

遙感探測技術 於森林病蟲害偵測之應用

李安安／國立中興大學森林學系 研究生

【摘要】

最早遙測技術應用於森林病蟲害偵測始於1910年代，加上彩色 (Normal Color) 及彩色紅外光軟片 (Color Infrared Film) 的研發成功，促進林業人員推廣應用於偵測植物病蟲害之發展及嚴重性。植物葉光譜反射曲線與葉子構造及各種生理變化有關，為遙感偵測林木是否罹病提供有力證明。遙測技術的發展，節省調查發現植物病蟲害所需的人力及物力。本人即針對前人研究並探討遙測技術於偵測森林病蟲害之可行性。

一、前言

森林經營中純林或同齡林在育林作業時面臨最大生物性破壞即是森林病蟲害感染。依據美國未來之木材資源 (Timber Resources for American's Future, TRAF) 資料顯示，森林病害對林木生長之影響約佔45%，森林蟲害約佔20%，森林火災約佔17% (李明仁，未出版)。現今台灣林業雖不以生產木材

為主要目標而走向保育政策，而此政策更應讓各人重視森林病蟲害之防治。以美國為例，美國林業以病蟲害為最大禍首，其每年因病蟲侵害林木所造成之損失與林木之年生長量相等，為森林火災所造成者七倍，因此預察病害早日防除，成為營林者一迫切期望 (焦國模，1993)。

在外國運用航遙測技術

進行植物病蟲害調查始於1910年，自此美國許多林業工作者即使用航空照相技術進行多處森林疾病的紀錄分析 (Brenchley, 1968)，俾希能在森林出現大面積可視見之病徵時達到預防重於治療經營手段。而遙測技術在台灣進行第一次陸地及森林自然資源之調查研究起於1954年 (吳文希 1989)，不過尚未全面推廣應用於森林病蟲

的偵測。因此本文透過前人研究之回顧探討遙測技術應用於森林病蟲害偵測之效用。

二、遙測技術發現植物病蟲害之原理

(一) 原理

物體均有反射光譜能力，物體的波譜反射率為波長的函數，以圖示之稱波譜反射曲線 (Spectral Reflectance Curves)，許多重要的地表物體能從它們的波譜特性加以判斷、製圖及研究 (Killer, 1993)，如圖 1 所示植物光譜反射曲線。1940 年，美國航測學會稱影響植物反射強度之因子有：葉之構造、成熟度、色素、葉肉排列、受害狀況、葉上軟毛、向陽與背陰、含水量、葉之空泡、葉含鹽量及葉面積等，由於林木的枝葉是全株最為脆弱且敏感之處，即樹體發生病蟲感染時最易在樹梢枝葉發現徵兆，因此健康植株與病株的光譜反射上可明顯看出差異 (焦國模, 1993)。

圖 1 葉子在可見光 (0.3-0.7 μm) 部份反射大量綠光 (0.5 μm)，因此健康葉呈現綠色。葉子在可見光部分光譜反射曲線的起伏，是受到

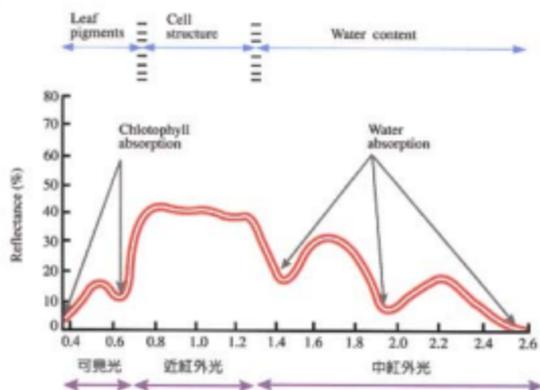


圖 1 綠色植物光譜反射曲線圖 (摘自 Swain 及 Davis 1978)

葉內部色素活動影響，一旦天氣變化或受到病蟲害感染，葉中花青素及葉黃素活動轉強而葉綠素衰退，則植物葉光譜曲線峰頂向紅色光部分推移。

植物光譜在近紅外光 (Near-Infrared) 光譜區域 (0.7-1.3 μm) 有很高的反射，此段波譜維持高峰是因為受葉子內部細胞結構、細胞大小、形狀及間隙影響所致。在近紅外光波段的植物葉，有 45-50% 反射、45-50% 穿透、5% 或更少的部份被吸收，而複葉較單葉反射更多的紅外光 (Hoffer, 1978)。故植物一旦受害，葉肉海綿組織的萎縮會造成葉內空間密度減少，那麼在近紅外光部分反射就會減少。

在中紅外光 (Middle

Infrared 1.4-3 μm) 為一水的吸收帶，其反射與植物葉內部含水量多寡有關，故葉子一旦受害而枯萎時，則在中紅外光部分反射會加強，使曲線趨於平坦。圖 2 中可看出植物生理受害後葉子光譜反射曲線變化。

圖 2-1 是健康植物葉光譜反射曲線，其在綠光段有很高的反射，且近紅外光段有近 70% 的反射值，顯示其為一正常植物葉。Bawden 提出在近紅外光片中大約在六個半小時即可看到植物受害反應，但在一般照片上卻必需等到二十四小時後才能明顯的觀察到損害，因此，由圖 2-2 可看出第一個改變的光譜反射信號是在近紅外光譜區，其反應值已降至 60% 以下 (Murtha, 1978)。

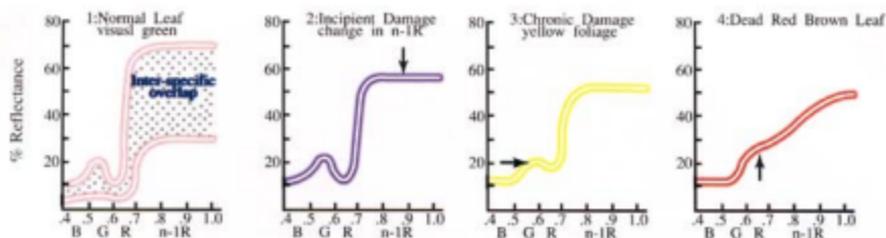


圖 2 林木生理受損影響光譜反射率改變 (摘自 Murtha, 1978)

圖 2-3 當損害持續進行，此時葉內的葉綠素即開始發生衰退，葉子開始變黃，而在光譜反射信號上可看到在紅色光區的反應變強，波峰向紅光段推移，近紅外光反射持續減低。圖 2-4 可看到當植物葉受損到最後死亡時變成紅棕色，已無葉綠素活動跡象，在藍光到綠光段 (0.4-0.5 μ m) 為一水平值，至紅光段反應變強持續，一直到近紅外光段只餘近 40-50% 的反射率，而在 0.7 μ m 處的明顯轉折起伏點亦消失。因此植物在受到生理上的損害第一個明顯可見的特徵是葉子轉黃掉落，但它在光譜反射上卻早以偵測出其受害的改變 (Murtha, 1978)。

(二) 偵測技術

1. 多譜攝影

所謂多譜攝影，即是配合各種性質軟片進行空中攝影，以觀看出植物顯現於像

片之色調，來決定是否受到病蟲感染。例如：彩色紅外光軟片上，植物對紅外光之反射力甚強，健康植株顯現鮮紅色。因目標物所顯的顏色的與原來顏色不同，故稱偽色軟片。在航空像片上判釋植物病蟲害感染情形，其比例尺分別可使用 1:600-1:8,000 不等，一般而言比例尺愈大愈有利於判釋 (焦國模, 1993)。

2. 多譜掃描系統

所謂多譜掃描系統是將一個以上的電磁光波譜，放置於掃描系統上之偵測器，用以掃描目標物稱之。現常用的多譜掃描系統有

- (1) 衛星多譜掃描：一般衛星高度 940-830 公里間，近極太陽同步軌道，其感測波段及特色如表一。

表一：衛星多譜掃描系統

| 種類 | 波段 | 波長 (μ m) | 解像力 (公尺) | 掃描寬幅 (公里) | 特徵 | |
|-------------|----|---------------|----------|-----------|-----------|------|
| Landsat MSS | 4 | 0.5-0.6 | 79 × 79 | 185 | 藍光 | |
| | 5 | 0.6-0.7 | | | 綠光 | |
| | 6 | 0.7-0.8 | | | 紅光 | |
| | 7 | 0.8-1.1 | | | 近紅外光 | |
| Landsat TM | 1 | 0.45-1.52 | 30 × 30 | 185 | 藍光 | |
| | 2 | 0.52-0.60 | | | 綠光 | |
| | 3 | 0.63-0.69 | | | 紅光 | |
| | 4 | 0.76-0.90 | | | 近紅外光 | |
| | 5 | 1.55-1.75 | | | 中紅外光 | |
| | 6 | 10.40-12.50 | | | 120 × 120 | 熱紅外光 |
| | 7 | 2.08-2.35 | | | 30 × 30 | 遠紅外光 |
| SPOT HRV | | 0.50-0.59 | 20 × 20 | 60 | 綠光 | |
| | | 0.61-0.68 | | | 紅光 | |
| | | 0.79-0.89 | | | 近紅外光 | |

(2) 一般空載多譜掃描：

民國七十年遙測小組委託省林務局及工研院能資所，由美國 Daedalus 公司引進 DS-1260 多譜掃描機，安裝在 Beech Super King AIR200 型飛機上，獲取多譜遙測影像資料。該系統使資料獲取自主性及時效性大幅提高，且其地面解像力優於 Landsat、TM 及 SPOT。DS-1260 波長特色如表二。

表二：DS-1260 空載多譜掃描

| 種類 | 波長 (μm) | 特 | 徵 |
|---------|-----------|----------|---|
| DS-1260 | 0.38-1.1 | 可見光—近紅外光 | |
| | 0.31-0.38 | 紫外光 | |
| | 8.0-14.0 | 熱紅外光 | |
| | 4.5-5.5 | 熱紅外光 | |

唯一般空載多譜掃描無法如衛星長期有效做監測預視，並立即提供資訊之缺點，且其所花費人力、物力亦較衛星資訊來得高。

三、遙測偵測植物病蟲害實例

航照技術推廣應用於探測植物病蟲害起於 1966 年，目的在了解 *Ophiobolus graminis* 之根受到感染的嚴重程度，原因及探測疾病發生位置並評估構成原因，以分析並協助防治 (Brenchley 1968)。Fritz 等人的研究報告中指出彩色紅外光軟片在嚴格的氣候狀況下使用較彩色軟片佳，在彩色紅外光軟片上，微黃的樹木顯現白色至淡紅色的色彩；黃紅色植物葉則顯現黃色；一些老齡木、枯死木及無針葉的白木林，在紅外光軟片上顯現綠色調。發生在五年生白松針鏽病，葉變色在使用彩色軟片及彩色紅外光軟片所攝得大比例尺 (1:1,584) 像片上很明顯判釋出來，其不只因發現病變進行搶救，也觀察到林木救治時的轉變。而這種技術更成功地促進有關疾病偵測和救治方面的知識 (Heller and Beg, 1973)。

Tucker and Maxwell 實驗設計出植群綠差分析指數 (Vegetation Index Difference, VID) 並應用在綠色植物的生物量之變遷判斷，利用 VID 的改變設參考值記錄說明森林過渡期之變化。Ross (1983) 使用雷達資料分析發現在維吉尼亞州被

調查地區裡的山脈原是以 oak-hickory 為優勢群落，在 1976 年 7 月時調查均未落葉，且具有相當強健的生長勢，但在受到鞭菌類感染後，於 1977 年 6 月 27 日使用 VID 計算結果顯示該區具嚴重落葉情形，在經電腦處理受調查區域並配合於 1977 年 6 月 24 日所得彩色紅外光像片 1:48,000 比例尺圖片，分析出四種等級土地參考型圖：(1) 無森林區、(2) 嚴重落葉區、(3) 中等落葉區、(4) 健康森林區。

在台灣，遙測應用在農業病蟲害感染的例證有吳文希 (1986、1989) 研究結論說明：SPOT 影像是以大區域面積攝影為主，故其有利於地理測量，但是使用在植物病害徵兆上的發現卻不令人滿意；紅外線彩色地面攝影無法偵測出已遭病原感染但未出現病徵的大豆、玉米、高粱病害；紅外線黑白及彩色航照可明確標示作物罹病區域範圍、程度，尤以彩色紅外線航空攝影所獲得的顏色差異，可以表示出不同病害的嚴重程度且和作物產量發生顯著負相關關係；熱紅外線攝影可偵測作物患病的嚴重程度，嚴重罹病或死亡的高粱的溫度比健康植

株的溫度高 1-3°C，玉米亦然。

台灣於民國七十二年十月在台北縣石門鄉地區十餘年生琉球松造林地約二公頃面積上，發現零星松樹針葉變黃再轉成赤褐色而枯死，直至七十三年六月乃分離出松材線蟲，經鑑定後確實為松材線蟲為害，此為本省首次發現松材線蟲感染病例。林務局曾於病害發生後委由航測所作空中紅外線照相，以瞭解松樹萎凋病進展情形及為害範圍（蘇學波及應之璜，1985）唯事後並未續以遙測技術定期監測發展情形及研究，殊為可惜，若能應用航測遙測技術監測並詳加紀錄此病害發生、蔓延到防治之過程，則此珍貴資料不啻為日後森林病蟲害防治工作一重要參考依據。

四、結語

(一) 想明確偵測出森林病蟲害之病因、病徵、罹病程度及範圍，需要大比例尺圖片及清晰光譜解像力才能清楚可見，有助於判釋。Landast MSS 地面解像力 79×79 公尺，平均頻寬 $0.2 \mu\text{m}$ ；Landsat TM 地面解像力 30×30 公

尺，平均頻寬 $0.85 \mu\text{m}$ ；SPOT 地面解像力 20×20 公尺，平均頻寬 $0.085 \mu\text{m}$ ；DS-1260 地面解像力可視使用者及使用目的不同而調整，平均頻寬 $0.072 \mu\text{m}$ 。上列四種多種譜掃描系統以地面解像力及光譜解晰力比較起來，是以 DS-1260 獲取資料的各項條件均較優於 Landsat MSS 及 SPOT，唯上述工具各有利弊，端由使用者衡量己需而決定之。

(二) 在農業上，台灣省政府農林廳植物保護科即配合政府稻米生產政策，於民國60年代即發展水稻病蟲害防治系統，一旦發現病蟲害即向上呈報，以掌握第一先機達到防治之效。唯在比較農、林業二者間作業背景之差異，台灣林地多陡峭，且人行常不易到達，因此配置預報員有其困難之處，如若能積極採用遙感探測技術應用於森林病蟲害之監測，一旦發現徵兆，即可配合各林管處工作站之巡山員進行現場調查，比對監測結果，以

達早日發現，早日防治之效。

(三) 森林病蟲害發生與氣候異常有直接或間接關係。例民國 82、83 年接連大旱，造成高雄市壽山白蟻數暴增，另同一山區近二公頃鳳凰木人工林亦在數星期內遭不詳種類尺蠖食光樹葉。以此為例，當環境氣候異常時即可善加利用遙測技術進行監測工作，可達早日預察早日防除目的。

(四) 現今林業不以經濟掛帥，訴諸保育政策，唯保育政策應更重視在病蟲害帶來的森林浩劫前加以預防，而預防手法更應嚐試由早期人力調查或事後補救的經營方法，推展結合現有遙測技術的機動性及預視的優越性有機的優點加以判釋，以達洞察燭照之實。

(五) 遙感探測技術目前在國內林業界的應用尚停留在研究階段，雖林務局在近期完成的台灣第三次森林資源調查時大量應用航照圖，唯航照圖像僅是遙測技術其中一環，並不能代表遙測技

術，致使多人誤解航空照像即是該技術的全貌，而錯失學習其它部分技術的機會，故遙感探測尚有推廣之必要性，使其在林務上發揮更大的應用，若能善加利用本技術進行監測工作，也許國內自民國72年起陸續發生的松材線蟲及黑角舞蛾為害，不會於十年後再造成另一重大生態災情。

五、引用文獻

吳文希 1986 遙感探測在測作物病害方面的應用探討 植物保護學會會刊 28 (4): 424
 李明仁編著 森林病理學 p:4-5 國立嘉義農專 (未出版)
 焦國模 1993 森林航空測計學 國立編輯館
 蘇學波及應之璜 1985 松材線蟲萎凋病及其緊急防治措

施台灣林業 vol.11、no.9、p.3-10。

- ◎ Brdnchley, George H. 1968 Aerial Photography for the Study of Plant Diseases ANN. REV. Phytopathol 6: 1-22。
- ◎ Harris, Ray 1987 Satellite Remote Sensing: An Introduction, Routledge & Kegan Paul, London and New York, pp19-20。
- ◎ Heller, Robert C. and Robert V. Bega 1973 Detection of Forest Diseases by Remote Sensing, Journal of Forest 6: 18-21。
- ◎ Lillesand and Kiefer 1994 Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, Inc.
- ◎ Murtha, Peter A. 1978 Remote Sensing R and Vegetation Damage: A

theory for Dtection and Assessment Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 44 (9): 1147-1158。

- ◎ Ross, Nelson F. 1983 Detecting Forest Canopy Change Due to Insect Activity Using Landsat MSS Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 49 (9): 1303-1314。
- ◎ Swain, Philip H. and Shirley M. Davis 1978 Remote Sensing: The Quantitative Approach, Mcgraw-Hill, Inc pp: 231-240。
- ◎ Wen-Shi, Wu 1989 The Application of Remote Sensing of Plants Disease Surve in Taiwan, Plant Protection Bulletin 31: 151-162。◆

