

計劃名稱：Nomex 染色織物經紫外線吸收劑配合導染劑處理對其耐光染色堅牢度改善之研究

計劃編號：NSC 89-2216-E-034-003

執行期限：88/08/01~89/07/31

計劃主持人：王權泉

執行機構：中國文化大學紡織工程學系

### 一、中文摘要

本研究主要係將經染色之 Nomex 織物以不同種類的紫外線吸收劑配合導染劑進行後處理，以改善 Nomex 被染物之耐光染色堅牢度，並針對加工後之 Nomex 織物的物化性變化，作一廣泛且深入的研究。由實驗結果顯示，Nomex 染色織物經不同紫外線吸收劑配合導染劑處理，確實可有效降低被染物的褪色速率及提高被染物的耐光染色堅牢度，其中以甲基酚導染劑配合 APS 紫外線吸收劑的效果較佳，可使耐光級數提升 1~1.5 級左右。另外，Nomex 織物經紫外線吸收處理後，再經碳弧光長時間照射，其強力損失率皆較未處理者低約 15~20%，尤其配合鄰苯基苯酚為導染劑時，Nomex 織物經光照後的強力損失更低。至於，Nomex 織物的柔軟度會因導染劑的使用而變得稍差，其中以鄰苯基苯酚較明顯，但紫外線吸收劑對加工物手感的影響不明顯。

關鍵字：Nomex、紫外線吸收劑、導染劑、褪色轉化率、耐光染色堅牢度、鹽基性染料

### Abstract

Ultraviolet absorbers (abbrev. UV-absorbers) matched with carriers have been applied to improve lightfastness of dyed Nomex fabrics. The effects of additive type and concentration of UV absorbers and carriers, irradiating time of carbon arc lamp on photofading rates and lightfastnesses and physical properties of treated Nomex fabrics have been extensively studied. The dyed Nomex fabrics had been treated with UV-absorbers matched with carriers will effectively increase lightfastness of dyed Nomex fabrics and that photofading rates were decreased, above all, using APS or acrylate agent as UV-absorbers matched with m-methylphenol as carrier can obtain better results, and the lightfastness will promote about 1~1.5 grades.

The strength loss ratios of dyed Nomex fabrics that had been treated and then long-time irradiated by carbon arc lamp will be lower about 15~20% than control samples, above all, using o-hydroxybiphenyl as carrier and APS as UV-absorber, the results are obvious effects. Another, using carrier will decrease softness of treated Nomex fabrics, but the UV-absorbers have no obvious effect on softness. We also provide data about how long it takes until fading of samples is observed under various conditions.

Key words: Nomex、Ultraviolet absorbers、Carriers、Lightfastness、Photofading rate、Basic dye

### 二、計劃緣由與目的

目前在紡織材料上對於防燃織物的製作主要有兩種方式，一是直接由合成方式製得具抗熱防燃之纖維，諸如：Nomex、Conex、Kevlar、Technola、PBI、Trevira.....等<sup>(1)(2)</sup>，另一是利用防燃劑進行後處理加工之方式，諸如：THPC、APO、Firol 76、Pyrovatex CP.....等防燃劑之應用<sup>(3)(4)</sup>，此兩種防燃法於實用上各具優缺點，一般經由抽絲所製得具抗熱之防燃纖維，不僅有卓越的防燃性且耐用性及物性亦相當良好，因此廣泛使用於高級防燃織品及航太工業方面，其中由美國杜邦(Du Pont)公司所生產之 Nomex 纖維更是頗受市場好評之防燃纖維，但因 Nomex 纖維本身之玻璃轉位點頗高( $T_g \approx 275^\circ\text{C}$ )，於染色及印花上頗不容易，因此在市場之應用上曾受到某些限制，過去幾年以來國內至外針對 Nomex 纖維及織物如何改善其染色性的研究不遺餘力，國外有美國 Moore<sup>(5)</sup>及日本小林重信<sup>(6)</sup>等學者，以及本研發小組自 1996 年迄今在國科會的支助下所作的系列研究<sup>(7)-(11)</sup>，不僅使 Nomex 織物的染色技術得以突破，且溶劑用量明顯降低，減少污染更符環保。Nomex 織物不易上染的問題迄今雖已解決，但另一更困擾業界且至今仍未克服的難題就是 Nomex 被染物之耐光染色堅牢度偏低現象如何提升，目前國內外尚未有人針對此問題作過深入的探討，因此本研究乃利用各類型之紫外線吸收劑並配合適當的導染劑，對染色後的 Nomex 織物進行後處理，以期有效增進 Nomex 染色物的耐光染色堅牢度，並增加其使用價值及範圍。除此，本文亦針對處理後的 Nomex 織物之物性變化一併作探討，以找尋最佳的加工條件，將可供業界及學術之應用參考，並有效改善此一耐光染色堅牢度不良的長期問題。

### 三、實驗方法

#### 3-1 實驗流程

Nomex 織物→精練→水洗→烘乾→皂洗→水洗→紫外線吸收劑+導染劑處理→皂洗→水洗→烘乾→碳弧光照射→物性測試

物性測試：

- (1) 測 Pt/P<sub>0</sub>
- (2) 測褪色轉化率
- (3) 測耐光染色堅牢度
- (4) 測強力值
- (5) 測柔軟度

本研究係使用 Acrylate 系、Benzophenone 系、苯併三唑(APS)、含氮有機化合物(LP-200)及含氮有機

多環酯化物(E-3199)等多種紫外線吸收劑，再配合氣苯、甲基酚、 $\beta$ -萘酚及鄰苯基苯酚等導染劑作不同組合，對 Nomex 染色物進行後處理，使紫外線吸收劑藉由導染劑之協助能更有效進入 Nomex 纖維內部，因而明顯提升 Nomex 染色物之耐光染色堅牢度。本文中除上述處理劑之種類及用量改變外，光照時間也作不同的設定，以探討被染物之褪色轉化率及物性的變化，並深入瞭解本研究的作用機構及實用價值。

### 3-2 織物斷裂強度測試

依 CNS12915、L3233 法測試使用條式法

強力保持率(%)： $[S_1/S_0] \times 100$

強力損失率(%)： $[S_1 - S_0]/S_0 \times 100$

$S_0$ ：染色布其強力 (Kgf)

$S_1$ ：光照射後染色布其強力 (Kgf)

3-3 柔軟度的測試：依 CNS12915 L3233 法測定柔軟度增加率(%)： $[L_0 - L_1]/L_0 \times 100\%$

$L_0$ ：染色布其懸垂長度 (cm)

$L_1$ ：光照射後染色布其懸垂長度 (cm)

3-4 褪色速率計算：

褪色轉化率： $(1 - Pt/Po) \times 100\%$

$Po$ ：染色布其彩度

$Pt$ ：光照射後染色布其彩度

## 四、結果與討論

### 4-1 改變紫外線吸收劑與導染劑的種類對光褪色性之影響

Nomex 染色織物經紫外線吸收劑配合導染劑後處理後，可使被染物之褪色速率趨緩，其中以紫外線吸收劑 APS 或 Acrylate 系與導染劑甲基酚或氣苯的組合效果較佳，此由圖 1~圖 4 之結果即可得知。此外，由圖 5~圖 8 可發現紫外線吸收劑及導染劑的使用不僅種類會影響褪色轉化率且用量亦有影響，其中以處理劑種類的影響效應較用量更為明顯。一般褪色速率皆會隨著紫外線吸收劑及導染劑用量之增加而降低；事實上，由圖 5 及圖 6 中亦可得知單獨使用紫外線吸收劑及導染劑亦有減低褪色速率的效果，但兩者若作適當的搭配組合將可獲致更佳的處理成效。經研究結果顯示，當紫外線吸收劑用量約 4%o.w.f，且導染劑濃度約 15g/l 時，其 Nomex 染色物的褪色速率會呈明顯降低。

### 4-2 紫外線吸收劑及導染劑對加工織物色彩值的影響 (光照時間 20 小時)

由表 1 得知不同的加工處理劑會影響光照後被染物的色彩值，但對光照前的影響則不明顯。當 Nomex 被染物以 APS 或 Acrylate 系的紫外線吸收劑配合不同導染劑時，於 20 小時光照後的明度值(L 值)較未照射者為高，此乃因經照射後之被染物的顏色會變淡，變量所致，但以  $\beta$ -萘酚為導染劑的被染物經光照後其明度值反而下降，這是因為照射後被染物的顏色反呈暗淡所致。至於光照後之 Nomex 染色物的彩度(C\*值)及色相(h\*值)皆會有下降現象，顯然皆有褪色現象。

### 4-3 紫外線吸收劑及導染劑對加工物之物性影響

由圖 9 及圖 10 中可發現紫外線吸收劑的添加可增加 Nomex 染色物的耐光性，使光照後織物強力的損失隨紫外線吸收劑用量之增加而減少。另由表 2 中得知導染劑對加工物亦有增加強力的效果，此乃因導染劑會使加工後織物的經密提高所致<sup>(12)</sup>。因此若兩者配合使用，則加工物經光照後的整體強力損失率將更小，亦即織物的耐光性更強。但有一例外，即紫外線吸收劑 E-3199 會隨著導染劑添加量之增加，其強力損失現象反而增加。此外，由圖 11 得知，Nomex 染色物之柔軟度係隨著光照時間之增加而提高，而紫外線吸收劑用量的影響不明顯，但光照時間低於二十小時及超過五十小時者，吸收劑用量則會明顯影響光照後 Nomex 織物之柔軟度，當光照時間較短或太長時，紫外線吸收劑用量的增加，反而不利於柔軟度，其中連續光照時間太長，所用的紫外線吸收劑會產生變異，進而對 Nomex 纖維結構造成傷害，使分子結構變硬，因此柔軟度隨用量增加而下降。另外，一般 Nomex 織物的柔軟度會因導染劑的添加而稍變差，如圖 12 及圖 13 所示，但經長時間光照後其柔軟度皆會增加。至於紫外線吸收劑的種類對加工物柔軟度的影響並不明顯；祇有 E-3199 及 Benzophenone 系的紫外線吸收劑會隨著導染劑濃度的增加，使 Nomex 加工物於光照後之柔軟度呈下降趨勢，如圖 14 所示。由此可知，紫外線吸收劑需配合適當之導染劑組合，方可獲致良好的加工物。

### 4-4 改變紫外線吸收劑與導染劑的種類對耐光染色堅牢度之影響

由表 3~表 5 可知，被染物經導染劑配合紫外線吸收劑加工後，以使用 APS 為紫外線吸收劑配合甲基酚為導染劑，濃度為 15g/l 時的耐光染色堅牢度的效果較佳，約可以提升 Nomex 被染物之耐光染色堅牢度約 1~1.5 級。

## 五、結論

- (1) 當 Nomex 織物經染色後，再以導染劑配合紫外線吸收劑處理被染物，將明顯減輕褪色現象，其中又以 APS 或 E-3199 配合甲基酚的效果較為明顯。
- (2) Nomex 織物染色後，紫外線吸收劑配合導染劑處理，隨著導染劑濃度的增加，將有效降低織物之褪色性，其中導染劑濃度在 15g/l 時的效果較佳。
- (3) 當織物添加不同用量之紫外線吸收劑時，隨著紫外線吸收劑用量的增加，其褪色較不明顯，又以用量在 4%時效果較佳。
- (4) Nomex 織物染色後，經長時間照射下，其強力會變差，且柔軟度會增加。但若添加紫外線吸收劑並配合導染劑一併處理，被染物將可明顯降低光照後強力之損失，以提升其耐用性。
- (5) Nomex 織物染色後，以添加 APS 紫外線吸收劑並配合甲基酚導染劑採浸染加工方式，其耐光性

之增加效果最顯著。

- (6) Nomex 染色物的柔軟度會因導染劑的添加而稍變差，尤其使用鄰苯基苯酚最為明顯，但經長時間光照後加工物之柔軟度皆會增加。至於紫外線吸收劑對柔軟度的影響不明顯，祇有 E-3199 及 Benzophenone 系的紫外線吸收劑會因導染劑用量增加，反使加工物於光照後之柔軟度呈下降現象。

參考文獻

- (1) 高橋 太，歸山明俊，增田俊郎共譯，高分子材料之難燃加工，PP.185~210，PP.229~270，地人書館(1977)
- (2) J.P. Critchley, G.J.Knight and W.W.Wright, Heat-Resistant Polymers, PP.125~181, Plenum Press, New York(1983)
- (3) R.Bruce LeBlanc, Fire Retardant Finishes and Fibers for Textiles (Advances in Fire Retardants-Part3),PP.251~270,Technomic Publishing Co.,Inc(1975)
- (4) 鹽澤和男，染色仕上加工技術，PP.290~297，地人書館(1991)
- (5) R.A.F.Moore, &H.D.Weigmann, Dyeability of Nomex Aramid Yarn, Textile Research J. Vol.56, No.4, PP.254~260(1986)
- (6) 小林重信，纖維染色處理，染色工業，Vol.43, No.5, PP.2~38(1995)
- (7) 王權泉，鄭竣元，Nomex 短織織物經溶劑預處理染色及撥水、撥油加工對防燃性及物性影響之研究，華岡紡織期刊，Vol.3, No.3, PP.42~48(1996)
- (8) C.C.Wang, I.J.Huang, The Effect of Carriers and Hydrotropio Solubilizers on Printing of Nomex Fabric, J. of the Hwa Gang Textile, Vol.4, No.3, PP.208~215 (1997)
- (9) C.C.Wang, J.U.Fan, The Effect of Basic Dyestuffs and Carriers on Dyeing and Flameproof Properties of Nomex Fabrics, J. of Hwa Gang Textile, Vol.4, No.4, PP.327~338(1997)
- (10) C.C.Wang, Y.W.Chang, Effect of Solvent Pretreatments and Carriers on Colorabilities and Physical Properties of Nomex Fabric printing, J. of the Hwa Gang Textile, Vol.5, No.2, PP.188~200(1998)
- (11) 王權泉，陳博洋，Nomex 織物經不同胺溶劑預處理對染著性及物性影響之研究，第二十三屆高分子研討會論文專輯(纖維及紡織), PP.350~351(2000)
- (12) 吳英，唐志勇，張德仁，芳石風輪纖維膨化劑染色方法之研究，紡織學報，第十八卷，第一期，PP.38~40(1997)

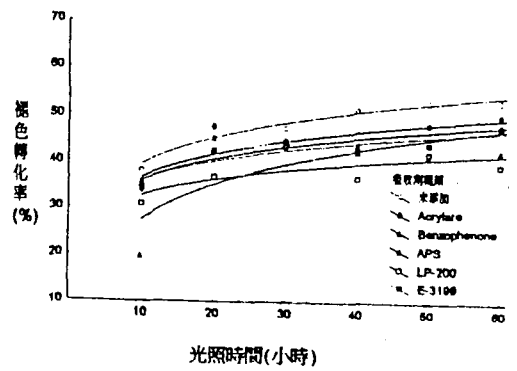


圖 1. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對褪色轉化率之影響(以氫苯為導染劑)

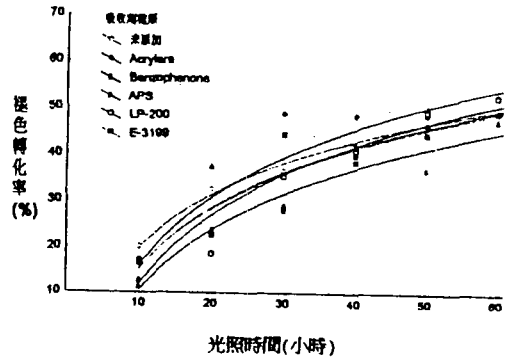


圖 2. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對褪色轉化率之影響(以甲基酚為導染劑)

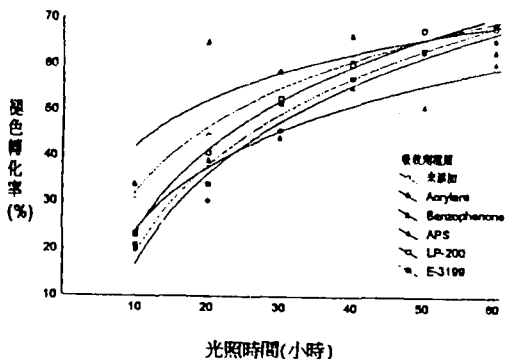


圖 3. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對褪色轉化率之影響(以β-奈酚為導染劑)

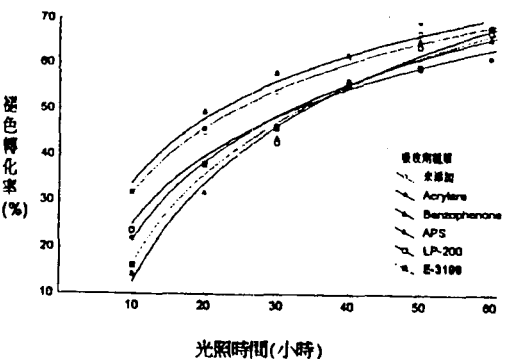


圖 4. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對褪色轉化率之影響(以鄰苯基苯酚為導染劑)

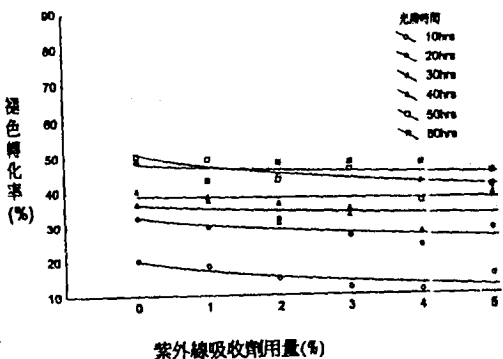


圖 5. 改變紫外線吸收劑的用量及光照時間對褪色轉化率之影響(以 APS 為紫外線吸收劑)

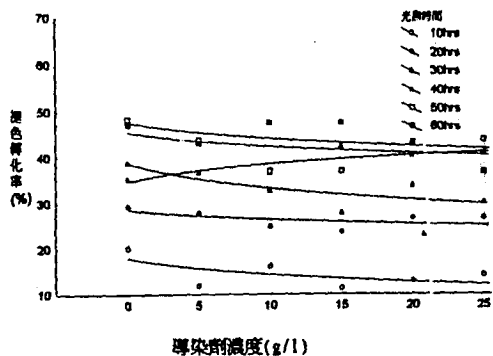


圖 6. 改變導染劑的濃度及光照射時間對褪色轉化率之影響(以甲基酚為導染劑)

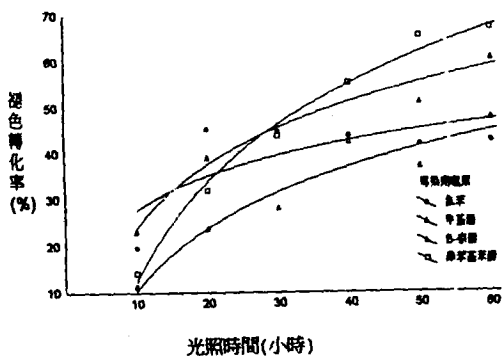


圖 7. 改變導染劑的種類及光照射時間對褪色轉化率之影響

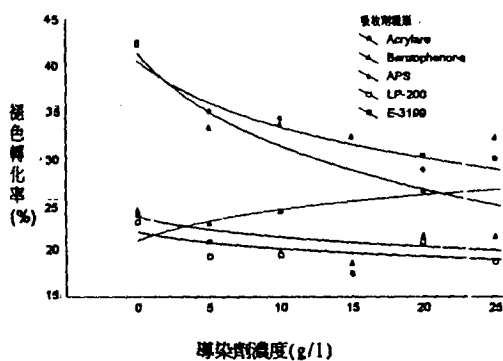


圖 8. 改變導染劑濃度及紫外線吸收劑對褪色轉化率之影響(以甲基酚為導染劑, 光照時間為 20 小時)

表 1. 改變不同導染劑及紫外線吸收劑於未照射與光照 20 小時時對色彩之影響

| 染料       | UV 吸收劑 | L      |      | a      |       | b      |      | c*     |      | h*     |     |
|----------|--------|--------|------|--------|-------|--------|------|--------|------|--------|-----|
|          |        | 未照射    | 照射   | 未照射    | 照射    | 未照射    | 照射   | 未照射    | 照射   | 未照射    | 照射  |
| Acrylate | 亞甲藍    | 62.471 | 64.3 | -18.86 | -11.3 | -11.07 | 1.3  | 21.852 | 11.4 | 210.32 | 173 |
|          | 甲基酚    | 49.103 | 51   | -16.14 | -12.1 | -13.34 | -4.3 | 20.935 | 12.9 | 219.58 | 200 |
|          | B-甲酚   | 53.589 | 49.5 | -13.52 | -7.4  | -7.277 | 0.41 | 15.354 | 7.41 | 208.2  | 177 |
|          | 亞甲高基酚  | 43.082 | 47.3 | -15.02 | -3.12 | -10.17 | -4.8 | 17.061 | 9.25 | 244.11 | 237 |
| APS      | 亞甲藍    | 62.852 | 62.9 | -18.76 | -11.6 | -10.89 | 2.97 | 21.236 | 12   | 210.5  | 166 |
|          | 甲基酚    | 49.23  | 50.5 | -16.23 | -12.3 | -13.4  | -4.4 | 21.053 | 13.1 | 219.85 | 200 |
|          | B-甲酚   | 53.76  | 48.9 | -13.68 | -6.49 | -7.33  | 1.22 | 16.008 | 6.61 | 210.89 | 169 |
|          | 亞甲高基酚  | 42.368 | 46.7 | -13.85 | -2.36 | -9.965 | -3.9 | 16.798 | 11.6 | 245.74 | 237 |

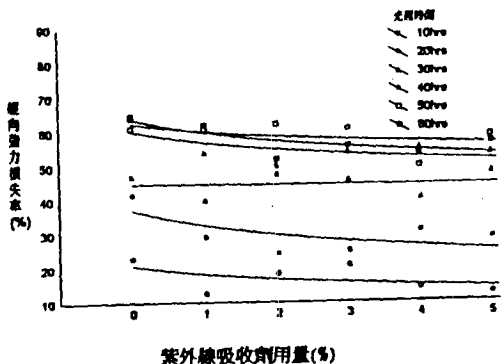


圖 9. 改變紫外線吸收劑的濃度及光照射時間對強力之影響(以 APS 為紫外線吸收劑)

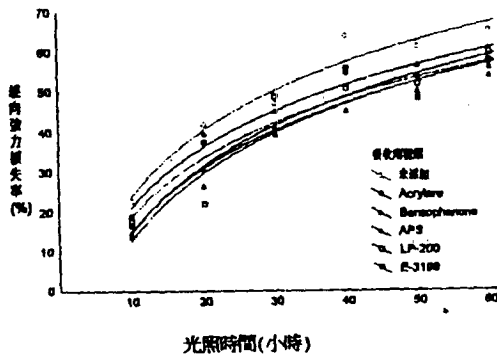


圖 10. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對強力之影響(以甲基酚為導染劑, 未照射染色布其強力為 52.6kg)

表 2 紫外線吸收劑配合導染劑對 Nomex 染色加工物  
強力損失率之影響(以甲基酚為導染劑, 總光照 20 小時)

| 導染劑濃度 (G/l)  | 0    | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| 強力損失率 (%)    |      |      |      |      |      |      |
| 紫外線吸收劑       |      |      |      |      |      |      |
| 未添加          | 50.3 | 47.6 | 46.2 | 43.8 | 41.7 | 40.8 |
| Acrylate     | 46.3 | 45.8 | 44.6 | 42.2 | 41.6 | 40.8 |
| Benzophenone | 42.7 | 41.2 | 40.5 | 37.8 | 36.5 | 35.4 |
| APS          | 36.1 | 34.6 | 33.4 | 31.4 | 30.9 | 30.2 |
| LP-200       | 41.8 | 38.5 | 37.7 | 28.7 | 28.1 | 27.6 |
| E-3199       | 32.5 | 35.7 | 37.8 | 39.5 | 42.4 | 51.7 |

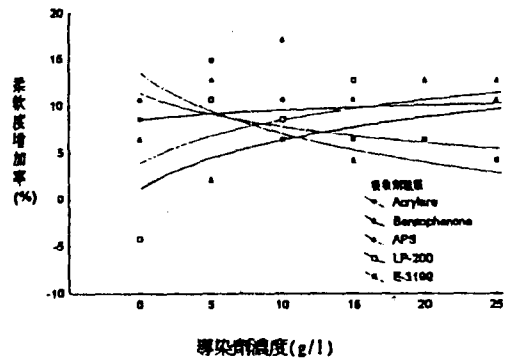


圖 14. 改變導染劑濃度及紫外線吸收劑對柔軟度之影響(以甲基酚為導染劑, 光照時間為 20 小時)

表 3 改變不同導染劑及紫外線吸收劑的種類對耐光染色堅牢度的影響(光照時間為 20 小時)

| 導染劑          | 靛藍  | 甲基酚 | $\beta$ -奈酚 | 鄰苯基苯酚 |
|--------------|-----|-----|-------------|-------|
| 耐光級數         |     |     |             |       |
| 紫外線吸收劑       |     |     |             |       |
| 未添加          | 2   | 2-3 | 2           | 1-2   |
| Acrylate     | 3   | 3-4 | 3           | 2     |
| Benzophenone | 2-3 | 3   | 2-3         | 2     |
| APS          | 3   | 3-4 | 2-3         | 2-3   |
| LP-200       | 2-3 | 3   | 2-3         | 2     |
| E-3199       | 3   | 3   | 2-3         | 2     |

表 4 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對耐光染色堅牢度之影響(以甲基酚為導染劑)

| 照射時間 (小時)    | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 耐光級數         |     |     |     |     |     |    |
| 紫外線吸收劑       |     |     |     |     |     |    |
| 未添加          | 3   | 2-3 | 1-2 | 1   | 1   | 1  |
| Acrylate     | 4   | 3-4 | 2-3 | 1-2 | 1-2 | 1  |
| Benzophenone | 3-4 | 3   | 2   | 1-2 | 1   | 1  |
| APS          | 4   | 3-4 | 2-3 | 1-2 | 1-2 | 1  |
| LP-200       | 3-4 | 3   | 2   | 1-2 | 1   | 1  |
| E-3199       | 3-4 | 3   | 2   | 1-2 | 1   | 1  |

表 5 改變不同導染劑的濃度及紫外線吸收劑的種類對耐光染色堅牢度的影響(以甲基酚為導染劑, 光照時間為 20 小時)

| 導染劑濃度 (g/l)  | 0   | 5   | 10 | 15  | 20  | 25 |
|--------------|-----|-----|----|-----|-----|----|
| 耐光級數         |     |     |    |     |     |    |
| 紫外線吸收劑       |     |     |    |     |     |    |
| Acrylate     | 2-3 | 2-3 | 3  | 3-4 | 3-4 | 3  |
| Benzophenone | 2-3 | 2-3 | 3  | 3   | 3   | 3  |
| APS          | 2-3 | 2-3 | 3  | 3-4 | 3-4 | 3  |
| LP-200       | 2-3 | 2-3 | 3  | 3   | 3   | 3  |
| E-3199       | 2-3 | 2-3 | 3  | 3   | 3   | 3  |

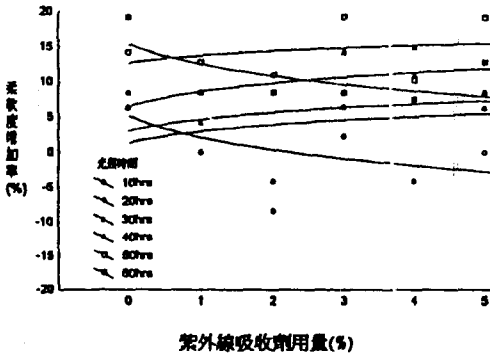


圖 11. 改變紫外線吸收劑的濃度及光照時間對柔軟度之影響(以 APS 為紫外線吸收劑)

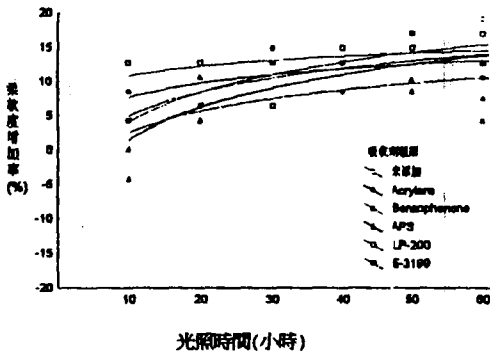


圖 12. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對柔軟度之影響(以甲基酚為導染劑, 未照射染色布其懸垂長度為 4.7cm)

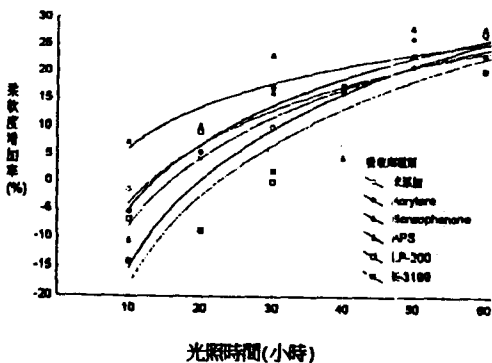


圖 13. 改變紫外線吸收劑的種類及光照時間對柔軟度之影響(以鄰苯基苯酚為導染劑, 未照射染色布其懸垂長度為 6.4cm)