

# 能源與材料科技系

## 實務專題論文

### DIY 生質肥料對植物成長的影響



指導老師：陳志義老師

班級:四化四甲	學號:BB100008	姓名:卓瑋哲
班級:四化四甲	學號:BB100014	姓名:許智凱
班級:四化四甲	學號:BB100024	姓名:許祥麟
班級:四化四甲	學號:BB100029	姓名:吳柏昇
班級:四化四甲	學號:BB100052	姓名:孫毓斌

修平科技大學

中華民國 103 年 12 月 23

## 致 謝

首先非常感謝本組專題指導教授陳志義老師孜孜不倦的引導我們關於專題的方向，也空出非常多私人時間指導我們帶領著我們完成專題，也非常感謝揭由志老師教導我們報告格式處理的應用，讓我們的專題格式更有水準的發揮。

特別感謝大村農改所的陳博士教導我們專題組員學習肥料的製作以及專業的分析，讓我們在報告上有更完整的數據表達。

最後感謝在專題階段中幫助支持我們我們度過困難的各位家長各位同學。

## 摘要(Abstract)

市面許多有機廢棄資源，如落葉、樹枝、樹皮、果皮、廢棄蔬菜葉、泡過的茶葉等，垃圾量大、占空間。傳統的堆肥易造成通氣不良，產生臭味，導致一般人裹足不前，不想嚐試處理，所以焚化爐處理，消耗能源、CO<sub>2</sub> 排放、空氣汙染等問題延生，這已不符合現代綠色能源新科技發展趨勢。若依生化醱酵技術原理，將有機物的殘渣堆積，經由微生物的繁衍，使有機物分解、發酵至完全腐熟，形成鬆軟、茶褐色並具有泥土芳香的有機生質肥料，直接施用於土壤，不會危害作物，有利於作物的生長。另外，有機生質肥料是自然產物，具緩慢釋放的性質，持續力較長久，不致對土壤造成損害，可增加土壤的有機質，恢復土地的生命力，促進作物生長。

本研究自學校附近環境蒐集有機資源，將稻草，太空包，稻穀，米糠，樹葉等各項資源將水份瀝乾後放入發酵桶中，最後在有機廢棄物上薄施一層發酵輔助菌劑泥土層，依適當比例（即發酵輔助菌劑泥土層用量，全部淹蓋有機廢棄物原則），以促進有機廢棄物之發酵分解並消除臭味製成有機固態肥料，將黃豆粉、海帶粉、糖蜜(大川)、枯草桿菌，以 1 公升的水、黃豆粉 5g、海帶粉 2.5g，蜜糖 100g、菌種 1-2g 混合為有機液肥。

第一次把各項自製有機肥料固態肥料與民間有機肥料分別與新土層以 1:4 混合並施於田間，與每周固定施打液態肥料，與未施肥料組，進行小白菜之種植影響性探討，經過田間試驗後發現以自製有機稻穀是未施肥料組的 1.04 倍效果為最佳，液態肥料卻不如未施肥料組，我們在暑假去大村農改所學習更完善的製作肥料技術並再次製作有機液肥來進行對大陸妹種植影響性探討，經過專業人員的指導，在第二次試驗當中我們的成果每周施打液肥的效果為空白試驗的 1.33 倍，施打一次為空白試驗的 1.12 倍，這次自製的液肥成效更為優善。

## 目錄

摘要(ABSTRACT) .....	II
第一章緒論(INTRODUCTION).....	1
1-1 前言 .....	1
1-2 實驗目的和方向 .....	5
第二章文獻探討(LITERATURE SURVEY).....	6
2-1 有機堆肥歷史 .....	6
2-2 生物性有機材質堆肥原理.....	7
2-3 有機堆肥發酵材質種類 .....	8
2-4 有機堆肥最適條件 .....	10
2-5 影響有機堆肥的控制因子.....	10
2-6 有機堆肥品質檢定之標準.....	11
2-6.1 分析方法.....	12
2-7 有機堆肥對生態的意義與功效.....	17
2-8 蔗渣堆肥 .....	19
2-9 廢棄物製作生質肥料 .....	24
第三章研究方法 (EXPERIMENTS).....	25
3-1 器材與材料 .....	25

3-1.1 器材 .....	25
3-1.2 材料 .....	25
3-1.3 蜜雪兒白菜苗.....	25
3-2 生物肥料製作與蜜雪兒白菜種植流程.....	26
3-2.1 生物肥料製作流程.....	26
3-2.2 蜜雪兒白菜種植流程.....	26
3-3 生物肥料製作與照片記錄.....	26
3-3.1 生物肥料製作.....	26
3-3.2 種植前處理.....	29
3-3.3 菜苗選購及量測.....	31
3-3.4 肥料與土混合.....	32
步驟說明 .....	32
3-3.5 種植白菜.....	33
3-3.6 照顧與量測記錄.....	36
3-3.7 採收與最終測量.....	37
3-4 第二次種植大陸妹 .....	38
3-4.1 種植與照顧及量測.....	38
3-4.2 採收與最終量測量.....	39
第四章結果與討論 (RESULTS AND DISCUSSION) .....	40

4-1 生質肥料效果 .....	40
4-2 生質肥料種類差異 .....	45
4-2.1 蔬菜高度變化.....	45
4-2.2 蔬菜寬度變化與時間.....	45
第五章結論(CONCLUSIONS).....	46
參考文獻 (REFERENCES).....	47
附錄 .....	49

## 圖目錄

圖 2-1 糖廠運送蔗渣 .....	19
圖 2-2 有機肥料廠製造流程圖.....	21
圖 2-3 糖廠附設蔗渣有機肥料廠露天堆積翻堆情形 .....	21
圖 2-4 利用翻堆機製作堆肥情形.....	22
圖 4-1 蔬菜高度之影響.....	40
圖 4-2 蔬菜寬度之影響.....	41
圖 4-3 蔬菜之高度影響 .....	44
圖 4-4 蔬菜之寬度影響.....	44

## 表目錄

表 2-1、有機材料品質檢定標準 .....	12
表 2-2 擴散顯圖之形狀與顏色.....	12
表 2-3，6 個 100 M L 定量瓶中各重金屬標準液取用濃度、量取體積 .....	16
表 2-4 商品登記規定成分含量，採樣分析成分含量 .....	22
表 2-5 堆肥處理設備概要與成本.....	23
表 2-6 年變動成本分析.....	23
表 2-7 營運收益分析 .....	24
表 4-1 自製有機固態肥料分析表.....	41
表 4-2 自製有機液態肥料成分分析表.....	42
表 4-3 自製有機液態肥料分析表.....	42
表 4-4 自製有機肥料成分分析表 .....	43
表 4-5 自製有機固態肥料 C/N(碳氮比) .....	43
表 4-6 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 0 天 .....	49
表 4-7 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 5 天 .....	50
表 4-8 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 10 天 .....	51
表 4-9 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 15 天 .....	52



表 4-10 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 20 天 .....	53
表 4-11 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 25 天 .....	54
表 4-12 第一次採收紀錄.....	55
表 4-13 第二次自製生物性肥料種植---第 0 天.....	56
表 4-14 第二次自製生物性肥料種植---第 7 天 .....	57
表 4-15 第二次自製生物性肥料種植---第 14 天.....	58
表 4-16 第二次自製生物性肥料種植---第 21 天.....	59
表 4-17 第二次自製生物性肥料種植---採收紀錄.....	60

## 第一章緒論(Introduction)

### 1-1 前言

目前地球生態環境的破壞，促使人類在科技的發展以及食、衣、住、行上，越來越講求環保；回收再利用，漸漸的也變成許多產業的趨勢。這樣做不僅能節省資源，更可以省去不必要的浪費，也減少廢棄物對於環境的負擔，因此造就許多現代產業趨於環保方面著手，不管是工業或是農業。

二次大戰之後，開始大量使用化學肥料及農藥，雖然對植物與大範圍作物，可以提高產量，但是作物生長的過程為求速成，不斷的添加化學肥料，增加產量【1】；一般土壤中氮、磷、鉀的供應能力都不充分，尤其幾乎所有耕地都缺乏氮；另外，一些問題土壤也可能缺乏一種或多種微量元素，這些養分的補充，一般都施用化學肥料來補充，因為氮、磷、鉀等植物的養分都是化學元素，化學元素是不能做出來的。但化學肥料在土壤長久累積下，肥料施用對環境的污染，如氮肥：氮態氮肥料及有機肥料在土壤中，最初以銨離子供應作物吸收，一部分氮，則同時被硝化細菌利用，做為能源而被氧化成硝酸根。沒有被作物吸收利用的硝酸根可能被淋洗而污染地下水，由土壤流失的硝酸根必然帶走鈣、鎂等離子，造成土壤酸化。鉀肥：現在使用大量氯化鉀，它在土壤內解離能力差，且Cl<sup>-</sup>要移走時，必然會帶Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>等一起走；因此，施用氯化鉀必然造成土壤額外的酸化。當人類過度的使用化肥，不僅因為化肥的養分不均，有些化肥含有微量的鐵、錳、鋅、銅、鉬等，由於這些原素皆是重金屬，不當使用重金屬原素會造成累積，這些重金屬都是嚴重的污染源，便會造成環境的迫害【2】。所以使用化肥除了造成作物養分吸收不均，土壤也受到破壞，不夠給予作物所需的養分，所以惡性循環下，必須更仰賴化肥，而土壤所需的有機物、泥土裡的生物減少。運用化學肥料，可能會直接或間接的對於環境或是土壤造成傷害，如不慎流入河川，可能會造成水中生態的破壞；而流入人類的飲用水庫，水源遭受汙染，而受污染的水質，會長出低等藻類植物，消耗水中大量的氧氣，造成水質優氧化，水裡的生物也會因為氧氣的不足而死亡。此種惡性循環下，造成土壤失去原有的附著力，植物對病蟲害抵抗力下降。除了破壞環境，農藥的殘留所留下的物質會對人體造成傷害，在田間施用的化肥，未能被植物

吸收的部份會被沖進河流或地下水道；化肥中的一種主要成份硝酸鹽，會在大自然中轉化成亞硝酸鹽，而現在有大量的科學證據顯示，亞硝酸鹽可以致癌，同時；當植物吸收殘留過多的亞硝酸氮及亞硝酸鹽，被人體食用吸收後，會殘存在血液紅血球內，讓紅血球儲存氧氣的功能減低，造成人體慢性缺氧，導致細胞缺氧造成病變，尤其葉菜類含量最多。農夫在田間施用的氮肥，至少一半會被水沖走，而我們的水源被化肥污染，裡面的硝酸鹽含量也相對的超過標準【3】。

一般我們農業所使用的化學肥料，除了主要的氮、磷、鉀，以及另外一些礦物質元素，大多不夠全面完整，所以植物所需吸收的養分，便會造成土壤酸化、養份過量且不均勻的情況；也因化學肥料吸收過量，作物本身會變柔軟，更加容易遭受到昆蟲侵襲，相對的作物受到昆蟲的侵襲就必須噴灑農藥，而因為大自然的生物都有相對的演化機制，在生存受到威脅之下，便會產生一些抗性，所以化學農藥的應用上，十分普遍地發現有抗藥性的產生。即在農藥應用的初期，可以有十分良好的殺蟲效果，但過一段時間之後，害蟲的數量不跌反升，因為害蟲對農藥已產生出抗藥性來。例如瘧蚊對馬拉硫磷的抗藥性，當1977年，馬拉硫磷初次引入斯里蘭卡時，可100%殺滅瘧蚊。但1979年後，已發現有部分瘧蚊能夠在施用後生存，2001年世衛研究報告，同一種的瘧蚊已可在施用馬拉硫磷後有70%生存下來。也就是說，發展出更強的農藥，便會有抗性越強的昆蟲會出現。另外，2001年世界衛生組織報告，在東南亞，7個發展中國家從1996至2000年期間，每年約有12萬人因為農藥中毒而住院治療，其中約5%的死亡與農藥中毒有關【4】。

1987至1988年左右開始，香港時常發生「毒菜事件」，農夫濫用或誤用化學農藥，引致過量農藥殘餘留在蔬菜上，造成食用蔬菜的人中毒。這樣反覆的惡性循環，不但造成農夫的困擾，而所用化學肥料過量噴灑農藥過多，更會對環境以及人體有間接或是直接的影響【5】，所以種植作物必須更換種類，才不至於因為某種作物所需要的元素較多；而大量的使用化學肥料填充，導致土壤養分不平衡。另一方面，化肥只是一些無生命的化學劑，不能給泥土中的生物提供有機物，故此它會令泥土裡的生物減少，泥土變成了一堆沒有生命的礦物，令泥土中的有機物減少，失去了它的黏附力。在下雨或刮風時，表面土壤粒，便容易被沖走或吹走，令土地逐漸不能再種植。全球已有約20億公頃的土地出現土壤退化的問題，其中12%是因為養分缺失、

鹽化、酸化及污染等原因，56%因為水的侵蝕，28%因為風的侵蝕【1】。

大自然中植物裡含有豐富的礦物質以及有機物，以供給植物所需的養分氮、磷、鉀。傳統的化學肥料因為使用不當，而導致作物必須仰賴化學肥料供給的養分；而遭受病蟲侵害的作物，則必須使用化學農藥噴灑。根據行政院環保署的資料統計，我們每年平均所產生的垃圾當中，有 40-50%是來自於落葉、雜草以及廚餘類等，而這些可以腐熟的有機物，正是製造有機堆肥的材料。都市不斷地成長，產生的垃圾形成了嚴重的問題，特別是廚餘類的垃圾，不僅容易產生惡臭，還會孳生蚊蟲，造成居住環境的不衛生，燃燒垃圾所放出來的 CO<sub>2</sub>，更造成了空氣的嚴重污染。所以，如果每個家庭，甚至每個社區都能先行處理這類垃圾，將它轉化成可利用的堆肥資源，那便會減少廢棄物對環境的影響【6】。

有機物能於大自然裡分解，然後釋出養份給予植物利用。它們緩慢而穩定地釋出各類養份。植物由於獲取充足而全面的養份而生長得健康茂盛，故而降低病蟲害。同時，有機物能改善泥土的結構，創造一個排水良好、空氣流通、保水的環境，讓泥土中各種生物更適合生存。泥土上厚厚的有機物就像棉花一樣，可吸收 H<sub>2</sub>O，減少泥土 H<sub>2</sub>O 蒸發，減低因風雨所做成的水土流失。從安全方面說，有機產品所含化學農藥肯定會少；從營養方面說，依科學家對有機蔬菜與無機蔬菜，作過兩者分析、比較成份。雖然各種成份會因氣候、土質、栽種時間等因素而變化，但整體來說，有機菜在維他命 C，蛋白質，及各類礦物鹽等方面的含量都持續地較高。可能一般人認為有機蔬菜的外貌，都是經過蟲咬相貌不佳，雖然這些外觀上的缺點，但對人體健康，蔬果菜味道與及營養價值，都絕無影響。

由於化學肥料製作快速，所以許多的農民還是選用便宜又大量的化學肥料來種植作物，但是因為是化學製品，自然而然會累積成問題，這些化學物品雖然能在短期內讓土地增產，但長遠來說，卻會令土地退化，表土流失，更會破壞生態，污染環境。另外，有機肥料的製成時間久，所以都會存在一個疑問，如果農民種植方是全部改為有機方法，那所種植出來的作物可供給足夠給人類食用嗎？一直是很多人對它存疑的問題，因為大家都相信，有機農業的產量比常規的低。其實，如今的常規農業未能養活全人類，因為這是一個糧食分配的問題，而不是一個糧食生產的問題或者一個科技的問題。今日全球糧食的產量，

基本上已經足夠全球總人口的需要，但仍有接近 8 億人營養不足，最主要的原因為貧窮，所以才沒有足夠的糧食提供。每當饑荒發生，最先受影響的會是那些最窮、最無權無地無工的一群，即是老弱孤寡婦孺；但決不會是那些在上位、有權有錢的。即使在最貧窮的國家，仍有一些人，永遠不愁衣食；即使在最有錢的國家，貧富差距還是相當的大，還是有許多人不得溫飽。同時，饑荒很多時，都是伴隨著戰亂，或者因樹林砍伐等，環境保護不周而惡化的天災以來。若果這些經濟、社會、政治、環境上的問題未獲解決，單單增加糧食生產，饑荒仍會存在。另一方面，化學肥料耕種會破壞泥土的結構、影響環境、生態。長遠來說，有機耕種才能保持泥土的肥力，繼續種出健康的糧食來。有機肥大多含有微生物群，醱酵過程中須經由微生物分解，但有機肥的重點不是在微生物，要的是微生物分解後所產生的物質，微生物只是有機肥生產過程中所必要的，有機肥製造完成後，微生物變成有機肥裡的附加價值，所以雖然化學肥料可以解決作物生長所需的養分，但是這只能解決短暫的問題，而地球環境被人類撻伐破壞過於嚴重，所以環保問題就持續的被重視，農民也必須拋開短期利益的想法，選擇長期永續發展的方法【7】。

堆肥就是模仿大自然的循環，將本來稱為廢棄物能被生物降解的有機物堆放在一起，如茶葉、廚餘、果皮等等，提供一個合適的環境，讓各類微生物以較高的速度把它分解。過程中，被分解的有機物質會釋放出熱量、CO<sub>2</sub>，最後轉化為深咖啡色、帶泥土氣味並含有養分的腐殖質，便是堆肥的過程與結果。若將堆肥與泥土混合，它可改良泥土的結構，調較泥土的酸鹼度，又能把原本鬆散的沙質結構變得緊密，改善保水力、疏氣性、排水力和保肥力等等，亦能提供均衡的基本養份予植物，是一種上品的土壤改良劑【8】。我們想要使用有機廢棄物所製成的肥料來進行種植作物的實驗，一方面是因為，人類不管是家庭方面還是工作方面的需求，過程當中必會產生許多不必要的浪費，像是晚餐的廚餘，或是市場水果攤的果皮，飲料店的茶葉等等，這些物質，雖然在他們眼中可能已經成為垃圾，但是也許這些東西，在有機產業中，是基層的原料，也許這些每天生活中所產生的廢棄物拿來利用的話，不僅能減少不必要的資源浪費，還可以減少廢棄物對於環境的污染和破壞。再以蔬菜生長表現之數據，顯示生機肥料對蔬菜種植重要性。

## 1-2 實驗目的和方向

此次實驗將嘗試自然的生機肥料作業方式，脫離農業化學肥料的方法，不使用傳統的化學肥料。因此首先嘗試 DIY 生質肥料，並去分析其肥料所含物質，並下去田間添加不同比例種植小白菜，並統計其生長數據，來了解到此制自製有機肥料是否對小白菜的成長有優異性。

## 第二章文獻探討(Literature Survey)

「堆肥」為利用微生物將有機物質加以發酵、分解與穩定化的過程，最終所形成產物。它屬有機類廢棄物生物處理程序的一種，可藉由控制堆積方式、水分、溫度、濕度及熟化等條件，將有機類廢棄物中不穩定的有機成分加以分解，去除有機廢棄物中，具土壤衝擊性的有機成分及毒性物質，轉化為有功能性的有機肥料，兼具肥料及土壤改良的效益。它可以混以化學肥料同時使用，具有活化土壤、彌補土壤養份比例失調、防止土壤板結現象、保水與保肥等性能。

生物性肥料是以微生物為原體，又稱微生物肥料。係指含具有活性微生物體（包含休眠孢子），細菌（如放線菌類）、真菌、藻類等微生物體，有機類廢棄物經其代謝產生的特定產物。它應用於作物生產，具提供應植物養分或促進植物養分再利用之功用。肥料的定義有廣義及狹義二種，「凡一切物料，不論其施於土壤或植物之根部，若能供作養分或改良土壤之理化、生物性質，藉以增加作物之產量或更改進產品之品質者。簡言之，凡能增進作物之產量與品質之物質，稱為廣義的肥料；然而，僅直接供給作物以養分之物料，稱為狹義的肥料。

「生物肥料」即以廣義取之，係指人工培養之微生物製劑，在土壤中利用活體微生物之作用，以提供作物之營養分來源、增進土壤營養狀況或改良土壤之理化、生物性質，藉以增加作物產量及品質者【9】。堆肥化之目的是利用微生物將廚餘中的有機成份分解後，以供土壤吸收及植物利用。由於微生物分解有機質過程需要氧氣，故必須適當送風以供給氧氣；另外，含水率、有機營養份、pH 值、溫度..等，也是維持微生物良好活動時的重要條件，因此十分重要。整體而言，堆肥化有助於垃圾減量及節省垃圾處理費用，對於資源回收工作的推動，農綠地肥力的回復有極大助益【10】。

### 2-1 有機堆肥歷史

縱觀人類文明發展，早在農業時代，人們已體認到回收自然資源再利用之妙用，並巧妙地運用到農業生產上，例如將作物殘渣、禽畜類排泄物等有機廢棄物回歸農田使用，化腐朽為神奇，以作為增進農田地力，由於堆肥法處理成本低廉、技術性簡易、低環境衝擊性的優勢，已經普遍在各國發展推廣，促進廢棄物資源循環利用。自 1956 年臺灣省環境衛生實驗所在屏東市設置第一座垃圾堆肥實驗廠開始，至 1977 年全國各地合計已興建 22 處堆肥廠，但有 92% 因以垃圾所製

成的堆肥成品品質不佳而停止生產。

政府為妥善處理禽畜排泄物，避免造成環境污染，並促進禽畜糞堆肥之利用，自民國 80 年即輔導養畜禽農戶及農企業設置堆肥處理設施，一方面處理畜牧場之環保問題，另一方面，可以利用禽畜糞便發展有機農業，健全農業生態環境。並於民國 81 年訂定「禽畜糞堆肥場設置要點」規範禽畜糞堆肥場之申請設置，其中包括土地之變更，之後隨著時空環境的改變【11】。

自 1997 年開始，行政院環保署將垃圾處理政策調整為以「源頭減量、資源回收」為優先，並自 2001 年推動家戶廚餘回收，針對垃圾分類、廚餘分離回收再用擴大辦理。目前臺灣全國每日約產生六千公噸廚餘，已有許多縣市積極進行堆肥處理，並有多處社區建立小型自主廚餘堆肥系統。但因為廚餘堆肥屬於雜項堆肥，原成份的不穩定導致成品堆肥的品質較難控制。現階段堆肥的應用仍有限制，主要以供水土保持、土壤改良劑與有機肥原料為主。

政府政策的調整，於民國 91 年訂定「禽畜糞堆肥場營運管理要點」，以輔導管理禽畜糞堆肥場之營運。禽畜糞堆肥場（以下簡稱堆肥場）係指使用禽畜糞及其他農業廢棄物等為主原料，從事堆肥商品製造、加工及批發之場所，依經營型態分為下列二類：一. 畜牧場附設堆肥場：指畜牧場設置之堆肥場，僅處理自家產出之禽畜糞廢棄物者。二. 堆肥代處理場：指農民、農會或合作社場等所設置之堆肥場，接受畜牧場或飼養戶委託處理禽畜糞廢棄物者。目前全國共有 53 家堆肥場取得行政院農業委員會（以下簡稱農委會）核發之禽畜糞堆肥場營運許可證，其中畜牧場附設堆肥場 13 家，堆肥代處理場 40 家，總計約回收 1300 場之禽畜糞，每年回收禽畜糞約 38 萬公噸，另每年回收農業廢棄物作為堆肥調整材約 40 萬公噸，合計每年約處理 78 萬公噸。經醱酵腐熟後，作成堆肥成品約 32 萬公噸，年產值約 15 億元。

當邁入工業時代後，追求高產值成為唯一的目標，自然資源即被人們任意的開發及揮霍。

## 2-2 生物性有機材質堆肥原理

所謂堆肥法即利用廣泛分佈於自然界之微生物，在控制的條件下，將廢棄物中不穩定的有機成分加以分解，轉換為安定的有機質成分，即腐熟的堆肥。其在農業生產及保持地力上，兼具肥料及土壤改良的效益，故為廢棄物處理中重要的一環。堆肥法的優點在於不需要高度的技術、處理成本低、安全衛生、合於環境保全的原則，其缺點在於



成品堆肥的品質較難控制，惟仍有待檢討評估及重新規畫之價值。

### (一)堆肥原理

在堆肥化過程中，有機碳被微生物呼吸代謝因而降低碳氮比，所產生的熱可使堆肥溫度達到 70°C 以上，能殺滅病菌、蟲卵及雜草種子。大部分有機材質，若直接施入土壤中，分解時會產生有毒物質，並會消耗氧氣，造成土壤還原狀態；若將碳氮比大的堆肥材料，直接施用於土壤中，在分解初期會造成土壤中某些養分有效性暫時下降，尤其是氮素影響最大。這些材質經腐熟後再施用，可減少有害因素，避免抑制作物生長。

另外一方面，有些堆肥資材纖維強韌，經過堆積後較鬆軟而利於散佈；有些具有強烈的臭味，製成堆肥後，不但沒有臭味而且具有泥土的芳香。

### (二)堆肥比例與製作過程

- 1.堆肥場所：有頂棚的堆積場所最為理想，在戶外堆積時，也必須要有適當遮蔽，以防雨水沖刷。
- 2.混合及水分控制：推肥材料必須經過充分的混合均勻才能有利於發酵，但為了省工，可採用混層堆積方式，一層含碳量較高的有機物質厚約為 30 公分，再添加含氮量高的材料厚約 4~5 公分，以此比例層層混和即可。堆肥材料混和的同時，可以適當的調整含水量為 60%，水分和堆肥材料有著不可或缺的關係。
- 3.堆積：堆積體積越大，越容易發熱升溫。但在初期 7~14 日，維持 60°C 以上的高溫；接著，應調整溫度至 50~60°C，為最適合發酵之溫度，其方法為加強通氣，散去發酵熱能。否則溫度過高，堆肥分解的發酵期也會延長。一般堆肥堆積高度不可超過 1.5 公尺，若其發酵腐熟完全，則可增加堆積的體積。
- 4.敷蓋：其目的在於防止水分散失、保溫作用，使堆肥水分及溫度均勻的分佈，有助促進發酵之功能。其次，敷蓋可防止蚊蟲下蛋以及病菌或是草種子侵入，以維持堆肥的品質。敷蓋物材料以麻布類稍具通氣者為佳，其次為稻草、草蓆等，而塑膠布則僅適於戶外使用。
- 5.發酵：當堆肥溫度降至 40°C 左右，且堆肥色澤較為黑色，並且沒有臭味，材質脆軟，便可將堆肥攤開成高約 20~40 公分鋪平。此時微生物為低溫後發酵，堆肥成分趨於穩定腐熟，便是完成之時。

## 2-3 有機堆肥發酵材質種類

### (一)有機肥料可分：

- 1.動物性有機質肥料：魚渣肥料、肉渣肥料、鳥糞肥料、骨粉肥料等。
- 2.植物性有機質肥料：乾燥菌體肥料、副產植物肥料等，此類肥料不需要經發酵腐熟，主要功用為供應農作物生長所需的緩效性養分，緩效性肥料熔磷、矽酸鉀等這些肥料在土壤中藉由水與微生物等做用，慢慢分解才能生成肥效。生長速率慢，成本高，除了可以提供較多元的營養成分外，尚含有豐富的微生物族群及良好的生物性，對於長年生的作物或果樹，可防止末期的營養缺乏以提高產量，對於農作物品質提升有相當效益【12】。

堆肥有機質肥料，係利用禽畜糞、養菇後廢料、稻穀、樹皮、蔗糖、食品廠廢料等農牧廢棄物，經過發酵腐熟而成，有機質含量較多，所含各種微量要素養分，也很豐富。此類肥料所含之腐植質，根據試驗研究指出，具有改善土壤粒團構造，加入有機質將土壤改為團粒構造，因含有適當的空氣和水份所以適合農作物的生長單粒構造土壤中加入堆肥或腐質土等有機物，多翻耕以促進土壤團粒構造的形成 1-2 年左右做一次 30 公分深的深耕。促進土壤鬆軟，通氣、排水、保水、保肥、調整酸鹼度養分有效化及分解有毒物等功用，因此需使用多量腐熟的堆肥，對於提高農作物品質及產量，有顯著效果。

綠肥是將整株綠色植物或其植物之莖根部份，直接當作肥料。可供綠肥作物的種類甚多，如豆科植物，有田菁、太陽麻、虎瓜豆、紫雲英、大豆等綠肥作物；另也有用油菜、蘿蔔等非豆科植物。豆科植物因可與根瘤菌共生固定空氣中的氮素，增加土壤氮素來源。綠肥作物無論豆科及非豆科植物，均可供保存土壤營養的功效，將土壤營養吸收到綠肥植體中，暫時保存，減少流失；供綠肥時，即可分解再釋放出營養分，並在分解中對磷素及微量元素有效性可以提高。

(二)堆肥材質可分：

- 1.適合材料：草、樹葉（如大小葉欖仁樹、樟樹、槭樹、山黃麻、等）、樹及灌木枝、糞便、廚房殘肴、熱帶水果果皮、普通用紙及馬糞粗紙。
- 2.不適合材料：玻璃、金屬、塑膠、上蠟牛奶紙盒、油渣顏料廢料、瓦礫及泥灰。可堆肥素材最主要以樹葉為主，但仍要注意避免不易分解的樹葉。

一般以植物為堆肥材料，應注意的事項如下：

- 1.本科植物及草本類：大部分之草本類植物因葉薄、紙質，組織柔弱，腐爛時間短，均可以作為堆肥材料，如隨地可見之草本類植物，如

- 咸豐草、大風草、車前草、牛筋草等，或禾本科植物如狗尾草、竹類（綠竹、桂竹、麻竹、長枝竹之葉片）均為堆肥腐植質最佳來源。
2. 落葉樹種：一般闊葉樹種樹葉均可作為堆肥材料，如樟樹、槭樹、山黃麻、馬拉巴栗、楓香、鳳凰木等；對於一些葉片具有乳汁、厚質的樹種，如國外引進種巴西橡膠樹、本省鄉土樹種、榕樹等因葉不易腐爛分解，較不建議採用。
  3. 針葉樹種：大部份針葉樹種之葉子，葉子鮮硬、較多為硬革質或含油脂及特殊精油、分解不易，不宜為堆肥材料，如黃麻椰子、蘇鐵、橡樹、栗樹等。如因材料取得不易一定要用，添加石灰可防止堆肥酸化。添加草，可調節堆肥時氮素、熱能及水分之控制。樹及灌木富含鉀，使用前要經適當切碎及混合以利通氣。小動物如家兔、雞或貓狗糞便都可做氮素補充來源。廚房裡蔬菜殘屑、咖啡渣、茶渣等，也是適當添加物，但堆肥時要注意覆蓋土，以免吸引老鼠來；避免有顏色普通用紙，馬糞、粗紙等添加物較少，於撕碎加水浸泡後，可與其他材質混合使用【13】。

#### 2-4 有機堆肥最適條件

堆肥就像土壤一樣，是活生生的，由無數的微生物、成份與結構組成，在堆肥化的過程中，氧氣、水分、主成份碳氮比、以及溫度的變化與控制，會影響堆肥最終的品質。根據許多經驗與研究發現，將堆肥原料組成調整在碳氮比(C/N)=25:1~35:1 之間，水分維持在55~60%，經常性的翻堆，並維持溫度不使之超過 65°C【14】。

#### 2-5 影響有機堆肥的控制因子

1. 空氣：有機堆肥發酵過程中，微生物需要空氣，故須不定時的重覆翻動，翻動次數越多次，與空氣混合度就越充足，且可縮短其熟腐所需時間。堆肥底最好有一層樹枝或碎石，來保持空氣流通。如濕潤後，會黏在一起的堆肥原料（樹葉、草葉等），容易造成空氣不足（缺氧）不容易分解，應和其他堆肥原料混合後再放入肥堆區內。
2. 水份：有機堆肥不可以太乾，過於乾燥會造成微生物活動量短少；但是也不可太濕，過於潮溼會造成缺氧，使堆肥原料分解變得緩慢會產生惡臭。堆肥要保持濕潤，就像扭乾海棉一樣；太乾時，應略灑水。
3. 溫度：有機堆肥物料可在五天內升溫至 60-70°C，在高溫狀態下，微生物活躍，分解速度快，且可將存在的病蟲害、病原體和雜草

種子等殺死。要保持最快速度的分解作用，必須有適當的保溫，可在堆肥頂加一塊舊地毯、麻布袋或一層泥土等。

- 4.體積：有機堆肥區域越大越易保溫，但區域過大以人力來說是很難處理的，建議以一立方公尺的體積，較適合個人製做有機堆肥區。
- 5.微生物：微生物擔任有機物分解與堆肥穩定化之重要角色。不同的堆積材料能接種適當微生物菌種，可以加速堆肥發酵。唯最有效率之堆肥化堆積法，為維持為生物最適宜之生長條件，使微生物充分的活動繁殖。通常做法是取一部分腐熟堆肥做植種，除供微生物加速發酵外，同時可調整水分含量，縮短堆肥化時間。
- 6.時間：有機堆肥的完成，除了空氣、水分、溫度、體積、微生物等因素外，還有天氣、原料、加速物、堆肥方法而異，當然還需要時間等候，普通約需數個星期；當肥堆顏色轉深，原來成份已不能分辨時，即堆肥已在腐熟狀態，就可以拿來使用。
- 7.碳氮比：有機廢棄物中碳氮比是一個非常重要的因素，堆肥化過程中，微生物需要碳素當作生活能源，同時也需氮素來維持生命及建造體細胞，適合於微生物之碳氮比介於 20:1 至 30:1，碳氮比太高時，會因氮素缺乏，致使微生物無法大量繁殖，堆肥化過程進行相當緩慢。如果碳氮比太低，微生物分解出過多之氨，而易從堆肥中逸散，導致氮素損失。堆積過程進行時，有機廢棄物中之碳氮比逐漸減少至 20:1 左右。
- 8.酸鹼值(pH)：分解堆肥的微生物喜好中性至微鹼性，即 pH7.0~8.0。在堆肥過程中，會產生各種有機算和碳酸使環境酸化，因而抑制微生物的活動，因此，在堆肥時可加入一些石灰、草木灰等鹼性物質。石灰用量約為 2~3% ，這些物質除了調節酸度外，還可破壞乾枯和表皮的蠟質層。

## 2-6 有機堆肥品質檢定之標準

有機質肥料因其材料來源種類甚多，品質參差不齊，為有效管理有機質肥料，農業委員會及農林廳自 78 年 7 月起修正公布之『肥料管理規則』將有機質肥料納入管理範圍，並公布有機質肥料品目規格，並經 81 年 6 月及 86 年 2 月分別修訂，目前共分為 26 種品目，逐項規定其保證成分，有害成分及其他規定事項，由業者據以向主管機關辦理登記，由主管機關抽驗，以確保肥料品質。茲將其中若干品質檢定之標準列於下表。

表 2-1、有機材料品質檢定標準

有機材料	碳(%)	氮(%)	用量(kg)	碳(kg)	氮(kg)	碳氮比
太空包廢料	45	1.0	1,000	450	10	45
菜仔粕	20	4.5	100	20	4.5	4.4
牛糞	21	1.5	40	8.4	0.6	14
雞糞	6	2.5	20	1.2	0.5	2.4

## 2-6.1 分析方法

### (一) 測定腐熟度如何判定

#### 1. 濾紙擴散顯圖測定法

濾紙先以 0.5%硝酸銀溶液浸泡，烘乾待用。稱 5 公克堆肥，加入 50 毫升的 1%氫氧化鈉(NaOH)，振盪 5 小時後，以 3000rpm 轉速離心，用棉花蕊心沾上澄液，沾點於濾紙中央，依在濾紙上擴散顯圖的形狀及顏色，比照下表列的資料，可判斷堆肥是否腐熟。

(如表 2-2、堆肥樣品抽出液(以 1%氫氧化鈉抽出)點於濾紙上，擴散顯圖之形狀與顏色)

表 2-2 擴散顯圖之形狀與顏色

位置	新鮮堆肥	腐熟堆肥
擴散散圖中央	顏色為白色至粉紅色	顏色為紅色至紫色
擴散圖中間帶	形狀為環狀	形狀為不規則狀
擴散圖邊緣	邊緣非鋸齒狀	邊緣為鋸齒狀

#### 2. 塑膠袋法

適用於堆肥廠現場之簡易判定法，新鮮堆積材料含許多易被分解的有機物，輕微生物與生物作用後會產生多量氣體，塑膠袋因而馬上膨大如氣球，堆積材料越接近腐熟則氣體產生的速度越慢且量越少，當然塑膠袋不會馬上鼓起來，甚至於不會鼓起來。

此法可利用於禽畜糞為堆積材料製造堆肥時，腐熟度定性測試，但難判定完全腐熟與否。

#### 3. 蚯蚓法

堆肥與純水以 3:2 比例混合均勻後，放入 1/2 至 2/3 杯量堆肥於

黑紙罩住四周的杯子(最好 500 毫升以上)中，把蚯蚓置於堆肥上面，因蚯蚓有棲息於暗處之習性，若蚯蚓有往下鑽入堆肥之現象則表示堆肥以腐熟，若蚯蚓有逃避離開的反應，甚至死亡，則表示此堆肥上未腐熟，此法適用於判斷禽畜糞堆肥是否腐熟。

## (二) 測有機碳與氮比值及有機質含量

一般而言，腐熟堆肥的有機碳與氮比值大多低於 20(但樹皮堆肥的比值可能大於 20)，有機質含量可以高於 60%。但是，若以純雞糞製造堆肥時，因原料的有機質含量大約只有 55%，故腐熟雞糞堆肥的有機質含量，極有可能低於 50%。有機碳含量的測定方法如下：

### 1. 溼化法

試驗組，堆肥以 80°C 烘乾磨粉後，稱 0.1 公克樣品放入 500 毫升三角玻璃瓶，加入 20 毫升的 0.1N 重鉻酸鉀 ( $K_2Cr_2O_7$ ) 及 40 毫升濃硫酸，靜置過夜，200 毫升純水加入三角瓶內，等三角瓶冷卻後，加入 3 滴 o-phenanthroline 指試劑，然後以 0.5N 硫酸亞鐵 ( $FeSO_4$ ) 滴定至暗綠色。對照組，不加堆肥樣品中 500 毫升三角瓶內，其餘步驟同試驗組。以下列公式計算堆肥的有機碳含量 (organic C, %)

有機碳(%) =  $(1N \times 20 \text{ 毫升} - \text{硫酸亞鐵濃度} \times \text{滴定毫升}) \times (3)(f)f$ : 為校正因子，大約為 1.3

### 2. 燃燒法

樣品先用酸處理，去除碳酸鹽，然後置於燃燒管，燃燒樣品，事放出的二氧化碳 ( $CO_2$ ) 被吸收塔中的氫氧化鈉 (NaOH) 所吸收，然後反滴定氫氧化鈉的減少量，使可計算出樣品中之有機碳含量。堆肥有機質含量等於有機碳含量 \* 1.72 【15】。

## (三) 測定重金屬含量：鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅 【16】

1. 適用範圍：有機質肥料中重金屬鎘、鉻、銅、鎳、鉛及鋅含量之測定。

2. 方法概要：有機質肥料經二酸（硝酸與過氧酸）分解後，利用感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP-AES) 檢測有機質肥料中重金屬鎘、鉻、銅、鎳、鉛及鋅含量。

3. 儀器與設備

- (1)烘箱：附排氣設備自動控溫，可維持溫度  $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  及  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  者。
- (2)分析天平：解析度  $0.0001\text{g}$ 。
- (3)高溫加熱分解爐：自動控溫，可維持溫度  $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  者。
- (4)火焰光度計。
- (5)感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP-AES)。
- (6)分析篩：35mesh。
- (7)秤量瓶：附蓋，玻璃或陶瓷材質。
- (8)乾燥器：內部放置之乾燥劑使用無水氯化鈣或樹脂。
- (9)分解管：100mL。
- (10)50mL、100mL、200mL、1000mL 定量瓶。
- (11)5mL、10mL (球型及刻度吸管) 吸量管。
- (12)10mL 分注器。
- (13)WhatmanNo. 42 或相同規格之濾紙。
- (14)磨碎機：能避免重金屬鎘、鉻、銅、鎳、鉛及鋅污染之純鈦製刀具或相同功能之刀具。

4. 試劑：所有試劑如未另有說明，必須是分析試藥級以上之等級。若須使用其他等級試藥，在使用前必須要確認該試劑的純度足夠高，干擾物最少，使檢測結果的準確度不致降低。

- (1)試劑水：電阻大於等於  $18\text{ M}\Omega\text{-cm}$  之純水。
- (2)二酸分解液：濃硝酸 ( $\text{HNO}_3$ , 65%) 及濃過氯酸 ( $\text{HClO}_4$ , 70-72%) 以體積比 5:1 混合，貯存於棕色玻璃瓶中備用。
- (3)3M 鹽酸溶液：取約 500mL 試劑水，加入 1000mL 定量瓶中，正確量取 250mL 濃鹽酸 ( $\text{HCl}$ , 37%)，加入定量瓶中，混合均勻，加試劑水至近刻度，待冷卻至室溫，以試劑水定量。
- (4)鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅等 6 項重金屬 1000mg/L 標準液：使用市售之 ICP 分析級標準液。
- (5)鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅等 6 項重金屬 100mg/L、10.0mg/L、1.0mg/L 標準液：以試劑水稀釋定量配製。

#### 5. 步驟

- (1)樣品乾燥及粉碎：有機質肥料樣品在  $70^{\circ}\text{C}$  下烘乾至恆重，以磨碎機磨碎，並通過 35mesh 篩網，再在  $70^{\circ}\text{C}$  下烘乾至恆重。
- (2)水分校正：取乾淨坩鍋或秤量瓶，置於烘箱內，以  $105^{\circ}\text{C}$  烘乾 4 小時，移至乾燥器內冷卻至少 45 分鐘，稱取坩鍋或秤量瓶空重

(W0)。取於 70°C 烘乾、磨碎並過 35mesh 篩網之樣品約 2g，置於坩鍋或秤量瓶中，並加蓋秤重得 (W1)，再置入 105°C 烘箱中，烘乾 24 小時。取出，置入乾燥器中，待冷卻後秤重，得樣品烘乾重 (W2)。

### (3) 樣品分解

- 3.1 將 5.1 處理過之樣品在 70°C 下，烘乾 4 小時，移入乾燥器內，冷卻至室溫，正確秤取樣品 0.400g (液態者直接稱取)，置於 100mL 分解管中，加入二酸分解液 6.0mL，混合均勻，靜置隔夜。
- 3.2 隔天將分解管置於高溫加熱分解爐中，緩慢加熱至 180°C，不可超過此溫度，持續加熱至澄清狀態。此步驟所需時間長短不一，少則 1 天，多則數天，需至澄清狀態才可；若無法達到澄清狀態，則至少需待分解管底部之殘餘物變白或變黃為止。
- 3.3 待分解完成後，取出放置冷卻，再加入 5mL 3M 鹽酸溶液，混合均勻後，再置於分解爐上加熱至 180°C，使棕色氣體消失為止。
- 3.4 完成分解處理後，取出放置冷卻，將分解管內澄清液倒入 50mL 定量瓶中，以試劑水洗滌分解管多次，一起收集於定量瓶中，以試劑水定量，再以濾紙過濾。另對試藥作樣品空白試驗。

### (4) 測定

- 4.1 檢量線製作：正確量取適量重金屬標準液，加入適當種類及體積酸液，使檢量線標準液與樣品分解液基質相近，配製各重金屬檢量線標準液。附表列出檢量線製作範例供參考，亦可依實驗室實際操作條件調整。
- 4.2 將配製之檢量線標準液以感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP-AES) 測定，繪製各重金屬濃度與訊號強度之檢量線。再進行樣品分解液及樣品空白溶液之測定。

附表 2-3，6 個 100mL 定量瓶中各重金屬標準液取用濃度、量取體積及其最終濃度。



表 2-3，6 個 100 m L 定量瓶中各重金屬標準液取用濃度、量取體積及其最終濃度

元素	檢量線	空白	第一點	第二點	第三點	第四點	第五點
鎘	最終濃度(mg/L)	0	0.02	0.05	0.1	0.5	1
	取用濃度	0	1.0 mg/L			10.0 mg/L	
	量取體積	0	2 mL	5 mL	10 mL	5 mL	10 mL
鉻	最終濃度(mg/L)	0	0.5	1	2	3	4
	取用濃度	0	10.0 mg/L		100 mg/L		
	量取體積	0	5 mL	10 mL	2 mL	3 mL	4 mL
銅	最終濃度(mg/L)	0	0.5	2	4	8	16
	取用濃度	0	10.0mg/L	100 mg/L			
	量取體積	0	5 mL	2 mL	4 mL	8 mL	16 mL
鎳	最終濃度(mg/L)	0	0.5	2	4	8	10
	取用濃度	0	10.0mg/L	100 mg/L			
	量取體積	0	5 mL	2 mL	4 mL	8 mL	10 mL
鉛	最終濃度(mg/L)	0	0.5	2	4	8	16
	取用濃度	0	10.0mg/L	100 mg/L			
	量取體積	0	5 mL	2 mL	4 mL	8 mL	16 mL
鋅	最終濃度(mg/L)	0	0.5	2	4	8	12
	取用濃度	0	10.0mg/L	100 mg/L			
	量取體積	0	5 mL	2 mL	4 mL	8 mL	12 mL

在各定量瓶中皆加入 10mL3M 鹽酸溶液，以試劑水定量至 100mL

## 5. 結果處理

### 5.1 水分校正係數 $\theta_1 = (W_2 - W_0) / (W_1 - W_0)$

W<sub>0</sub>：含蓋坩鍋或秤量瓶空重 (g)

W<sub>1</sub>：含蓋坩鍋或秤量瓶及 70°C 烘乾樣品重 (g)

W<sub>2</sub>：含蓋坩鍋或秤量瓶及 105°C 烘乾樣品重 (g)

### 5.2 樣品各種金屬含量 (mg/kg) = $\frac{(A-B) \times V \times 1000 \times f}{W \times 1000} \times \frac{1}{\theta_1}$

A：樣品分解液各重金屬濃度 (mg/L)

B：樣品空白溶液各重金屬濃度 (mg/L)

V：樣品分解液定量體積 (mL)

f：稀釋倍數

W：稱取樣品重 (g)

## 6. 品質管制

6.1 每批次或每 10 個肥料樣品隨機抽一肥料樣品做 2 重複樣品分析，重複分析所得相對差異百分比應小於 10%，或符合管制圖之規定。

6.2 每批樣品量測前必須先以標準液進行儀器查核；連續量測十個樣品後，須再量測查核液確保穩定度，其測值  $\pm 2\%$  視為符合品質管制。

## 2-7 有機堆肥對生態的意義與功效

適當施用品質優良的堆肥，不但供給作物養分外，尚可改善土壤化學性、物理性及生物性、增強地力，並能提高作物穩定的收成。一般施用堆肥效果如下：

### (一) 供給養分

堆肥不僅含有氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等多量養分要素，也含有鐵、錳、銅、鋅等微量元素，成為作物總合的養分供給源。但與化學肥料有很大的區別，即其肥效是緩效性，又連續使用時可累積效果。堆肥中有機物土壤中慢慢分解而放出養分，在前期作間未能分解而殘留的有機物，在次期作或翌年繼續分解供給養分。因此未分解之有機物蓄積土壤中逐漸增加土壤養分供給力。

### (二) 改善土壤化學性

#### 1. 土壤有機質

一般堆肥因材料來源不同，化學成分差異性很大，然而當堆肥入土壤後，經微生物分解後化合生成土壤有機質。水溶性有機成分為(如蛋白質、胺基酸及醣類)很快被土壤微生物或土壤酵素分解，然後纖維及半纖維素等被分解，再經轉化成土壤有機。

## 2. 土壤 pH 值

土壤有機質所含的化學官能基，除了羧基屬於酸性，在 4.0 左右；其餘如酚或醇等官能基，都高過 pH7.0，因此施用堆肥可使土壤 pH 值趨於中性，即使酸性土壤 pH 值上升，使鹼性土壤 pH 值下降。

## 3. 土壤陽離子交換能量(C.E.C)

土壤陽離子交換能量是決定土壤對陽離子態養分的保肥力，CEC 愈大土壤保肥力也愈大，減少化學肥料施用過多的肥傷。一般有機質含量高的土壤其 CEC 也愈大。因，此施用堆肥可以增加土壤 CEC，保肥力也較好。

## 4. 土壤鉗合作用

由於有機質含有許多化學官能基，而具有所謂的鉗合作用，可以抑制活性鋁離子，防止鋁離子毒害；亦可防止磷的固定，增加磷的有效性，所以施用堆肥有促進土壤鉗合作用的功能。

## 5. 土壤緩衝能力

所謂土壤緩衝能力，主要在於防止土壤環境因子如 pH、離子濃度等變化過劇，進而維護作物根系環境的穩定性，尤其農藥殘留及重金屬污染等問題的防止。但上述功能必須在土壤有機質含量達到某一定量才有顯著效果，所以施用堆肥，增加土壤有機質，亦能促進土壤緩衝能力。

### (三) 改善土壤物理性

#### 1. 改善土壤結構

堆肥分解釋出有機質，為長鏈化合物又帶有各種官能基和正負電荷，可促使有機及無機膠體和土粒相結合成粒團。長期施用堆肥可促進土壤粒團的形成，使土壤結構穩定，增進土壤的導水性及通氣狀況。

#### 2. 土壤水分

有機質的保水力比土壤中的無機成分強，長期施用堆肥可增加土壤有機質含量，不僅提高土壤最大含水量，更重要的是提高土壤有效水含量，有利作物生長。施用堆肥可增加土壤保水力，在乾旱季節更能顯出效益。

#### 3. 土壤氧氣

適量施用堆肥有利於土壤通氣性的改善，促進作物生長。然而若有機堆肥一次施用過高且堆肥品質不良，會造成微生物活動過度

而消耗過量氧氣，致使土壤變成還原狀態，不利作物生長。

#### 4.土壤沖蝕

土壤有機質含量高，粒團穩定，降雨時土團不易被衝散，不至使土壤表層產生硬殼，有利雨水入滲，減少水的逕流，及減少因土壤沖蝕而降低土壤肥力或污染水源。

#### 5.土壤強度

施用堆肥增加土壤有機質含量，促進土壤粒團形成及結構穩定性，減低土壤總體密度及土壤強度，有利作物根系的發展及利用機械耕作。

#### (四)土壤生物相及其活性之維持與增進

於有機堆肥含有極豐富且複雜的成分，施用於長期耕作的農田中，可以豐富土壤生物相，且施用品質優良的堆肥，亦使生物相趨向安定，化進而促進土壤中物質循環能，若干生長阻害物質也較易被分解去除。另外可以增強生物的緩衝能力，防止有害生物(病菌、害蟲)之突發增殖。

### 2-8 蔗渣堆肥

#### 一. 製作過程和設備

蔗渣是糖廠的主要有機廢棄物(如圖 2-1)，總產量仍佔台灣地區有機廢棄物中重量級地位。由於大量蔗渣有機肥之製造，講求的是經濟效益，故如何善於應用現有堆肥化之技術，製造出低成本之蔗渣有機肥，乃成為當前最重要的課題。



圖 2-1 糖廠運送蔗渣(經濟部工業局堆肥技術與手冊)

### (一)堆肥材料特性

蔗渣水分含量變異頗大，新鮮蔗渣含水量可達 46%，而堆積場之壓塊蔗渣含水量僅為 11%，其主要成分為纖維素、木質素及五碳糖。新鮮蔗渣之有機質量頗高，約佔其乾物重之 90%，而有機碳量則為乾物重之 40%。但新鮮蔗渣氮含量甚低，僅為乾物重之 0.4%，而磷酐及氧化鉀之含量亦低，分別為乾物重之 0.09% 及 0.25%。

蔗渣之銅及鋅量極低，僅為乾物重之 9 及 29ppm。而鎘金屬更檢測不出來。新鮮蔗渣之碳氮比甚高，皆在 100 以上，平均值約在 140 上下。

### (二)處理流程

廠房有機肥料製造流程(如 2-2 圖)，第一階段為前置作業，又稱之為「假堆」，蔗渣堆積於露天堆置場，不定期噴施經曝氣二級處理之豬糞尿出流水或廢酒精醪等副產品，經 4~6 個月後，即成為半腐熟蔗渣。第二階段為醱酵腐熟作業，將上述半成品送入堆肥製造廠房，利用延續式堆肥槽及翻堆機進行堆肥製造(如圖 2-3)，並經強制送風、定期翻堆及粉碎等處理約一個月，即可得腐熟之蔗渣有機肥(如圖 2-4)。

第三階段為後製醱酵作業，將上述堆肥成品送入後製廠房，暫置堆積以進行後醱酵及乾燥，而後經過粉碎、過篩及包裝等處理，即可得蔗渣有機質肥料成品。

### (三)設備概要

主要設施包括有露天原料貯存場、堆肥醱酵廠房、廢水處理池及管理室等，主要設備包括有大型翻堆機、醱酵槽通風管系統、鼓風機、成品包裝機等。



圖 2-2 有機肥料廠製造流程圖

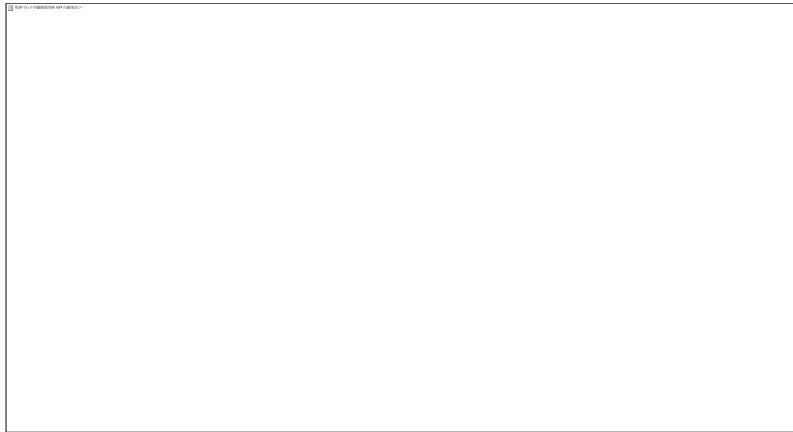


圖 2-3 糖廠附設蔗渣有機肥料廠露天堆積翻堆情形  
(經濟部工業局堆肥技術與手冊)



圖 2-4 利用翻堆機製作堆肥情形(經濟部工業局堆肥技術與手冊)

### (三)產品品質

堆肥產品主要特性分析顯示，其商品登記規定成分含量及現採樣分析成分含量結果如表 2-4 所示。

表2-4商品登記規定成分含量，採樣分析成分含量

成分分析	氮	全磷	全鉀	銅	鋅	酸鹼值	含水率	有機質
單位	%	%	%	ppm	(ppm)	-	(%)	(%)
I*	1.1	0.7	1.3	<100	<800	6.6	<35	>60
II**	1.18	0.82	1.36	11	98	6.67	34.5	63.7

### (四)主要銷售管道

所生產的蔗渣堆肥已正式登記為有機質肥料商品，由於品質優良且穩定，在全國有固定的經銷店，包括鄉鎮地區農會或農業資材商等，普遍推廣應用在果樹、蔬菜、瓜果類、花卉等作物栽培。由於蔗渣堆肥具有改善農田土特性功能，長期使用後，對土壤理化性及生物性等均有顯著效果顯現，因此頗受農友肯定與支持。

由於近年來，蔗糖經濟效益低迷，導致蔗田栽種面積逐年遞減，許多糖廠也面臨轉型改組的壓力，所生產的蔗渣有機質肥料，能否繼續經營下去，都將面臨極嚴苛的考驗。

所以在可預見的將來，當蔗渣產源逐漸減少時，蔗渣有機質肥料在台灣地區，可能會逐漸遞減。



### (五)效益分析

堆肥日處理量約 30~35 公噸，年產量約 6,545 公噸。由(表 2-5)堆肥處理設備概要與成本分析結果顯示，初始總投資成本 41,224,059 元，換算年固定成本約 5,026,131 元。

92 年變動成本分析 8,408,294 元(表 2-6)。因此營運收益分析顯示(表 2-7)，年總成本 13,434,425 元，年粗收益 14,113,537 元，年淨收益 679,162 元，益本比 1.05，資本投資報酬率 5.05%，有機肥料產生量 6,545 公噸/年，平均生產有機質肥料單位成本 2,053 元/公噸。

表 2-5 堆肥處理設備概要與成本

編號	項目	規格數量	耐用年限(年)	取得成本(元)	年固定成本(元)	備註
1	堆肥醱酵廠房	4,000 m <sup>2</sup>	20	16,336,626	1,420,590	1.貼現率設定為 6%。 2.年固定成本採用年償債基金法計算而得，其公式為 $R=Pi/(1+I)^n$ 。
2	露天原料貯存場	30,000 m <sup>2</sup>	20	10,288,585	889,016	
3	廢水處理池	350 m <sup>2</sup>	10	742,592	100,992	
4	醱酵槽通風管及鼓風機	2.5 馬力 60 台	5	573,360	135,657	
5	翻堆機	大型 2 台	5	7,522,720	1,779,875	
6	鏟裝機	大型 1 台	10	3,800,000	476,000	
7	成品包裝機	1 台	10	42,000	57,120	
8	管理室	RC 30 坪	20	1,718,176	149,481	
9	環境美化及水土保持工作	100 m <sup>2</sup>	20	200,000	17,400	
合計				41,224,059	5,026,131	

分析

表2-6年變動成本分析

項目	金額(元)
1.原料費	2,074,765
2.包裝材料費	1,538,075
3.燃料費	523,600
4.修繕費	392,700
5.材料費	65,450
6.水電費	19,635
7.人工費	3,794,069
變動成本合計	8,408,294



表 2-7 營運收益分析

項目	金額(元)	備註
1.年總成本	13,434,425	1.年固定成本貼現率設定為6%。
(1)年固定成本	5,026,131	
(2)年變動成本	8,408,294	2.年淨收益=年粗收益-年總成本。
2.年粗收益	14,113,537	3.益本比=年粗收益/年總成本。
(1)有機肥	14,113,537	
(2)其他	0	4.資本投資報酬率=年淨收益/年總成本×100。
3.年淨收益	679,162	5.平均單位成本=年總成本/年產出量。
4.益本比	1.05	
5.資本投資報酬率(%)	5.05	6.其他收益包括：雜項、利息、運費及代工處理等項。
6.有機肥料產生量(公噸/年)	6,545	
7.平均單位成本(元/公噸)	2,053	

## 2-9 廢棄物製作生質肥料

1. 由上述一些生質肥料的製作步驟、方式，了解生質肥料需大量場地、設備、人力等因素配合，因此利用平常家庭、菜市場內許多有機廢棄物，當生質肥料的原料，網路搜尋出簡易生質肥料的製作方式【17】。本組人員將兩者配合，利用市面有機廢棄物，簡易製作生質肥料方法。
2. 依上述簡易製作生質肥料方法，接著以田間試驗，種植青菜方式。研究探討生質肥料方法、添加量等方式，這些對青菜種植、生長、外觀等因素的影響。進而，實際了解生質肥料對青菜種植的重要性。

## 第三章研究方法 (Experiments)

### 3-1 器材與材料

#### 3-1.1 器材

- |      |        |
|------|--------|
| 1、鋤頭 | 8、手套   |
| 2、圓鋤 | 9、網子   |
| 3、鐮刀 | 10、竹子  |
| 4、鋸子 | 11、水桶  |
| 5、鐵絲 | 12、水管  |
| 6、鐵鎚 | 13、手推車 |
| 7、米尺 | 14、老虎鉗 |

#### 3-1.2 材料

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1、塑膠含蓋容器(振宇五金購入) | 4、太空包(大村農場提供)  |
| 2、稻穀(大村農場提供)     | 5、乳白蛋清(大村農場提供) |
| 3、落葉(大村農場提供)     | 6、海草粉(大村農場提供)  |
| 7、糖蜜(大川公司)       | 8、木黴菌(大村農場提供)  |
| 9、發酵菌種(福壽公司)     |                |

#### 3-1.3 蜜雪兒白菜苗

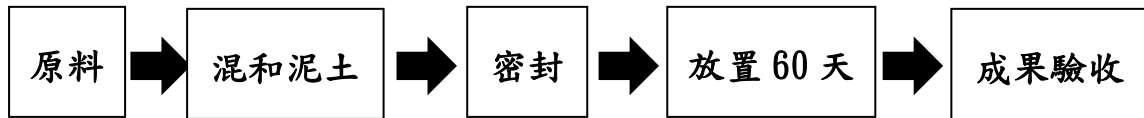
##### (1)品種介紹：

蜜雪兒白菜又稱翠玉小白菜，但本名為台農三號小白菜，以鳳山白菜與皇京白菜為親本，進行自然雜交授粉之分離雜交後代，其產量高、高維他命 C (含維他命 C 為 53.6 mg/100 g 新鮮重)、高總糖 (含量為 0.31g/100 g 新鮮重)，低粗纖維 (含量為 0.94g/100 g 新鮮重)，生長快速播種後 21-24 天可採收，且其採收期較長，可以比一般小白菜品種延長 7~10 天採收，品質仍維持良好不易老化，葉色為黃綠色。

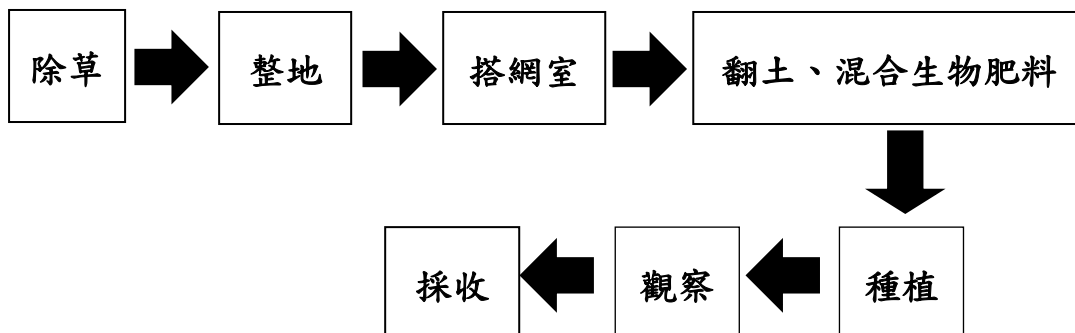
### 3-2 生物肥料製作與蜜雪兒白菜種植流程

利用微生物發酵應用的原理，作為堆肥製造，以下為生物肥料製作與蜜雪兒白菜種植的流程圖。

#### 3-2.1 生物肥料製作流程



#### 3-2.2 蜜雪兒白菜種植流程



### 3-3 生物肥料製作與照片記錄

#### 3-3.1 生物肥料製作

步驟說明

(1) 生物肥料製作之 1：將廢棄太空包做為有機廢棄物



(2) 生物肥料製作之 2：將落葉做為有機廢棄物



(3) 生物肥料製作之 3：將稻穀有機廢棄物



(4) 生物肥料製作之 4：發酵肥料



(5) 生物肥料製作之 5：肥料比例，依照個人喜好製入原料比例，我們的原料比例為，太空包、落葉、稻穀分別裝於 20 公升中型垃圾袋中裝到八分滿，依序將以上三種肥料倒入塑膠桶中攪拌均勻，之後再將有機廢棄物以 1:1 的比例置放於發酵桶中。

- (6) 生物肥料製作之 5：發酵製作，將有機廢棄物與發酵肥料以 1：1 的比例分層置放於發酵桶中，重複上面步驟將發酵桶放滿，在最後一層上面置放發酵菌種，最後澆上 500 毫升的水後，密封置放 60 天，即可完成自製有機肥料。





### 3-3.2 種植前處理

#### 步驟說明

(1) 除草：選取一個合適的地點將雜草及不需要的植物去除。



(2) 翻土：將土壤翻新也使土壤變鬆以利蔬菜生長。



(3) 搭棚架：在適當的地方用鐵絲與竹子建立網室基礎



(4) 拉網子：將網子圍繞於竹子與鐵絲四周形成簡易網室



- (5) 網室：完成後將網室周圍有破洞的地方修補，防止鳥類及昆蟲來破壞菜苗。



### 3-3.3 菜苗選購及量測

步驟說明

- (1)採買菜苗：至太平興農供應中心選取菜苗（蜜雪兒白菜）。





(2)蜜雪兒白菜：選取 14 天發育完整之苗。



(3)量測：測量菜苗高度及寬度。



### 3-3.4 肥料與土混合

#### 步驟說明

(1)泥土秤重：秤取 8 公斤重之泥土。



(2) 生物肥料秤重：秤取 2 公斤重的生物肥料



(3) 混合：將秤好的泥土與生物肥料混合(混和比例：土 4：1 肥料)並攪和。



### 3-3.5 種植白菜

(1) 搬土與倒土：將混合好的土推至菜圃並倒進菜圃裡。



(2) 挖溝渠：在每一土堆之間個挖一條溝渠以利雨天排水。

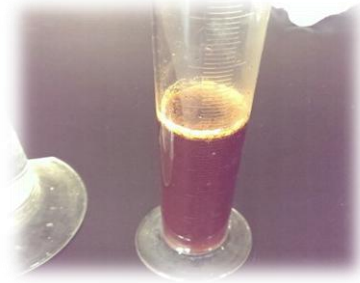


(3) 種植菜苗：將菜苗植於土堆之上且每株並以 15 公分的距離種植。



(4) 液肥施打：以 100ML 的液肥混取 900ML 的蒸餾水(1:4 的比例)

稀釋液肥，稀釋完以每株施打 20ML 的比例下去種植。



### 3-3.6 照顧與量測記錄

#### 步驟說明

- (1) 澆水與防治：每日下午 5 點左右澆水和檢查有無害蟲啃食蔬菜。
- (2) 量測 A：測量蔬菜的高度及寬度且每五天測量乙次並記錄五次。
- (3) 測量 B：每次量測時需記錄當天天氣與日期。



### 3-3.7 採收與最終測量

#### 步驟說明

(1)4/29 採收：於第 25 天採收。

(2)量測：測量白菜之總重高度及總長度。





### 3-4 第二次種植大陸妹

#### 3-4.1 種植與照顧及量測

##### 步驟說明

(1)除草：選取一個合適的地點將雜草及不需要的植物去除。



(2)翻土：將土壤翻新也使土壤變鬆以利蔬菜生長。



(3)製作網室：製作簡易網室防止蟲害



(4)挖渠溝：在每一土堆之間個挖一條溝渠以利雨天排水。



(5)種植菜苗：於 10/16 號種植育苗，分為四組第一組為空白試樣 10 株，第二組為每半坪增加 3 公斤有機肥料 10 株，第三組為每半坪增加 3 公斤有機肥料加施打一次液態肥料 10 株，第四組為每半坪增加 3 公斤有機肥料加每周施打一次液態肥料 10 株。

(6)澆水與防治：每日下午 5 點左右澆水和檢查有無害蟲啃食蔬菜。

(7)量測：測量蔬菜的高度及寬度且每 7 天測量乙次，共測量五次天



總天數共為 30 天。

### 3-4.2 採收與最終量測量

步驟說明

(1)採收：於 11/13 第 30 天採收。

(2)量測：測量白菜之總重高度及總長度。



## 第四章結果與討論 (Results and discussion)

### 4-1 生質肥料效果

蔬菜的旺盛生長需要土壤內 K、P、N 與其他營養素等供應，因此必需施肥於蔬菜苗園內土壤，使其縮短生長時間早日成熟；或於相同種植時間下，其生長大小能遠較一般無施肥之植物，但是肥料的使用方法、次數，依照其栽種的蔬菜種類，栽培的環境而決定，所以本次實驗將在相同的施肥方式、蔬菜種類與栽培環境下，首先驗證生質肥料之效果。

pH 為土壤中的酸鹼度，一般作物的酸鹼適合的 pH 質落在 5.5-6.5 之間，EC 為土壤中的電解質，EC 值越高代表土壤的養分越高，但非 EC 質越高越好，當 EC 值越高代表滲透壓越高，作物越難以吸收水分和養分，一般適合作物的 EC 值為 0.6-3.5(ms/cm)，測量 OC 是為了方便比較碳氮比，一般來說最佳的碳氮比為 25~35:1。

在第一次試驗將各項自製有機肥料、市售有機肥料、自制液肥、空白試樣做為對照，再圖 4-1、4-2 中以空白試樣為基準，自製有機肥料成效比空白試樣發育的還要好，自制液肥卻不如空白試樣，在第一次試驗後我們將去更專業的大村農改場學習製作肥料技術，來達到我們預期的成果。

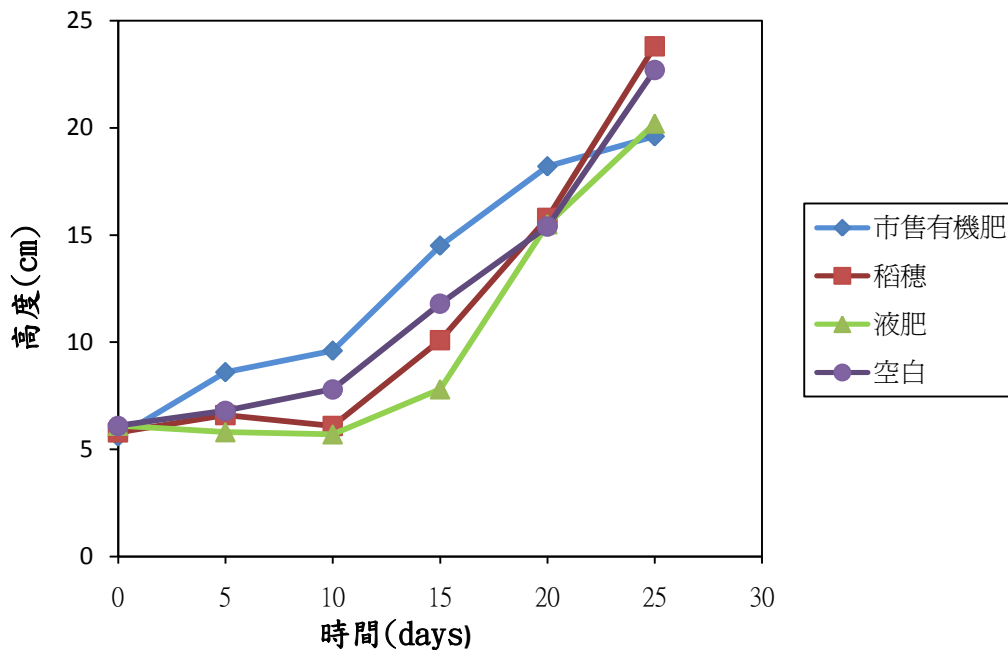


圖 4-1 蔬菜高度之影響

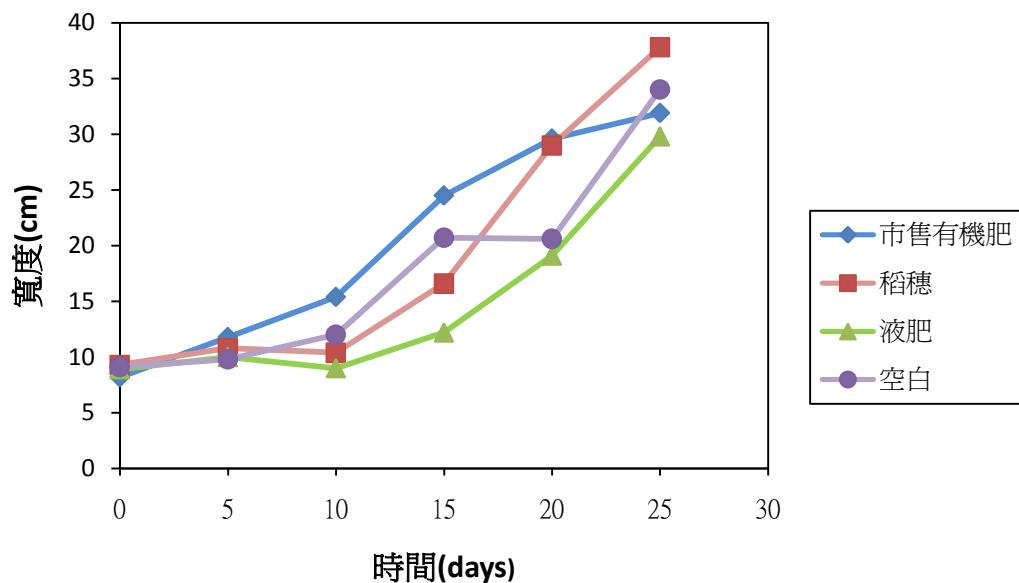


圖 4-2 蔬菜寬度之影響

在暑假期間我們去大村農改所，學到更完善的製造肥料技術，以及分析自製有機固態肥料以及液態肥料中的 pH、EC、有機質(OM)、及有機碳(OC)(每兩日取樣一次)如表 4-3、4-4、4-5、4-6

pH 值						
不加菌	5.62	5.54	6.93	7.23	7.36	7.32
加菌	5.46	5.66	6.40	7.21	7.34	7.44
EC 值						
不加菌	1.19	1.46	1.08	1.12	1.20	1.21
加菌	1.20	1.27	1.39	1.21	1.10	1.26
有機質(OM)						
不加菌	82.47	78.31	68.42	74.33	75.89	73.73
加菌	72.88	77.69	72.36	74.82	75.96	75.10
有機碳(OC)						
不加菌	47.83	45.42	39.68	43.11	44.02	42.76
加菌	42.27	45.06	41.97	43.39	44.06	43.56

表 4-1 自製有機固態肥料分析表

	N	P	K	Ca	Mg
不加菌	1.20	0.38	0.53	1.47	0.24
	1.28	0.42	0.63	1.65	0.29
	1.41	0.49	0.66	1.79	0.31
	1.64	0.58	0.80	1.99	0.35
	1.53	0.46	0.72	1.91	0.33
	1.58	0.57	0.77	1.96	0.35
加菌	1.27	0.42	0.60	0.65	0.28
	1.17	0.40	0.63	0.79	0.27
	1.43	0.44	0.79	0.73	0.29
	1.31	0.46	0.82	0.87	0.32
	1.72	0.54	0.77	0.68	0.32
	1.75	0.53	0.85	0.97	0.33

表 4-2 自製有機液態肥料成分分析表

pH 值						
B	4.52	4.08	3.76	3.62	3.51	3.50
B+原液	4.06	3.91	3.76	3.61	3.45	3.54
EC 值						
B	8.41	10.60	11.57	12.07	12.29	10.92
B+原液	9.89	12.13	12.02	12.25	12.41	13.69

表 4-3 自製有機液態肥料分析表

	N	P	K	Ca	Mg
B	0.27	0.02	0.52	0.38	0.17
	0.29	0.04	0.63	0.36	0.13
	0.28	0.05	0.60	0.47	0.14
	0.25	0.06	0.63	0.43	0.13
	0.27	0.06	0.64	0.37	0.11
	0.27	0.06	0.62	0.29	0.11
B+原液	0.26	0.02	0.55	0.38	0.15
	0.30	0.05	0.66	0.39	0.13
	0.26	0.07	0.68	0.41	0.14
	0.26	0.07	0.65	0.49	0.14
	0.26	0.06	0.61	0.39	0.11
	0.26	0.06	0.64	0.32	0.11

表4-4 自製有機肥料成分分析表

不加菌	39.86	35.48	28.14	26.29	28.77	27.06
加菌	33.28	38.51	29.35	33.12	25.62	24.89

表4-5 自製有機固態肥料C/N(碳氮比)

在學習更專業的肥料製作技術後，並製作肥料於田間試驗，如圖 4-3、4-4，可以了解到有施加肥料的試驗中高度寬度都有比空白試樣來的優越。

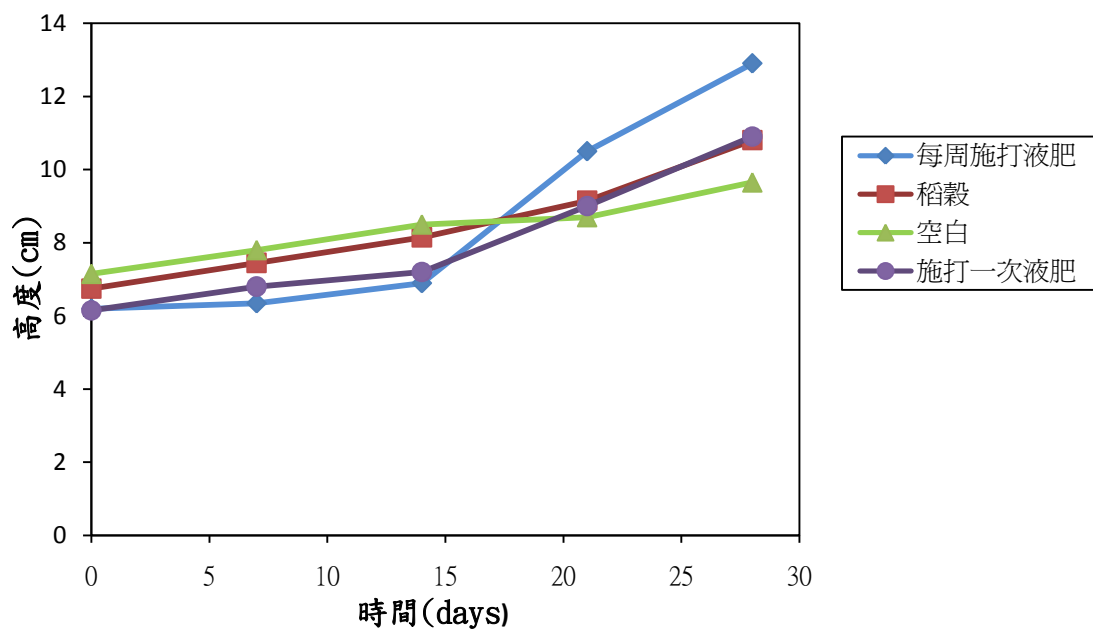


圖 4-3 蔬菜之高度影響

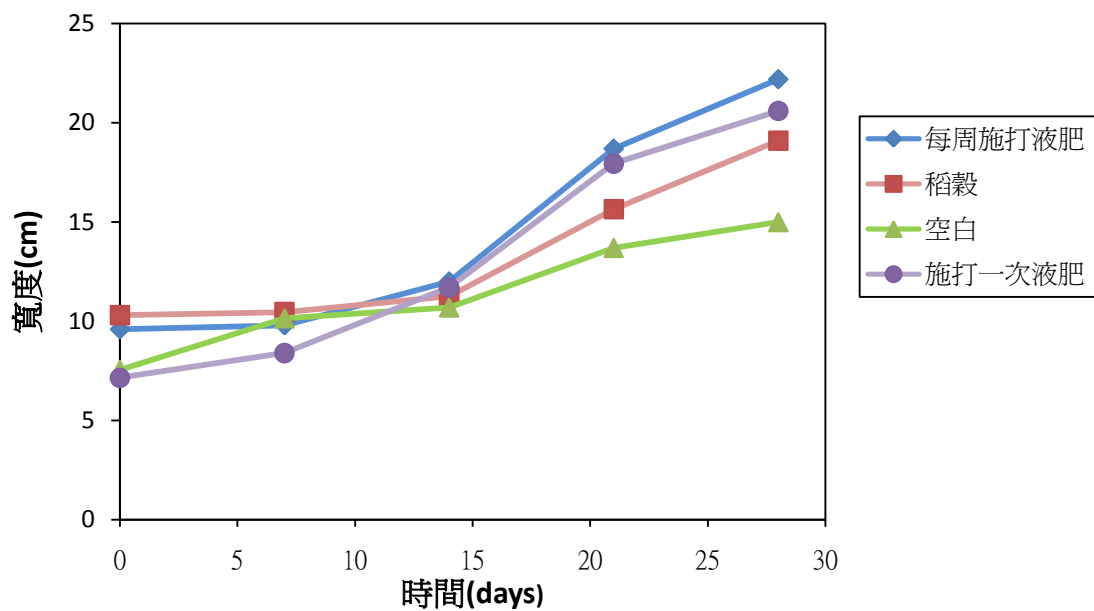


圖 4-4 蔬菜之寬度影響

## 4-2 生質肥料種類差異

由上述實驗結果可知，生質肥料製作對田間蔬菜種植重要性，因此由圖書館、坊間，收集各種生質肥料製作，在人力、財力、設備可控制下，以廢棄物再利用觀念，利用市場各種有機作物，依 3-3 制定生質肥料製作方式，進行生質肥料之種類差異化比較試驗。

### 4-2.1 蔬菜高度變化

比較各種類之自製生質肥料所供應營養份，對栽種的蔬菜高度之影響。取蔬菜生長期平均高度與培養時間，來研究其生長幅度，從中瞭解哪一種類自製生質肥料可以使蔬菜生長高度較高。結果如圖 4-7

### 4-2.2 蔬菜寬度變化與時間

根據田間試驗結果，由青菜實際測量數值發現，青菜下垂之影響有二，其一蔬菜之整體高度會稍降低，其二就是會把蔬菜整體寬度，會較拉寬；若菜葉再更重些，則會開始往內捲，則寬度就會縮短，即青菜葉越是大片，重量就會越重，所以菜葉會往下垂。由此可知菜葉之寬度與蔬菜整體重量，有相對性的關係。

為了解各種類生質肥料影響菜葉寬大的顯著性，即利用蔬菜菜葉之寬度平均與時間做圖，方可瞭解生質肥料種類對蔬菜菜葉生長大小之關係。結果如圖 4-4

## 第五章結論(Conclusions)

- 1.利用天然微生物自製生質肥料：製作自製生質堆肥時我們利用土壤中本身所含有的木黴菌與枯草桿菌來使其發酵。
- 2.固態堆肥中，稻穀效果最佳：在我們所收集的有機廢棄物中，各項數據看來，皆為稻穀肥效果最佳，代表我們自製的有機肥料對小白菜、大陸妹是成長是有益的，甚至還比一般市售有機堆肥效果更為顯著。
- 3.從第二次試種蔬菜中知道，我們在經由專業人員指導下，製作的有機肥料有明顯的讓蔬菜成長更為優越，與第一次相比下來，這次製作的肥料更有效的達到理想的目標，並去分析肥料中的成分與土壤中的成分，從這些數據中來更了解自製有機肥料對植物的有益。
- 4.垃圾減量，增加蔬果量，建立有機家園：從社會經濟觀點，可延長垃圾掩埋場與焚化爐之使用期限與效率，能就地處理廚餘廢棄物，免除搬運及污染問題，使用每天生活所產生有機廢棄資源，落實環保再利用理念，自製生質肥料製作手法簡單，使用於種植蔬果時，效果呈現得非常好，增加了蔬果採收量。

## 參考文獻 (References)

1. M. E. Meadows, M. T. Hoffman, "Extent and Causes of Land Degradation", *Area*, 2002, Volume 34(4), P. 428-437.
2. 林鴻淇, "土壤與肥料管理", *農藥世界*(1994), 第 134 期, P.45-50.
3. 江漢全, "遺害不淺的農藥與肥料", *科學月刊*(1989), 第 233 期, P.5.
4. S.H.P.P. Karunaratne & J. Hemingway, "Malathion Resistance and Prevalence of the Malathion Carboxylesterase Mechanism in Populations of Mosquito Vectors of Disease in Sri Lanka", *Bull World Health Organ*(2001), vol.79 ,P.11
5. S K Gupta, M P Joshi, " PESTICIDE POISONING CASES ATTENDING FIVE MAJOR HOSPITALS OF NEPAL ", *Journal of Nepal Medical Association* 2002; 41: 447-456.
6. 廖乾華, "有機質肥料的施用與製造" *桃園區農業專訊* (1994), P.6-7。
7. Catherine Badgleya, Jeremy Moghtadera, Eileen Quinteroa, Emily Zakema, M. Jahi Chappella, Katia Avilés-Vázquez, Andrea Samulona, Ivette Perfectoa, "Organic agriculture the global food supply.", *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2007, vol.22, pp 86-108
8. 鄧耀宗, "有機栽培與降低生產成本組", *高雄區農業改良場*(1997), *高雄區農業專訊*, 第 21 期, P. 32-36.
9. 楊秋忠, "農業生技產業季刊"2005, 第四期, P.18.
10. 黃鵬錡, "居家堆肥活用百科: 第一本最實用的 DIY 堆肥書", 麥浩斯出版社, 2008, P8-50.
11. 程俊龍, "輔導設置禽畜糞堆肥場成果與展望", *農業建設* 第 159 期, 94 年 9 月, P.29-31.
12. 陳武雄、林俊義、林木連、簡宣裕、鄭智馨、張明暉, "堆肥製造技術", *農業試驗所特刊* 第 88 號, 1999-09, P.17~18.
13. 袁紹英, "營造優質生活-堆肥 DIY", *行政院環境保護署環境檢驗所* 2001, 34 期: P.34-38.
14. 陳武雄、林俊義、林木連、簡宣裕、鄭智馨、張明暉, "堆肥製造技術", *農業試驗所特刊* 第 88 號, 1999, P. 32-38.
15. 簡宣裕、張明暉、劉禎祺, "堆肥品質之判斷", *行政院農業委員會農業試驗所*(2005), P.279~283.



16. 連深、李艷琪，”有機質肥料之重金屬含量及“肥料規格”之有關規範”，中華農業研究，(1994)Vol.43 (4) ，P. 412-424.
17. 臺灣綠色生產力基金會“堆肥技術與設備手冊及案例彙編”，財團法人台灣綠色生產力基金會 2005，P. 42-93.

## 附錄

表 4-6 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 0 天

2014/04/01 第 0 天				
種 類	市 售 有 機 肥	稻 穀	液 肥	空 白
氣候	晴天			
菜 苗 高  (CM)	6	5	6	6
	5.5	5.5	5.5	6
	5	6	7	6.5
	5.5	5.5	6	6.5
	6	7	6	5.5
平均	5.6	5.8	6.1	6.1
菜 苗 寬  (CM)	9	8.5	9.5	9.5
	8	8.5	8	8.5
	6	10	11	10
	10	8	8.5	10
	8	11.5	7.5	7.5
平均	8.2	9.3	8.9	9.1

表 4-7 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 5 天

2014/04/06 第 5 天				
種類	市售有機肥	稻穀	液肥	空白
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	9	7	6	6
	7	6	5	8
	10	7	7	6
	6	6	6	7
	9	7	5	7
平均	8.2	6.6	5.8	6.8
菜苗寬 (CM)	12	8	10	10
	11	10	9	11
	12	13	12	9
	10	10	10	10
	14	13	9	9
平均	11.8	10.8	10	9.8

表 4-8 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄第 10 天

2014/04/11 第 10 天				
種類	市售有機肥	稻穀	液肥	空白
氣候	陰天			
菜苗高 (CM)	10	6.5	5.5	9
	8	5.5	6	7
	10	7	6	7
	7.5	5	5	8
	12.5	6.5	6	8
平均	9.6	6.1	5.7	7.8
菜苗寬 (CM)	16	10	8	14
	13	10	9	12
	17	10.5	12.5	10
	12	8.5	7.5	12
	19	13	8	12
平均	15.4	10.4	9	12

表 4-9 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 15 天

2014/04/16 第 15 天				
種 類	市 售 有 機 肥	稻 穀	液 肥	空 白
氣候	晴天			
菜 苗 高 (CM)	14.5	8.5	7	11
	13.5	9	8	12
	15.5	11	8	12
	10	12	7.5	12
	19	10	8.5	12
平均	14.5	10.1	7.8	11.8
菜 苗 寬 (CM)	20.5	15	11	16
	25	17.5	14	24.5
	29	19	12	18
	15	18	11	22
	33	13.5	13	23
平均	24.5	16.6	12.2	20.7

表 4-10 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 20 天

2014/04/21 第 20 天				
種類	市售有機肥	稻穀	液肥	空白
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	14	12.5	8.5	9.5
	18	15	16	18.5
	22	18	17	15.5
	12	17.5	22.5	14.5
	25	16	13.5	19
平均	18.2	15.8	15.5	15.4
菜苗寬 (CM)	22.5	22	10	13
	30	29	22	26
	35	33	29	26
	16.5	31	12.5	16
	44	30	22	22
平均	29.6	29	19.1	20.6

表 4-11 自製生物性肥料白菜----試種生長紀錄 25 天

2014/04/26 第 25 天				
種類	市售有機肥	稻穀	液肥	空白
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	10	15	9	13.5
	21	20	19	22.5
	29	23	32	29.5
	8	37	22	24
	30	24	19	24
平均	19.6	23.8	20.2	22.7
菜苗寬 (CM)	21	27.5	12.5	18
	32	35	32.5	40
	44	43	37.5	34
	13.5	42	35.5	36
	49	41.5	31	42
平均	31.9	37.8	29.8	34

表 4-12 第一次採收紀錄

2014/04/29 第一次採收				
種類	市售有機肥	稻穀	液肥	空白
總長度 (CM)	29	54	26	30
	44	57	52	48
	43	51	52	47
	24	62	46	50
	56	58	35	43
平均	39.2	56.4	42.2	43.6



表 4-13 第二次自製生物性肥料種植---第 0 天

2014/10/16 第 0 天				
種類	稻穀	空白	施打一次	每周施打
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	6	8	6.5	5.5
	7	7	7	5.5
	6	7.5	7	6
	7	8.5	6.5	6.5
	7	6.5	5	6.5
	6	6.5	6.5	7
	6.5	7	5	7.5
	7	7	6	6
	7	6.5	6	6.5
	8	7	6	5
平均	6.75	7.15	6.15	6.2
菜苗寬 (CM)	8.5	12	7.5	8
	9.5	10	7.5	8
	10	7.5	7.5	9.5
	10	6.5	7.5	10
	11	7.5	5.5	10
	9.5	7.5	8.5	10.5
	10	7	7.5	12
	11.5	5.5	6	10
	10	5.5	7.5	10
	13	6.5	6.5	8
平均	10.3	7.55	7.15	9.6

表 4-14 第二次自製生物性肥料種植---第 7 天

2014/10/23 第 7 天				
種類	稻穀	空白	施打一次	每周施打
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	4.5	10	7	7
	5.5	8.5	7	7
	6	8	7	6
	6	9	7	7.5
	5	5.5	6.5	7.5
	5	6	6	6
	4	6.5	6.5	7
	6	8	7	5
	6	8	7.5	5.5
	6.5	8.5	6.5	5
平均	7.45	7.8	6.8	6.35
菜苗寬 (CM)	9	12	10	10
	10	10	9	8.5
	10	10.5	10	10.5
	11	11	7	11
	12	10	7.5	11
	10	10	9	10
	9	10	8.5	10
	11	10	7	10
	12	8	10	10
	10.5	10	6	7
平均	10.45	10.15	8.4	9.8

表 4-15 第二次自製生物性肥料種植---第 14 天

2014/10/30 第 14 天				
種類	稻穀	空白	施打一次	每周施打
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	6.5	12	6	7
	6.5	9	9	6
	8	9	6	8
	9	9	6	8
	7	6	7	8
	8	8	7	5.5
	8	8	7	7
	9.5	9	9	7
	9	8	8	7
	10	7	8	5.5
平均	8.15	8.5	7.2	6.9
菜苗寬 (CM)	10	12	11	14
	11	11	15	11
	11.5	10	13	15
	13	11	11	12
	10	10	13	12.5
	12.5	11	11	11
	8	9	12	12
	12	11	10	11
	12	11	11	11.5
	12.5	11	10	10
平均	11.25	10.7	11.7	12

表 4-16 第二次自製生物性肥料種植---第 21 天

2014/11/6 第 21 天				
種類	稻穀	空白	施打一次	每周施打
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	8.5	9.5	9	13
	8.5	10	14	10
	10	8	9	13
	10	7	8	13
	8	8	9	10
	8	10	8	8
	8.5	10	8	10
	9	9.5	10	9
	11	9	7	10
	10	8	8	9
平均	9.15	8.7	9	10.5
菜苗寬 (CM)	14.5	14	19	22
	14	13	25	15
	17	13	19	20
	18	14	17	24
	16	12	18	20
	17	16	17	17
	13	13	17	18
	17	15	17	18
	15	14	14.5	18
	15	13	16	15
平均	15.65	13.7	17.95	18.7

表 4-17 第二次自製生物性肥料種植---採收紀錄

2014/11/6 採收記錄				
種類	稻穀	空白	施打一次	每周施打
氣候	晴天			
菜苗高 (CM)	6	10	12	15
	14	10	12	12
	13	9	12	14
	13	9	9	17
	8	8	13	13
	9	10	10	13
	10	8	11	13
	11	11	11	12
	12	9	10	10
	12	9.5	9	10
平均	10.8	9.65	10.9	12.9
菜苗寬 (CM)	11	14	24	27
	23	15	25	22
	22	14	24	23
	21	16	18	25
	20	13	21	24
	20	19	17	20
	18	13	20	20
	14	17	20	22
	22	15	19	20
	20	14	18	19
平均	19.1	15	20.6	22.2