



公開  
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070404e101

## 行政院農業委員會林務局110年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 戶外用國產材防腐增值技術開發與耐久性的改善(2/2) (第2年/全程2年)  
(英文名稱) Development of value-added preservation technique and improvement of durability for domestic wood used outdoors (2/2)

計畫編號： 110農科-7.4.4-務-e1(1)

全程計畫期間： 自 109年1月1日 至 110年12月31日

本年計畫期間： 自 110年1月1日 至 110年12月31日

計畫主持人： 卓志隆

研究人員： 羅盛峰、張敏玲、許碧娟、蕭呈芳、蔡宜蓓、邱奕仁、曾冠語

執行機關： 國立宜蘭大學



1101621



## 一、執行成果中文摘要：

1. 開發台灣杉、光蠟樹及桂竹之戶外耐久性使用之K4及K5等級防腐處理材之製程技術。
2. 研發針狀刺縫、橫向壓縮等二種可有效促進木竹材防腐藥劑滲透性之條件與技術。
3. 評估防腐藥劑在不同使用階段之有效成分與化學性質的變化並配合不同木材空隙率，作為防腐藥劑注入量設計與藥劑品質之管理。
4. 比較三種國產木竹材經不同前處理與與未處理木材經防腐注入處理後之尺寸變化性、藥劑滲透度與吸收量、強度性能及戶外曝露耐候性能。

## 二、執行成果英文摘要：

1. Developments of technological process for producing durable k4 and k5 graded preservative treated Taiwania, Taiwan ash, and makino bamboo used outdoors.
2. Developments of two effective preservation methods for improving the permeability of woods through incising and transversal compression process.
3. Evaluations on the variations of effective ingredients and chemical properties of preservatives during the processing stages for the quality control purpose. The predicted retentions of preservative treated wood could be estimated from the porosity according to the density and moisture content of wood.
5. Comparisons on the dimensional changes, penetration and retention of preservatives, mechanical strength, and weathering properties between treated and control samples.

## 三、計畫目的：

1. 開發台灣杉、光蠟樹及桂竹之戶外耐久性使用之K4及K5等級防腐處理材之製程技術。
2. 研發針狀刺縫、橫向壓縮等二種可有效促進木竹材防腐藥劑滲透性之條件與技術。
3. 評估防腐藥劑在不同使用階段之有效成分與化學性質的變化並配合不同木材空隙率，作為防腐藥劑注入量設計與藥劑品質之管理。
4. 比較三種國產木竹材經不同前處理與與未處理木材經防腐注入處理後之尺寸變化性、藥劑滲透度與吸收量、強度性能及戶外曝露耐候性能。

## 四、重要工作項目及實施方法：

### (一)試驗材料

包括竹東事業區第7林班46年生柳杉(*Cryptomeria japonica*)、台灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)來自關山事業區第5林班40年生林木，光蠟樹(*Fraxinus griffithii*)來自花蓮地區私有林30年生林木及竹山地區三年生以上之桂竹(*Phyllostachys makinoi*)。三種木材之原木經製材公司裁切、乾燥及4面刨削作業後製備為試驗材料，人工乾燥後之平均含水率約為22%。木材試材斷面尺寸為5 cm x 5 cm；材長50 cm；竹桿長度為60 cm。防腐處理前，試材含水率調整至19%左右。每種試驗條件之樣本重複數為6個。防腐藥劑種類為銅烷基銨化合物(ACQ-BKC type)與銅唑化合物(CuAz)二種國內常用的環保型藥劑防腐藥劑。ACQ藥劑注入濃度包括6%、9%、12%與15%共四種；CuAz濃度包括6%、9%、12%與 15%共四種。

### (二)試驗方法

柳杉、台灣杉、光蠟樹進行針狀機械刺縫、橫向壓縮處理；桂竹利用稀鹼液先進行竹材表面處理，去除竹青側蠟質；另針對已實施稀鹼液處理之桂竹，比較竹節橫隔節貫通、9 mm小型穿孔與未處理間之防腐藥劑吸收量差異性。



1101621



## 1. 針狀機械刺縫處理

分別針對蒸煮處理後試材，分別利用針狀之平板鋼針治具（如圖1）進行刺縫處理，刺縫密度分為三種，包括每平方公尺10000個，刺縫深度為10 mm；每平方公尺20000個，刺縫深度為7.5 mm；每平方公尺30000個，刺縫深度為5.0 mm，試材四面皆有刺縫處理。針狀刺縫處理為將針狀刺縫金屬板固定在熱壓機下側鐵板上，熱壓機上側放置試材並將其固定後，將熱壓機閉合後使試材產生不同密度與不同深度的針狀刺縫。刺縫後利用抽吸裝置抽吸試材所產生之木屑。

## 2. 橫向壓縮處理

試材含水率調整至30%左右後，壓縮率設定為5%、10%及15%三種，以間歇性壓縮處理方式處理，每次壓縮間歇時間 10 S，重複到預定之壓縮率後解壓。

## 3. 減壓加壓方式之防腐處理方法

試材置入加壓防腐槽內(如圖2)進行減壓加壓注入法防腐處理，防腐處理程序為前真空(-660 mmHg, 60 mins)、加壓注入(壓力14kg/cm<sup>2</sup>, 加壓時間120 mins)、後真空(-660 mmHg, 30 mins)。每支試材於處理前及處理後均秤重，依下列公式計算藥劑注入量及有效成分估計吸收量。

注入量= 注入處理後試材質量-注入處理前試材質量/注入處理前試材體積 (kg/m<sup>3</sup>)

有效成分推估吸收量(kg/m<sup>3</sup>)=注入量 x 防腐藥劑濃度x防腐藥劑有效成份比例

### 1. 防腐藥劑滲透度與吸收量之測定

#### (1) 防腐藥劑滲透度測定

依CNS14730(2016)「防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法」規範之切斷方式，由試材中央部分材切試片進行檢驗，試片需保留試材原始寬度與厚度，且材長5 mm以上，試片首先距離各邊1 cm與1.5 cm 處畫線(如圖3)，作為相關危害分級滲透面積測定用。以銅離子顯色劑噴灑於試片橫切面進行顯色，待完全濕潤後，測定區域內呈色部分之面積總和，作為試材之滲透面積，滲透面積透過影像處理軟體Image J 進行計算。另針對每平方公尺10000個，刺縫深度為10 mm之防腐處理試材，測定距材面4.5 mm與8.0 mm處經徑切面與弦切面之顯色結果，探討針狀刺縫處防腐藥劑之縱向、徑向與弦向滲透長度；每平方公尺20000個，刺縫深度為7.5 mm與每平方公尺30000個，刺縫深度為5.0 mm之防腐處理試材則分別於距材面3.0 mm與5.0 mm處及距材面2.0 mm與3.0 mm處進行相同的測定，如圖4所示。

為了解桂竹的防腐藥劑滲透性，針對對照組與經稀鹼液處理之防腐處理試材，進行竹青側與竹簧側表面、距表面0.5 mm與1 mm處之顯色測定，探討藥劑的滲透路徑，如圖5所示。

#### (2) 防腐藥劑吸收量測定

以推估吸收量與吸收量基準相除求出比值，比值達到 0.5 者，方進行實際吸收量檢測。防腐藥劑吸收量測定於試材中央處附近，依CNS14730(2016)「防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法」規範之切斷方式，切取由材面起向內至10 mm深度之試材適量，經磨粉(30-40 mesh篩網)後，以螢光X射線法；或再經消化處理，以感應耦合漿原子放射光譜儀(ICP-OES)分析後，搭配試材絕乾密度資料，計算ACQ氧化銅(CuO)及CuAz中銅(Cu)藥劑實際吸收量 (kg/m<sup>3</sup>)。

利用高效能液相層析法(HPLC)定量試料中CuAz之鐵布可啞之含量。試藥之調製依下列規定。

(a) 鐵布可啞溶液：秤取 0.125 g 鐵布可啞(純度為 90 % 以上，且純度已知者)，精確至 0.1 mg，置入 100 mL 定量瓶中，先溶解於 50 mL 甲醇，再加入甲醇至標線。

(b) 甲醇。

(c) 碳酸銨溶液(0.5 %, wt %)：秤取 5 g 的碳酸銨[(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]，精確至1 mg，置入 1,000 mL 的圓底燒瓶中，加水(高效能液相層析儀用)至標線。





高效能液相層析儀之分析條件如表1，以 C18 管柱(250 × 4.6 mm)之高效液相層析儀進行定量，試驗之流動相如表2所示，流動相 A 為乙腈(Acetonitrile)及流動相 B 為碳酸氫水溶液(0.5 wt%)，流速為 1 mL/min。步驟依下列規定。

(a)將試料置於(103 ± 2) °C烘箱內，乾燥至恆量，秤其量，精確至1 mg，依下列公式求出試料之絕乾密度。將試料再予以粉碎，使粒徑在 589 μm 以下，從粉碎之試料粉中秤取約0.5 g，精確至1 mg，置入燒瓶中，加入10 mL 甲醇溶液，以超音波震盪儀震盪3 hr。將震盪液過濾入25 mL定量瓶中，加甲醇至標線，作為試驗溶液。

(b)取1 mL試驗溶液，使用材質為乙酸纖維素製、孔徑為 0.45 μm 之微孔濾膜過濾之。

(c)取20 μL之濾液注入高效能液相層析分析儀，求出鐵布可啞之波峰面積，從檢量線求出鐵布可啞之含量。

(d)檢量線製作：以甲醇溶液，依次將鐵布可啞溶液調製成10 μg/ mL~500 μg/ mL 之濃度。以孔徑為 0.45 μm之微孔濾膜過濾之，取20 μL之濾液注入高效能液相層析分析儀，繪製鐵布可啞濃度與波峰面積之關係線，求得檢量線。

依下列公式計算試料中鐵布可啞之含量。

$$T_{\sigma} = c \times d10^4$$

式中， $T_{\sigma}$ ：試料中鐵布可啞之含量( kg/ m<sup>3</sup>)

$c$ ：試料中鐵布可啞之濃度( μg/ mL)

$d$ ：試料之絕乾密度( kg/ m<sup>3</sup>)

## 6. 性能評估

### (1) 物理性能

分別依據CNS 451「木材密度試驗法」及CNS 452「木材含水率試驗法」測定氣乾與絕乾密度及含水率，並計算各含水狀態時之木材空隙率。依CNS 459「木材尺度收縮率試驗法」測定試材從氣乾到絕乾狀態之弦向與徑向收縮率及平均收縮率。桂竹試材測定從氣乾到絕乾狀態之徑向收縮率及平均收縮率。

### (2) 力學性能

柳杉、台灣杉、光蠟樹試材置於20 °C，相對溼度65%之恆溫恆濕箱調濕至恆重後，分別依據CNS 453「木材抗壓試驗法」及CNS 454「木材抗彎試驗法」測定試體之縱向抗壓強度、抗彎強度(MOR)及抗彎彈性模數(MOE)，並與未處理材比較，評估經不同前處理的防腐處理材的強度變化率。桂竹試材以竹桿型態進行中央集中載重之抗彎強度試驗，試材長度為400 mm，跨距為360 mm，抗彎強度及抗彎彈性模數計算公式(馬子斌，1964)如下：

$$MOR(MPa) = PL/4Z, Z = \pi(D^4 - d^4)/30D$$

$$MOE(MPa) = PL/6ytD^3$$

P：最大載重(N)，

L：跨距(mm)，

D：竹桿平均外徑(mm)，

d：竹桿平均內徑(mm)，

P：比例限度範圍內上限載重與下限載重之差值(N)，

y：P相對應之撓曲變形量(mm)，

t：竹桿桿壁厚度(mm)。

### (3) 戶外暴露試驗

於國立宜蘭大學生物資源學院實驗林場苗圃設置戶外暴露試驗場，以評估防腐處理材之經時性質變化。暴露試驗架設於開闊處且為45°面向南向以充分反應陽光可能對木材造成之劣化效應，共設置12座暴露試驗架供本研究用。

防腐處理試材開始暴露試驗後不定期取樣進行表面顏色與抗彎性能測定，顏色測定以DR LANGE公司所製造之Micro Color II型主機，測頭為CIE D<sub>65</sub>標準光源，入射角為10°，測定孔徑20





mm，測頭放於欲測定之測試點上進行 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值測定， $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 為國際照明協會（CIE）所制訂之色彩體系： $L^*$ 代表明度值，0為黑（暗）、100為白（亮）； $a^*$ 代表紅綠軸顏色值，正值為紅、負值為綠； $b^*$ 代表黃藍軸顏色值，正值為黃、負值為藍。每片試材以寬度之中線為基準，顏色測定位置分別為長度方向的1/4、1/2、3/4處，比較曝露前、後試材的顏色，並計算色差值 $\Delta E^*$ ，如下列公式：

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

$\Delta L^*$ ：處理前與處理後 $L^*$ 值的差值。

$\Delta a^*$ ：處理前與處理後 $a^*$ 值的差值。

$\Delta b^*$ ：處理前與處理後 $b^*$ 值的差值。

抗彎性能試材取樣後，置於20°C，相對溼度65%之恆溫恆濕箱調濕至恆重後，依據CNS 454「木材抗彎試驗法」測定抗彎強度(MOR)及抗彎彈性模數(MOE)。

## 6. 成本效益評估

本計畫於110年度期末報告時，依機械設備折舊、物料費用、能源消耗、人力費用、維修保養費用、後乾燥費用等評估各研發4種防腐處理木材及2種竹材之生產成本，並與目前K4與K5等級防腐處理材市場價格進行成本效益評估。

## 五、結果與討論：

### （一）防腐前處理

#### 1. 針狀機械刺縫處理

圖6為柳杉試材經10,000個/m<sup>2</sup>、20,000個/m<sup>2</sup>、10,000個/m<sup>2</sup>針狀機械刺縫處理後之外觀，整體而言針狀機械刺縫對於木材外觀影響極輕微。

#### 1. 橫向壓縮處理

圖7 為柳杉、台灣杉及光蠟樹試材(5x5x50 cm)經橫向壓縮率5%、10%及15%壓縮處理後，解壓縮後試材之密度平均增加率約為0.25%、0.80%及1.5%，隨著橫向壓縮率增加，試材密度會成比例地增加，三個樹種間差異不大。橫向壓縮率5%、10%及15%時之密度增加率不是同時為5%、10%及15%的原因係因壓縮過程木材中自由水被擠壓出來，造成質量的減低，另外因木材波松比效應，與壓縮方向之尺寸會增加等原因所造成的。本研究木材含水率調整約為30%在進行橫向壓縮的原因為避免閉塞壁孔使自由水無法順利向外排出，造成木材內部壓力增大使得木材組織產生巨視的破壞。Navi and Girardet (2000)建議在140°C高壓蒸汽下橫向壓縮木材時，木材含水率應在13%以下，以防止因壓力太大產生破壞之風險。

### （二）防腐處理材推估吸收量

為計算防腐處理材推估吸收量，依CNS 14495「木材防腐劑」(2015)規定方法測定ACQ-BKC Type之有效成分含量結果為16.4%，其中以CuO計之銅化合物為59%；N-烷基苯甲基二甲基氯化銨(BKC)為41%。CuAz有效成分含量為12.29%，其中以Cu計之銅化合物佔96%；鐵布可唑佔4%。表3為經10,000個/m<sup>2</sup>、20,000個/m<sup>2</sup>、30,000個/m<sup>2</sup>針狀刺縫處理後柳杉、台灣杉及光蠟樹試材，經減壓加壓防腐處理之6%、9%、12%及15% ACQ-BKC Type藥劑與6%、9%、12%及15%CuAz防腐藥劑有效成分之推估吸收量與差異性分析結果，隨著注入之防腐藥劑濃度增加，依處理前後質量差及防腐藥劑有效成份比例推估之吸收量亦隨之增加，圖8為光蠟樹對照組試材防腐藥劑注入濃度與平均推估吸收量之直線迴歸關係，相關方程式與決定係數如表4所示，決定係數幾乎都達0.99。柳杉以6% ACQ處理之推估吸收量可達CNS 3000「加壓防腐處理木材」總吸收量基準（如表5）之K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可達K5基準。柳杉以6%與9% CuAz處理之推估吸收量可達K4基準；12%與15%CuAz處理者達K5基準。台灣杉以6% ACQ處理之推估吸收量可達K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可達K5基準。台灣杉對





照組試材以6%及9% CuAz處理之推估吸收量僅達K3基準，針狀刺縫處理試材以9%CuAZ者則可達K4基準；以12% CuAz處理者達K4基準；以15% CuAz處理之試材須經針狀刺縫處理後才能達到K5基準，此結果顯示CuAz較不容易注入到台灣杉木材內。光蠟樹以6% ACQ處理之推估吸收量可達K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可達K5基準。光蠟樹針狀刺縫處理試材以6%與9% CuAz處理之推估吸收量可達K4基準；12%與15%CuAz處理者達K5基準。三種木材對照組試材與經針狀刺縫處理後試材有適當的滲透性，整體而言，大部分針狀刺縫處理試材之防腐藥劑推估吸收量與對照組間不具有顯著之差異性，可能與本研究使用試材尺寸較大，不易控制試材有一致的含水率、密度等有關，造成除了針狀刺縫因素外，含水率與密度也會影響到防腐藥劑的注入量。

表6為經5%、10%、15%橫向壓縮處理後柳杉、台灣杉及光蠟樹試材，經減壓加壓防腐處理之6%、9%、12%及15% ACQ-BKC Type藥劑與6%、9%、12%及15%CuAz防腐藥劑有效成分之推估吸收量與差異性分析結果。柳杉以6% ACQ處理之推估吸收量可達CNS 3000「加壓防腐處理木材」總吸收量基準（如表5）之K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可達K5基準。柳杉以6% CuAz處理之推估吸收量可達K3基準；以9% CuAz處理者達K4基準；以12%與15%CuAz處理者達K5基準。台灣杉以6% ACQ處理之推估吸收量可達K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可

達K5基準。台灣杉對照組試材以6%及9% CuAz處理之推估吸收量僅達K3基準，10%與15%壓縮率試材以9%CuAZ者則可達K4基準；以12% CuAz處理者達K4基準；以15% CuAz處理之試材須經10%與15%壓縮率處理後才能達到K5基準，此結果顯示CuAz較不容易注入到台灣杉木材內。光蠟樹以6% ACQ處理之推估吸收量可達K3基準；9%與12%ACQ處理者達K4基準；15%ACQ處理者可達K5基準。光蠟樹橫向壓縮處理試材以6%與9% CuAz處理之推估吸收量幾乎皆可達K4基準；12%與15%CuAz處理者達K5基準。三種木材對照組試材與經橫向壓縮處理後試材有適當的滲透性，整體而言，大部分橫向壓縮處理試材之防腐藥劑推估吸收量與對照組間不具有顯著之差異性，可能與本研究使用試材尺寸較大，不易控制試材有一致的含水率、密度等有關，造成除了針狀刺縫因素外，含水率與密度也會影響到防腐藥劑的注入量。建議可採用10,000個/m<sup>2</sup>，刺縫深度10mm，此深度正好是CNS3000要求之深度。

表7、8、9分別為柳杉、台灣山杉及光蠟樹防腐處理材推估吸收量之多元變異數分析結果之顯著性p值，顯示密度、含水率、橫向壓縮處理、刺縫處理對推估吸收量之影響以密度較有顯著影響。

### （三）防腐處理材理論吸收量與推估吸收量

為使木竹材保存業者可依木竹材含水率及比重等基本性質，透過下列公式計算空隙率（C），並與使用之防腐藥劑濃度與各有效成份比例建立理論與推估防腐藥劑吸收量之關係，作為產業界進行符合各不同樹種或竹種危害分級防腐處理藥劑濃度設定之依據。

$$C(\%)=[1-r_u/r_H+U\rho_s]\times 100,$$

理論吸收量(kg/m<sup>3</sup>)=空隙率×1,000×防腐藥劑濃度×防腐藥劑有效成分比例

式中r<sub>u</sub>為含水率u%時之試驗比重；r<sub>H</sub>為真比重，以1.5計算；U為含水率；ρ<sub>s</sub>為結合水比重，以1.15計）。依柳杉、台灣杉及光蠟樹對照組之試材密度與含水率計算之理論藥劑吸收量與推估藥劑吸收量進行線性迴歸分析結果，分別如圖9、10、11所示，柳杉、台灣杉及光蠟樹試材兩者間之決定係數R<sup>2</sup>分別為0.76、0.71、0.89，顯示以理論吸收量皆能可靠地預測防腐處理後的推估吸收量。柳杉與台灣杉理論吸收量較注入推估吸收量大的之原因，可能因閉塞壁孔與心材成分阻塞重緣壁孔，無法將藥劑順利滲透到木材的所有空隙內。

### （四）防腐藥劑滲透度





本計畫將不同種類的防腐藥劑以不同有效吸收量濃度基準進行滲透性試驗後，依據 CNS 3000 「加壓注入防腐處理木材」中的「處理材K4與K5危害分級之滲透度基準」進行評估。一般加工廠在進行滲透性的顯色面積判定時，大多還是使用目視的主觀判定，結果會因人而有顯著差異，透過影像分析可判定防腐藥劑的顯色區域，進而計算出其面積與滲透度，其結果會較為公正客觀。本研究應用Image J影像處理系統進行滲透度之計算，首先輸入試片橫斷面顯色影像，再將此彩色影像轉換為黑白兩色的二值影像（binary image），如圖12所示。再依據 CNS 3000 「加壓注入防腐處理木材」中的規定由軟體計算10 mm外層區域內之顯色面積並進一步計算其滲透度。圖13、14、15分別為柳杉、台灣杉及光蠟樹以30,000點/m<sup>2</sup>刺縫處理試材，經不同濃度ACQ與CuAz防腐處理後，於近材長中央處切取試片，以銅離子顯色劑噴灑於試片橫切面進行顯色之結果，依Image J影像處理系統計算之平均滲透度結果如表10、表11、表12、表13。

柳杉、台灣杉及光蠟樹對照組、刺縫處理與壓縮處理試材經不同濃度ACQ與CuAz防腐處理後邊材之平均滲透度均為100%。表10三種木材對照組、刺縫處理試材經不同濃度ACQ防腐處理材中，由心材由材面至規定深度之滲透度皆符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準。表11三種木材對照組、壓縮處理試材經不同濃度ACQ防腐處理材中，由心材由材面至規定深度之滲透度，除5%壓縮率試材經ACQ9%與12%處理後之滲透度分別為73.9%與77.7%外，其餘皆符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準。結果顯示ACQ防腐藥劑對這三種木材皆有良好滲透性。

表12三種木材對照組、刺縫處理試材經不同濃度CuAz防腐處理材中，由心材之材面至規定深度之滲透度結果，柳杉對照組試材要在12%與15%較高藥劑濃度處理下才能符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準，台灣杉對照組防腐處理材皆無法符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準，這兩種針葉樹木材經刺縫處理後的心材滲透度顯著提升，絕大部分試材皆符合K4與K5的要求，顯示刺縫處理確實可促進防腐藥劑的滲透性。

表13三種木材對照組、壓縮處理試材經不同濃度CuAz防腐處理材中，由心材之材面至規定深度之滲透度結果，柳杉對照組試材只有12%藥劑濃度處理下才能符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準，台灣杉對照組防腐處理材皆無法符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準，這兩種針葉樹木材經壓縮處理後的心材滲透度雖有提升，但效果不如刺縫處理顯著。光蠟樹對照組、壓縮處理試材之心材經CuAZ處理後皆符合K4與K5滲透度的要求，顯示CuAZ對光蠟樹木材有良好的滲透性，但對柳杉與台灣杉的滲透性較差。整體之CuAz防腐藥劑對柳杉滲透性較ACQ差，可能因ACQ中氨成分對木材膨潤性較大，使得其較CuAz有較高的滲透度。Tarmian等

（2020）指出銨基或胺基系防腐劑，如ACQ及ACZA因具有溶解抽出物且處理過程可加熱之特性，其藥劑滲透性較CCA，ACC及CU-8等效果佳。微米化銅系防腐劑（如MCQ）對於不易注入的木材，無法如可溶性銅系防腐劑（如ACQ）可深入或均勻地被注入到木材內，因此不適用於難於防腐處理木材之加壓處理。Momohara等（2009）探討直徑18 cm，材長2 m之柳杉原木經天然氣乾後以 CuAz 藥劑採減壓加壓注入法之試材邊材滲透度皆達100%，但人工乾燥者則有部分邊材滲透度無法達到 JIS 9002規定之80%標準。Craciun 等人(2011)研究結果顯示，處理材顯色面積並無法完全代表吸收量大小，僅只能表示防腐藥劑滲透的深度，其有效成分的含量仍然需要經過檢測方可得知。黃志煜等人(2008)比較國內市售 CuAz 與 ACQ 木材防腐劑處理之南方松與國外進口防腐材在品質上的差異，在藥劑滲透方面結果顯示 由於南方松板材的邊材率高，因此不論國內、外南方松防腐材的邊材滲透度均達 100%防腐劑吸收量，心材則由於木材的不均質性，造成木材防腐藥劑分布與各分段吸收量不均勻。不論是何種防腐藥劑，其對木材的保護效果，與此藥劑是否能均勻分布，並穩定存在木材內部相關。

#### 1. 刺縫處防腐藥劑之滲透長度

為了解防腐藥劑注入至木材針狀刺縫處理位置後之三方向（縱向、徑向及弦向）滲透長度，作為針狀刺縫間隔距離之評估用。針對每平方公尺10000個，刺縫深度為10 mm之防腐處理試材，測定距材面4.5 mm與8.0 mm處防腐藥劑之縱向、徑向與弦向滲透長度；每平方公尺20000個，刺縫深度為7.5 mm與每平方公尺30000個，刺縫深度為5.0 mm之防腐處理試材則分別於距材面





3.0 mm與5.0 mm處及距材面2.0 mm與3.0 mm處進行相同的測定。圖16至圖18為柳杉、台灣杉及光蠟樹木材在三種刺縫密度下，距離不同材面位置之徑切面CuAz防腐藥劑顯色結果，可看出三種木材沿縱向皆有良好連續性的藥劑滲透分佈，台灣杉在10000孔/m<sup>2</sup>與20000孔/m<sup>2</sup>刺縫下，沿徑向部分有局部區域沒有防腐藥劑滲透。整體離針狀刺縫處之徑向距離愈遠，所顯色的顏色有愈淡的結果，可能與藥劑的含量有關。圖19為柳杉、台灣杉及光蠟樹木材在10000孔/m<sup>2</sup>刺縫密度下，距離不同材面位置之弦切面CuAz防腐藥劑顯色結果，可看出三種木材沿縱向一樣有良好連續性的藥劑滲透分佈，但針葉樹沿弦向部分有許多區域沒有防腐藥劑滲透，特別是接觸到晚材的部分，可能與晚材重緣壁孔數量較少有關。

表14為三種木材在不同刺縫密度下，徑切面與弦切面試材距離材面不同位置處ACQ與CuAz藥劑之縱向滲透長度測定結果，顯示各種藥劑濃度下，從刺縫孔注入之藥劑皆可沿縱向有效的滲透。表15為三種木材在不同刺縫密度下，徑切面試材距離材面不同位置處ACQ與CuAz藥劑之徑向滲透長度測定結果，顯示台灣杉在距材面較遠之刺縫孔注入之藥劑沿徑向的滲透較差，柳杉與光蠟樹木材的徑向滲透度良好。表16為三種木材在不同刺縫密度下，弦切面試材距離材面不同位置處ACQ與CuAz藥劑之弦向滲透長度測定結果，顯示台灣杉在距材面較遠之刺縫孔注入之藥劑沿弦向的滲透較差，許多位置多沒有藥劑的注入，柳杉與光蠟樹木材的弦向滲透度稍佳，整體三種木材弦向的藥劑滲透性較徑向低。

#### 1. 桂竹防腐藥劑滲透路徑

圖20為對照組與經稀鹼液處理之防腐處理試材，從竹青側與竹簧側表面、距表面0.5 mm與1 mm處之ACQ 15%防腐藥劑顯色結果，明顯可比較出經稀鹼液處理桂竹有較大範圍的藥劑由組織較鬆散之竹簧側注入，藥劑沿桂竹縱向組織滲透，含竹節時，首先沿竹節進行橫向注入再進行縱向的滲透。圖21為對照組與經稀鹼液處理之防腐處理試材，從竹青側與竹簧側表面、距表面0.5 mm與1 mm處之CuAz 15%防腐藥劑顯色結果，藥劑滲透路徑與ACQ相似。

### (五) 防腐藥劑吸收量

#### 1. 柳杉、台灣杉及光蠟樹有效成分吸收量

由於三種木材防腐藥劑推估吸收量達K4危害分級吸收量基準之0.5，因此進行實際吸收量的檢測。柳杉、台灣杉及光蠟樹試材依螢光X射線法(XRF)測定之ACQ中CuO含量結果分別如表17至表19所示。CuAz中鐵布可唑(Azole)含量測定結果分別如表20至表22所示。

經10,000點/m<sup>2</sup>、20,000點/m<sup>2</sup>、10,000點/m<sup>2</sup>針狀刺縫處理後之柳杉與光蠟樹試材，經減壓加壓防腐處理之6%、9%、12%及15% ACQ藥劑有效成分之平均吸收量整體雖較對照組試材稍微增加，但絕大部分各處理間不具有顯著差異性。但以6%、12%及15% ACQ藥劑有效成分之CuO吸收量與對照組試材間具有顯著差異性，即刺縫處理對台灣杉有較顯著的改善效果。經5%、10%、15%壓縮處理後之柳杉、台灣杉與光蠟樹防腐處理試材之藥劑有效成分之平均吸收量整體雖較對照組試材稍微增加，但大部分處理間不具有顯著差異性，顯示本計畫所採用的壓縮處理方法對防腐藥劑注入改善效果不顯著。光蠟樹木材不論是對照組或經刺縫處理及壓縮處理試材以6% ACQ處理後之CuO有效成分即可達到K4等級之防腐品質，以15%濃度處理者皆可達到K5等級之防腐品質。柳杉不論是對照組或經刺縫處理及壓縮處理試材以6% ACQ處理後之CuO有效成分接近K4等級之防腐品質，9%與12%處理者可達K4等級之防腐品質，以15%濃度處理刺縫處理與壓縮處理試材大多可達到K5等級之防腐品質。台灣杉不論是對照組或經刺縫處理及壓縮處理試材以6% ACQ處理後之CuO有效成分只能達到K3等級之防腐品質，9%與12%處理者可達K4等級之防腐品質，以15%濃度處理者，只有少數刺縫處理試材可達到K5等級之防腐品質。三種木材中以光蠟樹木材的CuO吸收量最高，台灣杉最低。表23、24、25分別為柳杉、台灣杉及光蠟樹防腐處理材ACQ與CuAz有效成分吸收量之密度與前處理方式之二元變異數分析結果之顯著性p 值，顯示刺縫處理對防腐藥劑有效成分吸收量有顯著的，特別是對台灣杉的影響。

為能更精確瞭解不同處理方法下，三種木材應採用ACQ與CuAz藥劑濃度達到相關 K4及K5 等級之CuO與Cu有效成分之基準，進行藥劑濃度與三種木材吸收量的線性回歸分析，圖22為ACQ濃度





與光蠟樹刺縫處理試材之CuO吸收量線性關係，依此關係計算光蠟樹刺縫處理試材欲達到K4與K5等級之ACQ濃度分別為4.3%與12.4%，三種木材應採用ACQ與CuAz藥劑濃度達到K4及K5 等級之有效成分之分析結果如表26。

圖23為 三種木材CuAz 防腐處理材之Cu與Azole之比值，台灣杉為22.3，與藥劑比值24非常接近，顯示兩種成分同時滲透進入台灣杉木材內，但柳杉及光蠟樹則明顯比24大很多，顯示Azole 可能較無法滲透入這兩種木材。

## 2. 桂竹防腐藥劑推估吸收量與有效成分吸收量

表27為桂竹表面經稀鹼液處理後與對照組之防腐藥劑推估吸收量比較，桂竹對照組試材以6%與9%ACQ處理之推估吸收量可達CNS 3000「加壓防腐處理木材」總吸收量基準（如表5）之K2基準；12%與15%ACQ處理者符合K3基準。桂竹以6% CuAz處理之推估吸收量只達K1基準；9% CuAz處理者只達K2基準；12%與15%CuAz處理者達K3基準，顯示ACQ較CuAz容易注入至桂竹中。經稀鹼液處理桂竹之防腐藥劑推估吸收量顯著較未處理者高，不論何種藥劑或濃度，大約增加一倍的吸收量，以6%及9% ACQ或CuAz處理之推估吸收量可達K3基準；12%與15%ACQ或CuAz處理者達K4基準，顯示稀鹼液可移除竹材表面會防礙藥劑注入之物質，提高藥劑的注入量與滲透性。由於桂竹試材試驗密度接近1000 kg/m<sup>3</sup>，相對空隙率較低，造成其防腐藥劑注入量較柳杉、台灣杉與光蠟樹試材低。

表28為桂竹節間橫隔孔處理方式對防腐藥劑吸收量之變異數分析結果，不論是節間橫隔板被貫通或鑽9 mm小孔後進行防腐藥劑注入之推估吸收量與對照組間不具有顯著性差異，可能與防腐藥劑主要經由縱向組織與竹節滲透至竹材內部有關。

具有導管且填充體少的光蠟樹的防腐藥劑吸收量明顯較針葉樹木材高，竹材因竹青側有臘質阻礙藥劑注入且無橫向輸導組織，防腐藥劑吸收量較木材低。

表29為桂竹經稀鹼液處理與對照組ACQ與CuAz防腐處理試材經XRF分析之比較，兩者在大部分處理濃度下有顯著差異性，經稀鹼液處理之CuO吸收量約為對照組的2倍，經稀鹼液處理之Cu吸收量約為對照組的1.5倍。依CNS 3000「加壓防腐處理木材」ACQ中CuO有效成分吸收量基準，對照組試材在6%與9%ACQ濃度處理下，只達到K2的品質基準，12%與15%處理後也只達到K3等級，顯示單桿竹之桂竹的防腐藥劑的注入性能不好，經稀鹼液處理後可顯著提升其防腐等級，6%與9%ACQ濃度處理下，可提升一個等級達到K3的品質基準，12%與15%處理後也可達到K4等級。表30與表31為桂竹節間橫隔孔處理方式對防腐藥劑銅化合物吸收量之變異數分析結果，不論是節間橫隔板被貫通或鑽9 mm小孔後進行防腐藥劑注入之銅化合物吸收量與對照組間不具有顯著性差異，因此建議桂竹防腐處理時，不需要針對竹節橫隔板進行處理。

## 3. 不同前處理對防腐藥劑吸收量的改善效果

因不同刺縫處理、壓縮處理後，以不同ACQ與CuAz濃度進行減壓加壓處理後之各處理組試材間之有效成分吸收量，因含水率與密度等諸多的變異性影響，使得各種處理間不具有顯著差異，因此將各防腐藥劑濃度處理的不同刺縫處理與壓縮處理試材防腐藥劑有效成分銅化合物吸收量平均結果如表32與表33，進一步以防腐藥劑吸收量增加率(%)=[(處理組吸收量-對照組吸收量)/對照組吸收量x100]，如表34與表35。整體而言，柳杉、台灣杉及光蠟樹木材經刺縫處理後對ACQ與 CuAz防腐藥劑滲透性改善效果較壓縮處理效果為佳，尤其是壓縮處理對滲透性良好的光蠟樹木材還會造成吸收量減低的情形；刺縫處理對於滲透性較不好的台灣杉之防腐藥劑的注入性有較高的改善效果。就處理方法的改善效果與加工製程的易達成性，刺縫處理比較有機會被產業界採用，具有實務應用價值。

## 4. 推估吸收量與有效成分吸收量之關係

為使木竹材保存業者可依防腐前後質量差所計算的推估吸收量，可進而有效推估防腐藥劑有效成分吸收量，作為產業界進行各不同樹種或竹種危害分級品質評估之依據，本研究建立柳杉、台灣杉及光蠟樹木材ACQ防腐藥劑推估吸收量與螢光X分析法測定氧化銅吸收量的直線迴歸關係，如圖24至圖26，柳杉ACQ CuO吸收量=0.516x推估吸收量+0.7184，R<sup>2</sup>=0.87；台灣杉ACQ





CuO吸收量=0.5038x推估吸收量+0.5214,  $R^2=0.83$ ; 光蠟樹ACQ CuO吸收量=0.6992x推估吸收量+0.8147,  $R^2=0.97$ , 顯示柳杉、台灣杉及光蠟樹防腐處理材ACQ推估吸收量可有效預測其有效成分CuO的實際吸收量。

### 5. 螢光X分析法與ICP分析法的比較

為究明依CNS14730「防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法」規範之螢光X分析法與ICP分析法測定的含銅化合物含量是否具有顯著差異, 利用直線迴歸分析螢光X分析法與ICP分析法所測定ACQ防腐處理材中氧化銅吸收量的關係, 如圖27, 兩者間有高度的相關性, 決定係數為0.86。ICP分析法所測定結果較螢光X分析法所測定結果高約2.5%, 差異性很低, 亦顯示本研究所測定含量的準確性。就分析過程的時效性比較, 螢光X分析法具有優勢。

### 6. 防腐廠製程能力指標

為透過本研究得到之推估吸收量, 利用統計的科學方法了解防腐處理工廠生產各種危害等級之製程能力, 相關統計製程管制方法常使用來評估製程能力的指標有 $C_p$ 、 $C_{pk}$ 及 $C_{pm}$ ,  $C_p$ 指標為當製程平均值等於規格中心時, 被用以說明一個製程符合規格之能力;  $C_{pk}$ 指標為當製程平均值不位於規格中心時, 以產品良率計算製程能力的技術;  $C_{pm}$ 指標是以損失率計算製程能力的技術。本研究以 $C_{pk}$ 指標進行評估,  $C_{pk}$ 值愈高表示製程能力愈好, 製程穩定下的產出不良率愈低, 當製程穩定時, 了解製程符合品質規格之能力, 可做為製程改善之依據。依據Young等(2019)提出之 $C_{pk}$ 的計算方式說明如下:

$$Cpk = \min(\mu - LSL, USL - \mu) / 3(mR_{avg} / d_2)$$

其中 $\mu$ 為平均值; LSL與USL分別為品質規格的下限值與上限值;  $mR_{avg}$ 為移動差距(moving range)平均值;  $d_2$ 為依子群樣本數(subgroup size)估計族群標準差之係數, 移動差距( $mR$ )為兩相鄰樣本觀察值之差異絕對值。

為探討ACQ與CuAz不同藥劑濃度處理材可達到的危害分級種類, 作為產業界生產防腐處理材之參考, 依CNS 3000「加壓防腐處理木材」總吸收量基準(如表5)。本研究採用單邊下限品質規格計算 $C_{pk}$ 值, 如ACQ防腐處理材品質規格設定為K3時, LSL為 $2.6 \text{ kg/m}^3$ 。依CNS14730「防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法」採用切斷方式取樣支數規定, 1,000支以下之試樣支數為2支, 故 $C_{pk}$ 計算之每批量生產之防腐處理材抽樣檢查支數設定為2支, 相關之 $d_2$ 係數值為1.128, 依此計算柳杉、台灣杉、光蠟樹與桂竹在不同處理條件、不同藥劑與濃度下之製程生產出各設定危害等級之 $C_{pk}$ 值與符合各等級品質規格的合格機率結果分別如表36至表39所示, 由機率值可以進行製程改善之探討, 如9% ACQ在本研究製程下, 生產合格柳杉對照組防腐處理材機率为70.4%, 製程能力不佳, 可以增加減壓或加壓時間; 或提高處理液溫度; 或透過刺縫前處理等改善製程, 降低變異性, 提升品質。表40至表43為柳杉、台灣杉、光蠟樹與桂竹在不同處理條件、不同藥劑與濃度下之製程可確保生產出符合各危害等級之防腐處理材。Young等(2020)收集3年間防腐處理材吸收量並分析生產UC3B、UC4A與UC4B的製程能力, 結果顯示其相關不合格率分別1.57%、2.55%與6.63%。Tarmian等(2020)指出木材防腐處理性會受木材本身條件、使用防腐劑的極性、黏度、表面張力與製程處理方法等之影響而有很大的變異性, 無法如金屬等均質材料之加工製程之 $C_{pk}$ 值經常要求在1.33以上。

#### (六) 防腐處理材之平均收縮率比較

依CNS 459「木材尺度收縮率試驗法」進行試驗, 徑向與弦向收縮率試體之生長輪傾斜角在 $10^\circ$ 以下。試體在 $20^\circ\text{C}$ , 相對濕度65%環境下, 調濕至恆重後, 量測弦向與徑向基準線長度, 隨即放入 $103^\circ\text{C}$ 烘箱中, 乾燥至恆重, 再量測弦向與徑向基準線長度, 由尺寸變化率與含水率計算各試體之平均收縮率。附錄表1至附錄表6分別為柳杉、台灣杉及光蠟樹木材對照組與經針狀刺縫處理、壓縮處理後, 經6%、9%、12%及15% ACQ-BKC Type藥劑與CuAz藥劑, 透過減壓加壓防腐處理後之弦向與徑向收縮率與平均收縮率統計結果。





光蠟樹對照組與防腐處理試材之平均收縮率略大於柳杉與台灣杉試材。不同藥劑濃度下，柳杉、台灣杉及光蠟樹防腐處理材各處理間收縮率與平均收縮率差異不明顯，經壓縮處理之防腐處理材的弦向平均收縮率平均較未防腐處理者高，可能因密度較大的原因。不同藥劑濃度下，柳杉、台灣杉及光蠟樹防腐處理材各處理間平均收縮率差異不明顯。表44為桂竹經稀鹼液處理與對照組防腐處理試材之徑向平均收縮率比較，兩者間在各處理濃度下皆不具有顯著差異性，但經CuAz處理之試材平均收率較ACQ處理者高。

王健霖(2013)研究指出柳杉以6%濃度氰糊、磷酸、硼酸之複合型防腐藥劑處理後之體積膨脹率較對照組平均低2.95%。王松永等(2006)研究指出柳杉經ACQ防腐處理後，其防腐處理組與對照組相較之下，有效吸收量達CNS3000中K2、K3、K4級條件藥劑吸收量之試體弦向平均收縮率有減少的趨勢，徑向收縮率則有增大之趨勢。

### (七) 防腐處理材力學性質

柳杉、台灣杉及光蠟樹防腐處理試體依CNS 453「木材抗壓試驗法」與CNS454「木材抗彎試驗法」進行試驗，試體在20℃，相對濕度65%環境下，調濕至恆重後，進行強度試驗，計算其破壞強度。附表7至附表12為對照組與經針狀刺縫處理及壓縮處理後試材，經6%、9%、12%及15% ACQ-BKC Type藥劑與CuAz藥劑，透過減壓加壓防腐處理後之縱向抗壓強度統計與差異性分析結果。不同藥劑濃度下，防腐處理材各處理間之縱向抗壓強度間大部分不具有顯著差異性。光蠟樹試材縱向抗壓強度最高，約50-60 MPa，依序為柳杉約35-45 MPa，台灣杉為28-35 MPa。王松永等(2006)研究指出ACQ防腐處理後，台灣杉縱向抗壓強度會顯著減低，柳杉則只有K4處理組之抗壓強度會顯著降低，杉木各處理組之抗壓強度不具顯著差異性。Forest Product Society (2010) 出版之Wood Handbook指出依AWPA規範處理之水溶性防腐藥劑處理材之縱向抗壓強度與對照組間不具有差異性或稍微增加。

附表13至附表18分別為對照組與經針狀刺縫處理、壓縮處理後柳杉、台灣杉及光蠟樹試材，經6%、9%、12%及15% ACQ-BKC Type藥劑與CuAz藥劑，透過減壓加壓防腐處理後之抗彎強度統計與差異性分析結果。不同藥劑濃度下，三種防腐處理材經刺縫處理與壓縮處理各處理組間之抗彎強度不具有顯著差異性。光蠟樹試材抗彎強度最高，約90-100 MPa，依序為柳杉約50-60 MPa，台灣杉為40-55 MPa。Forest Product Society (2010) 出版之Wood Handbook指出依AWPA規範處理之水溶性防腐藥劑處理材之抗彎強度較對照組減少20-30%，MOE會減少5-15%。王松永等(2006)研究指出ACQ防腐處理後柳杉MOR變化不顯著。蔡明哲等(2008)探討ACQ防腐處理對柳杉、杉木、台灣杉物理與機械性質之影響，結果顯示台灣杉隨著ACQ藥劑吸收量之增加，其K2級之比抗彎彈性模數(MOE/SG值)會顯著降低，並與K3和K4具有顯著差異性；但柳杉和杉木其比抗彎彈性模數(MOE/SG值)則隨著ACQ藥劑吸收量之增加，彼此間亦無顯著之相關性。有關於CCA防腐劑注入會導致強度下降的結果，係因CCA等酸性藥劑其pH值與親和性會對木材強度產生影響，在酸性條件下，因氫離子之接觸易使碳水化合物中產生水解反應，導致聚戊醣降解，減低纖維素鏈間之接合強度；此外CCA藥劑成分CrO<sub>3</sub>在固著時，會由六價鉻還原成三價鉻，同時使木材成分氧化，造成纖維素降解等關係(Kass, 1970)，因而導致防腐處理材之抗彎強度較未處理材低。

表45為桂竹經稀鹼液處理與對照組防腐處理試材之抗彎強度比較，兩者間除在ACQ 6%處理後有顯著差異外，其他各處理濃度下皆不具有顯著差異性。表46為桂竹經稀鹼液處理與對照組防腐處理試材之抗彎彈性模數比較，兩者間各處理濃度下皆不具有顯著差異性，但在各處理濃度下，經稀鹼液處理試材之平均彈性模數較對照組高。圖28為桂竹抗彎彈性模數與抗彎強度之線性回歸關係，具有高度相關性。圖29為竹桿稈壁厚度與抗彎強度之關係，隨厚度增加，抗彎強度有降低的趨勢。

### (八) 防腐處理材暴露試驗

#### 1. 防腐處理材抗彎強度變化

黑色心材柳杉、紅色心材柳杉及大葉桃花心木對照組、冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理試材，經4%、6%、8%及12% ACQ-BKC Type藥劑與3%、5%及7%CuAz藥劑，透過減壓加壓防腐處理





後，置於國立宜蘭大學實驗林場木材暴露試驗架9個月後，每種條件各取出3個樣本並製作為抗彎試驗用試體，在20℃，相對濕度65%環境下，調濕至恆重後，進行中央集中載重之抗彎強度試驗，計算其抗彎破壞強度，並分析對照組、冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理之防腐處理材暴露前後之抗彎強度變化率，圖30為黑色心材柳杉各處理條件防腐處理材暴露9個月後之抗彎強度變化率結果，大部分防腐處理試材之抗彎強度皆增加，不考慮防腐藥劑種類與使用之濃度下，整體對照組、冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理組織抗彎強度變化率分別為-0.1%、15.9%、2.7%、5.7%，如表47所示。圖31為紅色心材柳杉各處理條件防腐處理材暴露9個月後之抗彎強度變化率結果，約半數防腐處理試材之抗彎強度會增加，半數防腐處理試材會降低，不考慮防腐藥劑種類與使用之濃度下，整體對照組、冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理組織抗彎強度變化率分別為-0.4%、3.0%、-14.3%、1.2%，如表29所示。圖32為大葉桃花心木各處理條件防腐處理材暴露9個月後之抗彎強度變化率結果，絕大部分防腐處理試材之抗彎強度會明顯降低，不考慮防腐藥劑種類與使用之濃度下，整體對照組、冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理組織抗彎強度變化率分別為-20.7%、-19.9%、-19.0%、-8.1%，如表29所示，可能因大葉桃花心木滲透性差，防腐藥劑吸收量非常低的關係。林莉純（2010）研究油脂木、南方松及西部鐵杉防腐木橫擔暴露試驗後的動彈性模數減低率範圍在 4~20%左右。防腐處理材表面顏色經時變化試驗

木材利用於戶外空間時，若外層沒有保護措施，則木材表面顏色很容易因日光照射與雨水淋溶發生改變，多數時候木材表面顏色會變灰。為了解防腐處理材實際使用後的顏色穩定度而進行戶外暴露試驗。於開始暴露後，每3個月取出試材，測定暴露面之顏色，至目前為止共取樣3次。測定位置分別為長度方向的1/4、1/2、3/4處，比較鋪露前、後試材的顏色，並計算色差值 $\Delta E^*$ 。隨暴露時間增長，色差值逐漸增加，圖33至圖35分別為黑色心材柳杉、紅色心材柳杉及大葉桃花心木冷凍處理、刺縫處理、微波照射處理防腐材在不同曝露時間之色差值變化，柳杉防腐處理材的顏色變化較大葉桃花心木緩和許多，可能與防腐藥劑注入量有關。

### (九) 成本效益評估

本計畫於110年度期末報告時，依機械設備成本、物料費用、能源消耗、人力費用、維修保養費用、後乾燥費用等評估針狀刺縫處理柳杉、台灣杉與光蠟樹防腐處理木材及經稀鹼液處理孟宗竹於桂竹之生產成本，並與目前K4與K5等級防腐處理材市場價格進行成本效益評估。

#### 1. 機械設備成本

包含機械折舊費用、年利息支出、年稅額支出、年保險支出等四項。

##### 1. 折舊費用(採直線法)

$$D=P-S/N$$

D: 折舊費用(元/年)

P: 機械購置成本(元)

S: 機械殘值(元)(一般為購置成本之10%至25%)

N: 機械使用壽命(年)

本計畫採用之防腐處理設備包含直徑1800 mm，長度12 m之防腐處理槽一座（含進出料設備），每次可處理之木材材積為10.5 m<sup>3</sup>；全程長之孟宗竹與桂竹分別為120支與300支，防腐處理槽設備購置費用500萬元，使用壽命為30年。10馬力真空幫浦與5馬力加壓幫浦組購置費用為100萬元，使用壽命為15年。10000點/m<sup>2</sup>針狀刺縫機購置費用為100萬元，使用壽命為15年。平均防腐處理木材每日生產量為21 m<sup>3</sup>；孟宗竹240支，桂竹600支。機械殘值已購置成本10%計，每年作業天數以250天計。依此計算之單位防腐處理木材與竹材之機械折舊費用如表48。

##### 1. 平均年投資額(Average annual investment, AAI)

$$AAI=(P-S)/(N+1)+S/N$$

1. 年稅額支出=AAI×稅率。

2. 年利息支出=AAI×利率





3. 年保險支出=AAI×保險費率

4. 機械成本=折舊費用+利息+稅金+保險費 機械年使用時間 (元/hr)

資本利息年利息依台灣銀行公告之1.07%計，機械保險費率以3%計，生產性之重型機械目前沒有使用之繳稅規定，故以0%計，相關機械成本分析如表49。

## 2. 物料費用

柳杉、台灣杉與光蠟樹乾燥四面刨製材品及經稀鹼液處理孟宗竹與桂竹的單價如表50。ACQ-BKC藥劑與CuAz藥劑原液每公斤費用為51.6元與83.6元，依柳杉、台灣杉與光蠟樹刺縫木材欲達到K4等級之ACQ濃度分別為6.3%、7.2%與4.3%；欲達到K5等級之ACQ濃度分別為15.0%、15.6%與12.4%。經稀鹼液處理之孟宗竹與桂竹欲達到K3等級之ACQ濃度為6%，欲達到K4等級之ACQ濃度為12%。防腐處理槽體積為30.715 m<sup>3</sup>，各不同濃度ACQ密度約1000 kg/m<sup>3</sup>，故防腐處理槽完全充滿不同濃度ACQ藥劑之質量約30715 kg，換算6.3%ACQ所需要之原液為1935 kg，藥劑費用為99,846元，估計每立方公尺注入量為450 kg，每次防腐處理製材品材積10.5 m<sup>3</sup>注入到木材之6%濃度防腐劑量約4,725 kg，估計藥劑可回收使用次數為6次(30,715/4,725=6.5)，故每立方公尺刺縫木材之藥劑費用為99846/10.5/6=1585(元/m<sup>3</sup>)，換算每才費用為4.4元。相關要達到K4與K5等級之ACQ藥劑費用分析結果如表51。

## 3. 能源成本

每次防腐處理槽以10馬力真空幫浦進行前真空0.5 h與後真空0.5 h及5馬力加壓幫浦加壓2 h所需之電力費用約600元，即防腐木材每才的能源成本為0.16元(600/10.5/360=0.16)；孟宗竹每支的能源成本為2.5元(600/240=2.5)；桂竹每支的能源成本為1元(600/600=1)。

## 4. 維修保養費用

維修保養費用包括機械維修費用、零件更換費用，以機械成本的10%計算，換算為防腐木材每才的維修保養費用為0.0228元(0.288x10%=0.0228)；孟宗竹每支的維修保養費用為0.7202元(7.202x10%=0.7202)；桂竹每支的維修保養費用為1元(2.881x10%=0.2881)。

## 5. 後乾燥費用

防腐處理後木材需再次進行乾燥處理，木材乾燥至含水率約19%之人工窯乾費用為4元/才。木材因為中空結構，很容易達到氣乾狀態，不再進行後乾燥程序。

## 6. 人力費用

每天要完成針狀刺縫處理與減壓加壓注入防腐處理21 m<sup>3</sup>製材品或480支孟宗竹或1200支桂竹，需3名人力資源，每人每月薪水以36,300元計，年終獎金為1.5個月，換算後每人每月實際所得為40837.5元。依36,300元投保級距，機關需負擔的每人每月的勞健保與退職金合計為6879元，即每人每月的人力費用為47716.7元，合計3人之人力費用為143,149.5元。每月工時以22日計，每日人力費用為6507元，即防腐木材每才的人力費用為0.86元(6507/21/360=0.86)；孟宗竹每支的人力費用為13.6元(6507/480=13.6)；桂竹每支的人力費用為5.42元(6507/1200=5.42)。

## 7. 防腐處理成本分析

依上述機械設備成本、物料費用、能源成本、維修保養費用、後乾燥費用、人力費用評估針狀刺縫處理柳杉、台灣杉與光蠟樹防腐處理木材ACQ K4與K5等級防腐處理材及經稀鹼液處理孟宗竹於桂竹之ACQ K3與K4等級防腐處理材，在有穩定生產規模下之單位生產成本如表52與表53所示，與目前ACQ K4等級防腐處理木材每才市場價格16-20元相較，約有50%的利潤率。建議廠商提高目前所採用的處理液濃度約在8%。

## 六、結論：

- 由注入後推估藥劑吸收量與各危害分級之總吸收量基準比較結果，6% ACQ與CuAz處理木材可達K3基準，9%與12%處理者可達K4基準，15%處理者可達K5基準。
- 台灣杉較柳杉與光蠟樹之藥劑吸收量為低。尤其是CuAz較難注入至台灣杉中。





- 以密度與含水率推估之理論吸收量皆能可靠地預測防腐處理後的推估吸收量。
- 柳杉、台灣杉及光蠟樹之ACQ-BKC與CuAz防腐處理材，符合K4與K5分級要求之80%以上滲透度基準。ACQ比CuAz防腐藥劑對木材有較良好滲透性。針狀刺縫處理具有提高防腐藥劑注入量之結果。三種木材弦向的藥劑滲透性較徑向低。
- 經稀鹼液處理之桂竹防腐藥劑吸收量約為對照組的2倍。
- 依防腐前後質量差所計算的推估吸收量，可有效推估防腐藥劑有效成分吸收量，作為產業界進行各不同樹種或竹種危害分級品質評估之依據。ICP分析法所測定結果與螢光X分析法所測定結果相關程度很高。
- 柳杉、台灣杉及光蠟樹刺縫處理試材欲達到K4與K5等級之ACQ濃度分別為6.3%與15.0%；7.2%與15.6%；4.3%與12.4%。
- 以刺縫密度10,000/m<sup>2</sup>，深度10 mm之針狀機械刺縫處理具有可有效改善防腐藥劑滲透度與吸收量，建議產業界可應用本技術改善防腐處理材的品質，本計畫使用之橫向壓縮處理製程對防腐藥劑滲透度與注入吸收量的改善效果不顯著。
- 透過製程能力指標可了解防腐處理工廠生產符合各種危害等級防腐處理材之製程能力。
- 防腐處理木材各處理間之縱向抗壓強度與抗彎強度不具有顯著差異性，在各處理濃度下，經稀鹼液處理桂竹之平均彈性模數較對照組高。
- 大葉桃花心木各處理條件防腐處理材暴露9個月後之抗彎強度會明顯降低，柳杉變化較不顯著。
- 柳杉各處理條件防腐處理材暴露9個月後的表面顏色變化較大葉桃花心木緩和許多，可能與防腐藥劑注入量有關。
- 在有穩定生產規模下之單位防腐處理木材生產成本，與目前ACQ K4等級防腐處理木材每才市場價格16-20元相較，約有50%的利潤率。
- 將來有機會能與廠商合作進行實大尺寸材料防腐處理之產學合作研究。

## 七、參考文獻：

- 中華民國國家標準 CNS 451 (2013) 木材密度試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 452 (2013) 木材含水率試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 453 (2013) 木材抗壓試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 454 (2013) 木材抗彎試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 459 (2012) 木材尺度收縮率試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 3000 (2015) 加壓注入防腐處理木材。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 6717 (2011) 木材防腐劑之性能基準及其試驗法。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 14495 (2015) 木材防腐劑。經濟部標準檢驗局。
- 中華民國國家標準 CNS 14730 (2016) 防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法。經濟部標準檢驗局。
- 王松永、丁昭義 (1984) 林產學。台灣商務印書行。第 156-173 頁。
- 王松永、李長焄 (1993) 鉻化砷酸銅防腐劑處理對集成材之強度與膠合性質之影響。中華林學季刊 26(2):95-112。
- 林莉純(2010) 新型防腐處理木橫擔之性能。國立宜蘭大學森林暨自然資源學系碩士論文，68 頁。
- 馬子斌 (1964) 台灣產主要竹材之物理性質及力學性質。台灣省林業試驗所報告第106號，9 pp。
- 張上鎮、王升陽 (1995) 鉻化砷酸銅 (CCA) 在木材內之分佈與固定。林產工業14(3): 488-498。





- 黃志煜、王松永、林振榮、蔡明哲 (2008) 市售國外與國內防腐處理南方松品質之初探。林產工業 27(2): 133-140。
- 蔡明哲、王松永、林振榮、楊德新、謝耀明、林蘭東 (2008) 防腐處理對古蹟修復用新木料物理與力學性質之影響。林產工業 27(2):83-96。
- 鄭昕、曹金珍 (2008) 木材液體滲透性的改善方法。林業機械與木工設備 36 (11): 33-35。
- 謝堂州、尹華文、王守範 (1990) 防腐處理壓力與時間對柳杉防腐劑吸收量與滲透量之影響。林業試驗所研究報告季刊 5(3) :187- 192。
- 今村祐嗣 (2014) 木材の生物材料特性に基づく耐久性の向上に関する研究。Bio-control Sci. 3:109-112。
- Craciun, R., R. Moeller, J. Wittenzellner, T. Jakob, and J. Habicht (2011). A comparative study and evaluation of methodologies used for determining wood preservative penetration. The International Research Group on Wood Protection, Document No. IRG/WP 11-20475.
- DeGroot RC, and Evans J. (1999). Does more preservative mean a better product? For Prod J 49(9): 59-68.
- Garraway MO. and Evans RC. (1984). Fungal nutrition and physiology. New York: J Wiely. 401pp.
- Jellison J, Connolly J, Goodell B, Doyel B, Illman B, Fekete F, Ostrofsky A. (1997). The role of cations in the biodegradation of wood by the brown fungi. Int Biodeterior Biodegrad 39(2-3): 165-179.
- Jiang J H, H Q Ren, J X Lu, X Q Luo, Y Z Wu (2007). Influence of Ammoniacal copper quaternary treatments on mechanical properties of blue-stained Lodgepole Pine wood. Journal of Forestry research, 18(3): 213-216
- Keith C.T. and G. Chauret (1987). Anatomical studies of CCA penetration associated with conventional (tooth) and with micro (needle) incising. Wood Fiber Sci. 20(2): 197-208.
- Lebow ST, JJ Morrell, and MR Milota (1996). Western wood species treated with chromated copper arsenate : effect of moisture content. For Prod. J. 46(2) : 67-70.
- Lehringer C, K. Richter, FWMR Schwarze, and H Militz (2009). A review on Promising approaches for liquid permeability improvement in softwoods, Wood Fiber Sci. 41(4) :373-385.
- Lin, L. D., Y. F. Chen, S. Y. Wang, and M. J. Tsai (2009). Leachability, metal corrosion, and termite resistance of wood treated with copper-based preservative. International Biodeterioration & Biodegradation 63: 533-538.
- Momohara I., S. Saito, W. Ohmura, and M. Kiguchi (2007). Effect of drying method as a pretreatment on CuAz preservative impregnation in Japanese cedar logs. J wood sci. 55: 441-445.
- Navi, P. and F. Girardet (2000). Effects of thermo-hydro-mechanical processing of wood. Holzforschung 45(3):287-293.
- Porandowski J, Copper PA, Kaldas M, Ung YT. (1998). Evolution of CO<sub>2</sub> during the fixation of chromium containing wood preservatives on wood. Wood Sci Technol 32: 15-24.
- Sanders. 1980. The uptake and reduction of arsenic species by Marine algae. Environment 10: 555-567.





- Sanders JG, Riedel GF. (1987).** Control of trace element toxicity by phytoplankton. *Recent Adv Phytochem* 21: 131-149.
- Spear M., J. Holmberg, S. Nath, A. Pitman, D. Waugh, P. Mason, S. Curling, and G. Ormondroyd (2018).** Fluid flow in wood: investigation of the influence of laser incision parameters on uptake and flow paths in four wood species. *Timber*: 137-144.
- Tarmian A. , I.Z. Tajrishi, R. Oladi, and D. Efhamisisi (2020).** Treatability of wood for pressure treatment process: a literature review. *European J wood and wood Prod.* (78): 635-660.
- Watanabe U., Y. Imamura, I. Iida (1998).** Liquid penetration of precompression wood VI: anatomical characterization of pit fracture. *J Wood Sci.* 44: 158-162.
- Weis JS, Weis P. (1992a).** Transfer of contaminants from CCA-treated lumber to aquatic biota. *J Exp Mar Biol Ecol* 161: 189-199.
- Weis JS, Weis P. (1992b).** Construction materials in estuaries: reduction in the epibiotic community on chromated copper arsenate (CCA)-treated wood. *Mar Ecol Prog Series* 83: 45-53.
- Weis JS, Weis P. (1996).** Reduction in toxicity of chromated copper arsenate (CCA)-treated wood as assessed by community study. *Mar Environ Res* 41: 15-25.
- Weis P. Weis JS. (1999).** Accumulation of metals in consumers associated with chromated copper arsenate-treated wood panels. *Mar Environ Res* 48: 73-81.
- Winandy, J.E. and S. T. Lebow (1997).** Effects of ammoniacal copper citrate preservative and redrying on bending properties of two grades of southern pine 2 by 4 lumber. *Solid Wood Prod.* 47(7/8):91-99.
- Yildiz S. (2007).** Retention and penetration evaluation of some softwood species treated with copper azole. *Building Environ.* 42:2305-2310.
- Yildiz, U.C., A. Temiz, E.D. and S. Yildiz (2004).** Effects of the wood preservation on mechanical properties of yellow pine. *Building and Environment* 39 (9): 1071-1075.
- Zhao Y., Z. Wang, I. Iida, and J. Guo (2018).** Studies on pre-treatment by compression for wood impregnation I: effects of compression ratio, compression direction, compression speed and compression-unloading place on the liquid impregnation of wood. *J Wood Sci.* 64: 551-556.
- Young T.M., P. K. Lebow, S. Lebow, and A. Taylor (2020).** Statistical process control and related methods for improvement of the treated-wood industries. *For. Prod. J.* 70(2): 165-177.





圖1 平板鋼針治具與利用熱壓機進行刺縫



圖2 試材置入加壓防腐槽內



圖3 防腐劑滲透度測定區域(黃色線距邊緣1 cm，紅色線距邊緣1.5 cm)





圖4 針狀刺縫10000點/m<sup>2</sup> 防腐處理材距材面4.5 mm之徑切面與弦切面顯色結果

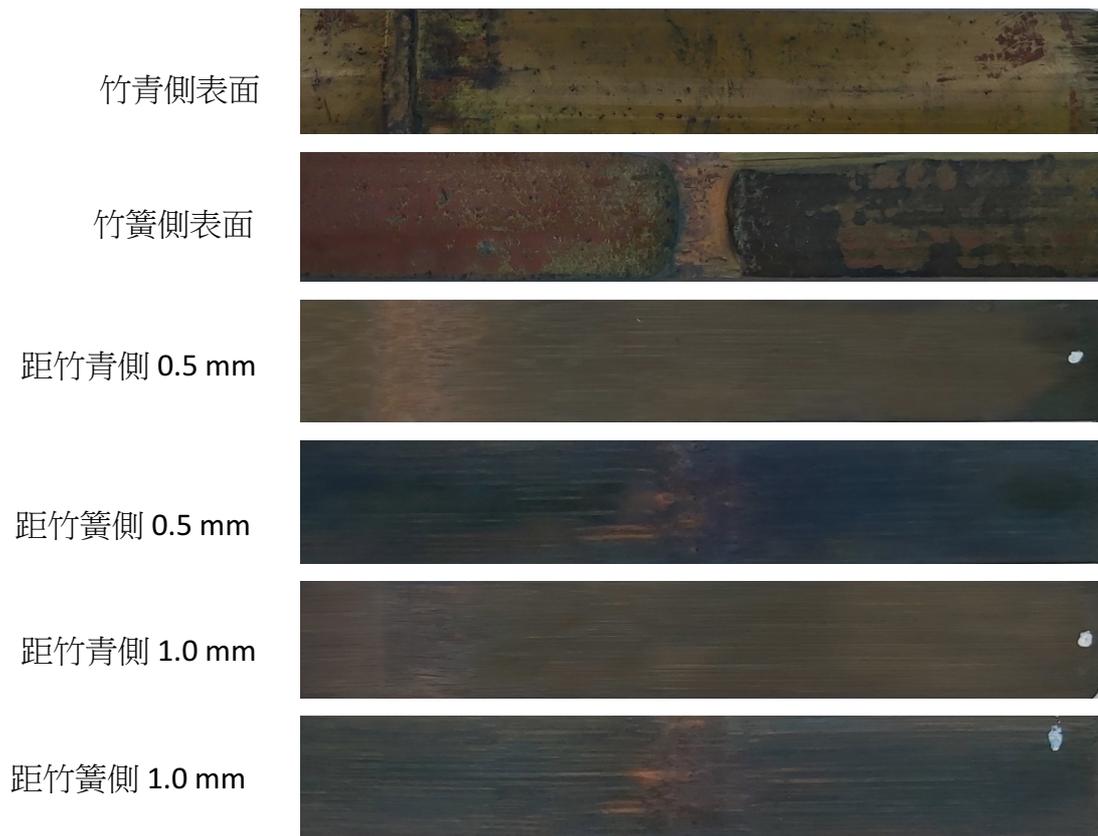


圖5 稀鹼液處理後防腐桂竹顯色結果



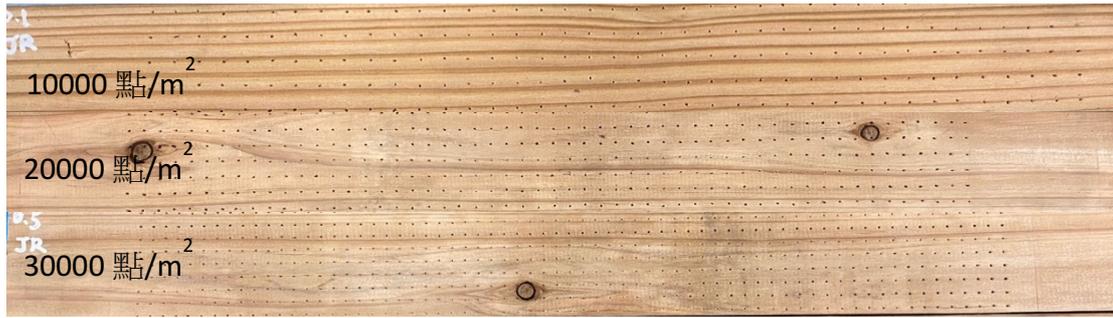


圖 6 柳杉試材三種針狀機械刺縫處理後之外觀

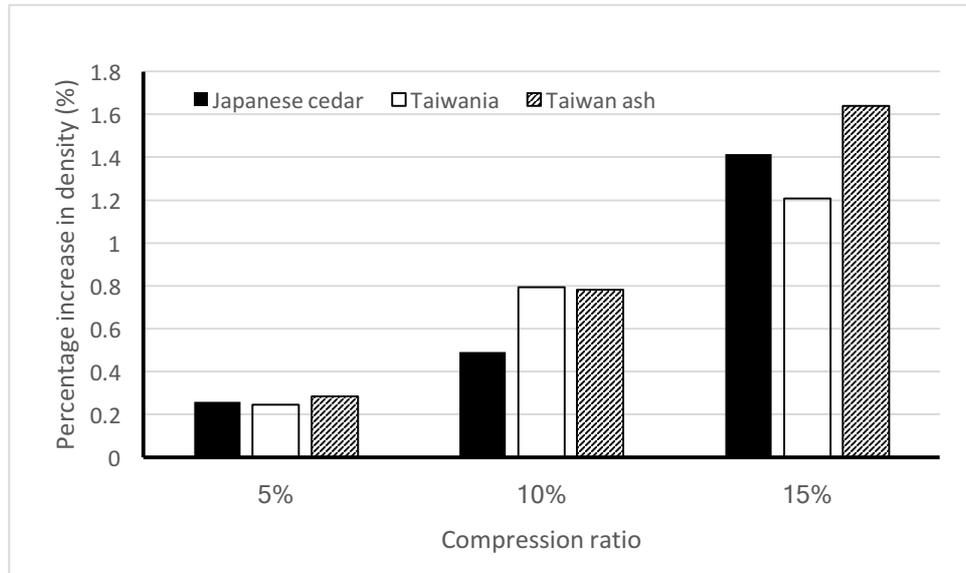


圖 7 三種木材橫向壓縮後之密度增加率

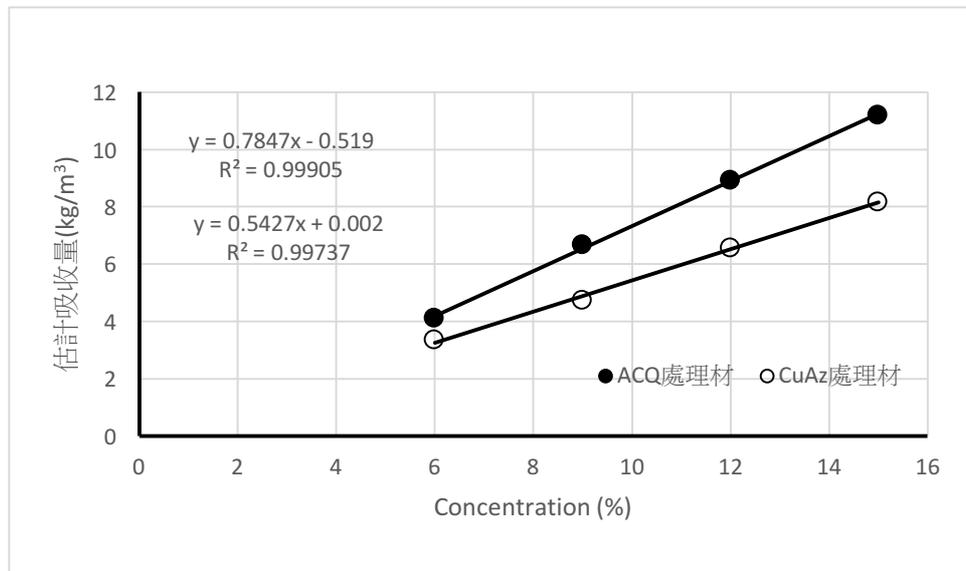


圖 8 光蠟樹防腐藥劑注入濃度與推估吸收量之直線迴歸關係



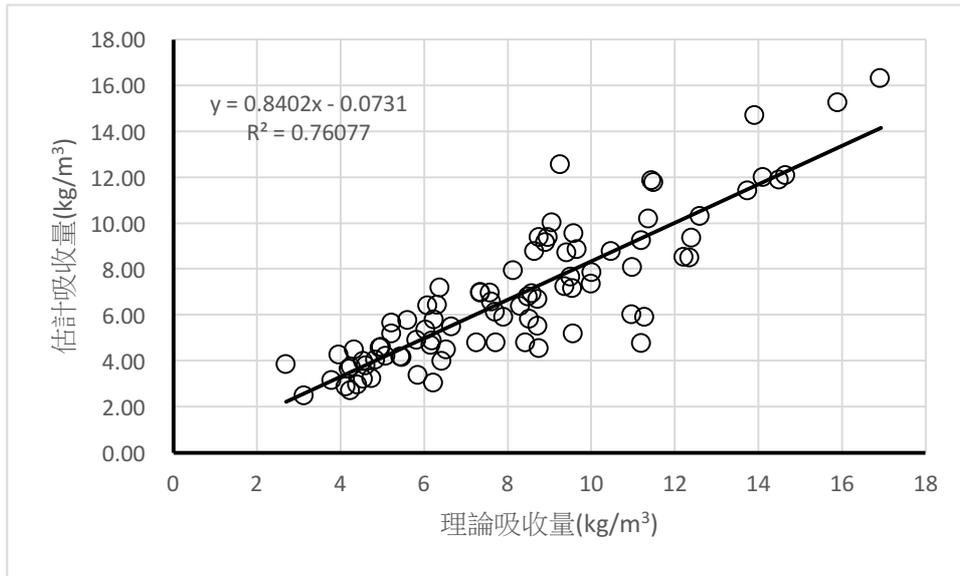


圖 9 柳杉防腐藥劑理論吸收量與推估吸收量之直線迴歸關係

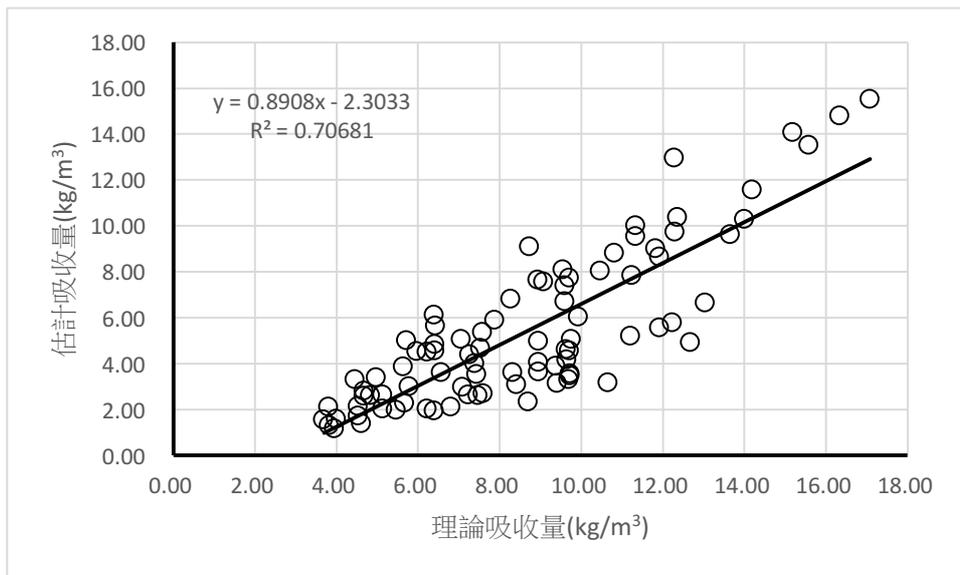


圖 10 台灣杉防腐藥劑理論吸收量與推估吸收量之直線迴



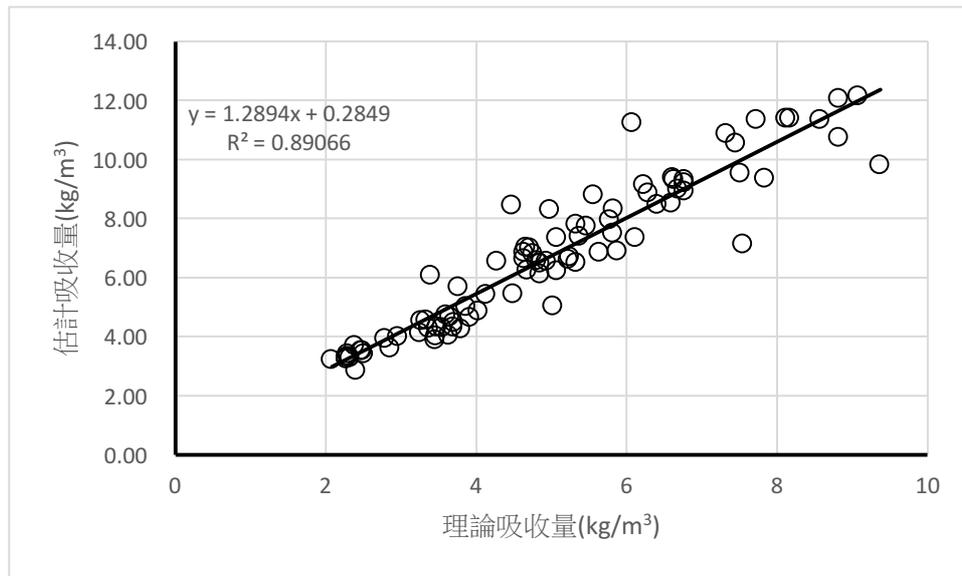


圖 11 光蠟樹防腐藥劑理論吸收量與推估吸收量之直線迴歸關係

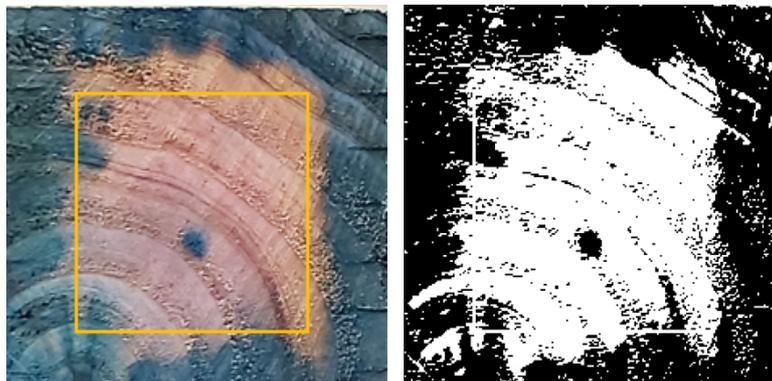


圖 12 應用 Image J 軟體將彩色影像轉換為二值影像



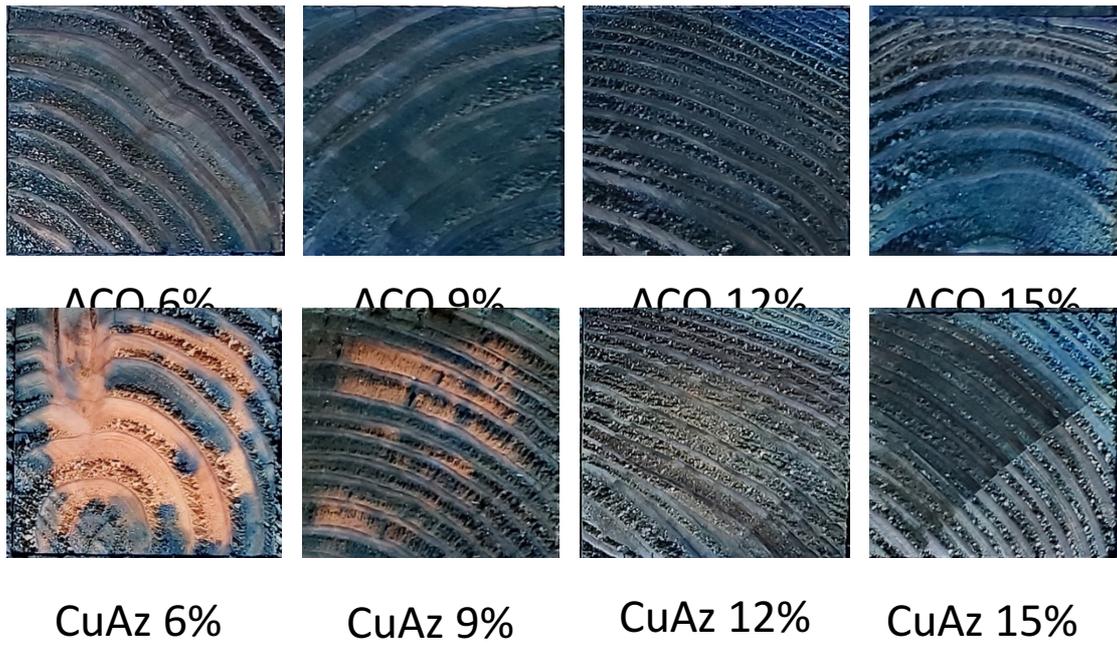


圖 13 不同藥劑濃度處理柳杉試材顯色結果

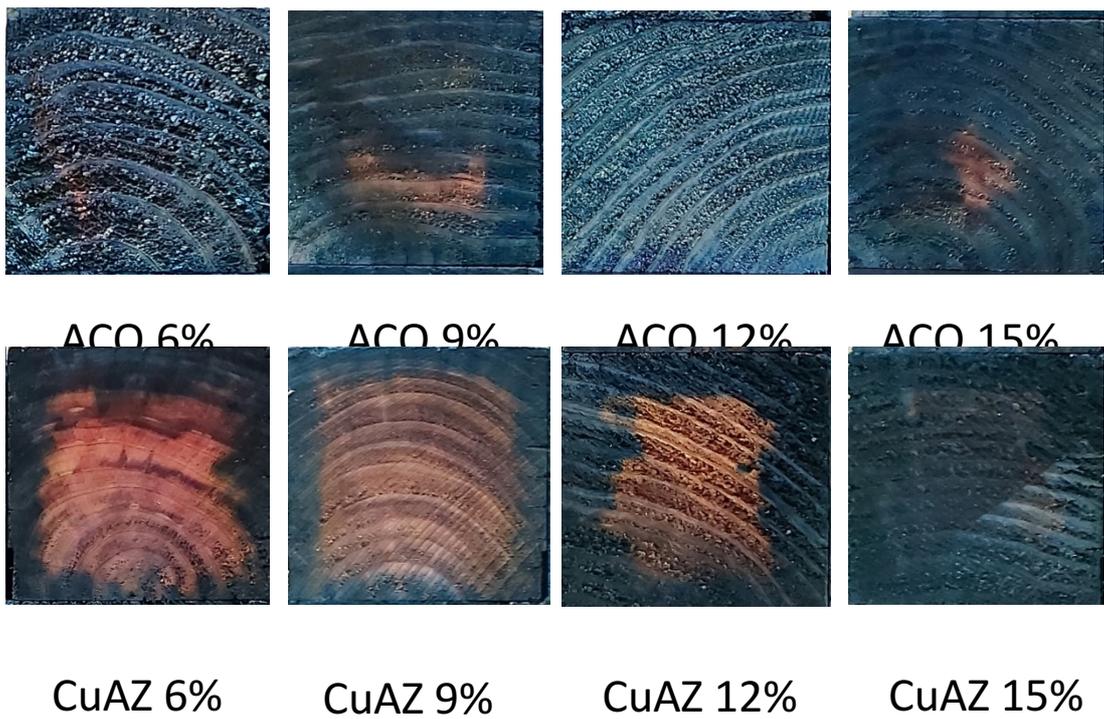


圖 14 不同藥劑濃度處理台灣杉試材顯色結果



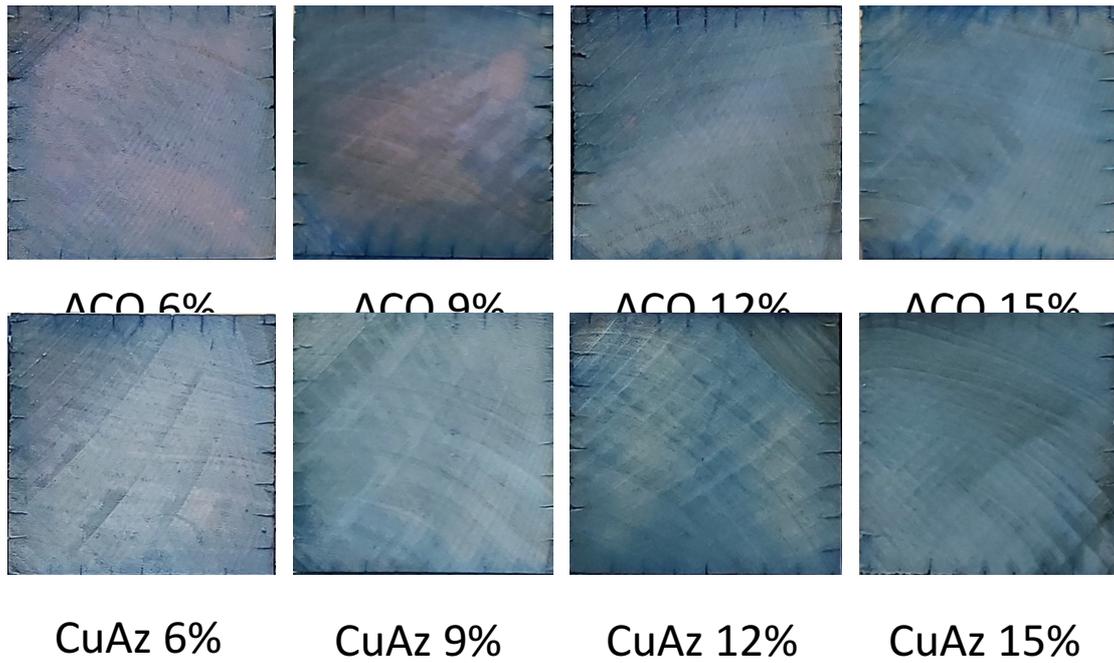


圖 15 不同藥劑濃度處理光蠟樹試材顯色結果

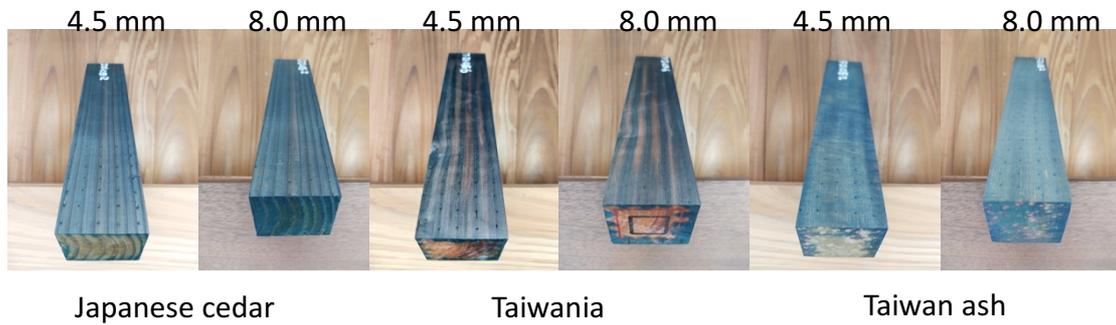


圖 16 刺縫 10000 孔/m<sup>2</sup> 徑切面不同位置處 15% CuAz 顯色結果

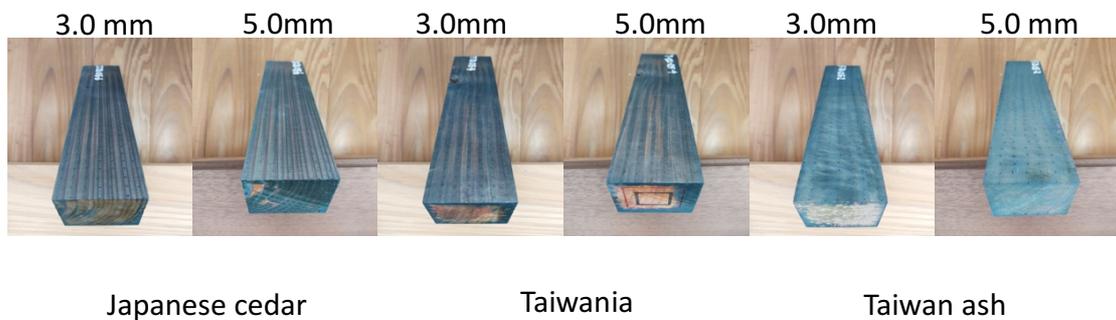


圖 17 刺縫 20000 孔/m<sup>2</sup> 徑切面不同位置處 15% CuAz 顯色結果



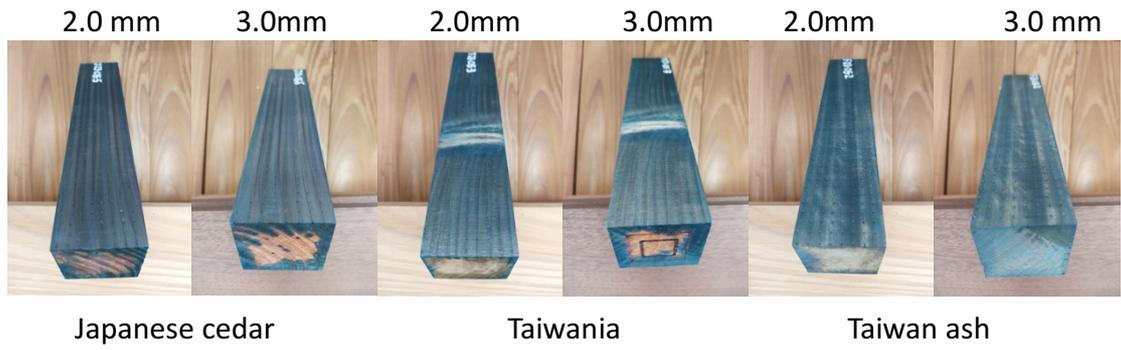


圖 18 刺縫 30000 孔/m<sup>2</sup> 徑切面不同位置處 15% CuAz 顯色結果

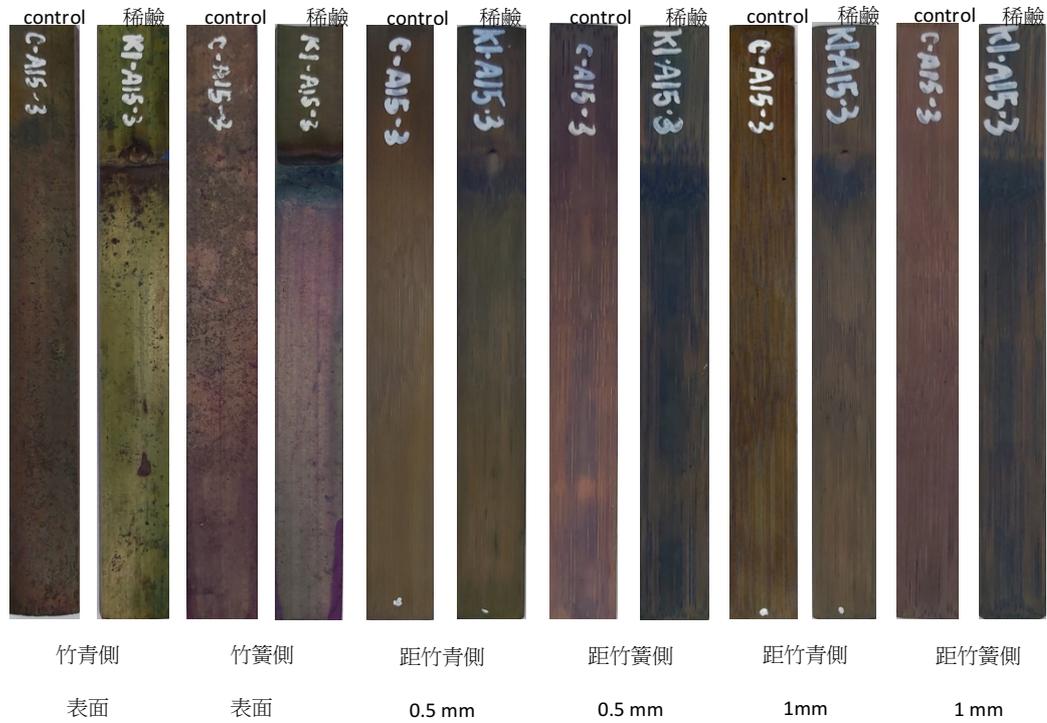


圖 20 15% ACQ 防腐處理桂竹顯色結果



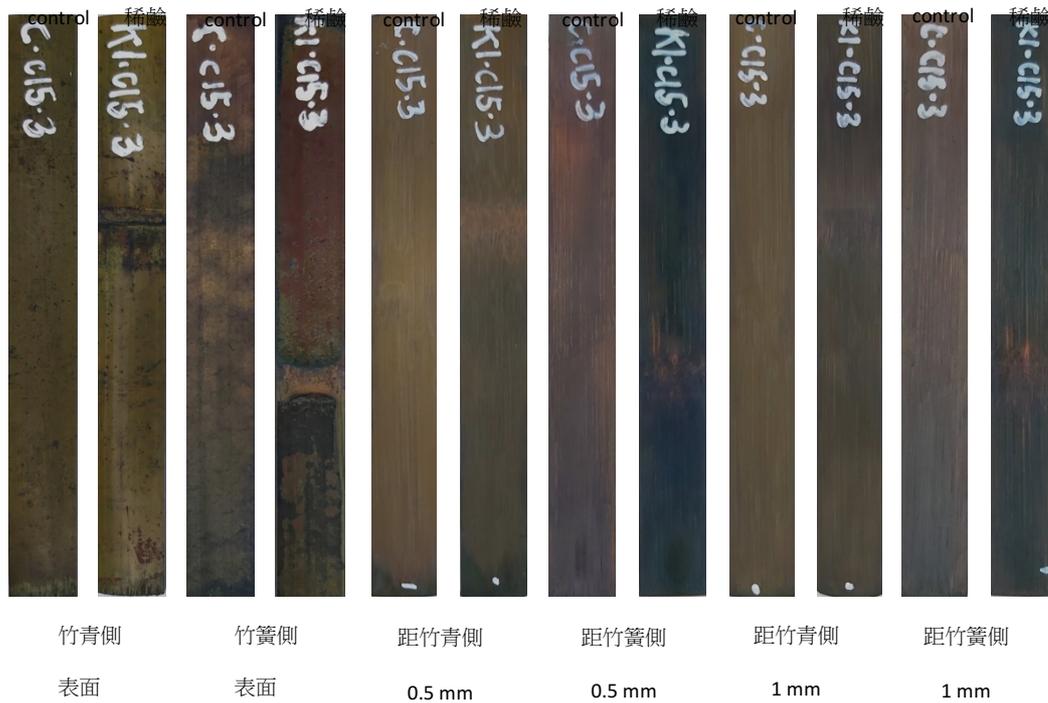


圖 21 15% CuAz 防腐處理桂竹顯色結果

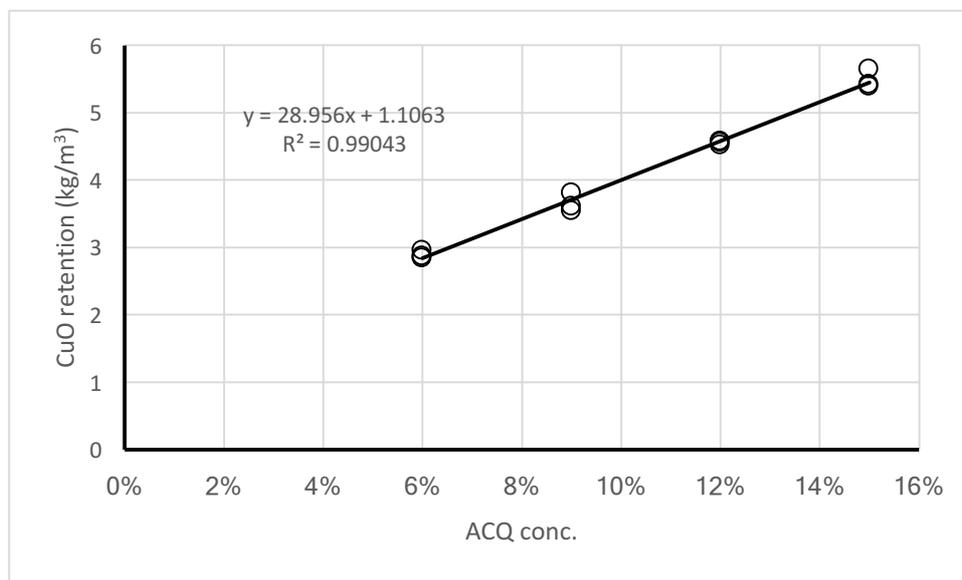


圖 22 ACQ 濃度與光蠟樹刺縫處理試材之 CuO 吸收量線性關係



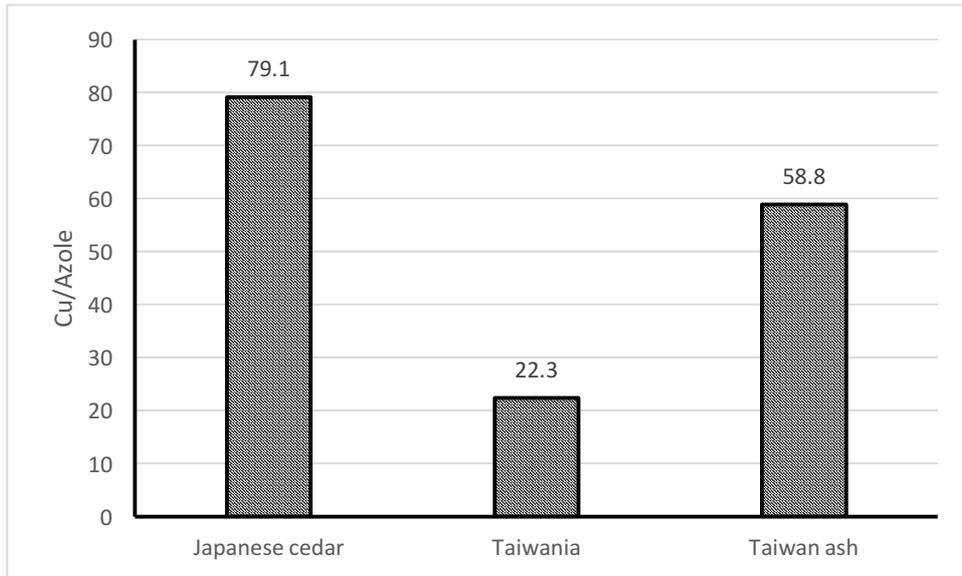


圖 23 CuAz 防腐處理材中 Cu/Azole 平均比值

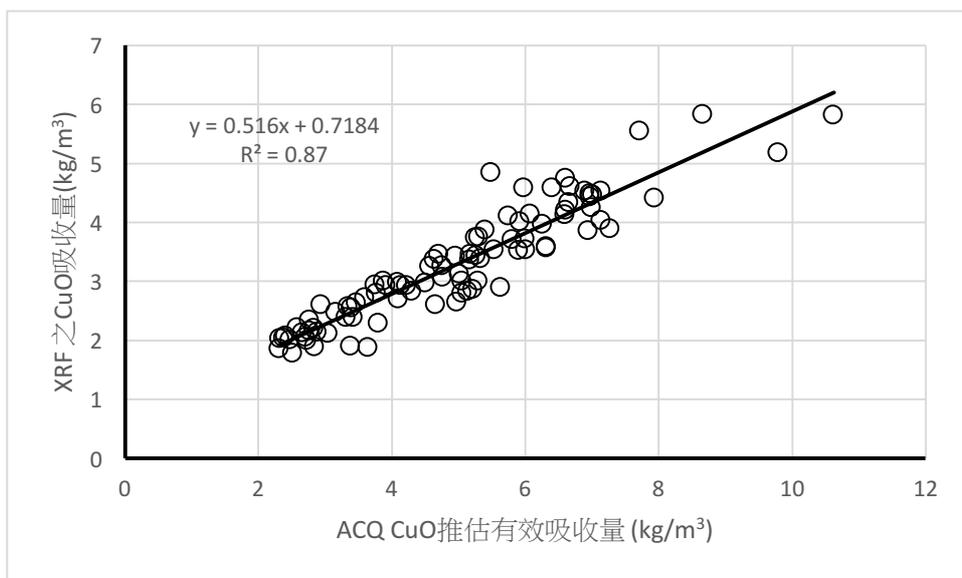


圖 24 柳杉 ACQ 防腐藥劑推估吸收量與螢光 X 分析法測定氧化銅吸收量的直線迴歸關係



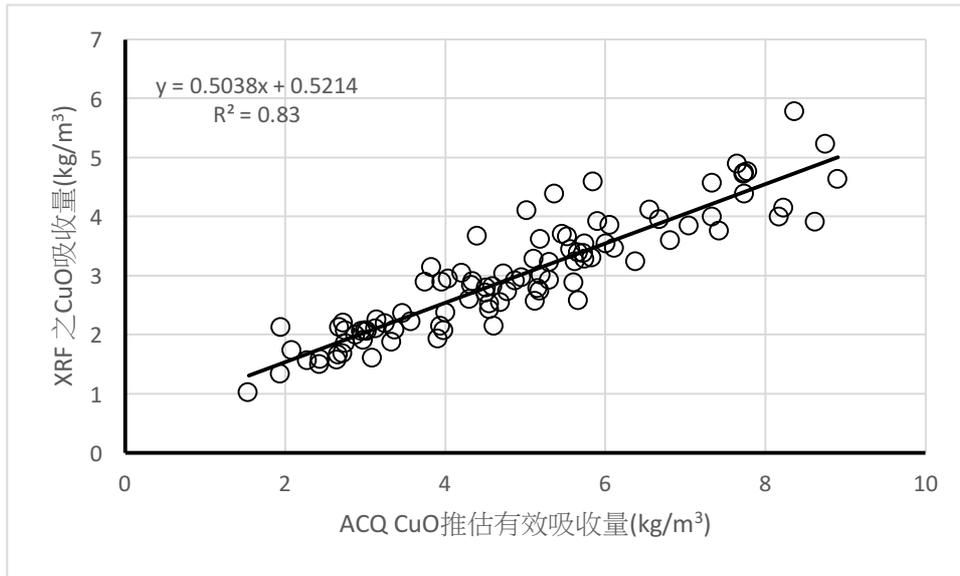


圖 25 台灣杉 ACQ 防腐藥劑推估吸收量與螢光 X 分析法測定氧化銅吸收量的直線迴歸關係

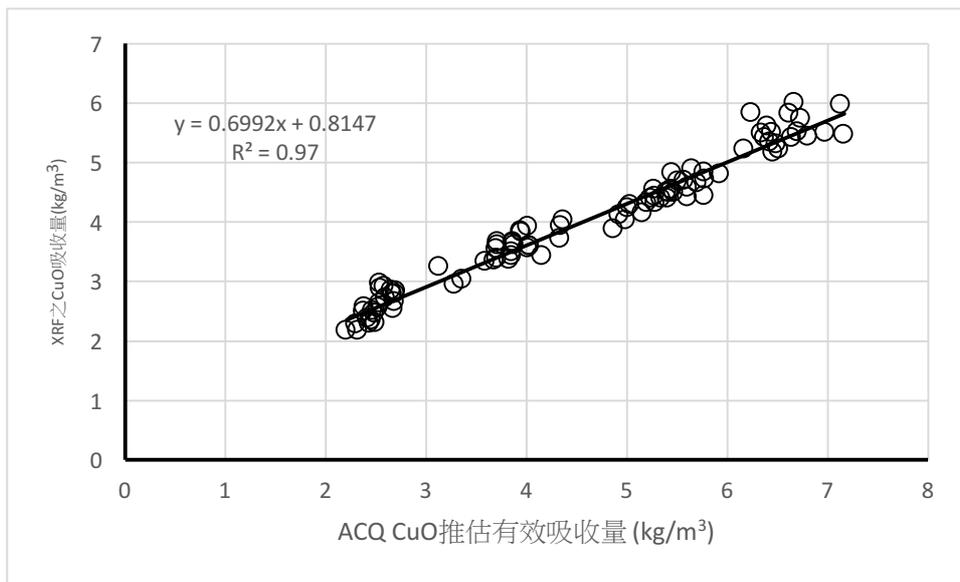


圖 26 光蠟樹 ACQ 防腐藥劑推估吸收量與螢光 X 分析法測定氧化銅吸收量的直線迴歸關係



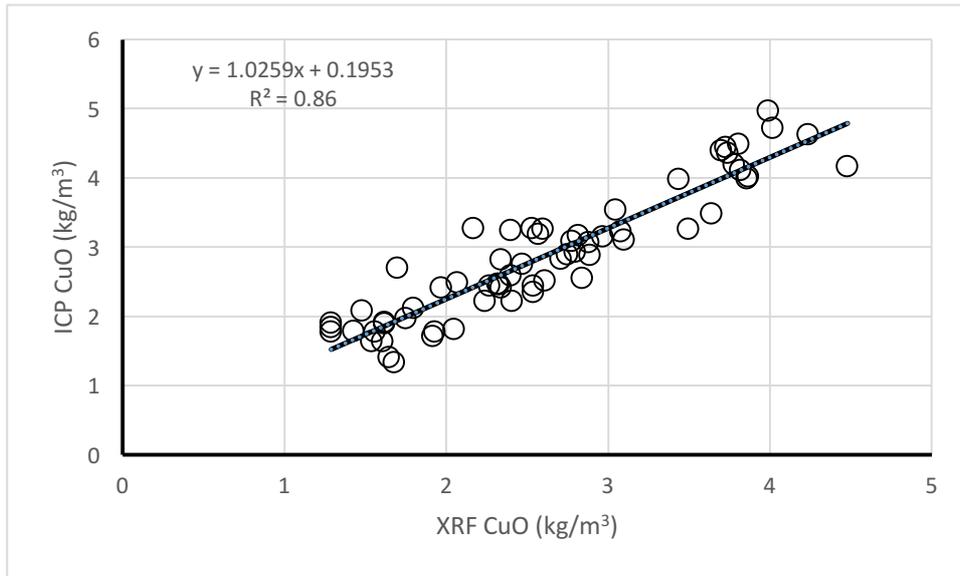


圖 27 螢光 X 分析法與 ICP 分析法所測定氧化銅吸收量的直線迴歸關係

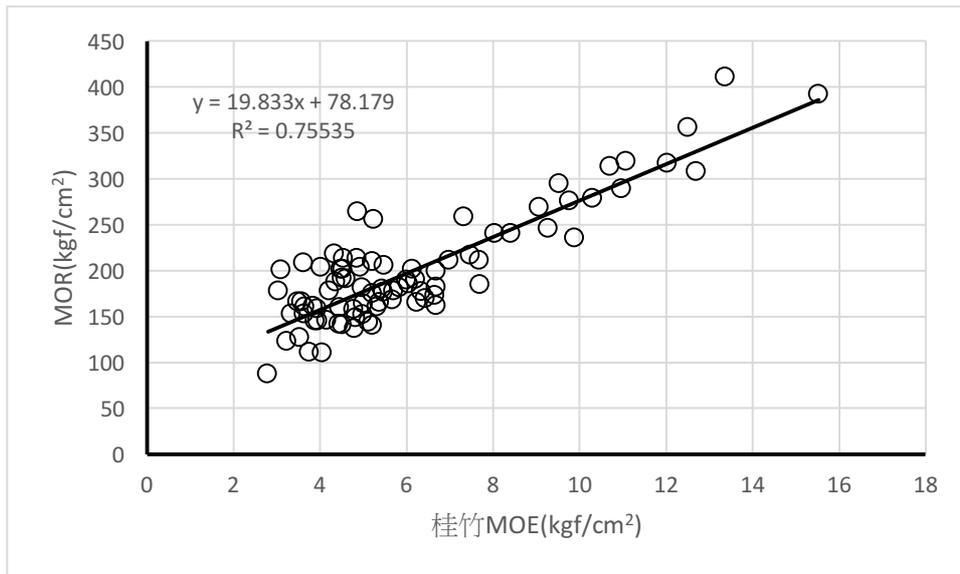


圖 28 為桂竹抗彎彈性模數與抗彎強度之線性回歸關係



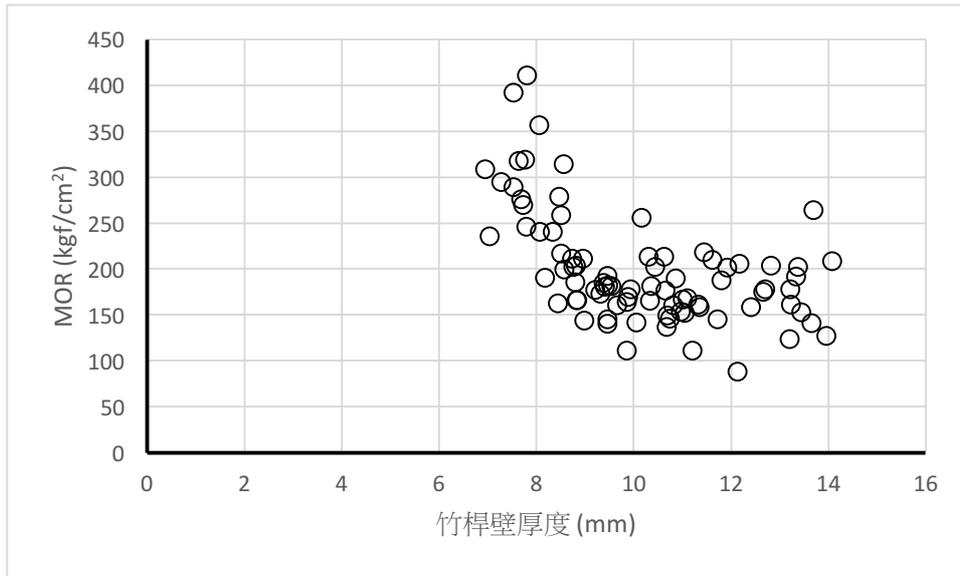


圖 29 為竹桿桿壁厚度與抗彎強度之關係

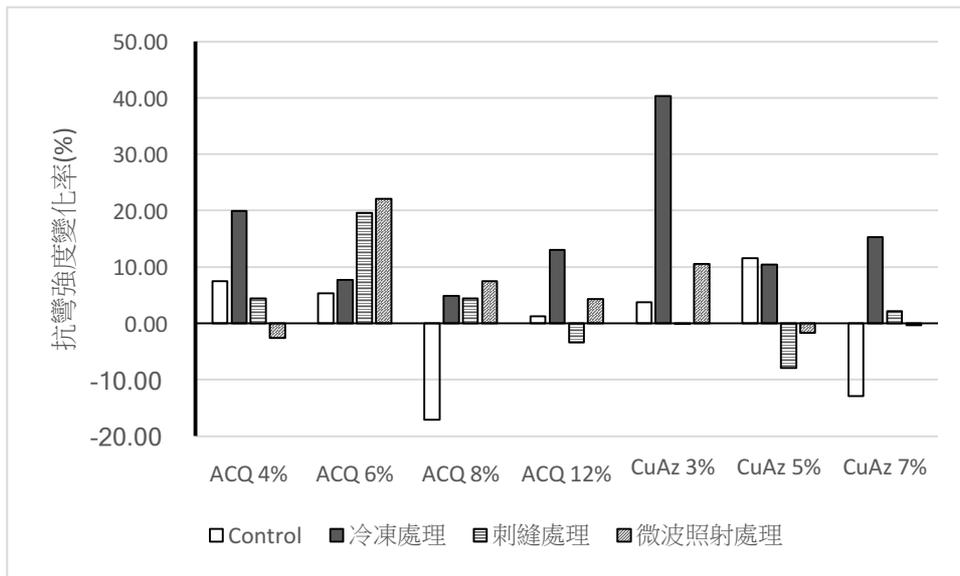


圖 30 黑色心材柳杉防腐處理材暴露 9 個月後之抗彎強度變化率



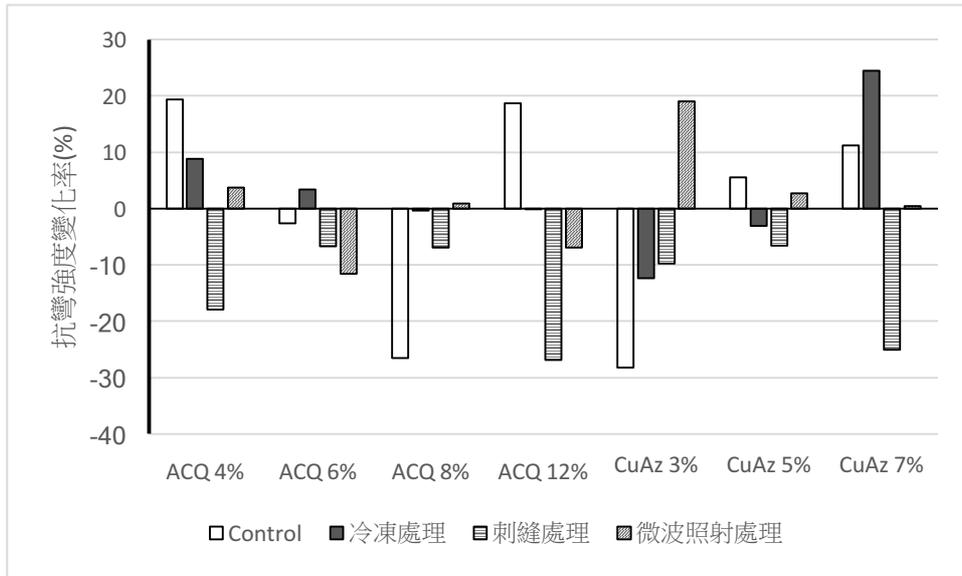


圖 31 紅色心材柳杉防腐處理材暴露 9 個月後之抗彎強度變化率

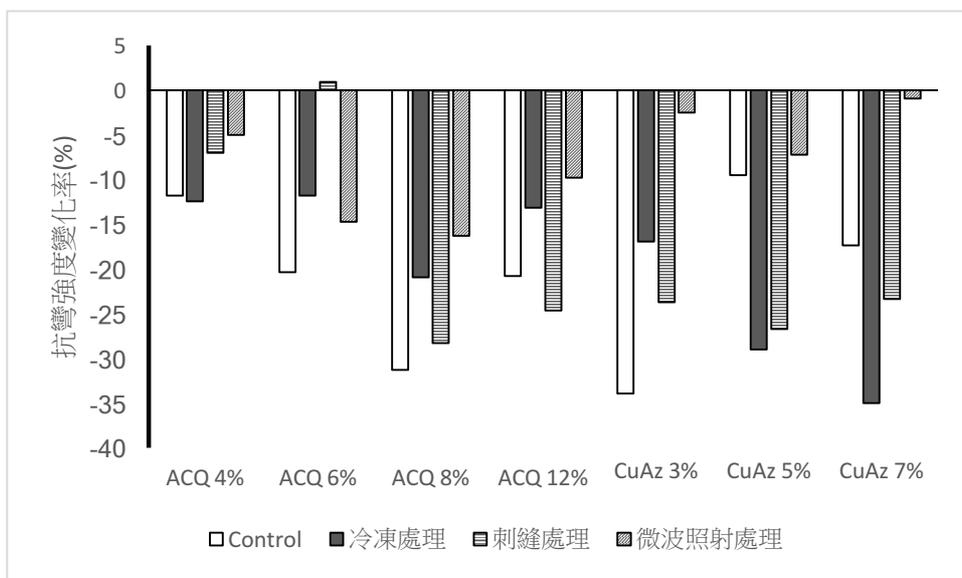


圖 32 大葉桃花心木防腐處理材暴露 9 個月後之抗彎強度變化率



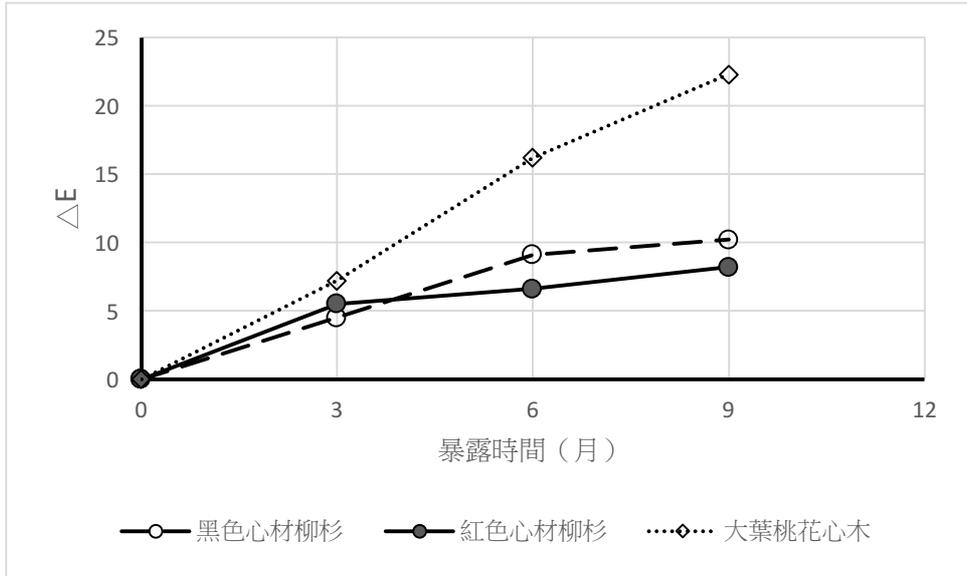


圖 33 經冷凍處理之防腐材在不同曝露時間之色差值變化

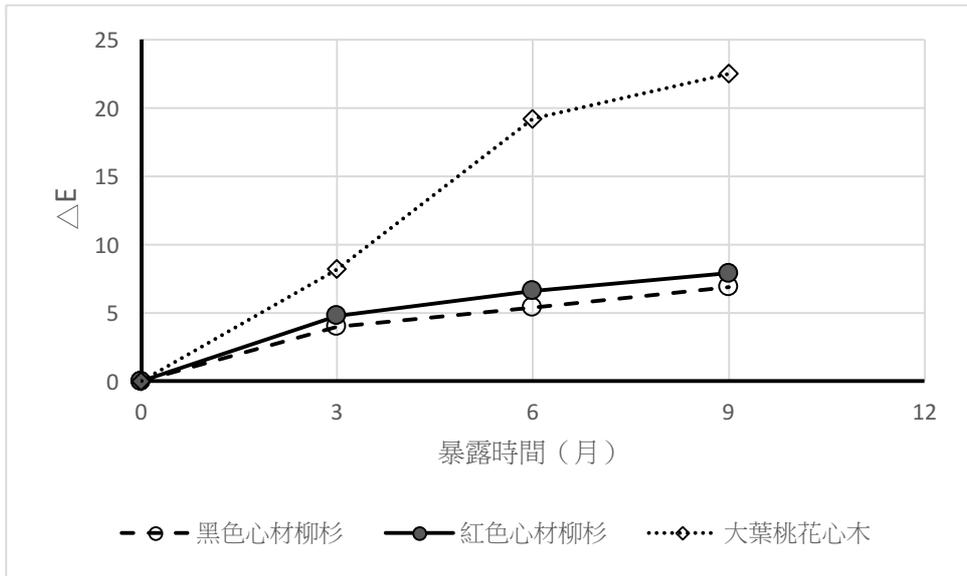


圖 34 經刺縫處理之防腐材在不同曝露時間之色差值變化



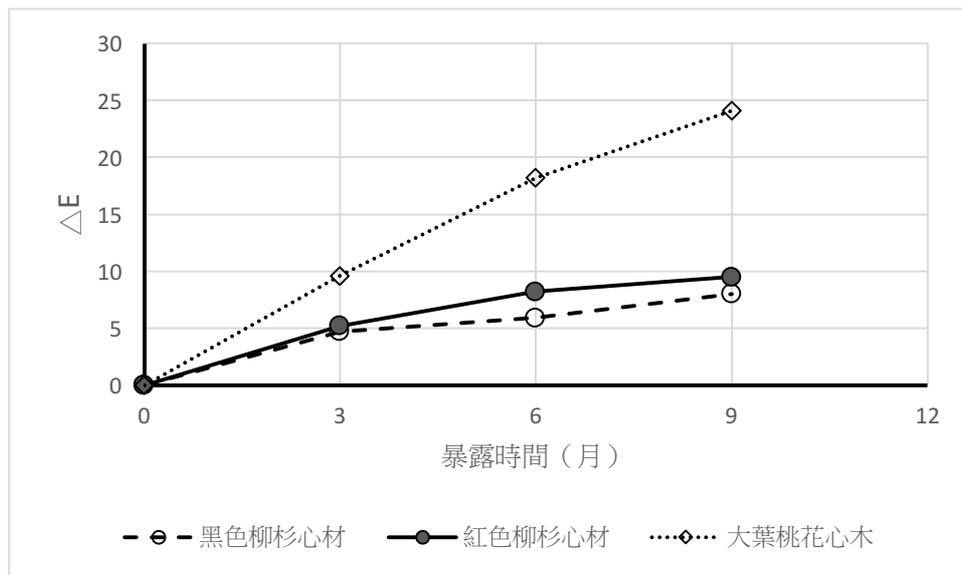


圖 35 經微波照射處理之防腐材在不同曝露時間之色差值變化





表 1 高效能液相層析儀之分析條件

項目	條件
管柱	C18 管柱 內徑 4.6 mm×長度 250 mm
移動相	乙腈及碳酸氨溶液 (0.5 % , wt %)
移動相流速	1 mL/min
管柱溫度	35 °C
測定波長	220 nm
注入量	20 $\mu$ L

表 2 高效能液相層析儀之時間與移動相比例關係

時間(min)	A(%)	B(%)
0	50	50
10	50	50
11	52	48
21	52	48
33	100	0
43	100	0





表 3 刺縫處理對防腐藥劑推估吸收量之變異數分析結果

樹種	刺縫處理 (孔/m <sup>2</sup> )	ACQ (kg/m <sup>3</sup> )				CuAz (kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
柳杉	0	4.46 <sup>A</sup> (0.30)	6.62 <sup>A</sup> (1.50)	9.01 <sup>A</sup> (1.01)	13.77 <sup>A</sup> (1.89)	3.51 <sup>A</sup> (0.37)	4.24 <sup>A</sup> (1.25)	6.25 <sup>A</sup> (1.61)	7.33 <sup>A</sup> (2.11)
	10,000	5.17 <sup>A</sup> (1.05)	7.99 <sup>A</sup> (1.57)	8.55 <sup>A</sup> (0.77)	11.99 <sup>A</sup> (1.74)	3.81 <sup>A</sup> (0.94)	5.23 <sup>A</sup> (0.75)	7.36 <sup>A</sup> (1.97)	10.70 <sup>B</sup> (2.37)
	20,000	4.67 <sup>A</sup> (0.56)	7.10 <sup>A</sup> (0.76)	9.41 <sup>A</sup> (1.01)	10.80 <sup>A</sup> (0.78)	3.47 <sup>A</sup> (0.46)	4.87 <sup>A</sup> (0.44)	5.96 <sup>A</sup> (0.90)	7.53 <sup>A</sup> (0.85)
	30,000	4.92 <sup>A</sup> (0.73)	7.35 <sup>A</sup> (0.94)	9.41 <sup>A</sup> (0.53)	13.18 <sup>A</sup> (2.60)	3.63 <sup>A</sup> (0.41)	5.35 <sup>A</sup> (0.26)	6.67 <sup>A</sup> (0.87)	8.21 <sup>AB</sup> (0.88)
台灣杉	0	3.96 <sup>A</sup> (0.84)	6.21 <sup>A</sup> (1.36)	8.52 <sup>A</sup> (1.30)	12.32 <sup>A</sup> (2.73)	1.95 <sup>A</sup> (0.51)	2.82 <sup>A</sup> (0.85)	3.40 <sup>A</sup> (0.77)	4.44 <sup>A</sup> (1.11)
	10,000	4.37 <sup>A</sup> (0.71)	6.99 <sup>A</sup> (0.58)	9.73 <sup>A</sup> (1.68)	14.13 <sup>A</sup> (1.63)	3.04 <sup>B</sup> (0.47)	3.96 <sup>A</sup> (0.48)	5.00 <sup>B</sup> (0.51)	5.76 <sup>AB</sup> (0.59)
	20,000	4.53 <sup>A</sup> (0.78)	7.45 <sup>A</sup> (1.15)	9.74 <sup>A</sup> (1.04)	13.22 <sup>A</sup> (1.53)	2.88 <sup>B</sup> (0.41)	3.80 <sup>A</sup> (0.91)	4.20 <sup>AB</sup> (0.77)	5.96 <sup>AB</sup> (1.09)
	30,000	4.74 <sup>A</sup> (0.84)	6.50 <sup>A</sup> (1.08)	9.12 <sup>A</sup> (1.27)	11.35 <sup>A</sup> (1.71)	2.83 <sup>B</sup> (0.52)	3.90 <sup>A</sup> (0.84)	4.40 <sup>AB</sup> (0.53)	6.14 <sup>B</sup> (1.07)
光蠟樹	0	4.25 <sup>A</sup> (0.21)	6.64 <sup>A</sup> (0.38)	8.89 <sup>A</sup> (0.89)	11.13 <sup>A</sup> (0.37)	3.24 <sup>A</sup> (0.20)	4.70 <sup>A</sup> (0.25)	6.49 <sup>A</sup> (0.49)	8.09 <sup>A</sup> (0.75)
	10,000	4.44 <sup>AB</sup> (0.12)	6.68 <sup>A</sup> (0.13)	9.36 <sup>A</sup> (0.38)	11.55 <sup>A</sup> (0.27)	3.26 <sup>A</sup> (0.26)	5.37 <sup>A</sup> (0.22)	6.88 <sup>A</sup> (0.20)	7.63 <sup>A</sup> (0.62)
	20,000	4.76 <sup>B</sup> (0.31)	6.80 <sup>A</sup> (0.39)	9.25 <sup>A</sup> (0.37)	10.87 <sup>A</sup> (0.61)	3.39 <sup>A</sup> (0.13)	4.50 <sup>A</sup> (0.87)	6.68 <sup>A</sup> (0.31)	8.49 <sup>A</sup> (0.44)
	30,000	4.54 <sup>AB</sup> (0.22)	6.51 <sup>A</sup> (0.33)	9.02 <sup>A</sup> (0.39)	11.05 <sup>A</sup> (0.21)	3.33 <sup>A</sup> (0.17)	4.95 <sup>A</sup> (0.21)	6.55 <sup>A</sup> (0.26)	7.26 <sup>A</sup> (1.26)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準5%時，平均數間具有顯著差異。





表 4 對照組試材防腐藥劑推估吸收量與濃度之線性方程式

樹種	ACQ	CuAz
台灣杉	$y=0.84x-1.21, R^2=0.98$	$y=0.26x+0.41, R^2=0.99$
柳杉	$y=0.86x-0.62, R^2=0.97$	$y=0.40x+0.98, R^2=0.97$
光蠟樹	$y=0.78x-0.52, R^2=0.99$	$y=0.54x+0.002, R^2=0.99$

表 5 不同危害分級之總吸收量與有效成分最低吸收量基準(CNS 3000 加壓防腐處理木材總吸收量基準)

木材防腐劑代號	危害分級	總吸收量基準(kg/m <sup>3</sup> )	有效成分之最低吸收量(kg/m <sup>3</sup> )
ACQ-1	K2	1.3	CuO 0.58 BKC 0.46
	K3	2.6	CuO 1.16 BKC 0.92
	K4	5.2	CuO 2.33 BKC 1.83
	K5	10.5	CuO 4.70 BKC 3.70
CuAz	K2	1.0	Cu 0.77 Azole 0.031
	K3	1.7	Cu 1.31 Azole 0.053
	K4	3.3	Cu 2.54 Azole 0.103
	K5	5.3	Cu 4.07 Azole 0.165





表 6 壓縮處理對防腐藥劑推估吸收量之變異數分析結果

樹種	壓縮 (%)	ACQ (kg/m <sup>3</sup> )				CuAz (kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
柳杉	0	5.10 <sup>A</sup> (0.64)	7.74 <sup>A</sup> (1.57)	8.72 <sup>A</sup> (0.48)	11.48 <sup>A</sup> (0.71)	2.90 <sup>A</sup> (0.32)	5.11 <sup>A</sup> (1.17)	6.00 <sup>A</sup> (1.06)	6.02 <sup>A</sup> (0.57)
	5	5.27 <sup>A</sup> (1.14)	7.84 <sup>A</sup> (0.68)	9.47 <sup>A</sup> (0.96)	12.77 <sup>A</sup> (2.99)	3.48 <sup>A</sup> (0.19)	4.98 <sup>A</sup> (1.23)	5.68 <sup>A</sup> (0.56)	8.68 <sup>B</sup> (1.16)
	10	4.57 <sup>A</sup> (0.69)	7.37 <sup>A</sup> (0.94)	9.18 <sup>A</sup> (0.98)	10.99 <sup>A</sup> (0.59)	2.99 <sup>A</sup> (0.55)	4.81 <sup>A</sup> (1.12)	5.28 <sup>A</sup> (0.39)	7.36 <sup>AB</sup> (1.73)
	15	5.16 <sup>A</sup> (0.60)	7.07 <sup>A</sup> (0.63)	10.50 <sup>A</sup> (1.38)	12.60 <sup>A</sup> (2.29)	3.39 <sup>A</sup> (0.48)	5.46 <sup>A</sup> (0.80)	5.83 <sup>A</sup> (0.56)	8.13 <sup>AB</sup> (1.31)
台灣杉	0	4.51 <sup>A</sup> (1.39)	5.77 <sup>A</sup> (1.20)	8.24 <sup>A</sup> (1.34)	11.18 <sup>A</sup> (2.21)	1.84 <sup>A</sup> (0.71)	2.91 <sup>A</sup> (1.34)	3.45 <sup>A</sup> (0.94)	4.13 <sup>A</sup> (0.97)
	5	4.77 <sup>A</sup> (0.50)	7.92 <sup>B</sup> (0.73)	9.44 <sup>A</sup> (1.71)	12.77 <sup>A</sup> (1.56)	2.58 <sup>AB</sup> (0.33)	3.15 <sup>AB</sup> (0.54)	3.92 <sup>A</sup> (1.55)	4.66 <sup>A</sup> (0.80)
	10	4.74 <sup>A</sup> (0.43)	7.63 <sup>B</sup> (0.50)	9.51 <sup>A</sup> (0.48)	12.45 <sup>A</sup> (1.36)	2.97 <sup>B</sup> (0.39)	4.65 <sup>AB</sup> (0.90)	5.28 <sup>A</sup> (0.77)	6.04 <sup>AB</sup> (1.48)
	15	5.02 <sup>A</sup> (0.78)	7.76 <sup>B</sup> (0.60)	9.89 <sup>A</sup> (1.32)	12.79 <sup>A</sup> (0.52)	3.12 <sup>B</sup> (0.29)	4.82 <sup>B</sup> (0.93)	5.51 <sup>A</sup> (1.16)	7.41 <sup>B</sup> (1.52)
光蠟樹	0	3.92 <sup>A</sup> (0.19)	6.68 <sup>AB</sup> (0.54)	8.97 <sup>AB</sup> (0.37)	11.26 <sup>A</sup> (0.96)	3.48 <sup>A</sup> (0.18)	4.77 <sup>A</sup> (0.45)	6.61 <sup>A</sup> (0.74)	8.27 <sup>A</sup> (0.68)
	5	4.15 <sup>A</sup> (0.26)	7.03 <sup>B</sup> (0.23)	9.31 <sup>B</sup> (0.20)	11.02 <sup>A</sup> (0.71)	3.30 <sup>A</sup> (0.18)	4.81 <sup>A</sup> (0.35)	6.21 <sup>A</sup> (0.54)	8.51 <sup>A</sup> (0.59)
	10	4.38 <sup>A</sup> (0.25)	6.02 <sup>A</sup> (0.49)	8.47 <sup>A</sup> (0.20)	10.23 <sup>A</sup> (0.73)	3.10 <sup>A</sup> (0.36)	4.82 <sup>A</sup> (0.29)	6.44 <sup>A</sup> (0.16)	7.64 <sup>A</sup> (0.35)
	15	3.92 <sup>A</sup> (0.34)	6.27 <sup>AB</sup> (0.49)	8.33 <sup>A</sup> (0.65)	10.25 <sup>A</sup> (1.09)	3.36 <sup>A</sup> (0.15)	4.45 <sup>A</sup> (0.69)	5.67 <sup>A</sup> (0.92)	8.12 <sup>A</sup> (0.55)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





表 7 柳杉防腐處理材推估吸收量之多元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.771	0.659	0.719	0.602	0.219	0.808	0.929	0.296
	含水率	0.645	0.637	0.987	0.750	0.627	0.390	0.837	0.610
	有無壓縮	0.991	0.455	0.341	0.826	0.120	0.053	0.611	0.066
刺縫處理	密度	0.009	0.002	0.549	0.128	0.450	0.599	0.369	0.048
	含水率	0.695	0.239	0.637	0.545	0.931	0.009	0.148	0.565
	有無刺縫	0.640	0.389	0.785	0.087	0.756	0.080	0.983	0.240

註：壓縮處理密度基準為 500 kg/m<sup>3</sup>，含水率機準為 30%；刺縫處理密度基準為 5000 kg/m<sup>3</sup>，含水率機準為 25%。





表 8 台灣杉防腐處理材推估吸收量之多元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.045	0.986	0.575	0.756	0.990	0.642	0.039	0.620
	含水率	0.577	0.162	0.039	0.831	0.364	0.513	0.390	0.496
	有無壓縮	0.755	0.000	0.000	0.250	0.003	0.084	0.050	0.049
刺縫處理	密度	0.014	0.133	0.000	0.018	0.068	0.130	0.340	0.052
	含水率	0.403	0.393	0.923	0.014	0.805	0.981	0.803	0.981
	有無刺縫	0.006	0.037	0.038	0.166	0.017	0.197	0.000	0.000

註：壓縮處理密度基準為  $600 \text{ kg/m}^3$ ，含水率機準為 30%；刺縫處理密度基準為  $450 \text{ kg/m}^3$ ，含水率機準為 20%。





表 9 光蠟樹防腐處理材推估吸收量之多元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.023	0.258	0.000	0.300	0.311	0.111	0.569	0.009
	含水率	0.668	0.526	0.039	0.686	0.193	0.214	0.253	0.904
	有無壓縮	0.045	0.991	0.254	0.601	0.921	0.576	0.806	0.827
刺縫處理	密度	0.961	0.220	0.856	0.640	0.640	0.917	0.034	0.452
	含水率	0.607	0.533	0.647	0.583	0.972	0.932	0.736	0.248
	有無刺縫	0.785	0.034	0.629	0.654	0.541	0.781	0.396	0.226

註：壓縮處理密度基準為  $800 \text{ kg/m}^3$ ，含水率機準為 20%；刺縫處理密度基準為  $800 \text{ kg/m}^3$ ，含水率機準為 18%。





表 10 刺縫處理對 ACQ 防腐藥劑滲透度 (%) 分析結果

樹種	刺縫 密度 (孔/m <sup>2</sup> )	ACQ							
		6%		9%		12%		15%	
		K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5
柳杉	Control	99.8	99.8	99.9	99.9	99.5	99.6	100	100
	10000	98.5	98.9	100	100	100	100	99.7	99.7
	20000	99.7	95.7	100	100	98.4	98.2	99.8	99.9
	30000	99.9	99.8	99.9	96.9	100	100	100	100
台灣杉	Control	89.8	89.2	90.2	83.5	89.7	82.5	98.5	96.1
	10000	95.2	91.2	99.9	99.5	95.5	92.8	99.7	99.4
	20000	98.4	93.3	99.1	96.0	97.8	95.9	99.4	98.2
	30000	95.8	91.1	97.9	89.2	97.0	92.4	98.5	89.2
光蠟樹	Control	97.4	97.8	88.7	89.8	91.0	89.0	95.6	96.8
	10000	94.0	91.6	100	100	100	100	100	100
	20000	88.4	85.1	100	99.6	98.4	97.8	97.2	96.5
	30000	95.1	93.1	98.5	94.8	99.3	98.7	98.7	98.2

表 11 壓縮處理對 ACQ 防腐藥劑滲透度 (%) 分析結果

樹種	壓縮 處理 (%)	ACQ							
		6%		9%		12%		15%	
		K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5
柳杉	Control	90.9	91.3	96.5	96.5	97.9	98.1	100	99.9
	5	99.3	99.3	99.9	100	99.8	99.7	100	100
	10	98.5	93.9	100	100	100	99.9	100	100
	15	98.0	97.7	100	100	99.4	99.4	99.6	100
台灣杉	Control	89.1	80.5	86.5	75.8	88.1	80.4	92.4	79.7
	5	96.1	94.4	100	99.9	89.6	86.4	95.9	95.6
	10	96.2	94.3	97.9	97.4	95.2	92.3	96.5	96.1
	15	96.4	94.8	100	100	96.2	95.9	99.8	99.8
光蠟樹	Control	95.6	95.9	97.3	96.9	87.4	89.9	78.3	79.0
	5	95.0	87.9	82.9	73.9	89.4	77.7	96.2	87.0
	10	100	100	97.7	98.3	93.6	94.5	95.5	94.7
	15	83.6	87.7	92.1	93.4	100	100	88.8	90.7





表 12 刺縫處理對 CuAZ 防腐藥劑滲透度 (%) 分析結果

樹種	刺縫 密度 (孔/m <sup>2</sup> )	CuAz							
		6%		9%		12%		15%	
		K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5
柳杉	Control	83.2	75.5	74.0	67.3	88.5	81.5	80.9	77.0
	10000	96.5	91.4	98.4	95.4	98.7	97.9	97.3	96.2
	20000	97.5	88.4	97.4	92.0	98.5	96.1	97.3	89.6
	30000	95.3	90.2	100	100	100	100	98.0	95.3
台灣杉	Control	50.2	35.8	59.2	43.9	68.9	48.8	68.2	57.9
	10000	95.7	88.2	95.7	83.0	95.8	87.1	94.4	82.4
	20000	96.3	83.4	96.5	81.1	93.6	74.8	94.0	78.3
	30000	93.0	75.8	93.8	80.3	96.1	80.8	93.9	83.8
光蠟樹	Control	95.3	98.3	98.7	98.7	100	100	100	100
	10000	98.8	98.7	100	100	100	100	100	100
	20000	100	100	96.3	93.0	99.3	99.1	100	100
	30000	96.8	94.5	99.9	99.7	99.9	99.4	97.0	93.6

表 13 壓縮處理對 CuAZ 防腐藥劑滲透度 (%) 分析結果

樹種	壓縮 處理 (%)	CuAz							
		6%		9%		12%		15%	
		K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5
柳杉	Control	67.1	54.9	82.3	74.1	87.1	80.4	74.6	66.6
	5	83.3	78.3	79.1	70.4	80.9	73.8	93.1	92.1
	10	75.4	69.9	84.8	78.1	83.6	72.5	91.2	87.7
	15	85.2	80.8	91.2	89.8	92.4	88.8	96.7	95.1
台灣杉	Control	60.9	48.5	55.8	40.7	71.8	54.4	60.7	44.2
	5	76.4	67.5	67.2	51.6	72.0	59.0	78.7	66.2
	10	83.8	75.0	94.1	87.7	86.9	82.2	79.8	68.3
	15	77.4	69.8	90.2	87.2	91.0	86.2	90.3	84.3
光蠟樹	Control	100	100	95.7	95.6	100	100	100	100
	5	100	100	100	100	100	100	92.2	90.5
	10	97.0	97.2	100	100	96.4	97.0	99.9	99.8
	15	100	100	93.4	91.6	92.8	91.5	100	100





表 14 三種木材距離材面不同位置處之藥劑縱向滲透長度測定結果

刺縫 密度 (孔/m <sup>2</sup> )	刺縫孔 間距 (mm)	離材面距離 (mm)	ACQ (mm)				CuAz (mm)			
			6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
10000	10	4.5	10	10	10	10	10	10	10	10
10000	10	8.0	10	10	10	10	10	10	10	10
20000	7.07	3.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
20000	7.07	5.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
30000	5.77	3.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77

註：刺縫孔間距為刺縫孔與相鄰刺縫孔之距離。

表 15 三種木材距離材面不同位置處之藥劑徑向滲透長度測定結果

樹種	刺縫 密度 (孔/m <sup>2</sup> )	刺縫孔 間距 (mm)	離材面 距離 (mm)	ACQ (mm)				CuAz (mm)			
				6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
柳杉	10000	10	4.5	10	10	10	10	10	10	10	10
	10000	10	8.0	10	10	10	10	10	10	10	10
	20000	7.07	3.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
台灣杉	10000	10	4.5	7.3	9.3	5.3	8.0	10	10	10	5.6
	10000	10	8.0	5.2	6.4	3.9	1.0	10	10	10	5.9
	20000	7.07	3.0	7.5	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	6.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	5.77	3.4	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
光蠟樹	10000	10	4.5	10	10	10	10	10	10	10	10
	10000	10	8.0	6.8	10	10	10	10	10	10	10
	20000	7.07	3.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77

註：刺縫孔間距為刺縫孔與相鄰刺縫孔之距離。





表 16 三種木材距離材面不同位置處之藥劑弦向滲透長度測定結果

樹種	刺縫 密度 (孔/m <sup>2</sup> )	刺縫孔 間距 (mm)	離材面 距離 (mm)	ACQ (mm)				CuAz (mm)			
				6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
柳杉	10000	10	4.5	5.0	10	4.0	4.0	10	3.0	10	10
	10000	10	8.0	10	10	6.5	10	10	5.0	10	10
	20000	7.07	3.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	7.07	7.07	7.07	6.8	7.07	7.07	7.07	7.07
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	3.2	2.7	3.4	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
台灣杉	10000	10	4.5	1.7	4.7	4.8	8.0	10	5.9	6.0	6.6
	10000	10	8.0	4.0	6.2	5.3	1.0	10	10	7.5	8.4
	20000	7.07	3.0	4.6	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	6.0	7.07	7.07	7.07	7.07	6.0	7.07	4.8
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	5.77	3.4	5.77	3.4	5.77	5.77	5.77	5.77
光蠟樹	10000	10	4.5	2.0	10	10	10	10	10	10	10
	10000	10	8.0	1.6	10	3.4	10	1.9	10	10	10
	20000	7.07	3.0	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	20000	7.07	5.0	1.5	1.7	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
	30000	5.77	2.0	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77
	30000	5.77	3.0	5.77	5.77	5.77	5.77	1.9	5.77	5.77	5.77

註：刺縫孔間距為刺縫孔與相鄰刺縫孔之距離。





表 17 柳杉防腐處理材 ACQ 中 CuO 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	ACQ 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	2.15 <sup>A</sup>	2.62 <sup>A</sup>	3.16 <sup>A</sup>	4.29 <sup>A</sup>
		(0.38)	(0.56)	(0.35)	(0.17)
	壓縮率 5%	2.09 <sup>A</sup>	2.96 <sup>A</sup>	3.70 <sup>A</sup>	4.69 <sup>A</sup>
		(0.26)	(0.16)	(0.27)	(0.98)
	壓縮率 10%	1.94 <sup>A</sup>	2.92 <sup>A</sup>	3.40 <sup>A</sup>	4.31 <sup>A</sup>
		(0.10)	(0.08)	(0.15)	(0.29)
	壓縮率 15%	2.47 <sup>A</sup>	2.47 <sup>A</sup>	4.24 <sup>A</sup>	4.74 <sup>A</sup>
		(0.23)	(0.54)	(0.88)	(0.39)
	刺縫處理	對照組	2.06 <sup>A</sup>	2.46 <sup>B</sup>	3.30 <sup>A</sup>
(0.06)			(0.22)	(0.40)	(1.03)
10000 點/m <sup>2</sup>		2.26 <sup>A</sup>	3.36 <sup>A</sup>	3.52 <sup>A</sup>	4.83 <sup>A</sup>
		(0.2)	(0.40)	(0.32)	(0.62)
20000 點/m <sup>2</sup>		2.26 <sup>A</sup>	3.06 <sup>AB</sup>	3.90 <sup>A</sup>	4.61 <sup>A</sup>
		(0.31)	(0.29)	(0.39)	(0.14)
30000 點/m <sup>2</sup>	2.41 <sup>A</sup>	2.86 <sup>AB</sup>	3.62 <sup>A</sup>	4.96 <sup>A</sup>	
	(0.29)	(0.19)	(0.21)	(0.51)	

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





表 18 台灣杉防腐處理材 ACQ 中 CuO 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	ACQ 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	1.62 <sup>A</sup>	2.09 <sup>B</sup>	3.41 <sup>A</sup>	3.77 <sup>A</sup>
		(0.27)	(0.38)	(1.30)	(1.16)
	壓縮率 5%	1.93 <sup>A</sup>	2.94 <sup>A</sup>	2.62 <sup>A</sup>	3.72 <sup>A</sup>
		(0.29)	(0.26)	(0.23)	(0.42)
	壓縮率 10%	1.78 <sup>A</sup>	2.80 <sup>A</sup>	3.18 <sup>A</sup>	3.83 <sup>A</sup>
		(0.28)	(0.24)	(0.34)	(0.07)
	壓縮率 15%	1.97 <sup>A</sup>	2.83 <sup>A</sup>	3.21 <sup>A</sup>	4.61 <sup>A</sup>
		(0.41)	(0.08)	(0.43)	(0.20)
	刺縫處理	對照組	1.38 <sup>B</sup>	2.51 <sup>A</sup>	2.51 <sup>B</sup>
(0.31)			(0.25)	(0.63)	(0.29)
10000 點/m <sup>2</sup>		2.11 <sup>A</sup>	2.94 <sup>A</sup>	3.85 <sup>A</sup>	5.21 <sup>A</sup>
		(0.13)	(0.09)	(0.34)	(0.57)
20000 點/m <sup>2</sup>		2.00 <sup>A</sup>	3.01 <sup>A</sup>	3.48 <sup>AB</sup>	4.49 <sup>A</sup>
		(0.23)	(0.12)	(0.17)	(0.32)
30000 點/m <sup>2</sup>	2.09 <sup>A</sup>	2.53 <sup>A</sup>	3.57 <sup>A</sup>	4.13 <sup>AB</sup>	
	(0.03)	(0.44)	(0.16)	(0.44)	

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





表 19 光蠟樹防腐處理材 ACQ 中 CuO 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	ACQ 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	2.35 <sup>A</sup>	3.60 <sup>A</sup>	4.47 <sup>A</sup>	5.61 <sup>A</sup>
		(0.21)	(0.38)	(0.19)	(0.32)
	壓縮率 5%	2.40 <sup>A</sup>	3.63 <sup>A</sup>	4.60 <sup>A</sup>	5.40 <sup>A</sup>
		(0.13)	(0.08)	(0.26)	(0.15)
	壓縮率 10%	2.52 <sup>A</sup>	3.31 <sup>A</sup>	4.11 <sup>A</sup>	4.77 <sup>A</sup>
		(0.14)	(0.34)	(0.21)	(0.35)
	壓縮率 15%	2.31 <sup>A</sup>	3.37 <sup>A</sup>	4.18 <sup>A</sup>	4.79 <sup>A</sup>
		(0.15)	(0.30)	(0.19)	(0.54)
	刺縫處理	對照組	2.57 <sup>B</sup>	3.65 <sup>A</sup>	3.74 <sup>A</sup>
(0.07)			(0.29)	(1.37)	(0.22)
10000 點/m <sup>2</sup>		2.84 <sup>AB</sup>	3.81 <sup>A</sup>	4.56 <sup>A</sup>	5.65 <sup>A</sup>
		(0.05)	(0.15)	(0.23)	(0.31)
20000 點/m <sup>2</sup>		2.96 <sup>A</sup>	3.55 <sup>A</sup>	4.58 <sup>A</sup>	5.39 <sup>A</sup>
		(0.25)	(0.25)	(0.22)	(0.50)
30000 點/m <sup>2</sup>	2.87 <sup>AB</sup>	3.61 <sup>A</sup>	4.52 <sup>A</sup>	5.42 <sup>A</sup>	
	(0.13)	(0.06)	(0.08)	(0.19)	

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





表 20 柳杉防腐處理材 CuAz 中 Azole 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	Azole 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	0.0203	0.0229	0.0248	0.0376
	壓縮率 5%	0.0183	0.0205	0.0272	0.0274
	壓縮率 10%	0.0136	0.0291	0.0152	0.0326
	壓縮率 15%	0.0113	0.0549	0.0417	0.0361
刺縫處理	對照組	0.0186	0.0242	0.0251	0.0608
	10000 點/m <sup>2</sup>	0.0465	0.0843	0.1155	0.1273
	20000 點/m <sup>2</sup>	0.0312	0.0442	0.1026	0.0755
	30000 點/m <sup>2</sup>	0.0284	0.0364	0.0829	0.0436





表 21 台灣杉防腐處理材 CuAz 中 Azole 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	Azole 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	0.0763	0.0864	0.0815	0.0755
	壓縮率 5%	0.0664	0.0952	0.0956	0.0754
	壓縮率 10%	0.0937	0.0883	0.0822	0.1081
	壓縮率 15%	0.0642	0.0776	0.1062	0.0829
刺縫處理	對照組	0.0817	0.0637	0.0876	0.0957
	10000 點/m <sup>2</sup>	0.0909	0.0856	0.0958	0.112
	20000 點/m <sup>2</sup>	0.0984	0.0931	0.1388	0.1511
	30000 點/m <sup>2</sup>	0.0804	0.0944	0.1131	0.1083





表 22 光蠟樹防腐處理材 CuAz 中 Azole 有效成分吸收量比較

處理方法	處理條件	AZole 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
		6%	9%	12%	15%
壓縮處理	對照組	0.0363	0.0582	0.0928	0.122
	壓縮率 5%	0.0311	0.0582	0.0936	0.0955
	壓縮率 10%	0.0325	0.0608	0.0886	0.1103
	壓縮率 15%	0.0387	0.0504	0.0715	0.1104
刺縫處理	對照組	0.0402	0.0600	0.0874	0.1066
	10000 點/m <sup>2</sup>	0.0386	0.0706	0.0963	0.100
	20000 點/m <sup>2</sup>	0.0405	0.0619	0.0943	0.1153
	30000 點/m <sup>2</sup>	0.0410	0.0659	0.0875	0.0760





表 23 柳杉防腐處理材吸收量之二元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.377	0.768	0.000	0.048	0.620	0.162	0.904	0.125
	有無壓縮	0.586	0.365	0.000	0.559	0.692	0.564	0.799	0.833
刺縫處理	密度	0.171	0.235	0.695	0.529	0.712	0.077	0.904	0.254
	有無刺縫	0.001	0.013	0.151	0.149	0.005	0.033	0.013	0.031





表 24 台灣杉防腐處理材有效成分吸收量之二元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.043	0.179	0.898	0.927	0.326	0.564	0.244	0.466
	有無壓縮	0.010	0.020	0.778	0.189	0.143	0.005	0.017	0.079
刺縫處理	密度	0.094	0.327	0.703	0.905	0.928	0.908	0.702	0.127
	有無刺縫	0.000	0.108	0.117	0.056	0.003	0.001	0.000	0.000

表 25 光蠟樹防腐處理材有效成分吸收量之二元變異數分析結果之顯著性 p 值

處理方法	變數	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
壓縮處理	密度	0.446	0.803	0.047	0.881	0.876	0.613	0.158	0.336
	有無壓縮	0.987	0.732	0.297	0.020	0.205	0.842	0.976	0.936
刺縫處理	密度	0.177	0.730	0.981	0.594	0.602	0.767	0.108	0.193
	有無刺縫	0.001	0.534	0.284	0.437	0.550	0.046	0.238	0.796





表 26 防腐處理材要達到 K4 與 K5 品質之 ACQ 與 CuAz 注入濃度

樹種	處理方法	ACQ 注入濃度(%)		CuAz 注入濃度(%)	
		K4	K5	K4	K5
柳杉	對照組	7.6	16.7	11.5	19.7
	刺縫	6.3	15.0	7.7	12.5
	壓縮	6.9	15.5	10.6	16.3
台灣杉	對照組	9.5	20.0	21.9	35.6
	刺縫	7.2	15.6	9.8	16.9
	壓縮	7.7	18.4	14.5	26.2
光蠟樹	對照組	5.7	12.8	6.2	10.1
	刺縫	4.3	12.4	5.4	10.0
	壓縮	5.4	13.7	6.2	10.8

表 27 桂竹表面經稀鹼液處理與對照組之防腐藥劑推估吸收量比較

處理方式	ACQ (kg/m <sup>3</sup> )				CuAz (kg/m <sup>3</sup> )			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	1.39 (0.35)	1.82 (0.28)	3.11 (0.49)	3.45 (0.59)	0.94 (0.07)	1.62 (0.44)	1.78 (0.33)	2.61 (0.64)
稀鹼液處理	2.78 (0.24)	3.95 (0.15)	5.82 (0.52)	6.68 (1.09)	2.33 (0.27)	2.54 (0.52)	3.34 (0.72)	5.25 (0.78)
P-Value	0.0019	0.0004	0.0014	0.0018	0.00009	0.0135	0.0272	0.0028

註：括號內數值為標準偏差。對照組是指未經任何處理後進行防腐處理。





表 28 桂竹節間橫隔孔處理方式對防腐藥劑吸收量之變異數分析結果

橫隔板 處理	ACQ (kg/m <sup>3</sup> )				CuAz (kg/m <sup>3</sup> )			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
不打通	2.83 <sup>A</sup> (0.39)	4.00 <sup>A</sup> (0.61)	6.18 <sup>A</sup> (0.94)	6.03 <sup>A</sup> (0.55)	2.36 <sup>A</sup> (0.40)	2.68 <sup>A</sup> (0.35)	3.23 <sup>A</sup> (0.51)	4.89 <sup>A</sup> (1.76)
貫通	2.82 <sup>A</sup> (0.55)	3.80 <sup>A</sup> (0.88)	5.65 <sup>A</sup> (0.45)	6.62 <sup>A</sup> (0.73)	2.51 <sup>A</sup> (0.20)	2.40 <sup>A</sup> (0.19)	3.32 <sup>A</sup> (0.35)	4.53 <sup>A</sup> (0.62)
小孔	2.91 <sup>A</sup> (0.24)	4.13 <sup>A</sup> (0.35)	5.77 <sup>A</sup> (0.30)	6.30 <sup>A</sup> (0.64)	1.96 <sup>A</sup> (1.16)	2.28 <sup>A</sup> (0.27)	3.69 <sup>A</sup> (0.22)	4.75 <sup>A</sup> (0.33)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。

表 29 桂竹表面經稀鹼液處理與對照組之防腐藥劑銅化合物吸收量之比較

處理 方式	ACQ 中 CuO 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )				CuAZ 中 Cu 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	0.67 (0.20)	0.91 (0.16)	1.20 (0.17)	1.41 (0.16)	0.80 (0.10)	1.41 (0.52)	1.86 (0.11)	2.27 (0.20)
稀鹼液 處理	1.61 (0.05)	2.00 (0.13)	2.29 (0.15)	3.12 (0.40)	1.61 (0.09)	2.01 (0.09)	3.05 (0.15)	3.24 (0.29)
P-Value	0.008	0.0004	0.0005	0.003	0.0000	0.093	0.0002	0.0046

註：括號內數值為標準偏差。對照組是指未經任何處理後進行防腐處理。

表 30 桂竹節間橫隔孔處理方式對 ACQ 防腐藥劑 CuO 吸收量之分析結果

橫隔板處理	ACQ 中 CuO 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
	6%	9%	12%	15%
不打通	1.48(0.16) <sup>A</sup>	1.90(0.29) <sup>A</sup>	2.76(0.07) <sup>A</sup>	2.94(0.68) <sup>A</sup>
貫通	1.38(0.04) <sup>A</sup>	1.70(0.14) <sup>A</sup>	2.45(0.31) <sup>A</sup>	2.68(0.15) <sup>A</sup>
小孔	1.34(0.10) <sup>A</sup>	1.78(0.20) <sup>A</sup>	2.47(0.18) <sup>A</sup>	2.46(0.42) <sup>A</sup>

註：括號內數值為標準偏差。





表 31 桂竹節間橫隔孔處理方式對 CuAz 防腐藥劑 Cu 吸收量之分析結果

橫隔板處理	CuAz 中 Cu 吸收量(kg/m <sup>3</sup> )			
	6%	9%	12%	15%
不打通	1.50(0.20) <sup>A</sup>	2.19(0.10) <sup>A</sup>	2.50(0.77) <sup>A</sup>	2.69(0.29) <sup>A</sup>
貫通	1.82(0.50) <sup>A</sup>	1.94(0.21) <sup>A</sup>	3.07(0.61) <sup>A</sup>	3.05(0.84) <sup>A</sup>
小孔	1.45(0.40) <sup>A</sup>	1.75(0.27) <sup>A</sup>	2.55(0.67) <sup>A</sup>	2.64(0.12) <sup>A</sup>

表 32 不同處理之 ACQ 防腐藥劑有效成分氧化銅吸收量比較

樹種	藥劑濃度(%)	吸收量(kg/m <sup>3</sup> )	
		刺縫處理	壓縮處理
柳杉	6	2.31(2.06)	2.17(2.15)
	9	3.09(2.46)	2.78(2.62)
	12	3.68(3.30)	3.78(3.16)
	15	4.80(4.67)	4.58(4.29)
台灣杉	6	2.07(1.38)	1.89(1.62)
	9	2.83(2.51)	2.86(2.09)
	12	3.63(2.51)	3.00(3.41)
	15	4.61(3.29)	4.05(3.77)
光蠟樹	6	2.89(2.57)	2.41(2.35)
	9	3.66(3.65)	3.44(3.60)
	12	4.55(3.74)	4.30(4.47)
	15	5.49(5.67)	4.99(5.61)

註：括號內數值為對照組試材之吸收量





表 33 不同處理之 CuAz 防腐藥劑有效成分銅吸收量比較

樹種	藥劑濃度(%)	吸收量(kg/m <sup>3</sup> )	
		刺縫處理	壓縮處理
柳杉	6	2.05(1.67)	1.28(1.12)
	9	2.77(1.75)	2.27(2.86)
	12	4.14(2.61)	2.73(2.59)
	15	4.76(3.89)	3.79(2.42)
台灣杉	6	1.77(0.89)	1.08(0.84)
	9	2.29(1.01)	2.32(0.98)
	12	3.04(1.38)	2.29(1.43)
	15	3.68(1.72)	2.39(1.96)
光蠟樹	6	2.53(2.50)	2.33(2.53)
	9	3.85(3.54)	3.58(3.42)
	12	5.18(4.74)	4.65(5.21)
	15	5.47(5.69)	5.35(6.33)

註：括號內數值為對照組試材之吸收量

表 34 不同處理之 ACQ 防腐藥劑有效成分氧化銅吸收量增加率

樹種	藥劑濃度(%)	吸收量增加率(%)	
		刺縫處理	壓縮處理
柳杉	6	12.1	0.8
	9	25.8	6.2
	12	11.2	19.6
	15	2.8	6.8
台灣杉	6	49.8	16.9
	9	12.6	36.7
	12	44.8	-11.9
	15	40.1	7.5
光蠟樹	6	12.5	2.6
	9	0.2	-4.5
	12	21.8	-3.9
	15	-3.2	-11.1





表 35 不同處理之 CuAz 防腐藥劑有效成分銅吸收量增加率

樹種	藥劑濃度(%)	吸收量增加率(%)	
		刺縫處理	壓縮處理
柳杉	6	23.0	14.3
	9	58.5	-20.8
	12	58.8	5.4
	15	22.5	56.6
台灣杉	6	98.9	28.2
	9	126.7	136.4
	12	120.3	59.9
	15	113.8	22.1
光蠟樹	6	1.2	-7.9
	9	8.7	4.7
	12	9.3	-10.7
	15	-3.9	-15.5

表 36 柳杉防腐處理材品質符合性機率

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K3	K3
	conformance probability (%)	99.9	70.4	99.0	99.6	90.6	84.3	90.0	94.5
刺縫處理	設定危害分級	K3	K4	K4	K5	K3	K4	K4	K5
	conformance probability (%)	99.9	97.9	99.9	58.9	99.9	97.9	99.9	80.0
壓縮處理	設定危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K4	K4
	conformance probability (%)	99.9	88.0	98.6	99.9	99.3	88.9	62.2	91.2

註：ACQ與CuAz防腐處理材分別依CuO及Cu有效成分吸收量進行計算





表 37 台灣杉防腐處理材品質符合性機率

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K3	K3	K4	K4	K2	K2	K3	K3
	conformance probability (%)	86.2	99.4	71.9	91.7	61.7	89.2	62.2	90.9
刺縫處理	設定危害分級	K3	K4	K4	K4	K3	K3	K4	K4
	conformance probability (%)	99.9	92.9	99.9	99.9	91.4	97.7	83.7	99.6
壓縮處理	設定危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K3	K3
	conformance probability (%)	98.6	99.1	93.7	99.8	83.7	85.5	87.5	94.2

註：ACQ與CuAz防腐處理材分別依CuO及Cu有效成分吸收量進行計算。

表 38 光蠟樹防腐處理材品質符合性機率

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5
	conformance probability (%)	74.8	99.9	99.9	99.8	99.9	99.9	97.3	99.9
刺縫處理	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5
	conformance probability (%)	99.9	99.9	99.9	98.3	99.9	99.9	99.9	99.9
壓縮處理	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5
	conformance probability (%)	69.3	99.9	99.9	73.2	99.9	99.7	99.8	99.9

註：ACQ與CuAz防腐處理材分別依CuO及Cu有效成分吸收量進行計算。





表 39 桂竹防腐處理材品質符合性機率

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K2	K2	K3	K3	K2	K3	K3	K3
	conformance probability (%)	69.3	97.7	59.3	94.6	61.6	69.9	99.9	99.9
稀鹼液處理	設定危害分級	K3	K3	K4	K4	K3	K3	K4	K4
	conformance probability (%)	99.3	99.7	75.0	97.4	86.7	99.9	88.9	90.2

註：ACQ與CuAz防腐處理材分別依CuO及Cu有效成分吸收量進行計算。

表 40 柳杉防腐處理材平均銅化合物吸收量可達到之危害分級

項目	危害分級	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K3	K3
刺縫處理	危害分級	K3	K4	K4	K5	K3	K4	K4	K5
壓縮處理	危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K4	K4

表 41 台灣杉防腐處理材平均銅化合物吸收量可達到之危害分級

項目	危害分級	ACQ				CuAz			
		6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	危害分級	K3	K3	K4	K4	K2	K2	K3	K3
刺縫處理	危害分級	K3	K4	K4	K4	K3	K3	K4	K4
壓縮處理	危害分級	K3	K4	K4	K4	K2	K3	K3	K3





表 42 光蠟樹防腐處理材品質符合性機率

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5
刺縫處理	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5
壓縮處理	設定危害分級	K4	K4	K4	K5	K3	K4	K5	K5

表 43 桂竹防腐處理材平均銅化合物吸收量可達到之危害分級

項目	ACQ				CuAz				
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%	
對照組	設定危害分級	K2	K2	K3	K3	K2	K3	K3	K3
稀鹼液處理	設定危害分級	K3	K3	K4	K4	K3	K3	K4	K4

表 44 桂竹防腐處理材徑向平均收縮率比較

處理方法	徑向平均收縮率(%/%)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
稀鹼液處理	0.20 (0.15)	0.21 (0.12)	0.25 (0.23)	0.21 (0.15)	0.40 (0.31)	0.40 (0.23)	0.37 (0.09)	0.32 (0.13)
對照組	0.35 (0.30)	0.20 (0.13)	0.15 (0.11)	0.09 (0.20)	0.24 (0.47)	0.67 (0.42)	0.58 (0.11)	0.28 (0.27)
P value	0.115	0.936	0.314	0.511	0.478	0.193	0.525	0.115





表 45 桂竹防腐處理材抗彎強度

處理 方法	MOR(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
稀鹼液	24.8	19.2	20.1	18.9	22.2	20.5	17.9	19.3
處理	(10.5)	(6.3)	(5.4)	(7.2)	(6.6)	(7.1)	(5.1)	(7.8)
對照組	15.8	20.1	20.9	20.4	18.9	21.9	17.4	17.7
	(2.6)	(8.8)	(2.8)	(3.0)	(8.7)	(5.6)	(6.2)	(5.9)
P value	0.047	0.655	0.067	0.130	0.708	0.516	0.743	0.351

表 46 桂竹防腐處理材抗彎彈性模數

處理 方法	MOE(GPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
稀鹼液	7.3	6.0	5.9	5.8	5.9	6.0	5.7	5.9
處理	(3.1)	(2.5)	(1.9)	(2.6)	(2.6)	(2.8)	(2.0)	(2.6)
對照組	4.2	5.0	5.0	4.4	5.4	4.5	4.3	3.3
	(0.8)	(4.4)	(1.5)	(0.8)	(3.5)	(1.3)	(2.2)	(0.9)
P value	0.071	0.268	0.642	0.081	0.203	0.136	0.945	0.058

表 47 不同處理方法之平均抗彎強度變化率

樹種	平均抗彎強度變化率(%)			
	對照組	冷凍處理	刺縫處理	微波照射處理
黑色心材柳杉	-0.1	15.9	2.7	5.7
紅色心材柳杉	-0.4	3.0	-14.3	1.2
大葉桃花心木	-20.7	-19.9	-19.0	-8.1





表 48 單位生產之機械折舊費用分析

機械種類	購置費用 (元)	折舊費用 (元/天)	單位生產之機械折舊費用		
			木材 (元/才)	孟宗竹 (元/支)	桂竹 (元/支)
防腐處理槽	5,000,000	600	0.08	2.5	1.0
真空與加壓幫浦	1,000,000	240	0.03	1.0	0.4
針狀刺縫機	1,000,000	240	0.03	1.0	0.4
合計			0.14	4.5	1.8

表 49 單位生產之機械成本分析

機械種類	年投資額 (元/年)	年利息 (元/年)	年保險 (元/年)	年折舊費 (元/年)	單位生產之機械成本		
					木材 (元/才)	孟宗竹 (元/支)	桂竹 (元/支)
防腐處理槽	2,825,000	30,227.5	84,750	150,000	0.140	4.416	1.767
真空與加壓幫浦	580,000	6,206	17,400	60,000	0.044	1.393	0.557
針狀刺縫機	580,000	6,206	17,400	60,000	0.044	1.393	0.557
合計					0.228	7.202	2.881

表 50 乾燥四面刨製材品及竹材的單價

材種	單價 (元/才) 或 (元/支)
柳杉	73
台灣杉	82
光蠟樹	148
孟宗竹	153
桂竹	115





表 51 要達到 K4 與 K5 等級之 ACQ 藥劑費用分析

材種	ACQ 濃度 (%)		ACQ 原液質量(kg)		估計 ACQ 注入量 (kg/m <sup>3</sup> )		ACQ 藥劑費用 (元/次)		藥劑可回收使用次數		ACQ 藥劑費用 (元/才)或 (元/支)	
	K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5	K4	K5
柳杉	6.3	15.0	1935	4607	450	480	99,848	237,734	6	6	4.4	10.5
台灣杉	7.2	15.6	2212	4792	520	580	114,112	247,243	5	5	6.0	13.1
光蠟樹	4.3	12.4	1321	3809	350	480	68150	196527	8	6	2.3	8.7
孟宗竹	6.0	12.0	1843	3686	210	310	95094	190188	13	9	30.5	88.1
桂竹	6.0	12.0	1843	3686	210	310	95094	190188	13	9	12.2	35.2

註：竹材為 K3 與 K4 等級之 ACQ 藥劑費用分析。

表 52 木材 K4 與竹材 K3 等級防腐處理材單位生產成本分析 (單位：元)

材種	機械成本	物料費用	能源成本	維修保養費用	後乾燥費用	人力費用	小計	行政費用	總計
柳杉	0.228	4.4	0.16	0.0228	4	0.86	9.67	0.48	10.15
台灣杉	0.228	6	0.16	0.0228	4	0.86	11.27	0.56	11.83
光蠟樹	0.228	2.3	0.16	0.0228	4	0.86	7.57	0.38	7.95
孟宗竹	7.202	30.5	2.5	0.7202	0	13.6	54.52	2.73	57.25
桂竹	2.881	12.2	1	0.2881	0	5.42	21.78	1.09	22.88

註：木材單位生產成本以才計，竹材(K3 等級)以支計。行政費用以小計費用 5%計。





表 53 木材 K5 與竹材 K4 等級防腐處理材單位生產成本分析（單位：元）

材種	機械 成本	物料 費用	能源 成本	維修保 養費用	後乾燥 費用	人力 費用	小計	行政 費用	總計
柳杉	0.228	10.5	0.16	0.0228	4	0.86	15.77	0.79	16.56
台灣杉	0.228	13.1	0.16	0.0228	4	0.86	18.37	0.92	19.29
光蠟樹	0.228	8.7	0.16	0.0228	4	0.86	13.97	0.70	14.67
孟宗竹	7.202	88.1	2.5	0.7202	0	13.6	112.12	5.61	117.73
桂竹	2.881	35.2	1	0.2881	0	5.42	44.79	2.24	47.03

註：木材單位生產成本以才計，竹材(K4 等級)以支計。行政費用以小計費用 5%計。





附表 1 柳杉刺縫防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	刺縫處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	3.18(0.44) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	1.78(0.23) <sup>AB</sup>	0.13(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.49(0.62) <sup>AB</sup>	0.20(0.05) <sup>A</sup>	1.35(0.46) <sup>B</sup>	0.11(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.51(0.37) <sup>AB</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	1.49(0.21) <sup>B</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.30(0.52) <sup>B</sup>	0.19(0.05) <sup>A</sup>	2.26(0.44) <sup>A</sup>	0.18(0.04) <sup>B</sup>
ACQ9%	對照組	2.67(0.21) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	1.83(0.48) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.52(0.60) <sup>A</sup>	0.20(0.05) <sup>A</sup>	1.33(0.49) <sup>A</sup>	0.10(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.24(0.16) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>	1.52(0.54) <sup>A</sup>	0.12(0.04) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.08(0.38) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>	1.50(0.32) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	2.54(0.56) <sup>A</sup>	0.18(0.04) <sup>A</sup>	1.43(0.24) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.28(0.51) <sup>A</sup>	0.18(0.04) <sup>A</sup>	1.47(0.37) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.29(0.80) <sup>A</sup>	0.18(0.06) <sup>A</sup>	1.52(0.45) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	1.98(0.41) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>	1.39(0.44) <sup>A</sup>	0.11(0.04) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.29(0.63) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>	1.72(0.52) <sup>A</sup>	0.13(0.04) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.65(0.40) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	1.68(0.57) <sup>A</sup>	0.13(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.51(0.26) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>	1.93(0.38) <sup>A</sup>	0.15(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.13(0.40) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>	1.68(0.69) <sup>A</sup>	0.13(0.06) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	2.51(0.39) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	1.67(0.42) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.47(0.67) <sup>A</sup>	0.19(0.05) <sup>A</sup>	1.77(0.70) <sup>A</sup>	0.14(0.06) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.18(0.36) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>	1.76(0.42) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.11(0.48) <sup>A</sup>	0.16(0.04) <sup>A</sup>	1.78(0.51) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	2.46(0.72) <sup>A</sup>	0.18(0.05) <sup>A</sup>	1.71(0.33) <sup>A</sup>	0.13(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.81(0.32) <sup>A</sup>	0.22(0.03) <sup>A</sup>	1.83(0.59) <sup>A</sup>	0.15(0.05) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.60(0.51) <sup>A</sup>	0.21(0.05) <sup>A</sup>	1.78(0.27) <sup>A</sup>	0.14(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.34(0.45) <sup>A</sup>	0.18(0.04) <sup>A</sup>	1.87(0.40) <sup>A</sup>	0.14(0.03) <sup>A</sup>
CuAz12%	對照組	2.44(0.51) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>AB</sup>	1.63(0.53) <sup>A</sup>	0.12(0.04) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.61(0.20) <sup>A</sup>	0.21(0.02) <sup>AB</sup>	1.30(0.24) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.82(0.59) <sup>A</sup>	0.22(0.05) <sup>A</sup>	1.83(0.51) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.15(0.46) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>B</sup>	1.75(0.66) <sup>A</sup>	0.13(0.05) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	2.87(0.34) <sup>A</sup>	0.22(0.03) <sup>A</sup>	2.06(0.87) <sup>A</sup>	0.15(0.06) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.97(0.34) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	1.59(0.49) <sup>A</sup>	0.13(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.94(0.23) <sup>A</sup>	0.22(0.02) <sup>A</sup>	1.72(0.48) <sup>A</sup>	0.13(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.66(0.41) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>	2.22(0.32) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>





附表 2 柳杉壓縮防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	壓縮處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	2.63(0.74) <sup>AB</sup>	0.20(0.06) <sup>AB</sup>	1.64(0.26) <sup>A</sup>	0.13(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.02(0.51) <sup>AB</sup>	0.23(0.04) <sup>AB</sup>	1.60(0.22) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.34(0.40) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>	1.27(0.44) <sup>A</sup>	0.09(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.31(0.39) <sup>B</sup>	0.24(0.02) <sup>B</sup>	1.72(0.25) <sup>A</sup>	0.13(0.03) <sup>A</sup>
ACQ9%	對照組	2.28(0.25) <sup>A</sup>	0.16(0.01) <sup>A</sup>	1.23(0.39) <sup>A</sup>	0.09(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.40(0.38) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	1.75(0.61) <sup>A</sup>	0.13(0.05) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.86(0.75) <sup>A</sup>	0.21(0.06) <sup>A</sup>	1.46(0.38) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.06(0.74) <sup>A</sup>	0.23(0.06) <sup>A</sup>	1.95(0.54) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	2.84(0.37) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	1.53(0.49) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.46(0.56) <sup>A</sup>	0.18(0.04) <sup>A</sup>	1.22(0.57) <sup>A</sup>	0.09(0.05) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.02(0.34) <sup>A</sup>	0.23(0.03) <sup>A</sup>	1.48(0.26) <sup>A</sup>	0.11(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	2.84(0.24) <sup>A</sup>	0.21(0.02) <sup>A</sup>	1.34(0.32) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.88(0.84) <sup>A</sup>	0.21(0.07) <sup>A</sup>	1.75(0.61) <sup>A</sup>	0.13(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.58(0.84) <sup>A</sup>	0.19(0.06) <sup>A</sup>	1.76(0.45) <sup>A</sup>	0.13(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.91(0.62) <sup>A</sup>	0.21(0.05) <sup>A</sup>	1.50(0.46) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.11(0.26) <sup>A</sup>	0.25(0.02) <sup>A</sup>	1.67(0.29) <sup>A</sup>	0.13(0.02) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	2.32(0.64) <sup>A</sup>	0.18(0.05) <sup>A</sup>	2.21(0.67) <sup>A</sup>	0.17(0.05) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.80(0.45) <sup>AB</sup>	0.22(0.03) <sup>AB</sup>	1.83(0.20) <sup>A</sup>	0.14(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.10(0.70) <sup>AB</sup>	0.24(0.05) <sup>AB</sup>	1.83(0.51) <sup>A</sup>	0.14(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.50(0.38) <sup>B</sup>	0.28(0.03) <sup>B</sup>	2.01(0.31) <sup>A</sup>	0.16(0.02) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	2.44(0.41) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	2.02(0.33) <sup>A</sup>	0.15(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.23(0.27) <sup>B</sup>	0.24(0.02) <sup>B</sup>	1.75(0.39) <sup>A</sup>	0.13(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.08(0.32) <sup>AB</sup>	0.24(0.02) <sup>B</sup>	2.18(0.20) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.12(0.46) <sup>AB</sup>	0.24(0.04) <sup>B</sup>	1.98(0.57) <sup>A</sup>	0.15(0.04) <sup>A</sup>
CuAz12%	對照組	2.58(0.27) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	2.24(0.42) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.65(0.74) <sup>A</sup>	0.20(0.06) <sup>A</sup>	1.75(0.68) <sup>A</sup>	0.14(0.06) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.08(0.14) <sup>A</sup>	0.22(0.04) <sup>A</sup>	1.65(0.22) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.23(0.30) <sup>A</sup>	0.25(0.02) <sup>A</sup>	2.00(0.61) <sup>A</sup>	0.16(0.05) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	3.15(0.57) <sup>A</sup>	0.23(0.04) <sup>A</sup>	1.80(0.39) <sup>A</sup>	0.13(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.23(0.28) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	1.71(0.26) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.17(0.32) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	1.91(0.20) <sup>A</sup>	0.14(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.42(0.16) <sup>A</sup>	0.26(0.03) <sup>A</sup>	2.18(0.40) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>





附表 3 台灣杉刺縫防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	刺縫處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	2.67(0.43) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>	1.37(0.28) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>AB</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.67(0.46) <sup>A</sup>	0.19(0.04) <sup>A</sup>	1.23(0.26) <sup>A</sup>	0.09(0.02) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.23(0.93) <sup>A</sup>	0.17(0.07) <sup>A</sup>	1.60(0.42) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>B</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.79(0.15) <sup>A</sup>	0.21(0.01) <sup>A</sup>	1.45(0.16) <sup>A</sup>	0.11(0.02) <sup>AB</sup>
ACQ9%	對照組	2.50(0.31) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>	1.12(0.18) <sup>A</sup>	0.08(0.01) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.29(0.44) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>	1.47(0.39) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.17(0.46) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>	1.57(0.28) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.14(1.00) <sup>A</sup>	0.17(0.08) <sup>A</sup>	1.01(0.53) <sup>A</sup>	0.08(0.04) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	2.43(0.42) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>	1.40(0.32) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.20(0.39) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>	1.12(0.52) <sup>A</sup>	0.08(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.60(0.25) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	0.92(0.21) <sup>A</sup>	0.07(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.34(0.34) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	1.35(0.36) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.19(0.46) <sup>A</sup>	0.15(0.04) <sup>A</sup>	1.41(0.38) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.29(0.33) <sup>AB</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>	1.12(0.57) <sup>A</sup>	0.08(0.04) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.81(0.23) <sup>B</sup>	0.22(0.02) <sup>B</sup>	1.06(0.17) <sup>A</sup>	0.08(0.01) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.36(0.29) <sup>AB</sup>	0.18(0.02) <sup>AB</sup>	1.58(0.33) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	2.20(0.55) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>	1.78(0.33) <sup>A</sup>	0.14(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.41(0.46) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>	1.18(0.17) <sup>B</sup>	0.10(0.01) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.61(0.22) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	1.49(0.50) <sup>AB</sup>	0.12(0.04) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.47(0.26) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	1.41(0.29) <sup>AB</sup>	0.11(0.02) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	2.48(0.36) <sup>A</sup>	0.19(0.03) <sup>A</sup>	1.25(0.41) <sup>A</sup>	0.10(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.22(0.52) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>	1.39(0.24) <sup>A</sup>	0.11(0.02) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.22(0.39) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	1.41(0.42) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.28(0.32) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>	1.97(0.91) <sup>A</sup>	0.16(0.07) <sup>A</sup>
CuAz12%	對照組	2.21(0.35) <sup>AB</sup>	0.16(0.03) <sup>AB</sup>	1.71(0.60) <sup>A</sup>	0.12(0.05) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	1.88(0.29) <sup>A</sup>	0.15(0.03) <sup>A</sup>	1.34(0.61) <sup>A</sup>	0.11(0.05) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.52(0.18) <sup>B</sup>	0.20(0.02) <sup>B</sup>	1.29(0.26) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.15(0.30) <sup>AB</sup>	0.17(0.02) <sup>AB</sup>	1.43(0.50) <sup>A</sup>	0.11(0.04) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	2.34(0.31) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>	1.58(0.42) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.33(0.54) <sup>A</sup>	0.19(0.04) <sup>A</sup>	1.31(0.34) <sup>A</sup>	0.11(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.45(0.42) <sup>A</sup>	0.20(0.04) <sup>A</sup>	1.29(0.64) <sup>A</sup>	0.10(0.05) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.63(0.41) <sup>A</sup>	0.21(0.04) <sup>A</sup>	1.20(0.16) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>





附表 4 台灣杉壓縮防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	壓縮處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	2.42(0.70) <sup>A</sup>	0.18(0.05) <sup>A</sup>	1.56(0.27) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.71(0.29) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	1.30(0.12) <sup>A</sup>	0.09(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.04(0.38) <sup>A</sup>	0.23(0.03) <sup>A</sup>	1.26(0.16) <sup>A</sup>	0.09(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.17(0.31) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	1.35(0.17) <sup>A</sup>	0.10(0.01) <sup>A</sup>
ACQ9%	對照組	2.29(0.37) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>	1.02(0.27) <sup>A</sup>	0.08(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.42(0.57) <sup>AB</sup>	0.18(0.04) <sup>A</sup>	1.46(0.48) <sup>A</sup>	0.11(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.32(0.34) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>	1.17(0.26) <sup>A</sup>	0.09(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.04(0.20) <sup>B</sup>	0.19(0.03) <sup>A</sup>	1.35(0.33) <sup>A</sup>	0.19(0.22) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	2.01(0.66) <sup>A</sup>	0.14(0.05) <sup>A</sup>	1.01(0.53) <sup>A</sup>	0.07(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.70(0.34) <sup>AB</sup>	0.19(0.02) <sup>AB</sup>	1.07(0.17) <sup>A</sup>	0.08(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.76(0.20) <sup>AB</sup>	0.20(0.02) <sup>B</sup>	1.21(0.30) <sup>A</sup>	0.09(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.07(0.42) <sup>B</sup>	0.23(0.03) <sup>B</sup>	1.38(0.16) <sup>A</sup>	0.10(0.01) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.33(0.39) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>	1.22(0.15) <sup>A</sup>	0.08(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.50(0.26) <sup>AB</sup>	0.18(0.02) <sup>AB</sup>	1.10(0.13) <sup>A</sup>	0.08(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.86(0.16) <sup>BC</sup>	0.21(0.02) <sup>BC</sup>	1.21(0.17) <sup>A</sup>	0.09(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.08(0.19) <sup>C</sup>	0.22(0.01) <sup>C</sup>	1.16(0.31) <sup>A</sup>	0.08(0.02) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	2.09(0.37) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>	1.41(0.44) <sup>A</sup>	0.11(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.67(0.26) <sup>AB</sup>	0.22(0.02) <sup>B</sup>	1.15(0.04) <sup>A</sup>	0.09(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.03(0.37) <sup>B</sup>	0.24(0.02) <sup>B</sup>	1.62(0.87) <sup>A</sup>	0.13(0.07) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	2.48(0.53) <sup>AB</sup>	0.20(0.04) <sup>AB</sup>	1.33(0.29) <sup>A</sup>	0.11(0.02) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	2.20(0.39) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>	1.40(0.58) <sup>A</sup>	0.10(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.78(0.18) <sup>B</sup>	0.21(0.02) <sup>B</sup>	1.39(0.20) <sup>A</sup>	0.11(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.67(0.28) <sup>AB</sup>	0.21(0.02) <sup>B</sup>	1.31(0.42) <sup>A</sup>	0.10(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	2.92(0.26) <sup>B</sup>	0.24(0.03) <sup>B</sup>	1.29(0.14) <sup>A</sup>	0.10(0.01) <sup>A</sup>
CuAz12%	對照組	2.14(0.37) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>	1.26(0.45) <sup>A</sup>	0.10(0.04) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.48(0.22) <sup>AB</sup>	0.19(0.02) <sup>AB</sup>	1.20(0.15) <sup>A</sup>	0.09(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.78(0.25) <sup>B</sup>	0.22(0.01) <sup>B</sup>	1.58(0.91) <sup>A</sup>	0.12(0.07) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	2.73(0.36) <sup>B</sup>	0.21(0.03) <sup>B</sup>	1.32(0.26) <sup>A</sup>	0.10(0.02) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	2.70(0.27) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>	1.62(0.33) <sup>A</sup>	0.12(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.71(0.10) <sup>A</sup>	0.21(0.01) <sup>A</sup>	1.29(0.15) <sup>A</sup>	0.10(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.76(0.52) <sup>A</sup>	0.21(0.04) <sup>A</sup>	1.70(0.65) <sup>A</sup>	0.13(0.05) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.06(0.37) <sup>A</sup>	0.25(0.03) <sup>A</sup>	1.45(0.28) <sup>A</sup>	0.12(0.02) <sup>A</sup>





附表 5 光蠟樹刺縫防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	刺縫處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	2.99(0.18) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.34(0.15) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.89(0.44) <sup>A</sup>	0.23(0.04) <sup>A</sup>	2.36(0.40) <sup>A</sup>	0.19(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.56(0.27) <sup>A</sup>	0.21(0.02) <sup>A</sup>	2.09(0.15) <sup>A</sup>	0.17(0.01) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.84(0.24) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	2.30(0.17) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
ACQ9%	對照組	2.67(0.39) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	2.33(0.35) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.87(0.30) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>AB</sup>	2.34(0.13) <sup>A</sup>	0.18(0.01) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	3.16(0.44) <sup>A</sup>	0.26(0.03) <sup>B</sup>	2.27(0.25) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.94(0.20) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>AB</sup>	2.39(0.39) <sup>A</sup>	0.19(0.03) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	2.98(0.32) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	2.47(0.26) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	3.37(0.17) <sup>A</sup>	0.27(0.02) <sup>A</sup>	2.57(0.10) <sup>A</sup>	0.20(0.01) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	3.31(0.27) <sup>A</sup>	0.26(0.02) <sup>A</sup>	2.34(0.25) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.94(0.26) <sup>A</sup>	0.22(0.05) <sup>A</sup>	2.33(0.35) <sup>A</sup>	0.17(0.04) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.94(0.41) <sup>A</sup>	0.22(0.03) <sup>A</sup>	2.20(0.23) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.80(0.45) <sup>A</sup>	0.22(0.04) <sup>A</sup>	2.07(0.39) <sup>A</sup>	0.16(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	3.04(0.35) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	2.39(0.26) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	3.11(0.37) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	2.33(0.28) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	3.14(0.21) <sup>A</sup>	0.25(0.01) <sup>A</sup>	2.46(0.13) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	3.24(0.20) <sup>A</sup>	0.26(0.02) <sup>A</sup>	2.24(0.23) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	3.17(0.18) <sup>A</sup>	0.26(0.02) <sup>A</sup>	2.17(0.35) <sup>A</sup>	0.17(0.03) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	3.09(0.42) <sup>A</sup>	0.25(0.03) <sup>A</sup>	2.15(0.26) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	2.84(0.36) <sup>A</sup>	0.22(0.03) <sup>A</sup>	2.59(0.37) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.91(0.38) <sup>A</sup>	0.23(0.03) <sup>A</sup>	2.50(0.35) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.99(0.25) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.39(0.19) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.93(0.19) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	2.42(0.21) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
CuAz12%	對照組	2.66(0.42) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>	2.30(0.30) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	3.17(0.09) <sup>A</sup>	0.25(0.004) <sup>A</sup>	2.39(0.05) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	3.00(0.15) <sup>A</sup>	0.24(0.01) <sup>A</sup>	2.11(0.23) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.70(0.28) <sup>A</sup>	0.21(0.02) <sup>A</sup>	2.37(0.25) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	2.53(0.52) <sup>A</sup>	0.20(0.04) <sup>A</sup>	2.74(0.23) <sup>A</sup>	0.22(0.02) <sup>A</sup>
	10000 點/m <sup>2</sup>	2.77(0.14) <sup>A</sup>	0.22(0.02) <sup>A</sup>	1.98(0.32) <sup>C</sup>	0.16(0.03) <sup>B</sup>
	20000 點/m <sup>2</sup>	2.49(0.48) <sup>A</sup>	0.20(0.04) <sup>A</sup>	2.52(0.18) <sup>AB</sup>	0.20(0.01) <sup>AB</sup>
	30000 點/m <sup>2</sup>	2.81(0.30) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	2.23(0.24) <sup>BC</sup>	0.18(0.02) <sup>B</sup>





附表 6 光蠟樹壓縮防腐處理材收縮率及平均收縮率

處理藥劑	壓縮處理	T(%)	T(%/%)	R(%)	R(%/%)
ACQ6%	對照組	2.57(0.19) <sup>A</sup>	0.21(0.01) <sup>A</sup>	2.28(0.31) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.10(0.14) <sup>B</sup>	0.25(0.02) <sup>B</sup>	2.59(0.93) <sup>A</sup>	0.21(0.08) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	2.96(0.35) <sup>AB</sup>	0.23(0.03) <sup>AB</sup>	2.12(0.30) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.28(0.14) <sup>B</sup>	0.26(0.01) <sup>B</sup>	2.24(0.21) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
ACQ9%	對照組	2.84(0.62) <sup>A</sup>	0.22(0.06) <sup>A</sup>	2.21(0.30) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	2.96(0.21) <sup>A</sup>	0.23(0.02) <sup>A</sup>	1.96(0.39) <sup>A</sup>	0.15(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.21(0.15) <sup>A</sup>	0.25(0.01) <sup>A</sup>	2.26(0.17) <sup>A</sup>	0.18(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.03(0.36) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	2.28(0.34) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>
ACQ12%	對照組	3.13(0.35) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	2.43(0.32) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.21(0.22) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.29(0.29) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.33(0.30) <sup>A</sup>	0.26(0.02) <sup>A</sup>	2.45(0.17) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.62(0.34) <sup>A</sup>	0.28(0.03) <sup>A</sup>	2.37(0.28) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
ACQ15%	對照組	2.65(0.46) <sup>A</sup>	0.20(0.03) <sup>A</sup>	2.37(0.22) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.30(0.21) <sup>A</sup>	0.25(0.02) <sup>A</sup>	2.45(0.09) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.12(0.49) <sup>A</sup>	0.24(0.04) <sup>A</sup>	2.29(0.08) <sup>A</sup>	0.18(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.18(0.54) <sup>A</sup>	0.24(0.04) <sup>A</sup>	2.25(0.27) <sup>A</sup>	0.17(0.02) <sup>A</sup>
CuAz6%	對照組	2.91(0.44) <sup>A</sup>	0.24(0.04) <sup>A</sup>	2.04(1.04) <sup>A</sup>	0.17(0.08) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.27(0.28) <sup>A</sup>	0.27(0.02) <sup>A</sup>	2.23(0.23) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.38(0.14) <sup>A</sup>	0.27(0.01) <sup>A</sup>	2.47(0.30) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.32(0.26) <sup>A</sup>	0.27(0.02) <sup>A</sup>	2.51(0.27) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>
CuAz9%	對照組	3.04(0.24) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.78(0.14) <sup>A</sup>	0.22(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.08(0.24) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.16(0.25) <sup>C</sup>	0.17(0.02) <sup>B</sup>
	壓縮率 10%	3.61(0.19) <sup>B</sup>	0.29(0.02) <sup>B</sup>	2.53(0.11) <sup>AB</sup>	0.20(0.01) <sup>AB</sup>
	壓縮率 15%	3.20(0.26) <sup>AB</sup>	0.26(0.02) <sup>AB</sup>	2.22(0.25) <sup>BC</sup>	0.18(0.02) <sup>B</sup>
CuAz12%	對照組	2.80(0.22) <sup>A</sup>	0.22(0.02) <sup>A</sup>	2.55(0.30) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.16(0.25) <sup>AB</sup>	0.25(0.02) <sup>AB</sup>	2.45(0.25) <sup>A</sup>	0.20(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.20(0.27) <sup>AB</sup>	0.26(0.02) <sup>AB</sup>	2.33(0.22) <sup>A</sup>	0.19(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.43(0.25) <sup>B</sup>	0.28(0.02) <sup>B</sup>	2.35(0.17) <sup>A</sup>	0.19(0.01) <sup>A</sup>
CuAz15%	對照組	2.97(0.30) <sup>A</sup>	0.24(0.02) <sup>A</sup>	2.61(0.41) <sup>A</sup>	0.21(0.03) <sup>A</sup>
	壓縮率 5%	3.01(0.30) <sup>A</sup>	0.24(0.03) <sup>A</sup>	2.32(0.23) <sup>A</sup>	0.18(0.02) <sup>A</sup>
	壓縮率 10%	3.32(0.36) <sup>A</sup>	0.26(0.03) <sup>A</sup>	2.31(0.19) <sup>A</sup>	0.18(0.01) <sup>A</sup>
	壓縮率 15%	3.25(0.49) <sup>A</sup>	0.26(0.04) <sup>A</sup>	2.25(0.33) <sup>A</sup>	0.18(0.03) <sup>A</sup>





附表 7 柳杉刺縫處理材抗壓強度

柳杉 刺縫處理	抗壓強度 (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	42.0 <sup>A</sup> (6.9)	44.7 <sup>A</sup> (2.7)	42.7 <sup>A</sup> (7.3)	36.1 <sup>A</sup> (8.6)	38.9 <sup>AB</sup> (4.4)	38.8 <sup>A</sup> (9.0)	43.0 <sup>A</sup> (9.8)	44.6 <sup>A</sup> (11.3)
10000 點 /m <sup>2</sup>	38.9 <sup>AB</sup> (5.0)	39.9 <sup>AB</sup> (10.6)	39.0 <sup>A</sup> (7.5)	41.7 <sup>A</sup> (7.0)	44.3 <sup>A</sup> (9.8)	42.9 <sup>A</sup> (7.9)	40.8 <sup>A</sup> (6.1)	43.9 <sup>A</sup> (8.2)
20000 點 /m <sup>2</sup>	34.0 <sup>B</sup> (3.1)	38.5 <sup>AB</sup> (7.3)	38.0 <sup>A</sup> (6.2)	47.8 <sup>B</sup> (4.8)	41.2 <sup>AB</sup> (5.9)	43.0 <sup>A</sup> (7.7)	46.0 <sup>A</sup> (8.7)	45.5 <sup>A</sup> (3.4)
30000 點 /m <sup>2</sup>	38.9 <sup>AB</sup> (7.1)	37.7 <sup>B</sup> (7.0)	39.6 <sup>A</sup> (7.4)	39.6 <sup>A</sup> (5.8)	36.4 <sup>B</sup> (6.6)	38.9 <sup>A</sup> (5.4)	40.0 <sup>A</sup> (5.8)	44.5 <sup>A</sup> (9.2)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。

附表 8 柳杉壓縮處理材抗壓強度

柳杉 壓縮處理	抗壓強度(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	39.4 <sup>A</sup> (9.8)	37.6 <sup>A</sup> (4.9)	45.1 <sup>A</sup> (3.9)	45.5 <sup>A</sup> (7.4)	39.2 <sup>A</sup> (7.0)	41.1 <sup>A</sup> (7.6)	43.8 <sup>A</sup> (6.1)	45.8 <sup>A</sup> (7.7)
壓縮率 5%	42.9 <sup>A</sup> (6.6)	39.6 <sup>A</sup> (9.8)	38.2 <sup>B</sup> (3.5)	36.6 <sup>B</sup> (5.5)	39.3 <sup>A</sup> (4.7)	38.1 <sup>AB</sup> (5.2)	46.4 <sup>A</sup> (5.8)	42.0 <sup>A</sup> (5.2)
壓縮率 10%	39.6 <sup>A</sup> (7.1)	48.8 <sup>B</sup> (8.4)	44.0 <sup>A</sup> (5.5)	45.2 <sup>A</sup> (4.3)	43.4 <sup>AB</sup> (7.1)	40.1 <sup>AB</sup> (5.8)	42.9 <sup>A</sup> (6.2)	43.3 <sup>A</sup> (8.7)
壓縮率 15%	36.3 <sup>A</sup> (6.4)	52.9 <sup>B</sup> (10.3)	37.0 <sup>B</sup> (4.7)	36.5 <sup>B</sup> (6.0)	47.5 <sup>B</sup> (6.5)	34.3 <sup>B</sup> (6.0)	41.9 <sup>A</sup> (5.5)	43.6 <sup>A</sup> (4.6)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





附表 9 台灣杉刺縫處理材抗壓強度

台灣杉 刺縫處理	抗壓強度(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	32.0 <sup>A</sup> (2.9)	33.6 <sup>A</sup> (4.3)	32.4 <sup>A</sup> (2.3)	30.5 <sup>A</sup> (4.1)	29.7 <sup>A</sup> (2.6)	33.9 <sup>A</sup> (2.4)	30.8 <sup>AB</sup> (4.0)	29.7 <sup>A</sup> (2.2)
10000 點 /m <sup>2</sup>	29.9 <sup>A</sup> (5.3)	32.1 <sup>A</sup> (5.4)	29.4 <sup>B</sup> (1.5)	28.3 <sup>A</sup> (2.6)	31.2 <sup>AB</sup> (1.8)	31.5 <sup>A</sup> (4.1)	29.1 <sup>A</sup> (1.9)	30.4 <sup>A</sup> (3.3)
20000 點 /m <sup>2</sup>	31.3 <sup>A</sup> (2.7)	32.8 <sup>A</sup> (5.1)	29.5 <sup>B</sup> (3.5)	33.2 <sup>B</sup> (2.8)	35.2 <sup>C</sup> (2.3)	32.6 <sup>A</sup> (3.2)	32.4 <sup>BC</sup> (2.4)	30.5 <sup>A</sup> (4.5)
30000 點 /m <sup>2</sup>	30.4 <sup>A</sup> (2.0)	31.3 <sup>A</sup> (4.8)	31.5 <sup>AB</sup> (3.8)	30.4 <sup>A</sup> (2.0)	32.3 <sup>B</sup> (4.0)	32.5 <sup>A</sup> (3.1)	33.8 <sup>C</sup> (3.4)	31.2 <sup>A</sup> (3.8)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。

附表 10 台灣杉壓縮處理材抗壓強度

台灣杉 壓縮處理	抗壓強度(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	28.7 <sup>A</sup> (5.2)	30.0 <sup>A</sup> (7.0)	29.0 <sup>A</sup> (3.5)	29.7 <sup>A</sup> (4.5)	33.0 <sup>A</sup> (3.5)	29.2 <sup>A</sup> (3.3)	32.5 <sup>A</sup> (2.6)	34.0 <sup>A</sup> (4.3)
壓縮率 5%	31.8 <sup>A</sup> (3.3)	33.9 <sup>AB</sup> (1.7)	33.3 <sup>B</sup> (1.0)	30.2 <sup>A</sup> (2.7)	35.6 <sup>A</sup> (2.6)	34.4 <sup>C</sup> (2.0)	30.1 <sup>A</sup> (2.5)	34.4 <sup>A</sup> (1.4)
壓縮率 10%	32.4 <sup>A</sup> (1.6)	30.9 <sup>A</sup> (2.3)	33.7 <sup>B</sup> (2.6)	33.7 <sup>B</sup> (2.4)	36.0 <sup>A</sup> (4.2)	31.1 <sup>AB</sup> (4.3)	35.5 <sup>B</sup> (2.1)	35.0 <sup>A</sup> (2.4)
壓縮率 15%	32.5 <sup>A</sup> (4.8)	35.6 <sup>B</sup> (4.4)	34.7 <sup>B</sup> (3.9)	32.5 <sup>AB</sup> (1.7)	32.4 <sup>A</sup> (5.5)	33.4 <sup>BC</sup> (3.5)	36.1 <sup>B</sup> (3.4)	35.1 <sup>A</sup> (4.3)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





附表 11 光蠟樹刺縫處理材抗壓強度

光蠟樹 刺縫處理	抗壓強度(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	65.1 <sup>A</sup> (2.5)	54.1 <sup>A</sup> (10.0)	56.9 <sup>A</sup> (5.5)	52.7 <sup>A</sup> (9.4)	58.8 <sup>A</sup> (3.9)	57.9 <sup>A</sup> (4.1)	57.9 <sup>A</sup> (4.0)	61.6 <sup>A</sup> (7.2)
10000 點 /m <sup>2</sup>	55.9 <sup>BC</sup> (3.5)	61.0 <sup>A</sup> (1.6)	57.3 <sup>A</sup> (3.4)	49.9 <sup>A</sup> (7.2)	57.8 <sup>A</sup> (1.8)	51.7 <sup>B</sup> (3.8)	55.6 <sup>A</sup> (0.5)	53.9 <sup>B</sup> (4.2)
20000 點 /m <sup>2</sup>	54.4 <sup>B</sup> (7.8)	57.3 <sup>A</sup> (7.9)	56.0 <sup>A</sup> (5.7)	58.3 <sup>B</sup> (2.8)	57.3 <sup>A</sup> (5.2)	61.9 <sup>AB</sup> (7.0)	55.9 <sup>A</sup> (3.2)	56.9 <sup>AB</sup> (5.8)
30000 點 /m <sup>2</sup>	59.2 <sup>C</sup> (5.1)	58.3 <sup>A</sup> (1.6)	57.2 <sup>A</sup> (4.9)	54.3 <sup>AB</sup> (4.0)	55.2 <sup>A</sup> (5.4)	54.7 <sup>B</sup> (5.4)	56.9 <sup>A</sup> (6.1)	59.1 <sup>B</sup> (4.2)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。

附表 12 光蠟樹壓縮處理材抗壓強度

光蠟樹 壓縮處理	抗壓強度(MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	60.7 <sup>A</sup> (4.8)	53.8 <sup>AB</sup> (7.1)	56.7 <sup>AB</sup> (3.3)	49.1 <sup>A</sup> (6.2)	54.2 <sup>A</sup> (6.3)	55.0 <sup>A</sup> (6.3)	50.6 <sup>A</sup> (6.8)	56.0 <sup>AB</sup> (8.8)
壓縮率 5%	59.1 <sup>A</sup> (3.0)	48.5 <sup>A</sup> (8.4)	53.5 <sup>A</sup> (2.2)	55.7 <sup>B</sup> (6.8)	54.2 <sup>A</sup> (4.7)	54.1 <sup>AB</sup> (4.6)	58.2 <sup>B</sup> (4.6)	56.8 <sup>AB</sup> (3.2)
壓縮率 10%	56.8 <sup>A</sup> (6.3)	57.9 <sup>B</sup> (2.1)	60.5 <sup>C</sup> (4.3)	56.6 <sup>B</sup> (4.0)	56.8 <sup>A</sup> (3.0)	58.6 <sup>A</sup> (3.2)	56.5 <sup>B</sup> (2.9)	58.7 <sup>A</sup> (5.0)
壓縮率 15%	61.5 <sup>A</sup> (5.0)	54.5 <sup>B</sup> (5.5)	58.4 <sup>BC</sup> (3.9)	53.5 <sup>AB</sup> (2.7)	51.8 <sup>A</sup> (7.5)	49.9 <sup>B</sup> (5.7)	55.5 <sup>B</sup> (2.8)	51.8 <sup>B</sup> (6.7)

註：括號內數值為標準偏差。同行中英文字母相異者，表示在顯著水準 5%時，平均數間具有顯著差異。





附表 13 柳杉刺縫處理材抗彎強度

柳杉 刺縫處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	60.5 <sup>A</sup>	63.3 <sup>A</sup>	56.2 <sup>A</sup>	57.6 <sup>A</sup>	55.5 <sup>A</sup>	54.8 <sup>A</sup>	50.7 <sup>A</sup>	55.4 <sup>A</sup>
	(5.3)	(5.9)	(7.9)	(11.4)	(5.3)	(16.2)	(8.0)	(16.6)
10000 點 /m <sup>2</sup>	56.5 <sup>A</sup>	54.7 <sup>A</sup>	53.6 <sup>A</sup>	57.1 <sup>A</sup>	54.2 <sup>A</sup>	59.9 <sup>A</sup>	49.2 <sup>A</sup>	55.0 <sup>A</sup>
	(6.7)	(9.0)	(11.9)	(9.5)	(16.4)	(10.5)	(6.6)	(8.0)
20000 點 /m <sup>2</sup>	56.1 <sup>A</sup>	53.2 <sup>A</sup>	56.7 <sup>A</sup>	57.1 <sup>A</sup>	57.5 <sup>A</sup>	57.1 <sup>A</sup>	54.1 <sup>A</sup>	52.7 <sup>A</sup>
	(9.6)	(21.4)	(14.3)	(8.4)	(5.2)	(7.9)	(10.9)	(9.4)
30000 點 /m <sup>2</sup>	59.1 <sup>A</sup>	54.2 <sup>A</sup>	49.8 <sup>A</sup>	53.2 <sup>A</sup>	49.6 <sup>A</sup>	54.9 <sup>A</sup>	49.8 <sup>A</sup>	52.3 <sup>A</sup>
	(12.0)	(11.4)	(5.3)	(3.0)	(7.1)	(9.6)	(13.6)	(12.9)

附表 14 柳杉壓縮處理材抗彎強度

柳杉 壓縮處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	58.1 <sup>A</sup>	53.9 <sup>A</sup>	71.2 <sup>A</sup>	65.6 <sup>A</sup>	61.5 <sup>A</sup>	63.5 <sup>A</sup>	58.9 <sup>A</sup>	62.3 <sup>A</sup>
	(13.9)	(11.9)	(14.8)	(10.1)	(13.2)	(10.6)	(10.7)	(12.0)
壓縮率 5%	54.9 <sup>A</sup>	54.4 <sup>A</sup>	55.6 <sup>A</sup>	47.1 <sup>B</sup>	56.9 <sup>A</sup>	59.8 <sup>A</sup>	55.9 <sup>A</sup>	58.8 <sup>A</sup>
	(9.8)	(12.8)	(7.4)	(12.2)	(6.0)	(11.7)	(8.8)	(7.3)
壓縮率 10%	56.2 <sup>A</sup>	56.3 <sup>A</sup>	57.4 <sup>A</sup>	63.5 <sup>AB</sup>	54.9 <sup>A</sup>	55.8 <sup>A</sup>	58.4 <sup>A</sup>	62.1 <sup>A</sup>
	(6.5)	(12.5)	(24.5)	(7.8)	(4.5)	(7.3)	(6.0)	(11.0)
壓縮率 15%	51.2 <sup>A</sup>	64.8 <sup>A</sup>	53.4 <sup>A</sup>	47.4 <sup>B</sup>	62.4 <sup>A</sup>	49.8 <sup>A</sup>	57.4 <sup>A</sup>	54.2 <sup>A</sup>
	(8.5)	(10.5)	(10.2)	(5.5)	(13.1)	(12.6)	(13.2)	(8.4)





附表 15 台灣杉刺縫處理材抗彎強度

台灣杉 刺縫處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	48.2 <sup>A</sup>	45.3 <sup>A</sup>	50.2 <sup>A</sup>	45.6 <sup>A</sup>	50.3 <sup>A</sup>	55.3 <sup>A</sup>	43.0 <sup>A</sup>	42.4 <sup>A</sup>
	(12.0)	(13.9)	(6.0)	(10.4)	(7.1)	(4.1)	(16.3)	(8.0)
10000 點 /m <sup>2</sup>	44.9 <sup>A</sup>	47.0 <sup>A</sup>	40.9 <sup>A</sup>	42.1 <sup>A</sup>	44.2 <sup>A</sup>	43.8 <sup>A</sup>	39.8 <sup>A</sup>	48.9 <sup>A</sup>
	(8.5)	(8.3)	(4.1)	(8.2)	(8.3)	(8.0)	(2.3)	(5.5)
20000 點 /m <sup>2</sup>	43.8 <sup>A</sup>	43.1 <sup>A</sup>	45.1 <sup>A</sup>	47.3 <sup>A</sup>	52.2 <sup>A</sup>	42.6 <sup>A</sup>	45.3 <sup>A</sup>	43.5 <sup>A</sup>
	(4.2)	(3.6)	(7.3)	(6.0)	(4.0)	(18.5)	(9.5)	(9.6)
30000 點 /m <sup>2</sup>	43.8 <sup>A</sup>	41.6 <sup>A</sup>	42.1 <sup>A</sup>	39.7 <sup>A</sup>	45.2 <sup>A</sup>	47.3 <sup>A</sup>	41.6 <sup>A</sup>	45.2 <sup>A</sup>
	(8.6)	(7.8)	(6.6)	(8.1)	(4.3)	(5.7)	(3.5)	(6.9)

附表 16 台灣杉壓縮處理材抗彎強度

台灣杉 壓縮處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	57.8 <sup>A</sup>	44.4 <sup>A</sup>	50.5 <sup>A</sup>	47.6 <sup>A</sup>	49.5 <sup>A</sup>	48.0 <sup>A</sup>	49.5 <sup>A</sup>	42.7 <sup>A</sup>
	(14.1)	(13.1)	(8.3)	(7.3)	(6.6)	(12.3)	(6.9)	(17.2)
壓縮率 5%	50.1 <sup>A</sup>	41.3 <sup>A</sup>	54.0 <sup>A</sup>	51.3 <sup>A</sup>	50.1 <sup>A</sup>	51.3 <sup>A</sup>	48.8 <sup>A</sup>	50.8 <sup>A</sup>
	(7.8)	(10.6)	(3.5)	(7.0)	(9.2)	(8.3)	(3.9)	(4.0)
壓縮率 10%	46.5 <sup>A</sup>	47.2 <sup>A</sup>	56.2 <sup>A</sup>	49.7 <sup>A</sup>	49.0 <sup>A</sup>	42.2 <sup>A</sup>	51.6 <sup>A</sup>	49.1 <sup>A</sup>
	(7.4)	(7.4)	(3.1)	(3.8)	(9.3)	(8.9)	(6.1)	(7.0)
壓縮率 15%	55.1 <sup>A</sup>	53.4 <sup>A</sup>	54.4 <sup>A</sup>	49.9 <sup>A</sup>	49.9 <sup>A</sup>	50.1 <sup>A</sup>	46.2 <sup>A</sup>	44.5 <sup>A</sup>
	(12.1)	(4.6)	(4.3)	(3.7)	(10.0)	(3.9)	(4.4)	(9.0)





附表 17 光蠟樹刺縫處理材抗彎強度

光蠟樹 刺縫處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	98.4 <sup>A</sup>	87.9 <sup>A</sup>	91.8 <sup>A</sup>	92.5 <sup>A</sup>	90.8 <sup>A</sup>	95.9 <sup>A</sup>	92.9 <sup>A</sup>	101.6 <sup>A</sup>
	(9.9)	(16.5)	(10.2)	(12.3)	(16.0)	(7.5)	(6.9)	(14.3)
10000 點 /m <sup>2</sup>	83.4 <sup>AB</sup>	104.7 <sup>A</sup>	88.8 <sup>A</sup>	85.4 <sup>A</sup>	97.1 <sup>A</sup>	87.6 <sup>A</sup>	87.2 <sup>A</sup>	92.3 <sup>A</sup>
	(10.3)	(3.1)	(4.6)	(9.5)	(2.5)	(2.4)	(5.5)	(9.2)
20000 點 /m <sup>2</sup>	73.8 <sup>B</sup>	93.0 <sup>A</sup>	85.0 <sup>A</sup>	92.8 <sup>A</sup>	92.1 <sup>A</sup>	88.1 <sup>A</sup>	74.1 <sup>B</sup>	88.7 <sup>AB</sup>
	(12.7)	(18.4)	(12.5)	(9.1)	(8.8)	(11.3)	(5.1)	(8.4)
30000 點 /m <sup>2</sup>	84.4 <sup>AB</sup>	94.4 <sup>A</sup>	86.2 <sup>A</sup>	80.1 <sup>A</sup>	87.0 <sup>A</sup>	83.3 <sup>A</sup>	88.3 <sup>A</sup>	84.9 <sup>B</sup>
	(10.2)	(9.0)	(12.6)	(7.4)	(24.0)	(12.7)	(9.2)	(5.0)

附表 18 光蠟樹壓縮處理材抗彎強度

光蠟樹 壓縮處理	MOR (MPa)							
	ACQ				CuAz			
	6%	9%	12%	15%	6%	9%	12%	15%
對照組	92.1 <sup>A</sup>	96.5 <sup>A</sup>	89.5 <sup>A</sup>	86.7 <sup>A</sup>	87.8 <sup>A</sup>	98.9 <sup>A</sup>	87.4 <sup>A</sup>	88.6 <sup>A</sup>
	(18.3)	(17.9)	(14.3)	(20.4)	(17.3)	(6.4)	(12.0)	(17.7)
壓縮率 5%	82.8 <sup>A</sup>	82.6 <sup>A</sup>	89.5 <sup>A</sup>	93.3 <sup>A</sup>	101.9 <sup>A</sup>	94.2 <sup>A</sup>	99.1 <sup>A</sup>	87.9 <sup>A</sup>
	(14.3)	(16.1)	(13.2)	(18.3)	(14.9)	(4.6)	(9.1)	(19.3)
壓縮率 10%	81.2 <sup>A</sup>	100.7 <sup>A</sup>	94.3 <sup>A</sup>	93.0 <sup>A</sup>	103.1 <sup>A</sup>	108.9 <sup>A</sup>	95.8 <sup>A</sup>	102.7 <sup>A</sup>
	(14.5)	(6.4)	(11.7)	(12.3)	(8.3)	(13.9)	(15.2)	(15.7)
壓縮率 15%	98.3 <sup>A</sup>	102.0 <sup>A</sup>	89.6 <sup>A</sup>	97.0 <sup>A</sup>	88.0 <sup>A</sup>	90.2 <sup>A</sup>	90.6 <sup>A</sup>	85.1 <sup>A</sup>
	(9.3)	(9.9)	(8.3)	(8.4)	(13.8)	(14.9)	(6.5)	(9.9)





## 110 年農業科技計畫審查意見回應表

計畫研提 期中審查 期末審查

計畫名稱：戶外用國產材防腐增值技術開發與耐久性的改善(2/2)

執行單位：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

計畫主持人：卓志隆

項次	審查意見	意見回覆	修正頁次
1	三種刺縫處理條件，10,000個、20,000個及30,000個/uz，在不同處理液濃度6%~15%之間，即得ACQ滲透度，CuAz滲透度，效果約可達CNS 3000之K4、K5標準，建議可採用10,000個/m <sup>2</sup> ，刺縫深度10mm，此深度正好是CNS3000要求之深度。	謝謝委員論述。	研究報告 p.7 補充說明。
2	表11、12、13之第2欄，刺縫孔間距，是否為刺縫孔深度？	謝謝委員提問。刺縫孔間距為刺縫孔與相鄰刺縫孔之距離，並不是深度。	研究報告 p.45 與 p.46 表格中備註說明。
3	表14~16、18~19 ACQ吸收量只有CuO，有無含BKC？	謝謝委員論述。相關表之ACQ吸收量為CuO，不含BKC。	研究報告已說明吸收量為CuO，無修正。
4	桂竹強度試驗是以竹片或竹桿進行？	謝謝委員提問。桂竹強度試驗是以竹桿進行。	研究報告 p.4 已說明，。
5	表27、28之對照組是指進行稀鹼液處理，或未防腐處理？	表27、28之對照組是指未經任何處理後進行防腐處理。	研究報告 p.55 與 p.56 表格中備註說明。
6	依本實驗提出在有穩定生產規模下，單位防腐處理木材生產成本，與目前ACQ K4防腐處理木材市場價格每才16~20元相較，約有	謝謝委員建議。	研究報告 p.15 補充說明。



1101621



	50%利潤率，因此可建議廠商提高目前所採用的處理液濃度約在8%。		
7	本實驗所求得防腐處理結果是以 5cm×5cm×50cm 試片資料，今後有機會能與廠商合作進行實大尺寸材料，尤其長度可達 3~4 公尺者，因防腐劑在進入木材內部之通路是以縱向為主，長度愈長愈困難，而實際使用的材料有可能長度達到 4 公尺，則其使用性可提高。	謝謝委員建議。	研究報告 p.16 結論中補充說明。
8	第 1-10 頁：碳酸「氨」改為「銨」。	謝謝委員建議。	研究報告 p 3 已修正。
9	表 5 建請加註文獻來源 (CNS 3000 加壓防腐處理木材總吸收量基準)。	謝謝委員建議。	研究報告 p 38 以補充修正。
10	第 1-33 頁第 6 行…待統計分析後於期末報告時說明。建議修改文字或刪除。第 5 行鐵「步」改為「布」。	謝謝委員建議。	已於研究報告 p 9 修正。
11	第 1-34 頁表 14-16 表中的 A、B，建議於表下方加註意義。	謝謝委員建議。	已於研究報告 p 47, p.48, p.49, 註解說明。
12	字體統一：暴露/曝露；溼/濕。	謝謝委員建議。	內文中以統一修正為暴露，濕
13	第 1-55 頁：最後一行 143.149.5 元，改為 143,149.5 元。	謝謝委員指正，應為 143,149.5 元	已於研究報告 p 15 修正。
14	參考文獻建請逐一檢視及修改格式。	謝謝委員建議。	已檢視修正。
15	建議試材調濕條件:改為 20±2°C、65±3%RH。	謝謝委員建議。不過因設定條件為 20°C、65%RH。故維持原試驗條件。	無修正
16	表 8-10 滲透度分析的單位？	謝謝委員建議。透度分析的單位為%。	已於研究報告 p43 與





			P.44 補充說明。
17	相關處理材品項計畫主持人皆有詳細說明。	謝謝委員肯定	
18	建議計畫主持人於結論歸納木竹材防腐前處理以何者為宜？	謝謝委員建議。	研究報告 p.16 結論中補充說明。
19	建議計畫主持人說明未來在產學應用上以何種刺縫密度為宜？	謝謝委員建議。	研究報告 p.16 結論中補充說明。
20	表 22~23 所述有效成分氧化銅吸收量計算，刺縫及壓縮處理是以何種條件處理？	謝謝委員提問。為各處理條件併均結果	研究報告 p.10 已說明。

