

羽毛副產物循環再利用

文圖 / 曾宥紘、郭雅紋

前言

羽毛為家禽廢棄物，含高量蛋白質，其氮含量 12-15%，常被以堆肥及液肥形式運用於農業生產。適度調整羽毛堆肥之碳氮比並額外添加富含磷、鉀、鈣之資材及菌劑，其堆肥成品除具長肥效特性外，可直接應用為果菜類作物栽培介質，不抑制作物根系生長，且於不額外施肥條件下可生產果菜類作物如甜瓜、甜椒與番茄等；亦可應用於混拌既有介質，提高介質

營養價值，或有助於減緩介質鹽化及都市農場之運用等。本場試驗羽毛生物堆肥成品 pH 6.8、EC 值 5.9 dS/m、氮 2.6%、磷 1.7%、鉀 2.0% 而 C/N 為 13，應用於甜瓜介質試驗，於不額外施肥條件下可生產甜瓜，單果重 1.4 公斤，糖度 15° Brix，顯示羽毛經適當堆肥化處理，具穩定化及長肥效特性。此外，臺灣農田土壤常因過量施用化學肥料，導致土壤酸化、鹽化或有



羽毛生物堆肥可應用為甜瓜長肥效栽培介質

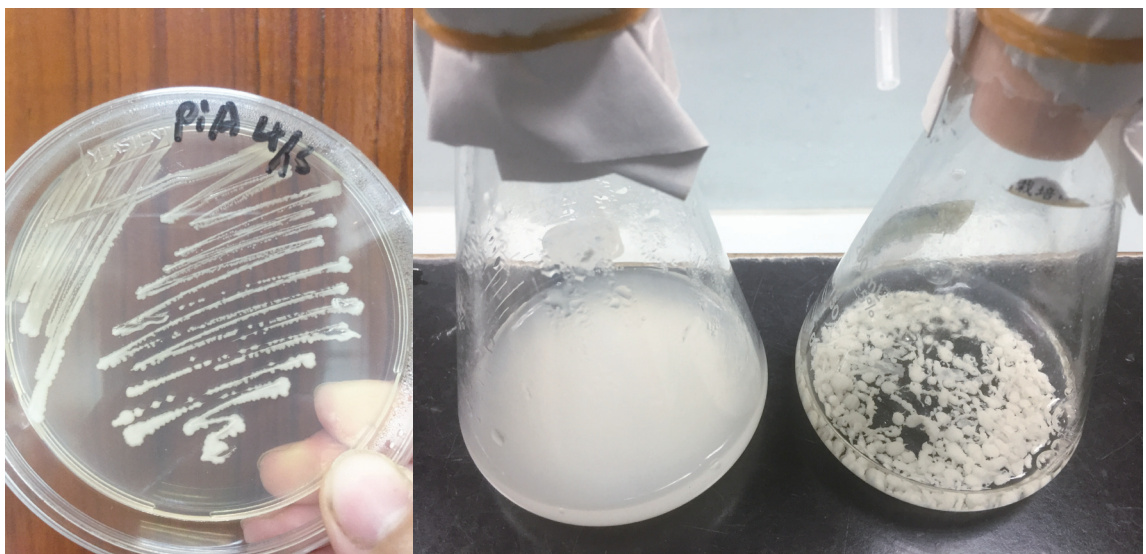
機質含量銳減，影響土壤環境，進而影響作物產量及品質，雖堆肥為改良土壤性質之利器，然而常因其肥分低或肥力釋放緩慢，導致農友使用意願低，不利於土壤有機質累積及土壤改良。為此，本場試驗青花菜及萵苣之基肥施用羽毛生物堆肥，定植後不額外追施肥料，其產量顯著高於基肥施用菜籽粕肥料者 30% 以上，且因羽毛堆肥製作時添加菇類培植廢棄包，逐年施用可緩慢增加土壤有機質含量，藉由其長肥效特性，提高農友使用堆肥意願，進而達到改良土壤之功效。

羽毛亦可經由數種方式，轉化為水解液肥，其水解物因含有胨及胺基酸，可作為生物刺激素之應用，促進作物根系生長及養分吸收且可提高作物對環境逆境之抗性，為未來重要之製肥原料之一。雖羽毛可經由強鹼處理並生成羽毛水解產品，

然而許多研究指出，以微生物水解羽毛常保有較高營養價值，且若成品含菌則具有菌株額外之功能，進而提高成品價值。

羽毛分解菌 - 巨大芽孢桿菌 TCPiA 功能特性

巨大芽孢桿菌菌株 TCPiA 具有溶磷及生成 IAA 之能力，培養於磷酸三鈣液態培養基 5 天，可溶出 156.0 ± 16.0 mg/L 水溶性磷；培養於含有色胺酸 (Trp) 之液態培養基 1 天，可生成 16.8 ± 1.9 mg/L 的 IAA。菌株 TCPiA 可生成內孢子，有助於菌劑固體化之生產及應用，接種菌株 TCPiA 於 1% 糖蜜及 0.5% 豆粉培養基，培養 72 小時，每毫升孢子數為 8.8×10^8 ；培養 78 小時，每毫升孢子數為 4.3×10^9 ，此含孢菌液經與滅菌蝦殼粉混合造粒，每公克菌落數有 7.1×10^8 CFU，添加此固態



菌株 TCPiA 之菌落形態 (左圖) 及溶磷能力 (右圖)



菌株 TCPiA 與蝦蟹殼粉混合造粒 (左圖)，並接種於羽毛培養基 (中圖) 經培養可分解羽毛 (右圖)

菌劑至液態羽毛培養基及溶磷培養基，仍具分解羽毛與溶磷功能。顯示可以造粒方式製造菌株 TCPiA 之固態菌劑，應用於溶磷微生物肥料或羽毛分解菌劑。

巨大芽孢桿菌 TCPiA 之羽毛分解

巨大芽孢桿菌菌株 TCPiA 培養於 5% 羽毛、0.5% 磷礦石粉及 0.5% 草木灰，經 14 天培養，其羽毛分解率為 92.2%，氮 0.6%、磷 0.04% 而鉀 0.11%。以此水解液為製肥原料，添加 2% 氯化鉀，鉀含量可增加至 0.8% 或添加 2% 磷酸一鉀，磷含量可增加至 0.56% 而鉀含量可增加至 0.61%，可藉此生成高養分且富含胺基酸之液態肥料。菌株 TCPiA 培養於 5% 羽毛、5% 粕類及 0.5% 草木灰，其氮含量 0.79%、磷 0.10% 而鉀 0.16%，此水解液可應用於友善農耕生產。

結語

羽毛雖為高養分含量之廢棄物，如何藉由提高其後端應用價值，方具改變前端處理流程之契機。目前處理業者為快速消耗大量廢棄羽毛，應用於堆肥製作，常發生初始製作堆肥時其資材調整之碳氮比過低，堆積高度過高，導致異味嚴重，亦影響後端應用價值；以微生物水解廢棄羽毛，其水解時間較化學處理法久，若能論證微生物水解羽毛或應用於堆肥製作之價值，皆有助於羽毛廢棄物加值循環再利用。



A-C 羽毛水解過程、D 羽毛水解成品、E 殘留羽毛量