

屏東縣第 66 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：藏在馬鈴薯上的黃金密碼

關 鍵 詞：馬鈴薯、費氏數列、黃金角度（最多三個）

編號：A4014

作品名稱

藏在馬鈴薯上的黃金密碼

摘要

本研究是因為在自然課觀察馬鈴薯時，發現芽點排列看起來好像有規律，於是想進一步量測確認。我們選擇台灣與澳洲兩種品種，各三顆馬鈴薯，先數出每顆的芽點數量，再用量角器測量相鄰芽點之間的角度，並計算平均值，最後與植物常見的黃金角 137.5° 進行比較。結果發現，六顆馬鈴薯的平均角度大多落在 135° 左右，與 137.5° 的差距都在 3° 以內，顯示芽點排列並非隨機，而是接近黃金角度。另外，芽點數量多集中在 11 至 13 個之間，其中 13 為費波那契數列中的數字。透過這次研究，我們發現馬鈴薯芽點排列可能與自然界常見的數學規律有關，也讓我們體會到植物生長其實蘊含著有趣的科學原理。

壹、前言

一、研究動機

在五年級上學期的自然課中，老師帶我們觀察常見的植物器官，其中有一項活動是觀察馬鈴薯。老師拿出幾顆放了一段時間的馬鈴薯，我們發現它們表面長出了許多小芽。我們在觀察時注意到，這些芽點的位置並不一樣，有的芽長得很靠近，有的間隔比較遠，還有些芽好像沿著馬鈴薯的表面排成一個圈，看起來很有規律。這讓我產生疑問：馬鈴薯的芽點到底是隨機生長的，還是有固定的排列方式呢？

接著，老師介紹不同品種的馬鈴薯，我又發現品種不一樣，芽點的數量和分布情形似乎也有所不同。於是我開始思考，如果能量出芽點之間的角度，或許就能比較出不同品種之間的差異。這樣的研究也可能對實際種植有幫助，例如在切塊種植馬鈴薯時，可以讓每一塊都有芽，增加發芽的成功率。因此，我們想利用量角器測量芽點之間的角度，並將結果整理成表格，進一步找出其中是否存在有趣的規律。

二、研究目的

在觀察馬鈴薯時，我們發現芽點之間的排列好像不是隨意出現，而是可能存在某種規律。為了更清楚了解其中的特性與差異，以下是我們的研究目的：會不會也不一樣呢？帶著這些疑問，我們想進一步進行觀察與測量，以下是我們的研究目的：

- (一) 了解馬鈴薯芽點之間的角度分布是否有規律。
- (二) 比較不同品種的馬鈴薯，芽點角度有沒有差別。
- (三) 探討馬鈴薯芽點之間的角度是否接近植物常見的黃金角度（約 137.5° ）。
- (四) 觀察每顆馬鈴薯的芽點數量，分析是否出現費波那契數列中的數字。

三、文獻回顧

(一) 費氏數列與黃金角

1. **費氏數列 (Fibonacci sequence) 數列**：1、1、2、3、5、8、13……中從第三個數開始都等於前兩個數相加。(2006，圖解數學辭典) 以上面的數列為例、2 和 3 相加，所以是 5。按照這種規則排列的數列，都可以稱為費氏數列。費伯納西在西元 1202 年提出費氏數列，這種數列經常出現在自然界中。本次研究的馬鈴薯芽點數量中，我們想找出是否有相關數據。
2. **黃金角** 在這個模型裡， 137.5° 是一種旋轉時所形成的角度，稱為「黃金角度」。它的由來是把一個完整的圓 (360°) 依照黃金比例 1.618 來分割。當圓被分成兩部分時，較大的角度約為 222.5° ，較小的角度約為 137.5° ，因此這個較小的角度就被稱為黃金角度。(2021，遠流出版。如圖 1) 在自然界中，例如花蕊周圍的花瓣排列，常可以觀察到接近 137.5° 的角度。植物的葉片生長方向也常以類似的角度依序展

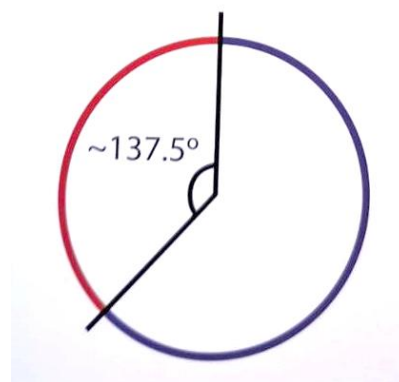


圖 1、黃金角的度數

開。一般認為，這樣的排列方式可以減少彼此遮擋，使植物更有效地接收陽光，提升光合作用效率，進而有利於整體生長。

(二) **馬鈴薯的芽點** 我們發現馬鈴薯表面有一點一點的小洞，那些就是芽點。只要把有芽點的部分種到土裡，它就會慢慢長出新的莖和葉子，最後變成一株新的馬鈴薯。我覺得很神奇的是，芽點不是亂長的，而是有順序地分布在表面，好像繞著它轉一圈一圈(如圖 2)(2011，阿簡的生物筆記)。這樣長出來的葉子比較不會擠在一起，也比較容易照到陽光，幫助它好好長大。

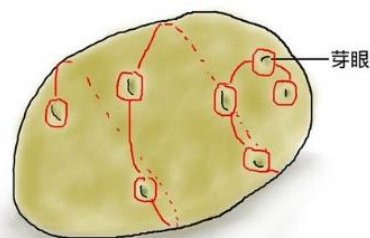
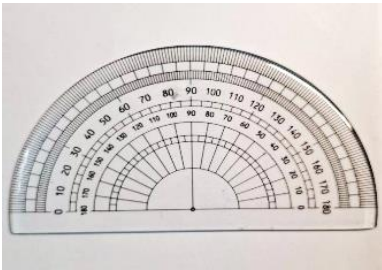


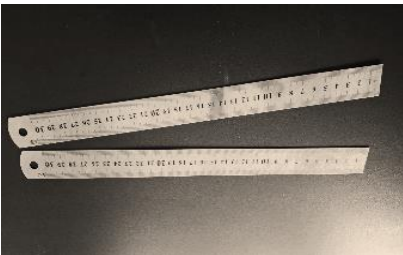
圖 2、馬鈴薯的芽眼可以相連變成螺旋狀

貳、研究設備及器材

本研究的材料與設備有: 馬鈴薯 (品種 A 與品種 B，各 3 顆)、量角器 (用來量芽點之間的角度)、直尺 (量測距離或輔助畫線)、大頭針 (延伸角度的始邊與終邊)、麥克筆 (在馬鈴薯上標記芽點)、記錄表格 (紀錄每一筆資料)、標籤貼紙 (標記每顆馬鈴薯編號)、拍照用平板或手機 (記錄每一顆馬鈴薯的芽點位置)、放大鏡 (方便觀察小芽點)、實驗托盤或塑膠盒 (擺放馬鈴薯)、電子計算機 (計算平均值與角度分析)。

表 1

馬鈴薯 (台灣) A	馬鈴薯(澳洲)B	量角器
		
大頭針	直尺、麥克筆	放大鏡

		
電子計算機	標籤貼紙	平板
		

參、研究過程與方法

一、實驗設計

這次實驗是在自然教室裡完成的。一開始我們把從市場買來的台灣馬鈴薯和澳洲馬鈴薯放在桌上觀察。老師問我們：「你們覺得不同產地的馬鈴薯，芽點排列會一樣嗎？」這句話讓我們開始思考，也決定把兩種產地做比較。我們各選三顆外觀完整、大小差不多的馬鈴薯，避免因為大小不同影響結果。老師提醒我們要控制變因，所以我們都在同一間教室、同樣光線下進行觀察與測量。

開始操作時，我們先利用放大鏡逐一確認每一個芽點的位置，並用麥克筆在芽點旁做小記號。老師提醒我們標記要清楚(如圖 3)，但不要畫得太大，以免影響後續判斷。接著在芽點旁插上大頭針，協助延伸角度的邊線，再使用量角器量測相鄰兩個芽點之間的角度。因為馬鈴薯表面呈弧形，量測時需要調整角度並互相確認數值。完成量測後，使用平板從上方拍攝照片，再次檢查芽點的相對位置與量測結果，確保資料正確無誤。

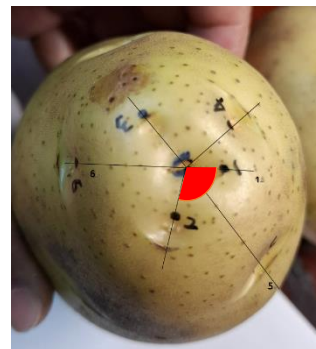


圖 3、兩芽點之間的角度示意圖

二、實驗步驟

步驟 1：編號與整理

首先我們先幫每顆馬鈴薯寫上標號，寫上 A1、A2、A3、B1、B2、B3，讓台灣和澳洲品種不會弄混(如圖 4)。老師提醒我們編號要貼在固定位置，記錄表也要用同樣編號，這樣後面整理數據時才不會對錯顆。完成後把馬鈴薯放在托盤上，準備進入觀察。



圖 4、樣品編號

步驟 2：找芽點並標記

接著我們用放大鏡仔細看馬鈴薯表面的小洞和小芽，確認哪些是芽點。找到芽點後，用麥克筆在旁邊點一個小記號，讓位置清楚但不會遮住芽點。(如圖 5)老師提醒我們不要畫太大，並且每顆馬鈴薯都要把芽點全部找齊，避免漏掉造成角度計算不準。



圖 5、芽點編號

步驟 3：選頂點與統一方向

在每顆馬鈴薯上，我們選定其中一個芽點當作起始點，並在記錄表上註明「起點芽」(如圖 6)。為了讓量測方式一致，我們全部都採用同一方向依序量測相鄰芽點。老師也提醒我們，起點一旦選定就不要更換，否則角度順序會亂掉，後面整理比較會不方便。



圖 6、找出起始芽點

步驟 4：量角度並記錄

量測時，我們用大頭針輔助延伸芽點連線的方向，再把量角器對準芽點中心來量角度。(如圖 7) 每量完相鄰兩個芽點的角度，就立刻寫進紀錄表，並標出是第幾個角度。因為馬鈴薯表面是弧形，我們會調整量角器位置並互相確認讀數，直到繞完一整圈。



圖 7、測量角度

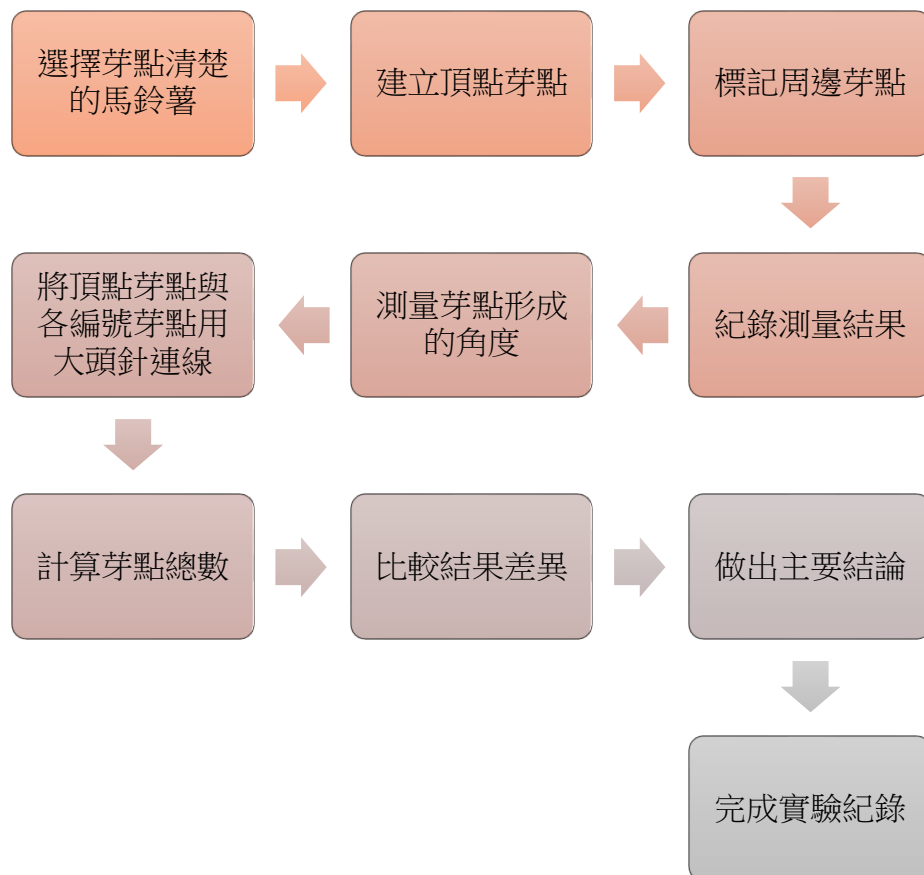
步驟 5：整理計算與統計

全部角度量完後，我們先確認紀錄表有沒有漏寫，再用計算機把角度加總並除以角度筆數，算出平均角度。接著統計這顆馬鈴薯的芽點總數，並把平均角度和 137.5° 做差值比較。最後把台灣與澳洲品種的結果整理在同一張表裡，方便後續分析差異。

四、實驗流程圖

本研究依照明確步驟進行觀察與測量，先挑選芽點清楚的馬鈴薯作為研究對象，建立頂點芽點並標記周圍芽點位置，再以大頭針連線並使用量角器測量相鄰芽點之間的角度。每完成一次量測就立即記錄數據，最後計算芽點總數與平均角度，並比較不同樣本間的差異，整理出排列規律。最後整理如下：

圖 8、研究流程圖



肆、研究結果

我們把兩種馬鈴薯分成 A 組和 B 組，每顆都先數清楚芽點有幾個，再用同樣的方法量相鄰芽點之間的角度。每量到一個角度就立刻記錄下來，最後把每顆馬鈴薯的角度算出平均，再把同一組的平均再算一次，方便比較兩組芽點角度分布有沒有不一樣，也看看角度會不會接近 137.5° 。

一、台灣品種馬鈴薯(A1、A2、A3)測量結果說明

A 組有 A1、A2、A3 三顆。A1 的芽點數是 13 個，我們量到的角度從 98° 到 165° 都有，裡面像 120° 、 150° 、 165° 、 158° 這些比較常出現，算出來平均角度是 131.6° 。A2 也是 13 個芽點，角度分布更分散，最小是 95° ，最大到 175° ，而且有幾個角度偏大（例如 168° 、 175° ），所以平均會比較高，最後平均是 137.5° 。A3 的芽點是 12 個，角度從 98° 到 170° ，像 160° 、 150° 、 170° 都有，平均是 136.3° 。把三顆的平均再合起來，A 組整體平均是 135.2° ，看起來大多集中在 130 多度。

表 1、馬鈴薯 A1、A2、A3 測量記錄表

研究對象	芽點數	角度 1	角度 2	角度 3	角度 4	角度 5	角度 6	角度 7	角度 8	角度 9	角度 10	角度 11	角度平均
A1	13	120°	150°	98°	165°	132°	142°	110°	158°	125°	147°	101°	131.6°
A2	13	95°	168°	130°	155°	112°	140°	175°	115°	160°	118°	145°	137.5°
A3	12	110°	160°	125°	150°	98°	170°	135°	145°	115°	155°	X	136.3°
A1、A2、A3 總平均													135.2°

二、澳洲品種馬鈴薯(B1、B2、B3)測量結果說明

B 組有 B1、B2、B3 三顆。B1 的芽點數是 13 個，角度從 90° 到 180° ，其中 180° 是最大值，其他像 165° 、 175° 、 160° 也偏大，但也有 90° 、 95° 這種比較小的，所以整體平均算起來是 135.45° 。B2 的芽點數是 11 個，角度最小 90° 、最大 170° ，中間像 155° 、 165° 、 145° 也有出現，平均是 134.56° 。B3 是 13 個芽點，角度從 90° 到 175° ，像 165° 、 175° 、 160° 這些角度出現，平均是 136.09° 。把三顆的平均再算一次，B 組整體平均是 135.37° 。我們發現 B 組三顆的平均很接近，都在 135° 附近，感覺這組的角度分布比較穩定。

表 2、馬鈴薯 B1、B2、B3 測量記錄表

研究對象	芽點數	角度 1	角度 2	角度 3	角度 4	角度 5	角度 6	角度 7	角度 8	角度 9	角度 10	角度 11	角度平均
B1	13	90	180	120	165	105	150	135	175	95	160	115	135.5
B2	11	106	170	120	155	90	165	130	145	130	X	X	134.6
B3	13	115	165	92	175	160	150	105	150	135	160	90	136.1
A1、A2、A3 總平均													135.4

伍、討論

一、實驗討論(馬鈴薯 A1、A2 及 A3)

這次實驗我們觀察 A1、A2 和 A3 三顆馬鈴薯的芽點角度，想看看它們之間有沒有固定規律，也比較三顆之間的差異，找出有沒有特別的排列方式。我們的討論如下：

(一) 角度集中在 $130^{\circ} \sim 145^{\circ}$ 區間

從 A1、A2 與 A3 的量測表可以看到，大部分角度數值集中在 $130^{\circ} \sim 145^{\circ}$ 之間。三顆馬鈴薯中，出現在這個區間的次數明顯最多，而小於 100° 或大於 180° 的數值只佔少數。若角度是隨機排列，理論上應該會平均分散在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 之間，但實際數據卻集中在特定範圍。顯示芽點排列是落在接近的角度區段。

(二) 三顆的變動範圍不同

比較 A1、A2 與 A3 的最大值與最小值，可以發現三顆的角度範圍不同。例如有的最大值超過 150° ，有的則多數停留在 140° 左右；最小值也有差距。從平均值來看，三顆的平均角度相近，但從數據分布來看，有的馬鈴薯角度比較集中，有的則分散較大。這表示三顆仍然有差異，從實際量測數字中可以清楚看出。

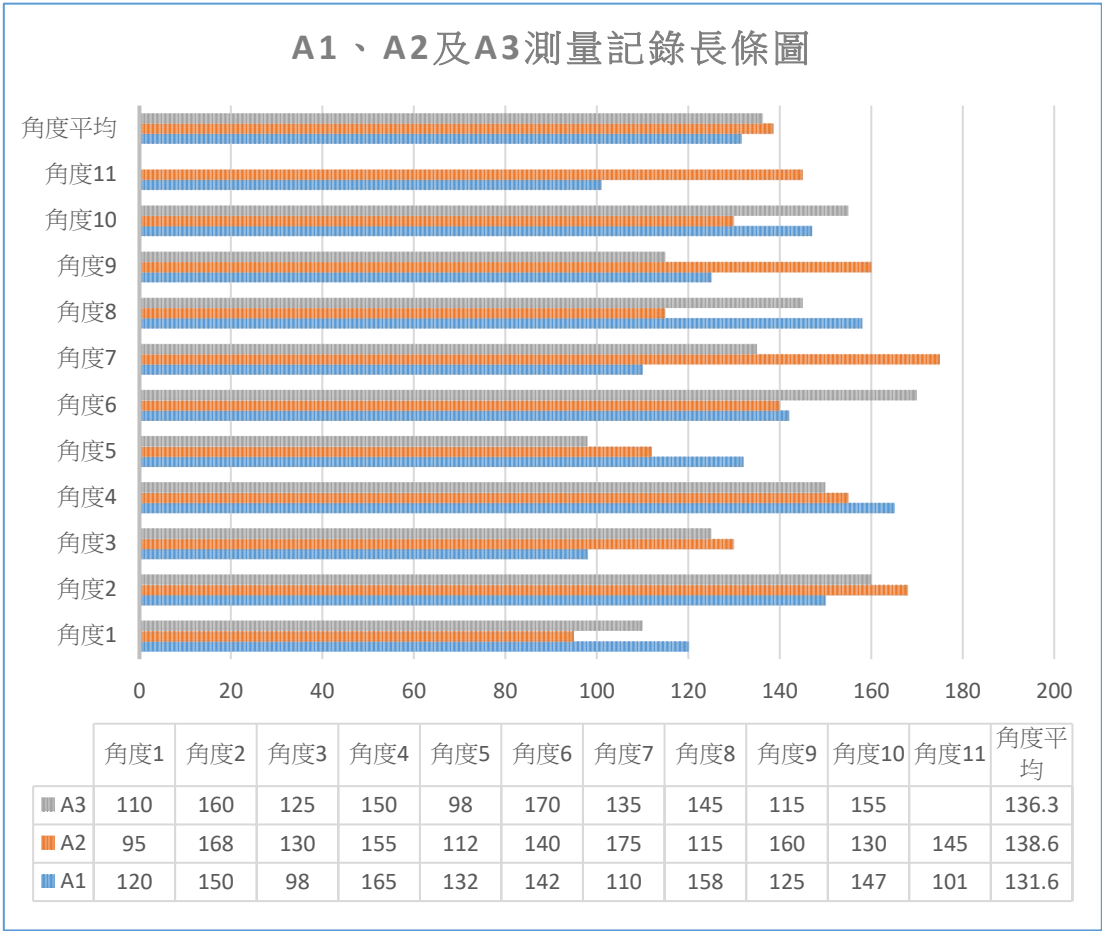
(三) 平均值與 137.5° 的差距

將三顆馬鈴薯的平均角度與 137.5°比較，可以看到平均值多落在 135°~140°之間，與 137.5°相差約 2°~3°。這樣的差距在量角器測量誤差範圍內。從數值上看，三顆的平均角度都接近 137.5°，而不是偏向 120°或 160°等其他區段。也就是說，數據顯示芽點角度分布與 137.5°相當接近，這是由計算平均值後直接得到的結果。

（四）芽點數量出現特定數字

在實際逐一計數後，A1 共有 13 個芽點，A2 也是 13 個，A3 則為 12 個。三顆之間的最大差距為 1 個芽點，數值非常接近。若以平均值計算： $(13 + 13 + 12) \div 3 = 12.67$ 個，約為 12~13 之間。三顆中有 2 顆完全相同，占三分之二；1 顆少 1 個，占三分之一。從數據分布來看，芽點數量集中在 12 與 13，沒有出現 10 以下或 15 以上的情況。13 本身是費波那契數列中的數字，而 12 與 13 僅差 1。

圖 9、A1、A2 及 A3 測量記錄長條圖



二、實驗討論(馬鈴薯 B1、B2 及 B3)

這次實驗我們挑選了 B1、B2 和 B3 三顆馬鈴薯，仔細量一量它們芽點之間的角度，想看看這些芽點是不是有固定的排列規律。我們也把三顆馬鈴薯的結果拿來互相比較，觀察它們之間有沒有差異，或是出現特別、有規則的排列方式。我們的討論如下：

(一) 角度分布呈現集中趨勢

從 B1、B2 與 B3 的角度數據來看，多數數值集中在 $120^{\circ}\sim 170^{\circ}$ 之間。三顆馬鈴薯都出現 150° 、 160° 、 165° 等角度，表示中高角度出現次數較多。 90° 附近的角度也有出現，但次數較少。B1 的角度範圍為 $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，B2 為 $90^{\circ}\sim 170^{\circ}$ ，B3 為 $90^{\circ}\sim 175^{\circ}$ ，三顆的最小值都落在 90° 左右，最大值都接近 180° 。雖然範圍相似，但從平均值來看，三顆都落在 $134^{\circ}\sim 136^{\circ}$ 之間，顯示角度分布有明顯集中區段。

(二) 三顆的平均值差距很小

B1 的平均角度為 135.5° ，B2 為 134.6° ，B3 為 136.1° 。三者之間最大差距為 $136.1^{\circ}-134.6^{\circ}=1.5^{\circ}$ 。也就是說，三顆平均角度的差距在 2° 以內。若再計算三顆的整體平均值為 135.4° ，可以看出三顆數值都圍繞在這個數字附近。雖然每顆的個別角度排列不同，但計算後的平均結果十分接近。

(三) 與 137.5° 的實際差距

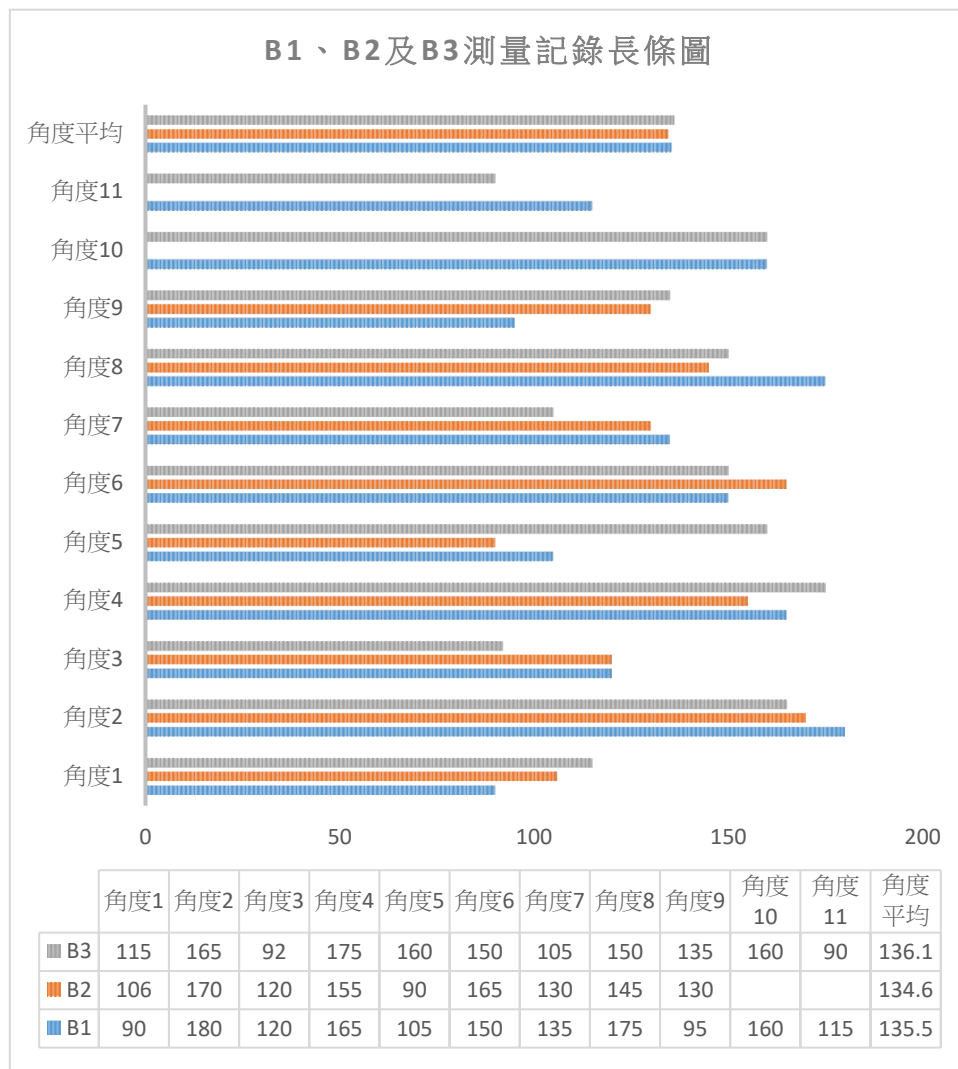
將三顆的平均角度與 137.5° 相比，可以看到 B1 相差 2.0° ，B2 相差 2.9° ，B3 相差 1.4° 。三顆都在 3° 以內。若考慮量角器讀值誤差約 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ ，這樣的差距屬於接近範圍。從數字比較來看，三顆平均值都比 137.5° 略低，但差距不大，而且都集中在 135° 左右。

(四) 芽點數量的實際比較

在芽點數量方面，B1 為 13 個，B2 為 11 個，B3 為 13 個。最大差距為 2 個芽點。三顆的平均芽點數為 $(13+11+13)\div 3=12.33$ 個。B1 與 B3 相同，占三分之二；B2 少 2 個，占三分

之一。13 是費波那契數列中的數字，而 11 則不屬於數列成員。從數據分布來看，芽點數量集中在 11~13 之間，沒有出現 8 或 15 等差距較大的數字。

圖 10、B1、B2 及 B3 測量記錄長條圖



陸、結論

在實際量測六顆馬鈴薯的芽點角度與數量後，我們發現結果比想像中更有趣，也有一點意外。原本以為植物芽點可能是隨機生長，但整理數據後，卻看到角度與數量都有集中現象。透過這次研究，我們對植物的排列方式有了新的發現。以下是我們的結論：

一、芽點角度都集中在差不多的範圍

從 A 組和 B 組共六顆馬鈴薯的數據來看，每顆的平均角度都在大約 135° 左右。B1 是 135.5° ，B2 是 134.6° ，B3 是 136.1° ，整體平均是 135.4° 。A 組也在接近的範圍內。表示不

同馬鈴薯之間，平均角度差距其實不大。

二、平均角度和 137.5° 很接近

把每顆的平均角度和 137.5° 比較，差距都在 3° 以內。六顆馬鈴薯的平均值都沒有偏離很多，而是集中在 $135^\circ \sim 136^\circ$ 之間。從數字來看，角度確實很接近 137.5° 。

三、芽點數量集中在 11~13 之間

A 組的芽點數是 13、13、12；B 組是 13、11、13。六顆當中有四顆是 13 個，占最多；另外兩顆是 11 和 12。整體看起來，芽點數量沒有差很多，而是集中在 11~13 之間。

四、整體數據呈現穩定情形

雖然每顆馬鈴薯的個別角度不同，但平均之後的數值很接近，芽點數量也落在差不多的範圍。從全部數據一起看，可以發現角度和數量都呈現穩定而接近的情況。

五、未來研究方向與改進建議

- (一) 本次研究樣本數共有六顆馬鈴薯，未來可以增加樣本數，讓數據更完整，也能比較不同品種或不同大小的差異。
- (二) 在測量方面，可以改用數位量角器或影像分析軟體，減少人工讀值誤差，讓角度更精確。另外，也可以觀察不同生長階段的芽點變化，看看是否會影響排列情形。
- (三) 在團隊合作方面，本次我們分工進行計數、量測與紀錄，未來可以設計更明確的角色分配，例如專門負責校對數據與再次確認角度，讓資料更準確。

柒、參考文獻

- 一、Meisner, G. B. (2021). *黃金比例的祕密：存在於藝術、設計與自然中的神聖數字* (李姪譯). 遠流出版事業股份有限公司。
- 二、南一書局。(2025)。*自然科學五年級上學期*。南一書局。
- 三、天下圖書。(2005)。*圖解生物辭典*。天下圖書。
- 四、阿簡。(2011 年 7 月 9 日)。螺旋狀的馬鈴薯芽。阿簡生物筆記。取自 <https://a-chien.blogspot.com/2011/07/120-0123330311313-52258338-1-1-2-3-5-8.html>