屏東縣第65屆國民中小學科學展覽會
作品說明書

科　　別：生物科

組　　別：國小組

作品名稱：vaqu好了沒---小米的生長速率和土質的關係

關 鍵 詞：小米、生長速率、土質

編號：A4026

製作說明：

1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。

2.編號：報名時取號。

3.封面編排由參展作者自行設計。

vaqu好了沒---小米的生長速率和土質的關係

摘要

小米在排灣族來說是很重要的作物，不僅是可以作為主食來食用，更重要的是從小米這個植物延伸而來的知識及祭儀都影響著排灣族。我們透過實驗了解了小米最為珍貴的作物以及祭祀的重要靈器，可以透過小米梗與神靈溝通，可以透過小米團聚家族及接待貴賓。因此種植小米就是一件非常重要的事情。

我們透過五種土壤來種植小米，發現其中以砂質土壤可以讓小米的生長速度最為快速，黏土則是讓小米的生長速度最慢。

藉由此實驗讓我們學習到了小米的重要傳統意義以及小米的種植技法，更重要的是與大自然的和諧共處之道。

壹、前言

我們在五年級上學期的自然課上，有認識到植物吸收營養的方式。課本上是以小米來最為教學用的植物。小米(排灣語為 vaqu)在排灣族文化中佔有極重要的地位，不僅是日常生活中的主要糧食之一，更與祭典、儀式及社會結構緊密結合。每年一月，學校也會種植小米，但卻常出現生長不良的情形，即使嘗試加強照顧，仍無法達到部落中小米的良好生長狀況。經詢問老師與部落耆老(vuvu)後，推測這可能與土壤類型有關，因此產生了以「不同土壤類型對小米生長之影響」為核心的研究動機。

一、研究目的

本研究主要針對以下問題進行探討：

(一)不同土壤對小米的生長速度有什麼影響？

(二)不同土壤顆粒大小與小米生長速度之關聯性為何？

(三)不同土壤是否會影響小米的發芽率？

透過訪談與實作，瞭解排灣族種植小米的傳統智慧。

二、文獻回顧

小米（學名：*Setaria italica (L.) Beauv.*，英文名：millet）是禾本科的一年生作物，又被稱為「粟」。在臺灣光復前與光復初期，小米是許多原住民族主要的糧食來源，常見的烹調方式包括煮飯、煮粥、製飴以及釀酒，風味獨具。雖然小米歸類為雜糧，但它的品種相當多樣，例如粳性、糯性、黃、白、綠、黑以及香小米等。由於其米粒比稻米更小，既容易烹煮又具特殊香氣，同時耐儲藏，因此廣受歡迎 (陳振義、王柏蓉，2012) 。產期從7月到12月都有。

此外，小米蘊含多樣營養素，包括維生素 B 與 E、膳食纖維、有機硒、鈣與鐵等，在飲食上具有相當高的健康價值。

小米是一種耐旱、適應性強的穀類作物，其對於土壤的需求並不如稻米般嚴苛；然而，不同土壤中通氣性、保水性與養分含量的差異，仍可能顯著影響小米的發芽率與生長速度(潘瑞炽，2006)。

在排灣族的傳統文化中，小米不僅僅是糧食，亦蘊含與祖靈溝通的象徵性意涵。排灣族祭典與耆老智慧中，常透過儀式確保人、地、自然三者的和諧共處。過去相關研究顯示，原住民族的生態智慧強調對大自然的尊重與動植物的互利共生，對現代農耕有一定啟示價值。

貳、研究設備及器材

▲小米 （台東九號）	▲紅土 （陽明山土）	▲黏土 （蔬菜之家黏質土）	▲砂 （卉豐園藝盆栽沙）
▲培養土 （福壽牌培養土）	▲部落田裡的土	▲５吋花盆	▲燒杯
▲鑷子	▲平板 （Samsung Galaxy Tab S6 Lite）	▲尺	▲溫度溼度計 （太星電工 DA260）

參、研究過程或方法

本次實驗選擇了黏土、培養土、砂、部落田裡的土、紅土。首先，這五種是我們生活中最常見的土壤。選擇黏土是因為學校可以種植小米的地方屬於黏土，因此我們選擇這個土壤；選擇培養土是因為在種植很多植物的時候，培養土是最常見的一種非常營養的土壤；選擇部落田裡的土，是因為我們知道部落田裡的土常常會用來種植各樣的作物，因此才會選擇部落田裡的土；選擇沙質的土壤是因為在施工的建築前，或是河邊常常看到大量的沙子，在部落裡也沒有人會直接用紗來種東西，但是我們看過放置很久的沙子，上面也會長植物，因此我們也選擇這種常見的土壤；最後紅土是因為我們的分校位於德文，德文的地名叫做 tjukuvulj，kuvulj 是紅土的意思，因此我們選擇使用紅土來做為我們的實驗對象。

一、方法:

（一）、收集不同的土壤作為比較，分別為黏土、培養土、砂、部落田裡的土、紅土。

（二）、在每一個花盆底下墊上衛生紙，以防土壤流失。每一種土都量取150克後放入盆中，每一種土分成 A 到 E 五組。共25盆。

▲圖1:每一種土接分成 A 到 E 五組。

（三）、將小米穗用手將小米粒搓下後，用嘴巴吹氣，將不良品及其他雜質吹出篩子外

▲圖2:將小米放在篩子內利用手搓使小米脫穗。

(四)、將土與小米混在一起，並撒於盆中。每一種土，皆使用相同方式重複操作。利用這個方法是要模擬 vuvu 在田裡的撒種方式。

▲圖3:將小米與土混在一起。

(五)、每一盆每日早上八點澆水25mL。

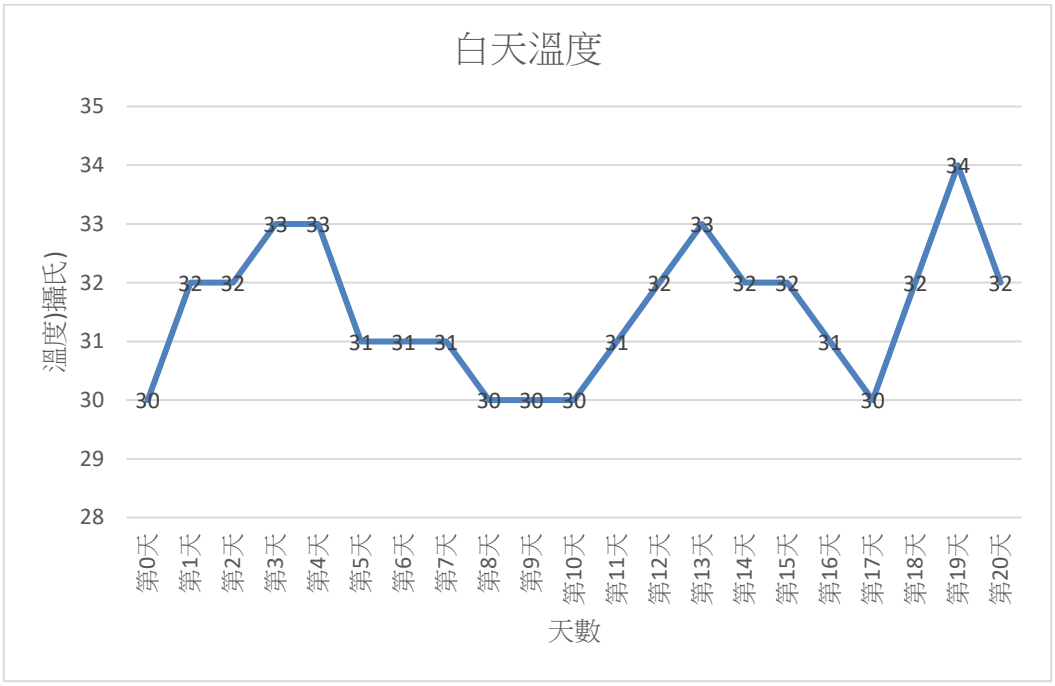
(六)、撒種日為第一天，連續實驗20天，每天記錄小米成長公分數。

(七)、第十日使用鑷子進行疏苗，讓每一盆只留三株小米苗。

肆、研究結果

一、結果：

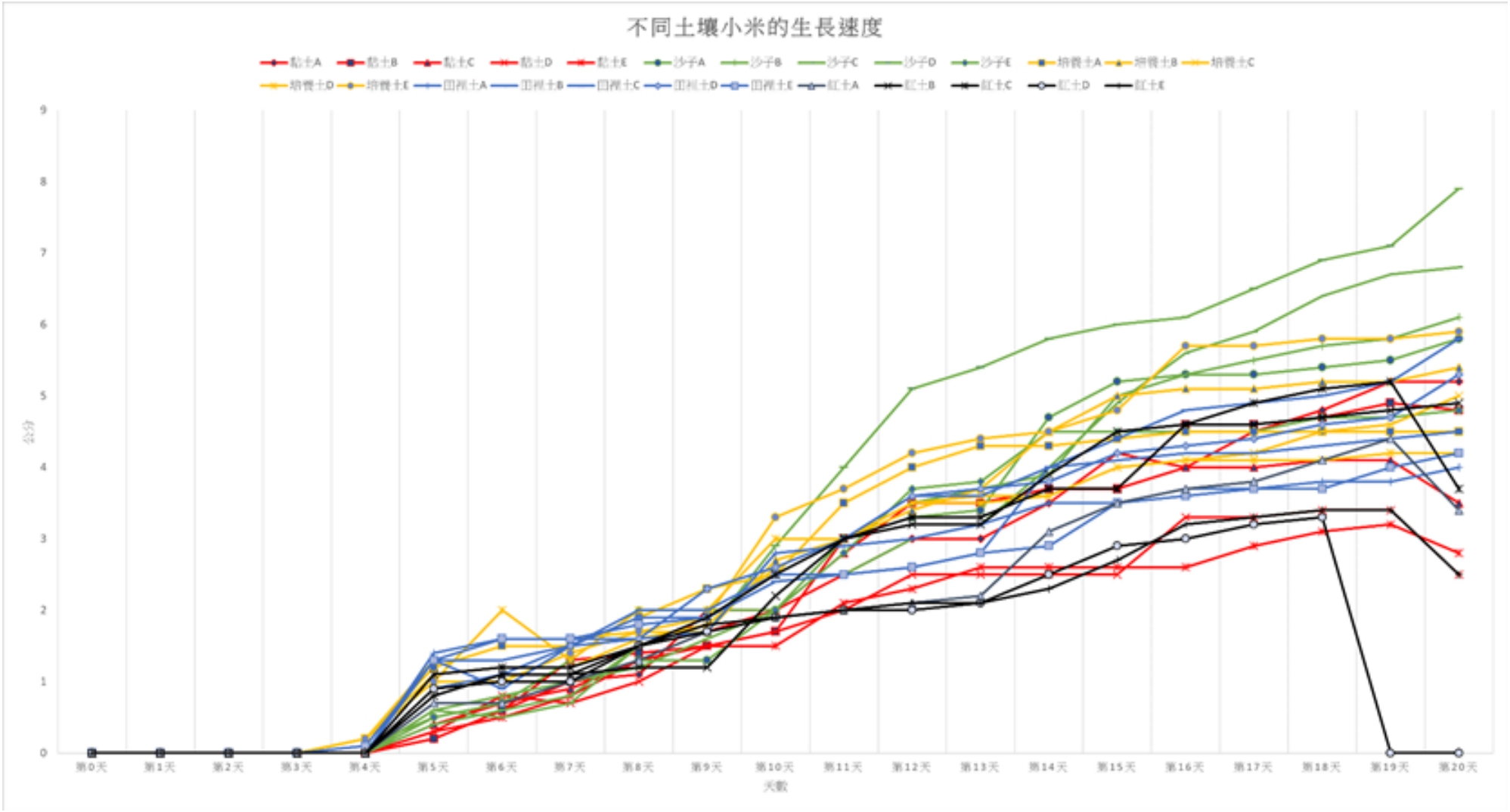
(一)、每日上午08:00氣溫



▲圖4:每日氣溫。

每日上午08:00最高氣溫:34度；最低氣溫30度；平均氣溫約為31.5度。

(二)、不同土壤中小米的生長速度



▲圖5:不同土壤中小米的生長速度折線圖。

(三)、不同土壤中小米的發芽及生長速度

表1:不同土壤中小米的發芽及生長速度。

	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天	第 11 天	第 12 天	第 13 天	第 14 天	第 15 天	第 16 天	第 17 天	第 18 天	第 19 天	第 20 天
黏土 A	0	0	0	0	0	0.2	0.6	1	1.1	2	2	2.5	3	3	3.5	4.2	4	4.5	4.8	5.2	5.2
黏土 B	0	0	0	0	0	0.2	0.6	1.3	1.4	1.5	1.7	3	3.5	3.5	3.7	3.7	4.6	4.6	4.7	4.9	4.8
黏土 C	0	0	0	0	0	0.4	0.7	0.9	1.3	1.7	2	2.8	3.5	3.5	3.7	3.7	4	4	4.1	4.1	3.5
黏土 D	0	0	0	0	0	0.3	0.8	0.7	1	1.5	1.7	2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.3	3.3	3.4	3.4	2.5
黏土 E	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.8	1.3	1.5	1.5	2.1	2.3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.9	3.1	3.2	2.8
沙子 A	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1	1.3	1.3	2	3	3.3	3.4	4.7	5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.8
沙子 B	0	0	0	0	0	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	3	3.5	3.7	3.9	5	5.3	5.5	5.7	5.8	6.1
沙子 C	0	0	0	0	0	0.6	0.5	0.7	1.5	1.9	2.4	2.5	3	3.2	4	4.9	5.6	5.9	6.4	6.7	6.8
沙子 D	0	0	0	0	0	0.4	0.6	0.8	1.5	1.7	2.9	4	5.1	5.4	5.8	6	6.1	6.5	6.9	7.1	7.9
沙子 E	0	0	0	0	0.1	0.5	0.7	1.3	2	2	2	2.8	3.7	3.8	4.5	4.5	4.5	4.5	4.7	4.7	4.8
培養土 A	0	0	0	0	0.2	1.2	1.5	1.5	1.9	2.3	2.5	3.5	4	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
培養土 B	0	0	0	0	0.2	1.3	1.6	1.6	1.7	1.7	2.7	3	3.4	3.7	4.5	5	5.1	5.1	5.2	5.2	5.4
培養土 C	0	0	0	0	0.2	1.1	1.2	1.2	1.6	1.8	2.6	3	3.5	3.6	3.6	4	4.1	4.2	4.5	4.6	5
培養土 D	0	0	0	0	0.2	1	2	1.3	2	2	3	3	3.5	3.5	3.6	4	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2
培養土 E	0	0	0	0	0.2	1	1	1.4	1.7	1.9	3.3	3.7	4.2	4.4	4.5	4.8	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9

	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天	第 11 天	第 12 天	第 13 天	第 14 天	第 15 天	第 16 天	第 17 天	第 18 天	第 19 天	第 20 天
田裡土 A	0	0	0	0	0	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	2.8	2.9	3	3.2	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8	3.8	4
田裡土 B	0	0	0	0	0	1.3	1.3	1.5	2	2	2.5	3	3.6	3.6	4	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5
田裡土 C	0	0	0	0	0	1.3	0.9	1.5	1.9	1.9	2.4	2.5	2.6	2.8	4	4.4	4.8	4.9	5	5.2	5.8
田裡土 D	0	0	0	0	0	0.9	1.1	1.5	1.6	2.3	2.6	3	3.6	3.7	3.8	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	5.3
田裡土 E	0	0	0	0	0.1	1.3	1.6	1.6	1.8	1.9	2.5	2.5	2.6	2.8	2.9	3.5	3.6	3.7	3.7	4	4.2
紅土 A	0	0	0	0	0	0.7	0.7	1	1.3	1.7	1.9	2	2.1	2.2	3.1	3.5	3.7	3.8	4.1	4.4	3.4
紅土 B	0	0	0	0	0	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2	2.2	3	3.2	3.2	3.9	4.5	4.6	4.6	4.7	4.8	4.9
紅土 C	0	0	0	0	0	1.1	1.2	1.2	1.5	1.9	2.5	3	3.3	3.3	3.7	3.7	4.6	4.9	5.1	5.2	3.7
紅土 D	0	0	0	0	0	0.9	1	1	1.5	1.7	1.9	2	2	2.1	2.5	2.9	3	3.2	3.3	0	0
紅土 E	0	0	0	0	0	0.8	1.1	1.1	1.5	1.8	1.9	2	2.1	2.1	2.3	2.7	3.2	3.3	3.4	3.4	2.5

(四)不同土壤中小米的生長速率

生長速率的計算方式為(潘瑞炽，2006):

$$\text{生長速率} = \frac{\text{終止測量值} - \text{初始測量值}}{\text{時間間隔}}$$

表2:不同土壤中小米的生長速率。

	Day0	Day20	生長速率
黏土 A	0	5.2	5.2
黏土 B	0	4.8	4.8
黏土 C	0	3.5	3.5
黏土 D	0	2.5	2.5
黏土 E	0	2.8	2.8
砂 A	0	5.8	5.8
砂 B	0	6.1	6.1
砂 C	0	6.8	6.8
砂 D	0	7.9	7.9
砂 E	0	4.8	4.8
培養土 A	0	4.5	4.5
培養土 B	0	5.4	5.4
培養土 C	0	5	5
培養土 D	0	4.2	4.2
培養土 E	0	5.9	5.9
田裡土 A	0	4	4
田裡土 B	0	4.5	4.5
田裡土 C	0	5.8	5.8
田裡土 D	0	5.3	5.3
田裡土 E	0	4.2	4.2
紅土 A	0	3.4	3.4
紅土 B	0	4.9	4.9
紅土 C	0	3.7	3.7
紅土 D	0	0	0
紅土 E	0	2.5	2.5

(五)、不同土壤中小米的平均生長高度

平均高度的算法為:

$$\text{平均高度} = \frac{\text{A} + \text{B} + \text{C} + \text{D} + \text{E 盆小米高度}}{5}$$

表3:五種土壤中小米的平均高度。

平均高度 / 土種	平均高度(公分)
黏土	3.76
砂	6.28
培養土	5
田裡土	4.76
紅土	2.9

(六)、統計分析：

1. 在比較不同土壤處理時，可使用 ANOVA（單因子變異數分析）檢定來評估組間差異。
2. 若要區分哪組土壤間差異顯著，可進一步進行事後比較（Post-Hoc test），本實驗使用包含 Fisher's LSD 及 Tukey's HSD 兩種方法。

(七)、ANOVA（單因子變異數分析）檢定

使用單因子變異數分析(ANOVA)比較不同土壤處理對小米最終株高的影響，並呈現數據、ANOVA 表格與統計結論。

表4:變異數分析表

變異來源	平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F 值	p-valuep 值
組間(Between)	22.05	4	5.51	7.23	< 0.001
組內(Within)	15.24	20	0.76	–	–
合計(Total)	37.29	24	–	–	–

- $F(4,20) = 7.23$，$p < 0.001$

- 虛無假設(H0)：各種不同土壤處理下，小米最終株高的母體平均數皆相同。
- 對立假設(HA)：至少有一種土壤處理的平均株高與其他組不同。

由於實際計算的 F 值 (7.23) 遠大於在 α=0.05 下臨界值(約 2.87)；且 p < 0.001，表示差異極顯著，拒絕虛無假設，代表「不同土壤對最終株高的影響確實存在統計上顯著差異」。

(八)、Fisher's LSD 檢定

Fisher’s LSD 較為「寬鬆」。計算公式：

$$\mathrm{LSD} = t_{\alpha/2,\, df_W} \times \sqrt{\frac{2 \times \mathrm{MSE}}{n}}$$

- 取顯著水準 α=0.05，df_W=20 → t≈2.086
- MSE=0.76，n=5

LSD = 1.15
只要「兩組平均差」**大於 1.15** → 顯著差異(α=0.05)。

表5:LSD 結果判定。

配對	差值	是否 >1.15?	結論
黏土 vs 沙	2.54	是	**顯著**
黏土 vs 培養土	1.50	是	**顯著**
黏土 vs 農場土	0.78	否	不顯著
黏土 vs 紅土	0.14	否	不顯著
砂 vs 培養土	1.04	否	不顯著
砂 vs 農場土	1.76	是	**顯著**
砂 vs 紅土	2.40	是	**顯著**
培養土 vs 農場土	0.72	否	不顯著
培養土 vs 紅土	1.36	是	**顯著**
農場土 vs 紅土	0.64	否	不顯著

(九)、Tukey's HSD 檢定

Tukey’s HSD 較「保守」，用以防止多重比較時累積過多型一誤差。公式為：

$$\mathrm{HSD} = q_{\alpha,\,k,\,df_W} \times \sqrt{\frac{\mathrm{MSE}}{n}}$$

- $q_{\alpha,\,k=5,\,df_W=20} \approx 4.05$ (α=0.05) $q_{\alpha,\,k=5,\,df_W=20} \approx 4.05$ (α=0.05)
- MSE=0.76，n=5

HSD = 1.58

只要「兩組平均差」**大於 1.58** → 顯著差異(α=0.05)。

表6:LSD 結果判定。

配對	差值	是否 >1.58?	結論
黏土 vs 沙	2.54	是	**顯著**
黏土 vs 培養土	1.50	否	不顯著
黏土 vs 農場土	0.78	否	不顯著
黏土 vs 紅土	0.14	否	不顯著
砂 vs 培養土	1.04	否	不顯著
砂 vs 農場土	1.76	是	**顯著**
砂 vs 紅土	2.40	是	**顯著**
培養土 vs 農場土	0.72	否	不顯著
培養土 vs 紅土	1.36	否	不顯著
農場土 vs 紅土	0.64	否	不顯著

伍、討論

本研究以不同土壤處理（黏土、砂土、培養土、田裡土與紅土）對小米生長的影響為核心，透過 20 天生長觀測所得株高數據進行分析，並利用 ANOVA 及事後多重比較方法 (Fisher's LSD 與 Tukey's HSD) 驗證土壤類型與生長差異的顯著性。之所以強調此議題，一方面是小米在台灣原住民族的農耕文化中佔有重要地位，同時也是近年來推廣雜糧作物的重要對象；另一方面，目前對於「不同土壤結構如何實質影響作物生長」仍缺乏兼具在地性與量化數據的研究。因此，以本研究補足此知識的鏈結，可協助在地農耕或學校教學單位(原住民族實驗學校)更精準地了解最佳栽種環境，並為後續相關研究建立科學佐證資料。

首先，ANOVA 的結果顯示，不同土壤在第 20 天所測得的小米株高之間存在高度統計差異 ($p < 0.001$)，也就直接回應了前言中提出的核心問題：**土壤類型確實會顯著影響小米的生長狀況。**進一步進行多重比較時，儘管 Fisher's LSD 與 Tukey's HSD 在顯著配對的判定上有所差異，但兩者都一致顯示**砂土組平均株高顯著高於黏土與紅土**。這一結論與大多數文獻所提及的「穀類作物偏好排水、通氣性良好的土壤」基本一致，也證實砂質土壤在早期生長階段能更有效地提供小米根系適宜的氧氣、養分傳輸與含水量，讓小米株高在 20 天時就與其他處理間拉開差距。

黏土與紅土組的平均值與砂土相比落後許多，若僅就 LSD 的結果來看，黏土與紅土在部分配對組間的差距達顯著水準，但在更保守的 Tukey's HSD 下，只有與砂土之間的差距最為明確。此現象部分說明了本研究依舊存在樣本數、實驗期間、土壤化學成分變動等可能干擾因素。例如：紅土最初看起來生長不算太差，但到後期由於通氣排水不佳，使得株高增長幅度顯著減緩。同樣地，黏土因土壤顆粒細密，排水不良、可能積水或形成板結，也導致後期植株生長與砂土產生明顯落差。

在更精準地回應研究動機部分，本研究最大的價值在於彌補了「土壤質地差異與小米生長表現」之研究空缺，並進一步闡明該空缺的重要性：小米作為在地糧食與文化傳承的關鍵作物，若能藉由本研究成果讓社區或學校選用更適宜的土壤（或仿效砂質土壤結構的改良措施），無論在文化保存、糧食作物推廣還是教學示範上，都具體增強了未來實務應用的可信度。更深一層來看，該新發現(砂土優勢)也突顯了「根系通氣對雜糧作物非常關鍵」的結論，能進一步激發相關研究者探討砂土在不同海拔、氣候條件或施肥模式下，是否依然能維持顯著的高生長優勢。此外，本研究同時觀察到培養土與田裡土兩組間的差距雖不大，亦呈現一定程度的中段水平，顯示並非所有有機或田間土壤都能達到近似砂土的通氣效果；未來若要提升它們的效率，可能仍需根據土壤理化特性加以改善。

綜上所述，本研究利用不同層級的統計分析，得出了清楚且具體的結果：在現有條件下，砂土對小米生長具顯著優勢，而黏土、紅土相較之下並不利於小米株高累積。此結論除了可被認為符合文獻預期之外，也清楚回答了緒論當中提出的研究問題，並且填補了小米種植與土壤選擇間的知識落差。更重要的是，相關成果為其他研究者探索更深層的土壤-作物交互作用提供了發展基礎，並鼓勵後續擴大實驗條件、環境與種子變因的多元化研究設計。

伍、結論

基於 20 天生長觀測而進行的單因子變異數分析(ANOVA)及事後比較(LSD 與 HSD)表明，「砂土」對小米株高的促進效果顯著高於其他土壤類型。此結論與主流文獻提到「穀類作物偏好通氣、排水性強的介質」相符合，呼應了先前對小米多生長於沙質地區之推論。培養土與田裡土雖比較差，但並未呈現足以比肩砂土的顯著表現；黏土和紅土則在通氣、排水或養分可利用度方面相對劣勢，導致整體株高不如預期。然而，本研究聚焦於第 20 天的生長差異，若要推論到最終收穫量或整個生育期，仍需更長期與多面向的追蹤。

與現有文獻相比，本研究新發現的價值在於更明確地量化「**砂土＞培養土/田裡土＞黏土/紅土**」的差距；此優勢差距不僅支持了作物學的通氣理論，也證實小米對排水性土壤的敏感度高於先前部分研究的猜測。令人意外的是，黏土和紅土在前期發芽時並非一無是處，但隨著時間推進便出現顯著劣勢，可能成因包括土壤結塊、氧氣匱乏等。此一現象雖在文獻上有零星提及，但尚缺乏量化數據支撐，本研究的發現填補了這方面的不足。

就研究局限而言，受限於觀察期較短、樣本數及土壤化學特性量測的限制，本研究的結論主要著眼於株高此單一指標。建議未來進一步量測延伸至完整生長周期(抽穗、開花、收穫)，同時評估穗重、產量與種子品質。這樣做不僅能更充分驗證本研究結論，還能解釋是否有其他變項 (如降雨量、水分管理、土壤微生物組成) 干擾了試驗結果。

本研究另一個限制在於無法確定這些土壤組中「黏土或紅土表現欠佳」是否在添加有機質、改良排水後能彌補劣勢。若未來有研究願意納入此層面，不但能更明確地檢驗本研究之結論，也能開啟一條「小米土壤改良」的新議題。最後，為激發其他人進一步研究，建議在更廣的氣候帶或海拔高度進行試驗，觀察砂土優勢是否普適於不同環境；並在校園或部落族群中推廣此項發現，增進對傳統作物種植成效的科學認知。

本研究結論與既有文獻大致一致，同時補充了本地區域對小米土壤選擇的實測數據，也確立了通氣性在小米初期生長中的關鍵角色。如果後續實驗流程嚴謹掌控、擴充測試條件，將有助於構建更完整的土壤-作物關係模型。

柒、參考資料及其他

伍麗華（2020）。**排灣族本位自然與收活科技教材**，第三冊。屏東縣政府，屏東。

陳振義、 王柏蓉（2012）。 小米品種(系)選育。 **雜糧作物試驗研究年報。**

楊志良（1991）。 **生物統計學新論**。巨流，臺北。

潘瑞炽（2006）。**植物生理學**。藝軒圖書出版社，臺北。