

蚓糞製作及使用

潘佳辰、黃瑞彰

行政院農業委員會臺南區農業改良場

摘要

蚓糞為透過蚯蚓處理廢棄物所得到的產物。蚓糞製作包含前處理、製作過程及蚓糞收集，期間需注意廢棄物的選擇、預先堆肥、盡量縮小廢棄物體積、適度維持墊料水分以及觀察蚯蚓生長狀況等。蚓糞製作所選用之廢棄物種類會直接影響到產品的酸鹼值、水分、碳氮比及養分成分等。施用蚓糞到土壤中有助於提升土壤物理、化學及生物性，例如提升土壤空隙度、降低總體密度、增加養分及具有類似植物荷爾蒙的成分以促進作物生長。

關鍵詞： 蚓糞製作、蚓糞品質、土壤指標

前言

人類利用蚯蚓最早的文獻紀錄在 18 世紀，主要是蚯蚓作為蛋白質來源。而達爾文於 1881 年首度於文獻中披露蚯蚓應用於分解有機物的功能，進一步促進養分循環。往後開啟了一系列利用蚯蚓處理有機廢棄物的應用以及相關研究。根據農業委員會綠色國民所得帳農業固體廢棄物歷年表所示，2018 年共產生 5,016,651 噸之農業廢棄物，在廢棄物處理方式包含就地翻耕、焚燒、作為墊料、堆肥處理、飼料等，而以 2018 年統計結果顯示約有 49% 之農業廢棄物作為堆肥以及 33% 則就地掩埋，而就地掩埋之品項以稻稈為多數。堆肥化處理為透過調整碳氮比、水分、高度，利用微生物作用將農業廢棄物加值為堆肥，並依照養分特性施用到不同作物及土壤中。適當的堆肥化作用，將有助於去化農業廢棄物。利用蚯蚓處理有機廢棄物的過程稱為 *vermicomposting*，在常溫狀態下，有機廢棄物經過蚯蚓取食經過腸道處理後，過程中會使得有機廢棄物碳氮比下降

並且增加有機廢棄物的表面積，以利微生物進行分解。目前有許多民眾及業者選擇利用蚯蚓去化農業廢棄物，其去化之種類包含太空菇包、禽畜糞、咖啡渣及蔬果殘渣等，種類及來源相當多元。而根據前人研究底泥、造紙廠產物、生活廢棄物等皆可透過蚯蚓處理。在 2000 雪梨奧運及 2008 北京奧運時，皆提到利用蚯蚓處理選手村中每天所產生的生活廢棄物。由於循環農業及都市農業之議題興起，利用蚯蚓處理有機廢棄物亦成為討論話題之一，然而仍有部分議題需要釐清以及討論，本文擬就以下幾項議題分項討論：

1. Vermicompost(ing) 之名詞定義；
2. 蚓糞之操作流程；
3. 蚓糞品質指標；
4. 蚓糞的應用；
5. 使用蚓糞對於土壤及作物的效應；

1. Vermicompost(ing) 之名詞定義；

在市面上常見到蚓糞相關商品，其名稱有蚓糞肥、蚓糞堆肥、蚓糞土等等。究竟該使用哪一種名稱最能恰如其名？Vermicast 是蚯蚓取食有機物後所排放出來的產物；而根據 vermicomposting 的操作型定義，是利用蚯蚓處理有機廢棄物的過程，且過程中使得有機物逐漸穩定 (stabilization) 及腐植化 (humification)。一般來說最終產物會存在蚓糞以及較大顆粒的有機物，故建議使用 vermicompost 一詞較為妥當。

2. 蚓糞之操作流程；

進行蚓糞製作過程中，通常可以將流程區分為三個階段：1. 前處理、2. 堆肥期間及 3. 蚓糞收集：

(1) 前處理

前處理包含了墊料及食料的選擇以及食料處理。墊料，為蚯蚓提供蚓糞堆肥製作過程中的空間。墊料之作用包含調整蚓糞堆肥成分、調整水分、以及提供蚯蚓避風港。蚓糞製作為在常溫下利用蚯蚓處理有機廢棄物，在某些情況下有機廢棄物所含有的酸性物質或是氨氣皆對蚯蚓有負面影響；除此之外，由於缺乏傳統堆肥所到達之高溫狀態，蚯蚓處理有機廢棄物過程後仍有可能存有雜草種子或是病害。故在國內各項與蚓糞相關研究，不論墊料或食料通常建議先進行堆肥化作用，消除

潛在有害因子，詹（2014）提出若以豬糞與廢菇包混合物為材料，進行 0、1、2、3 週之預堆，結果顯示以預堆三週之幼蚯蚓數較多。

食料選擇上，建議多採用蔬果殘渣（菜葉或是果皮）餵食蚯蚓，並且避免肉類、豆類等以免產生異味。在嘗試新的食料前，建議應先少量餵食，觀察蚯蚓穩定取食後，再大量投入。若是大量處理禽畜糞須確認重金屬是否符合國家相關規定，避免投入後造成環境污染。

食料的處理除了前文提到預先進行堆肥外，若是能盡量縮小食料體積將有助於加快蚯蚓處理速度並可提升蚯蚓族群擴大。表 1 所示為將葉菜廢棄物進行切片及磨碎後進行蚓糞製作，試驗結果顯示葉菜經磨碎處理能可提升蚯蚓的總重及數量。

表 1. 瓜果及蔬菜類廢棄物經切塊及磨碎處理對蚯蚓總數及重量之影響。

	20150428	20150626	增加倍數
---Number of earthworm/ pot---			
Used mushroom sawdust(UMS)	10	48.3±17.6	4.8
UMS +CV	10	74.3±14.7	7.4
UMS +SV	10	129.3±48.7	12.9
--- Weight of earthworm, g/ pot---			
Used mushroom sawdust(UMS)	5±0.4	6.3±1.4	1.3
UMS +CV	4.1±0.5	16.3±3.7	4.0
UMS +SV	4.4±0.4	30.7±10.6	7.0

UMS: 菇包堆肥 ; C: 切片 , S: 磨碎 ; V: 葉菜廢棄物

(2) 堆肥期間

製作期間需注意蚯蚓密度、環境溫度及保持墊料濕度。建議將蚯蚓投入密度設定在每平方公尺 500-1000 公克蚯蚓，若為初次進行蚓糞堆肥製作者，則需要更低的投入密度。環境溫度建議 30°C 以下，最適為 20-25°C。製作過程中的墊料濕度建議在 60-70%。

值得注意的是當蚯蚓出現在表面、整團聚在一起以及集體逃離飼養箱或是場域時，應立刻確認是否為添加的食料造成影響，並將蚯蚓移到安全的墊料中。

而根據美國農部之國家有機計畫文件建議（USDA NOP 5021），若是以露天進行，則處理時間需要 6-12 個月；若是室內箱養則處理時間需要 2-4 個月；若是利用連續式水平養殖系統，則處理時間需要 30-60 天。

(3) 收集

蚓糞堆肥收集通常佔據較多時間及成本，收集方式包括利用篩網以人工或是機械方式，將蚯蚓及蚓糞堆肥分離；或是以光照法或是食物引誘方式將蚯蚓移往新的環境。國內業者約有 7 成以上是以引入機械過篩輔助蚓糞堆肥收集，採收時會將蚓糞堆肥部分陰乾，再進行過篩。亦有民眾自製滾筒或是篩網進行過篩。

3. 如何界定蚓糞品質指標

進行蚓糞時，如何界定產品的品質是一件重要的課題。而影響後端品質的因子包含原料、製作方式、預堆方式及時間、製作過程中是否有添加物、使用的蚯蚓品種、飼養密度以及產品儲存方式等，皆應該在生產紀錄中詳細的記載下來。本文擬節錄 Edwad(2010) 所提供之品質指標供讀者參考：

(1) 濕度 (Moisture content)

在蚓糞製作過程中，建議維持在 75-90%。由於蚯蚓需要水分進行一系列生理反應以維持基本生存，故製作環境一定要維持適當的濕度，避免蚯蚓脫水。而成品收集後，通常需要一段時間的風乾降低濕度，以符合國家肥料管理法中對於有機質肥料的規定。

(2) 酸鹼值 (Acidity)

原料會直接影響成品的酸鹼值，其種類及產品酸鹼值整理成下方表：

表 2. 不同原料之成品酸鹼值。

原料	成品酸鹼值	出處
羊糞	8.6	Gutierrez-Miceli <i>et al.</i> , 2007
牛糞	6.0 6.7	Jordao <i>et al.</i> , 2002 Alves <i>et al.</i> , 2001
豬糞	5.3 5.7	Atiyeh <i>et al.</i> , 2001 Atiyeh <i>et al.</i> , 2002
底泥	7.2	Masciandro <i>et al.</i> , 2002
菇包	7.7	潘等。未發表之數據

由於原料將直接影響產品酸鹼值結果，故施肥前須先了解當地土壤狀況，再進一步選擇適合的產品。

(3) 碳氮比 (Carbon:Nitrogen ratio)

當產品碳氮比偏高時，若直接施到土壤當中容易造成土壤微生物消耗土壤中所有之氮源，嚴重時可能與作物根系競爭氮源造成缺氮。一般而言，建議蚓糞產品之碳氮比為 15-25，另須依據肥料管理法所示相對應品目之碳氮比規定進行調整，以符合法規。

(4) 養分含量 (Plant nutrient content) :

產品養分含量會隨著添加物不同而出現不同的結果。筆者曾經利用瓜類及蔬菜殘渣進行試驗分析（如表 3），添加瓜類處理會使得產品鉀含量提高。故最終的養分是依據投料而產生變化。

表 3 不同添加物對蚓糞成品養分之影響。

	EC (dS/m)	pH	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
洋香瓜	2.87	8.54	35.43	2.60	0.92	2.01	7.86	0.52
夏南瓜	2.76	7.15	35.71	2.36	0.89	1.91	7.77	0.52
菜渣	2.91	8.34	35.31	2.62	0.43	1.07	4.97	0.50
菇包	4.25	7.78	33.19	2.66	0.48	0.57	9.80	0.67
菇包 (未處理)	1.34	8.27	41.80	1.20	0.29	0.41	5.36	0.33

4. 蚓糞的應用

蚓糞可以直接使用到土壤中或是製作成液體肥料進行土壤澆灌。由於蚓糞的基礎材料大多為廢棄菇包、牛糞或是豬糞，在使用上建議可以做為基肥施用，施用量建議依據土壤肥力分析報告進行用量評估。另一方面也可以將蚓糞製作成液體肥料進行土壤澆灌。

5. 使用蚓糞對於對於土壤及作物的效應

(1) 土壤物理性 (Soil physical property)

大多數蚓糞肥是以菇包或是牛糞做為基礎，將蚓糞施用到土壤後等同於將有機質施用到土壤當中。施用蚓糞後有助於改善土壤物理性質 (Lim *et al.*, 2014)，例如提升土壤孔隙率及土壤排水能力、降低總體密度及土粒密度與穩定土壤團粒構造並且有助於作物根系發展。在早期的研究中發現，蚓糞具有豐富的多醣體 (polysaccharide)，多醣體有助於促進團粒化作用穩定土壤團粒，進而增加土壤通氣性、保水能力。

表 4. 施用蚓糞後對土壤物理性質的影響 (節錄自 Manivannan *et al.*, 2009)

土壤性質	黏壤土 (Clay loam soil)				CD values
	對照組 (不施肥)	施用化肥 (20:80:40 kg ha ⁻¹)	施用蚓糞 (5 tn ha ⁻¹)	半量化肥 + 半量蚓糞	
孔隙率 (%) Pore space	35.41	34.27	38.68	36.87	5.87
總體密度 (Mg m ⁻³) Bulk density	1.13	1.17	0.98	1.09	0.14
土壤含水量 (%) Water holding capacity	83.80	81.60	94.80	92.30	0.68
陽離子交換容量 (cmol(+) kg ⁻¹) Cation exchange capacity	24.30	24.00	28.70	26.90	0.26

(2) 土壤化學性 (Soil chemical property)

蚓糞肥屬於緩釋肥的型態，在土壤當中會隨著時間及環境變化逐漸將肥分釋放於土壤環境當中。蚓糞製作完成後的碳氮比 (C/N ratio) 通常在 15-20，適合作為土壤有機質來源。在筆者以及前人研究中皆有發現蚓糞當中的硝酸態 (NO₃⁻) 氮為主要的無機態氮型態，進入土壤後可以直接被作物根系使用；另一方面蚓糞當中含有的磷肥中，有一部分屬於可直接被作物根系利用的磷肥 (Available phosphorus)，施用於土壤後可以迅速供應作物所需。

(3) 土壤生物性 (Soil biological property)

在前人研究當中蚓糞亦含有類似植物荷爾蒙的物質，包含 Auxin、Gibberellins

及 Cytokinin 等。這些類植物荷爾蒙將會促進種子發芽及作物生長，故在蚓糞的應用，有些會添加於栽培介質當中，藉以促進作物生長。研究指出蚓糞之所以會含有類植物荷爾蒙，是源自於蚓糞製作過程中經由微生物所轉化而來。除此之外，蚓糞當中所含有的腐植酸亦有助於作物生長及促進根系發展。

結語

隨著循環經濟觀念日益高漲，經過適當的處理往往可以將有機廢棄物加值為新一代的綠金。利用蚯蚓處理有機廢棄物提供另一條處理的解方。透過科學化的管理有助於使得處理流程更加流暢，也有助於提升品質。

參考文獻

1. 潘佳辰、黃瑞彰、江汶錦。2017。提高蚓糞堆肥製作效率之因子探討。臺南區農業改良場研究彙報 第 69 號。
2. 詹明泓。2013。不同預堆時間之豬糞與菇類養殖廢棄包的混合物對蚯蚓生長及蚓糞堆肥的影響。國立中興大學土壤環境科學系碩士論文。
3. Edwards, C.A., Q.A. Norman, and L.S. Rhonda. 2010. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press.
4. Lim, S.L., T.Y. Wu, P.N. Lim and K.P.Y. Shak. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. J. Sci. Food Agric. 95, 1143-1156.
5. Manivannan, S., M.Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran and L.S. Ranganathan. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). J Environ Biol 30:275-281.

Vermicompost: how to make and use it

Chia-Chen Pan, and Jui-Chang Huang

Tainan District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

Vermicomposting is a way to manage waste. The process of vermicomposting including pretreatment, monitoring and harvesting. The source of waste, water content of bedding material and the growth of earthworm should be concerned and monitored during vermicomposting. The quality of vermicompost was influenced by the source of waste. Vermicompost could not only enhance soil physical, chemical, and biological properties but also enhance the growth of crop.

Key Words: Vermicomposting, Vermicompost quality, Soil quality