

## 研究報告

## 以模擬褐根病菌在環境中殘存方式 評估其對殺菌劑之感受性

傅春旭<sup>1)</sup> 張東柱<sup>1)</sup> 林俊成<sup>2)</sup> 姚瑞禎<sup>3)</sup> 黃勁暉<sup>4,5)</sup>

### 摘要

以長滿褐根病菌之樟樹枝條(10×1 cm)作為追蹤標誌，評估三泰芬、待克利、撲克拉乳劑、撲克拉水基乳劑四種化學藥劑及土肉桂精油，進行稀釋1000倍土壤澆灌(20 L m<sup>-2</sup>)，同時以水作為對照組，並與登記藥劑邁隆進行比較，於14 d後對土壤5, 30及50 cm深度的褐根病菌之殘存影響。實驗結果指出土壤5, 30及50 cm深度的褐根病菌平均培養出的標誌數：施用三泰芬者為2.75, 4.25及1.5支；待克利為3.5, 2.75及1.25支；撲克拉乳劑者為3, 3.25及2.0支；撲克拉水基乳劑為1.75, 2.5及1.25支；土肉桂精油為1.75, 2.5、1.75支；對照組水為2.75, 1.25及2.25支；以邁隆進行燻蒸處理者褐根病菌平均養出的標誌數為0支。直接以褐根病追蹤標誌浸泡三泰芬、待克利、撲克拉乳劑、撲克拉水基乳劑及土肉桂精油1000倍稀釋液中，經過1, 24及48 h，褐根病菌均能在追蹤標誌中被分離出來。試驗結果顯示土壤藥劑澆灌方式對褐根病菌殘存之影響相當有限。

**關鍵詞：**三泰芬、待克利、撲克拉乳劑、撲克拉水基乳劑、土肉桂、精油、殺菌劑、褐根病菌。

傅春旭、張東柱、林俊成、姚瑞禎、黃勁暉。2019。以模擬褐根病菌在環境中殘存方式評估其對殺菌劑之感受性。台灣林業科學34(3):169-77。

<sup>1)</sup> 林業試驗所森林保護組，10066台北市南海路53號 Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>2)</sup> 林業試驗所林業經濟組，10066台北市南海路53號 Division of Forest Economics, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>3)</sup> 桃園農業改良場，32747桃園市新屋區東福路二段139號 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, 139 Dongfu Rd., Sec. 2, Hsinwu Dist., Taoyuan 32747, Taiwan

<sup>4)</sup> 天蕊股份有限公司，11284臺北市北投區行義路9-3號4樓 Tianroei Limited Company, 4 Fl., 9-3 Xingyi Rd., Beitou Dist., Taipei 11284, Taiwan.

<sup>5)</sup> 通訊作者 Corresponding author, e-mail:greenb420.darren@gmail.com

2019年2月送審 2019年3月通過 Received February 2019, Accepted March 2019.

Research paper

## Efficacy Tests of Fungicides towards *Phellinus noxius* Inoculated in a Plant Substrate

Chuen-Hsu Fu,<sup>1)</sup> Tun-Tschu Chang,<sup>1)</sup> Jiunn-Cheng Lin,<sup>2)</sup>  
Jui-Chen Yao,<sup>3)</sup> King-Fai Wong<sup>4,5)</sup>

### 【 Summary 】

Branch sections of camphor (*Cinnamomum camphora*) inoculated with tree brown rot disease *Phellinus noxius* were used as tracers for indicating the survival of *P. noxius* in soil, and hence for evaluating of the effect of chemical treatments. These indicators were buried at 5, 30, and 50 cm in depth of different experimental blocks of soil in the field, and 25% Prochloraz (E.C.), 25% Prochloraz (E.W.), 25% Triadimefon (W.P.), 24.9% Difenconazole (E.C.), and the essential oil of *Cinnamomum osmophloeum* in 1000-fold dilutions were gently irrigated into different experimental blocks, with irrigation with water used as the control group. An experimental block of fumigation with the registered 98% Dazomet (G.R.) was applied for comparison. Branch tracers were collected, cleaned, and cultured with selective medium (MA+4) for *P. noxius* after 14 d. Re-isolation numbers of tracers with *P. noxius* in a total of 5 tracers buried at 5, 30, and 50 cm in depth of experimental blocks under each treatment were as follows: 3, 3.25, and 2 for Prochloraz (E.C.); 1.75, 2.5, and 1.25 for Prochloraz (E.W.); 2.75, 4.25, and 1.5 for Triadimefon; 3.5, 2.75, and 1.25 for Difenconazole; 1.75, 2.5, and 1.75 for essential oil of *C. osmophloeum*; 2.75, 1.25, and 2.25 for the water control; and there was no re-isolation with Dazomet fumigation. Moreover, *P. noxius* could be re-isolated from all tracers after direct immersion for 1, 24, and 48 h in 1000-fold dilutions of Prochloraz (E.C.), Prochloraz (E.W.), Triadimefon, Difenconazole, and the essential oil of *C. osmophloeum*. Results indicated that the tested chemicals have limited effects of inhibiting *P. noxius* in soil.

**Key words:** Triadimefon, Difenconazole, Prochloraz (E.C.) Prochloraz (E.W.), Essential oils, *Cinnamomum osmophloeum*, fungicides, *Phellinus noxius*.

**Fu CH, Chang TT, Lin JC, Yao JC, Wong KF. 2019.** Efficacy tests of fungicides towards *Phellinus noxius* inoculated in a plant substrate. Taiwan J For Sci 34(3):169-77.

### 緒言

有害木層孔菌(*Phellinus noxius* (Corner) Cunningham)或俗稱褐根病菌引致的樹木褐根病(tree brown rot disease)是台灣最重要也是最常見的樹木病害,造成果樹、行道樹、防風林、綠美化景觀樹種的死亡(Chang 1992, 1997),在樹

木病害調查或是老樹病蟲害調查中佔有最高的比率(Chang et al. 1999, Fu et al. 2001, 2002)。樹木受危害初期病徵為全株葉片黃化褪綠、部份枝條乾枯,樹勢衰弱,最後枯死;而在大面積林地發生時,通常自一病樹向四周健樹蔓延危

害，藉著土壤中樹木根與根間接觸而傳播，發生時間愈久病圈愈大；對於某些敏感樹種如樟科樹木，從衰弱到枯死約需1個月至3個月，屬於快速萎凋病(Chang et al. 1999)；另外亦有慢性型如榕屬樹木為葉片慢慢黃化褪綠及小葉化，並逐漸落葉，最後整株枯死，過程可能持續1至2年。接近地際部主莖及根部的發病樹木往往有黃色至深褐色菌絲面包圍其表面，能作為工作人員在現場病害鑑定判斷上快速而正確的診斷依據，但在根部的菌絲面因常與泥沙結合而不明顯(Chang et al. 1999)。本病造成快速萎凋的主要原因是病原菌直接危害樹皮的輸導組織，造成樹皮環狀壞死，導致水分及養分之輸送遭受阻礙而死亡。本病原菌除危害根部及地際部樹皮外，也造成該部位之木材白色腐朽，罹病樹木因支撐能力受到影響而容易發生風倒甚至於無風自倒的情形(Chang et al. 1999)。

實務上褐根病的防治工作，應以預防為主，因本病原菌危害植物初期地上部沒有任何病徵，一旦地上部出現病徵，呈現衰弱之勢時，表示80%以上的根部已經受害，在此情況下如欲進行治療處理，其實甚為困難，所以移除病根減少感染源的田間衛生工作是本病防治上的重點。目前砍除病株並將病根集中燒毀後，以燻蒸劑—98%邁隆微粒劑(98% Dazomet G.R.)進行土壤燻蒸消毒，可以有效地降低田間的感染源(Fu et al. 2012)，是台灣最常用的處理方式，也是經過合法登記推薦之使用藥劑(Wang et al. 2012)。2012年出版的植物保護手冊也推薦使用25%撲克拉乳劑(25% Prochloraz E.C.)及水基乳劑(25% Prochloraz E.W.)稀釋1000倍作為緊急防治藥劑(Wang et al. 2012)。另外一些文獻也指出許多的化學藥劑對樹木褐根病菌有一定的抑制甚至防治的效果(Fu 2005, Tsai et al. 2005)，甚至於天然抽出物對褐根病菌也有非常好的抑制效果(Cheng et al. 2010, Hsiao et al. 2010, Chang et al. 2016)。本研究嘗試利用樹木褐根病菌的腐朽殘存特性，以推薦藥劑及文獻報導的一些殺菌劑及土肉桂精油，進行田間防治效果評估，以了解藥劑施用對樹木褐根病菌土壤中殘存的影響，也跟推薦藥劑——邁隆燻蒸劑進行比較，以提供樹木管理人員參考。

## 材料與方法

### 一、褐根病菌來源

本次實驗以國防大學政治作戰學院游泳池旁罹患褐根病的楓香(*Liquidambar formosana* Hance)所分離出的褐根病菌作為試驗菌株，經分離及純化培養備用。

### 二、追蹤標誌的製作

取10 cm長、1 cm直徑之樟樹枝條，以高溫高壓滅菌後，接種經純化之褐根病菌，以不照光、28°C 的條件下培養14 d，待菌絲長滿枝條後，作為是次褐根病防治效果評估試驗之追蹤標誌。

### 三、天然抽出精油的來源與製備

土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum* Kaneh)的精油取自烏來信賢苗圃之土肉桂葉片，先將枝葉分離，二者均置於室內陰乾後，封存於5°C 冷藏櫃備用。抽取精油先量取材料500 g，置入雙重冷卻精油蒸餾裝置，再加入2500 mL水，並通入冷卻水，蒸餾6 h。將精油與水分離，再將適量的無水硫酸鈉(sodium sulfate anhydrous)加入精油中，以脫除微量的水分，最後將處理後之精油置於5°C 冷藏櫃備用。

### 四、試驗時間、地點及設計

田間試驗的時間為2012年9月1日至12月30日，試驗地點位於台北市北投區國防大學政治作戰學院游泳池旁，罹患褐根病的楓香林的土壤為偏黏性壤土，並含有大小不一之小石礫。砍除罹病病株及挖除病殘根後，將之集中送焚化爐燒毀。試驗地以挖土機進行整地，以將土壤翻動均勻並使之平整，以利田間試驗的進行。整地完畢後，選取兩個區塊，一區塊大小為10×4 m作藥劑試驗之用，另一區塊大小為10×2 m作燻蒸消毒試驗之用。為避免試驗的干擾，兩區塊相隔3 m。

### 五、田間藥劑灌注

#### (一)試驗方式

將10×4 m之區塊以1×1 m的大小劃分

為40塊小試區，每一種藥劑以逢機方式選取4塊小試區進行試驗(Fig. 1)，共24塊小試區。每一小試區於實驗前埋入15支追蹤標誌，埋入深度為5、30及50 cm，每種深度放置5支追蹤標誌，不同深度的位置避免重疊，放置後立即以挖出的土壤進行覆土，以避免相互干擾。灌注的藥劑分別為25%撲克拉乳劑(25% Prochloraz E.C.)、25%撲克拉水基乳劑(25% Prochloraz E.W.)、24.9%待克利乳劑(24.9% Difenconazole E.C.)、25%三泰芬可濕性粉劑(25% Triadimefon W.P.)及土肉桂精油，並以澆灌水者為對照組，共6種處理方式，每一種處理重複4次。5種藥劑施用前直接以水稀釋1000倍後進行澆灌，土肉桂精油則先進行乳化處理(精油及1% Tween，比例1:1)後，再以水進行稀釋成1000倍(Chang et al. 2016)，每一小試區藥劑施用量為20 L。澆灌時以緩慢的速度平均澆灌，以避免大量藥劑於短時間澆灌下引起地表逕流，導致藥劑流失無法發揮作用，並於澆灌完畢14 d後取回追蹤標誌。

## (二) 成效檢測

先以自來水沖洗，除去附著其上的土壤，以吸水紙將水沾乾後，隨意選取切割成1 cm長的段落共4小段，以0.1%的次氯酸鈉進行表面消毒1 min後，以吸水紙將表面的次氯酸鈉溶液吸乾後，放到無菌水中清洗1 min，以除去殘留的次氯酸鈉，再放置到吸水紙上，以除去表面的水分後，放置到褐根病菌之MA+4半選擇性培養基中進行分離培養。於室溫條件下培養7 d後，觀察有無褐根病菌之菌落生長。培養皿中只要有褐根病菌落長出者，即表示原追蹤標誌上的褐根病菌仍然具有活性，各種藥劑在不同深度土壤澆灌的防治效果以培養出褐根病菌的追蹤標誌數量的多寡作為參考，當越多的追蹤標誌被培養出褐根病菌時顯示當藥劑在該深度的施用效果越差。

## 六、邁隆燻蒸消毒

在10×2 m的區塊周圍埋入不透氣之塑膠布，深度約1 m以作為阻絕溝之用，以植物保



Fig. 1. Field experiment for evaluating the effects of chemical treatments on survival of *Phellinus noxius* in soil by chemical irrigation in 1×1-m blocks.

護手冊推薦之藥劑施用量進行土壤燻蒸消毒作業(Wang et al. 2012)，適隆的施用量為1.2 kg，土壤充分混合後，區分為20個1×1 m大小之小試區，以逢機方式選取4塊作為燻蒸消毒用。每一小試區在覆蓋之前於三種深度5、30、50 cm放置5支追蹤標誌，共埋入15支追蹤標誌。然後將混合適隆的土壤添加適當的水分(約40~60%)後，將燻蒸試區以不透氣的塑膠布進行緊密覆蓋，以避免燻蒸氣體逸散，以達至最佳燻蒸效果。14 d後取回追蹤標誌進行分離培養，方法同上述五之二「成效檢測」。培養皿中只要有褐根病菌長出者，即表示原追蹤標誌上的褐根病菌仍有活性。適隆在不同深度土壤的燻蒸效果以培養出褐根病菌的追蹤標誌數量的多寡作為參考，當越多的追蹤標誌被培養出褐根病菌時顯示適隆在該深度的施用效果越差。

## 七、藥劑浸泡試驗

分別將撲克拉乳劑、撲克拉水基乳劑、待克利、三泰芬直接以水稀釋1000倍，土肉桂精油乳化後以水稀釋成1000倍，各種稀釋溶液放入追蹤標誌5支，以水作為對照組，浸泡1、24及48 h後取出進行分離培養，方法同上述五之二「成效檢測」。於室溫條件下培養7 d後，觀察有無褐根病菌之菌落生長。培養皿中只要有褐根病菌長出者，即表示原追蹤標誌上的褐根病菌仍有活性，實驗重複4次，觀察並紀錄各種藥劑溶液浸泡後培養的結果。

## 實驗結果

### 一、田間藥劑澆灌對追蹤標誌內褐根病菌殘存之影響

田間實驗以6種不同處理方式(包含對照組水)探討3種土壤深度之褐根病菌防治效果。實驗進行4次重複，各藥劑處理在不同土壤深度皆埋入5支追蹤標誌，回收分離出褐根病菌的追蹤標誌數量愈少(分離率越低)，表示防治效果越好。實驗結果顯示5、30及50 cm深度土壤追蹤標誌培養出褐根病菌平均支數，施用三泰芬者為2.75、4.25及1.5支；待克利為3.5、2.45

及1.25支；撲克拉乳劑者為3、3.25及2支；撲克拉水基乳劑為1.75、2.5及1.25支；土肉桂為1.75、2.5及1.75支；對照組水為2.75、1.25及2.25支。若以這樣的數據進行比較，似乎施用藥劑的成效與施用水進行防治的效果差不多。若以單因子變異數分析，來進一步討論各種變因間的差異如下：

### (一) 重複區集間之差異

4種農藥、1種精油及對照組水共6種土壤澆灌處理方式，試驗重複4次。每一重複包含6種藥劑及3種不同埋放深度，共有18組，藉由單因子變異數分析，發現重複區集並無顯著差異( $F = 0.086, p = 0.967$ ) (Table 1)。顯示疫區經過特別的均勻翻動整理後，各試驗小區的條件相當，故實驗重複區集間的差異不顯著。

### (二) 六種不同藥劑(含對照組水)來討論其處理效果

以6種處理藥劑來看不同藥劑處理的效果，每處理方法有3種處理深度及4重複，以緊急推薦藥劑撲克拉水基型乳劑效果最好，平均分離出數量為1.83支；其次是土肉桂精油2.00支，再其次則為對照組的水分離數量為2.08支。但是若藉由單因子變異數分析，發現不同藥劑間(包含對照組水)並無顯著的差異(Table 2)。

### (三) 不同埋放深度間的處理效果

以6種不同藥劑4次重複，來看在3種不同土壤深度之處理效果，藉由單因子變異數分析，發現不同深度之處理效果具有顯著差異( $F = 7.863, p = 0.001 < 0.05$ )，土壤深度5及30 cm的平均分離數量分別為2.58及2.75支，其效果明顯比50 cm (平均值為1.67支)為差(Table 3)。

### 二、以適隆燻蒸對埋入土壤內之追蹤標誌中褐根病菌殘存的影響

適隆燻蒸對於對埋入土壤內之追蹤標誌中褐根病菌殘存的影響非常大，在4個重複小試區內，3種不同土壤深度內共60支的追蹤標誌，回收進行分離培養，皆無法分離出樹木褐根病菌。

**Table 1. Statistical differences among 4 replicates**

Replicate	n	Mean	SD	SE	95% Confidence interval	
					Lower limit	Upper limit
Replicate 1	18	2.39	0.85	0.20	1.97	2.81
Replicate 2	18	2.33	1.14	0.27	1.77	2.90
Replicate 3	18	2.22	1.26	0.30	1.59	2.85
Replicate 4	18	2.39	1.24	0.29	1.77	3.01
Total	72	2.33	1.11	0.13	3.07	2.59

SD, standard deviation; SE, standard error.

**Table 2. Number of tracers re-isolated with *Phellinus noxius* among 6 treatments**

Treatment	n	Mean	SD	SE	95% Confidence interval	
					Lower limit	Upper limit
Prochloraz (25%, E.C.)	12	2.75	0.87	0.25	2.20	3.30
Prochloraz (25%, E.W.)	12	1.83	0.94	0.27	1.24	2.43
Difenoconazole (24.9%, E.C.)	12	2.50	1.17	0.34	1.76	3.24
Triadimefon (25%, W.P.)	12	2.83	1.34	0.39	1.98	3.68
Essential oil of <i>Cinnamomum osmophloeum</i>	12	2.00	1.04	0.30	1.34	2.66
Control (water)	12	2.08	1.08	0.31	1.39	2.77
Total	72	2.33	1.11	0.13	2.07	2.59

SD, standard deviation; SE, standard error.

**Table 3. Number of tracers re-isolated with *Phellinus noxius* at different soil depths**

Soil depth	n	Mean	SD	SE	95% Confidence interval	
					Lower limit	Upper limit
5 cm	24	2.58	0.83	0.17	2.23	2.93
30 cm	24	2.75	1.26	0.26	2.22	3.28
50 cm	24	1.67	0.92	0.19	1.28	2.05
Total	72	2.33	1.11	0.13	2.07	2.59

SD, standard deviation; SE, standard error.

### 三、藥劑浸泡試驗

分別將撲克拉乳劑、撲克拉水基乳劑、待克利、三泰芬直接以水稀釋1000倍，土肉桂精油經乳化後以水稀釋成1000倍，各種稀釋溶液放入追蹤標誌5支，以水作為對照組，浸泡1, 24及48 h後取出，以半選擇性培養基(MA+4)中進行分離培養。室溫下靜置7 d後進行觀察，實驗重複4次。試驗結果發現各種處理方式及處理時間，每個追蹤標誌皆可培養出褐根病菌，分離率皆為100%。

### 討論

樹木褐根病的防治成果評估，關係著防治是否有效果或是說防治有多少的效果。在一些以褐根病菌的病原性特性進行之防治效果評估中，藥劑的處理效果是明顯的。例如以樹木褐根病的病徵及對苗木死亡的影響作為防治效果的評估，在病土盆鉢試驗中發現許多的藥劑有相當的防治效果，在為期1及2年試驗苗木番荔枝及枇杷的死亡率來評估，藥劑的處理效果是有效且顯著(Tsai

et al. 2005)；但是這種病徵表現來評估防治效果的方式，是需要較長的時間來評估，同時也容易忽略樹木褐根病菌的木材腐朽特性。所以在防治實務上利用系統性的殺菌劑進行田間灌注，特別是罹病初期的樹木在病徵的評估來看似乎有恢復或是遏止病勢的發展，但是長期下來樹木即使恢復原來的生長勢，卻可能發生風倒甚至於無風自倒(Fig. 2)，觀察樹木傾倒後的樹基部常常發現腐朽嚴重，伴隨著明顯的褐色網紋(Fig. 3)，並可以在這區域分離出樹木褐根病菌。在集約管理特別是矮化或棚架設施栽培的果樹經營上，以藥劑進行澆灌處理，或許並沒有因樹木傾倒而引發之公共安全疑慮，同時可以延長農友收益的時間；但是一些經營較為粗放的地方如公園、行人道及校園的樹木就可能會有危害公共安全的考量。

本研究似乎可以跟田間觀察到的現象相呼應，以土壤澆灌殺菌劑或是藥劑的方式對於殘存土壤木質部位的褐根病菌影響非常有限，就本實驗的結果來看這些殺菌劑及土肉桂精油的施用效果與澆水在統計上無顯著差異。考慮

到藥劑在實務澆灌上無法完全均勻作用在土壤或殘枝腐木上，因此將追蹤標誌直接置入於稀釋的藥劑或是精油中加以浸泡1、24及48 h，惟結果顯示皆無法完全將追蹤標誌內殘存的褐根病菌殺死，與澆灌藥劑的效果一致。這些藥劑和精油在培養基中是明顯的可以抑制樹木褐根病菌的生長，但是在木質材料中很可能是擴散及穿透效果不佳，無法與褐根病菌完全接觸而降低其效果。相對於移除病根後的藥劑灌注措施，依照植物保護手冊登記推薦的方式，以邁隆進行燻蒸消毒的確能以較佳之氣體穿透效果，有效地將土壤中木質材料內殘留的褐根病菌清除，可以收到較佳的防治效果。

## 結論

樹木褐根病是台灣最重要也是最常見的樹木病害，造成部份果樹、行道樹、防風林、綠美化景觀樹種的快速凋萎，罹病樹木因木材腐朽而支撐能力受到影響，容易發生風倒甚至



Fig. 2. Sudden fall of a healthy-looking coral tree (*Erythrina variegata*) at Taipei Siping Park in 2010.

於無風自倒的情形，引起公共安全之虞。本研究嘗試利用樹木褐根病菌的腐朽殘存特性，以合法推薦登記藥劑——燻蒸藥劑邁隆及文獻報導的一些殺菌劑及精油，進行田間防治效果之比較及評估，以了解藥劑施用對樹木褐根病菌在土壤中殘存的影響。試驗結果顯示以土壤澆灌殺菌劑或是精油藥劑的方式對於殘存土壤中木質部位的褐根病菌影響非常有限，並與澆水在統計上無顯著差異，甚至於將追蹤標誌直接置入於稀釋的藥劑或是精油中加以浸泡皆無法完全將追蹤標誌內殘存的褐根病菌殺死；而以邁隆進行燻蒸消毒能有效地將殘留土壤中木質材料內的褐根病菌完全清除。在實務上褐根病的防治工作應以預防為主，一旦樹木罹病而黃化或凋萎，移除病根及以邁隆進行燻蒸消毒等減少感染源的田間衛生工作是本病防治上的重點，並可以收到較佳的防治效果。

## 謝誌

本研究承農委會林業試驗所科技計畫(105農科-12.3.3-森-G3)；林務局101年「樹木褐根病防治輔導及非農藥防治法之研發」經費補助，謹致謝忱。

## 引用文獻

**Cheng SS, Chung MJ, Lin CY, Chang ST, Wang YN. 2010.** Evaluation of essential oils and extracts of different plant parts from *Taiwania cryptomerioides* against *Phellinus noxius*. *J Exp For Natl Taiwan Univ* 24(2):85-95. [in Chinese with English summary].  
**Chang TT. 1992.** Decline of some forest trees associated with brown root rot caused by *Phellinus noxius*. *Plant Pathol Bull* 1(2):90-5.  
**Chang TT. 1995.** A selective medium for *Phellinus noxius*. *Eur J For Pathol* 25:185-90.  
**Chang TT. 1997.** Occurrence and prevention of tree brown root rot disease. *Symposium on Pests and Diseases of Forest*. Taipei, Taiwan:



**Fig. 3. Sign of brown root rot with an obvious network of brown lines permeating wood tissues caused by *Phellinus noxius* in deeper roots of the coral tree (*Erythrina variegata*).**

The Chinese Forestry Association and Taiwan Forestry Research Institute. p 97-102. [in Chinese].

**Chang TT, Hsieh HJ, Chang RJ, Fu CH. 1999.** Common tree diseases in Taiwan. TFRI Extension Series no. 98. Taipei, Taiwan: Taiwan Forestry Research Institute. 202 p. [in Chinese].

**Chang TT, Yao JC, Yin HW, Fu CH. 2016.** Evaluation of essential oils of *Cinnamomum osmophloeum* Kaneh, *C. burmannii* Blume, *Melaleuca alternifolia* Cheel and *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana* (Hayata) Rehder against *Phellinus noxius*. *Q J Chin For* 49(1):23-32. [in Chinese with English summary].

**Fu CH. 2005.** Study on the tree brown root rot disease [unpublished doctoral dissertation]. Taipei, Taiwan: National Taiwan Univ. [in Chinese with English summary].

**Fu CH, Hu BY, Chang TT, Hsueh KL, Hsu WT. 2012.** Evaluation of dazomet as fumigant for the control of brown root rot disease. *Pest Manage Sci* 68(7):959-62.

**Fu CH, Juang LM, Chang TT, Wu ML. 2001.** Investigation of important tree pests in

Taiwan in year 2000. Q J Chin For 34(3):271-8. [in Chinese with English summary].

**Fu CH, Juang LM, Chang TT, Wu ML. 2002.** Investigation of important old tree pests in Taiwan. Q J Chin For 35(1):1-7. [in Chinese with English summary].

**Hsiao WW, Chu PC, Wen CC, Wang YN, Chen CY, Sun EJ. 2010.** Study of the brown root disease of *Zelkova serrata*. J Exp For Natl Taiwan Univ. 24(2):79-84. [in Chinese with English summary].

**Sawada K. 1928.** Camphor tree decline. De-

script Catal Formosan Fungi 4:86-91.

**Tsai JN, Ann PJ, Hsieh WH. 2005.** Evaluation of fungicides for suppression of three major wood-decay fungi *Phellinus noxius*, *Rosellinia necatrix* and *Ganoderma austral*. Plant Pathol Bull 14(2):115-24.

**Wang YC, Wang TC, Chen FH, Tsai YS, Li HP, Pi WC. 2012.** Plant protection manual. Taipei, Taiwan: Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan. p 1079. [in Chinese].

