中華民國第四十七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

030809

生生不息—探討肥料對菠菜生長及土壤酸化的影響

學校名稱：臺中市立大業國民中學

作者：	指導老師：
國二 張博雅	陳盈英
國二 吳佳晏	張雅雯
國二 謝秉融	
國二 黃崇瑋	

關鍵詞：菠菜　肥料　土壤酸化

壹、摘要

本研究在探討施用有機肥、化學肥及不施肥的條件下，菠菜的生長情形及土壤酸鹼值的變化，並測定土壤的電導度，探討農試所建議的施肥量是否過度或不足？結果顯示電導度值略低於適合作物生長的範圍。本實驗所用的肥料爲『台肥一號複合肥料』及『台肥生技一號有機質肥料』，結果顯示菠菜生長情形以「有機肥組」最佳，而土壤酸化情況以「化學肥組」最嚴重，第三次施作完畢，「化學肥組」的 pH 值下降 2.23 單位，酸化最爲嚴重；且連續栽種後「化學肥組」菠菜生長情形甚至比「不施肥組」還差。「有機肥組」菠菜的生長情形在第一次施作成長最爲良好，連續施作後，生長狀況仍然最好，土壤雖有酸化但和「化學肥組」相較下對土地的傷害小，可使植物和土地生生不息。

貳、研究動機

開始對種菜產生興趣，是因爲學校將花台開放給全校師生，自行發揮創意，栽種自己喜歡的植栽；很多老師率先種起各式各樣當令的蔬菜，不僅可以感受到植物『一眠大一寸』的樂趣，還可以享受到『自己栽種自己收穫』的成就感，更重要的是完全無農藥的有機蔬菜喔！

在自然課本中第一冊第四章曾經學到植物生長所需要的營養，但是從土壤中可以獲得足夠的養份嗎？還是需要再添加肥料呢？查閱自然課本第四冊第三章提到肥料，在報章雜誌也曾看到有關有機農業的報導，提及化學肥料對土地的傷害，但對於施用何種肥料並無一致的結論，因此想藉此實驗探討化學肥料和有機肥料對植物生長及土壤的影響。

參、研究目的

一、比較施用有機肥與化學肥土壤的酸化程度。
二、比較有機肥與化學肥的肥效。
三、探討連作對菠菜是否有影響。
四、探討施肥量是否恰當。
五、探討 pH 值對菠菜生長的影響。

肆、研究設備及器材

一、pH 儀、 電導度計、 照相機、 電腦
二、玻璃棒、滴管、量筒、燒杯、漏斗及漏斗架、洗滌瓶
三、蒸餾水、土壤、台肥一號複合肥料、台肥生技一號有機質肥料
四、保麗龍箱、澆水器、鑷子、細網

伍、研究過程及方法

(實驗前的準備)

一、土壤取得

原本想利用花台的土壤，但爲控制變因，怕對照組與實驗組互相干擾，請教中興大學園藝系教授，建議我們採用保麗龍箱(52cm × 32cm)種植，因此到南投山區取得肥沃的黑色壤土。爲使排水系統良好，避免蔬菜根部因浸水過久窒息死亡，在保麗龍箱底部挖取數個直徑約 2cm 的小洞，爲避免土壤由小洞流失，在底部鋪上細網。每個保麗龍箱放入 20 kg 的土壤，怕有害微生物寄居在土壤中，將地整好後，在烈日下曝曬一星期殺菌。（圖１～４）

（圖１）戳洞

（圖２）鋪網子

（圖３）倒土

（圖４）翻土利用紫外線殺菌

二、實驗設計

(一)比較施肥對植物是否有幫助？決定一組爲「不施肥組」當作對照組

(二)比較施用何種肥料對植物生長有幫助，且不會傷害土壤，

設計一組施用「化學肥組」，一組施用「有機肥組」

(三)把構思和台中農改場的黃技士討論後，他建議我們做三逢機的實驗，

即每一組實驗隨機擺放至少三個保麗龍箱，以減少誤差。

三、種植蔬菜的選擇

蔬菜的生長和發育受到環境和氣候因子的影響甚巨，尤其溫度對蔬菜的生長和發育關係密切，如呼吸作用、光合作用和氧份的吸收等主要的生育作用，都受到溫度的影響。維持蔬菜生育的溫度有一定的界限，上網以及到圖書館借閱了許多書籍和資料，決定種植適合冬季到春季的蔬菜耐寒性較強(實驗進行時間爲 95 年 11 月到 96 年 4 月)，如此當令的蔬菜蟲害少，而且不怕寒流！菠菜最適合的生長溫度爲(15℃～2 0 ℃)應是最佳選擇了；另外光照更是作物生產的重要因素，菠菜對光照強度要求較弱，如此冬日的陽光對菠菜而言，是很恰當的。

蔬菜對土壤酸性的抵抗力有強弱之分，其中菠菜對抵抗酸性的能力甚弱，菠菜適合生長的土壤 pH 值爲 pH 6.0 － 6.8，在酸性土壤中縱能發芽，其葉片之中肋及尖端會變成黃色或褐色，根甚至褐變而枯死。所以想藉此實驗設計觀察化學肥料對土壤的酸化程度，以及對菠菜的生長情形是否有明顯影響？

四、連作對菠菜是否有影響？

查閱許多書籍及網路資料，有關連作對特定蔬菜是否有影響，但結論不甚一致，因此設計連續栽種三次，藉由實驗探討連作對菠菜的影響。

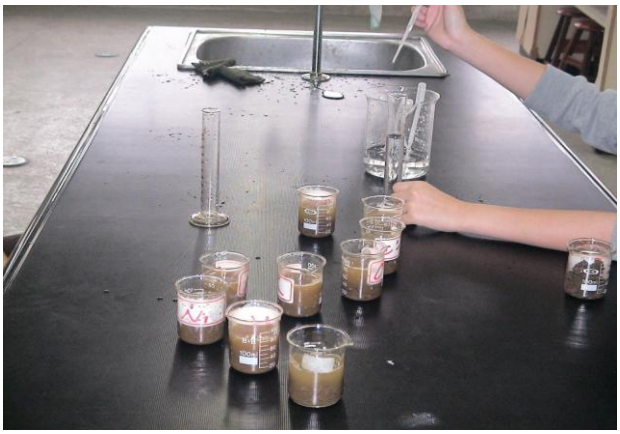
(研究過程)

一、檢測原有土壤的 pH 值以及電導度值：

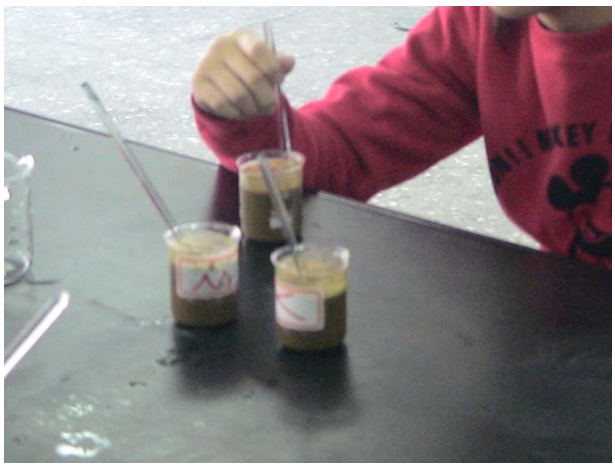
(一)取樣：1 號到 10 號保麗龍箱各取 100g 的土壤（圖５）

(二)測定 pH 值：各取 50g 的土壤加水 50ml，充份攪拌 30 分鐘後靜置，沉澱後測定 pH 值。(土：水 == 1：1)　（圖６～８）

（圖５）取樣



（圖６）量 50mL 的水加入燒杯



（圖７）充分攪拌

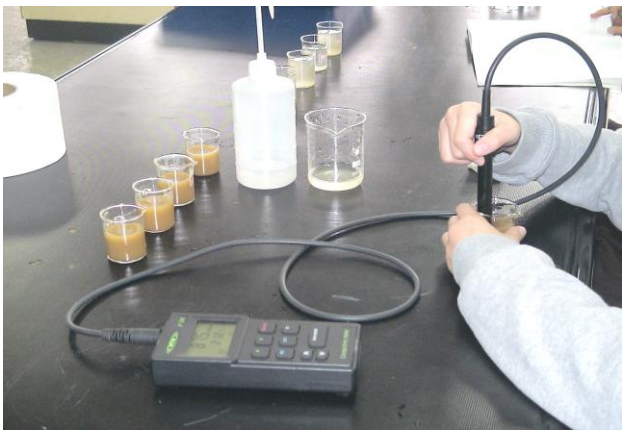
（圖８）測定 pH 值

(三)測定電導度：利用土比水 － 1:2(w:v)來測定，取土壤 50g 加水 100ml 充份攪拌後，靜置 1 小時後過濾，取得澄清濾液測電導度值單位爲 μ S/cm 。（圖９～１２）

（圖９）再量取 50ml 水加入燒杯攪拌

（圖１０）靜置

（圖１１）過濾泥沙



（圖１２）測電導度

二、施用肥料：

(一)選定 2.6.10 號保麗龍箱爲「不施肥組」

選定 3.5.9 號保麗龍箱施用「化學肥組」

選定 4.7.8 號保麗龍箱施用「有機肥組」

2	3	4
5	6	7
8	9	10

(二)請教中興大學土環系教授後，建議選用品質口碑都有保證的產品較佳，決定採用台肥產品。

(三)到台肥台中服務中心請教主任，說明實驗方向，他建議我們採用『台肥一號複合肥料』及『台肥生技一號有機質肥料』。

『台肥一號複合肥料』成份：氮素：磷酉干：氧化鉀 == 20% : 5% :10%

『台肥生技一號有機質肥料』成份：氮素：磷酉干：氧化鉀 == 5% : 2.5% : 2.5% (有機質 65%)

查閱行政院農委會農業試驗所推薦肥料用量-----菠菜所需的肥料三要素爲

氮肥 150—180kg/公頃

磷肥 90—120kg/公頃

鉀肥 120—150 kg/公頃

換算成所需的肥料量『台肥一號複合肥料』每一個保麗龍箱需 30g 當基肥

『台肥生技一號有機質肥料』每一個保麗龍箱需 60g 當基肥

換算過程：作物自開始生長即需要吸收大量磷素，故換算計量時以全數磷肥需求量爲主，且以需求量最低爲原則，避免施肥過量

『台肥一號複合肥料』：$\frac{90kg}{一公頃} = \frac{90kg}{10000m2} = \frac{X}{0.1664m2}$

X ＝0.0014976Kg ＝1.4976g ＝1.5g (P)

1.5 ÷ 5% ＝ 30g

『台肥生技一號有機質肥料』：1.5 ÷ 2.5 % ＝ 60 g

三、施用肥料後一星期再作一次土壤檢測，比較施肥前後土壤中 pH 值和電導度值的變化(因有機肥肥效較慢，故一星期後使肥效釋出後再檢測)。

四、準備種子：菠菜爲涼冷的蔬菜，發芽適溫爲 18℃～25℃；需先進行冰催芽，將種子泡水一日，放入冰箱一日後，置於室溫覆蓋上溼的棉布催芽。（圖１３）

五、撒播種子，爲控制植栽的數量，採用撒播方式(爲避免種子發芽不穩定，播種數目爲預定數的 4-5 倍)。

六、準備追肥：

(一)有機追肥選用花生粕(所有粕類中含氮量最高爲 6.55%，分解迅速是有機肥中肥效較快的)，需事先發酵二個星期，才能提供氮肥。（圖１４）

(二)化學追肥選用尿素，雖然原本的基肥中，已施用足量的氮肥，但氮肥易溶於水中而流失，需再追加，選用尿素因其含氮量 46%是所有固態肥料中最高的。

（圖１３）催芽

（圖１４）發酵花生粕

追肥量的計算：

『台肥一號複合肥料』：30g × 20% ＝ 6g 的氮肥。

『台肥生技一號有機質肥料』：60g × 5 % ＝ 3g 的氮肥。

有機肥的追肥量以和化學基肥的氮肥量相等爲原則，需再追加→3 g ÷ 6.55 % ＝ 45.8 g 的花生粕加等重的土量混合發酵。

化學肥的追肥量計算：

施入基肥時已含有 6 g 的氮肥，而原本所需的氮肥爲：$\frac{150kg}{10000m2} = \frac{X}{0.1664m2}$

X ＝ 0.002496 Kg ＝ 2.496 g ＝2.5 g

再施用約 $\frac{1}{3}$ 的氮肥量，即 $2.5 \times \frac{1}{3} \div 46\%$ ＝ 1.81 g 加水 1800 ml 稀釋。

七、採收

比較各實驗組菠菜的生長情形，每個保麗龍箱採收生長最好的十株，量取每一株的高度求平均值，並稱其總重量。

八、栽種時程

施作流程	第一階段	第二階段	第三階段
測 pH 值(Ⅰ)	95/10/28	95/12/10	96/03/02
施基肥	95/10/28	95/12/10	96/03/02
追肥發酵	95/11/01	95/12/13	96/03/07
測 pH 值(Ⅱ)	95/11/04	95/12/16	96/03/09
播下種子	95/11/04	95/12/16	96/03/09
施追肥	95/11/16	95/12/28	96/03/22
測 pH 值(Ⅲ)	95/11/25	96/01/06	96/03/30
採收	95/12/10	96/01/20	96/04/13
測 pH 值(Ⅳ)	95/12/10	96/01/20	96/04/13

陸、研究結果

一、第一階段

(一)、將催好芽的菠菜種子撒播後，幾天後見二片子葉伸出土壤。

(二)、兩個星期後，菠菜苗已經漸漸茁壯。植株高度有的已達 10cm，但有些幼苗還是撐不過，還好事先已多栽種數倍種子。

N1

C1

O1

C2

N2

O2

O3

C3

N3

(圖１５)：第一階段栽種初期

(三)、原本三組實驗的生長速度，三逢機中各有參差，漸漸的「不施肥組」生長速度越來越跟不上腳步，且漸有死掉的植株。

(四)、施用「有機肥組」的實驗組中，原本的基肥中氮肥只有施用「化學肥組」的一半，在栽種二週後加施已發酵的花生粕，此時便和施用「化學肥組」的氮素相同；結果，數天後，施用「有機肥組」的植株明顯高大許多。

(五)、施用化學追肥—尿素，但植株未明顯長高；相較之下，施用「有機肥組」生長狀況相當良好。出乎原本預測之外，因爲翻閱諸多實驗報告顯示，化學肥因肥效快，所以生長速度較快，而有機肥因肥效慢，收成速度不符合農民期望。

(六)、第五週，施用「有機肥組」的菠菜最高的植株已有 20cm，準備採收了。

N1

C1

O1

C2

N2

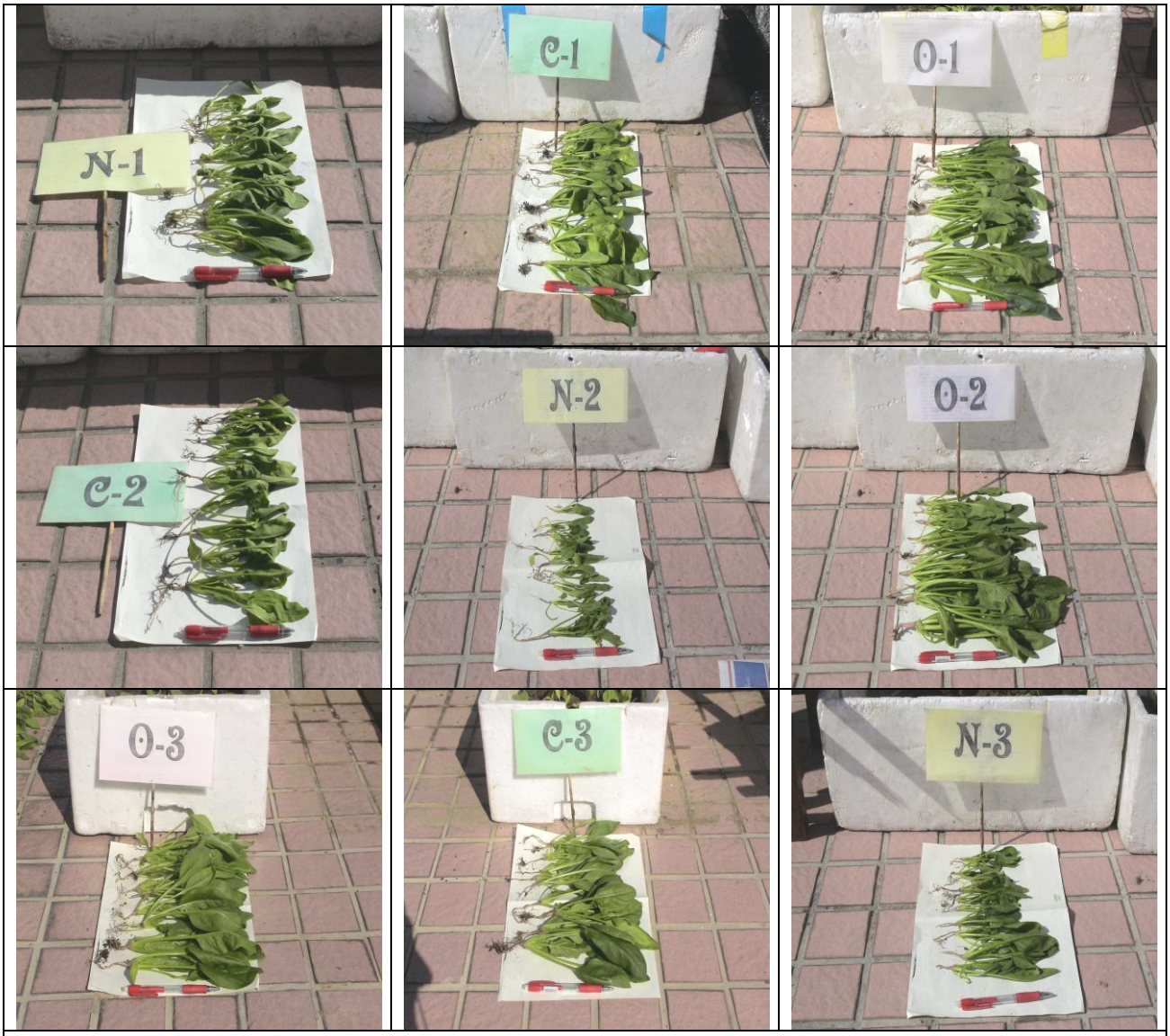
O2

O3

C3

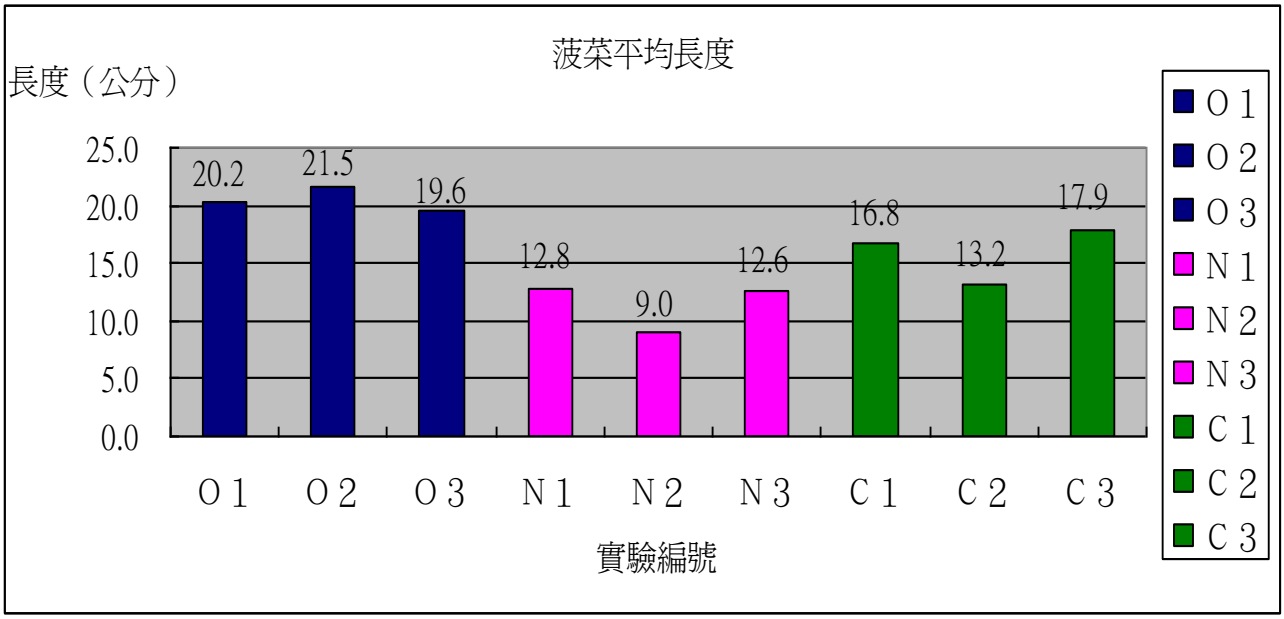
N3

(圖１６)：第一階段栽種後期

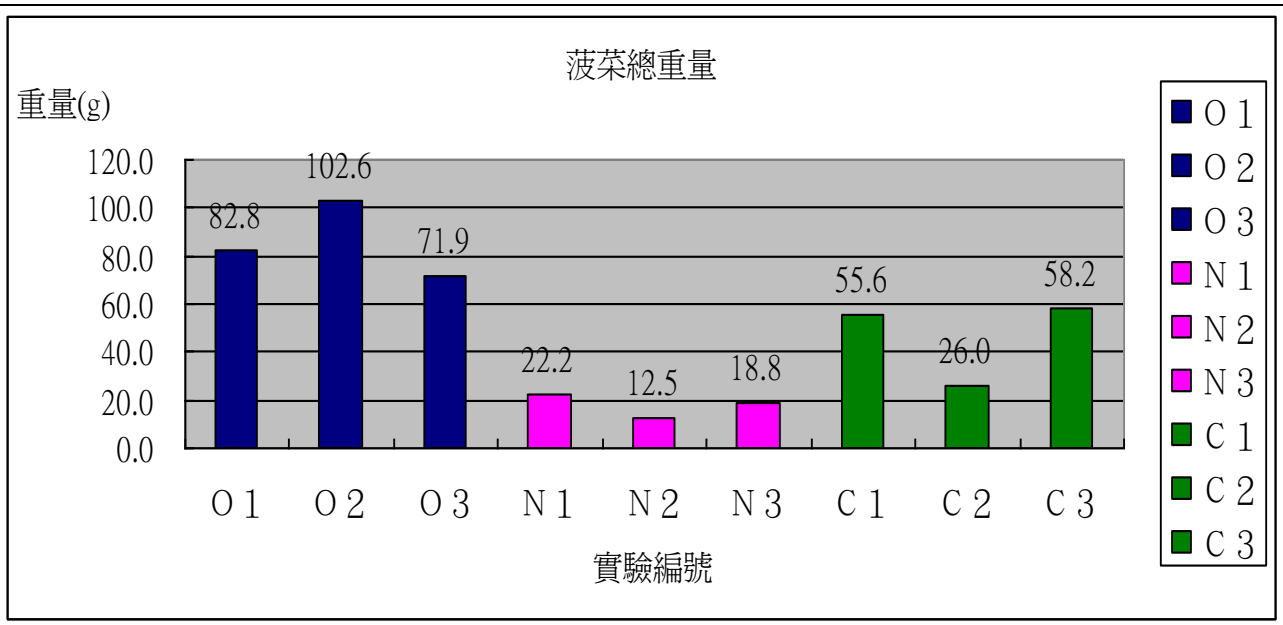


(圖１７)：採收

(表一)：第一階段各實驗組的長度及重量									
菠菜長度	Ｏ１	Ｏ２	Ｏ３	Ｎ１	Ｎ２	Ｎ３	Ｃ１	Ｃ２	Ｃ３
1	22.5	19.0	21.0	14.0	12.0	16.5	18.0	16.0	14.5
2	23.0	25.6	21.0	14.0	10.0	16.0	19.0	15.0	17.0
3	18.5	20.0	18.3	14.0	10.0	15.0	18.0	13.5	14.5
4	20.5	20.5	20.0	14.0	9.5	13.0	19.0	14.0	16.5
5	18.8	29.0	22.0	13.0	9.0	12.0	16.5	14.0	16.0
6	19.0	26.0	21.0	13.0	9.0	11.0	15.5	13.0	19.0
7	20.0	17.0	18.0	12.0	8.0	11.0	16.0	12.0	20.5
8	20.0	18.0	19.5	12.0	8.0	11.0	14.0	11.5	19.5
9	20.0	22.8	17.8	11.0	7.5	11.0	15.0	11.0	20.0
10	20.0	17.5	17.5	11.0	7.0	9.0	17.0	11.5	21.0
平均長度(cm)	20.2	21.5	19.6	12.8	9.0	12.6	16.8	13.2	17.9
總重量(g)	82.8	102.6	71.9	22.2	12.5	18.8	55.6	26.0	58.2



（圖１８）第一階段



（圖１９）第一階段

二、第二階段

(一)、播種一星期後，發現「化學肥組」的植株似乎長得比較快。

N1　　C1　　O1

C2

N2

O2

O3

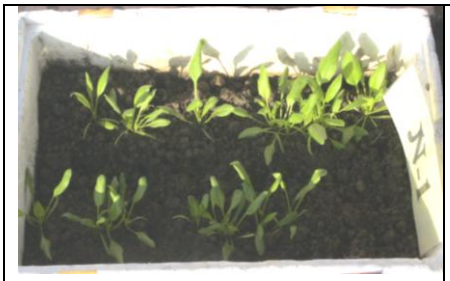
C3

N3

(圖２０)：第二階段栽種初期

(二)、追肥的時程和第一階段皆相同，追肥後「有機肥組」生長情形後來居上！「化學肥組」的植株出現生長遲滯，葉片偏黃，並有生長不良的情形。令人意外的是「不施肥組」生長情形比「化學肥組」的植株還好。

(三)、第四週所有實驗組生長情形明顯比第一階段緩慢，許多植株的高度不到 10cm，難道菠菜有連作障礙？

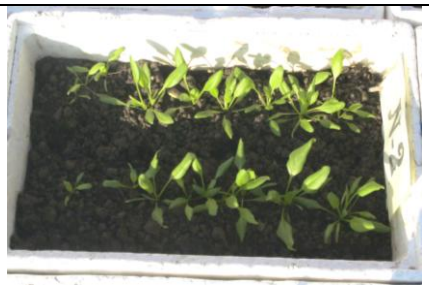


N1

C1

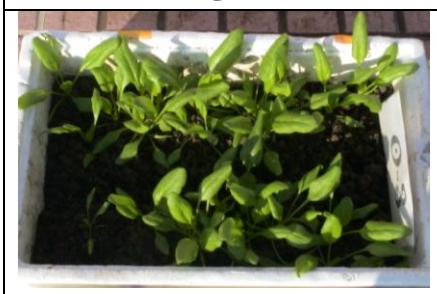
O1

C2

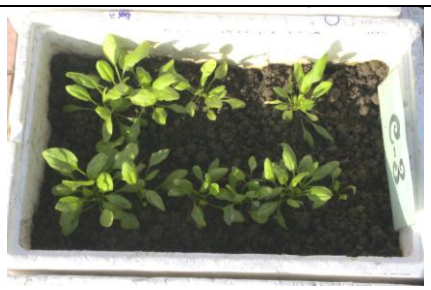


N2

O2



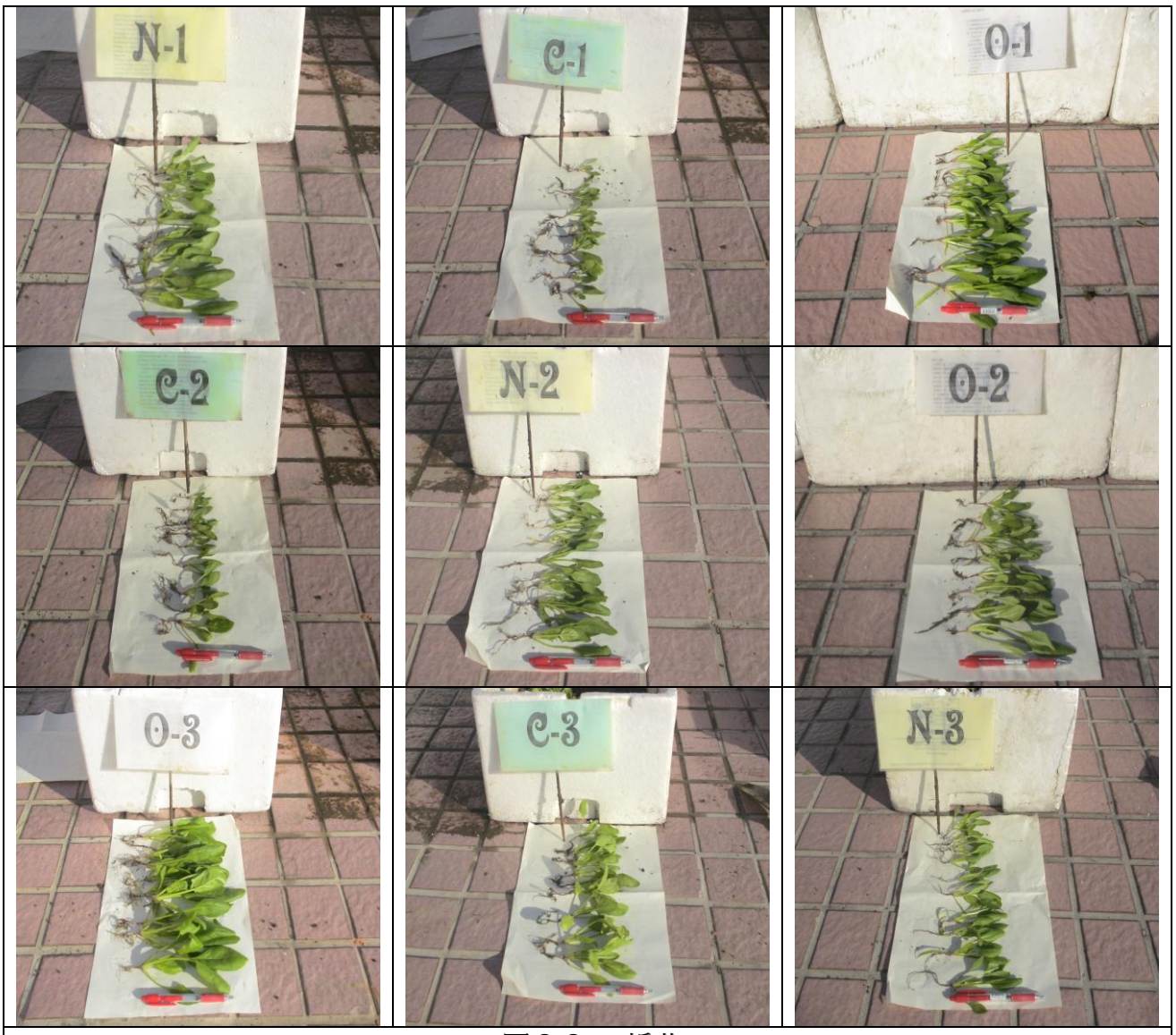
O3



C3

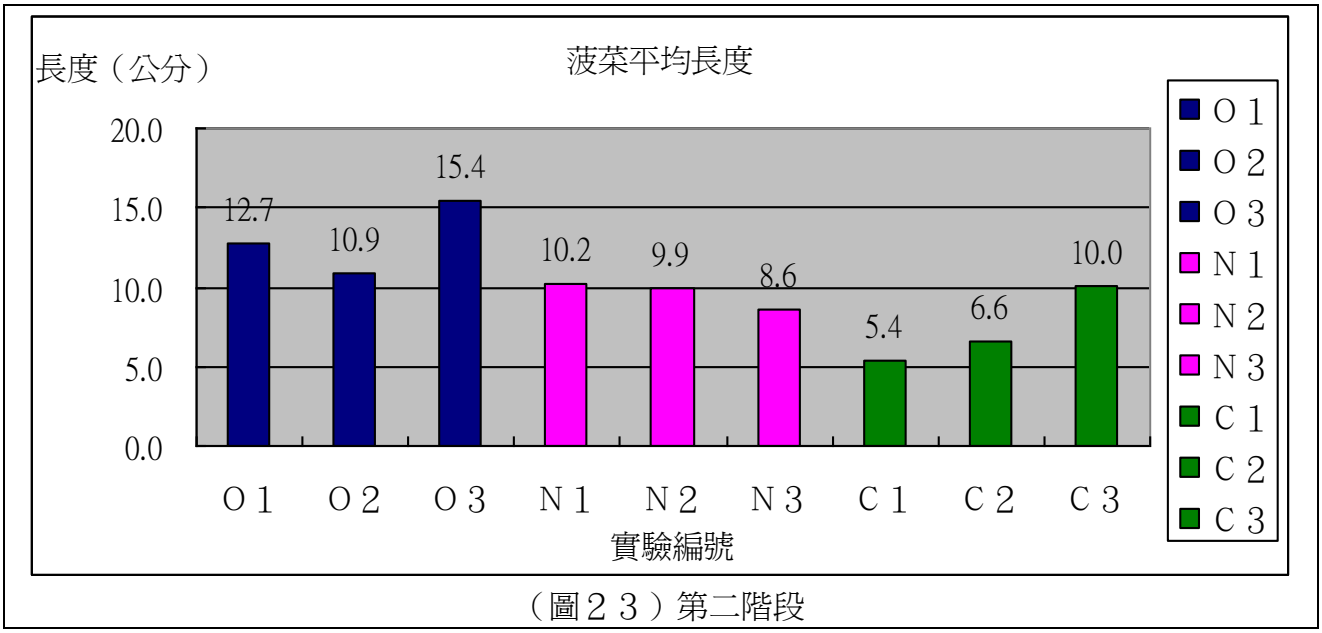
N3

(圖２１)：第二階段栽種後期

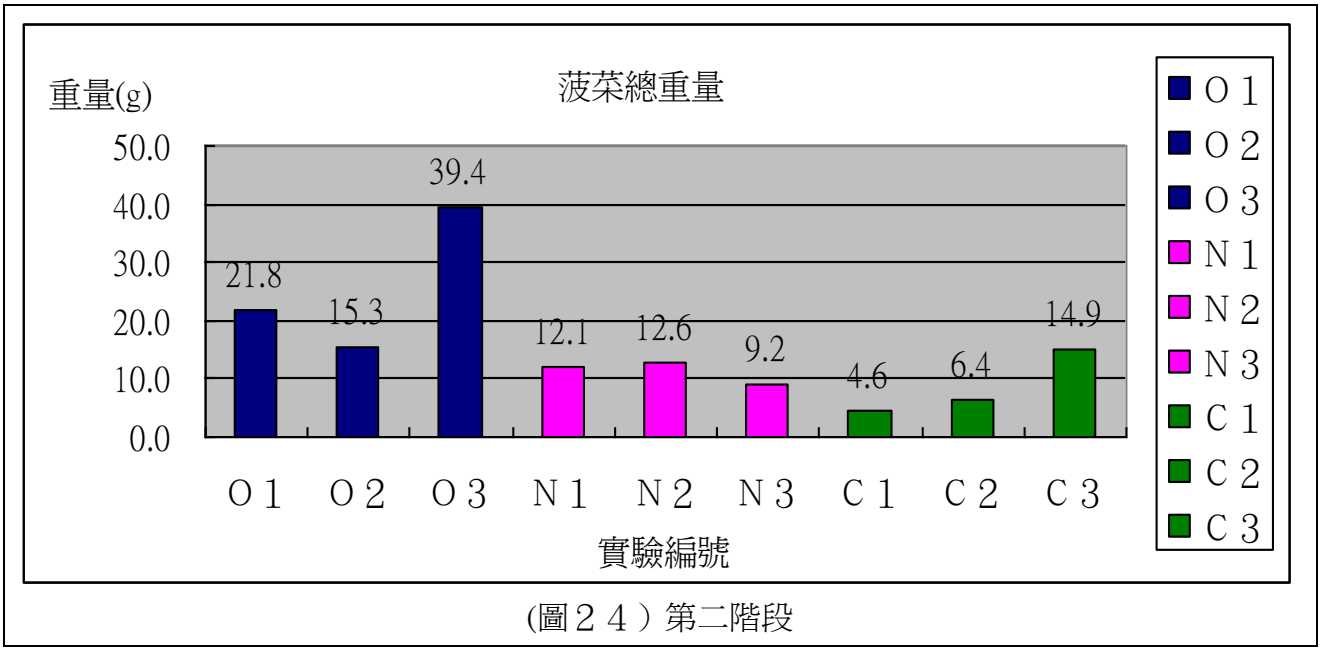


(圖２２)：採收

(表二)：第二階段各實驗組的長度及重量									
菠菜長度	Ｏ１	Ｏ２	Ｏ３	Ｎ１	Ｎ２	Ｎ３	Ｃ１	Ｃ２	Ｃ３
1	9.8	8.3	14.1	8.7	7.3	7.4	5.2	4.6	8.1
2	10.5	9.4	14.4	8.8	8.5	7.6	5.2	5.1	8.3
3	10.5	9.5	14.6	9.5	9.6	7.8	5.2	5.6	9.3
4	11.6	10.0	15.3	9.7	9.8	8.2	5.3	5.8	9.8
5	11.9	10.8	15.5	9.7	10.1	8.8	5.4	5.8	9.8
6	12.5	10.8	15.6	9.8	10.2	8.9	5.6	5.9	9.9
7	14.3	11.3	15.7	10.0	10.2	8.9	5.7	6.4	10.0
8	15.0	12.2	16.2	10.1	10.5	9.3	4.8	7.3	11.2
9	15.3	12.3	16.3	12.2	10.6	9.5	5.8	8.5	11.3
10	16.0	14.4	16.3	13.5	12.2	9.5	6.0	8.7	12.6
平均長度(cm)	12.7	10.9	15.4	10.2	9.9	8.6	5.4	6.6	10.0
總重量(g)	21.8	15.3	39.4	12.1	12.6	9.2	4.6	6.4	14.9



（圖２３）第二階段



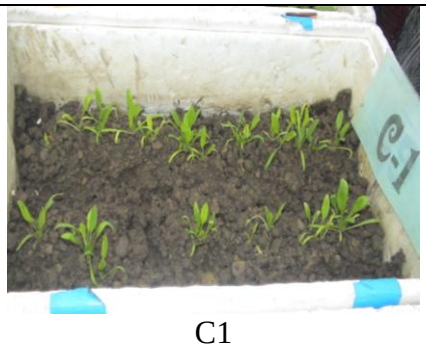
(圖２４）第二階段

三、第三階段：

(一)、播種一星期後，發現三個實驗組生長情形差異不大，陸續竄出子葉。

(二)、漸漸地「有機肥組」生長情形超越其他二組，「化學肥組」和「不施肥組」生長顯得緩慢；而「化學肥組」的植株出現生長遲滯，葉片偏黃。

N1



C1

O1

C2

N2

O2

O3

C3

N3

(圖２５)：第三階段栽種中期

(三)、到了第四週，「有機肥組」生長情形相當良好，「不施肥組」比「化學肥組」生長還好，和第二階段差異不大。時序進入春季，氣候溫和，葉片開始出現蟲害。

(四)、第五週採收時發現，「化學肥組」植株的高度不到 10 cm，生長情形不佳。

N1

C1

O1

C2

N2

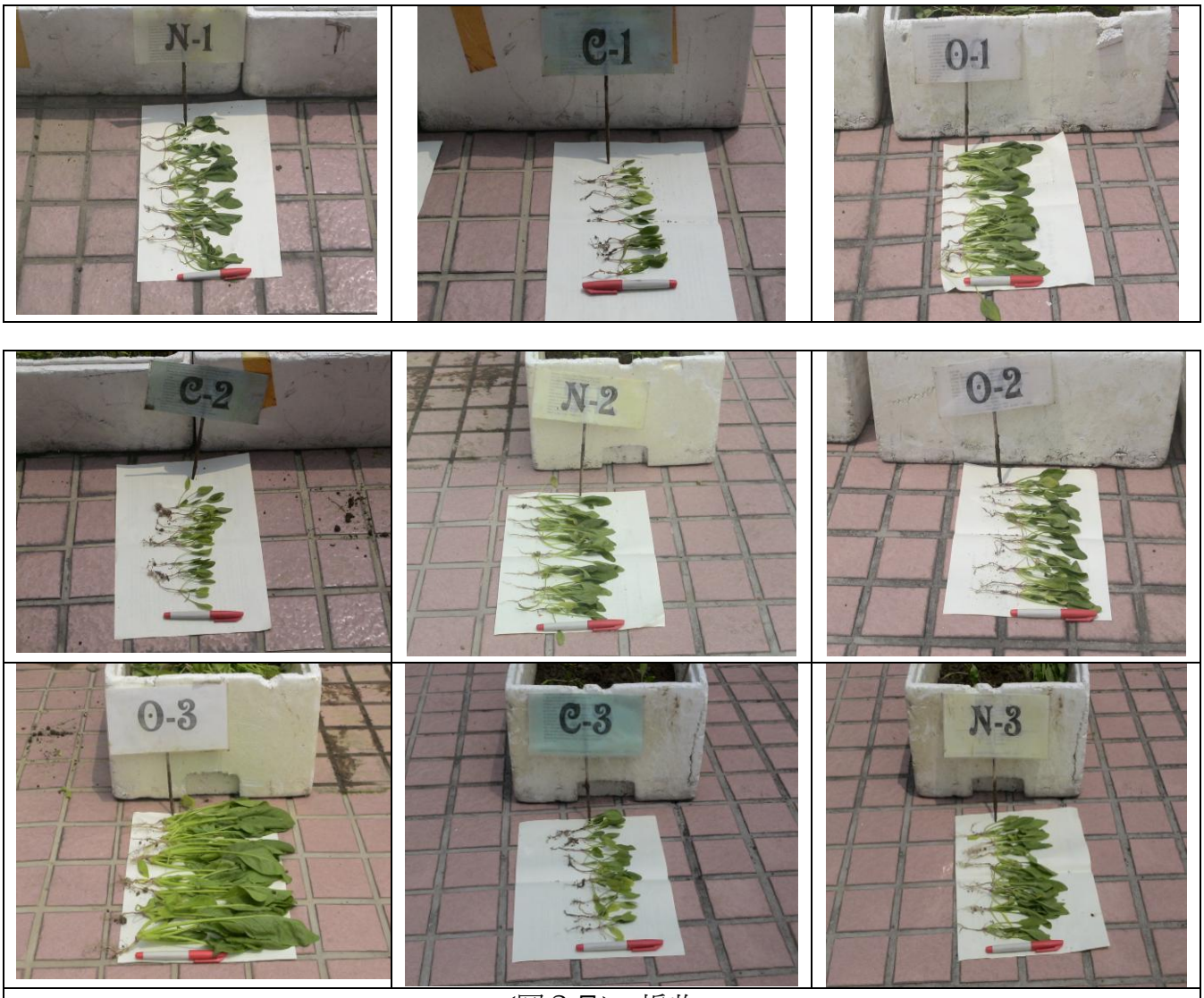
02

03

C3

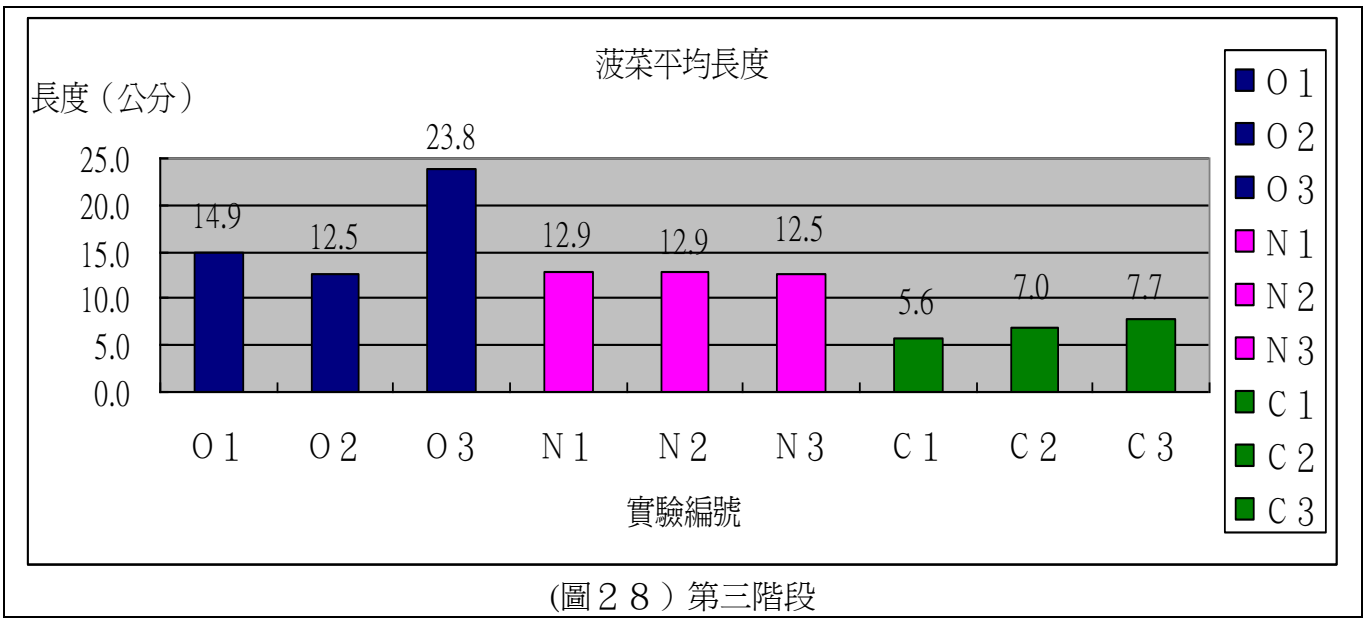
N3

(圖２６)：第三階段栽種後期

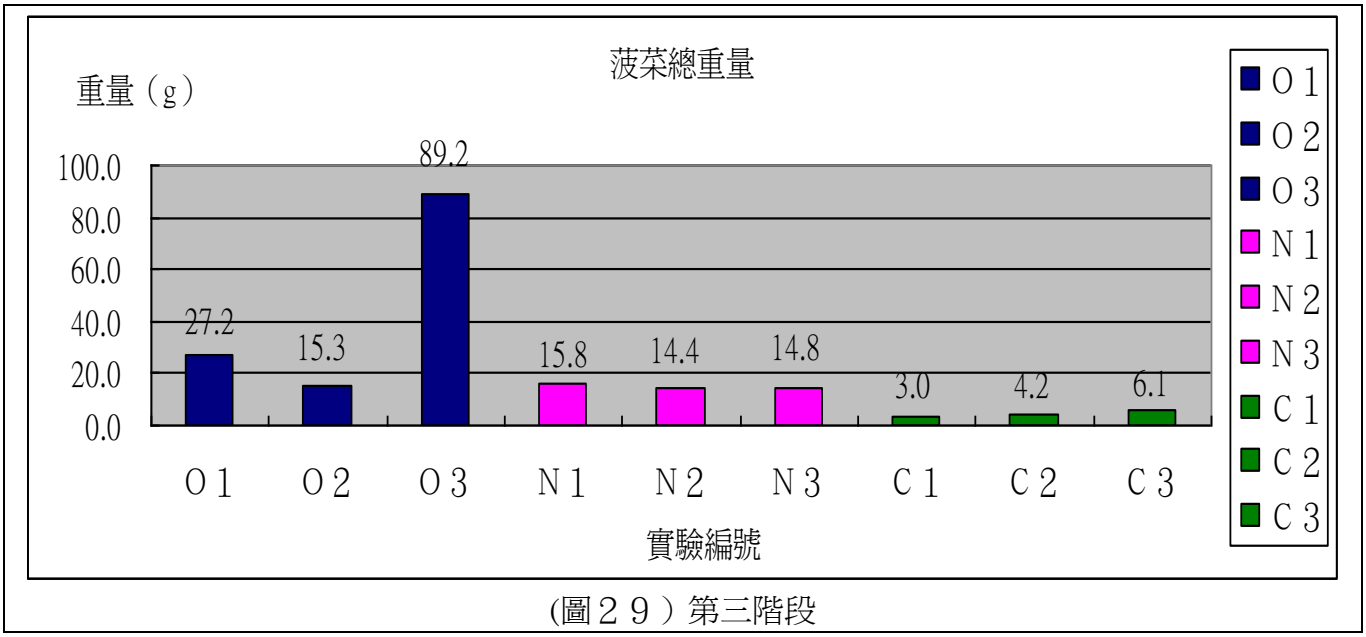


(圖２７)：採收

(表三)：第三階段各實驗組的長度及重量									
菠菜長度	Ｏ１	Ｏ２	Ｏ３	Ｎ１	Ｎ２	Ｎ３	Ｃ１	Ｃ２	Ｃ３
1	15.0	10.7	28.3	14.2	13.3	12.5	6.7	8.2	8.9
2	13.3	13.1	23.1	14.1	10.9	12.5	6.6	9.1	6.4
3	15.0	12.2	23.3	11.5	12.3	13.7	6.0	8.2	9.3
4	13.6	10.9	23.0	13.5	11.2	11.5	6.2	6.8	6.1
5	14.6	14.5	25.5	13.3	13.5	13.3	5.5	6.5	7.7
6	15.4	11.3	23.0	11.4	14.4	11.2	5.8	6.2	8.2
7	16.2	13.5	23.9	13.1	13.5	13.4	5.2	6.9	8.0
8	13.2	12.0	24.5	10.9	13.6	12.2	5.4	6.0	7.2
9	17.8	13.6	23.2	13.0	13.2	15.0	5.0	6.3	6.9
10	15.0	13.6	20.2	13.9	13.3	9.9	4.0	5.6	8.2
平均長度(cm)	14.9	12.5	23.8	12.9	12.9	12.5	5.6	7.0	7.7
總重量(g)	27.2	15.3	89.2	15.8	14.4	14.8	3.0	4.2	6.1



(圖２８）第三階段



(圖２９）第三階段

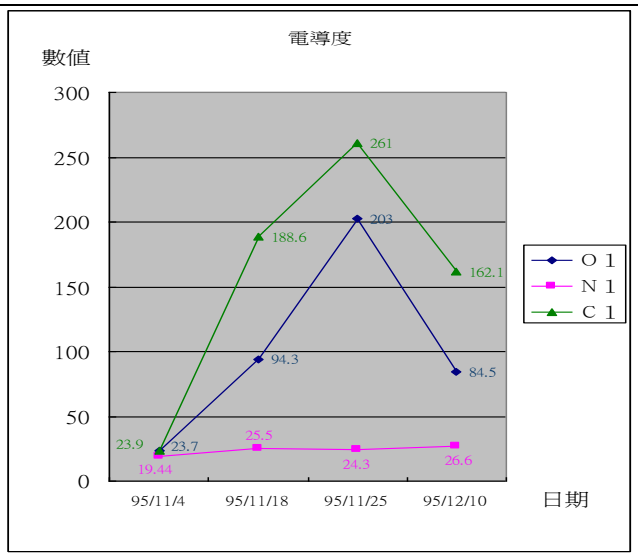
柒、討論

一、根據農試所推荐的施肥量，經由電導度計測定發現土壤中的電導度值(見表四)略低於作物生長的需求，此施肥量雖略低於需求但植物生長情形尚佳，卻已造成土壤嚴重酸化，故建議農民採用此施肥量才不會浪費肥料資源，並造成土壤品質劣化及污染環境(如地下水)。

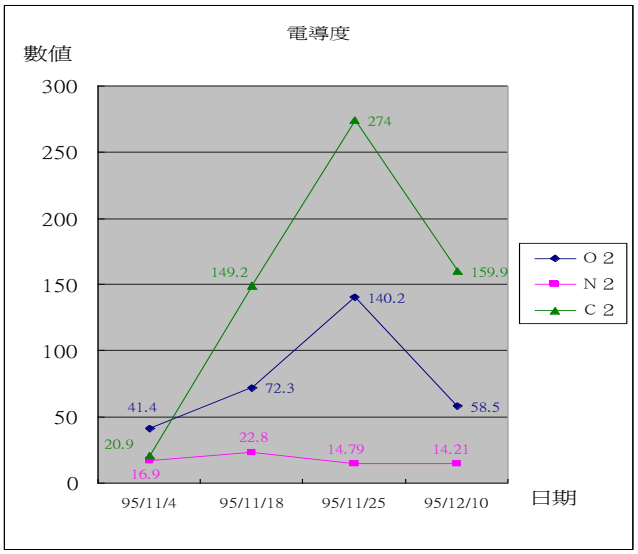
二、『台肥一號複合肥料』爲台肥公司針對蔬菜所推出的產品，但在施用過程中按照農試所推荐的用量，電導度值明顯比『台肥生技一號有機質肥料』大，表示溶解的離子較多(見圖 30～38)，但菠菜的生長情形卻以「有機肥組」較佳，可見有機質肥料可提供足夠的養份。

三、由電導度值僅可得知溶解的總離子量，對於個別離子的含量如磷、鉀、鈣等的測定以及有機質的測定，不在本研究範圍內，但仍有其研究價值，可做進一步探討。

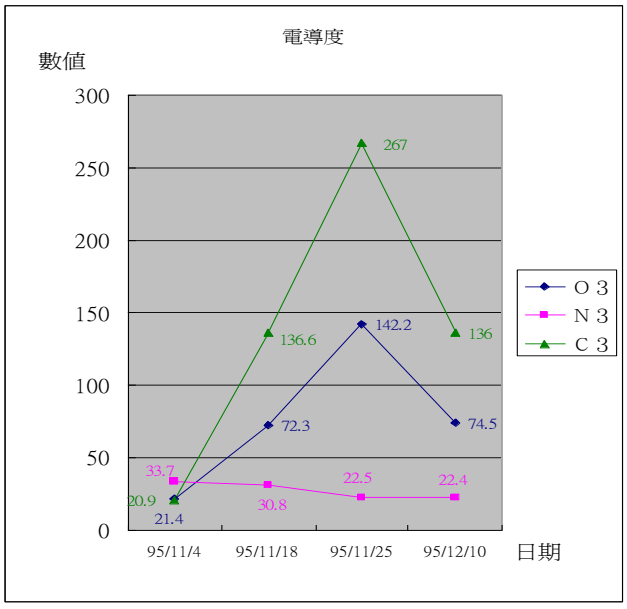
(表四)：電導度(μ S/cm)										
日期	X	O 1	O 2	O 3	N 1	N 2	N 3	C 1	C 2	C 3
95/11/04	23	23.7	41.4	21.4	19.44	16.9	33.7	23.9	20.9	20.9
95/11/18	31.2	94.3	72.3	72.3	25.5	22.8	30.8	188.6	149.2	136.6
95/11/25	19.82	203	140.2	142.2	24.3	14.79	22.5	261	274	267
95/12/10	26.8	84.5	58.5	74.5	26.6	14.21	22.4	162.1	159.9	136
95/12/16	13.55	97	89.6	89.7	13.15	14.27	16.43	208	171.6	201
96/01/06	20.6	190.8	166.7	128.2	29.3	24.2	25.1	223	268.2	268.6
96/01/20	17.02	127	72.3	102.4	27.9	23.6	27.5	158.8	190.3	128.3
96/03/03	38.6	19.3	122.8	165.9	54.6	51.8	51.4	194.9	238	161.5
96/03/10	19.46	128.2	107.4	103.5	26.4	25.1	27.4	173.4	175.3	166.6
96/03/31	11.75	87.45	51.25	90.25	17.8	13.6	15.77	57.65	56.45	50.7
96/04/14	13.87	111.2	91	74.9	23.4	12.59	16.65	82.3	70.2	68.2



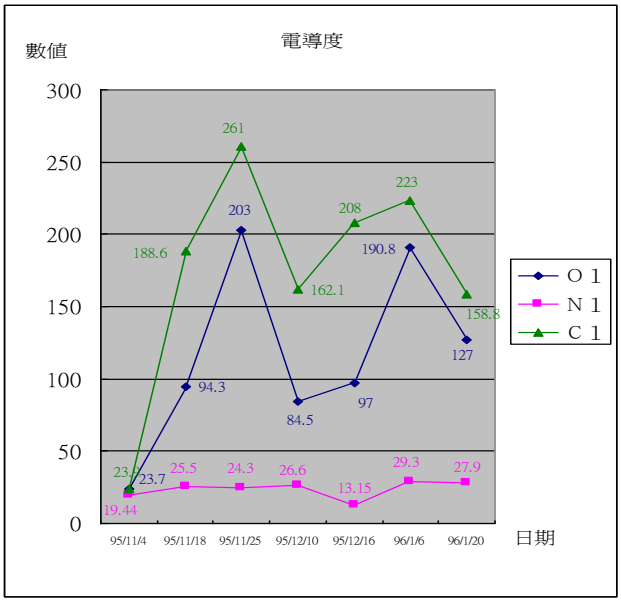
（圖３０）第一階段



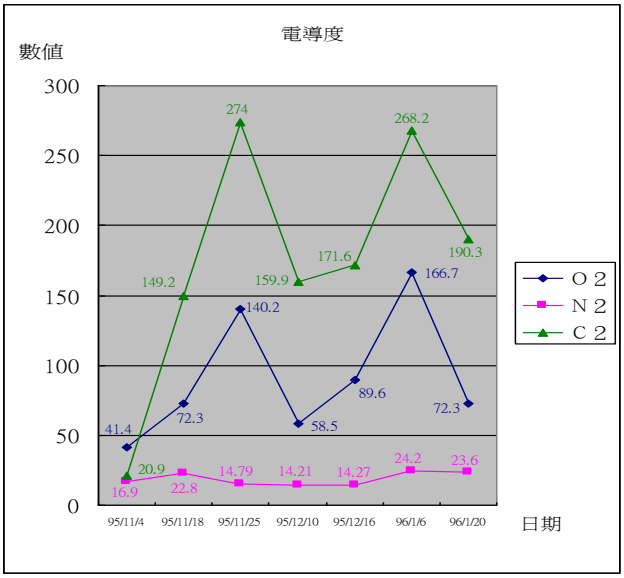
（圖３１）第一階段



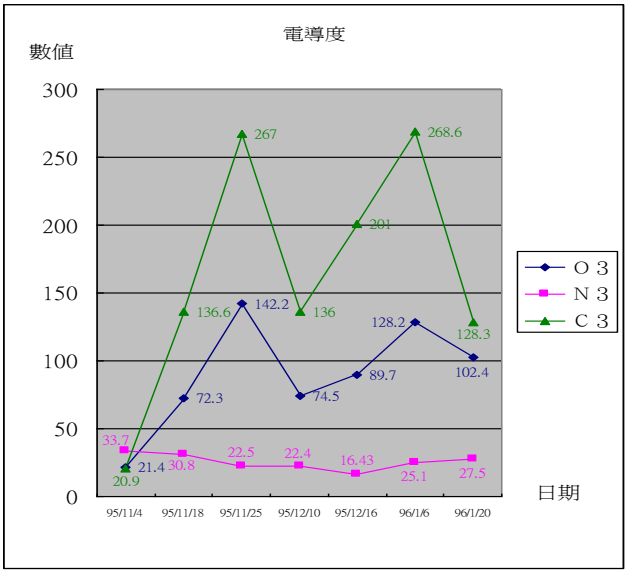
（圖３２）第一階段



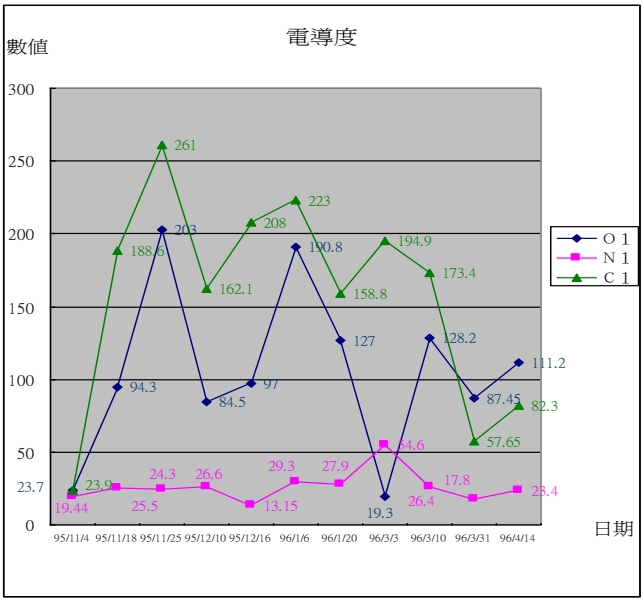
（圖３３）第二階段



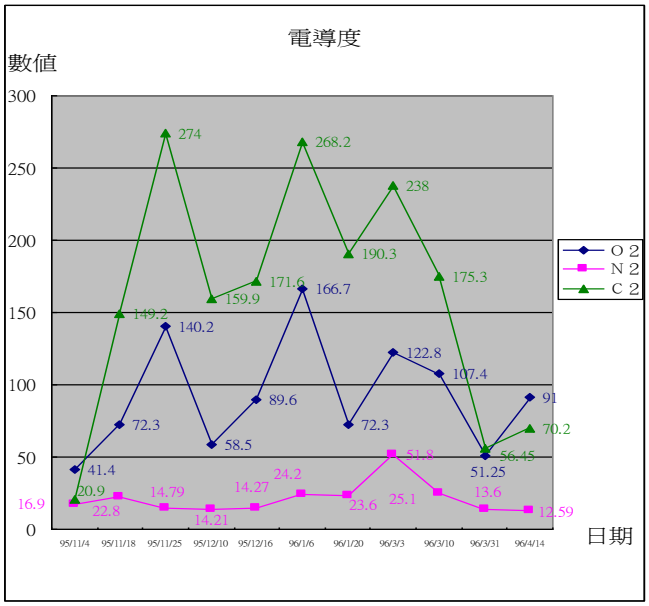
（圖３４）第二階段



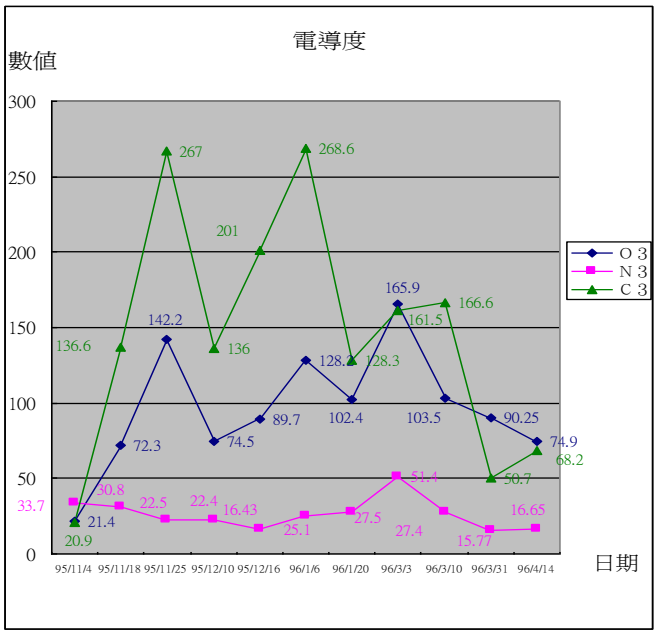
（圖３５）第二階段



（圖３６）第三階段



(圖３７）第三階段



(圖３８）第三階段

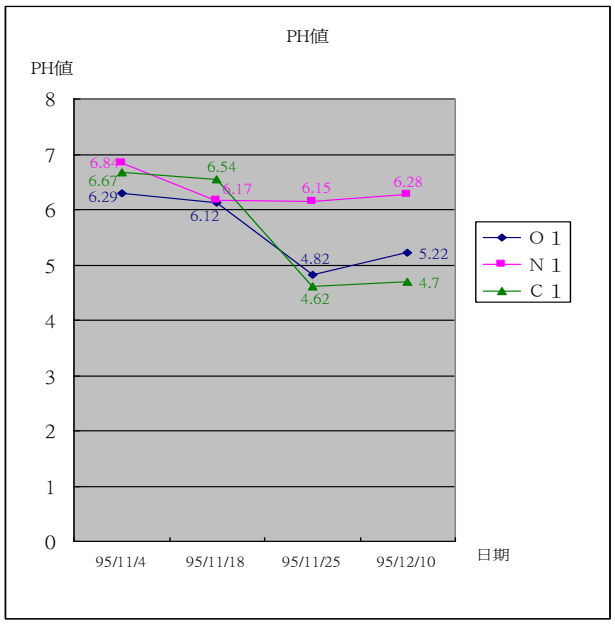
四、觀察連續栽種三階段的電導度值，並未有肥害累積在土壤中，故按照農試所的施肥建議量應值得參考，但本實驗是採最低施肥量，由電導度值顯示略低於植物生長需求，是否應採用最高施肥量？可再進行實驗以作比較。但對土壤的酸化是否會更加劇呢？

五、『台肥一號複合肥料』施用一次後，土壤酸化情形較『台肥生技一號有機質肥料』明顯，(見表五及圖３９～４1)，此複合肥料使用上雖比單質肥料方便，但是否有些肥料成份(如氮及鉀，在種子生長初期並不需要)過多，不但不能爲植物所吸收，反而對土壤造成傷害或流失造成環境的負擔？有關單質肥料和複合肥料對土壤及蔬菜生長的實驗可做進一步研究。

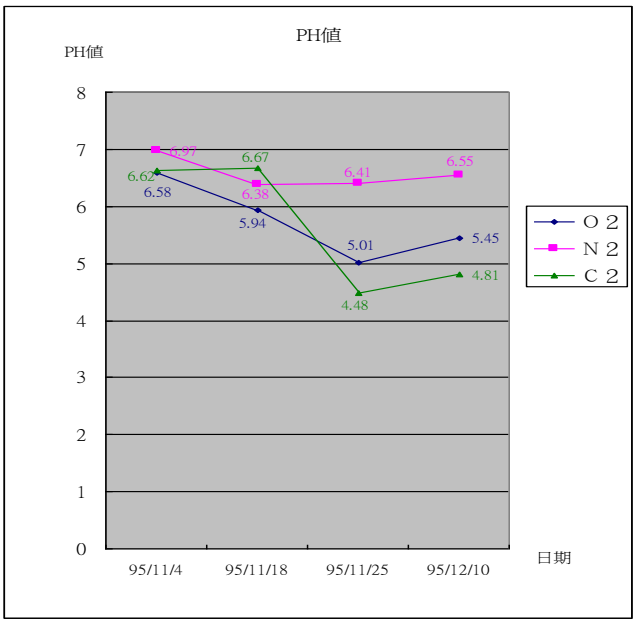
六、『台肥一號複合肥料』連續施用後，土壤酸化情況越加嚴重，而施用『台肥生技一號有機質肥料』一段時間，亦有酸化情況但較緩和。

(表五)：pH值

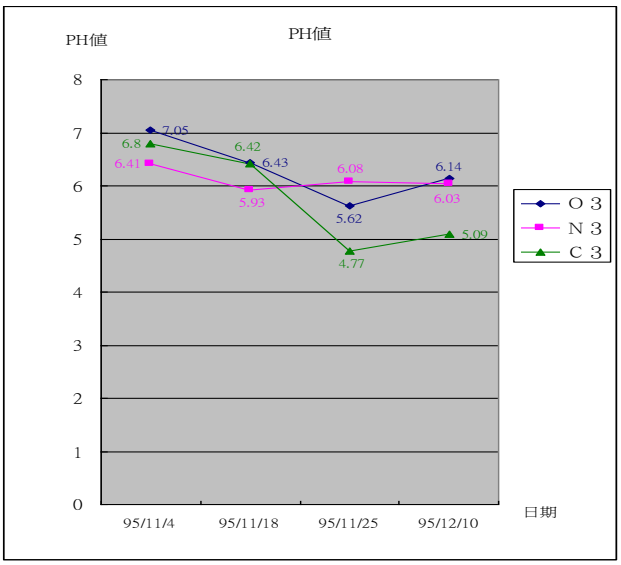
日期	X	O 1	O 2	O 3	N 1	N 2	N 3	C 1	C 2	C 3
95/11/04	6.77	6.29	6.58	7.05	6.84	6.97	6.41	6.67	6.62	6.80
95/11/18	6.06	6.12	5.94	6.43	6.17	6.38	5.93	6.54	6.67	6.42
95/11/25	5.87	4.82	5.01	5.62	6.15	6.41	6.08	4.62	4.48	4.77
95/12/10	5.85	5.22	5.45	6.14	6.28	6.55	6.03	4.70	4.81	5.09
95/12/16	6.07	5.06	4.96	5.72	6.62	6.63	6.12	4.45	4.39	4.63
96/01/06	5.98	5.13	4.81	5.72	6.36	6.56	6.10	4.21	4.42	4.70
96/01/20	6.03	5.04	5.00	5.61	6.37	6.49	6.08	4.42	4.46	4.73
96/03/03	5.67	4.83	4.97	5.53	6.05	6.13	5.8	4.5	4.52	4.78
96/03/10	5.86	5.25	5.27	5.85	6.2	6.27	5.93	4.92	4.96	5.0
96/03/31	6.23	5.39	4.92	5.4	6.38	6.54	6.2	4.62	4.49	4.65
96/04/14	5.94	4.68	4.73	5.42	6.2	6.52	6.13	4.43	4.47	4.5



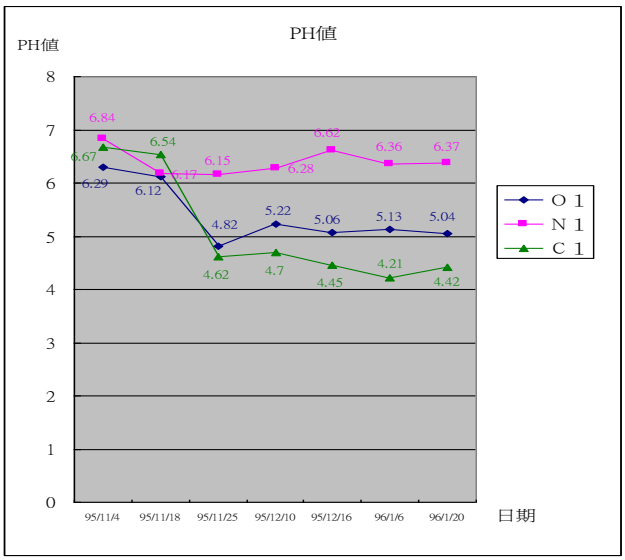
（圖３９）第一階段



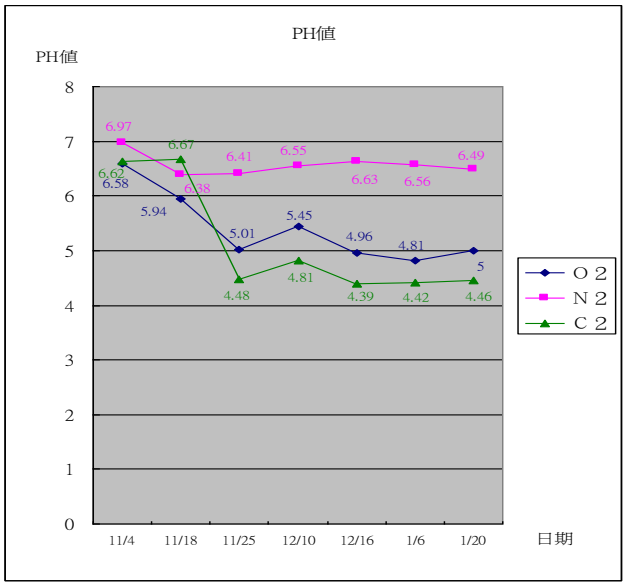
（圖４０）第一階段



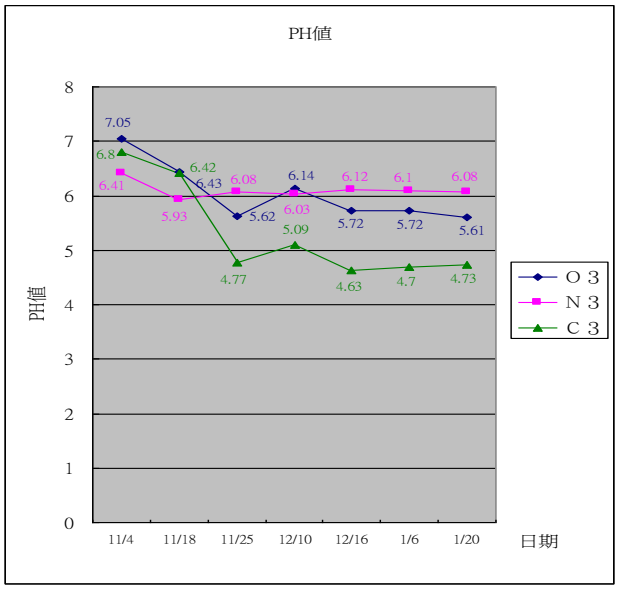
（圖４１）第一階段



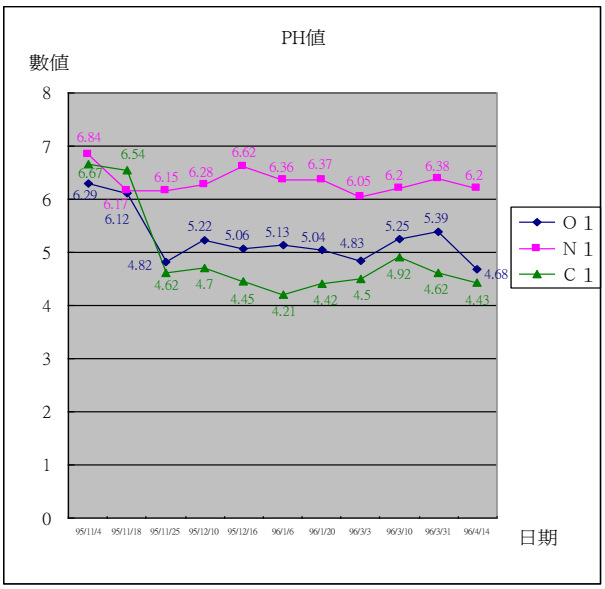
（圖４２）第二階段



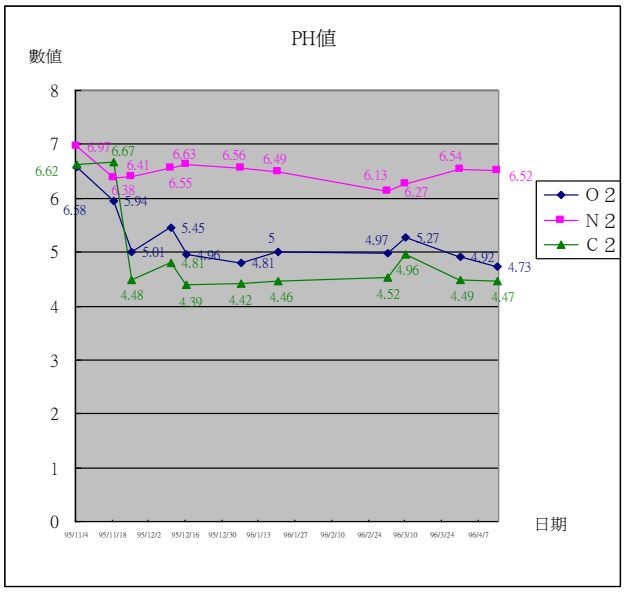
（圖４３）第二階段



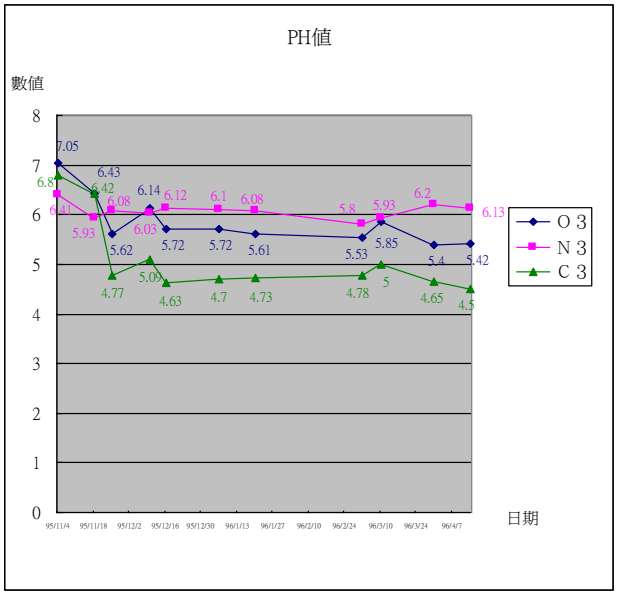
（圖４４）第二階段



（圖４５）第三階段



（圖４６）第三階段

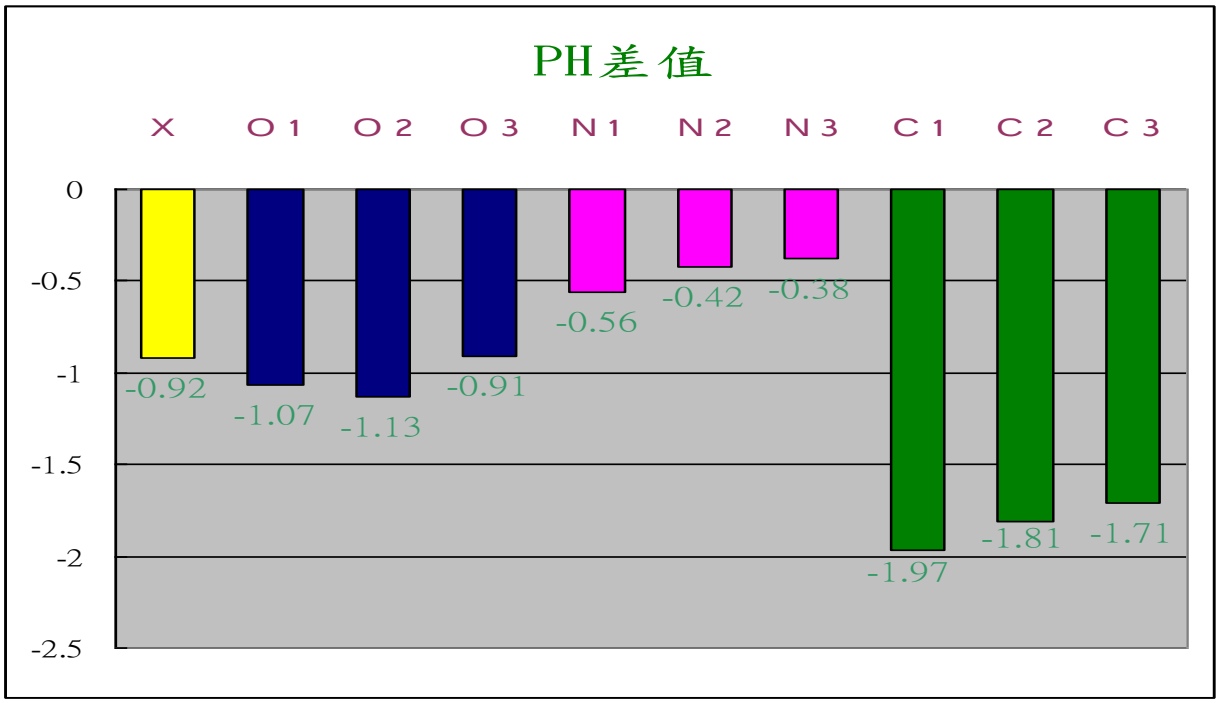


（圖 ４７）第三階段

七、未栽種前的土壤爲中性土壤，栽種一期後，「化學肥組」的酸化情況最爲明顯；到了第二次、第三次栽種後酸化更加嚴重(見表六～八及圖４８～５０)；「有機肥組」及「不施肥組」亦有酸化現象，但不若「化學肥組」嚴重。

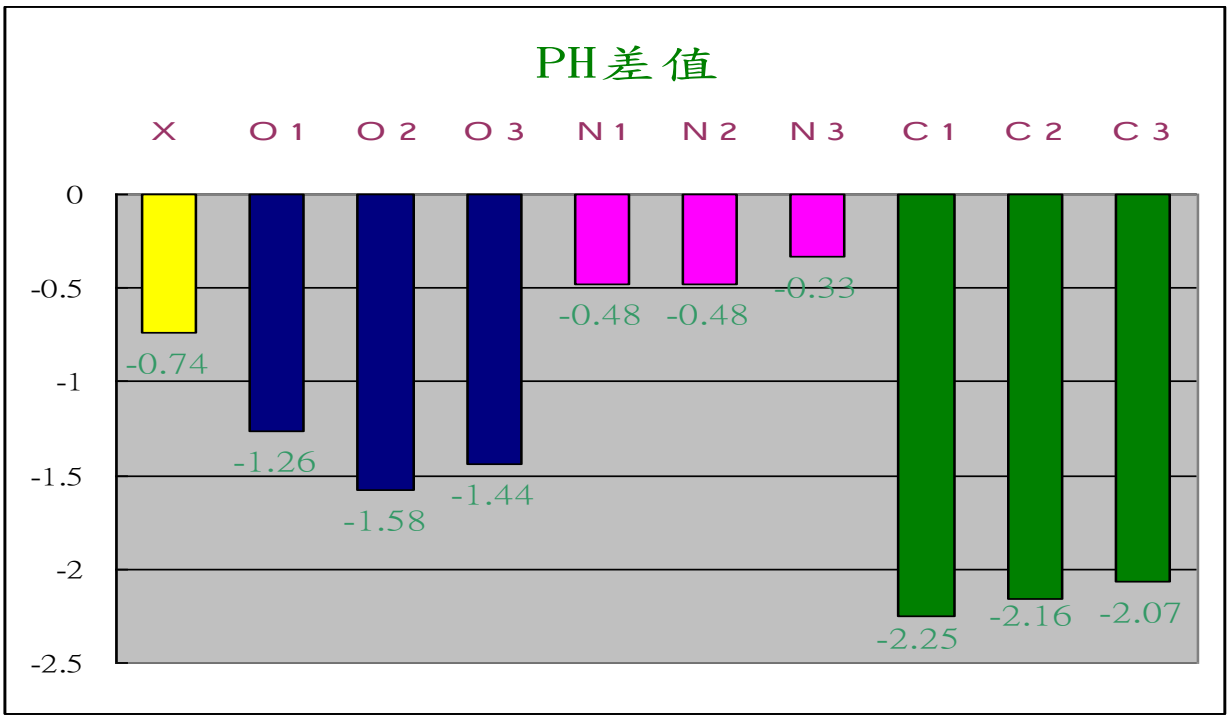
(表六)：第一次收成後

pH 差值	X	O1	O2	O3	N1	N2	N3	C1	C2	C3
種植前	6.77	6.29	6.58	7.05	6.84	6.97	6.41	6.67	6.62	6.80
採收後	5.85	5.22	5.45	6.14	6.28	6.55	6.03	4.70	4.81	5.09
差值	-0.92	-1.07	-1.13	-0.91	-0.56	-0.42	-0.38	-1.97	-1.81	-1.71



（圖４８）第一次收成後

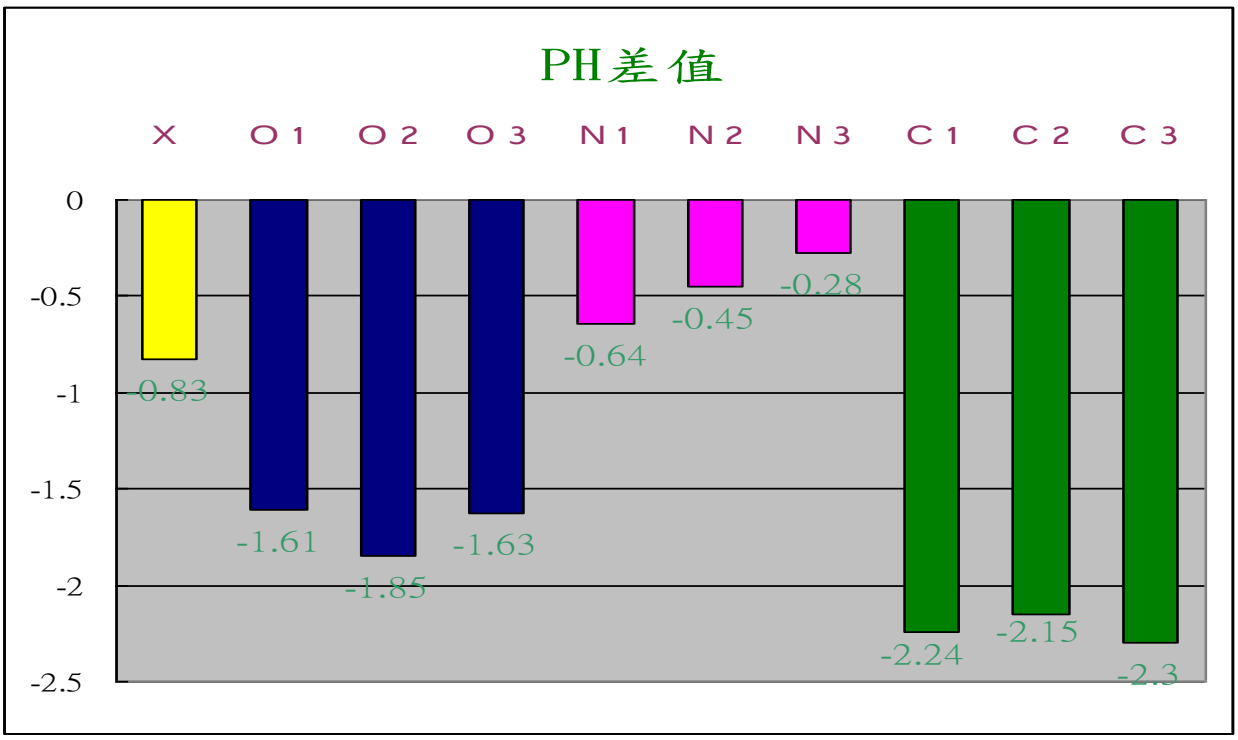
(表七)：第二次收成後										
pH 差值	X	O1	O2	O3	N1	N2	N3	C1	C2	C3
種植前	6.77	6.29	6.58	7.05	6.84	6.97	6.41	6.67	6.62	6.80
採收後	6.03	5.03	5.00	5.61	6.36	6.49	6.08	4.42	4.46	4.73
差值	-0.74	-1.26	-1.58	-1.44	-0.48	-0.48	-0.33	-2.25	-2.16	-2.07



（圖４９）第二次收成後

八、「不施肥組」的土壤 pH 值亦有下降，應是雨水所致(栽種三階段的過程中，降雨量大)，因此在自然環境的條件下，土壤也會自然酸化；而施用「有機肥組」亦有酸化現象，可見施肥會使土壤酸化，所以不可過度施肥。

(表八)：第三次收成後										
pH 差值	X	O1	O2	O3	N1	N2	N3	C1	C2	C3
種植前	6.77	6.29	6.58	7.05	6.84	6.97	6.41	6.67	6.62	6.8
採收後	5.94	4.68	4.73	5.42	6.2	6.52	6.13	4.43	4.47	4.5
差值	-0.83	-1.61	-1.85	-1.63	-0.64	-0.45	-0.28	-2.24	-2.15	-2.3



（圖５０）第三次收成後

九、即使未栽種植物的土壤「X 組」，亦會有酸化現象，pH 值甚至比「不施肥組」下降得多，可見施作對土壤有平衡酸鹼度的作用。

十、「化學肥組」在第二階段、第三階段栽種時，初期生長情形和其他組別差異不大，但到了中期生長明顯遲滯而且葉片黃化(見圖５1.５2)。

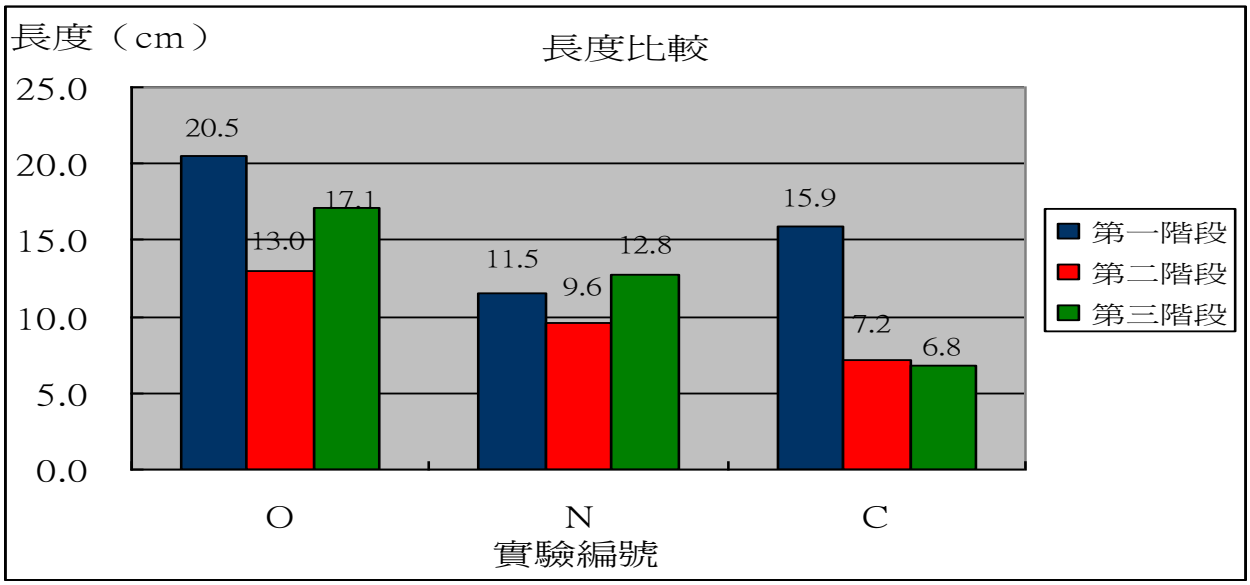
（圖５1）葉片黃化

（圖５2）葉片黃化

十一、關於菠菜是否會受連作影響？實驗結果第二次栽種生長情形明顯比第一次差，無論蔬菜長度或重量，均不如第一次栽種。菠菜若受連作影響應呈現出成長越來越差的情形，但第三次栽種則和第二階段差異不大甚至更好些，其中一箱「有機肥組」生長情形比第一階段更好，探討菠菜生長不佳的原因應是土壤的 pH 值下降到 5 以下，和連作關係不大。

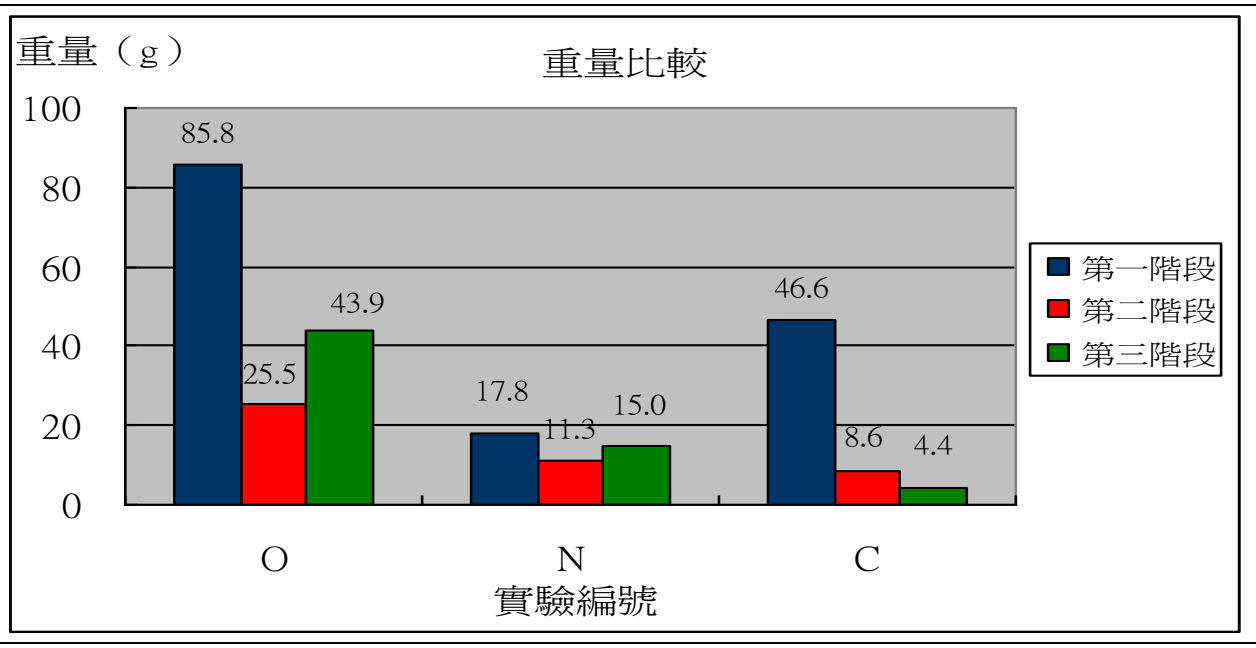
十二、「化學肥組」在第一階段的生長情形比「不施肥組」好，但到了第二階段卻比「不施肥組」差(見表九、十，圖５3~５4)，可見施用化學肥對植物幫助有限，但對土壤的永續經營有害。

(表九)			
長度比較(cm)	O	N	C
第一階段	20.5	11.5	15.9
第二階段	13.0	9.6	7.2
第三階段	17.1	12.8	6.8



(圖５3)

(表十)			
重量比較(g)	O	N	C
第一階段	85.8	17.8	46.6
第二階段	25.5	11.3	8.6
第三階段	43.9	15.0	4.4



(圖５4)

十三、「不施肥組」在第二階段及第三階段生長情形比「化學肥組」佳，表示在自然情況下土壤也有生機，可見土壤本身能提供植物生長所需的養份；而長期施用化學肥料反而不利菠菜生長。

十四、施用「有機肥組」蔬菜的生長情形，在三階段栽種過程中一直是生長最好的；施用「有機肥組」到了第三次，三逢機中其中有兩箱生長較差，探討其原因爲當土壤的 pH 值下降到 5 以下，會抑制菠菜生長，但生長情形仍優於「化學肥組」及「不施肥組」。

十五、施用有機追肥時其氮素含量和化學基肥的氮肥量相等，但「化學肥組」又追加一次尿素，故氮肥總量比「有機肥組」多，生長情形卻不比「有機肥組」佳，故「有機肥組」不僅施用肥料量少，且可被植物吸收完全，不會增加土壤的負擔。

十六、當令蔬菜在適合生長的季節栽種，病蟲害發生的機率低；本實驗在第一階段及第二階段栽種的過程中未施用任何農藥，也未發生病蟲害；但到了第三階段開始發現有蟲害現象，故應鼓勵農民多栽種當令蔬菜，民眾也應多食用當令蔬菜，以期對環境及人體最少的傷害。

十七、實驗結果顯示施用『台肥生技一號有機質肥料』，當基肥使用，需以土壤掩蓋，使之發酵完全，才不會產生毒素反而對植物生長有害，期間約需一星期，這可能是農民覺得麻煩而不喜施用之故。

十八、一般農民對有機農業接受度不高，認爲有機肥效慢不符合經濟效益，但經本實驗結果發現使用『台肥生技一號有機質肥料』當基肥，再以花生粕發酵當追肥，肥效和化學肥不相上下，反而蔬菜生長得更好且土壤酸化程度較小。二者價格差異很小，且按照農試所的肥料推薦量，用量很少便能提供足夠的養份。

捌、結論

一、由實驗結果分析：「有機肥組」不會過度施肥，肥效良好，生長情形優於「化學肥組」及「不施肥組」，而且對土地傷害較小。

二、栽種第一次後，「化學肥組」酸化最爲嚴重，pH 值已下降到 5 以下，不利菠菜生長，第二次栽種、第三次栽種時生長情形甚至比「不施肥組」差。

三、菠菜不會受連作影響，連續栽種生長情形不佳，乃因土壤逐漸酸化的關係，尤其 pH 值下降到 5 以下，生長情形明顯變差。

四、施用化學肥會使土壤嚴重酸化，相較之下，施用有機肥也會有酸化情形，但顯得較緩和！即使不施肥，土壤仍會受到環境(雨水及生物)作用而變酸。

五、「不施肥組」在連續栽種三階段後，生長情形並未變差，可見土地在沒有人爲的施作下，仍有其自然的生機。

六、花生粕在發酵的過程中奇臭無比(但只有非常靠近，才會聞到)，且需發酵二星期的時間才可施用，可能是一般農民不喜施用的緣故，但施入土壤後臭味即變淡，並不會對生活環境造成不便。

七、在實驗過程中經電導度計測定，並未過度施肥尚且造成土壤明顯酸化，若農民爲使植物快速生長，普遍有過度施肥的現象，會使土壤酸化加劇。

八、台肥公司針對蔬菜所建議的複合肥料中，其氮素量都偏高，但氮素易溶於水中，且在發芽初期需求量並不大，所以以複合肥料當基肥使用時，其三要素中的氮含量應可降低，否則易流失徒浪費肥料資源，並對環境造成負擔，而是應在追肥時再追加單質的氮肥即可。

九、由本實驗中發現『台肥生技一號有機質肥料』當基肥使用，再以花生粕發酵當追肥，肥效和化學肥效相當，比一般堆肥方便又快速，又不會像化學肥般的造成土壤嚴重酸化，經過三階段的栽種生長的情形皆相當良好。

玖、參考資料

1. 王家編(民 84)。蔬菜園藝。台南市　王家出版社。
2. 王進生著(民 93)。蔬菜栽培與生產診斷。高雄市　財團法人農友社福基金會編印。
3. 孔祥儀編著(民 90)。實用家庭菜園 DIY。台北市　大展出版社。
4. 宋妤、楊偉正、何其仁編著(民 90)。蔬菜(Ⅰ)。台北市　地景企業股份有限公司。
5. 林木連編著(民 83)。土壤肥料(合訂本)。台北市　地景企業股份有限公司。
6. 荒木雅彥編著(民 90)。大家來種菜一健康蔬菜 70 種。台北市　聯廣圖書股份有限公司。
7. 高明堂編(民 81)。專業栽培蔬菜 30 種。台北市　豐年叢書。
8. 陳振鐸譯 (民 68)。圖示土壤學與肥力測驗。台北市　徐氏基金會。
9. 陳尊賢、許正一合著(民 91)。台灣的土壤。新店市　遠足文化。
10. 新井敏夫著 (民 91)。有機蔬菜栽培法。台南市　文國出版社。
11. 翰林出版有限公司(民 94)。國民中學自然與生活科技課本第一冊。台南市。
12. 翰林出版有限公司(民 95)。國民中學自然與生活科技課本第四冊。台南市。
13. 羅秋雄主編(民 94)。作物施肥手冊。南投市　農委會農糧署。
14. 台肥公司肥料產品網頁　http://www.taifer.com.tw/
15. 如何科學合理的種好菠菜 http://sh.shuangliao.gov.cn/nyzx/Article/syjs/xjs/200701/6688.html
16. 陳鴻堂合理化施肥的意義與措施 http://www.tdais.gov.tw/search/book1/24/n24-4.htm

【評　語】　030809　生生不息—探討肥料對菠菜生長及土壤酸化的影響

肥料與植物生長相互影響之研究屬於較傳統之研究，本作品觀察菠菜生長之情形，來探討其與土壤酸化之關係。雖已有實驗數據，但若能解釋下列情形則更好：施肥的內容如何影響土壤之酸化，酸化對於影響菠菜生長的因素。