

國立臺灣大學生物資源農學院園藝暨景觀學系

碩士論文

Graduate Institute of Horticulture and Landscape

College of Bioresources and Agriculture


National Taiwan University

Master Thesis

楊樹病蟲害調查及其防治

The investigation and control of pests and diseases of

Populus spp.



廖婉婷

Wan-Ting Liao

指導教授：張祖亮 博士、傅春旭 博士

Advisor: Tsu-Liang Chang, Ph.D. and Chuen-Hsu Fu, Ph. D.

中華民國一百零一年七月

July, 2012

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

楊樹病蟲害調查及其防治

The investigation and control of pests and diseases of
Populus spp.

本論文係廖婉婷君 (R99628138) 在國立臺灣大學園藝暨景觀學系、所完成之碩士學位論文，於民國一百零一年六月十三日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

張祖堯

(指導教授)

傅春旭

(簽名)

張東柱

尹華文

胡育元

誌謝

本論文承蒙兩位指導教授張祖亮博士、傅春旭博士悉心指導與教誨，初稿復蒙尹華文博士、張東柱博士及胡寶元博士撥冗親臨斧正，並提供寶貴意見，特此，謹致最深的謝忱。

感謝霧峰農試所陳淑佩博士、彰化師範大學林宗岐老師給予蟲類鑑定上的協助，感謝中興大學陳啟予老師給予菌類鑑定的協助，另感謝欣龍綠能生技公司給予試驗調查工作上的一切協助。

祖亮老師，謝謝您在日常生活起居上對我的關心，更感謝您對我的包容及給予很大的空間和自由度，您的談諧幽默讓實驗室生活不至太過嚴肅，大幅降低研究生的壓力與緊張，欣賞您有時待人處世的哲學，讓我看見了寬容與智慧的調和。感謝所有精溫的每一個成員(康康、LuLu、鴻均、心怡、宜潔、柏任、金金、彥佑、信榮、軟軟、子軒、康銘、儀羚、阿清當然還有妙卡)，讓我有許多回憶，特別感謝宜潔，從一進實驗室給了我很多協助。侯大哥真的十分謝謝你!有你之後的實驗生活，更加讓我有信心!得以順利畢業!

傅老師，對您，我有很多無法言語的感謝，感謝您的及時救援，為迷航的我擺渡，不只在學問上給我的引領與指教，更是對我全力支持與照顧。您帶給我的，不只是學識上的，您做事的認真與堅持更是讓我敬重，更感謝您帶給我一些價值觀與態度上的啟蒙，老師，我是您的學生，我會牢牢將您給我的好觀念記在心中，有機會使其得以傳承。很謝謝林試所(凱琳、小薇、趙容、黃甯、佩儀、大眼、大侑)諸位的幫忙，妳們是很可愛的一群，凱琳，對妳尤其感謝，妳真是大家的中流砥柱，也謝謝警衛大哥們(黃大哥、周大哥、謝大哥)。

感謝中興大學園藝系，我的娘家，不僅在大學生涯給我的一切，畢業後依然給我的溫暖，407的朋友們(許萱、美齡、小家、錢岳、阿俗)，謝謝妳們，無論在學業或生活上，一起的提攜，讓我一路上不孤單。感謝大陳老師時常的問候與調侃，也謝謝小陳老師，在您實驗室打擾了。

感謝我的大學同儕們(HORT94、95、96、97、98、99、100級)在研究生之路上給我的引領與鼓勵，小景，謝謝妳的越洋關心及給予我的論文格式參考。劉芳怡，感謝妳從我一踏進台大校園，對我種種的幫忙，是妳給了我一把利刃，讓我一路上可以披荊斬棘，感謝有妳。

感謝從我小時候一路關懷我的良師益友們，讓我對世界能熱情擁抱，感受滿滿人間的真善美，造就今日開朗、樂觀、正向的我，無限的感激實在無法在有限的篇幅裡一一用文字表達。

對於我的家人，千言萬語也道不盡我的感動與感激，我只能說，妳們是我生命的原動力，有你們，我能成長茁壯，我能橫衝直撞，我能不怕跌倒，我能自由翱翔。可婷，謝謝妳，總給我行動上很大的支持，爸爸、媽媽謝謝你們，無論我脾氣怎麼不好，你們在意的都是我好不好，有你們是我的家人，我很好命很幸福。

感謝上天讓我的原生家庭和人生際遇充滿了祝福和愛，謝謝妳在我心裡給了一座秘密花園，滋養我的心靈，芬芳了我的生命，讓我更有活力、有勇氣去面對一切，讓我的生命更有熱情和夢想，在這應許之地，我感到很溫暖、安心、快樂、滿足及感恩，讓我更不畏外界的嚴寒，謝謝妳如此這般的愛、如此地守護著我的心。

謹將此論文獻給上天，願上天守護我所關心的大家，祈求你們都平安健康。

摘要

栽培在臺灣的楊樹(*Populus* spp.)目前罹患多種病害與蟲害，故進行相關調查及鑑定工作，對危害情況較嚴重之銹病和炭疽病，則以藥劑及精油進行防治及篩選。本研究期能藉由實務的探討，作為日後防治工作基礎，以解決臺灣楊樹在臺灣種植栽培上所面臨的病蟲害問題，來提昇其產量與品質。

本研究首先調查雲林四湖、東勢、元長地區、臺大梅峰實驗農場四個地區，臺灣楊樹之病蟲害發生情況、種類，並採集病害發生部位及害蟲。再將採集發病部位之病葉及病根進行病原菌分離、純化及培養，除鑑定病原菌形態外，並進行分子鑑定、接種試驗，以完成柯霍氏法則(Koch's postulate)。

蟲害方面經調查、鑑定出危害之蟲害有:巨型天牛、咖啡木蠹蛾(*Zeuzera coffeae* Niether)、小綠葉蟬(*Jacobiasca formosana*)、黃斑椿象(*Erthesina fullo*)、小白紋毒蛾(*Orgyia postica*)、大避債蛾(*Clania preyeri* Leech)、格斯特家白蟻(*Coptotermes gestroi*)、螺旋粉蝨(*Aleurodicus disperses*)及潛葉蛾 *Phyllocnistis citrella*)，而巨型天牛品種尚鑑定中。在病害鑑定方面，則根據形態特徵、真菌組織分離、分子鑑定，發現有銹病(Rust)、*Alternaria tenuis*、*Ophiostoma quercus*、炭疽病(Anthracnose)、藻斑病(Algal spot of poplar)、葉斑病(Leaf spot)、莖枯病(Stem blight)及灰黴病(*Botrytis blight*)。

銹病菌 *Melampsora larici-populina* (Kleb)及炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc 之防治，選取市面上易購之殺菌劑二十九種及萃取自臺灣種植之木本植物之木材部和葉部精油共二十三種，進行防治並行篩選。試驗則測試銹病病原菌之孢子發芽率；炭疽病病原菌之病原菌菌絲生長抑制率和孢子發芽率。

試驗結果顯示：對銹病病原菌孢子發芽抑制效果較佳的藥劑，計有克收欣(Kresoxim-methyl)、白列克收欣(Boscalid + Kresoxim-methyl)、快得寧(Oxine-copper)、鉀碳酸氫鉀(Potassium hydrogen carbonate)、白列克敏(Pyraclostrobin + Boscalid)；

精油方面則有大葉桉(*Eucalyptus robusta*)葉子精油、澳洲茶樹(*Melaleuca alternifolia*)葉子精油、扁柏(*Chamaecyparis obtuse*)木材精油、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)木材精油、土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)葉子精油、錫蘭肉桂(*Cinnamomum zeylanicum*)葉子精油、牛樟(*Cinnamomum micranthum*)葉子精油。有關對炭疽病病原菌孢子發芽抑制效果較佳的藥劑則有克收欣、殺紋寧(Hymexazol)、扶吉胺(Fluazinam)、撲克拉(Prochloraz)、鋅錳乃浦(Mancozeb)；精油方面有大葉桉葉子精油、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、紅檜木材精油、土肉桂葉子精油、錫蘭肉桂葉子精油，龍柏(*Juniperus chinensis*)葉子精油並再進行苗木防治試驗。

所選取的五種藥劑和八種精油對銹病皆有預防性防治效果。其中克收欣、白列克收欣、檜木木材精油及土肉桂葉子精油對銹病有抑制效果。扶吉胺、鋅錳乃浦和大葉桉精油能有效地預防炭疽病的發生；扶吉胺、撲克拉、鋅錳乃浦、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、檜木木材精油、龍柏葉子精油對炭疽病有抑制效果。

關鍵字: 楊樹、病害、蟲害、農藥、精油

Abstract

The *Populus* spp. in Taiwan encountered a great difficulties of a variety of diseases and pests in the cultivation. Recently, we have analyzed the survey based on the diseases and pests of Poplar sp.. We further identify those survey, and provide the the updated information of our diseases and pests' investigation from our collected data. In addition, we select those rust and anthracnose that caused more serious hazards to proceed the screening test of control chemicals and essential oils. This study hopes to investigate the issue of diseases and pests of Poplar sp. in Taiwan as the basis of the prevention in the future. We hope that this study can come out with some solutions to solve the current problem of *Populus* spp. in Taiwan in its cultivation and enhance the production of *Populus* spp.'s planting quality while facing the industry's issue.

The investigated areas in this study included the National Taiwan University Highland Experimental Farm, Sihhu Township of Yunlin County, Dongshih Township of Yunlin County and Yuanchang Township of Yunlin County. The investigation involved the phenomenon and categorization of *Populus* spp. in Taiwan endangered of diseases and pests. We collect types of pests from the occurrence of diseases location and the hazards part of the *Populus* spp. Furthermore, those collections are being separated by its diseases-affecting leaves and roots to proceed the pathogenic isolation, purification and culture. Beside identify the pathogenic form, we also add the step to identify its molecular and inoculation to complete the Koch's postulate.

After we investigate the pests, we identify the pests that full of hazards are: Giant beetles, *Zeuzera coffeae* Niether, *Jacobiasca formosana* Paoli, *Erthesina fullo* Thunberg, *Orgyia postica* Walker, *Clania preyeri* Leech, *Coptotermes gestroi* Wasmann, *Aleurodicus disperses* hazards and *Phyllocnistis citrella* Staintain. The

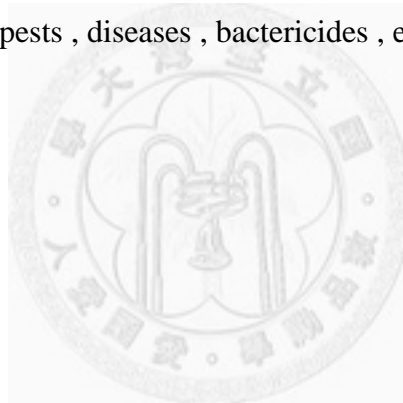
giant alternatus species that's still under identification. On the other hand, we found Rust, *Alternaria tenuis* Nees, *Ophiostoma quercus* (Georgev.) Nannf, Anthracnose, Algal spot of poplar, Leaf spot, Stem blight and Botrytis blight under the diseases identification based on its morphological characteristics, the separation of fungal tissue and molecular identification.

We select 29 kinds of bactericides that's easily purchased on the market and 23 kinds of essential oils of plant's leaves and woods in Taiwan to focus on the rust pathogen, *Melampsora larici-populina* (Kleb) and *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) for the fungicides and essential oils screening procedure. We test about the spore germination rate of rust pathogen, the growth inhibition rate and spore germination rate of anthracnose pathogen mycelial growth all separately.

The pharmaceutical ones that has best control response reaction to the rust pathogen spore germination inhibition are: Kresoxim-methyl, Boscalid + Kresoxim-methyl, Oxine-copper, Potassium hydrogen carbonate, Pyraclostrobin + Boscalid and essential oil which includes: Leaf Essential oil from *Eucalyptus robusta*, Leaf Essential oil from *Melaleuca alternifolia*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis obtuse*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis formosensis*, Leaf Essential oil from *Cinnamomum osmophloeum*, Leaf Essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* and Leaf essential oil from *Cinnamomum micranthum*; and the ones that are best response to the anthracnose spore germination inhibition are: Kresoxim-methyl, Hymexazol, Fluazinam, Prochloraz, Mancozeb and essential oils included: Leaf Essential oil from *Eucalyptus robusta*, Leaf Essential oil from *Melaleuca alternifolia*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis obtuse*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis formosensis*, Leaf Essential oil from *Cinnamomum osmophloeum*, Leaf Essential oil from *Cinnamomum zeylanicum*, Leaf Essential oil from *Juniperus chinensis* for further screening of seedling control chemicals and essential oils test.

There are 5 kinds of pharmaceutical and 8 kinds of essential oils all perform the best prevent reaction to the rust preventive effect. They are: Kresoxim-methyl, Tree Essential oil from *Chamaecyparis formosensis* and Leaf Essential oil from *Cinnamomum osmophloeum* that perform good prevent effect on rust inhibition. Fluazinam, Mancozeb, and Leaf Essential oil from *Eucalyptus robusta* can help with prevent the occurrence of anthrax. Fluazinam, Prochloraz, Mancozeb, Leaf Essential oil from *Melaleuca alternifolia*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis obtuse*, Tree Essential oil from *Chamaecyparis formosensis* and Leaf Essential oil from *Juniperus chinensis* can help with prevent the anthrax inhibitory effect.

Key words: *Populus* spp. , pests , diseases , bactericides , essential oil



目錄

摘要.....	I
Abstract.....	III
目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XI
前言 (Introduction).....	1
前人研究 (Literature Review).....	2
一、蟲害.....	3
二、病害.....	13
三、殺菌劑分類.....	19
四、精油防治效用.....	25
材料與方法 (Materials and Methods).....	31
一、調查地區.....	31
二、病原菌分離、純化.....	31
三、病原菌分子鑑定.....	31
(一) 抽取 DNA.....	32
(二) PCR 週期設計.....	32
(三) PCR 後的測定系統.....	33
(四) 定序.....	33
四、接種試驗.....	33
(一) 銹病接種試驗.....	33
(二) <i>Alternaria tenuis</i> Nees 接種試驗.....	34
(三) <i>Ophiostoma quercus</i> (Georgév.) Nannf 接種試驗.....	34
(四) 炭疽病接種試驗.....	34
(五) 茄镰刀菌接種試驗.....	35
五、防治藥劑、精油的篩選.....	36
(一) 藥劑種類.....	36
(二) 精油種類.....	37
(三) 孢子發芽率.....	38
(四) 病原菌菌絲生長抑制率.....	38
六、苗木防治藥劑、精油篩選試驗.....	39
(一) 銹病.....	39
(二) 炭疽病.....	40
七、咖啡木蠹蛾田間藥劑篩選試驗.....	42
(一) 選用的五種系統性農藥.....	42
(二) 危害程度評估標準.....	42
八、統計分析.....	43

結果 (Results).....	44
一、蟲害調查.....	44
(一)巨型天牛.....	44
(二)咖啡木蠹蛾 <i>Zeuzera coffeae</i> Nietner.....	44
(三)小綠葉蟬 <i>Jacobiasca formosana</i> Paoli.....	45
(四)黃斑椿象 <i>Erthesina fullo</i> Thunberg.....	45
(五)小白紋毒蛾 <i>Orgyia postica</i> Walker.....	45
(六)大避債蛾 <i>Clania preyeri</i> Leech.....	45
(七)格斯特家白蟻 <i>Coptotermes gestroi</i> Wasmann.....	45
(八)螺旋粉蝨 <i>Aleurodicus disperses</i> Russell.....	46
(九)潛葉蛾 <i>Phyllocnistis citrella</i> Staintain.....	46
二、病害調查.....	47
(一)銹病(rust of poplar).....	47
(二) <i>Alternaria tenuis</i> Nees.....	48
(三) <i>Ophiostoma quercus</i> (Georgev.) Nannf.....	48
(四)炭疽病(anthracnose).....	49
(五) <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.....	50
(六)藻斑(Algal spot of poplar).....	50
(七)葉斑病(Leaf spot).....	51
(八)莖枯病(Stem blight).....	51
(九)灰黴病(Botrytis blight).....	52
三、銹病防治藥劑、精油篩選.....	52
(一)防治藥劑篩選.....	52
(二)防治精油篩選.....	53
四、炭疽病防治藥劑、精油篩選.....	54
(一)防治藥劑篩選.....	54
(二)防治精油篩選.....	54
五、藥劑、精油對炭疽病病原菌生長抑制效率.....	55
(一)防治藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率.....	55
(二)防治精油對炭疽病病原菌生長抑制效率.....	56
六、苗木接種銹病菌之防治藥劑、精油篩選試驗.....	56
(一)防治藥劑篩選試驗.....	56
(二)防治精油篩選試驗.....	58
七、苗木接種炭疽病菌之防治藥劑、精油篩選試驗.....	60
(一)防治藥劑篩選試驗.....	60
(二)防治精油篩選試驗.....	61
八、咖啡木蠹蛾田間藥劑篩選試驗.....	64
討論 (Discussion).....	128

一、蟲害.....	128
二、病害.....	131
三、銹病菌之防治藥劑苗木篩選試驗.....	135
三、銹病菌之防治精油苗木篩選試驗.....	136
四、炭疽病菌之防治藥劑苗木篩選試驗.....	137
五、炭疽病菌之防治精油苗木篩選試驗.....	138
參考文獻(References)	140
附錄(Appendix)	162



圖目錄

圖 1.接種銹病菌後苗木置於實驗室觀察情況.....	65
圖 2.接種炭疽病之苗木套塑膠袋保濕處理.....	66
圖 3.咖啡木蠹蛾藥劑試驗之楊樹種植地.....	67
圖 4.咖啡木蠹蛾危害楊樹評估.....	68
圖 5.粒劑穴施情況.....	69
圖 6.巨型天牛危害楊樹情形.....	70
圖 7.咖啡木蠹蛾危害楊樹情形.....	71
圖 8.咖啡木蠹蛾危害楊樹情形.....	72
圖 9.咖啡木蠹蛾危害楊樹情形.....	73
圖 10.咖啡木蠹蛾危害楊樹情形.....	74
圖 11.小綠葉蟬.....	75
圖 12.黃斑椿象.....	76
圖 13.小白紋毒蛾.....	77
圖 14.大避債蛾.....	78
圖 15.格斯特家白蟻危害楊樹情形.....	79
圖 16.格斯特家白蟻.....	80
圖 17.螺旋粉蝨危害楊樹情形.....	81
圖 18.螺旋粉蝨會製造白色螺旋物廣泛附著於楊樹葉背表面.....	82
圖 19.螺旋粉蝨蟲體大小.....	83
圖 20.潛葉蛾危害楊樹情形.....	84
圖 21.銹病菌之夏孢子.....	85
圖 22.楊樹葉背銹病孢子囊堆.....	86
圖 23.接種銹病菌發病情形.....	87
圖 24. <i>Alternaria tenuis</i> 的分生孢子、菌落.....	88
圖 25.接種 <i>Alternaria tenuis</i> 發病情形.....	89
圖 26. <i>Ophiostoma quercus</i> 的孢柄束、分生孢子.....	90
圖 27.受 <i>Ophiostoma quercus</i> 感染的楊樹植株莖部灰褐化。.....	91
圖 28.接種 <i>Ophiostoma quercus</i> 發病情形.....	92
圖 29. <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc.分生孢子盤、剛毛、分生孢子.....	93
圖 30.接種炭疽病發病情形.....	94
圖 31.接種炭疽病苗木發病情形。.....	95
圖 32.鐮刀菌的分生孢子。.....	96
圖 33.茄鐮刀菌危害楊樹情形.....	97
圖 34.接種 <i>Fusarium solani</i> 發病情形.....	98
圖 35.藻斑藻體成長情形、藻斑孢囊.....	99
圖 36.楊樹葉片的藻斑病害.....	100

圖 37. 楊樹葉片上之葉斑病。101
圖 38. 楊樹莖枯病危害情形.....102
圖 39. 灰黴病發病情形。103
圖 40. 楊樹苗木接種銹病後，發病情況.....104
圖 41. 解剖顯微鏡下，銹病寄生處褐化情況。105
圖 42. 苗木接種炭疽病後，發病情況。106



表目錄

表 1. 銹病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	107
表 2. 銹病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	108
表 3. 銹病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	109
表 4. 銹病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	110
表 5. 銹病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	111
表 6. 銹病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	112
表 7. 銹病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	113
表 8. 炭疽病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	114
表 9. 炭疽病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	115
表 10. 炭疽病病原菌在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率	116
表 11. 炭疽病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	117
表 12. 炭疽病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	118
表 13. 炭疽病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	119
表 14. 炭疽病病原菌在各種精油處理的孢子發芽率	120
表 15. 各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率	121
表 16. 各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率	122
表 17. 各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率	123
表 18. 各種精油對炭疽病病原菌生長抑制效率	124
表 19. 各種精油對炭疽病病原菌生長抑制效率	125
表 20. 各種精油對炭疽病病原菌生長抑制效率	126
表 21. 各種精油對炭疽病病原菌生長抑制效率	127

前言 (Introduction)

楊樹是楊柳科楊屬植物落葉喬木的通稱，為植物界 Plantae，被子植物門 Magnoliophyta，雙子葉植物綱 Magnoliopsida，楊柳目 Malpighiales，楊柳科 Salicaceae，楊屬 Populus。主要分佈在中國(江蘇大豐楊樹基地)，歐洲(東非林場)，亞洲，北美洲的溫帶、寒帶以及地中海沿岸國家與中東地區。在楊屬中又分為五種，白楊、黑楊、青楊、大葉楊及胡楊，其中以白楊樹種最具速生、水分生理適應性及耐寒等特性(楊等，1997；1999)，而臺灣楊樹即屬白楊樹種的一種。

楊樹是世界上分佈廣、適應性強的樹種。主要分佈北半球溫帶、寒溫帶森林樹種。楊樹天然樹種分佈最廣的國家有俄羅斯、中國、加拿大、美國、義大利及法國等國。

楊樹為三大速生樹種之一，具有生長快、產量高之優勢，並能夠固定大氣中的溫室氣體，如二氧化碳，並廣範用於林業造林上，為造紙工業重要之材料。近來發現楊樹具有抗煙、抗污染及耐鹽等特性(李等，1984)，使土木工程專家重新審視楊樹的利用價值，利於行道樹、防風林使用(鄭，1995)。楊樹亦為常用的家具建材。

隨著科技發展，人類在享受科技帶來的便利性的同時，不僅大量利用現有的能源，並且排放大量的溫室氣體，造成溫室效應伴隨而來災難的嚴重性是我們所不能預料的。因此於 1995 年時已在京都簽訂的京都議定書，共同約定於 2005 年時強制執行條約降低碳排放量，其中所制定的碳價交易也帶來了新的環保經濟，由於楊樹的生長快速，具固碳能力，更增添了楊樹的經濟價值。

楊樹具有高經濟價值，但目前面臨病蟲害問題，影響產量、品質。本研究希望調查臺灣楊樹病蟲害問題，作為日後防治工作基礎，以期解決臺灣楊樹目前在臺灣種植栽培上所面臨的產業問題，提昇臺灣楊樹種植產量、品質。

前人研究 (Literature Review)

危害楊樹的害蟲不但種類繁多，而且各地發生的害蟲種類及情況差別也很大。以葉部蟲害來說，在世界各地及大陸地區主要發現危害楊樹的蟲害主要以楊尺蠖 (*Apocheima cinerarius* Ershoff)、楊白潛蛾 (*Leucoptera susinella* Herrich-Schaffer)、楊扇舟蛾 (*Clostera anachoreta* Fabricius)、楊小舟蛾 (*Micromelalopha troglodyta* Graeser)、楊黃卷葉螟 (*Botyodes diniasalis* Walker)、楊毒蛾 (*Leucoma candida* Staudinger)、舞毒蛾 (*Lymantria dispar* Linnaeus)、黃刺蛾 (*Cindocampa flavescens* Walker) 等危害較廣泛 (韓等, 1997; Tryon, 1919)。而根莖部的害蟲造成的危害情況會直接影響楊樹的存活，主要發現根莖部害蟲有桑天牛 (*Apriona rugicollis* Chevrolat)、星天牛 (*Anoplophora malasiaca* Thomson)、雲斑天牛 (*Batocera horsfieldi* Hope)、刺角天牛 (*Trirachys orientalis* Hope)、木蠹蛾科 (Cossidae) 昆蟲等 (韓等, 1997; Chang, 1975; Southwood, 1978)。

除了調查害蟲種類了解害蟲生長週期、生長習性及危害情形，為防治工作基礎。在臺灣地區危害楊樹的害蟲也廣泛危害其他經濟作物。

楊樹本身為一多種病害樹種，一些暫時性或持續不良環境條件，如苗木運輸過程中失水、春旱、凍傷、土質貧瘠、鹽鹼和長期積水等，均會使楊樹的正常生理功能被破壞而發病。此類原因引起的病害稱之為生理病害或非侵染性病害。楊樹也易受致病性的真菌、細菌等感染而發病，此類病害稱之為侵染性病害。病害發生的種類隨著地理、氣候環境的不同都有很大的差異性。楊樹危害葉部病害主要有葉銹病 (Leaf rust)、黑斑病 (Black spot)、灰斑病 (Gray leaf spot)、炭疽病 (Anthracnose)、白粉病 (Powdery mildew)、黑星病 (*Phyllosticta psidiicola*) 等 (韓等, 1997; Liang *et al.*, 2002)，枝條莖部病害主要有爛皮病 (*Valsasordida* Nits)、潰瘍病 (*Botryosphaeria dothidea*)、干腐病 (*Fusarium basal rot*)、莖枯病 (Stem blight) 等 (李, 1993; 賀等, 2009; Bollen, 1971; Dickmann and Stuart, 1983)，根部病害主要有紫

根腐病(Purple root rot)、根癌病(Crown gall disease)等(李, 1993; 賀等, 2009; 韓等, 1997)。

臺灣楊樹又為一無性系白楊樹種, 病害發生種類很多, 在不同環境、季節都有其發生種類。

發生病蟲危害時, 使用殺菌藥劑是為目前最有效率的處理方法, 但殺菌藥劑的使用會造成環境負荷、病蟲害產生抗藥性的問題日漸嚴重。因此, 研究天然化合物-精油, 以其天然的有效成分防治病蟲害的研究近年來廣泛的被深入探究。大量的研究也證實精油在防治病蟲害、抗蟎、殺菌和抗腐, 甚至於應用於癌症防治, 甚具功效, 為日後十分值得被探究的主題。

一、 蟲害

(一)天牛, 屬於鞘翅目(Coleoptera)天牛科(Cerambycidae)。世界已知40000多種, 分布廣泛, 為害普遍, 幾乎每一種樹木, 都受不同的天牛種類所侵害。台灣已知有305屬738種(周, 2005)。天牛主要是木本植物的害蟲, 在幼蟲期蛀蝕樹幹、枝條及根部。有一部份為害草本植物, 幼蟲生活於莖或根內, 如菊天牛(*Phytoecia rufigentria* Gautier)、瓜藤天牛(*Apomecyna saltator* Fabricius)等。個別種類如棉蓟天牛(*Sybra punctatostriata* Bates), 則為害棉蓟。還有少數種類, 幼蟲不生活在植物組織內, 而是在土壤中取食根部, 如大牙天牛(*Dorysthenes paradoxus* Faldermann)及曲牙鋸天牛(*Dorysthenes hydropicus* Pascoe) (Chang, 1975)。天牛的寄主範圍在各種類間亦有不同, 很多種類如星天牛、桑天牛、雲斑天牛等, 其食性廣泛, 能加害多種不同科的植物; 有的則限於同科或接近的屬, 如大牙天牛及曲牙鋸天牛為害禾本科植物, 樟紅天牛(*Pyrestes curticornis* Pic)危害樟樹和楠木樹(Anon, 1986; 1988)。鞘翅目皆為完全變態的昆蟲, 生活史包含卵、幼蟲、蛹及成蟲四個階段(周, 2005)。成蟲產卵及幼蟲鑽蛀行為, 會讓植物枝條中空, 易

受風力摧折，並影響寄主植物生長發育，使樹勢衰弱；亦會增加植物病原進入的機會，或是直接成為病原之媒介；嚴重時會導致整株枯死，並且失去木材價值。因此多數天牛在農業或林業上，被視為危害嚴重的害蟲(周，2005)。幼蟲：幼蟲蠕蟲狀，半透明或乳白色，頭部隘縮，但顎後或口後區域寬廣；體前端擴展成圓扁頭狀，前胸具三對不發達或退化的足，腹部每體節間隘縮，可用突起體段在木材隧道中移動。成蟲：口器為咀嚼式，具有發達的大顎；複眼腎形一對，凹陷處即為觸角著生處，觸角常為十一對，第一節膨大而第二節最短；足部附節五節，但第四節不明顯，看起來像只有四節，第三節膨大瓣狀。一般而言，雄蟲的觸角會較雌蟲的長，但雌蟲的後體段會相對較寬大，但許多種類差異不明顯，尚需解剖生殖器方能判定性別；上翅特化成鞘翅，膜質的下翅摺收在鞘翅；具發達的咀嚼式口器有著一對強壯的大顎，皆屬植食性昆蟲(田，2011)。大部分天牛將卵孵化鑽蛀在木材中後以植物組織為食，待幼蟲老熟後，在蛀蝕的孔道中造蛹室化蛹。羽化、蟄伏及離開原寄主植物活動後，有些種類不再進食，有些種類則會分別取食植物枝葉、花粉、樹液甚至真菌及地衣等不同食物。待生殖系統發育完全，尋找伴侶、交配並產生下一代。生活史的長短依種類不同而有差異，少者半年，多者四到五年皆有(田，2011)。把握成蟲羽化期，5月全株及畦面全面藥劑噴佈，在成蟲甫羽化期5~7天噴藥一次，連續3次。依田間試驗結果：供試藥劑有18.1%傑他賽滅寧乳劑3000倍、40.8%陶斯松乳劑1000倍、2.8%賽洛寧乳劑1000倍、26.8%賽扶益達胺混合乳劑4000倍及20%亞滅培可溶性粉劑1000倍。尼古丁系列、除蟲菊類及有機磷劑都有很好之防治效果，加展著劑3000倍會有增效作用(田，2011)。

(二)咖啡木蠹蛾(*Zeuzera coffeae* Nietner)，屬於鱗翅目(*Lepidoptera*)木蠹蛾科(*Cossidae*)。主要分佈於熱帶及亞熱帶地區。包括臺灣、中國、斯里蘭卡、印尼、馬來半島、菲律賓、東非等地(易，1971)。臺灣地處亞熱帶地區，適於咖啡木蠹

蛾生長繁殖。寄主植物多達八十二種，幾乎包含所有果樹都可為害，梨、桃、葡萄、咖啡等普遍受其危害(章，1988b)。咖啡木蠹蛾各齡幼蟲均可危害。在台灣中部地區咖啡木蠹蛾一年可生二個世代，以4~5月發生密度最高，9~10月次之(Chang, 1988)。成蟲產卵於枝條縫隙或腋芽間，孵化後幼蟲由此蠹入穗軸或幼嫩枝條後，貫穿內部，輕者可使枝條枯萎，嚴重時則整株枯死，發現多啃食幼嫩枝條(劉，1959)或沿木質部周圍蛀食，造成一橫環食痕，環痕以上部分枯死，易受風吹而腰折，田間發現如受害枝條越粗，則幼蟲齡期越大，幼蟲有遷移習性(吳，1975)。幼蟲化蛹於蛀食枝條隧道內，而糞便即自進入孔排出，羽化後，蛹殼半露於羽化孔外，羽化常於夜間進行。成蟲晝間棲息於枝葉或雜草等之蔭蔽處，夜間才開始行動。產卵為間歇性，日夜皆可進行，每次產卵數粒或二、三十粒堆集一起，每一雌蟲產卵數平均 560粒(章，1984)。咖啡木蠹蛾卵期約9~30天，幼蟲期約73~205天，蛹期約19~36天，成蟲壽命約2~6天。成蟲之發生期為4~6月及8~10月，幼蟲為5月~8月及10月至翌年3月，蛹期為3~5月及8~9月，成蟲於羽化後1個月內產卵(劉，1959)。咖啡木蠹蛾成蟲體壁褐色，外表密被白色鱗片及鱗毛，翅膜質翅表呈藍色如豹斑點。雄蟲觸角羽狀，雌蟲觸角絲狀，雌蟲後翅基部具有9隻短剛毛組合之翅刺，雄蟲具一長刺，雌成蟲將卵產成堆，由雌蟲分泌之護卵腺液固著一起，成為不同形狀之卵塊，每塊卵塊卵數不一。幼蟲頭黑色，體呈圓筒形，表皮赤紅色，尾端柔軟具白色剛毛，下側具尾刺，體長2.3到4.4公分，老熟幼蟲體長可達6公分。蛹體紅棕色，頭頂具一喙狀突起。卵：圓筒形，光滑，卵殼軟薄而堅韌，黃色或桔黃色，卵長0.7公釐，寬0.5公釐。蛹：呈紅棕色，頭頂具一喙狀突起，長23~43公釐(章，1984)。在葡萄木蠹蛾危害防治方法上，在冬季修剪時，發現被害枝條即予剪除燒燬。

如欲保存被害植株，可注入1公撮之二硫化碳(CS₂)或氯化苦(Chloropicrin)於被害孔內，再以黏土封閉孔口(章，1988b)。在物理防治方法上，發現被害枝條或植株時可將百步草(*Stemona japonica* Mig.)或鐵絲插入被害孔內刺死幼蟲，可達

防治效果(Ramsden, 2002)。生物防治上，記載咖啡木蠹蛾天敵有寄生蠅(*Tachinids* sp.)及小繭蜂(*Braconids* sp.)及寄生於幼蟲之白殭菌(*Botrytisbasiana* Balisamo)等。另外，幼蟲外出遷居時易受螞蟻之傷害(Southwood, 1978)。

(三)小綠葉蟬(*Jacobiasca formosana* Paoli)，屬於半翅目(*Hemiptera*)葉蟬科(*Cicadellidae*)。主要分布於台灣及中國。分布於平地至低海拔山區(葉，2010)。寄主植物有落花生及其他豆類、甜菜、茄子、甘藷、向日葵、茶、麻類、苧麻、蓖麻、桃、葡萄、蘋果、梨、李、薔薇、奎寧、棉樹及禾本科植物等。小綠葉蟬於低海拔茶園一年發生14個世代，以5~7月間為害最嚴重(陳，1995)。臺灣各茶區全年都會發生，但石桌高山茶園以9月至翌年1月間發生最為嚴重，於通風不良或雜草叢生的茶園更容易受害(蔡，1997)。為台灣茶樹主要害蟲之一，主要以刺吸式口器吸食汁液，本蟲除莖部外，皆可危害。若蟲及成蟲均利用其口器刺入嫩葉組織內，吸食養液，致使芽發育受阻，被害幼葉及嫩芽呈黃綠色，嚴重時芽萎縮，葉緣變褐色焦枯，嫩葉呈船形，常造成葉片上有明顯凹凸褪色小斑點，嚴重時葉片呈皺縮畸形狀，最後脫落，影響茶葉產量及品質至鉅(蔡，1997; 張，1999)。小綠葉蟬一年發生14個世代。卵期平均11.4天，孵化後經5次脫皮而羽化為成蟲，若蟲期平均31.1天，成蟲期雌蟲平均為35.4天，雄蟲平均為25.9天。一隻雌蟲一生最多可產卵粒150粒，平均為30粒(費，2007)。小綠葉蟬的卵呈乳白色，長橢圓形，略向一側彎曲，長約0.6公厘;若蟲，甫孵化的若蟲呈乳白色，後變為淡綠色，複眼赤色。形態與成蟲相似，但無翅;成蟲：身體細長，黃綠色。頭部及前胸背淡綠色，複眼灰白色或淡黃褐色，中胸背部黃褐色，中央具有灰白色之縱帶，在後緣部具灰白色橫帶。前翅略帶黃色，前緣中央有呈橢圓形之灰白色斑紋，翅半透明，頭至翅端之體長約3公厘(陳，1995)。在防治方法上，2.8%賽洛寧乳劑(λ -Cyhalothrin)每公頃使用0.5公升，稀釋2000倍，在苗期及生長初期施藥，採收前10天停止施藥(張，1999)。於發生嚴重時任選下列一種藥劑防

除：(1)45%硫敵芬化利(Thiodicarb + Fenvalcrate)可濕性粉劑1200倍(安全採收期7天)。(2)85%加保利(Carbaryl)可濕性粉劑800倍(陳，1995)。

(四)黃斑椿象(*Erthesina fullo* Thunberg)，屬於半翅目(*Hemiptera*)椿象科(*Patatomidae*)。主要分布於台灣、中國、斯里蘭卡、緬甸、泰國、印度、馬來西亞、菲律賓等地(Distant, 1879)。本種廣泛分布於台灣全島，數量相當多，主要活動範圍常出現於平原至低海拔區域。除了冬季之外，成蟲經常可見，春夏季為繁殖期，常出沒於台灣欒樹等多種行道樹上，冬季則藏於隱密處所過冬，不容易見到。生活在平地、低海拔地區。為許多農林植物的害蟲，喜歡群聚吸食樹液或果實，成蟲或自葉面吸收養液，或將口吻插入樹幹之組織內吸食樹汁，性活潑，有惡臭，植株幼小時，被害處之上部葉片，常呈凋萎(陳，1997)。母蟲喜產卵於寄主植物之葉背，年發生4~5代，惟發生量不多，卵產於葉裏，20~30粒一塊(葉，2007)。成蟲體長體背黑褐色，佈滿灰或黃色的小斑點。頭部及前胸背板灰褐色，從頭部至前胸背板中央有一條細小的黃色縱線，頭部背面及前胸背板外緣有黃色細邊。觸角、前翅之膜質部皆黑色。各腹節背面之側緣中央有黃色橫紋。各腳黑色，脛節中央具白色的斑紋，前後腳脛節外側扁平，擴展呈翼狀，尤以前脛節為顯著(葉，2007)。在發生不多時，於早晨以捕蟲網捕殺之，若數量龐大，可試用加保利可濕性粉劑(陳，1997)。

(五)白紋毒蛾 *Orgyia postica* Walker.，屬於鱗翅目 *Lepidoptera* 毒蛾科 *Saturniidae*。分布於臺灣、中國、日本、緬甸、印度、印尼、斯里蘭卡、婆羅洲、馬來西亞、菲律賓、澳洲、紐西蘭、爪哇及新幾內亞等(王，2006; Tryon, 1919)。在台灣，普遍分布於低中海拔山區，幼蟲在野外常見。幼蟲以多種果樹枇杷、葡萄、柑桔、梨、檬果等，和蔬菜、野牡丹、仙丹、向日葵、柑橘、山黃麻、茶、棉、蘿蔔、絲瓜、高粱、豆類及玉米等數百種植物寄主(陳，1995)。卵孵化後，

一、二齡幼蟲群集剝食葉肉，三齡後分散，由葉緣咬食成切口，嚴重時吃盡葉片只剩葉脈，大量發生時擴大危害花蕾、花器及果實，促使落花、落果或造成果實喪失商品價值。幼蟲及繭上之毛有劇毒，觸及皮膚產生紅腫發痛(溫，2004)。卵期需5~13天；幼蟲期雄者為14~19天，雌者為18~36天；蛹期雌雄分別為6~14天及5~16天。一年發生8~9世代，以三至五世代危害較嚴重，發生盛期為8至10月。初齡幼蟲群聚取食葉片表皮，三齡後各自離散，找尋新的部位，如花穗或幼莢為害。成熟幼蟲於葉片或樹枝上化蛹，雌成蟲翅退化，羽化棲息均在繭上或其附近，靜待雄蛾飛來交尾。卵即產在繭上。幼蟲及繭上的毒毛具有劇毒，接觸皮膚時會有紅腫或過敏現象(費，2007)。卵為圓形，白色光滑，上常黏附雌蛾尾毛。幼蟲頭部紅褐色，胴部淡赤黃色，背面黑色，腹部前半部有2束、近後端部一束長毛皆暗褐色，其後各節背方4束、側方2束為黃白色，幼蟲體長約 25公厘。雄蛹淡黃綠色，紡錘形，體上密生白長毛，長11公厘，翅芽達第5腹節後緣；雌蛹淡黃色，長橢圓形，翅短，僅及第2腹節中部。雌蛾翅退化，黃白色，尾端密生暗褐色毛，體肥大，呈長橢圓形，半透明，可透視腹部之卵，頭及胸部均小，體長約14公厘。雄蛾頭、胸及前翅均黃色，腹部及後翅為暗褐色，前翅有暗色條紋，前中線之外側有灰白帶紋，體長約24公厘(溫，2004)。可在每年4、5月間，注意摘除卵塊，並搜捕結於枝條間的繭蛹(章，2003)。此害蟲對藥劑之感受性強，密度高時以高粱蚜蟲較廣效性之藥劑可兼防之，或參考使用90%納乃得(Methomyl)可濕性粉劑3000倍防治。避免在高溫或強烈陽光下噴藥，且不可隨便提高濃度(陳，1995)。生物防治上，寄生於幼蟲之天敵包含姬蜂科的廣黑點瘤姬蜂(*Xanthopimpla punctata Fabricus*)、小繭蜂科的*Apanteles posticae* Sonan與毒蛾絨繭蜂(*Apanteles liparidis Bouche*)兩種及線蟲(*Nematoda*) DD-136一種(章，2003)。

(六)大避債蛾 *Clania preyeri* Leech，屬於鱗翅目 *Lepidoptera* 蓑蛾科 *Psychidae*。分布於台灣、中國、日本、印尼、印度、琉球、斯里蘭卡(葉，2010a)。寄主植

物有大花紫薇、木瓜、木麻黃、木藍、木臘樹、毛柿、牛心梨、犬棗、甘藍、田菁、油桐及柿等(葉, 2010b)。幼蟲生活於蓑巢內, 巢乃幼蟲所吐的絲造成, 外面附有破碎片、斷枝及葉脈等物。幼期以啃食葉表為主, 較成熟幼蟲則造成穿孔為害, 食量大, 有時造成較大損失, 亦啃葉、果實表面, 使果實外觀受損(章, 2003; 陳, 1997)。年發生2世代, 第一世代在2、3月, 第2世代在9月。老熟幼蟲之蓑巢長50~70公厘, 掛於枝條上縱列懸垂, 如蓑衣一般。幼蟲活動時負蓑巢移動, 蓑巢隨幼蟲發育而加大, 老熟幼蟲, 化蛹其內。雌蛾羽化後仍居巢內, 無翅, 等待雄蛾飛交尾。大發生時可釀成巨災(章, 2003)。防治上以摘除蓑巢, 在冬季修剪枝條時較摘除蓑巢效果收效更佳(章, 2003)。成蟲具趨光性, 夜間用燈光誘殺(章, 2003)。生物防治上其天敵有白帶黑姬蜂(*Exeristes albicincta* Morley)及白帶長尾節姬蜂(*Cheritopimpla Philopsyche sagral Vollenhoven*)(章, 2003)。蟲害發生時期, 隨時消滅蟲袋, 尤其以雌蟲出現時為主(柯等, 1995)。害蟲的發生期常接近柿果採收期可使用下列任一藥劑噴撒一次。(1) 80%三氯松可濕性粉劑600-800倍(暫訂參考用)。(2) 50%加保利可濕性粉劑800倍(暫訂參考用)(柯等, 1995)。

(七) 格斯特家白蟻 *Clania preyeri* Leech 屬於等翅目 *Isoptera* 鼻白蟻科 *Rhinotermitidae* 家白蟻屬 *Coptotermes*。分布東南亞、馬來西亞等屬熱帶地區 (Wasmann, 1896)。於2003發表為台灣新紀錄種(蔡和陳, 2003)。台灣家白蟻在各縣市均可發現, 格斯特家白蟻則僅侷限在台灣西部的嘉義以南地區, 約於南台灣約北緯26度(Kirton, 2003)。再仔細閱讀1909-1912年間所發表的相關文獻, 發現有力的證據支持: 格斯特家白蟻在當時已經存在台灣, 這些證據包括兵蟻及有翅型的形態描述、特徵測量、採集地點、照片以及手繪圖(Li, 2010)。

1. 兵蟻頭部是泛紅的黃色; 上唇是淺黃褐色; 大顎是紅褐色; 觸角是淺褐色; 前胸背板是淺黃褐色, 比頭部淺; 足部和腹部是灰白色。頭部有些分散的剛

毛；上唇尖端有兩個剛毛；下唇後基節前緣有一對剛毛，後方還有另一對；前胸背板有稀疏的毛，外圍有些短的和長的剛毛；囟門兩邊各有一根剛毛；囟門和觸角窩之間沒有剛毛。頭部是拉長的橢圓形，比寬度長許多；中間最寬。囟門是較寬的橢圓形；接近圓形。上唇呈窄尖狀，比寬度長；尖端透明且窄短。大顎頂端稍微彎曲。下唇後基節長度，比最寬的部份長2.5倍，前方比後方寬1.5倍；腰部在後緣和最寬部份的中間。觸角有14~15節，第二節比第三節長，第四節和第三節幾乎相等。有些標本的第三節最短，是第四節的一半長。前胸背板的寬度比長的兩倍還稍微長一點；前緣明顯的內凹；後緣中間凹陷；側緣寬圓(Tsai and Chen, 2003; Wasmann, 1986)。

2.工蟻頭部呈現淡黃到黃色；觸角、前胸背板、足部、腹部背板淡黃色。頭部圓形、橢圓形、兩邊平行，後面圓形，剛毛很多但沒有很密，隨機的散佈；沒有頭縫線。沒有複眼和單眼。後頭楯後緣顯著彎曲，有明顯的縫線，很明顯的膨脹；上唇側面稍微彎曲，中間有些膨脹，邊緣硬化遮住。觸角有14節。前胸背板從側面看稍微凸起，但前緣邊邊的地方微凸。沒有跗骨中墊。腹部尾毛有兩節，外節比內節長兩倍，腹刺在第九節腹板上，比尾毛小。左顎，頂齒明顯比第一緣齒長且突出，第一緣齒大約等邊，第二緣齒發育完全且與第一和第三齒有明顯差別，兩邊都比第一緣齒長；第三緣齒發育完全，後面邊緣與突出白齒分開一段間隙；第四緣齒從前方看明顯與第四緣齒和突出白齒有間隙，近端隱藏在突出白齒後；突出白齒輪廓寬圓，近端邊緣稍微內凹。右顎，第一緣齒前緣基部有一個小副齒；第二緣齒完全發育且與第一緣齒分離，暴露的後緣比第一緣齒後緣長，大致上是直的；沒有右白齒牙床近端的缺口，白齒牙脊突出(Tsai and Chen, 2003; Wasmann, 1986)。防治方法上，在土壤防治上施放化學藥劑在土壤和白蟻之間，如氟鈴脲(Grace, 1996)。蟻巢滅系統Sentricon Colony Elimination System，可以分為地上型餌站、地下型餌站，在適當地點架設餌站後，置入紙捲、白楊木木條引誘白蟻前來，

發現白蟻蹤跡後，將誘餌更換為主成分為六伏隆(hexaflumuron)的昆蟲生長調節劑，讓工蟻藉由互相交哺、舔舐，將藥效擴散到整個族群(Su, 2003)。樹木之空心樹幹、枯死樹幹等遭受白蟻危害部份都要灌注液體殺白蟻稀釋藥劑(蔡和陳，2000)。

(八)螺旋粉蝨 *Aleurodicus disperses* hazards，屬於半翅目Hemiptera粉蝨科Aleyrodidae。源自中美洲及加勒比海一帶，已擴及巴哈馬、巴貝多、巴西、加那利群島、哥斯大黎加、古巴、多明尼克、厄瓜多爾、海地、馬丁尼克、祕魯、巴拿馬及佛羅里達。非洲、亞太地區之美國三毛屬地、庫克島、斐濟、夏威夷、帛琉、巴布亞新幾內亞、東加、西三毛、菲律賓、越南、馬來西亞、印尼、印度及臺灣等地區。在近海岸線及海拔300公尺以下之地區較為常見(Botha, 2007)。在臺灣寄主極廣，包括65科、100種以上之作物。諸如香蕉、柑橘、木瓜、芒果、番荔枝、番石榴、番茄、番椒、茄子及羊蹄甲等許多觀賞植物、行道樹及雜草等皆有發現螺旋粉蝨危害情況(溫，1995)。螺旋粉蝨一年四季皆可見於各類果樹、路樹及部分蔬菜上。成蟲於葉背產卵，成螺旋狀排列，並有臘粉覆蓋其上，每一個卵圈內卵數11~53粒不等。卵有一小柄，直立插入葉之氣孔內。25度時雌、雄壽命各為15與12天，單產雄性孤雌生殖，終生產卵量65.2粒。雄蟲較雌蟲早羽化，羽化盛期在早上6~8點。雌雄性比為1.5：1。交尾發生於下午，雄蟲先開展雙翅並快速上下拍動以吸引雌蟲接近，繼而交尾。卵孵化後初齡若蟲會爬行找尋適當位置取食，此後行固著生活直至羽化為成蟲後可自由飛行，卵期約7天。若蟲期約20.5天，分4齡，其中第4齡若蟲為假蛹期，成蟲壽命7~9天。25°C時完成一代需26.5天(溫，1977; 錢，1999)。成蟲遷飛盛期於清晨5~7點，但氣溫低或陰天其活動時刻延後。一般而言雄蟲遷飛力較雌蟲弱，多停留在原寄主植物葉上。田間發生通常於5~6月起漸漸出現為害，7~9月溫度普遍較高，粉蝨繁殖速度增加，若持續兩週以上不降雨則其為害程度增加，嚴重為害時造成植株提早落葉(溫，

1995)。由於雌蟲喜產卵於新葉，因而施用氮肥與修剪枝條後常可促進螺旋粉蝨族群密度之增長。但大雨、低溫則會減少該蟲之族群密度(錢，1999)。防治上，國外以寄生蜂(*Encarsia dispersa*)可有效防治(Lambkin, 2004)。充分以水柱沖洗附著果把上之蟲體(Kessing, 2006)。以肥皂等清潔劑稀釋液約1,000倍液噴施葉背(Kessing, 2006)。適時清園、割除下方老葉，促進通風以減少蟲害(Anonymous, 1980)。在同一植物宿主害蟲，使用系統性殺蟲劑，也可暫時降低螺旋粉蝨危害情況(Waterhouse and Norris, 1989)。

(九)潛葉蛾 *Phyllocnistis citrella* Staintain，屬於鱗翅目 *Lepidoptera* 潛葉蛾科 *Phyllocnistidae*。分布於臺灣、中國大陸、越南、泰國、緬甸、印度、斯里蘭卡，印尼、菲律賓、琉球、日本、澳洲及南非(羅，2003)。潛葉蛾危害的植物有甘藷、柑桔及咖啡等植物。幼蟲孵化後就近潛蛀入葉片組織內，潛食葉肉，在葉肉內蛀食成蜿蜒曲折的隧道，發育成熟幼蟲多數潛食至葉片邊緣，將葉緣捲起，在其中吐絲結繭化蛹，被害葉片多呈縱向捲曲，如多數嫩葉被害，影響枝條發育，尚未結果的幼株被害較烈，有時也會危害嫩枝，不過被害葉的總面積若在20%左右時，尚不致對柑橘造成顯著的損傷(羅，2003)。卵為扁圓形，無色透明，狀如水滴，徑約0.27公厘，卵期3~7天。幼蟲孵化後就近潛入葉肉內，蛀食表皮以下之葉肉，僅留下透明的表皮，可透視葉肉內幼蟲之形態、取食之情形及肛門排入之褐色條形糞便。幼蟲期18~23天，老熟之幼蟲，多潛至葉之邊緣，將葉緣捲起，為結繭化蛹之處所，幼蟲淡黃綠色，頭小，體扁平，中胸最為寬大，第5、6節起向後逐漸細小，腹末二節特細，老熟幼蟲體長3公厘。蛹：初呈淡黃色，後變為深黃色，羽化前呈黃褐色，頭胸明辨，翅芽達及腹末第二或第三節，後足達及腹部末端。蛹期7~10天。成蟲為銀白色小蛾，前胸具銀白色長毛，前翅白色，尖葉狀，前翅之內角有粗黑紋二條，長及翅之2/3處分叉，前緣中央有一斜黑紋，僅及翅寬之半，前緣之1/3處，又有黑色斜紋，達及後緣中央，此兩黑紋相接成Y字形，前緣

近中央經外緣有濃黃色長緣毛，前緣角前有圓形黑毛及3黑紋，再前又有2黑紋與後緣平行。後翅針葉狀，緣毛較翅長，足之腿節有一刺，脛節先端有二刺，體長2公厘，翅展開體全長5公厘，入夜產卵於嫩葉上(羅，2003)。在防治上，可使用25%芬若克可濕性粉劑2000倍、50%陶斯松可濕性粉劑1500倍、25%佈飛賽滅寧乳劑1000倍或30%福隆納乃得水懸劑1500倍，但幼蟲蛀入葉肉內，藥劑防治效力會大幅降低(費，2010)。在潛葉蛾幼蟲期可採用串繭跳小蜂(*Ageniaspis citricola* Lagvinorskaya)、黃釉蜂(*Cirrospilus ingennus* Gahan)及黑釉蜂(*Tetrastichus* sp.)三種寄生性天敵(Hoy, 2000)。夏季後，潛葉蛾幼蟲被寄生率高達90%，所以秋芽時期因有天敵有效控制，此期不必施藥防治潛葉蛾(羅，2003)。

二、病害

(一)楊樹葉銹病是楊樹上發生最普遍、危害最嚴重的葉部病害。葉部是主要受害部位，也可在芽和嫩枝上發生。症狀共同特點是產生橘黃色的夏孢子堆，破裂後散放出夏孢子，為黃色粉狀物，故稱為銹病(韓等，1997)。寄生於楊樹上的銹病菌，主要為銹菌目(Uredinales)、柵銹科(Melampsoraceae)及柵銹屬(*Melampsora*)真菌，主要楊屬樹種上寄生的*Melampsora*經鑒定有8種，即：馬格柵銹菌*M. magnusiana* Wagn; *M. laricis* Hart(=*M. larici-tremulae* Kleb); 柵銹病*M. abietis-canadensis* (Farl) Ludw; 粉被柵銹病*M. pruinosa* Tranze; 松楊柵銹菌*M. larici-populina* Kleb; 楊柵銹病 *M. allii-populina* Kleb; 西方柵銹病*M. occidentalis* Jack; *M. medusa* Thumen。其中，*M. larici-populina* Kleb和*M. medusa* Thumen，在世界大多的楊屬樹種皆有發生危害情況(McBride, 1965; Steimel *et al.*, 2005; Prakash and Heather, 1985; 1989)，*M. larici-populina* Kleb 原發生於歐亞大陸地區，但現今也有在澳洲、紐西蘭及美國西部地區(Newcombe *et al.*, 2000)與加拿大東部地區(Innes *et al.*, 2004)發現其危害情況。*M. medusa* Thumen，在美國東部地區發

生危害情況相當普遍，現今於阿根廷、澳洲、非洲和美國西部地區也有見於發生危害情況(Newcombe *et al.*, 2000; Schipper and Dawson, 1974; Spiers *et al.*, 1994)。而楊屬中，以黑楊及白楊種楊樹最具有抗銹病能力(韓等，1997)。

化學藥劑防治上，1%波爾多液和15%粉鏽寧500~1500倍液，20天1次，噴2次；或40%代森銨200倍液、40%多菌靈400倍液，10天1次，噴3~4次。6~8月幼林用多菌靈或硫磺煙劑，每10天放煙1次，共3~4次(袁，1997)。

(二)鏈格孢屬 *Alternaria* Nees 是 Nees 於 1816 年以鏈格孢 *Alternaria tenuis* Nees 為模式種建立，是世界性分佈真菌，包括腐生、內生及致病性種，多數鏈格孢真菌與植物病害有關(Hatta *et al.*, 2002)。造成楊樹葉枯病的病原菌見文獻記載有：鏈隔孢 *Alternaria alternate* (Fr.) Keissler、鏈格孢 *Alternaria tenuis* Nees、細級鏈格孢 *Alternaria tenuissima* (Fr.) Wiltsh、楊鏈格孢 *Alternaria populi* T. Y. Zhang 及茄鏈格孢 *Alternaria solani* (Ell. Et Mart.) Jones et Grout，此外，這些病原菌也會造成楊樹的葉斑病、穿孔病、輪紋斑病、早疫病、輪斑病和黑斑病(徐等，2009; Anne *et al.*, 2007; Peever *et al.*, 2004；2005; Simmons, 1992；1993；1999; Zhang, 2003)。楊樹葉枯病對楊樹苗木及幼林造成嚴重危害，是近年來引起人們重視的病害(徐等，2009)，如北京市東北旺苗圃的毛白楊連年受此病的危害，1981年葉片感病率達100%，葉片大量提前脫落，四川省天全縣楊樹苗圃2000年感病率達85%以上(孫等，2007)。楊樹葉枯病是一種喜高溫、高濕的病害，一般多在夏季多雨時發生嚴重。防治上可在冬季清除落葉和病枝梢，減少出侵染來源。防治藥劑上可施用75%四氯異苯腈(chlorothalonil)稀釋500倍；40%乙磷鋁(fosetyl-aluminum)(徐等，2009)。

(三)長喙殼菌類真菌中，大部分的種類微弱寄生性，而某些種類則具有強病原性(Kirisits *et al.*, 2002)，其中包含許多的植物病原菌，會造成許多森林及經濟作物的危害。而造成台灣中部山區重要危害之廣葉萎凋病證實與 *Ophiostoma*

*quercus*有關(Lin *et al.*, 2003)。*Ophiostoma quercus*主要屬於弱病原之藍染真菌，但也不能排除在乾旱、高密度小蠹蟲、若病原真菌、及衰弱寄主共同協力作用下造成植株重大危害(陳和李，2011)。此類真菌與小蠹蟲共生關係緊密，也即是傳播主要是依賴小蠹蟲，而經常是由空氣、雨水、或其他昆蟲所攜帶(Krokene and Solheim, 1996; Stauffer *et al.*, 2001)。許多種之長喙殼菌真菌可稱之為藍染真菌(blue stain fungi)，因為其深色之菌絲，會在寄主植物之邊材上造成藍、灰、甚至黑色之變化。其利用儲存於邊材射髓(ray parenchyma)中之營養，因為不會分解纖維素、木質素及半纖維素，所以不會破壞樹木之結構，從外觀上可以在樹木之邊材及樹皮部為觀察到藍染之現像(Kirisits *et al.*, 2002)。國外有多篇文獻記載，*Ophiostoma quercus*寄生於楊樹，造成木質受損等現象，此類菌種也造成楊樹其他種類的病害危害，如潰瘍病及枯萎病(Luque *et al.*, 2002; Naujoks *et al.*, 1995)。在中國大陸未見文獻記載此類菌種發生於楊樹上的病害情況。

(四)炭疽病為楊樹枝條和葉部主要病害，目前發現的楊樹炭疽病病原菌為 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (Marks *et al.*, 1962)。炭疽病菌普遍分佈於世界各地，其寄主範圍非常廣泛，可引起許多植物的炭疽病，該病菌屬於高溫、高濕病害(韓等，1997)。楊樹在苗圃和幼林中易發生炭疽病。楊樹炭疽病已知在北京、河南、陝西、寧夏等省(市)危害嚴重。在自然條件下，受害樹種主要是毛白楊 (*Populus tomentosa*) 和北京楊 (*P. pekinensis*)。人工接種時，小葉楊 (*P. simoni*)、箭杆楊 (*P. nigra* var *thevestina*) 等其他楊樹也能發病。陝西毛白楊當年地插苗發病株率可達78%，4~5年生幼樹發病株率可達100%，葉片受害率可達100%。病株葉早落，嚴重時引起枯梢。北京的北京楊病株率可達50%~80%，引起樹冠中下部葉片枯死(袁，1997)。修剪下部枝條，將病葉、病枝燒毀或翻入土中減少病菌數量(韓等，1997)。危害嚴重的地區，建議將楊樹林除去大部分葉片，一周後進行藥劑噴灑，在大陸地區楊樹炭疽病農藥防治上，用65%可

濕性粉劑鋅乃浦(zineb)、退菌特(Tuzet)和甲基多保淨(thiophanate-methyl)，每隔10-15天噴灑，連續3~4次，均可取得良好的防治效果(袁，1997)。在臺灣此病原菌尚無推薦用藥，可參考果樹炭疽病的防治藥劑如待克利、克收欣、亞托敏及腐絕+快得寧(Thiabendazole-Oxin-copper)。有研究報告指出，新疆楊、銀白楊樹種為此病原菌抗病品種(韓等，1997)。

(五)茄病镰孢*Fusarium solani*(Mart.)Sacc為一種普遍存在於世界各地的真菌，除能夠自不同環境中被分離外，同時也是少數能從雨林地區被分離出的*Fusarium*種類，且*F. solani*亦為重要之植物病原真菌(Leslie and Summerell, 2006)，危害許多作物，造成經濟上很大的損失(Pegg *et al.*, 2002)。在國外有許多的文獻記載*F. solani*在楊樹上的危害情況，會造成楊樹樹皮腐爛，楊樹的潰瘍病，楊樹莖基部腐爛，也會造成整株楊樹萎凋之危害情況(Arnett and Witcher, 1974; Dochinger and Sel iskar, 1962; Dochinger and Leon, 1967; Pilotti *et al.*, 2002)。根據記載，在楊樹上引起病害的*Fusarium*種類菌種尚有細長镰孢(*Fusarium ciliatun* Link)、尖镰孢(*Fusarium oxysporum* Schlecht)、增殖镰孢(*Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg)、可可梢枯镰孢(*Fusarium rigidiuscula* (Brick) Snyb. Et Hans.)，造成楊樹的根腐病、楊樹濕心材病、枯枝病和潰瘍病(Witzell and Martin, 2008; Pera and Filippi, 1987; Filippi *et al.*, 1984)。適當的修剪楊樹枝條，調節樹體水分，用生根劑刺激根部生長，且不宜在鹽鹼地及砂石地種植楊樹，可降低根腐病和潰瘍病危害情況(李等，2009)。

(六)大多數藻類棲息於水域環境中，少數種類能以特殊方式脫離水域而存活繁衍，最常見的方式是與菌類共生形成地衣或寄生於植物體表來進行陸生生活。當此類藻類寄生於植物體表時便造成藻斑病，因其病徵的不同又被稱為紅藻病、白藻病、褐銹病或紅銹病。三頭孢藻(*Cephaleuros virescens* Kunze)為最常見的植

物寄生藻類，世界各地皆可見其蹤跡，但主要發生在亞熱帶及熱帶地區，也是植物寄生藻類中最具經濟價值且被研究最多的一種(Hsieh *et al.*, 2000)。在分類地位上屬於藻類植物中之綠藻綱(Chlorophyceae)，披髮藻目(Ulotrichales)，爬墘藻科(Trentepohliaceae)。其寄主範圍非廣泛，包含茶樹、胡椒、柑桔類、可可、油椰子、香草、荔枝、芒果、蓮霧及楊桃等經濟作物類(林，1984J; 陳，1978; Oubert and Rijkenberg, 1971)。在臺灣地區目前已記載了近200種的寄主植物(蔡，1991; 謝和傳，1999)。主要為闊葉樹，部分針葉樹或藤本植物也會被寄生。本病性喜高溫、高濕、多雨、潮濕、種植過密或光照不足，皆有利於病害之發生，本病害尚無正式推廣之防治方法。一般而言，加強栽培管理為主，包括合理施肥、適度修剪、清除病葉、避免過度遮蔭及力求通風透光來提高植株抗病性藥劑防治上可施用波爾多液噴灑防治之(廖，1988)。

(七)楊樹的葉斑病又稱斑枯病或褐斑病(袁，1997)。主要由殼針孢菌(*Septoria*)所引起，文獻記載上主要在楊屬植物上引起葉斑病的有下列九種病原菌：楊黏隔孢*Septogloeum populiperderdum* Moesz et Smarids、短棒黏隔孢*Septogloeum rhopaloideum* Dean. Et Bisby、柳黏隔孢*Septogloeum salicinum* Sacc.、白殼針孢*Septoria candida*(Far.) Sacc.、楊殼針孢*Septoria populi* Desm，楊生殼針孢*Septoria populicola* Peck、天山殼針孢*Septoria tianschanica* Kravtz.、楊葉多隔孢*Septoria populiperda* (Moesz et Smarods) Waterman et Cash及楊殼多孢*Stagonospora populi* (Cda) Sacc.(韓等，1997；Liang *et al.*, 2002; Newcombe and Bradshaw, 1996)。楊樹林內部不通風、不透光、降雨量多或灌水次數多，均可導致發病嚴重(袁，1997)。晚秋及時收集病落葉並燒毀，以減少越冬菌原，適當減少種植密度，使林內通風透光，並改善林地排灌設施，降低林內濕度，推薦楊樹葉斑病用藥有65%鋅乃浦稀釋250倍在發病初期噴用。

(八) 莖枯病(Stem blight)又稱楊樹擬莖點潰瘍病，是近年在大陸地區，楊樹上新發生的一種威脅性病害(袁，1997)。造成楊樹擬莖點潰瘍病為*Phomopsis macrospora* Kobay & Chiba，在國外也是有大量文獻記載此病原菌造成楊樹病害的報告，造成樹皮、莖部潰爛而致死(Dickmann and Stuart, 1983; Filer, 1967)。楊樹擬莖點潰瘍病也易與楊樹水泡潰瘍病造成復合侵染危害，使60~70%的楊樹植株發病死亡，確為不可忽視的危險病害(钟和高，1981)。也有見到報告此病原菌會侵害葡萄的新梢和果實，誘致葡萄枝枯病(Wang and Wu, 2008)。根據越冬枝條試驗結果來看，病原菌以菌絲體在當年受侵染的枝條表皮內越冬，為翌年發病的初次侵染來源(钟，1993)。抗病性研究上，以白楊派品系抗病效果最佳(劉，1988)。此病害在大陸地區造林上，已造成重大危害，導致造林失敗，研究指出，在造林地幼樹時期採用40%福美砷及70%甲基多保淨(thiophanate-methyl)等稀釋200倍進行刮破病斑塗抹，可有效防治(袁，1997; 钟等，1993)。

(九) 灰黴病菌*Botrytis cinerea* Pers是非常古老的真菌，於1792年被Micheli所發現，且在1801年由Persoon完成屬的建立(Jarvis, 1980)；其分類地位屬不完全菌(Deuteromycotina)、絲孢綱(Hyphomycetes)、絲孢目(Hyphomycetales)、淡色孢科(Moniliaceae)；而*B.cinerea* Pers是*Botrytis*屬22個種中最重要的一種(Rosslénbroich and Stuebler, 2000)，其有性世代*Botryotinia fuckeliana*(de Bary)Whetzel於1945年被發現(Jarvis, 1980)，但於自然界中多以無性世代出現。*B.cinerea*屬多泛性病原真菌，可危害雙子葉、單子葉以及蕨類植物(Jarvis, 1980)。也看到有文獻記載在楊樹上有發生*B.cinerea*的危害記錄(Bollen, 1971; Jarvis, 1973)。在大陸地區，則見到在黑龍江、吉林、遼寧及河北發生嚴重，可達100%。防治工作上，做好苗圃和造林地的整地和排水工作，避免積水使苗圃和林地濕度過大。適當的稀植、增加苗圃和造林地的通風採光(袁，1997)。

三、殺菌劑分類

現已登記使用的殺菌劑，依其主成份估計約有120種（Hopkins, 1996）。依其特性，大略可分為保護劑及治療劑。

保護劑主要使用於病害發生前或發病初期，一般而言，其作用範圍較廣，價位較低，殘效較長，稀釋倍數較低，因此用量較大，比較有農藥殘留的顧慮。

現有保護劑分類如下：

(一) 礦物油劑：主要提煉自石油，種類多、名稱複雜，如夏油、灑佈油、窄域油等，為了保障品質，減少藥害，我國目前要求農用礦物油未磺化值需在92%以上。油劑對表生病害，例如：白粉病、黑星病、銹病、灰黴病及煤煙病等防治效果良好，此外，對移動性差的小型昆蟲，例如：薊馬、介殼蟲、蚜蟲、紅蜘蛛等防治效果也非常顯著。其優點為價格便宜，耐雨水沖刷，效果持久，有機農法亦可使用，另外也可作為許多藥劑的協力劑；缺點則是品質不良的產品或使用不當時易引起藥害(防疫檢疫局，2012)。

(二) 銅劑：可分為無機銅及有機銅兩類。無機銅如波爾多劑、氫氧化銅、醋酸銅、氧化亞銅等；有機銅則有草酸銅、松香酯銅、快得寧。一般而言，銅劑尤其是無機銅，對卵菌類(Oomycetes)引起的病害防治效果極佳，但無機銅因酸鹼值高，易造成植物藥害；有機銅則較無此顧慮，但藥效較為遲緩(防疫檢疫局，2012)。

(三) 硫磺劑：分為無機硫磺劑及有機硫磺劑。無機硫磺劑較常用的有硫磺粉、可濕性硫磺及石灰硫磺，前兩者主要用於防治白粉病，也可防治介殼蟲及蟎

類，效果良好，但高溫時極易發生藥害。石灰硫磺則常被當作溫帶果樹休眠期的消毒藥劑，以往需蒸煮配製，如今有商品化的溶液成品。有機硫磺劑種類頗多，如富爾邦(ferbam)、得思地、甲基鋅乃浦(propineb)、錳乃浦(maneb)、鋅錳乃浦(mancozeb)及銅鋅錳乃浦等，對大多數真菌性病害都有極佳的預防效果，而且價格低廉，目前是使用量最大的殺菌劑種類，根據統計，2003年鋅錳乃浦在我國年使用量高達1,014公噸(方，2004)，為殺菌劑用量的第一名。近年來，由於機硫磺劑的不純物ETU有致腫瘤的風險，已被禁止擴大使用範圍(防疫檢疫局，2012)。

(四)苯二甲醯亞胺劑(phthalimide)：大部分已遭禁用，包括福爾培(folpet)、四氯丹(difolatan)、蓋普丹(captan)等。本類藥劑稍具滲透移行性，田間對許多真菌性病害防治效果極佳。

(五)有機氯劑：廣為農民使用的殺菌劑為四氯異苯晴(chlorothalonil)，該藥劑防治對象廣泛，一度因不純物—六氯苯(HCB)為致癌劑而禁止擴大使用範圍，但在限制不純物含量及改成安全劑型後，於2003年又重新開放田間申請。本劑田間保護效果極佳，殘留期長，但過量使用易致藥害，尤其對幼嫩的組織。2003年在我國殺菌劑的使用量上排名第八，年使用約104噸(方，2004)。

(六)pyrrole系殺菌劑：廣義而言計有三種，分別是fludioxonil(護汰寧)、fluoroimide(三菱化工公司)及fenpiclonil，主要作用為抑制孢子發芽，因此大致上只有保護而沒有治療效果。護汰寧係由前諾華(Novartis)公司於1990年代開發的新藥劑，屬雜環類，是一種胺基酸的衍生物，原為細菌(*Pseudomonas pyrrocinia*)的代謝產物，但現在已人工合成。它的作用機制在造成細胞膜上的過氧化作用，導致細胞呼吸作用異常而死亡，對子囊菌類(Ascomycetes)、

擔子菌類(Basidiomycetes) 及不完全菌類(Deuteromycetes)有效，但容易誘發病菌抗藥性，且國外的試驗證明其與二甲基氮環及環狀碳氮化物有交互抗藥的現象(Knight *et al.*, 1997)。

(七)凡殺同(famoxadone)：凡殺同構造式與史托比系(strobilurins)藥劑非常不同，但作用機制卻極相似，主要也是抑制粒腺體細胞色素c的氧化酵素。由於本劑只有局部滲透性，但卻有抗藥性風險，因此原廠將本劑與其他的系統性殺菌劑調配成混合劑上市(Gullino, 2000)。

(八)黑色素抑制劑：部分植物病原真菌發芽時會產生附著器以便於侵入寄主。附著器的形成過程通常會產生黑色素(melanin)以抵抗不良環境，抑制黑色素的形成有助於抑制病原菌侵入寄主，因而達到防治效果。這類的藥劑大多應用於稻熱病的防治，如三賽唑(tricyclazole)、熱必斯(ftalide)及加普胺(carpropamid)等(Lyr, 1995)。

(九)生物製劑：其作用機制主要為抗生、寄生及競爭作用，但由於其應用易受環境影響，因此在溫室、設施或土壤等較穩定的環境較易表現效果。例如Ecogen公司出產的AQ10，其主要成份*Ampelomyces quisqualis*為白粉病菌的超寄生菌，可攻擊約64種白粉菌，目前在歐美用於有機栽培葡萄園防治葡萄白粉病。芽胞桿菌屬 (*Bacillus* spp.) 在病害防治上的效果近年也頗受重視，由於芽胞桿菌普遍存在環境之中，對人畜毒性極低，容易產生芽胞，因此極適合大規模的發酵生產，極具商業化潛力 (Copping, 2001.)，其中*Bacillus brevis*可分泌gramicidins，對許多病原真菌有抑制效果；*B. subtilis*(枯草桿菌)為常見的土壤細菌，一特殊菌株FZB經測試對镰胞菌*Fusarium oxysporum*所引起之病害有防治效果，且可以促進植物生長 (Copping, 2001.)。

廣義的治療劑包含兩類，一為局部治療劑(curative fungicides)，此類藥劑具局部系統移行性，可以在病原侵入寄主後尚未出現病徵前將病原殺死；另一類為治療劑(eradicator fungicides)，具有系統移行性(systemic)，可以在寄主體內移行散佈進而殺死病原。治療劑一般價位較高，作用對象較專一，用量較低，藥效較短，但效果極佳。根據作用對象的不同可分為卵菌類用藥、子囊菌類及不完全菌類(Ascomycetes and Deuteromycetes)用藥、擔子菌類(Basidiomycetes)用藥及灰黴、菌核菌類(Botrytis spp. and sclerotium-forming fungi)用藥等數大類。茲就不同類真菌性病害的主要防治藥劑舉例如下：

(一)卵菌類：包括疫病(*Phytophthora* spp.)、腐霉病、猝倒病及苗腐病菌(*Pythium* spp.)、露疫病菌(*Peronophythora* sp.)等。其主要防治藥劑有：

1. 醯基苯胺系(phenylamides)：滅達樂(metalaxyl)是前Ciba-Geigy公司最早研發成功用於防治卵菌類的系統移行性藥劑，與其構造式類似的藥劑尚有本達樂(benalaxyl)、毆殺斯(oxadixyl)等，這類藥劑主要抑制卵菌類核糖核酸的合成，強烈抑制菌絲的發育與生長，但不能抑制游走孢囊的釋放及游走孢子的發芽。由於具有良好的系統移行性，因此療效突出。缺點則是病菌非常容易產生抗藥性，而且一旦對其中一個藥劑產生抗藥性，也會對其它相類似的藥劑有交互抗性(Gisi and Cohen, 1996)。

2. 克絕(cymoxanil)：由杜邦公司所研發，具局部的系統移行效果。對茄科晚疫病及葡萄露菌病非常有效，但對其它的卵菌類病害卻口碑不一。本藥劑最大的特色是分解迅速，通常在寄主上僅殘存數天而已。

3. 依得利(etridiazole)：主要抑制卵菌類的呼吸作用，但對其它生物則影響不大。具系統移行性，尤其容易被根吸收，因此對苗期或種子傳播之疫病或腐霉病具有良好的效果。

4. 福賽得(fosetyl aluminum)：主成份為磷酸鋁鹽，在生體外幾乎毫無殺菌效

果，但在植物體內滲透吸收非常迅速，且表現強烈的抗病性，其主要機制為促進植物合成抗菌物質，對藻菌類效果尤其顯著。

5.達滅芬(dimethomorph)：氰胺公司發展出來的系統移行性藥劑，可強烈抑制菌絲生長，但不能抑制游走孢子釋放及發芽。本藥劑可能的作用機制是抑制細胞壁的合成，因此，不會與滅達樂類發生交互抗藥性。

6.亞托敏(azoxystrobin)：屬於史托比類藥劑，為近年新興的藥劑。具滲透移行性，主要抑制真菌的呼吸作用，對其它生物的影響極小，預防效果極佳，治療效果則較其它藥劑遜色。

(二)子囊菌與不完全菌類：本類真菌種類繁多，例如葉斑病菌 (*Alternaria* spp., *Cercospora* spp.)、黑星病菌(*Venturia* spp.)、炭疽病菌(*Collectotrichum* spp.)、枝枯病菌(*Phomopsis* spp.)、房枯病菌(*Botryosphaeria* spp.)、鐮胞病菌(*Fusarium* spp.)等。其主要防治藥劑有：

1.免賴得系(benzimidazole)：除免賴得(benomyl)外還包括腐絕(thiabendazole)、貝芬替(carbendazim)、甲基多保淨(thiophanate methyl)等，主要機制為抑制子囊菌的細胞核分裂。

2.麥角醇合成抑制劑(ergosterol biosynthesis inhibitors)：主要作用機制為抑制麥角醇的合成，而麥角醇合成是子囊菌及擔子菌特有的代謝循環，因此這類藥劑對卵菌類毫無抑制效果。本類藥劑包括嘧啶(pyrimidines)類、乙唑(imidazoles)、丙唑(triazoles)、賽福寧(triforine)、得滅多(buthiobate)及三得芬(tridemorph)類。常見的藥劑如撲克拉(prochloraz)、三泰芬(triadimefon)、菲克利(hexaconazole)、護矽得(flusiconazole)、得克利(tebuconazole)、芬瑞莫(fenarimol)、依瑞莫(ethirimol)等共約有20種。這類藥劑是目前最大的一群殺菌劑，全球年消耗量超過20億美元，約占殺菌劑總消耗量之30%。雖然這類藥劑的作用位置專一，室內試驗也顯示病菌極易對其產生抗藥性，也有交互

抗藥性的現象，但在田間抗藥性似乎不容易發生。在我國這類藥劑最主要用來防治白粉病、炭疽病、黑星病、葉斑病。這類藥劑略有植物生長調節劑的功能，過量使用會發生藥害(Hopkins, 1996)。

3. 史托比類(strobilurins)：1980年代末期才發展出來的新型系統移行性藥劑，最早是從一種菇類(*Strobilurus tenacellus*)上萃取出來的物質，殺菌效果優異，但部分藥劑滲透性良好，也易因蓄積而造成藥害。經過化學家作修飾改良後，專利的衍生物超過400種以上，目前上市的約有九種，如前捷利康(Zeneca)公司的亞托敏(azoxystrobin)，巴斯夫(BASF)公司的克收欣(kresoxim methyl)及pyraclostrobin (BAS500)、dimoxystrobin及orysastrobin，拜耳(Bayer)公司的三氟敏(trifloxystrobin)及fluoxastrobin，先正達(Syngenta)公司的picoxystrobin及鹽野義公司的metaminostrobin等。這類藥劑主要在抑制菌類的呼吸作用，但對哺乳類及植物的影響很小。由於抑菌作用明顯，施用後在寄主上會造成「綠化」的效果。本劑藥效廣泛，對子囊菌、擔子菌及卵菌類都有效，使用單一藥劑可同時防治多種真菌病害，因此，有人誇稱其為「廿一世紀的藥劑」。但與其它系統性藥劑相同，本類藥劑誘發抗藥性的風險較高，對一些較敏感的作物也會造成藥害(Lisky, 2003)。

(三)擔子菌類：包括銹病菌(rust fungi)、黑穗病菌(smut fungi)、褐根病菌(*Phellinus* sp.)及餅病(*Exobasidium* spp.)等。其主要防治藥劑有嘉保信(oxycarboxin)，該藥劑為呼吸作用抑制劑，對由銹病、黑穗病及立枯絲核菌(*Rhizoctonia* spp.)引起的病害有效。此外，上述的麥角醇合成抑制劑及史托比類對擔子菌類也有效。

(四)灰黴、菌核病菌：灰黴病菌為*Botrytis* spp.，於罹病組織或殘體上可形成菌核，以抵禦惡劣環境，其他會形成菌核的病原真菌還包括白絹病菌

(*Sclerotium rolfsii*)、菌核病菌(*Sclerotinia* spp.)、立枯絲核菌(*Rhizoctonia* spp.)等。主要防治藥劑有dichlorophenyl dicarboximide類，例如：依普同(iprodione)、免克寧(vinclozolin)、撲滅寧(procymidone)；環狀炭氫化物(aromatic compound)，例如大克爛(dichloran)；苯甲醯胺苯(benzanilide)類，例如：滅普寧(mepronil)、福多寧(flutolanil)，及有機磷劑—脫克松(tolclofos-methyl)等。前二類藥劑雖化學結構相異，作用機制卻相同，主要為抑制粒腺體及細胞壁的合成，這二類藥劑非常容易產生抗藥性，資料顯示，一個栽培期連續用藥超過4次必然造成抗藥性(Lyr, 1995)。

四、精油防治效用

精油(Essential oil)為 Paracelsus 氏於 16 世紀所命名，意為蔬果香味的精髓，通常是一群複雜的化合物，其性質決定於植物體本身的種類、栽植條件及收穫前的處理。精油大部分為二次代謝物產物(今村博之，1983)，普遍存在於植物的各個部位，對植物的生長調節扮演重要角色，精油具備調節溫度和預防疾病的保護功能，能保護植物免受細菌和其他病菌的侵害(Melissa studio, 2002)。

人類運用精油的歷史已有數千年，如古埃及時代製作木乃伊時，經常利用雪松精油(Cedarwood oil)來浸泡纏縛木乃伊之繃帶。它的香味類似檀香，也常被作為寺廟中的焚香，事實上，雪松精油的抗菌性、收斂性、利尿、鎮靜等功效已被人們所認同。目前受到大眾喜愛的芳香療法(Aromatherapy)即利用草本或木本植物精油，藉由沐浴、按摩或吸入等方式來改善人們身心健康或預防疾病。現在人類在應用及研究上，精油的功能大致如下：

(一)抗室塵蟎

桂皮醛型土肉桂葉子精油對於台灣住屋常見且亦引起過敏性的兩種蟎類-歐洲室塵蟎(*Dermatophagoides pteromyssinus*)及美洲室塵蟎

(*Dermatophagoides farinae*)具有很強的致死率(陳品方等, 2002)。而從柳杉土壤木抽出成分, 分離出三種抗歐洲室塵蟎及美州室塵蟎的化合物: β -Eudesmol、Cedrol 和 Cryptomerione, 其中以 Cryptomerione 抗蟎活性最佳(Morita *et al.*, 1994; Yatagai *et al.*, 1991)。

(二)增強免疫功能

植物精油除了提供對抗細菌入侵人體屏障之外, 有些精油具有提升免疫力的功能, 例如土肉桂葉子精油含有抗發炎活性成分, 可有效抑制由 LPS 誘發產生的 proIL-1 β 蛋白質濃度(Chao *et al.*, 2005); 另外, 有些植物精油具有抗氧化的活性, 可以捕捉自由基的形成或是降低自由基的濃度(Singh *et al.*, 2005)。土肉桂葉子精油就被證實具有清除 DPPH 自由基的抗氧化活性(葉書吟, 2005)。發現柳杉葉部甲醇抽出物中的乙醚可溶部成分 *cis*-Communic acid 具消炎效果(Simizu *et al.*, 1988); 而 Terpinen-4-ol 及 Elemol 具有抗潰瘍的效果, 能降低胃液的分泌及胃蛋白酶的活性(Matsunaga *et al.*, 2000)。

(三)天然的防腐特性

一些具有特殊氣味的木材中因為含有許多特殊精油成分, 所以能有效的抑制腐朽菌的生長, 例如台灣本土樹種中的台灣肖楠心材精油, 對於木材腐朽菌居有不錯的抑制效果(張惠婷, 2005); 日本扁柏精油對於白腐菌(*Coriolus versicolor*)及褐腐菌 *T. palustris* 皆有抑制效果(Kondo and Imamura, 1986)。其他如羅漢柏屬木材及柳杉精油對腐朽菌也有抑制效果(Asada *et al.*, 1989; Morita *et al.*, 1997)。而土肉桂葉子精油主成分桂皮醛在 100 $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 的濃度對於 *C. versicolor* 及褐腐菌(*Laetiporus sulphueus*)抗腐朽菌指數皆為 100% (Wang *et al.*, 2005; Cheng *et al.*, 2006; 2008b; Yen and Chang, 2008)。

(四)平衡身心靈

精油能夠影響人體訊息的傳遞，可以刺激到人體傳遞系統的運作，而現金的研究多採用腦電波、伴隨性陰性腦電波變化(Contingent negative variation, 簡稱 CNV)、心臟收縮血壓、微小震動、心律及大腦的血液流動的方向來測量精油對人體的影響(黃樹立、趙軒，2003)。

(五)抗細菌活性

精油對於植物本身便是一道預防外來病菌入侵的防線，因此經過萃取的過程後，仍然具有殺菌的效果，例如大蒜油(Garlic oils)，對於許多微生物如沙門氏桿菌(*Salmonella* sp.)及金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)等，均具有不錯的殺菌效果(Benkeblis, 2004)。已有許多報告指出許多植物精油，如百里草、鼠尾草、迷迭香、丁香、大蒜及洋蔥等都具有抗細菌的活性(Nychas, 1995)。也發現 *Elaeocarpus sphaericus* 的果實萃取物具有抑制細菌的效果(Singh, 1999)。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)木材精油中的 α -Cadinol 也被證實對金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、產氣性桿菌(*Clostridium perfringens*)、變形桿菌(*Proteus vulgaris*)、綠膿桿菌(*Pseudomonas aeruginosa*)及大腸桿菌(*Escherichia coli*)具良好的抑制效果(謝等，1986)。紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)心材精油對大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、產氣性桿菌、奇異變形桿菌(*Proteus mirabilis*)有良好的抑制效果，而臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtuse*)心材精油對金黃色葡萄球菌、克雷白氏肺炎桿菌(*Klebsiella pneumoniae*)及產氣性桿菌之生長具有很強的抑菌效果(吳和王，1990)。也有研究人員發現海松(*Pinus koraiensis*)針葉的揮發性精油對麴菌(*Aspergillus repens*)、大腸桿菌及青黴菌(*Penicillium notatum*)，結果發現海松精油內成分 T-Cadinol 對此三種微生物均有良好的抗菌活性(Nebeta, 1992)。土肉桂葉子精油抽出物及主成分桂皮醛也被證實對於九種格蘭氏陰性菌有

很好的抑制效果(Chang *et al.*,2001 ; Chang *et al.*, 2008b)錫蘭肉桂 (*Cinnamomum zeylanicum*)精油在精油濃度 $500\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 時，可以完全抑制金黃色葡萄球菌、大腸桿菌及綠膿桿菌的生長(Hill, 1997)。赤松(*Pinus densiflora*)松針精油對李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、克雷白氏肺炎桿菌和金黃色葡萄球菌具有抑制效果(Hong *et al.*, 2004)。

(六)抗真菌活性

近年來有關植物精油的抗真菌活性研究很多，試驗真菌對象包括酵母菌、黴菌、食用菌和植物病原菌等。在 1995 年研究報告中就有指出，茶樹精油分離部中的含氧單萜類化合物 Terpinen-4-ol 及 α -Terpineol 皆為有效的抗真菌成份(Carson and Riley, 1995; Raman *et al.*,1995)。而檸檬桉(*Eucalyptus citriodora*)葉精油測試數種真菌，其中對 *Aspergillus fumigatu* 的抑制效果良好，其 MIC 值為 $1.5\mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$ (Pattnaik *et al.*, 1996;1997)。對柳杉抽出物進行抗真菌研究，結果發現在正戊烷可溶部中的 Cryptomeridiol 具有很強抗白腐菌(*Coriolus versicolor*)的活性(Morita *et al.*, 1997)。也發現柳杉心材精油對 *Laetiporus sulphureus* 和 *Trametes versicolor* 具有良好的抑制效果(鄭森松等，2006)。此外也發現柳杉甲醇抽出物 Ferruginol 和 Sandaracopimarinol 可以抑制香菇(*Lentinus edodes*)的菌絲的生長(Nakajima *et al.*, 1980; Matsui *et al.*, 2001)。桂皮醛型土肉桂葉子精油對於苗腐病(*Rhizoctonia solani*)、根腐病(*Ganoderma australe* 及 *Fusarium solani*)及葉腐病(*Collectotrichum gloeosporioides*)的抑菌指數大於 80%，具良好的抑制林木病原菌活性(Lee *et al.*, 2005)。

(七)抗白蟻活性

針對柳杉葉子精油所作的抗白蟻活性研究，發現餵食白蟻 1mg/g 的柳杉

精油精油之餵食量，白蟻會全部死亡，顯示柳杉葉子精油具有極強的抗白蟻活性，而其作用機制是由揮發性和接觸二者共同作用所造成(鄭森松等，2001)。針對柳杉精油抽出物，分離出 3 種抗白蟻的化合物，發現 16-Phyllocladanol 最具抑制效果(Sogabe *et al.*, 2000)。研究柳杉心材抽出成份之抗白蟻活性，結果發現心材中的 Ferruginol 具有抵抗白蟻的活性(Kano *et al.*, 2004)。桂皮醛型土肉桂葉子精油對於台灣分佈最廣且為害最嚴重的台灣家白蟻(*Coptotermes formosanus* Shiraki)進行試驗，發現在 5mg/g 的濃度下，經過 14 天試驗後，可將白蟻全部殺死(Chang and Cheng, 2002)。

(八)癌症研究

近年來，利用植物二級代謝產物來抑制人類癌細胞或降低癌症罹患率，投入大量的研究資源。由台灣杉所抽取的木材精油抽出成分，其中， α -Cadinol 對大腸癌細胞具有良好之抑制生長作用(He *et al.*, 1997)。臺灣扁柏精油發現對人類肺腺癌細胞株 A549 能明顯抑制並誘發凋亡反應，亦有抑制癌細胞轉移及侵入作用(陳，2011)。採用南投縣所栽培之生薑(*Zingiber officinale* Roscoe)，萃取之薑精油發現薑精油對於人類肝癌細胞株 Hep G2 有良好的抑制率(陳嘉琳，2004)。研究柳杉黑心材的丙酮抽出物，發現 Sugikurojins G、7 β -Methoxydeoxocryptojaponol 和 5,6-Dehydrosugiol 化合物具有細胞毒性，對人類血癌細胞(HL-60)具有抑制效果(Yoshikawa *et al.*, 2006)。大蒜精油活性成分-二丙烯基硫化物(allyl sulfides)以二丙烯基單硫化物(diallyl sulfide, DAS)、二丙烯基二硫化物(diallyl disulfide, DADS)與二丙烯基三硫化物(diallyl trisulfide, DATS)對多種癌細胞株具有抑制活性，針對皮膚癌細胞株 A375 進行研究，發現大蒜精油可藉由誘導 A375 細胞週期停滯 G2/M 期與細胞凋亡，並可抑制 A375 細胞株的轉移及增生(包容，2011)。

當人類或植物發生疾病或病害時，藥物及農藥的使用越來越廣泛，雖然能有效對抗疾病、打擊病原菌，但細菌為求生存而產生抗藥性，使抗生素的效用逐漸下降，造成細菌的抗藥性越來越嚴重。而農藥的使用對環境也是造成很大的承載負荷，使用過程中，對施用者也一定造成身體上的危害。因此，除減少抗生素及農藥殺菌劑等的使用，從林木或植物中的天然產物找出具有抗病原菌或植物病原菌的物質成為了重要的研究主題。

以土肉桂為例，近年來有學者研究發現，土肉桂葉子的精油成分中具有相當高含量的桂皮醛，可以進一步加以利用(尹華文，1991)。

此外，桂皮醛含量高的土肉桂葉精油具有相當多的生物活性，如抗細菌、抗腐朽菌、抗植物病原菌、抗室塵蟎及抗白蟻等活性，而精油中的主要成分桂皮醛也被證實了具有相同的效果(陳等，2002; 陳和張，2002; Chang *et al.*, 2001; Chang and Cheng, 2002; Lee *et al.*, 2005;)。且土肉桂可貴之處在於，其葉部精油中即含豐富的桂皮醛，故不必伐木或剝皮，而僅需採收葉片，可生生不息加以利用，相較起大陸所產之茵桂，其根皮含豐富的桂皮醛(尹華文，1991)，更具經濟價值及利用性。

除了土肉桂外，各種植物精油或所含之抽出物陸續被研究出抗細菌、抗腐朽菌、抗植物病原菌、抗室塵蟎及抗白蟻等活性，近年來多篇研究報告指出精油對抑制癌細胞的可行性效用，故萃取植物精油，期待其取代農藥、抗生素等藥劑，可行性高。

材料與方法 (Materials and Methods)

一、 調查地區

本研究調查地區有雲林四湖、東勢、元長地區及南投台大梅峰實驗農場，調查臺灣楊樹在臺灣病蟲害發生種類，採集病葉、病根及害蟲。

二、 病原菌分離、純化

以火燄滅菌之解剖刀切取病害標本(病健部)，病害標本以清水洗淨瀝乾。將切取之病害標本以 70 % 酒精噴灑病害標本表面，再置入裝有次氯酸鈉稀釋溶液的無菌培養皿中浸泡 1 分鐘進行表面消毒。最後以無菌水漂洗 3 分鐘。以滅菌的濾紙吸乾後，切取病健部約 2-4 mm，置入水洋菜培養基(WA)中，每皿置 5 塊標本組織，最後以石臘膜封住培養皿裂隙。室溫下靜置於桌面 3-7 天，觀察菌絲之生長情形。

以解剖顯微鏡觀察菌絲在平板培養基上生長情形，使用移植鏟 (microspatula)、打孔器或解剖刀，將沒有與細菌接觸的真菌菌絲尖端，連著培養基一併切割下再轉置於另一乾淨無菌之真菌用馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基(PDA)或 WA 培養基中央。培養後鏡檢，若仍有細菌 (或雜菌) 存在，則重覆此步驟直到培養基上只存在目標病原真菌為止。

三、 病原菌分子鑑定

本研究依據 rDNA 內轉錄間隔區(Internal transcribed space regions, ITS)序列

之差異性作為病原菌的鑑定。參考 Angeles *et al.*的方法並稍微修改後進行 DNA 抽取(Angeles *et al.*,2005)，使用總核酸萃取法抽取病原菌之 rDNA，以 ITS4 (5'TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3')，ITS5(5'GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG3') (White *et al.*, 1990)作為引子對。

(一) 抽取 DNA

- 1.取 0.3 g 的樣本，以液態氮於研鉢中磨成粉末。
- 2.加入 1.8 ml DNA extraction buffer + 0.2 ml 10 % sarcosyl，置於 55 °C 水浴槽中 1 小時。
- 3.取出，於室溫下以 6000 rpm 離心 5 分鐘。取上清液 800 µl 至於新管中，並加入 100 µl 5M NaCl+100 µl 10 % CTAB。
- 4.置於 55 °C 水浴槽中 10 分鐘取出，加入 600 µl 之 CI 充分混合至乳狀。在室溫下，以 12000 rpm 離心 5 分鐘。
- 5.取上清液 850 µl 置新管中，並加入 600 µl 之 PCI，充分混合至乳狀。
- 6.在室溫下，以 12000 rpm 離心 10 分鐘。取上清液 700 µl 加入 0.6 倍體積 (420µl) 的 isopropanol 輕輕混勻，置於 -20°C，沉澱 30 分鐘。
- 7.置於 4°C 下，以 12000 rpm 離心 10 分鐘。沉澱後以 500 µl 的 70% ethanol 潤洗，抽氣乾燥約 10 分鐘後，以 150 µl TE buffer (pH 8.0) 充分懸浮之即完成 rDNA 抽取流程，將其存入 -20°C 保存。

(二) PCR 週期設計

以萃取之菌株總 DNA 約 100 µl 進行 ITS 區域之聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)進行序列增幅。於反應溶液裡添加 10 µl 的引子對 ITS4/5，先加熱至 94 °C，反應時間 300 秒，然後進入週期，則每週期要再以 94°C，30 秒左右的加熱使雙股 DNA 變成單股，煉合 (annealing) 的溫度為 55°C，煉合的時間為 30 秒，然後進入引子延伸作用時間亦即耐熱 DNA 聚合

酶(Taq DNA polymerase) 作用，為 72 °C，120 秒。最末週期則約 7 分鐘左右。週期總數 (不包含起初的加熱及最末的延長時間) 為 30 週期。

(三) PCR 後的測定系統

經過 PCR 增幅的 DNA 片段，以洋菜膠 (2%) 進行電泳，用螢光劑 ethidium bromide 染色、照相，檢查增幅 DNA 片段是否合乎要求。

(四) 定序

送至穎昕生技公司完成定序，再將定序成功之 DNA 片段輸入美國生物技術資訊中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)網站與該資料庫所登錄之序列，以核酸基因庫序列群組分析程式(Basic Logical Alignment Search Tool, BLAST)進行序列相似度的比對。



四、接種試驗

(一) 銹病接種試驗

1. 噴灑接種:將銹病孢子從葉片上刮下，置入無菌水中，配製成銹病孢子懸浮液。並以血球計數器(hemocytometer)計算孢子濃度，並調整成約 $10^5 \sim 10^6$ spores · ml⁻¹ 的孢子溶液後進行接種試驗。將孢子液噴施在楊樹健康植株葉部之上下表皮。以無菌水進行接種之健康楊樹當對照組(CK)。每組 5 棵，實驗重複三次。
2. 接觸接種:直接將葉片上銹病孢子，和健康楊樹葉片進行接觸，使健康葉片上下表皮皆和銹病孢子有所接觸。以健康楊樹葉片進行接觸者為對照組(CK)，每組 5 棵，實驗重複三次。
3. 最後噴灑接種組、接觸接種組及對照組皆移置實驗室觀察，用塑膠罩隔離，以作為保濕及防止病原擴散傳染，每日進行觀察並記錄發病情形(圖 1a，1b，

1c)。

(二) *Alternaria tenuis* Nees 接種試驗

將已純化培養之 *Alternaria tenuis* 菌落，用無菌水洗出，製成 *Alternaria tenuis* 孢子溶液。並以血球計數器(hemocytometer)計算孢子濃度，最後調整成約 $10^5\sim 10^6$ spores · ml⁻¹ 孢子濃度。將菌液噴施在楊樹健康植株葉部之上下表皮，每株噴灑三片葉片。準備健康楊樹當對照組(CK)和實驗組處理方式相同，但在接種的部分則由孢子液換成無菌水。每組 5 棵，共三次重複。用塑膠罩隔離，以保持接種濕度並防止病原擴散傳染，每日觀察並記錄之。再將與原標本產生相同病徵者進行組織分離、鑑定，確定其病原性，以完成柯霍氏法則 (Koch's postulate)。

(三) *Ophiostoma quercus* (Georgév.) Nannf 接種試驗

將已純化培養之 *Ophiostoma quercus* 菌落，用無菌水洗出，以血球計數器 (Hemocytometer) 計算孢子濃度，孢子濃度最後調整成 $10^5\sim 10^6$ spores · ml⁻¹，以作為接種源用。第一組處理以 1 mL 之蒸餾水加於楊樹的莖基部，作為對照組。第二組處理以 1 mL 的孢子懸浮液加到楊樹的莖基部，第三組處理用火燄滅菌過的解剖刀，於楊樹莖基部製造縱向長度約 2 mm 之小傷口，再加 1 mL 的蒸餾水。每組 5 棵，共三次重複。用塑膠罩隔離，以保持接種環境濕度並防止病原擴散傳染，每日觀察並記錄之。再將接种植株產生相同病徵者進行組織分離、培養及鑑定，確定其病原性，以完成柯霍氏法則 (Koch's postulate)。

(四) 炭疽病接種試驗

將病葉上炭疽病孢子以無菌水洗出，並以血球計數器(hemocytometer)計算孢子濃度，將孢子液濃度最後調整成 $10^5\sim 10^6$ spores · ml⁻¹。再將菌液噴施在楊樹健

康植株葉部之上下表皮，每株噴灑三片葉片。準備健康楊樹當對照組(CK)和實驗組處理方式相同，但在接種的部分則由菌液換成無菌水。每組 5 棵，共三次重複。接種後以塑膠袋保持濕度(圖 2)，放置於實驗室中以塑膠罩隔離，以防止病原擴散傳染，每日觀察並記錄之。再將與原標本產生相同病徵者進行組織分離、培養及鑑定，確定其病原性，以完成柯霍氏法則 (Koch's postulate)。

(五)茄镰刀菌接種試驗

將已純化出 *Fusarium solani* (Mart.) Sacc 之培養皿，用無菌水洗出，以血球計數器 (Hemocytometer) 計算孢子濃度，調整孢子濃度為 $10^5 \sim 10^6$ spore \cdot ml⁻¹，以作為接種源用。第一組處理以 1 mL 之蒸餾水加於楊樹的莖基部，作為對照組。第二組處理以 1 mL 的孢子懸浮液加到楊樹的莖基部，第三組處理用火燄滅菌過的解剖刀，於楊樹莖基部製造縱向長度約 2 mm 之小傷口，再加 1 mL 的蒸餾水。每組 5 棵，共三次重複。用塑膠罩隔離，以保持接種環境濕度並防止病原擴散傳染，觀察並記錄之。再將與原標本產生相同病徵者進行組織分離、培養及鑑定，確定其病原性，以完成柯霍氏法則 (Koch's postulate)。

(六)藻斑接種試驗

將病葉上孢子以無菌水洗出，並以血球計數器(hemocytometer)計算孢子濃度，將孢子液濃度最後調整成 $10^5 \sim 10^6$ spores \cdot ml⁻¹。再將菌液噴施在楊樹健康植株葉部之上下表皮，每株噴灑三片葉片。準備健康楊樹當對照組(CK)和實驗組處理方式相同，但在接種的部分則由菌液換成無菌水。每組 5 棵，共三次重複。放置於實驗室中以塑膠罩隔離，以防止病原擴散傳染，每日觀察並記錄之。

(七)灰黴病接種試驗

將病葉上孢子以無菌水洗出，並以血球計數器(hemocytometer)計算孢子濃度，

將孢子液濃度最後調整成 $10^5 \sim 10^6$ spores \cdot ml⁻¹。再將菌液噴施在楊樹健康植株葉部之上下表皮，每株噴灑三片葉片。準備健康楊樹當對照組(CK)和實驗組處理方式相同，但在接種的部分則由菌液換成無菌水。每組 5 棵，共三次重複。放置於實驗室中以塑膠罩隔離，以防止病原擴散傳染，每日觀察並記錄之。

四、防治藥劑、精油的篩選

針對銹病菌 *Melampsora larici-populina* Kleb 及炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc 進行防治藥劑及精油的篩選。分別測試銹病病原菌之孢子發芽率，炭疽病病原菌之菌絲生長抑制率和孢子發芽率。

(一)藥劑種類

以市場上可購得之商用殺菌劑進行試驗工作，殺菌劑其名稱及劑型如下(參見附錄一):43% 嘉賜貝芬混和可濕性粉劑(43% Kasugamycin + Carbendazim W.P.，美谷丹); 14% 嘉賜克枯爛混和可濕性粉劑(14% Tecloftalam + Kasugamycin W.P.，嘸免驚); 81.3% 嘉賜銅混和可濕性粉劑(81.3% Kasugamycin + Copper oxychloride W.P.，輕功); 35% 依得利可濕性粉劑(35% Etridiazole W.P.，尅土菌); 50% 達滅芬可濕性粉劑(50% Dimethomorph W.P.，祥發); 40% 銅快得寧混和可濕性粉劑(40% Copper hydroxide. + Oxine-copper W.P.，攏無菌); 70% 四氣賽得混和可濕性粉劑(70% Fosetyl-aluminium+Chlorothalonil W.P.，亞得靈); 80% 碳酸氫鉀可溶性粉劑(80% Potassium hydrogen carbonate S.P.，速綠佳); 50% 白克列水分散性粒劑(50% Boscalid W.G.，威力旺); 18.7% 達滅克敏水分散性粒劑(18.7% Dimethomorph + Pyraclostrobin W.G.); 11.3% 保粒黴素(丁)水分散性粒劑(11.3% Polyoxorim W.G.，斯紋); 38% 白列克敏水分散性粒劑(38% Pyraclostrobin +Boscalid W.G.，祥威豐); 16% 睛硫克敏水分散性粒劑(16% Pyraclostrobin + Dithianon W.G.，炭速靈); 25%

撲克拉水基乳劑(25% Prochloraz E.C.，包速適); 80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑(80% Mancozeb W.P.，萬生 200)。共計 29 種。

(二)精油種類

以臺灣易取得之植物使用水萃法萃取其葉部或木材部為精油，精油製備過程如下：

- 1.材料之收集及處理：將材部先行剝皮，再予裁鋸、磨切成粒片；葉部則先將枝葉分離，二者均置於室內風乾後，封存於-5°C 冷藏櫃。
- 2.精油之蒸餾：量取材料500 g，置入雙重冷卻蒸餾裝置，再加入2500mL水，並通入冷卻水，蒸餾6小時。
- 3.精油之收集及脫水：將精油與水分離，再將適量的無水硫酸鈉(Sodium sulfate anhydrous)加入精油，以脫除微量的水分，最後將精油置於-5°C 冷藏櫃備用。
- 4.精油防治試驗種類如下(參見附錄二)：檜木精油 Essential oil from *Chamaecyparis formosensis* (Taiwan red cypress); 扁柏精油 Essential oil from *Chamaecyparis obtuse* (Hinoki cypress); 澳洲茶樹精油 Essential oil from *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree); 文旦柚皮精油 Pomelo peel essential oil from *Citrus grandis* (Wentan pomelo); 龍柏精油 Essential oil from *Juniperus chinensis* (Dragon juniper); 紅檜葉精油 Leaf essential oil from *Chamaecyparis formosensis* (Taiwan red cypress); 大葉桉精油 Essential oil from *Eucalyptus robusta* (Swamp Manogany); 檸檬桉葉精油 Leaf essential oil from *Eucalyptus citriodora* (Lemon Eucaly); 落羽松葉精油 Essential oil from *Taxodium distichum* (Southern cypress); 土肉桂精油 Essential oil from *Cinnamomum osmophloeum* (Obtuseleaf Cinnamon); 樟葉精油 Leaf essential oil from *Cinnamomum camphora* (Camphor Laurel); 肖楠精油 Essential oil from *Calocedrus macrolepis* (Taiwan Incense Cedar); 柳杉精油 Essential oil from *Cryptomeria japonica* (Japanese Cedar); 牛樟葉精油 Leaf essential oil from

Cinnamomum micranthum (Stout camphorwood); 陰香葉精油 Leaf essential oil from *Cinnamomum burmanni* (Cinnamon Tree); 油杉精油 Essential oil from *Keteleeria davidiana* (Taiwan cow-tailfir); 月橘精油 Essential oil from *Murraya paniculata* (Common Jasmine Orange); 溼地松精油 Essential oil from *Pinus elliottii* (Swamp pine); 錫蘭肉桂精油 Essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* (Ceylon cinnamon); 琉球松精油 Essential oil from *Pinus luchuensis* (Luchu pine); 肖楠葉精油 Leaf essential oil from *Calocedrus macrolepis* (Taiwan Incense Cedar); 扁柏葉精油 Leaf essential oil from *Chamaecyparis obtuse* (Hinoki cypress)。共計精油 23 種。

(三)孢子發芽率

1. 以上面所列之藥劑、精油為篩選對象。以培養皿添加法進行藥劑培養基之製備工作。其調配方法如下:將WA用熱溶解後，等溫度下降到45°C左右，趁未開始前凝固將藥劑添加進去，製成含1000 ppm 殺菌劑的WA培養基;精油培養基調配方法:係將精油先用稀釋100倍之Tween20 乳化精油，製成含1000 ppm精油的WA培養基。配好孢子液濃度調整成約 10^3 spores · ml⁻¹，加入1 ml 孢子液在含各種藥劑、精油之培養基上，用無菌玻璃棒將孢子液均勻塗佈，置於25°C不照光的生長條件下進行測試，每種處理接種三個培養皿，實驗重複二次。接種後12小時，將孢子狀態以Lactophenol固定，以光學顯微鏡觀察孢子發芽的狀況，以隨機觀察500個孢子的方式來計算孢子發芽率。
2. 計算孢子發芽率公式為:[已發芽孢子數目/(已發芽孢子數目+未發芽孢子數目)] × 100%。
3. 孢子發芽抑制效率(%) = [(對照組孢子發芽率) - (孢子接種於添加藥劑、精油培養基的發芽率)] / (對照組孢子發芽率) × 100

(四)病原菌菌絲生長抑制率

1. 以上面所列之藥劑、精油為篩選對象。藥劑培養基調配方法:係將 PDA 用熱溶解後,等溫度下降到 45°C 左右,趁未開始凝固前將藥劑添加進去,製成含 1000 ppm 殺菌劑的 PDA 培養基。精油培養基調配方法:將精油先用以稀釋 100 倍之 Tween20 乳化,製成含 1000 ppm 精油的 PDA 培養基。用 0.8 cm 直徑的打孔器截取菌落邊緣的菌絲塊,接種在添加各種藥劑、精油之培養基上。進行 4 日 28°C 不照光下的生長測試,每種處理接種三個培養皿,實驗重複二次。
2. 取不同處理的菌落平均直徑減去 0.8 cm 後除以減去 0.8 cm 後的對照組平均菌落直徑,作為炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 在各種培養基中的相對生長率 (Ho, 1975)。以對照組的相對生長率為 1,減去在各種培養基中的相對生長率,再乘以百分之一百,來表示各種添加藥劑或精油之培養基對病原菌生長抑制率。
3. 病原菌菌絲生長抑制效率(%) = $[1 - (\text{病原菌於添加藥劑、精油及純露的培養基,培養四日之菌落直徑減 } 0.8 \text{ cm}) / (\text{對照組中病原菌之菌落直徑減 } 0.8 \text{ cm})] \times 100$

六、苗木防治藥劑、精油篩選試驗

(一) 銹病

1. 在前項試驗結果中,選取對銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 使用孢子發芽抑制效果較佳的藥劑並參考植物保護手冊及藥劑名單上的稀釋倍數進行稀釋。各種田間試驗及稀釋倍數如下:克收欣水懸劑(44.2% Kresoxim-methyl W.P., 巴斯丹精)稀釋 2000 倍、白列克收欣水懸劑(27.3% Boscalid + Kresoxim-methyl W.P., 金旺)稀釋 2000 倍、快得寧水懸劑(33.5% Oxine-copper W.P., 祥讚)稀釋 2000 倍、碳酸氫鉀可溶性粉劑(80% Potassium hydrogen carbonate S.P., 速綠佳)稀釋 1000 倍、白列克敏水分散性粒劑(38% Pyraclostrobin + Boscalid W.G., 祥威豐)稀釋 1500 倍。

2. 將對孢子發芽抑制效果較佳的精油進行氧化後稀釋 1000 倍後，再進行防治試驗。所試驗的精油如下:大葉桉葉子精油、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、紅檜木材精油、土肉桂葉子精油、錫蘭肉桂葉子精油、牛樟葉子精油。
3. 為評估藥劑、精油對銹病發病是否有預防或治療的防治效果，設計三組苗木接種及藥劑、精油處理組合。
 - (1)第一組先接種銹病孢子，每種處理接種 3 棵楊樹苗木，重複三次。三天後噴施第一次藥劑、精油，之後每七天噴施一次，共計四次。準備對照組，進行接種，以無菌水代替藥劑、精油噴灑。以對照發病情形。接種 3 棵，重複二次。
 - (2)第二組先噴施藥劑、精油，每種處理接種 3 棵楊樹苗木，重複二次。隔天進行接種，之後每七天噴施一次，共計四次。準備對照組，以無菌水代替藥劑、精油噴灑，隔天進行接種，之後每七天噴施一次，共計四次。
 - (3)第三組為空白對照組，不接種也不進行任何藥劑、精油處理。
4. 以 0-5 即表示發病程度，5 為最嚴重。評估標準如下:
 - 0:表示未見植株出現病徵
 - 1:出現可辨識銹病病徵，但狀況輕微，僅一片葉片有出現病徵。
 - 2:兩到三片葉片有出現銹病病徵，或單一葉片上出現 2-5 堆銹病孢子囊堆。
 - 3:兩到三片葉片有出現銹病病徵，且葉片上出現 6-10 堆銹病孢子囊堆。
 - 4:葉片上被銹病菌寄生處有出現黑色壞疽
 - 5:幾乎每一片葉都有銹病病徵，銹病孢子囊堆密佈，且銹病菌寄生處有出現黑色壞疽

(二)炭疽病

1. 在前項試驗結果中，選取對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.孢子發芽抑制效果較佳的藥劑: 克收欣水懸劑(44.2% Kresoxim-methyl

W.P.，巴斯丹精)稀釋 2000 倍、殺紋寧混合溶液(30% Hymexazol S.，立枯靈) 稀釋 2000 倍、扶吉胺水懸劑(39.5% Fluazinam W.P.，福農帥)稀釋 2000 倍、撲克拉水基乳劑(25% Prochloraz E.C.，包速適)稀釋 2000 倍、鋅錳乃浦可濕性粉劑(80% Mancozeb W.P.，萬生 200)稀釋 400 倍。

2. 抑制效果較佳的精油:大葉桉葉子精油、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、紅檜木材精油、土肉桂葉子精油、錫蘭肉桂葉子精油、龍柏葉子精油，精油濃度使用 1000 ppm 作為噴施濃度。

3. 為評估藥劑、精油對炭疽病發病是否有預防或治療的防治效果，設計三組苗木接種及藥劑、精油處理組合。

(1)第一組先接種炭疽病孢子，每種處理接種 3 棵楊樹苗木，重複二次。三天後噴施第一次藥劑、精油，之後每七天噴施一次，共計四次。準備對照組，進行接種，以無菌水代替藥劑、精油噴灑。以對照發病情形。接種 3 棵，重複二次。

(2)第二組先噴施藥劑、精油，每種處理接種 3 棵楊樹苗木，重複二次。隔天進行接種，之後每七天噴施一次，共計四次。準備對照組，以無菌水代替精油噴灑，隔天進行接種，之後每七天噴施一次，共計四次。

(3)第三組為空白對照組，不接種也不進行任何藥劑、精油處理。

4. 以 0-5 即表示發病程度，5 為最嚴重。評估標準如下:

0:表示未見植株出現病徵

1:出現可辨識炭疽病病徵，但狀況輕微，僅一片葉片有出現病徵。

2:兩到三片葉片有出現炭疽病病徵，或單一葉片上出現 2-3 處有炭疽病分生孢子盤。

3:超過三片葉片有出現炭疽病分生孢子盤。

4:有葉片因炭疽病感染而幾乎黑疽敗壞。

5:炭疽病感染範圍擴散至葉柄莖部。

七、咖啡木蠹蛾田間藥劑篩選試驗

(一)選用的五種系統性農藥

40.64%加保扶水懸劑 (Carbofuran) 、75%乳劑福賽絕(Fosthiazate)、10%粒劑托福松(Terbufos)、9.6%溶液益達胺(imidacloprid)、24%溶液納乃得(Methomyl) , 及植物保護手冊推薦葡萄咖啡木蠹蛾之防治藥劑 2.8%水基乳劑第滅寧(Deltamethrin)、2.8%乳劑賽洛寧(lambda-Cyhalothrin) 。在雲林四湖鄉，咖啡木蠹蛾危害嚴重之楊樹種植地(圖 3a)，每一種藥劑以隨機方式選取 10 棵咖啡木蠹蛾危害之楊樹植株作藥劑篩選試驗，且施用藥劑之楊樹植株之間間隔一棵以上不施用藥劑之楊樹植株(圖 3b)，以降低干擾。

(二)危害程度評估標準

1. 施用藥劑前調查蟲害危害程度(以 1-10 表示危害程度，10 為最嚴重)，危害程度依據植株莖部突起處多少(圖 4a)、被咖啡木蠹蛾食蛀洞數多寡(圖 4b)、咖啡木蠹蛾排遺情況(圖 4c)及枝條遭咖啡木蠹蛾啃食折斷處(圖 4d)。除粒劑外，其餘藥劑皆稀釋 2000 倍噴灑整株楊樹植株，粒劑採穴施(圖 5)，每次施用量每一株楊樹大約 200 公克，每兩星期施用一次，連續施用 4 次。
2. 危害程度評估標準如下：
 - 1:發現枝條有突起處，但不多，約 3-5 處。
 - 2:發現枝條有突起處，有一根枝條幾乎整枝莖幹都有。
 - 3:除了枝條有突起處，發現楊樹有一處被咖啡木蠹蛾食蛀造成的洞。
 - 4:除了枝條有突起處，發現楊樹有二到三處被咖啡木蠹蛾食蛀造成的洞。
 - 5:枝條突起處明顯很多，發現楊樹有二到三處被咖啡木蠹蛾食蛀造成的洞。
 - 6:有枝條因咖啡木蠹蛾危害而斷裂。
 - 7:有枝條因咖啡木蠹蛾危害而斷裂，也發現被咖啡木蠹蛾食蛀造成的洞。

8:有兩處枝條因咖啡木蠹蛾危害而斷裂。

9:楊樹植株有被咖啡木蠹蛾危害情況，植株附近地面發現有木蠹蛾的排遺。

10:有枝條因咖啡木蠹蛾危害而斷裂，多處蛀洞，地面亦有新鮮的排遺。

八、統計分析

本試驗採完全逢機設計。資料以 COSTAT 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)統計軟體，進行變方分析(ANOVA)及最小顯著差異分析(Least significant difference, LSD)，分析個處理間($P \leq 0.05$)有無顯著性差異。



結果 (Results)

一、 蟲害調查

(一) 巨型天牛

在雲林四湖、東勢地區發現巨型天牛，有天牛幼蟲的楊樹植株，外觀可看見樹葉明顯稀疏 (圖 6a)。天牛幼蟲會蛀蝕楊樹中柱，造成植株逐漸死亡(圖 6b)。此種巨型天牛，幼蟲身長達 12cm (圖 6c)。天牛的排遺物為木屑絲狀，未發現天牛成蟲。

本研究調查所帶回之天牛幼蟲未能成功養大成蟲以辨識品種。而四湖一帶地區的其他造林地如木麻黃等。主要以星天牛危害為主。研判為害台灣楊樹枝巨型天牛可能也為星天牛的一種。

(二) 咖啡木蠹蛾 *Zeuzera coffeae* Nietner

1. 蟲害危害情況:在雲林四湖及東勢地區發現咖啡木蠹蛾危害楊樹。田間觀察中被咖啡木蠹蛾危害的枝條部份組織會稍微或是明顯的隆起，大小枝條或是主幹皆可觀察到這個現象 (圖 7a)，小枝條特別明顯 (圖 7b)，將後害枝條縱剖可以發現咖啡木蠹蛾幼蟲在其中取食的蟲道 (圖 8a) 及排遺口 (圖 8b)，隆起組織則位於蟲道邊，隆起組織有時會有樹木分泌物排出造成濕潤的水痕 (圖 8c)。所謂的排遺孔即幼蟲侵入枝條的蛀入孔，初孵化幼蟲由嫩枝或腋芽間蛀入危害，幼蟲有遷移他枝繼續蛀食之習性，所以有時在受害枝條內無法發現幼蟲。老熟幼蟲化蛹於食孔中。幼蟲蛀食於枝或莖幹部的木質部，使枝條枯萎或導致樹幹風折。排遺孔的下方或樹底下基部可發現顆粒狀的排遺，排遺大小與蟲體大小有關，亦可從糞便散落位置、新鮮度，推估蠹蟲所在枝條部位 (圖 9a)，咖啡木蠹蛾幼蟲身長可達 2.5 公分 (圖 9b)。

(三) 小綠葉蟬 *Jacobiasca formosana* Paoli

為常見昆蟲，以刺吸式口器吸食葉部汁液，不會造成楊樹重大危害，普遍存在於植株上，在四湖、東勢地區楊樹，35 棵樹即可發現蹤跡，一般棲息於葉背，少數移至葉面，體長大約 3 mm (圖 11)。

(四) 黃斑椿象 *Erthesina fullo* Thunberg

常見昆蟲不會造成重大危害，以銼吸式口器刺入楊樹葉片或幼嫩枝條內吸取葉片汁液或楊樹樹液，在四湖、東勢地區楊樹，3~5 棵樹即可發現蹤跡，體長 18~23 mm (圖 12)，觀察到 4 月楊樹開始抽新葉時，數量適逢繁殖季節，數量明顯變多。



(五) 小白紋毒蛾 *Orgyia postica* Walker

常見於雲林四湖或東勢、元長地區，3~5 棵樹即可發現蹤跡，一株楊樹即可發現 4~5 隻幼蟲，啃食樹葉速度很快，嚴重時會吃到只剩葉脈。幼蟲體長可達 25 mm (圖 13)。

(六) 大避債蛾 *Clania preyeri* Leech

在元長地區楊樹上發現，主要為啃食楊樹葉片，危害楊樹葉片，短期內可將葉片吃光，幼蟲體長可達 40 mm，築巢長度為 50~70 mm (圖 14)。

(七) 格斯特家白蟻 *Coptotermes gestroi* Wasmann

於雲林四湖、東勢楊樹種植地，發現格斯特家白蟻危害情況。格斯特家白蟻於 2003 發表為台灣新紀錄種(蔡，2003)。在楊樹林間發現有若干棵，樹體支撐狀況不好，用手輕推可感覺樹木基部搖晃 (圖 15a)，推倒樹體之後，發現了格斯

特家白蟻 (圖 15b)。所發現的蟻巢及蟻道不是十分明顯 (圖 15c)。格斯特家白蟻啃食楊樹根部，造成生長勢明顯衰弱，落葉較多，支撐力不足。比較起來，格斯特家白蟻喜歡啃蝕腐爛木質部分。於 10~12 月 之間，田間調查，挖掘 5 次並未發現蟻王或蟻后。僅捕獲兵蟻：頭部是泛紅的黃色；上唇是淺黃褐色；大顎是紅褐色；觸角是淺褐色；前胸背板是淺黃褐色，比頭部淺；足部和腹部是灰白色 (圖 16a) 及工蟻：頭部呈現淡黃到黃色；觸角、前胸背板、足部、腹部背板淡黃色。頭部圓形、橢圓形、兩邊平行，後面圓形，剛毛很多但沒有很密，隨機的散佈，沒有頭縫線。沒有複眼和單眼(圖 16b)。

(八) 螺旋粉蝨 *Aleurodicus disperses* Russell

於雲林元長鄉楊樹種植地，發現螺旋粉蝨(*Aleurodicus disperses*)。林間發現有螺旋粉蝨寄生於楊樹葉背的現象(圖 17a)，螺旋粉蝨會以口器刺吸葉片汁液，造成葉片黃化、捲曲，對楊樹生長發育無明顯嚴重影響 (圖 17b)，但螺旋粉蝨會製造白色螺旋物廣泛附著於葉背表面 (圖 18)，面積太多會引發煤煙病而影響植物行光合作用能力，漸而使生長勢減弱。螺旋粉蝨多發現位於楊樹植株下半部位葉片，因下半部位的葉片也比較茂密，螺旋粉蝨喜愛聚集於此；上半部位可能受風勢影響，並未發現。成蟲體小，約 2 mm (圖 19a)，蟲體表面被覆白色粉臘，飛行如蛾狀。雄蟲尾端纖細，有一段鉗狀交尾器，卵橙黃色 (圖 19b)，易與雌蟲區別。

(九) 潛葉蛾 *Phyllocnistis citrella* Staintain

於雲林元長鄉楊樹種植地，發現潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella*)。幼蟲孵化後就近潛入嫩葉組織內，蛀食表皮以下之葉肉，僅留下透明的表皮，可透視葉肉內幼蟲之形態、取食之情形及肛門排入之褐色條形糞便。蛀蝕路徑蜿蜒曲折，狀如地圖凡被害葉片，多行縱的捲起停止生育，葉片被潛食處形成大黑斑，葉片會變

黑、焦枯 (圖 20a)，幼蟲老熟即潛行至葉緣，將部份葉緣捲起，而在其中化蛹 (圖 20b)。

幼蟲淡黃綠色，頭小，體扁平，中胸最為寬大，第 5、6 節起向後逐漸細小，腹末二節特細，老熟幼蟲體長 3 公厘。

二、病害調查

(一) 銹病(rust of poplar)

1. 病原: *Melampsora larici-populina* Kleb

銹病孢子為絕對寄生菌，無法在培養基上培養。夏孢子(圖 21)多葉背生，後期擴展到整個葉面，粉狀、橙黃色，散生或聚生，大小為 $10.0-57.78 \mu\text{m} \times 14.94-34.86 \mu\text{m}$ (平均 $30.80 \mu\text{m} \times 29.43 \mu\text{m}$)，卵形至橢圓形。壁無色，厚 2-3 μm ，側壁厚可達 5 μm ，有細刺，芽孔稍清楚;側絲頭狀、平滑，有細柄約 $55-80 \mu\text{m} \times 12-22 \mu\text{m}$ 。

夏孢子堆於葉片上呈散生或聚生，呈橙黃色粉末，被感染部位有時會出現黑色小斑點，下表皮發病情形比上表皮嚴重。未發現冬孢子。本銹病菌株與 Genbank 進行核酸序列比對表明，與 *Melampsora larici-populina* Kleb (EU014067.1)，相似度達 97%，故驗證，此銹病原菌為：
Melampsora larici-populina Kleb。

2. 病徵:

主要發生於楊樹葉部背面，有顯而易見的橘黃色小斑點，為孢子囊堆 (圖 22)，病斑會呈圓形狀逐漸擴大。快入秋九月時在雲林地區明顯發病。

3. 接種試驗:

進行銹病接種試驗後第七天，在噴灑接種及接觸接種皆發現病徵，對照組沒有發現銹病病徵。於接種後第七天發病，在發病的第一天噴灑接種的楊樹葉片僅下表皮發現夏孢子(圖 23a);接觸接種的楊樹葉片上下表皮皆發現銹病夏孢子(圖 23b, 23c)。發病第二天即接種後第八天，噴灑接種的楊樹葉片上表皮開始發現

銹病夏孢子(圖 23d)，無論噴灑接種或接觸接種，銹病發病情形明顯嚴重很多，發病第三天，接觸接種的楊樹葉片在銹病夏孢子感染部位開始產生黑斑(圖 23e)之後每天都明顯增加。發病第六天即接種後第十二天，噴灑接種的楊樹葉片在銹病夏孢子感染部位開始產生黑色斑點。

(二) *Alternaria tenuis* Nees

在雲林東勢、四湖地區所採集回的楊樹病葉片，分離出 *Alternaria tenuis*。

1. 病原: *Alternaria tenuis* Nees

Alternaria tenuis Nees (EU732734.1) (圖 24a)之菌絲透明，孢子呈淡黃褐色，有橫膈，大小為 $10.00-27.50 \mu\text{m} \times 17.50-62.50 \mu\text{m}$ (平均 $22.25\mu\text{m} \times 54.18 \mu\text{m}$)。菌落在 PDA 培養基上生長快速，由正面觀察由中央至外為顏色漸深，依序為乳白、淡黃褐色、淡橄欖綠漸呈深褐色(圖 24b)，培養基背面呈深橄欖綠及深褐色。本菌株與 Genbank 進行核酸序列比對表明，與 *Alternaria tenuis* Nees (EU732734.1)，相似度達 95%，故驗證，此銹病原菌為: *Alternaria tenuis* Nees。

2. 接種試驗:

於接種後第 14 天發現病徵，從葉緣開始出現黑色小斑點(圖 25a)，葉部病斑擴展緩慢成原形或不規則形病斑，到接種後第 22 天，葉片仍維持葉緣黑色局部黑褐化，葉片上褐色病斑無明顯擴展。該病原菌多由葉緣侵入發病(圖 25b)，也可見葉片出現褐色斑點，斑點面積小(圖 25c)。

(三) *Ophiostoma quercus* (Georgev.) Nannf

1. 病原: *Ophiostoma quercus* (Georgev.) Nannf

此病原菌有兩種無性世代，其一是 *Pesotum* sp.，具孢柄束(synnemata)(圖 26a)，由分生芽生方式(holoblastic)產孢，分生孢子橢圓形、單孢、無色透明，大小 $17-2.1 \times 3.3-5.5 \mu\text{m}$ (圖 26b)。至於本菌的有性世代，主要特徵世子囊殼黑色，球形

(110-130um)，具有長喙(710-1625um)及孔口菌絲(ostiole hyphae)，著生於植物組織表面；子囊孢子腎形或橢圓形，大小 2.1-2.8×4.3-5.3um。本菌屬於異絲型，多種植物材料可誘使其產生子囊殼。

2. 病徵:

在雲林四湖、東勢地區發現的莖部病害病原菌，此病原菌會造成楊樹植株莖部呈藍灰、暗灰色 (圖 27)，造成植株外觀生長勢較弱，但不至於造成植株死亡。

3. 接種試驗:

楊樹植株在接種後第 12 天，莖幹部位開始出現藍灰、暗灰色變化，顏色逐漸變深，一星期後，顏色變化更為明顯，甚至出現局部小黑點，之後莖幹一直維持暗灰色(圖 28)，無再發生明顯變化，觀察植株生長狀況，沒有明顯危害影響。

(四)炭疽病(anthracnose)

1. 病原: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

此病原真菌在 PDA 及 MEA 上均能生長良好，菌落可見分生孢子盤(acervuli)聚集成大小不一粒狀物，大小為 117.5-169.6 μm × 85.1-136.7 μm (平均 137.5 μm × 104.8 μm)。(圖 29a)。分生孢子盤上長有數根黑褐色的剛毛(setae)(圖 29b)。分生孢子成熟後自分生孢子盤內溢出形成肉眼可見橘紅色的孢子泥(spore ooze)，分生孢子成短筒狀至長橢圓形 (圖 29c)，透明無色常有油滴，大小為 12.25-17.5 μm × 2.8-4.5 μm (平均 14.25 μm × 3.4 μm)。本炭疽病菌株與 Genbank 進行核酸序列比對表明，與 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (AF264032.1)，相似度達 97%，故驗證，此炭疽病菌為: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.。

2. 病徵:

在楊樹苗木時期發病，會感染葉片及枝條，葉片被感染初期會形成黑褐色近圓形小斑點，其後並般逐漸擴大 (圖 30a)，枝條部位被感染時，頂芽成黑褐色壞疽 (圖 30b)，從枯死部分會沿枝條蔓延，進而造成苗木死亡。

3. 接種試驗:

楊樹植株接種後，套塑膠袋保持濕度，在接種後第 7 到 10 天，全數發病。葉片在發病，病斑部位及逐漸擴大，3 到 5 天內，幾乎每一片葉皆呈黑色爛疽(圖 31)。

(五) *Fusarium solani* (Mart.) Sacc

1. 病原:*Fusarium solani* (Mart.) Sacc

在楊樹病株基部分離出鐮刀菌 *Fusarium solani* (Mart.) Sacc，菌絲密緻、平鋪生長、菌落呈灰白，淡黃至黃色。分生孢子有大孢子及小孢子兩種。小孢子的數量極多，形狀呈橢圓形、長橢圓形、腎形、倒卵形等，大小 $5.5-16.5 \times 1.1-5.5 \mu\text{m}$ 。大分生孢子呈鐮刀狀，隔膜 1-5 個，大部分為 3 或 4 個隔膜，平均大小為 $19.5-51 \times 4.1-6.2 \mu\text{m}$ (圖 32)。本鐮刀菌株與 Genbank 進行核酸序列比對表明，與 *Fusarium solani*(Mart.)Sacc. (FJ914886.1)，相似度達 100%，故驗證，此鐮刀菌為：*Fusarium solani* (Mart.) Sacc

2. 病徵:

在楊樹苗木上發現鐮刀菌造成莖基部皮層有腐爛、環剝，進而造成苗木萎凋死亡(圖 33)。

3. 接種試驗:

在楊樹植株接種後第 10 天，發現接种植株也出現莖基部出現腐爛情況，在第 18 天發現鐮刀菌菌絲及孢子(圖 34a)，大約在第 22 天左右全株萎凋死亡(圖 34b)。

(六) 藻斑(Algal spot of poplar)

1. 病原: *Cephaleuros virescen* Kunze

藻體成長後大小約 5-15mm(圖 35a)，由分叉有隔膜的藻絲組成並在寄主的表

面上長出氣生藻絲包含胞囊梗及不孕性剛毛，胞囊梗大小約 150-200×2-14 μm，有 2-3 個隔膜，頂端細胞膨大成球形，自頭狀細胞上又側生 2-8 個小胞柄，小胞柄頂端發育成游走孢子囊，大小 22-27μm(圖 35b)。有水或降雨時，成熟的游走孢子囊即釋放游走子，游走子梨形，四條鞭毛，大小 5-8μm。

2. 病徵:

於台灣大學山地農場-梅峰，發現楊樹葉片上藻斑病害(圖 36a)。被害部位主要發生在楊樹葉片，葉片表面長出 1-2mm 的圓形黃色小點，成黃褐色至紅褐色，逐漸擴大成圓形或近似圓形，直徑 3-8mm 的斑點，病斑部位較周圍組織稍微隆起，表面長出許多直立而細小的毛狀物，此即為病原之孢子囊柄(圖 36b)。

3. 接種試驗:

本接種試驗未成功將藻斑病接種楊樹葉片，使其發病。

(七)葉斑病(Leaf spot)

在雲林東勢、四湖地區發現之葉部病害(圖 37)，造成葉部斑點狀褐化，不會造成植株死亡，在入冬前常發生。

將帶回之病葉進行病原菌分離，無成功分離出造成葉斑病之病原菌。

(八)莖枯病(Stem blight)

1. 病原菌:*Phomopsis macrospora* Kobay & Chiba

在雲林東勢、四湖地區發現之根部病害，楊樹植株位於土表部位之根基部潰爛(圖 38a)，會造成植株致死的病害，韌皮部無法正常運輸養分，而整株植株死亡。發病初期在樹幹可見褐色浸潤病斑，會上下擴展，會產生 5-15 cm 大小稍微凹陷的梭形潰瘍病斑，發病後期，感病枝幹的樹皮組織逐漸呈淡黃色、潰爛。得病植株，有時自行形成癒傷組織，植株停止潰爛恢復正常生長(圖 38b)。

本試驗無成功將從楊樹莖部分離出的病原菌接種成功以確認病原。

(九)灰黴病(*Botrytis blight*)

1. 病原菌: *Botrytis cinerea* Pers

分生孢子梗著生於病斑表面的菌絲體上，大小為 280-2000×12-24 μm，直立，叢生，其上有不規則的樹枝狀分枝，無色至淡灰色，成堆時呈棕灰色。分生孢子著生於分生孢子梗及小枝頂端的膨大部分，聚生成葡萄狀，單胞，近無色，球形，梨形或橢圓形，大小約 7-9.5×9-14 μm。

2. 病徵:常見病害，於雲林東勢、四湖、元長、梅峰地區，都可見到，發生於多雨時節，主要於植株葉部滋生灰黑色黴狀物(圖 39)，不會造成植株死亡，乾燥氣候會改善灰黴病發病情形。

本試驗無成功將灰黴病在楊樹上接種成功。

三、銹病防治藥劑、精油篩選

(一)防治藥劑篩選

接種於各種藥劑處理 WA 的銹孢子發芽率相較於對照組發芽率 27-32 %，經統計分析後，在可濕性粉劑殺菌藥劑方面，對抑制孢子發芽效率相對於對照組都有顯著差異，依得利和達滅芬有 44.2 %-45.5 % 左右的抑制率，嘉賜貝芬、白克列、嘉賜克枯爛有 61.5 %-67.3 % 的抑制率，銅快得寧、四氯賽得、嘉賜銅的抑制率為 87.8 %-92.9 %，碳酸氫鉀處理中，孢子抑制率高達 99.4 %，抑制效果顯著(表 1);在水分散劑及乳劑殺菌藥劑方面，對抑制孢子抑制效率相對於對照組都有顯著差異，保粒黴素有 45.3 % 的抑制率、依普座、達滅克敏、待克利有 57.7 %-65.7 % 的抑制率，百克敏、鋅錳乃浦、腈硫克敏有 83.9 %-86.9 % 的抑制率，白列克敏處理中，孢子抑制率高達 98.5 %，抑制效果顯著(表 2); 在水懸劑殺菌藥劑方面，對抑制孢子抑制效率相對於對照組都有顯著差異，殺紋滅達樂、貝芬替、四氯右滅達樂、殺紋寧、撲克拉有 38.3 %-42.6 % 的抑制率、腈硫醯、扶吉

胺、滅分農有 51.1 %-58.2 % 的抑制率，賽座滅有 74.8 % 的抑制率，克收欣、白列克收欣、快得寧處理中，孢子抑制率高達 98.6 %-99.3 %，抑制效果顯著(表 3)。

因此在本試驗中，選取對抑制銹病孢子抑制率具明顯效率的殺菌藥劑碳酸氫鉀、白列克敏、克收欣、白列克收欣、快得寧進一步進行溫室苗木藥劑篩選試驗。

(二)防治精油篩選

接種於各種精油處理的 WA 中，銹孢子發芽率相較於對照組孢子發芽率 27 %-37 %，經統計分析後，皆有顯著差異。文旦柚皮、白千層精油有 47.6 %-48.2 % 的孢子抑制率，而檜木精油高達 97 %、澳洲茶樹精油 97.6 %、扁柏精油 99.4 % 的孢子抑制率，抑制效果顯著(表 4); 落羽松葉精油有 28.8 % 的孢子抑制率，紅檜葉、龍柏、檸檬桉葉精油有 78.4 %-86.3 % 的抑制率，其中大葉桉精油處理中，孢子抑制率高達 98.2 %，孢子抑制效果最為顯著(表 5)。樟葉精油有 46.2 % 的孢子抑制率，溼地松、月橘、陰香葉精油有 69.9 %-79.6 % 的孢子抑制率，油杉、肖楠、柳杉精油有 83.3 %-89.8 % 的抑制率，其中牛樟葉精油處理中，高達 99.5 % 孢子抑制率、土肉桂精油孢子無發芽，孢子抑制效果最為顯著(表 6)。肖楠葉精油有 53.7 % 的孢子抑制率，扁柏葉、琉球松精油有 70.6 %-72.9 % 的孢子抑制率，其中錫蘭肉桂精油處理中，孢子無發芽，抑制效果明顯(表 7)。

因此在本試驗中，選取對抑制銹病孢子發芽率具明顯效率的精油:檜木精油、澳洲茶樹精油、扁柏精油、大葉桉精油、牛樟葉精油、土肉桂精油、錫蘭肉桂精油，乳化稀釋成 1000 ppm 精油溶液進一步進行溫室苗木篩選試驗。

四、炭疽病防治藥劑、精油篩選

(一)防治藥劑篩選

接種於各種藥劑處理的 WA 中，炭疽病發芽率相較於對照組發芽率 42 %-51.4 %，經統計分析後，在可濕性粉劑殺菌藥劑方面，對抑制孢子發芽效率相對於對照組都有顯著差異，依得利和嘉賜貝芬有 33.3 %-35.1 % 的孢子抑制率，達滅芬有 60 % 的抑制率，銅快得寧、碳酸氫鉀有 69.8 %-75.1 % 的孢子抑制率，嘉賜銅、四氯賽得、白克列、嘉賜克枯爛的抑制率為 80.4 %-89.3 % (表 8); 在水分散劑及乳劑殺菌藥劑方面，對抑制孢子發芽效率相對於對照組都有顯著差異，待克利、保粒黴素有 76.2 %-78.1 % 的抑制率，百克敏、白列克敏有 81.9 %-84.3 % 的抑制率，腈硫克敏、依普座有 88.1 %-89.5 % 的抑制率，達滅克敏有 95.2 % 的孢子抑制率，鋅錳乃浦處理中，孢子抑制率高達 98.6 %，抑制效果顯著(表 9); 在水懸劑殺菌藥劑方面，除了白列克收欣的孢子抑制率-8.9 % 相對於對照組無顯著差異外，其餘藥劑對抑制孢子發芽效率相對於對照組都有顯著差異，貝芬替的孢子抑制率為 42.8 %，殺紋滅達樂的孢子抑制率為 51.4 %，四氯右滅達樂、腈硫醌的孢子抑制率為 57.6 %、賽座滅的孢子抑制率為 58.4 %，滅分農、快得寧的孢子抑制率為 69.6 %-70 %，扶吉胺、克收欣、殺紋寧及撲克拉的處理中，孢子抑制率高達 98.1 %-98.4 %，抑制效果顯著(表 10)。

因此在本試驗中，選取對抑制炭疽病孢子發芽率具明顯效率的殺菌藥劑鋅錳乃浦、扶吉胺、克收欣、殺紋寧及撲克拉進一步進行溫室苗木藥劑篩選試驗。

(二)防治精油篩選

接種於各種精油處理 WA 的炭疽病病原菌孢子發芽率相較於對照組孢子發芽率 53.4 %~56.6 %，經統計分析後。文旦柚皮的抑制率為 15.2 %、白千層的孢子抑制率為 64.7 %，而檜木精油、扁柏精油及澳洲茶樹精油孢子抑制率均為 100 %，

抑制效果顯著(表 11); 落羽松葉精油的孢子抑制率為-13.9 %、檸檬桉葉精油為-1.8 %，與對照組相比，無顯著差異，紅檜葉精油的孢子抑制率有 45.6 %，其中大葉桉精油處理中孢子抑制率高達 98.5 %、龍柏精油高達 99.6 %，孢子抑制效果最為顯著(表 12)。牛樟葉、樟葉精油孢子抑制率為 32.6 %-36.3 %，肖楠、陰香葉精油的孢子抑制率為 54.7 %-56.6 %，油杉精油的孢子抑制率為 73.8 %，溼地松精油的孢子抑制率為 84.3 %，月橘、柳杉精油的孢子抑制率為 86.1 %-89.1 %，其中土肉桂精油處理中，孢子無發芽。孢子抑制效果最為顯著(表 13)。肖楠葉、扁柏葉、琉球松精油的孢子抑制率為 69.4 %-73.9 %，其中錫蘭肉桂精油處理中，孢子無發芽，抑制效果最為顯著 (表 14)。

因此在本試驗中，選取對抑制銹病孢子發芽率具明顯效率的檜木精油、澳洲茶樹精油、扁柏精油、大葉桉精油、龍柏精油、土肉桂精油、錫蘭肉桂精油乳化稀釋成 1000ppm 精油溶液進一步進行溫室苗木篩選試驗。

五、藥劑、精油對炭疽病病原菌生長抑制效率

(一)防治藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率

接種於各種藥劑處理 PDA 的炭疽病病原菌生長抑制率，經統計分析後，在可濕性粉劑殺菌藥劑方面嘉賜銅、銅快得寧的生長抑制率可達 100.0 %，嘉賜貝芬、四氯賽得的生長抑制率達 92.6 %-93.2 %，白克列的生長抑制率達 84.3 %，嘉賜克枯爛的生長抑制率達 73.9 %，碳酸氫鉀的生長抑制率達 64.6 %，依得利的生長抑制率為 40.1 %，達滅芬的生長抑制率僅有 9.9 %(表 15); 在水分散劑及乳劑殺菌藥劑方面，待克利、白列克敏、依普座的生長抑制率可達 100.0 %，達滅克敏的生長抑制率達 85.3 %，腈硫克敏的生長抑制率達 69.6 %，百克敏、鋅錳乃浦的生長抑制率為 51.2 %-56.4 %，而保粒黴素為負生長抑制率為-7.4 %，無抑制效率(表 16); 在水懸劑殺菌藥劑方面，扶吉胺、克收欣、白列克收欣、殺紋

滅達樂、撲克拉的生長抑制率可達 100.0 %，貝芬替的生長抑制率達 94.5 %，四氯右滅達樂的生長抑制率達 73.5 %，滅分農的生長抑制率可達 65.8 %，快得寧的生長抑制率為 46.8 %，殺紋寧的生長抑制率僅為 18.4 %，腈硫醃及賽座滅僅為 11.7 %-12.9 %，抑制效率較差(表 17)。

(二)防治精油對炭疽病原菌生長抑制效率

接種於各種精油處理 PDA 的炭疽病原菌生長抑制率，經統計分析後，檜木精油的生長抑制率可達 77.5 %，扁柏精油的生長抑制率可達 67.9 %，澳洲茶樹、白千層精油的生長抑制率達 58.3 %-59.9 %，文旦柚皮精油的生長抑制率為 46.8 % (表 18); 龍柏精油為負生長抑制率達-26.8 %，紅檜葉及檸檬桉葉精油為負生長抑制率達-31 %至-32.9 %，大葉桉精油為負生長抑制率達-38.6 %，落羽松葉精油為負生長抑制率可達-56 %，無生長抑制效果(表 19);牛樟葉、土肉桂、柳杉及肖楠精油的生長抑制率可達 100 %，抑制效果顯著，溼地松精油的生長抑制率達 90.2 %，月橘精油的生長抑制率達 85.6 %，陰香葉精油的生長抑制率可達 79 %，樟葉及油杉精油的生長抑制率為 35 %-37.5 % (表 20); 錫蘭肉桂及琉球松精油的生長抑制率可達 100 %，抑制效果顯著，肖楠葉精油的生長抑制率達 68.7 %，扁柏葉精油的生長抑制率為 34.4 % (表 21)。

六、苗木接種銹病菌之防治藥劑、精油篩選試驗

(一) 防治藥劑篩選試驗

1. 苗木先接種銹病菌之藥劑篩選試驗結果:

將銹病菌接種在苗木上後，對照組(只接種不做任何處理)在接種第 9 天發病(圖 40a)，接種後第 14 天平均發病程度 3.8(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重);接種後第 21 天，發病程度 4.3，發病變化率 11.6%，接種後第 28 天，發

病程度 4.8，發病變化率 10.4%。

以克收欣處理之苗木在接種第九天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 4，但於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化(圖 40b)，發病情況有改善，接種後第 21 天平均發病程度 2.8，發病變化率 30%，在於第三次噴撒藥劑後，大部分發病處褐化(圖 40c)，不再看見新發病處，平均發病程度 1.8，發病變化率 35.7%。

以白列克收欣處理之苗木在接種第九天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 4，但於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化，發病情況有改善，接種後第 21 天平均發病程度 2.8，發病變化率 30%，在於第三次噴撒藥劑後，大部分發病處褐化，不再看見新發病處，平均發病程度 1.8，發病變化率 35.7%。

以快得寧處理之苗木在接種第九天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 3.7，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化但亦有擴散傾向，發病情況無改善，接種後第 21 天平均發病程度 4，發病變化率 7.5%，在於第三次噴撒藥劑後，平均發病程度 4.5，發病變化率 11.1%。

以碳酸氫鉀處理之苗木在接種第九天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.4，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處無變化，發病無改善，接種後第 21 天平均發病程度 3.1，發病變化率 22.6%，在於第三次噴撒藥劑後，銹病發病處無變化，發病無改善，平均發病程度 3.5，發病變化率 11.4%。

以白列克敏處理之苗木在接種第 12 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 3.1，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處輕微褐化，發病輕微改善，接種後第 21 天平均發病程度 3，發病變化率 3.2%，在於第三次噴撒藥劑後，銹病發病處輕微褐化，發病輕微改善不再看見新發病處，平均發病程度 2.5 發病變化率 16.7%。

在銹病發病後噴灑克收欣及白列克收欣殺菌藥劑，有改善銹病發病情況，並

抑制銹病菌發生。碳酸氫鉀有改善但抑制效果不彰。白列克敏雖無改善，但噴灑之後沒有發現擴散情況。快得寧噴撒之後依然有擴散情況，無抑制效果。

2. 苗木先噴藥劑之篩選試驗結果:

先噴藥處理的苗木均沒有發病，推測這 5 種農藥均有預防性。

(二) 防治精油篩選試驗

1. 先接種銹病菌之苗木精油篩選試驗結果

將銹病菌接種在苗木上後，對照組(只接種不做任何處理)在接種第 9 天發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.8(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重);接種後第 21 天，發病程度 4.3，發病變化率 11.6%，接種後第 28 天，發病程度 4.8，發病變化率 10.4%。

以大葉桉處理之苗木在接種第 10 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 3.2，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化但亦有擴散，發病無改善，接種後第 21 天平均發病程度 3.7，發病變化率 13.5%，在於第三次噴撒藥劑後，病況變嚴重，葉片上表皮孢子堆變多，平均發病程度 4，發病變化率 7.5%。

以澳洲茶樹處理之苗木在接種第 11 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.3，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處沒明顯變化，發病無改善，接種後第 21 天平均發病程度 2.7，發病變化率 14.8%，在於第三次噴撒藥劑後，銹病發病處部分褐化但亦有擴散，發病無改善，平均發病程度 3.1，發病變化率 12.9%。

以扁柏處理之苗木在接種第 12 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 3.2，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處沒明顯變化，發病無改善，接種後第 21 天平均發病程度 3.3，發病變化率 3.03%，在於第三次噴撒藥劑後，銹

病發病處沒明顯變化，發病無改善亦無更嚴重，平均發病程度 3.3。

以紅檜處理之苗木在接種第 10 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處明顯褐化，發病改善，接種後第 21 天平均發病程度 1.5，發病變化率 25%，在於第三次噴灑藥劑後，銹病發病處全部褐化，無新發病處，平均發病程度 1。

以土肉桂處理之苗木在接種第 10 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.5，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處明顯褐化，發病改善，接種後第 21 天平均發病程度 2，發病變化率 20%，在於第三次噴灑藥劑後，銹病發病處全部褐化，無新發病處，平均發病程度 1.3。

以錫蘭肉桂處理之苗木在接種第 10 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.5，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化，發病改善，接種後第 21 天平均發病程度 2.3，發病變化率 8%，在於第三次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化，無新發病處，平均發病程度 1.8。

以牛樟葉處理之苗木在接種第 10 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.5，於第二次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化，發病改善，接種後第 21 天平均發病程度 2.3，發病變化率 8%，在於第三次噴灑藥劑後，銹病發病處部分褐化，無新發病處，平均發病程度 1.8，發病變化率 21.7%。

檜木、土肉桂、錫蘭肉桂及牛樟葉精油噴灑之後對銹病發病抑制效果都有明顯改用作用，其中檜木和土肉桂精油抑制效果最明顯有效，澳洲茶樹和扁柏精油噴灑之後雖無改善但也不見擴散情況。大葉桉精油噴灑後沒有改善並且況散情況明顯。

2. 先噴灑精油處理之苗木篩選試驗結果

先噴灑精油處理的苗木皆無發病，推測這 8 種精油均有預防性。

七、苗木接種炭疽病菌之防治藥劑、精油篩選試驗

(一) 防治藥劑篩選試驗

1. 苗木先接種炭疽病菌之篩選試驗結果

將炭疽病接種在苗木上後，對照組(只接種不做任何處理)在接種第 9 天發病(圖 42)，接種後第 14 天平均發病程度 3.3(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重);接種後第 21 天，發病程度 4.1，發病變化率 19.5%，接種後第 28 天，發病程度 4.3 發病變化率 4.7%。

以克收欣處理之苗木在接種第 13 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.5，但於第二次噴灑藥劑後，有減緩發病情況，接種後第 21 天平均發病程度 2.6，發病變化率 3.9%，在於第三次噴灑藥劑後，平均發病程度 2.8，發病變化率 7.1%。

以殺紋寧處理之苗木在接種第 9 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 3.8，但於第二次噴灑藥劑後，有減緩發病情況，接種後第 21 天平均發病程度 4.1，發病變化率 7.3%，在於第三次噴灑藥劑後，平均發病程度 4.5，發病變化率 8.9%。

以扶吉胺、撲克拉、鋅錳乃浦處理之苗木無發病。

扶吉胺、撲克拉、鋅錳乃浦對炭疽病抑制其生長最有效;克收欣可使炭疽病發病程度減緩。

2. 苗木先噴藥劑處理之藥劑篩選試驗結果

將炭疽病接種在苗木上後，對照組(噴灑無菌水後隔天接種)在接種第 9 天發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.1(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重);接種後第 21 天，發病程度 4.2，發病變化率 26.2%，接種後第 28 天，發病程度 4.5，發病變化率 6.7%。

以克收欣處理之苗木在接種第 13 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度 1.8，但於第二次噴灑藥劑後，有減緩發病情況，接種後第 21 天平均發病程度 1.9，發病變化率 5.3%，在於第三次噴灑藥劑後，平均發病程度 2.0，發病變化率 5%。

以殺紋寧處理之苗木在接種第 16 天後發病，但於第二次噴灑藥劑後，有減緩發病情況，接種後第 21 天平均發病程度 2，在於第三次噴灑藥劑後，平均發病程度 2.2，發病變化率 9.1%。

以扶吉胺處理之苗木無發病。

以撲克拉處理之苗木在接種第 16 天後發病，發病情況輕微，但於第二次噴灑藥劑後，有減緩發病情況，接種後第 21 天平均發病程度 1，在於第三次噴灑藥劑後，平均發病程度 1.2，發病變化率 16.7%。

以鋅錳乃浦處理之苗木無發病。

扶吉胺、鋅錳乃浦能有效地防預炭疽病的發生。克收欣、殺紋寧、撲克拉可使炭疽病接種後的發病程度減緩。

(二) 防治精油篩選試驗

1. 苗木先接種炭疽病菌之篩選試驗結果

將炭疽病接種在苗木上後，對照組(只接種不做任何處理)在接種第 9 天發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.3(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重);接種後第 21 天，發病程度 4.1，發病變化率 19.5%，接種後第 28 天，發病程度 4.3，發病變化率 4.7%。

以大葉處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，無改善發病，接種後第 21 天平均發病程度 3.6，在於第三次噴灑精油後，無改善發病，平均發病程度 3.8 發病變化率 5.3%。

以澳洲茶樹處理之苗木在接種第 14 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度 1，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1.2，發病變

化率 16.7%，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.3，發病變化率 7.7%。

以扁柏處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.2，發病變化率 16.7%。

以紅檜處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1.1，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.5，發病變化率 26.7%。

以土肉桂處理之苗木在接種第 12 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.3，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 3.5，發病變化率 5.7%，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 3.5，發病變化率 0%。

以錫蘭肉桂處理之苗木在接種第 14 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.3，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 3.5，發病變化率 5.7%，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 3.5，發病變化率 0%。

以龍柏處理之苗木在接種第 13 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度 1，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1.1，發病變化率 9.1%，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.3，發病變化率 15.4%。

澳洲茶樹、扁柏、檜木、龍柏可使炭疽病發病程度減緩。土肉桂及錫蘭肉桂雖可使發病程度減緩，但效果不明顯。大葉桉對炭疽病的抑制無作用。

2. 苗木先噴精油處理之精油篩選試驗結果

將炭疽病接種在苗木上後，對照組(噴灑無菌水後隔天接種)在接種第 9 天發病，接種後第 14 天平均發病程度 3.1(以 0-5 做為發病嚴重程度表示，5 為最嚴重); 接種後第 21 天，發病程度 4.2，發病變化率 26.2%，接種後第 28 天，發病程度

4.5，發病變化率 6.7%。

以大葉桉處理之苗木，無發病。

以澳洲茶樹處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1.2，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.3，發病變化率 7.7%。

以扁柏處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.1，發病變化率 9.1%。

以紅檜處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.2，發病變化率 16.7%。

以土肉桂處理之苗木在接種第 13 天後發病，接種後第 14 天平均發病程度平均發病程度 2.5，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 3.3，發病變化率 24.2%，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 3.5，發病變化率 5.7%。

以錫蘭肉桂處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 3.5，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 3.8，發病變化率 7.9%。

以龍柏處理之苗木在接種第 16 天後發病，於第二次噴灑精油後，減緩發病，接種後第 21 天平均發病程度 1，在於第三次噴灑精油後，減緩發病，平均發病程度 1.2，發病變化率 16.7%。

大葉桉能有效地預防炭疽病的發生。澳洲茶樹、扁柏、檜木、龍柏可使炭疽病接種後的發病程度減緩。錫蘭肉桂、土肉桂精油處理後，發病情況雖能減緩，但效果並不明顯。

八、咖啡木蠹蛾田間藥劑篩選試驗

於第一次噴灑各種藥劑調查平均發病程度，預備施用加保扶水懸劑之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 2.8，在每次施用藥劑後觀察，發病程度無明顯增加；預備施用福賽絕乳劑之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 2.3，在每次施用藥劑後觀察，於第三次施用藥劑後，發病程度為 5.6，發病程度增加 58.9%，於第四次施用藥劑後，發病程度 6.1，發病程度增加 8.2%，發病程度變嚴重(圖 10)；預備施用托福松粒劑之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 2.6，在每次施用藥劑後觀察，於第三次施用藥劑後，發病程度為 2.9，發病程度增加 10.3%，於第四次施用藥劑後，發病程度 3.1，發病程度增加 6.5%，發病程度有輕微變嚴重；預備施用益達胺溶液之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 2.5，在每次施用藥劑後觀察，於第三次施用藥劑後，發病程度為 6.4，發病程度增加 60.9%，於第四次施用藥劑後，發病程度 7，發病程度增加 8.6%，發病程度變嚴重；預備施用納乃得溶液之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 3.2，在每次施用藥劑後觀察，發病程度無明顯增加；預備施用第滅寧水基乳劑之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 3.3，在每次施用藥劑後觀察，於第三次施用藥劑後，發病程度為 6.9，發病程度增加 52.2%，於第四次施用藥劑後，發病程度 7.3，發病程度增加 5.5%，發病程度變嚴重；預備施用賽洛寧乳劑之 10 棵楊樹植株，施用前發病程度為 2.9，在每次施用藥劑後觀察，於第三次施用藥劑後，發病程度為 6.7，發病程度增加 56.7%，於第四次施用藥劑後，發病程度 7.2，發病程度增加 6.9%，發病程度變嚴重。

加保扶水懸劑、納乃得溶液施用後，發病程度沒有明顯改變，研判此兩種藥劑防治咖啡木蠹蛾危害上，有一定防治效果；托福松粒劑施用後，危害程度雖有變嚴重，但不明顯；福賽絕乳劑、益達胺溶液、第滅寧水基乳劑、賽洛寧乳劑施用後，發病程度明顯變嚴重，推斷此四種藥劑對楊樹咖啡木蠹蛾無防治效果。



圖 1.對照組置於實驗室觀察情況(A)，噴灑接種組在實驗室觀察情況(B)，接觸接種組在實驗室觀察情況(C)。比例尺為 3 公分。

Fig. 1. The observation status of control group in the laboratory(A).The observation status of spray inoculation group in the laboratory(B).The observation status of exposure vaccination group in the laboratory(C). Black bar indicates 3cm.



圖 2.接種炭疽病之苗木套塑膠袋保濕處理。比例尺為3公分。

Fig. 2. The processing sets of plastic bags for mositurizing of seedlings inoculated with anthracnose. White bar indicates 3cm.



圖 3.咖啡木蠹蛾危害嚴重之楊樹種植地(A)，藥劑施用採隨機分佈，中間間隔不施用藥劑之楊樹植株(B)。比例尺為 10 公分。

Fig. 3. The red coffee stem-borer that caused seriously damage to the poplar plantation(A). The pharmaceutical is randomly distributed expect the poplar plants which placed at the spaced of internal(B). Black bar indicates 10cm.

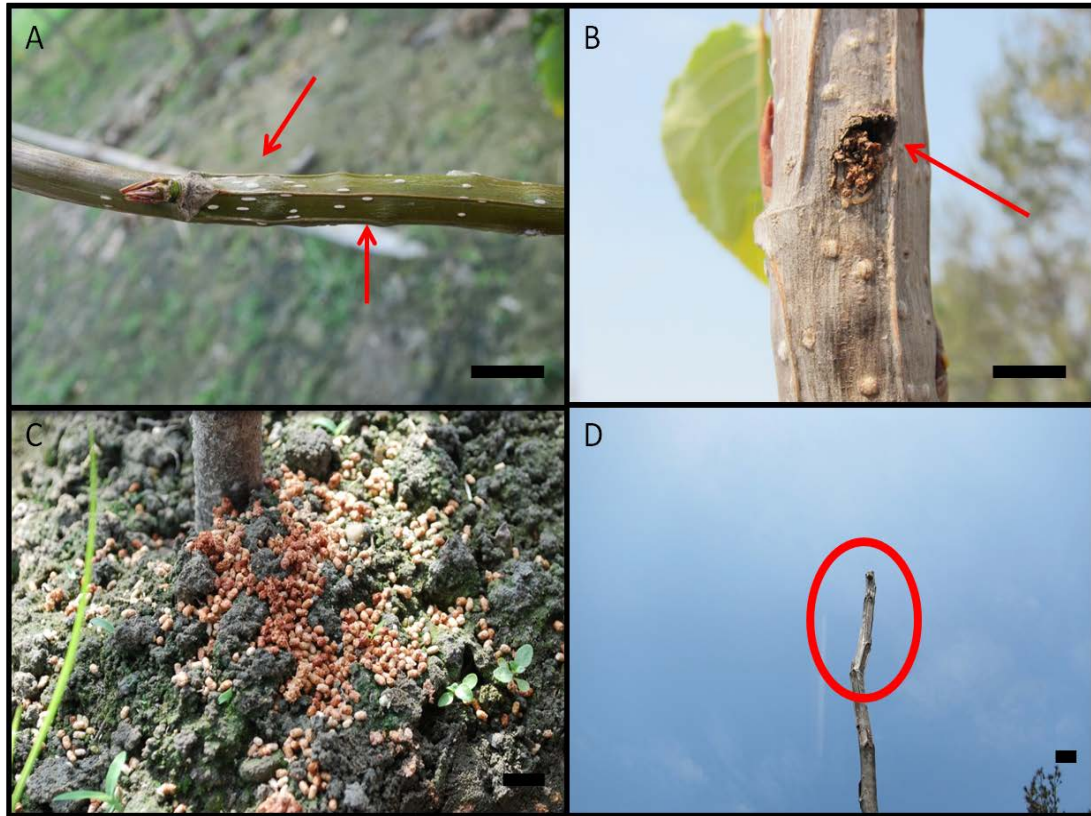


圖 4.被咖啡木蠹蛾食竄，造成的突起(A)，被咖啡木蠹蛾食蛀所造成的蛀洞(B)，咖啡木蠹蛾的排遺(C)，因咖啡木蠹蛾在楊樹植株內啃食，造成植株脆弱被風吹斷(D)。比例尺為 1 公分。

Fig. 4. This uplift phenomenon happens when bitten by the red coffee stem-borer. Red arrows indicate uplift phenomenon. (A). The cavities is caused by the red coffee stem-borer. Red arrows indicate the cavities.(B). The excrement of red coffee stem-borer.(C). The plant is blown off by the wind is due to the reason that red coffee stem-borer was bitten inside the plant. Red circle indicated the plant is blown off.(D). Black bar indicates 1cm.



圖 5.粒劑穴施情況。比例尺為 10 公分。

Fig 5. Situation of granules fertilizing. Black bar indicates 10cm.



圖 6.有天牛幼蟲的楊樹植株，外觀可看見樹葉明顯稀疏(A)，天牛幼蟲蛀食楊樹中柱情況(B)，巨型天牛(C)。比例尺為 10 公分。

Fig. 6. The poplar with *Anoplophora chinensis* larva inhabited is resulted in small number of leaves with clear observation(A). The case when the poplar with *Anoplophora chinensis* larva inhabited(B). Giant alternates(C). White bar indicates 10cm.

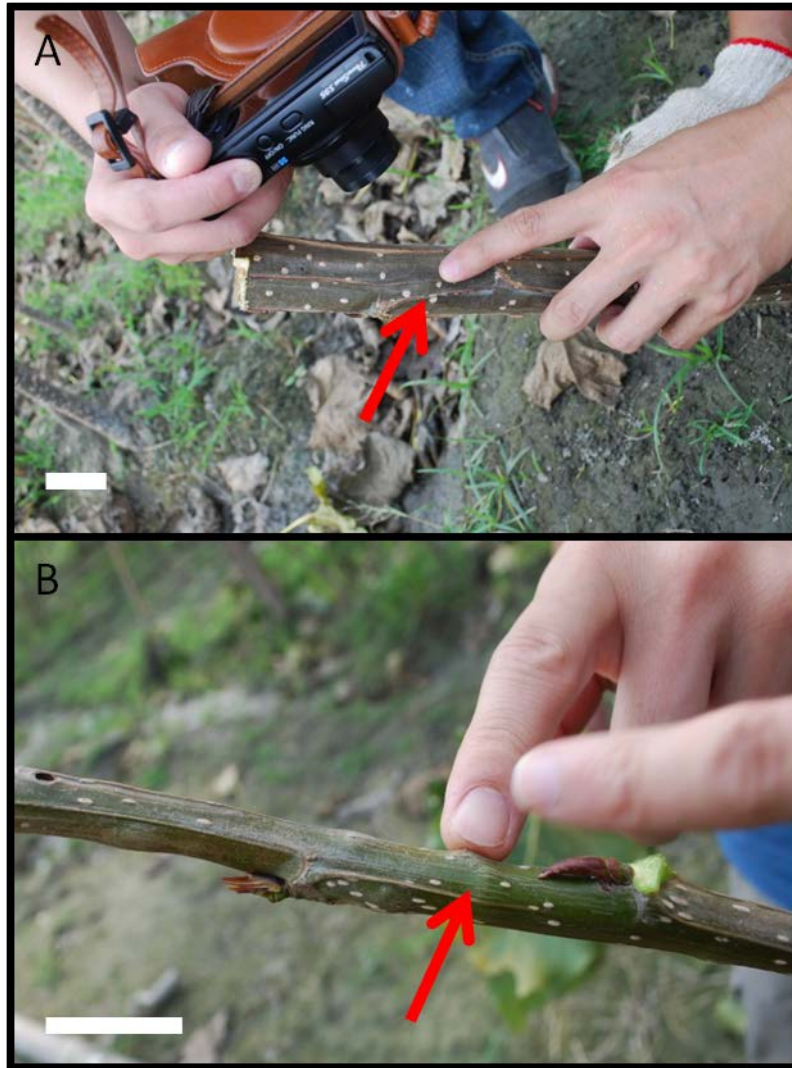


圖 7. 被害枝條可以發現因咖啡木蠹蛾活動而部分組織隆起(A)，幼嫩小枝條因咖啡木蠹蛾活動產生的隆起組織更為明顯(B)。比例尺為 2 公分。

Fig. 7. The uplift phenomenon of some organizations of victims branches can be found by the red coffe stem-boere activities(A). The uplift phenomenon of some organizations is more obvious when the red coffee stem-borer activities in younger branches(B). Red arrow indicate uplift phenomenon of some organizations. White bar indicates 2 cm.

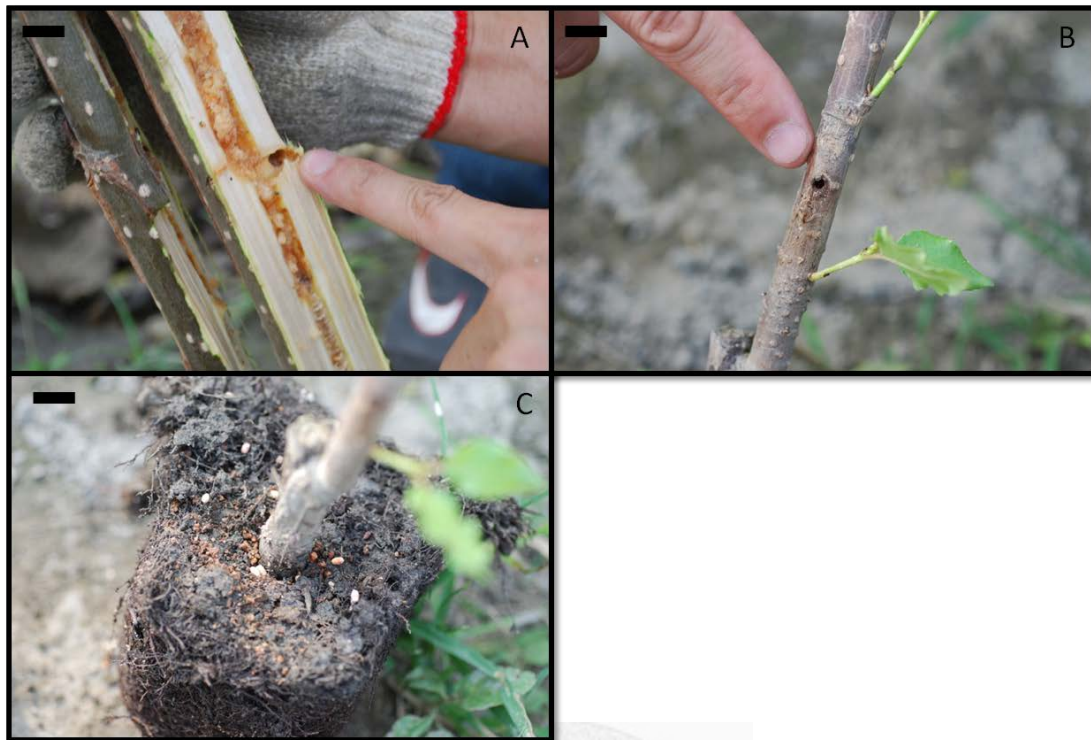


圖 8.縱切楊樹枝條後，可發現咖啡木蠹蛾在其中取食的蟲道(A)，咖啡木蠹蛾的排遺口(B)，樹底下有顆粒狀的排遺，排遺大小與蟲體大小有關(C)。比例尺為 2 公分。

Fig. 8. The red coffee stem-borer feeding the insects road phenonmen can be found when cut the longitudinal section of poplar branches(A). The excrement mouth of red coffee stem-borer(B). The granular excrement is founded at the bottom of the trees, and the excrement size is relateed to the body size of the red coffee stem-borer(C).

Black bar indicates 2cm.

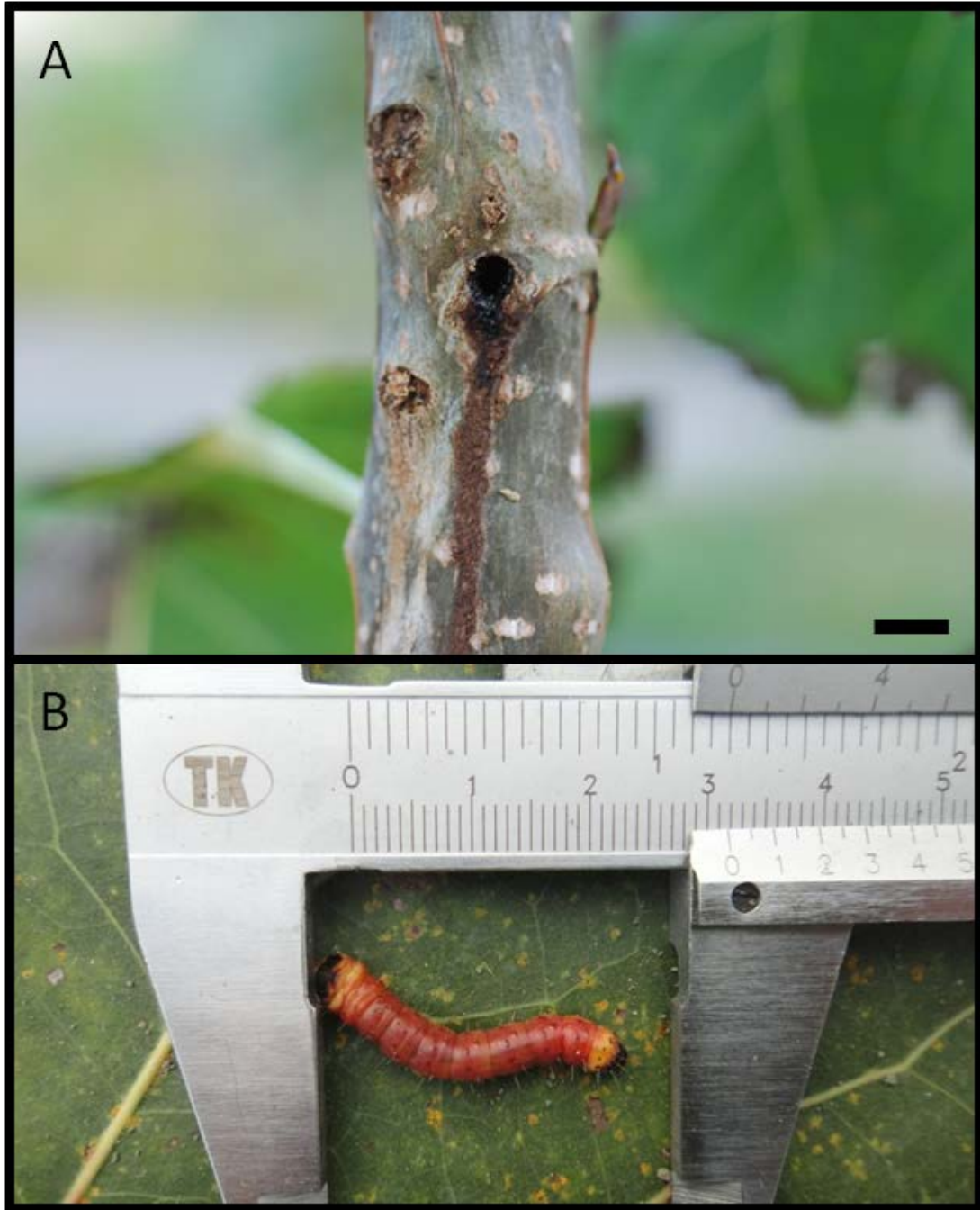


圖 9.隆起組織有時會有樹木分泌物排出造成濕潤的水痕(A)，咖啡木蠹蛾的幼蟲(B)。比例尺為 1 公分。

Fig. 9. The uplift phenomenon of organizations sometime has the discharged water marks caused by the trees secretions(A). The larvae of red coffee stem-borer(B).

Black bar indicates 1cm.



圖 10.被咖啡木蠹蛾蛀食而斷裂楊樹枝條(A)，楊樹植株內部上有咖啡木蠹蛾的排遺(B)，楊樹莖幹上出現新的蛀洞(C)。比例尺為 2 公分。

Fig 10. The broken poplar branches caused by the red coffee stem-borer(A).The excrement of the red coffee stem-borer is founded in poplar internal(B).The new cavities is founded on poplar stems(C). Black bar indicates 2cm.



圖 11. 小綠葉蟬。比例尺為 1 公分。

Fig.11. *Jacobiasca formosana* Paoli. White circle indicate *Jacobiasca formosana* Paoli. White bar indicates 1cm.



圖 12. 黃斑椿象。比例尺為 3 公分。

Fig. 12. *Erthesina fullo* Thunberg. Red circle indicate *Erthesina fullo*.

White bar indicates 3cm.



圖 13. 小白紋毒蛾。比例尺為 1 公分。

Fig. 13. *Orgyia postica* Walker. White bar indicates 1cm.



圖 14. 大避債蛾。比例尺為 1 公分。

Fig. 14. *Clania preyeri* Leech. White bar indicates 1cm.



圖 15.有格斯特家白蟻為害之楊樹植株，根部支撐力差(A)，格斯特家白蟻啃蝕楊樹根部(B)，格斯特家白蟻之蟻巢及蟻道不是十分明顯(C)。比例尺為 1 公分。

Fig. 15. The Poplar's roothold has become weak after *Coptotermes gestroi's* infestation(A). The *Coptotermes gestroi* gnawing erosion poplar roots(B). The raod of nest and ants of *Coptotermes gestroi* is not easy to be observed(C). Black bar indicates 1cm.

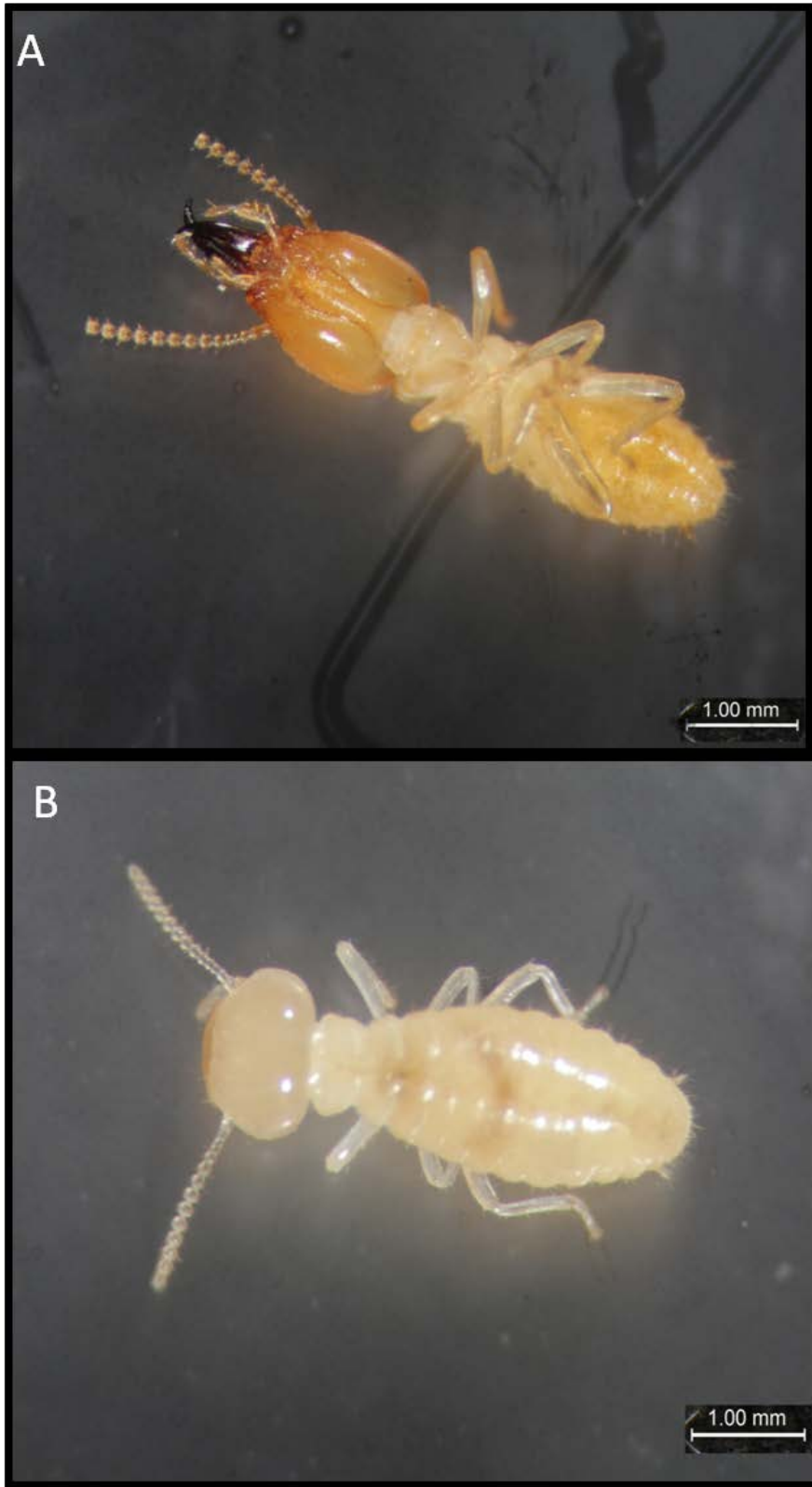


圖 16. 格斯特家白蟻:兵蟻(A), 工蟻(B)。

Fig. 16. *Coptotermes gestroi*: soldier ant(A) and worker ants(B).

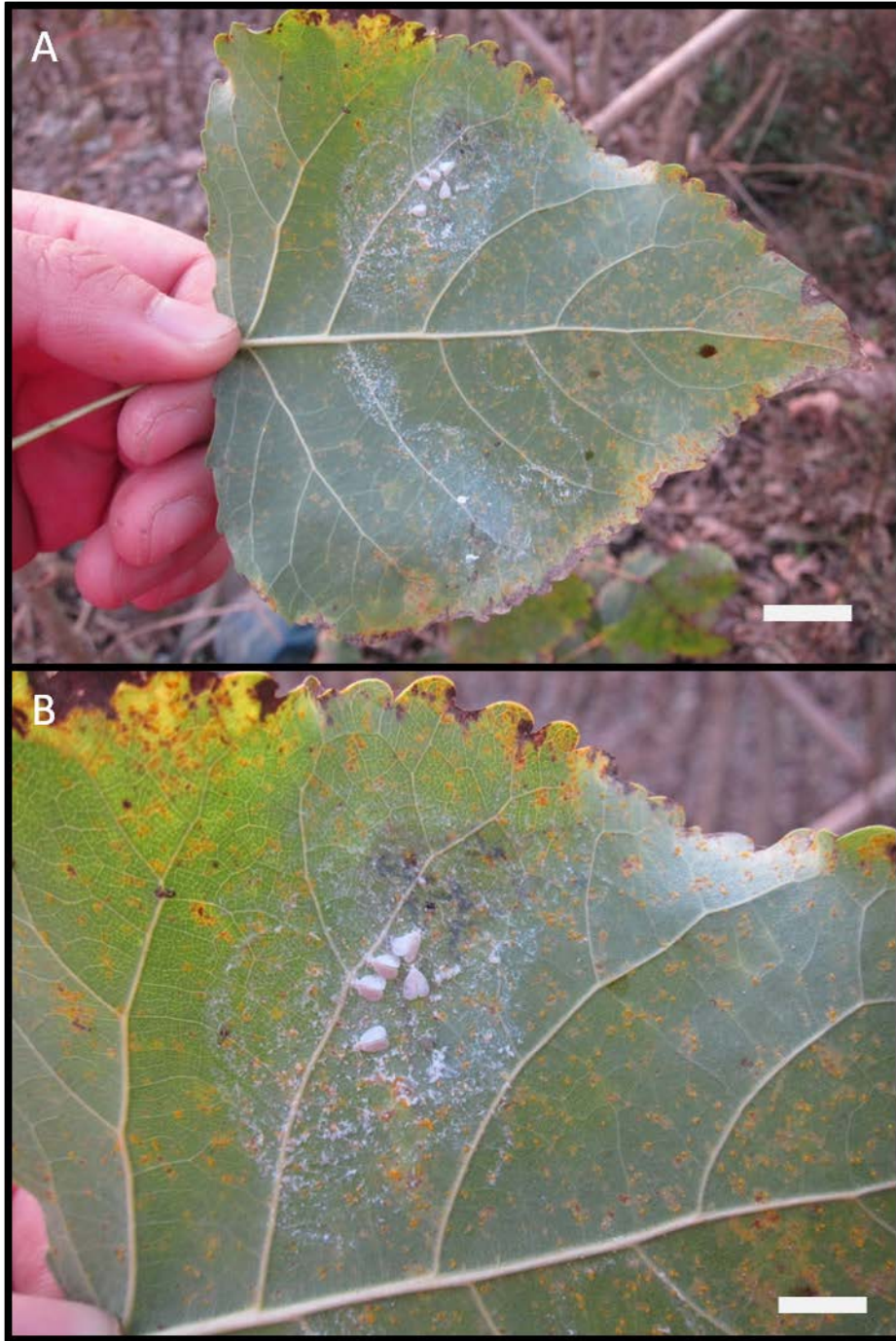


圖 17.發現螺旋粉蝨危害於楊樹葉背(A)，螺旋粉蝨會以口器吸食楊樹葉片汁液(B)。比例尺為 2 公分。

Fig.17. *Aleurodicus disperses* hazards dorsal of poplar is founded(A). *Aleurodicus disperses* takes the sap of poplar leaves with its mouth(B). Black bar indicates 2 cm.



圖 18.螺旋粉蝨會製造白色螺旋物廣泛附著於楊樹葉背表面

Fig.18. *Aleurodicus disperses* will create a white spiral thing widely attached to the dorsal surface

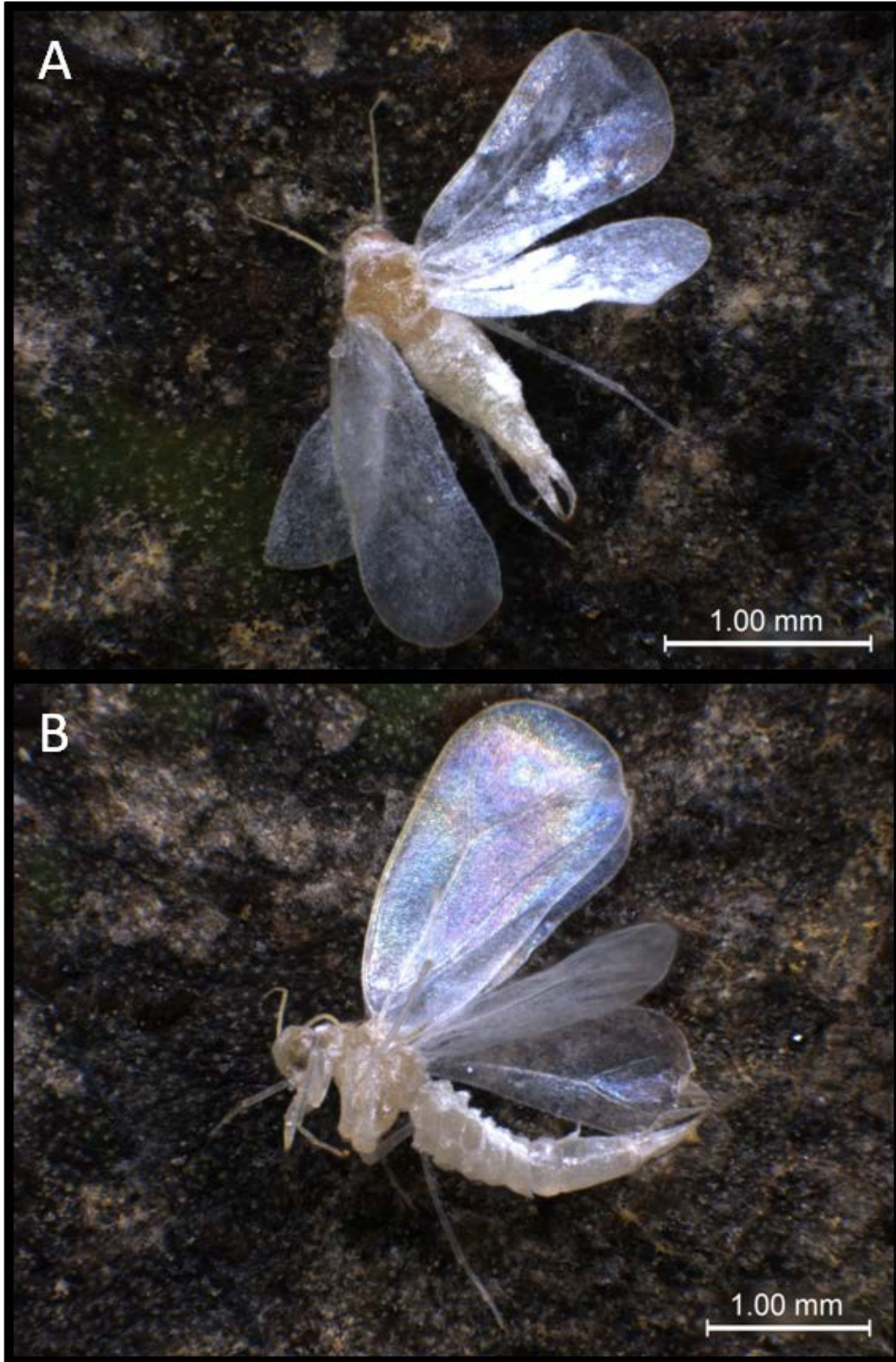


圖 19.螺旋粉蝨蟲體大小(A)，螺旋粉蝨的雄蟲尾端纖細，有一段缺狀，橙黃色交尾器(B)。

Fig. 19. The body size of *Aleurodicus disperses*(A). A male *Aleurodicus disperses* is slender at the end with the sword-like and orange mating organ(B).

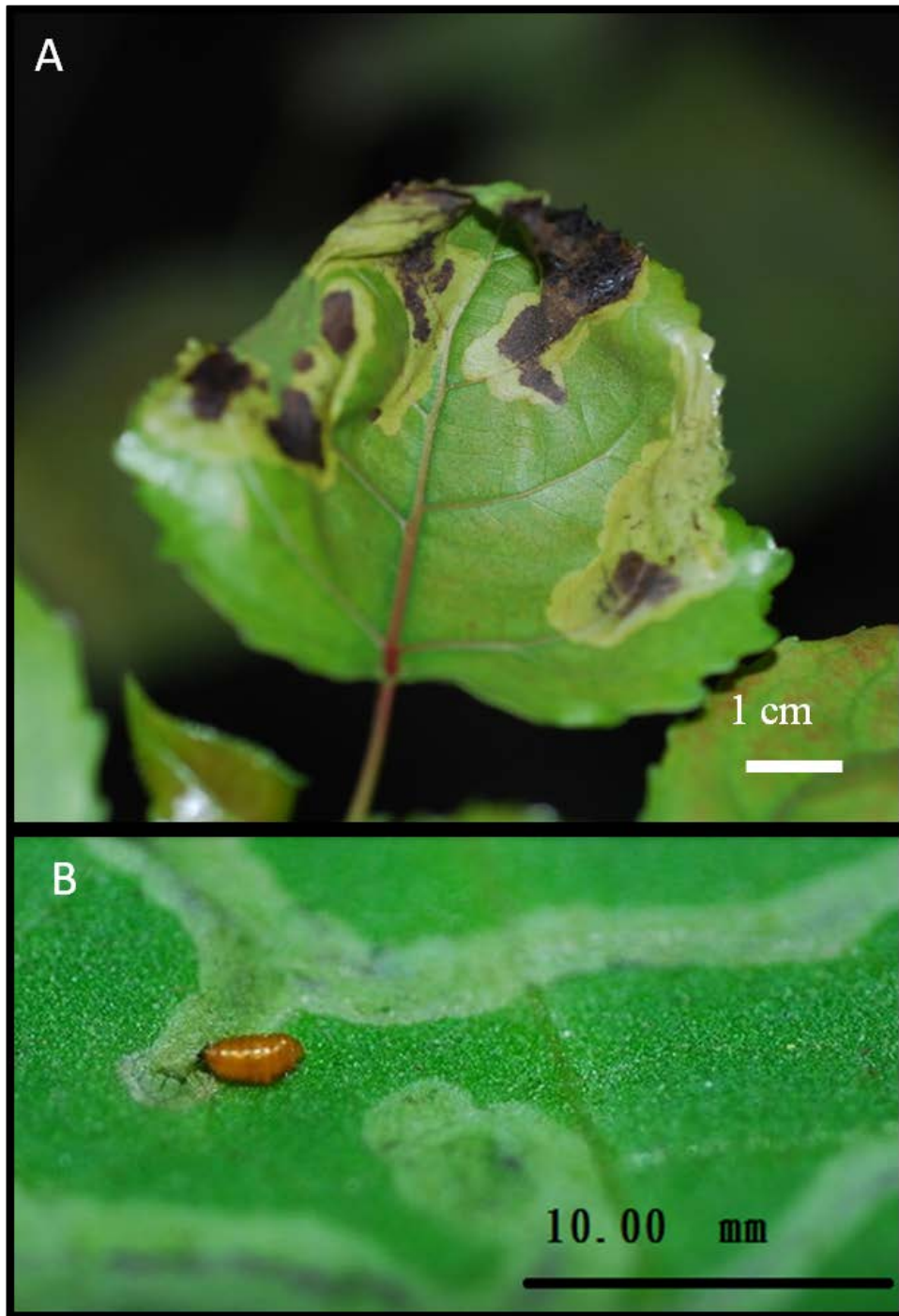


圖 20.被潛葉蛾咬食的楊樹葉片變黑、焦枯(A)，潛葉蛾的蛹(B)。

Fig. 20. The leaves became black and scorch when chomping by *Phyllocnistis citrella*(A). The pupa of *Phyllocnistis citrella*(B).



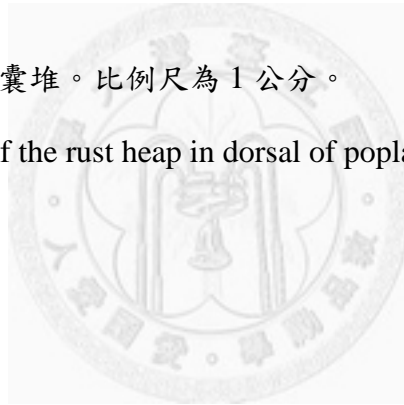
圖 21. 銹病菌之夏孢子(A)，銹病病斑徒手切片圖(B)。

Fig. 21. The urediniospores of rust(A). The hand slices of rust lesion(B).



圖 22.楊樹葉背銹病孢子囊堆。比例尺為 1 公分。

Fig . 22. The sporangium of the rust heap in dorsal of poplar. Black bar indicates 1cm.



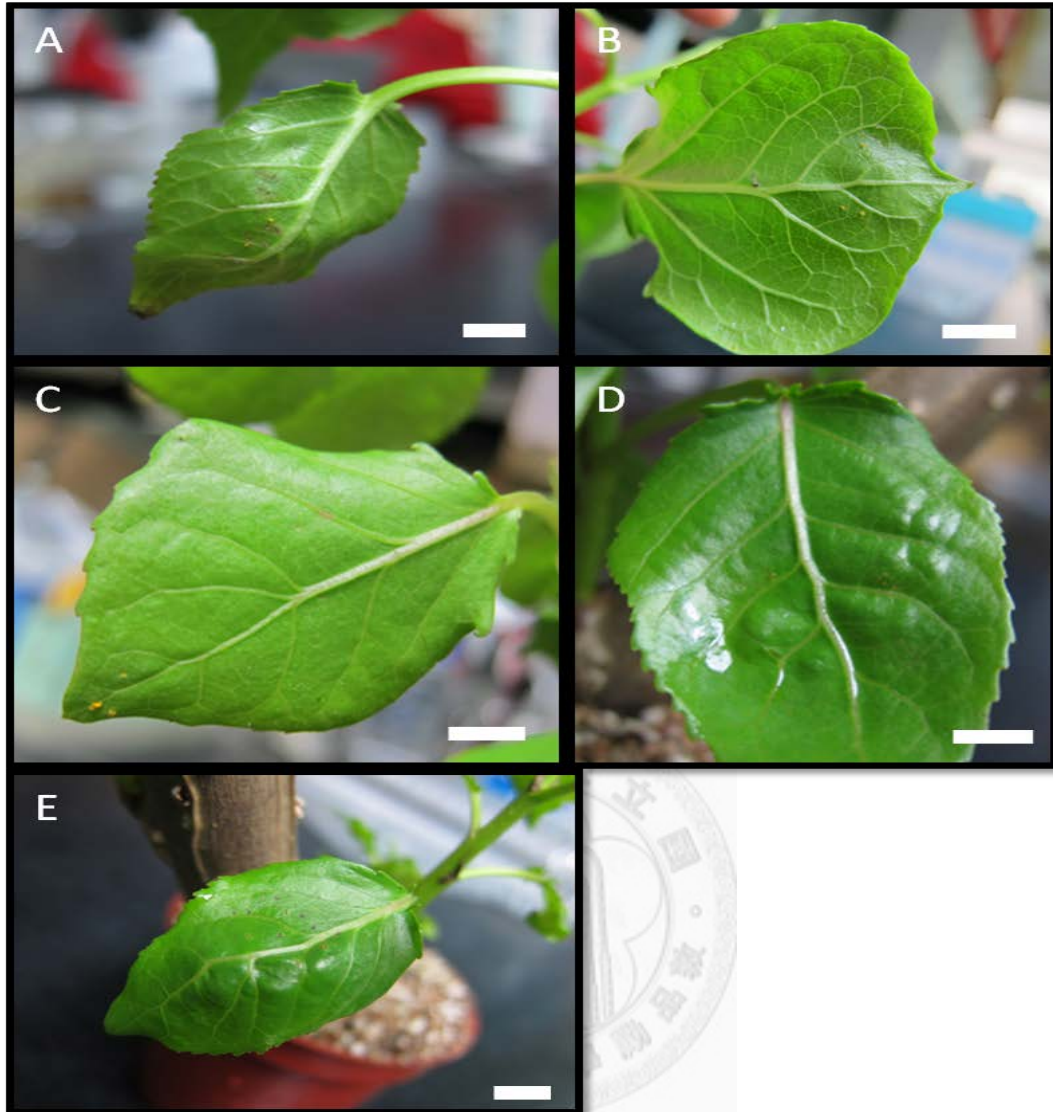


圖 23.葉片噴灑接種銹病菌第一天發病情形(A)，葉片接觸接種銹病菌第一天發病情形(B)(C)，噴灑接種銹病菌的葉片上表皮開始出現銹病病徵(D)，接觸接種銹病菌的葉片出現黑色斑點(E)。比例尺為 1 公分。

Fig. 23. Phenomena of the leaf on the first days of the onset of spray inoculated with rust pathogens(A). Phenomena of the leaf on the first day of the onset of contacted inoculated with rust pathogens(B)(C). The epidermis on the leaf spray inoculation appear rust symptoms(D). The black spot appear after the leaves exposure vaccination rust(E). White bar indicates 1cm.

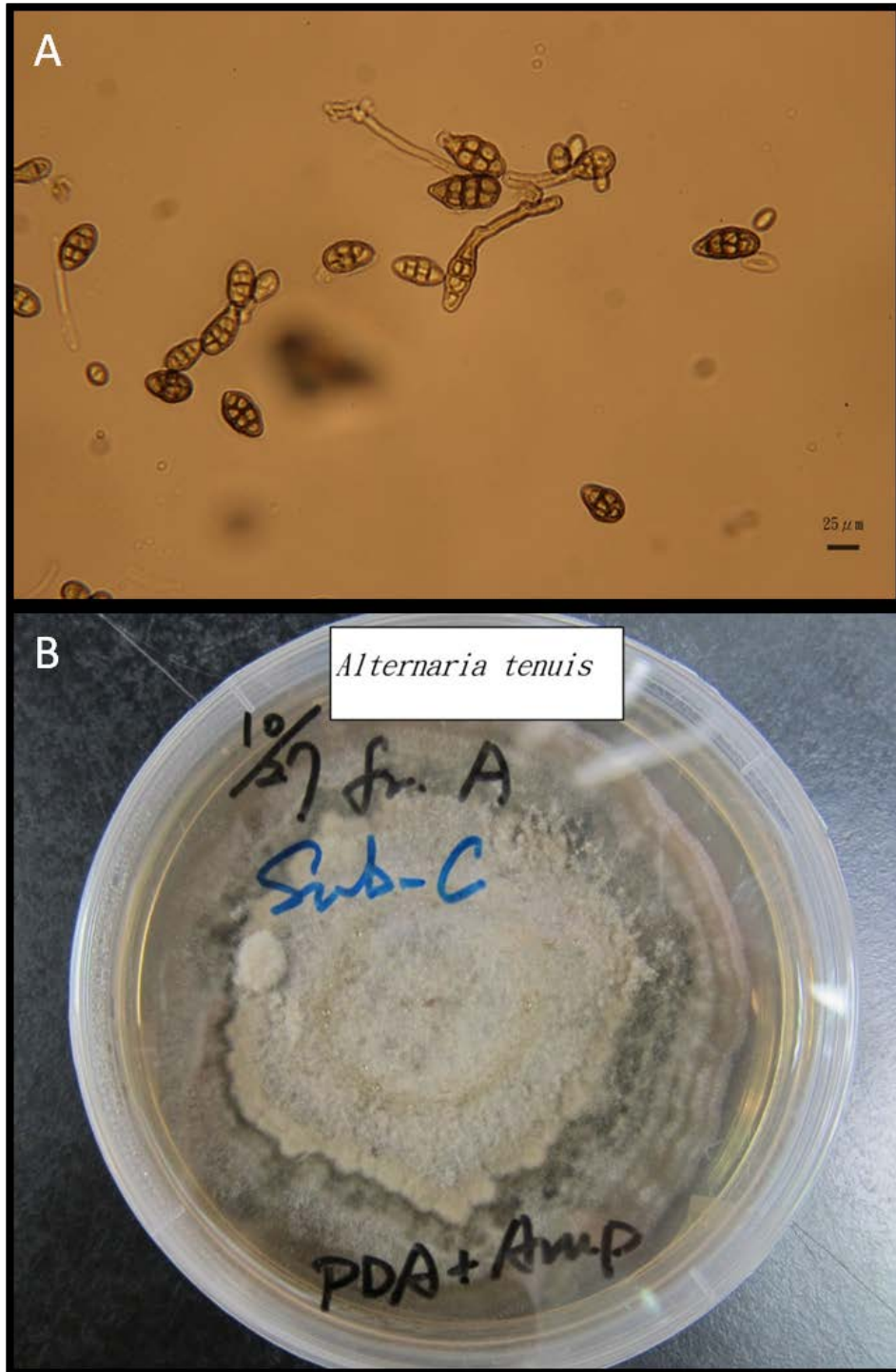


圖 24.光學顯微鏡下 *Alternaria tenuis* 的分生孢子(A)，單孢培養之 *Alternaria tenuis* 菌落(B)。

Fig. 24. The conidia of *Alternaria tenuis* under the optical microscope(A). Single spore culture by *Alternaria tenuis* colonies(B).



圖 25.接種 *Alternaria tenuis* 病原菌後第 14 天發現病徵(A), *Alternaria tenuis* 病原菌由葉緣侵入(B), 葉片出現褐色斑點, 斑點面積小(C)。比例尺為 1 公分。

Fig. 25. The leaf appear symptom on the 14th day after inoculate *Alternaria tenuis* pathogens (A). *Alternaria tenuis* pathogen intrusion by the leaf margin(B). The small size of brown spot appears on the leaves(C). Red circles and arrows indicate the symptom of *Alternaria tenuis*. White bar indicates 1cm.

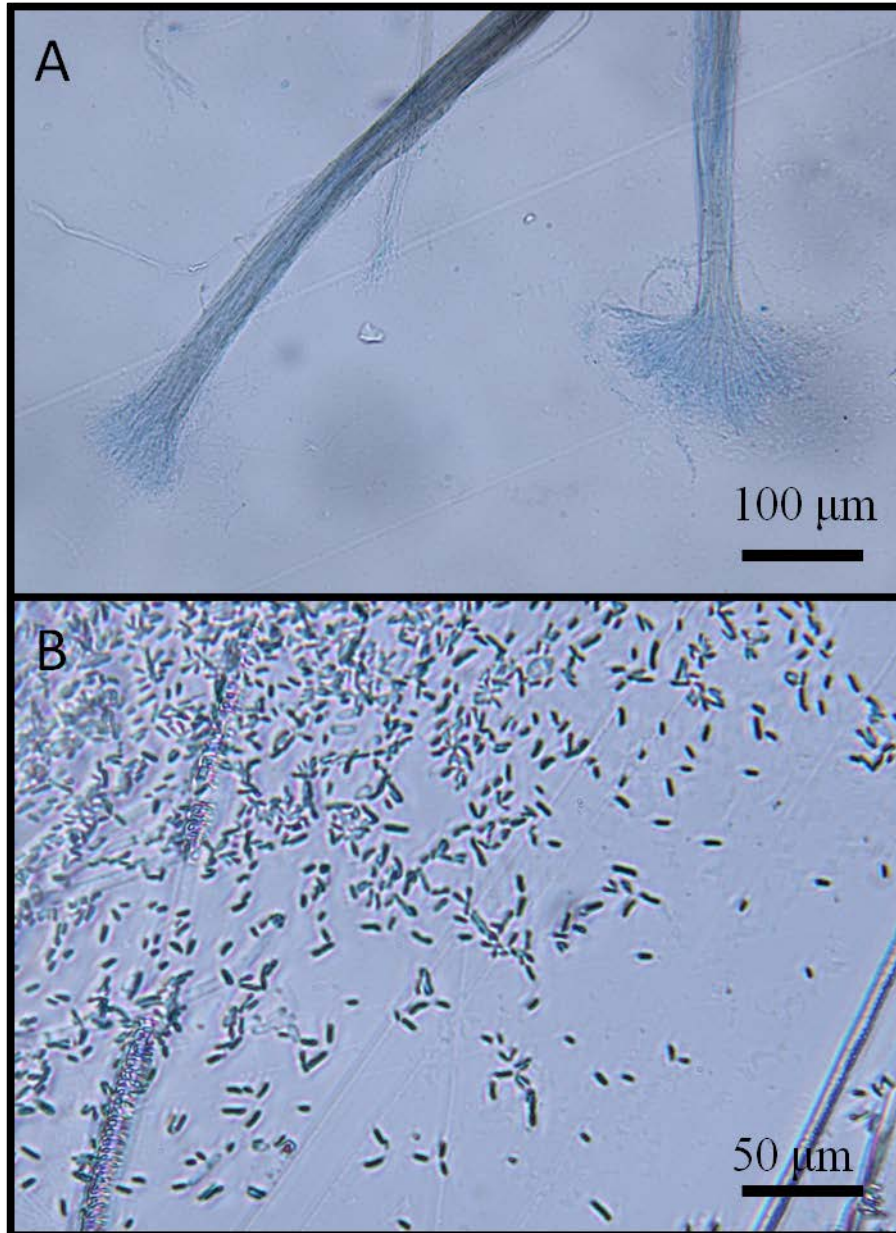


圖 26. *Ophiostoma quercus* 的孢柄束(A)，*Ophiostoma quercus* 的分生孢子(B)。
Fig.26b. The synnemata of *Ophiostoma quercus*(A). The conidia of *Ophiostoma quercus*(B).



圖 27.受 *Ophiostoma quercus* 感染的楊樹植株莖部灰褐化。

Fig.27. The stems stained grayish brown of the poplar plants was infected by *Ophiostoma quercus*. White bar indicates 3cm.

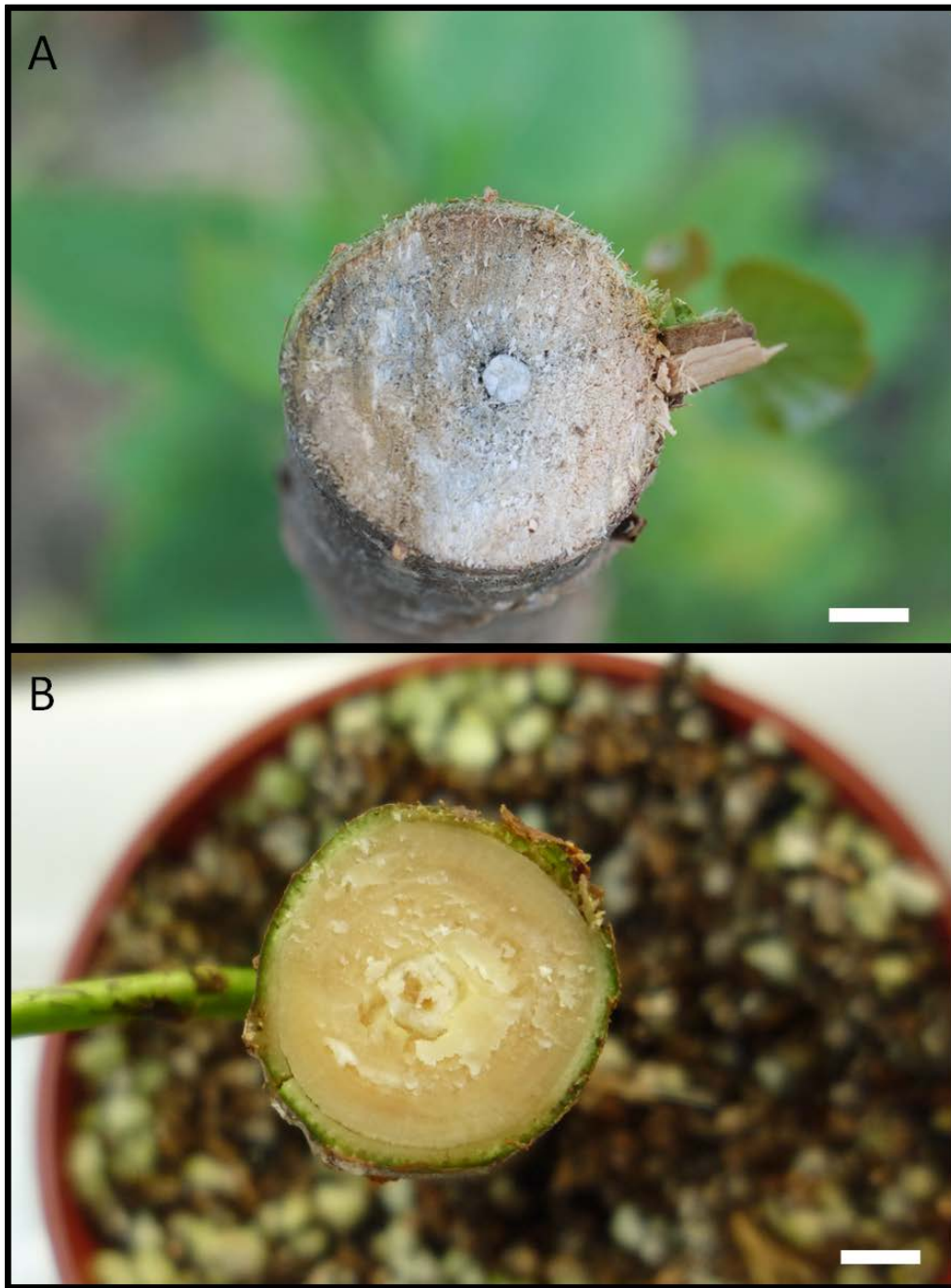


圖 28.接種 *Ophiostoma quercus* 12 天後，莖部灰褐化(A)，未接種 *Ophiostoma quercus* 的植株莖部(B)。比例尺為 1 公分。

Fig. 28. The stem part has become gray-brownish after inoculation with *Ophiostoma quercus*(A). The stem part did not inoculate *Ophiostoma quercus*. White bar indicates 1cm.

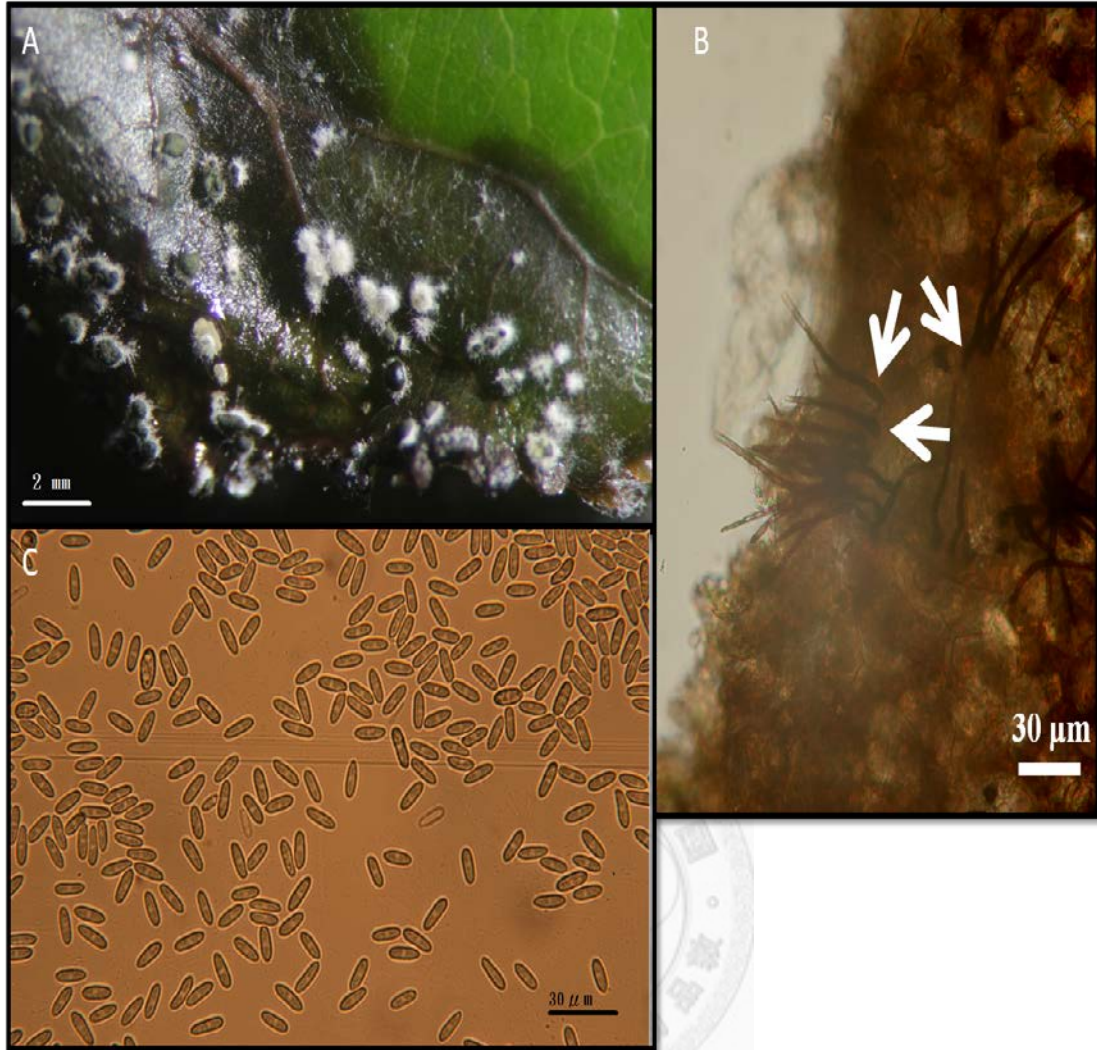


圖 29. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 菌落可見分生孢子盤聚集成大小不一粒狀物(A)，分生孢子盤上長出剛毛(B)，*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 分生孢子(C)。

Fig.29a. The conidia plate gather into particulate matter including different size of the colonies of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc(A). The setae grow from the conidia plate(B). The conidia of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc(C).

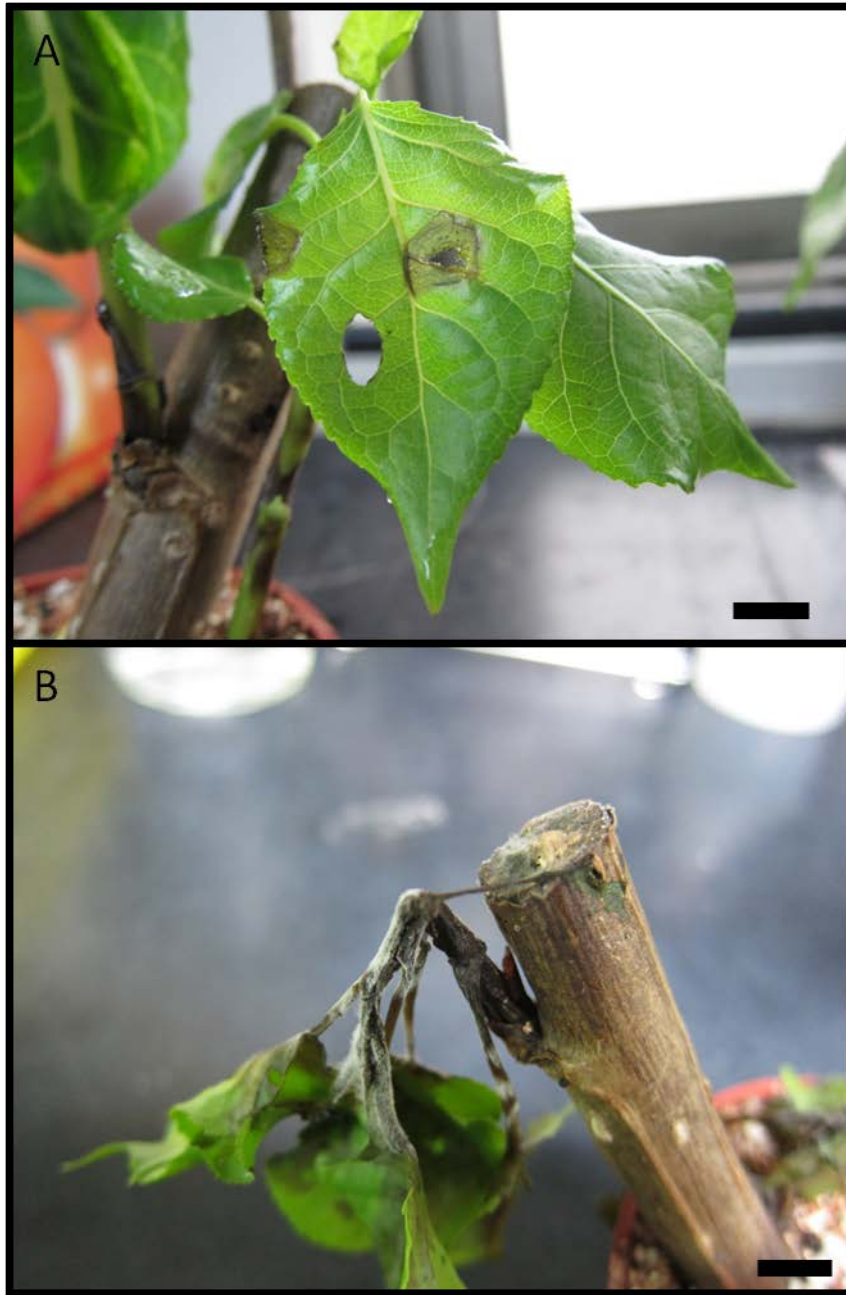


圖 30.炭疽病起初在楊樹葉片上形成黑褐色近圓形小斑點，其後病斑逐漸擴大 (A)，楊樹枝條受炭疽病感染成黑色壞疽(B)。

Fig. 30. Anthracnose is initially formed in the poplar leaves nearly circular dark brown spots, followed by lesion gradually expanded(A). The leaves to the petiole of the poplar appear black gangrene after it was infected by anthracnose . Black bar indicates 2cm.

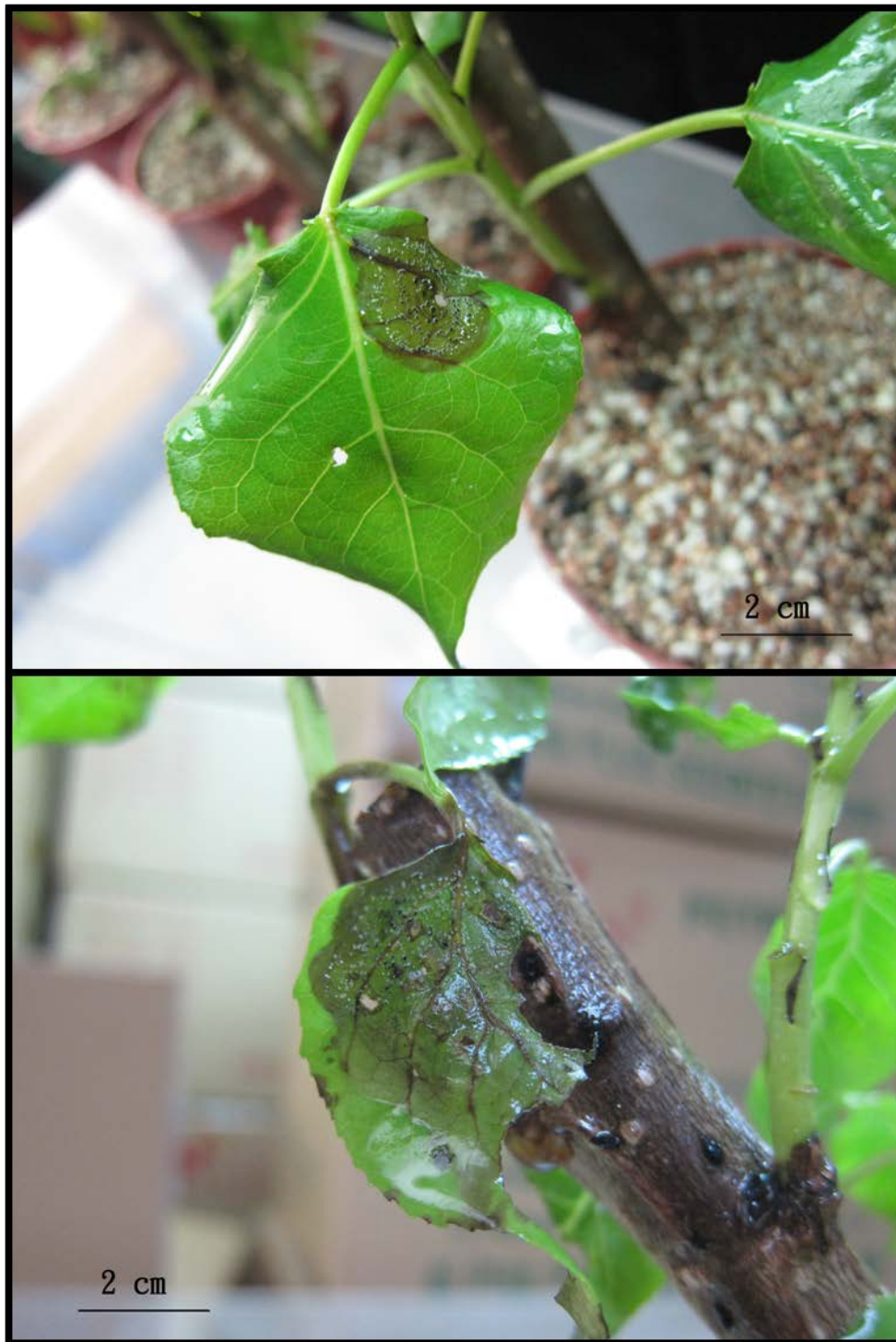


圖 31.接種炭疽病苗木發病情形。

Fig. 31. the phenonmen after inoculated with anthrax seedlings.



圖 32. 镰刀菌的分生孢子。

Fig. 32. The conidia of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc



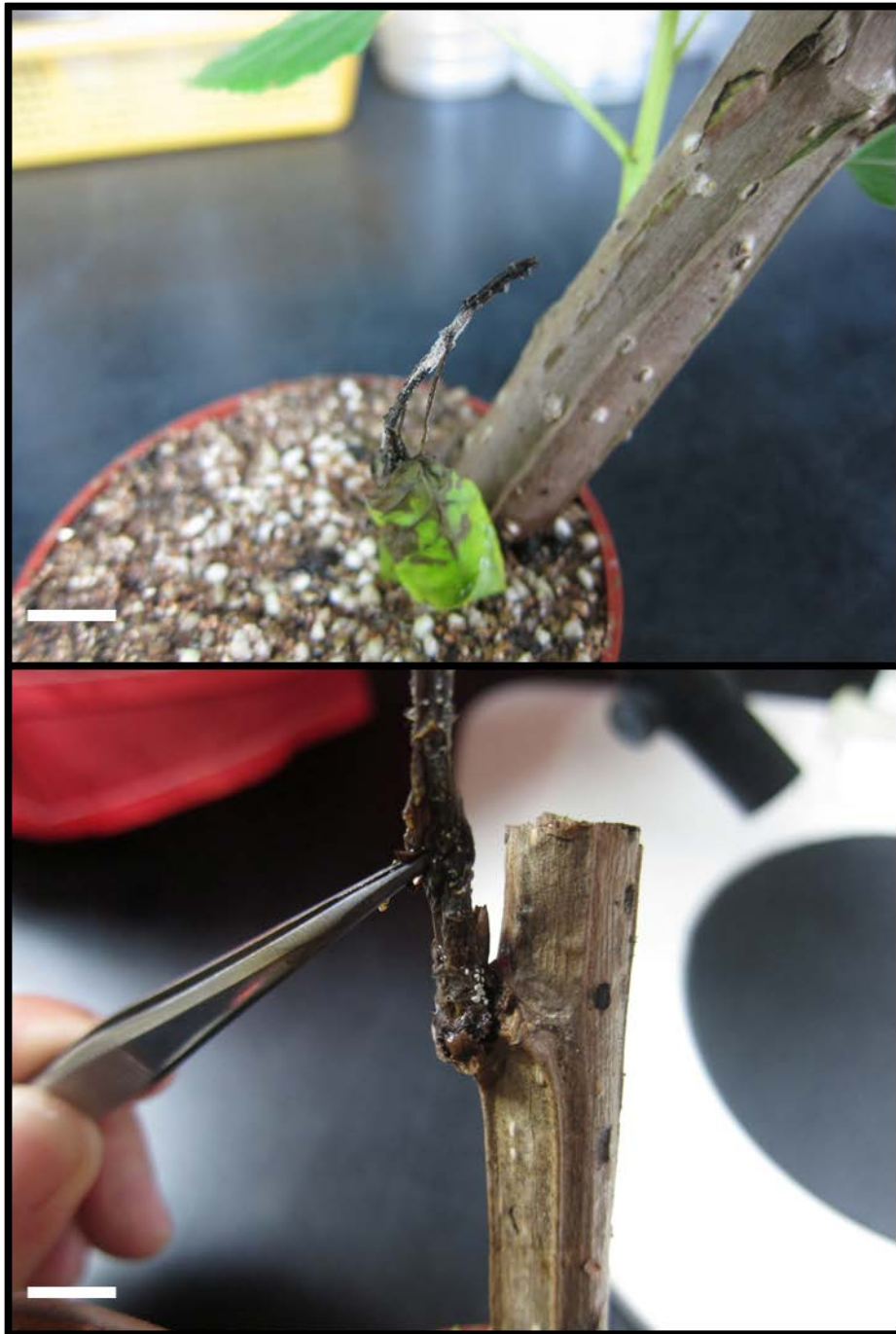


圖 33.在楊樹苗木上發現镰刀菌，造成莖基部皮層有腐爛，進而造成苗木死亡。
比例尺為 2 公分。

Fig. 33. Fusarium found in the poplar seedlings, resulting in the cortex of the stem base rot, which causes seedling death. White bar indicates 2cm.



圖 34.在接種 *Fusarium solani* 的楊樹苗木上，可看見 *Fusarium solani* 菌絲(A)，楊樹接種 *Fusarium solani* 後，死亡情形(B)。比例尺為 3 公分。

Fig. 34. Mycelia of *Fusarium solani* could be observed on the inoculated poplar seedlings. (A). The death phenonmen of Poplar inoculated with *Fusarium solani*(B).

Black bar indicates 3cm.

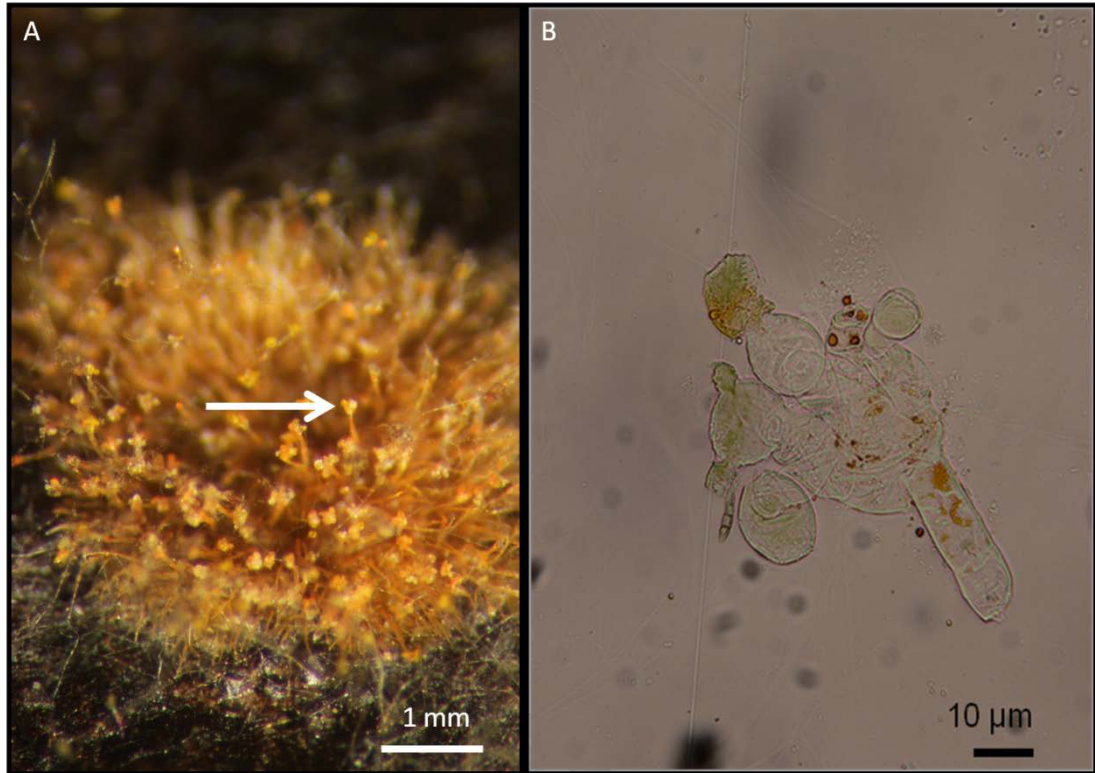


圖 35.藻斑藻體成長情形(A)，藻斑孢囊(B)。

Fig. 35. The situation of Algae spot algae growth(A). Algae spots cysts(B). White arrows indicate mycelia on the leaves of poplar.

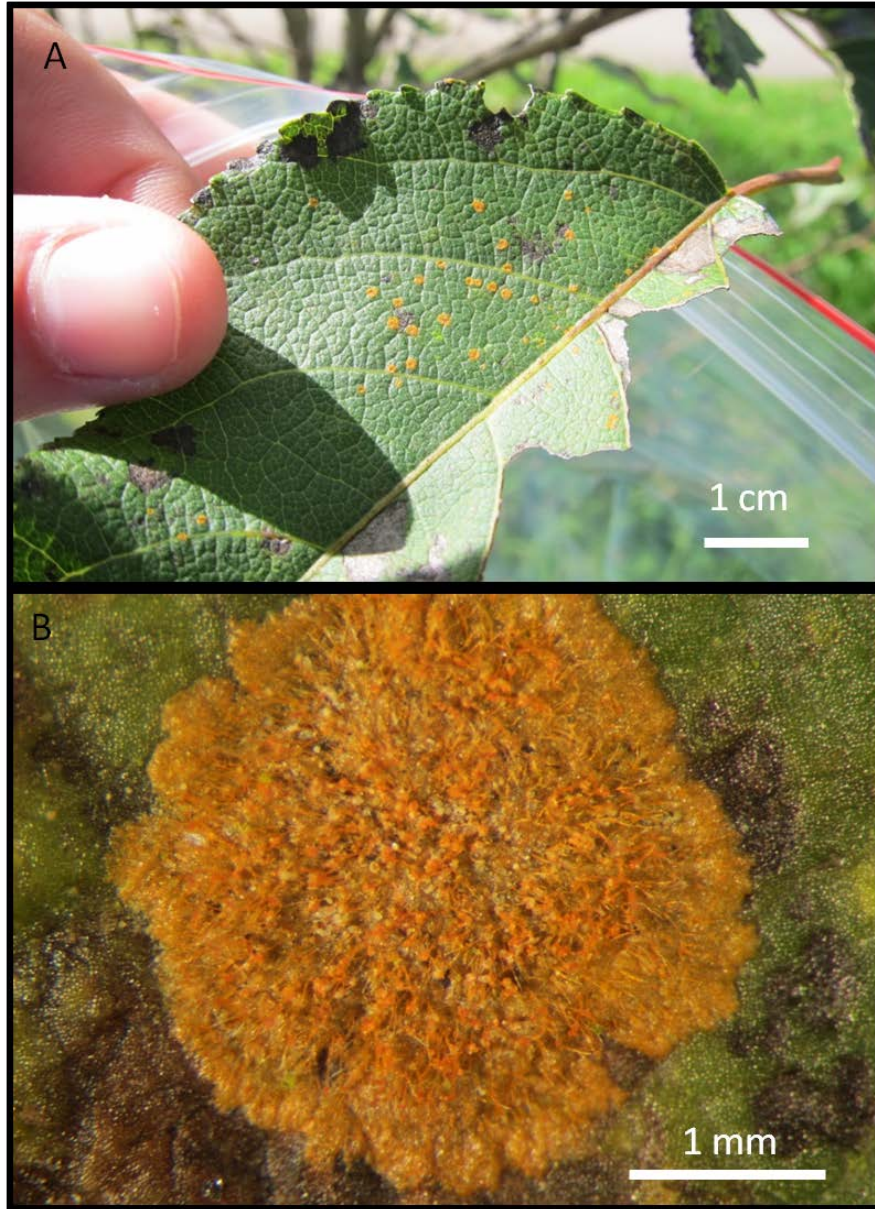


圖 36.楊樹葉片的藻斑病害，被害部位表面長出 1-2mm 的圓形黃色小點(A)，藻斑病斑部位較周圍隆起，表面長出許多直立而細小的毛狀物，此即為病原之孢子囊柄(B)。

Fig. 36. The Algae spot disease in poplar leaves, the victim parts of the surface to grow 1-2mm round yellow dots(A). Algal spot lesion site than the surrounding bulge. The surface grown many upright and small hairs, namely the pathogen of the sporangium stalk(B).



圖 37.楊樹葉片上之葉斑病。比例尺為 2 公分。

Fig. 37. The leaf spot on poplar leaves. White bar indicates 2 cm.





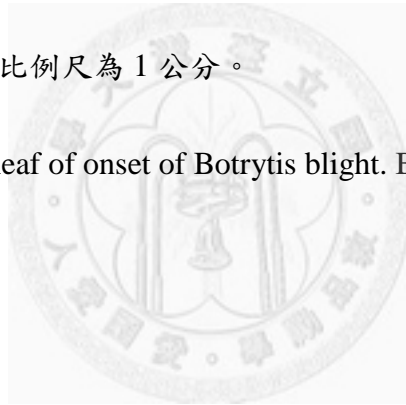
圖 38.楊樹植株位於土表部位之根基部潰爛(A)，得病植株有時自行形成癒傷組織，停止潰爛恢復正常生長(B)。比例尺為 4 公分。

Fig. 38. The foundation of the ministry is ulceration of poplar plant in the soil surface(A). Sick plants sometimes stopfester restore normal growth after the formation of callus(B). White bar indicates 4cm.



圖 39.灰黴病發病情形。比例尺為 1 公分。

Fig 39. Phenomenon of the leaf of onset of Botrytis blight. Black bar indicates 1cm.



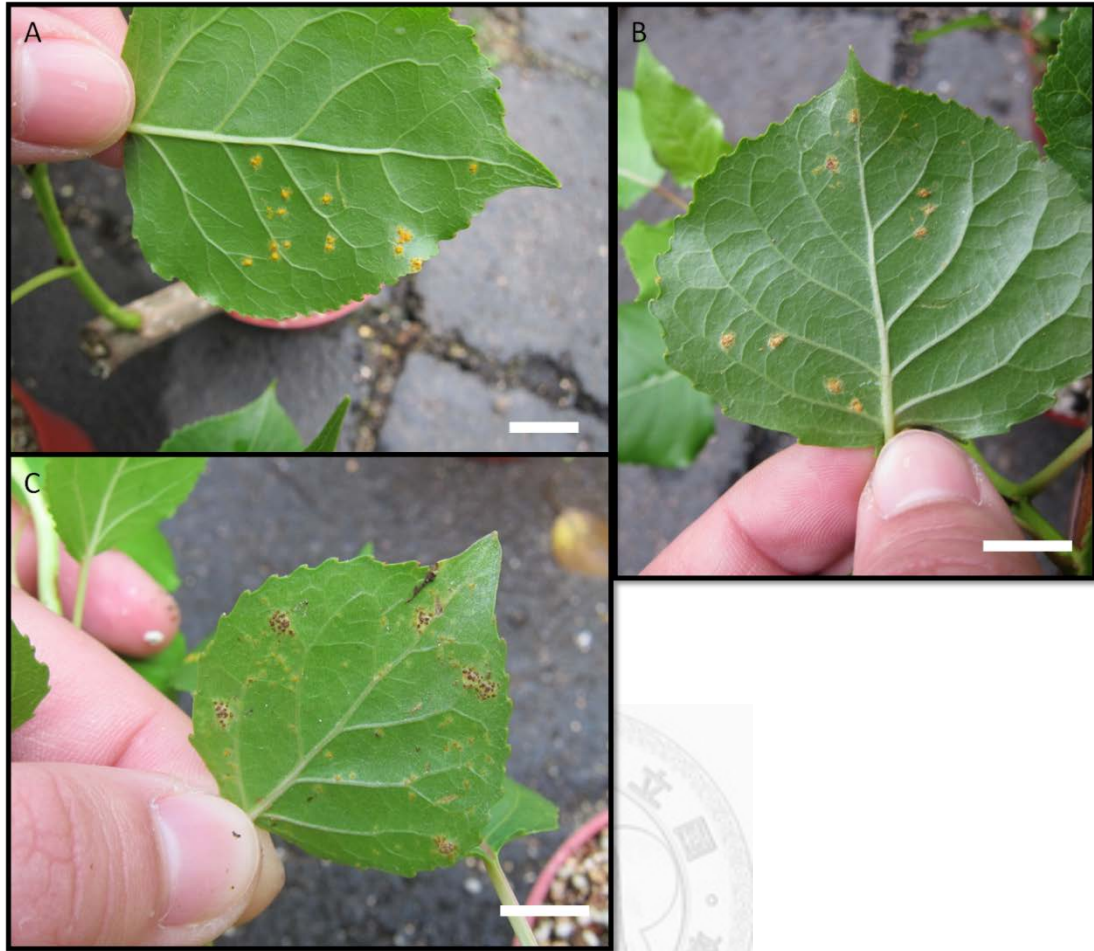


圖 40.楊樹苗木接種銹病後，發病情況(A)，銹病發病處部分褐化(B)，銹病發病處因噴灑藥劑造成銹病菌崩解而褐化(C)。比例尺為 1 公分。

Fig. 40. The phenomenon of the leaf when Poplar get sick after the seedlings inoculated with rust(A). The brownish part happens in the area of illness part(B). The rust pathogen was disintegration and browning due to spraying pesticides on it(C). White bar indicates 1cm.

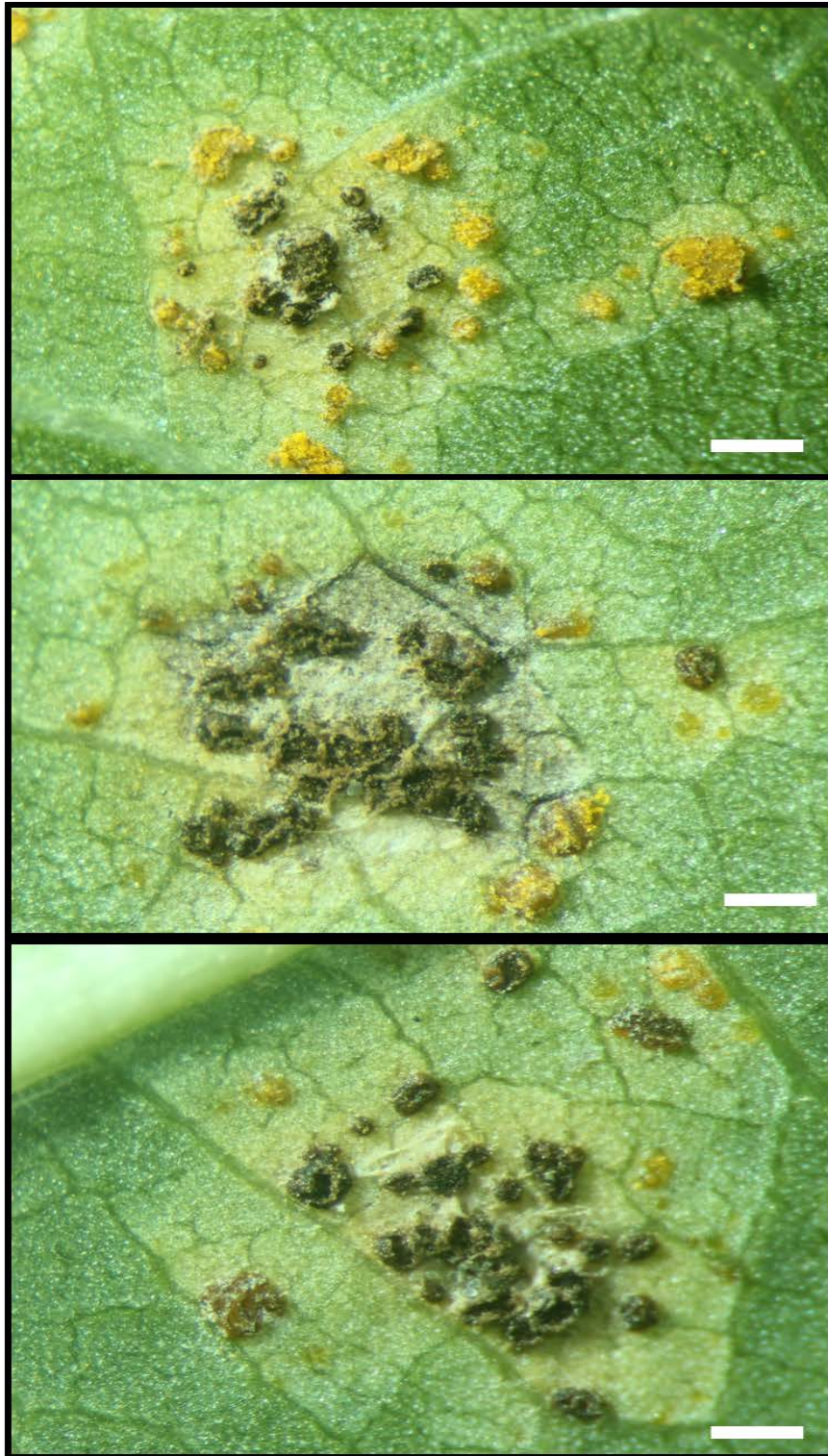


圖 41.解剖顯微鏡下，銹病寄生處褐化情況。比例尺為 1 毫米。

Fig. 41. The phenonmen of brownish on parastical part under a dissecting microscope.

White bar indicates 1mm.

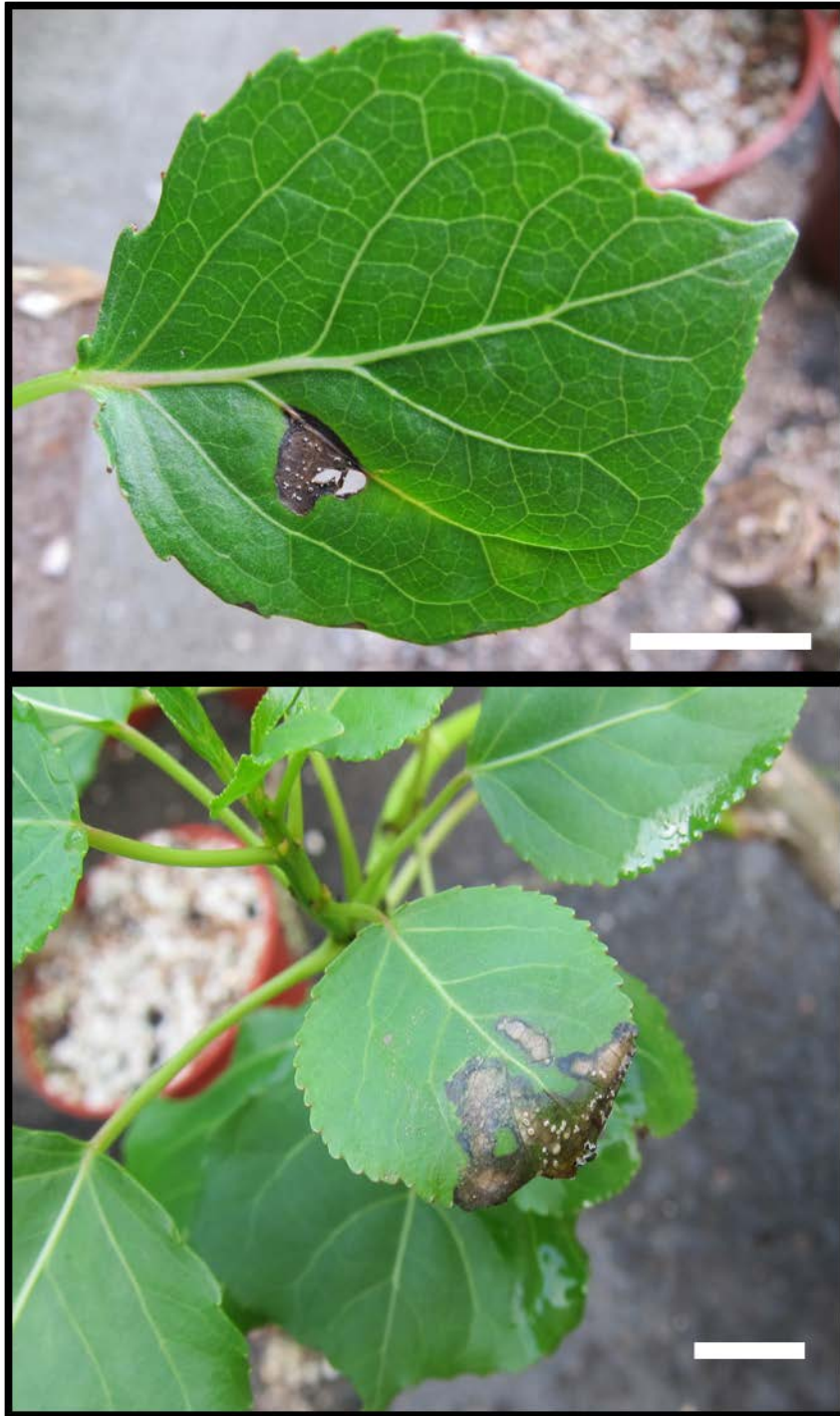


圖 42. 苗木接種炭疽病後，發病情況。比例尺為 1 公分。

Fig 42. The ill situation after seedings inoculated with anthrax. White bar indicates 1cm.

表 1. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table1. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	31.2 a ²⁾	---
Etridiazole	17.4 b	44.2
Dimethomorph	17.0 b	45.5
Boscalid	12.0 c	61.5
Kasugamycin + Carbendazim	11.4 c	63.5
Tecloftalam + Kasugamycin	10.2 c	67.3
Copper hydroxide. + Oxine-copper	3.8 d	87.8
Fosetyl-aluminium+Chlorothalonil	2.8 d	91.0
Kasugamycin + Copper oxychloride	2.2 d	92.9
Potassium hydrogen carbonate	0.2 e	99.4

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 2. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table 2. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	27.4 a ²⁾	---
Polyoxorim	15.0 b	45.3
Epoxiconazole	11.6 bc	57.7
Dimethomorph + Pyraclostrobin	11.6 bc	57.7
Difenoconazole	9.4 c	65.7
Pyraclostrobin	4.4 d	83.9
Mancozeb	4.3 de	84.3
Pyraclostrobin + Dithianon	3.6 de	86.9
Pyraclostrobin + Boscalid	0.4 e	98.5

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

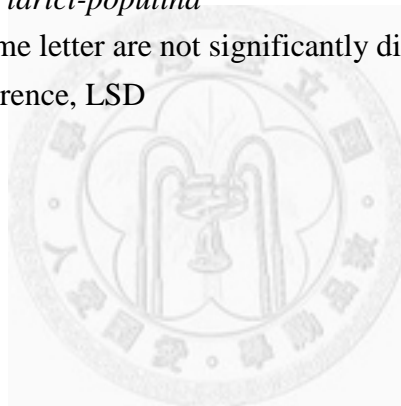


表 3. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table 3. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	28.2 a ²⁾	---
Hymexazol + Metalaxyl	17.4 b	38.3
Carbendazim	17.4 b	38.3
Chlorothalonil+ Metalaxyl-M	17.0 b	39.7
Hymexazol	16.2 bc	42.6
Dithianon	13.8 bcd	51.1
Fluazinam	12.4 cd	56.0
Metrafenone	12.2 cd	56.7
Prochloraz	11.8 d	58.2
Cyazofamid	7.1 e	74.8
Boscalid + Kresoxim-methyl	0.4 f	98.6
Fluazinam	0.4 f	98.6
Kresoxim-methyl	0.2 f	99.3

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 4. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種精油處理的孢子發芽率

Table4. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	32.8 a ²⁾	---
<i>Citrus grandis</i> (peel)	17.2 b	47.6
<i>Melaleuca leucadendra</i>	17.0 b	48.2
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (tree)	1.0 c	97.0
<i>Melaleuca alternifolia</i> (leaf)	0.8 c	97.6
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (tree)	0.2 c	99.4

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



表 5. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 5. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	27.8 a ²⁾	---
<i>Taxodium distichum</i> (leaf)	19.8 b	28.8
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (leaf)	6.0 c	78.4
<i>Juniperus chinensis</i> (leaf)	4.8 cd	82.7
<i>Eucalyptus citriodora</i> (leaf)	3.8 d	86.3
<i>Eucalyptus robusta</i> (leaf)	0.5 e	98.2

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



表 6. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 6. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	37.2 a ²⁾	---
<i>Cinnamomum camphora</i> (leaf)	20.0 b	46.2
<i>Pinus elliottii</i> (leaf)	11.2 c	69.9
<i>Murraya paniculata</i> (leaf)	8.6 cd	76.9
<i>Cinnamomum burmanni</i> (leaf)	7.6 cde	79.6
<i>Keteleeria davidiana</i> (leaf)	6.2 de	83.3
<i>Calocedrus macrolepis</i> (tree)	6.2 de	83.3
<i>Cryptomeria japonica</i> (leaf)	3.8 ef	89.8
<i>Cinnamomum micranthum</i> (leaf)	0.2 f	99.5
<i>Cinnamomum osmophloeum</i> (leaf)	0.0 f	100.0

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

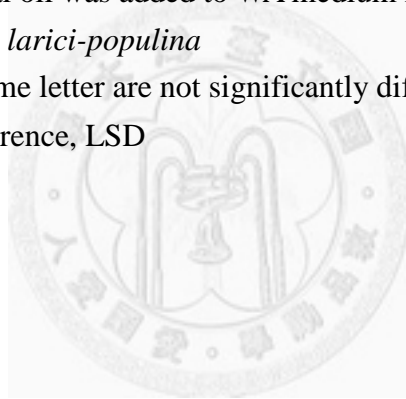


表 7. 銹病病原菌 *Melampsora larici-populina* 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 7. The rate of spore germination of *Melampsora larici-populina* in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	35.4 a ²⁾	---
<i>Calocedrus macrolepis</i> (leaf)	16.4 b	53.7
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (leaf)	10.4 c	70.6
<i>Pinus luchuensis</i> (leaf)	9.6 c	72.9
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (leaf)	0.0 d	100.0

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Melampsora larici-populina*

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



表 8.炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table 8. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	45.0 a ²⁾	---
Etridiazole	30.0 b	33.3
Kasugamycin + Carbendazim	29.2 b	35.1
Dimethomorph	18.0 c	60.0
Copper hydroxide. + Oxine-copper	13.6 cd	69.8
Potassium hydrogen carbonate	11.2 cd	75.1
Kasugamycin + Copper oxychloride	8.8 d	80.4
Fosetyl-aluminium + Chlorothalonil	7.6 d	83.1
Boscalid	5.0 d	88.9
Tecloftalam + Kasugamycin	4.8 d	89.3

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 9.炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table 9. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	42.0 a ²⁾	---
Difenoconazole	10.0 b	76.2
Polyoxorim	9.2 b	78.1
Pyraclostrobin	7.6 bc	81.9
Pyraclostrobin +Boscalid	6.6 bc	84.3
Pyraclostrobin + Dithianon	5.0 bcd	88.1
Epoxiconazole	4.4 bcd	89.5
Dimethomorph + Pyraclostrobin	2.0 cd	95.2
Mancozeb	0.6 d	98.6

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 10.炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.在各種殺菌藥劑處理的孢子發芽率

Table 10. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various fungicides

Fungicide	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	51.4 a ²⁾	---
Boscalid + Kresoxim-methyl	56.0 a	-8.9
Carbendazim	29.4 b	42.8
Hymexazol + Metalaxyl	25.0 bc	51.4
Chlorothalonil+ Metalaxyl-M	21.8 bcd	57.6
Dithianon	21.8 bcd	57.6
Cyazofamid	21.4 cd	58.4
Metrafenone	15.6 d	69.6
Oxine-copper	15.4 d	70.0
Fluazinam	1.0 e	98.1
Kresoxim-methyl	0.8 e	98.4
Hymexazol	0.8 e	98.4
Prochloraz	0.8 e	98.4

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 11. 炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 11. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	56.6 a ²⁾	---
<i>Citrus grandis</i> (peel)	48.0 b	15.2
<i>Melaleuca leucadendra</i> (leaf)	20.0 c	64.7
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (tree)	0.0 d	100.0
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (tree)	0.0 d	100.0
<i>Melaleuca alternifolia</i> (leaf)	0.0 d	100.0

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

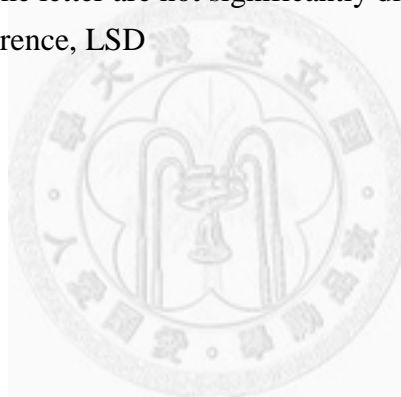


表 12. 炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 12. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	54.8 a ²⁾	---
<i>Taxodium distichum</i> (leaf)	62.4 a	-13.9 ³⁾
<i>Eucalyptus citriodora</i> (leaf)	55.8 a	-1.8 ³⁾
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (leaf)	29.8 b	45.6
<i>Eucalyptus robusta</i> (leaf)	0.8 c	98.5
<i>Juniperus chinensis</i> (leaf)	0.2 c	99.6

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

³⁾ The rate of spore was promoted in this treatment.

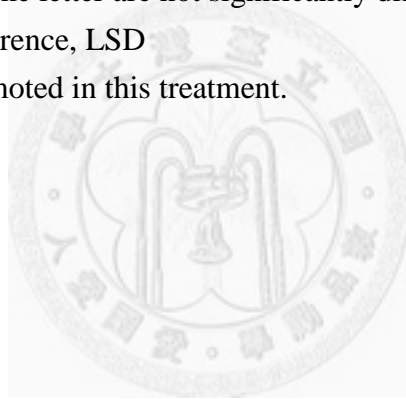


表 13. 炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 13. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	53.4 a ²⁾	---
<i>Cinnamomum micranthum</i> (leaf)	36.0 b	32.6
<i>Cinnamomum camphora</i> (leaf)	34.0 b	36.3
<i>Calocedrus macrolepis</i> (tree)	24.2 c	54.7
<i>Cinnamomum burmanni</i> (leaf)	23.2 c	56.6
<i>Keteleeria davidiana</i> (leaf)	14.0 d	73.8
<i>Pinus elliottii</i> (leaf)	8.4 de	84.3
<i>Murraya paniculata</i> (leaf)	7.4 e	86.1
<i>Cryptomeria japonica</i> (leaf)	5.8 e	89.1
<i>Cinnamomum osmophloeum</i> (leaf)	0.0 f	100.0

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 14. 炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 在各種精油處理的孢子發芽率

Table 14. The rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in various essential oil

Essential oil	Rate of spore germination (%) ¹⁾	Rate of spore inhibition (%)
ck	53.6 a ²⁾	---
<i>Calocedrus macrolepis</i> (leaf)	16.4 b	69.4
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (leaf)	16.4 b	69.4
<i>Pinus luchuensis</i> (leaf)	14.0 b	73.9
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (leaf)	0.0 c	100.0

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to WA medium for test the rate of spore germination of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



表 15.各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 生長抑制效率

Table 15. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various fungicides

Fungicide	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
Kasugamycin + Copper oxychloride	100.0 a ²⁾
Copper hydroxide. + Oxine-copper	100.0 a
Kasugamycin + Carbendazim	93.2 ab
Fosetyl-aluminium+Chlorothalonil	92.6 ab
Boscalid	84.3 bc
Tecloftalam + Kasugamycin	73.9 cd
Potassium hydrogen carbonate	64.6 d
Etridiazole	40.1 e
Dimethomorph	9.9 f

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding fungicide.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

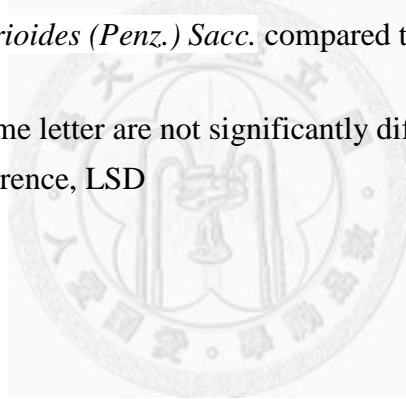


表 16.各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 生長抑制效率

Table 16. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various fungicides

Fungicide	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
Difenoconazole	100.0 a ²⁾
Pyraclostrobin + Boscalid	100.0 a
Epoconazole	100.0 a
Dimethomorph + Pyraclostrobin	85.3 b
Pyraclostrobin + Dithianon	69.6 c
Pyraclostrobin	56.4 d
Mancozeb	51.2 d
Polyoxorim	-4.7 e ³⁾

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding fungicide.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

³⁾ The mycelia growth was promoted in this treatment.

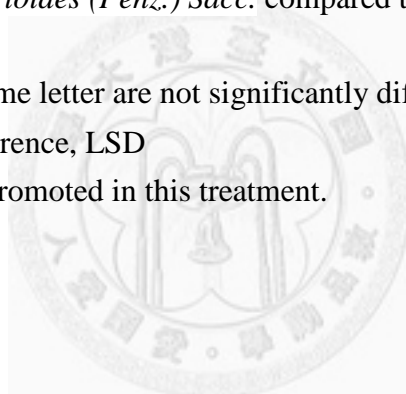


表 17.各種殺菌藥劑對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 生長抑制效率

Table 17. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various fungicides

Fungicide	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
Fluazinam	100.0 a ²⁾
Kresoxim-methyl	100.0 a
Boscalid + Kresoxim-methyl	100.0 a
Hymexazol + Metalaxyl	100.0 a
Prochloraz	100.0 a
Carbendazim	94.5 ab
Chlorothalonil+ Metalaxyl-M	73.5 abc
Metrafenone	65.8 bc
Oxine-copper	46.8 cd
Hymexazol	18.4 de
Dithianon	12.9 e
Cyazofamid	11.7 e

¹⁾ 1000 ppm of each fungicide was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding fungicide.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 18.各種精油對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.生長抑制效率

Table 18. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various essential oil

Essential oil	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (wood)	77.5 a ²⁾
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (wood)	67.9 b
<i>Melaleuca alternifolia</i> (leaf)	59.9 c
<i>Melaleuca leucadendra</i> (leaf)	58.3 c
<i>Citrus grandis</i> (peel)	46.8 d

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding essential oil.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



表 19.各種精油對炭疽病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.生長抑制效率

Table 19. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various essential oil

Essential oil	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
<i>Juniperus chinensis</i> (leaf)	-26.8 a ^{2) 3)}
<i>Chamaecyparis formosensis</i> (leaf)	-31.0 ab ³⁾
<i>Eucalyptus citriodora</i> (leaf)	-32.9 ab ³⁾
<i>Eucalyptus robusta</i> (leaf)	-38.6 b ³⁾
<i>Taxodium distichum</i> (leaf)	-56.0 c ³⁾

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding essential oil.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

³⁾ The mycelia growth was promoted in this treatment.

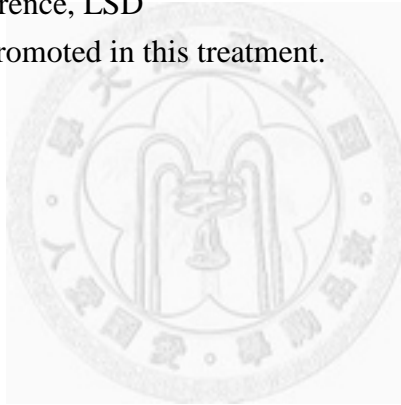


表 20.各種精油對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.生長抑制效率

Table 20. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various essential oil

Essential oil	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
<i>Cinnamomum micranthum</i> (leaf)	100.0 a ²⁾
<i>Cinnamomum osmophloeum</i> (leaf)	100.0 a
<i>Cryptomeria japonica</i> (leaf)	100.0 a
<i>Calocedrus macrolepis</i> (wood)	100.0 a
<i>Pinus elliottii</i> (leaf)	90.2 b
<i>Murraya paniculata</i> (leaf)	85.6 bc
<i>Cinnamomum burmanni</i> (leaf)	79.0 c
<i>Cinnamomum camphora</i> (leaf)	37.5 d
<i>Keteleeria davidiana</i> (leaf)	35.0 d

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding essential oil.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD

表 21.各種精油對炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.生長抑制效率

Table 21. Inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. by various essential oil

Essential oil	Inhibition of mycelial growth(%) ¹⁾
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (leaf)	100.0 a ²⁾
<i>Pinus luchuensis</i> (leaf)	100.0 a
<i>Calocedrus macrolepis</i> (leaf)	68.7 b
<i>Chamaecyparis obtuse</i> (leaf)	34.4 c

¹⁾ 1000 ppm of each essential oil was added to PDA medium for testing mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. compared to growing on PDA medium without adding essential oil.

²⁾ Values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Least significant difference, LSD



討論 (Discussion)

一、蟲害

巨型天牛在雲林四湖、元長及臺大山地實驗農場均有發現，雖然發生數量沒有咖啡木蠹蛾嚴重，但一隻天牛幼蟲只要鑽進植株內，即可造成死亡，在楊樹植株土表附近，難以看見天牛的排遺，多在植株中，排遺為木屑狀。在楊樹栽培上，世界各地天牛危害情況相當嚴重，為主要楊樹之害蟲，文獻記載以黃斑星天牛及光肩星天牛為主(周等，1995)。在雲林四湖地區所危害之天牛種類，多以星天牛為主，研判為害雲林四湖地區之天牛也為星天牛的一種。

在雲林四湖及東勢地區發現所發現之咖啡木蠹蛾危害情況嚴重，參考植物保護手冊推薦藥劑，於害蟲發生時採用 2.8% 第滅寧乳劑 (Deltamethrin) 稀釋 1,000 倍，每公頃每次施用 0.5 公升，每隔 15 天施藥 1 次，連續 3 次，2.5% 賽洛寧微乳劑 (Iambda-Cyhalothrin) 稀釋 1000 倍。未見良好成效，研判可能為此兩種藥劑為非系統性殺蟲劑，而蠹蟲多在植株內活動，故對咖啡木蠹蛾防治效果有限，或應觀察把握防治適期在卵孵化期，幼蟲尚未蛀食枝條前噴施，文獻記載為 4 月下旬及 9 月下旬(章，1984)，當仍應觀察該地狀況而判定。於田間進行咖啡木蠹蛾藥劑篩選試驗，其中加保扶水懸劑、納乃得溶液在施用後，發病程度沒有明顯改變，研判此兩種系統性藥劑防治咖啡木蠹蛾危害上，可能有一定防治效果，其中加保扶也常用來防治天牛危害;托福松粒劑施用後，危害程度雖有變嚴重，但不明顯;福賽絕乳劑、益達胺溶液、第滅寧水基乳劑、賽洛寧乳劑施用後，發病程度明顯變嚴重，可推斷此四種藥劑對咖啡木蠹蛾無防治效果。可再進一步加大樣本數進行加保扶、納乃得和托福松的藥劑篩選試驗，確認其防治效益。其中，第滅寧水基乳劑、賽洛寧乳劑為植物保護手冊上，推薦防治危害葡萄果樹之咖啡木蠹蛾施用藥劑，但在本次試驗中，不見防治效益，可再進行相關試驗以確認其防治效益，免得誤施用無效藥劑，浪費成本，徒增環境負擔。另可在冬季修剪時，

發現被害枝條即予剪除燒毀如欲保存被害植株，可注入1公撮之二硫化碳(CS₂)或氯化苦(Chloropicrin)於被害孔內，再以黏土封閉孔口(章，1988b)，楊樹亦為冬季休眠植物，可參考此防治方法，在冬季休眠時期修剪被害枝條。在物理防治方法上，發現被害枝條或植株時可將百步草(Stemona japonica Mig.)或鐵絲插入被害孔內刺死幼蟲，可達防治效果(Ramsden,2002)。生物防治上，記載咖啡木蠹蛾天敵有寄生蠅(Tachinids)及小繭蜂(Braconids)及寄生於幼蟲之白殭菌(*Botrytisbasiana Balisamo*)等。另外，幼蟲外出遷居時亦受螞蟻之傷害(Southwood,1978)。

小綠葉蟬整年發生，但楊樹有落葉期，無發現小綠葉蟬。當楊樹長出葉片，又見其蹤跡。其棲羣密度在高溫季節發生較多，7-10月為高峰期，溫度降低，其密度亦降，12月至次年4月為低峰期(Wilson, 1973)，植株繁茂陰涼有利其發生(溫和李，1985)。本蟲雖不會造成楊樹重大危害，但族群發生時可能會導致煤煙病，但當此蟲以刺口器吸食汁液時，分泌蜜路誘發煤病(Madsen,1969)，間接影響田間衛生。為維護田間衛生降低病蟲害發生，防治小綠葉蟬可使用2.8%賽洛寧乳劑(lambda-Cyhalothrin)每公頃使用0.5公升，稀釋2000倍，在苗期及生長初期施藥(張和張，1999)。於發生嚴重時可選擇45%硫敵芬化利(Thiodicarb+Fenvalcrate)可濕性粉劑1200倍或85%加保利(Carbaryl)可濕性粉劑800倍(陳和張，1995)。

黃斑椿象對楊樹危害情況不嚴重，造成危害為以銼吸式口器吸食葉片汁液，造成樹葉萎凋。在臺灣，主要在果樹上問題較為嚴重，因其會吸食果實，影響產量。若此蟲為害發生不多時，可於早晨以捕蟲網捕殺之(陳，1997)。若數量龐大，可試用加保利可濕性粉劑(費等，2010)。

小白紋毒蛾對楊樹造成危害情況為由葉緣咬食成切口，嚴重時吃盡葉片只剩葉脈，但因楊樹無花蕾形成、不開花、不結果，較其他經濟作物而言，造成經濟效益危害較低，但幼蟲成群危害，也會造成楊樹生長危害。物理性防治上可在每年4、5月間，注意摘除卵塊，並搜捕結於枝條間的繭蛹(章，2003)。化學藥劑

防治上，此害蟲對藥劑之感受性強，密度高時以高粱蚜蟲較廣效性之藥劑可兼防之，或參考使用 90% 納乃得(Methomyl)可濕性粉劑 3000 倍防治，使用農藥時特別留意，避免在高溫或強烈陽光下噴藥，且不可隨便提高濃度(陳和張，1995)。生物防治上，寄生於幼蟲之天敵包含寄生蠅科(*Tachinidae*) *Tachina larvarum* Linnaeus、姬蜂科的廣黑點瘤姬蜂(*Xanthopimpla punctata* Fabricus)、小繭蜂科的 *Apanteles posticae* Sonan 與毒蛾絨繭蜂(*Apanteles liparidis* Bouche)兩種及線蟲(*Nematoda*)DD-136 一種，共九種(章，2003)。

大避債蛾對楊樹造成的主要以葉片為主，大避債蛾幼蟲短期可將葉片啃食精光，楊樹無果實，對經濟效益影響較小。蟲害發生時期，隨時消滅蟲袋，尤其以雌蟲出現時為主(柯等，1995)。在楊樹冬季落葉時，修剪枝條時較摘除蓑巢效果收效更佳(章，2003)。成蟲具趨光性，可在夜間用燈光誘殺(章，2003)。化學防治上，在害蟲發生期可使用 80% 三氯松可濕性粉劑 600-800 倍或 50% 加保利可濕性粉劑 800 倍，噴灑一次即可(柯等，1995)。

在田間發現格斯特家白蟻危害情況並不多見，並無造成廣泛蔓延情形，但有白蟻危害植株，根部會因白蟻啃蝕而造成植株生長衰弱進而死亡。可施放化學藥劑在土壤和白蟻之間，如氟鈴脲(Grace,1996)。或在樹木之空心樹幹、枯死樹幹等遭受白蟻危害部份都要灌注液體殺白蟻稀釋藥劑。白蟻除了危害木本植物，對於木材建築危害更是常見，近年來國內外發展蟻巢滅系統 Sentricon Colony Elimination System，可以分為地上型餌站、地下型餌站，在適當地點架設餌站後，置入紙捲、白楊木木條引誘白蟻前來，發現白蟻蹤跡後，將誘餌更換為主成分為六伏隆(hexaflumuron)的昆蟲生長調節劑，讓工蟻藉由互相交哺、舔舐，將藥效擴散到整個族群(Su, 2003)，以進行防治。

在楊樹上，螺旋粉蝨主要造成的危害為吸食樹葉汁液，數量太多，覆蓋在樹葉面積過大時會影響光合作用。以物理性防治的方法以水柱沖洗附著葉片上之蟲體(Kessing, 2006)或適時清園、割除下方老葉，促進通風以減少蟲害 (Anonymous,

1980)。化學性防治方法上有以肥皂等清潔劑稀釋液約 1,000 倍液噴施葉背 (Kessing, 2006)。而若使用使用系統性殺蟲劑，防治在同一植物上的宿主害蟲時，也可暫時降低螺旋粉蝨危害情況 (Waterhouse and Norris, 1989)。在生物防治方法上，國外以寄生蜂 *Encarsia dispersa* 可有效防治 (Lambkin, 2004)。

潛葉蛾 *Phyllocnistis citrella* 在調查的楊樹區域，發生情形少，並無造成重大危害，應此蟲危害主以葉部為主，故不必針對此蟲加以防治，但若發生期況嚴重時，化學藥劑防治上，可使用 25% 芬若克可濕性粉劑 2000 倍、50% 陶斯松可濕性粉劑 1500 倍、25% 佈飛賽滅寧乳劑 1000 倍或 30% 福隆納乃得水懸劑 1500 倍，噴灑一次即可。但一旦幼蟲蛀入葉肉內，藥劑防治效力會大幅降低 (費，2010)。在生物防治方法上，在潛葉蛾幼蟲期可採用串繭跳小蜂 (*Ageniaspis citricola* Lagvinorskaya)，黃絨蜂 (*Cirrospilus ingennus* Gahan) 和黑絨蜂 (*Tetrastichus* sp.) 三種寄生性天敵 (Hoy, 2000)。夏季後，潛葉蛾幼蟲被寄生率高達 90%，所以秋芽時期因有天敵有效控制，此期不必施藥防治潛葉蛾 (羅，2003)。

二、病害

楊樹葉銹病是楊樹上發生最普遍、危害最嚴重的葉部病害。在所調查的雲林地區上，每一棵楊樹幾乎都有銹病，在入秋九月時，開始出現，楊樹落葉後，在三、四月新冒出的新葉，還可以看見銹病發病的情況，但情況不嚴重，隨著氣溫越來越高，發生情況越來越少。銹病發病情況雖然相當嚴重，但不會造成楊樹死亡，但銹病還是會導致葉片枯萎使葉片提早掉落，削弱樹勢，影響生長量。感染白楊樹種的銹病菌，文獻上指出，比較常見到為馬格柵銹菌 *M. magnusiana* Wagn 及楊柵銹病 *M. allii-populina* Kleb (袁，1997；Newcombe *et al.*, 2000；Innes *et al.*, 2004)，而本次在雲林地區所發現的銹病菌為松楊柵銹菌 *M. larici-populina* Kleb。在大陸地區廣泛使用於造林的幾個楊樹的品系上，指出青楊品系感染銹病的情況

最為嚴重，白楊品系的樹種對銹病的耐病能力最好，因此常被選育作為抗病育種(韓等，1997)，而在台灣楊樹上所見，楊樹的銹病發病情況嚴重，與臺灣溫度、濕度影響密切，又臺灣楊樹為無性繁殖，難以使用雜交育種方式來作為抗病基礎。

從楊樹病葉中分離出的鏈格孢屬病原菌*Alternaria tenuis* Nees，是主要造成楊樹葉枯病的病原菌之一，在本研究調查中，尚未發現台灣楊樹葉枯病的情形，而在大陸造林地上，葉枯病危害嚴重(徐等，2009)，楊樹葉枯病是一種喜高溫、高濕的病害，一般多在夏季多雨時發生嚴重，故在台灣夏季應該可以發現。也可能因為雲林四湖地區風大，種植上也不算密植，林地通風，降低了葉枯病發生機率。若發現葉枯病情況，在楊樹冬季落葉時，可清除落葉和病枯稍，隔年春季休眠結束時，可以減少浸染病原。在大陸地區，當葉枯病發生嚴重時推薦防治藥劑75%百菌清(chlorothalonil)稀釋500倍;40%乙磷鋁(fosetyl-aluminum)(徐等，2009)。

另在調查地區有發現楊樹葉斑病，但尚未分離出主要引起楊樹葉斑病的殼針孢菌(*Septoria*)類病原菌，在此次調查中，引起台灣楊樹葉斑病也可能為病原菌*Alternaria tenuis* Nees，葉斑病在臺灣楊樹上主要在入冬前發現，初春的時候可能會出現輪斑病，防治方法上，可在入冬前收集病落葉並燒毀，以減少越冬菌原，適當減少種植密度，使林內通風透光，並改善林地排灌設施，降低林內濕度。在化學藥劑防治上，大陸地區推薦楊樹葉斑病用藥65%鋅乃浦稀釋250倍在發病初期噴用(韓等，1997)。

在台灣楊樹莖部所分離出的長喙殼菌類真菌*Ophiostoma quercus*，對楊樹所造成主要為害情況為造成楊樹莖部藍染現象，發生情況廣泛，但未見對楊樹生長造成重大影響，此病菌雖為弱病原性真菌，不會造成楊樹重大生命危害，但因楊樹為主要造紙原料木材，當*Ophiostoma quercus*造成木材藍染現象或木質受損情況時，對造紙產業的成本大幅提高。故此真菌在楊樹產業面是一衝擊經濟的重要病害。且此菌種也不能排除在乾旱、高密度小蠹蟲、若病原真菌、及衰弱寄主共

同協力作用下造成植株重大危害(陳和李, 2011)。目前參考前人文獻指出, 此類真菌與小蠹蟲共生關係緊密, 也即是傳播主要是依賴小蠹蟲, 而經常是由空氣、雨水、或其他昆蟲所攜帶(Krokene and Solheim, 1996; Stauffer *et al.*, 2001)。故能夠觀察在台灣楊樹上是否有小蠹蟲為害, 並了解小蠹蟲在楊樹上共生之長喙殼菌類真菌, 或許有助於防治工作進行。

在調查的地區中, 並未發現炭疽病發生情形, 在從雲林四湖地區苗圃所帶回之楊樹枝條進行扦插, 在苗木時期發生了炭疽病害, 可能在溫室及實驗室環境濕度高, 誘發了在楊樹炭疽病病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 發生, 該病菌屬於高溫、高濕病害(韓等, 1997)。文獻記載楊樹在苗圃和幼林中易發生炭疽病(袁, 1997)。在接種試驗中, 接種後要以套袋保濕, 才可使炭疽病發病, 顯示出濕度對炭疽病菌的影響很大。觀察溫室中苗木發病情況, 在濕度高的時期, 發病率高達八成, 發病後兩星期病原菌從整株植株葉片擴散至枝條, 成壞疽狀而植株死亡, 死亡率百分之百。對臺灣楊樹而言是一危害嚴重的病害, 在楊樹苗期就直接衝擊楊樹生長發育。

從雲林四湖地區苗圃所帶回之楊樹枝條進行扦插, 在苗木時期發現了楊樹基部腐爛的現象, 並發現 *Fusarium* 類菌絲, 進行病原菌分離, 純化出了 *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. *F. solani* 亦為重要之植物病原真菌 (Leslie and Summerell, 2006), 危害許多作物, 造成經濟上很大的損失 (Pegg *et al.*, 2002)。在溫室苗木中, 由 *F. solani* 引起的楊樹真菌病害情況不普遍, 傳染率不高, 可能因為此病菌感染需要傷口。此病菌在幼苗移植後發病率高(韓等, 1997), 可能在移植後對根系造成傷害大, 誘使楊樹植株發病, 故在防治工作上, 從栽培管理做好, 可降低植物發病情況, 修剪枝條以促進根系的生長, 避免水分及肥力不足, 可利用生根劑刺激根系生長, 提高植株吸收水分效率。

在台大山地實驗農場-梅峰所種植的白楊樹中, 發現藻斑病, 此病害目前在楊樹上, 國外及大陸地區都沒有看見文獻記載發生, 而在台灣也只有梅峰有發

現，在雲林地區並未發現，可能與梅峰所處地理位置雨量充沛有關，因藻斑病主要發生在熱帶及亞熱帶多雨的地區。在楊樹葉片上廣泛可見藻斑病發生情況，但不見對楊樹生長造成重大危害，藻斑病在不同的寄主植物上所引起的病徵大致相同，病徵大小依植物種類不同或氣候狀況有一些差異。也可從其他寄主上的藻斑接種到楊樹上，在防治方法上，以加強栽培管理為主，包括合理施肥、適度修剪、清除病葉、避免過度遮蔭、力求通風透光來提高植株抗病性。藥劑防治上可施用波爾多液噴灑防治之（廖，1988）。

在雲林四湖地區發現到的莖枯病又可稱作楊樹擬莖點菌潰瘍病，在發病植株的枝條上可見黑色的莖點徵發生情況不普遍，在較大的植株上，發病植株有時可自行形成癒傷組織，自行恢復正常生長，這可能和植株本身大小，生理健康狀況有關，在幼嫩的植株上發病的，幾乎最後都潰爛死亡，此病害為近年來大陸地區造林失敗的嚴重病害之一，其中根據研究文獻指出，白楊派品系抗病效果最佳(袁，1997)。這可能也是台灣楊樹莖枯病林間危害不普遍的因素之一。有研究報告指出，該病菌會以菌絲體在當年受侵染的枝條表皮內越冬，為主要翌年發病的感染原(钟等，1993)，故在防治上，在楊樹冬季進入休眠時，徹底燒毀病枝條，減少侵染原，應可達到一定防治效果。有推薦採用40%福美砷、70%甲基多保淨(thiophanate-methyl)等稀釋200倍進行刮破病斑塗抹，可有效防治(袁，1997; 钟等，1993)。

在雲林地區的楊樹普遍都可以看到灰黴病危害的情況，雖然不會造成楊樹植株的死亡，主要影響葉片，但染病葉片易枯萎掉落，且有影響觀瞻，灰黴病在台灣是一個常見的病害，寄主範圍廣泛，在低溫高濕的環境下容易發病，當氣候乾燥時，灰黴病即有改善，故林間的濕度是影響該病害發生的關鍵，防治工作上應注意林地的整地和排水設施，避免積水使苗圃和林地濕度過大，並適當疏植，維持林間的通風狀況，

臺灣楊樹為落葉喬木，入冬前會進行休眠，以目前台灣天候條件，楊樹約在

12月至翌年1月進入休眠，3-4月開始抽新芽，很多的葉部病害可利用此特性，在落葉期時進行清園動作，銷毀病葉，以減少越冬病源。在林間栽培管理上，種植時應避免密植、做好灌溉排水設施，才可使林間盡量保持通風、乾燥，降低濕度，減少病原菌發病機會。適度的修剪枝條，可以調節樹體水分，增進根系生長，促進植株生理功能，增強楊樹的抗病能力。在抗病育種上，臺灣楊樹因為三倍體，不會結種子，故皆為無性系，育種方法上需藉由組培苗發生個體變異以進行篩選，或藉由基因轉殖方式，但需先確定目標抗病基因才可有效率達到抗病育種的目標，現況下，以栽培面向的操作及配合殺菌劑的使用為現行抗病基本工作。

亦可考慮在林間附近種植對楊樹的病蟲害上含有效抗病抗蟲的精油成分之作物，如土肉桂或澳洲茶樹等，以期達到一些驅蟲抗病的防治效果，但要注意之間是否有共同病原菌造成侵染。

三、銹病菌之防治藥劑苗木篩選試驗

本試驗中，對銹病病原菌孢子發芽抑制效果佳的藥劑有克收欣、白列克收欣、快得寧、碳酸氫鉀、白列克敏。接種試驗結果，此五種藥劑對銹病皆有預防性防治效果，其中克收欣、白列克收欣對銹病有抑制效果，快得寧、碳酸氫鉀、白列克敏抑制效果不彰。在殺菌劑使用上，除了碳酸氫鉀有見推薦用於番茄、瓜類、枸杞等作物銹病的防治用藥，其餘未見用於使用在銹病防治推薦用藥上，其中克收欣為史托比類殺菌劑具系統性，防治病原菌的機制主要是影響細胞的呼吸作用，造成病原菌孢子發芽受到抑制並阻礙孢子侵入葉片危害作物。另外克收欣也有抑制病菌產孢及瓦解菌絲的效果，造成病菌無法繼續傳播及擴展，而白列克收欣為白列克加克收欣之混合藥劑，作用機制雷同於克收欣，此類藥劑施用於銹病菌的防治上，可有效抑制並阻礙孢子侵入葉片，達到預防效果，也可抑制病菌產孢及瓦解菌絲，對銹病亦有治療效果，有效抑制銹病菌發病情況惡化，因此，此兩種

藥劑在楊樹的銹病防治工作研究上，可再進一步的進行試驗，設計出有效的防治方法和施用細則。但因碳酸氫鉀為無毒害的使用藥劑，若在進一步的田間防治工作施用，對銹病有一定程度的預防性防治效果，有效降低銹病的危害，在環境的負荷考量上，碳酸氫鉀是一個值得考量的推薦藥劑。雲林地區所種植之楊樹地區，林地經營者在銹病發生時，以23% 亞托敏水懸劑稀釋2000倍每兩星期一次，連續三次，有明顯的防治效果。亞托敏為許多植物銹病防治之推薦用藥，亦為史托比類殺菌劑，作用效果雷同克收欣。

三、銹病菌之防治精油苗木篩選試驗

本次試驗所抽取的精油為臺灣易取得的木材或樹葉，希望能找出實用與經濟價值和殺菌劑有一樣殺菌效果的天然化合物，對環境的負荷能大幅降低，在銹病防治試驗上發現大葉桉葉子精油、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、紅檜木材精油、土肉桂葉子精油、錫蘭肉桂葉子精油、牛樟葉子精油對銹病病原菌孢子發芽抑制效果佳。幾乎都可使銹病孢子不發芽，顯示出精油所含化合物對銹病孢子具有抑制作用，可進一步進行精油抽出物生物活性試驗。此八種精油對銹病皆有預防性防治效果，都可成功使孢子不侵入葉片，造成感染。但孢子侵入葉片後，只有檜木木材精油及土肉桂葉子精油對銹病產孢或菌絲生長有抑制效果，可以進一步比較檜木木材精油及土肉桂葉子精油內含化合物與其他六種精油異同。如目前研究上已指出茶樹精油分離部中的含氧單萜類化合物Terpinen-4-ol及 α -Terpineol皆為有效的抗真菌成份(Carson and Riley,1995;Raman *et al.*,1995)。在本試驗中，茶樹精油可成功使孢子不侵入葉片，造成感染，但對銹病發病後的抑制效果不如檜木木材精油及土肉桂葉子精油。而土肉桂葉子精油，近來年做了很多大量的研究，指出土肉桂葉子精油的抽出物及其主要成分— 桂皮醛 (Cinnamaldehyde) 具有極佳的抗細菌 (Chang *et al.*,2001; Chang *et al.*, 2008)、

抗白蟻(Chang and Cheng,2002)、抗腐朽菌(Wang *et al.*, 2005; Cheng *et al.*,2006 ; 2008b ; Yen and Chang, 2008)、抗植物病原菌(Lee *et al.*, 2005)、抗蟎(陳品方等, 2002)、抗發炎(Chao *et al.*, 2005)等活性。而檜木木材精油尚未看見相關已針對抗真菌試驗的化合物成分探討，可進一步進行抽出物成分分析比較。

四、炭疽病菌之防治藥劑苗木篩選試驗

對炭疽病病原菌孢子發芽抑制效果較佳的藥劑則有克收欣、殺紋寧、扶吉胺、撲克拉、鋅錳乃浦。另外在藥劑對炭疽病病原菌生長抑制效率上，扶吉胺、克收欣和撲克拉的生長抑制率可達 100 %，鋅錳乃浦的生長抑制率為 56.4 %，殺紋寧的生長抑制率僅為 18.4 %。

接種試驗結果扶吉胺、鋅錳乃浦能有效地預防炭疽病的發生，而扶吉胺、撲克拉、鋅錳乃浦對炭疽病有抑制效果。故扶吉胺與鋅錳乃浦在楊樹苗木皆種試驗上結果得知，此兩種藥劑可有效率地防治楊樹苗木時期炭疽病的發生。

扶吉胺為檬果、蓮霧、梨、枇杷和無花果等多種經濟果樹、木本植物在炭疽病上的主要推薦用藥，在本次試驗中，發現扶吉胺可有效預防炭疽病感染楊樹植株葉片，具有預防性防治效果，其對炭疽病病原菌生長抑制率可達 100%，接種炭疽病後，施用扶吉胺，接種炭疽病植株無發病，可見扶吉胺可有效抑制病菌生長、產孢。另外扶吉胺也是一種常見的殺蟎藥劑，但要小心對新葉易產生藥害。鋅錳乃浦為有機硫黃類廣效性殺菌劑，對大多數真菌性病害都有極佳的預防效果，可防治由藻菌類，子囊菌類，擔子菌類，不完全菌等所引起之許多病害，根據統計，2003年鋅錳乃浦在我國年使用量高達1,014公噸(方麗萍, 2004)，為殺菌劑用量的第一名。鋅錳乃浦也是許多果樹在防治炭疽病上的主要用藥，如番石榴、蓮霧、楊桃、檬果和無花果等，在施用鋅錳乃浦於楊樹苗木炭疽病防治上，鋅錳乃浦可有效預防炭疽病發生，在接種後施用，苗木也無發病情況。但在推薦用藥說

明上，鋅錳乃浦無滲透移行性只具保護作用，所以施藥時必須把握未發病或剛開始發病，即要開始施藥。故當楊樹苗木炭疽病發生嚴重時，鋅錳乃浦防治效果可能沒有扶吉胺有效，扶吉胺的生長抑制率可達100%，鋅錳乃浦的生長抑制率為56.4%。在大陸地區楊樹炭疽病農藥防治上，用65%可濕性粉劑代森鋅(zineb)、退菌特(Tuzet)和甲基托布津(thiophanate-methyl)，每隔10-15天噴灑，連續3-4次，均可取得良好的防治效果(袁，1997)。

五、炭疽病菌之防治精油苗木篩選試驗

對炭疽病病原菌孢子發芽抑制效果較佳的精油有大葉桉葉子精油、澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、紅檜木材精油、土肉桂葉子精油、錫蘭肉桂葉子精油，龍柏葉子精油。

另外在精油對炭疽病病原菌生長抑制效率上檜木精油的生長抑制率可達77.5%，扁柏精油的生長抑制率可達67.9%，澳洲茶樹的生長抑制率達59.9%，龍柏精油為負生長抑制率達-26.8%，大葉桉精油為負生長抑制率達-38.6%，土肉桂葉子和錫蘭肉桂葉子精油的生長抑制率可達100%。其中龍柏精油和大葉桉精油的生長抑制為負生長，顯示此兩種精油對炭疽病菌絲有促進生長的作用。

在楊樹苗木接種試驗上，大葉桉精油能有效地預防炭疽病的發生，研判大葉桉精油可讓病原菌孢子發芽受到抑制並阻礙孢子侵入葉片危害楊樹植株。但在接種發病後，無法抑制炭疽病菌絲生長，達到防治效果。

而龍柏精油，在炭疽病病原菌生長抑制效率上為負生長，會促進炭疽菌絲生長，照理說在炭疽病感染楊樹植株後，龍柏精油無法抑制菌絲生長，而無法達到防治效果，發病情形應日漸嚴重。但在苗木接種試驗上，接種炭疽病後的植株，在噴施龍柏精油後，與對照組相比，發病情況減緩。可能龍柏精油雖然未能抑制菌絲生長，但能誘發楊樹苗木的耐病性或抗病性，如離層形成或膠質的形成，或

誘導楊樹植株酚類化合物增加和產生植物抗菌素，可進一步進行精油抽出物生物活性試驗，與其他精油之抽出物作比較。

土肉桂葉子和錫蘭肉桂葉子精油的生長抑制率可達 100 %，孢子抑制率也可達 100 %，但在苗木接種試驗上，效果不比澳洲茶樹葉子精油、扁柏木材精油、檜木木材精油、龍柏葉子精油好，也可能為試驗樣本數量不夠大，造成觀察上有一些評估的誤差。而實驗室環境、溫室環境、田間環境諸多因素也可能造成試驗上結果的落差。

除了藥劑防治上，改善環境避免密植，增加日照及通風降低栽培環境的濕度可減少本病的發生。修剪下部枝條，將病葉、病枝燒毀或翻入土中減少病菌數量。危害嚴重的地區，建議將楊樹林放葉，一周後進行藥劑噴灑。



參考文獻(References)

- 尹華文. 1991. 不同營養系之省產土肉桂葉部精油收率及成分組成之差異. 中華林學季刊 24:83-104.
- 方麗萍. 2004. 2002 - 2003 年台灣農藥市場資料. <<http://www.ag168.com/>>.
- 王佩瑾、安寶貞、洪巧珍、袁秋英、黃振聲、溫宏治、蔡志濃、蔡恕仁、鄧永興、鄧汀欽. 2006. 荔枝保護. p. 20. 刊於：鄧汀欽編著. 植物保護圖鑑系列 16. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局. 臺灣.
- 古喬云. 2007. 柳杉精油及成分抗細菌活性之研究. 國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士學位論文. 臺北. 包容. 2011. 大蒜精油對人類皮膚黑色素細胞癌之抑制活性與機制探討. 國立臺灣大學食品科技研究所碩士論文. 臺北.
- 田佩玲、劉廷彥. 2011. 臺大實驗林常見天牛(中文版), 摺頁. 教育推廣書刊 73 號.
- 吳子淦、林珪瑞. 1998. 基徵草蛉(膜翅目：草蛉科)對柑橘潛葉蛾(鱗翅目：潛葉蛾科)寄生蜂之影響. 中華昆蟲 18:13-25.
- 吳金村、王昭鈞. 1990. 台灣扁柏與紅檜心材精油之抗菌活性. 國立中興大學農學院實驗林研究報告 12:187-192.
- 吳蘭林. 1975. 葡萄重要害蟲-咖啡木蠹蛾. 臺灣農業 11:117-122
- 林正忠. 1984. 熱帶果樹的藻斑病. 豐年 34:38-39.
- 林宗俊、黃振文、謝文瑞. 2003. 台灣廣葉杉萎凋病相關長喙殼菌之鑑定. 植物病理學會刊 12:33-42.
- 易希陶. 1971. 經濟昆蟲學(下篇). 國立編譯館. 臺北. 臺灣.
- 周文一. 2005. 臺灣與中國大陸姬花天牛屬之分類研究. 國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文. 臺北.
- 柯勇、黃振文、葉金彰、童伯開、劉添丁、鄭明發. 1995. 落葉果樹病蟲害圖鑑. 臺灣省農林廳. 臺灣. p. 74.

- 袁嗣令. 1997. 中國喬、灌木病害. 科學出版社. 北京. 中國人民共和國.
- 章加寶. 1984. 葡萄咖啡木蠹蛾(*Zeuzera coffeae* Nietner)之形態及其生活史. 植保會刊 26:145-153.
- 章加寶. 1988a. 葡萄主要害蟲之生態與防治. 果樹害蟲綜合防治研討會中華昆蟲特刊 2:11-31.
- 章加寶. 1988b. 葡萄咖啡木蠹蛾防治效益評估. 中華昆蟲 8:51-64.
- 章加寶. 2003. 葡萄保護. p. 21-23. 刊於：章加寶編著. 植物保護圖鑑系列 11. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局. 臺北.
- 陳人璋. 2009. 輸美蝴蝶蘭園之真菌相調查記蝴蝶蘭黃葉病菌. 國立中興大學植物病理學系碩士學位論文. 臺中.
- 陳文雄、張煥英. 1995. 農作篇(三). p. 299-303. 刊於：葉瑩編著. 臺灣農家要覽. 臺灣.
- 陳仁昭. 1997. 南部地區山地作物病蟲害圖鑑. 國立屏東技術學院. 屏東.
- 陳品方. 2000. 台灣杉與土肉桂精油及其成分之生物活性. 國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文. 臺北.
- 陳品方、張上鎮. 2002. 木材精油應用於環保防黴品之研製. 中華林學季刊 35:69-74.
- 陳品方、張上鎮、吳懷慧. 2002. 土肉桂葉部精油及其成分之抗蟎活性. 中華林學季刊 35:397-403.
- 陳啓予、李奇峰. 2011. 小蠹蟲及其共生真菌與植物病害之關係. 農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會專刊. p. 165-174.
- 陳滄海. 1978. *Cephaleuros* 屬所引起之三種重要果樹之新病害. 屏東農專植保學會會報 2:29-34.
- 陳靖宜. 2011. *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana* 扁柏精油誘導 A549 人類肺癌細胞凋亡與抑制細胞轉移之研究. 私立中山醫學大學應用化學系碩士班學

- 位論文. 臺中.
- 陳嘉琳. 2004. 薑精油對肝癌細胞及正常肝細胞生理機能之影響. 國立臺灣大學食品科技研究所碩士學位論文. 臺北.
- 張惠婷、吳季玲、張上鎮. 2005. 台灣肖楠精油與抽出物之抗真菌與抗細菌活性評估. 中華林學季刊 38:119-126.
- 張清安、張德前. 1999. 豆菜類-長豇豆. 蔬菜病蟲害綜合防治專輯. 臺灣省政府農林廳編印. p. 12-14.
- 許雅青. 2007. 土肉桂葉子精油及其成分應用於防黴紙之研製. 國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文. 臺北.
- 黃尹則. 2011. 台灣長喙殼菌及相關類群真菌之鑑定. 國立中興大學植物病理學系碩士學位論文. 臺中.
- 黃基修. 2004. 黑翅土白蟻(等翅目：白蟻科)的蟻巢和群體結構. 私立東海大學生物系碩士論文. 臺中.
- 黃樹立、趙軒. 2003. 薰香醫學—人體自然療法. 磨坊文化事業有限公司. 臺北. 臺灣.
- 費雯綺、王喻其. 2007. 糧食作物及其他篇. p. 96. 刊於：費雯綺、王喻其編著. 植物保護手冊. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所. 臺中.
- 費雯綺、王喻其、陳富翔、林曉民、李貽華. 2010. 果樹篇. p.395-398. 刊於：費雯綺、王喻其編著. 植物保護手冊. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所. 臺中.
- 葉士財、陳啟吉、柯文華、廖君達. 2007. 中部地區柑橘病蟲害圖說. 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印. p. 100.
- 葉士財、郭建志、廖君達、柯文華、趙佳鴻、白桂芳. 2010. 中部地區經濟竹類病蟲害圖說. 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印. p. 84.
- 葉士財、廖君達、郭建志、柯文華、白桂芳. 2010. 枇杷病蟲害管理手冊. 臺中

- 區農業技術專刊 175 號. 臺中.
- 葉書吟. 2005. 土肉桂葉子精油之化學多態性及其 DPPH 自由基清除能力之探討. 私立中國文化大學生活應用科學研究所碩士論文. 臺北.
- 溫宏治. 1995. 螺旋粉蝨之生態與防治. 興農 37:84-87.
- 溫宏治. 2004. 蓮霧保護. p.46. 刊於:溫宏治編著. 植物保護圖鑑系列 14. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局. 臺北.
- 溫宏治、李錫山. 1985. 番石榴嫩梢害蟲發生消長及其防治. 中華農業研究 34:105-109.
- 溫宏治、許洞慶、陳秋男. 1977. 螺旋粉蝨之綜述. 植物保護學會會刊 39:139-149.
- 楊平世. 1988. 昆蟲的生活. 臺灣省立博物館出版部. 臺北. 臺灣.
- 廖健雄. 1988. 花木果病蟲害防治. 五洲出版社. 臺灣.
- 臺灣行政院農業委員會動植物防疫檢疫局. 2012. 農藥資訊服務網.
<http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem3.aspx>.
- 劉玉章. 1959. 咖啡木蠹蛾之生活習性及其寄主植物. 臺中省立農學院植病學會. 臺中. 臺灣.
- 劉如芸. 2006. 六種化學品系土肉桂葉子精油抗細菌、腐朽菌、病媒蚊幼蟲及室塵蟎活性. 國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文. 臺北.
- 蔡雲鵬. 1991. 臺灣植物病害名彙(修訂三版). 植保學會及植病學會發行. p. 604.
- 蔡竹固、黃啟鐘. 1997. 嘉義高山茶區病蟲害及其防治. 國立嘉義技術學院農業推廣委員會. 嘉義. 臺灣.
- 蔡淳淳. 2003. 臺灣地區白蟻(等翅目)之分類研究. 私立東海大學生物學系博士論文. 臺中.
- 蔡淳淳、陳錦生. 2000. 白蟻之生態及防治. p. 199-210. 刊於:蔡純純、陳錦生編著. 居家害蟲生態與防治技術. 國立中興大學農業推廣中心. 臺中.
- 鄭森松、張上鎮. 2001. 柳杉精油之抗白蟻活性. 國立臺灣大學森林學術論文發表

- 會. p. 213-221.
- 錢景泰. 1999. 螺旋粉蝨之發生與防治. 永續農業—作物蟲害非農藥防治專輯. 11:11-14.
- 韓一凡、鄭世偕、曾大鵬、高瑞桐. 1997. 楊樹產業栽培與病蟲害防治. 今盾出版社. 北京. 中國人民共和國.
- 謝煥儒. 1980. 臺灣木本植物病害調查報告(三). 中華林學季刊 13:129-139.
- 謝煥儒. 1981. 臺灣木本植物病害調查報告(四). 中華林學季刊 14:77-85.
- 謝煥儒. 1985. 臺灣木本植物病害調查報告(九). 林業試驗所研究報告 445:1-9.
- 謝煥儒、傅春旭. 1999. 福山植物園發現之植物藻斑病. 中華林學季刊 32:135-139.
- 謝瑞忠、鍾森田、王守範. 1986. 省產杉木精油抗菌活性之研究. 臺灣省林業試驗所報告 464:1-5.
- 顏福成. 1979. 小綠浮塵子生態及防治研究. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報 12:54-67.
- 羅幹成、邱瑞珍. 1986. 臺灣柑橘害蟲及其天敵圖說. 臺灣省農業試驗所特刊 20:50-53.
- 羅幹成. 2003. 柑橘保護. p. 71-74. 刊於: 羅幹成編著. 植物保護圖鑑系列 9. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局. 臺北.
- 嚴奉琰. 1973. 臺灣害蟲之天敵. 臺灣大學植物病蟲學系出版. 臺北. 臺灣.
- 王愷、王金林. 1987. 楊樹資源的加工利用問題. 木材工業 1:39-45.
- 王愷、袁东岩. 2003. 木材工業與林業跨越式發展. 木材工業 1:1-4.
- 叶克林、王金林. 2003. 人工林楊樹木材的加工利用. 木材工業 1:5-10.
- 刘贤德、贾秀贞. 1988. 爛皮病、十斑吉丁蟲危害毛白楊的灰色關連度分析. 森林病蟲通訊 4:26-27.
- 李伶俐、韓正敏、呂明亮、应国华. 2009. 楊樹枯萎病菌茄類鐮刀菌的生物學特性. 林業科技開發 23:51-54

- 李忠正、姚光裕、张大同、薛国新. 1984. 意大利楊木制漿造紙性能的研究—鹼性亞硫酸鈉-蒽醌法. 南京林業大學學報 1:60-67.
- 周生賢. 2001. 全球生態危機與中國林業跨越式發展. 中國林業 6:3-9.
- 周嘉熹、于新文、邵崇斌、黃林. 1995. 楊樹天牛綜合管理專家系統. 西北林學院學報 2:51-56.
- 岳海梅、張榮、孫廣宇. 2007. 小孢子鏈格孢 endoPG 基因核苷酸序列分析及系統發育研究. 菌物學報 26:202-210.
- 賀偉、任飛娟、郭利民、李永、常聚普. 2009. 歐美楊潰瘍病的病原鑒定. 林業科學 45:104-108.
- 楊敏生、秦安臣、丛金山. 1997a. 白楊雙交無性系抗旱性鑒定研究. 河北農業大學學報 1:17-23.
- 楊敏生、裴保華、朱之悌. 1997b. 水分脅迫下白楊無性系生理和生長的數量遺傳分析. 北京林業大學學報 2:50-56.
- 楊敏生、裴保華、朱之悌. 1999. 水分脅迫下白楊派雙交無性系主要生理過程研究. 生態學報 3:312-317.
- 楊敏生、梁海永、王進茂、張世紅. 2002. 水分脅迫下白楊雙交雜種無性系苗木生長研究. 河北農業大學學報 4:1-24.
- 鄭睿賢. 1995. 楊木應用技術研究. 林業科技通訊 4:19-20.
- 趙桂華、李德偉、吳玉柱、管斌. 2005. 長喙殼 *Ceratocystis sensu lato* 真菌引起的楊樹病害. 中國森林病蟲 24:28-31.
- 鍾兆康、趙敏、袁志文、李連芝、陳玉文. 1993. 楊樹擬莖點菌潰瘍病的研究. 應用生態學報 4:22-26.
- 鍾兆康、高雅. 1981. 楊樹水泡型潰瘍病菌的致病性研究. 植物病理學報 11:53-56.
- 徐梅卿、周旭東、朴春根. 2009. 中國不同栽培區楊樹品系及其病害種類. 林業科學研究 22:705-714.

- Melissa studio. 2002. 精油全書-芳香療法使用小百科. 商周出版. 臺北. 臺灣. p. 34.
- 今村博之. 1983. 木材加工と抽出成分. p. 76-88. 刊於:今村博之等編著. 木材利用の化學. 共立出版株式會社. 日本.
- Ainsworth, G.C. 1976. Introduction to the history of mycology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 359pp.
- Angeles, J.G.C., A.C. Laurena, and E.M. Tecson-Mendoza. 2005. Extraction of genomic DNA from the lipid-, polysaccharide-, and polyphenol-rich coconut (*Cocos nucifera* L.). Plant Mol. Bio. Rep. 23:297-297.
- Anne, R., S. Nathaniel, and M. Rodríguez-Acosta. 2007. Populus Trees, p. 1-28. In: K. Chittaranjan (eds.). Genome mapping and molecular breeding in plants. Vol. 7: Forest trees. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, Tokyo.
- Anon. 1986. Survey of insects and mites - Cerambycidae, p. 30-31. In: P.D. Jaarboek (ed.). Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen, Netherlands.
- Anon. 1988. Survey of insects and mites - Cerambycidae, p. 33-35. In: P.D. Jaarboek (ed.). Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen, Netherlands.
- Anonymous. 1980. Bio-control of the spiraling whitefly. biological control section plant pest control branch department of agriculture.
- Arnett, J.D. and W. Witcher. 1974. Histochemical studies of yellow poplar infected with *Fusarium solani*. Phytopathology 64:414-418.
- Asada, T., T. Ishimoto, A. Sakai, and K. Sumiya. 1989. Insecticidal and antifungal activity in hinoki-asunaro leaf oil. (In Japanese). Mokuzai Gakkaishi 35:851-855.
- Batt, C., M. Solberg and M. Ceponis. 1983. Effect of volatile components of carrot seed oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. J. Food Sci. 48:762-764.

- Benkeblia, N. 2004. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *Lebensm.-Wiss.u-Technol.* 37:263-268.
- Bier, J.E. 1939. Septoria canker on introduced and native hybrid poplars. *Can. J. Res.* 17:195-204.
- Bollen, G.J. 1971. Resistance to benomyl and some chemically related compounds in strains of *Penicillium* species. *Neth. J. Pl. Path.* 77:187-193.
- Botha, J., D. Hardie, and G.P. Hortguard. 2007. Spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus*: exotic threat to western Australia. *Fact Sheet* 18:93-109 (revived).
- Brent, K.J. 1995. Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? FRAC monograph No. 1. GIFAP Brussels. 48pp.
- Carson, C.F. and T.V. Riley 1995. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Appl. Bacteriol.* 78:264-269.
- Chang, C.P. 1988. Prediction of the emergence period of *Zeuzera coffeae* (Lepidoptera: Cossidae) adults in central Taiwan. *Plant Prot. Bull, Taiwan, R. O. C.* 30:41-47.
- Chang, C.W., W.L. Chang, S.T. Chang, and S.S. Cheng. 2008b. Antibacterial activities of plant essential oils against *Legionella pneumophila*. *Water Research* 42:278-286.
- Chang, S.C. 1975. The host plants, egg laying and larval feeding habits of *Macularia* white spotted longicorn beetles. *J. Agric. For.* 24:13-20.
- Chang, S.T. and S.S. Cheng. 2002. Antitermitic activity of leaf essential oils and components from *Cinnamomum osmophloeum*. *J. Agric. Food Chem.* 50:1389-1392.
- Chang, S.T., P.F. Chen, and S.C. Chang. 2001. Antibacterial activity of leaf essential oils and components from *Cinnamomum osmophloeum*. *J. Ethnopharmacol.*

77:123-127.

Chao, L.K., K.F. Hua, H.Y. Hsu, S.S. Cheng, J.Y. Liu, and S.T. Chang. 2005. Study on the anti-inflammatory activity of essential oil from leaves of *Cinnamomum osmophloeum*. *J. Agric. Food Chem.* 53:7274-7278.

Cheng, S.S., J.Y. Liu, C.G. Huang, Y.R. Hsu, W.J. Chen, and S.T. Chang. 2009. Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophloeum* against three mosquito species. *Bioresour. Technol.* 100:457-464

Cheng, S.S., J.Y. Liu, C.Y. Lin, Y.R. Hsui, M.C. Ju, W.J. Wu, and S.T. Chang 2008a. Terminating red imported fire ants using *Cinnamomum osmophloeum* leaf essential oil. *Bioresour. Technol.* 99:889-893.

Cheng, S.S., J.Y. Liu., E.H. Chang., and S.T. Chang. 2008b. Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. *Bioresour. Technol.* 99:5145-5149.

Cheng, S.S., J.Y. Liu., Y.R. Hsui., and S.T. Chang. 2006. Chemical polymorphism of essential oils and their antifungal activities from different provenances of indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves. *Bioresour. Technol.* 97:306-312.

Chiou, C.S. and A.L. Jone. 1993. Nucleotide sequence analysis of transposon (Tn5393) carrying streptomycin resistance gene in *Erwinia amylovora* and other gram-negative bacteria. *J. Bacteriol.* 175:732-740.

Chiou, C.S. and A.L. Jones. 1995. Molecular analysis of high-level streptomycin resistance in *Erwinia amylovora*. *Phytopathology* 85:324-328.

Cohen, Y. 2000. Populations of *Phytophthora infestans* in Israel underwent three major genetic changes during 1983 to 2000. *Phytopathology* 92:300-307.

Cooksey, D.A. and H.R. Azad. 1992. Accumulation of copper and other metals by copper-resistant plant-pathogenic and saprophytic pseudomonads. *Appl. Environ.*

- Microbiol. 58:274-278.
- Copping, L.G. 2001. The Biopesticide Manual. 2nd ed. BCPC, Farnham, Surrey, UK. 528pp.
- Daniel, J.R. and F.R. Kenneth. 1998. Productivity, drought tolerance and pest status of hybrid *Populus*: tree improvement and silvicultural implications. Biomass Bioenergy 14:1-20.
- Dickmann, D.I. and K.W. Stuart. 1983. The culture of poplars in Eastern North America. Michigan State Univ. press, Eastern Lansing, MI.. 168pp.
- Distant, W.L. 1879. IV.-Hemiptera from the Northeastern frontier of India. Ann. Mag. Nat. Hist. 3:44-53.
- Dochinger, L.S. and C.E. Seliskar. 1962. *Fusarium* canker found on yellow poplar. J. For. 60:331-333.
- Dochinger, L.S. and S. Leon. 1967. Occurrence of poplar cankers caused by *Fusarium solani* in Iowa. Plant Dis. Rep. 51:900-903.
- Fang, S.H., Y.K. Rao, and Y.M. Tzeng. 2004. Cytotoxic effect of *trans*-cinnamaldehyde from *Cinnamomum osmophloeum* leaves on human cancer cell lines. Int. J. Appl. Sci. Eng. 2:136-147.
- Filer, T.H. 1967. Cottonwood cankers caused by *Phomopsis macrospora*. Phytopathology 57:458.
- Filippi, C., G. Bagnoli, G. Treggi, and G. Picci. 1984. Antagonistic effect of soil bacteria on *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *Dianthi* (Prill and Del.) Snyder and Hans. I. *In vitro* experimental and preliminary assay on carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). Plant Soil 80:119-125.
- Ghesini, S., G. Puglia, and M. Marini. 2011. First report of *Coptotermes gestroi* in Italy and Europe. Bul. Insectology 64:53-54.
- Gisi, U. and L. Ohl. 1994. Dynamics of pathogen resistance and selection through

- phenylamide fungicides, p. 139-146. In: S. Heaney, D. Slawson, D.W. Hollomon, M. Smith, P.E. Russell, D.W. Parry (eds.). Fungicide Resistance, BCPC, UK.
- Gisi, U. and Y. Cohen. 1996. Resistance to phenylamide fungicides: a case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. Ann. Rev. Phytopathology. 34:549-572.
- Grace J.K., C.H.M. Tome, T.G. Shelton and R.J. Oshiro. 1996. Baiting studies and considerations with *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Hawaii. Sociobiology 28:511-520.
- Grobbelaar, J.W., D.N. Aghayeva, Z.W. Beer, P. Bloomer, M.J. Wingfield, and B.D. Wingfield. 2009. Delimitation of *Ophiostoma quercus* and its synonyms using multiple gene phylogenies. Mycol. Prog. 8:221-236.
- Gullino, M.L., P. Leroux., and C.M. Smith. 2000. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. Crop Protection 19:1-11.
- Hancock R.E.W. 1981. Aminoglycoside uptake and mode of action-with special reference to streptomycin and gentamicin. II. Effects of aminoglycosides on cells. J. Antimicrob. Chemother. 8:429-445.
- Hatta. R., K. Ito, Y. Hosaki, T. Tanaka, A. Tanaka, M. Yamamoto, K. Akimitsu, and T. Tsuge. 2002. A conditionally dispensable chromosome controls host-specific pathogenicity in the fungal plant pathogen *Alternaria alternate*. Genet. 161:59-70.
- Hayashi M. and A. Villiers. 1989. Revision of the Asian Lepturinae (Coleoptera: Cerambycidae) With special reference to the type specimens' inspection, part III. Bul. Osaka Jonan Women's Jr. College 24:1-43.
- He, K., L. Zeng, G. Shi, G.X. Zhao, J.F. Kozlowski, and J.L. McLaughlin. 1997. Bioactive compounds from *Taiwania cryptomerioides* Hayata. J. Nat. Prod. 60:38-40.

- Hernandez, J.R., M.E. Palm., and L.A. Castlebury. 2002. *Puccinia hemerocallidis*, cause of daylily rust, a newly introduced disease in the Americas. *Plant Dis.* 86:1194-1198.
- Hill, P., C.S. Evans, and R.G. Veness. 1997. Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. *Lett. Appl. Microbiol.* 24:269-275.
- Ho, H.H. 1975. A selective medium for the isolation of *Saprolegnia* spp. from fresh water. *Can. J. Microbiol.* 21:1126-1128.
- Hopkins W.L. 1996. Global fungicide directory. AG Chem Information Services, USA. 148pp.
- Hong, E.J., K.J. Na, I.G. Choi, K.C. Choi, and E.B. Jeung. 2004. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees. *Biol. Pharm. Bull.* 27:863-866.
- Hoy, M.A., A. Jeyaprakash, R. Morakote, K.C.L. Paul, and R. Nguyen. 2000. Genomic analyses of two populations of *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) suggest that a cryptic species may exist. *Bio. Control* 17:1-10.
- Hsieh, H.J. 1983. Notes on host plants of *Cephaleuros virescens* new for Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 24: 89-96.
- Hsieh, H.J., C.H. Fu, and C.T. Chen. 2000. Algal spots of plants found in Taipei Botanical Garden. *Jour. Exp. For. Nat. Taiwan Univ, Taipei, Taiwan.*
- Huang, T.C., H.Y. Fu, C.T. Ho, D. Tan, Y.T. Huang, and M.H. Pan. 2007. Induction of apoptosis by cinnamaldehyde from indigenous cinnamon *Cinnamomum osmophloeum* Kaneh through reactive oxygen species production, glutathione depletion, and caspase activation in human leukemia K562 cells. *Food Chem.* 103:434-443.
- Innes, L., L. Marchand, P. Frey, M. Bourassa, and R.C. Hamelin. 2004. First report of

- Melampsora larici-populina* on *Populus* spp. in eastern North America. *Plant Dis.* 88:85.
- Jarvis, W.R. 1980. Taxonomy. p. 1-18. In: R.B. Maude (ed.). *The biology of Botrytis*. Academic Press Inc., London, LTD.
- Jarvis, W.R. and A.J. Hargreaves. 1973. Tolerance to benomyl in *Botrytis cinerea* and *Penicillium corymbiferum*. *Plant Pathol.* 22:139-141
- Joubert, J.J. and F.H.J. Rijkenberg. 1971. Parasitic green algae. *Annu. Rev. Phytopatho.* 9:45-64.
- Kano, H., S. Shibutani, K. Hayashi, Y. Iijima, and S. Doi. 2004. Effect of high-temperature drying process on termite resistance of sugi (*Cryptomeria japonica*) heartwood. *Mokuzai Gakkaishi* 50:91-98.
- Kessing, J.L.M. and R.F.L. Mau. 2006. Spiral whitefly (*Aleurodicus disperses Russell*) Crop Knowledge Master. Department of Entomology. University of Hawaii.
- Kim, H.K., J.R. Kim, and Y.J. Ahn. 2004. Acaricidal activity of cinnamaldehyde and its congeners against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *J. Stored Prod. Res.* 40:55-63.
- Kirisits, T. and I. Offenthaler. 2002. Xylem sap flow of Norway spruce after inoculation with the blue-stain fungus *Ceratocystis polonica*. *Plant Pathol.* 51:359-64.
- Kirisits, T., M.J. Wingfield, and D.B. Chhetri. 2002. Studies on the association of blue-stain fungi associated with the Eastern Himalayan spruce bark beetle (*Ips schmutzenhoferi*) and with other bark beetles in Bhutan. RNRRC, Yusipang, Bhutan. 88pp.
- Kirton, L.G. and V.K., Brown. 2003. The taxonomic status of pest species of *Coptotermes* in Southeast Asia: resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes gestroi*, *C. havilandi* and *C. travians* (Isoptera:

- Rhinotermitidae). *Sociobiology* 42: 43-63.
- Knight, S.C., V. M. Anthony, A.M. Brady, A.J. Greenland, S.P. Heaney, D. C. Murray, K.A. Powell, M.A. Schulz, C.A. Spinks, P.A. Worthington, and D. Youle. 1997. Rationale and perspectives on the development of fungicides. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35:349-372.
- Kondo, R. and H. Imamura. 1986. Antifungal compounds in heartwood extractives of hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) (In Japanese). *Mokuzai Gakkaishi*.32:213-217.
- Krokene, P. and H. Solheim. 1996. Fungal associates of five bark beetle species colonizing Norway spruce. *Can. J. For. Res.* 26:2115-2122.
- Krystyna, P. 2007. Fungi and minerals occurring in heartwood discolorations in *Quercus robur* trees. *Acta Soc. Bot. Pol.* 76:55-60.
- Lambkin, T.A. 2004. Successful establishment of *Encarsia haitiensis* Dozier (Hymenoptera:Aphelinidae) in Torres Strait, Queensland, for the biological control of *Aleurodicus dispersus* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae). *Austral. J. Entomol.* 31:83-91.
- Lee, H.C., S.S. Cheng, and S.T. Chang. 2005. Antifungal property of the essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum* leaf against tree pathogenic fungi. *J. Sci. Food Agric.* 85:2047-2053.
- Leslie J.F. and B.A. Summerell. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, Ames, IA.
- Li, H.F., N.Y. Su, and W.J. Wu. 2010. Solving the hundred-year controversy of *Coptotermes* taxonomy in Taiwan. *Am. Entomol.* 56:222-227.
- Liang, H.Y., C.M. Catranis, C.A. Maynard, and W.A. Powell. 2002. Enhanced resistance to the poplar fungal pathogen, *Septoria musiva*, in hybrid poplar clones transformed with genes encoding antimicrobial peptides. *Biotechnol. Lett.*

24:383-389.

- Lin, T.C., J.W. Huang, and W.H. Hsieh. 2003. Identification of ophiostomatoid fungi associated with Chinese fir wilt in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 12:33-42.
- Lisky, E. 2003. Strobilurin fungicides: Nature's cleanup crew. *Grounds maintenance*. <http://grounds-mag.com/mag/grounds_maintenance_strobilurin_fungicides_natures/>
- Longjun, C., D. Zeng, F. Sun., T. Zhao, and C. Liu. 1998. *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg-a pathogen causing wetwood in poplar trees. *Plant Pathol.* 49:298-312.
- Luque, J., J. Parladé, and J.Pera. 2002. Seasonal changes in susceptibility of *Quercus suber* to *Botryosphaeria stevensii* and *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathol.* 51:338-345.
- Lyr, H. 1995. Modern selective fungicides. Gustav Fischer Verlag. Germany. p. 584.
- Lyr, H., P.E. Russell., and H.D. Sisler. 1996. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. Intercept Ltd. UK. p.578.
- Madsen, H.F. 1969. Integrated control of the fruit-tree leaf roller and the white apple leafhopper in British Columbia. *Jour. Econ. Ent.* 62:1351-1353.
- Marks, G.C., J.G. Berbee, and A.J. Riker. 1962. Gloeosporium shoot blight and defoliation of trembling aspen. *Phytopathology* 52:741-742. (abstr.)
- Marks, G.C., J.G. Berbee, and A.J. Riker. 2001. *Collectotrichum* shoot blight of poplars. *Forest Sci.* 11:204-215.
- Matsui, T., Y. Matsushita, K. Sugamoto, K. Ogawa, A. Komiyama, and S. Muta. 2001. Mycelial growth inhibition of Shiitake (*Lentinula edodes*) by several terpenoids isolated from sugi (*Cryptomeria japonica*) wood. *Mokuzai Gakkaishi.* 47:58-62.
- Matsunaga, T., C. Hasegawa, T. Kawasuji, H. Suzuki, H. Saito, T. Sagioka, R.
- McBride, R.P. 1969. A microbiological control of *Melampsora medusae*. *Can. J. Bot.*

47:711-715.

- Morita, S. and M. Yatagai. 1994. Antimite components of the hexane extractives from domaiboku of Yakusugi (*Cryptomeria japonica*). Mokuzaï Gakkaishi. 40:996-1002.
- Morita, S., T. Hidaka, and M. Yatagai. 1997. Antifungal compounds of the extractives of Yakusugi (*Cryptomeria japonica* D. Don). Wood preserv. 23:11-19.
- Nakajima, K., T. Yoshimoto and T. Fukuzumi. 1980. Substances inhibiting growth of shiitake mycelium in sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don). Mokuzaï Gakkaishi. 26:698-702.
- Naujoks, G., H. Hertel, and D. Ewald. 1995. Characterisation and propagation of an adult triploid pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Silvae genetica 44:282-286.
- Nebeta, K., K. Katayama, M. Matsubara, C. Hatakeyama, T. Shimada, H. Tazaki, H. Okuyama, and M. Miyake. 1992. Oxygenated sesquiterpenes from needles of Korean pine (*Pinus Koraiensis* Sieb. et Zucc.). Mokuzaï Gakkaishi. 38:963-971.
- Newcombe, G. and G. Chastagner. 1993. First report of the Eurasian poplar leaf rust fungus *Melampsora larici-populina*, in North America. Plant Dis. 77:532-535.
- Newcombe, G. and H.D. Bradshaw. 1996. Quantitative trait loci conferring resistance in hybrid poplar to *Septoria populicola*, the cause of leaf spot. Can. J. For. Res. 26:1943-1950.
- Newcombe, G., B. Stirling, S. McDonald, and H.D. Bradshaw. 2000. *Melampsora columbiana*, a natural hybrid of *M. medusae* and *M. occidentalis*. Myc. Res. 104: 261-274.
- Norris, S. and G.L. Mandell. 1988. The quinolones: history and overview, p. 1-22. In: V.T. Andriole (ed.). The Quinolones. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Nychas, G.J.E. 1995. Natural antimicrobials from plants, p. 324. In: G. W. Gould (ed.). New methods of food preservation. Blackie Academic Professional, London,

UK.

- Ostry, M.E. and H.S. McNabb, Jr. 1985. Susceptibility of *Populus* species and hybrids to disease in the north central United States. *Plant Dis.* 69:755-757.
- Ostry, M.E. and H.S. McNabb. 1983. Diseases of intensively cultured hybrid poplars: a summary of recent research in the north central region. p. 102-109. In: E.A. Hansen (ed.). Intensive plantation culture: 12 years research. Gen. Tech. Rep. NC-91. St. Paul, USDA forest service, North Centr. For. Exp. Station.
- Pattnaik, S., V.R. Subramanyam, and C. Kole. 1996. Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils *in vitro*. *Microbios* 86:237-246.
- Pattnaik, S., V.R. Subramanyam, M. Bapaji, and C.R. Kole. 1997. Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios* 89:39-46.
- Peever, T.L., G. Su, L. Carpenter-Boggs, and L.W. Timmer. 2004. Molecular systematics of citrus-associated *Alternaria* species. *Mycologia* 96:119-134.
- Peever, T.L., L. Carpenter-Boggs, L.W. Timmer, L.M. Carris, and A. Bhatia. 2005. Citrus black rot is caused by phylogenetically distinct lineages of *Alternaria alternata*. *Phytopathology* 95:512-518.
- Pegg, K.G., S.L. Willingham, R.G. O'Brien, A.W. Cooke, and L.M. Coates. 2002. Base rot of golden passionfruit caused by a homothallic strain of *Fusarium solani*. *Australas Plant Pathol.* 31:305-306.
- Pera, A. and C. Filippi. 1987. Control of *Fusarium* wilt in carnation with bark compost. *Biol. Wastes* 22:219-228.
- Pilotti, M., V. Ponzio, and E. Motta. 2002. Disorders of *Platanus ×Acerifolia* in Italy associated with *Fusarium solani*. *For. Pathol.* 32:249-264.
- Pomerinke, M.A. and A.S. Philip. 1998. Establishment of *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) for biological control of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Florida. *Florida Entomol.* 81:361-372.

- Prakash, C.S. and W.A. Heather. 1985. Adaptation of *Melampsora medusae* to increasing temperature and light intensities on a clone of *Populus deltoides*. *Can. J. Bot.* 64:834-841.
- Prakash, C.S. and W.A. Heather. 1989. Inheritance of partial resistance to two races of leaf rust *Melampsora medusae* in eastern cottonwood, *Populus deltoides*. *Silvae Genet.* 38:90-94.
- Raman, A., U. Weir, and S.F. Bloomfield. 1995. Antimicrobial effects of tea-tree oil and its major components on *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis* and *Propionibacterium acnes*. *Lett. Appl. Microbiol.* 21:242-245.
- Ramsden, M., J. McDonald, and F.R. Wylie. 2002. Forest pests in the South Pacific region: a review of the major causal agents of tree disorders. DPI, AFFS, Forestry Research, Queensland, Australia.
- Ren, J.H., J.R. Ye, H. Liu, X.L. Xu, and X.Q. Wu. 2011. Isolation and characterization of a new *Burkholderia pyrrocinia* strain JK-SH007 as a potential biocontrol agent. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 27:2203-2215.
- Ritchie, D.F. and V. Dittapongpitch. 1991. Copper- and streptomycin-resistant strains and host differentiated races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in North Carolina. *Plant Dis.* 75:733-736.
- Rosslensbroich, H.J. and D. Stuebler. 2000. Botrytis cinerea-history of chemical control and novel fungicides for its management. *Crop Prot.* 19:557-561.
- Ruberto, G. and M.T. Baratta. 2000. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem.* 69:167-174.
- Sakamoto, K., Y. Tada, Y. Yokozeki, H. Akagi, N. Hayashi, T. Fujimura, and N. Ichikawa. 1999. Chemical induction of disease resistance in rice is correlated with the expression of a gene encoding a nucleotide binding site and leucine-rich repeats. *Plant Mol. Biol.* 40:847-855.

- Schipper, A.L. and D.H. Dawson. 1974. Poplar leaf rust-a problem in maximum wood production. *Plant Dis. Rep.* 58:721-723.
- Shimizu, M., H. Tsuji, H. Shogawa, H. Fukumura, S. Tanaami, T. Wayashi, M. Arisawa, and N. Morita. 1988. Antiinflammatory constituents of topically applied crude drugs. II. Constituents and anti-inflammatory effect of *Cryptomeria japonica* D. Don. *Chem. Pharm. Bull.* 36:3967-3973.
- Simmons, E.G. 1992. *Alternaria* taxonomy: current status, viewpoint, challenge, p. 1-29. In: J. Chelkowski. and A. Visconti (eds.). *Alternaria: biology plant disease and metabolites.* Elsevier, Amsterdam.
- Simmons, E.G. 1993. *Alternaria* themes and variations (63-72). *Mycotaxon* 48:91-107.
- Simmons, E.G. 1999. *Alternaria* themes and variations (226-243). *Mycotaxon* 70:263-369.
- Singh, G., S. Maurya, C. Catalan, and M.P. de Lampasona. 2005. Studies on essential oils, Part 42: chemical, antifungal, antioxidant and sprout suppressant studies on ginger essential oil and its oleoresin. *Flavour Fragrance J.* 20:1-6.
- Singh, R.K. and G. Nath. 1999. Antimicrobial activity of *Elaeocarpus sphaericus*. *Phytother. Res.* 13:448-450.
- Sogabe, A., K. Kinjo, F. Abe, T. Yamauchi, and S. Yaga. 2000. Termiticidal substances from the heartwood of *Cryptomeria japonica* D. Don. *Mokuzai Gakkaishi* 46:124-131.
- Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect population.* Chapman and Hall, Inc., London.
- Spiers A.G. and D.H. Hopcroft. 1994. Comparative studies of the poplar rust *Melampsora medusae*, *M. laricis-populina*, and their interspecific hybrid *M. medusae-populina*. *Mycol. Res.* 98:889-903.

- Staudenbauer, W.L. 1976. Replication of *Escherichia coli* DNA in vitro: inhibition by oxolinic acid. *Eur. J. Biochem.* 62:491-497.
- Stauffer, C., T. Kirisits, C. Nussbaumer, R. Pavlin, and M.J. Wingfield. 2001. Phylogenetic relationships between the European and Asian eight spined larch bark beetle populations (Coleoptera, Scolytidae) inferred from DNA sequences and fungal associates. *Eur. J. Entomol.* 98:99-105.
- Steimel, J., W. Chen, and T.C. Harrington. 2005. Development and characterization of microsatellite markers for the poplar rust fungi *Melampsora medusae* and *Melampsora larici-populina*. *Mol. Ecol. Notes* 5:484-486.
- Stirling, B., G. Newcombe, J. Vrebalov, I. Bosdet, and H.D. Bradshaw. 2001. Suppressed recombination around the MXC3 locus, a major gene for resistance to poplar leaf rust. *Theor. Appl. Genet.* 103:1129-1137.
- Su, N.Y. 2003. Baits as a tool for population control of the Formosan subterranean termite. *Sociobiology* 41:177-192.
- Takahashi, H. Tsukamoto, T. Morikawa, and T. Akiyama. 2000. Isolation of the antiulcer compound in essential oil from the leaves of *Cryptomeria japonica*. *Biol. Pharm. Bull.* 23:595-598.
- Toole, E.R. 1963. Cottonwood canker caused by *Fusarium solani*. *Plant Dis. Rep.* 47:1032-1035.
- Toole, E.R. 1966. Stem canker of red oaks caused by *Fusarium solani*. *Plant Dis. Rep.* 50:160- 161.
- Tryon, H. 1919. Report of the entomologist and vegetable pathologist, p. 37-49. In: H. Tryon (eds.). *Queensland Ann. Rept. Dept. Agric. and Stock for the Year 1918-1919*, Brisbane, Australia.
- Tsai, C.C. and C.S. Chen. 2003. First Record of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) from Taiwan. *Formosan Entomol.* 23:157-161.

- Umezawa, H., M. Hamada, Y. Suhara, T. Hashimoto, and T. Iakeuchi. 1965. Kasugamycin, a new antibiotic. *J. Antibiot. (Tokyo)* 18:101-3.
- Virtudazo, E.V., H. Nakamura, and M. Kakishima. 2001. Phylogenetic analysis of sugarcane rusts based on sequences of ITS, 5.8S rDNA and D1/D2 regions of LSU rDNA. *J. Gen. Plant Pathol.* 67:28-36.
- Wang, S.Y., C.W. Yang, J.W. Liao, W.W. Zhen, F.H. Chu, and S.T. Chang. 2008. Essential oil from leaves of *Cinnamomum osmophloeum* acts as a xanthine oxidase inhibitor and reduces the serum uric acid levels in oxonate-induced mice. *Phytomedicine* 15:940-945.
- Wang, S.Y., P.F. Chen, and S.T. Chang. 2005. Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. *Bioresour. Technol.* 96:813-818.
- Ward, E. and A.Y. Akrofi. 1994. Identification of fungi in the *Gaeumannomyces-Phialophora* complex by RFLPs of PCR-amplified ribosomal DNAs. *Mycol. Res.* 98:219-224.
- Wasmann, E. 1896. Neue Termitpilzen und Termiten aus Indien. *Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Genova, ser. 2.* 16:613-630.
- Waterhouse, D.J. and K.R. Norris. 1989. Aleurodicus disperses spiraling whitefly, p. 12-23. In: D.F. Waterhouse and K.R. Norris (eds.). *Biological control pacific prospects - supplement 1.* ACIAR, Canberra, Australia.
- White, T.J., T. Bruns, S. Lee, and J.W. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, p. 315-322. In: M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, and T.J. White (eds.). *PCR protocols: a guide to methods and applications.* Academic Press, Inc., San Diego, Calif.
- Wilson, B.H. 1973. Species and seasonal occurrence of leafhoppers and planthoppers in a coastal bermudagrass pasture in the Macon Ridge area of Louisiana. *J. Econ.*

Ent. 66:1346-1347.

Witzell, J. and J.A. Martin. 2008. Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens - past experiences and future prospects. *Can. J. Forest Res.* 38:2711-2727.

Yatagai, M., Y. Miyazaki, and T. Ohira. 1991. Extractives from Yakusugi bogwood and their termicidal activity and growth regulation effects on plant seeds. *Mokuzai Gakkaishi* 37:345-351.

Yen, T.B. and S.T. Chang. 2008. Synergistic effects of cinnamaldehyde in combination with eugenol against wood decay fungi. *Bioresour. Technol.* 99:232-236.

Yong, W. and W.X. Qin. 2008. Study on several kinds of poplar canker disease and the pathogenicity of the pathogens in north of Jiangsu. NFU, Nanjing, China.

Yoshikawa, K., T. Tanaka, A. Umeyama, and S. Arihara. 2006. Three abietane diterpenes and two diterpenes incorporated sesquiterpenes from the bark of *Cryptomeria japonica*. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)*. 54:315-319.

Yuan, S. 1977. Tree and shrub diseases of China. Beijing: Publishing House of Scientific Technique 92-122.

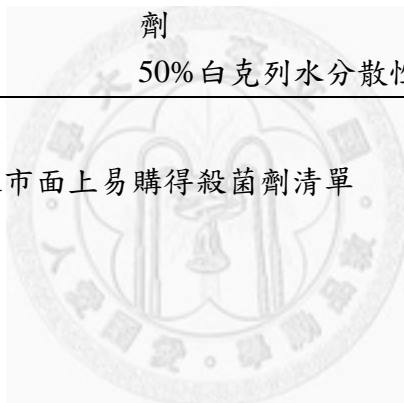
Zhang, T.Y. 2003. Flora Fungorum Sinicorum vol.16. *Alternaria*. Science Press, Beijing. 283pp.

附錄(Appendix)

Common name	Chinese name	Type	Product name
25% Prochloraz	25%撲克拉水基乳劑	E.C.	包速適
39.5% Fluazinam	39.5%扶吉胺水懸劑	W.P.	福農帥
44.2% Kresoxim-methyl	44.2%克收欣水懸劑	W.P.	巴斯丹精
27.3% Boscalid + Kresoxim-methyl	27.3%白列克收欣水懸劑	W.P.	金旺
30% Hymexazol	30%殺紋寧溶液混合溶液	S.	立枯靈
33.5% Oxine-copper	33.5%快得寧水懸劑	W.P.	祥讚
42.2% Dithianon	42.2%晴硫醯水懸劑	W.P.	炭星
23.7% Iprodione	23.7%依普同水懸劑	W.P.	鴻鋒福祿 旺
9.4% Cyazofamid	9.4%賽座滅水懸劑	W.P.	蘭蔓
7.5% Epoxiconazole	7.5%依普座乳劑	E.C.	新禾綠贊
50% Carbendazim	50%貝芬替水懸劑	W.P.	法-財滿滿
24.9% Difenoconazole	24.9%待克利乳劑	E.C.	戰車
34% Hymexazol + Metalaxyl	34%殺紋滅達樂混合溶液	S.	枯疫王
42.37% Metrafenone	42.37%滅分農水懸劑	W.P.	新潮流
23.6% Pyraclostrobin	23.6%百克敏乳劑	E.C.	總司令
44% Chlorothalonil + Metalaxyl-M	44%(w/v)四氯右滅達樂混合水 懸劑	W.P.	火力夠
70% Fosetyl-aluminium + Chlorothalonil	70%四氯賽得混和可濕性粉劑	W.P.	亞得靈
81.3% Kasugamycin + Copper oxychloride	81.3%嘉賜銅混和可濕性粉劑	W.P.	輕功
50% Dimethomorph	50%達滅芬可濕性粉劑	W.P.	祥發
80% Potassium hydrogen carbonate	80%碳酸氫鉀可溶性粉劑	S.P.	速綠佳

Common name	Chinese name	Type	Product name
80% Mancozeb	80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑	W.P.	萬生 200
38% Pyraclostrobin + Boscalid	38% 白列克敏水分散性粒劑	W.G.	祥威豐
43% Kasugamycin + Carbendazim	43% 嘉賜貝芬混和可濕性粉劑	W.P.	美谷丹
40% Copper hydroxide. + Oxine-copper	40% 銅快得寧混和可濕性粉劑	W.P.	攏無菌
14% Tecloftalam + Kasugamycin	14% 嘉賜克枯爛混和可濕性粉劑	W.P.	嘸免驚
14% Tecloftalam + Kasugamycin	18.7% 達滅克敏水分散性粒劑	W.P.	
16% Pyraclostrobin + Dithianon	16% 腈硫克敏水分散性粒劑	W.G.	炭速靈
35% Etridiazole W.P.	35% 依得利可濕性粉劑	W.P.	尅土菌
11.3% Polyoxorim	11.3% 保粒黴素(丁)水分散性粒劑	W.G.	斯紋
50% Boscalid	50% 白克列水分散性粒劑	W.G.	威力旺

附錄一、本研究所使用之市面上易購得殺菌劑清單



Plant species	Common name	Chinese name	Extraction site
<i>Melaleuca leucadendra</i>	Cajeput tree	白千層	Leaf
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	Taiwan red cypress	檜木	Wood
<i>Chamaecyparis obtuse</i>	Hinoki cypress	扁柏	Wood
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Tea Tree	澳洲茶樹	Leaf
<i>Citrus grandis</i>	Wentan pomelo	文旦柚皮	Peel
<i>Juniperus chinensis</i>	Dragon juniper	龍柏	Leaf
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	Taiwan red cypress	紅檜葉	Leaf
<i>Eucalyptus robusta</i>	Swamp Manogany	大葉桉	Leaf
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Lemon Eucaly	檸檬桉葉	Leaf
<i>Taxodium distichum</i>	Southern cypress	落羽松葉	Leaf
<i>Cinnamomum obtuseleaf</i>	Obtuseleaf	土肉桂	Leaf
<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	Cinnamon		
<i>Cinnamomum camphora</i>	Camphor Laurel	樟葉	Leaf
<i>Calocedrus macrolepis</i>	Taiwan Incense Cedar	肖楠	Wood
<i>Cryptomeria japonica</i>	Japanese Cedar	柳杉	Leaf
<i>Cinnamomum micranthum</i>	Stout camphorwood	牛樟葉	Leaf
<i>Cinnamomum burmanni</i>	Cinnamon Tree	陰香葉	Leaf
<i>Keteleeria davidiana</i>	Taiwan cow-tailfir	油杉	Leaf
<i>Murraya paniculata</i>	Commom Jasmine Orange	月橘	Leaf

Plant species	Common name	Chinese name	Extraction site
<i>Pinus elliottii</i>	Swamp pine	溼地松	Leaf
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Ceylon cinnamon	錫蘭肉桂	Leaf
<i>Pinus luchuensis</i>	Luchu pine	琉球松	Leaf
<i>Calocedrus macrolepis</i>	Taiwan Incense Cedar	肖楠葉	Leaf
<i>Chamaecyparis obtuse</i>	Hinoki cypress	扁柏葉	Leaf

附錄二、本研究所萃取之精油種類清單

