

# 嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生物

組 別：國中組

作品名稱：病入「番茄」—植物保護資材對番茄白絹病的防治

關 鍵 詞：白絹病、植物保護資材、番茄

編 號：

## 摘要

本實驗比較白絹病菌絲塊和菌核等不同接種方式，對番茄幼苗的傷害程度，發現菌絲塊接種的發病能力較菌核接種嚴重，發病速度快，病株數多且病徵級數嚴重。有機農業使用亞磷酸之防治資材中和氫氧化鉀、氫氧化鈉、氫氧化鈉等鹼性物質水溶液皆有可觀的防治效果，以亞磷酸中和氫氧化鉀水溶液對白絹病的防治效果較佳。木黴菌混合液有防治番茄白絹病的效果，以木黴菌稀釋倍數 100 倍的防治效果較佳。激發植物免疫系統的亞磷酸( $H_3PO_3$ )加鹼性物質水溶液防治優於生物防治法的木黴菌，因此，增強植株免疫力是對抗病原菌相當重要的課題。

## 壹、研究動機

偶然間在校園看到學長去年的科展實驗材料：香蕉仍矗立在校園一角，查詢其科展作品『「蕉」不「保」夕—植物保護資材對香蕉白絹病的防治』（周詣軒、洪崇嘉，2019），發現接種後的染病香蕉其病徵會隨假莖的脫落而慢慢恢復其生長勢。利用課餘時間查詢相關資料，發現國內對白絹病研究不多，其宿主多為雙子葉植物，如：豆科、茄科、以及部分十字花科植物。植物保護圖鑑系列 6 的研究資料指出：台灣常見經濟作物-番茄，也在宿主之列。因此我們臆測，若將白絹病接種在雙子葉植物的番茄身上，其效果是否會截然不同。

訪問學長後得知亞磷酸對香蕉白絹病有防治效果，而且是有機農業使用之用藥資材之一。學長亦建議不同的接種方式也可做為研究方向之一，另一篇研究報告指出木黴菌對落花生白絹病有防治效果(蔡孟旅、張顥瀚、鄭安秀，2017)。因此本實驗將針對上述幾個方式探討其對番茄白絹病的防治效果。並將其結果應用在防治番茄白絹病，並逐步代替對環境、人體有害的化學農藥，達到提升經濟價值和友善環境的雙重效果。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同接種方式對番茄的影響。
- 二、探討亞磷酸中和不同鹼性物質對番茄白絹病的防治效果。
- 三、探討生物防治法對番茄白絹病的防治效果。

## 參、研究設備及器材

實驗器材：白絹病菌絲塊、菌核(由國立嘉義大學植物醫學系黃健瑞 (Chien-Jui Huang) 副教授提供)、番茄栽培種‘綠鑽石’幼苗(約 30 公分高) 60 盆(市場購買)、培養土、水、灑水器、亞磷酸、氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鈣、燒杯、試管、滴管、量筒、標籤紙、穿孔器、解剖刀、培養皿、相機、複式顯微鏡、木黴菌(市場購買)、枯草桿菌(市場購買)(圖 1)。



圖 1、研究材料。

## 肆、研究過程或方法

### 實驗一：探討不同接種方式對番茄的影響

不同接種方式	菌絲塊接種	菌核接種	不接種
	試驗組一	試驗組二	對照組

#### 一、步驟：

(一)將 18 株番茄幼苗植株分為 3 組，每組 6 重複。

- 1.試驗組一：白絹病菌絲塊接種，接種三天後拆袋。
- 2.試驗組二：白絹病菌核接種，接種三天後拆袋。
- 3.對照組：無接種

(二)接種後每日觀察記錄植株生長狀況、發病級數表現並拍照。

- 1.發病級數分為 4 級：0 級:無病斑、1 級:葉子褐色斑、2 級:外皮剝落、3 級:出現白色菌絲(圖 2)。

發病級數	
0 級:無病斑	1 級:葉子褐色斑
	
2 級:外皮剝落	3 級:出現白色菌絲
	

圖 2. 番茄白絹病發病級數之分級。

$$2. \text{罹病度} = \left[ \frac{N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3}{3 \times N_{\text{total}}} \right] \times 100\%$$

$N_0=0$  級株數、 $N_1=1$  級株數、 $N_2=2$  級株數、 $N_3=3$  級株數、 $N_{\text{total}}$ =總株數。

## 二、菌絲塊接種流程：

1. 取出培育完成的白絹病菌絲培養皿，並使用直徑 0.5 cm 穿孔器將其打洞。
2. 酒精消毒解剖刀，並靜置冷卻。
3. 使用刀尖挑出已打洞的菌絲塊，並將有菌絲的面貼在植株的莖基部。
4. 將幼苗置入塑膠袋中並澆水至土色轉黑且袋中有積水。
5. 綁住袋口以保濕保溫，放置生物實驗室，三天後拆袋取出幼苗，即接種完成。

接種流程		1. 酒精消毒	
2. 取菌絲塊 1		3. 取菌絲塊 2	
4. 接種		5. 套袋	

圖 3. 番茄白絹病接種流程。

## 三、菌核接種流程：如上，以菌核取代菌絲塊。

## 實驗二：探討亞磷酸中和不同鹼性物質對番茄白絹病的防治效果

亞磷酸加鹼性物質	亞磷酸加氫氧化鈉	亞磷酸加氫氧化鉀	亞磷酸加氫氧化鈣	水
	試驗組一	試驗組二	試驗組三	對照組

### 一、步驟：

- 1.將 0.3g 亞磷酸與 0.28g 氫氧化鈉溶於 200g 水中，調配成中性亞磷酸溶液。
- 2.將 0.3g 亞磷酸與 0.28g 氫氧化鉀溶於 200g 水中，調配成中性亞磷酸溶液。
- 3.將 0.3g 亞磷酸與 0.28g 氫氧化鈣溶於 200g 水中，調配成中性亞磷酸溶液。

(一)將 24 株幼苗番茄植株分為 3 組試驗組與 1 組對照組，每組 6 重複。

- 1.試驗組一：施用亞磷酸加氫氧化鈉溶液施藥 2 次，第一次施藥後間隔 7 天，再施藥一次，每次施藥劑量固定以 10ml 之亞磷酸+氫氧化鈉溶液均勻噴灑於植株上，施藥 2 次後隔 3 天接種白絹病菌絲塊，接種 3 天後拆袋。
- 2.試驗組二：施用方式如上，以亞磷酸加氫氧化鉀取代亞磷酸加氫氧化鈉。
- 3.試驗組三：施用方式如上，以亞磷酸加氫氧化鈣取代亞磷酸加氫氧化鈉。
- 4.對照組：噴水，10 天後接種白絹病菌絲塊，接種 3 天後拆袋。

(二)接種後每日觀察記錄植株生長狀況、發病級數表現並拍照。

- 1.發病級數分為 4 級：0 級:無病斑、1 級:葉子褐色斑、2 級:外皮剝落、3 級:出現白色菌絲。

$$2. \text{罹病度} = \left[ \frac{(N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3)}{3 \times N_{\text{total}}} \right] \times 100\%$$

$N_0$ =0 級株數、 $N_1$ =1 級株數、 $N_2$ =2 級株數、 $N_3$ =3 級株數、 $N_{\text{total}}$ =總株數。

### 實驗三：探討生物防治法對番茄白絹病的防治效果

生物防治	木黴菌稀釋 倍數 100 倍	木黴菌稀釋 倍數 200 倍	枯草桿菌稀釋 倍數 400 倍	枯草桿菌稀釋 倍數 800 倍	水
	試驗組一	試驗組二	試驗組三	試驗組四	對照組

#### 一、步驟：

- 1.將 1 克的木黴菌與 100 克倍水，調配成木黴菌稀釋倍數 100 倍的混合液。
- 2.將 1 克的木黴菌與 200 克的水，調配成木黴菌稀釋倍數 200 倍的混合液。
- 3.將 1 克的枯草桿菌與 400 克的水，調配成枯草桿菌稀釋倍數 400 倍的混合液。
- 4.將 1 克的枯草桿菌與 800 克的水，調配成枯草桿菌稀釋倍數 800 倍的混合液。

(一)將 30 株幼苗番茄植株分為 4 組試驗組與 1 組對照組，每組 6 重複。

- 1.試驗組一：施用木黴菌稀釋倍數 100 倍混合液，施藥 2 次，第一次施藥後間隔 7 天，再施藥一次，每次施藥劑量固定以 10ml 均勻噴灑於植株上，施藥 2 次後隔 3 天接種白絹病菌絲塊，接種 3 天後拆袋。
- 2.試驗組二：施用方式如上，以木黴菌稀釋倍數 200 倍取代木黴菌稀釋倍數 100 倍。
- 3.試驗組三：施用方式如上，以枯草桿菌稀釋倍數 400 倍取代木黴菌稀釋倍數 100 倍。
- 4.試驗組四：施用方式如上，以枯草桿菌稀釋倍數 800 倍取代木黴菌稀釋倍數 100 倍。
- 5.對照組：噴水，10 天後接種白絹病菌絲塊，接種 3 天後拆袋。

(二)接種後每日觀察記錄植株生長狀況、發病級數表現並拍照。

- 1.發病級數分為 4 級： 0 級:無病斑、1 級:葉子褐色斑、2 級:外皮剝落、3 級:出現白色菌絲。

$$2.罹病度 = \left[ \frac{N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3}{3 \times N_{total}} \right] \times 100\%$$

$N_0=0$  級株數、 $N_1=1$  級株數、 $N_2=2$  級株數、 $N_3=3$  級株數、 $N_{total}$ =總株數。

## 伍、研究結果與討論

### 實驗一：探討不同接種方式對番茄的影響

觀察白絹病接種後，7 天才出現病徵，因此實驗設計從第 7 天開始觀察，之後第 11 天觀察一次。14 天時病徵已明顯呈現，因此實驗觀察到 14 天(圖 4)。

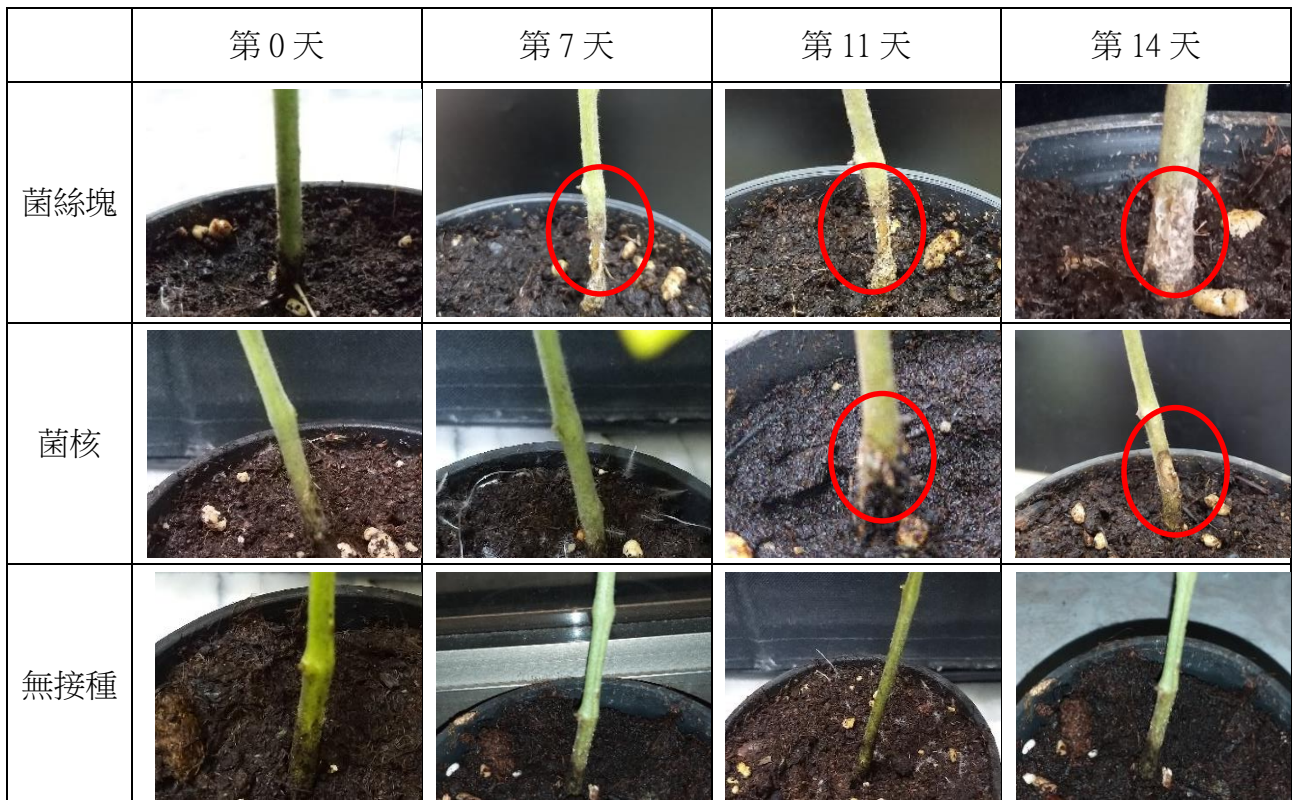


圖 4. 白絹病菌絲塊及菌核接種的發病情形。



表 1. 不同白絹病接種方式的番茄單株發病級數表現。

接種來源	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 14 天	
菌絲塊	0	0	1	1	2	1	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3
菌核	0	0	0	0	0	1	0	2
	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1	0	1
無接種	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

重複數:6 株

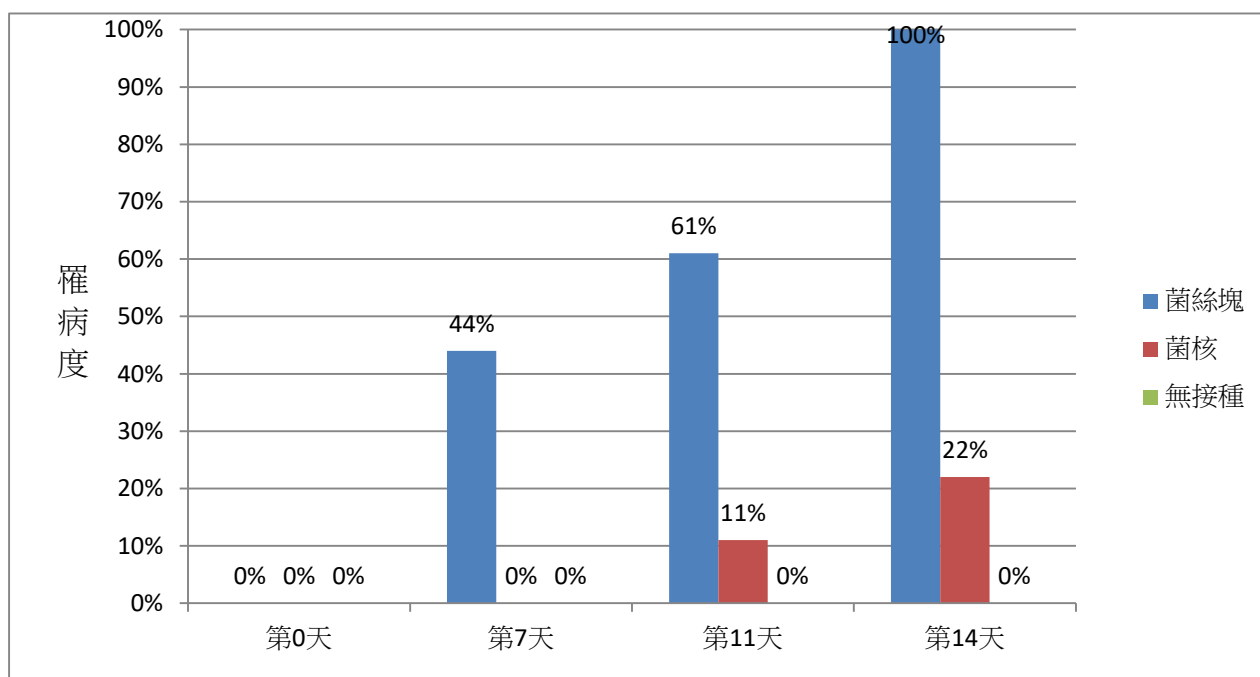


圖 5. 不同白絹病接種方式對番茄罹病度的影響。

本實驗之菌核處理為每株番茄接種相同顆粒數量，但菌核之顆數會影響發病機率，所以採用與菌絲塊培養基大小相等之基質的平均顆數(4 顆)。濕度與溫度亦影響白絹病的生長速度，實驗期間為冬季，整體發病速度略慢於白絹病盛行的夏季。

由圖 4 與表 1 得知，實驗第 7 天，接種菌絲塊組，一株枝葉生長出病斑，接種菌核組尚未發病。第 11 天，接種菌核組開始發病。第 14 天，接種菌絲塊組全數死亡。

菌絲塊與菌核最大的差別即菌核需要生長菌絲的時間，根據本實驗結果發現菌絲塊較快發病且發病株數較多，病徵嚴重；菌核需較長時間發展出病徵，菌核因原本為休眠狀態則需要較久的時間才發病。因此後續防治之研究採用菌絲塊接種，而不採用菌核接種的方式。菌核是由菌絲體特化而成的堅硬構造，在缺乏水分時之休眠狀態，一旦條件良好，便會生長菌絲，相對於脆弱的菌絲，成熟的褐色菌核在一般情況下可存活 4-5 年。

## 實驗二：探討亞磷酸中和不同鹼性物質對番茄白絹病的防治效果

推測：由植物保護資材對香蕉白絹病的防治(周詣軒、洪崇嘉，2019)得知，推測亞磷酸加氫氧化鈣( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )的防治效果會優於亞磷酸加氫氧化鈉 (NaOH)、氫氧化鉀(KOH)。














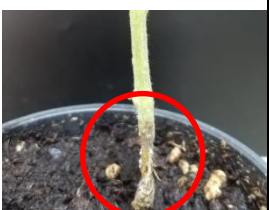

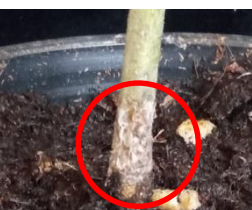
實驗組	第0天	第7天	第11天	第14天
亞磷酸 + 氫氧化鈉				
亞磷酸 + 氫氧化鉀				
亞磷酸 + 氫氧化鈣				
水				

圖 5. 亞磷酸中和不同鹼性物質施用在番茄幼苗對白絹病的防治效果。

表 2. 亞磷酸中和不同鹼性物質對番茄單株的白絹病發病級數表現。

實驗組	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 14 天	
亞磷酸加氫氧化鈉	0	0	0	0	0	1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
亞磷酸加氫氧化鉀	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
亞磷酸加氫氧化鈣	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	1
水	0	0	1	1	2	1	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3

重複數:6 株

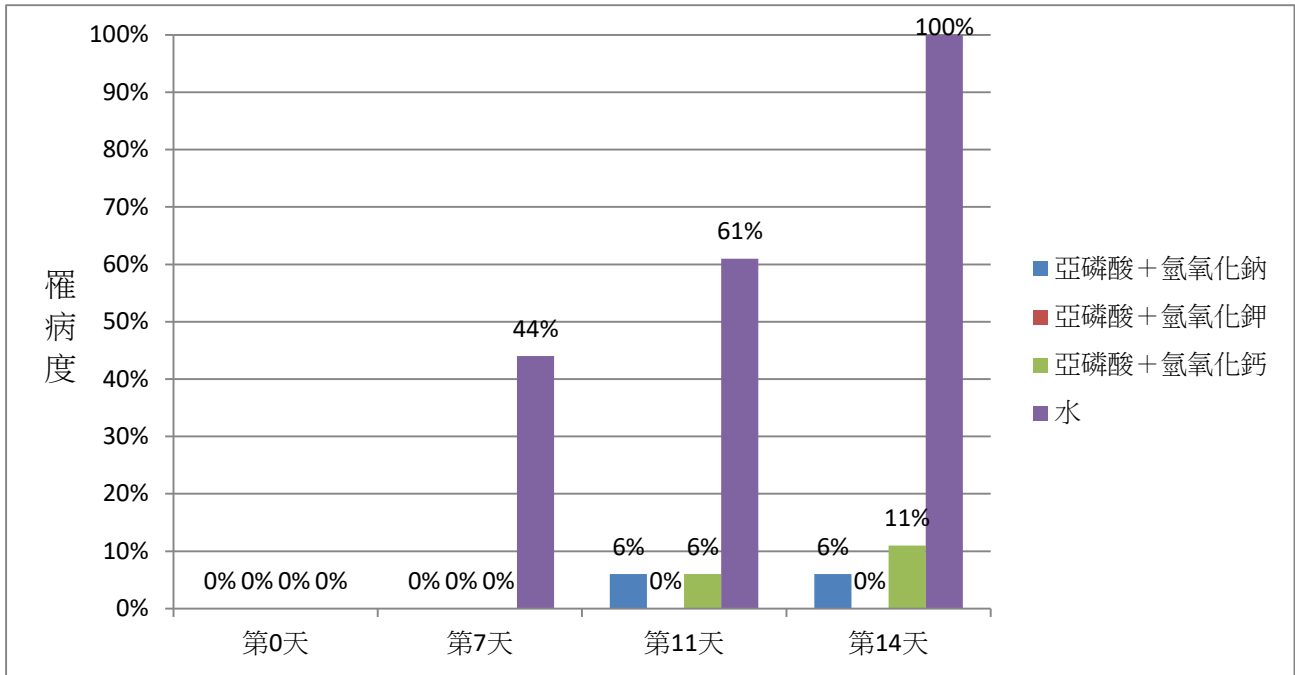


圖 6. 施用中和亞磷酸對番茄白絹病罹病度的影響。

在接種後第 11 天後，亞磷酸加氫氧化鈉水溶液和亞磷酸加氫氧化鈣水溶液皆有一株發病，級數皆為一級，亞磷酸加氫氧化鉀水溶液則是完全沒發病。第 14 天後亞磷酸加氫氧化鈣水溶液又增加一株得病株，級數為一級，其它的沒有變化(表 2)。由第 14 天呈現的罹病度結果得知，亞磷酸加氫氧化鈉的罹病度為 11%，亞磷酸加氫氧化鉀的罹病度為 0%，亞磷酸加氫氧化鈣的罹病度為 6%，顯示亞磷酸加氫氧化鉀對番茄白絹病的防治效果最佳(圖 6)。

根據資料，亞磷酸是增強植物自身的免疫力(陳任芳，2008)，並無直接抑菌的效果，所以主要是因為植物自身免疫力抑制了白絹病的發病。加鹼性物質是為了中和酸鹼度，避免亞磷酸的強酸影響植株，並藉此比較不同的鹼性物質中和後的抑制效果。從實驗結果中得出，亞磷酸加氫氧化鉀的抑菌效果最佳，而鉀離子有助於促使表皮從細胞加厚，可避免病菌的侵入(陳右人、阮素芬，2007)。

一般農業使用上亞磷酸皆是搭配氫氧化鉀，被植物吸收後能產生對植物有益的磷酸。在本實驗中得出亞磷酸加氫氧化鉀水溶液對白絹病也擁有極佳的防治效果，而亞磷酸加氫氧化鈉水溶液和亞磷酸加氫氧化鈣水溶液雖也有防治效果，但仍不如於亞磷酸加氫氧化鉀水溶液。

### 實驗三：探討生物防治對番茄白絹病的防治效果

推測：因未進行實驗比較，故無法先行推測木黴菌混合液以及枯草桿菌混合液對番茄白絹病的防治，何者較為有效。















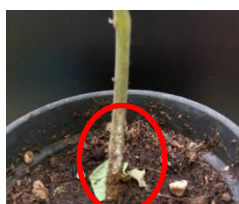
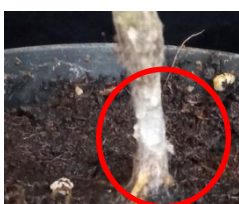

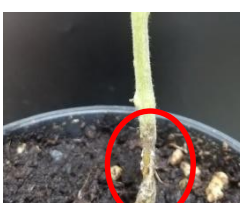
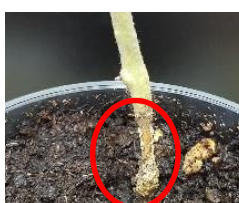
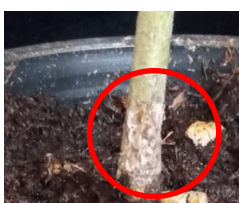
實驗組	第 0 天	第 7 天	第 11 天	第 14 天
木黴菌 稀釋倍數 100 倍				
木黴菌 稀釋倍數 200 倍				
枯草桿菌 稀釋倍數 400 倍				
枯草桿菌 稀釋倍數 800 倍				
水				

圖 7. 木黴菌以及枯草桿菌施用在番茄幼苗對白絹病的防治效果。

表 3. 不同生物防治藥劑施用對番茄單株白絹病的發病級數表現

實驗組	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 14 天	
木黴菌 稀釋倍數 100 倍	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	2	3
	0	0	0	0	0	0	1	1
木黴菌 稀釋倍數 200 倍	0	0	0	0	1	1	2	3
	0	0	0	0	0	0	2	0
	0	0	0	0	0	1	1	2
枯草桿菌 稀釋倍數 400 倍	0	0	0	0	1	0	2	1
	0	0	0	1	1	2	2	3
	0	0	0	0	1	1	2	2
枯草桿菌 稀釋倍數 800 倍	0	0	0	0	1	1	2	2
	0	0	2	2	3	3	3	3
	0	0	1	1	2	2	2	3
水	0	0	1	1	2	1	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3
	0	0	1	2	1	3	3	3

重複數:6 株

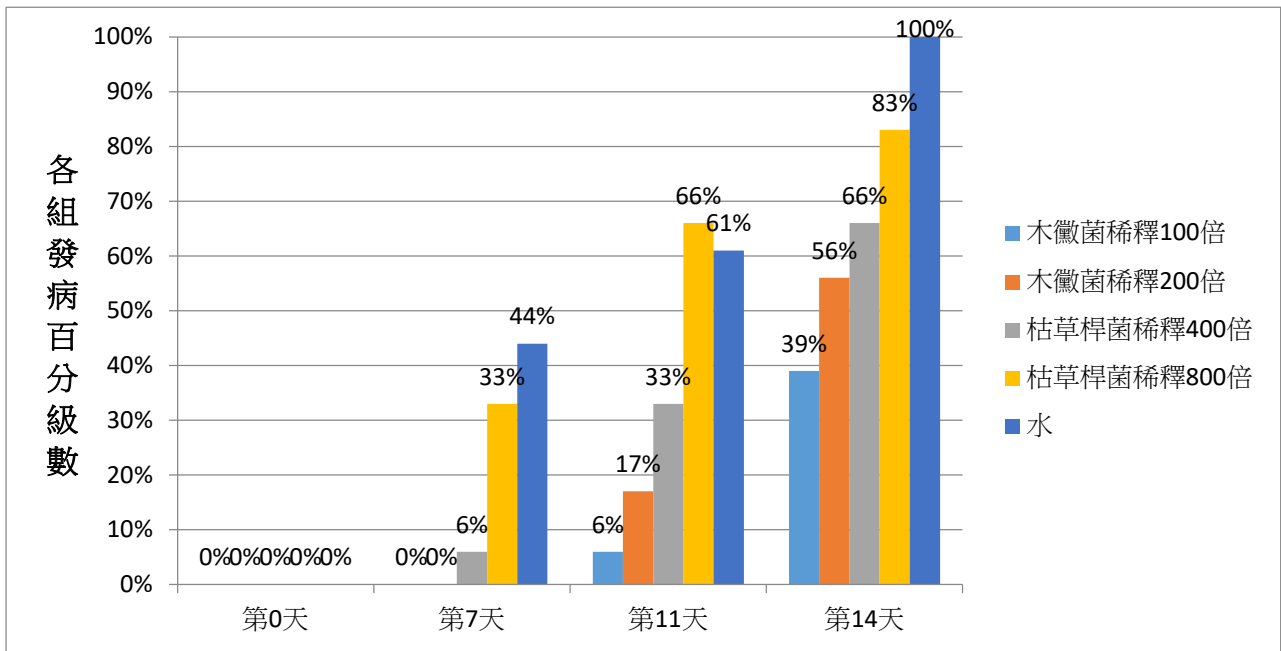


圖 8. 木黴菌以及枯草桿菌施藥後對番茄白絹病罹病度的影響

在接種後第 7 天時，枯草桿菌試驗組和對照組皆發病，枯草桿菌稀釋倍數 400 倍有 1 株發病，枯草桿菌稀釋倍數 800 倍有 4 株發病，對照組水則全部發病。第 11 天時，枯草桿菌、木黴菌試驗組和對照組都發病，木黴菌稀釋倍數 100 倍有 1 株發病，木黴菌稀釋倍數 200 倍有 3 株發病，枯草桿菌稀釋倍數 400 倍有 5 株發病，枯草桿菌稀釋倍數 800 倍、對照組水則全部發病。接種後第 14 天，木黴菌稀釋倍數 100 倍發病株數少於稀釋倍數 200 倍；枯草桿菌組、對照組水則全部發病。由此可知，木黴菌能降低染病機率與發病程度，但並無法完全防治病害。

由表 3 與圖 8 結果得知後，可以發現木黴菌稀釋倍數 100 倍的防治效果最佳，大致上將植物的發病程度控制在 1、2 級之內，整體罹病度最低為 39%，木黴菌稀釋倍數 200 倍次之，枯草桿菌試驗的防治效果最差。

前人研究指出木黴菌對落花生白絹病有防治效果 (蔡孟旅、張顯瀚、鄭安秀，2017)。在本實驗中，也證實木黴菌對番茄白絹病中也有防治效果，且以濃度較高稀釋倍數 100 倍防治效果最佳。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所亦發表，枯草桿菌應用在康乃馨莖腐病、玉米苗枯病、洋蔥白腐病等其他病害有其防治效果，但本實驗研究發現，枯草桿菌在番茄白絹病上沒有明顯防治效果。



實驗結束後，我們利用複式顯微鏡觀察發病級數較高的病株番茄莖部橫切面，發現維管束已被侵蝕，中空腐爛呈現黃白色，與正常植株之綠色組織截然不同，原本希望能做出番茄莖部組織切片狀況與病徵之相關性，但因為莖部中空嚴重，導致切片破碎，故無法呈現完整的切片結果。

## 陸、結論

一、根據實驗結果討論，我們提出下列的幾個觀點：

(一)實驗一：番茄接種白絹病菌絲塊較菌核發病速度快且病株數多、病徵等級嚴重。

(二)實驗二：鹼性物質加亞磷酸水溶液皆有可觀的抑制效果，以亞磷酸中和氫氧化鉀水溶液對白絹病的防治效果較佳，但亞磷酸中和氫氧化鈣次之，亞磷酸中和氫氧化鈉較差。

(三)實驗三：生物防治以木黴菌防治效果較佳，其中以木黴菌稀釋倍數 100 倍最佳，枯草桿菌混合液防治效果不顯著。

二、亞磷酸中和鹼性物質水溶液可提升植株自身免疫力，防治白絹病的效果較木黴菌及枯草桿菌等生物防治為佳。

白絹病的傳染途徑主要以菌絲傳播最為嚴重，且木黴菌及枯草桿菌濃度越高防治效果越佳，但仍沒預期中的有效，提高木黴菌及枯草桿菌濃度能否達到防治效果則需再進一步評估，尚待考量藥害發生與防治的程度，值得進一步研究。效果最佳的是氫氧化鉀中和亞磷酸水溶液，其發病機率最低，且因為是非生物性的防治方法，可更容易的貯存及施用。

我們同時發現有進行接種的番茄大多死亡，對比我們參考的以香蕉為主題的科展，裡面有進行接種的香蕉很少死亡。我們發現番茄被白絹病感染到韌皮部，導致其養分的運輸受阻，使其大量死亡。

希望未來可以將此發現應用於農業上，藉此降低番茄白絹病的發病率，經由亞磷酸中和氫氧化物實驗，證明增強植株免疫力是對抗病原菌相當重要。這結果也希望未來可以延伸到防治農作物病害的新興辦法，讓我們對病菌危害減低，又可以兼顧人類對環境永續的需求。

## 柒、參考資料及其他

- 一、陳任芳。2008。非農藥防治資材-亞磷酸之防病。機制及應用花蓮區農業專訊第 63 期 P.5-84。
- 二、陳右人、阮素芬。2007。柑桔果園之栽培管理(三)。  
<https://leenieni2507.pixnet.net/blog/post/7460794>
- 三、楊秀珠、余思葳、黃裕銘。2012。番茄之病蟲害發生與管理。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。
- 四、周詣軒、洪崇嘉。2019。「蕉」不「保」夕—植物保護資材對香蕉白絹病的防治。全國中小學科展作品。
- 五、蔡孟旅、張顯瀚、鄭安秀。2017。木黴菌對落花生白絹病防治效果之探討。臺南區農業改良場研究彙報 69：42-48。
- 六、劉崑恩。2001。植物保護圖鑑系列 6。
- 七、2018。非化學農藥植物保護資材一覽表。臺南區農業改良場。
- 八、謝奉家。2005。生物農藥：植物病害的殺手明星－枯草桿菌。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。