

2023 年第二十屆國際國中科學奧林匹亞競賽 -- 實驗題試題(下)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

化學試題

編號	安全防護	每隊數量
1	護目鏡	3
2	實驗衣	3
3	手套一對	3
4	廢棄物桶	1

化學實作器材及藥品清單

編號	器材	數量
1	50 cm ³ 離心管	2
2	25.00 cm ³ 容量瓶	10
3	600 cm ³ 燒杯 (廢液使用)	1
4	250 cm ³ 燒杯	1
5	100 cm ³ 燒杯	1
6	50 cm ³ 燒杯	1
7	10.00±0.05 cm ³ 刻度吸量管 (標有棕色數字) 用來吸取米萃液樣品	1
8	10.00±0.05 cm ³ 刻度吸量管 (標有藍色數字), 用來吸取其他液體	3
9	安全吸球	1
10	巴斯德 (Pasteur) 滴管	10
11	滴管橡膠帽	10
12	比色管 (路徑 1.0 cm)	1
13	試管架 (離心管使用)	1
14	標籤貼紙	1
15	簽字筆	1

編號	化學試劑	數量
1	0.01 M 磺基水楊酸 (SA, 於 50 cm ³ 離心管)	1
2	0.1 M 磺基水楊酸 (SA, 於 50 cm ³ 離心管)	1
3	0.1 M 過氯酸 (於 800 cm ³ 塑膠瓶)	1
4	萃取樣品 (Extract sample, 於 30 cm ³ 離心管)	1
5	0.01 M Fe(III) 標準品 (於 0 cm ³ 離心管)	1
6	蒸餾水 (於 200 cm ³ 瓶)	1

泰國茉莉香米的化學：

泰國長期以來是世界最大的稻米生產國及出口國之一，泰國米以其優良的品質在國際市場上享有良好聲

譽。其中茉莉香米又稱香米，被譽為泰國米中最重要的商品。烹飪過程中產生的氣味是此茉莉香米的重要特徵 之一。

米的香氣是由多種不同的化合物引起的，其中已鑑定的化合物有200多種。茉莉香米還含有多種的營養成分，包括鉀、錳、磷、硒、鋅、鐵等微量元素，對於促進身體發育和結構完整的代謝途徑的運作至關重要。為

了滿足鐵的需求，人們可以從不同的食物來源攝取鐵。根據報導，茉莉香米中鐵的相對含量較高。

在本實驗中，使用簡易的比色法 (colorimetry): 利用 Fe(III) 陽離子和磺基水楊酸(SA) 形成金屬離子的

錯合物（如下式所示），再透過連續改變的方式來確定反應的化學計量，以測定米萃取物中的鐵含量。



已知 K_f 為錯合物形成常數

實驗

第一部分：米萃取物中的 Fe(III)

光度法是食品科學中最有用的定量分析方法之一。它是一種簡便的成分分析方法，並提供成份組成和計量化學的之詳細資訊。樣品中 Fe(III) 濃度可根據比爾定律中吸收度和濃度所建立的校正曲線來決定。比爾定律中的吸收度正比於濃度。

$$\text{吸收度 (Abs)} = \epsilon cl$$

其中

ϵ = 莫耳吸收率 (L/(mol·cm)) [它用來衡量化學物種或物質吸收特定波長光之強度。]

l = 光徑長 (cm)

c = 濃度 (mol/L)

將不同濃度的 Fe(III) 標準溶液 5.00 cm³ 與過量的磺基水楊酸 (sulfosalicylic acid, SA) 混合，在容量瓶以 0.1 M 過氯酸 (perchloric acid) 調整體積至 25.0 cm³。放置至少 20 分鐘讓反應形成錯合物，並確保在使用分光光度計測量錯合物於 505.0 nm 處吸光度前已達平衡。根據比爾定律關係式，吸光度 (Absorbance) 與形成紅色 Fe(III) 錯合物最終濃度 (final concentration) 之間的線性校準曲線，如圖 C1 所示。

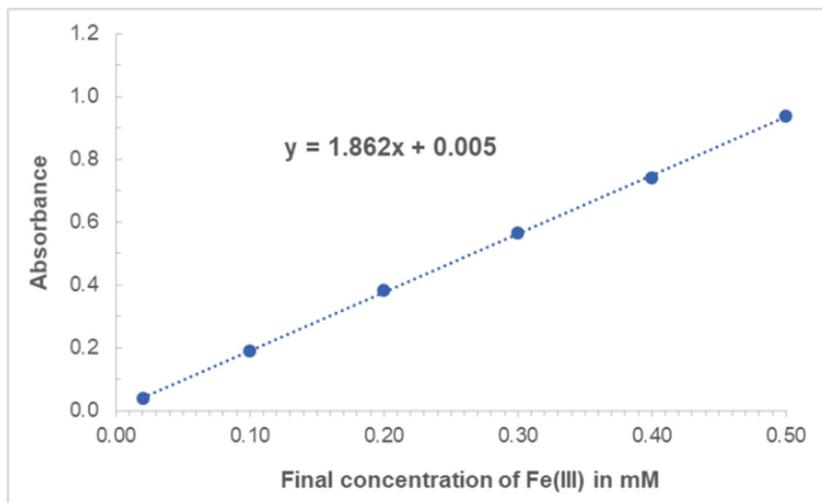


表 C1：Fe(III) 與磺基水楊酸 (SA) 反應形成錯合物後之校正曲線。

C-1.1 此錯合物的莫耳吸收率為何？(0.3 pt)

在實驗中，學生將拿到 30.0cm³ 含有 Fe(III) 離子的米萃取樣本(rice Extract Sample)。Fe(III) 離子的濃度可以使用分光光度法 (UV-Vis) 測量，並使用已給定的校正曲線的線性方程式計算。

實驗步驟

1. 將貼有白色標籤的刻度吸量管把 5.00 cm³ 米萃取樣本轉移至 25.00cm³ 定量瓶中，加入 5.00 cm³ 0.1 M 磺基水楊酸溶液，然後以 0.1 M 過氯酸調整到最終體積，確保溶液充分混合。（注意：有兩個濃度不同的 SA 試管。）
2. 將充分混合的混合物放置至少 20 分鐘以獲得穩定的錯合物。
3. 測定吸光度時，將混合物放入乾淨的比色管中大約 80% 滿，以分光光度計測定並設定吸收波長為 505.0 nm，按下分光光度計上的「啟動鈕 "START"」以記錄吸光度 (Abs)。



分光光度計測量吸光度的使用示意圖：

- (1) 打開蓋子，將裝有樣品的比色管放入槽中
- (2) 將比色皿的透明面朝向光路徑
- (3) 關閉蓋子，然後 (4) 按下開始鈕 "START" 測量吸光度 (Abs)。

C-1.2 由原始的米萃取樣品(Extract Sample)所形成鐵錯合物的吸光度 (Abs) 是多少？(0.2pt)

為了獲得準確的濃度計算，錯合物的吸光度需要在校正曲線的範圍內。

如果您認為需要稀釋，請僅使用 0.1 M 過氯酸在 25.00cm³ 容量瓶中對原始的 Extract Sample 進行稀釋（將溶液標記為 Solution A）。您可以自行決定 Solution A 的稀釋濃度。

若欲測量 Solution A 中錯合物的吸光度，請重複步驟 1-3，並將此有色溶液標記為 Solution B。您可將 Solution A 轉移到離心管(Falcon tube) 中。（注意：在新的吸光度測量之前，先用 0.1 M 高氯酸沖洗比色管，然後以欲測量的溶液潤洗比色管）。

C-1.3 製備溶 Solution A 所需要的 rice Extract Sample 體積是多少？(0.3pt)

C-1.4 Solution B 中錯合物的吸光度是多少？(0.3pt)

C-1.5 計算存在於原始 rice Extract Sample 中 Fe(III) 的莫耳濃度。以正確的有效數字寫下你的答案。(1.5pt)

C-1.6 計算存在於 rice Extract Sample 中 Fe(III) 的濃度 (mg/L)。以正確的有效數字寫下你的答案。(0.6pt)

C-1.7 從 200.0 克茉莉香米樣品中萃取出 100.0 cm³ 原始 rice Extract Sample，如果只含 Fe(III) 離子，試計算在每 kg 的米中 Fe(III) 的重量 (單位為: mg per kg of rice)，並以正確的有效數字寫下你的答案。(1.6pt)

C-1.8 磺基水楊酸會選擇性地與 Fe(III) 反應形成紅色錯合物。然而 rice Extract Sample 中同時含有 Fe(III) 和 Fe(II)。為了決定鐵離子的總量，在與磺基水楊酸形成錯合物之前，先將 rice Extract Sample 中的 Fe(II) 氧化成 Fe(III)。(0.5pt)

從 200.0 g 茉莉香米中提取 100.0 cm³ 的原始 rice Extract Sample。假設經過氧化過程後，Solution B 的吸光度較 C-1.4 題增加了 25.0 % 的吸光度，計算每 kg 的米中 Fe(II) 的重量 (單位為: mg per kg of rice)。(四捨五入至小數點後一位)

實驗

第二部分：反應的化學計量

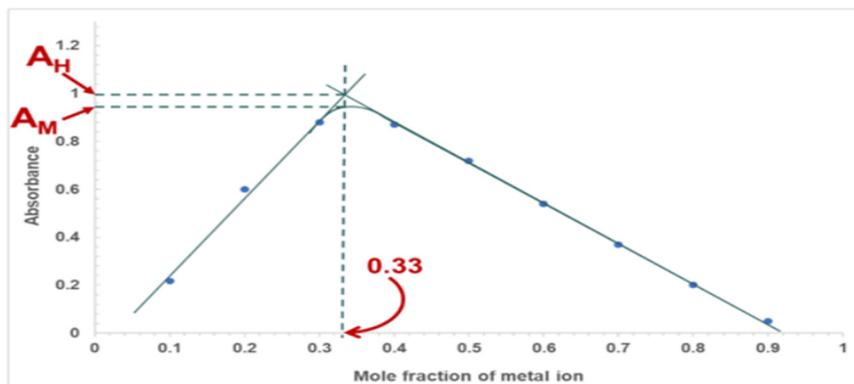
這部分的實驗探討了鐵和磺基水楊酸反應的化學計量，以及錯合物形成的平衡常數 (K_f)。這些可以通過繪製 喬布圖 (Job's Plot) 來完成，該圖描述 “某一反應物的莫耳分率及錯合物的吸光度” 之連續變化。反應物的莫耳分率 (Mole fraction) 是指溶液中特定反應物的莫耳數除以溶液中的所有反應物的總莫耳數。

喬布圖 (Job's Plot) 的繪製步驟

1. 按下表所示比例將 0.01 M Fe(III) 的標準溶液和 0.01 M 磺基水楊酸 (SA) 溶液加入 25.0 cm³ 的容量瓶中，用 0.1 M 過氯酸溶液將混合物調整至最終刻度體積。確保將溶液充分混合。

容量瓶編號	Fe(III), cm ³	SA, cm ³
1	0.50	4.50
2	1.00	4.00
3	1.50	3.50
4	2.00	3.00
5	2.50	2.50
6	3.00	2.00
7	3.50	1.50
8	4.00	1.00
9	4.50	0.50

- 將充分混合的混合物放置至少 20 分鐘，然後使用分光光度計在 505.0 nm 波長處測量吸光度。
- 記錄混合物的吸光度並繪製 喬布圖。如圖 C2 範例所示：金屬離子的莫耳分率 (Mole fraction of metal ion) 隨吸光度之連續變化。兩組線性曲線經外差法交點，可對應到金屬在錯合物中的莫耳分率及反應的計量係數。



AM = 數據表中得到在此計量比下的溶液吸光度。

AH = 理論產率 100% 時的吸光度值。

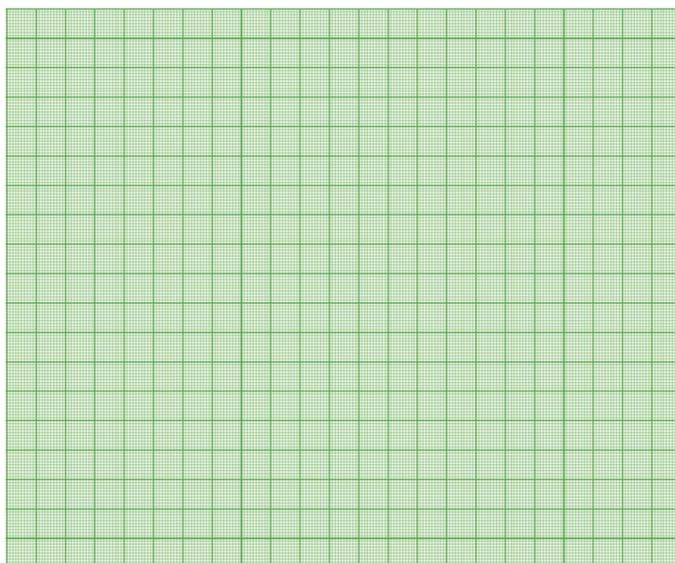
圖 C2. 金屬和反應試劑以莫耳比 1:2 生成錯合物之喬布圖範例。

C-2.1 計算 Fe(III)離子的莫耳分率，並在答案表中記錄錯合物的吸收度。(1.0pt)

量瓶號	Fe(III)莫耳分率	吸收度
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
9		

C-2.2 寫出你計算第 2 號量瓶中 Fe(III) 離子莫耳分率的過程。(0.5pt)

C-2.3 根據 C-2.1 中的數據繪製喬布圖 (Job's Plot)，並在圖中以圖 C2 相同的方式標示出 AH、AM 和錯合物的莫耳比。(3.0pt)



- C-2.4 於錯合物的最大吸光度 (AH)下，Fe(III) 離子和磺基水楊酸 (SA) 的理論莫耳分率是多少？(0.2pt)
- C-2.5 在紅色錯合物中，Fe(III) 和 磺基水楊酸之間的化學計量比（整數）是多少？(0.5pt)
- C-2.6 寫出此紅色錯合物的實驗式。參考第一部分介紹中的反應方程式。(0.2pt)
- C-2.7 在 AM 的吸光度下，該錯合物的濃度是多少？（提示：使用你在 C-1.1 答案中錯合物的莫耳吸光度）(0.5pt)
- C-2.8 在 C-2.7 的平衡濃度下，Fe(III)的自由離子濃度是多少？（將你的答案寫到三位有效數字）(0.7pt)
- C-2.9 計算形成此錯合物形成的平衡常數 (Kf)。(1.0pt)
- C-2.10 在 1-9 號的量瓶中，哪些量瓶中的磺基水楊酸為錯合物形成反應的限量試劑？從你的答案中選擇一個量瓶來寫出你的計算過程。(0.5pt)

生物試題

儘管植物物種的鑑定通常基於可觀察的外部形態特徵，但研究植物解剖學對此目的也很重要。細胞內結構提供了額外的資訊以促進分類。

問題 B1 中使用的植物標本和材料

1. 1%番紅(1% safranin)
2. 1%碘(1% iodine)
3. 20 mL DI H₂O（蒸餾水），裝在玻璃滴瓶中
4. 100 mL DI H₂O（蒸餾水），裝在塑膠瓶中
5. 1 盒顯微鏡載玻片
6. 1 盒蓋玻片
7. 1 盒單面刀片
8. 5 毫升滴管

9. 1 雙鑷子
10. 1 張標籤紙
11. 9 雙乳膠手套-S,M,L 各 3 雙(供所有實驗中使用)
12. 2 支解剖針
13. 1 支畫筆
14. 1 支簽字筆
15. 2 套培養皿和蓋子
16. 1 管植物標本
17. 1 包衛生紙(供所有實驗中使用)
18. 1 台複式光學顯微鏡

說明

對植物以橫切片製作顯微鏡標本片，並在顯微鏡下研究其解剖結構。說明如下。

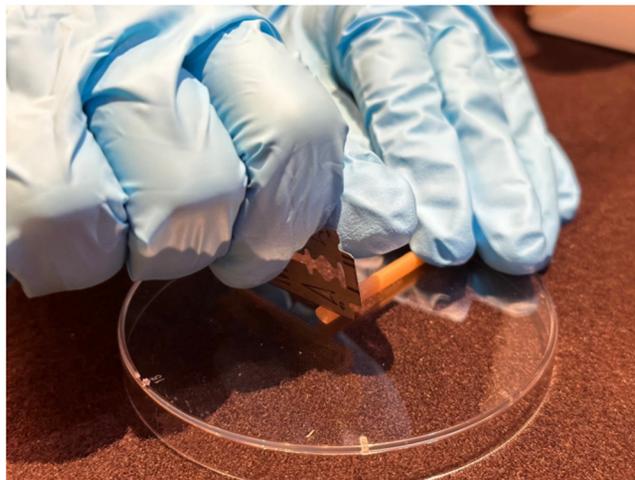
1. 番紅染料溶液的製備：

利用 5 mL 滴管將 10 mL 蒸餾水加入培養皿中。接下來，在培養皿中加入 2 滴 1% (w/v) 番紅。使用提供的畫筆將培養皿中的染料混合到蒸餾水中。

2. 樣本的橫切片：

使用提供的刀片為植物樣本切出薄薄的橫切片。

2.1 用一隻手將標本放在培養皿上，如下圖所示。



2.2 另一隻手用刀片垂直切割標本以獲得薄的橫切片。重複此步驟幾次，從標本的兩端取得多個切片。

3. 從標本兩端各選取一些切片，加入 1 滴碘。停留 3-5 分鐘。
4. 從標本的兩端各選擇一些未使用的切片，並將它們放入準備好的番紅染料混合物中。浸泡 1 分鐘。
5. 將每個標本切片轉移到單獨的顯微鏡載玻片上，在每個載玻片中添加 1-2 滴蒸餾水，並蓋上蓋玻片。
6. 在提供的顯微鏡下觀察準備好的樣品並繼續 B1 的說明。

生物學實驗考試中使用的術語表。

氣室：水生和半水生植物中常見的一種結構，其適應作用可促進水面浮力

綠色組織：一種薄壁組織，細胞內累積有大量葉綠體

木栓層：表皮的一部分，保護植物內部組織，發生在植物的次級生長中

纖維：具有厚的細胞壁，通常成分組狀排列或帶狀排列。用番紅染色後，會產生永久的紅色。

薄壁細胞：大小、形狀和功能各異的薄壁細胞

周鞘：維管束和中柱細胞的最外層，包圍木質部和韌皮部

髓腔：髓的中心部分崩解產生空腔

澱粉粒：由碳水化合物組成的質體，植物累積作為能量

星狀薄壁組織：一種星狀細胞，被歸類為基本組織系統內的永久組織

表皮毛：植物表皮的毛狀或外在生長物

維管束：由木質部和韌皮部組成

問題 B1 如下表 B1 所示，辨識樣本的內部特徵 (1-7)。填寫表格，如下：

對於每項特徵，考慮它有或沒有，然後在相應的空格中打“X”。

表 B1 的配分: (4.9pt)

■ 每答一正確 (1-7) 項目得 0.7 分。

表 B1

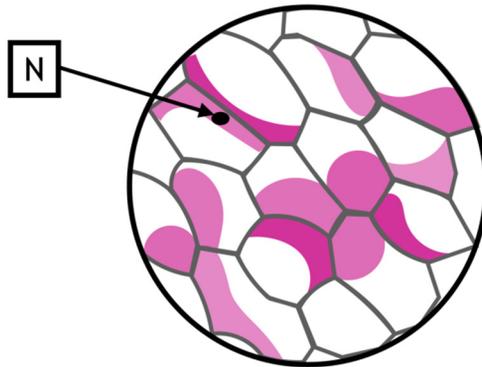
	特徵						
	1. 緊鄰表皮下的連續帶狀纖維 (0.7pt)	2. 緊鄰表皮下分組的纖維 (0.7pt)	3. 皮層中薄壁細胞 (0.7pt)	4. 周鞘 (0.7pt)	5. 木栓層 (0.7pt)	6. 澱粉粒 (0.7pt)	7. 表皮毛 (0.7pt)
有							
沒有							

問題 B2 在下面圓圈中畫出在總放大倍率為 400 倍的顯微鏡下觀察到的番紅染色樣本的圖片。從預先指定的字母框中劃出箭頭來精確標示圖片每個字母對應的特徵位置。每個特徵對應的字母如表 B2 所示。(2.6pt)

表B2

特徵	標示的字母
氣室	A
表皮下的纖維	B
星狀薄壁細胞	C
維管束	D

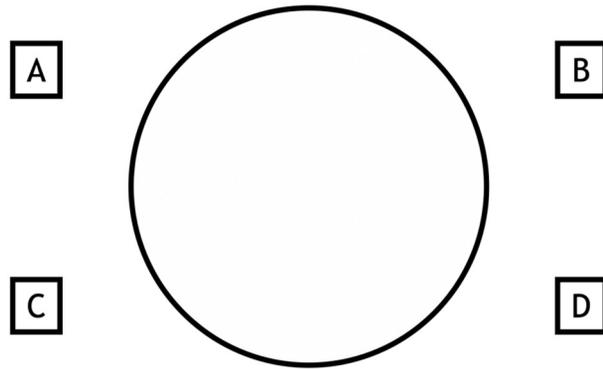
範例: "N" 指向細胞核



400X 總放大倍率

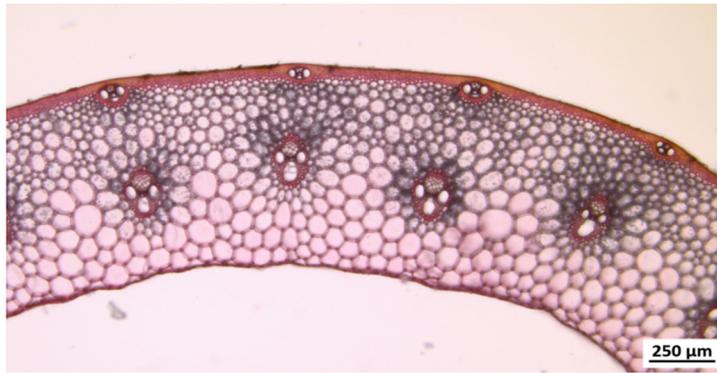
對於樣本的繪製，評分將考慮以下標準。

1. 繪畫技巧和繪畫細節 (0.2pt)。
2. 結構相對於視野大小和放大倍率的比例。(0.2pt)
3. 準確度(例如結構的位置)(0.2pt)



圓圈代表顯微鏡下放大 400 倍時的視野。

問題 B3 根據下方顯微鏡拍攝的圖片，使用以下檢索表鑑定此標本的物種。在表 3 中填寫鑑定的步驟和鑑定出的物種號碼。請注意，有些是假設的物種。(6pt)



植物物種檢索表

1A	緊鄰表皮下方有綠色組織_____	往步驟 2
1B	緊鄰表皮下方沒有綠色組織_____	往步驟 13
2A	緊鄰表皮下方有成連續帶狀的纖維_____	往步驟 3
2B	緊鄰表皮下方有呈現分離組別的纖維 _____	往步驟 10
3A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 4
3B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 7
4A	有髓腔_____	往步驟 5
4B	沒有髓腔_____	往步驟 6

5A	有澱粉粒_____	物種 1
5B	沒有澱粉粒_____	物種 2
6A	有澱粉粒_____	物種 3
6B	沒有澱粉粒_____	物種 4
7A	有髓腔_____	往步驟 8
7B	沒有髓腔_____	往步驟 9
8A	有澱粉粒_____	物種 5
8B	沒有澱粉粒_____	物種 6
9A	有澱粉粒_____	物種 7
9B	沒有澱粉粒_____	物種 8
10A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 11
10B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 12
11A	有髓腔_____	物種 9
11B	沒有髓腔_____	物種 10
12A	有髓腔_____	物種 11
12B	沒有髓腔_____	物種 12
13A	緊鄰表皮下方有成連續帶狀的纖維_____	往步驟 14
13B	緊鄰表皮下方有呈現分離組別的纖維 _____	往步驟 17
14A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 15
14B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 16
15A	有髓腔_____	物種 13
15B	沒有髓腔_____	物種 14
16A	有髓腔_____	物種 15
16B	沒有髓腔_____	物種 16
17A	有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 18
17B	沒有星狀的薄壁細胞_____	往步驟 21
18A	有髓腔_____	往步驟 19

18B	沒有髓腔_____	往步驟 20
19A	有澱粉粒_____	物種 17
19B	沒有澱粉粒_____	物種 18
20A	有澱粉粒_____	物種 19
20B	沒有澱粉粒_____	物種 20
21A	有髓腔_____	往步驟 22
21B	沒有髓腔_____	物種 21
22A	有澱粉粒_____	物種 22
22B	沒有澱粉粒_____	物種 23

表 B3

鑑定樣本的步驟											
用大寫字母寫出鑑定過程的每個步驟，每個步驟都放在單獨的空格中。											
從最左邊的空格開填寫。您可以使用全部或僅部分空格。											
範例步驟如下：	1A	2A	3A	4A	5A						
在正確的物種編號打“X”				X	2	3	4	5	6	7	8
				9	10	11	12	13	14	15	16
				17	18	19	20	21	22	23	
鑑定步驟：											
在正確的物種編號打“X”				1	2	3	4	5	6	7	8
				9	10	11	12	13	14	15	16
				17	18	19	20	21	22	23	

【完】