柑橘斑星天牛之生態與防治

何坤耀[1]　羅幹成[2]　李啓陽[2]　黃阿賢[1]

[1] 嘉義農業試驗分所植保系助理研究員及園藝系副研究員

[2] 臺灣省農業試驗所應用動物系研究員兼系主任及助理

摘　要

斑星天牛（ *Anoplophora macularia* （ Thomson ））爲台灣危害柑橘最重要之基幹害蟲，經記錄之寄主植物達50種以上。本蟲每年發生一世代，成蟲多在4月初至10月間出現，以6至7月間密度最高。成蟲羽化後先以枝葉皮層爲食，俟數天之後再開始交尾產卵。產卵時多在樹幹基部咬出裂隙而產卵其中，卵經7－10日孵化。幼蟲先繞蛀皮層，待三齡後再蛀入木質部，往往造成植株枯死。防治斑星天牛之技術可綜合運用藥劑塗刷（生石灰混合硫磺）、藥劑噴佈（噴在樹幹基部防止產卵及葉部毒殺成蟲）、物理器械（人工捕殺成蟲、鐵絲鉤殺、燻殺幼蟲及包紮幹基阻止產卵）、生物防治（卵、幼蟲寄生蜂及白殭菌）及田間管理（清除根際雜物、灌溉施肥、增強樹勢及選種抗性品種）等等。

關鍵詞：柑橘、斑星天牛、生態、防治

前　言

台灣爲害柑橘之斑星天牛之學名，根據文獻記錄，有 *Anoplophora chinensis* （ Forster ）、*A. malasiaca* （ Thomson ）及 *A. macularia* （ Thomson ）等。台灣大學朱耀沂教授及台灣省農業試驗所周樑鎰博士將標本送請日本專家楨原 寬等之鑑定，認爲在台灣爲害柑橘之星天牛，僅爲 *A. macularia* （ Thomson ）一種而已，與日本之 *A. malasiaca* （ Thomson ）爲非常相近之種類。故欲瞭解一種害蟲之重要性，首先須認識其分類地位，然後才能進一步求証它的寄主範圍、分佈區域、爲害習性、生活史及族群動態等生態資料，最後再根據這些基本生物學的特性，來探討各種比較有效的防治策略。本報告將先闡明斑星天牛之生態及習性等，其次再就現行之各種防治技術予以檢討，並探討未來可能對本蟲之綜合管理趨勢。

分類地位、生態及習性

1. 斑星天牛之分類地位、寄主、分佈範圍及形態特徵

台灣記載柑橘斑星天牛之名稱極爲雜亂，計有花角蟲、牛角蟲、水牛郎、水牛娘、水牛公、水牛母、牛頭夜叉、天牛仔、哈蟲、筒蟲、老姆蟲、鐵砲蟲、鑽木蟲、盤根蟲、箍蟲.....等。英文名稱亦有多種記載，如 the white spotted longicorn beetle, the white－spotted longicorn beetle ， white－spotted longicorn beetles ， silver spotted longicorn beetle ， silver potted longicorn ， the long horned beetle 等。茲將比較有學術價值的中名及學名之記錄整理於表1中，以供爾後學者參考。

表 1. 台灣之柑橘斑星天牛中名及學名記錄

中　名	學　名	文　獻　出　處
斑星天牛	*Anoplophora macularia*（Thomson）	6, 8, 10
馬庫白星天牛	*Anoplophora macularia*（Thomson）	9
星天牛	*Anoplophora macularia*（Thomson）	46, 47
星天牛	*Anoplophora maculata* Thomson	16
星天牛	*Anoplophora maculata*（Thomson）	14
星天牛	*Anoplophora maculata*（Thompson）	17, 26
木麻黃星天牛	*Anoplophora maculata*（Thomson）	18
桑斑天牛	*Anoplophora maculata*（Thomson）	18
柑橘星天牛	*Anoplophora maculata*（Thomson）	18
柑橘星天牛	*Anoplophora malasiaca*（Thomson）	19, 20, 21
胸斑星天牛	*Anoplophora malasiaca*（Thomson）	13
胡麻星天牛	*Anoplophora malasiaca*（Thomson）	4
星天牛	*Anoplophora chinensis*（Forster）	13
星天牛	*Melanauster chinensis* Forster	1, 32, 51

筆者爲了能將爲害台灣柑橘之星天牛種類予以確定，曾經走訪多位昆蟲前輩專家。經過討論印証之結果，建議日後宜將中名統一採用張氏[6]最早使用之〝斑星天牛〞，而學名則爲 *Anoplophora macularia*（Thomson）。分類地位則屬於鞘翅目（Coleoptera），天牛科（Cerambycidae）。

斑星天牛之寄主植物範圍很雜，根據張[9]之列舉，較重要的包含芸香科（Rutaceae）、楊柳科（Salicaceae）、桑科（Moraceae）及木麻黃科（Casuarinaceae）等共計19科66種。常見的種類有柑橘、桑樹、柳、苦楝、構樹、洋紫荊、木麻黃、荔枝、番石榴、樹豆、木瓜、烏心木、松等，若包括野外雜木，在台灣之寄主將超過一百種以上。

台灣之斑星天牛，從平地至2000公尺間皆有分佈[9]。據文獻記載，斑星天牛在國外之記錄有緬甸、琉球、日本、韓國等[14]，在中國大陸之記錄則有廣東、廣西、海南島、福建、四川、浙江、江西、江蘇、山東、河北、陝西、遼寧諸省。雖然有如上述之記載，但台灣之 *macularia* 是否確實分佈於國外，抑或其爲台灣之特有種類？根據日本北隆館出版的原色昆蟲大圖鑑中，在日本並未包含 macularia 在內[33]，而中國大陸最近發表之報告中，亦都未記錄斑星天牛之學名[2,5,22,24,25]。另一方面，在台灣是否也存在其他星天牛種類，如 *malasiaca* 或 *chinensis* 等，實有進一步探查的必要。

斑星天牛之形態特徵，非本報告之主要重點，於此僅對各期之形態作簡要之描述。

1）成蟲：體長約2.5－3.5公分，全體黑色有光澤，前胸、背板、翅鞘上皆有白色星狀斑點。觸角每節之基半亦爲白色，雄性之體型略小，而觸角與體長之比值以雄性顯著爲大。

2）卵：長橢圓形，微彎曲，似米粒或香瓜之種子，乳白色，長0.5－0.6公分。

3）幼蟲：長形乳白色，頭部淡黃，大顎黑色。頭部略比尾端寬闊，胸部硬皮板呈暗褐色，足退化。剛孵化時約長0.5公分，完全成熟時長達6公分。

4）蛹：裸蛹，有乳黃光澤，觸角在胸下捲成二圈，眼點深紫色。嘴喙有黃褐短毛，體向內微屈成淺弧形，體長3－4公分[1,14]。

2.成蟲羽化、產卵活動及幼蟲爲害習性

在台灣斑星天牛每年可發生一代，三月中老熟幼蟲先在木質部之蛹室內化蛹，蛹期10－15天。初羽化之成蟲需停留在蛹室內數天至1個月，然後咬孔外出，在清明節前後即可發現成蟲開始出來交尾產卵。羽化孔口徑約2公分，大多在離地5公分左右。羽化約一週後即可取食新嫩的枝葉、樹皮，不久後即可交尾，約經2週後即可開始產卵[1]。在台灣斑星天牛之羽化及產卵出現期（表2），以嘉義地區爲例，成蟲多在3－10月間出現。以5 月初開始進入羽化高峰期，5月中即進入產卵高峰期[1,3,16]。然而在台灣南部成蟲之發生期、產卵及幼蟲高峰、化蛹期等，均約較北部提早約一個月。產卵時間多在午後，產卵時先以口器咬破樹皮成一裂縫，再反轉身體將產卵管插入縫中，產下一卵，歷時約10分鐘[1]，產卵位置則有90%以上在根際至離地3公分內。在日本柑橘上之星天牛 *A. malasiaca*，其約於5月上旬化蛹，蛹期3－4週，6月初至中旬爲羽化盛期[30,31]，產卵前期約9－14日，而產卵盛期則在6月下至7月下旬（表3）。預計羽化期間長達1個月，而產卵期間則可超過兩個月。

表2. 斑星天牛在台灣南、中、北部地區之出現情形

蟲期 / 地區	成蟲羽化	開始產卵	幼蟲高峰	化蛹期
南部	3月下	4月中	6－8月	3月初
中部	4月初	4月下	7－8月	3月中
北部	4月下	5月中	7－9月	4月初

表3.*A. malasiaca* 成蟲在日本南國市羽化與產卵時期[30]

時	期	1975年	1976年	1977年	1978年
羽化	開始日	5/22	5/27	6/4	6/3
	終了日	6/21	6/25	6/25	6/25
	總期間	30日	27日	20日	20日
	高峰期	6月上	6月上	6月中	6月中
產卵	開始日	6/14－6/17	6/10－6/17	6/13	6/19
	終了日	7/19－8/15	8/13－8/16	8/8	8/21
	總期間	32－62日	63－67日	56日	63日
	高峰期	6月下	6月下	7月上	6月下

日本之試驗發現，觀察果園內所羽化出來的成蟲並不多，因爲發現之成蟲數遠較羽化孔數爲多[49]，推測大部份成蟲皆由別處遷入。遷入後之成蟲多停在近處內活動，飛行範圍在10－50公尺內，而以雌蟲駐足的時間較雄者多一半[42]。雌雄之性比約爲1:1，一般雄蟲羽化略早。標示釋放後之再捕率約爲40%，由此可以估算田間之棲群密度[49]。成蟲在柑橘上之活動包括靜止休息、爬行、快走、取食、交尾、產卵及飛出飛入等，其中雌蟲主要是在找尋產卵場所或在樹上取食，雄蟲則多停留在樹上及樹叉處等候，或追到樹基尋找雌蟲[34]。

幼蟲之爲害情形，因寄主之狀況而有差異。例如在日本三年生之溫州蜜柑，星天牛在每株樹上平均產9.6個卵[27]，產卵位置多在幹基離地面5公分以內。而斑星天牛在台灣木麻黃之調查結果，產卵位置多在70公分以下，每株樹可能有4－5隻幼蟲爲害[1]。初齡幼蟲先在皮層繞食，約在6－8月（體長約爲2－3公分時）爲幼蟲之爲害盛期[35]。幼蟲進入第3齡後逐漸蛀入木質部內，繼續往上或往下呈馬蹄形之食痕，在樹皮上可見其排出之木屑狀蟲糞。幼蟲期約10個月，大多以老熟幼蟲在木質部內越冬[8]，直至第2年春天才化蛹羽化，但有時亦可發現以蛹、成蟲或較幼齡之幼蟲越冬。受害之植株，往往造成株幹枯萎易折，嚴重時整株枯死，甚至造成果園之廢耕。

3.人工飼育與生活史

有關人工飼養及生活史之調查，亦以日本的資料較多。Adachi[40]曾以柑橘枝條插在濕砂上，讓星天牛產卵，再將卵收集放在濕濾紙上，置於黑暗中讓其孵化，結果發現產卵前期爲9.8 ± 1.4天，雌蟲壽命爲77.6 ± 20.3天，每雌一生可產193.8 ± 65.2個卵，顯較野外族群爲多。在野外星天牛族群之產卵盛期約在羽化之後一個月，但產卵數顯著較少，每雌產卵粒數約在32.4至68.7之間[29,30]。村越和青野[36]以人工飼料（含桑葉粉末、脫脂大豆、纖維素、洋菜、維生素、有機酸及防腐劑）飼育結果，發現部份一年生之幼蟲至8齡或9齡後羽化，而部份幼蟲可延至第2年，達12齡或13齡，成蟲壽命2－4個月。另由川村[31]以溫州蜜柑飼養，在20－30℃下，幼蟲大多爲7－8齡，少數爲9齡，幼蟲期亦可超過1年；同氏在1979年之飼

養結果發現，成蟲之壽命最長可達6個月，平均約爲2個月[30]。在中國大陸報告指出，星天牛在不餵食之情況下，初齡、老齡幼蟲及成蟲分別可在玻璃筒內存活40、76及122天[2]。

在台灣，有關人工飼養及生活史方面，尚未有較完整之資料可稽，至目前爲止僅有三人嘗試過。張氏[10]首先提及在樹幹上以電鑽鑽孔，放入多隻幼蟲再包上鐵絲網，經過數個月後終於有成蟲羽化。Hou[46]以修改Gardiner（1970）之人工飼料配方（表4）飼育斑星天牛結果顯示，幼蟲經12齡之後才化蛹。李1994年（未發表）之資料，則是以柳橙枝條粉末代替Cannon and Robinson（1982）之配方（表4）。飼育之結果，卵在室溫下經10天孵化，最後共計有17隻成蟲羽化，而成蟲之壽命達一個多月。

表4. 星天牛之兩種人工飼料配方比較

Hou 1978 (modified from Gardiner 1970)		Lee 1994 (from Cannon & Robinson 1982)	
Ingredients	Quantity	Ingredients	Quantity
Agar	16 g	Agar	20 g
Water	335 ml	Water	300 ml
Alphacel	2 g	Alphacel	75 g
Wood dust	12 g	Orange twig dust	45 g
Wheat germ	12 g	Wheat germ	23 g
- - - - -		Sucrose	26 g
Casein	14 g	Casein	26 g
Wesson salt	4 g	Wesson salt	8 g
Ascorbic acid	1.6 g	Ascorbic acid	3 g
Choline chloride	0.4 g	Choline chloride	1 g
Methyl p - hydroxy benzoate	0.6 g	V's vitamin mix.	8 g
Aureomycin	0.12 g	Bacto - yeast extract	6 g
Formalin	0.2 ml	Bacto - peptone	6 g
4 M KOH	2 ml	Cholesterol	3 g
- - - - -		Methyl paraben	2 g
- - - - -		Sorbic acid	2 g

4. 樹勢、品種與斑星天牛之爲害程度

對尤加利天牛（ *Phoracantha semipunctata* ）之調查中[45]，發現較強之植株較不易被害，其原因可能是強壯植株之樹液濕度大，抵抗力較強。在柑橘[43]、荔枝[10]及印度棗上[17]曾有報導，樹齡較大之植株，一般樹勢較弱，因而被斑星天牛爲害程度較爲嚴重。在黃與何（ 1994 ）之報告中發現[15,16]，樹勢由盛而衰（ 1至5級）與被害株率間呈顯著的正迴歸關係（圖1 ）。即樹勢衰則被害率高，且每株之幼蟲亦較多，此現象可在萊姆（ Lime ）、檸檬（ Lemon ）、柚類（ Pummelo ）、柳橙（ Orange ）、葡萄柚（ Grapefruit ）及所有調查的柑橘植株（ Total ）上發現。 然而究竟係因爲較強壯之植株其被產卵處之癒合能力較強，或樹液中存在的抑制性物質較多，抑或植株液壓較大？甚或植株之衰弱乃是由於被害後所造成之結果，而並不是由於衰弱而被害度高？ 凡此種種，皆值得作進一步探討。

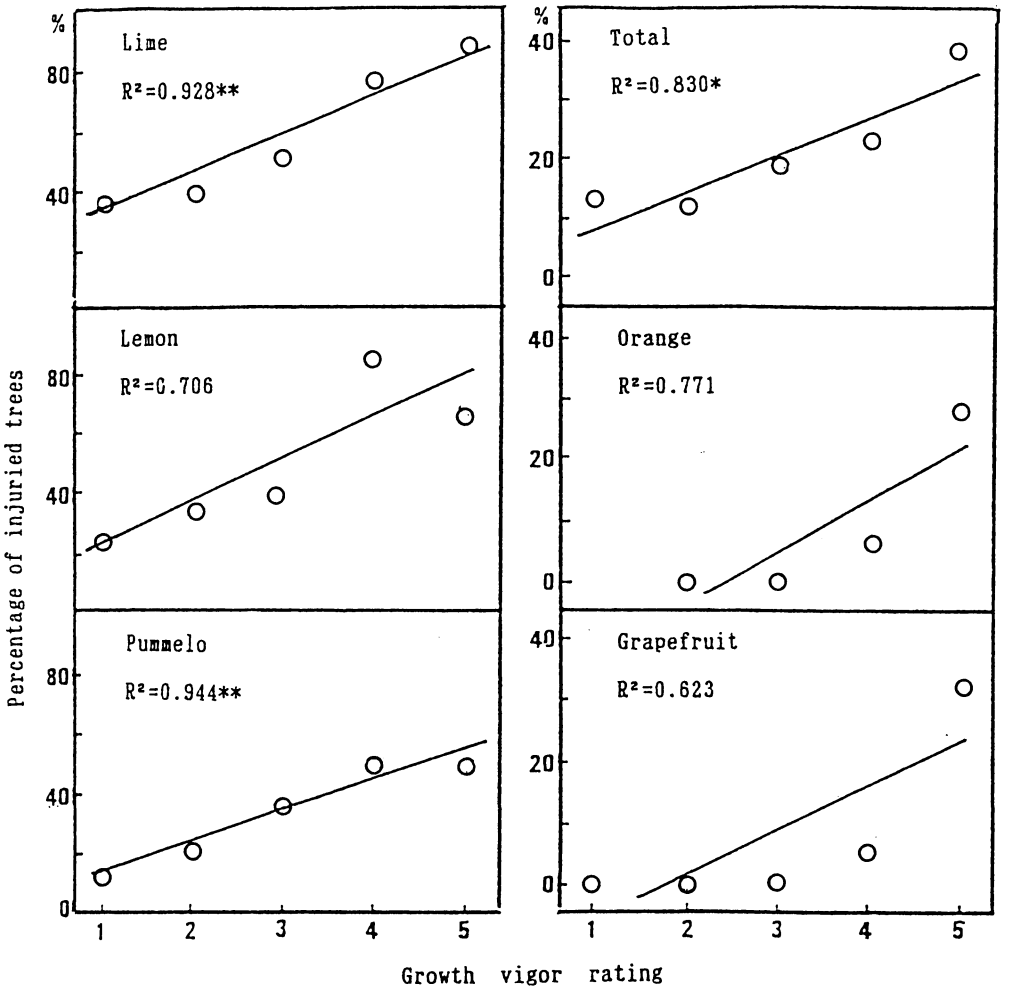


圖1. 各種柑橘之樹勢與斑星天牛之爲害程度（黃與何　1994 ）

斑星天牛之爲害程度，亦會因寄主之品種而有差異，此現象或許在篩選抗性品系上將會有所助益。以木麻黃爲例，發現方苞品系之受害率僅約7%，而在木賊葉上則有95%受害。有報告指出，一般在荔枝及柑橘各品種上之爲害偏好性不高[10,42]，但亦有報導萊姆及柚類較葡萄柚及甜橙易被害[15]，而椪柑之被害最烈，文旦則較少被害[14]。另在嘉義農試分所對柑橘不同種類之初步調查[16]，發現被害株率在各品種間之差異顯著（表5）：溫州蜜柑、寬皮柑類、椪柑、葡萄柚、甜橙及檸檬之被斑星天牛爲害率，分別爲82.1、37.0、34.4、5.5、1.8及0%。另外，柑橘園若與荔枝、木麻黃、苦楝，甚或與柑橘之廢園相鄰近者，其被害率往往也會增加[9]。

表5. 不同柑橘種類被斑星天牛爲害之比較

種　類	品種數	調查株數	被害株率（%）	被害株平均幼蟲數	定植日期
溫州蜜柑	7	28	82.1	5.3	82年2月
葡萄柚	4	18	5.5	1.0	82年2月
甜橙類	12	53	1.8	1.0	82年2月
寬皮柑類	6	22	37.0	2.2	82年2月
檸檬	1	12	0	0	79年
椪柑	1	61	34.4	1.8	82年2月
葡萄柚	2	65	5.0	1.3	78年2月

註：83年5月初及6月初各噴一次加保扶水懸粉100倍，調查日期爲83年6－7月間。

防治技術

1. 藥劑防治

使用藥劑防治斑星天牛，具有可大面積施用、易行及快速收效之優點，並可與其它搜殺幼蟲、成蟲等同時配合進行。然而藥劑之殘毒、藥害及害蟲抗藥性等，亦應加以評估，故藥劑防治要適時及選擇性的配合其他防治技術來施用。

國內、外以往常用之防治方法，包括：1）幹基噴佈或塗刷農藥，以防止產卵或殺死卵、幼蟲及產卵之成蟲。例如以往施用殘效性長的農藥，如DDT、BHC及砒酸石灰乳等[1]。近年來則常於樹基噴佈濃度高且殘毒長的有機磷劑及氨基甲酸鹽劑，如40.64%加保扶水懸粉100倍，每月施用一次，施用時宜注意安全。雷等[22]曾報導以70%天牛驅殺粉劑，裝在條狀藥袋內將之綁在幹基，具有驅殺、燻殺及觸殺之效果，可持效50－60天之久。2）枝葉噴佈，以毒殺產卵前取食期之成蟲。此種方法若施用得當，收效往往很大，然而須特別注意施用之時機，並選用安全性高、效果好之農藥。唯因需要大面積之施用，常造成不必要之浪費及環境污染。3）蛀孔灌藥，以毒殺幼蟲。以往常用棉花沾藥，或以原液用針筒注入幼蟲之蛀孔內[1]，再以粘土封住蛀孔，以確保燻殺效果，必要時隔週再檢查一次，發現未毒死之幼蟲，宜

再補灌一次。亦有人在蛀孔內放入電石粒、老鼠藥、磷化鋁燻蒸片劑[25]、毒竹簽[5]、粉劑[22]等，也都有不錯的效果，唯需考慮防治時效、成本及人力之可行性。

應用上述方法，殺卵之效果並不佳，因爲卵被產在樹皮內而受到良好的保護。對付取食樹皮之2－3齡幼蟲，則可選用滲透性較強的藥劑，在7－8月間宜多施用兩次[28]。施用原液塞入蛀孔內，除應考慮植株面臨的藥害外，亦應顧及對施用者會有呼吸及接觸中毒之危險性。筆者最近的初步試驗結果，發現以一種噴霧劑——紅恐龍（含安丹及第滅寧），可將細長噴頭直接插入蛀孔內壓噴數下。施用起來既方便、安全性較高，且毒殺效果達95% 以上，此法於噴後亦需以泥土封住蛀孔。另外，如好年冬、撲滅松等每月噴佈幹基一次的方法，已不足以達到抑制產卵之效果，宜再篩選其他可適用之藥劑。

2.生物防治

星天牛有記錄之天敵計有：鳥類（啄木鳥、野雞）[7,39]、蜘蛛類[39]、膜翅類（螞蟻、姬蜂、青蜂、蟻形蜂、小繭蜂、垂腹蜂、姬小蜂）[7,26,32,50]、鞘翅類（絨細堅蟲、步行蟲、郭公蟲）[7,8]、雙翅類（寄生蠅、食蚜虻）[7]及寄生性微生物（白殭菌、線蟲）[37,38,39,48,50]等。其中如鳥類可在樹林或雜木林中發現，但欲在農業生態系之果園內發現野雞或啄木鳥，其機率甚少。又如螞蟻、蜘蛛等在田間雖爲很出色的捕食者，但一般星天牛之卵或幼蟲、蛹，皆能在縫穴內受到樹液、樹皮、樹膠、蟲糞、蛹室等之良好保護，故此兩種節肢動物亦無防治效果。有一些較具潛力之天敵，如卵寄生姬小蜂（*Aprostoctus fukutai*）、幼蟲寄生蜂（*Sclero－dermus nipponicus*）及絨細堅蟲（*Dastarcus longulus*）等，若欲當作生物防治用，則應進一步對其大量飼育、釋放及成效等再作評估。田間之寄生蠅、食蚜虻、線蟲等，有時亦會有相當程度的功用，但利用性如何，仍需作進一步之考量。

早在1965年Lee and Cheng曾自美國引進白殭菌*Beauveria bassiana*，斑星天牛經接種5天後即發病死亡[50]，可惜後來未能再進一步之評估與開發利用。近年來白殭菌使用在星天牛防治上之研究，在日本已有令人滿意的結果。據柳沼之報導，將土壤中病原菌*Beauveria brongniartii*的分生孢子散佈於不織布上，綁在樹基，可使星天牛於產卵活動時感病[37]。在室內（25℃）時，噴佈*B. brongniartii*的孢子懸浮液（10^7 / ml），星天牛於10天後死亡。在田間柑橘之樹幹或樹叉懸掛含10^8 / cm^2孢子之泡棉帶（圖二），可達55－100%之防治率[38]，而懸放之時間每10公畝需時約40－60分鐘。如此觀之，白殭菌在田間應用上因其效果佳，可行性頗高，將來再經改進後，極可能成爲防治斑星天牛的主流。目前台灣省農業試驗所已自日本引入了此種白殭菌，經過測試之後期能提供作爲對斑星天牛防治之一種新利器。

3.物理防治

物理器械防治星天牛是一種古今中外傳統的方法，其中以包紮幹部以防止雌蟲產卵最爲人喜好，操作得當可獲很好的效果。其包紮之材料及方法甚多，張氏曾報導使用過錳酸鉀（1800倍）消毒主幹，再用透明塑膠布（0.2－0.3mm）包紮樹基（15－31cm），根際培土（3cm高），防止星天牛之效果可長達2年[12]，有98%之防治效果，可惜此法並未爲農友採行。在中國大陸盧氏，採用編織之肥料袋（剪成20－30公分寬之條片）圍繞2－3 圈，對防止產卵之效果達100%，可維持2－3年[24]，頗值得一試。在日本之報導中，曾提到以細鐵絲網

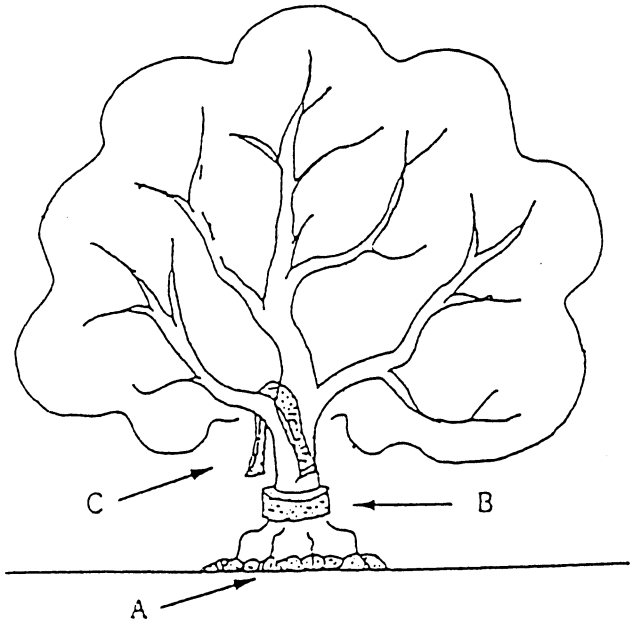


圖 2. 白殭菌泡棉帶施掛法：A. 地際，B. 幹基，C. 樹叉部
(from Kashio 1993)

防止星天牛產卵之效果遠較圍綁硬紙板及魚網之效果爲佳[43]，若再於地際培土（圖 3），則效果更佳[41]。另於嘉義農業試驗分所之果園，亦曾嘗試以硬質之 PE 塑膠黑網（寬 10－20cm），於樹幹基部圍繞 1－2 圈，根際亦覆土處理，防止產卵之效果亦相當不錯[16]。其他，如在中國大陸之包紮棕衣、稻草、竹籠[14]，日本之包紮魚網、硬紙板等[43]，也都有或多或少之預防效果。

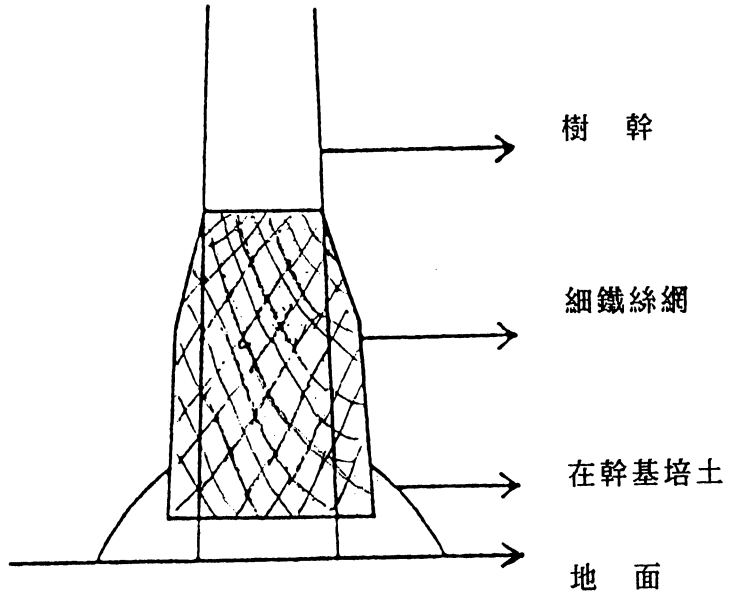


圖3. 細鐵絲網包幹及根際培土之圖示（ from Adachi　1990 ）

另一種物理防治方法爲石灰刷白劑，它是利用生石灰（ 20份）、砷酸鉛（ 0.04份）、少許食鹽、桐油（豬油）再加水（ 20份），調成糊狀塗刷於樹幹基部[14]。此法阻止產卵之效果約有40天，若主成份改爲石灰硫磺，則可持效二個月。使用刷白劑有時亦會對產卵之成蟲產生忌避效果，惟皆易受雨水沖刷，對植株會產生某種程度的藥害，且費工而效果不是如期理想，故此法亦不爲農民所樂用。

其他的防治方法尚有手捕、網捕，或用竹竿打落及搖落成蟲後捕殺[1]，此等方法應注時效，宜在成蟲產卵前之取食期的清晨或傍晚巡視果園時進行。若能把握時效，且做得徹底即可完全杜絕成蟲之產卵爲害，不過此種方法須持之以恆方可見效。例如1993年在嘉義農業試驗分所之一區柑橘園內，曾於成蟲羽化盛期進行成蟲捕殺，效果幾乎達100%，7月以後未見到柑橘有遭受幼蟲爲害之植株。然而第二年因没有再繼續捕捉，柑橘被害甚爲嚴重。使用鑷子、鐵絲鉤殺幼蟲（當鉤殺不著時，可配合灌注農藥），或用針刺、硬物捶打產卵處亦可獲得防治效果[1]。幼蟲之搜殺應把握在2－3齡期（即6－7月間），收效較佳。而對卵之搜殺則因較不易發現產卵處，可以等到初齡幼蟲孵化後，於產卵近處產生流膠而發現。 此外，亦有人於樹皮上縱割3－4條裂溝，用以阻止幼蟲之環狀繞食，此法較費時且易引起其他病蟲害由傷口侵入[11]，而收效亦不大。 另如將被害株泡水、日曬或燒燬[1] ，採用燈光誘集成蟲（斑星天牛之趨光性並不強），或發動學生、士兵及晨間運動者捕捉成蟲等，皆可配合施行。

4.耕作管理

利用耕作管理技術以改變果園之生態環境，使其較不利於斑星天牛之取食、棲息及產卵。例如將樹幹基部之雜草、雜物清除乾淨，造成乾燥的環境而不利於星天牛之產卵[1,27]。清除雜草以後，便於觀察產卵處及操作處理，亦能使防治之效果大增。可利用之管理方法如施肥、除草、整枝、修剪、培土等，主要是可增強果樹之樹勢，樹勢增強則受星天牛之爲害即能減低[15,39]。在根際培土，可以防止成蟲在根際產卵[14]，整枝修剪時可將被害株剪除燒燬。修剪後由於通風良好，被害情形亦可減少[1,10,47]。避免與斑星天牛喜愛之寄主混植，例如木麻黃混植銀合歡、苦楝、桑樹及柳樹等，則其被害率會大增[1]。另如印度之枝蛀天牛 *Oberea leteapicalis* 在柑橘與咖啡之混植園內，或在管理不佳之果園內，其天牛之危害率均較管理良好之單純柑橘園爲高[53]。最後必須特別留意廢耕之果園，因爲在廢耕及半廢耕之柑橘園內，往往會大量孳生蟲源，進而波及鄰近之健康園，故需將廢耕園內之植株清理乾淨[9,39]。

5.綜合防治

防治一種害蟲，若只採用一種技術（例如化學或生物防治）往往不能達到理想之效果。對於斑星天牛之防治，最好是能依其生態習性的特點，選定施藥、包幹塗刷、鉤殺幼蟲、捕殺成蟲及田間衛生等可行之技術（表6），並把握防治時機綜合運用各種方法而達到最佳之效果。

表6. 斑星天牛綜合防治策略之釐定

技　術	要　點　說　明
藥劑防治	選擇滲透性佳、殘效長之藥劑，對卵、幼蟲、蛹、成蟲皆有毒效，或對成蟲產卵具忌避者。
生物防治	本土與進口白殭菌製劑之篩選開發，天敵之基本生態習性等之瞭解。
物理器械	網罩包紮材料與方法之改進，捕殺幼蟲、成蟲之時機及操作之器械。
耕作管理	整枝修剪以增強柑橘生長樹勢，選植抗蟲砧木，增進田間衛生。
綜合防治	適度綜合上列兩種以上之技術，及防治宣導等。

茲再以兩個綜合管理防治模式中之工作項目，比較其解決之各項問題。模式一：1）田間開始發現成蟲時，往往由於來源不明而無法阻止其侵入。2）對於侵入之取食期成蟲，可配合人工捕殺及枝葉部噴藥毒殺。3）同時採用幹基塗佈、施藥或包幹法來阻止成蟲產卵，亦可再用幹基施藥之方法殺卵、殺產卵之成蟲及初孵化之幼蟲。4）配合清除幹基之雜草、雜物，使保持乾燥而不利於產卵，又可利用人工挖卵或硬物捶打產卵處。5）針對繞食皮層之2－3齡幼蟲，進行施藥毒殺及用鐵絲鉤殺。6）3齡後之幼蟲已蛀入木質部，可由外部施藥，而鉤殺不到的再以藥劑注入或噴入孔內。7）蛹期亦可施用滲透性強之藥劑，可阻止其羽化或羽化後使其接觸到藥劑，唯效果有限。模式二：1）於4－9月間定期巡視植株以捕捉成蟲，6－7

月間在幼蟲蛀入木質部之前及時搜殺效果較大，必要時於10月再補充搜殺較老熟之幼蟲。2）全期施藥毒殺，並配合塗刷包幹法以阻止產卵。3）收購成蟲或幼蟲，由農民不時的巡視捕捉，但有時會因過度捕捉幼蟲而刮剝樹皮、傷害植株。4）清除幹基雜物，發現被害之植株宜儘速處理。5）選種較具抗性之品種，避免與易被害之其他寄主混植。6）在少數人工鉤殺不著的幼蟲蛀孔內，注入農藥毒殺。模式一乃爲在日本對柑橘星天牛之防治策略，而模式二則爲台灣針對木麻黃斑星天牛防治之考量，兩者多有雷同，有異曲同功之處。

討論與結論

斑星天牛由於寄主多而雜，且受到自然天敵的控制，在台灣光復前並未有大發生爲害之記錄[8]。後來可能因大量種植木麻黃當防風林以及柑橘種植面積之推廣，才使得斑星天牛之爲害趨於嚴重。目前在一般管理良好之果園，遭斑星天牛爲害之情形並不常見，然而隨著柑橘產業的逐漸萎縮，自1988年全省栽培總面積高於4萬4千公頃，降到1993年的3 萬7千公頃以下。由於廢耕之果園隨處可見，使得斑星天牛之爲害情形又逐漸嚴重[16]。

依目前農林廳植保手册推荐防治柑橘斑星天牛之藥劑，僅有40.64%加保扶水懸劑一種[21]。然據果農之反應及嘉義農業試驗分所初步測試的結果，每月在幹基施佈40.64%加保扶水懸劑100倍液一次，已不足以有效抑制斑星天牛之產卵。故如何調整施藥間隔與加保扶的濃度倍數，甚或尋找開發其他的新藥，以及配合採用其他的防治等技術已是當務之急。古老的防治方法，如包紮幹部防止產卵，這不論在日本[41,43]、中國大陸[14]、台灣[12,21]及在嘉義農業試驗分所[16]之試驗結果，皆有很好之效果。其他如栽種抗蟲品種及選擇性的配合在枝葉上及樹基幹部使用農藥，亦有實際應用上之價值。而防治時機之掌握及對害蟲生態環境之瞭解當然亦很重要，例如應在6月底之前以人工捕殺產卵前之成蟲，或在6 –7月間捕殺2–3齡之幼蟲效果最佳[23]。另外果園之管理及植株生長情形亦必須瞭解，在一般果園中斑星天牛之發生並不多，但一有疏忽，即可能造成嚴重之受害。因此防治斑星天牛可從果園之善加管理著手，管理良好之果園樹勢生長強盛，受斑星天牛之爲害自然會較少[15]。

有關人工飼料室內飼育法之開發亦相當重要，不論是性費洛蒙、誘引劑、毒效測定及生活史等研究，皆需要有足夠的蟲源才能獲得較完整正確之資料。以目前在日本及台灣的研究情形看來，似乎很快就可突破人工飼養之瓶頸，最少也能夠獲得較完整之斑星天牛生活史資料。此外在本報告中要強調的另一個要項是新微生物製劑之開發，例如本土的或引進的白殭菌或線蟲製劑，以日本目前測試白殭菌 *Beauveria brongniartii* 之耀眼效果[38,48]，可期盼將來在台灣斑星天牛綜合防治時，白殭菌或能替代農藥之使用，而成爲明日之星。

其他尚可配合之技術，如誘引劑及性費洛蒙之研製[46]，或有賴於人工飼料之大量飼育法之開發。另外如篩選栽種較具抗性之品種，或引入抗性砧木或接穗等[16,39]，惟目前可以取用之資源實在太少。而有關燈光誘集之研究，例如有效的誘引波長範圍之測定，或許亦能在綜合防治上佔一席之地。

參考文獻

1. 甘偉航。1958。星天牛對木麻黃之爲害及防治。林試所報告第58號。P.1–24。

2. 王志勇、劉揚庭。1994。注意對星天牛的再次防治。中國柑橘23(2):45–46。

3.何坤耀。1985。嘉義地區重要柑橘害蟲之發生情形。台大植病學刊12:52－62。
4.余清金、奈良一。1988。台灣的天牛。37頁。木生昆蟲博物館叢書。
5.康美權。1994。用毒簽防治柑橘天牛效果好。中國柑橘23(2):46。
6.張書忱。1954。中國之爲害柑橘天牛類初誌。農林學報3:55－75。
7.張書忱。1957。兩類罕聞之天牛類生物天敵－細堅蟲類及食蟲虻類。植物病蟲害會報8 :1－5。
8.張書忱。1966。斑星天牛生物防除試驗研究之初步報告。昆蟲學會會報5:1－8。
9.張書忱。1975。馬庫白星（ *Anoplophora macularia*（ Thomson ））在台灣之寄主植物、雌蟲產卵及其幼蟲取食之習性。農林學報24:13－20。
10.張開拔。1970。荔枝最大害蟲 － 斑星天牛。台灣農業6:133－143。
11.張國輝。1982。荔枝病蟲害防治。 台灣農業18:51－54。
12.張細和。1985。柑橘、檸檬的天牛防治法。豐年35(4):11－12。
13.華立中、奈良一、余清金。1993。海南、廣東的天牛。115－117頁。木生昆蟲博物館出版。
14.陶家駒。1960。柑橘根幹天牛類防除實驗報告。植保會刊2:44－50。
15.黃阿賢、何坤耀。1994。柑橘樹勢與星天牛爲害之關係。中華昆蟲14:271－275。
16.黃阿賢、何坤耀。1994。柑橘樹勢、種類與星天牛危害關係之探討。農藥世界135:32－3666 。
17.溫宏治。1987。星天牛爲害印度棗調查及其防治試驗。中華農業研究36:327－330。
18.植保手册。1987。柑橘星天牛。154－155頁。農林廳編印。
19.植保手册。1990。柑橘星天牛。248－249頁。農林廳編印。
20.植保手册。1992。柑橘星天牛。243－244頁。農林廳編印。
21.植保手册。1994。柑橘星天牛。274－275頁。農林廳編印。
22.雷慧得、劉潤身、黃良爐、劉承梅。1994。天牛驅殺劑防治柑橘天牛試驗。中國柑橘23(2):36－37。
23.蔡雲鵬。1976。星天牛的生態與防治。果農合作347:13－15。
24.盧相文。1992。星天牛的簡易防治法。中國柑橘21(2):43。
25.薛東。1994。應用薰蒸劑防治星天牛。中國柑橘23(2):45。
26.羅幹成、邱瑞珍。1985。台灣柑橘害蟲及其天敵圖說。3－5頁。省農試所特刊第20號。
27.川村 滿。1973。ゴマダラカミキリは藥劑で防除できゐか。農藥研究20(2):38－46。
28.川村 滿。1976。ゴマダラカミキリの藥劑による防除。四國植物防疫研究。第11號P.15－21。
29.川村 滿。1977。カンキ ッ類を加害するゴマダラカミキリの生態と防除の考え方。農藥24(3):1－7。
30.川村 滿。1979。ゴマダラカミキリの卵なりびに成蟲の發生消長。高知農林研報第12號P.35－45。
31.川村 滿。1986。ウンシェウミカンにおけゐゴマダラカミキリの發育。高知農林研報第18號。P.23－36。
32.三輪勇四郎、楚南仁博。1935。星天牛の卵に寄生するヒメコバチの 一新種。台灣博物學會會報25(146):406－407。

33.中根猛彥、大林一夫、野村鎮、黑沢良彥。1963。原色昆蟲大圖鑑(2)甲蟲篇。299頁。北隆館出版。

34.足立礎、是永龍二、新井明德。1992。ゴマダラカミキリ成蟲のカンキツ樹内における移動パターン。果樹試報23:179-191。

35.青野信男、村越重雄。1980。ナシを加害するゴマダラカミキリの生態と 防除。神奈川園試研報27:28-34。

36.村越重雄、青野信男。1981。人工飼料によるゴマダラカミキリの飼育。日本應動昆25(1):55-56。

37.柳沼勝彥。1993。昆蟲病原絲狀菌利用による害蟲防除の現狀。今月の農藥12月號P. 32-37。

38.堤隆文、柏尾具俊、橋元祥一、行德 裕、甲斐一平、楢原 稔。1990。昆蟲病原絲狀菌 *Beauveria brongniartii* によるゴマダラカミキリの生物的防除に關する研究 。九州病害虫研究會報36:173-176。

39.榊原充隆。1992。キボシカミキリ研究の現狀と問題點。植物防疫46(13):513-516。

40. Adachi, I. 1988. Reproductive biology of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* Thomson (Coleoptera : Cerambycidae), in citrus trees. Appl. Ent. Zool. 23:256-264.

41. Adachi, I. 1990. Control methods for *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera : Cerambycidae) in citrus groves. II. Application of wire netting for preventing ovipo-sition in a mature grove. Appl. Ent. Zool. 25(1):79-83.

42. Adachi, I. 1990. Population studies of *Anoplophora malasiaca* adults (Coleoptera : Cerambycidae) in a citrus grove. Res. Popul. Ecol.32:15-32.

43. Adachi, I., and R. Korenaga 1989. Control methods for *Anoplophora malasiaca* Thom-son (Coleoptera:Cerambycidae) in citrus groves. I. Comparison of effects in several methods for preventing oviposition. Appl. Ent. Zool. 24:315-318.

44. Cannon, K. F., and W. H. Robinson 1982. An artificial diet for the laboratory rearing of the old house borer, *Hylotrupes bajulus* (Coleoptera : Cerambycidae) Can. Ent. 114:739-742.

45. Hanks, L. M., T. D. Paine, and J. G. Millar 1991. Mechanisms of resistance in *Eucalyp-tus* against larvae of the *Eucalyptus* longhorned borer (Coleoptera : Cerambyci-dae). Environ. Entomol. 20:1583-1588.

46. Hou, R. F. 1978. Studies on control of the white-spotted longicorn bettle, *Anoplopho-ra macularia* (Thomson), in the coastal windbreaks. I. Artificial rearing and chem-ical attractants. Bull. Soc. Ent., NCHU, 13:63-72.

47. Hou, R. F. 1979. Studies on control of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplopho-ra macularia* (Thomson), in the coastal windbreaks. II. Tunnel fumigation and factors affecting infestation. Bull. Soc. Ent., NCHU, 14:35-41.

48. Kashio, T. 1993. Microbial control of the white spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca*, by the entomogenous fungus, *Beauveria brongniartii* in citrus orchards in Japan. Proceedings International Symposium on the "Use of biological control agents under integrated pest management". Held in Fukuoka, Japan. PP.209 – 219.

49. Komazaki, S., and Y. Sakagami 1989. Capture – recapture study on the adult population of the white spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera : Cerambycidae), in a citrus orchard. Appl. Ent. Zool. 24:78 – 84.

50. Lee, W. Y., and S. C. Chang 1965. *Sclerodermus nipponicus* Yuasa (Bethylidae, Hymenoptera, Hexapoda) a parasite of the larvae of Cerambycide beetles. Bull . Inst. Academia Sinica 4:77 – 85.

51. Liou, J. E. 1945. The studies of wood borers in China. I . Biology and control of the citrus – root cerambycids, *Melanauster chinensis* Forster (Coleoptera) . The Florida Entomologist 27:62 – 101.

52. Nakamura, S., H. Makihara, and A. Saito 1992. Check – list of longicorn – beetles of Taiwan. Hiba Society of Nat. Hist. Shoara, Hiroshima, Japan. 126 PP.

53. Singh, S. P., N. S. Rao, and K. K. Kumar 1983. Studies on the borer pests of citrus. Indian J. Ent. 45 (3) :286 – 294.

Ecology and Control of the White-Spotted Longicorn Beetle on Citrus

Kun-yaw Ho[1], *Kang-chen Lo*[2], *Chi-yang Lee*[2] *and A-shiang Hwang*[1]

[1] Assistant researcher and Horticulturist of Dept. Plant Prot. and Horti., Chia-yi Agri. Exp. Stn. TARI, Chia-yi, Taiwan, R.O.C.

[2] Head and Senior Entomologist and Assistant of Dept. Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

Summary

The white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora macularia* (Thomson) is the most destructive insect pest of citrus tree trunks. It injuries more than 50 host plants. There is only one generation per year in Taiwan and the adult often emergences from early April through October with a peak on June. The adult needs to feed on the new leaves and twigs, and after a few days it begins to do copulation and oviposition. Mostly, the female bites an incision with her mouthpart and deposits an egg inside at the base part of tree. The eggs hatched within 7-10 days and the young larvae fed on the bark first, and then bored into the solid wood after the third instar that might cause the plant to die. The control methods include the white-brushing (with Lime and Sulfur), chemical spraying (on tree base or canopy to avoid egg depositing or to kill the adult), mechanical method (hand picking, wire net and iron wire), biological control (egg and larval parasitic wasps and fungus *Beauveria* spp.) and cultural practice (sanitation on tree base, irrigation, fertilization, tree vigor and tolerance variety), etc.

Key words : Citrus, *Anoplophora macularia*, Ecology, Control.