

---

# 2010 年第廿一屆國際生物奧林匹亞競賽

## -- 實驗試題(2)

中華民國生物奧林匹亞競賽代表團

### 實驗一：動植物系統分類(續)

#### 第三部分 植物與昆蟲的共同演化 (25 分)

植物-植食動物的關係是昆蟲與開花植物之所以會有快速分歧現象的主要解釋之一。在此題中，將應用植物部分所得到的親緣關係樹(Task 1)與甲蟲的親緣關係樹(Task 2)。假設每種昆蟲物種的幼蟲以單一植物物種為食，比較昆蟲及植物親緣關係樹並回答下列問題。

#### 問題 8 (3 分)

若昆蟲物種 T2, T3, and T5 分別以植物 E, D, and A 為食，哪些植物物種會是昆蟲 T1, T4, and T6 的食草？

#### 問題 9 (2 分)

哪組植物與昆蟲物種配對在其親緣關係樹上顯示出不同的親緣位置？

#### 問題 10 (2 分)

下列哪兩個是解釋昆蟲與植物親緣關係之不同的最有可能理由？

- A. 昆蟲物種的宿主轉移
- B. 植物的輻射適應
- C. 昆蟲物種演化過程中發生遺傳的瓶頸效應
- D. 建構樹狀圖的方法不同
- E. 植物物種的遺傳漂變

### 實驗二：生理與解剖

總分：49 分

可用時間：90 分鐘

備註：圖片及實驗中使用的所有動物，均遵守美國衛生院及動物實驗研究委員會通過之指引處理。


## 第一部分 鼠大腦皮層對皮膚刺激的反應 (25 分)

歡迎來到電生理實驗室!

今天你可以檢示大腦運作原理，此實作包括四部份：一背景資料告訴你電生理如何運作，略知背景資料後有三個實驗，你必須依螢幕所示之分析資料回答 15 個問題。

電腦上的首頁照片顯示出一個電生理實驗室所用的設備。

大腦中的體感覺神經 (S1)皮層能接受體表特別區域的觸覺資訊，人大腦中的特別接受區域如 圖 1，此區域在本實驗中可用大鼠體內一相似的 S1 代表(圖 2)。

按  或 1,2

### (一)背景資料

#### 1.1 頭骨固定

此裝置用以固定頭骨 (圖 3)，門牙棒可用以將頭骨位置調整至水平(圖 4)。切開頭皮後，在頭骨 S1 位置上方打一個洞，將一記錄用的探針 (紅色移動針頭) 插入腦內(圖 5)。一微細調節器用以將探針向下移動 ( $25 \mu\text{m}/\text{step}$ )，由表面插入腦中 (圖 6)

按  或 

#### 1.2 皮膚刺激後的 S1 神經反應

可用棉針機械性接觸或以探針電擊來刺激大鼠皮膚，在以電刺激其前掌的腳趾後 (圖 7 白色移動箭頭)，以探針記錄 S1 的神經活性 (圖 7 紅色移動針頭)。使用一示波器 (圖 8)即可顯示 出 S1 的神經活性 (圖 9)。

按  或 

#### 1.3 反應直條圖

當一 S1 神經元對身體某部份的刺激有反應時，此身體部份即在此神經元的感受區 (RF) 內。神經元不會對在其感受區之外身體部份的刺激有反應。

用放大器 (圖 10) 及分析儀器 (圖 11)可記錄探針周圍許多 S1 神經元的活性(圖 12 左半)。接下來可分離記錄一個單一神經元的活性 (圖 12 右半延伸線)。為定量 S1 神經元反應，可重複刺激此身體部份一段時間，並累積動作電位以產生一直條圖 (圖 13)。直條圖中，X-軸代表時間 (ms)，其值在刺激之前為 (-)、當時為(0)、之後為 (+)；Y-軸代表此被記錄的神經元中平均發火率(Hz)。

按  或 

(二)對前掌趾頭刺激的 S1 神經元反應

**2.1 S1 中的前掌趾區域**

為使記錄探針定位，將頭骨標上 x-y 座標 (圖 14)。以三骨相接之處(前囟)為座標的原點(0, 0)。之前的研究顯示：在(0.3, 4.3) 座標位置 (圖 15) 為刺激前掌第二趾的反應點之一 (圖 16)。



**2.2 機械性刺激**

為找出對一特別皮膚區刺激在 S1 區域的反應範圍，電刺激前最好先執行機械性刺激。將一記錄探針放在 (0.3, 4.3) 座標位置，並在 25  $\mu$ m/step 逐步調降 (圖 17; 紅色移動針頭)。對前掌第二趾的機械性刺激所產生的反應如表 2.2 所示。



表 2.2

圖	深度 (次數)	對皮膚的刺激面積	S1 對皮膚刺激的反應	S1 對關節運動的反應
18	0-30	Broad 寬	Weak 弱	no
19	31-48	Tip 前端	Strong 強	no
20	49-60	Broad 寬	Weak 弱	Strong 強

**2.3 電刺激**

將一刺激探針插入前掌第二趾，而將記錄探針插入 S1。測量由刺激探針到記錄探針之距離為 12 cm。S1 神經元對強弱刺激的反應 如表 2.3. 及圖 21、22.所示 (注意二者下方出現的直條圖)。



表 2.3

動作	對第 2 前掌趾的刺激	S1 神經元的反應
游標在 21	Weak (0.1 mA) 弱	無明顯尖峰
游標在 22	Strong (2 mA) 強	一個明顯尖峰

**問題 1 (1 分)**

根據機械性刺激及電刺激的結果，下列敘述何者正確？

- A. 在表皮下 0.5-0.75 mm 深度處之神經元對機械性刺激有最強的反應
- B. 深度 0.775-1.2 mm 處的神經元對最小的皮膚區域反應
- C. 深度 0.775-1.5 mm 處的神經元只對皮膚接觸反應
- D. S1 皮層厚度小於 1mm
- E. S1 神經元的平均發火率(Hz)與刺激強度無關

**問題 2 (1 分)**

計算信息由腳趾至 S1 傳遞最小(p)及最大(q)的速率(單位 m/sec)

**問題 3 (1 分)**

在一強刺激(2 mA)後 6-15 ms，發火率(Hz)的淨增加值( $\bar{x}$ )為多少？

**2.4 對 GABA 拮抗劑之反應**

GABA 是一種腦中的神經傳導物質，在 S1 皮層局部施加 GABA 拮抗劑(如 GABA 反應抑制劑)後，S1 神經元對強弱刺激之反應顯示於表 2.4 及圖 23、24 (注意二者下方出現的直條圖)。

表 2.4

動作	對前掌第二趾刺激	S1 神經元反應
游標在 23	Weak (0.1 mA) 弱	無顯著尖峰
游標在 24	Strong (2 mA) 強	二顯著尖峰

**問題 4 (2 分)**

根據施加拮抗劑前後之結果，下列敘何者正確？

- A. 平均發火率 (Hz)的淨增加在直條圖 24 的第一個高峰約為直條圖 22 高峰的 2.14 倍
- B. 不論刺激強度，施加拮抗劑後的平均發火率 (Hz)都會增加
- C. GABA 拮抗劑抑制 S1 的刺激突觸活性
- D. 根據直條圖 24，第一高峰平均發火率 (Hz)的淨增加為第二高峰的 4.5 倍
- E. 直條圖 24 的第二高峰與 S1 處理由趾部皮膚的傳入無關

### (三) S1 對後掌趾刺激的神經反應

#### 3.1 電刺激

前人實驗報導指出座標點 (-1.0, 2.5) 是對後掌趾刺激的反應點之一(圖 25)。

記錄電極會從大腦表面向下以(25  $\mu$  m/step)逐次降低，神經元在三個位置 (a=25 steps, b=41 steps, c=52 steps)沿著垂直方向的反應分別被記錄如(圖 26)。

在對第 2,3,4 後掌趾作強的電刺激之後(圖 27)，此三個神經元 a, b, and c 的反應被記錄如(圖 29)

#### 3.2 對局部麻醉的反應

對第 3 後掌趾施以局部麻醉藥 A 如(圖 28, 灰色) 導致感覺在 2 分鐘內喪失，其作用可持續 30 分鐘。之後，感覺可逐漸復原。在施藥後 60 分鐘內此藥物作用完全消失，當在施藥 40 分鐘後，對此掌趾施予強的(2 mA)電刺激，此三個神經元 a, b, and c 的反應發生改變，如(圖 30)。



#### 問題 5 (1 分)

根據麻醉前的神經反應(圖 29)，選擇適當的敘述。

案例	神經元	較強或較長的反應	較弱或較短的反應
A	Locations a, b and c	2 <sup>nd</sup> digit	3 <sup>rd</sup> digit
B	Locations a, b and c	4 <sup>th</sup> digit	3 <sup>rd</sup> digit
C	Location b	4 <sup>th</sup> digit	2 <sup>nd</sup> digit
D	在第 3 趾的刺激時，位 a and c 於的神經元比位於 b 者有較長的反應		
E	Location a	4 <sup>th</sup> digit	Other digits

#### 問題 6 (1 分)

根據麻醉前的神經反應(圖 29)，選擇適當的敘述。

- 所有三個神經元對第 4 後掌趾的刺激均有反應
- 單一 S1 神經元僅會對一趾刺激有反應
- 在位置 a 的神經元對刺激後掌趾的反應較在位置 b 的神經元者多
- 在位置 c 的神經元對刺激後掌趾的反應較在位置 b 的神經元者多
- 所有三個神經元均可從兩個或以上的掌趾收到趨同感覺訊息

## 問題 7 (1 分)

根據在三個位置的神經反應如(圖 29 及 30)所示，選擇不正確的敘述。

案例	刺激位置	反應時間	反應強度
A	2 <sup>nd</sup> digit	施藥後 40 分鐘	增加
B	3 <sup>rd</sup> digit	施藥後 40 分鐘	降低
C	4 <sup>th</sup> digit	施藥後 40 分鐘	增加
D	2 <sup>nd</sup> and 4 <sup>th</sup> digits	在施藥前、後	第 4 長趾較第 2 者大
E	神經元對某刺激沒反應，可能在不同情況下會有反應		

## 問題 8 (2 分)

根據麻醉後的反應(圖 30)，選擇適當的推論。

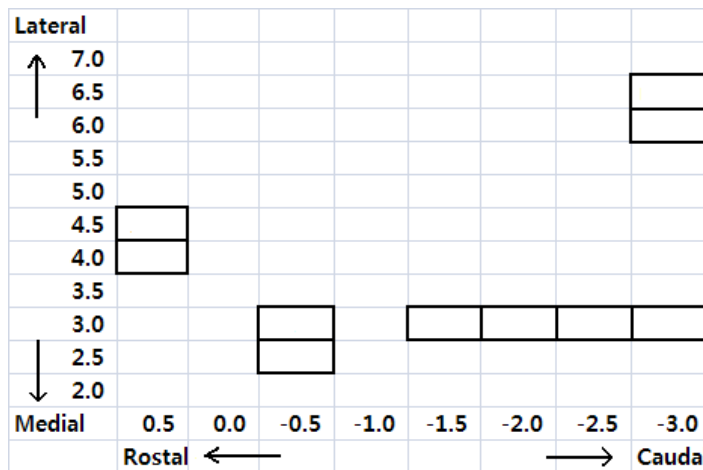
- 藥物被吸收至血液中並轉移到 S1
- 藥物已改變周邊神經分枝的構造
- 神經反應不會在局部麻醉之後改變
- 藥物導致 S1 神經突觸發生可逆轉之暫時改變
- S1. 麻醉後反應的改變是因為在 S1 內所新生成的蛋白質之故

## (四) S1 身體地圖

## 4.1 正常 S1 地圖

## 問題 9 (2 分)

從圖 31 找到下列位點(n=10)，以縮寫填入方格中(及在螢幕上的方格內註記)





**問題 10 (1 分)**

根據 **問題 9** 的答案，下列敘述何者正確？

- A. fpd4 區域較 fpd2 區域靠近中央
- B. hpd2 區域較 hpd4 區域靠近中央
- C. fl 區域較 hp 區域靠近吻端
- D. fl 區域較 t 區域靠近尾端
- E. mvB2 區域較 mvA3 區域靠近外側

**問題 11 (1 分)**

根據正常 S1 地圖，你能由下列區域得到何種結論？

案例	小區域	大區域
A	前腳( <b>fl + fp + fpd + fm</b> )	後腳( <b>hl + hp + hpd + hm</b> )
B	前腳( <b>fl + fp + fpd + fm</b> )	軀幹( <b>t</b> )
C	後腳( <b>hl + hp + hpd + hm</b> )	軀幹( <b>t</b> )
D	口鬚( <b>mv</b> )	吻鬚( <b>rv</b> )
E	前腳( <b>fl + fp + fpd + fm</b> )	觸鬚( <b>mv + rv</b> )

**問題 12 (1 分)**

在後腳區域，S1 神經元接收感覺此訊息和運動神經元，重疊造成肌肉收縮，找出一個座標，(單位: mm)能支持這個觀念

**4.2 截趾後，S1 身體地圖的改變**

藉由減少檢驗點的距離(提示：電極在 X 或 Y 軸上每次移動 0.2 mm),可得到一個更精細後腳掌部位的地圖(圖 32)。以外科手術將後腳掌第 4 趾切除，在切除 4 週後，可獲得一個新的身體地圖(圖 33)。



**問題 13 (1 分)**

將游標至於圖 32 and 33 的對應點上，可觀察到切除後的反應與正常的反應在何處

不同？在這些產生變化的位置，於下列表格中填入適當的手指骨或腳趾編號的縮寫代號，(即填在螢幕上的方格中)，(每個表格中的四格都要填寫，總共有 8 格)。

Normal 正常

hpd4 amputated 截肢

lateral 側邊

lateral 側邊

2.8				
2.6				
2.4				
2.2				
(mm)	-0.6	-0.8	-1.0	-1.2

2.8				
2.6				
2.4				
2.2				
(mm)	-0.6	-0.8	-1.0	-1.2

→ caudal 尾端

→ caudal 尾端

#### 問題 14 (1 分)

在 S1 身體地圖在截肢之後，會有何改變發生？

案例	刺激之神經啟動	變得有反應
A	hpd3	hpd2
B	hpd3	hpd2 or hpd5
C	hpd4	hpd2
D	hpd4	hpd3 or hpd5
E	hpd5	hpd2 or hpd3

#### 4.3 截趾後生化與組織上的改變

##### (1) 生化改變(圖 34)

麩胺酸是一種神經傳導物質，要了解在截趾後 S1 身體地圖重組的分子基礎。麩胺酸及 GABA- 受器在存在 S1 組織上的量被長期追蹤。麩胺酸受器的量(綠色曲線)，在第四後腳指截肢後一周，為控制組(虛線)之 250%。而 GABA 受器(藍色曲線)，在截趾後四周增加為控制組的 180%。

按  或 34,35

##### (2) 組織學上的改變(圖 35)

利用 S1 組織的橫切，可藉由抗體與受器的結合，來檢視麩胺酸或 GABA 受器在神經表面的位置。S1 細胞表面(星號)的免疫反應，顯示麩胺酸受器(a 及 c 箭頭)。在截趾後一周增加，而 GABA 受器(b 及 d 箭頭)，在截趾後四周增加。



**問題 15 (1 分)**

根據圖 33 - 35 選出 不正確 的敘述

- A. 增加神經的興奮能力，在截趾後一周被觀察到
- B. 增加神經的抑制性，在截趾後四周被觀察到
- C. 在正常狀況下，S1 身體地圖，是藉由興奮感覺的刺激及皮質內部區域性抑制來維持
- D. 在截趾後 1 - 4 周內，興奮刺激之局部抑制的平衡，是一直被維持的。
- E. 在截趾後，電生理的改變是伴同 S1 組織中生化及組織學上的改變。

**第二部分 蜘蛛的解剖 (24 分)**

**注意：**小心操作！每人只能用 1 隻蜘蛛！

注意小標本瓶上有毒腺、絲腺、心臟及書肺的英文標示

**(一) 蜘蛛頭胸部的探索(14 分)**

**問題 16**

蜘蛛及昆蟲均為節肢動物門的成員，昆蟲通常有複眼及單眼(小眼)兩種眼，在顯微鏡下檢查蜘蛛標本，回答下列問題。

**問題 16.1 (2 分)**

記錄蜘蛛眼睛的種類及數目

**問題 16.2 (2 分)**

通常蜘蛛的眼睛會在其頭部排為前後兩排，在每排中央的一對稱作中眼、外側一對稱作側眼(表 1)。因此每個眼睛在解剖學上可用前或後、中或側表達。檢查標本，在答案卷的圖中 **畫** 出眼睛的相對位置。以 **表 2 中所給的編碼來標示** 你所畫出的各個眼睛。

表 1、解剖位置用詞

Anterior 前	situated near or toward the head	較靠前方
Posterior 後	opposite of anterior	較靠後方
Medial 中	toward the midline of the body	靠近體中線
Lateral 側	Away from the midline	遠離體中線

表 2、蜘蛛眼睛編碼

編碼	蜘蛛眼睛之敘述用語
AME	前中眼
ALE	前側眼
PME	後中眼
PLE	後側眼

**問題 17**

依據毒牙的位置，蜘蛛能分為兩個亞目。以鑷子協助，在解剖顯微鏡下檢查蜘蛛毒牙的運動，並回答以下問題。

**問題 17.1 (2 分)**

毒牙的揮動的方向

A	由向前至向下
B	由向下至向前
C	由內向外
D	由兩側向中央
E	由中央向兩側

**問題 17.2 (1 分)**

毒牙與螯肢形成一關節結合(關節)，此關節結合的類型為何？

A	平面關節
B	樞軸關節
C	蝶鉸關節
D	環帶關節
E	球窩關節

**問題 18 (1 分)**

蜘蛛為節肢動物，身體分節並有分節的附肢，頭部包括在發育過程中癒合的數個體節。蜘蛛是螯肢類，身體包括頭胸部及腹部兩部份(圖 1)。

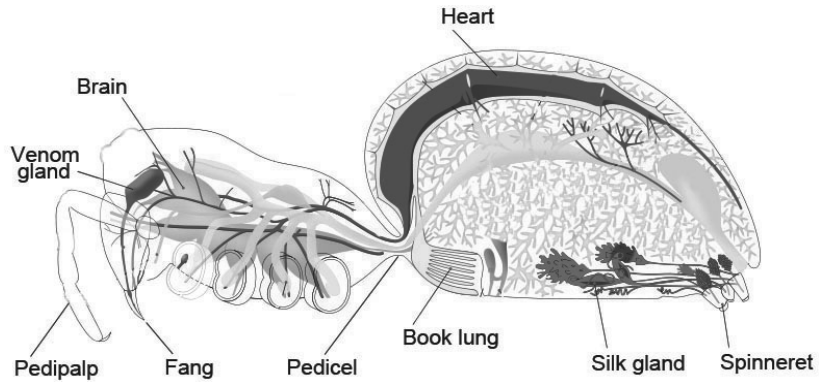


圖 1、蜘蛛解剖圖

與古螯肢類的三葉蟲相比，下列(①~④)何者能正確代表蜘蛛頭胸部的分節分化？

Eye	Eye	Eye	Eye	Eye
A	C	P	A	A
L	P	C	C	P
L	L	L	P	C
L	L	L	L	L
L	L	L	L	L
L	L	L	L	L
L	L	L	L	L
Body	Body	Body	Body	Body
Trilobite 三葉蟲	①	②	③	④

<Abbreviations 縮寫>

A: Antenna 觸角, C: Chelicera 螯肢, L: Leg 足, P: Pedipalp 觸肢

**注意：**現在要解剖蜘蛛的內部器官(毒腺、絲腺、心臟及書肺)。你必須用林格氏液來保護解剖出來的器官不要乾掉，會根據你作出來的的 **正確性** 及 **完整性** 給分，若解剖出錯誤的器官會被扣分。

**問題 19 (1 分)**

多數蜘蛛具有毒液，可經毒牙注射到獵物體內，蜘蛛有一對毒腺位於二螯肢內或位於頭胸部的前端(見圖 1 蜘蛛解剖圖)。一毒腺可包括最外部的一肌肉層、其下的分泌層、及一條管道，先確認你的蜘蛛毒腺之位置。

**問題 19.1 (2 分)**

在作完以下的觀察之後，將蜘蛛的一對毒腺解剖出來，置於標示有毒腺的小標本瓶內，不須將毒腺由螯肢分開。

**問題 19.2 (1 分)**

在顯微鏡下檢查毒腺最外部的肌肉層，肌肉排列的方向為何？

A	Longitudinal direction 縱走方向
B	Circular direction 環狀方向
C	Spiral direction 螺旋方向
D	Bilateral direction 兩側方向
E	Irregular direction 不規則方向

**問題 20 (2 分)**

在多數蜘蛛中，每隻足分為數節而最後一節末端有爪，取下蜘蛛的第一及第二隻足。在顯微鏡下計算每隻足的節數及爪數。

**問題 21**

許多蜘蛛具有雌雄二形性。在性成熟的雄蜘蛛，觸肢最末節會發育為複雜的構造用以在交配時將精子送入雌蜘蛛體內，此構造使雄觸肢末極為膨大而狀似拳擊手套。

**問題 21.1 (1 分)**

檢查你那隻蜘蛛標本的外部形態，鑑定其性別。

**問題 21.2 (1 分)**

蜘蛛的觸肢也有分節，在顯微鏡下計算觸肢的節數及爪數。

**第二部分 蜘蛛腹部的探索 (10 分)****問題 22 (1 分)**

蜘蛛的腹部與頭胸部以極為窄細的腰相連，稱為腹柄，可讓腹部向各種方向運動(見圖 1)。下列器官系統何者非跨腹柄兩側均有？

A	Nervous system 神經系統
B	Respiratory system 呼吸系統
C	Circulatory system 循環系統
D	Digestive system 消化系統
E	Integumentary system 皮膜系統

### 問題 23

蜘蛛的紡織器位於腹部末端的腹面，包括三對絲疣，絲疣一般排列成前後兩排，解剖學上稱內側者為中、稱外側者為側(表 3)，請依此原則定絲疣之位置。

#### 問題 23.1 (1 分)

比較絲疣的外部形態及附圖，以表 3 所給的編碼標示答案卷中的各絲疣。

表 3 Spider spinnerets

編碼	Position of spinneret 絲疣位置
A	Anterior 前
AM	Anterior medial 前中
AL	Anterior lateral 前側
P	Posterior 後
PM	Posterior medial 後中
PL	Posterior lateral 後側

#### 問題 23.2 (1 分)

用顯微鏡觀察分辨絲疣後方是何構造。

A	Anus 肛門
B	Spermatheca 受精囊
C	Spiracle 氣孔
D	Copulatory organ 交配器官
E	Spinneret 絲疣

**問題 24**

蜘蛛的絲腺能產生多種絲纖維，有七種腺體類型，每種可產生一不同的絲（表 4）。

表 4 絲腺類型的編碼

絲腺編碼	對數	連接到絲疣
A	Numerous 極多	Middle & posterior 中及後
B	2	Posterior 後
C	1	Posterior 後
D	1	Anterior 前
E	1	Middle 中
F	Numerous 極多	Anterior 前
G	3	Middle(1) & posterior(2)中(1)及後(2)

**問題 24.1 (1 分)**

拖曳絲是由此蜘蛛最大的絲腺所產生(圖 2)，以表 4 的編碼認出此最大的絲腺。



圖 2 產生拖曳絲的絲腺

**問題 24.2 (2 分)**

解剖出此蜘蛛產生拖曳絲的一個完整絲腺，並置入標有**絲腺**的小標本瓶內。

**問題 25 (2 分)**

參考圖 1，由腹部解剖出**心臟管**並將其置入標示有心臟的小標本瓶內。

**問題 26 (2 分)**

參考圖 1，由腹部解剖出一個完整的**書肺**並將其置入標示有書肺的小標本瓶內。

(待續)