

## 題目名稱：土壤雷丘

### 一、摘要

在土壤中，微生物通常以不同的方式生存，包括自養、異養、光合作用和化學作用等。由於它們的多樣性，這些微生物會形成複雜的物理化學動態系統。當微生物分解有機物質時，會釋放氫離子和電子。同時，這些微生物需要利用這些物質來獲得能量和養分，從而大量繁殖並發揮其功能。本研究旨在探討土壤微生物釋放的電子是否能夠被用來發電。使用銅片和鐵片搭配鱷魚夾連接三用電表，以測量在不同環境下土壤微生物釋放的電流量。我們還假設了五種不同情況可能會影響電流值，經由五種實驗，我們得知有種植物初期的電流較低於沒種植物，然而隨著時間推移，有種植物的電流量已經超越了沒種植物的，而較高的土壤質量可能有利於微生物的活動，因此電流大於質量小的。在不同土壤中，普通土電流量明顯高於培養土。而在 8 小時光照下，土壤內量測到的電流量通常比 6 小時光照下的高。酸性土壤電流量則高於中性和鹼性，總之，本研究的目標是探討利用土壤微生物釋放的電子來發電的可行性，以及了解土壤中微生物的行為和功能，以期對土壤生物和化學進程的理解有所貢獻。

### 二、探究題目與動機

看到俄烏戰爭缺電新聞後，引起我們對現代能源資源有限性的關注。與志同道合的朋友討論後，我們探索了不少發電技術，卻發現大部分來自不可再生資源，如核能、火力發電。在研究中，我們發現了一項獨特且應用潛力大的技術——土壤發電，其原理利用土壤中的微生物產生電流。透過文獻搜尋，我們發現這項技術可應用在農業、環境保護等方面。我們選擇研究土壤發電的電流原理，希望為解決能源問題做出貢獻。通過競賽，期望能為缺電人們提供幫助，進一步推動綠色能源發展，提升生活質量。

### 三、探究目的與假設

#### (一)、探究目的

透過實作、觀察與量測了解各變項對土壤中量測到的電流量影響

1. 實驗一：沒種植物與種植物是否會影響電流
2. 實驗二：土壤質量是否會影響電流
3. 實驗三：不同土壤是否會影響電流
4. 實驗四：光照多寡是否會影響電流
5. 實驗五：酸鹼度是否會影響土壤電流

## (二)、探究假設

1. 有種植物的電流值比沒種植物較大
2. 1000 克的土電流值大於 500 克的土
3. 培養土的電流值比普通土大
4. 照明 8 小時的電流值比 6 小時的大
5. 鹼性的電流值大於中性和酸性

## 四、探究方法與驗證步驟

過程中，先以熱熔槍在距保特瓶底部 1 公分的地方，熔出二孔洞以排掉過多水分，每日淋上適量的水以保持土壤溼度在檢測計“水份適當”的範圍，並同時檢測土壤“酸鹼 pH 值”，觀察各變項情況下，土壤中微生物釋放的電子如何影響量測到的電流量。

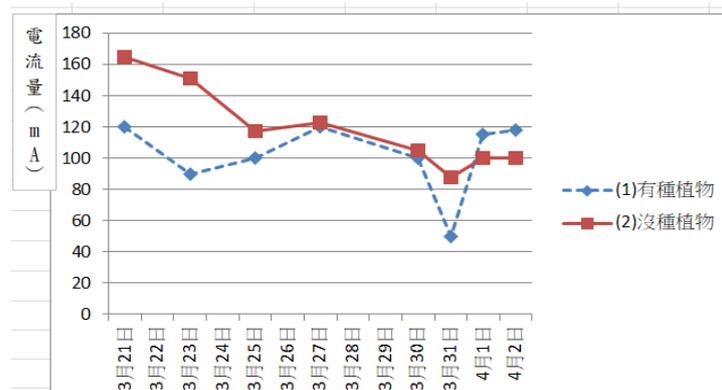
### (一)有種植物和沒種植物是否會影響電流

首先，我們在二個 1.5 公升的寶特瓶中放入 500 克普通土壤，其中一個寶特瓶中種下植物；二個寶特瓶皆處於每天以檯燈光照 8 小時的相同光照條件並澆水，四週後起開始量測電流量，在土壤中插入一組鐵-銅電極，兩個電極相距 3 公分，深度 5 公分，量測三次電流，計算平均值。觀察在有無種植植物的土壤下，土壤中微生物釋放的電子如何影響量測到的電流量。

2/25 起	(1)有種植物	(2)沒種植物	2/25 起	(1)有種植物	(2)沒種植物
3/21	120	165	3/30	100	105
3/23	90	151	3/31	50	88
3/25	100	117	4/01	115	100
3/27	120	123	4/02	118	100

表格 1：有無種植植物是否會影響電流量測時間內電流值(mA)

圖 1：有無種植植物是否會影響電流量測時間內的電流值(mA)



四週後，有種植物初期電流較低於沒種植物，然而隨著時間推移，有種植物的電流量已經超越了沒種植物的，我們推測植物生長初期需要大量的養分及有機物質，因此造成微生物能分解製造電子的物質減少，轉而使電流量降低，而到了後期，植物產生的有機物質大於它吸收的，所以使微生物活動更活躍，而沒種植物的土壤因為沒有植物源源不絕的供應，所產生的電流呈現下降的趨勢，因此我們發現時間越長，植物對土壤電流量的幫助才慢慢顯現。

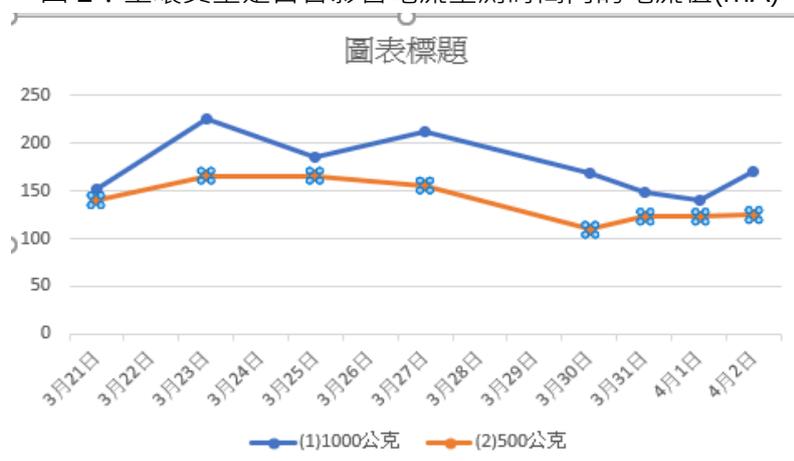
## (二)土壤質量是否會影響電流

將 500 克和 1000 克的普通土壤，分別放入寶特瓶(1.5 公升)中，保持每日使用檯燈照明 8 小時並澆水，約四週後，利用鐵-銅電極插入土壤中，兩個電極相距 3 公分、深度為 5 公分，測量 3 次，取平均值進行比較分析。觀察在不同質量的土壤下，土壤中微生物釋放的電子如何影響量測到的電流量。

	(1)1000 公克	(2)500 公克		(1)1000 公克	(2)500 公克
3/21	152	140	3/30	168	110
3/23	225	165	3/31	148	123
3/25	185	165	4/01	140	123
3/27	213	155	4/02	170	125

表格 2：土壤質量是否會影響電流量測時間內的電流值(mA)

圖 2：土壤質量是否會影響電流量測時間內的電流值(mA)



這個實驗量測了不同土壤質量 ( 1000 公克和 500 公克 ) 對於土壤內電流的影響。結果顯示，兩種不同的土壤質量都會影響電流的量測。在大部分的時間點，1000 公克的土壤質量下測得的電流量比 500 公克的高，顯示較高的土壤質量可能有利於微生物的活動，增加電流的產生。

## (三)不同土壤是否會影響電流

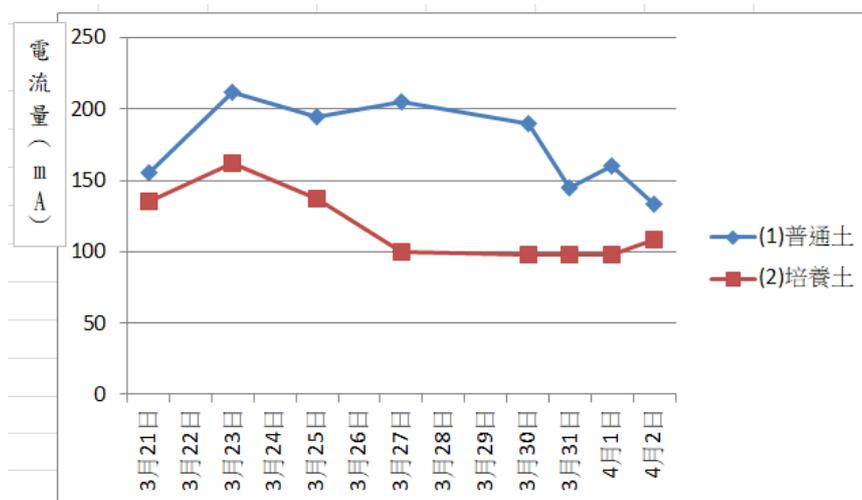
取 500 克普通土壤和培養土，分別 1.5 公升的寶特瓶中，每日照明 8 小時。二個寶特瓶皆處於每天光照 8 小時的相同光照條件並澆水，四週後起開始量測電流量，在土壤中插入

一組鐵-銅電極，兩個電極相距 3 公分，深度 5 公分，量測三次電流，計算平均值。觀察在不同土壤種類(營養程度)的情況下，土壤中微生物釋放的電子如何影響量測到的電流量。

	(1)普通土	(2)培養土		(1)普通土	(2)培養土
3/21	155	135	3/30	190	98
3/23	212	162	3/31	145	98
3/25	195	137	4/01	160	98
3/27	205	100	4/02	133	108

表格 3：不同土壤是否會影響電流量測時間內的電流值 (mA)

圖 3：不同土壤是否會影響電流量測時間內的電流值 (mA)



結果顯示，在普通土中，電流量明顯高於培養土，且兩者間的差異逐漸增加。這可能是由於普通土中含有豐富的微生物及物質，而培養土雖經過人工處理擁有很多養分及有機物質，但並沒有太多的微生物能參與反應。

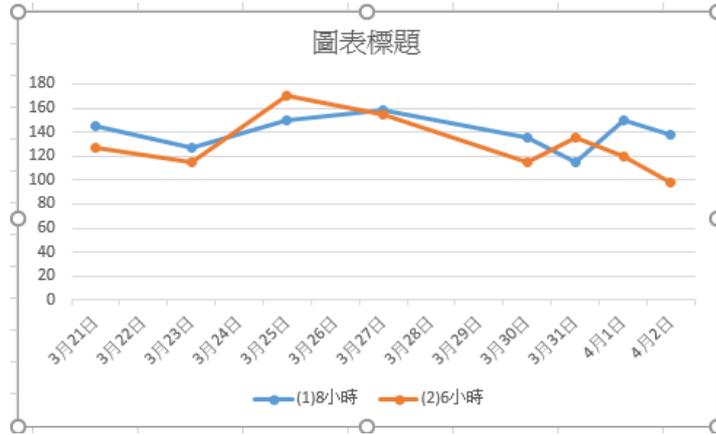
#### (四)光照多寡是否會影響

將 500 克的培養土放入寶特瓶(1.5 公升)中，種上 (植物) 雜草，每天利用檯燈分別光照 8 小時、6 小時並澆水，約四週後，利用鐵-銅電極插入土壤中，兩個電極相距 3 公分、深度為 5 公分，測量 3 次，取平均值進行比較分析。觀察在光照時間的條件下，土壤中微生物釋放的電子如何影響量測到的電流量。

	(1)8 小時	(2)6 小時		(1)8 小時	(2)6 小時
3/21	145	127	3/30	135	115
3/23	127	115	3/31	115	135
3/25	150	170	4/01	150	120
3/27	158	155	4/02	138	98

表格 4：光照多寡量測時間內的電流值 (mA)

圖 4：光照多寡量測時間內的電流值 (mA)



在 8 小時光照下，土壤內微生物量測到的電流量大部分比 6 小時光照下的高。具體來說，3 月 21 日和 3 月 23 日，8 小時光照下的電流量分別為 145 和 127，而 6 小時光照下的電流量則分別為 127 和 115，顯示出較高的光照時間有助於土壤內微生物的生長。然而，有些日期的數據顯示並非如此，例如 3 月 31 日和 4 月 2 日，光照時間較長並未導致電流量的增加，這可能是因為 8 小時和 6 小時沒有太大的時間差距而導致的。

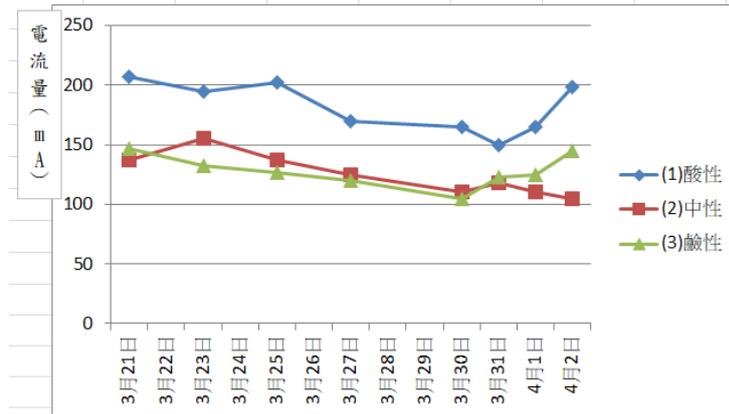
#### (五)酸鹼是否會影響土壤

這個實驗的目的是要探討酸鹼度對土壤中電流的影響。首先，我們將 500 克的普通土壤分別放進 3 個 1.5 公升的寶特瓶中。第一瓶中添加硫磺粉，使土壤的 pH 值達到 6；第二瓶不添加任何材料，保持原狀；第三瓶中添加熟石灰粉，使土壤的 pH 值達到 7.5。這些粉末都與土壤均勻混合，並且讓土壤在每日以檯燈照明 8 小時並澆水，放置 20 天。接著，三瓶皆使用一組銅鐵電極。這些電極在杯中的距離皆相距 3 公分，深度為 5 公分。最後，我們取了每個杯子中的電流兩次，並且取平均值比較酸、中、鹼對土壤中電流的影響。需要注意的是，為了排除其他因素的影響，我們只改變了酸鹼度，而土壤質量和光照時間等因素都保持不變。由於不同的酸鹼度會對土壤中的電位產生不同的影響，因此需要多次測量，以得到一個準確的平均值。綜上所述，這個實驗在探討酸鹼對土壤中電流的影響，並且透過一系列嚴謹的步驟來確保實驗的可靠性和準確性。

	(1)酸性	(2)中性	(3)鹼性		(1)酸性	(2)中性	(3)鹼性
3/21	207	137	147	3/30	165	110	105
3/23	195	155	132	3/31	150	118	123
3/25	202	137	127	4/01	165	110	125
3/27	170	125	120	4/02	198	105	145

表格 5：酸鹼是否會影響土壤量測時間內的電流值 (mA)

圖 5：酸鹼是否會影響土壤量測時間內的電流值 (mA)



酸性土壤中的微生物對電流量的影響似乎是最大的，而中性和鹼性土壤中的微生物對電流量的影響則相對較小。

## 五、結論與生活應用

儘管已知土壤可發電，並已成為一項重要的研究領域，但需進一步假設與實驗，以瞭解影響電流的因素。我們的研究發現：第二個假設顯示，1000 克的土壤質量大，微生物含量就越高，相應的吸收有機物質產生的電流量也越高。第三個假設證實了由於普通土在不同環境中的物質比例較多，培養土的有機物質經人工處理，含量較少，故普通土發電量較良好，第一個假設中植物能增加土壤電流值的原因，是因為其根部提供了更多的有機物質，以供微生物分解使用。此外，第四個假設證實了植物的光照時間長土壤的電流值就愈大，實驗結果顯示，光合作用能夠製造有機質，並且有助於細菌和真菌的生長繁殖，因此光合作用也是決定植物對土壤發電貢獻的一個重要因素。進一步地，第五個假設，酸性或鹼性土壤都可以提高發電量，但酸性土壤能夠增加土壤黏粒的數量，讓微生物有更多可以發電的空間，進而提高發電量，而鹼性土壤分散了土壤黏粒，造成排水不良，並溶解土壤腐植質，阻礙土壤團粒的形成，進而壓縮到微生物的生存空間。

因此總和以上結論，土壤發電如今已應用在農地的相關偵測設備上，一年就可以節省好幾十億美元，不過土壤發電大多只能提供少量的電流，如果需求較大的話，就需要更加精密的設備，透過這一次的研究，我們發現一種在自然界中隨處可見的土壤，竟然能夠解決如今能源短缺和污染的問題，雖然發電量還不夠穩定，但卻已經是一種可行的替代能源，只要未來有更進一步的研究，相信一定能克服困難，將土壤發電揚名於世。

## 參考資料

1. [請『土』出電來--土壤發電之研究](#)
2. [土壤發電.pdf](#)
3. [用土壤點亮路燈! 西國新創公司打造微生物電能](#)
4. [根際和土壤微生物](#)
5. [【土壤基礎課】如何改變土壤酸鹼值? - 嗡嗡樹 | Buzztrees](#)
6. [小兵立大功：土壤微生物世界及應用|最新文章- 科技大觀園](#)