

Sandec: Department of.
Sanitation, Water and Solid
Waste for Development

黑水虻

生物廢棄物處理流程

操作手冊



eawag
aquatic research ooo

版權說明

出版者:	Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Department of Sanitation · Water and Solid Waste for Development (Sandec) Überlandstrasse 133 · 8600 Dübendorf · Switzerland Phone +41 58 765 5286
封面照片:	Sirajuddin Kurniawan
照片提供:	Eawag (除非另有標示)
排版編排:	Leanza Mediaproduktion GmbH
圖解:	Stefan Diener · Eawag
編輯:	Paul Donahue
審核:	Moritz Gold
發行年分:	2017
發行量:	200本 · 以回收紙印刷
ISBN國際標準書號:	978-3-906484-66-2
參考書籍:	Dortmans B.M.A. · Diener S. · Verstappen B.M. · Zurbrügg C. (2017) Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology · Dübendorf · Switzerland



本文件版權適用『國際創用CC 4.0姓名標示』

(註：可以複製、發行或網路傳播等，但必須對作品來源作姓名標示)



黑水虻

生物廢棄物處理流程

操作手冊

Bram Dortmans

Stefan Diener

Bart Verstappen

Christian

Zurbrügg

由瑞士發展與合作署 (SDC) 和瑞士聯邦經濟教育與研發部 經濟事務秘書處 (SECO) 資助撰寫與出版



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC**

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Economic Affairs SECO



目錄:

名詞解釋	IV
第一章: 通論	1
1.1 簡介	
1.2 範圍與使用對象	2
1.3 操作手冊概述	3
第二章: 利用黑水虻處理廢棄物	6
2.1 黑水虻的生活史	6
2.2 黑水虻飼養設備的整體考量	8
2.3 黑水虻生命週期的工程設計	10
第三章: 黑水虻處理設備作業規範	22
3.1 黑水虻飼養區的作業規範	22
3.2 廢棄物接收和前處理區的作業規範	44
3.3 黑水虻處理廢棄物區的作業規範	48
3.4 收成區的作業規範	50
3.5 後處理區的作業規範(幼蟲及殘餘物處理)	54
第四章: 黑水虻飼處理設備的操作流程表	56
第五章: 黑水虻飼養設備的設計藍圖	79
第六章: 黑水虻飼養設備的材料需求表	84
6.1 黑水虻飼養區所需材料表	84
6.2 黑水虻幼蟲處理廢棄物區所需材料表	85

名詞解釋

5-DOL	五日齡幼蟲	五日齡幼蟲的縮寫。孵化後五天內的幼蟲，若在可調控及保護的環境下，會提高存活率。此期間內幼蟲，可長大到容易計數，以便放入生物廢棄物中，處理廢棄物。(註：我們翻譯為蟲苗)
Adult	成蟲	蛹期結束後的最後一個發育階段。在昆蟲學上稱為“成蟲”
Anaerobic digestion	厭氧消化	無氧狀態下，微生物分解有機物，產生沼氣。
Ant trap	防蟻器	為防止螞蟻入侵。將每個桌腳放入裝水的容器中，並滴入幾滴清潔劑，可以降低水的表面張力。
Attractant	誘引劑	發臭的液體，可吸引附近黑水虻來產卵。通常含有不同臭味物質，如發酵水果、死蟲或廚餘等。黑水虻蟲卵，也常被作為誘引劑。因此，建議不要每天收蟲卵，因為已經產下的蟲卵，會吸引其他成蟲來產卵。
Batch operation	整批操作	整批操作是指將定量的廢棄物和幼蟲，添加到容器中，一定時間後即收成。相對的，連續操作是指將廢棄物和幼蟲，陸續添加到同一容器中（註：例如大的垃圾桶），直到裝滿，才清空收成。
Biowaste	生物廢棄物	一般來說，泛指所有可被生物分解的物質。但本手冊所指的，不包括一些含高纖維的廢棄物（例如花園廢棄物、木材、草屑、葉子等）。因為這些不容易被幼蟲消化。
BSF	黑水虻	黑水虻(Black Soldier Fly, BSF)，本手冊指亮斑扁角水虻 (<i>Hermetia illucens</i>)
Cocopeat	椰纖維	加工椰子纖維所得到的粉狀物，它主要的目的，在於其吸濕性能。它也可以用其他具有類似吸濕性能的材料代替，例如麥麩。
Compost	堆肥	有機物經過微生物好氧過程分解和轉化，成為類似土壤狀的物質。可作為肥料和土壤改良劑。
Dark cage	暗箱	黑水虻成蟲在暗箱中羽化，靜止一段時間後，再轉移到交配箱。暗箱能使黑水虻保持安靜，並防止交配。
Date code	日期代碼	日期代碼通常標示在盒子或容器上，用來記錄養殖過程和時間。以年週曆和星期幾表示（例如：年初開始的第8週的星期二，代碼為8.2）
Dry matter	乾燥物	除去所有水分後的物質。通常需要在105°C至少12小時才算完成。

Egg	卵	黑水虻雌蟲約，可產400至800個卵，卵期約4天，卵重約25微克（ μg ）
Eggie	集卵器	在黑水虻飼養系統中，提供有遮蔽洞穴的裝置（註：例如瓦楞紙），供成蟲產卵。
Emerging	羽化	成蟲從蛹中羽化出來。
Engineered biosystem	生物系統工程	經過優化，而可實用的生物工程系統
Faecal sludge	糞便污泥	衛生設備如茅坑或化糞池，所產生的廢棄物。通常混合著排泄物和水，也會有沙粒和家庭垃圾。
Feeding station	飼養區	將廢棄物添加到幼蟲所在的區域。建議要能容易清潔（如貼磁磚或粉光水泥面）。因為，生物廢棄物可能會散落，造成髒亂。
Fishmeal	魚粉	魚粉營養豐富，在畜牧業可作為飼料添加劑，是從野外撈捕小型魚類，經過研磨、烹煮和去脂後製成。魚粉需求量大，會造成過度捕撈。
Food and restaurantWaste	餐廳廚餘	餐廳的生物廢棄物，主要是廚房垃圾和食物垃圾，通常營養高且含水量低。反之，市場或食品加工場的廢棄物則不然。
Food processing waste	食品加工廢物	食品加工廠的生物廢棄物很多樣化，包括水果和蔬菜殘渣、麵包屑或乳製品等。通常量大而單一化。
Hammer mill	粉碎機	將材料破碎，而不是切片。其顆粒大小可以用篩網調節。
Hatching	孵化	從卵孵化為幼蟲的過程。
Hatchling	初齡幼蟲	剛從卵孵出的幼蟲，有時也稱為嬰兒。
Hatchling container	孵化盒	在飼養盒放置養料（如小雞飼料），讓剛孵化的幼蟲掉入並取食，直到發育變為蟲苗。
Hatchling shower	孵化花灑	將卵架在在初齡蟲飼養盒上，讓孵化的幼蟲掉下來取食（註：就像浴室花灑噴水）。每隔一至三天就換一次（註：這樣幼蟲齡期才會整齊）。
Human faeces	人糞	不含尿或水的人糞，與尿分開的排泄物。
Lab oven	定溫烤箱	定溫烤箱在黑水虻處理生物廢棄物時，用來將廢棄物、殘餘物和幼蟲在105°C下烤乾。

Larva	幼蟲	完全變態類昆蟲的幼蟲期。黑水虻幼蟲有七個齡期，化蛹後，再羽化為成蟲。
Larvero	幼蟲飼養盒	幼蟲取食生物廢棄物的盒子。可以有不同的大小。標準盒為60x40x15公分，也可以小如小盒子，也可以大到如水泥池。
Love cage	愛之屋	用紗網圍成的交配箱，收集從暗房羽化的同日齡成蟲。在愛之屋，成蟲可以交配，雌蟲可以把卵產在集卵器中。一週後，即可清空。
Low- and middle- income setting	中-低收入設定	雖然利用黑水虻處理生物廢棄物全球適用，但本手冊介紹的設備和操作方法，主要是針對中低收入地區（國民所得毛額在10,000歐元以下。註：台灣為534,174,000,000歐元）。本手冊特點是勞力成本低，特別是在城鄉固體廢棄物的有機質含量高的地區，更適合使用。
Market waste	市場廢棄物	大都是水果和蔬菜。其含水量高（高達95%），季節變化大，葉菜類可能有農藥殘留。
Municipal organic waste	城鄉有機廢棄物	城鄉有機廢棄物來源包括家庭、商場、工廠、機關（學校、衛生所、監獄等）和公共場所（街道、公車站、公園和花園）。
Nursery container	育幼盒	初齡幼蟲（5-DOL）在盒內餵食一定量的養料（例如濕的小雞飼料），直到變成前蛹期。然後轉移到化蛹盒，使其化蛹。最終羽化為成蟲。
Pelletiser	造粒機	將幼蟲和其他飼料原料（豆粕、玉米、米糠等）製成顆粒狀的魚或雞的飼料。
Poultry manure	家禽糞便	肉雞或蛋雞的糞便，比其他均值化的生物廢棄物，更適合黑水虻生長，但是體型會較小。由於雞糞較乾燥，可和水果和蔬菜廢棄物混合使用。
Prepupa	前蛹	終齡幼蟲會爬出廢棄物堆，尋找乾燥的化蛹場所。和幼蟲相比，前蛹含有較高的幾丁質。因此，魚和雞不易消化。
Pupa	蛹	化蛹是變態的一個過程，讓幼蟲蛻變為成蟲。黑水虻幼蟲會在最後一齡的表皮內化蛹，蛹期大約20天。
Pupation container	化蛹盒	化蛹盒內需有潮濕的化蛹基質（例如堆肥，潮濕的椰纖維、花土等），並且將前蛹埋入其中，讓牠化蛹。

Rearing	飼養	飼養設備需有整個黑水虻生活史所需的物質。並且要能生產足夠的初齡幼蟲，以處理生物廢棄物。
Residue	殘餘物	黑水虻處理過程後，所剩的殘餘物質。可能是易碎的、或像土壤、或像粥狀。
Shaking sieve	搖動篩子	利用偏心振動器來振動或搖動的篩子。以3至5mm孔洞的篩網，將幼蟲從殘餘物中分離出來。
Slaughterhouse waste(屠宰場廢棄物	屠宰過程中，可食用部分取走後，所剩下的東西。例如：骨頭、內臟、蹄、血液或其他不可食用的部分，也包括腸道內的東西。
Spent grains	酒糟	生產啤酒的主要廢棄物。其中，大部分糖、蛋白質和營養素已被萃取。
Transfer container	轉移盒	收集從幼蟲飼養盒爬出的終齡幼蟲的盒子。其內含有椰纖維或其他乾燥物，以防止前蛹逃走。
Ventilation frame	通風架	在每層飼養盒間要有空隙，確保空氣的交換，並蒸發幼蟲生長所排出的水氣。
Waste reduction	廢棄物消耗量	廢棄物消耗量不管用濕的或乾的，都可以測量。只要比較放入的生物廢棄物重量與剩餘的（殘餘物）重量，即可得知。依生物廢棄物的類型而異，一般可以減少廢棄物60%~85%乾重。
Waste sourcing	廢棄物分類	適當的廢棄物分類在整個廢棄物處理鏈上非常重要。需要有良好的廢棄物回收計畫，才能有效的收集和運送廢棄物。在處理城鄉固體廢棄物時，需要特別注意將有機物與其他廢棄物分開收集。
Water content	含水量	當標本（廢棄物、幼蟲、殘餘物等）放在105°C的定溫烤箱乾燥後，所有蒸發的水稱為“含水量”。乾重與含水量的比率，兩者相加總和應該是100%。



第一章:

通論

1.1 簡介

在低收入和中等收入地區，城市固體廢棄物的處理，是當地政府所面臨的，最立即和最嚴重的環境問題之一。快速城市化和都市人口急速增長，會讓未來此類問題更加嚴峻。由於輿論壓力日增，且大家對環境越來越關心，全世界的廢棄物處理專家正在集思，如何發展出更永續的方法，來處理都市廢棄物，也同時包含著循環經濟的概念。

有機廢棄物（生物廢棄物）回收利用的技術仍然相當有限，尤其在低中收入的地區。雖然其有機廢棄物占都市廢棄物的大部分，但仍未能有效處理。本手冊以黑水虻（BSF），特別是亮斑扁角水虻（*Hermetia illucens*）為例，介紹在過去十餘年來的神奇故事。即如何利用昆蟲幼蟲，轉化家庭、商業活動和機關等，產生的城市有機廢棄物。讓廢棄物有機會變成黑水虻幼蟲，再用收成的幼蟲來飼養動物，以替代商業化飼養時，飼料中的蛋白質來源。很多企業和中小企業家，已經投入大量資金研發技術，期能在實用上，以更經濟有效的方式飼養黑水虻，以保持在業界的領先優勢。儘管黑水虻的學術報告正在增加，但為商業利益和為保持競爭優勢考量，常阻礙了黑水虻飼養技術的公開交流。例如飼養黑水虻時，每天工作上撇步。本手冊主要目的就是在填補這道鴻溝。

本手冊主要根據在印尼每天處理一噸廢棄物設備的運作經驗，該設備已經成功運轉兩年以上。此外，在瑞典也有一套試驗設備，也已運轉了一年。此套廢棄物處理設備，在印尼主要是處理批發市場的水果和蔬菜廢棄物。然而，我們認為此套標準作業流程，只要做些微調整或修改，就能有效的擴大或技轉到更大的飼養設備。

從廢棄物管理者和商業的角度，有幾個關鍵因素，可吸引人們選擇黑水虻飼養技術來處理生物廢棄物，條列如下：

- 廢棄物可轉化為黑水虻幼蟲和殘餘物。幼蟲成分含有±35%蛋白質和±30%粗脂肪。這種昆蟲蛋白質品質好，是農夫養雞和養魚的重要資源。取食試驗證實，幼蟲是魚粉的合適替代品。
- 以廢棄物餵食幼蟲，顯示可以讓沙門氏桿菌（*Salmonella spp.*）這類傳播疾病的細菌去活化。這意味著當在農場使用這種技術，或用來處理動物廢棄物（例如雞糞或屠宰場廢棄物）時，動物間或人畜間的疾病傳染風險會降低。然而，降低風險主要原因，是因為廢棄物減少（±80%），更甚於病原體去活化。
- 本方法可以消耗80%的廢棄物濕重。如果在生物廢棄物產生的源頭進行處理，那麼廢棄物的運輸成本和垃圾掩埋場的空間需求，就可以大大減少。這種有機廢棄物處理方法，可以減少人們隨地丟垃圾，這在低中收入地區，仍是很不幸的事實。

- 飼養幼蟲的殘餘物，是一種堆肥。含有肥沃的有機質，在農業上，有助於減少土壤衰竭。
- 已知廢棄物轉換為生物量的轉化率高達25%，所以從商業角度來看，這是一個令人滿意的成果。
- 本設備不需複雜的高端技術，很適合在於低收入地區，只靠簡單技術和無經驗作業人員即能達成。

有兩個研究計畫成果，支持本操作手冊的編寫。其中，FORWARD是一個為期四年的應用研究計畫，針對印尼一個中型城市，研發城市有機固體廢棄物的整體解決方案與技術。其中有一個計畫，是在一個地方批發市場上，設計、研發及運轉一個黑水虻廢棄物處理試驗型設備。該設備主要作為測試和展示，並確認「標準操作程序」，以便進一步推廣。FORWARD是一個獨立的非營利研發計畫，由瑞士聯邦經濟教育與研發部經濟事務秘書處（SECO）資助，在與印尼公共就業和住房部（PU-PeRa）簽訂備忘錄的架構下進行。

另一個研究計畫是SPROUT，那是一個為期三年的計畫，旨在利用黑水虻（BSF）幼蟲，產出一個可以將廢棄物變黃金的設備。它從衛生方面著手，研發工作包括設備的設計和操作、產品的品質（飼料用和肥料用）、幼蟲收成後作為飼料的品質和安全性、黑水虻處理廢棄物的商業模式、以及比較並評估黑水虻廢棄物處理方案與其他生物處理方案，對環境的衝擊。SPROUT是一個跨國計畫，由SLU（瑞典農業科學大學）和Eawag（瑞士聯邦水生科學與技術研究所）主導，並有來自瑞士工業界的Pacovis AG，作為合作夥伴。它由歐盟計畫ECO-INNOVERA、瑞典研究委員會Formas、瑞士聯邦環境辦公室FOEN、和Pacovis AG共同資助。

本手冊的編寫，是要公開源資，期望黑水虻處理技術能獲得廣泛注意、實施和複製。本著這種精神，作者要感謝所有協助開發，記錄和討論與實際黑水虻飼養，和利用幼蟲處理廢棄物相關的人。特別感謝Sirajuddin Kurniawan，他的設備照片和工作流程表，為我們在說明解釋上，節省了很多篇幅。瑞典農業大學SLU（瑞典）的Cecilia Lalander和BjörnVinnerås是優秀的研究合作夥伴。華中農業大學（中國）的Longyu Zheng和Jibin Zhang、JM Green（中國）的Michael Wu等人，他們無私和實際的奉獻，以及Puspa Agro的盛情好客，一併致謝。

1.2 使用範圍與使用對象

對野外黑水虻生活史的了解，可以幫助研發和操作黑水虻處理設備，用於某些特定目的上。例如我們可以在特定時間或飼養上改進，以很省錢的方法，達到飼養高品質幼蟲，或體型大的幼蟲。就好像是在畜牧業上的飼養系統（如養雞，養牛等）一樣。

但是，在本手冊中，我們遵循廢棄物處理的觀點。換句話說，我們關心的是生物廢棄物的處理。所以，建議利用黑水虻處理技術，來解決廢棄物處理和資源回收，並能生產幼蟲和殘餘物。

2 Black Soldier Fly Biowaste Processing

因此，主要考量如何在資本、運營成本及空間需求上，有效地處理生物廢棄物。經由處理生物廢棄物，可以減少對公共健康和環境的威脅。

本技術解決方案，包括將分離的生物廢棄物，餵養已經在飼養盒的黑水虻幼蟲；幼蟲能在廢棄物上生長並減少廢棄物量；在處理過程結束後，收成幼蟲；若有需要，也包括後續加工成合適的動物飼料產品；殘餘物也可以進一步加工，並可能出售作為有機質肥料。

本手冊已經可以實用，詳列所需的材料和設備，以及每個工作步驟，就像一本烹飪書，含有不同的食譜。包括如何開發和操作，黑水虻幼蟲處理廢棄物所需的資訊。在相關資訊缺乏，或無法獲得的情況下，我們點出並彌補這些缺陷，也指出有哪些地方需要進一步研究和開發。

值得一提的是，本手冊中介紹的方法，只是眾多方法中的一種。它是基於當地印尼可用的設備，而沒有自動化設備。此處介紹的操作已證明有效，但你也可以根據相關的知識或經驗，將一些流程用自己所知方式替換。

考慮到本手冊的使用方法，它針對的讀者是，在廢棄物管理，尤其是黑水虻技術，只有很少或只有基本知識的人。只要他們願意從事廢棄物處理，並想要利用和操作這套設備。本手冊也適用那些已經開始利用黑水虻的人，也有助於那些對不同觀點有興趣的人，讓他們知道事情該怎麼做。

1.3 操作手冊概述

本手冊是依據黑水虻處理設備的五個主要部分架構而成，那是本設備的關鍵因子（圖1）

1. 黑水虻飼養區
2. 廢棄物接收和前處理區
3. 黑水虻處理廢棄物區
4. 成品收成區

5. 後處理部份區 (幼蟲處理及殘餘物處置)

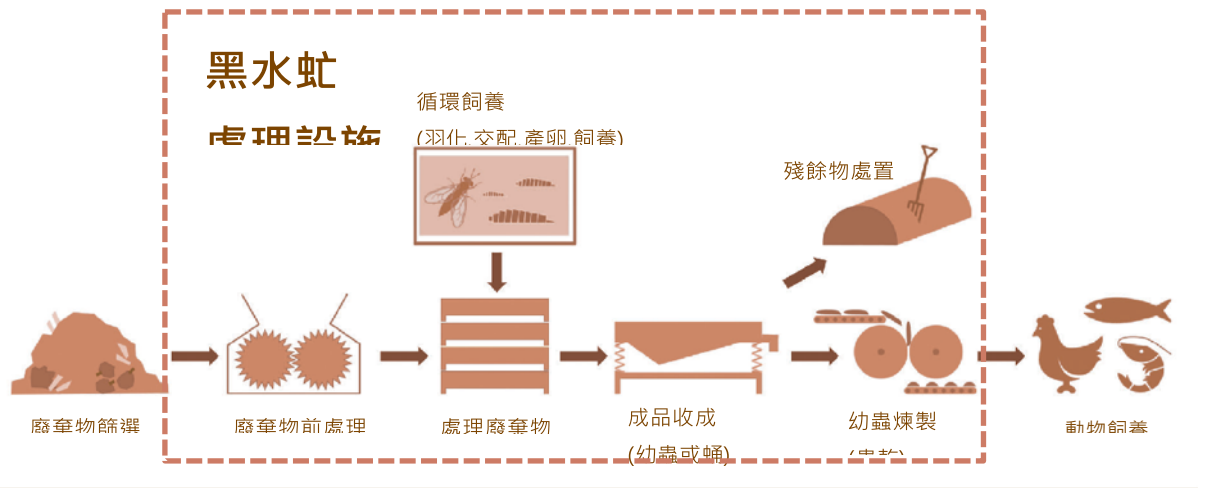


圖 1:黑水虻處理系統的不同分區



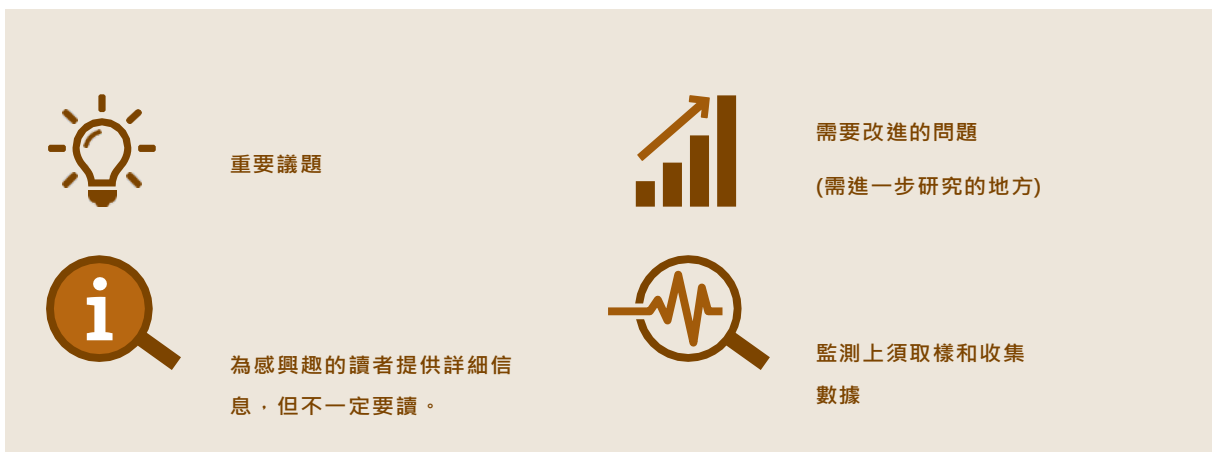
儘管適當的“廢棄物分類”對於黑水虻設備運轉順利非常重要，但本手冊中並未詳細討論。





BSF處理設備的經濟效益取決於一些當地條件：

- 設備的規模大小、相應的投資、營運成本
- 氣候（溫度、濕度）
- 處理廢棄物的潛在收入（小費）
- 幼蟲衍生產品的銷售收入（例如整隻幼蟲、蛋白粉、幼蟲油等）
- 銷售殘餘物作為土壤改良劑或在沼氣廠中使用

本手冊並未完全解釋此類設備的相關費用，而是著重於我們建議的設備，所需的最少操作步驟。除了列出必須在特定時間進行的工作清單外，本手冊還提供了基於實際經驗的設備清單。但是，我們也特別標註我們認為有可能改進的地方。

整個手冊中，您將看到以下圖標，用來表明特別重要的問題、背景資料、或指出研究的缺陷。



	重要議題		需要改進的問題 (需進一步研究的地方)
	為感興趣的讀者提供詳細信息，但不一定要讀。		監測上須取樣和收集數據

第二章:

利用黑水虻處理廢棄物

2.1 黑水虻的生活史

本章將詳細介紹黑水虻的生活史。瞭解黑水虻生活史，可知為何黑水虻在有機廢棄物管理上，是一個合適的昆蟲。另外，生活史的知識，可協助我們知道，如何將飼養系統工程化，以便提升產能。例如，增加廢棄物轉化效率，或提升產品的質與量。

黑水虻中的亮斑扁角水虻 (*Hermetia illucens*)，分類上屬於雙翅目 (Diptera) 水虻科 (Stratiomyidae)。自然界分佈範圍廣，在熱帶和亞熱帶地區，從北緯 45°N 到南緯 40°S，都可以看到。(圖 2)。



圖 2: 亮斑扁角水虻的分佈範圍

黑水虻的生活史從卵開始，但也意味著上一代生命的結束。成蟲產下卵塊後，就死了。雌蟲產卵量約有400至800個，在靠近有機質的地方，將卵產在小而乾燥的隱蔽孔洞中，並且是在靠近有機物質的地方，可確保幼蟲孵化後，即有東西可以吃。產卵在隱蔽處，可以保護蟲卵避免被捕食，也可防止陽光直射而脫水。卵期平均約四天後孵化，出現的幼蟲長度幾乎只有幾毫米 (mm)。

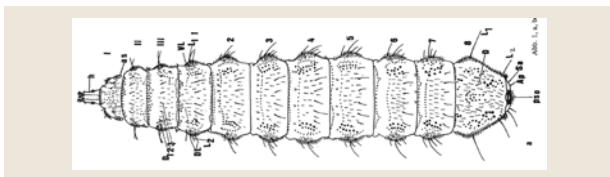


圖 3: 黑水虻幼蟲圖畫 (Schremmer · 1986)

幼蟲呈乳白色，會快速地取食那些已經分解的有機物，並從幾毫米大小，長到大約長2.5公分，寬0.5公分。黑水虻不同的生命階段，如圖3和圖4所示。

在食物品質和數量最佳情況下，幼蟲的生長約需14-16天。然而，黑水虻幼蟲韌性強，在不利的環

境中，就延長其生活史。幼蟲期是唯一取食的時期，在此期間，儲備足夠的脂肪和蛋白質，以便化蛹及羽化。羽化後的成蟲，開始找到配偶交配，然後雌蟲會在死前趕快產卵。

經歷了五個幼蟲齡期後，再脫皮為前蛹。當轉變成前蛹時，幼蟲的口器會變成鉤形，顏色也會變成深褐色至灰黑色。前蛹利用鉤狀口器，從取食處向外移動，在附近尋找乾燥、腐植質處、隱蔽的保護點化蛹。安全的環境，可以確保從蛹內羽化出來的成蟲，不會受到捕食者威脅。



圖 4: 亮斑扁角水虻的生活史。照片來源：Nandayure Studt Solano (1a, 1b), Samuel Blyth (2, 3, 4), Sandec (5)

蛹化，是指蛹在體內轉型為成蟲的過程。當前蛹找到一個合適的場所，變得靜止不動時，就啟動了蛹化過程。成功蛹化的條件，最好是化蛹場所不要改變太多。換句話說，就是保持環境溫暖、乾燥和遮陰。蛹期約2~3週，直到成蟲從蛹殼羽化出來。羽化過程很短，大約短於5分鐘，成蟲從蛹的頭部裂開處爬行而出，乾燥身體後，即振翅飛離。

羽化後，成蟲壽命大約只有一週，在這短短的生命中，他們要尋找伴侶、交配、產卵（雌蟲）。黑水虻在成蟲期並不取食，只要有水源或潮濕的表面，來保持濕潤。此時期最重要的是，要有充足的自然光和溫暖的氣候（25-32°C）。一個潮濕的環境，可以延長成蟲壽命，增強其繁殖機會。據觀察，成蟲喜歡在早晨陽光充足時交配。交配後，雌蟲會尋找合適的地方產卵，如上面所述。

幼蟲最佳生長環境和食物來源，可歸納為：

- 溫暖的氣候**：理想的溫度在24到30°C之間。如果太熱，幼蟲會從食物中爬出來，尋找較涼爽的地方。如果太冷，幼蟲會減緩新陳代謝，吃少，發育變慢。
- 遮陰環境**：幼蟲怕光，所以總是會尋找陰涼的環境，遠離陽光。如果他們的食物暴露在陽光下，他們會往食物深層處移動以避光。

- **食物的含水量**：食物來源必須非常潮濕，含水量約在60%到90%間，這樣幼蟲才能攝取這種物質。
- **食物的營養需求**：食物富含蛋白質和足夠的碳水化合物，可使幼蟲生長良好。正在進行的研究顯示，生物廢棄物經過細菌或真菌分解後，容易被幼蟲消耗。
- **食物顆粒大小**：由於幼蟲沒有咀嚼式口器，所以如果將食物弄成小塊，或甚至是液體或粥狀，則能讓幼蟲更容易消化吸收營養。

2.2 黑水虻飼養設備的整體考量

如上所述，野外黑水虻的生活史，奠定了利用其幼蟲處理廢棄物，是有效而可靠的。然而，為了能規律化的處理生物廢棄物，操作人員必須完全掌握其生活史，所以必須開發和操作一個生物系統工程。為了提供黑水虻一個模擬自然棲地的環境，以便能持續進行廢棄物處理，在選擇一個合適場所，做黑水虻處理設備時，必須考慮如下因素。

- 以設備預期經常性要處理的量為基礎，要評估是否有足夠且成本低的新鮮廢棄物。
- 運送垃圾和收取殘餘物的道路，要維護良好，並能整年保持場通。
- 在人口密集的社區，若隔壁地主不認同廢棄物處理設備，應該要盡量避免。
- 應有水電供應和廢水管理方案。
- 將處理設備與周圍環境隔開的合適環境緩衝區，要經常維護（例如開放區域、樹木、柵欄等）。
- 廢棄物處理設備，應該是在住宅區的下風處。
- 根據經驗法則，每天處理1噸廢棄物，計算約需有50平方米的育幼區，或大到100平方米（圖5）。
- 封閉和通風的房間供幼蟲飼養，有陽光的地方供成蟲交配產卵。
- 沒有陽光直射的遮蔽區，供存放容器。
- 辦公室和實驗室空間。
- 廁所和衛生設施。

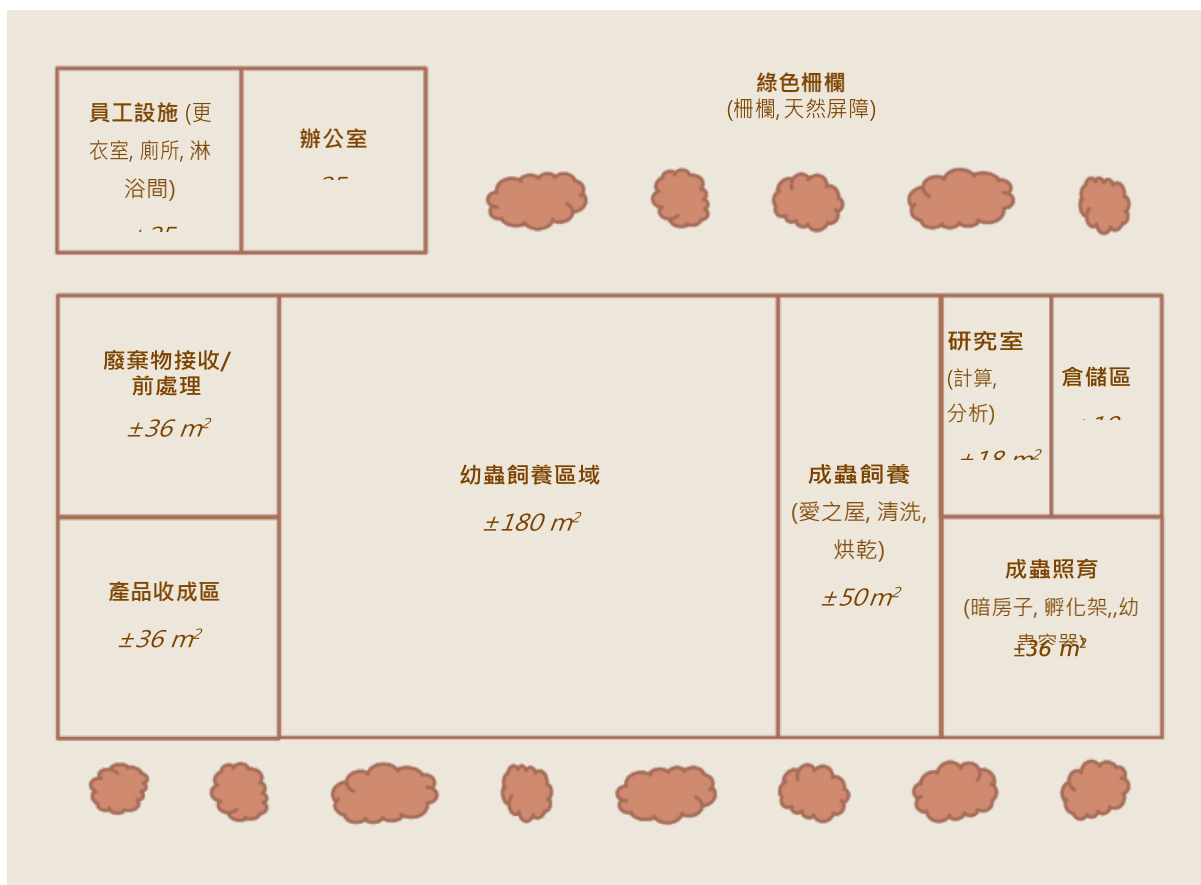


圖5: 每日2噸生物廢棄物處理量的黑水虻飼養區域面積規劃

2.3 黑水虻生命週期的工程設計

在黑水虻處理設備的飼養工程中，我們可以區分成各個不同的處理區，如圖6所示。

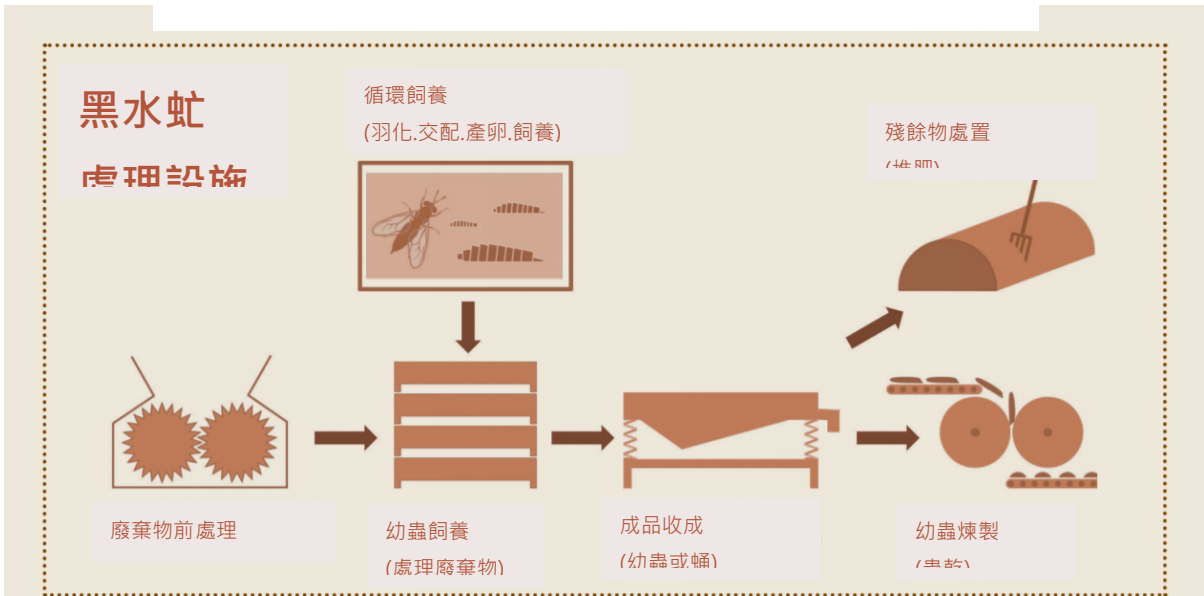


圖6:黑水虻飼養設施

黑水虻育幼區

這區域是要確保有可靠和穩定的蟲苗，可以足夠接種到每日送進來的生物廢棄物，以便讓廢棄物處理設備可以順利運轉。有一部分蟲苗，要放在此區域飼養，作為種源。

廢棄物接收和前處理區

這區域很重要，必須確保所收到的廢棄物，是適合飼養幼蟲。第一步，就是要確認沒有有害物質或其他非有機物。再來，就是將廢棄物打碎；若有含水量太高的情形，必須去除水分；若有需要，可以混合其他各種生物廢棄物，來合適的調配營養成分或含水量（70~80%），以便飼養幼蟲。

黑水虻處理廢棄物區

這區域是將蟲苗從育幼區，移到幼蟲飼養盒，餵食生物廢棄物。此區，幼蟲取食生物廢棄物，長大成大型幼蟲，進而消耗廢棄物。

處理後成品收成區

在快要變成前蛹時，從幼蟲飼養盒中收取幼蟲。飼養盒中的殘餘物，本身也是有價值的產物。

後處理期區

如果當地市場有需求，可以進一步將幼蟲和殘餘物，進行產品的加工，我們稱之為「產品純化」。通常第一步是殺死幼蟲，幼蟲純化的其他步驟，可以是凍結或乾燥幼蟲，或將幼蟲油與幼蟲蛋白質分離。殘餘物精製的典型步驟，是將殘餘物進行堆肥，或放入沼氣池中以產生燃料。

2.3.1 黑水虻育幼區

育苗區必須能提供定量的蟲苗，以確保能處理完例行的定量廢棄物。因此，飼養過程的每一個步驟，都要嚴密監控其產出量與成效。在一個完善設計的育苗區，可以很容易的控制前蛹數量，以便讓其進入化蛹階段，也能計算成蟲羽化數量，進而得知會產出多少卵，以及有多少幼蟲可以用來處理廢棄物。監控每一個步驟的存活率，可以追蹤整個系統的成效，也能指出有哪些環節出了問題。可能存活率在每個育苗區會有差異，在此我們以印尼的飼養系統所得資料為例，介紹如圖7。

產卵與收卵

從管理角度來看，讓卵集中產在一個特定的地方很重要。如此，可以提高收卵的效率。

為此，我們在成蟲產卵箱內，放置適當數量的集卵器，讓成蟲可以找到安全而隱蔽的孔隙產卵，也放置適當量的模擬腐植質誘引劑，引誘成蟲到附近來產卵。產卵在集卵器後，必須在幼蟲還沒孵化前，就把卵收集起來。

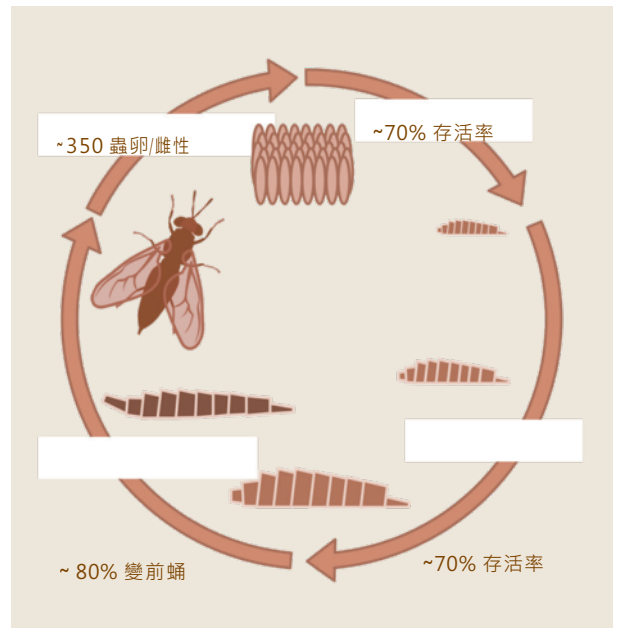


圖7: 印尼黑水虻飼養的績效指標

集卵器可能有不同的形狀和材料（圖8）。任何移動或觸碰等動作，都會對卵塊或卵產生傷害，降低孵化率。要能減少操作傷害，最好是將卵和集卵器一起秤重。



圖 8: 不同種類的集卵器：“Bioballs生物球”，通常是水族箱和池塘用的過濾物（左），木板之間有小間隙（中間）

和蜂巢狀的瓦楞紙板 (右)

理想的集卵器應盡可能輕，以免秤重時的失誤。此外，如果可能的話，集卵器的重量要相同，如此秤重後就可很容易算出卵的重量。有些集卵器材質如紙或木板，會吸收空氣中的濕氣，所以建議使用塑膠材質，以減少誤差，並能容易清洗，重複使用。當然，也可以用拋棄式的集卵器。



收卵時，只要將空的集卵器與產完卵的集卵器重量相減，即可得知有多少卵重。卵的數量可以用收成的卵重，除以每個卵的重量25微克 (μg)，即可計算出來。

孵化與幼蟲飼養

將幾天的集卵器集中，放在孵化盒上，盒內放置高品質的食物，如圖9。我們稱它為孵化花灑。幼蟲孵化後，會掉下來取食，如此可持續好幾天。因為把不同天的集卵器集中，可以讓孵化一直持續進行。所謂高品質的食物，是指用小雞飼料加水調配，含水量 70%。



圖 9: 孵化花灑：集卵器須放置在有幼蟲飼料的蟲苗盒上方。照片中
每種顏色帶代表不同日期收集的集卵器

在廢棄物管理上，若使用同年齡、同體型的幼蟲，會更為容易。可以對廢棄物投入量、轉換率、收成時間等有較好的規劃。利用這種孵化花灑，可以控制及確定幼蟲數量及孵化日齡。越常更換下面的蟲苗盒，越能得到均一化的幼蟲。幼蟲會在育苗盒內取食，五天後成為蟲苗。計數蟲苗後，即可添加到待處理的廢棄物上。



孵化花灑下方的育苗盒需定期更換，每隔一至三天更換一次。更換頻率決定了整批蟲苗的整齊性。

因為要計數蟲苗非常費工，可以先取少量（2克）蟲苗，計算其中的蟲數。以後，就可以用外插法，以重量來估算蟲數。

根據要處理的廢棄物量和育苗區的效能，將一小部分蟲苗（2-5%），保留在育苗區飼養。如果存活率高且成蟲產卵率強，那就可以在育苗室保留較少的蟲苗。此區的幼蟲會持續餵食經過設計的食物，直到變成前蛹期，大約需要2週的時間。在育苗盒的幼蟲一般會同時轉變為前蛹，因為大家的齡期相同。前蛹會嘗試離開食物，去尋找一個乾燥的地方化蛹。因此，會把幼蟲飼養盒放在一個轉移盒中，裡面鋪一些乾燥可吸水的材料（圖10）。

化蛹

收集已經爬入轉移盒的前蛹，並轉移到化蛹盒中。由於前蛹會互相干擾，所以要在化蛹盒中，鋪一些像泥土一樣的潮濕物質（堆肥），使前蛹能鑽到裡面去。

為了促進蛹化過程，將化蛹盒放在一個內部黑暗的箱子內，我們稱為暗房（圖11）。除了提供黑暗環境外，也可使蛹有足夠的保護，避免外界環境劇烈變動（例如溫濕度、空氣流動等）。



圖10: 幼蟲容器放置在轉移的容器中

圖10: 育幼盒放在轉移盒中



圖 11: 暗房內堆疊著化蛹盒。



圖 12: 愛之屋中有滿滿的新成蟲



兩到三週後，化蛹材料(堆肥)稍微變乾，使得黑水虻更容易從蛹殼爬出，站在到化蛹材料上，飛出化蛹盒。不過，此時的成蟲仍停留在暗房裡面。因為在暗房，所以成蟲不會交配，呈現靜止的狀態。暗房內的成蟲，可作為穩定的新鮮成蟲來源。因為一旦釋放到光的環境，就會立刻繁殖。

放入化蛹盒後10天，開始羽化。然後，遵循鐘形曲線，到25天後，晚羽化的成蟲慢慢消失而結束(圖13)。

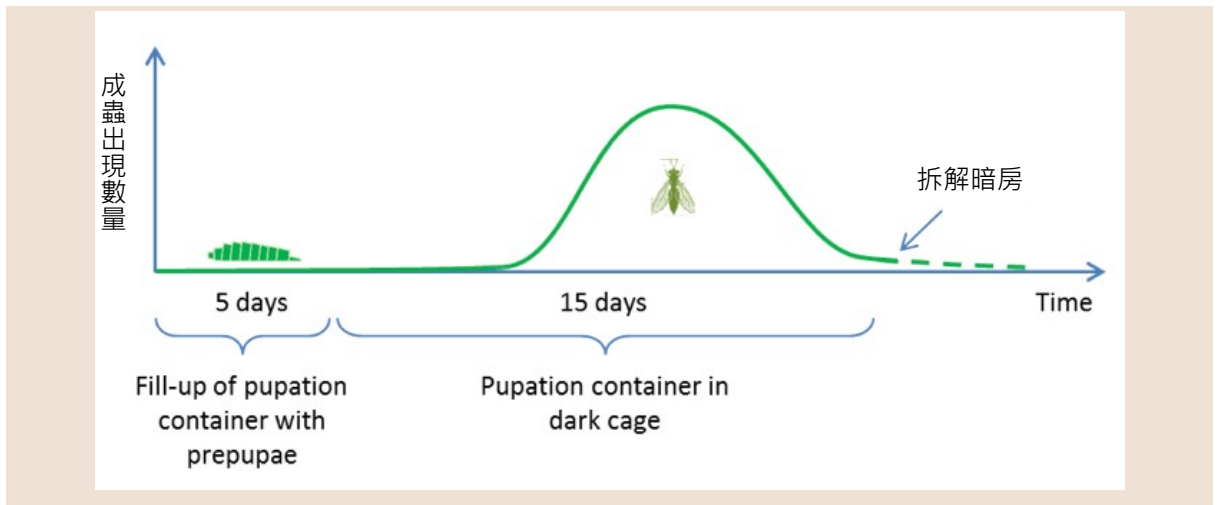


圖 13: 化蛹與黑水虻成蟲出現的生長動態

交配

當有需要時，就開始收成羽化的成蟲。方法是從暗房連接一個通道，連接 5天 光亮而可移動的懸掛式蚊帳。在此地方，成蟲開始交配，所以稱為愛之屋(圖12)。在通前蛹放在 化蛹盒中 [以吸引成蟲] 飛到愛之屋。 3-4個暗房 集更多剛羽化的成蟲(圖14)。這樣，可以使愛之屋內保持穩定數量的成蟲。更且，因成蟲羽化日齡相當一致，有很大的益處是，成蟲差不多在同一時間交配和產卵，因此在育苗作業上，更容易預期規劃。愛之屋內要放置濕布讓成蟲吸水，放置集卵器，還有一盒有味道的誘引劑。如此，整個育苗工作就算完成了。

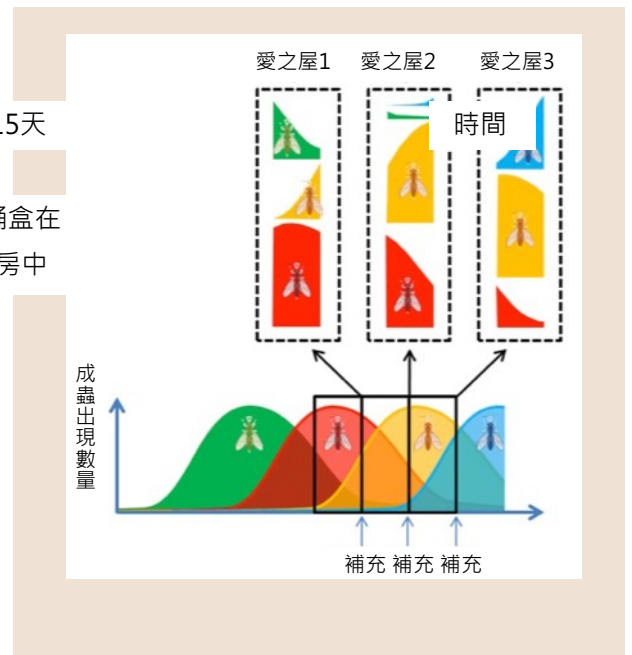


圖 14: 三個愛之屋每隔兩天從多個暗房補充成蟲。

2.3.2 廢棄物接收與前處理作業

幼蟲在取食材料上，通常具有很高的韌性。因此，在整個飼養系統中，生物廢棄物接收時，確定是否合適餵食幼蟲就相當重要。為了要達到含水量在60%至90%之間，且顆粒大小適中，大多數有機材料，需以一種或多種方式處理。我們條列生物廢棄物，能適合幼蟲生長及生物量轉換，如表1。幼蟲深深依靠體內共生微生物來分解細胞，釋放營養以便消化吸收。如果餵食情況不好，幼蟲發育期會延長，而且體重也會降低。從經濟觀點看，在操作黑水虻設備時，必須要牢牢記住這一點。

表1: 適合黑水虻處理系統的生物廢棄物

城鄉廢棄物	農-工業廢棄物	糞便
<ul style="list-style-type: none">· 城鄉有機廢棄物· 食物與餐廳的廢棄物· 市場廢棄物	<ul style="list-style-type: none">· 食材處理後廢棄物· 酒糟· 屠宰場廢棄物	<ul style="list-style-type: none">· 家禽糞便· 豬糞· 人類糞便· 糞便汙泥

本手冊假設在利用廢棄物處理設備時，廢棄物分類已經做好安排和安全檢查。生物廢棄物一定要是純有機物，並且是可以被生物分解，要符合表1所列的生物廢棄物種類。

廢棄物到達後的第一步，就是品質的控制，確保不含有害物質和其他非有機物質。廢棄物中的一些塑料袋，可能不會造成嚴重問題，可以手動分揀和移除。但是，有害物質的污染很重要，因為它們可能影響所有生物，包括幼蟲、細菌、當然還有作業人員。酸、溶劑、殺蟲劑、清潔劑和重金屬等類有害物質，當它們呈液體狀或溶解狀，一定要排除在外，因為很容易污染整批廢棄物。如果懷疑有此類污染物，應拒絕使用。



圖15: 用於廢棄物前處理粉碎機

為確保廢棄物品質，下一步驟是減少廢棄物顆粒大小。無論使用碎紙機或粉碎機都可以（圖15），最好能將廢棄物變為直徑小於 1-2公分的大小，這樣可加速整個設備的處理過程。因為黑水虻幼蟲口器無法分解大塊廢棄物，而且這樣能增加相關微生物分解廢棄物的表面積，加速細菌的繁殖。

如果粉碎後的廢棄物含水量超過80%（會像在廚房用果汁機打出來的果菜汁），那麼廢棄物就需要脫水或與另一種乾燥的廢棄物混合，讓含水量低於80%的含水量。



脫水方法很多，最簡單的方法是被动脫水（運用地心引力）。將廢棄物用布袋包裹，類似過濾器一樣，讓水通過布料流到入下面的桶子。另外也可以使用水平式螺栓擠壓機或榨汁機。

如果含水量低於70%，則需要加水。可以用手緊握廢棄物，來判定是否含水量不足，若只有擠出幾滴水，那麼就是過於乾燥。加水時，必須使用安全的水，也就是說水不能含有病原體、重金屬或其他有礙營養的成分



接收有機廢棄物時應秤重，以知道處理設備每日容納量。最好在廢棄物粉碎後秤重，因為即可放入桶中暫存。如果需要脫水，最好在脫水前後都秤重。

2.3.3 黑水虻處理廢棄物期間

每天將定量的蟲苗從育苗區，轉移到含有廢棄物的黑水虻處理設備（我們稱之為養蟲盒）。添加蟲苗的量，必須參照廢棄物的量，要有一定的體積和表面積。



圖 16: 平行堆疊的幼蟲盒和通風架



根據經驗，我們處理的數目如下：10,000隻蟲苗放在一個養蟲盒（40x60x17cm）餵食15公斤廢棄物（75%含水量），為期12天。

當蟲苗開始取食和生長後，在第5天和第8天，再次在飼養盒中添加更多的廢棄物，直到飼養12天後，幼蟲已經發育到足夠大，即在第13天收成。對於黑水虻飼養，我們建議以下操作參數：

- 每1平方公尺的飼養區約可放養40,000隻蟲苗，在12天內共餵食60公斤生物廢棄物。當幼蟲取食廢棄物時，會分解有機物而將營養物質代謝為幼蟲的生物量。如果使用過多的廢棄物，無法被吃完的廢棄物層，會有細菌發酵產生熱，使環境不利幼蟲發育。此外，未食用到的廢棄物，也會吸引其他雜蟲。若廢棄物料不足，幼蟲飢餓，從而降低其發育速度，也降低廢棄物處理效率。
- 試驗證明，每個飼養盒，在12天的發育期內，分三次等量的餵食，比較適合，即：第1天，第5天和第8天。
- 廢棄物投入量，受到飼養盒中廢棄物的厚度限制，如果飼養容盒的廢棄物深度超過5公分，則幼蟲無法完全處理，底部的廢棄物就無法利用到。
- 飼養盒可以相互堆疊以節省空間，但要保持通風，以便讓盒內飽和溼度的空氣可以更換。此外，幼蟲也需要空氣。因此，我們建議在堆疊的飼養盒間，要保持足夠的開放空間（圖16），讓空氣流通。
- 還有，建議在最後幾天，用風扇給堆疊的飼養盒通風，氣流可以增加飼養盒表面蒸發率，使殘餘物乾燥易碎，這樣就很容易將幼蟲篩出。然而，通風扇的強度，要依當時空氣濕度、廢棄物含水量等，因地制宜。



黑水虻的研究始於20世紀中葉的雞舍。當時觀察在雞籠下面的糞便中，存在黑水虻幼蟲時，可減少家蠅繁殖和雞糞堆積。因此，研究人員開始將此發現加以應用。例如黑水虻友善糞坑（建立前蛹坡道供爬出化蛹，進入清潔區域，連結溫室讓成蟲羽化產卵）。大多數能將黑水虻飼養，達到專業化的連續飼養系統，都是建立在前蛹的自動收成。

從研究歷史上看，黑水虻處理系統，一般是推薦使用連續式飼養系統。連續式飼養系統，具有某些優點，尤其是在家庭或鄰居後院。家庭產生的有機廢棄物，可以送入此系統中處理，只要一段時間清理一次即可。此系統，必須靠黑水虻自然來產卵，通常前蛹會自己爬出到收集容器或者爬出外面，被放山雞啄食，或者有機會找到安全的化蛹場所。但是，想要以連續飼養系統來作大型廢棄物處理時，會有幾個缺點。例如，因為疾病傳染，真菌毒素或環境因素產生的風險，導致系統致命性傷害，此時整個處理設備必須清空、清潔和重新啟動。另外，連續式飼養系統的蛋白質產出，優勢是前蛹能自行爬出，與殘餘物分離。但是，大部分的前蛹總是留在殘餘物中，導致招引到不要的昆蟲，和造成蛋白質收成損失。

因此，對於廢棄物處理，我們建議使用單個飼養盒來分散可能發生故障的風險。另外，我們還能掌握整個黑水虻的生活史，包括確定幼蟲的數量和年齡，掌握使用的廢棄物量，和廢棄物處理過程所需時間。

2.3.4 產品收成

在黑水虻幼蟲經過12天的廢棄物處理後，每個飼養盒即可收成。此時，幼蟲已達到其最大重量，但尚未轉變為前蛹，這時候營養價值最大。收成是將幼蟲與殘餘物分離的過程，這可以用手動或自動篩子來完成，搖動篩子可以容易地將幼蟲與殘餘物分離。振動頻率越高，篩網的網目可以大些，這是因為當在高振動頻率時，幼蟲難以穩定自身，而且不會爬穿篩網。因為自動搖動篩比手動搖篩更高的搖動頻率，因此比較受到青睞（圖17）。



圖 17: 自動篩子（左）和手動篩子（右）將幼蟲與乾燥殘餘物分開

手動篩子的篩網孔洞約為3 mm，自動篩子的篩網孔洞約為5 mm，這樣比較合適。將篩子以一定角度放置，並將飼養盒中的內容物，全倒在篩子上，在搖動期間幼蟲保留在篩子的上面，而殘餘物需通過篩網，落到接收盒。關於篩子的角度，是因為這樣幼蟲才能被引導到低下方，容易將幼蟲集中倒到桶中。



圖 18: 從濕式殘餘物中收成幼蟲

在某些情況下，當廢棄物的初始含水量高於理想值（ $> 80\%$ ）時，收成時的飼養盒，將含有幼蟲和殘餘物及呈粥狀未消化的廢棄物（不是易碎的殘餘物）。在這種情況下，建議採用另一種 5mm 網目的非搖動平面篩網來收成幼蟲。將飼養盒內的東西，倒在非搖動的平面篩網上，然後將內容物攤平到平面篩網上，幼蟲及液體會落入下面的容器中，因為幼蟲想要避開陽光，較大的殘留硬塊將保留在篩網上，可以清除。在平面篩網下面的容器中，可以用大的過濾勺，撈取大部分漂浮的幼蟲。水洗後，轉移到具有椰纖維或一些其他乾燥材料（例如木屑）的乾燥容器中。幼蟲在乾燥容器中保留約一天，在這種材料中，幼蟲爬行有助於清潔皮膚，也讓他們有時間清空腸道，從而增加最終產品的品質。



每個飼養盒在收成時稱重。分離幼蟲後，再稱重一次，這樣可以以監測黑水虻處理效能（幼蟲產量和廢棄物消耗量）。

2.3.5 幼蟲和殘餘物的後處理

收成後，活體幼蟲可以出售給顧客（例如爬行動物農場或鳥市場）。

另一種方法是做成飼料顆粒。新鮮收成的幼蟲，可以與其他飼料成分（例如大豆粉、高粱、玉米等）混合，以製作成滿足目標動物（肉雞、蛋雞、不同魚類等）的營養需求的混合物。可將該混合物直接加入造粒機中，將其壓縮成飼料顆粒（圖19）。



在大多數情況下，幼蟲需要做一些後處理，來確保它們已經消毒、可以儲存，而且容易運輸給客製化客戶。消毒，包括殺死任何可能粘附在幼蟲表皮上的細菌，並確保幼蟲內臟已經清空（含有只部分消化的殘餘物）。我們建議使用煮沸的熱水，將幼蟲浸入一大鍋沸水中，約兩分鐘即可將其殺死，並對產品進行消毒。

圖19: 用於動物飼料的造粒機



依市場需求和不同客戶群，可能需要其他處理步驟，包括不同方法和設備。冷凍是比較容易儲存，但是需要較多能源。乾燥（曬乾或在烘箱中）可以降低含水量並改善儲存性（蟲體低於10%的含水）。由於幼蟲含有30%的油脂，長期存放死亡幼蟲可能會使油變質。為避免這種情況，可以使用油榨機或離心機，將乾燥的幼蟲進行脫脂。該過程能將幼蟲油脂與蛋白分離，然後可以更容易地乾燥和儲存。幼蟲蛋白質含油脂量應低於10%，以確保儲存時不會變質。脫脂幼蟲的蛋白質和脂肪含量分別為±60%蛋白質和±10%脂肪，可以替代動物飼料中的魚粉。飼料的配方，還須考慮養殖物種的氨基酸需求。

需要對易碎殘餘物進行後處理，以期能產生穩定、腐熟的堆肥。有不同的方法可以做，例如將殘餘物，堆肥兩個月是最簡單的方法，這可產生穩定而腐熟材料，可以如有機肥般銷售。另一種方法是，將殘餘物放到蚯蚓堆肥設備，餵食蚯蚓，以生長（和銷售）蚯蚓，並獲得穩定和腐熟的蚓糞。第三種方法是，若殘餘物具有高水分和粥狀時，適合將其投入厭氧消化器（沼氣反應器）。

第三章:

黑水虻處理設備的作業規範

本章將介紹黑水虻處理設備的實際日常作業程序。分別介紹飼養系統中的每個分區的作業模式（如圖6所示）。對於設備的每個分區，在各章節會解釋要做哪些步驟，還包括執行工作所需的設備、每個工作的目標、作業人員保護措施、以及監控點和數據收集等。

第4章將介紹日常操作重點，摘要成處理時程表和工作日誌表。

3.1 黑水虻飼養區的作業規範

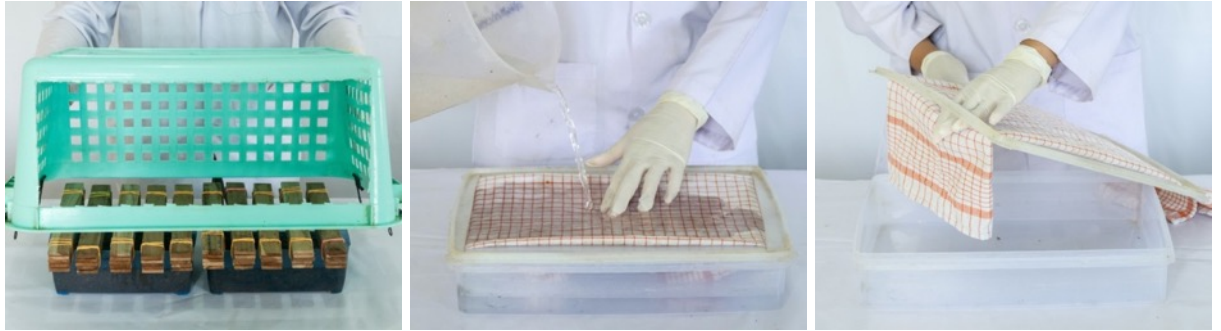
步驟 R1 - 設置愛之屋收集成蟲，使其交配並產卵

一個愛之屋，裝滿了來自暗房的新鮮成蟲。在愛之屋中，需提供飲用水和產卵的地方給成蟲。

需求物品：



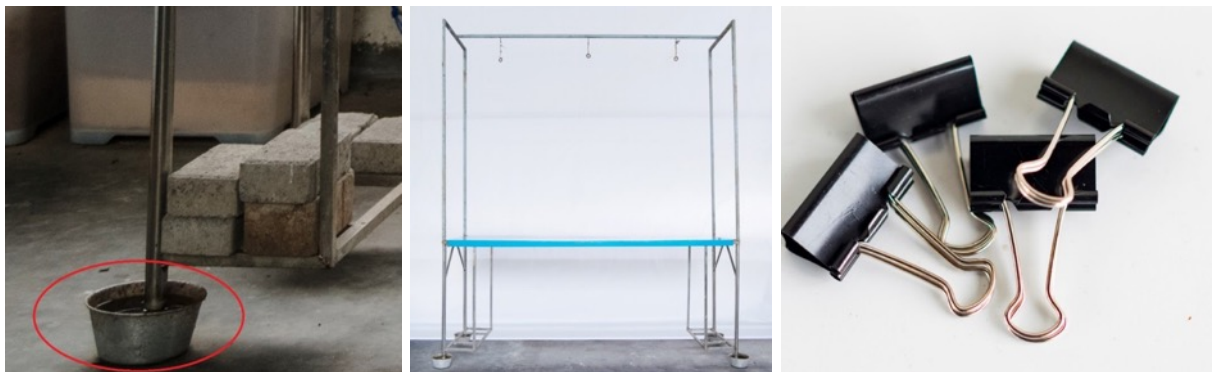
1. 一個愛之屋是由堅固的蚊帳製成，每個角落都有環圈，長的拉鍊開口和中央圓形隧道開口（見設計藍圖1）。這適用於6,000-10,000隻黑水虻成蟲。
2. 愛之屋的吊架。
3. 每個愛之屋放兩個誘引盒。



4. 一個有四腳座的遮蔽籃（比誘引盒稍大的籃子）。 5. 每個愛之屋放置一個有蓋水盤，在兩側的蓋子上做兩個切口狹縫，狹縫需要足夠長且足夠寬，以便讓棉布穿過。 6. 每個愛之屋一條棉布（毛巾）。



7. 每個愛之屋有10個集卵器（eggies）。 8. 一個移動框架（附帶電燈）（參見設計藍圖2），一個可以供多個愛之屋使用。 9. 一根棍子（約2米），末端有一個鉤子



10. 每個愛之屋的桌腳有四個防蟻器，防蟻器內應保持有水，愛之屋的桌腳放入這防蟻器中。 11. 一個愛之屋桌子，框架足夠放三個愛之屋。吊架應該與愛之屋一樣高，以便愛之屋的底部放在桌子上（參見設計藍圖3）。 12. 八個長尾夾，將暗房的通道連接到愛之屋，也可以作為遮蔽籃的基腳。



將愛之屋網連接到吊架上(R1-1)



用長棍將愛之屋掛在移動框架上(R1-3)

目標：

R1-1: 將一個乾淨的愛之屋掛在匡架吊環上。

R1-2: 秤量愛之屋及吊架的重量。

R1-3: 使用長桿，將吊架固定在移動框架上，並將其固定在底部。

R1-4: 將掛有愛之屋的移動框架，移動到第一個暗房，並使用四個長尾夾，將隧道二端連接起來。愛之屋連接到暗房後，立即打開連接在移動框架的燈，輕輕搖動暗房，以喚醒成蟲。

R1-5: 30分鐘後，斷開並關閉隧道，秤愛之屋和吊架的重量，並將相同的愛之屋，移動到下一個暗房。30分鐘後重複相同的連接，斷開和秤重過程，重複此操作。

R1-6: 將愛之屋子從最後一個暗房中，斷開並關掉燈，用繩子綁住並關閉隧道。

R1-7: 現在，愛之屋包含了所有剛出現在暗房裡的成蟲，再秤量愛之屋和吊架的重量。在開始時測量的空愛之屋和有成蟲愛之屋之間重量的差異，就相當於成蟲的重量（克）。如果你收集20隻成蟲，並測量它們的總重量除以20，就是一隻成蟲的平均重量。您也可以使用測量到的黑水虻總重量，除以一隻黑水虻成蟲的平均重量，得知愛之屋中成蟲的數量。



從內部連接暗房到愛之屋 (R1-4)



利用光來引誘成蟲從暗房飛到愛之屋 (R1-4)



黑水虻完成轉移後秤重愛之屋 (R1-5)

R1-8: 使用帶鉤子的長棍，將愛之屋及其吊架，移到愛之屋桌上，並將其掛在愛之屋桌子上。

R1-9: 準備誘引盒：在一個空的誘引盒中，裝入100克來自舊愛之屋的死成蟲，200克幼蟲飼養盒的殘餘物，200克舊誘引盒的殘留物，和一公升發酵水果水（如果沒有發酵水果水可以用，就用普通水），徹底混合。

R1-10: 準備10個乾淨的集卵器：取乾淨的木片，用有釘圖釘木片和沒有釘圖木片，將二個木板隔開（參見步驟5）。



誘引劑容器的成分(R1-9)

圖釘會在木板之間產生一個小間隙（1-2mm），在帶有和不帶有圖釘的木片之間，產生產卵空隙。木片的兩端由兩個橡皮筋固定在一起。為每個愛之屋準備10個集卵器。



帶有圖釘的木板可以創造一個間隙，讓雌蟲能在間隙中產卵，這些集卵器需用兩個橡皮筋固定在一起 (R1-10)

R1-11: 準備水盤：取自來水加入乾淨的容器，直到幾乎充滿。取下蓋子和乾淨的棉布，將布料兩側推入蓋子上的切口縫隙。毛巾應平放在蓋子上面，而末端穿過切口狹縫，並浸入蓋子下方容器的水中。把水灑在毛巾上。



誘引劑上放置集卵器，覆蓋著遮蔽籃和頂部的水盤(R1-12)



在愛之屋中的集卵器裝置 (R1-13)

R1-12: 用拉鍊打開愛之屋時，要注意避免成蟲逃出。將誘引盒放入愛之屋中，然後將10個清潔後的集卵器，放在誘引盒上。用遮蔽籃倒置，覆蓋誘引盒和集卵器。遮蔽籃下有四個小基座上（例如長尾夾，使遮蔽籃稍離桌面，以避免在遮蔽籃下面產卵）。最後將帶有毛巾的水盤，放在遮蔽籃上，並關閉愛之屋。

R1-13: 關閉愛之屋後，在旁邊的桌子上，貼一個標籤，並標明放置日期。



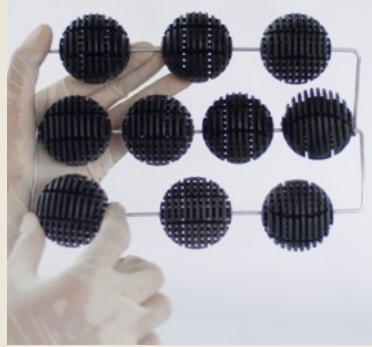
愛之屋固定在桌子上 (R1-12)



新設置的愛之屋 (R1-12)



本手冊介紹的木製集卵器，已證實在實際操作下，可產生大量的卵。然而，如上所述，也存在著相關的缺點（例如：混合重量和水分吸收）。另一種方式是，使用所謂的生物球（Bioballs），或者在我們的例子中稱為卵球（Oviballs）。那是為水族箱和魚塘的生物過濾器而製造的，生物球提供了一個大的、片狀的產卵表面，可以大量購買，而且都具有相同的重量。



作業人員的保護措施：

- 注意移動框架上的燈時，要避免燙傷。
- 處理誘引劑時，請穿戴實驗室衣和乳膠手套。



監測和數據收集的要點：

- 每次與暗房（R1-5）連接後，秤愛之屋重量，可以監測從暗房出來的成蟲羽化率，並計算愛之屋中成蟲的總數。用圓柱形容器，從愛之屋取出20隻成蟲當樣品，並將成蟲帶到實驗室，倒扣在含有10-15滴乙酸乙酯，有軟木塞蓋子的圓柱形容器中。放置30秒麻醉成蟲，就可以很容易用精密天平秤重。
- 用精密天平秤重每個空集卵器，在放入愛之屋之前記錄重量。

步驟 R2 – 拆解舊的愛之屋

愛之屋使用六天後，即可移除。因為大多數雌蟲在一週內會死亡，一週後就不會再產卵了。

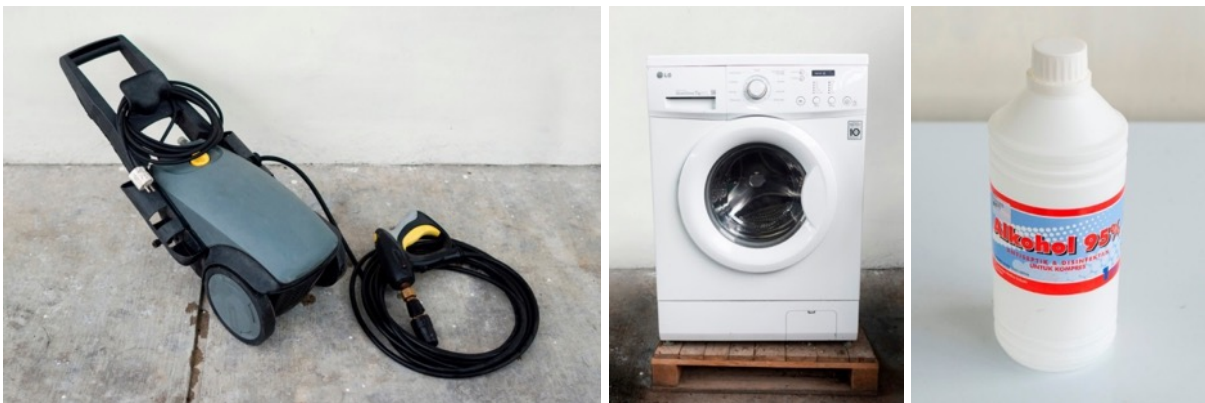
需求物品:



1. 畚箕、刷子和垃圾桶 2. 刮刷



3. 清潔用具 4. 曬乾架



5. 高壓清洗機 6. 洗衣機 7. 95%酒精溶液

目標：

- R2-1: 移除最後的集卵器（步驟R5繼續討論）。
- R2-2: 取下水容器和遮蔽箱，用高壓清洗機，擦洗刷和一些清潔劑，清潔並讓其乾燥。
- R2-3: 取出舊的誘引盒，將200克舊誘引盒殘餘物，填充到新的誘引盒（見R1-9）。將剩餘的殘餘物，倒入垃圾桶，用清潔劑清潔誘引盒並讓其乾燥。
- R2-4: 從已拆解的愛之屋，掃除死成蟲。保留200克死成蟲，以填充新的誘引盒（見R1-9）並將其他成蟲丟棄到垃圾桶。
- R2-5: 將愛之屋從吊架上移開，將內面翻過來並搖動，從愛之屋取出最後（死）的成蟲。然後，將愛之屋放入洗衣機，加入清潔劑並在30°C水中洗滌。從洗衣機取出愛之屋乾燥。
- R2-6: 清潔舊愛之屋下的桌子，用95%酒精溶液噴灑，用布擦拭，讓酒精乾燥，並清除桌上愛之屋的日期標籤。



作業人員的保護措施：

- 處理集卵器、誘引劑、死成蟲和清潔劑時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



監測和數據收集的要點：

- 秤重最後一個集卵器。詳情請參閱R5。

步驟 R3 – 設置新的暗房

將前蛹盒放入一個暗房裡，黑水虻成蟲會出現，最終再轉移到另一個愛之屋。

需求物品:



1. 暗房（見設計藍圖4）由雙層織物製成：內側為深色柔軟織物，外側為遮光織物（堅固的蚊帳），兩種織物均能通風。
2. 用繩子將暗房連接到框架上（見設計藍圖5）。



3. 每個暗房中有16個化蛹盒，尺寸為60x40x12cm
4. 每個暗房框架下方有4個防蟻器，容器應保持含水，並將暗房框架的桌腳放入防蟻器中。

目標：

- R3-1: 使用四根繩子，將乾淨的暗房掛在暗房框架上，將其綁在框架的頂角，打開籠子前面的拉鍊門，封閉圓形隧道開口。
- R3-2: 確保暗房的底部已觸及暗房框架的桌上，其桌腳已放在防蟻器中。
- R3-3: 將步驟R8準備的16個化蛹盒，放入新的暗房中。交叉堆疊前蛹盒，確保容器之間留有足夠的開放空間，以便出現的成蟲可以離開容器。
- R3-4: 在框架上標記暗房設置日期。



- 作業人員的保護措施：
- 處理化蛹容器時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套



- 監測和數據收集的要點：
- 無



步驟 R4 - 拆解舊暗房

在暗房與愛之屋最後一次連接後，大約經過兩週半後，才能拆解暗房。

需求物品: 與步驟 R2相同

目標：

- R4-1: 從暗房取出16個化蛹盒，倒入垃圾桶。使用高壓清洗機，刮除刷和清潔劑等，清潔16個塑膠盒，並乾燥保存。
- R4-2: 如果在暗房發現死蟲，用刷子刷除，並丟到垃圾桶。
- R4-3: 將暗房從框架上拆解下來，並將內面往外翻，放在洗衣機，加清潔劑，用30°C的熱水清洗。然後取出乾燥。
- R4-4: 清潔暗房框架，用95%酒精溶液，噴灑框架，用布擦拭，讓酒精乾燥。
- R4-5: 清除框架上的日期標籤。



- 作業人員的保護措施：
- 處理化蛹盒、髒暗房和清潔劑時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



- 監測和數據收集的要點：
- 無

步驟 R5 – 蟲卵的處理

將集卵器放在孵化架上，新孵化的幼蟲會落入蟲苗盒中。定期更換蟲苗盒，並將蟲苗放在同一盒中飼養，直到開始用來處理廢棄物。

需求物品：



1. 每個愛之屋有10個集卵器 (eggies)。每個集卵器都由5塊乾淨的薄木板 (25cm×5cm×0.3cm) 組成。 2.鐵架，共有6層，每層架子高度至少15cm (比蟲苗盒高度多一點) (見設計藍圖6)



3. 孵化花灑 – 蟲苗盒上方放一鐵層板孵化架，集卵器以一組七種不同顏色的繩子，分別代表星期幾
4. 三個蟲苗盒 (60x40x12cm)，飼料和椰纖維

目標：

- R5-1: 根據需求物品 (見R1-10) 準備新的或清潔的集卵器 (每個愛之屋需要±10個) 。
- R5-2: 從孵化架移除集卵器。集卵器是以不同工作日的彩色編碼繩結綁著。可以根據集卵器放到孵化架上的日期 (例如星期一=黃色，星期二=紫色，星期三=灰色等)，將集卵器標記為具有特定顏色的繩結。今天要移除的顏色代碼的集卵器，是已經放在孵化架上一週了。等所有的卵都已經孵化後，清潔集卵器 (不可使用清潔劑！) 並乾燥。

R5-3: 從愛之屋收取產完卵的集卵器，並更換新的和空的集卵器。按照附錄B中所示的“集卵器收成時程表”中的說明，知道哪個愛之屋的哪個集卵器需要收成。

R5-4: 將所有愛之屋中收成的集卵器平均分為三組，並以當天的顏色編碼綁定在一起。然後，將三組集卵器分別放在三落蟲苗盒的孵化架上。

R5-5: 準備9公斤新鮮幼蟲飼料：將30%小雞（肉雞）飼料和70%水攪拌混合，完全均勻。三個蟲苗盒各裝3kg，用乾燥和篩選後的椰纖維（0.5-1.0cm厚）覆蓋在每個蟲苗盒上，以避免水分流失。使用當天的日期顏色代碼，為每個蟲苗盒加上日期標籤。

R5-6: 將鐵架上所有現有的蟲苗盒，依序向下移動一層。最底層的蟲苗盒表示已經孵化5天了。

R5-7: 在目前最空的最頂層貨架上，放置新的蟲苗盒。



帶有一束的集卵器（上圖）和育幼盒（下方）的孵化花灑(R5-4)



蟲苗盒裝有3公斤新鮮幼蟲飼料(R5-5)



飼料上覆蓋一層薄薄的椰纖維，以避免水分流失(R5-5)



- 作業人員的保護措施：
- 處理蟲卵要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



- 監測和數據收集的要點：
- 每個空集卵器放入愛之屋前要秤重，並在相應的監測表上註明重量。
- 將產完卵的集卵器，從愛之屋取出後秤重，二者重量的淨差異，代表蟲卵的重量。

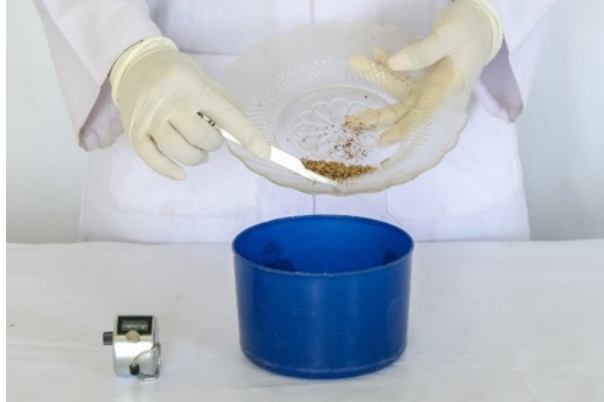
步驟 R6 – 處理蟲苗

將蟲苗與殘餘物分離並確定其數量。

需求物品：



1. 篩子 (篩網目1mm) 和杓子 2. 幼蟲和殘餘物的盒子



3. 精密天平。塑膠杯和量杯 4. 計數器，盤子和軟鑷子

目標：

R6-1: 蟲苗盒到第6天時，從架上取下，用篩子（篩孔尺寸1mm）篩選蟲苗盒中的所有東西。小的殘餘物顆粒與較小蟲苗會從篩子篩出，而較大的殘留顆粒和幼蟲留在篩子上。把留在篩子上較大的殘餘物和幼蟲，放在幼蟲飼養盒中，再用湯匙盡可能地舀掉較大的殘留顆粒，並儲存在別處，直到團狀的蟲苗清晰可見（同時仍然留有一些殘餘物）。敲擊飼養盒的側邊，可幫助將幼蟲與殘餘物分開，因為振動會使幼蟲聚集在一起。



撈出蟲苗盒上較大殘餘物顆粒使蟲苗純化 (R6-1)

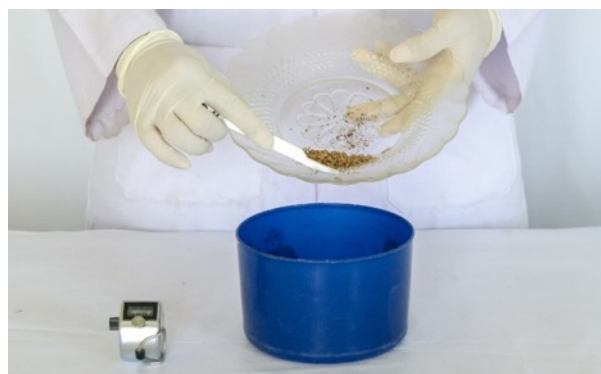
R6-2: 用高壓清洗機，刮刷和清潔劑，清潔蟲苗盒並讓其乾燥。

R6-3: 隨機從篩選後的蟲苗盒中，各取出2克的蟲苗混合物，分別發在2個杯子。

R6-4: 將這2克的蟲苗混合物，從杯子放到盤子上。在盤子上，用軟鑷子和計數器，手動計算所有蟲苗數量後，撥到另一個碗裡。第二個杯也是重複上述動作。記錄每2克蟲苗的幼蟲數量。



充分混合純化的蟲苗後，隨機勻取(R6-3)



計算2克的純化蟲苗（包括較難篩出的剩餘殘餘物）幼蟲數量(R6-4)

R6-5: 秤重盒中所有蟲苗的總重量。再將2克已計數的蟲數，計算該盒中幼蟲的總數。計算方法如下。

R6-6: 根據開始需要多少幼蟲飼養盒（需要處理多少廢棄物），來決定要開始飼養的幼蟲數。準備杯子，並取出適當的蟲苗混合物的重量。計算方法如下。

R6-7: 多餘的蟲苗可用於飼養昆蟲或或丟棄（見步驟7）。



分配蟲苗給幼蟲容器使用 (R6-6)



作業人員的保護措施：

- 處理蟲苗和殘餘物時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



監測和數據收集的要點：

計算盒子裡的幼蟲數量：

- 盒子裡的幼蟲總數: L_{total} (數量)
- 盒子裡的幼蟲總重量: M_{total} (克)
- 取樣的幼蟲數量: L_{sample} (數量)
- 取樣的重量: M_{sample} (克) L_{total}

$$= M_{total} * L_{sample} / M_{sample}$$

計算每個幼蟲飼養盒所需的幼蟲重量：

- 每盒需要的幼蟲重量: $M_{larvero}$ (克)
- 每盒需要的幼蟲數量: $L_{larvero}$ (number)
(我們估計在整個飼養期間每公斤濕廢棄物可飼養600-800隻的幼蟲)

步驟 R7 -種源盒的處理

以適量的蟲苗數量，飼養約兩週半後，即會變成前蛹。含有前蛹的種源盒，會爬出來到化蛹盒，而羽化為成蟲，提供所必須的成蟲數量。

需求物品：



- 1.按附錄C製作的小雞飼料和育幼盒(55x35x16cm)
- 2.轉移盒 (60x40x12cm) 椰纖維
- 3.育幼架上面的轉移盒和育幼盒 (見設計藍圖7)

目標：

- R7-1: 準備2公斤由30%的小雞飼料和70%水組成的食物，攪拌變成均勻混合物。
- R7-2: 將這種食物加到育幼蟲盒，用椰纖維（0.5-1.0cm厚的層）覆蓋，然後在椰纖維的上面，加入所需數量的蟲苗（見R6-7）（見附錄A）。
- R7-3: 將椰纖維添加到轉移盒的角落和四周，並將育幼盒放入其中，由於前蛹最終將從育幼盒爬出，並掉到轉移盒，因此育幼盒需要略小於轉移盒，把兩個放在育幼架上。



將椰纖維放在轉移盒四周，以防前蛹逃離(R7-3)



將帶有蟲苗的育幼盒放入轉移盒(R7-3)

R7-4: 在育幼盒上，貼上標有日期代碼和幼蟲數量的貼紙。

R7-5: 在二週半的飼養過程中，根據飼養時程表（參見附錄C），另外準備一個放有篩過的小雞飼料和水混合的育幼盒。

R7-6: 經過二週半後，根據飼養時程表（參見附錄C），移走育幼盒，收集爬到轉移盒的前蛹（參見步驟8）。



作業人員的保護措施：

- 處理蟲苗和殘餘物時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



監測和數據收集的要點：

- 無

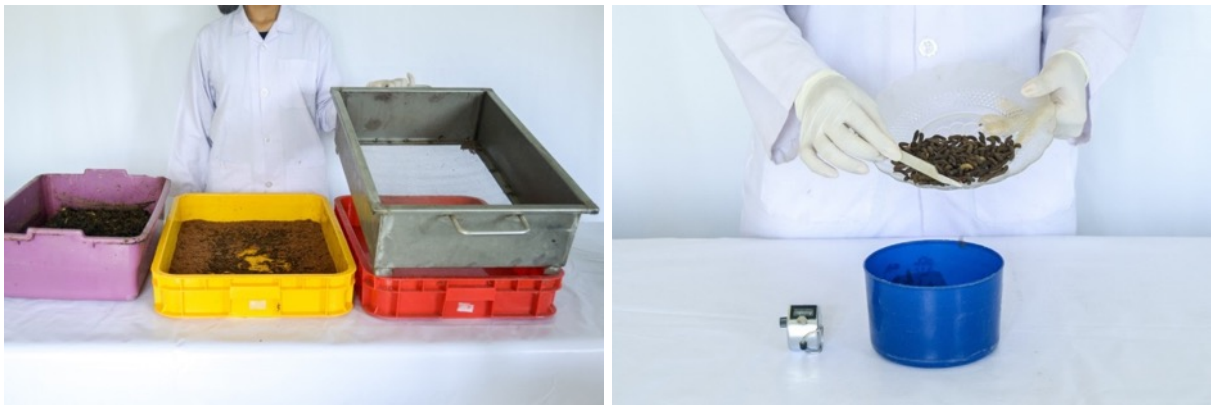
步驟 R8 – 前蛹的處理

將從育幼蟲盒爬出的前蛹，放入化蛹盒，然後將其放入暗房中。

需求物品：



1. 混凝土攪拌機 2. 堆肥或其他類似土壤的材料 (左) 和化蛹盒60x40x12cm (right) 3. 精密天秤和計數容器



4. 從轉移盒篩出的前蛹-椰纖維的混合物和 篩子 (篩目3mm) 5. 計數器、盤子和軟鑷子

目標：

R8-1: 準備化蛹材料：用成熟堆肥 ($\frac{3}{4}$) 和水 ($\frac{1}{4}$) 製做50公斤化蛹材料，以混凝土攪拌器徹底混合，直至看不到乾燥物。

R8-2: 取16個乾淨的化蛹盒，每盒裝滿3公斤的化蛹材料。將混合物均勻地放在盒子裡。

R8-3: 大約兩週後，肉眼檢查轉移盒內的前蛹。從轉移盒將椰纖維和前蛹一起收成，並使用篩子將前蛹與椰纖維分離。轉移盒再填充椰纖維並放入幼蟲盒，並將幼蟲容器再次放入其中。對當天指定要收成的每個轉移盒，重複相同的過程，請秤重每個容器的收成前蛹的重量，以便進行監測。



用3mm篩子將前蛹與椰纖維分離(R8-3)



計數200個前蛹，得到平均重量，以便等比率分配到化蛹盒 (R8-4)

R8-4: 從轉移盒收成前蛹後，各取出2組各200個前蛹，秤重並記錄其平均體重。

R8-5: 準備16批500個前蛹（時程表1），400個前蛹（時程表2）或800個前蛹（時程表3，見附錄A）。

R8-6: 將16批前蛹，分別放到16個化蛹盒。根據時程表，往後幾天，相同化蛹盒要放相同數量的前蛹（見附錄A）。



作業人員的保護措施：

- 處理幼蟲、前蛹、椰纖維和堆肥，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



監測和數據收集的要點：

- 秤重每個轉移盒收成的前蛹。
- 秤重200個前蛹，重複兩次，求取平均體重。



3.2 廢棄物接收和前處理區的作業規範

廢棄物送達後，首先檢查品質，必須避免有害污染物，因為這可能會影響幼蟲的健康或影響幼蟲和殘餘物的最終品質。液體污染物尤為關鍵，因為它們可能已經浸入而污染了廢棄物，很難被發現。廢棄物收集者必須意識到這種潛在的危險，隨著每次廢棄物的運送，可以詢問廢棄物收集者每批的來源，從而評估潛在的污染風險。如果有充分理由懷疑被有害物污染，應拒絕廢物並不予處理。

在與廢棄物收集者交談後，目視初步檢查廢棄物品質。廢棄物接收和前處理作業包括：(i) 粗略分類、(ii) 打碎廢棄物顆粒、(iii) 秤重、(iv) 如果需要，就脫水。

步驟 W1 - 廢棄物接收和破碎

破碎的目的是減小粒度大小，並使材料均質化。飼養時，容易分配飼料，也讓幼蟲和相關細菌更容易吸收消化。

需要物品：



1. 一台粉碎機：粉碎機的類型可能有所不同，可以是帶有篩網的錘式粉碎機或單滾輪或雙滾輪粉碎機，最好能將廢棄物減少到0.5-1cm的顆粒大小
2. 各種桶子或廢棄物容器
3. 一個磅秤，可秤重約150公斤

目標：

- W1-1: 廢棄物接收和檢查品質後，從垃圾車挑出有機廢棄物，並將有機廢棄物放在粉碎機附近。清空垃圾車時，也需清除廢棄物中含有的非有機物（粗分類）。
- W1-2: 將標記的桶，放在粉碎機出口下，並打開粉碎機。
- W1-3: 在廢棄物倒入粉碎機料斗時，手動去除廢棄物容器中的非有機成分。如有必要，使用木頭棍將廢物推入料斗和粉碎機。當廢物接收桶裝滿時，換一個新的已標記空桶。
- W1-4: 使用磅秤秤重，並記錄每一桶碎廢棄物重量。

W1-5: 將所有廢棄物粉碎後，使用高壓清洗機，清潔粉碎機內部，外部和周圍。所有廢水都需要經過廢水處理。



作業人員的保護措施：

- 使用粉碎機時，要穿戴手套，防護服，眼睛和耳朵保護裝置。
- 使用粉碎機/研磨機時，需有良好的保護措施，例如料斗，口蓋和其他安全裝置，避免作業人員手，直接接觸活動機件的風險。



監測和數據收集的要點：

- 每批粉碎的廢棄物淨重。

步驟 W2 - 廢棄物脫水

用手估計切碎後廢棄物的含水量。如果手握緊擠壓少量廢物時，手指間只流出幾滴水，那麼廢含水量低於60%，則需要加水。如果粉碎廢棄物含水量高於85%（此含水量就像果汁機打出來的果汁），則需要脫水，使含水量低於85%。或者，可以加入大量乾的散裝材料（例如米糠/麥麩），使廢棄物含水量在容許限界。

從一開始就要確認含水量，以便依照前述的前處理步驟或添加物，來調整幼蟲的飼料。（可參見步驟T1的方法）。

廢棄物脫水方法很多，最簡單的方法是進行被動脫水（通過地心引力）。將廢棄物放到布袋過濾，使水通過布料排入下面的桶，這是本手冊介紹的方法。然而，還有其他更複雜的脫水技術，包括水平式螺旋壓榨機或榨汁機（圖20）。



圖 20: 不同的脫水方法：重力被動脫水（左），螺旋壓榨機（中），榨汁機（右），（螺旋壓力機照Vincent公司提供）

在下面將解釋簡單被動脫水程序，如果廢棄物的含水量低於80%，則可以跳過這道手續。

需求物品：



- 1.用於被動脫水的桶子和普通棉布。任何具有低織數的布料，例如粗棉布、豆腐布或平紋細布，都可以。
2. 塑膠架放入棉布下的脫水桶中，框架能讓桶底有空間，讓水滲透出來。
- 3.每批最好控制在150kg左右。

目標：

- W2-1: 使用空桶準備脫水裝置，將塑膠架放入桶中，然後將棉布包在桶外緣，並用繩子固定。
- W2-2: 將碎廢棄物倒到棉布，記錄整個脫水桶重量，然後蓋上桶蓋，靜置24小時。
- W2-3: 所有要處理的廢物，重複W2-1和W2-2的步驟。
- W2-4: 24小時後，將棉布內的內容物包起來，再放置24小時。所有的脫水桶依此步驟重複。最後，用高壓清洗機和洗衣機，分別清洗脫水使用的物品（桶，架子和布）。



空桶內的塑膠架可以讓布料中的廢棄物排出多餘的水分

(W2-1)

- W2-5: 經過48小時，移除棉布和裡面經過脫水後的廢棄物，將脫水的廢棄物倒入桶中並秤重，將水倒入儲水箱中，供日後使用或進行廢水處理。



作業人員的保護措施：

- 進行脫水作業時，需穿戴手套和防護服。



監測和數據收集的要點：

- 秤重脫水後廢棄物。
- 總廢棄物重和總脫水後廢棄物重的差異，就是去除的水量。

3.3 黑水虻處理廢棄物區的作業規範

利用黑水虻幼蟲處理廢棄物，可以有不同的方式。本手冊，我們介紹手工整批收成。就是將相同日齡的幼蟲（蟲苗）放入具有生物廢棄物的容器中（幼蟲飼養盒）。在一定時間後，收成幼蟲和殘餘物的混合物，再將其分離。在這裡，描述的所有生物廢棄物處理設備，和飼養與收成等，都是手動處理。

本廢棄物處理設備，可以將生物廢棄物拿到幼蟲飼養盒，也可以將飼養盒集中到中央飼養區。中央飼養區的規劃，可將有可能的污染，集中在一處，並避免大規模的不必要移動。此外，可以很容易地在架上堆疊飼養盒，並且可以容易地檢查，是否有不正常的狀態。因此，我們介紹的是在中央飼養區的作業。

步驟 T1 – 幼蟲飼養盒的設置和飼養

新一批的幼蟲飼養盒，從定量的切碎（和脫水）廢棄物裝填開始，然後添加定量的蟲苗。此外在第5天和第8天時，還要另外添加額外的切碎（和脫水）生物廢棄物。

需求物品：



1. 36個幼蟲飼養盒
2. 6格式通風框架



3. 棧板和油壓拖板車 4. 飼料區·有磅秤和杓子 5. 36 個碗各有10,000隻蟲苗

目標：

- T1-1: 準備棧板和油壓拖板車，以及36個飼養盒和6個開放式通風架，放在靠近飼料區。
- T1-2: 將六個飼養盒放在棧板上，每盒餵飼5公斤生物廢料，在每個飼養盒 (R6-6) 中，加入一碗含10,000隻的蟲苗。之後，在6個飼養盒上放置一個開放式通風框架。之後，再將下一層六個飼養盒堆疊在通風框架上，並重複這個過程，直到完成六層，共36個飼養盒的堆疊。在頂部通風框架上，放置六個空的飼養盒 (或任何類型的蓋子) 以保護頂部幼蟲避免受直射光照。使用日期代碼標記棧板，然後使用油壓拖板車，將棧板帶到中央飼養區。



將蟲苗添加到飼養盒(T1-2)



一疊飼養盒。金屬通風架，能幫助從廢棄物中蒸發水分(T1-2)



使用桶子充填飼養盒(T1-2)

- T1-3: 使用高壓清洗機，清洗已經清空的廢棄物容器 (或脫水裝置和布)，然後晾乾。
- T1-4: 使用油壓拖板車，將5天前 (即今天減去5天) 設置的棧板，移動到中央飼養區。在5天的棧板旁，放置一個空棧板，取下之前放在上方的6個空盒和通風架，將頂層的6個飼養盒，從舊棧板移動到新棧板。
- T1-5: 將5kg廢棄物，裝填到放置在新棧板上的每個飼養盒，並將通風架從舊棧板的頂部，移動到新棧板上。將棧板上的飼養盒，水平排列，重新組裝，並將6個空飼養盒，放在最後一個通風架上。在移動它們的同時，利用空檔機會，檢查每個飼養盒是否有異常。將棧板放回原位。
- T1-6: 移動在8天前飼養的棧板 (即今天減去8天)，之後與T1-5作業相同。



作業人員的保護措施：

- 飼養時，要穿戴手套和防護服



監測和數據收集的要點：

- 添加廢棄物到幼蟲盒前，確定廢棄物的含水量是非常重要的。因此，要將廢棄物容器中的廢棄物，徹底混合。並在每個廢棄物容器中，各取一勺放入桶子，充分攪拌均勻後，取出約500g樣品，放在取樣盤上。

秤重含有混合廢棄物的取樣盤，然後在105°C的烘箱中乾燥24小時，然後再次秤重。用以下方法計算樣品的含水量：含水量[%] = 100 * (濕重 - 乾重) / 濕重。

3.4 收成區的作業規範

在收成階段，主要需分離兩種產品：幼蟲和殘餘物。殘餘物是易碎的乾物質或濕料，取決於當初填充廢棄物的含水量。如果殘餘物是介於兩者之間的粘性物質，幾乎無法收成。在這種情況下，不是優化填入的廢棄物，就是在收成過程中要添加水。在乾燥的情況下，可以用篩網網目孔度為3-5mm的搖動篩，進行分離（取決於幼蟲的大小）。在本手冊，我們介紹的處理方式，是針對濕料的收成和分離。

步驟 H1 – 成果的收成

在飼養盒飼養12天後（在第一天、第五天和第八天添加廢物），就可以收成了。濕式收成技術是利用幼蟲的天然行為，幼蟲會避光，穿過篩網。透過水清洗過濾，讓幼蟲容易取得。

需求物品：



1. 篩網，將飼養盒內容物倒出來

2. 工具，用於撥撒內容物及過濾幼蟲



3. 收集容器，收集流出物和幼蟲

4. 收集成果的桶子

5. 幼蟲和殘餘物的樣本採集盤



6. 乾燥的容器，裝滿椰纖維 7. 手動搖動篩（篩網目孔徑3-5mm）

目標：

- H1-1: 將篩網放置在兩個空的收成容器上，做為收成工作站。作業時，應該暴露在陽光或強光下。準備撥撒殘餘物和舀取幼蟲所需的工具，準備2個80升的收集桶，並將它們放在收成容器旁。每個桶子內，加入約50升水，另外準備一個乾燥的容器。
- H1-2: 使用油壓拖板車，將帶有飼養盒的12日齡蟲，從棧板區移至收成工作站。
- H1-3: 先秤重每個飼養盒，然後隨機挑選三個飼養盒，取出杓子從每個幼蟲飼養盒，勺出一定量內容物，作為檢測樣品。將這些樣品，放在一個取樣碗。如下面“監測”部分所述，進一步處理樣品。
- H1-4: 將棧板上的36個飼養盒，倒在篩網上，然後將空盒放在清潔區域附近。
- H1-5: 將材料（幼蟲和殘餘物）散佈在篩網上，厚度盡量薄，以確保幼蟲直接暴露在直射陽光下。幼蟲為了讓自己處於適合環境，會試圖通過篩網，向下鑽來避開光線。所以它們會落入下面的收成容器中。試著翻轉篩網上的材料，這樣可以促進所有幼蟲爬過篩網。收成容器同時會收到通過篩網排出的任何液體，和較小的殘留顆粒。
- H1-6: 當幼蟲在鑽過篩網時，可以用高壓清洗機清潔空的飼養盒，並使其晾乾。
- H1-7: 所有幼蟲鑽過篩網後，將殘留的固體材質，從篩網中移除到桶子。這些材料，可以在堆肥或沼氣設施，進行後處理。
- H1-8: 從收成容器中取出篩子，並用高壓清洗機清潔，並晾乾。



在篩網上分離幼蟲和濕殘餘物(H1-5)



從流出的水中過濾幼蟲 (H1-9)



第二次水洗後，將幼蟲放置在布上瀝乾，然後放入帶有椰纖維的乾燥容器中(H1-10)

- H1-9: 使用濾網杓子，從收成容器的液體中，濾出黑水虻幼蟲，並將它們放入第一個收集桶中，進行第一次沖洗。用杓子浸泡並攪拌桶中的水，沖洗幼蟲。之後，將它們移到第二個收集桶中，進行第二次沖洗。
- H1-10: 使用濾網杓子，從最後一個沖洗桶中，取出水洗過的幼蟲。將幼蟲放在布上瀝乾，然後將它們放在乾燥容器的椰纖維上。

H1-11: 留在收集桶中的液體，可以排出和處理（用廢水處理或沼氣設備）。

H1-12: 從水桶中倒出髒水，並用高壓清洗機清潔收集桶。

H1-13: 取出乾燥容器的內容物（幼蟲和椰纖維），放在手動搖動篩上，下面放置一個容器。當椰纖維從篩網落下時，幼蟲會留在篩子上。將篩過的幼蟲，倒入第二個箱子，重複此過程，直到所有乾燥容器都是空的。然後，將篩過的椰纖維晾乾，並重複用於下一批乾燥容器。



在將飼養盒中內容物，倒空到收成篩網上之前，用磅秤稱重



將欲測定乾重的樣品放入烘箱中

(H1-3)



作業人員的保護措施：

- 處理蟲苗和殘餘物時，要穿戴實驗室外套和乳膠手套。



監測和數據收集的要點:

- 測量所有產品“收成”的重量至關重要：固體殘餘物、液體殘餘物和幼蟲。這些數據可用於計算效能，讓操作員能夠監測處理設備的效能。例如減少多少廢棄物、生物轉化率和幼蟲產量。為此，我們測量了幼蟲盒內容物的重量，和收成幼蟲的淨重。飼養盒內容物重量與幼蟲收成重量之間的差異，即是殘餘物的重量。此外，我們也要分析殘餘物的含水量。
- 在清空內容物前，記錄每個飼養盒重量，減去空的飼養盒的重量，將獲得內容物的淨重。
- 記錄收成幼蟲的總重量。
- 將H1-3中所述的取樣碗，放在盤子上，挑出所有幼蟲，確保不會濺出液體，因為液體也是濕重測量的一部分。取出所有幼蟲後，將殘餘物放入取樣盤中。取50隻幼蟲，並用紙巾擦乾，然後將它們放在另一個取樣盤上。將其餘的幼蟲放回收成盒，或直接放在收成篩網上。對樣品秤重（幼蟲和殘餘物）並在105°C的烘箱中，乾燥24小時。然後，再次秤重每個取樣盤。如此，將得知幼蟲和殘餘物的含水量。

3.5 後處理區的作業介紹(幼蟲及殘餘物處理)

步驟 P1 – 幼蟲純化

本手冊尚未詳細解釋幼蟲的後處理，因為這將取決於客戶的需求。然而根據客戶的需求，我們建議開始純化幼蟲時，將幼蟲浸入沸水中的消毒。浸入沸水中，可以快速有效的殺死幼蟲，並能促使幼蟲排空腸道。以下說明。

死亡幼蟲是否必須進一步乾燥，取決於它們未來要如何利用。當收成幼蟲後，如果沒有要進一步加工時，我們建議將其乾燥至含水量低於10%。

需求物品：



1. 大鼎和瓦斯爐 2. 乾燥台

目標：

- P1-1: 準備進行消毒步驟時，將大鼎加水，放在瓦斯爐上，加熱直至水沸騰。
- P1-2: 分批放入約5-10公斤幼蟲（取決於鼎大小），將它們浸入沸水中約一分鐘。之後，用過濾杓，取出幼蟲並放入桶中。
- P1-3: 當水非常髒時，必須更換水，並排出作廢水處理。
- P1-4: 重複上述過程，直到所有幼蟲都被消毒。

- P1-5: 將幼蟲撒在乾燥台上，讓它們乾燥。使用刮片常常將幼蟲轉動，可加快乾燥過程。請注意：曬乾不能使幼蟲長期存放！它只是減少幼蟲的“濕度”，並且使幼蟲較容易進一步加工。
- P1-6: 在陽光下曬幾小時後，幼蟲可以準備做冷藏（冰櫃），或進一步加工（進一步乾燥、抽油、研磨、造粒等）



作業人員的保護措施：

- 在消毒時，要穿戴手套、護目鏡和防護衣。



監測和數據收集的要點：

- 在消毒前和曬乾後，均要秤收成的幼蟲重量。

步驟 P2 – 殘餘物處理

本手冊中，尚未詳細說明殘餘物的處理。對於濕殘餘物，我們建議使用兩種方法。將殘餘物與其他花園垃圾一起做堆肥；或將殘餘物填入沼氣反應器。因為先前試驗結果，殘餘物的沼氣量與牛糞的沼氣量相近。

乾燥後的殘渣，如要用作土壤改良劑之前，需要經過熟化過程。廢棄物在12天的短期處理後，當中的微生物活性仍然非常高，當在土壤中填入殘餘物，將會與作物競爭氧和氮。因此，應用未熟成的殘餘物，可能會阻礙、破壞甚至殺死周圍的植物。


第四章:

黑水虻處理設備的操作時程表

手冊中描述的黑水虻處理設備，能產生足夠的蟲苗，來處理每週9~21噸的生物廢棄物。處理量，取決於所選用的時程表。根據可用空間和勞力，可以選擇需要一週7天的的時程表，或者可以選擇週六/週日休息的常規時程表（見表2）。

表2：黑水虻廢棄物處理設備的產能時程表

工作計畫	廢棄物處理量	蟲苗產量	需求作業 人員數	空間	每日蟲苗的 產量變動
每天作業-全產能	21.0 噸/週	±14 百萬/週	3人	40 m ²	穩定
每天作業-半產能	10.5 噸/週	±7 百萬/週	2人	35 m ²	小變動
週1、3、5作業	9.0 噸/週	±6 百萬/週	1人	35 m ²	大變動



時程表及其蟲卵、飼料和飼養時程表（見下文）使用的日期代碼格式：XX.Y。這種格式可以運用在盒子和容器的日期標記及日期計算。

XX值表示一年中的週數（第01-52 / 53週）。

Y值表示一週中的星期幾

日期：

代碼：

一年的第8週
一週的第二天

就三種時程表，我們設計了不同的目標和進料計畫。附錄A：作業時程表（附錄A1、A2和A3）是第3章作業描述的簡化版本。每個目標都提供了簡短的解释在右欄，當欄位是白色的時候，即當天的目標要在當天完成，而黑色字是表示可以略過。這個時程表的欄位，可以提供作業人員檢查，各個目標是否已經完成。每個時程表，大約在四到五週，並且在此期限完成之後，必須由機構經理繼續重新制訂。

附錄B：蟲卵收成時程表（附錄B1、B2和B3）用於追蹤蟲卵收成情況。左欄（設置）表示設置新愛之屋的日期。同一列中的代碼，顯示了當天收集愛之屋內集卵器的日期代碼。最後一欄（第3次收成）中的代碼，是從愛之屋收成的蟲卵日期，之後就要拆解愛之屋。

此處提供的表格是用Excel工作表的製作的模型，操作員可以根據公式輕鬆更新Excel中的計畫。

設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成
6.1	5.6	5.4	5.2
6.3	6.1	5.6	5.4
6.5	6.3	6.1	5.6

當日愛之屋設置日期的代碼和愛之屋的編號

生成集卵器後，愛之屋將在今天拆解

附錄C：第三個時程表，顯示育幼盒（C1、C2和C3）的飼養記錄。在育幼盒中，蟲苗餵食約兩週，直到轉變成前蛹。前蛹再放入化蛹盒，最終成為黑水虻成蟲。育幼盒餵食營養豐富的飼料。前蛹的收成，取決於它自行爬出來時候。在餵食階段即將結束時，飼料的含水量增加，這使得前

6.7	愛之屋標號，當日必須收成集卵器
-----	-----------------

蛹能夠從飼養盒中爬出。育幼盒的餵食時程表，告訴操作員哪種飼料混合物，必須應用於哪個育幼盒。

日期	設置	1 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	1 KG	1 KG	移除
8.1	8.1	7.6	7.5	7.3	7.2	6.7	6.6	6.5	6.3	6.1	5.5
8.2	8.2	7.7	7.6	7.4	7.3	7.1	6.7	6.6	6.4	6.2	5.6
8.3	8.3	8.1	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	6.7	6.5	6.3	5.7

當日日期代碼

表示今天要餵養的飼養盒編號

數字和顏色表示飼料的數量和類型

今天要移除的飼養盒編碼

左側白色欄，表示當前日期。第二欄表示當日要設置的育幼盒的日期代碼。該列的其他格子，表示今天要餵養的育幼盒的編號。不同顏色表示飼料數量和類型。不同飼料類型，是指添加到小雞飼料（CF）中的水量不同，水的含量為70-100%。

1kg / 30% 小雞飼料 / 70% 水	2kg / 30% 小雞飼料 / 70% 水	2kg / 15% 小雞飼料 / 85% 水	1kg / 100% 水
---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------

本表可做為Excel表範例，使用者可容易依照飼料配方更新此表

附錄D：日誌表（附錄D）是為每天作業時，需收集的數據而準備的。可以在該表上，收集有關育幼區的生產力的所有監測數據。

附錄 A1:

每天全產能飼養的時程表。“xx”表示年週曆，下面的數字表示星期幾（例如1表示星期一，2表示星期二等）。

Mx指的是以下的監控目標

A1

週別	xx							xx							xx							xx											
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
移除舊的孵化盒(M1) · 篩網/分離表皮 · 計算蟲苗 · 清潔盒子																																	
將新的愛之屋連接到暗房 · 對新的愛之屋秤重 · 將愛之屋連接到第一個暗房 · 30分鐘後分開與暗房的連接 · 再一次對愛之屋秤重 · 連接到下一個暗房並重複作業																																	
取樣 (M2) · 投入廢棄物、篩出殘餘物和幼蟲 · 使用杓子在不同盒子取出樣品																																	
前蛹 (16) 新的化蛹盒 · ¼ 堆肥，¼ 水 · 每盒3 kg 混合物 · 堆疊化蛹盒																																	
移除 (2.5 週) 舊的產卵盒 · 移除內容物 · 使用黑水虻誘引劑 · 清理產卵盒																																	
收成和加工前蛹 (M3) · 從轉移盒篩出前蛹 · 添加椰纖維到轉移盒中並放回去 · 秤重每個轉移盒的前蛹 · 每天500個前蛹 /化蛹盒，為期5天																																	
添加飼料到孵化盒(見附錄 C1)																																	
維護孵化花灑 · 取出並清潔 (7d) 舊的集卵器 · 在最舊的蟲苗盒中加水 (0.5L)																																	

週別	XX							XX							XX							XX						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
準備新的孵化盒 (3) · 加入食物 (3公斤) 和椰纖維 · 放置在孵化花灑下																												
準備新的幼蟲盒 · 將小雞飼料 (2kg) 加入育苗盒 · 蓋上椰纖維 · 添加15,000隻 蟲苗 · 放入轉移盒中 · 將椰纖維加入轉移盒中																												
準備新的集卵器 · 取出集卵器蟲卵並分開 · 使用新的橡皮筋																												
愛之屋維護 (M4) · 更換蟲集卵器 (見附錄B1) · 檢查飲水盒的水																												
移除 (6天) 舊的愛之屋 (見附錄B1) · 收集死成蟲製作新誘引劑 · 清潔誘引劑和盒子 · 清洗愛之屋																												
設置新愛之屋 (M5) · 對愛之屋秤重 · 移動愛之屋到移動架 · 添加誘引劑、蟲卵、遮陽盒和飲水盒																												
移除 (3週) 舊的暗房 · 取出 (16) 化蛹盒 · 清空化蛹盒並清潔 · 清洗暗房																												
設置新的暗房 · 加入16個化蛹盒/暗房																												
添加防蟻器的水																												
清潔飼養場所 (掃地和清潔架子)																												
清潔工作台 (先用清潔劑, 再用酒精)																												

週別	XX							XX							XX							XX						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
清潔實驗室 (掃地並將所有東西存放在架子上)																												
清潔實驗室桌子 (先用清潔劑, 再用酒精)																												
洗毛巾和實驗外衣 (60-90度)																												
M1: 統計 蟲苗 · 量取2克蟲苗各2次 · 秤總重量 · 計算全部的蟲苗量																												
M2: 取樣 · 秤空盤重量 · 秤空盤+材料重量 · 空盤+乾料重量 (24小時後) · 每盤20隻幼蟲																												
M3: 計算育苗盒前蛹 · 分別從每個育苗盒秤重前蛹 · 混合前蛹並秤重200個前蛹2次																												
M4: 秤重集卵器 · 所有愛之屋的全部集卵器 · 在愛之屋中放入空的集卵器																												
M5: 計算成蟲數量 · 從新的愛之屋中收集20隻黑水虻成蟲 · 在軟木塞罐中加乙酸乙酯, 放入成蟲 (10分鐘) · 取出成蟲並秤重																												

附錄 A2:

每天半產能飼養的時程表。“xx”表示年週曆，下面的數字表示星期幾（例如1表示星期一，2表示星期二等）。Mx指的是以下監控任務

A2

週別	xx							xx							xx							xx											
日期 (週一 - 週日, 1 - 7)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
移除舊的孵化盒(M1) · 篩網/分離表皮 · 計算蟲苗 · 清潔盒子	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
將新的愛之屋連接到暗房 · 對新的愛之屋秤重 · 將愛之屋連接到第一個暗房 · 30分鐘後分開與暗房的連接 · 再一次對愛之屋秤重 · 連接到下一個暗房並重複作業	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
取樣 (M2) · 投入廢棄物、篩出殘餘物和幼蟲 · 使用杓子在不同盒子取出樣品	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
前蛹 (16) 新的化蛹盒 · ¼ 堆肥, ¼ 水 · 每盒3 kg 混合物 · 堆疊化蛹盒	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
移除 (2.5 週) 舊的產卵盒 · 移除內容物 · 使用黑水虻誘引劑 · 清理產卵盒	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
收成和加工前蛹 (M3) · 從轉移盒篩出前蛹 · 添加椰纖維到轉移盒中並放回去 · 秤重每個轉移盒的前蛹 · 每天400個前蛹 /化蛹盒, 為期7天	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
添加飼料到幼蟲盒 (見附錄 C2)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
維護孵化花灑 · 取出並清潔 (7d) 舊的集卵器 · 在最舊的蟲苗盒中加水 (0.5L)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

週別	XX							XX							XX							XX											
日期 (週一 - 週日, 1 - 7)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
準備新的孵化盒 (3) · 加入食物 (3公斤) 和椰纖維 · 放置在孵化花灑下																																	
準備新的幼蟲盒 · 將小雞飼料 (2kg) 加入育苗盒 · 蓋上椰纖維 · 添加15,000隻蟲苗 · 放入轉移盒中 · 將椰纖維加入轉移盒中																																	
準備新的集卵器 · 取出集卵器蟲卵並分開 · 使用新的橡皮筋																																	
愛之屋維護 (M4) · 更換蟲集卵器 (見附錄B2) · 檢查飲水盒的水																																	
移除 (6天) 舊的愛之屋 (見附錄B2) · 收集死成蟲製作新誘引劑 · 清潔誘引劑和盒子 · 清洗愛之屋																																	
設置新愛之屋 (M5) · 對愛之屋秤重 · 移動愛之屋到移動架 · 添加誘引劑、蟲卵、遮陽盒和飲水盒																																	
移除 (3週) 舊的暗房 · 取出 (16) 化蛹盒 · 清空化蛹盒並清潔 · 清洗暗房																																	
設置新的暗房 · 加入16個化蛹盒/暗房																																	
添加防蟻器的水																																	
清潔飼養場所 (掃地和清潔架子)																																	
清潔工作台 (先用清潔劑, 再用酒精)																																	

週別																																	
日期 (週一 - 週日, 1 - 7)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
清潔實驗室 (掃地並將所有東西存放在架子上)																																	
清潔實驗室桌子 (先用清潔劑, 再用酒精)																																	
洗毛巾和實驗外衣 (60-90度)																																	
M1: 統計 蟲苗 · 量取2克蟲苗各2次 · 秤總重量 · 計算全部的蟲苗量																																	
M2: 取樣 · 秤空盤重量 · 秤空盤+材料重量 · 空盤+乾料重量 (24小時後) · 每盤20隻幼蟲																																	
M3: 計算育苗盒前蛹 · 分別從每個育苗盒秤重前蛹 · 混合前蛹並秤重200個前蛹2次																																	
M4: 秤重集卵器 · 所有愛之屋的全部集卵器 · 在愛之屋中放入空的集卵器																																	
M5: 計算成蟲數量 · 從新的愛之屋中收集20隻黑水虻成蟲 · 在軟木塞罐中加乙酸乙酯, 放入成蟲 (10分鐘) · 取出成蟲並秤重																																	

週別	XX					XX					XX					XX									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
準備新的孵化盒 (3) · 加入食物 (3公斤) 和椰纖維 · 放置在孵化花灑下																									
準備新的幼蟲盒 · 將小雞飼料 (2kg) 加入育苗盒 · 蓋上椰纖維 · 添加15,000隻 蟲苗 · 放入轉移盒中 · 將椰纖維加入轉移盒中																									
準備新的集卵器 · 取出集卵器蟲卵並分開 · 使用新的橡皮筋																									
愛之屋維護 (M4) · 更換蟲集卵器 (見附錄B2) · 檢查飲水盒的水																									
移除 (6天) 舊的愛之屋 (見附錄B3) · 收集死成蟲製作新誘引劑 · 清潔誘引劑和盒子 · 清洗愛之屋																									
設置新愛之屋 (M5) · 對愛之屋秤重 · 移動愛之屋到移動架 · 添加誘引劑、蟲卵、遮陽盒和飲水盒																									
移除 (3週) 舊的暗房 · 取出 (16) 化蛹盒 · 清空化蛹盒並清潔 · 清洗暗房																									
設置新的暗房 · 加入16個化蛹盒/暗房																									

週別	XX					XX					XX					XX									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
添加防蟻器的水																									
清潔飼養場所 (掃地和清潔架子)																									
清潔工作台 (先用清潔劑，再用酒精)																									
清潔實驗室 (掃地並將所有東西存放在架子上)																									
清潔實驗室桌子 (先用清潔劑，再用酒精)																									
洗毛巾和實驗外衣 (60-90度)																									
M1: 統計 蟲苗 · 量取2克蟲苗各2次 · 秤總重量 · 計算全部的蟲苗量																									
M2: 取樣 · 秤空盤重量 · 秤空盤+材料重量 · 空盤+乾料重量 (24小時後) · 每盤20隻幼蟲																									
M3: 計算育苗盒前蛹 · 分別從每個育苗盒秤重前蛹 · 混合前蛹並秤重200個前蛹2次																									
M4: 秤重集卵器 · 所有愛之屋的全部集卵器 · 在愛之屋中放入空的集卵器																									
M5: 計算成蟲數量 · 從新的愛之屋中收集20隻黑水虻成蟲 · 在軟木塞罐中加乙酸乙酯，放入成蟲 (10分鐘) · 取出成蟲並秤重																									

B1

每天全產能蟲卵收成時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週， “- 1” 表示前一週。

Appendix B1:

設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成		設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成
xx.1	xx-1.6	xx-1.4	xx-1.2		6.1	5.6	5.4	5.2
xx.2	xx-1.7	xx-1.5	xx-1.3		6.2	5.7	5.5	5.3
xx.3	xx.1	xx-1.6	xx-1.4		6.3	6.1	5.6	5.4
xx.4	xx.2	xx-1.7	xx-1.5		6.4	6.2	5.7	5.5
xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.6		6.5	6.3	6.1	5.6
xx.6	xx.4	xx.2	xx-1.7		6.6	6.4	6.2	5.7
xx.7	xx.5	xx.3	xx.1		6.7	6.5	6.3	6.1
xx+1.1	xx.6	xx.4	xx.2		7.1	6.6	6.4	6.2
xx+1.2	xx.7	xx.5	xx.3		7.2	6.7	6.5	6.3
xx+1.3	xx+1.1	xx.6	xx.4		7.3	7.1	6.6	6.4
xx+1.4	xx+1.2	xx.7	xx.5		7.4	7.2	6.7	6.5
xx+1.5	xx+1.3	xx+1.1	xx.6		7.5	7.3	7.1	6.6
xx+1.6			xx.7		7.6			6.7
xx+1.7			xx+1.1		7.7			7.1
etc.			xx+1.2		8.1			7.2
etc.	xx+1.7	xx+1.5	xx+1.3		8.2	7.7	7.5	7.3
etc.	etc.	xx+1.6	xx+1.4		8.3	8.1	7.6	7.4
etc.	etc.	xx+1.7	xx+1.5		8.4	8.2	7.7	7.5
etc.	etc.	etc.	xx+1.6		8.5	8.3	8.1	7.6
etc.	etc.	etc.	xx+1.7		8.6	8.4	8.2	7.7
etc.	etc.	etc.	etc.		8.7	8.5	8.3	8.1
	etc.	etc.	etc.		9.1	8.6	8.4	8.2
	etc.	etc.	etc.		9.2	8.7	8.5	8.3
		etc.	etc.		9.3	9.1	8.6	8.4
		etc.	etc.		9.4	9.2	8.7	8.5
			etc.		9.5	9.3	9.1	8.6
			etc.		9.6	9.4	9.2	8.7
					9.7	9.5	9.3	9.1
					10.1	9.6	9.4	9.2
					10.2	9.7	9.5	9.3
					10.3	10.1	9.6	9.4
					10.4	10.2	9.7	9.5
					10.5	10.3	10.1	9.6
					10.6	10.4	10.2	9.7

這是如何建立蟲卵收成時程表：每天，你都要建立一個新的愛之屋，然後在設置前的第2、4、6天，要先收集

例如：在第7週的星期五，你建立了一個新的愛之屋，並在同一週的週三和週一以及第6週的週六，收成愛之

這張表格需掛在牆上。以上的例子，是從一年的第6週的星期一開始

					10.7	10.5	10.3	10.1
					11.1	10.6	10.4	10.2
					11.2	10.7	10.5	10.3

設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成	設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成
xx.1	xx-1.6	xx-1.4	xx-1.2	6.1	5.6	5.4	5.2
xx.3	xx.1	xx-1.6	xx-1.4	6.3	6.1	5.6	5.4
xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.6	6.5	6.3	6.1	5.6
xx.7	xx.5	xx.3	xx.1	6.7	6.5	6.3	6.1
xx+1.2	xx.7	xx.5	xx.3	7.2	6.7	6.5	6.3
xx+1.4	xx+1.2	xx.7	xx.5	7.4	7.2	6.7	6.5
xx+1.6			xx.7	7.6			6.7
etc.			xx+1.2	8.1			7.2
etc.			xx+1.4	8.3			7.4
etc.	etc.	etc.	xx+1.6	8.5	8.3	8.1	7.6
etc.	etc.	etc.	etc.	8.7	8.5	8.3	8.1
	etc.	etc.	etc.	9.2	8.7	8.5	8.3
		etc.	etc.	9.4	9.2	8.7	8.5
			etc.	9.6	9.4	9.2	8.7
				10.1	9.6	9.4	9.2
				10.3	10.1	9.6	9.4
				10.5	10.3	10.1	9.6
				10.7	10.5	10.3	10.1
				11.2	10.7	10.5	
				11.4	11.2	10.7	
				11.6	11.4	11.2	
				12.1	11.6	11.4	11.2
				12.3	12.1	11.6	11.4
				12.5	12.3	12.1	11.6
				12.7	12.5	12.3	12.1
				13.2	12.7	12.5	12.3
				13.4	13.2	12.7	12.5
				13.6	13.4	13.2	12.7
				14.1	13.6	13.4	13.2
				14.3	14.1	13.6	13.4
				14.5	14.3	14.1	13.6
				14.7	14.5	14.3	14.1
				15.2	14.7	14.5	14.3
				15.4	15.2	14.7	14.5

這是如何建立蟲卵收成時程表：每隔一天，你都要建立一個新的愛之屋，然後在設置前的第2、4、6天，要先

例如：在第7週的星期四，你建立了一個新的愛之屋，並在同一週的週二和第六週的週日和週五，收成愛之屋

這張表格需掛在牆上。以上的例子，是從一年的第6週的星期一開始

B2

每天半產能的卵收成時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週，
“- 1” 表示前一週。

16.3

16.1

15.6

15.4

附錄 B2:

B3

週一、三、五蟲卵收成時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週，
“- 1” 表示前一週。

設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成	設置	第一次收成	第二次收成	第三次收成
xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	6.1	5.5	5.3	5.1
xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	6.3	6.1	5.5	5.3
xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	6.5	6.3	6.1	5.5
xx+1.1	xx.5	xx.3	xx.1	7.1	6.5	6.3	6.1
xx+1.3	xx+1.1	xx.5	xx.3	7.3	7.1	6.5	6.3
xx+1.5			xx.5	7.5			6.5
etc.			xx+1.1	8.1			7.1
etc.			xx+1.3	8.3			7.3
etc.	etc.	etc.	xx+1.5	8.5	8.3	8.1	7.5
	etc.	etc.	etc.	9.1	8.5	8.3	8.1
		etc.	etc.	9.3	9.1	8.5	8.3
			etc.	9.5	9.3	9.1	8.5
				10.1	9.5	9.3	9.1
				10.3	10.1	9.5	9.3
				10.5	10.3	10.1	9.5
				11.1	10.5	10.3	10.1
				11.3	11.1	10.5	10.3
				11.5	11.3	11.1	10.5
				12.1	11.5	11.3	11.1
				12.3	12.1	11.5	11.3
				12.5	12.3	12.1	11.5
				13.1	12.5	12.3	12.1
				13.3	13.1	12.5	12.3
				13.5	13.3	13.1	12.5
				14.1	13.5	13.3	13.1
				14.3	14.1	13.5	13.3
				14.5	14.3	14.1	13.5
				15.1	14.5	14.3	14.1
				15.3	15.1	14.5	14.3
				15.5	15.3	15.1	14.5
				16.1	15.5	15.3	15.1

這是如何建立蟲卵收成時程表：每週一、三、五，你都要建立一個新的愛之屋，然後在設置前要先收集愛之屋

例如：在第7週的星期三，你建立了一個新的愛之屋，並在同一週的週一，以及第6週的週五和週三，收成愛

這張表格需掛在牆上。以上的例子是從一年的第6週的星期一開始

					16.3	16.1	15.5	15.3
	附錄 B3:				16.5	16.3	16.1	15.5
					17.1	16.5	16.3	16.1
					17.3	17.1	16.5	16.3
					17.5	17.3	17.1	16.5
					18.1	17.5	17.3	17.1

C1

每天全產能的飼養盒餵食時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週， “ - 1” 表示前一週， “ - 2” 表示前一週， 等等。 顏色代表小雞飼料 (CF) 與水的固定比例。

附錄 C1:

日期	設置	1 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	1 KG	1 KG	移除	
xx.1	xx.1	xx-1.6	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.2	xx-2.7	xx-2.6	xx-2.5	xx-2.3	xx-2.1	xx-3.5	
xx.2	xx.2	xx-1.7	xx-1.6	xx-1.4	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.7	xx-2.6	xx-2.4	xx-2.2	xx-3.6	
xx.3	xx.3	xx.1	xx-1.7	xx-1.5	xx-1.4	xx-1.2	xx-1.1	xx-2.7	xx-2.5	xx-2.3	xx-3.7	
xx.4	xx.4	xx.2	xx.1	xx-1.6	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.2	xx-1.1	xx-2.6	xx-2.4	xx-2.1	
xx.5	xx.5	xx.3	xx.2	xx-1.5	xx-1.4	xx-1.2	xx-1.1	xx-1.3	xx-1.2	xx-2.7	xx-2.5	xx-2.2
xx.6	xx.6	xx.4	xx.3	xx-1.4	xx-1.3	xx-1.1	xx-1.1	xx-1.4	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.6	xx-2.3
xx.7	xx.7	xx.5	xx.4	xx-1.3	xx-1.2	xx-1.1	xx-1.1	xx-1.5	xx-1.4	xx-1.2	xx-2.7	xx-2.4
xx+1.1	xx+1.1	xx.6	xx.5	xx-1.2	xx-1.1	xx-1.1	xx-1.1	xx-1.6	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5
xx+1.2	xx+1.2	xx.7	xx.6	xx.4	xx.3	xx.1	xx-1.7	xx-1.6	xx-1.4	xx-1.2	xx-2.6	etc.
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
6.1	6.1	5.6	5.5	5.3	5.2	4.7	4.6	4.5	4.3	4.1	3.5	
6.2	6.2	5.7	5.6	5.4	5.3	5.1	4.7	4.6	4.4	4.2	3.6	
6.3	6.3	6.1	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	4.7	4.5	4.3	3.7	
6.4	6.4	6.2	6.1	5.6	5.5	5.3	5.2	5.1	4.6	4.4	4.1	
6.5	6.5	6.3	6.2	5.7	5.6	5.4	5.3	5.2	4.7	4.5	4.2	
6.6	6.6	6.4	6.3	6.1	5.7	5.5	5.4	5.3	5.1	4.6	4.3	
6.7	6.7	6.5	6.4	6.2	6.1	5.6	5.5	5.4	5.2	4.7	4.4	
7.1	7.1	6.6	6.5	6.3	6.2	5.7	5.6	5.5	5.3	5.1	4.5	
7.2	7.2	6.7	6.6	6.4	6.3	6.1	5.7	5.6	5.4	5.2	4.6	
7.3	7.3	7.1	6.7	6.5	6.4	6.2	6.1	5.7	5.5	5.3	4.7	
7.4	7.4	7.2	7.1	6.6	6.5	6.3	6.2	6.1	5.6	5.4	5.1	
7.5	7.5	7.3	7.2	6.7	6.6	6.4	6.3	6.2	5.7	5.5	5.2	
7.6	7.6	7.4	7.3	7.1	6.7	6.5	6.4	6.3	6.1	5.6	5.3	
7.7	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	6.6	6.5	6.4	6.2	5.7	5.4	
8.1	8.1	7.6	7.5	7.3	7.2	6.7	6.6	6.5	6.3	6.1	5.5	
8.2	8.2	7.7	7.6	7.4	7.3	7.1	6.7	6.6	6.4	6.2	5.6	
8.3	8.3	8.1	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	6.7	6.5	6.3	5.7	
8.4	8.4	8.2	8.1	7.6	7.5	7.3	7.2	7.1	6.6	6.4	5.8	
8.5	8.5	8.3	8.2	7.7	7.6	7.4	7.3	7.2	6.7	6.5	5.9	
8.6	8.6	8.4	8.3	8.1	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	6.6	6.0	
8.7	8.7	8.5	8.4	8.2	8.1	7.6	7.5	7.4	7.2	6.7	6.4	
9.1	9.1	8.6	8.5	8.3	8.2	7.7	7.6	7.5	7.3	7.1	6.5	
9.2	9.2	8.7	8.6	8.4	8.3	8.1	7.7	7.6	7.4	7.2	6.6	
9.3	9.3	9.1	8.7	8.5	8.4	8.2	8.1	7.7	7.5	7.3	6.7	
9.4	9.4	9.2	9.1	8.6	8.5	8.3	8.2	8.1	7.6	7.4	7.1	
9.5	9.5	9.3	9.2	8.7	8.6	8.4	8.3	8.2	7.7	7.5	7.2	
9.6	9.6	9.4	9.3	9.1	8.7	8.5	8.4	8.3	8.1	7.6	7.3	
9.7	9.7	9.5	9.4	9.2	9.1	8.6	8.5	8.4	8.2	7.7	7.4	
10.1	10.1	9.6	9.5	9.3	9.2	8.7	8.6	8.5	8.3	8.1	7.5	

這是如何建立育幼盒的飼養時程表：每天，你設置一個新的飼養盒並餵食，其日期代碼可以在同一列中，找到相應的飼料數量和類型

這張表格需掛在牆上。以上的例子是從一年的第6週的星期一開始

1 kg/ 30% 小雞飼料 2 kg/ 30%小雞飼料 2 kg/ 15%小雞飼料 1 kg 水

C2

每天半產能的飼養盒餵食時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週， “- 1” 表示前一週， “- 2” 表示前一週，等等。顏色代表小雞飼料 (CF) 與水的固定比例。

附錄 C2:

日期	設置	1 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	1 KG	1 KG	移除
xx.1			xx-1.5	xx-1.3	xx-1.2		xx-2.6	xx-2.4			xx-3.5
xx.2	xx.2	xx-1.7			xx-1.3	xx-1.1			xx-2.2	xx-3.7	
xx.3	xx.3		xx-1.7	xx-1.5		xx-1.2	xx-1.1	xx-2.6	xx-2.3		xx-3.7
xx.4	xx.4	xx.2			xx-1.5	xx-1.3	xx-1.2		xx-2.4	xx-2.2	
xx.5		xx.3	xx.2	xx-1.7			xx-1.3	xx-1.1		xx-2.3	xx-2.2
xx.6	xx.6	xx.4	xx.3		xx-1.7	xx-1.5		xx-1.2	xx-2.6	xx-2.4	xx-2.3
xx.7			xx.4	xx.2			xx-1.5	xx-1.3			xx-2.4
xx+1.1	xx+1.1	xx.6		xx.3	xx.2	xx-1.7			xx-1.1	xx-2.6	
xx+1.2	xx+1.2		xx.6	xx.4	xx.3		xx-1.7	xx-1.5	xx-1.2		xx-2.6
xx+1.3	xx+1.3	xx+1.1			xx.4	xx.2			xx-1.3	xx-1.1	
xx+1.4		xx+1.2	xx+1.1	xx.6		xx.3	xx.2	xx-1.7		xx-1.2	xx-1.1
xx+1.5	xx+1.5	xx+1.3	xx+1.2		xx.6	xx.4	xx.3		xx-1.5	xx-1.3	xx-1.2
xx+1.6							xx.4	xx-2			xx-1.3
xx+1.7	xx+1.7	xx+						xx-3	xx-1.7	xx-1.5	
xx+2.1							xx.6	xx-4			xx-1.5
etc.	etc.	etc.					etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
6.1			5.5	5.3	5.2		4.6	4.4			3.5
6.2	6.2	5.7			5.3	5.1			4.2	3.7	
6.3	6.3		5.7	5.5		5.2	5.1	4.6	4.3		3.7
6.4	6.4	6.2			5.5	5.3	5.2		4.4	4.2	
6.5		6.3	6.2	5.7			5.3	5.1		4.3	4.2
6.6	6.6	6.4	6.3		5.7	5.5		5.2	4.6	4.4	4.3
6.7			6.4	6.2			5.5	5.3			4.4
7.1	7.1	6.6		6.3	6.2	5.7			5.1	4.6	
7.2	7.2		6.6	6.4	6.3		5.7	5.5	5.2		4.6
7.3	7.3	7.1			6.4	6.2			5.3	5.1	
7.4		7.2	7.1	6.6		6.3	6.2	5.7		5.2	5.1
7.5	7.5	7.3	7.2		6.6	6.4	6.3		5.5		
7.6			7.3	7.1			6.4	6.2			
7.7	7.7	7.5		7.2	7.1	6.6		6.3	5.7		
8.1			7.5	7.3	7.2		6.6	6.4			
8.2	8.2	7.7			7.3	7.1			6.2	5.7	
8.3	8.3		7.7	7.5		7.2	7.1	6.6	6.3		5.7
8.4	8.4	8.2			7.5	7.3	7.2		6.4	6.2	
8.5		8.3	8.2	7.7			7.3	7.1		6.3	6.2
8.6	8.6	8.4	8.3		7.7	7.5		7.2	6.6	6.4	6.3
8.7			8.4	8.2			7.5	7.3			6.4
9.1	9.1	8.6		8.3	8.2	7.7			7.1	6.6	
9.2	9.2		8.6	8.4	8.3		7.7	7.5	7.2		6.6

這是如何建立育幼盒的飼養時程表：每天，你設置一個新的飼養盒並餵食，其日期代碼可以在同一列中，找到相應的飼料數量和類型

這張表裡表格需掛在牆上嚴格執行的方式，以上的例子是從一年的第6週的星期一開始

9.3	9.3	9.1		8.4	8.2		7.3	7.1	
-----	-----	-----	--	-----	-----	--	-----	-----	--

1 kg/ 30% 小雞飼料

2 kg/ 30%小雞飼料

2 kg/ 15%小雞飼料

1 kg 水

C3

每週一、三、五產能的餵養時程表。 “xx” 標誌著年週曆。 “+1” 表示下一週， “ - 1” 表示前一週， “ - 2” 表示前一週， 等等。 顏色代表小雞飼料 (CF) 與水的固定比例。

附錄 C3:

日期	設置	1 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	2 KG	1 KG	移除
xx.1	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5	xx-2.3	xx-2.1	xx-3.5	xx-3.3	xx-3.1
xx.3	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5	xx-2.3	xx-2.1	xx-3.5	xx-3.3
xx.5	xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5	xx-2.3	xx-2.1	xx-3.5
xx+1.1	xx+1.1	xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5	xx-2.3	xx-2.1
xx+1.3	xx+1.3	xx+1.1	xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5	xx-2.3
xx+1.5	xx+1.5	xx+1.3	xx+1.1	xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-2.5
etc.	etc.	xx+1.3	xx+1.1	xx.5	xx.3	xx.1	xx-1.5	xx-1.3	xx-1.1	xx-1.1
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
6.1	6.1									
6.3	6.3	6.1								
6.5	6.5	6.3	6.1							
7.1	7.1	6.5	6.3	6.1						
7.3	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1					
7.5	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1				
8.1	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1			
8.3	8.3	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1		
8.5	8.5	8.3	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1	
9.1	9.1	8.5	8.3	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3	6.1
9.3	9.3	9.1	8.5	8.3	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5	6.3
9.5	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3	8.1	7.5	7.3	7.1	6.5
10.1	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3	8.1	7.5	7.3	
10.3	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3	8.1	7.5	
10.5	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3	8.1	
11.1	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3	
11.3	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5	8.3
11.5	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1	8.5
12.1	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3	9.1
12.3	12.3	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5	9.3
12.5	12.5	12.3	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1	9.5
13.1	13.1	12.5	12.3	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3	10.1
13.3	13.3	13.1	12.5	12.3	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5	10.3
13.5	13.5	13.3	13.1	12.5	12.3	12.1	11.5	11.3	11.1	10.5

這是如何建立育幼盒的餵養時程表：每天，你設置一個新的飼養盒並餵食，其日期代碼可以在同一列中，找到相應的飼料數量和類型

這張表裡表格需掛在牆上嚴格執行方式，以上的例子是從一年的第6週的星期一開始

1 kg/ 30% 小雞飼料	2 kg/ 30%小雞飼料	2 kg/ 15%小雞飼料	1 kg 水
----------------	---------------	---------------	--------

D

附錄 D:

每日數據輸入的產量參數值紀錄表範例：

負責人員姓名	Tina	日期代碼	12.2
--------	------	------	------

蟲卵收成紀錄

今天的代碼

愛之屋設置日期	空的蟲集卵器重量 (g)	完成的蟲集卵器重量 (g)
12.2	242.3	-
11.5	244.5	277.1
11.5	-	293.6

愛之屋設置的日期代碼

愛之屋中新產蟲卵的重量。如果今天拆解了愛之屋，請留空白

收成的蟲卵的重量。如果今天設置了新愛之屋，請留空白

蟲苗的相關紀錄

幼蟲容器設置日期	# 蟲苗在 2g 的數量		平均	全部蟲苗重量 (g)	# 蟲苗數量
11.4	971	953	962	1,558	750,000

全部重量 * 2g 平均重量

幼蟲容器設置日期	前蛹的重量 (g)	幼蟲容器設置日期	前蛹的重量 (g)
10.6	113		
	145		
	67		
9.7	105		
200隻前蛹重量 (取2個樣本計算)	1: 26.3 g	2: 25.5 g	平均: 25.9 g

持續追蹤育幼盒中收成的前蛹數量

今天從育幼盒中取樣200個前蛹的重量

前蛹的相關紀錄

化蛹容器中的前蛹

在暗房中設置化蛹容器的日期	# 容器數量	今天在容器中增加前蛹的數量	前蛹數量
12.	16	500	150

未來在暗房設置的化蛹盒的日期代碼

每個化蛹盒累積的前蛹數量。可查看昨天的工作表，查到數量

愛之屋設置

設置	空的	第一次設置	第二次設置	第三次設置	第四次設置	第五次設置	20隻成蟲重量
暗房的編碼		9.3	10.3	11.3			1.68 g
愛之屋重量	914	921	1,144	1,634			

Comment _____

:

暗房連接到愛之屋時的編碼

空的愛之屋重量
(包含支架)

每次連接到暗房 (包括支架) 之後累積的愛之屋重量

D

附錄 D:

每日輸入的產量參數值紀錄表範例：

負責人員		日期代碼	
------	--	------	--

蟲卵收成紀錄

愛之屋設置日期	空的集卵器重量 (g)	完成的集卵器重量 (g)

蟲苗的相關紀錄

育幼盒設置日期	#2公克蟲苗的數量	平均	全部蟲苗重量 (g)	蟲苗數量

前蛹的相關紀錄

育幼盒設置日期	前蛹的重量 (g)	育幼盒設置日期	前蛹的重量 (g)
200隻前蛹重量 (取2個樣本計算)	1:	2:	平均:

化蛹盒中的前蛹

暗房中設置化蛹盒的日期	容器數量	今天在化蛹盒增加前蛹的數量	前蛹總數量

愛之屋設置

設置	空的	第一次設置	第二次設置	第三次設置	第四次設置	第五次設置	20隻成蟲重量
暗房的編碼							
愛之屋重量							

備註

--

設置的日期代碼	飼養盒數量	蟲苗數/飼養盒	第一次餵食		第二次餵食		第三次餵食		收成時的日期代碼	最後重量		備註
			總重(kg)	日期代碼	總重(kg)	日期代碼	總重(kg)	總重(kg)		幼蟲收成重量		
7.1	36	10000	180	7.5	180	8.1	180	8.5	367	40.2	100%的水果廢棄物	
7.5	36	10000	180	7.6	180	8.2	180	8.6	184	59.8	20% 牛糞 80%水果廢棄物	

第一天送入飼養盒的廢棄物總量

收成日期代碼，我們可以從一開始就設定好飼養和收成日期

殘餘物和幼蟲的總重量

幼蟲的總重量

F 附錄 F:

用於生物廢棄物接收和前處理的數據監測表。針對不同的廢棄物來源/類型使用不同的表格紀錄（來自市場·家庭·餐館·農業工業的生物廢料.....）。當廢棄物不進行脫水時，可以省略關於脫水的數據紀錄。

生物廢棄物來源									
日期代碼	廢棄物	第 1 箱	第 2 箱	第 3 箱	第 4 箱	第 5 箱	...	第 n 箱	總重
8.2	碎廢料 (kg)	42	45	36	38	42			566
	24 小時脫水 (kg)	26	29	22	23	24			325
	48 小時脫水 (kg)	21	22	16	17	19			246
	脫水一天後桶重								
	24 小時脫水 (kg)								
	48 小時脫水 (kg)								
	碎廢料 (kg)								
	24 小時脫水 (kg)								
	48 小時脫水 (kg)								

附錄 G:

測量105 C 烤箱乾物工作表

日期代碼	描述	盤子編碼	空盤重量(g)	濕料+盤子重量(g)	乾料+盤子重量(g)
10.2	脫水後廢棄物	D	13.1	536.1	108.4
8.4	殘餘物	4	14.4	223.3	144.7
8.4	20 隻幼蟲	%	3.13	6.45	4.20
取樣日期	盤子編碼。可以是任何數字、符號或	空盤重量	在乾燥處理前的重量	在乾燥處理後的重量	

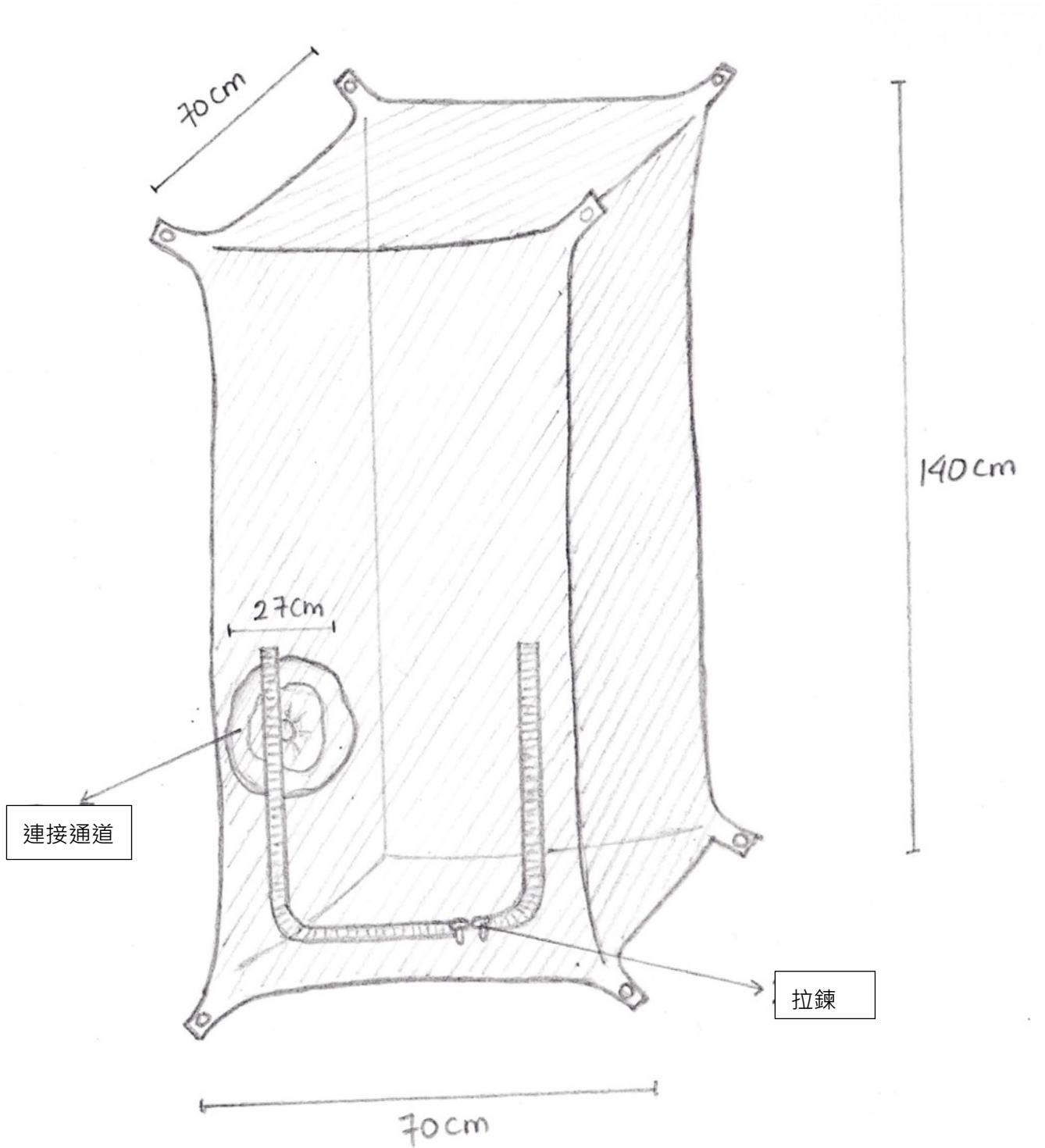
--	--	--	--	--	--



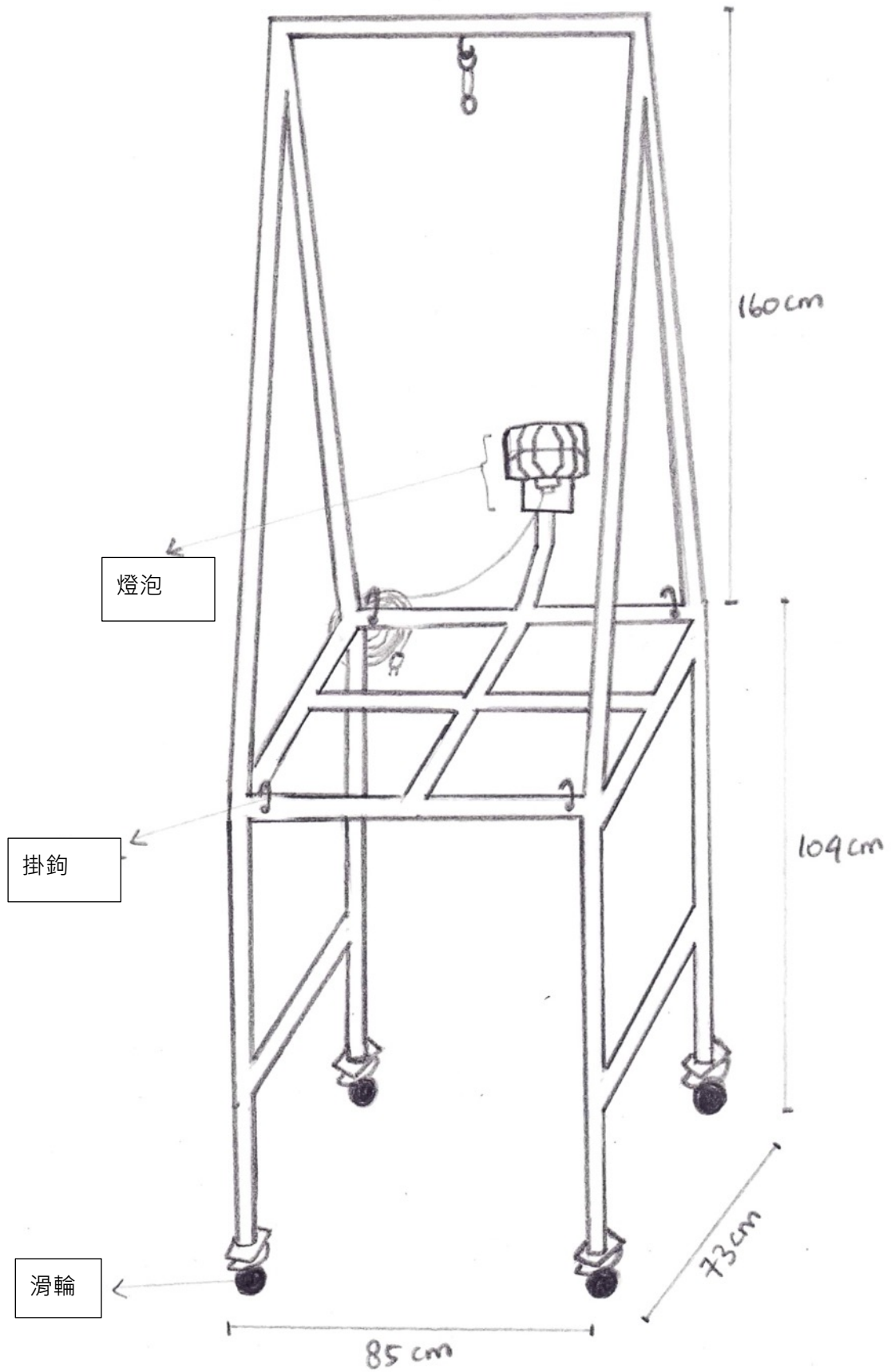
第五章:

處理設備的設計藍圖

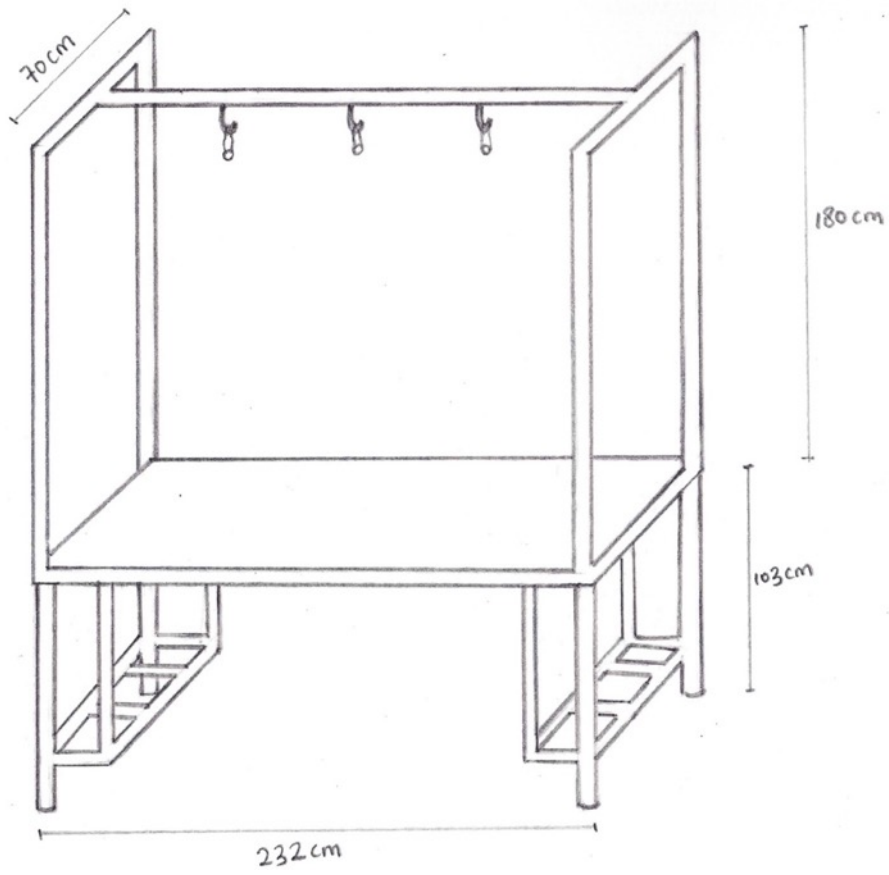
設計藍圖 1: 愛之屋



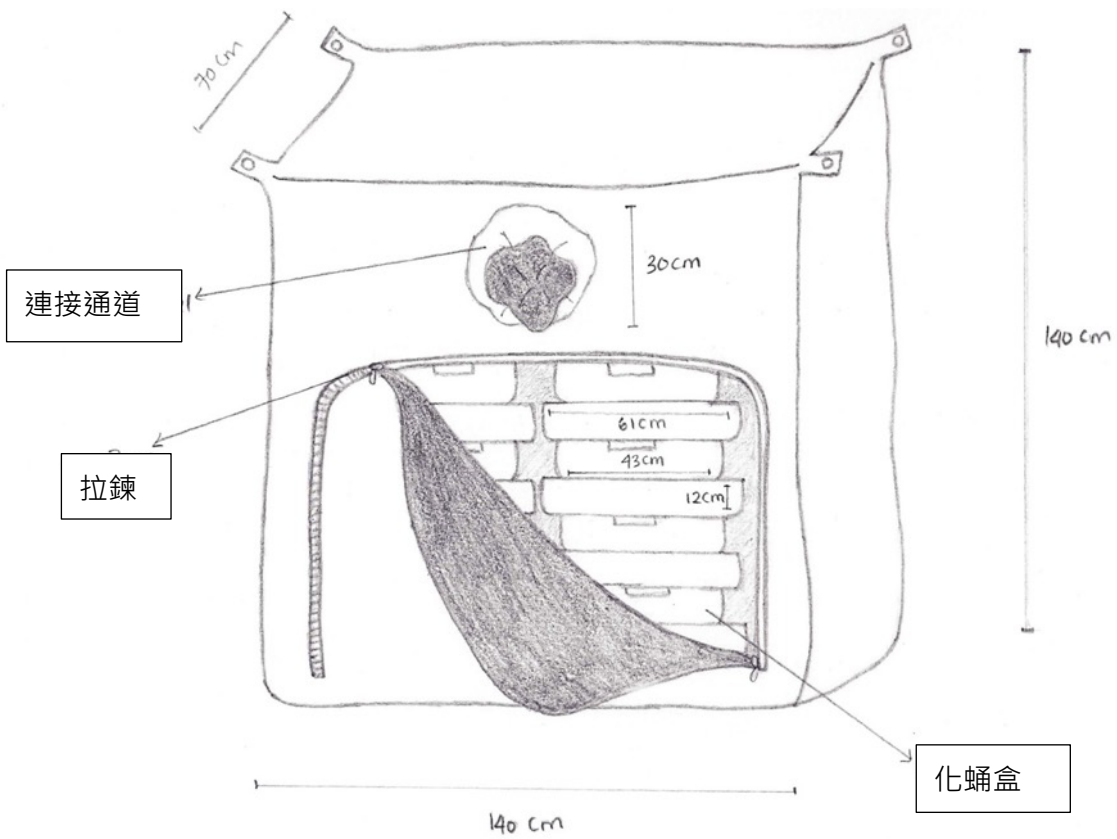
設計藍圖 2: 愛之屋移動架

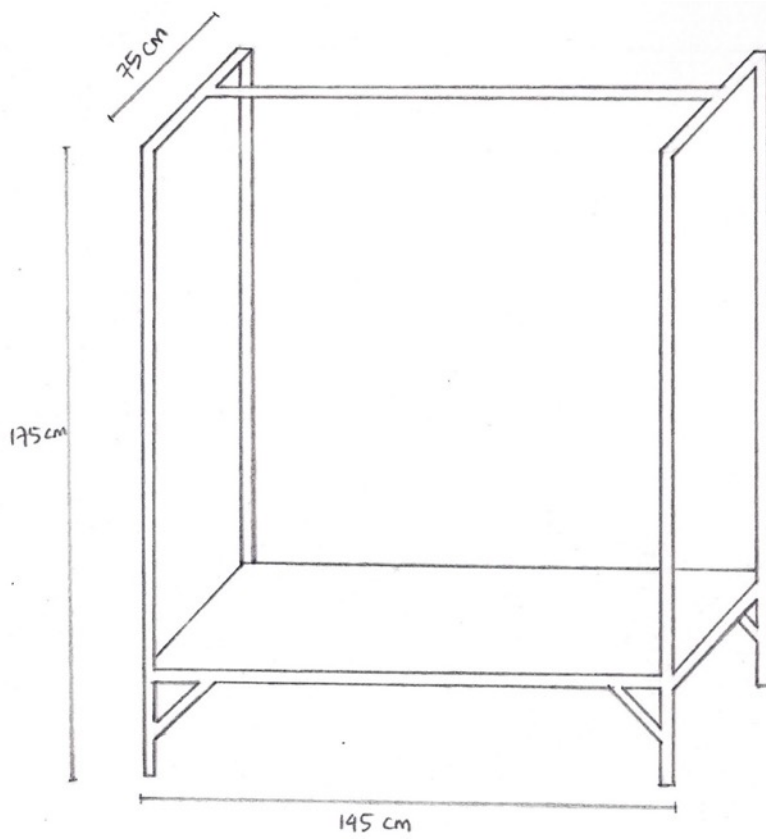


設計藍圖3: 愛之屋框架



設計藍圖 4: 暗房

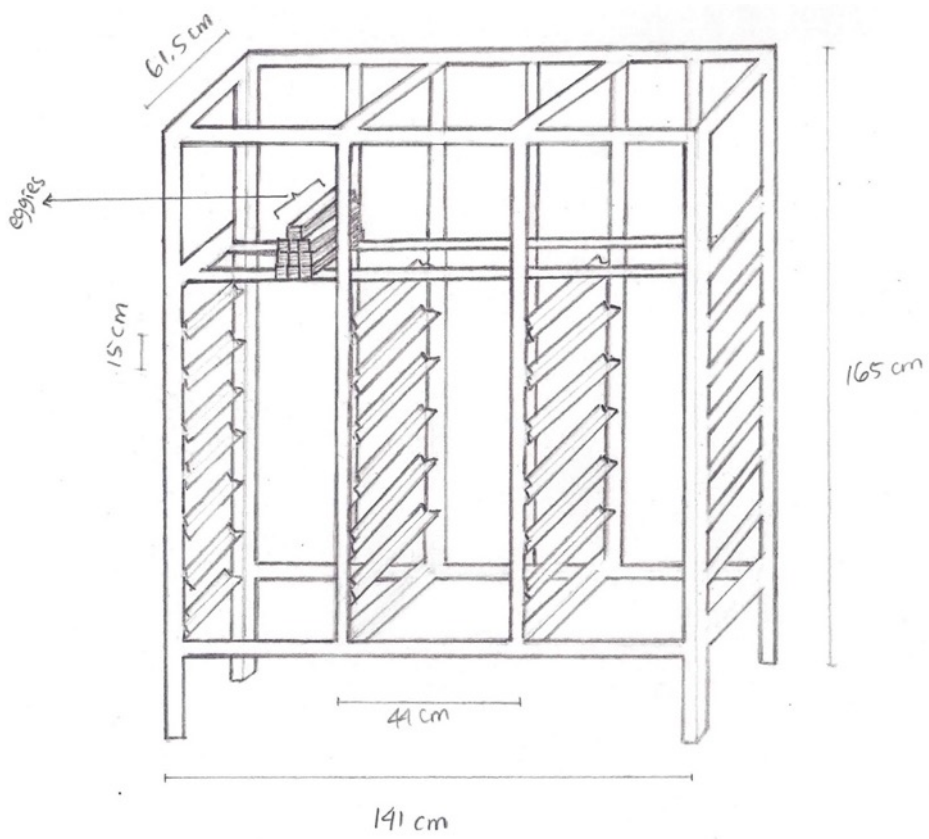




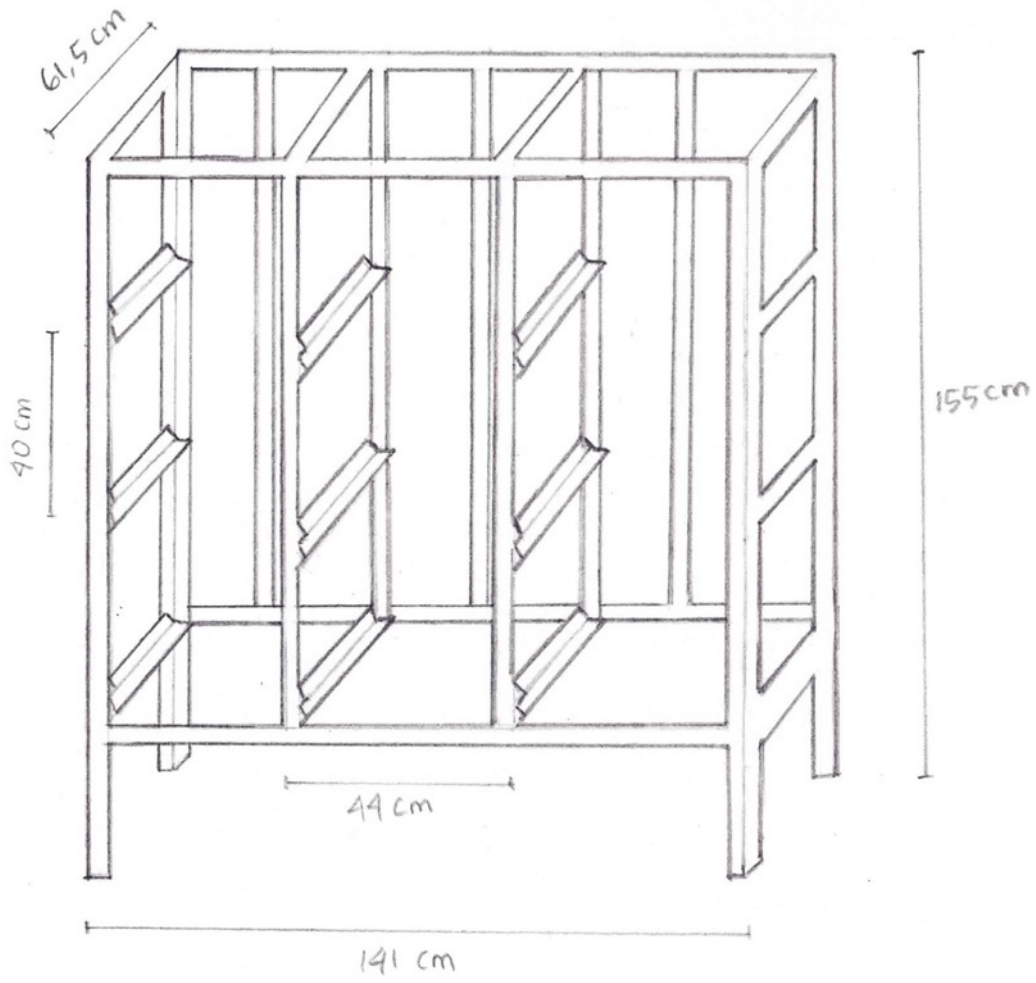
設計藍圖 5: 暗房框架

設計藍圖 6: 蟲苗盒層架

集卵器



設計藍圖 7: 幼蟲飼養盒層架



第六章:

黑水虻飼養設備材料需求表

6.1 黑水虻飼養區的材料需求表

	參考手冊	每天 – 全負荷運轉	每天 – 半負荷運轉	週一、週三、 週五生產
愛之屋的管理				
愛之屋	R1	7	4	4
愛之屋吊架	R1	7	4	4
愛之屋桌	R1	2	1	1
誘引盒	R1	7	4	4
遮蔽盒	R1	7	4	4
水碗	R1	7	4	4
棉布	R1	7	4	4
集卵器	R1	7	4	4
移動式愛之屋框架	R1	1	1	1
吸引燈光	R1	1	1	1
棒子、棍	R1	1	1	1
防蟻器	R1	8	4	4
彩色繩子 (7種不同顏色)	R5	24	16	16
長尾夾	R1	4	4	4
愛之屋管理				
暗房與前蛹的管理				
暗房	R3	7	4	4
暗房框架	R3	6	3	3
化蛹盒	R3 · R8	128	64	64
防蟻器	R3	24	12	12
化蛹基質 (類似土壤狀材料)	R8	80kg/週	40kg/週	40kg/週
蟲卵與蟲苗的管理				
蟲苗層架和孵化花灑	R5	1	1	1
蟲苗盒	R5	24	12	12
篩子 (篩網網目1mm)	R6	2	2	2
適用於裝蟲苗的杯子	R6	36	36	36
育幼管理				
育幼盒	R7	20	10	10
轉移盒	R7	20	10	10
育幼盒層架	R7	2	1	1
一般實驗室設備和工具				
防護 (手套、面具、外套)	全程穿著	需有庫存	需有庫存	需有庫存
精密天秤 (2kg · 0.01g)	R1 · R5 · R6 · R7 · R8	2	1	1
磅秤 (15 kg · 0.5 g)	R5 · R6 · R7 · R8	1	1	1
鑷子	R6 · R8	4	2	2
計數器	R6 · R8	2	1	1
計算機	R6 · R8	2	2	2
封口膠帶	R1 · R3 · R5 · R7 · R8	需有庫存	需有庫存	需有庫存
標記筆	R1 · R3 · R5 · R7 · R8	需有庫存	需有庫存	需有庫存
鏟子、湯匙、杓子	Everywhere	3	2	2

罐子·燒杯和碗	Everywhere	6	6	6
有軟木塞的瓶子	R1	1	1	1
垃圾桶·畚箕和刷子	Everywhere	3	2	2

機器設備				
混凝土攪拌機	R8	1	1	1
高壓清洗機	R2 · R4 · R6 · R7	1	1	1
洗衣機	R2 · R4	1	1	1
每週消耗品				
小雞飼料 (kg)	R5 · R7	25.2	12.6	14.4
椰纖維 (kg)	R5 · R7	1	0.5	0.5
水 (l)	Everywhere	1500	800	800
成熟的堆肥/土類材料 (kg)	R8	80	40	40
乙酸乙酯 (ml)	R1	2	1	1
95%酒精溶液 (ml)	Everywhere	200	100	100
清潔劑 (ml)	Everywhere	200	100	100

6.2 黑水虻幼蟲處理廢棄物區的材料需求表

	手冊參考	每天 – 全負荷運轉	每天 – 半負荷運轉	週一、週三、 週五生產
廢棄物接收和前處理				
大桶或其他廢棄物容器	W1 · W2	130	65	65
脫水桶	W2	130	65	65
棉布	W2	200	100	100
脫水塑膠管架	W2	200	100	100
廢棄物處理				
幼蟲飼養盒	T1	2 · 808	1 · 404	1 · 404
金屬通風架	T1	468	234	234
棧板	T1	78	39	39
收成				
篩網	H1	60	30	30
收成盒	H1	12	6	6
桶子	H1	12	6	6
乾燥盒	H1	6	3	3
搖動篩 (篩網網目3-5mm)	H1	1	1	1
後處理				
瓦斯爐	P1	1	1	1
大鼎	P1	1	1	1
乾燥桌	P1	6	3	3
一般實驗室設備和工具				
防護 (手套 · 面具 · 外套)	都需要	需有庫存	需有庫存	需有庫存
精密天秤 (2kg · 0.01g)	T1 · H1	2	1	1
磅秤 (150 kg · 50 g)	W1 · W2 · T1 · H1	4	2	2
乾燥烤箱	T1 · H1	1	1	1
計算機	每個地方	2	1	1
封口膠帶	每個地方	需有庫存	需有庫存	需有庫存
鋁杯/平底鍋	T1 · H1	60	30	30
標記筆	每個地方	需有庫存	需有庫存	需有庫存
鏟子 · 湯匙 · 杓子	每個地方	6	3	3
罐子 · 燒杯和碗	每個地方	需有庫存	需有庫存	需有庫存
垃圾桶 · 畚箕和刷子	每個地方	需有庫存	需有庫存	需有庫存

機器設備				
碎紙機	W1	1	1	1
高壓清洗機	每個地方	2	1	1
油壓拖板車	T1	2	1	1
每週消耗品				
蟲苗L (x1,000)	T1	14 · 000	7 · 000	7 · 000
椰纖維 (kg)	H1	2	1	1
水 (公升)	每個地方	2 · 000	1 · 000	1 · 000
瓦斯 (公升)	P1	42	21	21
95%酒精溶液 (毫升)	每個地方	200	100	100
清潔劑 (毫升)	每個地方	200	100	100

Eawag
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Switzerland
Phone +41 (0)58 756 52 86
www.eawag.ch
www.sandec.ch

目前有機廢棄物（生物廢棄物）的回收仍較少，特別是在中低收入地區。那是目前所有產生的城鄉垃圾中，最大的一部分。本手冊專為來自家庭，商業活動和機構的城鄉有機垃圾，敘述如何利用亮斑扁角水虻（

Hermetia illucens）的幼蟲，轉化處理生物廢棄物。

這種工程化的生物系統，包含隔離的黑水虻育幼區，還有將處理好的生物廢棄物餵食黑水虻幼蟲區。這些幼蟲都在飼養設備的環境中飼養，幼蟲在廢棄物上生長，並減少生物廢棄物量。在整個過程結束後，收成幼蟲。如果有其他需要，也可將其再處理成合適的動物飼料產品。

本手冊是為實際使用而撰寫的，解釋了所需的材料和設備，就像一本烹飪書介紹了各個食譜或每個工作步驟。還包括開發和營運黑水虻廢棄物處理設備所需的資訊。本手冊也補足了相關不足或不可用的資訊，並指出了

需要進一步研究和開發的地方。

感謝二個研究計畫支持本手冊的撰寫。FORWARD是一個為期4年的應用研究計畫，位於印尼Sidoarjo的Puspa Agro地方。在當地批發市場，操作一個試驗型的黑水虻廢棄物處理設備。此外，SPROUT計畫是一個為期3年的跨國計畫，位於瑞典Uppsala地區的瑞典農業科學大學（SLU）和位於瑞士的Pacovis AG公司合作，專致於開發黑水虻幼蟲在廢棄物轉為有用物的設備上。