

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

080502

土壤也有健康檢查?校園食農教育土壤性質之研究

學校名稱：高雄市燕巢區深水國民小學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小六 王言名 小六 陳萱卉 小六 林靖怡 小六 陳 昀 | 指導老師： 李紳孝 何冠緯 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：土壤性質、食農教育、健康檢查

摘要:

康軒版自然課本第七冊第三單元「大地的奧秘」有觀察土壤課程，想了解食農土壤性質，便研究這主題。

A、C 與 D 區是「砂質壤土」，是「壤質土壤 (中質地)」；B 區「壤質砂土」，是「砂質土壤 (粗質地)」，B 土質比較觸感粗糙。密度與土質組成對植物根部生長關係，B、C、D 區「理想總體密度」，A 介於「理想總體密度」與「開始影響根系生長的總體密度」之間。

含水量 D 區最大、C 最小，土壤呼吸量 B 區最大、D 最小，D 區土地最貧瘠，因高含水量、低密度及最小呼吸量，B 土地最肥沃，因土質濕潤、密度適中、呼吸量適可。

A、B、C 區 pH 微鹼性，D 區中性，全區 pH 7.1-7.8，適合種玉米、胡蘿蔔、白菜、蔥、芋頭、大蒜及韭菜進行食農教育。

壹、研究動機

康軒版自然課本第七冊第三單元「大地的奧秘」有觀察土壤的課程，剛好學校進行食農教育而整理校地要種植農作物，有些作物栽種很成功，不需特別用心就能豐收，有些作物就是怎麼費盡心思也是種不好，難道跟土壤性質有關嗎？因此對於校園土壤特性產生了好奇，進而請教師長及自行上網搜尋相關資料，從中得知原來土壤也有「健康檢查」，可以藉由健檢得知土壤性質是否有利於栽種作物，老師也覺得這個題目很值得研究，因而就此展開以：「土壤也有健康檢查？校園食農教育土壤性質之研究」為題的科學展覽研究。

貳、研究目的

- 一、瞭解土壤正確取樣的方法。
- 二、測量土壤的物理性質：
 - (一)測量土壤含水量。
 - (二)檢驗土壤組成質地。
 - (三)測量土壤密度。
- 三、測量土壤的化學性質：
 - (一)測量土壤酸鹼度。
- 四、測量土壤的生物性質：
 - (一)測量土壤呼吸量多寡。
- 五、檢視校園食農教育栽種土壤性質情形。
 - (一)各區土壤性質彙整與討論差異處。

參、研究器材

透明直立容器、鏟子、電子秤、篩子、直尺、明礬、自來水、六偏磷酸鈉、放大鏡、鑷子、剪刀、數位相機、手套、標籤紙、橡皮槌、採樣土環、pH 指示器、烤箱、塑膠袋、壓土器、口罩、塑膠手套、研磨器具、小刀、木塊、燈泡、牛皮紙箱、電線、插座、線香、木板、滴管、直尺。



六偏磷酸鈉與明礬(燒明礬)。



採樣土環、緩衝木塊與橡皮槌。



土壤 pH 指示器與壓土器。

肆、實驗過程與方法

一、瞭解土壤正確取樣的方法。

(一)重要性:

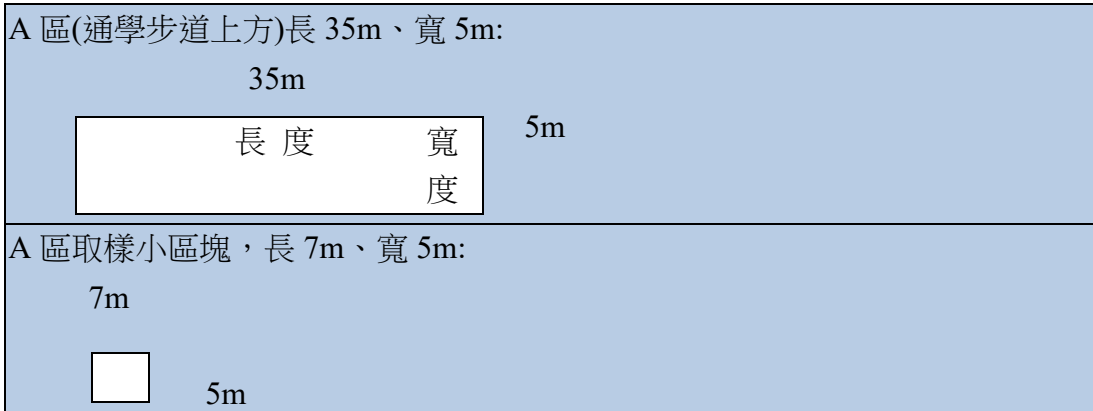
如何由少量樣本獲得調查區域土壤特性的代表性資訊，依據樣本採集的正確性，因此必先有良好土壤樣本採樣規劃，良好採樣規劃可以提升實驗結果的數據品質，故本次科展實驗採樣以小樣區劃分方式，讓實驗更精準。

(二)小樣區劃分方式:

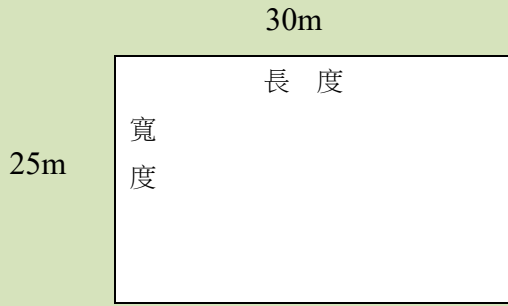
- 1.理想採樣劃分最好先將調查區域分割成幾個面積相等小樣區，再讓每個小樣區中心位置取一個樣本，確保每個樣本都有代表性。分割應以縮小最長邊為原則，如下圖為示意範例，可將調查樣區依序分割成數個面積約略相等的小樣區。切割的小樣區數目越多，樣本平均值越能代表調查樣區的真正特性。
- 2.一般而言調查樣區內小樣區的劃分應以縮小最長邊為原則，若土壤性質在水平方向的距離超過 50 m，其土壤特性可能變化很大，若將這樣的樣本勉強合併在一起進行實驗分析，將導致所獲得之平均值代表性降低，反而不具實際應用價值而失真，故切割後各相鄰小樣區中心的間距不應超過 50 m，若將一個調查樣區劃分成 5 個小樣區求取平均值，因此每個調查樣區的長邊和短邊分別不宜超過 250 m 和 50 m，以這 5 個小樣區中心位置取一個樣本，做為該小樣區的代表樣本，再進行後續各健檢項目的檢查，測值才會具有代表性。

(三)採樣土壤深度:

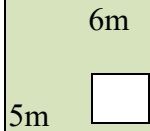
一般而言大多數的人類活動(如:除草、翻土、耕犁)，通常也僅會攪動表面 15 cm 以上的土壤，故常以 15 cm 為界，將 0~15 cm 土壤稱作「表土」，15cm 以下土壤稱為「底土」，因此採集樣本時也需包括表土和底土才對，故採集樣本時不應只採集上方幾公分的土壤做為代表，而應用鏟子挖取完整 0~15 cm 及 15~30 cm 內等量的土壤，混合均勻後再裝入採樣袋中。取底土時，應先將表面 0~15 cm 的表土土壤移除後，開始挖取底土作業。



B 區(通學步道下方)長 30m、寬 25m:



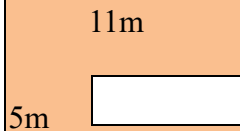
B 區取樣小區塊，長 6m、寬 5m:



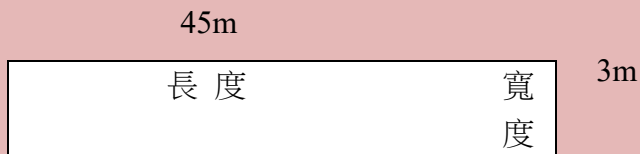
C 區(操場後方)長 55m、寬 25m:



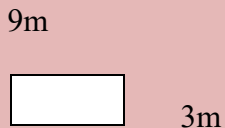
C 區取樣小區塊，長 11m、寬 5m:



D 區(側門通道)長 45m、寬 3m:



D 區取樣小區塊，長 9m、寬 4m:



二、測量土壤的物理性質。

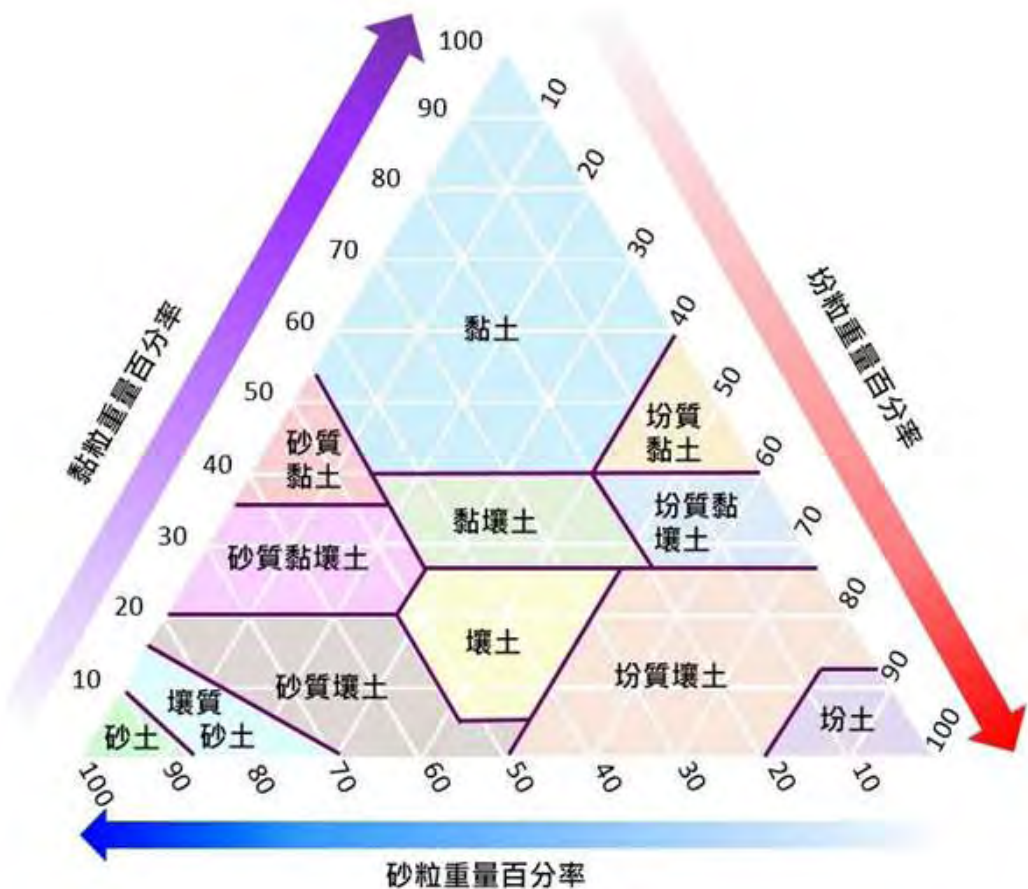
(一)測量土壤含水量:

1. θ_g (含水量) = W_w / W_s ， W_w 和 W_s 分別為濕土的水重和烘乾土重， θ_g (含水量) = [(溼土重 - 乾土重) / 乾土重] X 100%。

2.取樣土壤每組 2kg(濕土重)，利用自製烘烤箱去除土中水份，等待完全乾燥後秤其重量(乾土重)，在依照第 1 點的算式計算出 θ_g (含水量)值，並實驗五次求其平均值及中位數。

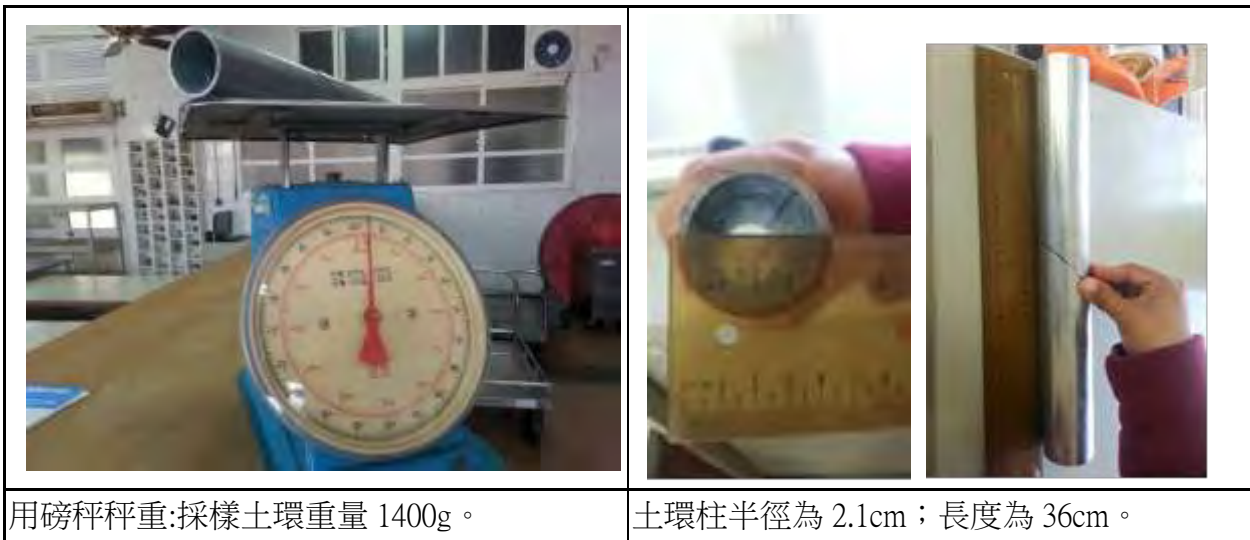
(二)檢驗土壤組成質地:

- 1.於直立透明瓶內放入約5cm高的風乾土壤樣品，加水至3/4瓶高，再加入20ml六偏磷酸鈉溶液。蓋好蓋子並充分搖晃瓶子約5分鐘，使土壤盡量均勻分散後靜置。
- 2.40 秒後以黑筆做記號，用直尺量取沉積土層厚度(a)，單位為公分(cm)。
- 3.6小時後以黑筆做記號，用直尺量取沉積新增土層厚度(b)，單位一樣是為公分(cm)。
- 4.以滴管緩慢加入20ml明礬飽和溶液，並加以輕微攪拌後靜置12小時，等待土壤細微黏粒完全沉澱後，用直尺量取沉積的新增土層厚度(c)，厚度單位為公分(cm)。
- 5.以下列算式計算砂粒、坩粒和黏粒分別所佔比例：砂粒= (a/T) X100%、坩粒= (b/T) X100%、黏粒= (c/T) X100%，而 $T=a+b+c$ 。
- 6.實驗五次求平均值與中位數，再由「土壤質地三角圖」判斷土壤質地。



(三)測量土壤密度:

- 1.密度(ρ)的定義為單位體積(V)內所含的質量(M)，既是 $\rho = M / V$ 。先利用採樣土環採集土壤樣本，採集方式是利用小鏟子去除地表雜物和多餘土壤，以使地面平整。再以厚木板為緩衝墊在採樣土環上面，利用橡皮鎚直接垂直槌打厚木板，間接使採樣土環陷入土中，直到土環頂端幾乎與土壤表面一樣平。
- 2.利用小鏟子將採樣土環挖出，利用小刀慢慢將土環頂端和底端多餘的土壤削掉。量出採樣土環半徑(r)和高度(h)，計算採樣土環體積 $V(V = \pi r^2h)$ ，計算單位為立方公分(cm^3)。
- 3.秤重採樣土環(內含所採集被烘乾土壤樣本)之總重量 M_1 ，再扣掉土環重量 M_2 (內無土壤樣本)，所得即為採樣土壤樣本質量 $M(M=M_1-M_2)$ ，計算單位為公克(g)。
- 4.密度(ρ)的定義為單位體積(V)內所含的質量(M)，既是 $\rho = M / V$ 。將上述步驟所計算出的土環體積 V 及採樣土壤質量 M 導入公式 $\rho = M / V$ 計算出土壤密度 ρ 。
- 5.每塊區域共計算5次密度值 ρ ，再算出該區域密度 ρ 值平均數及中位數。
- 6.經過測量，採樣土環重1400g，長度為36cm，土環柱半徑為2.1cm，故採樣土環體積為 498.5 cm^3 (立方公分)，算式: $2.1 \times 2.1 \times 3.14 \times 36 = 498.5064$ 。



三、測量土壤的化學性質。

(一)測量土壤酸鹼度:

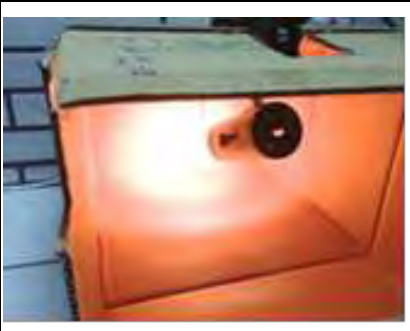


- 1.土壤酸鹼度就是土壤反應，也就是土壤溶液的酸鹼性質，主要取決於土壤溶液中的氫離子的濃度，以 pH 值表示之，pH 值是 7 時代表中性，pH 值是大於 7 時代表鹼性、小於 7 時代表酸性。
- 2.使用土壤 pH 指示器時，電極探頭垂直插入土中至少 10 公分以上，電極探頭不要觸碰到硬物以免損毀，每測量完一次要洗乾淨，才可以測量下一次。
- 3.每塊區域共測量 5 次 pH 值，再算出該區域 pH 值的平均數及中位數。



四、測量土壤的生物性質。

(一)測量土壤呼吸量:

- 1.土壤呼吸是生物在土壤中呼吸作用產生二氧化碳 CO_2 過程，包含植物根系、微生物和動物的呼吸。但此科展實驗注重在於土壤微生物的部分。
- 2.微生物在土中呼吸量大，自然產生更多二氧化碳，因此二氧化碳可以視為土壤呼吸量多寡的生物性指標之一。
- 3.取 400g 土壤平置於封閉透明容器底部，微微噴灑水霧於土表，容器鑿開小洞口用膠帶封死並畫記作記號，之後靜置 3 日，3 日後用鑽子鑽入膠帶小洞口刺出一個破洞，破洞大小能插入一支燃燒線香為限，將線香從膠帶破洞插入容器內部，計算燃燒線香在容器中自動熄滅的時間，單位為:分、秒。
- 4.每塊區域共測量 5 次熄滅時間，算出該區域 5 次熄滅時間的平均數及中位數。
- 5.線香越快熄滅則時間越短，代表容器中二氧化碳越多，導致香火快速燃燒氧氣殆盡而熄滅，綜合上述則可推論土壤呼吸量大，微生物因呼吸作用旺盛而產生大量二氧化碳；反之若燭火熄滅時間越長，表示微生物呼吸作用薄弱而土壤呼吸量小。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 自製烘烤箱，去除掉土壤中水份，用以計算土壤的含水率。 | 測試土壤呼吸量的透明容器，先在線香插入處用鑽子挖孔鑽洞。 | 在土壤呼吸量容器，線香插入處貼膠帶並畫記號。 |

五、檢視校園食農教育栽種土壤性質情形。

(一)各區土壤性質彙整與討論差異處。

1.將土壤的物理性質(含水率、組成成分及密度)、化學特性(pH 酸鹼值)

及生物性質(土壤呼吸率)等多項實驗結果彙整於下列單一個表格中如

下，實驗共計 4 區(ABCD)共有 4 個表格，互相比較其土壤性質差異性。2.各項實驗

結果彙整總表:

| | |
|------------------|------------------------------|
| 樣區名稱(校園所在位置) | |
| 總樣區大小 | 填入總區域長度值與寬度值，單位為公尺(m)。 |
| 小樣區大小 | 填入每塊取樣最長和最寬值，單位為公尺(m)。 |
| 小樣區樣本數 | 填入取樣小樣區樣本總數。 |
| θ_g (含水量) | 填入 θ_g (含水量)平均值及中位數。 |
| 土壤組成成份 | 砂粒沉積厚度所占百分比:()%，是為XXX(土壤名)。 |
| | 粉粒沉積厚度所占百分比:()%，是為XXX(土壤名)。 |
| | 黏粒沉積厚度所占百分比:()%，是為XXX(土壤名)。 |
| 土壤密度 | 填入密度平均值及中位數。 |
| 土壤酸鹼pH值 | 填入pH平均值及中位數。 |
| 土壤呼吸量多寡 | 填入呼吸量多寡的比較順位排名 |

伍、研究結果

一、瞭解土壤正確取樣的方法。

1.實驗結果：

| 土 壤 取 樣 方 式 彙 整 表 | | | | |
|---|----------------|--|---------------|-----------|
| 取樣區域位置 | 原有區域 總範圍 | 取樣小樣區 範圍 | 取樣小樣區 樣本總數 | 取樣率% |
| A 區(通學步道上) | 長:35m 寬:5m | 長:7m 寬:5m | 5 塊 | 100%(5/5) |
| B 區(通學步道下) | 長:30m 寬:25m | 長:6m 寬:5m | 25 塊 | 20%(5/25) |
| C 區(操場後方) | 長:55m 寬:25m | 長:11m 寬:5m | 25 塊 | 20%(5/25) |
| D 區(側門通道) | 長:45m 寬:3m | 長:9m 寬:3m | 5 塊 | 100%(5/5) |
|  | |  | | |
| A 區(通學步道上)實景拍攝。 | | B 區(通學步道下)實景拍攝。 | | |
|  | |  | | |
| C 區(操場後方)。 | | D 區(側門通道)。 | | |

2.實驗結果分析:

- (1)A 區與 D 區域過於狹長，只需把長度均分規劃，寬度則保留不再劃分區域，就能達到取樣小樣區的要求。
- (2)B 區近似正方形，長度與寬度差別不大，長度與寬度均分，形成取樣小樣區也是類似正方形；C 區域是長方形，長度與寬度差別較大，長度與寬度均分，形成取樣小樣區也是長方形。
- (3)各區取樣小樣區好像是原區的等比例縮小，這種方式採樣或許比較精準，當然劃分樣區塊數越多，實驗結果越有代表性。

二、測量土壤的物理性質：

(一)測量土壤的物理性質:土壤含水量。

1.實驗結果：

| 實驗數據 | | Ww (濕土水重 =2000g-乾土重) | Ws (乾土重) | θ_g (含水量)= (Ww / Ws) x 100% |
|------------------------|--|----------------------------|-------------|------------------------------------|
| 實驗次數 | | | | |
| 第 1 次 | | 189g | 1811g | 10.4% |
| 第 2 次 | | 216g | 1784g | 12.1% |
| 第 3 次 | | 172g | 1828g | 9.4% |
| 第 4 次 | | 181g | 1819g | 9.9% |
| 第 5 次 | | 169g | 1831g | 9.2% |
| θ_g (含水量)中位數 | | | 9.4% | |
| θ_g (含水量)平均值 | | | 10.2% | |
| A 區(通學步道上) 重量單位:公克(g) | | | | |
| 實驗數據 | | Ww (濕土水重 =2000g-乾土重) | Ws (乾土重) | θ_g (含水量)= (Ww / Ws) x 100% |
| 實驗次數 | | | | |
| 第 1 次 | | 105g | 1895g | 5.5% |
| 第 2 次 | | 124g | 1876g | 6.6% |
| 第 3 次 | | 119g | 1881g | 6.3% |
| 第 4 次 | | 112g | 1888g | 5.9% |
| 第 5 次 | | 126g | 1874g | 6.7% |
| θ_g (含水量)中位數 | | | 6.3% | |
| θ_g (含水量)平均值 | | | 6.2% | |
| B 區(通學步道下方) 重量單位:公克(g) | | | | |
| 實驗數據 | | Ww (濕土水重 =2000g-乾土重) | Ws (乾土重) | θ_g (含水量)= (Ww / Ws) x 100% |
| 實驗次數 | | | | |
| 第 1 次 | | 79g | 1921g | 4.1% |
| 第 2 次 | | 83g | 1917g | 4.3% |
| 第 3 次 | | 76g | 1924g | 3.9% |
| 第 4 次 | | 66g | 1934g | 3.4% |
| 第 5 次 | | 64g | 1936g | 3.3% |
| C 區(操場後方) 重量單位:公克(g) | | | | |

| | | | | |
|----------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------------|-------|
| θ_g (含水量)平均值 | | θ_g (含水量)中位數 | 3.8% | 3.9% |
| D 區(側門通道) 重量單位:公克(g) | | | | |
| 實驗數據 | Ww (濕土水重 =2000g-乾土重) | Ws (乾土重) | θ_g (含水量)= (Ww / Ws) x 100% | |
| 實驗次數 | | | | |
| 第 1 次 | 191g | 1809g | 10.5% | |
| 第 2 次 | 200g | 1800g | 11.1% | |
| 第 3 次 | 216g | 1784g | 12.1% | |
| 第 4 次 | 207g | 1793g | 11.5% | |
| 第 5 次 | 212g | 1788g | 11.8% | |
| θ_g (含水量)平均值 | | θ_g (含水量)中位數 | 11.4% | 11.5% |



每區域各 5 袋採樣土(C 區)。

採樣土放入自製烘箱內烘乾。

每袋採樣土重 2kg(2000g)。

2. 實驗結果分析:

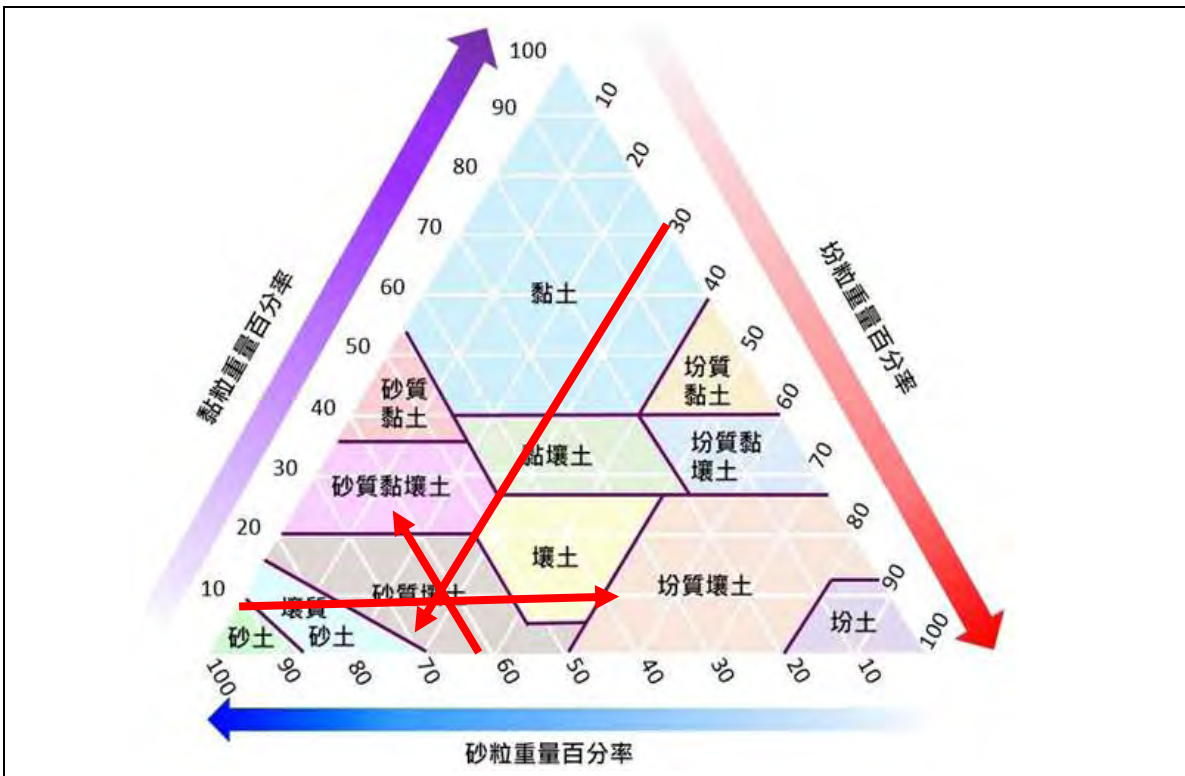
- (1)各區域含水量平均值與中位數差距不大，都在 0.1%(B 區:6.3%-6.2%=0.1%)、(C 區:3.9%-3.8%=0.1%)、(D 區:11.5%-11.4%=0.1%)，可以推測 BCD3 區含水量在各個取樣小樣區差異不大，這 3 區的取樣小樣區含水量具有一制性。
- (2)A 區平均值與中位數差距較大，是 0.8%(A 區:10.2%-9.4%=0.8%)，推測 A 區含水量在各個取樣小樣區差異較大，A 區取樣小樣區含水量不具有一制性。
- (3)C 區含水量平均值與中位數在 4 組中最低，數據指出此區土壤最為乾燥，土壤中水分最少；D 區含水量平均值與中位數在 4 組中最高，數據指出此區土壤最為潮濕，土壤中水分最多。
- (4)A 區含水量平均值與中位數得知此區土壤潮溼與乾燥分布不平均，差異大。

(二)測量土壤的物理性質:土壤組成質地。

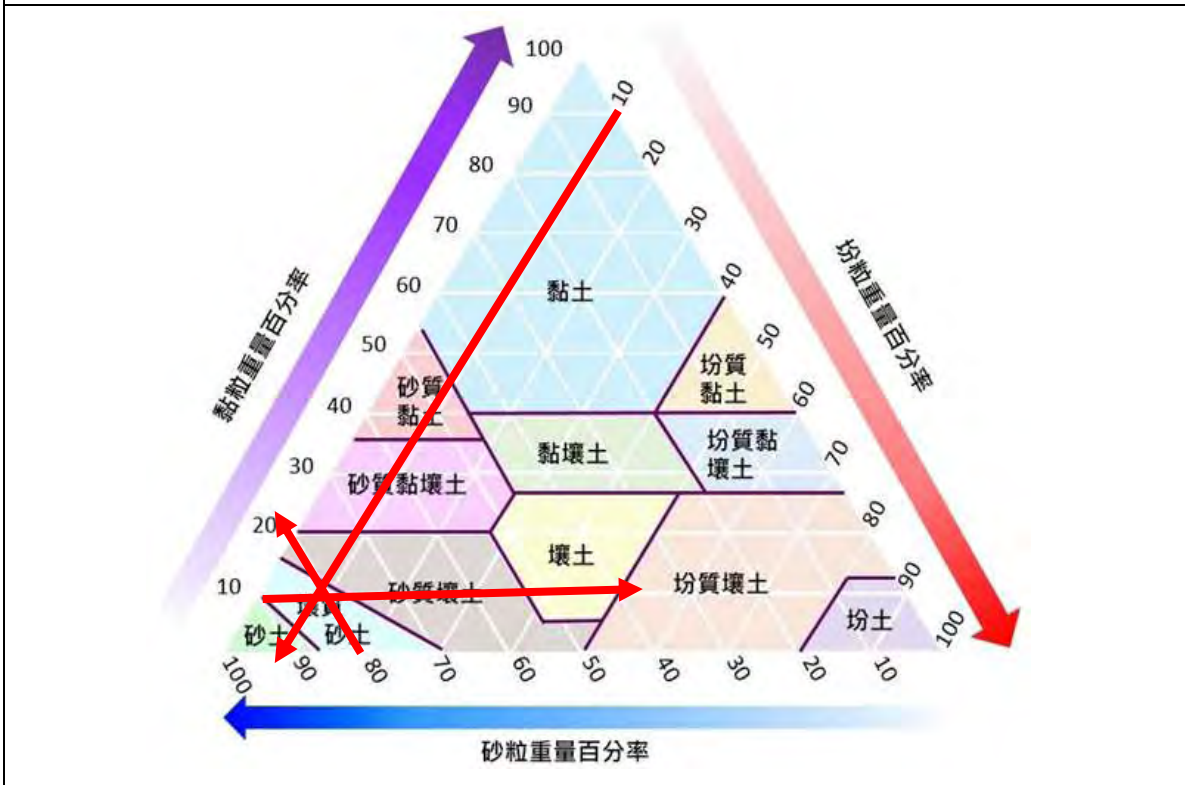
1.實驗結果：

| A 區(通學步道上方) | | | | | 沉積土層厚度單位:公分(cm) | | |
|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 實驗 數據 實驗 次數 | 沉積土層厚度 | | | | 砂粒 (a/T) X100% | 粉粒 (b/T) X100% | 黏粒 (c/T) X100% |
| | 砂粒厚度 a (40 秒測得) | 粉粒厚度 b (6 小時測得) | 黏粒厚度 C (12 小時測得) | 總厚度 T (a+b+c) | | | |
| 第 1 次 | 4.6cm | 1.7cm | 0.7cm | 7cm | 65.7% | 24.2% | 10.1% |
| 第 2 次 | 3.4cm | 1.9cm | 0.8cm | 6.1cm | 55.7% | 31.1% | 13.2% |
| 第 3 次 | 4.9cm | 2.2cm | 0.4cm | 7.5cm | 65.3% | 29.3% | 5.4% |
| 第 4 次 | 3.1cm | 1.4cm | 0.4cm | 4.9cm | 63.2% | 28.5% | 8.3% |
| 第 5 次 | 4.1cm | 2.0cm | 0.5cm | 6.6cm | 62.1% | 30.3% | 7.6% |
| 沉積土層厚度所占百分率中位數 | | | | | 63.2% | 29.3% | 8.3% |
| 沉積土層厚度所占百分率平均數 | | | | | 62.4% | 28.6% | 9.0% |
| B 區(通學步道下方) | | | | | 沉積土層厚度單位:公分(cm) | | |
| 實驗 數據 實驗 次數 | 沉積土層厚度 | | | | 砂粒 (a/T) X100% | 粉粒 (b/T) X100% | 黏粒 (c/T) X100% |
| | 砂粒厚度 a (40 秒測得) | 粉粒厚度 b (6 小時測得) | 黏粒厚度 C (12 小時測得) | 總厚度 T (a+b+c) | | | |
| 第 1 次 | 5.2cm | 0.4cm | 0.4cm | 6cm | 86.6 | 6.6 | 6.7 |
| 第 2 次 | 4.9cm | 0.5cm | 0.7cm | 6.1cm | 80.3 | 8.2 | 11.5 |
| 第 3 次 | 5.5cm | 0.8cm | 0.5cm | 6.8cm | 80.8 | 11.7 | 7.4 |
| 第 4 次 | 4.3cm | 0.9cm | 0.5cm | 5.7cm | 75.4 | 15.7 | 8.9 |
| 第 5 次 | 5.1cm | 0.4cm | 0.8cm | 6.3cm | 80.9 | 6.3 | 12.8 |
| 沉積土層厚度所占百分率中位數 | | | | | 80.8% | 8.2% | 8.9% |
| 沉積土層厚度所占百分率平均數 | | | | | 80.8% | 9.7% | 9.5% |
| (接下頁) | | | | | | | |

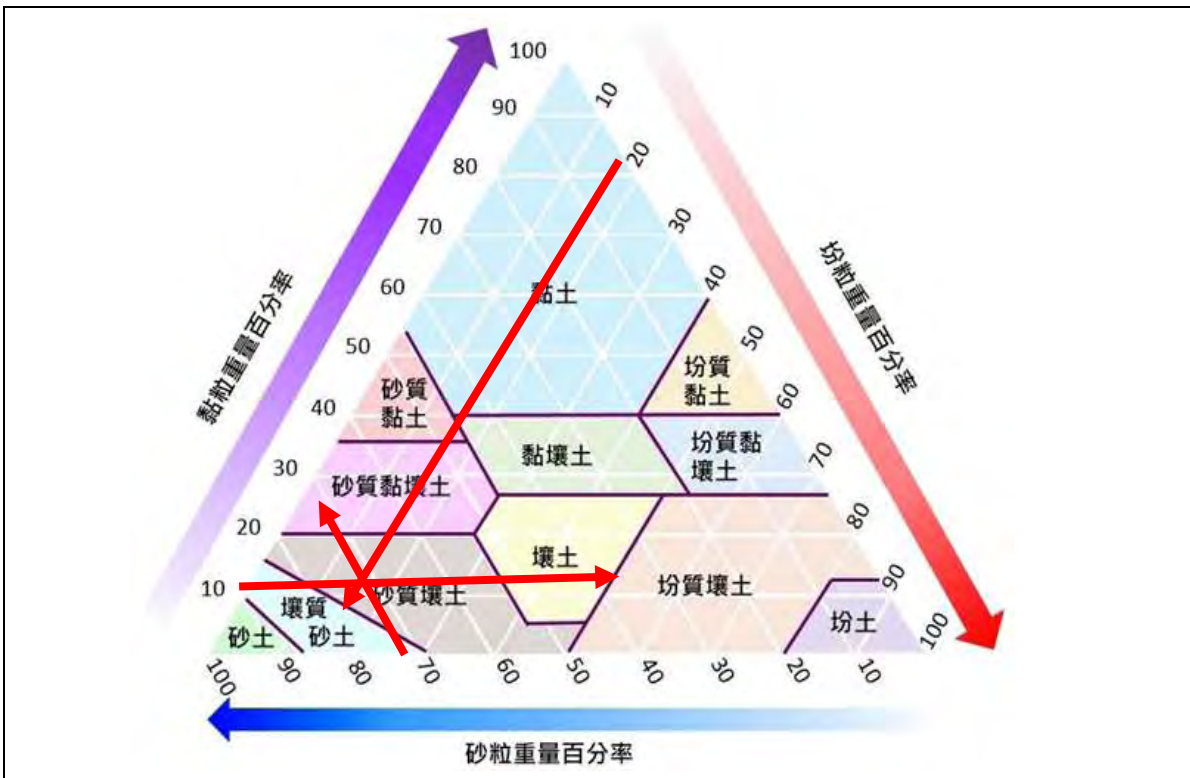
| C 區(操場後方) | | | | | 沉積土層厚度單位:公分(cm) | | |
|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 實驗數據 實驗次數 | 沉積土層厚度 | | | | 砂粒 (a/T) X100% | 粉粒 (b/T) X100% | 黏粒 (c/T) X100% |
| | 砂粒厚度 a (40 秒測得) | 粉粒厚度 b (6 小時測得) | 黏粒厚度 C (12 小時測得) | 總厚度 T (a+b+c) | | | |
| 第 1 次 | 4.7cm | 1.0cm | 0.6cm | 6.3cm | 74.6% | 15.8% | 9.6% |
| 第 2 次 | 4.1cm | 0.8cm | 0.9cm | 5.8cm | 70.6% | 13.7% | 15.7% |
| 第 3 次 | 3.9cm | 1.3cm | 0.7cm | 5.9cm | 66.1% | 22.0% | 11.9% |
| 第 4 次 | 4.5cm | 1.1cm | 0.5cm | 6.1cm | 73.7% | 18.0% | 8.3% |
| 第 5 次 | 4.9cm | 1.4cm | 0.6cm | 6.9cm | 71.0% | 20.2% | 8.8% |
| 沉積土層厚度所占百分率中位數 | | | | | 71.0% | 18.0% | 9.6% |
| 沉積土層厚度所占百分率平均數 | | | | | 71.2% | 17.9% | 10.9% |
| D 區(側門通道) | | | | | 沉積土層厚度單位:公分(cm) | | |
| 實驗數據 實驗次數 | 沉積土層厚度 | | | | 砂粒 (a/T) X100% | 粉粒 (b/T) X100% | 黏粒 (c/T) X100% |
| | 砂粒厚度 a (40 秒測得) | 粉粒厚度 b (6 小時測得) | 黏粒厚度 C (12 小時測得) | 總厚度 T (a+b+c) | | | |
| 第 1 次 | 3.7cm | 2.2cm | 1.2cm | 7.1cm | 52.1 | 30.9 | 16.9 |
| 第 2 次 | 5.3cm | 1.4cm | 0.9cm | 7.6cm | 69.7 | 18.4 | 11.9 |
| 第 3 次 | 4.5cm | 1.9cm | 1.0cm | 7.4cm | 60.8 | 25.6 | 13.6 |
| 第 4 次 | 4.8cm | 2.1cm | 0.7cm | 7.6cm | 63.1 | 27.6 | 9.3 |
| 第 5 次 | 4.3cm | 1.6cm | 0.6cm | 6.5cm | 66.1 | 24.6 | 9.3 |
| 沉積土層厚度所占百分率中位數 | | | | | 63.1% | 25.6% | 11.9% |
| 沉積土層厚度所占百分率平均數 | | | | | 62.3% | 25.4% | 12.3% |



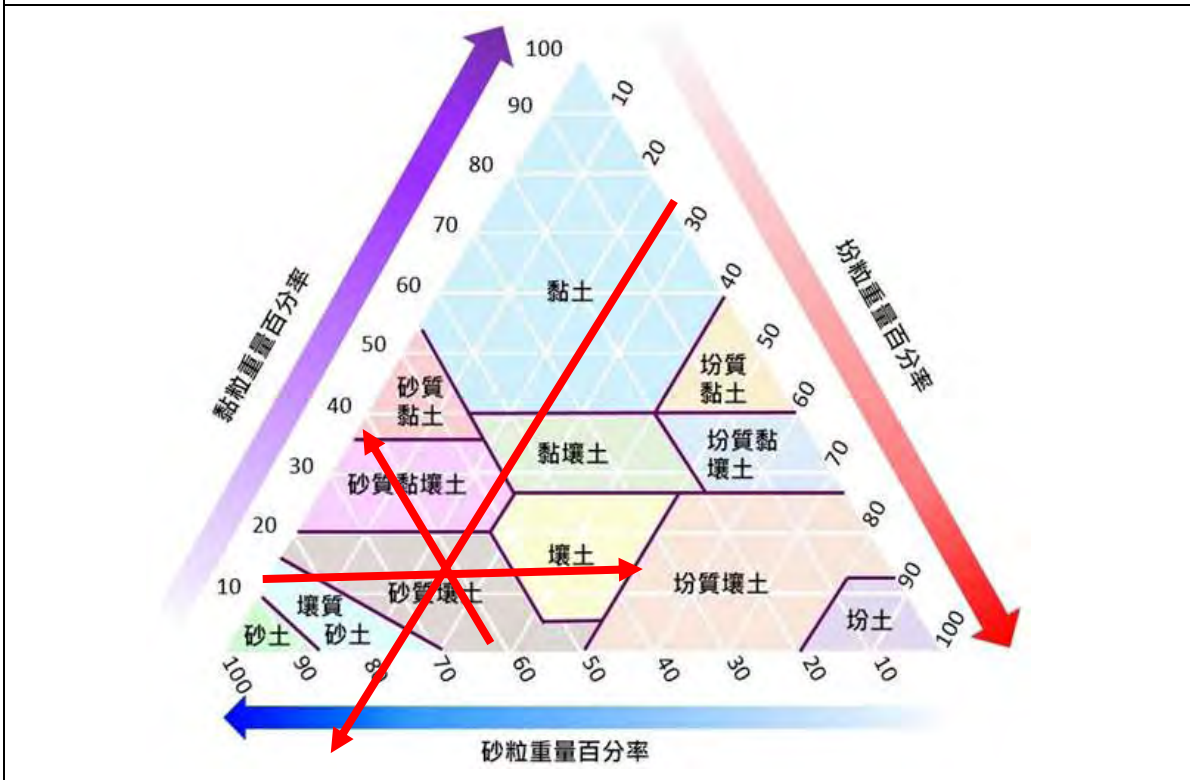
A 區(通學步道上)土壤砂粒比例占 62.4%、粉粒比例占 28.6%、黏粒比例占 9.0%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 A 區土壤質地為:砂質壤土。



B 區(通學步道下)土壤砂粒比例占 80.8%、粉粒比例占 9.7%、黏粒比例占 9.5%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「壤質砂土」區塊，故 B 區土壤質地為: 壤質砂土。



C區(操場後方)土壤砂粒比例占 71.2%、粉粒比例占 17.9%、黏粒比例占 10.9%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 C 區土壤質地為:砂質壤土。



D區(側門通道)土壤砂粒比例占 62.3%、粉粒比例占 25.4%、黏粒比例占 12.3%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 D 區土壤質地為:砂質壤土。

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | | |
| 放入約 5cm 高風乾土壤樣品。 | 泡製六偏磷酸鈉溶液底部結晶。 | 明礬飽和溶液初期混著狀。 |
| | | |
| 此次用燒明礬泡製飽和溶液。 | 明礬飽和溶液滴定實驗樣本。 | 明礬飽和溶液 2 日後澄清狀。 |
| | | |
| A 區域第 1 次實驗(砂粒厚度) , 為 4.6cm 。 | D 區前兩次實驗, 砂粒厚度有明顯差距(首次 3.7 與第二次 5.3) 。 | A 區域 5 次土壤樣本土質組成實驗總結果。 |
| | | |
| 實驗結果:a 層砂粒厚 4.4cm(顏色深)、b 層粉粒厚度 0.8cm 。 | 由顏色深淺能清楚看出 abc 層(砂粒、粉粒與黏粒)的分層。 | D 區域第 2 次實驗(砂粒厚度), 為 5.3cm 。 |

2. 實驗結果分析:

- (1) 依據實驗數據再利用「土壤質地三角圖」判斷, 發現 ACD 區域土質成份皆是砂質壤土, 只有 B 區域是壤質砂土。
- (2) C 區是砂質壤土, 但紅色延長線交叉點距離壤質砂土區域很近, 而 B 區是

壤質砂土，但 B 與 C 的紅色延長線交叉點相離最近，A 與 D 區的紅色延長線交叉點位於砂質壤土區域正中心處，因由 4 區的紅色延長線交叉點彼此相鄰距離與所在質地區域位置可以推論出：雖然 ACD 區都是砂質壤土，B 區則是砂質壤土，但 C 與 B 質地組成最相近，反之 A 與 D 區則是比 C 區更為「純正」的砂質壤土。

- (3)由「土壤質地三角圖」各質地區域分布面積來看，「黏土」面積最大，「坩質壤土」第二大，推測在大自然環境中以黏土與坩質壤土所佔土質比例最多；相反地「砂土」面積最小，「壤質砂土」、「砂質粘土」、「坩土」也很少，以上 4 種土質在自然界分布比較少。



(三)測量土壤的物理性質:土壤密度。

1.實驗結果：

| A 區(通學步道上) | | | |
|--------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 實驗數據 實驗次數 | M 土壤質量(單位:g， 減採樣土環重 1400g) | V 土環體積 (單位: cm ³) | 密度 ρ 值(ρ = M / V) |
| 第 1 次 | 777g | 498.5 cm ³ | 1.55g/cm ³ |
| 第 2 次 | 678g | 498.5 cm ³ | 1.36 g/cm ³ |
| 第 3 次 | 654g | 498.5 cm ³ | 1.31 g/cm ³ |
| 第 4 次 | 743g | 498.5 cm ³ | 1.49 g/cm ³ |
| 第 5 次 | 803g | 498.5 cm ³ | 1.61 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值中位數 | | | 1.49 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值平均值 | | | 1.46 g/cm ³ |
| B 區(通學步道下方) | | | |
| 實驗數據 實驗次數 | M 土壤質量(單位:g， 減採樣土環重 1400g) | V 土環體積 (單位: cm ³) | 密度 ρ 值(ρ = M / V) |
| 第 1 次 | 459g | 498.5 cm ³ | 0.92 g/cm ³ |
| 第 2 次 | 702g | 498.5 cm ³ | 1.40 g/cm ³ |
| 第 3 次 | 612g | 498.5 cm ³ | 1.22 g/cm ³ |
| 第 4 次 | 625g | 498.5 cm ³ | 1.25 g/cm ³ |
| 第 5 次 | 559g | 498.5 cm ³ | 1.12 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值中位數 | | | 1.22 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值平均值 | | | 1.18 g/cm ³ |
| C 區(操場後方) | | | |
| 實驗數據 實驗次數 | M 土壤質量(單位:g， 減採樣土環重 1400g) | V 土環體積 (單位: cm ³) | 密度 ρ 值(ρ = M / V) |
| 第 1 次 | 585g | 498.5 cm ³ | 1.17 g/cm ³ |
| 第 2 次 | 619g | 498.5 cm ³ | 1.24 g/cm ³ |
| 第 3 次 | 592g | 498.5 cm ³ | 1.18 g/cm ³ |

| | | | |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 第 4 次 | 589g | 498.5 cm ³ | 1.18 g/cm ³ |
| 第 5 次 | 670g | 498.5 cm ³ | 1.36 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值中位數 | | | 1.18 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值平均值 | | | 1.23 g/cm ³ |
| D 區(側門通道) | | | |
| 實驗數據 實驗次數 | M 土壤質量(單位:g, 減採樣土環重 1400g) | V 土環體積 (單位: cm ³) | 密度 ρ 值($\rho = M / V$) |
| 第 1 次 | 455g | 498.5 cm ³ | 0.91 g/cm ³ |
| 第 2 次 | 489g | 498.5 cm ³ | 0.98 g/cm ³ |
| 第 3 次 | 521g | 498.5 cm ³ | 1.04 g/cm ³ |
| 第 4 次 | 543g | 498.5 cm ³ | 1.08 g/cm ³ |
| 第 5 次 | 448g | 498.5 cm ³ | 0.89 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值中位數 | | | 0.98 g/cm ³ |
| 密度 ρ 值平均值 | | | 0.98 g/cm ³ |

■備註:採樣土環重 1400g, 長度為 36cm, 土環柱半徑為 2.1cm, 故採樣土環體為 498.5 cm³ (立方公分), 算式:2.1x.2.1x3.14x36=498.5064。

| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 木板當緩衝, 將土環打入土中。 | 將土環取出, 形成土柱結構。 | 取出土環, 留下圓柱狀痕跡。 |

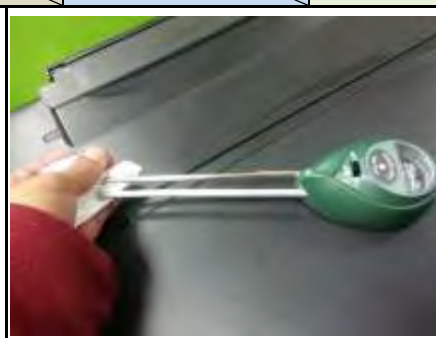
2. 實驗結果分析:

- (1)各區密度平均值與中位數差距不大, 其中 D 區甚至平均值與中位數一樣 (0.98g/ cm³), 可見得檢測數據結果相較他區最為正確精準, 最具有代表性。
- (2)A 區密度數據最大, 表示在相同體積之下 A 區土質最堅硬扎實厚重, D 區密度數據最小, 表示在相同體積之下, D 區土質最鬆軟, 質地輕。
- (3)D 區密度數據最小, 代表密度低而土質結構鬆散不札實, 可見土中雜質成份多, 含有枯枝或雜草等物質, 亦或是土質顆粒大小不一。相較於 A 組密度高, 含有雜質物體較少, 土壤組成物質一致, 土質顆粒大小相近。

三、測量土壤化學性質 pH 酸鹼度:

1. 實驗結果:

| 土壤化學性質 pH 值酸鹼度測量表 | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 實驗數據 實驗次數 | A 區 pH 值 (通學步道上) | B 區 pH 值 (通學步道上) | C 區 pH 值 (操場後方) | D 區 pH 值 (側門通道) |
| 第 1 次 | 7.5 | 7.7 | 7.9 | 7.1 |
| 第 2 次 | 7.3 | 7.0 | 7.8 | 6.8 |
| 第 3 次 | 7.7 | 7.5 | 7.3 | 7.2 |
| 第 4 次 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.4 |
| 第 5 次 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.0 |
| pH 中位數 | 7.7 | 7.7 | 7.8 | 7.1 |
| pH 平均數 | 7.64 | 7.56 | 7.74 | 7.1 |



土壤 pH 值測試器全貌(未拆封)。

測試器電極需乾淨(洗淨擦拭)。

電極插入土深 10cm 才準確。

2. 實驗結果分析:

- (1) 各區 pH 酸鹼值平均值與中位數差距不大，其中 D 區甚至平均值與中位數一樣 7.1，可見得檢測數據結果相較他區最為正確精準，最具有代表性。
- (2) 依據「土壤酸鹼度分級表」(如下表所示，資料來源:[土壤健康簡易檢查手冊](#)):

| pH 酸鹼值 | 等級 |
|---------|-----------|
| < 3.5 | 超強酸性 |
| 3.5~4.5 | 特強酸性 |
| 4.5~5.0 | 極強酸性 |
| 5.0~5.5 | 強酸性 |
| 5.5~6.0 | 中酸性 |
| 6.0~6.5 | 微酸性 |
| 6.5~7.3 | 中性(D組) |
| 7.3~7.8 | 微鹼性(ABC組) |
| 7.8~8.5 | 中鹼性 |

| | |
|---------|------|
| 8.5~9.0 | 強鹼性 |
| > 9.0 | 極強鹼性 |

A、B、C 共 3 區依據土質酸鹼度 pH 值得知是屬於「微鹼性」，D 區則是屬於「中性」。

(3)全校食農教育預定耕種地 pH 值介於中性到微鹼性之間(7.1-7.8)，適合多數植物生長，基本上適宜種植大多數農作物品種。

四、測量土壤生物性質呼吸量多寡：

1.實驗結果：

| 實驗數據 實驗次數 | A 區土壤呼吸量 (蠟燭燃燒時間) | B 區土壤呼吸量 (蠟燭燃燒時間) | C 土壤呼吸量 (蠟燭燃燒時間) | D 土壤呼吸量 (蠟燭燃燒時間) |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 第 1 次 | 4' 38 | 3' 53 | 4' 55 | 5' 03 |
| 第 2 次 | 4' 33 | 4' 01 | 4' 34 | 5' 13 |
| 第 3 次 | 4' 26 | 4' 08 | 4' 51 | 4' 58 |
| 第 4 次 | 4' 17 | 3'45 | 4' 41 | 4' 48 |
| 第 5 次 | 4' 59 | 4' 00 | 4' 29 | 5' 17 |
| 燃燒時間 中位數 | 4' 33 | 4' 00 | 4' 41 | 5' 03 |
| 燃燒時間 平均數 | 4' 34 | 3'57 | 4' 42 | 5' 06 |
| 呼吸量排名 | 2 | 1(呼吸量最大) | 3 | 4(呼吸量最小) |

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 採樣土壤放入密封容器中，測量土中微生物呼吸量多寡。 | 每區皆需要 5 組實驗樣本受測，得出的數值才比較精準。 | 燃燒線香插入盒中會熄滅，測量燃燒時間長度。 |

2.實驗結果分析:

- (1)燃燒時間中位數及平均值差距介於 1-3 秒，如:A 區域 $4' 34-4' 33=0' 01$ 、C 區域 $4' 42-4' 41=0' 01$ 、B 區域 $4' 00-3' 57=0' 03$ 、D 區域 $5' 06-5' 03=0' 03$ 。實驗結果數據差距很小而可印證呼吸量檢測實驗算是精準。
- (2)B 區域燃燒時間中位數及平均值都比其他組小，表示裝盛土壤樣本容器內的二氧化碳 CO_2 最多、氧氣 O_2 最少，導致燭火最快熄滅，顯示容器內微生物呼吸量最大、呼吸作用旺盛，吸收日益減少的氧氣，排放日益增加二氧化碳。
- (3)D 區域燃燒時間中位數及平均值都比其他組大，表示裝盛土壤樣本容器內的

二氧化碳 CO₂ 最少、氧氣 O₂ 最多，導致燭火最慢熄滅，顯示容器內微生物呼吸量最小、呼吸作用最不旺盛。

- (4) 一般而言，土壤呼吸量大代表土壤內的有機物質正被快速分解，可以提供作物生長所需的養分。土壤中種類繁多的微生物，它們絕大部分是有益的，微生物呼吸量大顯示土壤活性高，有利於栽種，B 區比其他區適合農作物生長。

五、檢視校園食農教育栽種土壤性質情形:

1. 實驗結果：

| A區(通學步道上) | |
|------------------|--|
| 總樣區大小 | 長:35m、寬:5m。 |
| 小樣區大小 | 長:7m、寬:5m。 |
| 小樣區樣本數 | 5 塊。 |
| θ_s (含水量) | 平均值:10.2%、中位數:9.4%。 |
| 土壤組成成份 | 砂粒沉積厚度所占百分比:64.4%，是為砂質壤土。 |
| | 粉粒沉積厚度所占百分比:28.6%，是為砂質壤土。 |
| | 黏粒沉積厚度所占百分比:9.0%，是為砂質壤土。 |
| 土壤密度 | 平均值: 1.46 g/cm ³ 、中位數: 1.49 g/cm ³ 。 |
| 土壤酸鹼pH值 | 平均值:7.64、中位數:7.7。 |
| 土壤呼吸量多寡 | 排名2(呼吸量次大，平均值: 4 ⁻ 34、中位數: 4 ⁻ 33)。 |
| B區(通學步道上) | |
| 總樣區大小 | 長:30m、寬:25m。 |
| 小樣區大小 | 長:6m、寬:5m。 |
| 小樣區樣本數 | 25 塊。 |
| θ_s (含水量) | 平均值:6.2%、中位數:6.3%。 |
| 土壤組成成份 | 砂粒沉積厚度所占百分比:80.8%，是為壤質砂土。 |
| | 粉粒沉積厚度所占百分比:9.7%，是為壤質砂土。 |
| | 黏粒沉積厚度所占百分比:9.5%，是為壤質砂土。 |
| 土壤密度 | 平均值: 1.18 g/cm ³ 、中位數: 1.22 g/cm ³ 。 |
| 土壤酸鹼pH值 | 平均值:7.56、中位數:7.7。 |
| 土壤呼吸量多寡 | 排名1(呼吸量最大，平均值: 3 ⁻ 57、中位數: 4 ⁻ 00)。 |
| C區(操場後方) | |
| 總樣區大小 | 長:55m、寬:25m。 |
| 小樣區大小 | 長:11m、寬:5m。 |
| 小樣區樣本數 | 25 塊。 |
| θ_s (含水量) | 平均值:3.8%、中位數:3.9%。 |
| 土壤組成成份 | 砂粒沉積厚度所占百分比:71.2%，是為砂質壤土。 |
| | 粉粒沉積厚度所占百分比:17.9%，是為砂質壤土。 |
| | 黏粒沉積厚度所占百分比:10.9%，是為砂質壤土。 |
| 土壤密度 | 平均值: 1.23 g/cm ³ 、中位數: 1.18 g/cm ³ 。 |

| | |
|------------------|--|
| 土壤酸鹼pH值 | 平均值:7.74、中位數:7.8。 |
| 土壤呼吸量多寡 | 排名3(呼吸量第三，平均值: 4' 42、中位數: 4' 41)。 |
| D區(側門通道) | |
| 總樣區大小 | 長:45m、寬:3m。 |
| 小樣區大小 | 長:9m、寬:3m。 |
| 小樣區樣本數 | 5塊。 |
| θ_s (含水量) | 平均值:11.4%、中位數:11.5%。 |
| 土壤組成成份 | 砂粒沉積厚度所占百分比:62.3%，是為砂質壤土。 |
| | 粉粒沉積厚度所占百分比:25.4%，是為砂質壤土。 |
| | 黏粒沉積厚度所占百分比:12.3%，是為砂質壤土。 |
| 土壤密度 | 平均值: 0.98 g/cm ³ 、中位數: 0.98 g/cm ³ 。 |
| 土壤酸鹼pH值 | 平均值:7.1、中位數:7.1。 |
| 土壤呼吸量多寡 | 排名4(呼吸量最小，平均值: 5' 06、中位數: 5' 03)。 |

2.

| 檢測性質 項目 區域 | 面積 / 排序 | 含水量 / 排序 | 呼吸率 / 排序 | 總評排名加總 |
|------------------|------------------------------|----------|----------|----------|
| A 區 | 175m ² (35x5)/ 3 | 10.2% /2 | 4' 34 /2 | 7(3+2+2) |
| B 區 | 750m ² (30x25)/ 2 | 6.2% /3 | 3'57 /1 | 6(2+3+1) |
| C 區 | 1375m ² (55x25)/1 | 3.8% /4 | 4' 42 /3 | 8(1+4+3) |
| D 區 | 135m ² (45x3)/ 4 | 115.% /1 | 5' 06 /4 | 9(4+4+1) |

■備註:依據土壤面積大小、含水量多寡及呼吸率高低排序來加總，加總值愈高表示越貧瘠；反之越低越肥沃。

3.實驗結果分析:

- (1)C 區域面積最大，占地 1375m²，D 區域面積最小，占地 135m²。
- (2)A 區與 D 區小樣區樣本數是 5 塊，每塊中心地點皆取樣實驗，故較具有樣本代表性及實驗準確性。B 區與 C 區小樣區樣本數 25 塊，每塊中心地點取樣實驗，還有 20 塊未取樣，未取樣區塊(20)比取樣區塊(5)數目多，較不具有樣本代表性及實驗準確性，若時間金錢人力物力許可下，剩餘 20 塊皆是要取樣。
- (3)B 區密度平均值:1.18 g/cm³、中位數:1.22 g/cm³，C 區平均值:1.23 g/cm³、中位數:1.18 g/cm³，密度平均值與中位數兩區近似，兩區土壤密度幾乎一樣。
- (4)D 區(檢測性質項目排序加總值最大)最高含水量、最低密度及最小呼吸量，數據比其他區更為極端!推測該區土質鬆散潮溼，呼吸量小又土中微生物少，雖然 pH7.1 是中性適合栽種，該區土力最貧乏，面積最小讓不利因素影響栽種到最小。
- (5)考慮含水量、密度及呼吸量因素，A 與 B 區皆有著土質濕潤(不至於過度乾燥與潮溼)、密度適中、呼吸量不差(有益微生物有基本量)的特性，但 B 區面積大於 A，可用種植地面多，故 B 區(檢測性質項目排序加總值最小)比起其他區域最適合推廣食農教育種植。

陸、討論

- 一、各區取樣小樣區最好是該區域等比例縮小，然後劃分樣區塊數多，實驗結果越精準。A 區與 D 區小樣區樣本數是 5 塊，每塊皆取樣實驗，較具有實驗準確性。B 與 C 區小樣區樣本數 25 塊，每塊取樣實驗，仍有 20 塊未取樣，未取樣區塊比取樣區塊數目過多，若條件許可下，剩餘塊數是要取樣。
- 二、C 區含水量在 4 組中最低，此區土壤最乾燥，土中水分最少；D 區含水量在 4 組中最高，此區土壤最潮濕，土中水分最多。A 區含水量平均值與中位數差距大，藉此得知此區土壤潮溼與乾燥區域分布不平均，環境差異大。
- 三、利用「土壤質地三角圖」判斷:A、C、D 區域土質成份皆是砂質壤土，只有 B 區域是壤質砂土。C 區是砂質壤土，但紅色延長線交叉點距離壤質砂土區域很近，A 與 D 區的紅色延長線交叉點位於砂質壤土區域正中心，距離壤質砂土區域很遠，故雖然 A、C、D 區都是砂質壤土，但 C 與 B 質地最相似，反之 A 與 D 區是比 C 區更「純粹」的砂質壤土。
- 四、若土壤密度大，土壤組成物成分少、結構一致性，土質堅硬扎實厚重，雜質物體較少，土壤顆粒大小相近。密度小代表土質結構鬆散不扎實，土中雜質成份多，亦或是土質顆粒大小不一差距大。此外，B、C 兩區土壤密度幾乎一樣。
- 五、A、B、C 共 3 區的 pH 值屬於「微鹼性」，D 區屬於「中性」。全校食農教育預定用地介於中性到微鹼性之間(7.1-7.8)，適合多數農作物生長。
- 六、若燃燒時間數據比其他組小，表示裝土壤樣本的盒子內二氧化碳最多、氧氣最少、燭火最快熄滅，容器內微生物呼吸量大。燃燒時間數據比其他組大，表示裝盛土壤樣本容器內二氧化碳最少、氧氣最多、燭火最慢熄滅，顯示容器內微生物呼吸量最小、呼吸作用不旺盛。
- 七、考慮含水量、密度及呼吸量因素，D 區呈現出最高含水量、最低密度及最小呼吸量，推測該區土質鬆散、潮溼，呼吸量小故土中微生物少，推斷該區是 4 區中土地最貧乏區域，但所占地面積最小(135m²)，減少影響力。B 區土質濕潤、密度適中、呼吸量不差的特性，且面積次大故種植面積多，故 B 區比起其他區域最適合推廣食農教育種植。
- 八、各項性質實驗時，若實驗數據中的平均值與中位數一樣，覺得這項實驗結果更為精準，如:此次科展中 D 區的土壤密度平均值與中位數皆 0.98 g/cm³、D 區的土壤酸鹼 pH 值平均值與中位數皆是 7.1。
- 九、已知 A、C、D 區域土質成份是砂質壤土，B 區域是壤質砂土，再對照「土壤質地名稱分類表」(如下表所示，資料來源:[土壤健康簡易檢查手冊](#)):

| 常用名稱 | 觸感 | 土壤質地名稱 |
|--------------|----|--------------|
| 砂質土壤 (粗質地土壤) | 粗 | 砂土 |
| | | 壤質砂土(B區) |
| 壤質土壤 (中質地土壤) | 略粗 | 砂質壤土(A、C、D區) |
| | 中 | 壤土 |
| | | 坊質壤土 |

| | | |
|--------------|----|-------|
| | 略細 | 坩土 |
| | | 砂質黏壤土 |
| | | 黏壤土 |
| | | 坩質黏壤土 |
| 黏質土壤 (細質地土壤) | 細 | 砂質黏土 |
| | | 坩質黏土 |
| | | 黏土 |

可以得知以下訊息:

- (一)B 區土壤質地是屬於「砂質土壤 (粗質地土壤)」中「壤質砂土」，其觸感粗。
- (二)A、C、D 區土壤質地是屬於「壤質土壤 (中質地土壤)」中「砂質壤土」，其觸感略粗。
- (三)綜合上述資訊，可以得知 B 區比起 A、C、D 區土質摸起來較為粗糙，所以土粒顆粒也較大。

十、探討土壤密度與土質組成兩因素對於植物根部生長的相互關係，已知:

- (一)A、C、D 區域土質成份是砂質壤土，B 區域是壤質砂土。
- (二) A 區密度平均值:1.46 g/cm³、中位數: 1.49 g/cm³；B 區密度平均值:1.18 g/cm³、中位數:1.22 g/cm³；C 區密度平均值:1.23 g/cm³、中位數:1.18 g/cm³；D 區密度平均值:0.98 g/cm³、中位數:0.98 g/cm³。
- (三)對照「不同質地土壤總體密度(g /cm³)與根系生長狀況之關係表」(如下表所示，資料來源:土壤健康簡易檢查手冊):

| 土壤質地 | 理想總體密度 | 開始影響根系生長的總體密度 | 嚴重限制根系生長的總體密度 |
|---------------|--------|---------------|---------------|
| 砂土、壤質砂土(B區) | <1.60 | 1.69 | >1.80 |
| 砂質壤土(ACD區)、壤土 | <1.40 | 1.63 | >1.80 |
| 砂質黏壤土、黏壤土 | <1.40 | 1.60 | >1.75 |
| 坩土、坩質壤土 | <1.30 | 1.60 | >1.75 |
| 坩質黏壤土 | <1.40 | 1.55 | >1.65 |
| 砂質黏土、坩質黏土 | <1.10 | 1.49 | >1.58 |
| 黏土 | <1.10 | 1.39 | >1.47 |

- (四)B 區(壤質砂土)密度平均值 1.18 g/cm³、中位數 1.22 g/cm³ 皆小於 1.60 g/cm³，所以達到「理想總體密度」。
- (五)C 區(砂質壤土)密度平均值 1.23 g/cm³、中位數 1.18 g/cm³ 皆小於 1.40 g/cm³，所以達到「理想總體密度」。
- (六)D 區(砂質壤土)密度平均值 0.98 g/cm³、中位數 0.98 g/cm³ 皆小於 1.40 g/cm³，所以達到「理想總體密度」。
- (七)A 區(砂質壤土)密度平均值 1.46 g/cm³、中位數 1.49 g/cm³ 皆大於 1.40 g/cm³及小於1.60 g/cm³，所以達到「理想總體密度」與「開始影響根系生長的總體密度」之間。

(八)B、C、D 密度值皆小於「理想總體密度」的標準密度值，而 A 區雖略大於「理想總體密度」的標準密度值(1.40g/cm³)，但多了 0.06-0.09 g/cm³ 極微小差距，故 4 區皆是土壤「理想總體密度」的狀態，有利於植物根系生長。

十一、4 區土壤 pH 值從最小值 7.1(中性)-最大值 7.8(微鹼性)，依據 pH 值再參考「主要作物適宜的土壤酸鹼度範圍表」(如下表所示，資料來源:土壤健康簡易檢查手冊):

- (一)紫色區域:菸草屬於經濟作物，且本質不適合在校園推廣(因校園禁菸)，故不在食農教育中推行種植。
- (二)灰色區域:皆為園藝植物，主要功能在於校園美綠化，無法食用，故不在食農教育中推廣種植，如:非洲堇、美人蕉、風信子、向日葵、天竺葵。
- (三)綠色區域:皆為農作物，但種植難度過高(植株脆弱)而不易粗放管理，如:草莓、蘆筍；或是不符合臺灣平地氣候種植，如:燕麥；亦或是本身種植有一定困難度不易收成，如:紅豆、葡萄、甘蔗，以上作物雖然符合農作，但還是因上述綜合原因，故不在食農教育中實施種植。
- (四)黃色區域:該作物種植容易、植株健壯、適合粗放管理、收成方便、收穫次數多及較易有成就感，如:玉米、蜀黍、芋頭、胡蘿蔔、大蒜、蔥、白菜及韭菜，故在食農教育中實施推廣種植。

「主要作物適宜的土壤酸鹼度範圍表」:

| 作物 | 最適 pH | 作物 | 最適pH | 作物 | 最適pH | 作物 | 最適pH |
|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 水稻 | 5.0~7.0 | 香蕉 | 6.0~6.7 | 鬱金香 | 6.0~7.5 | 紫羅蘭 | 6.0~7.0 |
| 大麥 | 6.5~8.0 | 柑桔 | 5.2~6.4 | 小蒼蘭 | 6.5~7.0 | 紫藤 | 6.0~8.0 |
| 小麥 | 5.5~7.0 | 鳳梨 | 4.0~6.0 | 吊鐘花 | 5.5~6.5 | 飛燕草 | 7.0~8.0 |
| 蕎麥 | 5.5~7.0 | 枇杷 | 5.0~6.0 | 蔓綠絨 | 5.5~6.5 | 甘藍 | 5.5~7.0 |
| 燕麥 | 5.5~7.5 | 荔枝 | 5.0~6.5 | 荷包花 | 5.5~6.5 | 白菜 | 6.0~7.5 |
| 黑麥 | 5.0~7.0 | 番石榴 | 5.5~6.5 | 聖誕紅 | 5.5~7.0 | 芹菜 | 5.5~7.0 |
| 玉米 | 5.5~7.5 | 釋迦 | 5.5~6.5 | 柏 | 6.0~7.0 | 韭菜 | 6.0~7.5 |
| 小米 | 5.0~6.5 | 蓮霧 | 5.5~6.5 | 波斯菊 | 5.5~6.5 | 芥菜 | 5.5~6.5 |
| 蜀黍 | 5.5~7.5 | 芒果 | 5.5~6.5 | 百日草 | 6.0~8.0 | 油菜 | 6.0~7.0 |
| 甘蔗 | 6.0~8.0 | 木瓜 | 5.5~6.5 | 三色堇 | 6.0~7.0 | 茼蒿 | 5.5~6.8 |
| 食用甘蔗 | 5.5~7.5 | 楊桃 | 6.0~6.5 | 矮牽牛 | 6.0~7.5 | 鴨兒芹 | 5.5~7.0 |
| 甘藷 | 5.5~7.0 | 棗 | 5.5~6.5 | 萬壽菊 | 5.5~6.5 | 萵苣 | 5.8~6.6 |
| 花生 | 5.0~6.0 | 葡萄 | 6.0~7.4 | 唐菖蒲 | 6.0~8.0 | 菠菜 | 6.0~7.0 |
| 蕪菁 | 5.5~7.0 | 梨 | 5.2~6.1 | 孤挺花 | 5.5~7.0 | 花椰菜 | 6.0~7.0 |
| 芋頭 | 4.7~7.2 | 桃 | 4.9~6.0 | 美人蕉 | 6.0~7.5 | 番茄 | 6.0~7.0 |
| 山藥 | 5.0~6.5 | 李 | 5.0~6.0 | 大岩桐 | 5.0~6.5 | 茄子 | 5.5~6.0 |
| 竹筍 | 5.0~7.0 | 梅 | 5.0~6.0 | 大理花 | 6.0~8.0 | 甜椒 | 5.5~7.0 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 筊白筍 | 5.2~6.5 | 蘋果 | 5.5~6.6 | 仙客來 | 5.5~6.5 | 青椒 | 5.5~7.0 |
| 蘆筍 | 6.0~7.5 | 柿 | 5.5~6.6 | 風信子 | 6.0~7.5 | 黃秋葵 | 5.0~6.5 |
| 馬鈴薯 | 5.0~6.0 | 栗 | 4.6~5.6 | 火鶴花 | 5.5~6.5 | 大豆 | 5.5~7.0 |
| 蘿蔔 | 5.5~7.0 | 草莓 | 5.0~8.0 | 向日葵 | 6.0~7.5 | 毛豆 | 6.0~6.7 |
| 胡蘿蔔 | 6.0~7.5 | 蘭類 | 4.0~5.0 | 杜鵑花 | 3.5~7.0 | 菜豆 | 5.5~6.8 |
| 蓮藕 | 5.5~6.5 | 菊花 | 5.5~6.5 | 繡球花 | 4.0~6.0 | 豌豆 | 6.0~7.0 |
| 甜菜 | 5.5~6.5 | 天竺葵 | 5.0~8.0 | 百合 | 4.0~6.3 | 蠶豆 | 6.2~7.0 |
| 芥末 | 5.5~6.5 | 非洲菊 | 6.0~7.0 | 石竹 | 4.0~7.3 | 紅豆 | 5.0~7.2 |
| 薑 | 5.5~7.0 | 秋海棠 | 5.0~7.0 | 彩葉草 | 4.5~5.5 | 胡瓜 | 5.5~6.8 |
| 大蒜 | 5.5~7.2 | 翠菊 | 6.0~8.0 | 羅漢松 | 5.0~7.5 | 洋香瓜 | 5.5~6.8 |
| 洋蔥 | 6.0~6.5 | 金魚草 | 5.0~7.0 | 玫瑰 | 5.0~8.0 | 西瓜 | 5.0~6.5 |
| 蔥 | 6.0~7.2 | 非洲堇 | 6.0~7.5 | 櫻花 | 5.5~6.5 | 冬瓜 | 5.0~6.5 |
| 茶 | 3.5~6.0 | 仙人掌 | 7.0~8.0 | 水仙花 | 6.0~7.5 | 南瓜 | 5.0~7.0 |
| 菸草 | 5.5~7.5 | 星辰花 | 6.0~7.0 | 滿天星 | 7.5~8.5 | 黃瓜 | 5.5~7.0 |

柒、結論

- 一、各區取樣小樣區最好是該區域等比例縮小，然後劃分樣區塊數多，實驗結越精準，並盡可能在所有小樣區中心處土表下方挖取 0-30cm 的樣本土壤。
- 二、依據實驗數據，並利用「土壤質地三角圖」判讀，發現 A、C 與 D 區域土質成份皆是「砂質壤土」，是屬於「壤質土壤 (中質地土壤)」；B 區土壤質地是「壤質砂土」，是屬於「砂質土壤 (粗質地土壤)」，而且 B 區土質比其他區域觸感較為粗糙。
- 三、若密度大，結構一致，土質堅硬扎實厚重，雜質物體較少，顆粒大小相近；密度小土質鬆散不札實，雜質成份多，顆粒大小差距大。A 區域密度最大，D 區域最小。
- 四、土壤含水量數值越大，代表土中水份愈多，土壤愈潮溼濕潤；土壤含水量數值越小，代表土中水份愈少，土壤愈乾燥，D 區域含水量最大，C 區域最少。
- 五、A、B、C 等 3 區 pH 值是屬於「微鹼性」，D 區屬於「中性」。全校預定耕種地 pH 值介於中性到微鹼性之間(7.1-7.8)。
- 六、燃燒時間較短，裝樣本盒子內二氧化碳多、氧氣少、燭火快熄滅，土中微生物呼吸量大。燃燒時間較多，裝盛土壤樣本容器內二氧化碳少、氧氣多、燭火慢熄滅，土中微生物呼吸量小。B 區呼吸量最大、燭火最快熄滅，D 區呼吸量最小、燭火最慢熄滅。
- 七、D 區推斷是 4 區中土地最貧瘠的(因最高含水量、最低密度及最小呼吸量)，該區土質鬆散潮溼，土中微生物少，幸好所占地面積最小。相反地…B 區土質濕潤、密度適中、呼吸量不差，面積次大，B 區比起其他 3 區域適合推廣種植作物。
- 八、各項性質實驗時，若實驗數據中的平均值與中位數一樣，覺得這項實驗結

果更為精準。

- 九、探討密度與土質組成兩因素對植物根部生長的相互關係，壤質砂土(B區)及砂質壤土(C、D區)皆適宜植物根部生長，屬於「理想總體密度」，而砂質壤土(A區)雖然介於「理想總體密度」與「開始影響根系生長的總體密度」之間，但密度數值略多於「理想總體密度」 0.09 g/cm^3 ，仍適合種植作物。
- 十、選擇玉米、胡蘿蔔、白菜、蔥、芋頭、大蒜及韭菜，在食農教育實施種植。

捌、參考資料與其他

- 1.臺灣的土壤(陳尊賢、許正一)。2002。遠足文化事業有限公司。
- 2.土壤與肥料(楊秋忠)。2010。農世股份有限公司。
- 3.土壤肥料(莊作權)。2010。三民出版社。
- 4.土壤健康簡易檢查手冊(申雍)。2018。國立中興大學。
- 5.基礎土壤學(陳振鐸)。2009。徐氏基金會。
- 6.土壤的基礎知識(周若珍)。2017。晨星出版社。

【評語】 080502

透過實驗來探討土壤性質對於栽種植物的影響，對於土壤採樣的規劃和依據的理由可以有更明確的說明，尤其是如何確保採樣的土壤送進實驗室的過程可維持原所在處的特性(例如：溫度和濕度改變而使土壤變質等)。對於土壤分類宜有較清楚的分析。實驗取樣侷限在校園，也難以清楚交代是否是原地還是外來土壤，此點較為可惜。

摘要:

康軒版自然課本第七冊第三單元「大地的奧秘」有觀察土壤課程，因此想要了解食農教育預定栽種土壤性質，便研究這有趣主題。

A、C與D區土質是「砂質壤土」，是「壤質土壤（中質地土壤）」；B區是「壤質砂土」，是「砂質土壤（粗質地土壤）」，B區土質比其他區觸感粗糙。密度與土質組成對植物根部生長關係，B、C、D區是「理想總體密度」，A區介於「理想總體密度」與「開始影響根系生長的總體密度」之間。

含水量D區最大、C區最小，土壤呼吸量B區最大、D區最小，D區是土地最貧瘠，因高含水量、低密度及最小呼吸量，B區是土地最肥沃，因土質濕潤、密度適中、呼吸量適可。

A、B、C區PH是「微鹼性」，D區是「中性」，全區域PH介於7.1-7.8之間，依PH值適合種植玉米、胡蘿蔔、白菜、蔥、芋頭、大蒜及韭菜進行食農教育，此土壤檢測方式容易操作，可推廣到其他國中小實施，以落實食農教育，也增進環境教育。

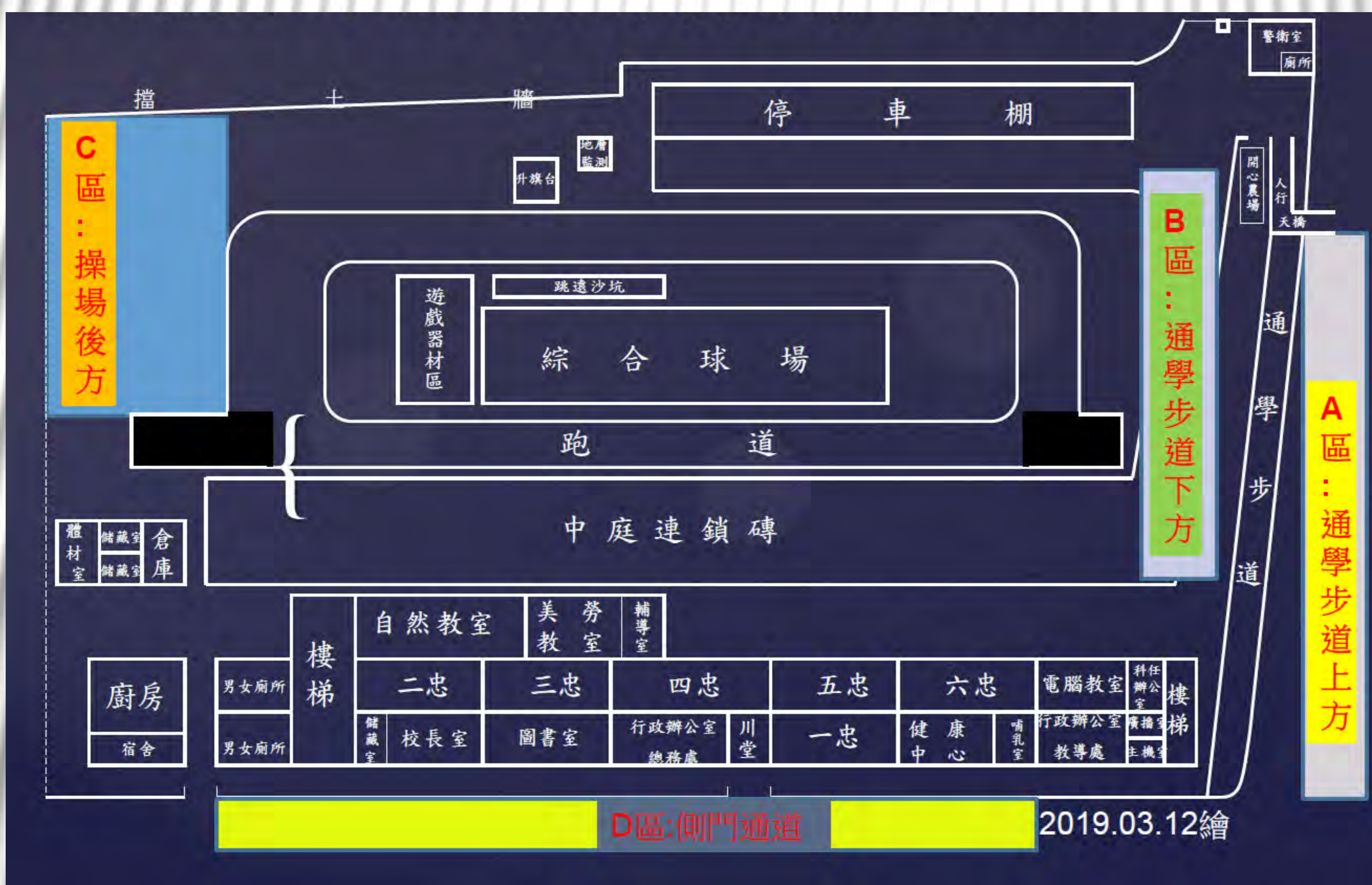
研究目的:

- 一、瞭解土壤正確取樣的方法。
- 二、測量土壤的物理性質：
 - (一)測量土壤含水量。
 - (二)檢驗土壤組成質地。
 - (三)測量土壤密度。
- 三、測量土壤的化學性質：
 - (一)測量土壤酸鹼度。
- 四、測量土壤的生物性質：
 - (一)測量土壤呼吸量多寡。
- 五、檢視校園食農教育栽種土壤性質情形。
 - (一)各區土壤性質彙整與討論差異處。

實驗過程與方法、結果:

一、瞭解土壤正確取樣的方法。

(一)重要性:如何由少量樣本獲得調查區域土壤特性的代表性資訊，依據樣本採集的正確性，因此必先有良好土壤樣本採樣規劃，良好採樣規劃可以提升實驗結果的數據品質，故本次科展實驗採樣以**小樣區劃分**方式，讓實驗更精準。



土壤取樣方式彙整表

| 取樣區域位置 | 原有區域總範圍 | 取樣小樣區範圍 | 取樣小樣區樣本總數 |
|------------|----------------|---------------|-----------|
| A區(通學步道上方) | 長:35m 寬:5m | 長:7m 寬:5m | 5塊 |
| B區(通學步道下方) | 長:30m 寬:25m | 長:6m 寬:5m | 25塊 |
| C區(操場後方) | 長:55m 寬:25m | 長:11m 寬:5m | 25塊 |
| D區(側門通道) | 長:45m 寬:3m | 長:9m 寬:3m | 5塊 |

二、測量土壤的物理性質。

(一)測量土壤含水量:

- θ_g (含水量) = W_w / W_s ， W_w 和 W_s 分別為濕土的水重和烘乾土重， θ_g (含水量)=[(溼土重-乾土重)/乾土重]X100%。
- 取樣土壤每組2kg(濕土重)，利用自製烘烤箱去除土中水份，等待完全乾燥後秤其重量(乾土重)，在依照第1點的算式計算出 θ_g (含水量)值，並實驗五次求其平均值及中位數。

土壤含水量(物理性質一)

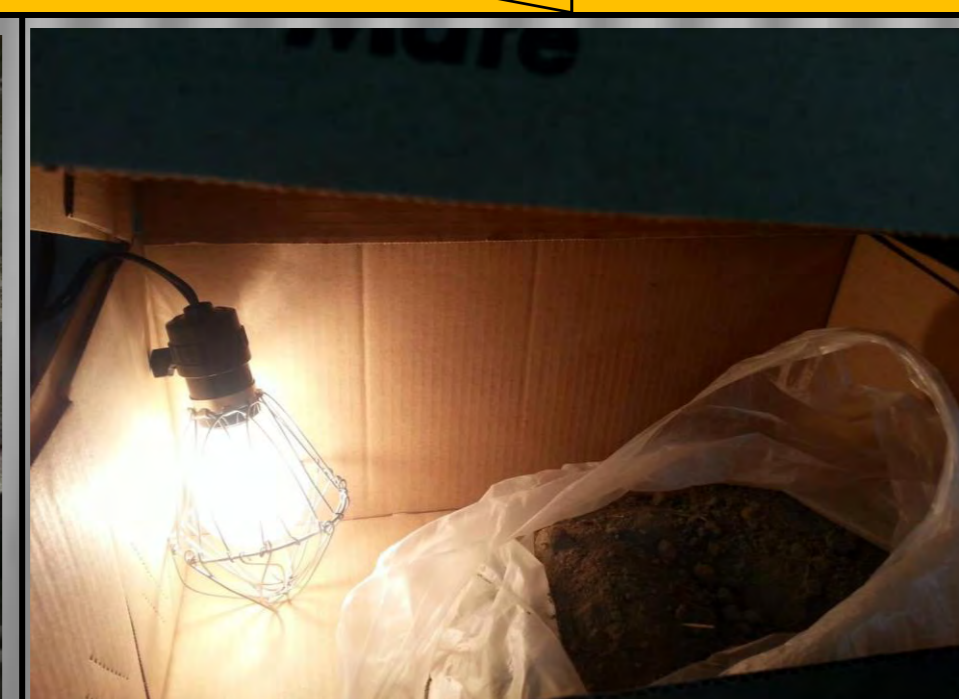
| | |
|------------------------|-------|
| A區 θ_g (含水量)中位數 | 9.4% |
| A區 θ_g (含水量)平均值 | 10.2% |
| B區 θ_g (含水量)中位數 | 6.3% |
| B區 θ_g (含水量)平均值 | 6.2% |
| C區 θ_g (含水量)中位數 | 3.9% |
| C區 θ_g (含水量)平均值 | 3.8% |
| D區 θ_g (含水量)中位數 | 11.5% |
| θ_g (含水量)平均值 | 11.4% |

(二)檢驗土壤組成質地:

- 於直立透明瓶內放入約5cm高的風乾土壤樣品，加水至3/4瓶高，再加入20ml六偏磷酸鈉溶液。蓋好蓋子並充分搖晃瓶子約5分鐘，使土壤盡量均勻分散後靜置。
- 40秒後以黑筆做記號，用直尺量取沉積土層厚度(a)，單位為公分(cm)。
- 6小時後以黑筆做記號，用直尺量取沉積新增土層厚度(b)，單位一樣是為公分(cm)。
- 以滴管緩慢加入20ml明礬飽和溶液，並加以輕微攪拌而靜置12小時，等待土壤細微黏粒完全沉澱後，用直尺量取沉積的新增土層厚度(c)，厚度單位為公分(cm)。
- 以算式計算砂粒、粉粒和黏粒所佔比例：
砂粒=(a/T)X100%、粉粒=(b/T) X100%、黏粒=(c/T)X100%，而T=a+b+c。
- 實驗五次求平均值與中位數，再由「土壤質地三角圖」判斷土壤質地。



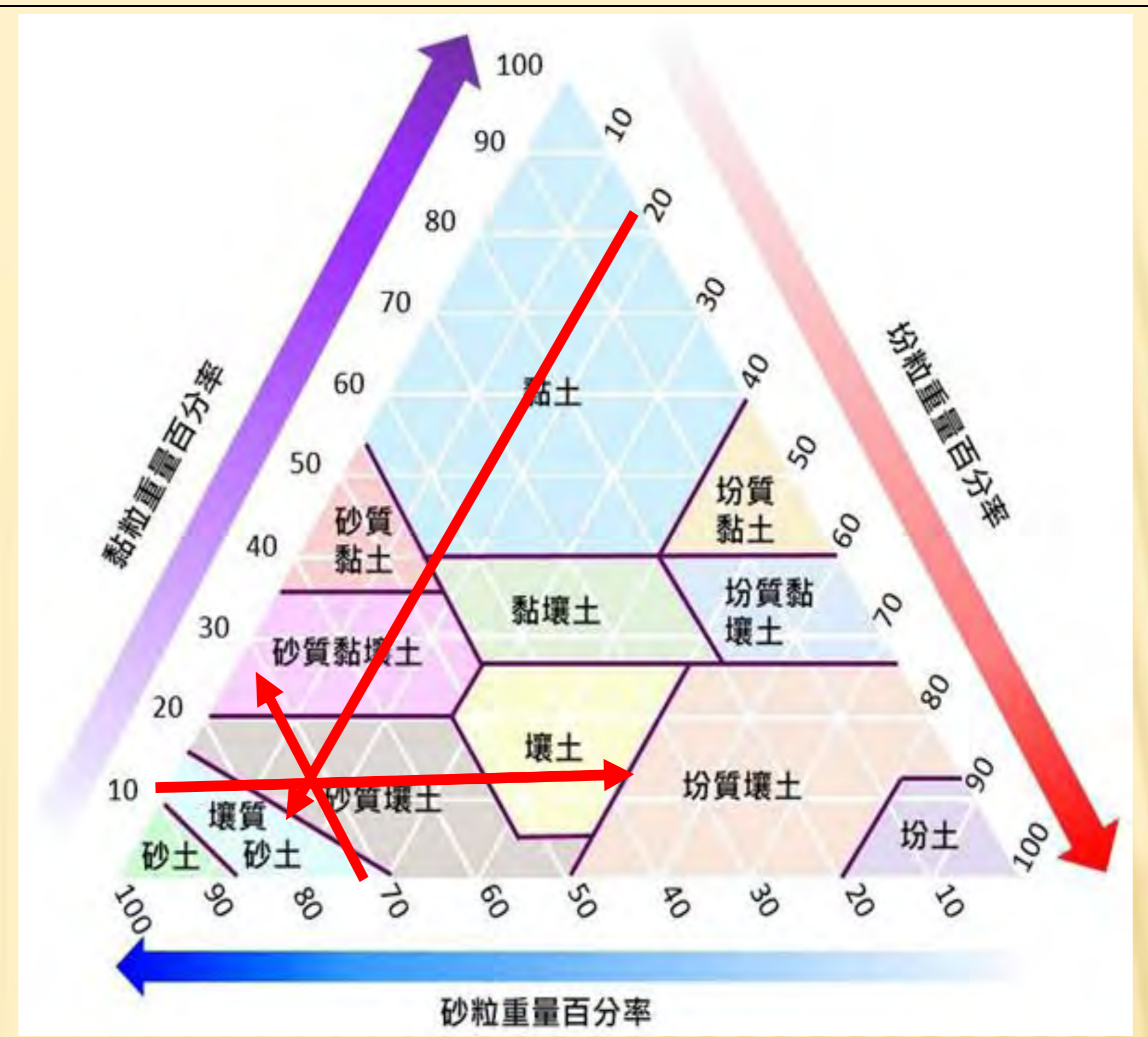
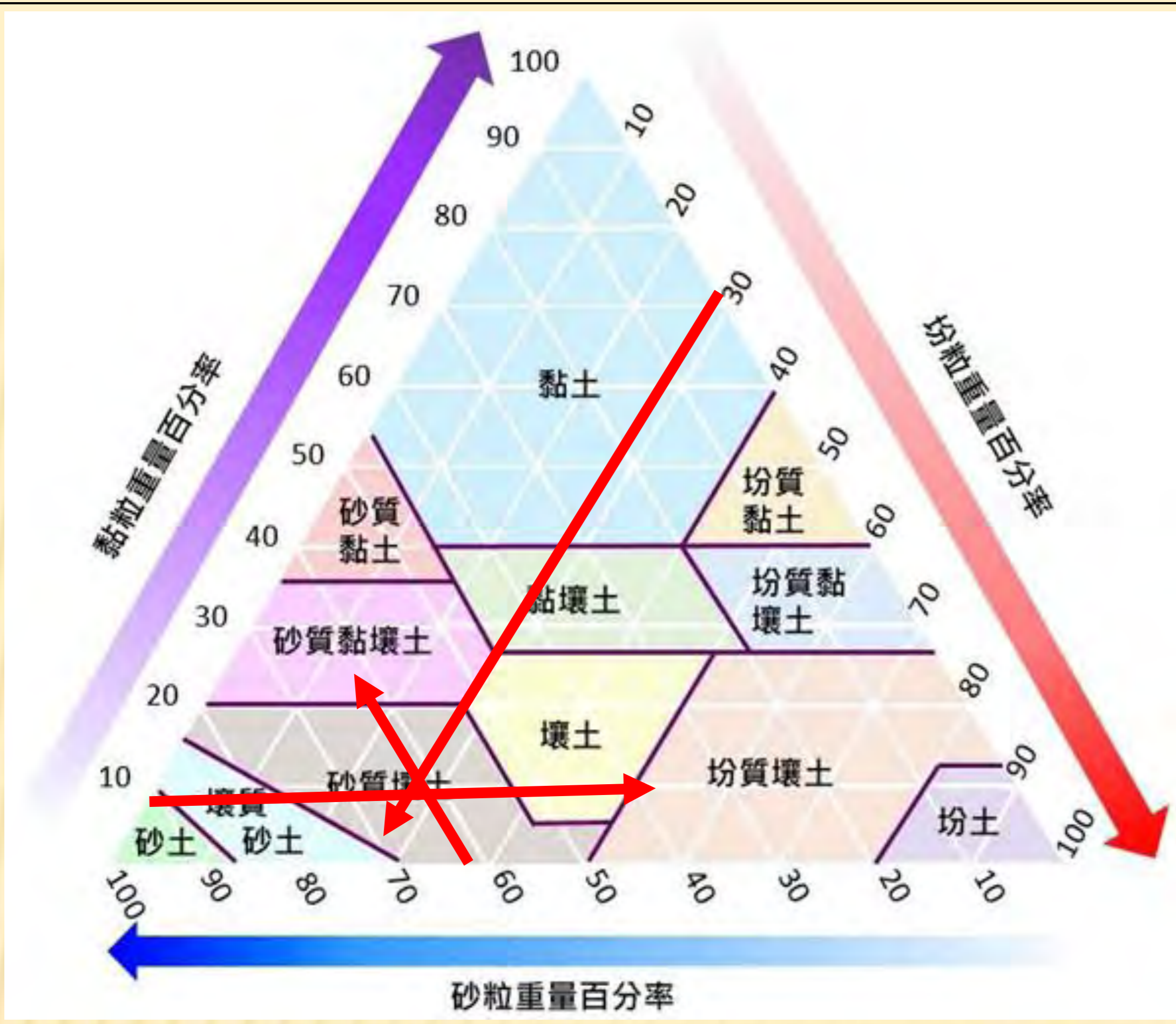
每區域各5袋採樣土(C區)。



採樣土放入自製烘箱內烘乾。

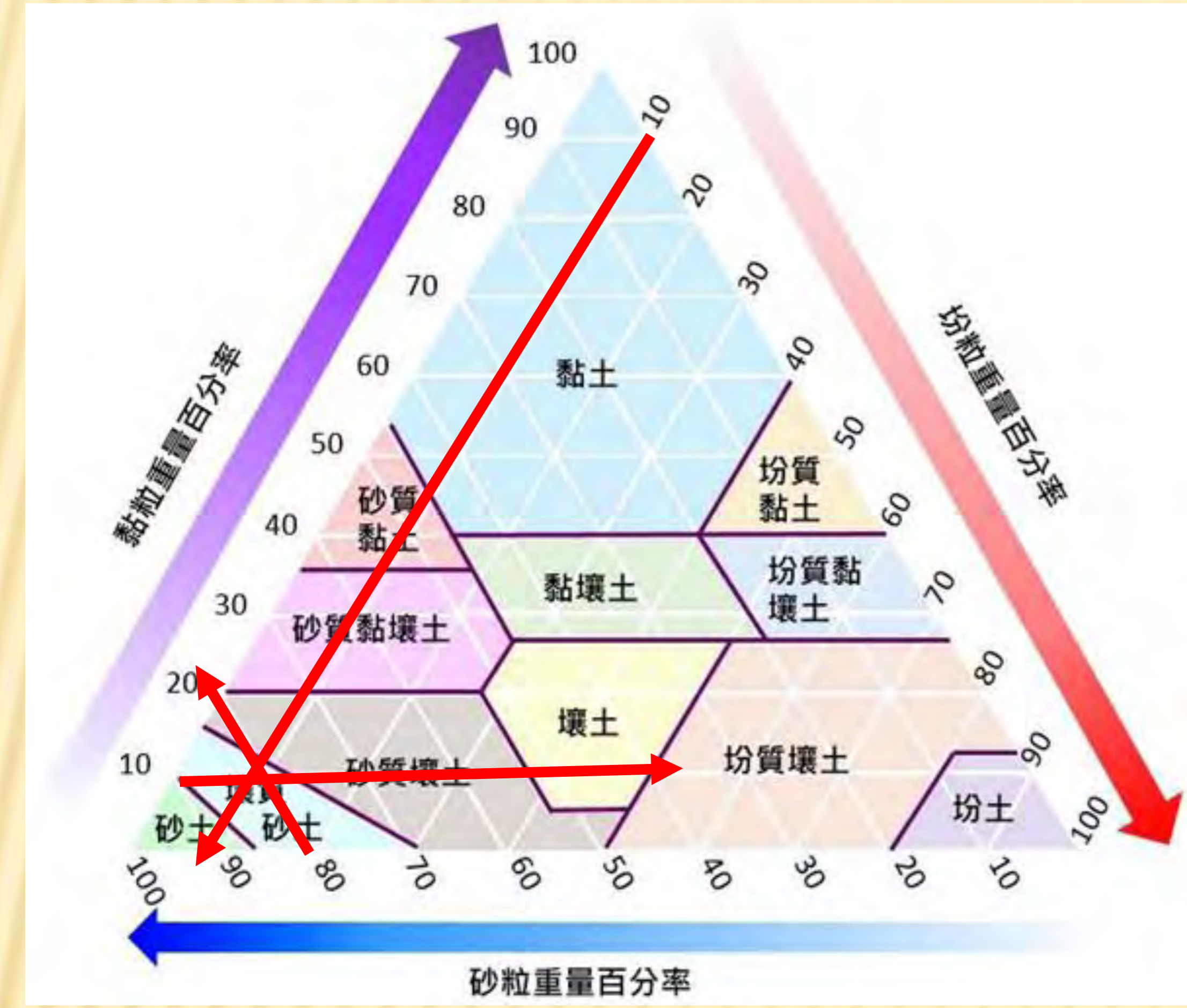


每袋採樣土重 2kg(2000g)。



A 區(通學步道上)土壤砂粒比例占 62.4%、粉粒比例占 28.6%、黏粒比例占 9.0%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 A 區土壤質地為:砂質壤土。

C 區(操場後方)土壤砂粒比例占 71.2%、粉粒比例占 17.9%、黏粒比例占 10.9%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 A 區土壤質地為:砂質壤土。



B 區(通學步道下方)土壤砂粒比例占 80.8%、粉粒比例占 9.7%、黏粒比例占 9.5%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「壤質砂土」區塊，故 B 區土壤質地為: 壤質砂土。

D 區(側門通道)土壤砂粒比例占 62.3%、粉粒比例占 25.4%、黏粒比例占 12.3%，在「土壤質地三角圖」找出比例數字刻度，並畫出 3 條延長線(紅線如圖所示)，延長線交集於「砂質壤土」區塊，故 A 區土壤質地為:砂質壤土。

| 常用名稱 | 觸感 | 土壤質地名稱 | |
|--------------|----|--------------|-------|
| 砂質土壤 (粗質地土壤) | 粗 | 砂土 | |
| | | 壤質砂土(B區) | |
| 壤質土壤 (中質地土壤) | 略粗 | 砂質壤土(A、C、D區) | |
| | | 壤土 | |
| | 中 | 粉質壤土 | |
| | | 粉土 | |
| | | 略細 | 砂質黏壤土 |
| | | | 黏壤土 |
| 黏質土壤 (細質地土壤) | 細 | 粉質黏壤土 | |
| | | 砂質黏土 | |
| | | 粉質黏土 | |
| | | 黏土 | |

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | |
| 實驗結果:a 層砂粒厚 4.4cm(顏色深)、b 層粉粒厚度 0.8cm。 | 由顏色深淺能清楚看出 abc 層(砂粒、粉粒與黏粒)的分層。 | D 區域第 2 次實驗(砂粒厚度)為 5.3cm。 |

(三)測量土壤密度:

1. 密度 $\rho = M / V$ 。先利用採樣土環採集土壤樣本，利用橡皮鎚直接垂直槌打厚木板，使採樣土環陷入土中，直至土環頂端幾乎與土面一樣平。
2. 量出採樣土環半徑(r)和高度(h)，計算採樣土環體積V($V = \pi r^2 h$)，計算單位為立方公分(cm^3)。長度為36cm，土環柱半徑為2.1cm，故採樣土環體積為498.5 cm^3 (立方公分)，算式: $2.1 \times 2.1 \times 3.14 \times 36 = 498.5064$ 。
3. 秤重採樣土環(內含所採集被烘乾土壤樣本)之總重量M1，再扣掉土環重量M2(內無土壤樣本)，所得即為採樣土壤樣本質量M($M = M1 - M2$)，計算單位為公克(g)。經過測量，採樣土環重1400g。
4. 導入公式 $\rho = M / V$ 計算出土壤密度 ρ ，每塊區域共計算5次密度值 ρ ，算出該區域密度 ρ 值平均數及中位數。



木板當緩衝，將土環打入土中。將土環取出，形成土柱結構。取出土環，留下圓柱狀痕跡。

土壤密度(物理性質三)

| | |
|-------------------|---------------|
| A 區密度 ρ 值中位數 | 1.49 g/cm^3 |
| A 區密度 ρ 值平均值 | 1.46 g/cm^3 |
| B 區密度 ρ 值中位數 | 1.22 g/cm^3 |
| B 區密度 ρ 值平均值 | 1.18 g/cm^3 |
| C 區密度 ρ 值中位數 | 1.18 g/cm^3 |
| C 區密度 ρ 值平均值 | 1.23 g/cm^3 |
| D 區密度 ρ 值中位數 | 0.98 g/cm^3 |
| D 區密度 ρ 值平均值 | 0.98 g/cm^3 |

| 土壤質地 | 理想總體密度 | 開始影響根系生長的總體密度 | 嚴重限制根系生長的總體密度 |
|---------------|--------|---------------|---------------|
| 砂土、壤質砂土(B區) | <1.60 | 1.69 | >1.80 |
| 砂質壤土(ACD區)、壤土 | <1.40 | 1.63 | >1.80 |
| 砂質黏壤土、黏壤土 | <1.40 | 1.60 | >1.75 |
| 粉土、粉質壤土 | <1.30 | 1.60 | >1.75 |
| 粉質黏壤土 | <1.40 | 1.55 | >1.65 |
| 砂質黏土、粉質黏土 | <1.10 | 1.49 | >1.58 |
| 黏土 | <1.10 | 1.39 | >1.47 |

三、測量土壤的化學性質。

(一)測量土壤酸鹼度：

1. 土壤酸鹼度就是土壤反應，也就是土壤溶液的酸鹼性質，主要取決於土壤溶液中的氫離子的濃度，以PH值表示之。
2. 使用土壤PH指示器時，電極探頭垂直插入土中至少10公分以上，電極探頭不要觸碰到硬物以免損毀，每測量完一次要洗乾淨，才可以測量下一次。



電極插入土中至少10cm以上。



土質太硬，先鑽兩孔再插電極。



測試器垂直插入土中操作。

土壤化學性質PH值酸鹼度測量表

| 實驗區域 | A區PH值 (通學步道上) | B區PH值 (通學步道下) | C區PH值 (操場後) | D區PH值 (側門通道) |
|-------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| PH中位數 | 7.7 | 7.7 | 7.8 | 7.1 |
| PH平均數 | 7.64 | 7.56 | 7.74 | 7.1 |

| PH酸鹼值 | 等級 |
|---------|-----------|
| < 3.5 | 超強酸性 |
| 3.5~4.5 | 特強酸性 |
| 4.5~5.0 | 極強酸性 |
| 5.0~5.5 | 強酸性 |
| 5.5~6.0 | 中酸性 |
| 6.0~6.5 | 微酸性 |
| 6.5~7.3 | 中性(D組) |
| 7.3~7.8 | 微鹼性(ABC組) |
| 7.8~8.5 | 中鹼性 |
| 8.5~9.0 | 強鹼性 |
| > 9.0 | 極強鹼性 |

四、測量土壤的生物性質。

(一)測量土壤呼吸量：

1. 此科展實驗注重在於土壤微生物的部分，微生物在土中呼吸量大，視為土壤呼吸量多寡的生物性指標之一。
2. 400g土壤平置於封閉透明容器底部，微微噴水於土表，容器鑿開小洞用膠帶封死並畫記，靜置3日後於小洞插入一支燃燒線香，計算線香自動熄滅時間，單位為:分、秒。
3. 每塊區域共測量5次熄滅時間，算出該區域5次熄滅時間的平均數及中位數。

土壤生物性質呼吸量多寡測量表 單位:分、秒

| 實驗區域 | A區土壤呼吸量 | B區土壤呼吸量 | C區土壤呼吸量 | D區土壤呼吸量 |
|---------|---------|----------|---------|----------|
| 燃燒時間中位數 | 4' 33 | 4' 00 | 4' 41 | 5' 03 |
| 燃燒時間平均數 | 4' 34 | 3' 57 | 4' 42 | 5' 06 |
| 呼吸量排名 | 2 | 1(呼吸量最大) | 3 | 4(呼吸量最小) |



黑點為記號，線香插入處。



採樣土壤放入密封容器中，測量土中微生物呼吸量多寡。

每區皆需要5組實驗樣本受測，得出的數值才比較精準。



燃燒線香插入盒中會熄滅，測量燃燒時間長度。

五、檢視校園食農教育栽種土壤性質情形:藉由各項實驗結果給與排序，排序數愈小土壤愈適合栽種農作物。(從實驗中土壤pH酸鹼值與密度皆合適，故以面積、呼吸率、含水量為評比項目。)

| 檢測性質項目 區域 | 面積 / 排序 | 含水量 / 排序 | 呼吸率 / 排序 | 總評排名加總值/排序 |
|--------------|------------------------------|----------|----------|------------|
| A區 | 175m ² (35x5)/3 | 10.2%/2 | 4'34/2 | 7(3+2+2)/2 |
| B區 | 750m ² (30x25)/2 | 6.2%/3 | 3'57/1 | 6(2+3+1)/1 |
| C區 | 1375m ² (55x25)/1 | 3.8%/4 | 4'42/3 | 8(1+4+3)/3 |
| D區 | 135m ² (45x3)/4 | 115.0%/1 | 5'06/4 | 9(4+4+1)/4 |

結論:

- 一、各區取樣小樣區最好是該區域等比例縮小，然後劃分樣區塊數多，實驗越精準，並盡可能在所有小樣區中心處土表下方挖取0-30cm樣本土壤。
- 二、依據實驗數據，並利用「土壤質地三角圖」判讀，發現A、C與D區域土質成份皆是「砂質壤土」，是屬於「壤質土壤（中質地土壤）」；B區土壤質地是「壤質砂土」，是屬於「砂質土壤（粗質地土壤）」，而且B區土質比其他區域觸感較為粗糙。
- 三、密度大則結構一致，土質堅硬厚重，雜質物較少，顆粒大小相近；密度小土鬆散不札實，雜質成份多，顆粒大小差距大。A區密度最大，D區最小。
- 四、土壤含水量數值越大，土中水份愈多，土壤愈潮溼；土壤含水量數值越小，代表土中水份愈少，土壤愈乾燥，D區域含水量最大，C區域最少。
- 五、A、B、C等三區PH值是屬於「微鹼性」，D區屬於「中性」。全校預定耕種地PH值介於中性到微鹼性之間(7.1-7.8)。
- 六、燃燒時間較短，裝樣本盒子內二氧化碳多、氧氣少、燭火快熄滅，土中微生物呼吸量大。燃燒時間較多，裝盛土壤樣本容器內二氧化碳少、氧氣多、燭火慢熄滅，土中微生物呼吸量小。B區呼吸量最大、燭火最快熄滅，D區呼吸量最小、燭火最慢熄滅。
- 七、D區推斷是4區中土地最貧瘠的(因最高含水量、最低密度及最小呼吸量)，該區土質鬆散潮溼，土中微生物少，幸好所占地面積最小。B區土質濕潤、密度適中、呼吸量不差，面積次大，B區比起其他3區域適合推廣種植作物。
- 八、各項性質實驗時，若實驗數據中的平均值與中位數一樣，覺得這項實驗結果更為精準。
- 九、探討密度與土質組成兩因素對植物根部生長的相互關係，壤質砂土(B區)及砂質壤土(C、D區)皆適宜植物根部生長，屬於「理想總體密度」，而砂質壤土(A區)雖然介於「理想總體密度」與「開始影響根系生長的總體密度」之間，但密度數值略多於「理想總體密度」0.09g/cm³，仍適合種植作物。
- 十、選擇玉米、胡蘿蔔、白菜、蔥、芋頭、大蒜及韭菜，在食農教育實施種植。
- 十一、此土壤檢測方式容易操作，可推廣到其他國中小實施，讓各校落實食農教育，了解土壤性質，增加種植植物的知識深度，並讓學生了解人類對於地球環境的關係。