

墾丁國家公園銀合歡植群之光譜反射特徵研究

Spectrum Reflectance of an Exotic Plant *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in the Kenting National Park

馮郁筑 陳朝圳*

Yu-Chu Feng and Chaur-Tzuhn Chen*

國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)自引進台灣後，由於生長優勢，逐漸影響本土植群，危害本土生態環境。本研究主要以墾丁國家公園內銀合歡植群為研究對象，於 2005 年 3 月至 12 月間，以 GER 1500 手持光譜儀，進行銀合歡植群與其伴生樹種間之光譜反射特徵的量測，並進行差異性比較；另以雙光譜分析法，進行銀合歡植群光譜反射特徵之季節性變化研究。研究結果得知，銀合歡與其伴生樹種間(相思樹、血桐、木麻黃、構樹)之反射光譜有顯著性差異；在銀合歡雙光譜分析結果得知，季節變化對於光譜反射特徵曲線形態影響不大，但是不同生長季節的光譜反射特徵有顯著性差異，秋季及冬季是區分銀合歡與其他伴生樹種最佳之季節，研究結果可供銀合歡入侵之衛星影像監測研究參考。

Abstract

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit is an exotic plant that has caused devastating damages on native plants in Taiwan. Using the GER 1500 spectroradiometer, we measured the spectrum reflectance of the species and its adsorbing plants, *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit ex Vent., *Macaranga tanarius* (L.) Müll. Arg., *Acacia confusa* Merr. and *Casuarina equisetifolia* Forst. in the Kenting National Park,

March to December, 2005. The spectrum reflectance was examined with the bi-spectral analysis. The results showed that there were significant seasonal differences in the spectrum reflectance but not in the spectrum patterns between *L. leucocephala* and its adsorbing plants. The fall and winter, the growth seasons of *L. leucocephala*, were the best time of the year for the distinction. Accordingly, the spectrum reflectance is suggested as a guideline for monitoring the invasion of *L. leucocephala* in the satellite remote sensing program.

關鍵詞：墾丁國家公園、銀合歡、雙光譜分析、光譜反射特徵

Key words: Kenting National Park, *Leucaena leucocephala*, bi-spectral analysis, reflection spectrum

收件日期：96年11月8日

接受日期：97年1月16日

Received: November 8, 2007

Accepted: January 16, 2008

緒 言

銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)是台灣唯一一種外來入侵之木本植物，且危害力位居最高之前20名內(蔣等2003)。至今墾丁國家公園銀合歡已大量分布，其中入侵之銀合歡除薩爾瓦多型(giant type)外，夏威夷型銀合歡亦占有相當的面積比例，已形成大面積的混生林。另因東北季風之影響，冬季會有落葉現象。植物生長隨季節有不同之生長特徵，藉由綠色植物葉片及樹冠之光譜(spectrum)特徵差異性及動態變化，進行光譜反射特徵分析(analysis of spectrum reflectance properties)及植生綠度分析(analysis of vegetation greenness)，可瞭解植群生長之季節變化(Fuchs 1990；Atkinson 1997；陳1999；林1999)。近年來以衛星多光譜遙測(multispectral remote sensing)資料，分析地面植被覆蓋及發展植被外觀徵狀模式之研究蓬勃進展，許多應用遙測影像光譜(spectrum of remote sensing image)特徵於入侵植物之研究上(李2003)。本研究藉由瞭解銀合

歡與其他伴生樹種(adsorbing plants)之光譜特徵差異性，有助於銀合歡於衛星影像上入侵程度的判定，對於未來銀合歡植物群落之消長監測，可提供參考資料，以判定銀合歡入侵對於生態系之影響。

材料與方法

一、研究區概況

本研究以墾丁國家公園為範圍。地形以低山、丘陵及台地為主，最高峰老佛山海拔高度為674m，屬於熱帶性氣候區，年溫差不大，年平均溫度約25.0℃，年平均降雨量2,018mm，平均降雨量以7月最多，為704mm；4月最少，為5mm。

二、研究方法

(一) 樣區調查與樣木之選取

本研究所採用的分析軟體包括ESRI ArcGIS地理資訊系統，並用SPSS 10.0進行統計分析處理。利用反射光譜量測儀器(spectroradiometer

model GER 1500)量測樣本葉片，其光譜範圍(spectral range)為 350-1,050 nm；每段長約 14.7-19.3 nm，波長(wavelength)越長間距越短，具有 8°視角(field of view, FOV)，測定植被之光輻射(radiance)。試驗材料採取自墾丁國家公園銀合歡林及其伴生樹種之葉樣本，於不同生長季節進行光譜分析。

(二) 選取銀合歡與其伴生樹種之葉片樣本

在墾丁國家公園與銀合歡伴生的樹種最常見的有相思樹(*Acacia confusa* Merr.)、血桐(*Macaranga tanarius* (L.) Müll. Arg.)、構樹(*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit ex Vent.)及木麻黃(*Casuarina equisetifolia* Forst.)，本研究隨機抽取分散於墾丁國家公園內銀合歡純林，以及銀合歡與伴生樹種混生林的高大健康之立木為樣本，每一樹種取 20 片葉片(或枝條)當樣本，因葉片大小會影響光譜反射值，故以顏色深綠及大小類似之葉片為取樣標準。每兩個月進行 1 次調查，共進行 5 次調查，取得四季之銀合歡與其伴生樹種的光譜資料。

(三) 量測銀合歡與其伴生樹種不同生長季節之光譜特徵

Atkinson (1997) 指出對於植物辨識與監測，可以透過不同植物之反射光譜(spectrum reflectance)特性，包括不同生長期、不同植物健康度之光譜反射特徵來表現。本研究利用 GER 1500 野外光譜儀，操作方式為先量測標準反射板(spectrum reflectance standard board)的反射量，再量測葉片的光輻射反射量(radiance of sample, rad_t)，取得太陽輻射能入射至物體表面的輻射量(radiance of solar incident surface, $irrad_{solar}$)，利用公式(1)求得物體的反射量(reflectance of sample, R_s)即葉片的反射量。

$$R_s (\%) = \frac{rad_t}{irrad_{solar}} \times 100 \% \quad (1)$$

(四) 銀合歡與其伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵

植被及物體皆可描繪出反射光譜特徵曲

線，不同的植物其光譜曲線亦有所差異(Fuchs 1990)。光譜數據可提供各項指數計算，利用銀合歡與其伴生樹種之紅光(red region, R)及近紅外光(nearinfrared, NIR)波段計算常態差異植生指標值(normalized difference vegetation index, NDVI)並做雙光譜分析(bi-spectral analysis)，再進行不同生長季節之光譜反射特徵比較。植生指標(NDVI)是一種反應地表植被種類、分布與密度的指數(Lillesand and Kiefer 2000)，植生指標資料可提供生物圈植被生長分布狀態與生長異常狀態，可用來估算植被之季節性變化和變遷，因此可對肇因於人為或自然環境變遷，提供長期研究的基礎指標。本研究利用實測之光譜反射資料，進行NDVI之計算，NDVI公式如下所示：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

1. 雙光譜圖

衛星影像上之紅光及近紅外光波段可表現出地表植生的特性，用以繪製成雙光譜圖(bi-spectral plot) (Bauer 1975 ; Jensen 2000)。應用此雙光譜圖及植生指標進行光譜分析，可有效觀測植生量及不同生長季節狀態之變化。本研究運用 GER 1500 所測的光譜反射資料，分別以 600-700 nm (紅光)、700-1,100 nm (近紅外光)繪製紅光與近紅外光波段的雙光譜圖，進行雙光譜分析。於雙光譜分析時，以紅光為X軸，近紅外光為Y軸，將光譜樣點與紅光軸夾角定義為 θ ，稱為光譜夾角(incident angle, θ)，光譜樣點與原點的距離定義為 ρ ，稱為光譜向量長度(radius vector length, ρ)，亦稱之為亮度指數(brightness index, BRI)，其數學式為代表光譜樣點在雙光譜圖之光譜向量長度(ρ)，公式如下所示：

$$\rho = BRI = \sqrt{R^2 + NIR^2}$$

$$0 < R, NIR < 255, 0 < BRI < 360.62$$

亦可利用簡單比植生指標 (simple ratio vegetation index, SR) 與 NDVI 進行雙光譜圖

分析，分別與樣點之光譜夾角 θ 具有關係，其關係式為：

$$SR = \frac{NIR}{R} = \tan\theta ; \theta = \tan^{-1}\left(\frac{NIR}{R}\right)$$

以 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 而言，則 $0 < SR < \infty$ ，應用上述公式，計算出表 3 之各項數值，以進行雙光譜分析如圖 4。

表 1. 2005 年恆春氣象站各月份之平均氣溫及總降雨量資料

Table 1. Monthly average temperatures and monthly total precipitations at the Hengchun Weather Station in 2005

Month	Jan	Feb	Mar	Apl	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperature (°C)	19.8	21.8	21.1	25.3	27.6	27.5	28.5	28.2	27.9	26.8	25	20.9
Precipitation (mm)	8.5	7	24	5	155.5	494	704.5	280.5	492	27.5	85.5	55.1

Data source: Taiwan Central Weather Bureau.

表 2. 試驗樹種四季之光譜夾角(θ)、亮度指數(BRI)及常態化差異植生指標(NDVI)值

Table 2. Seasonal average values of incident angle (θ), brightness indices (BRI), normalized difference vegetation index (NDVI) of *L. leucocephala*, and its adsorbing plants, *B. papyrifera*, *M. tanarius*, *A. confusa* and *C. equisetifolia* from the Kenting National Park

Season	Species	θ	BRI	NDVI
Spring	<i>L. leucocephala</i>	61.24°	84.09	0.28
	<i>B. papyrifera</i>	80.23°	82.05	0.68
	<i>C. equisetifolia</i>	57.67°	109.00	0.22
	<i>A. confusa</i>	62.93°	85.30	0.31
	<i>M. tanarius</i>	82.96°	85.48	0.72
Summer	<i>L. leucocephala</i>	79.10°	86.63	0.66
	<i>B. papyrifera</i>	82.89°	75.73	0.72
	<i>C. equisetifolia</i>	72.18°	89.58	0.38
	<i>A. confusa</i>	66.41°	81.27	0.49
	<i>M. tanarius</i>	85.11°	88.33	0.84
Autumn	<i>L. leucocephala</i>	60.96°	94.98	0.28
	<i>B. papyrifera</i>	78.38°	91.41	0.65
	<i>C. equisetifolia</i>	55.08°	111.29	0.18
	<i>A. confusa</i>	63.35°	97.05	0.33
	<i>M. tanarius</i>	83.43°	88.09	0.77
Winter	<i>L. leucocephala</i>	69.47°	97.19	0.43
	<i>B. papyrifera</i>	84.15°	88.49	0.80
	<i>C. equisetifolia</i>	69.73°	56.25	0.45
	<i>A. confusa</i>	74.15°	78.13	0.54
	<i>M. tanarius</i>	85.61°	84.76	0.85

表 3. 試驗樹種在紅光(R)、近紅外光(NIR)波段光譜反射特徵之變異數分析表

Table 3. The results of ANOVA of red region (R) bands and nearinfrared (NIR) bands of reflection spectra of *L. leucocephala*, and its adsorbing plants, *B. papyrifera*, *M. tanarius*, *A. confusa* and *C. equisetifolia* from Kenting National Park

Season	Band	Source	SS	dF	MS	F-value	Duncan test
Spring	R	Between	33664.55	4	8416.14	105.28**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	7594.35	95	79.94		
		Total	41258.91	99			
	NIR	Between	4346.45	4	1086.61	20.48**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5039.58	95	53.05		
		Total	9386.04	99			
Summer	R	Between	10988.93	4	2747.23	48.05**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5431.91	95	57.18		
		Total	16420.84	99			
	NIR	Between	2556.97	4	639.24	7.22**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	8409.49	95	88.52		
		Total	10966.46	99			
Autumn	R	Between	36546.34	4	9136.59	451.76**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	1921.34	95	20.22		
		Total	38467.68	99			
	NIR	Between	801.58	4	200.40	15.45**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	1232.07	95	12.97		
		Total	2033.65	99			
Winter	R	Between	10985.91	4	2746.48	66.79**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	3906.56	95	41.12		
		Total	14892.47	99			
	NIR	Between	18952.69	4	4738.17	87.91**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5119.78	95	53.89		
		Total	24072.46	99			

**Significant level $p < 0.01$

2. 變異數分析

本研究依據紅光、近紅外光波段進行變異數分析(ANOVA)，是以紅光或近紅外光波段為依變量，以不同樹種銀合歡、構樹、相思

樹、木麻黃及血桐等 5 種為自變量，分析不同樹種之各組均質是否具有顯著差異。探討各變項是否具有區分不同樹種之能力。此變異數分析的結果，若拒絕接受虛無假設，並不表示所

有樹種間皆能透過此變項加以區分。因此需要進行多重比較法，以求得各樹種之間區分結果，本研究利用 Duncan 的多重比較統計方法 (Swallow 1984)，以確實找出解釋各樹種間各種變量是否具有差異。

結果與討論

一、銀合歡與伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵

(一) 銀合歡之不同生長季節光譜反射特徵

本研究為瞭解恆春墾丁國家公園銀合歡，於不同季節間反射光譜之變化情形，分別於 2005 年 3 月、5 月、8 月、10 月與 12 月，以 GER 1500 進行量測(350 -1,050 nm)，以實測

之資料製作銀合歡之四季光譜反射特徵如圖 1。

由於植物在不同生長環境下葉片之色素及植物生理發生改變，進而在植物反射光譜上可觀察到葉綠素含量的改變與光合作用的差異 (Collins 1978)，圖 1 中，曲線在綠光波段(Green region, G : 500-600 nm)有 1 高峰 (peak)，紅光波段反射值變低，在近紅外光波段，其反射值為最高，這些都是綠色植物的特徵所造成。銀合歡於不同生長季節光譜反射曲線形狀相似，在近紅外光波段較難區分，銀合歡光譜反射特徵中以綠光波段易於區分不同生長季節之波譜，比較銀合歡於不同生長季節之中，綠光波段以秋季的反射量為最高，最低則為夏季，可知銀合歡於不同生長季節之光譜反射特徵有差異性。

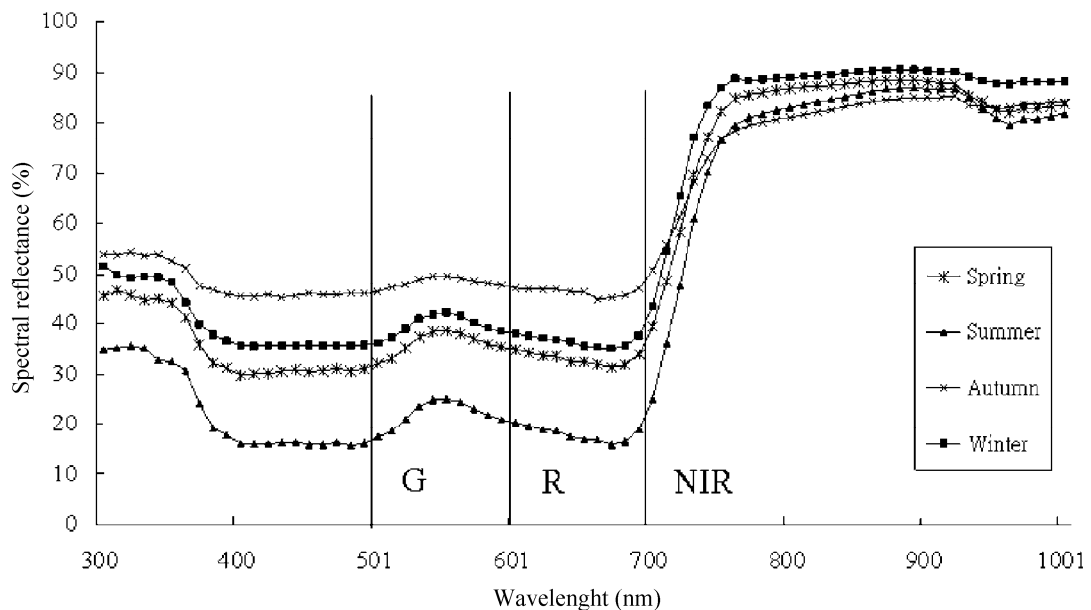


圖 1. 銀合歡四季之光譜反射特徵值。

Fig. 1. The average values of seasonal reflection spectra of *L. leucocephala* (G, green region; R, red region; NIR, nearinfrared region).

(二) 銀合歡與伴生樹種光譜反射特徵曲線型態之比較

藉由本研究樣區選擇與調查發現，銀合歡

主要有以下數個伴生樹種，包括相思樹、血桐、構樹及木麻黃，為瞭解上述伴生樹種與銀合歡在不同生長季節之光譜反射特徵曲線，針

對伴生樹種進行反射光譜量測，結果如圖 2。比較不同生長季節的 5 種植物光譜反射特徵曲線之型態，發現銀合歡、相思樹、血桐、構樹、木麻黃型態相似，在綠光波段輻射亮度均高於藍光與紅光波段，在可見光區形成一個波峰分布，加上近紅外光區的輻射亮度高峰，這種雙峰型態光譜反射特性曲線與典型的植生光譜反射特徵曲線是完全相似的，且與焦國模 (1994) 以四波段輻射儀測定台灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hay.)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum.)、柳杉(*Cryptomeria japonica*

(L. f.) D. Don)、小葉南洋杉(*Araucaria excelsa* (Lamb.) R. Br.)、樟樹(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl) 5 種樹種之光譜反射值之結果相似，即綠光和近紅外光波段有偏高的反射值，但在可見光波段很難分辨出 5 種樹種之差別，而在近紅外光波段不同樹種反射值的差異卻甚明顯。光譜反射特徵曲線受季節性變化之影響不大，而且植物光譜反射特徵具有某種程度的穩定性。運用不同樹種在不同波段中所具有之不同反射值，可作為區別樹種之有力指標。

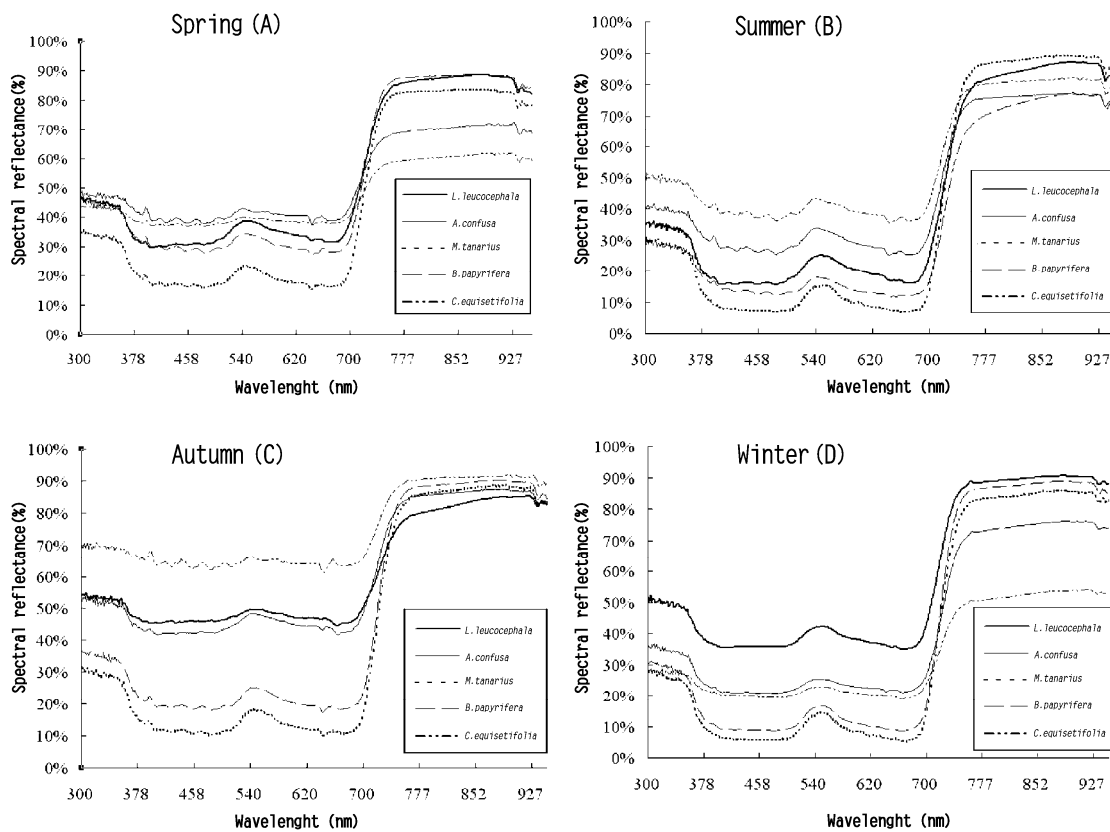


圖 2. 銀合歡與伴生樹種四季光譜反射特徵曲線。

Fig. 2. Seasonal averaged values of reflection spectra of *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

二、銀合歡與伴生樹種光譜反射特徵異質性比較

春季時期，銀合歡與伴生樹種在綠光與紅光兩波段的光譜反射量(圖2A)，由高至低順序為相思樹、木麻黃、銀合歡、構樹、血桐；其中近紅外光波段，以構樹為最高，其次是銀合歡、血桐、相思樹，最低為木麻黃。夏季時期(圖2B)，紅光及近紅外光波段的反射率皆增加，銀合歡、相思樹、血桐、構樹、木麻黃5種植物的光譜反射量在綠光與紅光兩個可見光波段差異特別明顯，5種植物反射光譜大小依序為木麻黃、相思樹、銀合歡、構樹、血桐，但在近紅外光波段則以血桐的反射量最高，其次是銀合歡、木麻黃和相思樹，構樹最低。秋季時期(圖2C)，5種植物對紅光及綠光波段的反射量，以木麻黃最高，其次是銀合歡與血桐、構樹兩者相近，而以血桐為最低；在近紅外光波段由高至低順序為木麻黃、構樹、相思樹、血桐、銀合歡，但之間的差異不明顯，無法明確的區分5種樹種。冬季時期(圖2D)，光譜值介於春季與夏季之間，且植物的光譜反射量差異較春季明顯，特別是近紅外光波段，在綠光及紅光波段的反射量高低依序為銀合歡、相思樹、木麻黃、構樹、血桐；在近紅外光波段的反射量由高至低順序為銀合歡、構樹、血桐、相思樹、木麻黃。就各波段的光譜反射量而言，不同植物彼此間有不同的相對變異量。在春天時，植物開始其新的生長季節，生理活動轉趨旺盛，葉綠素濃度增加，光合作用能力增強，開始增生新葉部組織，因此植物對可見光區和紅外光區的反射量與秋冬時期不同(林1999)。整體而言，本研究在可見光兩波段，各樹種在不同生長季節的變換並沒有一定的規律，只有構樹及血桐兩種樹種皆是居於最低的，原因應該是此兩種樹種葉面積較大，會吸收較多紅光以進行光合作用；但在近紅外光波段，則看不出較明顯的變化規律。不同物種間的光譜反射特徵具有差異性，若是直接運用單

波段或者以光譜反射特徵曲線，較不易明顯的區分出銀合歡與其伴生樹種，故本研究再採取雙光譜分析，運用紅光及近紅外光兩波段進行分析。

三、銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析

(一) 各樹種於季節變化之 NDVI 值

本研究以2005年之氣候變化(表1)，解釋各樹種與季節生長週期性變化情形。運用實際計算之NDVI值資料製成圖3，結果顯示3-5月間，除了銀合歡及木麻黃呈現上升(銀合歡上升幅度較大)外，其他樹種有下降趨勢，乃因2-4月為2005年之乾季，5-7月則為當年之雨季，NDVI值快速上升，各樹種之NDVI值皆達到最大值，10月末進入冬季後NDVI值已經有下降之情形，12月呈現上升的狀態，乃是因為11、12月份雨量高於10月，雨量較多造成生長較10月份佳。

(二) 銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析

本研究以3月的數據代表春季，8月代表夏季，10月代表秋季，12月代表冬季，利用表2之運算結果及量測的反射光譜數據，進行雙光譜分析，以圖4表示。

春季不同樹種之雙光譜分析結果顯示(圖4A)，以反射紅光而言，木麻黃最高，血桐最低，並且可以區分成3個群落，木麻黃、血桐及構樹，而相思樹及銀合歡則沒有明顯之群落分布；以反射近紅外光來看，則以相思樹及銀合歡較低，與其他3者差異不大。夏季不同樹種之雙光譜分析結果(圖4B)，並沒有明顯之群落區分，故銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析在季節的選擇上，不宜選在夏季進行。秋季不同樹種之雙光譜分析結果(圖4C)，則可區分成5個群落，在反射紅光上可以分別這5種樹種，依序是木麻黃、銀合歡、相思樹、構樹、血桐；反射近紅外光的部分，可以區分相思樹及銀合歡，相思樹的反射值較高。冬季不同樹種之雙光譜分析(圖4D)亦可區分成5個群落，在

反射紅光的部分，區分 5 個樹種依序是銀合歡、相思樹、木麻黃、構樹、血桐；反射近紅外光的部分，變化較大，試驗樹種以木麻黃最低。

曾仁鍵(2004)曾利用雙光譜圖探討植被反射光譜在圖上之變化結果顯示，植被光譜會隨

著季節循環而有週期性之改變，因此若植被反射光譜非隨著正常之季節變化循環，而出現異常之現象，即可由雙光譜圖觀察。根據上述結果，若要進行雙光譜分析，區分銀合歡與其伴生樹種，秋季及冬季是較佳的季節。

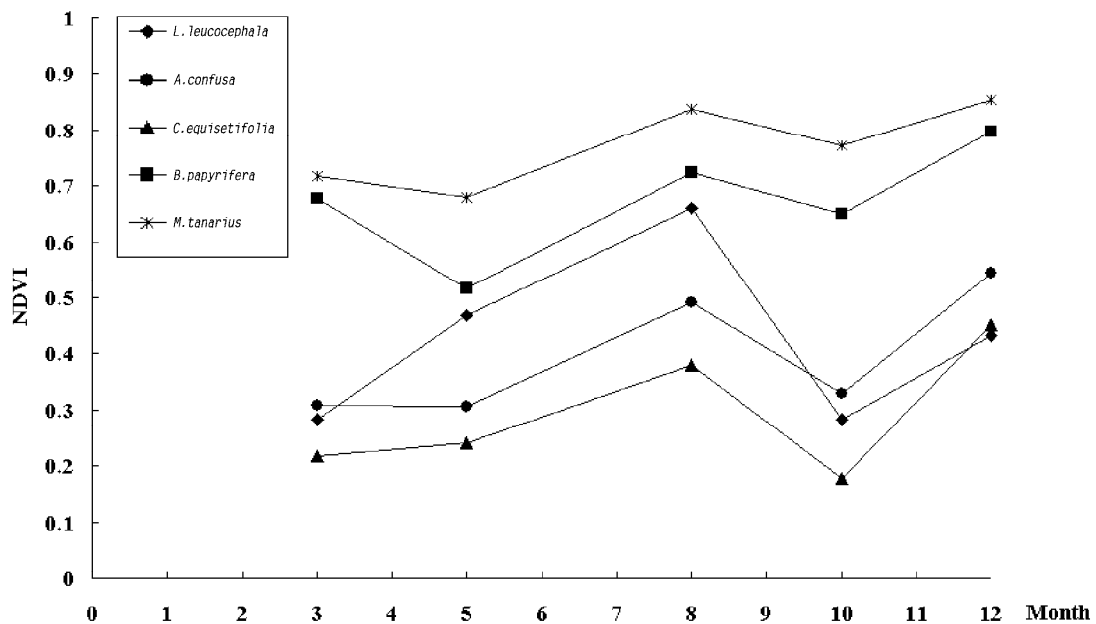


圖 3. 銀合歡與伴生樹種於四季變化之 NDVI 值。

Fig. 3. Seasonal averaged values of normalized difference vegetation index (NDVI) of *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

四、紅光(R)及近紅外光(NIR)波段之光譜反射特徵於不同生長季節的變異數分析

不同生長季節之各樹種在紅光及近紅外光波段光譜反射特徵之變異數分析結果顯示(表 3)，不同樹種於不同生長季節之均數，皆呈顯著差異。在反射紅光部分，春、秋兩季不同樹種均數，呈現極顯著差異，變異也較大；反射近紅外光部分，春、冬兩季不同樹種均數，則呈現顯著差異。因此，必需要進行多重比較統計方法，以進行各樹種間各變量是否具有差異。

本研究運用 Duncan 的多重比較統計方法，

針對紅光、近紅外光來做檢定，結果顯示(表 3)，春季紅光波段部分，銀合歡與相思樹、構樹與血桐及木麻黃 3 者之間，有顯著差異，表示可以區分。銀合歡與相思樹，則無顯著差異；構樹與血桐之間無顯著差異，表示具同質性且較難區分。春季近紅外光波段部分，銀合歡與相思樹、構樹與血桐及木麻黃 3 者之間有顯著差異，同於紅光波段。

夏季紅光波段部分，構樹與血桐、銀合歡、木麻黃、相思樹 4 者之間有顯著差異，表示能被區分，但構樹與血桐之間則無顯著差

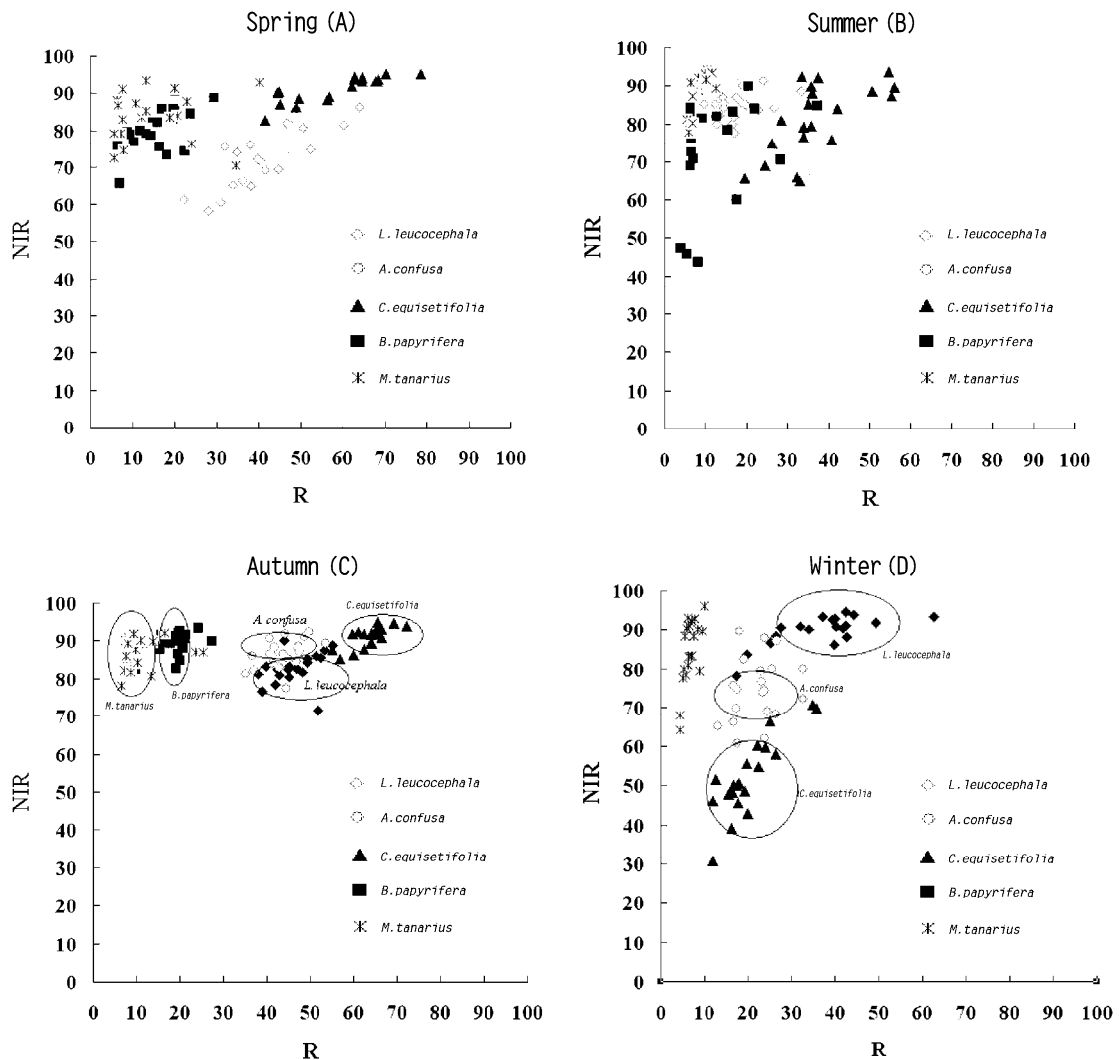


圖 4. 銀合歡與其伴生樹種四季之雙光譜分析。

Fig. 4. Seasonal relationships between nearinfrared (NIR) and red region (R) for *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

異；夏季近紅外光波段部分，各樹種呈現混淆的狀態，故並不適合作為區分。

秋季紅光波段部分，血桐、構樹、銀合歡與相思樹、木麻黃 4 者之間有顯著差異，表示能被區分，銀合歡與相思樹之間則無顯著差異性；秋季近紅外光波段部分，各樹種之間除了可以明顯區分銀合歡與其伴生樹種外，各伴生

樹種之間則較難區分。

冬季紅光波段部分，血桐與構樹、木麻黃與相思樹、銀合歡 3 者之間有顯著差異；在冬季近紅外光波段，除了可以明顯區分木麻黃之外，其他樹種則較難區分。綜合上述，我們得知在秋季近紅外光波段及冬季紅光波段，是區分銀合歡與其伴生樹種較佳的時期。

結 論

本研究運用實測之葉片光譜特徵資料，經由運算後直接呈現其光譜反射特徵曲線，另計算 NDVI 值，並進行雙光譜分析及紅光(R)與近紅外光(NIR)波段之光譜反射特徵於不同生長季節之變異數分析。

銀合歡與伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵，在綠光波段以秋季的反射量為最高，最低則為夏季，反應出同一物種因生長季節不同，光譜反射特徵也會有所差異，且不同物種間也會有不同之反射特徵。雙光譜分析部分，秋季是區分銀合歡及其伴生樹種較佳時期。紅光及近紅外光波段之光譜反射特徵於不同生長季節之變異數分析結果顯示，秋季及冬季之紅光波段是區分銀合歡與其伴生樹種較佳時期，配合雙光譜分析結果，秋季之雙光譜圖能明顯的區分成 5 個群落。變異數分析之結果，更能支持秋季是可以區分銀合歡與其伴生樹種最佳季節。綜合本研究結果建議，秋季或冬季進行銀合歡與其伴生樹種之光譜感測效果應為最佳。

中、大尺度的遙測資料應用，常因缺乏地面光譜遙測資訊的配合，使得解析之精確度與準確度稍嫌不足，如果能由地面尺度的觀察做起，充分掌握觀察對象對於光譜反應的特性，則可以更有效妥善的應用中、大尺度之遙測資料。本研究實測之資料雖為小尺度的分析資料，但期能為外來入侵植物銀合歡的研究，提供一基礎資料予中、高解析之衛星影像應用於中、大尺度之分析參考。

引用文獻

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。
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。

- 陳朝圳。1999。南仁山森林生態系植生綠度之季節性變化。中華林學季刊 32(1) : 53-66。
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。
曾仁鍵。2004。衛星影像於大肚山地區植被光譜變遷之監測。國立台灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。92 頁。
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 頁。
Atkinson, P. M. 1997. Scale and spatial dependence. pp. 35-60. *In*: P. R. Van Gardingen, G. M. Foody and P. J. Curran (ed.). *Scaling up. From cell to landscape.*
Bauer, M. E. 1975. The role of remote sensing in determining the distribution and yield of crops. *Advances in Agronomy* 27: 271-304.
Collins, W. 1978. Remote sensing of crop type and maturity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 44(1): 43-55.
Fuchs, M. 1990. Canopy thermal infrared observations. pp. 323-333. *In*: N. S. Goel and J. M. Norman (ed.). *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions.* *Remote Sensing Reviews.*
Jensen, J. R. 2000. *Remote sensing of the environment. An Earth Resource Perspective.* Saddle River, NJ: Prentice-Hall 333-377.
Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 2000. *Remote sensing and image interpretation.* 3rd ed. John Wiley and Sons.
Swallow, W. H. 1984. Those overworked and oft-misused mean separation procedures-Duncan's, LSD, etc. *Plant Disease.* 68: 919-921.

