

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030310

辣不辣有關係?!辣椒素對於植物的影響

學校名稱：臺中市私立常春藤高級中學(附設國中)

作者： 國一 吳湘婷 國一 彭鈺嬛 國一 何海懂	指導老師： 張志宏 李杰祚
---	-----------------------------

關鍵詞：辣椒素、辣椒、睡眠運動

摘要

以小米椒、朝天椒、印度魔椒製作的 3 種辣椒溶液、乙酸乙酯及蒸餾水，在固定的時間，放置在裝有植物的容器內，並用縮時攝影機來記錄植物進行睡眠運動的變化。分析影像後發現：

1. 植物進行睡眠運動的時間會因放置劑量的多寡、種類而有所差別，植物的作息也不再依日運週期來進行。在正常情況下，植物醒來與睡著的時間跟日出日落僅差距 30 分鐘，但在實驗期兩者的時間差了 2 個小時以上。
2. 辣椒素對於含羞草睡眠運動進行時間是有所影響的。
3. 植物在進行睡眠運動時並非安穩的沉睡，而是會有搖擺等動作，這與我們所認知的睡眠運動並不相同。且不管有無放置辣椒溶液，植物進行睡眠運動的期間都會擺動，使用影像對比後，可發現辣椒素對這部分並沒有影響。

壹、研究動機

本次實驗發想來自於本屆（2021 年）諾貝爾生理醫學獎，由 David Julius 和 Ardem Patapoutian 共同提出的「人類神經系統如何感知溫度與觸覺兩種外界刺激」。辣椒在普通人的認知裡，也許只是一個會使人類感到痛、麻的食材，可我們意外從之前的上課內容中得知，辣椒內的成分能夠麻醉神經系統，也能夠做成化學武器後，就一直非常感興趣，在老師和我們稍微介紹了辣椒素後，決定上網查詢資料，了解辣椒素的成分為何能夠影響人類的神經系統，也對「辣椒素是否會影響沒有神經系統的植物」感興趣，並根據這個想法，去討論出題目後，深入研究辣椒素對於植物的影響，我們想到可透過觀察：「有放置辣椒溶液的植物，葉片閉合時間的長短是否與對照組的有所差別」來驗證其疑問是否成立。且在這個主要實驗本身之外，利用一個禮拜的時間（此期間無放置任何溶液，僅澆水）縮時攝影機所錄製的檔案，去觀察植物是否有照著晝夜節律進行本身應有運動行為。

在蒐集資料時，發現辣椒的辣度也有著一個排行榜，這不禁讓我們想到有可能會因為辣椒辣度的差異而有所改變最後的結果，根據其去進行深入探討。在國中一年級第一冊的生物課本中，有教到植物的睡眠運動，當時老師說道：「在高等植物在進行睡眠運動時，它們氣孔的閉合、莖的生長、氣體的吸收甚至於細胞膜上的電位，都是根據晝夜節律而進行的」。

在進行實驗時，我們針對睡眠運動的節律性提出疑問，晝夜節律性是否會因外在因素而影響？這些日常生活的小問題，也成為在做分析時的一個新論點。

貳、研究目的

- 一、觀察含羞草的睡眠運動是否會因為有辣椒溶液劑量而有所影響。
- 二、比較不同種類的辣椒溶液的辣度對於含羞草睡眠運動有何差異。
- 三、比較不同放置時間的辣椒溶液對於含羞草睡眠運動有何差異。
- 四、觀察植物的晝夜節律（circadian rhythm）在操作時間是否會因為不同種類的辣椒而有所差異。
- 五、觀察植物的晝夜節律（circadian rhythm）在恢復期是否會因為不同種類的辣椒而有所差異。
- 六、幸運草的搖擺運動觀察實驗。

參、研究設備及器材

一、實驗植物及溶液主要成分



圖 3-1-1 實驗溶液組別總圖



圖 3-1-2 實驗溶液組別 B-乙酸乙酯（對照組）



圖 3-1-3 實驗溶液組別 D-印度辣椒（實驗組）

（一）幸運草 20 盆（購至八角園藝店）

幸運草，學名：*(Oxalis hybrid)*，又稱幸運草 (*Lucky clover*)，是車軸草族植物（包括三葉草屬和苜蓿屬）的稀有變種，也有五葉以上。四葉的幸運草非常罕見，大約一萬至十萬株三葉草才會有一株是四葉的，而對於超過 500 萬個三葉草的實際觀察，發現實際出現四葉的頻率接近 5000 比 1。本實驗採用四葉幸運草。

（二）含羞草 40 盆（於網路購買）

含羞草，學名：*(Mimosa pudica)*原產於美洲熱帶的巴西，分類於植物界 (*Plante*)、維管束植物 (*Tracheophyta*)、被子植物 (*Angiosperms*)、真雙子葉植物 (*Eudicots*)、薔薇

類植物（*Rosids*），是屬於豆類含羞草屬的多年生草本植物，具有觸發運動，且在晚上進行會睡眠運動。特點為受到外界的刺激，葉片便會閉合，葉柄向下垂，可植物並沒有神經系統，此現象是因為含羞草受到外力刺激（觸碰、搖晃、加熱）時，葉枕內的水分会流向別處，葉枕上側細胞膨壓變小，使含羞草的葉子閉合，稱為含羞草的「觸發作用」。

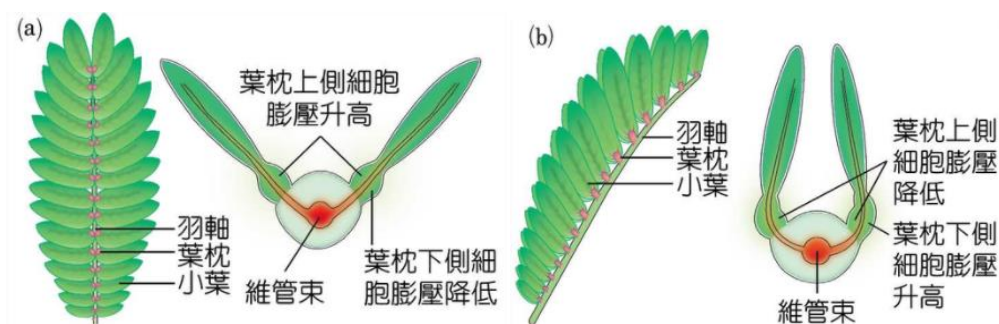


圖 3-1-4 含羞草睡眠運動機制解釋圖

（三）小米椒

小米椒，學名：*(Capsicum frutescens)* 為茄科辣椒屬，它們一開始像草，但是隨著年齡的增長會漸漸木質化。小米椒的莖上有許多顆花，花呈喇叭狀，或筒狀，果實呈紅色，花萼的端部呈齒形，主要生產地位於印度、歐洲、南美及中國大陸的雲南等地。小米椒辣度大約是 30000~50000 SHU。

（四）朝天椒

朝天椒，學名：*(Capsicum annuum var. conoides)* 是茄科辣椒的變種植物品種，祕魯、墨西哥是朝天椒的生產地。主要分布於亞洲大陸的南北各地。一年生草本；卵形葉片；圓柱形果實，先端尖，簇生於頂端，未成熟時有綠、白、紫等顏色，熟時為紅色，其果實朝天生長，故得名「朝天椒」。朝天椒辣度大約是 50000~100000SHU。

（五）印度魔椒

印度魔椒，學名：*(BhutJolokia)* 又稱魔鬼椒，是阿薩姆邦和印度東北其他地區辣椒的雜交品種而魔鬼椒的辣度是 1481000SHU。普通辣椒辣度一般只有 10000 SHU 左右。

（六）蒸餾水

是純水的一種，是經過處理後純潔、乾淨，不含有雜質或細菌的水。以符合生活飲用水衛生標準的水為原水，通過電滲析器法、離子交換器法、反滲透法、蒸餾法及其他適當的加工方法製得而成（維基百科-蒸餾水，2022），本實驗的蒸餾水來源是由國教儀器行所購買，實驗設計為對照組溶液。

(七) 乙酸乙酯

乙酸乙酯是無色易燃易揮發的液體；有特殊香味；不溶於水，易溶於有機溶劑（維基百科-乙酸乙酯，2022）。常用於萃取辣椒素，其結構式為圖 3-1-5，本實驗的乙酸乙酯為萃取溶劑，實驗設計為對照組溶液。

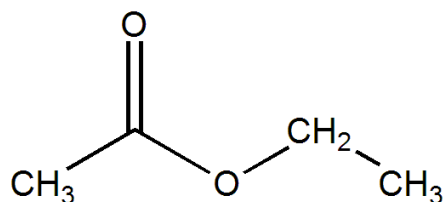


圖 3-1-5 乙酸乙酯 (CH₃COOCH₂CH₃) 結構式

二、實驗所用器材及藥品

表 3-2-1 實驗器材及藥品一覽表

器材名稱	數量	器材名稱	數量
李必氏冷凝器之裝置 (水浴法) 	1 份	果汁機 Electrolux; Modle:EBR7804S 功率:750W 轉速:16500~24500RPM 	1 台
電子天平 (HENG X 背光功能秤重) 	1 台	PL700 實驗室等級多功能測量儀 	1 台







<p>Micropipette (100~1000 μl)</p> 	<p>1 台</p>	<p>鐵製支架</p> 	<p>3 支</p>
<p>攝影腳架</p> 	<p>兩隻</p>	<p>電陶爐 (品牌 Sampo)</p> 	<p>1 台</p>
<p>縮時攝影機 (品牌 brinnoTLC200+) (品牌 ATLIENO)</p> 	<p>各 2 台</p>	<p>塑膠收納箱 (78*56*48 cm)</p> 	<p>5 個</p>
<p>乙酸乙酯</p> 	<p>五罐</p>	<p>分液漏斗</p> 	<p>三支</p>

圖 3-2-2 實驗裝置總圖

三、重要名詞解釋

(一) 睡眠運動: 科學家透過顯微鏡觀察發現，植物的睡眠運動是由葉柄上一種叫做“運動細胞”的特殊細胞膨脹或收縮引起的。運動細胞吸水脹大後葉片就張開，運動細胞排出水縮小後葉子就會閉合。調節這種運動細胞的體積變化是在細胞膜的“鉀通道”——根據生物鐘按一定的時間週期開閉鉀離子通道，伴隨著鉀離子從通道的出入，水會進入細胞內或是跑出細胞外。

(二) 辣度: 美國化學家設計了「史高維爾感官試驗」(*Scoville Organoleptic Test*)，用這個方法測量出辣度的單位就是「史高維爾辣度單位」(*Scoville Heat Unit*, 簡稱 SHU)，它的測量方法就是將一單位的被測物溶解到糖水中後。再交給品評員品評，然後逐步地增加糖水的量直到辣味再也沒有辦法嚐出為止，而這時的糖水量總和就是被測物的史高維爾辣度單位 (SHU)。

例如辣度 50000~100000SHU 的朝天椒，就代表一單位的朝天椒需要用 50000~100000 倍的糖水來稀釋後才沒有辣味；而 0 SHU 的甜椒則表示它生吃都沒有辣味。

(雷雅淇，2016)。

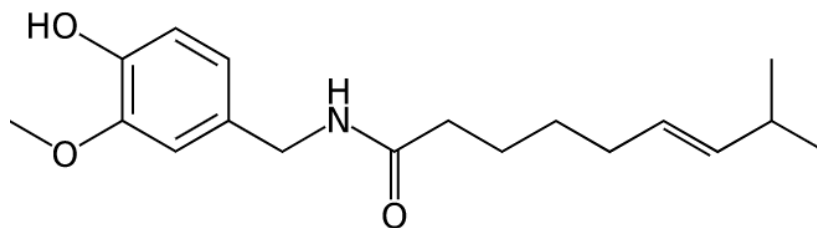


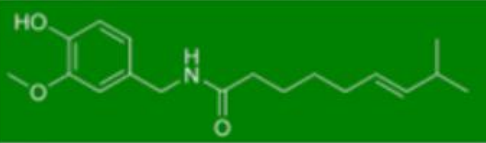
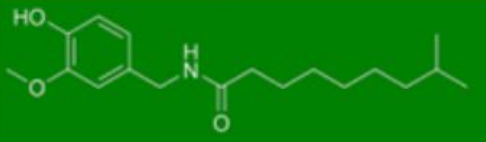
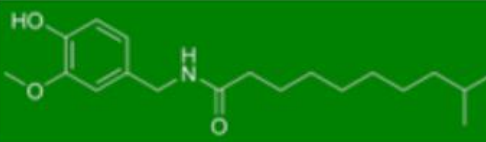
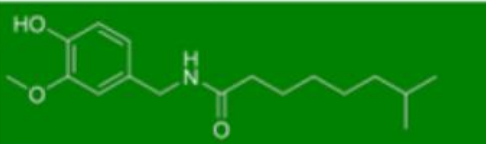
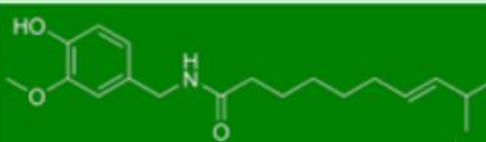
圖 3-3-1 辣椒素結構式

(三) 辣椒主要成分: 辣椒的成分主要有三種：維生素 C，又稱抗壞血酸，風味物質（包括數種芳香化合物）及辣椒素。維生素 C 的分子結構主要是由一個五元內酯環及其側鏈組成，其分子結構中的連二烯醇結構，使整個分子呈現出酸性。芳香化合物，又稱為芳香族化合物。在有機化學發展的初期，化學家把化合物分為脂肪族及芳香族兩大類，前者是指開鏈化合物，後者是指一類從植物膠裡取得的具有芳香氣味的物質，具有特殊穩定性的不飽和環狀化合物即稱為芳香化合物。

(四) 辣椒素類物質 (*Capsaicinoids*)

辣椒素類物質包含辣椒素 (*Capsaicin*) 又名辣素，辣椒鹼，分子結構式為 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CONHCH}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{-4-(OH)-3-(OCH}_3)$ ，是辣椒屬植物紅辣椒的活性成分。它對包括人類在內的哺乳動物都有刺激性並會使皮膚中產生灼燒感。辣椒素類物質 (*Capsaicinoids*) 含包含二氫辣椒素 (*Dihydrocapsaicin*)、降二氫辣椒素 (*Nordihydrocapsaicin*)、高二氫辣椒素 (*Omodihydrocapsaicin*) 和高辣椒素 (*Omodrocapsaicin*)，其在辣椒素類物質中所佔的百分比、辣度、結構式 (表 3-3-2)

圖 3-3-2 辣椒素類物質中所佔的百分比、辣度、結構式

Capsaicinoids	Abbrev.	Quantitative	Scoville Units	Structure
Capsaicin	C	69%	16 000 000	
Diidrocapsaicin	DHC	22%	16 000 000	
Omodiidrocapsaicin	HDHC	1%	14 000 000 second other studies, 8.600.000	
Nordiidrocapsaicin	NDHC	7%	9 400 000 second other studies, 9.100.000	
Omocapsaicin	HC	1%	8 600 000	

(五) 晝夜節律:晝夜節律 (*circadian rhythm*)：又稱日夜節律、概日節律、日變週期、生理時鐘 (*physiological clock*)，是一種生理現象，呈現約 24 小時為週期的變動，由日變時鐘 (*circadian clock*) 所驅動。包括植物、動物、真菌等，都被觀察到有此生理變化。

(六) 恢復期:恢復期 (*convalescence*)：用來指生病後需要用來復原或接受治療的時間，又稱為「復原期」。

肆、研究過程及步驟

實驗一～實驗五：

一、步驟

- (一) 取 40g 辣椒與 250ml 的蒸餾水放入研磨機，打碎至泥狀。轉速 32000RPM，打 1 分鐘。
- (二) 將打好的 24 克辣椒泥倒入分液漏斗內並加入 60ml 的乙酸乙酯。
- (三) 拿至朝天四十五度搖晃 60 秒使其均勻。
- (四) 將分液漏斗放置於鐵製支架上靜置 30 秒。
- (五) 打開分液漏斗下方的旋鈕萃取出辣椒素。
- (六) 使用濾紙及漏斗將其雜質過濾乾淨。
- (七) 利用水浴法蒸餾，獲得較純的辣椒溶液

表 4-1-1 實驗步驟照片圖

 <p>步驟一</p>	 <p>步驟二～三</p>
 <p>步驟四～六</p>	 <p>步驟七</p>

(八) 接續實驗其操作時程、目的、分法如下如表 4-1-2：
表 4-1-2 實驗程序圖

實驗時程	操作分組及目的	操作方法
第 1~4 天	紀錄分析：實驗植物在自然狀況下的晝夜節律 含羞草（總數 40 株:不分組） 幸運草（總數 25 株:不分組）	以實驗植物所處的環境，縮時攝影，觀察並記錄植物葉片開合的狀態。
第 5~6 天	紀錄分析： 實驗植物在 5 種不同溶液下，以塑膠收納桶悶 1 小時，早上 8~9 點（1 天共 1 小時）處理，操縱組與各實驗植物是否產生不一致的影響？	以 Micropipette Pipettor 量取 B 組乙酸乙脂 250 μ l 及 C、D、E 三種辣椒萃取液各 250 μ l，各置入 4 個培養皿；以塑膠收納箱，於早上 8~9 點間，悶 1 小時。觀察並紀錄植物葉片開合的狀態。（B、C、D、E 組各有含羞草 8 株及幸運草 4 株）
第 7~9 天	紀錄分析： 實驗植物在 5 種不同溶液下，以塑膠收納桶在早上 8~9 點、下午 3~4 點各悶 1 小時（1 天共 2 小時）處理，各實驗組與對照組是否產生不一樣的影響？	以 Micropipette Pipettor 量取 B 組乙酸乙脂 250 μ l 及 C、D、E 三種辣椒萃取液各 250 μ l，各置入 4 個培養皿；以塑膠收納箱，於早上 8~9 點間；下午 3~4 點個別悶 1 小時。觀察並紀錄植物葉片開合的狀態。（B、C、D、E 組各有含羞草 8 株及幸運草 4 株）
第 10~12 天	紀錄分析： 實驗植物在 5 種不同溶液下，以塑膠收納桶悶 1 小時，早上 8~10 點（1 天共 1 小時）處理，各實驗組與對照組是否產生不一樣的影響？	以 Micropipette Pipettor 量取 B 組乙酸乙脂 500 μ l 及 C、D、E 三種辣椒萃取液各 250 μ l，各置入 4 個培養皿；以塑膠收納箱，於早上 8~9 點間，悶 1 小時。觀察並紀錄植物葉片開合的狀態。（B、C、D、E 組各有含羞草 8 株及幸運草 4 株）
第 13~14 天	紀錄分析： 實驗植物在 5 種不同溶液下，以塑膠收納桶在早約 8~10 點、下午約 3~5 點各悶 2 小時（1 天共 2 小時）處理，各實驗組與對照組是否產生不一樣的影響？	以 Micropipette Pipettor 量取 B 組乙酸乙脂 500 μ l 及 C、D、E 三種辣椒萃取液各 500 μ l，各置入 4 個培養皿；以塑膠收納桶，於早上 8~9 點間；下午 3~4 點個別悶 1 小時。觀察並紀錄植物葉片開合的狀態。（B、C、D、E 組各有含羞草 8 株及幸運草 4 株）
第 15~18 天	紀錄分析：實驗植物在停止各種不同的變因操縱下後，是否會恢復原來的晝夜節律。	以實驗過後植物所處的自然環境，縮時攝影，觀察並記錄植物葉片開合狀態。

註：以 24 小時為晝夜節律，縮時攝影以每 2 秒攝影一幅。

實驗六：觀察幸運草睡眠運動的情況

1. 操作目的：利用縮時攝影機所錄製的影像去觀察，幸運草在有無放置辣椒溶液的期間，本身的擺動情形是否會有差別？
2. 描述觀測置物情況：將裝有辣椒溶液的培養皿，放在置放植物的盆子中，利用塑膠收納箱悶 1 小時後，用縮時攝影機錄製幸運草在夜晚葉片的擺動是否與對照組有所差異。

二、實驗架構圖

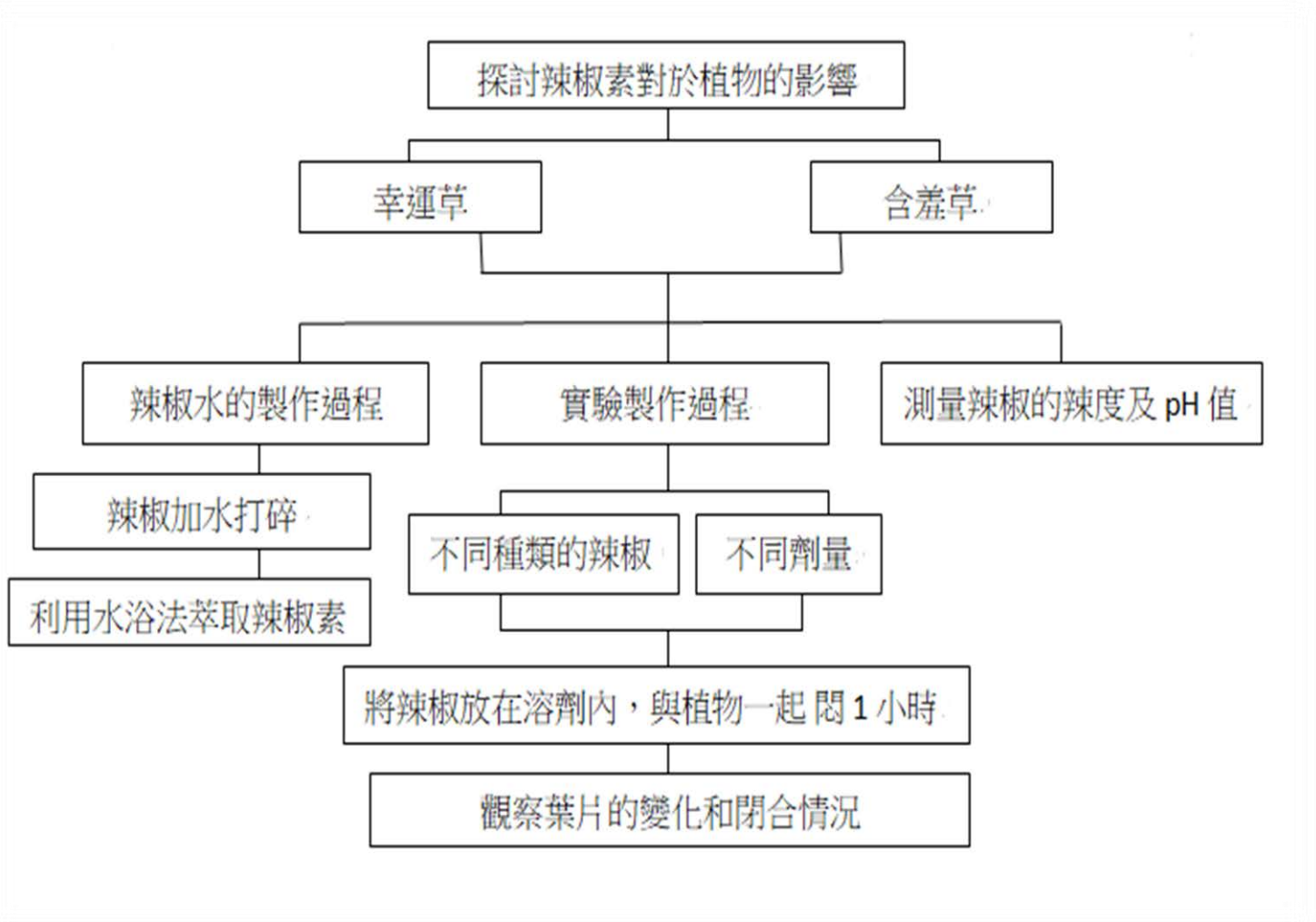


圖 4-2-1 實驗架構圖

伍、研究結果

一、觀察含羞草的睡眠運動是否會因為有辣椒溶液而有所影響。

(一) 研究假設：含羞草的睡眠運動會因為辣椒溶液而縮短睡眠時間

操作變因：辣椒溶液有無。

應變變因：睡眠時間長度。

控制變因：植物品種、辣椒濃度、暴露時間、全天光照流明（約 300 LUX）。

(二) 實驗結果：

表 5-1-1 辣椒對含羞草睡眠時間的影響

操作變因	開始實驗（對照組）	早 1 毫升	早晚 1 毫升	早 2 毫升	早晚 2 毫升	恢復期
A：蒸餾水	883	894	920	880	872	850
B：乙酸乙酯	876	864	818	850	837	811
C：朝天椒	784	704	750	534	677	861
D：印度鬼椒	820	801	791	673	581	773
E：小米椒	805	775	783	548	560	757

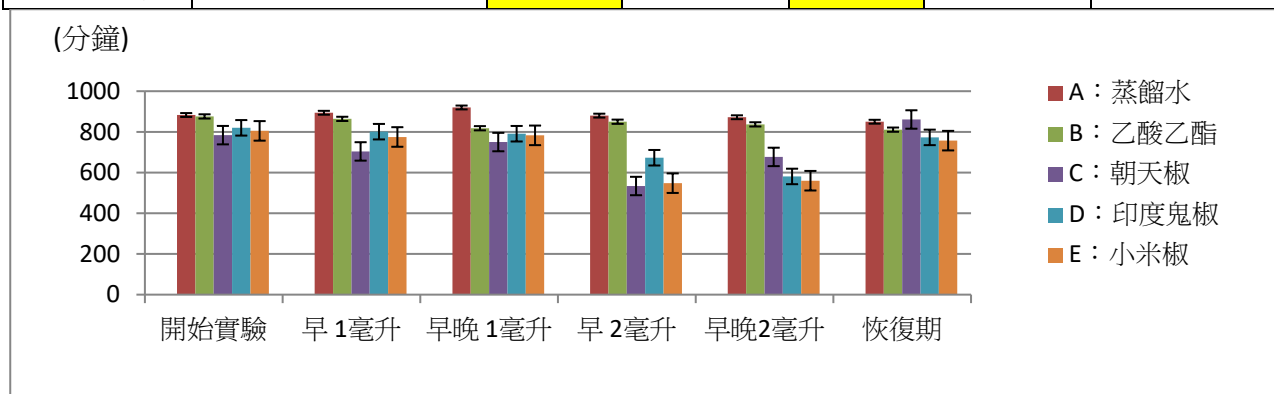


圖 5-1-1 辣椒對含羞草睡眠時間的影響

(三) 實驗結果與討論：由圖 5-1-1 發現，在早上 8:00 實驗箱中放置辣椒溶液後，含羞草在朝天椒 1ml 時略微下降（從 784 分到 704 分），甚至在 2ml 早上劑量下睡眠時間明顯下降約 30% $((784-543)/784)$ 。含羞草在印度魔椒 1ml 時略微下降（從 820 分到 801 分），甚至在 2ml 早上劑量下睡眠時間明顯下降約 18% $((820-673)/820)$ 。含羞草在小米椒 1ml 時略微下降（從 805 分到 775 分），甚至在 2ml 早上劑量下睡眠時間明顯下降約 32% $((805-548)/805)$ 。

所以以劑量而言，不同辣椒萃取液在 2ml 時有明顯縮短含羞草睡眠時間的作用，影響程度的大小排列為小米椒（33%）>朝天椒（30%）>印度魔椒（18%）。由以上分析方法可知，在早晚放置溶液（各 1 毫升與各 2 毫升）的情況下，小米椒（30%）>印度魔椒（29%）>朝天椒（14%）。含羞草會因為存放環境中含有辣椒素而受到影響，影響程度則會因辣椒溶液的多寡而改變。

(四) 發現與應用：小米椒在不同劑量下(2ml、4ml)對含羞草的睡眠時間減少影響最大。

二、比較不同種類的辣椒溶液的辣度對於含羞草睡眠運動有何差異。

(一) 研究假設：辣椒溶液的辣度越高會使含羞草睡眠運動時間縮短

操作變因:辣椒溶液的辣度

應變變因:睡眠時間長短

控制變因:辣椒劑量、植物品種、暴露時間、全天光照流明 (約 300 LUX)。

(二) 實驗結果：

表 5-2-1 不同種類的辣椒溶液的辣度對含羞草睡眠運動的影響

種類 (辣度單位 SHU)	開始實驗	早晚 2 毫升	恢復期
A：蒸餾水 (0)	883	872	850
B：乙酸乙酯 (0)	876	837	811
C：朝天椒 (5×10^4)	784	677	861
D：印度鬼椒 (140×10^4)	820	581	773
E：小米椒 (3×10^4)	805	560	757

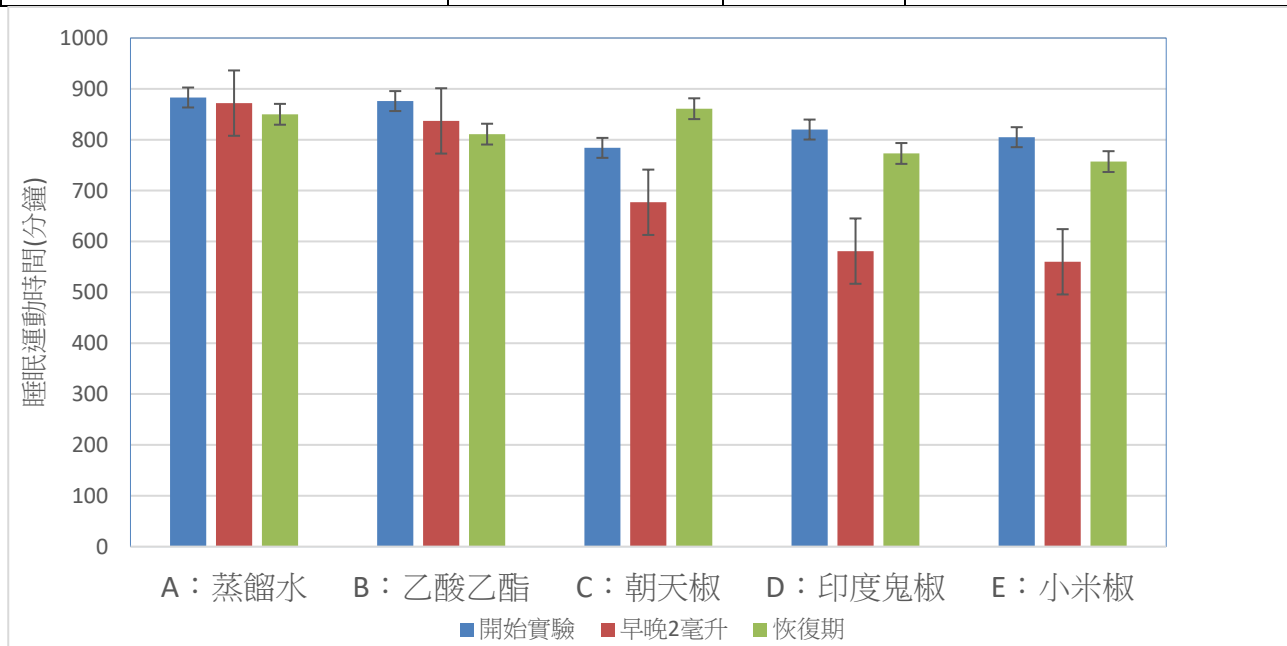


圖 5-2-1 不同種類的辣椒溶液的辣度對含羞草睡眠運動的影響

(三) 實驗結果：由圖 5-2-1 發現，在本實驗設計的最大劑量下（早 8:00 下 2ml 與下午 4:00 下 2ml），影響程度大到小為小米椒（辣度約 3 萬-5 萬）印度魔椒（辣度約 148 萬）>朝天椒（辣度約 5 萬-10 萬），數值為小米椒 30%>印度魔椒 29%>朝天椒 14%。由原始資料與實驗資料比較發現，印度魔椒及小米椒的睡眠時長會下降 6%，但朝天椒卻上升 10%，代表其睡眠時間在操作後不減，反增為 1.1 倍。

因此辣椒溶液的辣度會讓含羞草的睡眠時長有不同程度的影響。

(四) 發現與應用：朝天椒在實驗當下睡眠時間減少的幅度較少，但是在恢復期的時候，睡眠時間反而提高，可能含羞草對於朝天椒成分具有藥劑延遲影響。

三、比較不同放置時間的辣椒溶液對於含羞草睡眠運動有何差異。

(一) 研究假設：放置時間的時間越早，辣椒溶液會使含羞草睡眠時間減短。

操作變因：放置時間

應變變因：睡眠時間的長短

控制變因：劑量多寡、植物品種、暴露時間、全天光照流明（約 300 LUX）。

(二) 實驗結果：

表 5-3-1 放置辣椒溶液的時間對睡眠運動的影響

組別:種類	開始實驗	早晚 1 毫升	早 2 毫升	恢復期
A：蒸餾水	883	920	880	850
B：乙酸乙酯	876	818	850	811
C：朝天椒	784	750	534	861
D：印度鬼椒	820	791	673	773
E：小米椒	805	783	548	757

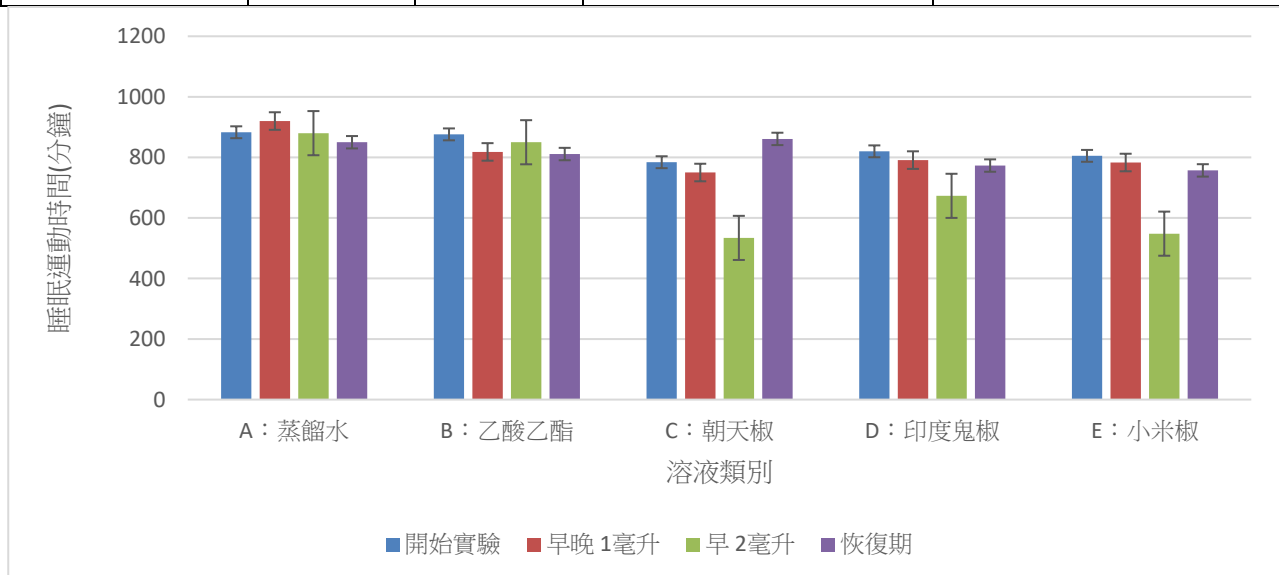


圖 5-3-1 放置辣椒溶液的時間對睡眠運動的影響

(三) 實驗結果與討論：由圖 5-3-1 發現，在下午 4:00 有放置辣椒溶液的情況下，朝天椒的睡眠時間影響程度較大為乙酸乙酯的 8%，可由 818 分鐘減少至 750 分鐘，其次影響程度為 8%。辣椒溶液的放置時間對植物的影響程度不同，放置時間越長，影響程度越大，放置時間越短，影響程度越小。

(四) 發現與應用：在一天中，放置同劑量的朝天椒溶液時間不同（早晚各放 1 毫升或在早上放置兩毫升），對於含羞草的睡眠運動時間長短會有影響，且朝天椒早晚 1 毫升及早 2 毫升的睡眠時間最明顯。

四、觀察植物的晝夜節律 (circadian rhythm) 在操作期間是否會因為不同的辣椒而有所差異。

(一) 研究假設：植物的晝夜節律 (circadian rhythm) 在操作期間會因為不同的辣椒而有所差異。

操作變因：辣椒種類

應變變因：睡眠時間

控制變因：植物種類、暴露時間、辣椒濃度、全天光照流明 (約 300 LUX)。

(二) 實驗結果

表 5-4-1 小米椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

日期	1月22日	1月23日	1月24日	1月25日	1月26日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日
日出時間	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 19/30	6 19/30	6 19/30	6 37/60	6 37/60
開葉時間	5.8	5.1	5.9	4.6	4 1/60	4.5	5.6	3.7	4.2
閉葉時間	19.5	19.1	18.8	19.1	18.9	18.4	17 9/20	17.4	17.1
日落時間	17.6	17.6	17 37/60	17 37/60	17 19/30	17 13/20	17 13/20	17 41/60	17 41/60

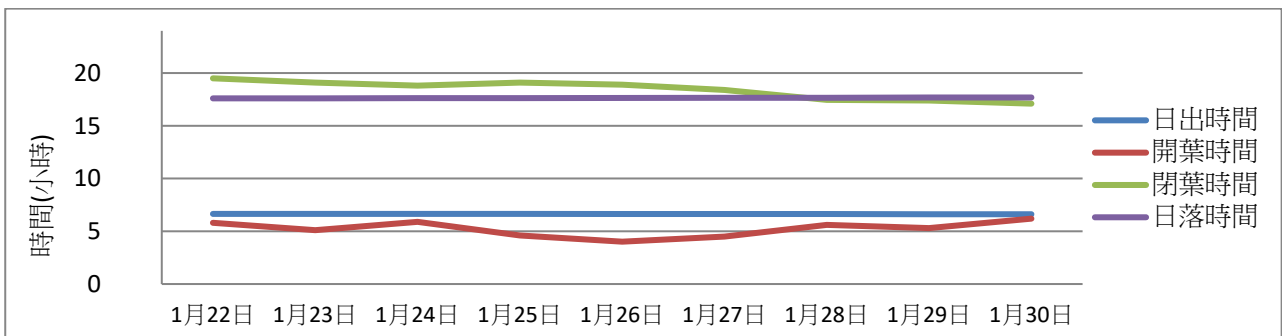


圖 5-4-1 小米椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

表 5-4-2 朝天椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

日期	1月22日	1月23日	1月24日	1月25日	1月26日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日
日出時間	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 19/30	6 19/30	6 19/30	6 37/60	6 37/60
開葉時間	6.5	6 23/60	5 49/60	4 5/12	4 3/10	4 4/15	5 2/5	5 13/30	5 11/12
閉葉時間	19 5/6	18 59/60	18 1/12	18 4/15	18 3/10	18 3/20	17 11/12	17 13/60	17 29/30
日落時間	17 3/5	17 3/5	17 37/60	17 37/60	17 19/30	17 13/20	17 13/20	17 41/60	17 41/60

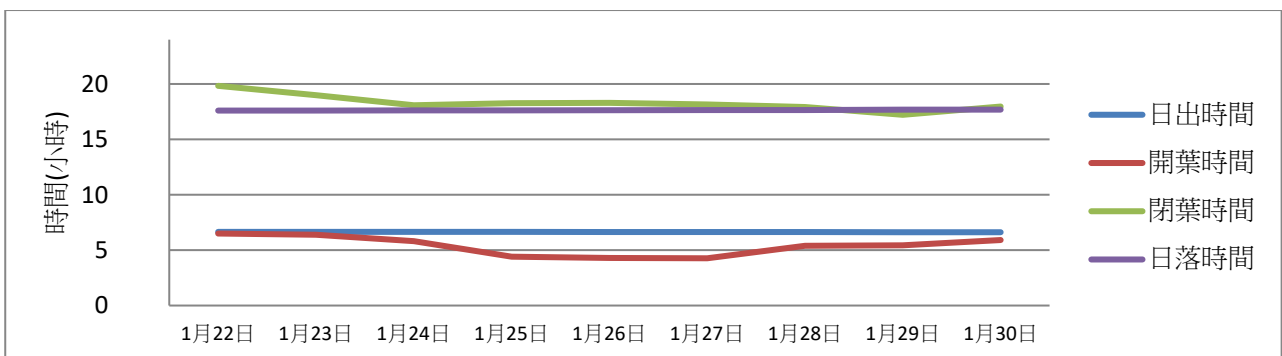


圖 5-4-2 朝天椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

表 5-4-3 印度魔椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

日期	1月22日	1月23日	1月24日	1月25日	1月26日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日
日出時間	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 13/20	6 19/30	6 19/30	6 19/30	6 37/60	6 37/60
開葉時間	5 17/30	5 5/12	5.2	4 11/60	3 17/20	3 9/10	5 2/3	5 49/60	5 59/60
閉葉時間	18 59/60	18 41/60	18 1/3	18 41/60	18 1/5	18 1/5	17 9/20	17 3/10	17 1/10
日落時間	17 3/5	17 3/5	17 37/60	17 37/60	17 19/30	17 13/20	17 13/20	17 41/60	17 41/60

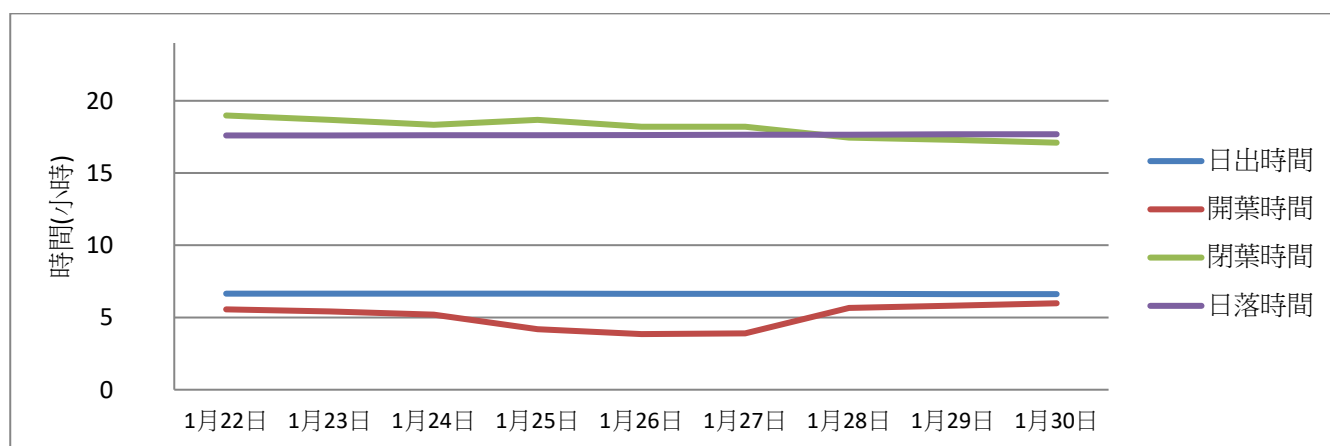


圖 5-4-3 印度魔椒組的含羞草的晝夜節律在操作期間的時間變化

- (三) **實驗結果與討論**：由圖 5-4-1、5-4-2、5-4-3 可以看到，在實驗期間，含羞草的晝夜節律會因辣椒而受到影響。含羞草的開葉及閉葉原與太陽的運行時間有關連性，但是在放置辣椒過後，開葉時間會早於當天的日出時間，而閉葉時間在前期較日落時間晚，但在後期實驗時，數據呈現向下的趨勢，變成閉葉時間早於日落時間。不同的辣椒品種會使植物的睡眠運動有不一樣的變化。
- (四) **發現與應用**：在操作期間，含羞草的開葉及閉葉情形會因為辣椒而使它不再依照晝夜節律來進行。尤其是在實驗中期，含羞草的開葉時間變化最大。

五、觀察植物的晝夜節律（circadian rhythm）在恢復期間是否會因為不同的辣椒素而有所差異。

（一）研究假設: 植物的晝夜節律（circadian rhythm）在恢復期會因為不同的辣椒而有所差異。

操作變因：辣椒種類

應變變因：睡眠時間

控制變因：植物種類 暴露時間 辣椒濃度

（二）實驗結果

表 5-5-1 小米椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

日期	1 月 31 日	2 月 1 日	2 月 2 日	2 月 3 日	2 月 4 日	2 月 5 日	2 月 6 日
日出時間	6 37/60	6 3/5	6 3/5	6 7/12	6 7/12	6 17/30	6 17/30
開葉時間	6 19/30	7 23/60	7 31/60	6 59/60	7 29/60	7 11/15	7 11/30
閉葉時間	18 2/3	17 1/60	18	18 1/30	17 2/3	18 1/60	18 19/60
日落時間	17 41/60	17 7/10	17 43/60	17 43/60	17 11/15	17 3/4	17 3/4

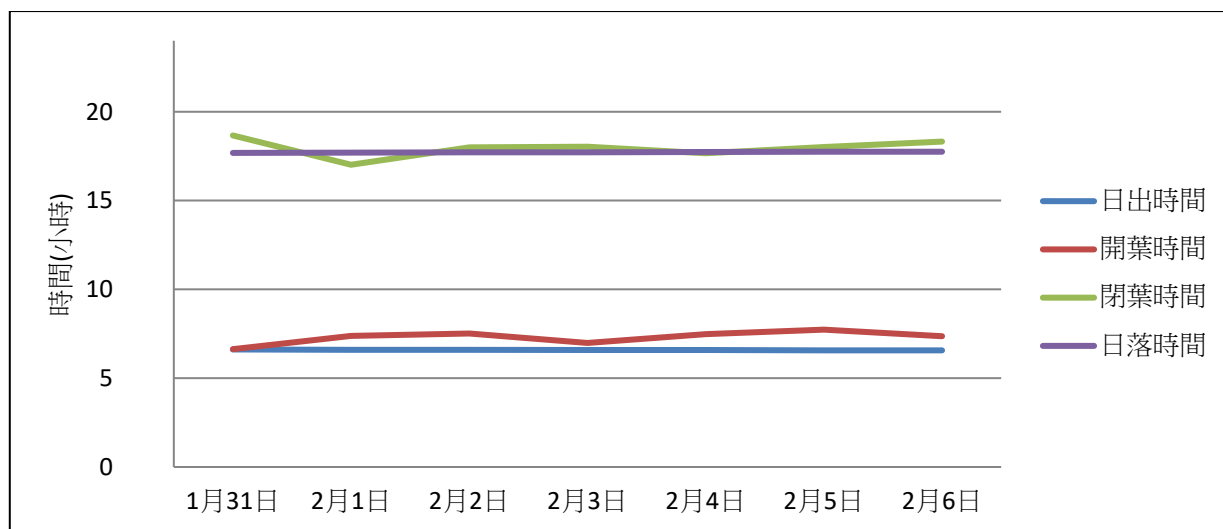


圖 5-5-1 小米椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

表 5-5-2 朝天椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

日期	1 月 31 日	2 月 1 日	2 月 2 日	2 月 3 日	2 月 4 日	2 月 5 日	2 月 6 日
日出時間	6 37/60	6 3/5	6 3/5	6 7/12	6 7/12	6 17/30	6 17/30
開葉時間	7 13/20	7 1/30	7.2	7 3/5	7 2/15	7 5/12	7.2
閉葉時間	18.4	18.5	17 1/10	17 23/30	18.2	18	18 3/20
日落時間	17 41/60	17 7/10	17 43/60	17 43/60	17 11/15	17 3/4	17 3/4

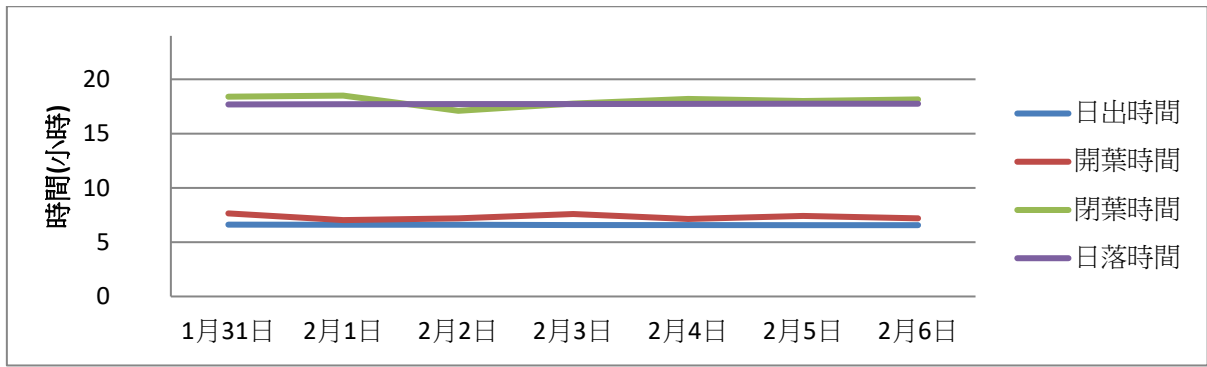


圖 5-5-2 朝天椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

表 5-5-3 印度魔椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

日期	1月31日	2月1日	2月2日	2月3日	2月4日	2月5日	2月6日
日出時間	6 37/60	6 3/5	6 3/5	6 7/12	6 7/12	6 17/30	6 17/30
開葉時間	7 3/5	7 8/15	7 47/60	8 7/60	7 5/6	7 17/30	7 49/60
閉葉時間	17 11/60	17 1/30	17 7/60	17 23/30	18 11/12	18 1/15	17 43/60
日落時間	17 41/60	17 7/10	17 43/60	17 43/60	17 11/15	17 3/4	17 3/4

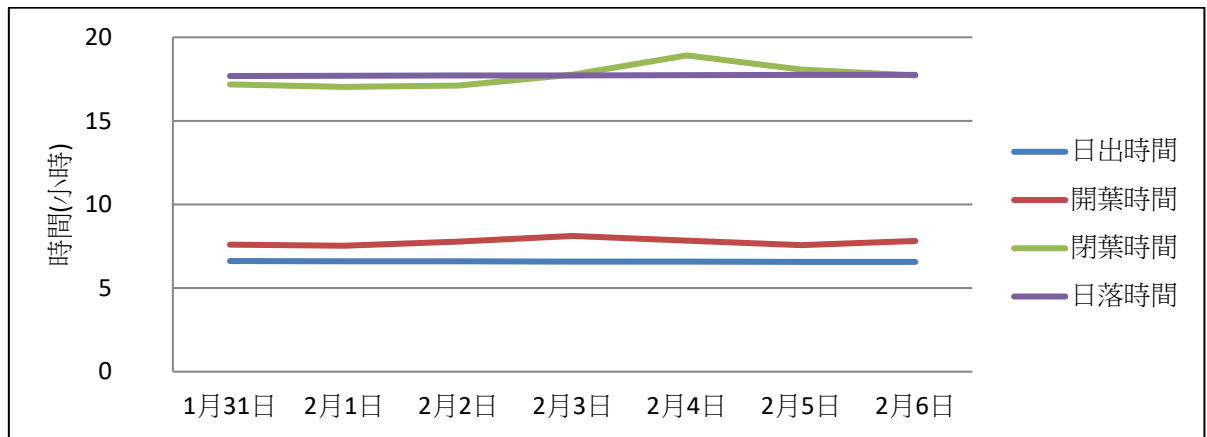


圖 5-5-3 印度魔椒組的含羞草的晝夜節律在恢復期的時間變化

(三) **實驗結果與討論**：由圖 5-5-1、5-5-2、5-5-3 中可看到，在恢復期的期間，含羞草的晝夜節律又找回了規律，數據線也較操作期間來的平穩。雖然印度魔椒組的葉片開葉時間較日出時間晚，但由於睡眠運動的時間是出自於基因，因此我們推測每盆植物的睡眠時間皆不相同只是大部分都較為接近，所以從平穩的數據線可以知道，印度魔椒組的植物在恢復期期間回到了與之前相近的規律。

睡眠時間在恢復期的長短，會因為不同的辣椒品種而有不一樣的影響。

(四) **發現與應用**：含羞草的葉片閉合的時間，會因為恢復期而變得與日出、日落的時間大致相同，且數據線也變得較平穩。

六、幸運草的搖擺運動觀察記錄

(一) 觀察結果

表 5-6-1 幸運草搖擺運動的觀察情形

 <p>圖 5-6-1 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 00:00:34</p>	 <p>圖 5-6-2 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 01:59:34</p>
 <p>圖 5-6-3 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 03:59:34</p>	 <p>圖 5-6-4 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 06:00:34</p>
 <p>圖 5-6-5 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 08:03:34</p>	 <p>圖 5-6-6 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 10:02:33</p>
 <p>圖 5-6-7 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 12:01:33</p>	 <p>圖 5-6-8 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 13:59:33</p>
 <p>圖 5-6-9 幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 15:59:33</p>	

(二) **觀察結果與討論**：由圖 5-6-1 ~5-6-9 可以觀察到，不同的時間，幸運草的擺動幅度也會有所不同。

由於植物的右方有放置 LED 燈，因此擺動的幅度較不明顯，但在細微的觀察下，角度還是有些許的不同。

(三) **發現與應用**：幸運草不管葉片是打開還是下垂，依舊會持續不間段的進行搖擺運動。

陸、討論

一、辣椒素對含羞草睡眠運動長短的影響（實驗一～實驗三）

- (一) **辣椒基因的多樣性:**以演化的觀點來看，辣椒起源於南美洲安第斯山脈一帶，它是一種與我們日常飲食中常見的佐料。透過這次的科展，我們終於一窺辣椒的神奇。辣椒和番茄、茄子同屬於茄科，由最近的研究中發現它們都具有辣椒素合成的基因，而此基因只有在辣椒中可以表現出來，而產生辣椒素。為什麼辣椒會產生辣椒素？據文獻上認為安第斯山脈生物多樣性豐富，為了在這種自然環境中生長並成功地繁殖下一代，辣椒素可以阻止嚙齒類動物咀嚼辣椒果實的種子。而鳥類沒有牙齒的吃了辣椒果實之後，體內缺乏對辣椒素敏感的受體，所以感覺不到辣味，無法被消化辣椒種子隨鳥糞排出，即可幫助辣椒種子傳播。
- (二) **辣椒素的 pH 值呈現:**我們的初步推測為辣度及 PH 值會影響到植物的睡眠運動，而從實驗結果可知，辣度是影響植物的主因，並非酸鹼值，因其呈現的高低變化並不具規律性。而辣椒素又稱為辣椒鹼，我實際精準的測量**泥狀辣椒醬**、**分液漏斗收集液**、**辣椒萃取液**三種辣椒在不同狀態下所測出的 pH 值皆偏向弱酸，見表 6-5-1。我們也請教過化學老師類辣椒素不應該是鹼性，為何稱辣椒素為辣椒鹼？遍查各學術網站皆未標示辣椒素的 pH 值，唯一查到的是內蒙古大學化學學報提到以「100 克脫水辣椒研碎後用 1000 克去離子水浸潤，所得值辣椒汁 pH6.3。」**辣椒鹼**的名稱讓我們很困惑。

關於辣椒鹼的討論: 表 6-5-1

	A 組 蒸餾水	B 組 乙酸乙酸	C 組 朝天椒	D 組 印度魔椒	E 組 小米椒
辣度	x	x	50000~100000	1481000	30000~50000
pH 40g 乾料+25ml 蒸餾水 果汁機:32000RPM, 1 分 泥狀辣椒醬	7.0	7.1	5.2	5.4	5.56
pH 泥狀辣椒醬 24g+60ml 乙酸乙脂以分液漏斗 收集液	7.0	7.1	5.6	6.35	5.72
pH 分液漏斗收集液以水浴法， 收集為辣椒萃取液 (即實驗備置溶液)	7.0	7.1	4.2	5.0	4.91

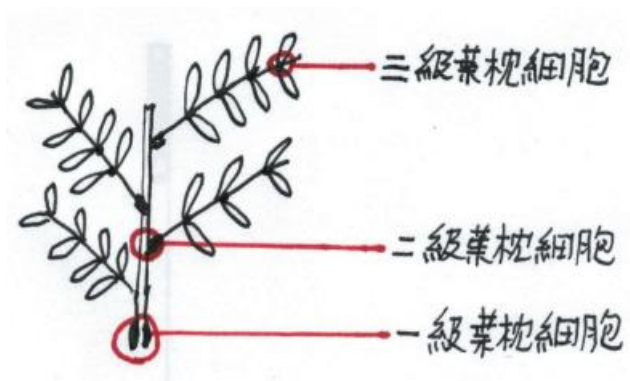
二、辣椒素對含羞草晝夜節律的影響（實驗四-實驗五）

2021 年的諾貝爾生醫獎頒發給了兩位做感知溫度和觸覺感受器研究領域的 David Julius 和 Ardem Patapoutian，要複製產生辣椒素的基因並不容易，在 1997 年 David Julius 發表了採用鑑定辣椒素受體（TRPV1）的方法，從而開啟了感知受體研究的新發方法和熱潮。但這股熱潮僅在哺乳動物（尤其是人類）來從事研究。而我們在實驗前期，透過資料的搜尋發現在國內或國外很少有學者從事植物是否也具有類似的辣椒素受體的研究，辣椒素式法會影響植物的生理表現。Levent ARIN 在 2019 在土耳其的農業與森林的期刊及 Derek W. Barchenger 等人，皆證實了辣椒素具有對胡椒發芽，幼苗生長的品質和產量都具有影響力。科學家對於辣椒素的研究，多以 97% 的純素溶在 30% 的甲醇，70% 的蒸餾水中來作為原液。而在國內辣椒素是嚴格的管制藥品；因此，我們就以水浴法來備製三種辣椒的萃取液，把乙酸乙脂蒸發出來，但這些萃取液仍是一種混合物，因為辣椒中有多種的類辣椒素物質（表 3-2），幸運的是在本實驗數據中我們發現不同的辣椒萃取液對含羞草和幸運草的晝夜節律會造成影響，而這種影響是具有可逆性的。

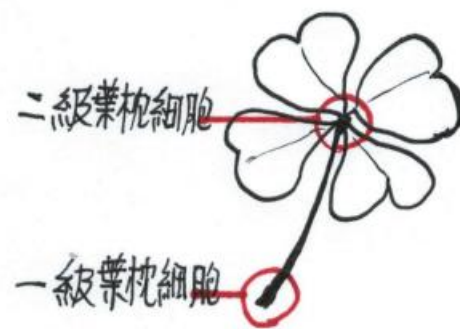
辣椒萃取液如何影響實驗植物的晝夜節律：包括達爾文在內的許多十八、十九世紀的植物學家，皆曾致力於睡眠運動的研究。對於具有羽狀（複）葉，如雨豆樹屬，合歡數即含羞草屬（以上三者為豆科植物）具有明顯的睡眠作用，本次實驗植物具有睡眠運動的特性。睡眠運動是葉枕細胞膨壓因著 K^+ 和 pH 的改變，及內在的生理時鐘而產生規律性的張開與閉合，在本實驗中我們推測是因為不同的辣椒萃取液中，類辣椒素的組成百分比不同，影響到葉枕細胞 K^+ 通道及 H^+ 幫浦的運作，所以在各種辣椒萃取液才對睡眠運不同程度的影響。但這仍需要更精準的實驗才能證實！

三、含羞草的搖擺運動觀察（實驗六）：

實驗植物無論在自然生長或有辣椒萃取液操作下，當小葉閉合之後含羞草和幸運草皆有左右搖晃的現象。因為受限於實驗的時間，我們並沒有量化實驗組和對照組搖晃的角度和頻率是否有顯著的差異？本實驗僅能以圖 5-6-1~5-6-9 來呈現，希望在接續的實驗中我們能有研究成果。至於實驗植物進入睡眠運動，為什麼仍會左右搖晃？我們依植物生理學的教科書推測，含羞草具有一級、二級、三級的葉枕細胞，幸運草具一級、二級葉枕細胞。一級葉枕細胞因為最靠近根部，有較充足的水分及養分（能量來源）來改變葉枕細胞的膨壓，因此當二級、三級葉枕細胞膨壓下降後（即進入睡眠運動），植物仍會產生左右搖晃的現象。



圖含羞草葉枕細胞的分布（自繪圖）



圖幸運草葉枕細胞的分布（自繪圖）

柒、結論

- 一、使用 1ml 的辣椒溶液和 2ml 的辣椒溶液去放置在含有植物的容器中:在劑量方面，不同辣椒萃取液在 2ml 時有明顯縮短含羞草睡眠時間的作用，影響程度的大小排列為小米椒（33%）>朝天椒（30%）>印度魔椒（18%）。由以上分析方法可知，在早晚放置溶液（各 1 毫升與各 2 毫升）的情況下，小米椒（30%）>印度魔椒（29%）>朝天椒（14%），因此含羞草會因為存放環境中含有辣椒素而受到影響，影響程度則會因辣椒溶液的多寡而改變。
- 二、使用不同辣度的辣椒溶液去放置在含有植物的容器中：在本實驗設計的最大劑量下（早 8：00 下 2ml 與下午 4：00 下 2ml），影響程度大到小為小米椒（辣度約 3 萬~5 萬）>印度魔椒（辣度約 148 萬）>朝天椒（辣度約 5 萬~10 萬）。由原始資料與實驗資料比較發現，印度魔椒及小米椒的睡眠時長會下降 6%，但朝天椒卻上升 10%，代表其睡眠時間在操作後不減，反增為 1.1 倍。因此，辣椒溶液的辣度會讓含羞草的睡眠時長有不同程度的影響。
- 三、控制辣椒溶液的放置時間長短：在下午 4：00 有放置辣椒溶液的情況下，朝天椒的睡眠時間影響程度較大，為乙酸乙酯的 8%，可由 818 分鐘減少至 750 分鐘，其次影響程度為 8%。辣椒溶液的放置時間對植物的影響程度不同，放置時間越長，影響程度越大，放置時間越短，影響程度越小。
- 四、使用不同辣度的辣椒溶液進行實驗，觀察含羞草晝夜節律的變化：含羞草的開葉及閉葉原與太陽的運行時間有關連性，但是在放置辣椒過後，開葉時間會早於當天的日出時間，而閉葉時間在前期較日落時間晚，但在後期實驗時，數據呈現向下的趨勢，變成閉葉時間早於日落時間，而不同的辣椒品種也會使植物的睡眠運動有不一樣的變化。
- 五、使用不同辣度的辣椒溶液進行實驗，觀察含羞草在恢復期晝夜節律的變化：在恢復期的期間，含羞草的晝夜節律又找回了規律，數據線也較操作期間來的平穩。雖然印度魔椒葉片的開葉時間較日出間晚，但由於睡眠運動的時間是出自於基因，因此我們推測每盆植物的睡眠時間皆不相同只是大部分都較為接近，所以從平穩的數據線可以知由道，印度魔椒組的植物也因恢復期而回到與之前相近的規律，而恢復時間的長短因為不同的辣椒品種而有不一樣的影響。
- 六、觀察植物葉片擺動的情形：幸運草在不同的時間下，會有不同的擺動幅度，包括再進行睡眠運動時也是一樣，由於植物的右方有放置 LED 燈，因此擺動的幅度較不明顯，但在細微的觀察下，角度還是有些許的不同。

捌、參考資料

小米椒參考資料（維基百科）：發佈日期 2020 年 7 月 24 日（星期五）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8F%E7%B1%B3%E8%BE%A3>

幸運草參考資料（維基百科）：發佈日期 2022 年 3 月 16 日（星期三）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%9B%E8%91%89%E8%8D%89>

朝天椒參考資料（維基百科）：發佈日期 2020 年 11 月 2 日（星期一）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%9D%E5%A4%A9%E6%A4%92>

印度魔椒參考資料（維基百科）：發佈日期 2021 年 12 月 5 日（星期日）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%B7%E9%AD%82%E6%A4%92>

辣度表參考資料（維基百科）：發佈日期 2022 年 1 月 20 日（星期四）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B2%E9%AB%98%E7%B6%AD%E7%88%BE%E6%8C%87%E6%A8%99>

晝夜節律參考資料（維基百科）：發佈日期 2021 年 6 月 29 日（星期二）

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%98%BC%E5%A4%9C%E8%8A%82%E5%BE%8B>

2021 諾貝爾生理醫學獎資料：發佈日期 2021 年 10 月 4 日（星期一）

<https://www.nobelprize.org/uploads/2021/10/press-medicineprize2021.pdf>

蒸餾水參考資料（維基百科）：發佈日期 2022 年 04 月

<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E8%92%B8%E9%A6%8F%E6%B0%B4>

乙酸乙酯參考資料（維基百科）：發佈日期 2022 年 5 月 08 日

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%99%E9%85%B8%E4%B9%99%E9%85%AF>

雷雅淇（2016），史高維爾辣度怎麼量？為什麼我們愛吃辣？——那些關於辣椒的二三事

發佈日期：2016 年 01 月 22 日

<https://pansci.asia/archives/92463>

辣椒素參考資料（維基百科）：發佈日期 2021 年 9 月 18 日

[辣椒素 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9C%B6)

辣椒的主要成分參考資料（維基百科）：發佈日期 2022 年 3 月 10 日

[辣椒 - 維基百科，自由的百科全書 \(wikipedia.org\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9C%B6)

辣椒 PH 值是多少？

<https://zhidao.baidu.com/question/493716060.html>

摘自〈內蒙古大學化學學報〉

小談辣椒素和辣椒素受體的研究

http://www.360doc.com/content/21/1009/12/76361972_998897898.shtml

Introduction to Plant Physiology 4th

(原著 Willian G. Hopkins 、 Norman P.A. Huner 2013)

Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annum*

Derek W. Barchenger, Paul W. Bosland (2016)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423816301157>

The influence of exogenous capsaicin application on the germination, seedling growth, and yield of pepper

<https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?>

Turkish Journal of Agriculture and Forestry

Volume 43 Number 5

(LEVENT ARIN ÇAĞATAY ARABACI 2019)

【評語】 030310

1. 實驗整體內容

實驗作品具創意與創新，由 2021 年諾貝爾生醫獎獲獎研究延伸並規劃此實驗，且研究設計結構完整與明確，值得嘉許。不過，內文同時出現印度鬼椒與印度魔椒，需統一名稱。而且，實驗討論提到辣椒素作為嚴格管制藥品，應加入管制藥品資料來源。

2. 實驗結果

- (1) 圖 5-2-1 實驗結果看似辣度對含羞草之睡眠運動時間並無關聯，應提出解釋。
- (2) 實驗程序圖中第 7~9 天是一天悶 2 小時，第 10~12 天是一天悶一小時，第 13~14 天是一天悶二小時 此作法的規律為何？
- (3) 由圖 5-3-1 如何發現辣椒溶液的放置時間對植物的影響程度不同，放置時間越長，影響程度越大，放置時間越短，影響程度越小？
- (4) 是否有嘗試使用非辣椒類的植物來進行測試？是否會有相類似或是差異性的反應？還是只對於辣椒素有反應？此可探討植物感受的專一性。
- (5) 數據缺乏統計分析，如果分析數據，將能使結果的呈現更有說服力。

作品簡報

辣不辣有關係？！ 辣椒素對於植物的影響

辣椒素、睡眠運動、辣椒

壹、研究動機

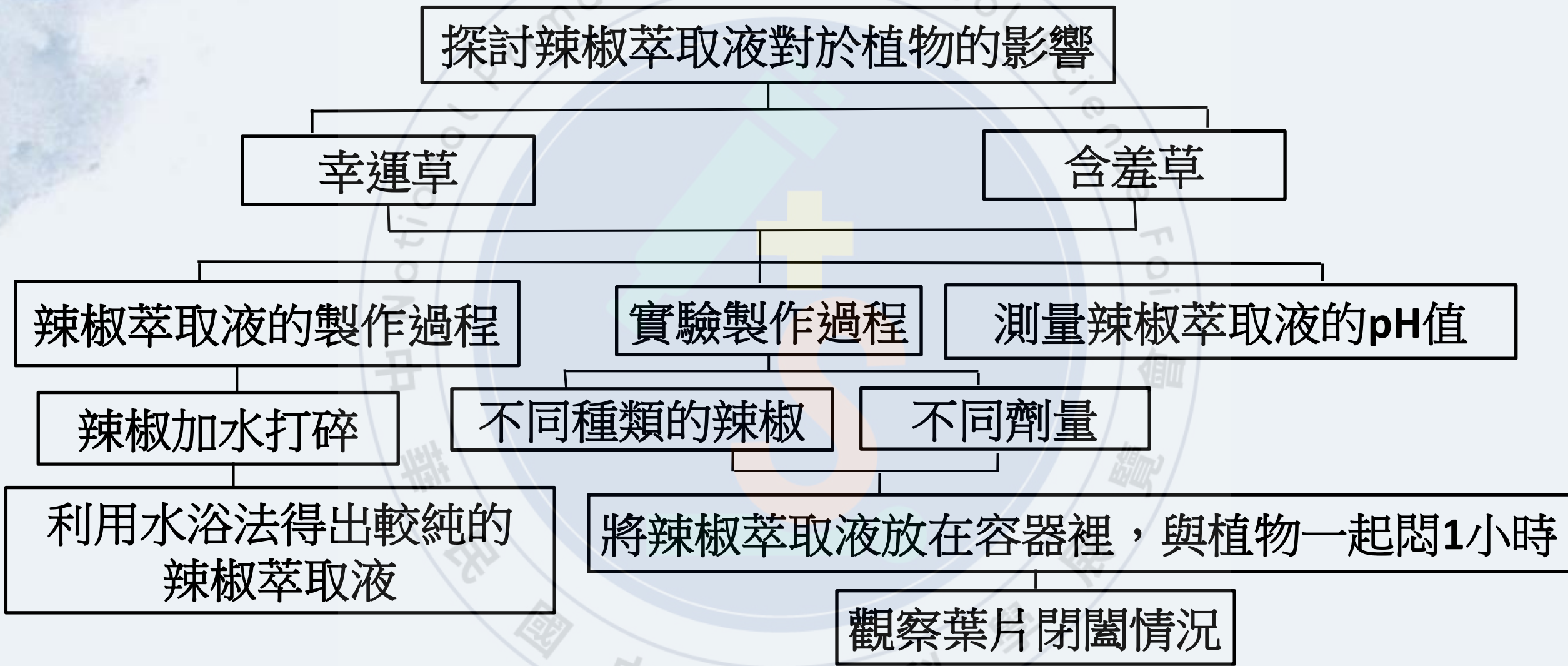
- 諾貝爾生理醫學獎，David Julius和Ardem Patapoutian「人類神經系統如何感知溫度與觸覺兩種外界刺激」(2021)
- 因此我們想要探討辣椒素對植物在睡眠運動期間的影響。



貳、研究目的

- 一、觀察含羞草的睡眠運動是否會因為放置辣椒萃取液的劑量不同而有所影響。
- 二、比較不同種類的辣椒萃取液的辣度對於含羞草睡眠運動有何差異。
- 三、比較不同放置時間的辣椒萃取液對於含羞草睡眠運動有何差異。
- 四、觀察植物的晝夜節律（**circadian rhythm**）在實驗期是否會因為不同種類的辣椒萃取液而有所差異。
- 五、觀察植物的晝夜節律（**circadian rhythm**）在恢復期是否會因為不同種類的辣椒萃取液而有所差異。
- 六、觀察含羞草的搖擺運動是否會因為有放置辣椒萃取液而有所影響。

參、研究方法與實驗流程圖



參、研究方法

(1)



將辣椒與蒸餾水混合加入研磨機打碎至泥狀。

(2)



辣椒泥倒入分液漏斗內並加入乙酸乙酯。

(3)



打開分液漏斗下方的旋鈕萃取出辣椒素。

(4)



利用水浴法蒸餾，獲得較純的辣椒萃取液。

(5)



將辣椒萃取液放在容器裡，與植物一起悶1小時。

(6)



使用縮時攝影機觀察植物的睡眠及搖擺運動。

肆、研究結果與討論

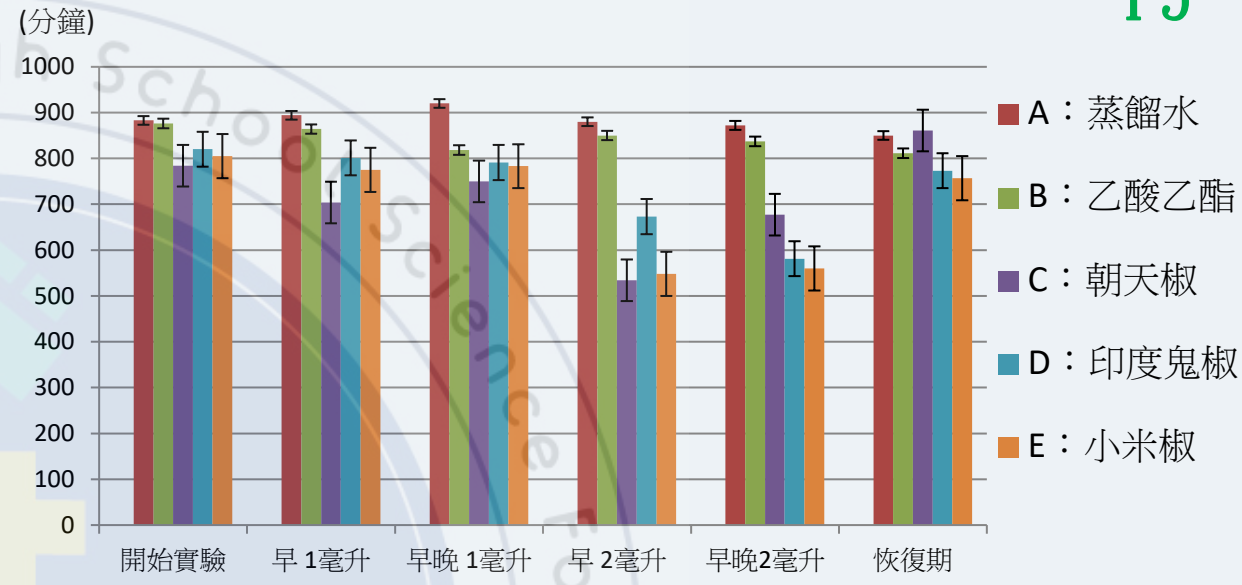
一、觀察含羞草的睡眠運動是否會因為放置辣椒萃取液的劑量不同而有所影響。

二、比較不同種類辣椒萃取液的辣度對於含羞草睡眠運動有何差異。

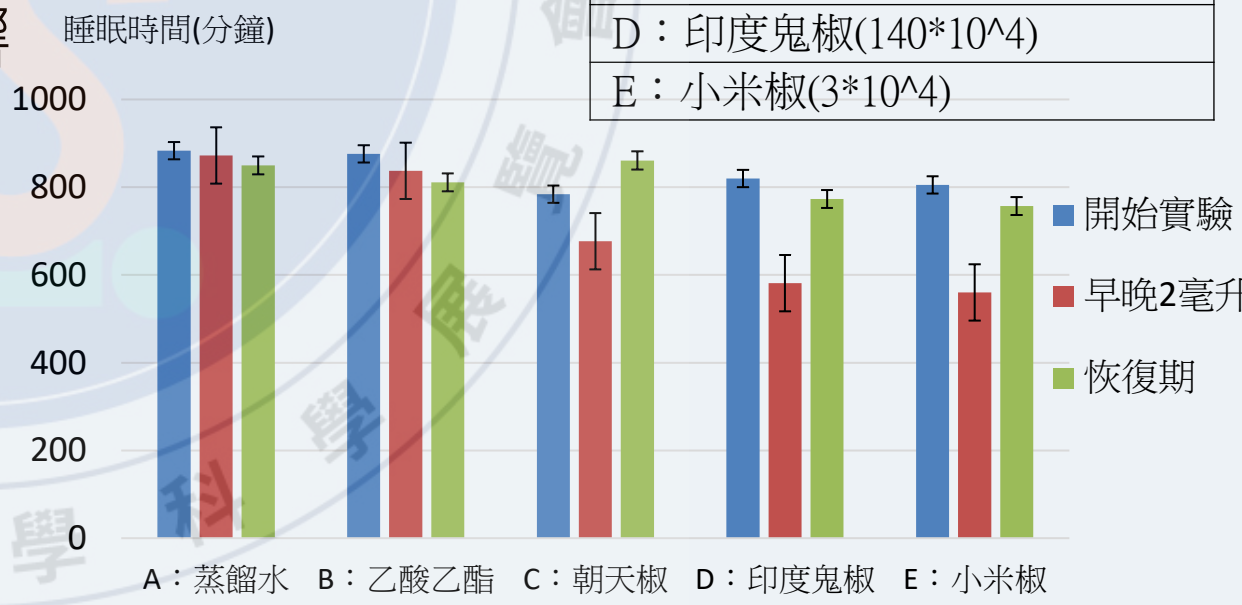
■ **因果**：放入辣椒萃取液的劑量不同對睡眠時間會有影響。而辣度不同，影響程度也不同。

■ **討論**：含羞草會因環境中放有辣椒萃取液而受到影響，且辣椒的基因有多樣性，不同辣椒會有不同的影響。

■ **發現與討論**：小米椒的萃取液在不同劑量時，對含羞草的睡眠運動影響最大。



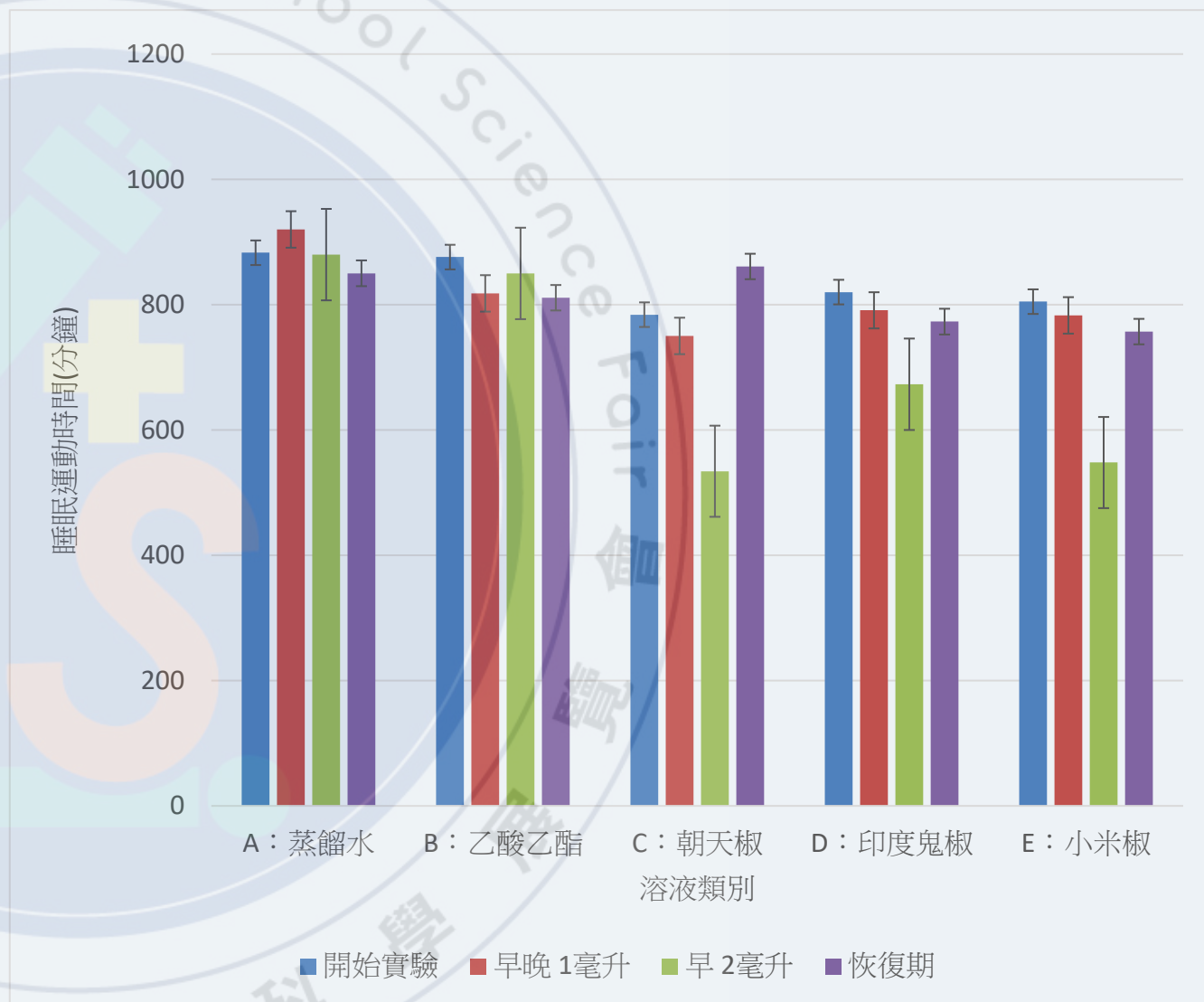
辣度
C: 朝天椒(5×10^4)
D: 印度鬼椒(140×10^4)
E: 小米椒(3×10^4)



肆、研究結果與討論

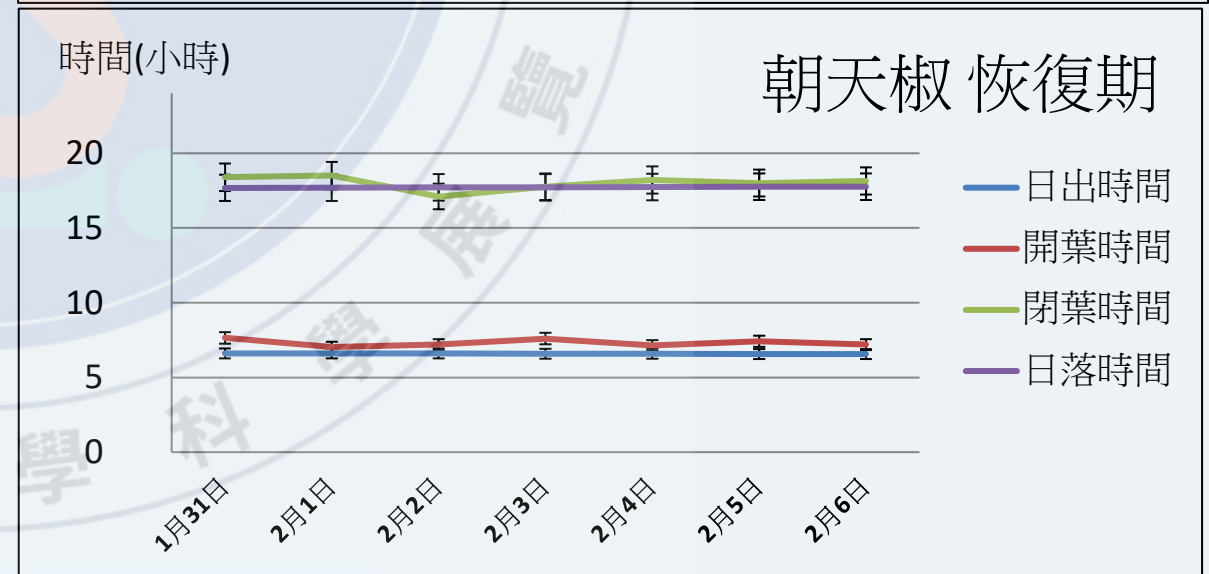
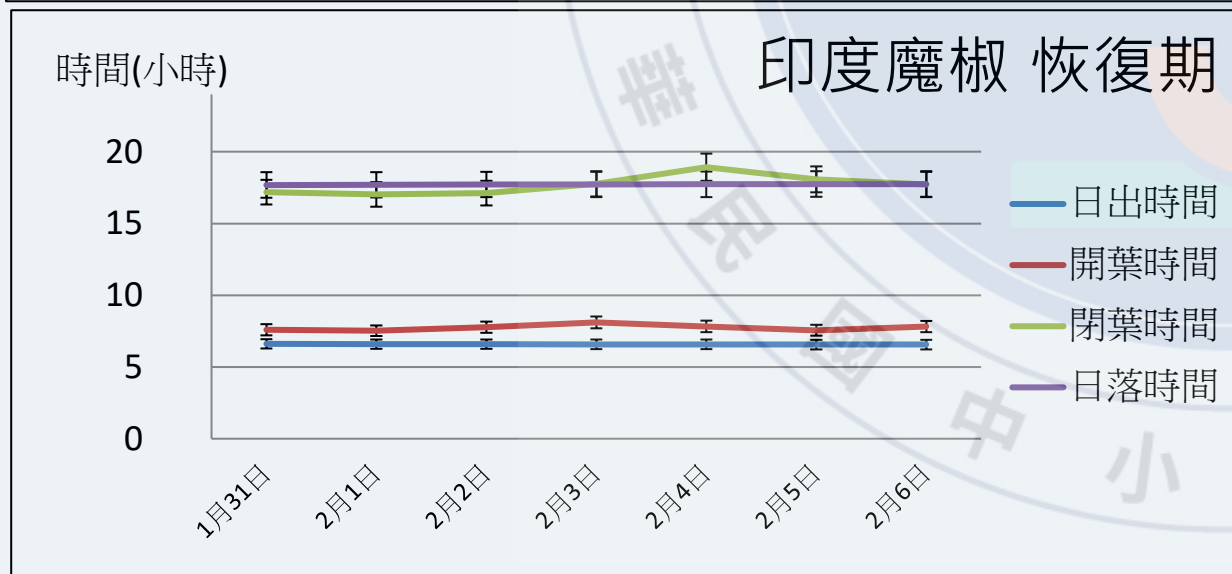
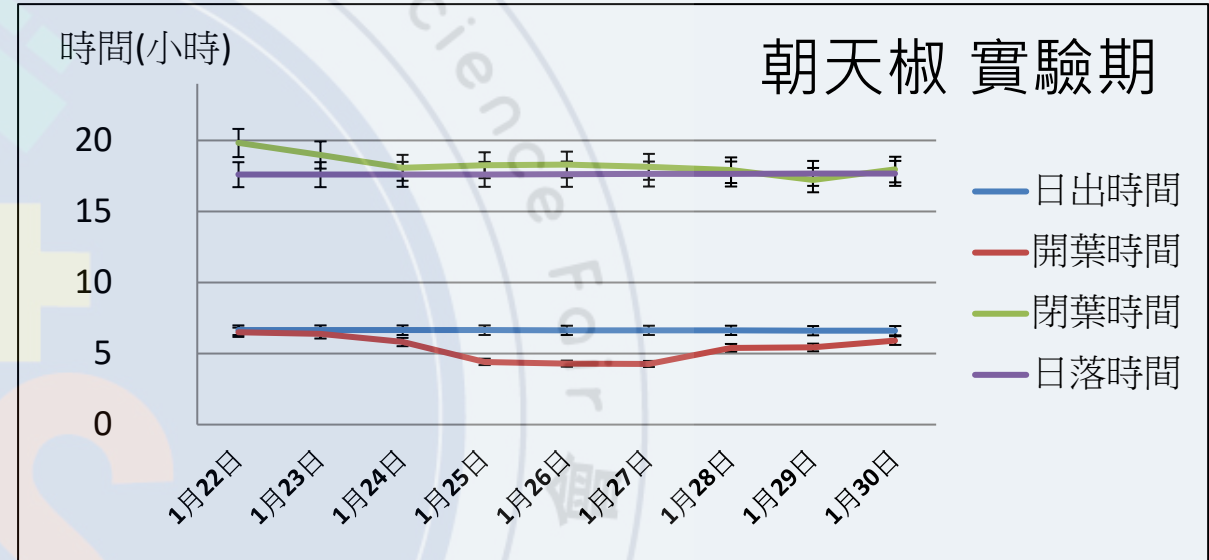
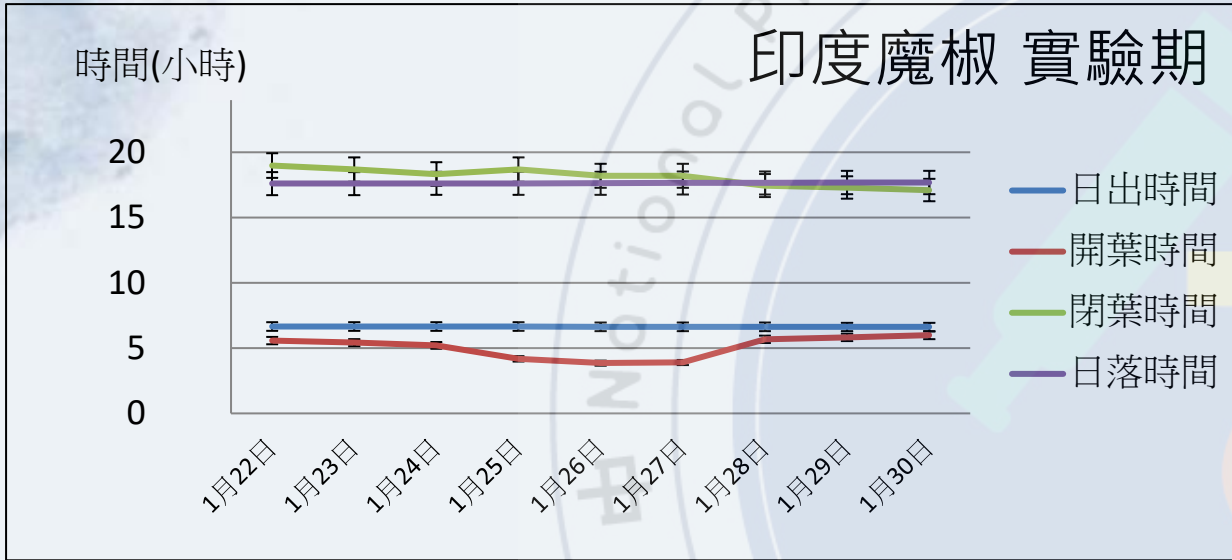
三、比較辣椒萃取液的放置時間不同對於含羞草睡眠運動有何差異。

- **因果**：在早上放置2mL辣椒萃取液，效果大於早晚各放1mL。
- **討論**：辣椒萃取液的放置時間越長，影響程度越大，時間越短，影響程度越小。
- **發現與討論**：若放置同劑量辣椒萃取液的時間不同，對於含羞草的睡眠運動時間長短會有影響。



肆、研究結果與討論

四、五、觀察植物的晝夜節律 (circadian rhythm) 在實驗期及恢復期是否會因為不同種類的辣椒萃取液而有所差異。



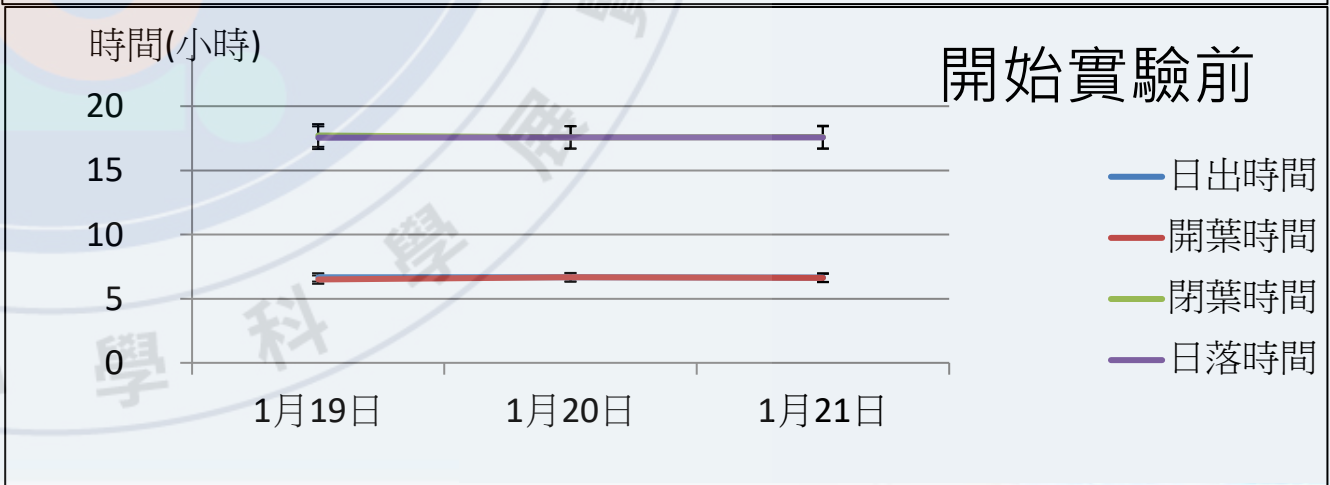
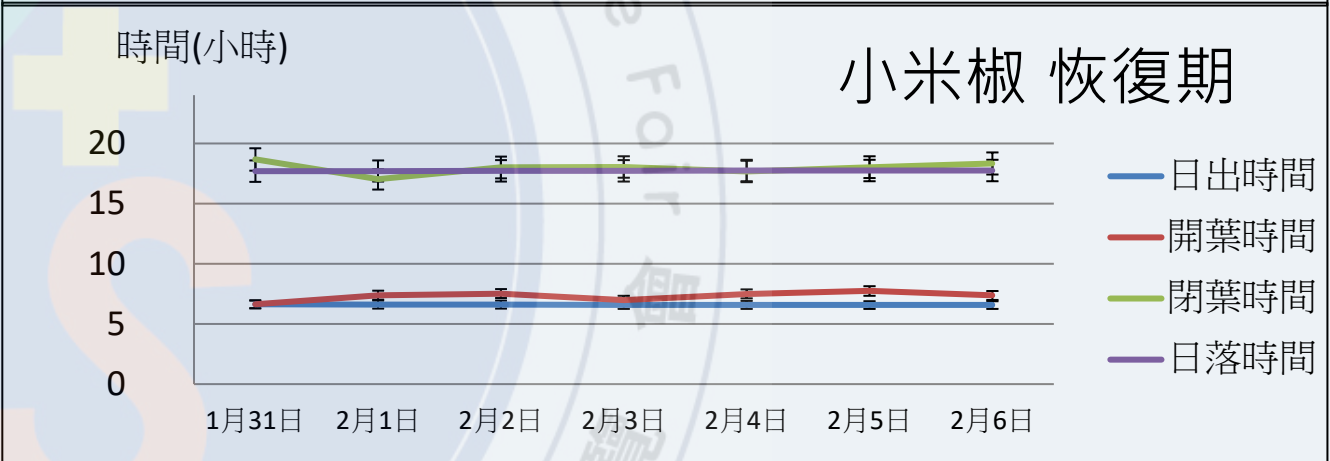
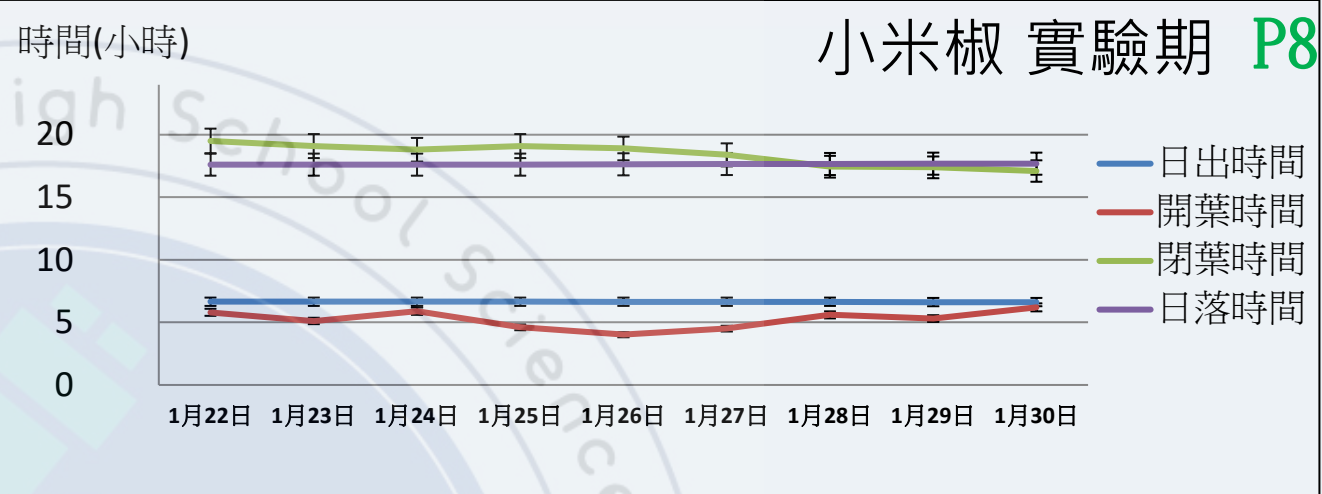
肆、研究結果與討論

四、五、觀察植物的晝夜節律 (circadian rhythm) 在實驗期及恢復期是否會因為不同種類的辣椒萃取液而有所差異。

■ **因果**：放置辣椒萃取液後，植物的睡眠時間會變得較短，而在恢復期，又會回到與日出日落相近的時間點。

■ **討論**：不同的辣椒萃取液在實驗期及恢復期，皆有不同影響，且此影響具有可逆性。

■ **發現與討論**：植物會因為加入辣椒萃取液而造成睡眠運動的進行時間失去原有的晝夜節律。



肆、研究結果與討論

六、幸運草的搖擺運動觀察記錄 (有加辣椒萃取液)



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 00:00:34



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 01:59:34



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 03:59:34



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 06:00:34

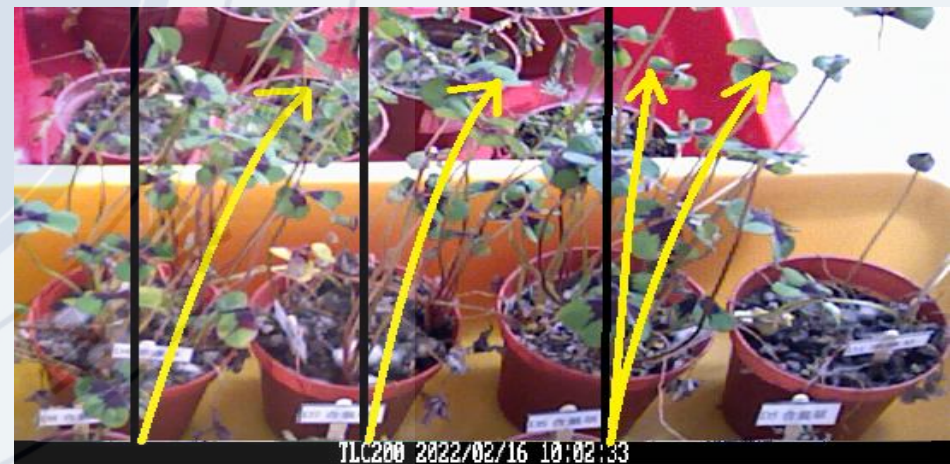
肆、研究結果與討論

六、幸運草的搖擺運動觀察記錄 (沒加辣椒萃取液)

- **因果**：有沒有放置辣椒萃取液，對幸運草的搖擺運動並沒有多大的差別。
- **討論**：日與夜幸運草都會有不同的擺動幅度，但因實驗設計未在幸運草背景置放方格紙，故無法有精確的量化數據去證明辣椒萃取液是否影響幸運草搖擺運動的振幅和頻率。
- **發現與討論**：實驗期間24小時，300流明的光照量(控制變因)，排除了光照會影響實驗植物的睡眠及搖擺運動。幸運草的夜間搖擺，推測是一級葉枕細胞儲存較多水和能量，因而造成幸運草的搖擺。但此推論仍需有更精準的儀器和實驗才能證明。



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 08:03:33



幸運草搖擺運動的情形 2022/02/16 10:02:33

伍、結論

- 一、含羞草睡眠運動會因為不同劑量的辣椒萃取液而有影響。
- 二、含羞草睡眠運動會因為辣椒萃取液的辣度不同而有變化。
- 三、含羞草的睡眠運動時間的長短會因為辣椒萃取液的放置時間而有差別。
- 四、實驗期間，不同種類的辣椒萃取液對含羞草的晝夜節律有影響。
- 五、恢復期間，不同種類的辣椒萃取液對含羞草的晝夜節律有影響。
- 六、幸運草不管有沒有加辣椒萃取液，在不同的時間下，都會有不同的擺動幅度，但兩者相差的程度，須經更進一步研究。