

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 農業及生物科技科

091406

蟲蟲轉機－太空包堆肥化再利用

學校名稱：國立曾文高級農工職業學校

作者： 職二 賴玟吟 職二 侯婷文 職二 楊昀叡	指導老師： 蔡政廷 劉發勇
---	-----------------------------

關鍵詞：有機質、太空包、甲蟲

蟲蟲轉機—太空包堆肥化再利用

摘要

本研究預期利用飼養甲蟲達到轉化廢棄太空包木屑，進行較傳統堆肥化方法更快速且更安全的堆肥技術，綜合歸納結論如下：

- 一、以每日進食 200 公克的毛象兜蟲為例，3 萬噸被淘汰遺棄的太空包廢料可供約 41 萬隻毛象兜蟲一年食用量，並獲得 2 萬 4 千噸的轉化堆肥。
- 二、甲蟲幼蟲腸道系統中的消化液偏鹼，其排泄物可將一般因有機質分解所造成的土壤偏酸的問題達到改善的效果。
- 三、甲蟲轉化後的太空包廢料，其保水力與市售培養土之間並無存在太大的差異，甚至可能優於培養土，顯示仍有進一步探討的條件。
- 四、甲蟲轉化後的廢木屑肥份要遠高於市售培養土，顯示甲蟲轉化後的廢木屑值得進一步評估作為一般市售培養土的替代品。

壹、研究動機

台灣的地理位置屬於高溫多雨的熱帶及亞熱帶地區，土壤中的有機質轉化分解迅速，使得農田土壤有機質含量呈現普遍偏低的現象。由於有機質轉化分解是土壤中營養要素來源中極重要的因子之一，因此台灣地區為維持農田土壤的永續經營發展，即須強化農田土壤有機質管理措施。

根據農業年報 101 年香菇太空包年栽培數量高達 19,766 萬包，年產乾香菇 4,854 公噸，全年木屑太空廢包產出量亦高達 79,064 公噸。每年有將近 3 萬噸太空包培養廢渣被淘汰遺棄，或任意傾倒路邊、溝邊或樹下或填補低窪地用，不但影響觀瞻，且容易造成環境污染，殊為可惜。

一般菇類太空包栽培介質係由木屑、米糠、粉頭（或米粉、玉米粉等）加上碳酸鈣混合醱酵製作而成，這些培養基中含有碳、氫、氧三元素外，還有氮、硫、磷等有機化合物及以有機或無機形態存在的鐵、氯、鎂、矽、鋅、錳等微量元素其經菇類菌種繁殖利用後，尚有部份植物養分未被吸收，仍有利用價值，尤其龐大的蓬鬆容積體，猶可改良土壤理化性質，輕易放棄，如同暴殄天物，故就能源循環利用以減少環境污染且能增進土壤肥力而言，以菇

類栽培太空包廢渣製成堆肥後二度回饋於農田將可達到上述之雙重目的。

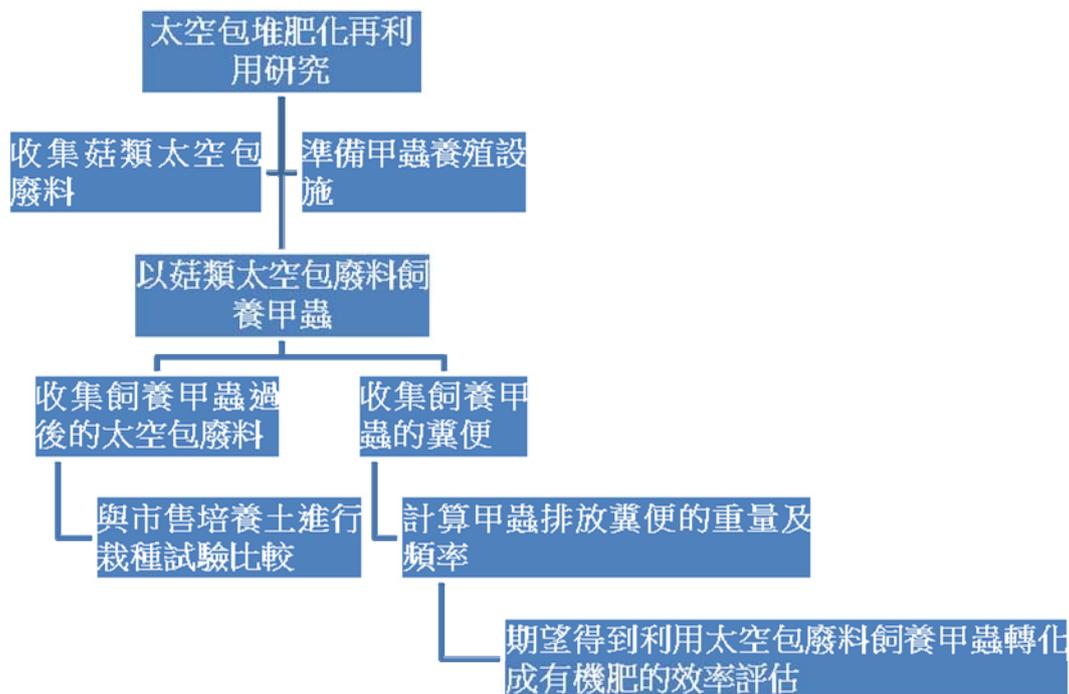
傳統堆肥堆積醱酵期間由於微生物的作用會產生高熱，若堆肥溫度持續保持如此高溫，將使微生物的繁殖受阻(氧氣量不足)造成厭氣醱酵，進而影響堆肥的品質，因此堆積期間需要加以翻堆，以利通氣。為改進傳統堆肥堆積耗時及耗力等缺點，本研究擬利用菇類太空包廢料養殖各類甲蟲，以加速堆肥化，供日後研究及應用之參考。

貳、研究目的與架構

一、 研究目的

- (一) 探討不同甲蟲幼蟲食用消耗太空包廢料的速度，以研究推估目前台灣全年木屑太空包廢料產出量，利用甲蟲幼蟲食用後的轉化速度。
- (二) 研究利用甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土（泥炭土）的差異性。
- (三) 利用甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土（泥炭土）進行栽種試驗，探討分析栽培介質混充不同比例的太空包廢料與市售培養土（泥炭土），栽種植物的生長差異性。

二、 研究架構



參、研究設備及器材

- 一、 設備及器材：塑膠飼養箱、玻璃飼養箱、洒水器、土壤酸鹼值及溼度測量器、游標尺、相機、電子天秤、整理箱。
- 二、 生物及其食物：獨角仙、烏干達花金龜、白條綠花金龜、毛象兜及犀角金龜、甲蟲專用果凍、木耳太空包廢料、一般市售的培養土（泥炭土）、田土。

肆、研究過程或方法

一、 甲蟲生活史

（一） 獨角仙

獨角仙（*Allomyrinadithotomus*，）又稱台灣兜蟲，為甲蟲綱、鞘翅目、金龜科的植食性金龜，是僅次於台灣長臂金龜，號稱台灣第二大甲蟲。身體呈紅褐色至黑褐色，體長約40~70mm，雄蟲頭部上方有一根分叉的長犄角，前胸背板有一根分叉的短犄角，雌蟲只有頭部前額部分有些微的突出。雄蟲



翅鞘光滑，雌蟲翅鞘較無光澤且有細毛，夜晚有趨光性。成蟲以舔食樹液為生，繁殖季會在枯腐的樹幹或堆肥中產卵，幼蟲吃其中的腐植質，經一齡、二齡、三齡後便化蛹，蛹再羽化成成蟲。

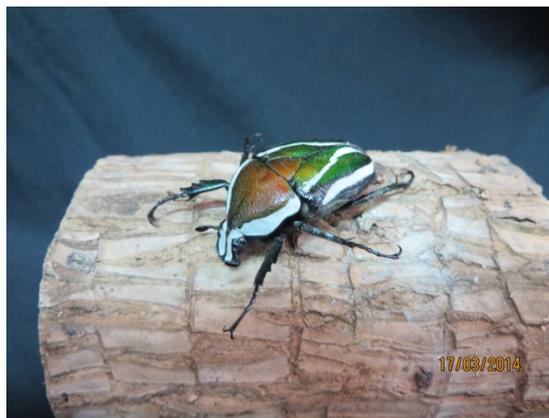
（二） 烏干達花金龜

烏干達花金龜原產於非洲，體型比台灣常見的金龜子大許多，由於顏色多變、色彩豐富，有「非洲移動寶石」的稱號。金龜子都十分好動，要拍清楚不容易，這種花金龜的一個世代須要一年的時間，幼蟲期有7~10個月不等，蛹期約3個月，幼蟲食用腐植土，成蟲則採食花粉及植物汁液。



(三) 白條綠花金龜

白條綠花金龜 (*Dicronorhinaderbyana*)，分布於非洲坦尚尼亞、莫桑比克、馬拉威、尚比亞、薩伊和加蓬共和國。體長30~50mm，幼蟲期6~8個月，成蟲壽命2~6個月。飼養溫度成蟲25~34℃，幼蟲22~32℃。繁殖和幼蟲飼養時可用各種腐植土為產卵床及飼養床，惟腐植土濕度需低一點。卵和剛孵化的幼蟲很小，建議布置好產卵環境，2個月後再檢視取出幼蟲。成蟲飛行和繁殖能力強，小心防範成蟲飛走，避免造成外來種引起的生態危機。



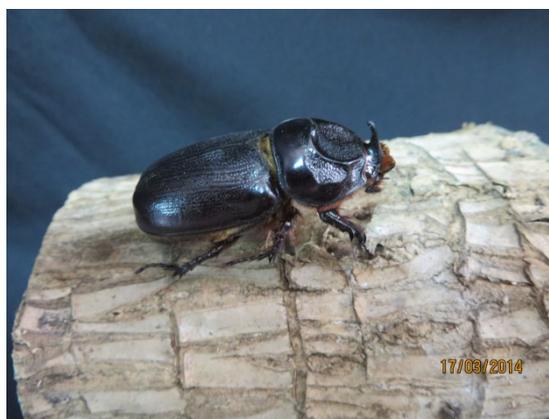
(四) 毛象兜

毛象大兜蟲 (*Megasomaelephus*)，原產地：中美洲、墨西哥。是象兜蟲屬的代表品種，成蟲體表覆蓋金黃色短絨毛，公蟲擁有發達的頭角及向左右方平斜伸出的短胸角；母蟲沒有頭角，前胸背板及鞘翅上半部沒有覆毛，其餘部分同公蟲覆有金黃色短毛。幼蟲期比起獨角仙要長很多，大概12到18個月左右，個別大型個體也有超過24個月才化蛹的現象。成蟲性格溫順，壽命短，大概4到6個月。



(五) 犀角金龜

犀角金龜，俗稱台灣兜蟲或台灣獨角仙。成蟲全年皆可發現，較多出現在4~7月間，成蟲最喜產卵於枯死椰子樹幹內，其次為堆肥或腐草內，卵期約11~13天，幼蟲期約100天至100餘天，前蛹期6~10天，蛹期21~24天，雌蟲一生可產卵70~100粒，幼蟲脫皮二次，共三齡，老熟幼蟲以腐植質作繭化蛹，成蟲壽命在自然環境下約為3~4月。



二、 探討不同甲蟲食用消耗太空包廢料的速度

準備18個透明塑膠飼養箱，分成三組各6個，每組皆做以下實驗：每個飼養箱皆放入木耳太空包廢料八分滿，及五種甲蟲二、三齡幼蟲一隻，加上一個對照組，如表一所示。

【表一】 利用木耳太空包廢料飼養甲蟲幼蟲分組試驗對照表

組別	第一組／第二組／第三組					
編號	1	2	3	4	5	6
甲蟲	獨角仙	烏干達花 金龜	白條綠花 金龜	毛象兜	犀角金龜	對照組
數量	10	10	10	10	10	0

觀察並記錄各個飼養箱內各種甲蟲幼蟲的排遺速率。七天後，將各個飼養箱的木耳太空包廢料倒出，觀察並記錄每隻幼蟲的糞便數量與重量，並重新放入木耳太空包廢料八分滿及幼蟲，依此重複四星期。

三、 探討利用甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土（泥炭土）的差異性

收集整理上述 18 個飼養箱倒出的木耳太空包廢料，按五種甲蟲幼蟲所轉化的順序加上對照組，進行與市售培養土在物理性及化學性的比較分析，如通氣性、保水性及酸鹼值測定。

四、 栽種試驗

收集整理上述 18 個飼養箱倒出的木耳太空包廢料，分級整理成粗、細二類（圖一），以較容易生長的蘿蔓萵苣為栽種對象，並與田土及市售培養土（泥炭土）進行栽種試驗的比較分析。



圖一 甲蟲轉化後的太空包廢料篩網過濾

五、統計分析

將所得記錄結果利用微軟的 Excel 系統做統計分析。

伍、結果與討論

一、不同甲蟲幼蟲食用消耗太空包廢料的速度研究

各個飼養箱內各種甲蟲幼蟲的排遺試驗紀錄如表二、三及四所示，三組試驗總平均值則記錄如表五。由數據資料顯示五種甲蟲幼蟲的排遺狀況以毛象兜蟲每小時 6.79 五克最高，其次是烏干達花金龜的 0.97 克及獨甲仙的 0.66 克（表五），此現象一如意料，因為由體型外觀及排糞大小及頻率便可一窺端倪（圖二）。



圖二 五種甲蟲糞便大小比較圖

【表二】 利用木耳太空包廢料飼養甲蟲幼蟲第一組試驗紀錄表

組別	第一組					
編號	1	2	3	4	5	6
甲蟲	獨角仙	烏干達花金龜	白條綠花金龜	毛象兜	犀角金龜	對照組
數量	10	10	10	10	10	0
排遺均重(克)	0.12	0.256	0.047	1.18	0.085	0
排遺頻率(粒/時)	4	4	2	6	2	0
每小時排遺總重量(克)	0.48	1.024	0.094	7.08	0.17	0

【表三】 利用木耳太空包廢料飼養甲蟲幼蟲第二組試驗紀錄表

組別	第二組					
編號	1	2	3	4	5	6
甲蟲	獨角仙	烏干達花 金龜	白條綠花 金龜	毛象兜	犀角金龜	對照組
數量	10	10	10	10	10	0
排遺均重(克)	0.17	0.234	0.061	1.09	0.079	0
排遺頻率(粒/時)	5	3	3	7	3	0
每小時排遺總 重量(克)	0.85	0.702	0.183	7.63	0.237	0

【表四】 利用木耳太空包廢料飼養甲蟲幼蟲第三組試驗紀錄表

組別	第三組					
編號	1	2	3	4	5	6
甲蟲	獨角仙	烏干達花 金龜	白條綠花 金龜	毛象兜	犀角金龜	對照組
數量	10	10	10	10	10	0
排遺均重(克)	0.12	0.256	0.047	1.18	0.085	0
排遺頻率(粒/時)	4	4	2	6	2	0
每小時排遺總 重量(克)	0.48	1.024	0.094	7.08	0.17	0

【表五】 利用木耳太空包廢料飼養甲蟲幼蟲試驗總平均紀錄表

組別	總平均					
編號	1	2	3	4	5	6
甲蟲	獨角仙	烏干達花 金龜	白條綠花 金龜	毛象兜	犀角金龜	對照組
數量	10	10	10	10	10	0
排遺均重(克)	0.14	0.26	0.054	1.13	0.085	0
排遺頻率(粒/時)	4.67	3.67	3	6	3	0
每小時排遺總重 量(克)	0.66	0.97	0.166	6.79	0.26	0

截至目前本研究尚未發現有關甲蟲進食量與排糞量之間的比例關係，僅於王懷禹先生所發表的「畜禽糞便的營養及飼料化應用」文中提及一「雞由於消化道很短，食物在消化道內停留的時間短，對飼料的消化吸收能力較差，其消化率僅為攝入量的 20% 左右，80% 未被消化而隨糞便排出體外。」。因此，本研究將以此為前提，假設所有甲蟲的排糞量占總攝取量的 80%，則依此可計算出每隻甲蟲每小時的攝取量公式如下：

$$\text{每小時的攝取量} = \text{每小時的排糞量} \div 80\% \quad \text{—— (公式一)}$$

依據公式一可分別計算出五種甲蟲每隻每小時的進食量，並推算出每日每隻的進食量如表六。

【表六】 五種甲蟲每隻每小時及每日的進食量

甲蟲	獨角仙	烏干達花金龜	白條綠花金龜	毛象兜	犀角金龜
數量	10	10	10	10	10
每小時排遺總重量(克)	0.66	0.95	0.166	6.79	0.26
每小時的進食量(克/時)	0.825	1.2088	0.2071	8.4833	0.3213
每日的進食量(克/日)	19.8	29.01	4.97	203.6	7.71

根據農業年報 101 年香菇太空包全年木屑廢料產出量高達 79,064 公噸，且每年約有將近 3 萬噸太空包培養廢渣被淘汰遺棄。若以食量最大的毛象兜蟲為例，並以每日進食 200 公克計算，則光是 3 萬噸被淘汰遺棄的太空包廢料已可供約 41 萬隻毛象兜蟲一年食用量，並獲得 2 萬 4 千噸的轉化堆肥。由此本研究認為利用甲蟲幼蟲來進行太空包木屑廢料的堆肥化再利用，在效率上應值得進一步的探討，並進行實質應用的可行性評估。

二、 利用甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土的差異性研究

本研究將五種甲蟲轉化後的太空包廢木屑及市售培養土各秤取 200 公克，分別填裝於五吋塑膠盆、三重複（圖三），進行物理性及化學性的比較分析，如通氣性、保水性及酸鹼值測定。方法為將每個塑膠盆加入 200 公克的水，待重力水排出後秤重，此後每隔一小時秤重一次並記錄。另準備一以酸檢測定儀測定酸鹼值，水分及酸鹼值測定紀錄如表七所示。



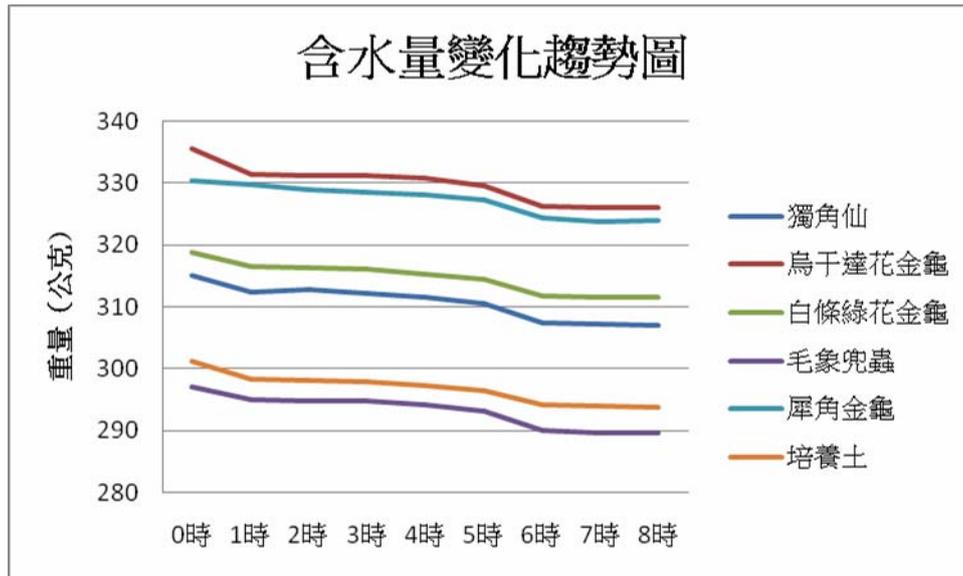
圖三 轉化後的太空包廢料與市售培養土含水量變化比較試驗設計

【表七】五種甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土酸鹼值與含水量變化比較單位：公克

	獨角仙	烏干達花 金龜	白條綠花 金龜	毛象兜蟲	犀角金龜	培養土
酸鹼值 (pH)	7.3	7.3	7.6	7.4	7.2	5.7
加滿水後至盆底無水滲出重量	315.2	335.6	318.8	297.2	330.4	301.2
1 時後重量	312.5	331.5	316.6	295	329.7	298.4
2 時後重量	312.8	331.3	316.4	294.9	329	298.1
3 時後重量	312.3	331.2	316.2	294.8	328.6	298
4 時後重量	311.5	330.8	315.4	294.2	328.1	297.4
5 時後重量	310.5	329.6	314.4	293.2	327.4	296.5
6 時後重量	307.4	326.2	311.8	290	324.4	294.2
7 時後重量	307.3	326.1	311.6	289.7	323.8	293.9
8 時後重量	307.1	326	311.5	289.6	324.1	293.8
總蒸發百分比 (%)	7.0	7.1	6.14	7.8	4.83	7.31

由實驗結果顯示，五種甲蟲轉化後的太空包廢木屑的酸鹼值皆介於 7.2 與 7.6 之間的偏鹼性。相反的，市售培養土則呈現偏酸的 5.7，對此本研究推斷可能應與甲蟲幼蟲腸道系統中的消化液偏鹼的原因有關，導致甲蟲幼蟲的排泄物對太空包廢木屑的酸鹼值作了某種程度的提升，此作用可將一般因有機質分解所造成的土壤偏酸的問題達到改善的效果，值得進一步進行評估。

圖四所示為五種甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土含水量變化趨勢圖，由圖可看出五種甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土在含水量變化的趨勢上均呈現自然的緩降情形。



圖四 五種甲蟲轉化後的太空包廢料與市售培養土含水量變化趨勢圖

以保水性而言，由表七紀錄可看出最佳的就是犀角金龜，8 小時僅蒸發 6.3 克；其次依序為白條綠花金龜（7.3 克）、培養土（7.4 克）、毛象兜蟲（7.6 克）、獨角仙（8.1 克）及烏干達花金龜（9.6 克），此結果與本研究的預期雖然不是百分之百的全然吻合，但仍符合學理上土粒密度越大、保水力越強的論述，例如保水力最佳的犀角金龜排遺廢木屑，其排遺均重僅 0.085 克，在五種甲蟲中僅次於白條綠花金龜的 0.054 克，結果此二種確如所預期的具有最少的蒸發量。令人意外的是排遺均重最重的毛象兜蟲保水力卻高於獨角仙及烏干達花金龜，猜測可能原因應是食量最大的毛象兜蟲，其轉化廢棄太空包木屑的速度較快，導致轉化後的推肥殘留的木屑最少，反而提高了推肥的密度，相對增加了其保水力。不過，整體而言，六種試驗的差異性並不明顯，但由實驗結果看來仍值得進一步設計更精確的試驗方法來進行評估。

影響土壤保水力的原因很多，除土粒密度外，有機質的多寡、分解程度及土粒構造等均是影響土壤含水量多寡的重要因素。本研究在保水力的試驗設計上確有不足，導致結果產生過多的不確定因素，影響最後的資料解讀分析。除此以外，本研究仍認為五種甲蟲轉化後的太空包廢料，其保水力與市售培養土之間並無存在太大的差異，甚至部分還優於培養土，顯示仍有進一步探討的條件。

三、栽種試驗

本研究進行栽種試驗時間約三個星期，由表八及蘿蔓萵苣外觀實際的生長情形(圖

三) 發現，在六種不同的栽培介質中以甲蟲排遺(細)及甲蟲排遺(粗)的蘿蔓萵苣生長情形最好(均重分別為 139.8 及 122.8 克)，其次依序是田土：甲蟲排遺=1：1 (111.2 克)、市售培養土 (84.2 克)、自然發酵廢木屑 (54 克) 及田土 (28.5 克)。

根據上述實驗結果，推測生長情形最差的田土，屬於營養成分不足的貧瘠土壤，導致蘿蔓萵苣生長情形不佳(可視為對照組)。而自然發酵廢木屑則可能是因為時間不足導致發酵不完全，只有部分纖維素及木質素進行簡單分解，其他成分仍無法分解供給蘿蔓萵苣生長之用，所以生長仍然不理想。田土：甲蟲排遺=1：1 混充的栽培介質與市售培養土生長情形一致，較為平常，表示甲蟲轉化後的廢木屑肥份要遠高於市售培養土。甲蟲排遺中細與粗的分別並不大，蘿蔓萵苣生長情形都較其他四種栽培介質繁茂，顯示甲蟲轉化後的廢木屑值得進一步評估作為一般市售培養土的替代品。

【表八】 六種栽培介質進行栽種蘿蔓萵苣三星期後的生長重量紀錄表

栽培介質 萵苣編號	田土	自然發酵廢木屑	田土：排遺=1：1	甲蟲排遺(粗)	甲蟲排遺(細)	市售培養土
1	23	49	102	126	156	72
2	37	55	113	137	121	87
3	31	67	127	133	151	79
4	26	43	109	141	138	93
5	33	51	118	109	147	99
6	21	59	98	91	126	75
均重(公克)	28.5	54.0	111.2	122.8	139.8	84.2



(a)田土 (b)自然發酵



(c) 田土：甲蟲排遺(細)=1：1



(d) 甲蟲排遺(粗)



(e) 甲蟲排遺(細)



(f) 市售培養土

圖三 不同栽培介質栽種蘿蔓萵苣生長差異比較圖

陸、結論

一般農業廢棄物均兼具污染性及資源性，如妥為處理，將能轉化為農業生產系統中的養分源（N、P、K）及能量源（C）。因此將農業廢棄物回歸於農田，不僅合乎資源再利用的自然法則，而且也是現今消納如此龐大量有機廢棄物之重要方向之一。然而施用未腐熟的有機物，容易造成土壤過度還原性及釋出毒性物質等問題，因此有機廢棄物需經過適當的堆肥化處理以除去不良有機成分及毒性物質等限制作物生長的因子。

本研究預期利用飼養甲蟲達到轉化廢棄太空包木屑，進行較傳統堆肥化方法更快速且更安全的堆肥技術，綜合歸納結論如下：

- 一、 每年近 3 萬噸被淘汰遺棄的太空包培養廢渣，若以食量最大的毛象兜蟲為例，並以每日進食 200 公克計算，則光是 3 萬噸被淘汰遺棄的太空包廢料已可供約 4 萬 2 千隻毛象兜蟲一年食用量，並獲得 2 萬 4 千噸的轉化堆肥。
- 二、 甲蟲幼蟲腸道系統中的消化液偏鹼，導致甲蟲幼蟲的排泄物對太空包廢木屑的酸鹼值作了某種程度的提升，此作用可將一般因有機質分解所造成的土壤偏酸的問題達到改

善的效果。

- 三、 五種甲蟲轉化後的太空包廢料，其保水力與市售培養土之間並無存在太大的差異，甚至犀角金龜及白條綠花金龜還可能優於培養土，顯示仍有進一步探討的條件。
- 四、 甲蟲排遺中細與粗的分別並不大，蘿蔓萵苣生長情形都較其他四種栽培介質繁茂，顯示甲蟲轉化後的廢木屑值得進一步評估作為一般市售培養土的替代品。

柒、參考資料

1. 行政院農業委員會，農業統計年報，2012年。
2. 畜禽糞便的營養及飼料化應用，王懷禹，南充職業技術學院，中國。
3. 土壤學，郭魁士，遠東圖書公司，1978。

【評語】 091406

1. 實驗主題及擬解決之問題具有創意及應用性。
2. 實驗設計之科學性較為不足。
3. 實驗記錄宜加強。
4. 建議蟲體之大小及重量亦可一併評估，則可進一步提高其應用性。