

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別:地球科學科

組 別:甲組

作品名稱:搶救酸化大地-自製有機施肥的土壤改良研究

關鍵詞:土壤優化、土壤肥力、有機施肥

編號:115PA-E001

摘要

有鑑於酸雨導致土壤酸化嚴重，本實驗先做新竹市五個採樣點檢測土壤成分，並利用自然有機廚餘自製肥料，以乾性施肥方式改善土壤成分，分別採用碳化稻殼、草木灰、自製蛋殼粉、自製茶葉渣和自製香蕉皮渣等，並以種植紅豆、黃豆、黑豆、綠豆、萵苣和向日葵，再檢測肥料土的土壤成分分析並比較施肥前後土壤的差異，土壤肥力的差異等實驗。實驗證明有機肥料可以增加土壤的空氣量、濕度、滲水量、EC 值，改善酸鹼值，對不同植物的根部和莖部長度也有顯著增加，希望能藉此觀察驗證，鼓勵學生及社會關注此議題，以自然廚餘來製作有機肥料，友善土壤耕種改善酸化土地，降低對地球環境的傷害，減少化學肥對自然環境的汙染。

壹、研究動機

在五上自然課神奇的水溶液單元，認識到水溶液的酸鹼性及導電性，課本中提到到生活中會遇到酸雨對人們、植物及建築產生影響，老師請我們查找看看台灣酸雨熱點在哪及酸雨較多的季節，我們在環境部監測數據中，查找到台灣酸雨最嚴重的區域集中在北部與東北部，尤其又以新竹測站監測出的 pH 值最低於 5.29，擊敗中壢躍升台灣酸雨最酸的城市，而酸雨季節又集中在冬季發生率最高。

身處在新竹的我們想瞭解下了如此酸的酸雨會不會影響該地區土壤與植物的生長；另一個的植物單元要進行植物繁衍，本想選擇學校頂樓的紅土草皮區，但該區土壤貧脊上面生長的植物不多，使我們更加好奇下了如此酸的酸雨土壤，及土壤貧脊肥沃的差異下會不會影響植物的生長，如果會影響要如何改良土壤的性質與酸鹼度，提供植物一個舒適生長的環境。

貳、實驗原理

一、文獻探討與比較

研究主題	研究目的	研究內容	結論
揚善止惡的「泥」～萬丹泥火山土壤性質改善研究	萬丹泥火山泥塊被當成棄土堆放，造成鄉公所及農民困擾，本研究添加廢渣及醋，來改善土壤性質，使廢土變成可耕種土壤。	萬丹泥火山土壤做「萬丹泥火山土壤物理(水入滲率)性質」和「萬丹泥火山土壤化學(酸鹼度)」特性分析。萬丹泥火山土壤添加不同比例工研醋及不同比例三種廢渣(蛋殼、咖啡渣及茶葉渣)，對紅豆和羅勒的生長。	萬丹泥火山的土壤 pH 值=9.5 屬於偏鹼性，不適合植物生長，需利用酸鹼中和的方式，使泥火山土壤趨於中性，以適合植物生長。未來可再繼續研究其他的土壤性質，以充分改

			善泥火山土壤，使廢棄的泥火山泥塊，能獲得妥善運用
土壤 PK BAR	探討各地區的土壤，讓我們對於『土壤』的外觀、質量差異性、含空氣量、保滲水性、溶液酸鹼度等，有更明確地瞭解；更想藉由實驗來發現土壤對植物的生長情形有何影響。	觀察各個土壤取樣點的地理位置及其植物生長種類、土壤的差異性、土壤其保水、滲水有何異同、土壤及其水溶液對植物種子之萌發及其生長的差異性。	『土壤』為一種在地面生成，而且可以支持植物生長之天然土狀物質；而其肥沃度除了提供植物生長所需的養分外，肥沃的土壤還須提供植物適度的生長環境，得 31 以讓植物根部擁有伸展的空隙及環境的緩衝性（包括：土壤酸鹼度、土壤空氣層、土壤的保滲水性、陽光的溫度、等等性質）
「土」然發現 「泥」一頭前溪沿岸土質的秘密	常常聽到大人們「頭前溪、頭前溪」的說，我們聽到「投錢溪」，以為是把錢投進溪裡！直到有天我們才知道，原來這就是提供新竹縣市重要的一條河流，所以打算揭開「投錢溪」泥沙的秘密！	主要研究有關河流上、中、下游的生態環境及環境對動植物生長的影響。主要分作六大面向來研究：酸鹼性、密度、含水量、混濁度、黏稠度及顆粒大小。	酸鹼值一般來說全部都是中性，我們發現上游偏中性、中游偏鹼、則下游偏酸，有可能是因為污染的關係
茶金土金一化肥與有機肥對土壤性質的影響	俄烏戰爭全球肥料短缺，鉀肥原料有 40%來自俄羅斯與白俄羅斯，如今氮肥較 2020 年暴漲四倍，磷肥與鉀肥也大漲三倍。農糧生產是民生經濟命脈，土壤則是不可或缺的基本，而如何有效地使用肥料更是重要的課題。	在探討有機肥料與化學肥料對土壤性質的影響而進行設計與討論，使用的有機肥料購自於商店為三要素複合型液態有機肥，化學肥料則是按照有機肥料比例、型態在實驗室中配製，再以不同比例混合有機肥與化肥來進行細微的比較。	化學肥料與有機肥料在土壤中的含量無明顯差異，而土壤的酸鹼值也不因化學肥料而產生酸性或不良反應，含水量也是如此；為求更精確的比較，實驗後半段則商請工研院及台中農試所協助我們追加更多的驗證。

二、天然施肥化學成分

蛋殼	碳酸鈣 (CaCO ₃) 含量最高，佔蛋殼重量的 83%-95%還含有少量碳酸鎂 (約 5%)、磷酸鈣 (約 2%) 以及有機質 (如蛋白質和膠質)。
茶葉渣	茶葉中富含植物必需的三大營養元素 (氮 N、磷 P、鉀 K)，以及鎂、錳、鋅、銅等微量元素，能促進葉片生長、根系發展、提升抗病性與調節水分平衡。

	此外，茶葉中所含的有機酸與多酚類物質也有助於改善土壤結構與提升植物抗逆性，是兼具營養與修護功能的資源。
草木灰	草木灰為灰黑色或黑色，不含氮素及有機物，僅有灰分及其他大量微量元素，其中最多的是鉀和鈣。由於草木灰中鉀的形態主要為碳酸鉀，其是硫酸，少量的氯化鉀，90%以上可以溶于水，有效性高。草木灰是一種鹼性肥料，草木灰適用於除鹽鹼土以外的各種土壤，尤其適用於酸性土壤。它可作基肥和追肥，一般用量每畝約 50-100 公斤。
碳化稻殼	稻殼經高溫缺氧炭化而成的黑色有機資材，主要成分為二氧化矽含量極高，其次是炭素及鉀 (K)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg) 等礦物質。其 pH 值多為中鹼性 (約 7.0~9.0)，具備高孔隙率與強吸附力，是優良的土壤改良劑、介質與天然鉀肥。 1.改良土壤：增加透氣性、排水性，防止土壤板結，提升鹽基置換能力。 2.抗病防蟲：矽元素能增強植物抗病力，且質輕疏鬆的結構能防止軟體動物入侵。 3.吸附毒素：強吸附力可減少連作障礙。 4.保溫防寒：鋪於表層可調節土壤溫度，冬季具保暖作用。
香蕉皮	香蕉皮富含鉀、磷與鈣元素，曬乾後是極佳的天然有機肥。將香蕉皮曬至乾燥發脆 (約 3-5 天)，剪碎或研磨成粉末，直接混入土中、鋪在花盆表面或作為種植時的基肥，能促進植物生長，尤其是花果類植物。
陽明山土	陽明山土 (俗稱紅土、花土) 主要為火山岩風化而成的天然酸性紅壤或黃壤，成分富含鐵、鎂、鈣、鉀等礦物質及微量元素。其土質呈顆粒狀，具較強黏性與保肥力，常呈弱酸性 (pH 值較低)，適合作為木本植物、盆景、蓮花或蔬菜栽培，但需注意其透氣性與排水性較差。

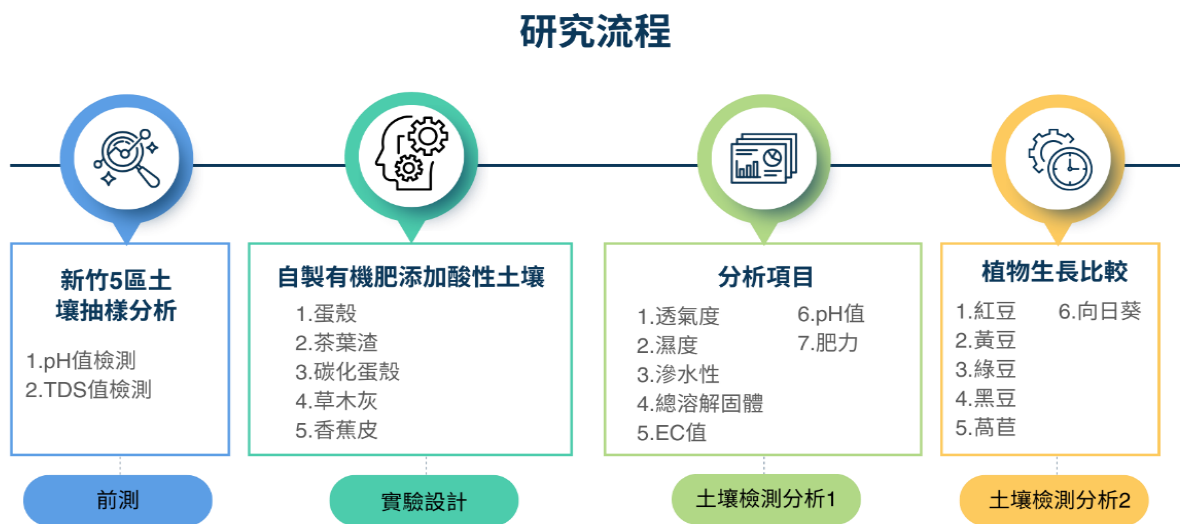
三、種植植物的土壤需求

作物名稱	酸鹼值 (pH)	適宜濕度	每公頃用量 (kg)			導電度 (EC)
			氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	
紅豆	6.3 - 7.3	60% - 70%	40 - 60	40 - 70	30 - 40	0.24 - 0.6dS/m
黃豆	6.0 - 7.5	60% - 80%	30 - 60	30 - 60	30 - 60	0.2 - 1.1dS/m
綠豆	6.2 - 7.2	50% - 70%	20 - 40	40 - 60	50 - 100	< 1.5dS/m
黑豆	6.0 - 7.5	70% - 90%	40 - 60	60 - 90	40 - 60	1.5 - 2.0dS/m
萵苣	5.5 - 7.5	60% - 80%	100 - 120	50 - 100	90 - 120	1.2 - 1.8dS/m
向日葵	5.8 - 6.5	60% - 80%	40 - 80	30 - 60	30 - 60	1.311dS/m

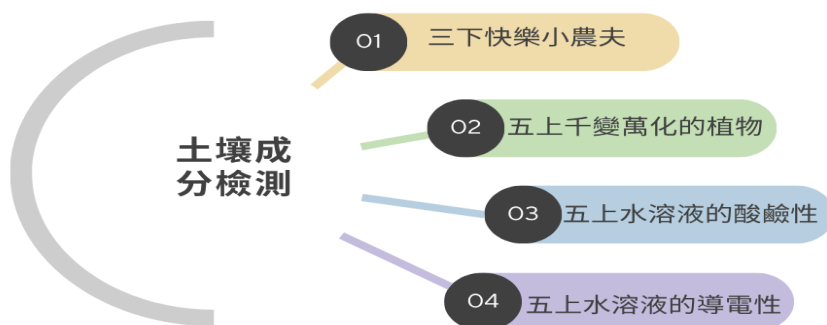
參、研究目的

- 一、比較不同乾性施肥後的土壤透氣度
- 二、比較不同乾性施肥後的土壤含水率
- 三、比較不同乾性施肥後的土壤保滲水值
- 四、比較不同乾性施肥後的土壤 pH 值變化
- 五、比較不同乾性施肥後的土壤總溶解固體(TDS)濃度
- 六、比較不同乾性施肥後的土壤導電度(EC)值
- 七、比較不同乾性施肥後的土壤 NPK 成分變化

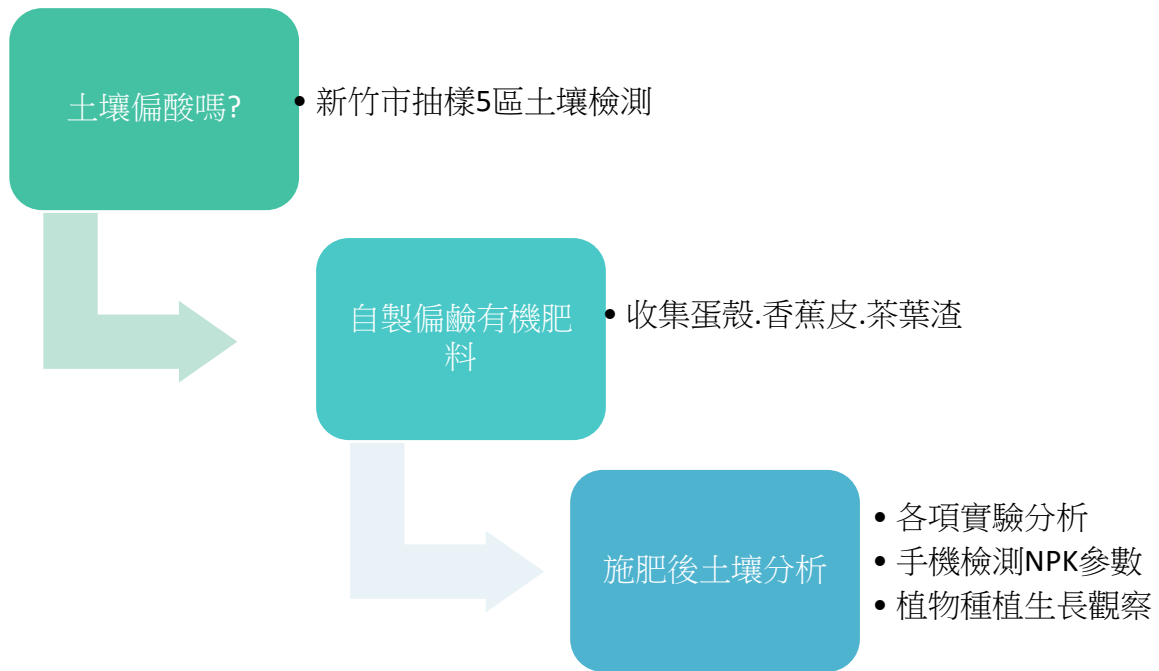
(一)實驗架構圖



(二)主題和課程架構

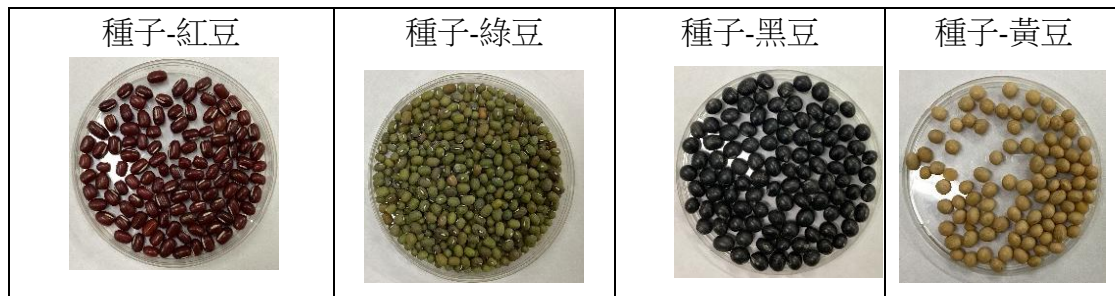


(三)實驗流程圖



肆、研究設備與器材

1000ML 燒杯	石蕊試紙	廣用指示劑	滴管
濾紙	量筒	1000ml 量筒	
TDS 計 	廚餘處理機 	漏斗架 	六合一土壤檢測計 
土壤參數速測儀 	美植袋 	種子-向日葵 	種子-萵苣 



伍、研究過程與方法

一、抽樣 6 個地區土壤測 pH 值和 NPK 肥力

1. 取樣約 2000ml 的香山、頭前溪、科學園區、茄苳、香山附近的那魯灣文化聚落、學校操場 6 個樣點
2. 先測土壤水分有沒有超過 40%，如果不足就再加水，攪拌均勻後再次以土壤參數速測儀測量。
3. 在花盆內測 4 個點，紀錄所得 pH 值、NPK 肥力的數據採平均值。

二、自製有機肥料土壤







1. 先收集蛋殼，放入廚餘機乾燥並絞碎約 3 小時。待其呈現粉末狀後，秤取 400 克，混入 2000 克的陽明山土中。
2. 收集茶葉渣，放入廚餘機乾燥並絞碎約 3 小時。待其呈現粉末狀後，秤取 400 克，混入 2000 克的陽明山土中。
3. 收集香蕉皮，放入廚餘機乾燥並絞碎約 3 小時。待其呈現粉末狀後，秤取 200 克，混入 2000 克的陽明山土中。以上有機肥料土混合均勻後，暫放於室內一周後備用。

三、種植植物

先將有機肥料土 250 克再加 750 克陽明山土放到美植袋裡，混合攪拌後播下種子，取紅豆、黃豆、綠豆、黑豆、向日葵種子各 10 顆、另外萵苣種子很小取 20 顆，分散種在將六種種子種入有機肥料土壤裡，至於室外草皮區，每日澆水直到美植袋外表已經濕透，並記錄發芽個數，種植到第 21 天拍照記錄，將植物挖出來量根部和莖部長度，土壤部分開始進行實驗和量測。

四、植物全株生長情形觀察步驟

1. 在種植植物第 21 天時將植株從土壤中挖出，並將附著的泥土沖洗乾淨。
2. 將植株平放於紙上，測量根部及莖部之長度，並清點葉片數量。
3. 詳細記錄各項數據後計算平均值，藉此比較不同植株間的生長狀況。

陽明山土	加蛋殼	加碳化稻殼	加草木灰	加茶葉渣	加香蕉皮
					



五、空氣量測量法

1. 取含有蛋殼土壤 250ml(土壤與空氣的總體積)A，倒入 500ml 的純水(純水體積 B)，記錄下此時的量筒刻度 C。
2. 純土壤體積(不含空氣) = 量筒刻度 C - 純水體積 B
3. 計算土壤所含空氣量:

$$\boxed{\text{土壤所含空氣體積 D}} = \boxed{\text{土壤與空氣的總體積 A}} - \boxed{\text{純土壤體積 (C - B)}}$$
4. 分別取草木灰土、碳化稻殼土、茶葉渣土、陽明山土、香蕉皮渣土重複步驟 1~3

六、含水率測量

1. 取樣土壤：取約 1000 克的施肥土壤，取出的土壤放入一個乾淨、乾燥的容器中。
2. 稱重(濕重)：使用電子秤先量測空容器的重量並記錄。再秤量土壤加容器的總重量。
 最後用 總重量 - 容器重 = 濕土重
3. 土壤乾燥化：土壤採用自然風乾，乾燥後再次秤重。
4. 計算含水率：含水率 = $\frac{\text{濕土重} - \text{乾土重}}{\text{乾土重}} \times 100\%$
5. 分別取草木灰土、碳化稻殼土、茶葉渣土、陽明山土、蛋殼土、香蕉皮渣土重複步驟 1~3

七、保滲水測量

1. 取各種成分不同的土壤各 50ml，分別含蛋殼、草木灰、碳化稻殼、茶葉、香蕉皮渣土和陽明山土(對照組)。
2. 將土壤放在鋪有濾紙的漏斗上，依序在步驟 1 的土壤上用 3ml 的滴管均勻滴入土壤中，滴入 1 ml、2 ml、3 ml...直到當漏斗下方滴出水，即停止滴水。
3. 統計步驟 2 中，停止滴水時的滴水量，並記錄。

八、pH 值測量

1. 將含蛋殼的土壤 80ml 裝入燒杯中，並加入 400ml 的純水，用玻璃棒攪拌 100 下。
2. 靜置半小時，取上層水溶液再用濾紙過濾。
3. 分別用酸鹼檢測計、廣用試紙、廣用試劑檢測步驟 2 濾液的酸鹼性，至少做 3 次取平均值。
4. 分別取草木灰土、碳化稻殼土、茶葉渣土、香蕉皮渣土、陽明山土重複步驟 1~3。

九、TDS 總固體溶解度量測

1. 採集土壤樣本:在田間取多個點的土壤樣本，並將其混合均勻。
2. 製作飽和泥漿:將土壤樣本與去離子水以一定比例混合，例如 1:5 的水土比，並充分攪拌，之後靜置一段時間使其溶解平衡。
3. 過濾:使用濾紙過濾混合液，收集濾液。
4. 測量 TDS:使用電導度計測量導電率，所得的導電率值即為土壤的飽和萃取導電率，也代表土壤的鹽度。
5. 分別取草木灰土、碳化稻殼土、茶葉渣土、陽明山土、蛋殼土、香蕉皮渣土重複步驟 1~4。

十、土壤參數速測儀測量

1. 先測土壤水分有沒有超過 40%，如果不足就再加水，攪拌均勻後再次測量。
2. 在花盆內測 4 個點，紀錄所得 pH 值、導電度、N P K 肥力的數據採平均值。
3. 分別取草木灰土、碳化稻殼土、茶葉渣土、陽明山土、蛋殼土、香蕉皮渣土重複步驟 1~3。



檢測樣品 pH 值



含水率實驗



空氣量測量法






陸、研究結果




一、取樣新竹市地區 5 個抽樣點結果分析

由於新竹市地形多為丘陵、平原、和頭前溪沿岸以及南寮海岸，因此抽樣以下 6 個不同地區來比較。

新竹市地區土壤酸鹼檢測表

樣品編號	採樣日期	採樣地區	內容物(顏色)	顆粒大小)	成分
001-學校內表土	2026/01/30	東區	淺灰色	<30mm	土、土塊、蟲、石頭
002-漁港環保公園表土	2026/01/29	北區	土黃色	<20mm	土塊、土粉
003-那魯灣文化聚落表土	2025/12/09	香山區	土灰色	<20mm	土、土塊砂粒
004-茄苳國小附近表土	2026/01/25	香山區	土黃色	<10mm	土粉
005-頭前溪河濱公園表土	2025/12/14	東區	土灰色	<10mm	土、土塊、根、砂粒
006-科學園區表土	2025/12/07	東區	深灰色	<10mm	土、土塊、蟲

	001-學校內表土	002-漁港環保公園表土	003-那魯灣文化聚落表土
土壤			

	004-茄苳國小附近表土	005-頭前溪河濱公園表土	006-科學園區表土
土壤			

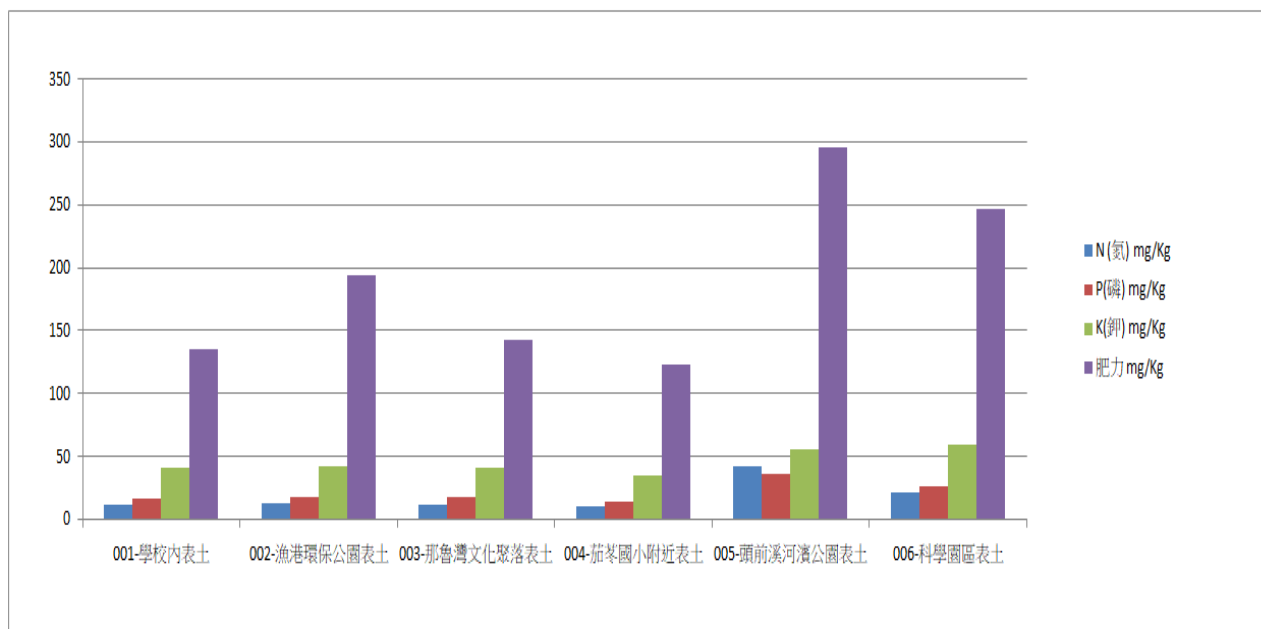
二、取樣新竹市地區 5 個抽樣點地理位置



三、取樣新竹市地區 5 個抽樣點量測水分.酸鹼值.NPK 含量和土壤肥力

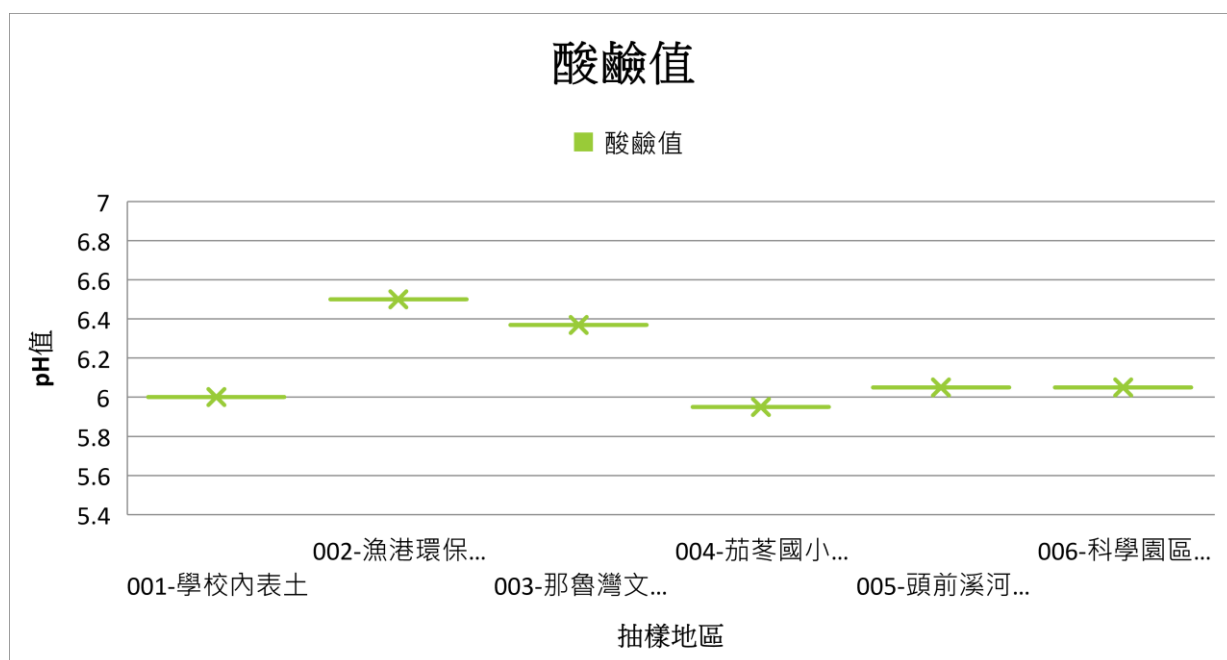
樣品編號	水分 %	酸鹼值	N (氮) mg/Kg	P(磷) mg/Kg	K(鉀) mg/Kg	肥力 mg/Kg
001-學校內表土	48.325	6	11.75	16.75	41.75	135.25
002-漁港環保公園表土	46.57	6.5	13.33	19	43.33	195
003-那魯灣文化聚落表土	45.42	6.37	12.75	18	41.25	142.75
004-茄苳國小附近表土	49.47	5.95	10.5	15.25	35.5	124
005-頭前溪河濱公園表土	45.02	6.05	43.33	36.75	56.25	295.75
006-科學園區表土	43.03	6.05	21.75	27.33	60.33	247

四、取樣新竹市地區 5 個抽樣點氮磷鉀 NPK 和肥力含量比較



上圖可發現 6 個土壤抽樣點的含鉀量均高於含氮量和含磷量，含鉀量為 35.5~60.33mg/Kg，其中科學園區表土最高，若以綜合肥力來比較，頭前溪河濱公園表土肥力達 295.75 mg/Kg，科學園區表土肥力為 247 mg/Kg，學校表土和茄苳國小附近表土肥力則較低。

五、取樣新竹市地區 5 個抽樣點酸鹼值比較



檢測酸鹼值後發現 6 個採樣區的土壤酸鹼值為 5.9~6.3，其中以茄苳國小附近、學校內表土、頭前溪河濱、科學園區表土的土壤酸鹼值較酸在 pH6.0 上下，而那魯灣文化和漁港環保公園附近的土壤 pH 值在 6.4 左右，顯示新竹市地區土壤酸鹼性呈現弱酸性。

二、 空氣量測量結果

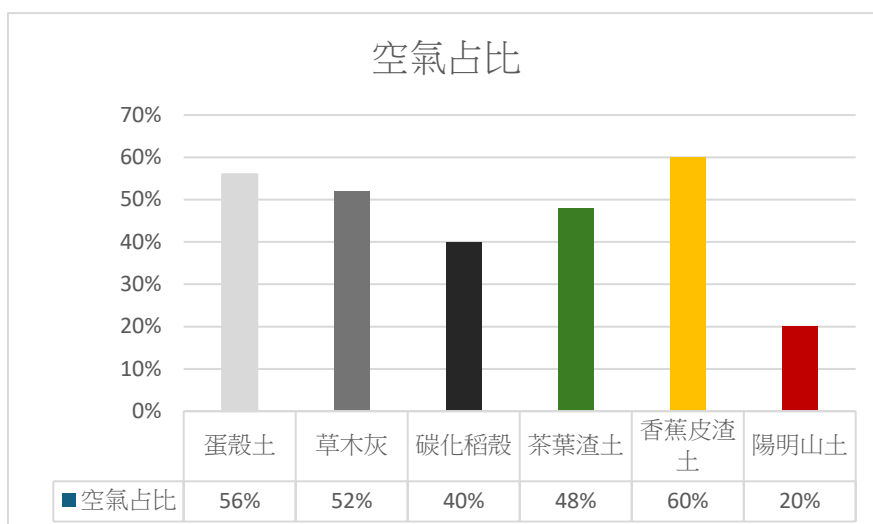
一 土壤透氣度

		A	B	C	D	E
編號	成分	土壤體積	水量	刻度	空氣體積	空氣占比%
1	蛋殼土	250	500	610	140	56%
2	草木灰	250	500	620	130	52%
3	碳化稻殼	250	500	650	100	40%
4	茶葉渣土	250	500	630	120	48%
5	香蕉皮渣土	250	500	600	150	60%
6	陽明山土	250	500	700	50	20%

$$D=(A+B)-C$$

$$\text{空氣體積}=(\text{土壤體積}+\text{水量})-\text{刻度}$$

$$E=D/A$$



經測量 6 種土壤的空氣量可見對照組的陽明山土空氣占土壤體積 20%，加了 5 種有機肥料後，碳化稻殼土空氣量增加 20%變成 40%，茶葉渣草木灰和蛋殼土也增加至約 50%，其中又以香蕉皮渣土的空氣量增加最多達到 60%。

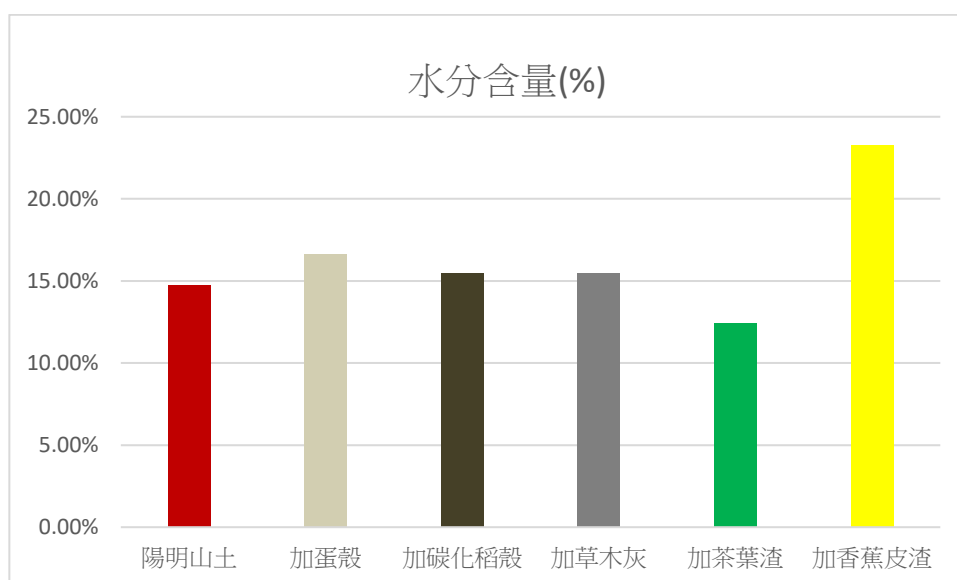
三、土壤濕度

	陽明山土	加蛋殼	加碳化稻殼	加草木灰	加茶葉渣	加香蕉皮渣
自然風乾後重(g)	852.8	833.6	845.6	845.6	876.1	972.74
風乾前重(g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
水分含量(%)	14.72%	16.64%	15.44%	15.44%	12.39%	23.26%

烘乾法計算:

風乾前重量-風乾後重=土壤所含水分重

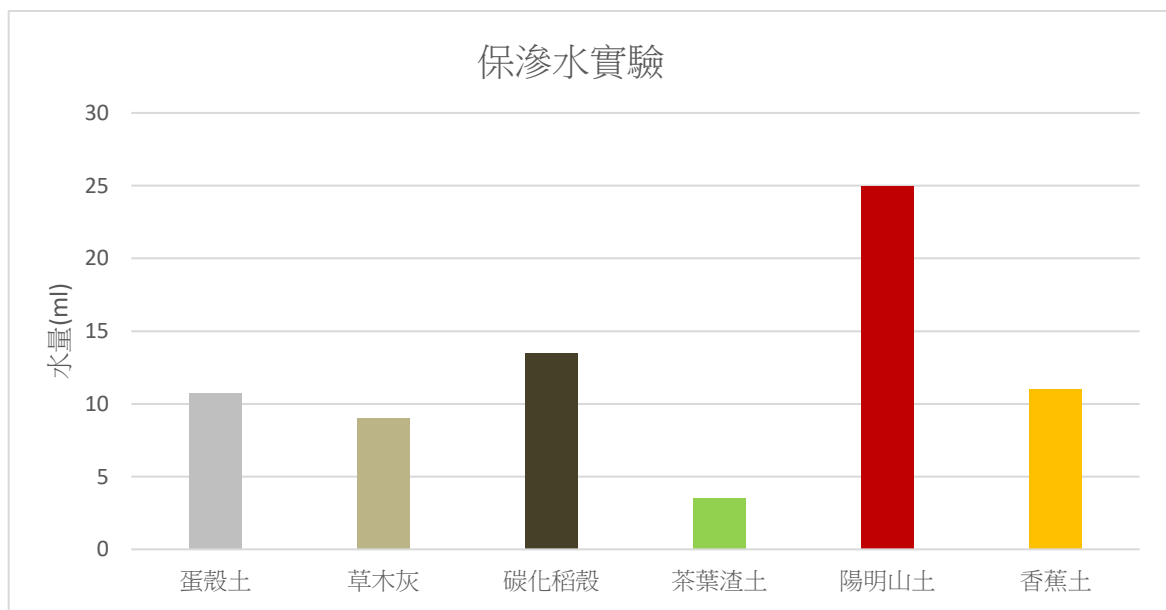
水分含量(%)=土壤所含水分重/風乾前重量



由上圖可知較適合種植的土壤水分為 20~40%，陽明山土水分含量約 14.72%算比較乾燥的質地，加了蛋殼、碳化稻殼、草木灰和香蕉皮渣後，水分含量增加 2~9%，其中又以香蕉皮渣效果最好，可增加水分 8.54%達到 23.26%。加茶葉渣的部分則使水分含量減少。

四、保滲水實驗

	總量 (ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	...	25
蛋殼土	10.75	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
草木灰	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
碳化稻殼	13.5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
茶葉渣土	3.5	✓	✓	✓													
陽明山土	25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
香蕉土	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					

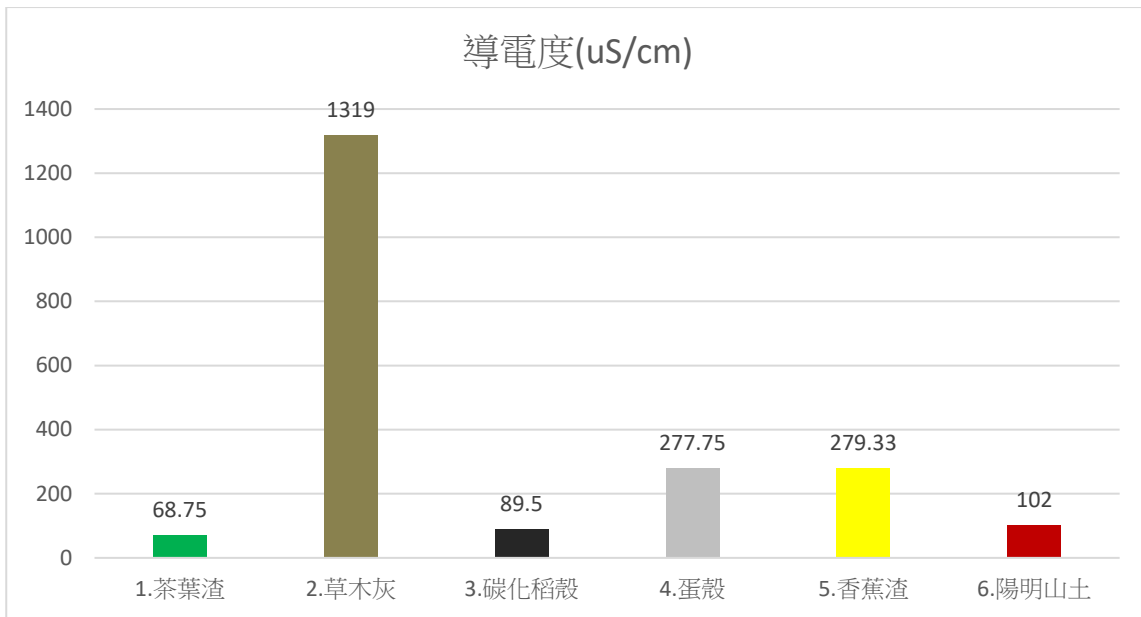


對照組陽明山土保水力最佳，加了 5 種有機肥後的土壤，滲水量增加，蛋殼土、草木灰土、碳化稻殼土和香蕉土使保水力下降 11~16ml，其中又以茶葉渣土的保水量最差。

五 土壤參數速測

1. 導電度(EC)量測:

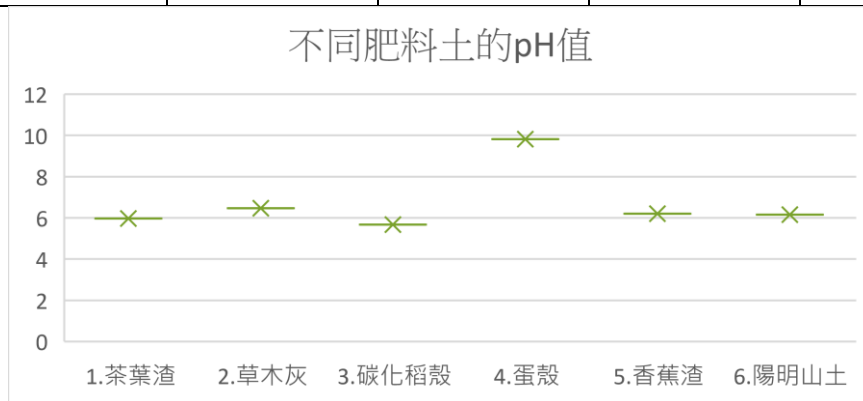
樣品	1	2	3	4	導電度(mS/cm)平均
1.茶葉渣	72	61	86	56	68.75
2.草木灰	1238	1340	1160	1538	1319
3.碳化稻殼	94	100	86	78	89.5
4.蛋殼	242	206	303	360	277.75
5.香蕉渣	290	274	268	285	279.33
6.陽明山土	102	84	134	88	102



草木灰富含鉀、鈣、鎂等離子，屬高電導度物質。可見草木灰的 EC 值為 1319 us/cm，為 6 種土壤中最髙，其次為蛋殼土和香蕉渣土，蛋殼的主要成分為**碳酸鈣**，含量高達 90%~95% 以上，是優質的天然鈣質來源，其 EC 值為 277.75 us/cm，香蕉渣土 EC 值為 279.33 us/cm，而茶葉渣土和碳化稻殼土的 EC 值比對照組陽明山土更低。

2. pH 值

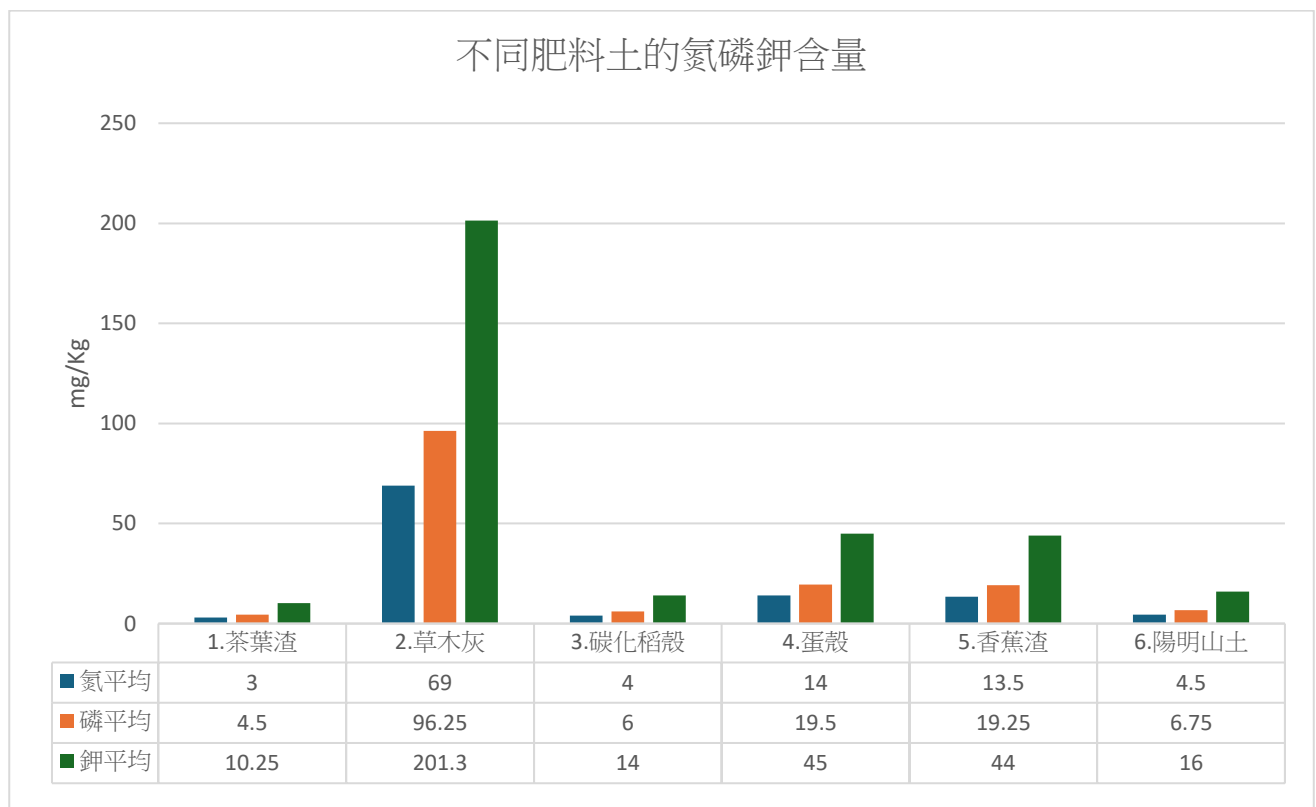
樣品	1	2	3	4	PH 值平均
1.茶葉渣	6.2	6.3	5.9	5.5	5.975
2.草木灰	6.6	6.3	6.2	6.8	6.475
3.碳化稻殼	4.9	5.5	6.1	6.2	5.675
4.蛋殼	9.3	10	10	10	9.825
5.香蕉渣	6.2	6.1	6.1	6.2	6.2
6.陽明山土	6.2	6.1	6.1	6.2	6.15



對照組陽明山土 pH 值為 6.15，加茶葉渣和碳化稻殼會使土壤 pH 值 < 6.0 更酸，但加草木灰和蛋殼和香蕉渣 pH 值可增加，蛋殼土的 pH 值可達 9.825，已呈現弱鹼性，有效改善酸化的土壤。

3.不同肥料土的氮磷鉀含量比較

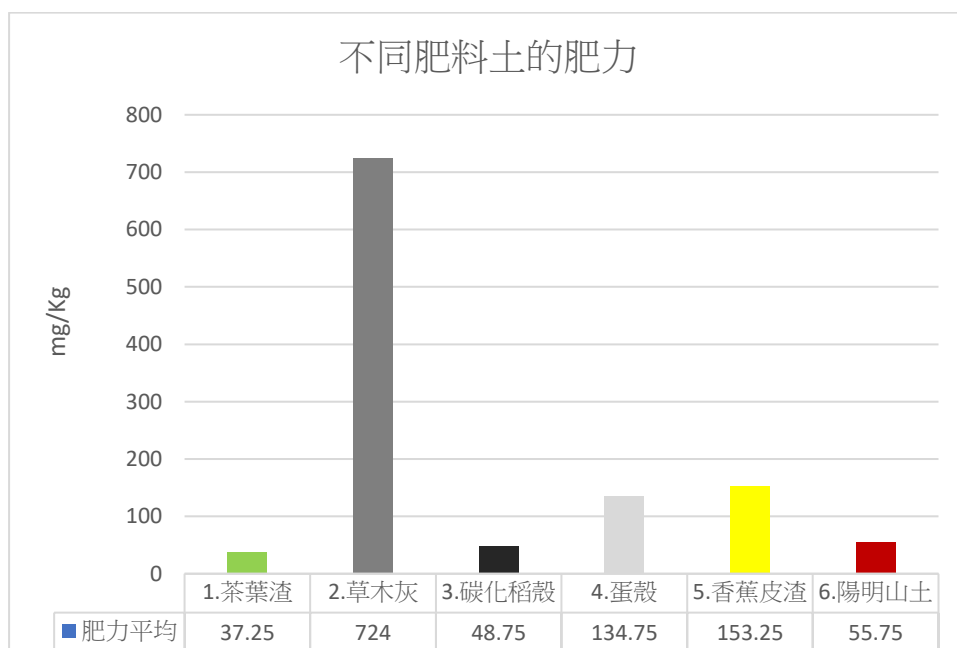
樣品	1	2	3	4	氮平均	1	2	3	4	磷平均	1	2	3	4	鉀平均
1.茶葉渣	3	3	4	2	3	5	4	6	3	4.5	11	9	13	8	10.25
2.草木灰	61	80	58	77	69	86	110	81	108	96.25	198	220	186	248	201.3
3.碳化稻殼	4	5	4	3	4	6	7	6	5	6	15	16	13	12	14
4.蛋殼	13	10	15	18	14	18	14	21	25	19.5	42	33	48	57	45
5.香蕉渣	14	13	13	14	13.5	20	19	19	19	19.25	46	43	45	42	44
6.陽明山土	4	4	6	4	4.5	7	5	9	6	6.75	16	13	21	14	16



以氮磷鉀含量分別來比較，加了草木灰、蛋殼、香蕉渣之後，肥料土的氮磷鉀含量都有增加，尤其是草木灰的氮含量增加到 69mg/Kg，磷含量增加到 96.25 mg/Kg，鉀含量增加到 201.3 mg/Kg，顯示出草木灰對於土壤的氮磷鉀含量增加效果顯著，蛋殼和香蕉渣也有增加，茶葉渣和碳化稻殼則呈現氮磷鉀的含量減少。

4.不同肥料土的肥力比較

樣品	1	2	3	4	肥力平均
1.茶葉渣	39	33	47	30	37.25
2.草木灰	679	712	651	854	724
3.碳化稻殼	51	55	47	42	48.75
4.蛋殼	144	112	166	117	134.75
5.香蕉皮渣	158	151	150	154	153.25
6.陽明山土	56	46	73	48	55.75



以肥力含量來比較，草木灰和蛋殼和香蕉皮渣都可使土壤的肥力增加，其中以草木灰最佳肥力達原本陽明山土的近 13 倍之多，香蕉皮渣增加約 3 倍，蛋殼也使肥力增加 2 倍多。







五、施肥土植物生長紀錄

(一) 植物生長情形照片(11/26)種植第 21 天







陽明山土

黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)







陽明山土加蛋殼

黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)
					







陽明山土加碳化稻殼

黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)
					







陽明山土加草木灰

黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)
					

陽明山土加茶葉渣

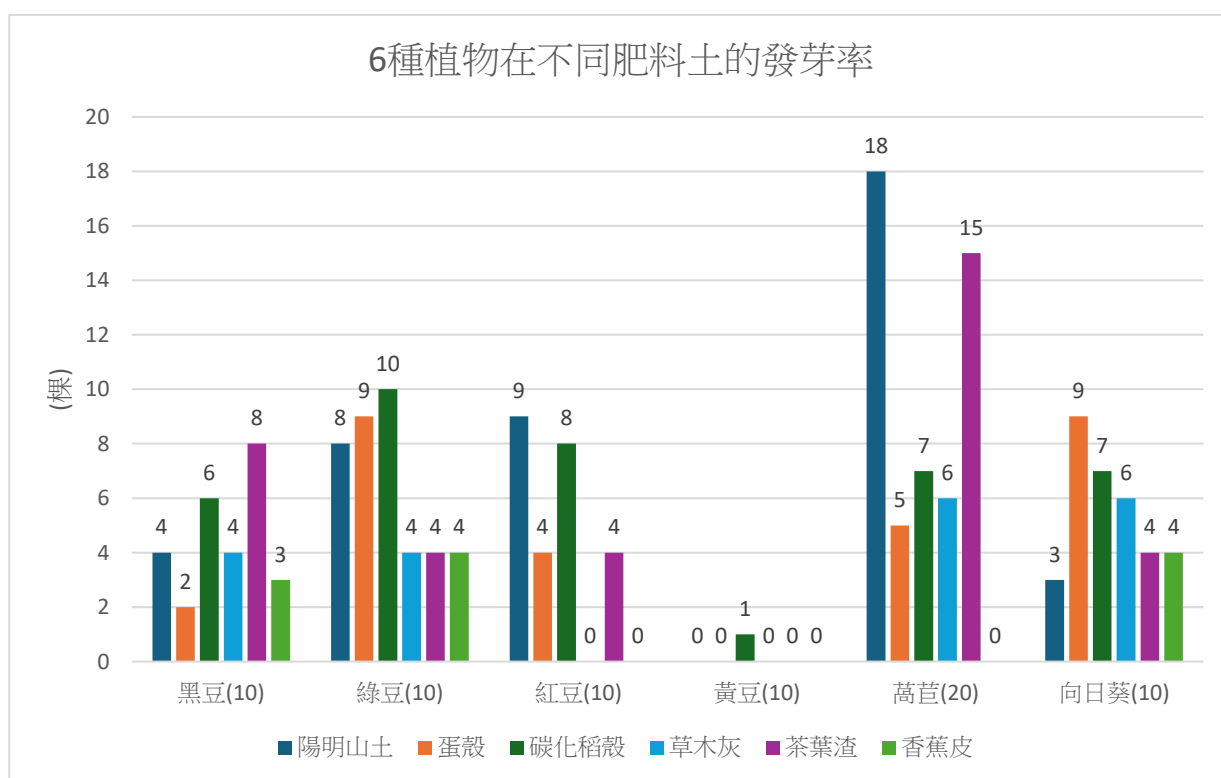
黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)
					

陽明山土加香蕉皮

黑豆(10)	綠豆(10)	紅豆(10)	黃豆(10)	萵苣(20)	向日葵(10)
					

(二) 未施肥前(陽明山土)和施肥土壤的植物發芽棵數(第 21 天)




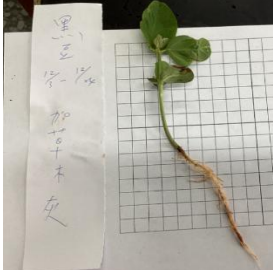


	陽明山土	蛋殼	碳化稻殼	草木灰	茶葉渣	香蕉皮
黑豆(10)	4	2	6	4	8	3
綠豆(10)	8	9	10	4	4	4
紅豆(10)	9	4	8	0	4	0
黃豆(10)	0	0	1	0	0	0
萵苣(20)	18	5	7	6	15	0
向日葵(10)	3	9	7	6	4	4



由於有機肥料加進土壤中須 2~3 周才可見其釋放營養素，本實驗先將肥料加至土壤混合 1 周後，再開始播種，植物播種至第 21 天採收，以上圖發芽率來看，黑豆在茶葉渣土碳化稻殼土的發芽率最佳。綠豆則在碳化稻殼、蛋殼土和陽明山土的發芽率較佳。紅豆在陽明山土和碳化稻殼的發芽率較佳。黃豆在這 6 種土都很難發芽存活，萵苣在陽明山土和茶葉渣土的發芽率較佳。向日葵是 6 種土都可發芽，其中以蛋殼土碳化稻殼和草木灰最好。


(三) 植物全株生長情形比較(第 21 天)

1. 黑豆

陽明山土	陽明山土加蛋殼	陽明山土加碳化稻殼
		
陽明山土加草木灰	陽明山土加香蕉皮	陽明山土加茶葉渣
		





黑豆在不同 6 種環境生長，可發現在陽明山土和碳化到殼土，植株較大，茶葉渣土雖發芽棵數多，但植株偏小。

2. 綠豆

陽明山土	陽明山土加蛋殼	陽明山土加香蕉皮
		
陽明山土加草木灰	陽明山土加碳化稻殼	
		

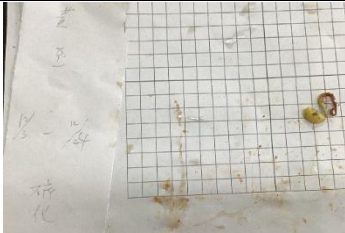
綠豆在蛋殼土、碳化稻殼土和香蕉皮渣土的環境下，植株生長狀況良好，陽明山土則植株較小。

3.紅豆

<p>陽明山土</p> 	<p>陽明山土加蛋殼</p> 	<p>陽明山土加碳化稻殼</p> 
<p>陽明山土加茶葉渣</p> 		



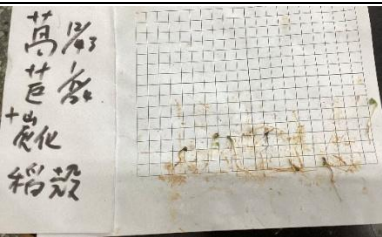
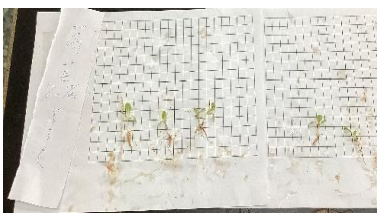

紅豆在陽明山土植株發芽數多且植株生長較好，其他肥料土壤植株並沒有生長得更好。

4.黃豆

<p>陽明山土加碳化稻殼</p> 

黃豆在 6 種不同土壤中都生長得不好，發芽率接近 0，以為是黃豆有問題，但在培養皿測試有發芽，所以黃豆沒問題，推測是土壤環境和濕度因素。

5.萵苣

<p>陽明山土</p> 	<p>陽明山土加蛋殼</p> 	<p>陽明山土加碳化稻殼</p> 
<p>陽明山土加草木灰</p> 	<p>陽明山土加茶葉渣</p> 	

萵苣在陽明山土和茶葉渣土生長數量較多，植株全長一致偏小。

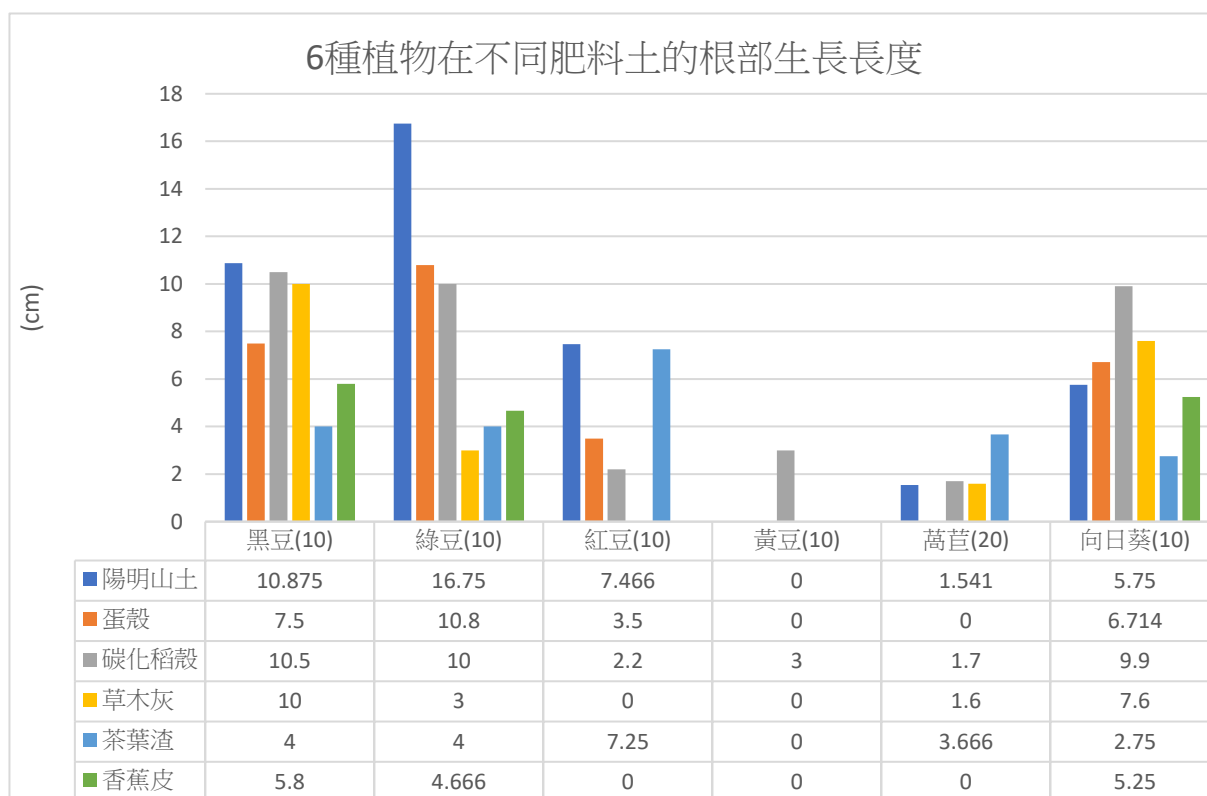
6. 向日葵



向日葵在碳化稻殼土和草木灰土的環境植株生長較好，優於陽明山土、蛋殼土、香蕉皮渣土和茶葉渣土。

(四) 有機肥對不同植物根部平均長度(cm)比較(第 21 天)

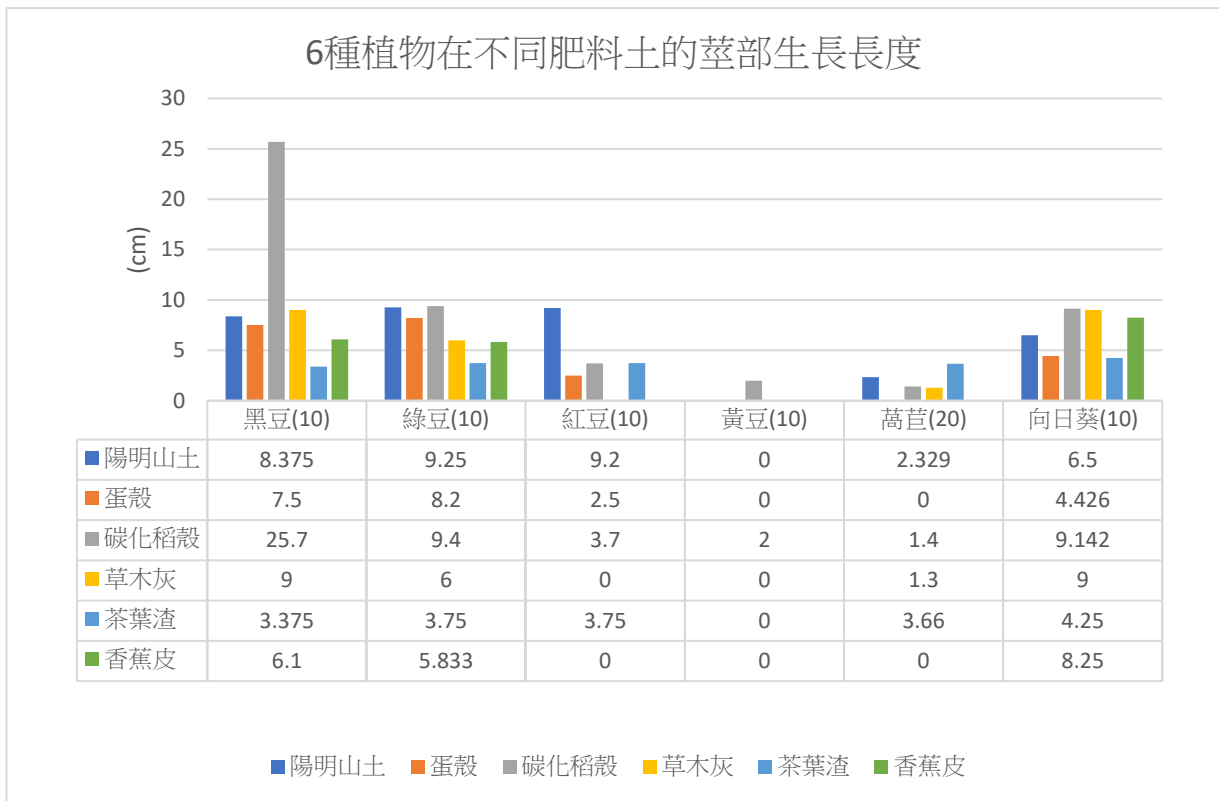
	陽明山土	蛋殼	碳化稻殼	草木灰	茶葉渣	香蕉皮
黑豆(10)	10.875	7.5	10.5	10	4	5.8
綠豆(10)	16.75	10.8	10	3	4	4.666
紅豆(10)	7.466	3.5	2.2	0	7.25	0
黃豆(10)	0	0	3	0	0	0
萵苣(20)	1.541	0	1.7	1.6	3.666	0
向日葵(10)	5.75	6.714	9.9	7.6	2.75	5.25



黑豆在陽明山土、碳化稻殼、草木灰土中，根部發育可到約 10 公分，綠豆在陽明山土根部可長到 16 公分，施肥土並沒有增加根部長度，紅豆在陽明山土和茶葉渣土生長的根部長度接近，萵苣在茶葉渣土的根部長度比在陽明山土長，向日葵在蛋殼土、碳化稻殼土、草木灰的根部生長長度都比陽明山土長。

(五) 有機肥對不同植物莖部平均長度(cm)比較(第 21 天)

	陽明山土	蛋殼	碳化稻殼	草木灰	茶葉渣	香蕉皮
黑豆(10)	8.375	7.5	25.7	9	3.375	6.1
綠豆(10)	9.25	8.2	9.4	6	3.75	5.833
紅豆(10)	9.2	2.5	3.7	0	3.75	0
黃豆(10)	0	0	2	0	0	0
萵苣(20)	2.329	0	1.4	1.3	3.66	0
向日葵(10)	6.5	4.426	9.142	9	4.25	8.25



黑豆莖部長度在碳化稻殼土的環境下比陽明山土長度成長約 3 倍，綠豆的莖部長度在不同肥料土下差異較小，紅豆和萵苣則使用肥料土並無法使莖部生長更好，向日葵則在碳化稻殼土、草木灰土、茶葉渣土的環境中，其莖部長度比在陽明山土稍長。

玖、討論

1. 本次肥料選擇市售的草木灰和碳化稻殼，並把經常被用來當肥料的廚餘，自製蛋殼茶葉渣和香蕉皮渣，製作環保有機肥料，希望易取得且家庭常見，並且家用廚餘機可處理。對照組採用陽明山土為弱酸性(pH 值 5.0~6.5 之間)，目前市面上所販售的「陽明山土」多為陽明山系以外區域開採的類似土壤，真正的陽明山國家公園內土壤已禁止開採。
2. 因土壤成分繁多，為了分析其詳細的內容物，本想送樣品至一些農業單位或大學實驗室檢測 NPK，但礙於樣品多樣且經費高，後來選用手機連接探針款土壤參數速測儀，才能檢測出氮磷鉀含量、EC 值、酸鹼值等。
3. 種植植物種類選擇小學三年級種豆經驗，以及對土壤環境敏感的萵苣，萵苣（生菜）適合在疏鬆、通氣排水良好、富含有機質的砂質壤土至黏質壤土中生長。土壤 pH 值宜控制在 5.6~6.5 之間，忌酸性土壤。因萵苣為淺根性植物，根群多分布在表土 20~30 公分，故栽培需保持土壤濕潤，但要避免積水以免根部腐爛。向日葵是農夫常用來堆肥的植物，而且其根部會吸收田裡的重金屬，是強力的重金屬超富集植物，尤其適合修復鎘 (Cd)、鉛 (Pb) 和砷 (As) 污染土壤。其最佳生長與吸收環境需要**排水良好、疏鬆的砂質壤土**，pH 值適中。
4. 種植植物生長情況除了數量限制，因露天種植所以受天氣因素影響頗大，且 11.12.1 月期間日夜溫差大，使植物生長變因增加。

拾、結論

1. 新竹市 6 個土壤抽樣點的含鉀量均高於含氮量和含磷量，其中科學園區表土最高，若以綜合肥力來比較，頭前溪河濱公園表土肥力達 295.75 mg/Kg，科學園區表土肥力為 247 mg/Kg，6 個採樣區的土壤酸鹼值為 5.9~6.3，顯示新竹市地區土壤酸鹼性呈現弱酸性，而新竹測站常測得較低的酸雨 pH 值，曾創下 4.73~5.29 的低平均 pH 值，因此本實驗先抽樣土壤有無受酸雨影響。若土壤偏酸可以如何來改善。
2. 測量 6 種土壤的空氣量，對照組的陽明山土空氣占土壤體積 20%，加了 5 種有機肥料後，碳化稻殼、茶葉渣、草木灰和蛋殼土均可增加 50%，其中又以香蕉皮渣土的空氣量增加最多達到 60%，一般土壤空氣量達 50%較適合植物的生長，故以上 5 種有機肥料後有效使土壤空氣量增加。
3. 較適合種植的土壤水分為 20~40%，陽明山土水分含量約 14.72%屬於比較乾燥的質地，加了蛋殼、碳化稻殼、草木灰和香蕉皮渣後，水分含量增加 2~9%，香蕉皮渣效果最好，可增加水分 8.54%達到 23.26%。
4. 土壤保滲水實驗與植物生長密切相關，主要在於土壤孔隙度對水分保留(保水)與通過(滲水)的影響，直接決定植物根系的呼吸、吸水效率及穩固性。對照組陽明山土保水力最佳，加了 5 種有機肥後的土壤，滲水量增加，蛋殼土、草木灰土、碳化稻殼土和香蕉土使保水力下降 11~16ml，其中又以茶葉渣土的保水量最差。
5. 一般作物適宜的土壤 EC 值為 < 2000 us/cm 表示土壤沒有鹽份：一般作物可以正常生長。土壤導電度 EC 2000~4000 us/cm 表示低鹽份土壤：對鹽分反應敏感作物，會有鹽份阻礙生長現象。土壤導電度 EC 值越大表示作物生長會出現鹽分障礙。草木灰富含鉀、鈣、鎂等離子，屬高電導度物質。可見草木灰的 EC 值為 1319 us/cm，為 6 種土壤中最高，其次為蛋殼土和香蕉渣土，蛋殼的主要成分為碳酸鈣，含量高達 90%~95% 以上，是優質的天然鈣質來源，其 EC 值為 277.75 us/cm，香蕉渣土 EC 值為 279.33 us/cm。
6. 多數植物最適合在微酸性至中性 (pH 6.0 - 7.0) 的土壤中生長，可使養分(如磷、鈣、鎂)達到最高有效性。台灣土壤多偏酸性，土壤 pH 6.5 附近最利於養分吸收。對照組陽明山土 pH 值為 6.15，加茶葉渣和碳化稻殼會使土壤 pH 值 < 6.0 更酸，但加草木灰和蛋殼和香蕉渣 pH 值可增加，蛋殼土的 pH 值可達 9.825，已呈現弱鹼性，有效改善酸化的土壤。
7. 加了草木灰、蛋殼、香蕉渣之後，肥料土的氮磷鉀含量都有增加，草木灰的氮含量增加到 69mg/Kg，磷含量增加到 96.25 mg/Kg，鉀含量增加到 201.3 mg/Kg，顯示出草木灰對於土壤的氮磷鉀含量增加效果顯著，蛋殼和香蕉渣也有增加。其中以草木灰最佳肥力達近 13 倍之多，香蕉皮渣增加約 3 倍，蛋殼也使肥力增加 2 倍多。
8. 黑豆在茶葉渣土碳化稻殼土的發芽率最佳。綠豆則在碳化稻殼、蛋殼土和陽明山土的發芽率較佳。紅豆在陽明山土和碳化稻殼的發芽率較佳。萵苣在陽明山土和茶葉渣土的發芽率較佳。向日葵是 6 種土都可發芽，其中以蛋殼土碳化稻殼和草木灰最好。
9. 黑豆在陽明山土、碳化稻殼、草木灰土中，根部發育可到約 10 公分，綠豆在陽明山土根部可長到 16 公分，紅豆在陽明山土和茶葉渣土生長的根部長度接近，萵苣在茶葉渣土的根部長度比在陽明山土長，向日葵在蛋殼土、碳化稻殼土、草木灰的根部生長長度都比陽明山土長。黑豆莖部長度在碳化稻殼土的環境下比陽明山土長度成長約 3 倍。

拾壹、參考文獻

- 1.王崇洺(2024)。好咖配好茶。2024 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品
- 2.香蕉皮製成液體肥對蔬菜生長研究。屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會 作品說明書
- 3.茶金土金—化肥與有機肥對土壤性質的影響。花蓮縣第 62 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書
- 4.潘可宸、李恩瑜、郭采潔、周宛葶、張勻瀚。揚善止惡的「泥」～萬丹泥火山土壤性質改善研究。中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 5.陳逸雲、王妤晴、蔣承璋、左莫野、林煒智。土壤 PK BAR。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 6.「土」然發現「泥」—頭前溪沿岸土質的秘密。新竹市第 37 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 7.土壤與植體營養診斷技術 陳仁炫 教授 國立中興大學土壤環境科學系 國立中興大學土壤調查試驗中心主任