

循環資材

應用於草莓介質生產 農業剩餘資材循環

文圖／曾有紘

依綠色國民所得帳農業廢棄物排放量歷年表，生物性農業生產剩餘物質約490萬公噸，其中歸屬於農業事業廢棄物列表，具完善收集、運輸及再利用規範，已有清運業者將相關料源進行收集，如禽畜糞及菇類培植廢棄包，可再利用為有機質肥料、栽培介質或其他肥料產品，其中若應用於作物栽培介質開發，因產品電導度值(1:10)需小於2 dS/m，全氮、全磷酐及全氧化鉀合計量6.0%以下，且重金屬限值規範較有機質肥料更加嚴格，一般以植物性原料產製為原則，而有機質肥料則相對可容納禽畜剩餘物質。在農業事業廢棄物再利用範疇中，有許多項目並無正面表列，如稻草、果木枝條等，其中稻草常以耕犁方式與土壤混合、捆包收集應用為畦面敷蓋、作為培養草生性菇類原料或後續集運再製為燃料顆粒等，而果木枝條處理方式包含現地粉碎回鋪於土壤表面，或集運破碎再利用為有機質肥料、栽培介質、菇類生產、燃料應用、炭化及貓砂產製的原料，具未來多元應用特性，加上農業部公告可於農地上設置農糧剩餘副產物集貨加工室(場)，且可導入生物處理模式，如蚯蚓、黑水虻。未來，果木枝條料源集運場域可望相繼設立，進行破碎及後端多元加值再利用。

草莓為薔薇科草莓屬植物，112 年全臺栽培面積約 586 公頃，產區集中於苗栗縣，占 522 公頃，另中部地區臺中市 12 公頃、彰化縣 3 公頃及南投縣 11 公頃，中彰投合計約 26 公頃，每公頃平均產量約 12.0 公噸 (112 年臺灣統計年報)，為臺灣重要的小漿果作物，具鮮食與加工用途，且含多種營養成分，如維生素、礦物質、有機酸、果膠及多酚類等。由於草莓採收季節常以民衆自行採果方式販售，考量採果環境、人體工學及精準養分與水分管理等因素，許多草莓以高架介質耕作模式生產，普遍應用介質為泥炭與椰纖，皆非國產農資材，受淨零碳排議題及國際船運等因素影響終端價格，因此，農業剩餘物質產製之有機質肥料或栽培介質若能應用於草莓介質生產，則有助於草莓產業穩定發展。

一、應用農業剩餘資材產製無土介質

(一)果木枝條介質

臺灣每年約產生 25 萬公噸果木修剪枝條，在禁止焚燒前提下，農友以現地粉碎回鋪土壤表面，或經由既有回收系統至集中場域進行破碎再利用，枝條破碎後可調整資材配方，並導入功能微生物進行堆

肥製作，堆肥成品可應用為甜瓜栽培介質，並可完全替代進口泥炭，本試驗之果木枝條堆肥為添加地衣芽孢桿菌 *TCLigB* 及尿素，微生物與尿素先溶於水後，潑灑於破碎果木枝條中，可加速堆肥發酵並縮短腐熟時間，期間經 3 次翻堆，於堆積後 55 天即可完成腐熟，且成品之 $EC(1:10)$ 小於 2 dS/m，可應用為作物栽培介質，作物栽培期間須搭配施用營養液，以維持其產量與品質。本試驗產製之果木枝條堆肥其 pH7.1、 $EC1.5$ dS/m、氮 2.2%、磷 0.7%、氧化鉀 1.6%。

(二)蚯蚓糞堆肥

蚯蚓為維持土壤環境品質之指標性生物，其存在有助於增加土壤孔隙，提高土壤團粒穩定度、促進土壤排水與通氣性及增加土壤微生物活性。蚯蚓取食土壤中有機物質，經腸道酵素及其內之複合微生物菌群分解後而排出，蚓糞中細化及尚未完全分解之有機質仍可持續由微生物分解，並生成富含腐植酸、多種酵素及多種植物生長素之腐熟蚓糞。前人以基因突變之阿拉伯芥，探討蚯蚓對其生長之研究，此突變植株無法運輸 *auxin* 至根系，導致其生長皺縮，然而，土壤中放養蚯蚓，可顯著改善阿拉伯芥皺縮生長特性，顯示蚯蚓有助於土壤中



■ 果木枝條堆肥(左)、羽毛堆肥(中)及蚓糞堆肥(右)樣態

植物生長素之生成，並可影響作物生長。此外，亦有學者自蚓糞中萃取腐植酸，施用於水耕玉米中，可增加玉米新根生長點之數目，並可提高細胞膜之 H^+ -ATPase 活性及此蛋白質含量，對植物根系生長與養分吸收有正面效果。另有研究顯示，相較於單純施用化學肥料，搭配施用蚓糞堆肥可促進田間草莓之產量及提高土壤中之微生物活性。綜上所述，蚓糞不僅可應用於農業副產物循環再利用，其成品具多面相促進作物生長之功效。

本試驗之蚓糞取自保證責任彰化縣保健作物研發生產合作社，為將果木枝條經細破碎後，添加地衣芽孢桿菌 *TCLigB* 菌液並經堆積發酵 2 個月後，應用為蚯蚓飼養之底料，定期餵養米糠，經 2 個月蚯蚓取食及發酵蚓糞後，收集之蚓糞色黑，具

團粒結構、本試驗應用之蚓糞其 pH4.5、EC1.1 dS/m、氮 2.0%、磷酐 1.8%、氧化鉀 1.0%。

(三)羽毛堆肥

羽毛堆肥具多種型態氮源，包含蛋白質、胜肽、胺基酸、銨離子及硝酸根離子，因有機型態氮可持續降解，加以堆肥之腐植物質進行養分吸附，因此，具緩效供肥特性，可應用於草莓生產介質，然而，額外澆灌台肥 43 號即溶複合肥料並無法有效增產，但額外澆灌羽毛堆肥萃取之腐植物質則可增加產量，因此，羽毛堆肥提供之肥分有促進草莓生產之應用潛力，本試驗之羽毛堆肥於本場製作，主原料為菇包生產剩餘木屑添加 5% 羽毛及其他調整材，經 2.5 個月堆肥發酵腐熟，成品 pH 6.2、EC 3.8 dS/m、氮 2.4%、磷酐 1.5%、氧化鉀 1%。

二、農業剩餘資材介質應用於草莓介質生產

(一)溫室盆栽試驗

草莓(品種香水)幼苗於113年種植於盆栽(4.5L)，並裝填不同農業剩餘資材介質，包含羽毛堆肥、蚓糞堆肥、果木枝條堆肥、泥炭介質、羽毛堆肥表面鋪放蚓糞、蚓糞表面鋪放羽毛堆肥、果木枝條堆肥表面鋪放羽毛堆肥、果木枝條堆肥表面鋪放蚓糞、泥炭表面鋪放羽毛堆肥、泥炭表面鋪放蚓糞。鋪放比例為0.3g/cm²。

草莓定植2週後，每週澆灌200倍稀釋之台肥即溶43號複合肥料，每株200 mL，果實採收調查自114年1月24日-4月1日，果實性狀及產量如下表所示，各處理間之平均果重及糖酸比無顯著差異，產量則以種植於羽毛堆肥表面鋪放蚓糞及蚓糞表面鋪放羽毛堆肥最高，種植於果木枝條堆肥及泥炭介質統計上則無顯著差異，顯示果木枝條堆肥具替代泥炭應用特性，然而，因其產量偏低，需額外調整化學肥料用量，僅施用單一即溶肥料無法達到最大產量，然而若表面鋪放蚓糞，則較單用果木枝條堆肥可顯著提高產量。果

農業剩餘資材介質應用於盆栽草莓之試驗結果

處理	累積果實重量 / 株 (公克)*	單果重 (公克)	果實 酸糖比	果粒數 / 株
羽毛堆肥	311.0b	13.4a	11.0a	23.7ab
羽毛堆肥 – 表面鋪放蚓糞	410.3a	14.1a	11.7a	29.0a
蚓糞	318.2b	13.3a	12.3a	24.0ab
蚓糞 – 表面鋪放羽毛堆肥	432.0a	15.7a	12.0a	27.7a
果木枝條堆肥	171.5c	14.3a	12.3a	12.0d
果木枝條堆肥 – 表面鋪放羽毛堆肥	240.5bc	13.1a	12.4a	18.3bc
果木枝條堆肥 – 表面鋪放蚓糞	285.8b	15.3a	10.3a	18.3bc
白泥炭	247.5bc	14.4a	11.8a	17.0cd
白泥炭 – 表面鋪放羽毛堆肥	257.8bc	13.6a	12.3a	19.0bc
白泥炭 – 表面鋪放蚓糞	252.6bc	13.8a	12.2a	18.3bc

註：* 果實產量調查累計至4月1日



■ 於彰化市草莓園試驗之果木枝條堆肥化介質裝填、表面鋪放羽毛堆肥及蚓糞進行草莓栽培

木枝條堆肥化介質每公斤售價預估為 10 元，換算為體積每公升約 2.5 元，低於泥炭每公升售價 4 元，可降低農友介質生產成本並提高果木修剪枝條於農業生產再利用之應用價值。

(二)田間網室試驗

本試驗於彰化市草莓園網室進行農業剩餘資材應用於草莓介質生產試驗，處理

包含：1. 果木枝條堆肥為介質、2. 果木枝條堆肥介質表面鋪放蚓糞堆肥及 3. 果木枝條堆肥介質表面鋪放羽毛堆肥，草莓生育期間施用台肥即溶 43 號複合肥料、尿素及農友自製環保酵素，經 400 倍稀釋後以滴灌系統滴灌。雖草莓於盆栽試驗結果，以蚓糞及羽毛堆肥相互搭配使用之產量最高，然而，因蚓糞售價高，每公斤售價 15 元，而果木枝條堆肥化介質每公

農業剩餘資材介質應用於網室草莓之試驗結果

調查日期	處理	單果重 (公克)	果實 酸糖比	果粒數 / 株
114 年 2 月 6 日	果木枝條堆肥	15.8b	13.3a	9.5a
	果木枝條堆肥 - 表面鋪放蚓糞	24.3a	13.9a	10.4a
	果木枝條堆肥 - 表面鋪放羽毛堆肥	18.0b	12.8a	10.6a
114 年 2 月 19 日	果木枝條堆肥	13.5c	13.0a	10.2b
	果木枝條堆肥 - 表面鋪放蚓糞	19.5b	12.2a	10.5b
	果木枝條堆肥 - 表面鋪放羽毛堆肥	26.8a	12.4a	17.6a



■ 草莓種植於果木枝條堆肥化介質(左)、表面施用羽毛堆肥(中)及表面施用蚓糞堆肥(右)之生育狀況

斤僅需 10 元，因此，考量成本，以果木枝條堆肥為介質，表面鋪放蚓糞或羽毛堆肥對草莓生育之影響進行試驗，本試驗於 2 月 6 日及 2 月 19 日進行果實性狀調查，種植於果木枝條堆肥搭配表面鋪放蚓糞堆肥或羽毛堆肥，可提高草莓果實重量，增加生產效益。彰化市草莓園全園之草莓生產除本試驗之介質處理外，全園以果木枝條堆肥為介質，搭配表面鋪放 5 公分厚蚓糞，經生產營運驗證該介質栽培模式具生產效益。

三、結語

臺灣生產之各種農業剩餘資材，包含果木修剪枝條、菇包生產剩餘木屑、米糠及羽毛等，經堆肥配方調整或以蚯蚓取食發酵處理，可生產具穩定特性之農資材，於草莓介質生產驗證，果木枝條堆肥可替



■ 盆栽試驗草莓生育情形

代進口泥炭，降低介質成本，另果木枝條經蚯蚓轉化後之蚓糞，可提高草莓產量。因此，期望未來更多業者投入循環經濟，開發多元應用農業資材產品，可降低地底資源，如泥炭、褐煤開採及其萃取之腐植物質生產，為全球農業淨零永續盡一份心力。