

蛇糞生產技術及其應用

梁世祥¹、李佳馨²、廖曉涵²、王思涵²

¹ 行政院農業委員會畜產試驗所

² 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所

摘要

前瞻性農業生物黑水虻（Black soldier fly，學名：*Hermetia illucens*）能將各種有機資源物轉變為更有價值的幼蟲生物質和蛇糞。幼蟲生物質可做為動物性蛋白質資源應用，蛇糞富含幼蟲蛻皮，為半醱酵腐熟的營養物質，是繼蚯蚓糞之後，可規模化生產的土壤改良資材。研究顯示蛇糞的營養組成受有機資源物種類影響，其化學組成分析與市售堆肥僅在電導度、鈉和磷元素含量有顯著差異（ $p < 0.05$ ）；進一步比較施用蛇糞和化學肥料各半的處理組，與完全施用化學肥料的對照組，在甘蔗產量上並沒有顯著差異。蛇糞由於仍具營養成分和豐富微生物菌相，做為水產動物吳郭魚（*Tilapia*）的飼料原料，添加比例可達飼糧之 30%，能增加幼魚的成長速率、蛋白質利用率、提升吳郭魚免疫能力、增加吳郭魚對黃桿菌和豬鏈球菌的抵抗力等。蛇糞會隨著餵養黑水虻食物材料基質的不同，具有不同的料源特性，依其料源特性可利用做為肥料化、能源化、材料化和飼料化之應用。透過現有資料的整理，釐清蛇糞本身的特性與應用的優缺點，期望能做為未來深入研發蛇糞應用。

關鍵詞：黑水虻、蛇糞、土壤改良資材

前言

蛇糞是由英文的 frass 參照而來，以 frass 作為關鍵字查詢美國農業部（United States Department of Agriculture，USDA）的資料庫，定義為可做昆蟲幼蟲隧道的材料和飼料，類似鋸木屑狀的物質或排泄物，英文語詞 frass 較為廣義，適用於各種昆蟲吃過的任何東西的排出殘留物，可稱之為蟲糞，故蛇糞在中文是一個新的語詞，定義為各種有機資

源物經黑水虻處理過後殘留的殘餘物質。虻糞會隨著餵養黑水虻食物材料基質的不同，具有不同的料源特性，依其料源特性可將虻糞利用做為肥料化、能源化、材料化和飼料化之應用。將虻糞直接做為土壤改良資材使用，或堆肥化製成有機質肥料，提供作物生產栽培所需營養或改善土壤物化性質使用，即肥料化應用；將虻糞直接固化造粒製成固態衍生性燃料燃燒發電，即能源化應用；將虻糞轉化為生物降解材料或直接做為栽培介質材料，如一次性包材或栽培板材，即材料化應用，將虻糞直接或間接藉由混拌、青貯或氨化等調製處理，製成動物飼料使用，即飼料化應用。虻糞研發應用隨著有機資源物處理和虻蟲生物質飼料化應用日趨蓬勃發展，逐漸開始受到關注，其價值主要在於真正實現零廢棄物的永續農畜循環經營管理。

前瞻性農業生物黑水虻能將各種有機資源物轉變為更有價值的幼蟲生物質和虻糞，行政院農業委員會參照歐盟 Commission Regulation 2017/893 條例，依據飼料管理法第三條，修正可供家畜、家禽、水產動物之飼料規定，在 108 年 12 月 26 日農牧字第 1080044178A 號公告發布施行，將原 2.9 項下水虻刪除，改增列為 2.10 項水虻粉（限以 1. 植物性飼料餵養所長成之蟲體製成者），明確限定以植物性飼料餵養黑水虻，其蟲體經適當加熱、乾燥等程序製成蟲粉後，始得做為動物性飼料原料應用。虻糞即應用黑水虻消化處理有機資源物後的殘餘物，如美國 Enviroflight 黑水虻公司以威士忌酒廠的酒糟粕做為餵養黑水虻的植物性食物基質，消化處理後剩餘的虻糞，做為吳郭魚的飼料原料，可取代麥粉、玉米粉和玉米油，添加比例可達飼糧之 30%，能增加幼魚的成長速率、蛋白質利用率、提升吳郭魚免疫能力、增加吳郭魚對黃桿菌和豬鏈球菌的抵抗力等（Yildirim-Aksoy *et al.*, 2020）。韓國應用黑水虻處理餐廚餘收穫虻糞，經檢驗分析其物化特性與市售堆肥商品，僅在電導度、鈉和磷元素含量有顯著差異，虻糞供做白菜作物栽培的肥料使用為處理組，也與施用市售堆肥商品的對照組，在葉片長度、寬度、產量和乾物質含量均無顯著差異（Choi *et al.*, 2009）。2017-2018 年印尼在甘蔗園進行為期一年的產量試驗，對照組為完全施用化學肥料，處理組為施用化學肥料和黑水虻液態肥料各半，處理組間無顯著差異，這個結果顯示應用黑水虻液態肥料能替代一半的化學肥料使用（Pakpahan *et al.*, 2020），有助於減緩因肥料生產對全球暖化潛勢造成的影響，同時能避免土壤逐漸劣化，讓土壤生態系慢慢恢復。

全球規模化養殖的昆蟲工廠正在蓬勃發展，透過昆蟲將各類有機資源物營養轉化

加值為可再利用的生物質和蟲糞，除了黑水虻外，其他如麵包蟲、蟋蟀和蟑螂等各類昆蟲，也都能產出有價值與可觀的蟲糞，因而逐漸受到重視而成為研究的主題。蟲糞的生產與應用具有三項優勢，包括 1. 應用昆蟲快速的轉化有機資源物，藉由幼蟲生物質將有機資源物中的營養回收再利用，如蛋白質和脂質，相較於傳統堆肥的產品，具有較高的經濟價值（Chia *et al.*, 2019），2. 越來越多的觀察發現蟲糞對土壤微生物相和植物行為改變不同於傳統堆肥產品，這可能反應在蟲糞富含昆蟲衍生物，例如幼蟲蛻皮的甲殼素和幼蟲殘體的多胺類化合物（施，2008），這可能讓與蟲糞接觸的植物獲得實質性的好處（Poveda *et al.*, 2019），3. 在多個環境衝擊的指標上，與傳統的堆肥和沼氣生產方法相比，蟲糞的生產較具有可持續性；與化學氮肥生產相較，蟲糞生產對陸域、水域的酸化和溫室氣體的排放顯然也少了許多（Smetana *et al.*, 2019）。黑水虻相較於麵包蟲、蟋蟀和其他種類的昆蟲，具有不與人爭糧、不與糧爭地和不與魚爭水的生產優勢，同時不是作物害蟲、不會傳播畜禽病原菌，也不會干擾人類生活的特性，使得黑水虻昆蟲工廠正快速發展，蛇糞的生產和相關的應用，在可預見的未來將會投入更多的研究。

透過現有資料的整理，釐清蛇糞本身的特性與應用的優缺點，期望能做為未來深入研發蛇糞應用項目之參考。

內容

1. 蛇糞生產技術

蛇糞生產所使用的黑水虻西湖品系（XiHu line）自苗栗縣西湖鄉野外誘引獲得，經鑑定比對確認，在行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所實驗室內飼養繼代培養超過 10 代以上，以維持其族群供試驗使用。經繼代培養之黑水虻幼蟲，是飼養在生長箱（溫度約 27 ± 1 °C；光照 16L：8D）。麩皮和玉米粉按 4:1 比例混合（含水率 65%）的人工飼料進行餵養。1 至 6 齡黑水虻幼蟲，置於 380 號塑膠密盆（長 36.4 cm × 寬 28.5 cm × 高 7.8 cm）中集中飼養，並將 380 號密盆置於 500 號密盆中，待 6 齡幼蟲將進入預蛹期時，會自行爬出 380 號密盆，落入 500 號密盆中，聚集於 380 號密盆下方與 500 號密盆之夾縫中，待其蛻皮成為預蛹後收集，將收集的預蛹集中另置於 380 號密盆中，並於密盆中置放一紅磚（長 20 cm × 寬 10 cm × 高 5 cm），讓預蛹有空間隱蔽化蛹，待其蛻變為蛹後，收集置放於繁殖網室（長 3 m × 寬 2 m × 高 1.8 m）內的置物架（長 60 cm × 寬

45 cm × 高 90 cm) 上，架上最上層另置誘引產卵的物質 (內含養殖幼蟲的 380 號密盆) 與瓦楞紙板，以供成蟲羽化交尾後產卵，同時方便黑水虻卵團的收集。收集的黑水虻卵團置於透明塑膠冰淇淋杯 (直徑 9 cm × 高 9 cm) 380 號密盆中飼養，待脫皮至 3 齡後，則改以 380 號密盆飼養。在飼養期間，亦不定期自田間採集野生種源與實驗室培養的族群進行雜交，避免供試蟲源生長勢衰弱。用於虻糞生產時，選取脫皮至 3 齡後的黑水虻幼蟲，將其置入 380 號密盆，加入待處理的有機資源物做為飼料基質，來源包括乳牛場固液分離後的乳牛糞、畜牧場固液分離後的豬糞，畜禽場的蛋雞糞、酒糟粕和廚餘等，經過 5 天後，將黑水虻幼蟲與虻糞進行振動過篩分離，收集到的虻糞和幼蟲經烘乾 (85°C, 48 hrs) 後，研磨成粉狀送中興大學土壤檢驗中心和畜產試驗所飼料化驗中心進行堆肥檢驗項目和基本營養組成分析。

2. 虻糞應用

(1) 虻糞做為土壤改良資材之肥料化應用

畜試所新竹分所乳牛糞經過固液分離後，做為餵養黑水虻的飼料基質，經黑水虻處理後，過篩分離得到虻糞 (圖 1) 做為土壤改良資材之肥料化應用，將虻糞採樣烘乾後送中興大學土壤調查試驗中心進行雜項堆肥品項檢驗，結果為有機質含量達 81.8%，全氮含量為 2.21%，全磷酞含量為 2.15%，全氧化鉀含量為 1.18%，有害元素砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛和鋅，含量分別為 0.91 mg/kg、0.0162 mg/kg、<0.25 mg/kg、17.6 mg/kg、50.8 mg/kg、16.9 mg/kg、3.04 mg/kg 和 255 mg/kg，水分含量為 14.3%，酸鹼值為 7.14，氮碳比為 18.5，檢驗結果顯示虻糞做為土壤改良資材施用於友善農業耕作田區是可行的，除了鋅含量稍高但仍在標準範圍 (500 mg/kg) 內。在 2017 年 1 期水稻栽培前即估算虻糞含氮量做為減少化學用量之依據，將虻糞做為土壤改良資材施用於田間以取代基肥，在 8 月收穫時，統計施用虻糞做為土壤改良資材之試驗組，每公頃稻穀收穫量為 4,517 kg，施用商用有機質肥料的對照組，每公頃稻穀收穫量為 4,835 kg，試驗組稻穀收穫量較對照組少了 6.5%。透過本次先期試驗，可知乳牛糞經黑水虻處理後的虻糞，由於質地細緻較輕，雖然虻糞施用於田間有翻犁至土壤中，但少部分虻糞在翻犁過程中，又重回土壤表面，導致在水田灌水時會隨著水流移動，這些漂移的虻糞，除了造成施用效果不均勻，也因漂流出試驗組田區而造成產量上的差異，致使試驗區組稻穀收穫量

較對照組少，因此後續進行水田試驗，應考慮使用造粒後的蛇糞顆粒化土壤改良資材，因其質量較緊實，便於沉於水中或留置於土壤內，使蛇糞不致於隨灌溉水流到處移動，達到試驗的正確可信。



圖 1、乳牛糞經過黑水蛇處理後的殘餘物之蛇糞樣態。 圖 2、蛇糞經膠合製板做為蘭科或蕨類植物的栽培介質應用。

(2) 蛇糞做為栽培介質之材料化應用

畜試所新竹分所乳牛糞經過固液分離後，做為餵養黑水蛇的飼料基質，經黑水蛇處理後，過篩分離得到蛇糞做為栽培介質之材料化應用，將蛇糞經過滅菌與烘乾處理後，混入環氧樹脂膠均勻混合後，將混合物倒入模具內整平，再連同模具一起置於擠壓機內以 100 kg/cm^2 的壓力進行定壓壓製，脫模後的草纖板再鑽孔用以固定吊繩，製作完成的草纖板長為 32 公分，寬為 21 公分，厚度為 2 - 3 公分，重量約 0.5 kg，其結構強硬，不易破裂，目前仍在觀察其耐候強度與壽命，其處理後之 pH 值為 6.8，電導度值為 0.8 dS/m，可做為蘭科或蕨類植物的栽培應用（圖 2），另以盆栽為模具，進行不同盆栽容器的製作，顯示蛇糞也可做為栽培容器之材料（圖 3），其應用性與市場經濟性則仍需充分評估，以實現蛇糞做為板狀栽培介質或盆栽容器的可分解性生物材料。

(3) 蛇糞做為動物飼料之飼料化應用

從豆腐食品工廠取得豆渣，做為餵養黑水蛇的飼料基質，經黑水蛇處理後，過篩分離得到蛇糞做為動物飼料之飼料化應用，將蛇糞收集後，直接或間接藉由混拌或青貯調製處理，做為肉牛、肉羊、放山土雞和鴨的飼糧。其中肉牛相對較不挑

食，肉羊對食物氣味較敏感，放山土雞則偏好從蛇糞中尋找黑水蛇幼蟲，鴨較雞禽顯得較不挑食（圖 4），顯示以植物性原料做為黑水蛇飼料基質，收穫的蛇糞經適當調製後，仍有做為飼料化應用的價值，對降低動物飼料成本與提升飼料自給率能有幫助。



圖 3、蛇糞經膠合製盆做為可分解盆栽容器。



圖 4、蛇糞做為放山土雞和鴨的飼糧。



圖 5、蛇糞做為固態衍生燃料材料之能源化應用樣品。

（4）蛇糞做為固態衍生燃料之能源化應用

乳牛糞經固液分離後，將固形物直接做為固態衍生燃料之原料，常因含水率高增加乾燥成本，另有餘粒狀污染物和氮氧化物高於排放標準的疑慮，若固形物先做為餵養黑水蛇的飼料基質，經黑水蛇處理後，過篩分離得到蛇糞做為固態衍生燃料之材料（圖 5），能減少乾燥成本，同時能降低餘粒狀污染物或氮氧化物含量，使符合排放標準，有助於蛇糞做為能源化應用的產業推動。

結語

應用黑水虻轉換農畜剩餘資源，提升副產物附加價值，是循環農業的新藍海產業，需要產官學密切合作，透過行政管理部門的支持，建立適合產業發展的法規進行管理，使新產業能健全充分的萌芽開展，符合政府與各界的期待。蛇糞在黑水虻產業應該受到更多的關注，其多樣化的應用潛力，能重新連結不同產業，創造新的生物經濟價值，蛇糞具有從食物鏈和人類生活的循環中，將氮和磷有效率的再利用回到土壤，能減少額外的化學肥料使用，使土壤微生物族群和植物行為往好的方向改變，達到減少化肥生產與使用對環境的衝擊。黑水虻產業價值目前仍未受到足夠的重視，在農業實踐和農業發展政策仍存在困難，如何在城鄉之間建立緊密循環的農業經濟結構，讓農村的糧食和農產品能流入城市，讓城市的過剩或過期的食物資材和有機資源物回到農村再利用，使城市到農村的循環系統得以完善建立，讓資源永續循環，而不再產生廢棄物污染我們的土地、水源和空氣（Pakpahan *et al.*, 2020），是未來需要重視的永續農畜經營管理的課題。

參考文獻

1. 施劍鏐。2008。功能性有機資材之綜合利用及其對永續有機作物生產的重要性。行政院農業委員會農業試驗所特刊 136: 25-38。
2. Chia S. Y, C. M. Tanga, J. J.A. van Loon, and M. Dicke. 2019. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 41: 23-30.
3. Choi Y. C., J. Y. Choi, J. G. Kim, M. S. Kim, W. T. Kim, K. H. Park, S. W. Bae, and G. S. Jeong. 2009. Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int. J. Ind. Entomol.* 19: 171-174.
4. Pakpahan A., R. Widowati, and A. Suryadinata. 2020. Black soldier fly liquid biofertilizer in Bunga Mayang sugarcane plantation: Form experiment to policy implications. *MOJ Eco. Environ. Sci.* 5: 89-98.
5. Poveda J., A. Jiménez-Gómez, Z. Saati-Santamaría, R. Usategui-Martín, R. Rivas, and P. García-Fraile. 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl. Soil Ecol.* 142: 110–22.

6. Smetana S., M. Palanisamy, A. Mathys, and V. Heinz. 2016. Sustainability of insect use for feed and food: life cycle assessment perspective. *J. Cleaner Prod.* 137: 741–51.
7. Yildirim-Aksoy M., R. Eljack, C. Schrimsher, and B. H. Beak. 2020. Use of dietary frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in hybrid tilapia (Nile x Mozambique, *Oreochromis niloticus x O. mozambique*) diets improves growth and resistance to bacterial diseases. *Aquaculture reports* 17: 100373.

The production technology and application of frass of black soldier fly

Shih-Hsiang Liang¹, Chia-Xin Lee², Hsiao-Han Liao², Szu-Han Wang²

¹Animal Industry Division, Livestock Research Institute, COA

²Hsinchu Branch, Livestock Research Institute, COA

Abstract

The forward looking agricultural creature black soldier fly can transform various organic resources into more valuable larval biomass and frass. The larval biomass can be used as an animal protein resource. The frass was rich in larvae molting and was a semi-fermented nutrient substance. The frass was a soil improvement material that can be produced on a large scale after earthworm compost. The studies have shown that the nutrient composition of frass was affected by the types of organic resources, and its chemical composition analysis was significantly different from that of commercially compost only in electrical conductivity, sodium and phosphorus content. Compare the treatment groups that use frass and chemical fertilizer with half that was no significant difference in sugarcane yield with control group completely applied with chemical fertilizers. The frass has rich microbial phase and nutrient content that was used as a feed composition for aquatic animal tilapia. The application ratio of frass can reach 30%, which can improve the growth and protein utilization rate of juvenile fish and promote tilapia innate immune system activity. Increase the resistance of tilapia to *Flavobacterium columnare* and *Streptococcus iniae* infections. The frass will have different material source characteristics according to the different food material substrates, and can be used as fertilizer, energy, material and feed application according to the characteristics of the material source.

Key Words: Black soldier fly, Frass, Soil improvement material

