

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科（2）（環保與民生）

組 別：國小組

作 品 名 稱：點綠成金

關 鍵 詞：落葉堆肥、碳氮比、固碳

編 號：A7028

摘要

主要研究目的為利用落葉堆肥來固碳的可行性，並使用不同資材的碳氮比進行落葉堆肥。研究發現，使用不同比例的碳氮比資材與加入水果酵素水溶液混合可以影響落葉堆肥的腐熟度和肥力，並將學校收集的落葉用於堆肥可以解決落葉問題。研究使用的器材包括溫溼度計、IPAD、磅秤、豆渣、咖啡渣、樹枝、水果酵素和紗網。在研究過程中，設置不同的實驗組和對照組，使用蚯蚓法和發芽試驗法等方法來測試落葉堆肥的效果並觀察每組的腐熟度和肥力。研究結果提出了落葉堆肥的優點和應用價值，有助於推廣這種環保、可持續的方法來處理落葉問題和進行固碳。

壹、前言

一、研究動機

平常學校掃地收集的落葉裝進垃圾袋丟進垃圾車送到焚化爐，焚燒的同時產生二氧化碳卻也造成全球暖化，若不焚燒落葉是否有其他解決方式？於是「落葉堆肥」的想法應運而生，落葉堆肥是為了「固碳」，將植物的有機碳鎖在土壤裡，而不是當成廢棄物來燃燒產生二氧化碳。

二、研究目的

- (一)、 研究不同碳氮比在堆肥持續保持常溫後之腐熟度為何。
- (二)、 研究不同碳氮比對落葉堆肥的肥力之影響。
- (三)、 利用落葉堆肥解決學校落葉問題的可行性。

三、文獻回顧

台北市政府教育局(2000)落葉堆肥研究成果手冊提到落葉堆肥最重要的為碳氮比，因為良好的碳氮比例可以影響落葉分解的速率，發現「碳」是堆肥中微生物與昆蟲的食物來源；「氮」則為形成微生物的重要組成之一，手冊中更提到校園日常生活中要進行堆肥行動，則碳 30 比氮 1 為較好掌握的數值，因為堆肥試驗場要設置在校園中，又不能有過多的阿摩尼亞氣體，也是堆肥常產生刺鼻味的主要源頭，因此要進行校園堆肥，「氮」的控制也就至關重要。

青山貿易有限公司(2017)在如何幫土壤做健康檢查的文章中也提供我們評估落葉堆肥完成後的肥力檢測指標，完成堆肥後的腐熟土壤其經溫水稀釋後的水溶液要是酸鹼值介於 5.5 至 7 之間且電導度(EC 值)介於 0.5-1 之間則為適合作物生長的土壤，除此之外也會使用發芽測試中的土壤測試法，實際種植小白菜，觀察三種落葉堆肥與一般園藝店所販售的培養土種植出來的小白菜有何區別。

行政院農委會(2007)提出的堆肥腐熟度判定法中，我們選擇使用蚯蚓法與發芽測試中的濾液試紙法，以上兩種方法為本次腐熟度的判定方式。

貳、研究設備及器材

溫溼度計 3 支、IPAD1 台、落葉(校園周邊)、磅秤、豆渣、咖啡渣、樹枝、水果酵素、菌土、紗網…等。

參、研究過程與方法

一、準備實驗器材及設置管理。

- (一)、將落葉堆肥區用綠色紗網圍成 1 公尺 x 公尺的正方形區域，觀測其區域內堆肥腐熟度。
- (二)、將實驗材料分別處理，落葉予以粉碎處理，並準備黃豆渣、菌土、咖啡渣、樹枝與甘蔗渣…等材料。
- (三)、將堆肥場分為 3 組，分別為對照組(碳氮比 40:1)、實驗組 1、2(碳氮比 30:1 與碳氮比 30:1 加上酵素水)資材按比例堆放
- (四)、每天或兩天觀測紀錄落葉堆肥內的溫度、濕度及腐熟情形。



圖一、資材堆疊



圖二、紀錄資材重量



圖三、堆肥實驗場



圖四、實驗記錄(溫度、濕度)

二、實驗設計

(一)、落葉堆肥處理實驗層次示意圖

	對照組 (不控制碳氮 比)	實驗組 1 (控制碳氮比為 1:30)	實驗組 2 (控制碳氮比為 1:30)	功能敘述
添加 水質	一般民生用水	一般民生用水	酵素水	有益菌的添加與否與 落葉腐熟
第八層	黑塑膠袋	黑塑膠袋	黑塑膠袋	保持恆溫與防止異味
第七層	粗糠	粗糠	粗糠	保濕與防止異味
第六層	菌土	菌土	菌土	給予落葉適合的菌落
第五層	落葉	咖啡渣	咖啡渣	增加氮素資材
第四層		落葉	落葉	碳素資材
第三層	豆渣	豆渣	豆渣	增加氮素資材
第二層	落葉	落葉	落葉	碳素資材
第一層	甘蔗渣與樹枝 鋪底層	甘蔗渣與樹枝 鋪底層	甘蔗渣與樹枝鋪 底層	控制濕度與避免積水

表一、落葉堆肥處理實驗層次示意圖

(二)、落葉堆肥添加資材紀錄表(單位：公斤)

日期	豆渣	咖啡渣	乾樹葉	菌土
2022/9/30	12.6	4.2	14.7	
2022/10/4	12	4	14	
2022/10/6	6.6	2.2	8.8	15
總計	31.2	10.4	37.5	15

表二、落葉堆肥添加資材紀錄表

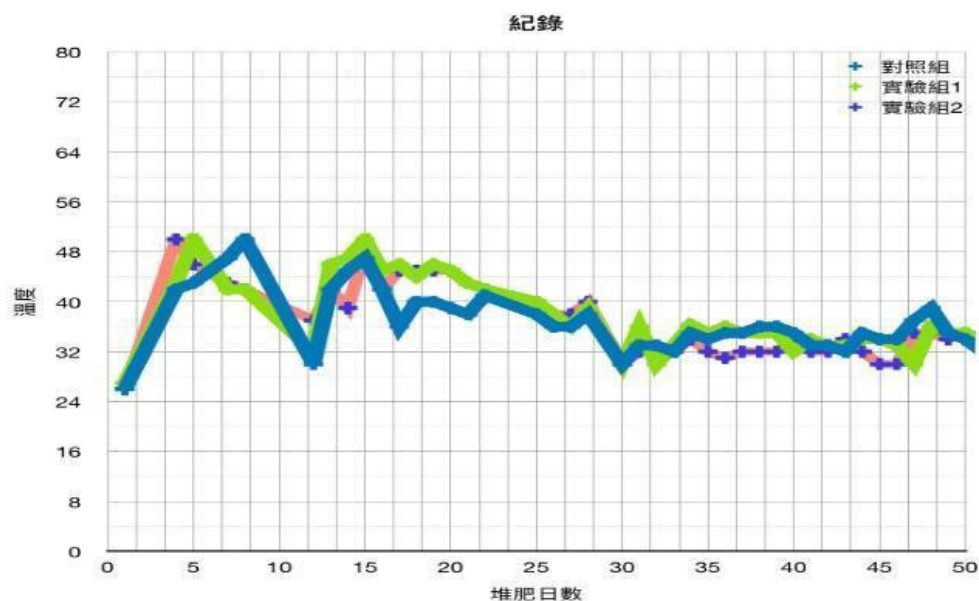
三、實驗方法

- (一)、待堆肥的落葉維持常溫後，使用蚯蚓法測定不同碳氮比之落葉堆肥之腐熟度如何。
- (二)、待堆肥的落葉維持常溫後，用紙上發芽試驗法測試不同碳氮比落葉堆肥之腐熟度如何。
- (三)、以種植小白菜來測試不同碳氮比落葉堆肥之肥力的如何。

肆、研究結果

一、研究不同碳氮比在堆肥持續保持常溫後之腐熟度為何。

(一)、落葉堆肥發酵時會產生放熱反應，紀錄每日溫度作為堆肥發酵情形如下。



表三、落葉堆肥每日溫度記錄表

由表三得知，實驗組 1 與實驗組 2 較快達到氮化放熱反應，對照組相對較慢。第 11 天因溫度下降經翻攪後，平衡其堆內微生物混合程度，因此經翻攪後，三組皆有再次達到氮化放熱反應。經 20 天後，一直到實驗結束，三組皆無明顯溫度提升。

另外，在堆肥發酵期間可以發現有許多生物，如蝸牛、馬陸、黑水虻、蜈蚣…等多樣生物聚集，但在堆肥持續常溫後，才開始發現土壤中有蚯蚓的蹤跡。在經過 20 天持續低溫後，我們經由肉眼判斷，發現落葉形狀幾乎完全改變，外型與一般土壤無異，因此，我們決定開始進行腐熟度的測試。

(二)、腐熟度檢測

1. 蚯蚓法：

經蚯蚓法判定三種落葉堆肥腐熟度皆成功讓蚯蚓順利潛入，其原理為利用蚯蚓嗜食蛋白質或醣類多之物質，厭惡酚類或氨氣之習性，如未腐熟之堆肥則蚯蚓不會滯留潛入的特性。



圖五、三種堆肥



圖六、蚯蚓測驗

實驗結果發現，蚯蚓在置入堆肥中，皆很快地鑽入，沒有向兩側逃竄的現象，因此初步判定落葉堆肥已經達到腐熟。

2. 發芽試驗法

青山貿易有限公司在如何幫土壤做健康檢查 (2017)。提到可以取三種樣土各 5 克，並加入 200ml 的 60 度水溶液稀釋後，再透過濾紙過濾水中雜質並讓水溶液沉澱 2 小時後，取其水溶液進行試驗，如取樣土壤為腐熟堆肥含氮、氮類或精油等有害成分，則會不利種子發芽，因此以小白菜種子試驗發芽狀況 (25 顆)，如實驗組發芽率達對照組 (蒸餾水) 的 90% 以上則腐熟度判定為完成腐熟的狀態，反之則為未腐熟 (表四)。

	對照組(蒸餾水)	實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3
發芽種子數	21	23	19	18
以對照組的發芽率為基準	100%	109%	90.4%	85.7%
腐熟度		腐熟	腐熟	未腐熟

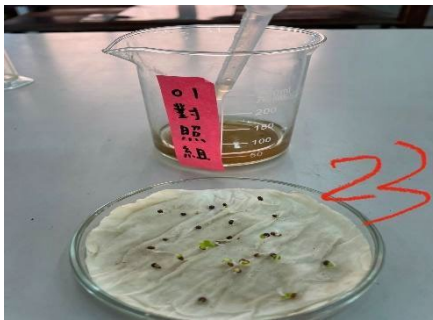
表四、利用發芽測試法進行腐熟度的測試



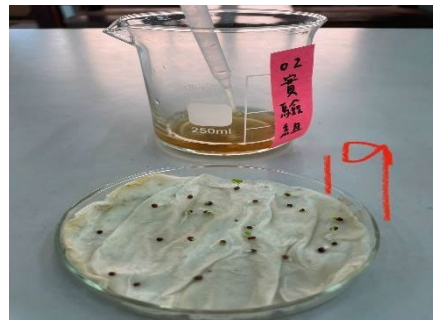
圖七、土壤濾液



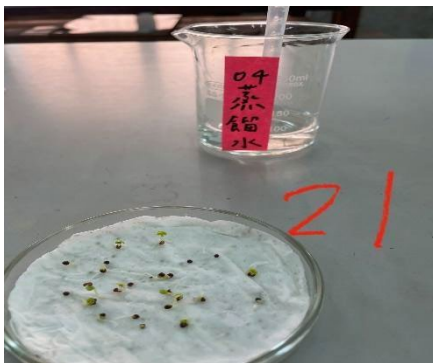
圖八、土壤濾液



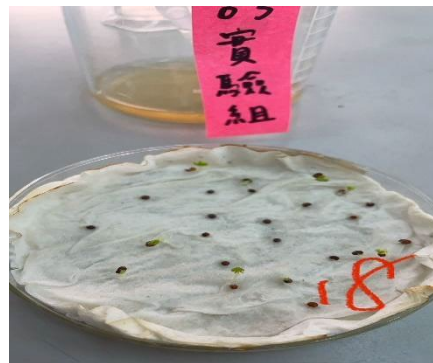
圖九、實驗組 1 發芽數



圖十、實驗組 2 發芽數



圖十一、蒸餾水發芽數



圖十二、實驗組 3 發芽數

從表四，我們發現實驗組 3 未達腐熟，但是，因為接近 90%的發芽標準，因此，有可能是誤差造成。所以，我們決定還是繼續進行肥力測試。

二、研究不同碳氮比對落葉堆肥的肥力之影響。

(一)、以種植小白菜(18 顆)至四組土壤，測量小白菜 0-21 天的生長高度、葉片數量與葉片寬度，來測試土壤肥力。

	對照組培養土			實驗組 1 碳氮比 1:40			實驗組 2 碳氮比 1:30			實驗組 3 碳氮比 1:30(使用 酵素水)		
發芽種子 數	10			12			11			13		
日期	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1
平均葉片 數量	2.30	3.10	2.90	2.80	4.50	4.83	3.00	4.81	5.81	2.85	4.31	5.23
平均葉片 寬度	0.53	0.72	0.68	1.09	1.48	2.47	1.27	2.14	3.64	1.19	1.74	3.11
平均生長 高度	1.1	1.5	1.48	1.78	2.73	3.43	1.85	2.68	4.42	1.77	3.31	4.72

表五、種植小白菜之生長紀錄表



圖十三、小白菜第 0 天



圖十四、小白菜第 7 天



圖十五、小白菜第 14 天



圖十六、小白菜第 21 天

日期	對照組(培養土)			實驗組 1			實驗組 2			實驗組 3		
	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1	2/17	2/24	3/1
以對照組的平均葉片數量為基準	2.30 片	3.10 片	2.90 片	121. 73%	145. 16%	166. 55%	107. 14%	155. 16%	200. 34%	100. 78%	139. 03%	180. 34%
以對照組的平均葉片寬度為基準	0.53 cm	0.72 cm	0.68 cm	205. 57%	205. 56%	363. 24%	239. 62%	297. 22%	520. 59%	224. 53%	241. 67%	501. 61%
以對照組的平均生長高度為基準	1.10 cm	1.50 cm	1.48 cm	161. 82%	182 %	290. 54%	168. 18%	178. 67%	299. 32%	160. 91%	220. 67%	318. 92%

表六、以對照組為基準值進行比較

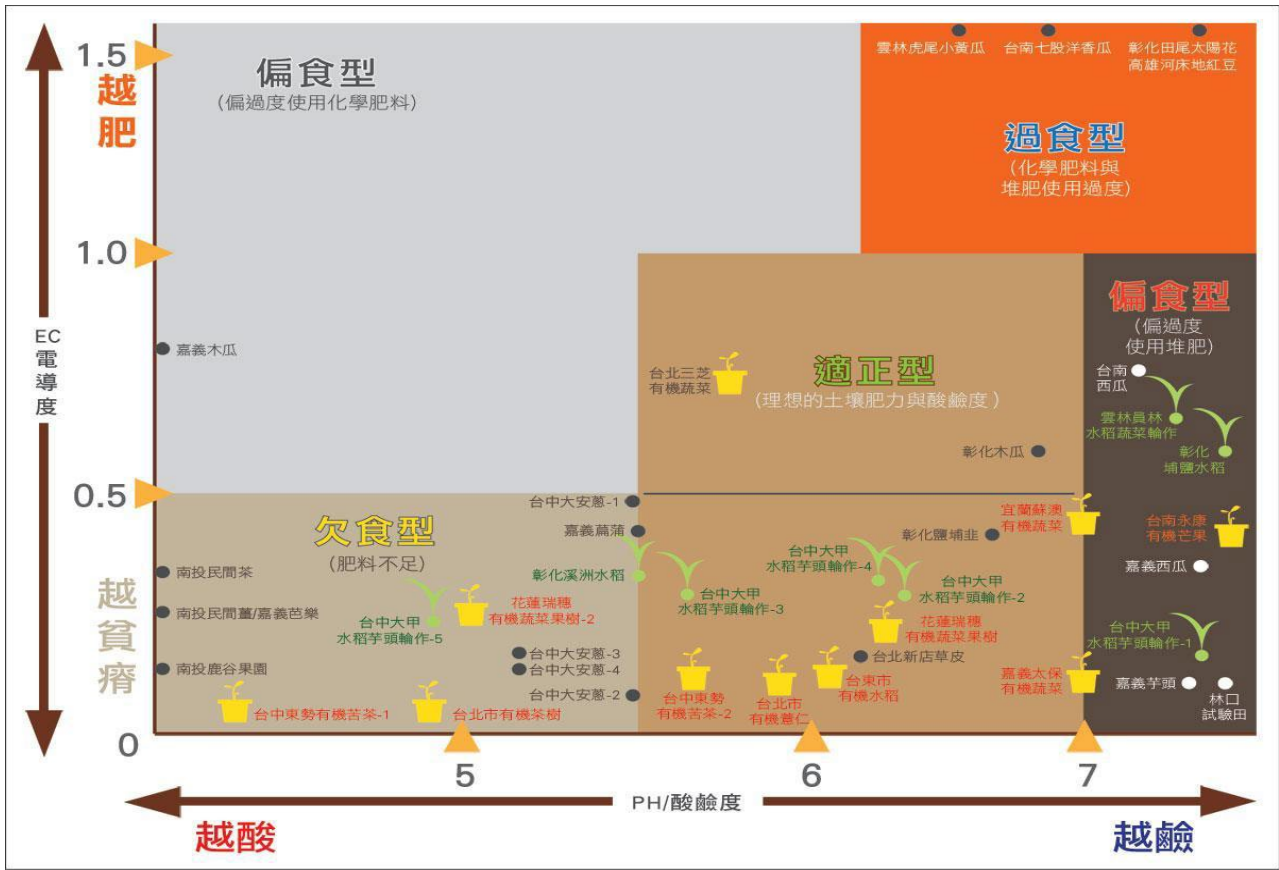
當我們以對照組為基準進行比較時(表六)，可以發現實驗組 2(碳氮比 30:1)和實驗組 3(碳氮比 30:1 加酵素水)的小白菜生長情形包括葉片數；葉片寬度、生長高度皆有大幅度的增加，而實驗組 1(碳氮比 40:1)增加幅度較小。

(二)、電導度檢測

青山貿易有限公司的如何幫土壤做健康檢查。(2017)。提出取三種樣土各 5 克，並加入 200ml 的 60 度水溶液稀釋後，在經濾紙過濾水中雜質後，濾水並經 2 小時沉澱，測量其水溶液的電導度與酸鹼值可以判定堆肥的土壤種類(圖、十七)，其數據與結果如表七：

	實驗組 1 碳氮比 40:1	實驗組 2 碳氮比 30:1	實驗組 3 碳氮比 30:1 使用酵素水
電導度	0.256 ds/m	0.348 ds/m	0.328 ds/m
酸鹼值	7.5	7.5	7.2
判定土壤種類	偏食型	偏食型	偏食型

表七、三組堆肥的電導度、酸鹼值與土壤種類



圖、十七 如何幫土壤做健康檢查。(2017)。青山貿易有限公司。取自 <https://www.greenmountain.com.tw/agricultural/articles/YPwcXCRro3mB9A7ag>

伍、討論

- 一、本次實驗為小型堆肥，在實驗期間堆肥溫度都在 30 至 40 度之間其數值與蔡宜峯、陳俊位與陳榮五。(2009)。落葉廢棄物製作堆肥技術之研究。堆肥溫度可達 60 度的數據有落差，可能原因為其堆肥範圍未達一定標準 1.5 公尺*1.5 公尺*1.5 公尺的量與碳氮比過高 30:1，未來可以嘗試規模更大的落葉堆肥與氮比更高的做法，但未來要面對的挑戰就是—阿摩尼亞。
- 二、本次堆肥試驗中，三種堆肥經電導度與酸鹼值測試後，對照青山貿易有限公司的如何幫土壤做健康檢查(2017)，其結果皆為偏食型，其解釋為過度使用堆肥，推測本次實驗結果可能為控制碳氮比為 30:1 甚至達到 40:1 因此造成其結果，但是，從另一方面解釋，我們也解決了落葉堆肥普遍會發出刺鼻臭味的源頭—控制「氮」比，因此我們的落葉堆肥不會散發出刺鼻的阿摩尼亞味道。
- 三、本次落葉堆肥中，為了加速其落葉堆肥的時程，我們使用「攪碎」的落葉，原本自然的落葉堆肥經行政院農委會的歷史資料中，至少要經過六個月的時間才能達到腐熟，而本次試驗使用兩個多月就幾乎達到腐熟的程度。
- 四、進行試驗前，因為經【有機液肥 DIY】自製神奇環保植物酵素液-天然除蟲劑和有機肥料！(2022)。香港，嗡嗡樹網站提到如堆肥是添加酵素水其肥力會較佳，本次實驗組皆控制碳氮比為 1:30，因此預估使用酵素水之實驗組的肥力會優於其他兩組，但實驗後的結果不如預期，可以推測為使用酵素水的比例不夠多，因為本次實驗中的酵素水是經 1(水果酵素):40(自來水)的比例下去調配，

陸、結論

本次實驗讓我們了解到落葉堆肥的執行與照顧並無想像中困難，其味道也不會有腐臭味，本次實驗製作出來的不同碳氮比堆肥在堆肥持續保持常溫後之腐熟度皆為腐熟，其肥力也有一定水準，無論使用於蔬菜或花卉種植上，都十分的方便而且效率不錯，除了可以解決學校部分落葉問題外，也可以讓師生與社區民眾都瞭解到落葉也可以變黃金，也讓我們為地球資源的永續利用，盡一份心力達到校園友善環境。

柒、參考資料與其他

- 一、第 51 屆參加科展作品「落葉變黃金—創造永續生活」，連江縣立中正國民中學。
- 二、第 46 屆參加科展作品「落葉歸根“餵”主意~探討落葉及廚餘堆肥技術及環保生態循環之可行性」，屏東縣立中正國民中學。
- 三、第 49 屆參加科展作品〔「堆」出生機—落葉變黃金〕，連江縣立中正國民中學。

- 四、蔡宜峯、陳俊位、陳榮五（2010）。落葉廢棄物製作堆肥技術之研究。農業知識入口網。取自 <https://kmweb.coa.gov.tw/knowledgebase.php?func=1&type=13190&id=17480>
- 五、堆肥腐熟度判定。(2007年9月21日)。行政院農委會。取自 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=9329>
- 六、如何幫土壤做健康檢查。(2017年6月21日)。青山貿易有限公司。取自 <https://www.greenmountain.com.tw/agricultural/articles/YPwcXCRro3mB9A7ag>
- 七、台北市政府教育局（2000）。落葉堆肥研究成果手冊。台北市：台北市教育局國民教育輔導團環境教育小組。
- 八、蔡宜峯, 陳俊位, & 陳榮五. (2009). 落葉廢棄物製作堆肥技術之研究. 臺中區農業改良場研究彙報, (103), 53-62。
- 九、【有機液肥 DIY】自製神奇環保植物酵素液- 天然除蟲劑和有機肥料！（2022年10月16日）。香港，嗡嗡樹。取自 <https://reurl.cc/ykr8ba><https://www.buzztrees.com>