

2025年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號	060004
參展科別	植物學
作品名稱	熱不倒的番茄—耐熱細菌對番茄根莖之研究

就讀學校	國立中興大學附屬高級中學
指導教師	游宗憲
作者姓名	林祚銘 莊慈右 廖紹鈞

關鍵詞	<u>番茄、耐熱菌、根莖發育</u>
-----	--------------------

作者簡介



大家好，我們是興大附中植物組，組員有林祚銘、莊慈右、廖紹鈞，指導老師為游宗憲。在長達近兩年的研究歷程中，我們先是前往地熱谷採集樣本，又歷經了一連串長時間的實驗以建立大樣本，獲得準確數據。雖然那些日夜與成堆種子為伍的做科展日子令人身心俱疲，不過這段歷練也增進了我們解決問題、應對提問、臨場反應的能力，最重要的是使我們在面對困境時持續保有一顆堅持到底不放棄的心。NeverGonna Give You Up



2025台灣國際科學展覽會

研究報告

作品編號：

科 別：植物學

作品名稱：熱不倒的番茄—耐熱細菌對番茄根莖之研究

關 鍵 詞：番茄、耐熱菌、根莖發育

中英文摘要.....	1
壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	2
參、研究設備及器材.....	3
肆、研究方法.....	4
伍、實驗結果.....	11
一、篩菌結果.....	11
二、耐熱、溶磷、固氮、載鐵、抗番茄萎凋菌定性.....	11
三、溶磷、固氮活性定量.....	11
四、生物實驗—不同菌種及溫度對不同番茄根莖生長長度之影響.....	12
五、模擬輪耕情況下菌株對各作物的影響.....	14
六、模擬菌株對雜草之抑制情形.....	15
七、菌種鑑定結果.....	16
陸、討論.....	17
一、菌相分析結果.....	17
二、溶磷、固氮活性定量.....	17
三、生物實驗—不同菌種及溫度對不同番茄根莖生長長度之影響.....	18
四、模擬輪耕情況下菌株對各作物之影響.....	23
五、模擬菌株對雜草之抑制情形.....	24
六、菌種鑑定結果.....	25
柒、結論.....	28
捌、參考資料及其他.....	29

摘要

本次實驗以地熱溫泉區的土壤中所篩選出的8隻耐熱菌種，並加以純化、液態培養，將8種菌液稀釋成度三種不同濃度(100X、200X、500X)，以恆溫培養箱控制環境溫度(25°C、30°C、35°C)模擬環境變因，並測試和定量菌株的溶磷、固氮能力，亦測試載鐵、抗番茄萎凋菌能力及對於聖女番茄及桃紅番茄所帶來的影響。本研究發現 LC26 及 LC28 可於熱逆境下顯著促進聖女番茄生長，此外 LC03 亦能於熱逆境下明顯促進桃紅番茄生長。本研究也發現 LC03、LC26 及 LC28 對玉米及胡蘿蔔有最好的促進生長效果，而對青江菜有最明顯的抑制生長效果，可作為輪耕作物之參考。最後本研究發現這三隻菌種皆對大花咸豐草之生長有抑制情形，其中以LC26(500X)抑制效果最佳。

英文摘要

In this experiment, 8 heat-resistant strains of bacteria were selected from the soil of the geothermal hot spring area, purified, and cultured in liquid form. The 8 strains of bacteria were diluted into three different concentrations (100X, 200X, 500X) at a constant temperature. The incubator controls the ambient temperature (25°C, 30°C, 35°C) to simulate environmental variables, and tests and quantifies the phosphorus-solubilizing and nitrogen-fixing abilities of the strains. It also tests the ability to carry iron, resist tomato wilt bacteria, and test the resistance of saint tomatoes and pink tomatoes. the impact brought about. This study found that LC26 and LC28 can significantly promote the growth of saint tomatoes under heat stress. In addition, LC03 can also significantly promote the growth of pink tomatoes under heat stress. This study also found that LC03, LC26 and LC28 have the best growth-promoting effect on corn and carrots, while they have the most obvious growth-inhibiting effect on Qingjiang, which can be used as a reference for rotation crops. Finally, this study found that these three strains all inhibited the growth of *C. grandiflora*, among which LC26(500X) had the best inhibitory effect.

壹、研究動機

氣候變遷是全球糧食及作物安全的主要威脅。氣候變化會減少作物的產量從而影響糧食系統，也限制培育改良品種的選擇，並降低作物適應未來挑戰的能力。根據政府間氣候變化專門委員會的報告，大氣中溫室氣體（如： CO_2 、 CH_4 等）濃度的變化，改變了我們的氣候平衡，導致全球表面溫度在過去十年內上升 0.3°C ，預計到2100年將上升達達到 $1.8-4.0^\circ\text{C}$ 。植物常受到不利環境因素影響，一般來說，當環境溫度比植物栽培的最適溫度範圍高 $10-15^\circ\text{C}$ 時，這些條件被定義為熱逆境。

番茄是一種蔬果作物，對全球經濟和飲食具巨大的重要性，並且是一種在世界各地廣泛生產的蔬菜。其富含茄紅素、 β -胡蘿蔔素、維生素C等營養素，對人體健康有正面影響。然而番茄在栽培過程中常暴露於溫度波動，高溫嚴重影響番茄生長及生殖，導致水果數量和品質下降。於會導致巨大作物損失的氣候變化下增加食品生產是一個挑戰，只有使用更耐受熱逆境、非生物逆境的作物品種才能解決。因此，了解植物在逆境條件下的生長並克服番茄在熱逆境下的生長阻礙刻不容緩。

貳、研究目的

- 一、採集高溫地帶泉水或土壤樣本並純化菌液尋找耐熱菌種
- 二、測試並分析各菌種的耐熱、溶磷、固氮、載鐵、抗番茄萎凋菌特性。
- 三、比較不同耐熱菌種分別對聖女、桃紅番茄根莖生長情況的影響
- 四、比較不同溫度分別對聖女、桃紅番茄根莖生長情況的影響
- 五、探討綜合表現較好的耐熱菌株對不同其他作物根莖生長情況的影響。
- 六、探討綜合表現較好的耐熱菌株對大花咸豐草根莖生長抑制的影響

參、研究設備及器材

一、採集器材：

50ml離心管、含NA培養皿、含無菌水之試管、滴管、無菌玻璃珠、石蠟膜。

二、生物試驗器材：

滅菌釜、無菌水、培養皿、菌液樣本、微量吸取器、濾紙、番茄種子(聖女番茄、桃紅番茄)、其他作物種子(白菜、小白菜、玉米、空心菜、油菜、白蘿蔔、大陸妹、九層塔、青江菜、胡蘿蔔)、雜草種子(大花咸豐草)。

三、配置NA所需耗材、器材：

NB(Nutrient Broth)、洋菜、燒杯、三角錐形瓶、鋁箔紙、量筒、無菌水。

四、配置磷酸三鈣培養基所需耗材和器材：

葡萄糖、硝酸銨、氯化鉀、硫酸鎂、硫酸亞鐵、硫酸錳、洋菜、磷酸三鈣、去離子水、微量吸管、微量吸管尖、燒杯、三角錐形瓶、鋁箔紙、量筒。

五、配置固氮培養基所需耗材和器材：

蘋果酸、磷酸氫二鉀、硫酸鎂、氯化鈉、氯化鈣、二水鉬鐵化鈉、一水硫酸錳、氫氧化鉀、Fe EDTA、Biotin、溴瑞香草酚藍、去離子水、微量吸管、微量吸管尖、燒杯、三角錐形瓶、鋁箔紙、量筒。

六、菌株篩選、純化及保存所需材料及器材：

液態 NB(Nutrient Broth)、酒精燈、三角玻璃棒、甘油管、甘油、微量吸取器、微量吸管尖、接種環、燒杯。

七、DNA 鑑定材料與器材：

UltraClean™ Microbial Genomic DNA Isolation Kit (Qiagen)微生物染色體萃取套組、微量離心管、離心機、震盪機、水浴機、分光光度計、PCR 儀器、buffer、dNTP、聚合酶、電泳池、EtBr、染劑。



圖 3-1 滅菌釜



圖 3-2 離心機



圖 3-3 分光光度計

肆、研究方法

一、實驗架構：

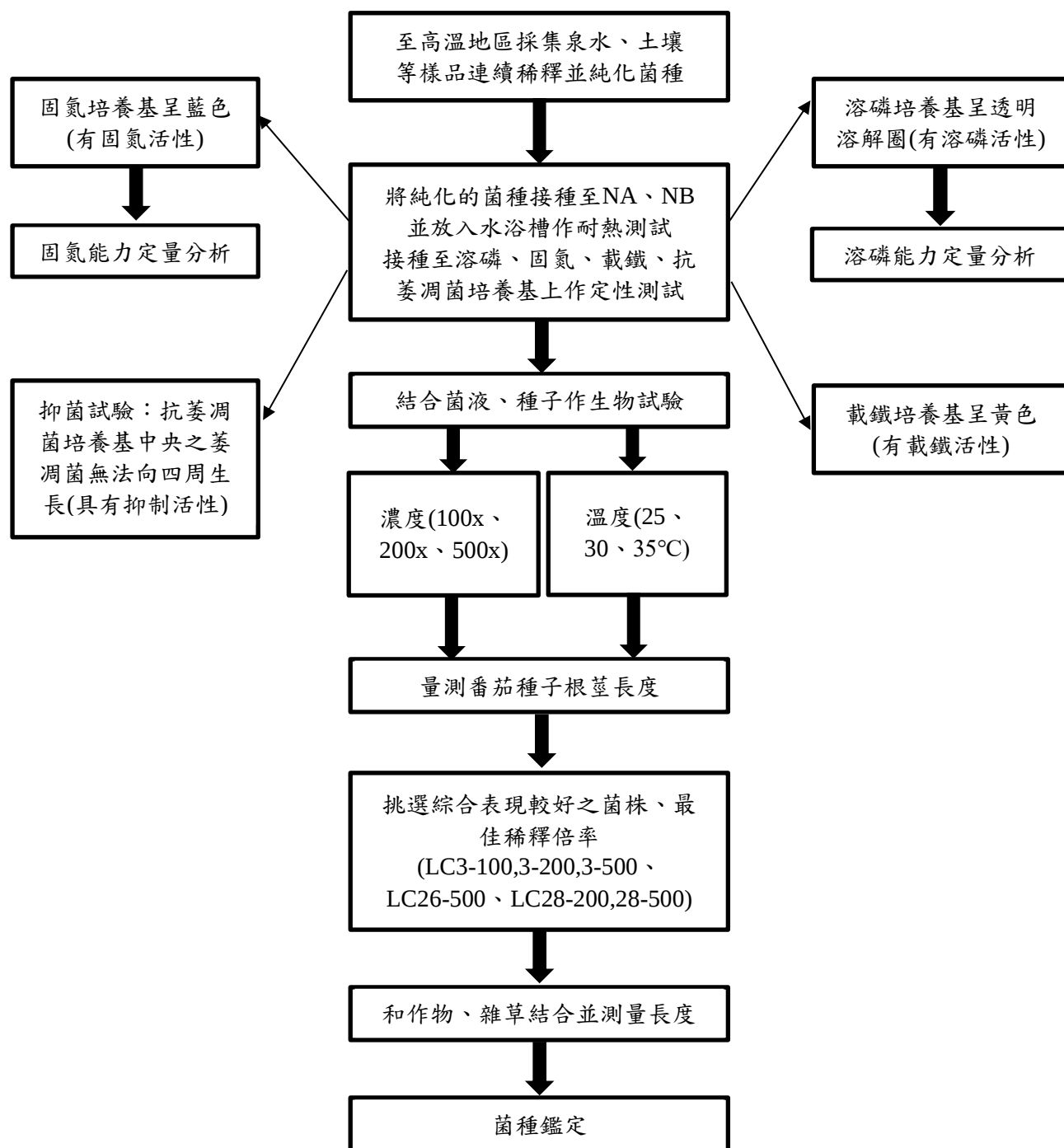


圖 4-1 實驗架構圖

二、實驗步驟

(一) 從高溫地帶採集泉水、土壤並分析菌相

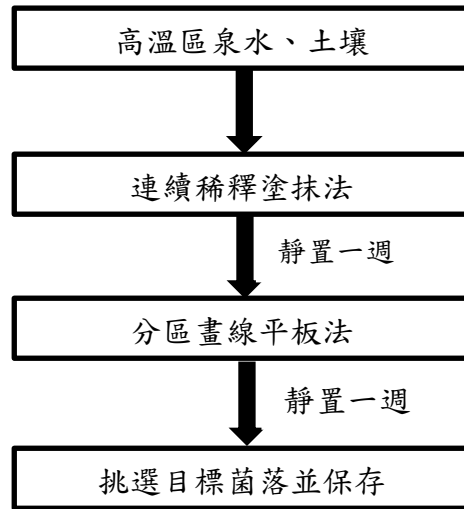


圖4-2 菌相分析流程圖

1. 將環境採集來之樣本作連續稀釋塗抹法(為以下2~3步)
2. 汲取樣本1ml，加入 9ml 無菌水，震盪均勻混合後汲取混合液1ml再次加入 9ml 無菌水，並重複以上動作 5-6 次以將樣本稀釋成 10^{-5} 至 10^{-6} 倍
3. 用微量吸取器取 100 μ l 的稀釋液滴在 NA 培養基上，並以三角玻棒將稀釋液均勻塗抹，每次塗抹間三角玻棒皆須過火
4. 靜置一週後於 NA 上挑選菌種，並進行分區畫線平板法(3區法)(為以下5~7步)
5. 接種環過火，沾取菌落進行第一區的畫線
6. 接種環再次過火，從已畫好的上一區中牽出一條線再畫下一區
7. 重複上一步，最終使 NA 上形成 3區
8. 靜置使其生長一週後，使用接種環於第三區中挑選菌落進行後續保存



圖 4-3 地熱谷實地採集

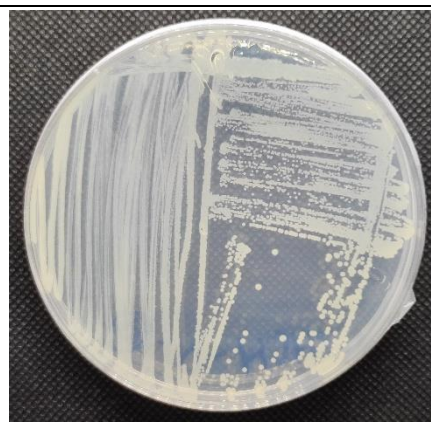


圖 4-4 三區法

(二)耐熱、溶磷、固氮、載鐵、抗番茄萎凋菌定性

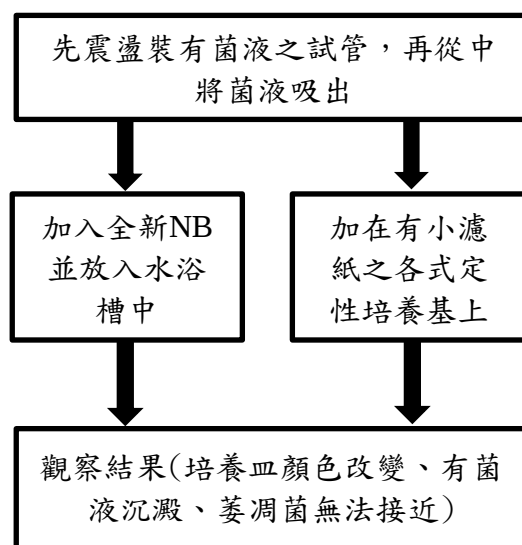


圖4-5 各式定性流程圖

- 1.預先將濾紙以打洞器打出小濾紙薄片，收集一定量後集中滅菌
- 2.製備各式定性培養皿(配方請參—研究設備與器材)
- 3.以黑色簽字筆將定性培養皿畫為四區，並於無菌操作台中放置無菌小濾紙在各區中央
- 4.震盪菌液並以微量吸取器吸 10 μ l 加在小濾紙上和 NB 中
- 5.靜置使其生長一週後，觀測其結果並記錄



圖 4-6 微量吸取器



圖 4-7 耐熱水域槽

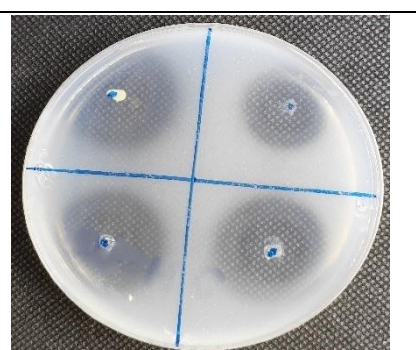


圖 4-8 溶磷培養基

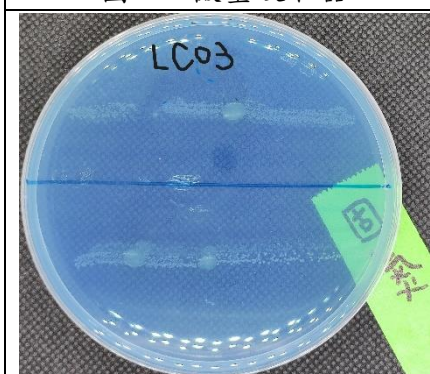


圖 4-9 固氮培養基

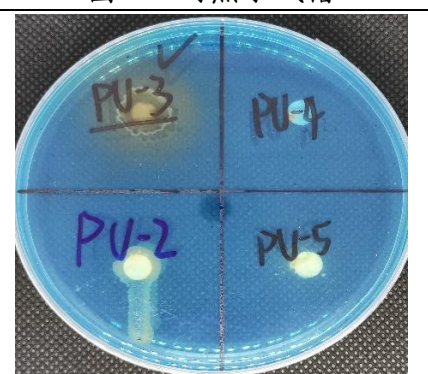


圖 4-10 載鐵培養基

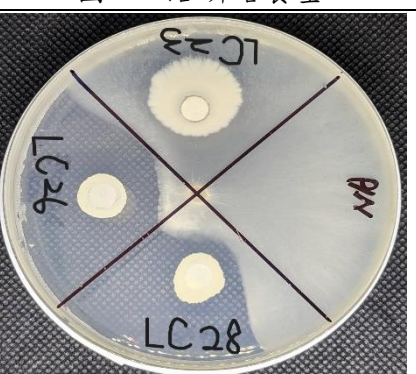


圖 4-11 抗萎凋菌培養基

(三)溶磷、固氮活性之定量

1.溶磷活性定量

- (1) 配置溶磷定量三角瓶，將待測菌接入瓶內，放置震盪器上搖晃兩週
- (2) 將三角瓶靜置15分鐘
- (3) 將靜置後的三角瓶倒入 50ml 離心管中，並進行離心(4000轉，15分鐘)
- (4) 將離心完的上清液加 5ml 至 50ml定量瓶，加 10ml 鉬黃呈色劑並加水至 50 ml
- (5) 於定量瓶中配置加入10ml 鉬黃呈色劑的 0、5、10、15、20、25 ppm含磷溶液，以作標準線並將標準品及待測實驗品在暗室靜置一小時
- (6) 使用分光光度計，在機器的對照格放入裝有 0ppm 溶液的石英管，並把所有不同濃度的標準品依次加入實驗格(機器之對照格持續放 0ppm 標準品，直至實驗結束)
- (7) 接著在實驗格中依次加入實驗樣品，搜集數據後換算及製圖

2.固氮活性定量

- (1) 將菌液加在固氮培養基試管上，靜置兩週
- (2) 將塑膠蓋換成可用針刺破的橡膠蓋
- (3) 利用針筒刺入橡膠蓋抽出 2ml 空氣，再打入 2ml 乙炔，並用白膠封住針孔
- (4) 放置 24 小時使固氮菌將乙炔轉變為乙烯
- (5) 再次使用針筒刺入試管中吸取 0.5ml 氣體並打入氣象層析儀
- (6) 每次操作間隔3分鐘使其繪圖完畢，使用 Excel 帶入公式換算

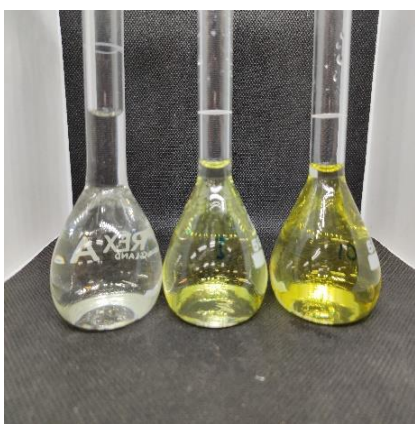


圖 4-12 溶磷定量標準品



圖 4-13 固氮定量培養試管



圖 4-14 氣象層析儀

(四)測試菌株濃度-溫度對番茄根莖的影響

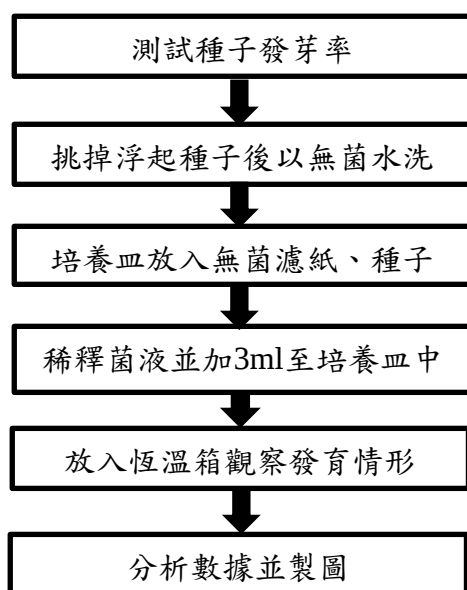


圖4-15 測試菌株濃度-溫度對番茄根莖的影響流程圖

1. 為了確保生物試驗的品質，使用種子前先測試種子的發芽率，確保每次種子的發芽率在 90% 以上。
2. 將種子加入盛水的燒杯，搖晃後靜置 10 分鐘，隨即將浮起的種子剔除。
3. 將剩餘種子移至無菌操作臺中反覆清洗 10 次(每次 1 分鐘)
4. 將滅過菌的濾紙放入培養皿作為基底
5. 將處理後的種子放入培養皿
6. 稀釋菌液至各濃度(100、200、500 稀釋倍率)
7. 加入 3ml 稀釋後菌液至培養皿內
8. 放入恆溫箱(25℃、30℃、35℃)，觀察第7天之根莖發育情形



圖 4-16 番茄一週生長情形



圖 4-17 無菌操作臺



圖 4-18 種子泡水剔除浮起者

(五)模擬輪耕情形、測試對雜草抑制效果

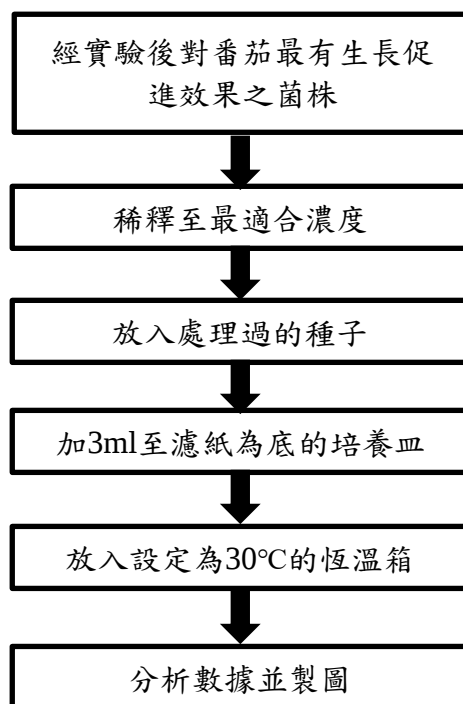


圖 4-19 模擬輪耕情形流程圖

1. 為了確保生物試驗的品質，實驗主要在使用種子前先測試過種子的發芽率，確保每次種子的發芽率在 90% 以上。
2. 將種子加入盛水的燒杯，搖晃後靜置 10 分鐘，隨即將浮起的種子挑掉。
3. 將剩餘種子移至無菌操作臺中反覆清洗 10 次(每次1分鐘)
4. 將滅過菌的濾紙放入培養皿作為基底
5. 將處理後的同種種子放入培養皿
6. 稀釋菌液至最佳濃度
7. 加入 3ml 稀釋後菌液至培養皿內
8. 放入恆溫箱(25°C、30°C、35°C)，觀察第7天之根莖發育情形



圖 4-20 模擬輪耕之作物



圖 4-21 於無菌操作臺中進行無菌操作



圖 4-22 放置於恆溫箱中

(六)菌種鑑定

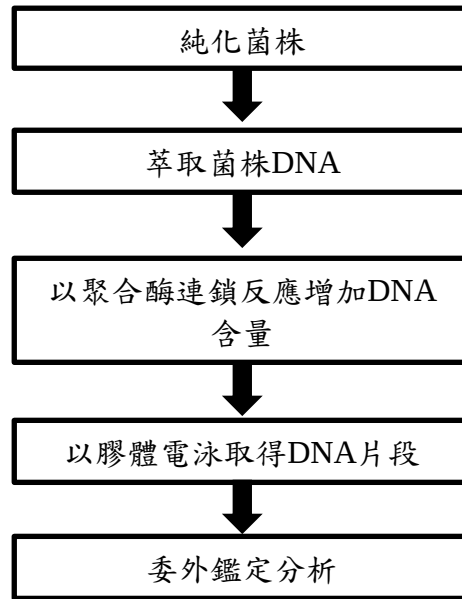


圖 4-23 菌種鑑定流程圖

- 1.運用 DNA 萃取套組，打破細菌細胞壁萃取出 DNA
- 2.以聚合酶連鎖反應增加 DNA 含量
- 3.製作含 DNA 的膠體電泳
- 4.將膠體電泳通電使 DNA 於上方浮現
- 5.用刀片切開電泳並保存委外分析

伍、實驗結果

一、菌種篩選結果

經過三次篩菌後，本研究共篩選出 36 組菌株，編號 LC01-LC36

二、耐熱、溶磷、固氮、載鐵、抗番茄萎凋菌定性

(一) 耐熱性狀定性：

除 LC18 外，剩餘菌液在 35°C 水浴槽生長一週後皆有菌液沉澱

(二) 溶磷性狀定性：

LC03、LC22、LC26、LC28 於溶磷培養基上呈透明溶解圈

(三) 固氮性狀定性：

LC03、LC13、LC22、LC23、LC28 於固氮培養基上呈藍色區塊

(四) 載鐵性狀定性：

LC22 於載鐵培養基上呈黃色區塊

(五) 抗番茄萎凋菌定性：

LC22、LC28、LC35、LC36 能於抗萎凋菌培養基上阻擋萎凋菌散布

表 5-1 各式定性之結果

	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36
耐熱測試	+	+	+	+	+	+	+	+
溶磷測試	+	—	+	—	+	+	—	—
固氮測試	+	+	+	+	—	+	—	—
載鐵測試	—	—	+	—	—	—	—	—
抗萎凋菌測試	—	—	+	—	—	+	+	+

三、溶磷、固氮活性定量

(一) 溶磷活性定量(透過分析吸光值回推溶磷活性)

將菌株接種至液態溶磷培養基，並靜置一週培養。配置溶磷標準水溶液(以 50ppm 標準液+呈色劑+去離子水配置，配置呈 0.5.10.15.20.25ppm 不同濃度)，並與已靜置一週的樣品一同避光培養一小時，接著進行離心(4000 轉, 15 分鐘)後，吸取 5ml 樣品上方澄清液加入含 35ml 去離子水及 10ml 呈色劑之定量瓶中，再避光一小時。後以分光光度計測量吸光值，繪製標準取線後，最後再用公式推斷溶磷活性。實驗結果如下表 5-2 及 5-3。

表5-2 標準品吸光值

	0 ppm	5 ppm	10 ppm	15 ppm	20 ppm	25 ppm
400nm	0.034	0.130	0.288	0.410	0.522	0.618
420nm	0.030	0.089	0.187	0.268	0.345	0.412
470nm	0.000	0.019	0.050	0.079	0.109	0.131

表 5-3 實驗樣品吸光值

	LC03	LC22	LC28	Blank
400nm	0.567	0.446	0.211	0.048
420nm	0.391	0.308	0.143	0.037
470nm	0.154	0.123	0.440	0.004

(二)固氮活性定量(藉還原乙烯量回推固氮活性)

將菌種接種至半固態固氮定量培養基，並靜置一週培養。後將螺旋瓶蓋轉換成橡膠瓶蓋，並以針筒注入乙炔2ml，並以白膠封住由針筒刺破之洞口，靜置一日。最後再次以針筒刺入樣品試管抽取0.5ml樣品注入氣象分析儀，後以直尺測量波峰值平均，套用公式回推固氮活性。實驗結果如下表 5-4。

表 5-4 乙烯波峰值

	LC03	LC22	LC28	BLANK	STD
波峰值平均	6.67	10.00	7.00	6.00	174.67

四、生物實驗—不同菌種及溫度對不同番茄根莖生長長度之影響

(一) 25°C下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之聖女番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-5。

表 5-5 在25°C下聖女番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	3.36	3.45	3.45	2.04	2.51	4.05	3.97	3.86	3.21
	200x	3.42	2.98	3.63	2.98	3.72	3.34	3.32	3.78	
	500x	3.77	4.12	2.65	2.63	3.23	3.96	3.55	3.8	
莖	100x	2.87	3.4	3.53	2.45	2.85	3.57	3.34	3.64	2.77
	200x	3.07	3.19	3.13	2.53	3.21	2.54	3.29	2.98	
	500x	2.66	3.41	2.59	2.37	2.54	3.21	2.9	3.13	
總長	100x	6.23	6.85	6.8	4.48	5.36	7.62	7.31	7.51	5.98
	200x	6.49	6.17	6.76	5.51	6.93	5.87	6.61	6.76	
	500x	6.43	7.53	5.24	5	5.77	7.18	6.45	6.93	

(二) 25°C下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之桃紅番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-6。

表 5-6 在25℃下桃紅番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	4.95	5.57	5.88	6.33	6.49	4.98	4.89	4.87	4.73
	200x	5.56	5.88	4.78	5.08	5.18	6.26	5.93	5.56	
	500x	5.29	6.28	5.69	6.2	5.67	6.88	5.86	4.97	
莖	100x	3.14	3.62	3.52	3.03	3.54	3.04	2.69	2.94	3.26
	200x	3.08	3.53	2.55	3.26	3.24	3.51	3.14	2.86	
	500x	3.33	3.36	3.43	3.41	3.24	3.39	3.44	3	
總長	100x	8.09	9.18	9.40	9.36	10.03	8.01	7.57	7.81	7.99
	200x	8.64	9.40	7.33	8.34	8.42	9.77	9.06	8.43	
	500x	8.61	9.64	9.11	9.61	8.91	10.26	9.30	7.97	

(三) 30℃下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之聖女番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-7。

表 5-7 在30℃下聖女番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	2.5	3.24	0.97	2.37	2.97	2.7	2.57	2.61	2.07
	200x	2.87	2.95	1.42	3.2	3.27	3.46	2.82	3.32	
	500x	3.25	1.82	0.72	2.38	3.35	3.45	3.15	3.24	
莖	100x	3.56	3.84	1.4	3.54	3.86	3.5	3.62	3.73	2.57
	200x	3.56	3.17	2	3.85	3.86	4.46	4.03	3.98	
	500x	3.98	2.97	1.58	3.17	4.25	4.03	3.84	3.62	
總長	100x	6.06	7.08	2.37	5.90	6.82	6.2	6.2	6.34	4.64
	200x	6.43	6.12	3.42	7.05	7.13	7.93	6.85	7.31	
	500x	7.24	4.79	2.30	5.55	7.60	7.48	6.99	6.86	

(四) 30℃下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之桃紅番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-8。

表 5-8 在30℃下桃紅番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	6	4.87	4.86	4.09	4.79	4.61	2.81	3.81	3.27
	200x	5.89	4.61	4.86	4.4	3.87	4.45	3.95	4.32	
	500x	5.56	4.99	4.49	3.38	4.26	4.21	4.21	4.2	
莖	100x	4	3.26	4.1	3.28	4.81	4.74	3.29	3.95	3.01
	200x	4.03	3.21	3.95	3.54	3.8	4.39	4.29	4.07	
	500x	4.05	3.85	3.38	3.73	3.95	4.08	4.24	4.47	
總長	100x	10.00	8.13	8.96	7.37	9.6	9.35	6.1	7.76	6.28
	200x	9.92	7.82	8.81	7.94	7.67	8.84	8.24	8.39	
	500x	9.61	8.84	7.87	7.11	8.21	8.29	8.45	8.68	

(五) 35°C下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之聖女番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-9。

表 5-9 在35°C下聖女番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	1.59	1.73	0.84	1.99	2.44	2.08	1.6	2.01	1.48
	200x	1.77	1.99	1.23	2.14	1.87	2.46	1.43	2.39	
	500x	1.89	2.11	0.49	1.82	2.47	2.84	2.31	1.83	
莖	100x	3.01	3.2	2.38	2.81	3.08	3.27	2.55	2.73	2.03
	200x	2.86	3.2	2.01	3.15	3.34	3.18	2.55	2.89	
	500x	3.03	2.97	1.15	2.96	3.79	3.47	2.94	2.82	
總長	100x	4.60	4.93	3.22	4.80	5.52	5.35	4.14	4.74	3.51
	200x	4.63	5.19	3.24	5.29	5.21	5.64	3.97	5.28	
	500x	4.93	5.08	1.63	4.78	6.26	6.31	5.25	4.65	

(六) 35°C下，於每個培養皿中放上濾紙，並平均放上10顆清洗後之桃紅番茄種子，

每盤固定加入3ml菌液(100X or 200X or 500X)，觀察第七日根莖發育結果，五次樣本中刪去最大最小值並取平均值，以確保數據的準確性。實驗結果如下表 5-10。

表 5-10 在35°C下桃紅番茄根、莖及總長生長結果(單位:cm)

	濃度	LC03	LC13	LC22	LC23	LC26	LC28	LC35	LC36	Blank
根	100x	1.8	1.01	0.75	1.59	1.63	1.03	1.29	1.45	1.59
	200x	2.04	1.56	1.16	1.39	1.06	1.32	1.05	1.32	
	500x	2.02	1.34	1.38	1.22	1.47	1.42	1.55	1.44	
莖	100x	2.99	2.27	2.54	2.82	2.8	2.15	2.96	2.87	1.98
	200x	2.71	2.68	2.93	2.37	2.04	3.06	2.5	2.96	
	500x	3.11	3.25	2.37	3.02	2.56	3.01	2.82	2.96	
總長	100x	4.79	3.28	3.29	4.40	4.42	3.18	4.25	4.33	3.58
	200x	4.76	4.24	4.09	3.69	3.1	4.39	3.55	4.28	
	500x	5.13	4.58	3.76	4.24	4.03	4.43	4.37	4.4	

五、模擬輪耕情況下菌株對各作物的影響

由對番茄之生物實驗我們可得知雖然我們的菌種於常溫下對於聖女、桃紅番茄多數有正向促進情形，但實際促進成果多數仍不顯著。不過於高溫(30°C、35°C)時，實驗結果皆顯示出對於聖女番茄而言，LC26-500X、LC28-200X,500X 擁有最佳促進效果；對桃紅番茄而言，LC03-100X,200X,500X 擁有最佳促進效果，所以以下實驗，我們分別採用此六種菌液進行後續測試，以模擬種植完聖女、桃紅番茄後應選何種作物做輪耕為宜，溫度定為30°C，並做出五個樣本後刪除最大最小值取平均值為主。實驗結果如下表 5-11及 5-12。

表 5-11 與聖女番茄輪耕之作物生長總長

	白菜	小白菜	油菜	青江菜	白蘿蔔
LC26-500X	5.19	3.48	6.48	5.21	11.49
LC28-200X	5.03	2.98	5.59	4.99	10.74
LC28-500X	5.59	4.6	6.68	5.4	13.11
Blank	4.64	3.86	5.96	5.54	10.88
	空心菜	大陸妹	玉米	九層塔	胡蘿蔔
LC26-500X	8.62	5.37	14.51	5.09	5.40
LC28-200X	7.23	4.60	19.60	4.95	4.19
LC28-500X	9.23	3.43	20.18	5.14	6.25
Blank	8.55	4.26	12.71	4.06	3.76

表 5-12 與桃紅番茄輪耕之作物生長總長

	白菜	小白菜	油菜	青江菜	白蘿蔔
LC03-100X	5.51	2.75	6.30	4.59	12.79
LC03-200X	5.14	4.04	6.86	4.46	12.28
LC03-500X	4.76	4.41	6.22	4.65	12.81
Blank	4.64	3.86	5.96	5.54	10.88
	空心菜	大陸妹	玉米	九層塔	胡蘿蔔
LC03-100X	7.57	5.16	21.30	3.72	4.35
LC03-200X	9.70	4.80	21.47	4.62	4.51
LC03-500X	7.15	4.90	18.60	4.81	5.10
Blank	8.55	4.26	12.71	4.06	3.76

六、模擬菌株對雜草之抑制情形

由對番茄之生物實驗我們可得知雖然我們的菌種於常溫下對於聖女、桃紅番茄多數有正向促進情形，但實際促進成果多數仍不顯著。不過於高溫(30°C、35°C)時，實驗結果皆顯示出對於聖女番茄而言，LC26-500X、LC28-200X,500X 擁有最佳促進效果；對桃紅番茄而言，LC03-100X,200X,500X 擁有最佳促進效果，所以以下實驗，我們分別採用此六種菌液進行後續測試，以模擬種植完聖女、桃紅番茄時若周邊有雜草叢生，我們能否利用微生物菌液抑制其生長。本研究之雜草以大花咸豐草為例

表 5-13 雜草與促進聖女番茄生長之菌液共同生長之情形

	LC26-500	LC28-200	LC28-500	Blank
咸豐草生長 總長(cm)	2.69	3.44	2.90	4.13

表 5-14 雜草與促進桃紅番茄生長之菌液共同生長之情形

	LC03-100	LC03-200	LC03-500	Blank
咸豐草生長 總長(cm)	3.06	3.48	3.29	4.13

七、菌種鑑定結果

代號	學名	相似度
LC03	<i>Pantoea dispersa</i>	748/748(100%)
	<i>Pantoea eucrina</i>	745/749(99.5%)
LC13	<i>Bacillus cereus</i>	763/763(100%)
	<i>Bacillus toyonensis</i>	763/763(100%)
LC22	<i>Pseudomonas mangiferae</i>	736/745(98.8%)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	734/745(98.5%)
LC23	<i>Williamsia serinedens</i>	748/749(99.9%)
	<i>Williamsia aurantiaca</i>	600/602(99.7%)
LC26	<i>Brevibacillus halotolerans</i>	776/777(99.9%)
	<i>Brevibacillus laterosporus</i>	772/777(99.4%)
LC28	<i>Brevibacillus halotolerans</i>	758/758(100%)
	<i>Brevibacillus laterosporus</i>	754/758(99.5%)
LC35	<i>Bacillus cereus</i>	786/786(100%)
	<i>Bacillus toyonensis</i>	786/786(100%)
LC36	<i>Bacillus cereus</i>	756/756(100%)
	<i>Bacillus toyonensis</i>	756/756(100%)

陸、討論

一、菌相分析結果

透過 NA 培養基我們篩出了 36 隻菌株，其中除 LC18 外，其餘菌株皆可耐熱，這顯示了從高溫地區找尋耐熱菌為一正確決策。LC03、LC22、LC26、LC28 在溶磷培養基上有反應，而 LC03、LC13、LC22、LC23、LC28 則在固氮培養基上有反應，LC22 在載鐵培養基上有反應，LC22、LC28、LC35、LC36 能阻止萎凋菌的散佈。在定性結果出來後即引起我們關注的有 LC03、LC22、LC28，此三種菌株於定性表現中展現了多樣的能力，其中 LC03 更是具有相當明顯的溶磷透明圈，而 LC22 是唯一一種針對五項測試均有反應的菌株。

二、溶磷、固氮活性定量

(一) 溶磷活性定量

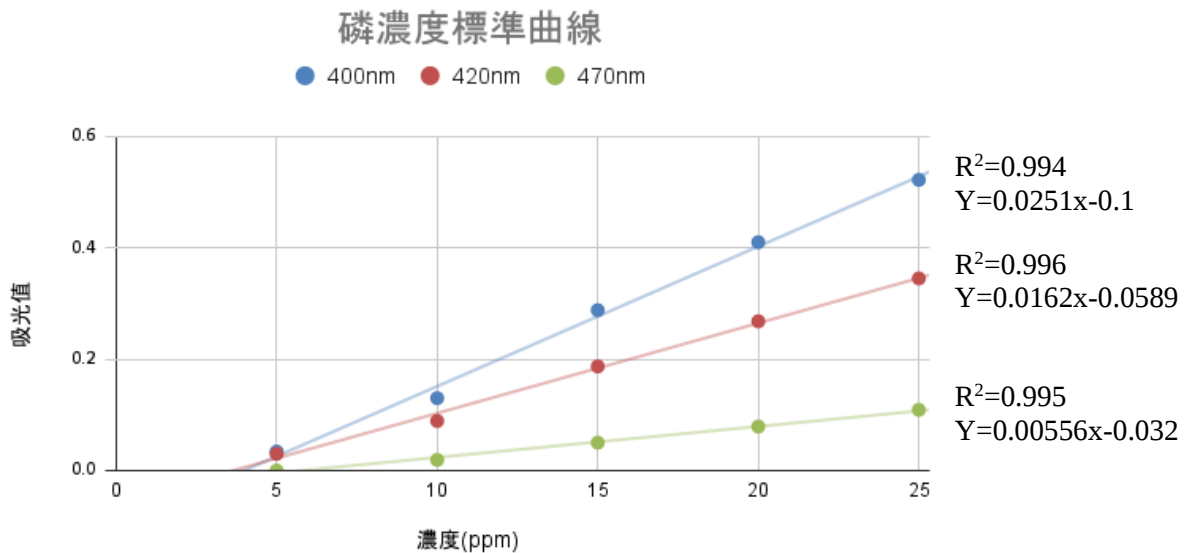


圖 6-1 磷濃度標準曲線圖

已知吸光值與游離態磷濃度的關係似一次多項式，故以標準品 0,5,10,15,20,25ppm 推算出淨生成量與吸光值的關係式，並將求出的吸光值帶入公式中以算出溶磷能力量值。以分光光度計取得吸光值帶入以下公式：

關係曲線為： $Y(\text{吸光值})=a(\text{標準曲線求出}) \times (\text{游離態磷濃度})+b(\text{標準曲線求出})$

$$\text{溶磷活性} = \frac{[(\text{吸光值} - \text{關係曲線}b\text{值}) \times \text{稀釋倍率} - \text{對照組平均}] \times \text{三角瓶體積}(L)}{\text{關係曲線}a\text{值} \times \text{培養天數} \times 0.001(\text{換算成}\mu\text{g})}$$

表 6-1 溶磷活性量值($\mu\text{g/day}$)

	LC03	LC22	LC28
Test-1	506.32	423.44	119.04
Test-2	548.52	391.80	158.22
Test-3	547.83	398.56	201.92
平均	534.22 ± 24.36	404.60 ± 22.37	159.73 ± 41.46

菌株LC03之每日溶磷能力平均值約為 $534.22\mu\text{g}$ ，LC22為 $404.60\mu\text{g}$ ，LC28為 $159.73\mu\text{g}$ 。平均而言，溶磷能力為 $\text{LC03} > \text{LC22} > \text{LC28}$

(二)固氮活性定量

以氣象分析取得波峰值後，帶入以下公式：

$$\text{乙烯生成速率} = \frac{5 * \text{樣品波峰} * \text{樣品attenutaion} * 20\text{ml} * 1\text{hr}}{2.45 * \text{標準品波峰} * \text{標準品attenutaion} * 0.5\text{ml} * 24\text{hr}}$$

表 6-2 固氮活性量值(nmole/hr)

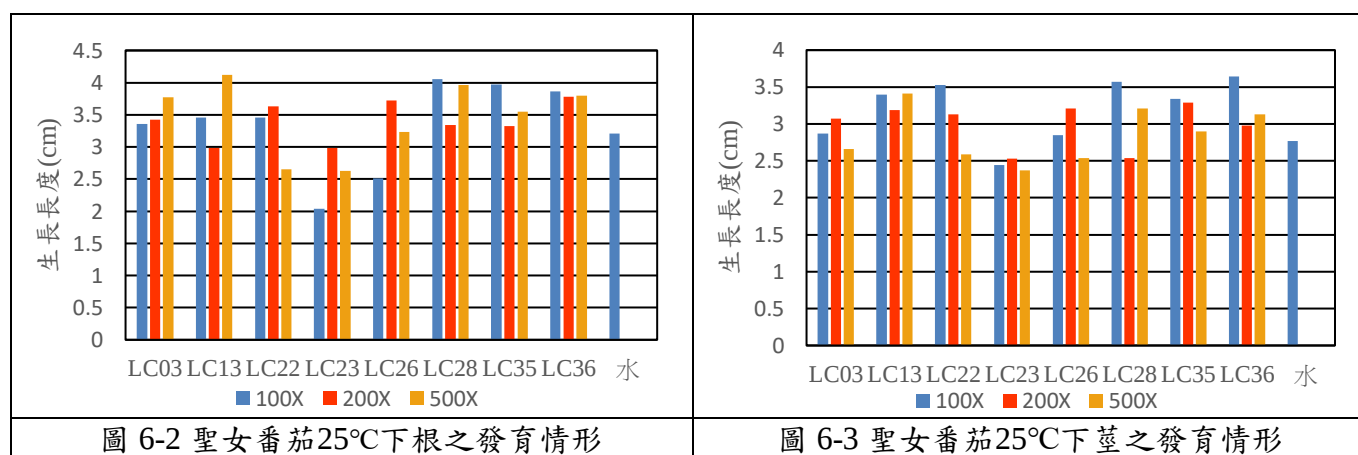
	LC03	LC22	LC28	BLANK
乙烯生成速率 (nmole/hr)	0.130	0.195	0.136	0.117

由實驗結果可得知LC03、LC28之固氮能力不明顯，LC22有較佳的固氮能力

三、生物實驗—不同菌種及溫度對不同番茄根莖生長長度之影響

(一)25°C下番茄生長情形

1.聖女番茄生長情形

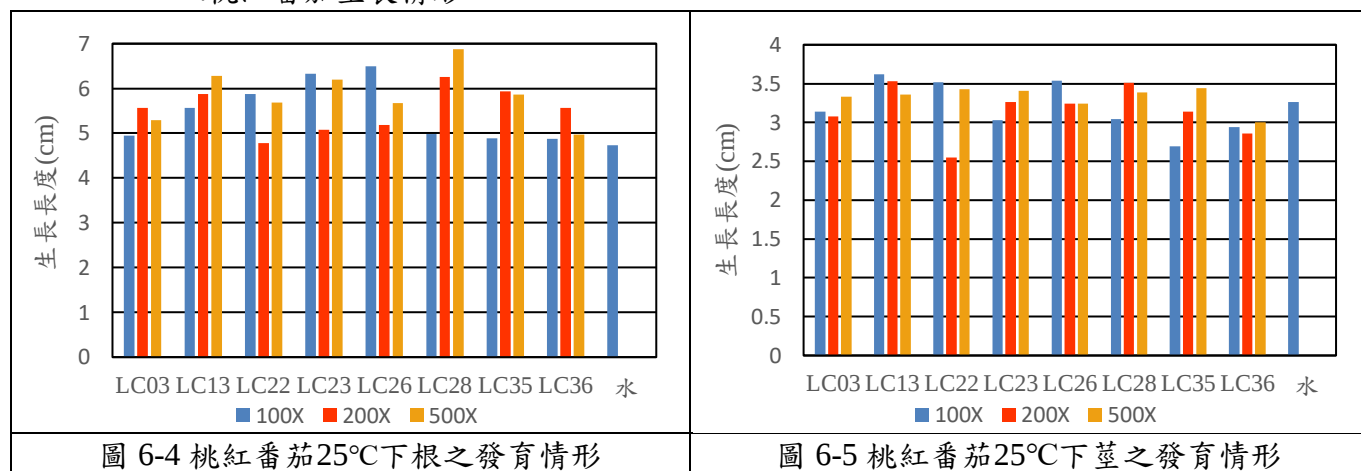


從圖6-2及圖6-3可看出聖女番茄根莖於常溫25°C之生長趨勢。除LC23對根莖皆有抑制效果外，其餘菌液大致都是對番茄根莖有正向的促進生長的效果。從對根生長的角度來看，其中LC13-500X、LC28-100X、LC35-100X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進0.76-0.91cm的根部長度，其中最優者為長4.12cm的LC13-500X，和對照組相比更是增長了平均0.91cm的長度。

從對莖生長的角度，其中LC22-100、LC28-100、LC36-100等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進0.76-0.87cm的莖部長度，其中最優者為長3.64cm的LC36-100X，和對照組相比增長了平均約0.87cm。

最後對總長度而言，其中LC13-500X、LC28-100X、LC36-100X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進1.53-1.64cm的總長，其中最優者為長7.62cm的LC28-100X，和對照組相比增長了平均約1.64cm。綜上可知，此八種菌液對聖女番茄於25℃下多數能提升其總長，總增長幅度約在1.64cm內。最優者LC28-100X和對照組相比帶來了27.4%的提升，次之LC13-500X帶來25.9%的提升，再者LC36-100X帶來25.6%的提升。

2.桃紅番茄生長情形



從圖 6-4及圖 6-5可看出桃紅番茄根莖於常溫25°C之生長趨勢。從對根生長的角度，我們的每一菌株皆能促進桃紅番茄於常溫25°C下根部生長，其中LC23-100X、LC26-100X、LC28-500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進1.6-2.15cm的根部長度，其中最優者為長6.88cm的LC28-500X，和對照組相比增長了平均2.15cm。

從對莖生長的角度，我們的菌株中僅有一半可幫助桃紅番茄於常溫25度下之莖部生長，其中LC13-100X,200X、LC26-100等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進0.28-0.36cm的莖部長度，其中最優者為長3.62cm的 LC13-100X，和對照組相比增長了平均約0.36cm。

最後對總長度而言，LC26-100X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進1.78-2.27cm的總長，其中最優者為長10.26cm的 LC28-500X，和對照組相比增長了平均約2.27cm。綜上可知，我們的八種菌液對於桃紅番茄於25°C下多數能提升其總長，總增長幅度約在2.27cm內。最優者LC28-500X和對照組相比帶來了28.4%的提升，次之LC26-100X帶來25.5%的提升，再者LC28-200X帶來22.3%的提升。

(二)攝氏30度下番茄生長情形

1. 聖女番茄生長情形

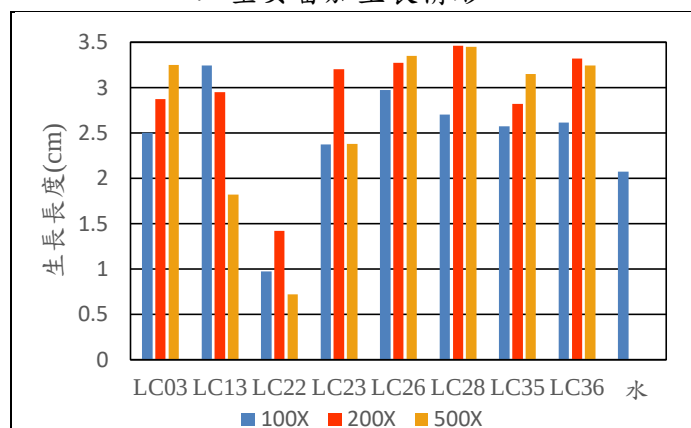


圖 6-6 聖女番茄30°C下根之發育情形

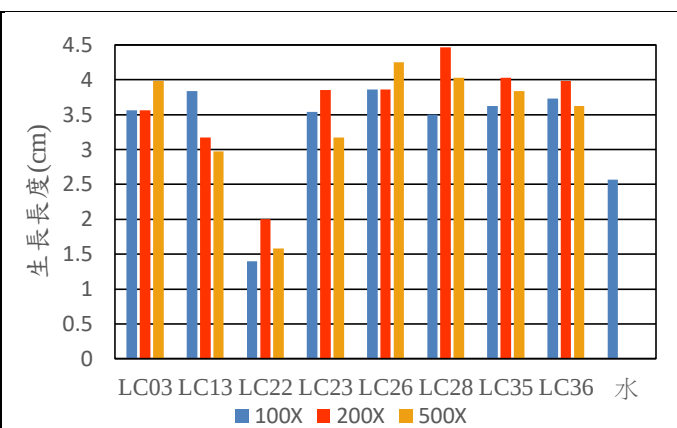


圖 6-7 聖女番茄30°C下莖之發育情形

從圖6-6及圖6-7可看出聖女番茄根莖於高溫30°C之生長趨勢。除LC-22外，每一菌株皆能促進桃紅番茄於高溫30°C下之根莖生長。其中LC26-500X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進1.28-1.39cm的根部長度，最優者為長3.46cm的LC28-200X，和對照組相比增長了平均1.39cm。

從對莖生長的角度，其中LC26-500X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進1.46-1.89cm的莖部長度，其中最優者為4.46cm的 LC28-200X，和對照組相比增長了平均約1.89cm。

最後對總長度而言，LC26-500X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進2.84-3.29cm的總長，其中最優者為長7.93cm的 LC28-200X，和對照組相比增長了平均約3.29cm。綜上可知，我們的八種菌液對於聖女番茄於30°C下除了LC22外，全部皆能提升其總長，總增長幅度約在3.29cm內。最優者LC28-200X和對照組相比帶來了70.9%的提升，次之LC26-500X帶來63.8%的提升，再者LC28-500X帶來61.2%的提升。

2. 桃紅番茄生長情形

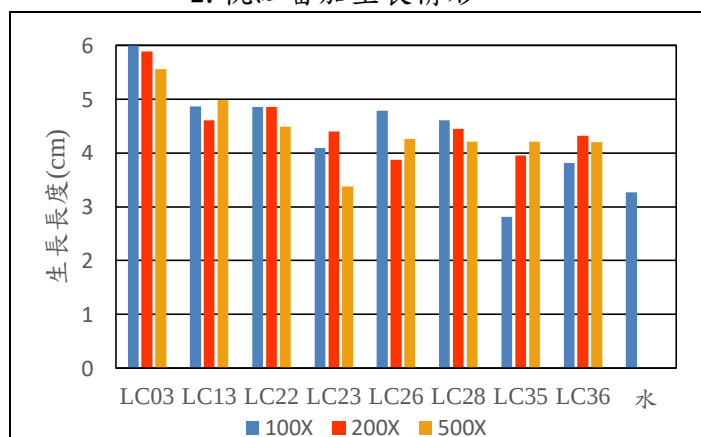


圖 6-8 桃紅番茄30°C下根之發育情形

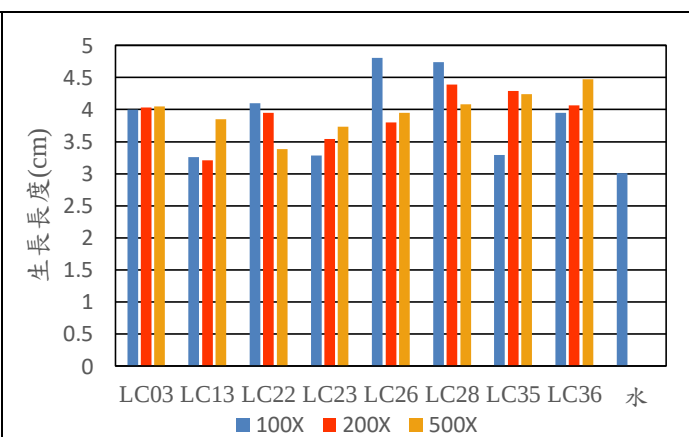


圖 6-9 桃紅番茄30°C下莖之發育情形

從圖6-8及圖6-9可看出桃紅番茄根莖於高溫30°C之生長趨勢。除LC35-100X外，每一菌株皆能促進桃紅番茄於高溫30°C下之根莖生長。從對根生長的角度，其中LC03-100X,200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進2.29-2.73cm的根部長度，其中最優者為長6cm的LC03-100X，和對照組相比增長了平均2.73cm。

從對莖生長的角度，其中LC26-100X、LC28-100X、LC36-500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進1.46-1.8cm的莖部長度，其中最優者為4.81cm的 LC26-100X，和對照組相比增長了平均約1.8cm。

最後對總長度而言，LC03-100X,200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進3.33-3.72cm的總長，其中最優者為長10cm的 LC03-100X，和對照組相比增長了平均約3.72cm。綜上述可知，我們的八種菌液對於桃紅番茄於30cm下除LC35-100X外，全部皆能提升其總長，總增長幅度約在3.72cm內。最優者LC03-100X和對照組相比帶來了59.2%的提升，次之LC26-500X帶來58.0%的提升，再者LC28-500X帶來53.0%的提升。

(三)攝氏35度下番茄生長情形

1.聖女番茄生長情形

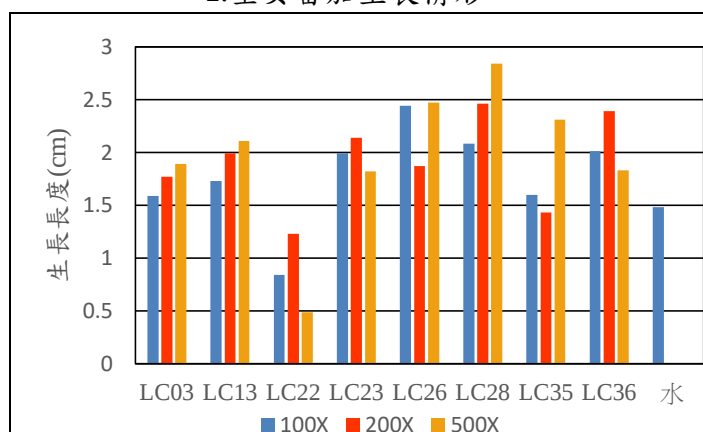


圖 6-10 聖女番茄35°C下根之發育情形

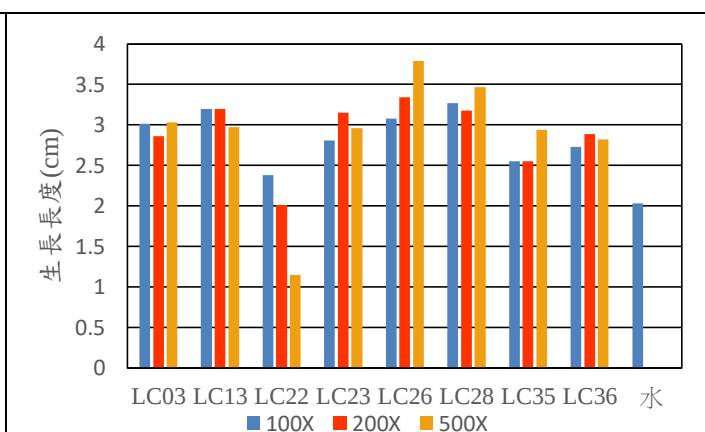


圖 6-11 聖女番茄35°C下莖之發育情形

從圖6-10及圖6-11可看出聖女番茄根莖於高溫35°C之生長趨勢。除LC22外，每一菌株皆能促進桃紅番茄於高溫30°C下之根莖生長。從對根生長的角度，其中LC26-500X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比約可促進0.98-1.38cm的根部長度，其中最優者為長2.84cm的LC28-500X，和對照組相比增長了平均1.38cm。

從對莖生長的角度，其中LC26-200X,500X、LC28-500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進1.31-1.76cm的莖部長度，其中最優者為3.79cm的 LC26-500X，和對照組相比增長了平均約1.76cm。

最後對總長度而言，LC26-500X、LC28-200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進2.13-2.80cm的總長，其中最優者為長6.31cm的 LC28-500X，和對

照組相比增長了平均約2.80cm。綜上可知，我們的八種菌液對於聖女番茄於35℃下除了LC22外，全部皆能提升其總長，總增長幅度約在2.8cm內。最優者LC28-500X和對照組相比帶來了79.8%的提升，次之LC26-500X帶來78.3%的提升，再者LC28-200X帶來60.7%的提升。

2.桃紅番茄生長情形

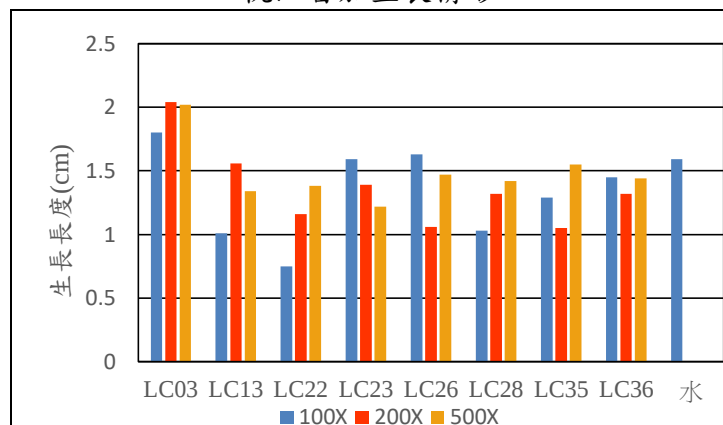


圖 6-12 桃紅番茄35℃下根之發育情形

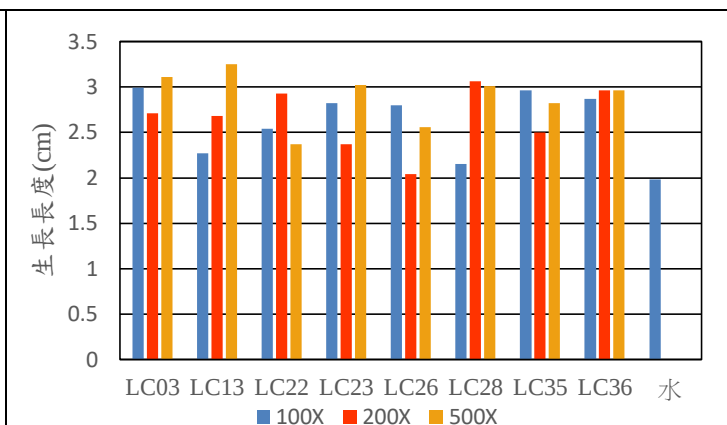


圖 6-13 桃紅番茄於35℃下莖之發育情形

從圖6-12及圖6-13可看出桃紅番茄根莖於高溫35℃之生長趨勢。從對根生長的角度，僅LC03可促進桃紅番茄35℃下之根部生長，和對照組相比約可促進0.21-0.45cm的根部長度，其中最優者為長2.04cm的LC03-200X，和對照組相比增長了平均0.45cm。

從對莖生長的角度，每一菌株皆可促進桃紅番茄35℃下之莖部生長，其中LC03-500X、LC13-500X、LC28-200X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進1.08-1.27cm的莖部長度，其中最優者為3.25cm的 LC13-500X，和對照組相比增長了平均約1.27cm。

最後對總長度而言，LC03-100X,200X,500X等有相對較優良之促進效果，和對照組相比大約可促進1.21-1.55cm的總長，其中最優者為長5.13cm的 LC03-500X，和對照組相比增長了平均約1.55cm。綜上可知，我們的八種菌液對於桃紅番茄於35℃下大多數能提升其總長，總增長幅度約在1.55cm內。最優者LC03-500X和對照組相比帶來了43.3%的提升，次之LC03-100X帶來33.8%的提升，再者LC03-200X帶來33.0%的提升。

綜上所述，對於聖女番茄而言，在25℃下時菌液為其帶來之生長長度提升不明顯，不過 LC26-500X、LC28-200X、LC28-500X 三種菌株不論是和聖女番茄於30℃抑或者是35℃之環境共生，皆能有效提升其生長長度。因此，我們推薦使用此三種菌株幫助聖女番茄適應高溫環境。

對桃紅番茄而言，25℃時菌液為其帶來之生長長度提升也不明顯，不過 LC03-100X、LC03-200X、LC03-500X 三種菌株不論是和桃紅番茄於30℃抑或者是35℃之環境共生，皆能有效提升其生長長度。因此，我們推薦使用此三種菌株幫助桃紅番茄適應高溫環境。

四、模擬輪耕情況下菌株對各作物之影響

(一)與聖女番茄輪耕之作物生長情形

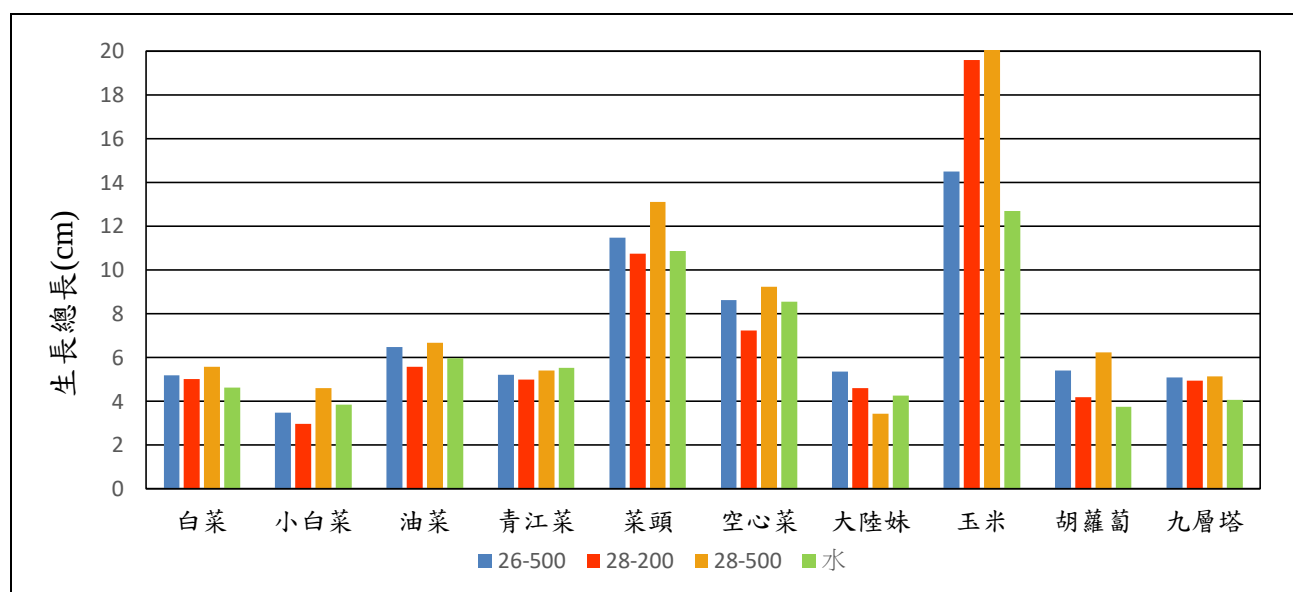


圖 6-14 和聖女番茄輪耕之作物生長情形

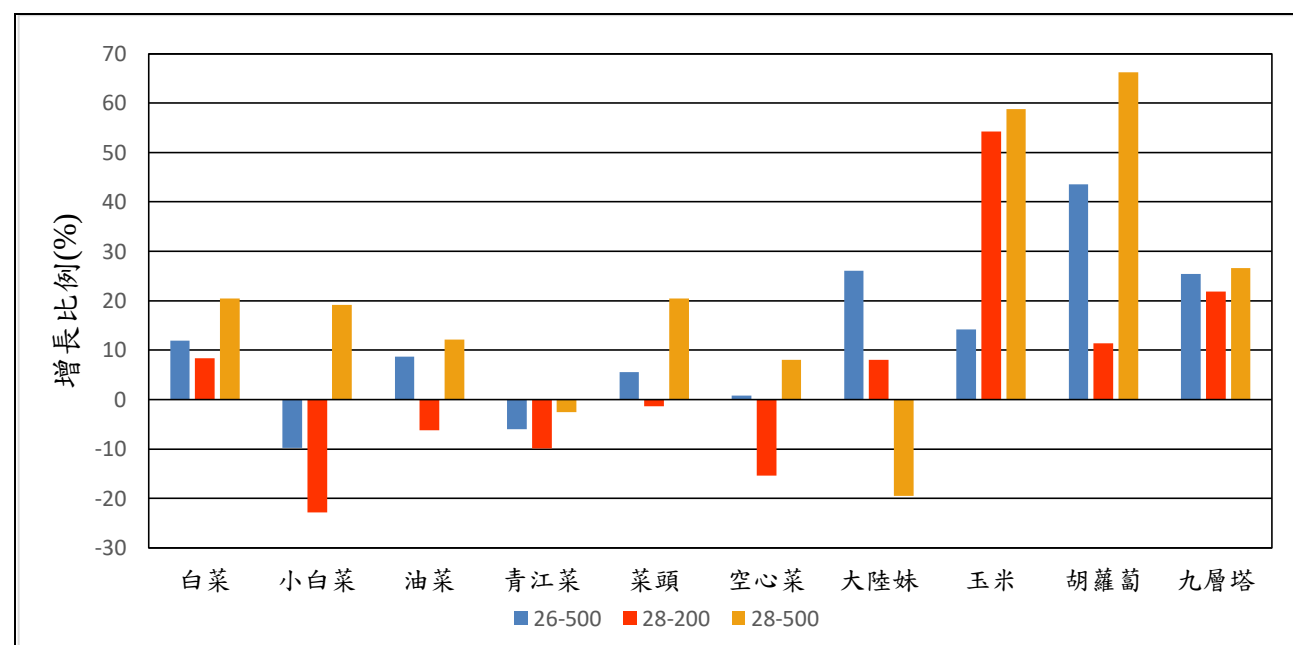


圖 6-15 和聖女番茄輪耕之作物相對對照組之增長比例

由圖 6-14 和圖 6-15 中可以清楚地看出各作物和聖女番茄輪耕後之生長情形。對白菜、玉米、胡蘿蔔、九層塔而言，與聖女番茄輪耕後能提升其生長長度。對青江菜而言，與聖女番茄輪耕後反而會有抑制效果。

對小白菜而言，LC26-500、LC28-200對小白菜有抑制效果，LC28-500對小白菜有促進效果；對油菜而言，LC26-500、LC28-500對油菜有促進效果，LC28-200對油菜有抑制效果；對菜頭而言，LC26-500、LC28-500對菜頭有促進效果，LC28-200對菜頭無顯著增長或抑制效果；對空心菜而言，LC26-500對空心菜無顯著，LC28-200對空心菜有抑制效

果，LC28-500對空心菜有促進效果；對大陸妹而言，LC26-500、LC28-200對大陸妹有促進效果，LC28-500對大陸妹有抑制效果。

若使用菌液LC26-500，建議後續採用白菜、油菜、菜頭、大陸妹、玉米、胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，其中大陸妹、胡蘿蔔、九層塔增長幅度最大。

若使用菌液LC28-200，建議後續採用白菜、大陸妹、玉米、胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，其中玉米、胡蘿蔔、九層塔增長幅度最大。

若使用菌液LC28-500，建議後續採用白菜、小白菜、油菜、菜頭、空心菜、玉米、胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，其中玉米、胡蘿蔔、九層塔增長幅度最大。

(二)與桃紅番茄輪耕之作物生長情形

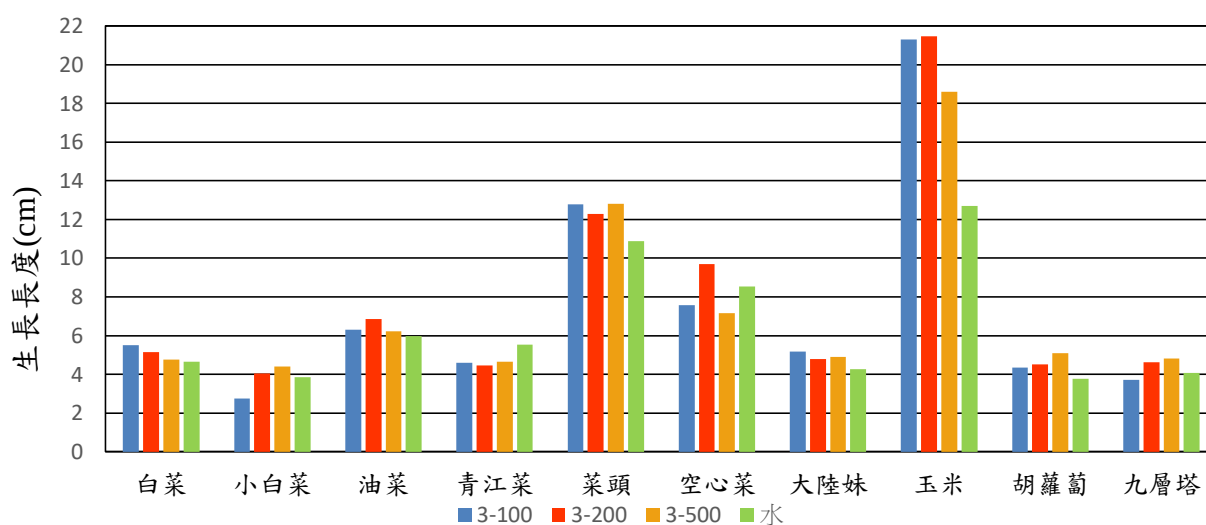


圖 6-16 和桃紅輪耕之作物生長情形

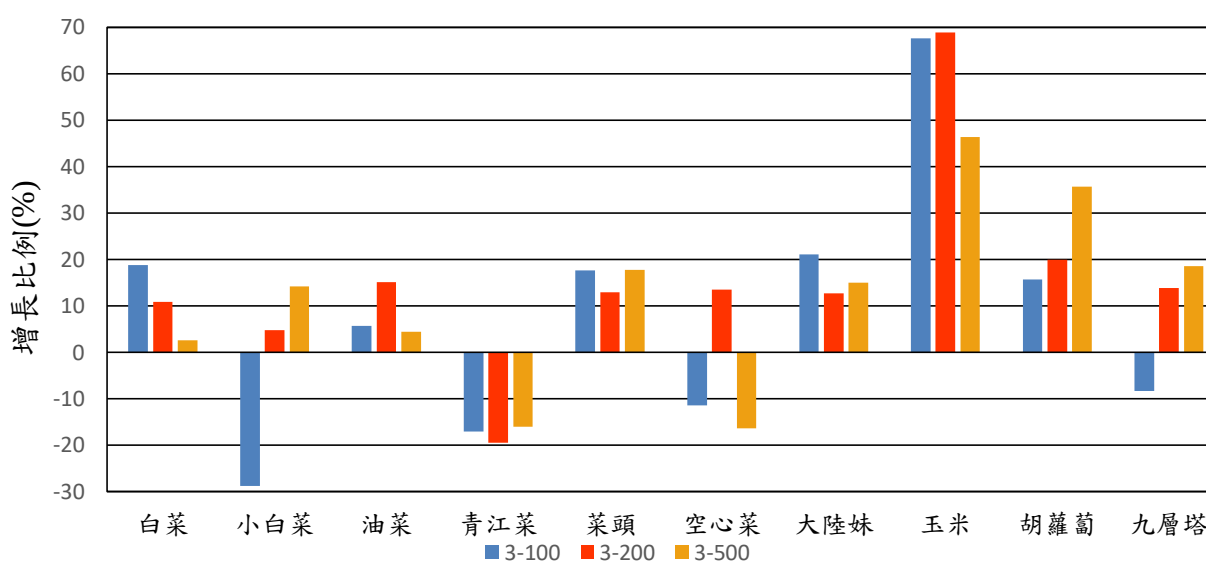


圖 6-17 和桃紅輪耕之作物相對對照組之增長比例

由圖 6-16 和圖 6-17 中可以清楚地看出各作物和桃紅番茄輪耕後之生長情形。對白菜、油菜、菜頭、大陸妹、玉米、胡蘿蔔而言，與桃紅番茄輪耕後能有效提升其生長長度。對青江菜而言，與桃紅番茄輪耕後會抑制其生長長度。

對小白菜而言，LC03-200、LC03-500對小白菜有促進效果，LC03-100、對小白菜有抑制效果；對空心菜而言，LC03-200對空心菜有促進效果，LC03-100、LC03-500對空心菜有抑制效果；對九層塔而言，LC03-200、LC03-500對九層塔有促進效果，LC03-100對九層塔有抑制效果。

若使用菌液LC03-100，建議後續採用白菜、油菜、菜頭、大陸妹、玉米、胡蘿蔔進行輪耕，其中玉米、大陸妹、白菜增長幅度最大。

若使用菌液LC03-200，建議後續採用白菜、小白菜、油菜、菜頭、空心菜大陸妹、玉米、胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，其中玉米、胡蘿蔔、油菜增長幅度最大。

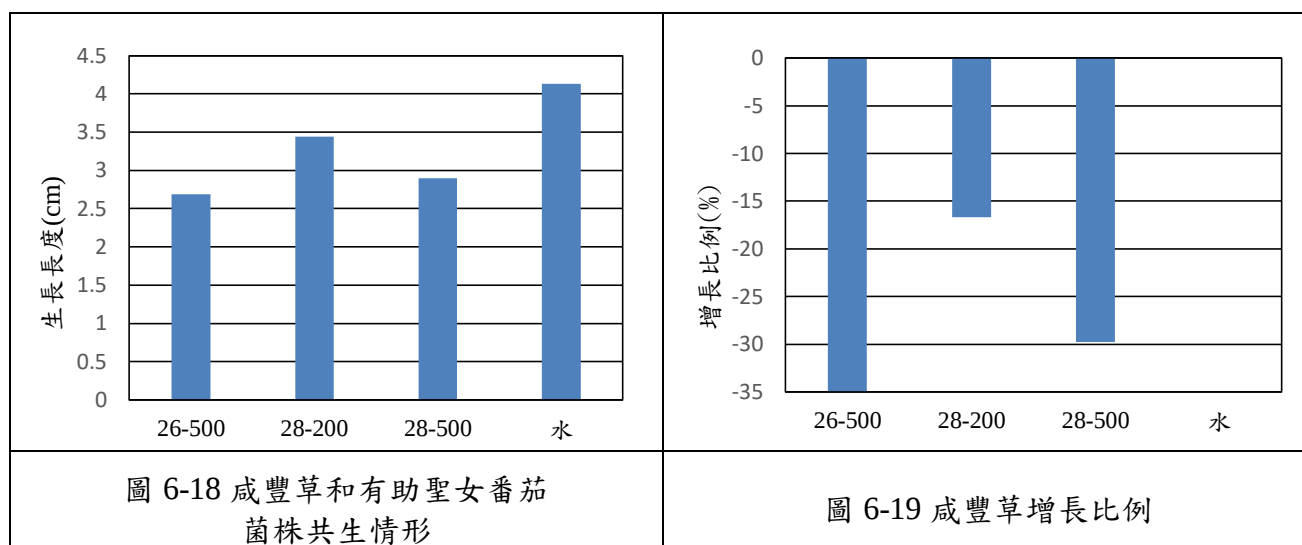
若使用菌液LC03-500，建議後續採用白菜、小白菜、油菜、菜頭、玉米、胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，其中玉米、胡蘿蔔、九層塔增長幅度最大。

綜上所述，我們建議種植完聖女番茄後，使用九層塔及胡蘿蔔進行後續輪耕。若使用菌液 LC26-500X，亦可以加入大陸妹進行輪耕；若使用菌液 LC28-200X、LC28-500X，亦可以加入玉米進行輪耕，種植效果最佳。

我們也建議種植完桃紅番茄後，使用玉米進行輪耕。若使用菌液 LC03-100X，亦可以加入大陸妹、白菜進行輪耕；若使用菌液 LC03-200X，亦可以加入胡蘿蔔、油菜進行輪耕；若使用菌液 LC03-500X，亦可以加入胡蘿蔔、九層塔進行輪耕，種植效果最佳。

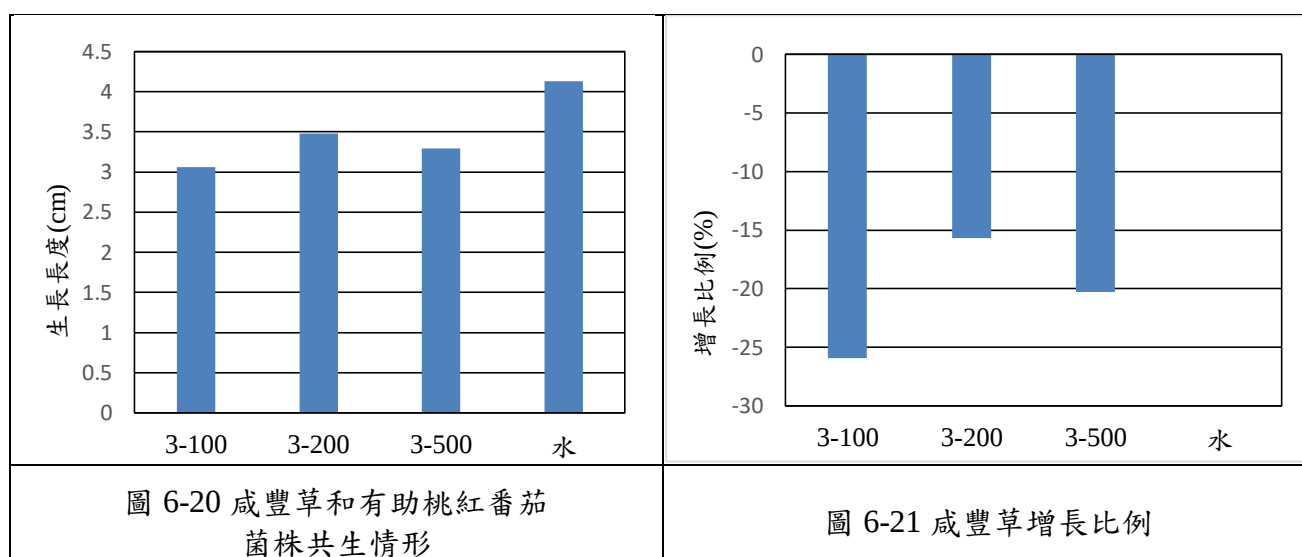
五、模擬菌株對雜草之抑制情形

(一) 有助聖女番茄生長之菌株對雜草生長之影響



由圖 6-18 和圖 6-19 可看出咸豐草和有助聖女番茄生長之菌株共生後之生長情形。我們的三種菌液都能夠抑制咸豐草之生長，使用菌液 LC26-500 時，具有 34.9% 之抑制效果；使用菌液 LC28-200 時，具有 16.7% 之抑制效果；使用菌液 LC28-500 時，具有 29.8% 之抑制效果，抑制能力依序為 LC26-500 > LC28-500 > LC28-200。

(二) 有助桃紅番茄生長之菌株對雜草生長之影響



由圖 6-20 和圖 6-21 可看出咸豐草和有助桃紅番茄生長之菌株共生後之生長情形。我們的三種菌液都能夠抑制咸豐草之生長，使用菌液 LC03-100 時，具有 25.9% 之抑制效果；使用菌液 LC03-200 時，具有 15.7% 之抑制效果；使用菌液 LC03-500 時，具有 20.3% 之抑制效果，抑制能力依序為 LC03-100 > LC03-500 > LC03-200。

六、菌種鑑定結果

- (一) LC03為 *Pantoea* 屬細菌，LC22為 *Pseudomonas* 屬細菌，LC23為 *Williamsia* 屬細菌，LC26及LC28高機率同為 *Brevibacillus halotolerans* 或 *Brevibacillus laterosporus* 細菌，LC13、LC35、LC36高機率同為 *Bacillus cereus* 或 *Bacillus toyonensis* 細菌。
- (二) 根據溶磷定性定量實驗推測 *Pantoea* 屬、*Pseudomonas* 屬、*Brevibacillus* 屬可能有溶磷能力，其中又以 *Pantoea* 屬能力最強，*Pseudomonas* 屬次之。
- (三) 根據固氮定性定量實驗推測 *Pantoea* 屬、*Bacillus* 屬、*Pseudomonas* 屬、*Williamsia* 屬、*Brevibacillus* 屬可能有固氮能力，其中又以 *Pseudomonas* 屬能力最強。
- (四) 根據載鐵定性實驗推測 *Pseudomonas* 屬可能具有載鐵能力。
- (五) 根據抗番茄萎凋菌定性實驗推測 *Pseudomonas* 屬、*Brevibacillus* 屬、*Bacillus* 屬可能能阻擋番茄萎凋菌之擴張。
- (六) LC03、LC26、LC28之微生物安全等級皆為1，對人體無危險性

柒、結論

一、本實驗成功由地熱溫泉區的土壤中篩選出的8隻耐熱菌種並進行鑑定與分析。

二、各菌株的耐熱、溶磷、固氮、載鐵、抗番茄萎凋菌能力

(一)耐熱能力：實驗過後發現除LC18不可耐熱外，其餘菌株均可於35°C下之環境存活。

(二)溶磷能力：實驗過後發現 LC03、LC22、LC26、LC28 具溶磷活性，經測試後發現

LC03溶磷能力最強，溶磷活性可達約534.22μg/day。

(三)固氮能力：實驗過後發現 LC03、LC13、LC22、LC23、LC28 具固氮活性。

(四)載鐵能力：實驗過後發現 LC22 具載鐵活性。

(五)抗萎凋菌能力：實驗過後發現 LC22、LC28、LC35、LC36 可防止番茄萎凋菌擴張。

三、生物試驗-室溫25°C下番茄生長情形

(一)聖女番茄：加入菌株 LC13、LC28、LC36 後約可為聖女番茄帶來和對照組相比僅

25%的長度提升，對聖女番茄生長幫助有限。

(二)桃紅番茄：加入菌株LC26、LC28後約可為桃紅番茄帶來和對照組相比僅20%-30%

的長度提升，對桃紅番茄生長幫助有限。

四、生物試驗-高溫30°C下番茄生長情形

(一)聖女番茄：加入菌株 LC26、LC28 後可為聖女番茄帶來約60%-70%的生長長度提升。

(二)桃紅番茄：加入菌株 LC03 後可為桃紅番茄帶來約50%-60%的生長長度提升。

五、生物試驗-高溫35°C下番茄生長情形

(一)聖女番茄：加入菌株 LC2、LC28後約可為聖女番茄帶來60%-80%的生長長度提升。

(二)桃紅番茄：加入菌株 LC03後約可為桃紅番茄帶來約30%-40%的生長長度提升。

六、模擬輪耕情況下菌株對各作物的影響

(一)可和聖女番茄輪耕之作物方面，本實驗發現

1.菌液 LC26：促進：大陸妹、胡蘿蔔、九層塔 抑制：青江菜

2.菌液 LC28：促進：玉米、胡蘿蔔、九層塔 抑制：青江菜。

(二)可和桃紅番茄輪耕之作物方面，本實驗發現

1.菌株 LC03：促進：玉米、胡蘿蔔 抑制：青江菜

七、模擬菌株對雜草之抑制情形

本研究發現能促進番茄生長的三種菌株LC03、LC26、LC28皆可抑制大花咸豐草生長。

八、歸納對於番茄之最優種植建議

(一)聖女番茄：菌株 LC26、LC28能最大程度的於高溫(30、35°C)下促進聖女番茄生長，並對玉米、胡蘿蔔及九層塔有最好促進效果，亦能抑制大花咸豐草生長，且為 RG1，對人體疾病及人類健康無害。因此我們推薦使用此三種菌液來幫助聖女番茄於熱逆境下生長。

(二)桃紅番茄：菌株 LC03能最大程度的於高溫(30、35°C)下促進桃紅番茄生長，並對玉米、胡蘿蔔有最好促進效果，亦能抑制大花咸豐草生長，且為 RG1，對人體疾病及人類健康無害。因此我們推薦使用此三種菌液來幫助桃紅番茄於熱逆境下生長。

捌、參考資料及其他

一、行政院農業委員會農糧署 (2018) <肥料檢驗項目之檢驗方法>

二、林詩耀。2011。碳氮化合物降解與植物生長促進細菌之系統分類及分子生物偵測技術建立

三、陳琦玲。1998。土壤生物碳與氮轉化之模式解析研究

四、Kate McCulloh , and Tom Buckley . 2021 . Contrasting processing tomato cultivars unlink yield and pollen viability under heat stress .

五、謝鎮堯。2020。飽差控制應用於牛番茄熱逆境之研究

六、A. Wahid , S. Gelani , M. Ashraf , and M.R. Foolad . 2007. Heat tolerance in plants: An overview.

七、圖片出處總表：

編號	出處	編號	出處
圖 3-1	第一作者自行拍攝	圖 6-6	第一作者自行繪製
圖 3-2	第一作者自行拍攝	圖 6-7	第一作者自行繪製
圖 3-3	第一作者自行拍攝	圖 6-8	第一作者自行繪製
圖 4-1	第一作者自行繪製	圖 6-9	第一作者自行繪製
圖 4-2	第一作者自行繪製	圖 6-10	第一作者自行繪製
圖 4-3	第二作者自行拍攝	圖 6-11	第一作者自行繪製
圖 4-4	第一作者自行拍攝	圖 6-12	第一作者自行繪製
圖 4-5	第一作者自行繪製	圖 6-13	第一作者自行繪製
圖 4-6	第一作者自行拍攝	圖 6-14	第一作者自行繪製
圖 4-7	第一作者自行拍攝	圖 6-15	第一作者自行繪製
圖 4-8	第一作者自行拍攝	圖 6-16	第一作者自行繪製
圖 4-9	第一作者自行拍攝	圖 6-17	第一作者自行繪製
圖 4-10	第一作者自行拍攝	圖 6-18	第一作者自行繪製
圖 4-11	第一作者自行拍攝	圖 6-19	第一作者自行繪製
圖 4-12	第一作者自行拍攝	圖 6-20	第一作者自行繪製
圖 4-13	第一作者自行拍攝	圖 6-21	第一作者自行繪製
圖 4-14	第一作者自行拍攝		
圖 4-15	第一作者自行繪製		
圖 4-16	第一作者自行拍攝		
圖 4-17	第一作者自行拍攝		
圖 4-18	第一作者自行拍攝		
圖 4-19	第一作者自行繪製		
圖 4-20	第一作者自行拍攝		
圖 4-21	第一作者自行拍攝		
圖 4-22	第一作者自行拍攝		
圖 4-23	第一作者自行繪製		
圖 6-1	第一作者自行繪製		
圖 6-2	第一作者自行繪製		
圖 6-3	第一作者自行繪製		
圖 6-4	第一作者自行繪製		
圖 6-5	第一作者自行繪製		

【評語】 060004

1. 本研究在探討耐熱細菌對番茄根莖之影響。實驗以地熱溫泉區的土壤中所篩選出的 8 株耐熱菌種為材料，結果發現 LC26 及 LC28 菌株可於熱逆境下顯著促進聖女番茄生長，而 LC03 亦能於熱逆境下促進桃紅番茄之生長。另外發現此三株菌皆對大花咸豐草之生長反而有抑制之效果。
2. 缺乏統計分析。
3. 本研究以植物種子加入不同濃度菌液之方式探討對植物生長之影響，此方式的適合性有待商榷。此外雜草的實驗過程撰寫的並不明確。
4. 有確實的實驗成果，實驗方法簡單可行。