

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080834

是『福』不是禍

—自製福木環保酵素在校園中的應用

學校名稱：彰化縣溪州鄉水尾國民小學

作者： 小五 黃子馨 小五 鐘宜珈 小五 鐘啟睿	指導老師： 林碧珊 吳建儒
---	-----------------------------

關鍵詞：菲島福木、環保酵素

摘要

福木是校園中常見的景觀植物，因為果實無人食用，每到夏季落果時，果實腐爛會產生臭味及吸引蚊蟲，造成師生困擾，我們以「資源再利用」的概念，將福木果實製成七種不同成分的環保酵素，並設計實驗來驗證它的功效，希望能用來解決一些校園的困擾，實驗結果如下：含**果皮、果肉和種子**的**七號福木酵素**能抑制校園雜草**土香**的生長，也能有效**防治**菜園裡的**扁蝸牛**和**紋白蝶幼蟲**；內含**果皮和果肉**的酵素，稀釋後最適合當植物的**液肥**；福木酵素能**驅趕蚊子**，但無法消滅孑孓；比例**1：1600**的**二號果肉酵素**能**淨化生態池水質**，減少藻類產生。透過科學的研究，我們找到將福木果實有效利用的方法，讓它不再是禍害，而是可以用來造福校園，改善生活的利器。

壹、研究動機

每年一到夏天，低年級教室後方一整排的福木便會結果，黃橙橙的果實像橘子般結實纍纍，吸引大家的目光，但當成熟墜地後，卻是我們噩夢的開始，果實快速腐爛，引來大量的蚊蟲，瓦斯般的臭味飄散，讓學弟妹只能緊閉門窗上課。剛好看到有老師收集橘子皮製作環保酵素，讓我們靈機一動，如果把造成校園困擾的福木果實，拿來做環保酵素，會有怎樣的功用？能夠解決哪些常見的校園問題呢？於是，我們開始了這一連串的研究。



圖 1-1 滿地腐爛的福木果實

作品與教材相關性：

翰林版 自然與生活科技領域 三下 第一單元 小園丁學種菜

翰林版 自然與生活科技領域 五上 第二單元 植物的奧妙

貳、研究目的

- 一、探討福木酵素**抑制校園土香**生長的效果。
- 二、研究福木酵素**防治菜園害蟲**的成效。
- 三、探討福木酵素對**福山萵苣**生長的影響。
- 四、探討福木酵素**防蚊**的效果。
- 五、研究福木酵素**淨化生態池池水**的功效。

參、文獻探討

一、環保酵素

環保酵素技術是泰國樂素昆·普潘翁博士 (*Dr. Rosukon Poompanvong*)，研發的一種果皮蔬菜廚餘酵素，又叫做**垃圾酵素**。是混合了**糖和水的廚餘**（鮮果皮蔬菜垃圾），經過三個月發酵後，立即可以使用，發酵後的環保酵素是成棕色液體，有柑橘般的刺激氣味。製作環保酵素除了能節省金錢，同時用途廣泛，還可幫助減少垃圾量，對環保有很大的作用。

二、福木

本研究中的福木又稱菲島福木(*Garcinia subelliptica* Merrill)，金絲桃科，高可達 20 公尺，樹幹粗狀，莖表皮深色內含有乳汁。夏季開花並開始結果，果實為漿果，果實圓球形，直徑為 2~5 公分，熟時橙黃色。內有種子 3-4 枚，外觀有如柑桔，果實腐熟後有像瓦斯的臭味，而學者楊勝任指出，福木果子散發的特殊氣味，都是樹木為了吸引昆蟲幫忙授粉、幫忙傳播種子，以繁衍後代才會散發出來的。



圖 3-1：福木生長介紹圖

三、土香 (*Cyperus rotundus* L.)

又名香附子，為莎草科多年生雜草，生命力強盛，除了有種子繁衍後代外，細長而前端膨大的地下莖才是它的法寶，通常呈聚集狀，藉由地下球莖繁殖，它的直立莖又細，如果有人想拔草除根，那是很難的事，因為雖然抽出莖部但留下球莖與地下莖，頑強的土香還是能長成幾棵新植株來。舖上柏油的路面也能抽長出土香的芽來，它們可不是鑽洞出來的，而是頂開碎石與柏油長出來的，可見土香生命力之強。

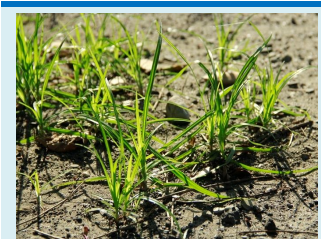


圖 3-2：土香植株

四、福山萵苣 (*Lactuca sativa* Linn)

在台灣俗稱大陸妹、妹仔菜，是一種萵苣屬蔬菜，在台灣雖可全年栽種，但性喜涼爽的天氣，大多數蟲類都不喜歡萵苣植株上的特殊氣味，少有蟲害問題。而平常常見的扁蝸牛，屬雜食性螺類，萵苣亦屬扁蝸牛食物來源之一。

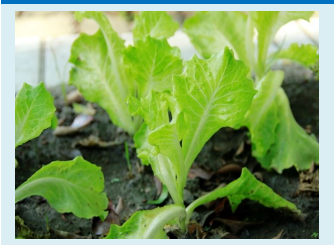


圖 3-3：福山萵苣植株

五、蚊子

蚊子是屬於完全變態的昆蟲，牠的一生可分成四個階段：卵期→幼蟲期(孑孓)→蛹期→成蟲期(蚊子)。

蚊子的卵依種類的不同可能產在水面、水邊或水中三種不同的位置；蚊子的幼蟲稱為孑孓，生活於水中，以水中的微生物、有機顆粒等為食，經 4 次蛻皮後變成蛹；蛹的形狀從側面看起來成逗點狀，這期間並不攝食，但可在水中游動，經數天完全成熟，便羽化為成蚊。



圖 3-4：蚊子三階段示意圖

肆、研究設備及器材

一、電子秤、照度計、手電筒

二、量杯、分公升杯、紗網、濾網、噴霧器、連通管、鞋盒、透明餅乾盒、保麗龍箱、酸鹼試紙、乳膠手套、橡皮筋、標籤紙、培養土、透明塑膠墊、塑膠袋

三、福木果實、福山萵苣、萵苣幼苗、小白菜、孑孓、扁蝸牛、紋白蝶幼蟲

伍、研究過程、結果與討論

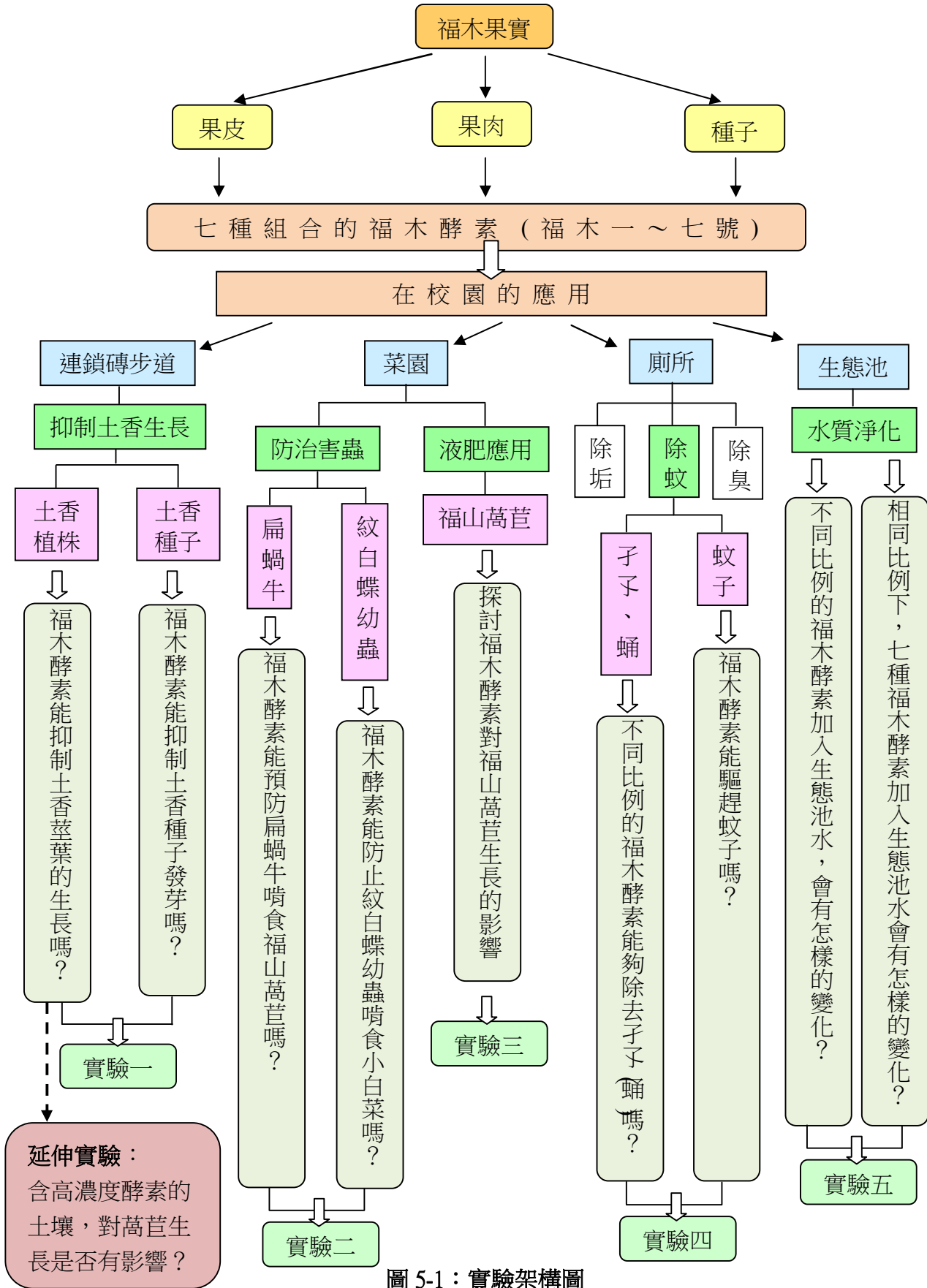


圖 5-1：實驗架構圖

【福木環保酵素的製作】

一、酵素成分

我們的實驗主要材料是福木的**果皮**、**果肉**和**種子**互相搭配，製作**7種**成份的福木酵素，**黑糖**、**福木果實**和**水**的比例是**1：3：10**。

表 5-1：七種福木酵素的成分

酵素編號	一	二	三	四	五	六	七
成份	果皮	果肉	種子	果皮 果肉	果皮 種子	果肉 種子	果皮 果肉 種子



圖 5-2：製作福木酵素的材料

二、製作福木酵素步驟

表 5-2：製作福木酵素步驟圖





將果肉、果皮切小塊，種子要用木槌敲碎，每瓶 300 公克裝入塑膠容器中，如七號酵素則是果皮、果肉和種子各 100 公克。完成後，蓋緊瓶蓋搖晃，讓內容物充分混合，之後放置於陰涼處。



發酵 3 個月後即可過濾取用，用濾網過濾兩次。



1. 過濾後的酵素裝瓶，即可使用。
2. 剩餘的殘渣，我們掩埋於菜園內，當作有機肥料。

三、福木酵素的酸鹼值

表 5-3：福木酵素的酸鹼值測量結果表

酵素編號	一	二	三	四	五	六	七
酸鹼值	2-3	3-4	4	2-3	2-3	4-5	2-3

我們用酸鹼試紙檢測自製七種福木酵素的酸鹼值，如圖 5-3。由表 5-3 可知製成的福木酵素微酸性，酸鹼值約介於 PH 2~4 之間。

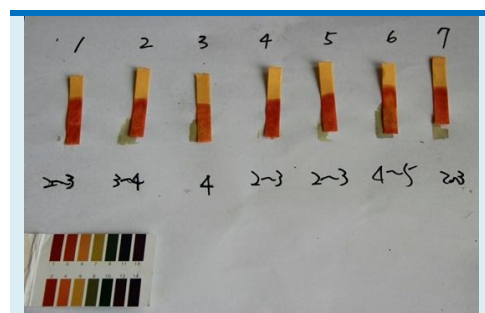


圖 5-3：福木酵素酸鹼質檢測

由歷屆作品(張祥賢，2011；田晉嘉等，2015)可知，環保酵素的運用多著墨於清潔效果，如去汙、除臭、防霉等，於是我們想找出酵素的其他功用，能夠實際應用於校園中，來驗證福木酵素的價值，進而達到資源再利用，及友善環境的目標。以下是各個實驗的研究過程、結果與討論：

【實驗一】探討福木酵素抑制校園土香生長的效果

◎源起：

「斬草不除根，春風吹又生」用來形容土香是最貼切不過的，它頑強的生命力讓人佩服，但也造成校園環境的困擾。如果只是將它地面上的莖葉拔除，地下根依舊會再冒出新芽，且會不停繁衍新的球莖。校園鋪設柏 PU 跑道和連鎖磚的縫隙常可見它的蹤跡，我們打掃時再怎麼用心拔除，過幾日又可發現它的蹤跡，嘗試用粗鹽覆蓋在生長處並澆水，但擔心長時間下來會導致土壤鹽化，不利其他植物生長。因此我們嘗試以酵素原液來除草，探討抑制效果，我們設計了下列兩個子實驗。



圖 5-4：土香生長狀況觀察圖

一、福木酵素能抑制土香莖葉的生長嗎？

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效抑制土香莖葉的生長。

(二)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

(1)每盆種植一棵土香；(2)每天在土香根部滴 1 毫升的酵素原液；(3)每天中午午休測量葉子長度。

3.應變變因：土香莖葉生長的變化

(三)實驗步驟

1.將一顆土香種子植入大小一樣的盆子內，用培養土覆蓋，約兩星期後，土香長約 5 公分以上。

2.挑選 8 盆，在盆子貼上標籤編號，一組為對照組，一～七號依序為七種福木酵素的實驗組。

3.將七種福木酵素分裝於塑膠軟瓶中，每日於根部滴 1 毫升的酵素原液。

4.用直尺測量每盆土香最長葉子的長度，並記錄下來。



圖 5-5：福木酵素抑制土香植株生長實驗

(四)實驗記錄

表 5-4：八組土香葉片生長長度(cm)紀錄表

長度 天數 \ 酵素	對照組	一	二	三	四	五	六	七
1	6.5	8.7	9.3	5.3	7.7	5	5.9	5.1
2	7.4	9.4	9.6	6	8.6	6	6.4	6
3	7.6	9.5	9.7	6.3	8.8	6.2	6.6	6.3
4	7.8	9.6	9.7	6.5	8.9	6.2	6.7	6.4
5	9.5	10.8	11.6	7.7	10.8	8.2	8.4	7.3
6	9.8	11.3	12	8.1	11.2	8.5	8.7	7.4
7	10.6	11.7	12.3	8.5	11.5	8.8	9.1	7.7
8	11.1	11.9	12.5	8.9	11.9	9.3	9.4	8.1
9	11.6	12.2	12.8	9.2	12.1	9.5	9.6	8.3
10	12.1	12.4	13	9.7	12.3	9.8	9.7	8.5
11	12.6	12.5	13.1	9.9	12.7	10	9.9	8.9
12	13.1	12.8	13.3	10.2	12.9	10.3	10.1	9.2
13	13.8	13.1	13.6	10.5	13.1	10.5	10.4	9.5
14	14.2	13.3	13.9	10.7	13.4	10.8	10.7	9.7
15	14.7	13.5	14.2	10.9	13.7	10.9	11	9.8
16	15.1	13.9	14.3	11.3	13.7	11.2	11.1	10.2
17	15.5	14.2	14.4	11.5	13.8	11.2	11.3	10.3
18	15.7	14.6	14.4	11.8	13.8	11.3	11.5	10.4
19	15.9	14.9	14.4	12.3	13.8	11.5	11.6	10.4
20	16.3	15.1	14.5	12.6	13.7	11.7	11.7	10.6
21	16.7	15.4	13.9	12.9	X	11.8	11.9	10.7
22	17	15.7	13.8	13.1	X	11.9	12.1	10.7
23	17.4	16	X	13.4	X	12.1	12.4	10.8
24	17.7	16.3	X	13.7	X	12.2	12.6	X
25	18.1	16.5	X	13.8	X	12.4	12.6	X
26	18.5	16.8	X	14	X	12.6	12.5	X
27	18.7	17.1	X	14.2	X	12.6	X	X

註： 表示正常生長、 表示進入枯黃期、 表示植物死亡

土香死亡的程序為：正常生長→枯黃期→死亡。在枯黃期時，土香葉子的尖端會開始呈現枯黃，葉子成長的速度趨緩，之後枯黃的情形會蔓延至其他葉片及莖，最後進入死亡期，整株枯萎，在根和莖的交界處開始腐爛。下圖可清楚看出正常生長的土香和死亡的根部之間差異，正常生長的土香根部有許多鬚根，且長度長，而死亡的土香，在種子處只有兩三條短短的鬚根。

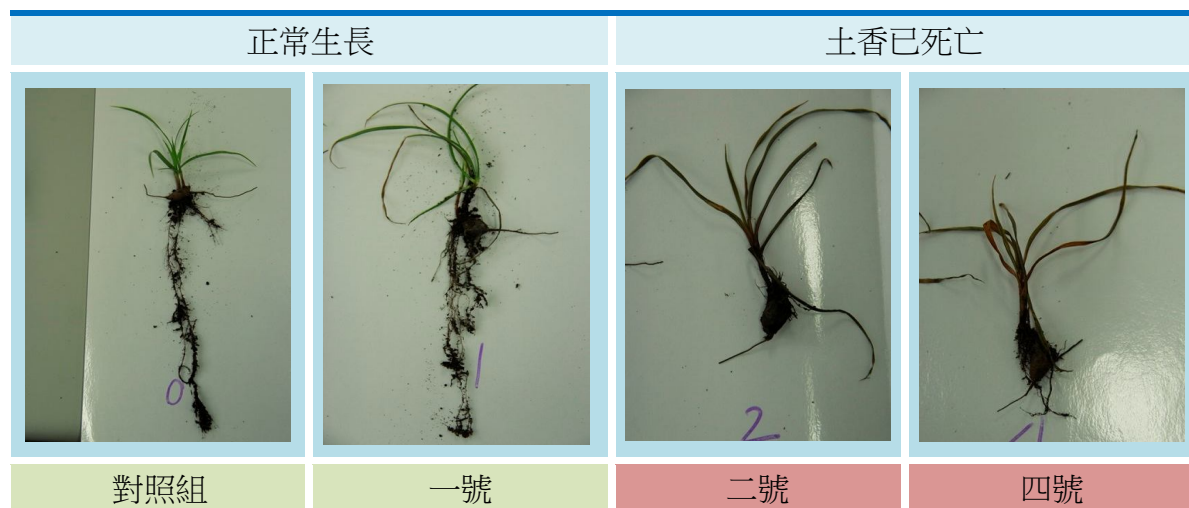


圖 5-6：正常和死亡的土香根部比較圖

表 5-5：福木酵素成分與抑制結果對照表

酵素編號	一	二	三	四	五	六	七
酵素成分	果皮	果肉	種子	果皮 果肉	果皮 種子	果肉 種子	果皮 果肉 種子
是否抑制土香成長	否	是	否	是	否	是	是

(五)實驗結果

實驗結果支持假設，從表 5-4 得知，二、四、六和七號酵素皆能使土香死亡，另外從表 5-5 歸納出，這四種酵素，成分皆有果肉。

(六)實驗討論

1.由表 5-4 發現，滴入福木酵素的土香植株並非全部都會枯死，交叉分析的結果，具有果肉的成分製成的酵素，才有抑制的功用。顯示果肉內的營養成分優於果皮和種子，對照其他種水果，製成的環保酵素多用果皮來當原料，主要是因為那些水果的果肉具有食用的價值，而福木果實因為一般人有疑慮，而無人食用，將果肉製成福木酵素，既能減少果實腐爛發出臭味，又能應用於生活，的確是一個一舉數得的方法。

2.在實驗中，我們比較沒有枯黃的對照組與實驗組的一、三和五號，在圖 5-7 中可發現滴入酵素的植株雖然沒有死亡，但成長速度也明顯低於對照組，顯示**酵素對土香植株的生長有抑制效果**。另外，我們發現在滴入酵素約兩個星期之後，土香才會進入枯黃期，顯示酵素對土香植株的傷害並非立即性，不像一般的除草劑，效果強烈，但也對環境不友善。表 5-6 是滴入酵素一個月後各組植株生長的情形，我們想知道酵素破壞了土香的生長，會不會因此改變土壤，而讓土壤無法種植其他植物呢？這需要另外再做實驗來驗證。

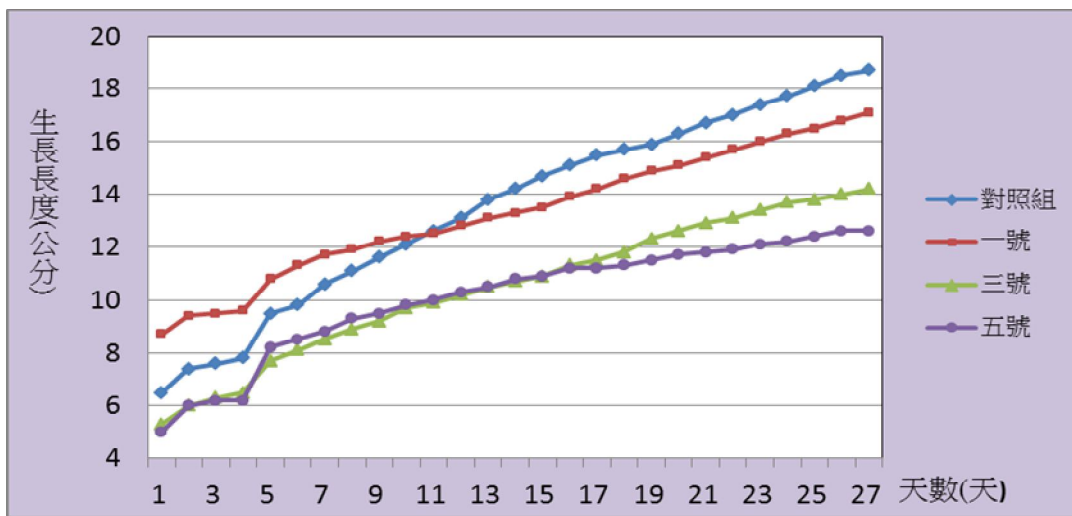


圖 5-7：四組土香植株生長折線圖

表 5-6：八盆土香植株滴酵素 27 天後的生長情形



【延伸實驗】使用高濃度福木酵素的土壤，對其他的植株生長會不會有影響？

(一)實驗假設：使用過高濃度福木酵素的土壤，能繼續種植其他植物

(二)變因控制

1.操作變因：七盆使用過高濃度福木酵素的土壤

2.控制變因：

(1)每盆栽種三棵萵苣幼苗；(2)同時間拍照記錄生長情形。

3.應變變因：萵苣生長的變化

(三)實驗步驟

1.將第一個子實驗中的土香拔除，保留培養土。

2.以原本一~七號盆中的培養土，每盆種植三棵萵苣幼苗。

3.放置相同處，每日固定澆水，觀察萵苣生長情形。



圖 5-8：高濃度福木酵素土壤對萵苣生長影響的實驗

(四)實驗記錄



圖 5-9：萵苣生長變化圖

(五)實驗結果

結果支持實驗假設。七盆種植在高濃度福木酵素土壤裡的萵苣皆沒有死亡，生長得很健康。

(六)實驗討論

實驗結果顯示高濃度福木酵素作用在土香植株上，可以造成土香枯死或生長變慢，但土壤並不會因為酵素的關係而無法種植萵苣，證明**福木酵素以原液來當除草劑是可行的**，而使用天然酵素也不會傷害到田野間的生物，或汙染溝渠和地下水，是一種**友善種植的方法**。

二、福木酵素能抑制土香種子發芽嗎？

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效抑制土香種子發芽。

(二)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

(1)每盆種植一顆土香種子；(2)每天同時滴 1 毫升的酵素原液；(3)連續 14 天滴酵素原液。

3.應變變因：土香種子的發芽情形

(三)實驗步驟

1.準備 24 個大小一樣的盆子內裝八分滿的培養土，每組八盆，共分三組。

2.用手指挖約兩個指節深的洞，將土香種子放入，並將 6 公分長的粗吸管插在種子上方，再將培養土壓實。(吸管的作用是確保酵素能滴在種子上)

3.在盆子貼上標籤編號，一組為對照組，1~7 號依序為七種福木酵素的實驗組。

4.七種福木酵素分裝於塑膠軟瓶中，每日滴 1 毫升酵素原液於吸管中，連續滴兩週(第 1-14 天)。

5.第三、四週(第 15-28 天)不再滴酵素，觀察並記錄種子發芽的情形。



圖 5-10：福木酵素抑制土香種子發芽實驗

(四)實驗記錄

表 5-7：福木酵素對土香種子發芽情形紀錄表

組別	週數	對照組	一	二	三	四	五	六	七
第一組	第一週	V day4	X	X	X	X	X	X	X
	第二週	V	X	X	X	X	X	X	X
	第三週	V	V day5	V day7	V day5	X	X	X	X
	第四週	V	V	V	V	V day2	V day2	V day3	X
第二組	第一週	V day5	X	X	X	X	X	X	X
	第二週	V	X	X	X	X	X	X	X
	第三週	V	V day6	X	V day4	X	V day7	X	X
	第四週	V	V	V day1	V	V day4	V	V day4	X
第三組	第一週	V day4	X	X	X	X	X	X	X
	第二週	V	X	X	X	X	X	X	X
	第三週	V	V day5	X	V day4	X	V day6	X	X
	第四週	V	V	V day2	V	V day4	V	V day5	X

註：第一、二週有滴酵素 第三、四週停止滴酵素
 V 表示土香種子發芽長葉 X 表示種子無動靜

(五)實驗結果

結果支持實驗假設，從上表可發現，在前兩週滴酵素期間，除了對照組有發芽，長出莖葉，一到七號皆沒有發芽，表示酵素能**有效抑制土香種子發芽**。在停止滴酵素期間，發現只有七號沒有發芽，一~六號則陸續長出莖葉。

(六)研究討論

從實驗結果可知，福木酵素對於土香種子的發芽具有明顯的抑制效果，但停止滴酵素後，除了七號酵素，其餘皆發芽，顯示福木酵素只有抑制種子發芽，並無法根除土香種子。之後可再針對七號酵素對土香種子的影響作較為深入的探討。另外，在實際的菜園裡，我們無法像實驗中直接將原液滴在種子上，歸納兩個子實驗的結果，我們建議以**福木酵素七號的原液來當雜草的除草劑**，以原液滴入土香植株的根部，可以有效的讓土香枯黃，進而破壞種子的生長。

【實驗二】研究福木酵素防治菜園害蟲的成效

一、福木酵素能預防扁蝸牛啃食福山萵苣嗎？

(一)實驗假設：預測噴灑福木酵素的福山萵苣，能有效預防蝸牛的啃食

(二)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

(1)每區各種植一棵福山萵苣；(2)每天在葉面均勻噴灑酵素；(3)扁蝸牛平均放置於八區。

3.應變變因：扁蝸牛啃食福山萵苣的情形

(三)實驗步驟

1.觀察箱以分隔板分成八區，種植福山萵苣。

2.一區為對照組，其餘七區分別在福山萵苣的葉面噴灑七種福木酵素，每日皆噴一次酵素。

3.每棵萵苣都只留五片葉子，上面編號。

4.將每棵五片葉子最初完整的形狀用奇異筆畫在透明膠片上。

5.準備 24 隻扁蝸牛(夜行性動物)，每日放學後，扁蝸牛平均放置於八區，並蓋上蓋子，以防爬出箱外。

6.隔日早上，將 24 隻扁蝸牛捉出，另外放在其他的盒子內，放學後再放入觀察箱內，連續 3 天。

7.扁蝸牛捉起後，將畫好完整葉子的透明膠片，放在被啃食過的葉上，將啃食的部分用色筆標示，並用百格板算出面積。



圖 5-11：福木酵素防治扁蝸牛實驗

(四)實驗記錄

百格板每小格面積是 0.5cm*0.5cm，在紀錄表中，扁蝸牛啃食萵苣葉的面積與五片完整葉子大小，會以格子數來記錄。

表 5-8：扁蝸牛吃福山萵苣的面積及啃食率一覽表

編號	對照組	一	二	三	四	五	六	七
啃食面積	13	3	0.5	3.5	0.5	2.5	0.5	0.5
完整葉總面積	226.5	153.5	258	367	251	239.5	244	279.5
啃食率 (%)	5.74	2.28	0.19	0.95	0.20	1.04	0.20	0.18

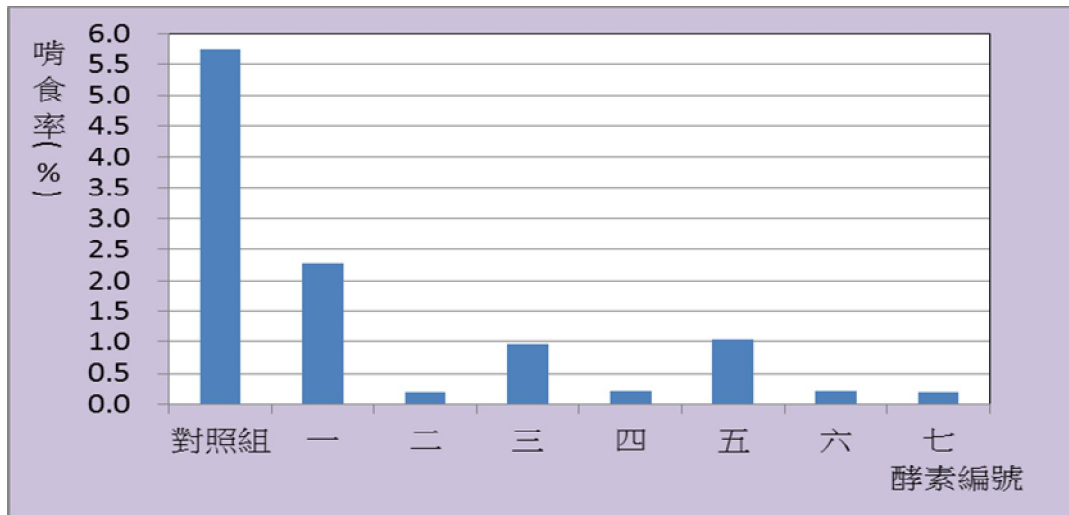


圖 5-12：扁蝸牛吃福山萵苣的啃食率直條圖

(五)實驗結果

實驗結果支持實驗假設，沒有噴酵素的對照組被啃食率最高，有噴灑酵素的萵苣葉片維持的明顯比對照組完整。

(六)實驗討論

由圖 5-12 可發現，含有**果肉成分的二、四、六和七號酵素**防治扁蝸牛的效果最好，建議可普遍用於福山萵苣的種植，取代農藥使用。然而福木酵素除了能為福山萵苣防治扁蝸牛的侵害，那在其他葉菜類是否能達到防治害蟲的功用呢?我們將設計以下的實驗來驗證。

二、福木酵素能防止紋白蝶幼蟲啃食小白菜嗎？

◎源起

三年級的自然課，老師在教室前的花圃，闢了一小塊地讓我們種小白菜觀察，隨著小白菜的生長，發現菜葉上會有啃食的痕跡，一沒注意甚至被啃到只剩葉脈，我們發揮偵探的精神，看看兇手到底是誰，很快就在葉背發現一條條綠色菜蟲，老師說牠是紋白蝶的幼蟲，原來我們常看到在校園四處飛舞的紋白蝶，牠的幼蟲竟然是綠色的，而且還特別喜歡吃小白菜。之後的學弟妹也會有機會種植小白菜，為了讓他們不要有慘痛的經驗，也不想小菜蟲無辜死亡，因此我們想用福木酵素來防蟲。



圖 5-13：紋白蝶的幼蟲

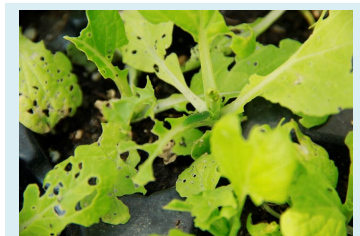


圖 5-14：幼蟲啃食痕跡

(一)實驗假設：預測噴灑福木酵素的小白菜，能有效預防紋白蝶幼蟲的啃食

(二)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

(1)每天在葉面均勻噴灑酵素；(2)紋白蝶幼蟲平均放置於八區；(3)每天早上和中午定時記錄。

3.應變變因：紋白蝶幼蟲所在位置

(三)實驗步驟

1.觀察箱以分隔板分成八區，種植小白菜，上面覆蓋紗網，避免其他昆蟲干擾。

2.一區為對照組，其餘七區分別在小白菜葉面噴灑七種福木酵素，每日早上噴一次。

3.在觀察箱內，每區各放 5 隻紋白蝶幼蟲，共 40 隻。

4.菜的數量有限，而蟲的隻數多，因此觀察三天，每日分早上和中午記錄，計算各區分布幼蟲的數量，並觀察葉片被啃食的情形。



圖 5-15：福木酵素防治紋白蝶幼蟲實驗

(四)實驗記錄

表 5-9：各組紋白蝶幼蟲數量紀錄表

編號	對照組	一號	二號	三號	四號	五號	六號	七號	合計
Day1 早	3	4	1	7	2	6	5	11	39
Day1 午	1	5	3	3	6	3	7	9	37
Day2 早	7	4	2	4	6	6	5	4	38
Day2 午	11	3	7	2	5	3	6	3	40
Day3 早	10	3	6	3	5	4	5	2	38
Day3 午	12	4	5	2	4	6	4	1	38

註：幼蟲若爬出箱外，則不予計算，因此每次的蟲數總和並不一定是 40 隻。

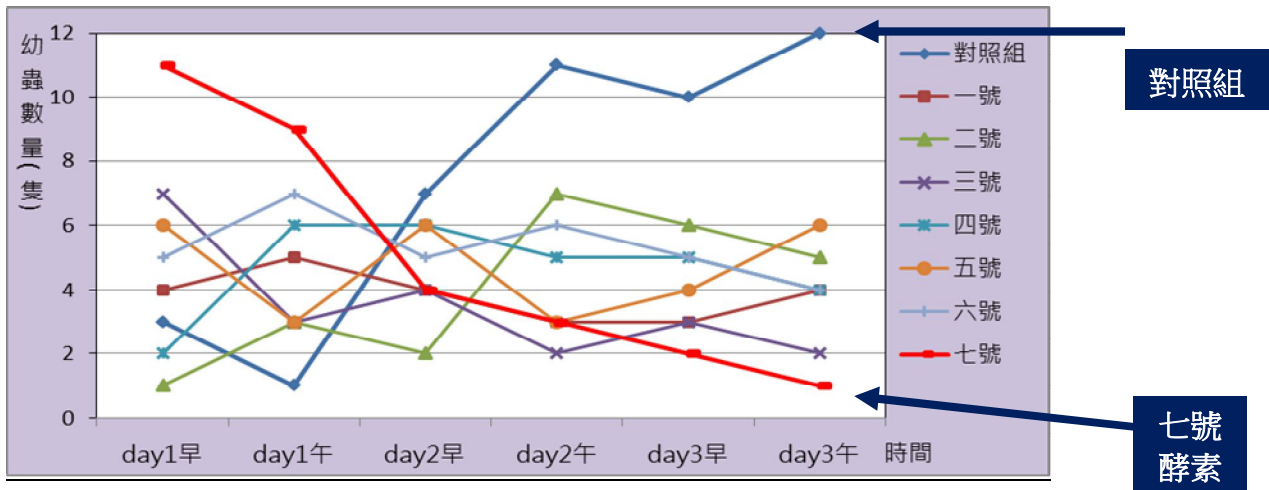


圖 5-16：各組紋白蝶幼蟲數量折線圖

(五)實驗結果

結果支持實驗假設，沒有噴灑酵素的對照組，聚集的菜蟲數量最多，證明噴灑酵素的小白菜，菜蟲比較不會靠近，酵素具有驅趕紋白蝶幼蟲的作用。

(六)研究討論

- 1.由圖 5-16 中可知，對照組的菜蟲在其他組噴灑酵素後之數明顯增加，葉片被啃食的狀況也最為嚴重，而其他各組菜蟲的數量，都明顯少於對照組，顯示在葉片上噴灑福木酵素，會造成菜蟲不喜歡靠近；但實驗過程中我們也發現，當對照組的葉片被啃食完畢，肚子餓的菜蟲仍然會啃食其他組的葉片，這個發現也告訴我們，噴灑酵素驅除菜蟲，雖然有效，但如果蟲的數量一多，葉片還是有被啃食的風險。
- 2.比較圖 5-16 中七種酵素驅菜蟲的功效，可以發現噴灑七號酵素的葉片菜蟲數量有效的遞減，綜合第二個子實驗的結果，在菜園裡，我們建議使用**七號福木酵素**來噴灑葉菜類植物，不但可以防治扁蝸牛，也可以驅趕紋白蝶幼蟲。

【實驗三】探討福木酵素對福山萵苣生長的影響

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效幫助福山萵苣成長

(二)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

- (1)每組各有三盆福山萵苣；(2)各組福木酵素與水以 1：300 比例稀釋；(3)兩天一次澆灌 20 毫升稀釋後的酵素；(4)三天測量一次葉脈長度。

3.應變變因：福山萵苣的成長情形

(三)實驗步驟

- 1.在一樣大小的盆子內，用相同來源的土壤種植福山萵苣，共二十四盆，種植約一星期，萵苣強健後，開始實驗。
- 2.盆子貼上標籤編號，一組為對照組，一～七號依序為七種酵素的實驗組，每組 3 盆。
3. 一～七號的福木酵素與水以 1：300 比例稀釋，作為福山萵苣的液肥。
- 4.兩天一次於早上以稀釋後的酵素澆灌萵苣，每次量為 20 毫升，其他天則澆水。
- 5.每三天測量一次該盆中固定葉子的長度，將透明塑膠袋緊貼於葉面，在上面用奇異筆畫出該片葉子的中心葉脈，並量長度。



圖 5-17：福木酵素對山福萵苣生長影響的實驗

(四)實驗記錄

表 5-10：福山萵苣葉片平均生長率紀錄表

酵素 長度 cm 天數	對照組	一	二	三	四	五	六	七
3	6.8	8.0	6.8	7.4	7.2	7.7	7.6	7.4
6	7.0	8.2	7.1	7.7	7.4	7.8	7.7	7.5
9	7.2	8.4	7.2	7.8	7.6	7.9	7.9	7.7
12	7.2	8.4	7.4	7.9	7.6	8.1	8.1	7.9
15	7.3	8.5	7.4	7.9	7.8	8.1	8.2	8.1
18	7.3	8.6	7.5	8.0	8.0	8.2	8.3	8.2
21	7.4	8.7	7.5	8.0	8.2	8.2	8.4	8.3
24	7.4	8.8	7.6	8.1	8.3	8.4	8.5	8.5
27	7.4	8.9	7.7	8.1	8.5	8.5	8.6	8.7
平均成長率	8.8%	11.7%	13.2%	9.5%	18.0%	10.9%	13.7%	18.1%

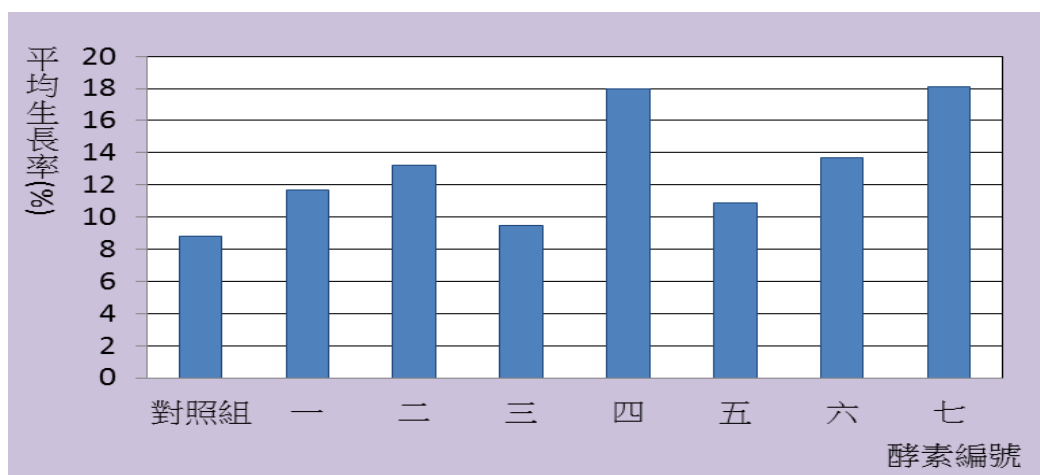


圖 5-18：福山萵苣平均生長率直條圖

(五)實驗結果：福山萵苣在使用福木酵素後，平均生長率皆高於對照組，其中以**四號和七號表現最佳**。

(六)研究討論

由表 5-10 中發現，有澆酵素的萵苣生長的速度都快於沒有澆酵素的對照組，在單一成分的福木一到三號內，以成分為果肉的二號酵素表現最佳，成分為果皮的一號酵素效果次之，成分種子的三號酵素效果較不明顯；在兩種成分的福木四到六號裡，成分為果皮+果肉的**四號**酵素生長的效果最好，成分為果肉+種子的六號酵素次之，成分為果皮+種子的五號酵素最差；而三種成分的七號酵素平均生長率和四號酵素相當，以上結果顯示，成分內含有**果皮+果肉**的酵素是造成**福山萵苣加速生長**的原因，因此，我們建議以福木**四號**或**七號**酵素來作為植物生長的**液肥**，可以取代化學肥料，既環保又可減少成本開銷。

【實驗四】探討福木酵素防蚊的效果

◎源起

上廁所對我們來說是一件困擾的事，尤其是女生，一打開門，迎面而來歡迎我們的是碩大的蚊子；上廁所時，與我們四目相對的，也是牆板上振翅欲飛的蚊子。班上打掃廁所的同學曾試過網路上介紹的方法一用肥皂水捕蚊，但是成效不佳；噴殺蟲劑也只能維持個幾天，沒多久又有蚊子出現。因此我們想嘗試用福木酵素來驅蚊，希望能藉此改善廁所的環境。而驅蚊只是治標不治本，治本就得從消滅孑孓做起，所以我們也想觀察福木酵素對孑孓是否有會有影響。



圖 5-19：廁所示意圖

一、不同比例的福木酵素能夠除去孑孓(蛹)嗎？

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效除去孑孓(蛹)

(二)變因控制

1.操作變因：不同比例的福木酵素

2.控制變因：

- (1)觀察盒內溶液為 200 毫升；(2)每個觀察盒內放 10 隻孑孓(蛹)；(3)放置在陰暗紙箱內；
- (4)放置三天，觀察變化。

3.應變變因：孑孓(蛹)的數量

(三)實驗步驟

- 1.將孑孓原生容器的積水裝回學校，再將積水過濾，以免水過於混濁無法觀察，過濾後的殘渣類發現孑孓的食物—藻類。
- 2.用七號福木酵素分別調出 1：40、1：20、1：10、1：5 和原液各 200 毫升，倒入觀察盒中，並在盒外貼上標籤。
- 3.分別觀察孑孓和蛹。五組盒內各放 10 隻孑孓，另五組盒內各放 10 隻蛹，並加入些許藻類，當孑孓的食物。
- 4.觀察盒開口處綁上紗網，避免孑孓羽化後飛走，將觀察盒放入紙箱內，維持陰暗的環境。
- 5.三天後觀察孑孓和蛹的狀態並做記錄。

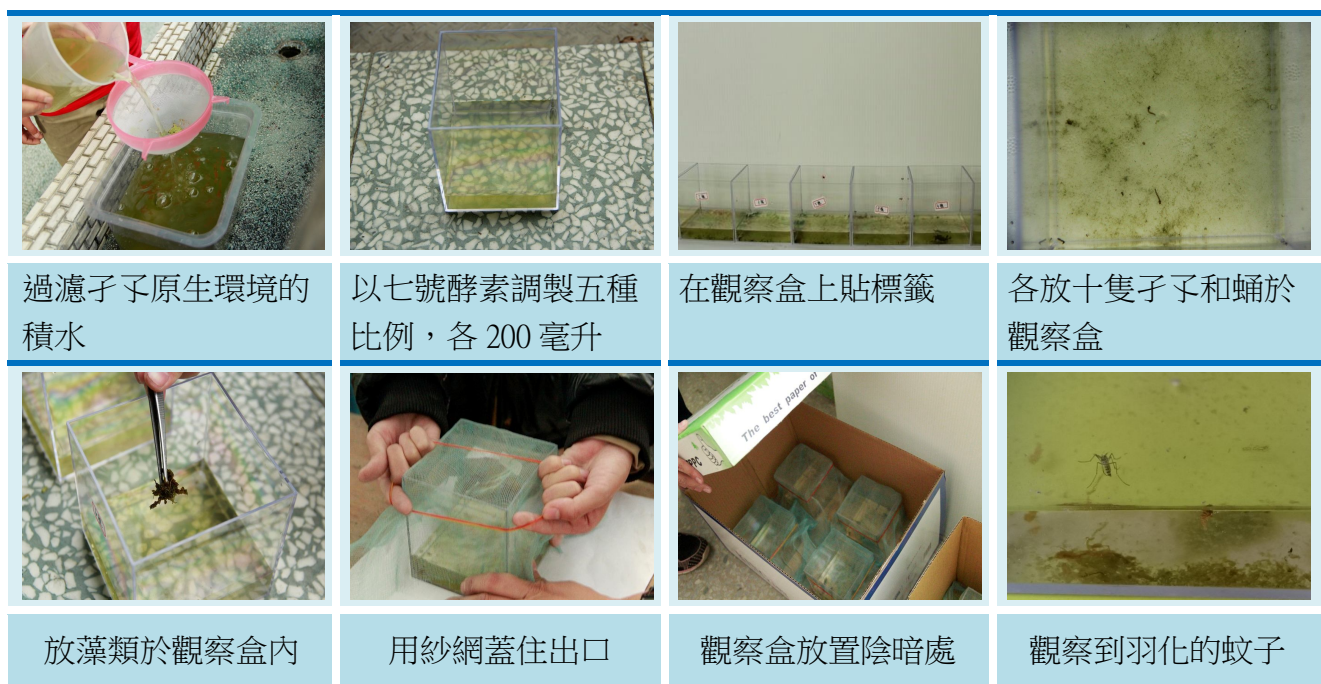


圖 5-20：不同比例的福木酵素防治孑孓(蛹)的實驗

(四)實驗記錄

表 5-11：不同比例福木酵素防治子子紀錄表

酵素比例	1 : 40	1 : 20	1 : 10	1 : 5	原液
第一組	子子 3 隻 蛹 7 隻	子子 5 隻 蛹 4 隻 死亡 1 隻	子子 6 隻 蛹 2 隻 死亡 2 隻	子子 6 隻 蛹 3 隻 死亡 1 隻	子子 4 隻 死亡 6 隻
第二組	子子 4 隻 蛹 6 隻	子子 4 隻 蛹 5 隻 死亡 1 隻	子子 5 隻 蛹 5 隻	子子 7 隻 蛹 1 隻 死亡 2 隻	子子 4 隻 蛹 1 隻 死亡 5 隻
第三組	子子 2 隻 蛹 7 隻 死亡 1 隻	子子 4 隻 蛹 6 隻	子子 5 隻 蛹 4 隻 死亡 1 隻	子子 8 隻 死亡 2 隻	子子 5 隻 死亡 5 隻
第四組	子子 3 隻 蛹 6 隻 死亡 1 隻	子子 3 隻 蛹 6 隻 死亡 1 隻	子子 6 隻 蛹 4 隻	子子 7 隻 蛹 3 隻	子子 3 隻 死亡 7 隻
第五組	子子 4 隻 蛹 6 隻	子子 3 隻 蛹 7 隻	子子 6 隻 蛹 3 隻 死亡 1 隻	子子 6 隻 蛹 4 隻	子子 3 隻 蛹 1 隻 死亡 6 隻
平均存活率	96%	94%	92%	90%	42%

表 5-12：不同比例福木酵素防治蛹紀錄表

酵素比例	1 : 40	1 : 20	1 : 10	1 : 5	原液
第一組	蛹 5 隻 羽化 4 隻 死亡 1 隻	蛹 5 隻 羽化 3 隻 死亡 2 隻	蛹 6 隻 羽化 2 隻 死亡 2 隻	蛹 5 隻 羽化 2 隻 死亡 3 隻	蛹 3 隻 羽化 1 隻 死亡 6 隻
第二組	蛹 4 隻 羽化 6 隻	蛹 6 隻 羽化 2 隻 死亡 2 隻	蛹 6 隻 羽化 1 隻 死亡 3 隻	蛹 5 隻 羽化 2 隻 死亡 3 隻	蛹 3 隻 死亡 7 隻
第三組	蛹 4 隻 羽化 5 隻 死亡 1 隻	蛹 5 隻 羽化 5 隻	蛹 5 隻 羽化 4 隻 死亡 1 隻	蛹 6 隻 死亡 4 隻	蛹 3 隻 羽化 1 隻 死亡 6 隻
第四組	蛹 3 隻 羽化 6 隻 死亡 1 隻	蛹 6 隻 羽化 2 隻 死亡 2 隻	蛹 7 隻 羽化 3 隻	蛹 5 隻 羽化 1 隻 死亡 4 隻	蛹 4 隻 羽化 1 隻 死亡 5 隻
第五組	蛹 4 隻 羽化 4 隻 死亡 2 隻	蛹 5 隻 羽化 3 隻 死亡 2 隻	蛹 7 隻 死亡 3 隻	蛹 7 隻 羽化 1 隻 死亡 2 隻	蛹 3 隻 死亡 7 隻
平均存活率	90%	84%	84%	68%	38%

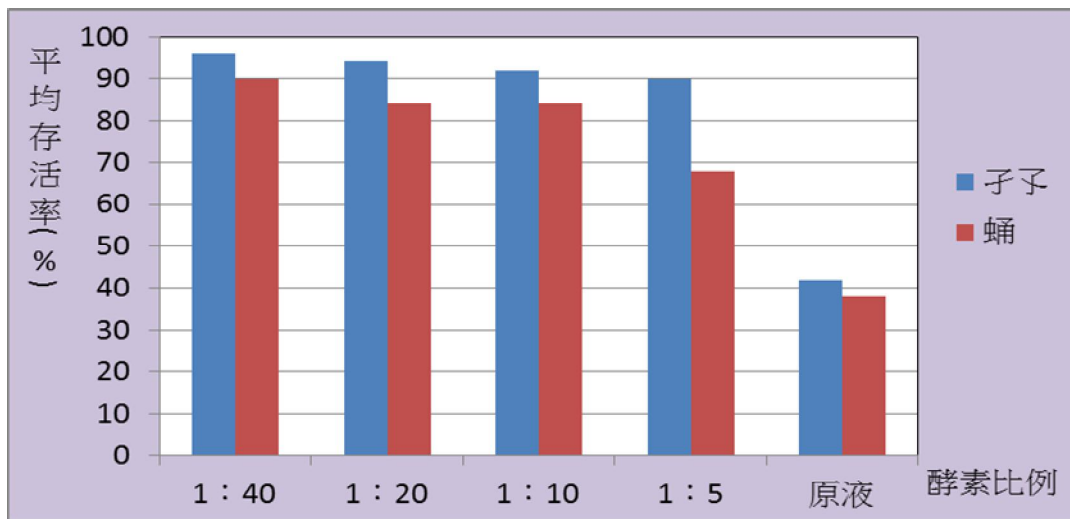


圖 5-21：子子和蛹的平均存活率直條圖

(五)實驗結果

除原液酵素可以造成子子和蛹有低存活率之外，其他比例皆無法有效讓子子和蛹死亡，**實驗結果不支持實驗假設。**

(六)研究討論

實驗結果並沒有如預測，酵素可以讓子子(蛹)死亡，而子子(蛹)在酸度很高的原液裡，也還有低存活率，顯示子子(蛹)具有抗酸性，而平常的積水容器，也無法倒入原液來抑制子子(蛹)生長，所以，我們思考酵素驅蚊的可能性。

二、福木酵素能夠驅趕蚊子嗎？

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效驅蚊

(二)變因控制

- 1.操作變因：連通管四個管壁中，一號管壁塗抹福木酵素。
- 2.控制變因：
 - (1)七號酵素塗抹在 1 號管壁；(2)每組放 10 隻蚊子；(3)每組觀察三天。
- 3.應變變因：蚊子的分布位置

(三)實驗步驟

- 1.倒水至連通管底部，只留可以讓蚊子移動的空間，讓蚊子不會停留在連通管底部。
- 2.將連通管 2 和 3 開口用塑膠袋封住，再用棉花棒沾福木酵素七號，均勻地塗抹 1 號管的管壁，塗完後將出口封住。
- 3.從四號開口處放 10 隻蚊子進入，之後再將開口封住。
- 4.每一組觀察兩天，一天三次，共實驗三組，將蚊子分布位置記錄下來。



圖 5-22：福木酵素驅蚊的實驗

(四)實驗記錄

表 5-13：蚊子分布位置統計表

	第一組				第二組				第三組			
試管 編號	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
第一 天	0	2	3	5	0	1	3	6	0	0	4	6
	0	1	3	6	0	1	5	4	0	3	3	4
	0	2	2	6	0	3	4	3	0	2	3	5
第二 天	0	2	4	4	0	1	4	5	0	1	3	6
	0	2	3	5	0	2	4	4	0	1	4	5
	0	2	4	4	0	2	3	5	0	2	3	5
平均 隻數	0	1.8	3.2	5	0	1.7	3.8	4.5	0	1.5	3.3	5.2

(五)實驗結果

實驗結果支持實驗假設，塗上七號酵素的 1 號連通管，沒有蚊子停留，顯示**酵素具有驅蚊**效果。

(六)實驗結果

由表 5-13 可知離酵素越遠的地方蚊子聚集越多，越靠近酵素的區域蚊子越少，實驗過程中，也有蚊子飛入一號連通管，但是馬上就又飛出，沒有停留，推測酵素的氣味是造成蚊子不靠近的原因。於是我們將酵素稀釋後，使用於廁所，除了用於清除污垢，並每日噴灑在門板和地板上，持續了一個星期，廁所成為了蚊子的禁區，將酵素取代殺蟲劑，既能清潔，又可以驅蚊，是很實用的發現。

【實驗五】研究福木酵素淨化生態池池水的功效

◎源起

四年級時的外掃區有生態池，因為池水不流動，水中雜質多，池內只有適應力強的烏龜和蝌蚪，魚類則無法長久生存。我們在網路中看到，印度有人將大量酵素倒入惡臭的河流中，產生淨化的作用，因此我們設計下列實驗，以透光度來比較各組水質的淨化程度。

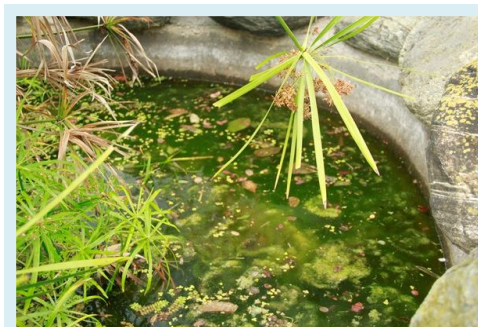


圖 5-23：生態池水質狀態

一、不同比例的福木酵素加入生態池池水，會有怎樣的變化？

(一)實驗假設：預測福木酵素能有效淨化生態池的池水

(二)變因控制

1.操作變因：不同比例的七號福木酵素

2.控制變因：

- (1)在觀察盒裝 800 毫升池水；(2)以七號福木酵素來實驗；(3)觀察盒放置在陽光照射處；
- (4)每日中午檢測水質透光度。

3.應變變因：水質的透光度

(三)實驗步驟

1.自製測量水質透光度的檢測儀(圖 5-24)。

2.取六個觀察盒，在蓋子貼上標籤編號，作為裝池水的容器，為避免異物飛入，並保持空氣流動，在蓋子上鑽六個洞。

3.到生態池取水，以量杯裝 800 毫升，用濾網過濾雜質後，倒入觀察盒，一組為對照組，其餘五組分別倒入 0.5、1、2、4、8 毫升的七號福木酵素(比例分別為 1：1600、1：800、1：400、1：200 和 1：100)，之後並蓋上蓋子，放置在陽光照射到的走廊。

4.每天固定在中午取觀察盒放進自製檢測儀，檢測各組水質的透光度，並作記錄。

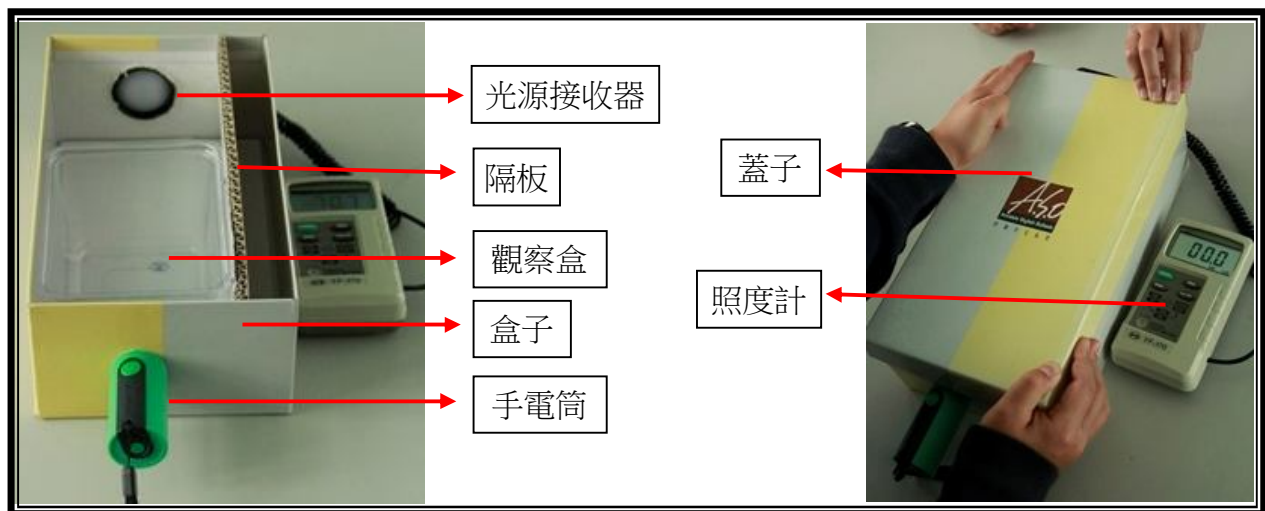


圖 5-24：水質透光度檢測儀



圖 5-25：不同比例酵素淨化生態池水質的實驗

(四)實驗記錄

表 5-14：加不同比例酵素的池水透光度(Lux)一覽表

酵素量 天數	對照組	1 : 1600	1 : 800	1 : 400	1 : 200	1 : 100
1	291	288	289	268	252	214
2	313	283	295	270	232	195
3	348	358	339	289	262	173
4	387	387	357	323	275	160
5	383	394	359	323	280	153
6	329	363	292	264	244	112
7	286	343	262	251	216	90
8	323	321	290	268	239	97
9	301	337	271	258	223	96
10	290	312	265	243	213	86

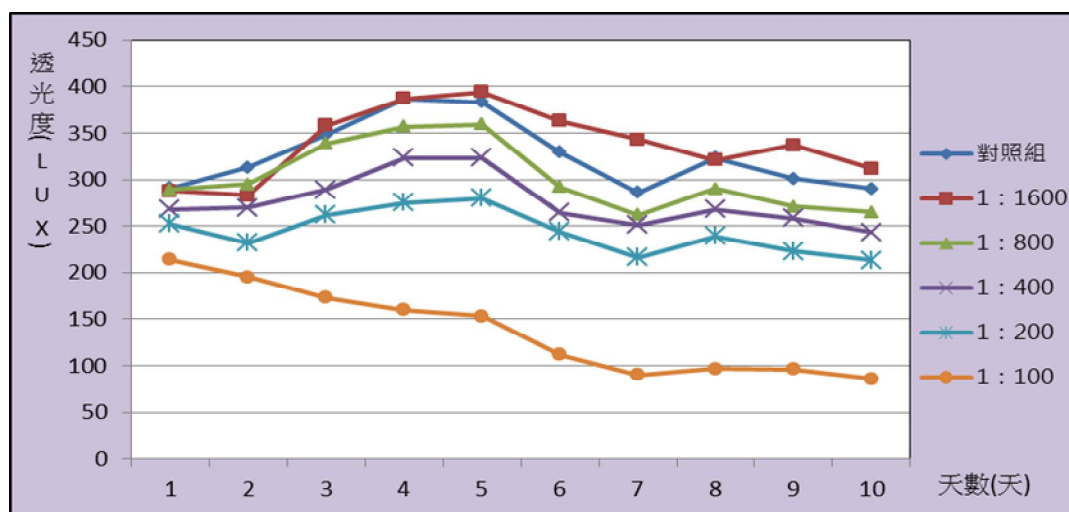


圖 5-26：加不同比例酵素的池水透光度折線圖

(五)實驗結果

實驗結果支持實驗假設，從圖 5-26 中可發現，在觀察盒加 0.5 毫升的酵素淨化效果最佳，而加 8 毫升酵素的池水效果則為最差。

(六)研究討論

在實驗中我們發現，加入酵素後，並非所有的比例都會讓水變清澈，數據顯示，除了 0.5 毫升的效果大於對照組之外，其他的組別，酵素滴的越多，反而水越混濁，再仔細觀察箱內的水，我們發現**高濃度的酵素**除了本身顏色造成**亮度下降**之外，也產生了許多的**絲狀物**(圖



圖 5-27：高濃度酵素會產生絲狀物

5-27)，雖然盒底藻類生成的數量沒有對照組多，但水卻變濁了，而滴入 0.5 毫升酵素的水，不但亮度高於對照組，盒內藻類也少於對照組，所以使用比例為 **1：1600** 的福木酵素來**淨化水質**，可以達到最佳的效果。

二、相同比例下，七種福木酵素加入生態池池水會有怎樣的變化?

(一)變因控制

1.操作變因：七種福木酵素

2.控制變因：

(1)在觀察盒裝 800 毫升池水；(2)在盒中各倒入 0.5 毫升的酵素；(3)觀察盒放置在陽光照射處；(4)每日中午檢測水質透光度。

3.應變變因：水質的透光度

(二)實驗步驟

1.取七個觀察盒，在蓋子貼上標籤編號，作為裝池水的容器，為避免異物飛入，並保持空氣流動，在蓋子上鑽六個洞。

2.到生態池取水，以量杯裝 800 毫升，用濾網過濾雜質後，倒入觀察盒，一組為對照組，另七組則分別倒入 0.5 毫升一～七號的福木酵素，之後並蓋上蓋子，放置在陽光照射到的走廊。

3.每天固定在中午取觀察盒放進自製檢測儀，測量各組水質的透光度，並作記錄。

(三)實驗記錄

表 5-15：加不同成分酵素的池水透光度(Lux)一覽表

酵素 天數	對照組	一號	二號	三號	四號	五號	六號	七號
1	290	298	288	288	290	290	283	297
2	282	288	283	269	279	279	273	293
3	312	341	358	313	319	333	310	366
4	356	362	387	344	362	342	331	373
5	363	379	394	359	348	367	349	373
6	342	356	363	337	352	352	339	355
7	312	329	343	319	327	326	317	324
8	288	280	321	270	279	290	281	282
9	304	317	337	309	306	315	311	317
10	287	290	312	288	283	272	286	287

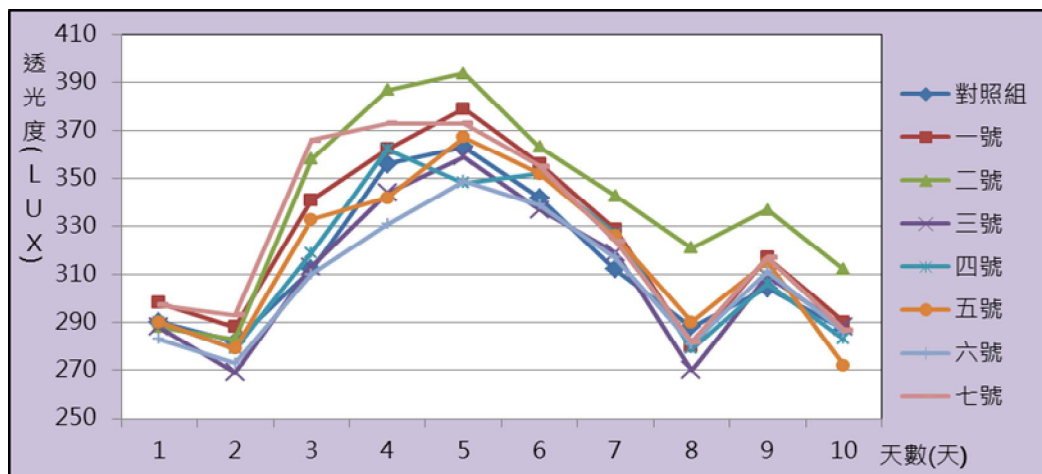


圖 5-28：加不同成分酵素的池水透光度折線圖

(四)實驗結果

從圖 5-28 得知，加 **0.5 毫升的二號**酵素到池水中，淨化效果最佳。

(五)研究討論

由實驗結果可知，七種酵素淨化水質的能力並不相同，結果是以單一成分(果肉)的二號酵素效果明顯高於其他組，盒中也幾乎都沒有藻類生長，綜合兩個子實驗的結果，我們建議以**二號酵素**，以比例**1 比 1600**來淨化生態池，可以達到最好的效果。



圖 5-29：兩組盒底藻類產生情形

陸、研究結論

- 一、內含果肉成分的福木酵素皆能有效抑制雜草土香的成長，尤其以果皮、果肉和種子製成的七號福木酵素效果最佳。
- 二、葉菜上噴灑七號福木酵素，能大量減少扁蝸牛和紋白蝶幼蟲啃食葉菜的機會。
- 三、以內含果皮和果肉的四、七號福木酵素作為液肥，能有效促進植物的生長。
- 四、除了福木酵素原液，其他比例酵素皆無法使孑孓大量死亡，但在室內空間，福木酵素的氣味能驅趕蚊子。
- 五、以 1：1600 比例加二號福木酵素到池水中，不僅能淨化水質，也能減少藻類的生成。

柒、參考資料及其他

- 1.田晉嘉、杜怡禎、徐珮芸、徐敏瑄、陳威誠、江孟霖(2015)。清潔酵素大不同。國立台灣科學教育館。取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/080818.pdf>
- 2.張祥賢、簡珮宇、簡虹汝(2011)。環保『酵』果大？。國立台灣科學教育館。取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/080817.pdf>
- 3.溫秀枝(無日期)。酵素救地球。取自 <http://enzymesos.blogspot.tw/?zx=a95bf1274097985>
- 4.李慶章等(2006)。南瀛植物探索：草本植物篇。台南縣本土教學資源網。取自：http://ltrc.tnc.edu.tw/modules/tadbook2/view.php?book_sn=4&bdsn=512
- 5.病媒蚊生態及習性介紹(103年4月18日)。台北市：衛生福利部疾病管制署。取自：www.cdc.gov.tw/downloadfile.aspx?fid=94C99AD7CAECECE9
- 6.花臭引蟲授粉 學者：樹沒罪(101年11月23日)。自由時報。取自：<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/632854>
- 7.趙曉蓓(2010)。在家種菜就是那麼簡單。新北市：源樺。

【評語】 080834

研究構想是為了解決校園中惱人的落果問題，具有切身性，立意良好，然而，環保酵素的製作和應用，先前已有許多研究，雖增加趨蚊功效的發現，但使用條件的探討仍需更充分的證據分析。