
2010 年第廿一屆國際生物奧林匹亞競賽

-- 實驗試題(1)

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

總分：50 分

總操作時間：90 分鐘

第一部分 應用系統分類簡約法來重新建構六種植物的親緣關係樹(25 分)

【每組材料】

1. 六種植物物種的花(Flowers A-F)，保存在 70%酒精中。
2. 六種植物物種的果實(Fruits A-F)，保存在 70%酒精中。
3. 六種植物物種開花枝條的乾燥標本(Flowering specimens A-F)
4. 六種植物物種結果實枝條的乾燥標本(Fruiting specimens A-F)
5. 三片花粉玻片標本（每個玻片中有兩種植物物種的花粉，分別標示為 A-B, C-D and E-F)

【器材】

解剖顯微鏡(20X)、光學顯微鏡(400X)、刀片、鑷子、解剖針 2 個、培養皿 2 個、20cm 量尺

第 I 題-1 (9 分)

利用表 1 所建議的材料與方法，觀察下列 10 個特徵。在數據矩陣 1 (Data Matrix 1)中填入每個特徵的型式。每個特徵的型式應根據下列描述記錄為適當的數字(0, 1, or 2)，圖 1 顯示描述用詞的參考。

表 1 植物特徵描述(詳見圖 1 中特徵 1, 2, 4, 7, 8, 9 and 10 的各型式)

No	特徵	特徵型式	材料	方法
1.	花瓣	0: 花瓣癒合 1: 花瓣分離	花	肉眼觀察
2.	花序	0: 繖房或繖形 1: 總狀 2: 側生或頂生	開花枝條的乾燥標本	肉眼觀察
3.	果柄	0: 長於 1 cm 1: 短於 1 cm	果實枝條的乾燥標本	肉眼觀察
4.	子房位置	0: 上位 1: 半下位 2: 下位	花	用刀片解剖 解剖顯微鏡 (20X)
5.	Habit 習性	0: 灌木 1: Tree 樹木	已提供答案	已提供答案
6.	果實表面的毛	0: 無毛 1: 密毛	果實枝條的乾燥標本	肉眼觀察
7.	成熟果實的形狀與大小	0: 圓柱狀或圓形且頂端凹陷, (直徑<1 cm) 1: 圓形且頂端尖突 (直徑<1 cm) 2: 圓形-橢圓形且頂端尖突(直徑≥1 cm)	果實與果實枝條的乾燥標本	肉眼觀察
8.	果實類型	0: 仁果或蒴果 1: 核果	果實	*用刀片解剖 肉眼觀察
**9.	花粉粒	0: 四分體 1: 單分體	花粉玻片標本	光學顯微鏡 (400X)
10.	成熟葉的邊緣	0: 全緣或波浪狀緣 1: 鋸齒緣或齒緣	果實枝條的乾燥標本	肉眼觀察

* 倘若內果皮太硬，小心移除外果皮與中果皮，以鑑定果實型態。

** 在每個玻片標本上的紅圈內找尋花粉粒。

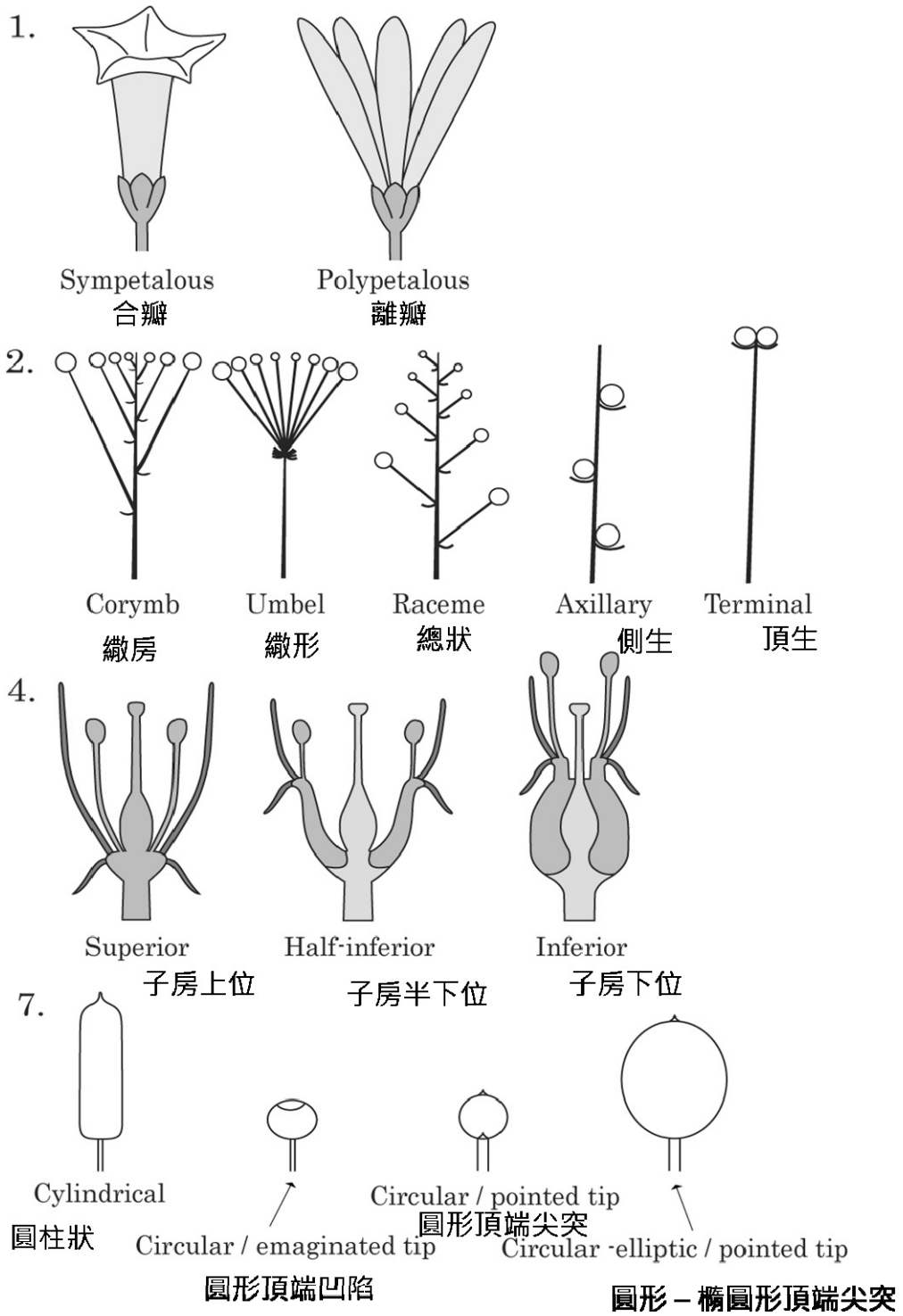
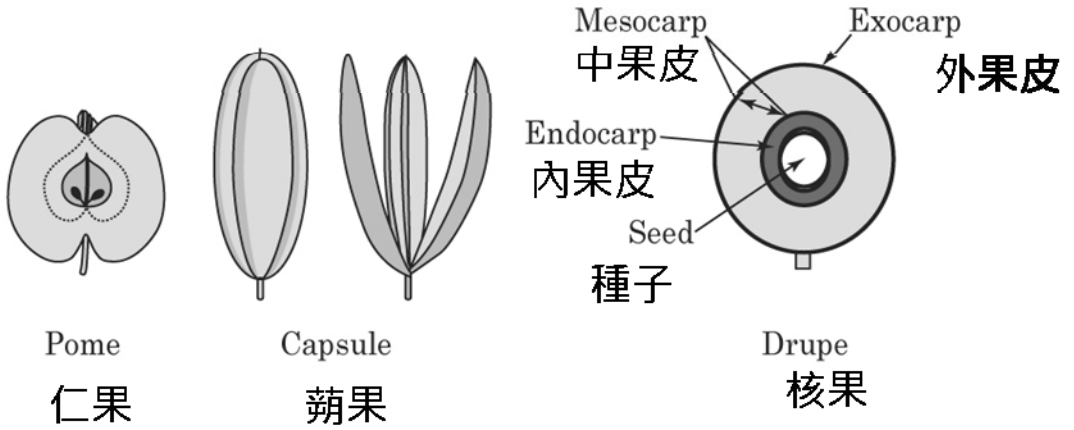
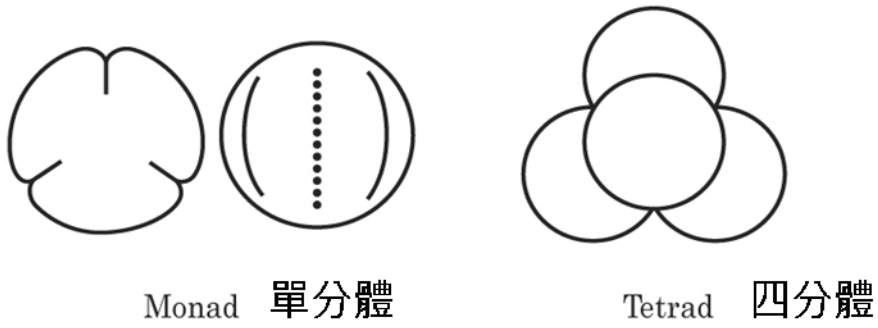


圖 1 特徵 1, 2, 4, 7, 8, 9 and 10 的各種特徵狀態之示意圖

8.



9.



10.

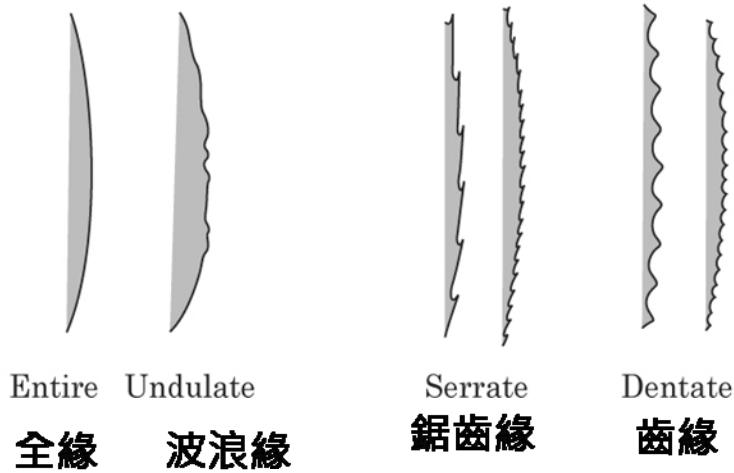


圖 1 (續)

問題 1 (9 分)

在答案紙上的數據矩陣 1 中，在空格中填入適當數字。表格中包括 6×10 空格，其中分類群 F 與特徵 5 已填入。

Character Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A					1					
B					1					
C					0					
D					0					
E					1					
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

第 I 題-2 (4 分)

根據已完成的數據矩陣 1 來回答下列問題。

問題 2.1 (1 分)

哪些特徵是共衍徵(=可判別親緣遠近的)，在對應空格中打勾(✓)。

問題 2.2 (1 分)

哪些特徵是多型性(=有 2 個以上的特徵狀態)，在對應空格中打勾(✓)。

問題 2.3 (2 分)

利用下列數值公式即可算出在已知分類群數目(n)下，所得之可能樹狀圖有多少。

可能的無根樹 = $(2n-5)!/2^{n-3}(n-3)!$

可能的有根樹 = $(2n-3)!/2^{n-2}(n-2)!$

公式中的符號‘!’表示階乘。

在此情況下，有根樹及無根樹分別是多少？

第 I 題-3 (8 分)

支序分析可用在建構這群物種的親緣關係樹，假設原始特徵狀態(祖徵)與外群 F 所具有者相同，因此特徵狀態 0 代表所有特徵的原始狀態。任何從原始特徵狀態改變成另一狀態，皆視為衍生特徵狀態，代表一演化事件之發生(衍徵)，特徵狀態 1 及 2 代表衍生的狀態。在此分析，所有特徵一律相等重要，樹狀圖的建構是一步驟接一步驟而完成的，依循步驟進行，在樹狀圖上選出適當的特徵編號及類群成員。

問題 3.1 (1 分)

若欲將內群(A, B, C, D, E)與外群(F)分開如起始圖 2 所示，可用兩個特徵以區分內群所有成員(具相同衍徵)與外群 F。

找出圖 2 中的兩個特徵(a and b)為何？並將該特徵的代表數字寫在答案紙上。若該特徵是多型性的，應將特徵的狀態以括弧表示在特徵編號之後。

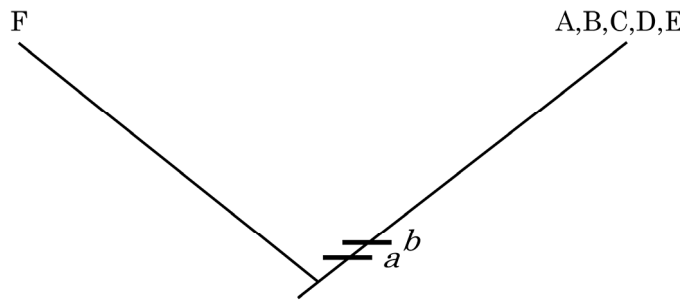


圖 2

問題 3.2 (2 分)

此一步驟接一步驟的方法從此起始樹狀圖來建構最終樹狀圖的過程，可用成員關係的概念來進行。分析逐漸以其他衍生特徵來區分出親緣較不相近的類群；親緣較不相近的類群可藉由在樹狀圖上獲得支持的特徵改變而與較相近者分開。在第二步驟中，5 個內群物種可根據 3 個共衍徵來進一步被分成兩小群(GI and GII)。

分別寫出 GI 及 GII 的成員，並將樹狀圖 3 上的 3 個特徵 (c, d and e) 的對應特徵編號填在答案紙上。若該特徵是多型性的，應將該特徵所具有的對應狀態以括弧表示在特徵編號之後。

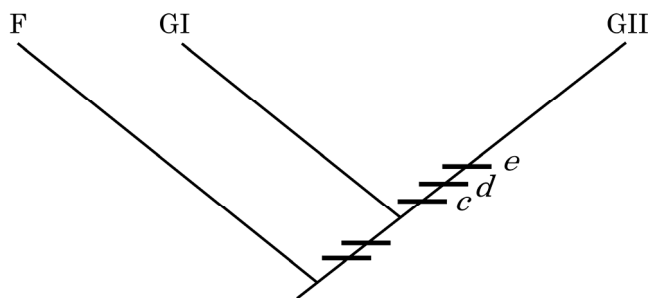


圖 3

問題 3.3 (3 分)

第二小群(GII)可再進一步分成兩群(GII1 and GII2)，分別有4個以及1個共衍徵。

分別寫出 GII1 及 GII2 的成員，並將樹狀圖 4 上的特徵 (f-j) 的對應特徵編號填在答案紙上。若該特徵是多型性的，應將該特徵所具有的對應狀態以括弧表示在特徵編號之後。

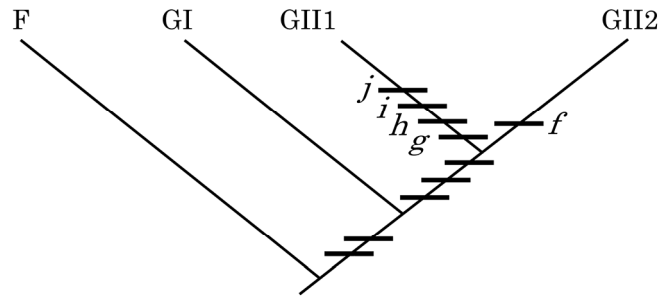


圖 4

問題 3.4 (2 分)

建構樹狀圖的最後一步中，所有的獨徵(單獨衍徵)須位在樹狀圖上，如有任何衝突的特徵發生時，須以簡約原則來做調整。在此情況，有 2 個獨徵(l and m)與僅有 1 個會衝突的特徵(k)。

根據最後結果樹狀圖 5，列出內群的 5 個物種的名稱，並寫出特徵 k, l and m 的對應特徵編號填在答案紙上。若該特徵是多型性的，應將該特徵所具有的對應狀態以括弧表示在特徵編號之後。

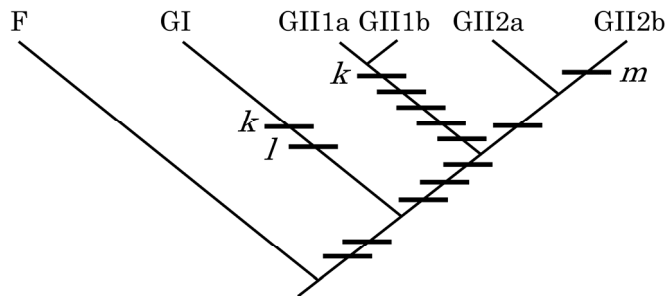


圖 5

第 I 題-4 (4 分)

根據完整親緣關係樹來回答下列問題。

問題 4.1 (1 分)

最簡約樹的特徵改變次數總數是多少？

問題 4.2 (1 分)

一致性係數(CI)定義為：在絕對一致的樹狀圖 (圖中所有特徵狀態僅改變過一次) 中，其特徵狀態改變次數的最小值 除以 最後得到之樹狀圖所觀察到的特徵狀態改變次數。最後樹狀圖 4 的 CI 是多少？

問題 4.3 (1 分)

若分類群 C and D 是同一屬的物種，則最後樹狀圖中最多有幾個屬？

問題 4.4 (1 分)

最後樹狀圖中可有幾個單系群？

第二部分 利用 UPGMA 法重建六種昆蟲物種的親緣關係樹。(25 分)

【昆蟲材料】六種甲蟲(鞘翅目)的乾燥標本，標示為 T1~T6

【實驗器材】昆蟲解剖台、量尺、解剖顯微鏡(20X)

注意：請小心，勿弄斷甲蟲標本的腳或觸角！若有損壞，將被扣 3 分作為處罰！

大部分昆蟲標本及其局部可在移除蓋子之後，直接從塑膠盒來觀察。

第 II 題-1 (8 分)

表 2 是特徵狀態表。仔細用肉眼及解剖顯微鏡來觀察甲蟲標本的形態特徵，然後填寫數據矩陣 2。圖 6 是鞘翅目各部位特徵之參考。

表 2 鞘翅目特徵描述

No	特徵	特徵狀態	方法
1.	鞘翅上有縱向、不連續的稜脊	0: 有 1: 無	肉眼觀察
2.	在頭部及前胸背板的角	0: 繖房或繖形 1: 總狀 2: 側生或頂生	肉眼觀察
3.	複眼	0: 長於 1 cm 1: 短於 1 cm	肉眼觀察
4.	大顎長度	0: 上位 1: 半下位 2: 下位	用刀片解剖 解剖顯微鏡(20X)
5.	觸角長度	0: 短於身體長度 1: 長於身體長度	肉眼觀察
6.	觸角形狀	0: 細長或鋸齒狀 1: 遠端節呈棒狀或頁片狀	肉眼觀察
7.	觸角	0: 無彎角 1: 有彎角	肉眼觀察
8.	後跗節	0: 5 小節 1: 4 小節或更少	解剖顯微鏡

表 2 鞘翅目特徵描述 (續上頁)

No	特徵	特徵型式	方法
*9.	前胸的背側縫	0: 癒合 1: 未癒合	已給答案
*10.	第一腹板及後基節	0: 分離 1: 未分離	已給答案
*11.	食物偏好	0: 肉食或腐食 1: 植食	已給答案

* 特徵狀態已列在答案紙中。

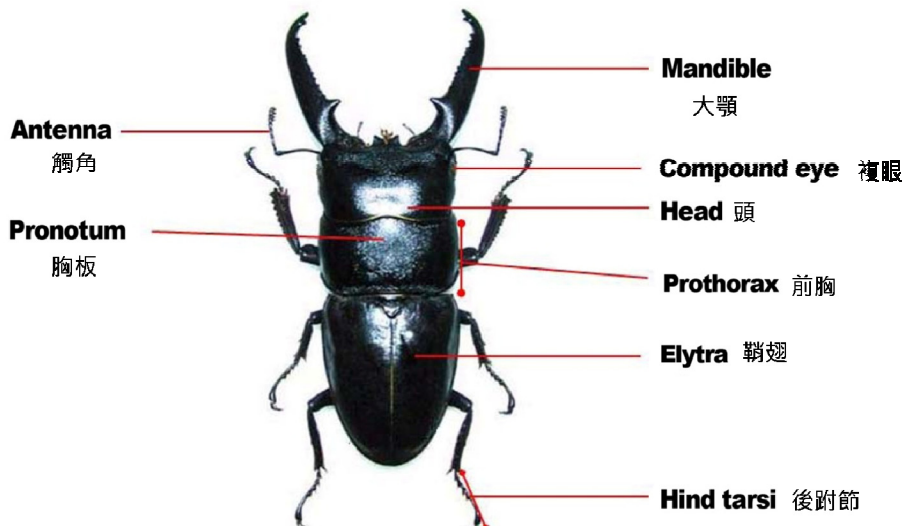


圖 6 鞘翅目身體各部位的名稱

問題 5 (8 分)

在答案紙上完成數據矩陣 2，包括 6 x 11 格，其中特徵 9, 10, and 11 已填入答案。

數據矩陣 2

特徵 分類群	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
T1									0	0	0
T2									1	1	0
T3									1	1	1
T4									1	1	1
T5									1	1	1
T6									1	1	1

第 II 題-2 (3 分)

從數據矩陣 2 中，將所有物種分別兩兩配對比較，建立一個特徵差異矩陣。兩物種 *i* and *j* 之間的差異值(D_{ij})的算法是：當特徵(C)之數字不同時($C_i \neq C_j$)，兩物種差異值等於不同數字之總和。計算差異值，並填入下表(特徵差異矩陣 1)中。

問題 6 (3 分)

在答案紙上完成下列特徵差異矩陣 1。

特徵差異矩陣 1、配對差異矩陣計算

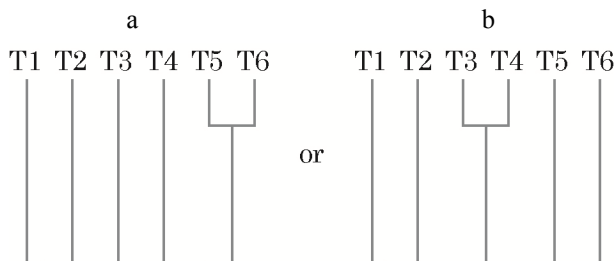
D_{ij}	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1	-	-	-	-	-	-
T2	4	-	-	-	-	-
T3			-	-	-	-
T4			2	-	-	-
T5					-	-
T6					2	-

第 II 題-3 (7 分)

用上面剛完成的配對差異矩陣，根據 UPGMA 運算法建構一個親緣關係樹。此過程中，你將建立分類群的歸群 cluster (由小歸群漸組成大歸群)，其方法是用漸進的差異矩陣及歸群圖，直到完成單一歸群。歸群過程的順序是 1)找到 D_{ij} 最小值、2)將兩物種連成一歸群、3)從此歸群至另一物種 *k* 計算新的距離，其方法是用 UPGMA，在物種 *k* 與(*i* and *j*) 歸群的新距離等於 $D(k(ij)) = (1/2)((D(ki)+D(kj)))$ 。重複以上 1) ~ 3) 步驟以建立下一個歸群，直到完成所有物種之歸群。

問題 7.1 (1 分)

從特徵差異矩陣 1 建構出兩個可能的起始樹狀圖之公式及圖形如下所示。將此兩個起始樹狀圖合併，並畫成一歸群圖(Tree 1)，將歸群圖 (Tree 1)畫在答案紙上。



問題 7.2 (2 分)

完成特徵差異矩陣 2。應用上述的 UPGMA 運算法來計算歸群與物種間(或歸群與歸群之間)的新差異值，並填入答案紙的空格中。找出具有最低差異值的物種配對，並作出一新的歸群圖(Tree 2)，將歸群圖(Tree 2)畫在答案紙上。

特徵差異矩陣 2：

<i>Dij</i> or <i>Dk(ij)</i>	T1	T2	T(3,4)	T(5,6)
T1	-	-	-	-
T2	4	-	-	-
T(3,4)			-	-
T(5,6)				-

問題 7.3 (2 分)

完成特徵差異矩陣 3。同樣地，應用上述的 UPGMA 運算法來計算歸群與物種間(或歸群與歸群之間)的新差異值，並填入答案紙的空格中。找出具有最低差異值的物種配對，並作出一新的歸群圖(Tree 3)，將歸群圖(Tree 3)畫在答案紙上。

特徵差異矩陣 3：

<i>Dij</i> or <i>Dk(ij)</i>			
	-	-	-
		-	-
			-

問題 7.4 (2 分)

完成特徵差異矩陣 4。應用上述的 UPGMA 運算法來計算歸群與歸群間的新差異值，並填入答案紙的空格中。並作出一新的歸群圖(Tree 4)，將歸群圖(Tree 4)畫在答案紙上。

特徵差異矩陣 4：

<i>Dij</i> or <i>Dk(ij)</i>		
	-	-
		-

(待續)