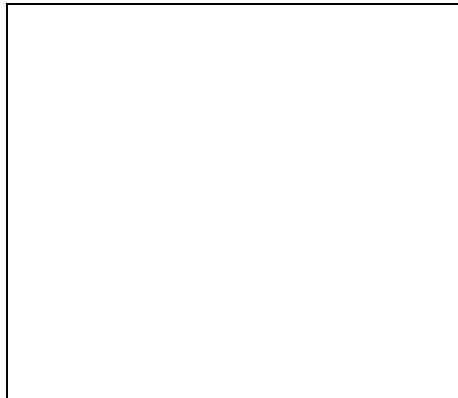


105 學年度高級中學 全國生物科學科能力競賽

筆試試題

得 分



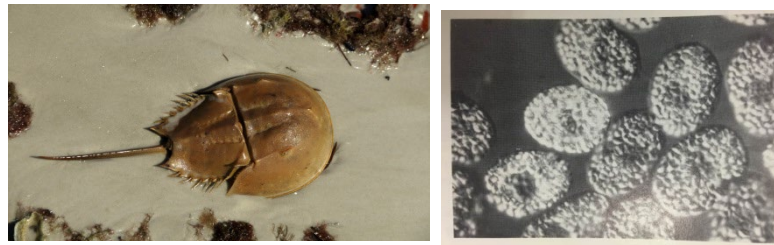
本試卷滿分 105 分

本試卷之測驗題 104 題為選擇題，1 題為填充題。選擇題每題有四個選項，答案均為單選，請選擇最適當的答案作答，答錯分數不倒扣；填充題請依題意填入適當答案，全對才給分。共計 105 題，每題 1 分，總分為 105 分。請先確認競賽編號。

【題組】

根據下列敘述，請回答 1-9 題。 Fred Bang 於 1956 年發現蠶 (*Limulus polyphemus*) 的血液接觸革蘭氏陰性菌後，迅即形成半凝膠狀物質；後來的研究進一步發現蠶的血球（變形血球，amebocyte）內含顆粒（圖一），顆粒中富含凝血蛋白—凝結蛋白原（coagulogen）。革蘭氏陰性菌接觸變形血球後，促使後者行使胞吐作用（exocytosis），釋放顆粒內含物至胞外，因而造成血液凝集。Fred Bang 當時注意到蠶的血液反應與哺乳類動物對內毒素（endotoxin）反應相似。內毒素是革蘭氏陰性菌造成敗血性休克（septic shock）的主要成分。

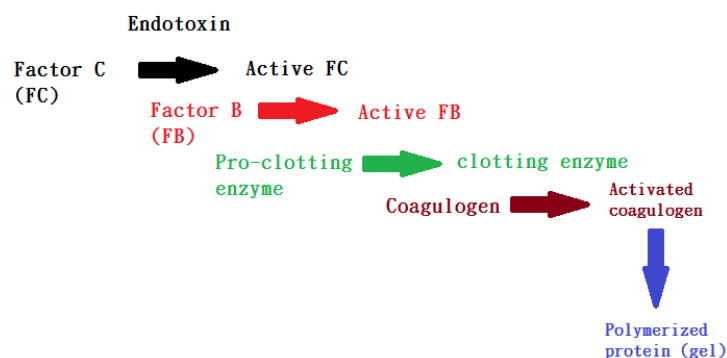
「蠶變形血球溶質測試」（*Limulus Amebocyte Lysate test, LAL test*）是一種檢測內毒素的方法；LAL test 的分析敏感度很高，可測得樣品中極微量的內毒素（~0.1 ng/mL）。美國食品藥物管理局於 1970 年代，核准 LAL test 作為偵測與人類血液（或腦脊髓液）接觸的醫療器材、藥物中是否有內毒素感染的測試工具。



圖一：蠶 (*Limulus polyphemus*) 及其血液中的變形血球。變形血球內含顆粒。

(<http://www.pbs.org/wnet/nature/crash-a-tale-of-two-species-the-benefits-of-blue-blood/595/>; Armstrong, PB, 1991)

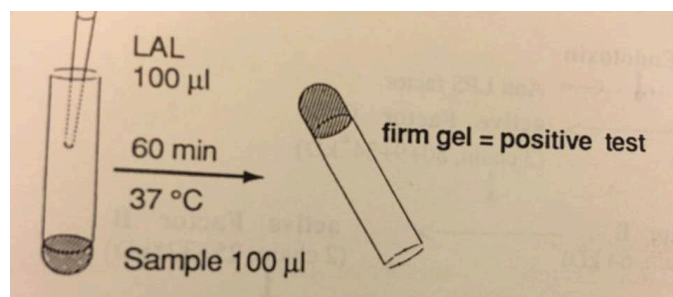
內毒素誘發變形血球釋放顆粒內含物至胞外，顆粒內除含有凝結蛋白原（coagulogen）外，還有幾種蛋白酶原（protease zymogen）。在內毒素誘發下，這些蛋白酶原（Factor C, Factor B, pro-clotting enzyme），啟動進行級聯反應（cascade reactions），依序活化；最後，活化的凝結蛋白原（activated coagulogen），得以形成聚合化蛋白（polymerized protein），即是 Fred Bang 發現的半凝膠狀物質（圖二）。



圖二：蠶變形血球所含酵素在內毒素誘發下進行的蛋白酶原級聯反應。

- 在探討變形血球顆粒中酵素活性時，研究者發現 Factor C 是分子量 132 kD 的單鏈蛋白質，而活化的 Factor C (Active FC) 則含分子量各為 80、9、34 kD 的三個單鏈蛋白質。Factor B 是分子量 64 kD 的單鏈蛋白質，而活化的 Factor B (Active FB) 則含分子量各為 25、32 kD 的兩個單鏈蛋白質。Pro-clotting enzyme 是分子量 54 kD 的單鏈蛋白質，而活化的 clotting enzyme 則含分子量各為 25、34 kD 的兩個單鏈蛋白質。這些蛋白酶的細胞功能最可能是？
 (A) 蛋白質摺疊 (folding)
 (B) 蛋白質泛素化作用 (ubiquitination)
 (C) 蛋白質磷酸化作用 (phosphorylation)
 (D) 蛋白質切割與成熟作用 (cleavage and maturation)
- 從免疫防禦觀點來看，在受到革蘭氏陰性菌感染時，蠶變形血球進行上述蛋白酶原級聯反應有何功能？
 (A) 降解病菌蛋白質
 (B) 標示病菌，再由巨噬細胞吞噬
 (C) 利用膠體包圍病菌，防止影響範圍擴大
 (D) 利用膠體包圍病菌，利於抗體進行中和反應
- 從細胞調控的層面來看，進行如圖二的級聯反應有何意涵？
 (A) 增加調控節點
 (B) 具負回饋迴路
 (C) 放大刺激訊號
 (D) 具正回饋迴路

表一是進行 LAL 凝膠測試的數據，實驗者將 LAL 試劑加入含不同濃度內毒素樣品溶液 (2 ~ 0.0031 EU/mL) 的試管中，於 37°C 下靜置 60 分鐘後，觀察試管中是否有凝膠形成 (圖三)。



圖三: LAL 凝膠測試。

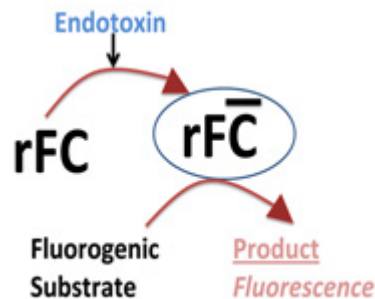
表一：LAL 凝膠測試。

樣品重複 編號	內毒素濃度 (Endotoxin Units per milliliter, EU/mL)						
	2	1	0.5	0.25	0.125	0.0062	0.0031
1	+	+	+	—	—	—	—
2	+	+	+	+	+	—	—
3	+	+	+	+	—	—	—
4	+	+	+	+	+	—	—

每一濃度內毒素溶液樣品重複數為 4 ($n = 4$)。+:陽性反應；—:陰性反應。

4. 根據表一的數據，你認為此 LAL 凝膠測試法的分析敏感度（設為 X）最可能在哪一數值區間？
- (A) $2 \text{ EU/mL} > X > 1 \text{ EU/mL}$
- (B) $1 \text{ EU/mL} > X > 0.5 \text{ EU/mL}$
- (C) $0.5 \text{ EU/mL} > X > 0.25 \text{ EU/mL}$
- (D) $0.125 \text{ EU/mL} > X > 0.0062 \text{ EU/mL}$
5. 一個測試分析的敏感度（設為 X），所代表的意義是？
- (A) X 為測試方法能正確地測到的最高濃度
- (B) X 為測試方法能正確地測到的最低濃度
- (C) X 為測試方法能正確地測到的平均濃度
- (D) X 為測試方法能正確地測到的最高濃度與最低濃度之差值

有研究者進一步改良 LAL test，利用重組蛋白生產技術，製作重組 Factor C (rFC)；在內毒素刺激下，rFC 被活化，形成 rFC^* ， rFC^* 再將人工合成螢光受質 (fluorogenic substrate) 水解成發螢光的產物 (product) (圖四)。

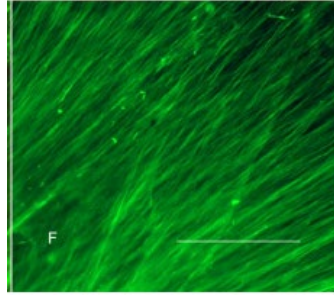


圖四：利用 rFC 偵測內毒素的螢光分析。

6. 與凝膠測試法相比，此螢光方法可能有那一優點？
- (A) 儀器需求較低，較方便於非實驗室場所進行
 - (B) 因螢光反應可量化，可精確定量樣品中的內毒素
 - (C) 所有相關蛋白酶原中，只有利用 Factor C，因此分析成本較低
 - (D) 所有相關蛋白酶原中，只有利用 Factor C，因此分析時間縮短
7. 此螢光方法利用的是活化的 Factor C 的哪一特性？
- (A) 自發螢光的特性
 - (B) 蛋白酶的特性
 - (C) 抑制內毒素的特性
 - (D) 複製人工合成螢光受質的特性

人類的凝血機制是由蛋白酶原級聯反應活化凝血酶原 (pro-thrombin)，形成凝血酶 (thrombin)，再由凝血酶將水溶性纖維蛋白原 (soluble fibrinogen) 轉換成纖維蛋白單元 (fibrin monomer)；纖維蛋白單元聚合形成不穩定的纖維蛋白聚合物 (fibrin polymer, unstable)，並在凝血因子 VIII (blood clotting factor VIII) 作用下，進一步形成穩定的纖維蛋白聚合物 (fibrin polymer, stable)。

8. 以下哪一敘述可能是正確完整的？
- (A) 凝血酶原是蛋白質酶，凝血酶不是蛋白質酶
 - (B) 纖維蛋白聚合物水溶性應該很高
 - (C) 內毒素會誘發此蛋白質酶原級聯反應
 - (D) 上述凝血機制不需要血小板參與
9. 圖五是學者使用凝血酶誘發凝集的人類纖維蛋白 (凝血酶+纖維蛋白原+綠螢光標定內毒素)，顯現纖維蛋白聚合物有綠螢光的反應。以下哪一敘述最能合理解釋此實驗結果？
- (A) 內毒素具有蛋白酶的功能，促進級聯反應
 - (B) 內毒素被纖維蛋白分解，發出綠螢光
 - (C) 纖維蛋白可與內毒素結合，可將內毒素限制於凝集處
 - (D) 纖維蛋白被內毒素分解，形成可溶性的分子



圖五：研究者在含人類纖維蛋白原與綠螢光標定內毒素的試管中加入凝血酶以誘發凝集反應。(Armstrong et al., 2013)

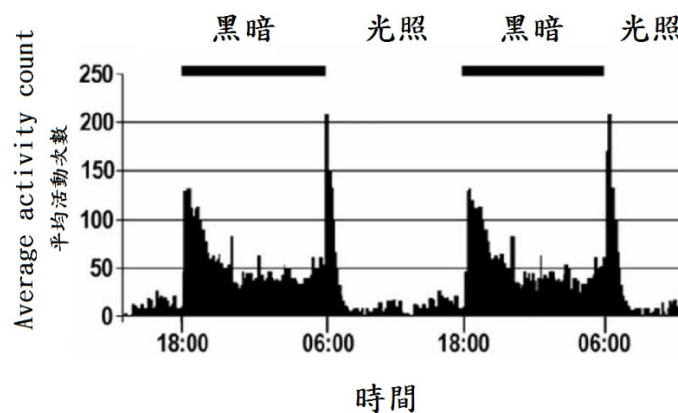
【題組】

根據下列敘述，請回答 **10-15 題**。「晝夜節律 circadian rhythm」是一種生物界常見的節律現象，呈現於不同層面（細胞或生理活性、行為活動力等等）。晝夜節律其節律週期約為 24 小時。晝夜節律之運行通常受環境因子（如光照週期）的引導（entrainment），使得生物性節律與光照週期同步化。若無環境因子引導，通常生物性晝夜節律還會繼續進行，然而生物性節律與環境光照週期運行會脫鉤。

圖六是學者利用美洲螯蝦 (*Procambarus clarkii*) 探討晝夜節律之實驗結果。研究者將動物飼養於 12 小時光照：12 小時黑暗環境下（光照開始於 06：00，光照結束於 18：00），偵測個別動物活動次數，並計算族群的平均活動次數。

10. 根據圖六的數據，以下哪一項關於美洲螯蝦晝夜活動力的觀察是錯誤的？

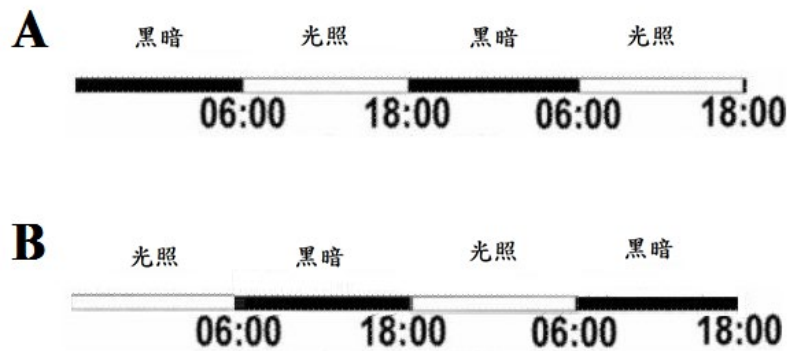
- (A) 光照結束 (light off) 時，活動力迅即增高
- (B) 光照開始 (light on) 之前，活動力即逐漸增高
- (C) 隨著光照開始，活動力短暫地繼續增高，隨即顯著下降
- (D) 活動力呈現晝夜節律，其週期約為 12 小時



圖六：美洲螯蝦平均晝夜活動計數圖。

研究者將動物飼養於 12 小時光照：12 小時黑暗環境下，測得受測動物族群的平均活動次數 (average activity count)。光照開始於 6 點 (06:00)，光照結束於 18 點 (18:00)。

11. 如圖七，學者將原先生活於 12 小時光照：12 小時黑暗環境下的動物 (A: 光照開始於 06:00，光照結束於 18:00)，轉移到同樣是 12 小時光照：12 小時黑暗，但光照週期已經相移 (phase shift) 的環境 (B: 光照開始於 18:00，光照結束於 06:00)。以下哪一選項可能最接近轉移後的晝夜活動力模式？
- (A) 還是保有晝夜節律，且與轉移前的光照週期 (previous photoperiod regime) 同步
- (B) 還是保有晝夜節律，且與其所處的光照週期 (prevailing photoperiod regime) 同步
- (C) 還是保有晝夜節律，但其節律之週期將縮短至 12 小時
- (D) 活動力之晝夜節律將消失

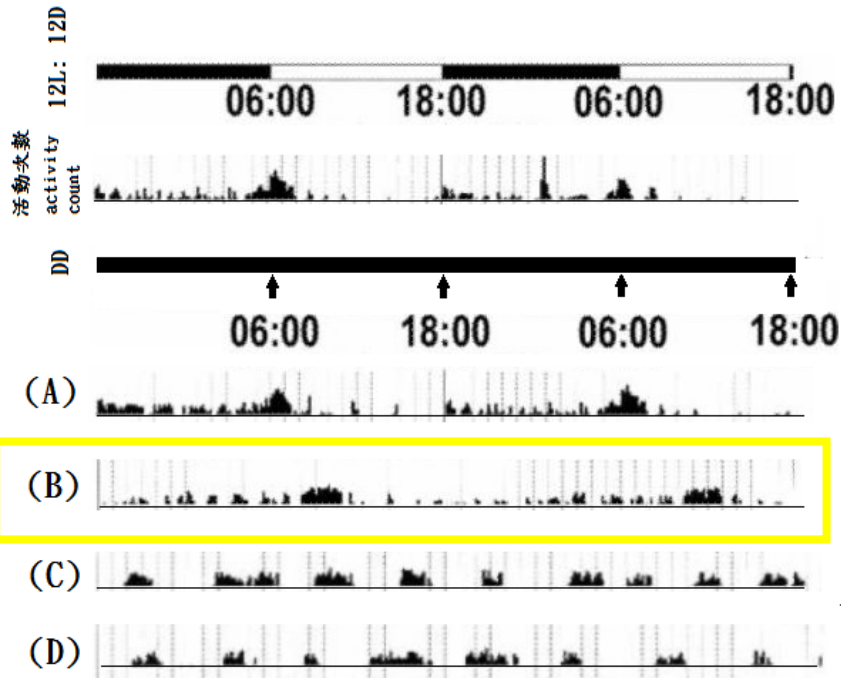


圖七：不同相的光照週期。

A: 光照開始於 06:00，光照結束於 18:00。

B: 光照開始於 18:00，光照結束於 06:00。

12. 這些學者進一步研究，將原先生活於 12 小時光照：12 小時黑暗環境下的動物 (12L: 12D) (光照開始於 06:00，光照結束於 18:00)，轉移到全暗的環境 (DD)，結果如下圖，以下哪一選項可能最接近兩天後該動物的晝夜活動力模式？



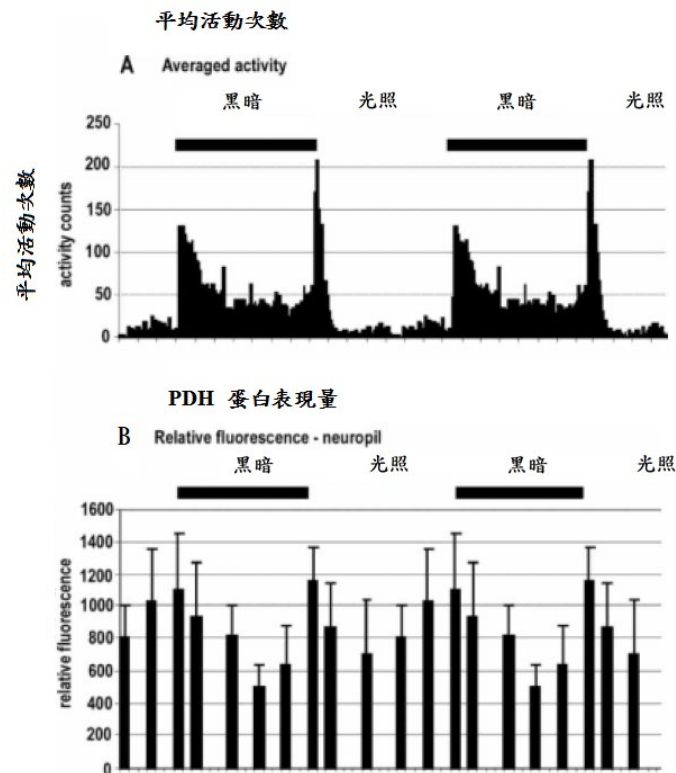
13. 根據你 (妳) 於 12 題的回答，你 (妳) 的推論是，轉移到全暗環境的動物，其晝夜活動力模式是？
- (A) 還是保有晝夜節律，且與外界日照週期同步
 - (B) 還是保有晝夜節律，但與外界日照週期不同步
 - (C) 晝夜節律將消失
 - (D) 晝夜節律之週期縮短至 12 小時

美洲螯蝦具有三個光感受系統 (photoreceptive system)，包括複眼 (compound eyes)、視網膜外腦光感受器 (extra-retinal brain photoreceptor)、尾部光感受器 (caudal photoreceptor)。根據學者的研究，將複眼與尾部光感受器摘除或燒灼後，只剩下腦光感受器的動物，尚保有活動力晝夜節律。

14. 以下哪一敘述最完整正確？
- (A) 複眼與尾部光感受器已退化，無法感光
 - (B) 當腦光感受器被燒灼後，複眼或尾部光感受器可取代腦光感受器之功能
 - (C) 即使是在全暗的環境下，腦光感受器的神經活性還是具有晝夜節律
 - (D) 腦光感受器與複眼或尾部光感受器沒有神經訊號的連結

15. 圖八是生活於 12L: 12D 環境下受測動物族群的平均活動次數以及腦光感受器神經纖維網中 PDH 蛋白表現量。以下哪一關於 PDH 的敘述最完整正確？

- (A) PDH 表現量沒有晝夜節律的現象
- (B) 若將動物轉移至全暗的環境中，PDH 表現量將會保持如圖八的模式
- (C) PDH 表現量不受光照週期的引導
- (D) PDH 是傳導光照週期訊息的分子



圖八：美洲螯蝦晝夜活動力模式與腦光感受器 PDH 蛋白表現量改變。
動物生活於 12L: 12D 環境下，所測得受測動物族群的平均活動次數 (A: Average activity) 以及腦光感受器神經纖維網中 PDH 蛋白表現量 (B: Relative fluorescence – neuropil)。

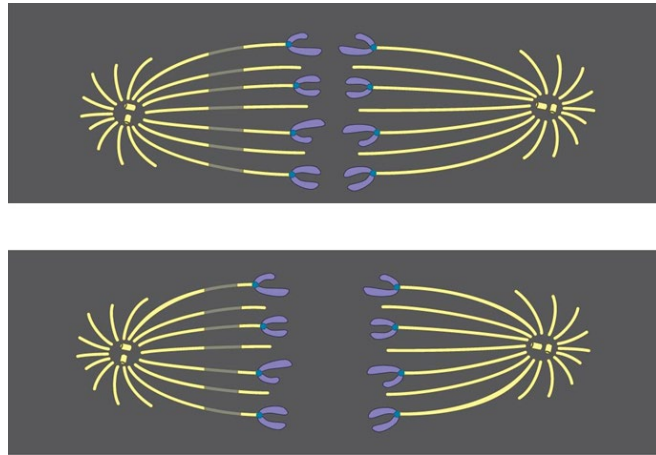
16. 微型 RNA (microRNA; miRNA) 以及小型干擾 RNA (small interference RNA; siRNA) 皆可以調控基因的表現，對於它們兩者下列敘述何者正確？
- 甲、皆是 RNA 聚合酶 III 製造
 - 乙、長度大約 300 鹼基
 - 丙、若與 target RNA 完全配對 (match) 則會讓 target RNA 水解
 - 丁、miRNA 可與 target RNA 不完全配對但是可以抑制蛋白質產生
 - 戊、主要作用在細胞核內進行
- (A) 乙丁戊
(B) 甲乙丁
(C) 甲丙戊
(D) 丙丁
17. 關於大腸桿菌中的 Klenow fragment 下列何者正確？
- 甲、具有 3'-5' 外切酶 (exonuclease) 活性
 - 乙、具有 5'-3' 外切酶 (exonuclease) 活性
 - 丙、具有 5'-3' 聚合酶 (polymerase) 活性
 - 丁、具有引子酶 (primase) 活性
 - 戊、具有解旋酶 (helicase) 活性
- (A) 乙丙丁
(B) 甲乙戊
(C) 丙丁
(D) 甲丙
18. 利用拓撲異構酶 (topoisomerase) 的抑制劑作用，則會產生下列何種現象？
- (A) RNA 聚合酶活性下降
(B) DNA 複製(replication)被抑制
(C) 胺基酸製造被抑制
(D) 核苷酸製造被抑制
19. DNA 代謝異常會引起許多疾病，其中嚴重複合型免疫缺乏症 (severe combined immunodeficiency; SCID) 是一種缺乏 T 細胞及 B 細胞的疾病，此疾病的病患必須生活在無塵無菌的環境下，請問此疾病由下列何者缺乏所造成？
- (A) 嘌呤核苷酸磷酸化酶 (purine nucleotide phosphorylase)
(B) 腺苷去胺酶 (adenosine deaminase)
(C) 黃嘌呤氧化酶 (xanthine oxidase)
(D) 轉胺酶 (transaminase)

20. 有關於細菌的 DNA 聚合酶 (polymerase)下列何者正確？
- 甲、DNA 聚合酶 I 具有 5'-3'外切酶 (exonuclease) 功能，具有移除 RNA 引子 (primer)
 - 乙、DNA 聚合酶 III 具有 5'-3'外切酶 (exonuclease) 功能，具有校正 (proofreading) 作用
 - 丙、DNA 聚合酶 II 負責製造領導股 (leading strand)
 - 丁、DNA 聚合酶 I 負責製造延遲股 (lagging strand)
 - 戊、DNA 聚合酶 III 有 5'-3'聚合的功能，具有複製 (replication) 作用
- (A) 甲丙戊
(B) 乙丙丁
(C) 乙戊
(D) 甲戊
21. 真核細胞進行蛋白質轉譯 (translation) 時，敘述下列何者錯誤？
- 甲、真核起始因子 3 (initiation factor 3; eIF3) 和 40S 核糖體 (ribosome) 結合形成前起始複合物 (preinitiation complex)
 - 乙、mRNA 會與 60S 核糖體 (ribosome) 結合再與其他蛋白結合開始進行轉譯
 - 丙、真核起始因子 2 (initiation factor 2; eIF2) 會與 GDP 結合後，在與 Met-tRNA_{met} 結合開始進行轉譯
 - 丁、延長因子 2 (elongation factor 2; GTP-EF2) 讓 peptide-tRNA 從 A site (accept or aminoacyl) 轉至 P site (donor or peptidyl)
 - 戊、GDP 結合的釋放因子 1 (release factor-1; RF-1) 會結合上終止密碼 (UAA, UAG 或是 UGA)讓轉譯停止
- (A) 甲丙丁
(B) 乙丙戊
(C) 甲乙戊
(D) 丙丁戊

22. 細菌在代謝乳糖 (lactose) 時會啟動乳糖操縱子 (lac operon)，下列關於乳糖操縱子何者正確？
- 甲、沒有乳糖存在，乳糖操縱子中的 β -半乳糖苷酶 (galactosidase) 會表現
 - 乙、在乳糖操縱子中，若 lac I 突變為 I⁻ (不會與 DNA 結合)，此時不加入乳糖，乳糖操縱子中的 β -半乳糖苷酶會表現
 - 丙、在有少量乳糖存在以及大量葡萄糖下，乳糖操縱子中的 β -半乳糖苷酶表現會最多
 - 丁、在乳糖操縱子中，若 lac O 突變為 O_c (不會與抑制者 repressor 結合)，此時不加入乳糖，乳糖操縱子中的 β -半乳糖苷酶會表現
 - 戊、在乳糖操縱子中，若 lac I 突變為 I⁺ (不會與乳糖結合)，此時加入乳糖，乳糖操縱子中的 β -半乳糖苷酶會表現
- (A) 丙丁戊
(B) 甲乙戊
(C) 乙丙丁
(D) 乙丁
23. 下列何者最能精準測出體內 DNA 代謝速率？
- (A) 尿酸 (uric acid)
(B) beta-胺基異丁酸 (β -aminoisobutyrate)
(C) 尿囊素 (allantoin)
(D) beta-丙胺酸 (β -alanine)
24. 遺傳性非息肉症大腸直腸癌 (hereditary nonpolyposis colon cancer, HNPCC) 是蛋白質突變所引起，這些蛋白質突變會造成 DNA 修復異常，請問 DNA 修復作用，下列何者正確？
- 甲、需要有甲基化來引導 DNA 切割
 - 乙、它們具有 N-糖基化酶 (glycosylase) 活性
 - 丙、它們可移除單一個錯誤的鹼基
 - 丁、它們可移除 1-5 個錯誤的配對
 - 戊、它們需要有外切酶幫忙作用
- (A) 丙戊
(B) 甲乙丁
(C) 乙丙戊
(D) 甲丁戊

25. 目前有許多的技術可以編輯 DNA，crispr/cas9 是最近被熱烈討論的技術，關於 crispr/cas9 之敘述下列何者正確？
- (A) 只能剔除 (knock out)，但無法插入 (knock in) 特定基因
 - (B) 當 guide RNA 跟 DNA 結合後，cas9 能切割雙股 DNA
 - (C) guide RNA 跟 DNA 結合約 10 個 base 即可且 off target (脫靶) 作用很低
 - (D) crispr/cas9 只有在哺乳類細胞才有作用
26. 甲跟乙兩位學生進行聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction; PCR)，反應後經由電泳分析，結果顯示甲生除了原本預計的 DNA 長度大小外，還有許多不同大小的 DNA 片段，但是乙生的電泳膠上並無任何 DNA 片段產生，請問下列何者正確？
- 甲、PCR 步驟依序為去活化 (denaturation)、延展 (elongation) 及黏合 (annealing)
 - 乙、一般的 Taq DNA 聚合酶沒有校正功能
 - 丙、在此實驗中，甲生可以提高，而乙生降低黏合溫度
 - 丁、在此實驗中，甲生可以降低，而乙生提高延展時間
 - 戊、在此實驗中，甲生可以降低，而乙生提高活化溫度
- (A) 甲丙戊
 - (B) 甲丁
 - (C) 乙丁戊
 - (D) 乙丙
27. 粒線體是一個細胞內能量來源的胞器之一，下列敘述何者錯誤？
- 甲、粒線體 DNA 複製由輕鏈的起始點開始順時針方向複製
 - 乙、粒線體 DNA 內包含兩個核糖體 RNA (ribosomal RNA)，可以幫助粒線體蛋白的轉譯 (translation)
 - 丙、粒線體內 DNA 複製不受細胞週期影響，可以自主性進行複製
 - 丁、粒線體上 DNA 複製是由 DNA 聚合酶 III 製造
 - 戊、粒線體上的 DNA 可以當作親子鑑定所用
- (A) 甲丙丁
 - (B) 乙丙戊
 - (C) 甲丁
 - (D) 乙戊

28. 科學家的研究中想探討染色體在有絲分裂過程中是如何朝向兩極移動，他們在紡錘體的一段微管上標示螢光記號，之後得到如圖九的實驗結果。請問根據實驗結果，你認為他們可以得到下列何項結論？

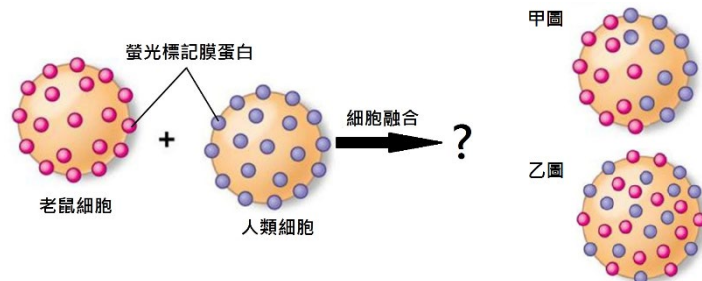


圖九：有絲分裂紡錘體實驗圖（圖片修改自：Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). *Biology: a global approach*. Boston: Pearson)

- (A) 染色體移動是因為紡錘體端點的微管縮短
 (B) 微管縮短是由著絲點的位置開始進行
 (C) 著絲點以及紡錘體端點的微管同時縮短
 (D) 著絲點與標記處間的微管長度沒有改變
29. 動物細胞進行有絲分裂過程中，會產生分裂溝 (cleavage furrow) 進行胞質分裂 (cytokinesis)，現今科學家使用某種方法使得細胞的胞質分裂功能產生異常，你認為最有可能觀察到何種情形？
 (A) 產生一個無核的細胞
 (B) 產生一個具有多個分裂溝的細胞
 (C) 產生一個多核的細胞
 (D) 產生一個比原先還要小的細胞
30. 真核細胞與原核細胞具有明顯的大小差異，一般而言真核細胞較原核細胞大上許多，請問最有可能的原因為何？
 (A) 原核細胞無法進行蛋白質合成功能
 (B) 真核細胞具有區隔不同功能的胞器結構
 (C) 真核細胞沒有運動構造 (鞭毛)，而無法任意移動，因此可生長得較大
 (D) 原核細胞具有細胞壁，而使得其生長受到限制

31. 高基氏體 (Golgi apparatus) 具有明顯的結構特性，一端稱為順面(cis face)，是高基氏體的接收位置，另一端稱為反面或是成熟面(trans face)，為高基氏體的傳輸位置。有一蛋白質透過高基氏體運送至細胞膜，今我們使用某種藥物阻斷高基氏體成熟面的功能，我們可能會觀察到何種現象？
- (A) 該蛋白質會在細胞膜大量堆積
 - (B) 該蛋白質會在高基氏體中大量堆積
 - (C) 該蛋白質會經由高基氏體的順面返回到內質網
 - (D) 該蛋白質會經由高基氏體的順面離開，但是會輸送到錯誤的地方
32. 溶體 (lysosome) 中包括了許多水解酵素 (hydrolytic enzymes)，今使用一染劑標定了某種水解酵素 X，你認為在什麼地方還有可能發現此染劑的蹤影？
- (A) 細胞核
 - (B) 核膜
 - (C) 內質網
 - (D) 粒線體
33. 便秘是現今常見的腸道症狀，便秘的成因有很多，其中之一是因水份攝取不足而導致糞便硬結，在治療上有時會給予含鎂鹽的鹽類瀉劑，藉以刺激腸道而出現腹瀉的現象，請問為何服用鎂鹽可以有效緩解便秘症狀？
- (A) 因為服用鎂鹽後，血液會成為高張狀態，水份會因滲透作用由腸道移入血液
 - (B) 因為服用鎂鹽後，血液會成為低張狀態，水份會因滲透作用由腸道移入血液
 - (C) 因為服用鎂鹽後，血液會成為高張狀態，水份會因滲透作用由血液移入腸道
 - (D) 因為服用鎂鹽後，血液會成為低張狀態，水份會因滲透作用由血液移入腸道

34. 科學家進行了一個膜蛋白實驗，如圖十所示，他們以兩種不同的螢光分別標定老鼠細胞及人類細胞上的膜蛋白，並且使兩種細胞融合，你認為經過一小時之後，他們可能會看到何種的結果且出現此結果的原因為何？



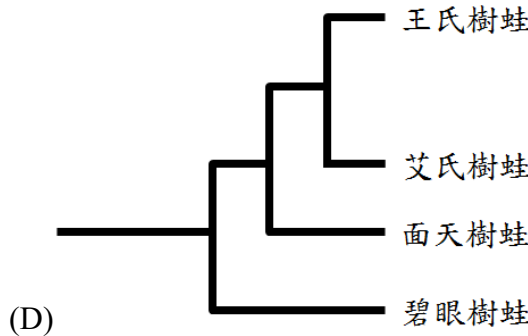
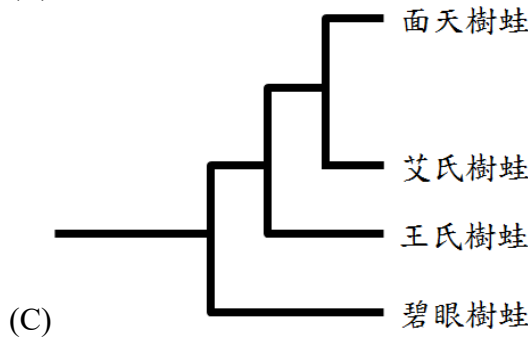
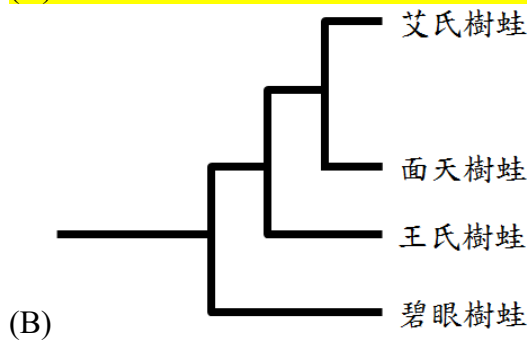
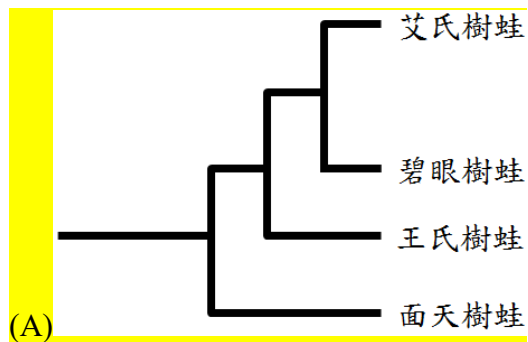
圖十：膜蛋白融合實驗示意圖（圖片修改自：Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). *Biology: a global approach*. Boston: Pearson)

- (A) 甲圖，人類細胞跟老鼠細胞所含有的膜蛋白彼此互斥無法融合
 (B) 甲圖，蛋白質太大無法任意移動，因此會停留在膜上的固定位置
 (C) 乙圖，因為生物膜具有流體性質，所以膜蛋白可進行移動
 (D) 乙圖，因為人跟老鼠都是哺乳類動物，所以膜蛋白上的螢光可互相轉移
35. 細胞膜上的蛋白質有著許多不同的功能，其中有些功能是免疫系統抵抗外來細胞的基礎。在正常情況下，細胞 X 會引發一系列的免疫防禦功能，促使細胞 X 被白血球吞噬，若將細胞 X 細胞膜上的某醣蛋白移除，細胞 X 就無法引發後續的免疫防禦功能，請問細胞膜上該醣蛋白具有哪一種重要的功能？
 (A) 細胞接合 (intercellular joining)
 (B) 運輸 (Transport)
 (C) 傳訊 (signal transduction)
 (D) 細胞辨識 (cell-cell recognition)
36. 下列有關青蛙的發育，哪一個敘述是正確的？
 (A) 青蛙的幼體(蝌蚪)在水中，多數用鰓和皮膚呼吸
 (B) 青蛙的成體在陸地，多數只能用肺呼吸
 (C) 青蛙的發育過程，是從蝌蚪(幼體)開始的
 (D) 蝌蚪逐漸變成青蛙，其心臟才發展成為兩心房一心室

37. 有關青蛙的生命現象，包括營養、生長、運動、感應、生殖等，下列各種生命現象的敘述，哪一個是正確的？
- (A) 青蛙體內一切化學活動，統稱為「代謝作用」，包括同化代謝及異化代謝兩大類。同化代謝又稱合成作用，將較小的分子轉變為生物體所需的物質，過程通常需要能量(需能反應)。例如：葡萄糖合成肝糖、單醣合成為澱粉
 - (B) 青蛙的配子發育，細胞會進行分裂、增大，同時細胞也進行分化，分化後的細胞會呈現各種不同的形態與構造，並具有特定的功能，成為具有特殊形態及功能的細胞
 - (C) 青蛙能對環境變化引起的刺激產生相對應的反應稱為「感應」，是生物求生存必須具備的能力。而刺激是指環境因子的變化，例如：物理性刺激，包含空氣、土壤、水分和酸鹼度等
 - (D) 青蛙會跳躍或游水等運動，這些運動是利用身體的特殊構造，可以因應環境變化的刺激來產生，達到逃避敵害、覓食或是生殖的目的
38. 交配季節時，雄蛙大聲鳴叫吸引雌蛙來到。兩棲類沒有交配器官，受精方式多為體外受精。為了使卵能夠順利受精，雄蛙往往抱在雌蛙的背上，以前肢夾緊雌蛙的腹部，促使牠排卵，然後再排精子使精子和卵結合成受精卵。下列有關青蛙生殖的敘述，哪一個是不正確的？
- (A) 雄蛙要爭取和雌蛙交配，所以雌蛙通常比雄蛙的數量少
 - (B) 雄蛙大聲鳴唱的時候，也很容易吸引到獵食者的注意
 - (C) 青蛙利用鼓膜來震動，放大聲波以吸引雌蛙
 - (D) 雄蛙在前肢大拇指的基部，有膨大的婚姻墊以抱住雌蛙
39. 岡田典弘教授的論文「Coelacanth genomes reveal signatures for evolutionary transition from water to land」(腔棘魚的全基因體排序揭示生物從海洋到陸地的演化過程)從腔棘魚的全基因體排序，發現生物陸化繁衍的關鍵聯結，是演化科學非常重要的發現。岡田教授團隊發現 *bmp7* 和 *gli3* 兩個基因，不存在於魚類，而只存在四足類。根據上文敘述，下列哪一個推論是不正確的？
- (A) *bmp7* 和 *gli3* 這兩個基因，可能存在於青蛙的基因中
 - (B) *bmp7* 和 *gli3* 這兩個基因，可能存在於鯨魚的基因中
 - (C) *bmp7* 和 *gli3* 兩個基因，不可能存在於蛇類的基因中
 - (D) 腔棘魚在動物的生命演化史上，可能是魚類與四足類的關鍵連結
40. 下列三種動物的演化歷史，哪一個是最有可能的先後順序？
- (A) 蠍螈→壁虎→青蛙
 - (B) 青蛙→蠍螈→壁虎
 - (C) 蠍螈→青蛙→壁虎
 - (D) 青蛙→壁虎→蠍螈

41. 「面天樹蛙」是台灣的特有種，廣泛分佈於台灣的西部中低海拔地區。「面天樹蛙」的外型和叫聲和「艾氏樹蛙」很像，所以先前一直被誤認為同一種，但因這兩種蛙類有不同的產卵方式，所以確定為不同種。請問下列哪一個是「面天樹蛙」正確學名的寫法？
- (A) *Kurixalus idiootocus*
 - (B) *Kurixalus idiootocus*
 - (C) *Kurixalus Idiootocus*
 - (D) *Kurixalus Idiootocus*

42. 新種樹蛙「王氏樹蛙」及「碧眼樹蛙」都是台灣特有種，過去都被認為是 1895 年命名發表的「艾氏樹蛙」。經過 121 年，研究團隊透過比較解剖、幼生發育形態特徵、鳴叫聲分析、分子親緣暨族群遺傳學等研究證據，在 2016 年終能確認這兩個物種與「艾氏樹蛙」的差異。生態習性方面，「王氏樹蛙」及「碧眼樹蛙」喜好產卵於積水的樹洞中，蝌蚪以雌蛙產下的未受精卵為食，雌雄親代皆有護幼行為，這些生殖行為特徵與「艾氏樹蛙」相似(From ZooKeys, 2016)。請問根據上題與本題的文字敘述，下列哪一個親緣關係圖最有可能呈現四種樹蛙的關係？



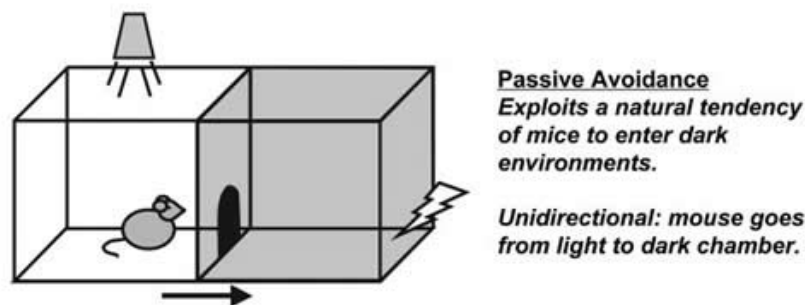
43. 「王氏樹蛙」、「碧眼樹蛙」與「艾氏樹蛙」的生殖行為特徵相似，但這三種樹蛙的主要繁殖季節不同，雄蛙於繁殖求偶時的鳴叫聲也有顯著差異。地理分布上，「王氏樹蛙」的棲息範圍非常局限，僅分布於恆春半島的低地森林；「碧眼樹蛙」則分布於東部地區，中央山脈東南側與海岸山脈南段的中、低海拔森林，而「艾氏樹蛙」全島廣泛分布。請問下列哪一個推論最不可能？
- (A) 新發現的兩種樹蛙，凸顯台灣生態與生物相的可貴與獨特性。
 - (B) 台灣複雜的地貌、棲地與地質史等因子，促成台灣島生物多樣性高的主要原因。
 - (C) 王氏樹蛙、碧眼樹蛙與艾氏樹蛙生殖行為相近，是趨同演化的結果。
 - (D) 多數的青蛙是肉食性的，但蝌蚪是草食性，通常吃水中的藻類、細嫩水生植物或是腐葉，但上述三種樹蛙的蝌蚪都不是草食性。
44. 許多蛇類會以青蛙為食物，當它們吃完青蛙消化之後，就會把殘餘物與含氮廢物一起排出體外。請問下列哪一種動物排泄殘餘物與含氮廢物的器官是不一樣的？
- (A) 鮪魚
 - (B) 鯊魚
 - (C) 鸚鵡
 - (D) 攀木蜥蜴
45. 青蛙的主食大部分是昆蟲，請問下列有關昆蟲的敘述，哪一個是正確的？
- (A) 昆蟲是節肢動物門、甲殼綱、六足目的動物
 - (B) 昆蟲長大會蛻皮更換舊表皮，會將腸、氣管、貯精囊之角質內膜都蛻掉
 - (C) 昆蟲具有相互結抗的伸肌和屈肌附在外骨骼上，以伸縮附肢
 - (D) 昆蟲的完全變態，其生活史包括卵、幼蟲、成蟲
46. 青蛙的主食除了昆蟲之外，其他還包括蛞蝓等等小動物，請問下列哪一種動物的“親緣關係”和蛞蝓最接近？
- (A) 水蛭
 - (B) 渦蟲
 - (C) 蚯蚓
 - (D) 蝸牛

【題組】

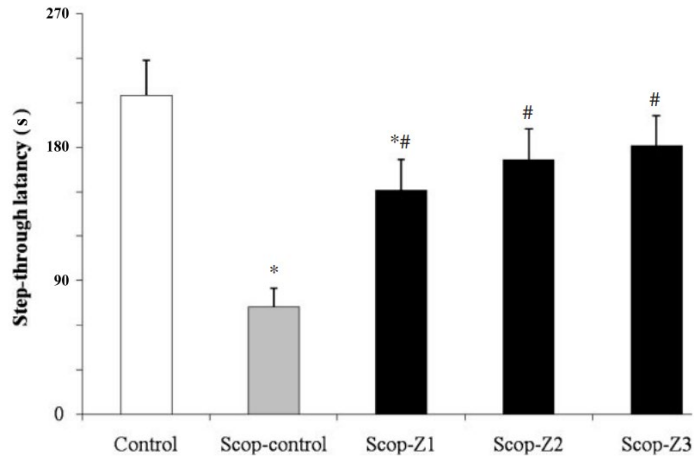
請根據下列敘述，請回答 47-50 題。玉米素 (zeatin) 是一種分子結構為腺嘌呤 (adenine) 衍生物的植物生長激素 (plant-growth hormones)，最早由未成熟玉米 (*Zea mays* L.) 種子的胚乳中分離出來，常被應用於促使側芽生長及防止蔬菜葉片變黃等。雖然玉米素是植物激素，近來科學家也嘗試探討玉米素對於學習記憶障礙的影響。

動物的學習記憶行為可用老鼠被動迴避實驗 (passive avoidance test) 來測試，被動迴避實驗主要在穿梭箱 (shuttle box) 中進行。穿梭箱分為兩個隔間，一邊明、一邊暗 (如圖十一)，中間以自動升降門隔開；每次實驗一開始老鼠會被放置在明箱，當老鼠進入暗箱後自動門就會關閉，老鼠在暗箱中會遭遇無法躲避的電擊刺激；學習記憶行為實驗會紀錄老鼠停留在明箱的時間，稱為步入潛伏期 (step-through latency)；若老鼠在訓練時學習到電極刺激經驗，那麼在後續實驗中表現出的步入潛伏期則會較長 (逃避進入暗箱)。

目前科學界有幾個不同的假說試著解釋學習記憶障礙的成因，其中一個是膽鹼性假說 (cholinergic hypothesis)，主張學習記憶障礙是由於神經系統中神經傳遞物質乙醯膽鹼 (acetylcholine) 減少所致。在探討玉米素對於學習記憶障礙的影響實驗中，科學家先分別以含不同濃度 (0.002%、0.004% 及 0.008%) 玉米素之飲用水及一般飲用水處理老鼠長達 21 天後，再將老鼠進行皮下注射東莨菪鹼 (scopolamine; scop)，接著讓老鼠進行被動迴避實驗，結果如圖十二。



圖十一



Control: 一般飲用水+生理食鹽水注射

Scop-control: 一般飲用水+Scop 注射

Scop-Z1: 0.002%玉米素+Scop 注射

Scop-Z2: 0.004%玉米素+Scop 注射

Scop-Z3: 0.008%玉米素+Scop 注射

圖十二

47. 玉米素是屬於哪一類的植物激素？

- (A) 生長素 (Auxins)
- (B) 吉貝素 (Gibberellins)
- (C) 細胞分裂素 (Cytokinins)
- (D) 茉莉酸 (Jasmonates)

48. 在植物的組織培養過程中，若培養基中加入較多玉米素，則癒合組織會：

- (A) 不分化
- (B) 長成完整植株
- (C) 長根不長芽
- (D) 長芽不長根

49. 實驗中，東莨菪鹼 (scopolamine) 的作用為：

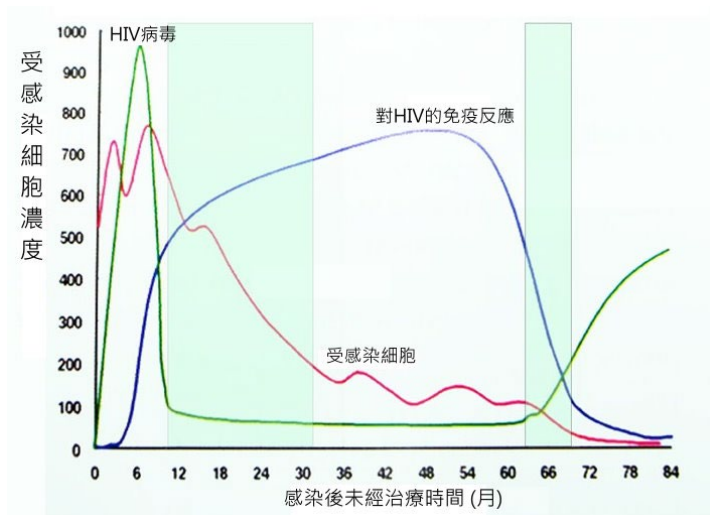
- (A) 增加膽鹼性 (cholinergic) 神經的活性，減少學習記憶障礙
- (B) 降低膽鹼性 (cholinergic) 神經的活性，造成學習記憶障礙
- (C) 增加膽鹼性 (cholinergic) 神經的活性，造成學習記憶障礙
- (D) 降低膽鹼性 (cholinergic) 神經的活性，減少學習記憶障礙

50. 依據實驗結果推論，若將老鼠進行解剖，經過玉米素處理的老鼠體內發生何種現象為合理？

- (A) 突觸前神經細胞乙醯膽鹼接受器增加
- (B) 突觸後細胞鈣離子通道增加
- (C) 膽鹼乙醯轉移酶 (choline acetyltransferase) 的活性抑制
- (D) 乙醯膽鹼酯酶 (acetylcholinesterase) 的活性抑制

【題組】

根據下列敘述，請回答 51-53 題。「人類免疫缺乏病毒 (human immunodeficiency virus, HIV)」是引起 AIDS 的病原體，它能逃避及攻擊後天性免疫反應，一旦進入人體內，HIV 就會以相當高的效率感染，下圖為未經治療之 HIV 感染的進程。



51. HIV 病毒主要會專一性感染細胞膜上具何種分子的細胞？

- (A) 第一型 MHC 分子
- (B) 第二型 MHC 分子
- (C) CD4 分子
- (D) CD8 分子

52. 一般在 HIV 感染初期及潛伏期時，临床上並無病徵出現，此時期可如何採樣與檢測，以判斷病人是否已被感染？

- (A) 採取口腔黏液直接測定 HIV 的存在
- (B) 採取口腔黏液直接測定抗 HIV 抗體的存在
- (C) 採取血液直接測定 HIV 的存在
- (D) 採取血液直接測定抗 HIV 抗體的存在

53. 種系發生分析顯示，HIV 是由會感染黑猩猩及其他靈長類的病毒嫡傳而來，有關於 HIV 何時跳躍散佈至人類宿主一直是令人好奇的問題。科學家使用分子時鐘 (molecular clocks) 去鑑定人類感染 HIV 的起源時間，藉由比較流行期不同時間的 HIV 病毒樣本基因序列，推測出 HIV 病毒株最早散播至人類是在 1930 年代。請問下列哪一種現象，會妨礙分子時鐘的準確性？
- (A) 突變作用 (mutation)
 - (B) 定向天擇作用 (directional selection)
 - (C) 反轉錄作用 (reverse transcription)
 - (D) 轉錄作用 (transcription)

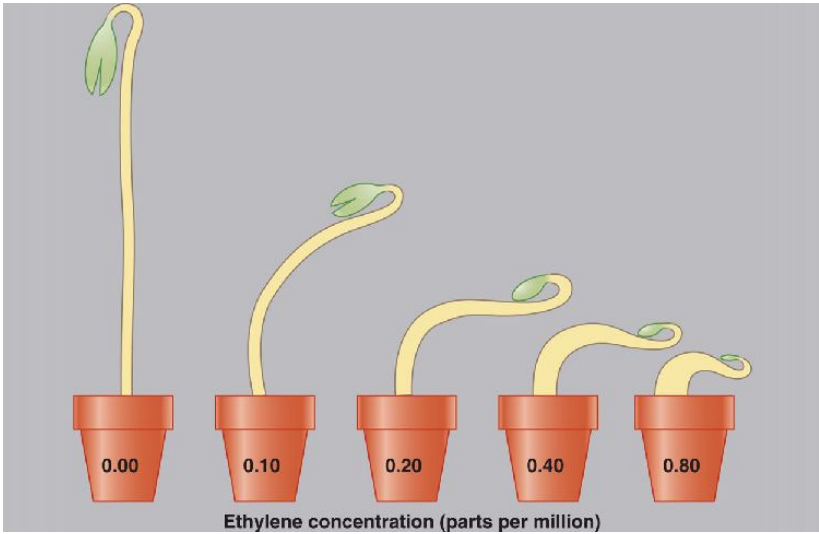
【題組】

根據下列敘述，請回答 54-55 題。體液滲透的恆定受到精密的調控，試回答以下問題：

54. 喝酒所引起之排尿量增加，是由於以下何者緣故？
- (A) 醛固酮 (aldosterone) 的分泌量增加
 - (B) 腎素 (renin) 分泌受到抑制
 - (C) 抗利尿激素 (ADH) 的釋放受到抑制
 - (D) 遠曲小管對水分再吸收的速率增加
55. 抗利尿激素的訊息傳遞，與下列何者有關？
- (A) cAMP
 - (B) Ca^{2+}
 - (C) IP3
 - (D) NO

【題組】

根據下列敘述，請回答 **56-57 題**。乙烯又稱為逆境激素，因為植物在面臨乾旱、淹水、機械壓力、傷害、感染等逆境皆會產生乙烯來回應。科學家發現對於正常生長的幼苗施加乙烯，會誘發所謂「三重回應 (triple response)」，分別是：減緩莖的延長、莖的加粗 (使之強壯)、以及莖彎曲而呈平行生長 (如下圖)；當乙烯激發的作用逐漸降低時，莖則恢復直立生長。阿拉伯芥有不同的突變株，分別為：(1) 野生型 (wild type)、(2) 乙烯不敏感株 (ein) --施加乙烯後無三重回應、(3) 乙烯過量株 (eto) --乙烯合成調控有缺陷導致產生乙烯速率是正常的 20 倍、(4) 三重回應株 (ctr) --持續表現三重回應，不會對乙烯合成抑制物有回應。



56. 若科學家以這四種突變株進行添加乙烯或乙烯合成抑制劑的處理，請問各會有什麼表現？請依據推測結果在表格內填入+、—符號（+：表現三重回應、—：不表現三重回應）。（答案請填寫於答案卷中，填答在此不計分）

	對照組	添加乙烯	添加乙烯合成抑制劑
野生型	—	+	—
乙烯不敏感株 (ein)	—	—	—
乙烯過量株 (eto)	+	+	—
三重回應株 (ctr)	+	+	+

57. 如果科學家發現在 ctr 突變株中，受影響的基因負責的是一種蛋白激酶(K)的編碼，此突變株無法轉譯出(K)，而表現三重回應的蛋白質為 (P)。在正常植株中，乙烯、(K)、與 (P)三者之間可能的調控情形為何？ (+:促進； -:抑制)

(A) 乙烯 $\xrightarrow{+}$ K $\xrightarrow{+}$ P

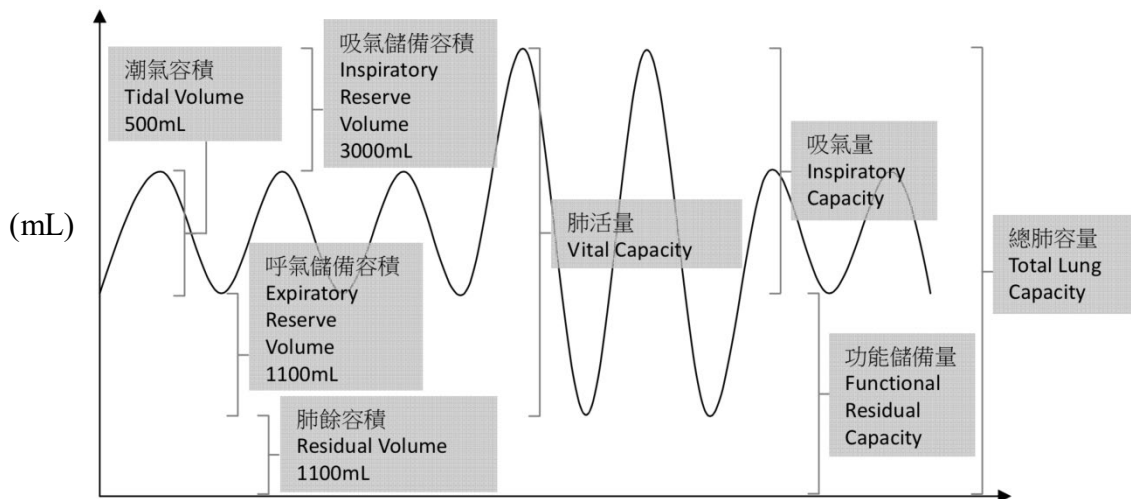
(B) 乙烯 $\xrightarrow{+}$ K $\xrightarrow{-}$ P

(C) 乙烯 $\xrightarrow{-}$ K $\xrightarrow{+}$ P

(D) 乙烯 $\xrightarrow{-}$ K $\xrightarrow{-}$ P

【題組】

根據下列敘述，請回答 58-60 題。下圖為肺容積曲線。



潮氣容積：每次平靜呼吸時吸入或呼出的空氣量。

吸氣 (呼氣) 儲備容積：正常吸氣 (呼氣) 之後再用力吸氣 (呼氣) 所多吸入 (呼出) 的氣體容量。

肺功能儲備量：呼氣儲備容積和肺餘容量之和。就是在正常呼吸時，呼氣後存留於肺臟的氣體量。

肺中的氣體交換是在肺泡處進行，氣管中也含一定容量的空氣，但無氣體交換發生，此空間稱為解剖上的死腔 (dead space)。因此每次吸氣，新鮮空氣進入全部肺泡的容積，等於潮氣容積減去解剖上的死腔。每分鐘進入肺泡新鮮空氣的全部體積稱為肺泡通氣量 (ml/min)，會隨呼吸速率改變。試回答下列問題。

58. 若甲先生的肺泡通氣量為 4500 ml/min，而呼吸速率為每分鐘 13 次，潮氣容積為 500 ml，肺餘容積為 1100 ml，吸氣儲備容積為 3000 ml，呼氣儲備容積 1100 ml，則死腔的體積及肺活量應為多少 mL？
 (A) 154、4600
 (B) 154、6200
 (C) 2400、4600
 (D) 2400、6200
59. 若乙小姐跌倒時，不幸造成肋骨間的破洞，形成嚴重氣胸 (pneumothorax)，此時乙小姐的潮氣容積及肺功能儲備與正常情況相比，分別有何變化？
 (A) 變大、變大
 (B) 變大、變小
 (C) 變小、變大
 (D) 變小、變小
60. 慢性阻塞性肺疾病 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD) 是「一種呼吸道通氣障礙，通常與呼吸道發炎反應有關，主要原因為肺暴露在有害的空氣粒子」。肺因為長期接受空氣中的有害粒子，導致呼吸道產生發炎性反應，發炎細胞增加，釋放許多發炎介質及蛋白酵素，刺激腺體細胞產生痰液，病人於是會有慢性咳痰的現象，蛋白酵素破壞肺泡間質彈性組織，於是肺的彈性伸縮功能被破壞，氣體容易進不容易出，肺泡容積變大，於是吸進的空氣量越來越小。當罹患阻塞型肺疾病時，下列那一肺容積的量測值會較健康人大？
 (A) 潮氣量
 (B) 吸氣儲備容積
 (C) 吐氣儲備容積
 (D) 肺餘容積
61. 人體的腺體細胞和神經細胞中，下列何者會不相同？
 (A) ATP 的結構
 (B) DNA 的構造
 (C) RNA 的量
 (D) 染色體的數目
62. 下列有關「重組 DNA」的敘述，何者正確？
 (A) 外源基因只可以選取人工合成的基因
 (B) 酵母菌染色體可作為載體
 (C) 必須以相同的限制酶切割外源基因與載體
 (D) 利用 DNA 聚合酶連接外源基因 DNA 與載體 DNA 片段

63. 某人的左右心室分隔不完全，下列關於此人的生理敘述，何者正確？
- (A) 心室收縮時血液容易倒流入心房
 - (B) 心室舒張時動脈內的血液容易倒流入心室
 - (C) 充氧血和減氧血容易混在一起，不宜劇烈運動
 - (D) 充氧血和減氧血容易混在一起，不宜接受輸血
64. 新聞常報導 CO 中毒事件，這是因為吸入過多的 CO 後，在體內會造成下列何種情形？
- (A) 血液中的血紅素被分解
 - (B) 血液的運氧量下降
 - (C) 血液的 CO₂ 運輸效率增加
 - (D) 會與呼吸酵素結合使呼吸酵素失去作用
65. 下列哪些敘述不是肺泡的特點？
- (A) 具肌肉可擴大或縮小
 - (B) 充滿微血管
 - (C) 使氣體交換表面積變大
 - (D) 潮溼的表面
66. 下列關於保護身體的防線之敘述，何者錯誤？
- (A) 皮膚外層有角質化的細胞可防微生物穿過
 - (B) 皮膚內的汗腺分泌物可降低皮膚表面的 pH 值，具抗菌的能力
 - (C) 唾液、淚液中含溶菌酶，有殺菌的功能
 - (D) 吞噬細胞可藉變形運動自由進出動脈、靜脈及微血管的管壁
67. 下列關於體液免疫與細胞媒介免疫的敘述，何者正確？
- (A) 體液免疫針對特定抗原為非專一性反應，但是細胞媒介免疫為專一性反應
 - (B) 僅有細胞媒介免疫表現免疫的記憶性
 - (C) 細胞媒介免疫無法獨自完成，通常必須由體液性免疫先致活
 - (D) 體液免疫主要對抗游走的抗原，而細胞媒介免疫則對抗已被病原體入侵的體細胞

68. 臺灣有許多婦女因患有子宮肌瘤而切除子宮。對於這些婦女而言，下列敘述何者正確？
- (A) 不能排卵，月經失調，第二性徵正常
 - (B) 正常排卵，月經正常，第二性徵不正常
 - (C) 正常排卵，月經失調，第二性徵正常
 - (D) 不能排卵，月經正常，第二性徵正常
69. 下列關於肺泡和腎元的比較，何者正確？
- (A) 流入肺泡和腎元的血液皆為減氧血
 - (B) 體內的水也可由肺泡離開身體
 - (C) 兩者皆可排泄含氮廢物
 - (D) 兩者皆可做規律性的膨脹和收縮
70. 熱帶雨林是陸地上生物種類最為繁盛多樣的生態系，分布於赤道南北緯約 10° 內。下列有關熱帶雨林生態系的敘述，何者有誤？
- (A) 熱帶雨林月與月之間的溫度的變化很小
 - (B) 有機物含量多，雨林的土壤通常較為肥沃
 - (C) 雨林地景中的優勢樹種為喬木
 - (D) 大部分的雨林植物需要依賴動物完成授粉
71. 海洋深海處沒有光線，但是此深度的魚類與無脊椎動物卻具有眼睛；相反的在黑暗洞穴中的魚類卻是眼部退化的。試問最可能使深海魚維持眼睛功能的原因為何？
- (A) 相較洞穴魚，深海魚能垂直向上游動，仍有接觸光線的機會
 - (B) 深海魚眼睛特化成具有接受其他刺激源的功能，如水壓或鹽度
 - (C) 眼睛有無為深海魚求偶一重要的性徵，因此受性擇而留下
 - (D) 大部分深海生物會發出生物性螢光，眼睛仍有接收光線的必要
72. 擬態是生物增加個體或族群存活率的生存策略之一，常見的擬態類型有繆氏擬態 (Müllerian mimicry) 與貝氏擬態 (Batesian mimicry)，請問下列何種生物組合是屬於繆氏擬態？
- (A) 珊瑚蛇—猩紅王蛇
 - (B) 樺斑蝶—虎斑蝶
 - (C) 食蚜蠅—蜜蜂
 - (D) 橙端粉蝶幼蟲—蛇

73. 真社會性的生物，具有極為複雜、有階級的社會行為，而常見的真社會性生物有螞蟻、蜜蜂等。試問下列何者較不可能是真社會性生物會出現的特性？
- (A) 個體分成無繁殖力與繁殖力的階級
 - (B) 超過一個世代共同生活的個體
 - (C) 共同照顧族群內幼小的個體
 - (D) 繁殖型個體鮮少有播遷行為
74. 外來種，指的原來在當地沒有自然分布，經由人為引進的物種。其中會破壞生態環境，甚至造成人類經濟損失的物種稱為「入侵種」。下列有關於部分台灣入侵種生物的敘述，何者正確？
- (A) 入侵紅火蟻原生於非洲剛果河流域，被其螫咬會引發如火燒般的疼痛感
 - (B) 福壽螺常見於台灣稻田之中，生長速度快，生殖期會將卵塊產於水面下
 - (C) 非洲大蝸牛喜好潮濕，常於夜間雨後出沒，體內可能帶有廣東住血線蟲
 - (D) 布袋蓮生長快速，易佈滿整片水塘影響生態，在台有「綠色癌症」之稱
75. 寄生是自然界中常見的一種共生行為，分為「寄生」與「擬寄生」兩種。而兩者之間最大的差異在於：「寄生」的生物個體成熟後不會直接殺死寄主，而「擬寄生」則否。試判斷下列組合屬於「擬寄生」？
- (A) 中華肝吸蟲—人類
 - (B) 麥角菌—蝙蝠蛾幼蟲
 - (C) 菟絲子—豆科植物
 - (D) 瘧原蟲—瘧蚊
76. 氮循環是指在自然界中氮元素及含氮化合物之間的轉換，並在生物之間流轉的過程。下列有關氮循環的敘述，何者有誤？
- (A) 固氮作用會受到環境條件的影響，例如溫度、土壤 pH 值
 - (B) 有些種類的地衣能夠進行固氮作用
 - (C) 脫氮作用需要在氧氣充足的條件下進行
 - (D) 硝化作用是指生物將 NO_2^- 轉變為 NO_3^-
77. 哈迪—溫柏格定律(Hardy-Weinberg principle)常用於描述群體中等位基因頻率以及基因型頻率之間的關係。但是此定律並不是在任何情況下都適用的，所以此定律有「假設條件」，試問下列何者哈迪—溫柏格定律的假設條件有誤？
- (A) 族群內的個體之間必是隨機交配的
 - (B) 在族群之內不能有突變的發生
 - (C) 族群規模宜小，不宜過大
 - (D) 各基因型具有相同的存活、繁殖率

78. 台灣境內與境外的野生動物，依據其族群數量與保護等級，可以分為瀕臨絕種保育類、珍貴稀有保育類及其他應予保育類三大類。下列何者不屬於台灣目前的保育類動物？
- (A) 石虎(*Prionailurus bengalensis*)
 - (B) 諸羅樹蛙(*Rhacophorus arvalis*)
 - (C) 盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)
 - (D) 寬尾鳳蝶(*Agohana maraho*)
79. 小林是一名新手生態調查員，利用了一年的時間到了幾個國家公園進行調查，並寫下了觀察紀錄。請根據以下的敘述，找出小林觀察紀錄中不可能出現的字句。
- (A) 雪霸國家公園：...高山林立，地勢險峻。有櫻花鉤吻鮭的族群出現...
 - (B) 台江國家公園：...觀察到了楚南氏山椒魚的蹤跡，是今天的第二個發現...
 - (C) 玉山國家公園：...山羌從眼前的樹林竄出。發現了台灣黑熊的排遺痕跡...
 - (D) 東沙環礁國家公園：...島上動植物種類較稀少。海中有許多熱帶性藻類...
80. 近年來空氣中的懸浮微粒中的 PM 2.5 對健康的危害已引起世界各國關注。請問下列有關 PM 2.5 的敘述何者並不正確？
- (A) 此懸浮微粒特性之一為吸附力強
 - (B) 鉻、鉛、砷等重金屬也可能是 PM 2.5 成分
 - (C) 指空氣中的固態微粒或與液滴混和之物質
 - (D) 此懸浮微粒特性之一為沉降速度快
81. 2016 年諾貝爾生理醫學獎頒給發現「細胞自噬」機制 (autophagy) 的大隅良典 (Yoshinori Ohsumi) 教授，以表彰他利用模式生物突變釀酒酵母菌 (*Saccharomyces cerevisiae*) 細胞，研究細胞自噬清除和回收細胞內的物質機制的貢獻。請問下列有關「模式生物」的特性之敘述何者並非必需條件？
- (A) 容易培養，生活史清楚
 - (B) 基因體相對較小或基因體易解序
 - (C) 世代間隔短，能生產大量子代
 - (D) 棲地廣泛，易於採樣

82. 2016 年九月美國的跨國農業生物技術公司孟山都透露，他們已跟麻省理工學院和哈佛大學 Broad 研究機構達成協議，獲得使用 CRISPR-CAS 基因編輯技術的授權許可，讓人們再度對基因改造生物 (GMOs) 議題做出熱烈討論。下列關於「基因改造生物」的特性，何者不正確？
- (A) GMOs 由於是人工造成的生物，故不受天擇
 - (B) GMOs 是 Genetically Modified Organisms 的縮寫
 - (C) 以嫁接方法提高品質的水果不屬於 GMOs
 - (D) GMOs 除了植物外，也可能包含動物
83. 生態足跡 (Ecological footprint)，又稱為生態足印，係用以衡量人類對地球生態系與自然資源的需求的一種分析方法。請問生態足跡使用下列哪一種單位作為衡量的指標？
- (A) 貿易出口量
 - (B) 人口成長率
 - (C) 農地使用率
 - (D) 土地面積
84. 日前媒體報導國外近年來已出現能抵擋克痢黴素 (colistin) 的超級細菌，它身上帶有武功高強的「MCR-1」基因。請問造成這現象主要的原因為何？
- (A) 細菌為無性繁殖族群生長快速，可補充被殺抗生素殺死之族群
 - (B) 細菌品系間發生種內競爭
 - (C) 細菌受到克痢黴素誘導基因重組，導致有利突變發生
 - (D) 克痢黴素淘汰了無抗藥性的細菌
85. 演化學之研究者常會藉由製作親緣關係樹 (phylogenetic tree) 來了解物種間親源關係的遠近。請問下列有關親緣關係樹敘述何者正確？
- (A) 以形態特徵比較所繪製的演化樹，與根據 DNA 序列資訊所做演化樹樹形均一致
 - (B) 研究者常用 DNA、蛋白質、脂質等資訊來繪製分子演化樹
 - (C) 利用不同物種間「祖徵」及「衍徵」的比較，可以建立起親緣關係樹
 - (D) 以胞器基因體序列比較所繪製的演化樹，與根據細胞核基因序列資訊所做出之演化樹樹形均一致
86. 物種的演進與共存的過程對於生物多樣性非常重要，在物種演化上造成族群內遺傳變異最初的來源為下列何者？
- (A) 基因重組 (recombination)
 - (B) 基因移位 (translocation)
 - (C) 基因突變 (mutation)
 - (D) 基因重複 (duplication)

87. 海洋生態系是海洋中由生物群落及其環境相互作用所構成的自然系統，然而下列何者並非是海洋生態系中特有的生物？

- (A) 刺胞動物門
- (B) 櫛板動物門
- (C) 腕足動物門
- (D) 棘皮動物門

88. 表型可塑性 (phenotypic plasticity) 簡單來說可以定義為同一基因型受環境的不同影響而產生的不同表型，其中也包含了生理上的適應。請問以您對以下臺灣魚類的了解，哪一種魚類對環境鹽度變化的忍受度較寬廣？

- (A) 大青彈塗魚 (*Scartelaos gigas*)
- (B) 臺灣間爬岩鰕 (*Hemimyzon formosanum*)
- (C) 櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*)
- (D) 明潭吻蝦虎 (*Rhinogobius candidianus*)

89. 生質能泛指所有有機物，其應用方式為經由各式自然或人為化學反應，將其中蘊含之化學能釋出，轉化為供人類使用之熱能。其中釀酒酵母菌 (*Saccharomyces cerevisiae*) 常應用於生質能源的研究中，下列何者不是其特點？

- (A) 耐鹽能力強
- (B) 基因體序列已解序完成
- (C) 容易進行基因改造
- (D) 容易培養

90. 生身為臺灣人，不可不知臺灣事。請問下列臺灣的生物中，何項目前不屬於行政院農業委員會公告保育類野生動物？

- (A) 中華白海豚 (*Sousa chinensis*)
- (B) 臺灣狐蝠 (*Pteropus dasymallus formosus*)
- (C) 大冠鷲 (*Spilornis cheela*)
- (D) 貢德氏赤蛙 (*Rana guentheri*)

91. 我國現代農業以「三生三化」導向永續經營，內涵概以發展農業、建設農村、照顧農民、促進農業的永續發展為目標。下列何項不屬於「三生三化」？

- (A) 農業生科精準化
- (B) 農業生產企業化
- (C) 農村生態自然化
- (D) 農民生活現代化

【題組】

根據下列敘述，請回答 **92-105 題**。除了人類之外，共有三種動物具有農業行為：養菌螞蟻、養菌白蟻與養菌甲蟲。這三類昆蟲都種植真菌並以真菌的菌絲為主要食物，而其中生物學家了解得最多的是養菌螞蟻的農業行為。養菌螞蟻全都生長於美洲大陸，目前已經被發現約 230 種，在分類上他們屬於家蟻亞科 (Myrmicinae) 中的養菌蟻族 (Attini) (族是低於亞科，高於屬的分類單位)，共分為 15 個屬。昆蟲學家依照螞蟻的化石紀錄與支序分析結果，推估養菌螞蟻和它們的農業行為最早約出現於五千萬年前的美洲熱帶地區，這時候美洲大陸已經與歐亞大陸分離，因此歐亞大陸迄今沒有種植真菌的螞蟻。

共生真菌是養菌螞蟻生存所必需的，因此舊蟻巢的處女蟻后在離開母巢進行婚飛時，口中都攜帶著一小團真菌細胞，作為新蟻巢種植真菌的種源，共生真菌則也藉由螞蟻的這種行為，以無性生殖的方式傳播到新蟻巢。雖然昆蟲學家認為養菌螞蟻在演化上只有一個起源，所有現生的養菌螞蟻種類都演化自五千萬年前的共同祖先，目前的研究結果卻發現它們的共生真菌來自多個起源，在分類上並不屬於單一個類群。依照共生真菌種類的不同，以及共生行為上的差異，昆蟲學家將螞蟻的農業型態分為以下五類：

- I. 低等農業 (Lower Agriculture) 約 76 種養菌螞蟻屬於這一類，它們的蟻巢比較小，蟻巢中的個體數較少(數百至數千隻工蟻)，工蟻只有一種大小、蟻后通常只交配一次。它們的共生真菌都是屬於擔子菌綱 (Basidiomycota)、傘菌目 (Agaricales)、環柄菇科 (Leptotaceae)、白鬼傘菌族 (Leucocoprineae) 的腐生傘菌，螞蟻蒐集腐敗的植物枝葉、果實、毛蟲的排泄物作為培養真菌的基質，而共生真菌則可以脫離螞蟻，在野外環境中獨自生長。
- II. 珊瑚菌農業 (Coral Fungus Agriculture) 這一類養菌螞蟻都屬於 *Apterostigma* 屬，共約 34 種，蟻巢中的個體數較少 (數百至數千隻工蟻)，工蟻只有一種大小、蟻后通常只交配一次。它們種植的真菌屬於擔子菌綱 (Basidiomycota)、傘菌目 (Agaricales)、雨瑚菌科 (Pterulaceae) 科的腐生傘菌，螞蟻蒐集腐敗的植物枝葉、果實、毛蟲的排泄物作為培養真菌的基質，而共生真菌也可以脫離螞蟻，在野外環境中獨自生長。
- III. 酵母菌農業 (Yeast Agriculture) 這一類養菌螞蟻都屬於 *Cyphomyrmex* 屬，共約 18 種，蟻巢中的個體數較少 (數百至數千隻工蟻)，工蟻只有一種大小，蟻后通常只交配一次。它們種植的真菌也是屬於白鬼傘菌族的腐生傘菌，螞蟻蒐集毛蟲的排泄物作為培養真菌的基質，但是這一小群真菌在與螞蟻共生時是以酵母菌的單細胞型態生長，脫離螞蟻在野外獨自生長時則呈現與其他共生真菌相同的菌絲狀。
- IV. 高等農業 (Higher Agriculture) 共約 63 種，分屬三個屬。這一些養菌螞蟻的蟻巢較大，蟻巢中的個體數較多，工蟻通常只有一種大小，少數種類有輕微的多型性 (具有大小不同體型的工蟻)。它們的共生真菌也是屬

於白鬼傘菌族的腐生傘菌，但是已經發生馴化的現象，不能脫離螞蟻獨自生長，且菌絲的頂端會形成特化膨大的菌絲球 (gongylidia) 供螞蟻取食，菌絲球中富含養分與酵素。螞蟻則蒐集毛蟲糞便、凋謝的花朵與新鮮的落葉培養真菌。

- V. 切葉農業 (Leaf-Cutter Agriculture) 這一些養菌螞蟻也稱為切葉蟻，它們的蟻巢極大，蟻巢中的個體數可達數百萬隻工蟻，且蟻后可以與多隻雄蟻交配，工蟻具有高度多型性，可分化成多種大小不同的類型。共約 40 種，分屬於 *Atta* 與 *Acromyrmex* 兩個屬，它們只種植一種高度特化的白鬼傘菌 (學名為 *Leucocoprinus gongylophorus*)，這種真菌不能脫離螞蟻獨自生長，且也會形成菌絲球，由於它可以用新鮮葉片作為生長的養分來源，而新鮮葉片的來源豐富，切葉蟻遂成為養菌螞蟻演化的最高峰，也是最為人知的養菌螞蟻。它們的族群龐大，可以採食的植物種類眾多，因此是中南美洲熱帶與亞熱帶地區最種重要的植食動物和農業害蟲。

由於養菌螞蟻的種類、型態、與生活方式非常多樣化，它們的共生真菌的種類、型態與生活方式也一樣多樣化，因此養菌螞蟻農業行為的演化過程，一直是難以釐清的問題，近年來隨著分子生物學技術的進步，分類學家可以利用基因的 DNA 序列推算出物種間的支序關係 (phylogeny)，進而繪製出代表物種演化過程的支序圖。

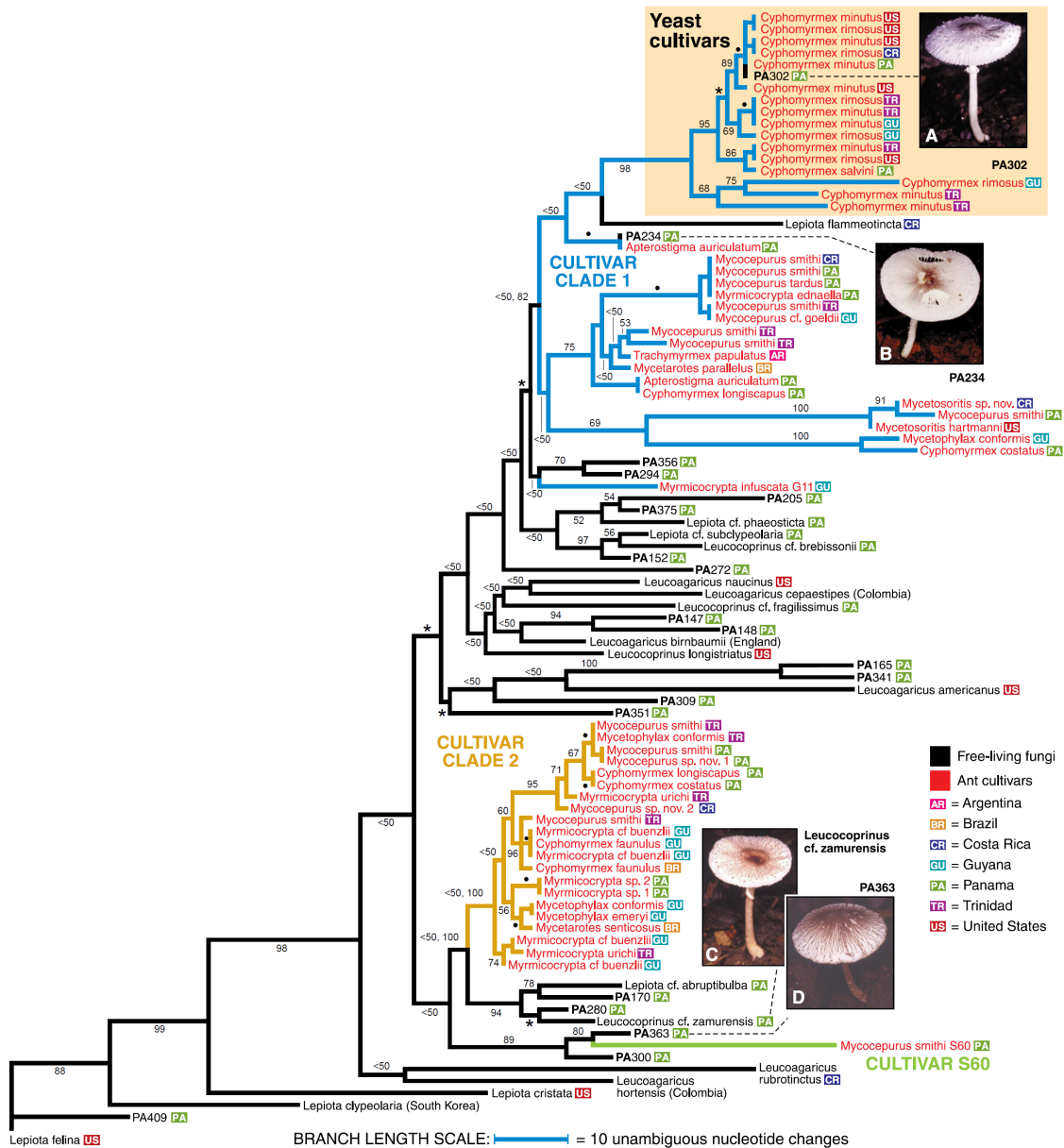
支序圖是一個連續二分支的樹狀圖，以圖十三和圖十四為例，繪製方式是將各個現生的物種置於樹形圖右側各個分支的末端；樹根位於圖的左側，代表樹形圖上所有物種的共同祖先，因此演化的方向 (也就是時間進行的方向) 是由左向右，樹形圖上橫線的長度可以代表經過的時間，或是代表基因序列上累積的變異數目 (遺傳差異度)，理論上這兩個數值間應是正相關的。

附圖十三是科學家利用基因 DNA 序列繪製出的環柄菇科 (Lepiotaceae) 真菌支序圖，圖上包含的種類來自美洲各地區，採自兩個來源：(1) 57 個菌株來自螞蟻巢的共生真菌；(2) 36 個菌株來自獨自生長於野外的白鬼傘菌族的子實體 (菇)。其中來自螞蟻巢的共生真菌以螞蟻的學名表示 (紅色字體)，這一些真菌在親緣關係上可以分為三群，分別稱為 Cultivar Clade 1 (其中物種以藍色線相連)、Cultivar Clade 2 (其中物種以黃色線相連)、與 Cultivar S60 (僅一個菌株，以綠色線連接)，野外獨自生長的白鬼傘菌以標本編號 (如 PA302) 或真菌學名表示 (黑色字體)，同時以黑色線條相連。Cultivar Clade 1 中也包含了酵母菌型共生真菌 (Yeast Cultivars)。學名與菌株編號後的反白字體代表標本的採集地區或國家。

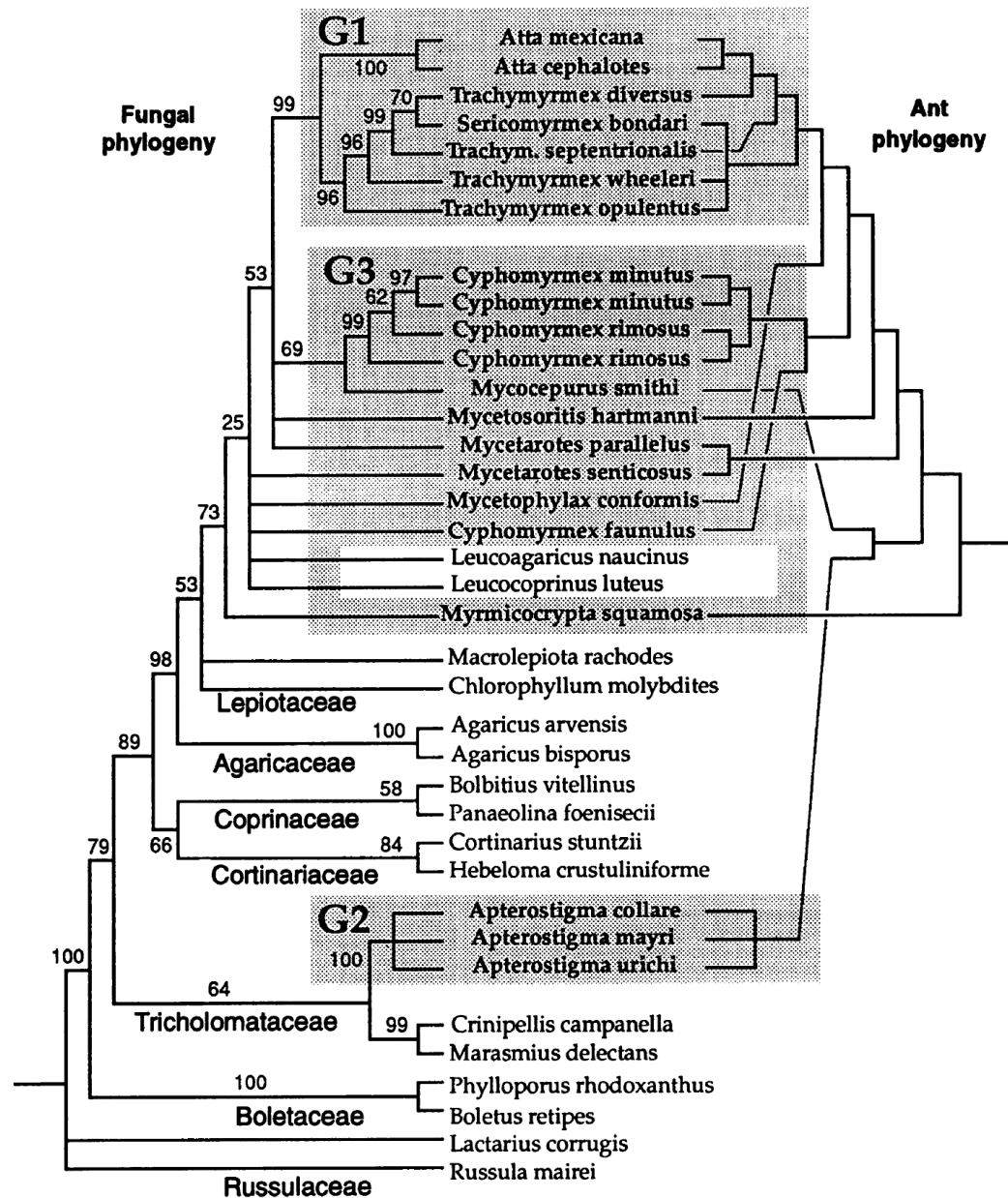
附圖十四是科學家利用基因 DNA 序列與化石紀錄繪製出的養菌螞蟻支序圖，其中又將養菌螞蟻分成兩群：古養菌螞蟻 (Paleoattini) 以紅色線條連接；新養菌螞蟻 (Neoattini) 以藍色線連接。五個不同農業型態的螞蟻以不同顏色的區塊表示。

圖十五是科學家利用基因 DNA 序列繪製出真菌與共生螞蟻的相對應支序圖，左側為真菌的支序圖，包含五個農業類型的共生真菌與 16 種非共生性擔子菌，灰色框覆蓋的物種為共生真菌（以共生螞蟻的學名代表），灰色框外的為非共生性的擔子菌，以真菌的學名表示，右側連線為養菌螞蟻的支序關係，因此螞蟻支序樹是以相反的方向繪製，樹的根部位於圖最右邊。

請依照前文的說明，並比較圖十三、十四、十五顯示的螞蟻和真菌的支序關係後，回答下列問題。



圖十三、環柄菇科真菌的支序圖，圖中包含 57 個螞蟻共生菌株與 36 個非共性的菌株。(取自 Mueller et al. 1998. The evolution of agriculture in ants. *Science* 281: 2034-2038)



圖十五、養菌螞蟻與共生真菌的相對應支序圖，圖中也包含了 16 種非共生性真菌。(取自 Chapela et al. Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. 1994. Science 266: 1691-1694.)

92. 有關養菌螞蟥和共生真菌的關係，下列何者正確？
- (A) 螞蟥和真菌的關係是絕對互利共生，兩者都不能脫離共生關係獨立生存。
 - (B) 螞蟥不一定需要共生關係，真菌絕對需要共生關係。
 - (C) 螞蟥絕對需要共生關係，真菌不一定需要共生關係。
 - (D) 兩者都不一定需要共生關係，可以脫離共生關係獨自生長。
93. 養菌螞蟥的五種農業型態中，哪一種型態包含的屬和種最多？
- (A) 低等農業型態
 - (B) 珊瑚菌農業型態
 - (C) 高等農業型態
 - (D) 切葉農業型態
94. 養菌螞蟥的五種農業型態中，哪一種型態培養的共生真菌與其他四個型態的親緣關係最遙遠？
- (A) 低等農業型態
 - (B) 珊瑚菌農業型態
 - (C) 酵母菌農業型態
 - (D) 切葉農業型態
95. 支序圖上橫線的長度可以代表經過的時間，或是代表基因序列上累積的變異數目（遺傳差異度），橫線在圖十三與圖十四中各代表的意義為？
- (A) 圖十三中代表時間，圖十四中代表遺傳差異度
 - (B) 圖十三中代表遺傳差異度，圖十四中代表遺傳差異度
 - (C) 圖十三中代表時間，圖十四中代表時間
 - (D) 圖十三中代表遺傳差異度，圖十四中代表時間。
96. 比較圖十三與圖十四可以知道，圖十三中的真菌來源包括哪一類型的農業型態？
- (A) 低等農業型態
 - (B) 珊瑚菌農業型態
 - (C) 高等農業型態
 - (D) 切葉農業型態

97. 綜合圖十三、圖十四與圖十五的支序關係，可以判斷圖十三中的哪一群真菌在演化關係上與切葉蟻培養的真菌 (*Leucocoprinus gongylophorus*) 最接近？
- (A) Yeast cultivars
- (B) Cultivar clade 1 中的 *Mycocepurus* 屬螞蟻的共生真菌
- (C) Clutivar clade 2
- (D) Cultivar S60
98. 綜合圖十三與圖十四的支序關係，可以判斷五千萬年前養菌螞蟻共同祖先所培養的真菌，與圖十三中哪一種真菌在 DNA 序列上最接近？
- (A) PA302
- (B) PA234
- (C) PA356
- (D) PA300
99. 在圖十四的支序圖中，下列哪一個分支點上，必然有一種養菌螞蟻更換了它的共生真菌種類。
- (A) 古養菌螞蟻的共同祖先
- (B) 酵母菌農業型態螞蟻的共同祖先
- (C) 珊瑚菌農業型態螞蟻的共同祖先
- (D) 切蟻農業型態螞蟻的共同祖先
100. 在支序分類學中，單系群 (monophyletic group) 的定義是演化過程中，來自同一個共同祖先的所有後代，加上共同祖先在內的物種所成的集合，通常就是支序樹上的一個完整分支。依照這個定義，哪一群真菌構成一個單系群？
- (A) 低等農業型態中的所有共生真菌
- (B) 珊瑚菌農業型態中的所有共生真菌
- (C) 高等農業型態中的所有共生真菌
- (D) 所有養菌螞蟻的共生真菌
101. 由圖十三與圖十四中的支序圖判斷，下列有關 *Cyphomyrmex* 屬螞蟻的敘述何者正確？
- (A) 所有 *Cyphomyrmex* 屬中的螞蟻都可以行低等農業
- (B) *C. rimosus* 可以行低等農業與酵母菌農業
- (C) 可行低等農業的 *Cyphomyrmex* 屬螞蟻構成一個單系群
- (D) 可行酵母菌農業的 *Cyphomyrmex* 屬螞蟻構成一個單系群

102. 由圖十四可以判斷，養菌螞蟻的哪一種農業型態在演化過程中最晚出現？
- (A) 低等農業
 - (B) 珊瑚菌農業
 - (C) 酵母菌農業
 - (D) 高等農業
103. 養菌螞蟻的處女蟻后婚飛時總是帶著一小團共生真菌，作為新蟻巢菌種的來源，依此判斷螞蟻的繁衍和共生真菌的繁衍一直是平行發生的，因此螞蟻種類間的親緣關係，應該和它們共生真菌的親緣關係也是平行的（互為近親的養菌螞蟻，它們的共生真菌也應該是近親），演化學家稱這樣的關係為「共同演化」（coevolution）。由圖十五判斷，在哪一種農業類型中的螞蟻和真菌最符合共同演化的關係。
- (A) 低等農業
 - (B) 酵母菌農業
 - (C) 高等農業
 - (D) 切葉農業
104. 圖十五中的養菌白蟻與共生真菌共被分為三個類群 G1, G2 與 G3，有關這三群所行的農業類型，下列敘述何者正確？
- (A) G1 群中的物種均行切葉農業
 - (B) G2 群中的物種均行珊瑚菌農業
 - (C) G2 群中菌種均行酵母菌農業
 - (D) G3 群中菌種均行酵母菌農業
105. 下列何者是切葉蟻共生真菌 (*Leucocoprinus gongylophorus*) 在演化過程中產生的新而獨特的特徵，是其他養菌螞蟻的共生真菌所沒有的？
- (A) 能以新鮮葉片作為生長的基質
 - (B) 能脫離螞蟻在野外獨自生長
 - (C) 不能脫離螞蟻在野外獨自生長
 - (D) 菌絲的頂端會形成特化膨大的菌絲球供螞蟻取食