

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

植物燈對黑水虻繁殖的影響

Effects of Plant Grow Light on the Reproduction of Black Soldier

Fly

蔡榮錦

Rong-Jin Tsai

指導教授：陳柏青 博士

Advisor: Bo-Ching Chen, Ph.D.

中華民國 109 年 6 月

June 2020

# 南華大學

科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士學位論文

植物燈對黑水虻繁殖的影響

Effects of Plant Grow Light on the Reproduction of Black Soldier Fly

研究生：蔡昇輝

經考試合格特此證明

口試委員：陳柏青  
洪耀明  
羅惠萍

指導教授：陳柏青

系主任(所長)：洪耀明

口試日期：中華民國 109 年 6 月 30 日

## 致謝

二年的碩士生涯就此結束了，回首二年求學生涯過程中，特別感謝指導教授陳柏青博士、系主任洪耀明博士、陳世雄博士、林文賜博士，教誨及鼓勵，系所全體老師的用心指導及提供寶貴的意見，特別是口試時，在植物燈對黑水虻繁殖的影響領域 悉心指導和辛勤教誨，並在百忙中撥冗審閱論文，使得碩士論文更加完備，在此深表感謝、致上萬分謝意。

在研究求學過程中，碩一下時選修課的老師陳世雄校長及林文賜博士，選修這門課真是受益良多，另外選修課的老師系主任洪耀明博士、陳柏青院長，更是在求學中的貴人，在校務繁忙中、經常電話關心研究實驗是否有遇到困難，碩二時準備論文壓力非常大，很幸運在每堂課中，老師用很幽默的經驗分享，論文研究方法，化解碩二求學時，對論文寫作的壓力。系所陳柏青院長，更是學術淵博的老師，及嚴謹的治學態度，認真工作的精神，使我終身難忘。更要感謝的在實驗過程中，幫忙及協助的孟昆、俊龍、瑜富、以及相處兩年的同學互相勉勵，相互扶持，要感謝的人太多了，此向所有曾予以幫助的諸位獻上最高的謝意。此時此刻，我向二年時間裡給予我關心和幫助的所有人表示真誠謝意！

## 中文摘要

水虻科昆蟲俗稱黑水虻學名：*Hermetia illucens* L.，中文學名：亮斑扁角水虻，為一種台灣常見的雙翅目昆蟲，在世界各國大部分地區都有分布，熱帶、亞熱帶地區種類甚多。一些腐生性的水虻科（黑水虻），黑水虻幼蟲在自然界以動物糞便、腐爛的有機物為食，可以將食物高效地轉化為自身營養豐富的蛋白質和脂肪。其幼蟲常見於野外，能夠取食禽畜糞便和生活垃圾，同時也是過期食品、動物屍體、餐廚餘和農業廢棄等有機物很好的分解者。因此黑水虻既可以用來分解環境中的有機廢棄物，作為環境保護中的生化化學處理手段，又是很好的轉廢為寶的生物，近幾年來環境保護和生物化學等領域的研究者非常重視黑水虻幼蟲的培育及應用研究常見的黑水虻養殖。

黑水虻的幼蟲在取食過程中，還能對糞便中的有害病菌進行消化和分解，從而降低對環境的危害性，而且，黑水虻還能在養殖場周遭抑止果蠅滋生的作用，是防果蠅最佳利器。

自 2013 年聯合國糧食及農業組織 FAO 發布第 171 號林業檔報告，可食用昆蟲糧食和飼料安全的未來前景，力推資源昆蟲作為飼料的安全取代蛋白後，黑水虻的繁殖及應用開始備受矚目。

最常見的黑水虻養殖，最常見的食料為豆粕，因此本研究以豆粕加廚餘、豆粕加台灣鯛下腳料（註：台灣鯛取下的魚骨、魚肉、腸肚）、豆粕加廚餘加木屑三種食料，經發酵處理後餵食，以本試驗的計算法，採傳統堆肥法飼養，不同飼料不同光源飼養黑水虻的差異，從孵卵到幼蟲的成長過程，分三組不同光源，並分三組進行試驗。

試驗結果；植物燈在光照的強度能滿足黑水虻成長及交配的需求，在這種光源下，成蟲的交配量能達到 85 對以上。這表示紫紅色植物燈的光源能對黑水虻成蟲產生刺激作用，太陽光的照射對黑水虻交配行為中有非常重要的作用，而植物燈在光的強度或者在光的質量上能滿足黑水虻交配對光照的需求，在冬季或陰雨天時，能夠部分替代太陽光。

在諸多黑水虻研究基礎上，結合產業界多年來的經驗，作為本研究的試驗參數。期望以本論文提供即將入門或已營運之養殖業者更多資訊，精確進行成本效益評估，提升國內黑水虻的規模生產與應用層面。

關鍵字：黑水虻、消化率、廢棄物、飼料、植物燈

## ABSTRACT

Insects of the water fly family are commonly known as black water fly. Scientific name: *Hermetia illucens* L., Chinese name: Liangban horned water fly. It is a common diptera insect in Taiwan. It is distributed in most parts of the world, tropical and subtropical regions. There are many kinds. Some saprophytic water flies (black water flies), black water flies larvae in nature feed on animal excrement and decaying organic matter, which can efficiently convert food into its own nutrient-rich protein and fat. Its larvae are commonly found in the wild, and they can eat livestock and domestic waste. They are also good decomposers of expired food, animal carcasses, food waste, and agricultural waste. Therefore, the black water fly can be used to decompose the organic waste in the environment, as a biochemical chemical treatment method in environmental protection, and is also a good organism that turns waste into treasure. In recent years, research in the fields of environmental protection and biochemistry The author attaches great importance to the cultivation and application of black water fly larvae.

The larvae of the black water fly can digest and decompose the harmful bacteria in the feces during the feeding process, thereby reducing the harm to the environment, and the black water fly can also suppress the growth of fruit flies around the farm , Is the best weapon against fruit flies.

Since the Food and Agriculture Organization of the United Nations issued a report on forestry file No. 171 in 2013, the future prospects for the safety of edible insects in food and feed, and the promotion of resource insects as a safe substitute for protein, the breeding and application of black fly Attention.

The most common black water fly farming, the most common food is soybean meal, so this study used soybean meal plus kitchen waste, soybean meal plus Taiwan sea bream scraps (Note: fish bones, fish meat, intestines removed from Taiwan sea bream), soybean meal plus kitchen I added three kinds of foodstuffs with wood chips, and fed them after fermentation treatment. The calculation method of this experiment was adopted to adopt the traditional composting method. Different feeds and different light sources were used to

feed the black water fly. From hatching to the growth of larvae, there were three different light sources. And divided into three groups for testing.

Test results; The intensity of the plant light in the light can meet the needs of black water fly growth and mating. Under this light source, the mating amount of adult insects can reach more than 85 pairs. This means that the light source of the fuchsia plant lamp can stimulate the black water fly adult, and the irradiation of sunlight has a very important role in the mating behavior of the black water fly, and the plant lamp can meet the light intensity or the quality of the light. The need for black water flies to match the light can partially replace the sunlight in winter or rainy days.

Based on the research of many black water flies, combined with years of experience in the industry, it was used as the experimental parameter of this study. It is hoped that this paper will provide more information about the breeding industry that is about to start or already operate, accurately conduct cost-benefit assessment, and improve the scale production and application level of domestic black water flies.

Keywords: black water fly, digestibility, waste, feed, plant lamp

# 目 錄

	頁次
致謝.....	i
中文摘要.....	ii
ABSTRACT.....	iii
目 錄.....	v
圖目錄.....	vi
表目錄.....	viii
<b>第一章 前言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 本文架構.....	6
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>7</b>
2.1 黑水虻飼養現況.....	7
2.2 黑水虻飼養量產與效益分析.....	13
<b>第三章 研究方法 .....</b>	<b>16</b>
3.1 黑水虻幼蟲的形態特徵.....	16
3.2 黑水虻食性的研究.....	18
3.3 黑水虻產卵行為之研究.....	24
3.4 植物燈對黑水虻繁殖之影響.....	29
<b>第四章 黑水虻飼養之效益分析.....</b>	<b>35</b>
4.1 黑水虻產卵之質量分析.....	35
4.2 黑水虻規模飼養之成本效益.....	38
4.2.1 以黑水虻幼蟲飼養蛋雞.....	39
4.2.2 黑水虻幼蟲飼養蛋雞發育情形.....	41
4.2.3 黑水虻幼蟲飼養蛋雞產蛋及雞蛋變化.....	42
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>44</b>
5.1 結論.....	44
5.2 建議.....	45
<b>第六章 參考文獻 .....</b>	<b>46</b>

# 圖目錄

頁次

圖 1.1、黑水虻生活史.....	4
圖 1.2、黑水虻飼養方式（以上皆乾式飼養法）.....	4
圖 1.3、黑水虻溼式飼養方式.....	5
圖 1.4、論文研究架構.....	6
圖 2.1、飼料變質結塊之情形.....	7
圖 2.2、使用 7mm 孔目篩網幼蟲之情形.....	8
圖 2.3、過篩乾淨之幼蟲狀態.....	8
圖 2.4、過篩不完全的有機殘留物.....	8
圖 2.5、液態肥料發酵為液態肥料.....	9
圖 2.6、LED 植物燈養殖之情形.....	11
圖 3.1、黑水虻幼蟲分開飼養之實驗情形.....	16
圖 3.2、黑水虻幼蟲成長紀錄圖.....	17
圖 3.3、黑水虻生熟蔬菜餵食實驗情形（1/2）.....	18
圖 3.4、黑水虻生熟蔬菜餵食實驗情形（2/2）.....	19
圖 3.5、黑水虻生熟蔬菜餵食實驗結果.....	20
圖 3.6、黑水虻餵食米飯和廚餘實驗情形.....	21
圖 3.7、黑水虻米飯和廚餘餵食實驗情形.....	22
圖 3.8、黑水虻軟廚餘和硬廚餘實驗情形.....	23
圖 3.9、黑水虻軟廚餘和硬廚餘餵食實驗結果.....	24
圖 3.10、黑水虻產卵位置研究實驗情形（1/3）.....	25
圖 3.11、黑水虻產卵位置研究實驗情形（2/3）.....	26
圖 3.12、黑水虻產卵位置研究實驗情形（3/3）.....	27
圖 3.13、黑水虻產卵位置與產卵量（g）實驗結果.....	28
圖 3.14、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養盆實驗結果.....	30
圖 3.15、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養情形.....	30
圖 3.16、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養盆實驗結果.....	32
圖 3.17、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養情形.....	32
圖 3.18、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養盆實驗結果.....	34
圖 3.19、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養情形.....	34
圖 4.1、黑水虻產卵質量分析情形.....	36
圖 4.2、黑水虻產卵數據量化表.....	37
圖 4.3、黑水虻規模飼養種類.....	38
圖 4.4、黑水虻處理廚餘之溫度自動控制系統.....	39
圖 4.5、卜蜂商業用飼料餵養情形.....	40

圖 4.6、蛋雞取食黑水蛇之情形.....	40
圖 4.7、黑水蛇餵養蛋雞的蛋黃.....	40
圖 4.8、黑水蛇餵養蛋雞體重比較圖.....	41
圖 4.9、黑水蛇餵養蛋雞生蛋數量比較圖.....	42
圖 4.10、黑水蛇餵養蛋雞生蛋重量之比較.....	43
圖 5.1、溫度自動控制裝置（一次可投到 1000 公斤的餐廚餘）.....	45



# 表目錄

	頁次
表 2.1、常見動物性蛋白脂比較.....	13
表 2.2、黑水虻不同飼料來源營養指標 .....	14
表 3.1、黑水虻幼蟲分開飼養實驗.....	17
表 3.2、黑水虻食生和熟蔬菜之食量比較.....	19
表 3.3、黑水虻食餵米飯和廚餘之食量比較 .....	21
表 3.4、黑水虻食軟廚餘和硬廚餘之食量比較 .....	23
表 3.5、黑水虻產卵位置與產卵量比較實驗紀錄表.....	28
表 3.6、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表 .....	29
表 3.7、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表 .....	31
表 3.8、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表 .....	33
表 4.1、黑水虻產卵數據量化表.....	37
表 4.2、黑水虻飼養蛋雞之成本效益分析表 .....	42



# 第一章 前言

## 1.1 研究動機

大部分生物每天都需要進食，以維持生命和生理所需，而台灣每天有 2300 萬人，在飲食後每天產生大量的廚餘，必須要進行妥善處理。台灣常用的廚餘處理方法包括粉碎乾燥廚餘處理、集中社區廚餘回收站、烘乾廚餘處理製成有機肥、交給垃圾車廚餘回收、廚餘堆肥桶製作堆肥、直接丟到花園/菜園及餵豬等方式。

由於肆虐世界各個國家的非洲豬瘟英文名稱：African swine fever，簡稱：ASF 已於 2018 入侵中國（吉吉，2018），與大陸僅隔一個台灣海峽的台灣，正面臨非常高感染風險。對於餐後剩食，台灣長期以來用以餵養豬隻或直接焚燒處理（楊，2002），由於豬肉是國人喜食的最主要肉類之一，所以很可能將帶有病原的豬肉餵養給健康豬隻，造成感染而引發疫情。然而台灣每天產生的大量廚餘，若為預防非洲豬瘟侵入台灣，而採用焚化處理，也可能製造出另一種劇毒-戴奧辛，

黑水虻(black water flies)，學名：*Hermetia illucens* L.，中文學名：亮斑扁角水虻具有繁殖迅速、生物質量大、食性廣泛、吸收轉化率高、容易管理、飼養成本低及動物嗜口性好等多項優點（靳和劉，2016），具高經濟價值，其全身上下都是寶，幼蟲的殼、死亡的成蟲和糞便都可以變成有機的固態肥來幫助蔬果成長。其幼蟲本身具有豐富的蛋白質，非常適合做為替代飼料，可以餵養家禽和魚，提升飼養效益。而黑水虻有「廚餘剋星」的稱號，它不僅吃廚餘，也能吃動物的糞便，可說是「環保小尖兵」。因此，腐生性且廣食性的黑水虻，被認為是很有潛力做為替代處理廚餘垃圾的資源昆蟲，同時具有研究上及實務上的價值。

筆者曾擔任嘉義縣民雄鄉菁埔社區發展協會之理事長，由於非洲豬瘟的問題使廚餘的處理更加棘手，菁埔社區在 106 年向縣府環保局申請補助飼養黑水虻的設施來處理廚餘，也徵求黑水虻志工來服務，幫忙飼養照顧黑水虻。而 2018 年嘉義縣更推動全縣各鄉鎮與學校之零廚餘黑水虻飼育計畫，讓廚餘也可以變黃金。分別在社區及校園執行，社區有民雄鄉菁埔、興中、北斗、福樂社區及義竹鄉東過社區，社區部分由本人輔導，校園由邑米社區大學輔導。在照顧黑水虻的過程中，發現包括餵食的廚餘量、廚餘種類、餵食方式、黑水虻之食性、影響黑水

蛇攝食及成長、繁殖之因子等，皆具有研究之價值，由此也開啟了筆者研究黑水蛇的歷程。

此外，由於台灣經常受到颱風及大雨的極端氣候影響，使農民損失慘重且導致物價飆漲，嚴重影響到人民生計，因此可以避開這些極端氣候衝擊和許多耕種障礙之水耕栽培方式，成為維持農產品的價格穩定之重要方式。近年來食安意識抬頭，加上農業生態環保風潮引領下，改良水耕生產管理方式，將魚類養殖和水更結合，使養份循環運用，這種讓水耕農業更加友善環境之魚菜共生法，不僅增加農業生態多樣性，且符合環保、食安、節水等綠色循環農業經濟目標（吳，2019）。

筆者於菁埔社區發展協會擔任理事長期間，透過社區環境教育農場，推廣魚菜共生循環系統，並導入黑水蛇幼蟲餵養魚隻，形成黑水蛇-魚-菜共生系統。過程中社區居民一處養魚池，池中吳郭魚突然暴斃92隻，每隻重約1公斤，居民一時無法處理如此大量的魚屍體，而將打撈的死魚全倒入黑水蛇養殖桶內，隔日觀察意外發現，桶內的魚屍體幾乎被黑水蛇分解乾淨，連令人最困擾的海鮮類腐臭味也沒產生，分解過程中環境無濃烈異味和蒼蠅出現。以上經驗突顯了黑水蛇驚人的環保經濟價值，也開啟筆者欲進一步研究其繁殖及運用的契機。

黑水蛇為處理廚餘的明日之星，因此本研究擬透過長期的飼養觀察，了解影響其成長、食性、習性及生活史上，並透過實驗設計，了解植物燈對其繁殖之影響，希望透過本研究，能使吾人對於黑水蛇之生理、行為、習性、食性等更加了解，以使這種近乎完美的昆蟲能更廣泛應用於廚餘之處理、飼料之開發，並作為黑水蛇商業化生產之重要參考依據。

## 1.2 研究目的

黑水蛇在解決餐廚垃圾處理、畜禽糞便污染、病死畜禽處理方面有著巨大的發展潛力，市場前景廣闊，是一項新興的養殖項目。

與其它垃圾相比，餐廚垃圾具有水分、有機物、油酯和鹽分等含量高的特點，有較高的生物轉化利用價值。在現今社會物資不虞匱乏的狀況下，「剩食」問題充斥在生活周遭，解決廚餘問題刻不容緩。同時，黑水蛇高營養成分和廣泛用途的發現，令人們發掘了餐廚垃圾的利用價值，可預見未來黑水蛇於餐廚垃圾處理之廣大環保效益及循環經濟效益。可分解廚餘又有營養價值的黑水蛇，是目前熱門的昆蟲，黑水蛇衍生出來的昆蟲油、甲殼素、幾丁質以及動物蛋白質，每一個環節都有可

能發展成一個產業（吳，2019）。

黑水虻之生活史如圖 1.1 所示，而目前一般飼養方式則示如圖 1.2。現在普遍的黑水虻人工飼養為乾式盒養，乾式盒養將黑水虻的蟲卵收集到塑膠盒內，置於室溫環境約 2-4 天左右的孵化，孵化後的幼蟲會自動鑽入到預備的人工飼料中取食；同時為了方便幼蟲的統一管理，須將同一天產的幼蟲集中到一起。在人工飼養幼蟲初期，採用發酵一天的麥麩或豆粕加木屑進行餵養，因為麥麩比較鬆軟透氣，易於幼蟲取食但是也要注意保持麥麩的濕度。然而傳統的乾式盒養方式非常耗人力，時間及空間，且多數研究著重於黑水虻的營養、生長發育和對禽畜糞便的處理效果，但對影響黑水虻繁殖因子之研究尚顯不足。

因此本研究之首要目的在於探討規模化黑水虻繁養殖之影響因子，特別是植物燈對於其繁殖之影響，並尋求加值的環保處理廚餘辦法，除可解決環境污染問題外，亦可降低幼蟲飼養的成本，提高黑水虻人工養殖的經濟效益及環保效益（張，2017）。



圖 1.1、黑水蛇生活史

一	卵	卵孵化期約 3-4 天
二	幼蟲	共六齡蟲約 15-18 天
三	預蛹	至羽化成蟲約 12-15 天
四	交尾	成蟲壽命約 7-10 天
五	產卵	交尾 3 天後

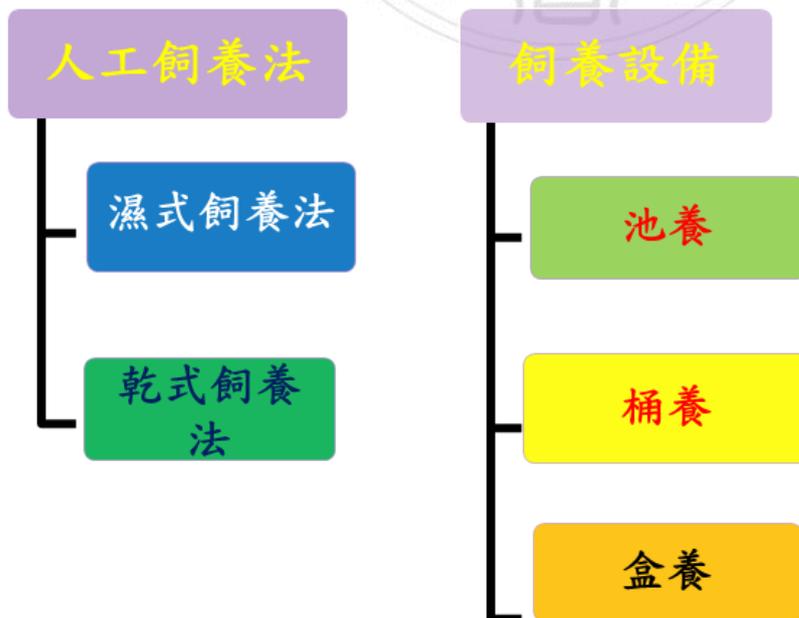


圖 1.2、黑水蛇飼養方式 (以上皆乾式飼養法)



圖 1.3、黑水蛇溼式飼養方式

圖片來自於菁埔社區



### 1.3 本文架構

本論文的研究架構如圖 1.3 所示。論文主要著重於黑水虻繁殖及應用等兩大層面，主要內容及擬探討之問題敘述如下：

#### 一、黑水虻繁殖

(一) 黑水虻飼養濕度是決定飼料品質和價值的重要關鍵：

1. 飼養黑水虻隻養殖模式，從目前的養殖設備改良，設計新式飼養設備，並對照常見飼養模式，評比成本效益。
2. 模擬豆粕、廚餘、吳郭魚下角料與木屑，測試黑水虻分解有機物質的效益。
3. 利用傳統堆肥法處理有機物，觀測豆粕、廚餘、吳郭魚下角料與木屑分解效果，評比各飼料之間的消化率。
4. 蟲卵質量檢測：提供客觀益操作的蟲卵計算方法，作為量化或優化飼料品質之參考。

#### 二、黑水虻應用

蛋雞實驗之動物性蛋白替代飼料，分析餵食黑水虻後，蛋雞的生長及產量效益。

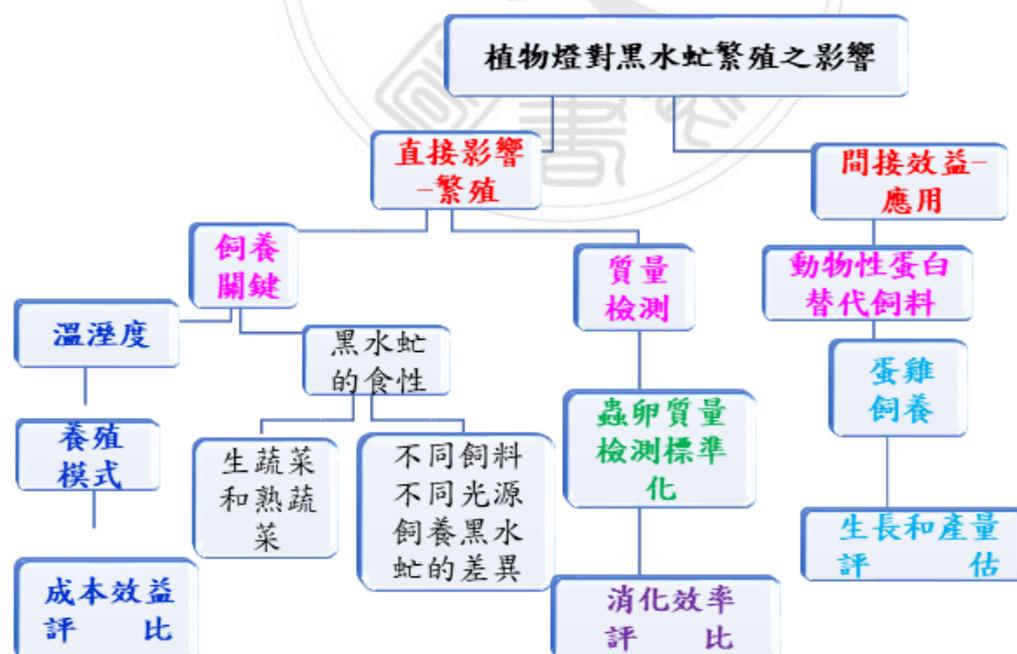


圖 1.4、論文研究架構

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 黑水虻飼養現況

在講求速度和效率的時代，畜牧水產養殖業早已朝向人工智慧及機械化養殖，但在目前黑水虻養殖的技術，仍舊採傳統人力的養殖方式飼養，尤其幼蟲的養殖設備最常見的是密林盆或是地上水泥池等容器。上述飼養方式為防止幼蟲四處竄逃，避免幼蟲養殖過程發生飼料與幼蟲過熱，目前唯一降溫方法，只能採人工每日多次平均翻攪來克服。實作過程中發現，幼蟲活動的磨擦與飼料有機質的堆積，會不斷產生熱源，因此飼養設備內部的溫度會不斷提高，造成內外環境溫度高達攝氏 10-25°C 溫差，如果內部溫度高於攝氏 45°C 時，會造成幼蟲只在飼料邊緣活動，成長不均，嚴重時會造成幼蟲死亡。

而當前黑水虻飼養上，面臨另一項技術難題，也是影響黑水虻規模生產化的關鍵瓶頸-「蟲糞分離」。在人工飼養過程中幼蟲的溫濕度的變化，飼養過程幼蟲死屍或有機物濕度太高產生黏稠等狀況，最終會造成飼料結塊變質（圖 2.1），讓最後處理蟲糞時無法順利過篩，無法將黑水虻與殘渣、蟲糞分離，是業者收集幼蟲的困境（圖 2.2~2.3）。過篩不乾淨，雜質含量過高，將粉碎後以微生物菌發酵做液肥料（圖 2.4）。因此，蟲糞分離過篩工序是黑水虻幼蟲飼料加工產業停滯不前的重要因素之一。



圖 2.1、飼料變質結塊之情形

圖片來自於菁埔社區



圖 2.2、使用 7mm 孔目篩網幼蟲之情形



圖 2.3、過篩乾淨之幼蟲狀態



圖 2.4、過篩不完全的有機殘留物



圖 2.5、液態肥料發酵為液態肥料

### 一、溫濕度對黑水虻成長之影響

黑水虻原產於南美洲，最早發現於西元 1758 年，昆蟲屬於異溫型的動物，體內的溫度受到外界環境的影響，因此環境溫度皆會決定昆蟲體內酵素和激素的產生和作用，進而影響生長發育的情形，溫度太高或溫度過低皆會導致滯育。此外，昆蟲使用氣管系統（tracheole system）進行呼吸，大多數物種的主要氣管開口在體壁上，故生長的環境濕度若過高也不利其生長（徐，2002），因此，若要規模化且精準的生產黑水虻蟲體，溫溼度的瞭解和控制必是關鍵條件。

早期開始飼養黑水虻時，一旦遇到長期陰雨天或冬季氣溫過低，就是業者最擔心憂慮的時期。由於黑水虻成蟲不需進食，只需光線與攝取少許水分，而黑水虻成蟲交配的需求氣溫比較高，若白天最高溫度低於 25°C，將不會有成蟲交配。在累積許多養殖經驗後，一旦養殖溫度過低時，即可選擇採用各種加溫方式，協助穩定養殖適溫溫度在生長發育最適範圍。例如，透過加蓋保溫薄膜、利用火爐、加熱器、空調等人工加溫。另本研究擬以 LED 探照燈照射，並求取最適宜溫度範圍，以兼顧省電及黑水虻之穩定成長發育。

黑水虻的交配和產卵在濕度 70% 的時候比較普遍，當環境中相對濕度低於 50% 時，成蟲的交配相對就會減少，同時成蟲也容易脫水死亡。因此，業者建議於籠室中安裝定時噴霧器，每隔 1 小時給成蟲噴霧補水，噴霧頭的孔以 40-50mm 最適宜，噴霧時間每次一分鐘，無疑是一舉數得的好方法，既增加環境濕度，又能夠為成蟲補充水分（王，2016；吳，2019）。

2002年 Tomberlin and Sheppard 針對黑水蛇生長的大環境和微氣候，進行深入探究，從其多項處理試驗得知，幼蟲的飼養最佳條件為室溫 25°C，飼養盆內食料溫度宜於 30-32°C，空氣的相對濕度不低於 60%，盆內的濕度不高於 80%；若要縮短黑水蛇的幼蟲生產週期，大氣溫度應控制在 27-30°C，飼料的含水量以 65-70% 較佳，並且飼料中應含有多種營養有機質及蛋白質，同時飼料和飼養盆須保持一定的通氣性。另人工飼養時蟲卵宜置於 25°C 孵化 (Tomberlin and Sheppard, 2002; 安等, 2010)。由各項研究報告，可以歸結出黑水蛇卵期需要在乾燥的基質、潮濕的空間 (RH80%) 及 25°C 的環境中孵育；幼蟲期的適宜溫度為 30-32°C，空氣相對溼度 60% 以上，飼料含水量在 70% 左右；預蛹期和蛹期需要在室溫的乾燥環境；成蟲需要在 25°C 以上，空氣相對溼度 50% 以上，才會促使發生交配。因此，規模化生產的裝置和管理，必須能隨時監控這兩項條件，並設法穩定調整在適當範圍內，方能在最短的時間獲取最高的效益。

## 二、光照度對黑水蛇繁殖的影響

昆蟲是約四億多年前就出現在地球上生物類群，其多元的生存與繁殖策略，成功讓後代持續蓬勃繁衍至今。大多數的昆蟲交偶尋偶，是依賴各種感覺系統，主要有聽覺、嗅覺和視覺等。黑水蛇是具大複眼採視覺搜尋配偶的物種 (Tomberlin and Sheppard, 2002a) 由黃苓 (2008) 對黑水蛇的研究可明顯看出，光照對黑水蛇生長發育有很大的影響。黃苓使用人工光源作為黑水蛇飼養，測試篩選優質黑水蛇的光源，以解決在冬季或陰雨天時，在陽光不充足的狀況下交配排卵問題。實驗中使用太陽光和兩種人工光源 (碘鎢燈、稀土燈) 對黑水蛇成蟲進行照射，觀測紀錄各處理對黑水蛇交尾、產卵的影響。結果發現在陽光下的群體，交配主要集中在上午時段，在中午強烈的太陽光，很容易觀察到交配，並且出現一個交配高峰期，成蟲交配非常活躍且順利產卵；在稀土燈光照時，交配不會出現無法成功交配和產卵；於碘鎢燈照射下的黑水蛇則可順利的成功交配及產卵。在太陽光下黑水蛇的同交配量能達到 40 對以上，當中陽光強度達到 70 (日照)，開始出現交配現象，即早上 9 點左右。當光強度達到 140 (日照) 以上時，因為陽光是影響交配致關重要的原因，當沒有陽光照射時交配不會出現。85% 的交配都發生在早上，大約下午即二點鐘以後，交配就較少發生，交配隨著時間而逐漸減少，其收集到的蟲卵無法順利孵化，以上

的研究顯示，光強和光照時間是影響黑水蛇交配的重要因素。



圖 2.6、LED 植物燈養殖之情形

從 Tomberlin 和 Sheppard 於 2002 年的研究觀測，發現成蟲飼養於 22°C 以上的條件時，光照強度與交配的數量成正比，當光照強度低於 63 日照時，沒有觀察到交配行為；而光照強度大於 200 日照時，交尾行為可達 75%。依觀測紀錄分析，時間區段與交配成負相關性。大自然仍為生命最好的孕育溫床，太陽光下的黑水蛇成蟲交配率高，若遇陰雨天可以依植物燈補充光照，由此可見，黑水蛇規模飼養，最經濟效益的照明還是太陽光。黑水蛇最佳溫度 25°C-32°C，空氣相對濕度 60% 最宜，大量黑水蛇成蟲既會進行交配，待交配 2-3 天後，自可收得數量豐碩的有效蟲卵（黃，2008）。

### 三、人工飼料對黑水虻生長之影響

黑水虻人工養殖目前最常見的以豆粕、麥麩、酒糟等農業廢棄物為其幼蟲之主要人工飼料。為進一步獲得最好的飼料和黑水虻生長效率，2016年郭柏秀學者深入探討不同飼料對黑水虻幼蟲生長發育的影響，並觀測其食物性偏好。郭（2016）選用黃豆渣、蛋炒飯和鳳梨皮等作為試驗組，搭配人工飼料（以1:3的小雞飼料與白麩皮混合而成）當控制組進行試驗觀察，並分別以5種（40、60、80、100和120隻）不同的幼蟲飼育，在分析各組處理之前，蛹的碳水化合物、蛋白質及脂肪等營養含量先進行測定。從其試驗結果得知，生長表現方面，以取食人工飼料的幼蟲生長表現最佳，取食黃豆粕處理組織幼蟲生長表現次之，而取食蛋炒飯及鳳梨皮之幼蟲存活率較低且發育時間較長。此外，實驗顯示幼蟲密度對其存活率並沒有明顯的影響，但隨著幼蟲密度增加，幼蟲發育時間、前蛹重量及長度呈現遞減的趨勢。

Vogel（2018）等學者透過食料對黑水虻幼蟲的免疫學試驗，得知幼蟲體內的免疫活性會受到食料的誘發，當在黑水虻幼蟲的人工飼料裡添加細菌混合物或有機廢棄物時，於誘蟲體內可以萃取出更多樣、更豐富的抗菌肽和溶菌酶。而當餵食高蛋白和纖維素時時，其萃取出物質對革蘭氏陰性菌的抑制效果最強；餵食富含幾丁質、纖維素、細菌及植物油時，其萃取出物質抑制格蘭氏陽性菌的活性最佳。歸納發現，食料中富含蛋白質和植物油時，將比直接添加細菌混和物質更能提升免疫反應。

黑水虻的食性廣泛，大部分的廢棄有機質都可以用來飼養黑水虻，但其幼蟲存活率及有機物消化率卻有很大的不同。除了飼料會決定黑水虻幼蟲的免疫能力以外，還能影響生長發育的歷程，是黑水虻人工繁殖效率的關鍵，因此，黑水虻的規模飼養，在人工飼料上盡力壓低成本之餘，必須先考量幼蟲的吸收轉化率（即換肉率效益）和代謝產物誘發機制，方能使用最少的飼料，最合乎經濟成本的價格，搭配最適合的硬體設備，控制在最佳的溫濕和光度環境，獲得最大量且健康優質的蟲體，萃取出最優質、有效的蛋白質、抗菌肽、油脂或甲殼素等元素。目前以豆類加工廢棄物最適合做為規模化養殖飼料，不僅容易取得大量而隱定的豆渣，且其豐富的蛋白質等營養成份，也非常適合黑水虻生長繁殖，單位養殖的效率較糞類好。

## 2.2 黑水蛇飼養量產與效益分析

### 一、黑水蛇蟲體營養成份

依據鄭長義學者於 1999 年的報告指出，黑水蛇具有高達 50% 的蛋白質含量，富有 35% 的脂肪，並兼具維生素 E、維生素 K、膽鹼、鈣和磷等多種元素，其組成分較魚粉隱定，蛋白質和脂肪含量與黃粉蟲相近（如表 2.1 所示），黑水蛇快速生長的特性，加上生活史短，故運用於分解餐飲和農畜廢棄物，除了可以快速解決垃圾問題，其大量飼養之蟲體更是被期待成為禽糞的補充或替代飼料，因此研究黑水蛇體內營養價值顯然成為熱門的探討主題。

表 2.1、常見動物性蛋白脂比較

物料種類	蛋白質含量	脂肪	維生素	礦物質	缺點
魚粉	63~70%	41~5%	A、D、B 群、 菸鹼酸	鈣、磷、鐵、 碘	價格較高不易 存放
肉骨粉	40~50%	8%	A、D、B 群、 膽鹼、菸鹼	鈣、磷、錳	因原料的不同 成分不定
血粉	80%以上	0%	維生素含量少	鈣、磷	不易存放
羽毛粉	80~85%	2~4%	泛酸、菸鹼酸	鈣、磷	品質較差
黃粉蟲	55%	30%	E、B 群	磷、鉀、鐵、 鈉、鋁	體長，小昆蟲較 難消化
黑水蛇	50%	35%	E、K、膽鹼	鈣、磷	缺乏維生素 A、B、D

(鄭長義，1999)

針對處理有機廢棄物之黑水蛇幼蟲分析其飼料價值，觀測紀錄取食餐廚垃圾和雞糞的黑水蛇幼蟲，利用液相色譜法、原子吸收光譜法檢測幼蟲的常規營養指標和衛生指標，結果如表 2-2 顯示。兩種烘乾蟲粉的水分含量(1.40%，5.97%)、粗蛋白質含量(35.14%，39.05%)、粗脂肪含量(38.17%，10.58%)、灰分含量(13.03%，25.31%)、甲殼素含量(4.81%，5.42%)、蛋氨酸含量為 12.43、14.04mg/g 蛋白質；賴氨酸含量為 58.07、54.76 mg/g 蛋白質。取食餐廚餘之黑水蛇的不飽和脂肪酸與必需脂肪酸分別占總脂肪的 60.85%和 23.72%，其中油酸和亞油酸含量高達 30.7%和 21.3%。取食雞糞的黑水蛇其不飽和脂肪酸與必需脂肪酸分別占總脂肪的 34.61%和 8.2%。兩種處理的蟲體中，其微量元素含量高於

魚粉和豆粕（胡等，2017）。黑水蛇能將有機廢棄物轉化為蛋白質，脂肪含量高，功能性物質豐富，安全的生物資源，這為目前全球面臨的蛋白質和油脂資源匱乏問題提供解決途徑，因此充分利用黑水蛇資源，全面綜合開發蛋白質、油脂原料以及功能性飼料添加劑，促使快速的應用於飼料生產是今後飼料行業研究的重點。綜合上述，取食餐廚剩食和雞糞的黑水蛇幼蟲皆富含高蛋白質，脂肪以及微量元素，確實具有較高的飼料研究和開發價值。餐廚餘雖然營養豐富，但由於含水量、含油量以及含鹽濃度高，所以在黑水蛇飼養裝置及前置處理方式有進一步設計和研究之必要。

表 2.2、黑水蛇不同飼料來源營養指標

營養指標	餐廚餘飼養黑水蛇	豬糞飼養黑水蛇
水分	1.40%	5.97%
粗蛋白質	33.14%	39.05%
粗脂肪	38.17%	10.58%
灰分	13.03%	25.31%
甲殼素	4.81%	5.42%

（胡等，2017）

## 二、黑水虻飼料對禽畜生長發育之影響

雞在自然界主要以昆蟲、植物、種子和青草為食，分別對應相當於人工飼料中的蛋白質和纖維等營養物。一般理論上，標準的雜食性動物在飼料中不添加昆蟲，或者全部餵食昆蟲皆可。不過經驗顯示人工飼養時，以黑水虻幼蟲餵養雞隻，可以佔飼料比例的二到三成（餵食在 20%-30% 的昆蟲比例），才能養出最健康的雞隻。此外，結合黑水虻幼蟲飼養搭配放養雞隻，仍模擬最原始隻生態的雞隻生存模式。故採用黑水虻幼蟲餵養的雞隻和產出的雞蛋品質，皆遠高於普通土雞（Newton et al., 1997）。

研究數據也證明，添加黑水虻蟲粉於飼料中，對豬隻存活率具有影響。試驗期間紀錄豬隻的存活率，結果以乾燥黑水虻預蛹粉取代魚粉之處理組呈現良好健康狀況，存活率皆達 100%，略高於 89% 之對照組，處理組雖有較高的存活率，只是經統計分析並未達顯著差異（楊等，2018）。但在實驗發現的黑水虻幼蟲飲食依賴性表現 (diet-dependent expressions) 機制，其背後的潛在反應能調節或活化體內免疫蛋白，增加作為飼料中抗生素可行替代物資潛力。藉由調控黑水虻幼蟲的飼料，然後誘導黑水虻幼蟲表達特定的免疫基因，萃取目標抗菌肽添加於養殖飼料中，達到控制病原菌並維持禽畜健康之功效（De smet et al., 2019）。在前述報告基礎上，可以顯示以黑水虻幼蟲或預蛹餵養禽畜，將是未來養殖場業的主流發展趨勢，也是本研究必須積極進行的重要關鍵。

## 第三章 研究方法

在諸多黑水虻研究基礎上，結合產業界多年來的經驗，飼養成本效益則以最常見的盆式和池式飼養居多，合併血球計數法，檢視自創溫度自動控制系統裝置飼養情形，本研究從黑水虻幼蟲的形態特徵開始做研究。

### 3.1 黑水虻幼蟲的形態特徵

#### 一、觀察

黑水虻在幼蟲時有許多的階段，我們發現它會不斷的蛻殼成長，因此擬藉由觀察得知黑水虻的幼蟲體型如何成長與蛻變。

#### 二、實驗步驟

- (一) 將 12 隻黑水虻的幼蟲分開飼養，每天拍照並紀錄。
- (二) 本實驗以溫度 28°C，空氣濕度 60%，廚餘 70% 作基準。
- (三) 利用電腦的生物影像處理分析軟體 (Image J) 計算照片中黑水虻幼蟲的體長，以了解幼蟲的成長。



圖 3.1、黑水虻幼蟲分開飼養之實驗情形

#### 三、實驗結果

幼蟲成長周期約 20 天，直徑長度約 27mm，重量約 0.2 公克，幼蟲分開飼養容易死亡，其成長周期的長短受到環境與溫度的影響，實驗過程及情形如圖 3.1 所示，詳細數據如表 3.1 所示。

表 3.1、黑水蛇幼蟲分開飼養實驗

天	長度 mm	蟲重	天	長度 mm	蟲重
1	3.9	0.01	11	14	0.09
2	4.6	0.01	12	15.4	0.10
3	6.3	0.02	13	17	0.12
4	7.2	0.25	14	18.9	0.13
5	8.6	0.03	15	20.7	0.14
6	9.9	0.04	16	23.5	0.16
7	10.2	0.05	17	24.7	0.17
8	12	0.06	18	25.	0.18
9	12.1	0.07	19	26.2	0.19
10	13.4	0.08	20	27.3	0.2g

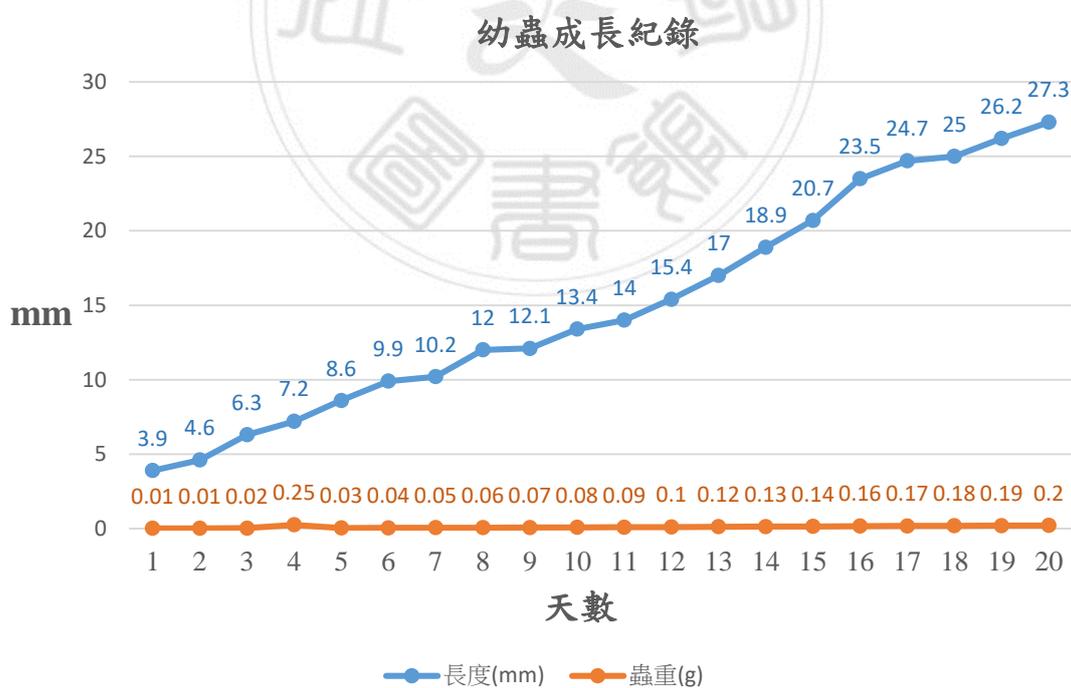


圖 3.2、黑水蛇幼蟲成長紀錄圖

### 3.2 黑水虻食性的研究

#### 一、黑水虻對生蔬菜和熟蔬菜的食性比較

##### (一) 觀察

廚餘中有些蔬菜是生的，有些是煮過的，當我們餵食黑水虻時，發現它兩者皆會進食。但某些文獻提到黑水虻只吃熟蔬菜，不吃生蔬菜，強調不會危害農作物。

##### (二) 實驗方法

- 1.各選 20 隻相同大小的幼蟲，秤重後放入紙碗中，一組有 2 個紙碗，共三組。
- 2.各組分別放入切碎的生蔬菜與熟蔬菜各 30 公克。
- 3.每隔一天補充 10 公克的食物。
- 4.每天秤重並記錄食物總重量。
- 5.持續 7 天記錄，觀察其偏好哪種食物。
6. 本實驗以溫度 28°C，空氣濕度 60%，廚餘 70%作基準。



圖 3.3、黑水虻生熟蔬菜餵食實驗情形 (1/2)

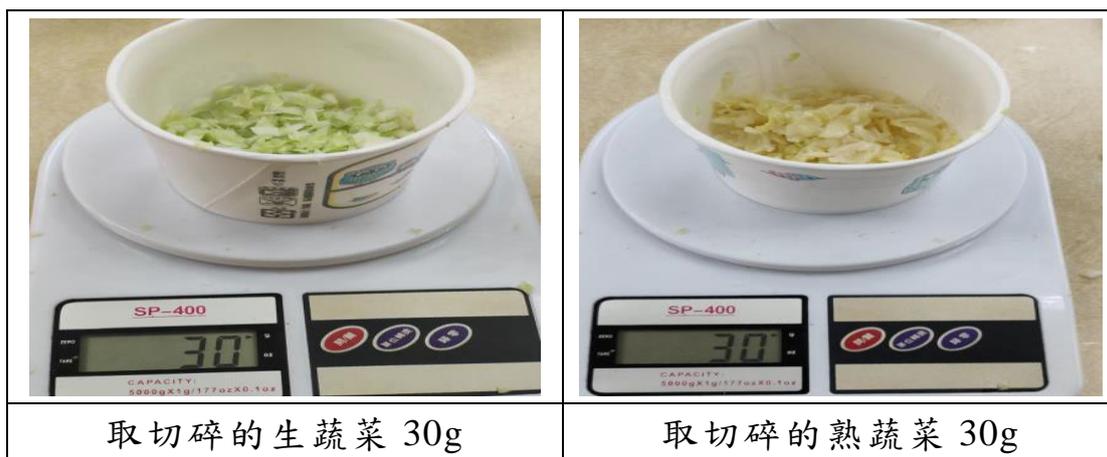


圖 3.4、黑水蛇生熟蔬菜餵食實驗情形 (2/2)

(三) 實驗結果

黑水蛇吃生蔬菜比吃熟蔬菜的食量多 0.9g，表示它喜好吃生蔬菜，結果顯示黑水蛇對生的和熟的蔬菜都會吃，此與文獻所提的只吃熟蔬菜不符，實驗結果如表 3.2、圖 3.5 所示。

表 3.2、黑水蛇食生和熟蔬菜之食量比較

黑水蛇食生和熟蔬菜之食量比較		
組別	生蔬菜 (g)	熟蔬菜 (g)
第一組	8.3	7.1
第二組	8.0	7.0
第三組	6.7	6.1
平均	7.7	6.8

## 實驗結果

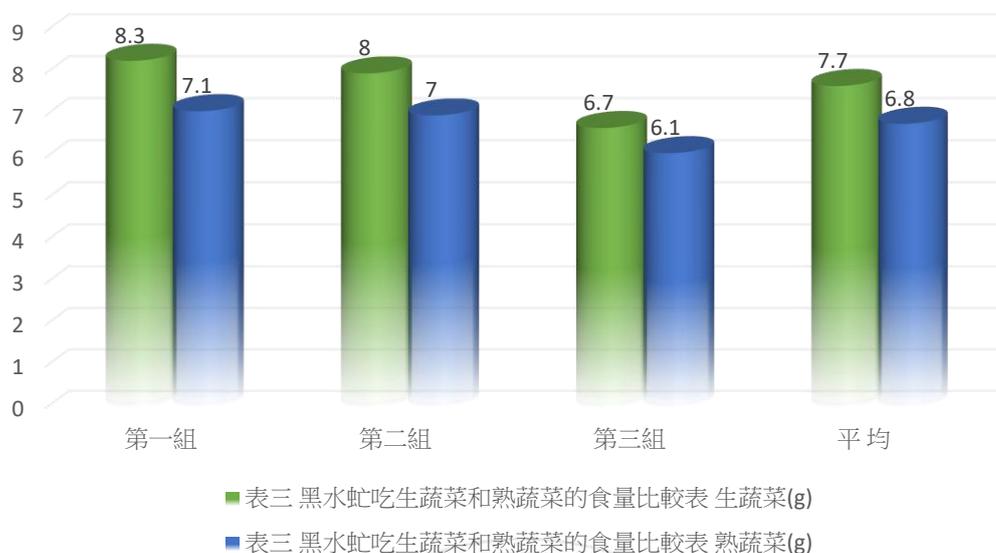


圖 3.5、黑水虻生熟蔬菜餵食實驗結果

## 二、黑水虻對米飯和廚餘之食性比較

### (一) 觀察

餵食黑水虻前廚餘的處理必需先瀝水，為了省去瀝水的步驟，我們一開始只餵食白米飯，長期只餵食白米飯，是否會造成只吃白米飯的偏食現象。

### (二) 實驗方法

- 1.各選 20 隻相同大小的幼蟲，秤重後放入紙碗中，一組有 2 個紙碗，共三組。
- 2.各組分別放入煮熟的白米飯與廚餘各 30 公克。
- 3.每隔一天補充 10 公克的食物。
- 4.每天秤重並記錄食物總重量。
- 5.持續 7 天記錄，觀察其偏好哪種食物。
- 6.7 天後兩者每天皆餵食廚餘 10 公克。
- 7.再持續 7 天記錄，觀察其是否有偏食現象。
8. 本實驗以溫度 28°C，空氣濕度 60%，廚餘 70%作基準。



取大小相同的蟲秤重

米飯組與廚餘組

圖 3.6、黑水蛇餵食米飯和廚餘實驗情形

### (三) 實驗結果

#### 1. 第一組實驗 (餵養米飯與廚餘)

黑水蛇吃米飯比吃廚餘的食量多 0.4g，表示它喜好吃米飯，但先餵食米飯一週後，再餵食廚餘，發現米飯組比廚餘組的食量少 0.1g，米飯組的黑水蛇食量減少，較不喜歡吃廚餘，表示有偏食現象。所以在餵食黑水蛇廚餘時，最好米飯與廚餘混合餵食，不要只單獨餵米飯，實驗結果如表 3.3、圖 3.7 所示。

表 3.3、黑水蛇食餵米飯和廚餘之食量比較

黑水蛇吃米飯和廚餘之食量比較		
組別	米飯 (g)	廚餘 (g)
第一組	4.7	4.4
第二組	4.7	4.3
第三組	4.9	4.6
平均	4.8	4.4

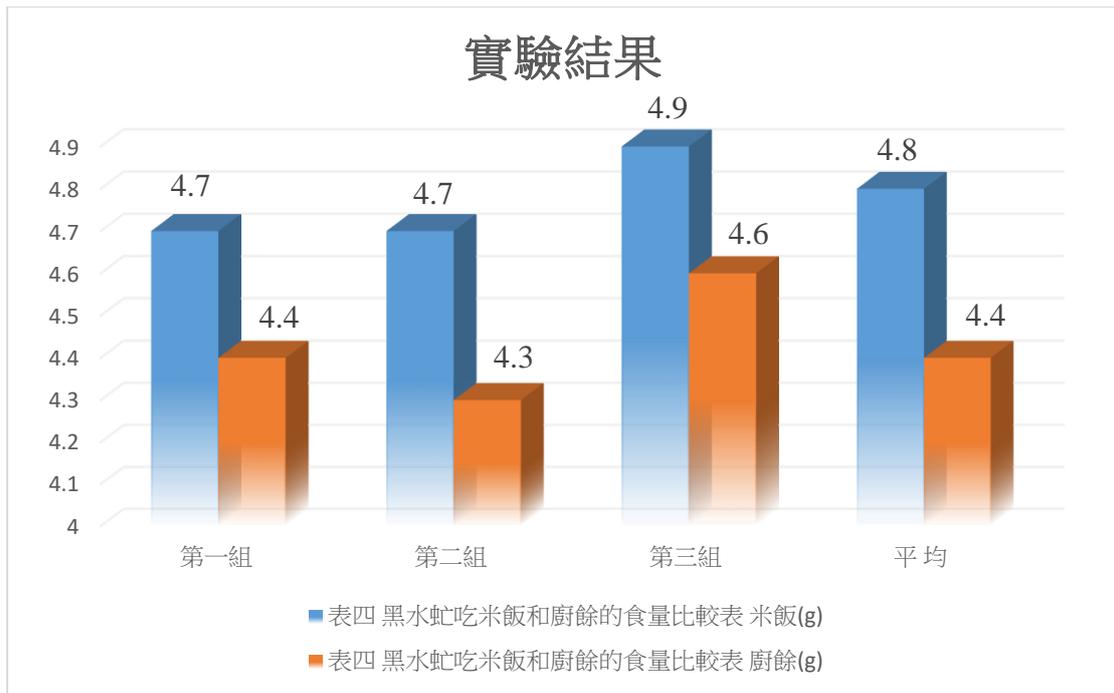


圖 3.7、黑水蛇米飯和廚餘餵食實驗情形

#### 2. 第二組實驗（2 組實驗皆餵養廚餘）

兩組皆餵食廚餘後，米飯組比廚餘組的食量少 0.1g，結果顯示先餵食米飯一週後，再餵食廚餘，米飯組的黑水蛇食量減少，較不喜歡吃廚餘，有偏食現象。

### 三、黑水蛇對軟廚餘和硬廚餘之食性比較

#### （一）觀察

廚餘中有些是軟的，有些是硬的，當我們餵食黑水蛇時，發現它兩者皆會進食，因此欲探討食物的軟硬是否會影響黑水蛇的食量。

#### （二）實驗方法

1. 各選 20 隻相同大小的幼蟲，秤重後放入紙碗中，一組有 2 個紙碗，共三組。
2. 分別放入煮熟的整片高麗菜葉與經果汁機攪碎的高麗菜葉各 30 公克。
3. 每隔一天補充 10 公克的食物。
4. 每天秤重並記錄食物總重量。
5. 持續 7 天記錄，觀察其偏好哪種食物。
6. 本實驗以溫度 28°C，空氣濕度 60%，廚餘 70% 作基準。

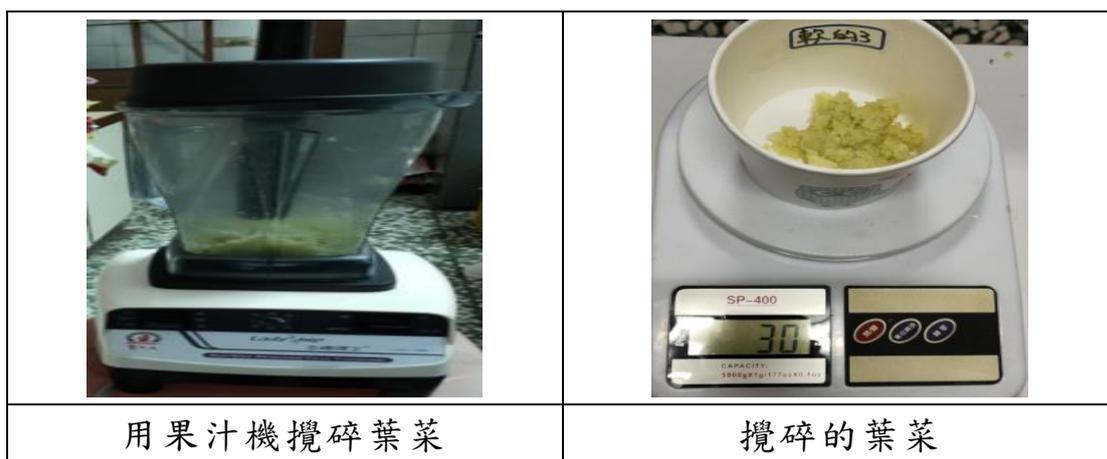


圖 3.8、黑水蛇軟廚餘和硬廚餘實驗情形

### (三) 實驗結果

黑水蛇吃軟的經攪碎的葉菜比吃硬的葉菜食量多 3g，表示它喜好吃軟的食物，實驗結果如表 3.2、圖 3.9 所示。

表 3.4、黑水蛇食軟廚餘和硬廚餘之食量比較

黑水蛇吃軟廚餘和硬廚餘之食量比較		
組別	軟廚餘 (g)	硬廚餘 (g)
第一組	30	28
第二組	25	22
第三組	31	27
平均	28.7	25.7

## 實驗結果

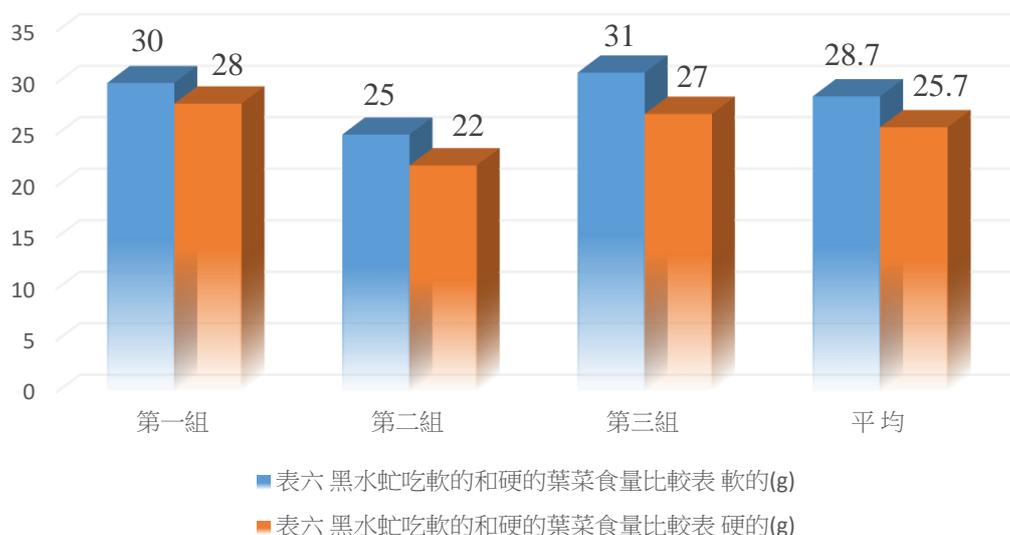


圖 3.9、黑水蛇軟廚餘和硬廚餘餵食實驗結果

### 3.3 黑水蛇產卵行為之研究

黑水蛇交配時，首先雄蟲由空中從後面抱住雌蟲，等到落到地上的時候，兩蟲則變成“一”字形交配。生命週期只有數天，即可完成交配產卵，每次產卵近 1000 顆。

#### 一、黑水蛇產卵位置的研究

##### (一) 觀察

在收集黑水蛇的卵時，發現黑水蛇不一定會將卵平均的產於每一片木板上，雌蟲在產卵時，是否與木板放置的位置有關。

##### (二) 實驗方法

1. 將五片木板網綁在一起為 1 組，共 9 組。
2. 在廚餘箱網子的上方分三區來放置，每一區有三組，分別為廚餘箱網子上的下層、上層與網外。
3. 在每一組木板上的木片標示編號。
4. 放置 5 天後取卵，取卵時拍照，以組為單位進行量測，並比較不同位置所產的卵重是否相同。
5. 本實驗以溫度 25°C 作基準。

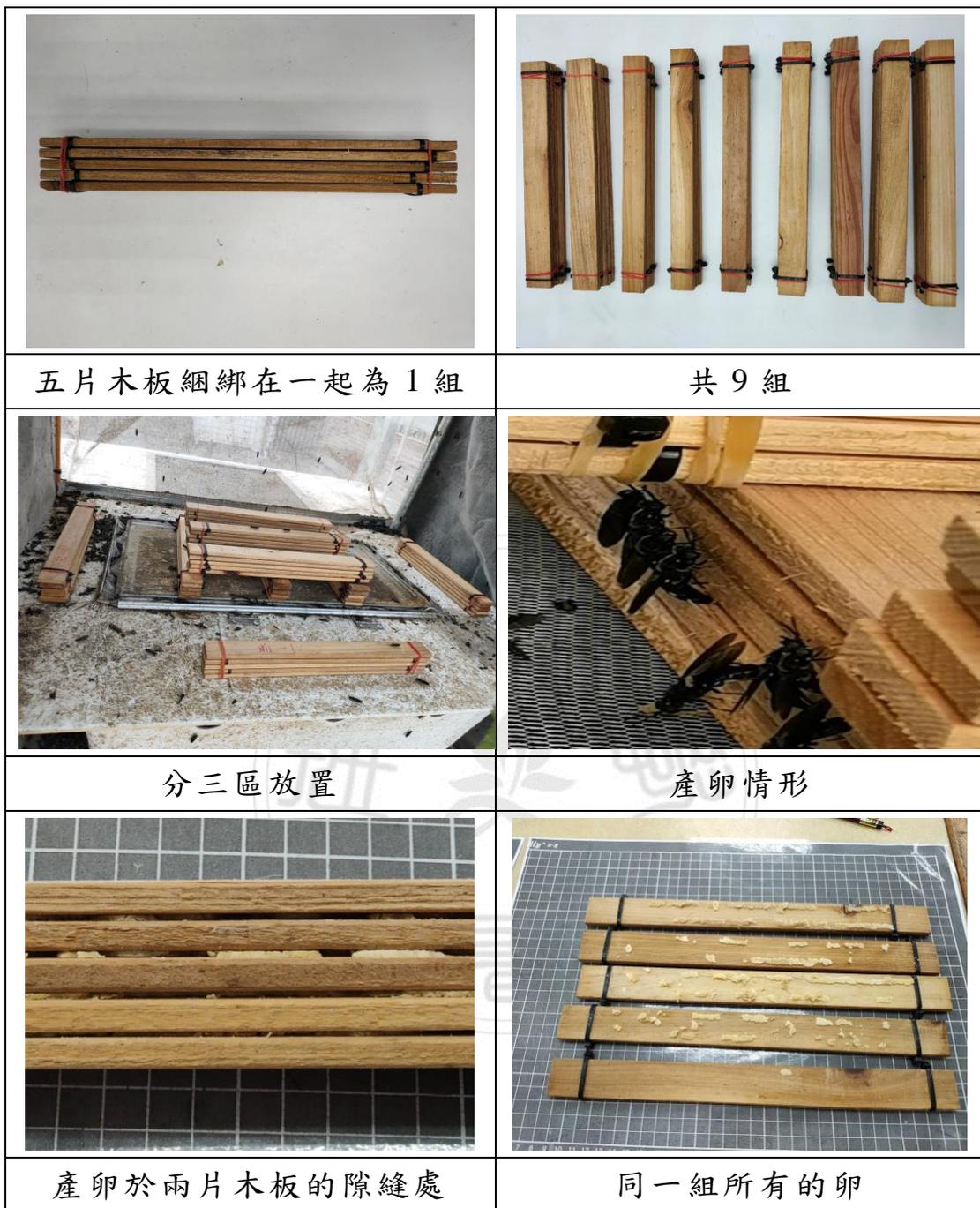


圖 3.10、黑水虻產卵位置研究實驗情形 (1/3)

### (三) 實驗結果

在下層的產卵板收集到的卵較上層多。因產卵板較靠近廚餘，味道較重，所以黑水虻成蟲為了讓幼蟲卵孵化後有食物可以吃，會將卵產在下層的產卵板，上層幾乎沒有產卵，所以產卵板只要放一層即可，在廚餘上方的網子容易收集到卵，前後左右(網外)產卵的紀錄較少，這也推論出黑水虻成蟲喜歡在有廚餘味道的上方產卵板產卵，實驗結果如表 3.5、圖 3.13 所示。

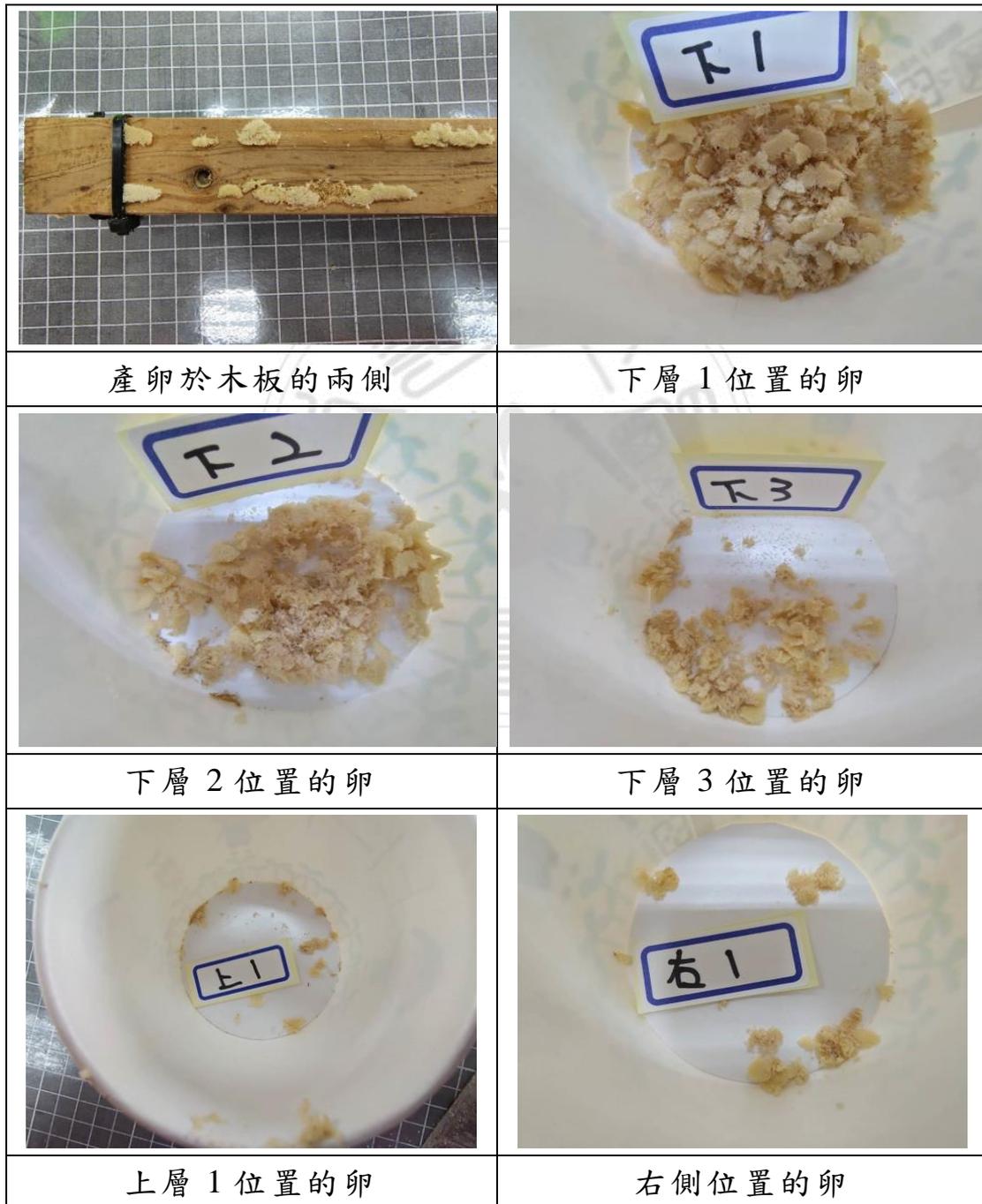


圖 3.11、黑水虻產卵位置研究實驗情形 (2/3)



圖 3.12、黑水蛇產卵位置研究實驗情形 (3/3)

表 3.5、黑水虻產卵位置與產卵量比較實驗紀錄表

產卵位置與產卵量的比較	
位置	產卵量 (g)
下1	4
下2	4
下3	2
上1	1
上2	0
上3	0
左	0
右	1
前	0
下層	10
上層	1
外側	1

產卵位置與產卵量的比較

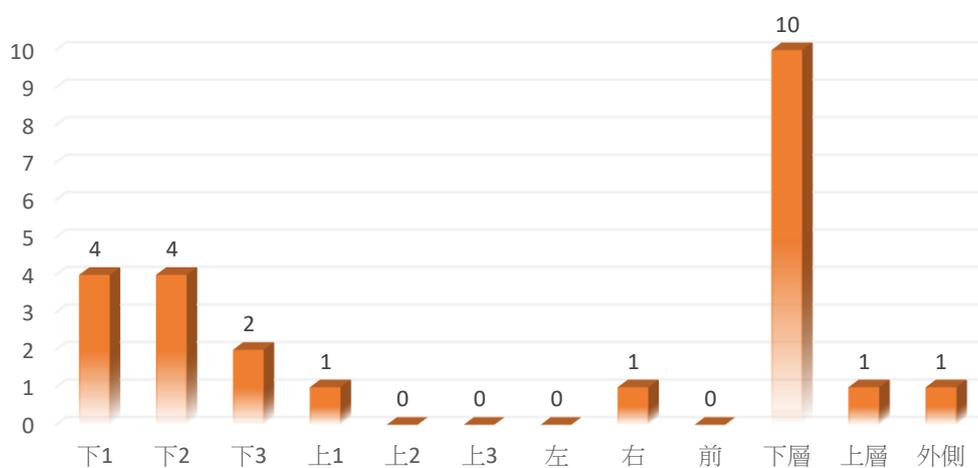


圖 3.13、黑水虻產卵位置與產卵量 (g) 實驗結果

### 3.4 植物燈對黑水虻繁殖之影響

黑水虻飼養最常見的食料為豆粕，因此本研究以豆粕加廚餘、豆粕加台灣鯛下腳料（魚骨、魚肉、魚腸等）、豆粕加廚餘加木屑三種食料，經發酵處理後餵食，以本試驗的計算法，採傳統堆肥法飼養，在諸多黑水虻研究基礎上，結合產業界多年來的經驗，作為本研究的試驗參數。

不同飼料不同光源飼養黑水虻的差異，餵食36盒黑水虻幼蟲(每盒5,000隻)，以探討不同飼料對黑水虻增重之影響。假設所有試驗條件皆相同，三種飼料餵食18天後各盒之增重如下表3.6，請依實驗結果進行變方分析，說明不同飼料對黑水虻增重是否有影響？再利用LSD進行事後檢定(Post-hoc test)，比較各處理之差異，並請繪圖表示不同飼料對黑水虻增重之結果(應包含平均、標準差及各處理間之差異表示符號)分三組不同光源，並分三組進行試驗，本實驗以溫度28°C，空氣濕度60%，廚餘70%作基準。

- 一、 研究材料豆粕加廚餘、豆粕加廚餘加魚下腳料、豆粕加廚餘加木屑，用5,000隻幼卵以50w300-350mm植物燈不同光源照射飼養盆，從幼蟲到預蛹時間為18天。

表 3.6、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表

植物燈 300-350mm 餵食三種飼料共 12 盆							
	餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)		餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)
盆	重量 g	重量 g	重量 g	盆	重量 g	重量 g	重量 g
1	1000	1000	1050	7	1050	1050	1120
2	970	975	1045	8	975	980	1090
3	980	985	1030	9	1040	1050	1105
4	990	1000	990	10	1060	1080	1125
5	985	990	1000	11	1090	1100	1130

6	995	1000	1100	12	1010	1050	1095
---	-----	------	------	----	------	------	------

300-350mm光源餵食飼料增重統計表

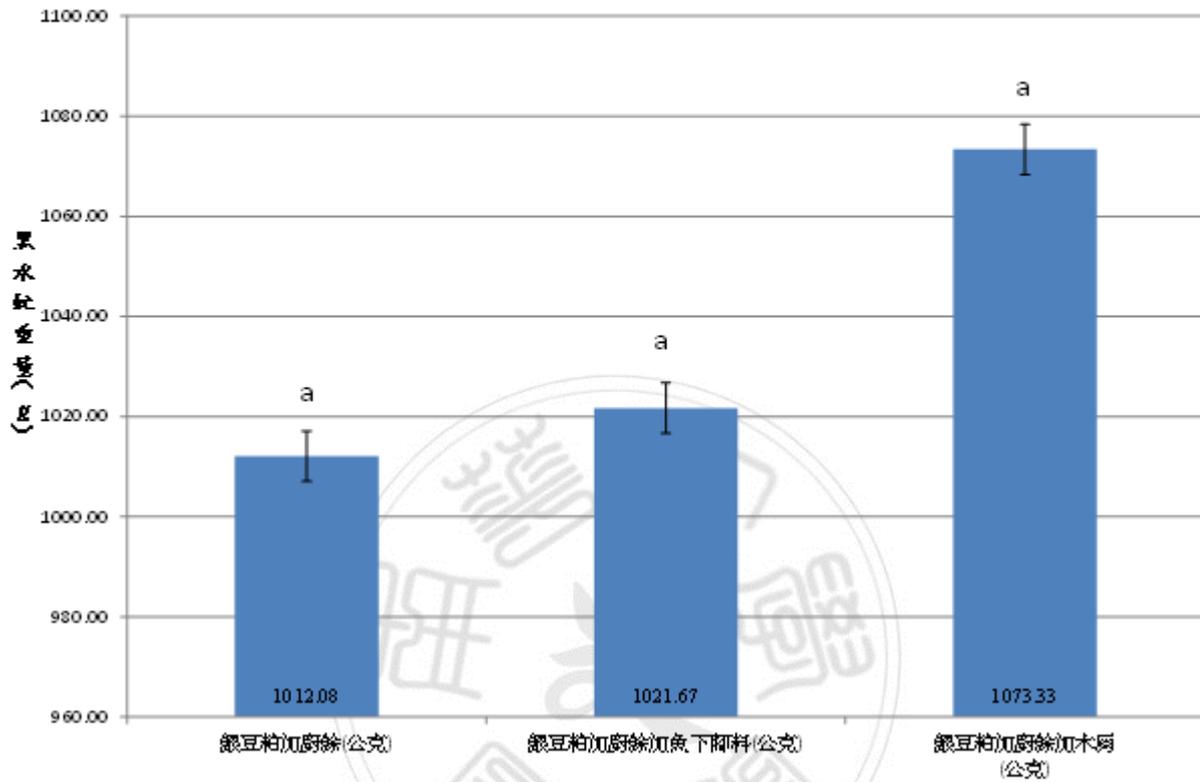


圖 3.14、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養盆實驗結果



圖 3.15、以 50w300-350mm 植物燈照射飼養情形

二、研究材料豆粕加廚餘、豆粕加廚餘加魚下腳料、豆粕加廚餘加木屑，用 5,000 隻幼卵以 50w400-450mm 植物燈不同光源照射飼養盆，從幼蟲到預蛹時間為 18 天。

表 3.7、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表

植物燈 400-450mm 餵食三種飼料共 12 盆							
	餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)		餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)
盆	重量 g	重量 g	重量 g	盆	重量 g	重量 g	重量 g
1	1020	1050	1100	7	1050	1050	1150
2	990	1030	1050	8	1000	1060	1090
3	1025	1040	1080	9	1040	1050	1105
4	1000	1080	1095	10	1050	1080	1130
5	995	1000	1120	11	1080	1100	1150
6	1005	1015	1140	12	1010	1060	1125

400-450mm光源餵食飼料增重統計表

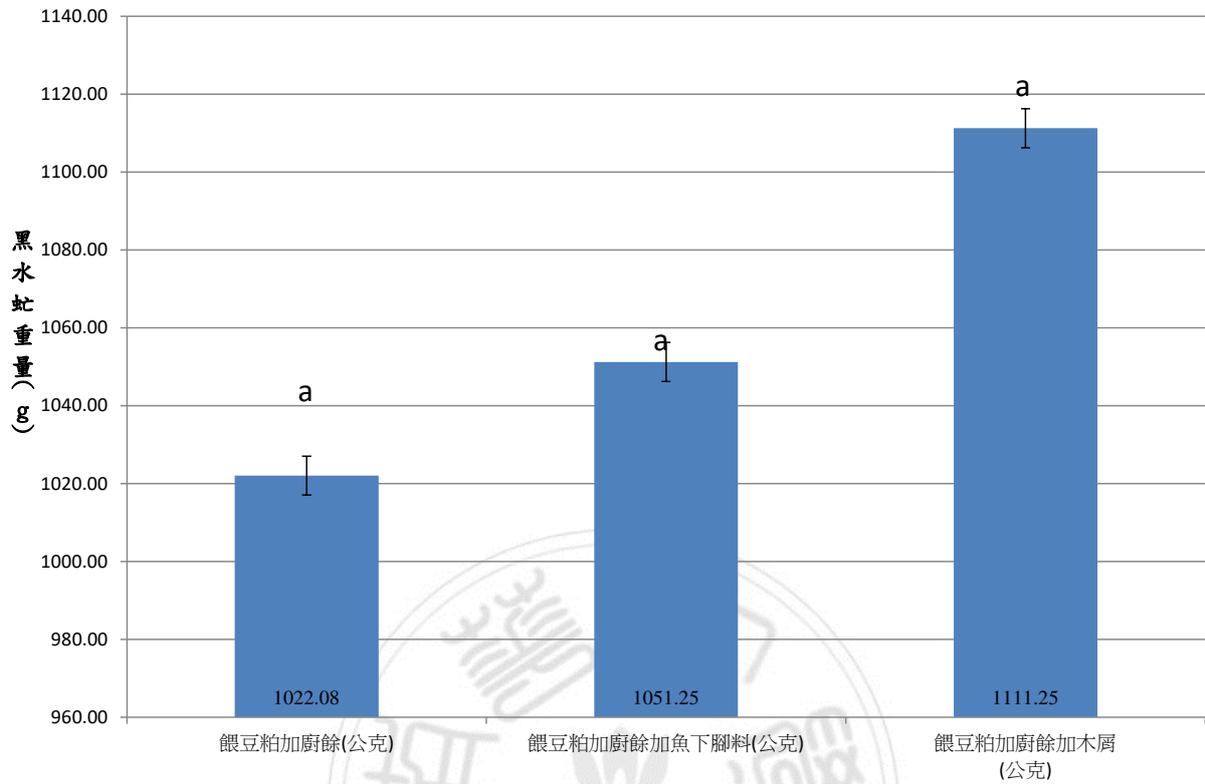


圖 3.16、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養盆實驗結果



圖 3.17、以 50w400-450mm 植物燈照射飼養情形

三、研究材料豆粕加廚餘、豆粕加廚餘加魚下腳料、豆粕加廚餘加木屑，用 5,000 隻幼卵以 50w610-720mm 植物燈不同光源照射飼養盆，從幼蟲到預蛹時間為 18 天。

表 3.8、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養盆實驗紀錄表

植物燈 610-720mm 餵食三種飼料共 12 盆							
	餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)		餵豆粕加廚餘(公克)	餵豆粕加廚餘加魚下腳料(公克)	餵豆粕加廚餘加木屑(公克)
盆	重量 g	重量 g	重量 g	盆	重量 g	重量 g	重量 g
1	1050	1080	1120	7	1055	1060	1170
2	1000	1060	1090	8	1000	1070	1115
3	1025	1045	1095	9	1050	1095	1155
4	1000	1085	1135	10	1050	1090	1160
5	1050	1095	1130	11	1085	1125	1175
6	1025	1080	1160	12	1020	1080	1165

610-720mm光源餵食飼料增重統計表

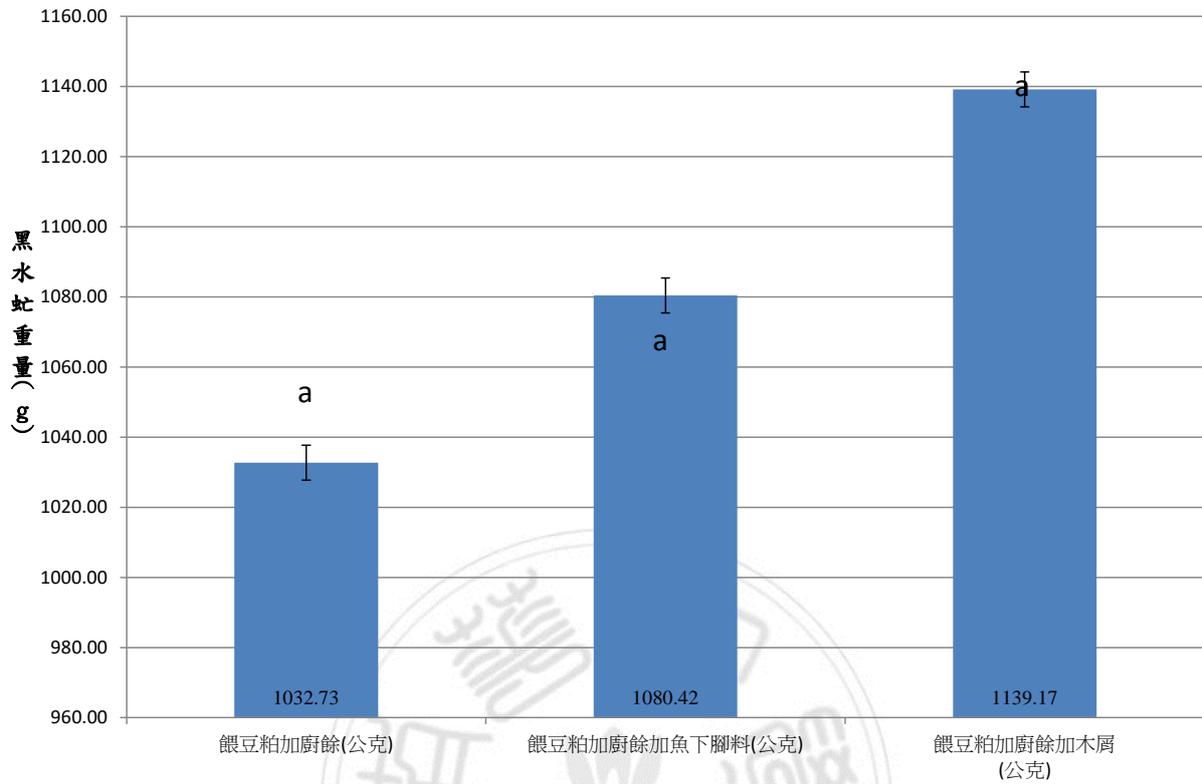


圖 3.18、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養盆實驗結果



圖 3.19、以 50w610-720mm 植物燈照射飼養情形

## 第四章 黑水虻飼養之效益分析

### 4.1 黑水虻產卵之質量分析

規模化穩定生產黑水虻之前、首先必須準確放入需要的蟲量，確認每一次操作所投入 1 公克蟲卵之實際數量；反之，可以確認不同模式或食材飼養下，黑水虻的單粒卵重獲單一卵塊卵粒數，直接從蟲卵狀態推估孵化後代的成長差異和經濟價值。參考同為雙翅目昆蟲之綠蠅的飼養研究，採用次氯酸鈣溶液將卵塊分離，以 5% 的次氯酸鈣溶液獲得最穩定分離狀態之卵粒，且卵粒較容易沾黏，以獲得實際近似的蟲卵數（卓，2012）。以上述材料再結合血液學的「血球計數法」：取單位體積養本，放入適當溶液內均勻稀釋之，再吸取適量稀釋液（約吸管 2-3 滴溶液）滴入蓋好玻片之血球計數器內，計算血球計數器之九宮格（0.1mm<sup>3</sup>）內的血球數量。設九宮格內的樣本數為 E 時，每 0.1mm<sup>3</sup> 中的血球總數 X，可由下式算出：

$$X = E \times (400/80) \text{ [全部之小格]} \div 0.1 \text{ [蓋破片至計算盤之深度]} \times 200 \text{ [稀釋倍數]} = E \times 10.000$$

（行政院農業委員會家畜衛生試驗所，2006）

試驗材料有：500g 量杯 4 個，4g 蟲卵（取自邑米社大有機生態教學農場-黑水虻養殖場室，圖 3-13），微量移液器（1ml）、Tip、墊板、電子秤、手持顯微鏡、電腦技數器、剪刀、毛筆、次氯酸鈉（白蘭）等工具個一（圖 3-14）。

本試驗檢測法如下：取 0.5g 的蟲卵，放入 50ml 的 5% 次氯酸鈉溶液中，用 1ml 微量移液器繞為攪拌並不斷吸排之，持續 15 分鐘將卵塊沖散，使卵粒個別呈游離態（圖 3-15）。並馬上吸取 0.5ml 抽樣溶液，置於計數板上數算並紀錄數量；每組同時取樣 3 次後續在同一進行計算，減少靜置沉澱，黏著產生的誤差值。以上操作 3 次重複，共 3 組，總取樣數共 9 次。

設每次抽樣溶液含蟲卵數為 E<sub>n</sub>（n=1, 2, 3，代表每組取樣編號），而 1g 卵塊含有 X 粒蟲卵。則可由下式算出每 50ml 溶液中的卵量，推得 1 公克卵塊卵的粒數。

$$X = (E_1 + E_2 + E_3) / 3 \times 100 \text{ (液態取樣倍數)} \times 2 \text{ (固態取樣倍數)} = \text{每組取樣平均卵數} \times 200$$

〔公式改自上述 2006 年的血球計算法（行政院農業委員會家畜衛生試驗所，2006）〕

微量移液器操作時，為避免污染微量移液器，將速度放慢

並且調整吸取量為 800ul，隨時注意 Tip 入口有無卵塊卡住，同時水平圍繞攪拌來去掉黏著卵塊（圖 3-16）。在每一次完成 1 組取樣（0.5ml 取樣 3 次後），將 Tip，計數毛刷合計數板用 5% 次氯酸鈉溶液充分清洗擦拭之。此試驗結果供作幼蟲養殖密度參數，精算黑水虻養殖孵化率及攝取量，改善投料變質的風險，並可降低幼蟲養殖過程飼育槽過熱等問題。

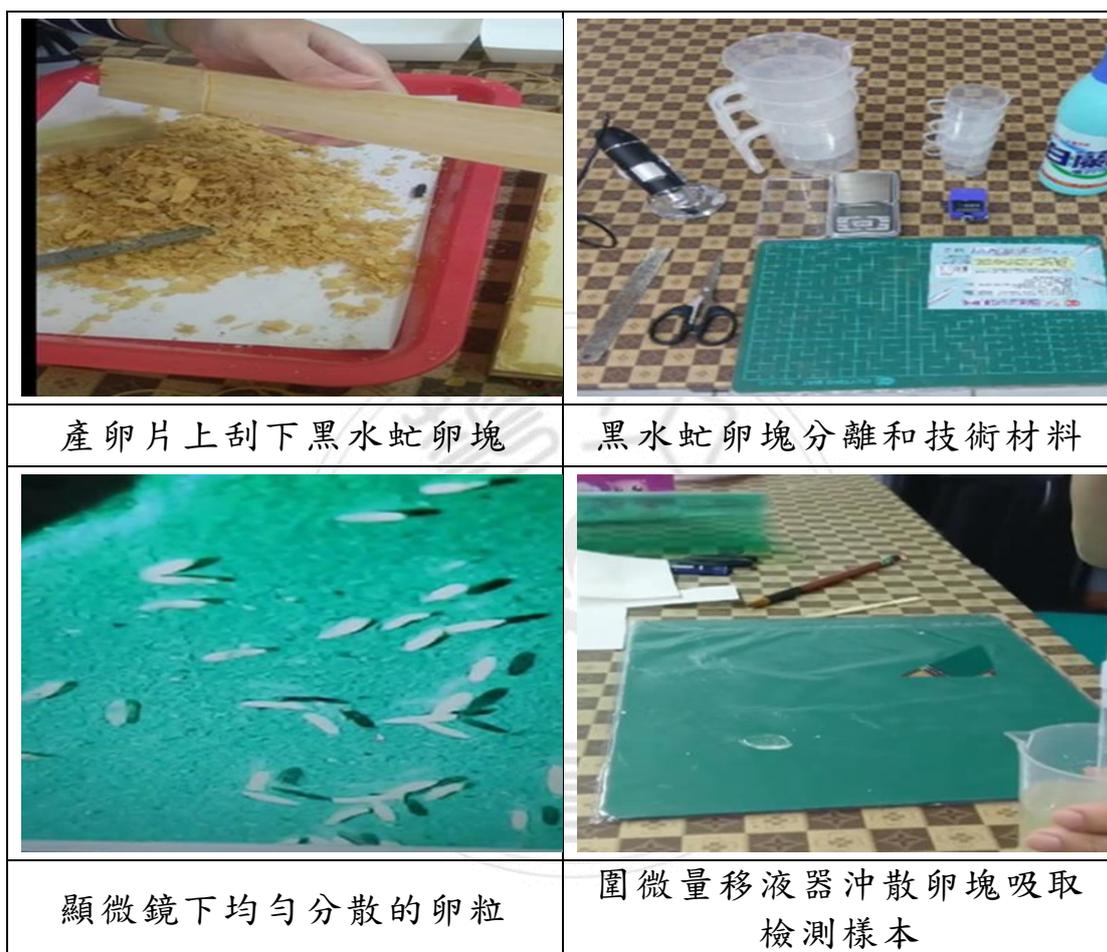


圖 4.1、黑水虻產卵質量分析情形

本試驗在溫度 30°C~28°C，平均日照約 12：12 等條件，以 70% 的豆粕飼養下，黑水虻產卵質量如下；

表 4.1、黑水虻產卵數據量化表

項目	蟲卵數(粒)		
	重複 1	重複 2	重複 3
取樣 1	240	223	205
取樣 2	253	246	243
取樣 3	210	219	235
平均	234	229	228
1 公克卵數	46867	45867	45533

黑水虻產卵數據量化表

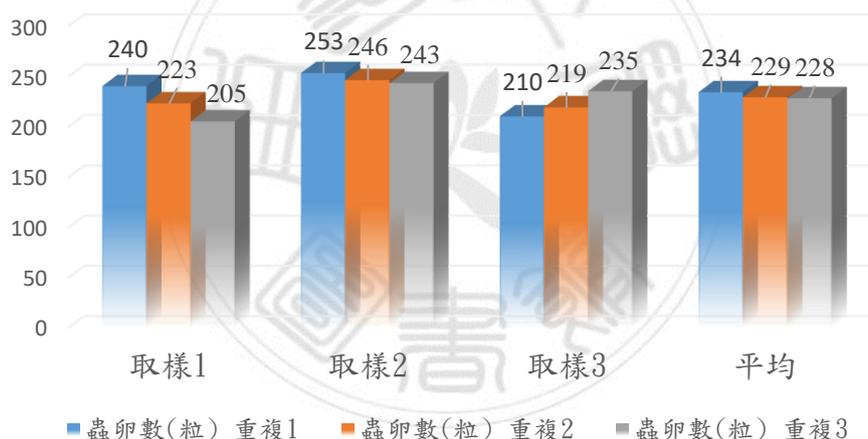


圖 4.2、黑水虻產卵數據量化表

在上述氣候和飼料條件下，結合黑水虻「溫度自動控制裝置」模式飼養，以每重複的 3 次 0.5ml 取樣中，計算出 3 重複的平均卵數為 234、229、228 粒（表 4.1），並對取樣值進行單因子變異數分析，結果呈現同性質，組內也無顯著差異，說明試驗操作方法獨立無互相干擾，方式可得客觀結果。重複操作間也無顯著差異，表示取樣、秤重及計數等過程，無人為因素造成得的誤差值。確認準確度後，再將平均值帶入  $x = (E1 + E2 + E3) / 3 \times 100$  (液態取樣倍數)  $\times 2$  (固態取樣倍數) 公式，換算出 1 公克的黑水虻卵塊約有 46,088 粒卵。換算單粒卵重 0.0000217g。

## 4.2 黑水虻規模飼養之成本效益

以目前人工飼養中，最多人採用的「盆式」和「池式」飼育法，對照比較自主研發的「利用黑水虻處理廚餘之循環裝置」生產效能，做為投入黑水虻規模飼養的前置評估。

盆式飼養法採用密林盆（長 62 公分，寬 48 公分，高 16 公分）當飼養容器，以 70 % 溼度左右的豆粕飼養，並分三次投料，避免過多食料而幼蟲來不及取食，變質和產生臭味。先將蟲卵放置在食料（80 % 豆粕和 20 % 麥麩）上方乾燥處，待 3-4 日卵孵化後，養至 2 齡期幼蟲，提高存活率，再開始投料 100 % 的豆粕飼料。第一天投入 5g 的豆渣，再於第三天投餵 3g 豆渣，然後第五天投 3g 豆渣。每一個密林盆投入的蟲量，皆由 1g 蟲卵孵化出的幼蟲量，經飼養 10 天經過篩收成，對照養殖數據由位於新北市淡水區的飼養廠提供，飼養地點既在淡水區，養殖溼度 15-20°C。幼蟲成長期間，一天人工翻攪投餵豆粕 5 次，早上和下午分別 2 次，中午 1 次，一天共翻 5 次。

池式養殖是黑水虻人工飼養中，較大規模的飼養法。飼養鑿槽為 25 米長，3 米寬，12 公分高的容器（圖 4.3）。對照分析數據，來自於廣西太田農業科技有限公司（負責人；劉春興；位於；廣西省壯族自治區，防城港市，東興市明江路 8 號）。一次性投 800kg 的豆粕（圖 4.3），豆粕含水量 70 %，單位飼養池投入 50g 黑水虻，飼養於 10-17 度 c 的溫度條件。在黑水虻長到 5 齡蟲的期間，一天共翻攪 2 次豆粕（早上和下午分別 1 次）降低飼養池中的環境溫度，提高幼蟲的存活率，以確保黑水虻幼蟲高效分解吸收投入豆粕，達到最好的效益。飼養流程控制在 10 天左右，投餵 10 天後既在 8mm 篩網過篩，進行蟲體與殘渣的分離，估算收成量。

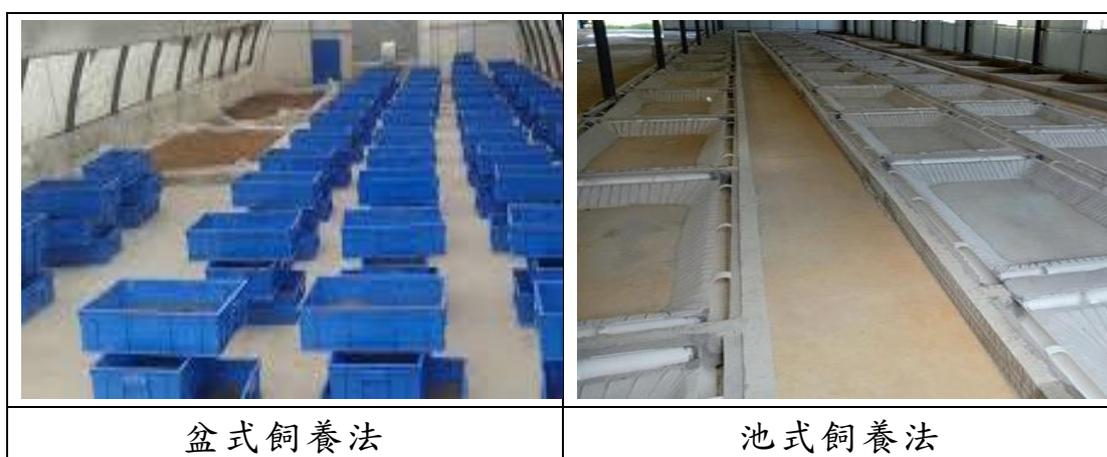


圖 4.3、黑水虻規模飼養種類



圖 4.4、黑水蛇處理廚餘之溫度自動控制系統

飼養黑水蛇隻養殖模式，從目前養殖設備改良，設計新黑水蛇飼養濕度是決定飼料品質和價值的重要關鍵；

為解決濕式食料（廚餘）養殖的幼蟲逃竄問題，本研究設計了「黑水蛇處理廚餘之溫度自動控制」，在口湖鄉公所清潔隊進行養殖，溫度平均 25°C-38°C 之間（溫度全自動控溫），以空氣濕度 60% 飼料含水量 70% 的廚餘餵養。飼養期間-溫度在 38°C 起動馬達翻攪廚餘，溫度在 25°C 時停止翻攪翻攪翻攪，飼養 15-18 天後過篩收成。實現廚餘自動化處理餐廚餘垃圾，以此設備飼養結果，與其他模式養殖評比，做為業者參考。

#### 4.2.1 以黑水蛇幼蟲飼養蛋雞

為了解黑水蛇幼蟲營養對單機的實質影響，以飼養之黑水蛇 5 齡蟲，做為蛋雞飼料中的動物性替代蛋白試驗蛋雞。取自於蛋雞繁殖場的 11 周齡雞隻，總共 20 隻，將雞隻分成二個處理組，每組 10 隻，於特角套上編號腳環，分上下兩層飼養，上層為對照組，下層為實驗組。雞籠美曾為四格，每隔以 3、3、2、2 的數量飼養，圖 4.5 飼料採用卜蜂商業用飼料、一天投餵一次；飲水皆採自由食用方式。



圖 4.5、卜蜂商業用飼料餵養情形



圖 4.6、蛋雞取食黑水蛇之情形

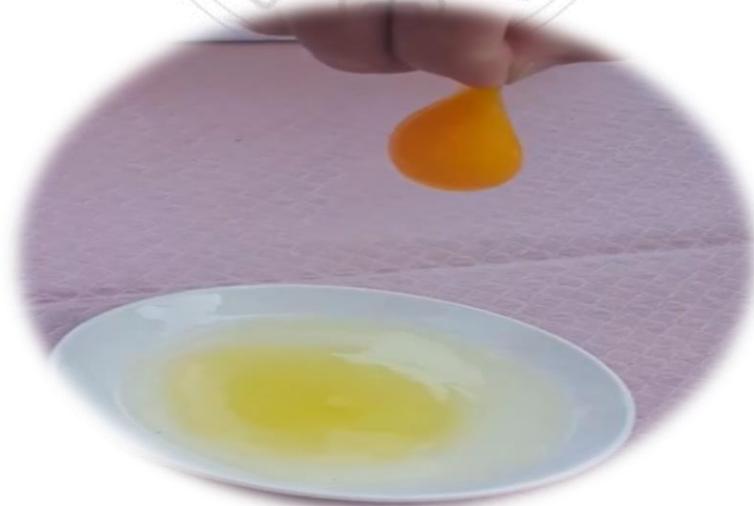


圖 4.7、黑水蛇餵養蛋雞的蛋黃

黑水虻幼蟲投餵採用 Newton et al. (1977 年) 的建議，將昆蟲取代雞飼料比例調在 20%~30% 為最佳，故本試驗實料的投餵如下；

對照組-每天 80g 雞飼料／每隻雞。

實驗組-每天 60g 雞飼料 + 20g 黑水虻的幼蟲／每隻雞

後續每週觀測一次，輕輕將雞隻放入塑膠藍中，避免頻繁的網綁或驚嚇影響雞隻生長。每週紀錄蛋雞體重變化，產卵情形及數量，觀察試驗期間兩組間之差異。

#### 4.2.2 黑水虻幼蟲飼養蛋雞發育情形

11 週齡之蛋雞，以黑水虻幼蟲取代 20% 飼料飼養下，餵到 21 週期間。蛋雞成長持續穩定成長。於 13-19 週齡和 29 週齡之後，取食黑水虻隻試驗組，蛋雞平均體重高於對照組。（如圖 4.8 所示）。

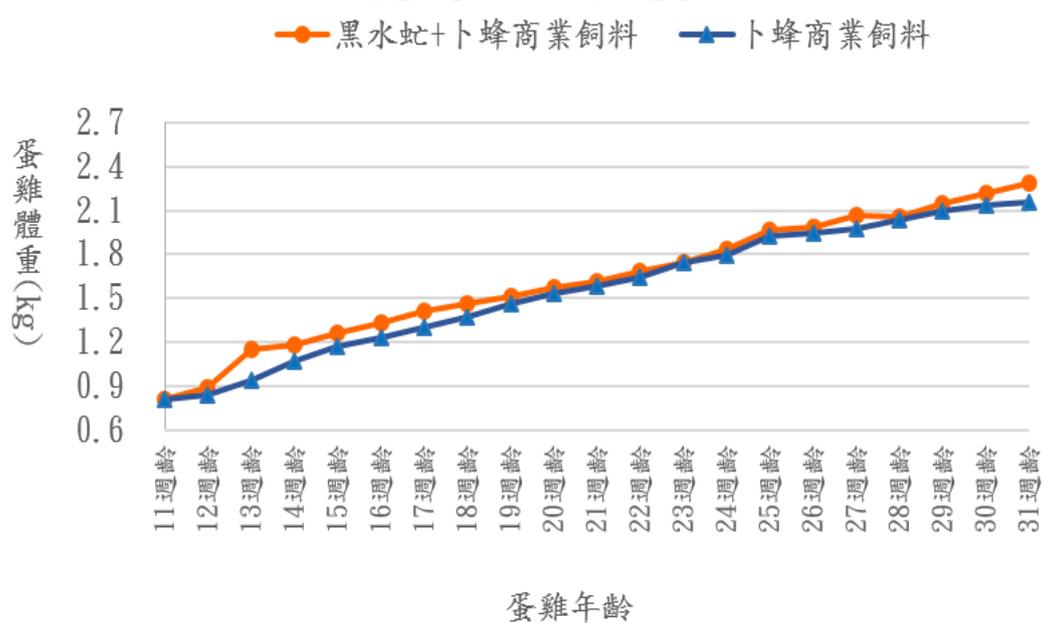


圖 4.8、黑水虻餵養蛋雞體重比較圖

### 4.2.3 黑水虻幼蟲飼養蛋雞產蛋及雞蛋變化

飼養結果發現，不論有時用幼蟲的試驗組，或是只食用卜蜂商業用飼料的對照組，皆於30週齡開始生蛋。開始產蛋的第三週，試驗組生蛋的雞隻較多，既產蛋量較高。第23到34週齡時，兩組的產蛋量變動都很大，直到到32週齡時，始隱定維持產蛋量於7顆以上。再從曲線的趨勢線分析，相關係數0.5855和0.5856，可以瞭解不論有取食幼蟲，產蛋量的變動情形相近，蛋從回歸公式的斜率與截距來看，試驗組（斜率0.3706，截距3.475）的起始產蛋量較優於對照組，整體達產蛋旺盛期的落差較小，累積產量分別為106和92顆。餵食黑水虻幼蟲之試驗組，總產蛋量高出對照組14顆，且發現試驗組的雞蛋口感，蛋黃色澤和彈性等方面，皆較受人喜愛，其成本效益如表4.2所示。

表 4.2、黑水虻飼養蛋雞之成本效益分析表

組別	購雞成本 (隻)	飼料成本 (日)	產蛋量 (24週)	蛋價 (元/顆)	支出 (元)	收入/淨利 (元)
試驗組	200元	飼料60g/隻/日 黑水虻20g/隻/日	106	20	539	2,120 /1,581
對照組	200元	飼料80g/隻/日	96	5	428	480 /52

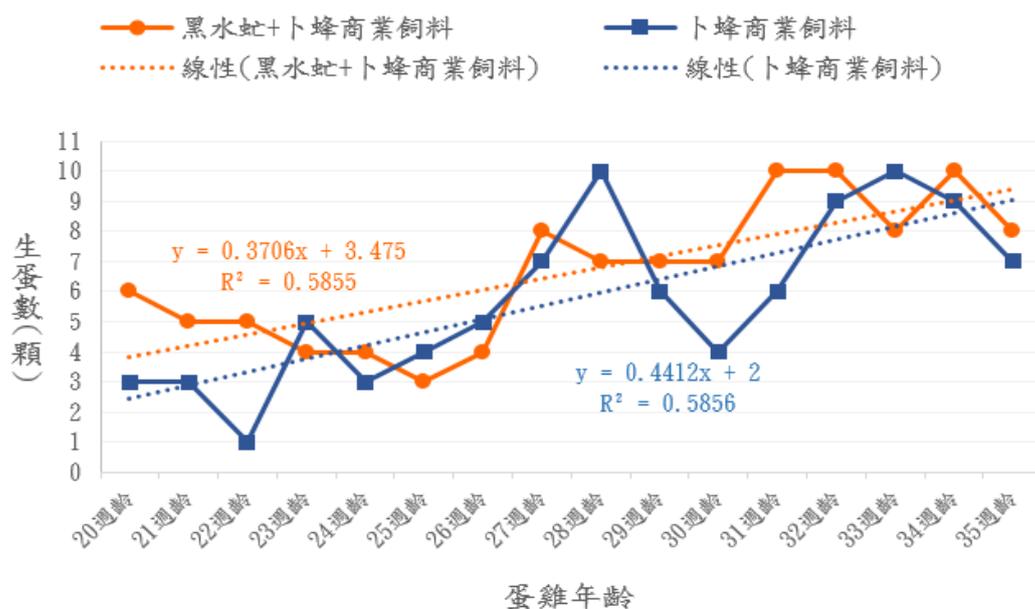


圖 4.9、黑水虻飼養蛋雞生蛋數量比較圖

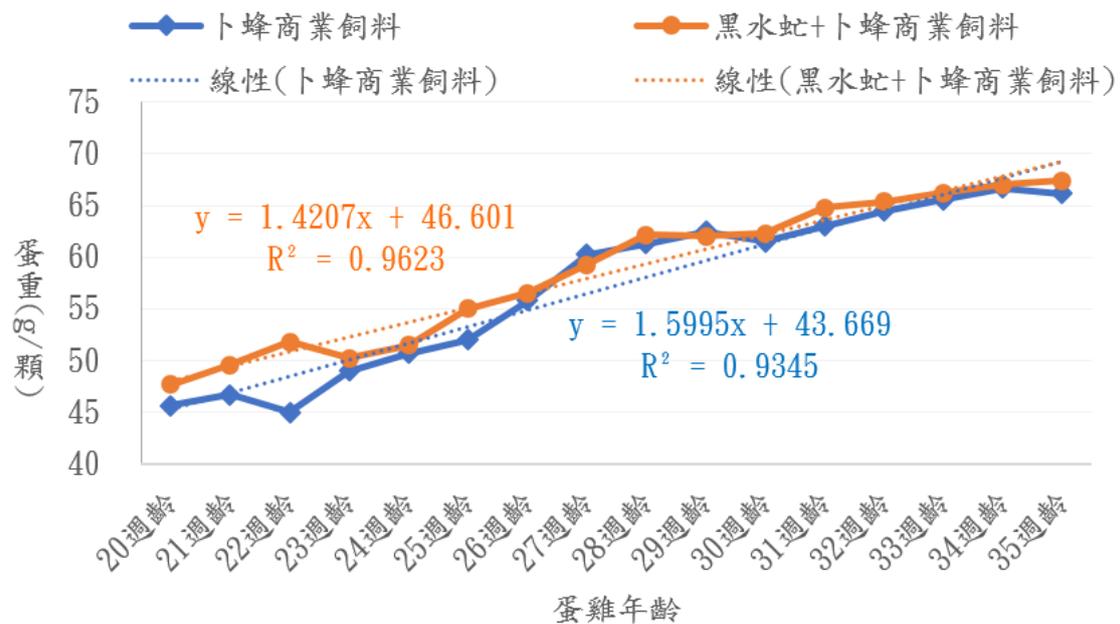


圖 4.10、黑水虻飼養蛋雞生蛋重量之比較

## 第五章 結論與建議

黑水虻的研究觀察最早始於美國，且歐美等國家也看好黑水虻相關領域，但因受制於黑水虻成蟲於冬季時不意繁殖，溫度會影響黑水虻對廚餘的消耗量，溫度愈低，廚餘的消耗量愈少。目前飼養黑水虻的設施都在室外，冬天時黑水虻的覓食量降低，生長緩慢，該如何提高飼養箱的溫度或保持溫度讓黑水虻的幼蟲維持高的覓食量是未來重要的方向。

### 5.1 結論

黑水虻生和熟的蔬菜都會進食，吃生的比吃熟蔬菜食量多 0.9g，推翻只食熟蔬菜的說法，因它喜好吃生蔬菜，故是否會如菜蟲般的危害菜園中的蔬菜，則要進一步做實驗驗證。黑水虻存在於大自然中，應該是吃腐植的物質，曾在家中飼養的禽類和狗的排泄物上發現黑水虻的幼蟲，所以黑水虻不只吃廚餘，還可吃農牧養殖的排泄物。

黑水虻吃米飯比吃廚餘的食量多 0.4g，表示它喜好吃米飯。但先餵食米飯一週後，再餵食廚餘，發現米飯組比廚餘組的食量少 0.1g，米飯組的黑水虻食量減少，較不喜歡吃廚餘，表示有偏食現象。所以在餵食黑水虻廚餘時，最好米飯與廚餘混合餵食，不要只單獨餵米飯。

不同飼料不同光源飼養黑水虻，從孵卵到幼蟲的成長過程，經本研究對黑水虻的生長的確有很大的幫助。紫紅色植物燈的光源能對黑水虻成蟲產生刺激作用，太陽光的照射對黑水虻交配行為中有非常重要的作用，而植物燈在光的強度或者在光的質量上能滿足黑水虻交配對光照的需求，在冬季或陰雨天時，能夠部分替代太陽光。

本研究使用一般的燈泡或日光燈（含 LED 燈），對成蟲進行照射時，黑水虻的交配量只有 30 對左右，當用紫紅色植物燈（50w 全光譜 610-720nm 昆億公司生產）替代太陽光對成蟲進行照射時，出現交配現象更旺盛，如圖 2.6 所示。在這種光源下，成蟲的交配量能達到 85 對以上。這表示紫紅色植物燈的光源能對黑水虻成蟲產生刺激作用。

## 5.2 建議

黑水虻吃軟的經攪碎的葉菜比吃硬的葉菜食量多 3g，表示它喜好吃軟的食物。因廚餘中軟硬部分皆有，如果將廚餘攪碎後再餵食，可提高廚餘的消耗量，增加黑水虻吃廚餘的食用率，因在清除廚餘餵食桶時，有較難攪碎的廚餘殘留，其氣味不好，如果攪碎後再餵食，可改善餵食環境及剩餘物的問題。

愈靠近廚餘的下層產卵板收集到的卵較上層多，如果將產卵板浸泡在回收的廚餘肥料水中，取出後再讓黑水虻產卵，是否就可以解決一定要放置在廚餘網子上方的問題。黑水虻集中在廚餘網子上方的產卵板產卵，產卵量相當多，卵孵化後會掉進廚餘餵食箱內吃廚餘，但觀察餵食箱內的幼蟲並不多，建議卵要集中孵化，餵食到三齡蟲後再放入廚餘餵食箱內吃廚餘，繁殖率較高，效果也較好。

隱定繁殖溫度條件的因應之道有二；（1）在 1-4 齡蟲時，給予的飼料必須控制在 70~75% 左右的溼度；（2）飼養前期建議投入含有營養成分的有機物乾物（如麥麩、乾豆粕、木屑）一起攪拌，當飼養到 5 齡蟲時，在飼養盆內投入乾燥木屑等有機物質降低飼養容器濕度，才能讓盆式養殖順利、更輕鬆。

欲量化生產、須能隱定控制大量食物的發酵溫度，因此本研究再結合溫度自動控制裝置，隨時將溫度維持在黑水虻適宜生長的範圍，確保夏季高溫的自動降溫狀況，以及配合全波長紫紅色植物燈在冬季低溫時的保溫功效。



圖 5.1、溫度自動控制裝置（一次可投到 1000 公斤的餐廚餘）

## 第六章 參考文獻

### 一、中文

王小青、高揚、尹志峰 (2016)。抗菌肽 IB367 的固相合成與抑菌活性合成化學 24 (7), 600—603。

王鈺龍 (2016)。黑水虻成蟲交配率低的基本原因。科學養殖, 41—42。

孔德廉 (2017)。台灣糧食耗損每天可疊 74 座 101 大樓解決食物浪費從何做起? 2018 年 12 月 15 日。取自於  
<https://www.newsmarket.com.tw/vlog/101013/>。

安新城、李軍、呂欣 (2010)。黑水虻處理養殖廢棄物的研究現況。環境科學與技術, 3, 113—116。

行政院農業委員會家畜衛生試驗所 (2006)。血液學檢查法。2019 年 2 月 1 日、取自於  
<https://vettech.nvri.gov.tw/Articles/handbook/73.html>。

行政院農業委員會 (2015)。可供家禽, 家畜和水產動物之飼料。2019 年 2 月 10。取自於  
<https://vettech.nvri.gov.tw/glrnewsout/LawContent.aspx?id=GL000689#lawmenu>。

行政院環境保護署 (2019)。全國一般廢棄物產生量。2019 年 5 月 10

日。取自於

https :

//vettech.nvri.gov.tw/DataRepository/Statistics/TrashCearNationalproduce.aspx。

吉吉(2018)。非洲豬瘟“首現中國東北，最近豬肉還能吃？2019年3月1日。取自於

https://www.guokr.com/article/443149。

何國寶(2010)。黑水虻人工飼料含水量優化與產酶枯草芽桿菌研究。

(未出版之碩士論文)。中山大學，廣州市。

呂理安(2005)。麥粕與下水泥快速堆肥及其應用。(未出版之碩士論文)。國立交通大學、新竹縣。

巫家樑、陣仕進、葉芯吟、曾佳雁(2018)。黑金特餵—當黑水虻遇見餵水。希望閱讀國中專題報導競賽。10頁。

汪小傑、毛若雨、王秀敏(2014)。抗菌肽藥物工程化技術研究進展，微生物學通報，41(10):2128—2133。

沈媛、徐齊雲、安新城(2012)。黑水虻幼蟲及預蛹抗逆性的初步研究，環境昆蟲學報(2)，204-202。

祁麗、薑甯、張愛忠(2016)。抗生肽研發現狀及其改造策略。中國畜牧獸醫，43(2)，450-456。

- 卓珮玉 (2012)。剛綠蠅之兩性生命表及無菌幼蟲生產技術。(未出版之碩士論文)。屏東科技大學，屏東縣。
- 邱建忠 (2014)。蛋雞糞低調整材料添加之快速堆肥化研究。(未出版之碩士論文)。國立中興大學，台中市。
- 胡俊茹、何飛、莫文豔、陳小瑛、黃燕華、王國霞、孫玉萍 (2017)。採食不同有機廢棄物，黑水虻、幼蟲飼料價值分析。中國飼料，15，24-27。
- 唐曉琴、盧傑 (2015)。黑水虻人工飼養及其應用。畜牧獸醫，9，152-154。
- 夏一赫 (2017)。豬脾臟抗生肽 SSH19 的分離鑑定及其生物資訊學分析。(未出版之碩士論文)。河南科技大學，新鄉市。
- 姬越、任德珠、葉明強、徐齊雲、安新城 (2018)。黑水虻對食物中 PH 值、辣度及鹽度的耐受性。應用與環境生物學報。24 (3)，636-639。
- 徐堉峰 (2002)。P·J·Gullan，S·P·S·Cranston 著 (2000)。昆蟲學概論 (The Insects：An Outline of Entomology)。台北市：合記圖書出版社。
- 柴志強、王付彬、郭明昉、魏慶輝、陳小鳳 (2012)。水虻科昆蟲及其資源化利用研究。廣東農業科學，10，182-195。

- 柴志強、朱炎光、龍雲、張建文、鄭遠曉 (2016)。利用黑水虻處理禽畜糞便。畜禽生產，46 (8)，106-107。
- 郭柏秀(2016)。幼蟲飼料及飼育密度對黑水虻幼蟲生長表現之影響。(未出版之碩士論文)。國立中興大學，台中市。
- 張冰清 (2017)。牛脾臟抗生肽 BSN27 的分離，純化及活性分析。(未出版之碩士論文)。河南科技大學，新鄉市。
- 張笑嫣 (2017)。淺談黑水虻人工飼養及其應用。農技服務，8，142-142。
- 梁世祥 (2017)。農業循環經濟之藍海策略。黑水虻-異軍突起。畜產專訊，101，1-3，46 (1) 41-45。
- 黃佳明、薑甯、張愛忠 (2019)。基因工程菌生產抗生肽的研究進展。微生物學通報，46 (3)，654-659。
- 黃苓(2008)。不同光源對黑水虻生活史的營影響及其對豬糞的轉化。(未出版之碩士論文)。華中大學，武漢市。
- 楊再華 (2010)。中國水虻科系統分類研究 (雙翅目)。(未出版之碩士論文)。貴州大學，貴陽市。
- 楊明桂、李佳馨、葉亦馨、王思涵、蕭振文、梁世祥、李宗育、廖世傑、涂柏安 (2018)。飼養添加黑水虻 (*Hermetil illucens L.*) 預蛹粉末對 5-9 週齡仔豬生長之影響。中國畜牧學會會誌，47(1)，

23-36。

楊秋忠 (2011)。快速處理的生產製造。台灣，有機廢棄物的再利用  
有機質肥料之生產及應用研究。中正基金會專題研究報告 (頁  
127-132)，台北市。

楊菊平、余傑、曾祖剛 (2011)。重慶市餐廚垃圾理化性質及處理處  
置方法的研究。環境衛生工程，19 (6)，60-62。

楊萬發 (2002)。台北市廚餘產源調查及廚餘持性分析。2019 年 2 月  
10 日。取自於  
<https://www.epa.gov.tw/c369767dd/042fobd6-22e8-4a5d-aa7a-6ba8a01378a8>

靳任任、劉傑 (2016)。黑水虻繁殖技術。農村新技術，30-31。

鄭長義 (1999)。飼料配方技術大全 (上)。台北市；華香園出版。

鄭健雄、蔡宜峰、張惠真 (1994)。農村社區家庭垃圾堆肥化的規劃  
與處理技術，台中區農推專訊，136。2019 年 2 月 10 日。取自於

[https://kmweb.coa.gov.tw/Category/d.aspx?](https://kmweb.coa.gov.tw/Category/d.aspx?documentId=15896&fileName=Exten-136.pdf&ver=3)

[documentId=15896&fileName=Exten-136.pdf&ver=3](https://kmweb.coa.gov.tw/Category/d.aspx?documentId=15896&fileName=Exten-136.pdf&ver=3)。

吳孟昆 (2019) 水耕農業與友善環境之魚菜共生法。(未出版之碩  
士論文)。遠東大學，嘉義縣。2019 年 6 月 20 日。

## 二、英文

**Abdelbaqi,S.,Deslouches,B,steckbeck,J.,Montelaro,R.,& Reed,D.S(2016).novel engineered cationic antimicrobial Peptides display brosd-sprctrum activity agaiunat Francisella tularensis,Yersinia pestis and Burkholderia Pseudomallei.journal of Medical Microbiology,65(2),188-94.**

**Bandyopadhyay,S.,Lee,M.,Sivaraman,J.,& Chatterjee,C.(2013). Model membrane intetracton and DNA-binding of antimicrobial Peptide lasioglossin II dereived from bee venom.Biochemical Research Communications,430(1),1-6.**

**Bernal M.,Navarro,A.F.,Roing,A.,Cegarra,J.,& Garcia, D.(1996).Carbon and nitrogen transformation during composting Of sweet sorghum bagasse.Biology and Fertility of Soils22,141-148.**

**De Smet,J.,Wynants,E.,Cos,P.,& Van Campenhout,L.(2019). Microbial Community Dynamics during Rearing of Black Soldier Fly Larvae(Hermeria illucens)and Impact on Exploitation Poterntial.Appl Environ MICROBIOL,84(9),e02722-17.**

**Erickson,M.C.,Islam,M.,& SHEPPARD,c.(2004).Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovar Engvist in chicken manure by larvae of the black soldier fiy. Journal of food protein,,67(4),685-690.**

**Isaksson,J.,Brandsdal,B.O.,Engqvist,M.,Flaten,G.E.,Svendsen,J.S.,& Srensen,W.(2011).A synthetic antimicrobial Peptidomimetic(LTX 109):stereochemical impact on membrane Disruotion.Jiurnal of Medicinal Chemisrty,54(16)5789-5796.**

**Jeon,H.,Park,S.,Choi,J., Jeong,G.,Lee,S.B.,Choi,Y.,& Lee,S.j.(2011).The intestinal bacterial community in the food**

waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. *Curr. Microbiol.* 62(5),1390-1399.

Newton, G.L., Booram, C.V., Barker, R.W., & Hale, O.M. (1977). Dried *Hermetia illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *Journal of Animal Science*, 44(3), 395-400.

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., &

Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure.

Retrieved February 12, 2019, from

[http://www.organicvalurecovery.com/studies\\_files/bsf\\_value\\_added.pdf](http://www.organicvalurecovery.com/studies_files/bsf_value_added.pdf).

Pei, J.J., & Jiang, L. (2017). Antimicrobial peptide from mucus of *Andrias davidianus*: screening and purification by magnetic Cell membrane separation technique.

*International Journal of Antimicrobial Agents*, 50(1), 41-46.

Pena, J.C., Garcia-Martinez I., & Carona, A. (1992). *La composra Un producto Biorecnologico*. Unpublished doctoral master's University of Autonoma Metopolitana, Mexico.

Paek, S.I., & Yoe, S.M. (2017). A novel cecropin-like peptide from black soldier fly, *Hermetia illucens*: isolation, structural and functional characterization. *Entomological Research*, 47(2), 115-124.

Sheppard, C. (1983). House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environmental entomology*, 12(5), 1439-1442.

St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M.A., Mosley, E.E.,

**Tomberlin, J.K., & Newton, L. et al. (2007) Fish offal rearing  
By the black soldier fly produces a feedstuff high**

