中華民國第四十六屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　生物及地球科學科

佳作

031721

兵蚜向前衝－社會性竹莖扁蚜(Pseudoregma bambusicola)之防衛行為

學校名稱： 臺北縣立林口國民中學

作者：	指導老師：
國三 王怡芬	鍾兆晉
國二 張于容	王冰心
國二 黃琬儀	
國一 周宜樺	

關 鍵 詞：兵蚜(Aphid soldier)、分工、社會性昆蟲

兵蚜向前衝－社會性竹莖扁蚜（*Pseudoregma bambusicola*）之防衛行為

摘要

本研究是爲了探討竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜的防衛行爲，並進一步探討螞蟻與蚜蟲之間互利共生的關係。結果顯示，兵蚜在族群中確實有型態上的不同，造成兵蚜有利於防衛的條件，且發現蚜蟲的防禦不一定需要仰賴螞蟻，除了螞蟻之外，還有部份種類的蚜蟲可藉由階級中的兵蚜來進行防衛，尤其是另一種栓葉安息香的造癭性竹莖扁蚜群，更能夠彰顯兵蚜群體中的作用。

壹、研究動機

每當在校園散步，總會經過池塘邊那一小片的竹林，久而久之，原本不起眼的林子也吸引了我們的注意力，仔細一看，竟發現竹莖上有一坨一坨身體上有白粉的小蟲附著在上面揮舞著雙腳，而且爲數不少。好奇的我們於是去問自然老師，老師告訴我們這是蚜蟲的一種，叫做竹莖扁蚜（*P. bambusicola*），而且教科書中也提到它爲無性生殖且與螞蟻行互利共生，但對竹子而言卻是一種害蟲。更特別的是，這種蚜蟲族群中，還有能保護蚜蟲群的特殊階級－兵蚜，就像螞蟻一樣會分工，究竟兵蚜和其他的蚜蟲到底有什麼不同？兵蚜的數量和其他的蚜蟲又有什麼特別的關係？爲了探討這些疑問，就讓我們一起隨著兵蚜的腳步向前衝吧！

貳、研究目的

一、找出能竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜與工蚜的差異及簡易辨別方法。

二、探討竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜行動時的各種行爲特性。

三、研究竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）族群中兵蚜數量與工蚜的比例關係。

四、觀察氣溫的變化是否會影響蚜蟲活動的範圍。

五、比較有無螞蟻共生時蚜蟲對外敵的防禦行爲策略之差別。

六、釐清蚜蟲對螞蟻的依賴度是否會因有兵蚜而降低。

七、比較兵蚜在竹子及栓葉安息香（*S. suberifolia*）的型態差異。

參、研究設備及器材

表一、找出竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜與工蚜的差異及簡易辨別方法。

項目	數量	備註
水彩刷	2 支	
標本瓶	12 入	3.7cm
酒精	2 罐	75%
乳頭滴管	3 入	18cm
量筒	1 入	16cm
解剖顯微鏡	1 台	
封口袋	數包	
培養皿	1 入	
游標尺	1 入	
已製作成標本的兵蚜與非兵蚜	各 5 瓶	

表二、探討竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜行動時的各種行爲特性。

項目	數量	備註
木板	兩塊	30cm×25cm
碼表	1 入	
棉線	1 捆	
麥克筆	2 隻	
數位相機	2 台	廠牌：casio，型號：X500

表三、測量竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與工蚜在族群內的比例。

項目	數量	備註
水彩刷	2 支	
標本瓶	12 入	3.7cm
酒精(75%)	2 罐	
乳頭滴管	3 入	18cm
量筒	1 入	16cm
解剖顯微鏡	1 台	
封口袋	數包	
培養皿	1 入	
游標尺	1 入	

表四、觀察氣溫的變化對竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的影響。

項目	數量	備註
溫度計	1 入	
數位相機	2 台	廠牌：casio。型號：X500

表五、比較有無螞蟻共生時竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）對外的防禦行爲。

項目	數量	備註
數位相機	2 台	

表六、釐清蚜蟲對螞蟻的依賴度是否會因有兵蚜而降低。

項目	數量	備註
數位相機	2 台	

表七、比較兵蚜在竹子及栓葉安息香（*S. suberifolia*）上的型態差異。

項目	數量	備註
數位相機	2 台	廠牌：casio。型號：X500

肆、研究過程及方法

一、找出竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜與工蚜的差異及簡易辨別方法：

再蚜蟲聚落中扮演不同的角色，其體型上也會有一定的差別。我們將蚜蟲做成標本，在測量其體型數據以便分析差異。

（一）以一竹節爲一單位將其上之竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）全數浸泡75%酒精作爲標本。

（二）放到解剖顯微鏡下一一分類，

（三）以游標尺在顯微鏡下測量。

（四）同時以手繪的方式及相機記錄其體型差異。

（五）並在手繪圖標上各體節名稱及部分簡介。

（六）比較兩者間的差異並製成圖相互比較。

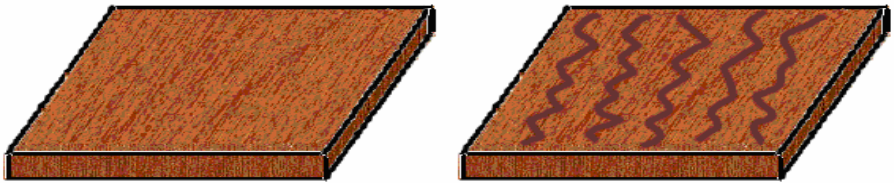
二、探討竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜行動時的各種行爲特性：

（一）比較竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與工蚜的行動數據：要能達到保衛族群的功能，移動速率的快慢是很重要的一環。爲了能彰顯我們預先設定兵蚜是能達到保衛族群的目的，我們先假設兵蚜的移動速率是明顯高過工蚜。

1.分別將兵蚜與工蚜置於平滑木板及有刮痕的木板上（如圖一。）

2.同時按下碼表（以一分鐘做爲單位），並以黑筆劃出行走的路徑。

3.用棉線比出行走的距離，以尺丈量。將速率化成 cm/min。



圖一、木板配置圖（左：平滑；右：粗糙；長與寬均爲 30cm×25cm）。

（二）觀察竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）禦敵時發生的行爲：在天敵的攻擊下，兵蚜勢必要有防禦，不同的情形下會有不同的防禦動作，爲找出兵蚜攻擊時的各種型態，以及階段變化，我們開始進行觀察。

1. 實際觀察蚜蟲抵禦天敵的情形。

2.將其觀察結果繪製成手繪圖。

3.並把過程以文字敘述紀錄下來繪製成流程圖。

三、測量竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與非兵蚜在族群內的比例：若兵蚜要達到保衛族群的目的，其數量是關鍵。假設兵蚜的數量是明顯高過非兵蚜來進行實驗。

（一）以一竹節爲單位全數浸泡 75%酒精作爲標本。

（二）放到顯微鏡下分類(分爲兵蚜及非兵蚜)。

（三）算出兵蚜與非兵蚜的個數。

（四）分裝不同的蚜蟲並貼上標籤。

（五）計算兵蚜與非兵蚜數量的比例。

四、觀察氣溫對竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）分佈的影響：從我們蒐集的文獻來看，竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）會隨著季節而進行遷移。也就是說氣溫對於蚜蟲會有一定的影響，所以假設氣溫愈低蚜蟲分布面積也愈小。

（一）每天到學校進行觀測前先看天氣預報紀錄當天的預測氣溫。

（二）每日中午到竹林中觀察蚜蟲的分布。

（三）平均每月的氣溫。

（四）把分布情形分成 0~3 個等級。

（五）將實驗結果製成折線圖表示。

表八、介定分布情形等級表（將一竹節表面積分成三等分）。

等級	分布的程度
0	0
1	約佔全部表面積 1/3
2	約佔全部表面積 2/3
3	約佔全部表面積

五、觀察有無螞蟻時竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）對外的群體防禦行爲：與螞蟻行共生關係的蚜蟲，螞蟻會因自身利益而保護蚜蟲，兵蚜於族群內的功能同爲保衛，螞蟻的行爲與兵蚜重疊，此時兵蚜的保衛功能便可能因螞蟻而降低。而分佈的範圍決定保衛功能的彰顯，兵蚜分佈的範圍是否會因有無螞蟻而改變？我們假設有無螞蟻會影響兵蚜保衛功能的發揮。

（一）先用手繪圖及數位相機紀錄沒有螞蟻共生時蚜蟲的群體防禦行爲。

（二）同樣用手繪圖及數位相機紀錄有螞蟻共生時蚜蟲群體防禦行爲。

（三）利用分布圖標示出兵蚜與非兵蚜的分佈位置。

（四）並用每平方公分中的工蚜、兵蚜、螞蟻密度製作長條圖。

六、校園及野外觀察：比較其兩個出沒環境的條件，歸納出兩者間差異。

（一）觀察對象：竹莖上的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）中的兵蚜以及與蚜蟲共生的台灣巨蟻（*C. rothneyi*）（圖二）。

（二）觀察地點：校園池塘旁的小片竹林(見圖二)及五股山區路旁的竹林(見圖三)。

圖二、校園中被竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）寄生的竹林。

圖三、於五股山區發現帶有竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的竹子。

七、比較兵蚜在竹子及栓葉安息香（*S. suberifolia*）上的型態差異：由於竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）有兩種寄主植物，一種爲竹子而另一種爲栓葉安息香，我們認爲在不同環境下兵蚜的防禦情形可能會有所不同，所以進行了以下觀察。

（一）觀察竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）在竹子及栓葉安息香的生活模式及兵蚜活動狀況。

（二）用數位相機記錄下來。

伍、研究結果

一、文獻探討

（一）竹莖扁蚜的分類地位：

1.學名：*Pseudoregma bambusicola*

2.分類地位：動物界 *Kingdom Animalia*

節肢動物門 *Phylum Arthropoda*

昆蟲綱 *Subclass Insecta*

同翅目 *Order Homoptera*

蚜亞目 *Suborder Aphidomorpha*

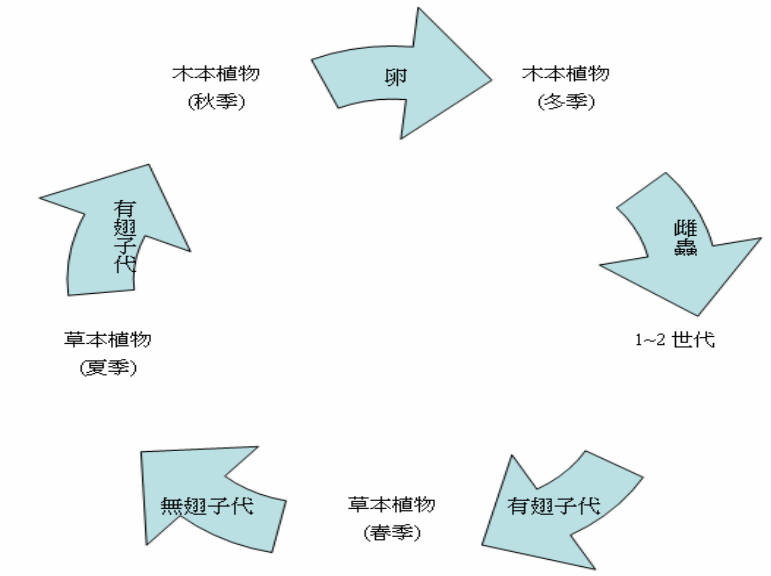
扁蚜科 *Family Hormaphidae*

3.爲害樹種：見表九（陶家駒。1990）。

表九、蚜蟲之危害樹種。

中文名	學名
麻竹	*Dendrocalamus latiflorus*
竹蓼	*Bambusa beecheyana*
長枝竹	*Bambusa dolichoclada*
火廣竹	*Bambusa dolichomerithall*
烏腳綠竹	*Bambusa edulis*
蓬萊竹	*Bambusa multiplex*
鳳凰竹	*Bambusa floribunda*
綠竹	*Bambusa oldhamii*
八芝蘭竹	Bambusa pachinensis
刺竹	*Bambusa stenostachya*
佛竹	*Bambusa ventricosa*
泰山竹	*Bambusa vulgaris*
金絲竹	*Bambusa vulgaris*

5.蚜蟲的生活史：經由文獻的蒐集，我們將蚜蟲的生活史彙整成循環圖(見圖四)。



圖四、蚜蟲世代循環圖。

圖五、族群中有翅型蚜蟲。

圖六、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）在栓葉安息香（*S. suberifolia*）上製造的蟲癭。

（二）刺竹：

1.學名：*Bambusa stenostachya*

2.分類地位：禾本科

3.特徵：高大、竹桿密集叢生的竹子，竹桿基部的小枝條會變成刺，因此得名。尤其是乾旱期越長的環境，鞭條狀的刺越多而密集。

我們從校園竹林中發現的蚜蟲就是生長在刺竹上面，在上面

觀察到的蚜蟲爲沒有與螞蟻共生的蚜蟲，在群體中的兵蚜密度也較高，在群體防禦方面，也較顯著。

（三）栓葉安息香：

1.學名：*Styrax suberifolia*

2.特徵：台灣本島低海拔地區常見的安息香科喬木。葉卵狀長橢圓至長橢圓披針形，長 5-11 cm，漸尖頭，幼嫩時兩面披淡褐色星狀毛，成熟時上表面無毛，下面則呈白色，故又名葉下白。總狀花序腋生或頂生，有花 8-12 朵，花軸披淡褐色星狀毛。花冠外披貼伏毛。

竹莖扁蚜*(P. bambusicola)*通常利用栓葉安息香*(S. suberifolia)*剛生出的嫩葉、新梢等生長旺盛的植物部位造癭，若蟲會將口針插入葉長約２公分的嫩葉中，注入唾液後，部分葉面向上方膨起，包住若蟲變成高約 1.5 公分的蟲癭。在空洞的蟲癭內，若蟲開始生長，不久以無性生殖產約 20 隻的後代。在蟲癭的末端會形成一個開口，第 3、4 世代出現的兵蚜從此開口出來並常駐於蟲癭外面。

（四）和蚜蟲相關列表：與蚜蟲共生之蟻類共有 8 種（見表十）。行社會性組織的蚜蟲共有 4 種(見表十一)。蚜蟲之天敵可整理爲表十二。

表十、與蚜蟲共生之蟻類。

中文名	學名	總出現比例排序	取樣數
舉尾蟻	*Crematogaster sp.*	4	4
台北巨蟻	*Camponotus formosensis*	2	6
黑棘蟻	*Polyrhachis dives*	3	5
太平洋雙家蟻	*Tetramorium pacificum*	4	4
雙疣琉璃蟻	*Hypoclinea bituberculatus*	4	4
褐狂蟻	*Paratrechina longicornis*	4	4
白足扁蟻	*Albipes bruneipes*	1	7
褐毛蟻	*Lasius niger*	4	4

圖七、與竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）共生的台北巨蟻。

圖八、在竹莖扁蚜製造的蟲瘿上之舉尾蟻（C*rematogaster sp.*）。

表十一、行社會性生活的蚜蟲列表。

中文名	學名
竹莖扁蚜	*Pseudoregma bambucicola*
竹葉扁蚜	*Astegopteryx bambusifoliae*
毛茛綿蚜	*Eriosoma clematis*
竹毛蝨蚜	*Ceratoglyphina bambasae*
九芎癭蚜	*Astegopteryx styraci*

表十二、蚜蟲天敵列表。

中文名	學名
食蚜蠅科	*Syrphidae*
脈翅目	*Neuropterous*
草蛉幼蟲	*Chrysopidae*
姬蛉科	*Hemerobiidae*
蚜小蜂	*Chanaeyiidae*
小灰蝶科	*Lycaenida*

圖九、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的天敵--瓢蟲的幼蟲。

圖十、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）族群中的幹母。

（五）社會性昆蟲之定義：

一般而言，我們可以將社會性的程度分爲：

1.擬社會性，例如：椿象。

2.半社會性，例如：薊馬。

3.副社會性，例如：猴子、獅子。

4.真社會性，例如：胡蜂。

有群居，且具世代重疊的情形。成員間有生殖階級、工作階級的身份區分。以及利他的服務性個體出現。

在我們發現的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）中，它們是以群體爲單位生長，有著明顯的工作階級區分。包括幹母(見圖八)、工蚜與兵蚜，由於兵蚜的口吻不適於吸取植物汁液，因此無法進行進一步發育，是爲保衛群聚而完全犧牲自己發育與生命利他行爲。以上觀察均符合社會性昆蟲之定義。

根據我們的觀察以及文獻的記載，竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）具有下列社會性的特性：

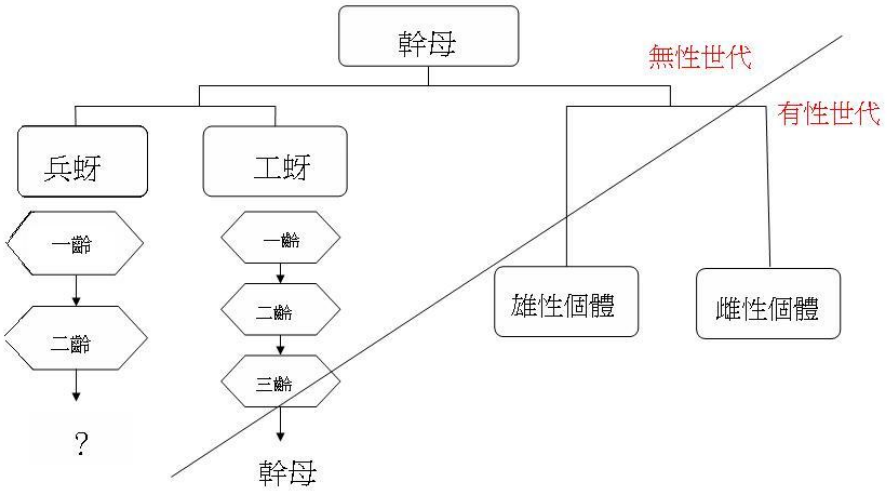
1.世代重疊。

2.大量供糧。

3.分工(包含不孕世代)。

4.群居。

我們所研究的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）中，均符合以上真社會性昆蟲的特徵，故我們確認其爲行真社會性生活之昆蟲。



圖十一、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）無性世代與有性世代交替示意圖。

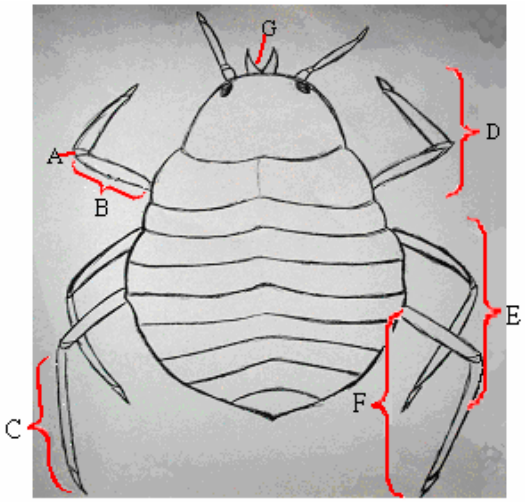
二、工蚜與兵蚜的外型差異：

（一）竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）工蚜和兵蚜間的差異，大概可用外型分出，像是前足、後足、中足、胸部、腹部（表十三、圖十二、圖十三、圖十四、圖十五、圖十六、圖十七、圖十八）。

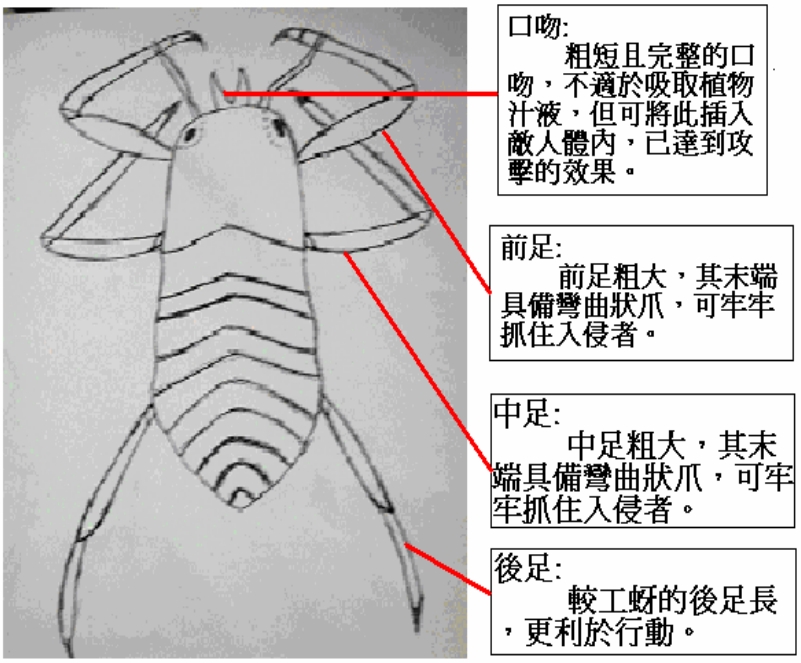
表十三、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與工蚜的比較。

部位/種類	兵蚜	工蚜	顯著差異（＊）
前足總長（cm）	0.08	0.05	＊
中足總長（cm）	0.06	0.07	
後足總長（cm）	1.60	1.00	＊
胸部（cm）	0.08	0.15	＊
腹部（cm）	0.05	0.17	＊
齡期	1~2 齡	1~4 齡	＊

(顯著差異:差異值超過 0.02cm)



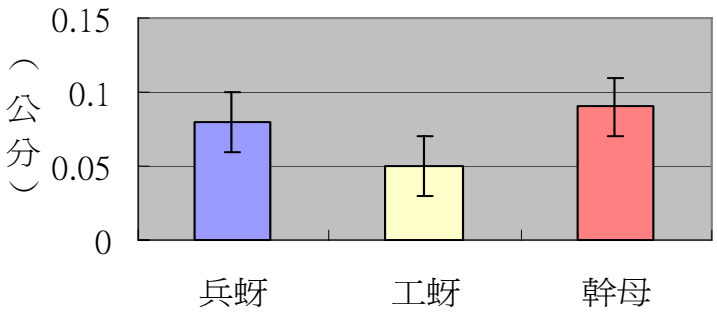
圖十二、工蚜手繪圖(A：轉節。B：腿節。C：脛節。D：前足。E：中足。F：後足。G：口吻)。



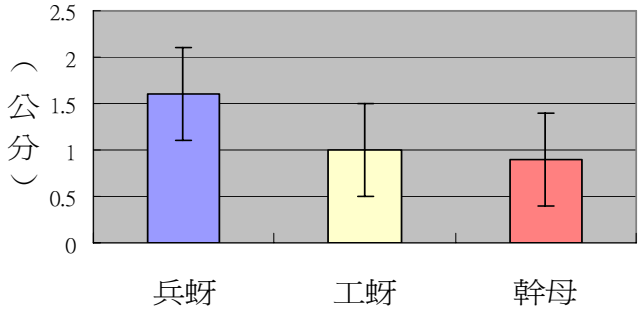
圖十三、兵蚜手繪圖。

圖十四、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜（左）與工蚜（右）。

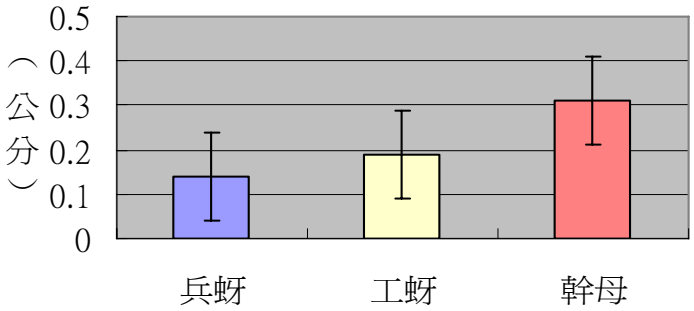
圖十五、已發育成熟群體之竹莖扁芽（*P. bambusicola*）。



圖十六、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜、工蚜、幹母前足總長比較。



圖十七、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜、工蚜、幹母後足總長比較。

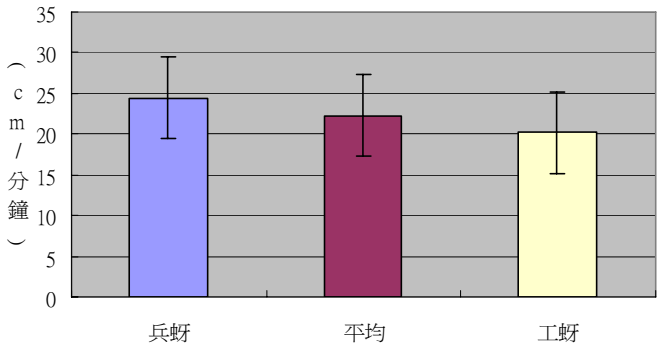


圖十八、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜、工蚜、幹母以及四項平均之體長比較。

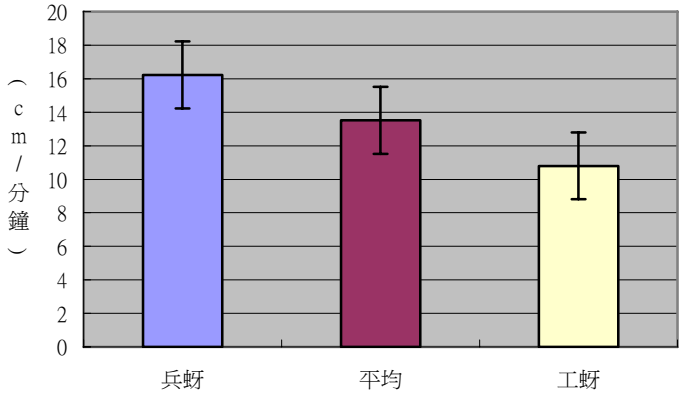
經過我們實際測量後發現，兵蚜的前腳較工蚜長，是爲了便於抓住敵人，而其他的幹母的差異則是因爲牠們的體型本來就較大。而後腳則是兵蚜最長，同樣是利於禦敵的特徵。而體長的差異大部分是因爲齡數不同而有所差異。

三、探討竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）之兵蚜行動時的各種行爲特性：

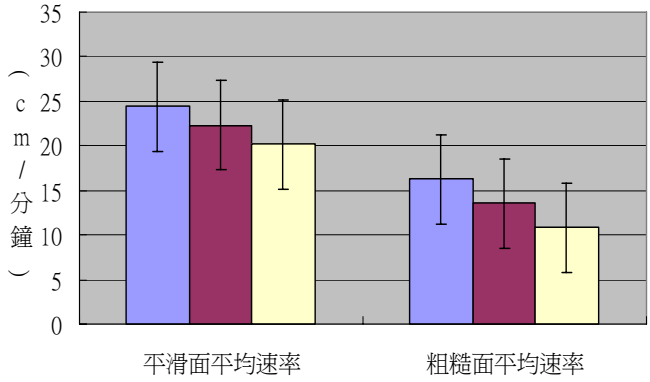
（一）兵蚜與工蚜的行爲比較：比較兵蚜與工蚜的行動速率，我們發現兵蚜在粗糙面或是平滑面上，行動速率都比工蚜迅速(圖十九、圖二十、圖二十一)。



圖十九、竹莖扁蚜(*P. bambusicola*)兵蚜、工蚜及平均值的平滑面比較。

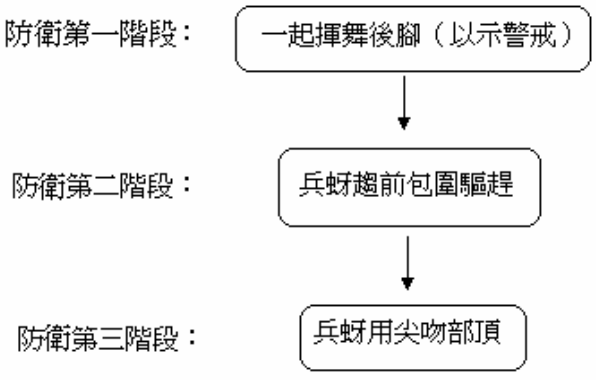


圖二十、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜、工蚜及平均值的粗糙面比較。



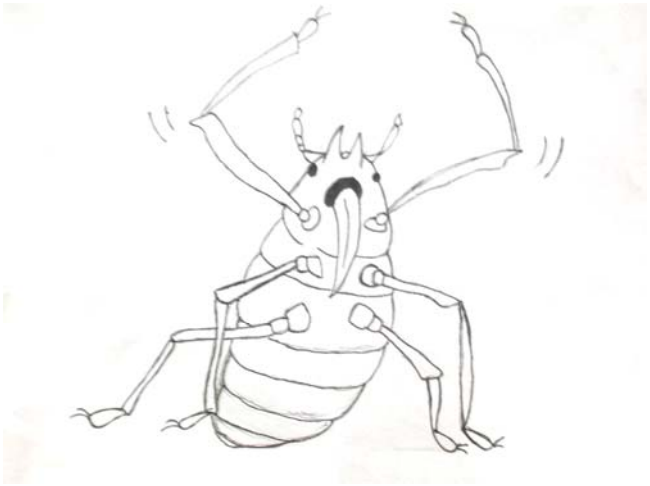
圖二十一、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜、工蚜及平均值的平滑面與粗糙面速率總比較。(藍色：兵蚜；暗紅色：平均；黃色：工蚜。)

（二）我們發現當兵蚜擔任主要禦敵者時會有以下三階段的防禦行為（圖二十二）。

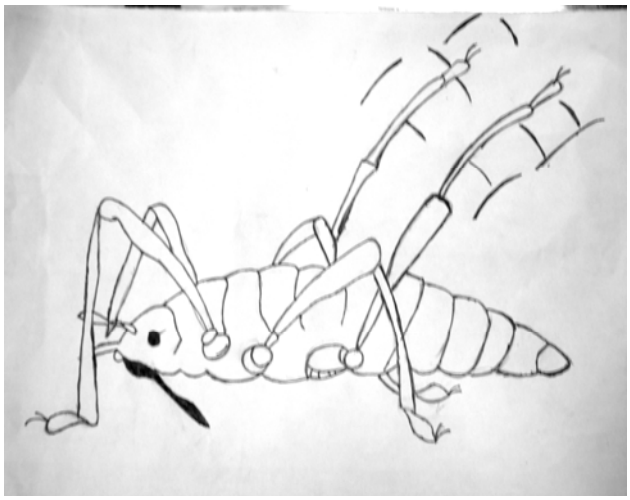


圖二十二、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜防禦時的攻擊流程圖。

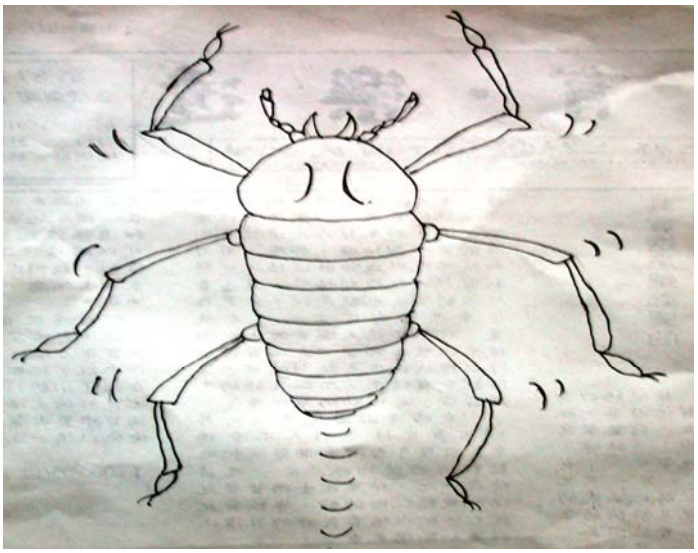
（三）在攻擊的時候，兵蚜有下列幾項行爲特徵（圖二十三、圖二十四、圖二十五、圖二十六、圖二十七、圖二十八）。



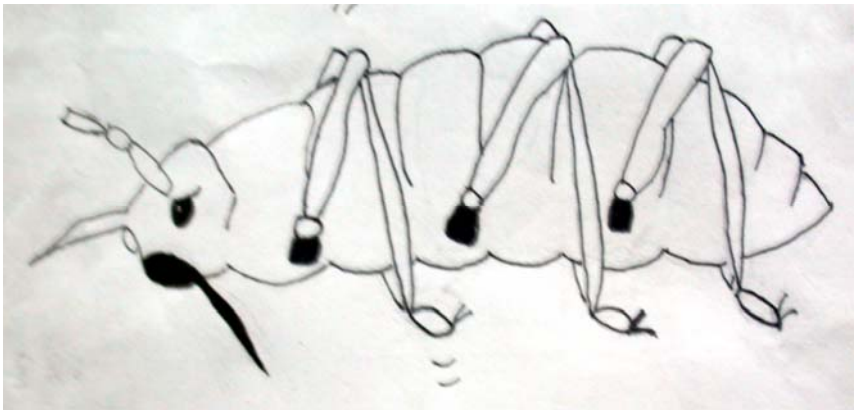
圖二十三、揮舞前肢。



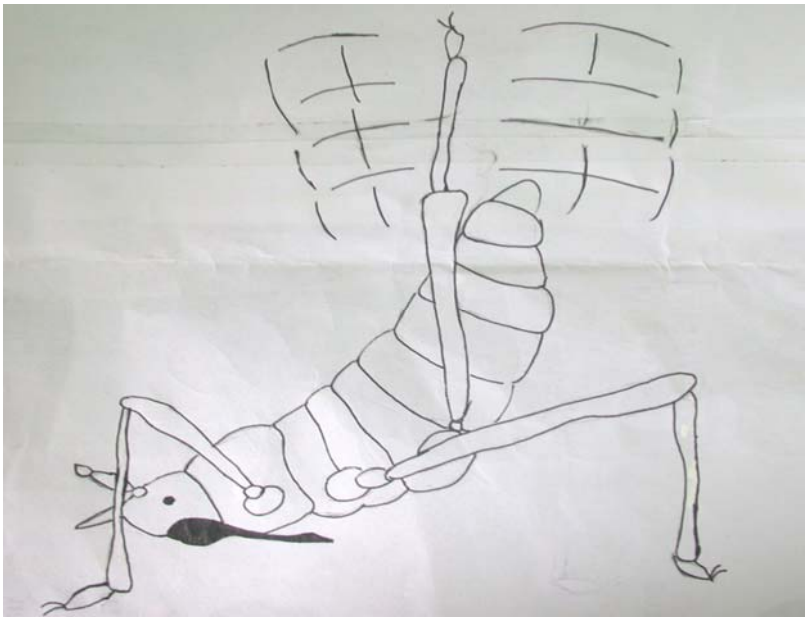
圖二十四、進行群體防衛時的揮動後腳。



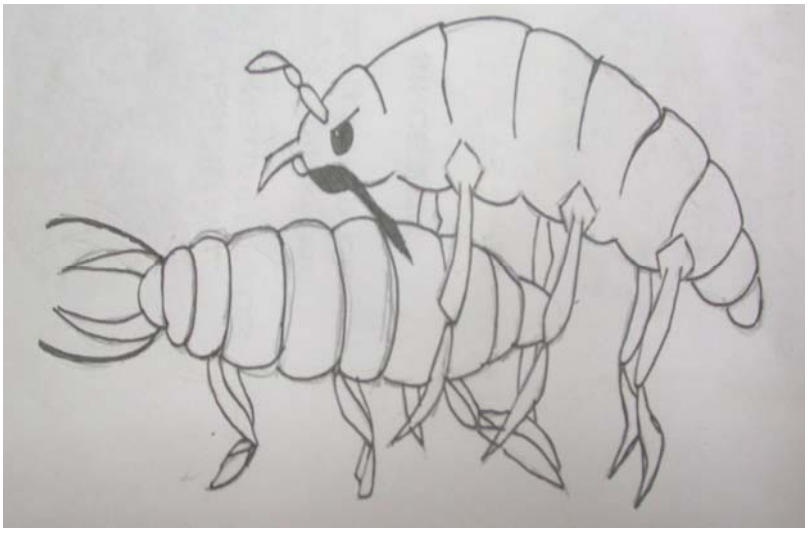
圖二十五、向後退。



圖二十六、用口吻向前頂。



圖二十七、後肢揮動（尾部舉起）



圖二十八、趨前並用前腳及中腳抱住入侵者（使用口器刺）。

四、兵蚜的分類依據：

（一）體色較工蚜深。

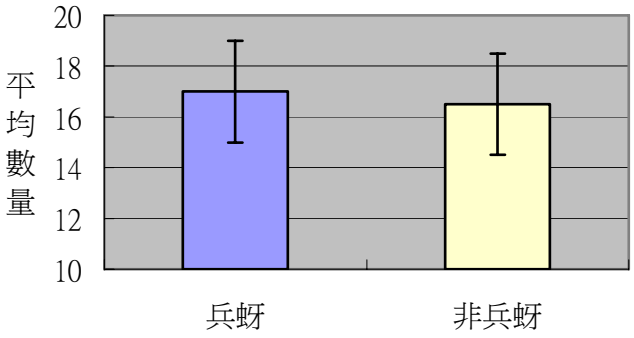
（二）爲短吻型蚜蟲。

（三）一齡到二齡的蚜蟲。

（四）中腳粗大且爲彎曲狀爪若蟲。

從竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）族群中發現的兵蚜，牠們的體色會較工蚜來得偏深色，且前腳較發達，中腳也較粗大且具有彎曲狀爪，但只會生長到一至二齡。

五、在竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與非兵蚜在蚜蟲群內的數量的實驗中可發現，兵蚜在族群內，與非兵蚜的比例約爲１：１(見圖二十九)。



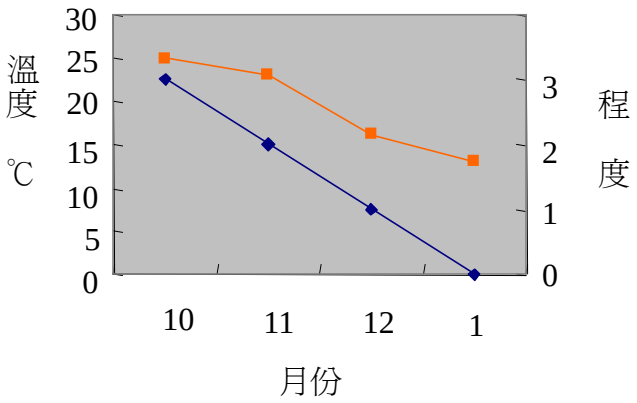
圖二十九、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）兵蚜與非兵蚜之平均數量。

根據文獻，成熟的竹莖扁蚜兵蚜比例有 20%（朱耀沂。1997）在我們的研究中，我們記錄的比例約爲 1：1，也就是 50%，可見兵蚜的比例會隨著族群成熟度的不同而有所改變。

六、氣溫會影響竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的分布情形

我們爲了觀察溫度對竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）分布情形的影響，而把分布情形分爲 0~3 個等級（前表十四）。而在溫度在十月中時氣溫約爲 25 度則密度程度爲 3，到了十一月中時氣溫約爲 23 度左右，密度

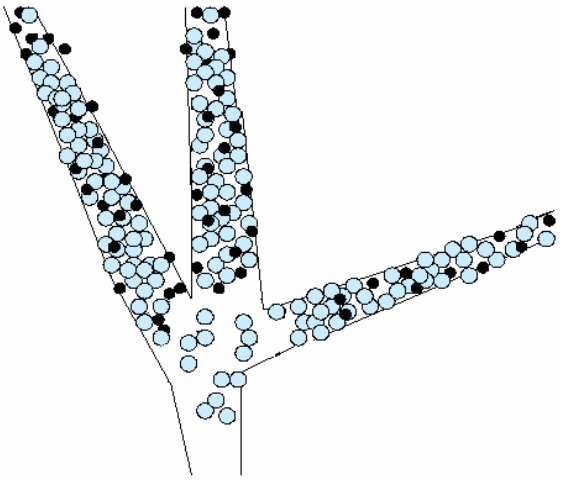
等級約爲 2，到了十二月中的時候氣溫約爲 16 度左右，甚至完全不見，到了一月氣溫約爲 17.7 密度等級爲 0（圖三十）。



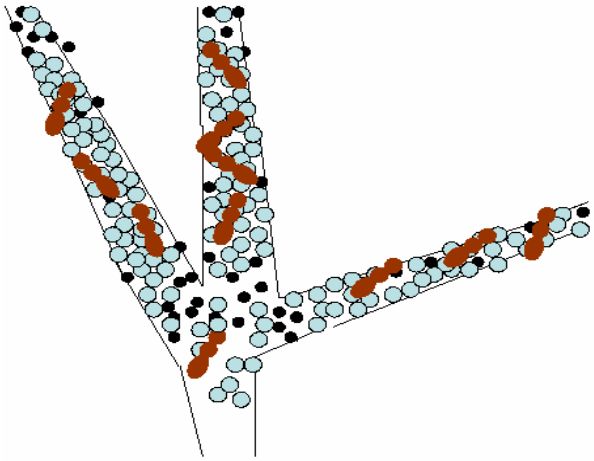
圖三十、溫度與分布情形的關係(橘色：溫度；藍色：程度)。

七、有螞蟻以及無螞蟻族群分布：

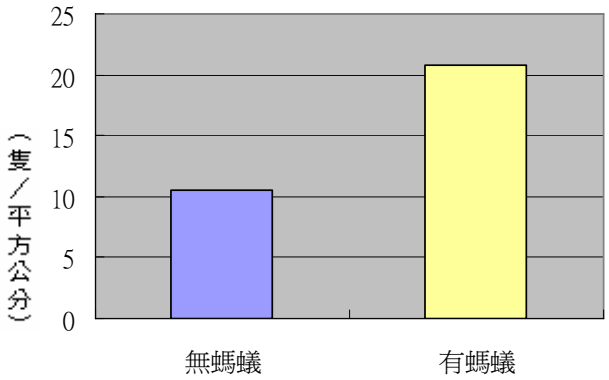
（一）比較我們所發現的兩種竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）不同的生活型態，由下面示意圖可知，沒有與蚜蟲共生的螞蟻時，兵蚜在竹節上會較爲平均地分布在各處，但在有螞蟻共生的竹莖上，分布就沒有如此均勻，而是散佈在非兵蚜聚集處的四周。也從我們的觀察中發現，如果有螞蟻存在於蚜蟲群中，兵蚜的分佈密度會降低（見圖三十一、圖三十二、圖三十三）。



圖三十一、無螞蟻時非兵蚜與兵蚜的分布情形（◯：非兵蚜；●：兵蚜）。



圖三十二、有螞蟻時蚜蟲的分布情形（○：非兵蚜；●：兵蚜 ：台北巨蟻）。



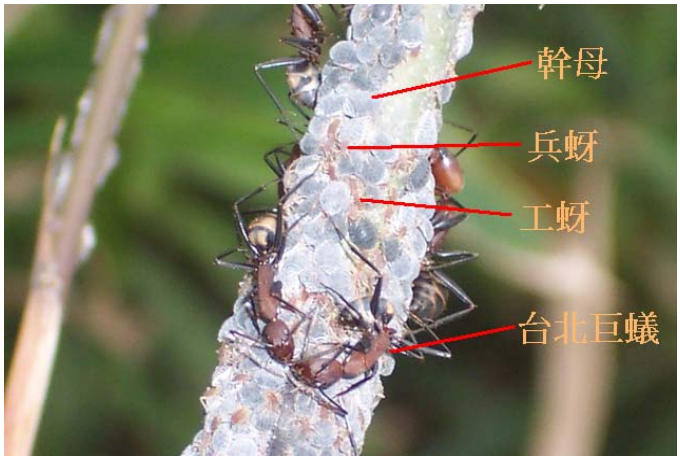
圖三十三、無螞蟻時兵蚜的密度與有螞蟻時兵蚜的密度量化比較表。

八、釐清釐清蚜蟲對螞蟻的依賴度是否會因有兵蚜而降低：

我們比較了兩處有竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）活動的地方，一處位於校園中池塘邊的竹林，一處位於五股山區的小路旁。在學校竹林內發現的爲無螞蟻的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）族群，而五股山區發現的則是有螞蟻的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）族群(見圖三十四)。二~三月時，發現校園中的竹林尚未有蚜蟲出沒，但在五股山區卻發現了竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）(差異見表十四)。

表十四、校園與五股山區比較表。

項目	校園	五股山區
寄主植物是否有疾病	黑黴病較多	黑黴病較少
空氣品質	較佳	車輛造成排氣污染
溼度	時常有霧氣籠罩	乾燥



圖三十五、和竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）共生的台北巨蟻（*C. formosensis*）。

九、比較兵蚜在竹子及栓葉安息香（*S. suberifolia*）上的型態差異：我們發現在竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）守在蟲癭的洞口進行防衛，而防衛的效能也比寄主於竹子上的兵蚜要強上許多，較不需藉由螞蟻行共生保衛；若有螞蟻意圖進入蟲癭內部，也會被兵蚜趕走。

表十五、比較兵蚜在竹子及栓葉安息香（*S. suberifolia*）上的型態差異。

	竹子	栓葉安息香（S. suberifolia）
製造蟲癭	無	有
借助螞蟻之力	較多	幾乎沒有
兵蚜效能	較低	較高

圖三十六、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）在栓葉安息香上製造的蟲癭。

圖三十七、竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）製造管狀的蟲癭。

陸、討論

一、還有一種竹葉扁蚜（*A. bambusifoliae*）也和竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）相似，都行社會性，但寄生於不同的植物上，猜想是否會共同生長於同一植株，經進一步的資料收集後，發現不太可能，兵蚜雖不會攻擊其它兵蚜，卻會攻擊非兵蚜，甚至連同種的工蚜(不同株)都有可能遭受攻擊（朱耀沂。1997）。因爲若是入侵者爲非兵蚜，具有繁殖的能力且會搶奪食物，對群體本身會造成威脅。

二、我們每次捕捉竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）時，牠們總會一群群的聚集在一起。我們推測，當有外敵攻擊竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）時，牠們是以群體攻擊爲主，尤其遇到體型較大的敵人，群體的攻擊對牠們會更有利。

三、爲什麼竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）要將最危險的防禦工作交給最弱小的一齡若蟲？猜想是因具防禦性的兵蚜必須抵禦外敵，相對的死亡率也會特別的高，若是讓成蟲擔任此工作，對於群體的損失就會相當大。

四、只有兵蚜與非兵蚜的植株旁有許多的蜘蛛網，這時的兵蚜不會主動去消滅，一方面可能是蜘蛛隊蚜蟲不造成威脅，另一方面也可能是兵蚜的存在主要是爲了防禦而不是主動攻擊。

五、我們推測竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的密度會漸漸降低可能是因爲兵蚜分泌蜜露的關係，使居住的竹子發生了黑霉病，這時竹子的光合作用效能就會下降，當植株缺少了養分，蚜蟲就會開始另覓其他住所；也可能是因氣溫降低，而使他們遷移。

六、在探討族群中兵蚜與非兵蚜的數量比例關係中，我們假設兵蚜在族群中的比例會爲了保護族群而提高，但結果發現在族群中的兵蚜，並沒有比非兵蚜高，而是約略相等，與文獻中的 20%不同，我們推測其中一個原因是因爲我們所觀察到的族群都太小，而文獻中所提的是較大的族群，也就是說，我們觀察到的族群成熟度不夠；另外一個原因則可能是因爲環境不同所造成。

七、在此次研究中，發現竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）沒有一定要和螞蟻共生才能生存，我們推測或許是因爲在一次次的遷移中，遇到新的寄主植物，沒有能和他們共生的生物，這時便調節族群中兵蚜與非兵蚜的比例，以維持族群的安全。

八、螞蟻雖是和蚜蟲共生，但對於蚜蟲的防禦，卻也不見積極。螞蟻的食物不足時，就不再繼續保護蚜蟲群，而這時會出現螞蟻將蚜蟲吃掉的情形，我們認爲這時的兵蚜，就會開始爲保衛群體安全，而對螞蟻產生攻擊的行爲。

十、到底螞蟻與兵蚜的防禦效能，哪種對於蚜蟲群體有較大的幫助呢？我們還是不能做很確切的判斷，但不可否認的是，比較螞蟻與兵蚜，螞蟻的禦敵較無兵蚜積極。

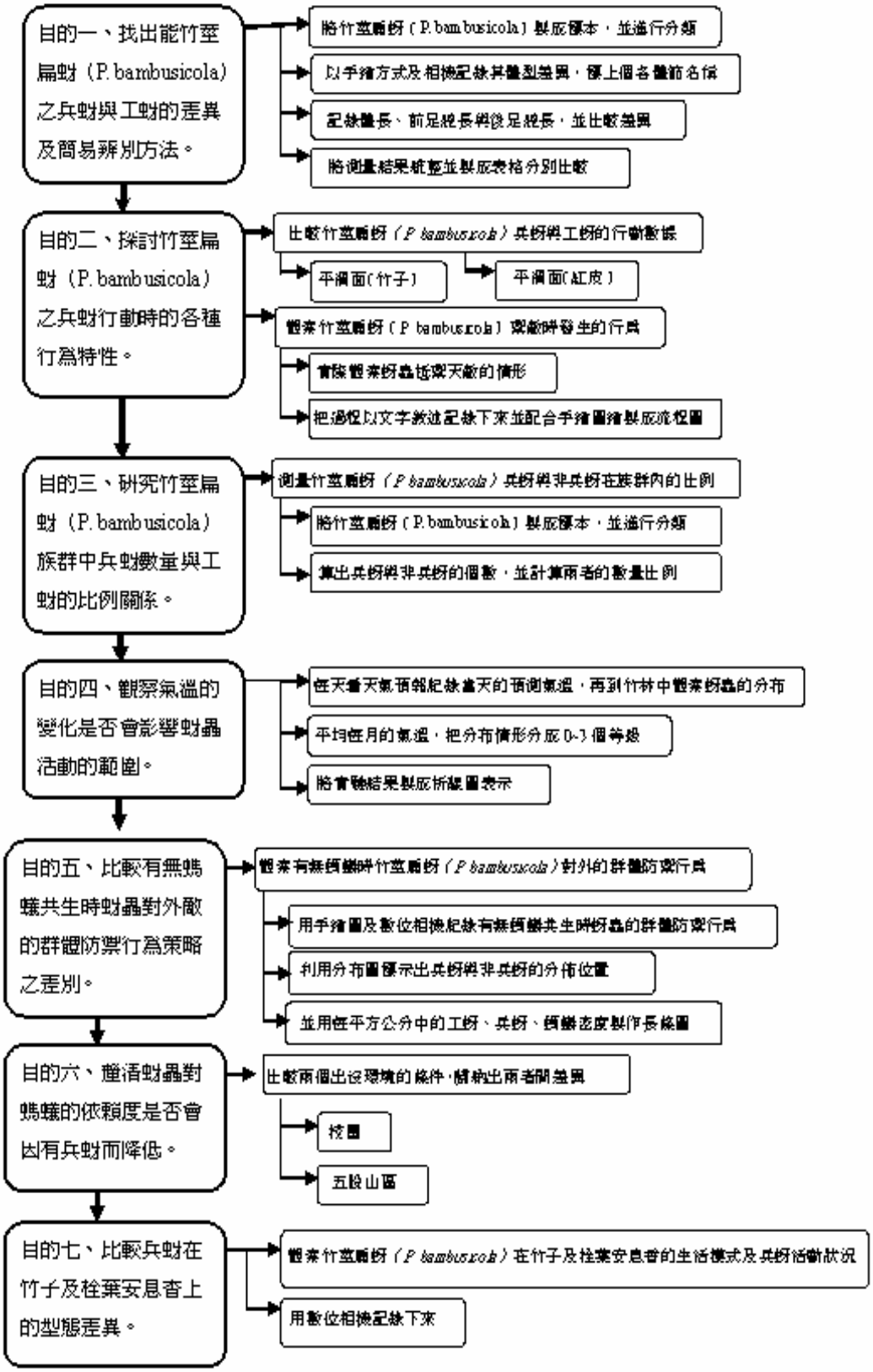
十一、當沒有螞蟻共生的蚜蟲，採群體防禦，一同揮動後腳的行爲，我們認爲，的確還是有部分的禦敵作用，可讓敵人看出，整個群體的活動力強大或小，也就因此不敢輕舉妄動。

十二、在文獻中有提到許多地點都有竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的存在，我們到了許多地方找尋竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）但卻都沒有看到，我們認爲，有可能是人爲的農藥藥害，抵制了竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的生長。

十三、我們在採集竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的同時，也發現過一隻瓢蟲的幼蟲在捕食工蚜，這時的竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）是有螞蟻共生的族群，但螞蟻卻沒有進一步攻擊或驅趕瓢蟲的幼蟲。對於螞蟻是否能確實的保衛蚜蟲群，仍有待進一步的研究。

十四、最近我們在陽明山上發現了蚜蟲，而且是有螞蟻一起共生的，但數量非常稀少且不密集，可能是因爲氣溫才剛回升，群體才剛遷移至新寄主植物仍爲不完全成熟群體的緣故。

十五、本次實驗總流程圖如下：

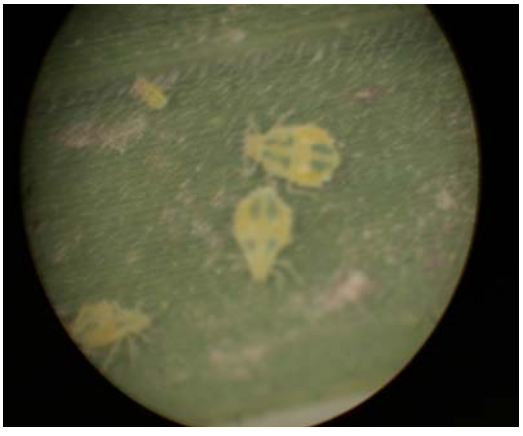


圖三十八、全實驗流程圖。

柒、結論

在兵蚜與工蚜的差異觀察中，我們發現兵蚜的前腳明顯比工蚜發達，證明兵蚜在族群中的作用爲防禦。分辨兵蚜與工蚜可直接由肉眼看出體型較小、顏色較深者爲兵蚜，從體型測量的數據來看則是三對腳較長者。在光滑面與粗糙面的兵蚜與非兵蚜行動速率中，兵蚜的行動確實比工蚜迅速，在平滑面時的速率也快於粗糙面。形成兵蚜（平滑）＞非兵蚜（平滑）＞兵蚜（粗糙）＞非兵蚜（粗糙）的關係。蚜蟲群內，兵蚜的比例平均近似於一比一，我們認爲是因蚜蟲群需要兵蚜的保護，但兵蚜是一齡若蟲體型較小，所以就調節兵蚜的數量，以便保衛族群。分布情形的方面，我們發現溫度的改變會影響蚜蟲的分布範圍，氣候越寒冷也越限制蚜蟲的移動，影響整個族群分佈的範圍。和螞蟻共生的蚜蟲，兵蚜的分布情形，會分散在一旁，可知若蚜蟲群中出現了螞蟻，蚜蟲群的防禦重心就會偏於螞蟻。而在有無螞蟻的族群觀察中，發現沒有螞蟻共生的蚜蟲會有群體防禦的行爲，也就是當有外力接觸或敵人入侵時，全部的蚜蟲會揮動後腳，以示警戒，但有螞蟻共生的蚜蟲，則不會有此反應。在比較兩個出沒環境的條件中，我們認爲校園中的竹子因爲有黑黴病的寄生，才導致蚜蟲出沒季節已到卻未見蚜蟲蹤影。在這次的實驗中，我們因時間有限而並未加入有關紅皮的實驗，只在測量速率時加入粗糙面代表紅皮，但從文獻可知，在紅皮上竹莖扁蚜（*P. bambusicola*）的防衛行爲又與在竹子上的相異且更明顯，我們將其規劃到下次的實驗中再做研究。

圖三十九、在陽明山上極小的蚜蟲。



圖四十、在原本發現竹莖扁蚜的同一植株上發現的竹葉扁蚜（*S. bambusifoliae*）

捌、參考資料

書籍：

一、黃明山。中國兒童大百科。明山書局。98~99 頁。1987

二、苗育秀。簡明大英百科全書。台灣中華書局股份有限公司。607 頁。1988

三、陳維壽。台灣昆蟲大探險。青新出版有限公司。18~25 頁、32~33 頁、76~79 頁。1998

四、光復書局大美百科全書編輯部。大美百科全書。光復書局企業股份有限公司。55 頁。1990

五、陶家駒。台灣省蚜蟲誌。台灣省立博物館出版部。56 頁。1990

六、克勞斯・霍諾米歇爾。昆蟲的世界。星辰出版有限公司。38~41 頁、58~59 頁。2005

七、朱耀沂。1996。蚜蟲六則（１）～蚜蟲的繁殖策略。農業世界。160 期。53 頁~55 頁

八、朱耀沂。1997。蚜蟲六則（２）～造癭下蚜蟲對寄主之適應策略。農業世界。161 期。93~頁 94 頁

九、朱耀沂。1997。蚜蟲六則（３）～兵蚜的故事（一）～兵蚜的特性。農業世界。162 期。61 頁~63 頁

十、朱耀沂。1997。蚜蟲六則（４）～兵蚜的故事（二）～兵蚜的攻擊對象。農業世界。163 期。75 頁~77 頁

十一、朱耀沂。1997。蚜蟲六則（５）～兵蚜的故事（三）～外敵對兵蚜的對策。農業世界。164 期。62 頁~64 頁

十二、朱耀沂。1997。。農業世界。165 期。42 頁~44 頁

網頁：

一、環境資訊中心 http://e-info.org.tw/topic/plant/2004/pl04072801.htm

二、昆蟲的化學語言 http://www.nmns.edu.tw/New/PubLib/

三、中央氣象局全球資訊網 http://www.cwb.gov.tw/

評　　語

031721　兵蚜向前衝-社會性竹莖扁蚜(Pseudoregma bambusicola)之防衛行為

假設扁蚜為社會性昆蟲，研究其分工，觀察兵蚜及工蚜的外型及行為上的差異。實驗結果因觀察項目豐富而數據繁多，若能在統計、歸納方面加強，將有更佳的表現。