



發現台灣桂竹新「綠意」

文、圖 ■ 張上鎮 ■ 國立臺灣大學森林環境與資源學系教授（通訊作者）

莊閱傑 ■ 國立臺灣大學森林學碩士

一、前言

竹子具有生長快速、生長量高等優點。青翠碧綠的竹材具天然美感，能調和景觀、美化生活（照片1）。台灣地區的竹林面積約15萬公頃，蓄積近12億枝，故竹林亦為重要的森林資源。行政院農委會林務局（2000）有關台灣地區之林業統計中，竹林面積的統計並未依不同竹種加以區分，但由1971年全島竹林資源的調查結果顯示（圖1），台灣主要經濟竹種中，麻竹約佔51.7%、桂竹佔25%、刺竹為17.5%、綠竹2.5%、孟宗竹1.9%，除了桂竹為本土竹種之外，其餘皆為引進種。



▲照片1 青翠碧綠竹材具天然美感。

竹材易受外在環境因子的影響而喪失原有之翠綠色澤，並使竹材產生劣化，導致竹材加工的發展性受到限制。為擴展竹材加工利用之領域，並使竹材於製作成工藝品後仍能保持其綠色，因此有必要對竹材進行竹青保綠處理，使其保持亮麗綠色之外觀。所謂竹青保綠處理是將竹材以適當之藥劑及方法處理，進而保持原有吸引人的綠色外觀。

二、過去有關竹青保綠之研究

利用掃描式電子顯微鏡（scanning electron micrograph, SEM）分析結果得知，竹材表面被覆一層白色蠟質薄膜，表皮組織中亦佈滿矽質細胞（silica cell），這些矽質細胞含大量二氧化矽（圖2），雖可提高竹材表面

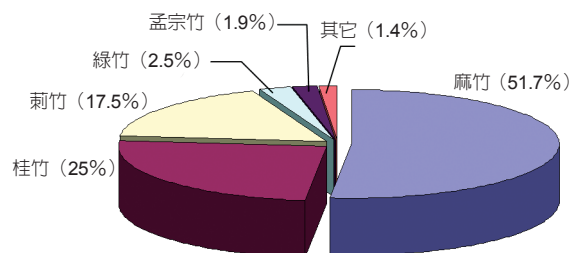


圖1 台灣主要經濟竹種之分佈比例。

資料來源：行政院農委會林務局，1971。

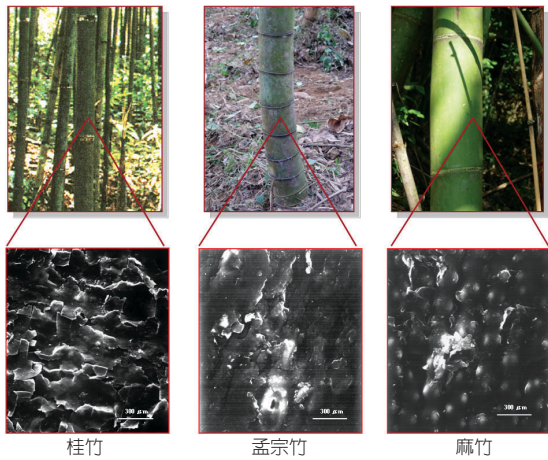


圖2 三種竹材表面利用SEM觀察表面結構。

細胞免於遭環境或外力之侵擾與破壞。然而，過去的研究結果顯示：欲增進竹青表面與藥劑之反應，必需克服竹材表面因蠟質薄膜及矽質細胞等造成的藥劑反應性低之相關問題。因此，從事竹青保綠處理前，必須先將竹材以鹼性藥劑進行前處理（pretreatment），如此方可有效地去除表面的蠟質薄膜及矽質細胞之矽質小蓋，試驗結果顯示：鹼性藥劑對不同竹種之適用性會有差異，且除蠟前處理是否完全，對後續保綠處理效果有相當大的影響。

由於竹材表面之蠟質層是影響藥劑處理效果成敗之重要因素，所以過去所習知之竹青保綠處理工程，必須先進行第一段除蠟前處理，再進行第二段保綠藥劑處理，以使保綠藥劑能確實與竹材反應。此種二段式保綠處理工程（圖3），會增加竹青保綠處理的繁雜性，也會增加加工及成本上的負擔。而所使用之竹青保綠藥劑係水溶性含砷及鉻之複合鹽類，包括鉻化砷酸銅鹽（chromated copper arsenate, CCA）（如保力定K-33

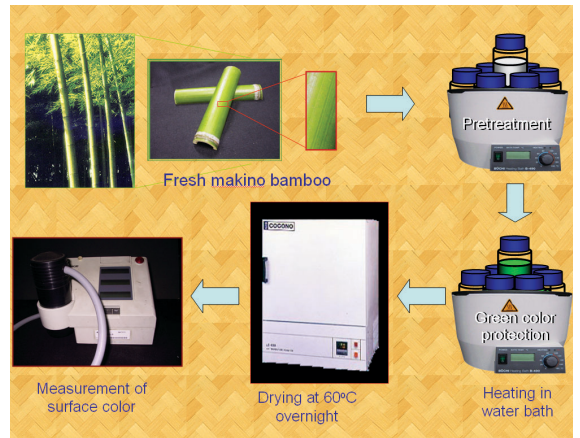


圖3 傳統表綠處理製造流程。

等）、鉻銅磷酸鹽（chromated copper phosphate, CCP）及鉻磷酸鹽（chromated phosphate, CP）等無機鹽類，藥劑配方中含有較高毒性之砷或鉻，對人畜健康及環境均有不良之影響。

截至目前為止，與竹青保綠相關的研究大多專注於孟宗竹（*Phyllostachys pubescens* Mazel）與麻竹（*Dendrocalamus latiflorus* Munro），兩者均已成功開發出竹青保綠技術，並在綠色堅牢度方面亦有良好的成效，然而對於本土高經濟竹種-桂竹（*Phyllostachys makinoi* Hayata）保綠的相關研究卻不多，僅知過去所開發的保綠藥劑對桂竹的保綠效果均不佳。台灣的桂竹，材質堅韌、抗彎強度大，可供做建築、家具及編織工藝品，用途極廣，因此，桂竹竹青綠色保留之藥劑與處理方法實為一值得研究的方向。

筆者等人先前曾嘗試開發桂竹適用的水溶性保綠藥劑與處理方法，先探討鹼性藥劑前處理對桂竹竹青性質之影響，再進一步評



估各種保綠藥劑種類及濃度對保綠效果之影響。試驗結果顯示：桂竹經適當鹼性藥劑前處理後，對試材表面的顏色影響不大，且可除去試材表面白色蠟狀薄膜，改善試材表面的濕潤性，故有助於後續各種保綠藥劑之反應性。比較八種水溶性藥劑，包括：鉻磷酸鹽、銅磷酸鹽 (copper phosphate；簡稱：CuP)、硝酸鎳 (nickel nitrate)、硫酸銅 (cupric sulphate)、氯化銅 (cupric chloride)、硫酸鎳 (nickel sulphate)、醋酸鎳 (nickel acetate) 與醋酸銅 (cupric acetate) 等之保綠處理效果，以4% 硫酸銅於60°C下處理 3小時，可獲得較佳之綠色效果。

三、醇溶性桂竹竹青保綠藥劑與處理方法

為了改善過去竹青保綠處理之缺點，因而重新思考如何處理方可有效地達到竹青保綠的效果，因此，乃提出「溶劑型」竹青保綠藥劑的構思，主要係將可溶於有機溶劑之銅鹽類化合物配製成醇溶性竹青保綠藥劑溶液。並利用有機溶劑具有溶解蠟的特性而直接將竹材表面蠟質層溶解，因此僅需單一步驟之處理程序即能有效的去除蠟質層，且使保綠藥劑直接與竹材反應，進而使竹材呈現均勻綠色之外觀。此類型保綠藥劑不含鉻或砷等毒性物質，且是一種能有效降低成本及簡化加工程序之竹青保綠處理方法。

桂竹 (*Phyllostachys makinoi* Hayata) 竹青保綠技術在竹材市場極具開發潛能，若能將「溶劑型」保綠藥劑之各項特點成功地

使用在竹青保綠上，必定能提高桂竹竹材之實用價值。筆者選用氯化銅、硝酸銅 (cupric nitrate)、醋酸銅及硫酸銅等銅鹽類化合物，以適當之醇類溶劑調配成特定濃度之藥液，再利用各種條件 (不同濃度、不同時間等) 進行處理，並進一步分析保綠試材之表面特性。

竹皮表面顏色之測定，採用微電腦色差計 (Micro color meter, Dr. Lange Co.) 測定，將前述經竹青保綠藥劑處理後之竹材直接置於測試窗上，以測取X、Y、Z三刺激值 (tristimulus values)，並依國際照明委員會 CIE LAB色彩體系 (圖4) 計算出L*、a*、b*等數值。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度高；a*值乃是代表紅綠色之指標，a*值越大即越驅向紅色，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。

為比較不同之銅鹽類化合物及藥劑濃度對桂竹竹青保綠效果之影響，以氯化銅、硫酸銅、醋酸銅或硝酸銅等藥劑溶於醇類溶劑中，且分別配製成2%及4%二種濃度之醇溶性竹青保綠藥劑溶液，然後將砍伐後之桂竹分別浸漬於此八種藥劑溶液中，以水浴方式於60°C下處理2小時。經加熱處理後之竹材以清水清洗，將附著於竹材上之藥劑溶液去除。之後，置於60°C烘箱中使其乾燥。最後，以色差計測量保綠處理後之桂竹竹青表

面顏色之變化，結果如表1所示。桂竹分別以2%氯化銅、2%硫酸銅、2%醋酸銅或2%硝酸銅之醇溶性藥劑處理後，所得顏色參數中的a*（紅綠值）分別為-9.4、-4.0、-5.7及-6.6，L*值（明暗值）分別為50.3、61.4、57.7及58.4。由此顯示，桂竹經此四種醇溶性竹青保綠藥劑處理後，僅以2%氯化銅及2%硝酸銅處理所得的綠色效果較生材顏色更為亮綠。

由此可知，提高此四種保綠藥劑的濃度

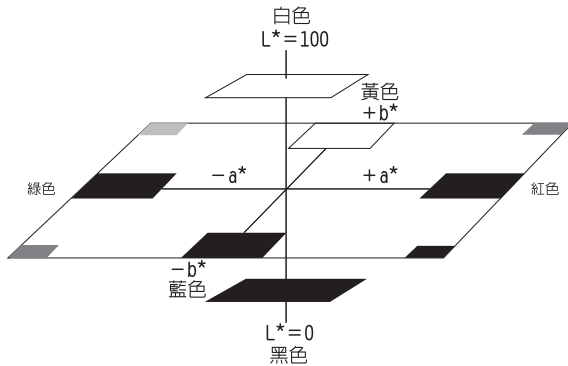


圖4 國際照明委員會CIE LAB 色彩體系。

表1 桂竹經竹青保綠藥劑處理後之表面顏色

處理方式	CIE LAB		
	L*	a*	b*
生 材（未處理）	36.0	-5.7	19.6
2% 氯化銅處理材	50.3	-9.4	27.6
	4%	44.9	-5.1
2% 硫酸銅處理材	61.4	-4.0	37.6
	4%	63.1	-2.5
2% 醋酸銅處理材	57.7	-5.7	26.7
	4%	58.0	-4.7
2% 硝酸銅處理材	58.4	-6.6	29.1
	4%	51.1	-4.9

註：1.竹青保綠藥劑以醇類溶劑配製。
2.處理條件：水浴60°C下加熱2小時。

對桂竹表面之保綠效果並無正面幫助，反而使a*值增大（即綠色效果變差），如：桂竹經過2% 硝酸銅處理後之a*值為 -6.6，而當濃度提高為4%時，所呈現之a*值為 -4.9，顯示綠色效果反而稍差。因此，綜合試驗結果顯示：試材經由較低濃度的醇溶性保綠藥劑處理所得之保綠效果較高濃度處理所得之效果為佳，其中以2%氯化銅之醇溶性竹青保綠藥劑處理可獲得最佳之保綠效果（圖5）。

由前述試驗結果得知，以2%氯化銅處理可獲得較佳的桂竹竹青保綠效果，接著探討以常溫浸漬處理最理想的反應時間。試驗時，將桂竹以2%氯化銅藥劑溶液分別處理0.5、1、2及4天，以清水將附著於竹材上之藥劑溶液及雜質去除，乾燥後再使用色差計測量處理後竹材表面顏色之變化。

表2為桂竹分別經2%氯化銅之醇溶性保綠藥劑處理0.5、1、2及4天之結果，竹材表面顏色參數中的a*值分別為-6.3、-14.4、-12.4及-12.9，表示不同的常溫浸漬時間皆較未處理材（a*值為-5.7）有較佳之綠色外觀，其中，浸漬1天後就可獲得良好的保綠效

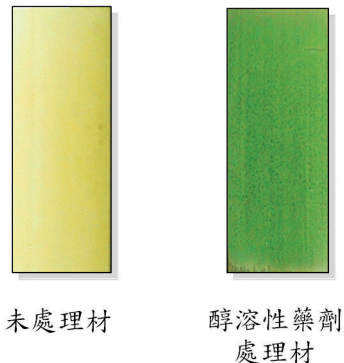


圖5 醇溶性藥劑處理桂竹與未處理材之比較。



果；至於L*值方面，則分別為56.8、54.8、57.6及55.0，顯示均比未處理材（L*值為36.0）有較為明亮的翠綠顏色。由此得知，在不加熱的狀況下，直接將竹材常溫浸漬於此類型竹青保綠藥劑中，亦能使醇溶性竹青保綠藥劑與竹材進行反應，惟所需之反應時間較長。

保綠工程採用常溫浸漬的方式來進行處理雖能獲得良好的保綠效果，也能節省不少加工設備所需的成本，但若從工廠生產效能的角度來看，此類型保綠工程並不符合大量生產的需求。因此，為了能夠有效縮短保綠處理所需的時間，並獲得較大的生產效能，於是進一步評估2%氯化銅醇類藥劑溶液在60℃下不同處理時間對桂竹保綠效果之影響。由圖6的結果得知，處理時間為0.5、1及2小時的試材，其a*值分別為-0.4、-6.5及-9.4，表示初期處理時間增長，試材表面之綠色效果愈佳，其中，以2小時時所獲得之a*值（-9.4）最小，表示所呈現之綠色效果最佳，

表2 桂竹以保綠藥劑於室溫下處理不同時間後之竹青保綠效果

處理時間 (天)	CIE LAB		
	L*	a*	b*
生材 (未處理)	36.0	-5.7	19.6
0.5	56.8	-6.3	23.4
1	54.8	-14.4	29.1
2	57.6	-12.4	25.9
4	55.0	-12.9	29.7

註：1.竹青保綠藥劑為氯化銅，以醇類溶劑配製成2% (w/w) 濃度之溶液。
2.處理條件：室溫下（25℃）浸漬。

但當處理時間延長為4或6小時，a*值反而分別增大為-8.1和-6.7，由此顯示綠色效果不但未改善，反而變差，綜合試驗結果得知，以60℃加熱處理2小時所獲得的保綠效果最佳。

由於竹材表面特性除了會直接影響到本身的強度性質外，亦會影響此製品的塗裝性，如竹材表面的矽質細胞除了可提高竹材表面細胞免遭環境或外力之侵擾與破壞外，亦可間接提升竹材本身的力學性質。因此，便進一步利用掃描式電子顯微鏡（SEM）及掃描式電子顯微鏡—能量散射分析儀（SEM-EDAX）觀察分析2%氯化銅處理後桂竹試材表面結構與矽質細胞之分佈情形，結果如圖7所示，由圖中可以發現，桂竹經醇溶性保綠藥劑處理後，可以有效地去除竹材表面的蠟質薄膜，故可改善竹材表面的塗裝性；此外，比較生材與保綠處理材二者表面的矽質細胞分佈情形，發現僅有稍微的減少，由此可推測此類型的桂竹保綠製品對竹材本身的

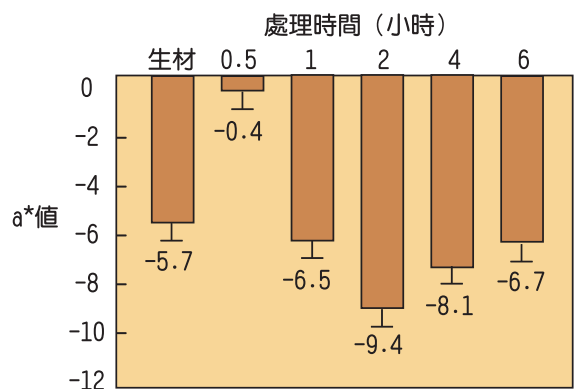


圖6 不同加熱處理時間對桂竹竹青保綠效果之影響。

註：1.竹青保綠藥劑為氯化銅，以醇類溶劑配製成2% (w/w) 濃度之溶液。
2.處理條件：60℃下水浴加熱處理。

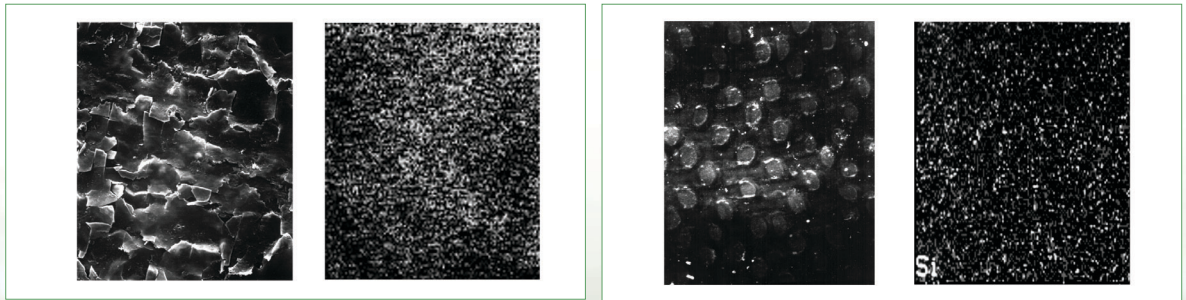
物理性質影響並不明顯。

三、結語

過去的竹青保綠處理均使用水溶性保綠藥劑，需要二階段處理程序才能完成，過程繁雜，加工及成本負擔重；先前使用之桂竹水溶性保綠處理雖能長久保綠，但成效仍未臻完美。現階段研發之醇溶性竹青保綠藥劑與處理方法，除了可獲得卓越的綠色效果及表面光澤外，另一特徵為有效地保留竹材表面的矽質細胞，其含量與生材並無明顯的差異。保留竹材表面之矽質小蓋，除了可有效

抵抗外在物理、化學及生物因子之傷害外，亦可提高竹材強度及製品之耐久性。至於所使用的溶劑，亦可藉由回收的方式，有效達到再利用及降低成本的原則。此處理方法不但能省去鹼性藥劑前處理的步驟，同時使竹材保綠工程簡化為單一程序，因此，若能將醇溶性保綠藥劑應用於其它經濟竹種，勢必有利於竹材保綠工程之商業化，並提升竹製品之價值與應用領域。🌱

參考文獻（請逕洽作者）



桂竹生材（未處理）

2% 氯化銅保綠處理材

圖7 桂竹經2%氯化銅之醇溶性藥劑處理後之表面SEM及SEM-EDAX分析之矽元素分佈圖（500倍）。

註：處理條件：於60°C下水浴加熱2小時。

（圖片 / 作者提供）