

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030318

臺中縣立豐東國民中學

指導老師姓名

李維娟

賴月琴

作者姓名

黃莉悅

李采易

曾雅萱

何蕙如

# 中華民國第 44 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：再造生生不息的世界

～鹽化植物大作戰

關 鍵 字：鹽害、滲透壓、吸鹽植物

編 號：

# 題目：再造生生不息的世界

## ～鹽化植物大作戰

### 摘要

鹽害及乾旱是限制植物生長和分布的重要因素之一。據估計全球三分之一以上的灌溉土地均有鹽害的問題存在，肥料的使用與海水倒灌一直是土壤鹽害的兩大元兇！

鹽害對植物的傷害到底多大呢？若以不同濃度的鹽水直接培養植物，則因植物耐鹽性的差異，仍可發芽，但發芽率很低。若先以清水催芽後，在以不同濃度的鹽水培養植物，則可大大提高發芽率。可見催芽對植物的重要性！然而，鹽化的傷害在初期最嚴重，中期與後期因植物較能調節使傷害降低，但不論初期、中期或後期在模擬海水的濃度下生長都有抑制！

植物對鹽害的生理反應是：首先葉片開始變形、捲曲，莖部失去水分而枯萎，到萎縮而死亡。根部吸水量的減少，細胞的溶質相對提高，使細胞滲透壓提高，雖然提高滲透壓，仍無法吸收外界的水分，所以植株會因吸不到水而影響生理作用，走向死亡的命運！

在水耕植物鹽化的即時處理的實驗中，雖然初期的生長有所抑制，但仍可恢復生機！而其決定關鍵在鹽化後 5-6 小時之內！另外，在模擬土耕環境下土壤鹽化的恢復對植物的影響，得到了很好的結果，決定關鍵在鹽化後 4-5 小時之內，對植物而言仍可恢復生機，且生長良好！

雖然如此，我們仍希望能搶救垂死的植物，實驗證明促進植物的呼吸作用可促進植物長出新根。電解水的灌溉可救活更多更嚴重的植物。而我們找到一些吸收鹽類的植物，在不影響生態平衡下，以最經濟的做法解救他們！相信未來能有所貢獻於社會！

### 一. 研究動機

上學期自然老師告訴我們：「地下水是人類重要的水源，但部分地區抽取過多地下水使地層下陷，容易引起海水倒灌或土質鹽化。值得大家警惕！」。然而，海水倒灌與土壤鹽化一直是台灣西南沿海地區居民揮之不去的夢魘，我們根據資料了解後，**設計模擬海水倒灌的模型箱**，可以觀察沿海岸的魚塢因過度抽取地下水讓鹼水入侵、及下雨的積水情形、尤其海水倒灌又豪雨傾洩而下…更是雪上加霜了。由此模型箱，希望給大家一個省思及關注社會的體驗。也因為如此更激發我們設計了【超抽地下水會導致地層下陷及海水入侵的實驗】，再進行【鹽化的水質對植物生長的影響與反應】、【鹽化後植物生理的變化】、並找出【農作物鹽化的即時處理及土壤鹽化恢復】的方法，最後

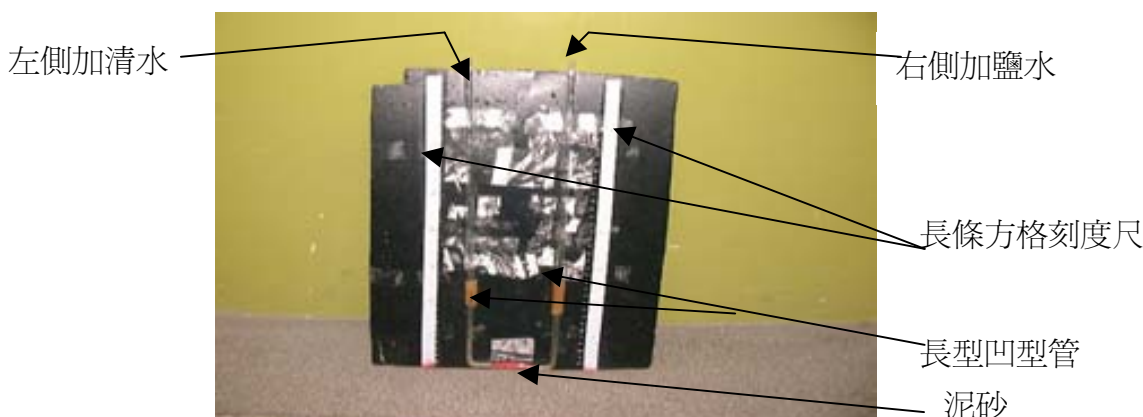
企圖研發【搶救鹽化植物】的大挑戰。

## 二. 研究目的

1. 模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗
2. 模擬鹽化的水質對植物生長的影響
3. 不同生長期的幼苗對鹽害的反應
4. 鹽化後植物生理的改變
5. 植物鹽化的即時處理對水耕植物生理的影響
6. 模擬土耕環境下土壤鹽化的恢復對植物的影響
7. 腦筋急轉彎⇒搶救鹽化植物的大挑戰

## 三. 研究過程及方法

### 【研究一、模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗】



#### 實驗一、清水與不同鹽水的水壓高度比較

步驟：左側注入清水，右側注入等體積的鹽水，注意其兩側的高度變化。.

鹽水濃度(M)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
鹽水密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.05	1.08	1.12	1.15	1.18
左側清水高(cm)	7.2	7.3	7.4	7.5	7.4
右側鹽水高(cm)	6.8	6.8	6.7	6.8	6.4
<b>實驗得兩側高度差(cm)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>
計算清水與鹽水的高度比	1 : 0.952	1 : 0.926	1 : 0.893	1 : 0.869	1 : 0.847
<b>計算應產生之高度差(cm)</b>	<b>0.35</b>	<b>0.54</b>	<b>0.79</b>	<b>0.98</b>	<b>1.13</b>

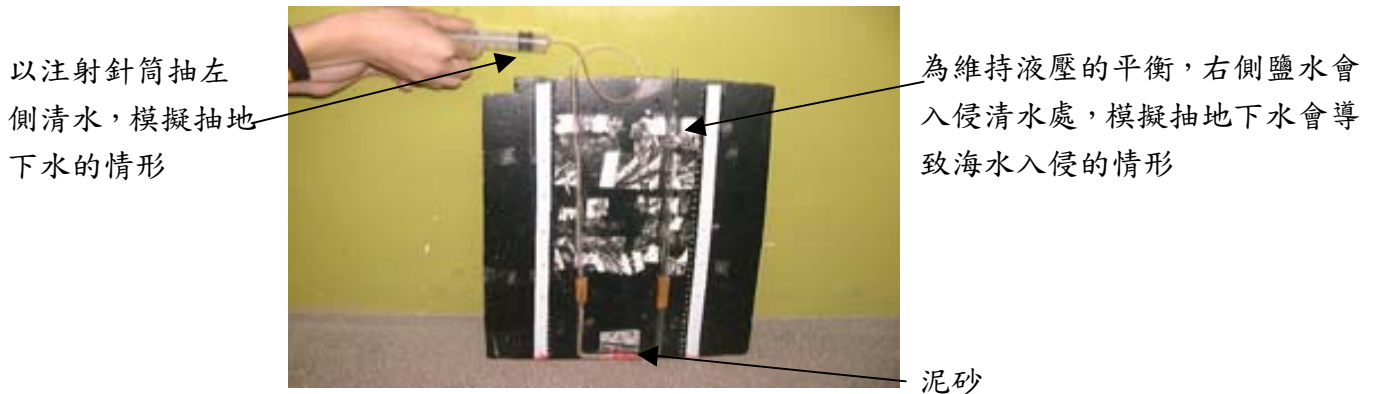
結果討論：

1. 此設計的長型凹型管讓實際清水及鹽水兩側液壓平衡的高度差與理論上計算的高度差很接近，表示此裝置設計可算成功。

## 實驗二、模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗

步驟：1. 同時左側倒入清水，右側倒入等體積的鹽水，比較兩側高度。

2. 每抽一次左側 5ml 就記錄液面的高度變化及有色鹽水入侵的情形。



鹽水濃度(M)		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
比重		1.01	1.02	1.02	1.04	1.04
左側清水高 cm		38	38	38	38	38
右側清水高 cm		38	38	38	38	37
兩側高度差 cm		0	0	0	0	1
左側抽水 2.5ml 高度差 cm	清水高 cm	18	21	22	25	29
	鹽水高 cm	36	36	37	36	37
	高度差 cm	18	14	15	11	8
兩側液壓平衡時間(秒)		160	60	45	17	8
左側抽水 7.5ml	清水高 cm	16	20	18	17	21
	鹽水高 cm	36	35	33	30	32
	高度差 cm	20	15	15	13	11
兩側液壓平衡時間(秒)		170	105	25	9	6
左側加回 2.5ml	清水高 cm	39	41	41	40	41
	鹽水高 cm	25	26	26	24	23
	高度差 cm	14	15	15	16	18
兩側液壓平衡時間(秒)		150	105	35	25	28
左側加回 7.5ml	清水高 cm	43	42	42	44	43
	鹽水高 cm	29	25	24	24	22
	高度差 cm	14	17	18	20	21
兩側液壓平衡時間(秒)		120	50	35	38	25

結果討論：

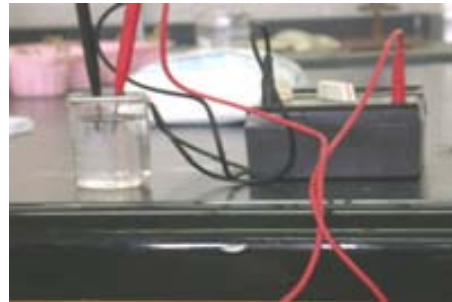
1. 左側抽水 2.5 或 7.5ml 時，鹽水濃度愈高，入侵至地下水的速率愈快，兩者的高度差變小；反之，回補地下水(左側加回水 2.5 或 7.5ml)時則恰好相反。
2. 回補水後濃度高的反而平衡的速率愈快，其原因是：當加入清水進清水側後，因為分子的擴散作用，尤其濃度愈高的鹽水，滲透、擴散作用愈快，所以濃度高的平衡速度反而較濃度低的來得快，而最後鹽水側和清水側便混合，而濃度就一樣了。

### 實驗三、模擬地下水鹽化的導電實驗

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
電阻值(Ω)	150	120	100	80	60	55	51	46	42	36	30
導電度×10000 (1/Ω)	67	83	100	125	167	182	196	217	238	278	333



以三用電錶測各不同濃度的鹽水電阻大小



探針等距浸入鹽水面下測出電阻大小

結果討論：

1. 食鹽為強電解質，當鹽水濃度愈高，測得的電阻值也愈小，所以導電的情形就愈不好。
2. 由此可證明，要檢測當地的地下水是否被鹽化，可利用導電度計(本校因沒有此儀器，故以三用電錶來代替，唯實驗時需特別注意控制兩支探針的距離需相等、且伸入液面的高度也需相同，所以我用珍珠板一片固定在杯口上，並將探針插入預先標誌好的洞內，且保持垂直才行)。

### 【研究二、模擬鹽化的水質農作物生長情形】

#### 實驗四、鹽化的水質對種子的發芽率生長影響

步驟： 1. 以鹽水催芽組與清水催芽組。觀察並記錄種子的發芽及生長情形。

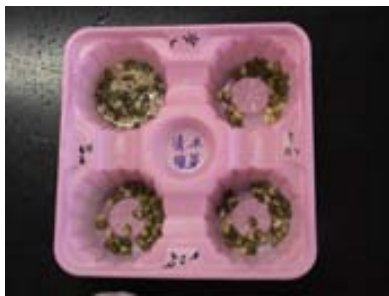
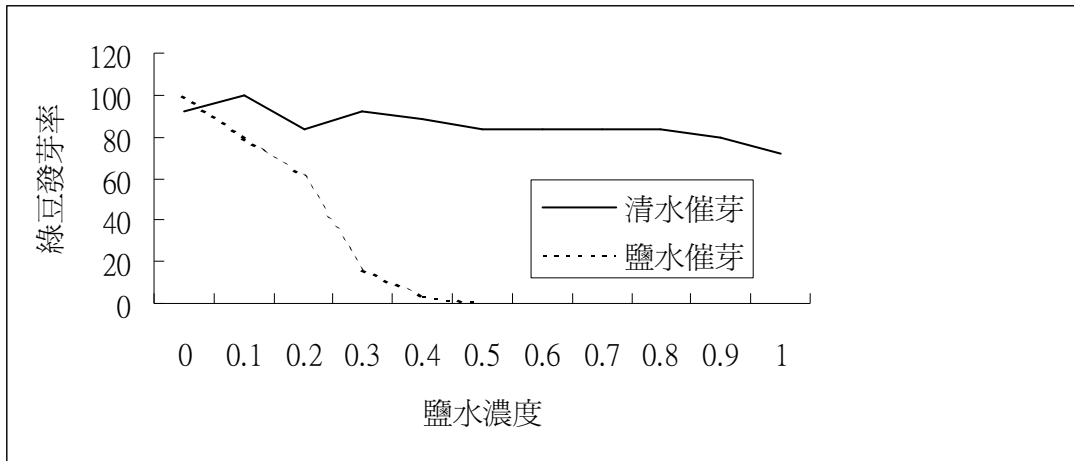
鹽水催芽的綠豆種子的發芽率比較

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第一天發芽數	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
第二天發芽數	22	13	9	0	0	0	0	0	0	0	0
第三天發芽數	25	15	11	0	0	0	0	0	0	0	0
第四天發芽數	25	17	13	0	0	0	0	0	0	0	0
第五天發芽數	25	20	15	4	1	0	0	0	0	0	0
發芽率(%)	100	80	60	16	4	0	0	0	0	0	0

清水催芽的綠豆種子的發芽率比較

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第一天發芽數	20	20	21	20	20	20	21	21	21	21	20
第二天發芽數	21	23	21	20	21	21	21	21	21	20	18
第三天發芽數	21	23	21	20	21	21	21	21	21	20	18
第四天發芽數	23	25	21	21	22	21	21	21	21	20	18
第五天發芽數	23	25	21	23	22	21	21	21	21	20	18
發芽率(%)	92	100	84	92	88	84	84	84	84	80	72

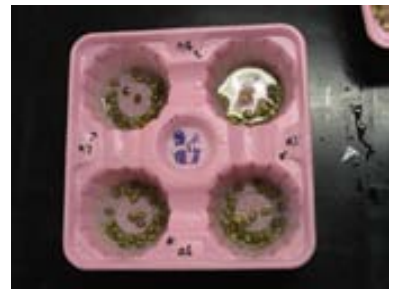
$$\text{發芽率}(\%) = (\text{發芽數目} / 25 \text{ 顆種子數}) \times 100\%$$



催芽後第三天



催芽後第三天



催芽後第三天



催芽後第三天



催芽後第三天



催芽後第三天

結果討論：

1. 用清水催芽與鹽水催芽作為對照，我們發現清水催芽組第一天幾乎都發芽了，發芽率高達 84 %，而鹽水催芽組的發芽率幾乎為 0！
2. 由實驗結果得知：清水催芽組發芽率明顯高於鹽水催芽組，表示清水催芽時水分進入綠豆中，誘發豆子萌芽的機制，使豆子順利萌芽，而不影響第二天的鹽化。鹽化後，發芽率幾乎停止，甚至死亡（第五天後）！而鹽水催芽組發芽率一直不高，由此可知潮間帶植物，不易由種子繁殖，而改用胎生苗是有其道理的！

**實驗五、以不同濃度的鹽水培養綠豆水耕生長情形**

步驟：1. 催芽後，分別加 20ml 清水或各濃度的食鹽水，觀察記錄發芽及生長情形如下：

清水催芽組：

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第三天綠豆發芽數	44	46	42	40	42	42	41	42	41	40	36
第四天綠豆發芽數	50	48	43	42	43	42	42	42	41	40	36
第四天株高(cm)	3	2	1.5	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1

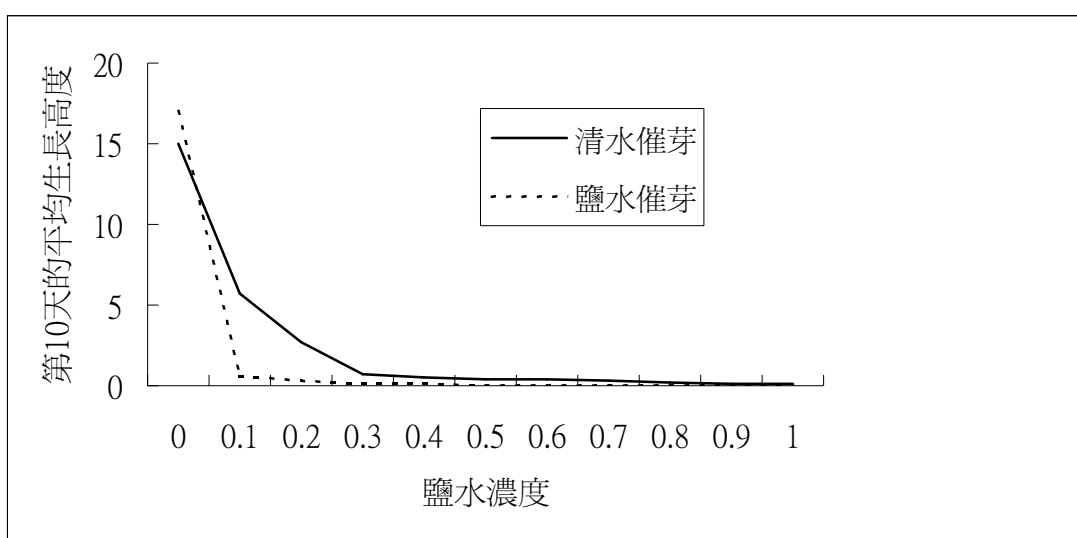
第七天株高(cm)	12	3.5	2.2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
第十天株高(cm)	15	5.7	2.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
第十天生長情形	☆	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

鹽水催芽組：

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第三天綠豆發芽數	50	32	26	1	0	0	0	0	0	0	0
第四天綠豆發芽數	50	35	27	2	0	0	0	0	0	0	0
第四天株高(cm)	3.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
第七天株高(cm)	13	0.5	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
第十天株高(cm)	17	0.6	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
第十天生長情形	☆	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭



結果討論：

- 植物的生長受到抑制，尤以鹽水催芽組更明顯。
- 由實驗可知：在植物的發育中，催芽佔有極重要的角色！

### 【研究三、不同生長期的幼苗對鹽害的反應】

#### 實驗六、探討綠豆初期、中期、後期鹽化後植物生長的情形

步驟：1. 照顧綠豆 2 天後（初期）、生長 5 天後（中期）、生長 14 天後（後期），觀察不同濃度的鹽水對綠豆生長的情形。

初期：

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
鹽化前平均株高	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均根的長度	1.1	1.3	0.9	0.7	1.2	1.1	0.9	0.9	1.2	1.1	0.8
鹽化後第一天	1.5	1.3	1.1	0.9	1.3	1.2	1.1	0.9	1.2	1.2	1.0
鹽化後第三天	2.0	1.5	1.2	1.1	1.3	1.3	1.1	0.9	1.2	1.3	1.1
鹽化後第五天	3.8	1.6	1.1	1.1	1.3	1.2	1.0	0.9	1.1	1.2	1.0
鹽化後第七天	4.5	1.8	1.3	1.2	1.3	1.3	0.9	0.8	1.1	1.2	0.9
鹽化後第十天	5.9	2.2	1.3	1.0	1.3	1.2	1.0	0.8	1.0	1.1	0.9



第十天生長情形	☆	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

中期：

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
鹽化前平均株高	3.1	2.8	3.0	2.9	2.7	2.9	3.2	3.1	3.1	2.9	2.8
鹽化後第一天	3.7	3.0	3.3	3.3	2.9	2.9	3.1	3.1	3.1	2.9	2.8
鹽化後第三天	4.5	3.3	3.8	3.6	2.9	2.9	3.1	3.0	3.0	2.8	2.7
鹽化後第五天	5.2	3.6	4.5	4.1	2.8	2.7	3.0	3.0	3.1	2.8	2.6
鹽化後第七天	7.8	4.0	4.7	4.3	2.8	2.6	3.1	2.9	3.0	2.7	2.6
鹽化後第十天	9.6	4.6	5.0	4.5	2.9	2.5	2.9	2.7	2.9	2.6	2.5
第十天生長情形	☆	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

後期：

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
鹽化前平均株高	7.6	7.5	7.4	7.8	7.5	7.4	7.7	7.0	7.2	7.5	7.7
鹽化後第一天	9.3	8.2	8.5	8.3	8.3	7.9	8.1	7.3	7.2	7.5	7.7
鹽化後第三天	11.2	8.7	8.8	8.5	8.3	7.9	8.0	7.3	7.2	7.5	7.6
鹽化後第五天	15.1	8.7	8.8	8.5	8.3	7.9	8.0	7.3	7.2	7.3	7.5
鹽化後第七天	15.9	8.8	8.9	8.6	8.5	7.8	7.8	7.2	7.1	7.2	7.3
鹽化後第十天	20.5	9.0	9.0	8.6	8.5	7.6	7.8	7.2	7.1	7.1	7.0
第十天生長情形	☆	△	△	△	△	×	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

- 討論：1. 鹽水的傷害在初期最大，尤其是高濃度的鹽水，使在鹽化後第一天就發霉發臭！  
 2. 鹽水的傷害在後期最小，生長中期的綠豆仍能忍受 0.3M 的鹽水濃度，而後期在 0.4M 中仍能維持生命而存活，仔細照顧他們，大約一個月後全都死亡！

## 【研究四、鹽化後植物生理的改變】

### 實驗七、鹽化後植物外部型態的改變：

步驟：將初期、中期及後期鹽化後的植物取出，觀察外部型態。

- 結果：1. 植物鹽化後，先在葉部有萎縮、捲曲乾掉的變形，莖部變得沒有水分，漸漸下垂，最後根部變得柔軟、爛掉的現象。  
 2. 植物初期的鹽化，因只有根部，尚未長莖及葉，很快就爛掉了！



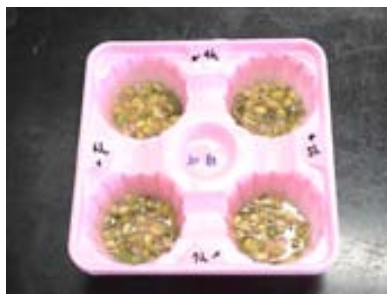
後期鹽化的綠豆



鹽化後第三天



鹽化後第五天



初期鹽化的綠豆



不同濃度的鹽水鹽化情形



不同濃度的鹽水鹽化情形

討論：1. 再次驗證我們對植物鹽化後的命運！

2. 初期鹽化對植物有最大的傷害，我們推測是因植物尚未長出葉子，無法藉由光合作用或呼吸作用緩和傷害，所以加速了死亡的命運。

### 實驗八、探討鹽化後細胞質壁分離的現象

步驟：1. 取生長中期各 3 顆的莖表皮細胞，於清水或 0.4M 的鹽水中，鹽化 1 小時後，製成玻片標本，於顯微鏡下觀察並照相。

2. 之後用清水沖洗，觀察質壁分離恢復情形，於 24 小時後照相統計之。

3. 重複步驟 1-2 製作鹽化 3 小時、5 小時、7 小時、9 小時後，質壁分離與恢復情形。

結果：

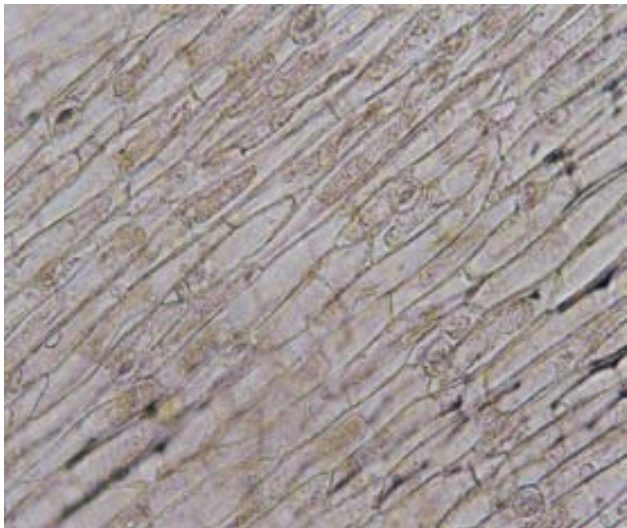
鹽化時間	1 小時	3 小時	5 小時	7 小時	9 小時
計算細胞數目	13	15	22	20	19
細胞平均大小	2.65	2.60	2.67	2.35	2.42
細胞質平均大小	2.22	2.11	1.6	1.2	0.6
質壁分離情形(%)	16	19	40	49	75



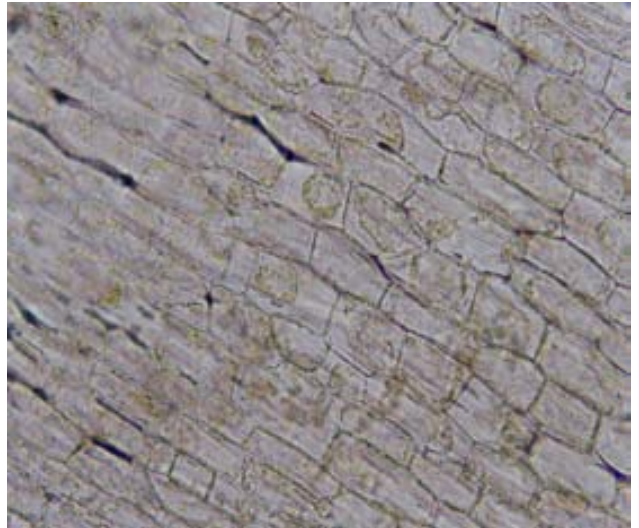
鹽化 1 小時



鹽化 3 小時



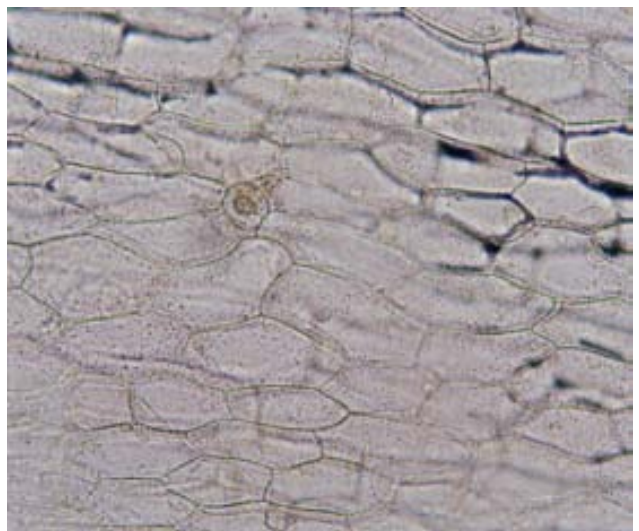
鹽化 5 小時



鹽化 7 小時



鹽化 9 小時



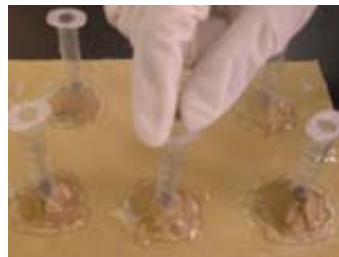
鹽化 24 小時

討論：

1. 由實驗結果得知：鹽化時間越長，細胞質壁分離的情形越嚴重！
2. 實驗設計的鹽化後質壁分離的恢復情形，目前尚在進行中，我們將在比賽時公佈結果！！

### 實驗九、探討鹽化後植物吸水量的變化

步驟：1. 製作植物吸收水分的裝置如下：



2. 每個放 10 顆綠豆，兩天後以 0.4M 的鹽水進行鹽化，並用染濟染色鹽水。
3. 觀察記錄吸水量及植物體內水分上升的情形！

結果：

	清水	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h
催芽後第 1 天	全部加 10cc 的水									
催芽後第 2 天	0.4	0.4	1.0	0.4	0.3	0.5	1.0	1.0	0.2	0.3
催芽後第二天鹽化										
鹽化後第 1 天	1.6	2.1	2	2.6	1.7	1	0.5	0.5	0.8	0.7
鹽化後第 3 天	1.2	0.8	0.7	1.5	1.0	0.7	1.0	2.1	0.5	0.5
鹽化後第 5 天	2.8	2.7	2.7	1.5	0.7	0.6	0.8	1.0	0.5	0.5
鹽化後第 7 天	3.0	3.0	3.0	0.7	0.6	0.5	0	0	0	0

討論：在植物鹽化最嚴重的初期，我們測量即時處理的吸水量，發現鹽化兩小時後即時洗掉鹽水，雖然第三天吸水量明顯降低，但往後又恢復本來的吸水量，顯示已恢復生機！而六小時以後吸水量為 0，顯示他們無法恢復！3 到 5 小時間綠豆們仍在垂死邊緣掙扎，最後仍是死亡的命運！

### 實驗十、探討鹽化後植物細胞滲透壓的改變

#### 1. 利用滴降法測量植物組織水勢：

- 步驟：a. 配蔗糖溶液，前後排成兩排，第一排作為對照用，第二排為實驗用。  
 b. 擠出植物汁液，滴入實驗組中，找出適宜的濃度，30 分鐘後，取一滴實驗組的溶液到對照組中，再找出正確的濃度。  
 c. 利用下表求出植物的水勢值，並記錄之！

對照組	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
蔗糖濃度 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
水勢	-1.2	-2.6	-4.0	-5.3	-6.7	-8.1	-9.6	-11.1	-12.7	-14.3

結果：

#### 初期：

處理	不同濃度				及時處理												對照組		
					0.4M				0.2M		0.6M			0.8M					
	0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h			
鹽化後第一天	蔗糖	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
	水勢	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-4.0

鹽化後 第三天	蔗糖	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	0.15
	水勢	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-5.3	-6.7	-5.3	-5.3	-5.3	-4.0
鹽化後 第五天	蔗糖	0.15	0.20	0.25	0.30	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.15	0.20	0.25	0.25	0.20	0.25	0.25	0.15	
	水勢	-4.0	-5.3	-6.7	-8.1	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-4.0	-5.3	-6.7	-6.7	-5.3	-6.7	-6.7	-4.0	

**中期：**

處理		不同濃度				及時處理												對照組	
						0.4M				0.2M		0.6M			0.8M				
		0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h		
鹽化後 第一天	蔗糖	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15
	水勢	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-5.3	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0
鹽化後 第三天	蔗糖	0.15	0.15	0.20	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.15
	水勢	-4.0	-4.0	-5.3	-6.7	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-5.3	-6.7	-4.0
鹽化後 第五天	蔗糖	0.20	0.20	0.20	0.30	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.20	0.15	0.15	0.20	0.20	0.25	0.25	0.15	
	水勢	-5.3	-5.3	-5.3	-8.1	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-5.3	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-6.7	-6.7	-4.0	

**後期：**

處理		不同濃度				及時處理												對照組
						0.4M				0.2M		0.6M			0.8M			
		0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h	
鹽化後 第一天	蔗糖	0.15	0.15	0.20	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.25	0.15
	水勢	-4.0	-4.0	-5.3	-6.7	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-5.3	-6.7	-4.0
鹽化後 第三天	蔗糖	0.20	0.20	0.25	0.25	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.15
	水勢	-5.3	-5.3	-6.7	-6.7	-4.0	-4.0	-5.3	-5.3	-4.0	-5.3	-4.0	-5.3	-5.3	-5.3	-6.7	-6.7	-4.0
鹽化後 第五天	蔗糖	0.25	0.25	0.30	0.30	0.20	0.20	0.25	0.25	0.20	0.20	0.25	0.30	0.30	0.20	0.20	0.25	0.15

	水勢	-6.7	-6.7	-8.1	-8.1	-5.3	-5.3	-6.7	-6.7	-5.3	-5.3	-6.7	-8.1	-8.1	-5.3	-5.3	-6.7	-4.0
--	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

討論：1. 植物體內的水勢，隨鹽化時間的增加而降低。表示植物細胞中的溶質含量增加，此現象亦發生於高濃度鹽化的早期。而對照組（清水組）則無變化！

2. 利用冰點下降法測量滲透勢：

步驟：以如下的裝置進行：



結果：

**初期：**

處理		不同濃度				及時處理												對照組	
						0.4M				0.2M		0.6M			0.8M				
		0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h		
鹽化後第一天	冰點	-0.08	-0.08	-0.1	-0.11	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.08	-0.08	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.11	-0.1
	滲透勢	-3.68	-3.68	-3.82	-4.07	-3.82	-3.82	-3.82	-3.82	-3.68	-3.68	-3.82	-3.82	-3.82	-3.82	-3.82	-3.82	-4.07	-3.82
	膨壓	0.63	0.63	1.69	1.57	0.39	0.39	0.39	0.39	0.63	0.63	0.39	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.57	0.39
鹽化後第三天	冰點	-0.11	-0.12	-0.12	-0.13	-0.1	-0.12	-0.12	-0.12	-0.1	-0.1	-0.1	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.13	-0.1
	滲透勢	-4.07	-4.2	-4.2	-4.33	-3.82	-4.2	-4.2	-4.2	-3.82	-3.82	-3.82	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.33	-3.82
	膨壓	0.27	0.15	1.45	1.33	0.39	0.15	0.15	0.15	0.39	0.39	0.39	1.45	2.85	1.45	1.45	1.45	1.33	0.39
鹽化後第五天	冰點	-0.13	-0.18	-0.21	-0.2	-0.09	-0.15	-0.18	-0.18	-0.12	-0.12	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.05
	滲透勢	-4.33	-5.0	-5.39	-5.26	-3.69	-4.61	-5	-5	-4.2	-4.2	-5.26	-5.26	-5.26	-5.26	-5.26	-5.26	-5.26	-3.29
	膨壓	0.03	0.72	1.76	3.28	0.51	-0.22	0.72	0.72	0.15	0.15	0.48	1.88	1.88	0.48	1.88	1.88	1.88	0.99

**中期：**

處理		不同濃度				及時處理												對照組
						0.4M				0.2M		0.6M			0.8M			
		0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h	

鹽化後第一天	冰點	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0	-0.01	0	-0.01	-0.01	0
	滲透勢	-2.5	-2.5	-2.76	-2.76	-2.63	-2.63	-2.63	-2.5	-2.63	-2.5	-2.63	-2.63	-2.76	-2.63	-2.76	-2.76	-2.63
	膨壓	1.71	1.71	2.77	2.77	1.59	1.59	1.59	1.71	1.59	1.71	1.59	1.59	2.77	1.59	1.47	1.47	1.59
鹽化後第三天	冰點	0	0	-0.01	-0.01	0.1	0.1	0	0	0	0	0	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01
	滲透勢	-2.63	-2.63	-2.76	-2.76	-1.31	-1.31	-2.63	-2.63	-2.63	-2.63	-2.63	-2.76	-2.76	-2.76	-2.76	-2.76	-2.5
	膨壓	1.59	1.59	2.77	4.17	2.8	2.8	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.47	2.77	2.77	2.77	4.17	1.71
鹽化後第五天	冰點	-0.1	-0.1	-0.12	-0.15	0	0	-0.05	-0.05	-0.02	-0.1	-0.02	-0.05	-0.08	-0.1	-0.12	-0.12	-0.1
	滲透勢	-3.82	-3.82	-4.2	-4.61	-2.63	-2.63	-3.29	-3.29	-2.89	-3.82	-2.89	-3.29	-3.68	-3.82	-4.2	-4.2	-1.31
	膨壓	1.69	1.69	1.45	3.88	1.59	1.59	2.29	2.29	1.35	1.69	1.35	0.99	1.93	1.69	2.85	2.85	2.8

### 後期：

處理		不同濃度				及時處理												對照組
						0.4M				0.2M		0.6M			0.8M			
		0.2	0.4	0.6	0.8	2h	4h	6h	8h	6h	8h	4h	6h	8h	4h	6h	8h	
鹽化後第一天	冰點	0.15	0.12	0.13	0.15	0.15	0.15	0.13	0.12	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16
	滲透勢	-0.64	-1.05	-0.92	-0.64	-0.64	-0.64	-0.92	-1.05	-0.52	-0.52	-0.52	-0.64	-0.79	-0.64	-0.64	-0.64	-0.52
	膨壓	3.4	3.04	4.46	6.1	3.4	3.4	3.16	3.04	3.52	3.52	3.52	3.4	3.28	3.4	4.7	6.1	3.52
鹽化後第三天	冰點	0.15	0.10	0.13	0.08	0.15	0.12	0.09	0.09	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.09	0.08	0.15
	滲透勢	-0.64	-1.31	-0.92	-1.58	-0.64	-1.05	-1.44	-1.44	-0.64	-0.64	-0.79	-0.92	-0.92	-0.92	-1.44	-1.58	-0.64
	膨壓	4.7	4.1	5.86	5.25	3.4	3.04	3.98	3.98	3.4	4.7	3.28	4.46	4.46	4.46	5.38	5.25	3.4
鹽化後第五天	冰點	0.14	0.08	0.07	0.06	0.14	0.10	0.08	0.08	0.14	0.14	0.11	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.14
	滲透勢	-0.79	-1.58	-1.71	-1.84	-0.79	-1.31	-1.58	-1.58	-0.79	-0.79	-1.18	-1.44	-1.58	-1.31	-0.58	-1.58	-0.79
	膨壓	5.98	5.25	6.53	6.41	4.58	4.1	5.25	5.25	4.58	4.58	5.62	6.78	6.65	4.1	3.85	5.25	3.28

討論：1. 植物鹽化後，隨著鹽化濃度與時間的增加，體內溶質的累積量也有些微的增加趨勢，溶質的增加使冰點下降。下降的越多，表示溶質量越多！

2. 溶質量增加，細胞的滲透勢下降，也就是細胞的滲透壓上升，但細胞的膨壓依然維持正值，表示細胞此時水分並不會向外流動，又因滲透壓不夠大，細胞無法吸收外界水分，而使植物體內缺水失去應有的生理作用！

3. 雖然我們證明植物遭受鹽害的過程中，體內累積了一些溶質，使體內的水不致往外流，到底是哪些溶質的累積呢？國中生的我們只能測量糖類及胺基酸的含量變化，利用色層分析的方法，以本氏液檢驗糖類，以寧海君試劑檢驗胺基酸，目前尚在實驗中，將於比賽時公佈結果，敬請指教！！

## 【研究五、植物鹽化的即時處理對水耕植物生理的影響】

### 實驗十一、鹽化植物水耕恢復的時效性研究（生長情形）

步驟：1. 催芽後，分初期、中期、後期鹽化，按標示去掉鹽水，再以清水沖洗，觀察綠豆生長的情形。

初期：

鹽化時間(時)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	全鹽
鹽化前平均株高	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均根的長度	1.1	1.3	0.9	0.7	1.2	1.1	0.9	0.9	1.2	1.1	0.8
鹽化後第一天	1.4	1.3	1.2	0.9	1.4	1.2	1.0	0.9	1.2	1.1	0.8
鹽化後第三天	2.1	1.5	1.3	0.9	1.5	1.2	1.1	0.9	1.2	1.0	0.6
鹽化後第五天	3.7	1.5	1.5	1.1	1.6	1.3	1.2	1.2	1.2	1.0	0.6
鹽化後第七天	4.5	1.9	1.5	1.1	1.6	1.3	1.2	1.2	1.2	0.9	0.6
鹽化後第十天	5.8	2.1	1.9	1.5	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6
第十天生長情形	☆	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

中期：

鹽水濃度(M)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	全鹽
鹽化前平均株高	3.2	2.8	3.1	3.1	2.8	2.7	3.2	3.2	3.0	3.0	2.9
鹽化後第一天	3.9	3.3	3.7	3.2	2.9	2.7	3.1	3.3	3.1	3.0	2.9
鹽化後第三天	4.5	3.8	4.2	3.8	3.3	3.0	3.1	3.2	3.0	3.0	2.9
鹽化後第五天	5.3	4.5	4.9	4.5	3.6	3.1	3.2	3.2	2.9	3.0	2.8
鹽化後第七天	7.8	5.9	5.5	5.3	4.1	3.3	3.2	3.2	3.0	2.9	2.7
鹽化後第十天	9.5	7.1	6.3	5.9	4.7	3.5	3.0	3.2	3.0	2.7	2.6
第十天生長情形	☆	△	△	△	△	×	×	×	×	×	×

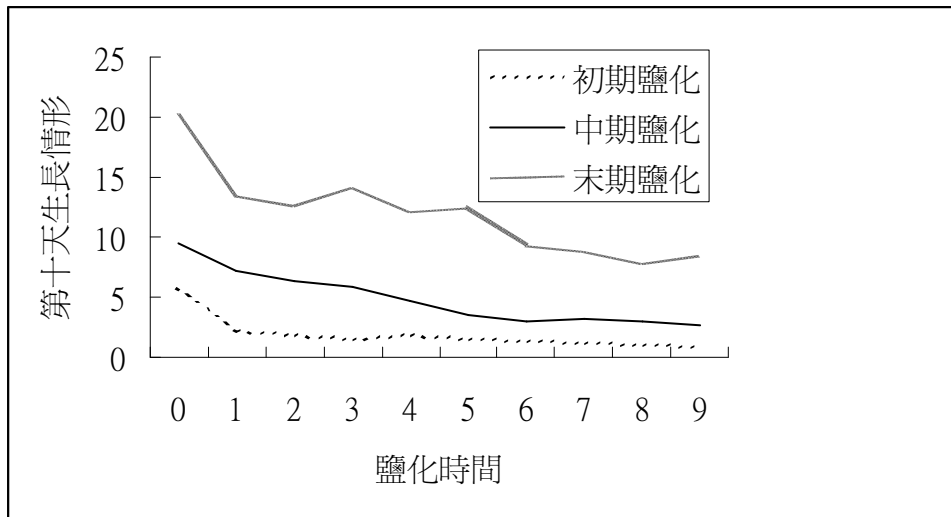
符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭

後期：

鹽化時間(時)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	全鹽
鹽化前平均株高	7.5	7.7	7.4	7.8	7.8	7.6	7.6	7.8	7.0	7.5	7.0
鹽化後第一天	9.2	8.7	8.9	8.6	8.5	8.6	7.9	8.3	7.4	7.9	7.1
鹽化後第三天	11.7	9.7	8.5	8.9	9.2	9.0	8.5	8.5	7.7	8.4	7.5
鹽化後第五天	14.5	10.5	9.1	10.0	10.2	9.7	9.0	8.8	7.8	8.4	7.5
鹽化後第七天	16.2	11.9	10.6	11.2	11.7	10.8	9.3	8.9	7.8	8.5	7.5
鹽化後第十天	20.1	13.5	12.6	14.2	12.1	12.5	9.4	8.9	7.8	8.5	7.5
第十天生長情形	☆	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭





後期鹽化的綠豆植株 (0-0.4M)



後期鹽化的綠豆植株 (0.6-0.9M)

討論：

1. 水耕綠豆不論初期、中期或後期鹽化的即時處理對植物都有所幫助，處理的越早，雖然早期的生長有所抑制，但仍可恢復生機！而其決定關鍵在鹽化後 5-6 小時之內！
2. 在不同濃度的鹽水水耕及時處理，發現高濃度的鹽水鹽化 1-3 小時仍可使綠豆恢復生機，尤以後期的存活率更高！
3. 探討存活率的提高，根部組織並沒有變軟變爛、吸水量雖較對照組少但每天持續增加中、細胞平均滲透壓，仔細照顧多天後，雖然較對照組矮，但仍有持續生長的現象，表示植物恢復了生機。
4. 鹽化的即時處理，除了在關鍵時期可以救活植物外，我們認為這對植物本身也產生了小小的馴化作用，下次在遇到低濃度的鹽水，就比較有能力去抵抗它，對植物而言，何嘗不是件好事呢！若對人類而言，這樣的馴化，若是有其他的有害物質，卻是件極大的傷害啊！

## 【研究五、模擬土耕環境下土壤鹽化的恢復對植物的影響】

### 實驗十二、模擬土耕環境下土壤鹽化的恢復對植物的影響

步驟：如下各圖所示。



1 托盤的六個凹槽內均放入 50 顆綠豆，



2 清洗綠豆，重覆三次，水倒掉，凹槽上寫好標誌(每盤需有清水對照組) 加約 30ml 的清水，濕蓋至翌日。



3 浸過綠豆的水倒掉，再將綠豆過水後，下盤不再加水，濕蓋至翌日使之發芽。



4 以鐵絲固定長條狀紗布成可以提起的提把



5. 將含提把的紗布置放在各盤的凹槽上



6 模擬沿海細砂做為土耕的地層



7 將細砂一勺加到各凹槽內，並以相同水量濕潤



8 各槽均已順利發芽的綠豆



9 將已發芽的綠豆移至模擬的沿海地



10 已順利適應一天細砂地質的綠豆



11 室內栽種綠豆的土耕環境



12 清水組生長正常，表土耕環境 OK



13 提起上托盤，以針筒進行換水



14 第六天綠豆土耕生長的情形



15 第七天清水組的苗高已有超過5cm的



16 以針筒補注定量的水



17 清水組生長正常，鹽化組的生長受抑制



18 清水組的苗高遙遙領先，鹽水組的大都藏而不露



19 紗網整個提起，底座洗得乾淨些



20 鹽化2小時的也開始綠苗初長了



21 所有各盤的清水組都生長正常



22 清水組的苗高10cm時，鹽化1小時的也已有超過5cm了



23 觀察十天了，鹽化沒及時處理的綠豆都長不起來

討論：

1. 鹽化1、2小時的綠豆生長雖受抑制但都救得活，鹽化3小時~五天則沒看見有綠葉長出來。
2. 實驗顯示鹽化時間短且有及時去鹽處理的仍可讓作物生長，沒有去鹽的則毫無生機可言。
3. 水耕與土耕的結果情況一致，再次證明我們的實驗理論！

## 【研究六、腦筋急轉彎⇨搶救鹽化植物的大挑戰】

### 實驗十三、促進植物進行呼吸作用：

- 步驟：1. 保特瓶切開，將初期、中期與後期鹽化後的綠豆苗 10 株放於底部，再將上部套上疊合。
2. 收集及注射定量的氧氣，如下圖所示：



二氧化錳



雙氧水



收集氧氣

3. 一瓶對照組不注射氧氣(內含約 20% 氧氣)，另一瓶則加 30ml 氧氣(內含約 24% 氧氣)，密封，遮光 24 小時，如下圖所示：



將收集的氧氣注入



一為實驗組一為對照組



蓋上紙箱模擬暗室

4. 紀錄並分析結果。

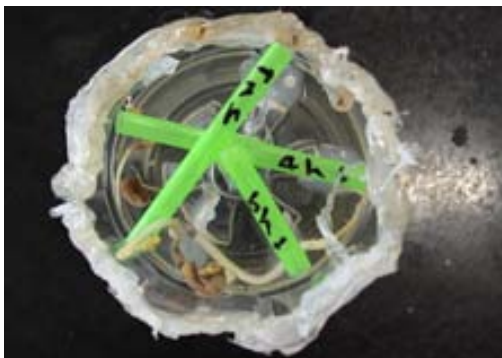
### 結果與討論：

1. 若我們以促進植物的光合作用來搶救垂死的植物，發現不論初期、中期或後期的植物，均可加速植物的死亡。推測：鹽化後細胞缺水，光合作用速率降低，雖然提高空氣中二氧化碳的濃度，但是細胞缺水仍無法進行光反應，只好走入死亡的命運！



前二為呼吸作用組、後二為光合作用組

2. 中期結果：0.2M—8 小時、0.4M—6 小時、0.6M—2 小時、0.8M—1 小時都有長出新根！



5. 後期結果：0.2M—9 小時、0.4M—6 小時、0.6M—3 小時、0.8M—1 小時都有長出新根！



0.8M 鹽化 1 小時



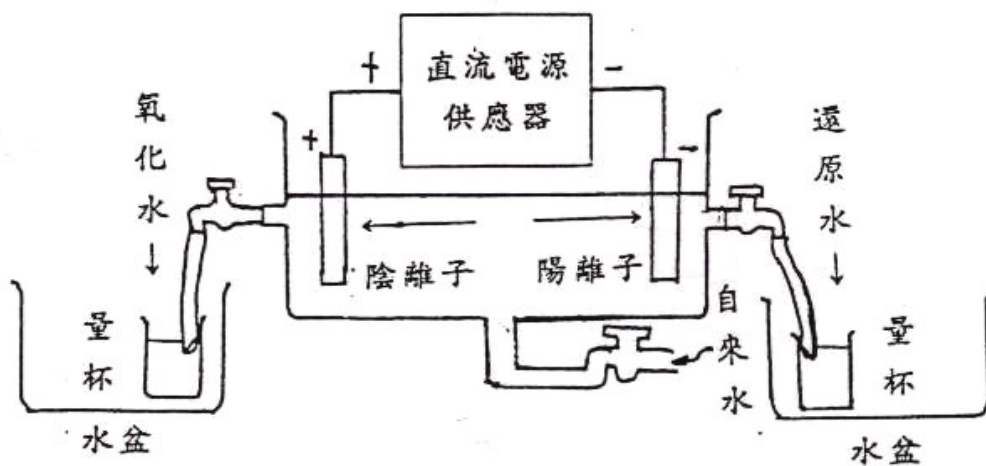
0.6M 鹽化 3 小時



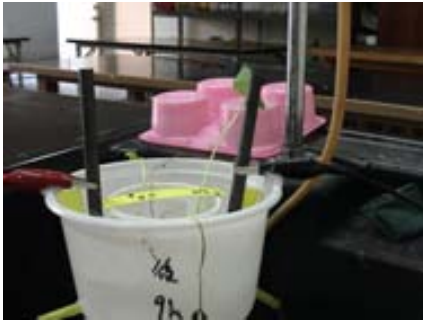
0.4M 鹽化 6 小時

6. 在自然界中，植物受到鹽害後，光合作用降低（細胞內缺水），而呼吸作用提高，增加養分的分解，來維持生命。若增加空氣中氧氣的濃度來提高呼吸作用，不但可以加速癒傷組織的癒合（氧氣的作用），促進新根的產生，更可增加植物的存活！

#### 實驗十四、利用電解方法進行搶救：



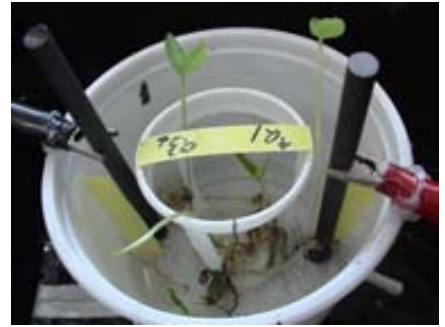
結果：



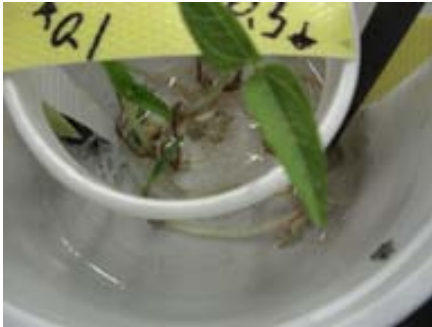
電解一天後植物抬頭了



初期鹽化的植物救活了



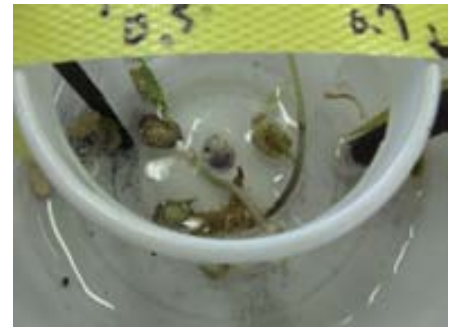
電解二天後植物陸續抬頭了



鹽化 24 小時後仍可恢復生機



0.7M 鹽化 24 小時仍能長出新葉



初期鹽化的植物高濃度仍不好救

討論：

1. 應用此方法大部分的植物均可救活，雖然初期鹽化的植物較不理想，但是後期甚至 0.7M 鹽水鹽化 24 小時後仍可恢復生機，且根部組織已無變軟的現象，真是令人高興！
2. 雖然此方法可救活植物，但成本上不符合經濟價值！如果想救的植物價值連城，數量不多，不仿可以用用這種方法！

### **實驗十五、利用生物方法進行搶救：**

步驟：1. 採集植物，帶回！取生長良好的植物，放入不同濃度的鹽水中，觀察紀錄鹽水、植物的變化，並推算植物的最大吸鹽量。

2. 10 天後，更新鹽水重複步驟 1，放入生長初期、中期及後期的綠豆，觀察紀錄之！

結果：1. 我們採集了以下的濱海植物：



海芙蓉



濱水菜



裸花鱉蓬

2. 以 0.3M 的鹽水種植濱水菜，一天後發現在葉子的表面上有很多小水滴，第二天小水滴

不見了，第三天後在葉子的表面出現了一粒一粒的白色的顆粒。如下：



葉子表面的白色顆粒



葉子表面的白色顆粒



葉背與莖上也有白色顆粒

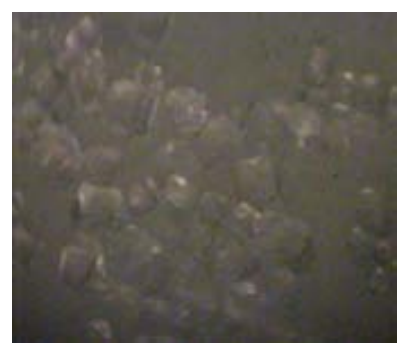
3. 在顯微鏡下觀察這白色顆粒與食鹽的白色顆粒一樣：



葉子表面的白色顆粒



葉子表面的白色顆粒



食鹽的顆粒

4. 鹽水濃度 0.3M 的變化：

	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天	第七天
電阻值( $\Omega$ )	90	95	145	180	200	230	450	470	675	715	超過 1k	超過 1k

以此方法測得的水電阻值為 2500。

5. 由此可證明濱水菜確實可把鹽水吸收並聚集鹽分，使鹽水濃度越來越淡。

- 討論：
1. 在鹽生植物的最大吸鹽量中，我們發現濱水菜吸收一階段的鹽分後，第二階段的吸鹽量有明顯減少，且植物葉片較乾扁、落葉量增加，我們推測：濱水菜吸收鹽分後，若無法消化或分泌出體外，則將鹽分聚集在葉片內，以落葉形式排除過多的鹽分。至於海芙蓉與裸花鱸蓬尚在實驗進行中，將在比賽時公佈實驗結果，敬請指教！
  2. 鹽生植物的最大吸鹽量實驗，我們最主要的目的是計算一顆植物所能吸收的最大吸鹽量，以便應用於實際農田中，然而我們遇到了一些困難，目前正在克服中！
  3. 鹽生植物與綠豆的共同培養中，初步發現雖然鹽化初期受到抑制，但仍可使植物恢復生機，其關鍵時間仍進一步尋找中。

## 六. 心得討論與建議

1. 由實驗證實，鹽化的土壤不經處理，農作物是完全沒有生機的。如果我有一片農田，雖受天災而鹽化的土壤，我絕不與環境逆境妥協，先將以電錶測水質有無鹽化。再小心地引水稀釋鹽化

的農田，或是將鹽生植物種植在容易接受海水到灌的地方，我相信沒有解決不了的問題，與其消極的等待天災後政府的補助，不如配合政府，積極的謀求合理生存的解決之道才是！

2. 鹽生植物的開發與利用，有利我們農作物的生長，不必再用一些化學物質，這是我們一直以來的夢想，在未來的日子裡有所貢獻於我們的社會！！

## 七. 未來展望

腦力的激盪讓我們對搶救植物產生的濃厚的興趣，雖然研究結果並不完整，但未來我們將更努力，期望找出更好的方法造福農民！此外我們也規劃研究正常植物、鹽化植物、即時處理並恢復生機後體內物質含量的變化是否有不同，期望讓這些恢復生機的植物得到存在的價值與意義！

## 八. 參考資料

1. 國立編譯館生物課本上冊
2. 國立編譯館地球科學課本上冊
3. 國立編譯館理化課本第二冊
4. 南一版自然與生活科技課本第一冊
5. 易希道，最新植物生理學，環球出版社
6. 本校歷屆科展作品



## 評語

030318 國中組生物科 佳作

再造生生不息的世界—鹽化植物大作戰

1. 對環境與生態復原甚有創意。
2. 材料的選用及實驗結果呈現略嫌簡略。