

1

應用黑水虻處理文旦副產物效果評估

作者：林俊成 研究助理、
林　立 副研究員兼主任
作物環境科
植物保護研究室
電話：(03)852-1108 轉 3610

前　言

農業資源的循環與永續利用為近年來世界關注的議題，面對氣候變遷與生產成本上升，如何把農業生產過程中的各種資源再次利用，減少浪費並提升效益，是農業產官學界共同面對的課題。而利用食碎屑動物進行資源循環應用的技術已行之有年，包含麵包蟲 (*Tenebrio molitor*)、大麥蟲 (*Zophobas morio*)、黑水虻 (*Hermetia illucens*)、家蠅 (*Musca domestica*)、蟑螂、蚯蚓等，食碎屑動物將剩餘資源快速減量、產出可收成的動物性蛋白質，其產生的糞便與其他殘渣亦可以作為有機肥或土壤改良資材，具有創造多方收益來源的潛力。

黑水虻在農業資源循環的應用

傳統的堆肥處理法利用真菌、細菌等生態系中的「分解者」，將農業剩餘資源中的氮、磷等營養，轉換為植物可利用的形式，但堆肥法受限於真菌、細菌的體型和取食方式，在資源循環利用上較為耗時，而自然界中的「清除者」或食碎屑者例如蠅蛆、白蟻、蟑螂、馬陸、蚯蚓等，以動植物的殘骸、糞便與各種碎屑為食，清除者普遍體型較大，具有可以高效率進食的口部，雖然無法直接將營養分解為植物可以利用的型態，但可以快速將有機物轉換成讓分解者有效利用的形式，分解者和清除者兩者配合，具有加速物質循環的效果。

近年在眾多候選清除者中，黑水虻脫穎而出，躍升為備受矚目的生物轉化工具。黑水虻是一種雙翅目水虻科的腐食性昆蟲，幼蟲體型大、食量大、生長快速，能高效處理多種農業剩餘資源、廚餘、禽畜糞便等並將這些有機物轉化為高品質蛋白質與有機肥，成蟲主要負責繁殖，只喝水與少量糖蜜，不取食污物，相較於同為雙翅目的家蠅與麗蠅，衛生安全疑慮更低，對處理廢棄物、循環農業有重要應用。

轄區農業剩餘物餵飼黑水虻

文旦柚是花蓮栽培面積最大的果樹，在栽培過程中會產生無法販售的落果以及大果，文旦加工利用後則會產生大量的果皮，文旦果皮氮含量低，且富含各種抗蟲、抗菌物質，在自然環境下分解緩慢，造成氣味與環境衛生問題，而黑水虻正好提供了一種既環保又實用的去化方式。然而文旦皮在被轉化為黑水虻飼料之前，必須先經過切碎、混拌高氮含量物質、以及發酵的前處理過程，其目的主要在解決兩項問題：

1. 文旦皮含有檸檬烯、柚皮苷、類黃酮、香豆素等多種機能性成分，雖對人體有多種有益機能，但對微生物與昆蟲卻有一定毒性，若未降低其在飼料中的含量比例，則可能抑制黑水虻幼蟲的取食與生長。
2. 文旦的產季集中，產量龐大，若能在產季期間先將文旦皮以發酵方式妥善保存，便能讓黑水虻養殖產線於非產季分批使用，可降低因應旺季產量所需的黑水虻養殖規模。



2



3



4

1 黑水虻幼蟲食量大能高效處理農業副產物
2 飼養塔內養至五齡的幼蟲
3 進入前蛹期和蛹期的黑水虻
4 以一般箱子飼養需每天用手翻動


5

因此處理時先將文旦皮切碎為小於 1 立方公分的顆粒，接續混合豆粕作為營養源，並加入市售 EM 菌種並密封厭氧發酵一個月後，用於飼養黑水虻幼蟲，此方式與直接餵食新鮮文旦皮的對照組相比，幼蟲餵食發酵飼料的生長情形明顯較佳，經測試幼蟲在餵食 4 日後，其體重為對照組的 1.5 倍，顯示厭氧發酵確實能提升文旦皮作為飼料的利用效率。因此，厭氧發酵可視為文旦皮儲存與預處理的有效方法，不僅能延長原料保存時間，還能在過程中透過微生物合成氨基酸、維生素等營養物質，使發酵產物在飼料用途上具備更佳的營養組成，一舉多得。

半自動化飼養黑水虻效能評估

轄內的黑水虻養殖產業，目前仍以傳統層架式養殖為主，其優點在於設備簡單便宜，但耗費人力。為節省人力時間，以市售旋轉式自動養殖塔飼養黑水虻並同時評估黑水虻在發酵文旦皮基質中的生長效能與去化能力。養殖塔由 4 層養殖槽、每層 9 小格組成，透過定時旋轉使基質與幼蟲均勻混合，減少飼養基質底部缺氧問題、提升操作效率並降低人工負擔。

※ 取食新鮮文旦皮與厭氧發酵文旦皮飼料的幼蟲生長效能對比

	餵食前幼蟲鮮重 (g)	餵食後幼蟲鮮重 (g)	幼蟲增重率 (%)	減少基質乾重 (g)
新鮮柚皮	20	31.63	58.17	11.17
厭氧發酵柚	20	46.03	130.17	9.40

※ 旋轉式自動養殖塔養殖效能重要指標

	30 幼蟲濕重 (g)	飼料轉換效率（濕重）(%)	飼料轉換效率（乾重）(%)
柚皮養殖組	2.32	25	30
標準配方飼料組	4.30	27	30

飼養時以每批次放入 9 克卵孵化出的 8 日齡幼蟲作為起始個體，並設定 12 日的養殖時間。在此期間，每日視各層養殖密度仍須投餵 0.5 至 3 公斤不等的發酵文旦皮豆粕基質，在採收蟲蛹前，幼蟲進行 3 日的降濕處理，以添加乾麥麩方式使飼料基質含水量降低至 55% 左右，成乾燥鬆散狀，以利震動篩分離蟲體與蟲糞。

評估整體生長表現，餵食發酵文旦皮基質的黑水虻幼蟲，整體生長速度略慢於餵食標準配方飼料 (50% 小雞飼料 +50% 麥麩飼養) 的對照組，採收時蟲體重量僅對照組一半。而兩組以乾重計算的飼料轉換效率（FCE）相當接近，均約為 30%，代表每公斤乾飼料投入，可轉換為 300 克乾蟲粉。顯示文旦皮基質在經過厭氧發酵後餵食黑水虻，雖蟲體生長速度較慢，但已具備可供幼蟲有效利用的營養組成。而以設備最大運載量推估全年處理能力，基質去化量可達 21,353 公斤，並可生產約 5,338 公斤幼蟲與 5,955 公斤蟲糞，此方式不僅能在節省人力下有效降低農業廢棄物量，亦能穩定產出具利用價值的黑水虻蟲體蛋白與蟲糞，是推動區域型循環農業的潛力工具。


6


7


8

結　語

透過黑水虻分解文旦副產物，不僅能縮短堆肥時間、減少體積，還能把原本無法利用的果皮轉換成可再利用的資源，對推動循環農業、提升農場永續經營而言，具有相當大的潛力。接續將再以餵食文旦柚皮飼料基質的蟲糞和蟲體，進行農業上的應用或技術開發，以完善實踐循環利用，提供花蓮地區果園與加工廠「就地循環處理」示範，為農業永續提供具體可行的方向。

5 發酵柚皮與新鮮柚皮的餵養實驗
6 旋轉式自動養殖塔
7 投料餵飼養殖塔中的黑水虻
8 黑水虻幼蟲取食發酵文旦皮