

中華民國第 51 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

080828

阿嬤的醃酸菜—醃漬液的再利用

學校名稱：新北市泰山區同榮國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃瑜緹	邱月良
小五 黃平婕	姜文斌
小五 黃榕琪	
小五 黃筠文	
小四 許子麗	
小四 趙沁安	

關鍵詞：醃漬液、乳酸桿菌、益生菌

阿嬤的醃酸菜---醃漬液的再利用

摘要

以不同鹽量醃漬酸菜時，越低的鹽量（2%）醃漬，**越快讓 PH 值下降**，越高鹽量(8%)的鹽量 PH 下降的較慢，在均溫 15°C 的台灣冬季，30 天仍無法達到熟成。醃漬酸菜時，**減少鹽的使用可縮短醃漬菜熟成的時間**，**2%~5%的鹽量使用可以讓我們在最短的時間裡享受到美食**。越高的醃漬鹽使用，雖可延長醃酸菜的保存時間，但長時間的醃漬，易發生黴菌等有害健康的雜菌，使醃漬菜腐壞。醃漬過程中生鮮菜的硝酸鹽含量是**最高**，**陽光曝曬會使硝酸鹽含量降至最低**，但在**醃漬後硝酸鹽含量會升高**，仍低於生鮮時的芥菜硝酸鹽含量。醃漬酸菜所產生的**醃漬液稀釋後代替化學液肥應用於植物的水耕栽培**，**有助於植物生長並可使植物的硝酸鹽含量降低**，**試驗中發現越高鹽度效果越佳**。**醃漬液應用植物土植栽培**，**醃漬液中的有機酸可使種子提早發芽，提高發芽率**。使用於耐鹽植物的培植上，也有防蚜蟲害、提高結果產量的效果。醃漬菜剩餘的醃漬液隨意排放棄置，易造成環境汙染、土壤破壞。

壹、研究動機

鄉下的阿嬤醃酸菜時，總是大把大把的把粗鹽灑在芥菜上，再叫我們這些小蘿蔔頭光著腳在上頭使勁的又踩又跳。直到踩出菜汁，青翠的菜葉子變成像煮熟的深綠色時，阿嬤會把它們堆疊在一個大大的陶醃缸中，再壓上幾顆大石頭，等上一個月，餐桌就會出現聞了就會讓人流口水的酸菜湯、炒酸菜。但爸媽總是勸阿公、阿嬤別吃太多這些高鹽量的醃漬菜，說是吃多了會影響身體健康，但那酸甘酸甘的酸菜湯，下飯的炒酸菜在餐桌上消失連我都捨不得呢！於是我們想為阿公阿嬤，還有自己愛吃的嘴做出低鹽、安全、美味的醃酸菜。醃漬酸菜後所產生的醃漬液，我們也努力的做到環保的再利用使物盡其用，讓『醃漬』這充滿智慧，阿嬤的傳家手藝更具價值與意義。

貳、研究目的

一、醃漬鹽量對醃漬過程的影響

- (一) 不同鹽量醃漬液 PH 值的變化
- (二) 芥菜在不同鹽量醃漬過程硝酸鹽的變化
- (三) 不同鹽量醃漬液的產菌比較

二、醃漬液運用於水耕蔬菜栽培效果的探討

三、醃漬液運用於土植蔬菜栽培效果的探討

參、名詞解釋及文獻探討

- (一) 醃漬：以各種可醃漬的蔬果為主要原料，利用濃度甚高的鹽、糖、酸及其他添加物，使蔬果得以抑制微生物之繁殖與生長，同時防止內部酵素作用而得之製品或半製品，均稱醃漬物。

鹽漬：以食鹽醃漬食品的保藏法，自古以來常被利用。食鹽水溶液的濃度愈高，則滲透壓愈高。由於食鹽水的滲透壓具有的脫水作用使微生物本身的細胞被脫水，微生物的生長受抑制，在更高濃度下微生物終告死滅。這是利用鹽漬法保藏食品的原理。

糖漬：砂糖水溶液與食鹽水溶液一樣具有高滲透壓。由於砂糖水溶液的滲透壓具有脫水作用，可使微生物本身的細胞被脫水而生長受抑制，在更高濃度下微生物也終告死滅。

- (二) 鹽度：指一公斤的水中含 1g 鹽為 1 鹽度，1ppt=1000ppm。

- (三) 乳酸桿菌：又稱 A 菌(維基百科)，是乳桿菌屬的一種。A 菌適合生存在酸性、30 °C (86°F) 的環境中，存在人類、動物的腸胃道、口腔和陰道，和大部分的乳酸菌一樣能夠將乳糖轉變為乳酸。其相關的菌種還能產生乙醇、二氧化碳、乙酸。A 菌無法在溫度與濕度過高、陽光直射的環境生存。

乳酸菌是「益生菌」中最重要的一群(乳酸菌小百科)，益生菌的定義為「某一種或複數種微生物當餵食予人類或動物時可增進其腸內菌叢之品質」。

- (四) 硝酸鹽/亞硝酸鹽：食入硝酸鹽可因轉變為亞硝酸鹽，而與血紅素反應代謝生成過多的變性血紅素 (met-haemoglobin)，若長期攝取含過量硝酸鹽

的食物，可能會導致毒性效應;另一方面，硝酸鹽可造成內生性氮-亞硝基化合物 (N-nitroso compounds) 的合成，如亞硝胺 (nitrosamines)，亞硝胺是一種經由大量動物實驗而已被確認的致癌物質，同時對動物具有致畸胎和致突變作用。因此，歐盟認為食物中硝酸鹽含量應予適當管控與規範，並訂定蔬菜硝酸鹽最大限量標準 2500ppm。1 公斤食物中含 1 克硝酸鹽，硝酸鹽含量即為 1000ppm。

(五)古早傳統的製作酸菜方法：(阿嬤口述)

- 1.當芥菜成熟時，選一天晴朗好天氣的早晨，將芥菜砍倒放置在菜圃、田埂上曝曬一天，以去除水分並使菜梗葉柄軟化，傍晚時收集帶回家。
- 2.將曬過芥菜排放在乾淨的稻埕上，排好一層菜便撒上一層粗鹽，赤腳來回踩踏使粗鹽滲入菜體。
- 3.經踩踏流出部分菜汁，菜體呈現深綠色時，便將菜移至陶缸排放，並再用腳踩實壓上大石頭，防止因醱酵產生氣體時，菜浮出與空氣接觸而腐壞。

肆、研究設備及器材

電子秤、PH 計、鹽度計、顯微鏡、粗鹽、各類種子、試管、試管架、打氣馬達、培養土、水浴保溫器、均質震盪器、微量吸管、花盆、培養皿、硝酸鹽試紙(購自台灣默克公司)

伍、研究過程與方法

一、醃漬鹽量醃漬過程的影響

實驗操作

(一) 醃酸菜

- 1.將芥菜洗淨後，曬晾乾，每 400g 為一份醃漬量。
- 2.分別加入 2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%wt 的粗鹽，仔細搓揉。
- 3.將搓揉後變軟的芥菜放置於 PE 夾鏈袋內，將空氣擠壓出密封醃漬。
- 4.每三日觀察紀錄顏色、PH 變化。
- 5.每 7 天檢測菌量、菌種變化



(二) 醃漬液 PH 變化

以 PH 計每三日紀錄一次，並觀察紀錄醃漬菜及醃漬液顏色的變化(見圖 5)，持續觀察紀錄三十天至醃漬熟成。

實驗紀錄

鹽量	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
100 年 2 月 8 日							
PH	6.53	6.71	6.78	7.02	7.31	7.28	7.16
100 年 2 月 14 日							
PH	4.01	4.71	4.89	4.89	4.89	4.94	4.90
100 年 2 月 19 日							
PH	3.95	4.03	4.08	4.19	4.63	4.57	4.88

圖 5-1.各鹽量醃漬菜顏色變化紀錄

鹽量	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
100年 2月 25日							
PH	3.70	3.89	3.96	4.05	4.36	4.48	4.69
100年 3月 2日							
PH	3.80	4.08	3.76	3.62	3.71	4.13	4.68
100年 3月 7日							
PH	3.85	4.20	3.93	3.49	3.55	3.85	4.21

圖 5-2.各鹽量醃漬菜顏色變化紀錄

表 1.各鹽量醃漬過程 PH 變化紀錄

PH 測試日期	鹽漬鹽含量						
	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
100.2.8	6.53	6.71	6.78	7.02	7.31	7.28	7.16
100.2.11	5.16	5.14	5.78	5.03	4.91	4.88	4.95
100.2.14	4.01	4.71	4.89	4.89	4.89	4.94	4.90
100.2.16	4.05	4.16	4.26	4.97	4.83	4.84	4.90
100.2.18	3.95	4.03	4.08	4.19	4.63	4.57	4.88
100.2.21	3.87	3.99	4.03	4.24	4.53	4.63	4.77
100.2.25	3.70	3.89	3.96	4.05	4.36	4.48	4.69
100.2.28	3.70	3.99	3.62	3.71	4.03	4.28	4.64
100.3.2	3.80	4.08	3.76	3.62	3.71	4.13	4.68
100.3.4	3.84	4.17	3.83	3.60	3.57	4.01	4.67
100.3.7	3.85	4.20	3.93	3.49	3.55	3.85	4.21
100.3.10	4.01	4.35	4.02	3.56	3.26	3.64	4.08
100.3.12	4.52	4.72	4.21	3.73	3.42	3.44	3.94

說明：

1. 芥菜經曝曬除去表面的水分並軟化組織，加粗鹽揉搓，葉內組織液會滲出。
2. 一天後組織液 PH 值會漸漸下降：加入 2%鹽其 PH 降至 3.70 後，又慢慢升高。加入 3%鹽的下降至 3.89，4%鹽量會降至 3.62，5%鹽量其 pH 降至 3.49，6%鹽量其 pH 降至 3.26 後即慢慢升高。
3. 加入 2~6%鹽的醃漬菜在醃漬至第 17~29 天，pH 值會達最低點。7~8%鹽分至第 32 天分別降至 3.44 及 3.94。



圖 6.不同鹽量醃漬菜色澤比較

三、醃漬菜硝酸鹽含量變化

醃漬菜一直為人詬病除了鹽含量過高外，硝酸鹽含量也是備受質疑的部份。然而事實上，種植蔬菜時過量的使用化學氮肥，也會導致新鮮蔬菜含超量的硝酸鹽，本研究也針對這部份探討。我們共檢測了三個時間點醃漬菜的硝酸鹽含量。

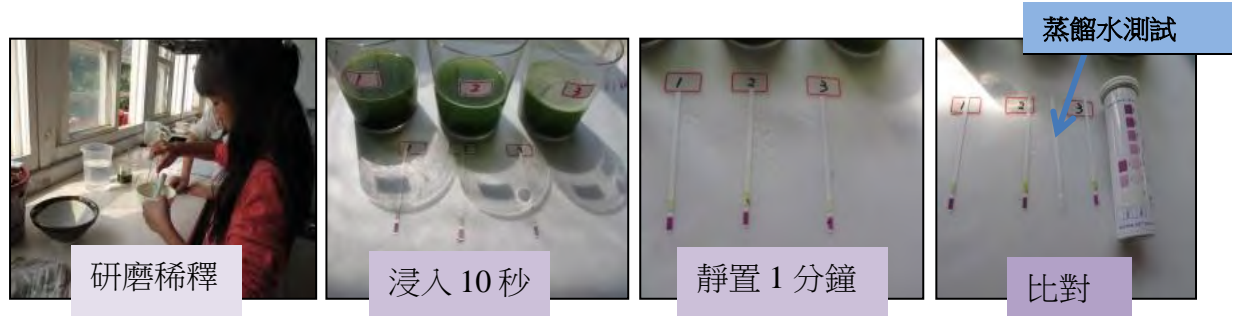
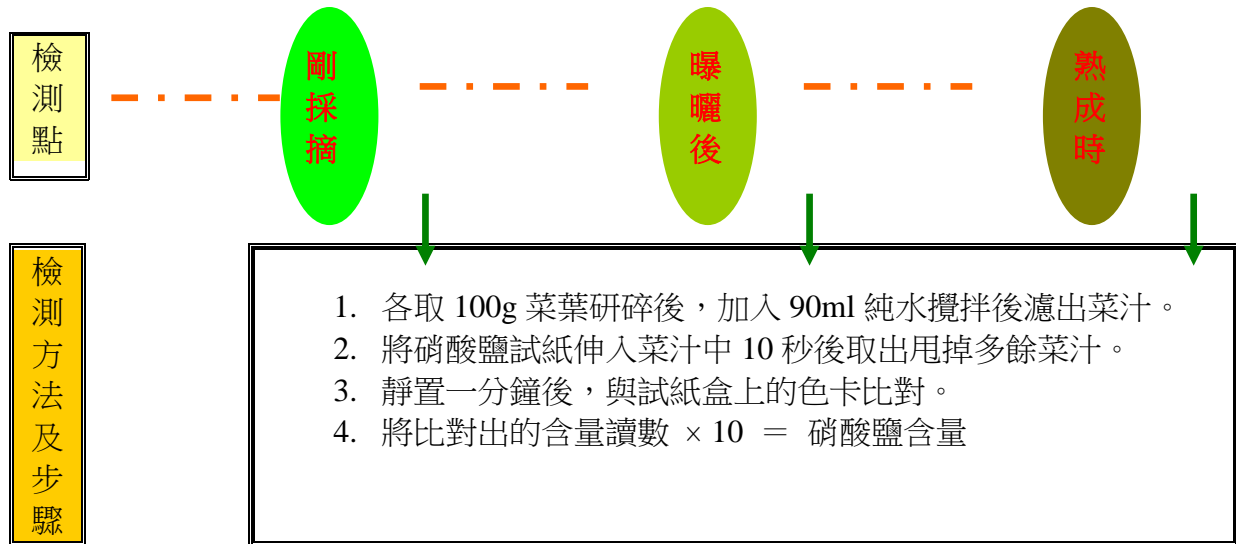


圖 7. 硝酸鹽含量測試

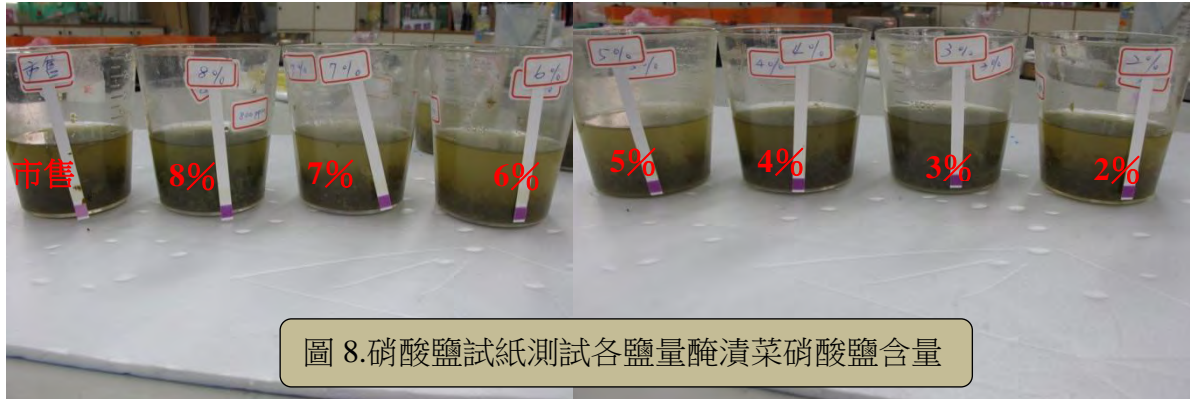
表 2. 醃漬過程芥菜硝酸鹽含量測試紀錄

鹽含量 檢測點 硝酸鹽含量	實驗控制							市售	蒸餾水
	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	不明	
剛採摘	3333.3ppm								0ppm
陰乾 24 小時後	1833.3ppm								
曝曬 12 小時後	716.6ppm								
熟成時 ppm	1467	1670	1667	1633	1400	1333	1500	1000	
醃漬菜鹽量 (ppt)	3.49	4.74	5.50	6.30	6.78	6.86	7.40	5.31	0
泡水 20 分鐘後含鹽量(ppt)	1.26	1.76	1.83	1.94	1.95	2.43	4.18	1.95	

說明：

1. 本試驗以蒸餾水為稀釋劑。

2. 每一測試均做三次取平均。
3. 測試的樣本均有洗淨; 剛採摘的先洗淨, 擦乾水分後做測試。另陰乾的洗淨後吊掛在室內一天晾乾水分, 做測試。最後一樣本是洗淨後, 放置在太陽下曝曬 12 小時後, 除去水份做測試。



4. 剛採摘的新鮮蔬菜硝酸鹽含量為 3333ppm, 熟成醃漬菜硝酸鹽含量平均為 1500ppm。
5. 在市場購得的酸菜經測試結果: 鹽度為 5.31, 硝酸鹽含量為 1000ppm。與我們醃漬的菜測出的鹽度做比對, 市售醃漬菜用鹽約為 4%。
6. 醃漬菜清洗後, 加水浸泡 20 分鐘後在測鹽分, 較原未清洗浸泡水鹽分低許多, 且均低於 5ppt, 2%~6% 鹽量的醃漬菜更低於 2ppt。市售醃漬菜的鹽分亦降至 1.95ppt。

四、醃漬過程的產菌比較觀察

新鮮的芥菜為了『保存』與『增加風味』的需要，所以加鹽醃漬。鹽在這過程中扮演了『抑菌』、『破壞細胞』等角色。但在醃漬的過程中，因『菌』使產生人們喜愛的特殊風味，卻是我們期待的。醃漬過程中主要有哪些『益菌』產生？在什麼時候最多呢？鹽含量多少時較適合『益菌』產生、繁殖，又可達到『抑止壞菌』發生呢？

【菌的鑑識】

當醃漬過程中，醃漬液酸度最大時，推論產酸的菌此時應是產生最大量，也較易檢識是哪種『菌』的作用。所以在前製時，我們大約可知醃漬 17 天（2% 鹽量）PH 會達最低值，抽取此時醃漬液作鑑識應可得到我們期待的結果。但因我們不具備此項技術，學校也沒有相關的設備，所以委託**耕莘醫院檢驗室**為我們做鑑識。

【我們的操作】

1. 每一週抽取醃漬鹽含量 5% 的醃漬液 2ml。
2. 送鑑識單位鑑識（委請耕莘醫院協助）。
3. 【耕莘醫院細菌檢驗室】
- 4.



圖 9. 植種在平板培養

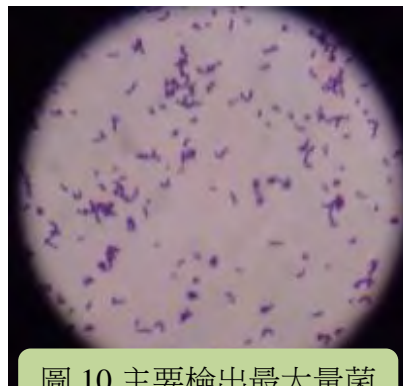


圖 10. 主要檢出最大量菌

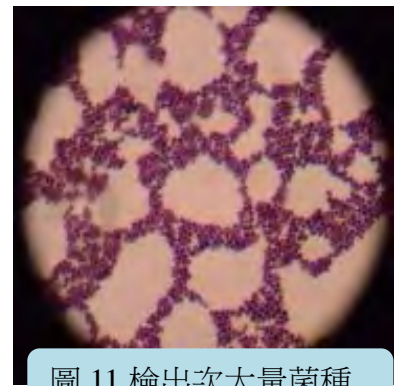


圖 11. 檢出次大量菌種

說明：

1. 我們送的醃漬液樣本經培養一天後，稀釋染色在顯微鏡下檢出許多菌（見圖 9）。
2. 檢出最大量為上圖的桿菌（圖 10），另一為極常見的葡萄球菌（圖 11）。

為瞭解此一桿菌是否為造成醃漬菜變酸的原因，鑑識單位為我們篩選出此一桿菌植入含有糖分的培養試管中，因桿菌將糖分發酵產酸後使得原為紅色的培養試管變黃（圖 12），表示此一桿菌會代謝出『酸』，使醃漬菜變酸，綜合以上型態及特性，此桿菌應為『**乳酸桿菌**』。



圖 12. 桿菌產酸試驗

【菌量的檢測】

經資料蒐集後，知道可以將菌放在平板固體的培養基上培養出菌株後計數。但我們沒有相關的技術及設備，所以我們想將抽取醱漬液稀釋後，放在有液體培養的液無菌試管中，常溫（20°C）培養一天後，以濁度計測量透光率判定菌量多少，**透光率越大表產生的菌量少，透光率小則菌量多。**

（一）自製濁度計

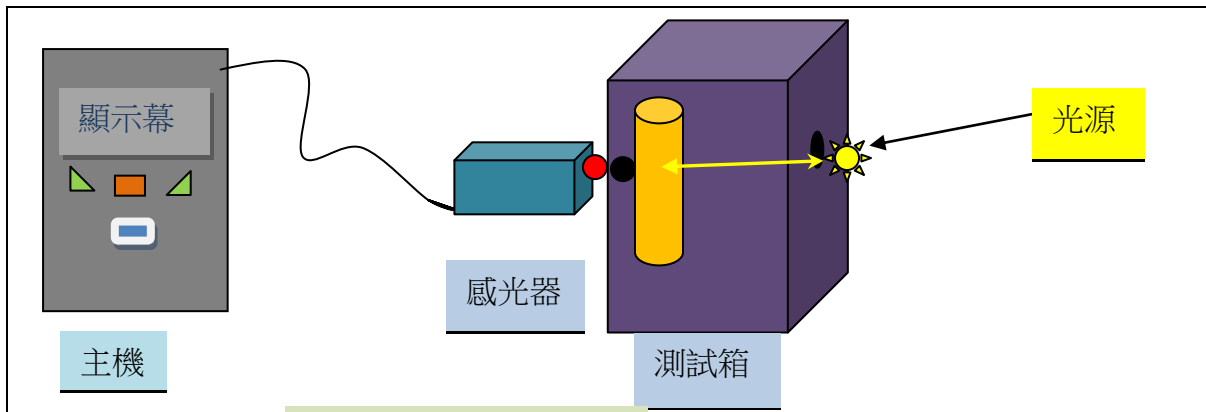


圖 13.自製濁度計設計

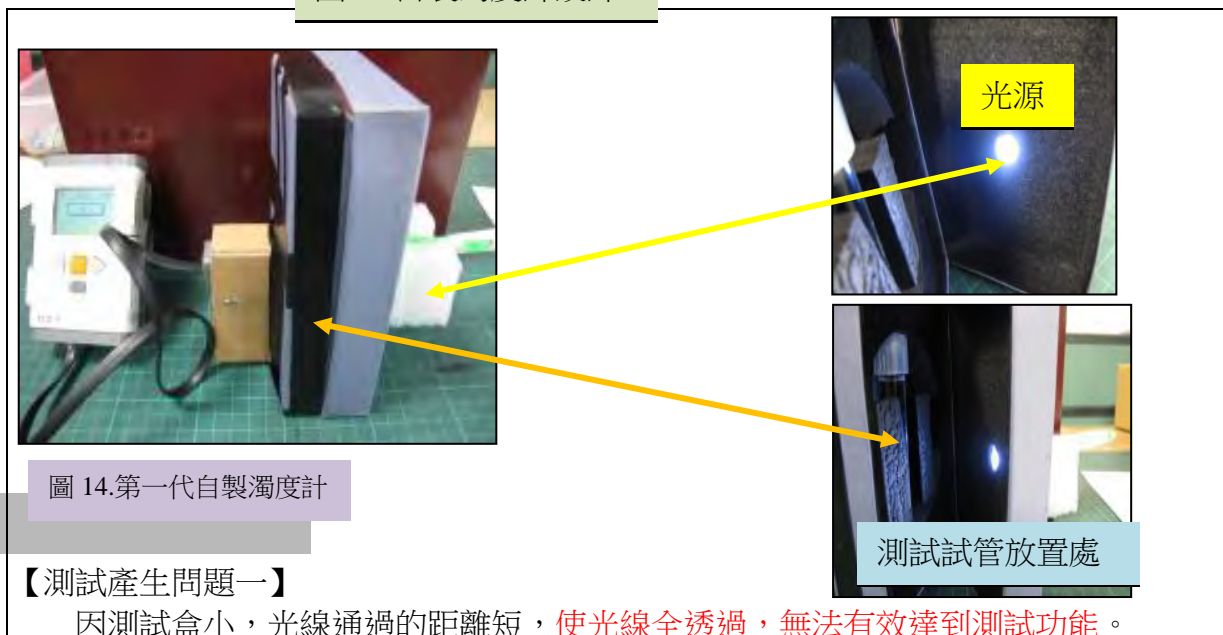


圖 14.第一代自製濁度計

【測試產生問題一】

因測試盒小，光線通過的距離短，**使光線全透過，無法有效達到測試功能。**

修改方法:

在光線入口加上描圖紙以柔化光線強度，經測試可達成設計功能。

【自製濁度計問題二】

以 LED 光筆為光源，因光筆使用電池，**電壓不穩定以致測試時數據不穩定。**

修正方法:

以小燈泡連接穩壓器，穩定電壓得到準確的測試數據。

【自製濁度計問題三】

以硬質泡棉做成的**光源座，不夠穩固，讓光源無法在固定位置射入，造成誤差。**

修正方法:

以黑色絕緣膠帶將燈座直接黏貼固定於光源入口孔上。

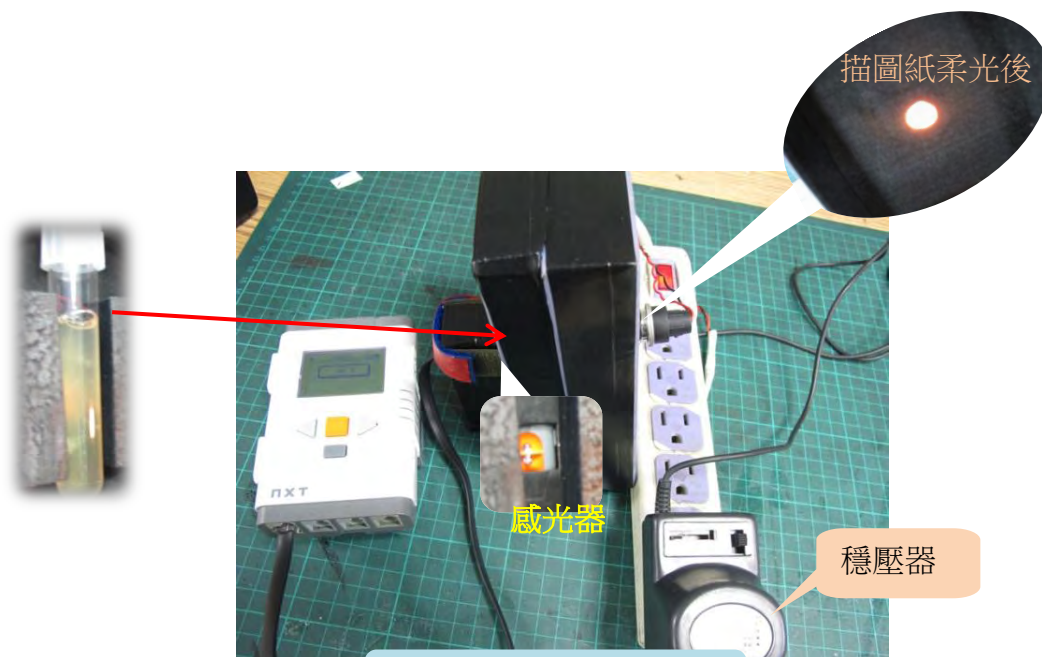


圖 15.第二代自製濁度計

實驗操作

〈一〉

1. 以精密微量吸管吸取 1ml 的醃漬液放入無菌微量試管中，蓋上蓋子震盪均勻。
2. 再吸取已震盪均質的醃製液 0.05ml 至裝有培養液的試管中。
3. 每一鹽量醃漬液做三管菌量培養樣本。
4. 將取好的樣本放入震盪水浴器中定溫 (20°C) 培養 24 小時。
5. 24 小時後取出樣本試管，擦乾管外水滴放入自製濁度計(圖 15)中測量記錄透光率。

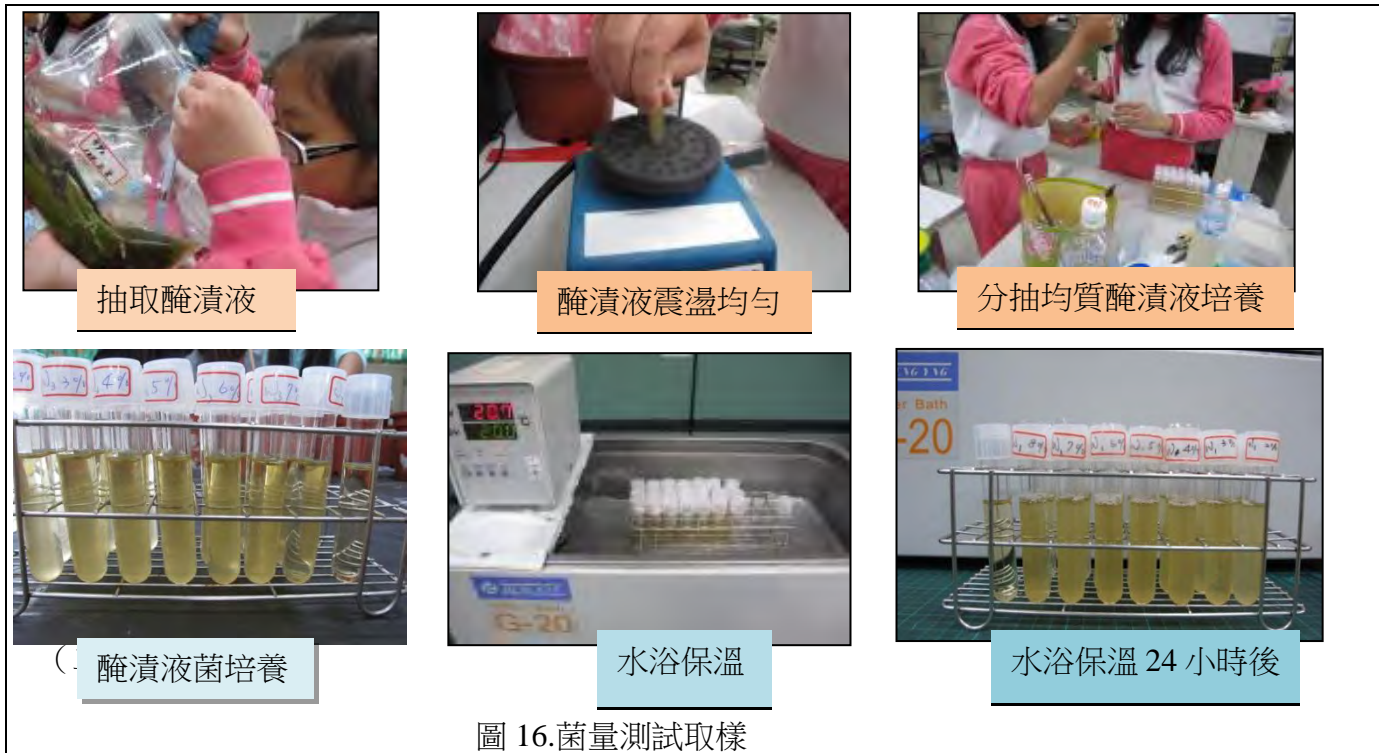


圖 16.菌量測試取樣

(二) 表 3.菌量測試紀錄

透光率 檢試時間	鹽量							培養液
	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	
醃漬一週後	85%	90%	91%	91%	91%	92%	93%	100%
醃漬二週後	86%	91%	89%	88%	88%	88%	89%	
醃漬三週後	87%	90%	89%	89%	89%	89%	90%	
醃漬四週後	88%	86%	78%	79%	76%	79%	83%	

【說明】

1.培養液配方：

LB Borth 每公升	
成分	數量
Tryptone	10gm
Yeast Extract	5gm
Sodium Chloride	10gm
溶液 PH≈7.0	

五、醃漬液的再利用

當醃漬菜取用後便留下一堆鹹鹹的醃漬液，隨意丟棄會造成環境的污染，是我們所擔心的。

有人推廣以菜渣廚餘做有機堆肥，在固體堆肥形成前會有『液肥』產生，這些液肥加水稀釋後，可成為植物很好的營養劑。在文獻探討時我們知道：醃漬液中含有許多的有機酸等營養成分（王靖堯，96）。便嘗試稀釋醃漬液應用於蔬菜的『水耕』與『土植』灌溉施肥上。

(一) 蔬菜的水耕





圖 18.【水耕過程】

表 4.水耕水質檢測紀錄

添加醃漬液鹽含量	0.4ppt		0.8ppt		1.0ppt		1.2ppt		自來水	
	PH	鹽度 ppm	PH	鹽度 ppm	PH	鹽度 ppm	PH	鹽度 ppm	PH	鹽度 ppm
第一週	7.67	118	7.02	119	7.64	146	7.77	163	8.05	113
第二週	7.8	120	7.94	138	7.41	157	7.39	168	7.34	111
第三週	7.22	118	7.16	134	7.44	164	7.98	175	6.34	107
第四週	7.12	122	6.54	148	7.2	188	7.30	190	6.39	119
第五週	8.31	138	7.05	170	7.94	207	7.98	237	8.08	119
第六週	7.93	147	7.46	202	7.62	234	7.88	246	7.63	128
第七週	6.76	180	6.77	229	7.45	261	7.57	287	6.61	124

說明：

1. 水耕盆設置時，需裝入 6 公升的自來水再依實驗條件倒入不同鹽度醃漬液 100ml。
2. 每週依每個水耕盆設置需要倒入 100ml 不同鹽度醃漬液，對照組自來水則添加 100ml 以補充植物吸收及自然蒸發的消耗。
3. 每一盆都需加上魚缸氣泡石打氣以維持水中含氣量 3~5%。
4. 每一水耕盆均種植 4 種蔬菜：萵苣、小番茄、茼蒿、小白菜。每一鹽度設置 3 盆試驗。所以 PH、鹽度以平均值紀錄。
5. 因試驗時間是 99 年 12 月底，溫度過低，水耕盆外包圍黑色塑膠布以保溫。自第二週起移入室內，以 4 盞 60W 白熾燈定時燈照 14 小時。



測醃漬原液 PH 值



配置不同鹽度醃漬液 (測鹽度)

圖 19.醃漬液濃度配製

表 5.水耕生長紀錄

蔬菜	萵苣				小番茄				茼蒿				小白菜			
鹽度	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水
高度	6.3	6.5	8.5	5.5	7	11	13	6	9.5	10	12	7	10	11	16	10
葉數	5	6	6	3	5	6	6	5	5	6	6	4	6	7	14	6
硝酸鹽含量	500	1000	1000						2000	2000	500					

說明：

- 1.以醃漬液灌溉的茼蒿及小白菜，菜葉的顏色偏白。
- 2.以 1.2ppt 醃漬液灌溉小白菜在種植第 26 天便開花了。
- 3.不加醃漬液只以自來水做水耕的萵苣與茼蒿，產量過低無法做硝酸鹽含量測試。

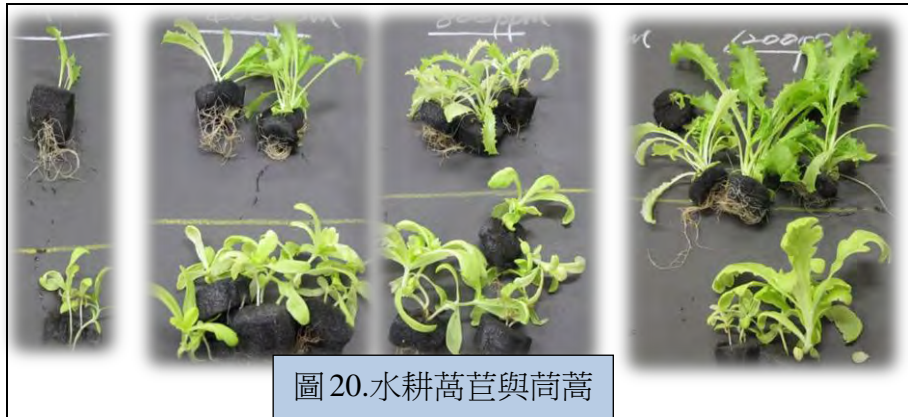


圖 20.水耕萵苣與茼蒿

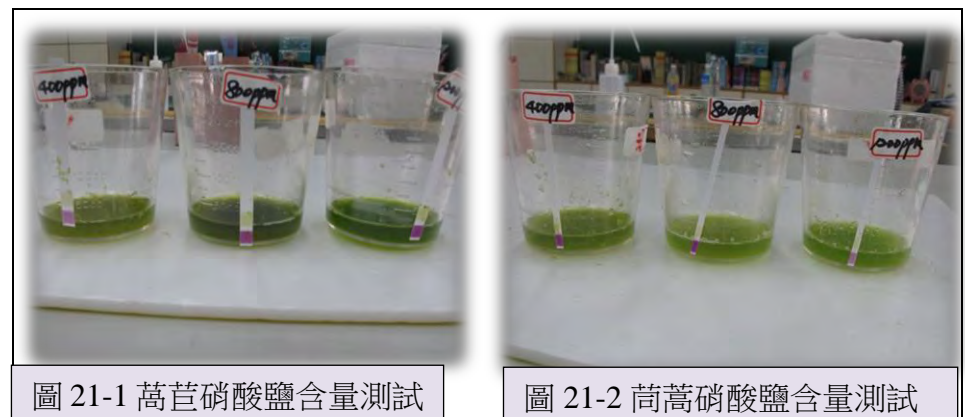


圖 21-1 萵苣硝酸鹽含量測試

圖 21-2 茼蒿硝酸鹽含量測試

(二) 蔬菜的土植

種植步驟

1. 在圓盆中裝入 3 公升的培養土，每盆播下 10 顆(甜椒)或 20 顆種子。
2. 依每盆設定條件噴澆不同鹽度醃漬液及自來水。
3. 每週一次依每盆設定條件噴澆不同鹽度醃漬液，其他時間噴澆自來水。
4. 因試驗時間是 99 年 12 月底，溫度過低，自第二週起移入室內，以 4 盞 60W 白熾燈定時燈照 14 小時。

表 6.土植播種紀錄

植物名稱 灌溉液	小白菜				萵苣					茼蒿				甜椒	
	自來水	400 ppm	800 ppm	1200 ppm	自來水	400 ppm	800 ppm	1000 ppm	1200 ppm	自來水	400 ppm	800 ppm	1200 ppm	自來水	1000 ppm
種子數(顆)	20	20	20	20	10	20	20	10	20	20	20	20	20	10	10
發芽數	20 棵	20 棵	20 棵	20 棵	7 棵	20 棵	20 棵	10 棵	20 棵	16 棵	18 棵	20 棵	20 棵	7 棵	8 棵
發天數	3 天	2 天	2 天	2 天	4 天	3 天	3 天	3 天	3 天	7 天	4 天	4 天	4 天	10 天	9 天
發芽率	100%	100%	100%	100%	70%	100%	100%	100%	100%	80%	90%	100%	100%	70%	80%



圖 22.自製量尺測小白菜生長高度

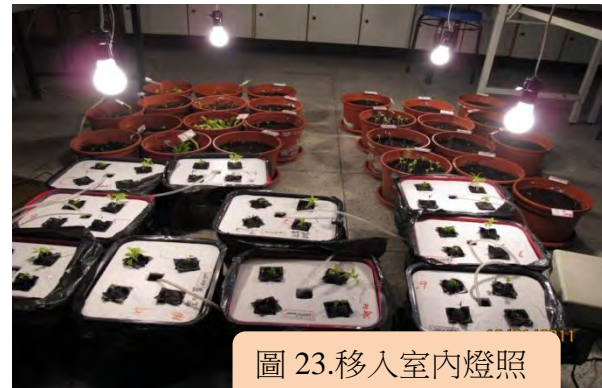


圖 23.移入室內燈照

說明：

1. 在土植試驗中，各種播下的蔬菜種子在各種濃度灌溉液及自來水灌溉下，均會發芽。
2. 以不同濃度的醃漬液灌溉會使種子提早發芽（較自來水），且發芽率也較高。
3. 以醃漬液灌溉的蔬菜較易發生蟲害。為避免栽植蔬菜因蟲害而全軍覆沒，我們在蔬菜成長了 50 天即作各種檢測。
4. 因日照不足土壤容易長出許多不明的『蕈（菌）類』。
5. 在寒假中偶有幾日太陽露臉，將種植菜移出曬曬太陽，竟引來草食性昆蟲的覬覦，菜葉幾乎被啃食完。



萵苣發生蝗蟲害



萵苣發現紅蜘蛛



培養土長出菌類



培養土長出蕈



小白菜發現蚜蟲



甜椒發現蚜蟲

圖 24.水耕土植因日照不足產生蟲害等問題

表 7. 醃漬液培植蔬菜硝酸鹽含量測試紀錄 【土植】

蔬菜	萵苣				甜椒		茼蒿				小白菜			
	0.4ppt	0.8ppt	1ppt	自來水	1.0ppt	自來水	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水	0.4ppt	0.8ppt	1.2ppt	自來水
高度	5	6	13	15	8	11	8	9	11	6	8	8	8	9
葉數	2	3	8	8	8	8	7	8	8	5	6	6	9	10
硝酸鹽含量			1333	2333			0	0	0	2000				
鹽含量			1350ppm	700ppm			750ppm	836ppm	1020ppm	650ppm				

說明：

1. 因小白菜蚜蟲蟲害嚴重，考慮蚜蟲無法處理乾淨影響測試結果，所以未做硝酸鹽含量測試。
2. 甜椒食用部位為果實，因未達結果收成期，亦不做測試。以自來水灌溉的甜椒平均每株結果 1~2 顆，醃漬液灌溉的甜椒平均每株結果 3~4 顆。(見圖 28)
3. 土植的萵苣以醃漬液鹽度 0.4 及 0.8ppt 灌溉的栽植時，溫度過低，日照不足，產量不足無法完成硝酸鹽含量測試。



圖 25. 土植成果

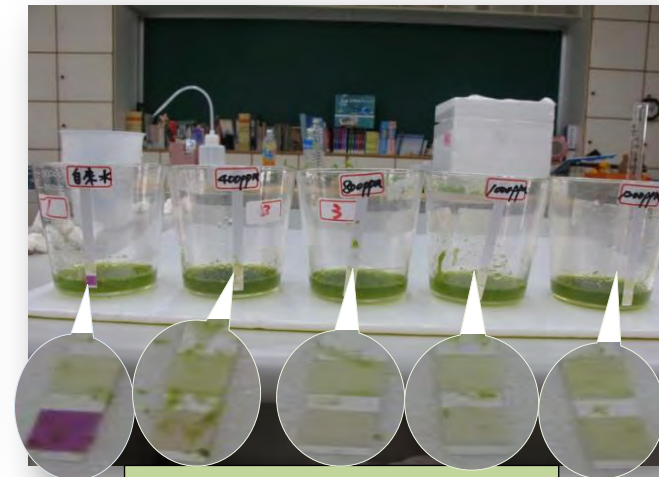


圖 26. 茼蒿硝酸鹽含量測試



圖 27.土植萵苣硝酸鹽檢測



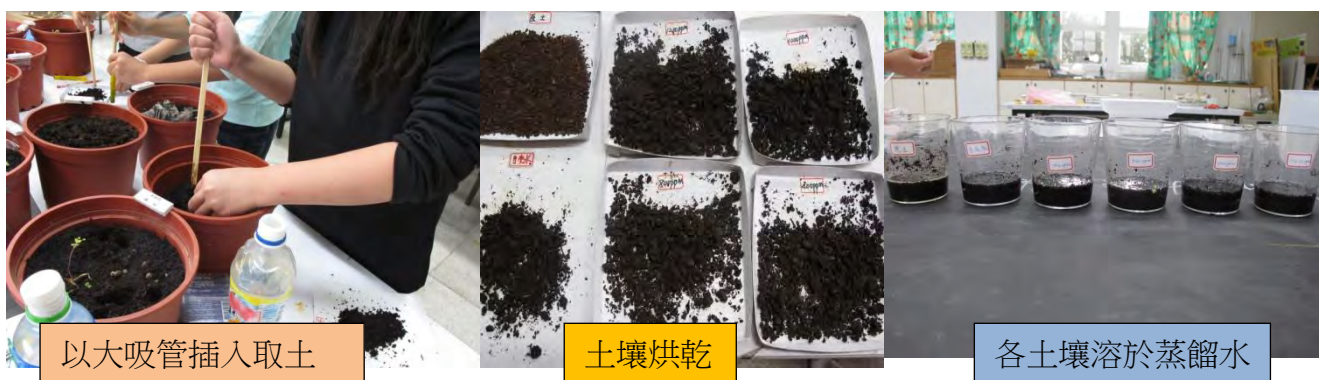
圖 28.甜椒生長比較

表 8. 培養土種植前後性質比較

灌溉醃漬液鹽度	0.4ppt	0.8ppt	1.0ppt	1.2ppt	自來水
種植前 PH 值	8.7				
種植前鹽度	250ppm				
種植 50 天後 PH 值	7.73	7.52	7.82	8.35	8.46
種植 50 天後鹽度	333ppm	272ppm	358ppm	409ppm	247ppm

說明：

1. 經種植 50 天後，培養土的 PH 值均下降，顯示有土壤酸化的現象，特別是醃漬液灌溉組。
2. 澆灌鹽分最高的 1.2ppt 的醃漬液的土壤，鹽分累積的越多。



以大吸管插入取土

土壤烘乾

各土壤溶於蒸餾水

圖 29. 種植後土質檢測

為什麼種子會先發芽？

在前面所有土植試驗中，以醃漬液灌溉的種子均比澆自來水的種子早發芽，且醃漬液濃度愈高的越早發芽。發芽率也比對照組高。究竟是什麼因素影響了種子發芽的快慢及發芽率？

實驗步驟

1. 在培養皿中先鋪下餐巾紙，在各皿中放 10 顆種子（小白菜、萵苣、萵蒿），四季豆 5 顆。（圖 30）
2. 以自來水、PH6.7 的稀釋鹽酸水、1 鹽度 PH6.7 的醃漬液及 1 鹽度的鹽水為試驗灌溉水。
3. 每天以各灌溉液潤濕種子及餐巾紙並觀察紀錄。



圖 30. 種子發芽試驗

表 9.種子發芽試驗觀察記錄

灌溉液 種子別	自來水 PH7.6				稀鹽酸 PH6.7				醃漬液 PH6.7 鹽度 1				鹽水 PH7.6 鹽度 1			
	小白 菜	茼蒿	萵苣	四季 豆	小白 菜	茼蒿	萵苣	四季 豆	小白 菜	茼蒿	萵苣	四季 豆	小白 菜	茼蒿	萵苣	四季 豆
種子顆數	10	10	10	5	10	10	10	5	10	10	10	5	10	10	10	5
3月4日	發芽 8				發芽 10				發芽 10				發芽 9			
3月5日			發芽 10				發芽 10				發芽 9				發芽 10	
3月8日		發芽 3		發芽 3		發芽 6		發芽 4		發芽 6		發芽 4				發芽 2
3月11日		發芽 4														發芽 3
3月13日	發芽 9	發芽 5		發芽 4		發芽 7		發芽 5		發芽 7		發芽 5		發芽 4		發芽 4
發芽率	90%	50%	100%	80%	100%	70%	100%	100%	100%	70%	90%	100%	90%	40%	100%	80%

說明：

1. 四種種子以稀鹽酸、醃漬液浸潤的均會先發芽，發芽率也較高。
2. 小白菜、萵苣以稀鹽酸、醃漬液浸潤的成長高度較高。
3. 小白菜、萵苣以自來水浸潤成長的葉片顏色比以稀鹽酸、醃漬液浸潤成長葉片顏色深綠。

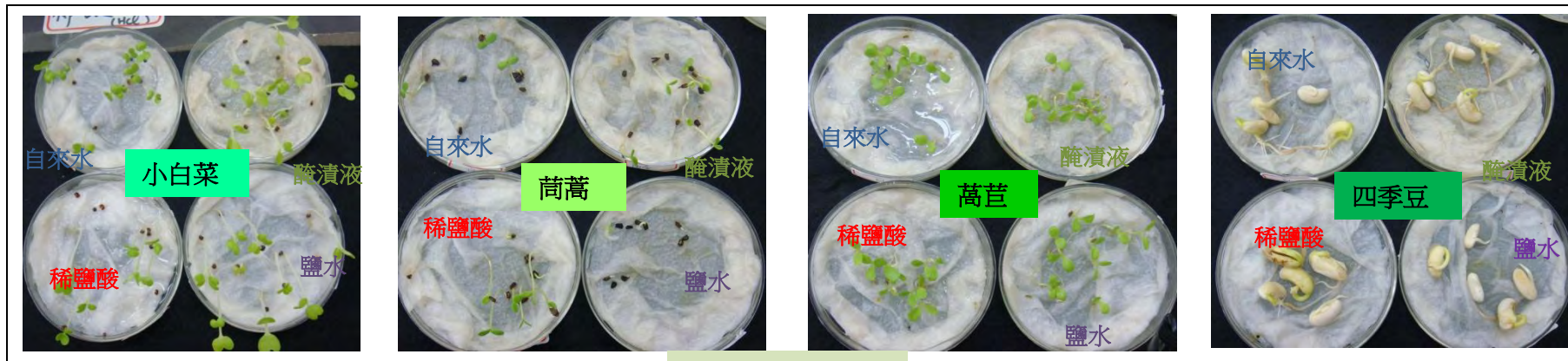


圖 31.種子發芽

陸、 研究結果與討論

一、醃漬過程

(一) 鹽量對醃漬菜 PH 值的影響

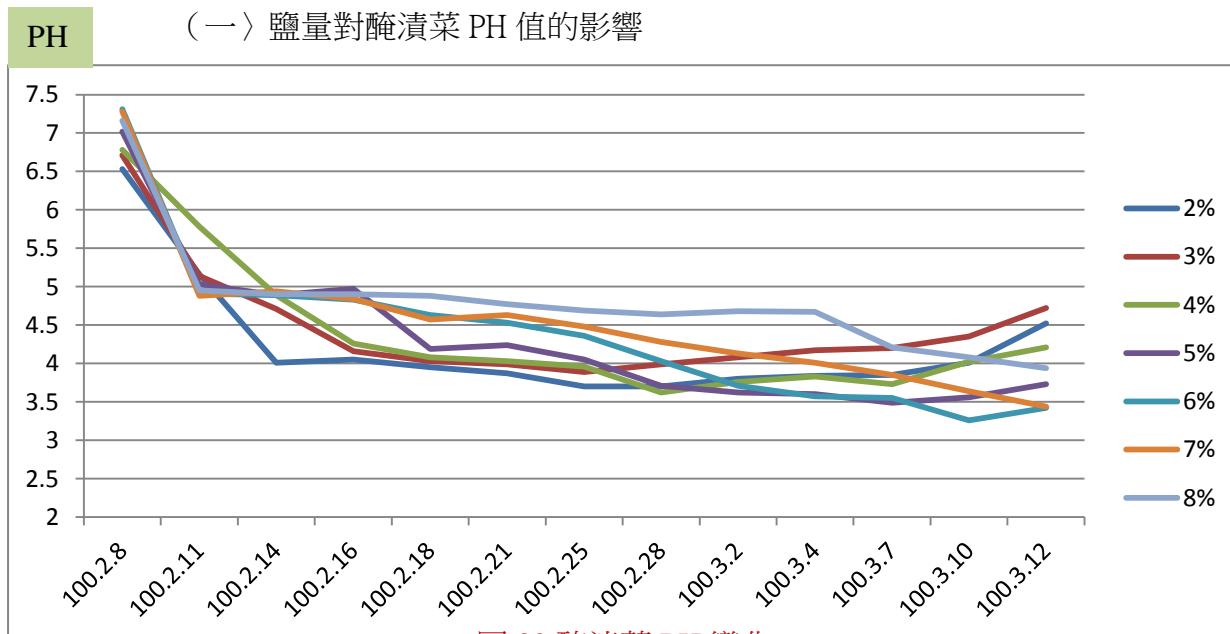
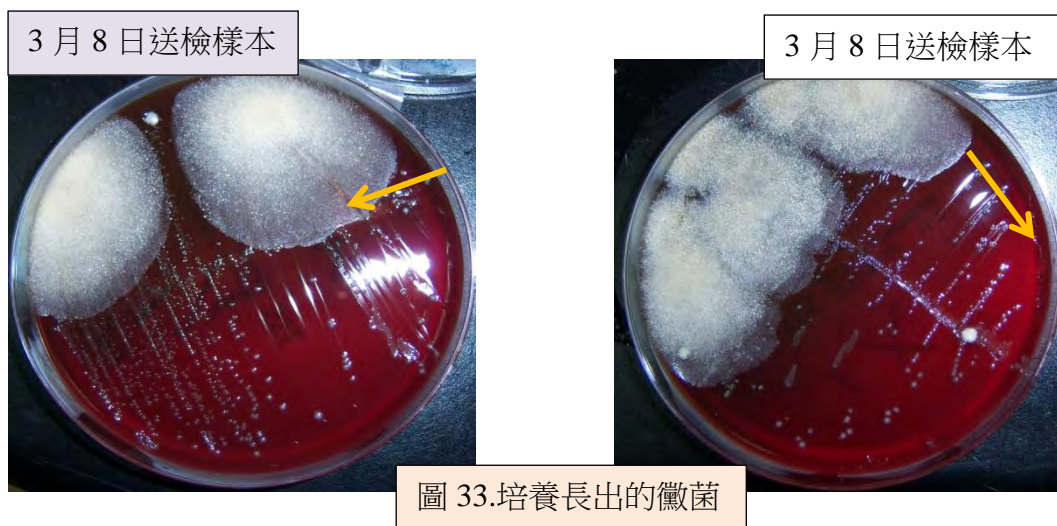


圖 32.醃漬菜 PH 變化

1. 醃漬過程中，用鹽量少的 PH 下降的較快，用鹽量較多的 8%下降的最慢。經與菌量測試結果作比對分析，發現鹽量 2%最先產生菌，菌量也較多，推測過程中產生的菌是 PH 下降的原因
2. 用鹽量 2%在第 17 天時達到最低點 3.70;鹽量 3%也在同時達最低 3.89;鹽量 4%的醃漬菜在第 20 天 PH 降至 3.62，鹽量 5%在第 27 天降至 3.49 為最低點，鹽量 6%在第 30 天降至 3.26 為最低點隨即漸升高。用鹽量 7%~8%至本試驗 32 天結束，PH 值仍持續下降，分別為 3.44、3.94。討論後我們以此 PH 最低點為醃漬菜熟成基準點。
3. 在醃漬菜色澤觀察中：當醃漬菜 PH 下降至『4』以下，醃漬菜顏色即會轉為鮮麗的黃褐色，顯得可口誘人，並且會散發出令人垂涎的酸菜味。此時應是醃漬熟成了。本試驗結束時，鹽量 5%的醃漬菜色澤最鮮麗，氣味最誘人，試過的人都說：『讚!』。
4. 當 PH 漸漸升高時，醃漬菜的顏色會漸變得暗沉，也漸出現腐敗的氣味。醃漬菜一旦暴露在空氣中，一天之內顏色就容易變暗沉變黑。奇怪的是買回來做比對的醃漬菜，沒有密封卻一直保持鮮黃色澤長達四天之久，推測應該是在醃漬過程中，除了鹽之外又添加其他的物質，而這些物質會不會造成比鹽更大的污染破壞呢?
5. 鹽量 5%~8%的醃漬菜在醃漬過程中，滲出的醃漬液量較鹽量 2%~4%多。醃漬菜能一直保存在醃漬液中，較不易腐壞。本試驗以 PE 保鮮袋為保存設備，不是理想的設置：袋子爆裂，醃漬液流失，一直是我們的困擾，也因此我們重複做了好幾次醃漬菜，每個人都成了醃漬高手了。
6. 當醃漬液的 pH 值上升時，醫院通知我們：送檢的樣本會培養長出黴菌等雜菌，故而此時的醃漬菜會因黴菌等不好的雜菌而腐壞，我們若食用會對健康有所傷害的。



(二) 鹽量對醃漬菜的硝酸鹽含量影響

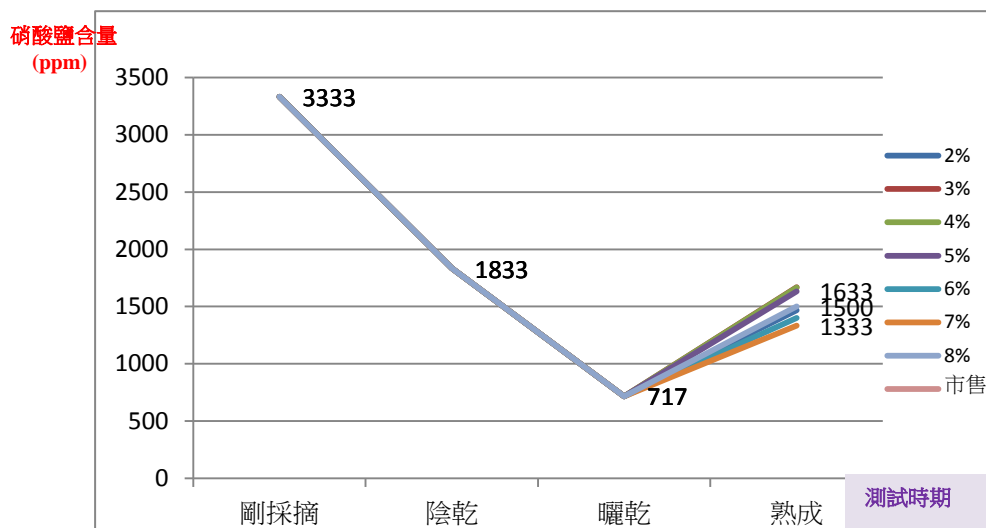


圖 34.醃漬過程硝酸鹽變化

1. 醃漬過程中，硝酸鹽含量在新鮮剛採摘時最高，平均為 3333ppm，洗淨曝曬一天後最低，平均為 717ppm。日曬居然能降低蔬菜中硝酸鹽含量，令人驚訝。
2. 不同鹽量醃漬後的醃漬菜硝酸鹽含量平均約在 1300~1700ppm 範圍內，市售醃漬菜的含量平均約為 1000ppm，比我們自製的醃漬菜低。是醃漬過程中哪一個環節造成的差異？
3. 經以醃漬菜不同部位採樣做檢測發現：醃漬菜的硝酸鹽含量會依取樣位置的不同，有相當大的差異：**菜梗部位比菜葉部位明顯低許多**。市售醃漬菜已經販售商家整理過，去除許多菜葉部位。
4. 依照世界衛生組織於 2007 年公布的成人每日硝酸鹽安全的攝取量為 222mg，硝酸鹽的可攝取量= 3.7 毫克/公斤體重/日，若**以醃漬菜平均硝酸鹽含量 1500ppm 計算**，**體重 60 公斤的成人一天不可吃超過 148g**(如果只吃醃漬菜的話)。
5. 我國衛生署根據世衛組織於 2009 年公布成人每日鈉(Na)攝取量應少於 2400mg，亦即鹽(NaCl)少於 6g。**食物中鹽量超過 5ppt 就屬『高鈉』食物**，對人體健康是不利的。我們醃製的醃漬菜熟成未清洗前，**鹽量 2%~3%的鹽度小於 5ppt**，**鹽量**

4%以上的醃漬菜，鹽度均大於 5ppt，市售的醃漬菜未清洗浸泡前也大於 5ppt。但我們在食用醃漬菜前，必然會經過清洗的處理過程。

6.

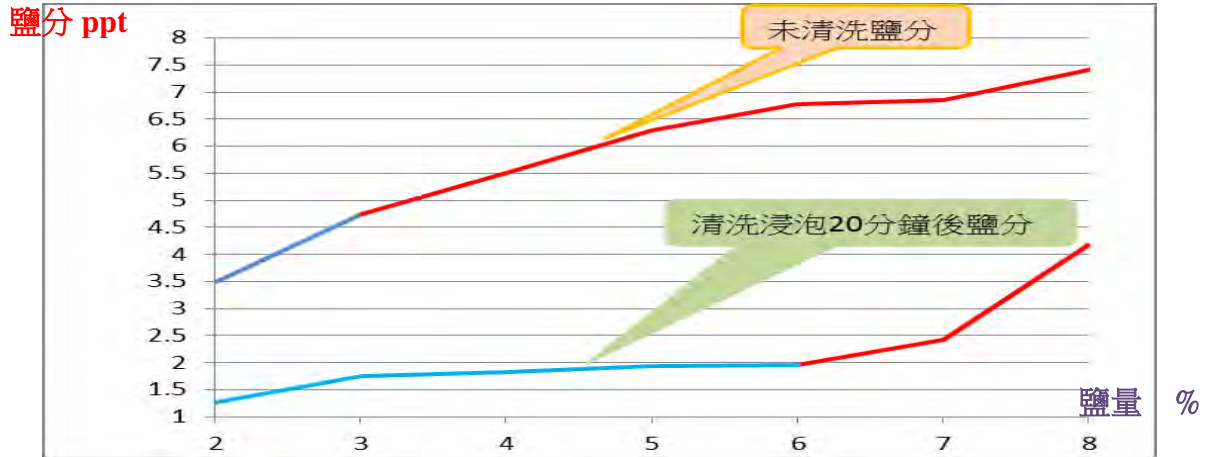


圖 35.不同鹽量醃漬殘留鹽分比較

7.經清洗後泡水 20 分鐘後，醃漬菜殘留鹽分均低於 5ppt，用鹽量 2%~6%的殘留鹽份低於 2ppt。

(三) 醃漬過程中的『菌』

1.菌種的鑑識 (定性試驗)

經稀釋醃漬液植種在平板培養基上，會出現兩種較多的菌種；一為桿菌，另一為球菌，分離試驗後發現桿菌會產酸，是醃漬菜有特殊酸味的原因。進一步經乳糖酶(Lactase)、觸酶(Catalase)檢定均呈陽性反應，氧化酶(Oxidase)鑑定則呈陰性反應，確定此桿菌為『乳酸桿菌』，是醃漬液中 90%以上的菌。

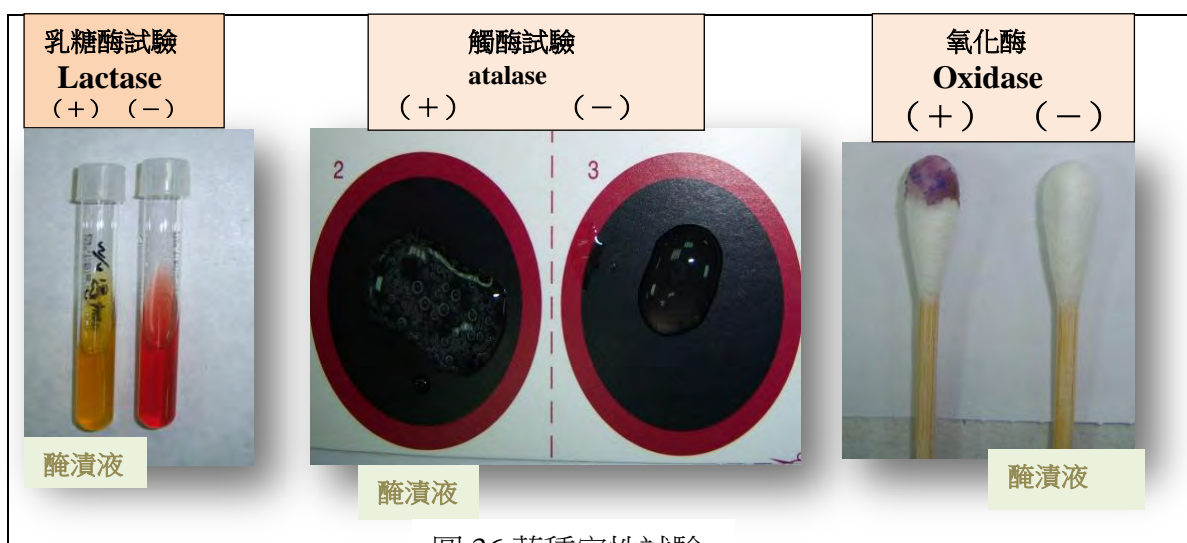


圖 36.菌種定性試驗

2. 菌量的測試

- (1) 以自製濁度計測試經稀釋培養 24 小時試管的透光率，在醃漬一週後，以鹽量 2% 的透光率最差，表此時 2% 鹽量產生菌較多，8% 透光率最好，產生菌量少，醃漬鹽量愈多抑菌效果愈佳。
- (2) 在醃漬液 PH 紀錄中，鹽量 2% 的 PH 下降的最快，在第 17 天就達最低點，也顯示醃漬液中有最多的產酸乳酸桿菌。

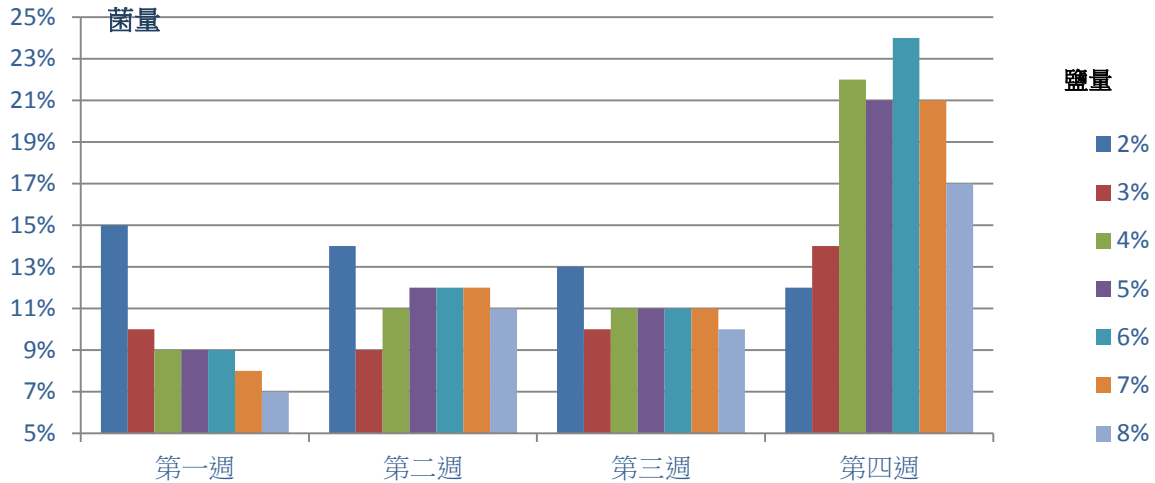


圖37.不同醃漬液菌量變化

- (3) 越多的鹽有越大的抑菌效果，少量的鹽使菌提早滋生，產生多量的菌消耗醃漬液中的營養，故 2% 鹽量的菌量是呈漸次減少的情況，而 3%~8% 鹽量的醃漬液中的是漸增多的。
- (4) 當醃漬液的 PH 值下降，則表示相對存在的菌量增加，代表越多的菌會產生越多酸所致。

二、醃漬液應用於水耕蔬菜栽培

- (一) 以濃度越高的醃漬液為水耕液肥，對水耕植物成長越有幫助。
- (二) 醃漬液的鹽份容易使水耕蔬菜的葉片變得黃白，綠色變淺。尤其是十字花科的小白菜及芥菜較不耐鹽，較易枯萎，醃漬液中的鹽分抑制了葉綠素的生成，不利植物行光合作用。
- (三) 以醃漬液為液肥的水耕蔬菜硝酸鹽含量低於只用自來水水耕栽培的蔬菜的結果，令人驚訝。
- (四) 以較高濃度醃漬液為液肥的水耕水的 PH 值較穩定；我們日常用的自來水每日的 PH 值並不穩定，變化範圍 6.5~9.0。
- (五) 以醃漬液為液肥，鹽份會在水耕水中累積，自來水水耕也有鹽分存在。如果能有水循環過濾裝置設備，相信醃漬液運用於水耕是可行的。

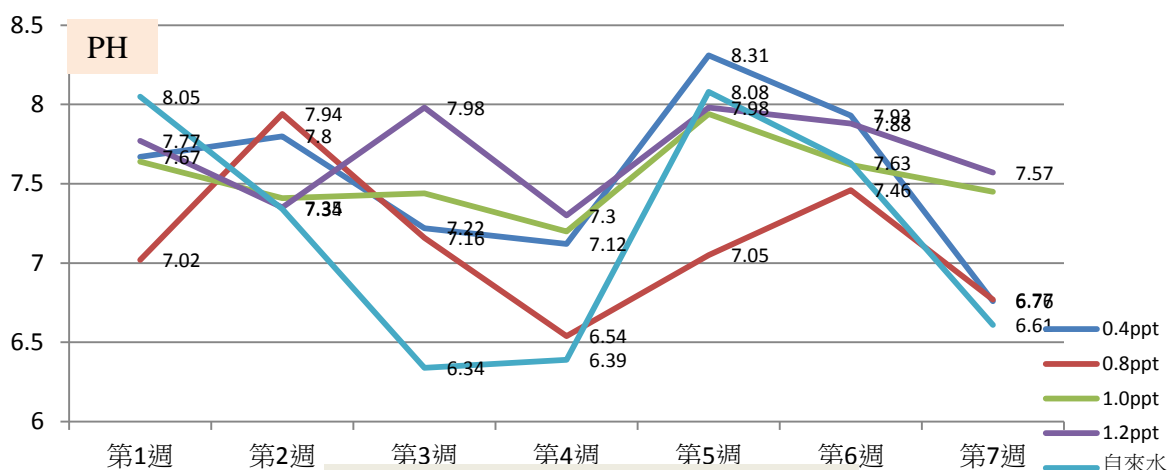


圖 38.醃漬液液肥水耕水 PH 值紀錄

三、醃漬液應用於土植蔬菜栽培

- (一) 以醃漬液灌溉土植蔬菜，在播種期可讓種子提早發芽，並有較高的發芽率，這結果與最近農業改良場發表的：「廚餘有機堆肥」有促進種子提早發芽的報告相同。
- (二) 以醃漬液灌溉的土植蔬菜，不耐鹽的小白菜與芥菜葉子的顏色呈現黃白，並很快就枯萎了，這與水耕時的種植結果是相同的，醃漬液不宜用於不耐鹽植物種植，但有助於較耐鹽植物的生長。
- (三) 以醃漬液灌溉的茼蒿硝酸鹽含量為『0』，以自來水灌溉的茼蒿硝酸鹽含量為 2000ppt，以醃漬液灌溉的茼蒿硝酸鹽含量遠低於以自來水灌溉的硝酸鹽含量。相關研究指出醃漬液中的乳酸菌使硝酸鹽無法還原(趙秀慧，2011)，而使以醃漬液灌溉的植物硝酸鹽含量降低，值得我們深入探究。
- (四) 以醃漬液灌溉，經種植前後的土質性質測試比較，PH 值較種植前低，顯示會使土質酸化，鹽份也會在土壤中累積。而這兩個問題較工業化學污染所造成後果來說，應不屬嚴重而且可輕易解決的，如在土壤中加入植物灰燼或拌攪入石灰中和酸性。醃漬液在施肥時前先做適當稀釋，便可大大降低鹽份的累積問題。
- (五) 耐鹽的甜椒以醃漬液灌溉比自來水灌溉的甜椒不易有蟲害，還有提高產量的效果。

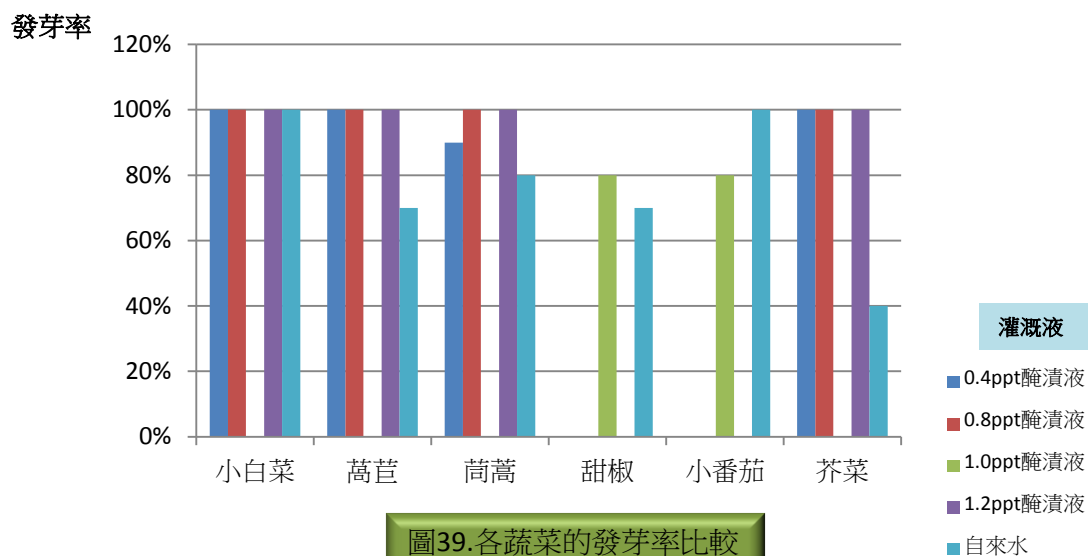


圖 39.各蔬菜的發芽率比較

四、種子發芽

- (一) 種子均在 PH 值低的環境中容易發芽，也有較高的發芽率，因酸可使種皮軟化變薄，讓水容易進入種皮內使子葉得到水的活化而發芽。
- (二) 水中的鹽分會抑制苘蒿種子的發芽，是因水中的鹽分造成種子皮內外滲透壓不同，致使水分無法滲透至種皮內讓子葉得到水分發芽，這情形在四季豆發芽的過程中尤為明顯。

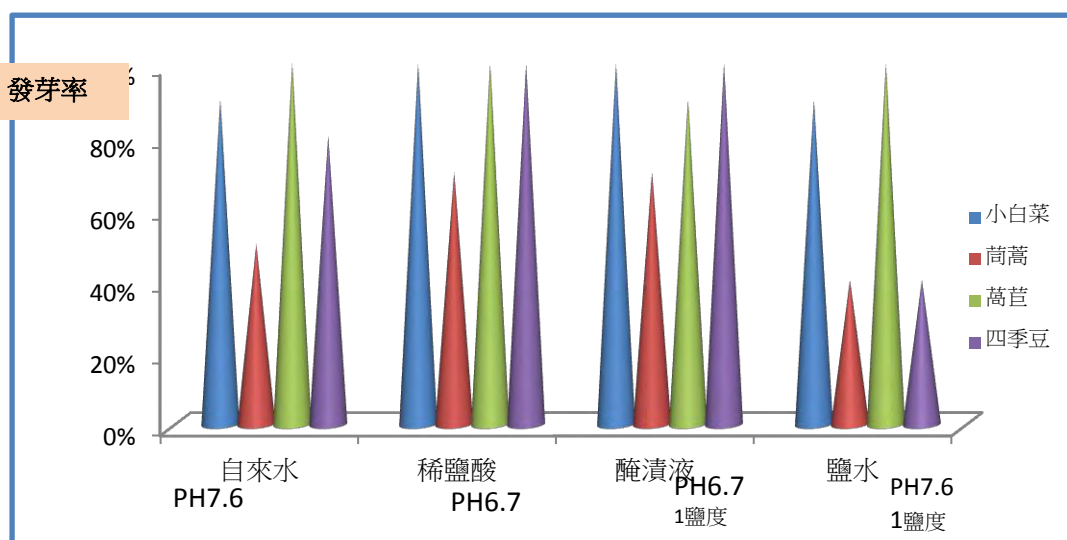
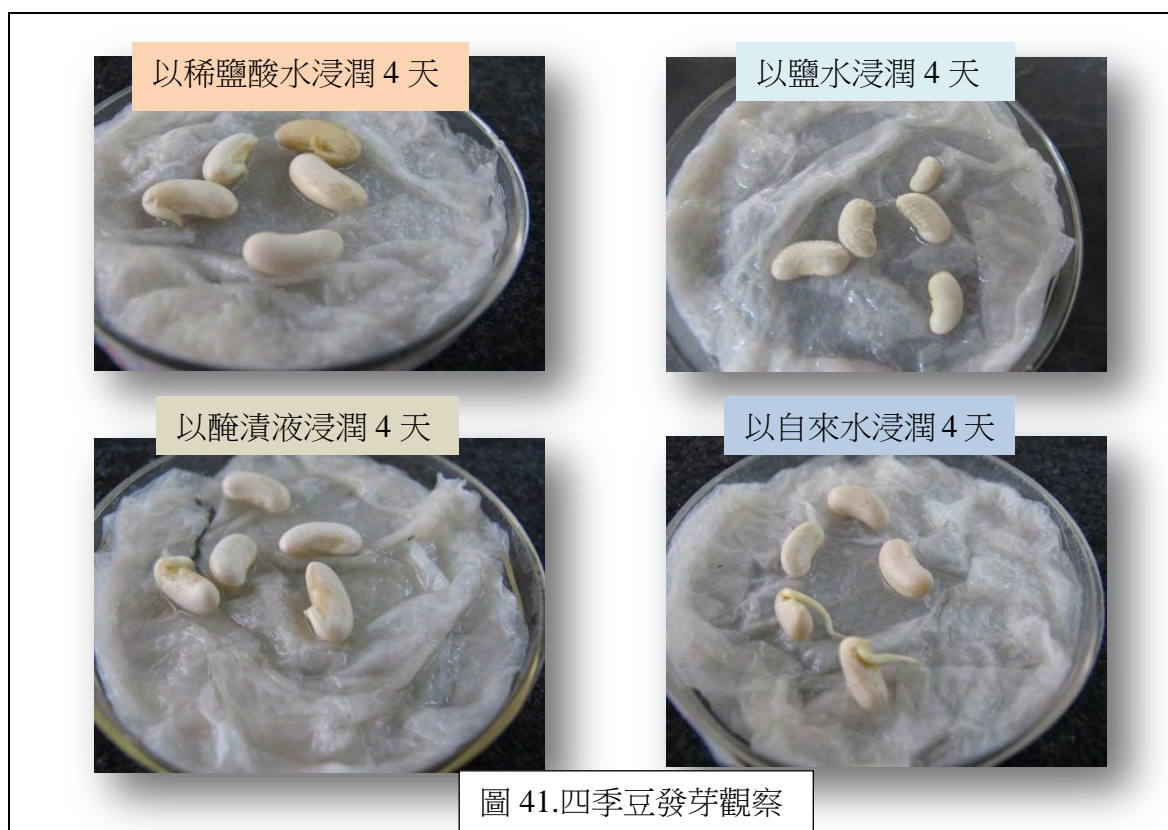


圖 40. 影響發芽因素



柒、研究結論

一、醃漬鹽量對醃漬過程的影響

醃漬菜最為人所詬病的在於它的多鹽高鈉，但那醃漬的特殊風味卻緊緊抓住人們的味蕾。高鹽量的使用在於以前農業社會為保存食物的需求而形成的方式，現今人們對美味食物需求的滿足已遠超過對食物保存的需求。

- (一) 醃漬鹽的減量使用，鹽 5% 以下可使乳酸菌提早發生，進行發酵產酸形成風味。醃漬菜的鹽份可經由清洗、浸泡方式去除大部分。
- (二) 製作醃製菜前，先經過清洗處理，去除雜質避免使用過量的鹽抑制雜菌而達成保存目的，並使乳酸菌提早發生。
- (二) 乳酸菌可適應生存在動物的酸性腸胃環境中，並可有整腸，抑制壞菌的生成（搶奪壞菌的養分），是屬動物腸道中的益生菌，醃漬菜中有乳酸菌的產生。
- (三) 醃漬過程中乳酸菌需要的營養來自菜液的醣類及醃漬鹽的微量礦物質，當消耗完畢時，乳酸菌便會漸漸在數量上減少。黴菌等雜菌便會趁機而起，使醃漬菜腐壞。在醃漬菜的有效期限儘早食用完畢，可享受醃漬菜的特殊美味，又可避免食用到有害健康身體的壞菌，是食用醃漬物重要的法則。
- (四) 植物中硝酸鹽可源自於水、空氣、土壤及施用的肥料，食品在製備、儲存時有機會累積。

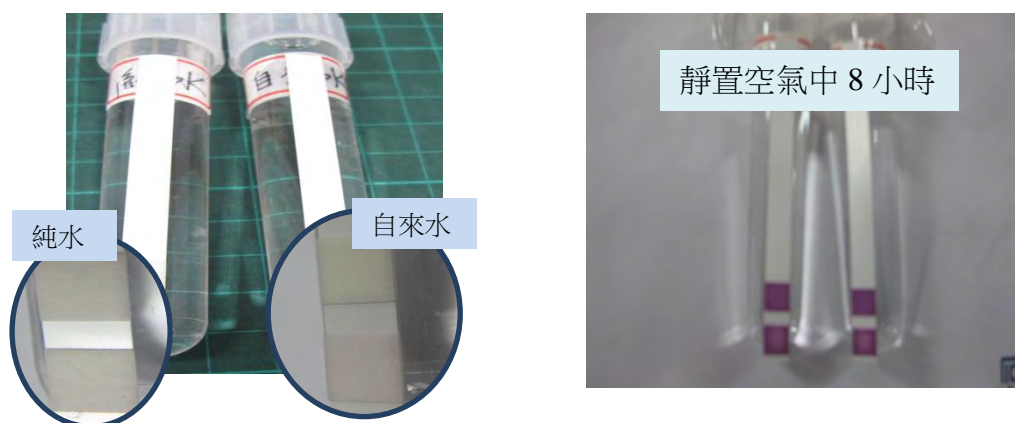


圖 42.純水、自來水硝酸鹽含量測試

二、製作醃漬菜後殘餘醃漬液的處理

- (一) 醃漬液應用於水耕栽培：目前水耕栽培均以化學液肥來灌溉，常造成植物硝酸鹽含量高的問題。以醃漬液為水耕液肥，可充分利用醃漬液的微量元素，乳酸菌作用產生的各種有機酸等養分，有效幫助水耕植物的生長，並可降低植物體內硝酸鹽含量（歐盟法定標準 2500ppm）。
- (二) 醃漬液應用於土植栽培：醃漬液隨意排放，容易傷害土壤，這是無庸置疑的。將醃漬液稀釋應用於植物種子催發上是有效而值得推廣的方式；為植物爭取發芽生長的時間，在農業生產上具有一定的意義，尤其在颱風過後，短期葉菜類蔬菜復耕時，更是重要。
- (三) 以醃漬液灌溉施肥，能降低植物硝酸鹽含量，並成為耐鹽植物抗蟲害、提高結果量的有效法寶，是值得我們再深入進一步研究的課題。

捌、參考資料及文獻

- 一、黃靖堯（民 96）。台灣酸菜中高胞外多醣益生乳酸菌之篩選與其醃漬液製作酸菜醃蛋可行性之研究。中興大學碩士論文，未出版，台中市。
- 二、王瑞瑩（民 96）。酸菜殘餘物回收分析利用之研究。朝陽大學碩士論文，未出版，台中市。
- 三、李安梓、鍾宜君（無日期）。糖漬與醃漬。國立內埔農工。
- 四、嗜酸乳酸桿菌，維基百科。
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%97%9C%E9%85%B8%E4%B9%B3%E9%85%B8%E6%A1%BF%E8%8F%8C>
- 五、乳酸菌小百科。<http://www.talab.org.tw/knowledge.htm>
- 六、陳采晴、張惠真、高德錚。乳酸菌種對包心菜醃漬效率及品質影響之研究。台中區農業改良場研究彙報 100：67-75(2008)。
- 七、趙秀慧、蔡英傑、康雅慧(2011)。醃酵酸菜和福菜中的新型乳酸菌。陽明大學科學研究發表。

【評語】 080828

作者在表現此作品時展現出對鄉土醃酸菜的濃厚感情，透過對鹽量的多寡的研究了解酸菜熟成的過程並為醃漬液找到除蟲施肥等應用，研究方法中交叉比對益菌數及 pH 值的關聯，濁度計的設計檢測硝酸鹽含量等，都展現科學研究的精神，是鄉土題材的結合非常成功的作品。