

# 【2023 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：省了水就很「黏」，探討皇宮菜在不同種植條件下的黏性與營養價值比較

### 一、摘要：

口感特別黏稠的皇宮菜，明顯和一般蔬菜不同，具有營養豐富的黏液，這也讓我們產生濃厚的好奇心，從而進行一系列的探索，初步發現市售皇宮菜的莖與葉皆有黏液，且莖部的黏度大。我們從種子開始栽種皇宮菜，發現其種子幾乎沒有黏性，發芽後的子葉至開花結果，皆有黏液存在，且幼苗較成熟莖葉的黏度高；皇宮菜的內部，子葉及第一片葉皆有圓形特殊構造。此特殊構造所佔的面積，由葉尖至葉基逐漸變大，與黏度變大趨勢符合，推測可能和黏液有所關聯，或為其黏性物質的儲存裝置。以自製的黏性測試器，測量出 1/2 供水的組別以及外加 1.5%鈣離子的組別，黏度較大且具有更好的抗氧化酵素活性。因此，中度乾旱的種植條件，不僅能省水，也讓皇宮菜生長較好，同時更黏也更營養。

### 二、探究題目與動機



圖 1 口感特別的蔬菜~皇宮菜

營養午餐出現的青菜，口感令人覺得特別，黏稠黏稠的與一般青菜有很大的差異，查菜單後才知道這是「皇宮菜」。由網路得知屬於落葵科的皇宮菜，是一種高鈣的蔬菜，其中的黏液更是具有抗氧化及抑制發炎等等的功能，屬於高營養的蔬菜，但是營養之外的資料則較少提及。

皇宮菜的黏，引發了我們高度的興趣。菜市場買的皇宮菜是收成的莖、葉部份，那麼幼苗、種子有黏液嗎？接著，微觀來看，葉內有什麼構造與黏液有關呢？黏液對人體很健康，那對皇宮菜本身有什麼意義，資料顯示，皇宮菜是抗逆很強的作物，尤其抗旱能力，我們推測黏液可能與抗旱有關，因此假設乾旱的環境會增加黏液的黏性，也會改變抗氧化的營養價值，橫切觀察內部發現有大量的鈣結晶，就令人聯想到，添加鈣離子能不能對黏液與營養價值產生改變。我們藉由自製黏性測試的相關器材，由種植開始一步步探究與黏液相關的疑問，並期待能藉由改變種植條件增加黏度與營養。

### 三、探究目的與假設

黏呼呼的皇宮菜，是大家對這種蔬菜的共同印象。皇宮菜具有相當豐富的營養，其中黏液扮演重要的角色。為了解黏液的相關疑問，首先利用自製器材測量黏液在哪裡，並由種子種植以釐清黏液何時出現，也橫切觀察內部是否有相關構造，最後我們推測黏液與皇宮菜的抗逆有關，因此做了有趣的假設，營造種植的逆境來了解黏性是否有所增加。以下是我們的探究目的與假設：

- 一、探討市售皇宮菜哪裡有黏液
- 二、什麼時候開始有黏液
- 三、假設葉內具有與黏液相關的構造
- 四、假設改變種植條件能讓皇宮菜更黏更營養



圖 2 皇宮菜的特殊構造



圖 3 黏液

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 步驟一：市售皇宮菜哪裡有黏液

皇宮菜(*Ceylon spinach*)屬於落葵科，具有水溶性的黏液，名稱可能與皇室種植與食用有關。台灣種植區域以雲林縣及嘉義縣種植最多，全年均為產季，耐熱、耐旱與耐病蟲害。



圖 4 皇宮菜的黏液在哪？

皇宮菜的水溶性黏液具有「牽絲」(圖 3)的性質，我們自製簡易的牽絲距離測定(圖 5)，將市售皇宮菜的莖、葉各取 0.5g，加入 10ml 水研磨，再定量滴至測量器，以電子游標尺量牽絲距離並取平均。為了確認皇宮菜的葉汁具有黏性，也比較了只有滴水的組別及控制組(菠菜)。



圖 5 自製複式顯微鏡牽絲距離測量

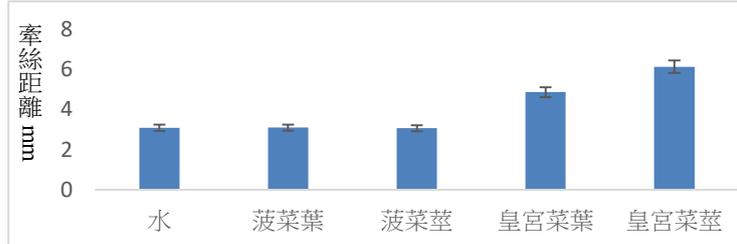


圖 6 不同蔬菜的部位汁液，黏性牽絲距離比較 (三重覆平均)

探究結果顯示，皇宮菜的葉及莖的牽絲距離較長(分別為 4.8、6.1mm)，具有較多黏性物質的存在，而菠菜的葉、莖的牽絲距離則與水的結果相似，不太具有黏性。

在了解市售皇宮菜的葉及莖皆有黏液之後，我們想進一步探究這些黏液究竟是在什麼階段產生的呢？是否種子本身就有，還是要生長到一定階段？

##### 步驟二：什麼時候開始有黏液

我們由種子開始種植，調查不同時期的牽絲黏性狀態，分別為種子、下胚軸、子葉、上胚軸(莖)、第一片葉(真葉)等，另外，也持續種植至開花、結果，也一併比較黏性狀態。



圖 7 皇宮菜的種子



圖 8 生長至子葉的皇宮菜



圖 9 皇宮菜的花及果實

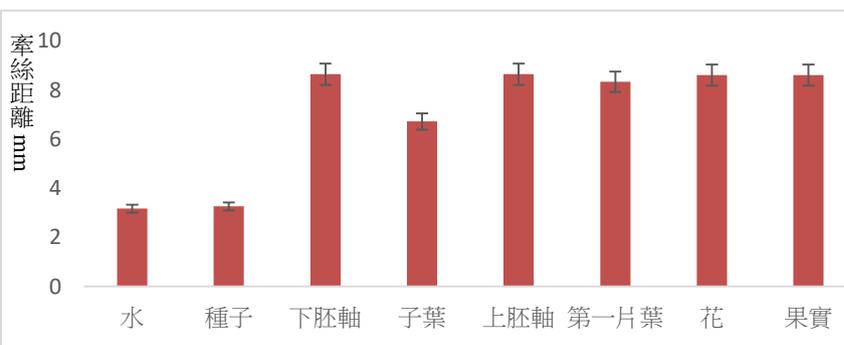


圖 10 不同生長階段的皇宮菜，黏性牽絲距離比較(三重覆平均)

比較的結果，皇宮菜的各生長階段，除了種子之外，皆有黏性存在，另外值得一提的是與市售皇宮菜比較(圖 6)，幼苗時期的黏性牽絲距離皆較成熟(較大片)的莖葉大，顯示幼苗可能具有較黏的黏液。

### 步驟三：假設葉內具有與黏液相關的構造

皇宮菜長至子葉時即具有黏液，且幼苗時的黏性較大，在葉內是否有與黏液相關的構造呢？這個部份，我們橫切子葉及第一片葉，在顯微鏡下探究是否有相關構造。

#### 1. 葉內構造的觀察

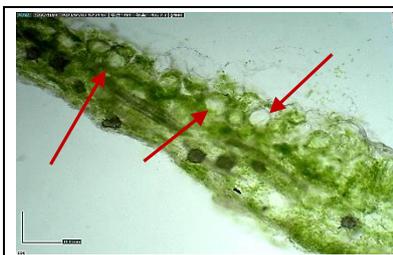


圖 11 子葉橫切的特殊構造

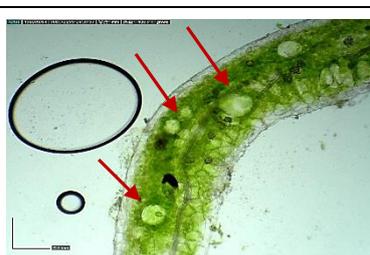


圖 12 第一對葉內的特殊構造

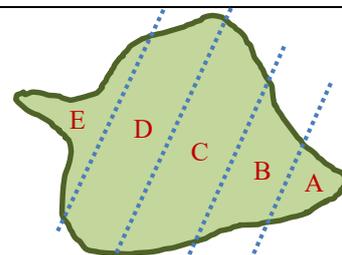


圖 13 將葉子分為五區

觀察結果發現，子葉及第一對葉皆有「特殊的圓形」構造(圖 12)，這些構造在葉子不同區域似乎佔有的比例也不同，這些構造的面積愈大，該區域的葉子會較黏嗎？

#### 2. 特殊的構造，與黏液有關嗎？

由探究一及二的結果(莖較葉黏性大)，我們假設愈接近葉基，也就是愈接近莖的位置，黏性牽絲的距離可能愈長，黏性也愈大，而特殊構造所佔的比例也可能愈大，面積所佔的比例(面佔比)變大，黏性也變大，可能就說明了這些特殊構造與黏液有所關聯。

為了探討面佔比與黏性的關聯，我們將葉子分為五區(圖 13)，分別取 A(葉尖)、C(葉中)、E(葉基)，橫切計算面積(利用顯微攝影軟體)，並定量加水，一併探討子葉及第一片葉，在不同區域的面佔比與黏性牽絲距離。

註：單位視野(100x)，特殊構造的面佔比~ 特殊構造面積 / 橫切面積

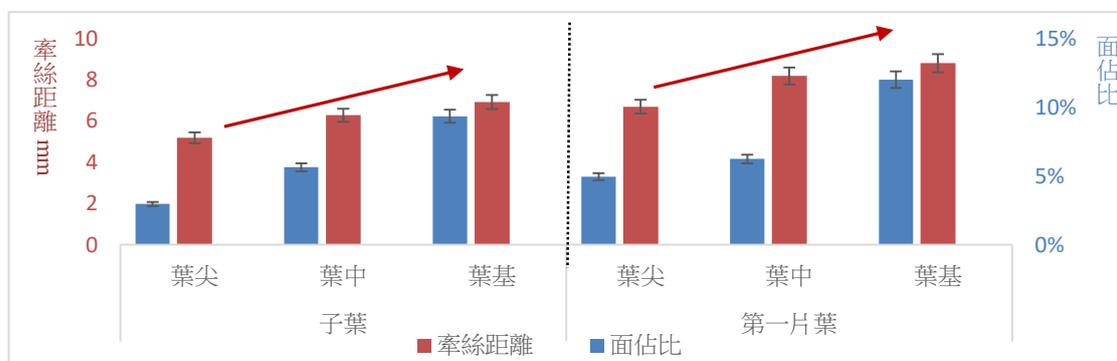


圖 14 子葉及第一片葉，不同區域的特殊構造面佔比與黏性距離比較

在面佔比方面，第一片葉的葉中及葉基差距不大，但整體而言，子葉或是第一片葉，都是由葉尖向葉基，面佔比逐漸變大；黏性牽絲距離方面，不論是子葉或是第一對葉，皆有從葉尖至葉基逐漸變黏趨勢。綜合來看，面佔比愈大，黏性似乎也愈大，由這個結果符合我們的假設，也就是說這個特殊的構造，可能與黏液有關。

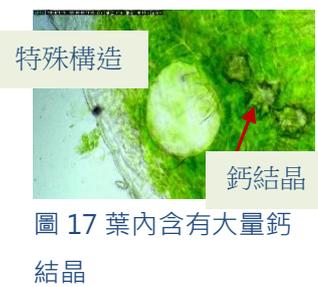
愈接近葉的基部，面佔比及黏性都變大，那麼葉柄及莖內是否有同樣的特殊構造呢？嘗試切開第一片葉的葉柄及莖，具有大量的薄壁組織(圖 15)，在形狀上與葉內的特殊構造類似，但無法確認是否是相同的構造，可能有待進一步確認。



圖 15 葉柄的橫切組織

## 步驟四：假設改變種植條件能讓皇宮菜更黏更營養

皇宮菜的黏液，具有豐富鈣離子與抗氧化能力。黏液對於皇宮菜，可能與抵抗逆境有關，那麼乾旱環境會不會刺激黏液改變呢？在探究三，除了發現特殊構造之外，也發現為數不少的鈣結晶(圖 17)，這些鈣離子會與黏液有關嗎？這個部分，我們試著改變種植條件~利用乾旱逆境的刺激及添加鈣離子，看是否能增加黏性及營養成份。



### 1. 黏性及抗氧化測定方式

#### (1) 更黏的測定~自製黏性測試器

在之前的黏性測試，待測對象是較小的組織，利用牽絲方式來測定。接下來，想要了解不同條件下「整株」黏滯情形，參考黏性的相關報告，利用積木製作黏性測試器(圖 18)。將待測液(圖 19)置入圓桶，記錄砝碼落下固定距離的時間，進行黏滯的比較，當砝碼落下時間愈久，則表示圓桶內的液體黏性愈高。



圖 18 自製黏性測試器

#### (2) 更營養的測定~抗氧化酵素的活性

關於皇宮菜營養的部分，我們利用「抗氧化酵素」的活性大小，來作為抗氧化能力的指標。將不同條件下的皇宮菜磨碎，以圓形濾紙(圖 20)沾取，置入固定高度的雙氧水杯底，此時抗氧化酵素(過氧化氫酶)會與雙氧水反應，產生的氧氣使得紙片浮起(圖 21)，計算浮起來的時間比較抗氧化酵素活性，當浮起的时间愈短，表示抗氧化酵素的活性愈好。



圖 19 不同條件的皇宮菜黏液



圖 20 打洞機取得相同面積紙片



圖 21 抗氧化酵素活性測定

### 2. 乾旱缺水，能增加黏性及抗氧化酵素活性？

(1) 乾旱條件設定：設定正常供水(每日 20ml)、1/2 供水(中度乾旱)、無供水(嚴重乾旱)

選長出子葉植株，Day7、14、21 記錄生長、黏性及抗氧化酵素活性。

#### (2) 乾旱缺水的生長情形比較

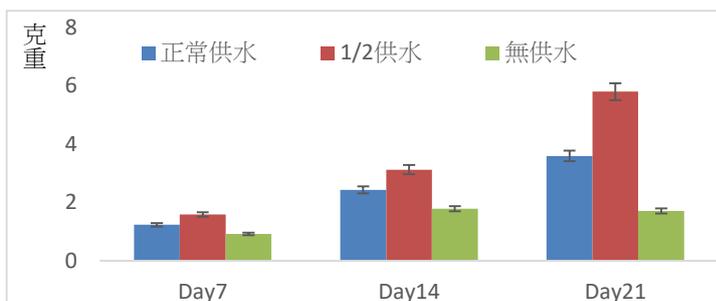


圖 22 不同乾旱情形，莖葉質量比較

缺水乾旱對黏液的探究上，首先要了解的是，乾旱逆境的營造會造成生長不好嗎？結果發現在 1/2 供水條件下，生長情形較好(圖 24、25)，另外無供水呈現枯萎情形。顯示供水較少情形，不影響生長，反而能刺激皇宮菜生長。



圖 23 不同乾旱條件的探究



圖 24 Day14 生長情形比較



圖 25 Day21 生長情形比較

### (3) 乾旱下的黏性及抗氧化酵素活性

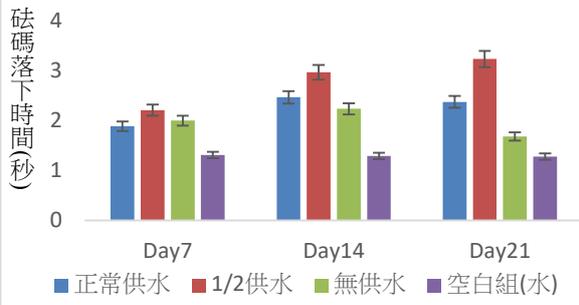


圖 26 不同乾旱條件下，黏性程度比較

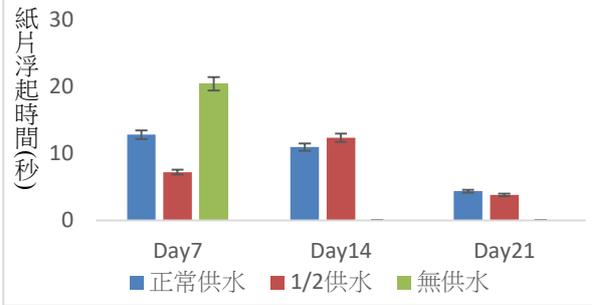


圖 27 Day 不同乾旱條件，抗氧化活性比較

註：黏性程度，落下時間愈長，表示愈黏；抗氧化活性，浮起時間愈少，活性愈好。

適度缺水的環境，反而會刺激皇宮菜的生長(圖 22)，在黏性與抗氧化活性的比較上，似乎也有類似的現象，1/2 供水的組別，在整株黏性以及抗氧化活性方面皆較好。此外，Day14、21 的無供水組別，抗氧化酵素活性降到極低，約超過 180 秒才浮起。

### 3. 添加營養~鈣，能增加黏性及抗氧化酵素活性？

(1) 添加條件：設定無添加、1.5%鈣(氯化鈣)、3%鈣，另外並設立減鈣組(EDTA0.5%、1%)  
選長出子葉植株，每日添加 20ml，記錄 Day7 生長及黏性、抗氧化活性等

(2) 添加鈣離子的生長情形比較

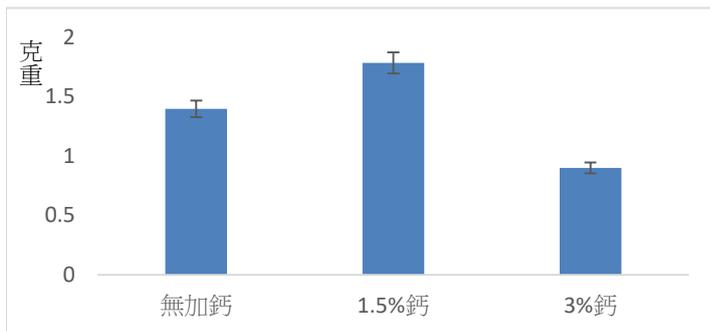


圖 28 添加鈣肥，莖葉質量比較

額外添加鈣離子的探究結果，如同預期般，作為營養肥料的鈣離子，能促進皇宮菜生長，1.5%的組別明顯較對照組好，3%鈣離子的組別反而抑制生長，可能與濃度過高有關。另外，減鈣組的生長明顯不良(圖 31)，甚至枯萎。



圖 29 添加鈣離子組的生長



圖 30 減鈣組別(EDTA)比較



圖 31 減鈣及加鈣組比較

### (3) 添加鈣離子的黏性及抗氧化酵素活性

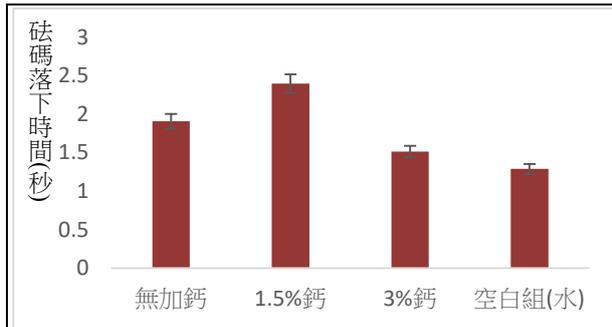


圖 32 添加不同濃度鈣離子，黏性程度比較

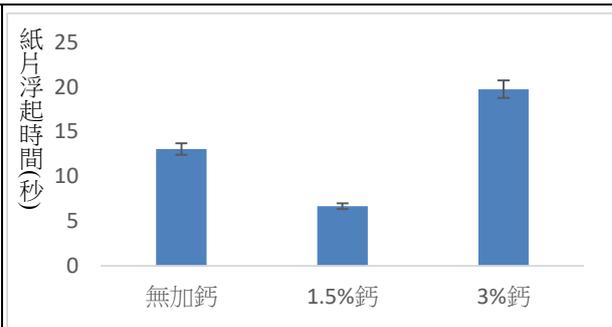


圖 33 添加不同濃度鈣離子，抗氧化活性比較

註：黏性程度，落下時間愈長，表示愈黏；抗氧化活性，浮起時間愈少，活性愈好。

添加鈣離子的組別，不論是黏性程度或是抗氧化活性，都可觀察出以 1.5%的組別明顯較另外組別好，這也與生長情形的結果大致符合(圖 28)，3%的加鈣組別在黏性程度上，接近空白組(水)的黏性，抗氧化活性也下降許多，顯示過量添加反而抑制生長。

綜合以上兩個改變種植條件的結果(減量供水、添加鈣離子)，皆能增加皇宮菜的黏性、抗氧化能力，在生長情形上，也呈現一定的相關，生長好，黏性及抗氧化活性也較好。

#### 五、結論與生活應用

偶然在學校吃到的皇宮菜，特別的黏稠口感開啟了我們的探究之旅，這些黏液究竟對皇宮菜本身具有什麼樣的影響呢？我們由黏液在哪裡，何時出現開始探索，接著發現了葉內相關的特殊構造，最後，黏液到底扮演了什麼功能呢？網路資料提到皇宮菜具備卓越的抗逆能力，也讓我們大膽假設黏液可能是協助抗逆的重要物質，從另一個角度來看，是否能利用逆境來提升這些營養豐富黏液的黏性呢？以下是我們在這一系列探究中的結論：

1. 利用黏液「牽絲」距離來測定黏性，市售皇宮菜的莖葉皆有，且莖較葉的黏度大。
2. 皇宮菜的種子幾乎沒有黏性，發芽後的子葉至開花結果皆有黏液存在，且幼苗較成熟莖葉的黏度高。
3. 皇宮菜的內部，子葉及第一片葉皆有圓形特殊構造。
4. 特殊構造所佔的面積，由葉尖至葉基逐漸變大，與黏度變大趨勢符合，此構造可能與黏液有所關聯。
5. 以自製的黏性測試器，測量出 1/2 供水的中度乾旱環境，以及外加 1.5%鈣離子的組別黏度較大，且具有更好的抗氧化酵素活性，生長較好之外，更黏也更營養。



圖 35 減水種植，生長更好

將近半年的皇宮菜黏液與種植條件探究裡，讓我們對這種營養的黏液蔬菜有更深層了解，我們也試著思考如何提高黏性，並驗證改變種植條件，的確能夠提升皇宮菜的黏度及營養價值，除了鈣肥的添加，也可利用較少的水量，達成生長較好且更具黏性與營養，這在日益缺水的台灣，可能是一個種植思考的方向，提供給農業研究及種植人員作為參考。

#### 參考資料

1. 農業兒童網：皇宮菜黏滑鮮嫩 夏季高鈣好食材
2. 農業知識入口網：皇宮菜的種植與照顧