

新竹市第四十屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：初探麵包蟲生活史的可塑性

關 鍵 字：生活史、可塑性

編 號：

摘要

在自然界環境發生改變時，不適應者會受天擇影響而被淘汰，若能藉由改變其形態或生活史而能因應環境的變化，將與原本未經改變的個體比起來能大大的提升存活機率，受環境影響而改變的特徵，稱之為可塑性。本實驗以嚴格的實驗設計，來降低遺傳所造成個體的差異對實驗的影響，再藉由將麵包蟲飼養在不同環境來檢測其生活史是否具有可塑性。此研究不僅展示了新穎的實驗方法，可作為後續研究的參考，結果更能增加飼養業者的產能。

壹、前言

生活史理論（Life History Theory）是指透過改變資源分配給：生長、繁殖和競爭等需求，使適存度最大化的理論。在生物生活史的縣境中，常比較七個重要的特徵：出生時的大小、生長模式、成熟時的年齡範圍、後代的性別比例、繁殖投資、死亡時間分布、壽命。

可塑性（plasticity）為生物改變其行為、基因表徵或形態以適應環境變化的能力，被認為具有重要的生態和演化意義。此外，可塑性可能允許生物體在不利的環境中存活，降低天擇的影響（Levis & Pfennig, 2019）。表型發生可塑性的例子有很多，例如：*Hyalella* 這類淡水端足目動物在不同的居住環境中因掠食者類型不同而有不同的體型（Wellborn, 1994）；缺少養分的海膽及沙錢的幼蟲與環境中有豐富養分的幼蟲相比，會有更長的纖毛帶，較長的纖毛帶可有較高的攝食率，這種表型可塑性在幼蟲期間能提高存活率（Hart & Strathmann, 1994）。

除了外觀表型具有可塑性外，生物的生活史可能也會因環境而發生變化。在荷蘭大山雀的研究中發現，因為全球氣候變遷，導致繁殖季節與昆蟲出現時間無法配合，使得在繁殖行為具有可塑性的個體在族群中較有優勢，使族群內具有繁殖季節可塑性的個體逐漸變多（Nussey *et al*, 2005）；在寄主、物資供應不足而產生同物種間競爭的四紋豆象，除了在體型會有明顯的改變外，雌蟲卵量也會減少且雌蟲本體壽命會延長（黃啟鈞、洪淑彬, 2001）；南黃薊馬雌蟲壽命跟隨溫度的升高而縮短，且總產卵數及產卵速率也會受到溫度影響（黃莉欣、陳秋男, 2004）。

國一我們在飼養蟾蜍時，將麵包蟲當作飼料放入飼養箱中，沒想到才短短幾天它們竟都化蛹成蟲了，因此我們推斷可能是天敵加速了麵包蟲的化蛹速度，又或者是空間、環境造成了影響，查閱了一些文獻資料才發現前人曾也發現過麵包蟲會因為溫度、濕度等而影響發育速度，因此想針對麵包蟲的生活史可塑性進行研究。

麵包蟲 *Tenebrio molitor* 屬於鞘翅目、擬步行蟲科、粉甲蟲屬，又名為黃粉蟲、茶色偽步行蟲。原分布於北美洲，現今因為容易飼養，而被大量用為寵物的飼料，已經被引入到世界各地。麵包蟲生活史卵大約 8~10 天孵化為幼蟲，成為幼蟲後約每隔 10 天脫一次皮，大約 45~55 天化蛹，再經過 3~5 天羽化，成蟲幾乎一羽化就開始交配，在經過 10~15 天產卵，麵包蟲成蟲的總生育週期約 2~6 個月（陳俊維,2013）。因為偏向 r-擇汰物種，所以母麵包蟲會產下許多的卵，在進行研究時可具有較多的樣本數，適合作為進行實驗的研究材料。

根據上述資料，我們提出了假說：「麵包蟲的生活史具有可塑性」，且可能受到掠食者存在、競爭程度、環境溫度的影響。另外，因為蟾蜍飼養箱中的含水量較高，所以也被我們加入研究的操作變因。為了檢測以上假說，我們設計了以下研究：

研究一：麵包蟲公母體型差異及辨識

本研究欲分辨麵包蟲的公母，以配對並培育實驗用的第一子代。

研究二：天敵與麵包蟲生活史的關係

根據飼養觀察，天敵的存在可能會讓麵包蟲感到威脅，進而加速生活史。

研究三：種內競爭與麵包蟲生活史的關係

根據文獻資料，種內競爭可能影響生物的生活史。而我們認為種內競爭可能拉大族群中個體的差異，在資源有限的情況下，較強的個體可能爭取到較多的資源。

研究四：食物含水量與麵包蟲生活史的關係

根據飼養觀察，水分多寡可能影響麵包蟲的生活史。攝取較少的水分可能降低成長速度。

研究五：溫度與麵包蟲生活史的關係

根據文獻資料，指出溫度可能對生物的生活史造成影響。在相對穩定的溫度下，可能會加快麵包蟲的生長速率。

研究六：不同環境飼養對幼蟲體重的關係

本研究為了更精準判斷不同環境的個體差異，減少齡數判定上的誤差，在劑的最後一週測量各組別中幼蟲的體重，並製成圖表進行比較。

貳、研究設備及器材

- 1.水彩筆
- 2.布丁盒（深度 5.5 公分、直徑 9.3 公分）
- 3.方型塑膠盆（長 13 公分、寬 9 公分、高 7.5 公分）
- 4.鑷子
- 5.顯微相機（OLYMPUS STYLUS TG-4）
- 6.加熱墊

參、研究過程與方法

一、公母體長與體寬之測量方式

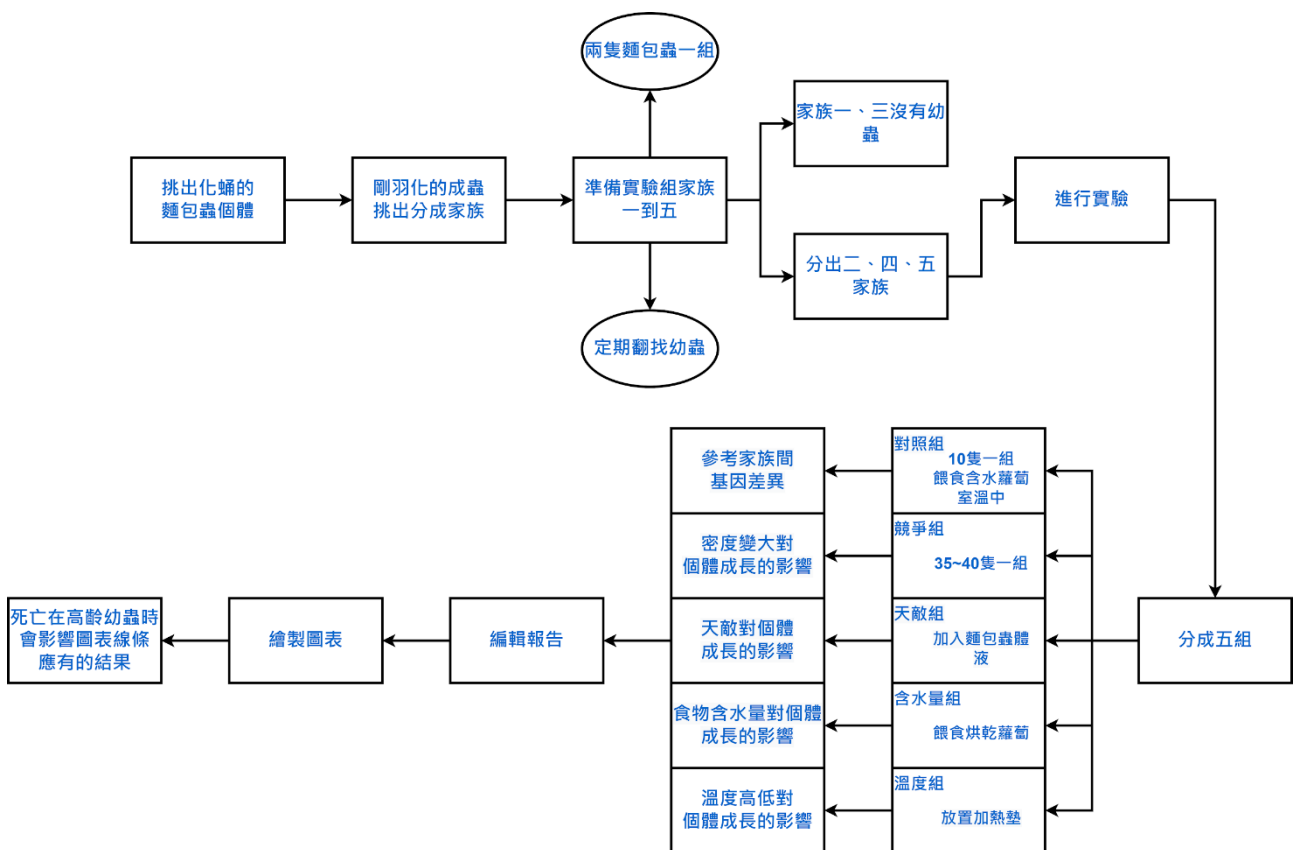
將自水族店買來的麵包蟲放入飼養箱觀察，當發現有成蟲交尾時，將位於上方的雄蟲與位於下方的雌蟲分別取出，並以游標尺測量其前胸背板寬度及鞘翅長度。為測量胸背版之寬度，我們將由標尺夾在前胸背板及鞘翅之間，測量前胸背板末端之寬度；鞘翅長度的測量由鞘翅正中央頂部量至鞘翅最末端。



圖一 麵包蟲成蟲體型測量

二、第一子代的準備

為了減少因個體差異對實驗造成的影響，本研究採用相同親代的子代進行實驗以確保個體具有相似基因，先將從寵物市場購入的麵包蟲飼養於麥麩之中，每天檢查、將化蛹的個體挑出分散於不同布丁盒中，並從布丁盒中將當天羽化且尚未交配的成蟲挑出以進行配對，由於實驗前測時麵包蟲成蟲的公母在體型上無明顯差異，故最後我們將麵包蟲隨機兩兩配對置於布丁盒中，等待交配。將確認已交配的個體移入產房——產房木屑 50 克、麥麩 100 克。本研究中有目擊交配的有五組成蟲，但有成功產下第一子代的組別僅有三組，分別編號為家族二、家族四及家族五。（圖二）



圖二 實驗流程圖

三、實驗設置

等待產房發現幼蟲後，因為有孵化時間的差異，我們將一、二齡幼蟲盡可能的平均分入對照組及各實驗組中，並開始進行實驗，每週以數位相機拍攝並記錄各組幼蟲的齡數。實驗配置如表一，其中對照組及各實驗組皆飼養於布丁盒中，內含 15 克麥麩、0.04 克胡蘿蔔。競爭組於布丁盒中置入較多幼蟲，以增加其競爭壓力；天敵組於麥麩上方額外放入含麵包蟲新鮮屍體的衛生紙，模擬有天敵攻擊其他個體的狀況；溫度組使用加熱墊將布丁和底部溫度維持在約 35°C；食物缺乏水份組的胡蘿蔔在餵食前會先進行烘乾，為方便討論，以下統稱為「含水量組」。

表一 實驗配置

組別	對照組	實驗組： 競爭	實驗組： 天敵	實驗組： 溫度	實驗組： 含水量
有無體液	無	無	加入體液	無	無
數量	10 隻	35~40 隻	10 隻	10 隻	10 隻
溫度	室溫	室溫	室溫	以加熱墊維持穩定的溫度	室溫
食物含水量	新鮮胡蘿蔔	新鮮胡蘿蔔	新鮮胡蘿蔔	新鮮胡蘿蔔	烘乾胡蘿蔔

肆、研究結果

在研究二至研究五中的成長速率，我們將各組的齡數取平均並進行比較：

一、麵包蟲公母體型差異及辨識

各有十二個樣本經過測量後，公蟲的平均體長:母蟲的平均體=10.97:10.67；公蟲的平均體寬:母蟲的平均體寬=5.4:4.81。公蟲體平均體長大於母蟲，公蟲的平均體寬也大於母蟲。

二、天敵與麵包蟲生活史的關係

經過 13 週後，家族二中對照組:實驗組=6.25:6.75；家族四經過 12 週後，對照組:實驗組=7.1:5.38；家族五經過 12 週後，對照組:實驗組=6.89:5.9。家族二實驗組平均齡數高於對照組，而家族四及家族五實驗組平均齡數低於對照組。

三、種內競爭與麵包蟲生活史的關係

經過 13 週後，家族二中對照組:實驗組=6.25:6.39；家族四經過 12 週後，對照組:實驗組=7.1:5.68；家族五經過 12 週後，對照組:實驗組=6.89:5.54。家族二實驗組平均齡數高於對照組，而家族四及家族五中，實驗組平均齡數低於對照組。

除此之外，經過 13 週培養家族二實驗組的齡數介於 5~8，對照組的齡數介於 5~7；經過 12 週家族四實驗組的齡數介於 3~7，對照組的齡數介於 6~8；經過 12 週家族五實驗組的齡數介於 3~7，對照組的齡數介於 5~8。

四、食物缺乏水水分與麵包蟲生活史的關係

經過 13 週後，家族二中對照組:實驗組=6.25:6；家族四經過 12 週後，對照組:實驗組=7.1:5.7；家族五經過 12 週後，對照組:實驗組=6.89:6.1。家族二、家族四及家族五實驗組平均齡數均低於對照組。

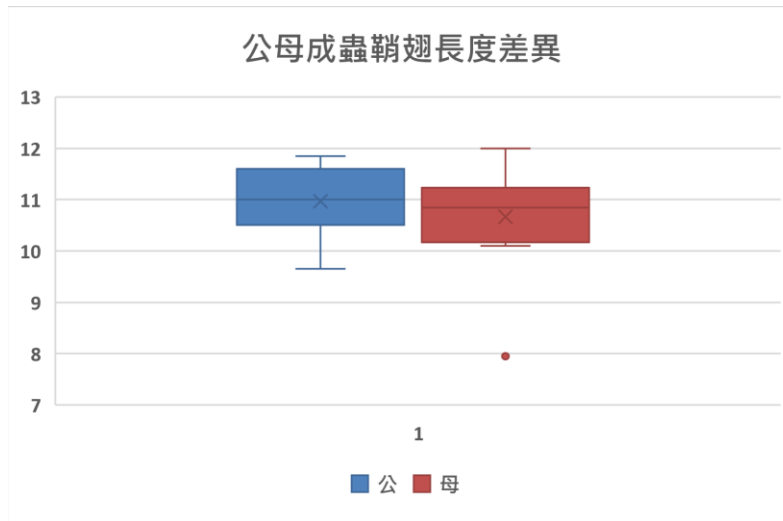
五、溫度與麵包蟲生活史的關係

經過 13 週後，家族二中對照組:實驗組=6.25:7.25；家族四經過 12 週後，對照組:實驗組=7.1:7；家族五經過 12 週後，對照組:實驗組=6.89:6.7。家族二實驗組大於對照組；家族四、五實驗組則小於對照組。

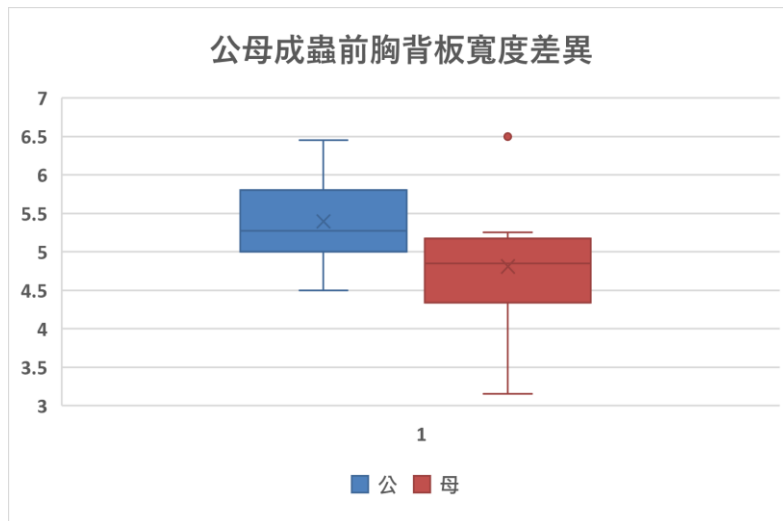
六、不同環境飼養對幼蟲體重的關係

經過 13 週後，家族二對照組平均體重為 0.1；競爭組平均體重為 0.07；天敵組平均體重 0.08；溫度組平均體重為 0.12；含水量組平均體重為 0.07。經過 12 週後，家族四對照組平均體重為 0.1；競爭組平均體重為 0.06；天敵組平均體重 0.06；溫度組平均體重為 0.1；含水量組平均體重為 0.05。經過 12 週後，家族五對照組平均體重為 0.07；競爭組平均體重為 0.05；天敵組平均體重 0.06；溫度組平均體重為 0.09；含水量組平均體重為 0.05。

A

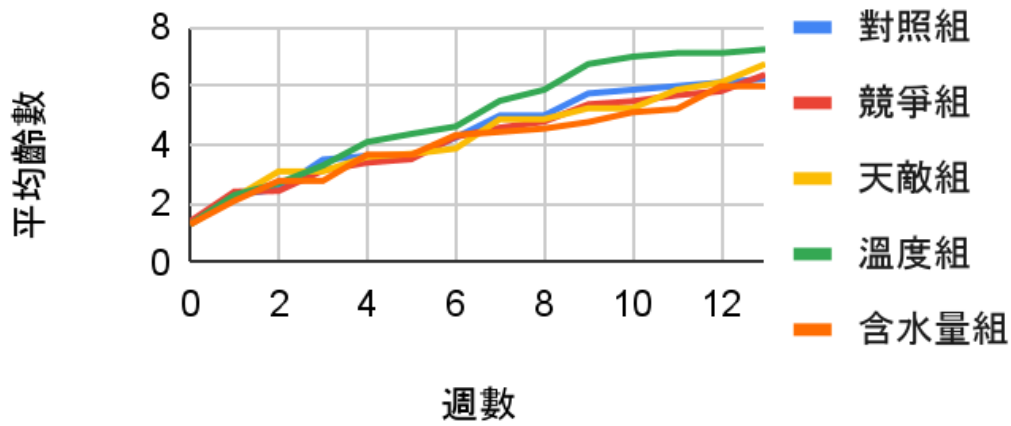


B

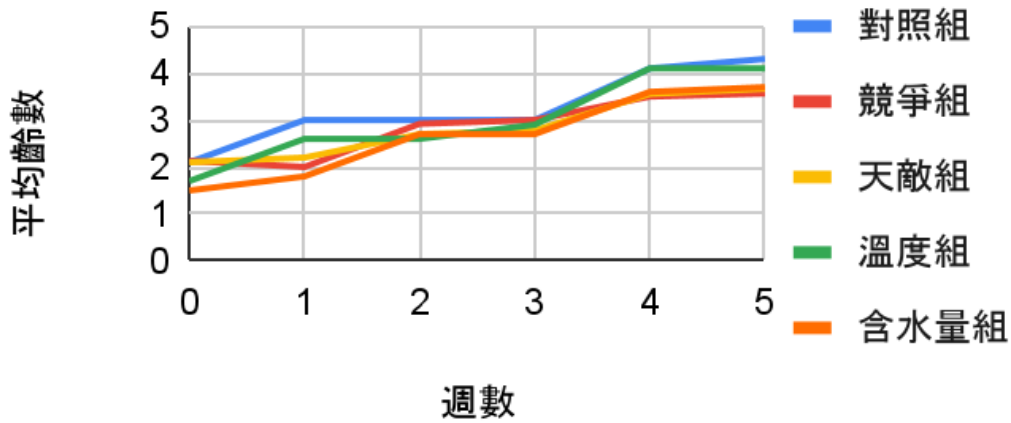


圖二 公母成蟲體型差異 A 為鞘翅長度差異；B 為前胸背板寬度差異

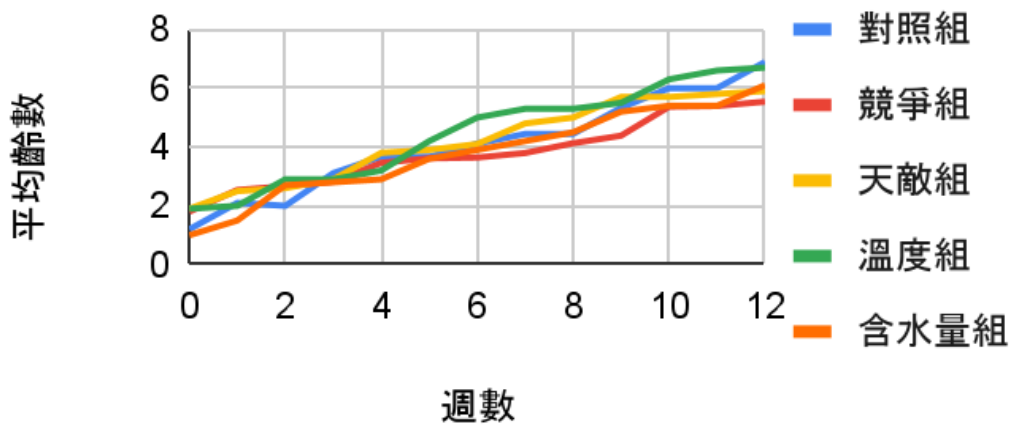
A 家族二



B 家族四

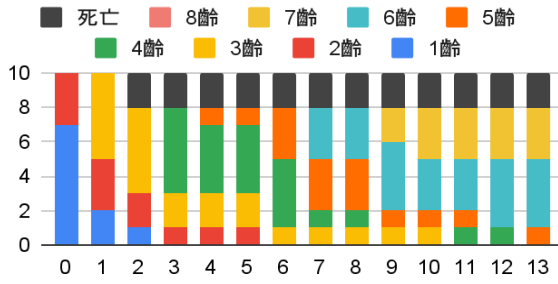


C 家族五

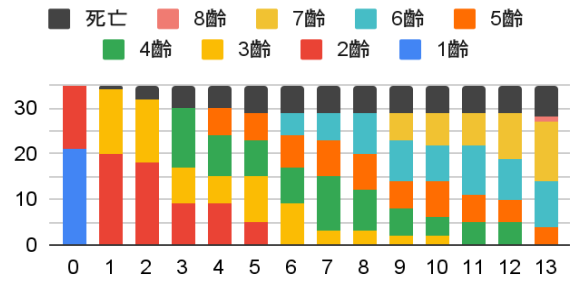


圖三 實驗組及對照組平均齒數隨時間變化折線圖

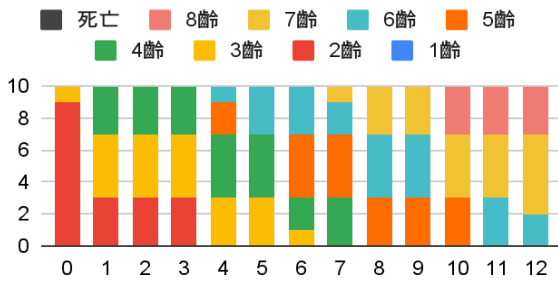
A 第二家族 對照組



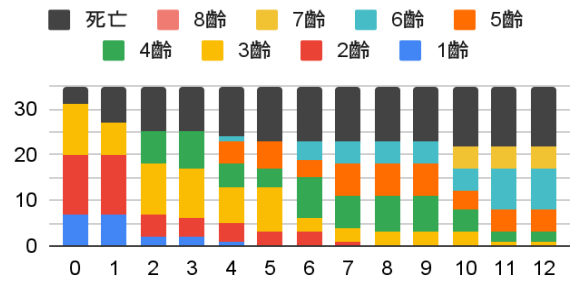
第二家族 競爭組



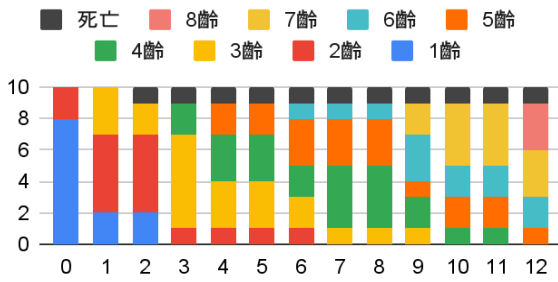
B 第四家族 對照組



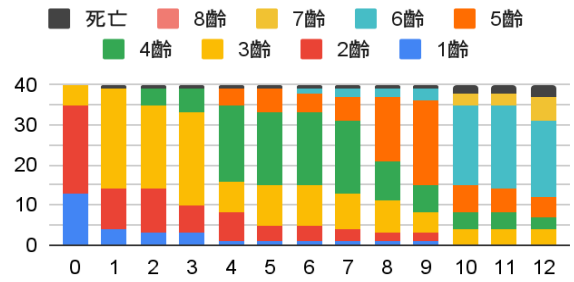
第四家族 競爭組



C 第五家族 對照組

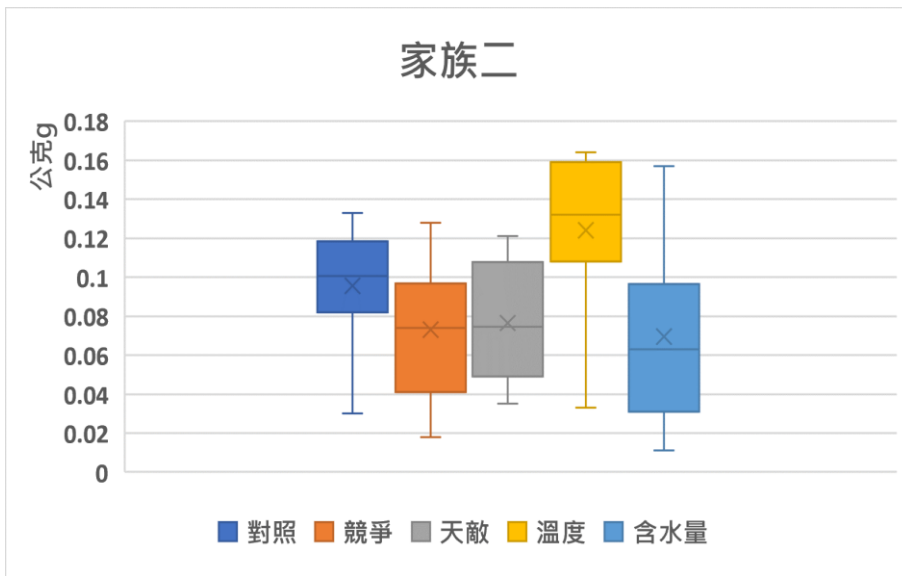


第五家族 競爭組

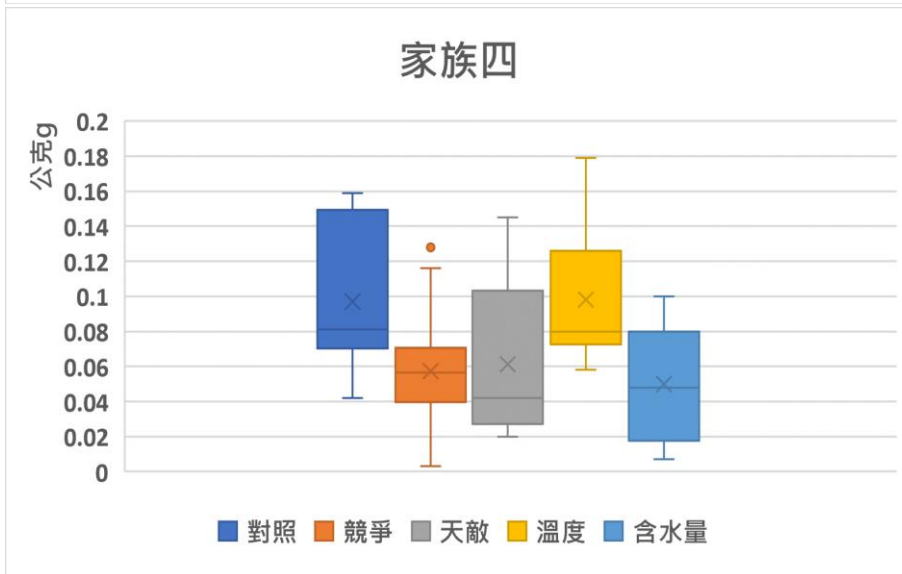


圖四 對照組及競爭組齡數組成隨時間之變化

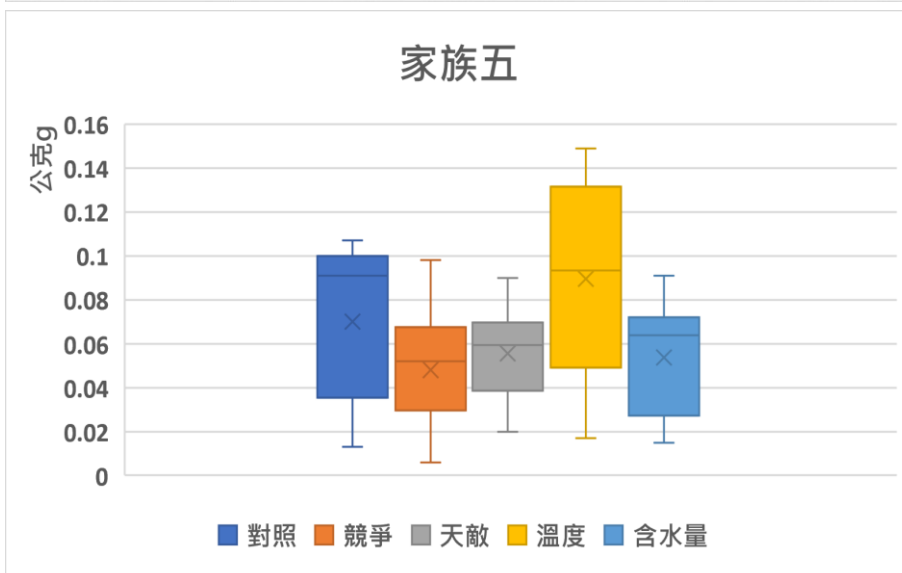
A



B



C



圖五 實驗組及對照組幼蟲平均體重之差異 A, B 及 C 分別為家族二、家族四及家族五之數據

伍、討論

為了比較不同組別間的成長速率，本研究將平均齡數差異大於 1 的組別，視為有明顯差異，小於 1 則視為無明顯差異。

一、麵包蟲公母體型差異及辨識

根據實驗結果，公蟲平均體長略大於母蟲；公蟲平均體寬略大於母蟲，兩者均無顯著的差異，代表體長與體寬皆無法作為判定公母的標準。

二、天敵與麵包蟲生活史的關係

根據實驗結果，家族二實驗組略大於對照組；家族四實驗組明顯小於對照組；家族五實驗組則略小於對照組，與本研究預期不合，原本預期天敵應該加速麵包蟲的成長速率，但家族四及家族五的結果中卻顯示對照組成長較快。實驗結果顯示，麵包蟲體液反而減緩了成長速度。由此可推測，先前飼養蟾蜍的經驗中，麵包蟲成長速率的提升，可能與天敵的存在無關，又或者是體液無法讓幼蟲認為有天敵的存在。至於體液為何會減緩麵包蟲成長速率的原因，目前無合理的檢視方式，可做為未來研究的方向之一。

三、種內競爭與麵包蟲生活史的關係

根據實驗結果，家族二實驗組略大於對照組；家族四、五的實驗組明顯小於對照組，可能代表種內競爭會降低整體的平均齡數。且第二、第四家族的齡數差異均較對照組大，代表種內競爭會拉大個體間的差異，符合本研究的假說，此外家族四幼蟲 35 隻中有 13 隻死亡，死亡率高達 0.37，為所有實驗操作中最高，可能也是競爭造成的影響。

四、食物缺乏水分與麵包蟲生活史的關係

根據實驗結果，家族二實驗組明顯小於對照組，而家族四、五的實驗組也略小於對照組，這可能代表食物缺乏水分会導致麵包蟲成長較慢，符合本研究的假說。而前期沒有目擊到麵包蟲吃紅蘿蔔的情況，所以前期可能看不出差異，但不影響實驗結果。

五、溫度與麵包蟲生活史的關係

根據實驗結果，家族二溫度組的平均齡數明顯大於對照組，而家族四、五的溫度組略小於對照組。若將家族四、五的結果判定為無明顯差異，代表在適當範圍內提高溫度，可以加速麵包蟲的成長速度。

根據專業甲蟲飼養人員的經驗，在適宜的溫度下，可以讓甲蟲更有食慾而維持生長速度，最主要的原因是可以讓甲蟲的新陳代謝維持在最好的狀態（黑貓老師，2020）。麵包蟲也屬於鞘翅目的甲蟲，而在實驗中溫度對麵包蟲的影響，與甲蟲飼養人員的經驗及國一生物課程內「酵素活性受到溫度影響」的概念均相符。

六、不同環境飼養對幼蟲體重的關係

根據實驗結果，雖然各組別之間體重皆無明顯差異，但仍可看出部分趨勢。家族二、五的實驗組略重於對照組，家族四則略輕於對照組，代表適當的溫度可能使麵包蟲新陳代謝變好，進而使體重增加；三個家族的含水量組均略輕於對照組，代表含水量可能使麵包蟲體重較輕，這或許是因為水分為代謝所需的生存要素，缺乏水分會導致代謝效率不佳而影響生長；三家族的天然組與競爭組均與對照組無明顯差異。若實驗時間延長，各組別與對照組之間可能會出現更明顯的差異。

七、省思與未來展望

因為缺乏基礎研究，只有部分網路資料表示「公母體型有差異」，所以本實驗為了能夠進行配對產生第一子代，針對公母的體型差異進行分析，但結果顯示公母在前胸背板、鞘翅長度就沒有顯著的差異，且從外觀也找不到其他可以準確判斷公母的特徵。還有在研究設計中，本來以體長作為齡數的判斷依據，但在過程中發現，體長在同齡數個體間差異較大，且不同齡數的體長常有重疊的現象，所以在本研究中，幼蟲齡數主要依據其體型寬度作為標準，每週都以齡數分佈最廣、數量最多的競爭組來作為判斷依據，所以即使齡數的判斷有誤差，仍然可以客觀呈現不同組別間體型大小的差異，並為了減少個人標準不同產生的誤差，判斷時多由組員共同討論。此外在較高齡數時（六、七、八齡）同齡是體型差距較大不易判斷，應先挑出少許幼蟲單一分組作為比較。這些狀況都顯示要進行各種研究時，如果缺乏基礎研究的支持、參考，實驗過程將會面臨許多困難。

在研究過程中也發現，麥麩中含有其他昆蟲的存在（圖六），經過比對，我們懷疑麥麩中的昆蟲可能是粉斑夜螟蛾，會在麥麩中吐絲並使其結塊。粉斑夜螟蛾是否會對麵包蟲產生影響，例如：競爭、掠食等，此研究中無法判斷，只能盡可能地將其移除。未來相關實驗應特別注意此影響。

根據飼養者經驗，麵包蟲完成其生活史約需 2~6 個月，但此研究經過 13 週，仍尚未有個體化蛹，若要完成至少一個世代的實驗，需要更多的時間使之更為完整。此外，要如何讓麵

包蟲在兩個月內成蟲也有待探討，根據目前結果，我們推論再提高飼養溫度、使環境溫度更為穩定及提供充足水分，或許可以使麵包蟲在 3 個月內完成其生活史，可作為未來的研究方向。

本研究為了避免基因上的差異造成誤差，透過以來自相同親代的個體進行比較，將遺傳差異做為控制變因，為一創新的做法。由圖三中可以發現：家族二中，溫度似乎是加速麵包蟲生長的最主要因子；家族四中，溫度對生長速率無明顯影響，反倒是競爭壓力、天敵的存在及缺乏水分會降低生長速率；家族五中溫度、缺乏水分對生長無明顯影響，而競爭壓力、天敵的存在會將低生長速率。這顯示了基因的差異，可能會導致幼蟲受各種環境因子的影響程度不同。為了控制基因的影響，花了數個月的時間等待配對及生產，但也因此發現了更多可能影響生活史的變因。



圖六 實驗中發現的粉斑夜螟蛾幼蟲

陸、結論

本實驗主要目的是探討麵包蟲生活史的可塑性，藉由不同飼養環境下的生長速度、最後的平均齡數，來判斷牠們是否因環境的條件不同，造成生活史加快或減緩。結果顯示天敵和食物缺乏水分會減緩麵包蟲的成長速度；而穩定的溫度會加快麵包蟲成長速度，種內競爭則會拉大個體間的差異，以上條件皆會影響麵包蟲生活史，表示麵包蟲的生活史具有可塑性。最後，本研究發現不同親代產生的子代在操作實驗後的結果有所不同，所以遺傳上的差異可能是這類研究很重要的控制變因。

柒、參考資料

1. Wellborn, G. A. (1994). The mechanistic basis of body size differences between two *Hyaella* (*Amphipoda*) species. *Journal of Freshwater Ecology*, 9 (2), 159-168.
2. 黃啟鈞、洪淑彬 (2001) · 幼蟲期資源競爭對四紋豆象 (*Callosobruchus maculatus*) 成蟲期生活史策略之影響 · *台灣昆蟲*, 21 (3), 287-297。
3. 黃莉欣、陳秋男 (2004) · 溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響 · *植物保護學會會刊*, 46 (2), 99-111。
4. Hart, M. W., & Strathmann, R. R. (1994). Functional consequences of phenotypic plasticity in echinoid larvae. *The Biological Bulletin*, 186 (3), 291-299.
5. Nussey, D. H., Postma, E., Gienapp, P., & Visser, M. E. (2005). Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. *Science*, 310 (5746), 304-306.
6. 陳俊維 (2013) · 麵包蟲在不同溫度下之攝食和生長的探討 · 國立金門高級農工職業學校
7. 黑貓老師 (2020 年 10 月 27 日) · 養甲蟲的溫度控制方法 · 取自 <https://blackcatteacher.com/blog/post/47431304>