

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 植物學科

第三名

052112

草中共生，卵中暗潮——大花咸豐草果實共生昆蟲
的首次紀錄

學校名稱： 新北市立板橋高級中學

作者： 高二 蔡佳君 高二 廖蕊伶 高二 謝霽璿	指導老師： 賴雪蕙
---	------------------

關鍵詞： 大花咸豐草、釉小蜂科、交互作用

摘要

除了常見的長鞘寬頭實蠅外，本研究首次記錄袖小蜂科也會產卵於瘦果並利用之。蜂離開瘦果時遺留位於瘦果中段切口整齊的圓形孔洞，蠅則留下偏向瘦果兩端的長條撕裂狀孔洞。蠅、蜂常同時出現在同一果序，未見明顯競爭排除，但在不同月份出現比例有所變化，時間性生態區位分化仍待釐清。模擬動物傳播發現，被帶走的瘦果產卵率較低，再結合產卵位置的觀察，顯示果序中中央瘦果利於幼蟲發育但不易傳播，邊緣瘦果反之。大花咸豐草可能藉由瘦果異型性在繁殖與傳播間取得權衡，整體瘦果的感染率 6.3%，展現其高繁殖策略下的傳播適應性。

壹、前言

一、研究動機

本研究初期透過解剖花朵並以顯微鏡觀察，發現了蠕動的幼蟲。因而猜測有昆蟲在瘦果內生活，並以其中的種子作為養分助長其成長。為驗證此一假說，我們收集了大花咸豐草的瘦果並將其封起，觀察是否有蠅從瘦果中鑽出來。結果顯示，除了長鞘寬頭實蠅，亦有不明小蜂在其中繁殖。更有趣的是，通常被產卵的瘦果會較肥大，顯示昆蟲產卵行為可能影響瘦果發育，因此我們想了解這些昆蟲和大花咸豐草之間的互動關係。

這些觀察結果引發我們對大花咸豐草與昆蟲之間互動機制的諸多疑問，並成為本研究進一步探討的出發點：這些蠅類與小蜂究竟與大花咸豐草之間存在怎樣的交互作用？而這種互動會對環境造成哪些影響？為了解答這些問題，我們開展了一系列的實驗，探索這些昆蟲與大花咸豐草之間的關聯，並試圖了解這些發現所帶來的更深層次意義。

二、文獻探討

（一）大花咸豐草

大花咸豐草（學名：*Bidens pilosa* L.）屬於菊科鬼針草屬。臺灣的咸豐草分為三

個變種：小白花鬼針、白花鬼針和大花咸豐草。

大花咸豐草單株的種子量約有 3000~6000 粒，且具有瘦果異型性繁殖策略，此方法透過產生不同型態與生理特性的瘦果，以增加在多變環境中的生存與擴散機會。其中中央瘦果比較大，發芽率高；而邊緣瘦果則較小，發芽率較低但儲存壽命較長。儲存壽命廣泛分布逾三十年，因具高繁殖力、強適應性與剋他作用，對本地生態系構成威脅（林訓仕等，2024）（Rocha, O. J., 1996）。



圖一、大花咸豐草花苞



圖二、大花咸豐草頭狀花序



圖三、花序後期未成熟果序



圖四、已成熟的果序

（二）長鞘寬頭實蠅

長鞘寬頭實蠅（學名：*Dioxyna sororcula*）屬於果實蠅科，體長約 3.8 至 5 毫米，為台灣原生種。其體色為灰褐色，複眼上帶有七彩光斑。觸角為三節肉質結構，末節側緣有剛毛狀突起。翅膀透明，具有黑色和淺灰色的翅窗，並且在前緣可見 3 至 5 個黑色斑塊，前緣基部的脈紋呈黃色。腹部較寬大，顏色為黃褐色，雌蟲具有黑色的長產卵管。長鞘寬頭實蠅廣泛分布於平地至低中海拔的山區，常見於大花咸豐草上吸食花蜜，雌蟲會把卵產在花朵上。這些蠅類在一年四季皆可見。本屬僅此一種（臺灣生命大百科，2014）（謝翊平、王昱程、陳佩甄，2019）。

（三）蜂、蠅特徵

蜂為膜翅目昆蟲：膜翅目昆蟲的口器主要分為咀嚼式和嚼吸式兩種類型。咀嚼式

口器在昆蟲中屬於較為典型的口器結構，其他類型的口器通常是由這種結構演化而來。其切區用來切斷食物，磨區則用來磨碎食物。嚼吸式口器則兼具咀嚼和舔舐功能，主要存在於高等膜翅目昆蟲中（中國科學院科普雲平台，2024）（愛自然－臺灣，2025）。

蠅為雙翅目昆蟲：在取食時，兩片唇瓣會展開並緊貼在食物表面，使得環溝中的空隙與食物接觸，液體食物便會順著環溝流向前口，進入食道。唇瓣亦可向後翻轉，暴露出前口的齒部，用來刺刮固體食物，將食物的碎粒與液體一同吸入（中國科學院科普雲平台，2024）（愛自然-臺灣，2024）。

當昆蟲進行完全變態時，蛹期扮演著結構性重建的核心角色，透過嚴密控制的溶解與再生機制，將幼蟲的身體徹底改造為成蟲。在初期蛹化階段(pre-pupa to early pupa)，原來的蛆狀體開始內部液化，僅有少量透明或初變色液體，表面覆有尚未變硬的淺咖啡薄殼，外觀輪廓模糊、結構尚未重建。進入蛹中期後，體內開始出現生長盤(imaginal discs)，這些細胞團將重建未來的翅膀、腳與其他成蟲器官。此時液體略增且變得濃稠，外殼變硬為中咖啡色，可見內部模糊但尚未具體化的重組區。到了蛹後期，翅芽與複眼等特徵逐漸清晰，體液變得濃稠，略帶紅褐色，外殼變深、堅硬並帶有金屬光澤，內部仍以液體為主，但身體輪廓日益明確。最終進入羽化前(pre-eclosion)階段時，液體大量被吸收，成蟲的身體如複眼、腳與翅膀等已清晰可辨，外殼變為極深色甚至偏黑，若切開已不再流出液體，標誌著蛹即將完成羽化，展開成蟲的新生命階段。這個過程展現了生命體高度精密的解構與重構能力，也解釋了為何蛹期能在演化上支撐幼蟲與成蟲分化出截然不同的形態與生態功能 (Madhavan, M. M., & Schneiderman, H. A. 1977) (Rolff, J., Johnston, P. R., & Reynolds, S. E. ,2019) (Tripathi, B. K., & Irvine, K. D. ,2022) 。

（四）生態區位分化

生態區位是一個物種在生態系中的角色與功能，包括它所利用的資源、活動時

間、棲息地範圍、與其他生物的互動關係等。生態區位分化為生存在同一地區之不同物種所使用的資源與棲地不同、或在活動時間上有別的現象，生態區位分化可減少物種間的競爭，促成物種的共存，或物種多樣性的增加。類似的食物和環境需求通常會導致生態區位重疊，重疊的生態區位加上有限的資源會引發物種間的激烈競爭，生態區位分析是研究生態區位分化的主要方法之一。通過分析物種的資源利用模式、環境條件需求和與其他物種的相互作用，可以量化生態區位寬度和生態區位重疊（曹子軒，2011）

三、研究目的

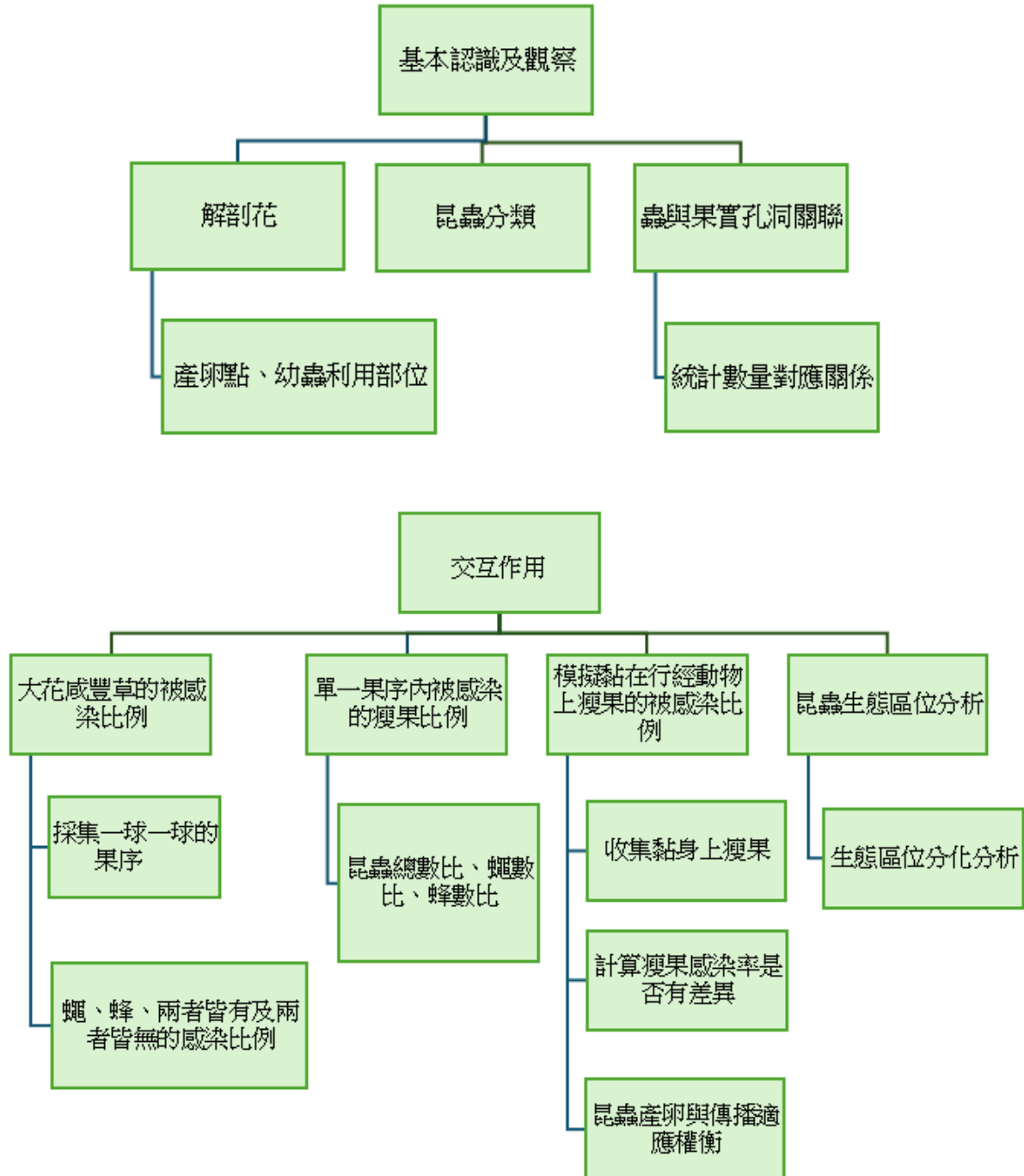
- （一）探討大花咸豐草瘦果內的昆蟲種類與孔洞形態的對應關係
- （二）探討大花咸豐草果實中寄生昆蟲之間的交互作用及生態區位分析
- （三）模擬動物行經大花咸豐草，計算被傳播的瘦果感染率
- （四）探討昆蟲和大花咸豐草之間的交互作用

貳、研究設備及器材

 <p>圖五、茶包袋</p>	 <p>圖六、束口袋</p>	 <p>圖七、單面刀片</p>
 <p>圖八、鑷子</p>	 <p>圖九、剪刀</p>	 <p>圖十、解剖顯微鏡</p>

參、研究過程或方法

一、實驗流程圖



二、基本認識與觀察

（一）解剖花

為探討大花咸豐草瘦果內昆蟲的寄生或棲息情況，我們進行瘦果解剖實驗。觀察到瘦果內有蠅、蜂兩類不同昆蟲可能共用同一花序資源。解剖的主要目的是：

1. 確認昆蟲棲息於瘦果內利用了大花咸豐草哪些資源。
2. 觀察產卵位置，判斷昆蟲是否偏好特定部位，如中央或邊緣瘦果。
3. 藉由比較瘦果內部殘留物（如蛹殼、液體、幼蟲型態），推測是否有寄生行為發生，或僅為兩種昆蟲的時空分隔使用。
4. 分析瘦果外部瘤基形狀與內部有無昆蟲是否相關，以建立瘦果異型性與昆蟲產卵選擇間的生態關聯。

實驗方法為挑選合適階段的大花咸豐草進行解剖。我們採集未成熟果序（如圖三），因為此為昆蟲產完卵的階段，解剖時將花序中每一枚瘦果的果皮切開或撕開，並觀察內部是否有昆蟲，同時紀錄相關資料以供分析。

（二）昆蟲分類

我們採集生長階段已完全成熟並呈現黑色的瘦果（如圖四），並選擇在晴天進行採集，以確保瘦果保持乾燥，避免潮濕環境造成果實發霉，影響後續觀察與實驗結果。選擇此階段的瘦果進行採集，瘦果內部的昆蟲已經在其中生長一段時間，等待昆蟲孵化成為成蟲所需的時間將縮短，經過觀察決定將果實放一個月後進行統計。之後將所有孵化出的昆蟲進行了詳細觀察，分類、計數，並拍照紀錄。

（三）蟲與瘦果孔洞

瘦果孔洞為成蟲羽化後離開瘦果的出口，其形態與數量可能對應特定昆蟲種類與個體數。因此在收集瘦果之前，我們先確保此時的瘦果並無孔洞，待成蟲出現後，透過記錄孔洞的數量、大小與形態位置，並比對所見的昆蟲種類與數量，可協助我們推測瘦果是否同時容納多隻幼蟲還是一隻蟲住一瘦果，進一步判斷不同昆蟲是否共棲同

一瘦果或具寄生關係。

三、交互作用

（一）大花咸豐草被感染比例

大花咸豐草在自然環境中，其瘦果遭遇昆蟲產卵，可能對種子存活與傳播構成威脅。為進一步理解這些昆蟲與植物之間的關係，本研究每週前往樣區（新月橋下的河濱地區）隨機採集已成熟的大花咸豐草果實，並盡量保持整球果序的完整，將這些果序一球一球分別放入 PP 材質的茶包袋中，以確保通風良好，並置於室溫下保存，等待一個月的時間。觀察與記錄：僅有蠅感染的果序數、僅有蜂類感染的果序數、同時存在蠅與蜂感染的果序數、兩者皆未感染的果序數，及其相對應的蜂、蠅數目。

（二）單一果序內被感染的瘦果比例

此實驗對單一果序內，被蠅類與蜂類產卵瘦果的數量比例進行觀察與紀錄，目的在於判斷兩者的比例是否有「一方出現時，另一方顯著減少」的情形。評估兩者生態互動模式。

待昆蟲由瘦果內孵出後，我們計算單一果序內的蠅數、蜂數、昆蟲總數並將各個形態孔洞及孔洞總數與之比對，將每一球被產卵的昆蟲總數比、蜂數比、蠅數比進行比較，觀察每一球果序的產卵比例是否有某一趨勢。

（三）模擬黏在行經動物被傳播，觀察其瘦果的被感染比例

採集果序的同時，衣服褲子上也會沾黏瘦果，把身上沾黏到的瘦果收集並比較蜂蠅的數量比例和在植株上採集的較完整果序的瘦果是否有差別，並探究其原因。由於解剖無法反映被產卵瘦果被傳播機會高低，本實驗補足此盲點，提供大花咸豐草在昆蟲產卵偏好（例如位置的不同）與傳播適應之間權衡的實證依據。

（四）昆蟲生態區位分析

若兩個物種利用相同的資源，且資源有限，則在長期演化與生態壓力下，無法穩

定共存於同一生境中。其中一方會因為競爭劣勢而被排除或轉向利用其他資源或時間。若是蠅與蜂都能使用大花咸豐草這個資源，則我們透過這實驗區分析蠅與蜂是否具有生態區位分化。因此透過比對不同月份的蠅、蜂產卵比做比較，觀察蠅與蜂是否會將產卵時間錯開，避免面臨激烈的競爭。

肆、研究結果

一、解剖花

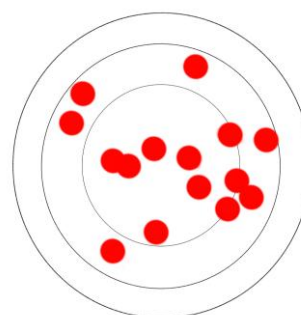
在解剖未成熟果序(花序後期)的過程中，若瘦果內未發現幼蟲，則僅可見白色種子（如圖十二）；若瘦果中含有幼蟲，則可觀察到呈透明環狀的結構，即為幼蟲本體（如圖十一），而種子已被昆蟲食用。從花序上方向下觀察到的昆蟲幼蟲分布位置製作成分布圖。結果顯示，幼蟲主要集中於花序的中央區域，即花序展開後的果序偏上端的位置（如圖十三）。在部分瘦果中觀察到咖啡色蛹殼的結構。經解剖後，有些蛹殼內釋出濃稠的咖啡色液體（如圖十四），並可見一小團白色幼蟲殘體；另有些個體則可辨識出初步形成的成蟲結構（如圖十七），顯示其正處於蛹期後段，也發現部分咖啡色外殼僅為一層薄膜狀包覆（如圖十五），推測可能處於剛進入蛹期的初期階段。此外，分布於花序外圍的瘦果通常具有較多瘤基，在撕扯果皮時可感受到其瘦果結構亦較為堅硬。



圖十一、被感染花序



圖十二、未被感染花序



圖十三、幼蟲在花序分布俯視圖



圖十四、觀察到的蛹殼與幼蟲，蛹殼內釋出濃稠的咖啡色液體



圖十五、觀察到的蛹殼與幼蟲，蛹殼為一層薄膜狀咖啡色外殼



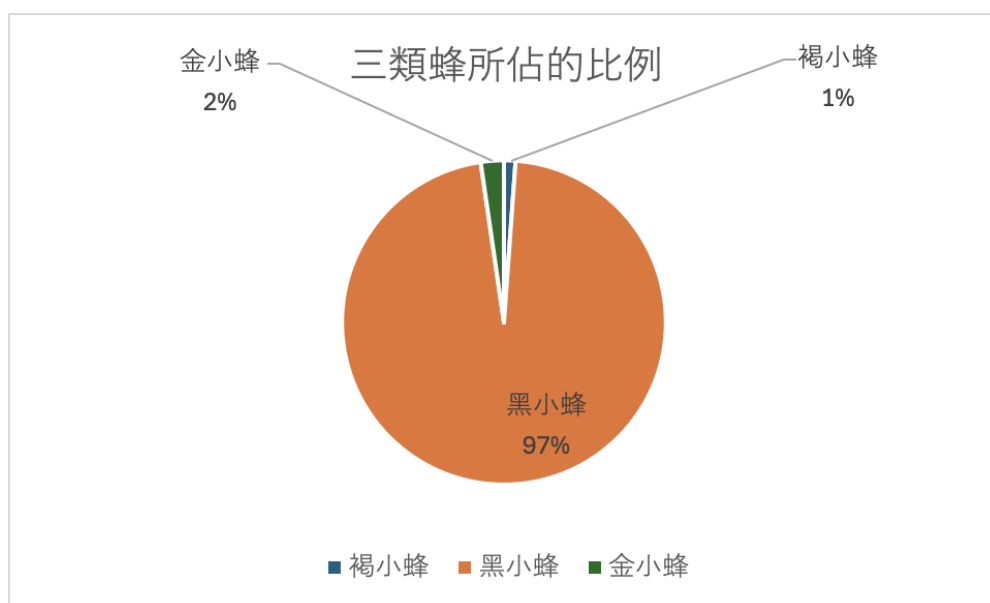
圖十六、觀察到的蛹殼與幼蟲



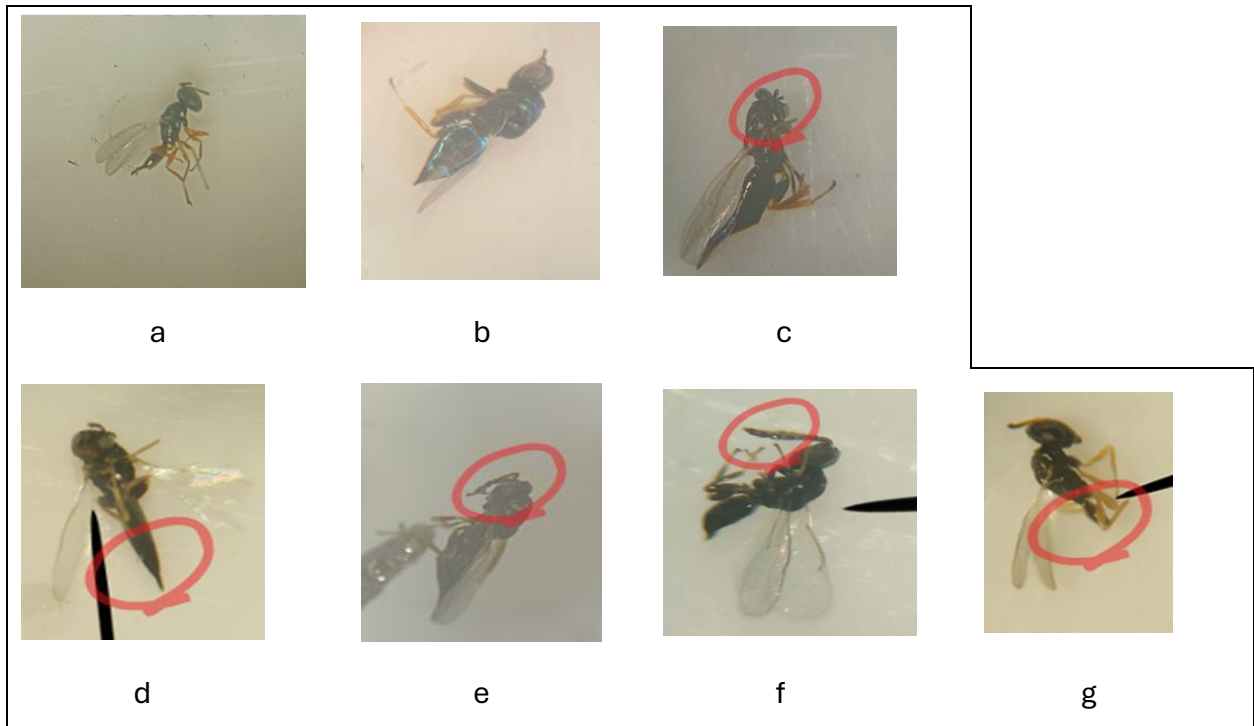
圖十七、觀察到的蛹殼與幼蟲

二、昆蟲分類

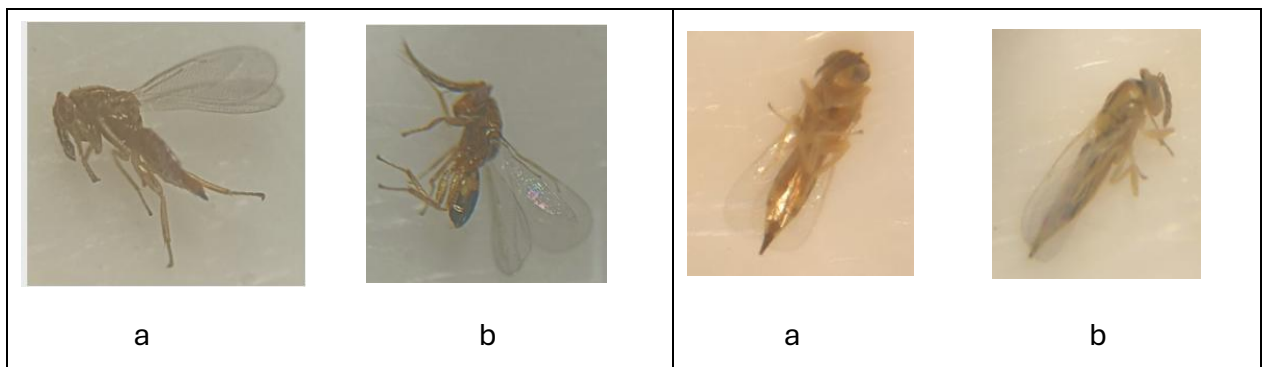
我們把 69 球果序中蠅與蜂進行分類，發現其中有蜂和蠅，蠅的體型較大，蜂的體型較小。蠅為長鞘寬頭實蠅，而蜂可能是釉小蜂，確實種類尚待鑑定。在可用肉眼觀察的範圍內，小蜂可分為三種顏色：黑色、黃褐色和金色。黑小蜂 84 隻，褐小蜂 1 隻，金小蜂 2 隻，其比例如（圖十八）。黑小蜂特徵比較（如圖十九）：其中（圖十九 a）是我們發現數量最多的黑色小蜂。（圖十九 b）相較於（圖十九 a），體色會反射出些微的藍光，且眼部較（圖十九 a）大且圓。（圖十九 c）的頭部較為扁平。（圖十九 d）的腹部較長，但觸角已經斷裂，因此（圖十九 e）的觸角應該是其原本的樣子，未受損。（圖十九 f）的觸角明顯較長，但胸腹形狀與（圖十九 a）相似。（圖十九 g）則擁有較短小的腹部，與其他個體相比，其體型顯示出顯著的差異。



圖十八、三類蜂所佔的比例

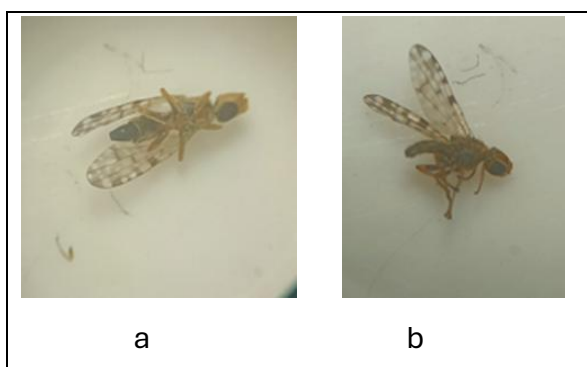


圖十九、黑色小蜂



圖二十、黃褐色小蜂

圖二十一、金色小蜂



圖二十二、長鞘寬頭實蠅

三、蟲與瘦果孔洞關聯

不同位置的洞，存在外觀上的差異。統計後總共發現蠅 111 隻，蜂 87 隻，而撕裂狀洞數 114 個，圓形洞數 88 個。由此可以觀察到蜂的數量和圓形孔洞的數量具有高度相關，蠅數和撕裂形孔洞亦是如此。圓形孔洞：這種孔洞通常出現在瘦果靠中央的位置（如圖二十三），形狀呈規則圓形，顯示昆蟲可能是從瘦果的中心處出來，這類孔洞的大小和形狀比較均勻，容易識別；不規則形狀的洞：這類孔洞通常位於瘦果的一端（圖二十四）形狀較為不規則，可能是昆蟲在破壞過程中造成的痕跡，與圓形孔洞相比，這些洞的邊緣更加粗糙且不對稱。



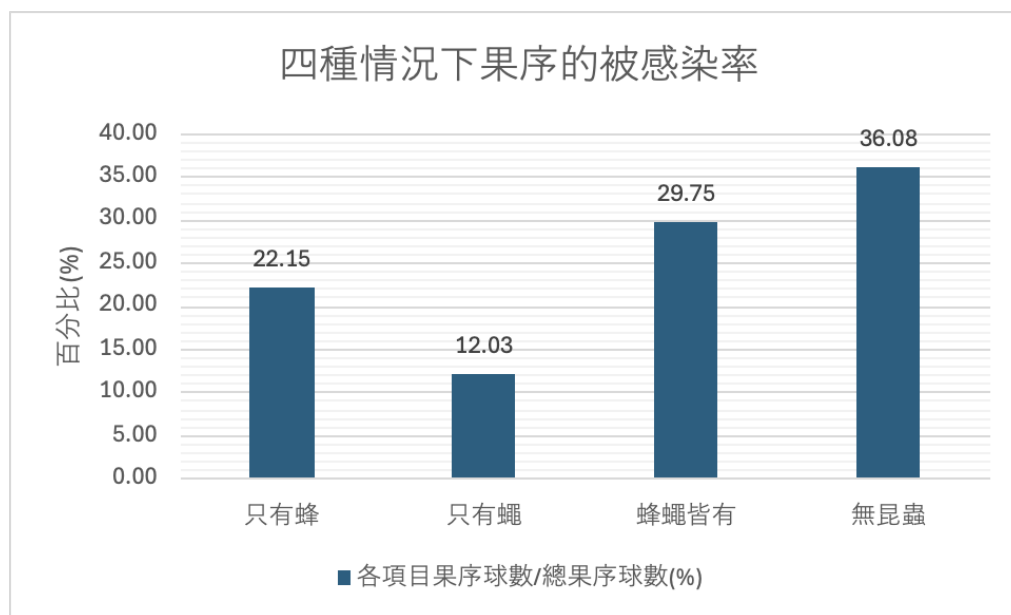
圖二十三、圓形孔洞位於瘦果中央



圖二十四、撕裂孔洞位於瘦果兩端

四、大花咸豐草的被感染比例

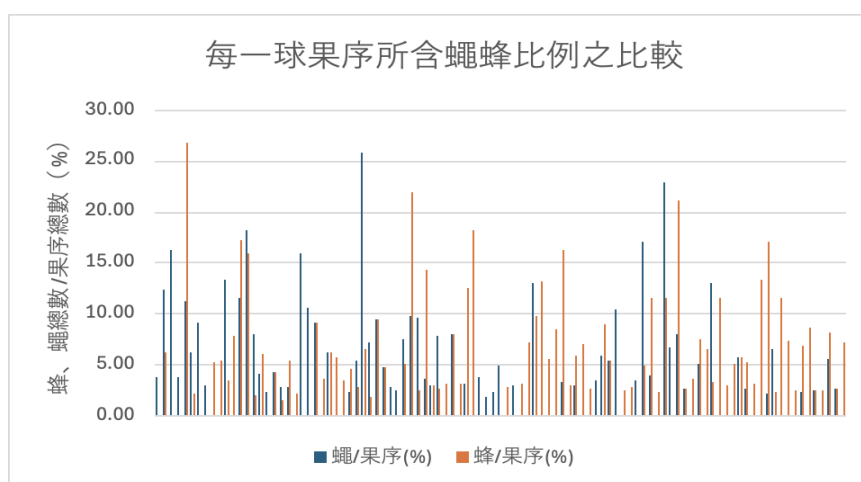
在統計 158 個果序樣本後，計算大花咸豐草果序的被感染率，包含僅有蜂、僅有蠅，以及同時存在蜂與蠅之果序所占比例，結果如下（圖二十五），顯示蜂與蠅共存於同一果序的比例高於僅有蜂或僅有蠅者。經統計後知昆蟲總數為 381，瘦果總數為 6196，而瘦果被感染的比例約為 6.3%。



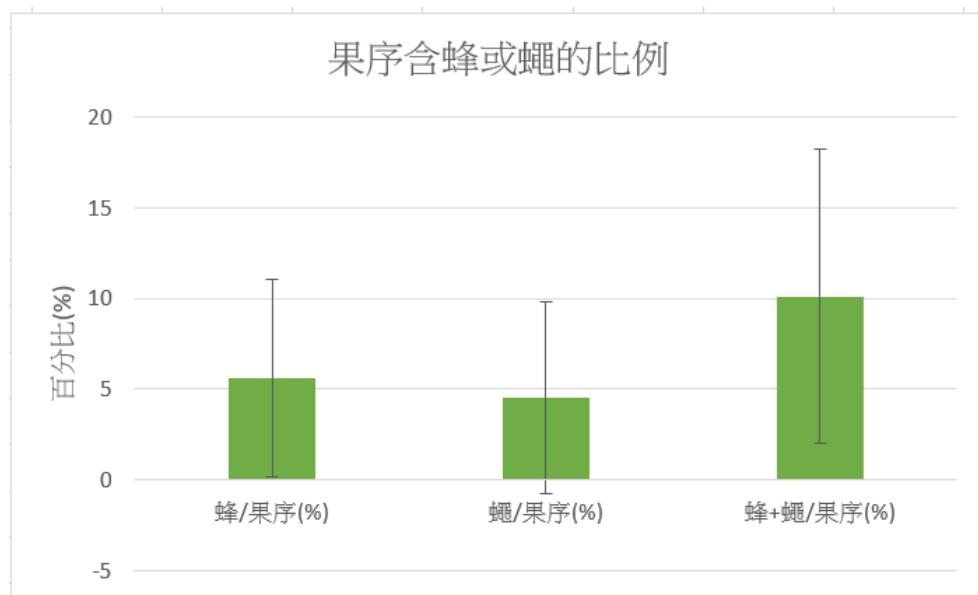
圖二十五、四種情況下果序的被感染率

五、單一花序內被感染的瘦果比例

每一球果序內其總昆蟲數（即蠅加蜂）、蠅總數及蜂總數除以單一果序的瘦果總數後的比例皆無達到統一趨勢，而是有高有低。且每一球果序內所含蠅數比與所含蜂數比的比較並無呈現蜂或蠅哪一方比例會較高，而是有時蜂很高，有時蠅很高，有時只有蜂或只有蠅，有時差不多如（圖二十六）。我們將 158 球果序中每一球果序所含昆蟲總數、蠅總數、蜂總數的百分比做平均，分別為 10.10%、4.51%、5.59%，而標準差分別約為 8.13、5.33、5.43 如（圖二十七）。



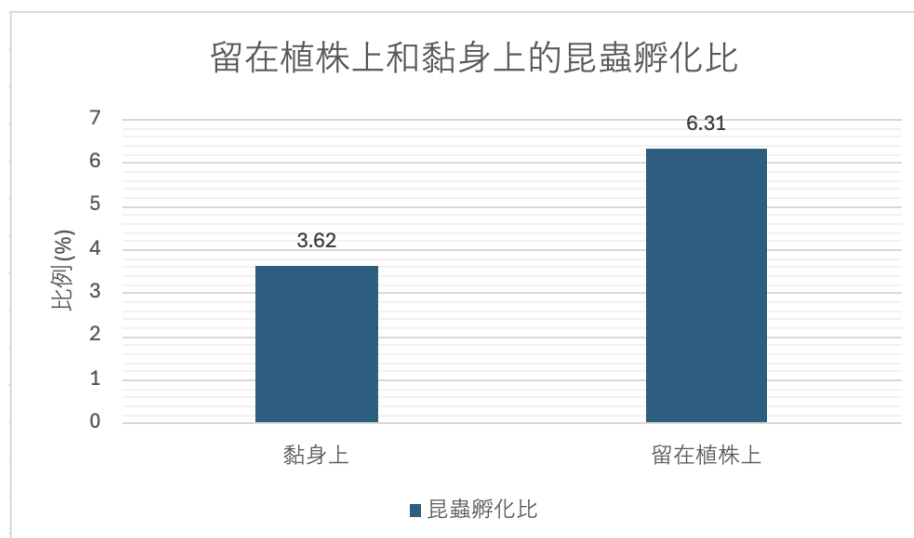
圖二十六、每一球果序所含蠅蜂比例之比較



圖二十七、昆蟲總數、蠅、蜂果實比標準差

六、模擬黏在行經動物傳播，其瘦果的被感染比例

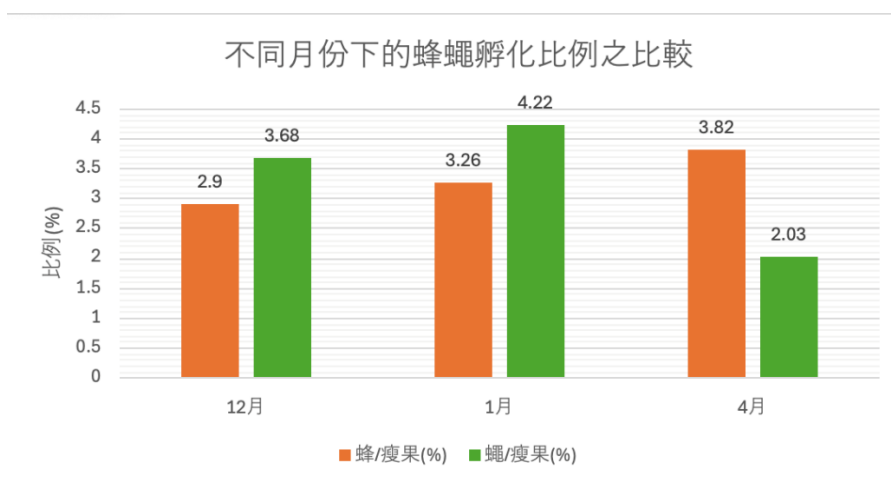
我們發現黏在身上的瘦果孵出蟲的比例較低為 3.62%，由留在植株上的瘦果孵化昆蟲紀錄總表得知昆蟲總數除以瘦果總數比例為 6.31%（圖二十八）。



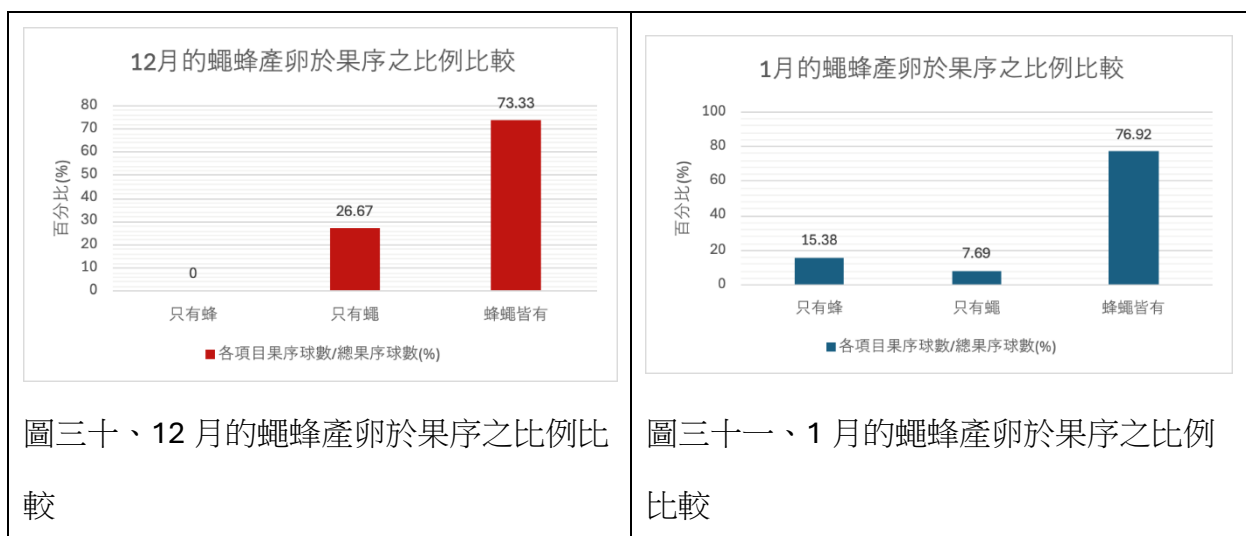
圖二十八、黏身上的昆蟲孵化比和留植株上昆蟲孵化比

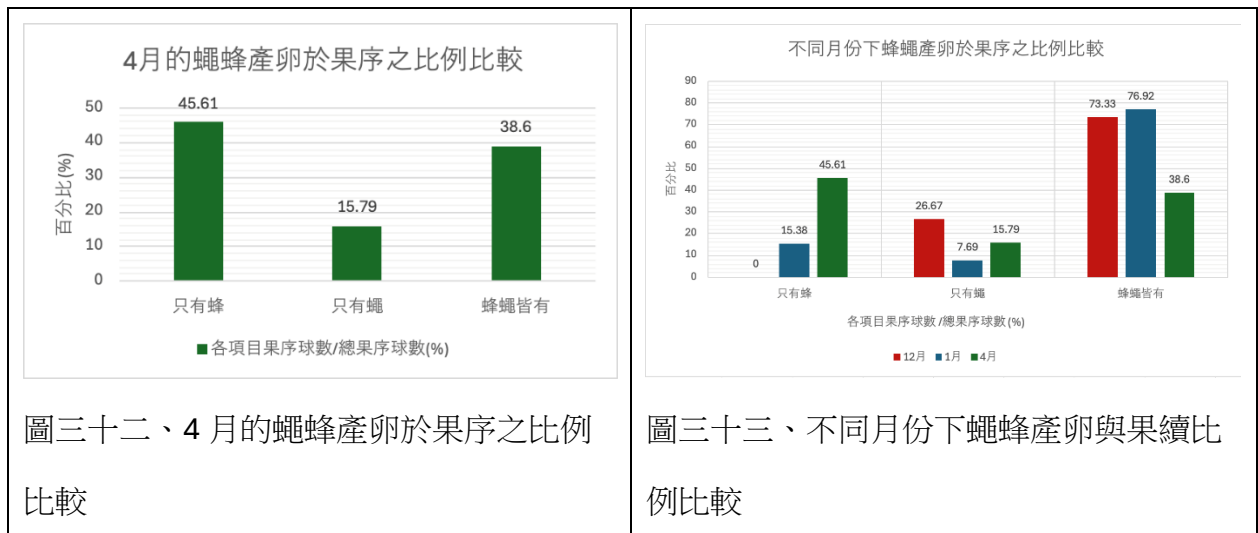
七、昆蟲生態區位分析

本次實驗比較了不同月份下蜂類與蠅類對果序的利用比例。結果顯示，蠅的比例在 12 月與 1 月高於蜂，而 4 月蜂的比例大於蠅（圖二十九）。此外，12 月期間果序中只有蠅的比例高於只有蜂（圖三十），然而到了 4 月，只有蜂的果序比例反超只有蠅的（圖三十二）。而無論哪一月份，蠅蜂皆有的果序比例皆偏高。在三個月份中，「只有蜂」的果序比例呈上升趨勢，12 月為 0%，1 月上升至 15.38%，4 月提高為 45.61%；「只有蠅」的比例則介於 7.69%至 26.67%之間，無逐月增加或減少趨勢。「蜂蠅皆有」的比例則從 12 月的 73.33%、1 月的 76.92%，下降至 4 月的 38.6%（圖三十三）。



圖二十九、不同月份下的蜂蠅孵化比例之比較





伍、討論

一、昆蟲分類

大花咸豐草果實內的昆蟲種類大致可分為蜂類和蠅類。蠅類是常見於大花咸豐草的長鞘寬頭實蠅，然而查找文獻後並無發現有關大花咸豐草與產卵在其瘦果內之蜂類等資料。因此後續實驗將蜂類依顏色、體型等特徵進行細分。然而，由於昆蟲鑑定至物種層級較為困難，目前僅能推測所有小蜂中可能包含袖小蜂科且具有兩種以上。

二、蠅、蜂對應果實孔洞形態

蜂、蠅造成不同形態果實孔洞推測是由於蜂的口器為咀嚼式或嚼吸式，可分為切區及磨區：切區用來切斷食物、磨區用來磨碎食物，推測此種口器能咬出較規則的洞；而蠅則是舐吸式口器，可能利用刺、吸、刮，或頭部撞擊，造成瘦果裂縫。

三、蠅與蜂的交互作用

從解剖花、蟲與瘦果孔洞關聯、大花咸豐草的被感染比例、單一花序內被感染的瘦果比例這些實驗可討論：首先，解剖結果顯示，部分中央瘦果中可見完整深色蛹殼結構，且在蛹殼裂口處有咖啡色液體流出，內部可發現一小塊白色幼蟲體，我們對此

現象推測為兩種可能：其一為長鞘寬頭實蠅進入初期蛹化階段，蛆體崩解為重組液體並進行變態；其二則為遭寄生蜂入侵後，原寄主組織被白色蜂幼蟲取代並消化殆盡，咖啡色液體為寄主殘餘組織或排遺。

然而，計算大花咸豐草的被感染率時，同時存在蜂與蠅之果序所占比例極高(36.08%)，大於只有蠅(12.03%)或只有蜂(22.15%)的果序，顯示兩者之間共住一果序比例很高，說明應無強烈寄生或競爭壓力。此外若縮小範圍，在單一頭狀花序內觀察到的蠅與蜂，兩者產卵比例變化大，有時僅出現其中一種昆蟲，有時則兩者數量相近，如果蜂會寄生蠅，比例應不會如此高低起伏無規律，另外兩者對應之出孔洞形態明確可區分（即為一個瘦果一個孔洞並且對應一昆蟲），綜合上可推論並未觀察到明確寄主－寄生關係或持續性優勢競爭者的出現。最終推測兩者可能透過生態區位分化降低資源重疊，進而促進共存，而非寄生或強烈排他型競爭。

此外，若能觀察到蜂與蠅之間存在時間上的消長變化，可進一步從不同的生態互動類型探討兩者之間的可能關係。如若是寄生關係則蠅先產卵於果實，蜂再偵測並寄生於蠅卵或幼蟲，因此蜂的活動高峰稍晚於蠅，此外隨著蜂族群擴張，蠅幼蟲被大量寄生導致族群下降，出現「蜂增蠅減」的變化，而最終導致蜂族群後續也跟著下降；如若是競爭則可能觀察到蜂比例上升而蠅比例就下降，或反之，且同果序共存比例減少；如若是時間性區位分化則可能發現蠅與蜂在不同月份有各自的高峰期且果序中共存比例高，但某時段以一者為主且無明顯負相關。

四、昆蟲對大花咸豐草的危害

首先，大花咸豐草屬於典型的 r-選擇策略植物，其繁殖特徵為高產量，根據文獻資料，一株大花咸豐草可生產約 3000 至 6000 個瘦果（林訓仕等，2024）。在我們的實驗中，於 6196 個瘦果中僅有 391 個被寄生，感染比例僅為 6.3%，這代表即便在寄生壓力存在的環境下，絕大多數的種子仍未受影響。

五、大花咸豐草瘦果異型性與昆蟲產卵選擇間的關聯

從解剖花、模擬行經動物上瘦果的被感染比例實驗可討論：首先我們由文獻與切花實驗得知大花咸豐草具瘦果異型性（林訓仕等，2024），即為其一個頭狀花序中產生的瘦果，在形態、重量、附著能力、散布方式上呈現差異。

蟲會產卵偏花序中央，推測是由於中央瘦果表面瘤基少，較為柔軟利於產卵，且由文獻得知中央瘦果發芽率較高，對昆蟲來說是個營養豐富產卵點，此外實驗得知沾黏在身上的瘦果較小產卵率低，說明外圍無被產卵果實容易被帶走。若以大花咸豐草的利害來看待以上種種現象可推論：蟲會產卵偏花序中央，但這對植物而言則代表風險，因最具發芽潛力的中央果實，反而可能被損害，難以順利完成繁殖。相對的，周邊瘦果體積小、瘤基多，這類瘦果雖營養儲備較低、發芽率也較差，但不利於昆蟲產卵，且成功離開母株、拓展種群範圍的機率較高。

以大花咸豐草的策略來看，這種在同一花序中同時發育出「高品質但高風險」與「低品質但高機動」的兩種瘦果，是一種對環境不穩定性的對策。它不把所有資源投注在同一類型的後代上，而是透過異型果策略進行繁殖風險的空間分散與功能分工。這樣的策略，在面對昆蟲產卵、動物傳播、棲地不穩定等多種挑戰時，為其繁衍與擴張提供了更高的靈活度與適應性。由此可知大花咸豐草的瘦果異型性不僅體現在形態與傳播方式上，更深受昆蟲產卵行為所影響。

五、昆蟲生態區位分析

在單一花序中，蠅與蜂同時出現的果序比例偏高（36.08%），顯示兩者在部分時空條件下能共用同一資源空間，應無競爭排除，若蜂與蠅在不同月份有各自的高峰期或花發育階段偏好產卵，則可能具有時間性區位分化。對不同月份果序中蠅與蜂的產卵比例進行分析，發現三個月份皆有顯著比例的「蠅蜂共存果序」，顯示兩者在多數情況下能共用同一資源空間，並無明顯的競爭排除現象。然而，各月份的單獨出現比例也呈現變化，蠅在 12 月活躍，蜂則在 4 月明顯增加，顯示兩者可能存在時間性區位分化，以避開直接競爭。這些變化反映了不同昆蟲物種在繁殖時間與資源利用策略上的

調節機制，也提示了更多關於物種共存與區位分化的生態研究價值。然而目前只有 3 個月份數據尚無法確認此為時間性區位分化現象。未來還需觀察到蜂與蠅在不同時段能「穩定」錯開使用同一資源，且錯開行為與減少競爭相關，則可進一步支持時間性區位分化的存在。

陸、結論

- (一) 蜂的孔洞在為圓形在中央，蠅的孔洞為撕裂狀在邊緣：長鞘寬頭實蠅和絨小蜂科會產卵在咸豐草瘦果內並食用其種子，待成蟲後跑出，蜂的孔洞特徵為位於瘦果中央，邊緣整齊的圓形孔洞；蠅的孔洞特徵為位於瘦果兩端的長條撕裂狀孔洞。
- (二) 無法確定蜂與蠅為競爭或寄生關係：蠅與蜂同時產卵在單一果序比例偏高，無觀察到寄生或競爭排除關係。另外，將三個月份分開來看發現蠅、蜂單獨出現比例呈現變化，且三個月份有顯著比例的蠅蜂共存在同一果序，但目前尚無法確認此為時間性區位分化現象。
- (三) 被動物帶走的瘦果感染率較低，有利大花咸豐草繁衍：實驗得知被動物帶走的瘦果被產卵率較留在植株上的為低，有利於散播出去的種子生存、發芽，對大花咸豐草的升殖是有利的。
- (四) 大花咸豐草可能透過瘦果異型性在生殖與傳播間取得平衡：由切花和文獻推測昆蟲偏愛產卵在花序偏中央的位置，此位置瘦果較大瘤基少有利幼蟲生長，卻因不易附著於動物而降低傳播機會；反之，邊緣瘦果雖較不利發育，卻易黏附、利於散播。顯示其在「瘦果被產卵」與「有效傳播」兩者間，存在傳播適應之間的權衡。此外在六千多瘦果中的感染率為 6.3%，可見大花咸豐草透過大量繁殖，減少被感染危害，進而擴張其族群。

柒、未來展望

本研究顯示，大花咸豐草雖同時被兩種以上的昆蟲利用其瘦果作為產卵場所，卻可能透

過瘦果異型性與高繁殖策略，有效分散風險。此現象若可擴展至其他果實為昆蟲利用的植物，將有助於理解植物是否普遍發展出可容納不同昆蟲物種的資源分配機制，值得進一步比較研究。因此在農業應用層面，若能掌握果實被產卵的位置、時間與型態關聯，未來有望發展「誘餌型果實」策略，引導害蟲集中產卵，減少對主要作物的威脅，促進永續且友善環境的病蟲害管理方式。

另外，長鞘寬頭實蠅作為台灣原生種，能在外來種大花咸豐草中完成產卵與發育，顯示其已有效利用新興植物資源。未來可探討兩方面意涵：其一，外來植物可能成為昆蟲額外的繁殖資源，促進其族群維持與擴張；其二，長期而言也可能導致昆蟲逐漸偏好新寄主，影響原生寄主的使用與原有生態網絡的穩定性。

捌、參考文獻資料

1. 王誠雲（2020）。探討薊馬於大花咸豐草上分佈之特性。第十九屆旺宏科學獎。
2. 中國科學院科普雲平台（2024）。昆蟲身體的基本構造。中國科學院科學傳播局。
3. 林洳卉、蔡居衡、林宜含、賴國（2005）。外來植物大車拼：大花咸豐草與鬼針草生存競爭能力之探討。第四十五屆全國科展作品。
4. 林訓仕、李啟陽、楊文欽、何佳勳、蕭巧玲（2024）。大花咸豐草的繁殖與競爭策略。台灣 農業研究 73(4):225 – 233。
5. 宗憲（2017 年 7 月 17 日）。饅頭果屬赤血仔和細蛾的專性互利共生（The Glochidion hirsutum – Epicephalamutualism）。中央研究院生態志工園地。
6. 陳怡親、曾盈嘉、黃怡嘉（2003）。小兵立大功：探討大花咸豐草的傳播機制。第四十三屆全國科展作品。

7. 黃雅倫（2014）。比較咸豐草三個變種的生物特徵以了解大花咸豐草在臺灣的入侵優勢。臺灣博碩士論文知識加值系統。
8. 曹子軒（2011）。利用生態棲位模擬探討鄰域鳥種間之棲位分化（碩士論文，國立臺灣師範大學生命科學研究所）。臺灣博碩士論文知識加值系統。
9. 國家教育研究院（無日期）。生態區位分化。國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。
10. 農業部（2023 年 12 月 14 日）。大自然的遺傳工程師：造癭昆蟲。農業部。
11. 愛自然－臺灣（2024）。雙翅目。農業委員會林業試驗所。
12. 愛自然－臺灣（2025）。膜翅目。農業委員會林業試驗所。
13. 臺灣生命大百科（2014 年 12 月 10 日）。長鞘寬頭實蠅。中央研究院。
14. 蔡志偉（2018）。當植物遇上昆蟲。臺灣博物季刊，37(4)，140。
15. 謝翊平、王昱程、陳珮甄（2019）。花現小精靈：大花咸豐草花朵上之長鞘寬頭實蠅的生態初探。第五十九屆全國科展作品。
16. Budmajji, U., & Raju, A. J. S. (2018). Pollination ecology of *Bidens pilosa* L. (Asteraceae). *Taiwania*, 63(2), 89–100.
17. Cassill, D. L. (2019). Extending r/K selection with a maternal risk-management model that classifies animal species into divergent natural selection categories. *Scientific Reports*, 9, Article 6111.
18. Madhavan, M. M., & Schneiderman, H. A. (1977). Histological analysis of the dynamics of growth of imaginal discs and histoblast nests during the larval development of *Drosophila melanogaster*. *Wilhelm Roux's Archives of Developmental Biology*, 183(4),

269–305.

19. Rocha, O. J. (1996). The effects of achene heteromorphism on the dispersal capacity of *Bidens pilosa* L. *International Journal of Plant Sciences*, 157(3), 316–322.
20. Rolff, J., Johnston, P. R., & Reynolds, S. E. (2019). Complete metamorphosis of insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1783), 20190063.
21. Tripathi, B. K., & Irvine, K. D. (2022). The wing imaginal disc. *Genetics*, 220(4), iyac020.

註：整份作品中的照片及圖片均為作者親自拍攝、製作。

【評語】 052112

1. 本研究發現絨小蜂科亦會寄生於大花咸豐草瘦果，並與已知的長鞘寬頭實蠅共存，呈現潛在的時間性生態區位分化。且蜂與蠅在瘦果上留下不同型態孔洞，具辨識價值。
2. 結果亦指出瘦果位置影響其傳播與產卵率，顯示大花咸豐草可能透過瘦果異型性在繁殖與傳播間取得權衡。此外大花咸豐草透過大量繁殖以減低瘦果中的感染率，進而維持其族群之擴張。
3. 整體研究提供對植物適應策略與其果實利用者的新資訊，具生態學意義。
4. 建議可增加不同時期/不同植物物種/區域的資料，將可進一步了解昆蟲之間相互競爭/互助之關係，以及昆蟲-植物生態網路的多樣性。

作品海報

草中共生，卵中暗潮

大花咸豐草果實共生昆蟲的首次記錄

摘要

除了常見的長鞘寬頭實蠅外，本研究首次記錄袖小蜂科也會產卵於瘦果並利用之。蜂離開瘦果時遺留位於瘦果中段切口整齊的圓形孔洞，蠅則留下偏向瘦果兩端的長條撕裂狀孔洞。蠅、蜂常同時出現在同一果序，未見明顯競爭排除，但在不同月份出現比例有所變化，時間性生態區位分化仍待釐清。模擬動物傳播發現，被帶走的瘦果產卵率較低，再結合產卵位置的觀察，顯示果序中中央瘦果利於幼蟲發育但不易傳播，邊緣瘦果反之。大花咸豐草可能藉由瘦果異型性在繁殖與傳播間取得權衡，整體瘦果的感染率6.31%，展現其高繁殖策略下的傳播適應性。

壹、前言

發現:

本研究初期透過解剖花朵並以顯微鏡觀察，發現了蠕動的幼蟲。因而猜測有昆蟲在瘦果內生活，並以其中的種子作為養分助長其成長。為驗證此一假說，我們收集了大花咸豐草的瘦果並將其封起，觀察是否有蠅從瘦果中鑽出來。結果顯示，除了常見的長鞘寬頭實蠅，亦有不明小蜂在其中繁殖。

文獻探討:

- 一、大花咸豐草（*Bidens pilosa L.*）單株的種子量約有3000～6000粒，且具有瘦果異型性繁殖策略。其中央瘦果比較大，發芽率高；而邊緣瘦果則較小，發芽率較低但儲存壽命較長。
- 二、長鞘寬頭實蠅（*Dioxyna sororcula*）屬果實蠅科，為台灣原生種，常見於大花咸豐草上吸食花蜜，會把卵產在花朵上，一年四季皆可見。
- 三、當昆蟲進行完全變態時，蛹期扮演著結構性重建的核心角色，透過嚴密控制的溶解與再生機制，將幼蟲的身體徹底改造為成蟲。在初期蛹化階段，原來的蛆狀體開始內部液化。進入蛹中期後，體內開始出現生長盤，這些細胞團將重建未來的翅膀、腳與其他成蟲器官。到了蛹後期，翅芽與複眼等特徵逐漸清晰。最終進入羽化前階段時，液體大量被吸收，成蟲的身體如複眼、腳與翅膀等已清晰可辨。
- 四、生態區位分化為生存在同一地區之不同物種所使用的資源與棲地不同、或在活動時間上有別的現象，生態區位分化可減少物種間的競爭，促成物種共存



圖一、含幼蟲的果序



圖二、不含幼蟲的果序



圖三、未成熟果序



圖四、已成熟的果序

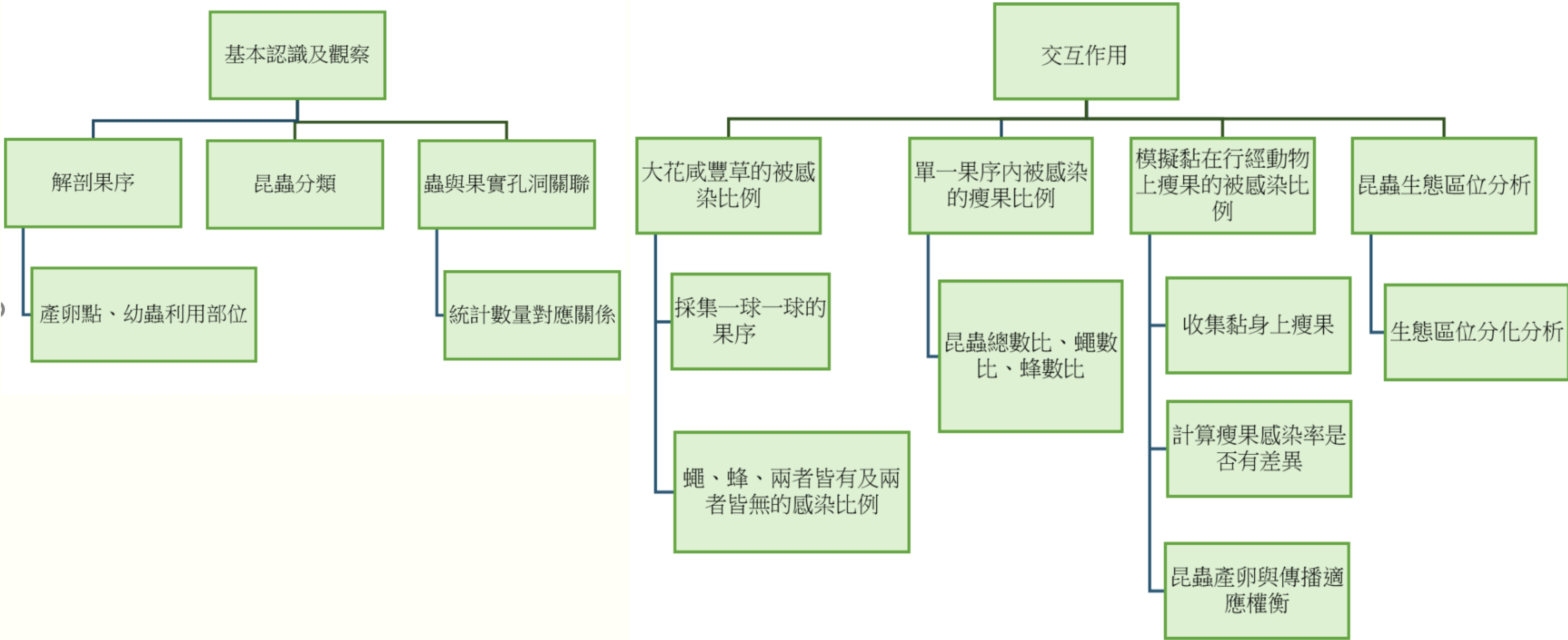


圖五、在果序上的長鞘寬頭實蠅

貳、研究目的

- 探討大花咸豐草瘦果內的昆蟲種類與孔洞形態的對應關係
- 探討大花咸豐草果實中寄生昆蟲之間的交互作用及生態區位分析
- 模擬動物行經大花咸豐草，計算被傳播的瘦果感染率
- 探討昆蟲和大花咸豐草之間的交互作用

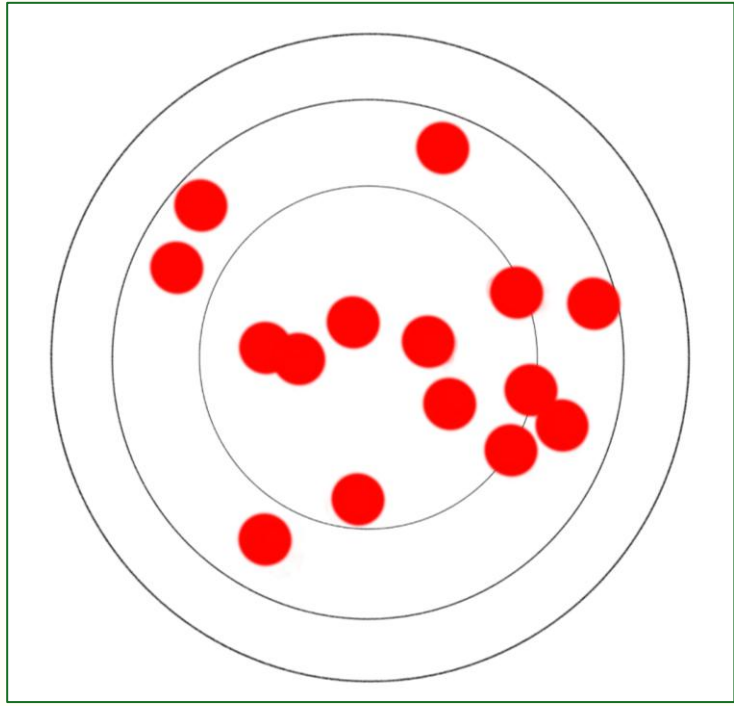
參、研究過程及方法



肆、結果

一、解剖果序

從花序上方向下觀察幼蟲主要集中於花序的中央區域。在部分瘦果中有觀察到咖啡色蛹殼的結構，有些蛹殼內釋出濃稠的咖啡色液體，並可見一小團白色幼蟲殘體，有些咖啡色外殼僅為一層薄膜狀包覆，推測可能處於剛進入蛹期的初期階段，有些個體則可辨識出初步形成的成蟲結構，推測其正處於蛹期後段。另外，分布於花序外圍的瘦果通常具有較多瘤基，在撕扯果皮時可感受到其瘦果結構亦較為堅硬。



圖六、幼蟲在花序分布俯視圖



圖七、觀察到的蛹殼與幼蟲



圖八、觀察到的蛹殼與幼蟲



圖九、察到的蛹殼與幼蟲

二、昆蟲分類

我們把69球果序中蠅與蜂進行分類，蠅為長鞘寬頭實蠅，而蜂可能是釉小蜂，確實種類尚待鑑定。在可用肉眼觀察的範圍內，小蜂可分為三種顏色：黑色、黃褐色和金色。



圖十、常鞘寬頭實蠅



圖十一、黑色小蜂



圖十二、褐色小蜂



圖十三、金色小蜂

三、蟲與瘦果孔洞關聯

統計後蠅111隻，蜂87隻，而撕裂狀洞數114個，圓形洞數88個。

圓形孔洞：通常出現在瘦果靠中央的位置，形狀呈規則圓形，孔洞的大小和形狀比較均勻
不規則形狀的洞：通常位於瘦果的一端形狀較為不規則，這些洞的邊緣更加粗糙且不對稱



圖十四、撕裂孔洞位於瘦果兩端



圖十五、圓形孔洞位於瘦果中央

四、大花咸豐草的被感染比例

在統計250球果序樣本後，計算大花咸豐草果序的被感染率，顯示蜂與蠅共存於同一果序的比例高於僅有蜂或僅有蠅者。經統計後知昆蟲總數為452隻，瘦果總數為9259個，而瘦果被感染的比例約為4.88%。
註:含新增五月份數據

五、單一花序內被感染的瘦果比例

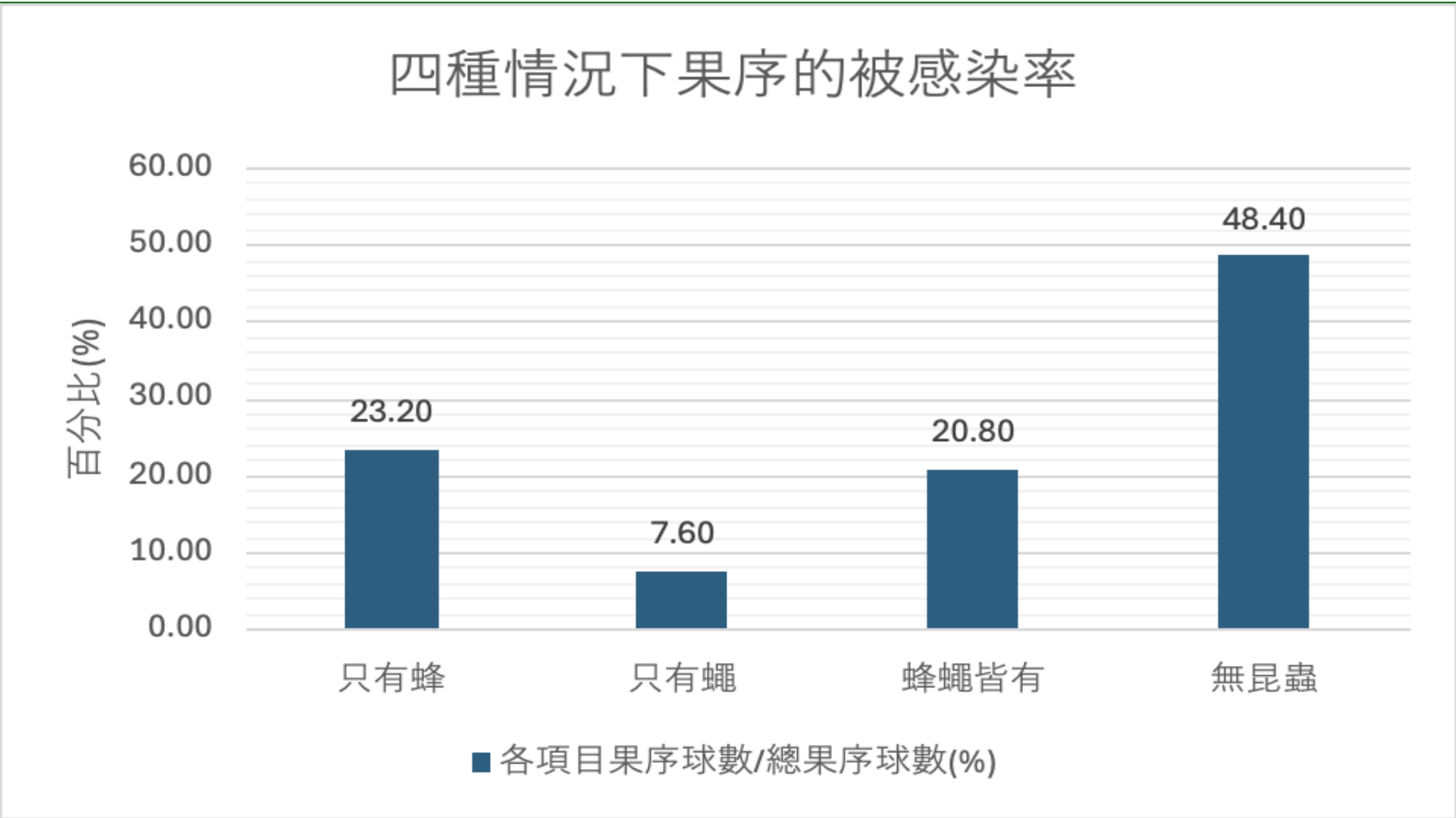
在158個果序中每一球果序內其總昆蟲數、蠅總數及蜂總數比例皆無達到統一趨勢。且每一球果序內所含蠅數比與所含蜂數比的比較並無呈現蜂或蠅哪一方比例會較高，而是有高有低，標準差大。

項目	昆蟲總數（隻）	瘦果總數（個）	昆蟲孵化比(%)
黏身上	49	1353	3.62
留在植株上	391	6196	6.31

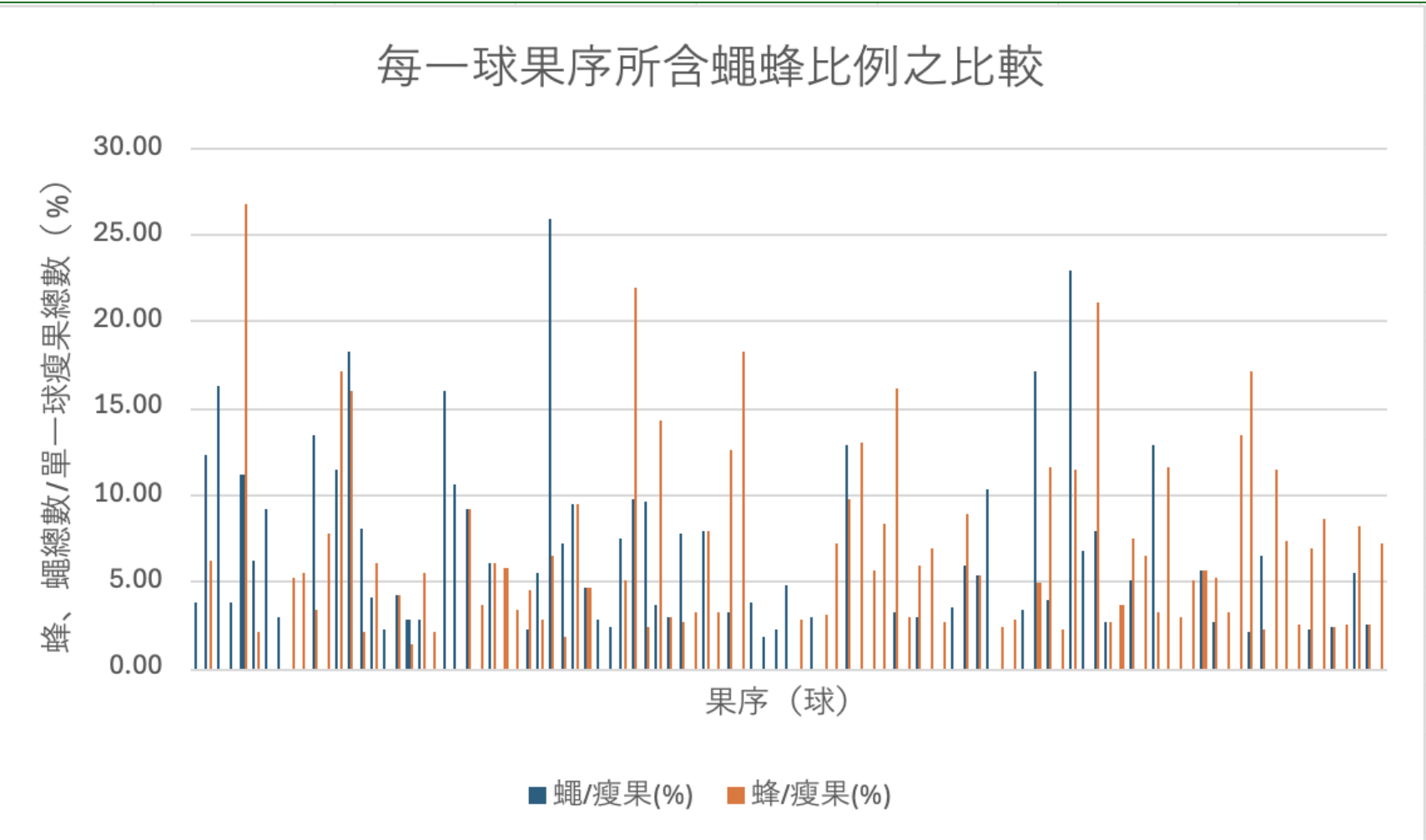
註:此兩者為到四月份之數據

六、模擬黏在行經動物傳播，其瘦果的被感染比例

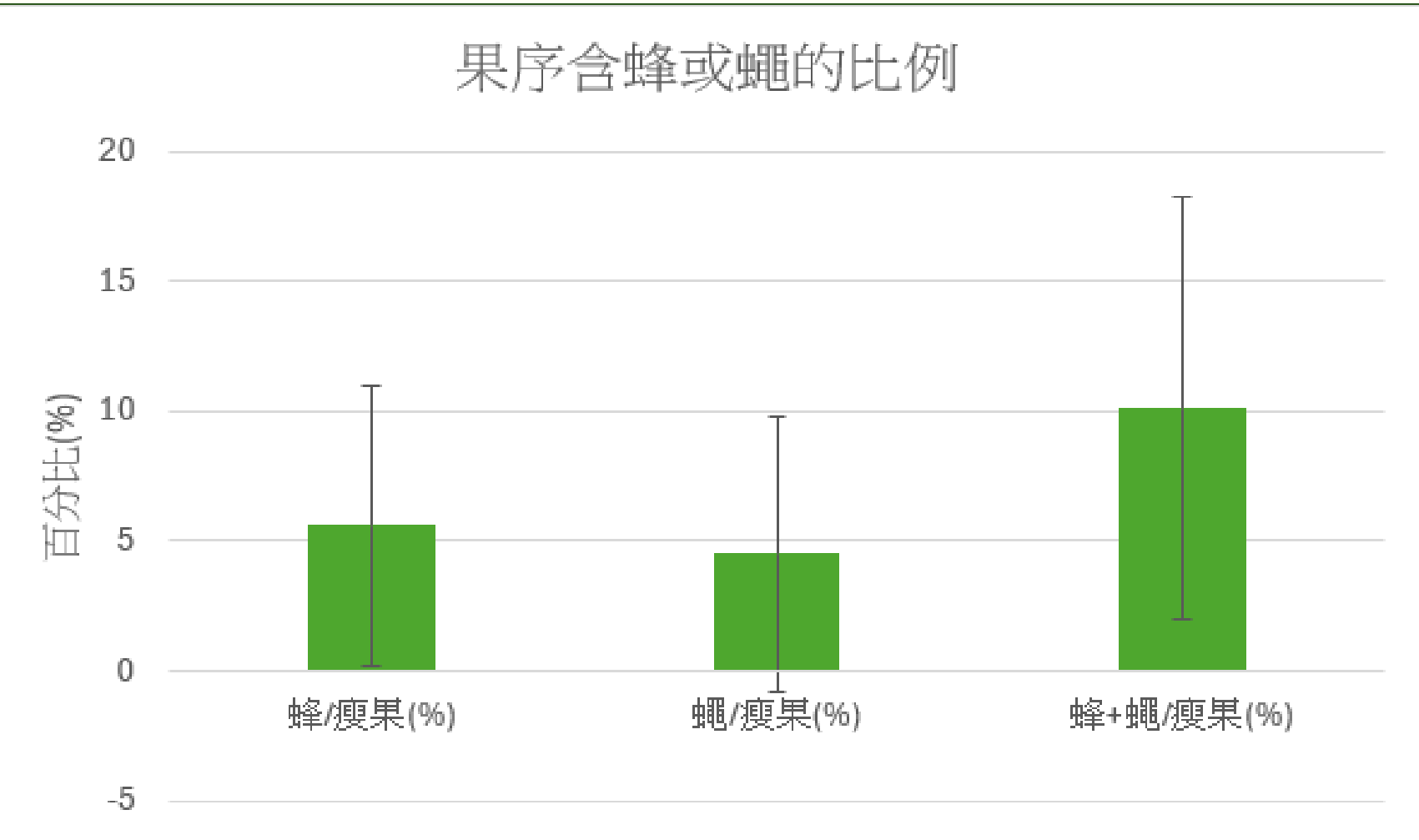
黏在身上的瘦果孵出蟲的比例較低為3.62%，而留在植株上的瘦果（相當於158球無被沾黏果序總瘦果）孵化昆蟲比例為6.31%



圖十六、四種情況下果序的被感染率



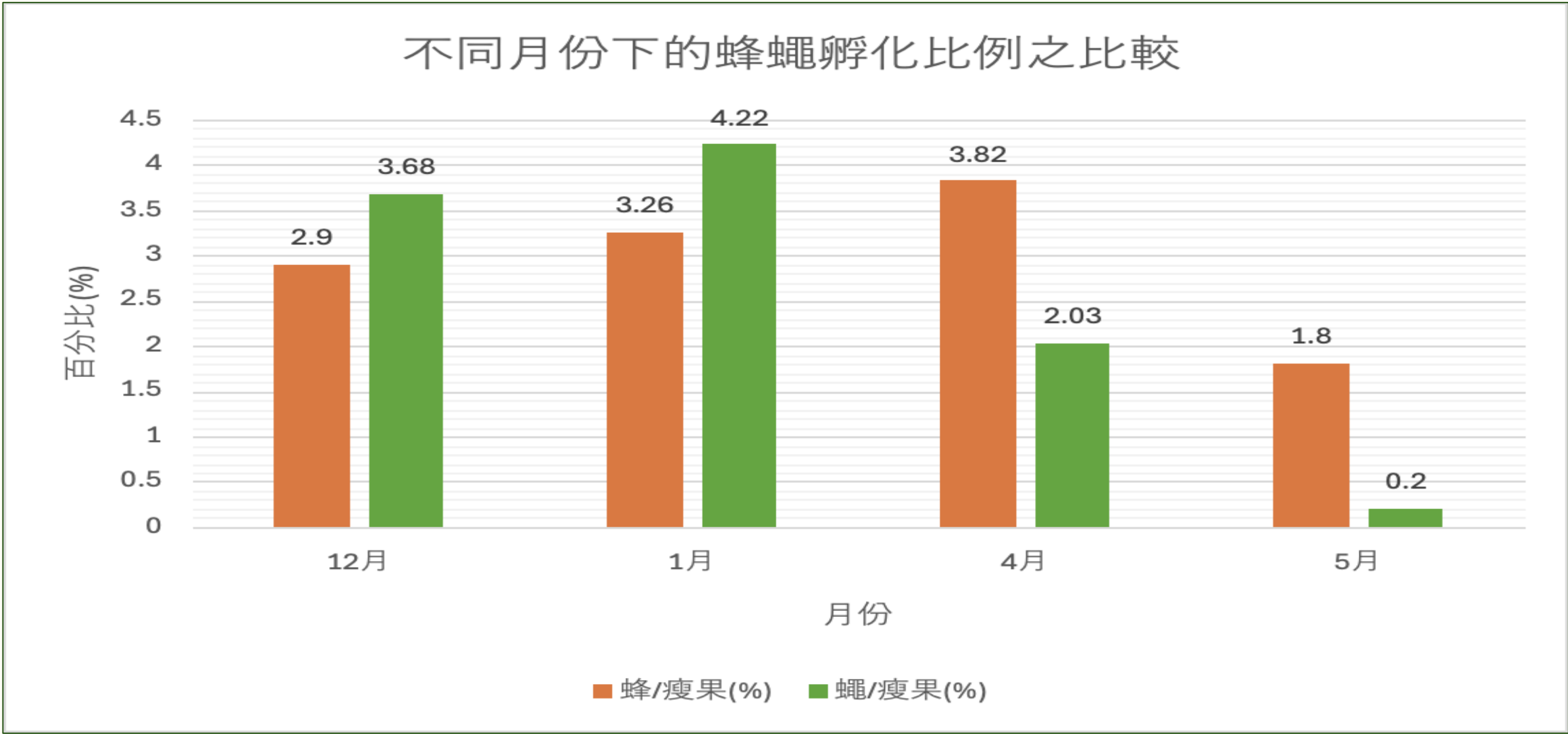
圖十七、每一球果序所含蠅蜂比例之比較



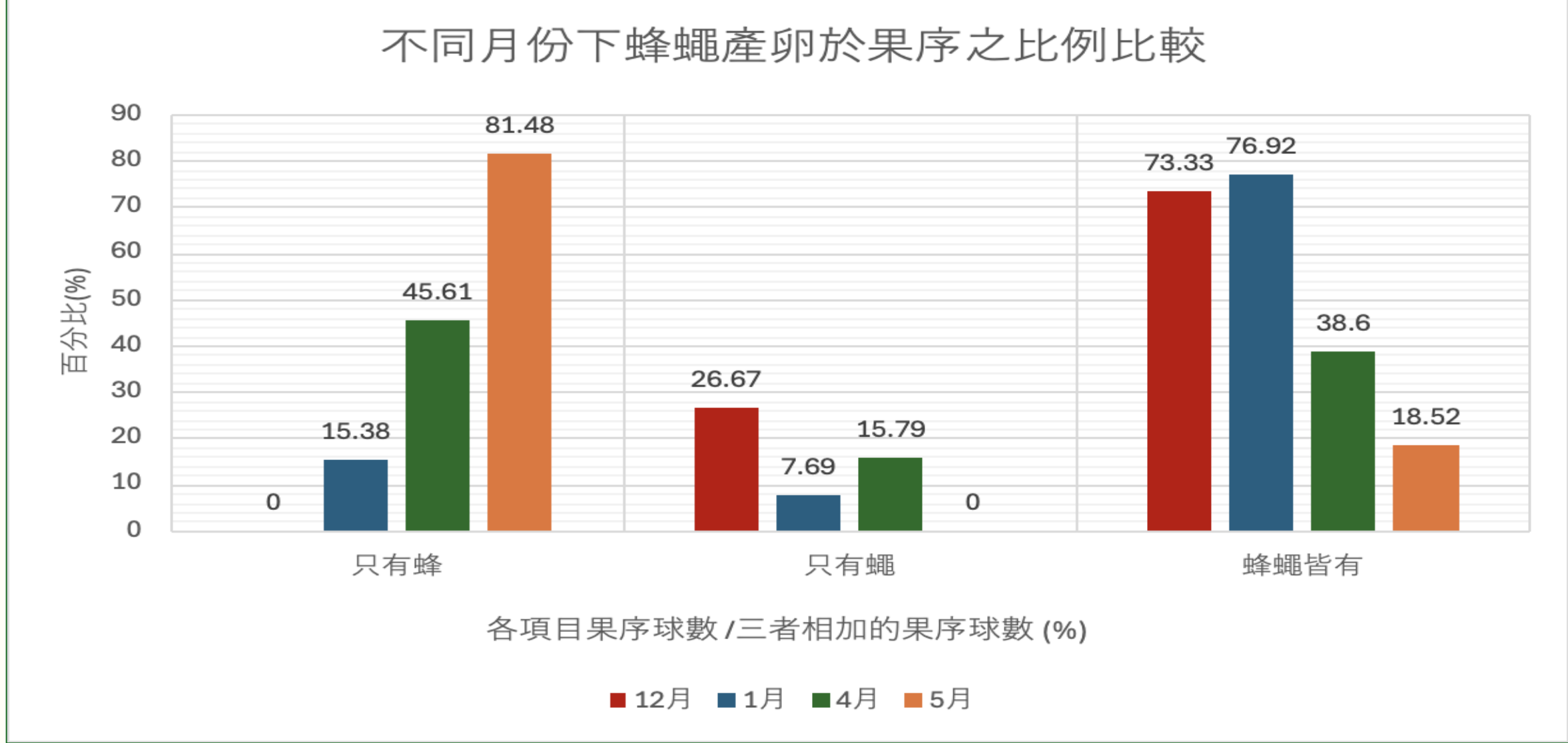
圖十八、昆蟲總數、蠅、蜂果實比標準差

七、昆蟲生態區位分析

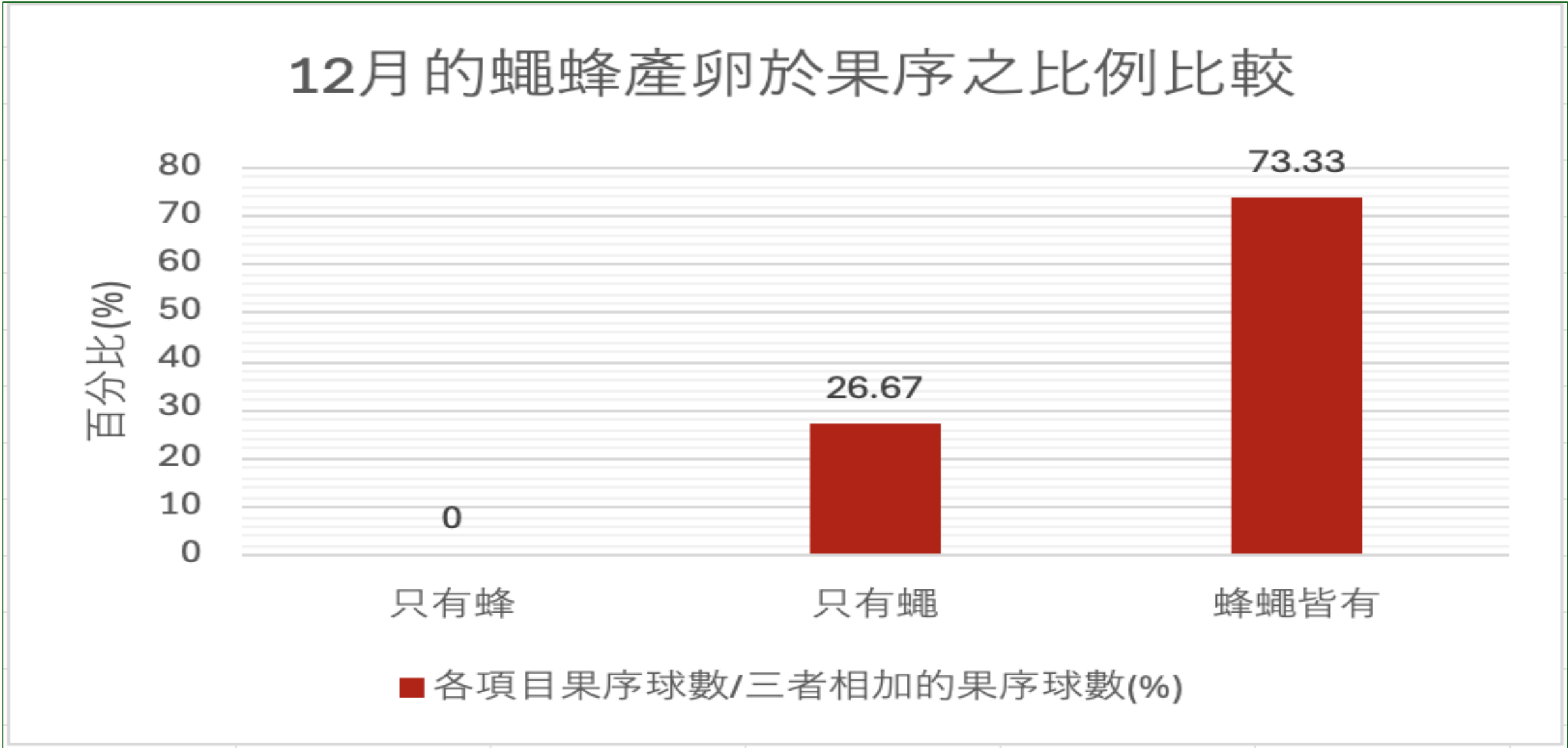
比較了不同月份下蜂類與蠅類對果序的利用比例。



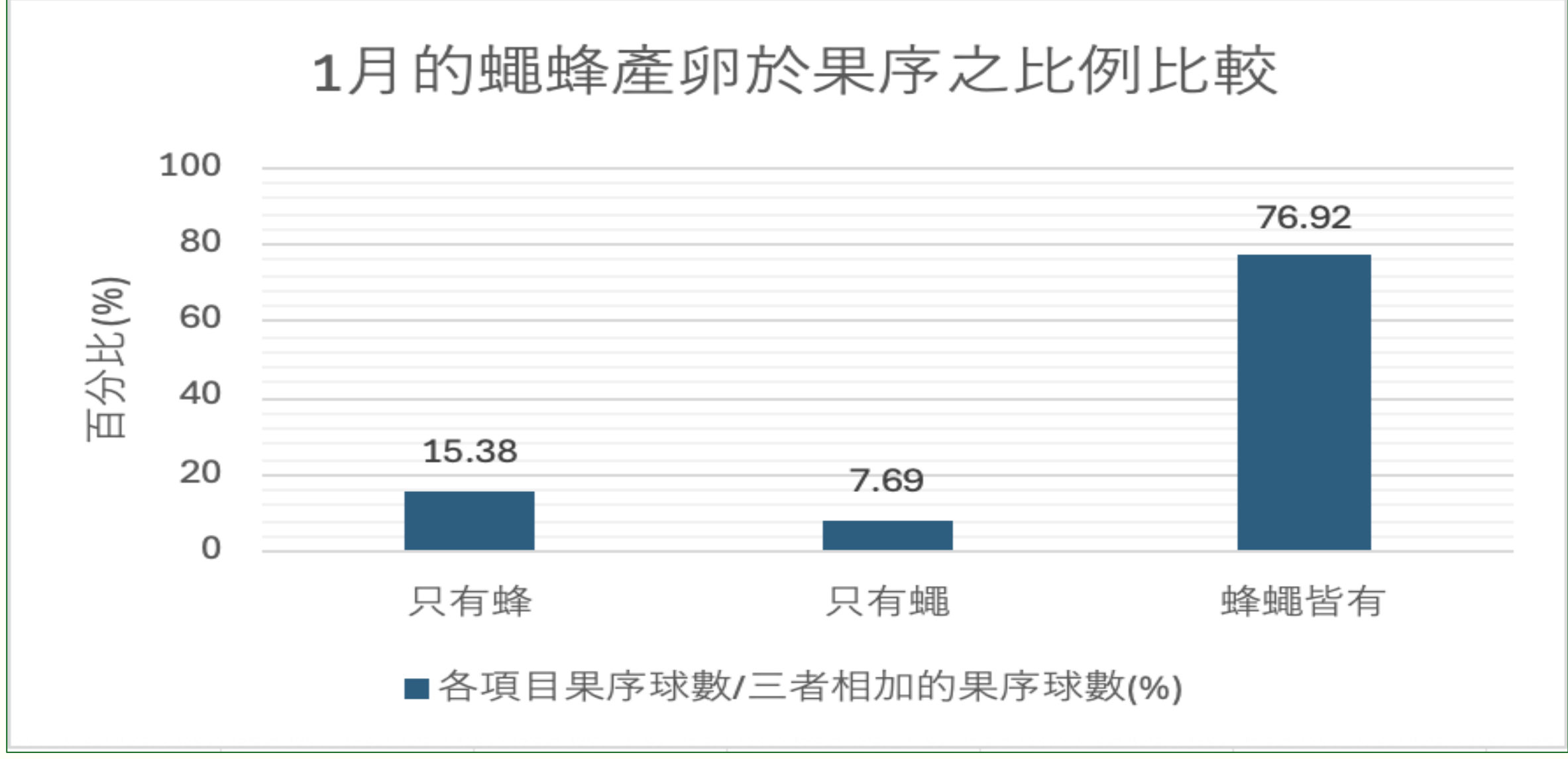
圖十九、不同月份下的蜂蠅孵化比例之比較



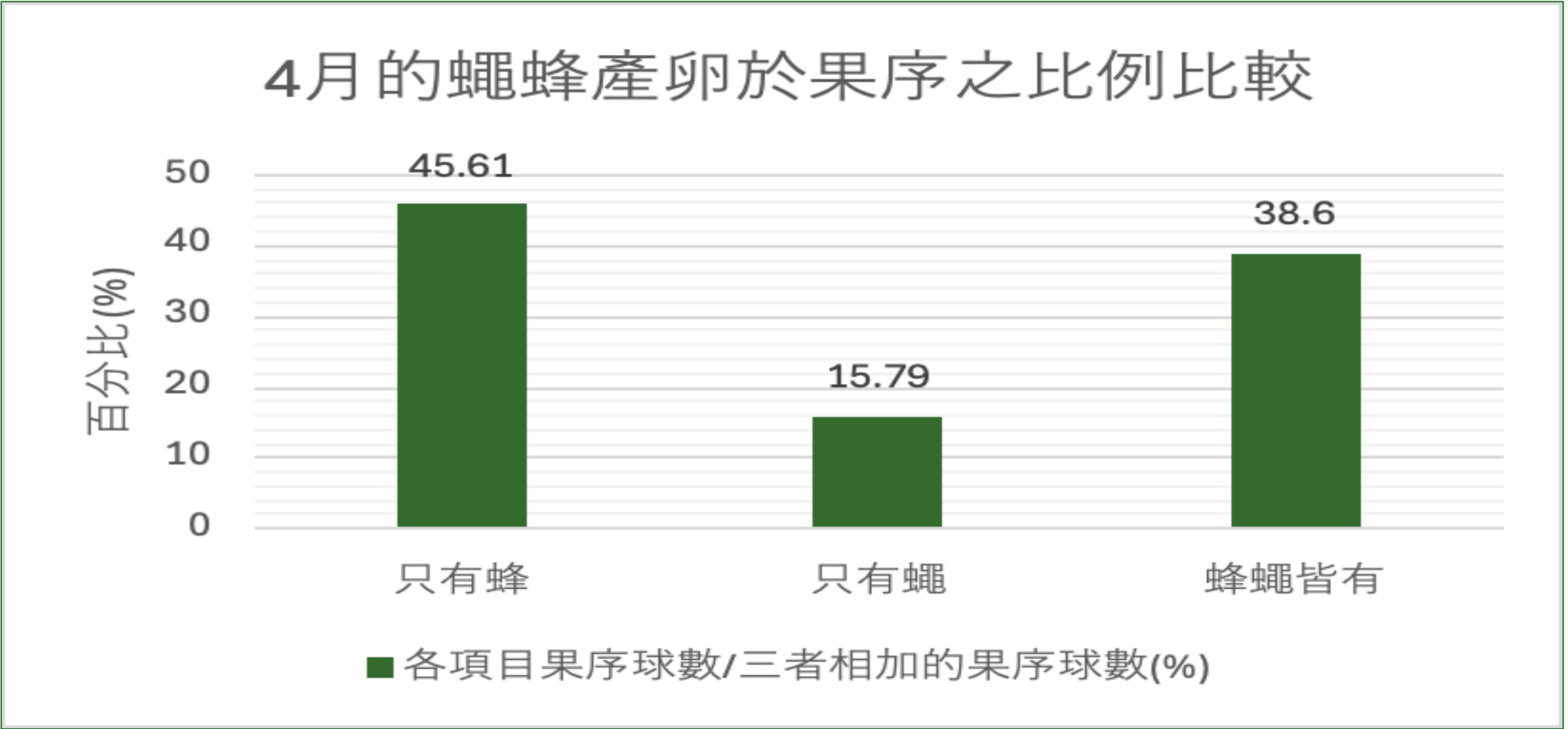
圖二十、不同月份下蠅蜂產卵與果序比例比較



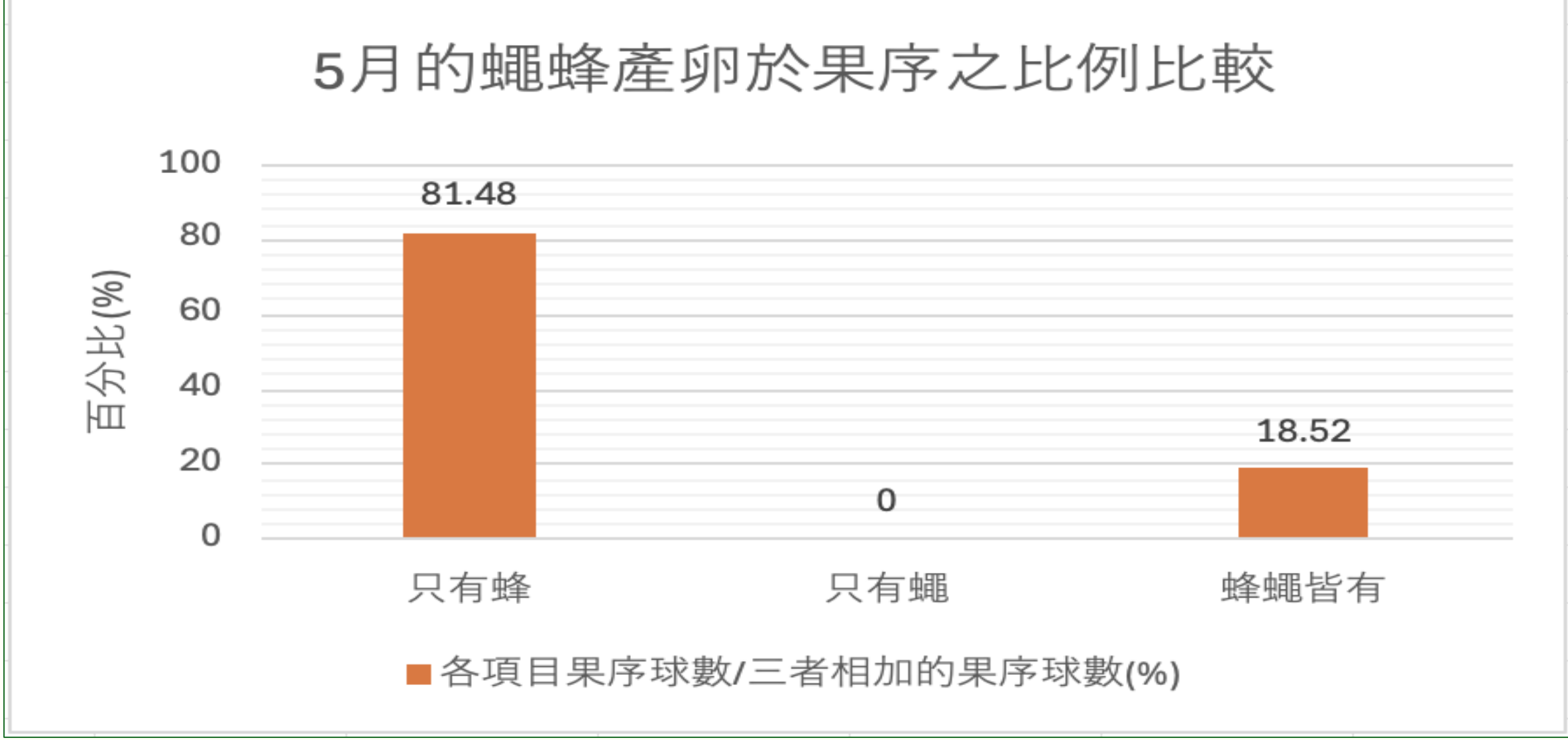
圖二十一、12月的蠅蜂產卵於果序之比例比較



圖二十二、1月的蠅蜂產卵於果序之比例比較



圖二十三、4月的蠅蜂產卵於果序之比例比較



圖二十四、5月的蠅蜂產卵於果序之比例比較

伍、討論

一、昆蟲分類

查找文獻並無發現有關大花咸豐草與產卵在其瘦果內之蜂類等資料。目前鑑定僅能推測所有小蜂中可能包含釉小蜂科且具有兩種以上。

二、瘦果孔洞具專一性

蜂、蠅造成不同形態果實孔洞推測是由於蜂的口器為咀嚼式或嚼吸式；而蠅則是舐吸式口器。

三、蠅與蜂的交互作用

解剖顯示部分中央瘦果中可見完整深色蛹殼結構，且在蛹殼裂口處有咖啡色液體流出，內部可發現白色幼蟲體，推測可能為長鞘寬頭實蠅在完全變態過程中，蛆體崩解為重組液體並進行變態。

大花咸豐草的被感染率同時存在蜂與蠅之果序所占比例偏高(20.80%)，推測無強烈寄生或競爭壓力。縮小範圍在單一頭狀花序內觀察到的蠅與蜂，兩者產卵比例變化大，有時僅出現其中一種昆蟲，有時則兩者數量相近，如果蜂會寄生蠅或具強烈排他性競爭，比例應不會如此無規律，而是呈現出某種消長變化，另外兩者對應之孔洞形態具專一性，綜合上述結果並未觀察到明確寄主－寄生關係或持續性優勢競爭者的出現。兩者應是透過生態區位分化降低資源重疊，進而促進共存，無觀察到競爭排除現象。

五、大花咸豐草瘦果異型性與昆蟲產卵選擇間的關聯

大花咸豐草具瘦果異型性（林訓仕等，2024），其一個頭狀花序中產生的瘦果，在形態、重量、附著能力、散布方式上呈現差異。實驗得知蟲會產卵偏花序中央，推測中央瘦果表面瘤基少、柔軟利於產卵，且由文獻得知中央瘦果發芽率較高，對昆蟲來說是富營養產卵點，此外實驗得知沾黏在身上的瘦果較小、產卵率低，說明外圍無被產卵果實容易被帶走。以大花咸豐草的利害來推論以上現象：蟲會產卵偏花序中央，但代表風險，因最具發芽潛力的中央果實容易被損害；相對的，周邊瘦果體積小、瘤基多，這類瘦果營養儲備較低、發芽率較差，不利昆蟲產卵，但成功離開母株、拓展種群範圍的機率較高。以大花咸豐草的策略來看，這種在同一花序中同時發育出「高品質但高風險」與「低品質但高機動」的兩種瘦果，是對環境不穩定性的對策。不將所有資源投注在同一類型的後代，透過異型果策略進行繁殖風險的空間分散與功能分工。

四、昆蟲對大花咸豐草的危害

大花咸豐草為r-選擇策略植物，可以產出大量瘦果，容忍昆蟲消費。除了透過瘦果異型性分散被產卵風險外，在實驗中9259個瘦果僅有452個被寄生，感染比例為4.88%，且在所有果序中還保留48.40%是沒被蠅蜂感染的，代表即便在寄生壓力存在的環境下，大多數的種子仍未受影響。

六、昆蟲生態區位分析

因同時存在蜂與蠅之果序所占比例偏高(20.80%)，顯示兩者能共用同一資源空間，無明顯競爭排除現象。各月份的蜂、蠅出現比例也呈現變化，顯示兩者可能存在時間性區位分化，避開直接競爭。這些變化反映了不同昆蟲物種在繁殖時間與資源利用策略上的調節機制，也顯示了更多關於物種共存與區位分化的生態研究價值。然而目前只有4個月份數據尚無法確認此為時間性區位分化現象。未來還需觀察到蜂與蠅在不同時段能「穩定」錯開使用同一資源，且錯開行為與減少競爭相關，則可進一步支持時間性區位分化的存在。

陸、結論

一、蜂的孔洞在為圓形在中央，蠅的孔洞為撕裂狀在邊緣

長鞘寬頭實蠅和釉小蜂科會產卵在咸豐草瘦果內並食用其種子，待成蟲後跑出，蜂的孔洞特徵為位於瘦果中央，邊緣整齊的圓形孔洞；蠅的孔洞特徵為位於瘦果兩端的長條撕裂狀孔洞。

二、昆蟲在瘦果中具有排他性競爭；而果序中則無

目前實驗推測一瘦果住一隻蟲，並無發現兩昆蟲共同利用一瘦果現象。蜂與蠅同時產卵在單一果序比例偏高，無觀察到寄生或競爭排除關係。

三、被動物帶走的瘦果感染率較低，大花咸豐草可能透過瘦果異型性在繁殖與傳播間取得平衡

實驗得知被動物帶走的瘦果被產卵率較留在植株上的低，推測黏身上的為邊緣瘦果，雖較發芽率較低，卻利於散播，讓散播出去的種子生存、發芽。

四、昆蟲並無造成大花咸豐草極大危害

大花咸豐草可透過大量繁殖、瘦果異形性來分散風險。

五、在四個月分中有觀察到昆蟲產卵時間分化

十二月、一月蠅的比例比蜂高；四月、五月蜂的比例比蠅高。

柒、參考文獻資料

1.王誠雲（2020）。探討薊馬於大花咸豐草上分佈之特性。第十九屆旺宏科學獎。

2.中國科學院科普雲平台（2024）。昆蟲身體的基本構造。中國科學院科學傳播局。

3.林迦卉、蔡居衡、林宜含、賴國（2005）。外來植物大車拼：大花咸豐草與鬼針草生存競爭能力之探討。第四十五屆全國科展作品。

4.林訓仕、李啟陽、楊文欽、何佳勳、蕭巧玲（2024）。大花咸豐草的繁殖與競爭策略。台灣農業研究 73(4):225–233。

5.宗憲（2017年7月17日）。饅頭果屬赤血仔和細蛾的專性互利共生（The Glochidion hirsutum–Epicephalamutualism）。中央研究院生態志工園地。

6.陳怡親、曾盈嘉、黃怡嘉（2003）。小兵立大功：探討大花咸豐草的傳播機制。第四十三屆全國科展作品。

7.黃雅倫（2014）。比較咸豐草三個變種的生物特徵以了解大花咸豐草在臺灣的人侵優勢。臺灣博碩士論文知識加值系統。

8.曹子軒（2011）。利用生態棲位模擬探討鄰域鳥種間之棲位分化（碩士論文，國立臺灣師範大學生命科學研究所）。臺灣博碩士論文知識加值系統。

9.國家教育研究院（無日期）。生態區位分化。國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。

10.農業部（2023年12月14日）。大自然的遺傳工程師：造癭昆蟲。農業部。

11.愛自然－臺灣（2024）。雙翅目。農業委員會林業試驗所。

12.愛自然－臺灣（2025）。膜翅目。農業委員會林業試驗所。

13.臺灣生命大百科（2014年12月10日）。長鞘寬頭實蠅。中央研究院。

14.蔡志偉（2018）。當植物遇上昆蟲。臺灣博物季刊，37(4)，140。

15.謝翊平、王昱程、陳佩甄（2019）。花現小精靈：大花咸豐草花朵上之長鞘寬頭實蠅的生態初探。第五十九屆全國科展作品。

16.Budmajji, U., & Raju, A. J. S. (2018). Pollination ecology of *Bidens pilosa* L. (Asteraceae). *Taiwania*, 63(2), 89–100.

17. Cassill, D. L. (2019). Extending r/K selection with a maternal risk-management model that classifies animal species into divergent natural selection categories. *Scientific Reports*, 9, Article 6111.

18.Madhavan, M. M., & Schneiderman, H. A. (1977). Histological analysis of the dynamics of growth of imaginal discs and histoblast nests during the larval development of *Drosophila melanogaster*. *Wilhelm Roux's Archives of Developmental Biology*, 183(4), 269–305.

19.Rocha, O. J. (1996). The effects of achene heteromorphism on the dispersal capacity of *Bidens pilosa* L. *International Journal of Plant Sciences*, 157(3), 316–322.

20.Rolff, J., Johnston, P. R., & Reynolds, S. E. (2019). Complete metamorphosis of insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1783), 20190063.

21.Tripathi, B. K., & Irvine, K. D. (2022). The wing imaginal disc. *Genetics*, 220(4), iyac020.

註：整份作品中的照片及圖片均為作者親自拍攝、製作。