中華民國第60屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生物科

080318

「粉」墨登場-柯氏素菌瓢蟲和胡瓜白粉病之探究

學校名稱：宜蘭縣羅東鎮成功國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳奕竹	李冠霆
小六 陳妤柔	湯姿敏
小六 鄭羽欣	
小六 賴怡廷	

關鍵詞：柯氏素菌瓢蟲、白粉病、生物防治

摘要

本研究以柯氏素菌瓢蟲(*Illeis koebelei*)針對白粉病來進行生物防治研究，柯氏素菌瓢蟲屬於完全變態昆蟲，幼蟲 4 齡，各齡期約 2 至 3 天，卵期約 6.5 天，蛹期約 6 天，從產卵至羽化成蟲約需 23.7 天，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

終齡幼蟲取食白粉病菌的平均速率為 0.84mm^2/分，成蟲則為 1.15mm^2/分，是終齡幼蟲的 1.37 倍。放置 5 隻成蟲進行生物防治，100%感染的胡瓜子葉約需 0.3 個工作天；60%感染的胡瓜本葉約需 4 個工作天；南瓜葉則需 8.1 工作天。以 60%感染的葉片進行生物防治估算成蟲所需數量，胡瓜子葉僅需一隻即可於 1 工作天內完成，胡瓜本葉若一個工作天內要吃完，則需約 21 隻，但瓢蟲密度可能偏高，建議放置 4 隻可於 5 個工作天內吃完或 7 隻可於 3 個工作天內吃完。

壹、　研究動機

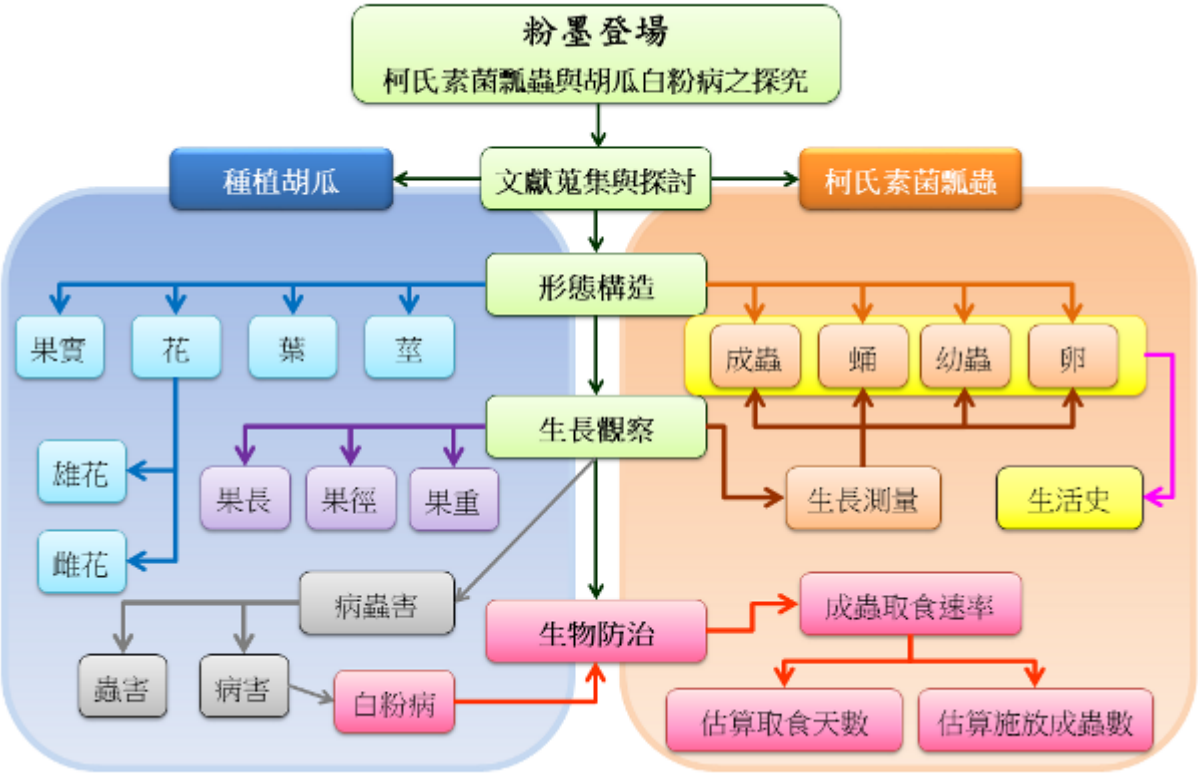
去年學校結合四健會作業組讓同學們在學校菜園種植胡瓜並進行觀察，由於同學們將胡瓜種植在自行搭設的網室內，可能因為悶熱、通風不良等因素，讓胡瓜的葉片上長滿了白色的粉末，老師帶學生前往觀察時，竟發現長滿白色粉末的葉子上居然還有許多小小隻的蟲，一開始大家誤以為是鱗翅目的毛毛蟲大軍，在詢問自然老師後才發現原來小小隻的蟲其實是瓢蟲的幼蟲，究竟是哪種瓢蟲呢?牠在胡瓜長滿白色粉末的葉片上做什麼呢?白色粉末究竟是什麼東西呢?我們透過所學過的「昆蟲王國」和「植物的奧秘」單元，開始進行觀察和探討。

貳、　研究目的及架構

研究目的

一、認識胡瓜的構造並進行生長觀察及病蟲害探究。
二、認識柯氏素菌瓢蟲的形態構造及生長觀察。
三、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的探討。

研究架構



研究進度

研究步驟	108 年			109 年					
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
文獻蒐集									
校園種植與觀察									
實驗設計與進行									
資料整理與統計									
撰寫作品說明書									

參、　研究設備及器材

採集用具	毛筆、鑷子、剪刀、湯杯
飼養用具	塑膠湯杯、培養皿、胡瓜葉(已感染白粉病菌)、紙巾、滴管
實驗用具	濾紙、酒精、解剖盤、解剖盒、切割墊
觀察記錄器材	解剖顯微鏡、光學顯微鏡、手機微距鏡、放大鏡、智慧型手機、科學積木、實物投影機、相機

肆、研究方法、結果與討論

【研究一】認識胡瓜的構造並進行生長觀察及病蟲害探究

一、文獻探討

(一)分類地位

Plantae　植物界

Tracheophyta　維管束植物門

Magnoliopsida　木蘭綱

Cucurbitales　葫蘆目

Cucurbitaceae　葫蘆科

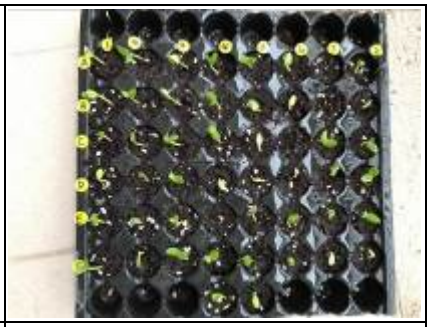
Cucumis　胡瓜屬

(二)基本介紹

胡瓜(*Cucumis sativus*)為葫蘆科胡瓜屬，一年生蔓生草本植物，原產地為印度喜馬拉雅山南麓至尼泊爾等地，其根系淺且分布廣，主要根系分布在 30 公分內的土壤中；葉互生，表面覆有毛，葉腋著生花芽或卷鬚，卷鬚由側枝或葉變形而來。小胡瓜採收適期為果長 18~22 公分、果重約 70~100 公克。胡瓜品種很多，除了有大小之分外，外形也有點不同。小黃瓜要在果實還幼嫩時採收，那時凋謝的花朵還附著在果實上，所以也被稱為花瓜，吃稀飯時最常見的醬菜花瓜，其實就是小黃瓜。它的表面有突起的嫩刺，如果刺一摸就斷，代表小黃瓜非常鮮嫩好吃。

二、認識胡瓜的形態構造與生長觀察

(一)胡瓜育苗

		
日期：10/18。選取胡瓜種子 50 顆，置於暗室浸泡冷水 3 小時進行催芽。	日期：10/18。催芽後使用鑷子小心移置穴盤內育苗。	日期：10/22。胡瓜育苗第 5 天生長情形，發芽率為 47/50，94%。
日期：10/22。胡瓜育苗第 5 天後，開始測量並記錄植株生長高度。	日期：11/1。育苗第 15 天，測量胡瓜第一片本葉的葉面積。	日期：11/6。胡瓜育苗第 20 天準備進行定植。

說明：

1、編號 A7、C6 兩植株的種子被螞蟻啃食，導致植株未發芽。

2、編號 B7 的種子到播種第 7 天才發芽(10/24)，因此植株生長比其他植株更慢。

(二)整地鬆土及定植

日期：10/26。棚架區菜畦倒入粗糠並使用中耕機進行整地。	日期：11/6。棚架區菜畦區分 4 種舖面並種植胡瓜。	日期：11/6。於室外實驗區舖上銀黑布、稻草等不同舖面。	日期：11/6。於室外實驗區定植胡瓜苗。

(三)觀察胡瓜植株的構造

實驗方法：種植胡瓜過程中，觀察植株構造並拍照記錄。

實驗結果：

部位	照片		描述
莖與卷鬚			1、莖上有明顯節，節上生長側芽。 2、莖不平滑有稜，披有絨毛。
葉			1、單葉、互生、綠色。 2、葉緣鋸齒狀，葉面葉被均披有白色絨毛。 3、葉腋著生花芽或捲鬚。
花	雄花	雌花	1、均屬單性花，雄雌異花同株。 2、雄花較小多為簇生；雌花較大多為單生，偶有雙生。 3、雄蕊花藥囊呈皺褶狀；雌蕊柱頭三裂。 4、花冠均呈鐘形，具五深裂。

果實			1.、雌花的果實由花托和子房共同融合而成。 2、雌花果實圓柱形，通常有刺，刺基有瘤狀突起。

(四)胡瓜果實生長數量統計

實驗方法：

1、將胡瓜幼苗各 24 株分別種植在「網室內」與「網室外(露天)」的菜畦。

2、將兩個菜畦再區分 4 種舖面，分別是：(1)銀黑塑膠布-黑色朝上；(2)銀黑塑膠布-銀色朝上；(3)舖稻草及(4)畦面無覆蓋。

3、採收胡瓜果實後分別測量果長、果徑、果重及果實數量並記錄下來。

實驗結果：

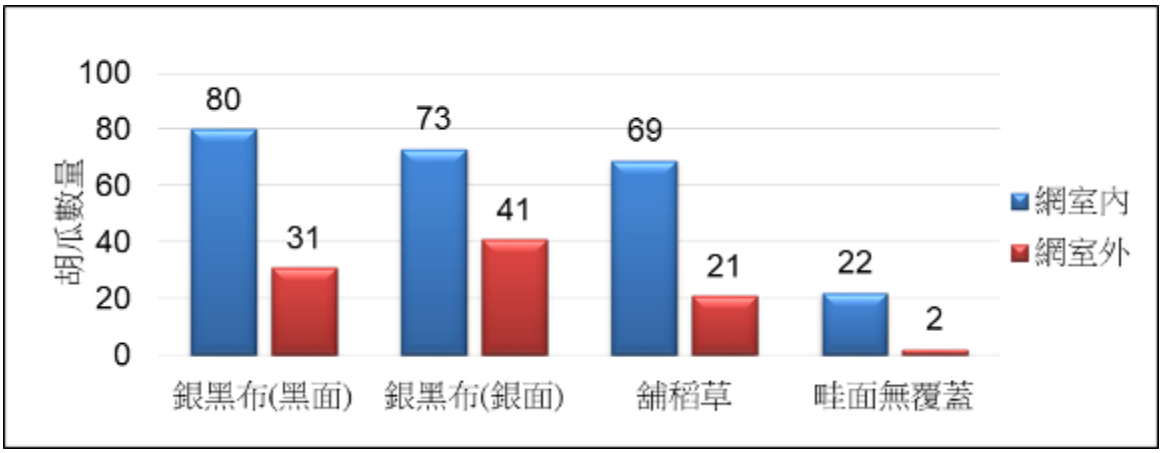


圖 1、菜畦不同舖面與胡瓜產量的比較

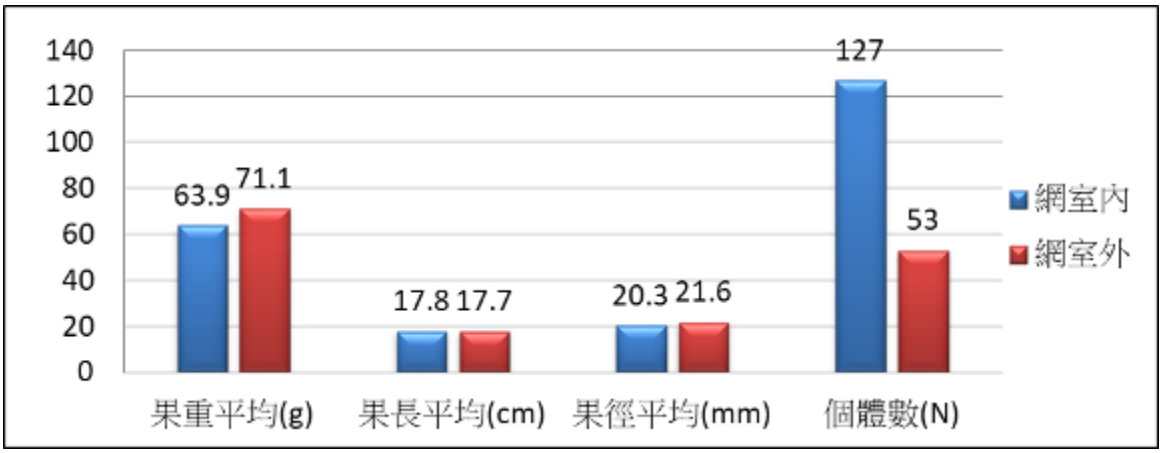


圖 2、網室內外胡瓜生長測量圖

討論：

1、網室內的胡瓜結果數量為 244 條，比網室外結果數量 95 條還要多，約為 2.5 倍。

2、因宜蘭冬季寒冷多雨，為了實驗觀察而選擇於秋冬季節種植胡瓜，在網室外種植的胡瓜受到天候影響而導致植株生長情況不佳。

3、將溫度分析比較，發現網室內的溫度比網室外還要高，日平均溫度相差約 1.1℃。

4、果徑和果重的分析：網室外的數值均比網室內的大，而果長的分析則以網室內稍長。

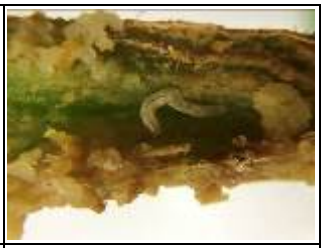
三、認識胡瓜病蟲害

(一)胡瓜蟲害記錄

實驗方法：種植胡瓜過程中，觀察是否有昆蟲危害並將情形記錄下來。

實驗結果：自 108 年 11 月 6 日定植至 109 年 1 月 6 日所觀察到的蟲害如下：

名稱	照片	生活習性	危害情形
瓜螟		成蟲有趨光性、卵散產於葉或植株上，老熟幼蟲於葉背或植株上吐絲結薄繭而化蛹其中。幼蟲以葫蘆科之瓜類為食。	初齡幼蟲喜群集於葉背危害，啃食葉肉，僅留上表皮之白色薄膜，亦會吐絲捲葉或啃食幼果或蛀入果實內危害。
瓜實蠅		成蟲外觀似蜂，因而有瓜仔蜂之俗稱，為瓜果之主要害蟲，全年可見，4 至 9 月是為害高峰期。終齡幼蟲入土化蛹，有跳躍之習性。	成蟲羽化後，雌蟲以產卵器刺入果實並產卵於果實內部組織中，以幼果受害最烈。孵化後幼蟲即在果實內部蛀食，造成被害果畸形腐爛。
蚜蟲		無翅及有翅成蟲常同時發生，一般以無翅型個體佔多數。成、若蟲均棲息心芽或葉背取食汁液，其分泌之蜜露可誘發煤煙病污染菜葉。	蚜蟲刺吸葉液，被害嚴重葉片常捲縮或萎凋，植株生長不良，並分泌蜜露誘發煤煙病並污染葉片及引誘螞蟻前來取食形成共生現象。

			
日期：108/11/16 棚架區內發現鱗翅目幼蟲啃咬胡瓜幼葉。	日期：108/12/10 棚架區發現成群蚜蟲吸食胡瓜葉背。	日期：108/12/16 發現瓜實蠅用產卵器刺入胡瓜果實進行產卵。	日期：109/1/6 發現胡瓜莖被瓜實蠅幼蟲寄生啃食導致潰爛，植株枯萎。

(二)胡瓜病害記錄

實驗方法：種植胡瓜過程中，觀察胡瓜植株病害並拍照記錄。

實驗結果：自 108 年 11 月 6 日定植至 109 年 1 月 6 日所觀察到的病害如下：

名稱	照片	病徵描述
露菌病		1、發病初期、從下位葉開始，葉片上呈淡黃色小斑點。 2、遇潮溼則在葉下表面產生灰黑色黴粉。 3、病勢進展快速時，病斑互相融合使整個葉片變黃。 4、病葉乾枯時容易破裂。 5、高溼度情形下，葉肉快速出現病斑且迅速向上位葉蔓延。
白粉病		1、白粉病菌屬於絕對寄生菌，不喜歡水。 2、初期會在葉片上產生白色粉狀圓形病斑。 3、數個病斑可複合成大面積粉狀病斑。 4、病害嚴重時，白粉佈滿葉片，影響光合作用。 5、病斑可蔓延至葉柄、莖及果實。

(三)觀察胡瓜白粉病

白粉病英文名為 Powdery mildew，白粉病菌是世界上最常見的植物病原真菌之一。感染近 10000 種的被子植物，病斑會出現在葉、莖、花和果實，受到感染的植物葉片通常會扭曲或泛黃凋落。12 月 25 日於第二批胡瓜子葉及本葉上發現有白粉病的跡象。

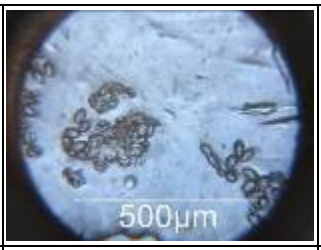
實驗方法：

1、將葉面上白粉病菌撥到載玻片上。

2、滴上一滴純水，再蓋上蓋玻片。

3、放置於光學顯微鏡上進行觀察並繪圖。

實驗結果：

			
將葉面上白粉病菌撥到載玻片上。	日期：109/1/2。使用解剖顯微鏡觀察胡瓜白粉病的孢子。	日期：109/2/11。使用光學顯微鏡觀察胡瓜白粉病的孢子。	日期：109/2/11。胡瓜白粉病的孢子手繪圖。

【研究二】認識柯氏素菌瓢蟲的形態構造及生長觀察

一、文獻探討

(一)分類地位

Animalia　　動物界

Arthropoda　　節肢動物門

Insecta　　昆蟲綱

Coleoptera　　鞘翅目

Coccinellidae　　瓢蟲科

Illeis　　素菌瓢蟲屬

(二)基本介紹

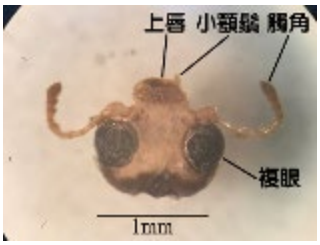
柯氏素菌瓢蟲(*Illeis koebelei*)又叫黃瓢蟲，生活於平地至低海拔山區普遍種，屬於食菌性瓢蟲，以白粉病等真菌維生，棲息在草叢、樹叢間，是晝行性昆蟲，常躲在葉背下，附近必有白粉病的白色菌斑、幼蟲及成蟲均以此菌為食，喜歡集體營生，不管是卵、幼蟲、蛹及成蟲，其生活史過程都在寄主葉上。

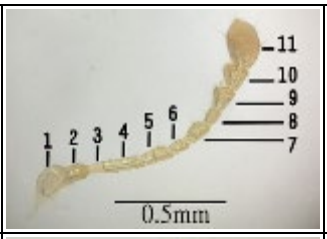
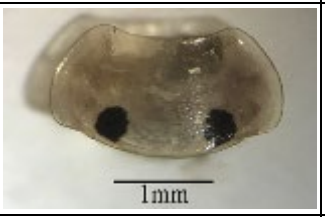
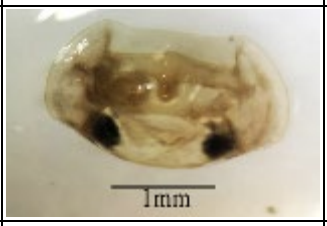
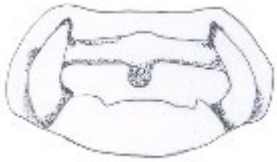
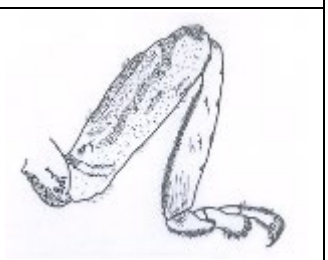
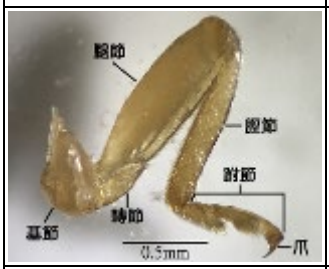
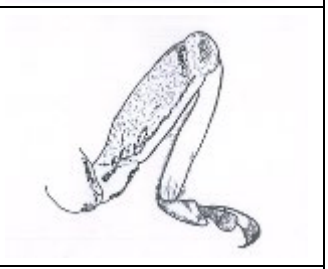
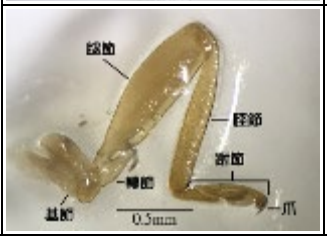
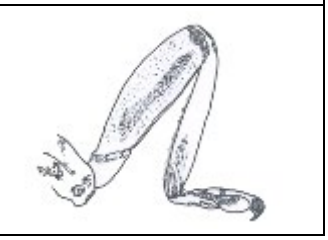
二、成蟲形態觀察

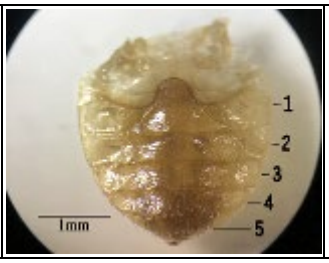
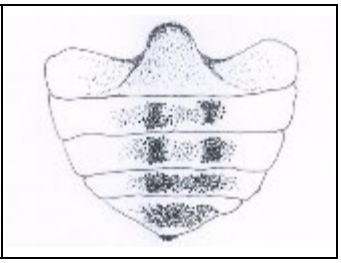
實驗方法：利用解剖顯微鏡進行成蟲各部位的形態觀察、拍照及描繪。

實驗結果：

正面	腹面	側面

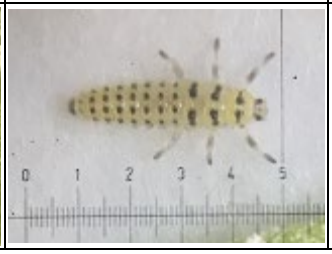
位置	名稱	描述	照片	手繪圖
頭部	頭	(1)包含複眼、觸角、上唇、小顎鬚等。 (2)頭部後緣具黑褐色橫紋。		

	觸角	(1)觸角有 11 節。 (2)第 3、4、5 節約等長。 (3)第 6 節和第 8 節較短，約佔第 7 節的 2/3。 (4)第 11 節膨大。		
	小顎鬚	(1)分成三節。 (2)末節成斧狀。		
	大顎	(1)寬扁而略成鐮刀狀。 (2)尖端具黑褐色斑紋。		
胸部	前胸背板	(1)顏色呈白色。 (2)後緣具 2 枚黑色斑點。		
	前胸腹板突	前胸腹板位於左右前肢基節窩中間具有明顯的前胸腹板突。		
	前肢	(1)均具有基節、轉節、腿節、脛節、跗節及爪。 (2)跗節外觀為 3 節，實際為 4 節，其中第 3 節短小，隱藏於深裂的第 2 跗節內，屬於隱四節式跗節。 (3)具有 2 爪。		
	中肢			
	後肢			

腹部	腹面 腹節	(1)腹節有 5 節。 (2)第 1 腹節具弓形之基節線。		

三、幼蟲形態觀察

實驗方法：利用解剖顯微鏡進行各齡期幼蟲形態觀察及拍照描繪。
實驗結果：

1 齡	2 齡	3 齡	4 齡
			
幼蟲形態描繪	幼蟲形態描述		
	1、體型呈紡錘形，各齡期幼蟲長寬比例相近。 2、各齡期均可明顯區分頭部、胸部及腹部。 3、胸部有 3 節，各胸節具有 2 枚左右對稱的黑色斑紋。 4、腹部有 10 節，1~5 節從腹背至腹側共有 6 枚左右對稱的斑紋，而 6~9 節僅具 4 枚左右對稱的斑紋，第 10 節不具黑色斑紋。 5、具 3 對足，無爪，各足末端具黑斑。 6、1 齡幼蟲胸節及腹節均具有刺毛，胸節刺毛分布在黑斑的外緣及後緣，而腹背 4 個黑斑均具有 2 根刺毛。		

四、卵的觀察

(一)產卵數量

實驗方法：
1、觀察菜園中胡瓜葉片上是否有卵粒。
2、將帶有卵粒的葉片剪下帶回實驗室進行觀察及拍照。
實驗結果：
1、茲將 2~4 月份所觀察到 70 團卵的卵粒數量長條圖整理如下：

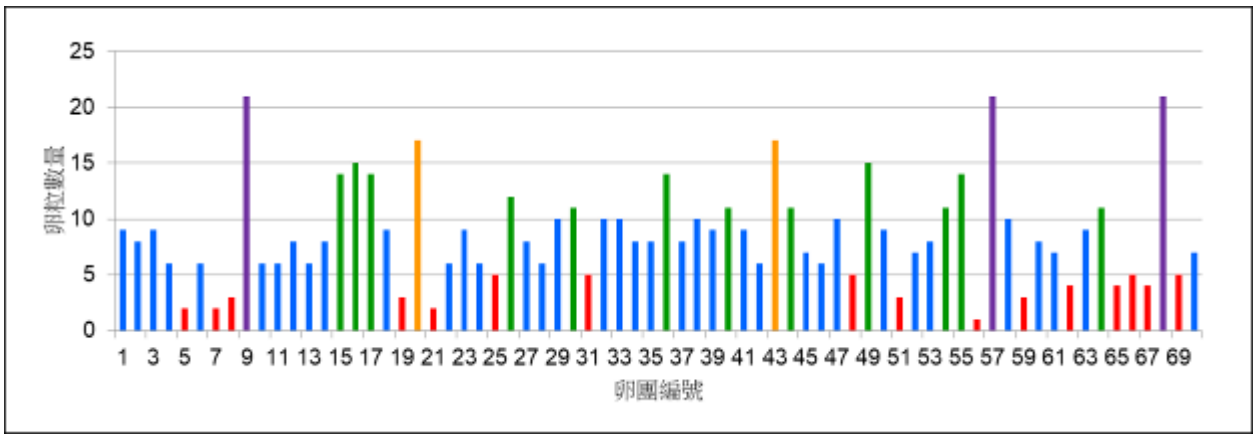


圖 3、卵粒數量長條圖

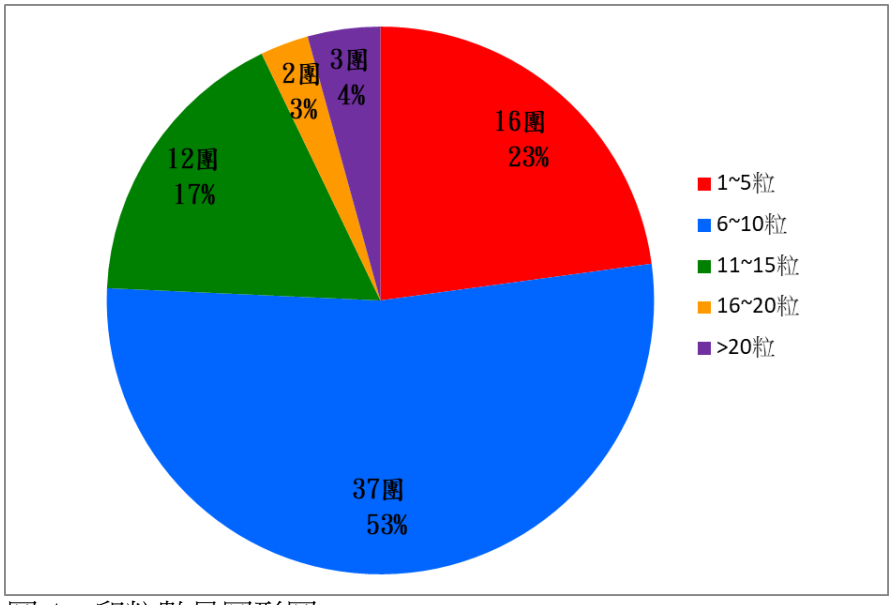


圖 4、卵粒數量圓形圖

討論：

1、柯氏素菌瓢蟲產卵量一次約 1-21 粒，卵團以 6~10 粒的比例最高，佔 53%，卵團 1~5 粒的比例次之，約佔 23%。

2、產卵位置均位於葉背，有時可發現同一片葉子同一時間具有 2~4 團卵粒。

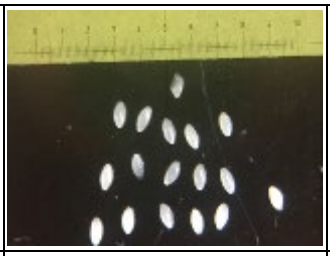
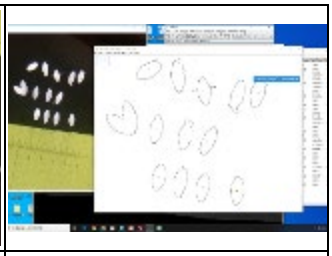
(二)卵的測量

實驗方法：

1、將 3 月 1 日及 3 月 16 日的卵粒共 30 顆進行測量。

2、用毛筆及鑷子小心將卵粒分開平放於黑色玻片上，進行拍照記錄。

3、使用 Image J 軟體測量卵長與卵寬並記錄。

			
瓢蟲成蟲在培養皿內產卵，數量 17 顆。	透過目鏡及運用微尺拍攝成堆的卵粒。	用毛筆小心將卵粒撥平排列後進行拍照。	使用 Image J 軟體測量卵長與卵寬並記錄。

實驗結果：

1、卵粒呈長卵形，顏色米白色。

2、卵長及卵寬的測量結果如下表：

表 1、卵粒測量

卵粒資料	最大值	最小值	平均值	個體數(N)
長度(mm)	1.11	0.96	1.02	30
寬度(mm)	0.53	0.43	0.48	
比值(寬/長)	0.53	0.42	0.47	

討論：

1、卵長介於 0.96mm 至 1.11mm 之間，平均值為 1.02mm。

2、卵寬介於 0.43mm 至 0.53mm 之間，平均值為 0.48mm。

3、卵寬與卵長的比值介於 0.42 至 0.53 之間，平均值為 0.47。

(三)卵的孵化

實驗方法：

1、將有確定產卵日期的 4 團卵粒帶回實驗室。

2、將帶有卵粒的葉片置於培養皿中進行觀察及錄影。

3、若有孵化，則記錄孵化日期並計算孵化天數。

實驗結果：

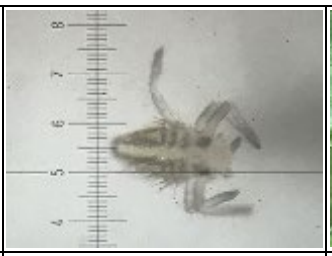
表 2、卵粒孵化記錄表

編號	產卵日期	卵粒數量	孵化日期	孵化天數	孵化隻數	平均孵化天數	孵化率
1	2 月 21 日	14	2 月 26 日	6	14	6.51	98.2%
2	2 月 22 日	11	2 月 27 日	6	11		
3	3 月 1 日	14	3 月 8 日	8	14		
4	3 月 16 日	17	3 月 21 日	6	16		

討論：

1、3 月 16 日產卵的卵粒有一顆粒因人為操作造成破裂，導致無法孵化，孵化率為 98.2%。

2、孵化天數介於 6~8 天，平均孵化天數為 6.51 天。

			
計算卵粒，圖中兩團卵粒數量均為 11 粒。	使用顯微鏡觀察卵的孵化。	剛孵化出來的一齡幼蟲。	孵化後的卵殼。

五、幼蟲生長觀察

實驗方法：

1、隨機取樣不同齡期柯氏素菌瓢蟲的幼蟲 58 隻。

2、於解剖顯微鏡接目鏡上使用科學積木接上手機，並透過接目鏡測微尺進行觀察及拍照。

3、將照片使用 Image J 軟體測量幼蟲的前胸寬與體長。

4、將測量結果利用 Excel 進行分析。

實驗結果：

表 3、測量各齡期幼蟲前胸寬與體長結果

齡期	前胸寬(mm)			體長(mm)			比值 前胸寬/體長	個體數
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值		
1 齡	0.37	0.45	0.40	1.17	2.55	1.91	0.23	15
2 齡	0.52	0.76	0.61	2.18	4.11	2.98	0.21	20
3 齡	0.83	1.10	0.95	3.95	5.64	4.79	0.20	12
4 齡	1.11	1.46	1.30	4.80	6.85	6.13	0.21	11

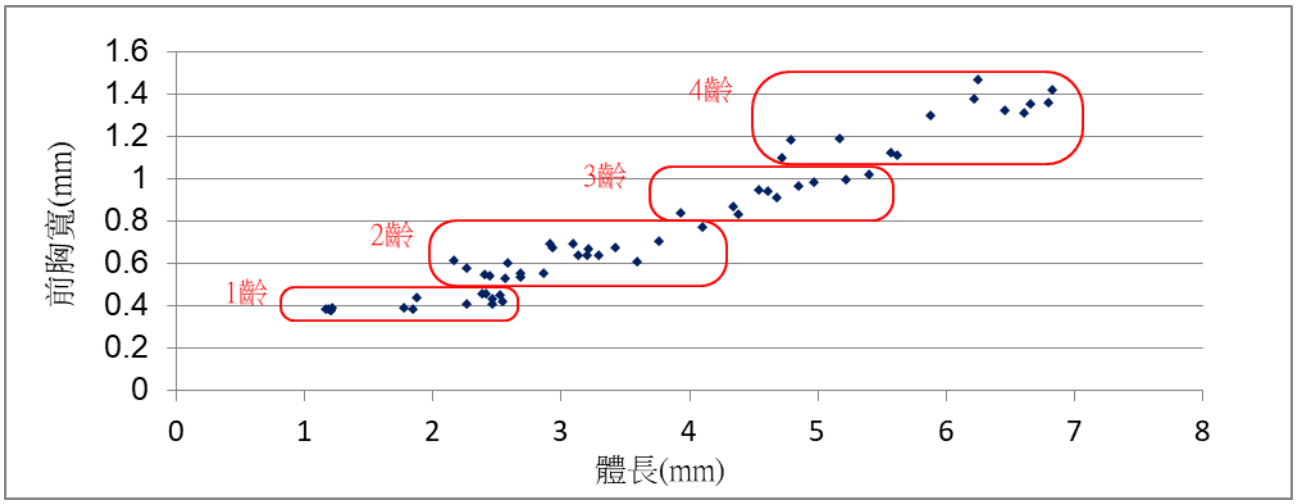


圖 5、各齡期幼蟲前胸寬與體長散佈圖

討論：

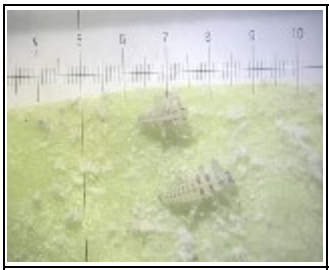
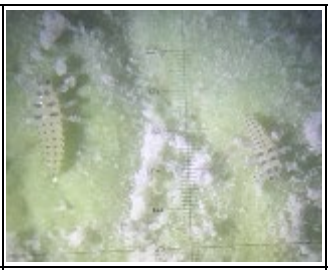
1、幼蟲的齡期有 4 齡，依前胸寬進行分齡結果為，1 齡介於 0.37mm~0.45 mm 之間，平均值為 0.4 mm；2 齡介於 0.52mm~0.76 mm，平均值為 0.61 mm；3 齡介於 0.83mm~1.1 mm，平均值為 0.95 mm；4 齡介於 1.11mm~1.46mm，平均值為 1.30mm。

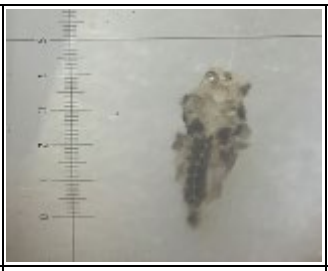
2、體長測量結果為，1 齡介於 1.17mm~2.56mm，平均值為 1.91 mm；2 齡介於 2.18mm~4.11 mm，平均值為 2.98mm；3 齡介於 3.95mm~5.64 mm，平均值為 4.79 mm；4 齡介於 4.80mm~6.85mm，平均值為 6.13mm。

3、從表 3 可知，幼蟲前胸寬與體長的比值，在各齡期均趨近於 0.2，表示體長約為前胸寬

的 5 倍。

4、體長因為腹節可收縮的因素，故各齡期的體長有重疊現象，因此無法以體長為依據來區分幼蟲齡期，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

			
同為一齡幼蟲，體型上卻有明顯的差異。	剛出生的一齡幼蟲體長較短。	出生第二天的一齡幼蟲，體長明顯變長了。	一齡幼蟲群體取食白粉病的情形。

			
2 齡剛換 3 齡的幼蟲體色為淺黃色。	左上為剛換齡不久的幼蟲，體色逐漸變深。	觀察 2 齡幼蟲換 3 齡後的蛻皮。	換齡後的蛻則會縮成一團並黏於葉上。

六、化蛹

表 4、蛹的測量

部位名稱	最小值(mm)	最大值(mm)	平均值(mm)	個體數(N)
前胸背板寬	1.55	2.18	1.77	42
體長	2.81	4.53	3.61	
比值 前胸背板寬/體長	0.41	0.59	0.49	

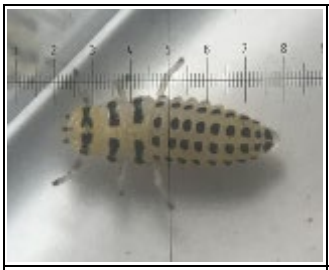
討論：

1、蛹的前胸背板寬度介於 1.55mm 至 2.18mm 之間，平均值為 1.77mm。

2、蛹的體長介於 2.81mm 至 4.53mm 之間，平均值為 3.61mm。

3、終齡幼蟲化蛹後，其前胸背板左右外緣會出現翼狀突起。

4、將蛹期與終齡幼蟲時期的前胸背板寬度進行比較，發現蛹的寬度均大於終齡幼蟲。

			
化蛹前的前蛹，體型會變寬，而體長會較短。	蛻皮的殼會集中在腹部末端並可固定蛹體。	化蛹後，腹部末端的蛻皮黏住葉子的情形。	進行蛹長及前胸背板寬的測量。

七、成蟲測量

實驗方法：

1、隨機選取柯氏素菌瓢蟲的成蟲 45 隻。

2、於解剖顯微鏡接目鏡上使用科學積木接上手機，並透過接目鏡測微尺進行觀察及拍照。

3、將照片使用 Image J 軟體測量成蟲的前胸背板寬與體長。

4、將測量結果利用 Excel 進行分析。

實驗結果：

表 5、成蟲測量

部位名稱	最小值(mm)	最大值(mm)	平均值(mm)	個體數(N)
前胸背板寬	1.31	2.50	2.15	45
體長	3.53	5.70	4.81	
比值 前胸背板寬/體長	0.35	0.56	0.45	

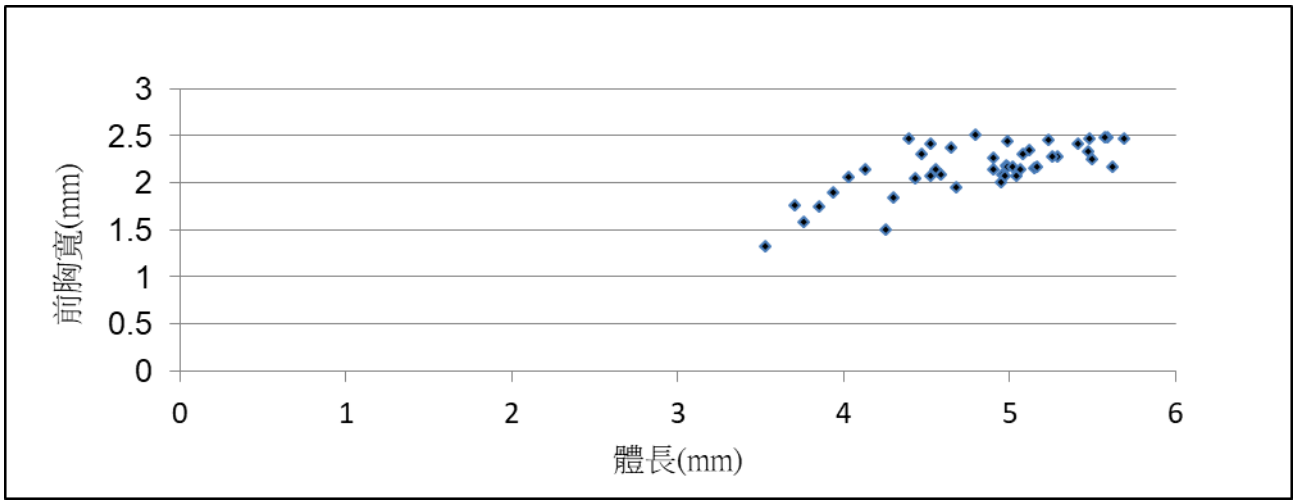


圖 6、成蟲前胸寬及體長散佈圖

討論：

1、從表，成蟲前胸背板寬介於 1.31mm~2.5mm，平均值為 2.15mm；體長介於 3.53mm~5.7mm，平均值為 4.81mm。

2、從表 5 可知，成蟲前胸背板寬與體長的比值 0.35~0.56，平均值為 0.45，表示成蟲前胸背板約為體長的一半。

3、將成蟲與幼蟲的前胸背板與體長的比值進行比較，可知幼蟲的體型較為細長，體長約為胸寬的 5 倍，而成蟲時，體長則約為前胸背板寬的 2 倍。

八、交配行為

實驗方法：

1、在菜園中發現有成蟲進行交配時，則小心將瓢蟲成蟲帶回實驗室觀察。

2、將交配中成蟲置於培養皿，使用解剖顯微鏡進行交配觀察並拍照記錄。

實驗結果：

交配形式為背負式，雄蟲會爬在雌蟲的後背。	交配腹面照，雄蟲伸出生殖器。	雄蟲生殖器與雌蟲腹部末端腹節接合。	生殖器分叉成三支，並與雌蟲腹部末端接合。

九、生活史

我們在菜園中將交配中的成蟲或發現的卵粒帶回實驗室中飼養及觀察記錄，卵粒孵化後，提供帶有白粉病菌的胡瓜葉嘗試進行飼養，並記錄蛻皮換齡或化蛹的天數、幼蟲生長觀察及測量，完成生活史的記錄。

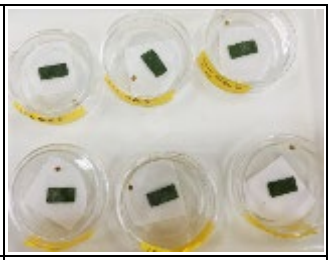
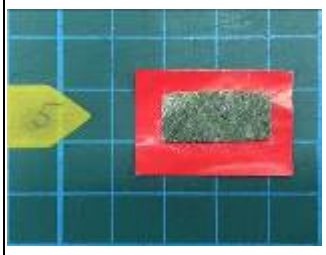
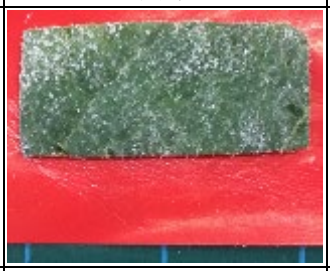
圖 7、柯氏素菌瓢蟲生活史

【研究三】柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的探討

一、取食實驗

實驗方法：

隨機選取 5 隻瓢蟲成蟲與 6 隻終齡幼蟲進行覓食實驗，再使用 Image J 軟體進行取食前、後照片的比對、去背、影像二值化的處理並計算白粉病菌的面積(黑色區塊即為葉片明顯具有白粉病菌的位置)，再使用 Excel 進行統計。

			
使用鑷子及剪刀將感染白粉病菌的胡瓜葉剪成約 2cm^{2}的形狀	實驗開始前先拍照記錄白粉病菌在胡瓜葉上分佈的情形。	使用實物投影機錄下瓢蟲取食白粉病菌的過程。	取食後再檢視影片計算每隻瓢蟲的取食時間。
			
編號 5 號的胡瓜葉已被瓢蟲取食一段時間，故取出葉片拍照記錄。	用影像軟體裁出要計算的範圍，並保留下方切割墊作為比例尺。	使用 Image J 進行去背，以保留要測量的白粉菌範圍。	將影像二值化並調整 threshold 值，以選取要測量的白粉病菌面積。

實驗結果：

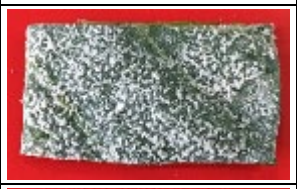
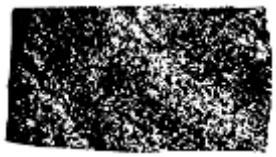
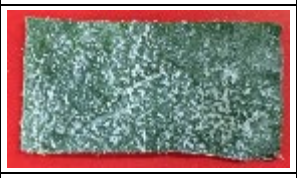
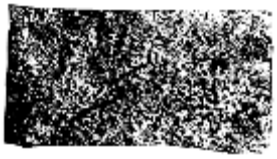
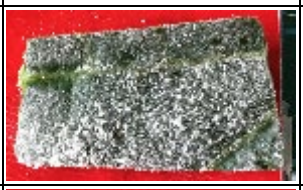
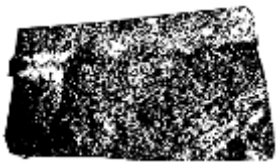
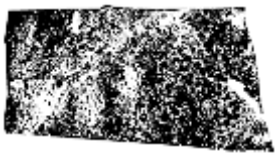
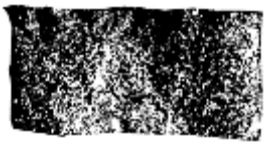
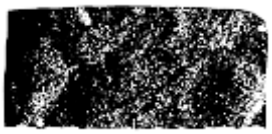
表 6、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的記錄表

瓢蟲形態	編號	葉片上白粉病菌面積(mm^2)		取食面積 (mm^2)	取食時間 (分)	取食速率 (mm^2/分)
		取食前	取食後			
成蟲	1-1	171.3	127.0	44.3	100	0.44
	2-1	168.2	106.5	61.7	32	1.93
	3-1	155.2	96.6	58.6	21	2.79
	4-1	131.4	75.0	56.4	35	1.61
	5-1	152.9	105.5	47.4	28	1.69
	1-2	143.9	71.9	72.0	88	0.82
	2-2	145.0	63.5	81.5	130	0.63
	3-2	155.4	86.5	68.9	150	0.46
	4-2	164.0	99.1	64.9	154	0.42
	5-2	174.0	75.1	98.9	150	0.66
終齡幼蟲	1	711.1	698.0	13.1	23	0.57
	2	664.9	660.9	4.0	26	0.15
	3	882.5	733.6	148.9	79	1.88
	4	641.4	524.2	117.2	102	1.15
	5	619.4	578.4	41.0	108	0.38
	6	782.3	641.3	141.0	156	0.90

表 7、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌速率分析表

瓢蟲形態	取食速率(mm^2/分)			
	最小值	最大值	平均值	資料數
成蟲	0.42	2.79	1.15	10
終齡幼蟲	0.15	1.88	0.84	6

將成蟲取食前後照片整理如下：

編號	取食前		取食後	
	葉片	白粉面積(黑色區塊)	葉片	白粉面積(黑色區塊)
1-1				
2-1				
3-1				
4-1				
5-1				
1-2				
2-2				
3-2				
4-2				

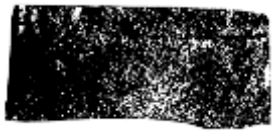
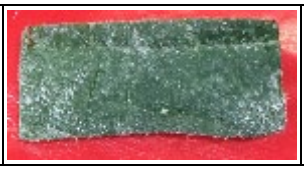
5-2				

圖 8、柯氏素菌瓢蟲成蟲取食白粉病菌面積比較圖

討論：

1、成蟲取食白粉病菌的速率最小值為 0.42mm^2/分，最大值為 2.79mm^2/分，平均速率為 1.15mm^2/分；終齡幼蟲取食白粉病菌的速率最小值為 0.15mm^2/分，最大值為 1.88mm^2/分，平均速率為 0.84mm^2/分。

2、成蟲取食速率約為終齡幼蟲的 1.37 倍。

3、在使用 Image J 軟體進行葉片上白粉病菌面積測量時，需將原始照片及影像處理中的照片不斷進行比對，以調整 threshold 值能接近實際白粉病菌分佈的情形，在判斷上難免會產生誤差，建議需 2 人以上一邊操作一邊討論以減少誤差值。

二、柯氏素菌瓢蟲在生物防治上的應用

實驗方法：

1、隨機選取胡瓜子葉、胡瓜本葉及南瓜葉各一片，置於切割墊上拍照記錄。

2、使用 Image J 軟體將葉片進行去背、影像二值化的處理以計算葉片面積。

3、假設瓢蟲成蟲每天取食 8 小時，在取食實驗中，得知柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的平均速率為 1.15mm^2/分，可推測 8 小時的取食面積為 552 mm^2/天。

4、假設每片葉片放置 5 隻成蟲取食，則一天(8 小時)可取食 2760 mm^2，再依據葉片不同感染比率進行生物防治所需天數估算。

實驗結果：

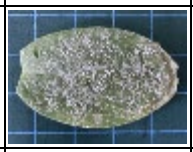
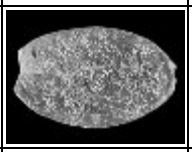
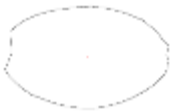
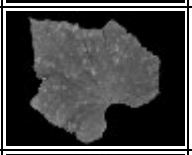
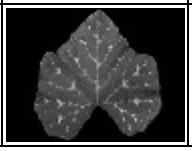
植物名稱	拍照	去背	二質化	threshold 值	輪廓線	葉面積 (mm^2)
胡瓜子葉						821.5
胡瓜本葉						18550.2
南瓜葉						37322.5

圖 9、3 種葉片面積的計算

表 8、葉片不同感染比率進行成蟲生物防治所需天數

植物名稱	葉面積 (mm^2)	葉片感染白粉病菌的比例				
		20%	40%	60%	80%	100%
胡瓜子葉	821.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
胡瓜本葉	18550.2	1.3	2.7	4.0	5.4	6.7
南瓜葉	37322.5	2.7	5.4	8.1	10.8	13.5

表 9、以 60%感染面積進行成蟲生物防治所需的瓢蟲隻數

植物名稱	葉面積 (mm^2)	感染比率 60%	預估將白粉病菌吃完的天數				
			1 天	3 天	5 天	7 天	10 天
胡瓜子葉	821.5	492.9	0.9	0.3	0.2	0.1	0.1
胡瓜本葉	18550.2	11130.1	20.2	6.7	4.0	2.9	2.0
南瓜本葉	37322.5	22393.5	40.6	13.5	8.1	5.8	4.1

討論：

1、從表 8 可知，若放置 5 隻成蟲進行生物防治，胡瓜子葉 100%的感染葉片約需 0.3 天(約 2.5 小時)即可將白粉病菌吃完；胡瓜本葉感染 60%的比例進行估算，約需 4 天(共 32 小時)，南瓜葉則需 8.1 天(約 64.8 小時)，則可將白粉病菌吃完。

2、從表 9 可知，若以葉片感染 60%的比率進行生物防治，胡瓜子葉僅需放置一隻成蟲即可完成；胡瓜本葉若一天內要吃完，則需放置約 21 隻成蟲，但瓢蟲密度可能偏高，建議放置 4 隻成蟲可於 5 天內完成或放置 7 隻成蟲可於 3 天內完成。

伍、結論

1、胡瓜生長實驗中，果實數量網室內約為網室外 2.5 倍；果實生長情形在果徑、果長和果重上，則兩者無顯著差異。

2、胡瓜蟲害記錄有瓜螟、瓜實蠅和蚜蟲等；病害則有露菌病和白粉病。

3、幼蟲形態構造： 1 齡幼蟲胸節和腹節的黑斑均具有刺毛，胸節刺毛分布在黑斑的外緣及後緣，而腹節背面 4 個黑斑均具有 2 根刺毛。

4、柯氏素菌瓢蟲產卵量一次約 1-21 顆卵粒，以產卵 6~10 粒的比例最高，佔 53%，產卵 1~5 粒的比例次之，約佔 23%，孵化天數約 6-8 天，孵化率將近 100%。

5、卵長平均值為 1.02mm；卵寬平均值為 0.48mm；卵寬與卵長的比值平均值為 0.47。

6、幼蟲可分為四個齡期，依前胸寬進行分齡結果為，1 齡幼蟲介於 0.37mm~0.45 mm 之間，平均值為 0.4 mm；2 齡幼蟲介於 0.52mm~0.76 mm，平均值為 0.61 mm；3 齡幼蟲介於 0.83mm~1.1 mm，平均值為 0.95 mm；4 齡幼蟲介於 1.11mm~1.46mm，平均值為 1.30mm。體長因為腹節可收縮的因素，故各齡期的體長有重疊現象，因此無法以體長來區分幼蟲齡

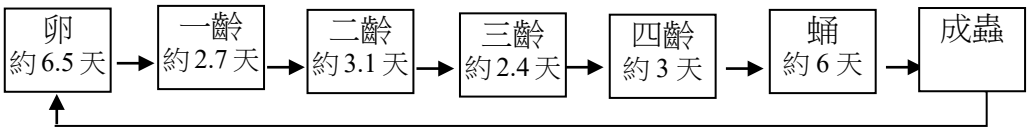
期，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

7、蛹的前胸背板寬度平均值為 1.77mm；體長平均值為 3.61mm。終齡幼蟲化蛹後，其前胸背板左右外緣會出現翼狀突起，此時期前胸背板寬與體長比值約為 0.49，前胸背板約為體長的一半。

8、成蟲前胸背板寬平均值為 2.15mm；體長平均值為 4.81mm。前胸背板寬與體長的比值約為 0.45。

9、將成蟲與幼蟲的前胸背板與體長的比值進行比較，可知幼蟲的體型較為細長，體長約為前胸寬的 5 倍，而成蟲時，體長則約為前胸背板寬的 2 倍。

10、柯氏素菌瓢蟲的生活史，從產卵至羽化成蟲約需 23.7 天。



11、成蟲取食白粉病菌的速率最小值為 0.42mm^2/分，最大值為 2.79mm^2/分，平均速率為 1.15mm^2/分；幼蟲取食白粉病菌的速率最小值為 0.15mm^2/分，最大值為 1.88mm^2/分，平均速率為 0.84mm^2/分；成蟲取食速率約為終齡幼蟲的 1.37 倍。

12、若放置 5 隻成蟲進行生物防治，胡瓜子葉 100%的感染葉片約需 0.3 天(約 2.5 小時)即可將白粉病菌吃完；胡瓜本葉則以感染 60%的比例進行估算，約需 4 天(共 32 小時)，南瓜葉則需 8.1 天(約 64.8 小時)，即可將白粉病菌吃完。

13、若於葉片感染 60%的比率進行生物防治估算，胡瓜子葉僅需放置一隻成蟲即可於 1 天內完成；胡瓜本葉若一天內要吃完，則需放置約 21 隻成蟲，但瓢蟲密度可能偏高，建議放置 4 隻成蟲可於 5 天內完成或 7 隻成蟲可於 3 天內完成。

陸、未來展望

1、本實驗尚未完成幼蟲各齡期取食白粉病菌的實驗，期望能收集各齡期幼蟲取食白粉病菌的資料，建置更完整的生物防治基礎資料。

2、針對柯氏素菌瓢蟲生活史的成蟲生活天數尚未建立，仍需克服成蟲及幼蟲飼養的條件，讓瓢蟲的生活史能有更完整更貼近實際活動情形的生長資料。

3、針對柯氏素菌瓢蟲進行白粉病生物防治的應用，希望能擴及到其他會感染白粉病菌的作物，建立各種作物生物防治的資料。

柒、參考資料

宋一鑫、吳雅芳、林明瑩、陳昇寬(2010)。嘉南地區柯氏食菌瓢蟲季節性發生、取食對象、生活史及瓜類白粉病防治潛力評估。台灣昆蟲。30(4)：247-261 頁。

林正忠(2009)。植物保護圖鑑系列 19—甜瓜保護。台北市。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。

林義祥、虞國躍(2012)。台灣自然圖鑑系列 024—瓢蟲圖鑑。台中市：晨星出版有限公司。

貢穀紳(1998)。昆蟲學(上)。國立中興大學農學院出版委員會。

黃晉興、羅朝村、謝廷芳(2006)。利用盒栽離葉接種法測定甜瓜白粉病病勢進展與條件。台灣農業研究。55(2)：91-100 頁。

劉興隆(2001)。另類植物保護方法—噴水防治作物白粉病。農政與農情。104 期。取自 https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=3884&print=Y

【評語】080318

本作品探討胡瓜的病蟲害探究並進一步探討柯氏素菌瓢蟲如何取食白粉病菌。

1. 本實驗詳細觀察記錄胡瓜及柯氏素菌瓢蟲的生長。
2. 實驗設計用攝影及科學統計方法來記錄柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的面積及速率。
3. 本作品應用生物防治之架構，內容詳實，可惜缺乏生態研究工具中的重要假說。
4. 在使用 Image J 軟體進行葉片上白粉病菌面積測量時，需將原始照片及影像處理中的照片不斷進行比對，以調整 threshold 值 能接近實際白粉病菌分佈的情形。

作品海報

摘要

本研究以柯氏素菌瓢蟲(*Illeis koebelei*)針對白粉病來進行生物防治研究，柯氏素菌瓢蟲屬於完全變態昆蟲，幼蟲4齡，各齡期約2至3天，卵期約6.5天，蛹期約6天，從產卵至羽化成蟲約需23.7天，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

終齡幼蟲取食白粉病菌的平均速率為0.84mm²/分，成蟲則為1.15mm²/分，是終齡幼蟲的1.37倍。放置5隻成蟲進行生物防治，100%感染的胡瓜子葉約需0.3個工作天；60%感染的胡瓜本葉約需4個工作天；南瓜葉則需8.1工作天。以60%感染的葉片進行生物防治估算成蟲所需數量，胡瓜子葉僅需一隻即可於1工作天內完成，胡瓜本葉若一個工作天內要吃完，則需約21隻，但瓢蟲密度可能偏高，建議放置4隻可於5個工作天內吃完或7隻可於3個工作天內吃完。

壹、研究動機

去年學校結合四健會作業組讓同學們在學校菜園種植胡瓜並進行觀察，由於同學們將胡瓜種植在自行搭設的網室內，可能因為悶熱、通風不良等因素，讓胡瓜的葉片上長滿了白色的粉末，老師帶學生前往觀察時，竟發現長滿白色粉末的葉子上居然還有許多小小隻的蟲，一開始大家誤以為是鱗翅目的毛毛蟲大軍，在詢問自然老師後才發現原來小小隻的蟲其實是瓢蟲的幼蟲，究竟是哪種瓢蟲呢?牠在胡瓜長滿白色粉末的葉片上做什麼呢?白色粉末究竟是什麼東西呢?我們透過所學過的「昆蟲王國」和「植物的奧秘」單元，開始進行觀察和探討。

貳、研究目的及架構

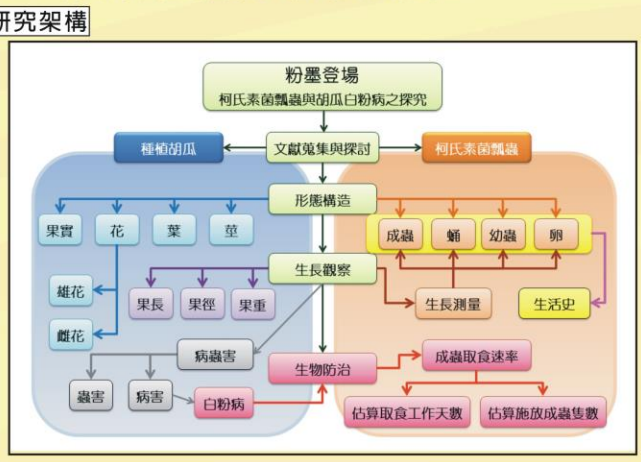
研究目的

一、認識胡瓜的構造並進行生長觀察及病蟲害探究

二、認識柯氏素菌瓢蟲的形態構造及生長觀察

三、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的探討

研究架構



研究進度

研究步驟	108年			109年					
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
文獻蒐集									
校園種植與觀察									
實驗設計與進行									
資料整理與統計									
撰寫作品說明書									

參、研究設備及器材（略）

肆、研究方法、結果與討論

【研究一】胡瓜形態、生長觀察及病蟲害探究

一、文獻探討

(一)分類地位

Plantae 植物界
Tracheophyta 維管束植物門
Magnoliopsida 木蘭綱
Cucurbitales 葫蘆目
Cucurbitaceae 葫蘆科
Cucumis 胡瓜屬

(二)基本介紹

胡瓜(*Cucumis sativus*)為葫蘆科胡瓜屬，一年生蔓生草本植物，原產地為印度喜馬拉雅山南麓至尼泊爾等地。葉互生，表面覆有毛，葉腋著生花芽或卷鬚，卷鬚由側枝或葉變形而來。果長18-22公分、果重約70-100公克。胡瓜品種很多，除了有大小之分外，外形也有點不同。小胡瓜在幼嫩時採收，因為凋謝的花朵還附著在果實上，也被稱為花瓜，吃稀飯時最常見的醬菜花瓜就是小胡瓜。它的表面有突起的嫩刺，如果刺一摸就斷，代表小胡瓜非常鮮嫩好吃。

二、認識胡瓜的形態構造與生長觀察

(一)胡瓜育苗

日期：10/18。催芽後使用鑷子小心移置穴盤內育苗。

日期：10/22。胡瓜育苗第5天後，開始測量並記錄植株生長高度。

日期：11/6。胡瓜育苗第20天準備進行定植。

(二)整地鬆土及定植

日期：10/26。棚架區菜畦倒入粗糠並使用中耕機進行整地。

日期：11/6。棚架區菜畦區分4種鋪面並種植胡瓜。

日期：11/6。於室外實驗區鋪上銀黑布、稻草等不同鋪面。

日期：11/6。於室外實驗區定植胡瓜苗。

(三)觀察胡瓜植株的構造(略)

(四)胡瓜果實生長數量統計

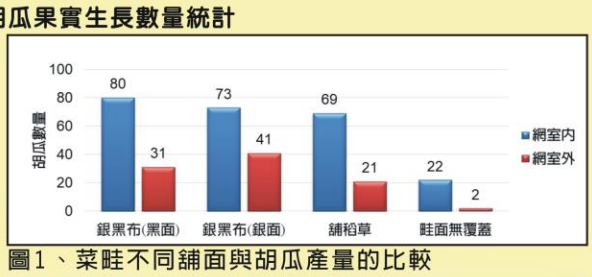


圖1、菜畦不同舖面與胡瓜產量的比較

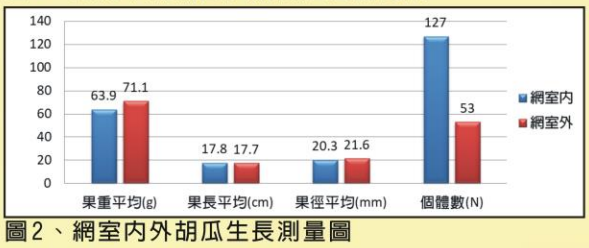


圖2、網室內外胡瓜生長測量圖

討論：

1、網室內的胡瓜結果數量為244條，比網室外結果數量95條還要多，約為2.5倍。

2、因宜蘭冬季寒冷多雨，為了實驗觀察而選擇於秋冬季節種植胡瓜，在網室外種植的胡瓜受到天候影響而導致植株生長情況不佳。

3、將溫度分析比較，發現網室內的溫度比網室外還要高，日平均溫度相差約1.1℃。

4、果徑和果重的分析：網室外的數值均比網室內的大，而果長的分析則以網室內稍長。

三、認識胡瓜病蟲害

(一)胡瓜蟲害記錄

名稱	照片	生活習性	危害情形
瓜螟		成蟲有趨光性、卵散產於葉或植株上，老熟幼蟲於葉背或植株上吐絲結薄繭而化蛹其中。幼蟲以葫蘆科之瓜類為食。	初齡幼蟲喜群集於葉背危害，啃食葉肉，僅留上表皮之白色薄膜，亦會吐絲捲葉或啃食幼果或蛀入果實內危害。
瓜實蠅		成蟲外觀似蜂，因而有瓜仔蜂之俗稱，為瓜果之主要害蟲，全年可見，4至9月是為害高峰期。終齡幼蟲入土化蛹，有跳躍之習性。	成蟲羽化後，雌蟲以產卵器刺入果實並產卵於果實內部組織中，以幼果受害最烈。孵化後幼蟲即在果實內部蛀食，造成被害果畸形腐爛。
蚜蟲		無翅及有翅成蟲常同時發生，一般以無翅型個體佔多數。成、若蟲均棲息心芽或葉背取食汁液，其分泌之蜜露可誘發煤煙病污染菜葉。	蚜蟲刺吸葉液，被害嚴重葉片常捲縮或萎凋，植株生長不良，並分泌蜜露誘發煤煙病並污染葉片及引誘螞蟻前來取食形成共生現象。

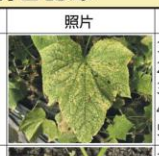
日期：108/11/16
棚架區內發現鱗翅目幼蟲啃咬胡瓜幼葉。

日期：108/12/10
棚架區發現成群蚜蟲吸食胡瓜葉背。

日期：108/12/16
發現瓜實蠅用產卵器刺入胡瓜果實進行產卵。

日期：109/1/6
發現胡瓜莖被瓜實蠅幼蟲寄生啃食導致潰爛，植株枯萎。

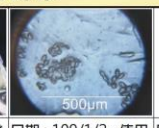
(二)胡瓜病害記錄

名稱	照片	病徵描述
露菌病		1、發病初期、從下位葉開始，葉片上呈淡黃色小斑點。 2、遇潮溼則在葉下表面產生灰黑色黴粉。 3、病勢進展快速時，病斑互相融合使整個葉片變黃。 4、病葉乾枯時容易破裂。 5、高溼度情形下，葉肉快速出現病斑且迅速向上位葉蔓延。
白粉病		1、白粉病菌屬於絕對寄生菌，不喜歡水。 2、初期會在葉片上產生白色粉狀圓形病斑。 3、數個病斑可複合成大面積粉狀病斑。 4、病害嚴重時，白粉佈滿葉片，影響光合作用。 5、病斑可蔓延至葉柄、莖及果實。

(三)觀察胡瓜白粉病

白粉病英文名為Powdery mildew，白粉病菌是世界上最常見的植物病原真菌之一。感染近10000種的被子植物，病斑會出現在葉、莖、花和果實，受到感染的植物葉片通常會扭曲或泛黃凋落。12月25日於第二批胡瓜子葉及本葉上發現有白粉病的跡象。

將葉面上白粉病菌撥到載玻片上。



日期：109/1/2。使用解剖顯微鏡觀察胡瓜白粉病的孢子。

日期：109/2/11。使用光學顯微鏡觀察胡瓜白粉病的孢子。

日期：109/2/11。胡瓜白粉病的孢子手繪圖。

【研究二】柯氏素菌瓢蟲形態構造及生長觀察

一、文獻探討

(一)分類地位

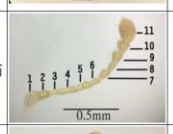
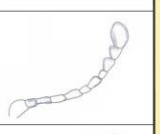
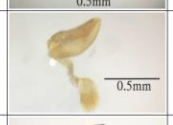
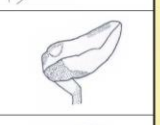
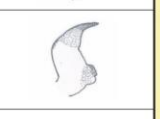
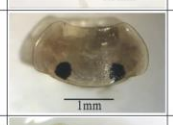
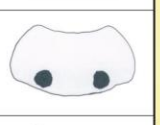
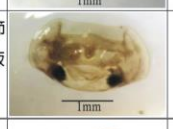
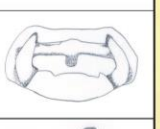
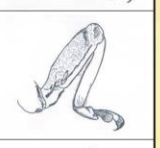
Animalia 動物界
Arthropoda 節肢動物門
Insecta 昆蟲綱
Coleoptera 鞘翅目
Coccinellidae 瓢蟲科
Illeis 素菌瓢蟲屬

(二)基本介紹

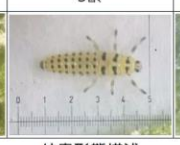
柯氏素菌瓢蟲（*Illeis koebelei*）又叫黃瓢蟲，生活於平地至低海拔山區普遍種，屬於食菌性瓢蟲，以白粉病等真菌維生，棲息在草叢、樹叢間，是晝行性昆蟲，常躲在葉背下，附近必有白粉病的白色菌斑、幼蟲及成蟲均以此菌為食，喜歡集體營生，不管是卵、幼蟲、蛹及成蟲，其生活史過程都在寄主葉上。

二、成蟲形態觀察

正面	腹面	側面

位置	名稱	描述	照片	手繪圖
頭部	頭	(1)包含複眼、觸角、上唇、小顎鬚等。 (2)頭部後緣具黑褐色橫紋。		
	觸角	(1)觸角有11節。 (2)第3、4、5節約等長。 (3)第6節和第8節較短，約佔第7節的2/3。 (4)第11節膨大。		
	小顎鬚	(1)分成三節。 (2)末節成斧狀。		
	大顎	(1)寬扁而略成鐮刀狀。 (2)尖端具黑褐色斑紋。		
胸部	前胸背板	(1)顏色呈白色。 (2)後緣具2枚黑色斑點。		
	前胸腹板突	前胸腹板位於左右前肢基節窩中間具有明顯的前胸腹板突。		
	前肢	(1)均具有基節、轉節、腿節、脛節、跗節及爪。 (2)跗節外觀為3節，實際為4節，其中第3節短小，隱藏於深裂的第2跗節內，屬於隱四節式跗節。 (3)具有2爪。		
	中肢			
	後肢			
腹部	腹面腹節	(1)腹節有5節。 (2)第1腹節具弓形之基節線。		

三、幼蟲形態觀察

1齡	2齡	3齡	4齡
			

幼蟲形態描繪	幼蟲形態描述
	1、體型呈紡錘形，各齡期幼蟲長寬比例相近。 2、各齡期均可明顯區分頭部、胸部及腹部。 3、胸部有3節，各胸節具有2枚左右對稱的黑色斑紋。 4、腹部有10節，1~5節從腹背至腹側共有6枚左右對稱的斑紋，而6~9節僅具4枚左右對稱的斑紋，第10節不具黑色斑紋。 5、具3對足，無爪，各足末端具黑斑。 6、1齡幼蟲胸節及腹節均具有刺毛，胸節刺毛分布在黑斑的外緣及後緣，而腹背4個黑斑均具有2根刺毛。

四、卵的觀察

(一)產卵數量

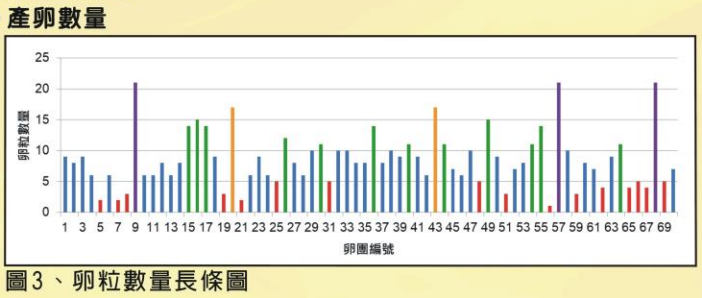


圖3、卵粒數量長條圖

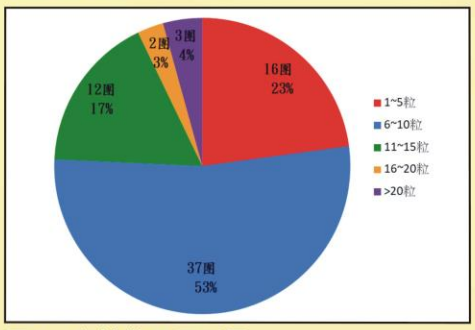


圖4、卵粒數量圓形圖

(二)卵的測量

瓢蟲成蟲在培養皿內產卵，數量17顆。 | 透過目鏡及運用微尺拍攝成堆的卵粒。 | 用毛筆小心將卵粒撥平排列後進行拍照。 | 使用Image J軟體測量卵長與卵寬並記錄。

表1、卵粒測量

卵粒資料	最大值	最小值	平均值	個體數(N)
長度(mm)	1.11	0.96	1.02	30
寬度(mm)	0.53	0.43	0.48	
比值(寬/長)	0.53	0.42	0.47	

(三)卵的孵化

表2、卵粒孵化記錄表

編號	產卵日期	卵粒數量	孵化日期	孵化天數	孵化隻數	平均孵化天數	孵化率
1	2月21日	14	2月26日	6	14	6.51	98.2%
2	2月22日	11	2月27日	6	11		
3	3月1日	14	3月8日	8	14		
4	3月16日	17	3月21日	6	16		

計算卵粒，圖中兩團卵粒數量均為11粒。 | 使用顯微鏡觀察卵的孵化。 | 剛孵化出來的一齡幼蟲。 | 孵化後的卵殼。

五、幼蟲生長觀察

表3、測量各齡期幼蟲前胸寬與體長結果

齡期	前胸寬(mm)			體長(mm)			比值 前胸寬/體長	個體數
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值		
1齡	0.37	0.45	0.40	1.17	2.55	1.91	0.23	15
2齡	0.52	0.76	0.61	2.18	4.11	2.98	0.21	20
3齡	0.83	1.10	0.95	3.95	5.64	4.79	0.20	12
4齡	1.11	1.46	1.30	4.80	6.85	6.13	0.21	11

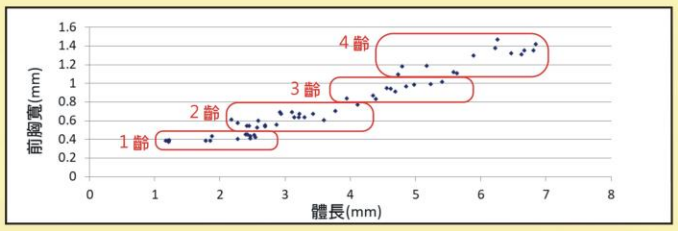


圖5、各齡期幼蟲前胸寬與體長散佈圖

討論：

1、幼蟲的齡期有4齡，依前胸寬進行分齡結果為，1齡介於0.37mm-0.45mm之間，平均值為0.4mm；2齡介於0.52mm-0.76mm，平均值為0.61mm；3齡介於0.83mm-1.1mm，平均值為0.95mm；4齡介於1.11mm-1.46mm，平均值為1.30mm。

2、體長測量結果為，1齡介於1.17mm-2.56mm，平均值為1.91mm；2齡介於2.18mm-4.11mm，平均值為2.98mm；3齡介於3.95mm-5.64mm，平均值為4.79mm；4齡介於4.80mm-6.85mm，平均值為6.13mm。

3、從表3可知，幼蟲前胸寬與體長的比值，在各齡期均趨近於0.2，表示體長約為前胸寬的5倍。

4、因為腹節可收縮的因素，故各齡期的體長有重疊現象，因此無法以體長為依據區分幼蟲齡期，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

同為一齡幼蟲，體型上卻有明顯的差異。 | 剛出生的一齡幼蟲體長較短。 | 出生第二天的一齡幼蟲，體長明顯變長了。 | 一齡幼蟲群體取食白粉病的情形。

2齡剛換3齡的幼蟲體色為淺黃色。 | 左上為剛換齡不久的幼蟲，體色逐漸變深。 | 觀察2齡幼蟲換3齡後的蛻皮。 | 換齡後的蛻則會縮成一團並黏於葉上。

六、化蛹

表4、蛹的測量

部位名稱	最小值 (mm)	最大值 (mm)	平均值 (mm)	個體數 (N)
前胸背板寬	1.55	2.18	1.77	42
體長	2.81	4.53	3.61	
比值 前胸背板寬/體長	0.41	0.59	0.49	

討論：

1、蛹的前胸背板寬度介於1.55mm至2.18mm之間，平均值為1.77mm。

2、蛹的體長介於2.81mm至4.53mm之間，平均值為3.61mm。

3、終齡幼蟲化蛹後，其前胸背板左右外緣會出現翼狀突起。

4、將蛹期與終齡幼蟲時期的前胸背板寬度進行比較，發現蛹的寬度均大於終齡幼蟲。

化蛹前的前蛹，體型會變寬，而體長會較短。 | 蛻皮的殼會集中在腹部末端並可固定蛹體。 | 化蛹後，腹部末端的蛻皮黏住葉子的情形。 | 進行蛹長及前胸背板寬的測量。

七、成蟲測量

表5、成蟲測量

部位名稱	最小值 (mm)	最大值 (mm)	平均值 (mm)	個體數 (N)
前胸背板寬	1.31	2.50	2.15	45
體長	3.53	5.70	4.81	
比值 前胸背板寬/體長	0.35	0.56	0.45	

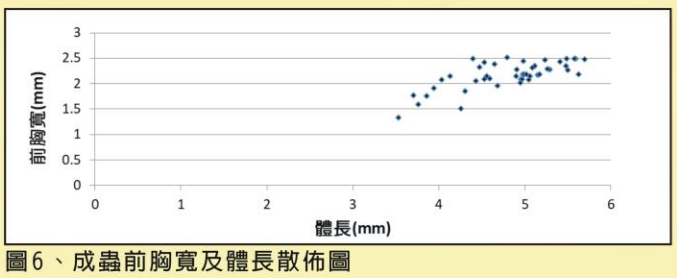


圖6、成蟲前胸寬及體長散佈圖

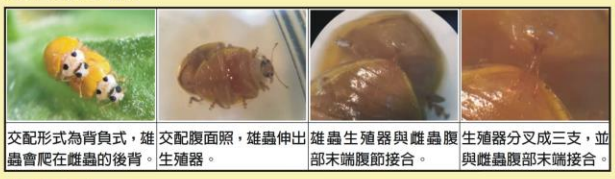
討論：

1、從表5，成蟲前胸背板寬介於1.31mm-2.5mm，平均值為2.15mm；體長介於3.53mm-5.7mm，平均值為4.81mm。

2、從表5可知，成蟲前胸背板寬與體長的比值0.35-0.56，平均值為0.45，表示成蟲前胸背板約為體長的一半。

3、將成蟲與幼蟲的前胸背板與體長的比值進行比較，可知幼蟲的體型較為細長，體長約為胸寬的5倍，而成蟲時，體長則約為前胸背板寬的2倍。

八、交配行為



交配形式為背負式，雄蟲會爬在雌蟲的後背。	交配腹面照，雄蟲伸出生殖器。	雄蟲生殖器與雌蟲腹部末端腹節接合。	生殖器分叉成三支，並與雌蟲腹部末端接合。

九、生活史

我們在菜園中將交配中的成蟲或發現的卵粒帶回實驗室中飼養及觀察記錄，卵粒孵化後，提供帶有白粉病菌的胡瓜葉嘗試進行飼養，並記錄蛻皮換齡或化蛹的天數、幼蟲生長觀察及測量，完成生活史(卵至成蟲)的記錄。

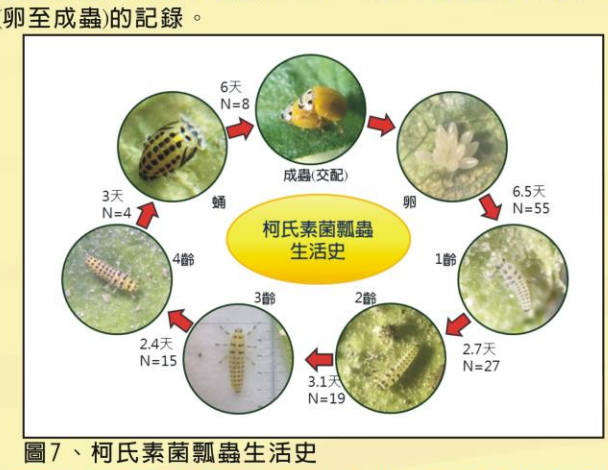
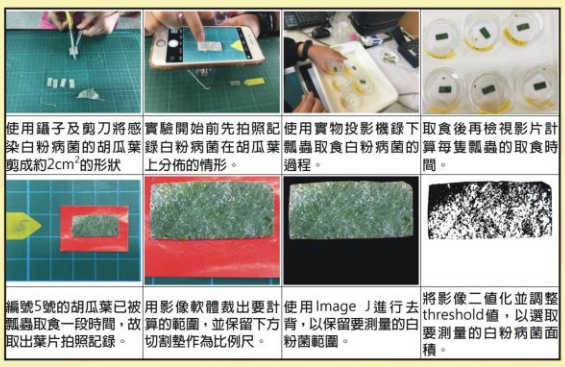


圖7、柯氏素菌瓢蟲生活史

【研究三】柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的探討

一、取食實驗



使用鑷子及剪刀將感染白粉病菌的胡瓜葉剪成約2cm²的形狀	實驗開始前先拍照記錄白粉病菌在胡瓜葉上分佈的情形。	使用實物投影機錄下瓢蟲取食白粉病菌的過程。	取食後再檢視影片計算每隻瓢蟲的取食時間。
編號5號的胡瓜葉已被瓢蟲取食一段時間，故取出葉片拍照記錄。	用影像軟體裁出要計算的範圍，並保留下方切割墊作為比例尺。	使用Image J進行去背，以保留要測量的白粉病菌範圍。	將影像二值化並調整threshold值，以選取要測量的白粉病菌面積。

表6、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的記錄表

瓢蟲形態	編號	葉片上白粉病菌面積(mm²) 取食前	取食後	取食面積 (mm²)	取食時間 (分)	取食速率 (mm²/分)
成蟲	1-1	171.3	127.0	44.3	100	0.44
	2-1	168.2	106.5	61.7	32	1.93
	3-1	155.2	96.6	58.6	21	2.79
	4-1	131.4	75.0	56.4	35	1.61
	5-1	152.9	105.5	47.4	28	1.69
	1-2	143.9	71.9	72.0	88	0.82
	2-2	145.0	63.5	81.5	130	0.63
	3-2	155.4	86.5	68.9	150	0.46
	4-2	164.0	99.1	64.9	154	0.42
	5-2	174.0	75.1	98.9	150	0.66
終齡幼蟲	1	711.1	698.0	13.1	23	0.57
	2	664.9	660.9	4.0	26	0.15
	3	882.5	733.6	148.9	79	1.88
	4	641.4	524.2	117.2	102	1.15
	5	619.4	578.4	41.0	108	0.38
	6	782.3	641.3	141.0	156	0.90

表7、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌速率分析表

瓢蟲形態	取食速率(mm²/分) 最小值	最大值	平均值	資料數
成蟲	0.42	2.79	1.15	10
終齡幼蟲	0.15	1.88	0.84	6

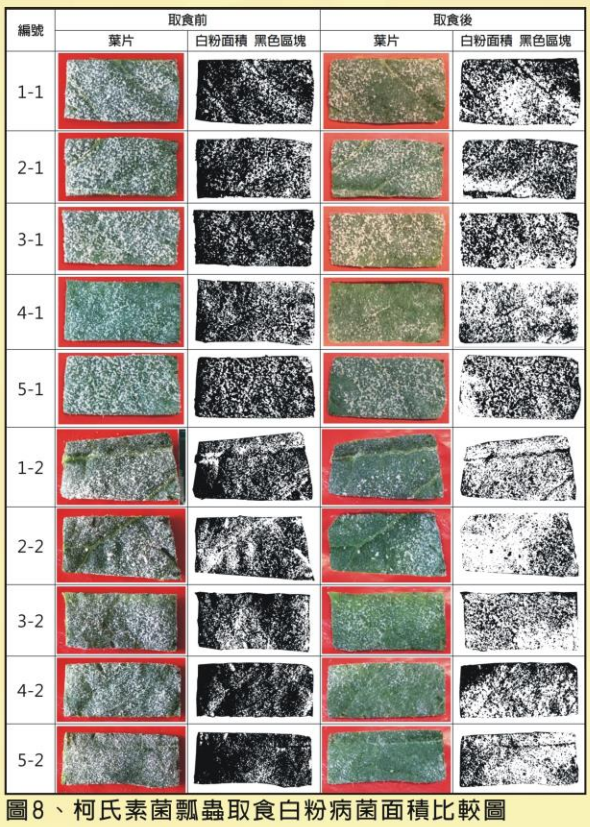


圖8、柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌面積比較圖

討論：

1、成蟲取食白粉病菌的速率最小值為0.42mm²/分，最大值為2.79mm²/分，平均速率為1.15mm²/分；終齡幼蟲取食白粉病菌的速率最小值為0.15mm²/分，最大值為1.88mm²/分，平均速率為0.84mm²/分。

2、成蟲取食速率約為終齡幼蟲的1.37倍。

3、在使用Image J軟體進行葉片上白粉病菌面積測量時，需將原始照片及影像處理中的照片不斷進行比對，以調整threshold值能接近實際白粉病菌分佈的情形，在判斷上難免會產生誤差，建議需2人以上一邊操作一邊討論以減少誤差值。

二、柯氏素菌瓢蟲在生物防治上的應用

1、隨機選取胡瓜子葉、胡瓜本葉及南瓜葉各一片，置於切割墊上拍照記錄。

2、使用Image J軟體將葉片進行去背、影像二值化的處理以計算葉片面積。

3、假設瓢蟲成蟲每天取食8小時，在取食實驗中，得知柯氏素菌瓢蟲取食白粉病菌的平均速率為1.15mm²/分，可推測8小時的取食面積為552mm²/天。

4、假設每片葉片放置5隻成蟲取食，則一天(8小時)可取食2760mm²，再依據葉片不同感染比率進行生物防治所需天數估算。

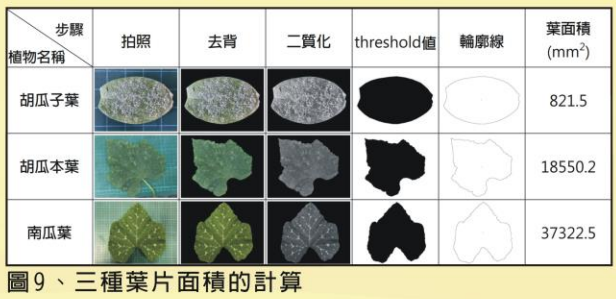


圖9、三種葉片面積的計算

表8、葉片不同感染比率進行生物防治所需天數

植物名稱	葉面積 (mm²)	葉片感染白粉病菌的比例 20%	40%	60%	80%	100%
胡瓜子葉	821.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
胡瓜本葉	18550.2	1.3	2.7	4.0	5.4	6.7
南瓜葉	37322.5	2.7	5.4	8.1	10.8	13.5

表9、以60%感染面積進行生物防治所需的瓢蟲隻數

植物名稱	葉面積 (mm²)	感染比率 60%	預估將白粉病菌吃完的工作天數 1天	3天	5天	7天	10天
胡瓜子葉	821.5	492.9	0.9	0.3	0.2	0.1	0.1
胡瓜本葉	18550.2	11130.1	20.2	6.7	4.0	2.9	2.0
南瓜本葉	37322.5	22393.5	40.6	13.5	8.1	5.8	4.1

討論：

1、從表8可知，若放置5隻瓢蟲進行生物防治，胡瓜子葉100%的感染葉片約需0.3天(約2.5小時)即可將白粉病菌吃完；胡瓜本葉感染60%的比例進行估算，約需4天(共32小時)，南瓜葉則需8.1天(約64.8小時)，則可將白粉病菌吃完。

2、從表9可知，若以葉片感染60%的比率進行生物防治，胡瓜子葉僅需放置一隻瓢蟲即可完成；胡瓜本葉若一天內要吃完，則需放置約21隻瓢蟲，但瓢蟲密度可能偏高，建議4隻瓢蟲可於5天內完成或放置7隻瓢蟲可於3天內完成。

伍、結論

1、胡瓜生長實驗中，果實數量網室內約為網室外2.5倍；果實生長情形在果徑、果長和果重上，則兩者無顯著差異。

2、胡瓜蟲害記錄有瓜螟、瓜實蠅和蚜蟲等；病害則有露菌病和白粉病。

3、幼蟲形態構造： 1齡幼蟲胸節和腹節的黑斑均具有刺毛，胸節刺毛分布在黑斑的外緣及後緣，而腹節背面4個黑斑均具有2根刺毛。

4、柯氏素菌瓢蟲產卵量一次約1-21顆卵粒，以產卵6-10粒的比例最高，佔53%，產卵1-5粒的比例次之，約佔23%，孵化天數約6-8天，孵化率將近100%。

5、卵長平均值為1.02mm；卵寬平均值為0.48mm；卵寬與卵長的比值平均值為0.47。

6、幼蟲可分為四個齡期，依前胸寬進行分齡結果為，1齡幼蟲介於0.37mm-0.45mm之間，平均值為0.4mm；2齡幼蟲介於0.52mm-0.76mm，平均值為0.61mm；3齡幼蟲介於0.83mm-1.1mm，平均值為0.95mm；4齡幼蟲介於1.11mm-1.46mm，平均值為1.30mm。體長因為腹節可收縮的因素，故各齡期的體長有重疊現象，因此無法以體長來區分幼蟲齡期，建議以前胸寬來推估幼蟲齡期為佳。

7、蛹的前胸背板寬度平均值為1.77mm；體長平均值為3.61mm。終齡幼蟲化蛹後，其前胸背板左右外緣會出現翼狀突起，此時期前胸背板寬與體長比值約為0.49，前胸背板約為體長的一半。

8、成蟲前胸背板寬平均值為2.15mm；體長平均值為4.81mm。前胸背板寬與體長的比值約為0.45。

9、將成蟲與幼蟲的前胸背板與體長的比值進行比較，可知幼蟲的體型較為細長，體長約為前胸寬的5倍，而成蟲時，體長則約為前胸背板寬的2倍。

10、柯氏素菌瓢蟲的生活史，從產卵至羽化成蟲約需23.7天。

11、成蟲取食白粉病菌的速率最小值為0.42mm²/分，最大值為2.79mm²/分，平均速率為1.15mm²/分；幼蟲取食白粉病菌的速率最小值為0.15mm²/分，最大值為1.88mm²/分，平均速率為0.84mm²/分；成蟲取食速率約為終齡幼蟲的1.37倍。

12、若放置5隻瓢蟲進行生物防治，胡瓜子葉100%的感染葉片約需0.3天(約2.5小時)即可將白粉病菌吃完；胡瓜本葉則以感染60%的比例進行估算，約需4天(共32小時)，南瓜葉則需8.1天(約64.8小時)，即可將白粉病菌吃完。

13、若於葉片感染60%的比率進行生物防治估算，胡瓜子葉僅需放置一隻瓢蟲即可於1天內完成；胡瓜本葉若一天內要吃完，則需放置約21隻瓢蟲，但瓢蟲密度可能偏高，建議放置4隻瓢蟲可於5天內完成或7隻瓢蟲可於3天內完成。

陸、未來展望(略)

柒、參考資料(略)