

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

030308

寵蟲危機－寵物飼料中赤足郭公蟲之特性與防治方法

學校名稱：桃園縣立桃園國民中學

作者： 國一 黃諱安 國一 林筱芸 國一 李欣璉 國一 吳天友	指導老師： 莊國碩
---	------------------

關鍵詞：白色物質、冷凍處理、殺蟑餌劑

摘要

赤足郭公蟲有廣泛的食性，各種廠牌的寵物飼料都會食用，特別的是有同種類相食（成蟲與幼蟲都吃幼蟲）的現象。

生活史中的幼蟲期與蛹期，都有二型性的現象。

行為上，成蟲無明顯的趨光性，幼蟲有負的趨濕性和喜好躲藏在狹窄空間的傾向。

幼蟲會分泌白色物質，且偏好分泌在較狹窄的空間內（直徑 3.65~1.11mm）；幼蟲分泌白色物質後，將白色物質當作蓋子，將幼蟲封閉在裡面；白色物質由一顆顆泡沫狀的顆粒堆積而成，含有還原糖和蛋白質。

用「冷凍法」冰凍幼蟲、蛹和成蟲超過五小時，可殺死飼料中的幼蟲、蛹和成蟲；殺蟑餌劑可吸引和殺死成蟲。

壹、 研究動機

在一個偶然的機會，購買某廠牌的狗飼料，打開一看居然有四、五隻黑色的甲蟲，另外還有幾隻乳白色到處爬行的蛆，到底這些甲蟲與蛆是哪一類的昆蟲？

經過農委會李奇峰博士的鑑定，確認這種甲蟲和蛆為赤足郭公蟲〔*Necrobia rufipes* (De Geer, 1775)〕。

赤足郭公蟲為廣泛入侵世界各地的害蟲，具有廣泛的食物來源，一般以魚乾和肉乾為食，甚至會侵入博物館標本、木乃伊 (Crowson, 1964)、動物屍體 (林義朗和楊秋和, 2009) 和寵物飼料 (Gredilha and Lima, 2007)。

在本研究中，針對赤足郭公蟲入侵國內寵物飼料的現象，作較完整的紀錄與觀察。主要目的在探討赤足郭公蟲的生活史，以及蟲體（分泌白色物質、挖洞）對寵物飼料的影響和特性，並且尋求防治的方法。

貳、 研究目的

- 一、 瞭解赤足郭公蟲的基本生活史。
- 二、 瞭解赤足郭公蟲的食性，特別要瞭解赤足郭公蟲對寵物飼料是否有選擇性？
- 三、 瞭解赤足郭公蟲的行為（對光線、濕度和空間大小的反應）。
- 四、 赤足郭公蟲分泌白色物質的特性分析：
 - (一) 白色物質在顯微鏡下的形狀與構造。
 - (二) 白色物質的化學組成分析（是醣類、蛋白質或脂質）。
 - (三) 幼蟲分泌白色物質的包覆方式。
 - (四) 容器空間大小與幼蟲產生白色物質地點的選擇性。
 - (五) 白色物質功能的探討。
- 五、 飼料害蟲防治方法的探討（1）－探討用「冷凍法」來處理感染蟲體飼料，以去除感染飼料中的赤足郭公蟲的可行性。
- 六、 飼料害蟲防治方法的探討（2）－探討市面上販售的「殺蟑餌劑」是否可以吸引和殺死赤足郭公蟲。

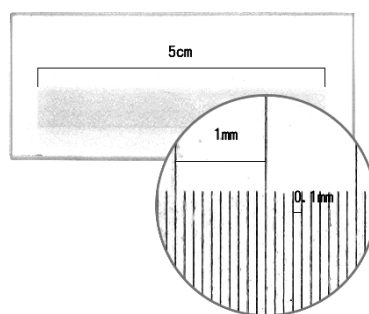
參、 研究設備及器材

- 一、 解剖顯微鏡 (Crown, 圖一)。
- 二、 顯微鏡數位電子目鏡 (130 萬畫素, 型號: G130UMD, 杭州榮耀科技有限公司, 圖一)。



圖一．解剖顯微鏡（左）與顯微鏡電子目鏡（右）。

三、顯微鏡專用專業及精密玻璃刻度尺，最小單位 0.1mm（圖二），聿鑫有限公司（www.yardiX.com.tw）。



（此為顯微鏡下顯示畫面）

圖二．顯微鏡專用專業及精密玻璃刻度尺的刻度大小（圖片取自聿鑫公司網站[http:// www.yardix.com.tw/pro_detail.php?kind1=24&pronum=358](http://www.yardix.com.tw/pro_detail.php?kind1=24&pronum=358)）。

- 四、電子天平（Digital Scale，Snowrex, BBA-600，600×0.01g）
- 五、冰箱：東元冰箱鮮綠 RE 2891。
- 六、溫濕度計：四合一溫濕度計時鐘－迷你氣象台 (WiseWind, Thermo-Hygrometer-Clock TempTec™)。
- 七、電子式游標尺(Electronic Digital Caliper)：0~155 mm，6"，S-H Co. Ltd.。
- 八、相機：Fijifilm FinePix S5700，Nikon D5000。
- 九、相機鏡頭（Nikon AFS VR Micro 105mm f/2.8G IF-ED）。
- 十、各種廠牌飼料（表一）。

表一．測試的寵物飼料品名、廠牌與包裝類型。

項目	寵物飼料品名與廠牌	包裝類型
1	戀戀乾狗糧 全球寵物用品有限公司 雞肉口味	販售包
2	ProPURE_Adult24 羊肉髮膚保健配方	試用包
3	Animal Panet Nature's plan small breed adult Made with chicken and salmon Net Weight 80g	販售包
4	Mobby Choice 莫比自然食 人用級小羊肉&米	試用包
5	IAMS Healthy 愛慕思 成犬/羊肉 一歲以上成犬適用	試用包
6	Chicken Soup for the Dog Lover's 成犬 雞湯	試用包
7	魏大夫 狗食	試用包
8	Cesar 西莎 狗食 小羊排與活氧配方	試用包
9	Holistic Recipe Solution 成幼犬鮭	試用包
10	Chicken Soup for the Dog Lover's 幼母犬 雞湯	試用包
11	希爾思 大顆〈犬粒〉	販售包
12	澳洲天然有機寶 成犬	試用包
13	法國皇家 Royal Canin A3 狗飼料 (雞肉)	販售包
14	法國皇家 Royal Canin Poodle 30 Caniche Adult 10 months	試用包
15	法國皇家 Royal Canin Dachshund 28 Teckle Adult 10 months	試用包
16	Canine Chanson Puppy(Chicken & Rice) 珍饌 雞肉米配方 (幼犬及懷孕哺乳母犬專用)	試用包
17	Gary Blue 雞肉&羊肉 幼犬專用	試用包

18	某貓食	販售包
----	-----	-----

十一、器材

PE 塑膠滴管	玻璃試管	玻璃纖維網	保鮮膜
培養皿	燒杯	離心管(ependoff tube)	雞精瓶
殺蟑餌劑	酒精燈	塑膠吸管	手提蓋 PET 美佳筒

十二、化學藥品

碘液	濃硝酸	去漬油	甲苯
本氏液	濃氨水	95%酒精	

肆、研究過程或方法

一、分類地位的鑑定

送至農委會農業試驗所由李奇峰博士鑑定至種名。

二、繁殖 (圖三)

將成蟲與幼蟲放入寵物飼料中，置於室溫下培養。



圖三．寵物飼料與飼養中的赤足郭公蟲幼蟲。

三、飼料的選擇性

(一) 購買飼料：飼料的購買是透過網路或寵物商店，以購買試用包為主。

(二) 替成蟲洗澡 (圖四)：用四個培養皿當澡盆，以試管將成蟲依序沖泡一分鐘後，再換至另一個培養皿中沖泡 (共四次)，以去除可能附著在身上的卵。



圖四．替成蟲洗澡的步驟 (由左至右)。

(三) 紙盒內放入三分之一~二分之一滿的飼料。

(四) 放入八隻成蟲於紙盒內，將紙盒封閉，置於室溫下飼養。

四、 測試同種類彼此相食（「成蟲」吃同種類「幼蟲」和「幼蟲」吃同種類「幼蟲」）的現象

(一) **設立實驗**：測試成蟲(或幼蟲)是否會吃同種類的幼蟲(包括活或死的幼蟲)，將紙製有蓋子的杯子當作實驗箱，每個實驗箱內放置五隻幼蟲（將活的幼蟲從飼養箱取出後，放入冰庫中三天，取出後即成為死的幼蟲），再放入兩隻成蟲或幼蟲，蓋上蓋子，置於室溫且暗室中，每組測試設立兩個實驗箱。

(二) **觀察**：三天之後，取出實驗箱觀察剩餘的幼蟲數量。

五、動物行為的探討

(一) 成蟲對「光線」的反應

設計實驗箱（如圖五），測試成蟲對光線刺激的趨向性。在暗箱外擺一盞燈，來提供光源，實驗時，將成蟲由塑膠管中間的小孔放入，成蟲放入塑膠管之後，將整根塑膠管完全沒入暗箱內，約一分鐘之後再抽出一半，看成蟲的趨向性。成蟲在測試之前，先放在暗室中數天。



圖五．測驗成蟲對光線刺激反應的實驗箱，由兩個部分組成：塑膠管（左圖）和暗箱（右圖）。塑膠管是由長約 30 公分的透明塑膠管組成，其中一半貼上黑色不透明膠帶，另一半則保持透明；在塑膠管中間處鑽一個成蟲可通過的小孔。暗箱是由不透明的紙盒組成，一端鑽一孔恰可容納塑膠管。

(二) 幼蟲對「濕度」與「空間大小」的反應

在養殖過程中，偶然的機會觀察到幼蟲會爬進裝半滿水的鐵製碗內的現象（如圖六），對幼蟲表現這種行為的原因，可能與趨向「濕度」或反「地心引力」（爬高）的特性有關。另外也觀察到，幼蟲會躲在潮濕襪

子底下的行為，這可能與「濕度」或「光線」或「空間大小」有關。



圖六．幼蟲會爬入裝半滿水的鐵製碗內。

為了瞭解幼蟲對濕度的趨向性，選擇的實驗箱（圖七 a）內壁光滑，使幼蟲無法往上爬（去除高度影響的因素）；在實驗箱內平放（去除高度影響的因素）兩只襪子，其中一只襪子保持乾燥，另一只襪子則保持濕潤；兩只襪子放置在實驗箱的中間（如圖七 b）。

在實驗箱兩只襪子中間放入 20 隻幼蟲，蓋上箱蓋以防止幼蟲爬出，靜置於室溫且暗室中（去除光線影響的因素），一～三天後觀察並記錄幼蟲出現的位置（實驗設計的變因如表二）。



圖七 a．實驗箱



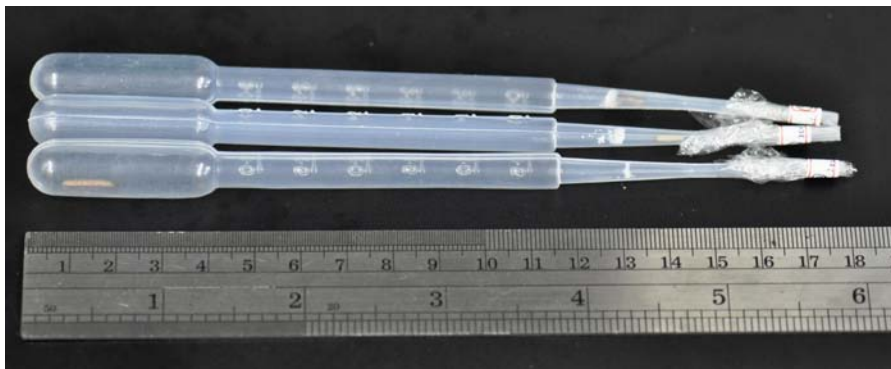
圖七 b．實驗箱內部襪子的陳設

表二．測試幼蟲對「濕度」與「接觸物體」反應實驗的控制、操作和因變變因（結果）。

控制變因	操作變因	因變變因（結果）
光線（放在暗室中）	濕度（乾襪子／濕襪子）	幼蟲出現的隻數
高度（襪子平放／光滑的箱壁）	空間的狹窄、隱密性 （襪子／開放空間）	

六、 容器空間大小與幼蟲產生白色物質地點的選擇性

(一) 實驗用容器：選用長 18 公分實驗用塑膠滴管（圖八），作為產生白色物質的容器。



圖八．實驗用塑膠滴管。

(二) 使幼蟲在滴管中產生白色物質：將一隻幼蟲從滴管開口放入，再用保鮮膜將開口封住，放置於室溫且暗室中。

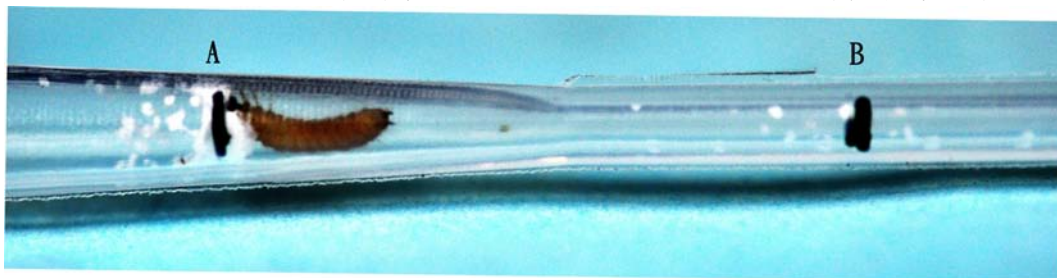
(三) 容器空間大小（塑膠管內徑）的估算：

步驟一：取出滴管，估算白色分泌物聚集成塊狀的位置（如圖九箭頭標示）。



圖九．白色分泌物聚集在滴管的兩個位置上。

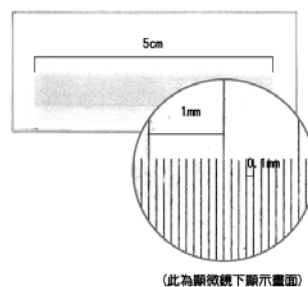
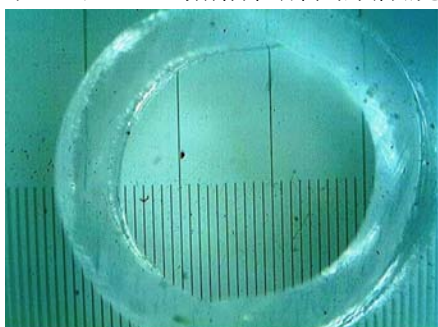
步驟二：取出滴管，用黑色油性筆標示（圖十）出白色分泌物聚集成塊狀的位置。



圖十．白色分泌物聚集在滴管的兩個位置（以油性筆畫上標誌「A」、「B」）上。

步驟三：用美工刀將標示區域分別做橫切。

步驟四：橫切後的塑膠圈（圖十一），先去去除白色物質，再置入精密玻璃刻度尺上（最小單位 0.1mm），以 CCD 照相和解剖顯微鏡量測最大的直徑（塑膠圈內徑）。



圖十一．將滴管標誌「A」、「B」上的位置橫切（左），以精密玻璃刻度尺（右）量測。

步驟五：以 CCD 照相後的照片為依據，估算塑膠圈最大的內徑（圖十二）。



A 段塑膠圈：最大內徑（共 28 格，每格 0.1mm）=2.8mm。



B 段塑膠圈：最大內徑（共 16 格，每格 0.1mm）=1.6 mm。

圖十二．滴管橫切後的塑膠圈，以精密玻璃刻度尺量測和估算最大內徑的方法。

七、 化學組成分析

(一) 醣類檢驗

1. 澱粉檢驗

在載玻片上，加入白色物質數片，滴入碘液，觀察顏色變化。

2. 還原糖檢驗（「本氏液的配方與反應原理」網站）

將白色物質加入水中浸泡，放入冰箱一天後，加入本氏液隔水加熱。

(二) 蛋白質檢驗（Salkowski 蛋白質黃色反應，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/黃蛋白反應>）

在載玻片上，加入濕潤的白色物質數片，各加入濃硝酸 2 滴，觀察對比各呈色反應。再滴加 2 滴濃氨水使呈鹼性後，觀察顏色變化。

(三) 脂質檢驗

1. 將白色物質一片各加入離心管中，分別加入去漬油、酒精和甲苯中。

2. 用振盪器搖晃五分鐘。

3. 靜置於室溫中約兩天。

4. 用振盪器再搖晃五分鐘，觀察白色物質溶解的情形。

伍、 研究結果

一、 赤足郭公蟲的基本生活史

生活史觀察到幼蟲、蛹、成蟲三個階段。

(一) 幼蟲：幼蟲分乳白色和黑化型二型（圖十三）。



a. 第一型幼蟲－乳白色幼蟲腹面觀



b. 第二型幼蟲－黑化型幼蟲背面觀

圖十三. 赤足郭公蟲幼蟲的二型性。

(二) 蛹：蛹依翅芽的顏色，分為乳白色（第一型蛹）和黑色兩型（第二型蛹）（圖十四）；第一型蛹的翅芽到羽化變態過程開始，仍保持乳白色（圖十五）。



圖十四. 赤足郭公蟲蛹的二型性。第一型蛹（左，翅芽呈乳白色）與第二型蛹（右，翅芽呈黑色）。

(三) 成蟲（圖十五）：



圖十五 a. 第一型蛹剛羽化之成蟲。
〔翅膀呈透明狀，腹面觀（左）與背面觀（右）〕



圖十五 b. 第一型蛹羽化二天
後之成蟲（頭、胸和翅膀由透
明狀變成黑藍色）。

二、 赤足郭公蟲的食性探討

(一) 對不同廠牌飼料的選擇性

在十七種測試的寵物飼料中，共十六種飼料有繁殖和長出幼蟲的記錄；成蟲皆可在狗食（項目 1~16）和貓食（項目 17）飼料中繁殖並且長出幼蟲。飼料中從開始放入成蟲到發現長出幼蟲，最短的時間為三十四天（表四，從 2009 年 11 月 5 日至 2009 年 12 月 7 日，項目 12 和 13）。

(二) 特殊食性〔同種類彼此相食（「成蟲」吃同種類「幼蟲」和「幼蟲」吃同種類「幼蟲」）〕的探討

1. 「成蟲」吃同種類「幼蟲」

由表三知，成蟲皆會以死的（圖十六 a）和活的幼蟲（圖十六 b）為食，但特別喜好以活的幼蟲為食〔放入的 5 隻活幼蟲，分別有 5 隻（實驗箱一）和 4 隻被捕食（實驗箱二）〕；在實驗期間，曾觀察到一個有趣的現象—若將成蟲禁食一段時間之後，放入活的幼蟲，成蟲會馬上抓住幼蟲並將幼蟲咀嚼食用。



圖十六 a. 成蟲以「死」的幼蟲為食。



圖十六 b. 成蟲抓住「活」的幼蟲並咀嚼食用。

2. 「幼蟲」吃同種類「幼蟲」

由表三可知，幼蟲也會以死的和活的同種幼蟲為食。

表三．測試成蟲（幼蟲）是否會吃同種類的幼蟲(包括活或死的幼蟲)。

98/12/14 開始實驗 三天後觀察 (98/12/14)		剩餘「死」幼蟲的數量 (實驗前放入五隻死幼蟲)		剩餘「活」幼蟲的數量 (實驗前放入五隻活幼蟲)	
		實驗箱一	實驗箱二	實驗箱一	實驗箱二
測試「成蟲」是否吃同種幼蟲	2 隻活的成蟲 +5 隻幼蟲	3 (2 隻被吃)	4 (1 隻被吃)	0 (5 隻被吃)	1 (4 隻被吃)
測試「活蛆」是否吃同種幼蟲	2 隻活的幼蟲 +5 隻幼蟲	3 (2 隻被吃)	5 (0 隻被吃)	5 (2 隻被吃)	7 (0 隻被吃)

表四．成蟲在十七種寵物飼料中，長幼蟲的記錄。

項目	動物飼料品名	測試箱數	編號	實驗開始日期	發現開始長「活蛆」日期		
					1	2	3
1	戀戀乾狗糧 全球寵物用品有限公司 雞肉口味	3	1/3, 2/3, 3/3	98.10.23	98.12.07	99.2.01	98.12.07
2	ProPURE_Adult24 羊肉髮膚保健配方	2	1/2, 2/2	98.10.26	98.12.07	98.12.07	
3	Animal Panet Nature's plan small breed adult Made with chicken and salmon Net Weight 80g	2	1/2, 2/2	98.10.28	98.12.07	98.12.07	
4	Mobby Choice 莫比自然食 人用級小羊肉&米	2	1/2, 2/2	98.10.29	98.12.07	98.12.07	
5	IAMS Healthy 愛慕思 成犬/羊肉 一歲以上成犬適用	2	1/2, 2/2	98.11.01	99.2.01		
6	Chicken Soup for the Dog Lover's 成犬 雞湯	2	1/2, 2/2	98.11.01	98.12.07	98.12.07	
7	魏大夫 狗食	2	1/2, 2/2	98.11.01	98.12.07	98.12.07	
8	Cesar 西莎 狗食 小羊排與活氧配方	2	1/2, 2/2	98.11.04	99.2.01	98.12.07	
9	Holistic Recipe Solution 成幼犬鮭	2	1/2, 2/2	98.11.04	98.12.07	98.12.07	
10	Chicken Soup for the Dog Lover's 幼母犬 雞湯	2	1/2,2/2	98.11.04	98.12.07	98.12.07	
11	希爾思 大顆〈犬粒〉	2	1/2,2/2	98.11.05	98.12.07		
12	澳洲天然有機寶 成犬	2	1/2,2/2	98.11.05		98.12.07	
13	Royal Canin Poodle 30 Caniche Adult 10 months	2	1/2,2/2	98.12.10	老鼠損壞	老鼠損壞	
14	Royal Canin Dachshund 28 Teckle Adult 10 months	2	1/2,2/2	98.12.10	99.2.01	99.2.01	
15	Canine Chanson Puppy(Chicken & Rice) 珍饌 雞肉米配方 (幼犬及懷孕哺乳母犬專用)	2	1/2,2/2	98.10.30	99.2.01	99.2.01	
16	Gary Blue 雞肉&羊肉 幼犬專用	2	1/2,2/2	98.11.04	99.2.01	99.2.19	
17	貓食	2	1/2,2/2	98.10.21	98.12.07	老鼠損壞	

三、 赤足郭公蟲行為的探討

(一) 成蟲對光線的反應

在五十隻成蟲放入實驗箱的實驗中，躲入暗室的成蟲為 25 隻，躲入光源一端的成蟲有 25 隻，這表示成蟲對光線並沒有明顯的趨向或背離的情形。

(二) 幼蟲對「濕度」與「空間大小」的反應

結果顯示（表五），幼蟲出現在乾襪子的次數比率達 80% 以上（16/20，17/20），出現在濕襪子的比率卻非常低（少於 10%），這表示幼蟲喜好乾燥的環境而非潮濕的環境。因為實驗箱是放置於暗室中，所以光線的影響已被去除，而根據上述的分析可知，濕度也不是影響幼蟲選擇停留的主要因素；再比較幼蟲出現在「乾襪子」和「開放空間」的次數，幼蟲出現在「乾襪子」的次數（16/20，17/20）明顯地高出出現在的「開放空間」次數（4/20，1/20），這表示幼蟲有喜好較狹窄空間或隱密的特性。

表五．20 隻幼蟲在實驗箱內，不同環境
（乾襪子、濕襪子、開放空間）的出現次數。

開始日期 98.12.10	觀察日期	乾襪子	濕襪子	開放空間
出現隻數	98.12.11	16	0	4
	98.12.14	17	2	1

四、 幼蟲分泌白色物質的探討

(一) 白色物質在顯微鏡下的形狀與構造

白色物質由一顆顆泡沫狀(圖十七 a)的顆粒堆積而成(圖十七 b)。



圖十七 a．白色物質呈泡沫狀。

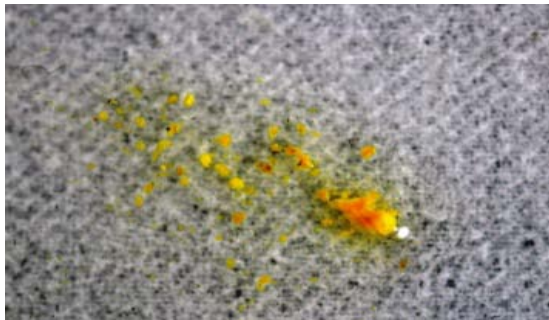





圖十七 b．白色物質由白色顆粒堆積而成。

(二) 白色物質的化學組成分析

白色物質不易溶於水，也不溶於有機溶劑中，由表六可知，白色物質含有蛋白質和還原糖。

表六．滴加碘液、本氏液加熱、Salkowski 黃色反應、在有機溶劑（去漬油、酒精、甲苯）中是否溶解，分別檢驗白色物質是否含有醣類（澱粉和還原糖）、蛋白質和脂質。

滴入試劑 反應	蛋白質檢驗 (Salkowski 黃色反應檢驗)	脂質檢驗 (是否溶解在有機溶劑 ² 中)		
	濃硝酸 (70%, 15M) 再加入濃氨水 ¹	去漬油	酒精	甲苯
白色物質的反應	*加入 (等量) 濃硝酸 (70%, 15M) → 呈黃色 *再加入 (等量) 濃氨水 (變鹼性) → 呈橙黃色 	皆不溶解 		
反應的意義	含有蛋白質	無反應		
滴入試劑 反應	醣類檢驗			
	澱粉檢驗 加入碘液 ³	還原糖檢驗 加入本氏液 ⁴ ，隔水加熱		
白色物質的反應	呈黃褐色 	呈黃色、橘黃色、紫色顆粒 		
反應的意義	無反應	含有還原糖		

¹ 濃硝酸和濃氨水液體之顏色為透明無色。

² 有機溶劑（去漬油、酒精和甲苯）皆為透明無色。

³ 碘液為黃褐色，若遇澱粉呈現藍黑色。

⁴ 本氏液為水藍色，若遇還原糖加熱呈現綠、黃、橙、紅色。

(三) 幼蟲分泌白色物質的包覆方式 (圖十八~二十一)

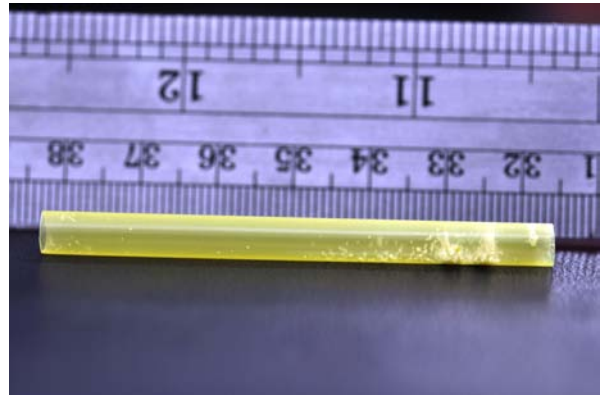
根據觀察，幼蟲分泌白色物質可以形成下列多種樣式：

1. 形成蓋子封閉出入口

在容器的一端或兩端，形成蓋子並封閉出入口 (圖十八)。



圖十八 a . 封住容器的一端，形成蓋子



圖十八 b . 封住容器的兩端，形成蓋子

2. 鑽入飼料顆粒內部，形成蓋子封閉出入口

幼蟲會在飼料上咬碎飼料並鑽洞，待形成適當的空間後，幼蟲捲曲躲在洞內，再分泌白色物質與飼料小顆粒膠結，形成蓋子並封閉出入口 (圖十九)。



a . 幼蟲正鑽入飼料顆粒中



b . 幼蟲以白色物質封閉飼料顆粒



c . 將白色物質形成的蓋口打開



d . 幼蟲躲在顆粒內

圖十九 . 幼蟲鑽入飼料顆粒內部，以白色物質形成蓋子封閉出入口的過程。

3. 包覆成繭狀，形成獨立封閉的空間

幼蟲分泌白色物質，將全身包覆與容器管壁形成密閉的空間 (圖二十)。



圖二十．幼蟲分泌白色物質包覆成繭狀，形成獨立封閉的空間，幼蟲躲藏在繭中。

4. 膠結飼料顆粒形成封閉空間

幼蟲會在飼料上不鑽洞，直接分泌白色物質，將一~三顆飼料顆粒與容器結合在一起，形成獨立的空間（圖二十一）。



a. 幼蟲分泌白色物質膠結一顆飼料顆粒與容器管壁。



b. 幼蟲分泌白色物質膠結二顆飼料顆粒與容器管壁。



c. 幼蟲分泌白色物質膠結三顆飼料顆粒與容器管壁（背面觀）。



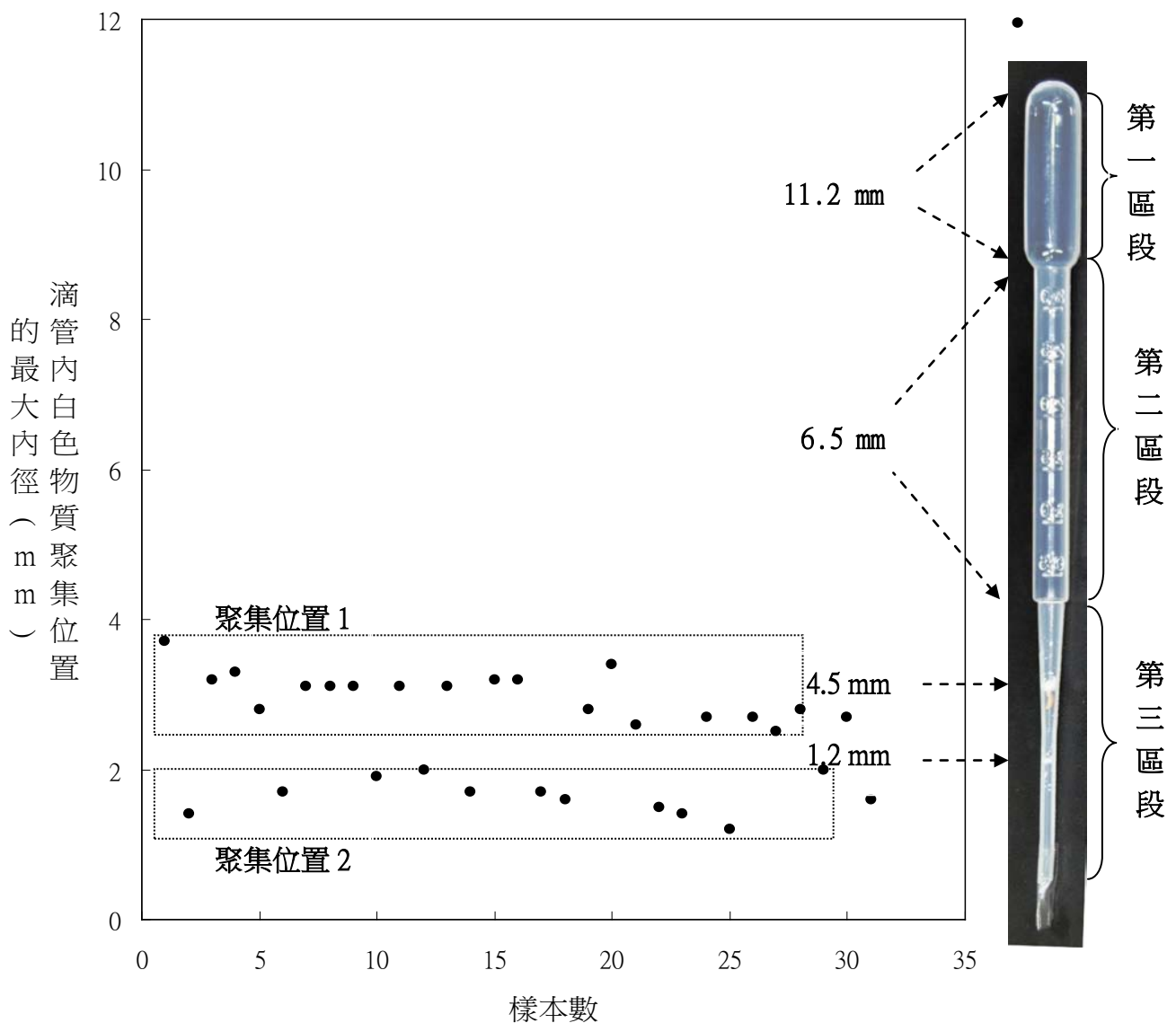
d. 幼蟲分泌白色物質膠結三顆飼料顆粒與容器管壁（腹面觀）。

圖二十一．幼蟲分泌白色物質，膠結飼料顆粒或容器，形成封閉空間。

(四) 容器空間大小與幼蟲產生白色物質地點的選擇性

在 25 支產有白色物質的滴管中（表七），19 支滴管白色物質只聚集在一個位置上，有 6 支滴管（滴管 2、5、8、15、19、20）白色物質聚集在兩個位置上，且所有的白色物質都聚集在滴管內徑 3.7mm 以內，白色物質聚集的最大滴管內徑為 3.65mm，最小的滴管內徑則為 1.11 mm。

滴管依內徑的大小，可分為三個區段（圖二十二），第一個區段的內徑中間的部分為 11.2 mm，第二個區段的內徑大部分為 6.5 mm，第三個區段的內徑變化較大，由 4.5~1.2 mm。白色物質主要集中在滴管的第三區段，且可區分為兩個聚集位置（聚集位置 1 和聚集位置 2）；聚集位置 1 的滴管內徑由 2.42~3.65 mm，聚集位置 2 的滴管內徑由 1.11~2.07 mm。



圖二十二．白色物質聚集在滴管中的位置分布圖（根據表七的資料繪出）。

表七：二十五支產生白色物質的滴管，
白色物質聚集在滴管中的位置與此位置的最大內徑。

滴管編號		最大內徑格數 (每格 0.1mm)	最大內徑大小 (mm)
滴管 1		36.5	3.65
滴管 2	1 st	30.9	3.09
	2 nd	12.6	1.26
滴管 3		32.2	3.22
滴管 4		27.4	2.74
滴管 5	1 st	16.3	1.63
	2 nd	30.8	3.08
滴管 6		30.7	3.07
滴管 7		30.1	3.01
滴管 8	1 st	17.7	1.77
	2 nd	31.1	3.11
滴管 9		19.2	1.92
滴管 10		31.3	3.13
滴管 11		16.4	1.64
滴管 12		31.6	3.16
滴管 13		32.7	3.27
滴管 14		16.4	1.64
滴管 15	1 st	16.2	1.62
	2 nd	27.8	2.78
滴管 16		33.4	3.34
滴管 17		25.5	2.55
滴管 18		15.4	1.54
滴管 19	1 st	14.2	1.42
	2 nd	26.3	2.63
滴管 20	1 st	27.6	2.76
	2 nd	11.1	1.11
滴管 21		24.2	2.42
滴管 22		27.5	2.75
滴管 23		20.7	2.07
滴管 24		25.9	2.59
滴管 25		15.2	1.52

1st：第一個白色物質產生聚集的位置。

2nd：第二個白色物質產生聚集的位置。

(五) 白色物質功能的探討

圖二十三顯示，幼蟲分泌白色物質可能有兩項功能－形成「躲藏」與「結蛹」的空間以躲避敵害。



a. 三隻幼蟲（如圓圈標示）躲藏在白色物質和飼料顆粒形成的空穴中。



b. 幼蟲躲藏在白色物質形成的空穴中（襪子上）。



c. 幼蟲躲藏在白色物質和飼料顆粒形成的空穴中結蛹（如圓圈標示）。

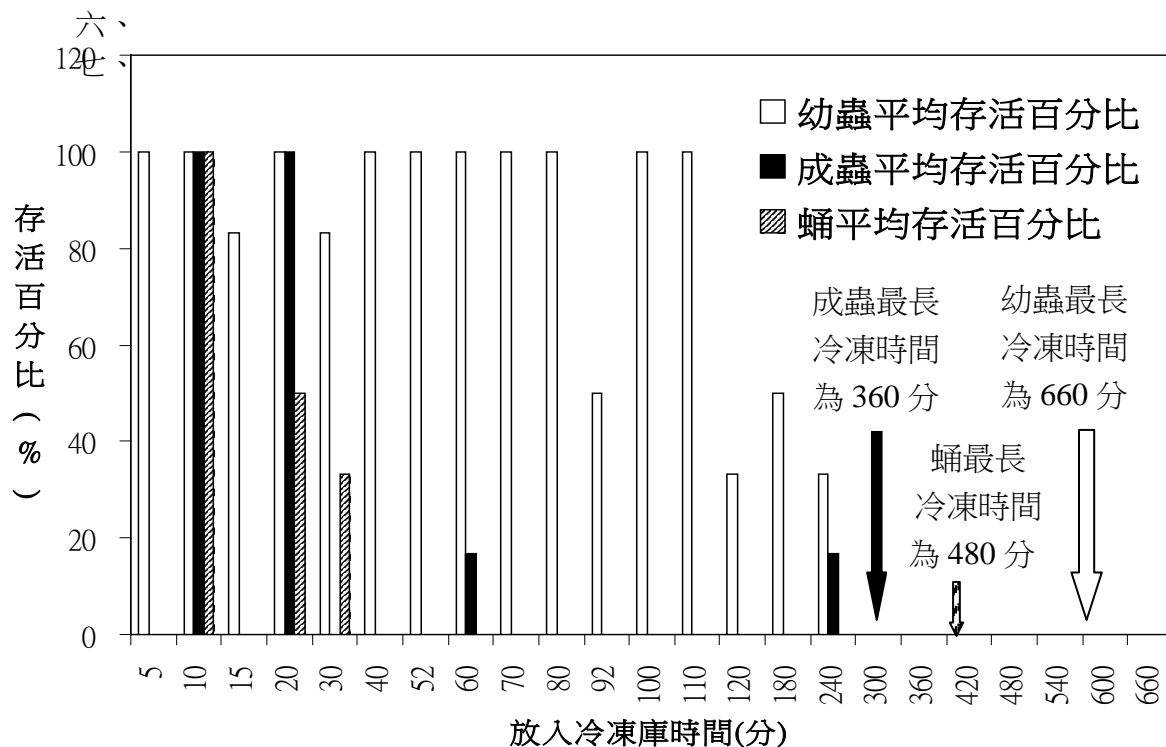


d. 幼蟲躲藏在白色物質和滴管形成的繭中結蛹。

圖二十三．幼蟲和蛹躲藏在白色物質形成的空穴中。

五、 飼料害蟲防治方法的探討(1)－用「冷凍法」殺死寵物飼料中的赤足郭公蟲

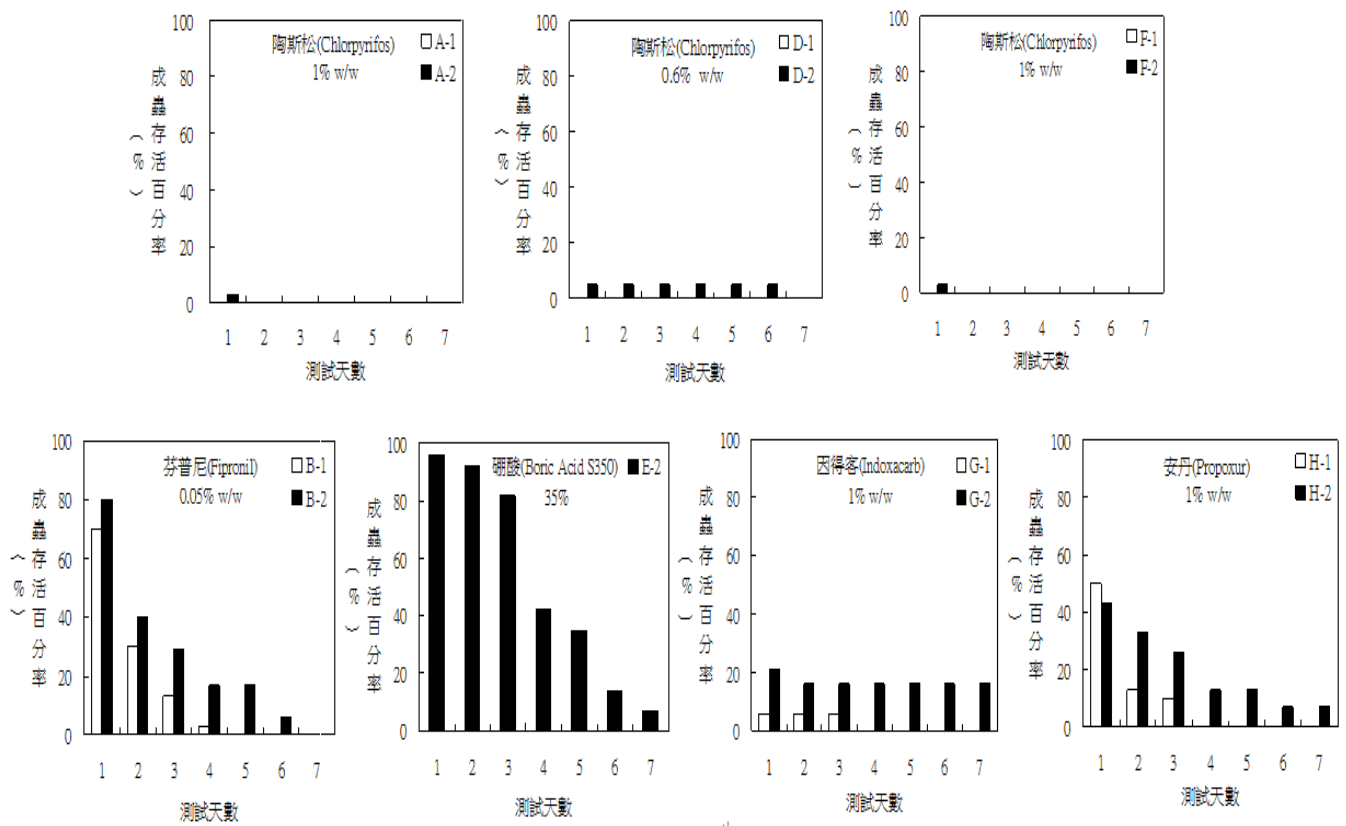
用冷凍法來殺死飼料中的害蟲，優點是不會破壞飼料的營養成分。幼蟲比成蟲和蛹更能夠耐冷凍的處理(圖二十四)，幼蟲經過 240 分鐘(四小時)的冷凍處理後仍能存活，成蟲大多數只能忍耐 20 分鐘的冷凍處理，但仍有少數可存活在一小時和四小時的冷凍處理中，只能忍耐 30 分鐘的冷凍處理。根據這個實驗可知，若要消除飼料中赤足郭公蟲的蛹、幼蟲與成蟲，必須將感染蟲體的飼料放在冷凍庫(溫度-20.0~-14.8 °C，相對濕度 68~76 %)中五小時以上。



圖二十四. 放置於冰箱冷凍庫不同時間，幼蟲與成蟲的存活百分比比較。成蟲與幼蟲置入冰箱(東元冰箱鮮綠 RE 2891)冷凍庫中(溫度 -20.0~-14.8 °C/相對濕度 68~76 %)若干時間後，計算存活的數量。實驗前，先將成蟲與幼蟲置於室溫(18~28°C)中三天才開始測試。使用溫濕度計(四合一溫濕度計時鐘-迷你氣象台)記錄實驗時的溫度與相對濕度。

六、 飼料害蟲防治方法的探討 (2) — 用「殺蟑餌劑」吸引和殺死寵物飼料中的赤足郭公蟲

結果顯示 (圖二十五)，市面上販售的七種殺蟑餌劑，都可以吸引和殺死赤足郭公蟲成蟲；成分為陶斯松 (Chlorpyrifos) 和因得客 (Indoxacarb) 的殺蟑餌劑殺郭公蟲成蟲的效果較好，放入殺蟑餌劑一日後，僅有不到 20% 的成蟲存活 (80% 的成蟲死亡)，而陶斯松成分的殺蟑餌劑，經過七天之後可完全殺死成蟲；其他成分 (芬普尼、硼酸、安丹) 的殺蟑餌劑，在殺死郭公蟲成蟲的效果上則較為緩和，放入殺蟑餌 1 天之後，仍有超過 40 ~ 90% 的成蟲存活。



圖二十五· 赤足郭公蟲成蟲放置於裝有七種殺蟑餌劑的密閉盒內，不同測試天數的存活百分率。A 代表鱷魚牌無蟑道殺蟑餌劑，B 代表 Combat 威滅滅蟑隊，D 代表安德生蟑愛呷消蟑堡，E 代表遠百企業除蟑餌劑，F 代表愛潔美優品除蟑錠，G 代表 Raid 雷達連環殺蟑堡，H 代表鱷魚牌必安住無蟑道加強餌。

陸、 討論

一、 赤足郭公蟲飼養的困難

筆者在購買的寵物飼料中，發現了蟲體的存在；在繁殖過程中，發現蟲體非常喜歡交配，但是卻很難找到卵，若將一對雌雄個體單獨放在培養箱中，往往很難獲得大量的幼蟲。因此，為了獲得到足夠數量的蟲體，將成蟲大量的放在培養箱中來飼養，較容易獲得大量的蟲體。為何單獨飼養一對雌雄個體不易獲得大量的蟲體，是否與同類相食（成蟲會吃幼蟲）的行為、生殖方式或飼料成分（Ashman, 1963；Hasan and Philips, 2010）有關，值得作進一步的觀察。

二、 赤足郭公蟲的食物來源

赤足郭公蟲為廣泛入侵世界各地的害蟲，具有廣泛的食物來源，一般以魚乾和肉乾為食（BugGuide, <http://bugguide.net/node/view/39932>），甚至會侵入博物館標本（BugGuide, <http://bugguide.net/node/view/39932>）、木乃伊（Crowson, 1964）、動物屍體（林義朗和楊秋和，2009）和寵物飼料（Gredilha and Lima, 2007）。在國內，本研究首次紀錄到赤足郭公蟲入侵國內寵物飼料的現象。

赤足郭公蟲有特殊的食性，會以他種昆蟲的幼蟲為食（Ashman, 1963）；除此之外，報告發現赤足郭公蟲具有殘食性，會以同類的卵和蛹為食（頂響能多潔, 台灣網頁）；本研究也發現到赤足郭公蟲蟲體會彼此相食（成蟲和幼蟲會吃同種的幼蟲）的現象，這種同種相食的現象是否與食物的來源不足、補充養分或加速發育有關，須進一步的實驗和探討。

三、 「生活史」和「二型性」的探討

赤足郭公蟲的生活史雖然已有較詳細的描述（Hasan and Philips, 2010），但對於幼蟲與蛹二型性的現象，則在文獻中沒有詳細的紀錄。

赤足郭公蟲的幼蟲期和蛹期都有明顯的二型性現象，幼蟲分乳白型與黑化型（圖片, <http://bugguide.net/node/view/39932>）兩型，蛹也分為兩型（第一型—蛹的翅芽為乳白色，第二型—蛹的翅芽為黑色）；這種二型性的現象，是否與雌雄分別有關或是其他的原因所造成，另外，幼蟲與蛹的二型性之間是否有相關，需要作進一步的觀察與實驗。除了幼蟲和蛹之外，卵和成蟲是否也有二型性的現象，也需要進一步的探討。

雌雄的區別與交配產卵地點的選擇，需要作進一步的分析，以作為防治害蟲上的參考。

四、 幼蟲分泌「白色物質」的探討

幼蟲會分泌白色物質，但是為什麼幼蟲要分泌白色物質（白色物質的功能為何？），是否與躲避同種其他幼蟲或成蟲的競爭有關（本研究發現，幼蟲和成蟲都有同種相食的現象）或是作為結蛹的地方以躲避敵害，需要供詳盡的實驗和分析。

顯然地，幼蟲分泌的白色物質會污染飼料，但是對於寵物的影響則未知；

有報導記載，寵物吃了蟲體感染的寵物飼料後回拉肚子（Yahoo 奇摩新聞報導，2009）；寵物拉肚子是否和白色物質或其他原因（如蟲體、蟲體糞便、變質的飼料等．．．）有關，則需進一步的測試。

另外，初步的分析得知，白色物質含有還原糖和蛋白質，但對於更詳盡更的化學組成與成分，以及幼蟲從何處分泌白色物質（消化系統），是下一年研究的目標。

五、 飼料害蟲防治—「冷凍處理」、「殺蟑餌劑」和其他方法的進一步探討

實驗證實，只要放入冰庫中五小時以上，就可消除飼料中的幼蟲與成蟲。但對於卵和蛹的冷凍處理反應，則未作實驗測試；若能用冷凍法，運用不同時間冷凍處理卵與蛹，可使用「冷凍法」去除寵物飼料害蟲的方式更加周密。

殺蟑餌劑亦可應用於吸引和殺死成蟲，但對於幼蟲會不會被殺蟑餌劑吸引和殺死，需作進一步探討。

其他方法（煙薰法、微波法、酒精消毒法等．．．）害蟲防治上的可行性，也需要作更進一步的驗證。

六、 汙染寵物飼料的赤足郭公蟲從何而來

各地的赤足郭公蟲，有不同的來源，例如中國大陸的赤足郭公蟲是從印度引進（中國主要外來害蟲名錄，2002；印尼生產的生的可哥豆檢出赤足郭公蟲，<http://www.9han.com/thread-278592-1-1.html>）。本研究的蟲體是從法國廠牌的寵物飼料中取得，是否蟲體就來自於法國或是在其他地方受到蟲體的汙染，或是本土的感染（本土豬隻的屍體上發現有赤足郭公蟲，林義朗和楊秋和，2009），都需要進一步的比對與檢驗，才能確認其來源。

柒、 結論

- 一、 **生活史**：赤足郭公蟲生活史中的幼蟲期與蛹期，都有二型性（幼蟲—乳白型和黑化型，蛹—翅芽乳白型和翅芽黑色型）的現象。
- 二、 **食性**：赤足郭公蟲有廣泛的食性，但偏好含有肉類的食物，各種廠牌的寵物飼料（都含有肉類）、廚餘、肉乾、阿華田都會食用，特別的是有同種類相食的現象。
- 三、 **行為**：赤足郭公蟲對光線的刺激沒有明顯的趨光性，對濕度有負的趨濕性，另外有喜好躲藏在狹窄空間的傾向，甚至會主動地在飼料顆粒中挖洞將自己藏在洞內現象。
- 四、 **幼蟲分泌的白色物質**：
 - （一）白色物質由一顆顆泡沫狀的顆粒堆積而成。
 - （二）幼蟲分泌白色物質後，將白色物質當作蓋子，將幼蟲封閉在裡面。
 - （三）幼蟲偏好分泌白色物質在較狹窄的空間內。

(四)白色物質含有還原糖和蛋白質。

(五)白色物質可能有兩項功能－形成躲藏和結蛹的空間。

五、 用「**冷凍法**」冰凍幼蟲和成蟲超過五小時，可殺死飼料中的幼蟲和成蟲。

六、 市面上販售的「**殺蟑餌劑**」可用來吸引和殺死成蟲。

捌、參考資料及其他

- 一、 中國主要外來害蟲名錄（2002年）。取自：http://big5.aqsiq.gov.cn/gate/big5/dzwjyjs.aqsiq.gov.cn/zwjyjs/swaq/wlyhsw/200610/t20061028_17582.htm。
- 二、 本氏液的配方與反應原理。取自：<http://residence.educities.edu.tw/yenwen/science/questions/chem/1.htm>。
- 三、 印尼生產的生的可哥豆檢出赤足郭公蟲。取自：<http://www.9han.com/thread-278592-1-1.html>。
- 四、 聿鑫公司網站。取自：http://www.yardix.com.tw/pro_detail1.php?kind1=24&pronum=358。
- 五、 希爾思飼料有一條一條的蟲!!!（2009年9月29日）。取自：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?gid=1509092900766>。
- 六、 林義朗和楊秋和 2009 夏天嘉義地區曝屍豬隻上的蟲相變化。刑事科學 66(03) 頁 1-16。
- 七、 黃蛋白反應。取自：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/黃蛋白反應>。
- 八、 頂響能多潔, 台灣 赤足郭公蟲。取自：<http://www.rentokil.com.tw/Technical-A-Z-Pests-Copra-beetle-6.4.11.10.htm>。
- 九、 超噁心！知名寵物飼料長蟲，狗狗吃了狂拉肚子（2009年10月25日）。Yahoo 奇摩新聞報導。取自：<http://275/1tmp2.html>。
- 十、 ASHMAN, F., 1963. Factors affecting the abundance of the copra beetle, *Necrobia rufipes* (Deg.) (Col, Cleridae). Bull. Entomol. Res., vol. 53, no. 4, p. 671-680.
- 十一、 Bugguide: Identification, Images, & Information For Insects, Spiders & Their Kin For the United States & Canada. <http://bugguide.net/node/view/39932>.
- 十二、 Crowson, R.A., 1964. A review of the classification of Cleroidea (Col.) with descriptions of two new genera of Peltidae and of several new larval types. Transactions of the Royal Entomological Society of London 116, 275 - 327.
- 十三、 Gredilha, R.I, and AF. Lima. 2007. First record of *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775) (Coleoptera; Cleridae) associated with pet food in Brazil. Braz. J. Biol. vol.67 no.1
- 十四、 Hasan, Md. Mahbub and Thomas W. Phillips. 2010. Mass-rearing of the redlegged ham beetle, *Necrobia rufipes* De Geer (Coleoptera: Cleridae) for laboratory research. Journal of Stored Products Research. Volume 46, Issue 1, Pages 1-7.

【評語】 030308

本作品為觀察寵物飼料滋生出來的赤足郭公蟲做較完整的觀察，包括其生活史、蟲體之白色分泌物性質，蟲對飼料的影響及尋求防治方法。研究結果較屬一般性的昆蟲生活史及行為觀察性描述，較有興趣的是白色分泌物質在其生理生態上的意義，但未有較具體的探討，殊為可惜。