

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030801

落葉變黃金—創造永續生活

學校名稱：連江縣立中正國民中學

作者：  國二 林祺銘  國一 林偉誠  國二 陳元愷	指導老師：  王連發  林亞聲
---	-----------------------------

關鍵詞：落葉堆肥、菌種、肥效

## 摘要

在地球環境日益惡化與氣候變異天災不斷的今天，創造環保永續的生活，無疑是全人類要努力的課題，延續「堆」出生機-落葉變黃金實驗，改良落葉堆肥的製程與了解其肥效，實驗實際運用於栽培蔬菜、花卉上了解是否能創造價值，推廣家戶利用，除解決落葉垃圾問題外，讓大家一起把地球環境變得更美好。

## 壹、研究動機

經過第一次學長姐所作的堆肥實驗成果，的確可以解決校園的落葉問題，但在操作過程中也產生了疑惑，有沒有更好簡便的方法呢？作出來的堆肥要如何利用呢？又有多少的肥效呢？一連串的問題讓我們想到要做第二階段實驗，讓實驗更趨於完整可行，於是我們便決定試著找出符合學校與家庭小規模可以方便操作的解決方案。

## 貳、研究目的

- 一、改良將落葉製成堆肥的製程，希望能訂定最佳化的標準流程。
- 二、進行蔬菜、花卉種植實驗，了解落葉堆肥的肥效，討論推廣運用的方法。
- 三、研討家戶推廣的可行性，解決家庭小量的廚餘與落葉垃圾需求。

## 參、研究設備、器材

廚餘桶(r:15.5cm;H:40.7cm;V:28L)、塑膠管(40cm)、溫度計6支、電子秤、電鑽、照相器材、紀錄用具、微生物種、廚餘、落葉(校園週邊)、豆粕、酒糟、高粱酒粕、塑膠盆、蔬菜花卉種苗...等。



EM 混合菌菌種



校園內乾枯落葉

## 肆、研究過程

### 一、準備實驗器材及設置管理。

- (一)、將廚餘桶集水區用透明塑膠管黏合利用連通管原理，觀測其桶內發酵液水位。



堆肥桶鑽孔



製作連通管觀測水位

(二)、將實驗材料分別處理，將落葉浸水處理(12小時)，準備為生物菌種、腐葉土，廚餘、高粱酒粕及豆粕…等材料。



實驗組落葉秤重



米飯與豆粕秤重



(三)、依序將實驗分為13組並設置完成，參考相關資料將碳/氮比調整成25:1（碳素作為微生物的能量來源維持代謝作用，氮素用來合成蛋白質，提供其生長與繁殖。）採用重量百分比法，作為試驗標準對照比率，碳源以落葉(纖維素)及廚餘-米飯(澱粉)、高粱酒粕(纖維素+澱粉)等材料，氮源以豆粕為主。

以對照1組為例：落葉:830g、豆粕55g、廚餘215g、EM菌3g，淨重：1103g



落葉浸水處理 12 小時



完成各組落葉材料配置

(四)、每天觀測紀錄發酵桶內溫度變化、發酵液、水位及發酵情形。



每日測量桶內發酵中心溫度



將水加入後攪拌均勻

## 二、實驗設計

- (一)、了解容器空間對發酵速率的影響程度。
- (二)、將上一次實驗成果再次重複檢測。
- (三)、以發酵完成的堆肥取代菌種觀察加入不同數量堆肥對其發酵速率影響。
- (四)、以發酵完成的堆肥取代菌種觀察不同菌類發酵的堆肥對其發酵速率影響。
- (五)、添加不同數量的落葉堆肥對蔬菜、花卉生長速率的影響

## 三、實驗結果記錄

- (一)、為求實驗準確性，設計堆肥實驗檢查表，來量測實驗結果，在A4大小投影片上畫上10行x10列，2公分見方方格，將各組攪拌均勻後取出堆肥樣本平鋪其上，厚度約0.5cm，去除多餘部分後，將發酵完成與未發酵的部分分開，將其分別平鋪於方格上，計算出各組的發酵比率。
- (二)、將各組堆肥樣品等量取出置於堆肥蓋上，進行顏色比對，觀察其落葉發酵後顏色的變化。
- (三)、將每天記錄溫差變化，計算成週溫差，了解發酵溫度對落葉堆肥熟成速率的影響程度。



堆肥實驗檢查表



比色表 100.05.24

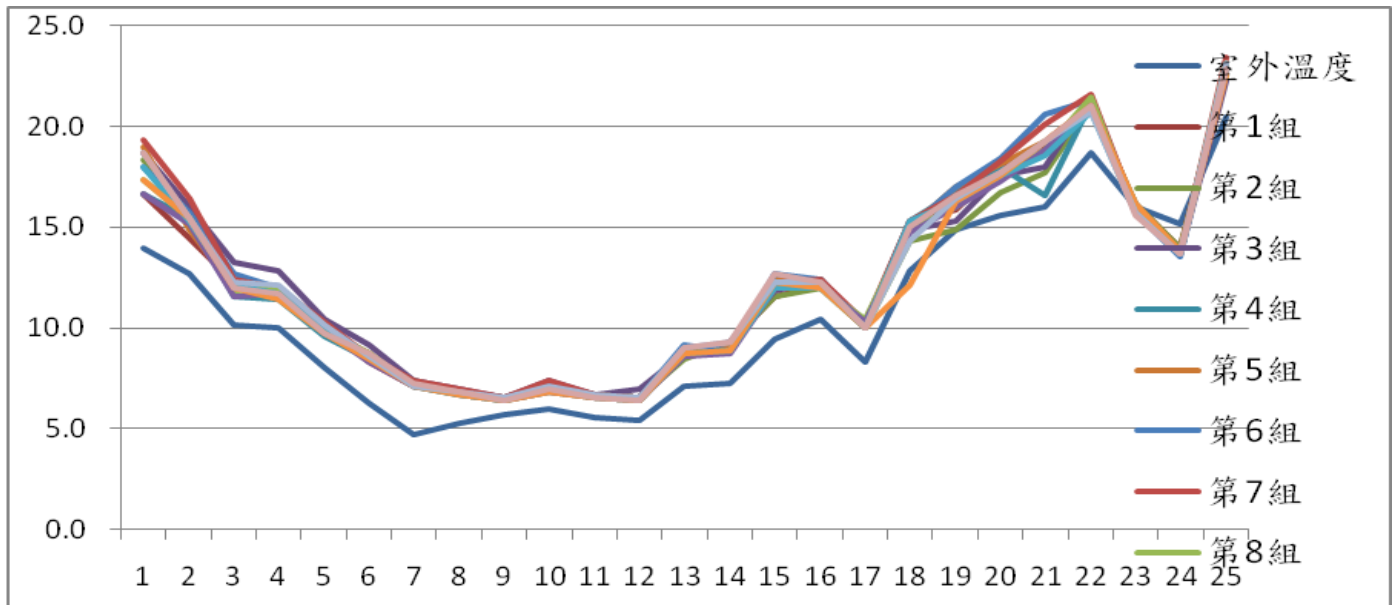
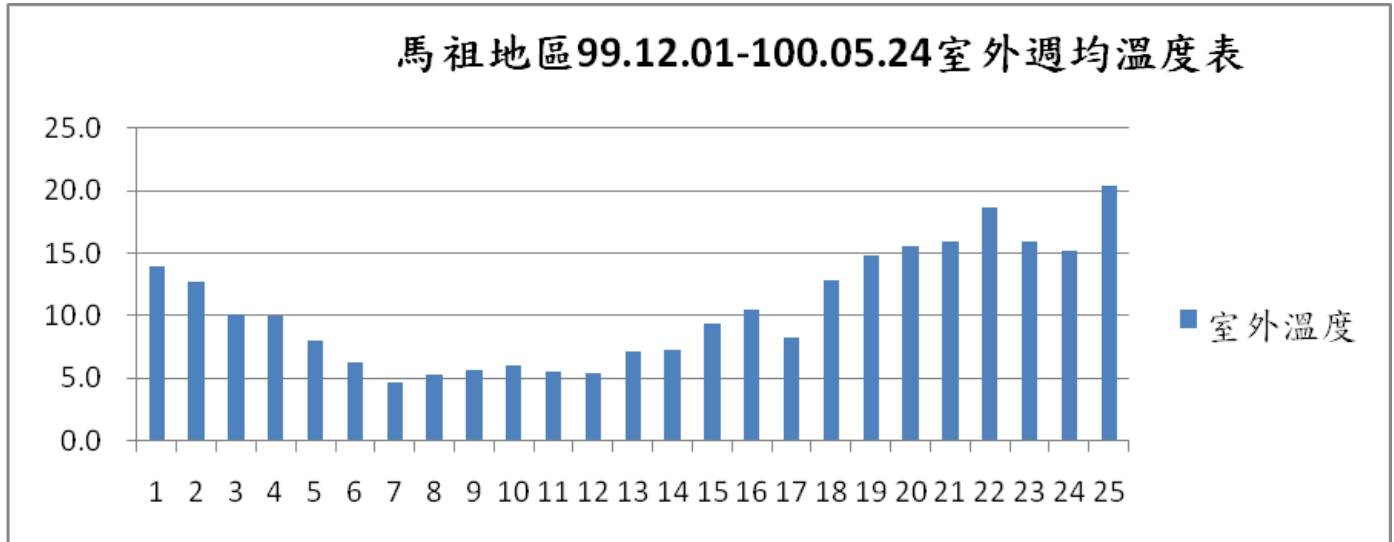
## 四、研究分析

- (一)、不同條件對落葉發酵速率的影響。
- (二)、找出可以簡便實施的建議流程。
- (三)、找出落葉堆肥的建議使用方式。



## 伍、研究結果

溫度單位：℃



堆肥發酵時的放熱效應，紀錄後做為桶內堆肥發酵情形的參考，將每日紀錄桶內溫度與室外溫度差異平均做成週溫差，以減少室外溫度變化影響誤差，比對室外溫度與實驗結果，接種菌種後約一週開始有出菌狀況，葉面產生大量菌落，前三週菌種開始大量繁殖所以放熱最多與內外溫差可達5℃，今年推測由於反聖嬰現象造成馬祖冬季氣溫特別低，

實驗期間雖有25週，但1月開始（5週）至3月中旬（18週）氣溫均在10℃以下，只有11週氣溫在10℃以上，與文獻所查的發酵最佳溫度35℃-45℃差異很大，讓人十分擔心低溫是否能讓落葉順利發酵成堆肥。

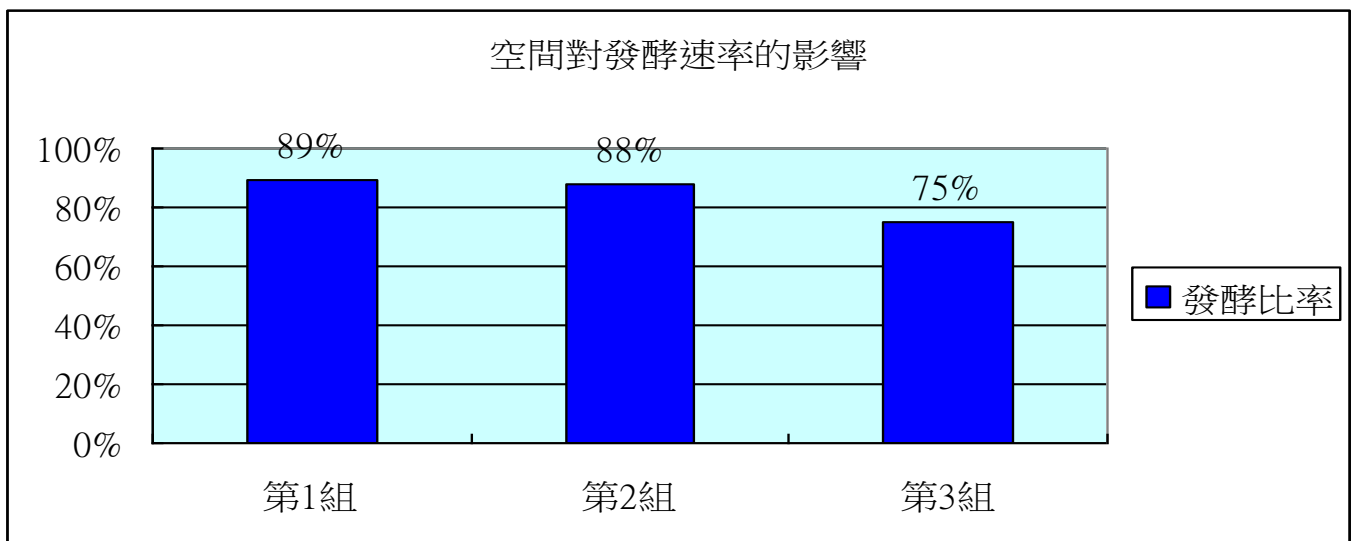


堆肥桶內一週出菌的情形

## 一、材料密度對發酵速率的影響

將落葉浸水處理12小時後，研究相同容器空間，處理不同數量落葉對發酵速率的影響，分為對照組、2倍與3倍實驗組，希望能找出最省空間有效率的方式。

第1組	對照1組	重量(g)	第2組	實驗1組	重量(g)	第3組	實驗2組	重量(g)
前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	1660	前處理	落葉 浸水處理	2490
添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	110	添加物	豆粕	165
	廚餘	220		廚餘	440		廚餘	660
菌種	EM 菌	3	菌種	EM 菌	6	菌種	EM 菌	9
管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	40ml	管理	每日澆水	60ml



第 1 組



第 2 組



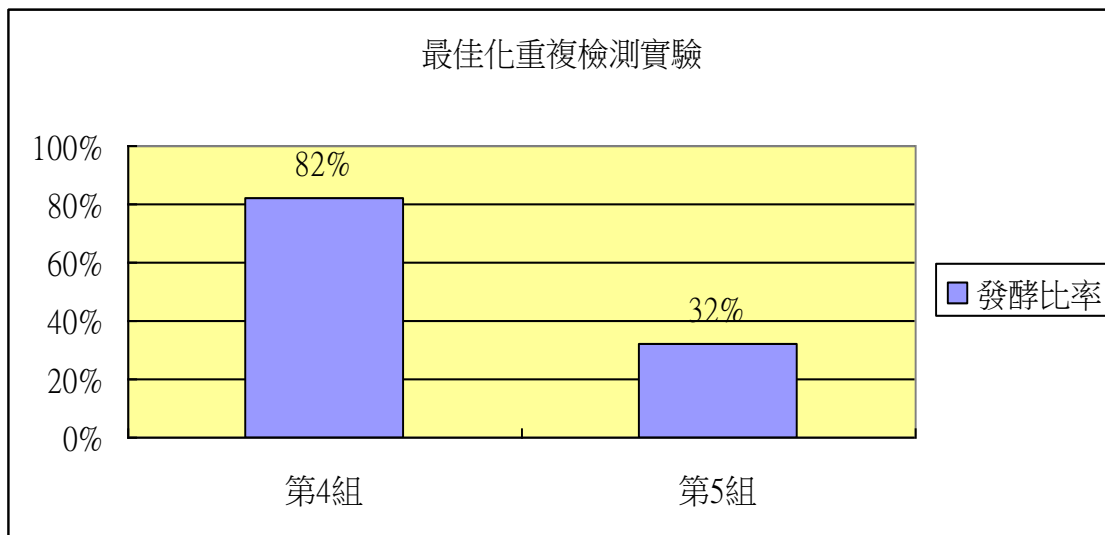
第 3 組

依據實驗結果得知以第1組、第2組發酵效果最佳，呈黑色腐熟狀，發酵比率達88%，第3組發酵比率達75%，少部份落葉尚未分解，但第3組在單位體積下產生的堆肥量卻是最大的，最符合經濟效益。

## 二、最佳化重複檢測實驗

將第一次實驗成果最佳的二組，進行重複檢測，希望找出最有效率的落葉堆肥處理方式，參考其他組別，希望藉此訂定日後製作落葉堆肥的標準化流程。

第 4 組	實驗 3 組	重量(g)	第 5 組	實驗 4 組	重量(g)
前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	660
添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	220
	廚餘	220		高粱酒粕	220
菌種	腐葉土	3	菌種	EM 菌	3
管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	20ml



第 4 組



第 5 組

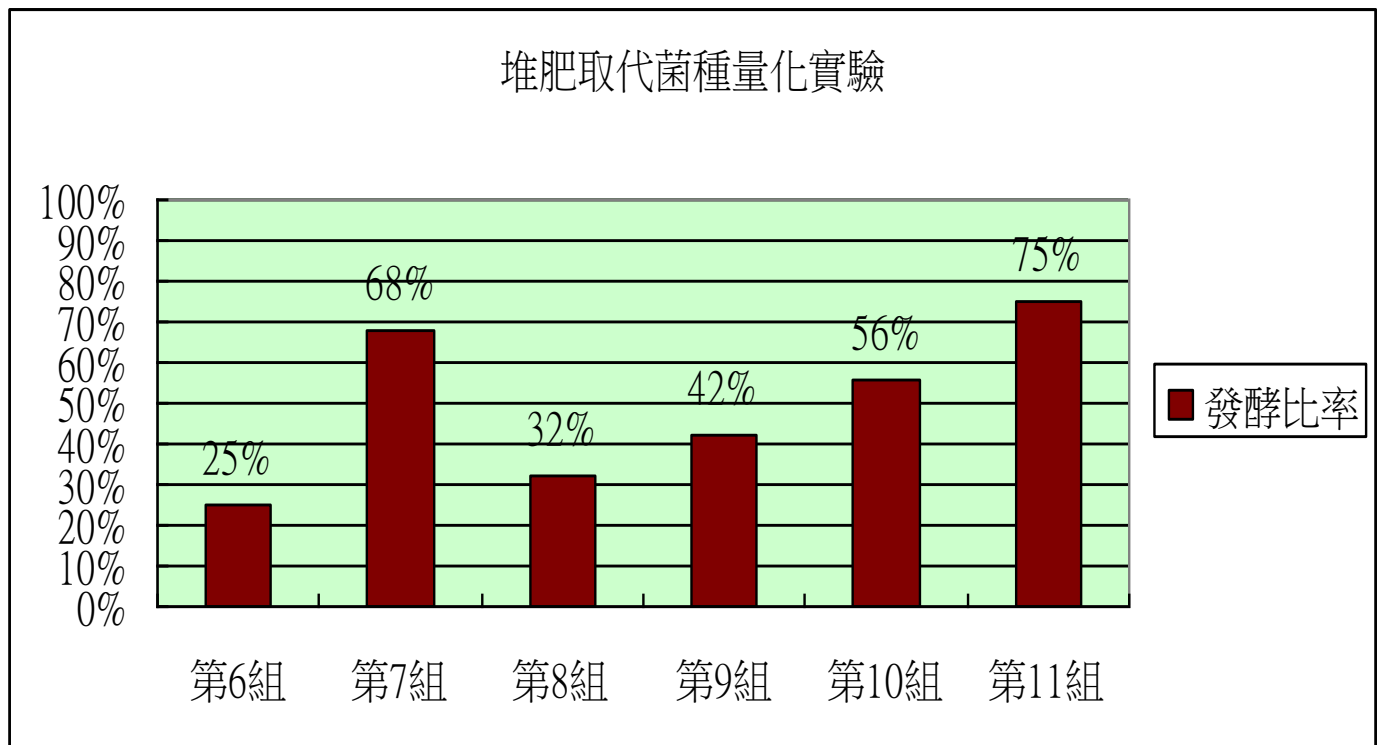


將第一次最佳效果的兩組進行二次實驗檢測，依據結果得知以第4組加入腐葉土取代菌種的效果較佳發酵達82%，第5組僅有32%落葉完成發酵，推測可能是因為氣溫低，發酵速度較慢，原生菌株長期適應馬祖地區環境較佔優勢，另外高粱酒粕可能低溫下較不容易被菌株發酵利用，因此產生較大的差異。

### 三、堆肥取代菌種量化實驗

將發酵完成的堆肥，取代菌種加入落葉堆肥中，觀察發酵情形，以達節省成本與永續循環利用的成果。

第 6 組	實驗 5 組	重量(g)	第 7 組	實驗 6 組	重量(g)	第 8 組	實驗 7 組	重量(g)
前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830
添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55
	廚餘	220		廚餘	220		廚餘	220
菌種	混合堆肥 5%	55	菌種	混合堆肥 10%	110	菌種	EM 菌堆肥 20%	220
管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	20ml
第 9 組	實驗 8 組	重量(g)	第 10 組	實驗 9 組	重量(g)	第 11 組	實驗 10 組	重量(g)
前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830
添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55
	廚餘	220		廚餘	220		廚餘	220
菌種	混合堆肥 30%	330	菌種	混合堆肥 40%	440	菌種	混合堆肥 50%	550
管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	20ml	管理	每日澆水	20ml







第 6 組



第 7 組



第 8 組



第 9 組



第 10 組



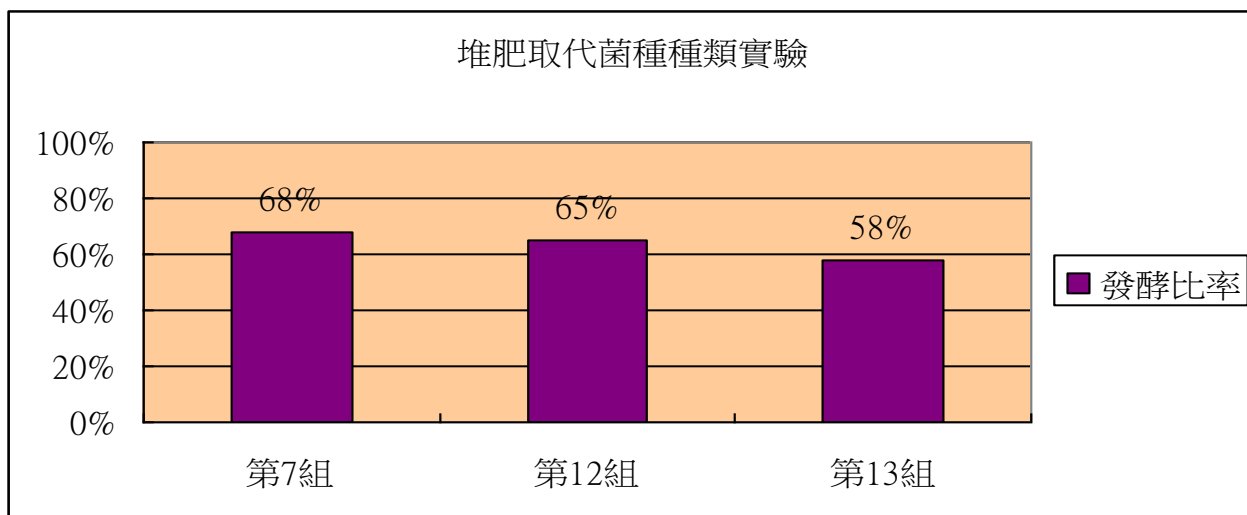
第 11 組

此次實驗除第7組因為要與12組、13組對照，採用純EM菌堆肥外，其餘組別均採用混合菌堆肥（EM菌堆肥+木黴菌堆肥+枯草菌堆肥+原生菌堆肥），原本期望多樣菌種應能適應多樣環境，結果除第7組與第11組達68%與75%外，其餘各組不太理想，推測可能不同菌株加在一起可能造成競爭，優勢菌種競爭後才能再大量繁殖，反而造成效果不佳，第11組由於加入50%混合落葉堆肥，可能各別菌種數量較多，發酵情形尚佳，所以日後要考慮不同菌種的協同性，不要造成反效果。

#### 四、堆肥取代菌種種類實驗

添加相同20%數量的不同菌種堆肥，了解其對發酵速率的影響，研究是否能取代菌種，節省日後購買菌種的成本，達永續循環利用的效果。

第1組	對照1組	重量(g)	第2組	實驗1組	重量(g)	第3組	實驗2組	重量(g)
前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830	前處理	落葉 浸水處理	830
添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55	添加物	豆粕	55
	廚餘	220		廚餘	220		廚餘	220
菌種	EM菌堆肥 20%	220	菌種	原生菌堆肥 20%	220	菌種	EM菌堆肥10% 原生菌堆肥10%	110 110
	管理	每日澆水 20ml		管理	每日澆水 20ml		管理	每日澆水 20ml



第7組



第12組



第13組

由實驗結果得知，加入20%堆肥取代菌種，第7組EM菌堆肥、第12組原生菌堆肥差異度不大，第13組EM菌堆肥與原生菌堆肥各一半，效果反而不如純菌堆肥，與堆肥量化實驗結果相互印證，再與第1組89%對照，使用堆肥取代菌種可能因為初始菌量不足，需要更多些時間發酵，但不失為另一種選擇。



## 五、落葉堆肥肥力試驗

將製成的落葉堆肥，進行田間肥效試驗，採用定量塑膠盆進行實驗，了解其對蔬菜、花卉產生的影響，找出建議的堆肥使用量。

蔬菜組(萵苣)	對照組	實驗1組	實驗2組
使用堆肥量	0	20%	100%

以田間土壤為基底，對照組不加任何肥料，實驗1組以80%土壤混合20%落葉堆肥（容積百分比），實驗2組以100%落葉堆肥種植，觀察是否會產生過量肥害情形，以抽出本葉3葉的小苗同時定植，生長至可採收大小後，每週採收乙次秤重並計算葉片數量，累計採收重量，以推算堆肥的肥效。



萵苣種植實驗



進行蔬菜組實驗紀錄



第1次採收記錄



3組採收差異

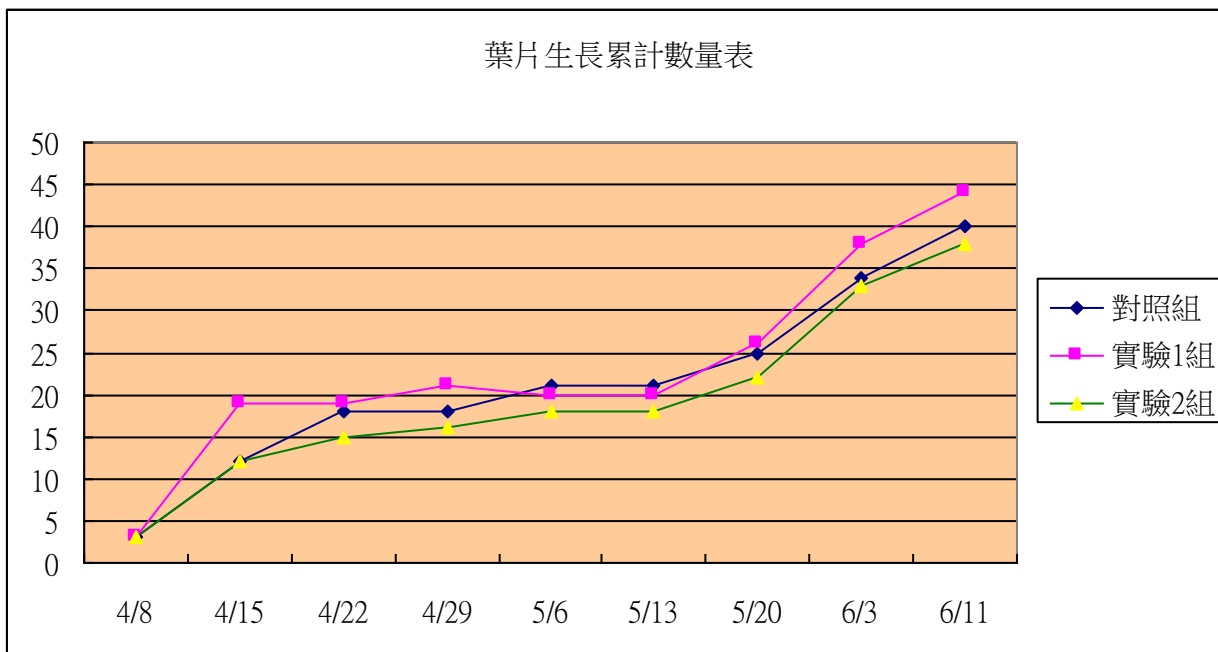
蔬菜組生長葉片數量表 (片)

組別\日期	4/8	4/15	4/22	4/29	5/6	5/13	5/20	6/3	6/11
對照組	3	12	18	18	21	21	25	34	40
實驗1組	3	19	19	21	20	20	26	38	44
實驗2組	3	12	15	16	18	18	22	33	38

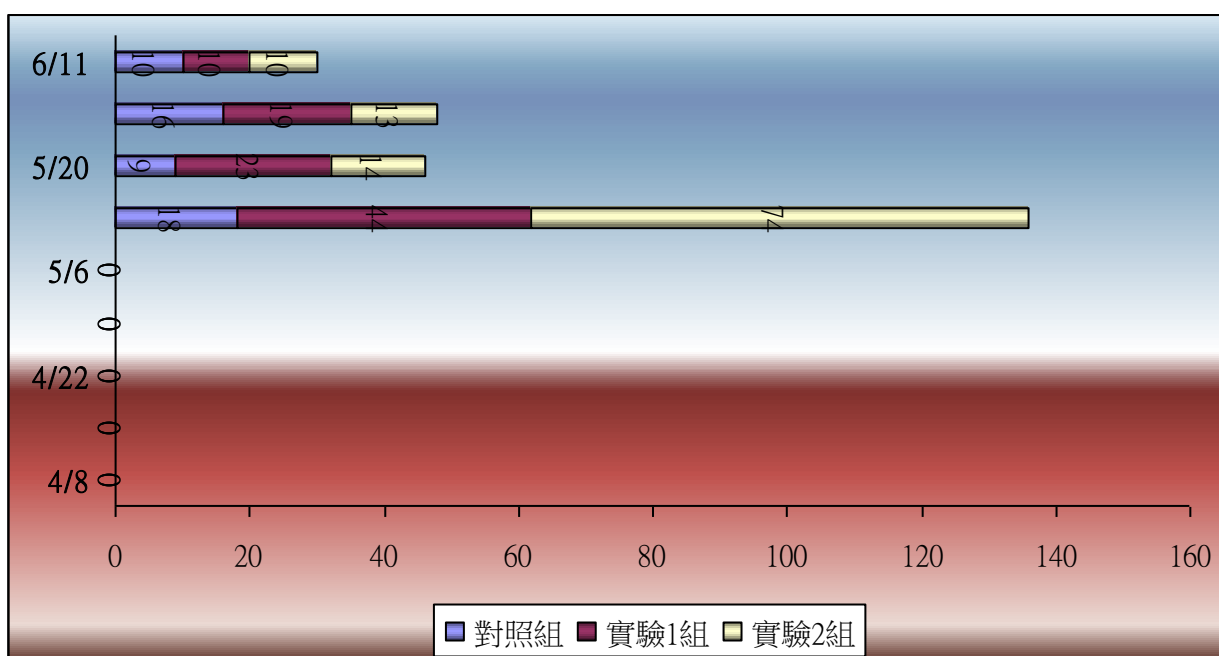
蔬菜組採收重量表 (g)

組別\日期	4/8	4/15	4/22	4/29	5/6	5/13	5/20	6/3	6/11
對照組	0	0	0	0	0	18	9	16	10
實驗1組	0	0	0	0	0	44	23	19	10
實驗2組	0	0	0	0	0	74	14	13	10

葉片生長累計數量表



蔬菜組葉片生長數量圖(片)



蔬菜組採收重量圖(g)

蔬菜組萵苣定植後第一週增加葉片數量12-19片，之後才增加葉片重量，經過第1次採收，每株僅剩中心頂芽3-4片未成熟葉片，之後有較明顯數量的葉片產生，所以採收能刺激新生葉片的產生。

葉片數量差別不大，但重量就有明顯的差異，對照組採收總產量為53g，實驗1組為96g，實驗2組為111g，實驗的兩組與對照組產量相差約2倍，由此可推論施用落葉堆肥會明顯增加產量。

實驗2組採用100%落葉堆肥種植，萵苣生長正常，沒有產生肥害、葉片枯黃或植株死亡情形，由此可見落葉堆肥可取代無土介質，種植生菜類要求的高標準土壤，如果配合網室搭架栽培，兼收有機種植與清潔無毒的效果，節省許多生產成本。



花卉組 (萬壽菊)	對照組	實驗1組	實驗2組	實驗3組	實驗4組
使用堆肥量	0	20	40	60	80

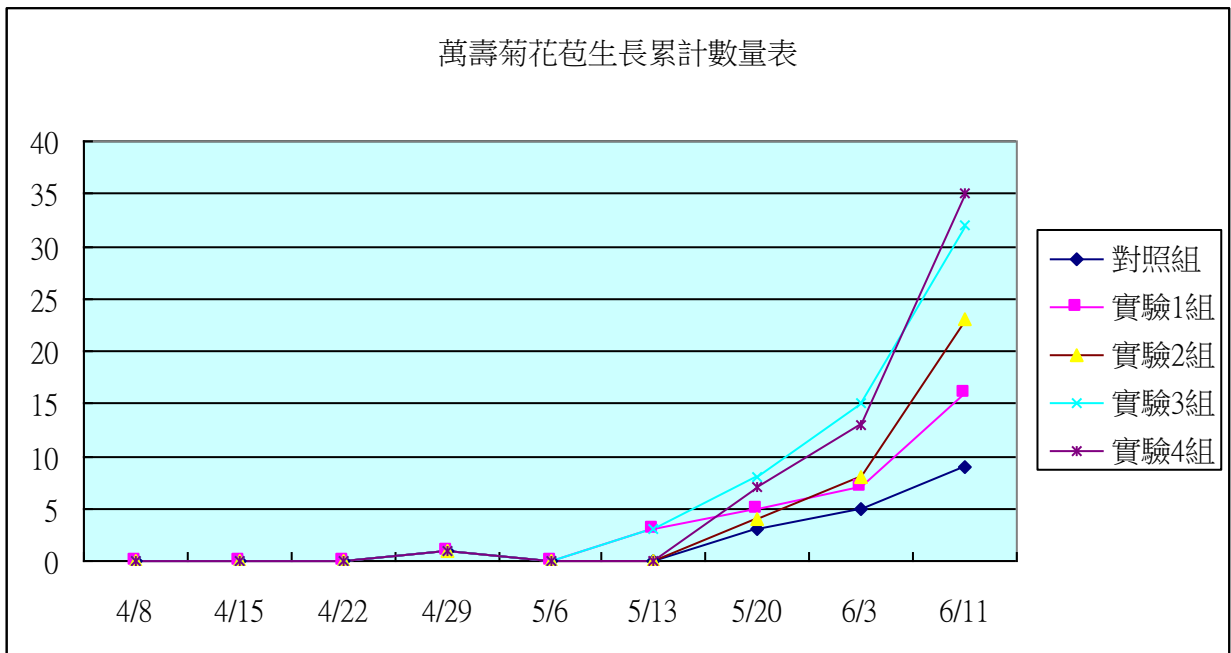
以田間土壤為基底，對照組不加任何肥料，實驗各組加入20%、40%、60%、80%的落葉堆肥調合土壤，種植本葉生長二片的萬壽菊小苗，觀察落葉堆肥對萬壽菊開花數量的影響，當花苞開放後就立刻摘除，每週計算花苞數量。



進行萬壽菊栽培實驗



進行花卉組實驗紀錄



花卉組萬壽菊花苞生長累計數量圖(單位：個)

取本葉展開二片的小苗，定植四週後開始開花，第1次摘除花苞，第六週第2次摘除，第七週發現花苞數量快速增加，當花苞成熟開花後摘除，最後計算總量，藉以了解落葉堆肥，對提供花卉開花需求養分的影響，花苞累計實驗1組16朵、2組23朵、3組33朵、4組35朵與對照組9朵有顯著差異，推論施用落葉堆肥可促進開花。

果菜組實驗:對照組不加任何肥料，實驗組用100%落葉堆肥種植，於5/13定植本葉2葉之小黃瓜苗，觀察兩組之間的差異，將生長情形記錄。

果菜組小黃瓜生長長度表 (cm)					
組別\日期	5/13	5/20	6/3	6/11	6/18
對照組	5	13	15	20	25
實驗1組	5	48	62	75	108

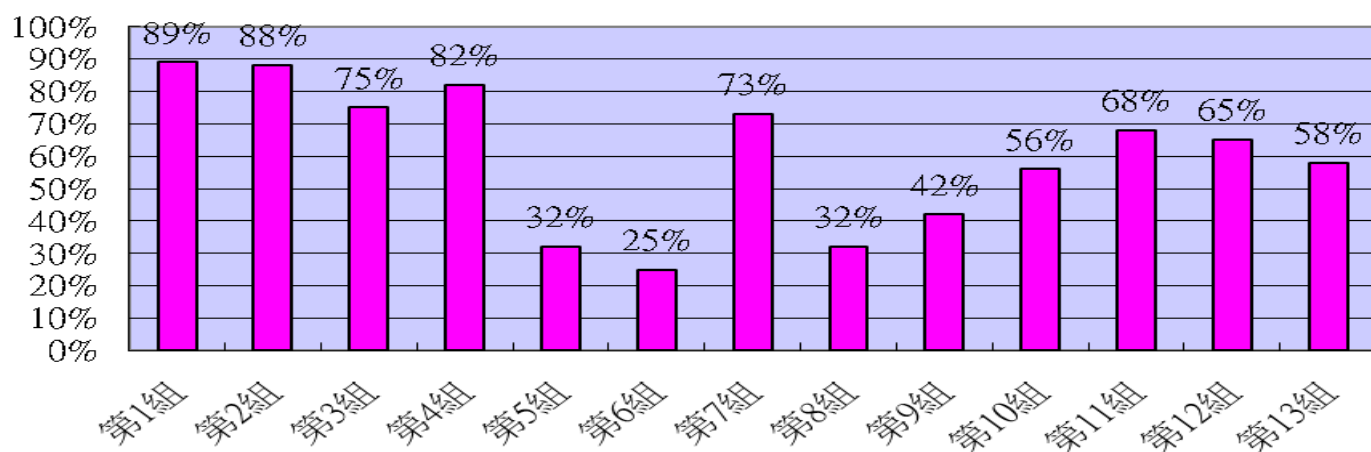


實驗結果顯示施用堆肥對小黃瓜初期生長有顯著影響，但小黃瓜雌花均落果無法結實，所以如果種植瓜果類只適合初期生長，當開花後還是要施用促進果實結果發育的肥料。

進行果菜組實驗紀錄

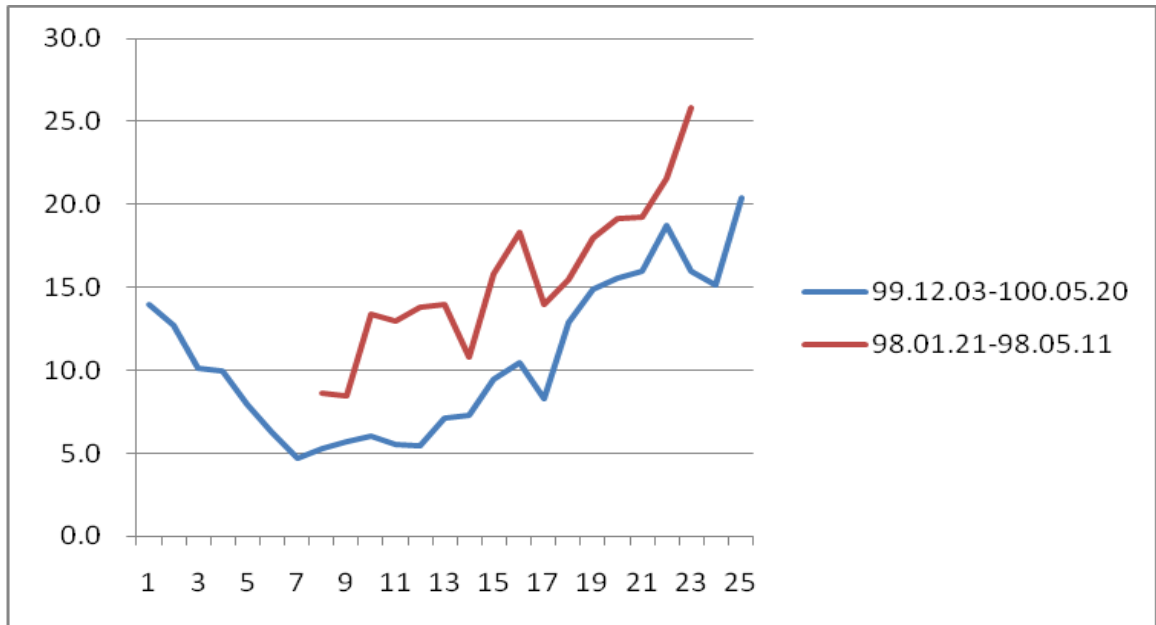
落葉堆肥實驗結果				
組別\性狀	堆肥顏色	落葉分解比率	味道	小果蠅
第1組	黑色	89%	X	多
第2組	黑色	88%	有發酵臭味	多
第3組	黑褐色	75%	X	多
第4組	黑色	82%	X	少
第5組	褐色	32%	X	少
第6組	褐色	25%	X	少
第7組	黑褐色	73%	X	少
第8組	褐色	32%	X	少
第9組	褐色	42%	X	少
第10組	褐色	56%	X	少
第11組	黑褐色	75%	X	少
第12組	黑褐色	68%	X	少
第13組	黑褐色	70%	X	少

落葉堆肥實驗結果



## 陸、討論

- 一、本次實驗主要找出可行性高、方便操作的可行性方案，不以效率為唯一考量，以利日後推廣家戶自製落葉堆肥，所以落葉材料僅以浸水軟化處理12小時，不採取機器粉碎處理。
- 二、第1至3組實驗材料密度對發酵速率的影響，以製成堆肥總量的效果計算，單位空間內第一組產生（ $1103\text{g} \times 89\%$ ）約980g堆肥，第2組產生（ $2206\text{g} \times 88\%$ ）約1940g堆肥，第3組產生（ $3309\text{g} \times 75\%$ ）約2480g堆肥，以空間利用率來說是第3組勝出，以桶子容量28L計算，每升最多可處理約120g落葉堆肥，所以建議以容器能容納的最大量來製作堆肥。
- 三、第4-5組最佳化重複實驗結果，發現第4組發酵成果與第5組差異很大，推測可能長期低溫不利於高粱酒粕的發酵，溫度影響菌種活力與落葉堆肥發酵程度很大，98年馬祖地區溫度曲線與今年相差 $7-8^{\circ}\text{C}$ ，同一組實驗發酵完成時間也差了兩個月，低溫雖減緩速率，但堆肥能仍持續發酵，由下圖了解製作落葉堆肥時，溫度有決定性的影響。



四、落葉堆肥取代菌種量化與種類實驗中顯示，加入20%EM菌種堆肥或20%

原生菌種堆肥，可達約65-68%發酵程度，雖然不如以第1組以EM純菌發酵達89%發酵程度，以節省菌種採購成本與資源永續利用的角度，是一種可行的方案。另外不同菌種製成的堆肥，不建議混合使用，容易造成反效果，除非堆肥使用量達50%以上，但這不符合經濟效益。

五、蔬菜組本次實驗材料用萵苣，因為萵苣可以鮮食也可以熟食，用於生菜沙拉時對食品的安全衛生非常講究，用天然發酵的落葉堆肥種植可以確保安全，無論用於家庭種植或商業生產，都有其方便與效益，施用後產量增加約 2倍，且沒有肥害情形發生。

六、花卉組以萬壽菊為代表，測試落葉堆肥對花卉生長的影響，結果顯示影響花朵形成的數量，可以促進花苞產生，所以也適合用於花卉栽培。

七、果菜組以小黃瓜為實驗材料，測試落葉堆肥對果菜生長的影響，結果顯示能提供初期的生長所需養分，但對結實上並無幫助。



## 柒、 結論

建議製作落葉堆肥時，可以採用配方落葉75%(浸水12小時軟化)、豆粕5%及米飯廚餘20%混合發酵，依比例加入EM菌1份(1100g落葉/3g菌種)或EM菌堆肥(1100g落葉/220g堆肥) 或原生菌堆肥(1100g落葉/220g堆肥)，堆肥可以依容器體積調整比例到最大量以節省空間，都可以獲得不錯的成效，用排水良好有蓋的容器集中發酵，也很適合家庭小量的推廣使用。

這次實驗讓我們了解所製作出來的落葉堆肥，無論使用於蔬菜或花卉種植上，都十分的方便而且肥效良好，可以少量分次使用，除了解決落葉與廚餘垃圾問題外，更可增進身心健康，也讓我們為地球資源的永續利用，盡一分心力，可謂一舉數得。

## 捌、 參考資料及其他

### 參考資料：

- (一)、林碧霞，2000.07，廚餘做堆肥，主婦聯盟。
- (二)、林憲德，永續校園的生態與節能計畫，詹氏出版社。
- (三)、黃鵬錡，居家堆肥活用百科，麥浩斯出版社。
- (四)、張堅，2006.08，枯枝敗葉變肥料。
- (五)、家庭培養EM菌生產技術(二)，中國微生物製劑網。
- (六)、綠色學校夥伴網路，落葉堆肥資源再利用。
- (七)、49屆參加科展作品「堆」出生機-落葉變黃金，連江縣立中正國中。

## 【評語】 030801

1. 實驗期間氣溫太低，不具代表性。
2. 腐熟度不足。
3. 菌種宜說明。
4. 實驗組及對照組植株僅一株，不具代表性。
5. 研究動機佳。