

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 植物學科

佳作

052109

探討不同環境因子對左手香抑菌成分合成與效能之影響

學校名稱： 國立中山大學附屬國光高級中學

作者： 高三 孫瑞澤 高二 蘇冠宇 高二 蔡宗澧	指導老師： 黃翠瑩
---	------------------

關鍵詞： 左手香、抑菌效果、植物逆境

摘要

左手香是熱帶及亞熱帶地區常見的植物，文獻顯示左手香的廣泛應用如抗發炎、鎮痛及抗菌等功效。本研究以抑菌功效為研究起點，探討主要抑菌成分(百里香酚、香芹酚)在何種環境下可提升其含量；接著討論此兩種成分對於左手香及環境的影響。結果顯示斑葉左手香內百里香酚與香芹酚含量較高；兩種抑菌成分對金黃色葡萄球菌、大腸桿菌及腸道沙門氏菌有抑制效果；不同光照時數、光照強度的實驗中，6 小時與 9 小時搭配高強度光照，百里香酚及香芹酚含量最高；適度逆境可促進香芹酚合成。最後發現左手香葉片對土壤菌群亦具影響，顯示其可能干擾微生物生態。本研究結果可為天然抗菌劑開發、醫療及永續農業提供參考，並促進左手香在多領域的應用潛力。

壹、前言

一、研究動機

由於注意到許多消炎、止痛、止癢及防蚊藥膏的原料皆含有左手香，而家中恰好有種植，便開始查閱相關文獻，發現左手香的主要抑菌成分為香芹酚及百里香酚，此外，它還具有抗腫瘤、抗發炎及抗氧化等多種功效。同時，隨著疫情剛結束，人們仍頻繁使用酒精進行殺菌，但長期、反覆使用可能導致皮膚紅腫、搔癢、發炎、龜裂或過敏等症狀。因此，我們希望探討左手香萃取物是否能成為酒精的替代品，以提供更溫和且有效的殺菌選擇。(衛生福利部豐原醫院，2020)，因此我們想以生活中常見的革蘭氏陰性菌——腸道沙門氏菌、大腸桿菌及革蘭氏陽性菌——金黃色葡萄球菌為抑菌對象探討左手香的抑菌效力及作為天然抗菌劑的潛力。

另外，觀察到家中的左手香盆栽在夏天日照較強、時間較長時，葉片顏色變淺；秋冬日照弱、時間較短時，葉片顏色較深，依據文獻的研究結果顯示，不同地域因其緯度、地理條件、氣溫、濕度等環境因子的不同，所種植的左手香其成分含量與種類會有所不同。生長在不同月份的左手香其香芹酚含量有些許差異，其研究針對三、五、六月進行研究，結果顯示三月份的左手香香芹酚比例僅有 8.51%，而六月份的香芹酚比例則是 13.37%，五月份的比例為 17.03%，是三個月份中最高，約為三月份的兩倍（許翔証等，2016）。

本研究想以人工環境下種植不同品系的左手香，並以不同環境條件種植，分析評估其香芹酚與百里香酚的含量差異，以最佳品系、最佳種植環境下的左手香萃取液並檢測其抑菌效果；另外想探討左手香在逆境下生長是否會對這兩種成分的含量造成影響；最後分析左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響。

二、研究目的

相關文獻中，針對左手香內百里香酚及香芹酚的含量變化進行研究，整理出以下六個研究目的：

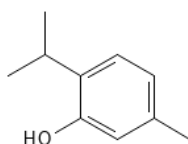
- (一) 探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量差異。
- (二) 探討百里香酚、香芹酚對大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、腸道沙門氏菌的抑菌效果。
- (三) 探討不同生長環境對百里香酚及香芹酚含量的影響。
- (四) 探討使用最佳品系種植在不同光照時數環境下的抑菌效果。
- (五) 探討逆境對左手香中香芹酚含量的影響。
- (六) 探討左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響。

三、文獻回顧

(一) 百里香酚(Thymol)

化學式為 $C_{10}H_{14}O$ 。可從百里香油提取，外觀為白色結晶或結晶性粉末，具有特殊氣味和很強的殺菌作用（蘇芳葶，2014）。

圖一：百里香酚化學式

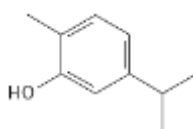


註：資料來源：研究者繪製。

(二) 香芹酚(Carvacrol)

化學式為 $C_{10}H_{14}O$ ，與百里香酚互為同分異構物，具有特殊的香氣，外觀為無色、淡黃色稠厚油狀體。用於香料、抗氧劑、衛生殺菌劑、驅蟲劑（蘇芳葶，2014）。

圖二：香芹酚化學式



註：資料來源：研究者繪製。

（三）百里香酚及香芹酚的功效

1. 抗發炎

香芹酚擁有類似木犀草素(Luteolin)和槲皮素(Quercetin)等黃酮類化合物的抗發炎作用(Diniz Gurgel, A. P. A. et al., 2009)。香芹酚可以抑制由 λ -角叉菜膠所引發的急性足蹠腫脹，再次被證實具有抗發炎的功效（邱嘉勇，2009）。百里香酚可抑制由N-formyl-methionyl-leucylphenylalanine (FMLP)所誘導活化人類嗜中性白血球分泌彈性蛋白酶之抗炎效果(Braga et al., 2006)。

2. 抑菌效果

許世源等(2018)的研究中發現香芹酚對金黃色葡萄球菌有抑菌效果。百里香酚則對革蘭氏陰性菌及真菌有強烈的抑制效果。鄭仕偉(2017)的研究中發現，百里香酚會抑制過敏發炎相關細胞激素。百里香酚有效降低發炎訊息傳遞路徑。其抑菌反應機制可影響蛋白質構造，使其發生變性，或干擾細菌細胞壁外夾膜的穩定性導致細菌膜破裂。因此，左手香所含的百里香酚與香芹酚展現出強大的抗菌活性，能有效抑制多種細菌的生長與繁殖(Gonçalve et al., 2012)。

3. 其他醫療效果

- (1) 抗氧化：百里香酚對三酸甘油酯自動氧化的過程可以達到抑制的效果，起到抗氧化的作用，因此可作為食材防腐的材料(Yanishlievaa et al., 1999)。
- (2) 清除 DPPH 自由基能力：含有多酚成分的萃取物具有明顯的自由基清除效果（葉倪君，2014）。
- (3) 抗癌症：百里香酚能夠抑制人類胃癌細胞 AGS 的生長。因此，被認為具有潛力作為抗癌藥物(Kang et al., 2016)。

4. 左手香在不同環境下百里香酚及香芹酚含量的差異

當光照強度較高時，百里香酚及香芹酚的含量也隨之增加，而光合色素的含量則相對降低，顯示光照條件在調控左手香內特定化合物的合成上可能具有關鍵作用(Silva et al., 2017)。

（四）抑制菌種

1. 大腸桿菌(*Escherichia coli*)

大腸桿菌為革蘭氏陰性桿菌，同時為兼性厭氧菌，在有氧或無氧狀態下皆可生長，其具有鞭毛，可運動，且不會形成芽胞。最適合生長的 pH 值為 6 至 7，最適合生長的溫度為 37 °C。耐熱性差，一般烹調溫度即可殺死本菌（衛生福利部食品藥物管理所，2023）。大腸桿菌是人類細菌性胃腸炎的主要原因之一，其中最常見的食物來源是受污染的牛肉、乳製品、即食新鮮農產品和水果，能夠在各種表面形成生物膜，這使得它們無法從食品加工設施中被消除。而百里香酚、香芹酚已被證實對各種食源性致病菌具有良好的抗菌活性，包括大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、傷寒沙門氏菌(Yuan et al., 2019)。

2. 沙門氏桿菌(*Salmonella*)

沙門氏菌為革蘭氏陰性桿菌，為好氣性兼性厭氧菌，有鞭毛，為人畜共通病原菌。適合的生長溫度為 4 至 48°C，以 35 至 37°C 生長最佳。適合生長的 pH 值為 6.5 至 7.5，在酸性環境下(pH<4.5)，生長會被抑制。（衛生福利部食品藥物管理所，2023）。

3. 金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)

金黃色葡萄球菌屬於革蘭氏陽性球菌，其最適生長溫度落在 35 至 37°C 之間，但在 6.5 至 45°C 的範圍內仍能生長；在酸鹼環境方面，它可於 pH 4.2 至 9.3 的條件下存活，其中 pH 值介於 7.0 至 7.5 時生長最為旺盛。此外，該菌對於乾燥及高溫具有一定的耐受力，在乾燥狀態下可存活數個月，必須經 80°C 加熱至少 30 分鐘才可有效滅菌（衛生福利部食品藥物管理所，2023）。

貳、研究設備及器材

一、左手香的介紹

「為唇形科 *Plectranthus* (香茶屬) *amboinicus* 種，與另一種名稱 *Coleus amboinicus* Lour. (小鞘蕊花屬) 為同物異名」(許翔証等，2016)，左手香中的百里香酚及香芹酚具有抑菌的功效 (邱嘉勇 2009)。左手香有很多品系，本研究挑選小葉、斑葉和大葉左手香三種進行探討與分析。小葉左手香氣味較柔和，常用於景觀造景，但生長速度較慢且葉片較小，較無法負荷大量實驗；大葉左手香葉片較大、生長速度快，葉片產量較高；

斑葉左手香葉緣呈白色，既具備良好藥用價值，也適合景觀美化。(小村遠遠，2021)。

圖三：三品系左手香



註：資料來源：孫瑞澤等(2024)。

二、 抑菌效果分析——瓊脂紙錠擴散試驗

瓊脂紙錠擴散試驗，這是一種常見於醫院評估特定病原菌對某種抗生素的敏感性。紙片浸泡在抗生素中，將紙片至於培養基上，如果該細菌受到紙片上的抗生素的抑制而無法生長，則在紙片周圍形成清晰的無細菌生長的區域稱為抑菌圈，標準抑制圈圖形如圖四。如果細菌對紙片上的抗生素不敏感，就不會產生抑制區域。通過測量抑制區域的大小，可以評估抗生素的效力，以便確定其抗菌效果。本研究將左手香萃取液擔任抗生素的角色，以此試驗法分析對生活中雜菌的抑菌效果。Mueller Hinton 瓊脂(MHA)是一種廣泛用於細菌抗菌敏感性測試的培養基。這種標準化固體培養基為臨床上重要的細菌的生長提供了最佳條件，以研究細菌對抗菌藥物的敏感性（李佳芬，2019）。

表一：瓊脂擴散試驗的器材

名稱	照片	名稱	照片
無菌操作台		瓊脂培養皿	
高溫高壓滅菌鍋		三角形無菌塗抹棒	
恆溫箱		玻璃滴管	
離心機		尖頭鑷子	

註：資料來源：研究者拍攝、德記儀器。

圖四：標準抑菌圈圖形






註：資料來源：感受性測試的原則與方法，衛福部疾管署(2016)。

三、氣相層析質譜儀(GC-MS)

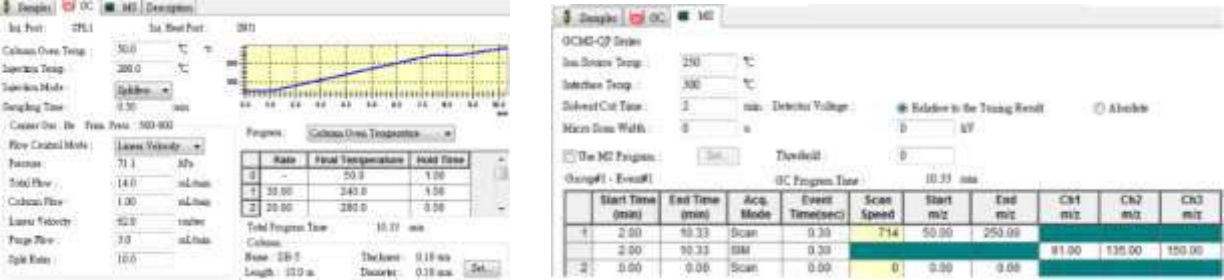
氣相層析儀之分離管為使用 SH-Rxi-5Sil MS (30 m*0.25 mm*0.25 μ m)，氣相層析質譜儀(Gas Chromatograph - Mass Spectrometer 簡稱 GC-MS)。MS 型號為 GCMS-QP2010，自動注射器型號為 AOC-20i+s，均為日本 Shimadzu 系統。

表二：氣相層析的器材及藥品

名稱	照片	名稱	照片
氣相層析質譜儀		電子天秤	
離心機		平面振盪器	
微量分注器		香芹酚標準品	
氮吹機		百里香酚標準品	
試管震盪器		乙酸乙酯	

註：資料來源：研究者拍攝、台灣津島科學儀器股份有限公司、慧眾生物科技有限公司、伯昂興業股份有限公司。

圖五：GC-MS 相關參數



註：資料來源：孫瑞澤等(2024)。

(一) 香芹酚與百里香酚標準品

採購TCI廠牌香芹酚濃縮液25公克，其品名為：XR-ITC-C0026-25G Carvacrol >98.0 %(GC)；LGC廠牌百里香酚粉末250毫克，其品名為DF-C17575200-250MG Thymol。進行氣相層析儀(GC-MS)的檢量線製作。

四、有機溶劑萃取

有機溶劑萃取是一種分離和提取化合物的實驗技術，通常應用於分析化學和生物化學領域。這個過程基於不同溶劑在有機和水相之間的分配特性，利用這種差異性將目標分子分離出來。有機溶劑萃取的基本原理是根據化合物在兩個不同相（例如有機相和水相）之間的分配平衡。當樣品在兩相之間平衡時，目標分子將在兩相之間分配，形成濃縮或分離（葉倪君，2014）。

表三：有機溶劑法的萃取器材

名稱	照片	名稱	照片
分液漏斗		針筒	
針頭過濾器		鉢、鉢棒	
乙醇		乙酸乙酯	

註：資料來源：研究者拍攝。

參、研究過程或方法

本實驗分五個階段，第一階段找出百里香酚、香芹酚含量最高的品系，第二階段測試百里香酚、香芹酚的抑菌效果，第三階段找出百里香酚、香芹酚含量最高的生長環境，並透過該栽種條件培養左手香，分析其對三種細菌的抑菌效果，第四階段探討逆境對香芹酚含量的影響，最後階段探討左手香葉片對土壤中細菌生長的影響。實驗架構如圖六。以下實驗以EC代替大腸桿菌，SC代替腸道沙門氏菌，SA代替金黃色葡萄球菌。

圖六：實驗架構圖



註：資料來源：研究者繪製。

一、實驗1：探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量

(一) 說明：將三種品系——斑葉、大葉、小葉左手香種植於相同的環境下，以有機溶劑萃取法進行萃取。最後用GC-MS檢測其萃取液中百里香酚及香芹酚的含量。

(二) 實驗步驟

1. 有機溶劑萃取：新鮮左手香葉片（5 公克）搗碎後，試管震盪器與 2.5 毫升酒精混合，使用離心機以 3000 rpm 轉速離心 10 分鐘，再以針筒取其上清液並用針頭過濾器，將濾液置入試管。用氮吹機進行酒精揮發。待完全揮發後，加入 1 毫升水與 2 毫升乙酸乙酯，使用分液漏斗旋轉搖晃混合並靜置。數分鐘後溶液上層為 EA 層，

下層則為水層（如圖七-4 所示）。最後將兩層液體分別放至兩支不同的試管中。

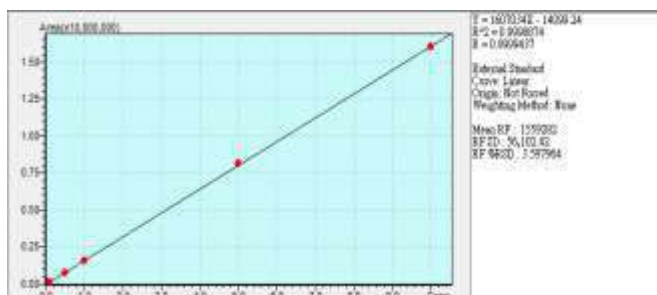
圖七：有機溶劑萃取實驗照片



註：資料來源：孫瑞澤等(2024)。

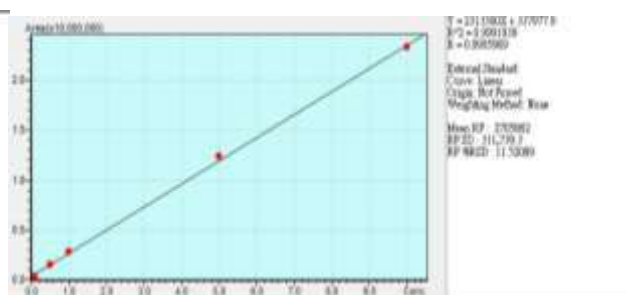
2. 香芹酚及百里香酚的檢量線(GC-MS)：先將香芹酚與百里香酚標準品配置成 1000 ppm 溶液，再稀釋至 100、10、5、1、0.5、0.1 ppm。接著，使用氣相層析質譜儀 (GC-MS)進行分析，並根據數據繪製檢量線，以建立標準曲線供後續測定參考。

圖八：百里香酚檢量線



註：資料來源：研究者拍攝。

圖九：香芹酚檢量線



註：資料來源：研究者拍攝。

3. 以 GC-MS 檢測萃取液中百里香酚及香芹酚的含量：從三種不同品系的萃取液中各取 2 毫升的 EA 層作為樣品。接著，將樣品分別稀釋 10 倍與 100 倍，以確保後續分析的準確性。最後，利用氣相質譜儀測定樣品中香芹酚及百里香酚的含量，以評估不同品系與萃取層對這兩種成分的影響。

二、實驗 2：探討不同濃度百里香酚、香芹酚對三種細菌的抑菌效果

- (一) 說明：用50%甲醇配製2%、1%、0.5%、0.25%百里香酚溶液及0.5%、0.25%、0.125%、0.1%香芹酚溶液，並用瓊脂紙錠擴散試驗測試各濃度百里香酚對於三種細菌的抑制效果，放置於恆溫箱(37°C)24小時後觀察其變化並記錄結果。

表四：實驗 2-1、2-2 比較

實驗主題	2-1：探討不同濃度百里香酚對 SA、SC、EC 的抑菌效果	2-2：探討不同濃度香芹酚對 SA、SC、EC 的抑菌效果
------	--------------------------------	-------------------------------

操縱變因	不同濃度百里香酚	不同濃度香芹酚
控制變因	細菌種類、操作方式、培養溫度	
應變變因	抑菌圈面積	

註：資料來源：研究者繪製。

(二) 實驗步驟

1. 不同濃度百里香酚：調配 50% 甲醇溶液。接著取 0.5 公克百里香酚，與 24.5 克 50% 甲醇在燒杯中混合，調成 2% 百里香酚溶液。將此溶液稀釋至 1%、0.5% 及 0.25%。
2. 不同濃度香芹酚：秤量 0.5 公克香芹酚，加入 99.5 公克 50% 甲醇，調成 0.5% 香芹酚溶液。將此溶液稀釋至 0.25%、0.125% 和 0.1% 濃度。
3. 抑菌實驗：將用具放置高溫高壓滅菌鍋 30 分鐘後，濾紙圓片以紫外光殺菌燈照射正反面各 15 分鐘。培養皿背面分成三等分，標示對照組、50% 甲醇組及不同濃度的百里香酚溶液 (2%、1%、0.5%、0.25%)。滴入 SC、SA、EC 菌液後，均勻塗抹。將濾紙圓片分別浸泡於各溶液中，取出後置於培養皿內。培養皿置於 37°C 恆溫箱中培養 24 小時，觀察並記錄細菌生長情況並計算抑菌圈面積。

圖十：於無菌操作台進行抑菌實驗



註：資料來源：研究者拍攝。

三、實驗 3：探討不同環境下斑葉左手香百里香酚和香芹酚的含量差異

(一) 實驗 3-1：探討光照 3、9、12 小時對百里香酚及香芹酚成分含量

1. 說明：種植經驗觀察到在日照時數較長的夏天時，左手香葉片出現顏色變淡的情況，欲探討光照長短對左手香中百里香酚及香芹酚是否有影響。於是針對斑葉左手香設計三個不同的光照時數 (3、9、12 小時) 的種植環境，以市售 LED 植物生長燈單管 20 顆燈泡 (內含 13 顆紅燈+7 顆藍燈，功率 5W) 全開的情況下種植兩個禮

拜後，取其葉片以有機萃取法進行萃取，用 GC-MS 檢測百里香酚及香芹酚的含量。

2. 實驗步驟：將紙箱裁剪並組裝至適當大小，並架設燈泡以提供光照。完成布置後，將斑葉左手香盆栽放入紙箱內，正式開始實驗。期間，每天澆水至土壤完全濕潤。兩週後，摘取新鮮葉片，進行有機溶劑萃取，並使用 GC-MS 分析香芹酚與百里香酚的含量，以評估不同生長條件對這些成分的影響。

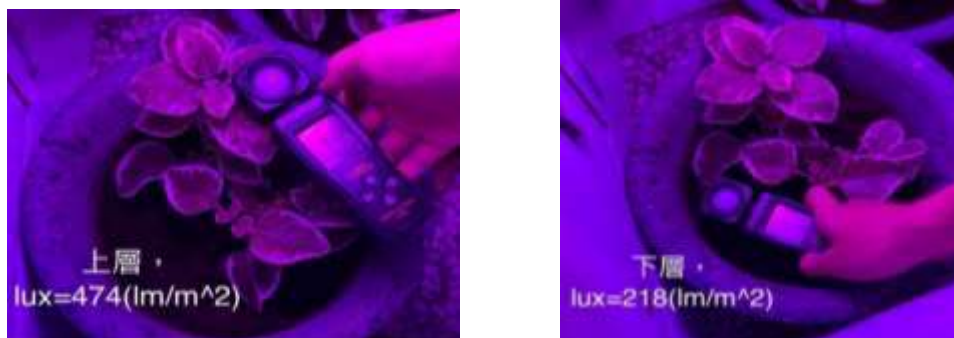
（二） 實驗 3-2：探討光照時數 6、9 小時百里香酚及香芹酚成分含量

1. 說明：延續實驗 3-1，比較光照時數 6、9 小時，以市售 LED 植物生長燈種植兩個禮拜後取其葉片以有機萃取法進行萃取，用 GC-MS 檢測百里香酚及香芹酚的含量。
2. 實驗步驟同實驗 3-1。

（三） 實驗 3-3：探討不同光照度對於百里香酚及香芹酚成分含量

1. 說明：延伸實驗 3-1，在每日光照 3、9 小時這兩組中的植株上，分成上層葉片(光照強度 474lux)，及下層葉片(光照強度 218lux)，種植兩個星期後，分析其內含百里香酚及香芹酚的含量差異。
2. 實驗步驟同實驗 3-1。

圖十一：光照 3、9 小時環境中不同的光照強度



註：資料來源：孫瑞澤等(2024)。

四、 實驗 4：萃取最佳品系種植在不同光照時數環境下的左手香對於三種細菌的抑菌效果

- （一） 說明：比較種植在光照 6、9 小時的斑葉左手香取其上層葉片進行有機溶劑萃取，並用瓊脂紙錠擴散試驗測試該變因對於三種細菌的抑制效果。
- （二） 實驗步驟：同實驗 3-2，種植結束再以瓊脂紙錠擴散試驗測試其對三種細菌的抑制效果。

五、 實驗 5：探討不同逆境下斑葉左手香中香芹酚的含量差異

- （一） 實驗 5-1：探討不同濃度鹽水逆境對於香芹酚成分含量

1. 說明：已知左手香生長於逆境中（如高強度、長時間的光照）會誘導植物次級代謝

物酚類的合成，對抗氧化逆境與損傷。因此本實驗欲探討左手香生長於鹽水逆境中是否會誘導其香芹酚含量產生變化。

2. 實驗步驟：配製 250 mM、500 mM 和 750 mM 氯化鈉水溶液，並將左手香植株分別置入錐形瓶內封膜培養一週。對照組使用 250mL 去離子水，不添加氯化鈉。培養結束後，摘取葉片進行有機溶劑萃取，取 EA 層並使用 GC-MS 分析香芹酚含量。

（二）實驗 5-2：探討缺水逆境對於香芹酚成分含量

1. 說明：研究指出，唇形科植物（如迷迭香）在乾旱逆境下，會增加酚類等次級代謝物的合成，以對抗氧化損傷(Laftouhi et al., 2024)。因此，本研究欲探討亦屬於唇形科的左手香種植於乾旱逆境是否會誘導香芹酚含量產生變化。
2. 實驗步驟：將斑葉左手香種植於戶外環境中，種植期間，每隔 1 個月澆一次水，模擬乾旱逆境，對照組則在相同環境下每天澆水至土壤完全濕潤。種植 2 個月後，摘取葉片進行有機溶劑萃取，取其 EA 層並使用 GC-MS 分析香芹酚含量。

六、實驗 6：探討斑葉左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響

- （一）說明：左手香葉片中含有百里香酚與香芹酚等揮發性酚類化合物，具有抗菌與抗氧化活性。由於左手香具有強烈香氣，推測其次級代謝物可能透過氣體釋放或分解釋出的方式擴散至周圍環境，因此本實驗欲探討在自然情境下，植物葉片掉落於土壤表面後，其內含的揮發性或可溶性成分是否會影響土壤微生物生態。
- （二）實驗步驟：分別取 20 克新鮮葉片與 20 克枯萎葉片，均勻鋪放於內含 500 克培養土的燒杯中，於實驗期間每隔兩日噴灑適量蒸餾水以維持土壤濕潤，連續種植 7 日。培養結束後，取 1 克培養土加入 10 mL 去離子水製備懸浮液，離心 10 分鐘取上清液。將其稀釋 10 倍與 100 倍後，抹於培養皿。培養皿置於 29°C 恆溫箱培養 24 小時，記錄菌落變化。

肆、研究結果

一、實驗 1 比較不同品系左手香中百里香酚與香芹酚的含量

- （一）結果顯示斑葉左手香中百里香酚加上香芹酚的混合濃度最高(32.513 ppm)，其中香芹酚的含量 29.823 ppm 顯著高於百里香酚 2.690ppm。
- （二）大葉左手香的百里香酚含量為 0 ppm，顯示其幾乎不含此成分，香芹酚濃度只含 7.009

ppm 則遠低於斑葉左手香。

(三) 小葉左手香的百里香酚與香芹酚含量皆低於斑葉左手香，混合濃度為 5.381 ppm。

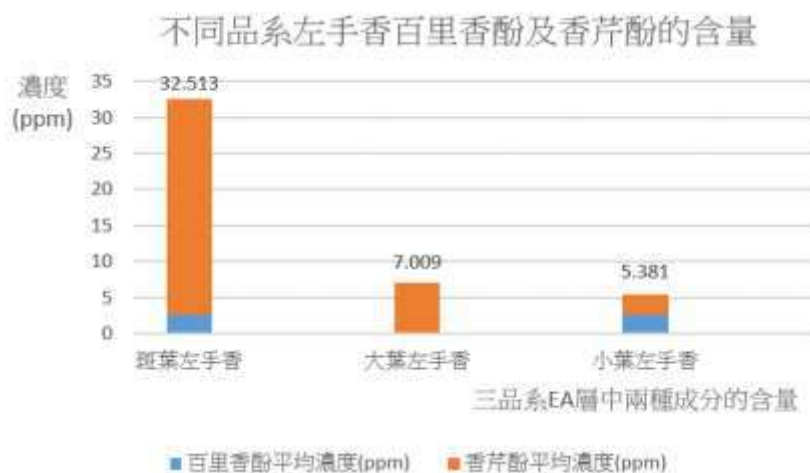
(四) 結果表示，不同品系的左手香在抑菌成分含量上存在顯著差異，斑葉左手香為三種品系中有較強的抗菌潛力，適合應用於相關研究與實際用途。

表五：不同品系左手香中百里香酚及香芹酚的含量

品系	百里香酚平均濃度(ppm)	香芹酚平均濃度(ppm)	混和濃度(ppm)
斑葉左手香	2.690	29.823	32.513
大葉左手香	0.000	7.009	7.009
小葉左手香	2.609	2.772	5.381

註：資料來源：研究者繪製。

圖十二：不同品系左手香 EA 層中百里香酚及香芹酚的含量



註：資料來源：研究者繪製。

二、探討不同濃度百里香酚、香芹酚對三種細菌的抑菌效果

(一) 探討不同濃度百里香酚對三種細菌的抑菌效果

1. 整體而言，濃度越高，抑菌效果越明顯，其中 2%百里香酚溶液的抑菌圈最大。
2. 針對 SA，1%百里香酚溶液的抑菌效果低於 0.5%和 0.25%。
3. SC 和 EC 皆呈現濃度越高抑菌效果越好的趨勢，其中 2%百里香酚溶液抑菌圈最大。

圖十三：抑菌成果範例



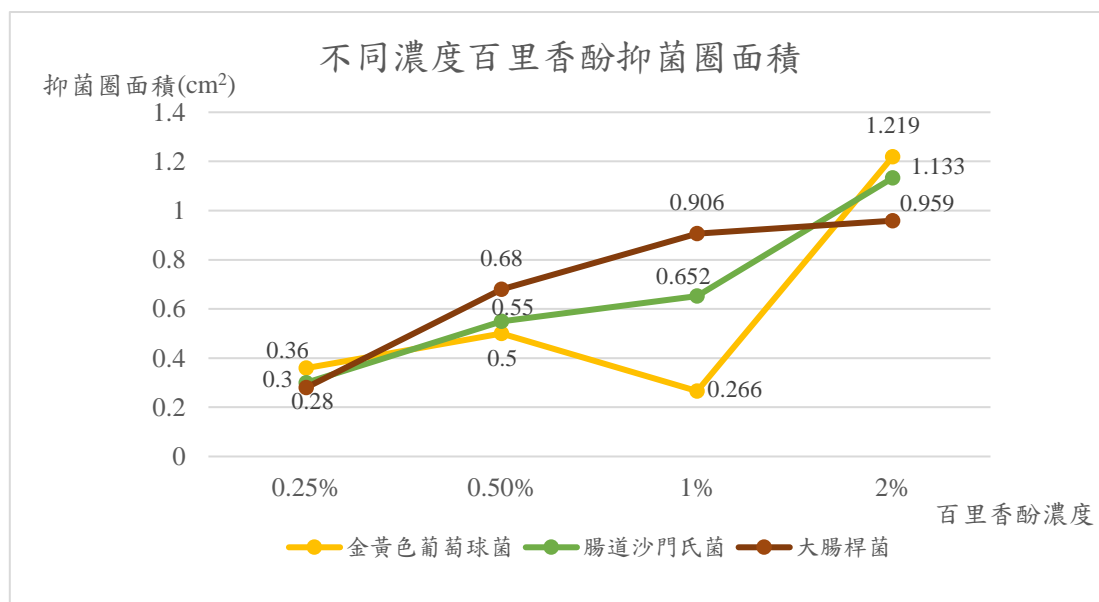
註：資料來源：研究者拍攝。

表六：不同濃度百里香酚對三種細菌的抑菌圈面積(cm^2)

抑制菌種 不同濃度百里香酚	金黃色葡萄球菌 SA	腸道沙門氏菌 SC	大腸桿菌 EC
2% 百里香酚	1.219	1.133	0.959
1% 百里香酚	0.266	0.652	0.906
0.5% 百里香酚	0.500	0.552	0.683
0.25% 百里香酚	0.368	0.300	0.287

註：資料來源：研究者繪製。

圖十四：不同濃度百里香酚對三種細菌的抑菌圈面積(cm^2)



註：資料來源：研究者繪製。

(二) 探討香芹酚對三種細菌的抑菌效果

1. 0.25% 香芹酚溶液在 SA 和 EC 的抑菌效果優於 0.5% 濃度。

2. SC 對 0.5%香芹酚的抑菌圈最大。0.125%香芹酚溶液的抑菌效果小於 0.1%。

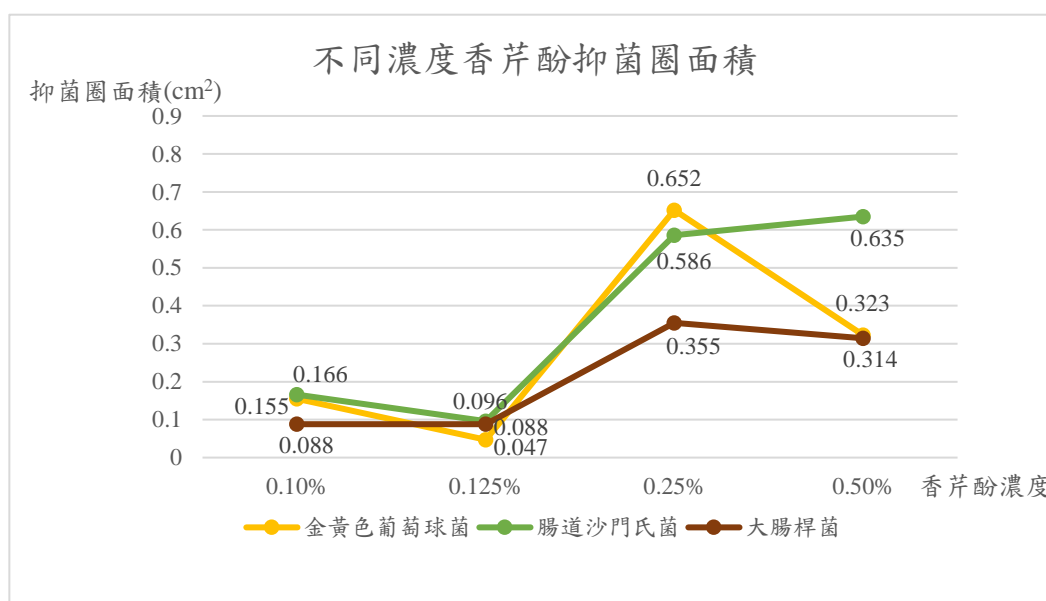
3. 不同濃度的香芹酚對這三種細菌的抑菌效果，較無濃度越高，抑菌效果越好的趨勢。

表七：不同濃度香芹酚對三種細菌的抑菌圈面積(cm^2)

抑制菌種 不同濃度香芹酚	金黃色葡萄球菌 SA	腸道沙門氏菌 SC	大腸桿菌 EC
0.5% 香芹酚	0.323	0.635	0.314
0.25% 香芹酚	0.652	0.586	0.355
0.125% 香芹酚	0.047	0.096	0.088
0.1% 香芹酚	0.155	0.166	0.088

註：資料來源：研究者繪製。

圖十五：不同濃度香芹酚對三種細菌的抑菌圈面積(cm^2)



註：資料來源：研究者繪製。

三、探討不同生長環境對百里香酚及香芹酚成分含量的影響

(一) 探討光照時數 3、9、12 小時百里香酚及香芹酚成分含量

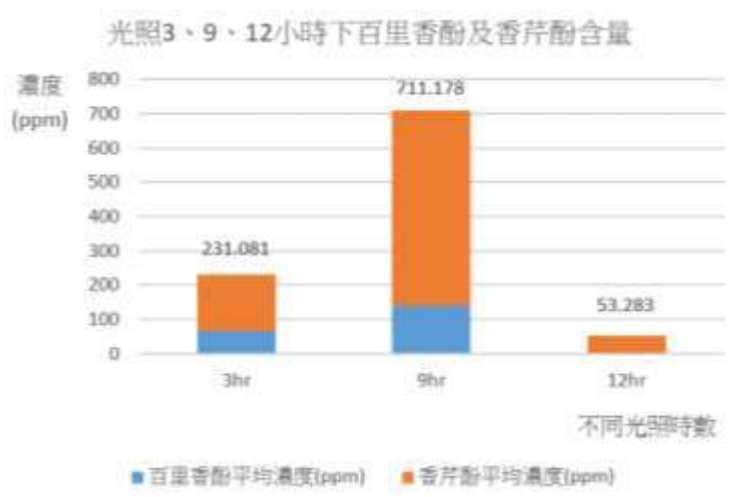
1. 混和濃度在光照 9 小時環境下最高(711.178ppm)，其中香芹酚的含量 571.096 ppm 顯著高於百里香酚 140.081ppm。
2. 12 小時環境中百里香酚含量為 0，顯示該組別幾乎不含此成分，其香芹酚含量也較 3 小時及 9 小時組低。
3. 三種不同光照時數的實驗當中，以光照 9 小時種植的斑葉左手香抑菌成分含量高。

表八：光照 3、9、12 小時對斑葉左手香百里香酚百里香酚及香芹酚含量

光照時數	百里香酚平均濃度(ppm)	香芹酚平均濃度(ppm)	混和濃度(ppm)
3hr	66.882	164.199	231.081
9hr	140.081	571.096	711.178
12hr	0.000	53.283	53.283

註：資料來源：研究者繪製。

圖十六：光照 3、9、12 小時對斑葉左手香百里香酚百里香酚及香芹酚含量



註：資料來源：研究者繪製。

(二) 探討光照時數 6、9 小時百里香酚及香芹酚成分含量結果

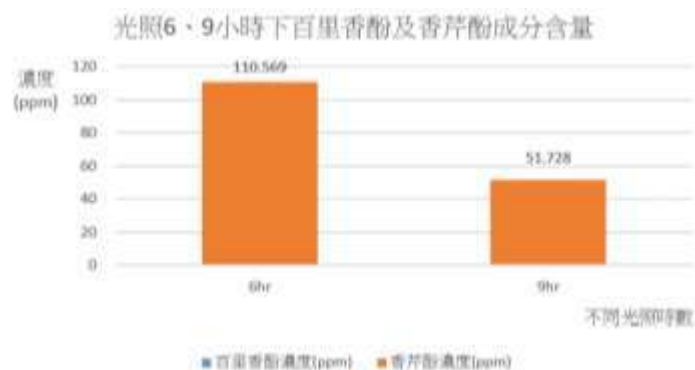
1. 混和濃度在光照 6 小時環境下較高(110.569ppm)，其中香芹酚的含量 110.274 ppm 顯著高於百里香酚 0.295ppm。
2. 在兩組環境中百里香酚含量為都非常接近 0，顯示該組別幾乎不含此成分。
3. 此次實驗中以 6 小時種植環境下，斑葉左手香的抑菌含量較高。

表九：光照 6、9 小時對斑葉左手香百里香酚百里香酚及香芹酚含量

光照時數	百里香酚濃度(ppm)	香芹酚濃度(ppm)	混和濃度(ppm)
光照 6 小時	0.295	110.274	110.569
光照 9 小時	0.170	51.559	51.729

註：資料來源：研究者繪製。

圖十七：光照 6、9 小時對斑葉左手香百里香酚及香芹酚含量



註：資料來源：研究者繪製。

(三) 探討不同光照度對於百里香酚及香芹酚成分含量變化結果

1. 本次實驗結果顯示在每日光照 9 小時、較強光照度 474 lux 的條件下，抑菌成分總濃度最高，達到 1222.327 ppm，其中香芹酚的含量 982.821ppm 顯著高於百里香酚 239.506ppm。
2. 其中百里香酚與香芹酚的濃度亦顯著高於其他三組光照條件，顯示光照條件對抑菌成分的合成有明顯影響。

表十：不同光照強度下斑葉左手香百里香酚及香芹酚的含量

光照強度	百里香酚平均濃度(ppm)	香芹酚平均濃度(ppm)	混和濃度(ppm)
3hr(lux 474)	86.802	183.361	270.163
3hr(lux 218)	46.962	145.037	191.999
9hr(lux 474)	239.506	982.821	1222.327
9hr(lux 218)	40.657	159.371	200.028

註：資料來源：研究者繪製。

圖十八：不同光照強度下斑葉左手香百里香酚及香芹酚的含量



註：資料來源：研究者繪製。

四、萃取最佳品系種植在不同光照時數環境下的左手香對於三種細菌的抑菌效果

(一) 不論哪種細菌，光照 9 小時的抑菌效果都比光照 6 小時好。

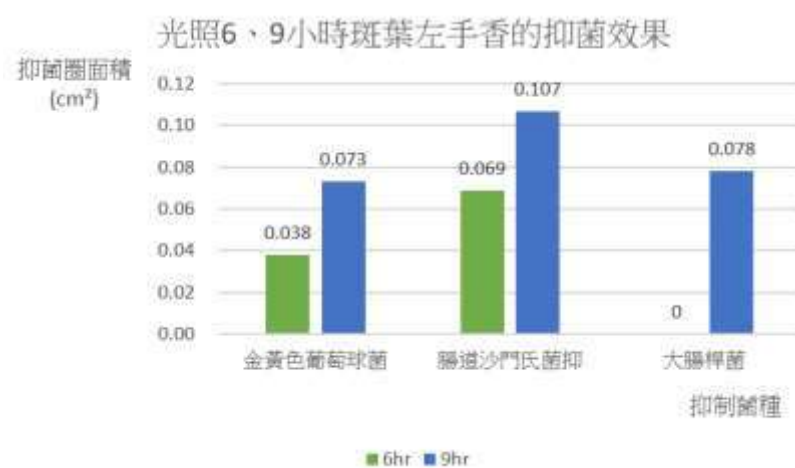
(二) 其中光照 9 小時萃取液對三種細菌的抑菌效果為 $SC > EC > SA$ 。

表十一：光照 6、9 小時斑葉左手香對三種細菌的抑菌圈面積(cm^2)

光照時數(hr) \ 抑制菌種	金黃色葡萄球菌 SA	腸道沙門氏菌 SC	大腸桿菌 EC
6	0.038	0.069	0.000
9	0.073	0.107	0.078

註：資料來源：研究者繪製。

圖十九：光照 6、9 小時斑葉左手香對三種細菌的抑菌圈面積



註：資料來源：研究者繪製。

五、探討不同逆境下斑葉左手香中香芹酚的含量差異

(一) 探討不同濃度鹽逆境下香芹酚成分含量結果

1. 氯化鈉濃度 500mM 有最高的香芹酚含量(532.015ppm)。

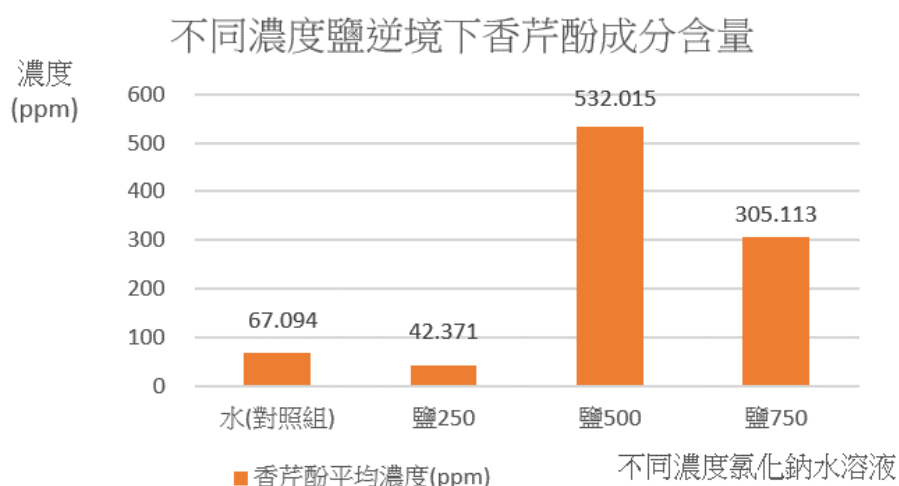
2. 氯化鈉濃度 250mM 的香芹酚含量卻比蒸餾水(對照組)還低，由此可知在適度逆境下可以提高香芹酚的含量。

表十二：不同逆境下香芹酚的含量

實驗組別	香芹酚平均濃度(ppm)
蒸餾水(對照組)	67.094
鹽 250mM	42.371
鹽 500mM	532.015
鹽 750mM	305.113

註：資料來源：研究者繪製。

圖二十：不同逆境下香芹酚的含量



註：資料來源：研究者繪製。

(二) 探討缺水逆境下香芹酚成分含量結果顯示缺水逆境 > 對照組。

表十三：缺水逆境下香芹酚成分含量

實驗組別	香芹酚平均濃度(ppm)
缺水逆境組	40.634
對照組	30.105

註：資料來源：研究者繪製。

圖二十一：缺水逆境下香芹酚成分含量



註：資料來源：研究者繪製。

六、探討斑葉左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響實驗結果

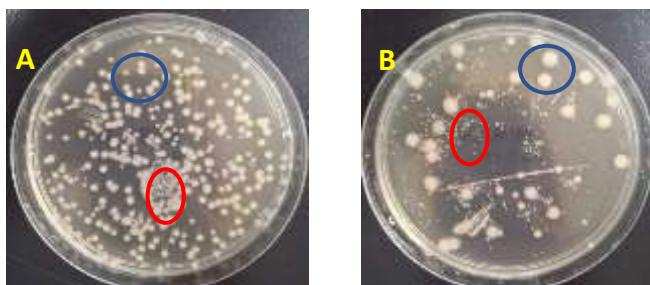
(一) 土壤中菌落外觀差異

1. 將對照組、新鮮落葉組、枯葉組培養皿上的菌落進行外觀的觀察，發現菌落大致上

分成 a、b 兩類。a 類菌相有單個覆蓋面積較小、數量較多；b 類菌相有單個覆蓋面積較大、數量較少，如圖二十二，可得知左手香葉片對土壤微生物有影響。

2. a 類菌相平均直徑：0.08 cm，b 類菌相平均直徑：0.4 cm。

圖二十二：土壤中微生物分布範例（A 對照組、B 新鮮葉片實驗組。a 紅色圈、b 藍色圈）



註：資料來源：研究者拍攝。

（二）菌落覆蓋面積比較

1. 土壤中菌落平均面積在樣本稀釋 10 倍時，可由表十四得知，新鮮葉片組的菌落面積占比最低，而枯葉組的菌落面積占比最高。
2. 土壤中菌落平均面積在樣本稀釋 100 倍時，可由表十五得知，新鮮葉片組的菌落面積占比最低，而對照組的菌落面積占比最高。
3. 顯示斑葉左手香的新鮮葉片掉落土壤後，對土壤中的菌相影響最大。

表十四：斑葉左手香葉片對土壤中微生物的影響 圖二十三：斑葉左手香葉片對土壤中微生物的影響

實驗組別	稀釋 10 倍菌落面積占比(%)
對照組	26.104
新鮮葉片組	13.251
枯葉組	31.241

註：資料來源：研究者繪製。



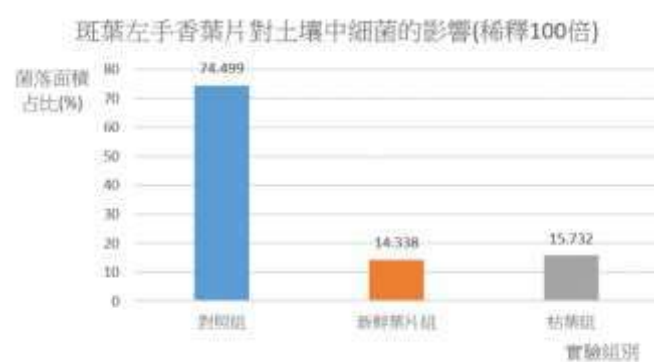
註：資料來源：研究者繪製。

表十五：斑葉左手香葉片對土壤中微生物的影響

實驗組別	稀釋 100 倍菌落面積占比(%)
對照組	74.499
新鮮葉片組	14.338
枯葉組	15.732

註：資料來源：研究者繪製。

圖二十四：斑葉左手香葉片對土壤中微生物的影響



註：資料來源：研究者繪製。

伍、討論

一、探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量差異

實驗 1 研究結果顯示香芹酚的整體含量高於百里香酚，跟我們查到的文獻相符合，另外，用 GC-MS 分析含量後得到這兩種成分溶於 EA 層且幾乎不溶於水層，跟文獻符合，因此實驗結果只呈現 EA 層的數據。結合香芹酚與百里香酚的含量進行比較，發現斑葉左手香中兩種抑菌成分的含量最高，所以不同品系左手香其抑菌成分差異很大，因此，在後續的實驗中我們將會使用斑葉左手香進行探討。

二、探討百里香酚、香芹酚對三種細菌的抑菌效果

實驗過程中，發現純甲醇具有抑菌效果，因此為了避免溶劑干擾，後續實驗特別使用 50% 甲醇進行對照測試，結果顯示此濃度下的甲醇不具抑菌能力，可作為百里香酚與香芹酚溶液的稀釋溶劑，確保抗菌效果來自成分本身。

而不同濃度百里香酚的抑菌效果探討中，可從數據得知，百里香酚濃度越高抑菌效果普遍越好，然而 1% 百里香酚溶液對於金黃色葡萄球菌的效果卻低於 0.5% 及 0.25% 百里香酚溶液，推測 1% 百里香酚溶液對於金黃色葡萄球菌可能處於亞抑菌濃度，誘發細菌的壓力應答系統，例如 SOS 反應，導致基因表達變化、生物膜形成等(Laureti, Matic, & Gutierrez, 2013)，或其他可提升抗藥性的適應機制，進而影響其對抗菌劑的敏感性，使其抑菌效果低於預期。未來可嘗試針對 0.5% 至 1% 之間的變化範圍進行更密集的實驗設計，以探索是否存在類似金黃色葡萄球菌的敏感濃度區間，並進行基因或蛋白質表達分析以深入了解其反應機制。

此外，亦不排除是實驗誤差，例如濾紙圓片於藥劑浸泡時的重疊情形，可能造成藥劑分佈不均、吸收不足，或濾紙圓片浸泡時長過久，導致藥劑過度擴散，使得抑菌圈形成不規則，從而影響抑菌圈準確性。

而不同濃度香芹酚的抑菌效果探討中，發現 0.125% 香芹酚溶液抑菌效果皆小於 0.1% 香芹酚溶液，推測 0.125% 香芹酚溶液同樣處於亞抑菌濃度，引發細菌的適應性反應，降低抗菌劑的敏感性(Laureti, Matic, & Gutierrez, 2013)，使其抑菌效果低於預期。此外，0.25% 與 0.5% 香芹酚溶液的抑菌效果差異較小甚至略微下降，可能是當濃度超過某一閾值後，香芹酚對細菌細胞膜的破壞已達最大效應，進一步提高濃度並未明顯提升抑菌效果，甚至因溶液擴散不均導致抑菌圈略為縮小。

此外，我們觀察到百里香酚與香芹酚揮發性佳，在調配藥品溶液時若不立即封蓋，容易因揮發而影響實驗準確性。因此，後續實驗操作中調配完藥品應立即將濾紙圓片浸泡並封蓋，以確保濃度穩定，避免誤差產生。

三、探討不同生長環境對百里香酚及香芹酚成分含量變化的影響

在不同環境中種植左手香時，我們觀察到葉片的顏色出現明顯的差異。光照的長短和強度對光合色素的含量有影響。在植物生長的早期階段，特別是種子發芽和幼苗葉片生長階段，光照是葉綠素合成和葉綠體發育的關鍵因素。然而，如果光照強度超過了光系統的能力進行光合作用的速率，光合作用活性就會降低，光系統可能受損，進而導致葉綠素含量減少。左手香是一種生長在熱帶和亞熱帶地區的草本植物，在其原生地，棲息地通常是森林地帶，因此我們推測其對光照強度和時間的需求較低。(Silva et al., 2017)

高強度和長時間的光照對左手香來說是一種逆境，會引發活性氧族和氧化逆境或損傷。然而，在光線充足且日照時間較長的環境中，左手香會增加百里香酚和香芹酚的合成。這可能是因為少量活性氧族的生成可以作為信號，啟動訊息傳遞，誘導相關基因的表現，例如與植物次級代謝物酚類的生合成相關的基因。因此，酚類的合成增加，而酚類具有抗氧化作用，可以清除大量的活性氧族，這樣就形成了對抗氧化逆境或損傷的另一種機制。同時，形成的活性氧族或氧化逆境也可能導致葉綠素的降解或合成，從而導致植物的葉綠素降解和葉片變白。這樣做可以減少植物葉片對光線的吸收，減少光反應的進行，減少活性氧族的產生，減輕氧化逆境的形成和氧化損傷的程度，以防止氧化損

傷進一步擴大。(Silva et al., 2017)

實驗 3-1 的結果原本預計兩種抑菌成分含量：12 小時 > 9 小時 > 3 小時，結果 12 小時的含量不但比 9 小時低，甚至低於 3 小時，推測 12 小時光照不利於兩種抑菌成分的合成。

為了找出最適合兩種抑菌成分合成的光照時數而比較光照 6、9 小時的環境(實驗 3-2)，結果為 6 小時更加適合，推測最適合的光照時數在以上實驗組別中應該最接近 6 小時。

實驗 3-1、3-2 中皆有光照 9 小時的實驗，但兩次兩種抑菌成分混和後的數據相差非常大，分別是 711.178 及 51.729ppm，推測可能是因為實驗 3-1 中所使用的左手香是長期種植後的個體，從最開始扦插到實驗已經經過幾個月的時間，它的根系已經發展完整；反之實驗 3-2 所使用的左手香是剛開始進行扦插繁殖沒多久，其根系較稀疏，根據這兩組實驗結果推測這兩種抑菌成分的含量可能與左手香根系的發展程度有關。

實驗 3-3 中比較兩個光照強度分別是 474lux 及 218lux，結果顯示不論是在 3 小時或 9 小時中都是強度較高的組別較利於兩種抑菌成分的合成。但實驗並沒有單獨比較不同光照強度的環境，而是直接用同一組別的上、下層葉片進行比較，可能會有新、舊葉片的差異而影響實驗結果，未來可以探討更多不同光照強度，並設計更加嚴謹的生長環境來探討光照強度這個變因。

四、探討使用最佳品系種植在不同光照時數環境下的左手香對於三種細菌的抑菌效果

抑菌結果得知每日光照 9 小時之斑葉左手香萃取液對於大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、腸道沙門氏菌的抑菌圈皆高於光照 6 小時組，然而透過 GC-MS 檢測兩光照時數不同的葉片時，百里香酚與香芹酚含量卻是光照 6 小時組大於光照 9 小時組。

推測造成此現象的原因可能是 GC-MS 通常僅能偵測揮發性化合物，而許多具抗菌活性的非揮發性成分可能未被測出，卻在實驗中參與抗菌作用。光照 9 小時可能促進了這些非揮發性抗菌成分的合成或積累，進而增強整體抑菌效果，即使百里香酚與香芹酚濃度較低，仍表現出較佳的抑菌能力。

此外，植物次級代謝物之間常存在加成、協同或拮抗作用。6 小時組雖然百里香酚與香芹酚較高，但其他成分可能對其作用產生干擾。相反地，9 小時組中的成分組合更有利於整體抑菌活性，即使酚類濃度略低，整體效果仍優於 6 小時組。

根據實驗 3、4 的結果推測較適合百里香酚及香芹酚合成的光照時數介於 6 到 9 小時。

五、探討不同逆境下斑葉左手香中香芹酚的含量差異

綜合上述實驗結果及文獻探討，百里香酚及香芹酚為同分異構物，且文獻中顯示這兩種成分的功效相差不多，另外，百里香酚在斑葉左手香中的比例很低，因此在逆境實驗中主要分析香芹酚的含量差異。

實驗 5-1 種植斑葉左手香於 500mM、750mM 的鹽水逆境中，發現浸泡一天鹽水後，斑葉左手香的莖部就略為發黑、變軟，甚至無法支撐植物，導致部分葉片照不到陽光，因此之後栽種時，以竹筷作為支撐幫助左手香挺直，減少誤差。

實驗 5-1 結果顯示左手香在中等鹽水濃度(500mM)香芹酚含量最高，而在較高(750mM)、較低(250mM)濃度呈現下滑趨勢。這與 Azimzadeh 等人(2023)針對唇形科植物（牛至）在鹽逆境下酚類含量變化的研究結果相似，顯示植物在適度的鹽逆境刺激下會誘導防禦機制，活化次級代謝途徑以合成如香芹酚這類具有抗氧化功能的化合物，來因應逆境帶來的氧化壓力。然而，逆境過於強烈，則會抑制生理活動與代謝。

實驗 5-2 將斑葉左手香種植於缺水逆境中 15 天時，發現植株已有葉片凋零、泛黃，種植 45 天時，植株葉片相較對照組左手香葉片面積明顯更小，且大多數葉片集中在植株上層、排列方式較不重疊。可能是左手香為了因應缺水逆境，透過減少葉片面積、數量降低水分蒸散，同時將葉片盡量展開，有助於在光照充足的情況下維持最低限度的光合作用效率。

實驗 5-2 結果顯示斑葉左手香在缺水逆境下的香芹酚含量大於對照組，與 Laftouhi 等人(2024)針對迷迭香在缺水逆境的結果相符，在適當的水分限制下，酚類化合物含量會上升，作為防禦機制的一部分。

本研究以「控制澆水頻率」的方式模擬乾旱逆境，雖然不同於文獻中以田間持水量百分比精確控制土壤含水狀態的實驗設計，但更貼近實際環境中植物遭遇乾旱的情形。

未來研究可進一步細分缺水逆境程度，並延長實驗處理期間，以更全面的觀察左手香代謝調節機制，進一步探討次級代謝物在不同逆境強度與時間下的累積變化。

六、探討左手香葉片對土壤中細菌的影響。

實驗 6 結果顯示樣本稀釋 100 倍時的菌落面積大於稀釋 10 倍，可能是在高濃度（10 倍稀釋）條件下，菌落之間激烈的競爭營養與氧氣，部分細菌無法發展成完整菌落，或生長受限而導致菌落尺寸縮小。反之，在 100 倍稀釋的培養環境中，細菌間距較大、競爭減少，每個菌落能獲得較多資源，因而發育完整、面積較大。在對照組中，菌落總面積與培養皿總面積占比在 100 倍稀釋時出現劇烈上升，推測與無抑菌壓力導致菌群自由生長有關。而在新鮮與枯葉組中，儘管 100 倍稀釋後抑菌物質的濃度下降，但其對微生物的抑制作用仍可能存在，導致菌落數量下降、總面積占比無法增加。

新鮮葉片組的菌落平均面積與面積占比皆明顯低於其他兩組，顯示其對土壤菌落具有較強的抑制效果，推測是新鮮葉片中的揮發性或可溶性酚類化合物尚未降解，直接干擾或抑制微生物生長；而枯葉組的抑菌效果較弱，甚至在樣本稀釋 10 倍時，其菌落面積占比高於對照組，可能因葉片分解後釋放出的部分有機養分反而促進了部分微生物的生長。

陸、結論

一、關於不同品系左手香中百里香酚及香芹酚含量的探討

不同品系的左手香，除了植株及葉片外觀不同之外，內含的成分如百里香酚及香芹酚的含量差異頗大，本研究探討三種不同品系的左手香，可得知以斑葉左手香的香芹酚含量高於大葉、小葉左手香。從眾多文獻得知，這兩個成分有多種功效，如果能再分析更多品系的左手香中百里香酚及香芹酚的含量，找出最佳的品系，並在適當的環境下（能提高左手香中百里香酚及香芹酚含量的環境）大量種植，在醫療上應該有很大的幫助。

二、探討不同濃度百里香酚、香芹酚對三種細菌的抑菌效果

由實驗 2-1、2-2 得知百里香酚、香芹酚皆可對三種細菌產生抑菌效果，其中百里香酚對於革蘭氏陰性菌（大腸桿菌、腸道沙門氏菌）的抑菌效果較革蘭氏陽性菌（金黃色葡萄球菌）佳，相反地；香芹酚對於革蘭氏陽性菌的抑菌效果較革蘭氏陰性菌佳。

此研究說明百里香酚、香芹酚對不同菌種表現出不同程度的抑制效果，並為天然成分抑菌機制的理解提供基礎，作為後續植物萃取產品開發方向的重要參考。未來若能透過優化栽培條件與萃取技術，提高活性成分濃度，將有助於推動低抗藥性、環境友善之抗菌策略的實現。

由實驗結果得知，在 0.25% 的濃度下香芹酚的抑菌效果較同濃度百里香酚佳，0.5% 的香芹酚抑菌效果卻比 0.25% 香芹酚還低，香芹酚不需要太高濃度就有不錯的抑菌效果。

三、探討不同環境下種植左手香中百里香酚及香芹酚含量的差異

光線對於植物的生長影響很複雜，在長時間照光環境下種植，發現左手香葉片顏色變淺；在實驗 3-1 中紅藍光照 12 小時的左手香葉片外觀幾乎沒有太大的變化，但 3 小時的葉片最快出現變黃的現象，與上述推論「高強度和長時間的光照對左手香來說是一種逆境」，不相符合，可能也和照射不同波長有關。未來的研究將針對不同波長進行試驗。

四、探討最佳品系在不同光照時數環境下種植對三種細菌的抑菌效果

結果顯示百里香酚與香芹酚含量為光照 6 小時組大於光照 9 小時組；抑菌效果則是光照 9 小時組大於光照 6 小時組。綜合實驗 3 結果得知若以提升百里香酚與香芹酚生成為目標，最佳環境為每日光照 6 小時、高強度光照(474 lux)；若以強化抑菌活性為導向，則是每日光照 9 小時、高強度光照(474 lux)。此結果顯示不同光照條件對左手香的次級代謝產物累積與功能表現具有差異性影響，未來研究可進一步針對每日光照時數、光質組成及光強度進行調控，增加左手香在天然抗菌劑開發的應用潛力，促進其環境友善與永續農業的實質貢獻。

五、探討不同逆境下斑葉左手香中香芹酚的含量差異

本研究發現斑葉左手香在鹽水濃度 500mM 下香芹酚含量最高，顯示適度的鹽逆境雖然可促進其體內香芹酚的合成與累積，但同時也會造成其植株枯萎，為面臨水源鹽化問題的農業地區，提供具應用潛力的植株、種植策略。同時，在缺水逆境條件下，左手香的香芹酚含量明顯高於對照組，說明植物在面臨水分限制時，會透過調節次級代謝產物來增強逆境耐受力。未來可應用於調控栽培環境以強化植株有效成分的合成，優化植株的實際應用。

六、探討斑葉左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響

本研究發現了斑葉左手香葉片中的活性化合物確實能影響土壤微生物生態，並指出植物次級代謝物可能透過自然掉落與分解的過程介入微生物群落結構。未來若欲應用左手香於生物防治或永續農業情境中，可以進一步探討抑制的菌群組成、不同土壤條件下的微生物變化及揮發性成分在氣相中對病原菌與害蟲的影響。

七、未來展望與應用

在本研究中針對比較不同品系左手香葉片中所含香芹酚及百里香酚含量多寡上，我們只比較了三種品系，因此可能尚有其他常見且所含香芹酚及百里香酚更多的品系，因為未來我們想嘗試比較更多不同左手香品系，以找出含量最多的一種。而在相關文獻中也提到：不同光質會影響到左手香內百里香酚與香芹酚含量。因此在未來我們也欲探討(1)不同光質(2)不同比例的紅光+藍光(3)不同光照強度，對於左手香斑葉內百里香酚和香芹酚以及光和色素合成的影響。

百里香酚及香芹酚已被發現具有抗發炎、抗氧化、抗過敏以及抑菌等功效，而在諸多文獻中得知百里香酚及香芹酚在臨床上已被使用來治療皮癬以及鉤蟲感染、治療因齦齒及牙齦炎所引起的口腔及喉嚨發炎。且在此研究中，我們進一步利用目前實驗歸結的最佳種植環境，進行抑制大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、腸道沙門氏菌的實驗，研究結果顯著，為醫療、永續農業提供可行性策略。未來希望能擴大研究範圍，探討更多菌種與左手香之間的關係，並透過優化生長環境、挑選合宜菌種進一步提升左手香抑菌效果。

實驗結果顯示適當的逆境會提升左手香中香芹酚的含量，未來可以增加不同的逆境環境進行比較，找出較利於香芹酚合成的生長條件。另外也可以針對香芹酚對於左手香除了抗氧化是否還有其他影響生理機制的功效，另外，可以進一步分析土壤中的菌種，以了解左手香葉片對環境中微生物的影響。

柒、參考文獻資料

一、衛生福利部豐原醫院(2020年3月5日)。75%防疫酒精開賣 醫師：謹慎使用。

https://www.fyh.mohw.gov.tw/?aid=302&pid=0&page_name=detail&iid=389

二、許翔証、陳惠婷、易光輝、王曉芬(2016)。使用氣相層析質譜儀分析不同季節的左手香精油成分。弘光學報，(78)，265-275。

- 三、蘇芳葶(2013)。香芹酚與百里香酚的抗氧化、抗菌性及忌避性評估(系統編碼：102CNUP0111002)〔碩士論文，嘉南藥理大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- 四、Diniz Gurgel, A. P. A., da Silva, J. G., Grangeiro, A. R. S., Oliveira, D. C., Lima, C. M. P., da Silva, A. C. P., Oliveira, R. A. G., Souza, I. A. (2009), In vivo study of the anti-inflammatory and antitumor activities of leaves from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (Lamiaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 125(2), 361–363. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.07.006>
- 五、邱勇嘉(2009)。左手香及其活性成分香芹酚鎮痛及抗發炎作用機轉之研究(系統編碼：097CMCH5049008)〔碩士論文，中國醫藥大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- 六、Braga, P. C., Dal Sasso, M., Culici, M., Bianchi, T., Bordoni, L., Marabini, L. (2006), Anti-inflammatory activity of thymol: inhibitory effect on the release of human neutrophil elastase. *Pharmacology*, 77(3), 130-136. <https://doi.org/10.1159/000093790>
- 七、許世源、劉峻旭、廖建綸、郭宗甫(2018)。到手香植物成分及藥理作用研究進展。中華傳統獸醫學會會刊，22(1)，25-42。
- 八、鄭仕偉(2017)。探討百里酚的抗過敏以及抗發炎作用(系統編碼：105KMC05111002)〔碩士論文，高雄醫學大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- 九、Gonçalves, T. B., Braga, M. A., de Oliveira, F. F. M., Santiago, G. M. P., Carvalho, C. B. M., Cabral, P. B. e., Santiago, T. de M., Sousa, J. S., Barros, E. B., do Nascimento, R. F., & Nagao-Dias, A. T. (2012), Effect of subinhibitory and inhibitory concentrations of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng essential oil on *Klebsiella pneumoniae*. *Phytomedicine*, 19(11), 962–968. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.05.013>
- 十、Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., & Raneva, V. G. (1999), Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, 64(1), 59–66. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00086-7)
- 十一、葉倪君(2014)。到手香萃取物抑菌與抗發炎作用之探討(系統編碼：103CNUP0111002)〔碩士論文，嘉南藥理大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- 十二、Kang, S.-H., Kim, Y.-S., Kim, E.-K., Hwang, J.-W., Jeong, J.-H., Dong, X., Lee, J.-W., Moon, S.-H., Jeon, B.-T., & Park, P.-J. (2016), Anticancer effect of thymol on AGS human gastric

carcinoma cells. *J Microbiol Biotechnol. Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(1), 28-37. <https://doi.org/10.4014/jmb.1506.06073>

十三、Silva, S. T., Bertolucci, S. K. V., da Cunha, S. H. B., Lazzarini, L. E. S., Tavares, M. C., & Pinto, J. E. B. P. (2017), Effect of light and natural ventilation systems on the growth parameters and carvacrol content in the in vitro cultures of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 129(1), 269–279. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1195-6>

十四、衛生福利部食品藥物管理署(2023 年 10 月 19 日)。病原性大腸桿菌(*Enteropathogenic Escherichia coli*)-各類食品中毒原因介紹。 <https://reurl.cc/ZZYXeA>

十五、Yuan, W., & Yuk, H. G. (2019). Effects of sublethal thymol, carvacrol, and trans-cinnamaldehyde adaptation on virulence properties of *Escherichia coli* O157:H7. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(14), e00271-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.00271-19>

十六、衛生福利部食品藥物管理署（2023 年 10 月 19 日）。沙門氏桿菌(*Salmonella*)-各類食品中毒原因介紹。 <https://reurl.cc/GnYqYD>

十七、衛生福利部食品藥物管理署(2023 年 10 月 19 日)。金黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)-各類食品中毒原因介紹。 <https://reurl.cc/2KOAN6>

十八、小村遠遠(2021 年 8 月 11 日)。這香草居然擁有皮膚淨白的效果？從香草種植中學到的人生哲學【左手香】 | 小村遠遠。 <https://reurl.cc/rEl934>

十九、孫瑞澤、郭依婷、程真（2024）。探討不同品系及生長環境對左手香百里香酚及香芹酚含量之影響。中學生網站：小論文競賽。
<https://www.shs.edu.tw/Customer/Winning/EssayIndex>

二十、李佳芬(2019 年 3 月 29 日)。具抗菌及抗發炎之生技藥粧產品開發。
<https://reurl.cc/EVKjNv>

二十一、德記儀器。2025 年 6 月 2 日，<https://pse.is/7nw27x>

二十二、衛福部疾管署(2016 年 10 月 14 日)。感受性測試的原則與方法。
<https://reurl.cc/z6DAqa>

二十三、台灣津島科學儀器股份有限公司。2025 年 6 月 2 日，<https://pse.is/7nw24u>

二十四、慧眾生物科技有限公司。2025 年 6 月 2 日，<https://pse.is/7nvztm>

二十五、伯昂興業股份有限公司。2025 年 6 月 2 日，<https://pse.is/7nw2b4>

二十六、Laftouhi, A., Mahraz, M. A., Hmamou, A., Assouguem, A., Ullah, R., Bari, A., Lahlali, R., Ercisli, S., Kaur, S., Idrissi, A. M., Eloutassi, N., Rais, Z., Taleb, A., & Taleb, M. (2024). Analysis of Primary and Secondary Metabolites, Physical Properties, Antioxidant and Antidiabetic Activities, and Chemical Composition of *Rosmarinus officinalis* Essential Oils under Differential Water Stress Conditions. *ACS omega*, 9(14), 16656–16664.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00653>

二十七、Azimzadeh, Z., Hassani, A., Mandoulakani, B. A., Sepehr, E., & Morshedloo, M. R. (2023). Intraspecific divergence in essential oil content, composition and genes expression patterns of monoterpene synthesis in *Origanum vulgare* subsp. *vulgare* and subsp. *gracile* under salinity stress. *BMC plant biology*, 23(1), 380.
<https://doi.org/10.1186/s12870-023-04387-5>

【評語】 052109

1. 本研究之目的在探討左手香中抑菌成分百里香酚與香芹酚的生成條件與環境影響。結果發現斑葉品系及高強度光照有助提升百里香酚與香芹酚之含量，並證實其對多種病原菌具抑菌效果。此外亦發現其對土壤菌群可能具干擾作用。
2. 本研究除光照外可增加其他環境因子對左手香抑菌成分之探討。整體實驗設計明確，成果顯示具應用潛力。
3. 建議著墨不同逆境/生長條件如何調控植物百里香酚與香芹酚的含量之相關分子機制或是探討斑葉、大葉、小葉左手具有不同百里香酚與香芹酚含量原因，將可增加研究深度。

作品海報

探討不同環境因子對左手香抑菌成份合成與效能之影響



壹、研究動機

從生活中發現許多消炎、止痛、止癢及防蚊的手工藥膏原料都含有左手香，組員家中恰有栽植，查閱相關文獻後得知左手香主要抑菌成份為香芹酚及百里香酚，此外，距疫情結束尚未久遠，時常會用到酒精進行消毒，但發現長期、反覆使用酒精可能會造成皮膚紅、癢、發炎、龜裂、過敏等症狀，因此我們將以人工環境種植不同品系左手香，並調控環境條件，篩選最佳組合後，對生活中常見的革蘭氏陰性菌(腸道沙門氏菌、大腸桿菌)及革蘭氏陽性菌(金黃色葡萄球菌)進行抑菌，探討左手香的抑菌效力及作為天然抗菌劑的潛力。同時亦將探討逆境是否影響百里香酚及香芹酚含量，以及左手香對土壤微生物菌相的潛在影響。

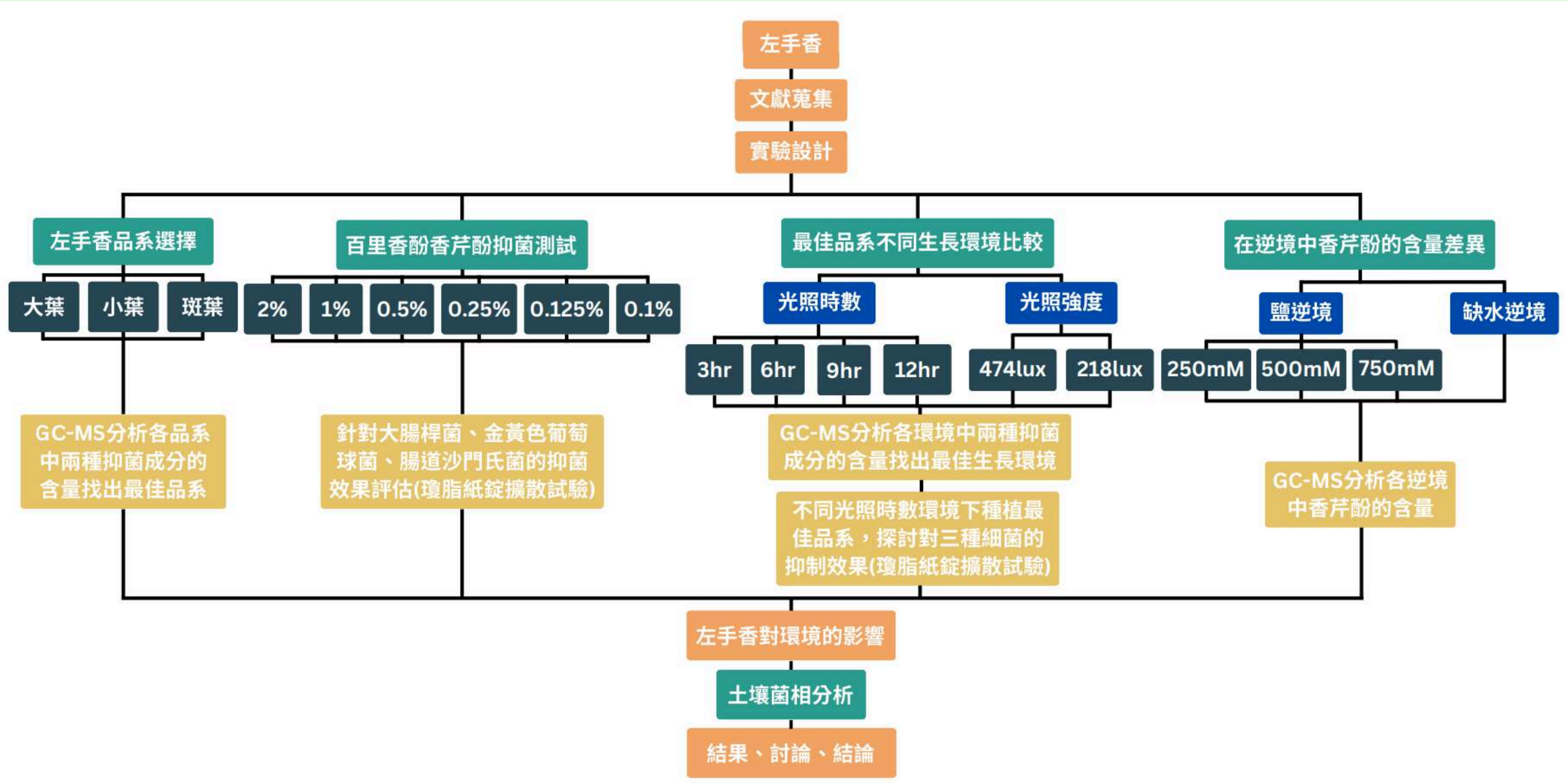
貳、研究目的

- 一、探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量差異。
- 二、探討百里香酚、香芹酚對大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、腸道沙門氏菌的抑菌效果。
- 三、探討不同生長環境對斑葉左手香內百里香酚及香芹酚含量的影響。
- 四、探討將斑葉左手香種植在不同光照時數環境下的抑菌效果。
- 五、探討逆境對左手香中香芹酚含量的影響。
- 六、探討左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響。

參、研究材料及設備

類別	物品名稱
植物材料	大葉左手香(<i>Coleus amboinicus</i>)、小葉左手香(<i>Coleus amboinicus</i> ‘Variegatus’)、斑葉左手香(<i>Coleus amboinicus</i> ‘Cerveza 'n Lime’)
儀器設備	氣相層析質譜儀、離心機、LED 燈管、恆溫箱、紫外線燈
化學藥品	香芹酚與百里香酚標準品、甲醇、乙醇、乙酸乙酯、氯化鈉、蒸餾水
實驗器材	分液漏斗、針頭過濾器、玻璃滴管、燒杯、鉢、杵、試管架、鑷子、量筒、三角形無菌塗抹棒
微生物材料	大腸桿菌(<i>Escherichia coli</i>)、金黃色葡萄球菌 (<i>Staphylococcus aureus</i>)、腸道沙門氏菌(<i>Salmonella enterica</i>)、瓊脂培養皿
消耗品與工具	濾紙圓片、紙箱、培養土

肆、研究過程和方法

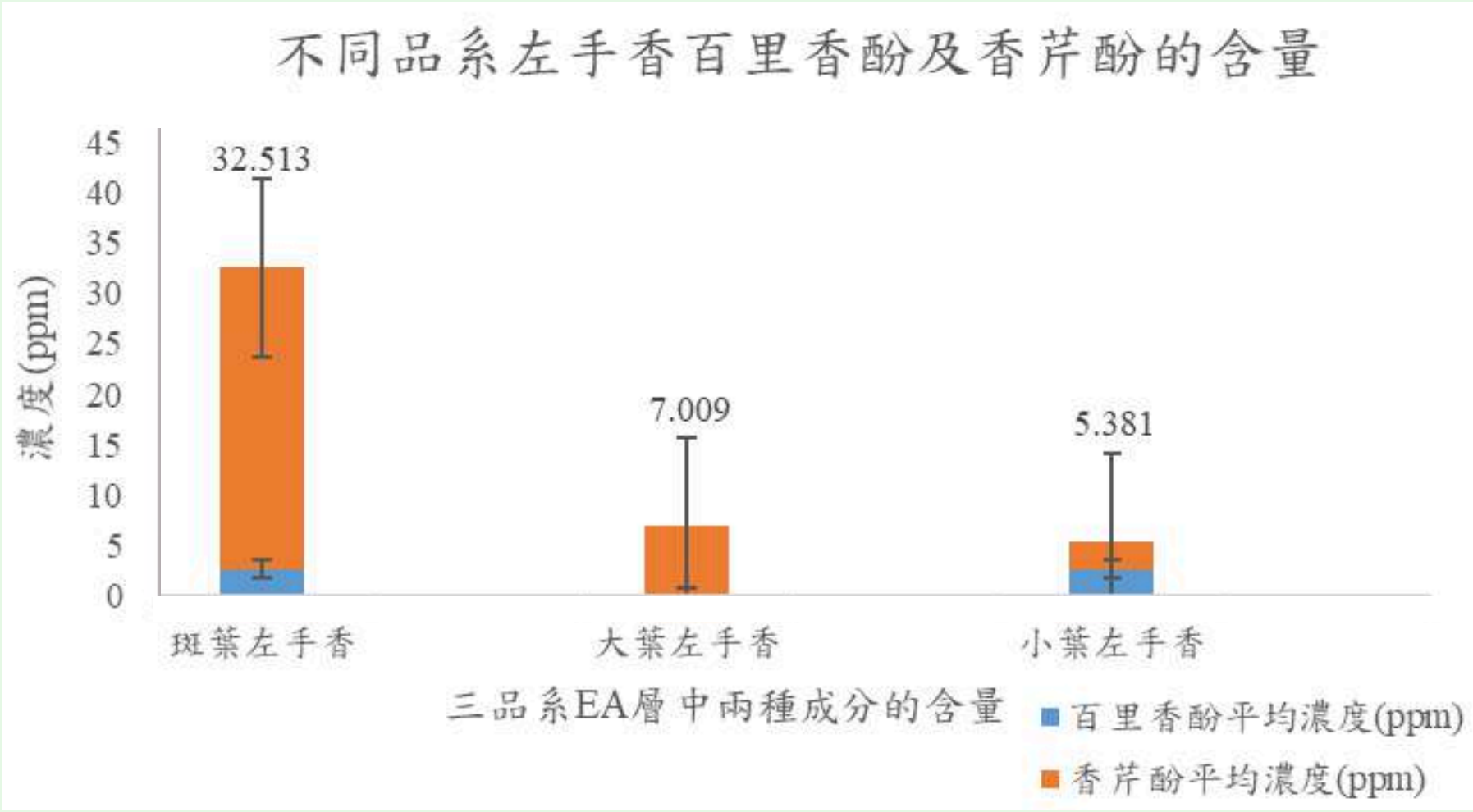


本實驗分五個階段，首先透過第一階段篩選百里香酚、香芹酚含量最高的品系，作為後續實驗的材料來源。第二階段測試百里香酚、香芹酚的抑菌效果，第三階段找出百里香酚、香芹酚含量最高的生長環境，並透過該栽種條件培養左手香，分析其對三種細菌的抑菌效果，第四階段探討逆境對香芹酚含量的影響，最後階段探討左手香葉片對土壤中微生物生長的影響。

伍、研究結果

實驗1：探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量

結果顯示，不同品系的左手香在抑菌成分含量上存在顯著差異，其中**斑葉左手香**中**百里香酚**與**香芹酚**的**混合濃度**最高(32.513 ppm)，明顯優於小葉與大葉品系。在各品系中，**成分含量**以**香芹酚**為主，**百里香酚**較低。

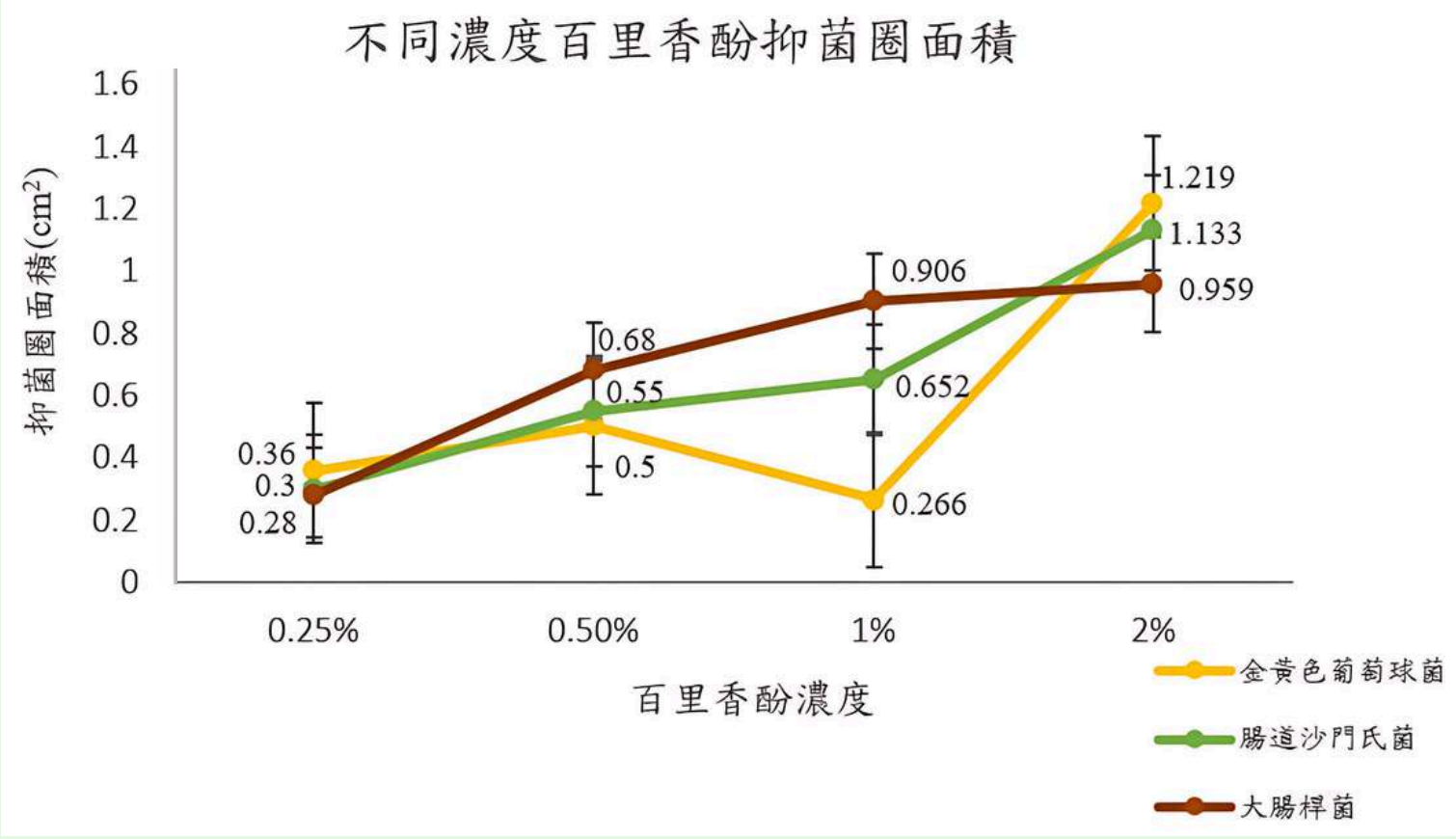


實驗 2：探討不同濃度百里香酚、香芹酚對三種細菌的抑菌效果

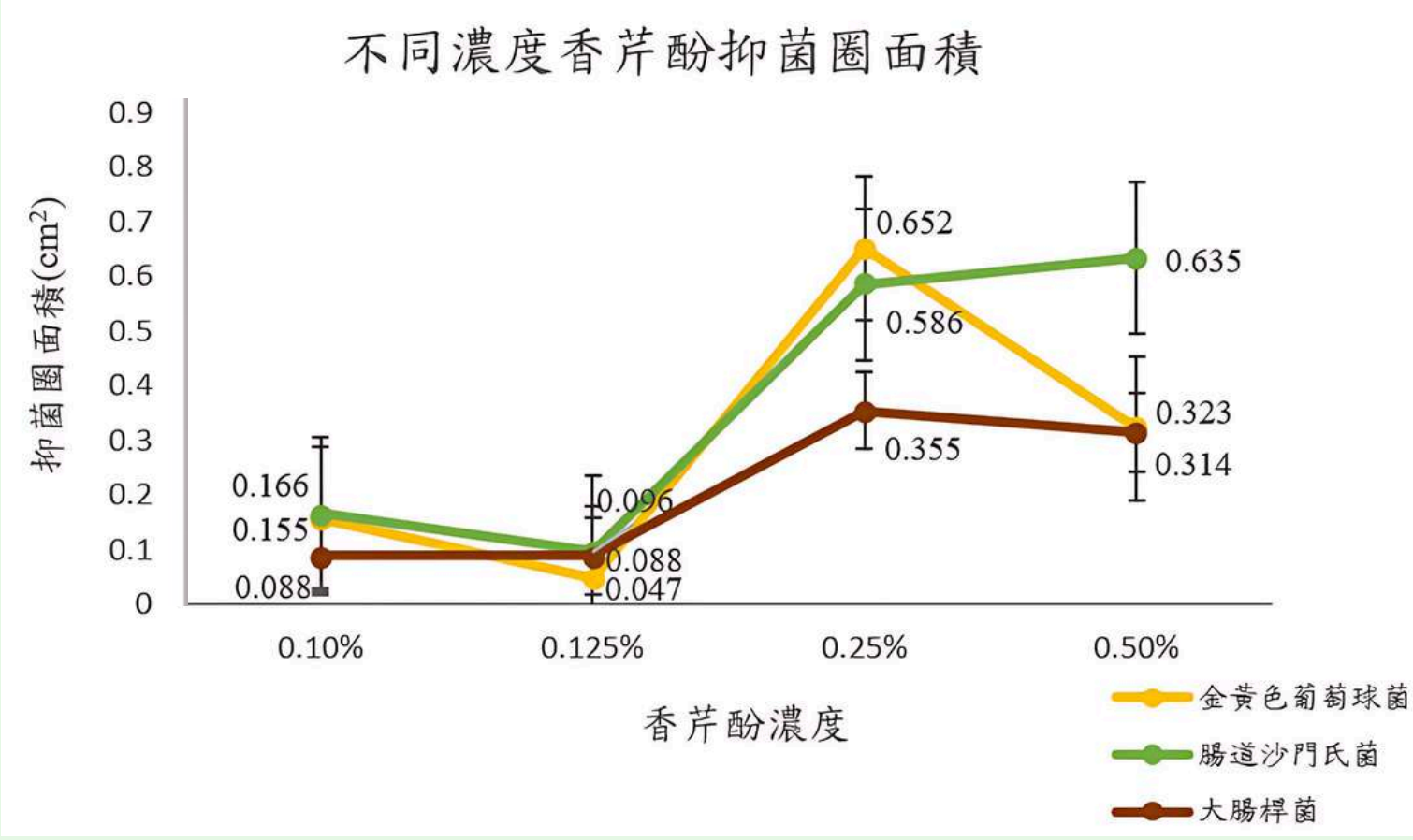
實驗2抑菌成果範例



- 百里香酚濃度越高，抑菌圈面積越大。
- 2%濃度的效果最明顯。

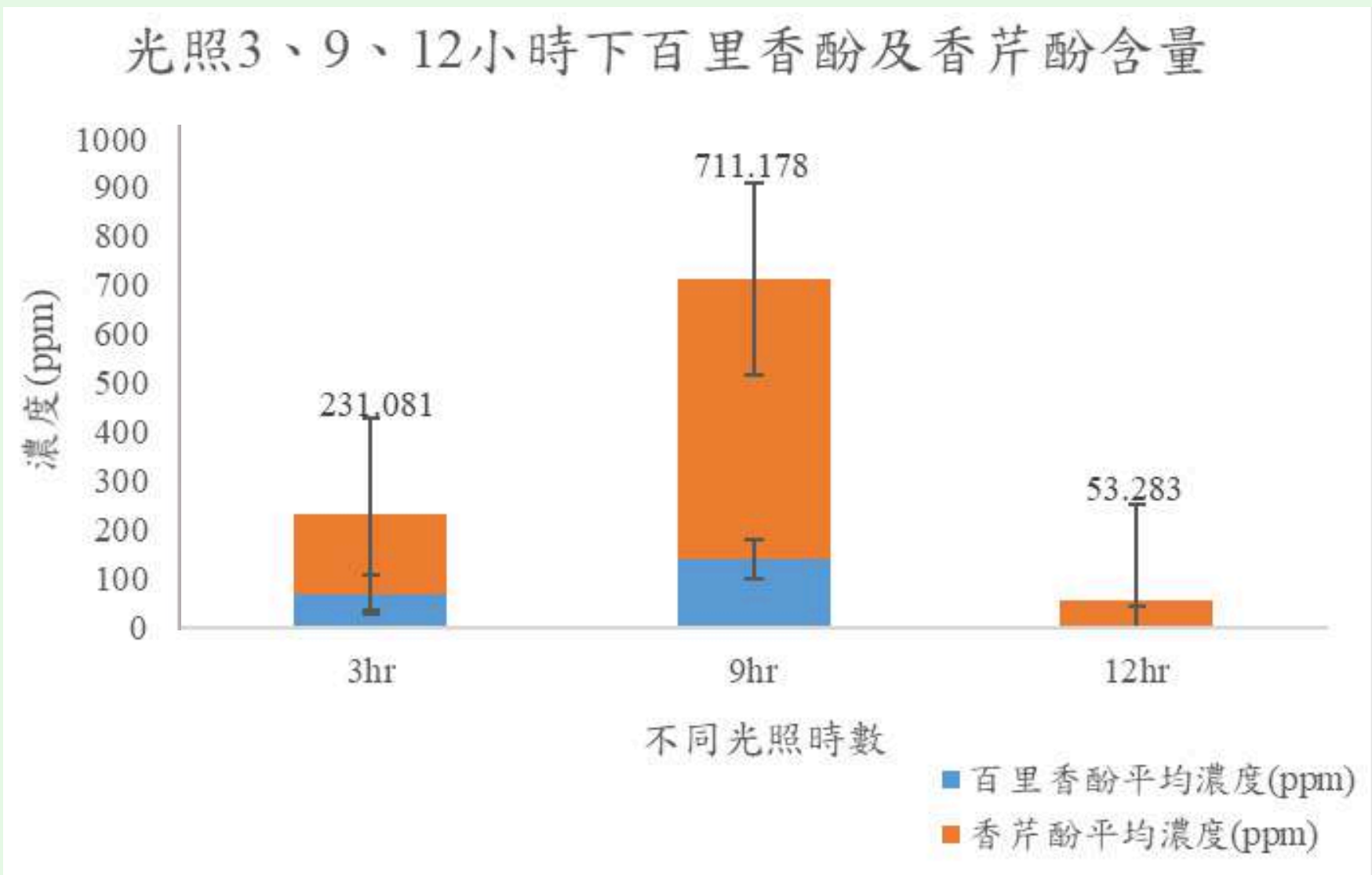


- 0.25%香芹酚抑菌圈面積最大。
- 香芹酚對於金黄色葡萄球菌的效果較佳。

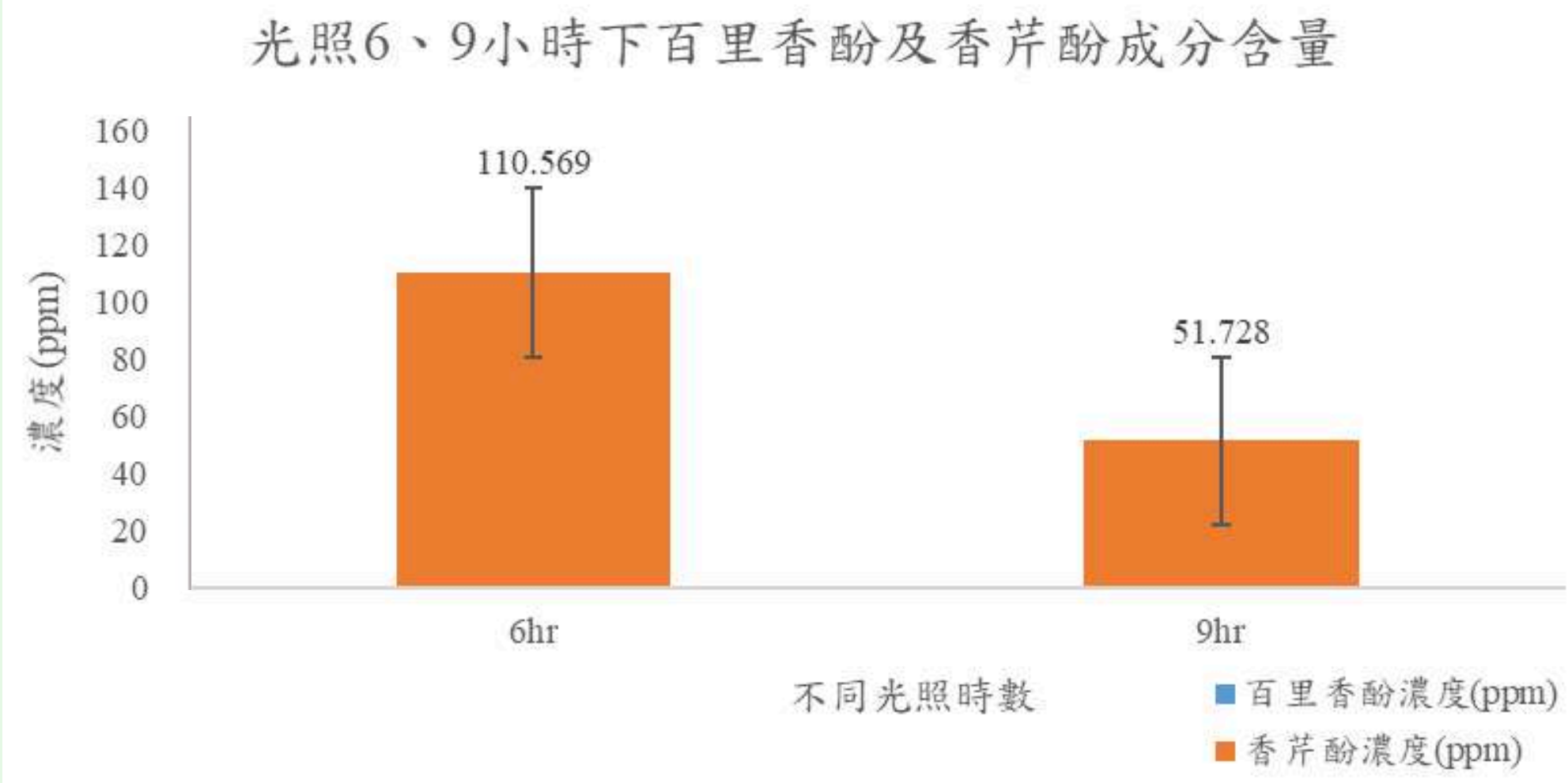


實驗 3：探討不同環境下斑葉左手香百里香酚和香芹酚的含量差異

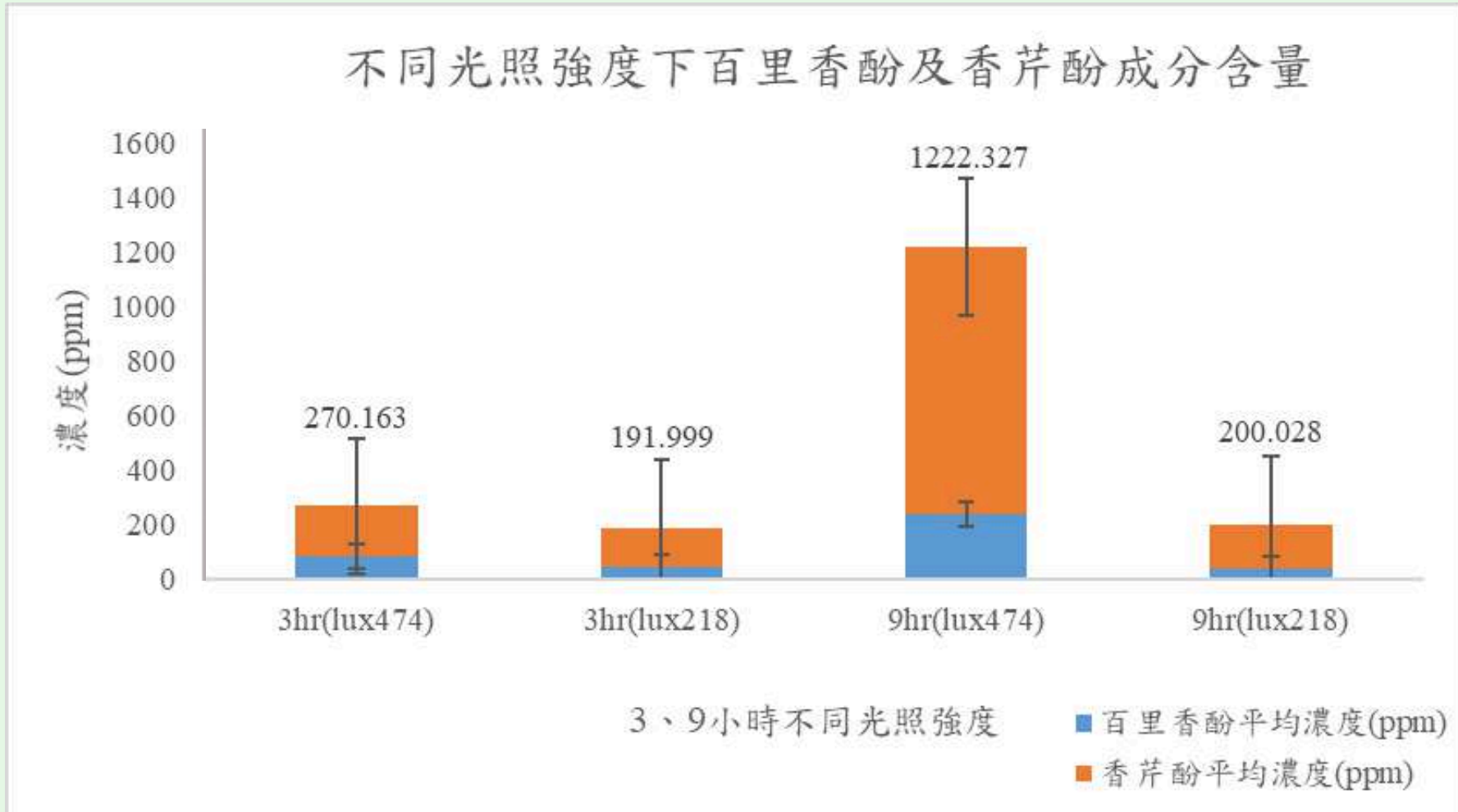
實驗 3-1：探討光照 3、9、12 小時對百里香酚及香芹酚成分含量
每日光照9小時種植的斑葉左手香抑菌成分含量最高，混和濃度達711.178 ppm，12小時組的百里香酚濃度為0 ppm，顯示幾乎未偵測到此成分，其香芹酚含量亦低於3小時及9小時組。



實驗 3-2：探討光照時數 6、9 小時百里香酚及香芹酚成分含量
每日光照6小時種植的斑葉左手香抑菌成分含量最高，混和濃度達110.569 ppm，兩組環境中百里香酚含量都非常接近 0，顯示該組別幾乎不含此成分。

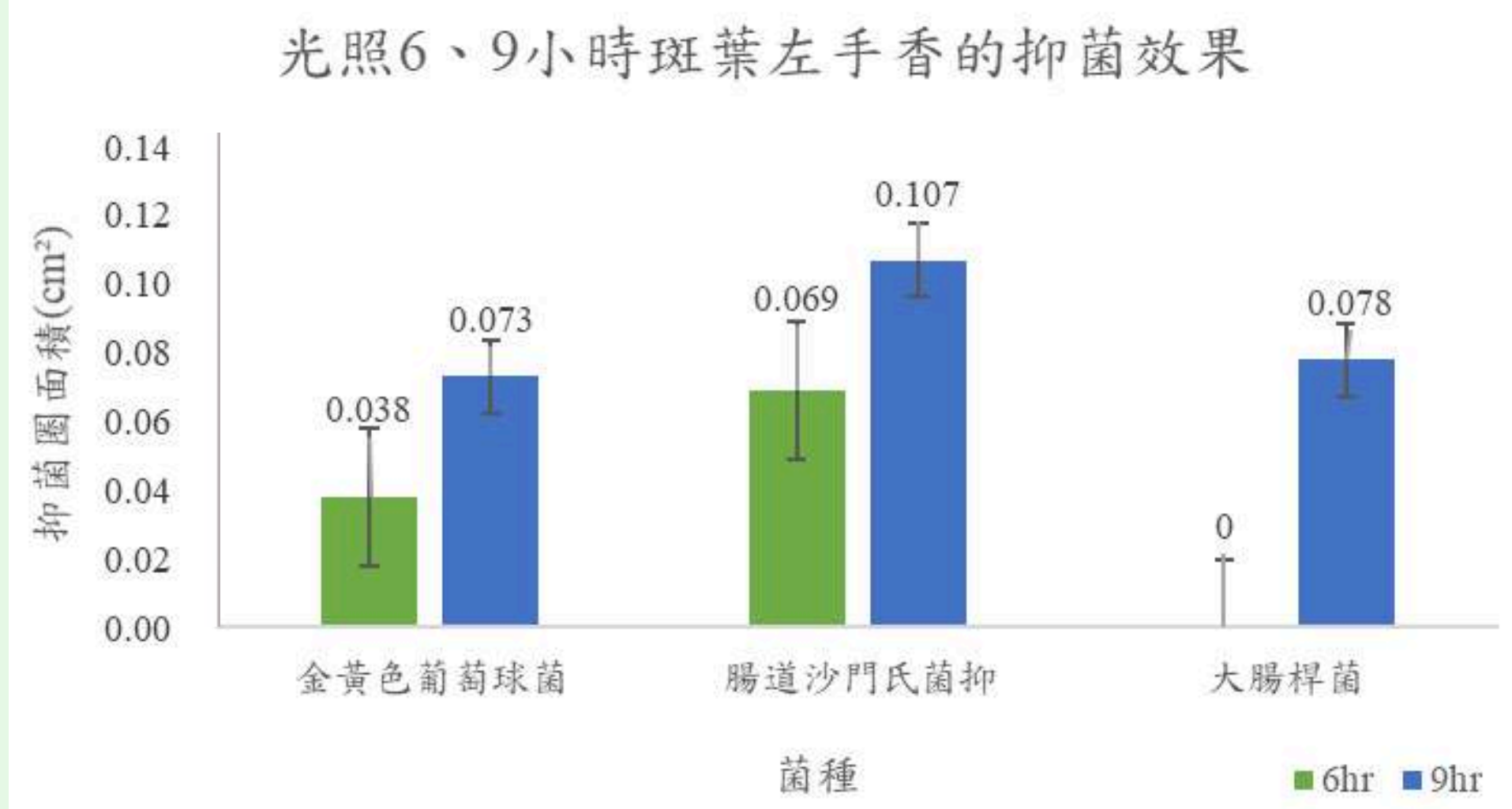


實驗 3-3：探討不同光照度對於百里香酚及香芹酚成分含量
每日光照9小時、較強光照度 474 lux的條件下，抑菌成分總濃度最高，達到1222.327 ppm，其中百里香酚與香芹酚的濃度顯著高於其他三組光照條件，顯示光照條件對抑菌成分的合成有明顯影響。



實驗 4：萃取最佳品系種植在不同光照時數環境下的左手香對於三種細菌的抑菌效果

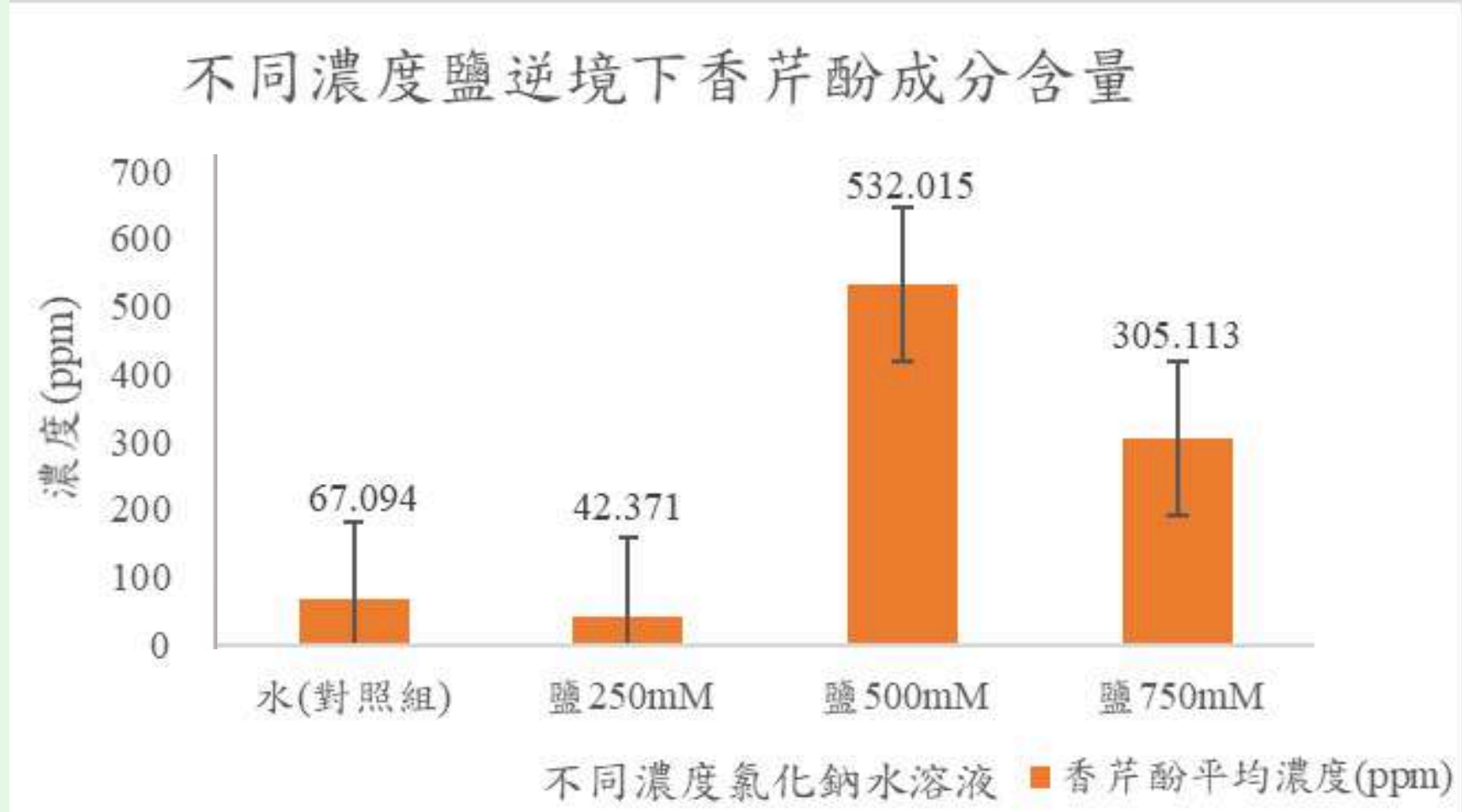
每日光照6與9小時條件下之左手香萃取液對三種細菌的抑菌能力，**抑菌圈大小**為**光照9小時組** > **光照6小時組**。



實驗 5：探討不同逆境下斑葉左手香中香芹酚的含量差異

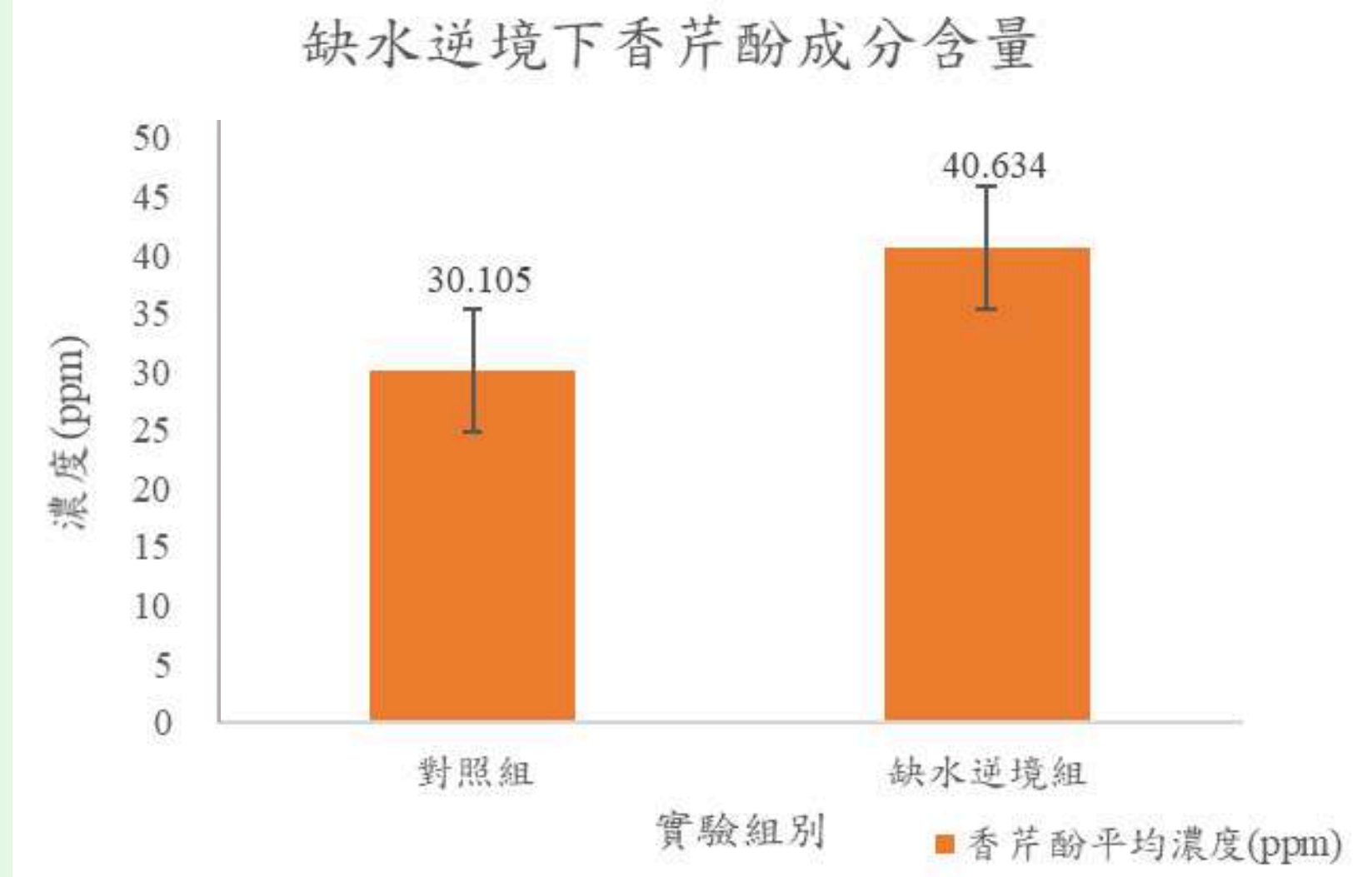
實驗 5-1：探討不同濃度鹽水逆境對於香芹酚成分含量

以 GC-MS 進行香芹酚的含量分析的結果：500 mM 鹽水實驗組 > 750 mM 組 > 對照組 > 250 mM 組。其中 250 mM鹽水實驗組的香芹酚含量42.371 ppm比對照組67.094 ppm還低，顯示在**500 mM 鹽水逆境**有助於**香芹酚含量提升**。



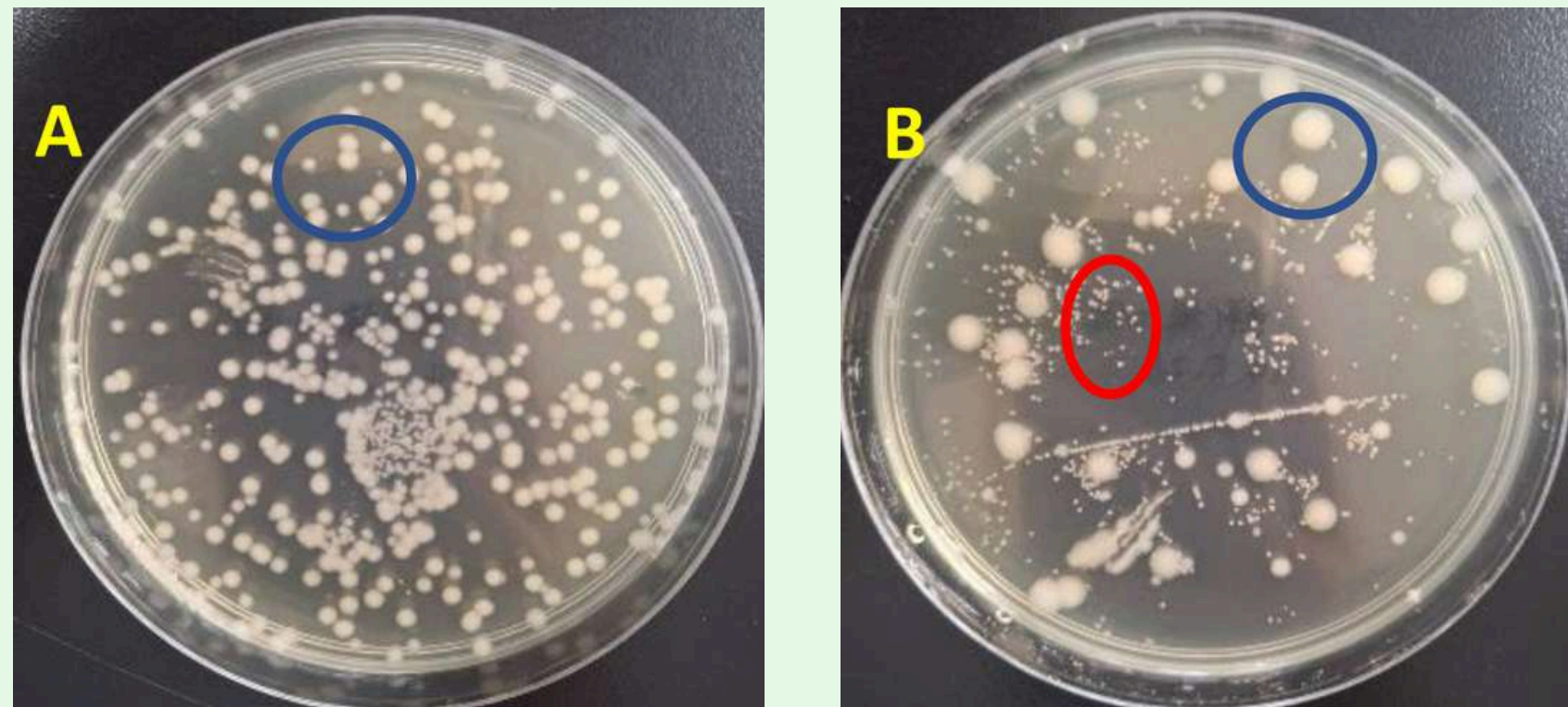
實驗 5-2：探討缺水逆境對於香芹酚成分含量

以 GC-MS 進行香芹酚與百里香酚的含量分析的結果：缺水逆境組 > 對照組。缺水組香芹酚濃度為40.63 ppm，對照為30.11 ppm，顯示**缺水逆境**有助於**提升香芹酚的合成**。

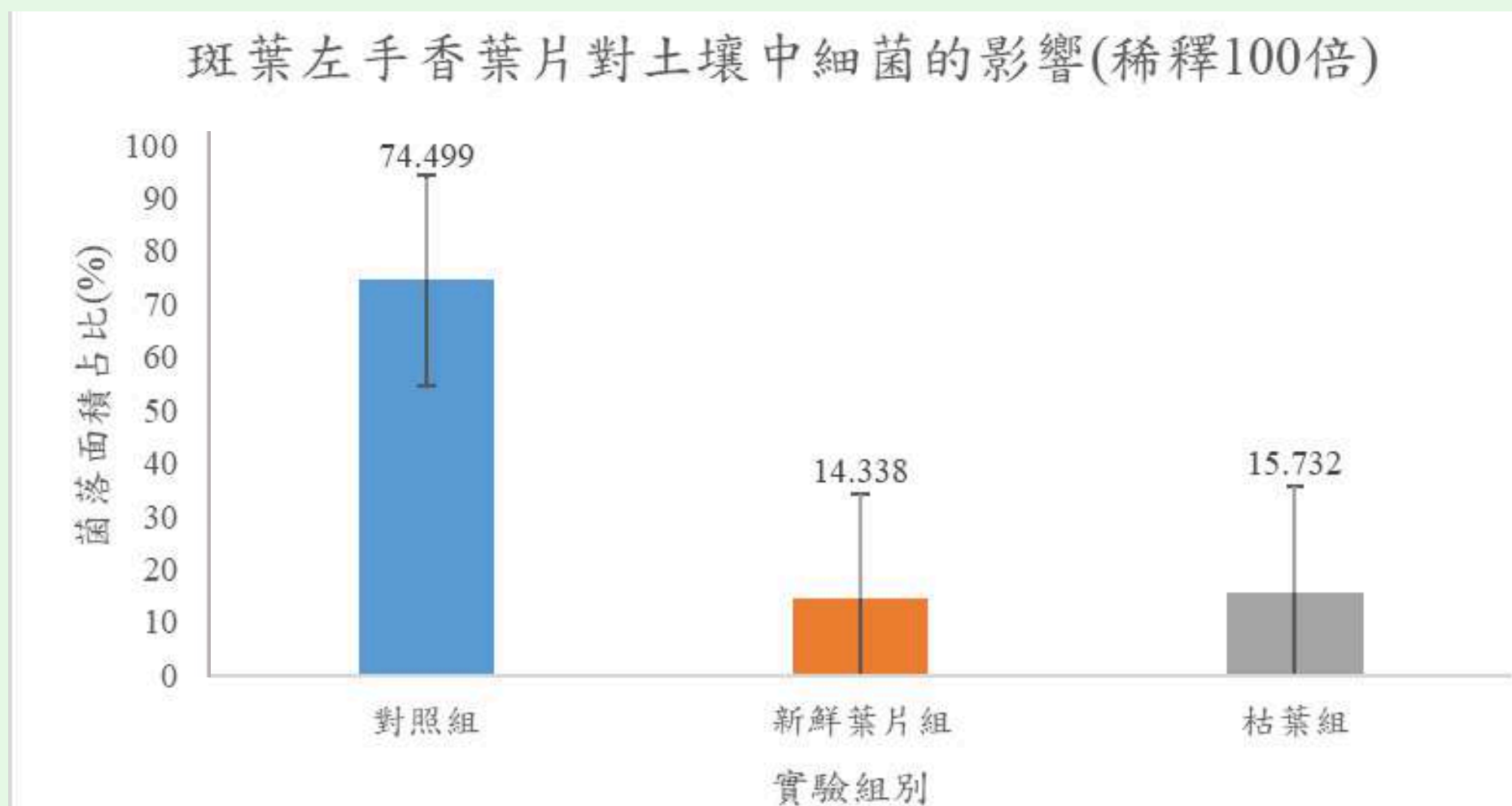
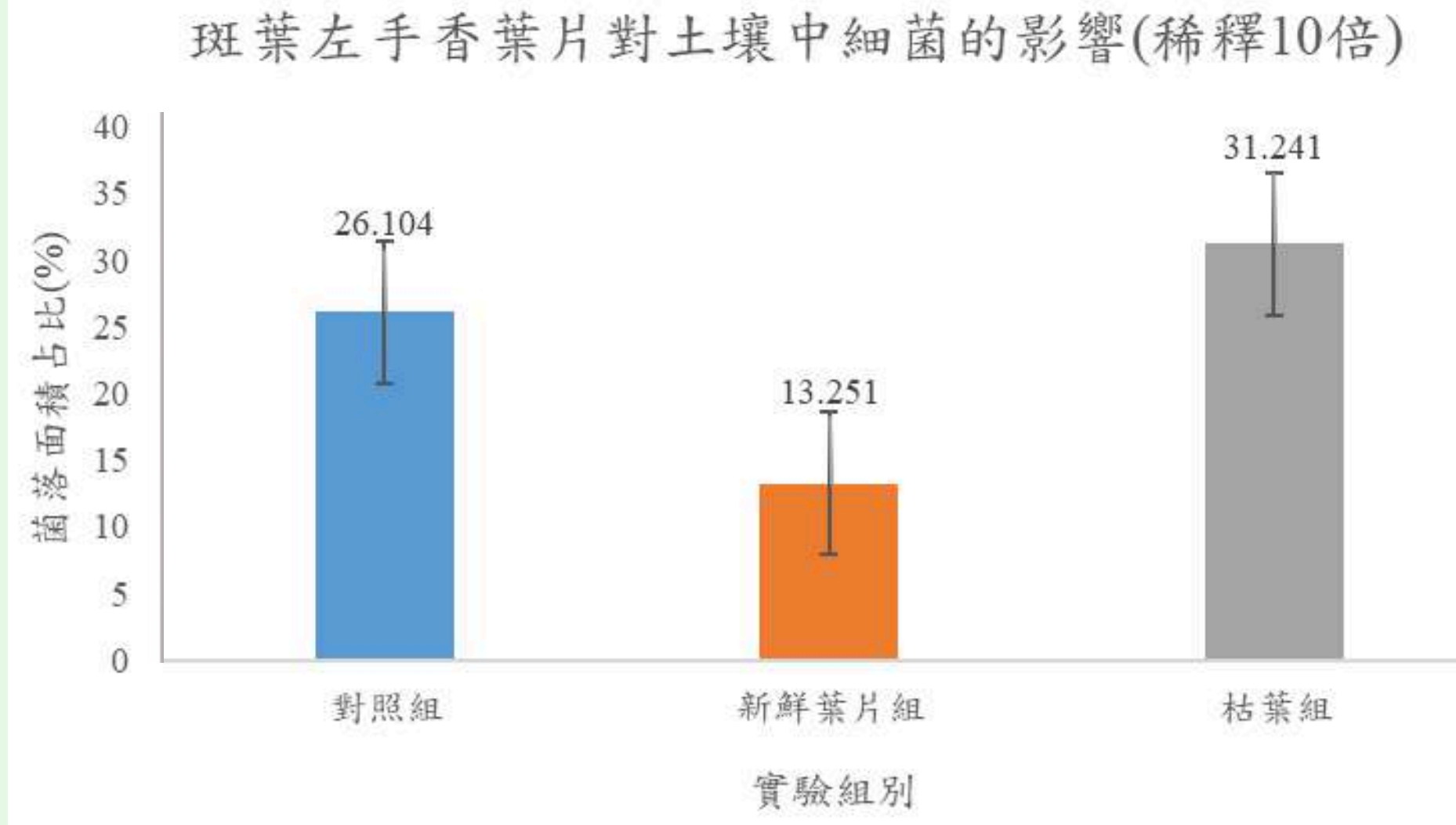


實驗 6：探討斑葉左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響

土壤中微生物分布範例（A 對照組、B 新鮮葉片實驗組。
a 紅色圈、b 藍色圈）



- a類菌相平均直徑：0.08 cm，b類菌相平均直徑：0.4 cm。
- 稀釋10倍：新鮮葉片組的菌落面積占比13.251%最低，而枯葉組的菌落面積占比31.241%最高。
- 稀釋100倍：新鮮葉片組的菌落面積占比14.338%最低，而對照組的菌落面積占比74.499%最高。
- 結果顯示斑葉左手香的新鮮葉片掉落土壤後，對土壤中的菌相影響最大。



陸、討論

一、探討不同品系左手香百里香酚及香芹酚的含量差異







- 1.香芹酚與百里香酚含量比較：香芹酚高於百里香酚。
- 2.香芹酚與百里香酚的溶解性：香芹酚的辛醇/水分配係數為log Kow：3.33，百里香酚為log Kow：3.3。

二、探討百里香酚、香芹酚對大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、腸道沙門氏菌的抑菌效果

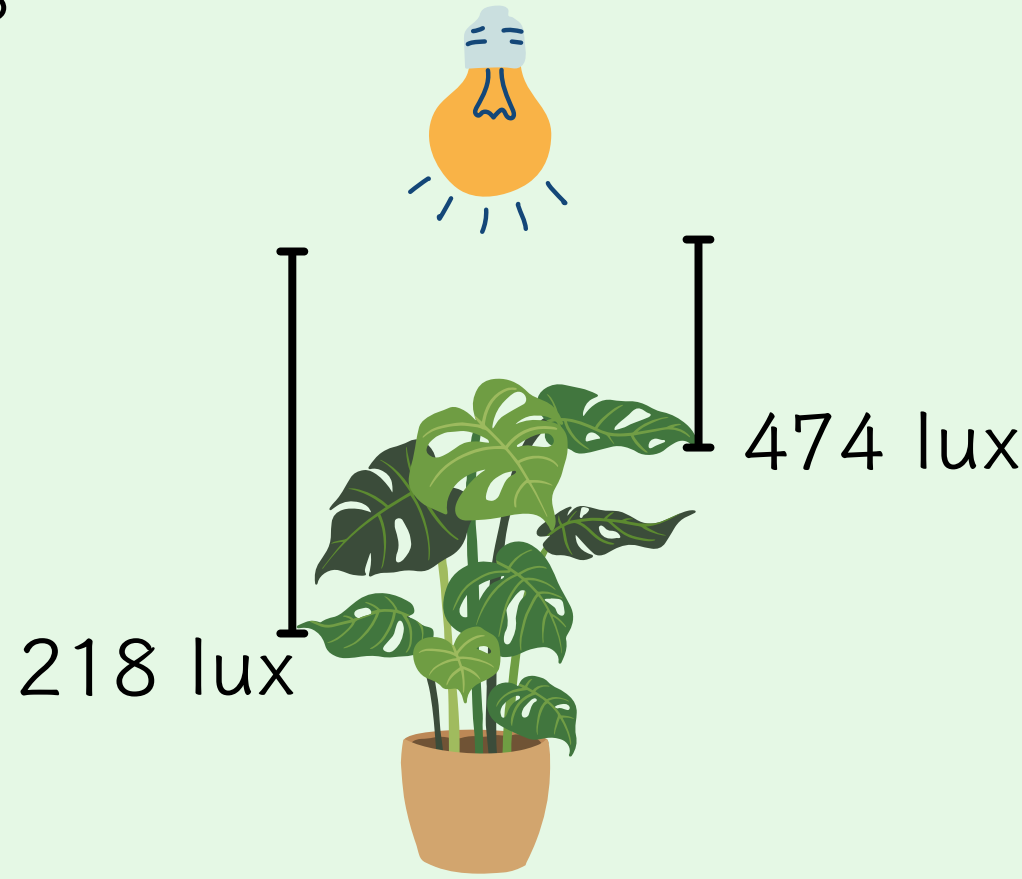
- 1.金黃色葡萄球菌抑菌結果特殊：推測跟亞抑菌濃度有關。
- 2.香芹酚有效抑菌的濃度：0.25%較佳。

三、探討不同生長環境對百里香酚及香芹酚含量的影響

- 1.實驗3-1預期結果：12小時 > 9小時 > 3小時，實際結果：9小時 > 3小時 > 12小時。

	第1天	第14天
3小時		
9小時		
12小時		

- 2.根據實驗3-2結果推測：最適合百里香酚與香芹酚合成的光照時數接近每天6小時。
- 3.實驗3-1與3-2中，9小時光照組的含量差異很大：分別約為711 ppm 與 52 ppm。
- 4.實驗3-3探討光強度的實驗不夠嚴謹：可能受到新、舊葉片差異的影響。

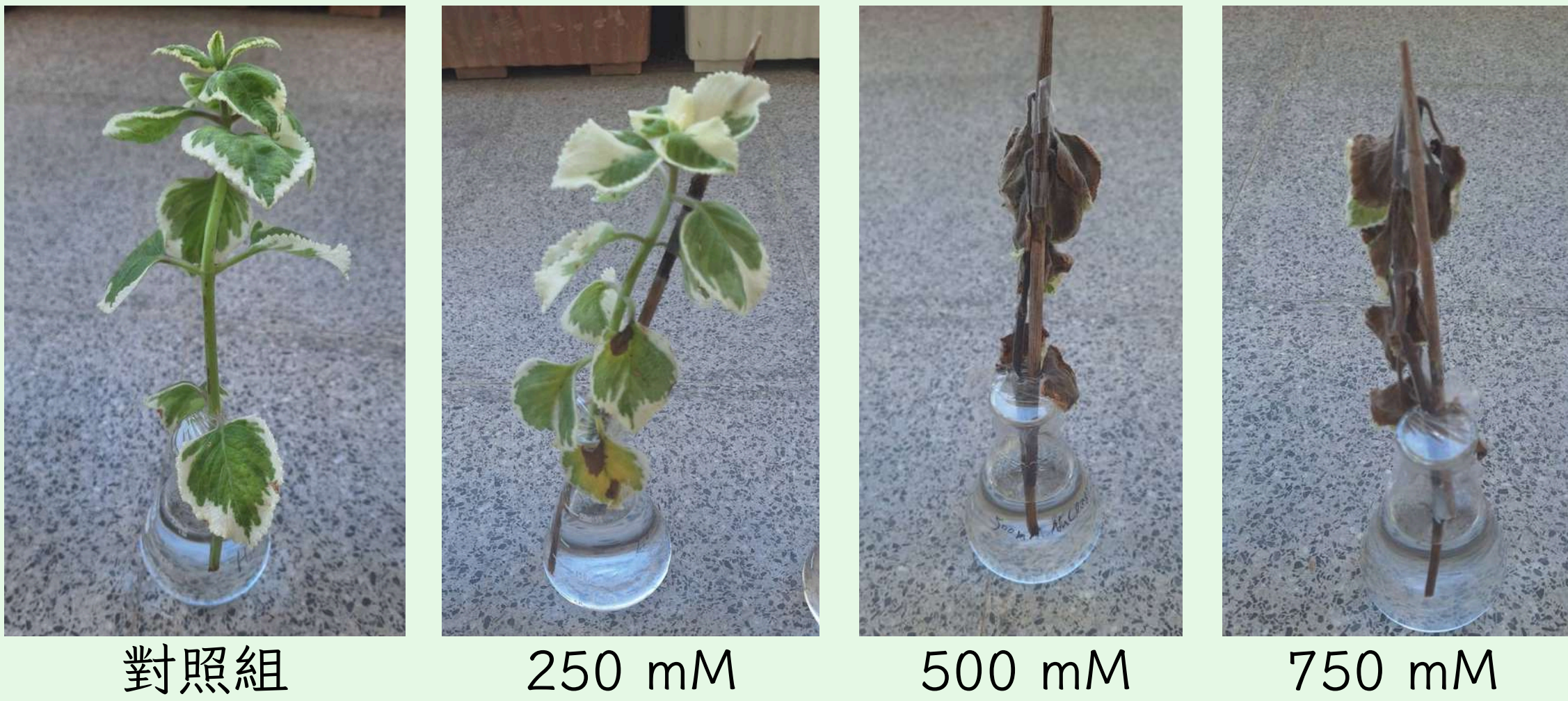


四、探討使用最佳品系種植在不同光照時數環境下的抑菌效果

- 1.實驗4結果與預測結果不同：9小時組香芹酚及百里香酚含量較少，抑菌圈卻比較大。

五、探討逆境對左手香中香芹酚含量的影響

- 1.實驗5-1中植物外觀變化：高鹽環境下左手香嚴重脫水。



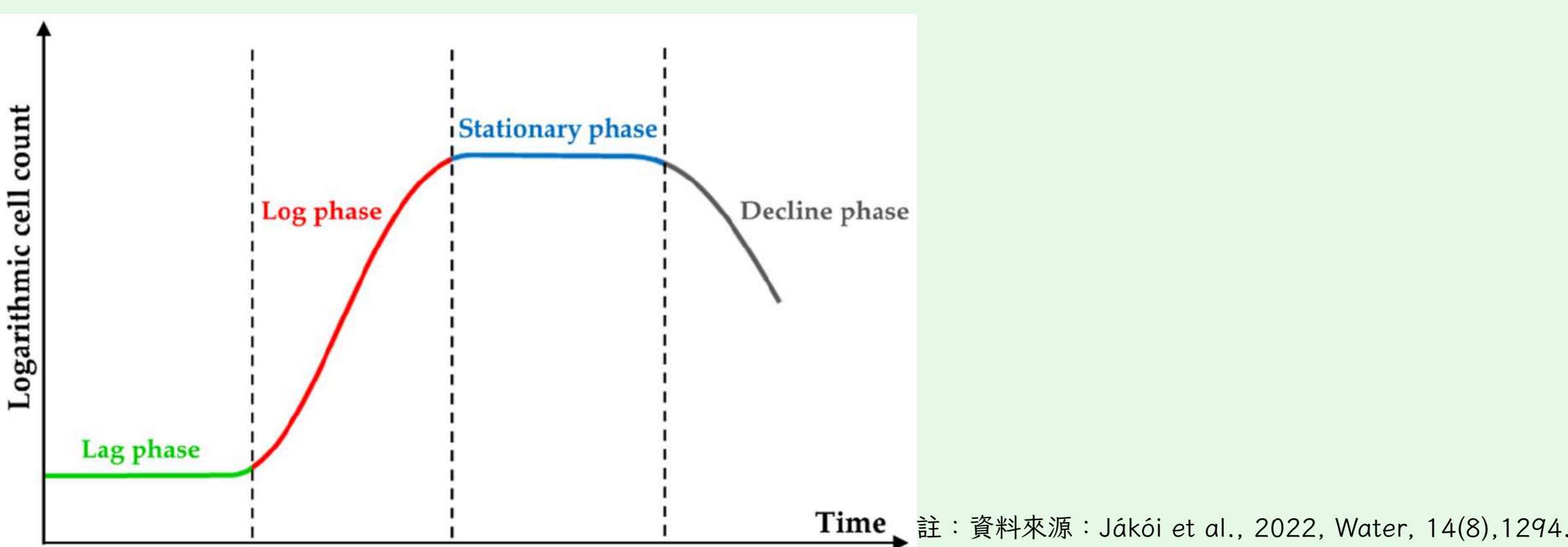
- 2.實驗5-1的結果：呈現鐘型。
- 3.實驗5-2中植物外觀與結果：實驗組與對照組差異不大。



- 4.文獻探討：植物的防禦機制。

六、探討左手香葉片對土壤中微生物菌相的影響

- 1.實驗6的結果顯示，樣本稀釋100倍時的菌落平均面積顯著大於10倍稀釋組：推測原因為細菌競爭養分。
- 2.稀釋10倍菌落影響較多：微生物競爭及左手香葉片。
- 3.稀釋100倍菌落結果：可信度相對較高。



柒、結論

一、左手香品系(種)

- 1.香芹酚及百里香酚含量最高的品系：斑葉左手香。
- 2.後續研究：黃斑左手香 (Coleus amboinicus ‘Athens Gem’) 銀葉左手香 (Coleus argentatus)



註：資料來源：綠菩薩。



註：資料來源：綠菩薩。

二、百里香酚與香芹酚對大腸桿菌、沙門氏菌及金黃色葡萄球菌的抑制效果

- 1.實驗結果：百里香酚與香芹酚皆能抑制上述三種細菌。
- 2.香芹酚與百里香酚抑菌效果比較：香芹酚相較於百里香酚較低濃度就展現不錯的抑菌效果。
- 3.香芹酚與百里香酚抑制菌種比較：百里香酚對革蘭氏陰性菌效果較強；香芹酚對革蘭氏陽性菌更具抑制力。

三、光照條件對左手香的影響

- 1.光照時數：確實能影響香芹酚及百里香酚。
- 2.光照強度：未來將設計更加嚴謹的實驗，例如：布置不同光照強度的環境來種植左手香。

四、斑葉左手香種植在不同光照時數環境下的抑菌效果

- 1.實驗4結果：推測左手香內有其他影響細菌生長的成分，且6~9小時光照環境有不錯的抑菌效果。

五、鹽逆境及缺水逆境對左手香的影響

- 1.實驗結果：一定程度的鹽逆境及缺水逆境可提高左手香中香芹酚含量。

六、環境及逆境實驗的統整

- 1.香芹酚的作用：對抗逆境的防禦機制。
- 2.實驗結果：香芹酚含量對逆境程度的圖形呈現鐘形。

七、左手香葉片對土壤微生物菌相的影響

- 1.實驗結果：確實會影響土壤中微生物菌相。
- 2.後續研究：進一步分析該細菌種類。

八、左手香相關應用

- 1.左手香抑菌加工品：可種植在一定程度內的逆境下，以提高香芹酚含量。
- 2.後續研究：探討香芹酚對左手香本體除了幫助生存以外的其他作用。