

# 屏東縣第 60 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：誰是『鹹』內『阻』

~探討穀類作物在鹽鹼化的土壤中的生長情形~



關鍵詞：鹽逆境、澱粉酶、穀類

編號：

# 目錄

摘要	1
壹、研究動機	2
貳、文獻探討及名詞解釋	2~3
參、研究目的	3
肆、實驗材料與器材	4
伍、實驗設計與流程	5
陸、研究過程與方法	6~8
一、探討不同的鹽度對各種穀類作物發芽的影響	6
二、探討不同的鹽度對各種穀類作物莖生長狀況的影響	7
三、探討不同的鹽度對各種穀類作物根生長狀況的影響	7
四、探討不同的鹽度對各種穀類作物葉生長狀況的影響	7
五、比較四種作物在不同鹽度下的生長狀況差異	7
六、探討不同的鹽度對各種穀類作物中澱粉酶活性的影響	7
七、探討不同的鹽度對各種穀類作物氣孔大小和密度的影響	8
柒、實驗結果與討論	9~26
一、探討不同的鹽度對各種穀類作物發芽的影響	9~13
二、探討不同的鹽度對各種穀類作物莖生長狀況的影響	13~16
三、探討不同的鹽度對各種穀類作物根生長狀況的影響	17~18
四、探討不同的鹽度對各種穀類作物葉生長狀況的影響	19~20
五、比較四種作物在不同鹽度下的生長狀況差異	20~25
六、探討不同的鹽度對各種穀類作物中澱粉酶活性的影響	25~26
七、探討不同的鹽度對各種穀類作物氣孔大小和密度的影響	26
捌、結論	27
玖、參考文獻	28

## 作品名稱：誰是『鹹』內『阻』

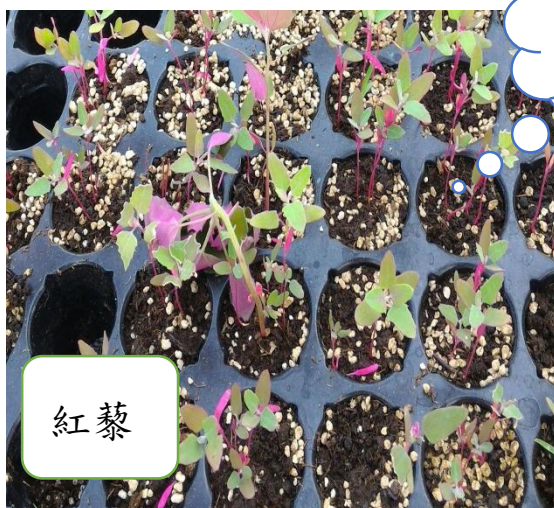
~探討穀類作物在鹽鹼化的土壤中的生長情形~

### 摘要:

我們在這次實驗中探討了許多有關鹽鹼化土壤對穀物生長的影響，主要涵蓋了：發芽、莖、根、葉、澱粉酶和氣孔等部分。我們發現：

- 一、這三種穀類作物耐鹽的極限約在 2%，發芽時耐鹽能力玉米 > 紅藜 > 紅小麥。
- 二、莖生長耐鹽能力是紅藜 > 紅小麥 > 玉米。
- 三、紅小麥的側根在低鹽中是生長長度比清水高出 4~8 倍，發達的側根可能和單子葉植物耐鹽機制有關。側根的生長是紅小麥 > 玉米 > 紅藜。
- 四、鹽分濃度越高，澱粉酶也比較多、葉寬度遞減、氣孔密度變小，沒有縮小氣孔的抗鹽機制。

我們也在實驗中證明了穀物的生長或許需要一點鹽分的加持，例如：有加一點鹽的組別葉子可以長得比較寬、根比較長。但是也證實了太多的鹽分還是會鑄成一個對穀物充滿傷害的環境。希望我們的實驗可以幫助到在鹽鹼化環境下種植穀物的農夫們。



耐鹽的明日之星



## 壹、研究動機

全球暖化會引起海水倒灌是早已說爛的知識，而它的危害也是長遠的，就像它會淹沒許許多多的陸地，更多居民無家可歸……等等罄竹難書。可是，就在一次瀏覽網路新聞的時候，我看到了一個驚人的消息：「海水倒灌引起土壤的鹽鹼化一說。」我不由得驚呼：「原來鹽鹼化與我們所知的全球暖化也有這麼一層關係！」這也讓我想起地理課正在教的土壤鹽鹼化。課本裡說鹽鹼化的危害會讓植物難以生存，唯有抗鹽性極強的植物才可存活。而我屏東林邊的地層下陷、海水倒灌不就會深受影響嗎？我想，若是海水的鹽分影響到了土壤裡的植物，我們的主食——穀物是不是也會受到影響？那麼究竟是哪一種穀物才可抵擋未來的惡劣環境呢？我就想藉由科展這個機會去研究一下到底哪一種穀物是最能抗鹽的呢？

## 貳、文獻探討及名詞解釋

### 一、認識土壤鹽鹼化對植物生長的危害

我們在網路上，查到不少有關土壤鹽鹼化的新聞報導，或是搜尋百科，發現鹽鹼化對植物帶來許多負面的影響，例如：

- (一) 莖容易收縮變細，變得弱不禁風。
- (二) 不容易扎根，容易因颶風下雨而傾倒。
- (三) 葉綠體蛋白質的合成受到破壞，葉綠體也會趨向分解，葉片會失去綠色樣貌。
- (四) 葉面積停止增加，植物的鮮重與乾重降低。
- (五) 容易滋生各種病症。

然而當植物生存在鹽鹼化的土壤，會有一些適應，例如：

- (一)吸水稀鹽：根部吸水以維持低鹽濃度水平，但，若是鹽分過高也會抑制植物生長。
- (二)葉、莖加厚角質層：避免水分大量蒸散。
- (三)葉面縮小：避免水分大量蒸散。
- (四)根尖有較發達的表皮與外表皮。
- (五)鬚根靠近根端：較容易吸收水分。

## 二、鹽分過多

- (一)鹽離子：可以改變土壤水分的滲透壓，根部過低的滲透壓，使作物無法自根部吸收水分與養分——生理乾旱是雖有充足的水分，卻因土壤中含有過多鹽離子而吸收不了水份，甚至還導致水分從根細胞外滲，使植物脫水。
- (二)高濃度鹽分：因鹽分的作用下，保衛細胞內澱粉形成受到阻礙，使氣孔無法關閉，則植物容易乾旱枯萎。

## 三、鹼化程度過高

- (一)鈉離子：由於鈉離子的競爭，容易減少植物對鉀、磷和其他營養元素的吸收，致使植物的營養狀況低落。
- (二)鹼性；土質變差是對於土壤來說，它的鹼化程度越高，物理性狀就越差。濕潤時容易膨脹、泥濘、分散；乾燥時則收縮、堅硬、板結。

## 參、研究目的


- 一、探討不同的鹽度對各種穀類作物發芽的影響。
- 二、探討不同的鹽度對各種穀類作物莖生長狀況的影響。
- 三、探討不同的鹽度對各種穀類作物根生長狀況的影響。
- 四、探討不同的鹽度對各種穀類作物葉生長狀況的影響。
- 五、比較四種作物在不同鹽度下的生長狀況差異。
- 六、探討不同的鹽度對各種穀類作物中澱粉酶活性的影響。
- 七、探討不同的鹽度對各種穀類作物氣孔大小和密度的影響。

## 肆、實驗材料與器材

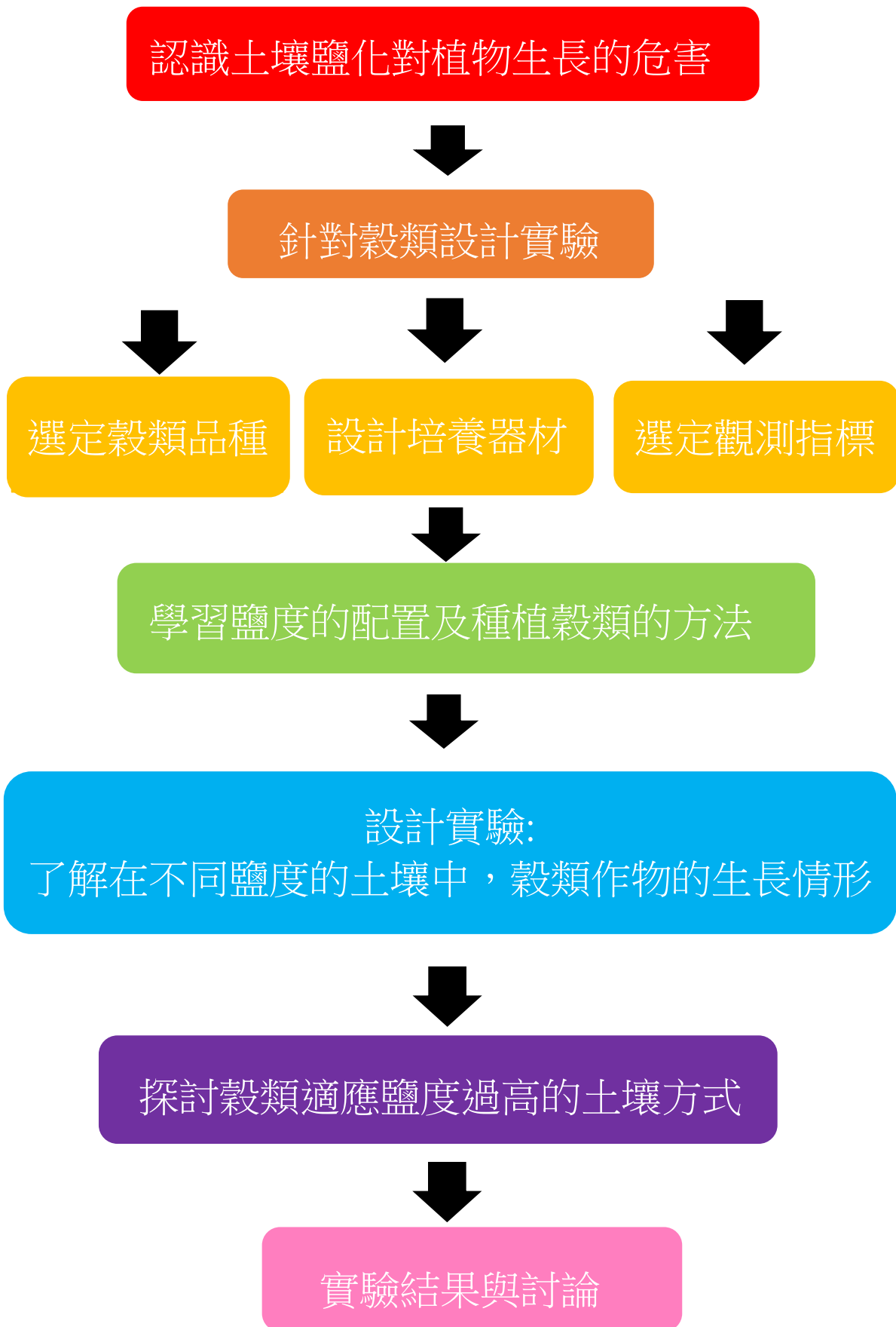
### 一、實驗材料

蕎麥	紅小麥	紅藜	黑藜	玉米
				
食鹽	自來水	澱粉	本氏液	有機土
				

### 二、器材

棉花	塑膠盒	量筒	玻棒	試管
				
燒杯	試管架	加熱攪拌機	盆栽盒	電子秤
				
顯微鏡	顯微測微器	蓋玻片 載玻片	鑷子	指甲油
				

## 伍、實驗設計與流程



## 陸、研究過程與方法

### 一、探討不同的鹽度對各種穀類作物發芽的影響。

(一)選定穀類品種：我們先使用清水種植，觀察哪一種穀類的生長速率較好。我們選了有大麥、蕎麥【圖四】、紅小麥【圖二】、裸麥、燕麥、紅藜【圖三】、黑藜、小米【圖一】、玉米等穀類。結果大麥、蕎麥、裸麥、燕麥、黑藜、小米因生長狀況不佳，沒被選用，最後我們選了玉米、紅小麥、紅藜為實驗對象，進行以下的實驗。



【圖一】小米落選

【圖二】紅小麥當選

【圖三】紅藜當選

【圖四】蕎麥落選

(二)選定實驗組與對照組：實驗組為加食鹽水的組別，對照組為加清水的組別。

(三)調配食鹽水：200ml 的水加上一定比例的食鹽調配所需鹽水濃度。

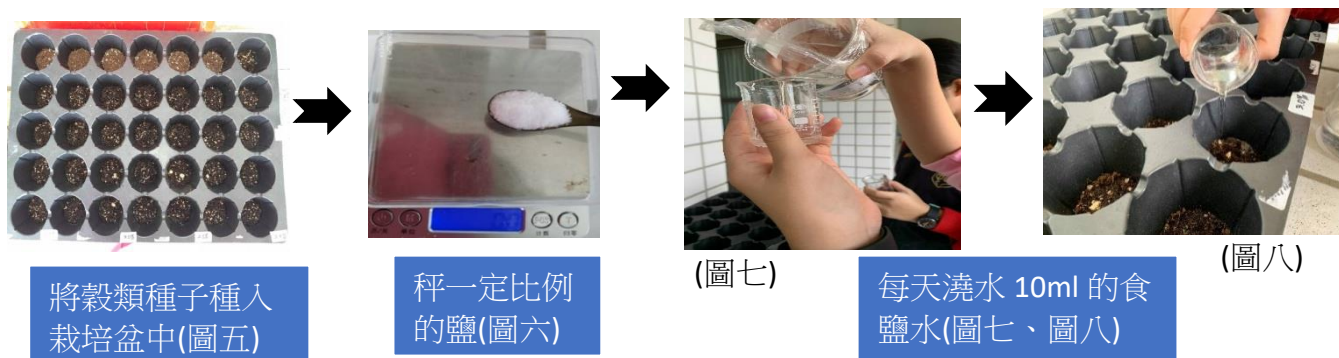
(四)食鹽水濃度(鹽度)：我們選了 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%及清水五種濃度。

(五)每種濃度穀類顆數：玉米 10 顆；紅小麥 20 顆；紅藜 50 顆

(六)加入食鹽水：每天加入 10ml 的食鹽水。

(七)記錄觀測指標：發芽數量(每天)、莖長(第 4 天開始量)、根長(第 22 天量)、鬚根長(第 22 天量)、葉寬(第 22 天量)、氣孔寬度(第 17 天量)、氣孔密度(第 17 天量)、有無花青素(隨時觀察根、莖、葉的顏色)

(八)比較玉米在不同的鹽度下，發芽情況的差異；紅小麥、紅藜亦做相同的比較分析。





## 二、探討不同的鹽度對各種穀類作物莖生長狀況的影響。

- (一)方法同實驗一的(一)~(七)
- (二)比較玉米在不同的鹽度下，莖生長情況的差異；紅小麥、紅藜亦做相同的比較分析。

## 三、探討不同的鹽度對各種穀類作物根生長狀況的影響。

- (一)方法同實驗一的(一)~(七)
- (二)比較玉米在不同的鹽度下，根生長情況的差異；紅小麥、紅藜亦做相同的比較分析。

## 四、探討不同的鹽度對各種穀類作物葉生長狀況的影響。

- (一)方法同實驗一的(一)~(七)
- (二)比較玉米在不同的鹽度下，葉生長情況的差異；紅小麥、紅藜亦做相同的比較分析。

## 五、比較四種作物在不同鹽度下的生長狀況差異。

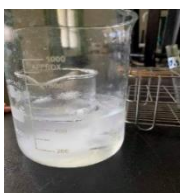
- (一)方法同實驗一的(一)~(七)
- (二)比較四種穀物在不同鹽度下的生長狀況差異

## 六、探討不同的鹽度對各種穀類作物中澱粉酶活性的影響。

- (一)先用燒杯裝 200ml 的熱水，再以刮勺盛兩平匙澱粉倒入熱水。
- (二)將澱粉溶液放在加熱攪拌機上加熱至溶液有點稠狀。(圖九)
- (三)加熱完成後加入冰塊隔水冷卻。(圖十)
- (四)取各種濃度的同種植物，利用鉢和杵將穀物搗爛並榨出汁。(圖十一)
- (五)等待澱粉液冷卻完全後即滴入 1cc 到植物液裡。(圖十二)
- (六)植物液與澱粉液混合後，等待 30 分鐘，加入 1cc 本氏液並隔水加熱。(圖十三)
- (七)觀察本氏液顏色的變化，並紀錄之。(圖十四)



在加熱攪拌機上加熱澱粉液(圖九)



利用冰塊隔水冷卻澱粉液(圖十)



將植物搗成汁(圖十一)



取 1CC 汁液(圖十二)



在各濃度加入 1cc 本氏液隔水加熱(圖十三)



觀察顏色變化(圖十四)

## 七、探討不同的鹽度對各種穀類作物氣孔大小和密度的影響。

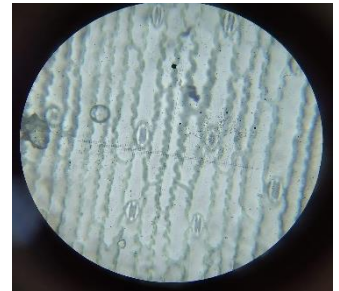
- (一)在植物葉片上塗一層指甲油。(圖十五)
- (二)等待至指甲油乾掉後即可輕輕撕下，製成玻片標本。
- (三)放置顯微鏡下觀察(目鏡:10倍、物鏡:40倍)。(圖十六)
- (四)紀錄視野下氣孔數量及大小，取三個視野平均。(圖十七)



將指甲油塗於植物上  
(圖十五)



放置顯微鏡下觀察  
(圖十六)



視野下氣孔的分布  
(圖十七)

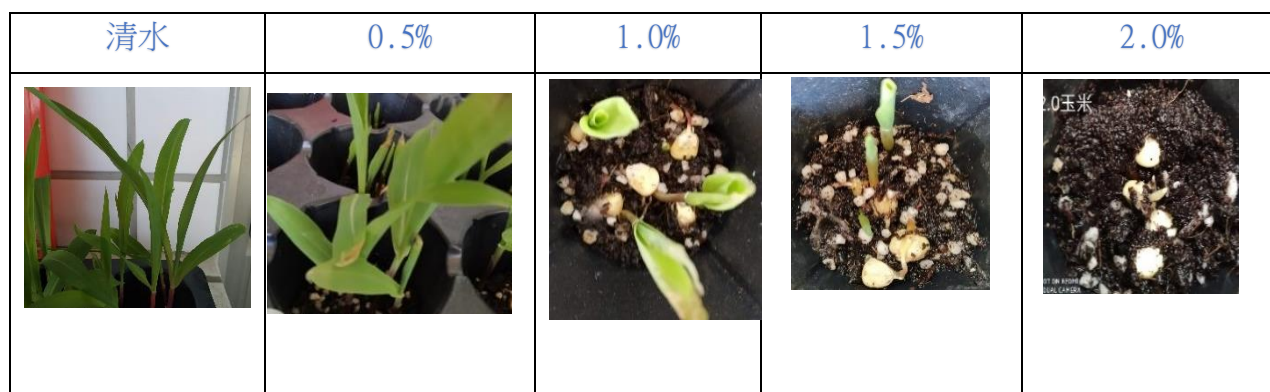
## 柒、實驗結果與討論

### 一、探討不同的鹽度對各種穀類作物發芽的影響。

#### (一) 玉米

玉米耐鹽度很好，鹽度 1.5% 有 70% 的發芽率，鹽度 1.0% 的發芽率甚至可達 100%，比清水好，而且在第七天發芽率就達到 100%，鹽度 2.0% 發芽率只有 10%【表二】。玉米一開始在 0.5% 濃度組別裡生長的狀況不是很好，第四天只有發芽 1 顆，但到了第五天就迅速發芽了 5 顆。在第十七天在 2.0% 的食鹽水組的玉米也長出了第一顆。玉米在 1.0% 的食鹽水的發芽率是最高的，而且沒發霉(清水有發霉)，推測土壤有一點鹽度，可能可以促進玉米發芽，並抑制黴菌的產生。

【圖十八】在不同的鹽度下玉米的生長情形

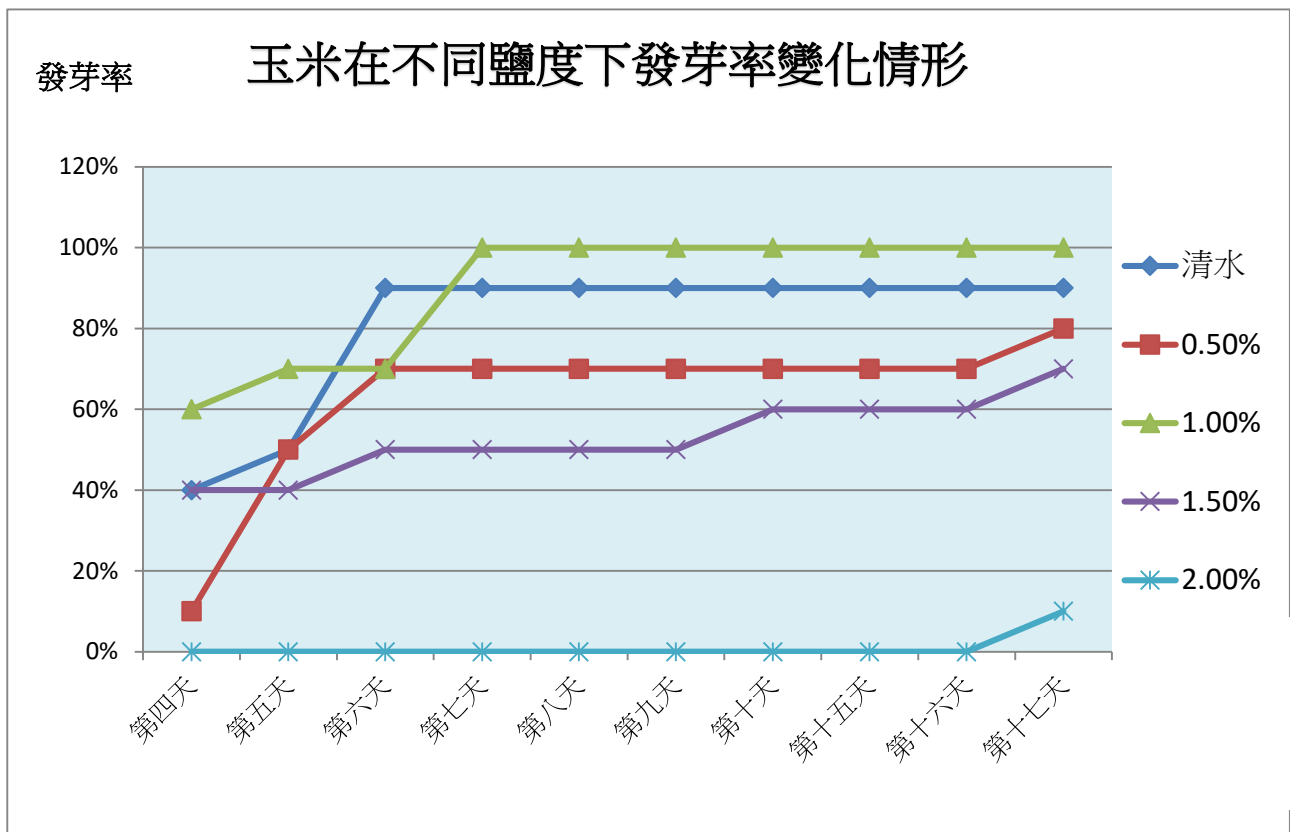


鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	4 顆	1 顆	6 顆	4 顆	0 顆
第五天	5 顆	5 顆	7 顆	4 顆	0 顆
第六天	9 顆	7 顆	7 顆	5 顆	0 顆
第七天	9 顆	7 顆	10 顆	5 顆	0 顆
第八天	9 顆	7 顆	10 顆	5 顆	0 顆
第九天	9 顆	7 顆	10 顆	5 顆	0 顆
第十天	9 顆	7 顆	10 顆	6 顆	0 顆
第十五天	9 顆 (發霉)	7 顆	10 顆	6 顆	0 顆
第十六天	9 顆	7 顆	10 顆	6 顆	0 顆
第十七天	9 顆	8 顆	10 顆	7 顆	1 顆

【表一】玉米在不同鹽度下發芽顆數變化情形

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	40%	10%	60%	40%	0%
第五天	50%	50%	70%	40%	0%
第六天	90%	70%	70%	50%	0%
第七天	90%	70%	100%	50%	0%
第八天	90%	70%	100%	50%	0%
第九天	90%	70%	100%	50%	0%
第十天	90%	70%	100%	60%	0%
第十五天	90%	70%	100%	60%	0%
第十六天	90%	70%	100%	60%	0%
第十七天	90%	80%	100%	70%	10%

【表二】玉米在不同鹽度下發芽率變化情形

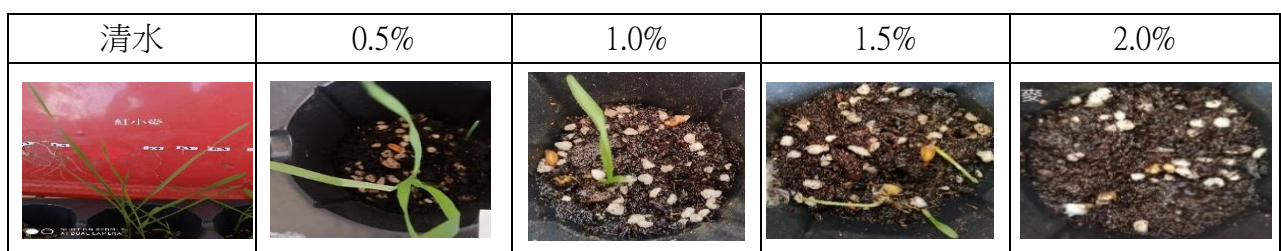


【圖十九】在不同的鹽度下玉米發芽率比較

## (二)紅小麥

紅小麥的發芽率在清水時最好，可達 65%，其餘鹽度的發芽率都在 35%以下，**很明顯的隨鹽度的增加而降低，到鹽度 2.0%時發芽率已降為 0**，所以紅小麥能耐一點鹽，但忍受力不高，而且鹽度 1.5%還有發霉的現象。

【圖二十】在不同的鹽度下紅小麥的生長情形

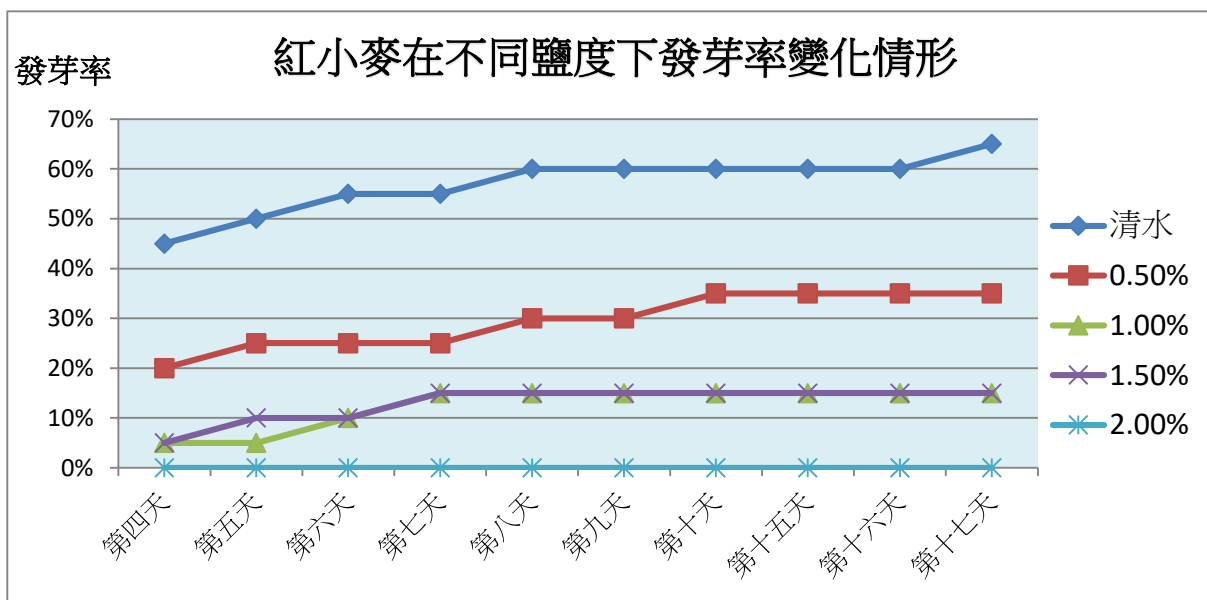


【表五】紅小麥在不同鹽度下發芽顆數變化情形

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	9 顆	4 顆	1 顆	1 顆	0 顆
第五天	10 顆	5 顆	1 顆	2 顆	0 顆
第六天	11 顆	5 顆	2 顆	2 顆	0 顆
第七天	11 顆	5 顆	3 顆	3 顆	0 顆
第八天	12 顆	6 顆	3 顆	3 顆	0 顆
第九天	12 顆	6 顆	3 顆	3 顆	0 顆
第十天	12 顆	7 顆	3 顆	3 顆	0 顆
第十五天	12 顆	7 顆	3 顆	3 顆(發霉)	0 顆
第十六天	12 顆	7 顆	3 顆	3 顆	0 顆
第十七天	13 顆	7 顆	3 顆	3 顆	0 顆

【表六】紅小麥在不同鹽度下發芽率變化情形

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	45%	20%	5%	5%	0%
第五天	50%	25%	5%	10%	0%
第六天	55%	25%	10%	10%	0%
第七天	55%	25%	15%	15%	0%
第八天	60%	30%	15%	15%	0%
第九天	60%	30%	15%	15%	0%
第十天	60%	35%	15%	15%	0%
第十五天	60%	35%	15%	15%	0%
第十六天	60%	35%	15%	15%	0%
第十七天	65%	35%	15%	15%	0%

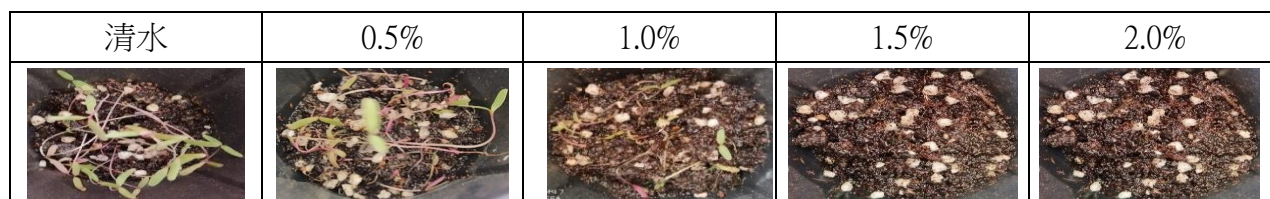


【圖二十一】在不同鹽度下紅小麥發芽率比較圖

### (三)紅藜

紅藜在鹽度 0.5%發芽率最高，可達 90%，甚至比清水的 82%好，在鹽度 1%時有 42%的發芽率，鹽度 1.5%時有 30%發芽率，不過鹽度達 2.0%時，發芽率就為 0 了。可見紅藜可忍受輕微的鹽度。

【圖二十二】在不同的鹽度下紅藜的生長情形

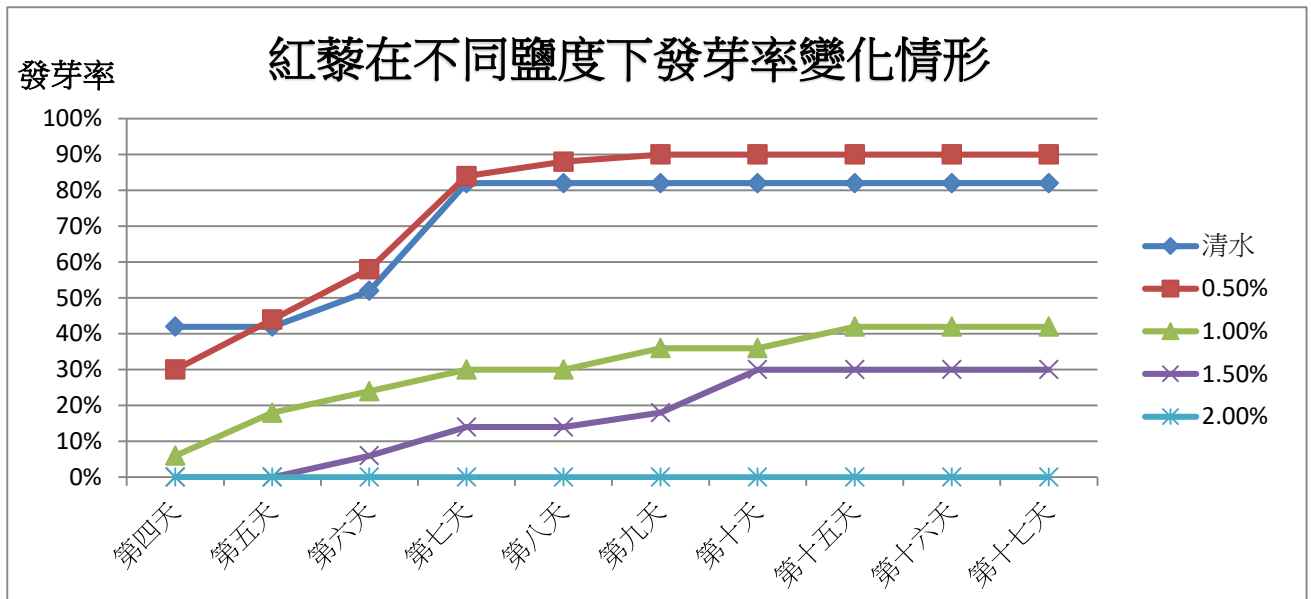


【表七】紅藜在不同鹽度下發芽顆數變化情形

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	21 顆	15 顆	3 顆	0 顆	0 顆
第五天	21 顆	22 顆	9 顆	0 顆	0 顆
第六天	26 顆	29 顆	12 顆	3 顆	0 顆
第七天	41 顆	42 顆	15 顆	7 顆	0 顆
第八天	41 顆	44 顆	15 顆	7 顆	0 顆
第九天	41 顆	45 顆	18 顆	9 顆	0 顆
第十天	41 顆	45 顆	18 顆	15 顆	0 顆
第十五天	41 顆	45 顆	19 顆	15 顆	0 顆
第十六天	41 顆	45 顆	19 顆	15 顆	0 顆
第十七天	41 顆	45 顆	19 顆	15 顆	0 顆

【表八】紅藜在不同鹽度下發芽率變化情形

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第四天	42%	30%	6%	0%	0%
第五天	42%	44%	18%	0%	0%
第六天	52%	58%	24%	6%	0%
第七天	82%	84%	30%	14%	0%
第八天	82%	88%	30%	14%	0%
第九天	82%	90%	36%	18%	0%
第十天	82%	90%	36%	30%	0%
第十五天	82%	90%	42%	30%	0%
第十六天	82%	90%	42%	30%	0%
第十七天	82%	90%	42%	30%	0%



【圖二十三】在不同鹽度下紅藜發芽率比較

## 【結果與討論】

1. 鹽度 2.0%在三種作物中幾乎都無法發芽，只到了第 17 天，玉米才冒出第一顆芽，可見土壤含鹽量超過 2.0%時，便會對作物造成危害，使得植物發芽率大幅縮小。
2. 玉米在鹽度 1.0%時發芽率比清水高，紅藜則在鹽度 0.5%時發芽率比清水高，這兩種作物可能有較佳的耐鹽機制，我們將在後面的實驗來探討。
3. 碰到周休二日時，學校設保全，澆水有困難，這件事會讓植物生長不是很好，不然我們的實驗應該可以做得更加精確，而且澆水時常用力過猛，把幼苗弄倒，這是實驗時需要改進的。

## 二、探討不同的鹽度對各種穀類作物莖生長狀況的影響。

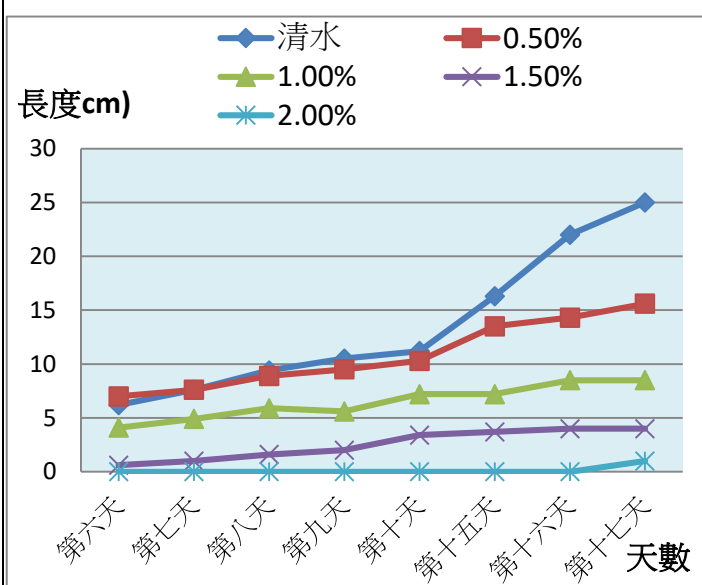
### (一)玉米

玉米莖的生長長度隨鹽度增加而減少，雖然如此，在鹽度 0.5%、1.0%、1.5%時，玉米莖仍有生長，因此在土壤鹽化後，種植玉米或許可行。

【表九】在不同鹽度下玉米的莖生長長度變化(單位:cm)

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第六天	6.2	7	4.1	0.6	0
第七天	7.6	7.6	4.9	1	0
第八天	9.4	8.9	5.9	1.6	0
第九天	10.5	9.5	5.6	2	0
第十天	11.2	10.3	7.2	3.4	0
第十五天	16.3	13.5	6	3.7	0
第十六天	22	14.3	8.5	4	0
第十七天	25	15.6	7.5	3.8	1

【圖二十四】不同鹽度玉米莖長度變化圖





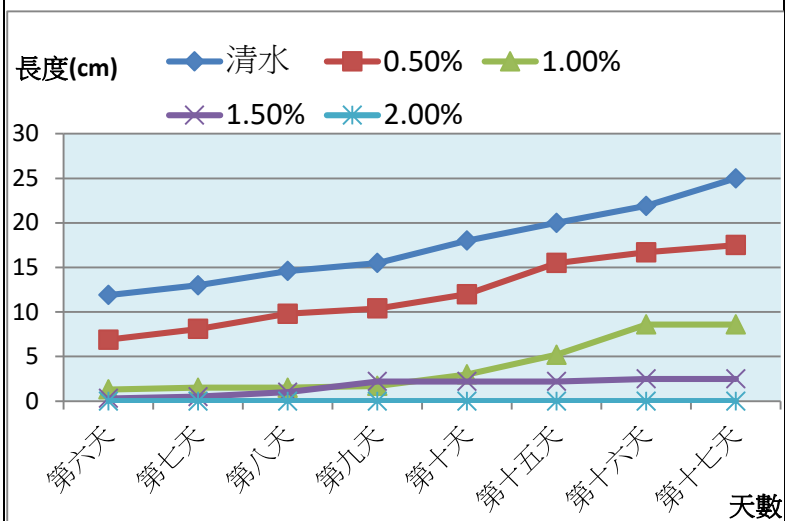
## (二)紅小麥

從紅小麥莖長度變化圖可發現紅小麥在清水組與鹽度 0.5%組成平行狀一路往上升長，紅小麥莖的生長長度隨鹽度增加而減少，雖然如此，在鹽度 0.5%、1.0%、1.5%時，紅小麥雖然發芽率不高，但莖仍有生長，因此在土壤鹽化後，種植紅小麥或許可行。

【表十】在不同鹽度下紅小麥的莖生長長度變化(單位:cm)

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第六天	11.9	6.9	1.3	0.3	0
第七天	13	8.1	1.5	0.5	0
第八天	14.6	9.8	1.5	1	0
第九天	15.5	10.4	1.7	2.2	0
第十天	18	12	3	2.2	0
第十五天	20	15.5	5.2	2.1	0
第十六天	21.9	16.7	8.6	2.5	0
第十七天	25	17.5	8.6	2.5	0

【圖二十五】不同鹽度紅小麥莖長度變化圖



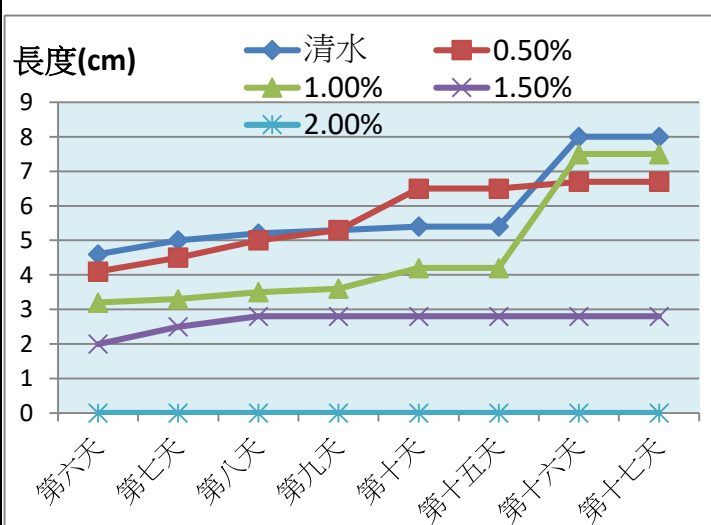
## (三)紅藜

紅藜莖的生長長度隨鹽度增加而減少，雖然如此，在鹽度 0.5%、1.0%時，紅藜和清水的長度沒有差很多，因此在土壤鹽化後，種植紅藜應該可行。

【表十一】在不同鹽度下紅藜的莖生長長度變化(單位:cm)

鹽度 天數	清水	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
第六天	4.6	4.1	3.2	2	0
第七天	5	4.5	3.3	2.5	0
第八天	5.2	5	3.5	2.8	0
第九天	5.3	5.3	3.6	2.8	0
第十天	5.4	6.5	4.2	2.8	0
第十五天	5.4	6.5	4.2	2.8	0
第十六天	8	6.7	7.5	2.8	0
第十七天	8	6.7	7.5	2.8	0

【圖二十六】不同鹽度紅藜莖長度變化圖



## 【結果與討論】

1. 從玉米莖長度變化圖(圖二十四)可發現玉米只要能夠發芽，就能穩定生長，除了鹽度 2%的濃度對玉米莖明顯抑制外，其餘鹽度生長速度差不多，清水及鹽度 1%在第十天後生長明顯的加速。
2. 從紅小麥莖長度變化圖(圖二十五)可以發現只要紅小麥能夠發芽，就能穩定生長，除了鹽度 2%的沒發芽，1.5%對紅小麥莖生長明顯抑制外，其餘鹽度生長速度差不多，鹽度 1%在第十天後生長加速，也跟上來了。
3. 從紅藜莖長度變化圖(圖二十六)可以發現紅藜也是鹽度 2%的沒發芽，1.5%對紅藜莖生長明顯抑制外，其餘鹽度都能發芽生長，尤其 0.5%和清水的生長狀況差不多，還一度超前(第九~第十五天)，鹽度 1%在第十五天後生長明顯的加速，與清水生長長度差異不多。
4. 植物需要提高細胞內的濃度來吸取外界的水分，如此一來就會消耗更多能量。容易發生矮化，例如:玉米高濃度組別的莖長就比低濃度組別的莖長要短；發育不良，例如:紅藜容易東倒西歪，莖也特別的細。

### 三、探討不同的鹽度對各種穀類作物根生長狀況的影響。

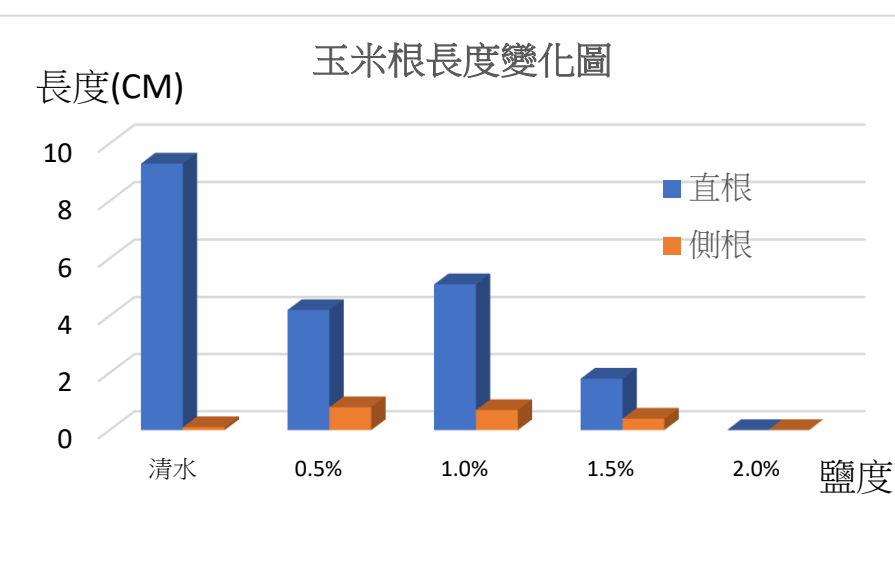
#### (一)玉米

從玉米直根和側根長度變化接近(圖二十七)，都是在鹽度 0.5%時最長而且超過清水組，然後根的生長長度從低濃度往高濃度遞減。

【表十二】在不同鹽度下玉米的根生長長度變化(單位:cm)

	直根	側根
清水	16.2	2.3
0.5%	17.7	4
1.0%	6.8	0.5
1.5%	5.3	0.1
2.0%	0	0

【圖二十七】玉米在不同鹽度下根生長長度變化圖



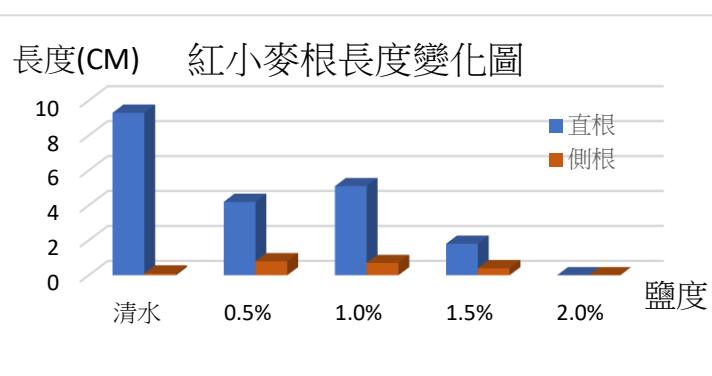
## (二)紅小麥

從紅小麥根長度變化圖【圖二十八】可以發現，0.5%組別的直根長度小於 1.0%組別。而清水組別的直根長度明顯高於其他有鹽分的組別。但是側根長 0.5%到 1.5%組別都大於清水組別。

【表十三】在不同鹽度下紅小麥的根生長長度變化(單位:cm)

紅小麥	直根	側根
清水	9.3	0.1
0.5%	4.2	0.8
1.0%	5.1	0.7
1.5%	1.8	0.4
2.0%	0	0

【圖二十八】紅小麥在不同鹽度下根生長長度變化圖



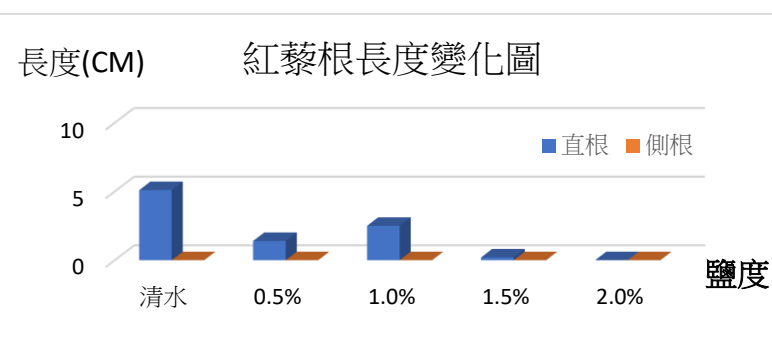
## (三)紅藜

從紅藜根長度變化圖可以發現，0.5%組別的根長度也是小於 1.0%組別。而紅藜幾乎沒有側根，亦量不出側根長。

【表十四】在不同鹽度下紅藜的根生長長度變化(單位:cm)

紅藜	直根	側根
清水	5.1	0
0.5%	1.4	0
1.0%	2.5	0
1.5%	0.2	0
2.0%	0	0

【圖二十九】紅藜在不同鹽度下根生長長度變化圖



### \* 結果與討論:

1. 玉米在 0.5%組下直根長與側根長大於清水組，可能是因為有鹽分的土壤會讓植物想要伸長 根去吸收水分。但從 1.0%跟 1.5%組別的根長可以發現過高的食鹽水濃度會抑制直根與側根的生長，這可能也是高濃度組別容易倒下的原因。
2. 紅小麥及紅藜的根長度變化圖形勢很像(圖二十八、圖二十九)，皆是有 1.0%組別根長高於 0.5%、1.5%組別的趨勢。

- 3.除了清水外，直根的長度都是 1.0%的最長，而玉米和紅小麥的側根在有鹽時，長得比清水好，因此我們推測在鹽逆境下，根的生長是其抗逆境的重要因素，尤其是側根。

#### 四、探討不同的鹽度對各種穀類作物葉寬度生長狀況的影響。

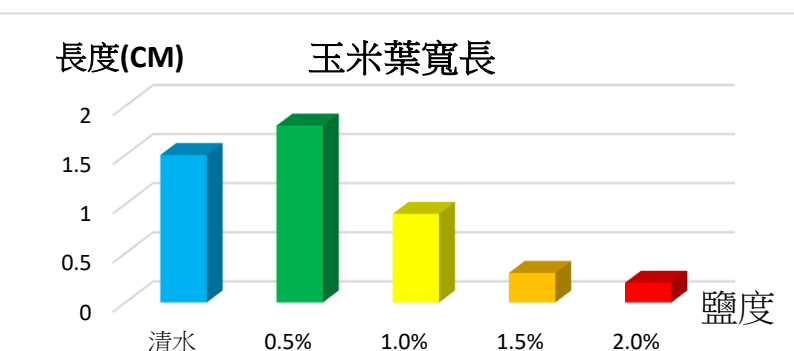
##### (一)玉米

從玉米的第 22 天葉寬度表格(表十五)可以發現 0.5%組別的葉寬度比清水組別大了 0.3 公分，然後從高濃度往低濃度遞減。

【表十五】在不同鹽度下玉米葉寬度生長變化(單位:cm)

玉米	長度(cm)
清水	1.5
0.5%	1.8
1.0%	0.9
1.5%	0.3
2.0%	0.2

【圖三十】玉米在不同鹽度下葉寬度生長變化圖



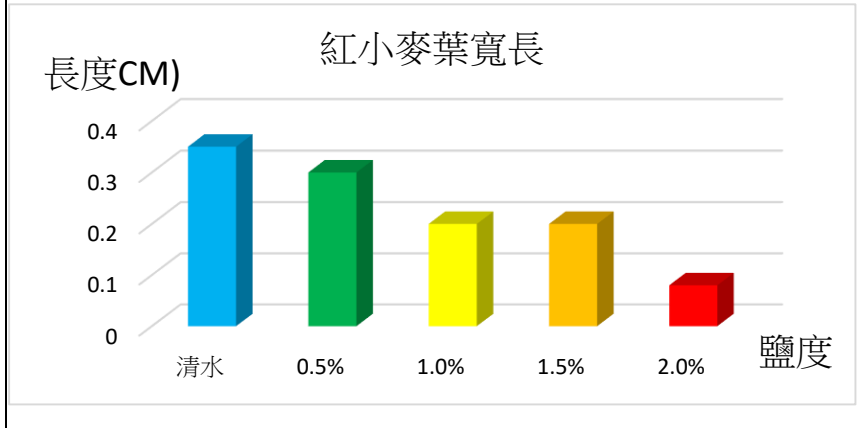
## (二)紅小麥

從紅小麥葉寬長變化圖(圖三十一)可以發現 1.0%跟 1.5%組別葉寬長相同，其餘的從清水開始高濃度往低濃度遞減。

【表十六】在不同鹽度下紅小麥葉寬度生長變化(單位:cm)

紅小麥	長度(cm)
清水	0.35
0.5%	0.3
1.0%	0.2
1.5%	0.2
2.0%	0.08

【圖三十一】紅小麥在不同鹽度下葉寬度生長變化圖



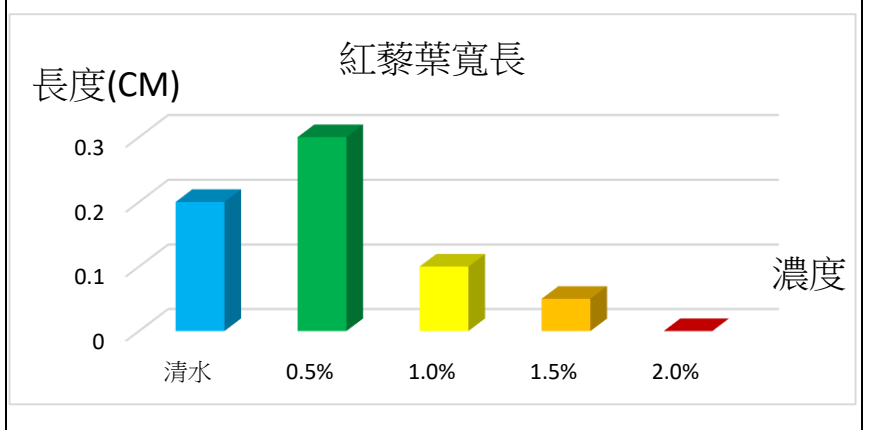
## (三)紅藜

從紅藜葉寬長變化圖可以發現 0.5%組別的葉寬長高了清水組 0.1 公分，其餘的高濃度往低濃度遞減。

【表十七】在不同鹽度下紅藜葉寬度生長變化(單位:cm)

紅藜	長度(cm)
清水	0.2
0.5%	0.3
1.0%	0.1
1.5%	0.05
2.0%	0

【圖三十二】紅藜在不同鹽度下葉寬度生長變化圖



### \*結果與討論:

1. 三種穀類都有葉寬度由低濃度往高濃度遞減的趨勢，這代表著穀物生長在鹽分越高的地區的土壤中可能縮減葉子寬度，使葉的表面積變小，以減少水分的散失。
2. 玉米和紅藜在鹽度 0.5%時，葉子比清水時寬，它們對低鹽度可能有較佳的適應力。

五、比較三種穀類作物在不同鹽度下的生長狀況差異。

(一)發芽

【圖三十三】1~6不同鹽度下三種穀類作物發芽率的比較

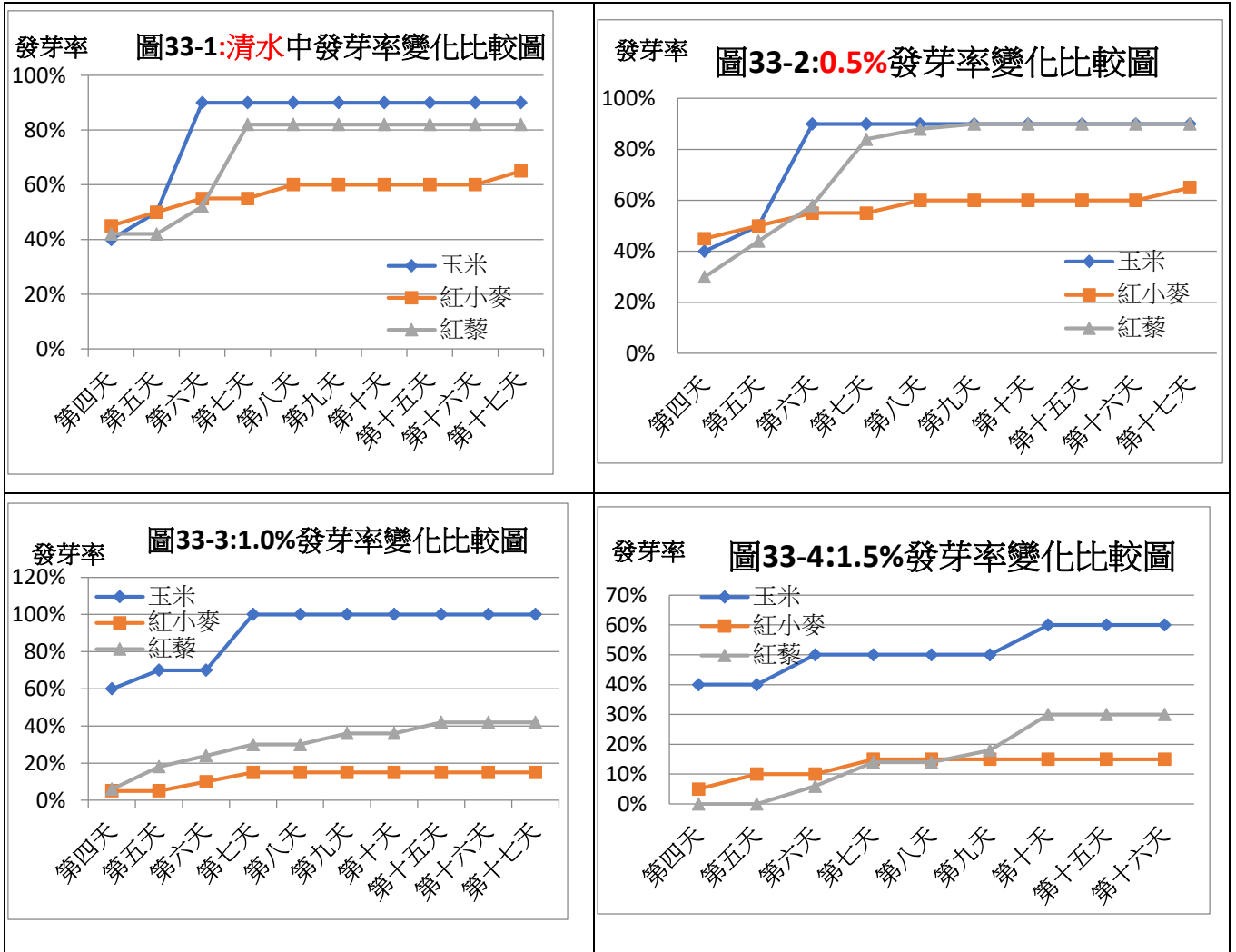


圖33-5:2%發芽率變化比較圖

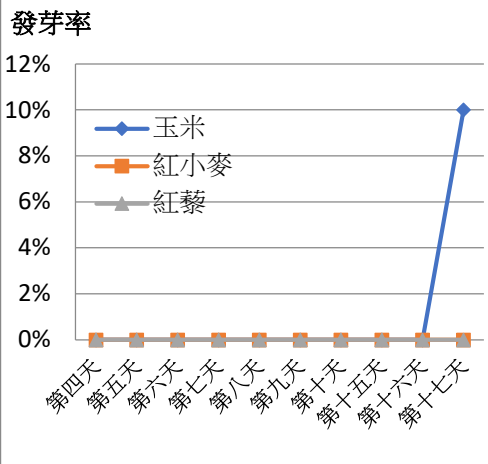
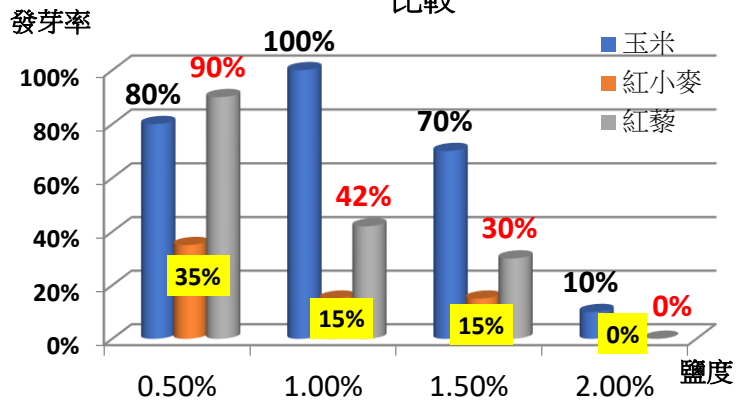


圖33-6:三種穀類在不同的鹽度下發芽率的比較



### \* 結果與討論:

1. 清水、1%、1.5%中的發芽率是**玉米** > **紅藜** > **紅小麥**
2. 0.5%的發芽率是**紅藜** > **玉米** > **紅小麥**
3. 的發芽率是**玉米** > **紅藜** > **紅小麥**
4. 2%的鹽度只有**玉米**有發芽
5. 綜合以上結果，這三種穀類作物耐鹽的極限約在 2%，發芽時耐鹽能力**玉米** > **紅藜** > **紅小麥**。
6. 我們發現植物在面臨鹽鹼化土地時會依鹽度多寡產生適當的發芽時間，進而引發生長遲緩的問題，例如:紅藜在 1.5%食鹽水組別裡到了 6 天才發芽，而玉米 2.0%組別則到了第十七天才發芽……等情形。

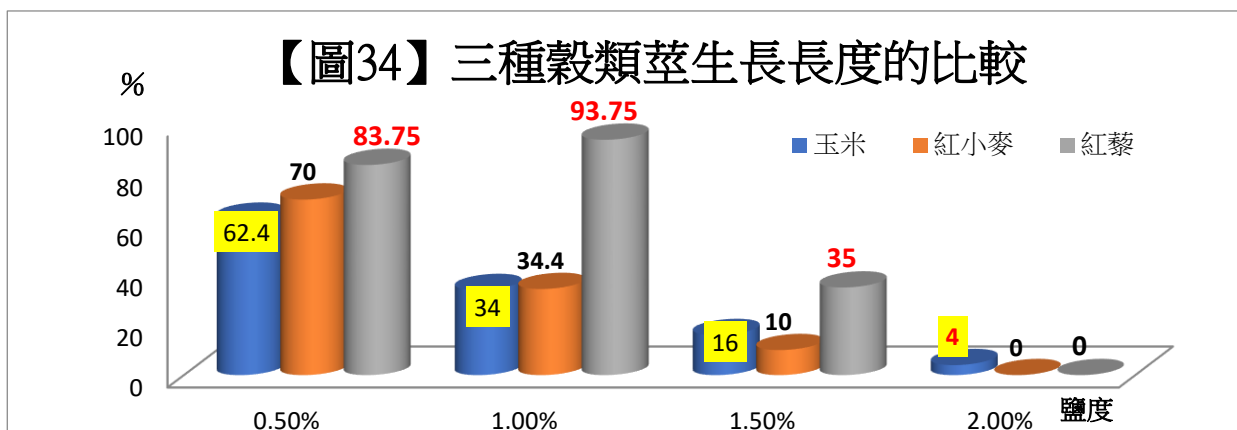
## (二) 莖長

【表十八】三種穀類在不同的鹽度中的莖生長長度 (cm)

鹽度 穀類	清水	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%
玉米	25	15.6	8.5	4	1
紅小麥	25	17.5	8.6	2.5	0
紅藜	8	6.7	7.5	2.8	0

【表十九】三種穀類在不同的鹽度中的莖生長長度為清水中長度的百分比(%)

鹽度 穀類	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%
玉米	62.4	34	16	4
紅小麥	70	34.4	10	0
紅藜	83.75	93.75	35	0



**\* 結果與討論:**

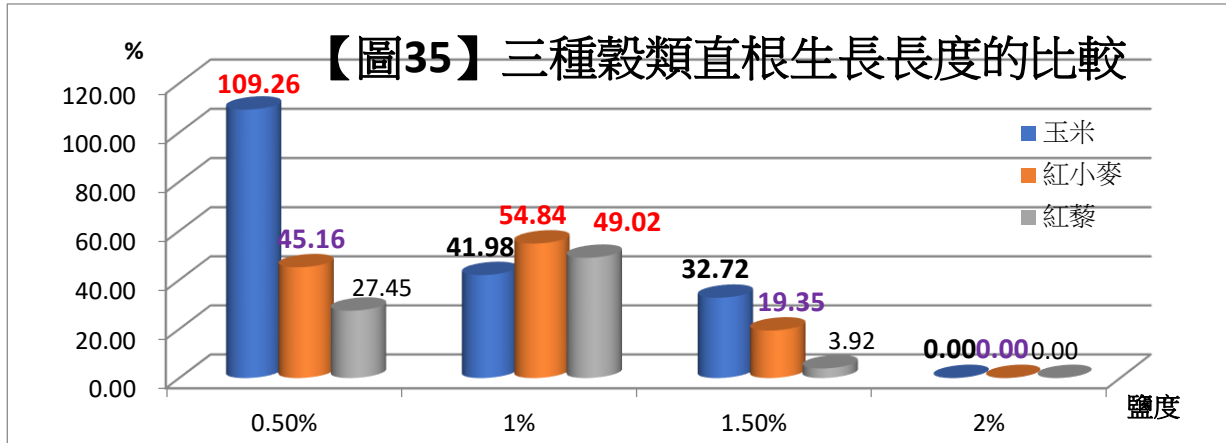
1. 0.5%、1%中的莖的生長是紅藜 > 紅小麥 > 玉米
2. 1.5%中的莖的生長是紅藜 > 玉米 > 紅小麥
3. 綜合以上結果，這三種穀類作物莖生長時鹽能力是紅藜 > 紅小麥 > 玉米。
4. 玉米在低鹽中是發芽率高，但莖生長的狀況並非最好；紅藜發芽率普通，但莖生長的狀況卻是最好的。紅小麥在 0.5%時，雖發芽率不高(35%)，但莖生長的狀況可達清水的 62.4%，勉強可在低鹽中生長。

**(三)根長**

1.三種穀類作物直根生長長度的比較

【表二十】三種穀類在不同的鹽度中的直根生長長度(cm)				【表二十一】三種穀類在不同的鹽度中的直根生長長度為清水中長度的百分比(%)			
穀類 \ 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜	穀類 \ 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜
清水	16.2	9.3	5.1	0.50%	109.26	45.16	27.45
0.5%	17.7	4.2	1.4	1%	41.98	54.84	49.02
1%	6.8	5.1	2.5	1.50%	32.72	19.35	3.92
1.5%	5.3	1.8	0.2	2%	0.00	0.00	0.00
2%	0	0	0				





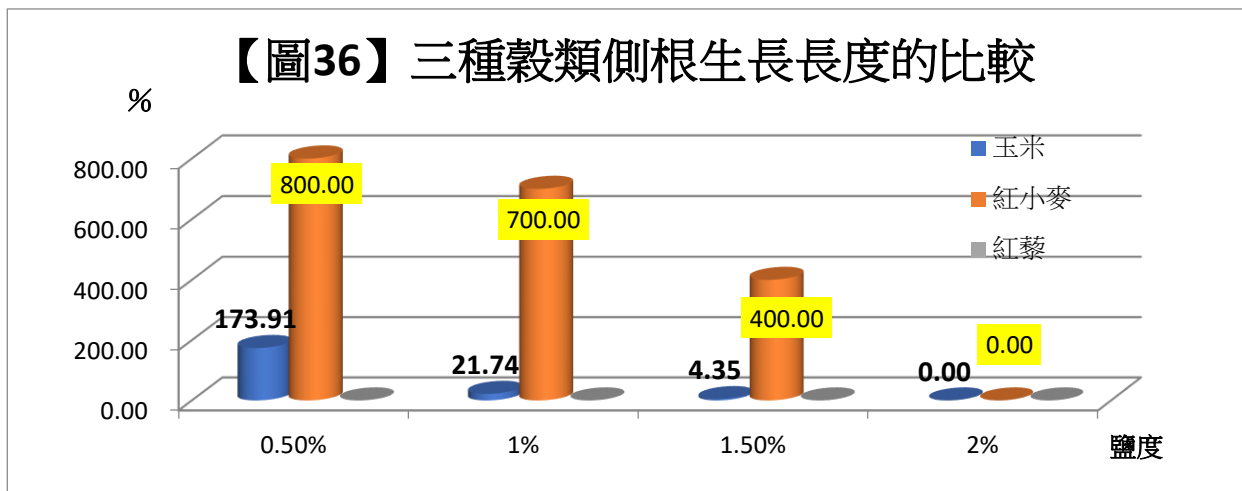
2. 三種穀類作物側根生長長度的比較

**【表二十二】三種穀類在不同的鹽度中的側根生長長度(cm)**

穀類 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜
清水	2.3	0.1	0
0.5%	4	0.8	0
1%	0.5	0.7	0
1.5%	0.1	0.4	0
2%	0	0	0

**【表二十三】三種穀類在不同的鹽度中的直根生長長度為清水中長度的百分比(%)**

穀類 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜
0.50%	173.91	800.00	0.00
1%	21.74	700.00	0.00
1.50%	4.35	400.00	0.00
2%	0.00	0.00	0.00



## \*結果與討論:

1. 直根的生長: 0.5%、1.5%是玉米 > 紅小麥 > 紅藜；1%中是紅小麥 > 紅藜 > 玉米
2. 側根的生長: 都是紅小麥 > 玉米 > 紅藜
3. 紅小麥的側根在低鹽中是生長長度比清水高出 4~8 倍，玉米的直根和側根在 0.5% 生長的狀況也比清水好，發達的側根可能和單子葉植物耐鹽機制有關，或許可提高吸收水分的效率，不過這需要進一步的實驗才能證明。
4. 紅藜是雙子葉植物，側根不發達，所以其耐鹽機制可能不是根。

## (四)葉寬

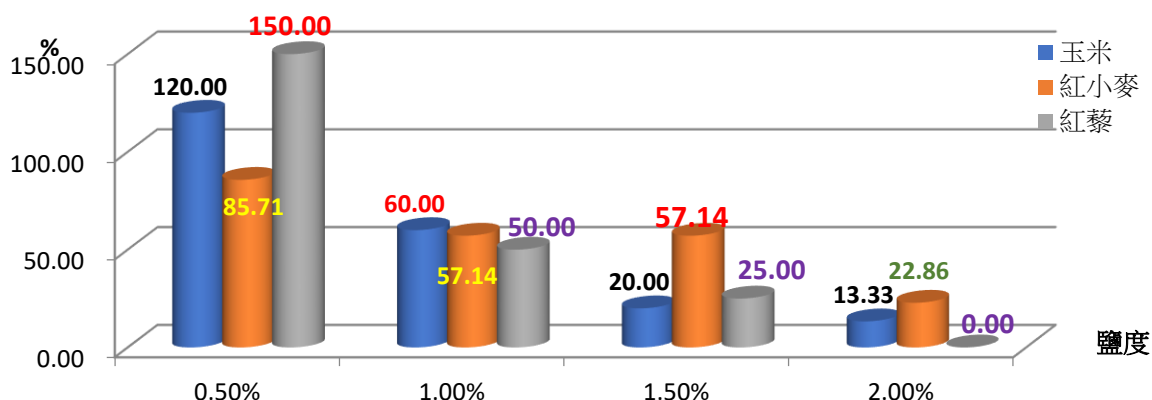
【表二十四】三種穀類在不同的鹽度中的葉寬生長長度(cm)

穀類 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜
清水	1.5	0.35	0.2
0.5%	1.8	0.3	0.3
1.0%	0.9	0.2	0.1
1.5%	0.3	0.2	0.05
2.0%	0.2	0.08	0

【表二十五】三種穀類在不同的鹽度中的直根生長長度為清水中長度的百分比(%)

穀類 鹽度	玉米	紅小麥	紅藜
0.50%	120.00	85.71	150.00
1.00%	60.00	57.14	50.00
1.50%	20.00	57.14	25.00
2.00%	13.33	22.86	0.00

【圖37】三種穀類葉寬生長長度的比較



## \* 結果與討論:

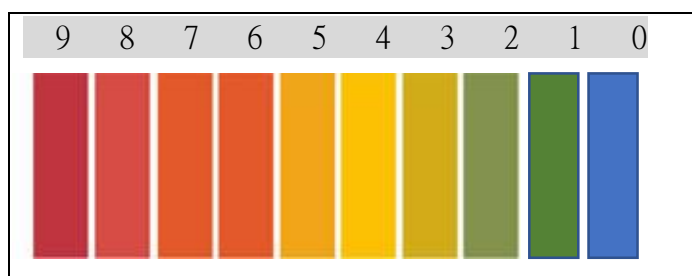
1. 葉寬生長狀況: 0.5%是紅藜 > 玉米 > 紅小麥、1.0%是玉米 > 紅小麥 > 紅藜；1.5%是紅小麥 > 紅藜 > 玉米
2. 葉的寬度影響葉的水分蒸散面積，在鹽度 0.5%時，紅藜、玉米葉子比清水寬，水分蒸散多，是否要提高體內的滲透壓，讓根更容易吸水?這有趣的機制有待更深入的實驗來證實。

## 六、探討不同的鹽度對各種穀類作物中澱粉酶活性的影響。

只有玉與米有足夠的葉片來做這個實驗，我們認為鹽度越高，澱粉酶量應該要比較多，才可產生較多的糖分解產生能量，對抗高鹽分對植物的影響。因此我們實驗了三次，把三次結果平均，如下表:

【表二十七】玉米葉在不同鹽度下澱粉酶的量

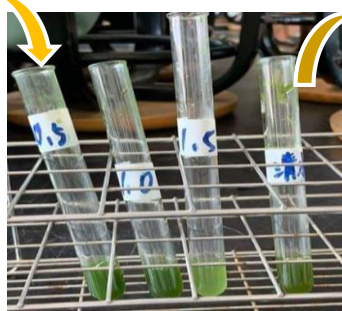
鹽度 色階值	0.5%	1.0%	1.5%	清水
平均	1	2	2	1



色階圖



葉的原液



加上澱粉液



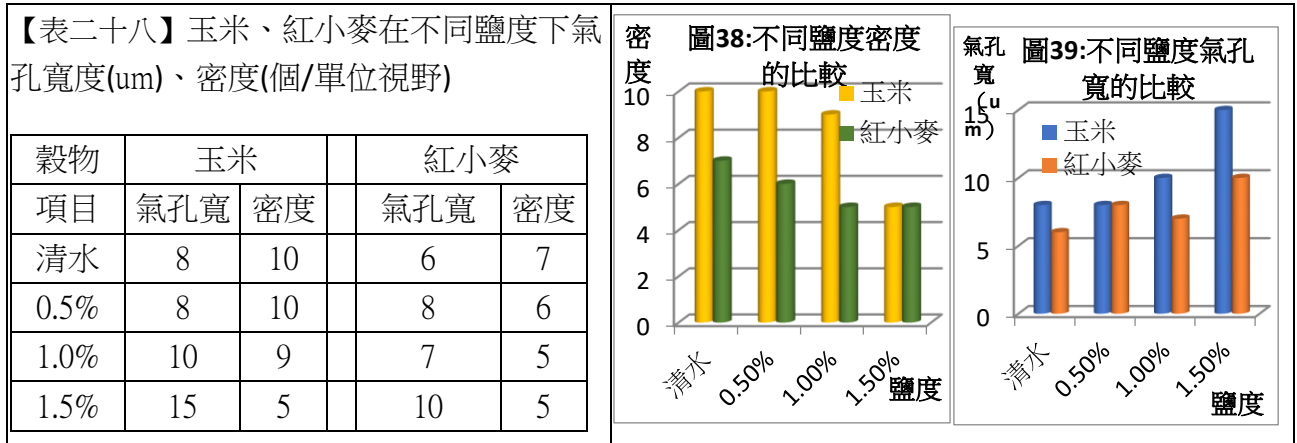
加上本氏液  
隔水加熱

## \* 結果與討論:

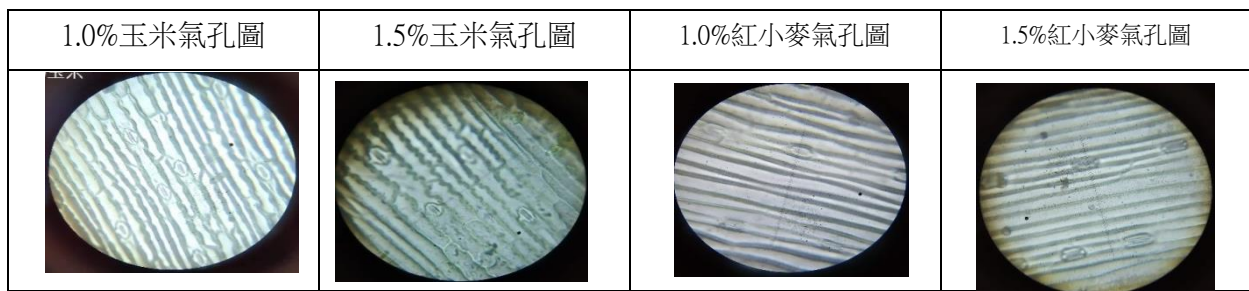
1. 由於紅小麥跟紅藜葉片太薄太細，沒辦法榨出植物液，而導致我們只有測到玉米的澱粉酶多寡。
2. 結果的平均算下來，發現鹽分濃度越高，澱粉酶量也比較多。
3. 雖然澱粉酶檢測實驗中，加熱前與加熱後的顏色並沒有太大差別，但在 1.5%組別加熱後的顏色可以看到有變黃，這是鹽鹼化土壤會促使澱粉酶生成的應證。

## 七、探討不同的鹽度對各種穀類作物氣孔大小和密度的影響。

鹽導致植物葉片氣孔關閉，也會讓植物的生長造成一定的限制，氣孔的寬度小幅下降可能對鹽逆境有保護作用，允許植物節水，提高植物的水分利用效率。但是，一旦濃度過高，保衛細胞內澱粉的形成會受到阻礙以致氣孔無法關閉，更容易乾燥枯萎。我們觀察了玉米及紅小麥的氣孔變化(在 400 倍顯微鏡視野下觀察，長度用微米表示。)



【圖 40】：400 倍顯微鏡視野下，玉米和紅小麥的氣孔分布



### \* 結果與討論:

- 1.玉米 0.5%組別與清水組氣孔的寬度一樣符合了穀物調節氣孔縮小來抵抗鹽分的假說。而濃度超越 0.5%組別的穀物氣孔寬度會越來越大，可能是因為鹽分已經破壞了保衛細胞內抗鹽系統的運作。
- 2.紅小麥所有有鹽度的組別的氣孔寬度都超越清水組，表示對於紅小麥來說 0.5%濃度的食鹽水就可以破壞保衛細胞內的抗鹽系統的運作。
- 3.鹽度越高的穀物氣孔密度會變小，可能是因為土壤高濃度的鹽分使植物根部吸水不易，因此減少氣孔的數量，可以減少蒸散，把水分保留在體內。
- 4.鹽分濃度越大，脅迫對光合作用的影響是直接的通過氣孔的擴散限制和光合代謝的變化，不同植物對氣孔，葉肉或生物化學誘導的光合作用具有不同的相對限制。

## 捌、結論

- 一、這三種穀類作物耐鹽的極限約在 2%，發芽時耐鹽能力玉米>紅藜>紅小麥。玉米在鹽度 1.0%時發芽率比清水高，紅藜則在鹽度 0.5%時發芽率比清水高，這兩種作物可能有較佳的耐鹽機制。
- 二、三種穀類只要能夠在鹽水中發芽，就能穩定生長，其耐鹽能力是紅藜>紅小麥>玉米。
- 三、玉米在低鹽中是發芽率高，但莖生長的狀況並非最好；紅藜發芽率普通，但莖生長的狀況卻是最好的。紅小麥在 0.5%時，雖發芽率不高(35%)，但莖生長的狀況可達清水的 62.4%，勉強可在低鹽中生長。
- 四、除了清水外，直根的長度都是 1.0%的最長，側根的生長:都是紅小麥>玉米>紅藜，紅小麥的側根在低鹽中是生長長度比清水高出 4~8 倍，發達的側根可能和單子葉植物耐鹽機制有關。
- 五、三種穀類都有葉寬度由低濃度往高濃度遞減的趨勢，這代表著穀物生長在鹽分越高的地區的土壤中可能縮減葉子寬度，使葉的表面積變小，以減少水分的散失。
- 六、玉米和紅藜在鹽度 0.5%時，葉子比清水時寬，它們對低鹽度可能有較佳的適應力，所以不須減低葉片的面積。
- 七、發現鹽分濃度越高，澱粉酶量也比較多
- 八、濃度超越 0.5%組別的穀物氣孔寬度會越來越大，可能是因為鹽分已經破壞了保衛細胞內抗鹽系統的運作，所以這些穀物可能沒有縮小氣孔的抗鹽機制。
- 九、鹽度越高的穀物氣孔密度會變小，可能是因為土壤高濃度的鹽分使植物根部吸水不易，因此減少氣孔的數量，可以減少蒸散，把水分保留在體內。
- 十、適當的鹽分濃度有時也是會幫助穀物生長，例如:1.0%組別裡的穀物發芽率曾達到 100%，超越清水組；玉米 0.5%的直根長與側根長高於清水組；玉米和紅藜在 0.5%組別的葉寬都大於清水組等……。

## 玖、參考文獻

一、土壤鹽鹼化的危害知多少，怎麼改良？－每日頭條

2019/4/8 原文網址：<https://kknews.cc/agriculture/3vx3nbo.html>

二、鹽鹼化：<https://baike.baidu.com>

三、科展群傑廳－全國中小學科展－第 58 屆－生物科－第三名－「鹽」而有

「杏」～探討番杏的抗鹽方式與鈣離子對抗鹽能力的影響－

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-030315.pdf>

四、乾旱和鹽脅迫下的光合作用：從整株到細胞的調節機制－每日頭條

原文網址：<https://kknews.cc/science/ea9l63y.html>