

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 97-06-5-03

銀合歡砍除更新造林對於銀合歡入侵抑制之影響

The Effect of Invasion Inhibition of *Leucaena*
leucocephala by Reforestation

期中報告



委託機關：屏東林區管理處

執行機關：國立屏東科技大學森林系

中華民國九十七年八月十五日

目錄

目錄.....	I
圖表目錄.....	II
壹、計畫目標.....	1
貳、工作項目.....	4
參、初步結果.....	6
一、台灣外來植物歸化之現況.....	6
二、監測銀合歡砍除造林更新對於銀合歡入侵抑制成效.....	10
三、監測恆春半島銀合歡消長.....	19
肆、工作進度.....	25
一、預定時程與查核點完成項目.....	25
二、工作執行進度.....	26
伍、預期效益.....	27
陸、參考文獻.....	29

圖表目錄

圖 1. 墾丁國家公園銀合歡物候現象布勞-布蘭克尺度量化之月平均統計圖	9
圖 2. 銀合歡於不同年度擴散範圍	21
圖 3. 利用多期航空照片推測刺軸含羞木擴散面積	22
圖 4. 防治入侵植物的主要的途徑	23
表 1. 台灣引入外來植物種數最多 20 科歸化比率	7
表 2. 台灣危害力最高之 20 種外來侵佔性植物	8
表 3. 銀合歡種內變異-薩爾瓦多型、夏威夷型、秘魯型	9
表 4. 樣區設置位置表	10
表 5. 潮洲事業區第 23 林班各樹種生長調查表	11
表 6. 三軍聯訓樣區各樹種生長調查表	14
表 7. 恆春事業區 34 林班(1)各樹種生長調查表	15
表 8. 恆春事業區 34 林班地被物生長調查表	15
表 9. 恆春事業區 34 林班各樹種生長調查表	17
表 10. 恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之一	17
表 11. 恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之二	17
表 12. 恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之三	18
表 13. 恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之四	18
表 14. 樣區航空照片資料	24

壹、計畫目標

近年來外來物種入侵已經嚴重危害陸地及海洋環境的生態問題 (Weis & Weis, 2003)，目前已經被認為是對自然或半自然生態系的結構、功能和組成衝擊最大的環境議題 (Davis *et al.*, 2000; Wu and Wang, 2005)，生物入侵威脅原生物種的生存，尤其對於潛在入侵生物的背景資訊不足，使得生態保育研究無法有效進行 (Wu *et al.*, 2004; Wu and Wang, 2005)。現今全世界各國家對於維持生物多樣性，視為是生物資源永續發展的重要指標，林務局在森林資源保育的業務推動中，亦將生物多樣性保育列為重點工作，而外來植物入侵，常常是生物多樣性遭受衝擊的重要因素，當外來植物之繁殖及擴張能力達到生態入侵時，如果無法有效管理，即會造成本土植群社會的危害，進而影響生物多樣性的維持，而外來植物入侵成功的主要原因不完全是生態幅度的因素，人為干擾破壞原生植物群落則是造成外來植物入侵的最大影響因素 (Kitayama and Muellerdombois, 1995)，通常干擾越強烈，入侵越容易發生 (Duggin and Gentle, 1998; Petren and Case, 1998)。

銀合歡是全世界百大入侵性植物之一，亦是台灣唯一一種外來侵佔性危害力最高之木本植物，衝擊本土森林生態系。外來植物演變為生態入侵時，入侵植群會改變入侵地區的樹種組成、植群社會的結構及整個生態系的功能，包含生產力、養份循環及水文等方面 (Vitousek, 1990)，不但會降低原生物種的多樣性，並且改變當地的自然生態系統。銀合歡生長及擴散能力強，快速入侵各類不同生育地中，導致當地原生植物社會分布面積的減少，並在恆春半島的次生林佔有一席之地，銀合歡入侵台灣森林生態系，危害本土物種之生存，林務局也積極規劃進行各類型防治的工作（如，手工拔除、砍除、施打化學藥劑、生物防治等），但多以手工拔除及砍除更新造林的方式為主，但目前並沒有有效的進行評估監測，以瞭解防治之成效。因此，藉由林務局屏東林區管處於 96 年在潮洲事業區第 23 林班進行銀合歡砍除新植造林計畫，規劃樣區設立，進行監測苗木生長狀況外，並監測銀合歡再入侵的狀況。再者，目前銀合歡入侵恆春半島次生林生態系影響甚嚴，

使得林務局以及墾丁國家公園管理處都積極進行銀合歡的防治工作。於野外調查時發現銀合歡林有漸漸被相思樹林取代的現象，想要瞭解銀合歡植群消長狀況及擴散速度，並且進一步研究恆春半島銀合歡與相思樹植群的分布狀況，探討相思樹會不會漸漸的取代銀合歡林，銀合歡是否有防治的必要性，有監測之必要。

本計畫配合林務局屏東林管處銀合歡砍除計畫，設置試驗樣區觀測其防治成效，詳實地記載新植造林苗木的生長的存活率，並且觀測銀合歡再入侵的情形，長期監測新植造林後對抑制銀合歡入侵的過程。又因，外來物種成功入侵並非一夕即成，故應用利於觀測植物變遷的航空照片以恆春半島為研究區域，瞭解銀合歡從過去到現在之消長情形，以做為銀合歡潛在入侵生物的基礎參考資料，綜上所述，本研究執行之目標為：

一、配合銀合歡砍除新植造林計畫，設置樣區觀測，評估其防治成效。進行現場調查，詳實地記錄新植造林的生長的存活率，並且觀測銀合歡再入侵的情形，監測新植造林後對抑制銀合歡入侵的過程，以調查之資料進行分析呈現實質的防治之成果，瞭解砍除新植造林的防治方法是否對抑制銀合歡入侵有顯著的抑制效果。

二、銀合歡於各種土地類型皆能繁殖生長，因而導致物種入侵成功，肆虐於恆春半島的次生林，由於潛在入侵生物的背景資訊不足，有監測之必要性。想以長期監測的角度為出發點，應用不同時期的航空照片，從過去到現在的空間變化，定點觀測瞭解恆春半島銀合歡植群消長狀況，探討銀合歡的空間分布，再進一步以時間及空間變化的角度研究銀合歡長期以來的擴散速度。另外，研究恆春半島銀合歡與伴生的相思樹植群的分布狀況，探討相思樹會不會漸漸的取代銀合歡林，探究銀合歡是否有防治的必要性。本計畫之工作目標為：

(一)蒐集恆春半島銀合歡的歷年研究報告，進行文獻分析，配合銀合歡砍除新植造林計畫，設置觀測樣區，進行造林林木及銀合歡生長調查，完成育林技術對銀合歡防治效益的評估。

- (二)收集恆春半島銀合歡入侵樣區之歷史航空照片，利用航照判釋，完成研究樣區銀合歡入侵面積與樹種組成之數化。
- (三)完成銀合歡之防治及消長情形之初步研究成果報告。
- (四)持續觀測銀合歡砍除新植造林計畫之樣區內苗木生長及更新資料。
- (五)利用所完成之歷年來銀合歡入侵面積與樹種組成變遷，分析銀合歡入侵後在無人為干擾下之植群演替狀態。
- (六)整合研究成果，完成銀合歡防治對策的研擬。

貳、工作項目

- 一、恆春半島銀合歡入侵過程及防治試驗之文獻報告之蒐集與分析。
- 二、探勘及設立調查樣區：藉由林務局屏東林區管處於96年在潮州事業區第23林班及91年度、93年度於恆春事業區第34林班進行銀合歡砍除新植造林計畫，共規劃設立11個20 m×20 m的調查樣區，進行監測苗木生長狀況，並監測銀合歡再入侵的狀況。
- 三、進行樣區新生幼苗之族群動態調查。以1m×1m之方型樣區調查地被物之組成，並了解入侵順利
- 四、進行第一階段不同時期航空照片之判釋數化工作：以長期監測的角度為出發點，應用不同時期的航空照片，從過去到現在的時間變化下，定點（尖山、關山）觀測瞭解恆春半島銀合歡植群消長狀況，探討銀合歡的空間分布，再進一步以時間及空間變化的角度研究銀合歡長期以來的擴散速度。
- 五、樣區調查資料整理以及資料分析
- 六、期中報告
- 七、持續監測苗木生長狀況以及銀合歡再入侵的狀況。
- 八、進行樣區新生幼苗之族群動態調查。
- 九、針對第一階段航照判釋、數化工作進行修正。
- 十、進行第二階段不同時期航空照片之判釋數化工作：以長期監測的角度為出發點，應用不同時期的航空照片，從過去到現在的時間變化下，定點（後灣、下水堀、大石尖山）觀測瞭解恆春半島銀合歡植群消長狀況，探討銀合歡的空間分布，並整合第一階段資料，以時間及空間變化的角度，綜合探討銀合歡長期以來的擴散速度。

十一、樣區調查資料整理以及資料分析

十二、期末報告

參、初步結果

一、台灣外來植物歸化之現況

歸化(naturalization)是植物入侵(plant invasion)初始過程中不可或缺的環節，在目前植物入侵基本資料非常缺乏的情況下，Wu *et al.* (2005)彙整台灣地區歸化植物期有 60 科、222 屬、341 種，約等於台灣維管束植物種數的 7.9%。蔣慕琰等(2003)分析台灣外來植物的歸化率，結果顯示於表 1，在其整理的 279 種歸化植物中，外來植物佔所屬 58 科 1,585 種外來植物的 17.6%，各科外來植物之歸化比率差異相當明顯，有 97 科外來植物尚無歸化種，而歸化比率在 50%以上者有 17 科，主要以禾本科、菊科和茄科的歸化率皆超過 30%。

台灣 279 種歸化外來植物中，其生活型分別有木本 11 種、灌木類 36 種及草本植物 232 種。在台灣的歸化物種中，約有 90.9%的歸化植物在國外通常被視為雜草。表 2 整理台灣歸化植物具高度侵佔性危害力的 20 種外來植物，其中原產美洲就有 16 種佔 80%，幾乎有一半是來自美洲地區 (Wu *et al.*, 2005；蔣慕琰等，2003)。而台灣目前已歸化的外來植物(約有 200 種)中大部分都繁衍於低海拔地區，而有 60~70 種可侵入中海拔地區(蔣慕琰等，2003)。

表 1.台灣引入外來植物種數最多 20 科歸化比率

科名	Family	本地種數	外來種數	野化種數	外來種 野化率(%)
豆科	Lleguminosae	174	2424	39	1.6
蘭科	Orchidaceae	345	190		0.0
仙人掌科	Cactaceae		176	2	1.1
菊科	Compositae	198	141	48	34.0
禾本科	Gramineae	247	115	41	35.7
天南星科	Araceae	35	111	6	5.4
百合科	Liliaceae	47	83		0.0
大戟科	Euphorbiaceae	77	69	12	17.4
桃金娘科	Myrtaceae	12	57	1	1.8
鳳梨科	Bromeliaceae		54		0.0
茄科	Solanaceae	14	53	16	30.2
芸香科	Rutaceae	33	50		0.0
薔薇科	Rosaceae	106	45		0.0
棕櫚科	Palmae	7	44	1	2.3
十字花科	Cruciferae	20	41	5	12.2
龍舌蘭科	Agavaceae	1	40		0.0
石蒜科	Amaryllidaceae	2	38		0.0
景天科	Crassulaceae	17	37	4	10.8
茜草科	Rubiaceae	94	37	5	13.5
爵床科	Acanthaceae	34	35	6	17.1
歸化外來種 58 科			1585	279	17.6
外來種 156 科			2654	279	10.5

表 2. 台灣危害力最高之 20 種外來侵佔性植物

科名	名稱		立地			原產	生活型
	中文名稱	英文學名	農地	自然生育地	水域		
禾本科	巴拉草	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.)Stapf	■	■	■	美洲	草本-多
禾本科	星草	<i>Cynodon plectostachyum</i> (Schum.)Pilger	■	■	■	非洲	草本
禾本科	木黍	<i>Panicum maximun</i> Jacq.	■	■		非洲	草本-多
禾本科	牧地狼尾草	<i>Panicum polystachion</i> (L.) Schult	■	■		非洲	草本-多
禾本科	象草	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	■	■	■	非洲	草本-多
豆科	銀合歡	<i>Leucaena leucophala</i> (Lam.) de Wit		■		美洲	樹木
豆科	美洲含羞草	<i>Mimosa diplotricha</i> C. Wright ex Sauvalle	■	■		美洲	灌木
豆科	田菁	<i>Sesbania cannabiana</i> (Retz.) Poir	■	■		亞洲	草本
兩久花	布袋蓮	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms		■	■	美洲	草本
馬鞭草	馬櫻丹	<i>Lantana camara</i> L.	■	■		美洲	灌木
莧科	空心蓮子草	<i>Altenanthera philoxeroides</i> (Mart) Griseb.	■	■	■	美洲	草本-多
莧科	青莧	<i>Amaranthus patulus</i> Bertoloni	■	■		美洲	草本
菊科	豬草	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	■	■		美洲	草本
菊科	掃帚菊	<i>Aster subulatus</i> Michaux Var. Subulatus	■	■	■	美洲	草本
菊科	大花咸豐草	<i>Bidens pilosa</i> L. var. radiata Sch.	■	■		美洲	草本
菊科	香澤蘭	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King and H. Rob.	■	■		美洲	草本-多
菊科	小花蔓澤蘭	<i>Mikania micrantha</i> Kunth	■	■		美洲	草本-蔓
菊科	銀膠菊	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	■	■		美洲	草本
菊科	美洲闊苞菊	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G Don	■	■		美洲	灌木
菊科	翼莖闊苞菊	<i>Pluchea sagittalis</i> (Lim.) Cabera	■	■	■	美洲	草本-多

台灣已歸化外來植物 279 種，屬侵占性不低於 50 種。

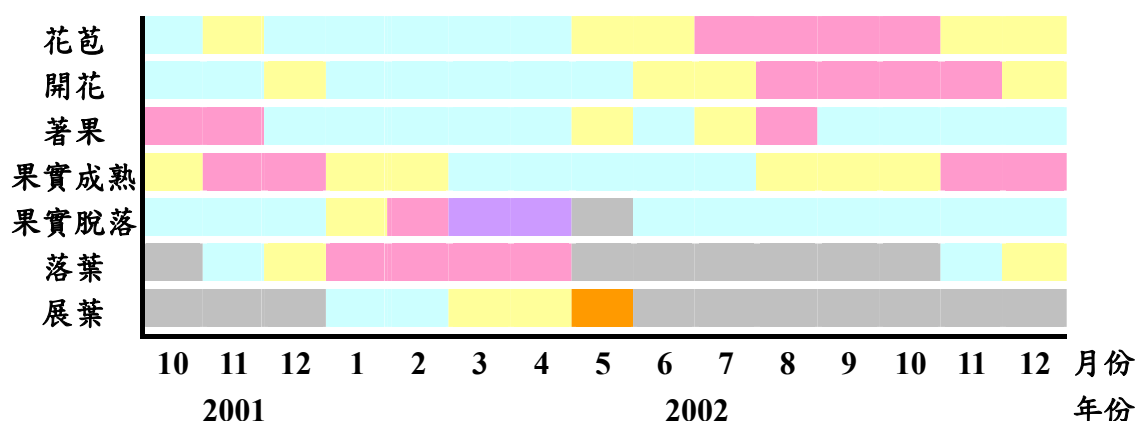
約 200 種外來歸化植物對台灣環境之侵佔特性尚不明確

銀合歡為唯一的入侵性木本植物，擴散至台灣全島。恆春的墾丁國家公園遭受銀合歡入侵嚴重。恆春地區銀合歡原存在有三種銀合歡變種如表 3，目前三個變種間相互雜交之結果，已逐漸出現的品種(呂福原、陳民安，2002)，經由長期在墾丁調查觀測，目前恆春半島大多以夏威夷型以及薩爾瓦多型為主。

表 3.銀合歡種內變異-薩爾瓦多型、夏威夷型、秘魯型(呂福原、陳民安，2002)

變種名稱	樹高	小葉長	莢果長	種子長	說明
薩爾瓦多型	20 m	10~18 mm	18~26 cm	8~11 mm	幼枝平滑。
夏威夷型	8~18 m	7~12 mm	12~18 cm	5~7 mm	略灌木狀，幼枝被白色短毛。
秘魯型	20 m	10~18 mm	18~26 cm	8~11 mm	與薩爾瓦多型相似，但多枝，且分枝點低。

植物隨著四季氣候之變化，其生長現象亦發生週期性的改變，物候學(phenology)即為研究生物之生活週期與其週遭環境，尤其是氣候方面之關係，並推論此種關係之原因(劉崇瑞、劉儒淵，1977)。李昭宗(2003)以之布勞-布蘭克(Braun-Blanquet)尺度量化恆春地區銀合歡的物候現象，各項物候現象結果如圖 1。



註：分成 0~5 級尺度，以下列顏色表示程度的大小。



圖 1.墾丁國家公園銀合歡物候現象布勞-布蘭克尺度量化之月平均統計圖 (李昭宗，2003)

二、監測銀合歡砍除造林更新對於銀合歡入侵抑制成效

銀合歡因其生長快速，萌芽力強，可用為飼料、木材加工材料、薪炭、紙漿以及綠覆蓋等，早期曾被列為推廣之造林樹種，後期卻因品系差異及適應情形不同，大多不再進行經營管理，導致大量溢出歸化於全島各地，危害許多本土物種的多樣性並且使許多森林生態系劣化。

有研究指出以物理方式防治方法中，以砍除 (cutting) 的方式是最有明顯的效果 (Ussery and Krannitz, 1998)，本研究針對林務局於 91 年度在恆春事業區第 34 林班進行銀合歡優勢林內造林試驗，及 93 年度預定再進行密植試驗，以及林務局屏東林區管處於 96 年度計畫在潮洲事業區第 23 林班進行銀合歡砍除新植造林地共設置 11 個 20 m × 20 m 的樣區，及 22 個 1 m × 1 m 小樣區，其詳細資料如表 4。

表 4. 樣區設置位置表

樣區編號	年度	事業區	林班	座標	註
1	96	潮洲	23	X:220913 ;Y:2464505	
2	96	潮洲	23	X:220950 ;Y:2464503	
3	96			X:222212 ;Y:2440730	保力樣區(三軍聯訓)
4	91	恆春	34	X:226766 ;Y:2428252	
5	91	恆春	34	X:226788 ;Y:2428303	
6	91	恆春	34	X:226833 ;Y:2428351	
7	93	恆春	34	X:226692 ;Y:2428422	
8	93	恆春	34	X:226612 ;Y:2428418	

(一) 樣區一、樣區二

此區為潮洲事業區第 23 林班(1)，於 96 年 8 月至 9 月進行平地砍除更新造林，除原生之相思樹未砍除之外，進行全面整地，銀合歡被皆伐，苗木更新方式為 1 m×1 m 密植方式為主，地被只剩更新苗木及草本植物主要更新樹種：相思樹、印度紫檀、黃連木、無患子、耳夾相思樹。樣區設置方式以 20 m×20 m 樣區，此區設置 2 個觀測樣區。並設置 1 m×1 m 草本植物之觀測樣區 4 個，以了解草本植物之生長。取樣之主要樹種為印度紫檀、相思樹、無患子及黃連木，取樣株數、平均樹高及胸徑則如表 5 所示。在地表調查部分極少發現銀合歡小苗，主要地被物種以賽葵、姬牽牛(野牽牛)、地毯草、毛馬齒莧及大花咸豐草為主，高度在 15 cm 以下。樣區照片如下。

表 5.潮洲事業區第 23 林班各樹種生長調查表

樹種	取樣株數	樹高(m)	胸徑(cm)
印度紫檀	25	0.65±0.13	0.68±0.17
相思樹	111	0.61±0.24	0.73±0.26
無患子	129	0.73±0.17	0.62±0.13
黃連木	77	0.71±0.17	0.96±0.17

註 1：樹高為其平均值±SD

註 2：胸徑為其平均值±SD

樣區照片(一)：



(二)樣區三

此區位於車城三軍聯訓之土地，更新方式為斜坡造林，更新年度為 96 年，主要更新樹種有：直幹相思樹、血桐、木麻黃、欖仁、烏桕。此區地表沖刷嚴重，並無任何銀合歡小苗生長。造林方式粗放，階梯不平，籬笆約為 4~5 m，地表裸露，一個圍籬有 4 行小苗約 30 cm 一株。更新情形有待評估，且有小苗枯死情形發生。樣區設置方式設 1 個 20 m × 20 m 觀測樣區。並設置 1 m × 1 m 草本植物之觀測樣區 2 個，以了解草本植物之生長。此區取樣之樹種主要為、相思樹、欖仁樹、木麻黃、烏桕及黃連木，取樣株數、平均樹高及胸徑則如表 6 所示。在地表調查部分極少發現銀合歡小苗主要以含羞草為主，其餘有少部分牛膝草及埔姜小苗，如照片所示。

表 6.三軍聯訓樣區各樹種生長調查表

樹種	取樣株數	樹高(m)	胸徑(cm)
相思樹	29	0.58±0.11	0.88±0.20
欖仁樹	28	0.62±0.11	0.97±0.27
木麻黃	28	0.87±0.19	0.69±0.16
烏柏	21	0.68±0.17	0.74±0.26
黃連木	19	0.58±0.12	0.68±0.19

註 1：樹高為其平均值±SD

註 2：胸徑為其平均值±SD

樣區照片(一)



(三)樣區四、樣區五及樣區六

此區為恆春事業區 34 林班，更新日期為 91 年 6 月，主要更新樹種：相思樹、印度紫檀、黃連木、無患子、耳夾相思樹。樣區設置方式以 20 m × 20 m 樣區，此區設置 3 個觀測樣區。並設置 1 m × 1 m 草本植物之觀測樣區 6 個。此區取樣樹種主要為相思樹、水黃皮、瓊崖海棠、木麻黃、七里香、九芎、紅柴及黃連木，取樣株數、平均樹高及胸徑則如表 7 所示。在地被調查部分，由於此區進入造林後第 6 年，地被覆蓋密度高，主要地被分布如表 8 所示，發現許多銀合歡小苗。樣區照片如下。

表 7.恆春事業區 34 林班各樹種生長調查表

樹種	取樣株數	樹高	胸徑
相思樹	96	1.16±2.10	1.67±3.55
水黃皮	31	0.62±0.22	0.98±0.26
瓊崖海棠	29	0.91±0.21	1.12±0.18
木麻黃	22	5.48±3.92	11.87±11.21
七里香	5	2.28	3.8
九芎	1	6.5	7.8
紅柴	1	4.5	7.8
黃連木	1	5.6	5.4

註 1：樹高為其平均值±SD

註 2：胸徑為其平均值±SD

表 8.恆春事業區 34 林班地被物生長調查表

物種	分部情況(1m × 1m 樣區)	註
銀合歡	20(%)	40-50cm
相思樹小苗	1 株	3cm
刺裸實	20%	
多花油甘	10%	
咸豐草	30%	30-40cm
細葉脈門冬	20%	
馬櫻丹	2%	



(四)樣區七及樣區八

此區為恆春事業區 34 林班，更新日期為 93 年，主要造林樹種為黃連木、耳夾相思樹、木麻黃、印度紫檀、七里香及苦楝等。此區設置 2 個觀測樣區。並設置 1 m × 1 m 草本植物之觀測樣區 4 個，取樣樹種及株數、平均樹高及胸徑則如表 9 所示，主要地被分部如表 10~表 13 所示，幾乎每個樣區都有銀合歡小苗出現。樣區照片如下。

表 9.恆春事業區 34 林班各樹種生長調查表

樹種	取樣株數	樹高(m)	胸徑(cm)
黃連木	63	2.70±0.62	3.81±4.44
相思樹	60	2.61±1.52	5.25±4.86
木麻黃	38	3.94±3.33	7.25±9.34
七里香	15	2.20	4.26
苦楝	1	4.2	8

註 1：樹高為其平均值±SD

註 2：胸徑為其平均值±SD

表 10.恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之一

物種	分部情況(1m × 1m 樣區)
銀合歡	60%
台灣鱗球花	10%
恆春薯蕷	2%
刺裸實	40%

表 11.恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之二

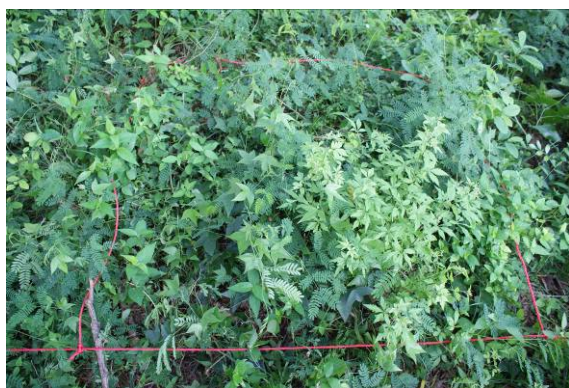
物種	分部情況(1m × 1m 樣區)
銀合歡	5%
台灣鱗球花	80%

表 12.恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之三

物種	分部情況(1m × 1m 樣區)
銀合歡	40%
恆春薯蕷	5%
台灣鱗球花	20%
九芎小苗	10%
細葉脈門冬	10%
七里香	5%
多花油甘	10%

表 13.恆春事業區 34 林班地被物生長調查表之四

物種	分部情況(1m × 1m 樣區)
銀合歡	30%
咸豐草	40%
海晶沙	5%
細葉脈門冬	10%
多花油甘	20%





三、監測恆春半島銀合歡消長

遙測資料由空中俯瞰而得，具多空間、多時間、大面積涵蓋及快速分析之優點，能正確提供地球上自然資源、人文資料以及人類活動情況，和資源開發及土地利用之參考依據，並能與累積數 10 年之舊有影像比對，得知變化過程及根據資料追蹤變遷因素，推估將來可能發生之事件，做為事先之規劃與防範(蕭國鑫等，1993；謝仁馨，1992；周天穎等，1992)。航空照片可說是最早期的遙測方式，現今眾多的影像獲取工具，航空照片有高空間解析力和長時間的資料累積等優勢仍是遙測界中最可靠、廣泛使用的資料來源。航空照片與其他的資料相比，航空照片不僅空間解析力好，並且可以做立體觀察，只要比較前後期的照片，立即能判定出其變遷的部分。衛星影像雖然能大尺寸的應用在地景變遷上，但空間解析力仍較差，且在山區受到地形效應引起的陰影問題，也難以克服，故目前在農林資源的調查應用上，還是以航空照片為主。為此，航空照片能探討極細微的事件，也可提供歷史照片，有助於研究地景的變遷情形，如黃國楨等(2004) 對大鵬灣土

地利用變遷之研究以及楊剛(2004)對墾丁國家公園地景生態變遷監測之研究。張長義、蔡博文(2002)指出土地利用(land use)是一地區自然與人文環境交互作用的結果，近年被認為其影響全球環境變遷，生物多樣性，以及永續利用的關鍵因素之一，因此土地利用變遷成近年重要的環境研究課題。

影像判釋工作是遙測中最傳統的資料分析工作，判釋的過程往往是從照片或圖像開始，判釋者利用經驗的累積，以及一些可以協助判釋的資料，如地圖、野外觀察記錄等，進行照片的解讀，以判讀照片上的物體性質和現象。大致而言，判釋時，可從相片中物體的外形、大小、類型、色澤、質地、陰影有無、座落位置、與其他景物之關連等特徵，判釋研究物體之性質。照片的判釋如同偵探一樣，必需將諸多的訊息全部整合，尋找所有的資訊串連成一份合理又可靠的推論，以求得最可能之情況。

利用航空照片去鑑別植物物種，長期以來這項技術吸引著生態學家和土地管理者用以解決許多問題，無疑的也可以藉由航空照片上觀察植被的地景變化。但許多遙測應用於植群物種鑑別及監測的困難處在於許多植物皆含有葉綠素，色澤上皆呈現綠色，所以加深了判釋的困難度，但是透過其他的植物色素呈現，例如花季時花的顏色或者季節的變化造成落葉現象，葉子變黃等特別的光譜特徵，就可以成功且輕易的判釋植物物種(焦國模，1994；林金樹，1999；Atkinson, 1997；Lillesand and Kiefer, 2000)。

航空照片解析力佳，可以找出外來入侵植物的位置並且也可以引導調查者抵達受到外來入侵植物干擾的樣點，透過數化的技術，將在航空照片所呈現的地形地物，描繪其輪廓，在將其數化的資料轉換成位相地圖。航空照片若以時間系列式的照片呈現(不同時期，同一地點之照片)常可幫助我們瞭解一個地區之變遷，可以從照片中看出植物的生長和擴張過程(如圖 2)。

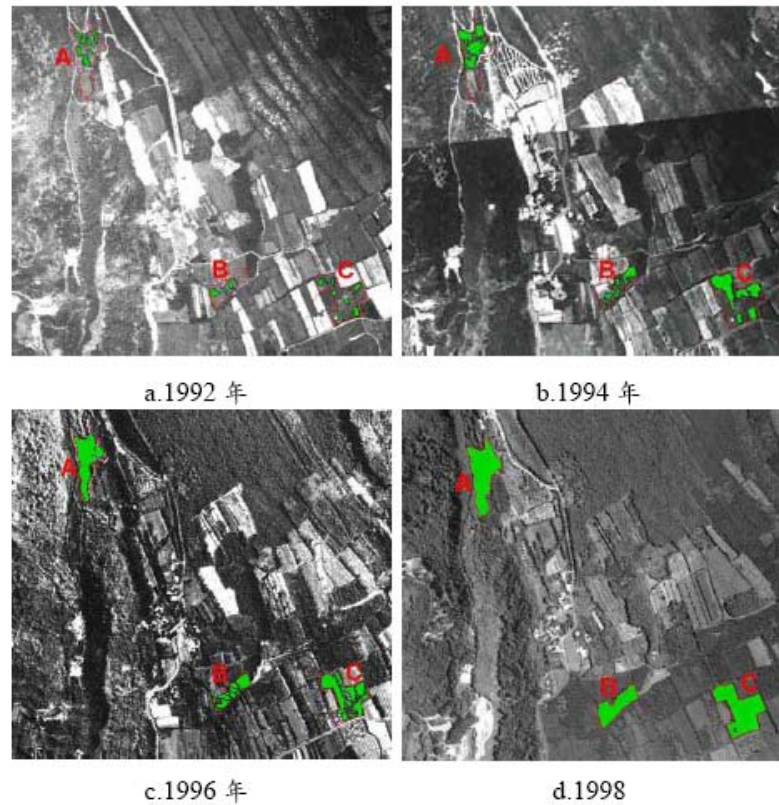


圖 2 銀合歡於不同年度擴散範圍

許多研究也利用時間系列的航空照片在監測外來物種入侵的變遷情形，Lonsdale (1993) 曾在 1979 至 1985 年間，針對澳洲北部 Adelaide River 流域淺灘湖泊，研究觀察刺軸含羞木(*Minosa pigra* L.)擴散速率，利用航空照相於同樣地點，每年記錄刺軸含羞木林擴散情形如圖 3，將所拍攝的航空照片進行幾何糾正並量測刺軸含羞木植群不同年份之擴散面積，推估種子飄散距離，利用迴歸統計導出兩者之間數學關係，故可利用多期的航空照片研究植物入侵擴散情形，是最簡捷有效的方法。

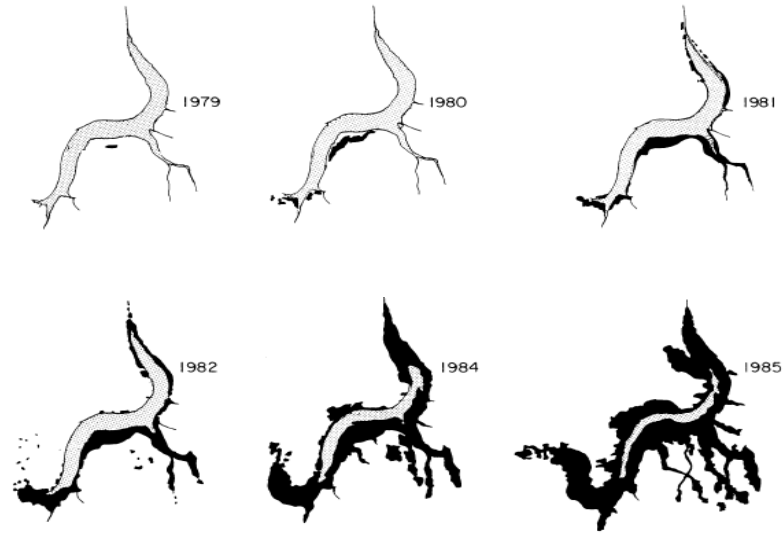


圖 3 利用多期航空照片推測刺軸含羞木擴散面積 (Lonsdale,1993)

發現、繪製和監測入侵植物的能力為有效管理入侵植物的關鍵，透過田野調查以及航空照片繪製技術普遍應用在監測外來入侵植物的研究中，圖 4 表示一般監測外來植物入侵的主要途徑，利用田野調查繪製入侵植物的分佈，應用繪製的結果配合監測，再進一步的利用模式去模擬未來的分佈情形或預測可能容易被入侵的危險區域，應用這些途徑來制定出防治的方法與政策。

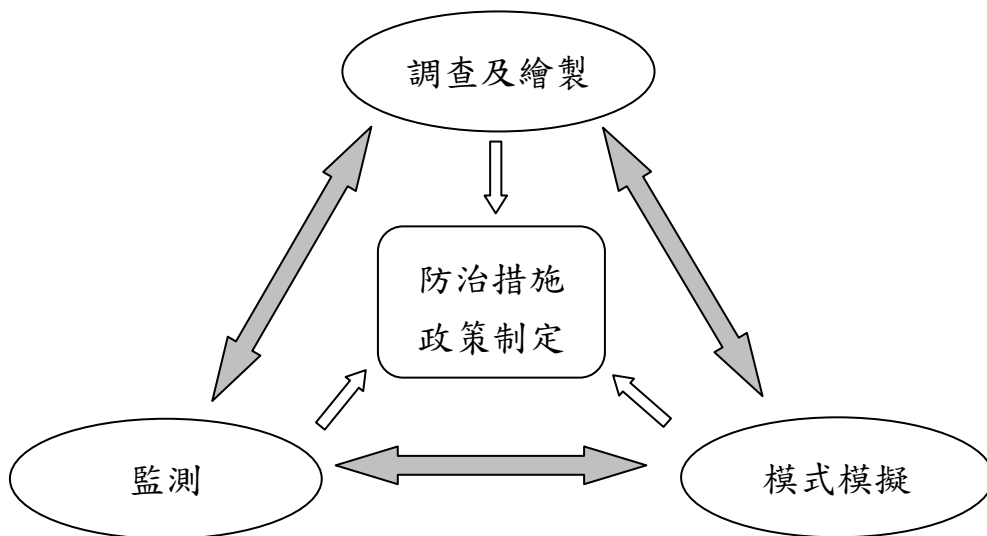


圖 4 防治入侵植物的主要的途徑

在防治工作方面主要以人工去除的方式如砍除為主，但防治之過程浩費大量的勞力及資金，雖然一般人工去除的方法如根除法能減少入侵者的生存、限制未來的擴散，使本土種的生物多樣性及生態系恢復，但利用人工根除或遷移皆有可能對本土物種和生態系產生衝擊(Zavaleta *et al.*, 2003)且施行結果常成效不佳，費時費力，無法真正有效的防治外來植物入侵擴散繁衍。控制並非是入侵研究的終點，應長期設立樣區，持續監測外來植物入侵的過程及其對於生態系構成之危害等，故植物入侵資料庫之建立，取得資料以瞭解入侵之現況，導入時間因素，進行不同時間同一地點的重複性調查，以瞭解時間變化與物象變化之關係，利用地理資訊系統進行大尺度資料整合與分析，藉以瞭解外來植物入侵空間與時間的變化，及入侵擴散的速度，危害情形等，將是研究外來植物入侵的重要工具。

應用航測技術監測植物擴散是許多生態學家及地理學家解決植物入侵問題的方法(Krumpe, 1972; Bulman, 2000)，航空照片為最早期的遙測資料，具高空間解析力和長時間的資料累積等優勢，與衛星遙測資料相比，航空照片不僅時間及空間解析力佳，且可進行立體觀察，應用前後期照片，即能判定定點區域之變遷情形。許多外來入侵植物的生態調查研究，應用航空照相監測外來入侵植物的分佈範圍，擴散程度並繪製分佈圖已有豐碩的成果；另外，許多生態學家也應用航空照片於同樣地點，每年記錄外來入侵植物擴散情形，量測不同年份之擴散面積，推估其擴散速率(Lonsdale, 1993; David *et al.*, 2000)。雖然仍有許多學者嘗試應用衛星影像進行植物入侵研究，但因缺乏早期資料，僅能觀測近期的變遷，但生態研究需要長期觀察時，卻有時間尺度上之限制，本研究利用不同時期的航空照片，以定點觀察方式，以恆春半島銀合歡之為研究對象，用 1982 年、1992 年、2003 年、2007 年四期之航空照片共計 83 張(表 9)，分區定點觀測之方式，配合土地利用歷史變遷以期了解恆春半島銀合歡長期的消長狀況。

表 14.樣區航空照片資料

地區	年份	拍攝年份/日期	航線編號	照片號碼	張數	像片基本圖圖號
關山						95164019
	1982	1982.09.02	71P036	4249-4255	4	
	1992	1992.12.14	91P099	6873-6878	4	
	2003	2003.09.25	92R094	156-158	3	
	2007	2007.04.24	96R018	011-013	3	
後灣						95173088
	1982	1982.10.09	71P049	6289-6303	8	
	1992	1992.12.14	81P040	163-167	4	
		1992.09.08	81P069	033-037	5	
	2003	2003.09.25	92R094	135-139	5	
	2007	2007.04.15	96R015	200-203	4	
大尖石山						95161012
	1982	1982.10.27	71P053	6994-6998	3	
				7024-7028	3	
	1992	1992.09.14	81P77	046-059	11	
		1992.12.14	81P099	6898-6902	3	
	2003	2003.10.27	92R120	195-197	3	
	2007	2007.02.01	96R012	034-036	3	
尖山						95173059
	1982	1982.09.02	71P036	4289-4295	4	
	1992	1992.05.13	81P040	180-182	3	
		1992.12.14	81P099	6837-6840	4	
	2003	2003.09.25	92R094	144-146	3	
	2007	2007.02.01	96R012	129-131	3	
總合					83	張

肆、工作進度

一、 預定時程與查核點完成項目

(I)、 文獻資料蒐集

- 恆春半島相關銀合歡資料蒐集及整合 (已完成)

(II)、 調查樣區之設置

- 樣區之設置以及進行第一次樣區族群動態調查 (已完成)
- 設置 11 個調查樣區 (依據計畫進度執行中)

(III)、 進行樣區調查

- 完成初步樣區族群動態之監測調查 (已完成)
- 完成部分樣區族群動態調查 (依據計畫進度執行中)

(IV)、 不同時期航空照片之購置

- 航空照片之購置 (已完成)
- 航空照片之正射 (依據計畫進度執行中)

(V)、 進行不同時期航空照片之判釋數化

- 航照判釋及數化 (依據計畫進度執行中)
- 進行第二階段判釋數化工作 (依據計畫進度執行中)

(VI)、 樣區調查資料整理

- 整理及分析調查資料 (依據計畫進度執行中)
- 展現初步之研究成果 (依據計畫進度執行中)
- 整合銀合歡消長之判釋數化資料 (依據計畫進度執行中)
- 展現銀合歡防治效益之實質意義及恆春半島銀合歡入侵情形之成果 (依據計畫進度執行中)
- 銀合歡防治成效之評估並提供建議及措施 (依據計畫進度執行中)

二、工作執行進度

重要工作項目	工作 比重 %	預定進度					
		97 年度		98 年度			
		7-9 月	10-12 月	1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月
1.文獻資料蒐集	5	■					
2.調查樣區之設置	5	■					
3.進行樣區調查	10	■	■				
4.第一次期中報告	5	▨					
5.不同時期航空照片之購置	5		■				
6.樣區調查資料整理	5		■				
7.第二次期中報告			▨				
8.進行不同時期航空照片之判釋數 化工作				■	■	■	
9.樣區調查資料分 析							■
10.期末報告							■

伍、預期效益

1. 預期效益

- (1) 設置長期觀測樣，有效的監測銀合歡砍除造林更新對於銀合歡入侵抑制過程，實質的呈現其防治的成果。
- (2) 深入瞭解銀合歡砍除造林更新後的植群消長情形，以期建立一監測系統，以提供未來防治工作成效評估的參考依據。
- (3) 長期監測恆春半島銀合歡消長，可以得到下列之預期的成果：
 - I. 銀合歡植群的消長。銀合歡純林亦有機會讓其他樹種入侵的現象發生，形成次生的混生林植群並且達到一個穩定的狀態。配合銀合歡的引入歷史過程，以及受到人為農業活動的變遷影響，也進一步証實銀合歡的入侵受到早期的經濟活動的影響極深。
 - II. 長期的變遷監測，能獲得銀合歡不同時期之擴散速度，預測在人為活動的干擾較小的地區其擴散速度應會慢慢趨緩，而受到人為活動的干擾較大的地區擴散速度則會快於受人為活動的干擾較小的擴散速度。
- (4) 持續監測銀合歡砍除造林更新對於抑制銀合歡入侵之成效，進一步瞭解防治工作更新苗木的生長狀況，銀合歡的入侵是否能有效的被控制。
- (5) 預測現今以銀合歡為主的混生林在早期的狀態應該是由銀合歡的純林演變而成，野外調查時發現銀合歡林有漸漸被相思樹林取代的現象，想證實相思樹植群是否有取代銀合歡的現象？是否有防治銀合歡的必要性？
- (6) 充實入侵生物的背景資訊不足，貫徹監測之目的，以期研究成果能提供給防治單位做為參考資訊，提供給未來防治工作規劃的參考依據。

2. 評估指標

- (1) 第一次期中審查標準

- ✓ 完成恆半島相關銀合歡資料蒐集及整合。
- ✓ 完成樣區之設置以及進行第一次樣區族群動態調查。
- ✓ 完成航空照片之購置，逐步進行正射糾正工作。
- ✓ 展現初步之研究成果。

(2)第二次期中審查標準

- ✓ 完成前述樣區族群動態之監測複查。
- ✓ 完成航空照片之正射，逐步進行判釋數化之工作
- ✓ 完成前述航空照片之判釋數化之工作。
- ✓ 完成整理及分析調查資料。

(3)期末審查標準

- ✓ 針對期中審查建議意見進行修正。
- ✓ 完成部分樣區族群動態調查。
- ✓ 進行第二階段判釋數化工作。
- ✓ 展現初步之研究成果。
- ✓ 完成前述樣區族群動態之監測調查。
- ✓ 完成整理及分析調查資料。
- ✓ 整合銀合歡消長之判釋數化資料。
- ✓ 展現銀合歡防治效益之實質意義以及恆春半島銀合歡入侵情形之成果，以供日後防治銀合歡入侵評估之參考。
- ✓ 完成防治銀合歡成效之評估，提供建議與措施。

陸、 參考文獻

- Bulman, D. (2000) "Is the application of remote sensing to weed mapping just 'S-pie' in the sky?". *Plant Protection Quarterly* 15:17-131. In: Mooney, H. A., R. N. Mack, J. A. McNeely, L. E. Neville, and P. J. Schei (eds.) *Invasive Alien Species: A New Synthesis*. Island press, Washington, D.C., USA.
- David, A. C., D. L. Ian, and E. W. Jann (2000) Effects of invasion by the indigenous shrub *Acacia sophorae* on plant composition of coastal grasslands in south-eastern Australia. *Biological Conservation* 96 : 113-121.
- Duggin, J. A. and C. B. Gentle (1998) Experimental evidence on the importance of disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest-open forest ecotones in northeastern NSW, Australia. *Forest Ecology and Management* 109 : 279-292.
- Petren, K. and T. J. Case (1998) Habitat structure determines competition intensity and invasion success in gecko lizards. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 95:11739-11744.
- Kitayama, K. and D. Muellerdombois (1995) Biological invasion on an oceanic island mountain-do alien plant species have wider ecological ranges than native species. *Journal of Vegetation Science* 6 (5): 667-674.
- Krumpe, P. E. (1972) Remote sensing of terrestrial vegetation: A comprehensive bibliography. p.185-189 In: Mooney, H. A., R. N. Mack, J. A. McNeely, L. E. Neville, and P. J. Schei (eds.) *Invasive Alien Species: A New Synthesis*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer (2000) *Remote Sensing and Image*

- Interpretation. 3rd ed. John Wiley and Sons Press, New York. 724pp.
- Lonsdale, W. M. (1993) Rates of spread of an invading species-*Minosa pigra* in northern Australia. *Journal of Ecology* 81: 513-52
- Ussery, J. G. and P. G. Krannitz (1998) "Control of Scot's broom (*Cytisus scoparius* (L.) Link.): The relative conservation merits of pulling versus cutting." *Northwest Science* 72(4): 268-273.
- Vitousek, P.M. (1990) Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57:7-13.
- Weis, J. S. and P. Weis. (2003) Is the invasion of the common reed, *Phragmites australis*, into tidal marshes of the eastern US an ecological disaster? *Mar. Pollut. Bull*, 46(7):816-20.
- Wu, S. H., C. F. Hsieh, and M. Rejmanek (2004) Catalogue of the naturalized flora of Taiwan. *Taiwania* 49(1): 16-31.
- Wu, S. H. and H. H. Wang. (2005) Potential Asteraceae invaders in Taiwan: Insights from flora and herbarium records of casual and naturalized alien species. *Taiwania* 50: 62-70.
- Zavaleta, E. S., M. R. Shaw, N. R. Chiariello, B. D. Thomas, E. E. Cleland, C. B. Field, and H. A. Mooney (2003) Grassland responses to three years of elevated temperature, CO₂, precipitation, and N deposition. *Ecological Monographs* 73:585-604.
- 呂福原、陳民安 (2002) 墾丁國家公園外來種植物對原生植群之影響以銀合歡為例。墾丁國家公園管理處研究報告第112號，45頁。
- 李昭宗 (2003) 恆春地區銀合歡入侵及擴散之研究。國立屏東科技大學森林學系研究所碩士論文，70頁。

- 周天穎、杜昌柏、白金城 (1992) 地理資訊系統及遙測技術應用於空間分析之研究。遙感探測 17：50-67。
- 林金樹 (1999) 森林植生季節性光譜特性之研究。台灣林業科學 14(3): 289-306。
- 張長義、蔡博文 (2002) 台灣土地利用變遷及其永續發展之研究，地球信息科學 4(1)：71-73。
- 焦國模 (1994) 森林測定上最適光譜波段選用之研究。航空測量及遙感探測 25：53-72。
- 黃國楨、鍾玉龍、林美雲、李久先 (2004) 航空照片應用於大鵬灣土地利用變遷之研究。航測及遙測學刊 9(4)：35-46。
- 楊剛 (2004) 遙測資訊應用於墾丁國家公園地景變遷監測之研究。國立屏東科技大學森林系研究所碩士論文，105頁。
- 劉崇瑞、劉儒淵 (1977) 臺灣天然林之群落生態研究 (III) 恆春半島南仁山區植群生態與植物區系之研究。省立博物館年刊 20：51-146。
- 蔣慕琰、徐玲明、袁秋英、陳富永、蔣永正 (2003) 台灣外來植物之危害與生態。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊：97-109。
- 蕭國鑫、李元炎、吳啟南、陳仁仲 (1993) 濁水溪口環境變遷分析。遙感探測 19：1-24。
- 謝仁馨 (1992) 航照判讀與遙感探測。中華民國航空測量與遙感探測學會，300頁。