



題目名稱:甘藷龜金花蟲一齡幼蟲尾端裝飾糞便的功能

一、摘要:

本研究旨在探討甘藷龜金花蟲幼蟲尾端裝飾糞便之功能, 探討其來源、是否具必要性。因觀察到受刺激時幼蟲會將尾端棘毛對舉起, 因此猜測其功能可能為擬態, 以此設計實驗。研究結果發現, 一齡幼蟲以尾塔排出糞便方式主動放置, 一齡幼蟲在糞便被人工移除的情況下, 將其補回的次數與其他齡期間達到顯著的不同, 且不同齡期幼蟲間糞便形狀及大小均無明顯差異, 因此推論尾端裝飾糞便的存在對一齡幼蟲有其必要性。遭攻擊時, 任何齡期幼蟲均會擺動尾端棘毛行物理性防禦, 因一齡幼蟲尾端棘毛不具蛻皮, 裝飾糞便替代蛻皮, 用來防禦天敵。

二、探究題目與動機

每個物種生活在世上總要面對各式各樣的考驗, 常演化出特殊機制來應對。生物課聽到老師介紹甘藷龜金花蟲, 我們對其幼蟲特殊的舉尾行為極有興趣, 好奇幼蟲裝飾糞便究竟是如何堆積上尾端棘毛, 且為何幼蟲要奮力將其高舉, 這是屬於它們的特殊機制嗎? 針對以上問題, 我們決定以甘藷龜金花蟲幼蟲做研究對象, 研究其尾端裝飾糞便的功能。

三、探究目的與假設

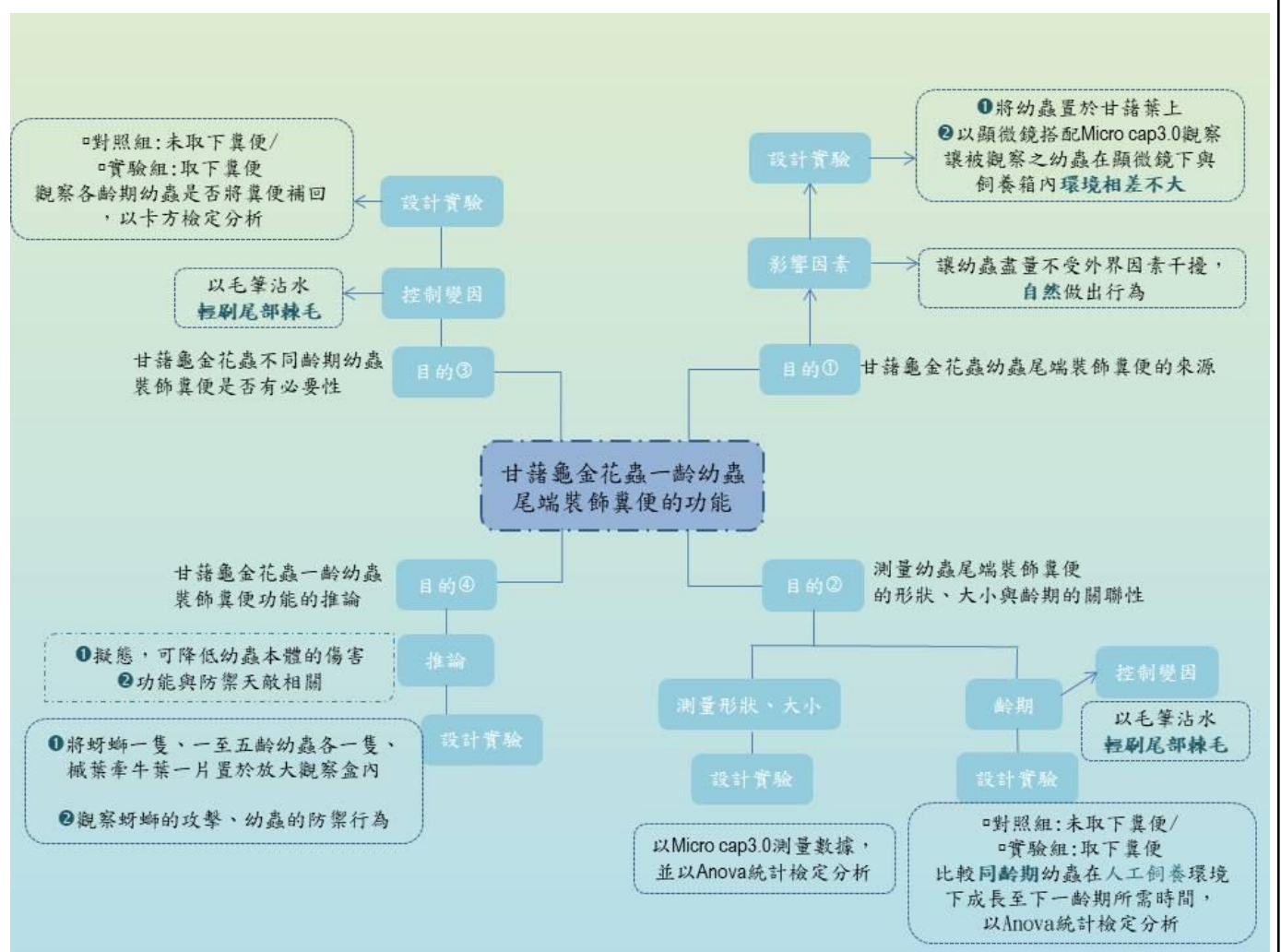
1. 探討甘藷龜金花蟲幼蟲尾端裝飾糞便的來源
2. 測量幼蟲尾端裝飾糞便的形狀、大小與齡期的關聯性
3. 探討甘藷龜金花蟲不同齡期幼蟲裝飾糞便是否有必要性
4. 甘藷龜金花蟲一齡幼蟲裝飾糞便功能的推論

因觀察到幼蟲在受到刺激時會行舉尾反應甘藷龜金花蟲一齡幼蟲裝飾糞便功能的推論, 和人類遇危險時行防範措施的機制雷同, 推測舉尾反應的目的與防禦天敵有關。幼蟲雙球狀的深色糞便因與幼蟲青綠的體色有顯著對比, 為擬態表現, 在天敵視覺上可能將糞便辨認為幼蟲頭部, 進而攻擊以產生最好獵食之效, 此時, 幼蟲本體可減輕所受傷害。



圖1、甘蓀龜金花蟲一齡幼蟲以及尾端之裝飾糞便

四、探究方法與驗證步驟



名詞定義：

- 甘蓀龜金花蟲的一齡至五齡幼蟲：

甘藷龜金花蟲幼蟲利用前一齡蟲的棘毛蛻皮附著固定在新齡幼蟲的腹部尾端棘毛上，因此界定幼蟲齡期，可以其棘毛上蛻皮數量而之，一齡幼蟲不具有蛻皮，二齡幼蟲尾端棘毛有一截蛻皮，以此類推。

2. 尾塔 (anal turret) :

金花蟲幼蟲尾部伸出的透明管狀結構，幼蟲腹部尾端兩節第 10 節與第 11 節所特化。

3. 棘毛：

金花蟲尾端突出、細長之肉棘，位於靠近幼蟲頭部的一側會有較長的兩根，長度可超越一齡幼蟲的體長，幼蟲遇到外界刺激時，會將棘毛舉起，讓棘毛越過身體，置於頭部之前。

4. 糞便裝飾：幼蟲把裝飾糞便透過尾塔堆放在尾端棘毛對之行為。

一、甘藷龜金花蟲幼蟲尾端裝飾糞便的來源

以顯微鏡觀察幼蟲排便情形，觀察到三隻幼蟲有相同行為後，針對其中一隻幼蟲錄影並製作完整時序表，對整個過程有明確的文字描述。

表一、甘藷龜金花蟲一齡幼蟲排放糞便過程影片時間軸



由以上實驗得知：

1. 甘藷龜金花蟲一齡幼蟲主要是以前窄後寬中空圓柱透明軟管—尾塔將裝飾糞便堆放在尾端棘毛上，尾塔是由體節第十與十一節特化而來。
2. 甘藷龜金花蟲一齡幼蟲主動以透明尾塔，將雙球狀糞便團堆積至尾端棘毛對上，此過程稱為「糞便裝飾」。

二、甘藷龜金花蟲幼蟲裝飾糞便外貌、大小與齡期的關聯

經觀測，二至四齡幼蟲特徵均與五齡幼蟲相符，取較代表性之幼蟲拍攝相片，比較各齡期幼蟲裝飾糞便外貌。



圖2、一齡幼蟲的裝飾糞便



圖3、五齡幼蟲的裝飾糞便

由以上相片可推得：

1. 無論何齡期幼蟲，糞便均垂直棘毛。
2. 一齡幼蟲棘毛中間糞便量少於兩邊，二至五齡幼蟲則大致呈圓柱狀。
3. 一齡幼蟲糞便顏色屬於偏深黑色或墨綠色，二至五齡糞便團顏色較一齡時淺，屬於偏灰色，零星夾雜白色顆粒或絲狀物。
4. 一齡幼蟲糞便團的表面濕潤而不平滑，二至五齡幼蟲糞便團外表乾燥粗糙而無光澤。

隨著幼蟲體型增加，棘毛上的糞便大小無顯著差異，也沒有增加的趨勢，測量數據經Anova統計檢定，P值為0.923(大於0.05)，未達顯著差異標準。

表二、甘藷龜金花蟲各齡幼蟲尾端裝飾糞便大小的比較

齡期	一齡幼蟲	二齡幼蟲	三齡幼蟲	四齡幼蟲	五齡幼蟲
組數	7	5	5	8	2
大便寬度平均值	0.571mm	0.531mm	0.521mm	0.561mm	0.498mm

三、甘藷龜金花蟲不同齡期幼蟲裝飾糞便是否有必要性

取各齡期幼蟲數隻，以沾水後的毛筆輕刷將其尾端糞便取下，並觀察記錄幼蟲是否具有將糞便補回的行為。

表三、各齡期幼蟲將尾端裝飾糞便補回之情形

單位(隻)	一齡幼蟲	二齡幼蟲	三齡幼蟲	四齡幼蟲	五齡幼蟲
有將糞便補回	4	0	0	0	0
無將糞便補回	9	8	7	6	4
觀察總組數	13	8	7	6	4

經以上結果可推得：

1. 只有一齡幼蟲有觀察到將糞便補回的特殊行為，與前面實驗二裡所驗證，幼蟲尾端裝飾糞便不隨其齡期增大的實驗結果相符。
2. 卡方檢定結果P值為0.072，達顯著差異水準10%。

推測甘藷龜金花蟲二齡以上幼蟲不再補回糞便原因有兩個：

1. 幼蟲增長至二齡期後，尾部具有蛻皮，造成尾塔長度不足以讓幼蟲將糞便推放在棘毛頂端。
2. 裝飾糞便只對一齡幼蟲具有必要性，可能是具有保護自己及防禦敵人的效果，由於大齡期幼蟲身長較長，且具有更長的蛻皮可做防禦工具，因此對尾端裝飾糞便的需求大幅下降。

一齡幼蟲實驗中，未補回糞便之九組原因為：

1. 取下糞便後，一齡幼蟲當日即成長為二齡幼蟲。

四、甘藷龜金花蟲一齡幼蟲裝飾糞便功能的推論

將一隻蚜蟲、一至五齡幼蟲各一隻、槭葉牽牛一葉置於放大觀察盒內定為一組，總共分成ABC三組，觀察幼蟲受到攻擊時的防禦行為。

蚜蟲的攻擊及幼蟲的防禦行為：

1. 遭蚜蟲攻擊時，不論何齡期幼蟲均會大幅度擺動其放有蛻皮以及裝飾糞便之尾端棘毛拍擊蚜蟲身體。
2. 蚜蟲靠近時，附近的幼蟲感受到敵人接近，會一同擺動尾端棘毛聯合抵禦。
3. 蚜蟲通常在嘗試各角度攻擊後，會繞至幼蟲尾端，將鉗狀口器插入幼蟲身體第10~11節吸食幼蟲體液。



圖4、幼蟲聯合禦敵行為 圖5、蚜蟲從尾端攻擊五齡幼蟲，以鉗狀口器吸食其體液

由以上結果可推得：

1. 確認幼蟲舉尾具物理防禦之效，其原因有二。
 - (1). 幼蟲拍擊蚜蟲身體後，蚜蟲身上之偽帳物有遭擊落之情形
 - (2). 幼蟲感受到天敵接近並執行舉尾行為，就如同人類感受到危險而行相對應的防範措施。

2. 蚜蠅最終攻擊處在幼蟲身體腹節第10~11節，因為幼蟲棘毛對遇刺激時僅向前、左右擺動，此處是幼蟲尾端棘毛對相對防禦死角，反襯棘毛對對於來自前、左右的攻擊具有較好的防禦效果。
3. 二齡以上之幼蟲，其尾端有一截一截的蛻皮，可以對蚜蠅產生強有力的還擊。一齡幼蟲尚不具有蛻皮，但仍須防範天敵的攻擊，因此需要有可以產生和蛻皮一樣具強防禦效果之替代物，也就是裝飾糞便，推測一齡幼蟲尾端裝飾糞便功能是防禦天敵。
4. 幼蟲尾端裝飾糞便應非擬態之用，其原因有二。
 - (1). 蚜蠅並非攻擊幼蟲裝飾糞便。
 - (2). 蚜蠅攻擊處在幼蟲腹節第10~11節，尾端棘毛對的抵禦並不會減少幼蟲本體受到之傷害。

五、結論與生活應用

綜合上述四項實驗，歸納出以下結論：

1. 甘藷龜金花蟲一齡幼蟲主動以尾塔堆放裝飾糞便至尾端棘毛。
2. 僅有一齡幼蟲補回遭移除之裝飾糞便。
3. 甘藷龜金花蟲幼蟲尾端裝飾糞便團，隨齡期大小形態等無顯著改變。
4. 甘藷龜金花蟲幼蟲尾端蛻皮具物理防禦之效，一齡幼蟲尾端裝飾糞便具有相同功能。
5. 甘藷龜金花蟲一齡幼蟲因無蛻皮，故以裝飾糞便代替蛻皮。

參考資料

- 李奇峰、曹美華、鄭興宗(民96)。台灣產金花蟲科圖誌 1。四獸山昆蟲相調查網。
- 李奇峰、曹美華、鄭興宗(民99)。台灣產金花蟲科圖誌 2。四獸山昆蟲相調查網。
- 未標明作者(民102)。「糞」力防護—甘藷龜金花蟲生態記錄(摘要)。
- Eisner T. & M. Eisner (2000). Defensive use of a fecal thatch by a beetle larva (*Hemisphaerota cyanea*). PNAS, 97 (6): 2632-2636.
- Müller C. (2002). Variation in the effectiveness of abdominal shields of cassidine larvae against predators. Entomologia Experimentalis et Applicata, 102(2): 191-198.
- Vencl F. C., T. C. Morton, R. O. Mumma & J. C. Schltz (1998). Shield Defense of a Larval Tortoise Beetle. Journal of Chemical Ecology, 25(3): 549-566.
- Müller C. & M. Hilker. (1999). Unexpected reactions of a generalist predator towards defensive devices of cassidine larvae (Coleoptera, Chrysomelidae). Oecologia, 118: 166-172.