

生物防治在台灣與夏威夷應用之比較

賴博永¹ 邱謙益¹ 陳明昭²

¹國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作研究所

²行政院農業委員會高雄區農業改良場

摘要

台灣與夏威夷地質均屬火山島嶼，其害蟲通常均自境外遷入，故適合從事典型的生物防治工作。且該兩地區執行生物防治工作已有百年歷史。其中台灣自國外引進天敵計有 44 種，達到成功防治者佔總引進數的 11.4%。而夏威夷自 1890 年起至 1988 年止，引進天敵 849 次計 681 種，且已有 254 種(37.3%) 在夏威夷成功立足。其中 38 例之害蟲及 7 例之雜草防治達到完全防治，另有 13 例之害蟲及雜草達到實質防治。

比較台灣及夏威夷之生物防治工作，二者雖然分別在 1909 年及 1890 年引進澳洲瓢蟲 (*Rodolia cardinalis* Mulsant) 來防治 *Icerya purchasi* Maskell 開始做起，但是二者在執行生物防治工作方式上卻有以下明顯差異。1、經費之撥放：夏威夷自 1890 年起即持續編列公務預算執行該項工作，而台灣則每年以計畫方式委由相關單位執行生物防治工作。2、出國限制：在台灣尚未開放國人出國觀光前，前往國外從事天敵引工作亦受到相當之限制，進而影響了台灣生物防治工作的發展。3、檢疫室之設立：台灣僅有在農試所設有檢疫室，另屏東科技大學已完成檢疫室的設立，但尚未核可使用。有別於台灣，夏威夷完善的檢疫室，不僅檢疫害蟲同時也檢疫病原菌，對其生物防治工作具有莫大貢獻。4、引進天敵之政策：夏威夷有專人前往世界各地直接搜尋天敵並引進在檢疫室內隔離、篩選、飼育；而台灣則需經各國在實驗室飼育的天敵才可引進。

為使害蟲生物防治能在台灣永續經營發展，應加強以下工作：1、政府應編列生物防治經常性預算。2、加強生物防治人才培育工作。3、採取積極主動之天敵搜尋工作。4、增設檢疫室，並建立合乎國際標準之檢疫作業流程 (Standard operation procedures—SOP)。5、設立審核委員會，嚴格評估釋放國外引進天敵之安全性。6、加強舉辦生物防治研討會，促進國內外經驗及技術交流。

關鍵字：生物防治、天敵、檢驗室

前言

在自然生態體系中，食物鏈扮演了重要的角色。各物種間彼此依存的關係包括種間的競爭，如捕食、寄生等，以達成種群間微妙的平衡狀態，使得生態體系得以穩定。此為自然防治。而生物防治是自然防治的一部份，運用自然界已存在的天敵，防治危害農作物的害蟲。人類在運用天敵防治害蟲，在中國即有『以蟲治蟲』的記載與觀念。早在晉朝時代（公元 304 年）利用黃蟻 *Oecophylla smaragdina* 防治柑橘園內害蟲，農民以竹桿連接柑橘樹讓蟻散佈全園保護柑橘樹，避免害蟲危害¹。而到 20 世紀 60 年代廣州仍有人買賣黃蟻 *O. smaragdina*。而自 1940 年至 1990 年間全世界農藥的使用量急速的增加，農作物因害蟲的危害造成經濟上的損失，卻由 7% 增至 13%¹⁰。抗藥性的害蟲種數，自 1954 年 10 種至 1985 年增為 432 種⁵。而近百年來在世界各地進行生物防治計畫，有不同的成效與經濟效益。在 1983 年國際熱帶農業研究所在六個熱帶國家或地區所做的評估（表 1），足以證明生物防治的成功所衍生的經濟的利益十分顯著⁵。而生物防治作為綜合防治重要的環節，其最大的益處是：(1) Permanence 永久性：一旦天敵引進立足後可跟寄主產生平衡狀態使得害蟲不會大量發生造成經濟上的損失。(2) Economy 經濟性：此種防治法的成本比較其他的防治法成本較低廉。(3) Safety 安全性：不會對人體造成危害和污染環境，天敵只對於標的有害生物有影響，對其他物種無甚影響⁹。

所以近一世紀以來生物防治工作有其成效，對現今日益關懷環境保育，開發與開發中國家在作為整體綜合防治(IPM)政策時，生物防治不失為一良好的選擇。

台灣與夏威夷生物防治成效回顧

台灣與夏威夷地形均為島嶼，其害蟲因易於由外遷移進入，所以適合從事典型的生物防治。台灣近百年來生物防治工作，自日人素木得一 1909 年自紐西蘭引進澳洲瓢蟲 *Rodolia cardinalis* Mulsant. 防治吹綿介殼蟲 *Icerya purchasi* Maskell⁴，同年自紐西蘭引進瓢蟲 *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. 防治球粉介殼蟲始，歷年來自國外引進天敵計有 44 種成功者佔總引進數的 11.4%。其成功與立足者列於表 2³ 及表 3³。舉其一實例在 1983 年從關島引進寄生蜂 *Tetrastichus bronlispae* Ferr. 防治可口椰子紅胸葉蟲 *Brontispa longissima* Gester. 經室內大量繁殖，部分生物性觀察及釋放於高屏地區，成功地防治了紅胸葉蟲的危害²。

表 1. 國際熱帶農業研究所評估生物防治成本及收益

Table.1. Costs and benefits of biological control assessed by the Institute of International Tropical Agriculture

害蟲	國家	成本(美元)	每年收益(美元)	評估年份
Rufous scale	秘魯	1,789.14	節省用藥費用 226,916	1997
Barnacle scale	夏威夷	—	每年增產 110,000	1974
Sugarcane scale	坦尚尼亞	11,975.88	每年增產 67,832	1974
Sugarcane borers	巴西	9.54	每年每公頃 48.15	1979
Coconut leafminer	斯里蘭卡	35,782.95	每年減少被害 11,400,000	1977
Potato tuber moth	尚比亞	35,731.66	自 1974~80 年 預估 547,559	1974

表 2. 台灣捕食性天敵引進成功立足之案例

Table.2. Predaceous natural enemies successfully introduced and established in Taiwan

天敵學名	害蟲學名	輸出國(地)	時間	防治效果 ¹
<i>Rodolia cardinalis</i>	<i>Icerya purchasi</i>	紐西蘭	1909	C
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	<i>Nipaecoccus filamentosus</i>	紐西蘭	1909	P
<i>Coelophora saucia</i>	<i>Ceratovacuna lanigera</i>	越南	1924	P
<i>Euglandina rosea</i>	<i>Achatina fulica</i>	夏威夷	1959	P
<i>Amblyseius fallacies</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	美國	1985	S
<i>Phytoseiulus persimilis(A)</i>	<i>T. urticae</i>	美國	1989	S
<i>P. persimilis(B)</i>	<i>T. urticae</i>	澳洲	1990	S

1) C=Complete, S=Substantial, P=Partial。

表.3. 台灣寄生性天敵引進成功立足之案例

Table. 3. Parasitic natural enemies successfully introduced and established in Taiwan

天敵學名	害蟲學名	輸出國(地)	時間	防治效果 ¹
<i>Lixophaga diatraeae</i>	<i>Sugarcane borers</i>	古巴	1959	P
<i>Isotima javensis</i>	<i>Scirpophaga nivella</i>	印度	1961	P
<i>Apanteles glomeratus</i>	<i>Pieris rapae</i>	日本	1974	P
<i>Tamarixia radiata</i>	<i>Diaphorina citri</i>	留尼旺島	1983	P
<i>Tetrastichus brontispae</i>	<i>Brontispa longissima</i>	關島	1983	S
<i>Trissolcus basalis</i>	<i>Nezara viridula</i>	夏威夷	1983	P
<i>Diadegma eucerophaga</i>	<i>Plutella xylostella</i>	印尼	1985	P
<i>Cotesia erionatae</i>	<i>Erionota totus</i>	夏威夷	1987	P
<i>Ooencyrtus erionotae</i>	<i>E. torus</i>	夏威夷	1987	P
<i>Trichogrammatoidea bactacfumata</i>	<i>Conopomorpha sinensis</i>	泰國	1988	P

1) P=Partial, S=Substantial。

夏威夷自 1890 年開始從事天敵引進 Classical Biological Control 典型的生物防治工作，迄 1988 年止共引進天敵 849 次，以防治害蟲、雜草等有害生物。其中總共引進 681 種，分佈於 98 科 30 目，防治夏威夷的害蟲，而在 681 種裡的 254 種 (37.3%) 已在夏威夷立足⁹。其中有 38 例的害蟲及 7 例之雜草達到完全防治效果，另有 13 例的害蟲及雜草達到實質的防治 (表 4、表 5)⁸。

早期在 1888 年美國農部昆蟲學家 Albert Koebele 從澳洲和紐西蘭引進澳洲瓢蟲防治加州柑橘吹棉蚧殼蟲，經過一年努力成功地防治了吹棉蚧殼蟲。使人們認識到生物防治的成效。美國政府為了紀念澳洲瓢蟲引進一百週年，在 1989 年 3 至 4 月間舉辦了一連串的生物防治研討會來紀念 Koebele 引進澳洲瓢蟲防治吹棉蚧殼蟲的事蹟¹⁰。在夏威夷成功的防治實例是在 1979 年引進三種瓢蟲 *Nephaspis amnicola* Wingo, *Nephaspis bicolor* Gordon 和 *Delphastus pusillus* LeConte。兩種寄生蜂 *Encarsia* sp.? *haitiensis* Dozier 和 *Encarsia* sp.。結合了捕食性天敵與寄生性天敵共同防治螺旋粉蝨 *Aleurodicus dispersus* Russell, 成功地防治螺旋粉蝨使其不再危害⁷。

表 4. 夏威夷蟲害完全防治之實例

Table4. Plant pests under complete biological control in Hawaii

Plant Pests	Major Controlling Agents
1. <i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris) (pea aphid)	P - <i>Aphidius smithi</i> Sharma & Rao
2. <i>Agonoxena argaula</i> Meyrick (coconut leafminer)	I - <i>Trathala flavo-orbitalis</i> (Cameron) P - <i>Brachymeria agonoxenae</i> Fullaway
3. <i>Agrius cingulatus</i> (F.) (sweetpotato hornworm)	I - <i>Brachymeria polynesiensis</i> (Cameron) P - <i>Trichogramma chilonis</i> Ishii
4. <i>Aleurocanthus spiniferus</i> (Quaintance) (orange spiny whitefly)	P - <i>Prospaltella smithi</i> (Silvestri) I - <i>Encarsia variegata</i> Howard
5. <i>Aleurodicus dispersus</i> Russell (spiraling whitefly)	I - <i>Encarsia</i> spp. P - <i>Encarsia ?haitiensis</i> (Dozier) P - <i>Encarsia</i> spp. P - <i>Nephaspis amnicola</i> Wingo
6. <i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell) (woolly whitefly)	P - <i>Delphastus pusillus</i> (LeConte) P - <i>Amitus ?spiniferus</i> (Brethes)
7. <i>Anomala orientalis</i> (Waterhouse) (oriental beetle)	P - <i>Cales noacki</i> DeSantis P - <i>Campsomeris marginella modesta</i> (Smirh)
8. <i>Antonina graminis</i> (Maskell) (Rhodesgrass mealybug)	P - <i>Tiphia segregata</i> Crawford I - <i>Anagyrus antoninae</i> Timberlake
9. <i>Aphids-various species</i>	I - <i>Neodusmetia sangwani</i> Rao P - <i>Lysiphlebius testaceipes</i> (Cresson) I - <i>Aphelinus gossypii</i> Timberlake

表 4. 夏威夷蟲害完全防治之實例 (續)

Table.4. Plant pests under complete biological control in Hawaii (continued)

Plant Pests	Major Controlling Agents
10. <i>Amorbia emigratella</i> Busck (Mexican leafroller)	I & P-Other parasites & coccinellids P- <i>Bracon omiodivorum</i> (Terry) P- <i>Brachymeria obscurata</i> (Walker)
11. <i>Bedellia orchilella</i> Walsingham (sweetpotato leafminer)	N- <i>Echthromorpha fuscator</i> (F.) P- <i>Pholetesor bedelliae</i> (Viereck)
12. <i>Ceroplastes cirripediformis</i> Comstock (barnacle scale)	P- <i>Coccidoxenus mexicanus</i> (Girault)
13. <i>Coptosoma xanthogramma</i> (White) (black stink bug)	I- <i>Trissolcus</i> sp.
14. <i>Gryllotalpa africana</i> Palisot de Beauvois (mole cricket)	P- <i>Larra luzonensis</i> Rohwer
<i>Gynaikothrips ficorum</i> (Marchal) (Cuban laurel thrips)	P- <i>Montandoniola moraguesi</i> (Puton)
<i>Hedylepta accepta</i> (Butler) (sugarcane leafroller)	I- <i>Trathala flavo-orbitalis</i> (Cameron) P- <i>Bracon omiodivorum</i> (Terry) N- <i>Diadegma blackburni</i> (Cameron) I- <i>Casinarina infesta</i> (Cresson)
17. <i>Icerya purchasi</i> (Maskell) (cottony cushion scale)	P- <i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant) I- <i>Cryptochaetum iceryae</i> (Williston)
18. <i>Ithome concolorella</i> (Chambers) (kiawe flower moth)	P- <i>Agathis cincta</i> Cresson
19. <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) (sugarcane aphid)	I- <i>Aphelinus maidis</i> Timberlake P- <i>Coelophora inaequalis</i> F.
20. <i>Melipotis indomita</i> (Walker) (monkeypod-kiawe caterpillar)	P- <i>Eucelatoria</i> sp.
21. <i>Murgantia histrionica</i> (Hahn) (harlequin bug)	P- <i>Ooencyrtus johnsoni</i> (Howard) P- <i>Trissolcus murgantiae</i> Ashmead
22. <i>Nezata viridula</i> (L.) (southern green stink bug)	P- <i>Trissolcus basalis</i> (Wollaston) P- <i>Trichopoda pilipes</i> (F.) P- <i>Trichopoda pennipes</i> F.
23. <i>Nipaecoccus nipae</i> (Maskell) (coconut mealybug)	P- <i>Pseudaphycus utilis</i> Timberlake P- <i>Hyperaspis silvestrii</i> Weise
24. <i>Oxya japonica</i> (Thunberg) (Japanese grasshopper)	P- <i>Scelio pembertoni</i> Timberlake
25. <i>Papilio xuthus</i> L. (citrus wallowtail)	P- <i>Trichogramma chilonis</i> Ishii P- <i>Pteromalus luzonensis</i> Gahan
26. <i>Perkinsiella saccharicida</i> Kirkaldy (sugarcane delphacid)	P- <i>Tytthus mundulus</i> (Breddin)
27. <i>Pelopidas thrax</i> (L.) (banana skipper)	P- <i>Ooencyrtus erionotae</i> Ferriere P- <i>Cotesia erionotae</i> (Wilkinson)

表 4. 夏威夷蟲害完全防治之實例 (續)

Table.4. Plant pests under complete biological control in Hawaii (continued)

Plant Pests	Major Controlling Agents
	<i>P-Leucopis obscura Haliday</i>
28. <i>Pineus pini</i> (Macquart) (Eurasian pine adelgid)	<i>P-Leucopis nigriluna McAlpine</i>
29. <i>Polydesma umbricola</i> Boisduval (monkeypod moth)	<i>I- Eucelatoria armigera (Coquillett)</i> <i>P-Brachymeria obscurata (Walker)</i> <i>I-Hyposoter exiguae (Viereck)</i> <i>I-Coccygomimus punicipes (Cresson)</i>
30. <i>Pseudaletia unipuncta</i> (Haworth) (armyworm)	<i>P-Glyptapanteles militaris (Walsh)</i> <i>P-Cotesia marginiventris (Cresson)</i> <i>I-Chaetogaedia monticola (Bigot)</i> <i>P-Euplectrus plathypenae Howard</i> <i>P-Cryptolaemus montrouzieri Mulsant</i>
31. <i>Pseudococcus affinis</i> (Maskell) (obscure mealybug)	
32. <i>Psylla uncatoides</i> (Ferris & Klyver) (acacia psyllid)	<i>P-Harmonia conformis (Boisduval)</i>
33. <i>Scotorythra paludicola</i> (Butler) (koa moth)	<i>N-Enicospilus sp.</i> <i>I-Hyposoter exiguae (Viereck)</i> <i>I-Pristomerus hawaiiensis Perkins</i> <i>P-Lespesia archippivora (Riley)</i> <i>P-Aphanomerus pusillus Perkins</i>
34. <i>Siphanta acuta</i> (Walker) (torpedo bug)	
35. <i>Spodoptera exempta</i> (Walker) (nutgrass armyworm)	<i>P-Cotesia marginiventris (Cresson)</i> <i>P-Meteorus laphygmae (Viereck)</i> <i>I-Eucelatoria armigera (Coquillett)</i> <i>P-Doryctes syagrii (Fullaway)</i>
36. <i>Syagrus fulvitaris</i> Pascoe (Australian fern weevil)	
37. <i>Tarophagus proserpina</i> (Kirkaldy) (taro delphacid)	<i>P-Cyrtorhinus fulvus Knight</i> <i>P-Ootetrastichus megameli Fullaway</i>
38. <i>Therioaphis maculata</i> (Buckton) (spotted alfalfa aphid)	<i>P-Trioxys complanatus Quilis</i>

P-purposely introduced species

I-immigrant species

N-native species

表 5. 夏威夷蟲害實質防治之實例

Table. 5. Plant pests under substantial biological control in Hawaii

Plant Pests	Major Controlling Agents
1. <i>Aspidiotus destructor</i> Signoret (coconut scale)	P- <i>Telsimia nitida</i> Chapin P- <i>Lindorus lophanthae</i> Blaisdell I- <i>Aphytis</i> spp.
2. <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann) (Mediterranean fruit fly)	P- <i>Biosteres tryoni</i> (Cameron) P- <i>Biosteres arisanus</i> (Sonan)
3. <i>Cinara atlantica</i> (Wilson) (Carolina conifer aphid)	P- <i>Hippodamia convergens</i> Guerin-Meneville
4. <i>Dacus dorsalis</i> Hendel (oriental fruit fly)	P- <i>Biosteres longicaudatus</i> (Ashmead) P- <i>Biosteres arisanus</i> (Sonan) P- <i>Biosteres vandenboshi</i> (Fullaway)
5. <i>Elimaea punctifera</i> (Walder) (narrow winged katydid)	I- <i>Anastatus koebelei</i> Ashmead I- <i>Ufens elimaeae</i> Timberlake I- <i>Oligosita</i> sp
6. <i>Hedylepta blackburni</i> (Butler) (coconut leafroller)	N- <i>Diadegma blackburni</i> (Cameron) P- <i>Lespesia archippivora</i> (Riley) P- <i>Brachymeria obscurata</i> (Walker) N- <i>Echthromorpha fuscator</i> (F.)
7. <i>Herpetogramma licarsisalis</i> (Walker) (grass webworm)	I- <i>Trichogramma</i> spp. P- <i>Meteorus laphygmae</i> Viereck I- <i>Trathala flavo-orbitalis</i> (Cameron) I- <i>Eucelatoria armigera</i> (Coquillett)
8. <i>Ophiomyia phaseoli</i> (Tryon) (bean fly)	P- <i>Opius importatus</i> Fischer P- <i>Opius phaseoli</i> Fischer
9. <i>Artogeia rapae</i> (L.) (imported cabbageworm)	P- <i>Cotesia glomeratus</i> (L.) P- <i>Lespesia archippivora</i> (Riley)
10. <i>Planococcus citri</i> (Risso) (citrus mealybug)	P- <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant P- <i>Leptomastidea abnormis</i> (Girault)
11. <i>Pulvinaria psidii</i> Maskell (green shield scale)	I- <i>Metaphycus flavus</i> (Howard) P- <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant
12. <i>Rhabdoscelus obscurus</i> (Boisduval) (New Guinea sugarcane weevil)	P- <i>Lixophaga sphenophori</i> (Villeneuve)
13. <i>Spodoptera mauritia</i> (Boisduval) (lawn armyworm)	P- <i>Cotesia marginiventris</i> (Cresson) P- <i>Chelonus insularis</i> (Cresson)

P-purposely introduced species

I-immigrant species

N-native species

台灣與夏威夷生物防治工作比較

夏威夷被譽為世界生物防治重鎮，其原因自 1890 年起夏威夷 The Hawaiian Kingdom under the reign of King David Kalakaua 制定了法律“Laws of the Hawaiian Islands”防止有害昆蟲移入，並防治已立足夏威夷的害蟲。隨後在 1893 年 Albert Koebele 被任命為夏威夷昆蟲學家並全權負責害蟲生物防治工作⁶。而台灣是由日人素木得一自紐西蘭引進澳洲瓢蟲防治吹棉蚧殼蟲開始生物防治工作⁴。在那個時期受到 Koebele 在 1888 年引進澳洲瓢蟲於加州防治柑橘吹棉蚧殼蟲成功的鼓舞，全世界遂展開了生物防治計劃來防治有害生物。而台灣與夏威夷在從事生物防治工作上不同之處有下列幾點：

(一)、政策上的支持：

夏威夷政府自 1890 年始，確立了以生物防治為主的防治有害生物政策後，在從事典型的生物防治工作 Classical biological control，每年都編定預算支持生物防治的工作。編列人事費用指派兩位人員(Exploratory entomologist)到全世界各地尋找天敵，並引進夏威夷。而從事此工作的後勤支援也編列預算支持，使得防治工作可持續進行與發展。

台灣生物防治工作在其政策上，皆以計畫為導向，一旦計畫結束無持續性的追蹤評估。雖然近百年來自素木得一開始；台灣生物防治成效十分可觀，但無預算長久性的支持工作仍易斷續，所培養的人才容易流失。而早期台灣限制出國從事國外引進天敵，也影響了生物防治的工作。

(二)、檢疫室 Quarantine Lab.的設立：

檢疫室是從事生物防治工作重要的關鍵。從外地引進的天敵必須在檢疫室裏進行檢疫、觀察、篩選、各項生物學特性觀察等，而後才能評估或核可天敵的釋放進行生物防治的工作。所以檢疫室在整個生物防治工作中扮演把關的角色十分重要。而在台灣國家級的檢疫室尚未設立，只有農業試驗所設立檢疫室與屏東科技大學已完成檢疫室的設立，但後者尚未經主管機關動植物防檢局核可使用。夏威夷方面在機場、港口設立完善的檢疫室，不只檢疫蟲害同時也檢疫病原菌。

(三)、引進天敵的政策：

夏威夷對引進天敵方面採較積極的作為，有專人負責並編列預算、後勤支援到世界各國搜尋天敵，引進在檢疫室裡進行觀察、飼育與篩選。台灣對於引進天敵方面有所限制。其政策是：引進的天敵須經各國在實驗室飼育的天敵才能核可引進。這方面台灣應能採取更積極的作為派專人至世界各地野

外尋找天敵，開發天敵的來源。而本身已開發的天敵，本土性或國外引進的天敵也可與世界各國從事生物防治工作國家的單位進行交流。

結語與建議

生物防治不是萬靈丹，無法一勞永逸的防治害蟲。它也不是一蹴可成的事業，需具備深厚的研究基礎與長遠的計畫才能奏效。現今對自然生態的日益的重視，生物防治可作為綜合防治的重心，配合其他防治方法達成蟲害管理，因為生物防治對自然環境衝擊較少，不危及其他物種的生存。

比較台灣與夏威夷在執行生物防治上不同，對於日後台灣從事生物防治工作有以下數點建議，期盼生物防治的工作能在台灣永續發展及經營。

(一)、政府應經常性的編列預算去支持生物防治工作。培育研究人員做長遠性的規劃與執行。進而開發天敵的來源到世界各地尋找天敵予以引進。

(二)、建議北、中、南部離機場、港口附近設立檢疫室，並建立 Standard operation procedures (S.O.P.) 檢疫室操作準則，設立一套標準化、科學化的運作流程。

(三)、從國外引進天敵，經檢疫室觀察、研究、飼育、篩選的天敵。需經國家主管機關防檢局成立審查委員會，嚴格把關決定天敵的釋放與否。

(四)、定期或不定期舉行生物防治研討會，可促進研究心得交流並瞭解最新的發展。同時也舉辦從業人員講習會學習與訓練從事生物防治的技能。

致謝

本文作者感謝農委會農業試驗所應用動物系羅幹成主任提供有關台灣生物防治之資料使本文得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

1. 包建中、古德祥. 1998. 中國生物防治. 緒論 1-14 頁. 山西科學技術出版社.
2. 邱瑞珍、賴博永、陳炳輝、陳仁昭、蕭榮福. 1985. 可可紅胸葉蟲寄生蜂 (*Tetrastichus brontispae*) 之引進繁殖與釋放. 中華農業研究 34: 213-222.
3. 羅幹成、陳秋男. 1995. 台灣農作害蟲生物防治近二十年來之進展. 植保會刊 37: 357-380.
4. 羅幹成、邱瑞珍. 1986. 台灣柑橘害蟲及其天敵圖說. 台灣省農業試驗所特

刊二十號 75 頁.

5. Dent, D. 1991. Insect pest management. CAB International. Wallingfold, Oxon, OX 108DE UK 604 pp.
6. Funsaski, G. Y., P. Y. Lai, L. M. Nakahara, J. W. Beardsley, and A. Ota. 1988. A review of biological control introduction in Hawaii : 1890 to 1985. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 28 : 105-160.
7. Kumashiro, B. R., P. Y. Lai, G. Y. Funsaski, and K. K. Teramoto. 1983. Efficacy of *Nephaspis amnicola* and *Encarsia ? haitiensis* in controlling *Aleurodicus dispersus* in Hawaii. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 24: 2-3.
8. Lai, P.Y. 1988. Biological Control : A positive point of view. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 28 : 179-190.
9. Lai, P.Y. 1989. The use of natural enemies for controlling agricultural pests in Hawaii, USA. Proc. International Conf. On "Use of Parasitoids and Predations to Control Agricultural Pest."
10. Olkowski, W. 1989. Biological control : A century of success. IPM Practitioner 11 : 1-2.

Comparing biocontrol in Taiwan and Hawaii

Lai Po-Yung¹, Chiou Chian-Yih¹, Chen Mihg-Chao²

¹ Institute of Tropical Agriculture and International Cooperation

² Entomologist of Kaohsiung District Agriculture Improvement Station.

ABSTRACT

Taiwan and Hawaii are geologically volcanic islands. Pests found on them were usually originated from foreign sources. As such, Taiwan and Hawaii are ideal places for conducting classical biological control of pests. Both places have been known for their use of biological control for more than 100 years. During that period, a total of 44 species of natural enemies were introduced into Taiwan; of which, 30.4% was successfully controlled by natural enemies. In addition, 47.8% of the 44 species introduced became successfully established in Taiwan. In Hawaii, however, a total of 849 attempts were made to introduce 681 species of natural enemies during 1890 to 1988. Of those species introduced, 254 species (37.3%) ultimately became established in Hawaii. Among the pests selected for biological control in Hawaii, 38 species are currently under a complete control and 13 species are under a substantial control.

In comparing the biological control programs developed in Taiwan and Hawaii, both initiated their programs by introducing the vedalia beetle, *Rodolia cardinalis* Mulsant, for the control of the cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskell, in 1909 and 1890, respectively. However, significant differences were found in their execution of the programs on such issues as (1) appropriation of funds: Annual budgets have been appropriated for the execution of biological control work in Hawaii since 1890. In Taiwan, however, biological control work was carried out by related research institutions on an annual project basis; (2) restrictions of foreign exploration imposed on Taiwan's researchers: Foreign exploration for natural enemies by researchers were restricted in the years prior to the deregulations on traveling in foreign countries. This restriction seriously impeded the development of biological control in Taiwan; (3) establishment of quarantine laboratories at ports of entry: To date, there is only one quarantine laboratory officially approved for isolating natural enemies introduced from

foreign countries. Although a new quarantine laboratory was recently built at the National Ping-Tung University of Science and Technology, it has yet to be approved for receiving insects, mites or plants required quarantine isolation. Contrary to Taiwan, quarantine laboratories, for isolating insects and plant pathogens, have long been established in Hawaii. These laboratories have been vital to the success of biological control in Hawaii; and (4) policies on introduction of natural enemies: Hawaii has employed qualified exploratory entomologists traveling to different countries in the world to search for natural enemies and introduced them to Hawaii for isolation in quarantine laboratories for screening and study. In contrast, Taiwan requires that only those natural enemies currently being reared in laboratory are permitted for introduction into Taiwan for study under quarantine isolation.

In order to ensure a sustainable development of biological control in Taiwan, efforts should be made to strengthen such activities as (1) providing annual budgets necessary to carry out biological control programs; (2) strengthening human resource development for biological control; (3) actively conducting foreign exploration for natural enemies; (4) increasing the number of quarantine laboratories and establishing their standards of operation procedures in keeping with international requirements; (5) establishing a review system to effectively evaluate the safety of natural enemies released; and (6) holding conferences or workshops on biological control and promoting exchanges of experiences and technologies between Taiwan and its foreign counterparts.

Key words: biological control, natural enemies, quarantine laboratory