

天主教輔仁大學織品服裝學系
服飾行銷組學士論文

魚菜共生實驗

Aquaponics Experiment

不同織物材料對魚菜共生之植物生長影響及特性評估
**Different Fabric Materials on Plant Growth Effects of
Aquaponic Symbiosis and Characteristic Evaluation**

研究學生

陳亭安、陳采萱、陳品瑄、林泊彤 撰

研究學生：陳采萱、陳亭安、陳品瑄、林泊彤

所屬學院：織品服裝學院

畢業系組：織品服裝學系 服飾行銷組

企劃組別：論文組

魚菜共生實驗

摘要

本研究利用魚菜共生之方法探討天然纖維（棉）與人造纖維（嫠縈、聚酯纖維）織物介質對植物生長的影響。近年來服裝產業快時尚化造成龐大的廢棄織物問題，而傳統養殖農業則造成土壤與水資源污染。本研究利用織物代替土壤作為介質來養殖魚類，循環利用廢棄織物，捨棄化學肥料，使此魚菜共生系統普及化，促使大眾合力改善環境污染並減少資源浪費為本研究之目的。

本研究方法以棉、嫠縈、聚酯針織布料作為栽種介質，種植萵苣，並養殖觀賞用魚類進行魚菜共生系統實驗。進行實驗前將三種不同材料之織物進行一系列的特性檢測，如透濕性、透氣度、保水度、柔軟度、拉伸強度。魚菜共生實驗為期 120 天，每日投遞飼料一次，每週換水一次，每週進行水質酸鹼度測試，每兩週進行葉片長度、數量、植物高度和魚淨重測量。栽種前期測試植物發芽率，後期收成則測量其淨重，並重新進行織物之特性檢測。根據織物測試結果顯示嫠縈的透氣度為 123.44 每平方公分，保水度為 34.17%，是較適合作為魚菜共生的布樣基質。

關鍵字：魚菜共生、無土栽培、快時尚污染

目錄

摘要.....	1
目錄.....	2
表目錄.....	3
第一章緒論.....	4
第一節研究背景.....	4
第二節研究動機.....	6
第三節研究目的.....	6
第二章文獻研究.....	7
第一節魚菜共生之介質材料.....	7
第二節魚菜共生系統.....	8
第三節魚菜共生之動植物生長評估.....	8
第三章研究方法.....	10
第一節實驗材料.....	10
第二節實驗架構及流程說明.....	11
第三節測試項目.....	12
第四章結果與討論.....	13
第一節結果與討論.....	13
第二節結論.....	15
第三節參考資料.....	15

表目錄

表 1: 魚菜共生實驗流圖.....	12
表 2: 布樣性.....	14
表 3. 透氣度試.....	14
表 4. 保水度試.....	15
表 5. 皮膜鼓脹試.....	16
表 6. 間隔七天的魚重量.....	16
表 7. 植物在魚缸水的環境下生長情況.....	16
表 8. 植物在自來水的環境下生長情況.....	16

第一章緒論

第一節研究背景

1. 無土栽培

無土栽培可以廣義地定義為作物種植在水溶液或栽培基質中而不是栽培在土壤的作法。無土栽培主要有水培、基質培、氣霧栽培三種類型。水培法為無土栽培中最早開始使用的方法。由於需要將養分液溶解在水中供植物吸收，故又稱水培法。基質培利用基質（介質）固定植物並吸收養分。基質栽培通常採用滴灌法供給營養液，其優點是設備較簡單、生產成本較低。氣霧栽培為最新的方法，是把營養液霧化為小水滴，利用噴霧裝置噴灑在植物根系，提供作物所需水份及養分。無土栽培脫離了土壤限制，擴展了農業生產的空間，使得作物可在任何地方進行生產。採用無土栽培可顯著提高農作物產量，並可有效控制生長條件和環境，防止土壤中產生有害物質，利用室內溫度、光照與濕度等控制他們對養分、水分與空氣等條件的需要，進而降低自然環境災害所帶來的風險，現在有越來越多植物工廠均採用無土栽培模式。

2. 魚菜共生

植物種植所需養份有碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫。物成長必須條件是日光、水、溫度和營養要素。16種營養要素中碳、氧、氫可由空氣和水中吸收，其餘13種元素則必須以肥料的形態供給植物吸收，而植物最需要的三要素為氮(N)、磷(P)、鉀(K)。其中氮影響蛋白質，若氮不足會使植物生長緩慢，植株弱小，老葉葉片黃。磷影響核酸，若磷不足則會使老葉葉小而暗綠，葉柄成紅紫色。鉀影響光合作用、酵素的活化與氣孔開合，若鉀不足，老葉葉緣及葉尖會變白，黃轉褐色而壞死。

魚類的排泄物含有大量的 NH_3 ，透過氨氧化菌進行分解，產生 NO_2 ，再由亞硝酸氧化菌進行分解，產生 NO_3 ，以讓作物吸收。氮作為植物需要的大量元素，在魚菜系統中可以大量獲取，但是另外的元素，如：磷、鉀、鐵、鈣、硼等等，在不注意的情況下則有可能缺乏。

魚菜共生是在循環環境中培養植物和水生動物的系統，是一種環保、天然的種植方法。魚菜共生所需的設備通常有魚池（可用膠桶、膠箱或魚缸）、植床（種植植物的平面）、抽水機（用於水循環）、水管（用於排水）等。相較於一般種植，魚菜共生可減少肥料的使用、土壤污染與環境污染，亦可減少水資源的浪費，室內的種植環境也不受自然天氣

災害影響。

魚菜共生所產出植物品質較一般種植高，因生長過程中無需任何化學藥物，產物乾淨無污染。魚類沒有泥腥味，且鮮美緊緻。蔬菜因為吸收了全面的營養，口感甘甜、鮮嫩爽口。魚菜共生有兩種模式，分別為介質和水培模式。介質模式除了利用常規的石子，比如火山岩、陶粒、沸石等之外，也可選擇其他介質方式，比如織物纖維，以下便簡單介紹了幾個常見的織物材料。

3. 棉

棉是當今世界上使用最廣泛的纖維，主要生產於美國、中國、埃及和印度，其中知名棉種包括美國棉、大陸棉，但等級最高為埃及棉。棉具的吸水性強（公定回潮率 8.5%）、布紋質感天然且柔軟、易染色、透氣性佳、耐鹼不耐酸，耐高溫性能好。缺點是容易縮水、褶皺、起球、不耐磨，外觀上不夠美觀。棉在斷裂強度中，強力會隨纖維吸濕率增加而增加，吸濕後，棉纖維彈力模量減小，伸長率增加，易發霉。棉纖維若在日光及大氣下長期暴露，由於紫外線與氧的作用，強力伸率會有不同程度的下降。

4. 羊毛

羊毛是羊皮外部分，成為毛干。羊毛主要由三個部分組成包圍在毛干外的鱗片層、實體部分的皮質層與毛干中心的髓直層（粗羊毛才有）。羊毛具有可塑性、抗彎剛度高、強度低、耐酸不耐鹼，有良好的吸濕（回潮率 16%）與保溫性並具有縮絨性。羊毛彈性與回彈性佳，不易褶皺變形。光對羊毛的氧化作用有極強的影響，光照使鱗片受損而易於膨化與水解，導致羊毛的化學結構、物理機械性能發生變化，並影響染色性能。

5. 嫫縲

嫫縲纖維又稱黏膠纖維，是人造纖維種類之一。嫫縲纖維較不耐酸，吸濕性為化學纖維中的最佳者，一般大氣條件下回潮率可達 13%。與棉相比，黏膠纖維分子量與分子取向比棉低，其耐酸性與耐熱性低於棉，強度小於棉，斷裂伸長大於棉，吸濕後強度會明顯下降。黏膠纖維染色性能良好，耐磨性、抗皺性與尺寸穩定性較差。抗起球性、耐熱性抗熔性等則較佳。

6. 聚酯纖維

聚酯纖維是由對苯二甲酸即乙二醇聚合而成。聚酯耐酸、鹼性能均較佳，其中耐酸優於耐鹼性。吸濕能力差，回潮率為 0.4%，聚酯纖維容易起靜電，且易吸附灰塵。纖維特性，強度、伸展度大，彈性優。耐磨性僅次於聚醯胺，抗皺性及尺寸穩定性佳，抗起球性、抗熔性差，耐熱、耐曬佳。但較難染色，須以分散式染料採高溫高壓進行

染色。

第二節 研究動機

近幾年快時尚的快速發展，成衣製造業因為屬於高污染、高耗能的產業，棉花生產會用到大量農藥，還有些加工程序會用到大量的化學物質，如一些合成纖維材料含有大量的塑膠微粒，它們都是造成水污染和土壤污染的原因之一。消費者的喜好不斷變化，服飾的淘汰率也隨之升高，過多丟棄的衣物且未適當分類，造成儘管有舊衣回收和捐獻的動作，也無法負荷龐大的總量，更多的衣物只能淪為垃圾燃燒。無論是成衣製造，還是丟棄回收，都產生了大量的污染廢水，排出的廢水，讓農地間接引用，造成作物、生物金屬含量過高之狀況。因此我們為了解決第一，織物布料過多問題；第二，種植、養殖業產物品質不佳問題，希望利用魚菜共生系統取代傳統的室外天然環境，降低產物被污染的可能性，並使用織物代替土壤，作為種植介質，避免化學肥料的使用，也間接改善廢棄織物的問題。

第三節 研究目的

本研究實驗過程在室內空間進行，種植可行性非常高，且有養殖活體生物增加實驗趣味性，因此家庭、企業、商店等環境、成員都可以進行此魚菜共生。我們希望藉此實驗，得出最適合的組合，並推廣、普及化織物的魚菜共生系統，幫助地球改善污染問題，維持良好的種植環境以及健康的作物品質。

本研究會在同時養殖羅非魚和種植櫻桃番茄、蕹菜（又稱空心菜）和黃瓜之下，形成魚菜共生系統，並使用四種不同材質的針織物進行測試實驗，其中兩種織物由天然纖維構成為羊毛針織物及棉針織物；兩種織物由合成纖維構成，為螺縲針織物及聚酯針織物。實驗時間預計為 130 天，換水頻率一週一次，喂食飼料頻率為一天一次，量為羅非魚體重的 10%。本研究針對不同的原料對魚菜共生之動植物生長及水質評估包含水質檢測（pH 質），栽培介質檢測：透濕性、透氣度、保水度、柔軟度、種植後強度，種植之發芽率、葉片長度、葉片數量、植物淨重、植物高度，即魚之重量測量。

第二章文獻研究

第一節魚菜共生之介質材料

世界人口逐年增加，資源也相當有限，並非取之不盡，隨著人類越來越重視健康的生活，有機的蔬果，更提倡落實環保的議題，魚菜共生的系統也隨之活絡。魚菜共生系統通常伴隨著水培蔬菜及水產養殖的結合，而水培系統的運作特別的是它允許使用珍珠岩、礫石、沙、紡織品等等為栽培介質，其中珍珠岩的吸濕性小、透氣和透水性佳、抗凍性強、質地輕盈及多孔洞的特點，有助於植物的根部呼吸。而礫石則是常常出現在水族箱內的小石頭，它易於清潔、排水性強，但作為栽培介質中需要灌溉頻率高一些，否則會使植物的根乾燥。最容易取得的沙也是水培系統的栽培介質之一，但是相較起來重一些、保水性差、不能提供養分給植物，因此較少人會使用。紡織品具有廣泛的特性，包括厚度、孔隙率、剛度、抗彎強度，以紡織品作為栽培介質能利用紡織技術改變紡織品的特性、結構等等，增加厚度可以提升植物的根能扎穩，剛度越大則能承受較重的植物，此外，如果紡織品在栽種過程中未受到植物的破壞，也能重複使用，實現永續環保的概念。這些栽培介質都能被運用在水培系統當中，只要依據各種栽培介質的特性來調整，都能夠有效利用。

Jeremy M. Pickens 等學者結合溫室櫻桃番茄生產與生物絮團羅非魚生產，搭配水培蔬菜以及再循環水產養殖系統，利用養殖羅非魚的廢水再過濾，而成為種植櫻桃番茄的營養液，魚類的養殖是透過生物絮團來運作，這樣的方式能夠使營養素的利用達到最大化，並且節省水的使用、改善水質。結果顯示在實驗後 149 天，羅非魚的重量增長了 220%、而櫻桃番茄在水培系統當中與使用商業肥料的產量差異不大。研究表明，水培系統有潛力成為與生物絮團生產系統結合，但仍然需要進一步細化以增加產量達到商業的水平。Jan Lukas Storck 等學者利用針織物作為水培系統的新栽培介質並探討種子發芽和幼苗生長，實驗過程中以垂直農業的生產方式，其中探討不同針跡尺寸的針織物對植物之生長效果，實驗過程中以 16 小時的光照加上 8 小時的黑暗為週期，經過 31 天評估。研究證實織物的孔隙與發芽過程無相關性，也顯示具有較高相對乾燥質量的植物可能具有較高發芽率的趨勢。研究顯示垂直農業中使用針織物當作栽培介質的可能性，並且針織物能使用在廣泛的物種當中。ELISE Diestelhorst 等學者探討關於在低成本垂直農業下成功種植水芹的必要之織物參數，本研究中以水芹籽作為栽種植物，以研究紡織品應該要有那些特性才能適用於垂直農業的種植，實驗中挑選了四個不同材料的織物作

為栽培介質，分別是兩種針織物，美利奴羊毛緯編針織物以及聚酯毛絨緯編針織物，另外兩種則是梭織物，棉梭織物及亞麻梭織物，以 16 小時光照、8 小時黑暗為週期，在 30 天的實驗中，主要觀察織物的儲水能力以及在織物中植物的生根情況。研究結果顯示，兩種針織物對於發芽的種子率都是比較高的，而梭織亞麻為介質的織物是最不利於種子發芽的，證實較薄的織物對植物之生長效果較差，而兩種針織栽培介質都有比較好的儲存水分能力也是促使發芽率高的因素之一。研究亦表明，有較高孔隙率、有毛狀表面之紡織品在栽培應用中能夠有高發芽率、良好儲水能力。

第二節 魚菜共生系統

魚菜共生的循環原理是透過魚、植物、水和細菌(硝化菌)的交互作用形成。可分為介質式植栽、養液薄膜式(NFT, Nutrition Film Technique)、和深水植栽(浮筏式)。介質式為將植物種植在介質填充的植栽床裡，水從另外的養殖槽抽送到植栽床的上方；優點為植物的根較容易攀附，介質做的植栽床可作為簡單的過濾系統，也能提供細菌居住的地方，最大的優點為種子可直接於植栽床上發芽。養液薄膜式為將含有養液的水以馬達抽取並流過長型的包覆管槽，管槽上方每隔一段距離打洞並放置簍空的塑膠杯，植物種植在塑膠杯裡，並以懸在管槽上的根接觸流過的水以吸收養分；適合種植快速生長的葉菜類植物，但無法負荷大型植物的重量。浮筏式系統為將植物種植在漂浮於水面的泡棉/保麗龍上，讓植物的根部可以懸浮於水中以吸收養分，植物的根部也可有較自由的發展空間，所需占地面積較大。

根據 Kenji Yamane 等學者研究萵苣在封閉式魚菜共生(鯰魚)系統下的生長和環境菌種組成，在此實驗過程所設計的系統為以改良過的 Nippon Aquaponics 浮筏式系統進行水培、魚菜共生和水產養殖系統的相關實驗。實驗環境皆以水質維持 pH 值為 7，鯰魚皆以一天 0.5 克為準進行實驗測試。

根據 Jeremy M. Pickens 等學者研究聖女小番茄與吳郭魚以生物絮團進行溫室整合，在此實驗過程中，所設計的實驗系統為利用兩個錐形底的容器(澄清器和灌溉池)首先將來自魚缸的廢水會以固體排放先進入澄清器，再以進入灌溉池裡，灌溉池下方連接到灌溉泵系統，灌溉泵系統會從 1/2 處吸取灌溉泵的水產養殖廢水，水箱向番茄輸送加壓沉降水至灌溉泵系統，最後灌溉池解決水產養殖廢水，廢水再次流回魚缸。

第三節魚菜共生之動植物生長評估

魚菜共生系統相較於一般的水培或水產養殖系統，兩者的結合可透過生物的循環，魚的糞便可作為植物的生長養分，減少多餘的肥料支出，栽種出更高價值的作物，達到永續和健康的雙贏局面。因此，透過一些檢測，如水質檢測（pH 值、土壤電導度(EC)、鈣離子、鉀離子、硝酸根離子、氨離子）、植物生長檢測（葉片數、最大葉長、鮮芽重、鮮根重、植物淨重、SPAD 值）、DNA 菌種分析等，尋找能使之最大效益化的達成因素。

由於魚類與蔬果的種類繁多，為了能更有效地找出利於環境生長的合適材料，ZalaSchmautz 等學者研究番茄分別在不同水培生產與魚菜共生系統下的生產率和品質，根據實驗結果可以得出，魚菜共生系統的水溫通常較一般溫室裡的水培系統中來得高，且擁有較多的氧氣吸收容量，栽培出的蔬果也有較高的營養價值也更適合人類。

Sara Pinho 等學者研究在魚菜共生系統中結合魚類(紅羅非魚和白鱒)和植物(蔥和歐芹)的生產，實驗由兩個獨立的再循環系統組成，一個為白鱒，另一個為紅羅非魚，利用白鱒及紅羅非魚的排泄物作為大蔥及歐芹的養分來源，研究表明紅羅非魚的飼料轉化率更高，兩種魚類間的生產力及生存率無明顯差異，而兩种植物的性能比較，證實大蔥的所有生長效果評估較歐芹佳，最後動植物質量指數中，表現最好的組合是白鱒與大蔥的結合。

Seawright 學者等指出，魚飼料中缺乏的營養物質，即鈣、鉀和鎂，這些都是植物生長過程必須吸收的養分，而在水培系統中，通常要根據栽培物的植物物種添加營養物質。BennetBrockhagen 等學者研究低成本水培系統對織物基材的最低要求，以水培系統中使用紡織物為栽培介質栽種 5 種植物，分別為菠菜、百里香、韭菜、馬鬱蘭及拉維紀草並利用可編織織物來作為栽培介質，具有易起毛球的特性使植物良好的生根，以 16 小時光照及 8 小時黑暗為週期，研究表明韭菜和拉維紀草的發芽率與質量都為更高，而菠菜因為黴菌的干擾有根部爛掉的情況為最不理想的，建議能透過紫外線照射來改善。

第三章研究方法

第一節 實驗材料

魚菜共生系統是由水產養殖及水培系統所組成，利用水產養殖的生物所排放的排泄物中含有的營養成分來栽種植物，達到營養素使用最大化及水資源再利用的環保目標。為了能夠研究哪一種紡織物是更適合作為栽培介質，實驗中挑選了四種結構相同而材質不同的紡織物作為栽培介質。植物選擇適應力佳的萵苣。魚類挑選適應力強及成長快速的觀賞魚。

實驗材料：

-織物：

1. 棉針織物
2. 縲縲針織物
3. 聚酯針織物

-植物：

1. 萵苣：學名 *Lactuca sativa*，又名生菜、萵菜、春菜

-魚類：

1. 觀賞魚：學名 *Xiphophorus maculatus*

第二節 實驗架構及流程說明

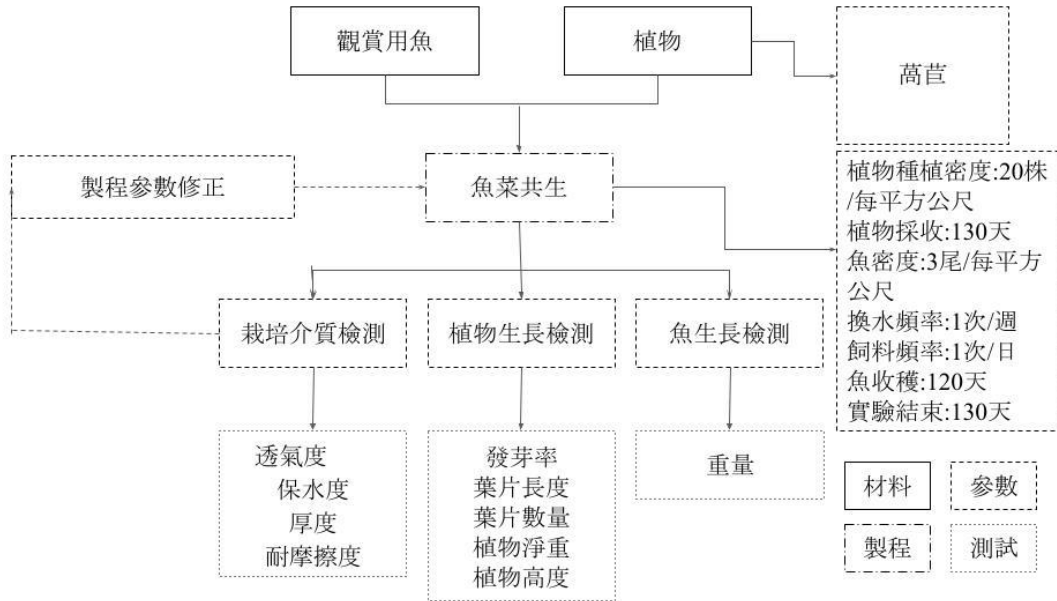


表 1. 魚菜共生實驗流程圖

魚菜共生實驗流程說明：

將種子(萵苣)以 20 株每平方公尺的密度及魚(觀賞魚, 3 尾/平方公尺)進行魚菜共生系統實驗, 並以三種不同的織物(棉、縲綵、聚酯)作為栽種介質。在實驗過程中, 以每週一次的頻率進行換水, 及每日投遞飼料一次。在進行魚菜共生實驗前會先將織物經過透氣度、飽水度和耐摩擦的檢測。在進行為期 130 天魚菜共生實驗, 期間會每週進行水質酸鹼度的測試, 及每兩週進行葉片長度、葉片數量、植物高度和魚淨重的測量, 並在植物栽種前期會測試其發芽率, 待實驗結束收成後, 會測試其植物淨重, 並將經過栽種後的織物重複進行栽培介質的檢測(透氣度、飽水度、耐摩擦)。

第三節測試項目

透氣度

根據 ASTM D737 測試標準，針對種植前和種植後的織物進行透氣度的實驗。將織物於通氣口上壓好，使用空氣透率測試儀器進行透氣度的數值查表分析。環境溫度控制於 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、濕度控制於 $65\pm 2\%$ 。

保水度

根據 CNS 12915 L3233 測試標準，針對種植前和種植後的織物進行保水度的實驗。以滴定管測試織物的吸水速度(樣本數為 10 個，樣本尺寸為 $20\text{cm}\times 20\text{cm}$)，再以吸水率試驗裝置測試其吸水率(樣本數為 3 個，樣本尺寸為 $7.5\text{cm}\times 7.5\text{cm}$)，最後以 3 小時為一單位觀察其保水程度。

葉片長度

以實驗栽種出的每株植物抽取葉片進行平均長度的測量，以 cm 表示之。取樣為每株植物葉片最大的 5 片，測量方式以直尺測量，測量頻率為兩週/次。

葉片數量

以實驗栽種出的每株植物進行葉片數量總和的計算，以片表示之。測量方式以計算每株植物葉片數量，測量頻率為兩週/次。

植物淨重

以實驗栽種出的每株植物摘採下來的成熟果實用秤重的方法進行淨重測量，以 g 表示之。測量方式以天秤秤重測量，測量頻率等植物的果實完全成熟後，摘採下來測量。

植物高度

以實驗栽種出的每株植物進行其高度測量，以 cm 表示之。測量方式以直尺測量，測量頻率為兩週/次。

發芽率

以實驗種子發芽總數對種子總數之比，以%表示之。測量方式為觀察植物的發芽比率，測量頻率為觀察第一顆種子的發芽時間，接著以三天為一個單位觀察種子的發芽顆數直到植物不再發芽。

魚淨重

以實驗養殖出的魚進行其重量測量，以 g 表示之。測量方式以天秤秤重測量，測量頻率為兩週/次。

水質檢測

以實驗用的水質進行其酸鹼值的測量，以 pH 值表示。測量方式以 pH 試劑測量，測量頻率為一週/次。

第四章結果與討論

第一節結果與討論

布樣測試

布樣特性

布料材質	組織	經緯密	厚度 (5g/cm ² 壓力)
聚酯	緯編針織	31x30	0.98833 mm
棉	緯編針織	16x18	0.76223 mm
縲縲	緯編針織	18x21	0.83433 mm

表 2.布樣特性

透氣度

表 3 為三種不同針織物之透氣度，由圖 3 可以看出縲縲針織物有較高的透氣度為 198.887cm³/S/cm²;其次為棉針織物，其透氣度為 106.15 cm³/S/cm²，聚酯針織物則有較差的透氣性為 67.56 cm³/S/cm²。由表 x 中可以得知，在三種針織物中，聚酯針織物有較高的經緯密及較小的孔隙度。而經緯密的密度與孔隙大小也會決定其布樣的透氣度大小。密度越高孔隙越小，其透氣度越低，密度越小孔隙越大，透氣度越高。布料的厚度也會造成其影響。布料愈薄，空氣流通的機率越大，其透氣度的性能也越良好。棉針織物在布料厚度中有最低的薄度，但因為經緯密和孔隙度比縲縲針織物來的高，所以反映出的透氣度會比縲縲針織物來得差，卻比聚酯針織物來得好。

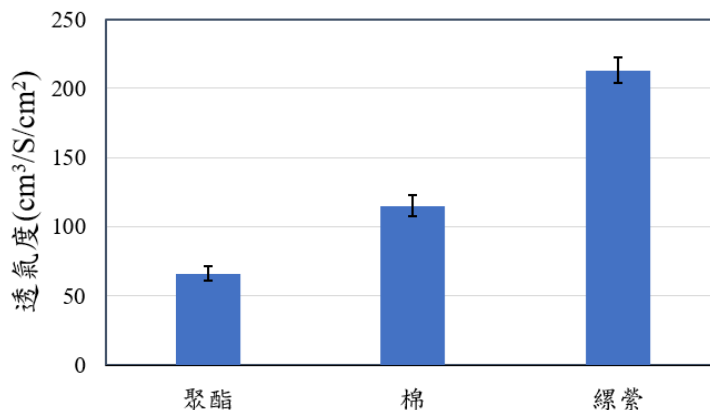


表 3. 透氣度測試

保水度

表 4 為三種針織物之對保水度之影響。由表 2 中可以看出，織物經過 12 小時在室溫環境下的測試，隨著時間增加，保水度逐漸下降，其中以棉針織物的保水度為最高，其次是縲縈針織物，最後則是聚酯針織物。聚酯纖維被廣泛使用在各種機能服飾面料上，尤其是運動布料，具有吸濕排汗的特點，含水率低，同時也具有疏水性，因此保水度與棉纖維及縲縈纖維相較是比較低的。

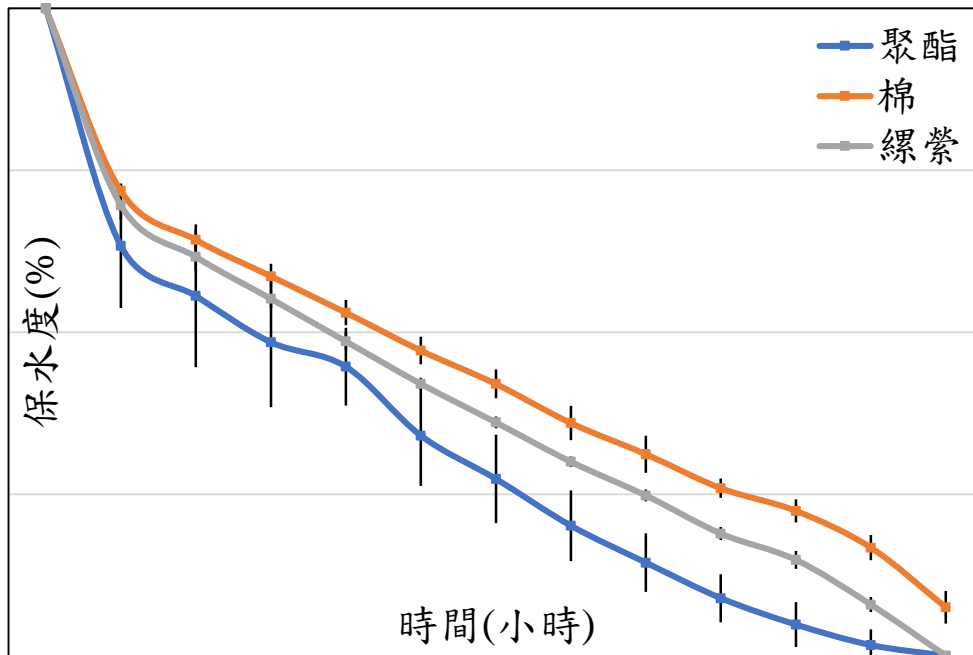


表 4. 保水度測試

皮膜鼓脹

經皮膜鼓脹測試，圖表可知，耐磨性由高至低為棉，縲縈，聚酯。影響織物耐磨性因素有幾者：長度、厚度、密度。

天然纖維棉為短纖，縲縈和聚酯為人造纖維多為長纖。纖維長度長，耐磨性好。經布料厚度測試，厚度由高至低為聚酯、縲縈、棉。厚度越高，耐磨性越好。本實驗棉布樣密度為 16x18，聚酯布樣密度為 31x30。兩者皆為平紋緯編布。經緯密度低時，平紋織物的交錯點較多，纖維不易被抽出，因此耐磨性較好。經緯密度高時，緞紋織物耐磨性最佳；平紋織物耐磨性最差。纖維破壞的主要原因是纖維產生應力集中，若織物浮線較長，纖維便有空間做適當移動，因此利於織物耐磨性。

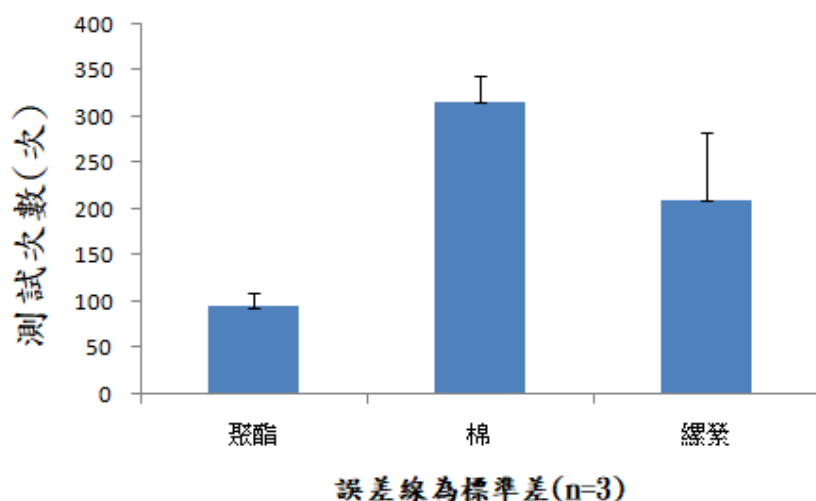


表 5. 皮膜鼓脹測試

魚菜共生實驗測試

魚重量

日期	魚重量(g)
11月15日	90
11月23日	88.8
11月30日	71.8

表 6. 間隔七天的魚重量

植物葉片長度與葉片高度

環境: 魚缸水

布料	葉片高度(cm)	葉片長度(cm)
棉	1.7	0.9
縲縈	2.5	1
聚酯	3.1	0.8

表 7. 植物在魚缸水的環境下生長情況

環境: 自來水

布料	葉片高度(cm)	葉片長度(cm)
棉	3	7
縲縈	2.7	0.8
聚酯	3	0.8

表 8. 植物在自來水的環境下生長情況

第二節 結論

透過以上測試探討出其三種針織物的厚度、經緯密、材質和布料結構，在透氣度、保水度和皮膜鼓脹測試中表現出的差異。

第三節 參考資料

1. Aquaponics production of catfish and pumpkin: Comparison with conventional production systems
2. The study on changing mixed percentage of rayon fiber on polyester fiber groups using in soilless culture mediums
3. Integrating Greenhouse Cherry Tomato Production with Biofloc Tilapia Production Seed Germination and Seedling Growth on Knitted Fabrics as New Substrates for Hydroponic Systems
4. Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system
5. The Growth of Leaf Lettuce and Bacterial Communities in a Closed Aquaponics System with Catfish
6. The Role of Peat-Free Organic Substrates in the Sustainable Management of Soilless Cultivations
7. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review
8. In-Depth Observation on the Microbial and Fungal Community Structure of Four Contrasting Tomato Cultivation Systems in Soil Based and Soilless Culture Systems