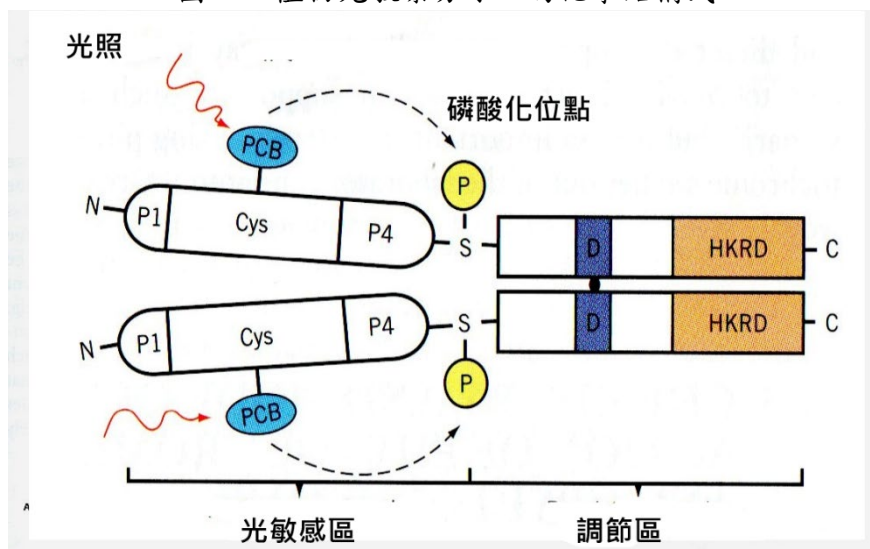
1. 本部分試題共 11 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面確定號碼是否和你的考號相同。
4. 請在試題卷上用藍（黑）筆作答，並請保持試卷的整潔。
5. 試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第三部分: (100 分)

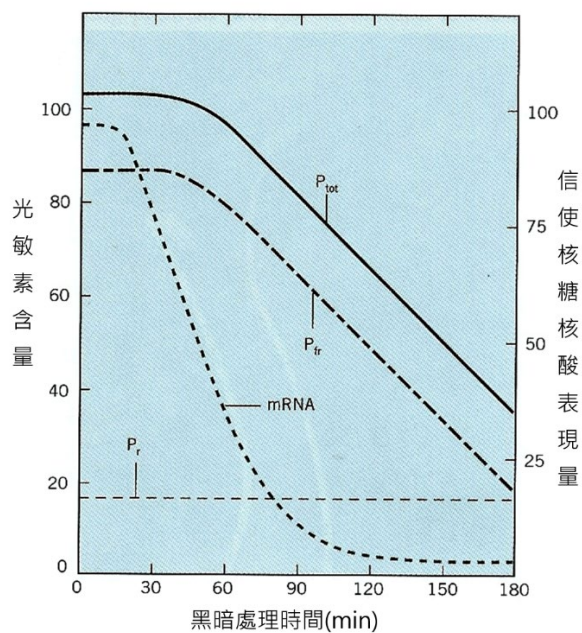
一、光敏素(phytochrome)的光形態化(photoreversibility)之探究：光敏素是植物體內的一種色素蛋白質，分為 Pr 與 Pfr 兩種型態。光敏素是由蛋白質與色素體構成，其中的色素體具有 ABCD 四個環的結構所組成。Pr 與 Pfr 兩種型態是藉由色素體 CD 兩個環之順、反式結構來區別，Pr 為順式結構而 Pfr 為反式結構。而順反式結構的改變會引發光敏素的磷酸化，造成生理活性差異表現。除此之外，植物生理學家常利用 Pr 與 Pfr 單獨含量及其兩者總量(Ptot)的變化，來研究植物的光平衡(photoequilibrium, Φ)狀態與其相對應生理反應，其中 $\Phi = \text{Pfr}/\text{Ptot}$ 。下列有關於敏素的光形態化之相關問題，請依妳／你所學的植物生理相關科學知識與下圖資料回答之（40 分）



圖一：植物光敏素分子Pr的化學結構式



圖二：植物光敏素的磷酸化示意圖(PCB: phytochromobilin，是一種光敏色素發色團 phytochrom chromophore)



圖三：植物的光敏素總量(P_{tot})、信使核糖核酸(mRNA)表現量與黑暗處理時間關係圖

表一：光波長(λ)與植物光敏素的光平衡(Φ)之關係

λ (nm)	Φ
450	0.4
660	0.8
720	0.03
756	0.01

- 問題1. 對應於圖一的植物光敏素分子化學結構式，此結構式分為甲、乙兩部位，圖上方的甲部位為 _____，對應於圖下方的乙部位為則為 _____。（5分）
- 問題2. 對應於圖一的植物光敏素分子化學結構式，試畫出Pfr的構形(註：畫出CD環的部分即可)。（5分）

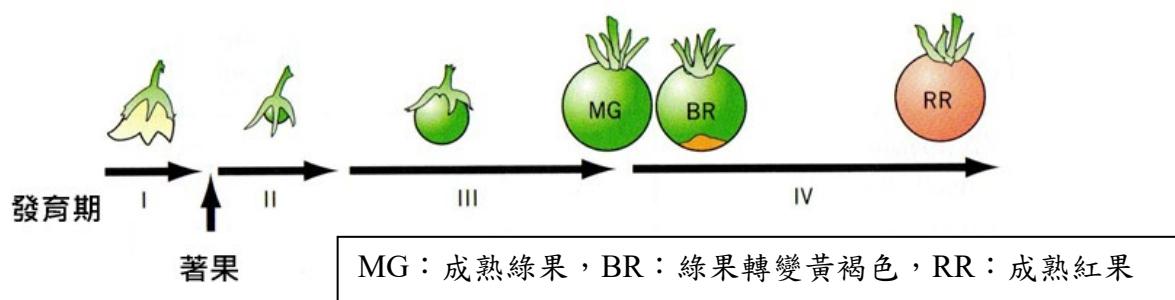
Pfr的構形圖(CD環的部分)

- 問題3.圖二是光敏素的另外一種呈現方式，可與圖一的結構式比對，由光敏素的磷酸化示意圖中，其PCB是相當於圖一的甲、乙部位之_____部位，PCB接受下列光波長(590, 660, 730 nm)中之_____ nm光波長會引發Pfr的構形改變。(6分)
- 問題4.由光敏素的磷酸化示意圖中，推測照光處理的N端與C端分別會在波長多少產生生理活性：N端_____nm光波長，C端_____ nm光波長。(4分)
- 問題5.植物的光敏素總量(Ptot)、光敏素信使核糖核酸(mRNA)表現量與黑暗處理時間關係圖中，推測造成光敏素總量(Ptot)減少的可能原因是_____，此種變化的生理意義是_____
_____。(10分)
- 問題6. 根據光波長(λ)與植物光敏素的光平衡(Φ)之關係？其生理意義為何？(5分)
答案：_____

- 問題7. 植物生理學家已鑑定出向光素的整體構形類似光敏素，均由蛋白質與色素體構成，妳／你認為向光素、光敏素兩者是(蛋白質同、色素體異；蛋白質異、色素體同；蛋白質異、色素體異)的何者為正確？_____
理由是：

(5分)

二、果實發育的生理活性探究：番茄植物的果實發育過程中，作物學家把它分為 I-V 等五個階段，其中開花轉換成果實的著果期在發育期 I 結束之後，如下圖所示，其中發育期第五階段 V 為落果期(圖中未呈現發育期的第五階段 V)。有關於激素對植物果實發育與生理活性所扮演角色的相關問題，請依妳／你所學的植物生理相關科學知識與下圖資料回答之（10 分）



- 問題1. 植物生長素含量增加的兩個時期是何者？請於時期I，II，III，IV四個時期中選擇兩個時期回答，並說明理由是什麼？（5分）

答案：_____

- 問題2. 果實依據發育晚期是否有生理活性大幅改變而區別為更年性果實（climacteric fruit）與非更年性果實兩大類，此生理活性大幅改變最容易偵測的變化是何者？番茄屬於這兩類的哪一類果實？主要是受到哪一植物激素的調節？（5分）

答案：_____

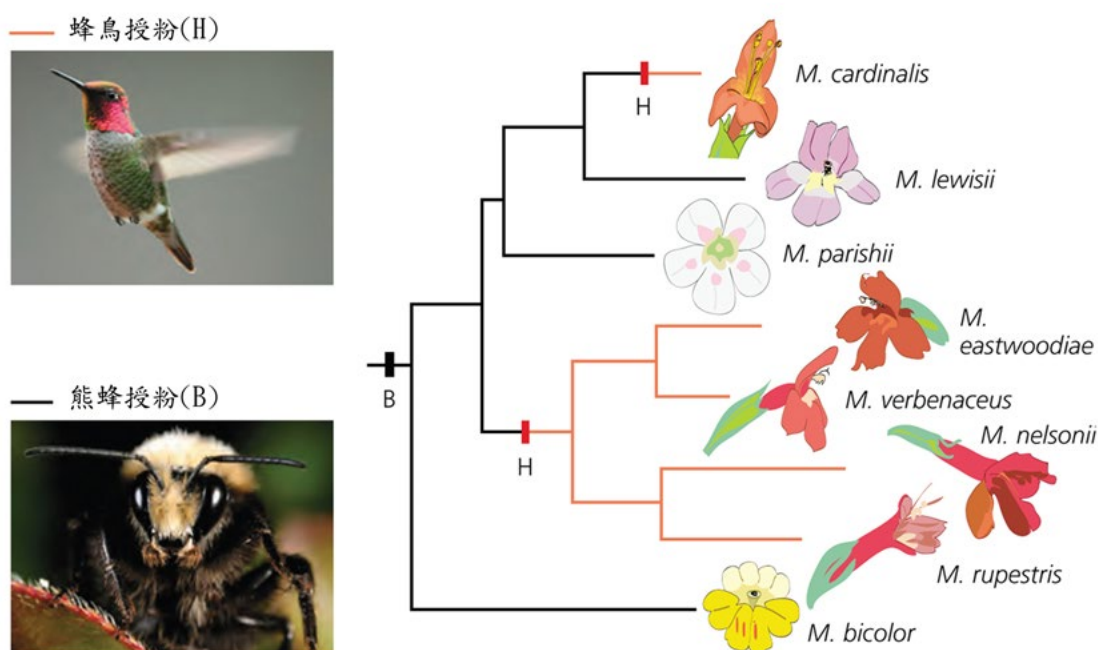
三、選擇題：

植物的適應和生殖隔離幾乎多是由單獨且影響很小的突變所引起的。1999年 Schemske和Bradshaw團隊針對*Mimulus*屬物種和其傳粉者之間的關係在物種間發生歧異的現象，進行遺傳研究。他們在野外調查*Mimulus*屬物種和其傳粉者之間的關係如圖一，共調查此屬的八個物種，以分子序列建構出物種的親緣關係後，此八個物種中，有五個物種是蜂鳥進行授粉，有三個物種是熊蜂授粉。

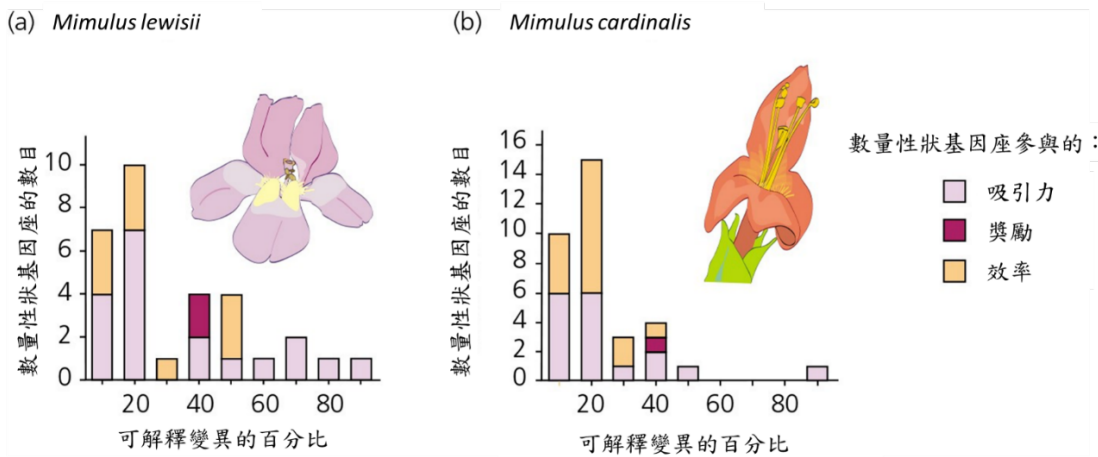
之後，Schemske和Bradshaw團隊挑選兩種*Mimulus*物種進行研究，分別是蜂鳥授粉的*Mimulus cardinalis*和熊蜂授粉的*Mimulus lewisii*，利用數量性狀基因座(QTL)研究方法來進行花朵遺傳性狀研究，並以分子標記基因座方法來研究數量性狀基因座，其結果顯示在圖二。接著把所找到與花朵性狀相關的數量性狀基因座區分為三類群，分別是對於授粉者有吸引力的性狀、給予授粉者獎勵的性狀和增加授粉者授粉效率的性狀，在*Mimulus lewisii*共計找到31個數量性狀基因座(吸引力：19、獎勵：2、效率：10)，在*Mimulus cardinalis*共計找到34個數量性狀基因座(吸引力：17、獎勵：1、效率：16)。

Schemske和Bradshaw團隊隨即以人工授粉方式，將蜂鳥授粉的*Mimulus cardinalis*和熊蜂授粉的*Mimulus lewisii*的二物種進行人工雜交，產生F1雜交子代後，再進行F1的自花授粉而產生F2雜交子代，結果顯示如圖三。

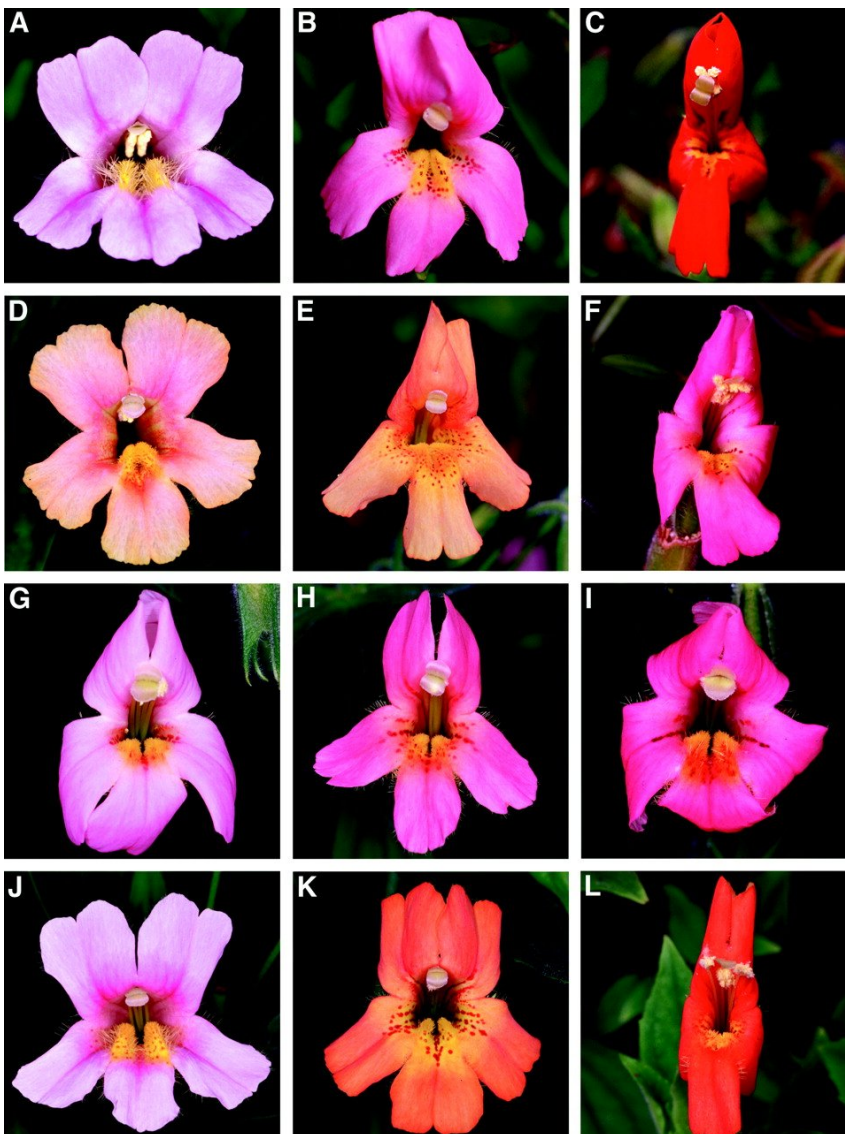
由雜交實驗的資料，將F2的花朵性狀對傳粉者到訪的貢獻統計，利用多元回歸分析四種花朵性狀：花瓣花青素濃度(antho.)、花瓣類胡蘿蔔素濃度(carot.)、每朵花的花蜜量(nectar)和花瓣的投影面積(proj. area)，其分析結果以條形圖方式呈現，如圖四，共計取用228個 F2 植物用於此分析。



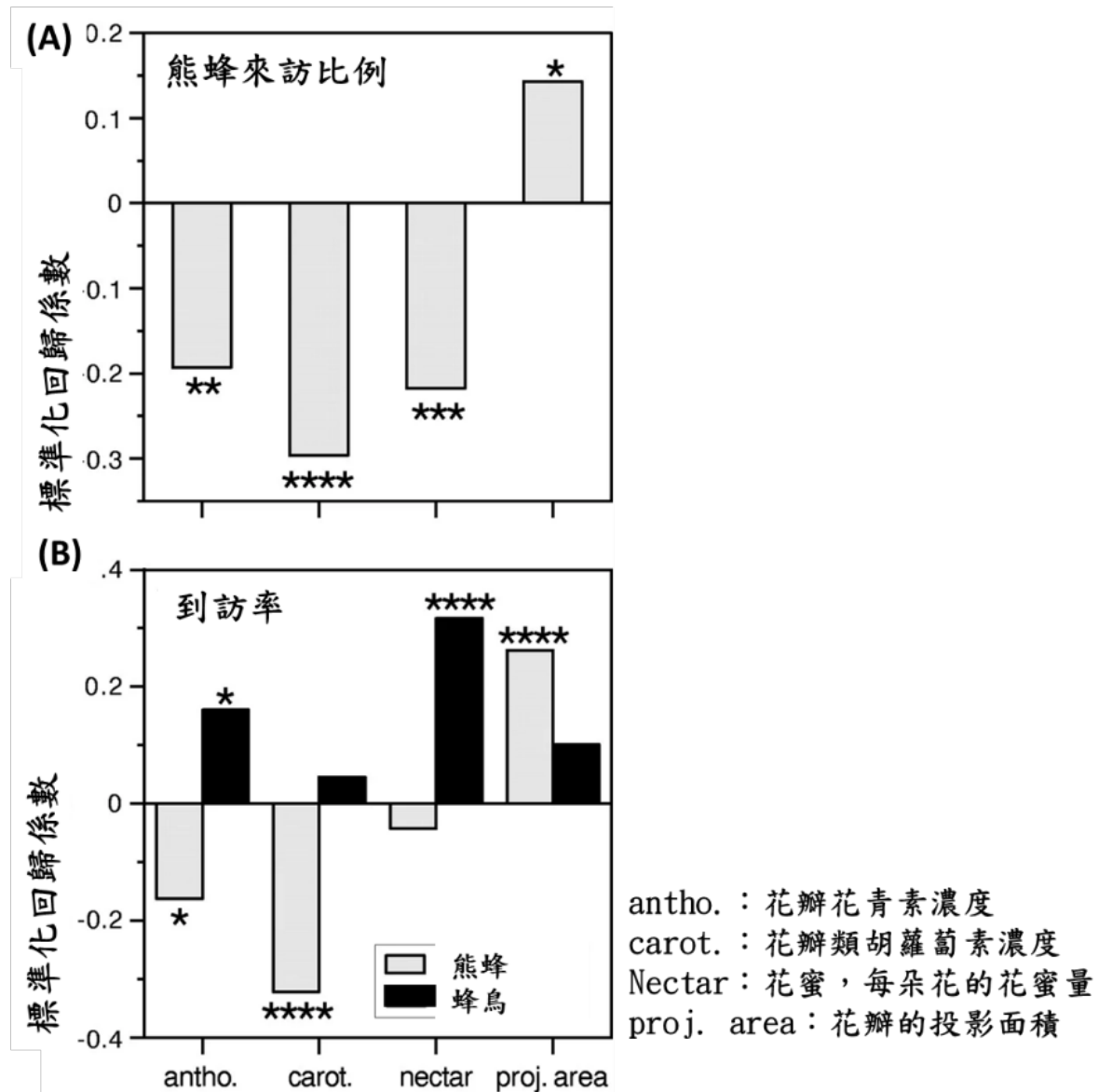
圖一、野外調查*Mimulus*屬物種和其傳粉者之間的關係



圖二、*Mimulus*屬物種與花朵性狀相關的數量性狀基因座可區分為三類群(吸引力、獎勵和效率)，及其分布。



圖三、人工雜交試驗結果，A: *Mimulus lewisii*；C: *Mimulus cardinalis*；B: *Mimulus lewisii* x *Mimulus cardinalis*雜交的F1子代，D-L 是F1雜交子代自花授粉的F2子代花朵外表型。



圖四、F2的花朵性狀對傳粉者到訪的貢獻統計。(A)花朵性狀對熊蜂到訪比例的结果。(B)花朵特徵對熊蜂和蜂鳥的平均每日到訪率的结果。

根據以上研究，回答下列問題，並請將適當選項填入本大題後面的答案表格中。(答案可有1~5個選項)

1. 依據圖一的 *Mimulus* 屬的物種親緣關係資訊來推論，下列敘述何者正確？

- (A) 這群植物的共同祖先是熊蜂授粉的
- (B) 由蜂鳥授粉在此分類群演化了三次
- (C) *Mimulus* 屬物種以紅色管狀花冠吸引蜂鳥
- (D) 由蜂鳥授粉的物種的共同祖先是熊蜂授粉
- (E) 由熊蜂授粉的物種有趨同演化發生

2. 依據圖二數量性狀基因座的結果顯示，下列敘述何者正確？
- (A) 大部分數量性狀基因座僅能解釋此二物種的花外表型少量變異
- (B) 小部分數量性狀基因座對花的外表型變異有顯著影響
- (C) 二物種至少一個數量性狀基因座可解釋 90% 的外表型變異
- (D) 熊蜂比較容易受到花朵的吸引力的性狀影響
- (E) 蜂鳥比較容易受到花朵增加授粉者授粉效率
3. 依據圖三和圖四資訊推論，下列敘述何者正確？
- (A) 熊蜂偏好花青素含量高的花朵
- (B) 蜂鳥偏好富含花蜜且花青素含量高的花朵
- (C) 增加花蜜產量的性狀會使蜂鳥到訪次數增加
- (D) 熊蜂和蜂鳥都受到花朵大小的影響
- (E) 影響熊蜂到訪的主要因素與花朵大小最有關
4. 依據本研究資訊，下列敘述何者正確？
- (A) 熊蜂和蜂鳥授粉最主要受到花蜜有無影響
- (B) 熊蜂到訪受到花朵大小和花朵顏色影響
- (C) *Mimulus* 屬蜂鳥授粉者多為鮮艷花朵與高花蜜
- (D) 花朵性狀轉變推測是漸進的而非間斷性
- (E) 改變為蜂鳥授粉的物種，其花冠顏色和形狀特徵先改變

選擇題答案表格 (每題5分，共20分)

題號	1	2	3	4
答案				

四、配合題：

小明發現竹林的竹子植株上有刺，而且會相互交織，形成刺網，原來這種竹子叫作刺竹，其刺的形態如下圖所示。



圖、刺竹外形及其刺的形態。

於是小明蒐集竹子相關之形態構造，彙集成下表。

1. 請從所提供的選項中，完成形態構造配對，並分別將選項編號填入敘述右側的空格中。(共 20 分。每答對一項得 3 分，最多 20 分；答錯一項扣 3 分，扣至 0 分為止)

選項表 (選項可重複配對；不是所有選項皆能配對)

A.一至二年生	E.一生可多次開花	I.單子葉	M.堅硬組織來自次級生長(木材)
B.多年生	F.一生只開一次花	J.雙子葉	N.堅硬組織來自初級生長(纖維)
C.變態莖	G.根莖	K.走莖	O.匍匐莖
D.變態葉	H.不定根	L.竹筍	P.竹桿

刺竹的特性	形態敘述，填入對應選項編號(1~多選項)
屬於_____年生_____子葉植物	
莖的質地	
“刺”的來源	
無性繁殖方式	
有性生殖方式	
開花	

2. 簡答題：(10 分)

小明發現某一山區中分散的竹子叢，幾乎集體死亡，請推測可能原因有哪些？並說明你推測的根據或如何證實你的推論。

答案：

推測可能原因	推測根據 / 如何證實推論

2023 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題

第四部分

Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 6 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面確定號碼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。

第四部分: (100 分)

● 問答題

1. 二個水稻品種：一個抗稻熱病，但不耐除草劑；另一個不抗稻熱病，但卻耐除草劑。將這二品種水稻雜交，則所有 F1 植株都不抗稻熱病，但耐除草劑。F1 植株自交後的 328 株 F2 子代中有 178 株不抗稻熱病，但耐除草劑；63 株不抗稻熱病，也不耐除草劑；62 株抗稻熱病，也耐除草劑；25 株抗稻熱病，但不耐除草劑。
1A.根據以上實驗數據，就水稻是否抗稻熱病和是否耐除草劑二性狀間的遺傳關係提出假說。
(10%)

1B. 對1A的假說以卡方測驗 (chi-square test) 計算卡方值 (χ^2)。(10%)

說明：卡方分析常用來檢測遺傳假說是否合宜。依據假說會有各類表徵的個體數期望值 (E)，期望值和實際觀測值(O)的差距以 $(O-E)^2/E$ 的方式計算，各類表徵期望值和實際觀測值的差距總和即為卡方值：

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

卡方值愈大，表示期望值和實際觀測值的差距愈大，這時就會以卡方值的統計分佈作為判定假說是否合宜的依據，卡方值的統計分佈常以卡方表呈現。

1C. 參考以下之卡方表，說明1B的卡方值對1A假說的意義。(10%)

說明：使用卡方表時要先決定適用的自由度 (degree of freedom, DF)，自由度代表一組實驗數據中可獨立變動的類別數，例如一組實驗只有2個類別，因為2個類別的個體總數固定，變動一個類別的個體數時，另一個類別的個體數必須配合總數改變，所以此實驗的DF為 $2 - 1 = 1$ 。

Chi-Square Right-Tail Probability ($\geq \chi^2$)										
DF	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	---	---	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188

2. A、B、C 三個基因位於同一條染色體上，其相對位置為 A-C-B。在一個有關 A、B、C 三個基因的雜交實驗中，一個親本的基因型為 ABC/abc ，另一親本為 abc/abc ，所得子代的基因型和個體數如下表所示：

基因型	ABC/abc	abc/abc	Abc/abc	aBC/abc	AbC/abc	aBc/abc	abC/abc	ABc/abc
個體數	1680	1650	220	230	100	110	6	4

- 2A. 這些基因型類別中，源自於親本產生配子時，同一染色分體在A-C和C-B二區間同時各發生一次染色體互換的是哪些？**(5%)** 佔所有子代個體總數比例為何？取小數點後4位四捨五入。**(5%)**

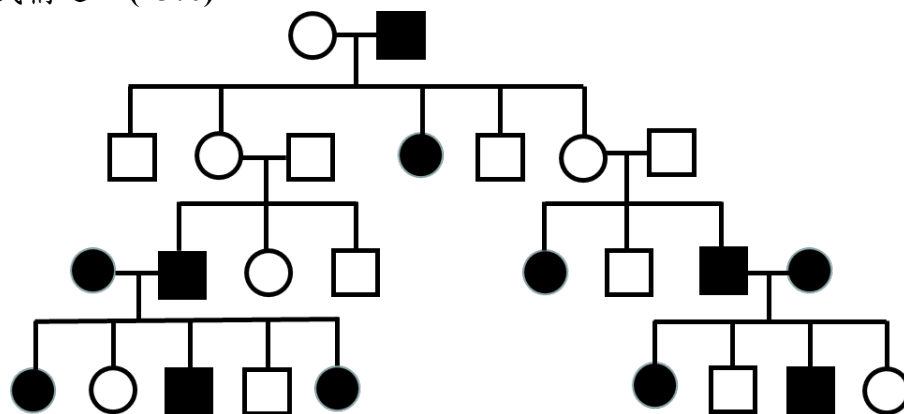
- 2B. 若在A-C區間和在C-B區間發生染色體互換互不影響，則在此實驗基因型類別中，源自於親本產生配子時，同一染色分體在A-C和C-B二區間同時各發生一次染色體互換的期望比例為何？取小數點後4位四捨五入。(10%)

2C.以上兩題(2A、2B)中，同一染色分體在A-C和C-B二區間同時各發生一次染色體互換的比例是否相同？(5%) 請說明其意涵？(10%)

3. 熊貓眼在某人家族中出現的情形如下譜系圖，圖中實心圓和實心方塊代表具熊貓眼的個體，根據此譜系圖，分別論述此熊貓眼是否符合下列各種遺傳模式：

- A. 體染色體顯性遺傳；
- B. 體染色體隱性遺傳；
- C. Y染色體遺傳；
- D. X染色體顯性遺傳；
- E. X染色體隱性遺傳。

論述中，請以I-1和I-2分別代表第I代中，自左起第1位個體和第2位個體，其餘各代個體皆以此格式稱之。(25%)



4. 有一種甲蟲的 A 基因有二種等位基因：A 和 a，等位基因 A 對等位基因 a 為顯性。分析此 A 基因在甲、乙二封閉地區族群中基因型的變化結果如下表。依據表中數據推論影響甲、乙二地甲蟲族群基因型的變化的主要因素分別為何？(10%)

	基因型	第1代	第2代	第3代	第4代	第5代	第6代
甲地族群	AA	308	334	327	350	390	425
	Aa	593	576	596	586	587	570
	aa	299	290	277	264	223	205
乙地族群	AA	296	269	299	319	330	298
	Aa	597	615	600	605	584	606
	aa	307	316	301	276	286	296

2023 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營
理論評量試題
第五部分
Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 10 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請確認試卷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。

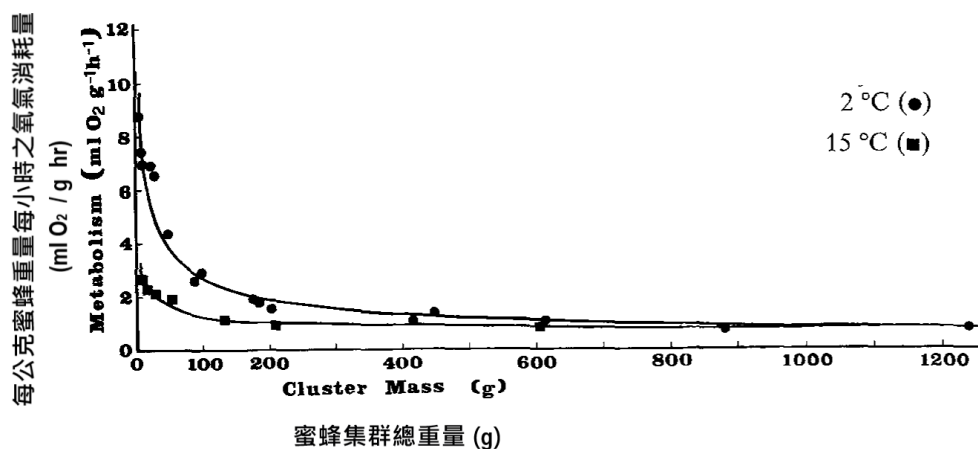
第五部分: (100 分)**一、選擇及填充**

- _____ 1. 真社會性(eusocial)昆蟲，意指兼具以下三種特徵的昆蟲: (1)繁殖分工：群體中可分為專行繁殖的階級，以及較少、甚至不進行繁殖的階級；(2)世代重疊：群體中的成熟個體，可分為兩個以上的世代；(3)合作照顧未成熟個體。請問以下哪些昆蟲物種屬於真社會性昆蟲? (複選題) (5分)
- (A) 破壞單家蟻(*Monomorium destructor*)
 - (B) 臺灣土白蟻(*Odontotermes formosanus*)
 - (C) 小蜜蜂(*Apis florea*)
 - (D) 澳洲家蠊(*Periplaneta australasiae*)
 - (E) 黃腰虎頭蜂(*Vespa affinis*)
2. 承上題，蜜蜂養殖最多的是義大利蜂(*Apis mellifera ligustica*)，其蜂群可依其功能分為蜂后、工蜂、雄蜂。這三種分工的蜜蜂，請問是哪些屬於單倍體生物(只包含一組來自母親的染色體)? (2分)
- 答案：
3. 承上題，蜂后、工蜂、雄蜂，這三種分工的蜜蜂，哪二種的性別是一樣的? (2分)
- 答案：
4. 承上題，蜂后、工蜂、雄蜂，這三種分工的蜜蜂，其所擁有的染色體，有多少比例與其母親相同? (6分)
- 答案：蜂后_____%，工蜂_____%，雄蜂_____%

_____ 5. 真社會性昆蟲的集群，常被視為超級生物體(superorganism)，這個超級生物體由許多自由活動但不同階級分工的個體構成。在寒冷地區，當氣溫低於 10°C ，蜜蜂會停止飛行並擠進蜂巢的中心區域形成「過冬集群」。蜂后位於集群的中心，工蜂們簇擁在蜂后周圍，靠身體不停顫動來使得中心溫度保持在 $27-34^{\circ}\text{C}$ ，同時工蜂們會輪流地從集群外圍換到內部，使得每隻蜜蜂都不至於太冷。在這段時間，牠們不會出外覓食，以蜂巢所存儲的蜂蜜來獲得熱量。請問以下哪些敘述為真?(複選題)(5分)

- (A) 過冬集群內仍有蜂后、工蜂、雄蜂這三種分工的蜜蜂。
- (B) 集群內的工蜂愈多，該集群愈不容易在漫長的冬天滅亡。
- (C) 集群內的蜂后愈多，該集群愈不容易在漫長的冬天滅亡。
- (D) 若某地區有長期、明顯的冬季暖化趨勢，該地區的蜜蜂集群可以預期其集群平均個體數會降低。
- (E) 集群內的工蜂愈多，每隻工蜂要輪流換到集群外圍的平均總時長愈低。

_____ 6. 承上題，科學家(Southwick 1985)進行蜜蜂的實驗，在二種氣溫(2°C 與 15°C)下持續 18-48 小時，探討不同蜜蜂過冬集群大小(集群所有蜜蜂個體之總重量，每隻工蜂重量約 0.1 公克)與蜜蜂能量消耗間之關係，得到下圖之結果。蜜蜂之能量消耗，以該蜜蜂群集每公克重量在每小時的平均氧氣消耗量代表。請問以下哪些敘述為真?(複選題)(8分)



- (A) 如果蜂群小於5000隻，每隻工蜂在氣溫 2°C 的環境比在 15°C 的環境，耗費更多能量。
- (B) 在同樣的低溫下，蜂群內個體數愈少，每隻蜜蜂會耗費愈多能量。
- (C) 在同樣的低溫下，蜂群內個體數愈少，蜂群耗費的總能量愈多。
- (D) 若以冬季能量消耗的角度，蜜蜂集群愈大，需要儲存的總花蜜量愈多。

7. 承上題，下列有蜜蜂集群大小與冬季氣溫的四個不同組合，請將該蜜蜂集群與環境的組合內每隻工蜂在入冬前必須要儲存的平均花蜜量，依大小順序排列，並簡單說明你的判斷理由。（5分）

甲：氣溫 2°C ，500隻；

乙：氣溫 2°C ，5000隻；

丙：氣溫 15°C ，500隻；

丁：氣溫 15°C ，5000隻。

答案：

二、

許多生物會伴隨著人類活動而散播到原生棲地之外，成為其他地區的外來或入侵生物。像是人為栽培的外來園藝植物，有些便會從人為栽種的環境中逸出，在野外自行更新、繁殖，成為外來歸化植物。近年來隨著全球化的進展，外來歸化植物已經成為許多地區植物相中相當重要的組成，歸化植物的種數在很多地區也都快速的上升。儘管有些外來植物是隨著人類活動而不經意地被引入，但大部分的外來植物是因為人類刻意栽培才進入原生棲地以外的範圍。為了解這些被人類利用、栽培的植物中，具有哪些特性的植物比較容易成為歸化植物，研究人員整合了全球經濟植物與外來歸化植物兩大資料庫進行分析。在全球經濟植物資料庫中，總計包含了11,685種植物，植物的經濟用途被區分為12類（圖1），每種植物具有至少1種的經濟用途。在全球外來歸化植物資料庫中，則包含了12,013種植物的地理來源與在各地區的歸化情況（摘自 van Kleunen et al. 2020 Nature Communications）。請參考圖1-3的資訊，回答下列問題：

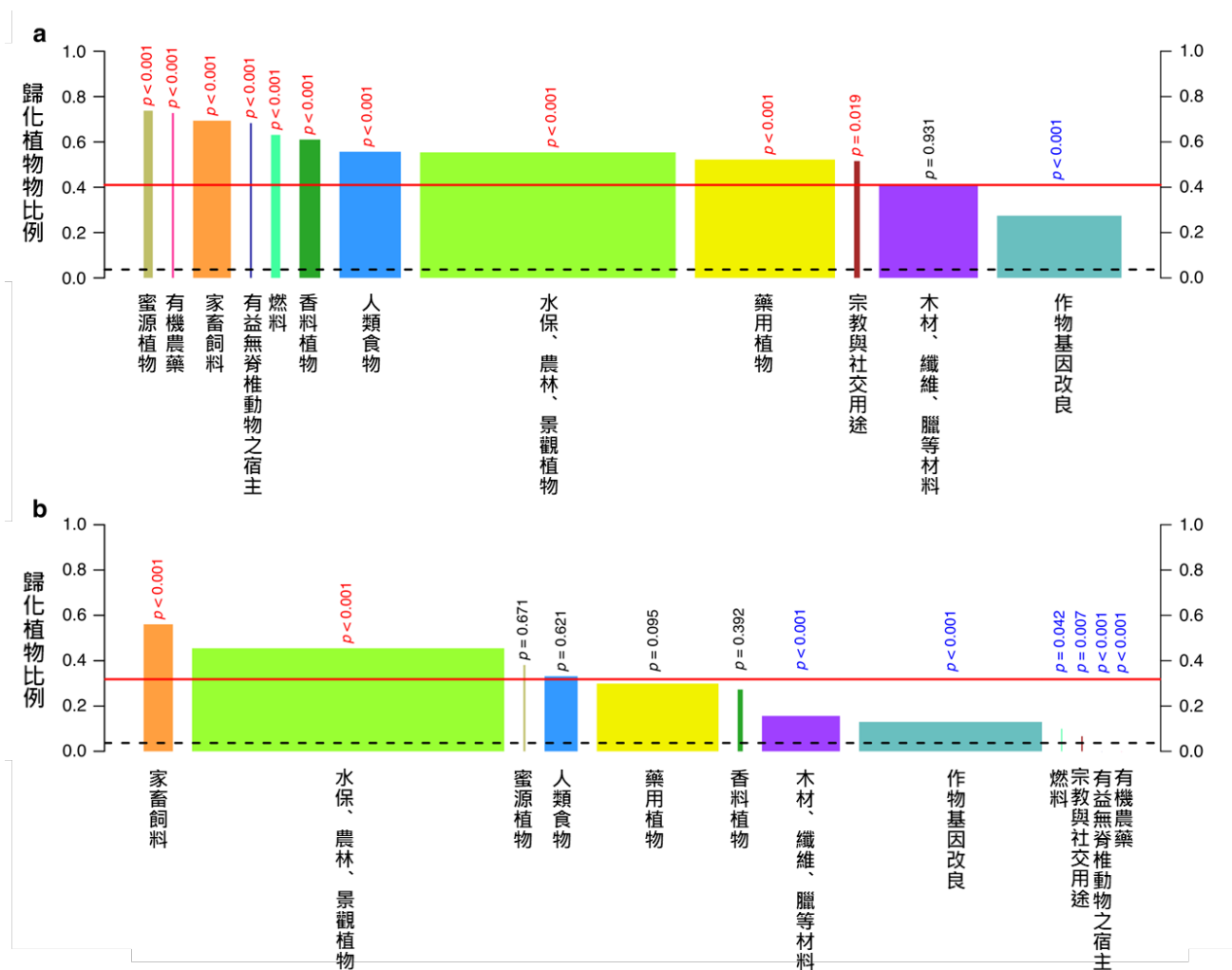


圖1. 12種經濟用途植物成為歸化植物的物種數比例。(a) 所有具有經濟用途之植物 (n = 11,685) (b) 單一經濟用途之植物 (n=8246)。圖中每個方塊的寬度與植物之物種數量成正比。各經濟用途植物依其歸化種數佔所有物種數之比例排序。紅色實線分別表示 (a) 所有具有經濟用途之植物與 (b) 僅具單一經濟用途植物中，不分用途，歸化植物所佔的物種數比例。黑色虛線則表示歸化植物在現存全球種子植物 (經濟植物和非經濟植物合計) 中所佔的物種數比例。圖中 p 值表示各經濟用途植物中歸化植物的物種數比例是否顯著高於 (紅色) 或低於 (藍色) 預期或不偏離 (黑色) 期望值。

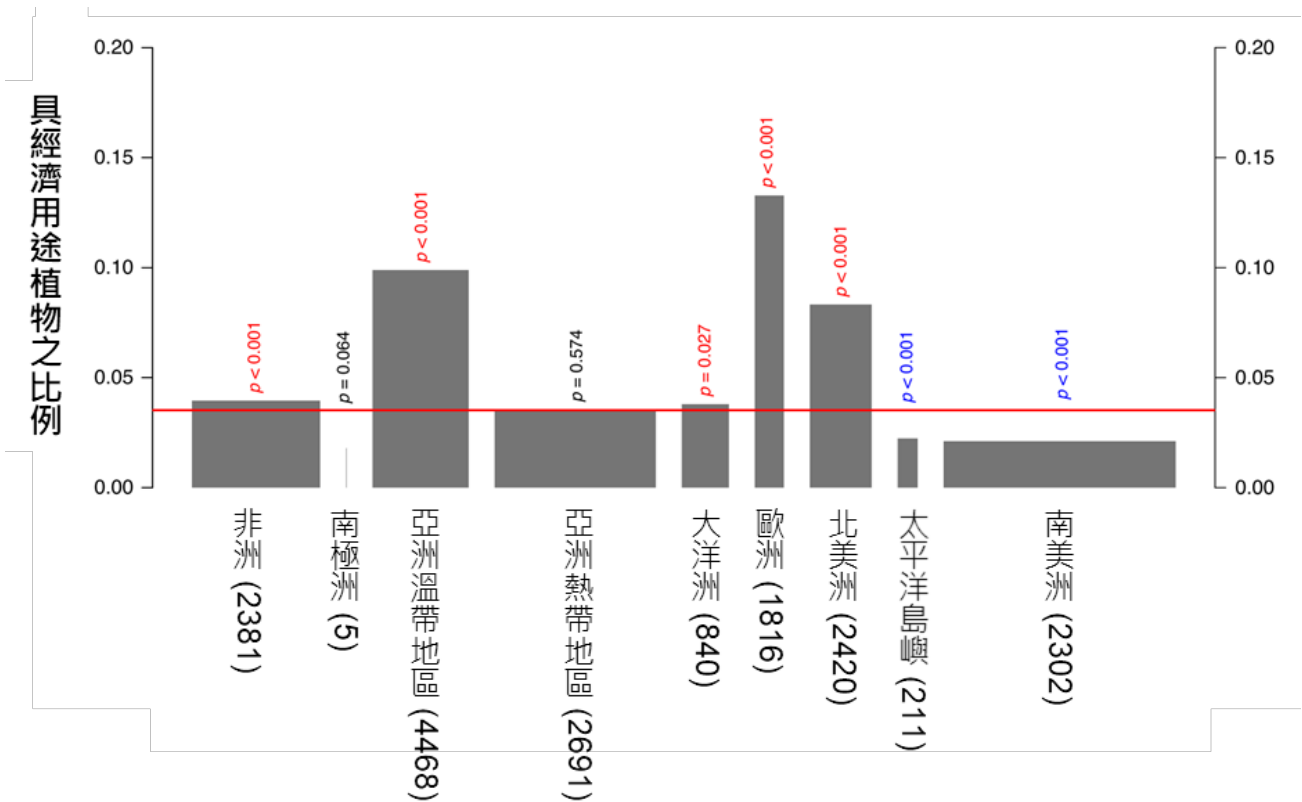


圖2. 全球9個地理區之原生植物種類中具有經濟用途的植物所佔的物種數比例。圖中資料為具有經濟用途的所有植物 (n = 11,485；不包括已知僅為栽培的植物種類)。每個方塊的寬度與該地理區之原生植物物種數成正比。紅色水平線表示具有經濟用途的植物在全球植物中所佔的物種數比例，各方塊上之 p 值表示經濟植物所佔的物種數比例是否顯著高於(紅色)或低於(藍色)預期或不偏離(黑色)期望值。各地理區文字旁括號中的數字表示每個區域具有經濟用途植物之物種數。

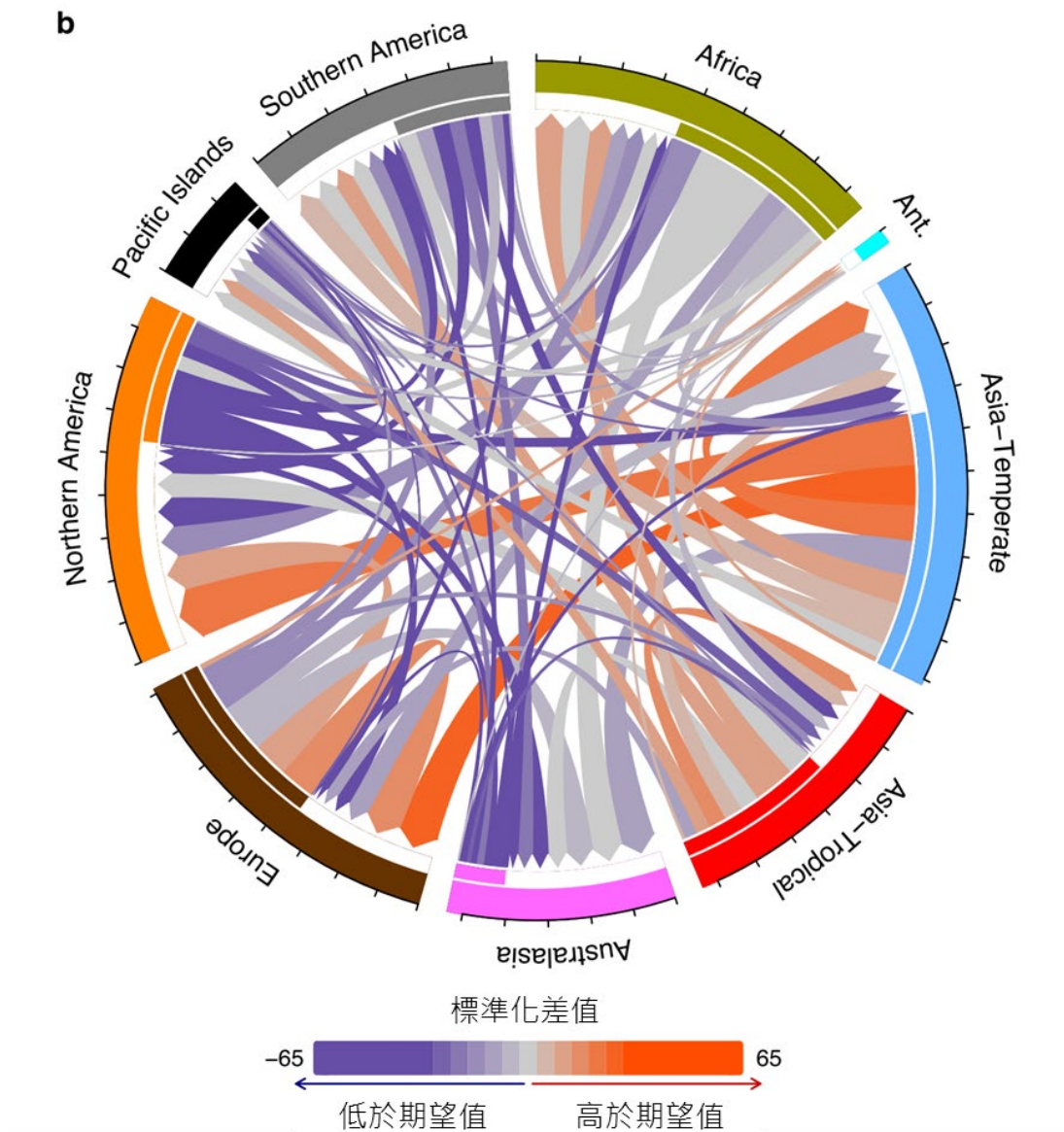


圖3. 歸化經濟植物 (naturalized economic plants) 於各地理區間的流向。外圈顯示從一個區域流向其他區域 (或流回自己同一區) 以及從其他區域接收的歸化經濟植物的累計數量。外圈的每個刻度間隔對應於 1000 個物種數。箭頭表示歸化經濟植物的是從某區域起源並流向另一區域 (或流回自己同一區)，箭頭的顏色表示流量是否大於 (紅色色系) 或小於 (紫色色系) 基於物種隨機抽樣的期望值，箭頭的寬度代表流出 (或流入) 的物種數量，各流出 (或流入) 的箭頭會依其物種數由高到低順時鐘方向排序。Africa：非洲；Ant.：南極洲；Asia-Temperate：亞洲溫帶地區；Asia-Tropical：亞洲熱帶地區；Australasia：大洋洲；Europe：歐洲；Northern America：北美洲；Pacific Islands：太平洋島嶼；Southern America：南美洲

● 複選題：(5分)

- _____1. 依據圖 1、2 的分析結果，具有下列何種特性的植物，會有較高的機率成為歸化植物？
- (A) 其栽種面積非常大
 - (B) 經常栽種於半天然的環境之中
 - (C) 來自於南半球的植物
 - (D) 人為利用時間較早
 - (E) 具有多種經濟用途

● 簡答題：(12分)

1. 那兩種經濟用途的植物，不論其是否有其他經濟用途，皆有很高的歸化比例？

答案：

2. 亞洲熱帶地區的外來歸化經濟植物，其最主要的地理來源是哪個地理區？

答案：

3. 源自於非洲的外來歸化經濟植物，在全球哪個地理區的物種數最多？

答案：

4. 除了南極洲之外，哪兩個地理區的植物相，外來歸化經濟植物佔其所有植物種類的比例最高？

答案：

● 是非題：(16分，答錯一題扣4分)

- _____1. 在各種經濟用途的植物中，用來做為蜜源的植物其物種數為最多。
- _____2. 用於作物基因改良的經濟植物，其成為歸化植物的比例低於全球種子植物的歸化比例。
- _____3. 除了南極洲之外，南美洲的原生植物種類最多，但具有經濟用途的植物種類比例最低。
- _____4. 相較於歐洲，亞洲溫帶地區有更多具有經濟用途的原生植物。
- _____5. 北美洲的外來歸化經濟植物之物種數最多，且這些外來植物主要來自於亞洲熱帶地區。
- _____6. 非洲經濟植物的物種多樣性很高，但於其他地理區歸化的比例顯著低於隨機。
- _____7. 西元 15-17 世紀的地理大發現時期，歐洲各國家在全球各地積極探索，這也導致全球各地理區中的外來歸化經濟植物，源自於歐洲的植物物種數量最多。
- _____8. 具有愈多經濟用途的植物，有愈高的機率分布到全球不同區域。

三、問答題

經常可觀察到海膽會將小石頭或空貝殼堆置到身體上側的行為(所謂的覆蓋行為(covering behavior))。科學家提供海膽一些紅色和透明的塑膠片，以檢測海膽的覆蓋行為是否與降低UV光的傷害有關。設計一組實驗，以檢測該假說。請完整說明假說(4分)，研究步驟(10分)以及不同實驗結果所對應的結論分別為何(4分)。(本題共18分)

四、問答題

科學家利用多種方法進行生態學研究，其中最常見的包括觀察和操作性試驗，說明這兩種方法各適用在那些情況(6分)，並列舉這兩種方法各有那些優點和缺點(10分)。(本題共16分)