

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030311

「蕉」不「保」夕—植物保護資材對香蕉白絹病的防治

學校名稱：嘉義市立北興國民中學

作者： 國二 周詣軒 國二 洪崇嘉	指導老師： 蔡玉茹
---------------------------------	------------------

關鍵詞：白絹病、植物保護資材、香蕉

摘要

本實驗比較亞磷酸加氫氧化鈉、亞磷酸加氫氧化鈣、碳酸氫鈉、碳酸氫鉀、氯化鈣等對環境無害的植物保護資材，對香蕉白絹病之防治效果，並將上述資材調配成不同培養基，調查白絹病之生長狀況，同時也接種於香蕉幼苗活體上觀察其防治效果。

在培養基實驗中，碳酸氫鈉、碳酸氫鉀對白絹病的抑制效果最佳。氯化鈣幾乎沒有抑制效果。於香蕉幼苗植株測試結果，亞磷酸加氫氧化鈉施藥兩次對植物保護效果較一次佳。亞磷酸加氫氧化鈣對白絹病的抑制效果更優於亞磷酸加氫氧化鈉、碳酸氫鉀。碳酸氫鈉病斑程度最嚴重，僅優於噴水之對照組，以及施用氯化鈣之組別。所以激發植物免疫系統的亞磷酸(H_3PO_3)防治優於殺菌效果的碳酸鹽類。

壹、研究動機

有次活動中，偶然知道了白絹病這種病，利用課餘時間查詢了資料，發現它的傳播方式很特別，當病菌侵入植株莖基部及根組織內時，會破壞維管束導致水分運輸受阻，嚴重時植株腐爛，這使我們感到十分有趣，因此我們進一步查詢其生物學知識。

白絹病現有防治方法大多採農藥防治，不但對環境有害，也傷害人體，植物保護資材可預防病原體入侵，而且是有機農業允許之用藥方式。因前人研究指出亞磷酸主要用於防治卵菌綱生物，因此本科展探討其對擔子菌綱菌種-白絹病有沒有防治效果。

國內目前對其研究較少，雖不是香蕉主要病害，但也有相關紀錄，因其宿主大多為雙子葉植物，如:豆科、茄科、以及部分十字花科植物。在搜尋資料時，有一篇美國夏威夷大學馬諾阿校區的研究報告指出：台灣常見經濟作物-香蕉，也在宿主之列。

又因香蕉為台灣常見經濟作物，因此我們想探討有機用藥－亞磷酸及其他植物保護資材對香蕉白絹病的防治效果，並將本實驗的結果應用在幫助蕉農防治白絹病，並逐步代替對環境、人體有害的農藥，達到經濟價值和友善環境的雙重效果。

貳、研究目的

- 一、培養皿實驗-多種植物保護資材對香蕉白絹病之防治效果。
- 二、香蕉幼苗實驗-探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉混合溶液對香蕉白絹病之防治效果。
- 三、香蕉幼苗實驗-將不同的鹼性物質(氫氧化鈣、氫氧化鈉)與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。
- 四、香蕉幼苗實驗-將不同的植物保護資材：碳酸氫鉀、碳酸氫鈉與亞磷酸混合液對香蕉白絹病防治效果做比較。

參、研究設備及器材

實驗器材: 白絹病菌絲塊(由國立嘉義大學植物醫學系黃教授提供)、約 15 公分香蕉幼苗盆栽 40 盆(購置屏東香蕉研究所組織培養苗)、培養土、鐵架、水適量、灑水器、亞磷酸、氫氧化鈣、氫氧化鈉、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉、燒杯數個、試管、滴管、量筒、標籤紙適量、穿孔器一支、解剖刀數支、馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基(PDA) 適量、殺菌釜 1 台，酒精燈，培養皿數十個、石蠟膜適量、無菌操作台

肆、研究過程或方法

前置作業

一、認識白絹病的生物學知識

白絹病存活的壽命十分長，可達四五年之久。宿主分布廣泛，且大多為雙子葉植物。病原菌菌絲白色，具隔膜孔構造，有大小二型菌絲，大菌絲每節細胞約 $5.7 \times 60-100 \mu m$ ，有扣子體；小菌絲寬約 $2.5 \mu m$ 。無扣子體細小菌絲交織後形成圓形之褐色菌核，直徑約 $0.5-1.5 mm$ 。成熟菌核有外皮、皮層及髓部之分，外皮含可抵抗惡劣環境之黑色素，是本菌存活於土壤或有機殘體中之主要構造。有性世代於自然界不易產生。擔孢子梨形或橢圓形，無色、

單胞、平滑。

二、了解白絹病的危害

病菌侵入莖基部及根組織內時，因破壞維管束組織而水份運輸受阻，嚴重時整株腐爛。因其為土壤性病害，不易防治，目前也無免疫品種，因此在農地實務上目前大多用農藥防治。

三、搜尋常見對環境無害的植物保護資材(行政院農委會台南區農業改良場)

(一)亞磷酸配製方法：

- 1.先計算稀釋倍數所需的亞磷酸重量，再秤取等量之亞磷酸及氫氧化鉀或氫氧化鈉或氫氧化鈣。
- 2.先將亞磷酸加入全量之水中，攪拌完全溶解後，再加入氫氧化鉀或氫氧化鈉或氫氧化鈣溶解即配製完成。
- 3.配製完成後立即使用。

(二)使用方法：

- 1.亞磷酸為刺激植物啟動防禦系統，為誘導系統性抗病，故須於病害發生前施用。
- 2.直接噴布於葉面或果實上，稀釋 500 ~ 1,500 倍間，每隔 7 天噴施 1 次，連續噴施 2 ~ 3 次。

實驗一:培養基實驗-多種植物保護資材對香蕉白絹病之防治效果。

一、步驟：

(一)使用馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基(以下簡稱 PDA)配製之不同培養基處理。

組別	配製材料及其重量
試驗 1	3.9 g (PDA) + 0.14 g (H_3PO_3) + 0.15 g (NaOH)

試驗 2	3.9 g (PDA) + 0.14 g (H_3PO_3) + 0.15 g { $Ca(OH)_2$ }
試驗 3	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($NaHCO_3$)
試驗 4	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($KHCO_3$)
試驗 5	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($CaCl_2$)
對照 1	3.9 g (PDA)

以上 6 組皆加入 100g 水混合。

(二)混合後，放入殺菌釜以 (120°C、1.2 atm) 殺菌 25 分鐘，並靜待冷卻 95 分鐘。

(三)取出乾淨培養皿，並在無菌操作台上標示其編號，每組 6 重覆。

(四)將液態培養基平均倒入 6 個培養皿中，並待其冷凝成固態。

(五)將白絹病菌絲塊接種製凝結的(PDA)培養基上。

(六)培養 2 天後測量菌絲生長長度。

(七)觀察拍照並做實驗圖表。

二、接種流程如下:

(一)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。

(二)消毒解剖刀，並靜置冷卻。

(三)使用刀尖挑出已打洞的菌絲塊，並將有菌絲的面貼在已凝固的培養基上，蓋上培養皿即完成接種。

接種流程:	配藥 1	
配藥 2	凝固	

接種 1		接種 2	
固定		裝袋	

實驗二:香蕉幼苗實驗-探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉溶液對香蕉白絹病之防治效果。

一、步驟：

	施 藥 1 次	施 藥 2 次	不 施 藥
亞磷酸加氫氧化鈉	試驗 1	試驗 2	對照組 1

(一)將 0.3 g 亞磷酸與 0.28 g 氫氧化鈉溶於 200 g 水中，調配成中性溶液。

(二)將 12 株香蕉幼苗植株分為 2 組試驗組與 1 組對照組，每組 4 重覆。

試驗 1：施藥 1 次，施用亞磷酸+氫氧化鈉溶液，每株香蕉固定以 18 ml 之亞磷酸+氫氧化鈉溶液均勻噴灑於植株上，10 天後接種白絹病菌絲塊，接種 5 天後拆袋。

試驗 2：施藥 2 次，施用亞磷酸+氫氧化鈉溶液，第一次施藥後間隔 7 天，再施藥一次，每次施藥劑量與實驗 1 相同，施藥 2 次後隔 3 天與實驗 1 同一時間接種白絹病菌絲塊，接種 5 天後拆袋。

對照組 1：噴水，10 天後接種白絹病菌絲塊，接種 5 天後拆袋。

(三)接種後每日觀察記錄植株生長狀況並拍照。

二、接種流程:

(一)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。

(二)消毒解剖刀，並靜置冷卻。

(三)使用刀尖挑出已打洞的菌絲塊，並將有菌絲的面貼在香蕉的莖基部。

(四)使用石蠟膜纏繞並固定菌絲塊。

(五)將香蕉幼苗置入塑膠袋中並澆水至土色轉黑且袋中有積水。

(六)綁住袋口以保濕保溫，放置生物實驗室，之後拆袋取出幼苗，並拆下石蠟膜統一銷毀，即接種完成。

接種流程		消毒	
取菌絲塊 1		取菌絲塊 2	
接種		固定 1	
固定 2		套袋	



實驗三:香蕉幼苗實驗-將不同鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

一、步 驟：

	水	氯化鈣(中性)	亞磷酸+氫氧化鈉	亞磷酸+氫氧化鈣
施藥 2 次	對照 1	對照 2	試驗 1	試驗 2

(一)由實驗二結果得出施藥兩次之亞磷酸+氫氧化鈉溶液防治白絹病效果最佳。網路資料上有加入不同鹼性物質: 氫氧化鈣仍有其防治效果，故設計下列實驗。將 16 株香蕉幼苗植株分為 2 個試驗組以及 2 個對照組共 4 組，每組 4 重覆。

(二)各組實驗處理如下：

試驗 1：如上述實驗二之試驗 2。

試驗 2：施用亞磷酸+氫氧化鈣溶液施藥 2 次，之後接種白絹病菌絲塊。

對照 1：施用水 2 次，之後接種白絹病菌絲塊。

對照 2：氯化鈣水溶液施藥 2 次，之後接種白絹病菌絲塊。(上網查詢後發現鈣離子 (Ca^{2+})對植株健康狀況會造成影響，因此設計(對照組 2)，來比較鈣離子對植株健康狀況的影

響。)

(三)接種後每日觀察記錄植株生長狀況並拍照。

實驗四:香蕉幼苗實驗-比較植物保護資材亞磷酸混合液、碳酸氫鈉與碳酸氫鉀對香蕉白絹病防治效果。

一、步 驟：

	亞磷酸+氫氧化鈣	碳酸氫鈉	碳酸氫鉀	水
施藥 2 次	試驗 1	試驗 2	試驗 3	對照 1

(一)由實驗三結果得出施藥兩次之亞磷酸+氫氧化鈣溶液施用效果最佳，將設計下列實驗。將 16 株香蕉幼苗植株分為 3 個試驗組以及 1 個對照組共 4 組，每組 4 重覆。

(二)各組實驗處理如下：

試驗 1：如上述實驗三之試驗 2。

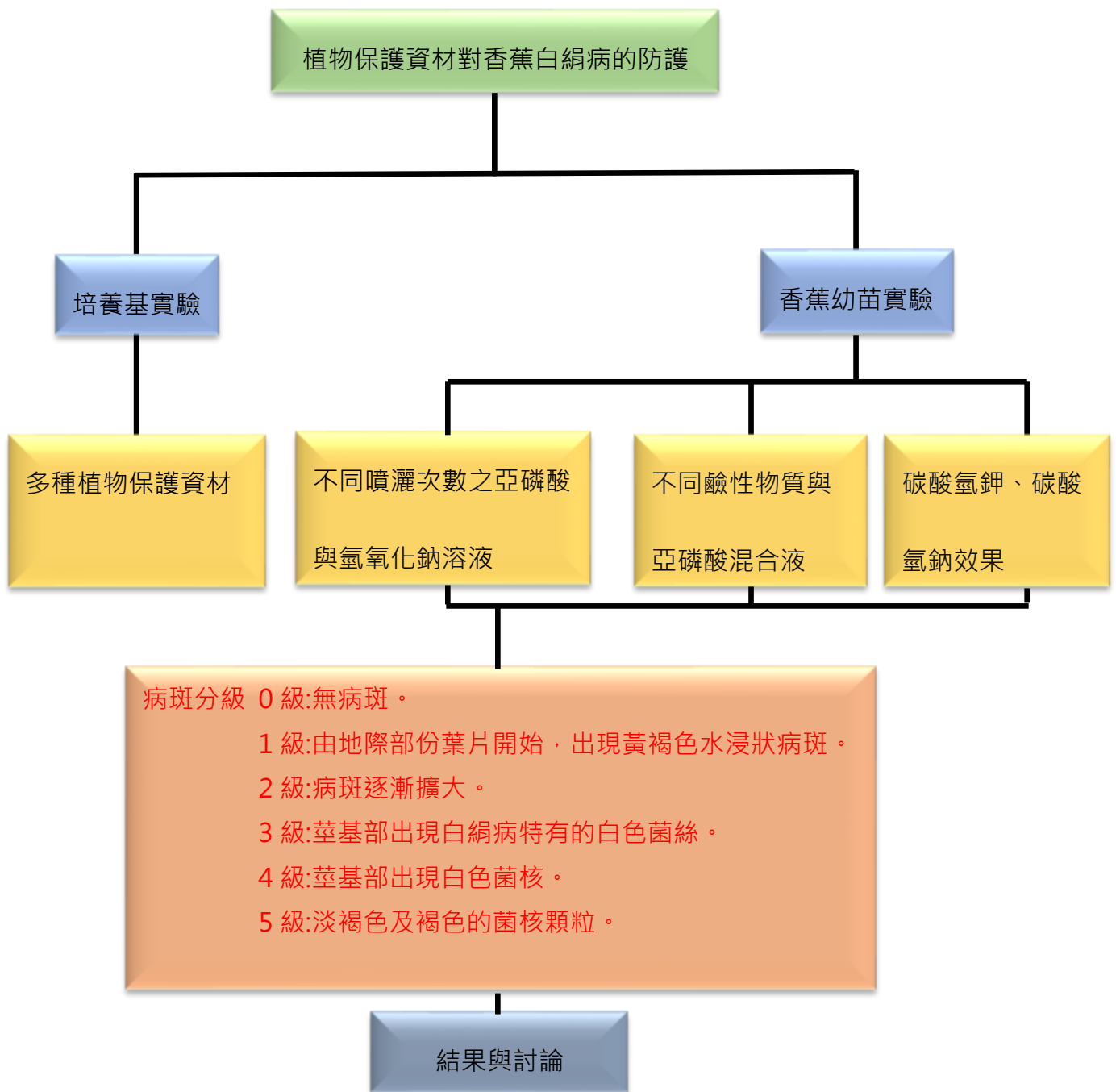
試驗 2：施用碳酸氫鈉稀釋 200 倍 (1 g 碳酸氫鈉加入 200 g 水) 施藥 2 次，10 天後接種白絹病菌絲塊。

試驗 3：施用碳酸氫鉀稀釋 200 倍 (1 g 碳酸氫鉀加入 200 g 水) 施藥 2 次，10 天後接種白絹病菌絲塊。

對照組：施用水 2 次(對照 1)，10 天後接種白絹病菌絲塊。

(三)接種後每日觀察記錄植株生長狀況並拍照。

試驗設計流程圖



伍、研究結果與討論

實驗一：培養皿實驗-藥物對香蕉白絹病之防治效果

推測：上網查詢相關資料後，我們發現亞磷酸 (H_3PO_3) 防治原理是激發植物免疫系統，並不是殺菌，因此亞磷酸 (H_3PO_3) + 氫氧化鈉 (NaOH)、亞磷酸 (H_3PO_3) + 氫氧化鈣 $\{Ca(OH)_2\}$ 培養基並無殺菌效果，因而推測試驗 1、2 抑菌效果不佳。

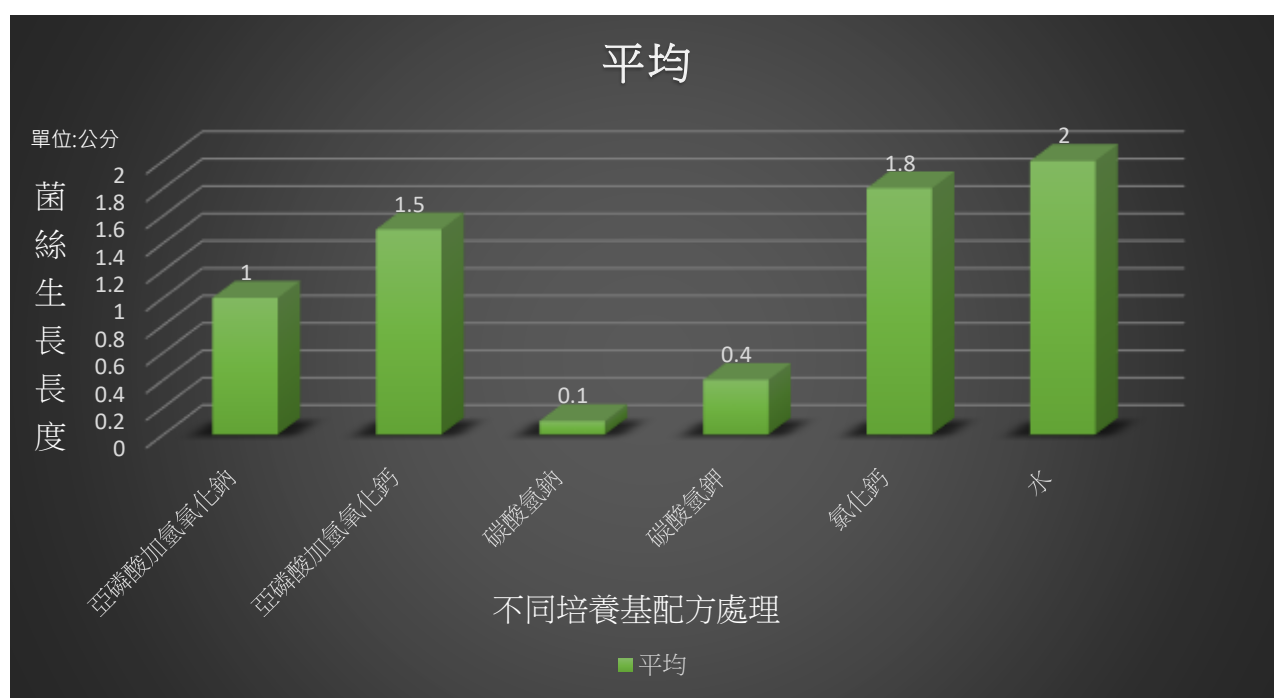


圖 1. 不同植物保護資材之培養基配方對白絹病菌絲之影響

由圖 1 可知，試驗 5 氯化鈣 ($CaCl_2$) 幾乎沒有抑制效果，試驗 1 亞磷酸加氫氧化鈉、試驗 2 亞磷酸加氫氧化鈣略有抑制，而試驗 3 ($NaHCO_3$)、4 ($KHCO_3$) 抑菌效果顯著。將以上數據統計後可知 ($NaHCO_3$) 抑菌效果最佳。前人研究指出重碳酸鹽本身具有抑菌的能力，具有抑制真菌細胞分泌酵素的能力、直接毒害真菌細胞質 (陳任芳【二】)。可能因碳酸氫鉀 ($KHCO_3$)、碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 有消毒殺菌效果，因此白絹病菌絲生長較差。然測量 pH 值後，發現試驗 1、2 為中性偏弱鹼，而試驗 3、4 為鹼性，試驗 5 及對照組則為弱酸性，如表 1，因此無法判斷抑制白絹病菌絲生長的因素是碳酸氫鉀($KHCO_3$)、碳酸氫鈉($NaHCO_3$)本身的消毒殺菌效果，或者是白絹病菌絲無法生長於鹼性環境？此有待後續研究了解。

表 1.各組別培養基的 pH 值

試驗 1	3.9 g (PDA) + 0.14 g (H_3PO_3) + 0.15 g (NaOH) →	pH 值:7.4
試驗 2	3.9 g (PDA) + 0.14 g (H_3PO_3) + 0.15 g { $Ca(OH)_2$ }	→ pH 值:7.2
試驗 3	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($NaHCO_3$) →	pH 值:10.8
試驗 4	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($KHCO_3$) →	pH 值:11.6
試驗 5	3.9 g (PDA) + 0.5 g ($CaCl_2$) →	pH 值:6.9
對照 1	3.9 g (PDA) →	pH 值:6.2



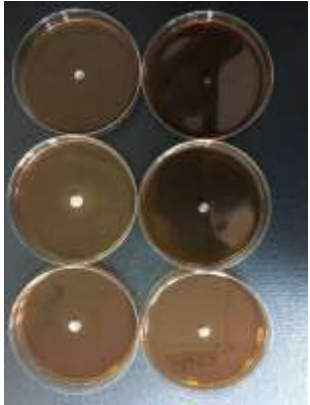
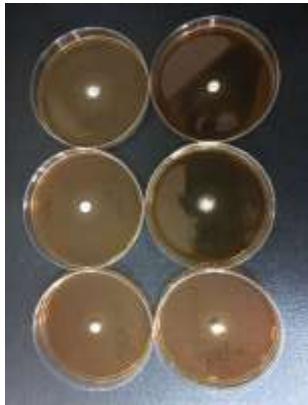
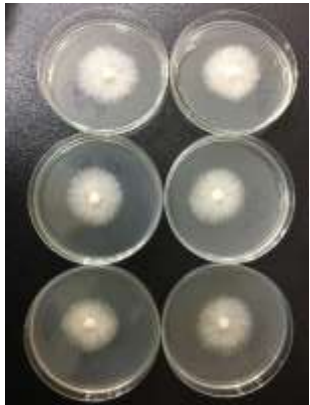

試驗 2 天			
	亞磷酸加氫氧化鈉 圖 2	亞磷酸加氫氧化鈣 圖 3	碳酸氫鈉 圖 4
試驗 2 天			
	碳酸氫鉀 圖 5	氯化鈣 圖 6	水 圖 7

圖 2—圖 7. 白絹病菌絲塊接種在不同培養基配方之情形

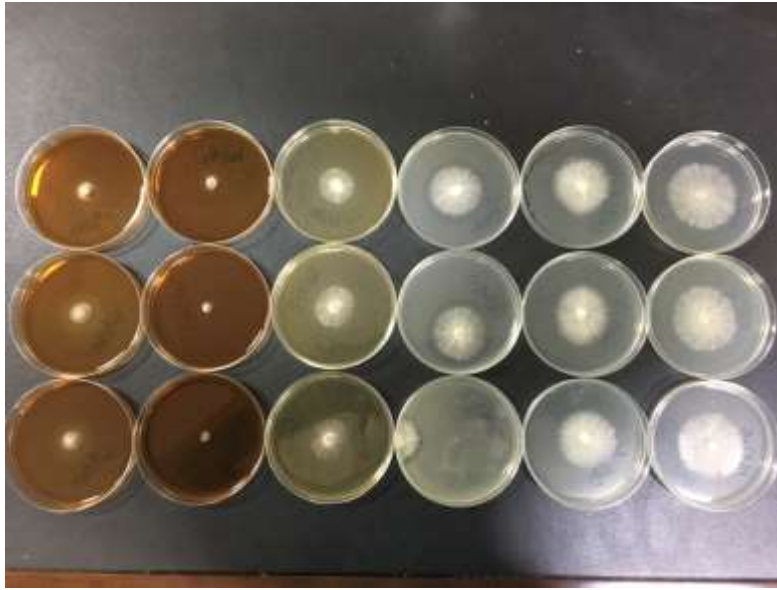


圖 8 .由左而右分別是-碳酸氫鈉、碳酸氫鉀、亞磷酸加氫氧化鈉、亞磷酸加氫氧化鈣、氯化鈣、水，各 3 重複與白絹病菌絲之生長狀況

上述實驗是在實驗室的培養皿中進行，能初步了解白絹病對這些植物保護資材的反應，但仍無法真實顯示在植株活體上的表現。其防護結果是否與在培養皿中一致，故設計下列實驗。

實驗二:香蕉幼苗實驗-探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉溶液對香蕉白絹病之防治效果。

推測：根據網路資料推測，試驗 2 防治效果應較試驗 1 佳，因為試驗 1 施藥時與最後一次噴藥已相隔 10 日，藥效略有減弱，而試驗 2 施藥時與最後一次噴藥才相隔 3 日，因此推測試驗 2 防治效果應較試驗 1 佳。

	第 0 天	第 7 天
施藥 1 次		
施藥 2 次		
不施藥		

圖 9. 施用亞磷酸加氫氧化鈉的次數的不同對香蕉白絹病的防治效果(第 0 天和第 7 天)

	第 11 天	第 15 天
施藥 1 次		
施藥 2 次		
不施藥		

圖 10. 施用亞磷酸加氫氧化鈉次數的不同對香蕉白絹病防治效果(第 11 天和第 15 天)

發病程度(級)	
0 級:無病斑。	




<p>1 級:由地際部份葉片開始出現黃褐色水浸狀病斑。</p>	
<p>2 級:病斑逐漸擴大。</p>	
<p>3 級:莖基部出現白絹病特有白色菌絲。</p>	
<p>4 級:莖基部出現白色菌核。</p>	
<p>5 級:出現褐色及淡褐色菌核類，植株死亡。</p>	

圖 11. 白絹病發病程度分級 (劉帽恩、吳龍溪【五】)

因為白絹病接種後要 7 天才會發病，因此本科展設計從第 7 天開始觀察，之後每 4 天觀察一次。15 天時病徵大致已經出來，觀察下去價值不高，因此本科展只觀察到 15 天。由圖 9 可知第 7 天時施藥 1 次、施藥 2 次、不施藥都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 10 中第 11 天時病斑皆有明顯擴散現象 (第 2 級)，第 15 天時對照組已有白色菌核出現 (第 4 級)，但其他兩組只有菌絲 (第 3 級)，藉此證明兩組實驗組確實有防治作用。

表 2. 亞磷酸加氫氧化鈉以不同的次數施藥後香蕉白絹病的發病級數表現

接種 5 日	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 15 天	
	施藥 1 次 (4 重複)	0	0	0	1	1	2	2
	0	0	2	1	3	2	3	3
施藥 2 次 (4 重複)	0	0	0	2	1	2	2	2
	0	0	1	0	2	1	3	3
不施藥 (4 重複)	0	0	2	2	3	3	4	3
	0	0	2	1	2	2	3	3

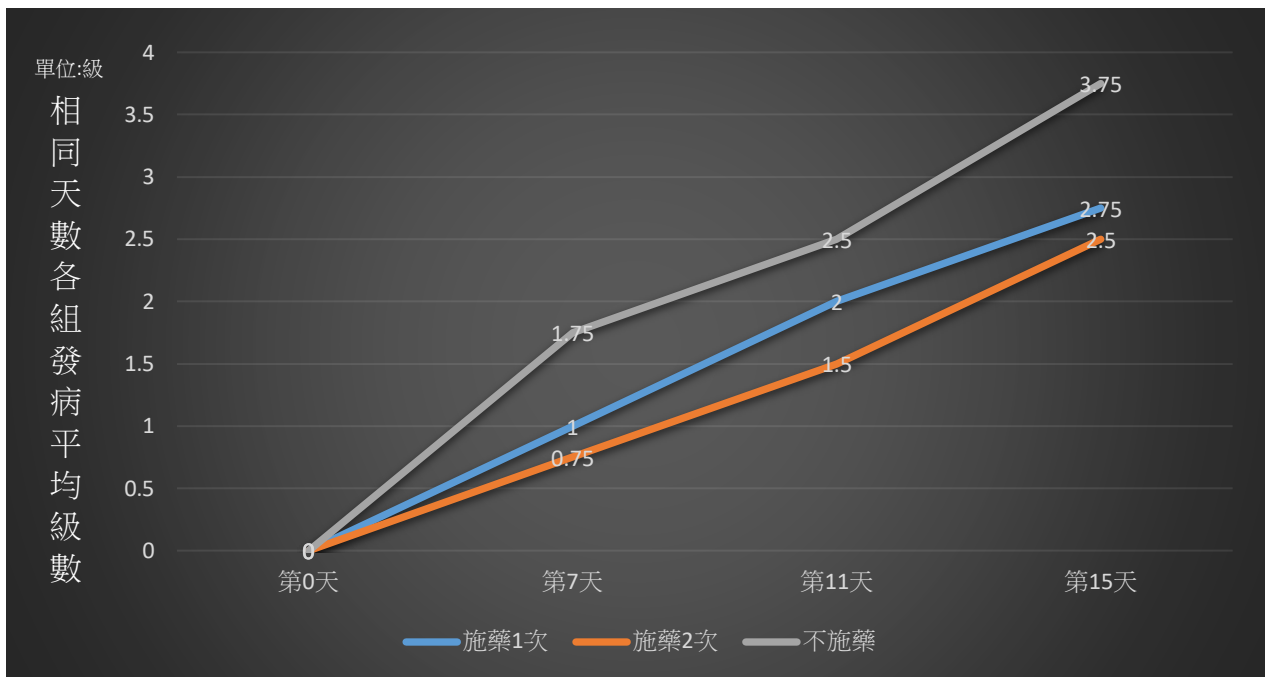


圖 12. 亞磷酸加氫氧化鈉以不同的次數施藥後對香蕉白絹病發病級數的影響

在接種後第 7 天時，施藥 1 次處理已 3 盆發病；施藥 2 次處理則 2 盆發病，第 11 天時就全部發病了。由此可見，亞磷酸加入氫氧化鈉中和後確實對香蕉白絹病有防治效果。此藥劑並無法完全杜絕或消滅病原菌，僅能降低染病機率與發病程度。

前人研究指出亞磷酸施用後，可被植物葉片、根系吸收，運送至體內，啟動防禦系統，使植物產生抗病能力抗抵入侵之病原菌。當病原菌入侵時，病原菌可被亞磷酸鹽侵襲，使病原菌部份被控制非農藥防治資材-亞磷酸之防病機制及應用，此時病原菌亦被植物細胞所辨識，而使亞磷酸鹽啟動防禦系統產生植物抗禦素及 PR 蛋白質，直接攻擊病原菌，並會發出警訊呼籲其他尚未受侵襲的細胞啟動防禦系統，繼而使多醣類增加額外的蛋白質以加強細胞壁。但又因防治原理是激發植物免疫系統，而不是殺菌，因此藥劑並無法完全杜絕或消滅病原菌，僅能降低染病機率與發病程度 (陳任芳【二】)。

統計實驗數據後，發現施藥 1 次、施藥 2 次防治效果相近，但化為圖表後施藥 2 次效果略佳，又兩組效果都較對照組好，因此得出亞磷酸加入氫氧化鈉對香蕉白絹病有防治效果。

實驗三:香蕉幼苗實驗-將鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

推測：因未進行實驗比較氫氧化鈉以及氫氧化鈣，故無法先行推測。









	第0天	第7天
亞磷酸加氫氧化鈉		
亞磷酸加氫氧化鈣		
水		
氯化鈣		

圖 13. 亞磷酸加入不同的鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果 (第0天和第7天)



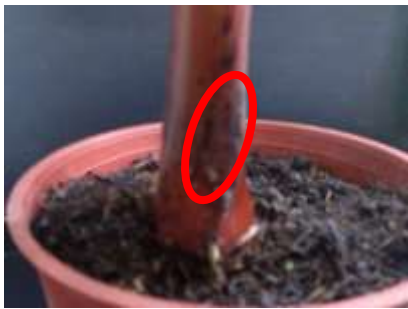

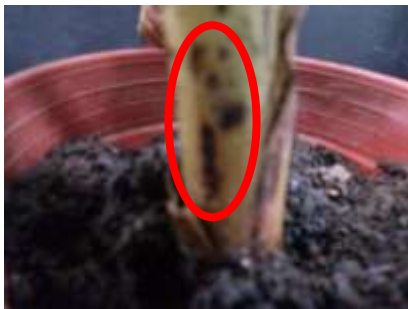



	第 11 天	第 15 天
亞磷酸加氫氧化鈉		
亞磷酸加氫氧化鈣		
水		
氯化鈣		

圖 14. 亞磷酸加入不同的鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果(第 11 天和第 15 天)

由圖 13 可知第 7 天時亞磷酸加入鹼性物質氫氧化鈉、氫氧化鈣以及兩組對照組都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 14 中第 11 天時兩組對照組病斑有明顯擴散現象 (第 2 級)，氫氧化鈉、氫氧化鈣則有抑制 (第 1 級)，第 15 天時兩組對照組已有白色菌核出現 (第 4 級)，氫氧

化鈉有菌絲 (第 3 級)，氫氧化鈣則只有點狀病斑 (第 1 級)，藉此證明氫氧化鈣防治效果最好。

表 3. 亞磷酸加入不同的鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)施藥後香蕉白絹病的發病級數表現

接種 2 日	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 15 天	
亞磷酸加氫氧化鈉 (4 重複)	0	0	0	1	1	2	2	3
	0	0	1	0	2	0	2	1
亞磷酸加氫氧化鈣 (4 重複)	0	0	0	1	0	2	1	2
	0	0	0	0	0	1	0	2
水 (4 重複)	0	0	1	2	2	3	4	3
	0	0	1	1	1	2	5 死亡	2
氯化鈣 (4 重複)	0	0	0	1	1	2	2	2
	0	0	2	1	3	2	4	3

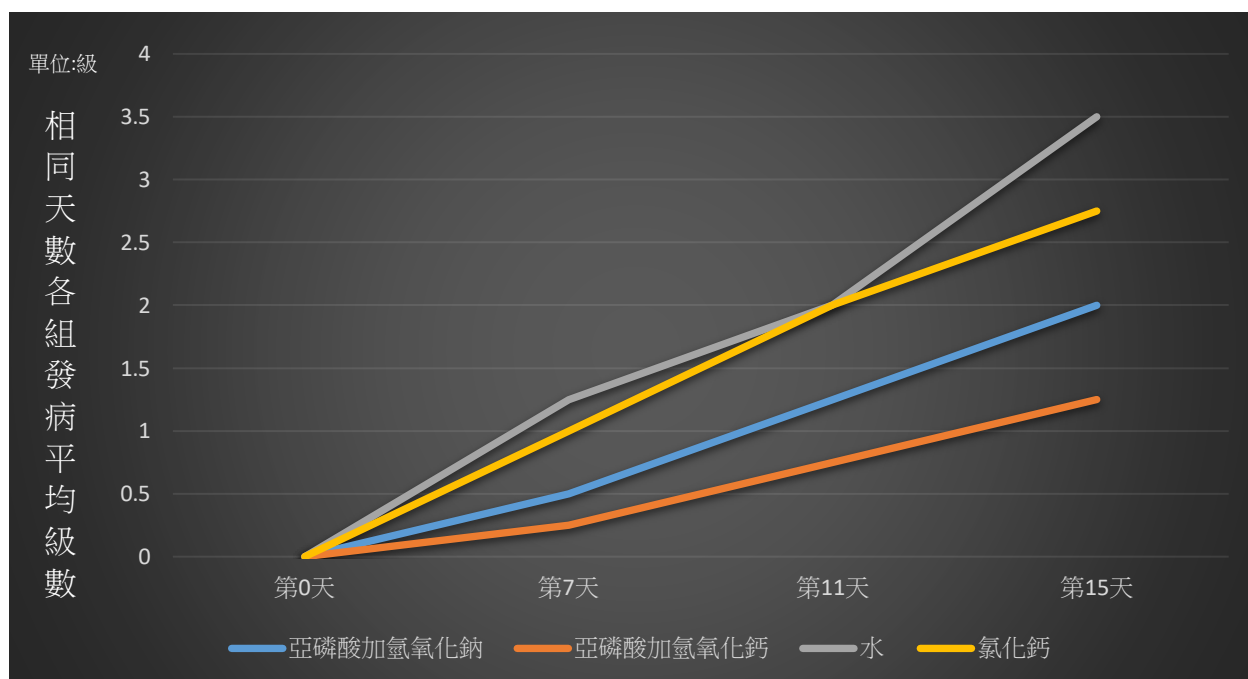


圖 15. 亞磷酸加入不同的鹼性物質(氫氧化鈉、氫氧化鈣)施藥後對香蕉白絹病發病級數的影響

在接種後第 7 天時，水、氯化鈣各有 3 組發病，亞磷酸加氫氧化鈉 2 組發病，亞磷酸加氫氧化鈣 1 組發病。第 11 天時，水、氯化鈣已經全部發病共 4 重複，亞磷酸加氫氧化鈉 3 組發病，亞磷酸加氫氧化鈣 2 組發病。第 15 天時，水、氯化鈣，亞磷酸加氫氧化鈉已經全部發病 4 組，亞磷酸加氫氧化鈣一組未發病。由此可知，亞磷酸加氫氧化鈣能降低染病機率與發病程度，並無法完全防治病害。

分析數據與圖表後，可以發現亞磷酸加氫氧化鈣的防治效果佳，大致上將植物的發病程度控制在 1、2 級之內。發現亞磷酸加氫氧化鈉則次之，加氯化鈣、水防治效果最差。

實驗四:香蕉幼苗實驗-比較植物保護資材碳酸氫鉀、碳酸氫鈉與亞磷酸混合液對香蕉白絹病防治效果。

推測: 因未進行實驗比較，故無法先行推測。









	第 0 天	第 7 天
亞磷酸加氫氧化鈣		
碳酸氫鈉		
碳酸氫鉀		
水		

圖 16. 不同植物保護資材施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果(第 0 天和第 7 天)









	第 11 天	第 15 天
亞磷酸加氫氧化鈣		
碳酸氫鈉		
碳酸氫鉀		
水		

圖 17. 不同植物保護資材施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果(第 11 天和第 15 天)

由圖 16 可知第 7 天時只有亞磷酸加入氫氧化鈣未出現病斑，對照組和碳酸氫鉀、碳酸氫鈉都有黑色點狀病斑（第 1 級）。圖 17 中第 11 天時對照組病斑有明顯擴散現象（第 2 級），亞磷酸加入氫氧化鈣仍未出現病斑，而碳酸氫鉀、碳酸氫鈉有些微擴散現象（第 1 級）。第 15 天時對照組已有白色菌絲的發病程度（第 3 級），氫氧化鈣仍未發病，而碳酸氫鉀、碳酸氫鈉有病斑擴散（第 2 級），證明亞磷酸加氫氧化鈣防治效果最好，此結果與前人研究指出亞

磷酸可以降低染病機率與發病程度的結果相符合 (蔡正宏、郭建志、陳葦玲、廖君達【四】)。

表 4. 不同植物保護資材施用後香蕉白絹病的發病級數表現

接種 2 日	第 0 天		第 7 天		第 11 天		第 15 天	
亞磷酸加氫氧化鈣 (4 重複)	0	0	0	1	0	2	1	3
	0	0	1	0	2	0	2	0
碳酸氫鈉 (4 重複)	0	0	0	1	0	3	1	3
	0	0	1	1	1	2	2	3
碳酸氫鉀 (4 重複)	0	0	0	1	0	2	0	2
	0	0	0	1	1	2	3	3
水 (4 重複)	0	0	1	1	1	2	5 死亡	2
	0	0	2	1	3	2	4	3

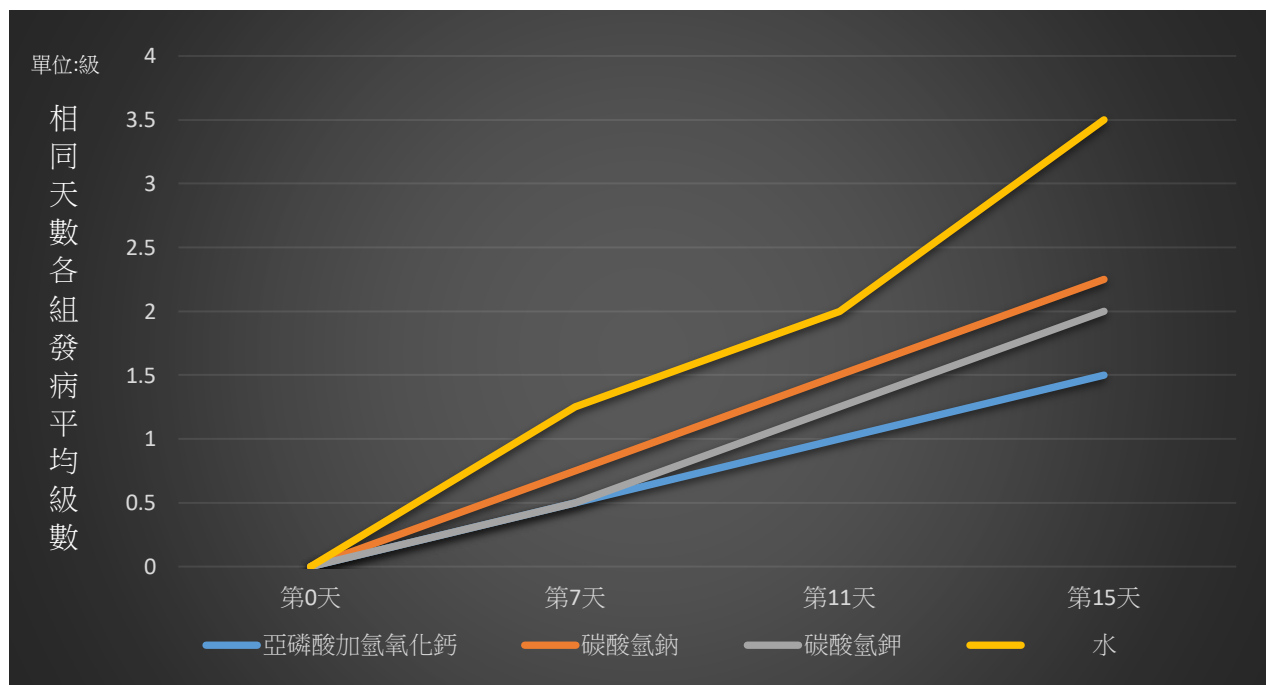


圖 18. 不同植物保護資材施用後對香蕉白絹病發病級數的影響

在接種後 7 天時，對照組水處理已經全部發病，碳酸氫鈉 3 組發病，亞磷酸加氫氧化鈣、碳酸氫鉀皆為 2 組發病。第 11 天時，碳酸氫鈉、碳酸氫鉀皆 3 組發病，亞磷酸加氫氧化鈣仍維持兩組發病。第 15 天時，碳酸氫鈉已經 4 組全部發病，亞磷酸加氫氧化鈣、碳酸氫鉀 1 組未發病。由此可知，亞磷酸加氫氧化鈣、碳酸氫鉀能降低染病機率與發病程度。

分析數據與圖表後，得知亞磷酸加氫氧化鈣的防治效果還是略優於碳酸氫鉀，但兩者差異不大。碳酸氫鈉防治效果較前兩者差。此結果與實驗一正好相反。

陸、結果與討論

一、根據實驗結果討論，我們提出下列的幾個觀點：

- (一)實驗一：亞磷酸 (H_3PO_3) 於培養皿實驗中抑菌效果不如理想。
- (二)實驗一：碳酸氫鉀 ($KHCO_3$)、碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 有抑菌效果。以碳酸氫鈉最佳。
- (三)實驗二：香蕉活體實驗中，亞磷酸加入氫氧化鈉防治效果。施藥 2 次較 1 次佳。
- (四)實驗三、四：亞磷酸加鹼性物質防治效果優於碳酸鹽類。

二、推論：藉由激發植物免疫系統對抗病原菌的亞磷酸加氫氧化鈣防治效果最佳。

三、針對這次的實驗，我們有以下不同的分享與未來研究方向：

- (一)在農地實務上，防治效果會比我們的香蕉幼苗實驗高出許多，因為
 - 1.自然的田間管理不會讓菌絲塊直接與香蕉莖基部接觸。
 - 2.自然的田間管理不會套袋加水密封，藉此提高溼度和溫度增加發病機率。
 - 3.自然的田間管理會持續施用藥物(實驗中只施用了兩次)，如果要提升防治機率，可以規劃接種後持續施用植物保護資材數週。

雖然這些藥物病無法完全杜絕白絹病，而防治效果受自然因素影響，如：施藥完是否下雨、植株自身免疫力、植株上是否有傷口.....，但施用的植物保護資材皆能有效控制住白絹病的發病程度，使其維持在相對於對照組低的病班級數(氯化鈣除外)，皆對病原菌有的抑制效果。

未來我們將更致力於研究其他有益於環境與人類生活的方式，並將本實驗的結果應用在幫助蕉農防治白絹病並逐步代替對環境、人體有害的農藥，達到經濟價值和友善環境的雙重效果。在此感謝所有支持我們的老師、同學與家人，讓我們能在國中二年級時順利完成科展，要感謝的人太多，不如就謝天吧!

柒、參考資料及其他

- 一、林俊義、劉興隆。1990。要種苗真菌病害診斷及防治 臺中區農業改良場 第 26 期
- 二、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.
- 三、黃秀華。1990。生物技術在植物病害生物防治之應用 臺中區農業改良場 第 26 期
- 四、蔡正宏、郭建志、陳葦玲、廖君達。2016。估非農業資材防治茭白銹病與胡麻葉枯病之效果 臺中區農業改良場研究彙報 119:77-87 (2013) 77 評
- 五、劉崑恩、吳龍溪。1972。科學農業 20：213-229, 313-338。
- 六、劉崑恩。2001。植物保護圖鑑系列 6

致謝

國立嘉義大學植物醫學系**黃教授**提供 PDA 培養基、無菌操作台白絹病孢子……更感謝教授提供實驗室並協助指導本科展的實驗。

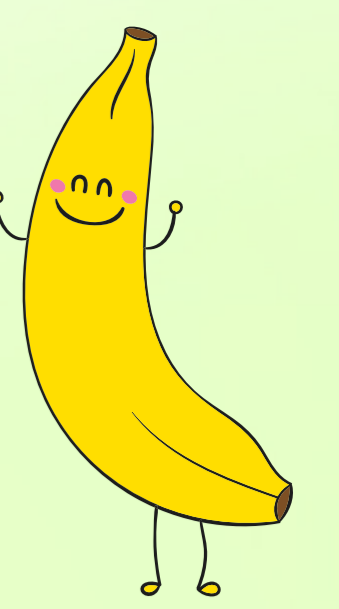
【評語】 030311

1. 此研究針對香蕉疫病的白絹病進行植物保護劑研究，使用無毒性物質如氫氧化鈣、氫氧化鈉、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉、亞磷酸等相關鹼性液體處理幼苗後對白絹病致病真菌的影響。實驗結果顯示亞磷酸加氫氧化鈣對白絹病的抑制效果最佳。
2. 實驗設計邏輯清晰，對於有機栽種的方式具有應用潛力。可進一步做小規模田野測試，若在栽植之初就加以施用，預防性施用，是否就能有更好防護力？或是合併其他非農藥的防護資材？值得進一步測試與記錄。
3. 研究作品的題目名稱相當有趣，容易吸引讀者目光。研究作品的內容具鄉土教材性及實用價值。
4. 此研究有農業上具有應用性，惟植物保護劑的發展與使用流程，應可再進一步實驗設計以期趨完善。且此研究試驗設計部分，單一處理四單株方式，需要斟酌增加樣本數目以期更具有統計學上意義。試驗設計部分，同時可以區分為接種前處理鹼性溶液與接種後鹼性溶液處理，可以增加試驗面相。

摘要

本實驗比較亞磷酸加鹼性物質：氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀與碳酸氫鈉、碳酸氫鉀、氯化鈣等對環境無害的植物保護資材，對香蕉白絹病之防治效果，並將上述資材調配成不同培養基，調查白絹病之生長狀況，同時也接種於香蕉幼苗活體上觀察其防治能力。

在培養基實驗中，**碳酸氫鈉、碳酸氫鉀對白絹病的抑制效果最佳**。氯化鈣幾乎沒有抑制效果。於香蕉幼苗植株測試結果，亞磷酸加氫氧化鈉**施藥兩次對植物保護效果較一次佳**。亞磷酸加氫氧化鈣對白絹病的抑制效果更優於亞磷酸加氫氧化鈉、氫氧化鉀、碳酸氫鉀。碳酸氫鈉病斑程度最嚴重，僅優於噴水之對照組，以及施用氯化鈣之組別。發現**激發植物免疫系統的亞磷酸 (H_3PO_3) 防治優於殺菌效果的碳酸鹽類**。



壹、研究動機

白絹病現有防治方法大多採農藥防治，不但對環境有害，也傷害人體，植物保護資材可預防病原體入侵，而且是有機農業允許之用藥方式。因前人研究指出**亞磷酸主要用於防治卵菌綱生物**，因此本科展探討其對擔子菌綱菌種 - 白絹病有沒有防治效果。

國內目前對其研究較少，雖不是香蕉主要病害，但也有相關紀錄，因其宿主大多為雙子葉植物，如：豆科、茄科、以及部分十字花科植物。在搜尋資料時，有一篇**美國夏威夷大學馬諾阿校區的研究報告**指出：台灣常見經濟作物 - 香蕉，也在宿主之列。

又因香蕉為台灣常見經濟作物，因此我們想探討有機用藥—亞磷酸及其他植物保護資材對香蕉白絹病的防治效果，並將本實驗的結果應用在幫助農防治白絹病，並逐步代替對環境、人體有害的農藥，達到經濟價值和友善環境的雙重效果。

貳、研究目的

- 一、培養皿實驗 - 多種植物保護資材對香蕉白絹病之防治效果。
- 二、香蕉幼苗實驗 - 探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉混合溶液對香蕉白絹病之防治效果。
- 三、(一) 香蕉幼苗實驗 - 將不同鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。
(二) 香蕉幼苗實驗 - 將不同鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。
- 四、香蕉幼苗實驗 - 將不同的植物保護資材：碳酸氫鉀、碳酸氫鈉與亞磷酸混合液對香蕉白絹病防治效果做比較。

參、研究設備及器材

實驗器材：請參閱報告書

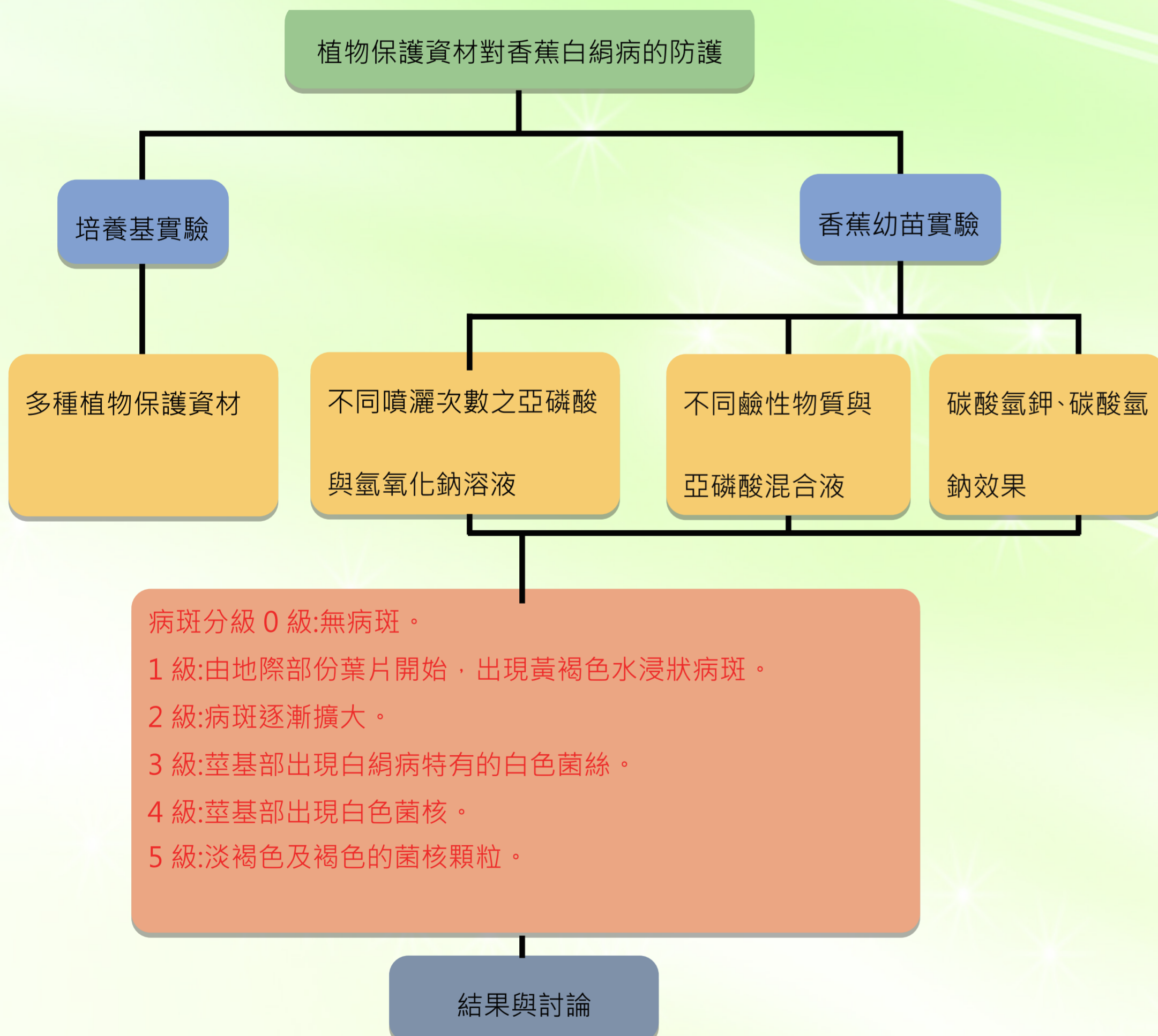
肆、研究過程或方法

前置作業



- 一、認識白絹病的生物學知識
- 二、了解白絹病的危害
- 三、搜尋常見對環境無害的植物保護資材 (行政院農委會台南區農業改良場)

試驗設計流程圖



實驗一：培養基實驗 - 多種植物保護資材對香蕉白絹病之防治效果。

一、介紹：
設計以植物保護資材混入培養基後，觀察白絹病菌絲在培養基上的生長狀況。

二、步驟：
使用馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (以下簡稱 PDA) 配製之不同培養基處理。

組別	配製材料及其重量	pH 值
試驗 1	3.9 g (PDA)+0.14 g (H_3PO_3)+0.15 g (NaOH)	6.0
試驗 2	3.9 g (PDA)+0.14 g (H_3PO_3)+0.15 g { $Ca(OH)_2$ }	5.4
試驗 3	3.9 g (PDA)+0.5 g ($NaHCO_3$)	7.6
試驗 4	3.9 g (PDA)+0.5 g ($KHCO_3$)	7.5
試驗 5	3.9 g (PDA)+0.5 g ($CaCl_2$)	7.1
對照 1	3.9 g (PDA)	5.7

三、接種流程如下：

接種流程：	配藥 1	配藥 2	接種 1	接種 2	固定	裝袋

實驗二：香蕉幼苗實驗 - 探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉溶液對香蕉白絹病之防治效果。

一、介紹：
經過培養皿實驗後，分析出白絹病菌絲生長之所以被抑制是因植物保護資材，而非酸鹼值的影響。但這無法反應出其在香蕉幼苗上的防治效果，因此設計實驗二~四作探討。

二、步驟：

	施藥 1 次	施藥 2 次	不施藥
亞磷酸加氫氧化鈉	試驗 1	試驗 2	對照組 1

三、接種流程：

接種流程	消毒	取菌絲塊 1	取菌絲塊 2	接種	固定 1	固定 2	套袋	完成圖

實驗三：(一) 香蕉幼苗實驗 - 將不同鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

一、介紹：
由實驗二結果得出施藥兩次之亞磷酸 + 氫氧化鈉溶液防治效果最佳。文獻中用以 1A 族 - 鹼金屬的氫氧化物中和，因此本實驗想探討 2A 族 - 鹼土金屬的氫氧化物 --- 氫氧化鈣 ($Ca(OH)_2$) 是否也有相同功能。

二、步驟：

	水	氯化鈣 (中性)	亞磷酸 + 氫氧化鈉	亞磷酸 + 氫氧化鈣
施藥 2 次	對照 1	對照 2	試驗 1	試驗 2

實驗三：(二) 香蕉幼苗實驗 - 將不同鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

一、介紹：
前者實驗得出亞磷酸 + 氫氧化鈣 ($Ca(OH)_2$) 防治效果佳。因此我們將其與文獻中最常用以中和亞磷酸的氫氧化鉀 (KOH) 的防治效果做比較。

二、步驟：

	水	亞磷酸 + 氫氧化鉀	亞磷酸 + 氫氧化鈉	亞磷酸 + 氫氧化鈣
施藥 2 次	對照	試驗 1	試驗 2	試驗 3

實驗四：香蕉幼苗實驗 - 比較植物保護資材亞磷酸混合液、碳酸氫鈉與碳酸氫鉀對香蕉白絹病防治效果。

一、介紹：
在實驗三的 2 個子實驗結果，我們得出亞磷酸 + 氫氧化鈣防治效果優於其他三組，因此將其與碳酸氫鈉、碳酸氫鉀在實驗四中做比較。

二、步驟：

	亞磷酸 + 氫氧化鈣	碳酸氫鈉	碳酸氫鉀	水
施藥 2 次	試驗 1	試驗 2	試驗 3	對照 1

伍、研究結果與討論

實驗一：培養皿實驗 - 藥物對香蕉白絹病之防治效果

推測：上網查詢相關資料後，我們發現亞磷酸 (H_3PO_3) 防治原理是激發植物免疫系統，並不是殺菌，因此亞磷酸 (H_3PO_3) + 鹼性物質中和之培養基抑菌效果不佳。

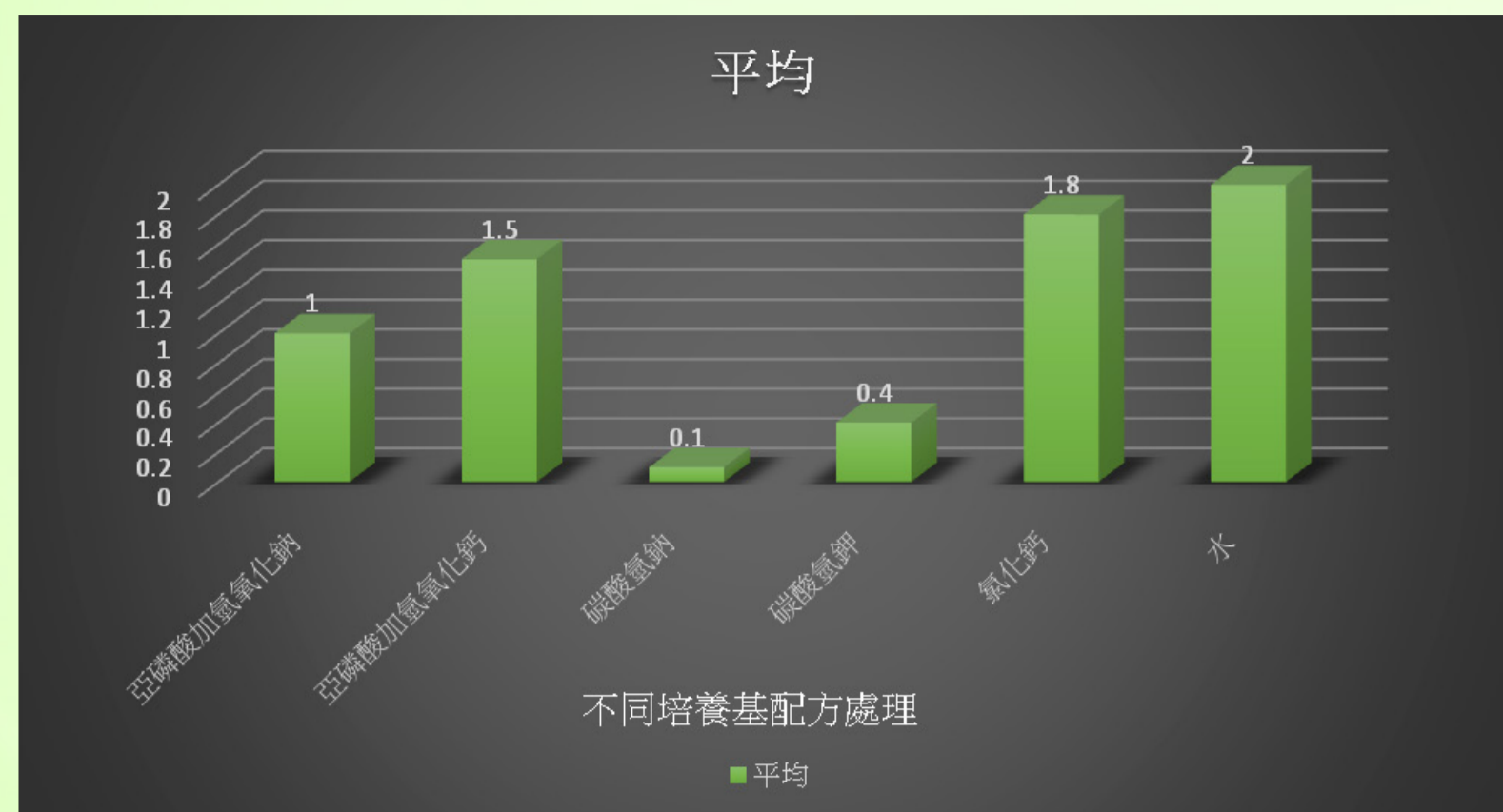


圖 1. 不同植物保護資材之培養基配方對白絹病菌絲之影響

由圖 1 可知，試驗 5 氯化鈣 ($CaCl_2$) 幾乎沒有抑制效果，試驗 1 亞磷酸加氫氧化鈉、試驗 2 亞磷酸加氫氧化鈣略有抑制，而試驗 3 ($NaHCO_3$)、4 ($KHCO_3$) 抑菌效果顯著。前人研究指出**重碳酸鹽本身具有抑菌的能力**，具有抑制真菌細胞分泌酵素的能力、直接毒害真菌細胞質 (陳任芳【二】)。可能因**碳酸氫鉀 ($KHCO_3$)、碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 有消毒殺菌效果**，因此白絹病菌絲生長較差。測量 pH 值後，發現其直接落在**弱酸到弱鹼間**，抑制白絹病菌絲生長並非受**酸鹼值**影響。

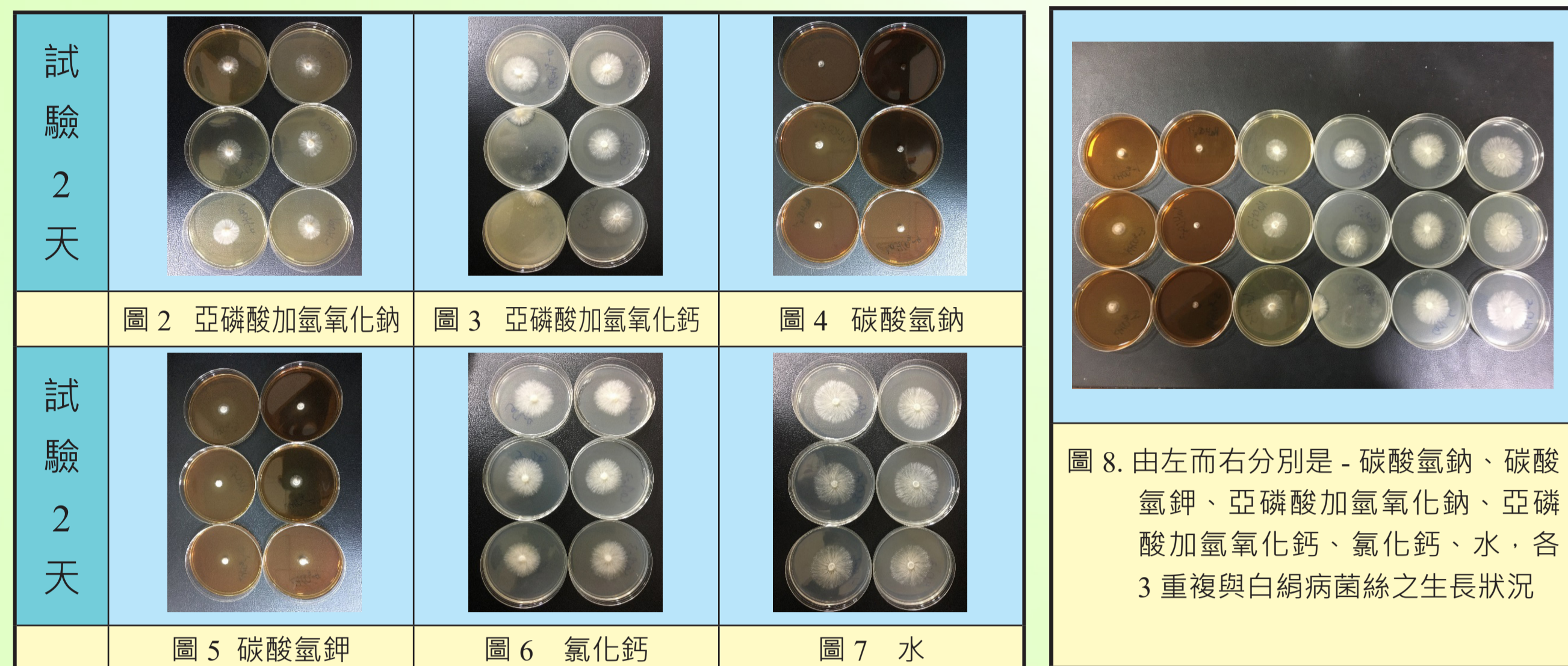


圖 2 ~ 圖 7. 白絹病菌絲塊接種在不同培養基配方之情形

上述實驗是在實驗室的培養皿中進行，能初步了解白絹病對這些植物保護資材的反應，但仍無法**真實顯示在植株活體上的表現**。其防護結果是否與在培養皿中一致，故設計下列實驗。

實驗二：香蕉幼苗實驗 - 探討不同噴灑次數之亞磷酸與氫氧化鈉溶液對香蕉白絹病之防治效果。

推測：根據網路資料推測，試驗 2 防治效果應較試驗 1 佳。因白絹病接種後要 7 天才會發病，因此本科展設計從第 7 天開始觀察，之後每 4 天觀察一次。15 天時病徵大致已經出來，觀察下去價值不高，因此本科展只觀察到 15 天。

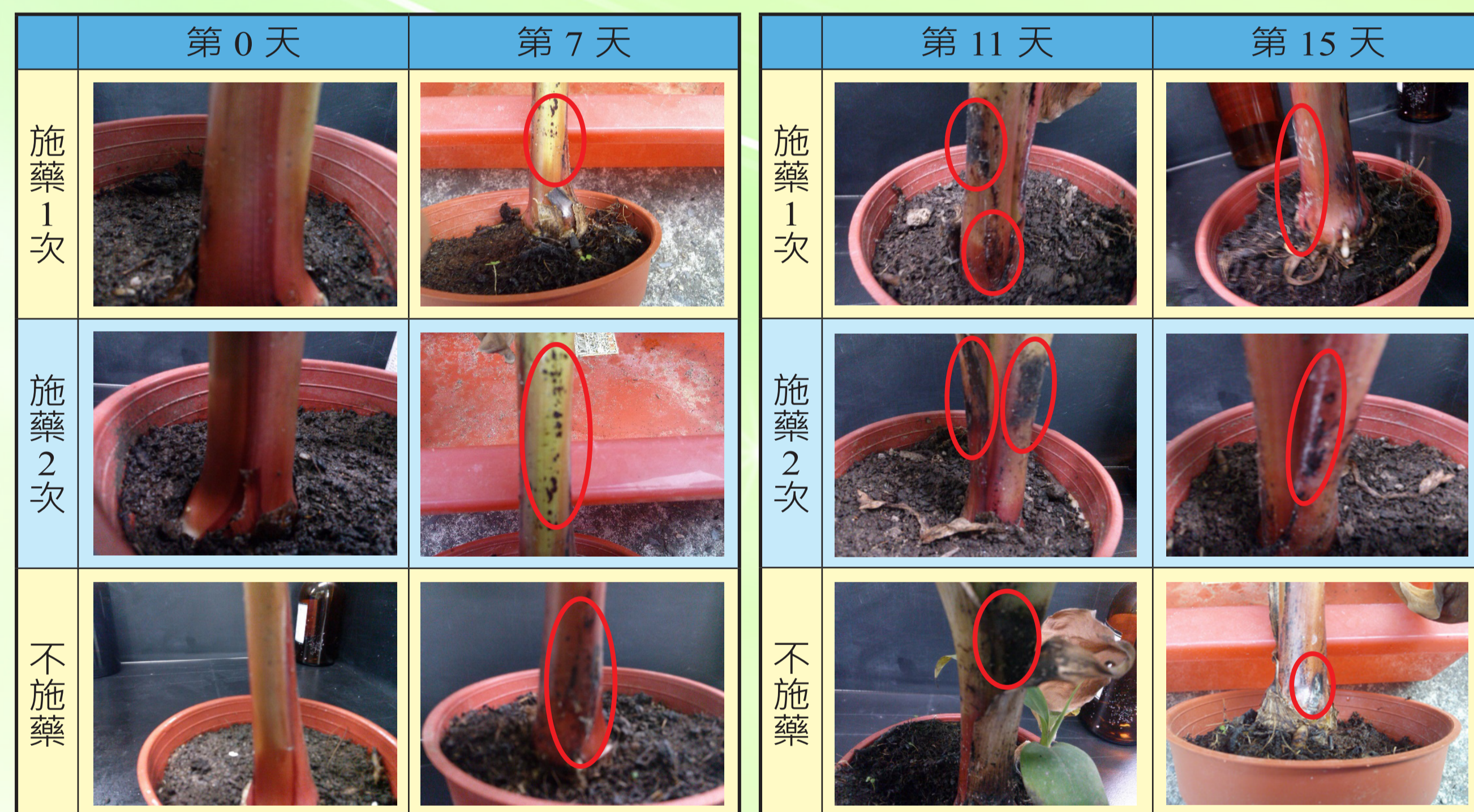


圖 9. 施用亞磷酸加氫氧化鈉的次數的不同對香蕉白絹病的防治效果 (第 0 天和第 7 天)

圖 10. 施用亞磷酸加氫氧化鈉次數的不同對香蕉白絹病防治效果 (第 11 天和第 15 天)

由圖 9 可知第 7 天時施藥 1 次、施藥 2 次、不施藥都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 10 中第 11 天時病斑皆有明顯擴散現象 (第 2 級)，第 15 天時對照組已有白色菌核出現 (第 4 級)，但其他兩組只有菌絲 (第 3 級)，藉此證明**兩組實驗組確實有防治作用**。

發病程度 (級)	照片	描述
0 級：無病斑。		3 級：莖基部出現白絹病特有白色菌絲。
1 級：由地際部份葉片開始出現黃褐色水浸狀病斑。		4 級：莖基部出現白色菌核。
2 級：病斑逐漸擴大。		5 級：出現褐色及淡褐色菌核顆粒，植株死亡。

圖 11. 白絹病發病程度分級 (劉崑恩、吳龍溪【五】)

本分級制度取自於 (劉崑恩、吳龍溪【五】)，因其只分 0、1、3、4、5 及，在判別上誤差值較大，因此我們修改之後決定加入第 2 級：病斑逐漸擴大，以方便界定發病程度。

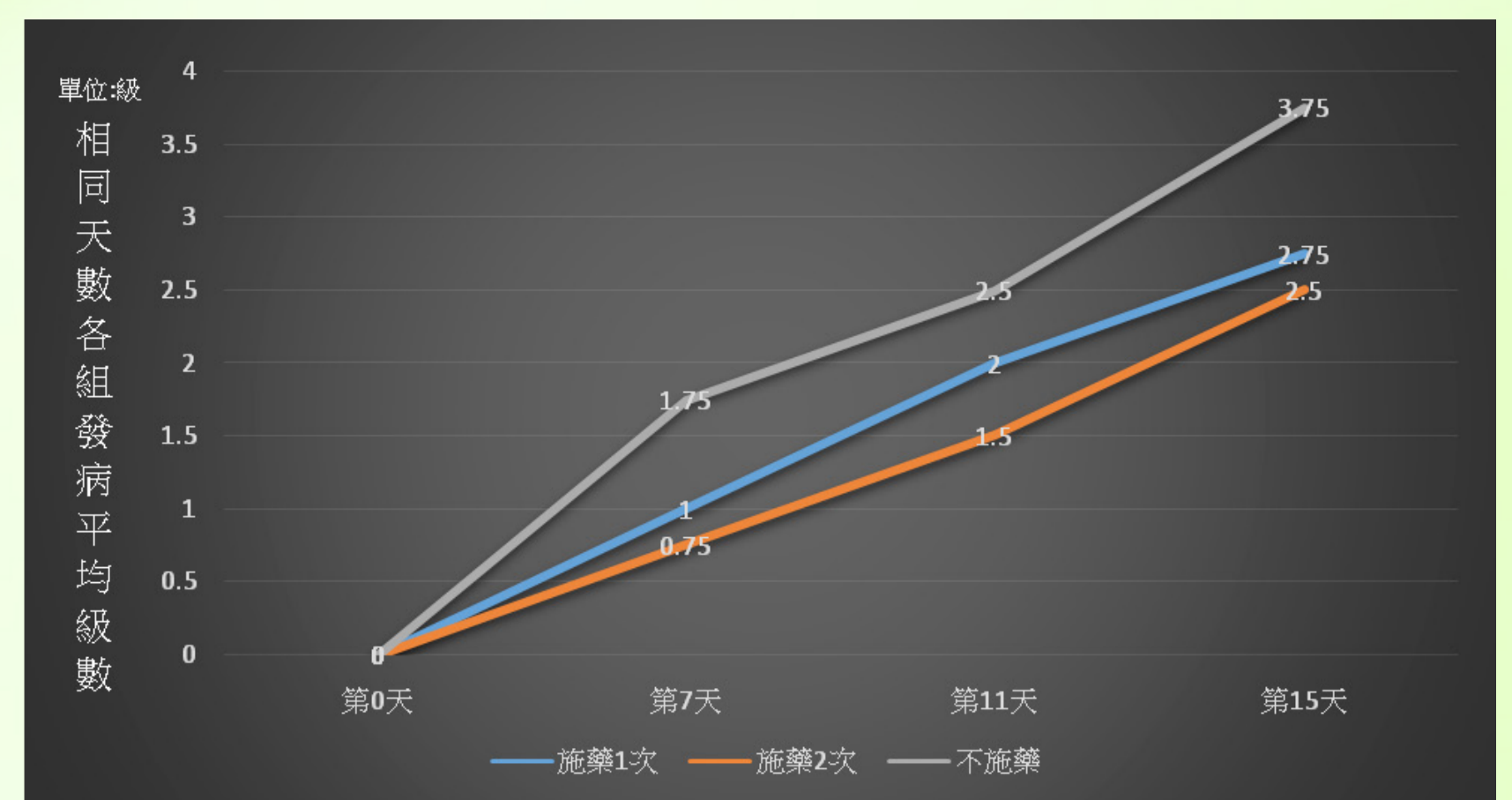


圖 12. 亞磷酸加氫氧化鈉以不同的次數施藥後對香蕉白絹病發病級數的影響

在接種後第 7 天時，施藥 1 次處理已 3 盆發病；施藥 2 次處理則 2 盆發病，第 11 天時就全部發病了。由此可見，**亞磷酸加入氫氧化鈉中和後確實對香蕉白絹病有防治效果**。此藥劑並無法完全杜絕或消滅病原菌，僅能降低染病機率與發病程度。

實驗三：(一) 香蕉幼苗實驗 - 將鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

推測：因未進行實驗比較氫氧化鈉以及氫氧化鈣，故無法先行推測。

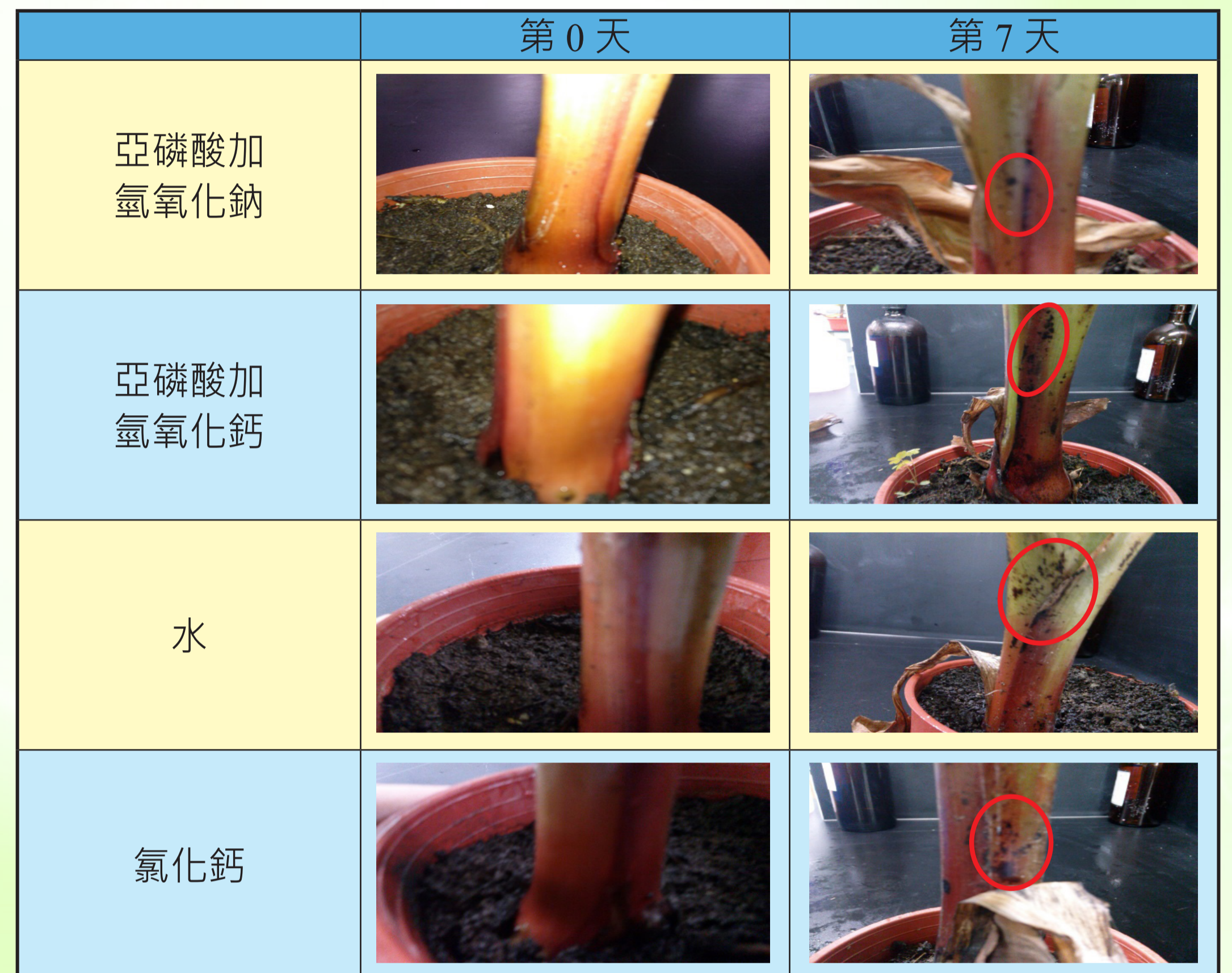


圖 13. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果 (第 0 天和第 7 天)

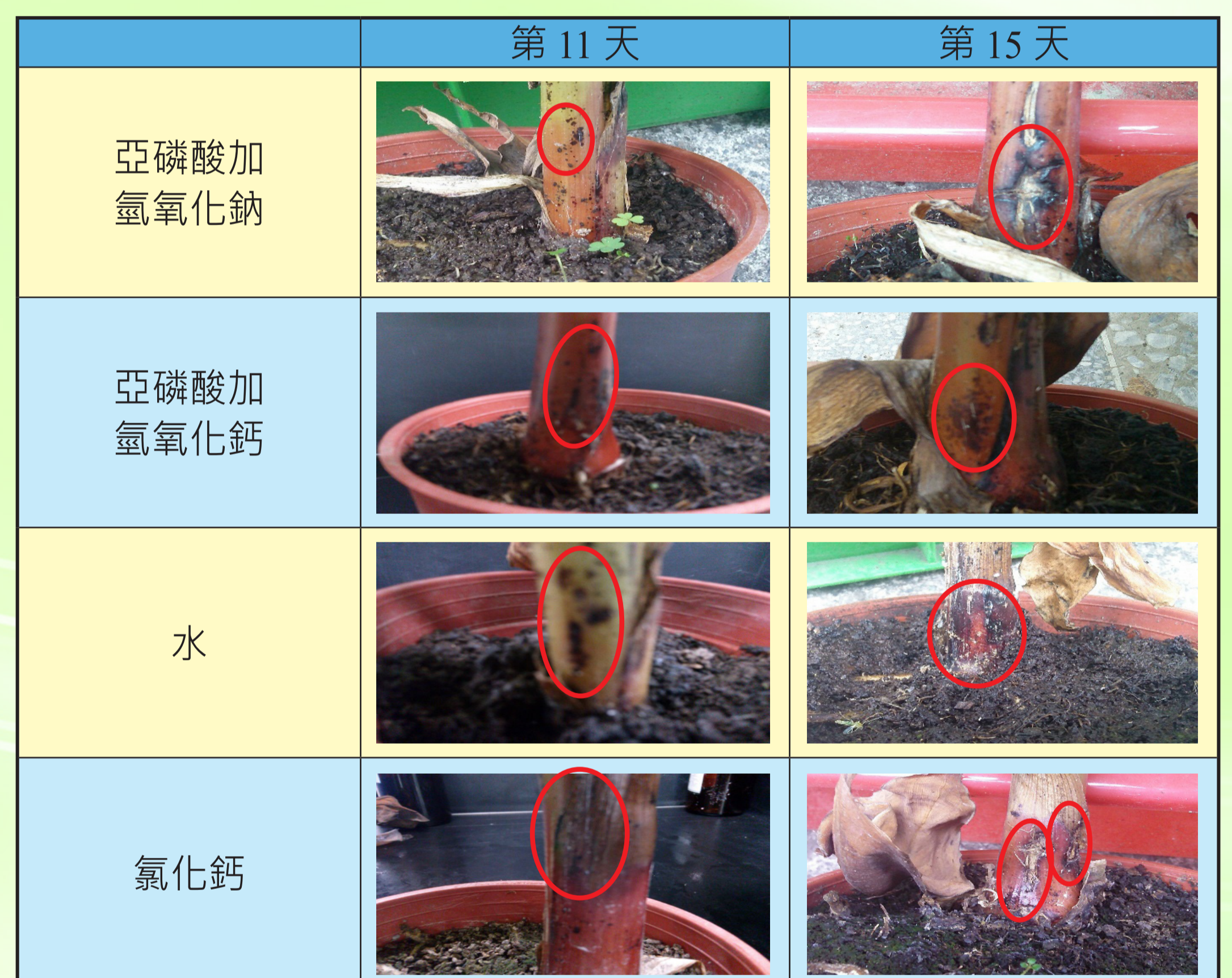


圖 14. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 施用在香蕉幼苗對白絹病的防治效果 (第 11 天和第 15 天)

由圖 13 可知第 7 天時亞磷酸加入鹼性物質氫氧化鈉、氫氧化鈣以及兩組對照組都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 14 中第 11 天時兩組對照組病斑有明顯擴散現象 (第 2 級)，氫氧化鈉、氫氧化鈣則有抑制 (第 1 級)，第 15 天時兩組對照組已有白色菌核出現 (第 4 級)，氫氧化鈉有菌絲 (第 3 級)，**氫氧化鈣則只有點狀病斑 (第 1 級)**，藉此證明氫氧化鈣防治效果最好。

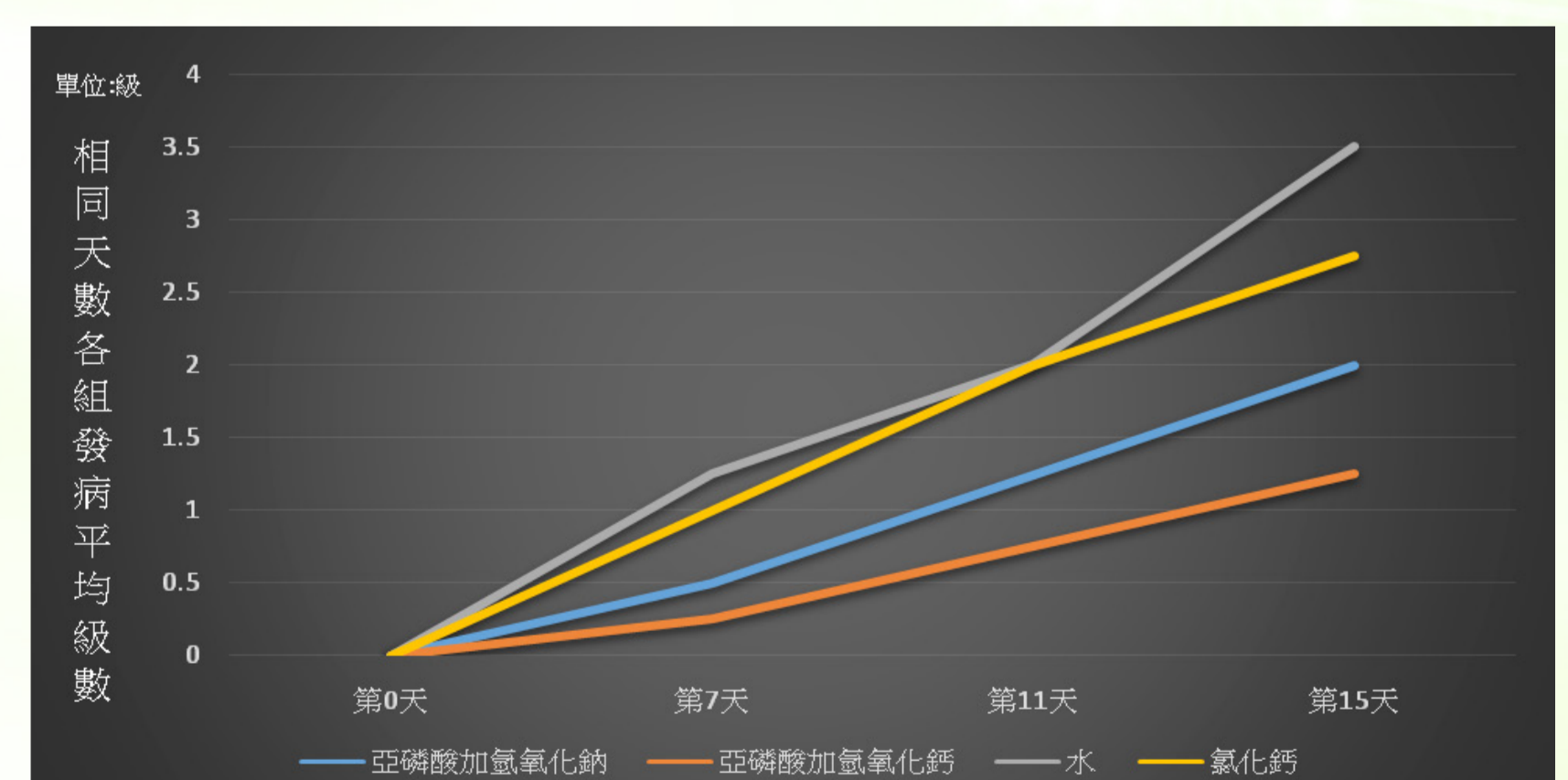


圖 15. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣) 施藥後對香蕉白絹病發病級數的影響

在接種後第 7 天時，水、氯化鈣各有 3 組發病，亞磷酸加氫氧化鈉 2 組發病，亞磷酸加氫氧化鈣 1 組發病。第 15 天時，水、氯化鈣，亞磷酸加氫氧化鈉已經全部發病 4 組，亞磷酸加氫氧化鈣一組未發病。由此可知，**亞磷酸加氫氧化鈣能降低染病機率與發病程度，並無法完全防治病害**。

分析數據與圖表後，可以發現**亞磷酸加氫氧化鈣的防治效果佳**，大致上將植物的發病程度控制在 1、2 級之內。水的防治效果最差。

實驗三：(二) 香蕉幼苗實驗 - 將鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 與亞磷酸混合後對香蕉白絹病防治效果的影響。

推測：由實驗三之一可以推測在實驗三之二中，亞磷酸 + 氫氧化鈣 ($Ca(OH)_2$) 的防治效果還是會優於亞磷酸加氫氧化鈉 ($NaOH$)，但與亞磷酸 + 氫氧化鉀 (KOH) 的效果就無法比較。

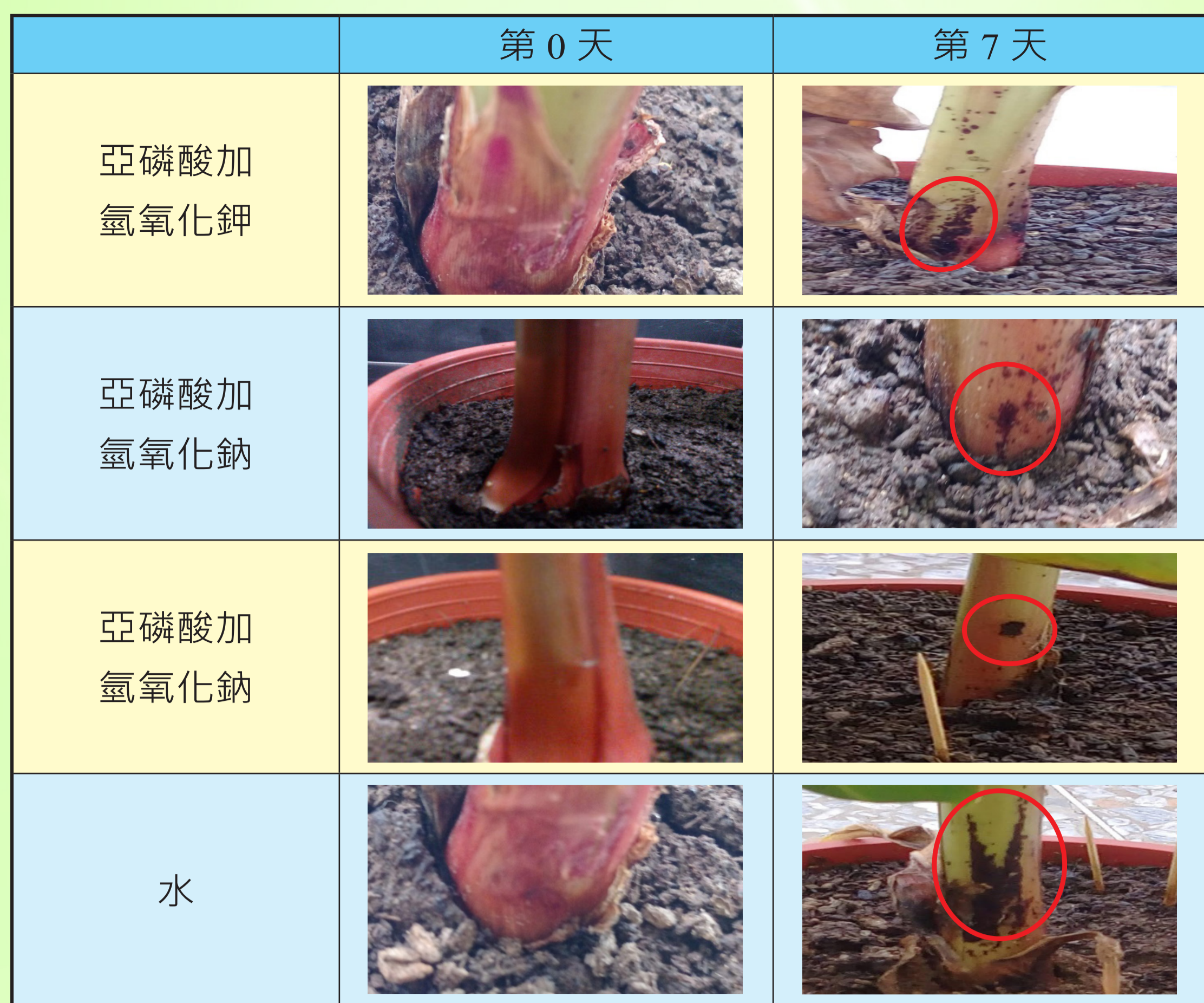


圖 16. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 施用在香港幼苗對白絹病的防治效果 (第 0 天和第 7 天)

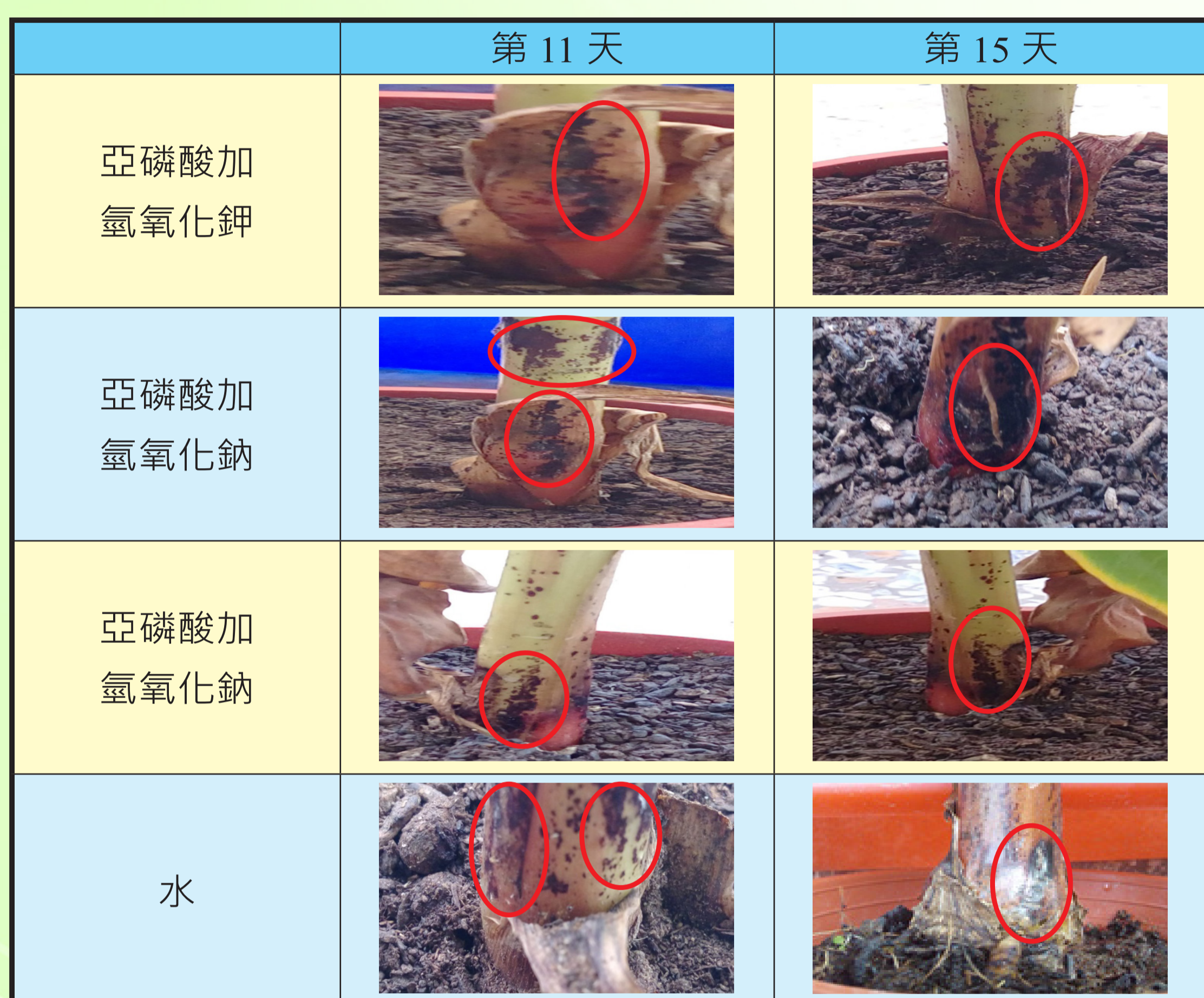


圖 17. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 施用在香港幼苗對白絹病的防治效果 (第 11 天和第 15 天)

由圖 16 可知第 7 天時所有處理都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 17 中第 11 天時對照組及亞磷酸加入氫氧化鈉病斑有明顯擴散現象 (第 2 級)，**氫氧化鉀、氫氧化鈣則維持住 (第 1 級)**，第 15 天時對照組已有白色菌核出現 (第 4 級)，**氫氧化鈉有菌絲 (第 3 級)**，**氫氧化鈣及氫氧化鉀則只有點狀病斑 (第 1 級)**。

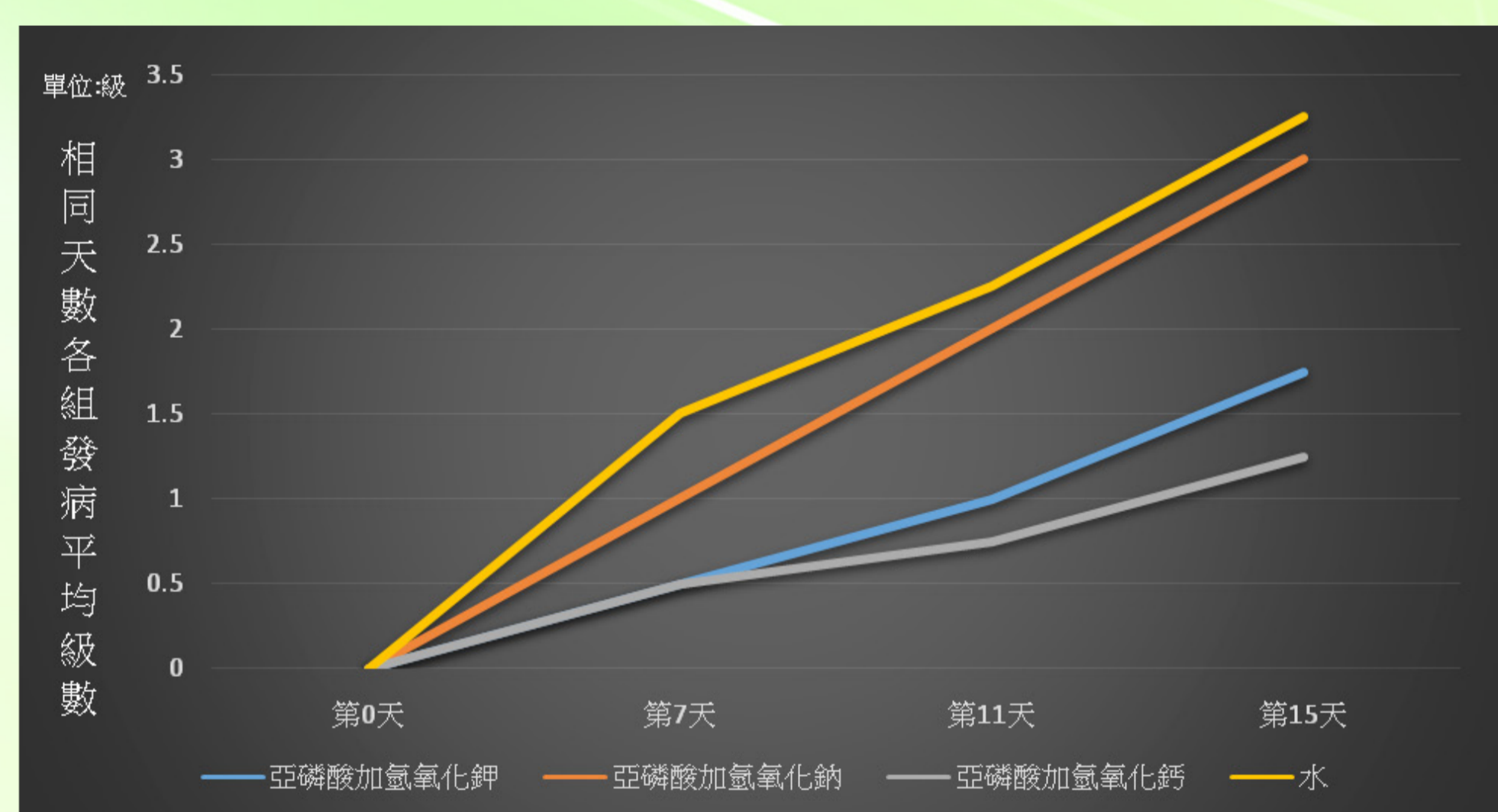


圖 18. 亞磷酸加入不同的鹼性物質 (氫氧化鈉、氫氧化鈣、氫氧化鉀) 施藥後對香蕉白絹病發病級數的影響

由圖 18 可知，**亞磷酸加氫氧化鈣最能降低染病機率與發病程度**，亞磷酸加氫氧化鉀次之，但兩者皆無法完全防治病害。分析數據與圖表後，可以發現亞磷酸加氫氧化鈣的防治效果佳，大致上將植物的發病程度控制在 **1、2 級之內**。

實驗四：香蕉幼苗實驗 - 比較植物保護資材碳酸氫鉀、碳酸氫鈉與亞磷酸混合液對香蕉白絹病防治效果。

推測：因未進行實驗比較，故無法先行推測。

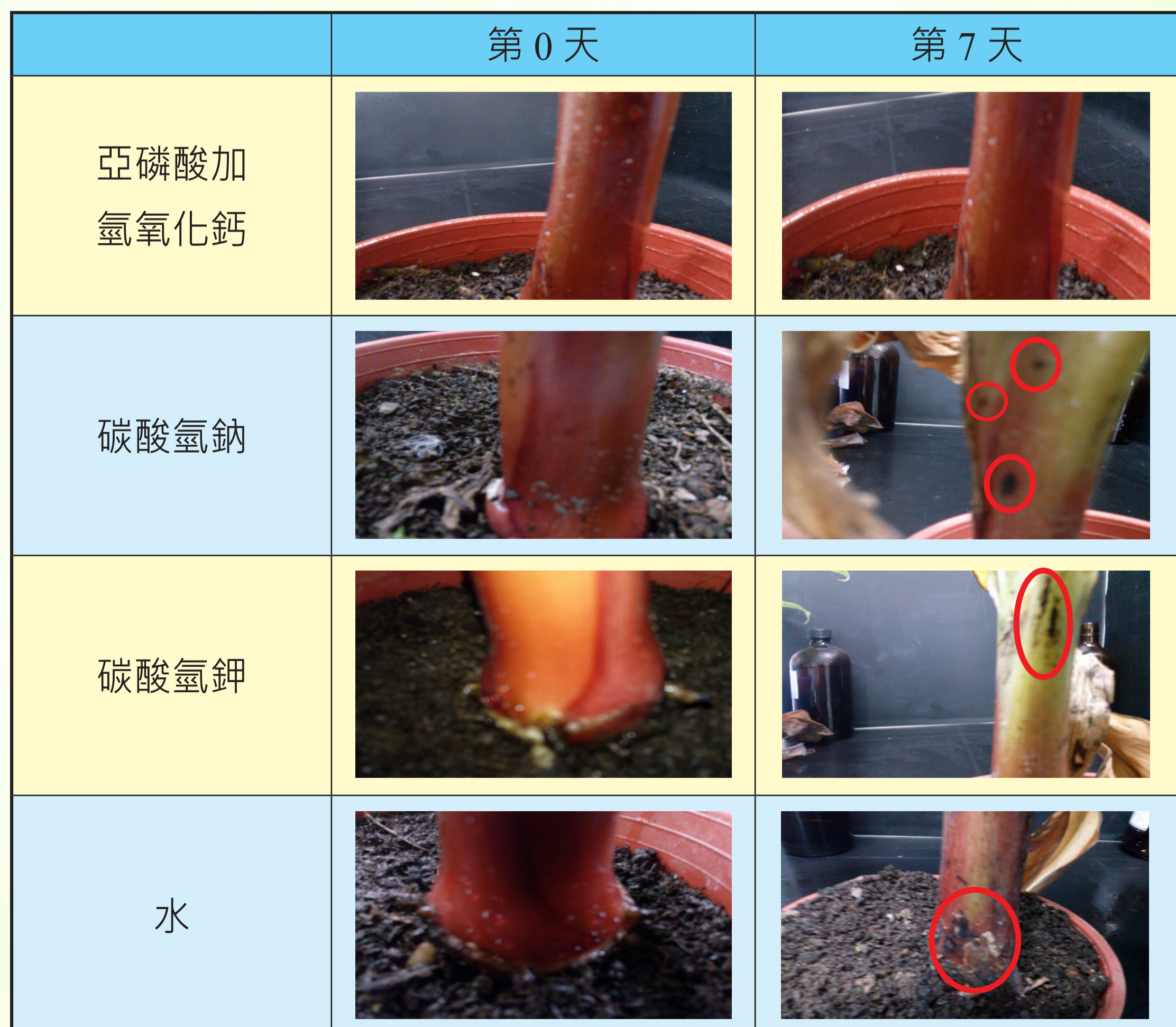


圖 19. 不同植物保護資材施用在香港幼苗對白絹病的防治效果 (第 0 天和第 7 天)

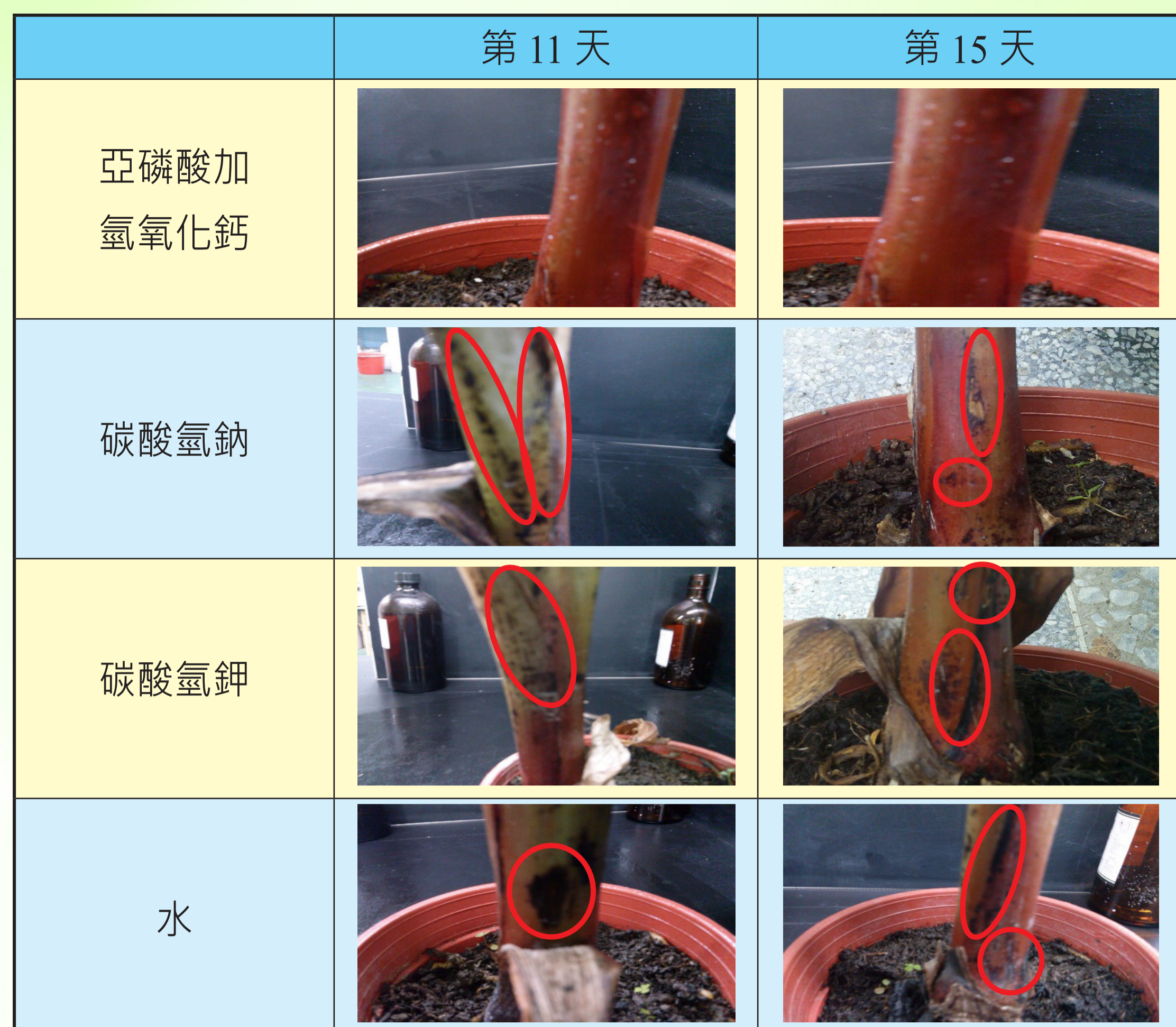


圖 20. 不同植物保護資材施用在香港幼苗對白絹病的防治效果 (第 11 天和第 15 天)

由圖 19 可知第 7 天時只有亞磷酸加入氫氧化鈣未出現病斑，對照組和碳酸氫鉀、碳酸氫鈉都有黑色點狀病斑 (第 1 級)。圖 20 中第 11 天時對照組病斑有明顯擴散現象 (第 2 級)，亞磷酸加入氫氧化鈣仍未出現病斑，而碳酸氫鉀、碳酸氫鈉有些微擴散現象 (第 1 級)。第 15 天時對照組已有白色菌絲的發病程度 (第 3 級)，**氫氧化鈣仍未發病**，而碳酸氫鉀、碳酸氫鈉有病斑擴散 (第 2 級)，**證明亞磷酸加氫氧化鈣防治效果最好**，此結果與前人研究指出亞磷酸可以降低染病機率與發病程度的結果相符合 (蔡正宏、郭建志、陳葦玲、廖君達【四】)。

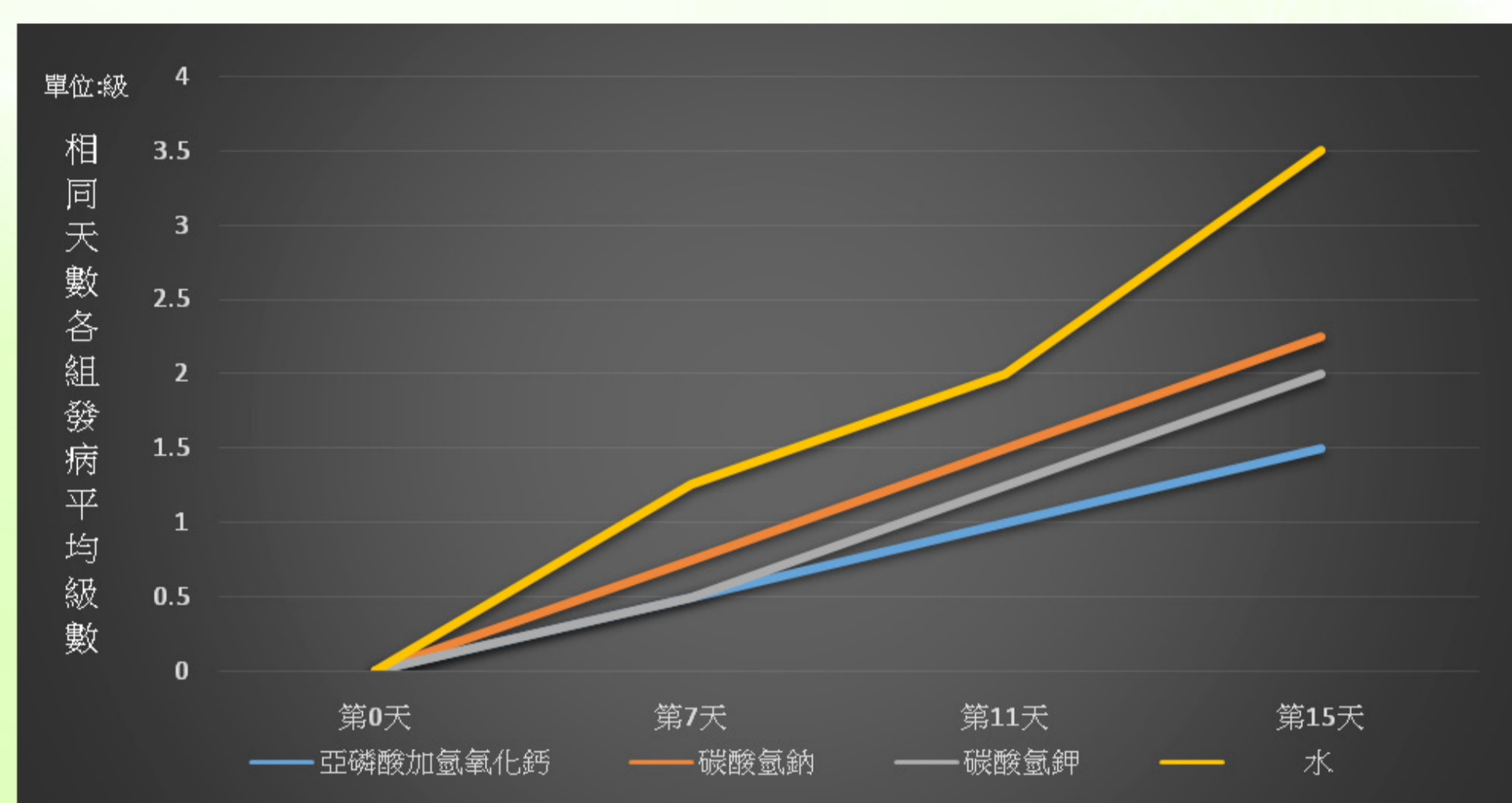


圖 21. 不同植物保護資材施用後對香蕉白絹病發病級數的影響

亞磷酸加氫氧化鈣、碳酸氫鉀能降低染病機率與發病程度。分析數據與圖表後，得知亞磷酸加氫氧化鈣的防治效果還是略優於碳酸氫鉀，但兩者差異不大。**碳酸氫鈉防治效果較前兩者差**。此結果與實驗一正好相反。

陸、結果與討論

一、根據實驗結果討論，我們提出下列的幾個觀點：

- (一) 實驗一：亞磷酸 (H_3PO_3) 於培養皿實驗中抑菌效果不如理想。
- (二) 實驗一：碳酸氫鉀 ($KHCO_3$)、碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 有抑菌效果，以碳酸氫鈉最佳。
- (三) 實驗二：香蕉活體實驗中，亞磷酸加入氫氧化鈉防治效果。**施藥 2 次較 1 次佳**。
- (四) 實驗三、四：**亞磷酸加鹼性物質防治效果優於碳酸鹽類**，其中亞磷酸加入氫氧化鈣又優於加入氫氧化鉀及氫氧化鈉之組別。

二、推論：

- (一) 亞磷酸 (H_3PO_3) 對擔子菌綱菌種 - 白絹病有防治效果。
- (二) 藉由激發植物免疫系統對抗病原菌的**亞磷酸加氫氧化鈣**防治效果最佳。

三、針對這次的實驗，我們有以下不同的分享與未來研究方向：

- (一) 在農地實務上，防治效果會比我們的香蕉幼苗實驗高出許多，因為：
 1. 自然的田間管理不會讓菌絲塊直接與香蕉莖基部接觸。
 2. 自然的田間管理不會套袋加水密封，藉此**提高溼度和溫度增加發病機率**。
 3. 自然的田間管理會**持續施用藥物** (實驗中只施用了兩次)，如果要提升防治機率，可以規劃接種後持續施用植物保護資材數週。

雖然這些藥物病無法完全杜絕白絹病，而防治效果受自然因素影響，如：施藥完是否下雨、植株自身免疫力、植株上是否有傷口.....，但施用的植物保護資材皆能有效控制住白絹病的發病程度，使其維持在相對於**對照組低的病斑級數** (氯化鈣除外)，皆對病原菌有的抑制效果。

未來我們將更致力於研究其他有益於環境與人類生活的方式，並將本實驗的結果應用在幫助蕉農防治白絹病並逐步代替對環境、人體有害的農藥，達到經濟價值和友善環境的雙重效果。在此感謝所有支持我們的老師、同學與家人，讓我們能在國中二年級時順利完成科展，要感謝的人太多，不如就謝天吧！

柒、參考資料及其他

- 一、林俊義、劉興隆。1990。要種苗真菌病害診斷及防治 臺中區農業改良場 第 26 期
- 二、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.
- 三、黃秀華。1990。生物技術在植物病害生物防治之應用 臺中區農業改良場 第 26 期
- 四、蔡正宏、郭建志、陳葦玲、廖君達。2016。估非農業資材防治茭白銹病與胡麻葉枯病之效果 臺中區農業改良場研究彙報 119:77-87 (2013) 77 評
- 五、劉崑恩、吳龍溪。1972。科學農業 20：213-229, 313-338。
- 六、劉崑恩。2001。植物保護圖鑑系列 6