

# 2014 年第廿五屆國際生物奧林匹亞競賽 --理論試題(1)

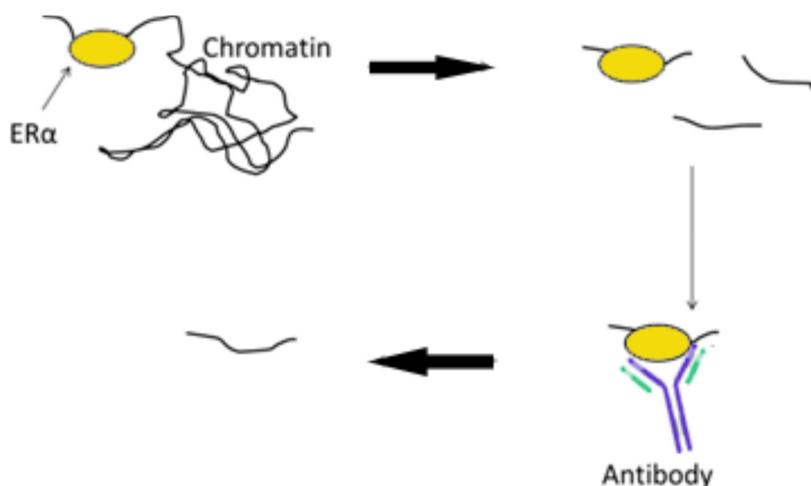
中華民國生物奧林匹亞競賽代表團

## 理論試題：A 卷

總分：48，時間：180 分鐘

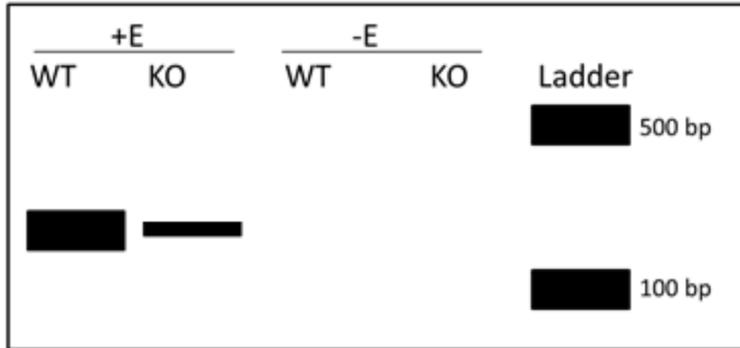
### 細胞與分子生物學

1. 人體中，當雌激素存在時，雌激素受體  $\alpha$  ( $ER\alpha$ ) 能調控近 10,000 個基因。要研究 X 蛋白與  $ER\alpha$  的交互作用時，你要先準備一個缺乏  $x$  基因的細胞(KO)。下一步便是在 KO 細胞與野生型細胞(WT)，分別添加(+E)或移除(-E)雌激素的實驗。為了進一步了解  $ER\alpha$  蛋白在基因體中可逆的結合位置，此時染色質沈澱法 (ChIP, 見下圖說明) 便派上用場。首先將基因體打碎，再利用  $ER\alpha$  的抗體將  $ER\alpha$  黏附的染色質斷片萃取出來。



(Chromatin：染色質；Antibody：抗體)

此時，將  $ER\alpha$  移除。使用基因  $a$  的啟動子區域序列作為引子放大該基因片段，加以分離進行粗略定量純化出來的 DNA。已知，基因  $a$  被雌激素作用後會大量表現。電泳結果如下：



請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

實驗結果顯示，X 蛋白會影響 ER  $\alpha$  結合到：

- A. 所有被 ER  $\alpha$  調控基因的啟動子。

False

- B. 基因 *a* 的啟動子。

True

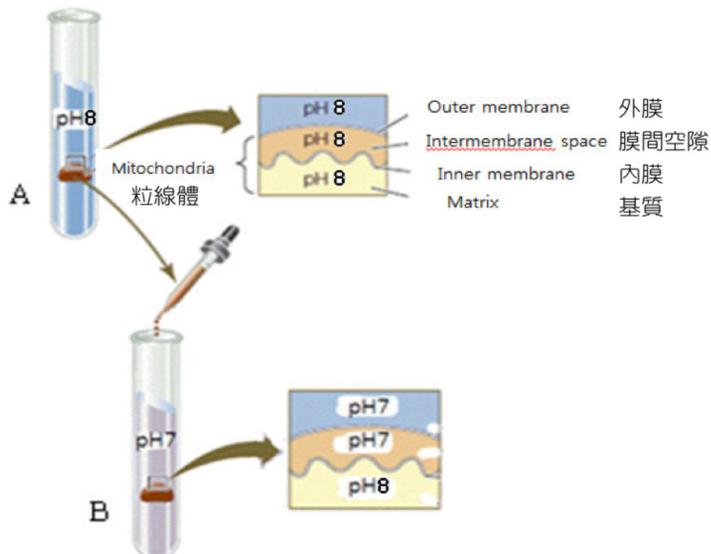
- C. 所有可能的相關蛋白。

False

- D. 基因 *a* 的蛋白產物。

False

2. 在一個研究粒線體中  $H^+$  濃度與 ATP 合成關係的實驗中，粒線體自細胞中被分離出來，並置於 pH 8 的培養基中（A 試管）。之後，立刻被移到 pH 7 的培養基中（B 試管）。稍後，B 試管中被檢驗出有 ATP 合成。



請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. B 試管中，ATP 是在粒線體面對基質的內膜所合成的。

True

- B. B 試管中，ATP 的合成，無需電子傳遞系統幫忙。

True

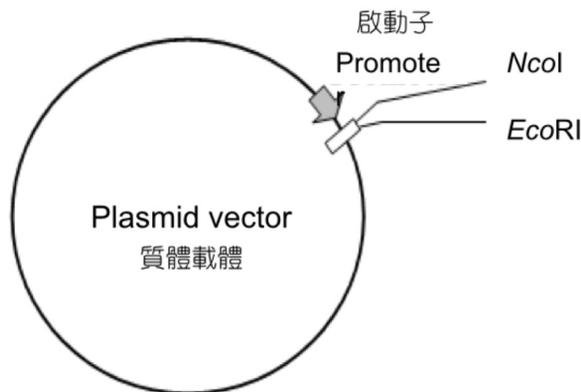
- C. 如果 A 試管中的粒線體被移到 pH 9 的培養基中，ATP 會在膜間空隙中合成。

False

- D. 若將粒線體置於 A 試管中，此時添加葡萄糖，會有 ATP 合成。

False

3. 你計劃在一個人造的質體載體中插入來自 *Tobibacterium* sp 的 *PhoQ* 基因。這個質體具有一段人造啟動子，與兩個限制酶切位，分別為 *Nco*I (CCATGG)與 *Eco*RI (GAATTC)，如下圖。



為了讓實驗順利進行，你必須分別設計一段正向(sense strand)與反向(antisense strand)引子。一段 561 個核苷酸長的編碼序列如下：

5' —ATGCGACAGTTCATCACCGA...\_\_\_\_\_...GCGGGACCGGACTGGGGTAA—3'

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. 為了避免插入序列的方向性錯誤，因此設計兩個不同的限制酶切位。

True

- B. 可使 *PhoQ* 基因倍增所插入的正向引子序列為。

5' —GATCCCATGGATGCGACAGTTC—3'

True

C. 可使 *PhoQ* 基因倍增所插入的反向引子序列為。

5' —GATCGAATTCAATGGGGTCAGGCC—3'

False

D. 基因的最終產物至少具有 189 個氨基酸。

False

4. 請分別回答下列有關真核細胞後轉譯修飾的敘述，是正確或錯誤？

A. 蛋白質的雙硫鍵形成是於內質網進行。

True

B. 糖蛋白與病毒感染人類有關。

True

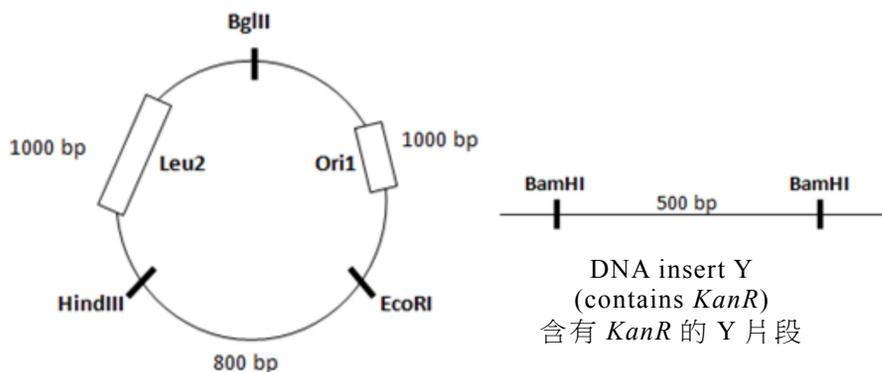
C. 蛋白質上寡醣的添加是在高基氏體中進行，與內質網的酵素無關。

True

D. 蛋白的棕櫚酰化能改變它在細胞內的定位點。

True

5. 製備 X 質體與 DNA 插入 Y 片段的 DNA 重組實驗中，X 質體上具有一個合成 leucine 的基因 *leu2*，Y 片段上具有抗 kanamycin 的基因 *KanR*，如下圖所示。



X 質體與 Y 片段分別置入含有限制酶 *BglII* (5' —A\*GATCT—3' ), *BamHI* (5' —G\*GATCC—3' ) 的混合液中。反應完成後，再移入有連接酶的混合液中繼續作用。將最後的 DNA 片段植入 Z 細菌 (該菌株對 kanamycin 敏感，並培養於缺乏 leucine 的培養基中)，將已植入含有 Y 片段的 X 質體之 Z 細菌培養在無 kanamycin 與缺乏 leucine

的培養基中。將重組之質體自細菌中萃取出來。假設，分離出來的質體此時為環形且完整。最後，將此質體經由限制酶完全作用。(注意：(\*) 指水解的位置)

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. 此重組的質體經 *EcoRI* 作用，電泳分離後，會得到一個 2800 bp 的 DNA 片段。

False

- B. 使用 *HindIII* (5' —A\*AGCTT—3') 取代原有的 *BglII*，基因轉殖細菌能生長在含有 Kanamycin 的培養基中。

False

- C. 使用 *BglII* 處理此重組的質體，會得到一個 500 bp 的外源 DNA。

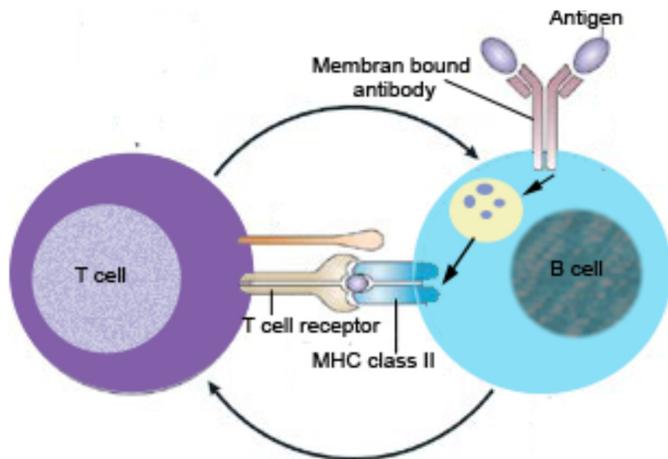
False

- D. 使用 *EcoRI* 或 *BamHI* 處理此重組的質體，會得到不同的電泳結果。

True

6. 假設一個蛋白具有四種抗原決定位，分別是 O (寡糖構成)，P1, P2, P3 (多肽構成)。

下圖為 B 細胞與 T 細胞的交互作用圖。



(modified from Edwards & Cambridge, 2006)

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. 當抗原決定位 O 經由 B 細胞呈獻給 T 細胞後，B 細胞才能產生辨認抗原決定位 O 的抗體。

False

- B. 四種抗原決定位均能被 B 細胞群所辨認。

True

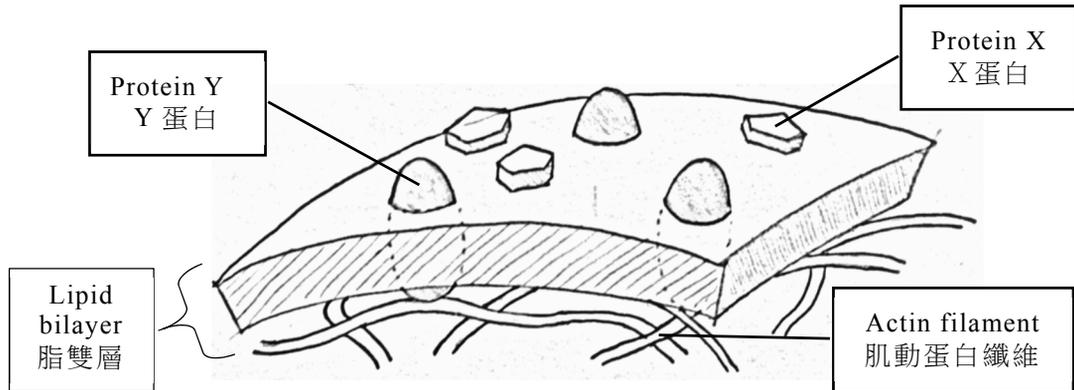
C. 單一個 B 細胞只能辨識四種抗原決定位中的一個。

True

D. 借由 MHC II 蛋白，單一個 B 細胞能呈獻多種蛋白質片段給 T 細胞。

True

7. 下圖為 X 蛋白與 Y 蛋白在細胞膜表面小區域的示意圖



Y 蛋白，會與細胞膜內側的固定的肌動蛋白纖維連結，而且與 X 蛋白無相似功能。本實驗想了解 X 蛋白與 Y 蛋白在細胞表面上的運動情形。分別將 X 蛋白染成紅色螢光，Y 蛋白染成綠色。在小範圍內，先用強光將已經染色的螢光去除（漂白），再隨著時間的增加，觀察該區域螢光強度的變化。

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

A. 經過長時間的照射，只有綠色螢光會被觀察到。

True

B. 短時間的照射後，在漂白區域的螢光都能恢復成初始狀態。

False

C. 使用 cytochalasin 將肌動蛋白的細胞骨架破壞，在經過長時間照射後，細胞螢光都會被完全漂白。

True

D. 細胞培養溫度降到 20°C 時，將會加速細胞表面紅色螢光的漂白。

False

8. 有六株土壤厭氧菌(A-F)用來作為氮循環研究之用。每株細菌分別培養在下列四種不同的培養基：(1)蛋白胨（短聚胜肽）、(2)氨、(3)硝酸鹽與(4)亞硝酸鹽。其中只有硝酸鹽培養基中添加醣類作為碳源。經過 7 天的培養後，培養過細菌的培養基經由生化測試並觀察結果，得到的結果，整理如下表：

No	Growth medium	Isolates					
		A	B	C	D	E	F
1	Peptone broth 蛋白胨	+, pH+	+, pH+	-	+, pH+	-	+, pH+
2	Ammonium broth 氨	—	-	+, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
3	Nitrate broth 硝酸鹽	+, gas	+	-	+	-	+, gas
4	Nitrite broth 亞硝酸鹽	-	-	-	-	+, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-

+ = bacterial growth was observed 有生長

- = bacterial growth was not observed 無生長

pH+ = Increased pH of the medium pH 上升

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = Positive result of nitrite test 亞硝酸陽性

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = Positive result of nitrate test 硝酸鹽陽性

Gas = Gas production in the medium (detected by using durham tube) 會產氣

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. C 為硝化細菌（將氨氧化成亞硝酸鹽，再氧化成硝酸鹽）。

True

- B. B 與 D 為脫氮細菌（將硝酸鹽還原成氮分子）。

False

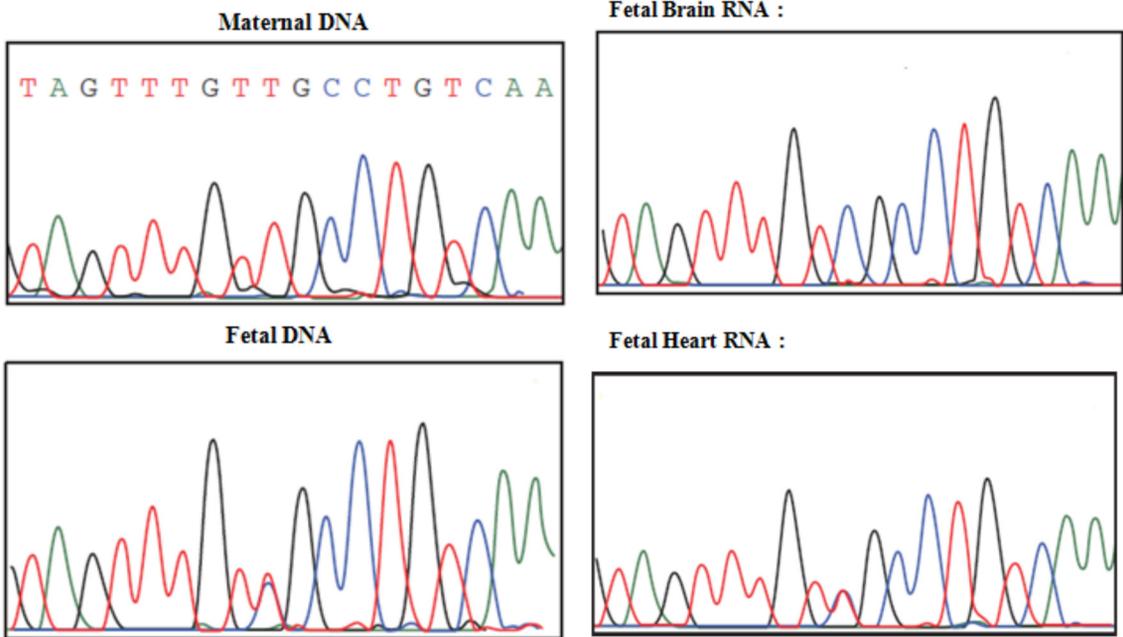
- C. C 與 E 為化學異營細菌。

False

- D. A 與 F 能將硝酸鹽當成氧化劑產生能量。

True

9. 下圖為體染色體 X 基因的定序結果，樣本來源分別為母親與胎兒，同時也分析胎兒 X 基因在心臟(heart)與腦(brain)的 mRNA。定序之前，mRNA 先轉成 cDNA 再經由 PCR 倍增。



請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. 父親在該基因座為異基因型。

False

- B. 胎兒腦部的 X 基因表現來自母親的染色體。

False

- C. 胎兒心臟的 X 基因表現來自父母雙親的染色體。

True

- D. 結果顯示，組織中 X 基因會經過特殊的剪接。

False

10. 真核細胞中，存在著許多單一基因可產生多樣性蛋白的機制。例如，唐氏症細胞黏附蛋白(DSCAM) 基因經選擇性剪接會產生 38,000 種的不同蛋白產物。小鼠形成免疫球蛋白過程中的 VDJ 重組，則會生成 144,000 不同的重鏈組合。

請分別回答下列有關敘述，是正確或錯誤？

- A. 免疫球蛋白重鏈組合源自 RNA 重組；DSCAM 蛋白源自 DNA 重組。

False

- B. 單一的漿細胞只會生成一種重鏈；單一的細胞則會產生不止一種具活性的 DSCAM 基因蛋白。

True

C. VDJ 排列重組錯誤屬於免疫缺損疾病。

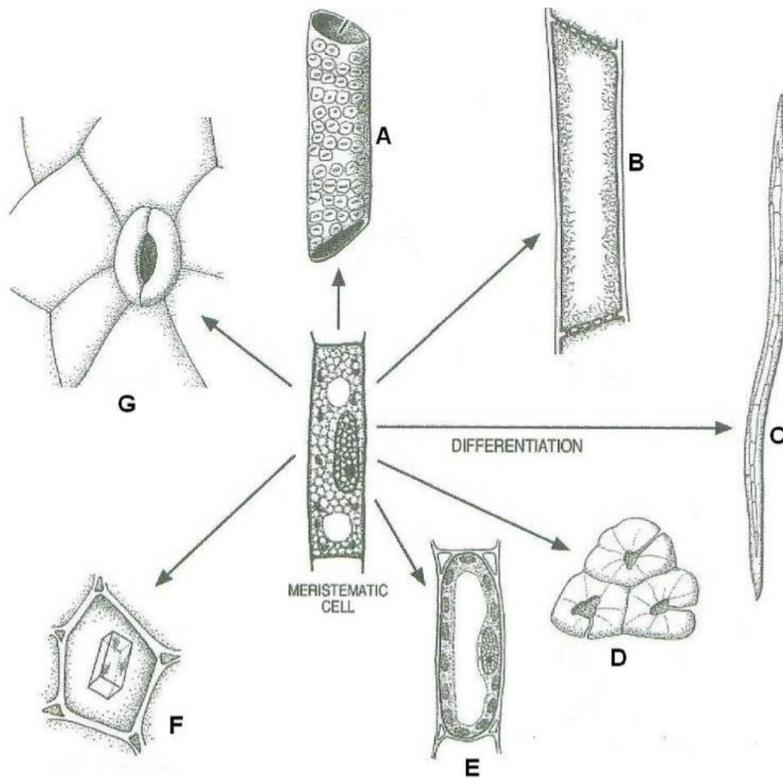
True

D. DSCAM 經選擇性剪接後會產生許多不同式樣的 mRNA 序列，他們的長度都是相同。

False

### 植物解剖及生理學

11. 下圖顯示分生細胞可特化成的多種細胞類型。



判斷下列各敘述的真偽。

A. B, F, 及 G 為活細胞。

True

B. 分生細胞要特化為 A, B, C 及 D 需要有木質素的合成。

False

C. 細胞 E 可特化為細胞 D。

True

D. 藉由特定激素處理，細胞 B 可進行特化。

False

12. 植物木質部運輸作用可用生物機械性原理來解釋，輸送管道的直徑及長度是影響運輸效率的主要因素，可用以下公式來表示。

$$\text{volumetric flow rate(速率)} = \frac{\pi r^4}{8 \times \text{viscosity 黏性}} \times \frac{\Delta \Psi p}{L}$$

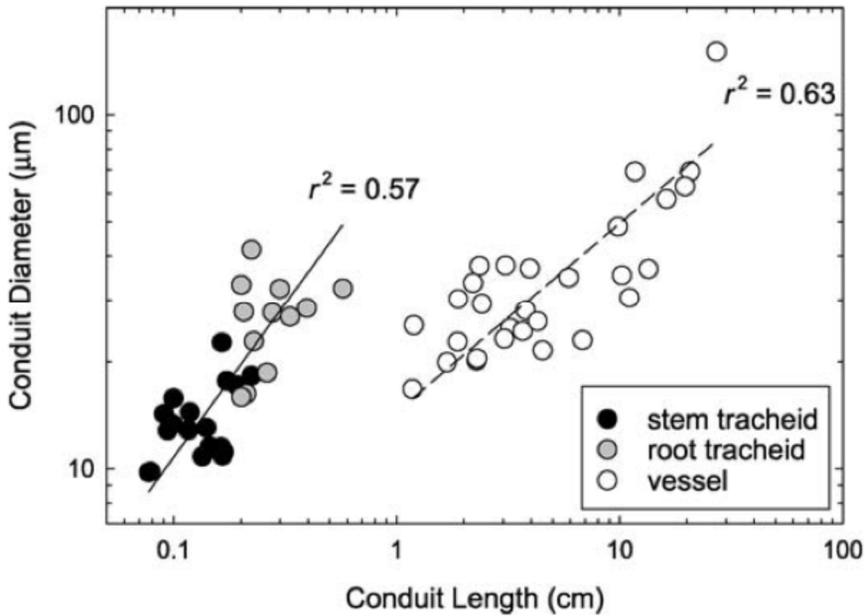
whereas:

r = radius

$\Psi p$  = pressure potential 壓力勢

L = length 長度

下圖顯示裸子植物的管胞以及被子植物的導管，其管道直徑及長度之比較。



判斷下列各敘述的真偽。

A. 導管及管胞最大的不同在於長度，而非直徑。

True

B. 導管的水分運輸效率大約與莖部管胞相等。

False

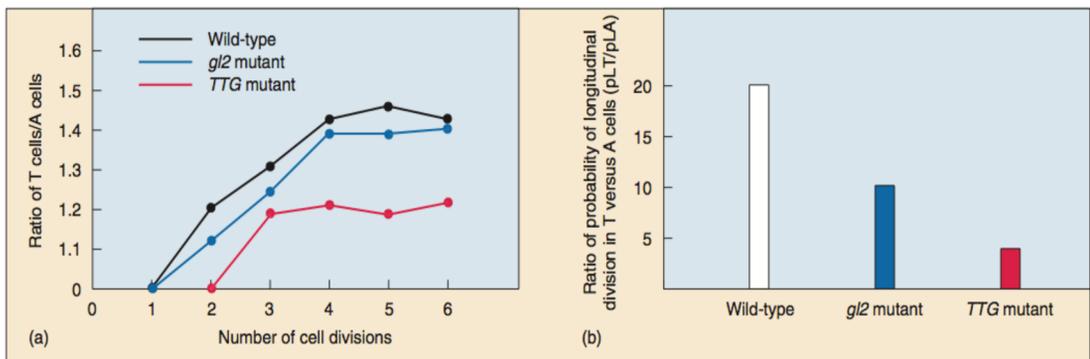
- C. 根部管胞的口徑可比莖部管胞大，因為他們不需如莖部管胞藉增加厚壁來支撐葉片及避免莖軸曲折。

True

- D. 導管的直徑愈大，其抵抗曲折的能力愈低。

True

13. 利用阿拉伯芥的兩種發育突變株，來探討細胞特化的控制是否與細胞分裂方式有關。藉由控制分生細胞的分裂速率，可使細胞的生成與特化達到平衡。*TTG*(種皮光滑透明)基因可造成根部表皮細胞在特化初期產生變化；而 *glabra2* (*gl2*)基因則在特化較後期才發揮作用。根部表皮組織的發育包括兩種細胞類型：無毛原胞(atrichoblast; **A**)發育成熟為不具根毛的細胞；有毛原胞(trichoblast; **T**)則長成具有根毛的細胞。表皮細胞的垂直平周分裂是維持根部徑向結構的必要條件。下圖顯示根部表皮中 **T** 及 **A** 兩類細胞的特化與細胞分裂之比較。



軸 1：T 細胞/A 細胞的比值

軸 2：T 細胞/A 細胞垂直分裂機率的比值

判斷下列各敘述的真偽：

- A. *TTG* 控制表皮細胞之特化專一性。

True

- B. *gl2* 突變株保留了無毛原胞的特化性質，且 A 細胞維持為未特化的表皮細胞。

False

- C. 根部表皮的垂直分裂較有可能發生在 A 細胞。

False

- D. *ttg* 突變株中 T/A 細胞的垂直分裂比值明顯較低，表示這是受到 *TTG* 的控制。

True

14. 下表顯示植物 A 及 B 在其不同生長環境下的適應情形。

	Plant A	Plant B
CO <sub>2</sub> 的補償點	20 — 100	0 — 5
與溫度相關的質子產生量	下降	穩定

判斷下列各敘述的真偽。

A. 植物 B 屬於 C<sub>3</sub> 植物。

False

B. 在水分有限且高溫的環境中，植物 A 競爭力較強。

False

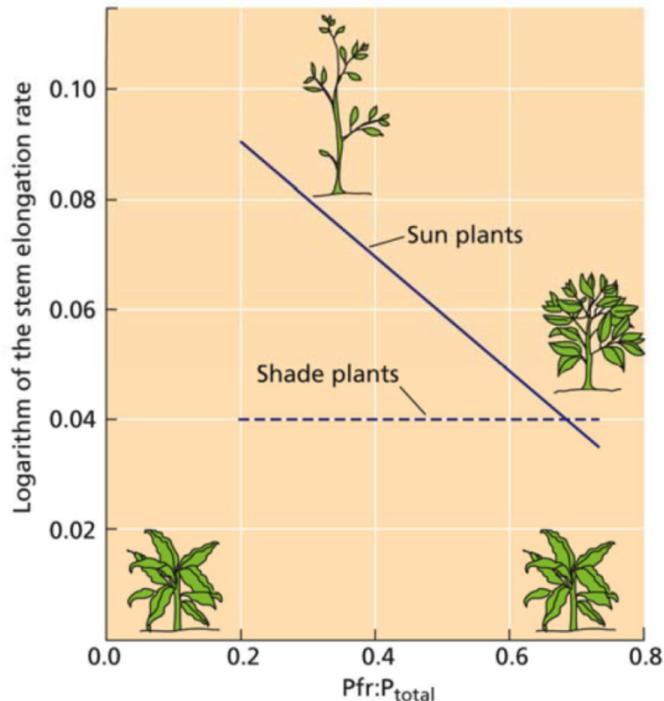
C. 若大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度倍增，則植物 A 的競爭力可能較強。

True

D. 若大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度倍增，則植物 A 的光呼吸作用可能會下降。

True

15. 下圖顯示光敏素遠紅光型(P<sub>fr</sub>)在陽性及陰性植物中的角色。根據光敏素調節光形態發育的作用，判斷下列各敘述的真偽。



A. 以紅光處理並不會影響陰性植物的莖部伸長速率。

True

B. 以遠紅光處理會降低陽性植物的莖部伸長速率。

False

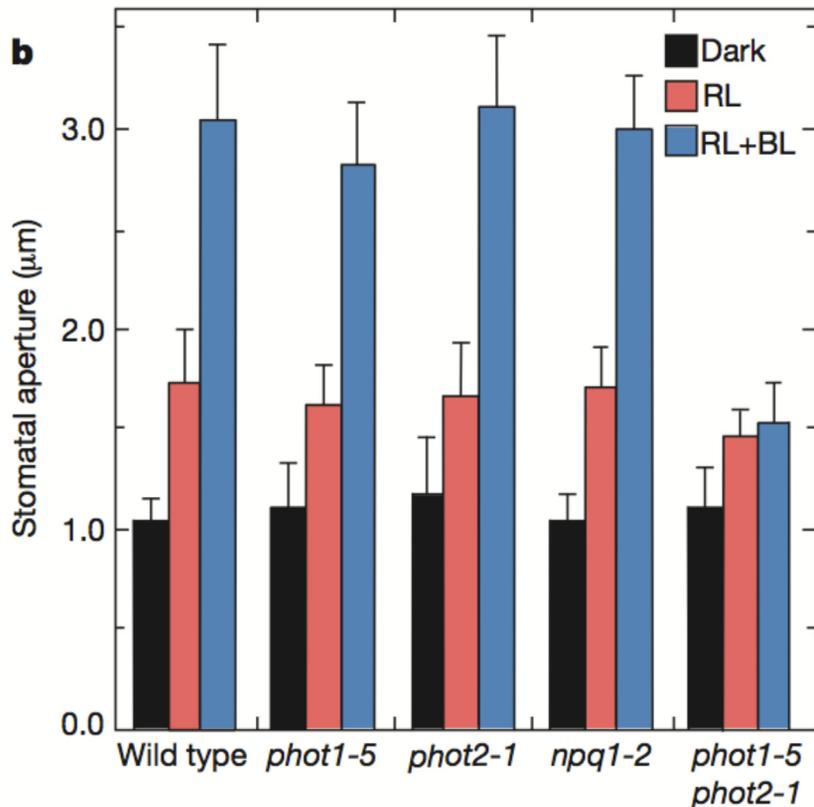
C. 若對陽性植物分別給予光照或陰暗處理，光照下的植物其伸長速率較陰暗者高。

False

D. 森林中的自然破空(無遮蔽處)將可提供陽性及陰性植物相同的重新擴增機會。

False

16. 探討氣孔孔徑如何受到黑暗、紅光、以及紅與藍光共同處理的影響，其實驗結果如下。*phot1* 及 *phot2* 兩個突變株不能表現趨光素(phototropin)，而 *npq* 突變株不能累積玉米黃素(zeaxanthin)。若氣孔孔徑小於  $1.25 \mu\text{m}$  則視為關閉；大於  $2.0 \mu\text{m}$  則視為氣孔擴大。



判斷下列各敘述的真偽。

A. 若以黑暗處理，則氣孔關閉；若照紅光，則氣孔些微打開。

True

B. 在所有實驗植物中，藍光可使氣孔孔徑顯著增加。

False

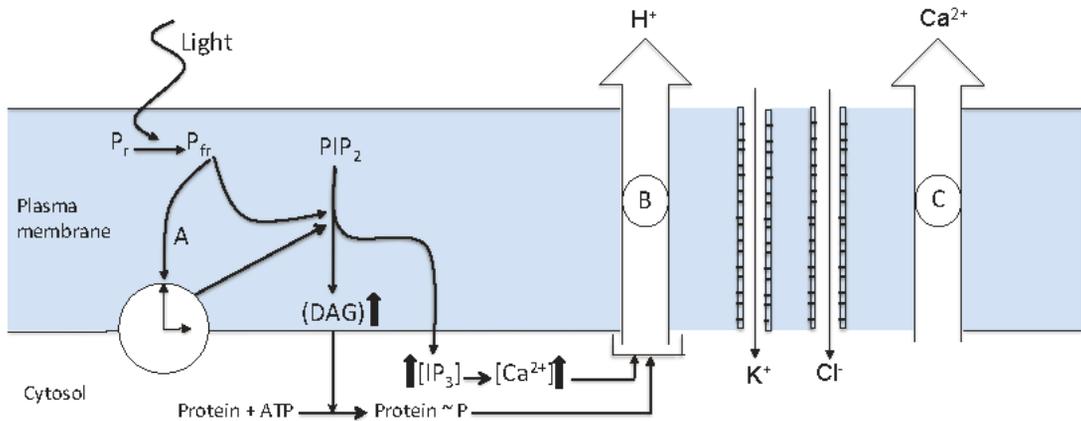
C. 在 *npq* 突變株中，藍光受體可能呈現活化態。

True

D. 單一 *phot* 突變株(*phot1*)對藍光有反應，而其雙突變株(*phot2*)則否。此結果表示 *phot1* 及 *phot2* 作為調控氣孔孔徑的藍光受體是多餘不必要的。

True

17. 植物葉片可表現睡眠運動。下圖為睡眠運動機制中光敏素、生物時鐘及  $IP_3$  的交互作用模式。箭頭 A 代表活化作用，箭頭 B&C 則是代表主動運輸。



判斷下列各敘述的真偽。

A. 光照會增加  $IP_3$  and DAG (diacylglycerol 二脂醯甘油) 的量；此光照接收受到光敏素調控，並受內在時鐘的控制。

True

B.  $IP_3$  增加鈣離子的釋出，而刺激質子的排出。

True

C. 電子的化學梯度改變促進  $K^+$  的吸收，而使細胞膨大，導致睡眠運動。

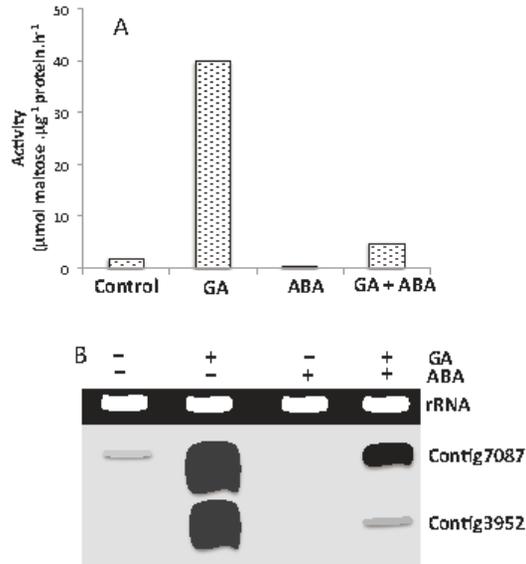
False

D. 利用主動運輸排出  $Ca^{2+}$  以維持體內的  $Ca^{2+}$  平衡。

True

18. 以下為利用量測  $\alpha$ -澱粉酶的活性以及轉錄作用的結果來顯示吉貝素(GA3)與離層酸(ABA)對分離出來的大麥糊粉層的影響。在糊粉層以  $1 \mu\text{mol/L}$  GA3 and  $50 \mu\text{mol/L}$  ABA

處理 15 小時之後， $\alpha$ -澱粉酶的活性是以量測其作用產物表示(以麥芽糖作為標準值)，結果如圖 A 所示。負責編碼高 pI 澱粉酶的 mRNA(Contig3952) 以及負責編碼低 pI 澱粉酶的 mRNA(Contig7087)之表現結果如圖 B 所示。



判斷下列各敘述的真偽。

A. 相較於僅用  $\text{GA}_3$  處理組， $\text{GA}_3$ +ABA 處理組的  $\alpha$ -澱粉酶活性降低超過 80%。

True

B.  $\text{GA}_3$  抑制高及低 pI 的兩種澱粉酶的基因表現。

False

C. ABA 會抑制  $\text{GA}_3$  的作用。

True

D.  $\text{GA}_3$ +ABA 處理組會共同誘導負責編碼高 pI 澱粉酶的基因表現。

False

(待續)