

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

040816

「糟」材「金」寶—金門高粱酒糟堆肥化之研究

學校名稱：國立金門高級中學

作者： 高二 傅承源 高二 許聿翰 高二 許翼軒 高二 周佳德	指導老師： 蘇詠晴
---	--------------

關鍵詞：高粱酒糟、推肥化

摘要

高粱酒糟為金門高粱酒生產過程中產生的副產物，其年產量約為 86,400 噸，以工業有機廢棄物委外處理，僅少部份提供金門農家作為餵食牲畜的飼料原料及堆肥參配料使用。但是，透過田間訪查後發現，農家將酒糟堆肥的過程並沒有標準化，而且對於其效力也不清楚。

為了釐清高粱酒糟作為肥料之原理及其效力，本研究實驗發現：(一) 原酸性酒糟在堆肥化的過程中會發生溫度和酸鹼度的變化，利於微生物對酒糟進行分解作用。另外，堆肥中加入鹼性資材蚵殼粉可快速提高核心溫度並增加高溫期的維持時間，促進堆肥化作用。(二) 酒糟堆肥化的過程中，碳氮比逐漸下降，降低至理想的碳氮比，顯示堆肥化效果良好，有機質明顯被分解，利於植物的生長，提供酒糟能為有效肥料的依據之一。(三) 將腐熟堆肥實際施用於農田，結果顯示加入枯草桿菌的組別小白菜生長情形明顯優於其他各組，推論枯草桿菌可協助酒糟分解，利於小白菜生長。

堆肥化是廢棄物資源化處理的理想方案之一，本研究證明酒糟堆肥化確實可行，且其成本較使用化學肥料更低廉，未來若能將酒糟堆肥加以施用推廣，不僅能減少廢棄物—酒糟對環境的汙染，更能將其製成優良肥料外銷，為金門帶來可觀的經濟價值，讓酒糟堆肥再利用能夠兼顧農業應用以及環境保護，幫助金門的生態環境永續發展！

壹、 研究動機

在金門土生土長的我們，長期受益於金酒公司所提供的各項福利。但對於其大量排出的工業有機廢棄物—高粱酒糟，我們常想，有什麼方法能夠更有效的利用這些酒糟呢？某日，當我們經過鄰近農家，發現他們將酒糟堆在田地旁發酵，經過兩、三個月後，這些原本被視為廢棄物的酒糟，卻成了農夫種菜的肥料！但是，酒糟不應是酸性物質嗎？為什麼在幾個月的發酵後，原本酸性的酒糟能成為種植作物所用的肥料？於是，我們抱著好奇心決定對高粱酒糟進行堆肥化試驗，探討其堆肥過程中的變化，並將所製作的腐熟堆肥實際施用於金門的酸性土壤，找出酒糟堆肥的最佳操作條件，藉以比較酒糟堆肥與化學肥料的成本，希望酒糟堆肥未來能取代化學肥料，減少對環境的汙染，並發揮廢棄物再利用之精神！

貳、 研究目的

本研究之目的在於分析高粱酒糟堆肥化之原理，並運用科學的方法驗證是否有效（，如此一來可知坊間以酒糟進行堆肥是否具有意義；接著，進一步找出高粱酒糟堆肥化反應之最佳操作條件，增進其效率，提供本地農民一個較佳的堆肥方法，使農家得到良好的肥料來源，亦可使金門在地大量的高粱酒糟發揮最大效用與經濟價值，使廢棄物資源化再利用。

為此，本實驗著重於以下三點：

- 一、 金門地區高粱酒糟之資源利用與田野調查。
- 二、 高粱酒糟堆肥化研究，並進一步找出酒糟堆肥化反應之最佳操作條件。
- 三、 高粱酒糟腐熟堆肥之田野操作。

參、 研究設備及器材

一、 實驗材料

(一) 主要堆肥資材：

高粱酒糟（取自金門酒廠）

(二) 添加堆肥資材：

碳酸鈣 (CaCO_3)、蚵殼粉、

豆腐渣、尿素 ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)、

枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)、木麻黃

(三) 其他：小白菜種子、土壤



【圖 1：自金門酒廠挖取新鮮酒糟】

二、 實驗器材

(一) 堆肥用器材：帆布 2 塊 (3m*3m)、酒糟數桶 (約 400 公斤)、耙子 2 支、鋤頭 2 支、體重計 1 台、垃圾袋數個

(二) 檢測用器材：土壤溫度計 3 支、pH meter 1 組、加熱攪拌器 4 組、恆溫水浴槽 1 台、電子天平 1 個、攪拌匙數支、燒杯數個、量筒數個

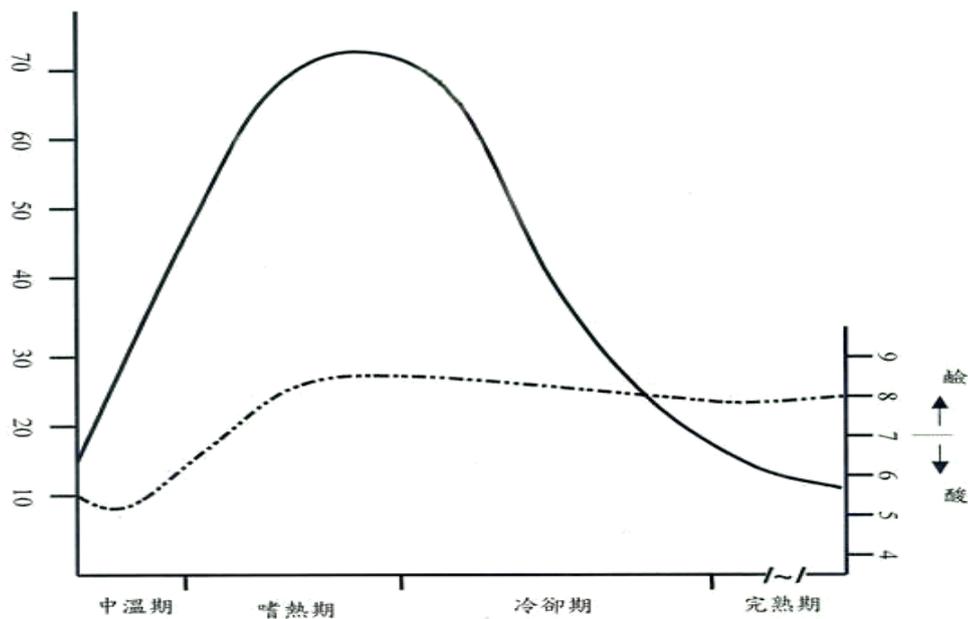
肆、研究過程與方法

一、金門地區高粱酒糟之資源利用田野調查

- (一) 利用網路搜尋高粱酒糟的相關資料。
- (二) 拜訪金門酒廠，了解酒糟產生過程。
- (三) 拜訪農會，了解民間使用酒糟的方式及農民取得酒糟之途徑。
- (四) 實地訪問金門在地農民，請教如何將酒糟製成肥料並施用於種植。

二、堆肥化簡介

「堆肥化」是將有機廢棄物予以適當堆積，營造出適合微生物作用之環境，利用微生物作用將有機資材分解腐熟，轉變為有機質肥料的過程 (De Bertoldi *et al.* 1985)。有機資材在適當之條件下堆積發酵，可以縮短有機質分解的時間，產生腐熟、化學成分穩定的高品質堆肥。要獲得高品質的肥料必須了解及評估最佳的堆肥條件，其影響堆肥的因子有：溫度、pH值、水分、通氣、碳氮比等 (邱, 2007)。本實驗主要是探討高粱酒糟堆肥化過程的最佳操作條件，然而不同的資材，其堆肥的理想條件不同。儘管如此，根據文獻所做出的歸納，堆肥化過程中溫度的變化有著如下圖的趨勢，因此本實驗也根據此溫度變化作為酒糟堆肥是否完成之評估指標。



【圖 2：堆肥化過程溫度及酸鹼度變化曲線圖】

三、高粱酒糟堆肥化研究

實驗一：探討不同鹼性資材對於高粱酒糟堆肥化之影響

(一) 高粱酒糟堆肥化處理：

實驗地點為校園花房，將自酒廠搬運之高粱酒糟分成三堆，每堆秤重 80 公斤鋪在泥土上，再分組分層灑入不同鹼性資材：碳酸鈣、蚵殼粉，以 20：1 的比例均勻混合，並加入木麻黃（增加空隙使厭氧呼吸較不易發生），用鋤頭和耙子堆成小山狀，最後再蓋上帆布保溫。每兩天翻堆一次增加其通氣性。

※ 實驗分組如下：

組 別	酒糟（對照組）	酒糟 + 碳酸鈣組	酒糟 + 蚵殼粉組
-----	---------	-----------	-----------

(二) 堆肥化過程觀察紀錄：

1. 每二天測量一次溫度、pH 值

(1) 測量堆肥之溫度：

將土壤溫度計插入堆肥中（深達 30 公分），靜置 10 分鐘後，紀錄堆肥的核心溫度。



【圖 3：測量溫度過程】

(2) 測量堆肥之 pH 值：

取出 50 公克堆肥資材，置於燒杯中，加入 250 毫升蒸餾水，攪拌 10 分鐘，並靜置 10 分鐘，再以 pH meter 測定 pH 值。

2. 堆肥腐熟之發芽檢測

(1) 取風乾堆肥 5 公克與 100ml 60°C 溫水混合，再以 60°C 水浴 3 小時，以細紗布過濾，取得濾液提供試驗，對照組則僅以煮沸冷卻後之自來水為對照溶液。

(2) 取圓形濾紙一張，置於培養皿中，加入 5ml 不同堆肥處理之濾液，然後直接在濾紙上等距放入 25 粒小白菜種子。

(3) 將已播種之培養皿，置放於室溫下培養十天，每日均以 5ml 自來水加入培養皿中，提供適當水分。每天紀錄小白菜發芽之種子數，並於第十天測量小白菜幼苗生長情形，測量幼苗之總植株長及根長。

實驗二：探討不同資材組合促進酒糟堆肥化反應之最佳操作條件

(一) 高粱酒糟堆肥化處理：

1. 前置分析：因濕度與碳氮比皆為影響堆肥化作用之重要因素。故先分析新鮮酒糟溼度為 95%；碳氮比為 57.15，故針對此二因子加以調整改善。

(1) 濕度調整：將酒糟經由風乾處理一天，使酒糟溼度降至約 60%。

(2) 碳氮比調整：依據前人研究堆肥之各種資材之碳、氮含量分析表（林,1993），計算本實驗以高粱酒糟為主要堆肥資材，要調製碳氮比約為 30 時，豆腐渣、尿素之需要量（鄭,2005），探討添加不同資材調整碳氮比來比較堆肥化的結果。

2. 堆肥化試驗：實驗地點、方式同實驗一。

※ 實驗分組如下：

組別	說明
酒糟	80 公斤的酒糟
酒糟 + 菌	80 公斤的酒糟 + 1.6 公升枯草桿菌液
酒糟 + 菌 + 豆腐渣	80 公斤的酒糟 + 1.6 公升枯草桿菌液 + 30 公斤的豆腐渣
酒糟 + 菌 + 尿素	80 公斤的酒糟 + 1.6 公升枯草桿菌液 + 800 公克的尿素

☞ 菌種用量及施用方式：以堆肥材料 1 立方公尺與菌懸浮液 20 公升之比例加入堆肥材料中（蔡,1998）。本實驗肥堆的體積為 0.08 立方公尺，依上述比例逐層倒入攪拌均勻。

(二) 堆肥化過程觀察紀錄：

1. 每二天測量一次溫度、pH 值：方法同實驗一。

2. 堆肥腐熟之檢測

(1) 測量堆肥之碳氮比：

根據堆肥之溫度變化曲線，於以下三個時間點：①起始新鮮資材、②堆肥過程高溫期即將結束時、③肥堆溫度降回室溫時，請屏東科技大學協助分析堆肥成分之碳氮比，以比較堆肥化作用前後碳氮比的差異。

(2) 肥堆腐熟之發芽檢測：方法同實驗一。



【圖 4：實際堆肥分堆情形】



【圖 5：堆肥蓋上帆布保溫】

實驗三：高粱酒糟腐熟堆肥之田野操作

將實驗一、實驗二之腐熟堆肥直接施用於農田，進行植物生長測試，運用基肥法，將 10 公斤貧瘠土壤與 2 公斤腐熟堆肥以 5：1 的比例混合，置入保利龍盒，於內劃分三排，各撒下 20 顆小白菜種子，並噴灑適量水分，每日觀察種子發芽及生長情形。

※ 實驗分組如下：

	對照組	實驗一			實驗二				其他
組別	貧瘠土壤	酒糟 (對照)	酒糟 + 碳酸鈣	酒糟 + 蚵殼粉	酒糟 (對照)	酒糟 + 菌	酒糟 + 菌 + 豆腐渣	酒糟 + 菌 + 尿素	農家自然 酒糟堆肥

伍、 研究結果

一、 金門地區高粱酒糟之資源利用田野調查

(一) 高粱酒糟資源調查

根據金門酒廠研發部所提供的資料，金酒公司高粱酒糟年產量約 86,400 噸，高粱酒糟為金門高粱酒生產過程中產生的副產物，其生產過程為：高粱→浸潤→蒸煮→攤涼→拌麴→發酵→蒸餾（第一道酒）→再攤涼→再拌麴→再發酵→再蒸餾（第二道酒）→酒糟。高粱酒糟主要成份包含有機酸、氨基酸、蛋白質、碳水化合物、纖維素、維生素、及礦物質等成分。金門酒廠對於酒糟之再利用目前僅止於開發為「高粱酒粕淨白保養品」。

(二) 目前高粱酒糟於金門地區之利用：

民間使用酒糟的方式大多作為牲畜的飼料；而將酒糟作為堆肥使用則為少數。拿來堆肥的酒糟，通常是餵食牲畜(如牛、羊、豬、雞)後剩下、或者是掉落於一旁的，與牲畜的糞便、草料混合，再集中堆積發酵，依照每個農夫的施用習慣來做細部的調整。有些農夫會加入廚餘；有的農夫會加入大量菜葉。堆肥方式不同，時間也不同，短至數星期，長至半年。腐熟的肥料不會立即施用於作物的栽種上，農夫先將酒糟撒在土壤上，加入其他牲畜的排泄物，再用牛隻犁田，把酒糟與土壤混合後才開始播種；有時也會等作物發芽後施用。

(三) 目前高粱酒糟的取得方式

金門酒廠與金門農會有合作關係，農民可直接向農會購買袋裝的酒糟，或者以卡車載運，一卡車的酒糟僅需花費 500 元，對於農民而言，無論是作為飼料使用或是堆肥利用，成本低廉。



【圖 6：以酒糟飼養牛隻】



【圖 7：以酒糟飼養家禽】



【圖 8：農家自然堆積飼養牛隻】



【圖 9：農家自然堆積施於農作】



【圖 10：農家自行堆積酒糟】



【圖 11：農家將酒糟混拌施於田間】

二、 高粱酒糟堆肥化研究

(一) 實驗一：探討不同鹼性資材對於高粱酒糟堆肥化之影響

1.1. 溫度變化曲線圖

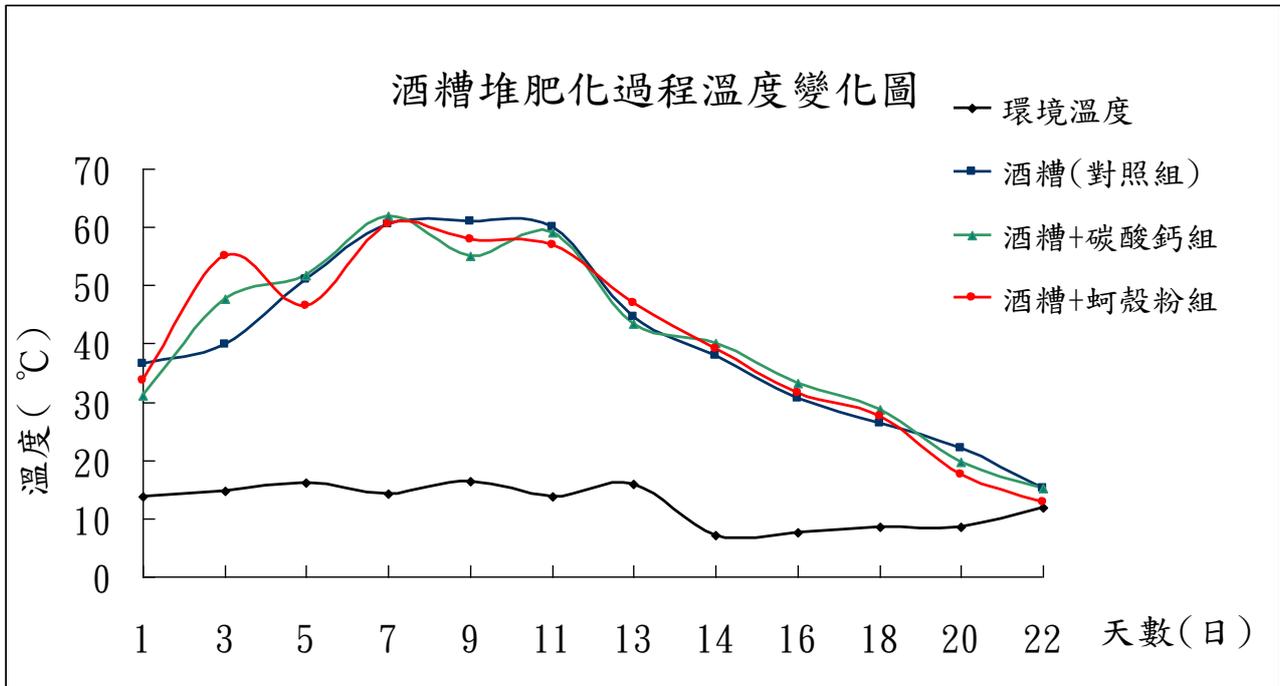


圖 12. 觀察添加鹼性資材對高粱酒糟堆肥化過程的溫度變化。

1.2. 數據分析：

- (1) 各組的溫度在第 7 天上升至高溫期(55°C~60°C)，並維持到第 11 天；爾後，溫度開始逐步下降，在第 22 天時下降至室溫。
- (2) 酒糟+蚵殼粉組相較於其他組在第 3 天溫度即上升至 55°C。
- (3) 酒糟堆肥化過程的溫度沒有受到環境溫度變化影響。

2.1. 酸鹼度(pH)變化曲線圖

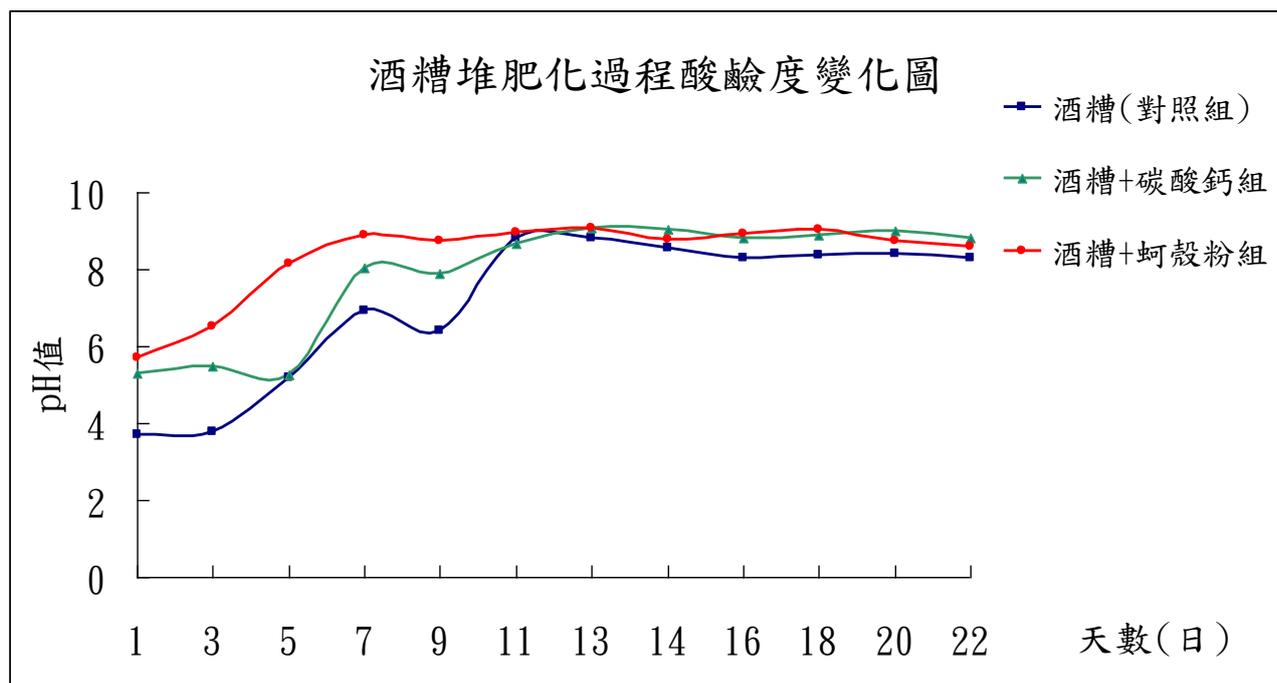


圖 13. 觀察添加鹼性資材對高粱酒糟堆肥化過程的酸鹼度變化。

2.2. 數據分析：

- (1) 酒糟(對照組)其酸鹼度的變化趨勢是由 pH = 4 逐漸上升至 pH= 8。添加碳酸鈣或蚵殼粉之實驗組，有助於初期 pH 值的上升，於第 11 天時接近對照組。
- (2) 蚵殼粉組其 pH 值的上升比碳酸鈣組來的快速。
- (3) 各組的 pH 值在第 7 天至第 11 天有下降再上升的情形。

3.1. 肥堆腐熟之發芽檢測

表 1. 小白菜發芽數目之檢測結果

第幾天	自來水 /顆	酒糟(對照) /顆	酒糟+碳酸鈣 /顆	酒糟+蚵殼粉 /顆
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	22	20	18	22
5	24	24	25	24
6	24	24	25	24
7	24	24	25	24
8	24	24	25	24
9	24	24	25	24
10	24	24	25	24

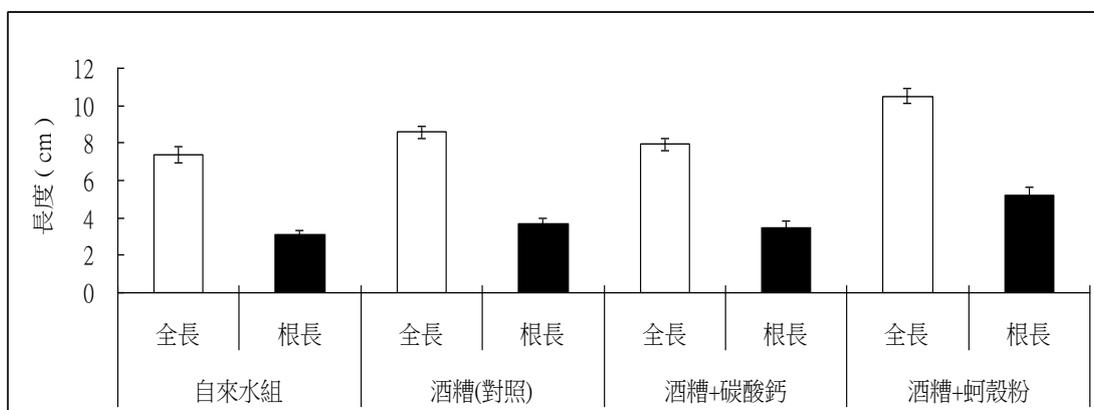


圖 14. 測量小白菜植株全長及根長之生長結果。

3.2. 數據分析：

- (1) 本次實驗四組皆在第 5 天完成發芽。
- (2) 比較各組中小白菜幼苗全長與根長的結果，發現酒糟+蚵殼粉組的生長情形比其他三組好，而其餘三組則無明顯差異。

1.1. 溫度變化曲線圖

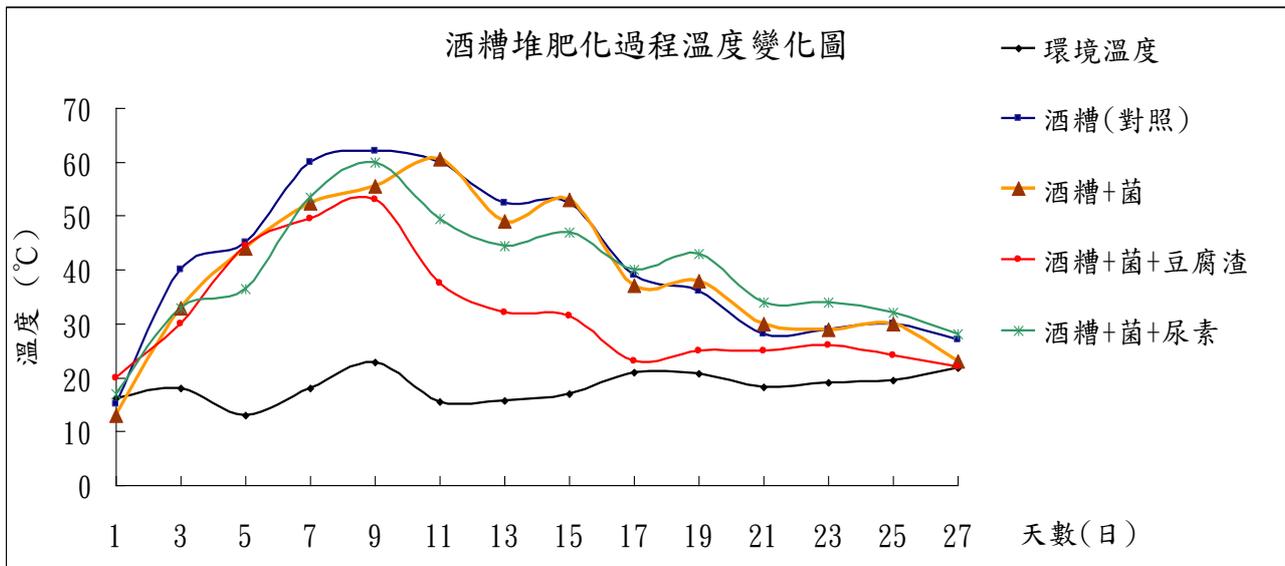


圖 15. 觀察添加不同資材對高粱酒糟堆肥化過程的溫度變化。

1.2. 數據分析：

- (1) 各組溫度變化趨勢雷同，除酒糟+菌+豆腐渣組外，其餘三組約在第 7 天上升至高溫期 (55°C~60°C)，並維持到第 11 天；於第 15 天後溫度開始下降，在第 27 天時下降至室溫。
- (2) 酒糟+菌+豆腐渣組雖然在第 9 天達到最高溫，但是僅 53°C；到第 9 天後，溫度大幅度下降，在第 17 天即降至室溫。

2.1. 酸鹼度(pH)變化曲線圖

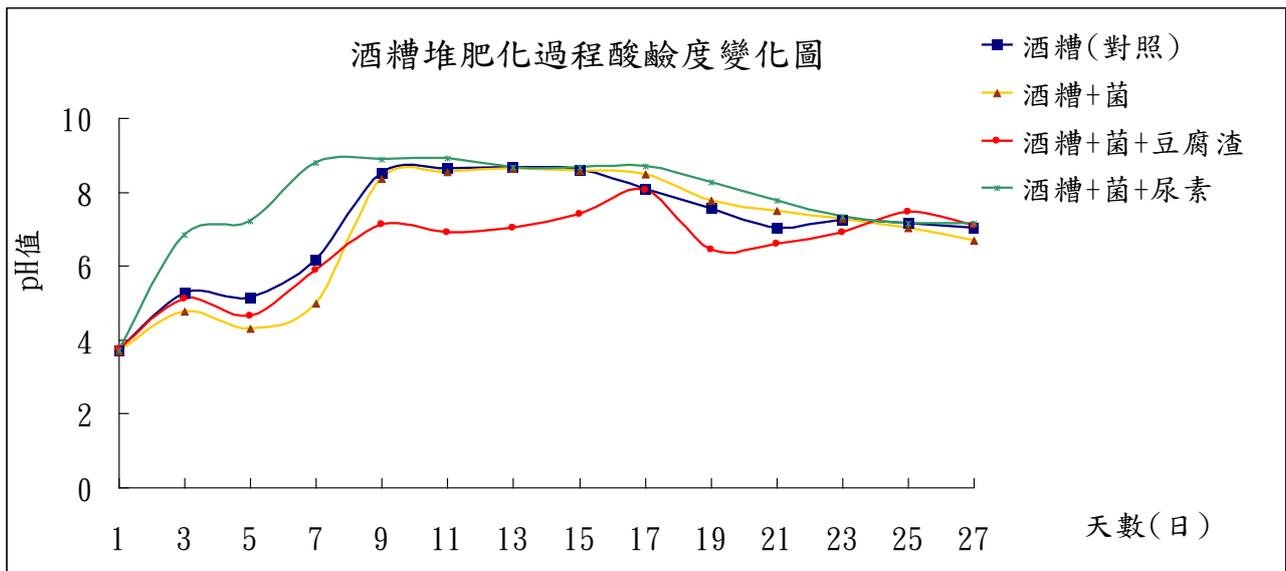


圖 16. 觀察添加不同資材對高粱酒糟堆肥化過程的酸鹼度變化。

2.2. 數據分析：

- (1) 各組酒糟最初的 pH 值都在 4 左右，堆肥化作用進行後開始上升，在第 9 天時接近 9；之後在第 17 天緩慢下降至 7~8。
- (2) 酒糟+菌+尿素組在第 3 天 pH 值就比起其他組先達到 7，爾後在第 7 天達到接近 9。
- (3) 酒糟+菌+豆腐渣組自第 9 天起到第 27 天 pH 值皆維持在 6~8 的範圍內。

3.1. 碳氮比分析

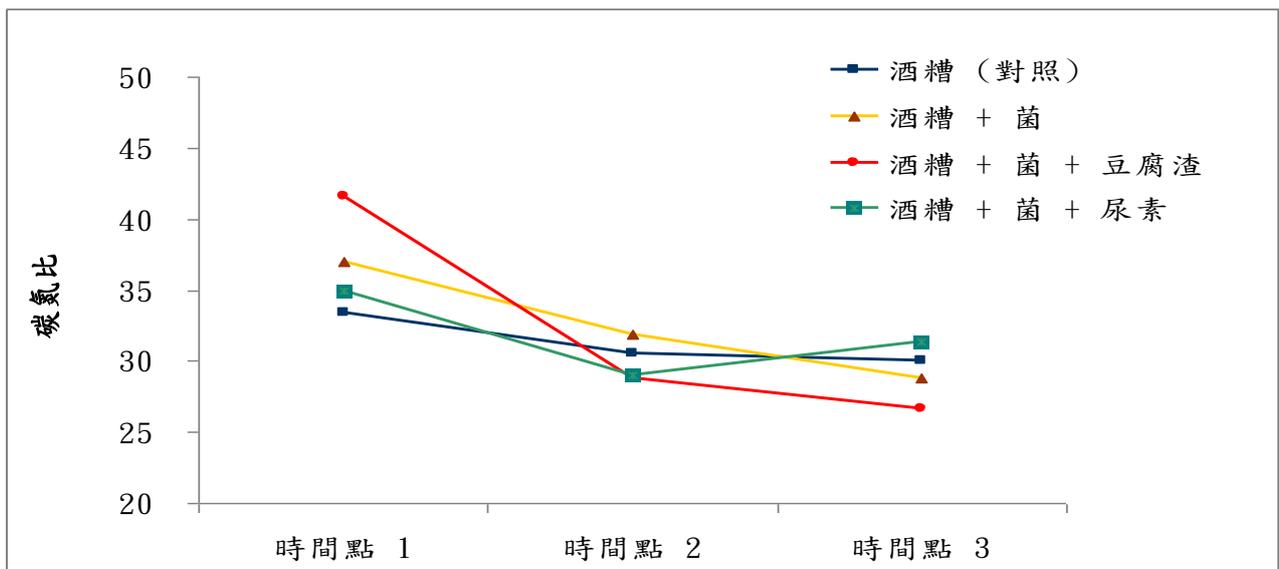


圖 17. 觀察添加不同資材對高粱酒糟堆肥化過程的碳氮比變化。

3.2. 數據分析：

- (1) 各組的碳氮比在堆肥化過程中皆有逐漸下降的趨勢。(酒糟+菌+尿素組後期除外)
- (2) 酒糟+菌+尿素組碳氮比為先下降後微升。

4.1. 肥堆腐熟之發芽檢測

表 2. 小白菜發芽數目之檢測結果

第幾天	自來水 /顆	酒糟 (對照) /顆	酒糟+菌 /顆	酒糟+菌+豆腐渣 /顆	酒糟+菌+尿素 /顆
1	0	0	0	0	0
2	4	11	9	10	2
3	24	23	25	24	24
4	24	23	25	24	25
5	24	23	25	24	25
6	24	23	25	24	25
7	24	23	25	24	25
8	24	23	25	24	25
9	24	23	25	24	25
10	24	23	25	24	25

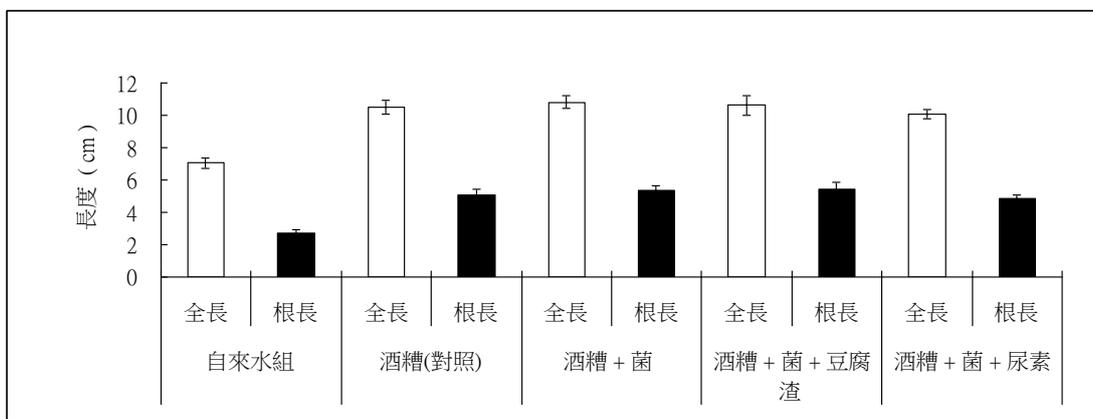


圖 18. 量測小白菜幼苗全長及根長之生長結果。

4.2. 數據分析：

- (1) 本次實驗五組皆在第 3 天完成發芽。
- (2) 比較各組中小白菜幼苗全長及根長的結果，發現有加入酒糟堆肥的組別，其生長情況皆優於自來水組，但彼此之間並無顯著差異。

1.1. 田野種植小白菜發芽率：

表 3. 小白菜在土壤中生長兩週後之發芽率

組別	對照組	實驗一			實驗二				其他
	貧瘠土壤	酒糟(對照)	酒糟 + 碳酸鈣	酒糟 + 蚵殼粉	酒糟(對照)	酒糟 + 菌	酒糟 + 菌 + 豆腐渣	酒糟 + 菌 + 尿素	農家自然酒糟堆肥
發芽率	43.3%	61.7%	65.0%	90.0%	61.7%	76.7%	83.3%	100.0%	100.0%

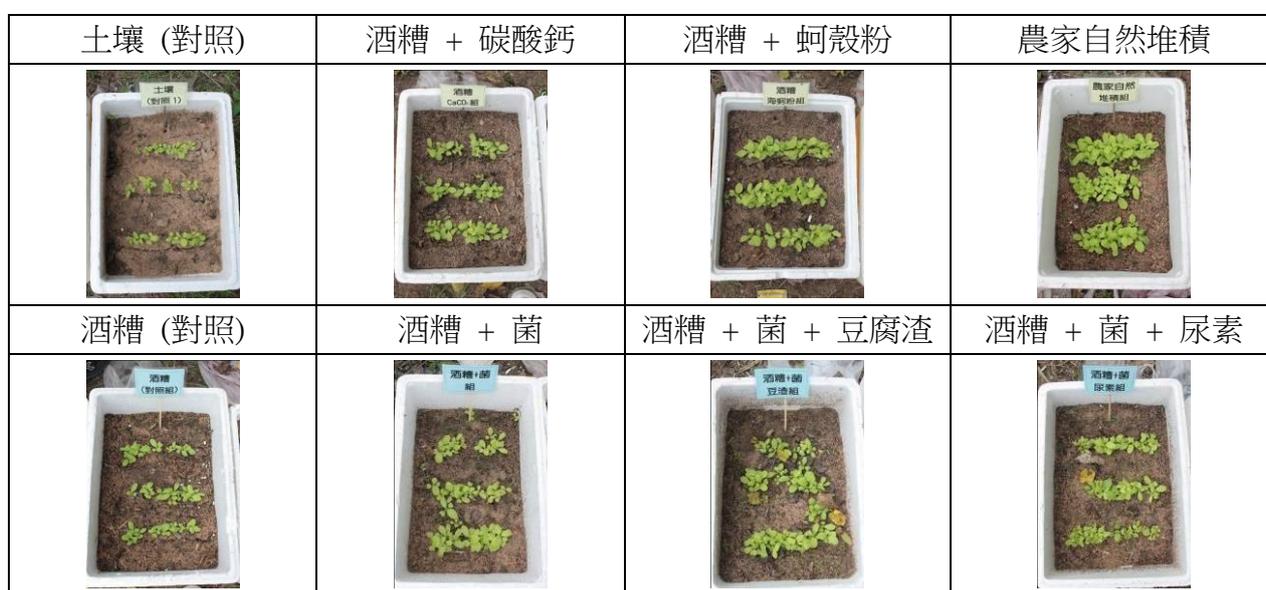


圖 19. 小白菜實際種植於田野之發芽情形。

1.2. 數據分析：

- (1) 加入堆肥的組別之發芽率，皆高於純土壤種植。
- (2) 實驗一中，酒糟+蚵殼粉組的小白菜發芽率明顯高於酒糟(對照)及酒糟+碳酸鈣組。
- (3) 實驗二中，小白菜發芽率：酒糟+菌+尿素 > 酒糟+菌+豆腐渣 > 酒糟+菌 > 酒糟(對照)。
- (4) 腐熟的堆肥能夠改善貧瘠土壤的種植環境，而在堆肥中加入蚵殼粉、菌、豆腐渣以及尿素，皆對於小白菜的發芽有促進的效果。
- (5) 農家自然酒糟堆肥組全數發芽。

(三) 高粱酒糟腐熟堆肥之田野操作

1.2. 田野種植小白菜生長情形：

表 4. 小白菜在土壤中生長四週後之植株重量

組別	對照組		實驗一			實驗二				其他
	貧瘠土壤	酒糟(對照)	酒糟 + 碳酸鈣	酒糟 + 蚵殼粉	酒糟(對照)	酒糟 + 菌	酒糟 + 菌 + 豆腐渣	酒糟 + 菌 + 尿素	農家自然酒糟堆肥	
鮮重 (g)	26.3	74.4	89.1	116.7	43.7	150.6	64.9	98.2	108.3	

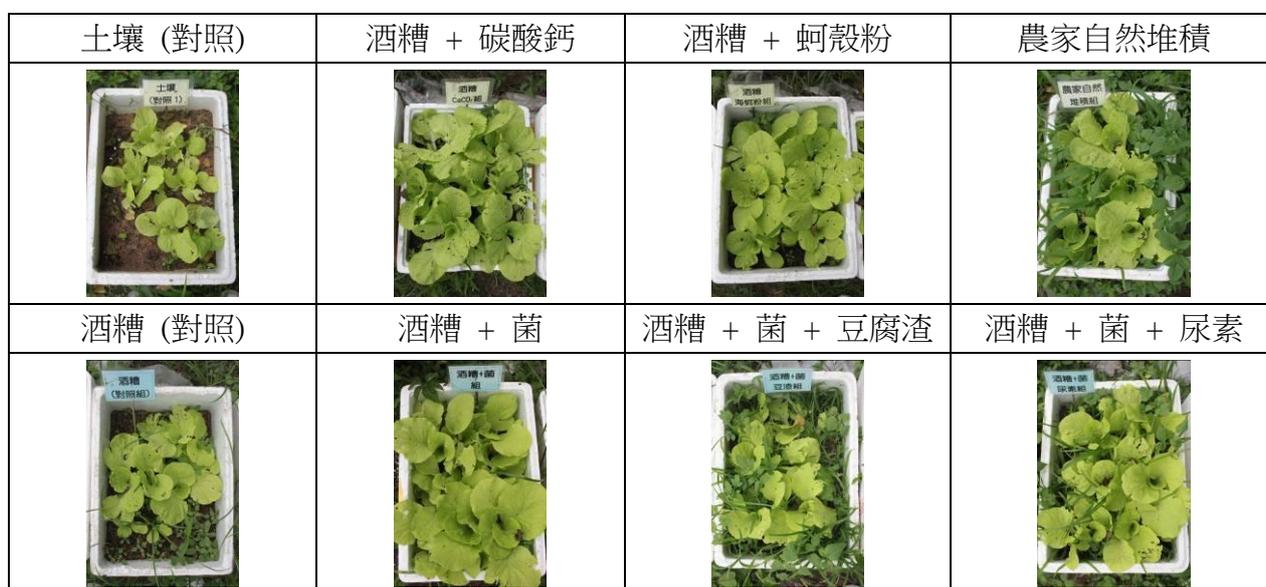


圖 20. 小白菜實際種植於田野之生長情形。

1.2. 數據分析：

- (1) 所有添加資材之實驗操作組小白菜植株大小及鮮重明顯優於土壤對照組。
- (2) 實驗一中，小白菜植株大小及鮮重：酒糟+蚵殼粉組 > 酒糟+碳酸鈣組 > 酒糟(對照)。
- (3) 實驗二中，小白菜植株大小及鮮重：酒糟+菌 > 酒糟+菌+尿素 > 酒糟+菌+豆腐渣 > 酒糟(對照)。
- (4) 總結以上分析結果，酒糟+菌組表現最好，此其和酒糟+蚵殼粉組皆優於農家自然堆積組。

陸、 討論

一、金門地區高粱酒糟之資源利用田野調查

- (一) 酒糟年產量約 86,400 噸，大部分作為飼料使用，然而作為肥料使用，有價格低、易取得之特點，再加上是廢棄物再利用，是生態農業的應用典範。
- (二) 農民自行堆肥的方式，會依照各自情況加入各種糞肥一同處理，而文獻顯示，糞肥對於植物生長除了可提供豐富的營養，亦含有大量的含氮物質可調節酒糟之碳氮比。
- (三) 農民在堆置酒糟肥料時，並不會特意地去翻攪，只是將其集中在一地，憑藉長年累積的經驗判別肥料是否完熟、是否能使用，再施於土壤中。經我們實地觀察後，認為其功效尚待研究，故進行本次實驗研究。

二、高粱酒糟堆肥化研究

(一) 實驗一：探討不同鹼性資材對於高粱酒糟堆肥化之影響

1. 由圖 12 實驗結果得知，本實驗之溫度變化符合文獻中堆肥化過程之趨勢，證實本實驗設計對於高粱酒糟堆肥化之操作可行。
2. 酒糟+蚵殼粉組溫度的變化，最初出現溫度急遽上升的現象，推測可能是因加入的蚵殼粉其顆粒細緻，造成解離及中和反應速率增快，進而快速放熱。
3. 酒糟+蚵殼粉組的發芽檢測幼苗根生長情形及實驗三田野操作發芽率結果明顯優於其他三組(圖 14、表 3)，推論其高溫期提早出現的現象，應有助於耐高溫的放射菌進行分解反應，進而提高堆肥中可供植物利用的養分。
4. 實驗中酸鹼度的變化，各組 pH 值趨勢逐漸上升，推測其原因為堆肥化過程分解氮源產生氨，溶於水後成鹼性。至於各組於第 9 天的 pH 值皆稍微下降，其原因在於微生物分解含碳有機物時，產生有機酸堆積。
5. 大部分種子初期主要是水分因素促使發芽，堆肥中有害的影響是在胚發育生長後才能真正顯現，因此，應用發芽率作腐熟度檢測最少要進行 10 天以上，以胚根腐敗與否作為判斷依據。(張,1997) 因此根據此發芽檢測結果，證實酒糟堆肥並不會造成小白菜胚根腐敗。

(二) 實驗二：探討不同資材組合促進酒糟堆肥化反應之最佳操作條件

1. 根據圖 15 得知，本實驗之溫度變化符合文獻中堆肥化過程之趨勢，證實本實驗對於高粱酒糟堆肥化之操作可行。
2. 酒糟+菌+豆腐渣組溫度變化異於其他三組，推測可能原因是豆腐渣的溼度過高所導致，因為水的物理性質（比熱大），吸收掉分解作用產生的熱，使堆肥溫度不易上升，進而影響微生物的分解效率，使得堆肥化過程中 pH 值的變化程度同步不顯著。
3. 當微生物分解有機基質時會釋放出二氧化碳，使得生物肥料在堆積過程中碳氮比下降（楊,2005）。本研究結果顯示，各組的碳氮比在堆肥化過程中皆有逐漸下降的趨勢，推論在堆肥化的過程中的確進行了有效的分解作用，使碳氮比降至較理想的狀態，有助微生物的作用及植物的生長使用，提供酒糟作為有效肥料的依據之一。

(三) 實驗三：高粱酒糟腐熟堆肥之田野操作

1. 為了釐清高粱酒糟腐熟堆肥對於田野農耕植物的生長是否有幫助，本實驗將腐熟堆肥實際移入田野環境中利用基肥法栽種小白菜。
3. 堆肥化乃微生物進行分解發酵的過程，外加菌種可促進分解反應的進行，經本次實驗發現外加枯草桿菌處理之酒糟堆肥對於小白菜之發芽與植株生長皆有顯著之幫助。經文獻探討得知枯草桿菌可產生蛋白質分解酵素與脂質分解酵素等多種代謝物質，協助分解資材產生其他無機元素，利於植物使用生長。
4. 綜合實驗二、三，原預期添加含氮資材調整酒糟堆肥之碳氮比，將有助於提高酒糟堆肥之成效，且特意選用有機廢棄物—豆腐渣，期待能資源再利用，希望使用天然物質取代使用化學合成肥料(如：尿素)，進而減少對環境的傷害。結果卻發現，酒糟堆肥化過程碳氮比會自然下降，無須額外進行調整。
5. 依據本實驗之操作方式，僅堆積四週之堆肥（加海蚶粉組、加菌種組），其種植小白菜之成效即優於堆積數個月甚至一年以上的農家自然堆積組。因此綜合以上，本實驗建立了酒糟堆肥效率化的良好的操作基礎。
5. 綜合本實驗結果顯示，酒糟+枯草桿菌組堆肥對小白菜之發芽與植株生長有極佳之效果，且經過下表 5 之成本分析，發現酒糟堆肥之成本比化學複合肥料低廉，未來若以酒糟肥料替代化肥，不僅可降低耕作成本，更可減少環境污染。

表 5. 酒糟堆肥與化學肥料之成本比較

	成本(單價)	施用於 1 畝田之用量	施用於 1 畝田之花費
台肥複合型 1 號 / 43 號	11.25 元 / kg	21 kg	236.25 元
酒糟	0.3 元 / kg	200 kg	60 元
酒糟 (含人力成本)	0.3 元 / kg 95 元 / 時	200 kg 82.3 元	142.3 元

柒、 結論

- 一、由本研究結果顯示，我們所設計之高粱酒糟堆肥規模和操作因子確實可行，可供後人研究參考。
- 二、綜合本研究的三個實驗，進行酒糟堆肥化之最佳操作條件如下：
 - (1) 堆肥規模需達直徑一公尺，調整酒糟溼度約為 60%，撒入木麻黃增加孔隙，覆蓋帆布保溫，每二至三天翻堆一次通氣。
 - (2) 加入蚵殼粉可快速提高堆肥核心溫度以及增加高溫期的維持時間，促進堆肥化作用。
 - (3) 於酒糟堆肥時加入枯草桿菌，有助於資材分解，促進堆肥化進行，產生品質較高之肥料，利於植物的發芽及生長。
- 三、本次實驗證明將酒糟製成堆肥是可行的，且其成本較使用化學肥料更低廉，未來若能將酒糟堆肥加以推廣使用，不僅能減少工業廢棄物－酒糟對環境的汙染，更能將其製成優良肥料外銷，為金門帶來可觀的經濟價值，又能兼顧環境生態的永續發展！

捌、參考資料及其他

一、參考文獻

- (一) 邱梅玲 (2007)。三種不同製程的廚餘堆肥之成分及養分釋出特性研究。國立中興大學土壤環境科學系碩士論文，未出版，台中市。
- (二) 鄭正勇 (2005)。堆肥是什麼。2010 年 1 月 30 日，取自 [http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/compost/堆肥\(鄭\).pdf](http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/compost/堆肥(鄭).pdf)。
- (三) 楊盛行 (2005)。生物性肥料的開發與應用潛力。農業生技產業季刊。4，9-17。
- (四) 陳俊位、高德錚、蔡宜峰 (2002)。不同栽培介質的微生物相變化初步研究。台中區農業改良場研究彙報。75，21-31。
- (五) 林景和 (1993)。利用廢棄菇類栽培介質製作堆肥之研究。台中區農業改良場研究彙報。39，17-27。
- (六) 蔡宜峰 (1998)。應用有益微生物餘堆肥製作。台中區農業改良場研究彙報。58，42-47。
- (七) 張定偉 (1997)。羊糞堆肥化處理及腐熟度評估。行政院農業委員會畜產試驗所畜產專訊季刊。20，15-18。
- (八) 蔡宜峰、黃祥慶 (1994)。不同有機資材及通氣量對堆肥中營養要素之影響。台中區農業改良場研究彙報。43，25-33。

二、其他

- (一) 感謝屏東科技大學環境工程與科學系許教授研究室團隊，協助我們分析實驗樣本之碳氮比，並提供寶貴意見。
- (二) 感謝金門農業試驗所劉小姐，提供接種菌源，並提供寶貴意見。
- (三) 感謝金門酒廠研發部李先生提供金門高粱酒糟相關資料。

【評語】 040816

研究主題具地方特色，高粱酒糟堆肥化之研究成果，具應用性，惟應考量操作規模與原料之經濟應用，建議在調配飼料使用之剩餘物質，再進行堆肥之製作。