

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：這樣種，就很「空」~探討空心菜的空心情形

一、摘要：

空心菜是台灣的國民蔬菜，清脆又多汁，有旱地、水耕等不同種植方式。莖內空心的型態與食用口感，引起了我們探究的興趣。由種子開始種植，發現不僅上胚軸(莖)呈空心狀，發芽後出土的下胚軸及葉柄部份皆為空心。空心的比例，在莖上的不同位置大致相同，且隨生長逐漸變大。不同的種植方式比較，以水耕的空心比例相對較大(46.05%)，土耕及水田耕則未達顯著差異。食用口感方面，單位長度的含水量以水耕較多(0.004gw/mm)；利用自製脆度測量器，測出水田耕的脆度較大，承重 2.3gw 即破裂。水耕的空心比例較大，而水田耕的脆度則較好，顯示脆度與空心程度可能無關，提供種植空心菜的相關參考。

二、探究題目與動機



圖 1 常見的日常料理~炒空心菜

學校的營養午餐，出現了炒空心菜這道好吃的料理，多汁又清脆的口感讓人回味無窮，吃著吃著，突然腦海出現了一個疑問，空心菜為什麼是空心的呢？查了一下相關資料，指出空心菜的空心可能和水生環境有關，為了增加浮力、爭取陽光，除此之外的資料不多。

這令我們更感到好奇，這個常見的日常料理，除了清脆的莖是空心的之外，還有哪些部位是空心的呢？此外，空心的情形是不是從幼苗就開始出現，或是成熟之後才慢慢出現的呢？而網路資料也顯示，台灣目前種植空心菜主要有旱地、水耕等方式，我們很想知道，不同種植條件下的空心菜，空心的情形又會是如何？空心菜成為日常料理的特色之一，就是具有絕佳的口感，而這種清脆多汁的特色會與空心程度有所關聯嗎？為了解決這個餐桌上常見菜色的一系列疑問，我們決定由種子開始自行種植，並且試著找出不同種植環境下(土耕、水耕、水田耕)的空心比例，最後，我們自製了脆度測量器，嘗試找出不同環境下的「空心」與「脆度」關聯。

三、探究目的與假設

空心菜是台灣家庭或餐廳常見的蔬菜，多汁清脆的口感為主要特色。為了解空心的情形，我們由種子開始自行種植，觀察「空心」在什麼時候開始出現，而空心的部位只有常吃到的莖嗎？接著，我們想要知道的是能以水耕或土耕種植的空心菜，空心的差異會有不同嗎？吃起來的口感(清脆、多汁)會有所差異嗎？以下就是我們針對這些疑問與假設的探究目的：



圖 2 空心菜的莖呈現空心狀

- 一、觀察空心菜的空心情形
- 二、假設不同種植條件(土耕、水田耕、水耕)的空心菜空心比例不同
- 三、假設不同種植條件之空心菜口感(脆度、含水量)不同

四、探究方法與驗證步驟

步驟一：觀察空心菜的空心情形

1. **背景資料：**空心菜因莖部中空而得名，屬旋花科，可水耕也可土耕。台灣常見的空心菜，多屬旱地種植，以嘉義、雲林為主；水耕以礁溪的溫泉空心菜最有名。
2. **種植條件：**將種子(圖 3)，放入育苗盆，土壤為黑土及培養土(1：2)混合，置於室外溫室內，自然光源照射。不同種植條件，依水量分為水耕、水田耕(水淹過土)、土耕。

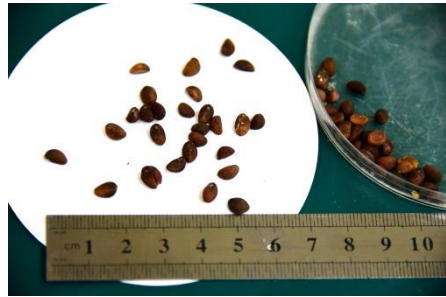


圖 3 浸泡水後的空心菜種子

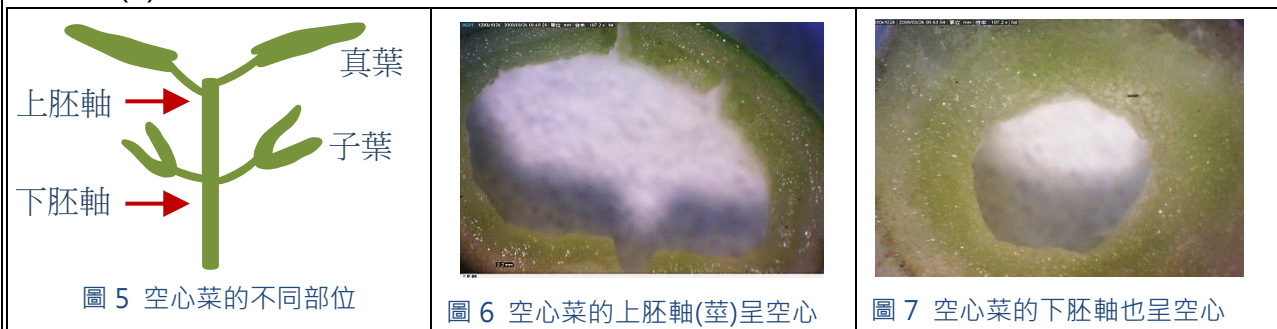


圖 4 戶外溫室生長的幼苗

3. 空心情形的觀察

空心菜的名稱，源自於莖的空心，我們很好奇空心是從小開始嗎？還是生長至某個階段呢？此外，除了莖之外，還有哪些部位出現了空心的情形？我們由發芽後開始觀察。

(1) 將生長至第二片葉的幼苗，橫切不同部位，以解剖顯微鏡進行觀察，結果如下：



觀察結果，空心菜的上胚軸(莖)出現空心狀態(圖 6)，這也是一般認知的空心菜的空心部位。但觀察下胚軸(圖 7)時發現也呈空心情形，不禁令人感到疑問，這是因為當生長至真葉，下胚軸部份才慢慢出現空心，或是出土時下胚軸即呈空心呢？

(2) 將生長至子葉之前的幼苗(圖 8)，橫切下胚軸及葉柄進行觀察。



是否從小生長就出現空心呢？觀察發現自從「出土」之後，即呈現空心，不論是下胚軸或是子葉的葉柄(圖 10)，皆呈現空心情形。值得一提的是，我們發現甚至根部也出現空心情形。這個部份的研究，**發現空心菜從子葉出土後，不論是莖或是葉柄，皆出現空心的情形。**

步驟二：假設不同種植條件的空心菜空心比例不同

上個步驟的觀察結果，得知空心菜自出土開始，即出現空心，接著進一步探討空心與種植條件關聯。台灣空心菜有旱地、水耕兩種種植方式，我們想知道，**不同種植條件的空心菜，會有不同的空心比例嗎？**這個部分，我們先定義空心比例以及探討橫切的位置，接著探討旱地、水耕的差異，並加入了介於土耕與水耕之間的「水田耕」做為比較，以了解空心程度上的差異。

1. 橫切位置的空心比例比較

為了解「莖」內的空心情形，首先將莖(子葉節點至第一片真葉節點)分為如圖 11 的不同區段，接著橫切後以 IMAGE 軟體(圖 13)計算空心比例(**空心區域面積 / 莖的截面積**)

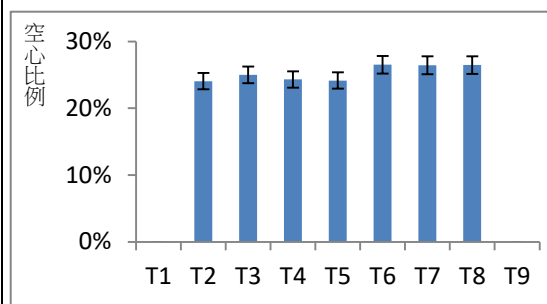
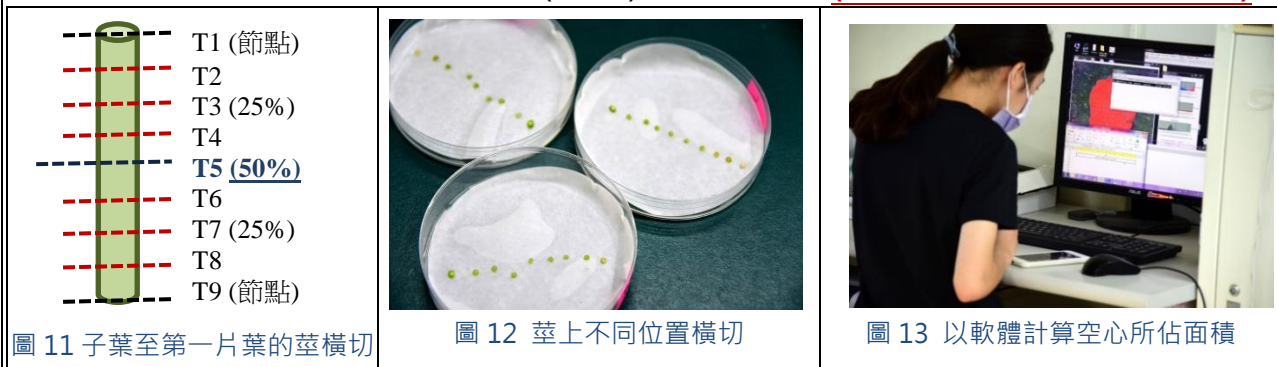


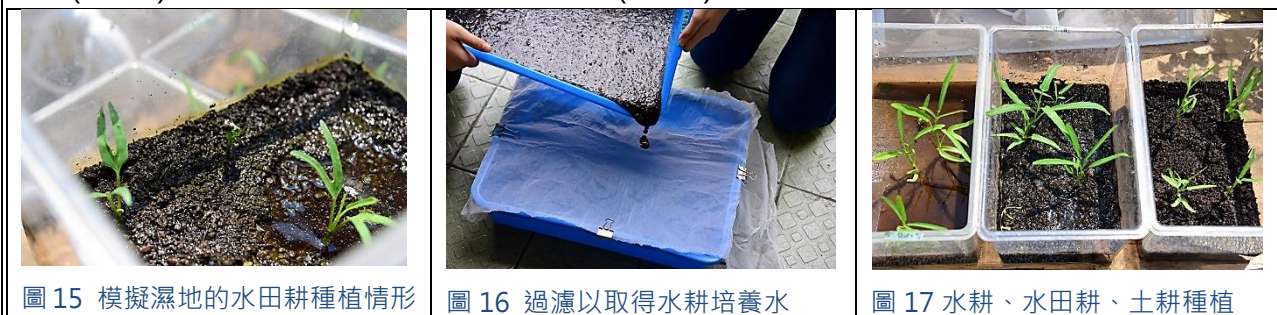
圖 14 莖的不同區域，橫切之空心比例比較

橫切的空心結果，T1 及 T9 分別為莖的兩端節點，皆為實心構造，將 T2~T9 每隔 12.5% 進行橫切，發現空心所佔截面積比大致介於 24~26% 之間，未達顯著差異($p > 0.05$)，**表示莖內空心所佔的比例，在不同位置大致相同**，因此接下來的空心橫切位置，我們採用 T3(25% 莖長位置)、T5(50%)、T7(75%) 這三個位置的平均進行比較。

2. 不同種植條件下的空心比例差異

台灣種植空心菜，大致區分為水耕、旱地(土耕)，吃起來的口感不甚相同。這個部份，我們假設不同種植條件下的空心比例有所差異，此外，為了比較種植環境的水含量對空心程度的影響，我們模擬了濕地的狀態，設立水田耕。

(1) **不同種植條件**：以排水集氣箱進行種植觀察。土耕~將浸水後的種子，直接種植於培養土；水田耕~將種子置入模擬濕地環境，加水淹至培養土表面(圖 15)；水耕~為方便控制變因，取得培養土中含有的營養物質，將約 2 倍的水加入培養土中，待 1 小時後過濾取得水耕用水(圖 16)，並將種子放入水耕用培養棉內(圖 16)。



(2) 不同種植環境之空心比較(生長時間相同)

設定不同種植環境後，我們將生長至同一時間(21 天)植株採集，取子葉至第一片真葉間的莖進行比較，橫切點(圖 11)為 T3、T5、T7 三個區域的空心比例平均值，結果如下：

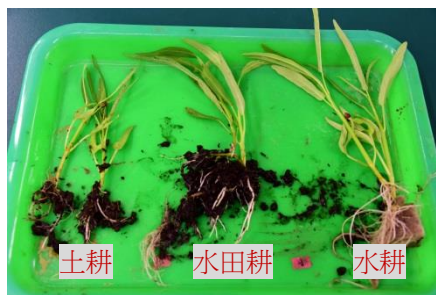


圖 18 生長至第 21 天之植株比較

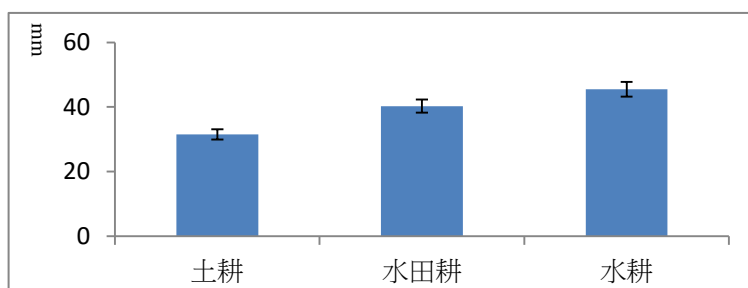


圖 19 生長至第 21 天之莖長比較

生長至第 21 天之空心菜(水耕及水田耕均生長至第四片葉)，由外觀型態上來看(圖 18)，水耕的植株明顯生長較快，而土耕則較慢，測量區域的莖長(圖 19)，也以水耕相對較長(45.48mm)，而土耕則較短。顯示水耕種植環境下，空心菜的生長較快，而土耕則較慢。

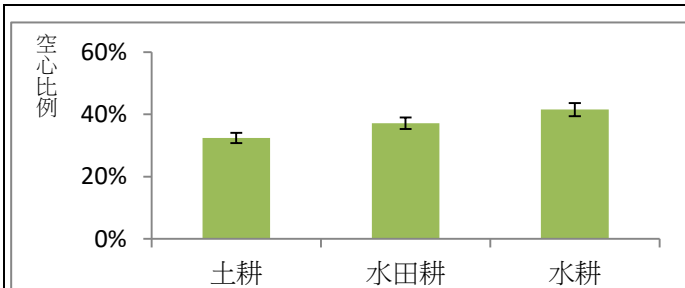


圖 20 生長至同一時間(21 天)，不同種植環境之空心比例

水耕空心比例最大(41.51%)，土耕空心比例則最小(32.42%)。但由於此時的生長速率不同，空心的差異會是因為生長速率不同而造成的嗎？為了進一步確認種植條件對空心的影響情形，採集了土耕生長至同一階段(第四片葉)的空心菜比較。

(3) 生長至同一葉片數(第四片葉)，不同種植環境之空心比較

分別採集三種不同種植環境下，生長至第四片葉的空心菜，比較結果如下：

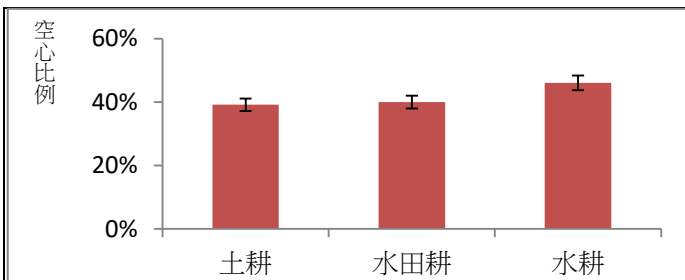


圖 21 生長至同一葉片數(第四片葉)，空心比例比較

與圖 20 比較，土耕的空心程度有變大趨勢，顯示生長速率可能影響空心程度，長得較慢，空心程度較小。當生長至同一葉片數目時，仍以水耕的空心比例最大，而水田耕與土耕之空心差異，未達顯著差異($p=0.202$)。

由橫切結果來看，符合這個部份的假設，也就是不同種植條件下的空心菜比例不同，當生長至同一葉片數時，水耕的空心程度相對較大。



圖 22 土耕之莖橫切(長至第四片)



圖 23 水田耕莖橫切(長至第四片)



圖 24 水耕莖橫切(長至第四片)

步驟三：假設不同種植條件之空心菜口感不同

上個探究步驟，了解當生長至同一葉片時，不同的種植條件會影響空心的程度，接著，我們就在思考，那不同的空心程度，會不會影響不同的食用口感呢？空心菜的口感，以清脆、多汁為主，我們針對不同種植方式的植株，比較這兩項口感。

1. 不同種植方式之脆度比較

(1) **脆度測量器**：空心菜的莖「脆度」部份，查閱資料顯示，所謂的脆度是指食物表面破裂狀態。網路上有許多不同的方式可用來測量，例如豆芽的脆度~施力游標尺夾豆芽兩側，以夾斷瞬間的長度換算為脆度；用量角器看折斷角度以換算脆度。為了呈現口感上的脆度，我們想以重量來換算脆度，愈小的重量使莖表面破碎，則表示脆度愈大，因此自製了脆度測試器，以鐵尺模擬牙齒(圖 25)，並將裝置放於針筒內(圖 26)，使力道平穩均勻，於針筒上端置燒杯，慢慢滴水至空心菜的莖破裂為止(圖 27)，記錄此時的水重並換算成脆度以比較。

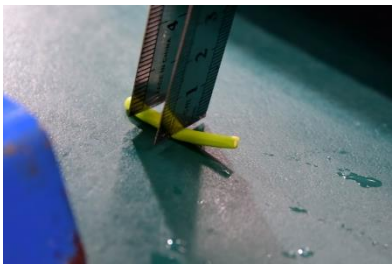


圖 25 以鐵尺模擬牙齒

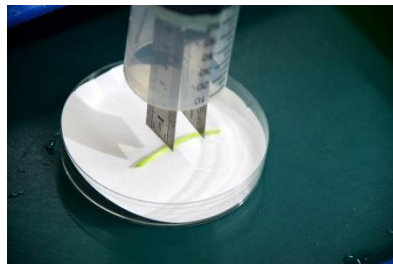


圖 26 置於針筒內平穩下降



圖 27 以莖破裂時的水重換算脆度

(2) 不同種植方式之脆度結果

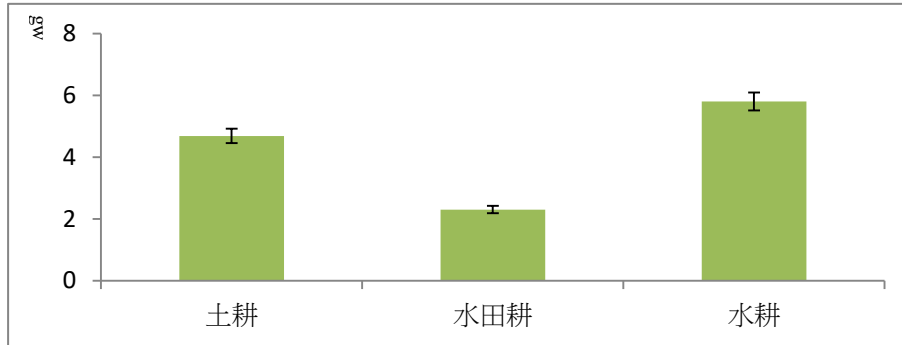


圖 28 不同種植條件之脆度測量結果

不同種植條件下的脆度結果，若愈小的水重，即能造成表面的碎裂，則表示脆度越高。水田耕的脆度相對較大，僅需以約 2.3gw 的水量，就能造成莖表面的碎裂；水耕的莖需以較大的力道才能壓碎表面(5.8gw)，土耕與水耕在脆度上未達顯著差異。

脆度的結果與空心程度相比較(圖 21)，較不一致，空心程度上，以水耕的空心比例相對較大，而脆度上則以水田耕較大。原本假設空心程度愈高，會有脆度愈大的現象，也就是較佳的口感，但實驗結果顯示，影響脆度的原因，可能不是以空心程度為主，尚有其它因素，例如細胞壁的硬度、果膠含量等等。

2. 不同種植方式之含水量比較

上個探究中，了解空心程度與脆度似乎相關性不高，接著進行影響空心菜食用的另一個重要口感~含水量的測定。

(1) 含水量測定方式：含水量的部份，我們同樣也針對莖來測量，因此將葉子及葉柄去除，僅針對不同種植方式的莖進行含水量測量，以烘箱進行烘乾(圖 30)，比較莖內水量差異。

(2) 不同種植方式含水量測定

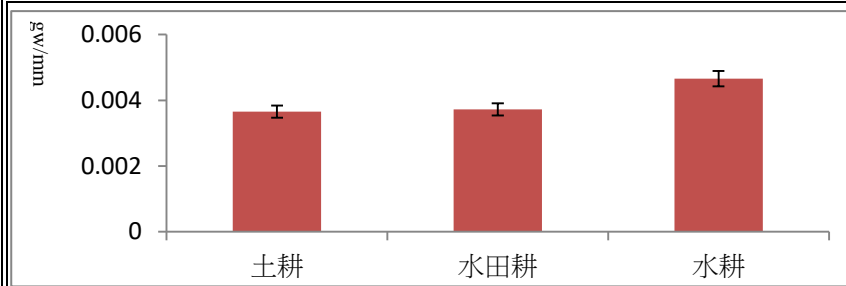


圖 29 不同種植方式之含水量比較 (單位長度之含水量)



圖 30 將烘乾後莖稱重比較含水量

含水量比較上，水耕的單位長度含水量最多(0.004gw/mm)，而土耕及水田耕的含水量則差異不大($p=0.63$)，這與圖 20 的不同種植條件之空心程度相似，皆以水耕較佳。

五、結論與生活應用

空心菜，就如同名字一般，是莖為空心的蔬菜，其中也有許多不同的種植方式。大多種植的方式為土耕和水耕，而礁溪用溫泉種出來的空心菜更是讓人印象深刻。這不禁讓我們有個疑問在不同種植環境下所種植出來的空心菜空心程度以及吃起來的口感會不會有差呢？我們分別模擬了三個不同生長環境，種植並進行觀察。以下是我們在這一系列探究中的結論：

1. 空心菜幼苗從子葉出土後，不論是莖或是葉柄，皆出現空心情形。
2. 莖內空心所佔比例，在不同位置大致相同，隨著生長，空心比例變大(圖 21)。
3. 不同種植條件下的空心菜比例不同，當生長至同一時間時，水耕生長較快、空心程度較大，土耕則較慢、較小；當生長至同一葉片數時，水耕的空心程度相對較大(46.05%)。
4. 以自製脆度測量器，比較不同種植環境之脆度，以水田耕脆度最大(承重 2.3gw 即破裂)。
5. 水耕空心比例最大，水田耕脆度較大，所以影響脆度原因，可能不是以空心程度為主。
6. 含水量上，以單位長度的水耕最多，而土耕及水田耕的差異不大。



圖 31 水田耕種植的較清脆

在數個月的種植及系列探究過程裡，不僅對這個國民蔬菜有了更多的了解，在營養午餐時也介紹同學所吃的空心菜的空心與口感關聯，同學也感到十分的有趣。雖然目前的探究結果是空心程度與脆度似乎關聯不大，但更引起我們想進一步探討影響脆度的原因。

這系列探究的結果，希望能提供種植時的參考，較為多汁口感的，以水耕條件種植相對較好；較為清脆口感的，則以水田耕種植較佳；多汁又清脆口感的則可選擇水耕種植。不同種植條件下所造成的微妙型態差異與食用口感，令人感到新奇，期待這個剛起步的探究，能有機會延續，也提供給相關的農業研究單位一個參考。

參考資料

1. 農業知識入口網，農業知識家：空心菜種植
2. 有機農業全球知識網：綠色精靈，空心菜
3. 產銷履歷農產品資訊網：空心菜小百科、產地