

醇溶性保綠藥劑處理對桂竹竹青 綠色堅牢度之影響

莊閔傑¹ 吳志鴻¹ 張上鎮²

(收件日期：民國 92 年 12 月 29 日、接受日期：民國 93 年 2 月 5 日)

【摘要】桂竹經由毒性較低的醇溶性保綠藥劑處理後，可以獲得良好的保綠效果，為了探討硝酸銅與氯化銅二種醇溶性保綠藥劑處理條件對桂竹竹青綠色堅牢度的影響，本試驗利用人工加速耐光試驗及室內與室外的實際曝露試驗評估此類型藥劑處理後桂竹竹青的綠色堅牢度。試驗結果顯示，經過 32 天加速耐光試驗後，不同的藥劑種類、濃度、溶劑種類及加熱方式對桂竹的綠色堅牢度並無顯著差異。綜合各種處理條件的結果顯示，當桂竹浸漬於 2% 氯化銅甲醇溶液，在 60 °C 下水浴加熱處理 2 hr 後，可獲較佳的綠色堅牢度。此外，處理材於室外曝露 8 星期後，表面皆不具綠色效果，表示竹材使用於室外，綠色堅牢度不佳；而室內放置 6 個月後的保綠處理材，表面仍維持亮麗的綠色，顯示醇溶性保綠處理材具有良好的室內堅牢度。

【關鍵詞】保綠、桂竹、綠色堅牢度、人工加速耐光試驗、室內曝露、耐候試驗、氯化銅、硝酸銅。

EFFECTS OF TREATMENTS USING ALCOHOL-BORNE PROTECTORS ON THE GREEN COLOR FASTNESS OF MAKINO BAMBOO (*PHYLLOSTACHYS MAKINOI* HAYATA)

Min-Jay Chung¹ Jyh-Horng Wu¹ Shang-Tzen Chang²

(Received: December 29, 2003; Accepted: February 5, 2004)

【Abstract】Makino bamboo (*Phyllostachys makinoi* Hayata) treated with low toxic alcohol-borne reagent could preserve the green color of culms. To evaluate the effects of various treatment conditions of copper chloride and copper nitrate on the green color fastness of makino bamboo, artificially accelerated lightfastness test and two exposure tests including an indoor exposure and an outdoor weathering were employed in this study. After exposure to artificially accelerated lightfastness test for 32 days, it revealed that treatment conditions such as different protectors, concentrations, solvent types and heating methods did not affect the green color fastness of treated makino bamboo culms. Results also demonstrated that the best green color fastness of makino bamboo culms was obtained by heating them in 2% CuCl₂ methanolic solution with a water-bath heating at 60°C for 2 hr. The green color on the treated bamboo epidermis faded readily after exposure to the outdoors for 8 weeks. However, comparing with the severe color variations of untreated bamboo ($\Delta a^* = 11.5$), the a^* value of treated bamboo remained nearly the same after indoor exposure for 6 months, indicating the specimens exhibited an excellent green color fastness when exposed to the indoors.

¹ 國立台灣大學森林環境暨資源學研究所研究生。

Graduate Students, School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

² 國立台灣大學森林環境暨資源學研究所教授 (通訊作者)。

Professor (Corresponding Author), School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

【Key words】 Green color protection, Makino bamboo, Green color fastness, Accelerated lightfastness test, Indoor exposure, Outdoor weathering, Copper chloride, Copper nitrate.

I、前言

台灣的竹子由平地以至阿里山、合歡山等高山地帶幾乎到處可見，因此談到竹子，無不感到熟悉。台灣地區竹林面積在 1999 年時有 149,516 公頃，蓄積近 12 億枝，佔台灣地區林地面積 2,101,719 公頃之 7.11%（行政院農業委員會林務局，2000），以面積比率來看並非甚高，然而其所生產產品之外銷，對我國外匯曾有相當大的貢獻，其中，桂竹（*Phyllostachys makinoi* Hayata, Makino Bamboo）即為主要的竹種之一。然而自民國 80 年以來，由於經濟的快速成長，國民生活水準顯著提高，同時由於科技的發達，許多民生日用替代品應運而生，取代許多已往習用的竹製器具或竹材製品，對竹子情感已漸淡薄，愛用竹製品的程度，已遠不如過去的盛況（葉英晉，2000）。竹材利用的縮減，加上生產成本提高，竹林經營者甚至已放棄對竹林之經營，任由竹林荒廢，令人深感惋惜。

竹子特有的翠綠竹青及蘊含著一種清新、有活力之視覺影像，是其他木質材料所沒有的特點（Liese, 1987）。為了保有此特質，因而對於台灣幾個主要經濟竹種如：麻竹（吳志鴻，1996；Chang and Wu, 2000a；2000b）、孟宗竹（林昭明，1989；葉汀峰，1997；Chang and Yeh, 2000；Chang *et al.*, 2001；2002）已相繼成功地開發出竹青保綠技術，並在綠色堅牢度方面的評估亦已獲良好成效（李鴻麟、張上鎮，1991；1992；張惠婷、張上鎮，1994；吳志鴻等，2001；Chang and Lee, 1996；Chang, 1997；Chang and Wu, 2000b；Chang and Yeh, 2000；Chang *et al.*, 2001；2002）。但與桂竹保綠相關的研究卻很少，且保綠效果尚待改善（李鴻麟、張上鎮，1992；莊閔傑等，2002）；值得一提的是近來桂竹在筆者等人（Wu *et al.*, 2004）的努力下，已成功地開發出醇溶性保綠

藥劑，並顯示此保綠技術除了可使桂竹獲得良好保綠效果之外，醇溶性保綠藥劑處理亦能省去鹼性藥劑前處理的步驟，同時使竹材保綠處理工程簡化為單一程序，另外，溶劑本身亦可藉由回收的方式而有效地達到再利用及降低成本的原則。

本試驗即以國產桂竹為材料，利用已開發出之醇溶性保綠藥劑進行處理，然後以人工加速耐光試驗、室內與室外兩種實際曝露環境進行試驗，評估不同醇溶性保綠藥劑及其濃度、加熱方式與溶劑種類等四個部分對竹材表皮綠色堅牢度的影響，期能更明確地了解此類型桂竹保綠加工製品之特性及其適合應用發展的領域。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

1. 桂竹

本試驗所採用之試材為三年生桂竹（*Phyllostachys makinoi* Hayata；Makino bamboo），伐自國立台灣大學實驗林水里營林區林班，予以去節並裁製成 5 cm × 1.5 cm × 0.4 cm 的尺寸。裁製後之新鮮竹材清洗後再置入封口袋中，並於 4°C 黑暗的條件下儲存備用。

2. 化學藥劑

試驗所使用之醇溶性保綠藥劑包括硝酸銅（ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ）及氯化銅（ CuCl_2 ）二種，溶劑方面則使用甲醇及乙醇二種。

(II) 保綠處理方法與條件

竹青保綠處理方式，是將桂竹試材與所配製的保綠藥劑溶於有機溶劑，並置入於 100 mL 的血清瓶中，依不同加熱方式進行加熱處理，處理後之試材放入 60°C 烘箱乾燥 12 hr。為探

討不同處理條件對桂竹表面綠色堅牢度的影響，本試驗針對藥劑種類（硝酸銅或氯化銅）、藥劑濃度（2% 及 4% 的氯化銅）、醇溶劑類型（甲醇及乙醇）及加熱方式（水浴浸漬加熱或超音波振盪加熱）進行評估，各種保綠處理條件如表 1 所示。

1. 藥劑種類之影響

將桂竹試材分別浸入於 4% 之硝酸銅或氯化銅甲醇溶液中，於 60°C 水浴直接加熱 2 hr 完成保綠處理。

2. 藥劑濃度之影響

將桂竹試材分別浸入於二種濃度氯化銅（2% 及 4%）甲醇溶液中，於 60°C 水浴直接加熱 2 hr 完成保綠處理。

3. 醇性溶劑種類之影響

將氯化銅分別溶於甲醇或乙醇中，並調製成 2% 溶液，再將桂竹試材浸漬其內，於 60°C 水浴直接加熱 2 hr 完成保綠處理。

4. 加熱方式之影響

將桂竹試材浸漬於 2% 氯化銅之甲醇溶液中，於 60°C 下分別以水浴直接加熱或超音波振盪加熱的方式進行 2 hr 保綠處理。

(III) 曝露試驗

為了評估綠色堅牢度 (Green color fast-

ness)，因此，將經過醇溶性保綠藥劑處理後的桂竹試材分別置於室內、室外及人工加速照光等三個環境下進行試驗。各試驗的環境條件及試驗方法分別敘述如下：

1. 室內放置試驗

為了評估室內放置之竹青綠色堅牢度，處理後之桂竹試材直接置放於一般室內環境下進行實際曝露試驗。試驗季節為夏、秋、冬三季（2002 年 7 月至翌年 1 月之間），室內環境之平均溫度與濕度分別為 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 及 $80 \pm 10\%$ 。

2. 室外曝露試驗

經藥劑處理後的試材，放置於室外向南 45° 之耐候試驗架上進行室外曝露試驗，用以評估於室外環境之竹青綠色堅牢度。試驗季節為夏季（2002 年 7~9 月之間），室外環境之平均溫度與濕度分別為 $28.9 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 及 $70.1 \pm 6.1\%$ ，室外曝露 2 個月期間降雨天數為 4 天。

3. 人工加速耐光試驗

經藥劑處理後之桂竹試材，置入人工加速耐光試驗機 (Q-UV accelerated lightfastness tester, Q-Panel Co.) 中進行竹青綠色堅牢度之試驗，採用 UVA-351 (Philip Co.) 為燈源，此燈源係模擬室內環境的光源 (張上鎮, 1993)，每天照光 24 hr。

表 1 室外曝露試驗所使用之各種保綠處理條件

Table 1 Various conditions of green color protection treatment for the specimens used for the outdoor exposure studies

Specimens ⁺	Solvents		Heating methods		Green color protectors		Conc.(%)	
	Methanol	Ethanol	W ⁺⁺	U ⁺⁺⁺	CuCl ₂	Cu(NO ₃) ₂	2	4
1	✓		✓			✓		✓
2	✓		✓		✓			✓
3	✓		✓		✓		✓	
4		✓	✓		✓		✓	
5	✓			✓	✓		✓	

+ : Abbreviation of specimens

++ : Heating in water bath

+++ : Ultrasonic heating

(IV) 性質分析

1. 竹材表面顏色測定

試材表面顏色係採用光源為 D₆₅ 色差計測量 (Color difference meter, Dr. Lange Co.)，測試角度為 10°，測試窗直徑為 10 mm，測試時將試材直接置於測試窗上，儀器上讀取 X、Y、Z 三刺激值 (Tristimulus values)，不同條件之試材均以 9 個測點之平均值做為測定值，並依 1976 年國際照明委員會 (CIE) 制訂的 CIE LAB 色彩體系計算出竹材表面各顏色參數，各數值定義如下 (張上鎮, 1986)：

$$L^* = 116(Y/100)^{1/3} - 16$$

完全白的物體視為 100，完全黑的物體視為 0。

$$a^* = 500 [(X/94.81)^{1/3} - (Y/100)^{1/3}]$$

正值愈大表示顏色愈偏向紅色，負值愈大表示顏色愈偏向綠色。

$$b^* = 200 [(Y/100)^{1/3} - (Z/107.34)^{1/3}]$$

正值愈大表示顏色愈偏向黃色，負值愈大表示顏色愈偏向藍色

Δa^* ：a* 值的變化值，值愈大表示 a* 值的變化程度愈大。

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

色差值，數值愈大表示顏色變化愈大。

2. 抗黴指數的評估

抗黴指數的評估依據 ASTM D3274 之抗黴性標準 (Mildew Resistance, 簡稱 M.R.) 進行試驗，試驗時將試材置放在室外耐候試驗架上，並依據發黴程度將抗黴指數分為 0~10 個等級，其中，抗黴指數小表示發黴程度嚴重 (Wu *et al.*, 2002)。

III、結果與討論

為了評估桂竹經醇溶性保綠藥劑處理後之綠色堅牢度，乃針對不同醇溶性藥劑及其濃

度、溶劑種類、加熱方式等四個部分進行試驗，期能更明確地了解此類型桂竹保綠加工製品之特性及其適合應用發展的領域。

(I) 人工加速耐光試驗

若於一般自然條件下進行室內放置試驗需要長時間才能獲得結果，因此，為縮短自然曝露試驗所需的時間，並使試驗條件與結果具再現性，於是乃利用人工加速耐光試驗機來模擬室內曝露試驗 (張上鎮, 1993)。本試驗為了瞭解醇溶性保綠藥劑處理之桂竹在長時間照光後的竹青顏色變化，乃以人工加速耐光試驗進行 1 天、2 天、4 天、8 天、16 天、32 天的加速照光，並以色差計量測竹青顏色的經時變化。以下分別就不同醇溶性保綠藥劑種類及其濃度、溶劑種類及加熱方式等四個部分對竹青加速耐光後的綠色堅牢度進行探討。

1. 藥劑種類對竹青綠色堅牢度的影響

試材分別浸漬於 4% 氯化銅或 4% 硝酸銅之甲醇溶液中，於 60°C 水浴加熱 2 hr，處理後之各試材再進行 32 天人工加速照光試驗，其 a* 值的經時變化如圖 1 所示。未經保綠處理之桂竹生材經 1 天照光後的 a* 值由原來的 -11.9 迅速增大為 3.1，然後再隨著照光時間的增長而逐漸增大，照光 32 天後的 a* 值更增大為 9.7，此結果顯示桂竹在短時間照光後就喪失了綠色，長時間照光後表面更是嚴重變色。至於 4% 氯化銅處理材經過 16 天照光後的顏色變化，其 a* 值由原來的 -9.6 變為 -3.4 (Δa^* 值為 6.2)，仍保有綠色外觀，而照光 32 天後的 a* 值則增大為 -0.6 (Δa^* 值為 9.0)；而 4% 硝酸銅處理材照光 16 天之後的 a* 值由原來的 -9.5 變為 -3.2 (Δa^* 值為 6.3)，亦仍保有綠色外觀，而照光 32 天後的 a* 值則增大為 -0.3 (Δa^* 值為 9.2)，由上述結果顯示：4% 氯化銅處理材及 4% 硝酸銅處理材之綠色堅牢度較未處理材為佳，表面綠色緩慢地褪色，又 4% 氯化銅處理材經 32 天照光後的綠色堅牢度與 4% 硝酸銅處理材並無明顯差異。

2. 藥劑濃度對竹青綠色堅牢度的影響

進一步評估不同藥劑濃度對竹青綠色堅牢度的影響時，將試材分別置入 2% 或 4% 的氯化銅甲醇溶液中，並於 60°C 水浴加熱 2 hr，然後再將處理後之試材進行 32 天之人工加速耐光試驗，其 a^* 值的經時變化如圖 2 所示。照光 16 天後，4% 與 2% 氯化銅處理材仍保有綠色外觀，其 a^* 分別由原來的 -9.6 及 -10.1 增大為 -3.4 及 -3.1， Δa^* 值分別為 6.2 及 7.0，而未處理材的 Δa^* 值為 18.9；照光 32 天後，4% 與 2% 氯化銅處理材的 a^* 值分別由原來的 -9.6 及 -10.1 增大為 -0.6 及 -0.3， Δa^* 值分別為 9.0 及 9.8，由此顯示氯化銅保綠處理材之綠色堅牢度較未處理材為佳，表面綠色緩慢地褪去，又此二種濃度處理材之表面綠色褪色情況相似，表示使用 2% 的藥劑濃度即可獲得和 4% 藥劑濃度處理者一樣的保綠效果及綠色堅牢度，換言之，提高醇溶性保綠藥劑濃度對桂竹表面綠色效果及綠色堅牢度並不會產生顯著的差異。

3. 醇溶劑種類對竹青綠色堅牢度的影響

為了探討醇溶劑種類對於桂竹綠色堅牢度之影響，分別以甲醇及乙醇為溶劑，調配出 2% 氯化銅保綠藥劑，再以水浴加熱的方式，將桂竹試材於 60°C 下處理 2 hr。處理後的桂竹

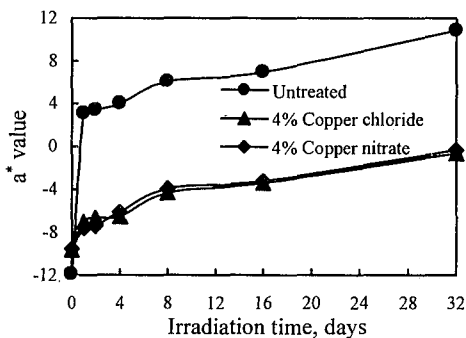


圖 1 二種 4% 銅鹽甲醇溶液處理後的桂竹經由人工加速耐光 32 天後之 a^* 值變化
 Fig. 1 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with two kinds of 4% methanolic copper salts after exposure to accelerated lightfastness test for 32 days

經過 32 天人工加速耐光試驗後，其 a^* 值的變化結果如圖 3 所示。以甲醇及乙醇為溶劑之兩組處理材經過 16 天照光後之 a^* 值分別由照光前的 -10.1 及 -8.3 增大為 -3.1 及 -2.7 (Δa^* 值分別為 7.0 及 5.6)，又經過 32 天照光後之 a^*

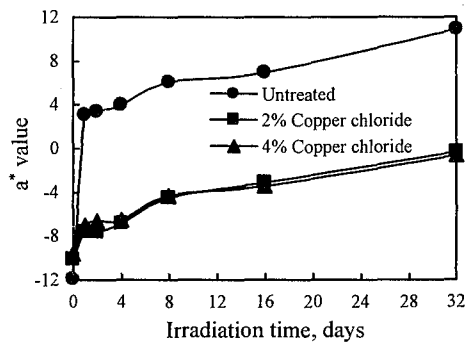


圖 2 以二種濃度之氯化銅甲醇溶液處理後的桂竹經由人工加速耐光 32 天後之 a^* 值變化

Fig. 2 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with two concentrations of methanolic copper chloride after exposure to accelerated lightfastness test for 32 days

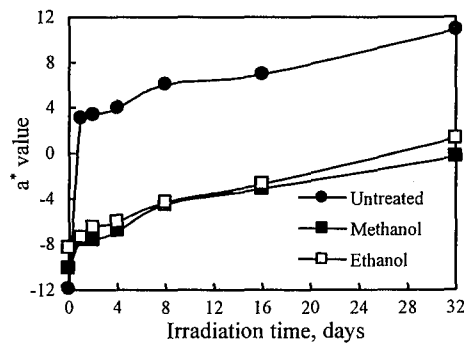


圖 3 以 2% 氯化銅甲醇或乙醇溶液處理後的桂竹經由人工加速耐光 32 天後之 a^* 值變化

Fig. 3 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with 2% copper chloride in methanol or ethanol after exposure to accelerated lightfastness test for 32 days

值分別增大為 -0.3 及 1.3 (Δa^* 值分別為 9.8 及 9.6)。此試驗結果顯示，以甲醇或乙醇為溶劑之 2% 氯化銅保綠藥劑處理後之試材，具有相似的保綠效果及綠色堅牢度。

4. 加熱方式對竹青綠色堅牢度的影響

為了評估不同加熱方式對桂竹竹青綠色堅牢度的影響，將 2% 氯化銅甲醇溶液保綠藥劑以水浴加熱及超音波振盪加熱兩種方式於 60°C 下處理 2 hr，然後再置於人工加速耐光試驗機照光 32 天，其 a^* 值之經時變化結果如圖 4 所示。首先，比較二種不同加熱方式之處理材於照光 8 天期間之 a^* 值經時變化，此段期間以水浴加熱處理者的變化曲線較大，即顏色變化較明顯，而照光第 8 天之後的 a^* 值變化情形則趨平緩；此外，超音波振盪加熱處理之試材由照光第 8 天至第 16 天期間， a^* 值經時變化曲線則有較明顯的變化，顯示此段期間該試材之表面顏色變化情形較顯著。至於經過長時間 32 天照光後的變化顯示：試材以水浴加熱或超音波振盪加熱兩種方式處理，其 a^* 值則分別由 -10.1 及 -9.7 轉變為 -0.3 及 -0.2，顯示兩者的綠色堅牢度相似。因此，基於處理成本之考

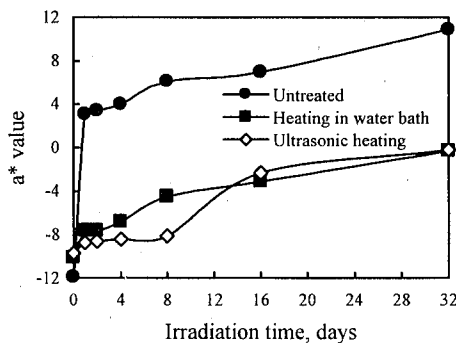


圖 4 桂竹在 2% 氯化銅甲醇溶液中以二種加熱方式處理後經由人工加速耐光 32 天後之 a^* 值變化

Fig. 4 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with 2% methanolic copper chloride using two heating methods after exposure to accelerated light-fastness test for 32 days

量，醇溶性保綠處理工程中，以水浴加熱方式較超音波振盪加熱方式為佳。

(II) 室內放置試驗

1. 藥劑種類對竹青綠色堅牢度的影響

為了探討藥劑種類對於桂竹綠色堅牢度的影響，分別將氯化銅或硝酸銅溶於甲醇中調製成 4% 溶液，桂竹浸漬於其內，並於 60°C 下水浴加熱 2 hr 完成保綠處理。各組試材經過 24 星期 (6 個月) 的室內放置試驗後，其 a^* 值的經時變化如圖 5 所示。未經處理之桂竹生材，經室內放置 4 星期後即已幾乎失去表面的綠色效果 (a^* 值由生材之 -12.6 提升至 -1.1)。至於保綠處理材方面，4% 氯化銅及 4% 硝酸銅二種處理材的曲線變化遠較生材曲線的變化平緩，經過 24 星期的室內放置試驗後，4% 氯化銅處理材的 a^* 值由原來的 -11.8 變化為 -8.1 (Δa^* 值為 3.7)，而 4% 硝酸銅處理材的 a^* 值則由原來的 -9.6 變化為 -6.2 (Δa^* 值為 3.4)，由此顯示：此二種保綠藥劑處理之桂竹在室內放置 6 個月後之表面綠色變化不大，仍保有綠色外觀。

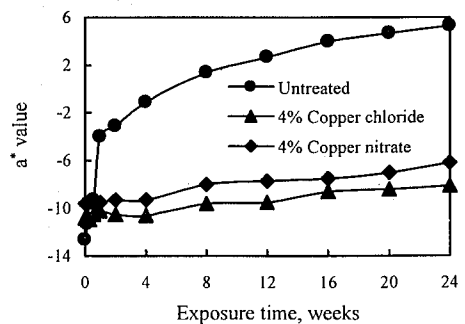


圖 5 二種 4% 銅鹽甲醇溶液處理後的桂竹經由 6 個月室內放置試驗後之 a^* 值變化

Fig. 5 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with two kinds of 4% methanolic copper salts after indoor exposure for 6 months

2. 藥劑濃度對竹青綠色堅牢度的影響

評估不同藥劑濃度對竹青綠色堅牢度的影響時，將桂竹分別浸漬於 2% 或 4% 二種濃度的氯化銅甲醇溶液，以 60°C 水浴加熱 2 hr 完成保綠處理。各組試材經過 24 星期(6 個月)的室內放置試驗後，其 a^* 值的經時變化如圖 6 所示。2% 氯化銅處理材與 4% 氯化銅處理材的 a^* 值分別由原來的 -9.7 及 -11.8 轉變為 -5.5 及 -8.1，二者的 Δa^* 值分別為 4.2 及 3.7，顯示 4% 氯化銅處理材具有比 2% 氯化銅處理材稍佳的綠色堅牢度，但若基於加工成本觀點而言，桂竹經 2% 氯化銅甲醇溶液之保綠藥劑處理後，即可達到不錯的表面綠色效果及綠色堅牢度。

3. 醇溶劑種類對竹青綠色堅牢度的影響

為了評估溶劑種類對竹青綠色堅牢度的影響，先將 2% 之氯化銅分別溶於甲醇或乙醇後，再將桂竹試材浸漬其中，並以 60°C 水浴直接加熱處理 2 hr。處理後的試材經室內放置 24 星期(6 個月)後，其 a^* 值的經時變化如圖 7 所示，保綠藥劑以甲醇或乙醇為溶劑之處理材，經過 6 個月室內放置，其 a^* 值分別由曝光前的 -9.7 及 -10.5 變化為 -5.5 及 -7.9，二者的

Δa^* 值分別為 4.2 及 2.6，由此顯示 2% 氯化銅藥劑若以乙醇為溶劑，處理後之桂竹於室內放置 6 個月後的 a^* 值變化較甲醇溶劑之處理材為小。由上述結果可知，以乙醇為溶劑之 2% 氯化銅處理材的保綠效果及綠色堅牢度均較佳。

雖然兩種溶劑對桂竹之保綠效果及綠色堅牢度有些許差異，但是乙醇溶劑之價格大約為甲醇溶劑的 2~3 倍，因此，若依保綠工程所需成本為考量時，筆者建議使用甲醇做為桂竹保綠藥劑處理之溶劑，即可獲得良好的保綠效果及綠色堅牢度。

4. 加熱方式對竹青綠色堅牢度的影響

為了評估加熱方式對竹青保綠之綠色堅牢度的影響，選用 2% 氯化銅甲醇溶液做為保綠藥劑，於 60°C 下分別以水浴加熱或超音波振盪加熱的二種方式分別處理 2 hr。經由上述方式處理之各試材放置於室內 24 星期(6 個月)後，其 a^* 值的經時變化如圖 8 所示，經過 6 個月室內放置後，用來評估綠色效果的 a^* 值增大，其中，以未經藥劑處理之生材最為顯著，其 a^* 值即由原來的 -12.6 變化為 5.3，顯示生材表面已非綠色。至於利用不同加熱方式之保

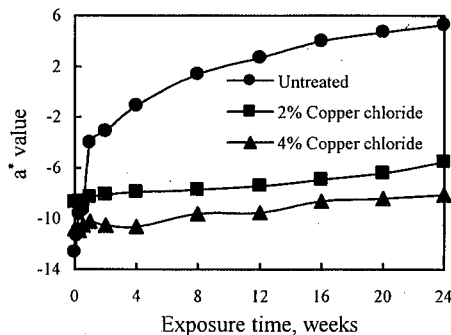


圖 6 以二種濃度之氯化銅甲醇溶液處理後的桂竹經由 6 個月室內放置試驗後之 a^* 值變化

Fig. 6 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with two concentrations of methanolic copper chloride after indoor exposure for 6 months

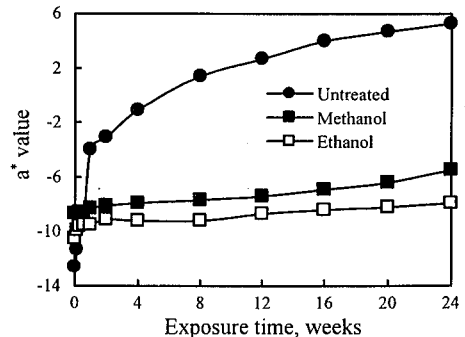


圖 7 以 2% 氯化銅甲醇或乙醇溶液處理後的桂竹經由 6 個月室內放置試驗後之 a^* 值變化

Fig. 7 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with 2% copper chloride in methanol or ethanol after indoor exposure for 6 months

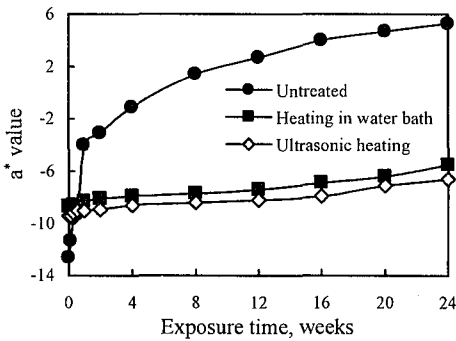


圖 8 桂竹在 2% 氯化銅甲醇溶液中以二種加熱方式處理後經由 6 個月室內放置試驗後之 a^* 值變化

Fig. 8 Changes in the a^* value of makino bamboo culms treated with 2% methanolic copper chloride using two heating methods after indoor exposure for 6 months

綠處理材，經過 6 個月室內放置後，兩者 a^* 值的經時變化曲線相似，水浴加熱及超音波振盪加熱處理後試材的 a^* 值分別由 -9.7 及 -9.4 轉變為 -5.5 及 -6.6，顯示二者的綠色堅牢度不錯，仍保有綠色的外觀，且二種加熱方式所得桂竹的綠色堅牢度變化量相差不大。

由上述結果得知，利用超音波振盪加熱所獲得的保綠效果與水浴浸漬加熱所獲得的結果並沒有顯著差別，且兩者經由室內放置試驗後之綠色堅牢度亦無太大差異，因此，考量處理成本時，以水浴直接加熱方式即可獲得良好的保綠效果及室內放置之綠色堅牢度。

(III) 室外曝露試驗

雖然室內放置的綠色堅牢度相當不錯，然而，由於室外的日照強度及雨水等自然環境因子對材料性質的影響遠較室內劇烈，於是乃進一步進行室外曝露試驗。試材的處理條件與室內放置試驗者相同，分別以不同的藥劑種類、藥劑濃度、溶劑種類及加熱方式等條件（表 1）評估室外之綠色堅牢度與耐候性。

經過 2 個月室外直接曝露後的結果如表 2

所示，各試材的 ΔE^* 與 Δa^* 值皆偏高，由此結果顯示，各種保綠條件處理後之桂竹表面顏色均產生明顯的變化，即試材均褪色，表面多已非綠色。其中，編號 1 試材的室外綠色堅牢度顯示，曝露前的 a^* 值為 -10.2，經過 4 星期曝露後的 a^* 值變為 -4.4（ ΔE^* 與 Δa^* 值分別為 10.2 與 5.8），即表示仍具有綠色效果，但是經過 8 星期曝露後，其 a^* 值為 1.9，表面綠色效果不再存在。其它各條件處理後之試材經過 8 星期室外曝露後，幾乎同樣已不具綠色效果，因此，綜合上述評估結果得知，置於室外直接曝露試驗的各種處理試材，其顏色變化情形的確會較室內放置者明顯。

除了上述表面顏色之變化外，另一值得注意的是試材表面的黴菌生長情形，各試材經 4 星期室外曝露後，其抗黴指數（M.R. 值）僅由 10 降至 8，但經過室外曝露 8 星期後，其 M.R. 值則降為 4，由此顯示這些醇溶性保綠藥劑所處理的竹材，若使用於室外，易受微生物著生。由此得知此種產品並不適合長時間使用於室外，而可於室內長時間使用。然而又因試材具有易受微生物分解之特性，有利於此種產品日後之回收處理，因此亦可大幅降低環境污染等相關問題。

IV、結論

本試驗將各種保綠處理後之桂竹進行室內放置試驗、室外曝露試驗及人工加速耐光試驗，評估其綠色堅牢度。由室內放置試驗結果顯示，硝酸銅及氯化銅二種醇溶性保綠藥劑處理材於室內環境下具有極佳的綠色堅牢度。室外耐候試驗結果顯示，由於室外的陽光及雨水等環境因子對桂竹的影響遠較室內顯著且強烈，因此，使得各試材表面顏色變化情形會較室內放置者大。此外，由各種保綠試材之表面黴菌生長的情形得知，此產品為低毒性且易受微生物分解的低毒性素材。加速耐光試驗結果顯示，醇溶性之藥劑種類、濃度及加熱方式等不同處理條件均會影響試材之綠色堅牢度，

表 2 醇溶性保綠藥劑處理之桂竹試材經由 8 星期室外曝露試驗後表面顏色參數變化

Table 2 Changes in color parameters of makino bamboo culms treated with alcoholic protectors after exposure to the outdoors for 8 weeks

Specimens ⁺	Exposure time (weeks)	a*	Δa^*	ΔE^*	M.R. ⁺⁺
Untreated	0	-12.6	-	-	10
	4	10.9	23.5	33.6	4
	8	11.9	24.5	30.9	2
1	0	-10.2	-	-	10
	4	-4.4	5.8	10.2	8
	8	1.9	12.1	15.1	4
2	0	-11.0	-	-	10
	4	-3.7	7.3	9.2	8
	8	1.2	12.2	15.1	4
3	0	-10.8	-	-	10
	4	-3.8	7.0	10.9	8
	8	1.7	12.5	15.0	4
4	0	-8.8	-	-	10
	4	-3.0	5.8	15.0	8
	8	0.4	9.2	16.8	4
5	0	-9.3	-	-	10
	4	-3.5	5.8	10.8	8
	8	-1.9	7.4	15.2	4

⁺: Abbreviation of specimens refers to Table 1⁺⁺: 數值愈小表示發黴程度愈嚴重

4% 氯化銅處理材經 32 天加速照光後的綠色堅牢度比 4% 硝酸銅處理材稍佳，且若將 4% 氯化銅濃度降低為 2% 時亦可獲得良好的表面綠色效果且綠色堅牢度亦與前述之室內放置試驗之變化情形相近。此外，直接及超音波振盪兩種不同加熱方式處理之試材的綠色堅牢度變化情形相似。

綜合這些結果可知，桂竹以醇溶性銅鹽藥劑（氯化銅及硝酸銅）處理後，可獲得良好的保綠效果，雖然在室外環境下竹青的綠色堅牢度不佳，但於室內環境下則有良好的綠色堅牢度，顯示此類型之保綠竹製品極適合於室內使用。

V、致謝

本研究承農委會經費補助（91 農管-3.5-林-01），國立台灣大學實驗林管理處水里加工廠林篁園主任及謝祚元先生提供試材，始得

完成，特此致謝。

VI、引用文獻

- 行政院農業委員林務局（2000）台灣地區林業統計。行政院農業委員會林務局編印。
- 吳志鴻（1996）鎘磷鹽類對麻竹竹青保綠效果之影響。國立台灣大學森林研究所碩士論文。64 pp。
- 吳志鴻、葉汀峰、張上鎮（2001）竹青保綠的發展與回顧。中華林學季刊 34(4)：487-496。
- 李鴻麟、張上鎮（1991）不同藥劑處理對竹青顏色及耐久性之評估：(I) 藥劑種類對於竹青顏色之影響。林業試驗所研究報告季刊 6(4)：387-395。
- 李鴻麟、張上鎮（1992）不同藥劑處理對竹青顏色及耐久性之評估：(II) 藥劑種類對於

- 竹青顏色之影響。林業試驗所研究報告季刊 7(4) : 103-115。
- 林昭明 (1989) 孟宗竹竹青之保留。國立中興大學森林學研究所碩士論文。121pp。
- 張上鎮 (1993) 人工加速耐久性試驗之進展與應用。塗裝與塗料技術 38 : 57-63。
- 張惠婷、張上鎮 (1994) 微波處理對竹青顏色及耐久性之影響。中華林學季刊 27(4) : 103-115。
- 莊閔傑、吳志鴻、童鈺棠、張上鎮 (2002) 水溶性藥劑對桂竹保綠之影響。中華林學季刊 35(4) : 405-413。
- 葉汀峰 (1997) 鉻磷鹽類對孟宗竹竹青保綠效果之評估。國立台灣大學森林研究所碩士論文。62 pp。
- 葉英晉 (2000) 好竹連山。大地地理出版事業股份有限公司。143 pp。
- Chang, S.-T. and H.-L. Lee (1996) Protection of the green color of moso bamboo (*Phyllostachys edulis*) culms and its colorfastness after treatment. Mokuzaï Gakkaishi 42(4): 392-396.
- Chang, S.-T. (1997) Comparison of the green color fastness of ma (*Dendrocalamus* spp.) bamboo culms treated with inorganic salts. Mokuzaï Gakkaishi 43(6): 487-492.
- Chang, S.-T. and J.-H. Wu (2000a) Stabilizing effect of chromated salt treatment on the green color of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*). Holzforschung 54: 327-330.
- Chang, S.-T. and J.-H. Wu (2000b) Green color conservation of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) treated with chromium based reagents. J. Wood Sci. 46(1): 40-44.
- Chang, S.-T. and T.-F. Yeh (2000) Effect of alkali pretreatment on surface properties and green color conservation of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) treated with chromium based reagents. J. Wood Sci. 47: 228-232.
- Chang, S.-T., T.-F. Yeh and J.-H. Wu (2001) Mechanisms for the surface color protection of bamboo treated with chromated phosphate. Polym. Degrad. Stab. 74: 551-557.
- Chang, S.-T., T.-F. Yeh, J.-H. Wu and D.-N.-S. Hon (2002) Reaction characteristics on the green surface of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) treated with chromated phosphate. Holzforschung 56: 130-134.
- Liese, W. (1987) Research on bamboo. Wood Sci. Technol. 21: 189-209.
- Wu, J.-H., S.-Y. Wu, T.-Y. Hsieh and S.-T. Chang (2002) Effects of copper-phosphorous salt treatment on green colour protection and fastness of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*). Polym. Degrad. Stab. 78: 379-384.
- Wu, J.-H., M.-J. Chung and S.-T. Chang (2004) Evaluation of the effectiveness of alcohol-borne reagents on the green colour protection of makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*). Polym. Degrad. Stab. 83(3): 473- 479.

