

遠紅外線織物滴加汗液經光照對放射率之影響

The Influence of Sweat-drops and Lights on Emissivity of the Far-Infrared Knitted Fabric

周鈺盛 邢文灝

Y. S. Zhou, W.H. Hsing

中國文化大學紡織工程學系

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University

W.H. Hsing, hsing@staff.pccu.edu.tw

摘要

本研究以人工汗液(鹼)，及標準日光燈、高效能日光燈、紫外光燈、白熾燈，四種標準光源對遠紅外線織物進行處理，在經由滴加汗液模擬運動後織物吸收汗液之情況，以及戶外運動時織物接受太陽光之能量後，汗液及光線照射對於遠紅外線織物放射率之影響，而實驗結果指出，滴加汗液為 15wt%時其主要影響因素為光源種類造成之布樣含水量差異，照射 60 分鐘時紫外光之能量因不足以使內部水分蒸散，故放射率較低僅 0.94，而標準日光燈及高效能日光燈因光源種類之關係，蒸散一部分水分子故能達到較好之遠紅外線傳遞效果，而在 120 分鐘照射標準日光燈內部水分已部分蒸散且與環境達平衡，故其放射率較 60 分鐘時提升約 0.05，而在 180 分鐘照射時四種光源之水分都已與環境達到平衡，最終放射率都達到 0.945；而在滴加 30wt%汗液時亦呈現相同之趨勢，僅在照射 180 分鐘紫外光時，組氨酸結構內雜環吸收部分紫外光能，因照射時間增加而使趨勢變為較明顯，造成最終放射率下降至 0.938。

關鍵詞：遠紅外線、光照、汗液、放射率

ABSTRACT

This study is processing by sweat, Standard fluorescent lamp, high performance fluorescent lamp, halogen lamp, ultra-violet lamp on the far-infrared fabric, by dropping the sweat to simulating the situation of people after exercising outdoor and the fabric adsorption the sweat, the effect of the sweat and exposure by the light, and the experiment point that, when sweat drops to 15wt% its main influencing factors for the type of lights caused differences in water content, irradiation at 60 minutes of UV light, its energy insufficient to moisture evaporation caused radiation rates lower only 0.94, And standard fluorescent and the efficient can fluorescent due to light type of relationship, steam bulk part water molecular so can reached better of far infrared passed effect, and in 120 minutes irradiation standard fluorescent internal water has part steam bulk and and environment up balance, so its radiation rate more 60 minutes Shi upgrade about 0.05, and in 180 minutes irradiation Shi four species light of water are has and environment reached balance, eventually radiation rate are reached 0.945; and in drops plus 30wt% sweat Shi also rendering same of trend, When the UV irradiation only 180 minutes, Histidine heterocyclic absorbing some UV light within the structure, trends becomes more obvious because of irradiation time increased, causing radiation rate dropped to 0.938 eventually.

Keywords: far-infrared, lighted, sweat, emissivity

1.前言

遠紅外線在產業發展已有三十多年以上的歷史，但應用於健康醫療的領域卻是近十年左右的事，現今用在醫療之方法多為藥物治療，因此以遠紅外線所進行的物理治療法則成為了一種較為新的治療方式，但由於並非目前主流方法，因此受到之關注相對較少。

遠紅外線的定義波長範圍為 2.5~1000 μm ，在 4~14 μm 的波長範圍稱為生育光線[1]。而遠紅外線除了一般光線所具有的五種基本特性之外還具有另一種特性為共振吸收，其強的穿透力在穿透進物體之後若振動頻率與被輻射物相同時，其會產生共振效應加劇其分子運動，藉此達到升溫的效果。醫療方面其主要的原理乃是利用人體組織中約有 70% 的水，而血漿中含有約 80%，而人體在 37 $^{\circ}\text{C}$ 的體溫時，最主要的輻射波長約為 9.35 μm ，且由過去文獻中得知水分子的最有效吸收頻率為 6.27 μm ，恰好落在生育光線範圍內[2]，此時遠紅外線與人體組織中的水分子產生共振作用，藉此打斷大水分子團的氫鍵結，使其細化為較小之水分子團，同時促進分子運動，使微血管的血液循環增加、促進新陳代謝，藉此達到醫療保健的效果。除了水分子的共振之外，人體組織中的 C-H、O-H 鍵的伸縮振動，C-C、C=C、C-O、C=O、C-H 及 O-H 鍵的彎曲振動的諧振波長大部分在 3~6 μm ，因此若是能量波長在此範圍內也可達到升溫及醫療保健的效果[3-4]。

在過去的研究中指出，遠紅外線織物在相對濕度 60% 及 80% 時可得到最穩定之遠紅外線放射率，而當含水量過高或過低時反而會降低其遠紅外線放射率，另外遠紅外線放射率在纖維組織較為緊密時較鬆散時佳，排列狀態在蓬鬆時較平行時佳，而明度較低之織物在經過光照射後其放射率及溫度會提升較為明顯，同時在不同波長之可見光譜的光源照射下，其溫升及放射率之提升皆有不同之影響[5-10]。

文獻中指出聚酯布在經由可見光譜照射後獲得能量，而後使得布表溫度上升且濕度也有所改變，而溫度上升相對可視為布所吸收之能量較多因此遠紅外線放射率也相對提升，過去的實驗係將布樣經由不同光源照射後使得布樣溫度上升後造成之放射率有所上升，但在光照處理過程中並無控制處理時

之環境濕度，因此無法確定處理期間濕度變化造成之影響，而過去也曾測試織物吸收汗液後是否會對放射率造成影響，結果顯示當汗液添加量增加後放射率會有所提升，而證實結果因汗液之添加使得織物水分上升，造成放射率上昇，此外遠紅外線織物大多運用在運動休閒及醫療保健服飾，此篇主要探討運動休閒方面，其中如散步之類的休閒運動，其相對出汗量較低，因此放射率並不會因為一時大量的出汗造成放射率大幅下降，但隨著時間增加後期汗液乾燥後結晶會殘留於織物表面及內部，並且隨著外在光源照射後其殘留物，是否會對織物本身放射率造成影響，於此做進一步研究探討。

2.理論

2-1 遠紅外線波長分佈

一般遠紅外線的波長範圍介於 2.5~1000 μm ，依不同的功用與應用方式，會有不同的定義方式，而本實驗之遠紅外線放射率範圍為 2~22 μm 。如圖 1 所示。

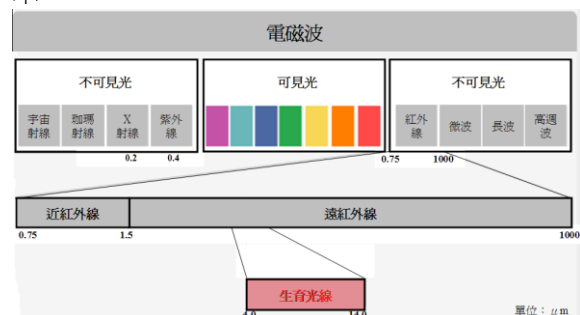


圖 1 電磁波波長分佈示意圖[3]

依據維恩的變位法則[2]計算物體的表面溫度與波長之關係。如下式所示

$$\text{波長} = 2897 \mu\text{m} \div (273 + \text{物體表面攝氏溫度})$$

若在 280 $^{\circ}\text{C}$ 到零下 20 $^{\circ}\text{C}$ 區間，波長則在 5.2 μm 到 11.5 μm 之範圍。根據普朗克定律，溫度上升時，電磁波波長相對的也往紅外線的區域移動；水分子共振吸收的波長為 6.27 μm ，其中人體溫在 37 $^{\circ}\text{C}$ 時吸收波長為 9.35 μm ，而人體內含約 70% 的水，讓人體更易吸收 4~14 μm 間之遠紅外線形成共振。

2-2 遠紅外線放射原理

當穩定狀態的原子受到加熱或電磁照射，會因

外界賦予能量而產生電子激發，此時電子由 $I=k$ 軌道遷移到 $I=L$ 軌道。而後電子因欲趨向穩定狀態，從 $I=L$ 軌道，再遷移回到 $I=k$ 軌道，期間會釋放出能量。而特定的物質會以放射紅外線的形式釋放出能量

能夠將能量理想轉換為電磁波能量之物質(即無能量之損失)，稱為黑體。所謂放射率(通常以 ϵ 表示，如下列公式)係在同一條件下比較其物質與黑體放射量之比值，而實際物質係呈 $0 < \epsilon < 1$ 之關係。 ϵ 愈接近 1，表示熱能對電磁波之轉換愈以理想方式進行。

放射率(ϵ) = 物質電磁波放射量 / 黑體電磁波放射量

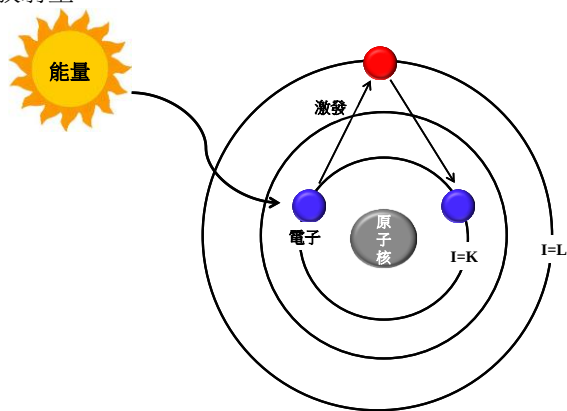


圖 2 電子遷移與熱放射[3]

3. 實驗

3-1 實驗材料

- (1) 遠紅外線聚酯針織布(幅寬58.5"，布重 190g/yd，陶瓷粉末為氧化鋯，摻雜量1.2%，遠東紡織股份有限公司)
- (2) 組織胺鹽($C_6H_9O_2N_3 \cdot H_2O$) (純度98%，博盛有限公司)
- (3) 氯化鈉($NaCl$) (純度99.9%，第一化工)
- (4) 二水合磷酸二氫鈉($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) (純度 98%，和光純藥工業株式會社)
- (5) 氫氧化鈉($NaOH$) (純度93%，城乙化工)

3-2 實驗設備

- (1) 溫濕度計 (SATO SK-L200TH II)
- (2) 遠紅外線放射儀 (HOTECH EMS 302M)
- (3) 電子天秤 (Percisa XS 225A-SCS)
- (4) 對色箱(Verivide CAC60)

- (5) 遠紅外線測溫槍 (Lutron TM-925)
- (6) 國際標準日光燈(D-65) (20w/840，6500K，400~700nm)
- (7) 高效能日光燈(TL-84) (20W/840，3500K，400~700nm)
- (8) 白熾燈(F) (40W/240V，3500K，400~700nm)
- (9) 紫外線燈 (18W，320~400nm)
- (10) 微量滴管 (SOCOREX ACURA-825，100-1000 μ l)

3-3 實驗方法

- (1) 環境條件: $23 \pm 2^\circ C$ 、 $65 \pm 5\%$ RH
- (2) 腔體內溫度: $32 \pm 2^\circ C$
- (3) 取樣面積: $28.27 cm^2$
- (4) 擷取數據: 15秒/次
- (5) 照射距離: 15cm
- (6) 照射時間: 60、120、180min
- (7) 照射光源: 標準日光燈、高效能日光燈、白熾燈、紫外光燈
- (8) 滴加汗液: 15、30wt%

3-4 光照處理

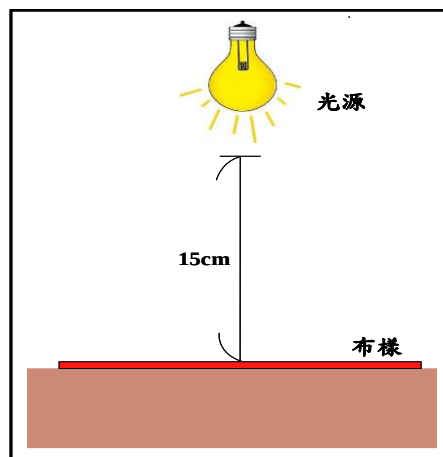
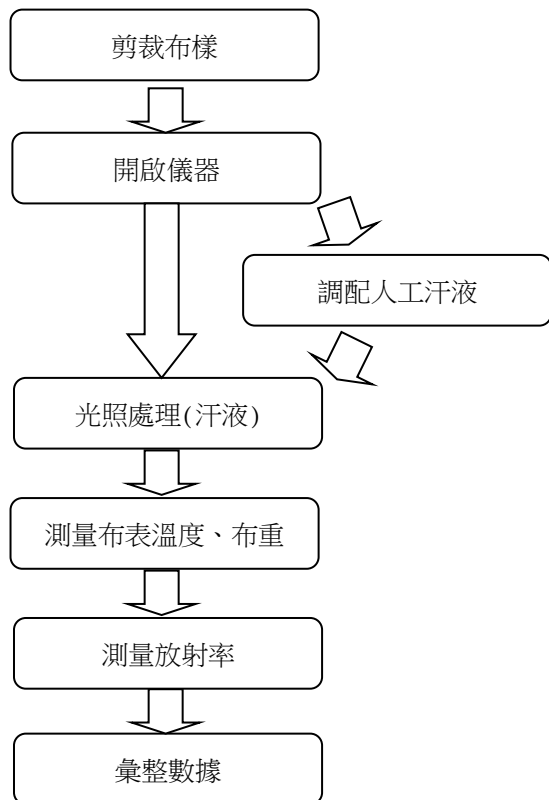


圖 3 光照測試示意圖

3-5 實驗流程



3-6 實驗步驟

- (1) 依照腔體加熱板大小，將布樣剪裁 28.27cm^2 做為測試樣本。
- (2) 將儀器開啟並暖機45分鐘，使儀器達到穩定狀態。
- (3) 參照CNS1496之標準調配人工汗液(鹼)。
- (4) 處理方法一為直接將布樣進行光照，光源種類分別為標準日光燈、高效能日光燈、白熾燈及紫外光燈，照射時間分別為60、120及180分鐘，照射距離15公分。
- (5) 處理方法二為將布樣滴加步驟(2)時所調配之人工汗液(鹼)，以取樣面積 28.27cm^2 分別滴加相較於布重15、30wt%人工汗液(鹼)，之後進行光照處理，條件等同方法一。
- (6) 光照處理過程中，於對色箱內埋入溫濕度計，並記錄處理當下箱內溫濕度。
- (7) 布樣處理完畢後自對色箱取出，分別以紅外線測溫槍測量布表溫度及電子天秤測量布重，之後將布樣放入封口袋並以黑色西卡紙包覆，減少外在環境濕度及光源對布樣造成之影響。
- (8) 之後將布樣放入遠紅外線放射儀測試布樣放

射率，由儀器底部之加熱器對樣本進行加熱，並由腔體內部之感應器接收樣本表面溫度，並與黑體測時之表面溫度以公式轉換後，得到樣本之相對放射值，並依照FTTS-FA-010之標準紀錄測試當下之環境溫濕度。

4.結果與討論

4-1 織物照射不同光源 60、120、180 分鐘放射率變化

圖 4 為遠紅外線織物在經由四種標準光源照射後再測得之遠紅外線放射率圖，其中黑體之平均放射率為 0.965，而標準日光燈、高效能日光燈以及白熾燈及紫外光燈其在 10 到 100 個數據之間其變化差異並不明顯，且最後之平均放射率均為 0.94 左右，相同於原布樣。

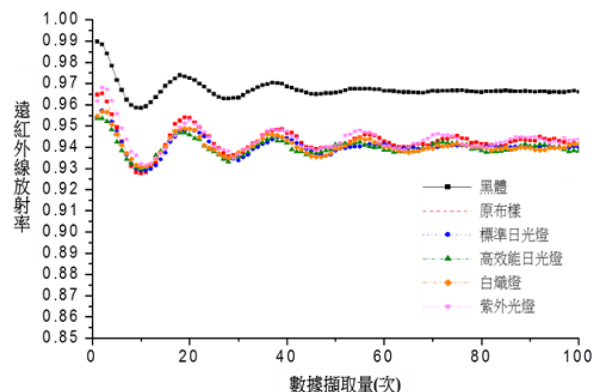


圖 4 織物經不同光源照射 60 分鐘放射率變化圖

圖 5 為遠紅外線織物照射四種標準光源後其放射率變化圖，其中可以發現白熾燈、高效能日光燈及標準日光燈之變化相較於圖 4 差異甚微，但其中紫外光的起伏變化卻有縮小的情形發生。

紫外光推斷為在 60 分鐘照射時，其主要作用方式為短波輻射能而非熱能，故由表 1 推論在 60 分鐘照射時其布樣含水率相較於其他三種光源會來的較高，故在最後穩定放射率會較其他三種光源略高。

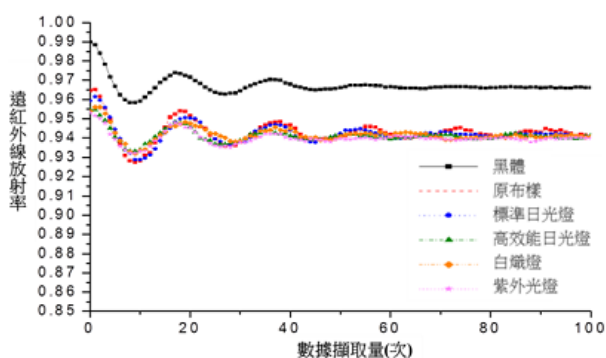


圖5 織物經不同光源照射120分鐘放射率變化圖

圖 6 為遠紅外線織物經由四種標準光源照射 180 分鐘後放射率變化圖，其中可以得到在經由標準日光燈 180 分鐘的照射之後，其波幅變化已變得非常之明顯，而高效能日光燈之波幅變化相較於紫外光燈以及白熾燈也有差異出現，由此可以推論出螢光波長較未進行燈泡處理之紫外光燈及白熾燈較易為布樣之吸收。

最後之平均放射率皆還是約在 0.94 左右，此因光源照射僅為一時供給布樣能量，且能量之強度並不足以對布樣內部的分子造成結構變化之影響，故在經過一段時間布樣吸收之光能消散之後，其平均放射率會回到原布樣之基準值，也就是 0.94 的位置。

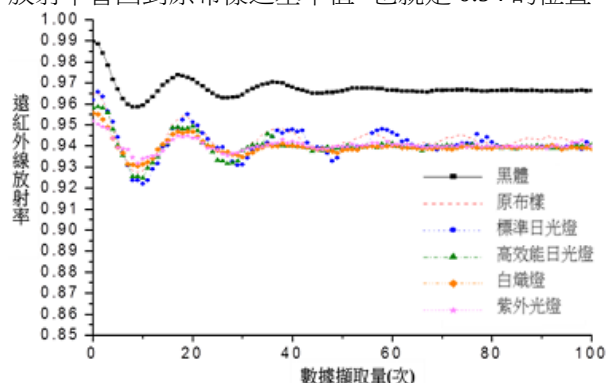


圖6 織物經不同光源照射180分鐘放射率變化圖

表1 織物照射不同時間及光源之環境濕度及布表溫度

光源		標準日 光燈	高效能 日光燈	白熾燈	紫外 光燈
條件					
環境	60分	64.3	61.1	34.2	67.1
濕度	120分	61.1	58.7	31.7	65.4
(%)	180分	60.2	58.5	28.7	62.0
布表	60分	22.8	23.4	34.3	17.0
溫度	120分	24.2	23.3	37.6	19.1
(℃)	180分	24.8	25.1	40.2	22.9

4-2 織物滴加 15wt%汗液照射不同光源 60、120、180 分鐘放射率變化

圖 7 為布樣滴加 15wt%汗液照射 60 分鐘光源後之放射率變化圖，其中可以得到照射紫外光之線段在一開始時有下降之趨勢，主要為紫外光燈主要為螢光發光故產生之熱能相較於其他三種光源來的少，因此在經由 60 分鐘照射之後其內部仍有水分殘留，因此放射率會先呈下降之現象，而後回到穩定放射率 0.94。

而標準日光燈及高效能日光燈其穩定放射率約 0.943 略高於原布樣，初步推斷主要因布樣內部在經由 60 分鐘照射後其內部仍有殘留水分，因此使得遠紅外線有較好的傳遞作用，但仍有部分遠紅外線被水分子所吸收，故放射率僅略高於其他光源約 0.03。

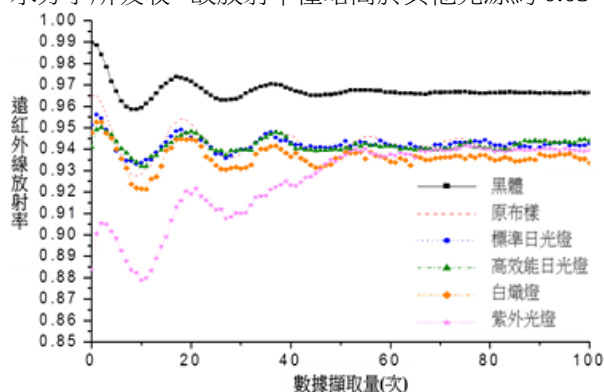


圖7 織物滴加15wt%汗液經不同光源照射60分鐘放射率變化圖

圖 8 為布樣滴加 15wt%汗液照射不同光源 120 分鐘之放射率圖，由此可以得到標準日光燈最終之穩定放射率明顯略高於其他三種光源，主因為白熾燈及高效能日光燈照射 120 分鐘之後布樣內部水分減少故放射率略低於標準日光燈，而紫外光有些許提升之趨勢。

但由此可以發現高效能日光燈其穩定放射率，相較於照射 60 分鐘時有些許提升之現象，由表 2 推論主要為在 60 分鐘照射時雖內部水分含量增加使得放射率提升，但水分含量仍略高，因此部分遠紅外線被水分子吸收，故在 120 分鐘照射之後水分子減少反而提升布樣之遠紅外線放射率。

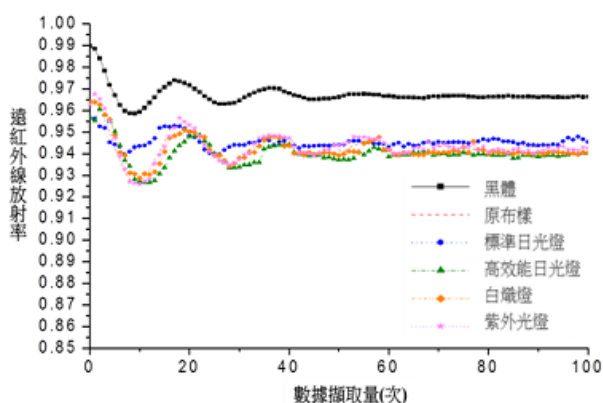


圖8 織物滴加15wt%汗液經不同光源照射120分鐘放射率變化圖

圖 9 中可以看到布樣在經由 180 分鐘照射之後，此時標準日光燈在經由 180 分鐘照射之後水分含量與其他三種光源較為接近，故最後布樣放射率皆位於 0.945 左右，而高效能日光燈及白熾燈並未因照射時間增加而放射率下降，主要因素為光源提供布樣之熱能僅能蒸散一部分之水，但殘存於布樣內部之水分並無法提供足夠熱能使之蒸散，因此仍然有足夠之水分子可供遠紅外線之傳遞作用，故在經由 180 分鐘照射之後其放射率並不會有明顯下降。

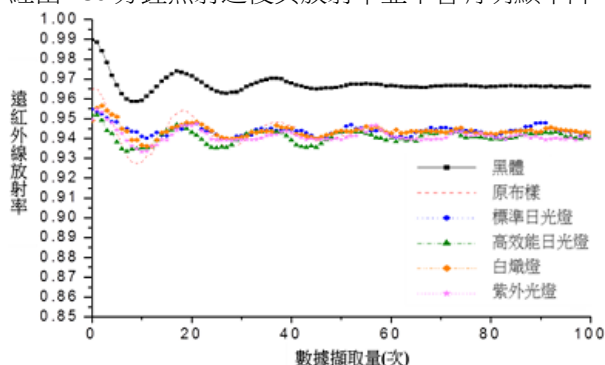


圖9 織物滴加15wt%汗液經不同光源照射180分鐘放射率變化圖

表2 織物滴加15wt%汗液照射不同時間及光源之環境濕度及布表溫度

光源 條件		標準 日光 燈	高效 能日 光燈	白熾 燈	紫外 光燈
環境 濕度 (%)	60分	64.5	63.4	40.7	69.7
	120分	59.3	61.3	37.6	66.3
	180分	56.3	55.4	35.8	64.1
布表 溫度 (°C)	60分	27.7	23.6	41.6	21.7
	120分	29.2	24.5	44.5	23.4
	180分	29.4	30.0	47.6	26.2

4-3 織物滴加 30wt%汗液照射不同光源 60、120、180 分鐘放射率變化

圖 10 中可以得到紫外光照射時，其開頭會有一下降趨勢而後逐漸上升，如上述所說為水分之影響，而在滴加 30wt%汗液之後，其回復穩定放射率之時間也因水分之增加而上升為 11 分鐘左右，最終之穩定放射率也可達到 0.94 左右；而高效能日光燈之線段最終放射率明顯高於其他三種光源約 0.947，主要為布樣內部水分含量剛好能讓布樣有最佳之遠紅外線放射率。

而標準日光燈及紫外光燈因水分含量過高，造成遠紅外線被水分子吸收過多；白熾燈為水分含量過低，無足夠水分子傳遞遠紅外線，故最後之穩定放射率皆為 0.94 左右。

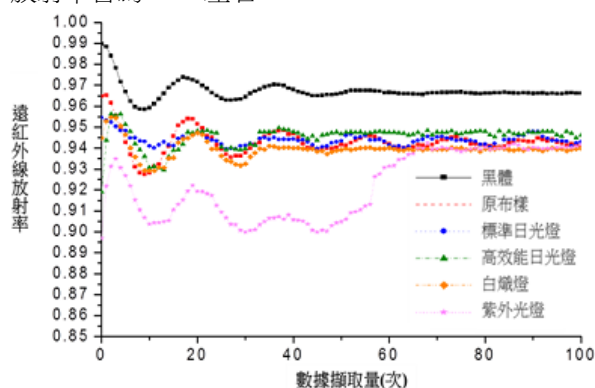


圖10 織物滴加30wt%汗液經不同光源照射60分鐘放射率變化圖

圖 11 中可以得到四種光源在經由 120 分鐘照射之後其放射率皆為 0.945 左右，高於原布樣之 0.94，此時隨著照射時間增加，由表 3 推論高效能日光燈之曲線因布樣內部水分減少；而標準日光燈之水分也隨著時間與環境平衡至一穩定值，故最後之穩定放射率皆達到 0.945。

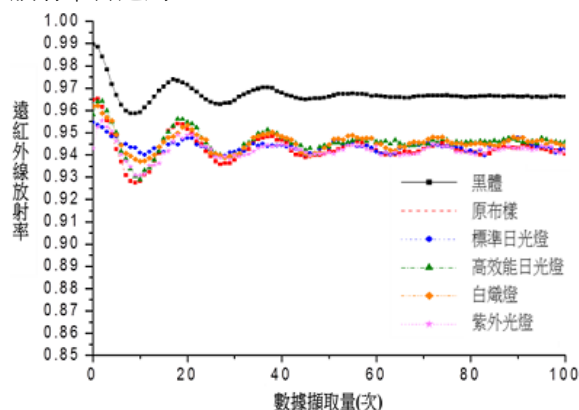


圖11 織物滴加30wt%汗液經不同光源照射120分鐘放射率變化圖

圖 12 中可以得到白熾燈、標準日光燈及高效能日光燈其水分已達平衡值，如同圖 9 時所述，故其放射率並無明顯之變化，僅紫外光燈照射之樣本最後之穩定放射率下降至 0.938 略低於原布樣 0.02，此主要由於布樣含水量過高，且組氨酸中所含之雜環結構吸收一部分紫外光能量轉換釋放[11]，造成布樣內部之遠紅外線物質吸收之紫外光能相對減少，造成遠紅外線放射率降低。

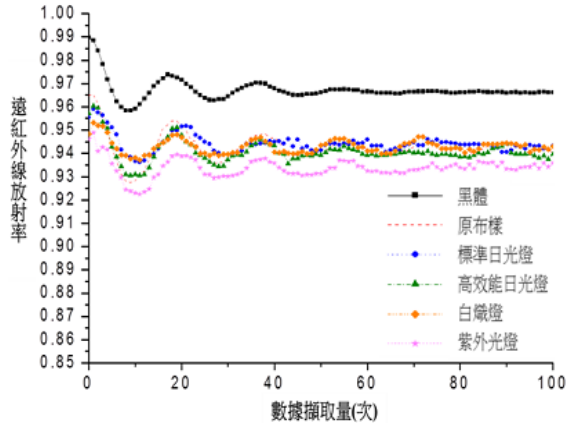


圖12 織物滴加30wt%汗液經不同光源照射180分鐘放射率變化圖

表3 織物滴加30wt%汗液照射不同時間及光源之環境濕度及布表溫度

光源		標準日光燈	高效能日光燈	白熾燈	紫外光燈
條件					
環境濕度 (%)	60分	64.1	59.4	38.6	69.7
	120分	61.3	57.1	37.6	67.6
	180分	56.1	55.8	36.9	62.1
布表溫度 (°C)	60分	23.7	25.9	43.5	21.7
	120分	25.1	27.3	46.0	24.0
	180分	28.6	31.4	47.6	26.2

5. 結論

- (1) 未滴加汗液時，在60分鐘照射時其變化差異較不明顯，且最終放射率皆為0.94，同於原布樣。
- (2) 滴加15wt%汗液時，照射60分鐘紫外光時前期有一下降之趨勢，而後趨向平穩達到0.945。
- (3) 滴加15wt%汗液時照射120分鐘時，因標準日光燈及紫外光燈其主要釋放熱能相較於高效能日光燈及白熾燈為少，因此含水量較多，可供共振吸收之水分子較多，故放射率值較

高約0.945。

- (4) 滴加30wt%汗液時，在照射180分鐘時，紫外光因組氨酸之雜環結構而被部分吸收，造成布樣相對吸收能量降低，造成布樣放射率有些許下降至0.938。
- (5) 汗液含量相較於布重15、30wt%時其中物質含量過低並不足以影響織物遠紅外線放射率，僅特定物質會些許影響能量之吸收，但大多仍為光源種類造成含水量多寡而影響布樣溫度，而對放射率造成影響。

謝誌

本研究承蒙遠東紡織賴春暉先生、文化大學陳世揚先生協助，使研究順利完成，特此銘謝。

參考文獻

- 1 機能性暨產品用紡織品認證與驗證評議委員會，遠紅外線紡織品驗證規範，FTTS-FA-010(2007)
- 2 謝鸚鵡、林招鵬、劉威忠、林群智，遠紅外線在醫學上之應用及其作用機制，台灣應用輻射與同位素雜誌，第3卷，第3期，335-336(2007)
- 3 吳佩儀、邢文灝、劉彥鑫、林榮敏，遠紅外線聚酯布在不同相對濕度以及不同含水量下對放射率之研究，華岡紡織期刊，台灣，第16卷，第4期，418-427(2009)
- 4 林勁佑、邢文灝，聚酯布照射可見光譜對遠紅外線放射率之影響，第27屆纖維科技研討會OB-7，225-233(2011)
- 5 郭鎮旗、邢文灝，遠紅外線受汗液影響之研究，第26屆纖維科技研討會OB-01，301(2010)
- 6 楊崴傑、邢文灝，汗液對遠紅外線厚層纖維織物放射率影響，華岡紡織期刊，第19卷，第2期，67-73(2012)
- 7 黃翊能、邢文灝、林榮敏、許柏維，遠紅外線放射率及溫升對不同色系聚酯織物之影響，華岡紡織期刊，第16卷，第2期，185-189(2009)
- 8 曾楷維、邢文灝、許柏維、劉彥鑫、林榮敏，遠紅外線纖維重量與型態對量測放射率穩定性之研究，華岡紡織期刊，台灣，第16卷，第1

- 期，111-118(2009)
- 9 Ipsita Das ,S.K. Das and Satish Bal ,Drying kinetics of high moisture paddy undergoing vibration-assisted infrared (IR) drying ,*Journal of Food Engineering*,**95**,166-171(2009)
 - 10 Abhijit Majumdar, Samrat Mukhopadhyay and Ravindra Yadav , Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres , *International Journal of Thermal Sciences*,**49**,2042-2048(2010)
 - 11 薛萍、鄭文杰，紫外可見光譜在生物無機化學中的應用，廣州化工，第30卷，第4期，81-82(2002)