

改變螺縲纖維添加率對聚酯纖維集合體應用於無土栽培介質上之研究

呂昆翰 張志鵬
中國文化大學紡織工程學系

Received 21 January 1998 ; revised 20 March 1998 ; accepted 6 May 1998

摘要

本研究係以聚酯纖維與螺縲纖維為原料，經各種不同比例混合後再經高溫壓縮定型作成固定體積之纖維集合體，進而探討其適用於無土栽培上之各項特性。由實驗結果顯示，纖維集合體之密度在 0.045g/cm^3 時較適用於無土栽培介質所要求之各項特性。而螺縲纖維所含比率，會影響其液相體積分率，體積變形率，氣相體積分率，孔隙率與水分散失速率。

關鍵詞：纖維集合體、無土栽培介質、孔隙率

1. 前言

無土栽培又稱水培，由美軍在二次世界大戰時，為士兵提供新鮮蔬果時所發明之栽培法，是一種利用化肥溶液與栽培介質，來替代土壤的栽培方式。其有減少土壤傳染性病害引起之污染擴大；良好的栽培管理使其生育更為改善；節省能源；增加生產量；降低病蟲害的發生率等優點。理想之介質必須具有高保水能力，並能抵抗化學和物理變化具高緩衝能力。同時，相同介質能應用於不同之植物，提供其適當之生長環境與條件，符合植物由發芽至移植間的需要。其特性為良好保水力、良好通氣度[1]。

現今常用之無土栽培介質，如岩棉，雖提供良好的生長環境，但由於其成本過高，經濟效益不彰，因此改以成本較低的人造纖維集合體來取代現今所通用之岩棉，為新的無土栽培介質[2-8]。

目前常以聚酯纖維為原料製成之纖維集合體取代岩棉，成為新的無土栽培介質。其介質不但有易於施工，原料取得容易，價格便宜以及成型性良好，無毒性等優點，更由於此種介質酸鹼值介於 5.5~6.2 之間，適於作物之生長，因此乃成

為岩棉之最佳替代品。

一般聚酯無土栽培介質雖能提供良好的生長環境，可供植物生長所需，但由於聚酯纖維之水分率只有 0.4% 左右，保水能力有限。因此乃改以水分率達 11% 之螺縲纖維，混摻於聚酯無土栽培介質之中，以改善介質之保水性。

本研究之目的，旨在將一般非織物之無土栽培介質與螺縲纖維，以等比例混合，增加纖維集合體之保水性，減少養液之需求，減少水份的量，使其更符合經濟效益。並求其通氣量與保水量達平衡之比例，使其成為適於一般作物生長之無土栽培介質。

2. 理論

2-1 混合理論[9]

在理想的混合中纖維經混合之後，能有效地顯現各種纖維之優點。設有 A、B 兩種不同纖維經混合後構成之纖維集合體，

$$\text{因此 } E_a = a \times x \quad (1)$$

$$E_0 = b \times y \quad (2)$$

$$\text{則 } E = E_a \times M + E_b \times (100-M) \quad (3)$$

$$\text{即 } E = axM + by(100-M) \quad (4)$$

則 E_a : A 纖維製品之性能。

E_b : B 纖維製品之性能。

a: A 纖維之性能。

b: B 纖維之性能。

x: 單獨使用 A 纖維時, 其纖維性能之顯現率。

y: 單獨使用 B 纖維時, 其纖維性能之顯現率。

E: 由 A 與 B 纖維所構成之性能。

M%: A 纖維之螺旋纖維添加率。

(100-M)%: B 纖維之螺旋纖維添加率。

式(4)表示此纖維集合體各含有 A、B 兩種纖維之特性。

2-2 纖維集合體保水率原理[10]

在纖維集合體中, 所含有的水分可分為物理吸附與化學吸附兩種, 而物理吸附的水又可分為三種形式: (1)吸著水 (Hygroscopic Water), 是以蒸氣的方式來移動水分; (2)毛細管水 (Capillary Water), 是保留在毛細管孔隙間的水分; (3)重力水 (Gravitational Water), 為因重力作用而移動的水分。化學吸附則主要是由於纖維內結晶區與水分子結合, 形成鍵結所造成。

2-3 纖維集合體之結構[8,9]

構成纖維塊的纖維或扭轉或糾結, 形成極複雜的形狀, 因此為了易於統計分析, 大多假設相互接觸纖維相鄰接觸點的要素為筆直狀態, 且是不規則的排列狀態。

對纖維塊施加壓力, 其孔隙率便會減少, 緻密度增加, 纖維相互間的接觸點數跟著增加, 且施加於接觸點的外力也變大。

由纖維集合體所構成之無土栽培介質, 其結構可分為三大部份, 即固相、氣相及液相。其中, 固相部份指的是固態之纖維部份; 液相部份則由水與養分的混合液所構成; 而氣相部份則是由空氣所組成。其重要因子之計算公式如下列所示:

總體密度 D_T (Bulk Density): 纖維重量與

栽培介質總體積之比。

$$D_T = M_T/V_T \quad (5)$$

纖維體積百分率 P_F (Fraction of Volume): 無土栽培介質中, 纖維部份與總體積之比。

$$P_F (\%) = (V_F/V_T) \times 100 \quad (6)$$

孔隙率 P_P (Pore Space Percent): 纖維集合體中孔隙部份與總體積之比。

$$P_P (\%) = (1-P_F) \times 100 \quad (7)$$

液相體積分率 P_W (Water Phase Percent): 又稱為含水率, 為毛細管孔隙中飽和含水之無土栽培介質, 經其任意自由排水之後其剩餘之水量與無土栽培介質之總體積之比。

$$P_W (\%) = (V_W/V_T) \times 100 \quad (8)$$

氣相體積分率 P_A (Air Capacity Percent): 為空氣佔有之孔隙體積與總體積之比。

$$P_A (\%) = P_P - P_W \quad (9)$$

M_T : 纖維集合體的重量(g)

V_T : 纖維集合體的體積(cm^3)

V_F : 纖維之體積(cm^3)

V_W : 水之體積(cm^3)

2-4 纖維集合體熱定型理論[8,9]

物體受到外來加熱而不能回復原形即為熱定型。以熱可塑性合成纖維如聚酯纖維而言, 當纖維溫度達到 T_g 點以上時, 分子間熱運動增加, 此時纖維會從玻璃態轉變為橡膠態, 此後即便是將溫度回復, 纖維也不再恢復原狀。

聚酯纖維熱定型範圍約為 180~240°C 左右, 螺旋纖維約在 260~300°C 左右開始收縮, 故以 240°C 為熱處理溫度。如此, 可在短時間之內將介質中心溫度升至 140°C, 造成介質外圍纖維強烈收縮扭曲, 增加介質整體之結構性, 而且不會對螺旋纖維造成破壞。另外需注意的是, 若熱處理溫度低於此溫度, 則會造成成型性不良; 若是高於此溫度, 則聚酯纖維將會發生熱裂解的現象。

3. 實驗

3-1 原料



(1) 聚酯纖維

細度：15 d

長度：64 mm

比重：1.38 g/cm³

單纖強力：5.1 (g/d)

卷曲數：6.7 (1/in)

公定水分率：0.4 %

日光的影響：久曬強力降低

熱的影響：軟化點 238-240 °C

融點 255-260 °C

(2) 嫘縈纖維

細度：3 d

長度：51 mm

比重：1.5 g/cm³

單纖強力：1.9 (g/d)

卷曲數：1.5 (1/in)

公定水分率：11%

日光的影響：久曬強力降低，變黃。

熱的影響：收縮溫度 260-300 °C

燃點 350-400 °C

3-2 設備

(1) 開棉機：興智利 CCLO-01-250

(2) 給棉機：大佑 TYD-30

(3) 羅拉式梳棉機：大佑 A-1130

(4) 烘箱：Cheng Hwei ST-60B

(5) 耐高溫模具：不鏽鋼製，長 25 cm，寬 25 cm，高 5 cm

(6) 電子天平：A&D FX-320

(7) 游標卡尺：TESA TH-1020

3-3 樣本製作

首先將聚酯纖維及嫘縈纖維分別經過開棉機梳理；然後再以 3000 g 為基準，分別稱取梳理過之聚酯纖維及嫘縈纖維在不同嫘縈纖維添加率下所需之纖維重量，再進行混合。嫘縈纖維添加率以 5 % 為單位逐一增加，如表 1 所示。最後則將混合過之纖維，秤取樣本所需之纖維克數，如表 2 所示。將秤取之纖維均勻壓縮至模具之中，待烘箱升溫至 240 °C，且不再變動之後，再將模具移至烘箱內加熱定型，30 分鐘後取出，將樣本

置於室溫下冷卻 30 分鐘後，再將樣本從模具中取出。樣本大小為長 25 cm，寬 25 cm，高 5 cm。

表 1 嫘縈纖維與聚酯纖維混合比率

嫘縈纖維	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
聚酯纖維	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%

表 2 樣本密度與所需重量

密度 (g/cm ³)	0.015	0.030	0.045	0.060	0.075
重量(g)	47	94	141	188	234

3-4 測試項目與檢驗方法

3-4-1 纖維集合體成形性測試[8]

將樣本置於透明塑膠盒中，並使其完全浸入水中，等樣本吸水飽和後，再把水去除，測量其高度的變化(H%)以判定成形性的好壞。其變形量可由下列式子計算而得：

$$H(\%) = [(\Delta X) / X] \times 100 \quad (10)$$

ΔX ：含浸後纖維集合體之高度(cm)

X：含浸前纖維集合體之高度(cm)

3-4-2 纖維集合體最大含水量之測試[11]

將樣本完全浸入水中 48 小時後，將樣本拿起除去其重力水除去後，將其放置於磅秤之上，秤其重量，再減去其纖維之重量，如此就可求得不同之嫘縈纖維添加率之樣本的最高保水率。

3-4-3 水分散失率之測試

將樣本吸水，並任其自由排除重力水後，置入烘箱之中。並以 110 °C 連續烘乾 100 分鐘。其中，每隔 20 分鐘記錄一次重量變化，並以下式計算之：

$$L(\%) = (M_w - M_r) / M_r \quad (11)$$

L：水分散失率 (%)

MW：樣本重量

4. 結果與討論

4-1 成型性的探討

在一般無土栽培介質中，成型性為重要之探討因素之一。評估之方法，是以介質經吸水後所產生的體積改變率為主。成型性的好壞，關係到加工方式與運送過程的難易程度以及可提供植物本體支撐的強度。

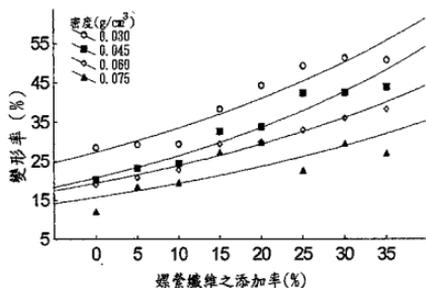


圖 1 螺絲纖維添加率與變形率之關係

圖 1 是螺絲纖維添加率與纖維集合體經吸水飽和後，再任其自由排除重力水後，測量其體積，並依式 (10) 之計算方法所得之變形率與混合比率之關係圖。由圖中顯示出隨著螺絲纖維添加率的增加，纖維集合體水後縮減之程度也隨之增加。密度在 0.030 到 0.045 g/cm^3 之試樣中，明顯可看出其變形率約從 18~45% 左右。而當密度由 0.060~0.075 g/cm^3 之試樣中可看出，其變形率明顯較低密度之試樣為低，從 15~30% 左右。由圖中得知，纖維集合體之密度與變形率呈現反比的趨勢。

因為螺絲纖維本身之挺性較聚酯纖維之挺性來的差，況且本研究採用之原料為 3d 之螺絲纖維，而聚酯纖維則為 15d，在挺性上即有不同。此外，由於試樣是以 240°C 作為其熱定型溫度，主要熱定型之對象為聚酯纖維，因此隨著螺絲纖維所占有的比例增加，聚酯纖維的比例亦隨之下降，使得纖維集合體在熱定型之過程中，無法有效固定其體積，因而造成變形率之增加。另一方

面，當纖維集合體之密度增加時，其內部纖維間之支撐點亦隨之增加，使得單位面積所承受之壓力下降。因此，變形率隨著密度的上升而下降。

4-2 纖維體積百分率的探討

所謂之纖維體積百分率，即是固態組成所佔有之比例。介質中固態之組成，提供作物根生長的環境。當纖維體積百分率上升時，試樣所提供之支撐性越良好。因此當植物在生長時，更能獲得有效之支撐。

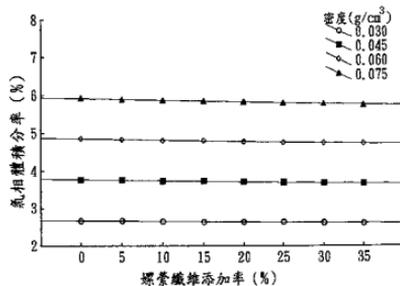


圖 2 螺絲纖維添加率與纖維體積百分率之關係

圖 2 是螺絲纖維添加率與纖維體積百分率之關係。由圖中我們得知，改變螺絲纖維添加率對試樣之纖維體積百分率之影響隨著螺絲纖維添加率的增加而下降，但是其變化不大，只有大約 0.01~0.02% 左右的變動。由圖中可看出，當密度為 0.030、0.045、0.060 以及 0.075 g/cm^3 時，其纖維體積百分率分別為 2.1、3.2、4.3 以及 5.4% 左右。這是由於本研究中以重量作為改變混合圖的依據，螺絲纖維之密度約為 1.5 g/cm^3 左右，聚酯纖維之密度約為 1.38 g/cm^3 ，兩者之密度差異不大。若依照式 (5) 及式 (6) 之計算，則由於螺絲纖維添加量的增加，使得試樣之纖維體積百分率也隨之下降。此外，由於試樣密度的增加，使得纖維集合體內之纖維量增加，因此造成了纖維體積的增加。也因此，纖維體積百分率亦隨著試樣之密度增加而增加。

4-3 孔隙率的探討

孔隙率主要為氣相體積百分率與液相體積百分率之和。孔隙率的大小，影響介質中含水率與容氣率之大小。

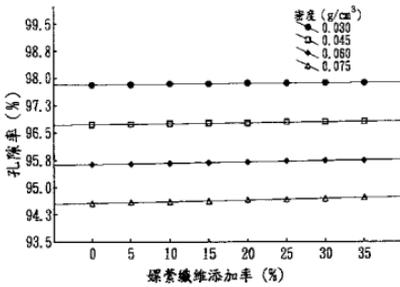


圖 3 嫫縲纖維添加率與孔隙率之關係

圖 3 為嫫縲纖維添加率與孔隙率之關係。圖中顯示出隨著嫫縲纖維添加率的增加，纖維集合體之孔隙率亦呈現小幅度的增加，其增加之幅度約為 0.01-0.02% 左右。相反的，隨著密度的增加，孔隙率卻隨之下降，下降的幅度約為 0.1% 左右。從圖中可看出，當試樣之總體密度為 0.030、0.045、0.060 以及 0.075 g/cm³ 時，其孔隙率則分別為 97、96、95 以及 94% 左右。由式 (7) 我們不難發現，孔隙率與纖維體積百分率是呈現一種互補的關係。當纖維體積百分率上升時，孔隙率則隨之下降，反之亦同。從數學的觀點來看，在固定的體積之中，加入的纖維體積增加時，其剩餘之體積則隨之下降。因此，當改變試樣之嫫縲纖維添加率及密度時，即為改變其體積百分率。所以會造成如圖 3 之結果。

4-4 液相體積分率的探討

液相體積分率即為纖維集合體最大含水量，顯示出介質所能含有水分與體積之比率。這直接關係到植物於生長過程之中獲得水分之難易程度。

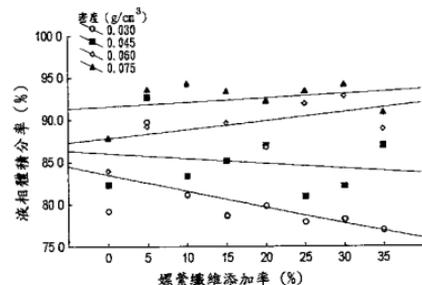


圖 4 嫫縲纖維添加率與液相體積分率之關係

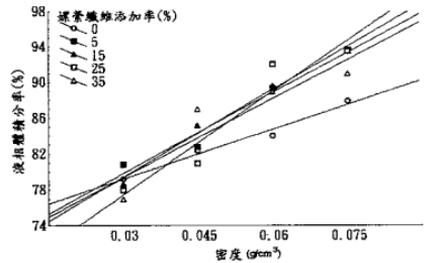


圖 5 密度與液相體積分率的關係

圖 4 為嫫縲纖維添加率與液相體積分率之關係，圖 5 為密度與液相體積分率的關係。由圖中我們可以很明顯的看到兩種趨勢：密度低於 0.045 g/cm³ 之試樣的液相體積分率隨著嫫縲纖維添加率的增加而下降，由 85% 下降至約 75% 左右，其中又以密度為 0.030 g/cm³ 之試樣下降之幅度最大；密度在 0.060 g/cm³ 以上之試樣則隨著嫫縲纖維添加率的增加，由 86% 上升至約 95% 左右。這是由於當試樣之密度低於 0.045 g/cm³ 以下時，纖維與纖維間之接觸點數量較少，當增加嫫縲纖維添加率時，由於聚酯纖維含量隨之減少，無法提供有效之支撐，使得其成型性不佳，造成脫層現象。再加以變形率遽增，使得纖維集合體內之毛細孔洞減少，無法夾持水分，以至於降低了液相體積分率。而當密度高於 0.060 g/cm³ 時，雖然纖維間之脫層及變形現象依然存在，但由於其本身之緻密度較佳，纖維間之支撐點亦較多，使得試樣較不易受外力作用而變形。再加以嫫縲纖維之回潮率為 11% 抓住之水分較聚酯纖維為多，再加以當嫫縲纖維吸水後，會產生膨潤現象，使纖維間之孔隙更易夾持住水分，不易流失。也因此，會造成如圖之結果。

4-5 氣相體積分率的探討

氣相體積分率即為介質中含有空氣之比率，這項因素直接影響植物於生長過程中，植物之根系經由呼吸作用進行成長反應時所能獲得氧氣的量。



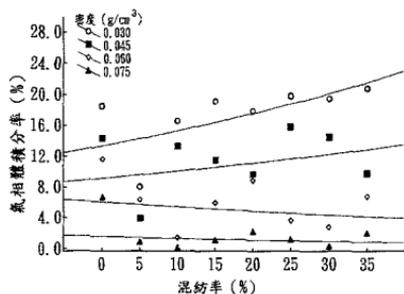


圖 6 嫆綫纖維添加率與氣相體積分率之關係

圖 6 為嫆綫纖維添加率與氣相體積分率之關係。由圖中可看出兩種趨勢：密度低於 0.045 g/cm³ 之試樣隨著嫆綫纖維量的增加，其氣相體積分率則隨之上升，密度為 0.030 g/cm³ 之試樣，幅度約從 14~20%，密度為 0.045 g/cm³ 之試樣，其幅度則由 9~12% 左右。而密度為 0.060 g/cm³ 與 0.075 g/cm³ 之試樣則隨著嫆綫添加量的增加，其氣相體積分率則呈現下滑的趨勢，分別由 2% 與 6% 下滑至 1% 及 4% 左右。這是由於氣相體積分率為孔隙率與液相體積分率之差。所以由於液相體積分率的增加，因此導致了氣相體積分率的下滑；反之，當液相體積分率下降時，會造成纖維集合體中氣相體積分率的增加。

4-6 氣相與液相比率之探討

在一般無土栽培介質中，氣相與液相的比率是用以評估介質是否適於植物生長的重要因素之一。

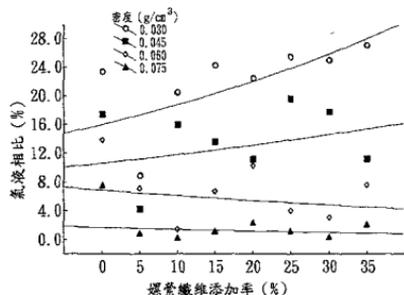


圖 7 氣液相比與嫆綫添加率之關係

圖 7 為氣液相比與嫆綫添加率之關係。由圖

中我們可明顯看出，當密度低於 0.045 g/cm³ 時，其氣液相比隨嫆綫添加量之增加而上升。密度為 0.030 g/cm³ 與 0.045 g/cm³ 時，其氣液相比分別從 10% 與 14% 上升至 15% 與 24%。當密度高於 0.060 g/cm³ 時，其氣液相比則隨嫆綫添加率之上升而下降。密度為 0.060 g/cm³ 與 0.075 g/cm³ 時，其氣液相比約從 8% 與 2% 分別下降至 5% 與 1%。這是由於液相體積分率的增加，導致氣相體積分率的下降，因此，會形成如圖 7 之結果。

4-6 嫆綫纖維添加率對保水能力之影響

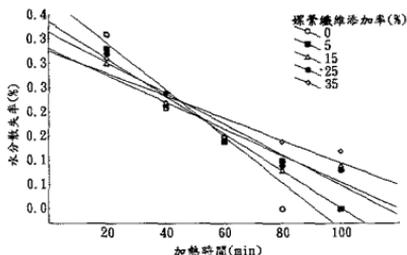


圖 8 嫆綫纖維添加率與水分散失率之關係 (密度為 0.045 g/cm³)

圖 8 為嫆綫纖維添加率與水分散失率之關係。其中，圖形中之斜率為水分散失之速率。由圖中可看出，隨著嫆綫纖維添加率的增加，水分散失之速率則隨之下降。造成這種情形的原因，主要由於聚酯纖維之含水率為 0.4%，而嫆綫纖維之含水率為 11%。因此，除了纖維之間孔隙所夾持的水分之外，部份水分與嫆綫纖維結合，使之不易散失。

5. 結論

- (1) 當增加嫆綫纖維的量時，纖維集合體於吸水後體積塌陷的程度也隨之增加。尤其密度低於 0.045 g/cm³ 時，其塌陷的比率約從 20~45% 左右。密度高於 0.060 g/cm³ 時之纖維集合體之塌陷率則由 15~30% 左右，明顯降低約 1/3。
- (2) 改變嫆綫纖維的添加量，對纖維集合體內之孔隙率來說影響不大。未加入嫆綫纖維時，其孔隙率在 0.030 g/cm³ 時為 97.8%，0.045 g/cm³ 在

- 96.8%，0.060 g/cm³約為 95.6%左右，而 0.075 g/cm³ 則是約為 94.6%。隨著螺絲添加率的增加，孔隙率約呈現 0.01~0.02%之上升量。
- (3)改變螺絲纖維的添加量，可增加纖維集合體之液相體積分率，進而降低其氣相體積分率。密度在 0.060 與 0.075 g/cm³時，每增加 5%的螺絲纖維，其液相體積分率約增加 1%左右。而密度為 0.030 與 0.045 g/cm³ 之試樣，由於其體積塌陷程度較大，因此反而呈現每上升 5%的螺絲添加量，下降 1~2%之液相體積分率的現象。
- (4)氣相與液相體積分率之比率在 0.060 g/cm³時，隨著螺絲纖維添加率的增加而下降，分別從 9~10%下降至 2~5%不等；而在 0.045 g/cm³ 以下時，隨著螺絲纖維添加率的增加而增加，約從 10~15%上升至 18~24%。一般無土栽培介質的最佳氣液相比，約為 11%。
- (5)水分散失速率隨著螺絲纖維添加率的增加而呈現趨於緩和的現象。
- (6)在本研究中，以密度為 0.045 g/cm³，螺絲添加率在 10~20%之試樣。所具有之特性較適用於一般無土栽培介質

謝誌

本研究承蒙亞東工專紡織工程科主任潘毅鈞先生提供實驗設備，富雅樂公司王貴恆先生提供之原料，以及黃潤晃，彭武權學長及劉恆瑜同學之協助，使本文得以順利完成，在此一並感謝之。

參考文獻

- 李晔，無土栽培，園藝種苗產銷技術研討會專集，19-28(1988)
- 李憲一，家庭園藝栽培介質，與花有約園藝休閒雜誌，創刊號，60-62(1994)
- 游以德，溶液栽培入門，民生報社，台北市，中華民國，12-37(1987)
- 王才義，理想栽培介質之調製，第二屆園藝研討會專集，65-75(1989)
- 王才義，栽培介質理化性質之測定，興大園藝，21-28(1990)
- 孫文章，本土化栽培介質之開發與改良研究(上)，臺南區農業專訊，七月號，15-17(1994)
- 王才義，設施觀葉植物與盆花類栽培介質，興農雜誌，第 305 期，26-28(1994)
- 國立台北技術學院紡織工程系，無土栽培介質保水率之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，中華民國，(1995)
- C. W. Lin, C. P. Chang, K. B. Cheng, The Effect of The Bluk Density to Compressive Stress Relaxation for
- S. J. Lin, C. P. Chang, The Effect of Various Finenesssand Blending Rations of Polyester Staple on the Physical Properties of Fiber Group, *Journal of the Hwa Gang Textile*. 3, No.4, 62-68 (1996)
- G. C. Lee, C. P. Chang, The Effect on the Heat Conduction of Polyester Staple Fiber Aggregation as Moisture Content Changed, *Journal of the Hwa Gang Textile* 1, No.3, 36-43 (1994)
- W. C. Tsao, C. P. Chang, K. B. Cheng, A Study of Water Capacity With Bulk Density Change for Fiber Group, *Journal of the Hwa Gang Textile*. 1, No.3, 31-35 (1994)



The Study on Changing Mixed Percentage of Rayon Fiber on Polyester Fiber Groups Using in Soildless Culture Mediums

K. H. Lu, C. P. Chang

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University

ABSTRACT

This research is using polyester fiber and rayon fiber as material. Using rayon fiber to increase the water phase percent. After being mixed in different percentage, samples are compressed into a fixed volume by high temperature. We discuss the suitability on soildless culture medium. The research shows that when the density of fiber group is at 0.045 g/cm^3 , it is more suitable for soildless culture medium. The rayon percentage effects the water phase percentage, pore space percent, air capacity percent, volume reducing percent and water losing percent.

Key words: fiber group, soildless culture medium

