

屏東縣第 64 屆科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：電池大補帖可行嗎？

~探討三種常見的電池丟棄土壤後，對植物生長的影響~



關鍵詞：鹼性電池、碳鋅電池、鈕扣電池

編號：B4008

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	1
研究動機、文獻探討及研究目的.....	2
貳、實驗材料與器材.....	3
參、研究過程與方法.....	5~7
一、探討土壤加入三種常見的電池在高濃度時對植物發芽和生長的影響.....	5
二、探討土壤加入三種常見的電池在低濃度時對植物發芽和生長的影響.....	6
三、甲殼素可以改善被三種常見電池污染的土壤對植物生長的影響嗎?.....	7
伍、實驗結果與討論.....	7~23
一、高濃度的三種電池電池對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長造成的影響.....	7-11
二、低濃度的三種電池電池對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長造成的影響.....	11-16
三、高濃度加入甲殼素三種電池電池對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長造成的影響.....	16-22
陸、參考文獻.....	24

作品名稱：電池大補帖可行嗎？

~探討廢電池對植物生長的影響~

摘要

我們用鐵鎚敲破鹼性、碳鋅、鈕扣三種市面上常見電池的外殼，將內容物混合在土壤中，利用這種土壤種植四種常見農作物玉米、綠豆、空心菜、小麥草，探討其對不同種類植物發芽與生長的影響，旨在測試土壤受到廢電池污染後，是否會影響農作物的生長。我們調整土壤內電池內容物的濃度，發現無論濃度高低，加入鈕扣電池組的植物都不發芽。加入鹼性、碳鋅電池土壤的植物，雖有發芽生長，但生長情形不佳，電池濃度越高生長的情況越差。我們最後將甲殼素加入含有電池的土壤，發現原本不發芽的鈕扣電池組植物發芽了，其他兩種電池組的植物生長情況也改善了，推論甲殼素應該可以吸附電池的有害成分，改善電池污染問題。綜合實驗的結果，四種作物發芽和生長狀況由好到不理想依次是原液>甲殼素+高濃度廢電池土>低濃度廢電池土>高濃度廢電池土，廢電池土則是鹼性>碳鋅>鈕扣。

壹、前言

一、研究動機

根據統計，台灣每年乾電池的營業量有 4 億顆，但回收的只有 1/4。一顆一號乾電池埋入地裡能使 1 平方公尺的土壤永久失去利用價值，環保署呼籲民眾做好廢電池的回收工作，並盡量使用充電電池。由於市售的低價電池有超過 4 成不合格，其污染性就更嚴重了，例如一顆鈕釦型的電池可以使 600 公噸的水遭受到污染(參考一)

而另外在澳洲的研究卻發現鹼性電池，該公司每年在澳洲出售 6,000 噸，約 1.58 億顆鹼性電池，然而回收效益不彰，最終 97% 廢棄鹼性電池最後會堆放在垃圾掩埋場之中。對此，他們覺得把電池當作肥料來源是種不錯的方法，鹼性電池中的主要原料鋅和錳，其實是天然的微量元素肥料，目前他們也已經在實驗室的盆栽添加「電池大補帖」，初步成果佳。未來除了實驗室進行補充劑測試，也會逐步擴大測試範圍，可應用在土壤 pH 值低，缺乏鋅、錳和磷酸鹽的地點，最終希望可以應用在澳洲西南部的小麥種植區(參考二)

電池的使用情形只會越來越多，有研究說電池會汙染土壤和水源，但有研究卻說電池可以成為植物生長微量元素的大補帖，實際上情形如何呢?我們用常見的三種電池-碳鋅、鹼性及鈕扣電池，破壞其金屬外殼，混合土壤來探討廢電池對我們常見的作物:綠豆、玉米、小麥、空心菜生長的影響，及尋找可能改善被電池汙染土壤的方法。

二、文獻探討

(一)鹼性電池:

鹼性電池 (Alkaline battery) 指使用鹼性電解液的電池，一般生活中稱為鹼性電池，指的是鹼性鋅錳電池。在廣義上，鹼性電池使用的電極材料包括：鋅-二氧化錳、鋅-氧化汞、鎳-氫氧化鎳等。而市面上常見的一次性鹼性電池的成份是鋅-二氧化錳，它以二氧化錳為電池的陰極、鋅為陽極，氫氧化鉀水溶液作為電解液(參考三)。

(二)碳鋅電池:

又稱碳鋅乾電池、碳性電池、碳性電芯、乾電池、酸性鋅碳電池。碳鋅電池有一層由鋅構成的外殼，作為電池的負極。碳鋅電池是從液體 Leclanché 電池發展而來。傳統或一般型以氯化銨為電解質；「超級」或「高能」（英文標示：Super Heavy Duty）電池則通常是使用氯化鋅為電解質的碳鋅電池，是一般使用的廉價電池的一種改良版。電池的正極主要是由粉末狀的二氧化錳和碳構成。電解液是把氯化鋅、氯化銨、碳粉和澱粉溶於水中所形成的糊狀物質(參考四)。

(三)鈕扣電池:

常見鈕扣型電池的種類有鋰電池、鹼性電池、氧化銀電池、鋅空氣電池等。早期的水銀電池因環境汙染問題，已被禁用。但除了型號以 BR、CR 開頭的鋰電池之外，其他的鈕扣電池可能仍含有少量水銀（即汞）。雖然近年來已有廠商開發出不含汞的鹼性電池與氧化銀電池，但因技術與專利等原因，目前各國的乾電池禁汞令中，鈕扣電池仍然允許少量汞的存在。因此，對於用過的鈕扣電池，仍應置於規定的回收處所，勿隨意丟棄或混入垃圾而影響環境(參考五)。

(四)甲殼素:

幾丁質又名「甲殼素」、「幾丁聚醣」、「幾丁寡醣」、「甲殼質」或「殼多醣」，是一種含氮的多醣類物質，為蝦、蟹、昆蟲等甲殼的重要成分。幾丁質是自然界的一種半透明而堅固的材料，常見於真菌的細胞壁和節肢動物（如蝦、蟹）或昆蟲的外骨骼。幾丁質與屬多醣的纖維素類似，都會構成奈米纖維或細毛狀的晶體結構。在實際功能上，則近於構成皮膚的角蛋白，因為具有這些特性，幾丁質在醫學和工業上具有實用價值(參考六)。

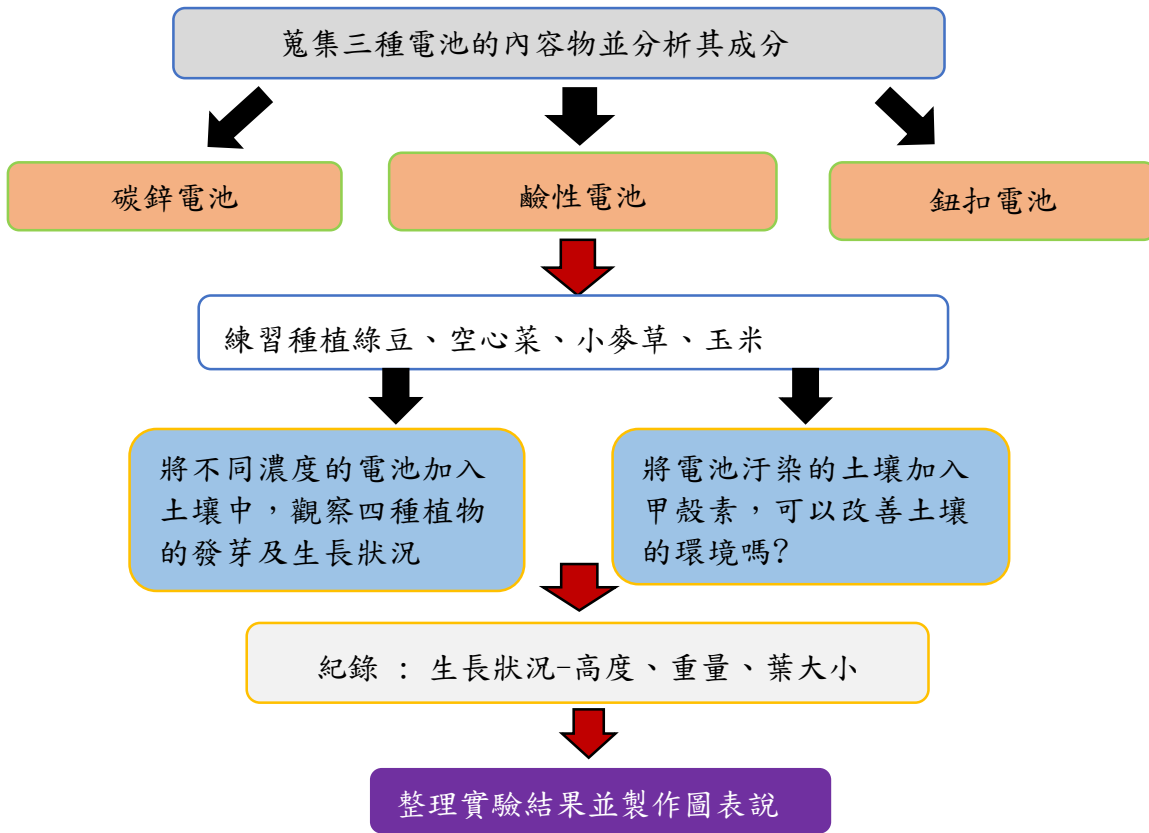
三、研究目的

- (一)探討加入高濃度鹼性、碳鋅、鈕扣電池內容物的土壤對玉米、綠豆、空心菜、小麥發芽和生長的影響
- (二)探討加入低濃度鹼性、碳鋅、鈕扣電池內容物的土壤對玉米、綠豆、空心菜、小麥發芽和生長的影響
- (三)探討加入甲殼素在被電池汙染的土壤，玉米、綠豆、空心菜、小麥發芽和生長是否有改善。


*三種電池內容物的量和高濃度、低濃度的對照表

電池種類	1 顆重(g)	25%(5g)	5%
		高濃度+5	低濃度+5
碳鋅電池	8.11	0.62 顆	0.12 顆
鹼性電池	6.39	0.78 顆	0.16 顆
鈕扣電池	0.9	5.56 顆	1.1 顆

四、實驗設計流程



貳、實驗藥品及器材

碳鋅電池	鹼性電池	鈕扣電池	老虎鉗	甲殼素	綠豆	玉米	空心菜	小麥草
								
槌子	尺	鑷子	量筒	盆栽	電子秤	烘乾機	夾鏈袋	挖土工具
								

參、研究過程與方法

實驗一、探討土壤加入高濃度電池內容物對植物發芽和生長的影響

- (一)高濃度碳鋅電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (二)高濃度鹼性電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (三)高濃度鈕扣電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

實驗步驟：

步驟一：用槌子敲開三種電池，將內容物取出。

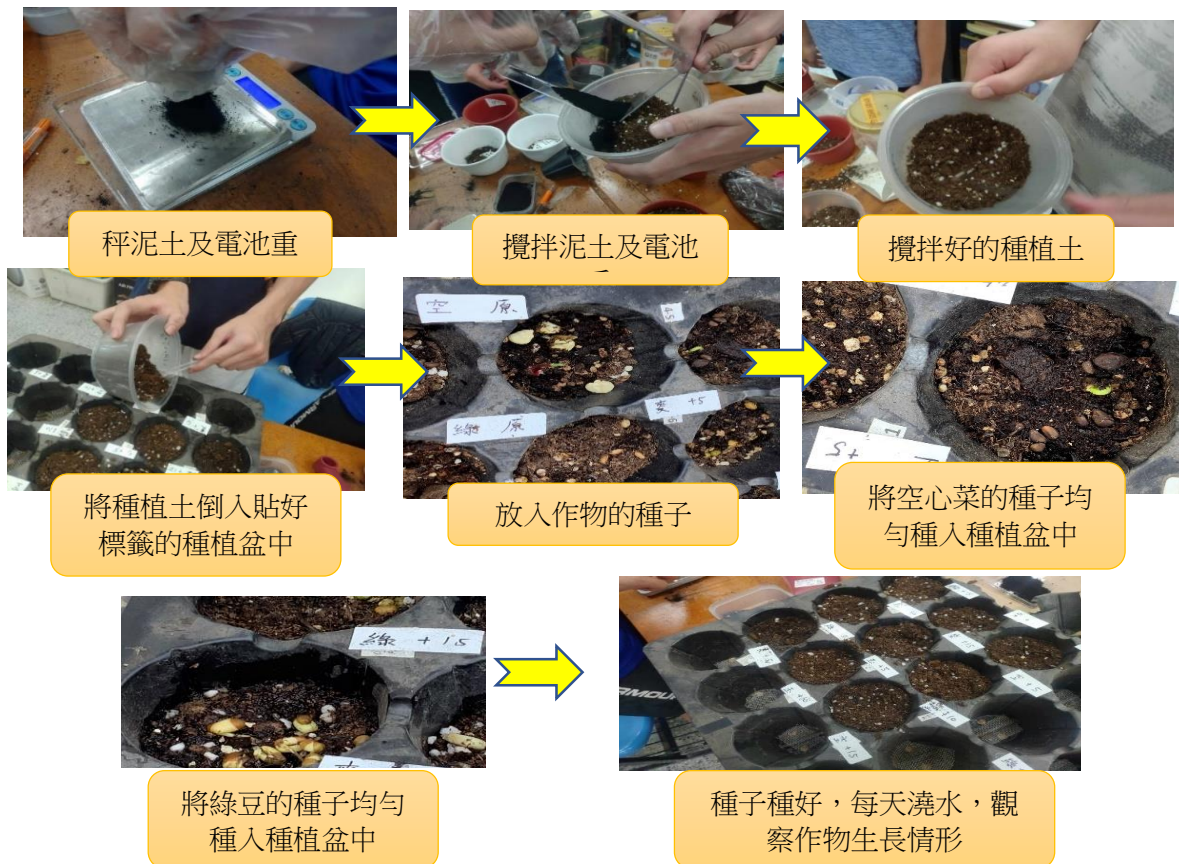
步驟二：將敲開的碳鋅電池內容物與土壤混合，製成三種不同濃度的土壤，分別為碳鋅 5 克+培養土 15 克(25%)；碳鋅 10 克+培養土 15 克(40%)；碳鋅 15 克+培養土 15 克(50%)。另鹼性電池與鈕扣電池也仿照碳鋅電池分別製成三種不同濃度的土壤。

步驟三：將這九組土壤分別種入不同的作物種子(綠豆:15 顆、空心菜:10 顆、小麥草:15 顆、玉米:8 顆)

步驟四：每日澆水，紀錄種子發芽情形及生長情況，連續觀察紀錄兩周。

步驟五：兩周後將作物連根拔起，秤濕重、測量高度。。

步驟六：將作物烘乾，秤乾重，比較三種電池種植四種作物的生長情形、發芽率及死亡率。



圖一 將電池內容物加入土壤並種下種子

實驗二、探討土壤加入高濃度電池內容物對植物發芽和生長的影響

- (一)低濃度碳鋅電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (二)低濃度鹼性電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (三)低濃度鈕扣電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

實驗步驟：

步驟一：用槌子敲開三種電池，將內容物取出。

步驟二：將敲開的碳鋅電池內容物與土壤混合，製成三種不同濃度的土壤，分別為碳鋅 0.8 克+培養土 15 克(5%)；碳鋅 1.6 克+培養土 15 克(10%)；碳鋅 2.7 克+培養土 15(15%)克。另鹼性電池與鈕扣電池也仿照碳鋅電池分別製成三種不同濃度的土壤。

步驟三：將這九組土壤分別種入不同的作物種子(綠豆:15 顆、空心菜:10 顆、小麥草:15 顆、玉米:8 顆)

步驟四：每日澆水，紀錄種子發芽情形及生長情況，連續觀察紀錄兩周。

步驟五：兩周後將作物連根拔起，秤濕重、測量高度。。

步驟六：將作物烘乾，秤乾重，比較三種電池種植四種作物的生長情形、發芽率及死亡率。



放入作物的土壤
(碳鋅電池)



放入作物的土壤
(鈕扣電池)



放入作物的土壤
(鈕扣電池)



放入作物的土壤
(鹼性電池)



放入作物的土壤
(鹼性電池)

圖二 種子在高濃度土壤中發芽生長的情況

實驗三、甲殼素可以改善被三種常見電池汙染的土壤對植物生長的影響嗎？

- (一)高濃度碳鋅電池土壤加入甲殼素後對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (二)高濃度鹼性電池土壤加入甲殼素後對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響
- (三)高濃度鈕扣電池土壤加入甲殼素後對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

實驗步驟：

步驟一：用槌子敲開三種電池，將內容物取出。

步驟二：將敲開的碳鋅電池內容物與土壤、甲殼素混合，製成三種不同濃度的土壤，分別為碳鋅 5 克+培養土 15 克+甲殼素 20 克；碳鋅 10 克+培養土 15 克+甲殼素 20 克；碳鋅 15 克+培養土 15 克+甲殼素 20 克。另鹼性電池與鈕扣電池也仿照碳鋅電池分別製成三種不同濃度的土壤。

步驟三：將這九組土壤分別種入不同的作物種子(綠豆:10 顆、空心菜:10 顆、小麥草:20 顆、玉米:8 顆)

步驟四:每日澆水，紀錄種子發芽情形及生長情況，連續觀察紀錄兩周。

步驟五:兩周後將作物連根拔起，秤濕重、測量高度。。

步驟六:將作物烘乾，秤乾重，比較三種電池種植四種作物的生長情形、發芽率及死亡率。



圖三 種子在加入甲殼素土壤中發芽生長的情況

肆、實驗結果與討論

實驗一、探討土壤加入高濃度電池內容物對植物發芽和生長的影響

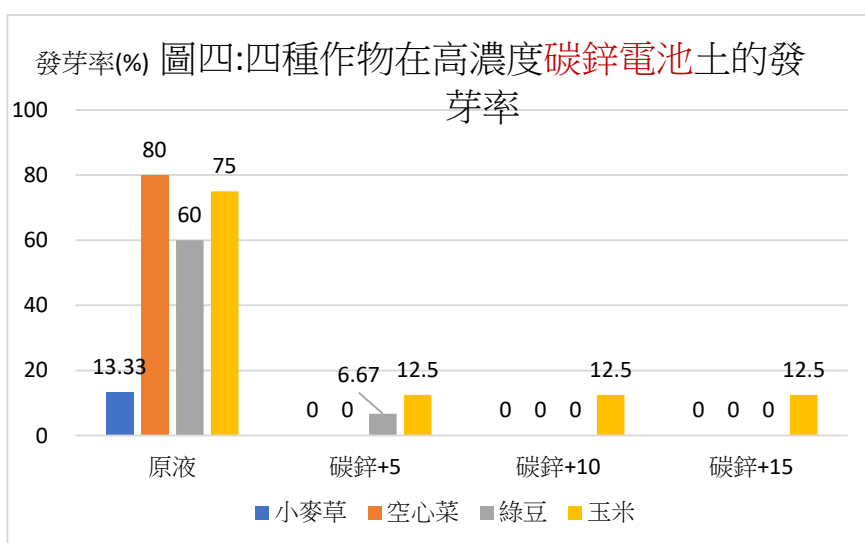
生活中常見的乾電池如果沒有作好資源回收，當他們汙染了土壤，會對生長在土壤中的作物有甚麼影響呢？

(一) 高濃度碳鋅電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率的比較:

表一:四種植物在高濃度碳鋅電池土壤的發芽棵數

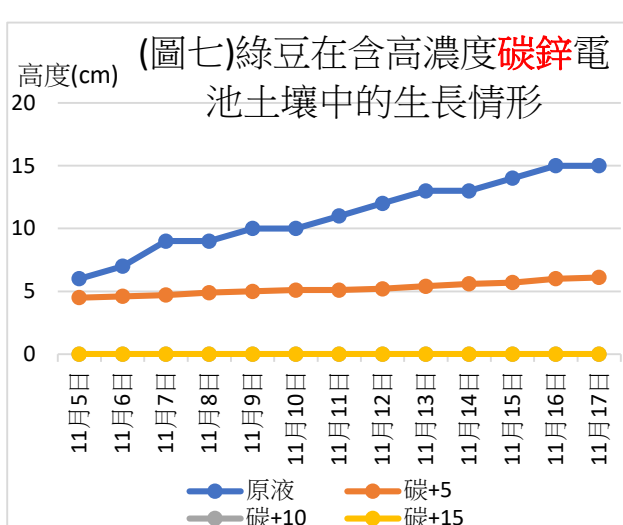
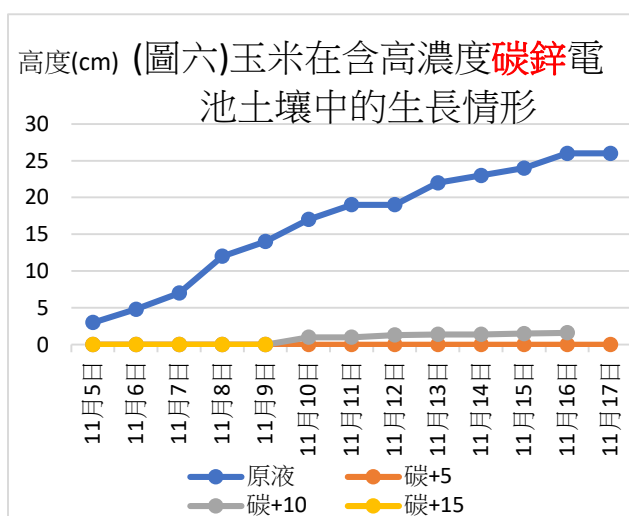
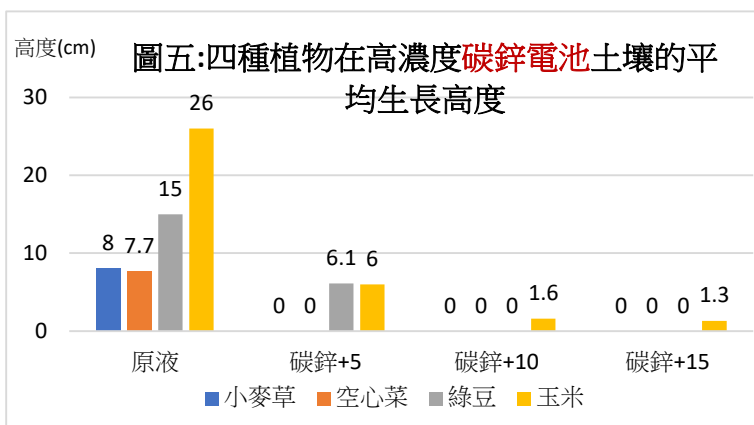
發芽顆數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	2	8	9	6
碳鋅+5	0	0	1	1
碳鋅+10	0	0	0	1
碳鋅+15	0	0	0	1



2. 生長情形比較：

表二：四種植物在高濃度**碳鋅電池**土壤的平均生長高度

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	8	7.7	15	26
碳鋅+5	0	0	6.1	6
碳鋅+10	0	0	0	1.6
碳鋅+15	0	0	0	1.3



【問題與討論】

- (1) 由(圖四)、(圖五)、(圖六)、(圖七)皆可看出：高濃度**碳鋅電池**內容物的濃度越高，植物的發芽率和生長狀況就越差。由此可判斷：**碳鋅電池**會對植物的生長造成不良的影響。
- (2) 高濃度**碳鋅電池**污染的土壤造成玉米發芽率只有 12.5%、綠豆 6.67%，小麥和空心菜甚至沒有發芽，可見**碳鋅電池**亂丟入土壤中，對作物的影響真的很大。
- (3) 小麥草和空心菜在高濃度不同量**碳鋅電池**土壤中皆沒有發芽，只有澆水的對照組有發芽，發芽率依次是玉米 75%、綠豆 60%、空心菜 80%、小麥草 13%。
- (4) **碳鋅電池**的濃度要降到多少才有可能讓植物生長呢？我們將在下一個實驗作探討。

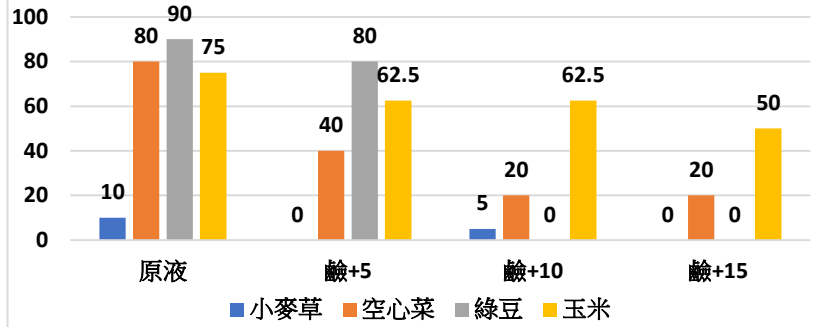
(二)高濃度鹼性電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響發芽率：

1. 發芽率的比較：

表三：四種植物在高濃度鹼性電池土壤的發芽棵數

發芽顆數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	2	8	9	6
鹼性+5	0	4	8	5
鹼性+10	1	2	0	5
鹼性+15	0	2	0	4

圖八：四種作物在含不同量鹼性電池土壤中的發芽率(%)

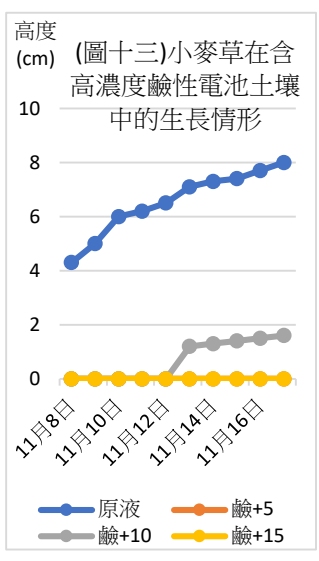
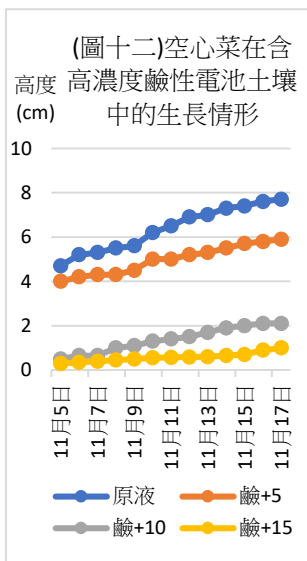
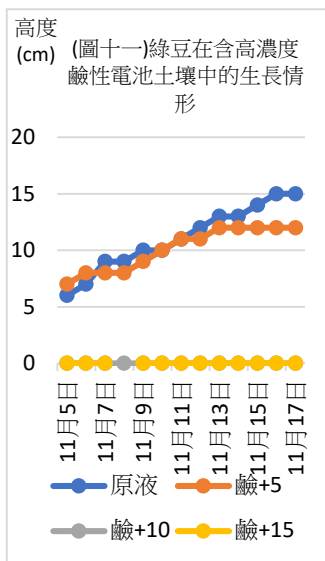
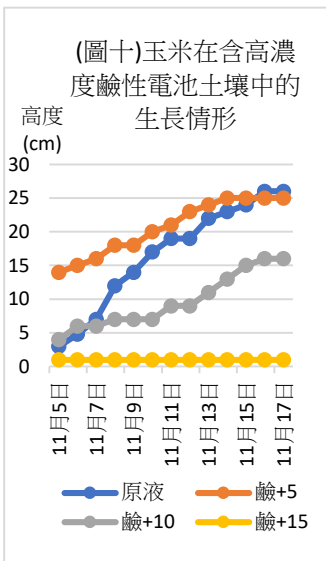
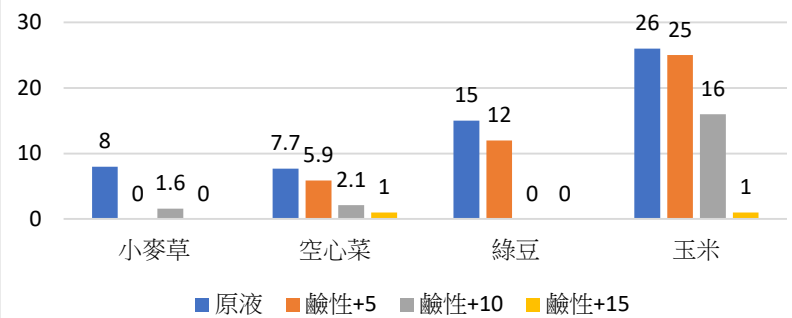


2. 生長情形比較：

表四：四種植物在高濃度鹼性電池土壤的平均生長高度

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	8	7.7	15	26
鹼性+5	0	5.9	12	25
鹼性+10	1.6	2.1	0	16
鹼性+15	0	1	0	1

圖九：四種作物在含不同濃度鹼性電池土壤中的生長高度比較



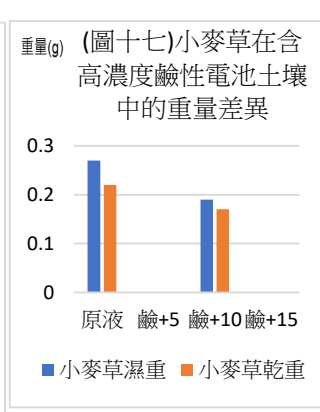
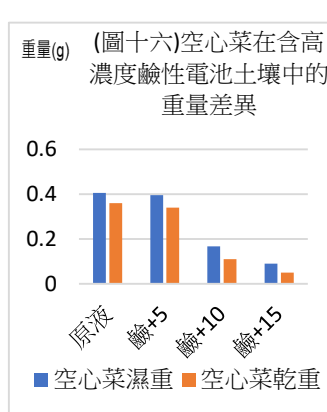
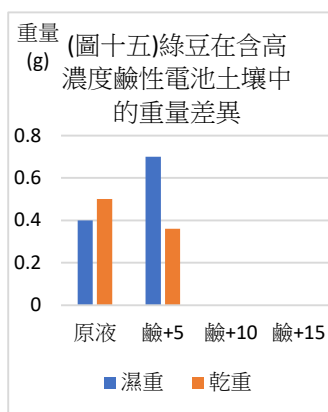
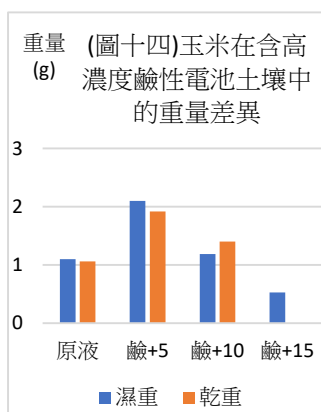
3. 重量比較:

表五:四種植物在高濃度鹼性電池土壤的秤重紀錄

單位:公克

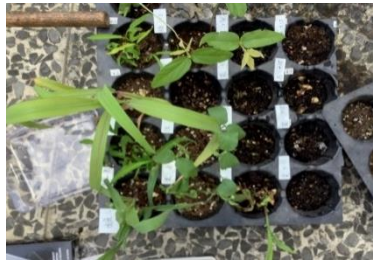
紅色表示比對照組重

	原液	鹼性+5	鹼性+10	鹼性+15
小麥草濕重	0.27	0	0.19	0
小麥草乾重	0.22	0	0.17	0
空心菜濕重	0.40571	0.395	0.16667	0.09
空心菜乾重	0.36	0.34	0.11	0.05
玉米濕重	1.1	2.1	1.19	0.53
玉米乾重	1.06	1.92	1.4	0
綠豆濕重	0.5	0.7	0	0
綠豆乾重	0.4	0.36	0	0



【問題與討論】

- (1)與碳鋅電池相比,高濃度鹼性電池的發芽率更高,生長情形更好,推測鹼性電池對植物的毒性較小,與我們的預期相差較遠。
- (2)由圖(八)的發芽率中發現玉米在四種作物中是最不受鹼性電池影響的,在最濃的(鹼+15)中還有50%的發芽率,綠豆在(鹼+5)中還有80%的發芽率,但在(鹼+10)和(鹼+15)中卻無法發芽,空心菜在三種濃度中雖然都可發芽,但發芽率卻只有40%~20%,至於小麥草發芽情況仍然很糟。
- (3)玉米和綠豆在(鹼+5)的生長狀況有時甚至超越了原液,雖然+10與+15生長不佳,但少量的鹼性電池內容物或許可能成為植物的肥料,幫助生長,但是否有重金屬累積的現象則有待進一步的分析。



植物的生長狀況
(碳鋅、鹼性)



植物的生長狀況
(鹼性電池)



植物的生長狀況
(鹼性電池+5 玉米組)

圖十八:植物的生長情況

(三)高濃度鈕扣電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

※四種作物在不同量鈕扣電池土壤中皆沒有發芽

【問題與討論】

- (1)鈕扣電池對作物的發芽和生長的影響最大。
- (2)現在大多的鈕扣電池已經不含汞，但對生物的影響還是很
大，推測鈕扣電池的內容物對植物來說是最毒的。
- (3)常見鈕扣電池的主要內容物為鋰、鋅及二氧化錳，而加入鈕扣電池的土壤生長狀況最差，這三種做為能對植物的生長有幫助、甚至是必要的元素與化合物，在我們的實驗中卻抑制了植物的生長，或許是濃度過量會對植物產生毒性。



作物在鈕扣電池中
沒發芽

圖十九:鈕扣電池不發芽

實驗二、探討土壤加入三種常見的電池內容物在低濃度時對植物發芽和生長的影響

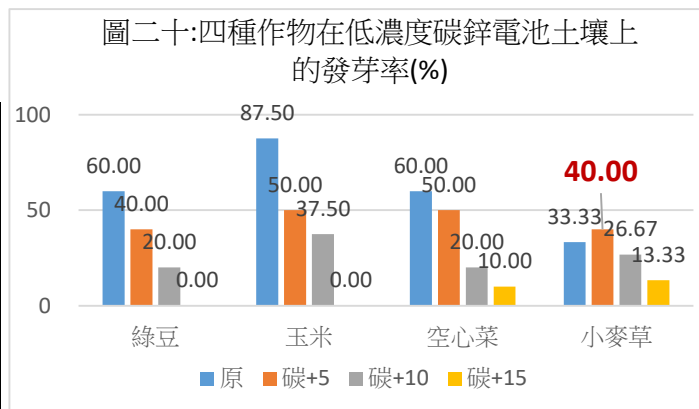
因為第一次加入高濃度的廢電池內容物讓植物的發芽和生長狀況不甚理想，但是鹼性電池中的(鹼+5)對玉米和綠豆的影響不大，我們覺得或許廢電池的量再降低，或許有機會找到可以當作肥料，促進作物生長的廢電池的量，所以決定減少 1/3 廢電池的量，做第二次實驗。

(一)低濃度碳鋅電池對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率比較：

表六：四種植物在低濃度碳鋅電池土壤的發芽情形

發芽顆數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	5	6	7	6
碳鋅+5	6	1	4	4
碳鋅+10	4	2	3	2
碳鋅+15	2	5	0	0

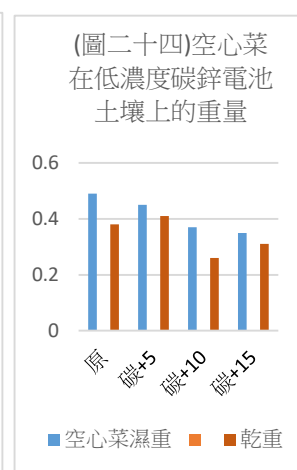
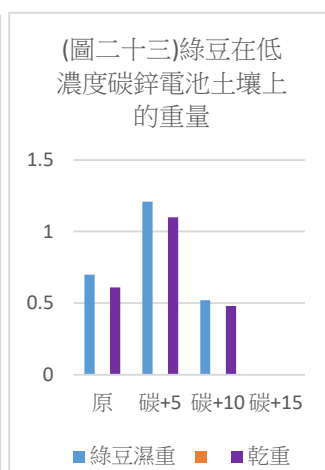
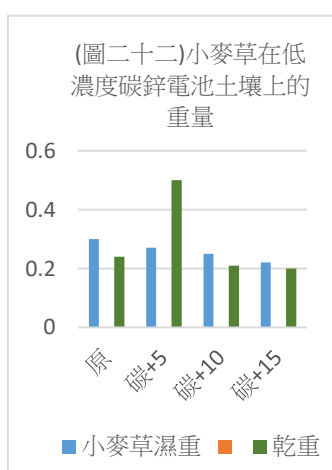
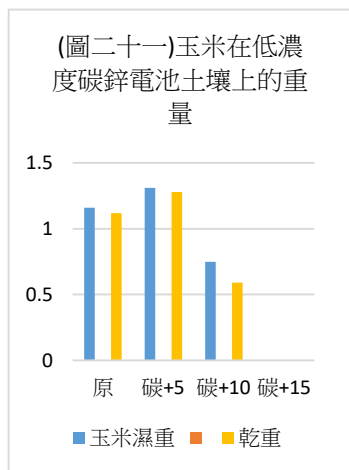


表七：四種植物在低濃度碳鋅電池土壤的重量比較(g)

2. 重量比較：

紅色表示比對照組好

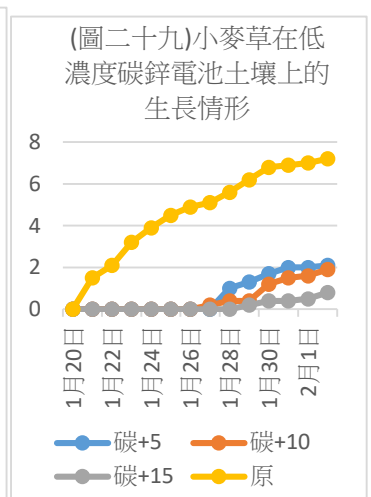
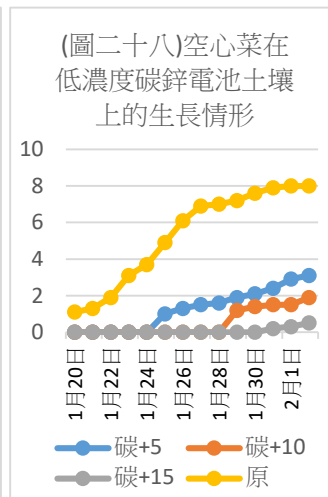
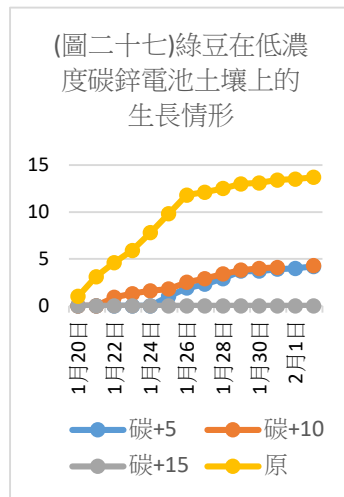
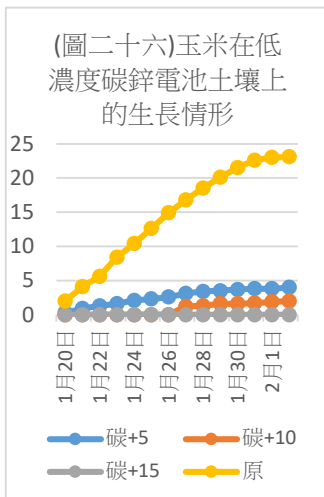
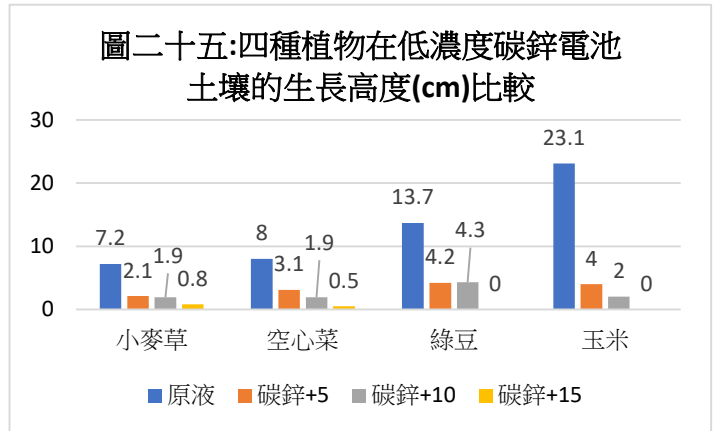
	原	碳+5	碳+10	碳+15
玉米濕重	1.16	1.31	0.75	0
玉米乾重	1.12	1.28	0.59	0
綠豆濕重	0.7	1.21	0.52	0
綠豆乾重	0.61	1.1	0.48	0
空心菜濕重	0.49	0.45	0.37	0.35
空心菜乾重	0.38	0.41	0.26	0.31
小麥草濕重	0.3	0.27	0.25	0.22
小麥草乾重	0.24	0.5	0.21	0.2



3. 生長情形

表八：四種植物在低濃度碳鋅電池土壤的生長高度(cm)比較

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	7.2	8	13.7	23.1
碳鋅+5	2.1	3.1	4.2	4
碳鋅+10	1.9	1.9	4.3	2
碳鋅+15	0.8	0.5	0	0



【問題與討論】

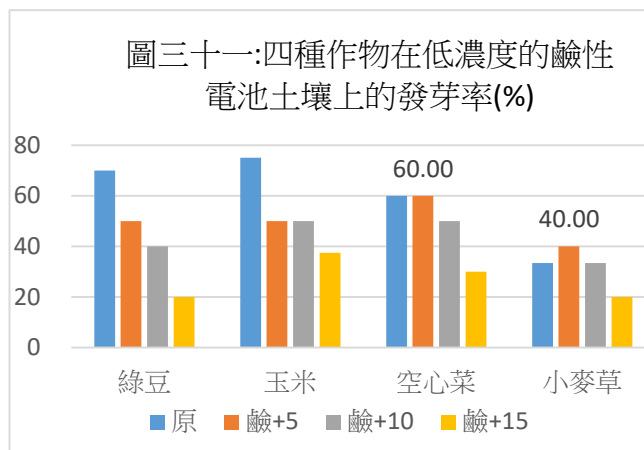
- (1)由圖二十一到圖二十四可以發現低濃度的所有作物的碳+5 雖然高度沒有比較高，但重量大多比對照組重，推測低濃度的碳+5 可能可以幫作物增重。
- (2)由圖二十可以發現幾乎所有作物在低濃度的碳鋅土壤發芽率還是比原液低(除了小麥草)，但普遍都可以發芽了，比高濃度的狀況好很多。
- (3)由圖二十六到圖二十九可以發現低濃度碳鋅土壤組的所有作物，雖然可以生長，但與原液的生長情形有明顯的差距，但已經比高濃度的有改善一些了。

(二)低濃度鹼性電池土壤對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率比較：

表九：四種植物在低濃度鹼性電池土壤的發芽棵數的比較

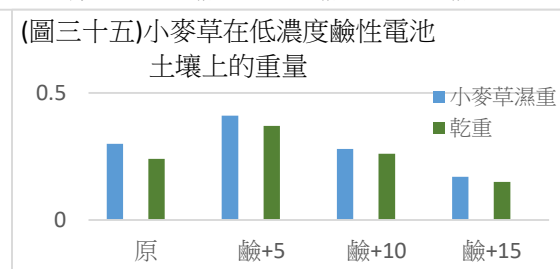
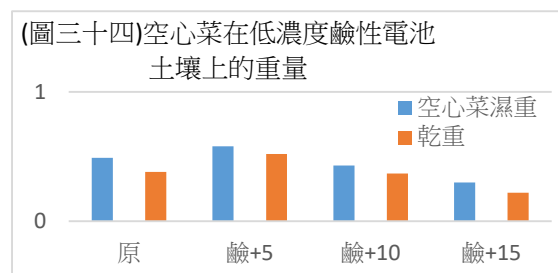
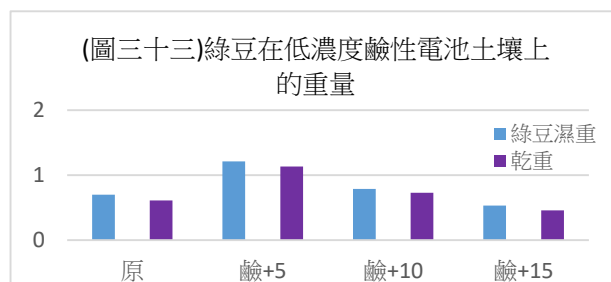
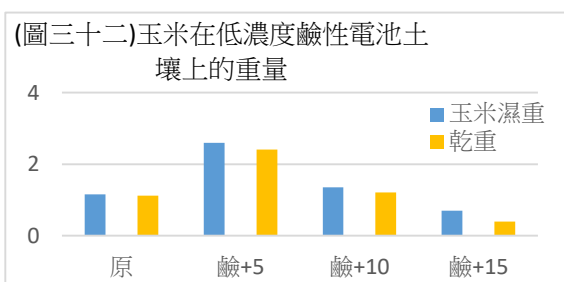
發芽棵數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	5	6	7	6
鹼性+5	6	6	5	4
鹼性+10	5	5	4	4
鹼性+15	3	3	1	3



2. 重量比較：

表十：四種植物在低濃度鹼性電池土壤的重量比較

	原	鹼+5	鹼+10	鹼+15
玉米濕重	1.16	2.6	1.35	0.7
玉米乾重	1.12	2.41	1.21	0.4
綠豆濕重	0.7	1.21	0.79	0.53
綠豆乾重	0.61	1.13	0.73	0.46
空心菜濕重	0.49	0.58	0.43	0.3
空心菜乾重	0.38	0.52	0.37	0.22
小麥草濕重	0.3	0.41	0.28	0.17
小麥草乾重	0.24	0.37	0.26	0.15

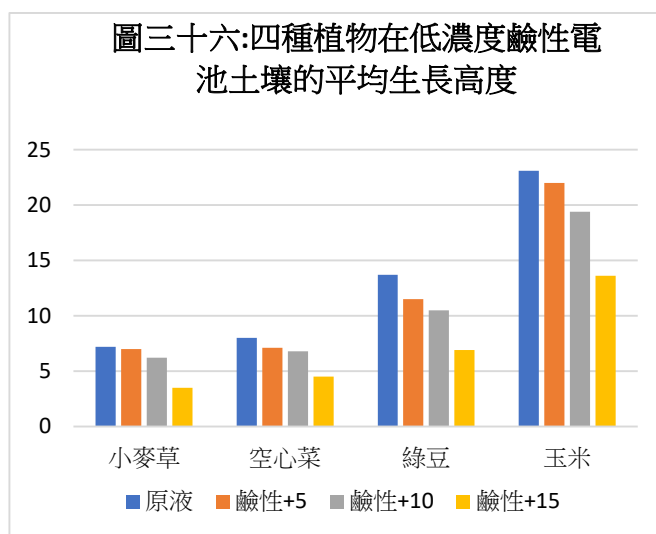


3. 生長比較:

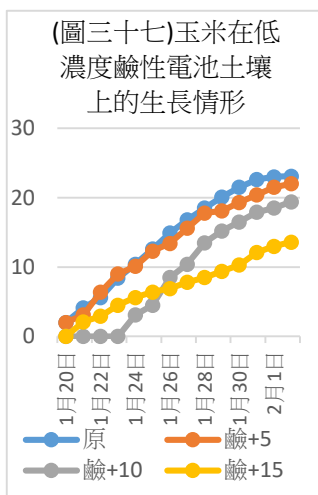
表十一: 四種植物在低濃度鹼性電池土壤的平均生長高度

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	7.2	8	13.7	23.1
鹼性+5	7	7.1	11.5	22
鹼性+10	6.2	6.8	10.5	19.4
鹼性+15	3.5	4.5	6.9	13.6

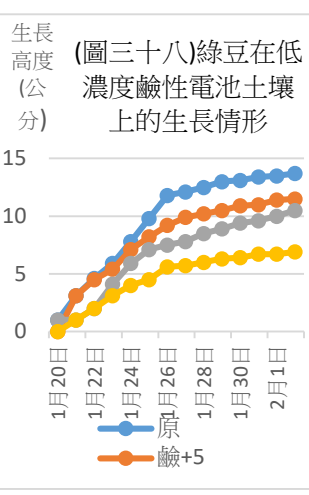
圖三十六: 四種植物在低濃度鹼性電池土壤的平均生長高度



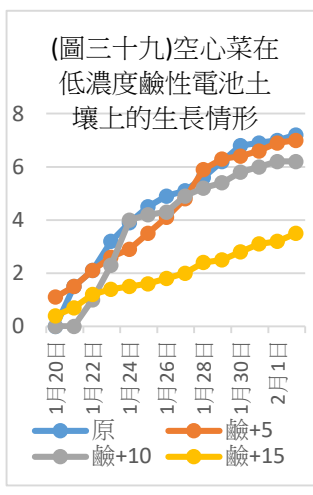
(圖三十七) 玉米在低濃度鹼性電池土壤上的生長情形



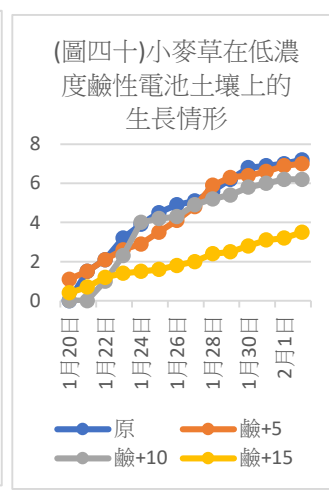
(圖三十八) 綠豆在低濃度鹼性電池土壤上的生長情形



(圖三十九) 空心菜在低濃度鹼性電池土壤上的生長情形



(圖四十) 小麥草在低濃度鹼性電池土壤上的生長情形



【問題與討論】

- (1) 在圖三十二到圖三十五可以看到四種作物鹼+5 的重量都比原液重，鹼+10 的玉米和綠豆也比原液重，推測少量鹼性電池土有類似肥料的功用，能促進植物生長。
- (2) 由圖三十一可以發現原液發芽率平均比有加鹼性的還高，但差距極小，只有鹼+15 組發芽率才有顯著變低，但仍然有原液一半的發芽率，由此可推知低濃度鹼性電池汙染對發芽影響不大，小麥草的發芽率甚至比原液好。
- (3) 圖三十七到圖四十可以發現原液的生長情形還是比較好，但玉米和空心菜在鹼+5、鹼+10 中已經和原液差不多了，比起高濃度的狀況好很多。

(三)低濃度鈕扣電池對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

*鈕扣電池土壤皆無發芽



鈕扣電池的皆無發芽(玉米)

【問題與討論】

(1)鈕扣電池對作物的發芽和生長的影響最大，就算調整成低濃度土壤仍無法發芽。

實驗三、甲殼素可以改善被三種常見電池污染的土壤對植物生長的影響嗎？

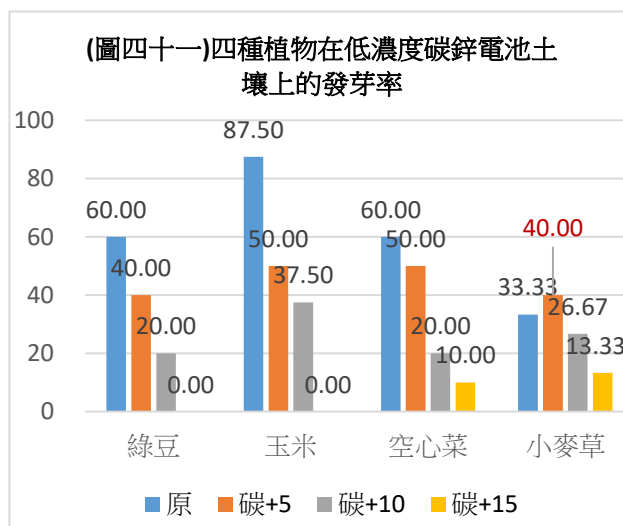
第一、二次實驗發現**濃度降低確實有助於作物的發芽和生長**，但廢電池的毒害仍然很嚴重，例如鈕扣電池一直都沒有改善它讓作物無法生長的現況，後來在文獻上發現甲殼素有吸附重金屬及有毒物質的作用，於是我們想試試看，甲殼素或許真能拯救被電池污染的土壤，讓植物出現一線生機，結果如下：

(一)高濃度碳鋅電池土壤加入甲殼素後對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率比較：

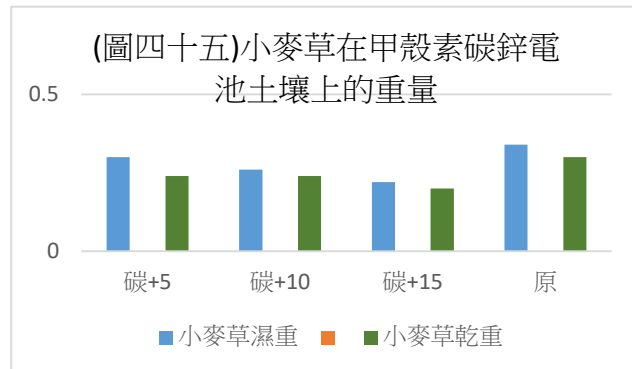
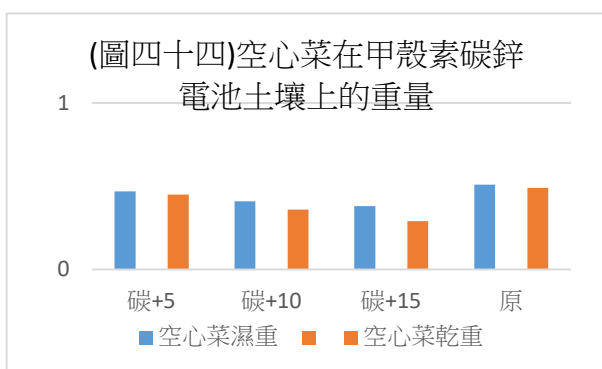
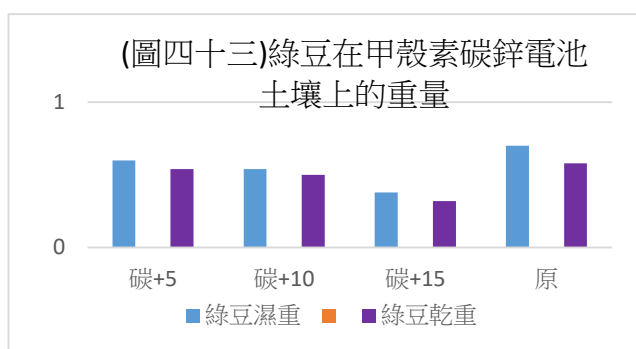
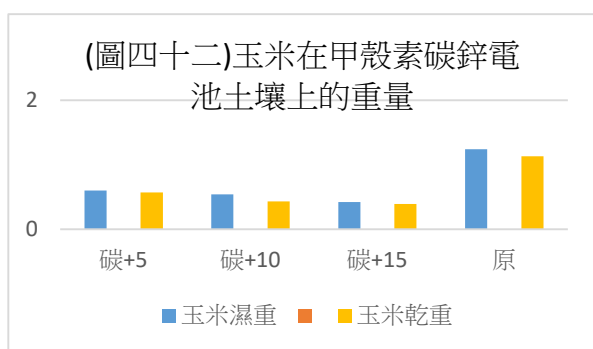
表十二：四種作物在高濃度碳鋅+甲殼素土壤發芽情形

發芽顆數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	6	8	8	7
碳鋅+5	3	6	5	5
碳鋅+10	7	3	3	3
碳鋅+15	5	2	1	2



2. 重量比較：表十三：四種植物在高濃度碳鋅+甲殼素土壤重量比較

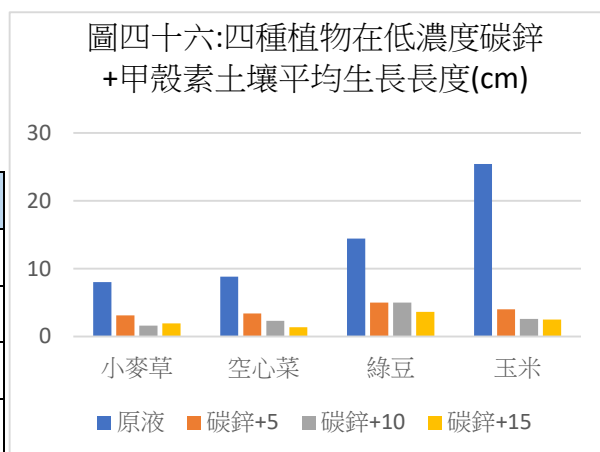
	原	碳+5	碳+10	碳+15
玉米濕重	1.24	0.6	0.54	0.42
玉米乾重	1.13	0.57	0.43	0.39
綠豆濕重	0.7	0.6	0.54	0.38
綠豆乾重	0.58	0.54	0.5	0.32
空心菜濕重	0.51	0.47	0.41	0.38
空心菜乾重	0.49	0.45	0.36	0.29
小麥草濕重	0.34	0.3	0.26	0.22
小麥草乾重	0.3	0.24	0.24	0.2

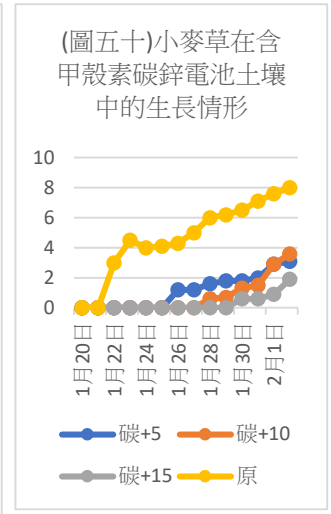
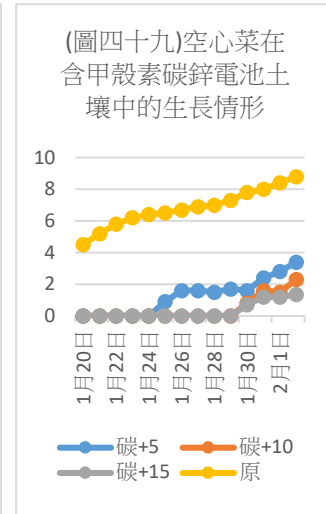
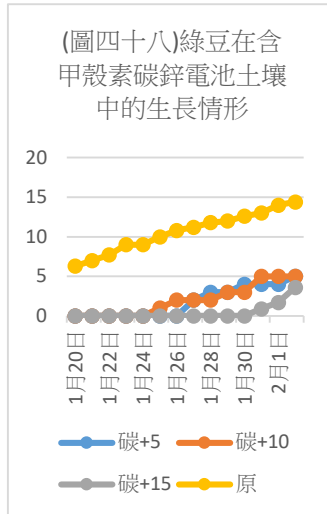
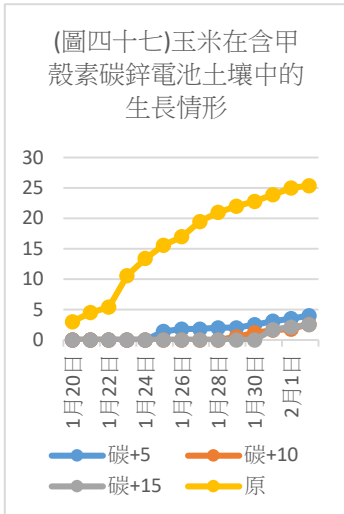


2. 生長比較：

表十四：四種植物在低濃度碳鋅+甲殼素土壤平均生長高度(cm)

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	8	8.8	14.4	25.4
碳鋅+5	3.1	3.4	5	4
碳鋅+10	1.6	2.3	5	2.6
碳鋅+15	1.9	1.35	3.6	2.5





【問題與討論】

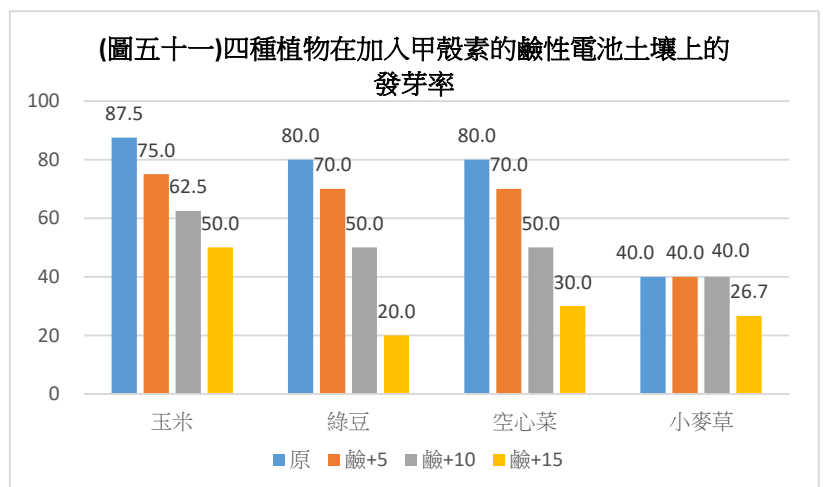
- (1)圖四十二到圖四十五可以看出甲殼素碳鋅電池的植物的重量還是比原液輕，但加甲殼素在碳+15的效果比低濃度的好。
- (2)由圖四十一可以看出甲殼素碳鋅電池的作物的發芽率還是比原液差，但是都比低濃度的好，尤其是對小麥草的情況改善最棒。
- (3)圖四十二到圖五十可以看出生長狀況和發芽率的情形差不多，雖比原液差，但是比低濃度的好很多。
- (4)綜合之前碳鋅電池組，推測甲殼素對作物生長在高濃度碳鋅電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。

(二)高濃度鹼性電池加入甲殼素對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率比較：

表十五:四種植物在高濃度鹼性+甲殼素土壤的發芽棵數

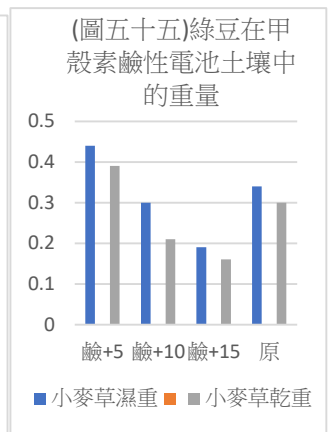
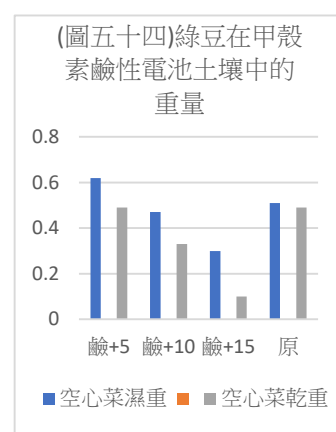
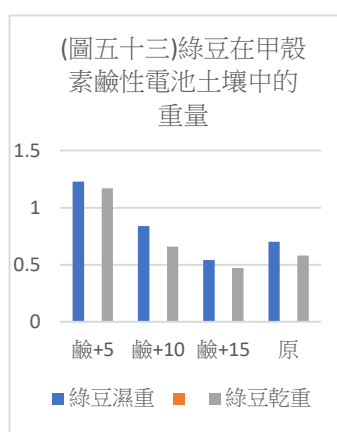
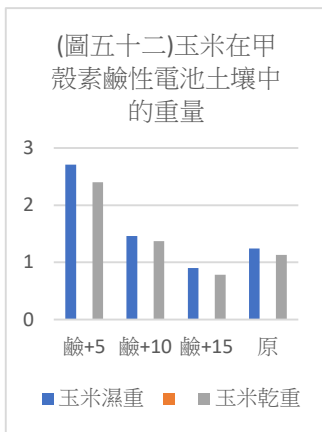
發芽數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	6	8	8	7
鹼性+5	7	7	7	6
鹼性+10	6	5	5	5
鹼性+15	4	3	2	4



2. 重量比較：

表十六：四種植物在高濃度鹼性+甲殼素土壤重量紀錄(g)

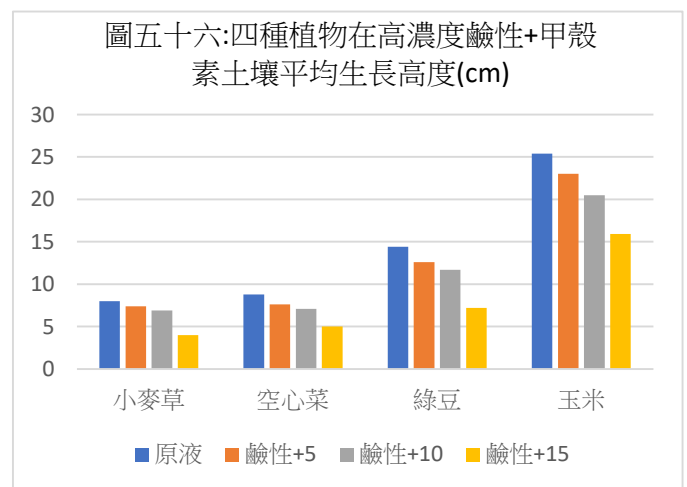
	原液	鹼性+5	鹼性+10	鹼性+15
玉米濕重	1.24	2.71	1.46	0.9
玉米乾重	1.13	2.4	1.37	0.78
綠豆濕重	0.7	1.23	0.84	0.54
綠豆乾重	0.58	1.17	0.66	0.47
空心菜濕重	0.51	0.62	0.47	0.3
空心菜乾重	0.49	0.49	0.33	0.1
小麥草濕重	0.34	0.44	0.3	0.19
小麥草乾重	0.3	0.39	0.21	0.16

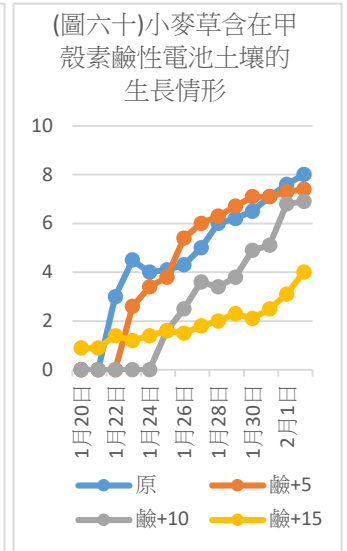
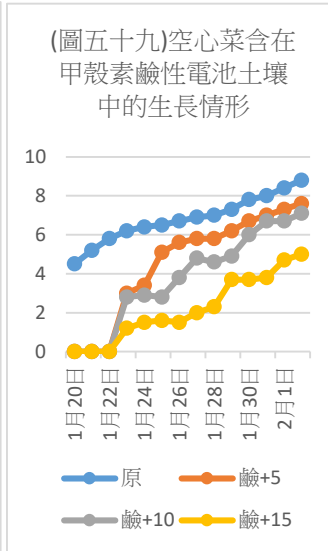
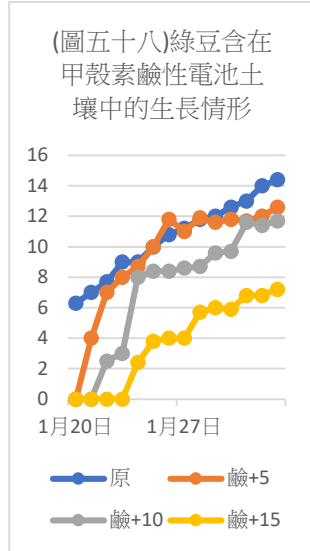
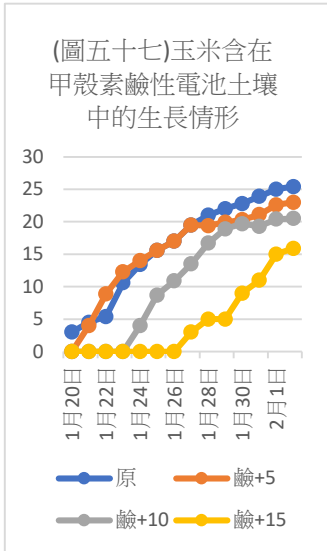


3. 生長比較：

表十七：四種植物在高濃度鹼性+甲殼素土壤平均生長高度(cm)

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	8	8.8	14.4	25.4
鹼性+5	7.4	7.6	12.6	23
鹼性+10	6.9	7.1	11.7	20.5
鹼性+15	4	5	7.2	15.9





【問題與討論】

- (1)圖五十二到圖五十五可以看出甲殼素+鹼性電池的作物的重量在+5時，都比原液好+10時，玉米和綠豆也比原液好，**效果比低濃度的好。**
- (2)由圖五十一可以看出甲殼素+鹼性電池的作物的發芽率還是比原液差，但是都**比低濃度的好一些，尤其是對小麥草的情況改善最明顯。**
- (3)圖五十二到圖六十可以看出生長狀況和發芽率的情形差不多，雖比原液差，但是**比低濃度的好很多。**
- (4)綜合之前鹼性電池組，推測甲殼素對作物生長在高濃度鹼性電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。

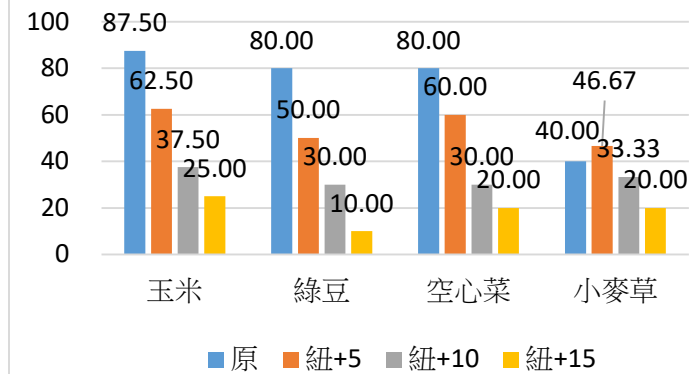
(三)高濃度鈕扣電池加入甲殼素對綠豆、空心菜、小麥草、玉米發芽和生長的影響

1. 發芽率比較：

表十八：四種植物在高濃度鈕扣+甲殼素土壤的發芽棵數

發芽數	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	6	8	8	7
鈕扣+5	0	2	2	3
鈕扣+10	0	0	0	0
鈕扣+15	0	0	0	0

(圖六十一)四種植物在加入甲殼素的鈕扣電池土壤上的發芽率

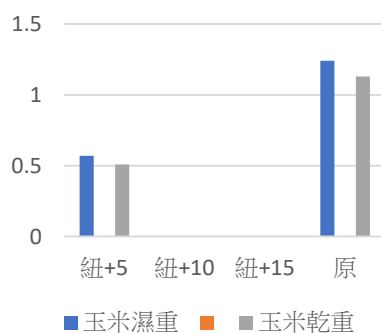


2. 重量比較：

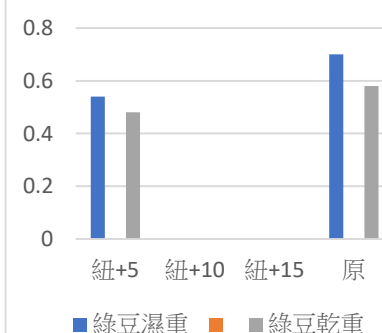
表十九：四種植物在高濃度鈕扣+甲殼素土壤的重量(g)

	原	紐+5	紐+10	紐+15
玉米濕重	1.24	0.57	0	0
玉米乾重	1.13	0.51	0	0
綠豆濕重	0.7	0.54	0	0
綠豆乾重	0.58	0.48	0	0
空心菜濕重	0.51	0.31	0	0
空心菜乾重	0.49	0.26	0	0
小麥草濕重	0.34	0	0	0
小麥草乾重	0.3	0	0	0

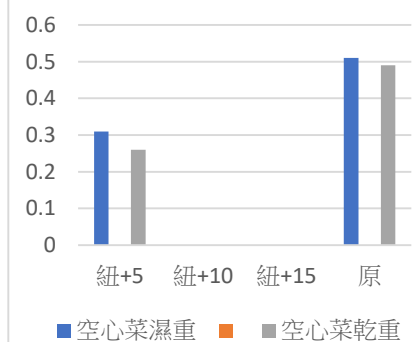
(圖六十二)玉米在甲殼素鈕扣電池土壤上重量



(圖六十三)綠豆在甲殼素鈕扣電池土壤上重量



(圖六十四)空心菜在甲殼素鈕扣電池土壤上重量



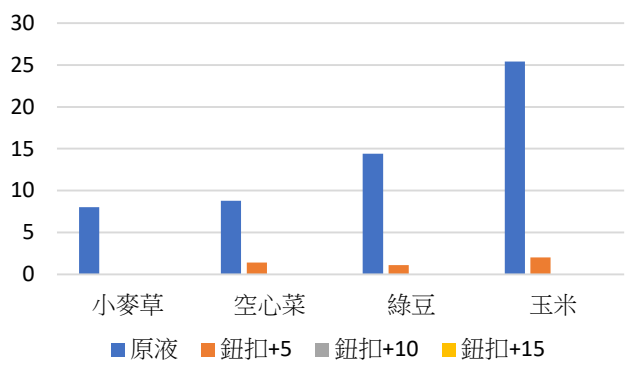
*小麥草在鈕扣電池中沒有發芽

2. 生長比較：

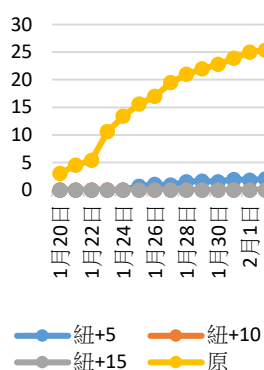
表二十：四種植物在高濃度鈕扣+甲殼素土壤平均生長長度(cm)

生長高度	小麥草	空心菜	綠豆	玉米
原液	8	8.8	14.4	25.4
鈕扣+5	0	1.4	1.1	2
鈕扣+10	0	0	0	0
鈕扣+15	0	0	0	0

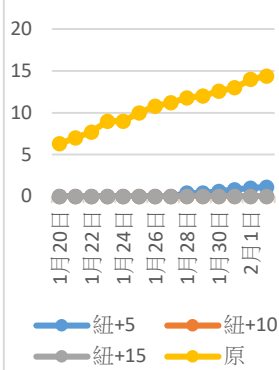
圖六十五：四種植物在高濃度鈕扣+甲殼素土壤平均生長長度(cm)



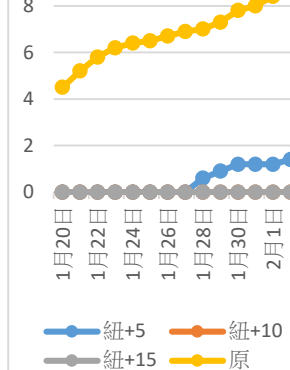
(圖五十九)玉米含在甲殼素鈕扣電池土壤中的生長情形



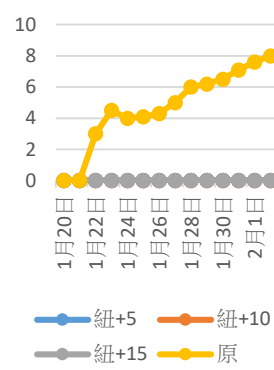
(圖六十)綠豆含在甲殼素鈕扣電池土壤中的生長情形



(圖六十一)空心菜含在甲殼素鈕扣電池土壤中的生長情形



(圖六十二)小麥草含在甲殼素鈕扣電池土壤中的生長情形



【問題與討論】

- (1)圖六十二到圖六十四可以看出甲殼素+鈕扣電池的作物的重量都比原液差，但是在+5時，空心菜、玉米、綠豆已經有生長了，比之前都沒有生長總算有改善了。
- (2)由圖六十一可以看出甲殼素+鈕扣電池的作物的發芽率還是很差，但是空心菜、玉米、綠豆已經有將近40%的發芽率，有改善生長的機會。
- (3)圖五十九到圖六十二可以看出生長狀況，雖比原液差，但是空心菜似乎改進很多。
- (4)綜合之前鈕扣電池組，推測甲殼素對作物生長在高濃度鈕扣電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。

伍、結論

- 一、高濃度碳鋅電池污染的土壤造成玉米發芽率只有 12.5%、綠豆 6.67%，小麥和空心菜甚至沒有發芽，可見碳鋅電池亂丟入土壤中，對作物的影響真的很大。
- 二、高濃度鹼性電池對作物影響雖然沒又碳鋅電池嚴重，但小麥草發芽情況仍然很糟，玉米在四種作物中是最不受鹼性電池影響的，在最濃的(鹼+15)中還有 50%的發芽率，綠豆在(鹼+5)中還有 80%的發芽率，但在(鹼+10)和(鹼+15)中卻無法發芽，空心菜在三種濃度中雖然都可發芽，但發芽率卻只有 40%~20%。
- 三、低濃度碳鋅電池中，碳+5 雖然高度沒有對照組高，但重量大多比對照組重，推測低濃度的碳+5 可能可以幫作物增重，至於發芽率和生長狀況還是比原液低(除了小麥草)，但普遍都可以發芽了，比高濃度的狀況好很多。
- 四、低濃度鹼性電池中，鹼+5 的重量都比原液重，鹼+10 的玉米和綠豆也比原液重，生長情形還是原液比較好，但玉米和空心菜在鹼+5、鹼+10 中已經和原液差不多了，比起高濃度的狀況好很多。推測少量鹼性電池土有類似肥料的功用，能促進植物生長。
- 五、低濃度鹼性電池污染對作物發芽影響不大，小麥草的發芽率甚至比原液好。
- 六、甲殼素+高濃度碳鋅電池的作物生長的重量和發芽率還是比原液差，但是比低濃度的好很多。對小麥草的情況改善最明顯。
- 七、綜合之前碳鋅電池組實驗，推測甲殼素對作物生長在高濃度碳鋅電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。
- 八、甲殼素+鹼性電池的作物的重量在+5 時，都比原液好，+10 時，玉米和綠豆也比原液好，效果比低濃度的好，對小麥草的情況改善最明顯。
- 九、綜合之前鹼性電池組實驗，推測甲殼素對作物生長在高濃度鹼性電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。
- 十、甲殼素+鈕扣電池的作物的重量都比原液差，但是在+5 時，空心菜、玉米、綠豆已經有生長了，比之前都沒有生長總算有改善了。發芽率還是很差，但是空心菜、玉米、綠豆已經有將近 40%的發芽率，有改善生長的機會。生長狀況，雖比原液差，但是空心菜似乎改進很多。
- 十一、綜合之前鈕扣電池組實驗，推測甲殼素對作物生長在高濃度鈕扣電池土壤中有明顯改生發芽及生長情形。
- 十二、鹼性電池土壤的植物在不同濃度下往往較碳鋅、鈕扣電池土壤長得更好，低濃度鹼性電池與對照組生長程度並無二致，甚至比較好，但鈕扣組卻遲遲不發芽，推斷鈕扣的環境可能不適合植物生長。
- 十三、測量三種不同的電池 pH 值，除了對照組中性以外，其餘都偏鹼，以此了解可能不是酸鹼影響實驗結果。
- 十四、稀釋所有電池的濃度，在觀察作物發芽及生長程度，測試有無好轉，由結果可知，可小幅度的提昇作物的發芽及生長程度。
- 十五、高濃度的電池土，加入適量的甲殼素，測試其是否能平衡植物的生長環境時發現會改善土壤的狀況，提升作物的發芽率及生長情況而且比低濃度好一些。
- 十六、在三種濃度中，高濃度的生長高度及發芽率皆是三組中最差，而低濃度則是優於高濃度，但仍是較劣於甲殼素，由此可知越高濃度對植物的危害性最高。
- 十七、三組的生長狀況皆是以鹼性大於碳鋅再大於鈕扣，無論是低濃度、高濃度、甲殼素皆是如此，與當初預測狀況有所不同(當初預測碳鋅>鈕扣>鹼性)

陸、參考文獻

一、環境資訊中心 <https://e-info.org.tw/node/13720>。

二、i 創科技 <https://itritech.itri.org.tw/blog/battery-micro-nutrient/>

三、維基百科:

<https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E9%B9%BC%E6%80%A7%E9%9B%BB%E6%B1%A0>

四、維基百科:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%94%8C%E7%94%B5%E6%B1%A0>

五、維基百科: [https://zh.wikipedia.org/zh-](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%88%95%E6%89%A3%E9%9B%BB%E6%B1%A0)

[tw/%E9%88%95%E6%89%A3%E9%9B%BB%E6%B1%A0](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%88%95%E6%89%A3%E9%9B%BB%E6%B1%A0)

六、維基百科：幾丁質(Chitin，甲殼素)

<https://www.che.ncku.edu.tw/historicalgallery2/index.php?option=module&lang=cht&task=pagineinfo&id=619&index=2>