

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：「泥」好不好？ 萬丹泥火山土壤研究

關 鍵 詞：泥火山、pH 值、土壤

編號：A5011

目 錄

摘要	2
研究動機	3
貳、研究目的及問題	4
參、研究架構圖	5
肆、研究設備及器材	6
伍、研究過程、結果與討論	7
【研究問題一：萬丹泥火山的由來與噴發歷史？】	7
【研究問題二：泥火山的地質特性和土壤分析，及萬丹泥火山如何影響當地環境？】	10
【研究問題三：萬丹泥火山土壤的 pH 值，對當地環境是否有影響？】	16
【研究問題四：萬丹泥火山土壤與田土以不同比例混合，對紅豆生長有何影響？】	21
【研究問題五：添加不同蔬果廚餘在不同比例混合的萬丹泥火山土壤與田土中，對紅豆生長有何影響？】	26
陸、研究結論	29
柒、參考文獻	31

「泥」好不好？萬丹泥火山土壤研究

摘 要

萬丹泥火山噴發的泥漿非常壯觀，但冷卻乾掉後的泥塊，農民卻選擇棄置，泥火山土壤能夠用來種植農作物嗎？我們實地踏查和採集土壤進行研究，結果得知：

- 一、萬丹泥火山噴發是由地下斷層縫隙的岩漿，因地下水與天然氣相互作用，產生熱力效應。
- 二、不同比例混合泥火山土壤和田土，pH 值高到低為：泥火山土壤 > 泥 1:田 1 > 泥 1:田 3 > 泥 1:田 5 > 泥 1:田 10 > 田土。
- 三、依不同比例混合的土壤種植紅豆，以**泥 1:田 10** 紅豆生長情形比較接近田土種植。
- 四、土壤中添加不同蔬果廚餘種植紅豆發芽生長情形，以**添加香蕉皮泥 1:田 5** 的土壤種植紅豆，發芽比率最高，可以提高泥火山土壤的利用率。

壹、研究動機

近年來地震在世界各地和台灣頻繁出現，而屏東每年還有一項特色—萬丹泥火山噴發。去年 111 年(西元 2022 年)就出現 3 次的泥火山噴發，所以老師在自然課時針對去年(111 年)10 月份的新聞影片做介紹，引起我們對於萬丹泥火山為什麼會噴發產生興趣，從新聞報導中更發現這些噴發後的泥漿，乾掉後全部集中在一座寺廟旁空地廢棄，在這個環保觀念與意識充足的年代，我們想透過採集萬丹泥火山的土壤來研究，泥火山噴發的土壤還可以用來種植耕作嗎？

貳、研究目的及問題

一、研究目的

- (一)了解萬丹泥火山的由來與噴發歷史。
- (二)探討萬丹泥火山的土壤分析和特性。
- (三)研究萬丹泥火山土壤與田土以不同比例混合，對紅豆生長的影響。
- (四)探究添加不同蔬果廚餘在不同比例混合的萬丹泥火山土壤與田土中，對紅豆生長的影響。

二、研究問題

- (一)萬丹泥火山的由來與噴發歷史？
- (二)泥火山的地質特性和土壤分析，及萬丹泥火山如何影響當地環境？
- (三)萬丹泥火山土壤的 pH 值，對當地環境是否有影響？
- (四)萬丹泥火山土壤與田土以不同比例混合，對紅豆生長有何影響？
- (五)添加不同蔬果廚餘在不同比例混合的萬丹泥火山土壤與田土中，對紅豆生長有何影響？

參、研究架構圖

「泥」好不好？萬丹泥火山土壤研究

萬丹泥火山的由來與噴發歷史

採集

泥火山的地質特性和土壤分析

分類

萬丹泥火山土壤

田土

混合比例
泥火山:田土
1:1

混合比例
泥火山:田土
1:3

混合比例
泥火山:田土
1:5

混合比例
泥火山:田土
1:10

實驗

pH 值

種植紅豆，比較生長情形

實驗

混合比例
泥火山:田土=1:3
(加入高麗菜外葉、香蕉皮)

混合比例
泥火山:田土=1:5
(加入高麗菜外葉、香蕉皮)

實驗

種植紅豆，比較生長、發芽情形

結果

實驗討論歸納

肆、研究設備及器材

一、研究器材(如圖 a~圖 k)

(一)採砂工具：水桶、30cm 鐵尺、鏟子。

(二)實驗用具：電子秤、pH 值檢測儀、塑膠容器(8L) 、塑膠大盆、杯狀盆栽容器。

(三)其他：量杯(100ml、500ml、1000ml)、碼表、計算機、萬丹紅豆。

二、實驗材料：萬丹泥火山土壤和周邊的農地田土。

在研究期間，我們團隊使用的研究設備及器材，整理如下表所列的品項。

品項	a. 水桶和鏟子	b. 30cm 鐵尺	c. 塑膠大盆	d. pH 值檢測儀
照片				
功用	採集土壤工具	量測開挖位置	裝實驗土壤用	測量 pH 值
品項	e. 燒杯、量杯	f. 電子秤	g. 碼表、計算機	h. 純水
照片				
功用	裝水容器	測量土壤重量	測量時間與統計	實驗器材
品項	i. 萬丹泥火山土壤和周邊農地田土		j. 塑膠容器(8L)	k. 萬丹紅豆
照片				
功用	實驗泥火山土壤和農地田土		搖動攪拌和曝曬	種植觀察生長情形

伍、研究過程與結果討論

【研究問題一：萬丹泥火山的由來與噴發歷史？】

一、研究想法

去年 111 年(西元 2022 年)藉由電視新聞報導得知，萬丹泥火山就出現 3 次噴發，雖然每年都有相關的報導，但一年噴發三次引起我們對於萬丹泥火山為什麼會噴發產生興趣，因此開始蒐集萬丹泥火山由來與噴發歷史的相關資料。

二、研究內容

- (一)認識萬丹泥火山的由來。
- (二)整理萬丹泥火山的噴發歷史。

三、研究結果

(一)根據上網蒐集有關萬丹泥火山由來資料，我們整理如下：

1. 經由屏東縣萬丹鄉公所的網站查詢得知：

「鯉魚山傳奇-皇帝殿的故事」

萬丹泥火山又稱為鯉魚山泥火山，位在屏東縣萬丹鄉香社村的皇源聖殿旁。鯉魚山因形貌如鯉魚，又山頂會冒湧湯泉，因而先民認為鯉魚山的地理風水位魚穴上，因此才有皇帝殿的傳說故事。

康熙六一年七月十一日，鯉魚山第一次泥火山爆發(見劉良璧乾隆六年《重修台灣府志》)，於是先民認為鯉魚穴的鯉魚精，開始造勢，先民更加相信萬丹將有一位真命天子誕生，鯉魚山就是那位真命天子的皇帝殿，那兩隻鯉魚精就是為了使皇帝殿的根基更加穩固，因此泥火山爆發時，都不停滾出泥漿，其目的在造山運動，使鯉魚山能媲美大武山的高峻雄偉，如此皇帝殿就可穩如泰山了。

雍正元年六月廿六日，鯉魚山第二次爆發泥火山，赤山邊酉戌二時紅光燭天，地衝開二孔，黑泥水流出，四周草木皆成煨燼(見《使槎錄》)。那兩隻鯉魚精，再度施展功力，從地心噴出泥漿來，它們正在慶幸能為皇帝殿盡一點心力，恰巧有一位乞丐也來到赤山巖旁，看到兩隻鯉魚精在施展牠們的威力，不斷的從泥渦中湧出泥漿，轟轟隆隆的聲音，正是兩隻鯉魚精相互呼喚加油的聲音，這個乞丐把手上的

拐杖，往泥渦中擲去，碰巧擊斃一隻公的鯉魚，從此鯉魚穴就被破壞了，赤山頂的高度也不再增加，鯉魚山做為皇帝殿也做不成了，真命天子也沒有誕生的機會，那隻母的鯉魚精就傷心的遁走南海。沒有了鯉魚精的幫助，鯉魚山在往後的一九〇年中，又回復到滾水山的時代，只能噴發少量的泥漿。

直到光緒十八年九月二十日，鯉魚山再次爆發，噴出泥漿多日，至廿九日始停（見《台灣省通志》）大家就傳言是那隻母鯉魚精，回來想找它的伴侶而尋覓不到就大發雷霆，因此泥火山才噴發那麼多天。此後每當母鯉魚精思念牠的老伴，地面就會再度湧出泥漿，可惜牠因傷心過度，噴出的泥漿威力就大減了。

（發表於〈屏東於我〉四十一期鄉土采風錄）



圖 1-1 萬丹鯉魚山泥火山皇源聖殿一帶空照圖(取自國立台中自然科學博物館網站)

2. 經由中央社郭記者 2010 年 12 月 21 日屏東縣刊載查詢得知：

「萬丹泥火山 傳說鯉魚造山故事」

萬丹泥火山原始地點—鯉魚山，讓泥火山「是 1 對鯉魚為萬丹的真命天子造山」的故事再度在耆老口中傳述。鯉魚山位於萬丹鄉和新園鄉的交界，因外形似鯉魚而得名，萬丹文獻記載，傳說中，早期的鯉魚山頂晚上會發紅、黃光。當時，

山上沒有樹木、一片黃土，地名叫「赤山」，後來蓋了叫赤山巖的廟，慢慢的地名被稱為赤山巖，鯉魚山頂的光可能是土壤裡的硫磺反映而成。

萬丹文獻記載，鯉魚山泥火山第 1 次的噴發是在清康熙年間，當時傳說鯉魚山在鯉魚穴上，將有 1 位真命天子會誕生，2 隻雌雄鯉魚精為了使真命天子的根基更穩固，興起造山運動，所以才會有泥火山的噴發。傳說鯉魚山第 2 次的噴發是在雍正元年，之後，因真命天子的傳說越來越厲害，於是有人把公鯉魚殺了，造山運動停止，泥火山也停止噴發。

在居民的記憶裡，民國 68 年前，偶而不定期噴發，停了 9 年後，民國 77 年再度噴發，噴發地點從原來的山頂移向平原，也就是現在的皇源聖殿所在地；皇源聖殿在民國 77 年建造完成，此後，每年噴發 1 到 2 次，每次噴發孔約 2 到 5 個。日治時代，紅磚盛行，鯉魚山的黏土造就了萬丹鄉的磚窯風華，當時鯉魚山有 8 座磚窯廠，是高高屏最主要的紅磚產地，但鯉魚山也因製磚而被挖成平地，繁華光景已不復見。

(二)整理萬丹泥火山的噴發歷史

經由國立台中自然科學博物館網站資料得知，歷史上記載第一次噴發是在康熙 61 年（1722 年），第二次的噴發是在隔年雍正元年（1723 年）。往後的 169 年間都沒有再噴發的紀錄。日據時代，每年大約噴出 1 次泥漿，多者 2 次。臺灣光復後，於 1976、1977、1978 年都有大規模噴發的紀錄。但於 1979~1987 年間似乎沉寂了 9 年漫長的歲月。1988 年起鯉魚山再度噴發，地點由原來的鯉魚山赤山巖丘陵地轉移到平地的中港溪與皇源聖殿一帶（圖 1-1）。

從 1998 年開始到 2007 年的噴發記錄，參考李明進主任在屏東縣萬丹采風錄網站的記載，2008~2011 年為屏東縣蕭鴻銘老師所記錄（擷取自網站訊息平台），並將噴發日期依據西元年作成表格紀錄（表 1-1）。

表 1-1 萬丹泥火山的噴發紀錄

西元	日期	西元	日期	西元	日期
1998 年	8 月 28 日	2007 年	1 月 7 日	2015 年	1 月 28 日
1999 年	1 月 23 日		5 月 4 日		7 月 31 日
2000 年	10 月 8 日		8 月 14 日	2016 年	4 月 28 日
2001 年	4 月 15 日		12 月 11 日		6 月 24 日
2002 年	2 月 25 日	2008 年	11 月 4 日	2018 年	5 月 15 日
	8 月 31 日	2009 年	3 月 2 日		12 月 24 日
	12 月 19 日	2010 年	12 月 21 日	2019 年	7 月 8 日
2003 年	2 月 12 日	2011 年	12 月 2 日		11 月 6 日
	9 月 2 日	2012 年	12 月 2 日	2021 年	10 月 14 日
2004 年	4 月 14 日	2013 年	4 月 27 日	2022 年	4 月 8 日
	10 月 15 日		7 月 18 日		6 月 28 日
2005 年	9 月 1 日		12 月 9 日		10 月 26 日
2006 年	2 月 28 日	2014 年	3 月 26 日	2023 年	2 月 8 日
	8 月 4 日		8 月 4 日		

四、研究討論

- (一)萬丹鯉魚山因為泥火山有相關的歷史故事，恰巧噴發的地點又位在皇源聖殿周邊，剛好有皇帝殿的傳說出現。我們這次為了研究萬丹泥火山，便到皇源聖殿踏察和並當地人請教，皇源聖殿的師父說：這些噴發泥火山的噴口都是龍穴，皇源聖殿旁都有生肖龍在保護支撐，所以每年都有泥火山噴發，才能持續保護在地居民。
- (二)我們採集到萬丹泥火山的泥漿在冷卻後觸摸起來非常的硬，而且不容易靠雙手扒開土塊，這樣的感覺與造山運動的說法好像有點一致。因此藉由萬丹泥火山噴發統計的紀錄結果中，我們發現近 30 年來每年至少都會噴發 1~2 次，引起我們對於萬丹泥火山噴發及地質土壤特性研究的動機。

【研究問題二：泥火山的地質特性和土壤分析，及萬丹泥火山如何影響當地環境？】

一、研究想法

我們從研究一了解萬丹泥火山的由來和噴發歷史，泥火山的地質特性和土壤分析又有什麼不同呢？萬丹泥火山又是如何影響當地環境呢？因此，我們開始蒐集和探討泥火山相關資料，並且利用寒假期間到萬丹泥火山的噴發地點—皇源聖殿做實地踏查與觀察紀錄。

二、研究內容

- (一)上網蒐尋泥火山的地質特性資料。
- (二)上網蒐尋泥火山的土壤分析資料。
- (三)踏查萬丹泥火山噴發處，了解對當地環境的影響。

三、研究結果

- (一)運用網際網路搜尋與自然書籍查詢，我們找到關於泥火山的地質特性資料，整理後敘述如下：

1、泥火山形成的原因與條件

泥火山的形成與天然氣有關，它的出現必須具備四個特徵：

- (1)有泥漿地層材質：泥岩、砂岩、頁岩，或者大量破碎的黏土礦物。
- (2)豐沛的地下水源，供應泥火山噴發泥漿。
- (3)有天然氣：約 20%是甲烷，並混雜少量二氧化碳或氮氣、沼氣等。
- (4)最後在天然氣和泥漿之上，還要有斷層縫隙等通路允許氣體與泥漿的湧出。

2、泥火山可依所在地域不同，區分為陸上泥火山及海底泥火山的類型

- (1)陸上泥火山依噴發物的含水量多寡(泥漿的黏稠度不同)，造成的泥火山外形會不同，可以分為下面幾類：

I 噴泥丘(錐)：泥漿的黏稠度大，形成尖銳錐形丘，邊坡傾斜角超過 20 度。

II 噴泥盾：泥漿的黏稠度較小，形成緩丘狀，邊坡傾斜角大於 5 度，小於 20 度

III 噴泥池：泥漿中含泥量低、黏稠度小，坡度平緩，邊坡傾斜角度小於 5 度。

IV 噴泥盆：噴泥口徑特別大的。

V噴泥洞：噴泥口徑小的，多在直徑 30 公分以下。

(2)海底泥火山之成因主要和泥貫入體的發育有關，海床沉積物下方一旦發生泥貫入體的侵入作用，泥質物沿著噴出口逐漸堆積而形成海底錐狀泥火山。

3、台灣的泥火山

台灣的泥火山共分佈在 17 個地區，大多位在台南縣、高雄縣、屏東縣，東部地區只有台東縣關山鎮電光里的雷公火泥火山（或稱為「泡泡泥火山」）、花蓮縣富里鄉羅山村鹽埕地區的羅山泥火山。分布在臺灣西南部之泥火山，大約可以分成下列 3 群：

(1)嘉義中崙一帶，泥漿來自中崙層，pH 值在 6 左右，屬弱酸性，溫度約 40 度左右。

(2)平原區泥火山，如屏東鯉魚山(萬丹鄉)、高雄螺底山和橋頭滾水坪。鯉魚山大約以 1 年為週期的間歇性噴發，規模和威力都大。

(3)古亭坑泥岩層泥火山，以烏山頂、大滾水、小滾水和養女湖為不同類型泥火山之代表。泥漿來自下部古亭坑層(相當於南化層)，溫度低於常溫，約 17℃，pH 值為 8，呈弱鹼性，週期較短的間歇性噴發，但有時也有爆炸式噴發。

(二)利用網路搜尋與書籍期刊查詢，相關泥火山的土壤分析資料，整理後敘述如下：

1、依據萬丹鄉公所網站說明，當地底天然氣受壓，從地層縫隙竄出，挾帶的地下水通過泥岩，就形成泥火山噴發現象。噴發時，部分地區地下水滾燙，有時經引燃會形成燃燒現象，熱水、泥流、燃燒，都會讓作物受害，更麻煩的是偏鹼加上結硬的泥流，會改變土壤環境。農民對泥火山很頭痛，但是有農民改種芭樂等作物，吸收地底噴出的豐富的礦物質，並翻出地下的有機質，也算是農業應災策略。

2、依據國家地震工程研究中心研究成果報告 105 期台灣西南部間歇性泥火山之研究，台灣西南部有許多泥火山分布，其中位於屏東萬丹及近年在高雄鳥松之泥火山，屬間歇性噴發，亦即噴發活動會不定時、不定點。噴發期間伴隨大量高溫泥漿溢流，造成農田覆蓋、道路受阻及溝渠阻塞等災情。該研究利用土壤氣體分析技術探討噴

發前後可能的土壤逸氣成分變化，並在萬丹地區設置小區域微震觀測網。初步結果顯示土壤氬氣在烏松及萬丹地區平均背景值分別是 22,500 及 13,000 貝克／立方米，因採樣時間間隔的關係，噴發前後未見顯著變化。

3、依據泥火山地區之植群研究論文，台灣泥火山由於長期噴出泥漿，形成鹽生環境，噴泥電導度可高達 66.50mmhos/cm，pH 值介 7.3~9.1。

4、依據 95 年度「臺灣西南部油氣來源及生油岩潛能研究」研究計畫，高屏地區泥火山泥漿，從生油岩評估結果顯示，各泥火山泥漿或鄰近泥岩之總有機碳(TOC)近似，約在 0.30~0.52%之間，有機富集度大致屬於貧乏級(Poor)。鏡煤素反射率測定結果指出，有機物皆已達成熟階段，萬丹鯉魚山與旗山斷層帶部分天然氣的來源，已超過伴隨泥漿的天然氣，可能源自泥漿來源以下深處之地層。

(三)踏查萬丹泥火山的噴發處，了解對當地環境的影響

為了更瞭解萬丹泥火山對當地環境的影響，我們利用寒假期間(112 年 1 月 31 日)由老師帶領，前往皇源聖殿旁的 3 處泥火山噴發處進行踏查與討論。



圖 2-1 皇源聖殿旁的 3 處萬丹泥火山噴發處之衛星雲圖

以下將我們踏查的相關照片做整理成以下表格，並加以文字說明。

踏 查 照 片	說 明
	<p>①皇源聖殿旁，有一區泥火山泥塊棄置區，詢問當地殿裡住持(師父)說：因為萬丹鄉公所無法給予農業災害補助，因此農夫都將泥塊棄置堆成小山丘(如左圖紅框區)。</p>
  	<p>②皇源聖殿後面的 A 區噴發點，噴口凹陷，而且牆壁面上還有噴發時的泥土紀錄，有一層樓的高度，好驚人的噴發量。</p> <p>而且噴口周邊都還濕濕的，感覺好像有水在裡面的樣子。也因為潮濕，其泥塊是軟軟黏黏的，住持也提醒我們不能太靠近軟濕的噴口，以免陷入其中，到時候就需要找大人幫忙，才能將人拉出。</p>

踏 查 照 片	說 明
	<p>③皇源聖殿正面左邊的B區噴發點農田裡，我們發現噴發口凹陷，而且在噴發口一樣有水在裡面。所以我們沒有太靠近噴發口，避免踩入凹陷區的危險。</p> <p>泥火山噴發後的農地，因為都沒有處理泥塊，所以泥火山的泥漿乾燥後幾產生裂痕，形成很特別的農田龜裂的視覺感。</p>
	<p>④皇源聖殿正面前方的C區噴發點農田裡，我們發現噴發口凹陷，但是噴發口沒有水在裡面，而且土壤非常的乾燥。因此，我們能近距離的觀察噴發口。</p>
	<p>⑤泥火山噴發後的泥漿，在農地裡乾裂後形成的泥塊景象，我們帶了兩支鐵尺測量，其淹沒農地的高度(深度)約為 12 公分，裂開後的泥塊間隔寬度約為 2 到 2.5 公分左右，但是每個泥塊的表面積並不相同。</p>

四、結果討論

藉由老師帶領我們實際到萬丹泥火山踏查，我們發現：

(一)泥火山不是真正的火山，噴發口都是凹陷的樣貌，噴出的泥漿乾裂後形成泥塊，造成農地被迫提高約 12 公分。

(二)萬丹泥火山為噴泥盾地形，平常處於休眠狀態，每隔數月或數年發生一次大規模噴發，噴發口的位置每次不同。

(三)在 112 年 2 月 8 日凌晨萬丹泥火山再次噴發，當日上午老師帶領我們再次前往皇源聖殿踏查，到了現場已經結束噴發，地上都是尚未凝固硬化的泥漿，這次共有 4 個噴發點：

1、皇源聖殿右側的 B 區農地裡有 1 個噴發口，感覺農地因為泥漿冒出得多，已經滿溢到旁邊的農地裡(圖 2-2)。

2、皇源聖殿前方的 C 區農地裡有 1 個噴發口，感覺農地裡泥漿冒出並不多，因此看起來沒有溢流到旁邊的農地，但是台電公司的電線都被燒熔斷裂到地上(圖 2-3)。

3、皇源聖殿的前方廣場(新產生的噴發口)有 2 個噴發口，看起來噴發的泥漿量並不多(圖 2-4)。

4、我們發現皇源聖殿廣場前方的雜草區(圖 2-5)，因為凌晨噴發時的泥漿熱度，已經將植物熱死，再加上夜晚有風勢助長，所有的植物外表都被覆上一層厚厚的泥漿硬化的泥土(圖 2-6、圖 2-7)，有如冬天下雪地區的樹枝和樹葉都積了一層厚厚的冰，像是給樹枝穿上了一件厚厚的衣服樣子。



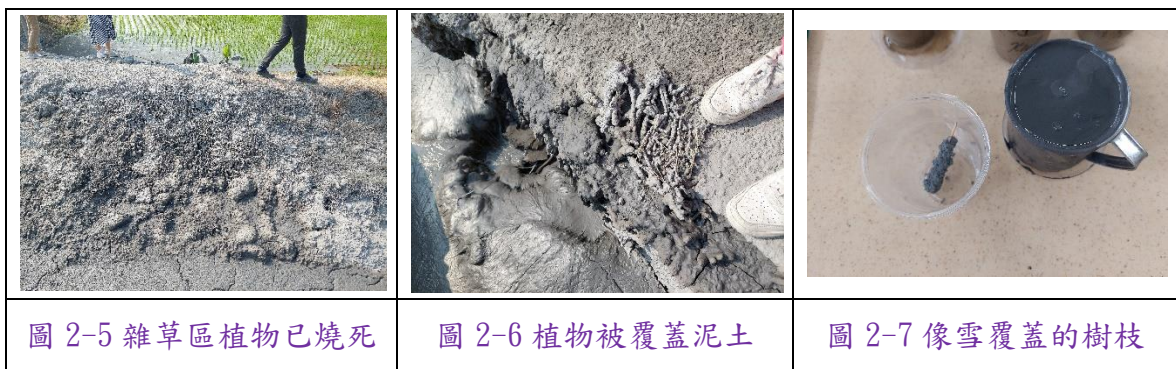
圖 2-2 泥漿滿溢到旁邊



圖 2-3 電線被燒熔在地上



圖 2-4 廣場 2 個噴發口



【研究問題三：萬丹泥火山的 pH 值，對當地環境是否有影響？】

一、採集萬丹泥火山的泥塊和周邊的農地田土

從實地踏查研究萬丹泥火山後，我們覺得堆置在皇源聖殿旁的泥塊山真的都無法拿來栽種嗎？因此，我們採集了萬丹泥火山泥塊(圖 3-1)和周邊農地的耕作用的田土(圖 3-2)，進行相關的研究探討。



我們將採集到的萬丹泥火山泥塊和附近農地的田土，進行觀察比較，整理如下表 3-1。

表 3-1 萬丹泥火山泥塊和附近農地的田土之特性觀察記錄表

特徵 名稱	周邊環境	手觸摸感覺	鼻子嗅覺	加水觸摸
泥火山泥塊	雞舍、水溝、廟宇、稻田	顆粒很細，有粉末感	沒有味道	沙沙的感覺
農地田土	雞舍、水溝、廟宇、稻田	顆粒較粗	淡淡的土味	黏黏稠稠的

二、測量萬丹泥火山的泥塊和周邊的農地田土之 pH 值

從實地踏查採集萬丹泥火山的泥塊和周邊農地田土後，為了能夠將泥火山的泥塊用來當作土壤種植農作物，因此我們想要先測量泥塊和田土的 pH 值，了解兩種土壤的酸鹼性。

(一) 實驗操作

- 1、利用鉢碗和陶瓷杵磨細泥火山的泥塊和農地田土，運用電子秤各取三份 150 公克，倒入燒杯中(圖 3-3)並用標籤紙寫上標註(圖 3-4)為 A、B、C 代號，例如：泥 A、田 B。
- 2、以蒸餾水 pH 值=0 (不適合使用：泰山純水 pH 值=6~8，統一純水 pH 值=6.5±1.5) 各別加水 250ml(圖 3-5、圖 3-6)，並用玻璃棒均勻攪拌 200 下(圖 3-7)。
- 3、之後每隔 1 小時攪拌 1 次，連續 4 小時後靜置。
- 4、在靜置 12 小時、21 小時和 24 小時的時間點，將校正好的 pH 檢測儀放入各燒杯中(圖 3-8)，檢測 pH 值並加以記錄，再求取平均數。

		
圖 3-3 取 150 公克田土	圖 3-4 標籤紙標註類別	圖 3-5 準備蒸餾水 250ml
		
圖 3-6 蒸餾水倒入田土	圖 3-7 均勻攪拌 200 下	圖 3-8 檢測 pH 值

(二)實驗記錄與結果

我們將萬丹泥火山土壤和田土的 pH 值紀錄成表格，如表 3-2。

表 3-2 萬丹泥火山土壤和田土的 pH 值紀錄表

2 月 2 日(星期四)11:05am 製作	泥 A	泥 B	泥 C	田 A	田 B	田 C
2 月 3 日(星期五)02:05am，靜置 12 小時	9.5	9.5	9.5	8.1	8.5	8.0
2 月 3 日(星期五)11:05am，靜置 21 小時	9.2	9.5	9.5	8.4	8.2	8.1
2 月 3 日(星期五)14:05am，靜置 24 小時	9.3	9.6	9.6	8.4	8.2	8.2
pH 值(酸鹼性)平均	9.3	9.5	9.5	8.3	8.3	8.1
泥火山土壤和田土(平均 pH 值)	9.5			8.2		

從表格紀錄的結果得知：泥火山土壤的 pH 值 > 田土的 pH 值，泥火山土壤 pH 值都大於 9，而農地田土 pH 值則介於 8.5~8.0 之間。而且泥火山土壤和田土的平均 pH 值與靜置 12 小時的 pH 值是相近的結果，因此後續的土壤 pH 值檢測，我們就以靜置 12 小時為 pH 值檢測的時間點。

三、測量以不同比例混合萬丹泥火山土壤和周邊農地田土的 pH 值

為了讓泥火山土壤能夠讓農民使用，經過我們的討論，將泥火山土壤和田土依不同比例混合後測量 pH 值，了解不同比例混合土壤的酸鹼性。

(一)實驗操作

1、調配泥火山土壤和田土比例為 1：1、1：3、1：5、1：10 等 4 種比例(圖 3-9)，利用塑膠桶均勻搖晃 100 下(圖 3-10)，然後取出 150 公克來做實驗。

比例 土壤類別	泥 1：田 1	泥 1：田 3	泥 1：田 5	泥 1：田 10
泥火山土壤	80 公克	40 公克	30 公克	15 公克
田土	80 公克	120 公克	150 公克	150 公克
合計重量	160 公克	160 公克	180 公克	165 公克

2、以蒸餾水 pH 值=0，各別加水 250ml 並用玻璃棒均勻攪拌 200 下(圖 3-11)。

3、之後每隔 1 小時攪拌 1 次，連續 4 小時後，靜置 12 小時，將校正好的 pH 檢測儀放入各燒杯中(圖 3-8)，檢測 pH 值並加以記錄，再求取平均數。



圖 3-9 取 180 公克混合土

圖 3-10 塑膠桶均勻搖晃

圖 3-11 均勻攪拌 200 下

(二) 實驗記錄與結果

1、我們將不同比例混合萬丹泥火山土壤和田土的 pH 值紀錄成表格，如表 3-3。

表 3-3 不同比例混合萬丹泥火山土壤和田土的平均 pH 值紀錄表

泥 1：田 1 2 月 3 日(星期五)10:10am 製作	混 A 1:1	混 B 1:1	混 C 1:1	平均
2 月 4 日(星期六)01:10am，靜置 12 小時	9.1	9.0	8.9	9.0
泥 1：田 3 2 月 7 日(星期二)09:10am 製作	混 A 1:3	混 B 1:3	混 C 1:3	平均
2 月 8 日(星期三)12:00pm，靜置 12 小時	8.6	8.8	8.7	8.7
泥 1：田 5 2 月 6 日(星期一)09:10am 製作	混 A 1:5	混 B 1:5	混 C 1:5	平均
2 月 7 日(星期二)12:00pm，靜置 12 小時	8.5	8.6	8.3	8.5
泥 1：田 10 2 月 6 日(星期一)09:10am 製作	混 A 1:10	混 B 1:10	混 C 1:10	平均
2 月 7 日(星期二)12:00pm，靜置 12 小時	8.3	8.3	8.4	8.3
萬丹泥火山土壤 2 月 2 日(星期四)11:05am 製作	泥 A	泥 B	泥 C	平均
2 月 3 日(星期五)02:05am，靜置 12 小時	9.5	9.5	9.5	9.5
田土 2 月 2 日(星期四)11:05am 製作	田 A	田 B	田 C	平均
2 月 3 日(星期五)02:05am，靜置 12 小時	8.1	8.5	8.0	8.2

2、我們將不同比例混合萬丹泥火山土壤和田土的平均 pH 值紀錄製成長條圖，如圖 3-12。

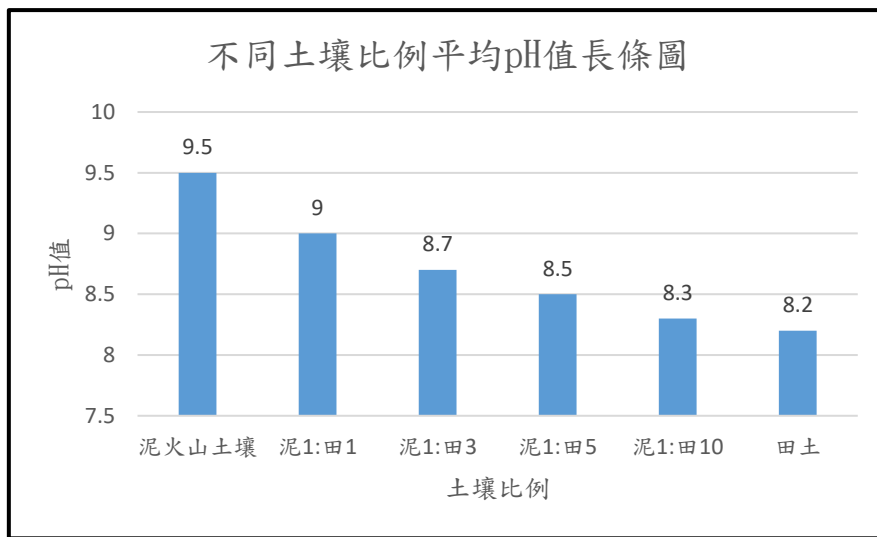


圖 3-12 不同比例混合泥火山土壤和田土的平均 pH 值長條圖

四、結果討論

- (一)從不同比例混合萬丹泥火山土壤和田土的平均 pH 值紀錄表(表 3-3)得知，其酸鹼性比較：泥火山土壤 > 泥 1:田 1 > 泥 1:田 3 > 泥 1:田 5 > 泥 1:田 10 > 田土。
- (二)從 pH 值的檢測結果得知，泥火山土壤平均 pH 值數值為 9.5，相較於田土更偏鹼性，因此萬丹泥火山附近的農夫都要將泥火山土壤挖出，放到空曠的地方堆置，因為泥火山土壤中的鹼性，會影響農作物種植，只好先進行堆置，等待萬丹鄉公所處理。
- (三)經由不同混合比例的泥火山土壤和田土的 pH 值檢測結果，我們發現不同比例混合後的土壤都比泥火山土壤的 pH 值來得低一些，或許運用不同比例混合後的土壤是可以種植農作物，而增加泥火山土壤的利用率。

【研究問題四：萬丹泥火山土壤與田土以不同比例混合，對紅豆生長有何影響？】

一、採集萬丹泥火山的泥塊和周邊的農地田土的混合比例，增加泥塊的利用率想法

從實地踏查採集萬丹泥火山的泥塊後，到研究問題三的 pH 值檢測結果，我們想要嘗試將泥火山土壤混合不同比例的田土，看看是否能用來栽種植物。因此，我們選定用萬丹鄉最主要的經濟農作物「紅豆」來做為種植的植物，希望研究結果能使當地參考運用。

二、實驗操作

(一)準備種植容器。我們選擇使用水晶杯當作種植容器，因為杯身是透明的，可以方便觀察植物根部的生長情形。我們再杯底打上 5 個小洞，方便澆水時多餘的水能夠順利流出，杯底再放置培養皿裝盛流出的水，才不會讓水四處流散(圖 4-1)。

(二)實驗步驟

1、調配不同比例土壤(泥 1:田 1、泥 1:田 3、泥 1:田 5、泥 1:田 10)，利用塑膠桶均勻搖晃 200 下(圖 4-2)，調配後取出 200 公克土壤裝成 1 杯，各 3 杯，分寫上編號 A、B、C。

表 4-1 不同比例土壤各項成分重量一覽表

比例 土壤類別	泥 1 : 田 1	泥 1 : 田 3	泥 1 : 田 5	泥 1 : 田 10
泥火山土壤	330 公克	160 公克	110 公克	60 公克
田土	330 公克	480 公克	550 公克	600 公克
合計重量	660 公克	640 公克	660 公克	660 公克

2、澆入地下水 75ml 後攪拌，讓土壤完全浸濕(圖 4-3)，再將泡水紅豆栽種到土壤中，每 1 杯種植 3 顆紅豆，種植深度約 1 公分(圖 4-4)。

3、種植紅豆後，控制相關變因：

(1)將相同比例的 3 杯土壤，放入 1 個觀察盒中(圖 4-5)，並決定將各個觀察盒放在教室走廊的窗台上，加以固定(圖 4-6)以避免被其他同學不小心碰到後掉落，影

響實驗進行。

(2)每日上午10點10分下課時間，替每一杯土壤澆水15ml，並觀察和紀錄植物生長情形。

		
<p>圖 4-1 水晶杯和培養皿</p>	<p>圖 4-2 均勻搖晃 200 下</p>	<p>圖 4-3 使每杯土壤浸濕</p>
		
<p>圖 4-4 每杯土壤種 3 顆紅豆</p>	<p>圖 4-5 觀察盒內各有 3 杯</p>	<p>圖 4-6 觀察盒在窗台固定</p>

三、實驗記錄與結果

我們將 6 種土壤種植紅豆的生長情形，記錄成表格，如表 4-2。

紀錄代號說明：	芽：種子長出芽點
	數字：植物生長的高度
	x：未發芽
	0：凋零或死亡

表 4-2 紅豆生長紀錄表(112 年 2 月 10 日到 112 年 3 月 2 日)

觀察日期	代號	泥火山土壤	泥 1: 田 1	泥 1: 田 3	泥 1: 田 5	泥 1: 田 10	田土
發芽日 2 月 17 日	A	X X X	X X X	X X X	X X X	芽 X 芽	X X 芽
	B	X X X	X X X	芽 X 芽	X 芽 芽	芽 芽 芽	X X 芽
	C	X X X	X X X	X X X	X X X	芽 X X	芽 X 芽
第 11 天 2 月 20 日	A	X X X	X X X	X X X	X X 0.5	1.0 1.0 2	X X 0.6
	B	X X X	X X X	0.7 X 0.5	X 0.5 0.7	1.3 7.5 0.6	0.5 X 8
	C	X X X	X X X	X X X	X 芽 X	0.7 X 0.5	0.3 X 0.5
第 21 天 3 月 2 日	A	X X X	X X X	X X X	X X 0.9	1.1 1.4 2	X X 0.8
	B	X X X	X X X	0.9 X 0.6	X 0.9 1.1	2.2 15 1.3	5 X 13
	C	X X X	X X X	X X X	X 0.7 X	1.2 X 0.9	0.5 X 1.4
種植第 21 天 平均高度(cm)		0	0	0.75	0.9	2.48	4.88
發芽率(%) =發芽數÷9×100		0	0	22	44	89	44



圖 4-7 泥火山土壤第 21 天



圖 4-8 泥 1:田 1 第 21 天



圖 4-9 泥 1:田 3 第 21 天



圖 4-10 泥 1:田 5 第 21 天



圖 4-11 泥 1:田 10 第 21 天



圖 4-12 田土第 21 天

我們將 6 種不同比例土壤的紅豆第 21 天成長平均高度做成長條圖，如圖 4-13。

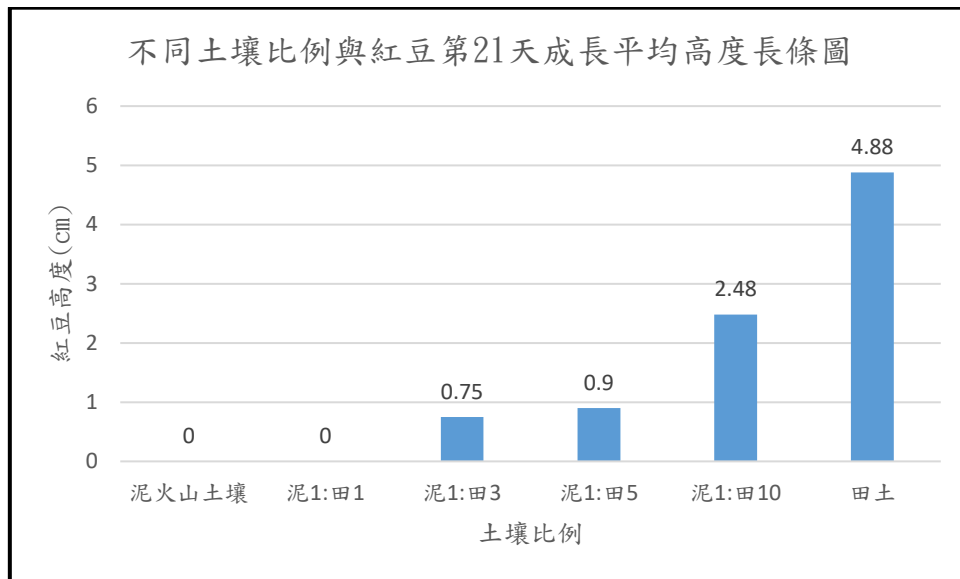


圖 4-13 不同土壤比例與紅豆第 21 天成長平均高度長條圖

四、結果討論

(一)依據表 4-1 的結果，我們發現：

- 1、泥火山土壤和泥 1：田 1，這兩種比例的土壤因為 pH 值大於 9 較偏向鹼性，所以在這 21 天裡，紅豆都無法發芽，表示此兩種土壤不適合種植紅豆。
- 2、泥 1：田 3、泥 1：田 5、泥 1：田 10 和田土等 4 種土壤，土壤 pH 值介於 8~9 之間屬微鹼性，紅豆都有發芽，並且漸漸向上生長。其中以泥 1：田 10 和田土的紅豆生長情形比較好。

(二)依據圖 4-11 和圖 4-12 的照片顯示，田土種植的紅豆葉子呈現鮮綠色，枝葉長得完整，而以泥 1：田 10 的土壤種植紅豆的外型和葉子的顏色，較不如田土所種植的紅豆，葉子的邊緣呈現枯黃樣態。

(三)最後我們將泥火山土壤和泥 1：田 1 的土壤，挖開塑膠杯觀察，發現：

- 1、泥火山土壤(圖 4-13)表面有一層白色粉末，需要用力才能撥開泥塊，所種植的紅豆種子硬化，無法順利成長。
- 2、泥 1：田 1 的土壤(圖 4-14)，因為混合了一半的田土，撥開後看見黃黃的顆粒，所種植的紅豆種子都已經長蛆蟲壞掉了。

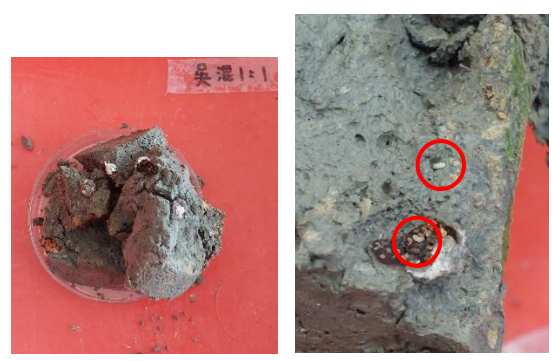
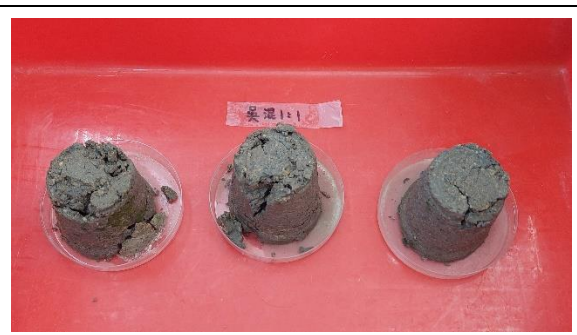


圖 4-13 泥火山土壤表面都有白色粉末

圖 4-14 泥 1：田 1 的土壤長蛆

【研究問題五：添加不同蔬果廚餘在不同比例混合的萬丹泥火山土壤與田土中，對紅豆生長有何影響？】

一、添加蔬果廚餘增加泥火山土壤利用率想法

從以上研究問題得知，泥 1：田 10 的混合土壤才適合紅豆的生長。因此，若想再提高萬丹泥火山土壤的利用率，一定得從其他方面改變泥火山土壤的性質。施肥可以為植物提供所需養分，使植物生長得更好，響應再利用資源，因此我們決定以蔬果廚餘當作肥料看看是否能使紅豆生長。我們發現萬丹泥火山附近有高麗菜田，採收時會將高麗菜外葉丟棄，若能當作肥料種植，是一件很不錯的選擇。屏東盛產香蕉，學校營養午餐的水果常常是香蕉，吃完午餐後就會產生一袋香蕉皮，所以我們也將香蕉皮用來當作實驗的肥料。

二、實驗操作

(一)準備實驗所需的蔬果廚餘。高麗菜外葉是請媽媽到菜市場找菜販收集要丟棄的部分，香蕉皮則是營養午餐大家吃完留下的。先將高麗菜外葉和香蕉皮剪成小塊，利用果汁機打成泥狀，加速與土壤混合(圖 5-1)。

(二)實驗步驟

1、調配不同比例土壤(泥 1：田 3、泥 1：田 5)，再添加蔬果廚餘(土壤重量的 15%) (圖 5-2)，利用塑膠桶均勻搖晃 200 下(圖 5-3)，然後放在太陽下曝曬 14 天左右(圖 5-4)，使蔬果廚餘充分發酵成為有機肥料。

表 5-1 不同比例土壤各項成分重量一覽表

112 年 2 月 17 日製作	泥火山土壤	農地田土	合計重量	15%蔬果廚餘
泥火山土壤	720 公克		720 公克	108 公克
泥 1：田 3	180 公克	540 公克	720 公克	108 公克
泥 1：田 5	120 公克	600 公克	720 公克	108 公克

2、將添加蔬果廚餘完成發酵的土壤，分別取出 200 公克裝成 1 杯，各 3 杯，分寫上編號 A、B、C 和 香、高 的代號。

3、澆入地下水 75ml 後攪拌，讓土壤浸濕，再將泡水紅豆栽種到已經調配好的土壤中。每 1 杯中種植 3 顆紅豆，種植深度約 1 公分(圖 5-5)，完成觀察植物生長前的準備工作(圖 5-6)。(種植紅豆的控制相關變因與研究四相同)

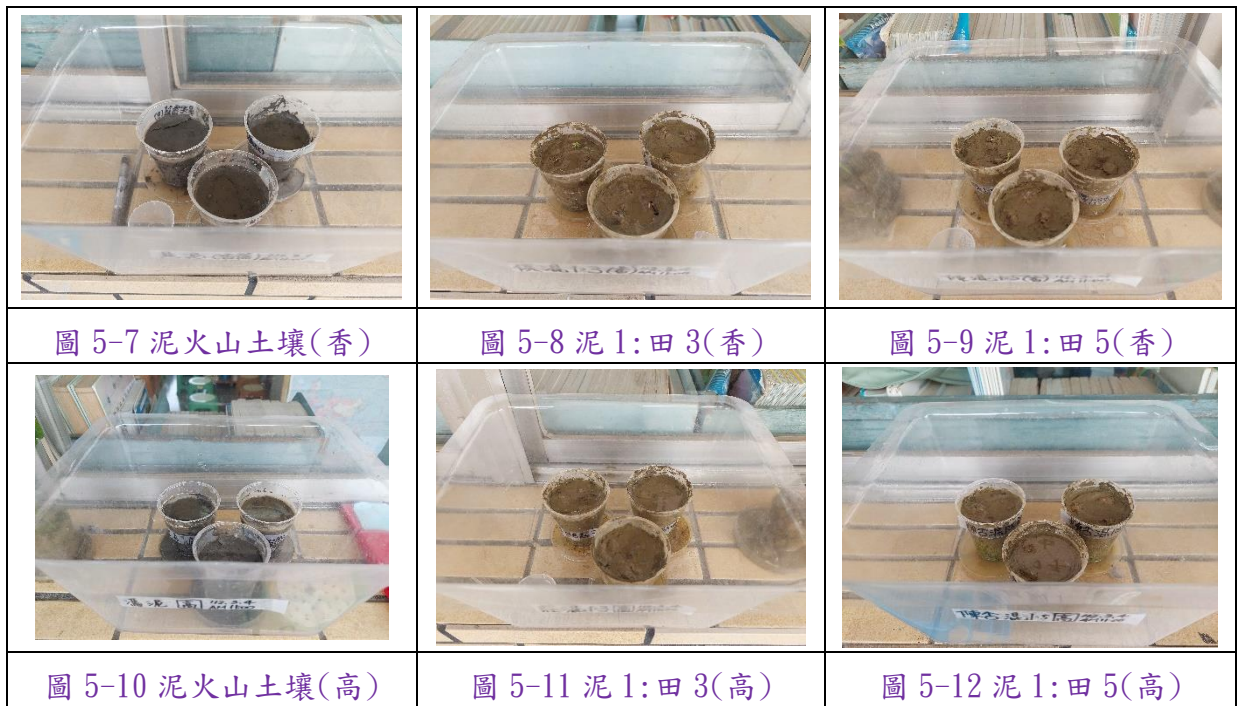


三、實驗記錄與結果

我們將 3 種土壤結合 2 種蔬果廚餘的紅豆的生長情形，記錄成表格，如表 5-2。

表 5-2 紅豆生長紀錄表(112 年 3 月 4 日到 112 年 3 月 13 日)

日期	代號	泥火山土壤	泥 1: 田 3	泥 1: 田 5	泥火山土壤	泥 1: 田 3	泥 1: 田 5
		香蕉皮	香蕉皮	香蕉皮	高麗菜葉	高麗菜葉	高麗菜葉
發芽日 3 月 13 日	A	X X X	X X 芽	X X 芽	X X X	X X 芽	X X 芽
	B	X X X	X 芽 X	芽 X 芽	X X X	X X X	X X 芽
	C	X X X	芽 X X	芽 芽 X	X X X	X X X	芽 X X
發芽率(%) =發芽數÷9×100		0	33	56	0	11	33



四、結果討論

依據表 5-2 的結果，我們發現：

- (一)土壤添加香蕉皮的發芽率總和大於土壤添加高麗菜外葉的發芽率總合。
- (二)泥火山土壤不論是添加香蕉皮還是高麗菜外葉，仍是無法使紅豆發芽生長。
- (三)泥 1:田 5 的土壤添加香蕉皮來種植，紅豆的發芽率最高。
- (四)綜合研究問題三的實驗結果，泥 1:田 5 和泥 1:田 3 的土壤添加香蕉皮來種植紅豆，發芽率均比土壤沒有添加蔬果廚餘來得高。若要提高泥火山土壤的利用率，可以添加香蕉皮當作有機肥料來種植紅豆。

陸、研究結論

一、萬丹泥火山的由來與噴發歷史

- (一)萬丹地名鯉魚山因為有泥火山相關的歷史故事，恰巧噴發的地點又位在皇源聖殿周邊，所以有皇帝殿相關傳說出現。當地皇源聖殿的師父說：這些噴發泥火山的噴口都是龍穴，皇源聖殿旁有「龍」在保護支撐，所以每年都會有泥火山噴發，因而持續保護在地居民。
- (二)我們採集萬丹泥火山的泥漿在冷卻後觸摸起來確實非常的硬，而且不容易靠雙手扒開土塊，這樣的感覺與造山運動的說法有點一致，我們查詢資料後統計萬丹泥火山這30年來每年至少都有噴發1~2次的情形。

二、泥火山的地質特性和土壤分析

- (一)泥火山不是真正的火山，噴火口都是凹陷的樣子，我們實地踏查測量噴出的泥漿乾裂後形成的泥塊深度，造成農地被迫提高約12公分。
- (二)泥火山的形成都與天然氣有關，它的出現必須具備四個特徵：
- (1)有泥漿地層材質：泥岩、砂岩、頁岩，或者大量破碎的黏土礦物。
 - (2)豐沛的地下水源，供應泥火山噴發泥漿。
 - (2)有天然氣：約20%是甲烷，並混雜少量二氧化碳或氮氣、沼氣等。
 - (3)最後在天然氣和泥漿之上，還要有斷層縫隙等通路允許氣體與泥漿的湧出。

三、萬丹泥火山的 pH 值，對當地環境的影響

- (一)從萬丹泥火山的泥塊和周邊農地田土的混合比例土壤平均 pH 值紀錄表得知，其酸鹼性的比較：泥火山土壤 > 泥 1:田 1 > 泥 1:田 3 > 泥 1:田 5 > 泥 1:田 10 > 田土
- (二)從 pH 值的檢測結果得知，泥火山土壤平均 pH 值數值為 9.5，相較於田土更偏鹼性，因此萬丹泥火山附近的農夫都要將泥火山土壤挖出，放到空曠的地方堆置，因為泥火山土壤中的鹼性，會影響農作物種植，只好先進行堆置，等待萬丹鄉公所處理。

四、萬丹泥火山土壤與田土以不同比例混合，對紅豆生長的影響

- (一)泥火山土壤和泥 1：田 1，因為兩種土壤都因為 pH 值大於 9 較偏向鹼性，所以兩種土壤在這 21 天裡，紅豆都無法發芽，表示此兩種土壤不適合種植紅豆。
- (二)泥 1：田 3、泥 1：田 5、泥 1：田 10 和田土等 4 種土壤，土壤 pH 值介於 8~9 之間屬微鹼性，紅豆都有發芽，並且漸漸向上生長。其中以泥 1：田 10 和田土的紅豆生長情形比較好。
- (三)田土種植的紅豆葉子呈現鮮綠色，枝葉長得完整，而以泥 1：田 10 的土壤種植紅豆的外型和葉子的顏色，較不如田土所種植的紅豆，葉子的邊緣呈現枯黃樣態。

五、添加不同蔬果廚餘在不同比例混合的萬丹泥火山土壤與田土中，對紅豆生長的影響

- (一)土壤添加香蕉皮的發芽率總和大於土壤添加高麗菜外葉的發芽率總合。
- (二)泥火山土壤不論是添加香蕉皮還是高麗菜外葉，仍是無法使紅豆發芽生長。
- (三)泥 1:田 5 的土壤添加香蕉皮來種植，紅豆的發芽率最高。
- (四)綜合研究問題三的實驗結果，泥 1:田 5 和泥 1:田 3 的土壤添加香蕉皮來種植紅豆，發芽率均比土壤沒有添加蔬果廚餘來得高。若要提高泥火山土壤的利用率，可以添加香蕉皮當作有機肥料來種植紅豆。

柒、參考文獻

- 一、陳仁炫(2001)。土壤酸鹼性和石灰的施用。興大農業，第36期，第8~13頁。
- 二、陳尊賢、許正一(2002)。台灣的土壤。遠足文化事業有限公司。
- 三、鄭筑云(2015)。萬丹與烏松泥火山噴發活動特徵之研究。國立高雄師範大學地理學系。
- 四、王言名等，「土壤也有健康檢查?校園食農教育土壤性質之研究」，中華民國第59屆中小學科展國小組地球科學科，國立臺灣科學教育館，台北。
- 五、黃子盈等，「火炎山地質研究及土壤改良」，中華民國第62屆中小學科展國小組地球科學科，國立臺灣科學教育館，台北。
- 六、廖秀芬(1992)。泥火山地區之植群研究。國立中興大學。
- 七、95年度「臺灣西南部油氣來源及生油岩潛能研究」研究計畫。
- 八、〈屏東於我〉四十一期鄉土采風錄。
- 九、主婦聯盟環境保護基金會。廚餘堆肥DIY(做法)。(2023年02月10日)。取自：
<https://www.huf.org.tw/event/content/1551>