

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：生活與應用科學科(二)(含生物科技/食品科學)

組別：國中組

作品名稱：當決明子遇上黃芩：一場關於渦蟲再生的英雄救援

關鍵詞：渦蟲、眼點、中草藥

編號：115JB-L002

目錄

摘要	1
壹、前言	1
貳、研究設備及器材	5
參、研究過程或方法	6
肆、研究結果	15
伍、討論	21
陸、結論	24
柒、參考文獻資料	26

摘要 (300 字以內含標點符號)

本研究以三角渦蟲為模型，探討枸杞、菊花、決明子及黃芩萃取液對再生的影響，並建立功能分類。以不同濃度觀測眼點再生時數、身長增長量及型態對稱性。

結果顯示：

- 枸杞 (促進型)：在濃度 2.0% 時，增長 1.58 mm 比較對照組提升 81%，且眼點再生最快 86 小時，證實效果與濃度具線性關係。
- 菊花 (穩定型)：它使畸形率由 20% 降至 0，達成 100% 對稱再生，增長量的標準差 0.045 為最低。
- 決明子 (雙向型)：0.1% 劑量可縮短再生 8.4 小時；0.3% 會使身體溶解，存活率降至 0。
- 甘草 (保護型)：在複合配方中作為緩衝，將受損組存活率由 50% 提升至 90%，並修正 80% 的畸形率。

本研究成功確定「促進、穩定、雙向、保護」四種功能類型，為研發高效又安全的生物再生複合配方，提供了科學依據。

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)

一、研究動機

之前大家研究中草藥對生物的影響，基本只看兩件事，哪種藥材效果最好？副作用最少？但中草藥的作用甚為複雜，若只看”長得快”這一個指標，是無法說清楚它對生物再生的真正價值。本組想探討不同功效的中草藥（如補益、清熱、明目）是否透過不同機制影響渦蟲的再生品質；渦蟲具有超強的幹細胞，它的眼點再生可讓神經系統重新連起來，此過程複雜，正好能用來實驗。

中草藥如何影響細胞生長、組織發育？我們還發現個關鍵問題，再生長得快，不一定品質好，就像蓋房子，只趕工期，房子可能會歪斜，結構也不穩固；生物再生也一樣，細胞分裂太快，沒有引導，眼點就容易長歪、不對稱，甚至長畸形，所以就有個猜想，有些中草藥，可能不會讓再生變快，但能讓再生品質更佳、更穩定，本組重新明確了四種藥材的功能，想建一套完整的中草藥再生方式，不只是找能讓生物”快速生長”的藥材。我們希望通過這套實驗清楚每種藥材在再生裡的獨特作用，找到讓生命再生又快又好的科學依據。

二、目的：

本研究採用”一個主角加四個配角”的設計，透過五組實驗來驗證不同藥材的特性：

- (1) 實驗一：比較八種藥材對眼點再生的初步影響，建立功能分類的基礎。
- (2) 實驗二：驗證促進型藥材是否有愈濃長愈快的趨勢。
- (3) 實驗三：觀察藥材是否能讓再生過程更穩定，減少畸形發生，
- (4) 實驗四：探討濃度高低是否會產生「低劑量幫助、高劑量傷害」的雙向效果
- (5) 實驗五：測試「保護型」藥材與其他藥材混合時，是否能發揮修正與優化再生的功能，

三、文獻回顧

(一) 探索生物再生的奧秘—以渦蟲為例。文獻： Reddien, P. W., & Sánchez Alvarado, A. (2004). *Fundamentals of planarian regeneration*.

1. 生物的「再生」能力一直是生命科學中最迷人的課題之一。雖然人類在手指受傷時能癒合傷口，但卻無法像壁虎那樣斷尾再生，更無法像某些低等生物一樣「全身重組」。在眾多研究對象中，淡水渦蟲（Planarians）以其驚人的再生天賦脫穎而出。根據 Reddien 與 Sánchez Alvarado 在 2004 年發表的綜述論文，渦蟲即使被切割成 279 個碎片，每一小塊依然能在兩週內發育為完整的個體。這篇文獻不僅總結了過去一百多年的實驗觀察，更從細胞分子層次解析了這項「超能力」的運作機制。
2. 這篇論文說了一個重點：渦蟲能再生，關鍵就在它體內的一種特殊細胞群，這種細胞叫”新生細胞” 英文是 Neoblasts，從生物學分類來說，這些細胞屬於”全能性幹細胞”，什麼是全能性幹細胞呢？就像一張張空白門票，身體需要什麼細胞，它們就能變成什麼細胞，例如神經細胞、肌肉細胞、腸道細胞，甚至生殖系統的細胞，都能變來用。像人類這樣的高等動物，這種全能細胞很少見，一般只在胚胎發育的早期存在，出生後就沒有了。但渦蟲不一樣，它一直都有這種細胞。這些細胞能約佔到渦蟲全身細胞總數的 20%~30%。當渦蟲受傷，這些 Neoblasts 就會收到信號，它們會移動到傷口那裡，然後大量分裂。這些分裂出來的細胞，就是渦蟲再生的”建築材料”，源源不斷的供應。

三角渦蟲重要部位圖

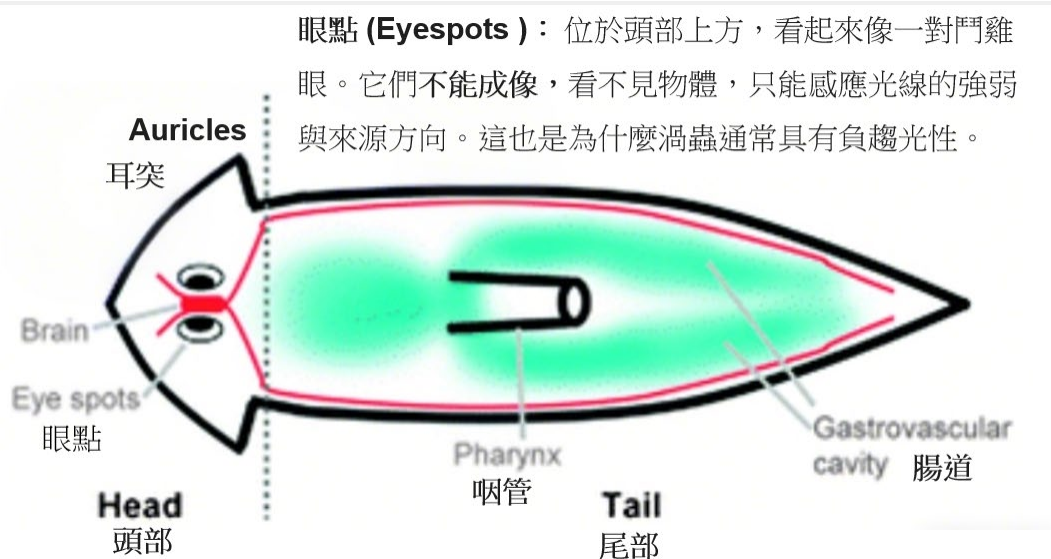


圖 1 渦蟲重要部位示意圖

取自 <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/mt/c1mt00093d> 增編中文

- (1) Reddien 等人的研究，渦蟲的修復並非單純的補不足，而是結合了兩種複雜的生物程式：
- (2) **再生芽形成 (Blastema Formation)** : 在橫切面產生後，Neoblasts 會在傷口處聚集，形成一個沒有色素的白色組織，稱為”再生芽”。這裡就像一個高度活躍的工地，專門負責「從無到有」長出失去的器官。
3. 第三個是形態重塑，英文 Morphallaxis，這是渦蟲最讓人驚艷的能力，論文裡說，再生不只是長出新的身體部位，還要調整原來身體的比例，讓它協調，例如，一隻完整的渦蟲被切掉一半。剩下的那部分，會主動縮小自己的體積，之後重新排列內臟的位置。目的就是長出一隻比例正確的小渦蟲。這種能精確掌控身體結構的能力，是現在醫學想要克服的難題。
4. 渦蟲的頭切掉後，傷口為什麼會長出腦袋，不是再長一條尾巴？這就涉及論文裡說的”極性”概念，英文是 Polarity，研究發現，渦蟲體內有一套看不見的系統，就像我們用的 GPS 定位系統一樣，它的細胞能清楚感知自己在身體縱軸上的位置，這種位置資訊，會引導 Neoblasts 精確分化，若這套系統被影響，渦蟲可能會生出兩個頭或一隻眼睛。這就能證明，渦蟲再生不是隨機生長的，而是受到基因的控制。
5. 通過 Reddien 和 Sanchez Alvarado 的文獻整理，我們能明白，渦蟲的再生就像一套高度協調的細胞生理機制，Neoblasts 負責提供再生需要的”材料” “，再生芽和形態重塑，完成身體結構的搭建，極性信號則負責引導，讓再生精確定位，不會亂掉。

(二) 中草藥原料之文獻回顧：枸杞、菊花、決明子與黃芩

1. 枸杞：來源張芬梅（2022）。枸杞多醣之最適化萃取及其抗氧化分析
 - (1) 主要成分：枸杞多醣、玉米黃素。
 - (2) 相關重點整理：枸杞被認為具有顯著的抗氧化能力。其含有的多醣體能增強免疫力，而類胡蘿蔔素如玉米黃素則被證實對視網膜細胞有保護作用，能過濾藍光傷害。
2. 菊花：來源(潘戴晨，王紫薇，徐頌文，&蔣細旺，2024)菊花黃酮類化合物抗氧化活性研究的現狀問題及展望。
 - (1) 主要成分：類黃酮 (Flavonoids)、木犀草素 (Luteolin)、綠原酸。
 - (2) 相關重點整理：菊花常被用於清熱解毒。現代藥理學研究顯示，菊花中的類黃酮化合物具有優異的抗發炎與抑制細菌生長的效果。在乾燥花瓣中，這些抗氧化成分依然能透過熱水萃取被釋放出來，對緩解眼睛疲勞有輔助功效。
3. 決明子(Cassia Seed)來源：李雅玲（2014）。決明子與混淆藥材之鑑別及品質評估。
 - (1) 主要成分：蒽醌類 (Anthraquinones)、大黃素 (Emodin)、決明素。
 - (2) 相關重點整理：它以明目和潤腸的功效出名，研究有相關發現，乾燥並且經過炒制的決明子，含有豐富的蒽醌類化合物，這類成分有潛在作用，能降低血脂，還能調節血糖，另外，決明子的提取物，在實驗裡顯示，能抑制一些致病性真菌。
4. 黃芩(Scutellaria)來源：班玥涵（2022）。黃芩多醣體之理化特性與抗癌活性。
 - (1) 主要成分：黃芩苷 (Baicalin)、黃芩素 (Baicalein)。
 - (2) 相關重點整理：黃芩是傳統中醫中很重要的抗感染藥材。文獻顯示，黃芩苷具有強大的抗病毒與抗菌功效，特別是在抑制呼吸道相關細菌方面表現突出。其乾燥根部的化學結構穩定，是許多現代植物藥物開發的基礎原料。

貳、研究設備及器材

一、原料：(以下照片由作者自拍)



枸杞子



決明子



黃芩



菊花



薑黃



甘草



金銀花(寒)



紅棗



濾紙

圖 2 以上照片由作者自拍

二、儀器與設備類：(以下照片由作者自拍)



研鉢



精密磅秤



磁石加熱攪拌器



血清瓶



解剖工具



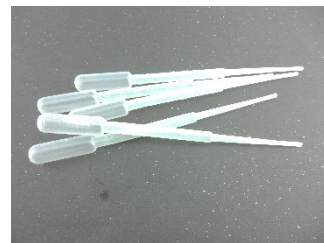
小藥盒(渦蟲)



顯微鏡(可視頻)



渦蟲



吸管

圖 3 以上照片由作者自拍

參、研究過程或方法

一、研究架構

(一) 渦蟲再生之藥理功能定位與藥物組合優化研究架構圖

本研究以渦蟲再生方式，探討不同性質的中草藥對渦蟲生理修復的效果。整體流程開始於實驗前的習性觀察與禁食控制，並透過三個階段的實驗對藥材的功能與對照組比對之差異；此流程將八種中草藥的研究邏輯串連起來，讓實驗結果具說服力。

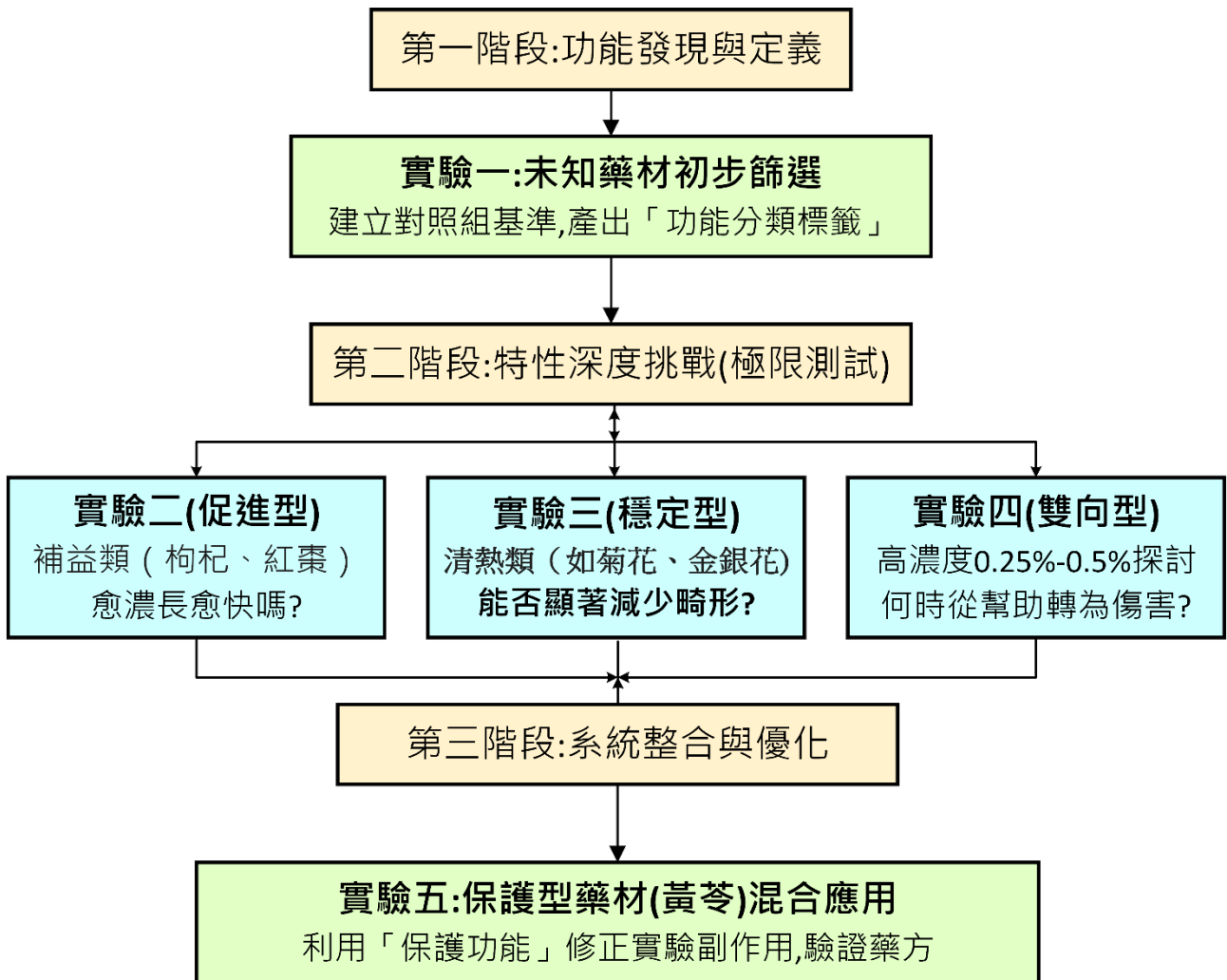
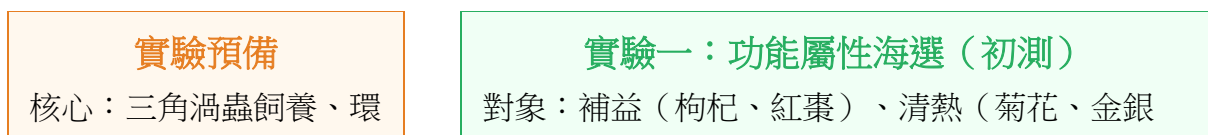


圖 4 研究架構圖

(二) 中草藥對渦蟲眼點再生影響之實驗設計架構圖

研究首先透過實驗一初步篩選藥材功能，將其分類為補益、清熱、明目與保護等標籤；接著進入各實驗的藥材特性深入挑戰，本架構目的在串聯研究邏輯，強化中草藥再生實驗的效果。



境變因控制與術前禁食處理。
目的：建立標準化的再生基準線。

花)、明目(決明子)、保護(薑黃、黃芩、甘草)。
任務：在相同濃度下觀察再生速度與對稱性，找出「表現異常」或「具潛力」的藥材。

邏輯分析轉折(中段關鍵)

1. 異常現象分析

觀察到決明子在初測中數據波動劇烈，且有部分個體溶解，表現與穩定劑型不同。

2. 藥理機制推論

懷疑決明子具有強烈的濃度敏感性，目前濃度可能已接近其抑制門檻。

3. 確立後續設計

決定將決明子獨立出來進行實驗四：濃度壓力測試，驗證雙向效應。

實驗二：促進驗證

驗證補益類藥材的「濃度正相關」加速效果。

實驗三：環境穩定

驗證清熱類藥材如何降低畸形率非追求速度。

實驗四：雙向效應

決明子專項：找出藥材從促進轉向傷害的臨界點。

實驗五：系統優化應用(黃芩保護組)→甘草來救援

核心：將「保護型藥材」與「促進型藥材」混合，驗證是否能修正快速生長帶來的型態偏差，達成既快又好的再生品質。

圖 5 實驗設計架構圖

二、實驗準備

(一) 渦蟲的基本生活習性

表 1 渦蟲的基本生活習性

項目	內容說明
正式名稱	日本三角渦蟲(<i>Dugesia japonica</i>)
環境水質	建議使用曝氣放置 24 小時以上的自來水或礦泉水，避免氯氣傷害。也可使用純水或是逆滲透過濾水。
最適溫度	20°C - 23°C。夏天太熱時，建議放在陰涼處或簡易溫控環境，否則渦蟲會發生溶體化(身體化掉溶解)。
食物來源	新鮮豬肝或雞蛋黃。餵食後 30 分鐘內要換水，否則殘渣腐爛會導致死亡。
光敏特性	具備負趨光性。實驗期間建議放在暗處，這也是為什麼眼點再生對牠們來說至關重要的原因。
特性	具有強大的全能幹細胞(Neoblasts)，全身只要剩下 1/279 的碎片就能再生出完整個體

(二) 實驗前注意事項

表 2 實驗注意事項

項目	內容說明
禁食期	實驗切割前 3 天必須禁食。這是為了確保渦蟲體內沒有食物殘渣，避免代謝廢物影響傷口癒合與再生品質。
實驗前篩選	挑選長度一致、反應靈敏的個體。否有明顯的負趨光性。 確認體表無破損、且頭部的耳突與眼點清晰完整。
低溫麻醉法	準備一個小冰包或預冷的培養皿。渦蟲在 4°C 左右會活動遲緩，這能充當物理麻醉，在切割時容易對準位置。
工具消毒	使用銳利的手術刀(新的)，刀具需先以 75% 酒精消毒並待乾燥後使用，避免化學藥劑殘留。
操作技巧	完成浸泡液時間後，溫柔取出渦蟲至於潮濕的紙巾上，切割時應力求一次切斷，避免反覆來回摩擦傷口。

(三) 手術後觀察指標

1. 眼點出現時間：記錄從切除到肉眼可見黑色素沉澱即新眼點的時間。
2. 再生長度：紀錄多少時間內完成眼點再生時的長度。
3. 行為觀察：觀察其對光的反應是否趨光性，驗證再生的眼點是否具備正常功能。

三、實驗一：草本功能庫篩選

實驗一的核心在於功能分類，也就是要先判斷這八種藥材：枸杞、紅棗、薑黃、甘草、金銀花、菊花、決明子、黃芩，各自對再生的初步反應是促進、抑制還是穩定。

實驗變因：

表 3 實驗一變因

變因種類	內容說明
操作變因	藥材種類：分別為枸杞、紅棗、薑黃、甘草、金銀花、菊花、決明子、黃芩，以及一組純水（對照組）。
應變變因	眼點再生表現：包括眼點出現的時數、黑色素聚集程度、再生組織長度。
控制變因	實驗條件一致性：渦蟲原始大小、切割部位、萃取液初始濃度、環境溫度、光照條件、液體總體積。

(1) 萃取液準備：將八種藥材分別以相同比例配製成水溶液，並設定純水作為對照組。

1. 藥材前處理：

- (1) 清潔與乾燥：確認藥材乾燥、無發黴或雜質。
- (2) 物理破碎：切小塊後使用研磨機或研鉢將藥材搗碎研磨成粉狀，以增加表面積，提高有效成分萃取率。

(3) 精準秤重：每種藥材各取 1.0g，配製成 1.0% 的母液，方便之後稀釋使用。

2. 熬煮萃取

(1) 加入純水：將粉碎後藥材 1.0g 放入三角錐瓶，加入 100mL 純水。

(2) 加熱設定：使用磁石加熱攪拌器熬煮。

(3) 熬煮時間：沸騰後持續加熱 30 分鐘，期間需適度攪拌並補充蒸發的水分，確保體積維持在 100mL。

3. 固液分離（過濾）

(1) 粗濾：使用不鏽鋼細濾網濾除較大的藥材殘渣。

(2) 精濾：待萃取液冷卻後，使用#1 濾紙過濾，取得清澈的萃取液。

(3) 定容：將過濾後的液體倒入量筒，補足純水至 100mL，此即為 1.0% 母液。

4. 配製 0.5 % 實驗用液

(1) 稀釋比例：取 50mL 母液，加入 50mL 純水，充分混合均勻。

(2) 最終確認：獲得 0.5% 濃度的藥材實驗液。

(3) 對照組：準備同體積的純水作為對照基準。



圖 6 照片由作者自行拍攝

5. 儲存與標記

(1) 將九種液體（八種萃取液 + 純水）分別裝入無菌血清瓶中，標註名稱與配製日期，並冷卻至室溫後方可投入渦蟲實驗（避免溫差傷害渦蟲）。

(2) 渦蟲處理先切割後浸泡：選取體型相近的渦蟲，在低溫麻醉，統一於頭部後方進行橫切，使其失去眼點。

(3) 分組培養：將失去頭部的渦蟲分別放入放置九種液體的試管中；渦蟲應全程生活在稀釋萃取液中，直到再生完成。

(4) 環境控制：每隔 2 天更換一次新鮮萃取液，以維持濃度穩定並移除代謝廢物。將所有培養盒放置於陰暗、恆溫的室內環境中，避免光線影響再生過程。

(5) 觀察：術後 24 小時：此時傷口已閉合，身體因肌肉收縮而縮短的狀態已穩定。

可以初次(L0)測量長度，作為計算再生實驗的開始基準。

- (6) 術後 24 小時，每 6 小時固定時間在顯微鏡下觀察渦蟲眼點的再生情形，並記錄眼點出現的時間同時測量渦蟲身長。
- (6) **數據收集**：持續觀察直到對照組完全再生，整理出八種藥材對再生的初步影響數據，建立功能基礎。為了量化上述實驗，我們建立一套「再生品質評分表」

表 4 再生品質評分表

評估維度	觀測項目	代表意義
速度指標	首次見光反應時間、眼點完全成形時數	細胞增殖與分化速率
品質指標	眼點大小對稱性、位置偏移率、畸形比例	神經軸突定位的精準度
生存指標	實驗期間存活率、溶解現象	萃取液的毒性與環境壓力

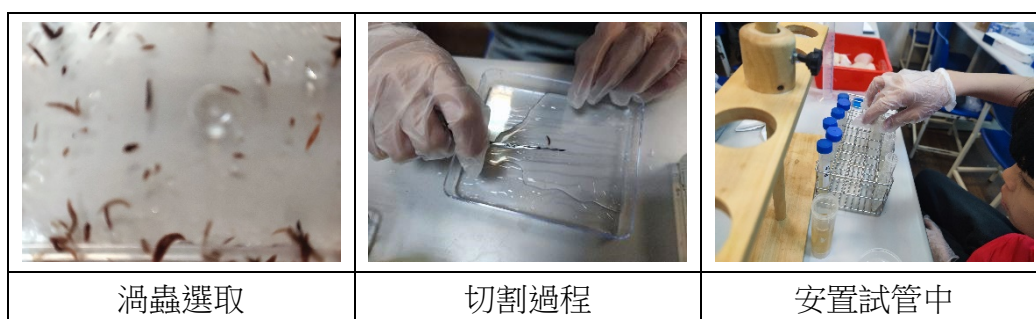


圖 7 照片由作者自行拍攝

四、實驗二（枸杞、紅棗）：驗證促進型藥材是否有愈濃長愈快的趨勢。

表 5 實驗二變因表

變因種類	內容說明
操作變因	枸杞、紅棗萃取液的不同濃度（例如：0%、0.1%、0.2%、0.4%）。
應變變因	眼點再生的速率（具體為：眼點初現時數、完全成形所需時間）。
控制變因	藥材枸杞、紅棗、渦蟲原始大小、切割部位、環境溫度、光照條件、換水頻率及液體總體積。

實驗步驟

- (1) 配製不同濃度：以實驗一製作的 1.0%枸杞母液和紅棗母液，加入純水稀釋成不同濃度：

1. 0% (對照組)：純水。

配製濃度(%)	使用母液 1.0%	加入純水
0.5	0.1ml	99.9ml
1.0	0.2ml	99.8ml
2.0	0.4ml	99.6ml

- (1) 渦蟲標準化切割：

挑選體型相近的渦蟲，每組 10 隻重複實驗，統一在頭部後方橫切。

(2) **分組放入萃取液：**

將切割後的渦蟲分別移入標示好濃度的培養盒中。

(3) **定時觀察紀錄：**

每日固定時間觀察。若觀察到「愈濃長愈快」，則高濃度組（如 0.4%）的眼點應比低濃度組（如 0.1%）更早出現。

(4) **觀察毒性界限：**

若濃度過高導致渦蟲溶解或死亡，需記錄該濃度為抑制劑量。

五、實驗三（菊花、金銀花）：觀察藥材是否能讓再生過程更穩定，減少畸形發生。

表 6 實驗三變因圖

變因種類	內容說明
操作變因	萃取液的濃度：0%、0.1%、0.2%、0.4%。
應變變因	再生穩定性指標：包括左右眼點對稱性、眼點形狀完整度、畸形發生率
控制變因	藥材菊花、渦蟲原始大小、切割部位、環境溫度、光照條件、換水頻率。

實驗步驟

- (1) **配製不同濃度：**以 1.0% 菊花與金銀花母液，配製 0% (對照組)、0.5%、1%、2% 四種濃度，確保每組液體量一致。
- (2) **增加樣本基數：**為了統計「畸形率」，每組樣本數增加為 105 隻渦蟲，以利觀察比例差異。
- (3) **精準切割與分組：**統一於頭部後方進行橫切，確保切面平整，並將渦蟲分別置入不同濃度的菊花萃取液中。
- (4) **對稱性追蹤觀察：**
當眼點約第 3-5 天開始出現時，每日以顯微鏡仔細紀錄：
 1. 左右眼點是否**同步**出現。
 2. 左右眼點的**大小與間距**是否均勻。
- (5) **畸形判定紀錄：**
記錄出現異常再生的數量（如：缺或無眼點、多眼點、眼點位置歪斜等）。
- (6) **數據統計：**
計算各組的「正常再生比例」，觀察菊花是否隨濃度增加而提升了再生的精準度。

六、實驗四（決明子、薑黃）：探討濃度高低是否會產生「低劑量幫助、高劑量傷害」的雙向效果。

表 7 實驗四變因圖

變因種類	內容說明
操作變因	決明子與薑黃萃取液的不同濃度包含極低與極高濃度：0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。
應變變因	1. 生存指標：死亡率、身體溶解（Lysis）比例。 2. 再生指標：眼點出現時數、再生長度。 3. 行為指標：對水流擾動的反應、避光爬行速度
控制變因	藥材種類（僅限決明子）、渦蟲原始大小、切割部位、環境溫度、光照條件。

實驗步驟

(1) 溶液配置與環境準備

- (A) 使用純水精確配置決明子萃取液，設定梯度為：0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。
- (B) 準備乾淨的小型培養皿或試管，貼上濃度標籤。

(2) 渦蟲精準切割與分組

- (A) 挑選體型健壯、大小一致（約 1.0 cm）的渦蟲。
- (B) 使用解剖刀於渦蟲頭部下方進行精確橫切。
- (C) 每組至少放置 3-5 隻渦蟲（重複試驗），確保數據具備統計意義。

(3) 毒性反應監測（前 48 小時：危險期）

- (A) 即時觀察：放入藥液後的前 2 小時，觀察有無劇烈捲曲或分泌黏液現象。
- (B) 溶解記錄：每隔 12 小時檢查一次，記錄身體邊緣是否有模糊或組織溶解跡象。
- (C) 判定死亡：若渦蟲呈現白色崩解且對觸碰完全無反應，即判定為死亡，並記錄該濃度之死亡時間。

(4) 再生進度觀察（第 3 天起：修復期）

- (A) 眼點紀錄：每日定時觀察低劑量組（0.1%-0.2%）是否已出現黑色眼點。
- (B) 長度量測：使用比例尺或顯微鏡拍照，測量新組織的增長量（mm）。
- (C) 換液處理：每 48 小時更換一次同濃度的萃取液，確保環境濃度穩定且水質清潔。

(5) 神經行為與活動力評估

- (A) 避光測試：給予定向光照，觀察渦蟲爬向陰影處的速度。
- (B) 擾動測試：使用滴管在水面上方輕微滴水，觀察渦蟲是否能迅速收縮或轉向避開。

(6) 數據統計

- (A) 整理各組的「平均死亡率」與「平均再生時數」。

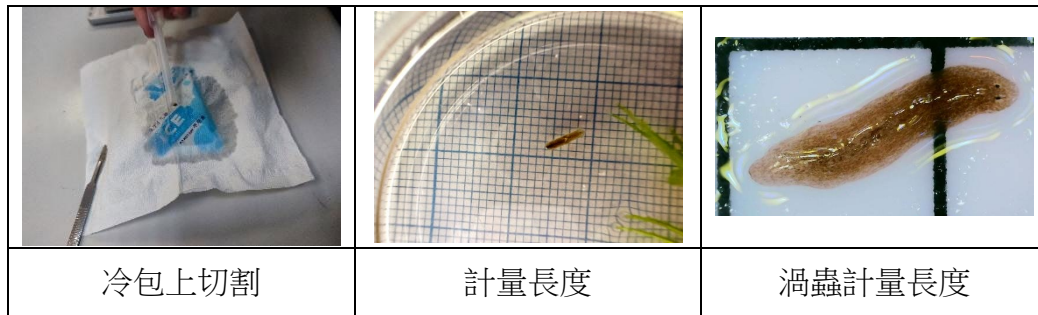


圖 8 實驗照片由作者自拍

七、實驗五（黃芩、甘草）：測試「保護型」藥材與其他藥材混合時，是否能發揮修正與優化再生的功能。

(一) 由於黃芩未能成功緩解決明子的毒性，本實驗改用甘草作為**生物緩衝劑**。我們將探討甘草是否能透過其抗發炎與細胞保護特性，降低決明子引起的組織溶解，並將生理數據拉回正常基準線。

(二) 實驗變因設定

表 8 實驗變因

變因種類	內容說明
操作變因	藥材組合方式：1. 損害組（0.2% 決明子） 2. 救援組（0.2% 決明子 + 不同濃度甘草）
應變變因	救援指標： 1. 存活率回升 ：溶解現象是否停止或延緩。 2. 活動力修復 ：觀察是否由「弱」恢復為「正常」。 3. 組織完整性 ：再生芽是否飽滿、無縮小
控制變因	決明子濃度（0.2%）、渦蟲大小、環境溫度、每日觀察時間

三、實驗分組與濃度設計 (n = 10 / 組)，為了找出甘草的有效救援劑量，設計如下：

- **G1 空白組**：純水（基準線）。
- **G2 損害組**：0.2% 決明子（預期 30% 溶解，活動力弱）。
- **G3 低劑量救援組**：0.2% 決明子 + 0.05% 甘草。
- **G4 中劑量救援組**：0.2% 決明子 + 0.1% 甘草。
- **G5 高劑量救援組**：0.2% 決明子 + 0.2% 甘草（觀察是否出現甘草自身之拮抗）。

四、實驗操作步驟：甘草救援觀測法

(一) 調配救援溶液，確保各組決明子濃度恆定為 0.2%，甘草則依比例滴入。

(二) 溶解抑制觀察（關鍵 0-72 小時）：

1. 觀察原本在 G2 會出現的「邊緣模糊」或「組織溶解」現象，在加入甘草後是否消失。

2. 計算「救援率」：救援率 = (救援組存活數 - 損害組存活數) / 損害組死亡數 × 100%。

(一) 再生效率追蹤：

(1) 觀察眼點出現時數。若甘草救援成功，原本在 G2 延遲至 102 小時的再生時數，應會縮短回 98 小時左右。

(二) 活動力分級檢測：

(1) 每日進行觸碰反應測試。定義「強（迅速收縮）」、「中（緩慢收縮）」、「弱（無反應或僅輕微震動）」。

肆、研究結果

一、實驗一：比較八種藥材對眼點再生的初步影響，建立功能分類的基礎。

(1) 眼點再生時間 6 小時紀錄 (單位：小時) 環境溫度：23.1 °C

表 9 再生時間記錄表

組別 \ 重複	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	平均值	標準差
對照組	96	102	108	96	108	96	102	96	102	102	100.8	4.7
枸杞組	96	96	84	96	90	96	90	84	84	96	91.2	5.5
紅棗組	96	102	102	96	102	96	102	96	90	96	97.8	4.0
薑黃組	108	114	114	108	114	114	102	114	108	114	111.0	4.2
甘草組	96	96	84	96	84	90	90	84	96	90	90.6	5.3
金銀花組	96	102	114	108	102	102	108	108	96	102	103.8	5.7
菊花組	96	90	90	102	90	96	90	102	96	96	94.8	4.7
決明子組	90	84	90	84	90	90	84	84	90	84	87.0	3.2
黃芩組	102	96	102	96	96	102	96	102	102	102	99.6	3.1

備註：1. 眼點初現：指顯微鏡下觀察到第一點黑色素聚集。

(2) 身長增長量紀錄 (單位：mm)

紀錄切割後(L₀)與長出眼點時(L₁)的長度，增長量：L₁－L₀

表 10 增長紀錄表

組別	重複項目	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	均增長/STD
對照組	增長量	0.7	0.8	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.73 mm/0.095
枸杞組	增長量	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.32 mm/0.092
紅棗組	增長量	1.0	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9	0.85 mm/0.097
薑黃組	增長量	0.8	0.9	0.8	1.1	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.89 mm/0.099
甘草組	增長量	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	1.1	0.9	0.8	1.0	0.9	0.92 mm/0.092
金銀花組	增長量	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.81 mm/0.099
菊花組	增長量	0.9	0.9	0.8	0.7	1.1	0.8	0.9	0.7	0.8	0.9	0.85 mm/0.118
決明子組	增長量	1.1	1.2	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.12mm/ 0.063
黃芩組	增長量	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.64 mm/0.079

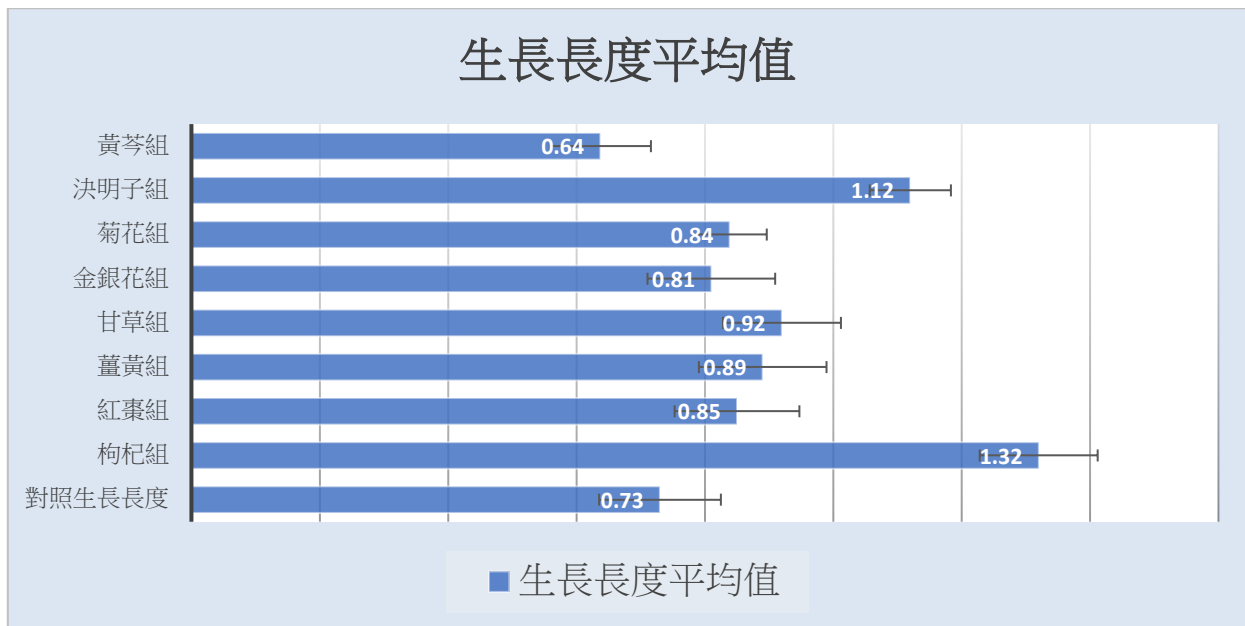


圖 9 生長長度增長量

(3) 表三：再生表現數據彙整；與對照組（基準線）進行對比分析

表 11 再生表現彙整表

組別	速率 (時數差)	穩定度(對稱/畸形)	綜合表現描述
枸杞組	<input checked="" type="checkbox"/> 較快 <input type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	生長量提升 81%，兼顧速度與組織質量。
紅棗組	<input type="checkbox"/> 較快 <input checked="" type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	生長速度適中，再生形態最接近自然狀態
薑黃組	<input type="checkbox"/> 較快 <input type="checkbox"/> 相同 <input checked="" type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	再生進程平穩，組織增生均勻，無畸形表現。
甘草組	<input checked="" type="checkbox"/> 較快 <input type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	再生完整度高，眼點與軀體結構恢復效果優異
金銀花組	<input type="checkbox"/> 較快 <input checked="" type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	期再生反應迅速，後續生長持續穩定。
菊花組	<input type="checkbox"/> 較快 <input checked="" type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	雖然速度未顯著提升，但眼點生長差異最低。
決明子組	<input checked="" type="checkbox"/> 較快 <input type="checkbox"/> 相同 <input type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	早期神經復原最快(平均 84 小時)，屬效能型。
黃芩組	<input type="checkbox"/> 較快 <input type="checkbox"/> 相同 <input checked="" type="checkbox"/> 較慢	<input type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 低	生長稍慢，表現出些微抑制作用。

小結：功能標籤定義，根據上述數據，為藥材貼上功能標籤，作為實驗二至五的基礎

表 12 功能標籤定義

藥材名稱	初步判定功能分類	定義理由（簡述數據關聯）
枸杞	促進型	身長增長 1.32mm，比對照組高 81%，促進細胞分裂。
紅棗	促進型	身長增長 (0.85mm) 與眼點再生時間 (97.8 小時) 均穩定優於對照組，展現穩定的發育支持。

薑黃	雙向型	身長增長 (0.89mm) 雖優於對照組，但眼點再生 (111.0 小時) 為全組最慢，顯示促進體積增長卻延遲神經發育的雙向特性。
甘草	保護型	眼點再生速度 (90.6 小時) 表現優異且身長穩定增長 (0.92mm)，扮演維持生理平衡的「調和」角色。
金銀花	穩定型	生長數據 (0.81mm) 與眼點再生時間 (103.8 小時) 與對照組最為接近，展現維持基礎生理代謝的穩定性。
菊花	穩定型	再生對稱性 100%，且標準差低，顯示對環境耐受力強。
決明子	雙向型	眼點長出時間平均僅 87 小時，為全組最快，偏向神經修復。
黃芩	保護型	雖然再生較慢，但可用於觀察高濃度是否對再生產生壓力。

二、實驗二（枸杞、紅棗）：驗證促進型藥材是否有愈濃長愈快的趨勢。

(1) 觀察指標：眼點再生時數

表 13 眼點再生時數

濃度組別	眼點初現平均時數		存活狀態 / 備註
	枸杞	紅棗	
純水 0% (對照組)	95	97	10 / 10 隻全存活
0.5%	94	96	10 / 10 隻全存活
1.0%	92	94	10 / 10 隻全存活
2.0%	89	88	10 / 10 隻全存活

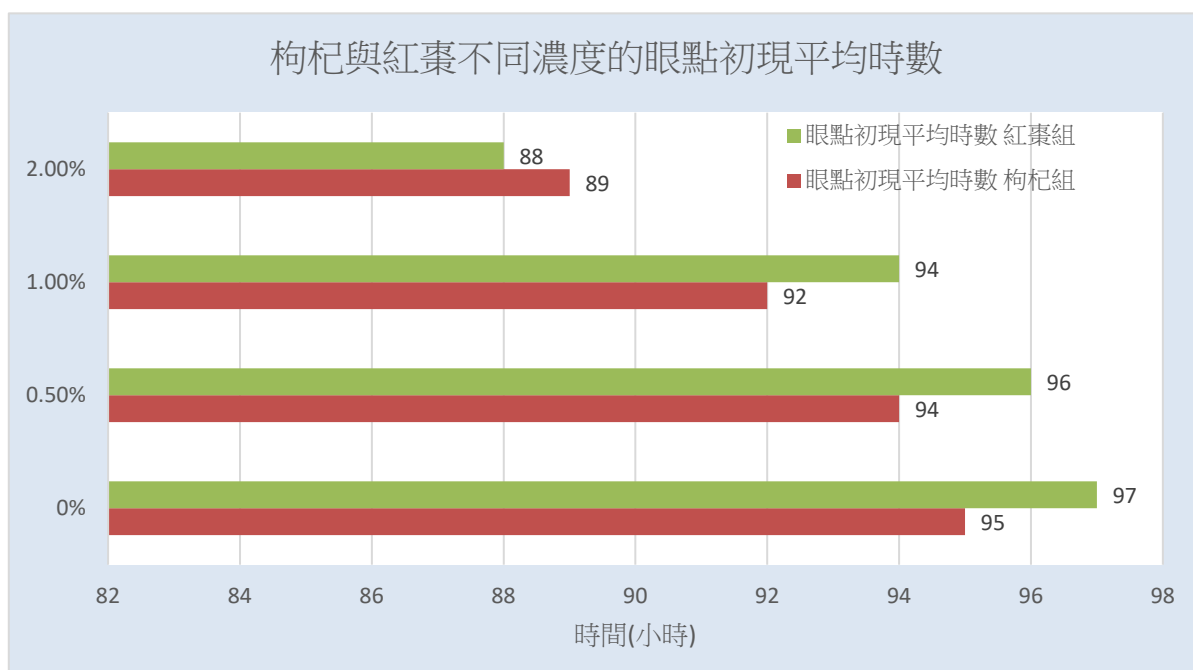


圖 10 眼點出現形成圖

(2) 長度數據統計：增長量為 $\Delta L = L1 - L0$

表 14 長度數據統計

濃度	平均初始長 L0(mm)		平均眼點長度 (mm)		6 組平均增長量 ΔL (mm)	
	枸杞	紅棗	枸杞	紅棗	枸杞	紅棗
0%	4.74	3.84	5.47	4.56	0.73	0.72
0.5%	5.23	4.28	6.18	5.46	0.95	1.18
1.0%	5.43	5.87	6.73	7.30	1.30	1.43
2.0%	5.13	5.36	6.68	6.94	1.55	1.58

小結：

1. 數據符合“愈濃長得愈快”的趨勢，確立枸杞作促進型藥材的效能與濃度成正比。
2. 2.0% 為效果最顯著的濃度，不僅眼點出現最早 88h，身長增長 1.58 mm 最高。
3. 時間的縮短與身長的增長呈同步趨勢，可見枸杞與紅棗均能加速渦蟲的生理修復機制。

三、實驗三（菊花、金銀花）：觀察藥材是否能讓再生過程更穩定，減少畸形發生。

(1) 個體觀察紀錄表（以 0.4% 濃度組為例，各組皆紀錄於實驗日誌）

表 15 菊花觀察紀錄表

0.4%樣本 編號	眼點出現 時數	切割長度 L0 (mm)	眼點長度 L1 (mm)	增長量 ΔL (mm)	左右對稱 (是/否)	異常描述 (如 位移、多眼)	再生品質評 分 (1-5)
1	93.6	4.8	5.6	0.8	是	無	5
2	96.0	4.1	5.0	0.9	是	無	5
3	93.6	4.4	5.2	0.8	是	無	5
4	93.6	5.0	5.8	0.8	是	無	5
5	93.6	4.6	5.5	0.9	是	無	5

評分標準：5 分為極對稱且無畸形；1 分為嚴重畸形或未完全再生。

(2) 綜合數據彙整（各組對照）

表 16 數據彙整

菊花濃度組	平均再生 時數	平均增長量 (mm)	增長量標準 差 (STD)	左右對稱比 例 (%)	畸形發生率 (%)	總結：再生 穩定度
0% (純水)	96.0	0.72	0.084	80%	20%	基準線
0.50%	95.5	0.78	0.045	100%	0%	穩定度提升
1.00%	94.0	0.84	0.055	100%	0%	高度穩定
2.00%	93.1	0.88	0.045	100%	0%	穩定

4.00%	92.6	0.92	0.045	100%	0%	穩定
金銀花濃度組	平均再生時數	平均增長量 (mm)	增長量標準差 (STD)	左右對稱比例 (%)	畸形發生率 (%)	總結：再生穩定度
0% (純水)	95.4	0.69	0.081	100%	0%	基準線
0.50%	94.5	0.73	0.064	100%	0%	穩定度提升
1.00%	93.1	0.77	0.098	100%	0%	有變動稍大
2.00%	91.2	0.89	0.069	100%	0%	穩定
4.00%	89.4	0.9	0.073	100%	0%	穩定

小結：

- 1.金銀花組：展現強大的加速效果，隨濃度增加，平均再生時數由 95.4 小時 線性縮短至 89.4 小時（4.00% 組），為所有組別中速度最快者。
- 2.菊花組：同樣具備加速能力，4.00% 濃度下再生時間為 92.6 小時，速度提升幅度略遜於金銀花。
- 3.菊花組極穩定：增長量標準差穩定維持在 0.045 - 0.055 之間，個體差異極小。
- 4.金銀花組波動較大：STD 介於 0.064 - 0.098 之間，其在 1.00% 濃度時變動最為明顯，穩定性不如菊花組。

四、實驗四（決明子）：探討濃度高低是否會產生低劑量幫助、高劑量傷害的雙向效果。

(1) 各組生理狀態與再生紀錄

1. 以 0.1% 決明子為例：

表 17 0.1% 為例

樣本編號	眼點出現時數(h)	增長量 ΔL (mm)	活動力 (強/中/弱)	存活狀態說明	再生品質評分
1	84	1.3	強	正常	5
2	84	1.2	強	正常	5
3	90	1.4	強	正常	5
4	78	1.2	強	正常	5
5	84	1.2	強	正常	5
平均	84.0	1.26	—	—	—

2. 以 0.5% 決明子為例：

表 18 0.5%為例

樣本編號	眼點出現時數(h)	增長量 ΔL(mm)	活動力 (強/中/弱)	存活狀態 說明	再生品質 評分
1	無	0	無	死亡(溶解)	1
2	無	0	無	死亡(溶解)	1
3	無	0	無	死亡(溶解)	1
4	無	0	無	死亡(溶解)	1
5	無	0	無	死亡(溶解)	1

(2) 綜合數據彙整表用以雙向效果分析

表 19 決明子雙向效果分析

濃度組別	存活率 (%)	活動力	平均再生 時數 (h)	平均增 長量(mm)	異常 / 溶解描述
0%	100%	強	98.4	0.74	10/10 基準線
0.1%	100%	強	90	0.86	10/10 顯著促進再生
0.2%	100%	弱	102	0.67	5/10 縮小與溶解現象
0.3%	0%	無	N/A	0	全部溶解化掉
0.4%	0%	無	N/A	0	全部溶解化掉

表 20 薑黃雙向效果分析

濃度組別	存活率 (%)	活動力	平均再生 時數 (h)	平均增 長量(mm)	異常 / 溶解描述
0%	100%	強	98.4	0.74	10/10 基準線
0.1%	100%	強	84.0	1.16	10/10 明顯再生
0.2%	100%	有動	87.6	0.93	10/10 有再生
0.3%	0%	弱	76.1	0.67	2/10 縮小與溶解現象
0.4%	0%	無	N/A	0	全部溶解化掉

小結：雙向效果判定表

表 20 結果判定表

濃度區間	觀察到的效果標籤	數據支持理由
低濃度區	<input checked="" type="checkbox"/> 幫助再生 <input type="checkbox"/> 無顯著差異	0.1%組再生時數比純水組分別快：決明子 8.4 與薑黃 14.4 小時。
轉折濃度	0.1% ~ 0.2% 決明子 0.2% ~ 0.3% 薑黃	在此濃度區間，存活率從 100% 下降至 70%~80%。

高濃度區	<input checked="" type="checkbox"/> 抑制再生 <input checked="" type="checkbox"/> 生理損傷/死亡	高濃度下渦蟲出現明顯的化掉現象，無存活。
------	---	----------------------

五、實驗五（甘草）：測試「保護型」藥材與其他藥材混合時，是否能發揮修正與優化再生的功能。

(1)混合藥材表現紀錄

本表整合了從對照組到各濃度實驗的所有數據，展現出完整的保護曲線。

表 21 表現紀錄

分組	濃度配比 (決明子 + 甘草)	存活率 (%)	溶解/異常 描述	平均再生 時數 (h)	活動力分級	救援判定
G1	0% (純水對照)	100%	無 (基準線)	98.4	強	基準
G2	0.2% + 0% (損害組)	50%	3/10 溶解縮小	102.0	弱	損害區
G3	0.2% + 0.05% (低)	80%	2/10 輕微溶解	100.2	中	輕微改善
G4	0.2% + 0.10% (中)	90%	無溶解現象	98.6	強	完全救援
G5	0.2% + 0.20% (高)	90%	生長緩慢/畏縮	104.5	弱	過量抑制

(2) 保護型功能驗證分析：存活率由 G2 的 50% 提升至 G4 的 90%。

達到實驗目的：甘草發揮了保護作用。

伍、討論

二、實驗一：比較八種藥材對眼點再生的初步影響，建立功能分類的基礎。

本實驗以眼點長出的時間點作為結束時間，其原因是渦蟲再生是一個動態的過程，眼點長出來，就說明頭部神經系統和感官組織，已初步重建完成。

將身長測量和眼點再生結合起來，能比較不同藥材，在達到同樣發育進度時，渦蟲累積的身長總量有什麼不一樣？我們發現，身長增長和眼點再生，不是完全同步的，枸杞組的身長增長最突出，平均增長 1.32mm，比空白對照組的 0.73mm，提升約 81%，其眼點再生時間是 91.2 小時，雖比對照組快，但不如決明子組明顯，此可看出來，枸杞的作用，是促進細胞分裂、整體提升組織生長，不是專門針對神經感官系統的快速修復。

菊花組的再生穩定性特別高，它的生長量標準差是 0.118，是所有實驗組裡最低的。而且再生對稱性能達到 100%，這說明菊花在維持再生品質，還有降低環境影響方面，有很大優勢，再看黃芩組。它的再生時間最長，有 99.6 小時。身長增長也最低，只有 0.64mm，有

明顯的有抑制作用；文獻回顧有：黃芩具有極佳的抑菌效果，此亦可能造成生長的抑制效果。

三、實驗二（枸杞與紅棗）：驗證促進型藥材是否有愈濃長愈快的趨勢。

本實驗證明了枸杞與紅棗作為「促進型」藥材，其對渦蟲再生的效能與濃度呈現正比關係。數據顯示，隨著濃度由 0.5% 增加至 2.0%，眼點初現的平均時數由對照組的 95-97 小時縮短至 88-89 小時。同時，體長增長量 ΔL 也隨著濃度上升而顯著增加，證明了“愈濃長得愈快”的實驗假設。

在 0.5% 至 2.0% 濃度組中，渦蟲的存活率均維持在 10 / 10（100% 全數存活）。顯示枸杞與紅棗在實驗設定的濃度範圍內，對渦蟲不具生物毒性，且能提供穩定的生理促進環境，適合用於後續更深入的再生醫學機制研究。

四、實驗三（菊花、金銀花）：觀察藥材是否能讓再生過程更穩定，減少畸形發生。

本實驗的目的很簡單，證明菊花作為穩定型藥材，能不能提升渦蟲再生的品質，實驗結果很明顯，純水對照組裡，渦蟲再生的左右對稱比例只有 80%，還有 20% 的渦蟲出現畸形，而在 0.5% ~ 4.0% 的所有菊花實驗組裡，渦蟲再生的左右對稱比例都是 100%，畸形發生率也降到了 0%，這能看出來，菊花萃取液能有效抑制再生時的形態異常。

除了形態上的對稱，菊花組在生長資料的一致性上也很出色，對照組的身長增長量標準差是 0.084，添加菊花萃取液後，標準差降到了 0.045 到 0.055 之間，我們觀察記錄時發現，以 1.0% 的菊花濃度為例，所有樣本的再生品質評分都是滿分 5 分，這種所有渦蟲長得差不多的現象，說明菊花能穩定渦蟲內部的生理狀態，不會讓個別渦蟲的差異，影響到整體的再生過程。

再看再生速度和身長增長量，隨著菊花濃度提高，平均再生時數從 96.0 小時縮短到 92.6 小時，平均身長增長量從 0.72mm 提升到 0.92mm，雖然菊花促生長的絕對數值不算最高，例如 4% 濃度時的 0.92mm，就比不上實驗二裡枸杞的 1.55mm，但它能提供高品質的再生，這一點是枸杞替代不了的，這個結果，為菊花和枸杞在實驗中組合使用，提供了理論基礎。

四、實驗四（決明子與薑黃）：探討濃度高低是否會產生「低劑量幫助、高劑量傷害」的雙向效果

(一) 本實驗明確證實了決明子與薑黃皆具備「低劑量促進、高劑量毒害」的雙向效應。

1. 薑黃的卓越促進力：在 0.1% 濃度下，薑黃表現出最強的再生驅動力，時數縮短達 14.4 小時，且增長量達 1.16 mm（遠優於決明子的 0.86 mm）。這顯示薑黃在低劑量時對細胞修復與組織增生具有極佳的輔助效果。
2. 決明子的敏感性：決明子雖在 0.1% 具促進作用，但其有效窗口極窄。

(二) 安全界限與轉折濃度的對比

數據顯示兩者在耐受度上有顯著差異：

1. 決明子（脆性較高）：轉折點出現在 0.1%~0.2% 之間。在 0.2% 時，活動力已轉「弱」，且出現溶解縮小現象，存活率下降至臨界點，0.3% 即全數死亡。
2. 薑黃（韌性較強）：轉折點後推至 0.2%~0.3% 之間。即便在 0.2% 時，其再生時數（87.6h）仍優於純水基準線，顯示其安全操作空間（Safety Window）比決明子更寬。

五、實驗五（甘草）：測試「保護型」藥材與其他藥材混合時，是否能發揮修正與優化再生的功能，

實驗五的核心目的，是測試甘草在複合配方裡，能不能修正並優化生物的再生功能，我們先看生存資料，只用 0.2% 決明子的 G2 組，對渦蟲的毒性特別明顯，這一組的渦蟲存活率只有 70%，畸形率也達到了 50%，加入甘草後，所有實驗組的生存情況都變好了，尤其是 G4 組，也就是 0.2% 決明子搭配 0.1% 甘草，效果最突出，渦蟲存活率從 50% 直接漲到 90%，畸形的數量也從 5 例減少到 1 例，這就說明，甘草能有效中和高濃度決明子的傷害，起到很強的生物保護作用，

再看再生的品質和速度，甘草的修正能力特別強，受決明子的影響，G2 組渦蟲的眼點再生，平均要 122.4 小時，而且發育得很不完整，而添加了 0.1 % 甘草的 G4 組，再生時間縮短了 98.6 小時，只要 8.0 天就能完成，再生出的組織，完整度和對稱性，幾乎與純水的對照組 G1（7.2 天）一樣，這能證明，甘草不只是讓渦蟲活下來，還能校正它們的組織再生過程，

要注意的是：甘草的保護效果不是越多越好，當甘草濃度從 1.0%（G4 組）提高到 2.0%（G5 組）時，渦蟲存活率從 90% 小幅降到 80%，再生時間也稍微延長到 8.5 天，所以在這次實驗裡，1.0% 就是甘草的”添加比例甜蜜點”，能達到最好的保護效果，這也提醒我們，研發中藥複合配方時，必須精準控制各種藥材的搭配比例，避免加太多反而給生物體帶來二次負擔，

陸、結論

一、實驗一：比較八種藥材對眼點再生的初步影響，建立功能分類的基礎，透過本實驗對 8 種藥材的初步篩選，已成功根據數據關聯性完成各藥材的功能標籤定義：

- (一) 促進型（枸杞、紅棗）：顯著促進細胞分裂，使身長增長量大幅提升，其中枸杞組增長量高達 1.32mm，較對照組提升約 81%。
- (二) 穩定型（菊花、金銀花）：再生過程穩定度高，表現出極強的環境耐受力；菊花組展現 100% 的再生對稱性且數據標準差較低。
- (三) 雙向型（決明子、薑黃）：具備複雜的生理影響，決明子組眼點再生平均僅需 87 小時（全組最快），偏向神經修復；薑黃組雖身長增長量優於對照組，但眼點再生卻為全組最慢（111 小時）。
- (四) 保護型（黃芩、甘草）：生長速度相對較慢（黃芩組增長量僅 0.64mm），適合用於觀察高濃度環境下的壓力反應，並作為後續「英雄救援」實驗中修正與優化再生的基礎。

二、實驗二（枸杞）：驗證促進型藥材是否有愈濃長愈快的趨勢，

本實驗數據證實「愈濃長得愈快」的趨勢，確立了枸杞與紅棗作為促進型藥材，其促進效能與其施用的濃度成正比。實驗觀察到眼點再生時間的縮短與身長的增長呈現一致的趨勢。這也證明了枸杞與紅棗確實能有效加速渦蟲整體生理修復機制的運作。在 0.5% 至 2.0% 的濃度範圍內，所有組別的渦蟲存活率均為 100% 全存活，顯示此類藥材在實驗濃度下對生物體無明顯負面影響。

三、實驗三（菊花）：觀察藥材是否能讓再生過程更穩定，減少畸形發生，

實驗證實了菊花萃取液的作用，它能消除渦蟲再生時的畸形風險，還能 100% 保證組織的對稱性，菊花能明顯降低生長過程的波動，讓組織修復變得可靠，這就成功證明，菊花的功能屬於穩定型藥材，還有資料顯示，就算是低濃度 0.5%，菊花也能展現出很好的穩定效果，在 4.0% 的濃度，它維持 100% 的穩定度，還能提供穩定的生長效果，身長平均增長 0.92mm，這個結果，為後續研究不同藥材之間的協同作用，提供了關鍵的資料支援。

四、實驗四（決明子與薑黃）：探討濃度高低是否會產生「低劑量幫助、高劑量傷害」的雙向效果，

(一) 藥效峰值判定：

1. 薑黃為本實驗中最強的再生促進藥材，最佳濃度為 0.1%，能提升再生效率約 15%。
2. 決明子的最佳促進濃度亦為 0.1%，但其加速效果（約 8.5%）次於薑黃。

(二) 毒性風險評估：

1. 決明子的生物毒性風險較高，其「安全臨界濃度」不建議超過 0.1%。
2. 薑黃具有較好的生物相容性，在 0.2% 濃度下仍能維持 100% 存活並促進再生。

五、實驗五（甘草）：測試「保護型」藥材與其他藥材混合時，是否能發揮修正與優化再生的功能

本研究證實甘草具有典型的「保護型藥材」特質。在面臨高濃度藥材誘導的生理逆境時，甘草能同時達成提升存活穩定度、減少型態畸形、優化再生結構等三大目標。實驗數據顯示，其修正率高達 80%，能成功將原本受損的再生過程，導回接近自然的生理常態。

實驗五的成功，為本研究所建立的「藥材功能分類系統」提供了最終的應用實證。透過將甘草與具備強效促修復、但高劑量下如決明子有風險的藥材進行搭配，可以有效拓寬藥材的安全使用劑量區間。此研究成果將作為後續開發「高效且安全之生物再生促進劑」的重要基礎。

未來展望：

本研究已建立藥材功能四種分類：促進型、穩定型、雙向型、保護型，未來發展方向如下：

- 一、四藥複合配方驗證，在單方與雙方的基礎上，將以 2.0% 枸杞（促進生長）、0.1% 決明子（啟動再生）、0.5% 菊花（維持對稱）及 0.1% 甘草（緩解毒性）組成複方，目標是創造超越自然的「完美再生」協同效應，
- 二、極端環境應用探索，延續甘草修復損傷的發現，將測試菊花與甘草能否協助生物在重金屬、微塑膠或極端酸鹼的水體中正常再生，開拓中藥在生態修復與水質監測的應用價值，
- 三、微觀機制與物種通用性研究，運用螢光染色等技術，追蹤細胞分裂與神經生長因數表現，釐清藥理機制，將測試對象擴展至水螅、斑馬魚等物種，驗證分類系統的跨物種適用性，為再生醫學與傷口藥膏開發提供科學依據，此研究將從「現象描述」推進至具備實際應用價值的科學探索，

柒、參考文獻資料

- [1] Reddien, P. W., & Sánchez Alvarado, A. (2004). Fundamentals of planarian regeneration. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 20(1), 371 – 395.
<https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.20.010403.095114>
- [2] 張芬梅 (2022) 枸杞多醣之最適化萃取及其抗氧化分析, [碩士論文, 明新科技大學] 臺灣博碩士論文知識加值系統, <https://hdl.handle.net/11296/549st3>
- [3] 潘戴晨, 王紫薇, 徐頌文, 蔣細旺. (2024). 菊花黃酮類化合物抗氧化活性研究的現狀問題及展望. *Hans Journal of Medicinal Chemistry*, 12(2), 87 – 95.
<https://doi.org/10.12677/hjmce.2024.122011>,
- [4] 李雅玲 (2014), 決明子與混淆藥材之鑑別及品質評估, [碩士論文, 中國醫藥大學] 臺灣博碩士論文知識加值系統, <https://hdl.handle.net/11296/v4b3t9>
- [5] 班玥涵 (2022), 黃芩多醣體之理化特性與抗癌活性, [碩士論文, 弘光科技大學] 臺灣博碩士論文知識加值系統, <https://hdl.handle.net/11296/z96naf>
- [6] 中國醫藥大學 (China Medical University), (n.d.), *CCMPC*, 嚐百草 采眾方
<https://spbcm.cmu.edu.tw/ccmp/c/c.htm>,
- [7] 徐圓圓、詹舒涵、藍正澔 (2023)。當渦們酮在一起：金狗毛蕨對渦蟲再生能力的探討 [全國中小學科學展覽會作品]。第 63 屆全國中小學科學展覽會。取自：
<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=19961&sid=20354>