



## 專輯一

植樹節－造林及綠美化

# 提升柳杉造林木木材之價值

## —促進柳杉心材紅色化之方法

◎張上嶺、鄭森松 / 國立台灣大學森林學研究所

◎王升陽 / 中央研究院生物農業科學研究所籌備處

◎林璽園、謝祚元 / 國立台灣大學實驗林管理處水里實習工廠



晨霧之柳杉造林地

### 一、前言

柳杉 (*Cryptomeria japonica* D. Don) 為日本具代表性的針葉樹種之一，日本習稱為 Sugi 或 Japanese cedar，別稱杉、大杉、寶樹、孔雀杉及日本杉等，

由於柳杉生長快及具有良好的加工性等特點，故深受日本人民的重視與喜愛。台灣約在 1906 年前引進栽植，曾為台灣人工大量造林樹種之一，在台大實驗林區中的溪頭也大量栽植，由於柳杉品系

非常複雜，在溪頭就有9種不一樣的品名，如吉野、薩摩、秋田、熊野、綾柳、板谷赤、板谷黑、智頂及戴通，而這些柳杉心材的顏色差異很大（如紅色、黃色、黑色等），此外，柳杉木製品在使用後會產生變色，喪失了吸引人之外觀，這些均造成人們在利用時的困擾，同時亦使柳杉木材之經濟價值降低。一般而言，紅色木材往往比較深受人們的喜愛，也具有較高之價值，至於為何紅色木材會如此的受歡迎呢？因為紅色在中國習俗中，所代表的意思就是吉祥、喜氣，同時它也會帶給人們有溫暖、熱情和愉悅的感覺，因此紅色柳杉木材與檜木類木材同為日式建築內裝材料中最受歡迎之木材。但誠如上述，柳杉受到品系的影響而顏色有所不同，非紅色系的木材，就無法和扁柏、紅豆杉等高價值的木材相提並論。如果可以尋求促進柳杉木材紅色化之方法，甚至可使原本色澤偏黃之心材紅色化，則可以提升柳杉造林木之經濟價值，並促進木材的加工利用。

## 二、柳杉心材之紅色化

以往，顏色的傳統表示法都是以人類的眼睛觀察判別及定性描述顏色，由於個人的心理因素及個人的判色能力不同，難以將顏色給予客觀且恒定的描

述，且這種不科學的定性表示，不但費時費事，甚至還常常會使人對顏色的描述和比較產生很大的爭議。因此，我們將顏色的表示數值化，也就是利用儀器來分析，再根據CIE LAB的色彩體系以 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 定量的色彩參數值來描述物體之顏色，其中 $L^*$ 值所代表的是物體表面的明度值，也就是 $L^*$ 值越大即代表物體表面較對照組表面明亮，反之， $L^*$ 值越小即代表物體表面較對照組表面暗； $a^*$ 值乃是代表紅綠色之指標， $a^*$ 值越大即越趨向紅色， $a^*$ 值越小則偏向綠色；而 $b^*$ 值則是代表黃藍色指標， $b^*$ 值越大則黃色越明顯， $b^*$ 值越小則偏向藍色。這種方式不但客觀、方便且能比較顏色的差異與變化。

我們都知道花梨木、扁柏、紅豆杉等，都是因為具有特殊的材色而成為貴重的木材，因而大受歡迎。目前柳杉是一種經濟價值較低的樹種，且心材顏色差異大，因此它的價值一直無法和扁柏和紅豆杉二種木材並駕齊驅。日本學者Abe等人的報告亦曾指出柳杉心材曝露在使用環境中數小時後，紅褐色紋理就逐漸深色化，最後變成黑褐色。對於柳杉心材黑色化的問題，日本研究人員一直很重視，故許多報告仍在持續探討黑色化的原因，但是對於環境因子及光波長

表1. 紅色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 hr 後的顏色變化

試樣	Above 600 nm			Above 450 nm			Above 400 nm			Above 340 nm			Above 280 nm		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
未照光	67.6	17.0	19.4	68.8	16.1	20.0	67.7	15.9	19.8	67.0	17.6	20.0	66.8	17.0	20.1
照光後	63.9	22.0	24.4	66.6	15.1	21.5	66.4	13.7	19.3	62.7	15.4	22.9	62.0	15.4	25.7
$\Delta E^*$	8.0			2.8			2.6			6.1			7.5		

對柳杉心材變色的影響一直未見到深入的探討，因此，為了瞭解柳杉曝露在使用環境下的顏色變化，我們便著手進行試驗。最初，我們選擇較受喜愛的偏紅柳杉心材當試驗試材，為了探討不同光

波長對心材表面顏色的影響，使用不同穿透波長之濾光片，例如：可以隔絕掉波長 600 nm 以下光線的濾光片；隔絕掉波長 450 nm 以下光線的濾光片等。將柳杉心材試材置於濾光片後，在強日照的條件下放置室外向南 45 度之耐候試驗架上進行曝曬試驗，並且為了能夠使試材在強日照強度下照射，於是，固定每天上午 10 時至下午 2 時進行照光試驗。然後再以色差計測量試材表面的三刺激值 (X、Y、Z)，並計算出 L\*、a\*、b\* 值及色差值 ( $\Delta E^*$ )。另外，並計算  $\Delta a^*$  與  $\Delta b^*$  值，進一步評估不同光波長對柳杉心材表面色調之影響。

表 1 為紅色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 hr 後的顏色變化。由表 1 之結果我們可以很清楚地看出，試材經由波長 600 nm 以上光線照射後的顏色變化最大 ( $\Delta E^*=8.0$ )，其次為波長 280 nm 照射之試材 ( $\Delta E^*=7.5$ ) 和波長 340 nm 照射之試材 ( $\Delta E^*=6.1$ )，而波長 400 nm 照射之試材和波長 450 nm 照射之試材的顏

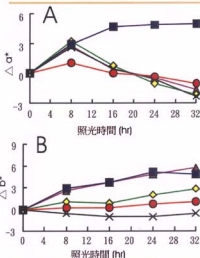


圖1. 紅色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 小時後的  $\Delta a^*$  值 (A) 與  $\Delta b^*$  值 (B) 之變化

註：■：波長 600 nm 以上；●：波長 450 nm 以上；  
×：波長 400 nm 以上；◆：波長 340 nm 以上；  
▲：波長 280 nm 以上

色變化則是最小的， $\Delta E^*$  值分別為 2.6 和 2.8。就能量吸收的大小來看，除了曝露在波長 600 nm 以上光源下之試材

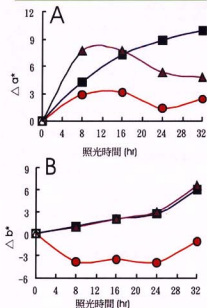


圖2. 黃色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 hr 後的  $\Delta a^*$  值 (A) 與  $\Delta b^*$  值 (B) 之變化

註：■：波長 600 nm 以上；  
●：波長 450 nm 以上；  
▲：波長 280 nm 以上

外，其它波長的顏色變化趨勢是合理的。又比較各試材的色彩參數值 ( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ) 變化得知，除了波長 600 nm 以外，其他波長範圍之光線，對紅色柳杉心材顏色改變的趨勢都是相同的，經過照光 32 hr 後， $L^*$  值和  $a^*$  值均呈現下降的趨勢，而  $b^*$  值呈現增加 (波長 400 nm 除外)。波長 600 nm 以上雖然只接收較低的能量，但它的顏色變化趨勢卻出乎我們所預期的結果，即  $a^*$  值增大，由原來的 17.0 增大為 22.0。

圖 1 為紅色柳杉心材受不同波長之光線照射 32 hr 後的  $\Delta a^*$  與  $\Delta b^*$  值之變化。由圖 1A 中  $\Delta a^*$  值的變化可以很清楚的看出，紅色柳杉心材受波長 600 nm 以上之光線照射後， $\Delta a^*$  值會隨著時間的增長而增加，也就是心材的顏色會變得更紅；而由圖 1B 中  $\Delta b^*$  值的變化得知，紅色柳杉心材受波長 600 nm 以上之光線照射後，其  $\Delta b^*$  值也會隨著時間的增長而增加。由此結果可以得知，紅色柳杉心材經波長 600 nm 以上之光線照射後

表 2. 黃色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 hr 後的顏色變化

試樣	Above 600 nm			Above 450 nm			Above 280 nm		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
未照光	64.4	12.7	25.3	63.6	12.4	26.8	66.9	10.8	25.1
照光後	60.9	22.6	31.4	63.8	14.8	25.7	62.5	15.8	31.7
$\Delta E^*$		12.3			2.7			9.3	

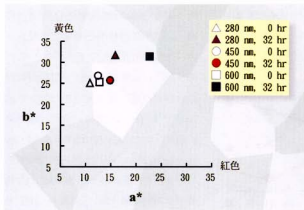


圖 3. 黃色柳杉心材經不同波長之光線照射 32 hr 後的色調變化  
變得較紅。

由於紅色柳杉心材經波長 600 nm 以上之光線照射後會紅色化，此結果頗令人意外與興奮，於是我們又更進一步選擇一般偏黃的柳杉心材進行試驗，評估以波長 600 nm 以上之光線照射是否亦可使產生紅色化的效果，試驗結果顯示如下：

圖 2 為黃色柳杉心材受不同波長之光線照射 32 hr 後的  $\Delta a^*$  與  $\Delta b^*$  值之變化。由圖 2A 中  $\Delta a^*$  值的變化可以很清楚的看出，黃色柳杉心材受波長 600 nm 以上之光線照射後，在照光 32 hr 之後， $\Delta a^*$  值會隨著時間的增長而增加，其  $\Delta a^*$  值達到 9.9，也就是色澤偏黃之

柳杉心材會變成紅色；而由圖 2B 中  $\Delta b^*$  值的變化得知，黃色柳杉心材受波長 600 nm 以上之光線照射後，其  $\Delta b^*$  值的變化趨勢和  $\Delta a^*$  值相同。由此結果可以得知，黃色柳杉心材經波長 600 nm 以上之光線照射後變得較紅，並且變紅的程度

比紅色柳杉心材變紅更加明顯。

表 2 為在不同濾光片下之黃色柳杉心材經由太陽光照射 32 hr 後的顏色變化。由表 2 之結果我們可以很清楚地看出，試材經由波長 600 nm 以上光線照射後的顏色變化最大 ( $\Delta E^*=12.3$ )，其次為波長 280 nm 照射之試材 ( $\Delta E^*=9.3$ )，波長 450 nm 以上光線照射之試材的顏色變化則是最小的， $\Delta E^*$  值為 2.7。就所吸收的能量大小來看，除了曝露在波長 600 nm 以上光源下之試材外，其它波長的顏色變化趨勢是合理的。又比較各試材的色彩參數值 ( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ) 變化得知，波長 450 nm 以上光線照射對黃色柳杉心材的顏色並不會造成太大的影響，

經過照光 32 hr 後， $L^*$  值幾乎未變， $a^*$  值稍為增大，而  $b^*$  值則稍為下降，即心材顏色變化相當輕微；波長 600 nm 以上和波長 280 nm 以上之二種光源，對黃色柳杉心材顏色改變的趨勢相類似，經過照光 32 hr 後， $L^*$  值呈現下降的趨勢，即試材表面明亮度降低，而  $a^*$  和  $b^*$  呈現增加趨勢，就色彩參數值而言，黃色柳杉心材受波長 600 nm 以上光線照射和波長 280 nm 光線照射後，其心材顏色均朝紅黃色改變，但是二種試材所呈現的色調並不一樣。其中，波長 280 nm 光線照射後試材之  $\Delta E^*$  值變化，主要是受  $b^*$  值變化的影響，由原來的 25.1 增大至 31.7，即變得較黃(圖3)。而波長600 nm 以上的光線能量雖然較低，但它對柳杉影響所造成的顏色變化卻是最大，特別是  $a^*$  值的增大，由原來的 12.7 增大為 22.6，即變得更紅(圖3)。

### 三、結語

柳杉是台灣具代表性的重要造林樹種之一，由於心材顏色的差異性很大，再加上柳杉木製品在使用後的光變色問題，常常造成在利用時的困擾，降低了柳杉木材之價值。我們為了探討環境因子及光波長對柳杉心材表面顏色的影響，卻意外發現令人興奮的結果，無論

色澤偏紅或一般黃色的柳杉心材經由波長 600 nm 以上之光線照射後，柳杉心材會產生紅色化的效果，一般而言，紅色木材通常是國人所喜愛的，也具有較高的價值。因此，利用我們的發現—以波長 600 nm 以上之光線照射柳杉，促使其心材紅色化，可提升柳杉造林木之價值，有助於拓展加工利用之潛能。

### 四、參考文獻

張上鎮、鄭森松、王升陽 (1999) 柳杉心材黑色化之探討。林產工業 18:97-106。

Chang, S. T., S. Y. Wang, and S. S. Cheng (1999) Red color enhancement of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) heartwood by light irradiation. *J. Wood Sci.* 45:271-273.

Chang, S. T., S. Y. Wang and S. S. Cheng (2000) Environmental effects on the color of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) heartwood. *J. Wood Sci.* 46: 390-394.

Chang, S. T and S. S. Cheng (2001) Effects of environmental factors on the color of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) yellowish heartwood. *Holzforschung*. 55: 459-463. 