

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

080801

化腐朽爲黑金--廚餘堆肥

學校名稱：彰化縣田中鎮三潭國民小學

作者： 小五 李學一 小五 李宛蓁	指導老師： 巫翠芬 萬欽男
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 廚餘堆肥、單位面積產量、生長高度

化腐朽為黑金 - 廚餘堆肥

研究摘要：

人們對在許多蔬果上化學肥料的殘留產生恐慌，因此現在許多的生鮮超市都強調有機蔬果，絕無化學肥料殘留，有益健康。本組則嚐試利用我們所製得的有機堆肥，來種植小白菜。依不同比例的固體肥料、液體肥料及種植密度，來探討這些因素的改變對小白菜生長的影響，並找出最佳的固體肥料及液體肥料的比例，與最佳的種植密度；另在發芽後改以不同的澆水方式，使小白菜在最佳的環境下成長，以獲得最佳的產能。

壹、研究動機：

台灣氣候溫和，四面環海，堪稱美麗之島，但免不了和世界各國同樣存在著自然災害與人為破壞的環境問題。每年夏、秋兩季則須面對颱風及豪雨等自然災害的肆虐；再加上台灣地狹人稠，為了增加農產品的產量，人們使用大量的化學肥料及農藥，使土壤受到污染，此外垃圾的增加更衍生衛生問題。而自然資源有限且環境的破壞也無再生的可能，因此環境的保護及資源的再利用，已成為大家關切的議題。

在三下生活科技大家來種菜單元裡，老師曾教導我們種植蔬菜的方法，因此，本組同學想以製作廚餘堆肥方式所得到的有機肥料，來栽種蔬菜，期盼能減少化學肥料及農藥的使用量，使消費者吃得安心，更吃出健康，並達成垃圾減量及資源再利用的雙重目標。

貳、研究目的：

- 一、研究不同比例的固體肥料對小白菜生長的影響，並找出最佳的固體肥料的比例，以便能獲得較佳的產能。
- 二、研究不同比例的液體肥料對小白菜生長的影響，並找出最佳的液體肥料的比例，以便能獲得較佳的產能。
- 三、在相同口徑的花盆中，種下不同種子顆粒數對小白菜生長的影響，找出最適當的種植密度，以便能獲得較佳的產能。
- 四、在種子發芽後，改變不同的澆水方式對小白菜生長的影響，找出最適當的澆水方式，以便能獲得較佳的產能。

參、研究設備及器材：

一、研究器材：

- | | |
|---------------|-----------------|
| (一)電子天平 | (二)花盆(直徑 13 公分) |
| (三)小鏟子 | (四)保特瓶 |
| (五)量筒(250 毫升) | (六)廚餘堆肥桶(20 公升) |
| (七)獨輪推車 | (八)滴管 |
| (九)鏟子 | (十)切菜刀或剪刀 |

二、研究試藥：

- (一)一般土
- (二)固體廚餘堆肥
- (三)液體廚餘堆肥
- (四)小白菜種子
- (五)菌種
- (六)廚餘(洗菜剩下的菜渣、樹葉、果皮等)



圖 1：廚餘堆肥桶



圖 2：廚餘蔬果菜渣

肆、研究方法：

表 1：廚餘堆肥的製程

- 一、準備 20 L 之廚餘堆肥桶，底部附有水龍頭開關。
- 二、將洗菜餘下的廚餘鋪放在廚餘堆肥桶的篩網上，厚度約 1.0 cm，上面再鋪上一層厚約 1.0 cm 的菌種；如此一層廚餘，一層菌種，直至將廚餘堆肥桶裝滿約 90% 為止，蓋上蓋子密封，並放至陰涼的位置，註明密封日期。
- 三、經過 7 至 10 天可以洩放初步液體肥料，以後可以每隔 10 天可以洩放一次液體肥料。





圖 4：收集液體肥料

四、經過約 3 個月，固體肥料已達成熟期，可以打開廚餘堆肥桶，將固體肥料倒出，放至戶外乾燥之。

五、此固體肥料可以作為肥料之外，也可作為製造廚餘堆肥的菌種，並可以重覆使用。





圖 3：廚餘堆肥製作過程

表 2：利用自製的肥料來試種小白菜

一、不同比例的固體肥料對小白菜生長的影響

- (一)準備 10 個口徑為 13 cm 花盆,取一般土與固體肥料的總重定為 800 克,依照一般土:固體肥料之比例為(a)10:0;(b)7:3;(c)5:5;(d)3:7,分別裝入花盆。每一種比例各裝兩盆,可作相互的比較。
- (二)因為固體肥料重量較輕,800 g 固體肥料無法全部放入口徑 13 cm 的花盆,須準備 2 個口徑較大的花盆。
- (三)在每個花盆中依一定間隔埋入 10 顆種子,深度為 0.5 cm。



圖 5：選取種子並以鑷子植入小白菜種子

- (四)每天澆清水 100 mL 一次,並觀察種子發芽情形及每天觀察小白菜生長情形。
- (五)當種子發芽後,則每天測量生長的高度,並作成記錄,並繪圖比較各盆小白菜生長的速度。



圖 6：以尺測量小白菜的生長高度

二、不同比例的液體肥料對小白菜生長的影響

- (一)準備 10 個口徑為 13 cm 花盆，一般土：固體肥料之比例為 5 : 5，每盆總重為 800 g。
- (二)在每個花盆中依一定間隔埋入 10 顆種子，深度為 0.5 cm。
- (三)使用滴管量取液體肥料 1.0 mL，放入 250 mL 量筒，加水稀釋至 100 mL，並倒入乾淨的保特瓶中保存，依此方法，分別將液體肥料稀釋至 300 mL、500 mL、700 mL、1000 mL。



圖 7：液體肥料的稀釋過程

- (四)依照設定液體肥料的稀釋比例，每天施以稀釋後之液體肥料 100 mL 一次，每一種

液體肥料稀釋比例各澆水兩盆，可作相互的比較，並觀察種子發芽情形及每天觀察生長情形。

(五)當種子發芽後，則每天測量生長的高度，作成記錄，並繪圖比較各盆小白菜生長的速度。



圖 8：小白菜澆水的情形

三、在相同口徑的花盆中，種下小白菜不同顆粒數對小白菜生長的影響

- (一)準備 10 個口徑為 13 cm 花盆，一般土：固體肥料之比例為 5：5。每盆總重為 800 g。
- (二)在每個花盆中依一定間隔分別小心埋入 1、3、5、7、10 顆種子，深度為 0.5 cm。相同種子顆數各種兩盆，可作相互的比較。
- (三)每天分別澆清水 100 mL 一次，並觀察種子發芽情形及每天觀察生長情形。
- (四)當種子發芽後，則每天測量生長的高度，作成記錄，並繪圖比較各盆小白菜生長的速度。

表 3：改變不同的澆水方式對小白菜生長的影響

四、不同的澆水方式對小白菜生長的影響

- (一)準備 3 個口徑為 13 cm 花盆，一般土：固體肥料之比例為 5：5。每盆總重為 800 g。
- (二)在每個花盆中依一定間隔埋入 5 顆種子，深度為 0.5 cm。
- (三)準備濃度為稀釋 100 倍、500 倍、700 倍的液體肥料。

1.發芽後，以逐漸增加液體肥料澆水量的方式澆水

- (1)發芽之前每日以清水 100 mL 澆灌一次，直至發芽。
- (2)發芽之後，每日施以 100 mL 的液體肥料一次，共施以澆灌 18 天。
- (3)第 19 日起，每日施以 150 mL 的液體肥料一次，共施以澆灌 7 天。
- (4)第 26 日起，每日早晚各施以 150 mL 的液體肥料一次，直至長大可以採收為止。

2.發芽後，以固定液體肥料澆水量的方式澆水	(1)發芽之前每日以清水 100 mL 澆灌一次，直至發芽。 (2)發芽之後，每日施以 100 mL 的液體肥料一次，直至長大可以採收為止。
3.在一般土=100%的環境下，不同比例液體肥料對小白菜生長的影響	(1)每日施以 100 mL 的液體肥料一次，直至長大可以採收為止。
4.在一般土：固體肥料=5：5 的環境下，不同比例液體肥料對小白菜生長的影響	(1)每日施以 100 mL 的液體肥料一次，直至長大可以採收為止

表 4：小白菜收成之後的測量

以小白菜生長高度為縱軸，成長天數為橫軸繪出小白菜成長趨勢圖，來了解小白菜的成長情況	
待小白菜完全長成後，測量總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積的產量，以求得最佳種植條件。	
總重量	分別測量小白菜的總重量，再取兩盆總重量的平均值，做為一盆的總重量。
每棵小白菜之平均重量	將兩盆小白菜的總重量除以兩盆小白菜的總生長棵數。
單位面積的產量	將小白菜總重量除以花盆口徑的面積(6.5 cm×6.5 cm×3.14)

伍、研究結果：

表 5：本組所製得的廚餘堆肥

<p>一、我們所製得的固體廚餘堆肥如圖 9、圖 10 所示。</p> <p>(一)因為固體肥料內包含了非常多的菌種，因此固體肥料既可作為肥料，也可作為菌種的來源，繼續製造有機肥料。</p>	 <p>圖 9：菌種的白色菌絲長出</p>
--	---



圖 10：固體廚餘堆肥

二、我們所製得的液體廚餘堆肥如圖 11 所示。

- (一)液體肥料的顏色為暗黑色，顯示其具有非常高的濃度。
- (二)本組所使用的廚餘是葉菜類的菜渣和少量果皮，因此所收集的液體肥料具有蔬菜的味道。
- (三)在使用液體肥料時，必須加水稀釋至適當的濃度，方可使小白菜生長狀況良好。



圖 11：液體廚餘堆肥

三、不同比例的固體肥料對小白菜生長的影響：

- (一)小白菜生長情形相片如圖 12。



96 年 12 月 23 日



97 年 01 月 02 日



97年01月06日

97年01月17日

圖 12：不同比例固體肥料，小白菜之生長情形

(相片說明：由前至後依序為一般土：固體肥料= 10：0、7：3、5：5、3：7、0：10)

(二)以小白菜生長高度為縱軸，種植天數為橫軸，繪出小白菜生長趨勢圖(圖 13)，以了解固體肥料比例對小白菜的生長的影響。

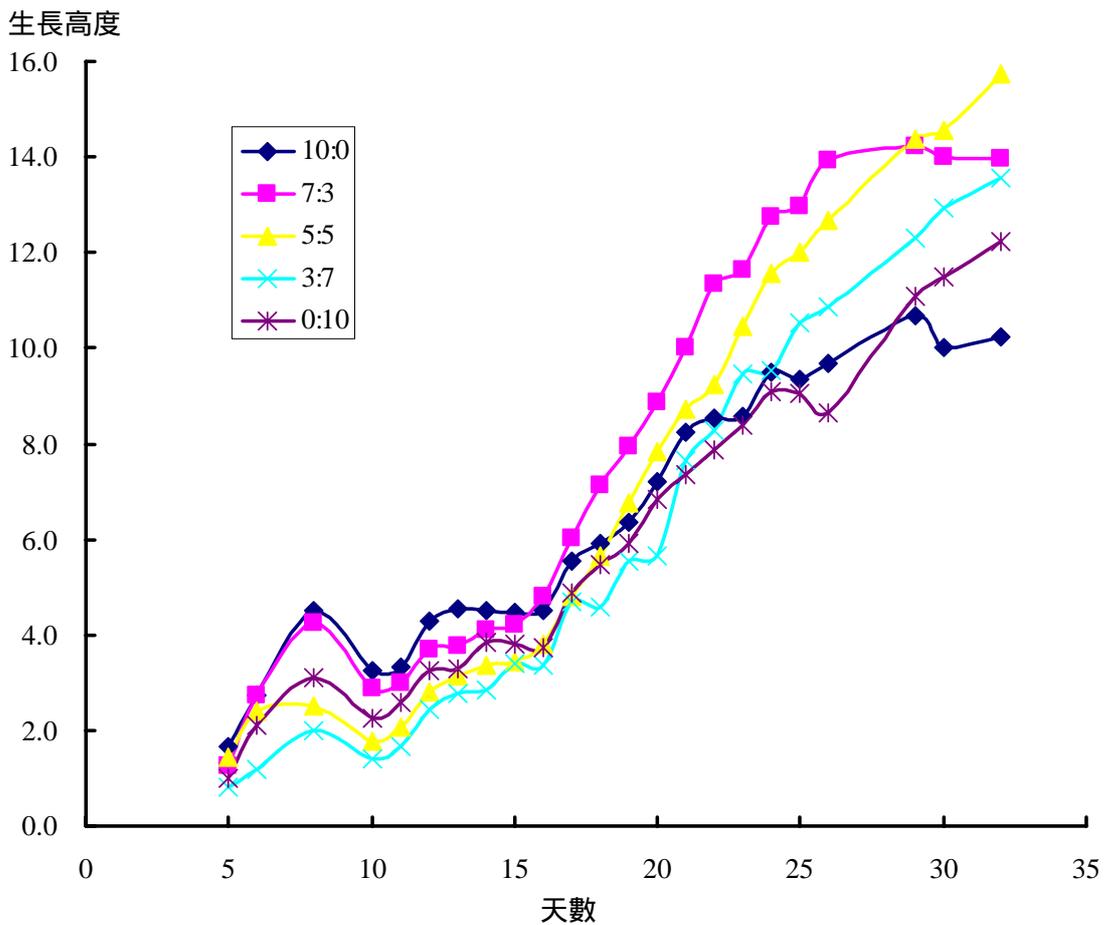


圖 13：一般土與固體肥料比例對小白菜生長的影响

四、不同比例的液體肥料對小白菜生長的影響：

(一)小白菜生長情形相片如圖 14。



96年12月23日



97年01月02日



97年01月06日



97年01月17日

圖 14：不同比例液體肥料，小白菜之生長情形

(相片說明：由前至後依序為液體肥料稀釋倍數

=100 倍、300 倍、500 倍、700 倍、1000 倍

(二)以小白菜生長高度為縱軸，種植天數為橫軸，繪出小白菜生長趨勢圖(圖 15)，以了解液體肥料比例對小白菜的生長的影響。

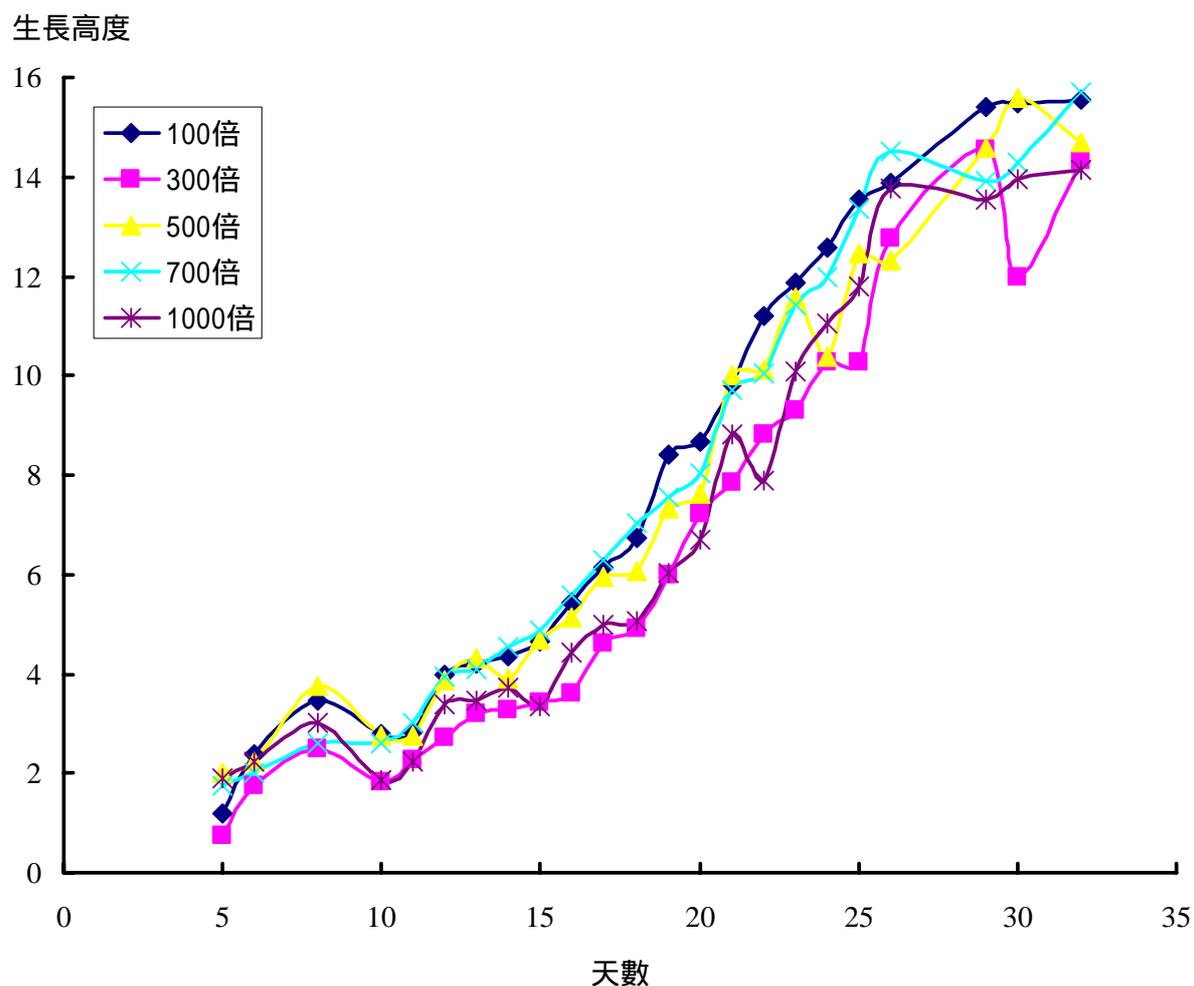


圖15：液體肥料稀釋倍數對小白菜生長的影響

五、在相同口徑的花盆中，種下不同種子顆粒數對小白菜生長的影響：

(一)小白菜生長情形相片如圖 16。



96年12月23日



97年01月02日



97年01月06日



97年01月17日

圖 16：不同種子顆數，小白菜之生長情形

(相片說明：由前至後依序為小白菜種子顆數

=1 棵、3 棵、5 棵、7 棵、10 棵)

(二)以小白菜生長高度為縱軸，種植天數為橫軸，繪出小白菜生長趨勢圖(圖 17)，以了解種子顆數對小白菜的生長的影響。

生長高度

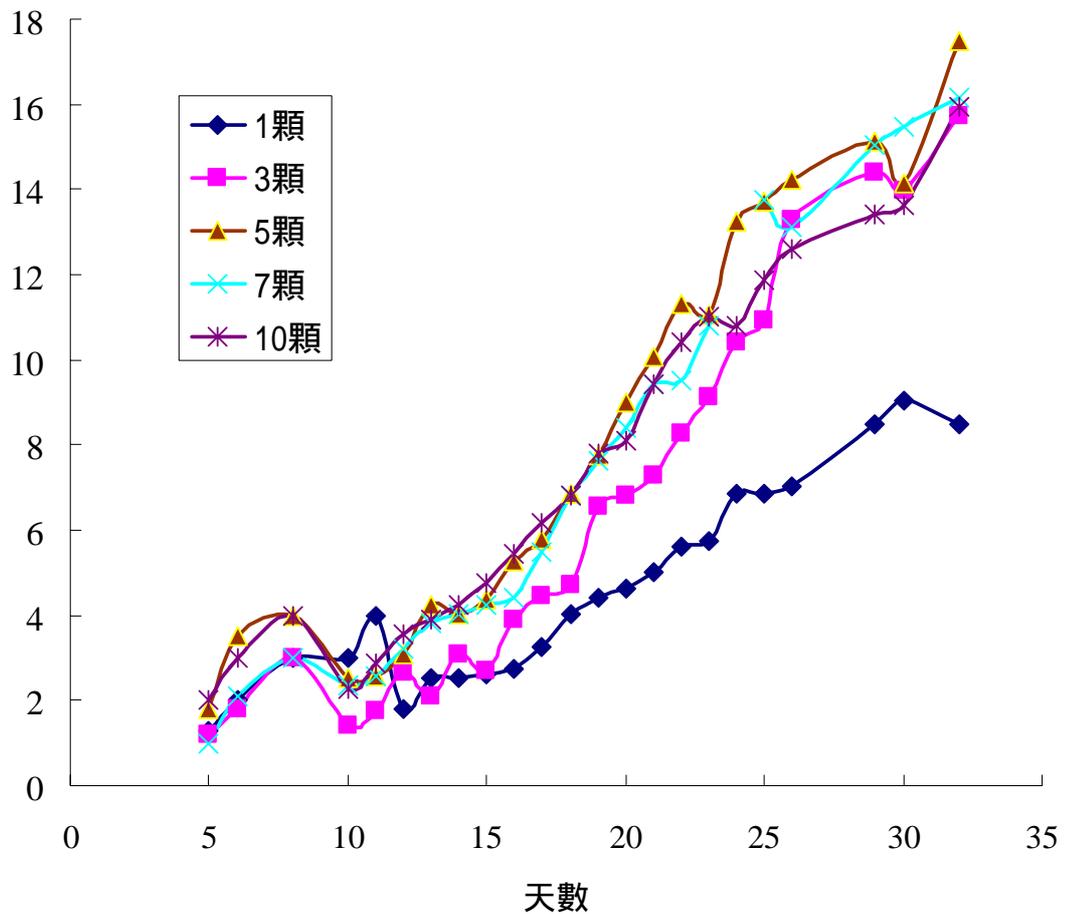


圖17：種子多寡對小白菜生長的影響

六、待小白菜完全長成，測量總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積的產量。



圖 18：小白菜之採收、清洗及稱重情形

表 6：小白菜收成之後的測量結果

表 6-1：不同比例的固體肥料對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

一般土與固體肥料比例	10 : 0	7 : 3	5 : 5	3 : 7	0 : 10
總重量	13.85	83.97	101.71	88.72	41.53
每棵小白菜平均重量(g/棵)	0.6925	3.9986	5.983	5.2188	2.857
單位面積產量(g/cm ²)	0.0522	0.3164	0.3833	0.3381	0.1565

表 6-2：不同比例的液體肥料對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

1.0 mL 廚餘液體肥料稀釋倍數	100 倍	300 倍	500 倍	700 倍	1000 倍
總重量	114.27	75.11	123.97	98.3	84.41
每棵小白菜平均重量(g/棵)	6.3483	5.7777	6.8872	5.1737	4.9653
單位面積產量(g/cm ²)	0.4306	0.2831	0.4672	0.3705	0.3181

表 6-3：不同種子顆數對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

種子顆數	1 顆	3 顆	5 顆	7 顆	10 顆
總重量	12.71	45.09	89.38	87.38	107.62
每棵小白菜平均重量(g/棵)	12.71	7.515	8.938	7.2816	5.6642
單位面積產量(g/cm ²)	0.0479	0.1699	0.3369	0.3293	0.4057

表 7：改變不同的澆水方式對小白菜生長的影響

七、改變不同的澆水方式對小白菜生長的影響：

(一) 一般土：固體肥料=5：5，種子顆數五顆，發芽前以清水 100 mL 澆灌，發芽後，每日施以 100 mL 之液體肥料一次，共施以 18 日，第 19 日(2 月 18 日) 起改為每日 150 mL 一次共施以 7 日，第 26 日起(2 月 25 日)每日 150 mL 早晚各一次。

生長高度

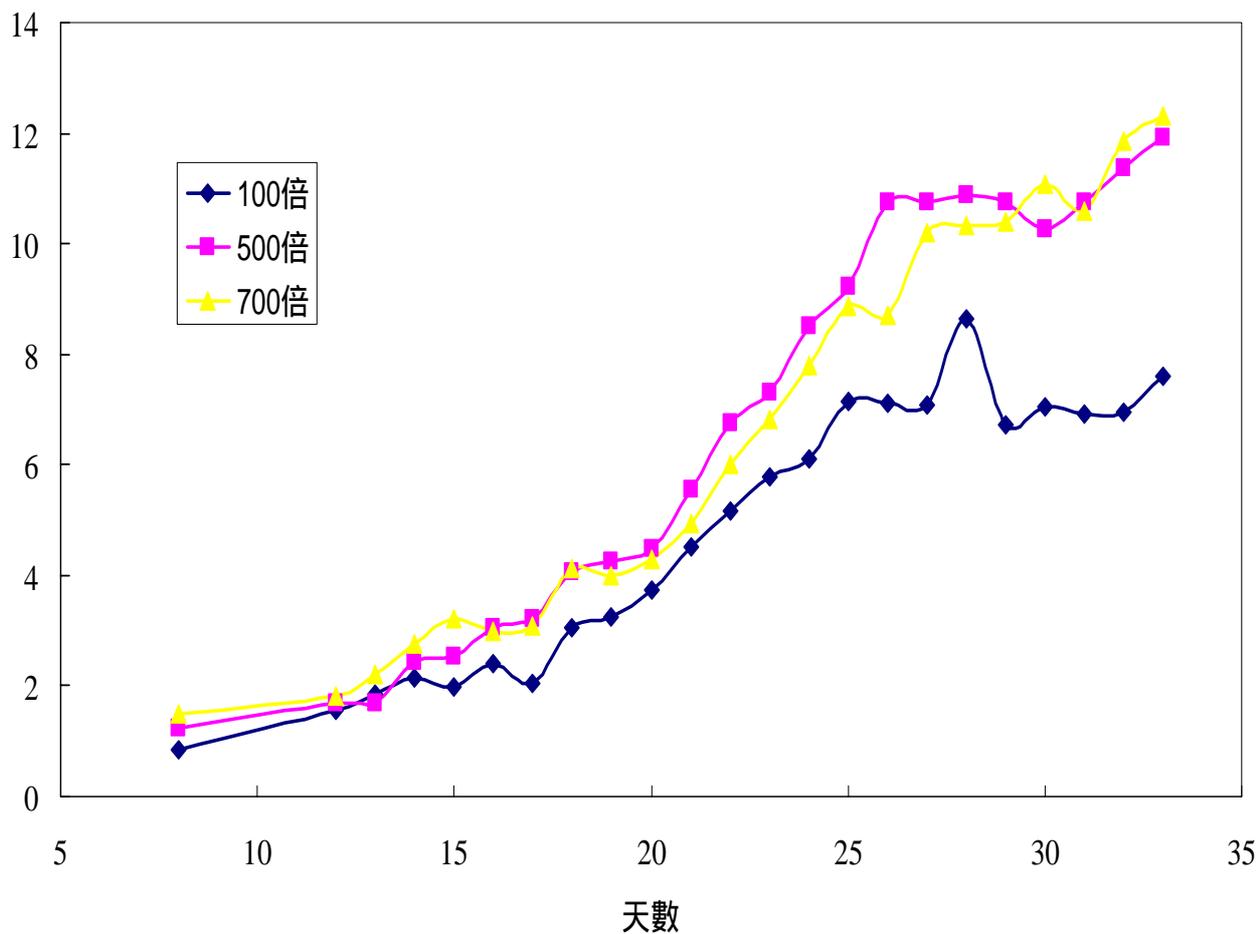


圖19：發芽前以清水澆灌，發芽後以逐漸增加液肥澆水量對小白菜生長的影響

(二) 一般土：固體肥料=5：5，種子顆數 5 顆，發芽前以清水澆灌，發芽後每日施以 100 mL 之液體肥料至長大為止。

生長高度

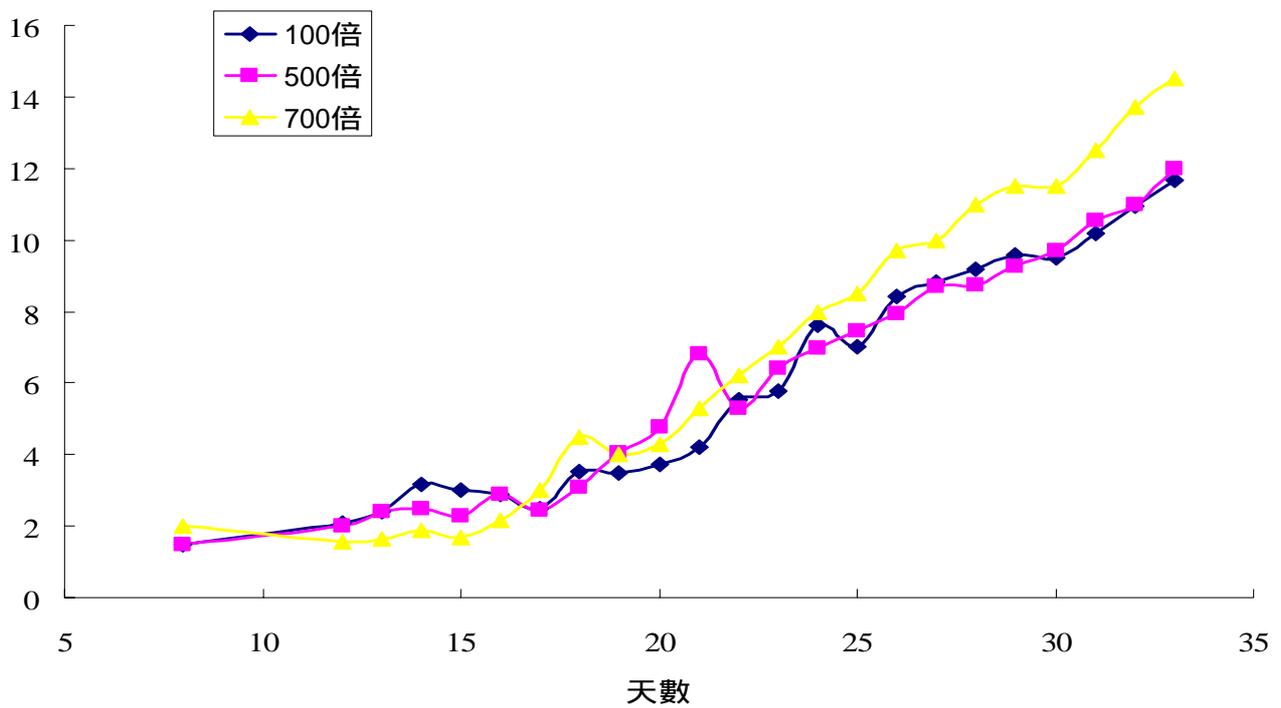


圖20：發芽前以清水澆灌，發芽後固定液體肥料澆水量對小白菜生長之影響

(三) 100%一般土，每日施以 100 mL 之液體肥料至長大為止。

生長高度

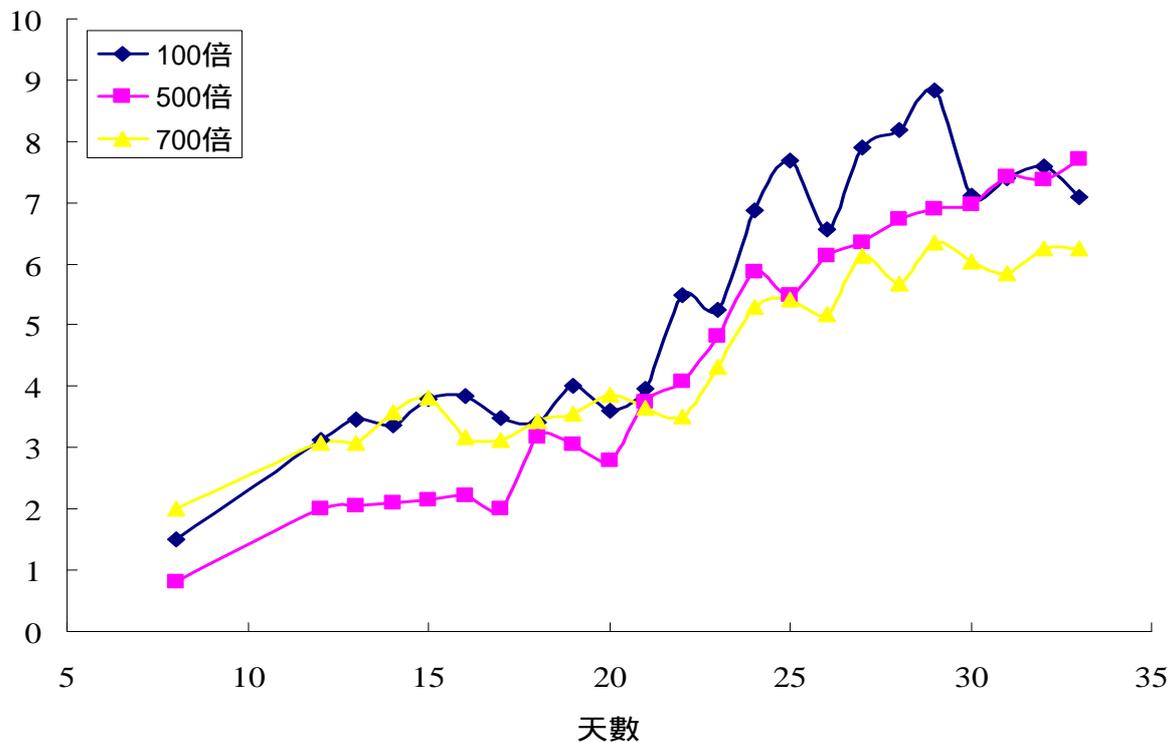


圖21：全部一般土及固定液體肥料澆水量對小白菜生長的影響

(四)一般土：固體肥料=5：5 下，每日施以 100 mL 之液肥至長大為止。

生長高度

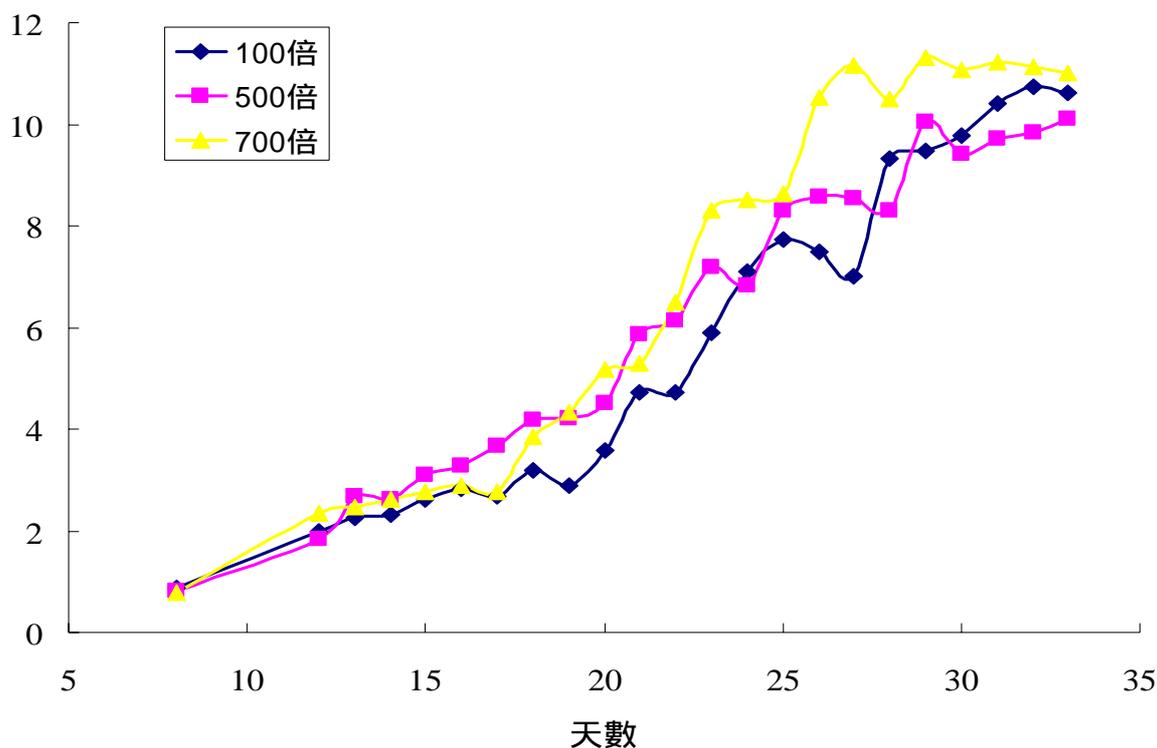


圖22：以固定液體肥料水量由發芽至長成對小白菜生長之影響

表 7-1：一般土：固體肥料=5：5，種子顆數五顆，發芽前以清水 100 mL 澆灌，發芽後，每日施以 100 mL 之液體肥料一次，共施以 18 日，第 19 日(2 月 18 日)起改為每日 150 mL 一次共施以 7 日，第 26 日起(2 月 25 日)每日 150 mL 早晚各一次方式，對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

液體肥料 1.0 mL 稀釋比例	100 倍	500 倍	700 倍
總重量	6.40	20.3	180.5
每棵小白菜平均重量(g/棵)	1.28	4.06	3.61
單位面積產量(g/cm ²)	0.0482	0.153	0.136

表 7-2：一般土：固體肥料=5：5，種子顆數 5 顆，發芽前以清水澆灌，發芽後每日施以 100 mL 之液體肥料至長大為止。對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

液體肥料 1.0 mL 稀釋比例	100 倍	500 倍	700 倍
總重量	12.98	19.26	7.61
每棵小白菜平均重量(g/棵)	2.596	3.852	1.524
單位面積產量(g/cm ²)	0.097	0.145	0.057

表 7-3：100%一般土，種子 5 顆，每日施以 100 mL 之液體肥料至長大為止。對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響

液體肥料 1.0 mL 稀釋比例	100 倍	500 倍	700 倍
總重量	4.09	2.88	2.47
每棵小白菜平均重量(g/棵)	1.0225	0.72	0.494
單位面積產量(g/cm ²)	0.03	0.021	0.018

表 7-4：一般土：固體肥料=5：5，種子 5 顆，每日施以 100 mL 之液體肥料至長大為止，對小白菜總重量、每棵平均重量及單位面積產量的影響。

液體肥料 1.0 mL 稀釋比例	100 倍	500 倍	700 倍
總重量	16.58	10.84	18.85
每棵小白菜平均重量(g/棵)	5.527	3.61	3.77
單位面積產量(g/cm ²)	0.124	0.081	0.142





圖 26：以不同燒水方式對小白菜生長的影响圖片





圖 27：以不同液肥稀釋倍數對小白菜生長的影響圖片

陸、研究討論

- 一、本組所使用的菌種，是適合用於尚未烹煮過的廚餘，舉凡菜渣、果皮、茶葉渣、咖啡渣等，但是烹煮過且是油炸之廚餘，則完全不能使用本組的菌種。推究其原因此種菌種分解油炸的廚餘時，會產生惡臭的氣味，不適合一般家庭使用。
- 二、由圖 13 與表 6-1 中，我們發現 100% 一般土與 100% 固體肥料分別對小白菜生長影響：雖然成長的初期 100% 一般土的速度較快，可是在第 29 天後，則被 100% 固體肥料追上，至小白菜完全成熟採收後計算之總重量 每棵小白菜平均重量及單位面積產量是 100% 固體肥料 > 100% 一般土，推究其原因如下：
 - (一) 100% 一般土因重量較重，800 g 時體積僅為花盆的三分之一，因此土層較密實，造成小白菜在成熟期不容易向下紮根，而使小白菜不容易吸收所需的養分；而 100% 固體肥料重量較輕，800 g 時則必須使用較大的花盆來盛裝，因此土層較鬆軟，造成小白菜在成熟期容易向下紮根，而使小白菜容易吸收所需的養分。
 - (二) 在澆水過程中，我們發現 100% 一般土較容易滲水，因此土層內的養分易溶於水中；而 100% 固體肥料則不容易滲水，使水留在土層的表面，因此小白菜成長初期，在 100% 一般土環境中較容易吸收養分，生長形狀為瘦高狀，故生長高度會大於 100% 固體肥料的環境中。
- 三、在 100% 固體肥料環境中，小白菜的成長是不是最好？由圖 13 與表 6-1 中，我們發現小白菜在一般土：固體肥料 = 7：3 的環境中的成長最為穩定，單位面積的產量也還不錯。小白菜在一般土：固體肥料 = 5：5 的環境中的成長初期成長速度較慢，但在成熟期時則

快速成長，無論是總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量或是高度，均達最高，為固體肥料之最佳比值。小白菜在一般土：固體肥料 = 3：7 的環境中的成長初期成長速度較慢，但在成熟期時也是快速成長。推究其原因如下：

(一)100% 固體肥料環境中，因其最為鬆軟，小白菜紮根不易，容易傾倒，而且因為肥料太多，反而不利成長，雖在成熟期有大量的養分供給，可是小白菜無法全部吸收，以致產能不如預期。

(二)小白菜在一般土：固體肥料 = 3：7 的環境中的成長初期成長速度較慢，是因為清水滲入土層速度較慢，致使小白菜較不容易吸收足夠的養分，但由於其固體肥料較高，隨小白菜成長需較多養分，因此在成熟期時急速成長，致使小白菜的總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量皆優於一般土：固體肥料 = 7：3 的環境。

(三)小白菜在一般土：固體肥料 = 7：3 與 5：5 的環境中的成長，不僅清水滲入土層速度較快，且其根部能夠向土層下方紮根，使小白菜儘可能吸收足夠的養分成長，因此這兩種比例都能形成較佳成長速度與較佳的總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量。

四、由圖 15 與表 6-2 中，我們發現液體肥料的加入，皆能使小白菜穩定的成長，可見小白菜對液體肥料中養分的吸收比固體肥料中養分的吸收更完整，因此在總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積的產量，皆優於固體肥料。

五、由圖 13 與圖 15 的比較，一般土與固體肥料比例對小白菜的生長高度卻不及液體肥料對小白菜的生長高度，推究其原因為小白菜所吸收的養分用於增加葉片面積及厚度，使葉片更加厚實，進而增加了總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積的產量。

六、由此也可得知本組所製成堆肥中含有較多的葉肥(氮元素)，而莖肥(磷元素)則較少，推究其原因為本組所使用的廚餘大多是葉菜類，因此所製成的堆肥也含有較多的葉肥。

七、以液體肥料稀釋倍數來比較時，我們發現生長速度以稀釋 100 倍及 700 倍的效果最好，而稀釋 300 倍與 1000 倍的效果最差；再測量總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積的產量則是以稀釋 100 倍及 500 倍的效果最好，而稀釋 300 倍與 1000 倍的效果最差，推究其原因：

(一)是受到土壤中固體肥料分布的影響，因為我們的固體肥料是均勻分布整個土層，故以較濃的稀釋 100 倍液體肥料來補足養分，使小白菜能充分的吸收；而稀釋 300 倍液體肥料雖然也能補充養分，但小白菜的根部必須更向紮根才能獲取足夠的養分。

(二)在以稀釋 500 倍液體肥料來施肥時，雖然濃度較稀，但其所含的水可以溶解土壤中固

體肥料，使小白菜更能較快同時吸收充足的養分；而稀釋 1000 倍的液體肥料雖也能溶解大量的固體肥料，但因本身的肥料成分太少，無法使小白菜獲得較充足的養分。

八、由圖 17 中，我們發現只種一棵小白菜的成長速度與單位面積產量皆最低，推究其原因是有足夠的固體肥料及空間來提供養分，對一棵小白菜來說，顯然肥度超過小白菜所能承受的程度，不利於小白菜的成長。雖然其每棵小白菜平均重量最大，但卻不符合經濟效益。

九、由圖 17 中，就成長空間來說，在成長初期，對 10 棵小白菜恰好是最佳成長空間。但隨著小白菜的逐漸成長，成長的間隙越來越小，使得在成長後期，其生長高度即被 5 顆及 7 顆種子的追上；而對 5 棵小白菜的整個生長過程中，其生長間隙提供最佳成長空間，使小白菜要向上或兩旁伸展，皆沒有受到阻礙，因此小白菜可以充分吸收養分，努力成長居於領先地位。

十、在圖 17 與表 6-3 中，發現整個成長過程中 5 棵小白菜的生長速度快於 10 棵的生長速度，是因為 10 顆的生長空間受局限，所以小白菜所吸收的養分皆集中在葉片上，使葉片能長得更加厚實，因此種植 10 棵小白菜獲得較好的單位面積產量。

十一、在表 6-3 中，以每棵小白菜平均重量來比較時，5 棵小白菜的每棵小白菜平均重量大於 10 棵小白菜的每棵小白菜平均重量，推究其原因在相同的時間內，10 棵小白菜所吸收的養分應大於 5 棵小白菜，但以每棵小白菜平均重量來計算時，則是總重量分配數為 10 棵小白菜：5 棵小白菜=10：20，因此 5 棵小白菜的每棵小白菜平均重量，大於 10 棵小白菜的每棵小白菜平均重量。

十二、根據我們所查詢的參考資料中，讓我們了解到澆水的方式也會影響植物的成長情況，因此採用一般土：固體肥料 = 5：5，種子 5 顆，發芽前皆以清水澆灌，發芽後，一組採用逐漸增加澆水量的方式澆灌，另一組則採用固定澆水量方式澆灌，其結果如圖 19 及表 7-1 與圖 20 及表 7-2。

(一)由圖 19 及圖 20 的比較，我們發現採用逐漸增加水量的澆水方式，其生長高度不如固定澆水量的方式；但由表 7-1 及表 7-2 中，發現以總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量比較時，採用逐漸增加水量的澆水方式，其總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量優於固定澆水量的方式，推究其原因是以固定澆水量的澆水方式代表每天所增加養分是固定的，使小白菜吸收的養分是用來增加生長高度，無法增加葉片的厚實；而在成熟期時增加澆水量，小白菜則利用這些所增的養分來增加葉片面積及厚度，進而得到較多的總重量、每棵小白菜平均重量及單位面積產量。(液體肥料的濃度為稀釋 500 倍及稀釋 700 倍皆有此現象)。

- 十三、由圖 21、表 7-3 與圖 22、表 7-4 中，我們發現採用 100% 一般土及採用一般土：固體肥料 = 5：5 種植時，雖然從種植開始至完全成熟皆施以液體肥料，但小白菜的生長高度與單位面積產量皆以採用一般土：固體肥料 = 5：5 種植的效果較佳。推究其原因為採用一般土：固體肥料 = 5：5 種植的方式中，多了固體肥料的養分，使小白菜成長過程有充足的養分。
- 十四、我們在發芽前以清水澆灌方式與以液體肥料澆灌方式，發芽後皆以固定量的液體肥料澆灌方式，得到結果如圖 20、表 7-2 與圖 22、表 7-4：
- (一)由圖 20 及圖 22 的比較，我們發現發芽前即開始澆灌液體肥料，其生長高度不如發芽前澆灌清水；由表 7-2 及表 7-4 中，發現以單位面積產量比較時，採用發芽前即開始澆灌液體肥料方式，其單位面積產量優於發芽前澆灌清水方式，推究其原因為發芽前澆灌清水方式的總養分量應小於發芽前即開始澆灌液體肥料方式，使小白菜吸收的養分是用來增加生長高度，無法增加葉片的厚實；而在成熟期時所多出的養分則是讓小白菜用來增加葉片面積及厚度，進而得到較多的單位面積產量。(液體肥料的濃度為稀釋 100 倍及稀釋 700 倍皆有此現象)。
- 十五、在研究的過程中，我們發現氣溫的高低也會影響小白菜的生長。當氣溫低於 20 時，小白菜的生長速度相當緩慢，只有當天氣回暖，氣溫回升至 20 以上時，其生長的速度才會有明顯增加。

柒、研究結論

- 一、農村裡，農夫為了使自己所種植的農作物生長快速且果實飽滿，常須要對農作物施肥，可是在早期的農村並無所謂的化學肥料，因此我們聰明老祖先即發明堆肥來製造農作物所須的肥料。
- 二、他們的作法是利用動物的排洩物(通常是豬糞)作為菌種的來源，將收割下來的稻桿作為堆肥的原料，也是一層稻桿，一層動物的排洩物，使稻桿能充分的醱酵而形成非常實用的肥料。
- 三、現在由於化學肥料的使用過於泛濫，使得農作物發生化學肥料的殘留，對於食用的我們將產生不良的影響，因此我們利用老祖先所傳承下來的智慧，自製有機堆肥，並用來種植蔬菜，期盼能讓我們吃得安心及吃得健康。
- 四、在我們研究的結果中，適當的固體肥料與適當的液體肥料(排水性強的土壤與 500 倍液體肥料)，再加上適當的生長空間(株距 5~6 公分)、適當澆水方式(第二枚本葉長出時施予液

體肥料及適當的氣溫(18~25)，才能使小白菜的生長速度快，也能有較多單位面積產量(即產能)。

- 五、其條件是一般土：固體肥料 = 5 : 5，並混合均勻；液體肥料則須稀釋至 500 倍；在口徑 13 公分的花盆，只適合種植 5 棵小白菜；而澆水方式則是採用漸段式增加澆水量，使小白菜能完全吸收所施的肥料，這樣即可種植出漂亮又厚實小白菜，而無化學殘留。
- 六、在小白菜整個成長過程，雖有零星的昆蟲駕臨，但沒有產卵的現象，顯見我們所製造的廚餘堆肥尚有驅蟲的效果。
- 七、堆肥的製作原理是利用微生物(細菌)將菜渣內所含的植物性蛋白質分解成植物的營養素 - 硝酸鹽類(葉肥)及磷酸鹽類(莖肥)，因為此類肥料是用天然的方式製造，是故不會產生化學肥料殘留的疑慮，而且是可以重覆再利用的，取之於植物，又用之於植物，是屬於一種非常有經濟價值的再生肥料。
- 八、並不是所有的廚餘都適合用來作為堆肥的原料，有些經過油炸的廚餘可以用來飼養豬隻等牲畜，但不適合用來作堆肥。因此本組採用的菌種是適合分解沒有經過油炸的廚餘，所得的無論是固體堆肥或液體堆肥皆不會產生惡臭，且還有一股蔬菜的香味。
- 九、液體堆肥除了作為有機肥料外，尚有驅蟲的效果，因為本組在整個種植小白菜的過程中，小白菜皆沒有受到昆蟲嚙咬過的痕跡，所以本組才將廚餘堆肥稱為黑金。
- 十、目前我們都希望能吃得安心與健康，大都會選用有機食品來食用，如有機蔬果、有機雞蛋、有機健康油等，使我們的研究有其意義及價值。

捌、研究參考資料

一、中文部分：

- (一)卓麗容(2006)。國小自然與生活科技學習手冊。台北縣；康軒文教事業股份有限公司。
- (二)劉安妮(1997)。蔬菜栽培技術。台北市；五洲出版有限公司。
- (三)山田貴義(2002)。我的私房菜園。台北縣；新雨出版社。
- (四)方泰山、林如章、張哲政、何鎮揚、張荊壢、陳雅玲(2007)。高中基礎化學。台北縣；龍騰文化事業股份有限公司。
- (五)葉名倉、劉如熹、邱智宏、周芳妃、陳建華、陳偉民 (2007)。高中基礎化學。台北

縣；南一書局企業股份有限公司。

(六)板木利隆(2003)。家庭菜園大百科。台北市；晨星出版有限公司。

二、網路資源：

(一)小白菜的種植方法(2007年12月28日)。雅虎奇摩知識。2007年12月28日。取自：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/>

(二)小白菜怎麼種才好吃(2007年12月28日)。雅虎奇摩知識。2007年12月28日。取自：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/>。

(三)小白菜的害蟲(2008年04月10日)。大勝化學工業股份有限公司網站。2008年04月10日。取自：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/>。

(四)廚餘堆肥篇(2007年11月28日)。台中市環保局 - 廚餘回收網。2007年11月28日。取自：
http://recycle.tcepb.gov.tw/hogwash/04_muck/04_b2.asp。

【評語】 080801

此作品以環保主題為出發點，最主要的發現是廚餘堆肥，除可作肥料還可驅蟲，其主題和設計的方法可推廣於學校教學和生活應用上。實驗設計項目之一，比較種植密度似與本研究主題無直接的關係，建議在變因控制上需更加嚴謹。