臺灣的白蟻及危害樹木白蟻之

防治手冊

汪澤宏・黃裕星・徐孟豪・吳孟玲・劉則言・許富蘭

行政院農業委員會林業試驗所
TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

所長序

白蟻為全球重要經濟昆蟲，係危害木材及其製品之主要害蟲，其種類繁多，分布在熱帶與亞熱帶地區。臺灣地處熱帶與亞熱帶，高溫多濕，自然環境極適合白蟻的生長與繁殖，對樹木造成潛在的威脅。對於白蟻為害之防治，如同其他蟲害，雖然可使用化學藥劑加以驅除，然而大量使用殺蟲劑所可能造成的環境污染及人體的危害，卻是無法漠視的問題。

林業試驗所長期以來推動樹木保護工作，從樹木健康與生態保育的觀點出發，對威脅臺灣林木的各種病蟲害，進行相對應的研究工作，釐清病蟲害的發生生態，找出符合國內現況的防治策略。本次出版的白蟻防治手冊，是將本所病蟲害研究團隊，長期對國內白蟻危害狀況之調查分析成果摘要成冊，內容針對國內常見的樹木白蟻問題，以深入淺出的方式，進行科普解說，讓一般大眾都能夠經由本書，對白蟻的生態及其在自然界中所扮演的角色充分瞭解；此外，書中介紹的白蟻防治方法，也提供公民營單位作為都市樹木白蟻防治之參考。

近幾年來，樹木保護工作明顯受到國人的重視；如何幫助民眾在發現樹木問題時，能夠初步判斷問題發生的原因，甚至瞭解解決問題的方法，也就是全民加入公民科學的行動，一直是林業試驗所努力的方向。透過本手冊的出版，期望能將白蟻危害樹木之基礎知識，傳達給社會大眾，同時讓樹木保護教育能夠向下扎根。出版在即，謹敘數言以表對參與同仁之謝意。

行政院農業委員會林業試驗所

所長 張 桓 謹誌

2018年7月

目錄

前言

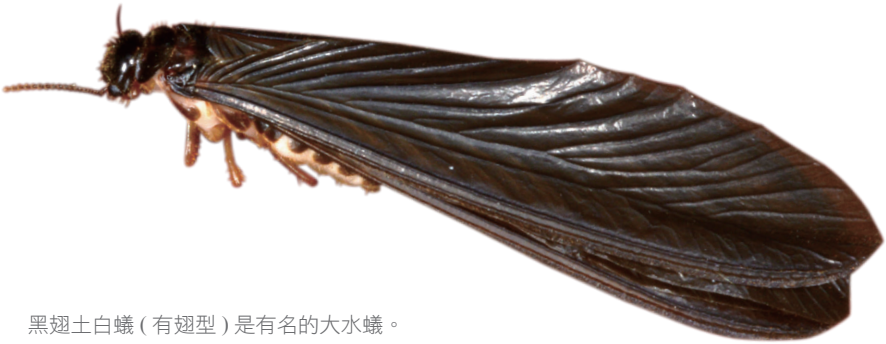
對多數的臺灣民眾而言，白蟻是危害家中木製家具及裝潢的元凶，每當家中遭遇到白蟻的入侵，眼看著心愛的木製家具及裝潢因此損毀，便又加深了人們心中對白蟻負面的印象。其實不僅是居家裝潢會成為白蟻蛀食的對象，生活周遭環境中常見的各種行道樹、公園裡的樹木等，都會受到白蟻的危害。

雖然白蟻可危害木材跟樹木，但值得注意的是，並非所有種類的白蟻均會對樹木造成危害，特定種類的白蟻可透過對樹木表面或木材內部蛀蝕，影響樹木的健康，嚴重者甚至造成樹木傾倒的風險，威脅到民眾安全。雖然我們大致上可以了解到，白蟻與人們的生活息息相關，但白蟻究竟是甚麼樣的生物？透過怎樣的方式為害？到底會對生活環境中的樹木造成哪些層面的影響？等諸多問題，都有待我們進一步去解答與釐清。臺灣民眾心中對白蟻的印象，雖未經過有效的問卷調查來進行分

臺灣家白蟻 (有翅型) 在臺灣梅雨季節會大量分飛。

析，但經由林業試驗所樹木健康、林木疫情、森林昆蟲等方面研究專家與一般民眾接觸的結果，仍可發現，有些較具有科學精神的民眾，會透過網路資料的研讀和日常生活的觀察，知道每年五、六月梅雨季，有兩種會飛出來的大水蟻，一種較為大型，翅為深褐色；另一種則較小型，翅較為透明；即便如此，整體來說，白蟻在自然界的角色以及跟樹木的相互關係，在一般民眾的認知中仍然相當缺乏。

有鑑於此，林業試驗所特別召集所內樹木健康管理研究相關同仁，將白蟻對樹木影響相關的長期研究成果，匯集成冊，這本《臺灣的白蟻及危害樹木白蟻之防治手冊》的製作與推廣，就是希望能向民眾介紹白蟻這類生物對樹木健康所造成的影響，將相關的知識應用於對生活周遭樹木的健康管理，經由知識的傳遞，落實樹木遭受白蟻威脅時的預防及管理工作。



黑翅土白蟻 (有翅型) 是有名的大水蟻。

1-1 白蟻在大自然的角色

白蟻是一類社會性昆蟲，名字中雖然有個「蟻」字，卻不是白色的螞蟻，而是跟螞蟻親緣關係非常遠的昆蟲，早期即認為是與蟑螂親緣關係近，近年來諸多證據皆證明，可將白蟻視為一類特殊而具有社會性行為的蟑螂 (原因詳述於白蟻的分類地位章節)。白蟻主要分布於熱帶及亞熱帶地區，芬蘭等一些溫帶國家並沒有白蟻的分布，溫度應該是一個重要的限制因子。白蟻以植物的組織甚至腐植土為食，而木材是主要食物。很多白蟻的腸道中存在共生的微生物，而這些微生物會分泌酵素去分解纖維素、半纖維素及木質素為小分子而提供白蟻營養來源。而目前所知較高等的白蟻 (如白蟻科) 會在腸道自行產生酵素以分解木材。以森林生態的觀點來看，白蟻在大自然扮演的是植物清道夫的角色，也就是植物的分解者，尤其是木材部分。白蟻分解的纖維素會以二氧化碳的形式釋放，而植物在進行光合作用時會把這些碳分子再合成纖維素與其他醣類。由以上描述可知，植物光合作用的吸能與固碳反應，與白蟻分解纖維素的釋能與釋碳反應，二者在碳循環與能量循環中各自扮演重要的角色。

白蟻在大自然是植物清道夫 (黃肢散白蟻)。

1-2 白蟻的經濟重要性

白蟻在人類環境常被視為重要的經濟害蟲，大部分的種類都棲息於森林中，少數幾個種類的白蟻會在人類的環境生存，並造成人類的木製建築、木製家具、電路管線及木材的重大損失。近年，以法國為主導的跨國的研究單位進行合作，分析全球十大重要入侵種昆蟲 (invasive insects) 對人類所造成的經濟損失，推測這十種經濟害蟲一年所造成危害的花費為 700 億美金，而這十大入侵害蟲排名第一名的，居然是鼎鼎大名的臺灣家白蟻 (*Coptotermes formosanus*)，推估這一種白蟻一年造成的經濟損失為 302 億美金 (Bradshaw *et al*., 2016)，這是相當驚人的一個損失。雖然白蟻大家族出了這麼一號重大的經濟害蟲，但全球其他 3,000 多種白蟻是否也會造成重大經濟危害呢？答案是否定的，根據近年的研究，國際間重要的入侵種白蟻有 28 種 (Evans *et al*., 2013)，佔所有白蟻種類不到百分之一。絕大部分的白蟻種類還是生態系食物網中的分解者，對森林生態系做出了貢獻，人類不該將所有種類的白蟻都視為害蟲。

臺灣家白蟻一年會造成 302 億美金經濟損失。

2-1 白蟻是社會性昆蟲

真社會性昆蟲 (eusocial insects) 具有三個重要而複雜的社會行為 (Lin, 2007)：

(1) 共同育幼，同種間有共同育幼的行為。

(2) 生殖階級的出現，具有生殖及勞務上分工的行為，無生殖能力或生殖力弱的個體照顧生殖力旺盛的個體。

(3) 世代重疊，群聚的個體間至少有兩個以上世代生活史重疊共同為群落工作。白蟻具有上述三項真社會性昆蟲的特徵，是典型的社會性昆蟲。

白蟻是典型的社會性昆蟲 (山林原白蟻)。

2-2 白蟻的階級制度

白蟻行群體生活而有不同階級型的分化，簡單來說，可分為：

(1) 生殖型 (有翅型) 白蟻，不同種類的白蟻在生殖型階層上又有所謂的長翅生殖型白蟻、短翅生殖型白蟻及無翅補充生殖型白蟻等不同的差異。

(2) 非生殖型白蟻，其成蟲依功能及形態可分為工蟻 (工蜋) 及兵蟻 (兵蜋)。

白蟻有不同階級型的分化，由上而下依序為黃肢散白蟻的兵蟻、蟻后及工蟻。

2-3 婚飛（分飛）

生殖型白蟻會在每年特定季節會進行婚飛，不同種類其婚飛的日期會有所差異，即使是同一種白蟻，不同區域、不同海拔等差異都會影響白蟻婚飛的時間。譬如常見的黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus*)，其婚飛時間大約在五月份，但是不同地區也可以在四月下旬甚至七月份發現婚飛的生殖型白蟻。通常生殖型白蟻在婚飛落地後，都會自行脫落翅膀，同時雄性生殖型白蟻會與雌性生殖型白蟻共同尋找適合的築巢地點。交配後並築巢的一對生殖型白蟻即可建立一個新的白蟻族群，這整個過程即稱為婚飛。

脫落翅膀的臺灣家白蟻（生殖型）。

黑翅土白蟻（生殖型）脱落翅膀後，雄、雌白蟻會共同尋找適合的築巢地點。

2-4 白蟻的腸道共生物

白蟻是以植物的枯落物為食物，如死掉的樹木部分、木材乃至腐植質、苔蘚類、地衣為食，有些種類還會取食草食性動物 (牛、馬等) 糞便內沒有消化的纖維素。除了白蟻科一些種類會自行分泌纖維素消化酶，其他所謂的低等白蟻 (白蟻科以外所有白蟻) 種類的腸道都存在共生性鞭毛原生動物 (flagellates)，而高等白蟻 (白蟻科的白蟻) 的腸道共生物則為細菌類。

黑翅土白蟻 (工蟻) 蟻腸道內腸道共生物是細菌。

2-5 交哺作用 (trophallaxis)

白蟻跟螞蟻一樣，會由覓食回來的工蟻 (工蜋) 將消化的食物餵食給巢中的蟻后、兵蟻 (兵蜋) 及其他幼生期的白蟻，這種行為稱為交哺作用。

白蟻具有交哺作用 (黃肢散白蟻)。

3-1 白蟻的分類地位

白蟻在發育上是屬於不完全變態的昆蟲，也就是生活史中包含卵、若蟲及成蟲。不像螞蟻屬於完全變態的昆蟲，生活史中除了卵、幼蟲及成蟲期外，還多包含了一個蛹期。在二十一世紀以前的昆蟲分類系統上是歸屬於等翅目 (Isoptera)，雖然是社會性昆蟲，但是在親緣上卻是與蜚蠊目 (Blattodea) (即是俗稱的蟑螂) 及螳螂目 (Mantodea) 最為接近，所以有學

一般人可能很難相信白蟻竟然是具有社會性的蟑螂 (臺灣革蠊)。

者將這三個目合在一起稱為網翅目 (Dictyoptera)。二十世紀末期就有用 DNA 資料來分析白蟻親緣關係的論文 (Kambhampati *et al*., 1996)，到了二十一世紀初期，隨著分子生物技術的迅速進展，多位白蟻研究學者用了較完整取樣的研究材料及其 DNA 資料來進行分析，有了令人驚訝的結果，白蟻不單是蟑螂的親戚，牠們根本就可視為具有社會性的蟑螂 (Eggleton,

螳螂是蟑螂及白蟻的近親。

2001; Inward *et al*., 2007)，所以近年白蟻在分類地位的使用上已慢慢接受白蟻是蜚蠊目的白蟻總科 (Termitoidae) 或稱等翅下目 (infraorder Isoptera)(Cameron *et al*., 2012; Evans and lqbal, 2015)。目前全世界有 9 科約 3,000 種的白蟻紀錄 (Krishna *et al*., 2013)，分別為澳白蟻科 (Mastotermitidae)(1 屬 1 種)、原白蟻科 (Archotermopsidae)(3 屬 6 種)、草白蟻科 (Hodotermitidae)(3 屬 21 種)、胄白蟻科 (Stolotermitidae)(2 屬 10 種)、木白蟻科 (Kalotermitidae)(21 屬 456 種)、木鼻白蟻科 (Stylotermitidae)(1 屬 45 種)、鼻白蟻科 (Rhinotermitidae)(12 屬 315 種)、齒白蟻科 (Serritermitidae)(2 屬 3 種)、白蟻科 (Termitidae)(238 屬 2,072 種)。根據外部形態、腸道共生物及築巢特性，白蟻學家又將白蟻科 2,000 多種的白蟻稱為「高等白蟻」，而其他 8 科的白蟻則稱為「低等白蟻」。

3-2 如何區分白蟻及螞蟻

白蟻雖然跟螞蟻都屬於社會性的昆蟲，但是牠們的親緣關係卻是相當遠，3-1 節已敘述。為讓一般非科班出身的民眾認識，特別整理下表來區分白蟻與螞蟻。

特徵 / 分類群	白蟻	螞蟻
生活史	沒有蛹期	有蛹期
觸角	念珠狀	膝狀
翅	前後翅接近等長	後翅短於前翅
翅基片 (wing scale)	有翅基片	沒有有翅基片
腰節 (waist)(胸、腹部之間)	不具腰節	具細窄腰節

白蟻觸角為念珠狀且腹部不具腰節。

螞蟻觸角為膝狀且腹部具細窄腰節。

生殖型白蟻前後翅接近等長。

生殖型螞蟻後翅短於前翅。

3-3 臺灣的白蟻

臺灣目前已記錄的白蟻種類有 18 種，分別歸於 5 科 13 屬 (Tsai and Chen, 2011; Liang *et al*., 2017)。分別為原白蟻科 (Archotermopsidae) 有 1 屬 1 種，木白蟻科 (Kalotermitidae) 有 4 屬 5 種，木鼻白蟻科 (Stylotermitidae) 有 1 屬 1 種，鼻白蟻科 (Rhinotermitidae) 有 3 屬 5 種，白蟻科 (Termitidae) 有 4 屬 6 種，以上臺灣白蟻名錄請參閱附錄。臺灣絕大部分的白蟻

山林原白蟻 (工蟻)。

都分布在海拔 1,500 公尺以下的地區，其中屬於原白蟻科的山林原白蟻 (*Hodotermopsis sjoestedi*) 是臺灣唯一只分布在中高海拔的森林，而且比較常見於森林中的立枯木，工蟻跟兵蟻的體型也是臺灣所有白蟻中最大的。在「臺灣常見五種白蟻的分類與鑑定」這篇論文所提到的五種常見的白蟻分別為臺灣家白蟻 (*Coptotermes formosanus*)、格斯特家白蟻 (*Copto-*

山林原白蟻在臺灣只分布在中高海拔的森林 (兵蟻)。

termes gestroi)、黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus*)、黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps*) 以及截頭堆砂白蟻 (*Cryptotermes domesticus*)(Yang and Li, 2012)。林試所研究團隊近年所做的調查，在活樹上發現 6 種白蟻，除了上述論文提及的 5 種常見的白蟻外，另外恆春新白蟻 (*Neotermes koshunensis*) 是活樹中比較常見的白蟻，而截頭堆砂白蟻比較偏好木造建築或家俱，在活樹發現的比例相對其他 5 種白蟻是較低的。

黃肢散白蟻是臺灣常見的白蟻種類 (兵蟻)。

截頭堆砂白蟻 (上兵蟻，下工蟻) 在野外樹木中不常發現。

黃肢散白蟻 (生殖型) 會在秋、冬季婚飛。

赤樹白蟻 (生殖型) 是木白蟻科的一種。

恆春新白蟻 (生殖型) 大多在 6 月婚飛。

黑翅土白蟻 (工蟻) 在野外樹木表面常常發現。

臺灣家白蟻在室內戶外都會出現 (兵蟻)。

根據林試所研究團隊五年 (2012.7-2017.10) 的臺灣的白蟻相 (termite fauna) 及與樹木關係的調查，在臺灣各地共調查 13,625 棵樹木 (不包括立枯木)，其中有發現白蟻的樹木有 1,667 棵，活樹的白蟻出現率為 12.2% (在此不使用危害率，見註一) 總共發現有 6 種白蟻，分別是臺灣家白蟻 (*Coptotermes formosanus*)、格斯特家白蟻 (*Coptotermes gestroi*)、截頭堆砂白蟻 (*Cryptotermes domesticus*)、黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps*)、恆春新白蟻 (*Neotermes koshunensis*)、黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus*)。此外，小象白蟻 (*Nasutitermes parvonasutus*) 這種白蟻常常可以在立枯木及倒木採集到。6 種在活樹發現的白蟻中，數量分別為黑翅土白蟻 (1621 棵，11.89%)、臺灣家白蟻 (22 棵，0.16%)、格斯特家白蟻 (13 棵，0.095%)、恆春新白蟻 (9 棵，0.066%)、截頭堆砂白蟻 (1 棵，0.007%)、黃肢散白蟻 (1 棵，0.007%)。其中黑翅土白蟻被調查到在活樹上的比例明顯高於其他白蟻種類，但牠真的是主要危害樹木的元兇嗎？除非是死樹或健康狀況不佳的 (老) 樹，否則牠們的工蟻常會在樹幹的表面用土及少許木屑做成泥道 (或稱蟻道)，只啃食樹的表皮或樹表皮上的苔蘚類，在

註一、因為白蟻出現在樹上不一定會造成樹木危害，在本書使用出現率而不使用危害率。

黑翅土白蟻會在樹幹的表面做成泥道。

健康的樹不會蛀食到木質部。此外，常常可以看到為了固定而綁在剛栽種樹木的支撐木，已經被蛀食的很嚴重了，然而新種植的那棵樹卻依然健康無損，黑翅土白蟻對健康樹的危害相當低，至於被啃了一些樹皮的樹木，經過 5 年的觀察，發現全部都健在。

而近年臺灣也有其他研究白蟻與樹木關係的研究，一項針對南投縣竹山鎮下坪熱帶植物園內的樹木做白蟻危害每木調查 (Li *et al*., 2011)，結果在 3,253 棵樹上發現 280 棵樹上有

白蟻，危害率為 8.6% (該篇論文使用危害率這個名詞)。該調查發現 5 種白蟻，分別為黑翅土白蟻 (244 棵，占所有調查有白蟻樹木的 7.5%)、恆春新白蟻 (25 棵，0.8%)、格斯特家白蟻 (11 棵，0.3%)、臺灣家白蟻 (1 棵，0.03%) 及截頭堆砂白蟻 (1 棵，0.03%)。另外，也有針對臺灣櫸 (*Zelkova serrata*) 造林地的白蟻發生進行調查，結果檢查了 702 棵臺灣櫸，其中有 22 棵發現黑翅土白蟻，發生率 3.3%，另外有 1 棵臺灣櫸遭小象白蟻 (*Nasutitermes parvonasutus*) 取食，發生率僅 0.1% (Chiu *et al*., 2015)。

從近 10 年臺灣不同研究人員所進行的這些白蟻危害樹木調查，可以整理出活樹上發現的白蟻種類有 3 科 7 種，分別是以白蟻科 (Termitidae) 的黑翅土白蟻及小象白蟻，鼻白蟻科 (Rhinotermitidae) 的臺灣家白蟻、格斯特家白蟻及黃肢散白蟻，木白蟻科 (Kalotermitidae) 的恆春新白蟻及截頭堆砂白蟻。不論是哪個研究單位的調查結果，黑翅土白蟻發現的比例最高，不過只要樹木基部沒有大型物理性傷口，黑翅土白蟻只有取食樹皮及樹皮上的苔癬，危害健康樹木的機率相當低。恆春新白蟻雖然發現的次數僅次於黑翅土白蟻，相對於其他 5 種白蟻高，但都發現在活樹的枯死枝幹內或樹幹中央的木材，加上恆春新白蟻的族群數量低，推估其危害樹木的風險

格斯特家白蟻對活樹的危害必須加以重視 (工蟻)。

在立枯木內及倒木下時常可以觀察到小象白蟻 (工蟻)。

性不高。另外 3 種白蟻，截頭堆砂白蟻、黃肢散白蟻及小象白蟻發現的比例都相當低。截頭堆砂白蟻比較偏好木造建築或家俱等乾木，所以又被稱為乾木白蟻。黃肢散白蟻及小象白蟻在野外調查都是出現在立枯木及倒木，危害活樹的機率也相當低。而臺灣家白蟻及格斯特家白蟻對活樹結構的破壞，相對於其他 5 種白蟻是相當大的，甚至可以單方面直接危害 (不與其他病原菌共同危害) 而造成南洋杉基部倒塌，以白蟻對樹木危害的風險評估方面，這兩種白蟻是臺灣最該加以重視而注意提防的。

5-1 臺灣樹木遭白蟻危害現況

從上面幾個章節可知白蟻不是只有單一物種，而是由許多血緣親近的昆蟲物種所組成。不同種類白蟻的生態習性、對氣候條件的容忍度及危害樹木的行為也會有相當的差異。絕大多數種類的白蟻是以死掉的樹木部分、木材乃至植物腐植物為食，除了可以取得主要食物來源，亦可避免取食到健

恆春新白蟻蛀食活樹幹的橫切面。

康的樹木所分泌的化學防衛物質或樹脂。然而，少數種類會出現在活樹中，以恆春新白蟻為例，牠主要以活樹的木材組織為食，但其族群數量不多，蛀食木材的速度亦不快，對於健康的樹木危害不大。如第四章所提及，扣除恆春新白蟻，出現在活樹上頻度最高的三種白蟻分別為黑翅土白蟻、臺灣家白蟻及格斯特家白蟻；黑翅土白蟻最常見，但對樹木危害卻是最低的，牠主要在樹的主幹表面做泥道，因為畏光，所以工蟻都會躲在自己和同伴所做的泥道內取食樹皮。當這棵樹是健康的，黑翅土白蟻僅在樹的表面取食，此時完全沒有危害到樹的內部；但當樹基有物理性的大傷口時，黑翅土白蟻就不僅取食樹皮而會進一步啃食木質部，造成樹木更大的傷害。林試所研究團隊發現一些樹幹的小傷口 (直徑小於 1 公分) 也會被黑翅土白蟻啃食並進入木質部，但是經過解剖觀察後發現黑翅土白蟻僅啃食約 2 公分的深度就不會再繼續深入危害健康的樹幹。而被黑翅土白蟻取食表面的樹木經過 5 年 (2012.8-2017.8) 的觀察，在沒有特殊狀況下 (如：捷運施工移除、道路擴寬移除等)，都仍然健在。由此可知，黑翅土白蟻取食樹皮對於健康樹木的危害是相當輕微的。這樣的生態觀察結果是提供後續樹木健康管理的白蟻防治策略非常重要的

當樹基有物理性的大傷口時，黑翅土白蟻就會造成樹木傷害。

參考。根據林試所研究團隊的調查，臺灣家白蟻及格斯特家白蟻這兩種白蟻在活樹的數量雖然不多 (22 筆，13 筆)，但其對樹木的危害卻非常大，尤其對南洋杉 (肯氏南洋杉及小葉南洋杉) 的啃食，會直接造成樹的基部無法支撐整棵樹而倒塌，除了直接危害造成植株死亡外，而南洋杉相當高大且重的樹身一旦倒塌，對於樹木周圍民眾的人身安全及財產都有相當高的風險，由上述可知，在臺灣真正嚴重危害樹木健康的白蟻只有兩種：臺灣家白蟻及格斯特家白蟻。

臺灣家白蟻啃食樹基部而造成肯氏南洋杉倒塌 (吳漩菱提供)。

臺灣家白蟻啃食樹基部而造成小葉南洋杉倒塌 (張仁傑提供)。

倒塌的小葉南洋杉基部。

南洋杉是常見的公園綠地樹種。

5-2 白蟻防治策略

關於樹木受到白蟻危害的防治策略可分為四個步驟：

1. 調查及監測白蟻的出現
2. 確認白蟻種類
3. 評估樹木受到白蟻的危害程度
4. 確認防治方法

(1)調查及監測白蟻的出現：

目視檢測法：在調查樣區觀察每棵樹木是否有白蟻的泥道 (蟻道)，如果沒有明顯泥道但觀察到樹體枝幹有腐朽現象，此時以不傷害植物活體部份為原則，以小斧頭或螺絲起子撥開植物已死亡的部份包括樹幹內木質外露部、樹皮及樹枝等部位，如有白蟻，以吸蟲管採樣並放置於內含 95%

研究人員正進行應力波檢測法。

或 75% 酒精的樣本瓶，並觀察及拍照記錄白蟻危害狀況。

誘集木監測法：以誘集木 (木樁) 於調查樣區樹木周圍每隔 2-6 公尺，以木槌打入土中 30-40 公分，依照人力資源跟目標需求來訂定誘集木放置間隔距離及每次檢查時間，通常是兩個星期至一個月檢查一次。這個方法並不會主動吸引白蟻來取食誘集木，而是利用地下白蟻會築蟻道的習性來尋找蟻巢附近可利用的木材資源 (Campora and Grace, 2001)。

應力波檢測法：這個原先是應用在檢測樹幹腐朽程度的一套方法，近年來林試所的樹醫研究團隊在進行危險樹木調查及樹木健康檢查等調查，發現少數種類的樹木 (南洋杉) 從外觀並沒有發現明顯病蟲害危害，可是樹的基部利用應力波檢測法發現有明顯的空洞，進一步檢測發現有家白蟻蛀食危害，而近年校園或公園綠地的南洋杉已有多起家白蟻蛀食危害而倒塌的案例，以臺灣都會區廣植南洋杉的情形，

研究人員正進行應力波檢測法。

利用應力波檢測法 (Lin *et al*., 2016)，配合目視法及誘集木監測法應該是預防這類樹被家白蟻危害而倒塌的一個不錯的方法。

誘集木 (木樁)。

(2) 確認白蟻種類：

調查及監測採集到的白蟻個體樣本可以自行鑑定或寄到林業試驗所林木疫情中心 (https://health.tfri.gov.tw/fhsnc/) 尋求鑑定。

打入土中的誘集木。

(3)評估樹木受到白蟻的危害程度

在確認白蟻種類後，再來就是要評估樹木受到白蟻的危害程度。目視檢測法比誘集木監測法要直接，它是肉眼直接觀察白蟻在樹上的發生情形，以目前臺灣幾個白蟻研究團

誘集木監測法。

隊的調查結果大致可以確定，黑翅土白蟻是樹木上最常發現，也是低海拔地區分布最廣的白蟻種類。不過以健康的樹木無重大傷口而言，黑翅土白蟻只會取食樹皮，不會危害樹木的木質部而造成樹木重大危害，這是本手冊一再提及的事實，在此將樹上白蟻危害分為 6 大等級。

A.無危害：樹木僅有黑翅土白蟻取食表面的樹皮，而樹身其他部位並沒有大枝條斷裂或被器具割損而產生的傷口，這類樹木所出現的黑翅土白蟻是不會造成樹木的危害，所以不建議做任何藥劑的防治，如果是公家單位在處理民眾申訴案件，建議加強業務相關人員的溝通與知識推廣，然而民眾如一再要求防治處理，可提供下述的物理防治法作為參考。

B.低度危害：樹木因颱風或修剪不當，小枝條有斷面的傷口而沒有傷到大枝幹或主幹，黑翅土白蟻沿著樹表一路向上取食樹皮時，發現有斷面的傷口以及乾掉的樹枝，工蟻亦會蛀食該部分的枝條，但經仔細觀察，黑翅土白蟻僅會取食受傷而幾近乾枯的枝條，不會蛀食到大的枝條或主幹。此類低度危害建議以物理防治配合正確的修剪枝條即可。

C.中度危害：在目視法檢查樹木發現白蟻蟻道並鑑定為臺灣家白蟻或格斯特家白蟻時，而樹木基部及枝幹本身沒有明

顯的物理性傷口，建議以藥劑灌注法防治或餌站系統防治。

D.中高度危害：樹木因颱風或修剪不當，而造成大枝條有較大斷面的傷口，且白蟻已蛀食到整個大枝條並延伸至主幹，檢查白蟻並鑑定，如為黑翅土白蟻、臺灣家白蟻或格斯特家白蟻時，建議以藥劑灌注法防治。

E.高度危害：樹木因自然因素如颱風，或人為因素如鋤草不慎造成樹基部有物理性的傷口，此傷口被白蟻蛀食造成樹基部更大的空洞，如果在危害初期可緊急使用藥劑灌注法，如果在危害後期則要進行樹木所在相對位置以及樹木倒塌的風險評估，如果倒塌的風險高的話，可能要考慮移除，但如果樹木是受保護的老樹或是在地有特殊意義的樹木的話，則還是使用藥劑灌注法，將該受保護的樹木地下周圍形成阻隔帶，並且定期做樹木健康檢查。

F. 重度危害：針對前面章節提及多次的南洋杉，在臺灣的公園綠地及校園大多是種植肯氏南洋杉及小葉南洋杉。因為近年南洋杉樹倒塌的案件逐漸增加，除了樹本身的植穴太小，根系發展不佳等人為養護因素，臺灣兩種家白蟻的入侵危害是造成樹木基部被蛀食，樹基部逐漸被蛀空，當無法支撐整棵樹的重量時，就會直接造成樹木倒塌，如果

是颱風季節就更加容易加速樹木倒塌，除了樹木本身死亡外，整棵非常沉重的樹主幹倒塌，亦會危及附近民眾生命及財產的安全。在民眾時常經過的熱點所種植的南洋杉經過應力波檢測法檢測，一旦發現樹木基部的斷層影像推估樹有腐朽，且採樣到白蟻並經鑑定確認為家白蟻時，應該要馬上以藥劑灌注法防治。如果腐朽率高於 30%，經過樹木風險評估後再決定是否要移除，尚未移除而曾經被蛀食的南洋杉，則必需定期做樹木健康檢查，此外，種植一大片南洋杉的地區，以長期而言，建議使用誘集木監測法來監測附近是否有家白蟻，南洋杉樹木則定期作應力波檢測來確認樹木是否有腐朽。

(4)確認白蟻防治方法

A.物理防治法

這種方法主要是針對黑翅土白蟻在活樹取食樹皮，以噴水柱或是以器具 (如掃把或塑膠刷子等) 刮除樹表面的泥道，在刮除泥道時，要注意不要因此造成樹的傷口。本方法主要是以干擾的方式來阻止黑翅土白蟻持續取食樹皮。此方法針對樹木受到黑翅土白蟻無危害及低度危害時建議使用，目的並非要殺光黑翅土白蟻，因為健康的樹本身就可

防禦黑翅土白蟻入侵其木質部。

B. 藥劑灌注法

目前在環境用藥上，特滅多乳劑 (Termidor® 25 EC) 是唯一被許可用在白蟻防治的特殊環境衛生用藥 (環署衛輸字第 0604 號)，它的主要成分是 2.92 % 的芬普尼 (fipronil)。這種藥劑理論上可以針對各種白蟻，不論是黑翅土白蟻、臺灣家白蟻或格斯特家白蟻都是有效的。在施用藥劑灌注之前先從樹冠層及樹的胸徑，來估算樹木根系的水平延展範圍，藥劑用水稀釋藥劑倍數為 110 倍，每一平方公尺需用藥量 5 公升稀釋後的特滅多藥劑，所以一棵樹如果需要防治的面積為 10 平方公尺，則需要鑽 10 個深度至少 30 公分的孔洞，每個孔洞需灌注 5 公升稀釋後的特滅多藥劑，一個樹根系面積約為 10 平方公尺，總共需要 50 公升稀釋的特滅多藥劑，依此類推，如果需要防治的面積為 20 平方公尺，總共需要 100 公升稀釋的特滅多藥劑。特滅多乳劑是臺灣合法的防治白蟻的環境用藥，相對於其他大多數法令不允許使用在防治白蟻的農藥，它對於哺乳動物的毒性相對很低，而對白蟻沒有忌避效果，所以白蟻沾到該藥劑，通常不會馬上被觸殺死亡 (除非藥劑濃度使用較高)，而是會帶著沾到的藥劑回蟻巢中，如果蟻巢是小型而族群量不

大的話，使用特滅多藥劑灌注法是有可能將目標樹木周圍的白蟻族群撲滅，防治效果是不錯。不過即使是低毒性，但對於樹周圍其他土壤昆蟲或無脊椎動物的衝擊是相當大的。如果施藥區附近是水源地，則滲入的芬普尼則可能造成水源的污染。在施用此法時來防治白蟻可能要多加考量該藥劑對環境所帶來的衝擊。

C. 餌站系統防治

相對於藥劑灌注法，白蟻的餌劑也開發為商品化已有二十多年了。目前全世界已實驗開發的餌劑包含三大類主要作用成分：分別為神經性毒 (neurotoxin)、代謝抑制劑 (metabolic inhibitor) 以及幾丁質合成抑制劑 (chitin synthesis inhibitor)。而防治的白蟻則包括鼻白蟻科及白蟻科 (Evans and lqbal, 2015)。臺灣目前餌站系統防治主要是引進道禮公司 (Dow Agro Sciecne) 的蟻巢滅 (Sentricon) 系統，這是針對防治鼻白蟻科的幾丁質抑制劑，最早是佛羅里達大學的蘇南耀博士團隊所研發出來，針對臺灣家白蟻及美洲的美東散白蟻 (*Reticulitermes flavipes*) 的防治實驗並達到相當好的結果。蟻巢滅系統最早是使用六伏隆 (hexaflumuron) 這類幾丁質合成抑制劑，它是該系統第一代白蟻餌劑的主要成分，第二代則是以諾福隆 (noviflumuron) 為主要作用成

蟻巢滅餌站系統。

白蟻餌劑是幾丁質合成抑制劑。

分，這兩種藥劑都屬於幾丁質合成抑制劑。目前這個系統的操作流程是針對鼻白蟻科防治的地區，先埋設大量裝有誘集木 (松木等) 的餌站在目標地區周圍，定期 (通常為兩個星期或一個月) 去檢查餌站，如果餌站內發現鼻白蟻科的種類 (在臺灣主要為臺灣家白蟻、格斯特家白蟻及黃肢散白蟻) 取食誘集木，則防治人員或研究人員會先取出被啃食的誘集木，再將含有幾丁質合成抑制劑的餌劑加入至餌站，多做一個放置誘集木的動作主要是白蟻餌劑會因為長期擺放而藥效失效或餌劑無法被白蟻取食，確定有鼻白蟻聚集啃食誘集木後才再置換餌劑，其目的是減少餌劑成本的浪費，以及精準的提供有白蟻熱點地區充分的餌劑帶回蟻巢內，利用白蟻具有交哺作用 (trophallaxis) 的習性，會將取食到的餌劑餵給同巢的其他工蟻、兵蟻及生殖型白蟻來食用，這些幾丁質合成抑制劑不會讓白蟻馬上死亡，而是當巢中的工蟻會持續脫皮時，讓他們無法脫皮成功而死亡，不脫皮的兵蟻及其他生殖型個體在沒有工蟻餵食後也會逐漸餓死，最後達到全巢的白蟻都死亡的目標。這個餌站系統所使用的餌劑比較具有專一性，不會對環境其他生物產生衝擊。

已放入土中的餌站系統 (綠色蓋口處)。

參考文獻

Bradshaw, C. J. A., B. Leroy, C. Bellard, D. Roiz, C. Albert, A. Fournier, M. Barbet-Massin, J.-M. Salles, F. Simard and F. Courchamp. 2016. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. Nature Communications 7: 12986.

Cameron, S. L., N. Lo, T. Bourguignon, G. J. Svenson and T. A. Evans. 2012. A mitochondrial genome phylogeny of termites (Blattodea: Termitoidae): robust support for interfamilial relationships and molecular synapomorphies define major clades. Molecular Phylogenetics and Evolution 65:163–173.

Campora, C. E. and J. K. Grace. 2001. Tunnel orientation and search pattern sequence of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology 94: 1193-1199.

Chiu, C.I., H. F. Li, H. T. Yeh and M. J. Tsai. 2015. Termite survey of Zelkova serrata plantations in moderate and low altitude areas of Taiwan. Journal of the Experimental Forest of National Taiwan University 29: 69–77. (in Chinese)

Eggleton, P. 2001. Termites and trees: a review of recent advances in termite phylogenetics. Insectes Sociaux 48 : 187–193.

Evans, T. A., B. T. Forschler and K. J. Grace. 2013. Biology of invasive termites: A worldwide review. Annual Review of Entomology 58: 455–474.

Evans, T. A. and N. lqbal. 2015. Termite (order Blattodea, infraorder Isoptera) baiting 20 years after commercial release. Pest Management Science 71: 897–906.

Inward, D., G. Beccaloni and P. Eggleton. 2007. Death of an order: a comprehensive molecular phylogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. Biology Letters 3: 331–335.

Kambhampati, S., K. M. Kjer, B. L. Thorne. 1996. Phylogenetic relationship among termite families based on DNA sequence of mitochondrial 16S ribosomal RNA gene. Insect Molecular Biology. 5: 229–238.

Krishna, K., D. A. Grimaldi, V. Krishna and M. S. Engel. 2013. Treatise on the Isoptera of the world. Bulletin of the American Museum of Natural History 377: 1–2704.

Li, H. F., H. T. Yeh, Y. N. Wang and M. J. Tsai. 2011. Termite diversity and damage pattern in tropical botanical garden of Taiwan. Journal of the Experimental Forest of National Taiwan University 25(2): 139-147. (in Chinese)

Liang, W. R., C. C. Wu and H. F. Li. 2017. Discovery of a Cryptic Termite Genus, Stylotermes(Isoptera: Stylotermitidae), in Taiwan, With the Description of a New Species. Annals of the Entomological Society of America 110 (4): 360-373.

Lin. C. C. 2007. Social insects. Science Development 409: 40-47. (in Chinese)

Lin, C. J., Y. H. Huang, G. S. Huang, M. L. Wu and T. H. Yang. 2016. Detection of termite damage in hoop pine (Araucaria cunninghamii) trees using nondestructive evaluation techniques. Journal of Tropical Forest Science 28(1): 79–87.

Tsai, C. C. and C. S. Chen. 2011. A review of the taxonomy and phylogeny of termites (Isoptera). Formosan Entomologist 31:25-38. (in Chinese)

Yang, R. L. and H. F. Li. 2012. Taxonomy and identification of the five common termite species in Taiwan. Formosan Entomologist 32: 169-198. (in Chinese)

Yang, R. L. 2016. Termite survey and control in the National Palace Museum. Formosan Entomologist 36: 94-106. (in Chinese)

Family Archotermopsidae 原白蟻科

Genus *Hodotermopsis* 原白蟻屬

Hodotermopsis sjoestedi Holmgren, 1911 山林原白蟻

Family Kalotermitidae 木白蟻科

Genus *Cryptotermes* 堆砂白蟻屬

Cryptotermes domesticus (Haviland, 1898) 截頭堆砂白蟻 (大黑白蟻)

Genus Glyptotermes 樹白蟻屬

Glyptotermes fuscus Oshima, 1912 黑樹白蟻 (茄苳白蟻)

Glyptotermes satsumensis (Matsumura, 1907) 赤樹白蟻 (薩摩白蟻)

Genus *Incisitermes* 木白蟻屬

Incisitermes inamurae (Oshima, 1912) 臺灣木白蟻

Genus *Neotermes* 新白蟻屬

Neotermes koshunensis (Shiraki, 1909) 恆春新白蟻 (恆春白蟻)

Family Stylotermitidae 木鼻白蟻科

Genus *Stylotermes* 木鼻白蟻屬

Stylotermes halumicus Liang, Wu & Li, 2017 穿山甲木鼻白蟻

Family Rhinotermitidae 鼻白蟻科

Genus *Coptotermes* 家白蟻屬

Coptotermes formosanus Shiraki, 1909 臺灣家白蟻 (臺灣乳白蟻)

Coptotermes gestroi (Wasmann, 1896) 格斯特家白蟻

Genus *Prorhinotermes* 原鼻白蟻屬

Prorhinotermes japonicus (Holmgren, 1912) 臺灣原鼻白蟻 (東洋原鼻白蟻)

Genus *Reticulitermes* 散白蟻屬

Reticulitermes flaviceps Oshima, 1908 黃肢散白蟻 (黃胸散白蟻 ; 臺灣長頭散白蟻)

Reticulitermes chinensis leptomandibularis Hsia & Fang, 1965 黑胸散白蟻

Family Termitidae 白蟻科

Genus *Nasutitermes* 象白蟻屬

Nasutitermes kinoshitae (Hozawa, 1915) 木下象白蟻 (木下白蟻)

Nasutitermes parvonasutus (Shiraki, 1911) 小象白蟻 (天狗白蟻)

Nasutitermes takasagoensis (Shiraki, 1911) 高山象白蟻 (高砂白蟻)

Genus *Odontotermes* 土白蟻屬

Odontotermes formosanus (Shiraki, 1909) 黑翅土白蟻 (姬白蟻 ; 臺灣土白蟻)

Genus *Pericapretermes* 近歪白蟻屬

Pericapretermes nitobei (Shiraki, 1909) 新渡戶近歪白蟻

Genus *Sinocapritermes* 華歪白蟻屬

Sinocapritermes mushae (Oshima & Maki, 1919) 台華歪白蟻


from sue4bytes@yahoo.com








國家圖書館出版品預行編目(CPI)資料

臺灣的白蟻及危害樹木白蟻之防治手冊 / 汪澤宏等作. -- 初版. -- 臺北市 : 農委會林試所, 民107.07
64面 ; 15×21公分
ISBN 978-986-05-6421-1(平裝)

1.樹木病蟲害 2.白蟻

436.34 107012165

臺灣的白蟻及危害樹木白蟻之防治手冊

發　行　人：張彬
作　　者：汪澤宏、黃裕星、徐孟豪、吳孟玲、劉則言、許富蘭
審　　定：吳文哲
攝　　影：汪澤宏、程志中、張永仁
美 術 編 輯：勝利數位設計印刷中心—葛林、陳盈君
出 版 單 位：行政院農業委員會林業試驗所
10066臺北市中正區南海路53號
電　　話：(02) 2303-9978
傳　　真：(02) 2314-2234
網　　址：https://www.tfri.gov.tw
印　　刷：勝利數位設計印刷中心
出 版 日 期：中華民國107年7月 初版
定　　價：新臺幣200元
展　售　處：國家書店 松江門市
10455臺北市松江路209號1樓 (02)2518-0207
五南文化廣場 臺中總店
40042臺中市中區中山路6號 (04)2226-0330
ISBN： 978-986-05-6421-1
GPN： 1010701101