

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

080316

小蟲立大功~大麥蟲對環境保護之研究

學校名稱：臺南縣柳營鄉柳營國民小學

作者：	指導老師：
小六 周姿妙	鄭東益
小六 李紀廣	張雅惠
小六 王馨敏	
小六 王筱菱	
小六 黃裕翔	
小六 馮志揚	

關鍵詞：大麥蟲、生命史、環境保護

壹、摘要

本研究想探討大麥蟲的繁殖行為及生物特性對於環境保護的貢獻。實驗中發現，大麥蟲屬負趨光、趨乾性、具殘殺性，且飼養效果最好的密度是 150 隻/100cm²，但終齡幼蟲則需在獨立空間才能化蛹。

大麥蟲屬雜食性，動物屍體、農業廢棄物、福壽螺，甚至保麗龍也是牠的食物，牠吃食保麗龍的效率比麵包蟲還快，牠能夠僅吃食保麗龍存活，且環境溫度在 30°C 下、對 pH 值 10~11 的保麗龍吃食效果最好。我們將牠吃食菜渣及保麗龍所排出的蟲糞，充當有機肥料來種植蔬果，也發現用牠吃麥麩及甘蔗渣所排的蟲糞來施肥種植效果最好。牠能將垃圾（農業廢棄物、菜渣）變成黃金（肥料、有機蔬果），並減少貨車載運菜渣所耗費的碳足跡，更讓我們體會節能減碳的觀念，可見小蟲也能立大功！

貳、研究動機

去年美國英特爾國際科展，我們台灣的學生以「麵包蟲體內分離出可分解保麗龍之菌種」為研究主題，一舉榮獲大會微生物學科首獎(Best of Category)等五個獎項，是台灣代表團的最大贏家，他們發現麵包蟲吃食保麗龍除了能存活、成長外，更發現蟲子腸胃道裡的一種「共生菌」具有分解保麗龍的能力。因此引發我們思考與麵包蟲外型相似，但其體長及體徑皆較大的另一種蟲類—「大麥蟲」，是否也能夠吃食保麗龍？而且大麥蟲是否由於體型較大而吃食速度更快，更有益於解決保麗龍對環保所造成的負擔呢？因此，引發我們想探討大麥蟲的繁殖行為、生命史等生物特性對於環境保護的作用。

參、研究目的

- 一、認識大麥蟲
- 二、探討大麥蟲之生態棲位
- 三、探討大麥蟲對分解保麗龍之貢獻
- 四、探討以大麥蟲蟲糞當肥料，對植物生長之影響

肆、研究設備及器材

pH 儀、硬塑膠飼養箱 30 個(28cm×18.6cm×12.9cm)、塑膠透明容器 20 個(10cm×10cm×10cm)、熱暖爐、解剖顯微鏡、放大鏡、電子秤、量尺、數位相機、篩網、大麥蟲 1 斤、麵包蟲 1 斤

伍、研究方法及結果：

【研究一】認識大麥蟲

一、文獻探討與訪問飼主

(一)方法：我們翻閱圖書館及書店的書籍並利用網際網路尋找大麥蟲的文獻資料，歸納出大麥蟲與麵包蟲的形態差異；除了參考書籍及網路資料，我們還利用課餘時間拜訪大麥蟲養殖場，並訪問飼主飼養大麥蟲的經驗與心得。

(二)結果：

	大麥蟲 <i>Zophobas morio</i>	黃粉蟲 <i>Tenebrio molitor</i>
相異點	<ol style="list-style-type: none"> 1.體型較大。終齡幼蟲最大體長 6cm。 2.產量較大。產量是麵包蟲的 5 倍，一次最高可以產卵 1000 粒左右。 3.體壁甲殼質所占的比例較小，利於飼餵對象的消化。 4.營養價值較麵包蟲高（幼蟲含粗蛋白質 51%，脂肪含量 29%，還含有多種糖類、氨基酸、維生素、激素及礦物質磷、鐵、鉀、鈉、鈣等），因此成為水族業市場、珍貴毛皮動物及稀有畜禽「飼料昆蟲之王」，許多飼主爭相購買或自行養殖。 5.從東南亞國家引進。 6.體節被明顯的深褐色所區隔，末端 3~4 節為深咖啡色體節。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.體型較小。終齡幼蟲最大體長 3cm。 2.產量較小。 3.體壁甲殼質較厚。 4.曾被譽為「蛋白質飼料寶庫」，但由於營養價值低於大麥蟲，飼料昆蟲的寶座已漸漸被大麥蟲所取代。 5.原產於南美洲。 6.全身皆為黃褐色。
相同點	<ol style="list-style-type: none"> 1.分類同為動物界／節肢動物門／昆蟲綱／鞘翅目／擬步行蟲科／粉甲屬。 2.幼蟲體節同為 13 節。 3.營養價值都很高，這兩種蟲類甚至在某些國家是盤中大餐。 	
實體照片		
俗名	麥皮蟲、麥麩蟲、超級麵包蟲、Superworm	麵包蟲、高蛋白蟲、黃粉甲



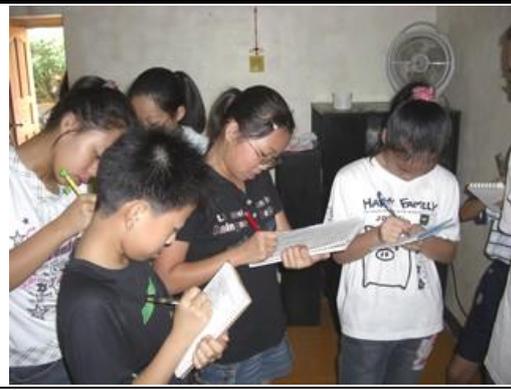
在書海中尋找大麥蟲的資料



親自拜訪大麥蟲養殖場



訪問飼主的過程



認真的記錄問答內容

(三)討論：蒐集文獻與訪問飼主後，為深入了解大麥蟲的生物特性，我們實際飼養以研究其生命史並設計相關應用實驗，從飼養過程中我們發現大麥蟲是一種極為有趣的昆蟲。

二、飼養觀察：

(一)方法一：

- 1.在學校以寵物箱長時間飼養、觀察、測量並拍照紀錄。
- 2.以麥麩為床材，利用學校廚房或家中挑取一般不食用或剩餘的蔬果菜葉餵養大麥蟲幼蟲，例如高麗菜、紅蘿蔔、白蘿蔔、小白菜、蕃薯葉...等。
- 3.利用放大鏡、解剖顯微鏡觀察大麥蟲的外觀。

(二)結果：大麥蟲幼蟲遲遲不變蛹，且當食物吃完時，偶而還有相互攻擊之行為。

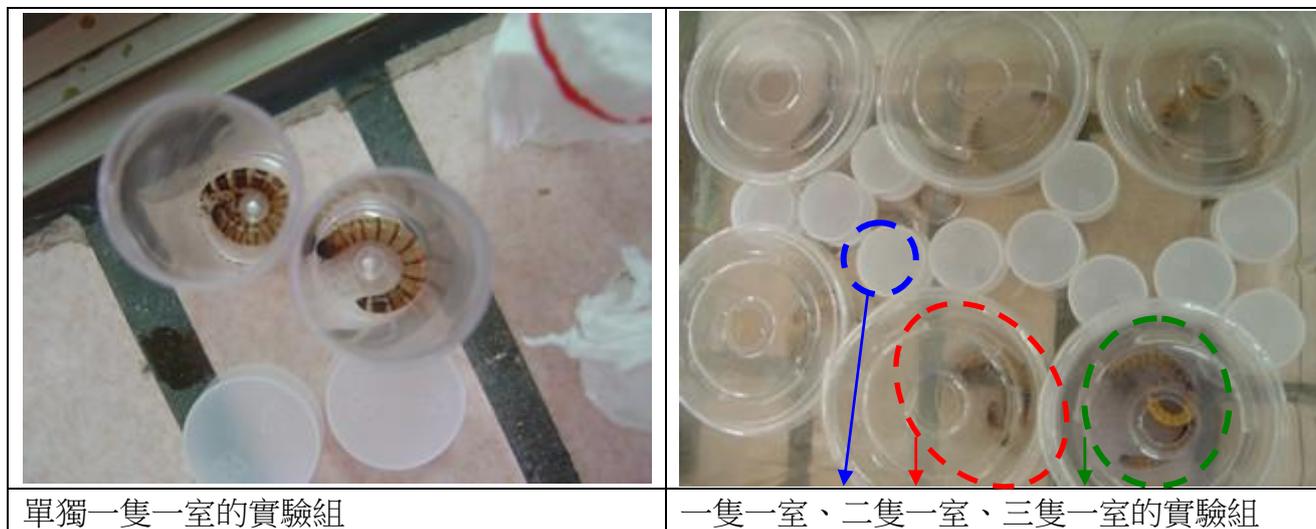
	<p>教室內的觀察區之一</p>	<p>圓圈內為被攻擊的幼蟲</p>	<p>當食物吃完時，偶而會相互攻擊</p>
	<p>以麥麩為床材，餵食廢棄蔬果</p>		<p>以放大鏡觀察大麥蟲幼蟲</p>

(三) 發現與討論：

- 1.我們發現當大麥蟲食物短缺時，有蟲咬蟲的行為出現且會互相殘殺，但頻率不高。
- 2.因此我們討論大麥蟲遲遲不變蛹的原因，可能跟牠們具有殘殺性有關聯。
- 3.因此將體長超過 4.5cm 以上(終齡)的幼蟲，取一隻、二隻、三隻各別放在一個容器

內，並將有無食物列為另一項變因，觀察牠是否會化成蛹。實驗設計如下表：

實驗類別	編號	說明
A:一隻一室	A1~A10	A1~A5 有放麥麩當食材;A6~A10 無放入任何食物
B:二隻一室	B1~B6	B1~B3 有放麥麩當食材;B4~B6 無放入任何食物
C:三隻一室	C1~C6	C1~C3 有放麥麩當食材;C4~C6 無放入任何食物

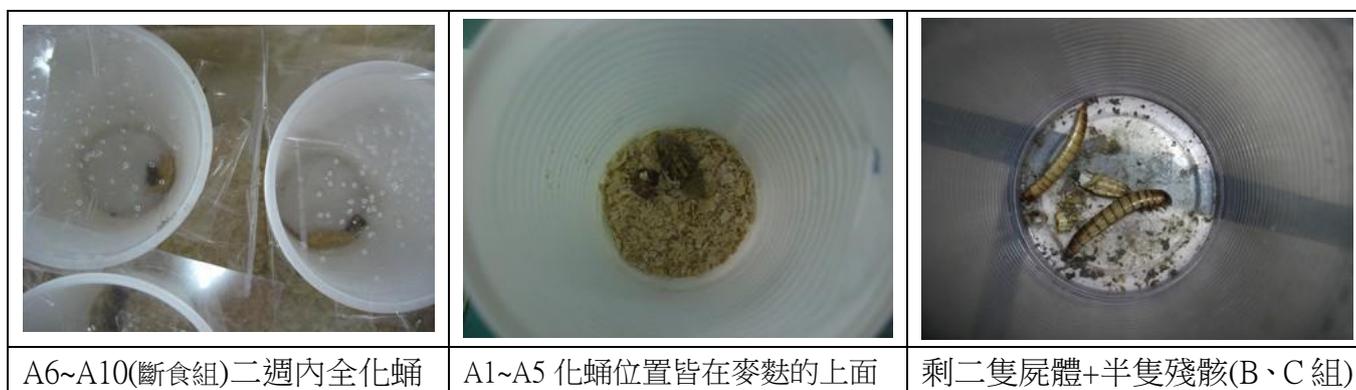


單獨一隻一室的實驗組

一隻一室、二隻一室、三隻一室的實驗組

4.結果：

變成蛹	不成蛹
A6~A10 化蛹時間：兩週內; A1~A5 化蛹時間：四週內	B1~B6及C1~C6一直到死亡也不變蛹
A1~A5 化蛹位置皆在麥麩的上面	其中 C2、C3 剩二隻屍體及半隻殘骸



A6~A10(斷食組)二週內全化蛹

A1~A5 化蛹位置皆在麥麩的上面

剩二隻屍體+半隻殘骸(B、C 組)

5.討論：

- (1)我們發現沒有食物(斷食)的終齡幼蟲(A6~A10)，比起有食物的還要快變蛹，因此我們推論蛹可以幫助幼蟲渡過惡劣的環境，但若食物不虞匱乏，幼蟲仍會繼續取食成長，例如 A1~A5 有食物組就是如此。畢竟羽化後成蟲的個體便不再成長，大小是取決於幼蟲的體型，幼蟲體型大，羽化後成蟲體型則大，且體型大者，才能競爭勝出獲得交配的機會。因此，如果想讓同一齡期(已達終齡)的幼蟲變蛹，最快的方式是單獨隔離且斷食。
- (2)我們已經確定將終齡幼蟲放在獨立空間才能使之化蛹，但原先放在透明瓶裡，整體擺放很占空間，於是大家腦力激盪後，想到將用過的珍珠奶茶吸管(直徑較大)來當蛹室，即可節省空間又廢物利用。我們試過之後效果很好，因此後來都用吸管來當蛹室。

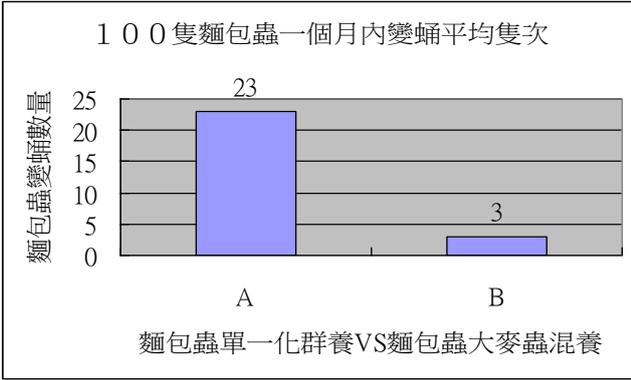
(3)大麥蟲由於具有殘殺性導致牠需獨立空間才能化蛹，引發我們對同屬的麵包蟲產生好奇心，麵包蟲群養時是否能化蛹呢?還是得像大麥蟲在無任何同類干擾下才能化蛹呢?此外，將大麥蟲與麵包蟲同時放在一起，會影響麵包蟲化蛹嗎?

(4)實驗設計名稱：大麥蟲與麵包蟲混養，會影響麵包蟲化蛹嗎?

	
<p>A:麵包蟲 100 隻(終齡)群養</p> <p>B:大麥蟲 50 隻(終齡)、麵包蟲 50 隻(終齡)群養</p>	
<p>觀察 A、B 兩組麵包蟲的結蛹速率</p> <p>同步上述實驗 3 組次即(A1、A2、A3、B1、B2、B3)</p>	

(5)實驗結果:

每週計算麵包蟲變蛹隻次	A1	A2	A3	B1	B2	B3
第一週內變蛹隻次	5	6	4	0	0	0
第二週內變蛹隻次	4	5	5	0	1	0
第三週內變蛹隻次	7	6	5	1	0	2
第四週內變蛹隻次	8	7	6	2	1	1
一個月內總計麵包蟲變蛹隻次	24	24	20	3	2	3
一個月內總計麵包蟲變蛹平均隻次	約 23 隻			約 3 隻		

 <p>1000 隻麵包蟲一個月內變蛹平均隻次</p> <p>麵包蟲變蛹數量</p> <p>A B</p> <p>麵包蟲單一化群養VS麵包蟲大麥蟲混養</p>		<p>麵包蟲單一化群養變蛹速率較快</p>
--	--	-----------------------

(6)討論：經由觀察與實驗我們發現，麵包蟲群養可以變蛹，但加入大麥蟲的麵包蟲，變蛹的速率比起單一種類麵包蟲還要來得慢。我們推論當麵包蟲變蛹後，活動力趨於弱勢，可能會被大麥蟲當作食物，因此與大麥蟲混養的麵包蟲成蛹率便降低。由於一般鳥店所販售的麵包蟲多為幼蟲以利寵物口徑食用與消化，因此麵包蟲變蛹後，顧客的購買意願會降低，因此可以建議販賣麵包蟲的店家(或買家)可試著將麵包蟲與大麥蟲混養以減緩麵包蟲變蛹的速度。

(四)方法二:

- 1.發現終齡大麥蟲幼蟲在飼養箱內不安於室，一直移動且有逃離飼養箱的現象時，即可放入吸管内且開口兩端用訂書機封起來，等待其變蛹。
- 2.觀察蛹的型態差異來辨別雄雌以及雄雌成蟲型體的差異。
- 3.觀察大麥蟲成蟲之間的互動及交配過程。
- 4.觀察大麥蟲成蟲產卵。
- 5.觀察各齡幼蟲的型體差異。

(五) 結果 1、2:

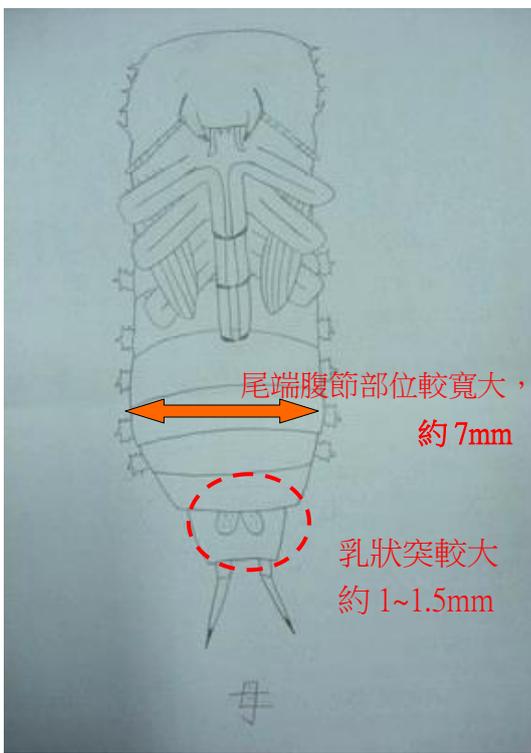
<p>剛蛹化的大麥蟲蟲蛹，具有雪白色的光澤，非常漂亮。 (蛹化前褪掉的蟲皮)</p>	<p>隨著時間經過，顏色逐漸變為淡褐色，此圖為結蛹後第三天</p>	<p>即將羽化的蟲蛹，蛹身呈現黃褐色，頭足呈深褐色，此圖為結蛹後第六天。</p>
<p>左: 尾端粗刺朝上 右: 尾端粗刺彎曲度很大約 90 度</p>	<p>1.我們利用放大鏡及解剖顯微鏡觀察各蟲蛹間的差異，發現除了尾端之外，其餘的部位幾乎一模一樣。</p> <p>2.差異的地方有兩點:</p> <p>(a) 蟲蛹尾節有兩根粗刺，呈八字型，有粗刺朝上及粗刺彎曲度大的，約 90 度二種。</p> <p>(b) 在末節腹面有一對不分節的乳狀突，有大小之區別，大的約 1~1.5mm 且尾端腹節較寬大，而小的不到 1mm。</p> <p>我們依照上述兩差異點來實驗是否可用其特徵來分辨雄雌。</p>	
<p>實驗方法 1:我們將粗刺朝上及粗刺彎曲度大的蟲分開放，等待其羽化後，在成蟲的翅鞘用白色的立可帶做上記號，並以交配時雄在上雌在下的方式判定公母。</p>		
<p>實驗方法 2: 我們將乳狀突大(乳狀突大的通常尾端腹節部位較寬大)及小的分開放，等待其羽化後，在成蟲的翅鞘用白色立可帶做上記號，並以交配時雄在上雌在下的方式判定公母。</p>		
<p>實驗結果:1-1.尾端粗刺彎曲度大的、乳狀突大的是雌蟲; 尾端粗刺朝上、乳狀突小的是雄蟲。 1-2.我們發現成蟲各部位差異不大，唯雄成蟲平均而言體型較雌成蟲來得小。</p>		
<p>(六)討論 1、2:我們發現以粗刺彎曲度來判別雄雌比以乳狀突大小來得方便，畢竟要清楚地看出乳狀突必須借助解剖顯微鏡觀察，而尾端粗刺彎曲度只需利用肉眼即可判別；除非尾端粗刺彎曲度不明顯時再利用乳狀突大小來區別雄雌蛹。</p>		
<p>以成蟲來判別雄雌，只能粗略的以體型來區別，或交配時雄蟲在上且會伸出交尾器，在非交配時期，雄雌成蟲外觀特徵則沒有很明顯的差異。</p>		



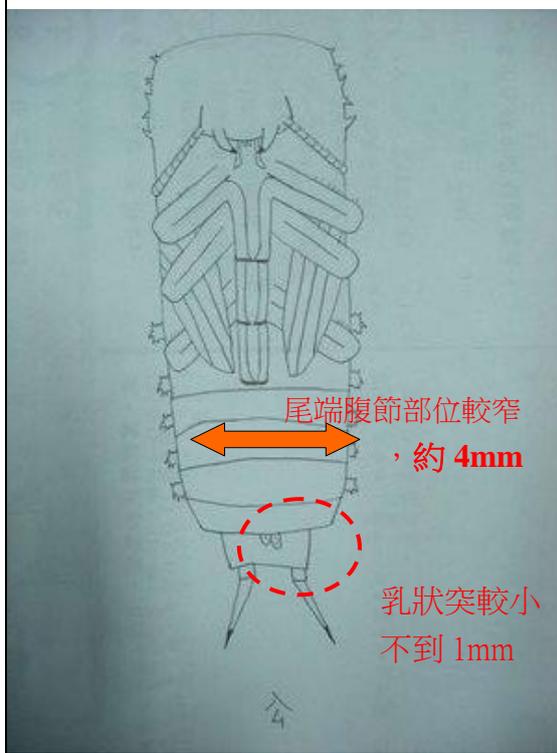
蟲蛹尾端粗刺朝上或乳狀突大的在羽化後，在翅鞘上做白色的記號，以示區別。



翅鞘上做白色的記號的雄成蟲正在雌成蟲上交配。



雌蛹乳狀突較大(1~1.5mm)且明顯，且向兩邊彎曲
(手繪圖)



雄蛹乳狀突較小(不到1mm)，不彎曲且黏合(手繪圖)

(五) 結果 3:我們發現成蟲喜歡聚集在一起，且受到擾動時成蟲會散發一種類似朽木的氣味。交配過程中，雄蟲在上、雌蟲在下，交配時間斷斷續續，歷程約 2 分鐘，交配完後，雌蟲會將前足及中足拱起並伸出產卵管進入麥麩裡，邊產卵邊移動，並用後足撥動麥麩以將卵埋覆好。



大麥蟲成蟲喜歡聚集在一起



擾動成蟲時會散發類似朽木的氣味



(六)討論 3:我們推測成蟲本身會釋放聚集費洛蒙，所以成蟲大部分會聚集在一起。另外，受到干擾時會散發出一種類似朽木的氣味，我們推測這是一種警戒訊息，稱為警戒費洛蒙，目的是為了告知其他的生物「我不好惹!不要再靠近我了!」，若進一步擾動時，成蟲還會分泌一種紫色的液體)。

(五) 結果 4:我們將 5 組成對的成蟲飼養在無麥麩的環境(但有餵食紅蘿蔔)，發現有交配行為但無產卵行為，但雌性成蟲一直在箱內尋找合適產卵地點。

(六)討論 4:我們推測雌性成蟲需要可隱藏卵的環境才願意產卵，畢竟產卵也需耗費體力，如果沒有合適的環境(孵化的幼蟲有隱蔽的家)，雌性成蟲寧願不產下一代，直到找到合適環境為止。

(五) 結果 5:我們觀察其生活史如下表

齡期	卵	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡(終齡)	蛹	成蟲
歷程(天)	7~9	10~11	10~11	10~11	10~11	10~11	10~11	7~8	100~120
長度(mm)	1	3~4	7~8	12~14	22~25	40~45	45~60	15	20~23

- 1.大麥蟲是完全變態昆蟲，一生需經歷卵→幼蟲→蛹→成蟲。
- 2.卵:長約 1 毫米，為乳白色，卵殼外有黏液，可以附著一層麥麩或蟲糞，有保護的作用，一般約 7~9 天孵化。氣溫會影響孵化的時間，氣溫低則歷程愈長;成蟲一次大約產上千粒卵。
- 3.幼蟲:約十天脫一次皮，含化蛹前共脫皮六次，其蟲體全身體徑相當，全身共 13 節、無長毛，有光澤，接近尾端三~四節為黑褐、深咖啡色環節，尾節腹面有 2 根粗刺。為腐食性。
- 4.蛹:為裸蛹，長約 15~18 毫米，剛成蛹時為雪白色，經過二~三天，顏色逐漸變為淡褐色，無毛、鞘翅伸到第三腹節，蟲體腹部明顯彎曲。
- 5.成蟲:長約 20~23 毫米，剛羽化時翅鞘為乳白色，隨著時間的經過，體色逐漸變深黑色，體型為長橢圓形。複眼為紅褐色，觸角為念珠狀，11 節。為雜食性。



大麥蟲 卵

一齡幼蟲

二齡幼蟲



三齡幼蟲

四齡幼蟲

五齡幼蟲



六齡(終齡)

大麥蟲蛹與麵包蟲蛹之比較(正面圖)

大麥蟲蛹與麵包蟲蛹之比較(側面圖)



剛羽化的成蟲，翅鞘為乳白色

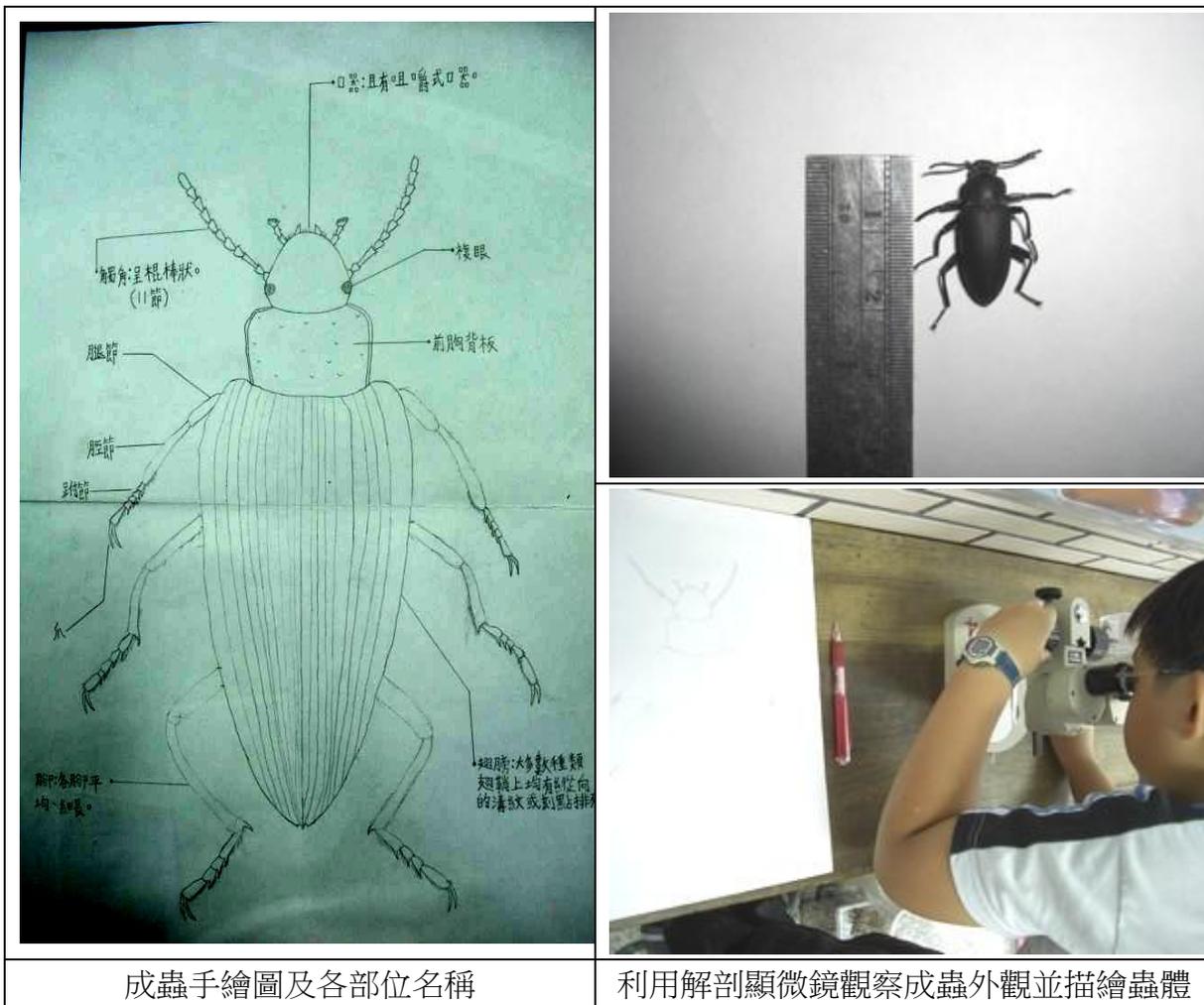
隨著時間的經過，體色逐漸變深褐

大麥蟲與麵包蟲成蟲比較圖

※ 附註補充:擾動幼蟲時，在蟲體肛門附近的腺體會分泌一種液體，我們推測可能為是一種防禦物質，我們將其液體收集起來，利用 pH 儀測其酸鹼度，結果是弱酸性，接近中性的液體。



液體在 pH 儀檢測結果呈弱酸性



成蟲手繪圖及各部位名稱

利用解剖顯微鏡觀察成蟲外觀並描繪蟲體

【研究二】探討大麥蟲之生態棲位

一、大麥蟲的食性:大麥蟲到底會吃哪些食物呢?

(一)方法:分別餵食大麥蟲以下食材，觀察是否會進食。

一、葉菜類	萵苣、高麗菜、小白菜、菠菜、甘藷葉
二、根莖類	蘿蔔、洋蔥、大蒜、甘藷
三、花果菜類	菜豆(黃帝豆)、番茄、辣椒
四、農業廢棄物	甘蔗渣、大豆渣、檳榔渣、晒乾過的牛糞、菜豆(黃帝豆)皮、稻桿、麥麩、茭白筍皮、絲瓜皮、花生殼、西瓜皮
五、屍體	福壽螺、紅鳩、老鼠、壁虎、鬥魚、蟾蜍、蜻蜓、螞蟻
六、其它	保麗龍板、保麗龍碗、杏鮑菇、金珍菇

※由於食性項目很多，只列舉幾種照片





(二)結果:

葉菜類					根莖類				
萵苣	高麗菜	小白菜	菠菜	甘藷葉	蘿蔔	洋蔥	大蒜	甘藷	
○	○	○	○	○	○	△	X	○	
花果菜類			農業廢棄物						
菜豆	番茄	辣椒	甘蔗渣	大豆渣	檳榔渣	牛糞	菜豆皮	稻桿	麥麩
○	X	○	○	○	X	△	○	X	○
農業廢棄物				屍體類					
茭白筍皮	絲瓜皮	花生殼	西瓜皮	福壽螺	紅鳩	老鼠	壁虎	鬥魚	蟾蜍
○	△	X	○	○	○	○	○	○	○
其它				○:表示食物一放下去,便蟲湧而至,很喜歡吃				蟑螂	蜻蜓
保麗龍板	保麗龍碗	杏鮑菇	金珍菇	△:表示會吃,但喜好程度中等				○	○
△	△	△	△	X:表示會吃,但蟲食速率較低,喜好程度最低					

(三)討論:

- 1.從觀察中,我們發現大麥蟲幾乎能吃食所有的食材,甚至連保麗龍也不放過,在實驗項目中大麥蟲很喜歡吃食葉菜類、屍體類,其中的葉菜類多為廚房菜渣,可達到資源再利用,幫助分解學校廚房的菜渣,也很適合推廣至各個校園當作昆蟲教材(完全變態類),有別於傳統的以蠶為昆蟲教材,學習時會更有趣且多樣化。
- 2.我們聯想到未來如果需要做小型脊椎動物的骨頭標本,可以利用生物性的方法蟲蝕腐肉,因為大麥蟲可以將腐肉吃蝕乾淨,而不用倚靠化學物質-甲醛,可以減少環境汙染。
- 3.大麥蟲的食性非常廣,甚至會吃食福壽螺,既可幫大麥蟲獲取免費的動物性蛋白,又可幫農夫清除惱人的外來種生物,是一舉兩得的好方法。
- 4.大麥蟲可將農業廢棄物降解,且蟲糞可當肥料、體積小、無臭味,是很好的有機肥。

二、大麥蟲的趨光性:大麥蟲有趨光性嗎?

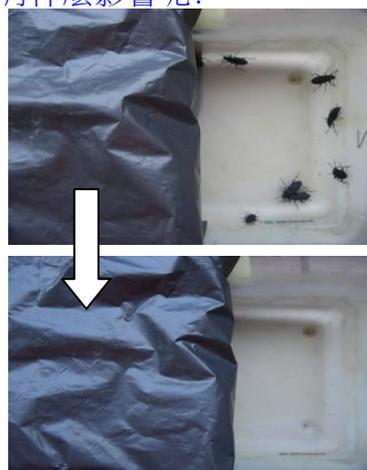
(一)方法:1.將大麥蟲 50 隻一組放在以黑色垃圾袋包覆一半的飼養箱裡(即一半透光,另一半不透光)2.記錄大麥蟲爬行到哪一區域 3.實驗三組,重複上述方法 4.取成蟲十隻一組,重複上述方法實驗之。

(二)結果:蟲隻放入實驗場域後,不到 30 秒,皆往黑暗方向爬行,且進入黑暗區後聚集在一起。

(三)討論:實驗發現,大麥蟲屬負趨光昆蟲,也與我們在夜間觀察時,大麥蟲較活躍(幼蟲成蟲皆同)相符,在上學期我們參觀台北木柵動物園昆蟲館時也發現館方將其歸列於夜行性昆蟲。

三、大麥蟲的最有效生長密度:飼養密度對大麥蟲幼蟲生長發育有什麼影響呢?

- (一)方法:1.取 11 個容量一公升的飼養箱(底面積 100cm²)。
- 2.飼養箱內放入同齡期幼蟲(二齡蟲),數量分別有 1、2、4、8、25、50、75、100、150、200、250 隻共 11 組。
- 3.用電子秤秤出每組蟲原本的重量。
- 4.以麥麩為食材,以能蓋住蟲的高度為準(但確保所有的實驗組都有足夠的食物可食用,發現麥麩有減少便更換,大約三天換一次食物,且隨著幼蟲生長發育,食物相應增加)。
- 5.每週秤一次蟲重量。
- 6.觀察並記錄存活的蟲數。



7.飼養場域為室溫(約 23°C)、昏暗的環境。

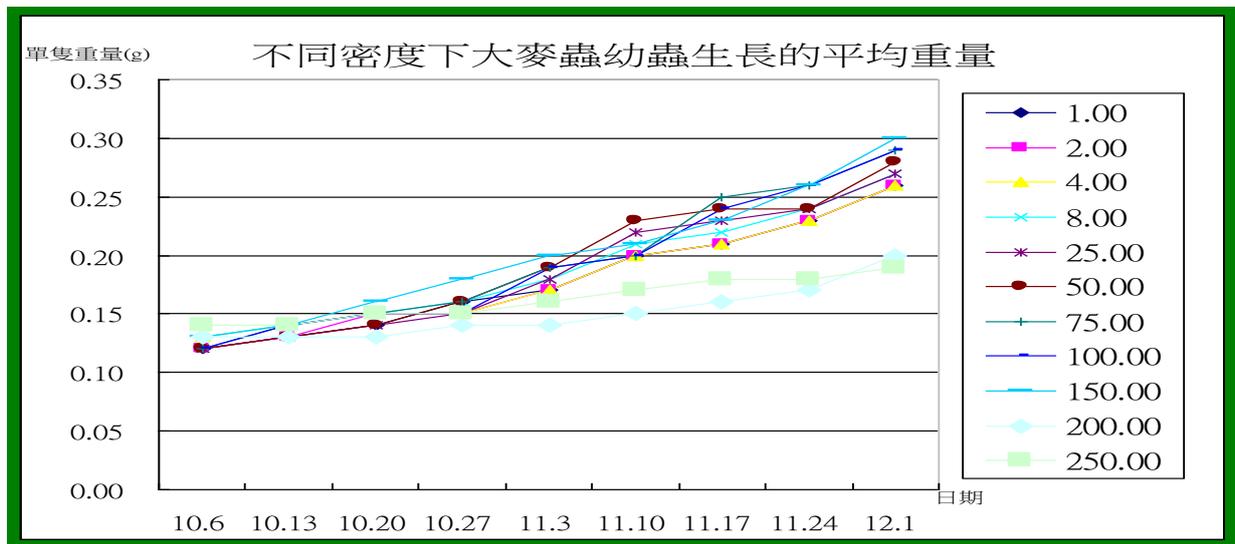
8.重複上述實驗兩次。 ※下表為實驗過程中換食物時所拍下來照片



(二)結果:如下表:不同密度下大麥蟲幼蟲生長的平均重量(單隻重量,以四捨五入法取到小數第二位)(g)

日期 密度	10.6	10.13	10.20	10.27	11.3	11.10	11.17	11.24	12.1	增加重量
1	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.20	0.21	0.23	0.26	0.14
2	0.12	0.13	0.15	0.15	0.17	0.20	0.21	0.23	0.26	0.14
4	0.13	0.14	0.15	0.15	0.17	0.20	0.21	0.23	0.26	0.13
8	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.22	0.24	0.27	0.14
25	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.23	0.24	0.27	0.15
50	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.24	0.24	0.28	0.16
75	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.20	0.25	0.26	0.29	0.16
100	0.12	0.14	0.15	0.15	0.19	0.20	0.24	0.26	0.29	0.17
150	0.13	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23	0.26	0.30	0.17
200	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.20	0.07
250	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	0.05

密度	1	2	4	8	25	50	75	100	150	200	250
剩餘蟲隻	1	2	4	8	25	48.5	73.5	99	149	189	232
減少隻次	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1	1	11	18



(三)發現與討論:

1.因為大麥蟲是雜食性動物且具有殘殺性，因此我們想了解在何種密度下大麥蟲才能穩定成長且效果最好，在何種密度下才會有擁擠效應(死亡數增加、成長速率低)產生，又據文獻指出幼蟲群體飼養比散居較有利生長，由於群居互相移動摩擦可以促進蟲體血液循環及消化，可增強活力(黃正團，2008)，因此想了解何種密度下是最適合的飼養環境。實驗結果顯示 100、150 隻/100cm² 的密度，幼蟲成長量是最好且相當的，以及實驗結束後平均死亡數一樣，而 200 隻/100cm² 的密度其蟲重增長速率比開始降低而且死亡數增多，即開始有擁擠效應產生，因此我們建議商家最合適的飼養比例是 150 隻/100cm²，以此比例去擴增才不致於損失成本，且飼養效果最好。

2. 幼蟲死亡的因素可能是在蛻皮時(即最為脆弱時)，被其它蟲隻誤咬後受傷後導致防衛機制變弱，活動力因此降低，再被其它同類當作食物吃掉了，我們發現連蛻掉的皮都會被吃得一乾二淨了，更何況較營養的蟲體。

四、大麥蟲喜歡潮溼或乾燥環境:

- (一)方法:1.取一飼養箱(28cm×18.6cm×12.9cm)且鋪設 3 公分厚的土壤。2.將另一半邊以噴霧器噴溼(噴十下)。3.將 50 隻大麥蟲幼蟲放置中間位置。4.觀察其活動情形並記錄蟲隻所在位置數量。5.共設計 3 組實驗重複上述步驟。



(二)結果:一節課的時間(40 分鐘)後，來計數蟲隻

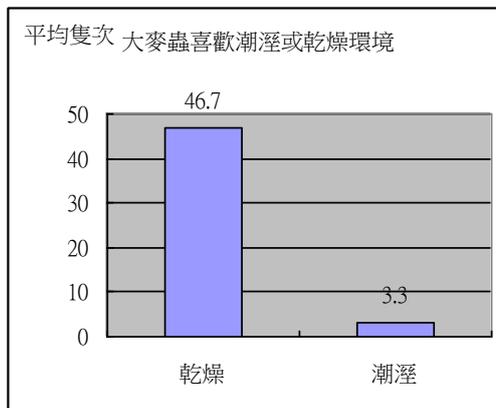
次數	1	2	3	平均
乾燥區	48	45	47	46.7
潮溼區	2	5	3	3.3

(三)討論:大麥蟲天性喜歡乾燥，屬趨乾性，與我們實驗過程中餵食太潮溼的蔬果會導致其死亡相符。因此建議飼養環境需乾燥，餵食乾燥蔬果補充水分即可。

五、大麥蟲成蟲和麵包蟲成蟲混養的共存情形?

(一)方法:

1.將兩種成蟲各五隻放在一飼養箱(28cm×18.6cm×12.9cm)，以麥麩為床底，餵食蘿蔔，且確保食物不虞匱乏。2.觀察其兩者的互動情形及棲息位置。



兩種蟲各佔據一角，且各自聚集在一起



十公分高的麥麩，大麥蟲在麥麩上方，麵包蟲則鑽到麥麩底下

(二)觀察結果:

1.兩種蟲各佔據一角，且各自聚集在一起，但大麥蟲明顯的活動區域較大，在實驗過程中陸續發現麵包蟲的殘骸(足部、頭部 翅鞘)，清點後發現麵包蟲少了三隻，我們相信這是被大麥蟲所肢解的，因為曾經餵過大麥蟲成蟲蜻蜓的屍體，且成蟲會吃食蜻蜓屍體；顯然大麥蟲在兩者之中略占優勢，且領域範圍較廣。

2.大麥蟲成蟲大都聚集在麥麩上方，而麵包蟲則聚集在麥麩下方；我們試著將麥麩厚度加到十公分厚，發現結果更為顯著，大麥蟲依然聚集在麥麩上方，麵包蟲則鑽到麥麩底下。

(三)討論:兩種蟲幼蟲時期及成蟲時期棲位的選擇如下表

蟲隻在飼養環境(麥麩)的方位	幼蟲期	成蟲期
大麥蟲	下方	上方
麵包蟲	下方	下方



1.實驗過程中，發現大麥蟲交配，而麵包蟲則無交配行為，也沒有種間的雜交行為出現，我們推論由於大麥蟲體型較大，較具優勢，雖有種內競爭但種間威脅較低，相較於麵包蟲而言，除了有種內競爭外，還有較多的種間威脅，因此適存度(fitness)較低，因此沒有交配行為。

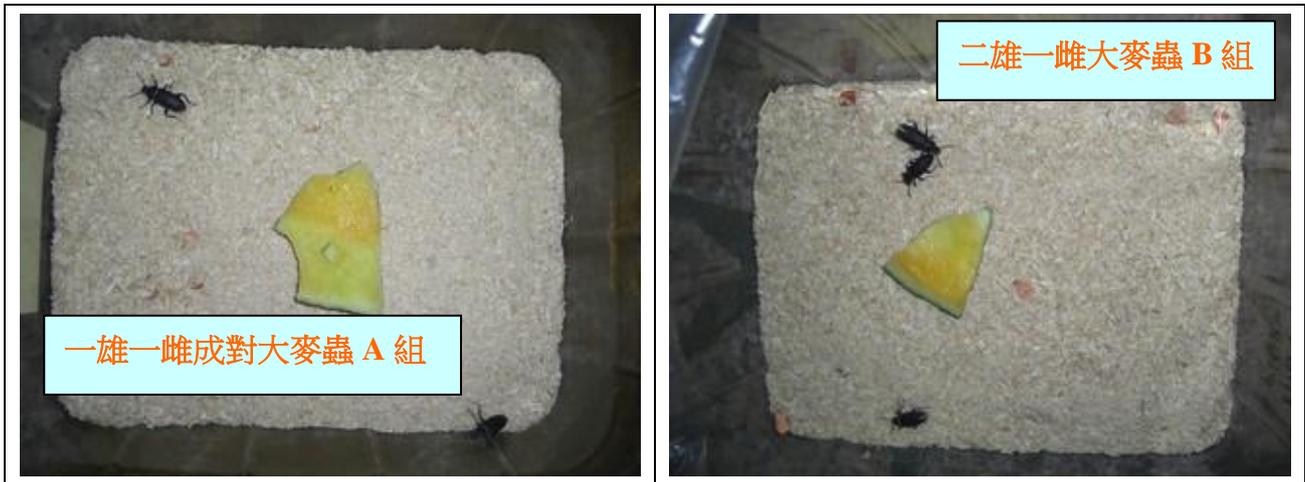
2.在食物充足的情況下，麵包蟲還是被攻擊至死亡，我們推論大麥蟲擔心交配後所產的子代

在同一環境下受到異種的攻擊或要確保獨佔資源(異種存在會消耗食物)因而傷害麵包蟲。

六、大麥蟲成蟲配對型式不同是否會影響子代數量?

(一)方法:

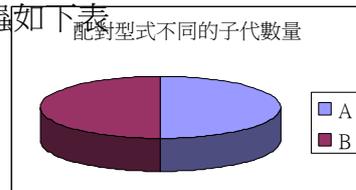
- 1.將成對大麥蟲成蟲放入飼養箱(鋪有 2cm 厚麥麩及源源不絕的食物)共三組(A1、A2、A3)。
- 2.將兩隻雄和一隻雌大麥蟲成蟲放入飼養箱(鋪有 2cm 厚麥麩及源源不絕的食物)共三組。
- 3.觀察互動情形及其子代數量是否有明顯差異。 (B1、B2、B3)



(二)觀察結果:從 98.11.11 至 99.1.13 兩個月的時間，總共計數幼蟲如下表

組別	A1	A2	A3	B1	B2	B3
幼蟲數	405	425	413	421	409	416
平均蟲數	414.33			415.33		

配對型式不同的子代數量



(三)討論:1.實驗過程中，兩組(A、B)成蟲不只交配一次，在 B 組配對實驗中，其中一隻雄蟲時常看守雌蟲，且在交配的時候，另一隻雄蟲(衛星雄蟲)皆在四周環繞，我們推測衛星雄蟲想伺機交配，但在我們所觀察的時間裡，皆未發現衛性雄蟲(白點較大的)與雌蟲交配。2.在我們清數幼蟲時發現，有些幼蟲個體差異極大，有些接近 4cm，有些只有 2 cm 大，我們推測可能是不同子代的緣故。因此建議未來要飼養成蟲使其繁殖的最好方法是發現成蟲有交配行為且產卵後，便可將成蟲移往下一個培養箱，使其子代為同齡幼蟲，才不致於發生大咬小的誤殺行為。



【研究三】探討大麥蟲對分解保麗龍之貢獻

一、大麥蟲和麵包蟲吃食保利龍的速率誰比較快呢?

(一)方法:

- 1.取大麥蟲與麵包蟲各 100 隻兩組，分別放入 0.5 克的保麗龍，觀察誰較快將保麗龍吃完。
- 2.取大麥蟲與麵包蟲各 50 克(相同的生物量)兩組，分別放入 0.5 克的保麗龍，觀察誰較快將保麗龍吃完。
- 3.實驗場域在不受外在干擾的櫃子裡，室溫約 23°C。

大麥蟲與麵包蟲各 100 隻兩組



大麥蟲與麵包蟲各 50 克兩組



大麥蟲與麵包蟲各 100 隻



大麥蟲與麵包蟲各 50 克(相同的生物量)



(二)結果:不管是相同的隻數還是相同的生物量,皆是大麥蟲吃食保麗龍的速率較快。



(三)討論:1.結果顯示 50 克的大麥蟲組只需花三天時間即可將 0.5 克的保麗龍吃食完畢，我們試想如果拿其它類別的保麗龍是否也照吃不誤呢?於是我們收集了保麗龍碗、去夜市跟賣豬血湯的老闆要用過的保麗龍碗(有油漬的)、跟自助餐飲店要用過的保麗龍碗(裝過湯的)、跟水果行要包水果用的保麗龍網、超商用保麗龍盤等不同的來源的保麗龍餵食大麥蟲。



- 2.結果顯示蟲皆會吃食，但吃食速率順序：保麗龍板> 保麗龍盤> 保麗龍碗(含油)> 保麗龍網。
 3.創意發想:實驗發現大麥蟲能分解保麗龍，且吃食速率及食量都優於麵包蟲，即使吃食不淨或有油污的保麗龍也能存活，因此可將含油的保麗龍進貢給大麥蟲，乾淨的保麗龍則給回收商，降低回收程序中清洗保麗龍的成本(節能)，降低環境負擔並維持保麗龍再生品製作的品質。

二、大麥蟲幼蟲能只靠吃食保麗龍而成長嗎?

(一)方法:1.在室溫(約 23°C)無太陽直射的條件下，用硬塑膠盒養殖。挑選體型相似、體重相近的大麥蟲，設計三種條件，每種條件各三組如下表:

組別	保麗龍 (g)	麥麩	每盒隻數(隻次)	盒數(組別編號)
A	0.5	0	100	3(A1 A2 A3)
B	0	1cm 高	100	3(B1 B2 B3)
C	0	0	100	3(C1 C2 C3)

2.每隔十天秤重，計算每組蟲的重量，不把死蟲納入計算。

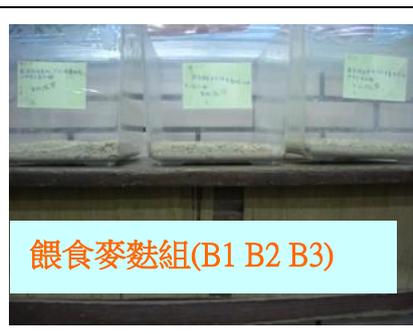
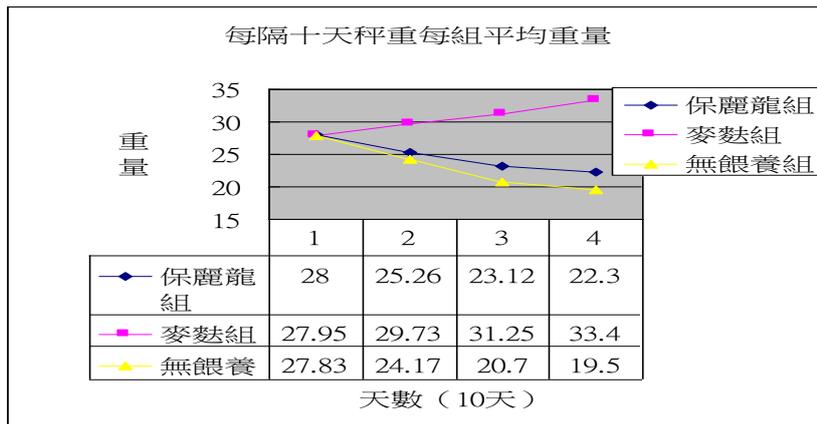
3.每隔十天記錄其存活隻數。

4.確保 A、B 組食料不間斷，並觀察大麥蟲生長情形。

(二)結果: 大麥蟲的平均重 (g)

每種 3 盒平均蟲重量	起始重量(11/7)	10 天(11/17)	20 天(11/27)	30 天(12/7)	剩餘蟲隻數
保麗龍組(A1 A2 A3)	28	25.26	23.12	22.3	99
麥麩組(B1 B2 B3)	27.95	29.73	31.25	33.4	99
無餵養組(C1 C2 C3)	27.83	24.17	20.7	19.5	94





(三)討論:1. 由於大麥蟲幼蟲期每隔約 10 天脫一次皮, 所以此實驗在測量大麥蟲體重時, 選擇以每隔十天進行測量, 而總測量時間為三十天。2. 扣除死亡的蟲隻次, 算蟲體平均重量可知, 麥麩組平均重量 > 保麗龍組平均重量 > 無餵養組平均重量, 雖然保麗龍組與無餵養組重量呈現遞減狀態, 但保麗龍組遞減程度比無餵養組低, 表示至少大麥蟲可從保麗龍獲取能量, 我們推論大麥蟲的腸道細菌可將保麗龍(C₈H₈), 一種碳氫化合物轉換為其所需的能源, 只是能量轉換效率較麥麩差。3. 無餵食組死亡隻數較多, 推測應為飢餓而自相殘殺、弱肉強食所致。

三、在何種溫度下, 大麥蟲吃食保麗龍的效果最好?

(一)方法:1. 利用可定溫熱暖爐在可密閉空間的櫃子裡, 設定三組溫度分別為 35°C、30°C、常溫(23) °C。2. 每組各 300 隻大麥蟲, 且總重量相差不超過 1g。3. 每天分別加入 0.85 g 的保麗龍(10x10x1.7)cm。4. 每天量測吃剩的保麗龍。5. 計算出每天吃的保麗龍重量。



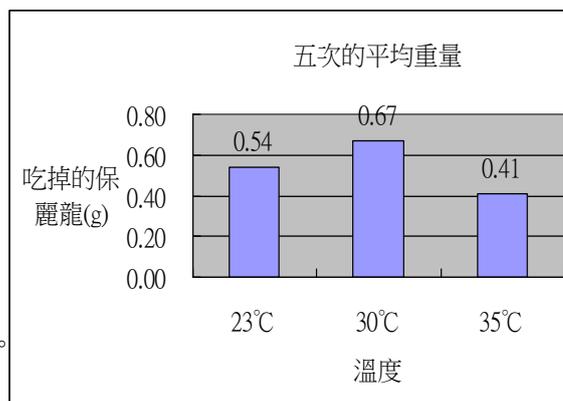
可定溫熱暖爐



(二)結果:

被吃食保麗龍重(g)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
23°C (常溫)	0.54	0.56	0.55	0.53	0.54
30°C	0.66	0.65	0.67	0.68	0.66
35°C	0.45	0.46	0.40	0.36	0.45

(三)討論: 1.實驗結果得知，在 30℃ 環境下的大麥蟲所吃食保麗龍的量最多，常溫組 (23℃) 次之，而以 35℃ 環境中的大麥蟲所吃食保麗龍的量最小。我們推論，由於 30℃、23℃ 在大麥蟲生長的最適溫度 18~30 ℃ 之內(黃正團，2008)，因此 35℃ 環境中的大麥蟲吃食保麗龍的效果較差。
2.由實驗結果推測，高溫會使大麥蟲生理機能代謝變差、變慢，因此溫度高反而使大麥蟲食慾降低。



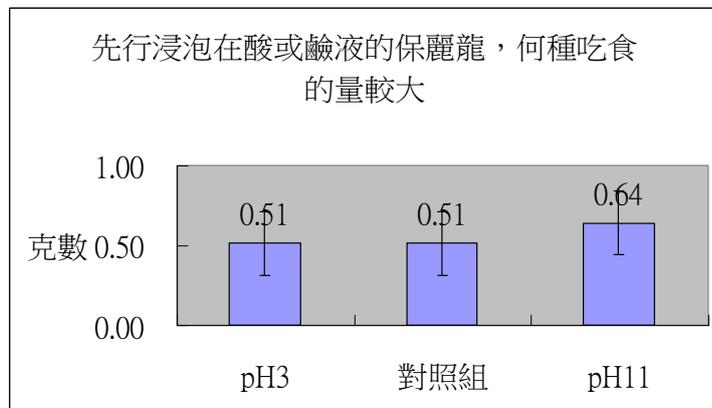
四、先行浸泡在酸或鹼液的保麗龍，何種保麗龍被吃食的效率較高?

(一)方法: 1.裁 0.85g 的保麗龍為一塊，每塊保麗龍利用大頭針插 50 次，以利液體滲透進入。
2.分別浸泡在調配好的冰醋酸 (pH=3) 及氫氧化鈉水溶液 (pH=11) 一分鐘。 3.取六組 300 隻的大麥蟲，且各組總重量相差不超過 1g，分別為 2 組冰醋酸、2 組氫氧化鈉、2 組對照組。 4.每天量測吃食保麗龍的重量,重複上述步驟五次。



(二)結果: 被吃食保麗龍的(兩組)平均重量(g)如下:

被吃食保麗龍重量(g)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
pH3 組	0.60	0.41	0.45	0.63	0.41
對照組	0.51	0.54	0.51	0.52	0.50
pH11 組	0.69	0.62	0.59	0.63	0.65



(三)討論:1.徐琦峰(2002)這本書有提到，昆蟲消化系統經由一系列的「酶活動」將這些大分子分解成小單體，中腸 pH 值通常為 6 到 7.5，不過有些昆蟲可呈強鹼性(pH9-12)。2.由實驗結果發現 pH11 組的吃食效果最好，推論大麥蟲腸道的環境可能為鹼性，或共生菌在鹼性環境下分解保麗龍的效率較好，因此吃食保麗龍的效果較好。從實驗結果我們確定大麥蟲吃食泡過鹼性的保麗龍效果比較好，因此我們進一步設計以下實驗。

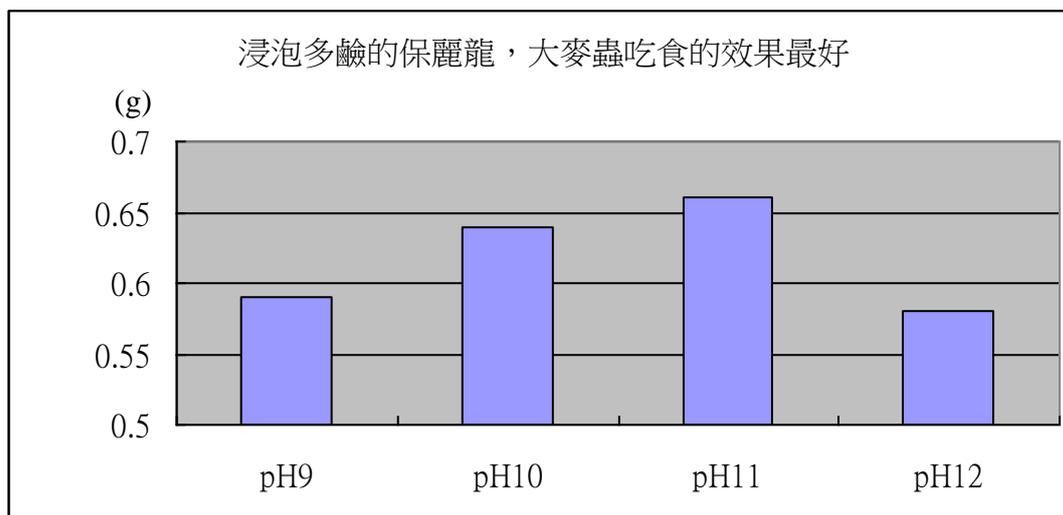
五、浸泡多鹼的保麗龍，大麥蟲吃食的效果最好?

(一)方法:1.分別調製 pH9、pH10、pH11、pH12 的氫氧化鈉水溶液。2.裁 0.85g 的保麗龍為一塊，每塊保麗龍利用大頭針插 50 次，以利液體滲透進入。3.分別浸泡到調製好的氫氧化鈉水溶液一分鐘。4.取十二組 300 隻的大麥蟲，且各組總重量相差不超過 1g，分別為 3 組 pH9、3 組 pH10、3 組 pH11、3 組 pH12 等。5.每天量測吃食保麗龍的重量,重複上述步驟五次。



(二)結果: 被吃食保麗龍的(每種酸鹼值三組)平均重量(g)(四捨五入到小數第二位)如下:

被吃食保麗龍重量(g)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
pH9	0.58	0.59	0.57	0.60	0.61
pH10	0.65	0.66	0.62	0.64	0.63
pH11	0.67	0.68	0.67	0.66	0.64
pH12	0.62	0.58	0.57	0.58	0.56

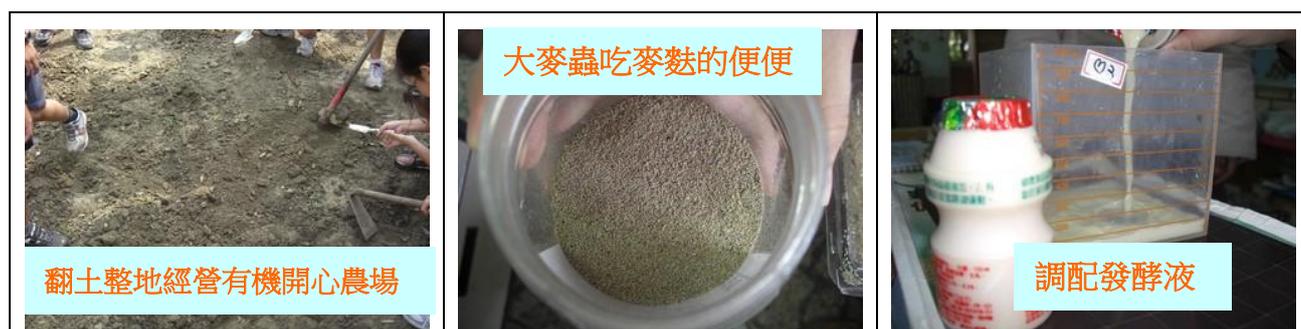


(三)討論:量測出來的結果以浸泡過 pH10、pH11 的保麗龍被吃食的效果較好，且保麗龍一放下去，就有”蟲 ”湧而至的盛況，我們推論二種可能:一、大麥蟲的腸道環境酸鹼值約在 pH10~pH11 之間;二、腸道內的共生菌在 pH10~pH11 之間的環境分解保麗龍的效率較佳。

【研究四】探討以大麥蟲糞當肥料，對植物生長之影響

一、比較人工肥、大麥蟲糞，對茼蒿生長之影響

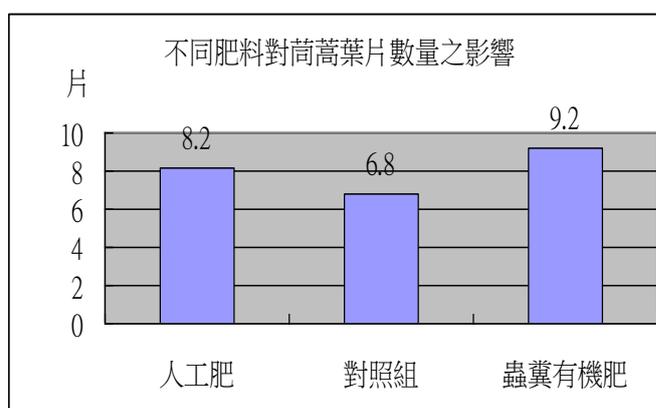
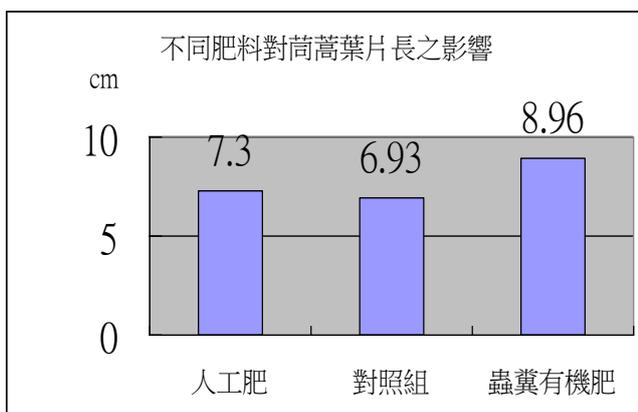
(一)方法:1.在校園腹地規劃三塊邊長 1m 正方形的耕種地，各播種茼蒿種子 100 粒。2.每一塊耕種地每天固定早上及下午澆水 1 公升，隔一週施肥 5 克。3.對照組僅澆水不施肥。4.此實驗的大麥蟲糞是以單純吃食麥麩所排之糞便 5 克並加入以水和養樂多 1:1 的比例以滴管吸取 2c.c 混合後以夾鏈帶密封一個星期厭氧發酵所得之有機肥。5.在種植 30 天後，將每一塊耕種地分成四等分，以隨機翻書本所得之頁數，再除以四之隨機抽樣法選取該區塊最大株之茼蒿量取該株每葉之葉片長度及計數葉片數量(選取過之茼蒿做記號以避免重複)。6.每一塊耕種地隨機抽樣五次。





(二)結果: 每塊地抽樣五次並量測其葉長及計數葉片數量並求其該株葉長平均值

抽樣次數	人工肥(該株所有葉片 葉長平均值;葉片數量)		對照組(該株所有葉片 葉長平均值;葉片數量)		蟲糞有機肥(該株所有葉片 葉長平均值;葉片數量)	
	葉長平均值	葉片數量	葉長平均值	葉片數量	葉長平均值	葉片數量
第一次	8.57	7	7.87	7	10.39	11
第二次	6.81	9	6.5	6	6.89	9
第三次	8.21	10	7.75	9	8.93	8
第四次	7.1	7	6.9	6	9.53	9
第五次	5.79	8	5.62	6	9.04	9
平均	7.30	8.2	6.93	6.8	8.96	9.2



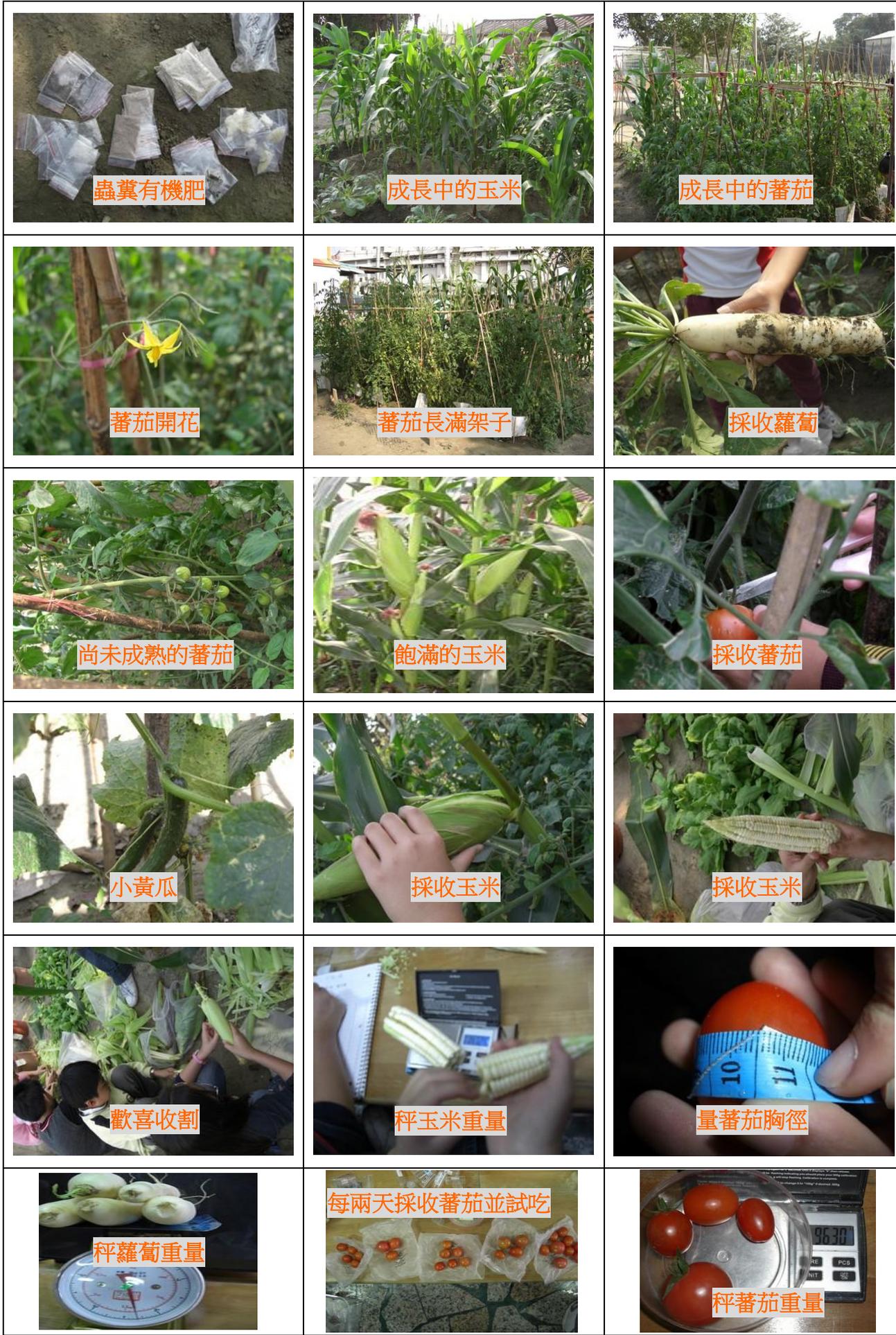
(三)討論:大麥蟲的蟲糞由於體積小而易儲存、乾燥、無濃烈臭味、不占場地、不像家畜家禽的糞便會有酸化腐敗物的產生,因此不會滋生蚊蠅,且在「黃粉蟲高效養殖技術」(黃正團、潘紅平,2008)一書中指出麵包蟲的蟲糞沙是良好的有機肥料,含有粗蛋白 24%、氮 3.37%、磷 1.04%、鉀 1.4%及微量元素(鋅、硼、錳、鎂、銅),甚至在動物飼料中加入 10~20%的蟲糞沙,動物的健康狀況大為提高與改善,使毛色光亮、潤滑,病後體質恢復快,可提高生長速度和繁殖率。我們推測大麥蟲的蟲糞沙成分不亞於麵包蟲,而且大麥蟲的排糞量也比麵包蟲多,因此糞便的收集會更快速。在我們整個實驗的期間,共訪問了一家大麥蟲養殖業者、三

家水族館業者，我們針對蟲糞沙訪談內容歸納的結論如下:1.利用大麥蟲糞沙當肥料來種植花卉植物會讓葉子更油亮、花開得更鮮豔、且花期更久。2.利用大麥蟲糞沙當肥料來種植水果類植物，不需梳果且所結果實會更甜美、更飽滿、更碩大、成效良好;如酪梨、綠竹筍、芒果、火龍果、蜜棗(以上水果種類是受訪者實際種植所分享的經驗)。3.利用大麥蟲糞沙當肥料來種植水草，可使水草生命期更長、更具色澤(水族業者經驗分享)。

二、大麥蟲吃食不同的食物所排之蟲糞沙，對聖女蕃茄、玉米、蘿蔔、小黃瓜生長之影響

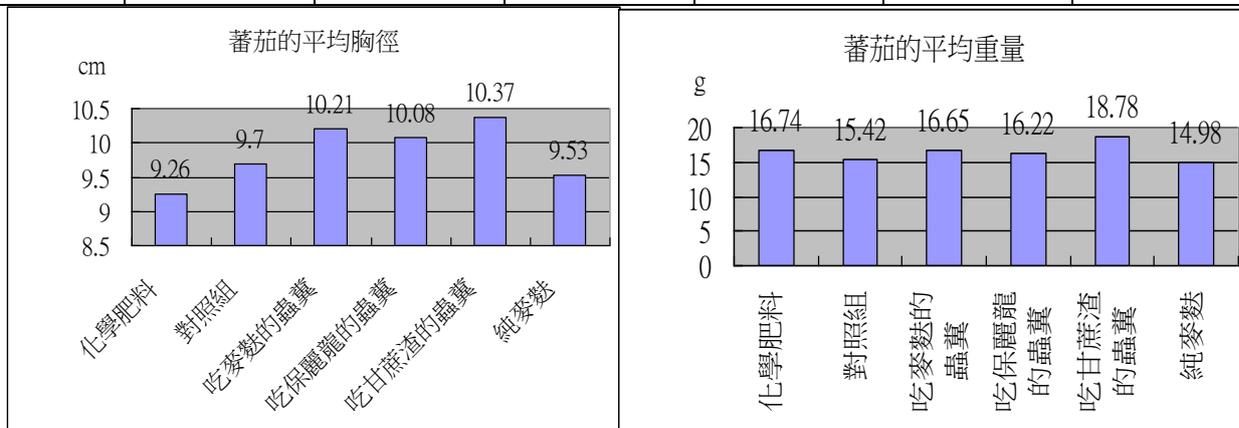
(一)方法:1.整理翻土長 6m、寬 3m 的農地並化分成六路。2.六路所施的肥料依序為化學肥料、對照組(只澆水)、吃麥麩所排的蟲糞、吃保麗龍所排的蟲糞、吃甘蔗渣所排的蟲糞、純麥麩。3.所種植的植物分別有蕃茄、玉米、蘿蔔、小黃瓜，每種肥料各種 5 株，因此蕃茄苗共種 30 株、玉米 30 粒種子、蘿蔔 30 粒種子、小黃瓜苗共種 30 株。4.每株(顆)每天早上及下午平均澆水 500 毫公升。5.首次澆肥 1 株 1 克，施肥原則以植物為圓心，半徑 5 公分的圓周上為施肥範圍。6.每兩週追肥 1 株 1 克。7.待開花時，每兩週追肥 1 株 2 克。8.收成期間，每兩天採收蕃茄，並紀錄數量及量測胸徑及重量;玉米、蘿蔔部分則秤量重量並求其平均值;小黃瓜則每週量測成長長度及收成時秤量重量並求其平均值。9.以上實驗過程不添加任何農藥及生長劑。





(二)結果:1.實驗結果測量所有蕃茄的平均胸徑(cm)、平均重量(g)如下：

組別	化學肥料	對照組	吃麥麩的蟲糞	吃保麗龍的蟲糞	吃甘蔗渣的蟲糞	純麥麩
平均胸徑(cm)	9.26	9.7	10.21	10.08	10.37	9.53
排名	6	4	2	3	1	5
平均重量(g)	16.74	15.42	16.65	16.22	18.78	14.98
排名	2	5	3	4	1	6



我們將每一種組別的蕃茄抽取 50 粒請同學及師長當試吃者，並設計五等第量表（很甜 5 分、微甜 4 分、沒味道 3 分、微酸 2 分、很酸 1 分），記錄試吃者的感受，記錄次數並轉換成分數：

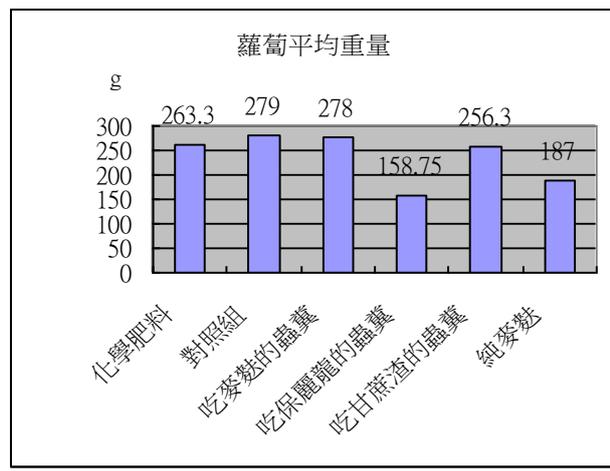
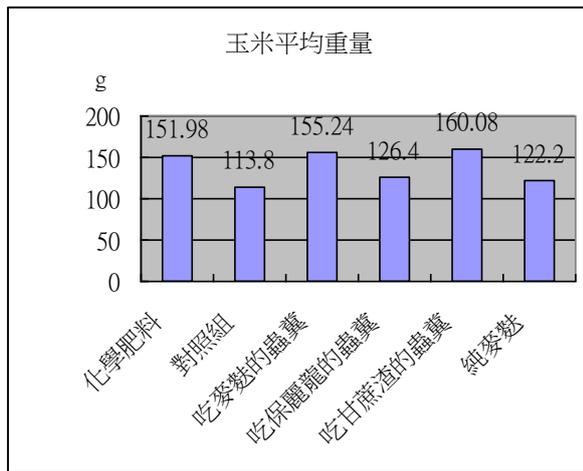
受試者感受	化學肥料	對照組	吃麥麩的蟲糞	吃保麗龍的蟲糞	吃甘蔗渣的蟲糞	純麥麩
很甜	11	3	14	6	15	10
微甜	19	19	30	18	29	20
沒味道	15	18	4	15	3	8
微酸	2	6	3	6	3	8
很酸	3	4	0	5	0	4
轉換總計分數	183	161	208	164	206	174
排名	3	6	1	5	2	4

2.將所有的玉米摘下來(包含玉蜀黍)，把玉米穗撕下來後秤其重量並求其平均值。

玉米數量	化學肥料	對照組	吃麥麩的蟲糞	吃保麗龍的蟲糞	吃甘蔗渣的蟲糞	純麥麩
大支	4	4	5	4	6	4
小支(玉蜀黍)	2	2	4	2	4	4
總共支數	6	6	9	6	10	8
平均重量(g)	151.98	113.8	155.24	126.4	160.08	122.20
排名	3	6	2	4	1	5

3.將所有的蘿蔔清洗後擦乾秤其重量並求其平均值。

	化學肥料	對照組	吃麥麩的蟲糞	吃保麗龍的蟲糞	吃甘蔗渣的蟲糞	純麥麩
蘿蔔數量(條)	3	5	5	4	5	5
平均重量(g)	263.3	279	278	158.75	256.3	187
排名	3	1	2	6	4	5



4.截至 2010/1/26 所記錄的小黃瓜平均長度如下表，但隔天澆水時發現已遭人為或動物破壞，考慮到小黃瓜的生長季節，因此中斷這個實驗。我們改選種木瓜植栽，實驗持續中。

五株所長的小黃瓜數量	化學肥料	對照組	吃麥麩的蟲糞	吃保麗龍的蟲糞	吃甘蔗渣的蟲糞	純麥麩
小黃瓜數量	5	5	9	8	8	7
平均長度(cm)	5.50	5.00	7.56	7.06	7.32	6.98

(三)討論:我們所種植的蔬果中以吃麥麩的蟲糞及吃甘蔗渣的蟲糞來施肥所種出來的效果比起其它的肥料來得好，尤其是對比純麥麩組來說，我們推測麥麩及甘蔗渣本身的營養元素被大麥蟲腸道內的細菌(或共生菌)由大分子轉換成小分子之後所排出來，且體積變得更小，因此更易於被植物所吸收，且氮(葉肥)、磷(果實肥)、鉀(根莖肥)及微量元素各成分的比例應非常均勻，因此植物長得特別好。而保麗龍(C₈H₈)本身只是碳氫化合物，沒有氮、磷、鉀等元素，因此以吃保麗龍的蟲糞來施肥所種出來的蔬果便較普通。另外，種植蘿蔔的實驗，對照組(只加水)反而平均重量最重，我們推究其實驗誤差原因可能在於因對照組那一路位於化學肥料組及吃麥麩的蟲糞組的中間，施肥期間由於下雨或風力將肥料移送到對照組，因此使得對照組的蘿蔔平均重量最重的可能原因。在蕃茄的品質方面，也是以吃麥麩的蟲糞及吃甘蔗渣的蟲糞來施肥的效果最好，且質地較硬、口感較好，因此我們可推廣大麥蟲的蟲糞來當有機肥，餵食大麥蟲一些被視為垃圾的果皮或農業廢棄物，利用大麥蟲消化吸收後將營養轉化為更細小、更易於植物所吸收的有機肥，相信對於環境保護勢必有小蟲立大功的大貢獻。

【其它發現】

一、大麥蟲的教育價值:

- (一) 很容易飼養(食性廣、耐飢耐渴)的昆蟲教育教材，與獨角仙、锹形蟲都是鞘翅目，但市價便宜許多。
- (二) 可與蠶(鱗翅目)做比較，如食性、蛹的形態、齡期……等。
- (三) 飼養在學校，可將被視為垃圾的廚房菜渣，如土豆殼或玉米穗經由大麥蟲消化後，將垃圾變成黃金一蟲糞有機肥料，藉此減少貨車載運菜渣所耗費的碳足跡。再利用蟲糞來種植校園的植栽、蔬菜，如此能讓學生體會資源的循環再利用及節能減碳觀念的養成，可說是一舉數得。

二、大麥蟲的生態價值:

- (一) 具環境指標，可用來檢測蔬果是否有農藥殘存;實驗過程中，我們發現大麥蟲幼蟲

吃食有農藥殘留的高麗菜葉三天後陸續死亡，存活下來的蟲隻羽化時也失敗(翅鞘不完整)，顯示大麥蟲的健康狀況能反應出蔬果是否有農藥殘存。

- (二) 在食物鏈(網)中充當其他生物的食物，如鳥類、兩棲類、爬蟲類。
- (三) 食屍性分解者，把生物的遺體和糞便中的有機質大分子分解成小分子或無機物質，並重新回到土壤中再利用。

三、大麥蟲對人的價值:

- (一) 有機農業、小型農場的重要推手:可利用蟲糞來對農作物施肥、且在禽類飼料中添加 10-20%的蟲糞沙，可提高生長速度和繁殖率(黃正團、潘紅平，2008)。
- (二) 食物(含豐富的蛋白)。
- (三) 充當高經濟動物的食餌，如大閘蟹、鱈魚。
- (四) 醫藥、化妝品(提取蛋白質後加工製成)。

陸、結論

- 一、大麥蟲體節被明顯的深褐色所區隔，末端 3~4 節為深咖啡色體節，為完全變態昆蟲、生活史約 180 天。幼蟲六齡，裸蛹。蛹尾端粗刺彎曲度大的、乳狀突大的是雌的;尾端粗刺朝上、乳狀突小的是雄的。大麥蟲食性很廣屬雜食性，屍體、農業廢棄物、福壽螺、保麗龍皆會吃食。具有殘殺性，當食物缺乏時，齡期大的幼蟲會吃食齡期小的幼蟲。終齡幼蟲需隔離才能化蛹;麵包蟲則不用。
- 二、成蟲會釋放聚集費洛蒙及警戒費洛蒙。交配的過程中，雄蟲在上、雌蟲在下，交配時間斷斷續續，歷程約 2 分鐘，交配完後，雌蟲會將前足及中足拱起並伸出產卵管進入麥麩裡，邊產卵邊移動，分散風險。如找不到適合的環境產卵，即使交配過的雌蟲也不產卵。
- 三、大麥蟲(幼蟲及成蟲)屬負趨光、趨乾性的昆蟲，不喜歡潮溼的環境。
- 四、最合適的飼養密度是 150 隻/100cm²，在此密度養殖才不致於損失成本，且飼養效果最好。
- 五、大麥蟲與麵包蟲混養時，麵包蟲會被大麥蟲攻擊，且大麥蟲有出現交配行為，麵包蟲則無，也沒有種間的雜交行為出現。
- 六、成蟲有交配行為且產卵後，便可將成蟲移往下一個培養箱，使其子代為同齡幼蟲，才不致於發生大咬小的誤殺行為。
- 七、不管是相同的隻數還是相同的生物量，大麥蟲吃食保麗龍的速率都較麵包蟲快。
- 八、大麥蟲所有保麗龍製品皆會吃食，但吃食的速率順序為保麗龍板> 保麗龍盤> 保麗龍碗(含油)> 保麗龍網。
- 九、大麥蟲能夠僅吃食保麗龍而維持生命。雖然大麥蟲吃食保麗龍成長的成效不如一般的飼料，但至少能分解保麗龍並從保麗龍獲得一些能量。
- 十、溫度 30°C 下，大麥蟲吃食保麗龍的效果較好。
- 十一、鹼性環境下，大麥蟲吃食保麗龍的效果較好，且 pH10、pH11 的效果最好。日後若能將大麥蟲腸道內的菌種加以量產，相信未來受汙染而無法回收再生的保麗龍，除了焚化爐焚燒外，更能藉此發現分解保麗龍，達到環境保護的目的。
- 十二、大麥蟲的蟲糞對茼蒿的生長影響是最好的，比起化學肥料效果還棒。
- 十三、不管是對聖女蕃茄、玉米、小黃瓜成長的六組實驗組中，以吃麥麩的蟲糞及吃甘蔗渣的蟲糞來施肥所種出來的效果較好，甚至比化學肥料還要好。實驗過程中，我們發現大麥蟲也會吃食牛糞及茶葉渣，如果收集吃食牛糞及茶葉渣的蟲糞來當肥料，是否對於植物生成的效果會更好，則值得繼續研究。

柒、參考文獻

一、中文部分

- 1.黃正團、潘紅平(2008)。黃粉蟲高效養殖。化學工業出版社。
- 2.徐堉峰譯(2002)。昆蟲學概論。合記出版社。
- 3.張永仁(1998)。昆蟲圖鑑。遠流出版社。
- 4.張永仁(1998)。昆蟲入門。遠流出版社。
- 5.張永仁(2001)。昆蟲圖鑑2。遠流出版社。
- 6.曾依晴(2009)。從麵包蟲體內分離出可分解保麗龍之菌種。2009年臺灣國際科學展覽會報告(報告編號:070006)

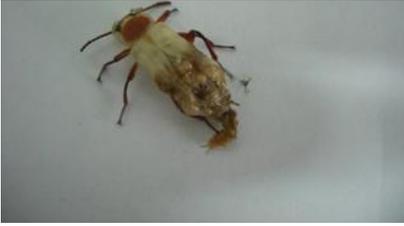
二、網路部分

- 1.環保署。線上檢索日期：2009年12月26日。取自：<http://recycle.epa.gov.tw>
- 2.中華民國保麗龍回收再生協會。線上檢索日期：2009年12月26日。取自：<http://www.ctepsra.org.tw/>。
- 3.維基百科:黃粉蟲。2010年2月24日，取自：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%BB%84%E7%B2%89%E8%99%AB>
- 4.大麦虫。2009年8月3日，取自：<http://baike.baidu.com/view/1181974.htm>
- 5.特种养殖-大麦虫养殖技术。2009年8月3日，取自：<http://zt.84ny.com/danpianwenzhangzhanshi/200812/27-163.html>

捌、實驗過程觀察記錄



幼蟲時期吃食受農藥汙染的高麗菜而羽化失敗的成蟲



吃食茶葉渣所排的蟲糞



吃食麥麩所排的蟲糞



利用電子秤來量測蟲重量



種植木瓜苗



種植木瓜苗



餵食學校廚餘—雞皮



收集不同餌料的蟲糞



秤完蟲糞後收集起來



餵食稻草桿



原先設計組



改良組



餵食檳榔渣



「不同溫度下，吃食保麗龍的效果差異」該實驗原先是以隔水加熱法(箱子上方口封住)來製造微環境(溫度一致)，但溫度上升會有水氣產生，怕會影響溼度(誤差產生)，因此大家腦力激盪後，改以可定溫之電暖爐放在置物櫃裡來控溫。

【評語】 080316

- 1.觀察仔細紀錄詳實。
- 2.資料缺少定量的紀錄及分析。
- 3.想解決的問題太多看不出解決的方式。
- 4.實驗對象為外來物種，實驗結束後的處理應更為謹慎。