

腳下的寶藏



植物根系、淤泥、紅土與堆肥的微電力來源探究



一、動機：



- 全球氣候變遷加劇,對能源的需求持續上升。
- 我們思考：生活中是否有一些隨手可得、對環境影響微小的材料，也能產生電力？
- 我們注意到土壤富含微生物、有機質和水分，這些成分可能透過自然的化學反應產生微量電能。
- 我們認為，堆肥後的土壤可能是一種低成本且環境友善的微電力來源。



二、研究問題

- 1.比較不同植物根系周圍的土壤特性
- 2.探討不同地點水溝淤土的 pH值與電壓
- 3.分析八堡圳黑土與紅土的 pH值與電壓
- 4.檢測堆肥土壤的電壓輸出與酸鹼值變化
- 5.比較不同測量工具取得的電壓差異
- 6.綜合分析土壤發電的可行性與應用潛力

三、土壤發電原理：天然的伏打電池



圖一 土壤電池

土壤電池的原理與伏打電池相似。將兩種不同的金屬 (銅和鋅) 插入富含水分與離子的土壤中, 即可構成一個微型電池。

- **負極 (鋅)**：活性較高的鋅片會釋放電子。
- **正極 (銅)**：活性較低的銅片會接收電子。
- **電解質 (濕潤土壤)**：土壤中的水分與離子形成通路, 讓電荷得以平衡, 維持電子持續流動, 從而產生電壓。

四、土壤電池的探究流程



步驟一:土壤採集與分類

- 植物根系土壤
- 水溝淤土
- 八堡圳黑土
- 自製堆肥土



步驟二:前處理與性質量測

- 過篩去雜質
- 控制含水量
- 量測pH值
- 堆肥處理



步驟三:組裝土壤電池

- 固定銅片(正極)與鋅片(負極)



步驟四:電壓量測與比較

- 三用電表與鋅銅電壓計交叉比對
- 三用電表與鋅銅電壓計比較



步驟五:數據分析與可行性

- 測試分析變因關聯性,
- 串聯電池測試能否驅動LED燈與風扇

圖二 土壤電池的探究流程

五、研究樣本



1. 水溝淤土

- 來源:校園內乾、濕水溝。
- 特性:顏色從灰黑到深灰,富含有機質。



3. 八堡圳黑土

- 來源:八堡圳不同座標採集點。
- 特性:具代表性的地方性土壤。



5. 堆肥土

- 來源:將果皮(橘子、香蕉、西瓜)、落葉與土壤混合自製。
- 特性:作為特殊變因,探討有機質



2. 植物根系周圍土壤

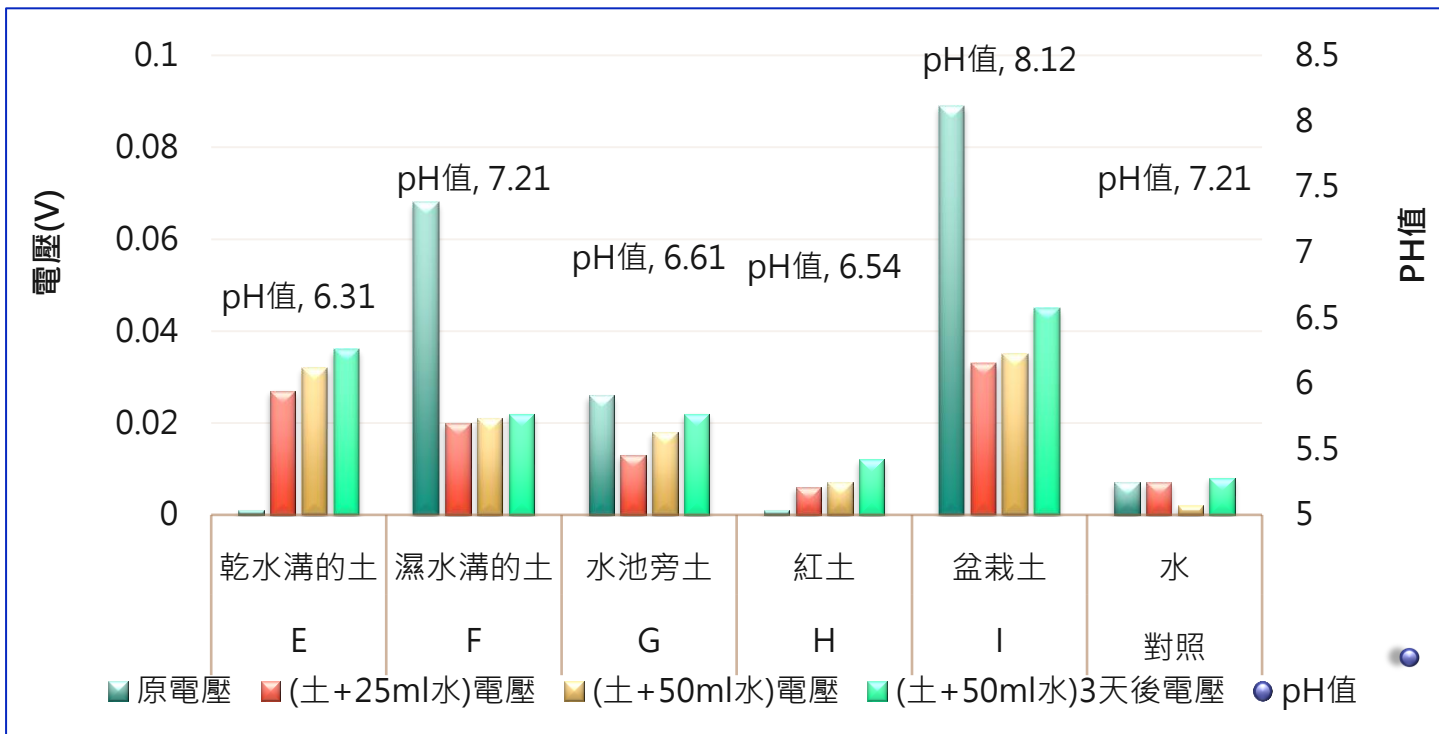
- 來源:環泰步道旁的茄苳樹、台灣欒樹、小葉欖仁、大花紫薇。
- 特性:顆粒大小與孔隙度各不相同, pH值介於5.93 至 6.99°



4. 紅土土壤

- 來源:大肚地區。
- 特性:具代表性的地方性土壤。

六、不同土壤樣本之電壓與pH值



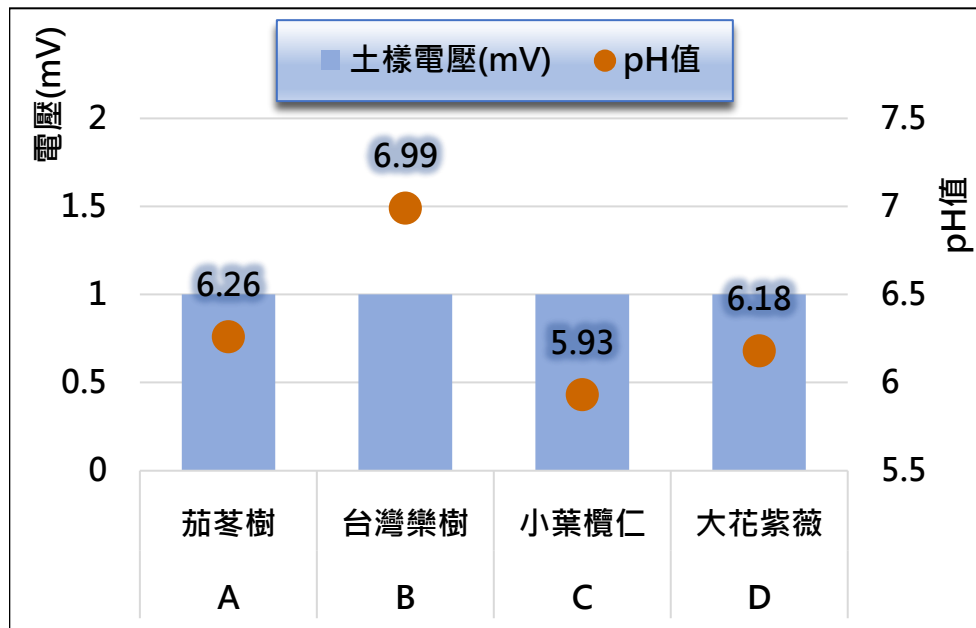
圖三 不同土壤之電壓與pH值

- **原始電壓**：最高為盆栽土的89mV，其餘普遍低於26mV。
- **加水後**：電壓反而普遍下降或變化不大。
- **土壤pH值**：介於6.31至8.12之間呈中性至微鹼性。
- **電壓與pH值**：呈正相關性
- **靜置3天後**：電壓進一步提高，推測與水分滲透及離子逐漸釋放有關。

七、校園步道植物根系土壤之電壓與pH值

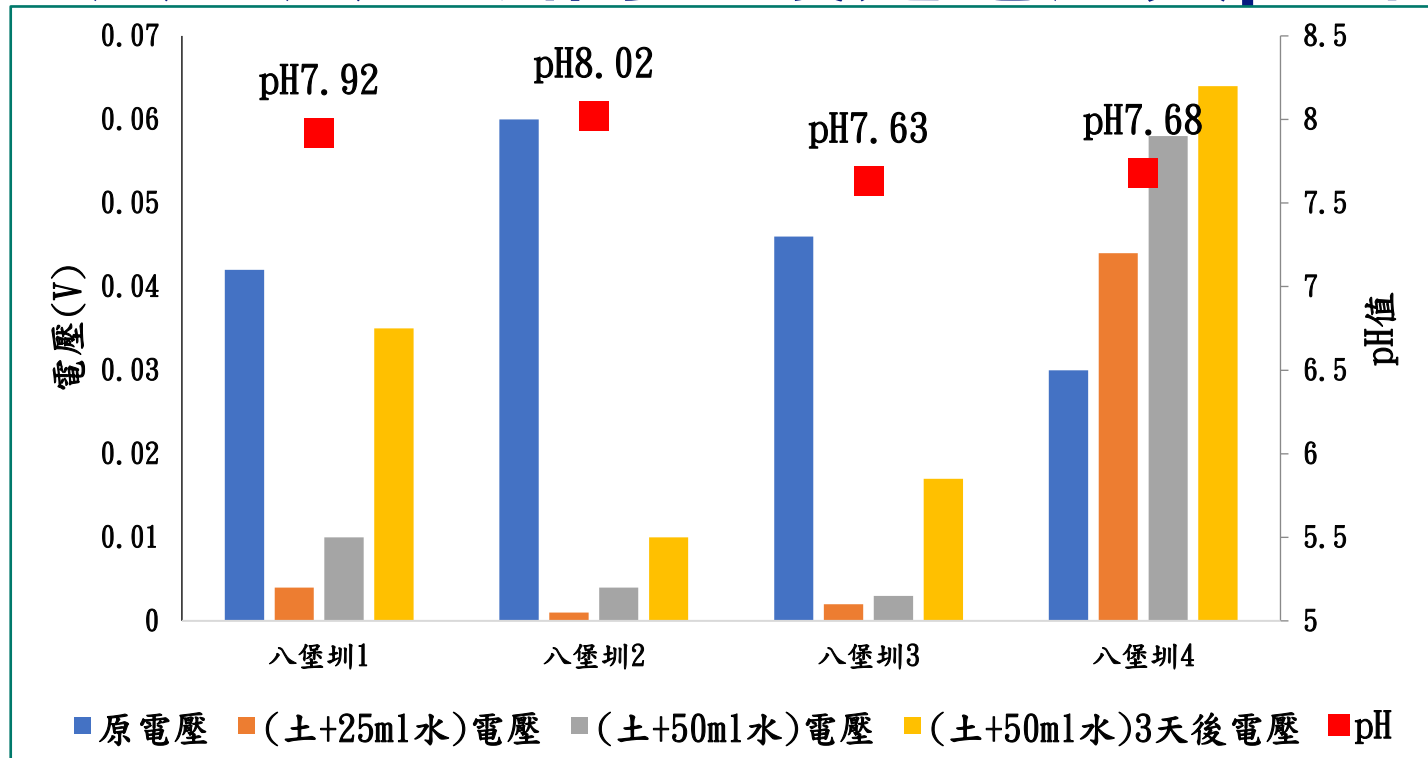
- 電壓普遍偏低 (約 1 mV)，且各樣本間差異不大。
- 土壤pH值介於 5.93 至 6.99 之間，呈微酸性至中性。
- 電壓與pH值之間未呈現直接相關性。

初步結論：植物根系活動本身產生的電壓不明顯，電壓可能受水中離子濃度等其他因素影響更大。



圖四 校園步道植物根系土壤之電壓與pH值

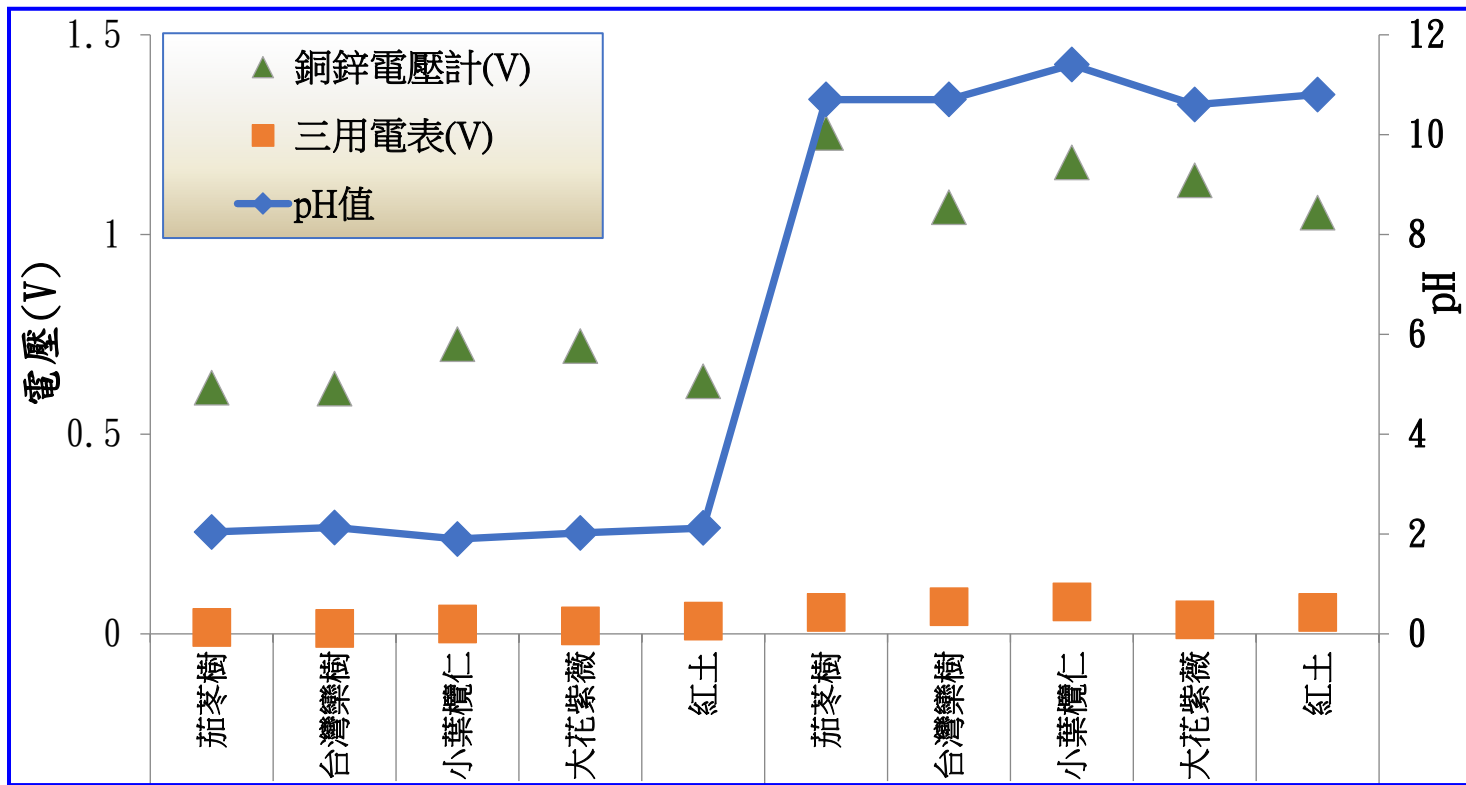
八、八堡圳的土壤之電壓與pH值



圖五 八堡圳不同座標中的土壤之電壓與pH值

- **原電壓 (未加水) :**
所有樣本電壓約 0.03–0.06 V，八堡圳 2 最高。
- **加水後 (+25 mL, +50 mL) :** 多數樣本在短時間內電壓下降。
- 但在加 50 mL 水並放置 3 天後，電壓顯著上升 (八堡圳 4 幅度最大)。
- **結論 :** 水分增加與時間放置可能改善土壤中離子移動，使電化學反應更明顯。

九、添加酸鹼溶液之土壤與電壓及PH的關係



圖六 添加酸鹼溶液之土壤與電壓及PH的關係

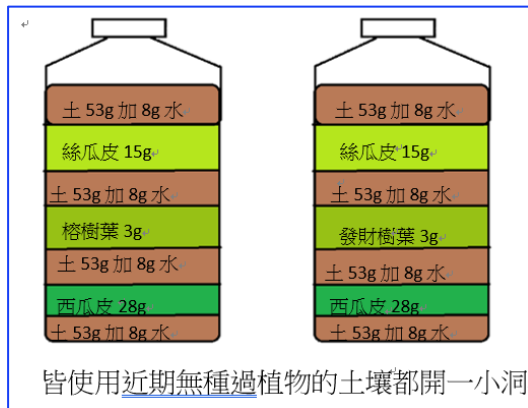
測試酸鹼值如何影響土壤電壓產生，探索潛在的能源機制

- 我們發現加入鹼性溶液後，電壓大幅提升。
- 在實驗中，加入鹼液的茄苳樹土壤樣本，電壓竟然一舉衝到了1.2V。
- PH值：小葉欖仁最高

十、自製堆肥土壤



圖七(a) 自製的廚餘與落葉堆肥土壤



圖七(b) 自製的廚餘與落葉堆肥土壤



圖七(c) 自製的廚餘及落葉堆肥土壤與電壓之關係

十一、不同堆肥配方的電壓與pH值



圖八 不同堆肥配方的電壓與pH值

十二、為何三用電表與電壓計讀數差異巨大？

觀察到的現象

- **三用電表:**

測得的電壓值非常低,
通常在 $0.001\text{V} \sim 0.116\text{V}$
的範圍

- **鋅銅電池電壓計:**

得到的電壓值顯著更高,
範圍在 $0.2\text{V} \sim 1.2\text{V}$ 。

測量儀器	土壤 C1 (加酸)	土壤 C2 (加鹼)
 三用電表	0.025V	0.08V
 鋅銅電壓計	0.7V	1.1V

表一 不同測量電壓工具之數據比較

我們的分析

這並非測量錯誤,而是源於
兩種儀器的**工作原理不同**。

三用電表:測量時會形成一個
負載迴路,實際測量的是土壤
電池在有電流輸出(負載)狀
態下的電壓,這會受到土壤內
電阻的極大影響。

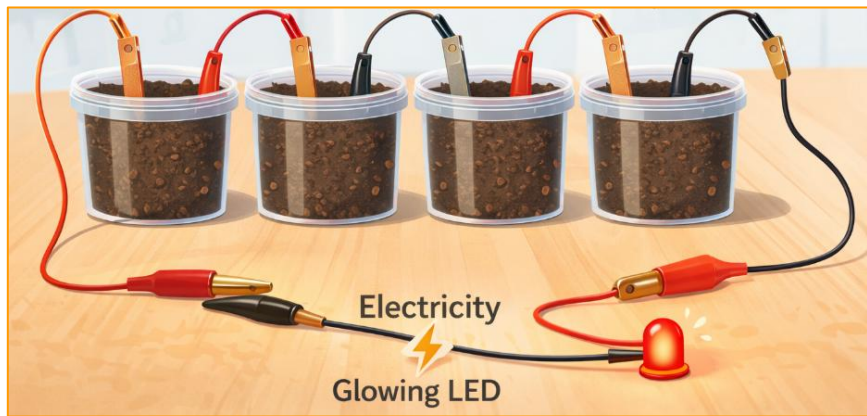
鋅銅電壓計:自身內電阻極高,
測量時幾乎不從土壤電池中
汲取電流,因此測得的是更
接近開路電壓(理想電壓)的
值。

結論:鋅銅電壓計更能反映土壤電池的發電潛力(電位差),而三用電表則反映了其在實際負載下的表現。

十三、串聯堆肥電池點亮了燈泡

實驗方法

我們將表現最佳的兩組堆肥(代號為土堆1與土堆2)製作成多個電池單元,並以不同方式串聯,測試其驅動LED 與小型風扇的能力。



圖九 串聯堆肥電池點亮了燈泡

實驗結果

- 單個堆肥電池電壓約為0.36V - 0.46V。
- 串聯2個土堆(總電壓 0.96V)即可成功點亮 LED 燈泡。
- 最多串聯8個土堆電池,總電壓可達 3.07V,能讓 LED 更亮。



表二

觀察串聯堆肥電池之電壓與燈泡及風扇之關係

組別	串聯方式	總電壓 (V)	LED是否發亮	風扇是否旋轉
組別1	1個土堆1	0.46	X	X
組別2	2個土堆1串聯	0.96	O	X
組別4	4個土堆1串聯	1.88	O	X
組別12	4個土堆1+4個土堆2	3.07	O	X

十四、結論

(一)對電壓有直接影響因素

1.土壤的pH值：

鹼性環境($\text{pH} > 8.5$)能溶解有機質,提高離子濃度與電導度,產生更高電壓。



2.堆肥材料：

發酵過的堆肥,特別是混合果疏與葉片的類型,能同時提供豐富的離子與理想的鹼性環境,是目前發現效能最佳的土壤電池材料。



十四、結論

3.水分與時間是催化劑

充足的水分是離子移動的必要條件。讓水分與土壤充分反應一段時間(數日),有助於離子釋放,形成更穩定的電位差。



(二)土壤發電是多因素的結果

土壤發電並非由單一因素決定,除受pH值、離子濃度、水分因素外,還有顆粒結構與礦物質、有機質等含量影響,是多因素共同作用的複雜結果。



十四、結論

(三)三用電表與電壓計測得之電壓 乃因內阻不同所致

土壤電池有高電流，但內阻也高。

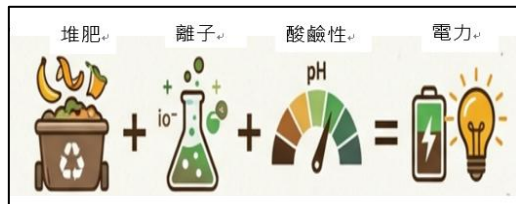
在高內阻系統中產生負載效應，導致測量結果差異。

(四)土壤發電可行

已發酵堆肥土壤使LED燈發亮，能解決廚餘與使土壤肥沃又環保。



圖十 不同測量電壓工具之比較



圖十一 土壤電力之因素

十五、結語：從廢棄物到寶藏



這是邁向能源的一小步，
證明了腳下的土壤確實充滿潛力

十六、未來展望

(一)克服電阻過高問題

儘管我們最高串聯電壓達到了 3.07V,遠超小型風扇的啟動需求,但所有組別的風扇均無法轉動。



圖十 堆肥電池串聯與電流關係

根據歐姆定律 ($V = IR$)，我們推測問題不在電壓(V)，而在於電流(I)。土壤電池的內電阻(R)可能極高,導致即使電壓足夠,也無法輸出足夠的電流來驅動需要較大功率的馬達。

十六、未來展望

- (二)持續改良堆肥配方與探索不同土壤組合,為綠色能源發展貢獻心力。
- (三)地球資源有限,透過科學探索尋找環境友善的能源方案,為永續發展盡一份心力。

十七、參考資料

- (一)屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會，土壤電池與土壤性質相關性研究～以屏東縣土壤為例
- (二)高一地理 | 6-2-1 | 土壤(1)——成土作用
<https://www.youtube.com/watch?v=F8Pv1AW1ULU>
- (三)張仲民(1992). 普通土壤學 國立編譯館
- (四)陳尊賢、許正一合著(2002).台灣的土地 遠足文化

報告結束

謝謝聆聽

請評審指導