

2022 年第十九屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --理論題試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：4 小時

分數：30 分

一般資訊

constant	
Acceleration due to gravity	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Universal gas constant	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$
Refractive index of air	$n = 1$
Avogadro's constant	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Speed of light	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Planck's constant	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Specific heat capacity of water	$c_w = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Periodic Table of the Elements

The periodic table includes the following elements and their atomic numbers:

- Row 1: H (1), He (2)
- Row 2: Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9), Ne (10)
- Row 3: Na (11), Mg (12), Al (13), Si (14), P (15), S (16), Cl (17), Ar (18)
- Row 4: K (19), Ca (20), Sc (21), Ti (22), V (23), Cr (24), Mn (25), Fe (26), Co (27), Ni (28), Cu (29), Zn (30), Ga (31), Ge (32), As (33), Se (34), Br (35), Kr (36)
- Row 5: Rb (37), Sr (38), Y (39), Zr (40), Nb (41), Mo (42), Tc (43), Ru (44), Rh (45), Pd (46), Ag (47), Cd (48), In (49), Sn (50), Sb (51), Te (52), I (53), Xe (54)
- Row 6: Cs (55), Ba (56), La-Lanthanides (57-71), Hf (72), Ta (73), W (74), Re (75), Os (76), Ir (77), Pt (78), Au (79), Hg (80), Tl (81), Pb (82), Bi (83), Po (84), At (85), Rn (86)
- Row 7: Fr (87), Ra (88), Ac-Actinides (89-103), Rf (104), Db (105), Sg (106), Bh (107), Hs (108), Mt (109), Ds (110), Rg (111), Cn (112), Uut (113), Fl (114), Uup (115), Lv (116), Uus (117), Uuo (118)
- Row 8 (Lanthanides): La (57), Ce (58), Pr (59), Nd (60), Pm (61), Sm (62), Eu (63), Gd (64), Tb (65), Dy (66), Ho (67), Er (68), Tm (69), Yb (70), Lu (71)
- Row 9 (Actinides): Ac (89), Th (90), Pa (91), U (92), Np (93), Pu (94), Am (95), Cm (96), Bk (97), Cf (98), Es (99), Fm (100), Md (101), No (102), Lr (103)

第一大題

第一部份

目前已有矮小的玉米品種開發出來。矮小玉米的基因型由單個基因B的隱性等位基因來決定。某位農民種植的玉米中有30%的植株由矮小的雄性野生變種授粉，其餘由植株高大的雄性商品化的雜合變種授粉；所有玉米的雌株基因型都是異型合子。

1. [0.25 分] 在下列棋盤方格中完成上述兩項的授粉結果。

	雄株	
雌株		

	雄株	
雌株		

2. [0.25 分] 計算此農民將會得到多少%的矮小品種的玉米種子。(寫出算式和答案)

3. [0.25 分] 玉米有許多三倍體的高產品種。選出與三倍體品種可能從標準二倍體玉米發展的過程，在相對應的格子中劃 X。

過程	叉選
有絲分裂	
減數分裂 I	
減數分裂 II	
間期	

4. [0.75 分] 玉米有六個近親物種，其中一些有亞種 (ssp)：下表顯示了它們的共同特徵。

應用此表於下方空格內為這些物種構建系統發育樹：

- I. *Zea mays* - ssp *mays*
- II. *Zea mays* - ssp *mexicana*
- III. *Zea mays* - ssp *parvigluans*
- IV. *Zea dipliperenis*
- V. *Zea Luxurans*
- VI. *Zea nicaraguensis*
- VII. *Zea huehuetengensis*
- VIII. *Zea perensis*

物種	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
玉米螟蛾的抗性		X		X		X		X
玉米葉枯病抗性				X		X		
容忍淹水					X			
抑制休眠	X	X		X		X	X	X
對高生長溫度敏感		X		X		X		X
每穗玉米有超過 100 顆的玉米粒				X				
短日照開花	X							
抽穗的密度高	X	X		X	X	X	X	X

5. [0.50 分] 黃麴菌這種真菌可以在收割的玉米穗上發育。使用光學顯微鏡檢查被這種真菌感染的玉米細胞樣本。指出下表中的細胞特徵哪些僅在植物中發現（填寫 P），或僅在真菌中發現（填寫 F），或者可以在兩者中找到（填寫 B）

細胞特徵	發現於
真菌孢子	
葉綠體	
含纖維素的細胞壁	
粒線體	
菌絲	
含幾丁質的多層細胞壁	
用碘液染成藍色	

6. [0.50 分] 黃麴菌會產生一種毒素，可以抑制攝入它的兒童的免疫系統或增加成人肝癌的發病率。以下哪些特徵是會發生於免疫系統受到抑制（填寫 I）或癌症（填寫 C）或都不會發生（填寫 N）。

特徵	發生於
快速、未分化的細胞生長	
更頻繁的感染	
免疫記憶細胞減少	
淋巴細胞數量升高	
抵抗細胞死亡	
降低細胞分裂率	
血液中紅血球數量增高	

第二部份

1. 土壤中的微生物相對植物生長至關重要。

[1.00 分]在下圖的方框中，寫出生物或過程的字母代號來顯示出氮循環的相應部分。一個字母代號可能被多次使用或根本不使用，有些方框可能不需填寫。

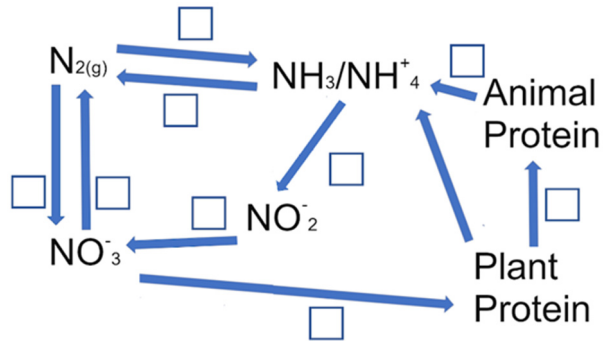
s: 閃電

t: 腐生真菌

u: 硝化細菌，例如硝基細菌和亞硝化菌

x: 反硝化細菌

y: 固氮細菌



第三部份

鱗翅目昆蟲是玉米的主要害蟲，例如西南玉米螟蛾(*Diatraea grandiosella*)等，會破壞玉米植株的生長中心。有一些鳥類，例如北撲翅鴛(*Colaptes auratus*)，會吃莖裏的螟蛾幼蟲並減少這種害蟲。

1. [0.25 分]找到最像玉米螟蛾成蟲的鱗翅目昆蟲的圖像，並且把它圈起來。



2. [0.25 分]又選出下列最有可能會掠食玉米螟蛾初生幼蟲的生物。

蝙蝠	蜘蛛	蛾	蝸牛

3. [0.25 分]在對照實驗中，玉米螟蛾在具有較高氧分壓的環境中生長，考慮昆蟲的氣管呼吸系統，預測此玉米螟蛾成蟲相較於以正常氧分壓中生長的成蟲的特徵。

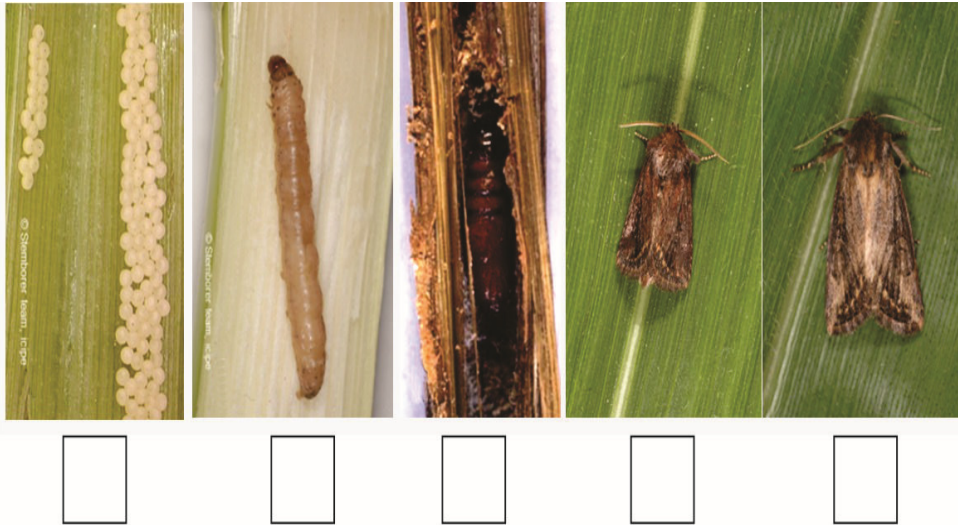
特徵	又選
有較大的胸部	
有較小的觸角	
有較長的足	
有較小的翅膀	

4. [0.50 分]西南玉米螟蛾雄蟲可被性費洛蒙 9-十六烯吸引，農民可以如何利用它來防治這種害蟲？請又選出所有合適的可能答案。

又選	可能的答案
	將 9-十六烯誘餌放在玉米田外，以吸引雄蟲遠離玉米田
	在玉米田中放置 9-十六烯誘餌，以防止雄蟲與雌蟲的交配
	將 9-十六烯誘餌與強效接觸性殺蟲劑一起放入田間，以殺死所有雄蟲
	在田野中放置 9-十六烯誘餌以分散雌蟲的注意力並將它們趕出田野

5. [0.5 分]在圖下方的空格內插入以下字母代號，以確定玉米螟蛾的發育階段：

- a：幼蟲
- b：蛹
- c：雌成蟲
- d：卵
- e：雄成蟲



第四部份

在這個實驗中，測試了 pH 值對昆蟲腦部(蘑菇體) 中谷氨酸突觸 (圖 4.1) 活性的影響。

然後從這種類型的突觸中記錄紅色線條 (pH9, 圖 4.2)，代表在玉米螟蛾的眼前，投予多次 閃光刺激(每次 30 毫秒) (黑色線條，圖 4.2 底部)，在其蘑菇體的神經元中，記錄到的突觸後興奮電位 (PEPS)。

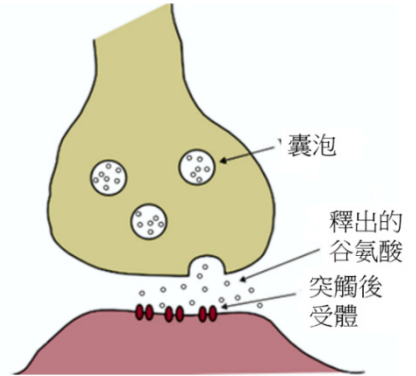


圖4.1

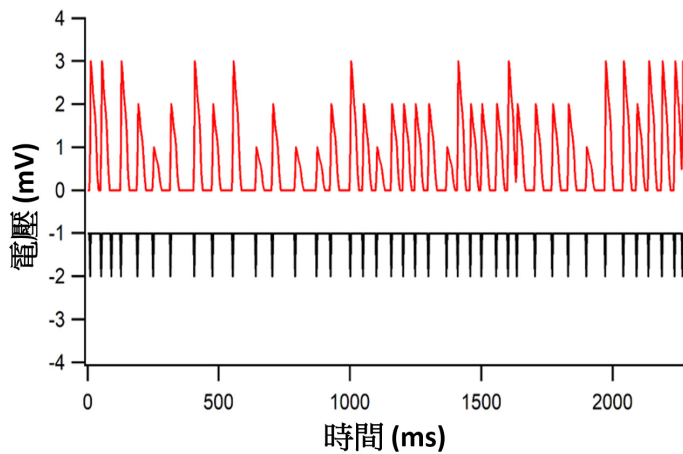


圖4.2

在 pH5 (藍色跡線、圖 4.3) 中，在同一神經元上使用相同的閃光刺激來重複實驗。

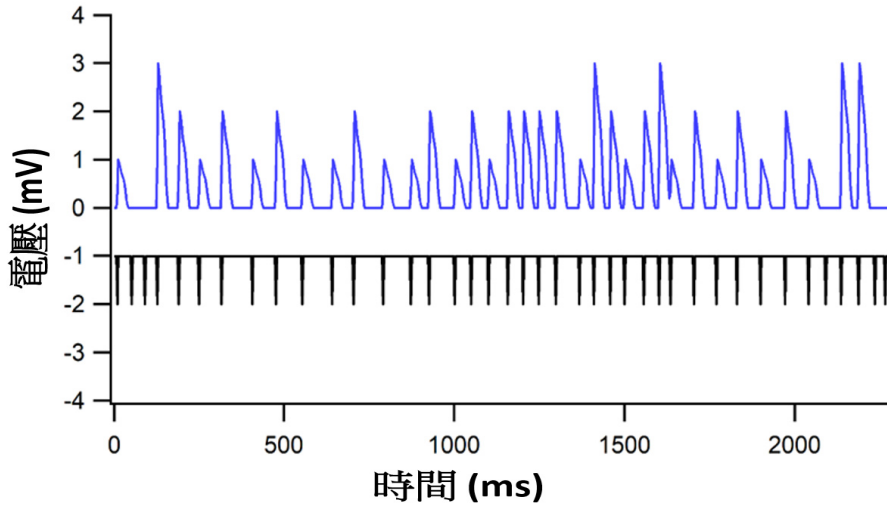
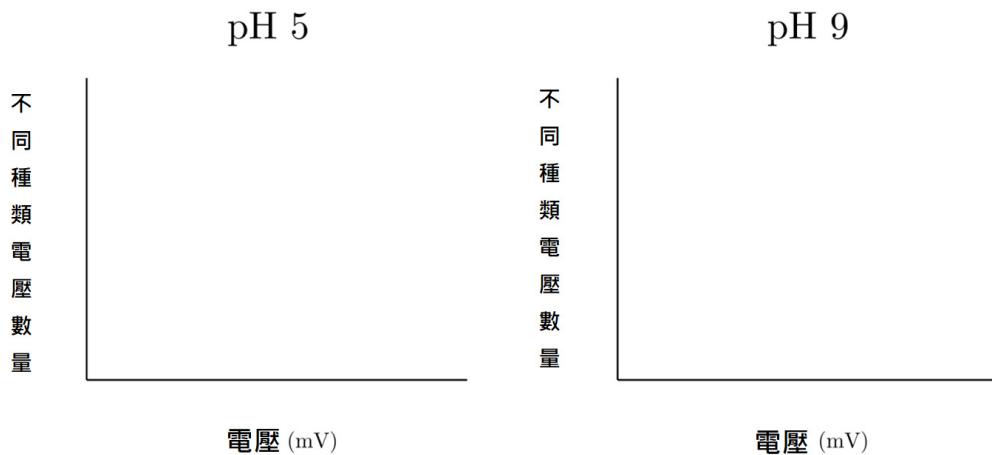


圖 4.3

先前的研究結果顯示：

- 先前關於這些突觸中囊泡數量的研究，得出了在每次閃光刺激時，最多有 3 個囊泡可供釋出。
- 單個谷氨酸囊泡的釋放概率，與其他囊泡的釋放無關。
- PEPS 的數值具有不連續的變化。

1. (0.5 分) 利用下圖製作一個有關不同種類 PEPS 的柱狀圖。



2. (1.0 分) 計算出不同類型的 PEPS 發生的百分比：(寫出算式和答案)

在 pH 9 時 1 mV PEPS 的百分比_____

和在 pH5 時 1 mV PEPS 的百分比_____

在 pH 9 時 2 mV PEPS 的百分比_____

和在 pH5 時 2mV PEPS 的百分比_____

在 pH 9 時 3mV PEPS 的百分比_____

和在 pH5 時 3mV PEPS 的百分比_____

3. (0.5 分) 計算出谷氨酸囊泡的釋放概率 (刺激時有囊泡釋放的概率)。(寫出算式和答案)

谷氨酸囊泡於 pH9 的釋放概率_____

和於 pH5 的釋放概率_____

在何種條件下其釋放概率較高? pH: _____

4. (0.25 分) 在一次閃光刺激中，釋放超過兩個囊泡的概率是多少？(寫出算式和答案)

於 pH9 時，釋放超過兩個囊泡的概率_____

於 pH5 時，釋放超過兩個囊泡的概率_____

5. (0.25 分) 是否每個囊泡的”囊泡電位機制”都相同？在所選答案欄上打 X。(0.25 分)

	是、每次釋放的谷氨酸囊泡數量都相同並產生相同的電流，這就是電壓不連續變化的原因。
	否、因為在一些刺激中沒有反應，表示有些囊泡對鈣的敏感性不同，那就是觸發釋放的機制。
	是、每個谷氨酸分子都會打開一個通道，產生相同的電流，因此來自不同囊泡所釋放的兩個分子，可用以解釋電壓的不連續變化。

第五部份

位於質膜上的細胞表面受體在啟動細胞信號傳導方面扮演著重要角色。在玉米中發現的一種特殊的細胞表面受體 (RLK) 在植物的免疫系統中發揮作用。真菌菌絲的細胞壁碎片充當與受體結合的訊號分子 (FF)。這些受體還與植物激素離層素 (AA) 結合。訊號分子與受體的結合親和力可以通過以下方式量化：

$$Ka = \frac{[\text{受體} : \text{訊號分子複合體}]}{[\text{受體}] \times [\text{訊號分子}]}$$

使用下方圖 5.1 中顯示的結合分析的結果來回答下面的問題。

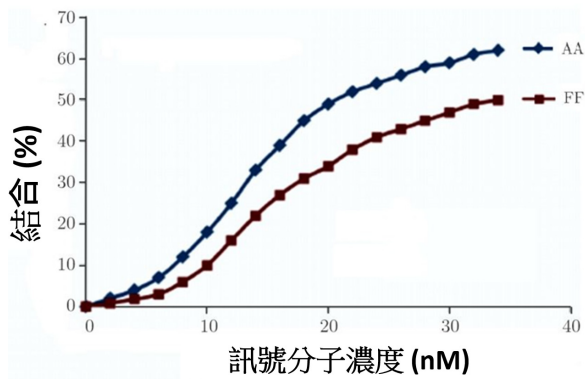


圖 5.1

1. (0.25 分) 哪個訊號分子對該 RLK 受體表現出更大的結合親和力？用 X 號標示答案。

真菌碎片 FF		離層素 AA	
---------	--	--------	--

訊號分子與受體的結合也會引起細胞內的反應。在圖 5.2 中，你可以看到訊號分子結合後引發分子在細胞膜內移動。

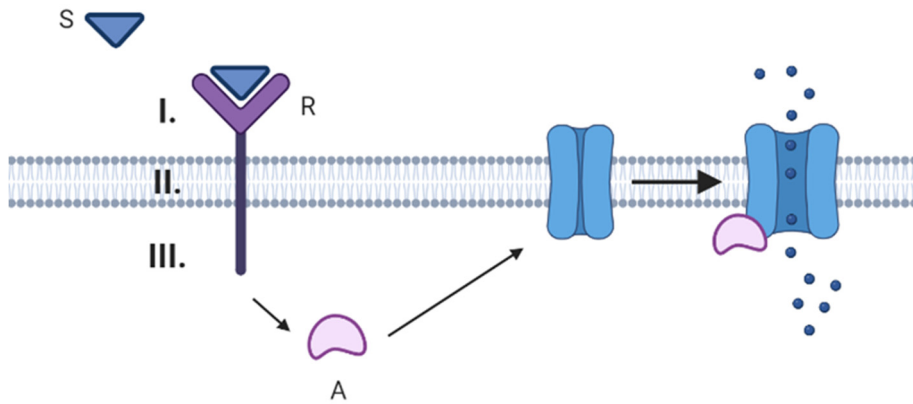


圖 5.2，S = 信號分子，R = 受體，A = 活化蛋白

2. [0.75 分] 受體 (R) 分為三個部分 (在圖 5.2 中標記為 I、II 和 III)。在適當的框中用 X 標記受體的哪些部分是疏水的，哪些部分是親水的。

受體部分	疏水的	親水的
I,		
II,		
III,		

3. [1 分] 用 X 標記哪些專有名詞適用於圖 5.2

主動運輸	
便利擴散	
受體介導的內吞作用	
吞嚥作用	
簡單擴散	
共同運輸	

4. [0.5 分] HTN1 基因編碼一種小分子的抗菌蛋白 Histatin1，它包含 297 個氨基酸。整個 HTN1 基因包含 9546 個鹼基對。該基因中多少百分比用於形成 Histatin1 的氨基酸序列？(寫出算式和答案)

【待續】