

校園裡的生態觀察

—菩提子與傳粉小蜂的共生關係

高小組生物科第二名

高雄市二苓國民小學

作者：黃小容、楊明倫、陳俊瑋、蕭玉昆
指導教師：蔡蕊、簡惠燕

一、研究動機

在操場遊戲時，常常發現校園中成群的白頭翁、麻雀、綠繡眼、蜻蜓……等聚集在菩提樹上覓食。仔細一看，哇！菩提樹上結滿了紫紅色的果實，但是我們卻從未看過菩提樹開的花，於是，我們非常好奇的跑去請教老師，一起探究其中的奧秘。

二、研究目的與研究問題

（一）研究目的：

- 1.觀察並記錄菩提子基本構造與特徵。
- 2.觀察並記錄菩提子生長發育的過程，並探討其他生物與菩提樹的關係。
- 3.探討傳粉小蜂的生活史，並瞭解傳粉小蜂與菩提子之間的共生關係。

（二）研究問題：

- 1.觀察菩提子隱頭花序的構造與特徵。
- 2.觀察並瞭解菩提子的生長發育過程中，各時期有什麼變化及特徵？
- 3.瞭解傳粉小蜂與菩提子之間共生關係。

（三）名詞解釋：

- 1.互利共生關係：在菩提樹上，菩提子的子房供傳粉小蜂產卵發育成長，而傳粉小蜂幫菩提子傳粉，彼此互相幫助，互相受益，各取所需，稱為互利共生關係。
- 2.菩提樹：桑科榕屬植物，雌雄同株。
- 3.蟲癭花：菩提子的雌花短花柱，供傳粉小蜂產卵發育的地方。
- 4.種子花：菩提子的雌花長花柱，只能結種子不能產卵。

三、研究過程與結果

(一) 觀察菩提子隱頭花序的構造與特徵：

• 實驗過程：

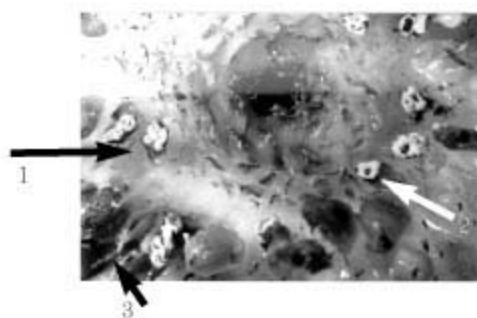
撥開B期和C期的菩提子，瞭解菩提子中隱頭花序的構造及特徵。

• 實驗結果：

1. 菩提樹的花是隱頭花序，而成熟產生的果實便是俗稱的「無花果」，與榕樹的果實是屬於同種類型，且皆為雌雄同株。

2. 菩提子隱頭花序的構造如下：

觀察紀錄	雄花	雌花	
		短花柱	長花柱
形狀	見圖一	見圖二	見圖三
位置	長於小孔周圍附近	長於內腔	長於果壁
特徵	像一朵蓮花	子房呈紡錘型 柱頭像喇叭狀	子房呈球型 柱頭像絲狀
數量	很多約 200-300 個	70-80 個	長花柱是短花柱的 2-3 倍
發育成熟期	B 期	B 期	B 期
用途	形成花粉	形成蟲瘻花	形成種子花



圖一：雄花

- 1. 雄蕊
- 2. 蛹
- 3. 長花柱



圖二：短花柱



圖三：長花柱

(二) 觀察菩提子在各時期不同的生長發育的變化與特徵：

• 實驗過程：

1. 從9-12月之間進行菩提樹的觀察，並瞭解菩提子的生長情形。

2. 在學校的同一棵菩提樹中選擇10個枝條研究，並貼上標籤註名研究日期，以利觀察其發育情形。

3. 每隔七天用直尺測量一次菩提子的外圍直徑，並觀察記錄內、外部的型態與構造。

・結果：

1.經過長時間的觀察研究之後，我們將菩提子的發育過程分為芽期、A-E等六期。

2.菩提子一個完整的生活史，大約需要16-22時期的主要構造與特徵，整理分述如下：

菩提子發育過程之觀察記錄表			
時 期	外觀（顏色、形狀）	內部特徵	備 註
芽期 （約 6-7 週）	1. 為黃綠色的三角柱圓錐體。 2. 在菩提子上有 2 片苞片緊覆蓋在上端小孔上。 3. 菩提子以對生方式排列。 4. 直徑大小約 0.3-0.5 公分。	內部實心而且堅硬，沒有空隙。	◆ 在菩提樹每長出一個新葉時，便會發現成對的菩提子，並呈現三角柱圓錐體。
A 期 前雌花期 （約 4-5 週）	1. 圓形青綠色，而且很硬。 2. 直徑大小約 0.5-0.7 公分。 3. 果實漸膨大，且有 3 片苞片。	內部有小空隙，細密雌花環繞成球狀。	◆ 雄花漸成熟
B 期 雌花期 （約 3-4 週）	1. 菩提子整體為深綠色，但在小孔附近有紅色斑點，並且有三片花萼。 2. 直徑大小約 0.8-0.9 公分。 3. 菩提子上端的小孔突起有裂縫，苞片微鬆開。	雌花子房膨大，花柱伸長，雄花發育成熟。	◆ 菩提子下方小孔之苞片向內凹陷，已有小蜂進入產卵。 ◆ 內部發現傳粉小蜂的屍體。
C 期 花間期 （約 1-2 週）	1. 菩提子呈現淡黃色，而且在小孔附近有淡紫色的斑點分布。 2. 直徑大小約 1-1.1 公分。 3. 小孔突出，而且附近發現有其他小洞。	雄花的花柱與雌花枯萎，變成黑色。	◆ 撥開之後，發現很多發育成熟的寄生小蜂
D 期 種子期 （約 1-2 週）	1. 菩提子外表的紫紅色斑點更深更多。 2. 直徑大小約 1.2-1.3 公分。 3. 內部種子變褐色。	撥開菩提子，在子房處可看見裡面有乳白色的蛹。	◆ 傳粉小蜂會從菩提子內飛出，所以樹枝、樹幹上發現很多傳粉小蜂。
E 期 成熟期 （約 1-2 週）	1. 整個果實已呈現紅色至紫色，在地上及樹枝上皆可見到。 2. 直徑大小約 1.5-1.7 公分。	果實變軟，而且多汁、有甜味。	◆ 可吸引麻雀、白頭翁、螞蟥、蜻蜓等小動物來覓食。

（三）觀察傳粉小蜂的生活史：

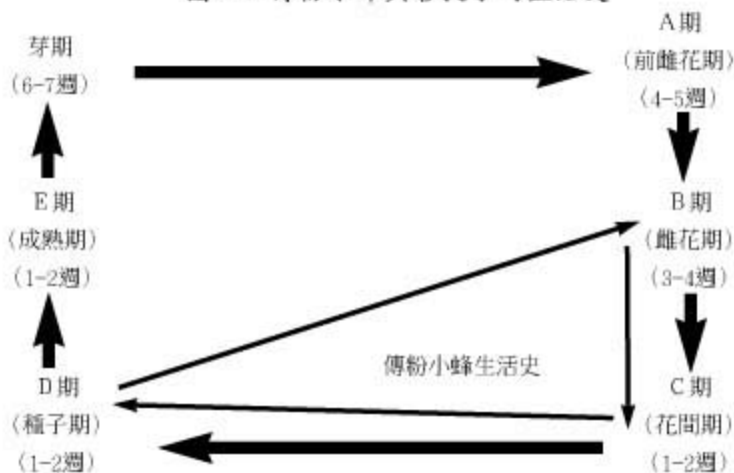
・實驗過程：

利用放大鏡，觀察各時期傳粉小蜂的生活史，並以照片記錄下來。（如圖四）

• 實驗結果：

1. 由實驗觀察記錄和收集的資料中，我們知道傳粉小蜂和寄生蜂的配合著菩提子的生活史如下：

圖四：傳粉小蜂與菩提子的生活史



(四) 傳粉小蜂與菩提子的共生關係：

• 實驗用具：A期的菩提子、長條形的塑膠袋、保鮮膜、梯子。

• 實驗過程：

1. 採用A期的菩提子作為實驗的工具，將枝條以長條形的塑膠袋和保鮮膜包住，以隔離共生動物的進入和傳粉。

2. 經過7-9週後，取下以成熟的菩提子，觀察並記錄和原來正常成長的菩提子的構造之間的差異。

表 1：菩提子與動物之間的關係

操縱變因	動物的個數		種子的個數
	寄生蜂 (隻)	傳粉小蜂的蛹 (隻)	
不做任何處理	15-20	10-15	200-300
套上一個塑膠袋	7-10	0	0
包上一層保鮮膜 及一個塑膠袋	0	0	0
包上兩層保鮮膜 及上一個塑膠袋	0	0	0

・實驗結果：

由表 1 中的結果，我們知道：

1. 菩提子需要靠傳粉小蜂傳粉才能結果。
2. 寄生蜂不會幫菩提子傳粉，所以不會結果。
3. 經由保鮮膜的阻隔，傳粉小蜂以及寄生蜂無法進入菩提子內部傳粉，所以沒有種子。

四、討論

1. 菩提子的花是隱頭花序，花隱藏在菩提子內，誰來幫助它傳粉呢？

答：雌花在 B 期成熟時，釋放出特殊化學物質，吸引了特定的傳粉小蜂進入菩提子內部產卵，經過內部小孔附近的雄蕊時，同時攜帶花粉替菩提子傳粉，而達到與菩提子互利共生的關係。

2. 傳粉小蜂是如何進入菩提子的呢？

答：菩提子上端的小孔在雌花成熟時，稍微鬆開，傳粉小蜂的頭部呈現三角形形狀像錐子，有利於傳粉小蜂順著小孔鑽入。

3. 為什麼在 B 期時會發現傳粉小蜂的屍體呢？

答：因為傳粉小蜂在 D 期成熟羽化後，飛到 B 期的菩提子內部產卵，並在產卵後便死亡，而成為菩提子的養分。

4. 寄生蜂和傳粉小蜂與菩提子的關係為何呢？

答：藉由塑膠袋的隔離後，我們知道，寄生蜂用產卵管從外部插入子房，菩提子內部產卵時，並不會使種子結果，故它的存在只是吸取菩提子的養分而已，是一種利己而不利他人的關係。反觀傳粉小蜂，則是藉著產卵的過程，幫助菩提子傳粉，達到互利共生的雙贏局面。

5. 雌花的長花柱為什麼又稱種子花？

答：雌花的長花柱子房呈球形，且子房壁厚適合發育種子。

6. 雌花的短花柱為什麼又稱蟲癭花？

答：雌花的短花柱子房呈橢圓形，子房壁較薄，適合傳粉小蜂從子房側壁插入產卵。

7. C 期菩提子小孔旁邊為什麼會有小洞？

答：寄生蜂發育成熟時，會從子房壁與果壁中咬個洞鑽出來，而此洞亦可讓傳粉小蜂羽化飛出。

五、結論

1. 菩提樹是桑科榕屬的植物，整株樹都有白色的乳汁，葉子是單葉互生，花為隱頭花序，果實是隱頭果，即俗稱的「無花果」。

2. 菩提子的雄蕊長在內部小孔附近周圍，方便傳粉小蜂進入，並同時傳粉。

3. 雌花則分為短花柱和長花柱兩種，長花柱為短花柱的2-3倍。

4. 長花柱的雌花，壁厚，體大而呈球型，可以發育成為種子花，並長於果壁上。

5. 短花柱的雌花，壁薄，可以發育成為蟲癭花，並長於內腔。

6. 雌花的長花柱約0.25公分，短花柱約0.08公分。而傳粉小蜂的產卵管約0.013公分，所以花柱的長短與傳粉小產卵管長短無關。

7. 菩提子發育的過程，約歷時16-22週，主要可分為(1)芽期：6-7週(2)A期：4-5週(3)B期：3-4週(4)C期：1-2週(5)D期：1-2週(6)E期：1-2週。

8. 經過我們的觀察研究之後，我們歸納出菩提子各時期的重要特徵如下：

(1)芽期時，菩提子呈現淺綠色的三角柱圓錐體，屬於腋生果。

(2)A期（前雌花期）時，菩提子逐漸膨大，貼於果實上端的苞片，由二片變為三片。

(3)B期（雌花期）時，發現傳粉小蜂的屍體，而且雄蕊成熟、花柱變為褐色。

(4)C期（花間期）時，菩提子出現紫紅色的斑點，而且小孔旁邊有小洞，撥開之後，內部有很多發育成熟的寄生蜂，由子房鑽出。

(5)D期（種子期）的菩提子紅色斑點更多，內部種子變為褐色，而且撥開後有成熟的傳粉小蜂飛出。

(6)E期（成熟期）時，菩提子軟而多汁，招來許多鳥類以及小動物的覓食，可促進菩提子的傳播。

9. 雌的傳粉小蜂，腹部巨大渾圓具內收式產卵管，而雄的腹部扁平，末端具交尾器。

10. 菩提子需要傳粉小蜂進入內部傳粉才能結果，因此發現D期沒有傳粉小蜂的菩提子，便無法產生褐色種子。

11. 寄生蜂的產卵管長而堅硬，但傳粉小蜂較短，故包上塑膠袋之後，寄生蜂可穿透進入菩提子內部產卵，而傳粉小蜂則不行。

12. 寄生蜂成熟後從菩提子的子房側面出來，而傳粉小蜂則從菩提子的子房

上端破蛹而出。

13. 菩提子成熟時引來很多的綠繡眼、白頭翁、蜻蜓、螞蟥……等的小動物到此覓食，是觀察校園植物生態系的最佳場所。

六、參考資料

1. 巫宏霏、周蓮香（民84）。榕果的世界。陽明山國家公園出版。
2. 陳穎儒（民83）。榕果小蜂與正榕之物候週期及種間關係。國立台灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。
3. 謝攻真（民81）。榕果小蜂與正榕之共生研究。國立台灣大學動物研究所碩士論文。

七、建議與感謝

1. 建議：

學校多種植樹木可以淨化空氣，有益健康，還可以讓學生在學校裡觀察體會動植物之間密切的關係，進而產生感動，才能尊重生命、珍惜萬物。

2. 感謝：

在我們的研究過程中，除了家長及師生共同合作之外，更要感謝楊吉壽師、梁靜薇師、高師大葉明龍研究生等人的大力協助，才能使研究順利完成，在此向他們獻上內心最誠摯的感謝。

評語

本論文分為三部份，第一部份是研究菩提子外部形態，及花的構造發育過程，第二部份是傳粉小蜂與菩提子傳粉的相關性，第三部位呈小蜂的生活史。每一研究部份均有很清晰的圖（相）片，使讀者能夠一目瞭然其研究成果，惟每一圖片的文字敘述稍為簡略，否則本論文品質會更好。

