

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱： 有生命的石頭-運用光的石頭玉

一、摘要：

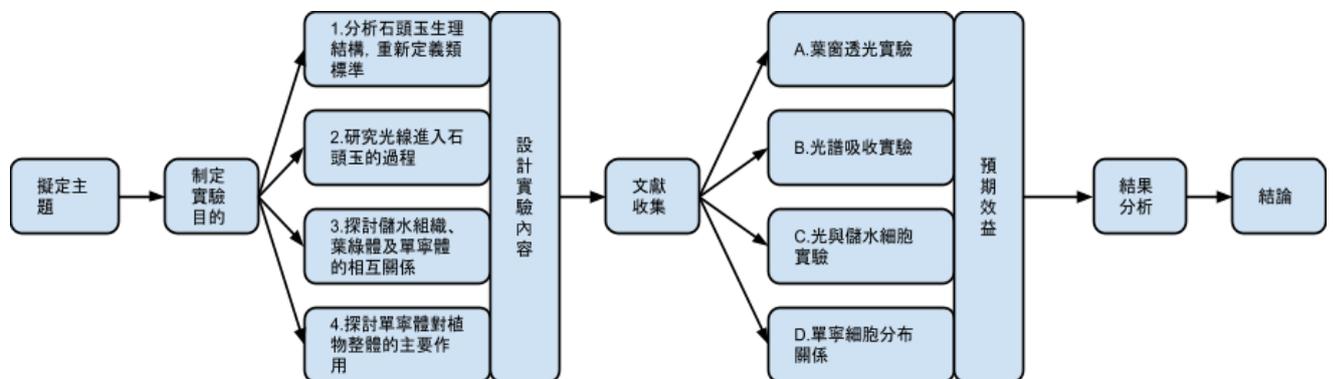
本研究主要探討石頭玉窗型分類，功能與內部組織的關聯性，主要針對光散射及單寧細胞分布設計實驗，光線透過葉窗進入儲水組織，產生散射點與葉綠體分布位置吻合，單寧細胞及花色素可對石頭玉產生保溫的作用。

二、探究題目與動機

逛花市時，無意間看見一種五顏六色，長相可愛的多肉植物，詢問店長才得知其名稱為「石頭玉」，回到家後查詢文獻發現石頭玉為生石花屬，幾乎沒有莖，露出地表為兩片對生的特化葉，老葉以蛻皮的方式被新葉取代，並以葉窗形式控制陽光入射量，大多與一般植物特性不同之處，引起本人興趣，恰巧本校有個老師是石頭玉愛好者，提供很多資訊與栽種方式，在班上又發現兩位有興趣的同學，大家集合討論後，決定以石頭玉做探究與實作題目進行研究。

三、探究目的與假設

1. 分析石頭玉生理結構，重新定義分類標準。
2. 研究光線進入石頭玉的過程。
3. 探討儲水細胞、葉綠體及單寧體的相互關係。
4. 探討單寧體對植物整體的主要作用。



四、探究方法與驗證步驟

石頭玉為番杏科生石花屬，兩片對生的特化子葉，其莖部退化，幾乎觀察不到，根的形式為軸根，多數品系有透明葉窗，剖面顯示儲水細胞發達，屬 CAM 形式。原產地大多位於非洲沙漠地帶，適合生長於乾燥地區，葉面表層多數有單寧體分布，以下為本研究對石頭玉細胞構造解說。



圖片來源:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffrourou.ltd%2F1703.html&psig=AOvVaw2BEk45Vy8-IOtpki75aWu7&ust=1617868279922000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMDIs-zT6-8CFQAAAAAdAAAAABAD>



圖片來源:

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fseekning.blogspot.com%2F2019%2F03%2Fblog-post_24.html&psig=AOvVaw3h6x369b_KzsgKM3WXZAAo&ust=1617868997067000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKjgx5jW6-8CFQAAAAAdAAAAABAD

本研究主要探討石頭玉生理結構及葉窗光導，將葉窗結構分為幾個部分，葉窗結構有窗部、島部、內緣區及邊緣區，窗部指石頭玉透光部分，島部指中心凸起且顏色較鮮艷的部分，內緣區就等於唇部指接近於裂縫處的部分，邊緣區指石頭玉面部外圍部分。

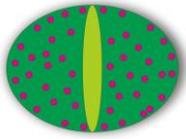
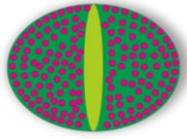
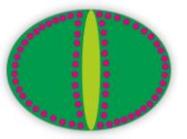
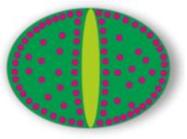
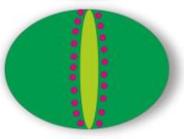
葉窗形式可整理為五種，下表為五種窗型結構的說明:

窗型	示意圖	說明
全窗		石頭玉的窗一直延伸到邊緣區，就是窗和面完全一致的情況，且窗內沒有多餘的雜質性紋理，平整無紋路
大窗		石頭玉的窗從中心向四周擴散，且至少要占 2/3 的表面，窗內沒有雜質性紋理，但石頭玉唇部有少量的不相連色塊
開窗		石頭玉在窗內沒有明顯的隔斷將窗分成好幾個封閉部分表面，但有島狀紋路出現在窗裡面。窗之間為相互開放
閉窗		窗裡面的隔斷性紋路或色塊遍布整個窗，使窗呈現很小且彼此封閉不相連的狀態
無窗		整個表面沒有窗且不透光，而窗面有少部分的溝渠，即使是無窗的石頭玉也會有少數光通道存在

根據前人(Wallace 1987)的研究，結果顯示認定單寧體似乎可成為石頭玉的鑑別標準，本研究將延續 Wallace 的想法，將石頭玉運用單寧體分布作為分類依據，以下兩個表格為此研究的分類結果:

TO(只有頂部)	TS(頂部和側面)	SF(側面和裂縫處)	CP(全部遍及)

上表為石頭玉單寧點縱向面分布

				
類型一 整個表面均勻分布	類型二 與類型一相似， 但密度較高	類型三 分布於外部邊緣 及內部邊緣	類型四 與類型三相似， 但中心窗面也有 稀疏分布	類型五 僅分布於內部邊 緣

上表為石頭玉單寧點葉窗面分部類型

實驗 A 葉窗透光度分析

前言:

此研究觀察石頭玉各種窗型，推測葉窗用途在控制進光量，因此自行設計觀察設備進行實驗，本研究使用密集板為材質，以寮舍切割機加工，製作透光觀察設備。

步驟:

將實驗植株葉窗部分以 2mm 左右厚度切下，放在直徑為 3mm 與 5mm 的自製觀測台上，以模擬日光、藍光與紅光具 30cm 遮罩板組合的導光盒做實驗，過程如下:

- 1.觀測台:將實驗植株葉窗 2mm 厚度橫向切片，對準觀測台孔徑中心放置。
- 2.上支架:將可見光範圍的燈座放在上支架固定，調整正確位置後，測試光緣與觀測孔徑是否垂直
- 3.孔徑板:配合石頭玉植株大小製作 3mm 與 5mm 的孔徑尺寸，並對比燈源初始值
- 4.下支架:將測光儀對準觀測孔徑，並放入下支架格內，打開上支架開燈源，並抽換孔徑板，校正光源初始值

結果:實驗結果數據如右表

樣本 ¹⁾		孔徑 3mm ²⁾	孔徑 3mm ²⁾	孔徑 5mm ²⁾	孔徑 5mm ²⁾
		初始值 ³⁾	吸收值 ³⁾	初始值 ³⁾	吸收值 ³⁾
		可見光 ³⁾	可見光 ³⁾	可見光 ³⁾	可見光 ³⁾
紅 肉 玉 窗 ⁴⁾	A1 ⁵⁾	60 ³⁾	36 ³⁾	200 ³⁾	71 ³⁾
	A2 ⁵⁾	59 ³⁾	35 ³⁾	200 ³⁾	75 ³⁾
	A3 ⁵⁾	61 ³⁾	36 ³⁾	200 ³⁾	78 ³⁾
	A4 ⁵⁾	61 ³⁾	36 ³⁾	200 ³⁾	76 ³⁾
	A5 ⁵⁾	59 ³⁾	34 ³⁾	200 ³⁾	81 ³⁾
黃 肉 玉 窗 ⁴⁾	B1 ⁵⁾	59 ³⁾	33 ³⁾	200 ³⁾	69 ³⁾
	B2 ⁵⁾	61 ³⁾	32 ³⁾	200 ³⁾	66 ³⁾
	B3 ⁵⁾	59 ³⁾	34 ³⁾	200 ³⁾	68 ³⁾
	B4 ⁵⁾	61 ³⁾	33 ³⁾	199 ³⁾	71 ³⁾
	B5 ⁵⁾	59 ³⁾	31 ³⁾	200 ³⁾	73 ³⁾
白 肉 玉 窗 ⁴⁾	C1 ⁵⁾	61 ³⁾	30 ³⁾	200 ³⁾	70 ³⁾
	C2 ⁵⁾	59 ³⁾	29 ³⁾	200 ³⁾	70 ³⁾
	C3 ⁵⁾	59 ³⁾	31 ³⁾	200 ³⁾	66 ³⁾
	C4 ⁵⁾	58 ³⁾	27 ³⁾	200 ³⁾	69 ³⁾
	C5 ⁵⁾	61 ³⁾	29 ³⁾	200 ³⁾	68 ³⁾
淡 玉 窗 ⁴⁾	D1 ⁵⁾	59 ³⁾	15 ³⁾	200 ³⁾	32 ³⁾
	D2 ⁵⁾	59 ³⁾	16 ³⁾	200 ³⁾	36 ³⁾
	D3 ⁵⁾	59 ³⁾	13 ³⁾	200 ³⁾	34 ³⁾
	D4 ⁵⁾	60 ³⁾	17 ³⁾	200 ³⁾	35 ³⁾
	D5 ⁵⁾	60 ³⁾	16 ³⁾	200 ³⁾	34 ³⁾
藍 紅 玉 窗 ⁴⁾	E1 ⁵⁾	60 ³⁾	29 ³⁾	200 ³⁾	69 ³⁾
	E2 ⁵⁾	59 ³⁾	28 ³⁾	200 ³⁾	70 ³⁾
	E3 ⁵⁾	59 ³⁾	29 ³⁾	200 ³⁾	68 ³⁾
	E4 ⁵⁾	60 ³⁾	28 ³⁾	200 ³⁾	68 ³⁾
	E5 ⁵⁾	60 ³⁾	30 ³⁾	200 ³⁾	67 ³⁾

討論:

- 1.從實驗結果可得知全窗透光度最佳，最差為無窗，推測石頭玉似乎是運用葉窗來控制進光量
- 2.此實驗礙於設備條件，只能自製實驗儀器，加上簡易的照度器搭配使用，若能分析更仔細，則更能了解葉窗的功能

實驗 B 葉窗多波段光譜吸收實驗

前言:

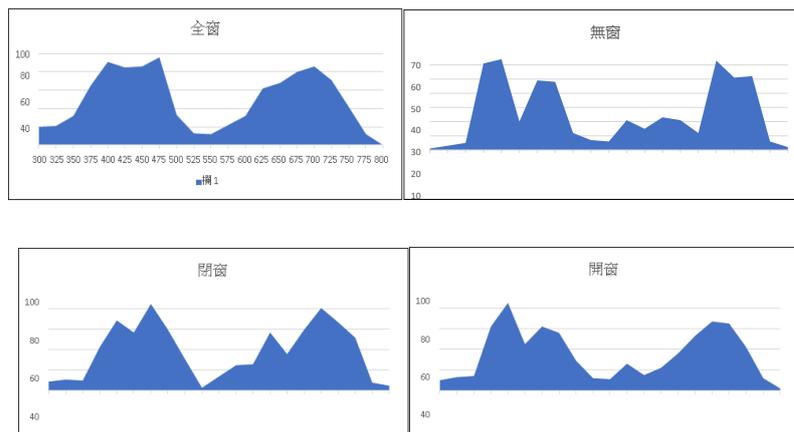
本研究採用五種窗型做為實驗樣本，探討各個顏色與散射的光譜跟吸收光譜，先用自製光譜儀在每個階段進行測試得知照射量之後進行分析，則可以知道這五種窗口的光譜及散射量化成曲線圖。

步驟:

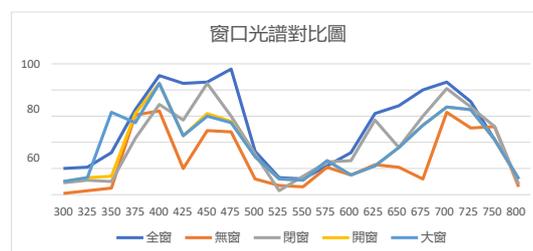
自製光譜分析儀，並用雷切加工外殼及內部曝光室

- 1.先取石頭玉頂部窗口，石頭玉直徑 5mm 窗當作實驗樣品，取窗部厚度 3mm 放入特製夾具裡面
- 2.將自製光譜分析儀放入不透光材質及空放進行源點及高點校準
- 3.將石頭玉從近遠紫外光開始打，以每 10 單位波長打至遠紅外光
- 4.將數據結合得出石頭玉散射率及吸收光譜

結果:



上圖為各窗型各波段吸光折線圖



上圖為各式葉窗吸收光譜比對圖

討論:

- 1.本研究雖然自製儀器，將光譜分析為許多段結合分析，但由於儀器室將窗口散射與植物吸收光譜一同測得，若要只看其中一種，便無法準確分辨，因此研究仍需改良及加強
- 2.在研究中也發現閉窗的吸收光譜大於開窗，依照文獻敘述，開窗吸收量較大，研究推測窗口需要

配合樣品花色素才可對窗口吸收下定論，最終自製儀器研究數據是有包含花色素及窗口散射，解決此問題

實驗 C 光與儲水細胞實驗

前言:

番杏科生石花屬為多肉植物，葉肉儲水細胞發達，因受光面的葉窗透光性質佳，本研究透過易觀察的紅光照射，分析光進入葉肉中透過儲水細胞產生的折射狀態，推測儲水細胞的其他功能

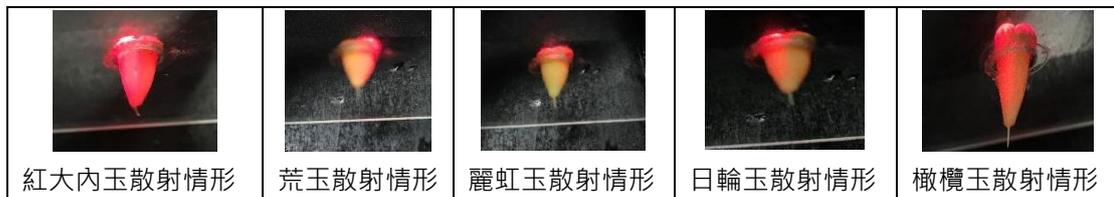
步驟:

自製儲水細胞觀測儀器，架設紅光設置，分成兩部分實驗，透過葉窗與去除葉窗實驗:

- 1.調整紅光裝置，本研究以自製放大功率的紅光發射系統作為實驗光源，打開光源測試初始值，紀錄測試流明
- 2.夾具固定裝置:將測試樣品縱向切割，透過自製夾具，固定在測試位置上，開啟光源，觀察光線折射情形
- 3.紀錄紅光穿過葉肉組織的儲水細胞，造成折射所散布的範圍，拍攝並比較散射後光線在葉肉組織分布的差異

結果:

由紅光透過儲水細胞結果顯示，紅內玉折射散布面積最廣，依次為橄欖玉、日輪玉，推測窗口大小與透光度成正比。



討論:

全窗且較透面的紅內玉，折射效果最佳，無窗的荒玉則出現折射效果最差狀況，值得深入研究

實驗 D 單寧體實驗

前言:

單寧體是一種存在於維管植物內的胞器，在石頭玉及多數植物可利用單寧體變換體中色素，而不同的是石頭玉的單寧體分布及特殊保護作用，在觀察下發現它可利用於擬態及控制光窗。單寧體是製造並儲存鞣質和多酚的色素體。其本身可以與葉綠素互相轉換，分泌的物質對某些生物有趨避作用，同時保護植株免受強光影響

步驟:

對單寧體實驗主要成分分布關係、顏色變化、保溫與抗強光

- 1.選取合適石頭玉(同種且大小相近)
- 2.一組 8 棵放於系統盆栽裡
- 3.將強光組放入事先架好之強光燈下曝照兩天
- 4.將微光組放入一般生長箱中

5.對比兩者差異並記錄

結果:



紅大玉、日輪玉、荒玉為單寧細胞較多，對夜晚保溫效果較佳，而橄欖玉的單寧細胞較少溫度較低，且花青素也有抗寒效果，可得知單寧細胞及花色素可作為生石花之保溫作用。

討論:

1.由於花青素及單寧體須配合才可達到最佳效果，因此雖然實驗可證明石頭玉單寧體有保溫效果，但對於花青素配合方面仍須加以研究

五、結論與生活應用

結論

一、 根據石頭玉不同的生理結構，以石頭玉窗口作為分類依據

由觀察可得知不同地區的石頭玉為了適應環境發展出不同的窗口類型，全窗、大窗、開窗、閉窗主要分布於熱帶沙漠、熱帶莽原、溫帶地中海地區雨量約為 1000mm 以下，無窗分布於夏雨行暖溫帶地區雨量約為 250~1000mm。

二、探討光線由葉窗進入葉肉組織過程中，儲水細胞、葉綠體與單寧體的關係。

由實驗可知，石頭玉樣本之窗口影響石頭玉之進光量，由多至低分別為全窗、閉窗、開窗、大窗、無窗，儲水細胞之散射值及吸收光譜，也會因為花色素而有所不同。

未來與展望

一、 由於石頭玉內部具有許多儲水細胞，各處濃度皆不相同，因此石頭玉可利用特殊構造進行光導運用，而其構造用於太陽能發電或其他導光系統皆可模擬生理結構設計光導材料，其特徵具許多功能性。

二、 石頭玉葉窗皆具特殊性，加以利用單寧體與葉窗類型的相異，以此分類石頭玉，以利分辨樣品生存環境、適合溫度，將可達到更有效率的分類法。

參考資料:

1. 生石花十二月花事- 中国基础教育期刊库 - 中国知网
<https://scjg.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=ZGHP201210018&dbcode=CFJD&dbname=CFJD2012&v=MzA4NTBQTnlOUUViSVlrQzM4NHpoNFhuRDBMVGcyWDJoc3hGckNVUjd1ZlpPUm5GaXZrVUxyT1B5ckRmckc0SDk=>

