

水土保持學報 36(2) : 111-120 (2004)

Journal of Soil and Water Conservation, 36(2) : 111-120 (2004)

六種海岸防風林樹種之防火性研究

林俐玲⁽¹⁾ 劉鎮榮⁽²⁾

摘要

本研究旨在探討海岸防風林樹種之防火性。於台中港北側之濱海遊憩公園內選擇：木麻黃、黃槿、水黃皮、草海桐、欖仁樹及細葉欖仁為試材，分別測計：含水率、燃點、燃燒減少百分率，以此探討該六種海岸防風林樹種之防火性。

試驗結果顯示：在生材含水率方面，濕枝條、濕葉皆以草海桐為最高為 162.24 %、459.62 %；林乾材含水率方面，林乾枝、林乾葉則以水黃皮最高為 16.08 %、19.24 %。燃點以草海桐較高為 280 。濕枝條、濕葉的燃燒重量減少百分率最低的皆是草海桐為 32.61 %、72.43 %。林乾枝的燃燒前後重量減少百分率最低的是木麻黃為 31.26 %、林乾葉為欖仁樹 51.55 %。濕枝、濕葉燃燒速度最慢的皆是欖仁樹為 0.008 公克 / 秒、0.021 公克 / 秒。林乾枝的欖仁樹燃燒速度為 0.006 公克 / 秒及林乾葉的草海桐燃燒速度為 0.015 公克 / 秒則是較慢。整體綜合評斷以草海桐的防火性較佳，欖仁樹次之。

(關鍵詞：海岸防風林、防火性)

Fire Resistance Characteristics of Six Coastal Windbreak Plants

Li-Ling lin

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C

Chen-Jung Liu

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C

ABSTRACT

(1)國立中興大學水土保持學系教授

(2)國立中興大學水土保持學系碩士專班研究生

The objective of this study is to study the fire resistance characteristics of six coastal windbreak plants. Six plants namely, *Casuarina equisetifolia L.*, *Hibiscus tiliaceus L.*, *Pongamia pinnata L. Pierre ex Merr.*, *Scaevola sericea Vahl*, *Terminalia catappa L.*, and *Terminalia boivinii Tul*, were collected as experimental materials from the seaside recreation area in the northern Taichung Port. Moisture content, burning point and weight reduction percentage by burning of these materials were measured, which will be used as fire resistant index.

The results indicated that, *Scaevola sericea vahl* has highest moisture content of wet branch (162.24%) and wet leaf (459.62%). *Pongamis pinnata L. Pierre ex Merr.* has highest moisture content of dried branch (16.08%) and dried leaf (19.24%). *Scaevola sericea vahl* has highest burning point (280°C). *Scaevola sericea vahl* has lowest burning weight reduction percentage of wet branch (32.61%) and wet leaf (72.43%,). *Casuarina equisetifolia L.* has lowest burning weight reduction percentage of dried branch (31.26%), and *Terminalia catappa L.* has lowest burning weight reduction percentage of dried leaf (51.55%). *Terminalia captappa L.* has lowest burning speed for both wet and dried branch (0.008g/sec, and 0.006g/sec), and wet leaf (0.021g/sec). *Scaevola sericea Vahl* has lowest burning speed of dried lead (0.015g/sec). From the whole synthetic arbitration, the most fire resistance characteristics plant is *Scaevola sericea vahl*, and the second is *Terminalia catappa L.*

(**Keywords:** Coastal Windbreak Forest, Fire resistance characteristics)

前言

台灣本島海岸線全長約 1140 公里，相關防風林面積已達 13955 公頃（林務局,2002）。羅紹麟（1983）曾調查西部海岸防風林樹種是以木麻黃為最多，佔全部面積之 75 %。但與森林地相較其面積確實很小，相對海岸防風林林火之相關研究、運用則相對較少，而森林林火的相關救災與防災之研究工作是較多元且廣泛的。自 1991 年林試所森林保護系成立後，森林火列為研究項目之一，主要任務為協助林務局之防救技術；因此曾針對歷年林火紀錄建立完整資料庫，包括文字、圖形，其次運用此資料庫配合 GIS 系統已初步發展出林火 GIS 資料庫系統以及林火危險帶分級、林火危險度重建等項目，用以配合林業經營協助實務工作保護森林，減少危害（趙榮台等,1995）因此森林林火相關研究成果，如何運用於海岸防風林之林火，有待進一步之研究。

防風林具有防風、定砂，以及改善沿海地區生活環境之功能。以往沿海地區林下枝葉可供薪材，因此林火少發生；隨著經濟發展天然氣使用普及後，林下枝葉層愈積愈厚，加上人為活動增加，在冬季季風期及乾旱期，如遇火種，極易引發林火災害（陳明義,1995、林朝欽,2001）。林火引發與蔓延之三要條件為：可燃性燃料、足夠熱量使燃料達到燃點及足夠的氧氣，因此去掉其中一項即可滅火（天候與地形亦間接影響此三要素），如森林防火線的開闢即是去除燃料（樹木）以達到阻止野火前進的目的（Craig G.Lorimer 著、陳明義 譯,1997）。

燃料的大小、重量、含水量部分決定了引燃所需之熱量以及燃燒之釋放熱量，燃料之空間配置排列亦影響到氧氣的供應；這些因素之差異最終反映在火燒蔓延速度與強度；如禾草之火蔓延快但強度低，而大殘材之火則強度大，但蔓延慢。（Craig G.Lorimer 著、陳明義 譯,1997）。因此，防風林區若不

幸著火，確難撲救，在海岸林設置防火線並不太可行，除應加強防火宣導並管制閒人進出外，應建立防火林帶或以防火樹種混植(陳明義,1995)。

一般富含油脂的針葉樹比富含水分之闊葉樹不耐燒，樹皮厚之大樹比樹皮厚之小樹耐燒(楊秋霖,2001)。因此，可燃物含水量越多越不易燃，因為水分有很大的熱容量(1公克水溫度升高1需4.18J的熱量。1Cal = 4.1867J)，水分蒸發時要消耗大量熱量(1公克水汽化需2257J的熱量)(文定元,1997)。木材含水率較常以「絕乾法」(或稱爐乾法)測定，此係中國國家標準(CNS)及其他各國所規定之含水率的標準測定法；它是先測定木材乾燥前的重量後，在100~105之烘箱內乾燥至重量不變為止，再求出絕乾重量後，根據公式計算出含水率(%) (王松永,1993)。此法測定較為精確(楊慶瀾,1974; 翟思湧,1986)，但稍嫌費時，其烘至絕乾時間約需20~60小時(王松永,1981)。

一般「生材」的水分大約在40~100%之間，其變異之大小依樹種而異，有時比重小(孔隙大)之木材可達200%(廖坤福,1993)。「氣乾材」是指將木材置於露天場處下或有遮蓋之室內，通風良好不以人工方式加熱，讓其緩慢散失水分，依各地氣候因素及用途而異，水分含量一般在12~26%間。

「林乾材」是木材置於林內，使其自然散失至不再散失水分時稱為林乾材；林內之相對溼度較林外者為高，故林乾材之含水量較曠開地之木材高(廖坤福,1993)。

木材在常溫下徐徐加熱時，水分會慢慢蒸發，到100左右已呈完全乾燥之狀態，若繼續加熱則開始熱分解，至150即呈黑色；超過170~180後，熱分解之速度加快，產生CO、CH₄、C₂H₄、H₂、有機酸、醛類等可燃性氣體，以及CO₂、H₂O等不燃性氣體；

當溫度超過200時，顏色更為焦黑。以上之過程，一般稱之為碳化(陳弘毅,1997)。木材發火點係指可燃燒瓦斯充分發散後依所加之火焰而著火，此時的溫度稱為發火點(廖坤福,1993)。一般木材之發火開始在273，在此溫度下，如氧氣無限供應時，木材便會發火(王松永,1993)。因此，可燃物質在與空氣共存的條件下，當達到某一溫度時與火源接觸即引起燃燒，並在火源移開後仍能繼續燃燒，這種現象叫著火；可燃物質開始持續燃燒所需的最低溫度稱為燃點或著火點，同種物質越粗燃點越高，如松木片的燃點是238，而松木粉則為196，將物質控制在其燃點以下，就可防止火災的發生(文定元,1997)。

陳海勝(1970)曾針對「不同藥劑對木材防火效能比較試驗」中，是以酒精火焰(約十公分)直接進行浸泡不同藥劑木材的燃燒試驗，並記錄計算燃燒前後重量減少百分率(%)和燃燒面積百分率(%)，用以判斷不同藥劑對木材防火效能比較試驗。「重量減少百分率」指無焰燃燒終止後，取試樣秤其燃燒後重量，以便依公式計算重量減少率(林勝傑等,1994)。一般無處理木材之燃燒重量減少百分率為80~90%，火管(fire tube)上端之溫度可達至700~800(黃俊雄,1956)。

「餘焰時間」乃指自加熱完畢時，試樣繼續著火燃燒之時間；「餘燼時間」指自加熱完畢後至無焰燃燒終止之時間(林勝傑等,1994)。依CNS-7614之規定，各試驗耐燃性的測試值應符合CNS-8736防火合板抗燃性檢驗法之規定：餘焰時間在10秒以下，餘燼時間在30秒以下，而碳化面積在50平方公分以下者為抗燃性合格之防火合板(林勝傑等,1994)。因此可知該三者數值越小，其防火性就越高。惟本研究進行燃燒重量減少百分率之試驗結果，餘焰時間、餘燼時間是無法達到上述抗燃性合板之防火目的。

根據水土保持技術規範第 305 條之防火綠帶樹種計有：木荷、大頭茶、草海桐、青剛櫟、昆欄樹、福木、瓊崖海棠、山胡椒、栓皮櫟等九種（農委會,2002）上述防火綠帶樹種中，部分適合海岸地區生長，如草海桐、瓊崖海棠等（林信輝等,2002）本研究則依據水土保持技術規範（農委會,2002）第 304 條之海岸防風綠帶樹種中，選擇木麻黃、黃槿、水黃皮、草海桐等，再加上欖仁樹、細葉欖仁等六種為試驗樹種。取其枝、葉並進行含水率、燃點、燃燒減少百分率等物理試驗，以此初步判斷試驗樹種之防火性，至於植物之油脂或其他相關易燃物質之試驗，本研究則暫不考慮，僅以實際燃燒情形做判斷。

因此，為因應日趨增加設置的海岸工業區或休閒遊憩公園，所造成防風林之林火災害，應該特別增加海岸防風林防火性功能。本研究期能提供營造防風林防火綠帶樹種選擇之依據，期使成為多樣性複層林相，以達防災、減災之目的。

材料與方法

(一) 試驗材料

本研究樹種樣本採自台中港北側之濱海休閒公園之防風綠帶內。採集植物體本身枝（濕枝）、葉（濕葉）至少 3 份；另取林地極乾之枯枝（林乾枝）、落葉（林乾葉）3 份，做為「林乾材」之試材。所採集樹枝試體之直徑、長度至少應在 1 公分、10 公分以上。然後以塑膠帶嚴密包裝，置於冷藏庫中，存貯備用。其中因木麻黃之葉片已退化，真正葉子是位在綠色柔軟細絲狀小枝中（並非針葉），小枝細長多節，將一圈一圈的環節拔開，周圍一圈的三角狀披針形「鞘齒」，才是真正的葉子（退化葉）；因本研究旨在探討植物之防火性，因此在木麻黃的「濕葉」與「林乾葉」的取樣中，是取木麻黃的小枝（像針葉，枝上多節很容易拔開）部位。於測定含

水率等相關實驗前，先行測定植體之枝單位直徑重量和葉、皮的單位面積重量。試驗植體則以刀子切割一小塊（樹皮也一樣切割），量測葉、皮之長寬及枝條之直徑，再以精密電子磅秤秤重並紀錄之，如此可求出枝條單位直徑重量和葉、皮的單位面積的重量。有關試材資料如表一。根據實驗結果，發現所有植物濕葉單位面積重量約在 0.02-0.05g/cm² 之間，差距不大；而樹皮單位重則以黃槿和欖仁樹較重為 0.23 g/cm²，較輕者為草海桐和木麻黃為 0.9 g/cm²；對於樹枝單位直徑重量則以細葉欖仁較高 1.22 g/cm，較輕者為草海桐 0.84 g/cm。植物體單位重量尚無法判斷其燃燒狀況。

(二) 試驗方法

1. 含水率測定

木材含水率則以「絕乾法」（或稱爐乾法）測定。首先分別取六種實驗樹種之枝、葉之生材和林乾材，枝之直徑至少 1 公分、長度至少 2 公分，葉片至少 2 公分×2 公分；分別秤其乾燥前的重量後，再放置於 103±2 之傳統烘箱內乾燥至重量不變為止，時間至少為 24 小時（本試驗烘 36 小時），再秤其絕乾重量，前 12 小時內，每 1 小時秤其植體水分損失重量，以檢定植物烘烤之時間長度；並根據下列公式計算出生材、林乾材含水率（%）。

$$\text{生材含水率}(\%) = \frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100$$

$$\text{林乾材含水率}(\%) = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100$$

式內，W_g：生材時之試體重量（g）
W_o：烘乾材時之試體重量（g）
W_a：林乾材時之試體重量（g）

表 1. 試材特性

Table 1. Characteristics of material used in experiment.

樹種 Species	濕葉單位面積樹皮單位面積樹枝單位體積		
	重量(g/cm ²)	重量(g/cm ²)	重量(g/cm ³)
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	0.05	0.10	1.14
黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	0.03	0.23	0.99
水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre ex Merr.</i>	0.03	0.13	1.09
草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	0.04	0.09	0.84
欖仁樹 <i>Terminalia catappa L</i>	0.03	0.23	1.19
細葉欖仁 <i>Terminalia boivinii Tul</i>	0.02	0.17	1.22

試體數為 3。木麻黃之濕葉為採其小枝部位。

2. 燃點試驗

分別取該六種實驗樹種之烘乾葉置於燃點測試計 (MEL-TEMP, LABORATORY DEVICES, USA) 中, 並測定其燃點。首先應將烘乾葉磨成粉狀, 再裝入微細管試管內, 將微細管試管放入燃點測試計中, 慢慢將溫度加熱, 透過放大鏡觀測孔發現試管內的試體, 會因溫度的加熱而產生碳化現象, 當顏色至焦黑時即馬上觀測溫度計 (0-400) 的溫度, 此溫度即為燃點溫度並紀錄之。

3. 植物燃燒前後重量減少百分率 (%)

分別取六種試驗樹種之葉 (濕葉和林乾葉) 及枝條 (濕枝條和林乾枝條), 於燃燒前稱其重量, 再以酒精燈直接點著試材; 酒精燈火焰約 5-10 公分, 點燃時間至少以 4 分鐘為基準, 分別紀錄著火時間、燃燒時間, 並

計算燃燒速度 (毫克/秒), 燃燒速度為從點火至餘焰熄滅之時間燃燒減少之重量。試材餘燼熄滅後應分別再稱其重量並紀錄之, 並帶入下列算式, 以求得燃燒前後重量減少百分率 (%)。

$$\text{重量減少} = \frac{\text{燃燒前重量} - \text{燃燒後重量}}{\text{燃燒前重量}} \times 100$$

百分率 (%)

結果與討論

(一) 植體含水率測定結果

植物體在 105 的烘箱中, 前 1 小時水分的蒸發至少在 60 % 以上, 蒸發速度很快, 其中葉約在烘箱內第 2 小時, 枝條約第 3-4 小時時幾乎已烘乾。經 36 小時的烘乾作業, 分別

從枝、葉來比較含水量高低(如表 2)。以生材含水率而言：濕枝、濕葉皆以草海桐為較高(162.24%、459.62%)，水黃皮次之(161.40%、235.56%)，細葉欖仁樹最低(75.44%、111.07%)，木麻黃次低(84.94%、132.67%)。林乾材含水率方面：林乾枝、林乾葉則以水黃皮最高(16.08%、19.24%)，木麻黃的枝

(11.04%)和黃槿的葉(9.51%)最低。

(二)燃點試驗結果

根據葉燃點試驗測定結果，燃點以草海桐較高為 280，欖仁樹及細葉欖仁最低為 240。試驗中發現溫度達 300 時植物幾成焦碳。

表 2. 植物平均含水率 %

Table 2. Average moisture content of experimental plant (%).

樹種 Species	枝		葉	
	濕枝	林乾枝	濕葉	林乾葉
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	84.94 cd	11.04 c	132.67 c	13.44 ab
黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	110.97 b	15.56 a	204.65 b	9.51 b
草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	162.24 a	13.31 b	459.62 a	18.18 ab
水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre</i>	161.40 a	16.08 a	235.56 b	19.24 a
欖仁樹 <i>Terminalia catappa L</i>	96.03 bc	12.37 bc	153.72 c	9.99 ab
細葉欖仁樹 <i>Terminalia boivinii Tul</i>	75.44 d	15.30 a	111.07 c	14.09 ab

註：1. 試體數為 3。 2. 木麻黃之濕葉、林乾葉為採自其小枝部位。
3. 註腳英文相同者代表處理未達 5% 顯著水準。

表 3. 植物烘乾葉燃點 ()

Table 3. Burning point of air dried leaves ().

樹種 Species	木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre</i>	欖仁樹 <i>Terminalia catappa L</i>	細葉欖仁樹 <i>Terminalia boivinii Tul</i>
燃點	253 d	260 c	280 a	265 b	240 e	240 e

註：1. 試體數為 3。 2. 木麻黃之烘乾葉為採自其小枝部位。
3. 註腳英文相同者代表處理未達 5% 顯著水準。

(三) 植物燃燒前後重量減少百分率(%) 結果

濕枝條的燃燒重量減少百分率則以水黃皮最高為 80.50%，較低的是草海桐 32.61%，林乾枝的燃燒重量減少百分率則以黃槿最高為 93.43%，較低的是木麻黃 31.26%。枝條的燃燒受枝條直徑大小之影響，愈粗大愈不易點著，燃燒重量減少百分率也會較低；部份濕枝條之燃燒減少百分率比林乾枝高，這應與濕植物體所含之易燃物質有關係，然相關內容則有待進一步研究。濕葉的燃燒前後重量減少百分率以黃槿最高達 94.44%、水黃皮次之 91.92%，最低的是草海桐 72.43%。林乾葉的燃燒前後重量減少百分率以木麻黃最高達 83.13%、黃槿次之 82.74%，最低的

是欖仁樹 51.55%、次低的是草海桐 56.89%。樹葉在燃燒的過程幾乎皆可燒成灰燼，會有燃燒不完全的情況，是受葉梗大小的影響。試驗中發現水黃皮的葉燃燒時燒的特別猛烈，似乎有油脂等助燃物質，故應避免作為防火樹種。

試驗中發現植物的燃燒受枝條粗細影響，故無法很明確的表達燃燒的狀況，因為同一顆樹不同粗細的枝條，其在相同重量、時間下燃燒減少百分率是不相同的，故可另從著火時間(表 5)及燃燒速度(表 6)較慢之樹種，判斷其防火性。

表 4. 燃燒重量減少百分率(%)

Table 4. Weight reduction percentage by burning.

樹種 Species	濕枝	林乾枝	濕葉	林乾葉
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	63.79 ab	31.26 d	87.94 a	83.13 a
黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	61.38 ab	93.43 a	94.44 a	82.74 a
草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	32.61 c	40.57 cd	72.43 b	56.89 bc
水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre</i>	80.50 a	56.56 bc	91.92 a	63.25 bc
欖仁樹 <i>Terminalia catappa L.</i>	42.57 bc	34.64 cd	85.43 a	51.55 c
細葉欖仁樹 <i>Terminalia boivinii Tul</i>	77.00 a	70.33 b	87.83 a	68.80 b

註：1. 試體數為 3。 2. 木麻黃之濕葉、林乾葉為採自其小枝部位。

3. 註腳英文相同者代表處理未達 5% 顯著水準。

表 5. 植物平均點著時間 (秒)

Table 5. The average buring time of experimental plants.

樹 種 Species	濕枝	林乾枝	濕葉	林乾葉
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	237 ab	30 ab	4 a	2 a
黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	210 bc	21 bc	4 a	2 a
草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	149 cd	15 c	4 a	2 a
水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre</i>	111 d	23 bc	4 a	2 a
欖仁樹 <i>Terminalia catappa L</i>	293 a	11 c	4 a	2 a
細葉欖仁樹 <i>Terminalia boivinii Tul</i>	150 cd	36 a	4.6 a	2 a

註：1. 試體數為 3。 2. 木麻黃之濕葉、林乾葉為採自其小枝部位。

3. 註腳英文相同者代表處理未達 5% 顯著水準。

表 6. 植物燃燒速度 (公克 / 秒)

Table 6. The buring speed of experimental plants.

樹 種 Species	濕枝	林乾枝	濕葉	林乾葉
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia L.</i>	0.009 b	0.010 b	0.045 a	0.037 abc
黃槿 <i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	0.015 a	0.017 a	0.033 ab	0.065 a
草海桐 <i>Scaevola sericea Vahl</i>	0.011 a	0.009 b	0.025 ab	0.015 c
水黃皮 <i>Pongamia pinnata L. Pierre</i>	0.012 ab	0.008 b	0.030 ab	0.041 ab
欖仁樹 <i>Terminalia catappa L</i>	0.008 b	0.006 b	0.021 b	0.039 abc
細葉欖仁樹 <i>Terminalia boivinii Tul</i>	0.009 b	0.012 ab	0.035 ab	0.016 bc

註：1. 試體數為 3。 2. 木麻黃之濕葉、林乾葉為採自其小枝部位。

3. 註腳英文相同者代表處理未達 5% 顯著水準。

一般林乾枝較濕枝易點著，約 10-40 秒之間，試驗中發現欖仁樹在所有濕枝中點著時間最慢（293 秒），但在林乾枝中卻是最快點著的（11 秒）。葉的點著時間方面：林乾葉一般在 1-3 秒，濕葉則在 3-5 秒間，點著時間皆相當短，可見落葉是引燃林火的最大主因。某些濕枝條含水率並非較高，但卻需較長的著火時間，如欖仁樹。

燃燒速度發現濕枝是以黃槿最快 0.015 公克 / 秒，最慢則是以欖仁樹 0.008 公克 / 秒最慢；濕葉則以木麻黃燃燒速度最快 0.045 公克 / 秒，欖仁樹則較慢 0.021 公克 / 秒。林乾枝、葉則以黃槿燃燒速度最快，林乾枝的欖仁樹及林乾葉的草海桐則是較慢。試驗中發現某些植物的初期燃燒會很劇烈，隨著助燃物質的減少，使燃燒速度愈趨緩慢，如水黃皮。

結 論

整體綜合評斷該六種海岸防風林樹種之各項試驗結果，以草海桐的防火性較佳，欖仁樹次之。火是木材的剋星之一，木材遇火容易燃燒，初步以含水率較高、燃點較高、燃燒重量減少百分率較少、燃燒速度及點著時間較慢的植物特性，做為植物防火性的考量依據，主要目的是防止防風林野火的引燃及延遲林火蔓延的速度，以達防災、滅災的效果。所選定的防火樹種配合相關森林防火林的配置方式，於海岸防風林帶內進行混植，除可提供海岸防風林之防火功能外，也可避免木麻黃純種防風林帶的老齡化，以增進海岸防風林綠帶的防風功能。

參考文獻

1. 王松永 (1981) 「木材物理 (一)」台灣林業季刊,7 (1): 38-40。
2. 王松永 (1993) 「木材物理學」國立編譯館,14-19。
3. 文定元 (1997) 「森林燃燒原理」網路摘要。
4. 林信輝 歐辰雄 (2002) 「台灣海岸地區應用植物」經濟部水利署。
5. 林務局 (2002) 「台灣地區林業統計年報九十一年版」行政院農業委員會林務局, 16-17。
6. 林朝欽 (2001) 「從千禧年美國林火季探討-台灣林火管理政策」台灣林業季刊, 27 (1): 13-17
7. 林勝傑 李鴻麟 張上鎮 (1994) 「防火劑塗佈處理對合板抗燃效應之評估」,林業試驗所研究報告季刊,9 (1): 51-55。
8. 黃俊雄 (1956) 「台灣主要六樹種之木材發火速度及燃燒速度之比較試驗」台灣省立農學院森林學系學士論文。
9. 陳明義 (1995) 「台灣海岸林生態系之經營」林業試驗所百週年慶學術研究會論文集,221-226。
10. 陳海勝 (1970) 「不同藥劑對木材防火效能比較試驗」台灣省立中興大學森林學系學士論文。
11. 陳弘毅 (1997) 「火災學」鼎茂書局,74-75。
12. 楊秋霖 (2001) 「談森林生態系之復建與救火系統之建立-梨山與雪山東峰森林大火過後」台灣林業季刊,27 (2): 15-25。
13. 楊慶瀾 (1974) 「木材工藝與利用」台灣省林務局產銷月刊社,38。
14. 農委會 (2002) 「水土保持技術規範」行政院農業農委會。
15. 趙榮台 張東柱 林朝欽 (1995) 「森林保護研究之回顧」林業試驗所百週年慶學術研究會論文集,319-326。
16. 廖坤福 (1993) 「木材物理學」中興大學,26-53。
17. 羅紹麟 (1983) 「台灣海岸防風林經濟效益之研究」中華林學季刊,16 (1): 25-34。

18. 翟思湧 (1986) 「木材在存貯期間的水分變化(上)」木材家具季刊,20(2): 24-26。
19. Craig G. Lorimer, 陳明義 譯(1997) 「林的行為與經營」國立編譯館,725-749。

93年04月26日 收稿

93年05月07日 修改

93年05月18日 接受