



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute



# 竹 百科

編輯：工業技術研究院 中分院

日期：2021 年 12 月



## 目錄

|  |        |
|--|--------|
| 1. 竹材之性質 .....   | - 1 -  |
| 壹、前言 .....   | - 1 -  |
| 貳、台灣重要經濟竹材之種類及其性狀 .....                                | - 2 -  |
| (一) 孟宗竹( <i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel) : ..... | - 2 -  |
| (二) 桂竹( <i>Phyllostachys makinoi</i> Hayata) : .....   | - 3 -  |
| (三) 麻竹( <i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro) : ..... | - 4 -  |
| (四) 綠竹( <i>Dendrocalamopsis oldhami</i> ) : .....      | - 5 -  |
| (五) 刺竹( <i>Bambusa stenostachya</i> Hackel) : .....    | - 6 -  |
| (六) 長枝竹( <i>Bambusa dolichoclada</i> Hayat) : .....    | - 7 -  |
| 參、竹材之性質 .....  | - 8 -  |
| (一) 竹材之一般特徵 .....                                      | - 8 -  |
| (二) 竹材之外觀構造 .....                                      | - 9 -  |
| (三) 竹材之解剖性質 .....                                      | - 10 - |
| (四) 竹材微觀結構與力學性質之關係 .....                               | - 11 - |
| (五) 竹材之物理及機械性質 .....                                   | - 12 - |
| (六) 竹材之化學性質 .....                                      | - 16 - |
| (七) 竹材之 pH 值 .....                                     | - 19 - |
| (八) 竹材化學成分與加工利用性能之關係 .....                             | - 19 - |
| (九) 竹材糖分之分佈及其對竹材性質之影響 .....                            | - 19 - |
| (十) 竹材之用途 .....  | - 20 - |
| 肆、結論 .....   | - 20 - |
| 伍、參考文獻 .....   | - 21 - |
| 2. 生活裡的竹子 .....  | - 23 - |
| 一、淵遠流長的竹工藝 .....                                       | - 23 - |
| 二、食衣住行用竹子 .....  | - 24 - |
| (一) 食 .....  | - 24 - |
| (二) 衣 .....  | - 24 - |



|   |        |
|---|--------|
| (三) 住 .....   | - 24 - |
| (四) 行 .....   | - 26 - |
| 三、再現竹生活 .....   | - 27 - |
| (一) 實用美學：庭園意境與蚊蟲防治 .....                                | - 27 - |
| (二) 竹文藝復興 .....   | - 28 - |
| 3. 「竹聯幫」真假筍友，你指認得出幾個？ .....                             | - 40 - |
| 4. 世界的竹類資源 .....  | - 45 - |
| 一、溫帶木本竹的分布 .....  | - 46 - |
| 二、熱帶木本竹的分布 .....  | - 47 - |
| 三、全球的竹林資源 .....   | - 49 - |
| 四、竹產品的國際貿易 .....  | - 51 - |
| 5. 竹編基本技法彙整 .....                                       | - 52 - |
| 6. 竹童玩 .....  | - 57 - |
| 7. 種竹 .....   | - 58 - |
| 一、地形氣候條件孕育多樣的竹子 .....                                   | - 58 - |
| 二、竹子的生長與繁殖 .....  | - 58 - |
| (一) 竹子的生長 .....   | - 59 - |
| (二) 竹子採行無性繁殖時的源基——地下莖 .....                             | - 60 - |
| (三) 竹子的有性繁殖——竹子開花 .....                                 | - 62 - |
| 三、竹林的栽植 .....   | - 63 - |
| (一) 竹種選擇 .....  | - 63 - |
| (二) 竹苗購買 .....  | - 64 - |
| (三) 種植時機 .....  | - 65 - |
| 8. 竹的國際視野 .....   | - 66 - |
| 一、世界竹會 .....  | - 66 - |
| 二、韓國經驗：從生活到產業的整體建設 .....                                | - 66 - |
| (一) 綠竹節 Damyang Bamboo Festival，看見持續耕耘的力量 .....         | - 67 - |
| (二) 2015 竹博覽會與第十屆世界竹會 Bamboo for a Greener Future ..... | - 68 - |



|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 三、臺法交流：時尚工藝培植需根植於生活文化 ..... | - 71 - |
| 四、日本工法：「功能性直根竹」邊坡防治 .....   | - 72 - |
| 五、臺灣竹會 .....                | - 74 - |
| 9. 種竹子代替砍樹：永續的土地恢復方案 .....  | - 75 - |
| 一、竹材作為木材替代方案 .....          | - 76 - |
| 二、竹材特性 .....                | - 78 - |
| 三、土地恢復方案 .....              | - 81 - |



# 1. 竹材之性質

林曉洪 屏東科技大學 木材科學與設計系

日期：2018-01-25

## 壹、前言

竹為單子葉被子植物，禾本目禾本科(Poaceae)，竹亞科(Bambusoideae)多年常綠植物，枝幹挺拔修長，四季青翠，莖木質多節，中空外堅，一生開花一次。竹林自然分佈地區除了南極洲與歐洲大陸外，其他各大洲均可發現第四次冰川以後的鄉土竹種。主要生長在北緯 46° 至南緯 47° 之間的熱帶、亞熱帶和暖溫帶地區，從平地到海拔 4,200 公尺的高山都可見其蹤跡，竹子性畏寒忌旱，大多分布於熱帶、亞熱帶至暖溫帶地區，僅少數竹類適應寒帶地區。竹無論根、莖、稈、枝、葉、筍、籜各部位均可使用。故自古以來即融入人類日常生活之中，昔日農工業時期竹材除提供吾人所需的日常生活用具，包括橋樑、家具、工藝品、日用品、造紙、編織、建築材料及果菜生長之支柱及棚架等。其葉及筍也提供大眾日常所需。其應用範圍十分廣泛。蘇東坡稱「可使食無肉，不可居無竹。無肉令人瘦，無竹令人俗」。北宋詩人蘇軾《記嶺南竹》：「嶺南人，當有愧於竹。食者竹筍，庇者竹瓦，載者竹筏，爨者竹薪，衣者竹皮，書者竹紙，履者竹鞋，真可謂一日不可無此君也耶！」說明竹可食、可居、可乘、可炊、可穿、可書、可履。其與人類關係可謂十分密切。明代黃鳳池輯有《梅竹蘭菊四譜》，從此，梅、蘭、竹、菊被稱為「四君子」，世人常以「四君子」來寓意聖人高尚的品德。及歲寒三友「松竹梅」之美稱。竹空心代表虛懷若谷的品格；枝彎而不折，是柔中有剛的做人原則；生而有節、竹節必露則是高風亮節的象徵。

全世界竹林面積約 2,200 萬公頃，呂錦明(2010)於台灣竹圖鑑一書中引述 Ohrnberger and Goerrings (1985~1990) 指出竹類共 102~112 屬，約 1010~1140 種。其中草本性竹類 25~27 屬、130~160 種；木本性竹類 77~85 屬、880~980 種。85% 分佈在亞洲，其中以東南亞、中國大陸、日本與台灣最多。根據林務局第四次森林資源調查分析結果顯示，台灣的竹林(不含金門、連江縣)計 132,572 公頃，竹闊混淆林 124,943 公頃。(邱立文 等, 2015)。呂錦明(2001) 指出，台灣竹類共有 89 種，其中木本性竹類 83 種，草本性竹類 1 種，而台灣原生種僅 25 種。重要經濟竹類為麻竹、桂竹、孟宗竹、刺竹、長枝竹及綠竹等六種。主要分布於南投、嘉義、台南、苗栗與高雄等地，其中南投縣的竹林面積居全國之冠。由於竹林容易栽植、竹材生長快速，高生長約 40 日即告完成(呂錦明, 2001)，約 3-5 年可成熟，機械強度與性質皆趨於穩定(吳順昭, 1974)，更新容易等優點，是極佳的再生資源。竹材的利用(包含竹筍)深具發展潛力，已成為台灣極為重要的林產經濟作物。



然而面臨時代的變遷，新興材料塑膠業的興起，近 30 年餘來由於大量使用塑膠類的替代品，加上我國工資、土地等各項生產成本急速增加，及受到東南亞國家及中國大陸低價競爭之影響，使得我國竹產業競爭力急速降低，竹林幾乎處於荒廢狀態，加工業者更是慘澹經營；其後又遭逢 1999 年的 921 大地震，造成土質流失，竹林根系鬆動致竹林生長不良，林農已無力更新培育，幾乎瀕臨失業與關廠的命運。因此，政府有關單位緊急研商如何促進環保再生資源的有效利用，提高竹材附加價值，進而降低弱勢產業族群的失業率，於是訂定「以竹代木」政策，擬定竹林培育、伐採加工、生態旅遊全方位發展策略，並整合產、官、學、研各界力量進行「竹產業轉型與振興計畫」。對於擁有豐富竹林資源的台灣而言，生產高質化、高附加價值的竹製產品，開發竹材資源的新用途，再次提升竹材加工業的經濟效能與產值，是台灣未來農村經濟發展政策中不可忽視的重要課題。冀望能再次帶動台灣竹產業的復興。

現今高科技時代，為使竹材原料朝附加價值高之機能性產品開發，實有必要使各行各業的加工業者了解其相關性質。論語衛靈公：「子曰：『工欲善其事，必先利其器。居是邦也，事其大夫之賢者，友其士之仁者』」。同理，任何材料於加工前必先了解該材料之性質，以使加工能順暢。因之，本文擬就竹材之性質(一般特徵、外觀構造、解剖、物理、機械、化學性質)加以整理，期能提供相關業者應用之參考。

## 貳、台灣重要經濟竹材之種類及其性狀

### (一) 孟宗竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel)：

別名：毛竹、毛筍、南竹、江南竹、竹茹、毛茹竹、茅茹竹、狸頭竹、貓頭竹、茅竹筍、茅竹、冬筍、竹(溫州)、茅竹(江西)、楠竹(四川、湖南、湖北、貴州、廣西)、貓兒竹(閩南)  
英名：Moso。屬於禾本科 (Gramineae)、孟宗竹屬(*Phyllostachys*)。多年生常綠植物。原產我國南部各省，多年生常綠植物，秆直立，中空有節，高可達 6~20 公尺，直徑最大可達 20 公分，枝互生，根是鞭根(根莖)。台灣廣植於全島低至中海拔 500~1,600 公尺地區。圓筒形秆散生高大，秆環不隆起，秆上部每節有二分枝；葉披針形，葉鞘上部略有細毛。根系集中稠密，竹秆生長快，生長量大。孟宗竹竹節長，結構堅韌，生長期短，經濟價值高。早期多用於建築鷹架、竹材雕刻、廣告招牌支架、膠合地板、球棒、其他裝飾及工藝品；近來多用於竹層積材及竹炭等高附加價值製品開發。孟宗竹筍可食用，每年冬季 11 月至翌年 2 月在地下形成筍，未出土前挖出，稱為「冬筍」。味美，筍形最大約 1.0 公斤，小至 0.2 公斤。春夏採收者較硬且苦，稱為「春筍」，多製成筍乾。



## (二) 桂竹(*Phyllostachys makinoi* Hayata)：

又稱台灣桂竹，為台灣特有種。分佈於台灣中北部海拔 100~1,500 公尺之單稈散生竹種。英名 Makino Bamboo。禾本科 (Gramineae)、孟宗竹屬(*Phyllostachys*)。多年生常綠植物。葉一簇 2~3 枚，幼時可達 8 枚。長 6~15 公分、寬 1~2 公分，表面暗綠色、背面色較淡。稈高約 12 公尺，直徑 4~8 公分，節間長 12~40 公分，節有兩個明顯的環，幼時稈呈粉綠色，即長逐漸轉變深綠色，老時則轉變為棕綠色；地下莖多為實心，根莖橫走叢生。竹材生長速率比其它竹種(孟宗竹、麻竹、綠竹)快，是台灣地區竹種生長最快速者。竹稈表皮堅硬，稈肉厚 0.4~1.0 公分，為各類竹材中抗彎強度最大者，故適於劈成竹篾製作竹編器具，製作家具，早期農業時期台灣多用來製作農漁及生活用具(搖籃、竹篾門扇、椅轎、米籬、菜籃、米籃、畚箕及魚簍)等生活用品。今則用於建築、竹劍、包管家具、編織藝品、竹蓆、竹簾、竹炭等，用途極廣。桂竹筍可食用。



### (三) 麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)：

別名大綠竹、巨麻竹、巨竹、甜竹、瓦坭竹、吊絲麻、正坭竹。英名 Ma Bamboo。禾本科(Gramineae)、牡竹屬(*Dendrocalamus*)。多年生常綠植物。分佈於中國華南地區、緬甸和台灣，屬於叢生型竹類，是台灣最粗大的竹類。台灣各地均有栽培，尤以中部地區較多。北部生長在 800 公尺以下，中南部在 1,000 公尺以下。葉 7~8 片簇生、質薄，長 20~40 公分，寬 2.5~7.5 公分，葉柄扁平，長 0.3 公分，為各竹類中最大型者；竹稈粗大、高可達 20~30 公尺，壁薄，徑達 30 公分，節間可長至 60 公分，節上分枝 3 枝以上，基部枝節通常具氣根，竹葉約 7~8 片簇生，壽命可達 60 年。





麻竹質地柔軟肉厚，節較硬，不易劈裂且甜度高，易生蟲，故又稱甜竹。筍可供食用，出筍期 6~8 月，竹筍用途廣泛，主要製成筍乾或桶筍。竹材可供建築、竹編、竹編膠合板、竹排及造紙；麻竹葉民間多取來包粽子。



## (四) 綠竹(*Dendrocalamopsis oldhami*)：

別名坭竹、石竹、毛綠竹，烏藥竹、長枝竹、效腳綠，甜竹、玉版筍、烏葉竹。英名 Green Bamboo, Oldham Bambusa。禾本科(Gramineae)、籐竹屬(Bambusa)。多年生常綠植物。原產地中國大陸華南，台灣地區綠竹適宜種植在海拔 500 公尺以下砂質壤土或壤質砂土之土壤。屬多年生常綠植物。根莖粗短，稈叢生，稈中有節，稈無條紋，高 6~12 公尺，徑 4~10 公分，節間長 20~35 公分，節上附褐色絨毛，小枝簇生。葉一簇 6~15 片，長 15~30 公分，寬 3~7 公分，長橢圓披針形，葉基鈍圓，葉尖銳尖，主脈兩側各具 3~6 條側脈。一般以採收竹筍為主，綠竹筍質地細嫩，味鮮美，具特殊芳香味，又富含纖維質、維他命，熱量低，有助於腸胃蠕動，為國內重要的夏季健康蔬菜之一；其生產期為 4 月至 9 月。竹材可作為農業搭棚架、建



## (五) 刺竹(*Bambusa stenostachya* Hackel)：

別名鬱竹、坭竹，大勒竹、烏藥竹、雞爪籐竹、苦竹。英名 Thorny Bamboo。禾本科 (Gramineae)、竹亞科籐竹屬(*Bambusa*)。多年生常綠植物。原產地中國東南各省。台灣地區普遍栽植於中南部 300 公尺以下之低海拔平地、丘陵，灌溉溝渠及水塘邊。竹材高大、竹稈密集叢生，竹稈基部的小枝條會變成刺，故得名。根莖錯綜，莖肉甚厚，6 至 8 月間生筍，籐黃色，上有深紫色的毛。稈數枝至十餘株叢生，莖高 15~20 公尺，徑 10 至 20 公分，枝成直角，小枝之節隆起，節上有 1 至 3 個彎曲銳刺，葉披針形，長 10~15 公分，寬 1.5~2.5 公分，十枚左右聚生為一簇。筍可食用；台灣早期農工時期，刺竹是重要的竹材及炭薪的來源，由於竹稈強韌耐磨，是所有竹類中抗張強度最大者。故為重要的建材，可供梁柱、家具和農具製造、防風用、崩塌地復舊、河堤固定材料及圍牆防風防禦功能。今為編織、雕刻工藝用材，也用來製作家具。



## (六) 長枝竹(*Bambusa dolichoclada* Hayat)：

別名長枝竹(福建、臺灣)，桶仔竹、長枝仔竹、長枝仔、桶仔竹、鬻腳綠(臺灣)，英名 Long-branch *Bambusa*, Long-shoot Bamboo。禾本科 (Gramineae)、籐竹屬 (*Bambusa*)。多年生常綠植物。為台灣特有竹種。分布於海拔 300 公尺以下地區，近年發現中國福建省也有分佈，屬於叢生型竹類，外觀類似刺竹。秆高可達 10~20 公尺，徑達 10 公分，節間可長至 20~60 公分，葉一簇 5~13 片，長 10~15 公分，寬 1.5~2 公分，線狀狹針形，葉基鈍而略歪，葉尖漸尖。幼秆綠色，表面被覆白色粉末，年老時則轉為棕綠色。

竹秆材質富韌性，可作為建築和製造家具，工藝材，造紙，防風，農用香蕉支柱；因質地柔軟，適合劈作竹篾製作編織農用竹器(籬筐、米篩、畚箕、斗笠以及捕魚籠)等，但表皮色澤較差，使用時需去皮。台灣中北部地區，常被作為耕地防風林用途。近年來少有新用途開發，亟需產官學研界共同努力開發附加價值高之產品。



## 參、竹材之性質

### (一) 竹材之一般特徵

與一般的木材比較，竹材具有以下七項之特徵(馬子斌，1982；吳順昭、王秀華，1976)：

- 竹材中空有節，主幹通直。
- 無生長輪或年輪，縱斷面上不若木材有區分明顯之徑斷面與弦斷面。
- 竹材無橫向組織，故其劈裂抵抗力小。
- 竹材近表皮之維管束排列緊密，且維管束周圍含有韌皮纖維，故材質強韌，其彈性及抗彎強度均比木材者大。



- 竹材近表皮之外層硬度最大，故具堅硬強韌之性質。
- 竹材之收縮，依不同部位而異，且變化顯著。一般而言，其收縮率比木材小。
- 竹材與他種植物比較時，纖維較細長且含較多量之 $\alpha$ -纖維素，為製漿造紙之優良原料。

## (二) 竹材之外觀構造

竹類植物之器官包括竹稈之節間、竹節、稈基、稈柄及地下莖，根、枝與葉。竹材在形態上，中空有節，其中空部分吾人稱之為髓腔，周圍的壁稱為竹稈壁，由外而內在加工利用上分別稱之為竹青、竹肉及竹簧(圖 1)。各部位區分特徵如次述：

1. 竹青：位於竹稈壁之最外層，細胞形體小，生長密實，細胞壁比率高且高度木質化，因內含葉綠素，故使竹稈外觀呈綠色。由於質地堅硬，外表富含矽及蠟質，硬磨且光滑，是極佳竹製編織藝品之原料。
2. 竹肉：屬於竹稈壁中間層之構造。其由維管束組織（輸導組織、纖維細胞）及基本薄壁組織等所構成，為竹壁之主要部分。橫斷面上之維管束形體由小而大，從竹稈壁外側往內側增加，且均勻散生於基本組織中，縱向平行排列，在節間中無橫向組織溝通。由於缺乏形成層，故竹稈直徑無法每年加粗。

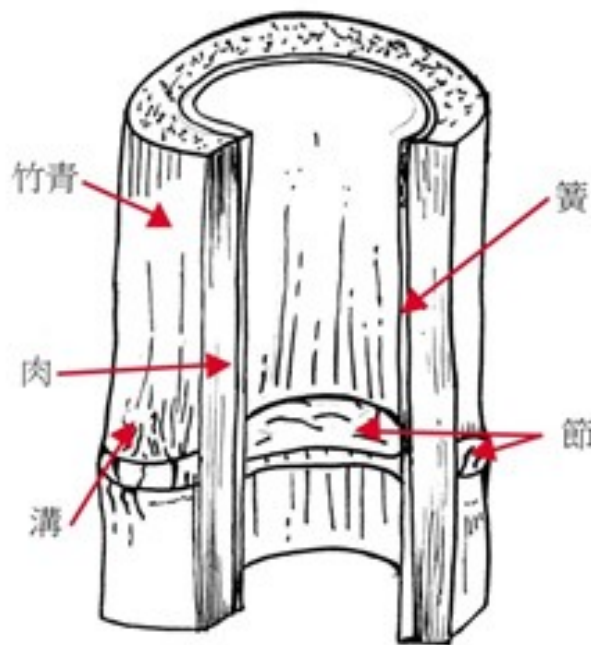


圖 1.竹材之組織剖析圖

3. 竹簧：竹稈壁之內側部位，由十數層長軸在弦向之鬆散細胞構成，由於細胞壁木質化程度高，故硬度高，也具有較脆之特性。竹簧層因居竹稈壁之內側，故顏色呈淡



黃白色，其厚度也因竹種而異，然最厚者亦僅 1~2 mm。其為製漿時紙漿纖維之主要部分。

4. 竹衣：竹黃內壁上，亦即髓腔之周圍，尚被覆一層薄膜，此構造由變形之細胞壁層，扁平化且上下左右彼此堆疊排列而成。此層韌性佳，又名為箬膜。

## (三) 竹材之解剖性質

竹材的節間細胞全為縱向排列，缺少如木材具有徑向分佈之薄壁細胞和射線細胞。王菊華(1999)研究顯示：竹材中纖維細胞約占細胞總重之 50~60%，其餘為薄壁細胞、石細胞、導管和表皮細胞等。纖維平均長度隨品種而異，多在 1.5~2.00 mm 之間，寬度 0.015~0.018  $\mu\text{m}$ ，纖維細胞壁較厚，腔徑小，纖維壁上明顯具有節狀加厚。顯微鏡下觀察竹材纖維彎曲狀。薄壁細胞和石細胞大小形狀相似，較為均勻，多呈枕形和腰鼓形，桿狀較少，惟石細胞較多。竹材導管較大，長度一般介於 120~130/Lm 之間，兩端開口，端壁平直或呈傾斜。電顯下觀察，竹材纖維有 2 種基本結構，即細胞壁較厚纖維和較薄纖維，薄層為近橫向排列，厚層為近軸向排列，與纖維軸纏繞角度呈 30~40°。以超薄切片的高錳酸鉀染色觀察，薄層著色較厚較深，表示薄層之木質素含量較厚層者高。謝榮生等人(1990)曾探討國產 15 種單稈竹及 10 種叢生竹進行解剖研究顯示，兩類竹材之維管束其纖維冠、纖維束及早成木質素管細胞在組織構造上差異頗大。單稈竹僅具纖維冠纖維細胞，而叢生竹則具纖維冠外亦包含纖維細胞束。單稈竹纖維長均低於 2 mm，而叢生竹平均大於 2 mm；單稈竹薄壁細胞層數目 8~12 層，叢生竹 3~8 層。周仕強(1992)以光學顯微鏡和電子顯微鏡觀察慈竹及黃竹二者之平均纖維長度約 2 mm，其以帶狀薄壁纖維較多。纖維細胞壁平均值差異不大，壁腔比約 1:3。稈部纖維比例以上部>中部>下部。吳順昭、謝榮生 (1990)探討 9 種自中南美引進竹材(勐竹、青皮竹、大耳竹、花眉竹、變葉竹、馬來巨草竹、條紋巨草竹、南美刺竹及烏魯竹)之構造顯示，竹壁橫向維管束以中部最大；維管束尺寸與離第節間數及竹壁厚度成極著相關。薄壁組織由基部往梢部遞減，而纖維與輸導組織則相反。此以六種臺灣常見竹材之竹炭顯微結構圖為例說明竹材之微觀構造(圖 2)。(許玲瑛、李文昭，2011)。

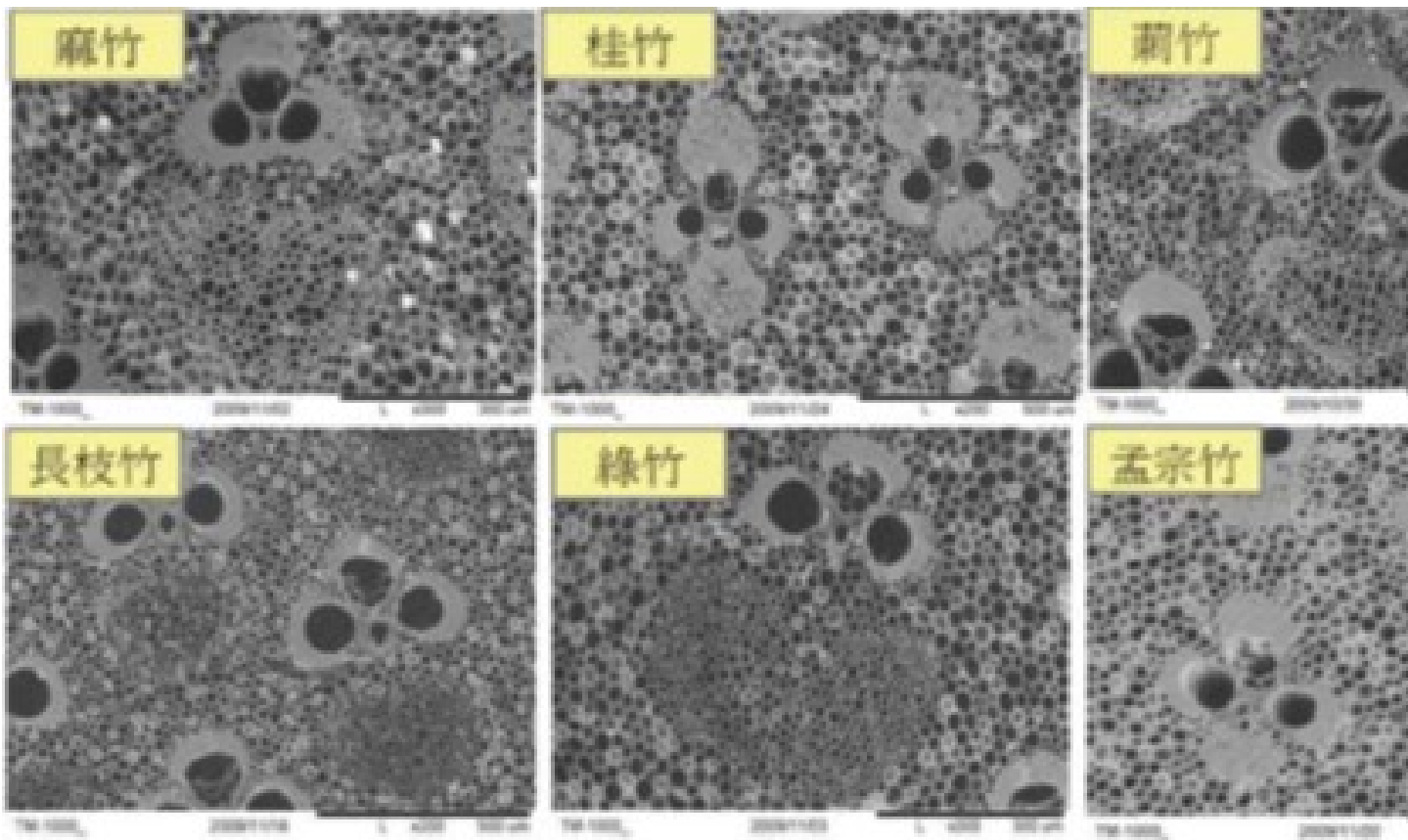


圖 2.六種臺灣常見竹材之竹炭顯微結構圖(許玲瑛、李文昭，2011)

#### (四) 竹材微觀結構與力學性質之關係

本質上竹材因具備強度高、彈性佳、性能穩定及密度小之優異特性，使得竹材之比強度和比剛度優於木材和鋼鐵等建材，故被廣泛應用於建築工程。竹材之內部構造決定其性能，亦即竹材的微觀結構與力學性質間具有重要之相關性。竹材主要係由具有載重作用之纖維厚壁細胞和傳遞載重之薄壁細胞所組成，其之所以具有優異的比強度和比剛度，主要因其厚壁細胞纖維排列整齊所致。某些竹材之超微結構具有層狀次生壁結構，層狀紋理由不同纖維走向之交互寬窄層組成。此種層狀竹壁結構在竹壁周圍的纖維上表現十分明顯，對竹材的抗彎強度具有重要之貢獻，而薄壁細胞纖維則無層狀紋理。

與其他植物比較之，竹另一重要之生長特徵為節間生長。一般而言，竹材組織結構比木材簡單，維管束和竹稈呈平行排列，因此其抗劈裂性高，適合彎曲加工。竹材之劈裂和切割等加工性均優於木材，約針葉材 2 倍。竹材單位面積內之維管束數量、纖維束排列方向及纖維本身的強度均為影響竹材強度之重要因素。竹材外皮層、維管束鞘、基本組織及內皮層對密度及抗壓強度均有顯著之影響，當外皮層及維管束鞘增加時，密度亦會增加；基本組織及內皮層增加，密度減少。竹材之抗拉強度分別為針葉材 4 倍及闊葉樹材 2 倍。



## (五) 竹材之物理及機械性質

### 物理性質

#### 1. 比重

比重為決定竹材力學性質之重要因素，主要取決於纖維之含量、直徑及細胞壁厚度等因素。一般竹材比重隨纖維含量增加而增加。中國大陸產之竹種居全球之冠，比重分布值範圍亦甚廣，較低者如粉單竹 (*Bambusa chungii*) 0.50，慈竹 (*Neosinocalamus affihis*) 0.46；較高者如孟宗竹 (毛竹) 0.81 及剛竹 (*Phyllostachys sulphurea* cv. *Viridis*) 0.83 等竹類。

一般而言，竹稈比重分布以基部最大，越往上部越小。此以大陸產 10 種竹種之 2 年生為例，叢生竹之實質比重較之散生竹者大，絕乾比重亦大於散生竹。絕乾比重之變化則由基部至梢部、自內到外遞增，而孔隙度變化則與之相反，即從基部至梢部遞減。竹材基本比重與纖維長度具有顯著之相關性，與纖維體積比、壁腔比和長寬比間也有顯著之相關性，而與纖維寬度、壁厚度及纖維含量則無顯著相關性。

呂兆良(1986)研究指出，竹材基本比重與纖維長度具有顯著之相關，與纖維體積比、壁腔比和長寬比間亦有顯著相關，而與纖維寬度、壁厚及纖維含量則無顯著相關。

杜複元(1992)探討浙江省 10 個竹種 2 年生竹材之實質比重、絕乾密度和孔隙度，顯示叢生竹實質比重較之散生竹者大 1.4%，絕乾密度也大於散生竹。絕乾密度之變化從基部到梢部、從裏到外遞增，而孔隙度變化則反之，由基部到梢部遞減。竹材基本密度與纖維長度兩者具有顯著之相關性，與纖維體積比量、壁腔比和長寬比間具顯著之相關性，而與纖維寬度、壁厚度及纖維含量無顯著相關。竹材密度和竹材竹稈部位、竹齡、立地條件及竹種有關，竹稈上部和竹壁外側密度大，而基部和竹壁內側密度小。竹材密度隨竹齡之增加而提高。當立地條件佳，竹子生長快，維管束密度低，竹材的密度亦低。

呂錦明、劉哲政 (1982) 曾探討孟宗竹之稈壁厚度，顯示在稈基部者最厚，離地越高越薄，節間隨高度上升而增長，至中段附近又會隨高度上升而變短之趨勢。依竹種而言，比重依序為桂竹 0.90、孟宗竹 0.81、麻竹 0.72、長枝竹 0.70、綠竹 0.51、刺竹 0.47；竹材容積比重分別為桂竹 0.47、孟宗竹 0.46、麻竹 0.40、長枝竹 0.35、綠竹 0.29、刺竹 0.27。各年生竹稈含水率以基部為高，向上則漸減。





唐讓雷(1990)研究國產 6 種重要竹材指出，竹材比重與竹稈部位、竹齡、立地條件及竹種等因子有關。竹稈上部和竹壁外側比重較大，基部和竹壁內側比重較小；竹材比重隨年齡增長而不斷提高和變化。當立地條件佳時，竹子生長亦快，維管束比重低，則竹材比重也低；反之立地條件差，竹子生長慢，竹材比重大；生長於降雨少、氣溫低地區之竹類其比重較大；而降雨多、溫度高之地區竹類其比重亦較小。吳順昭(1974)研究指出，竹材比重在生長 3~4 年間逐漸達到最大值。

## 2. 收縮膨潤性

竹材的收縮異方性以弦向收縮率最大、徑向次之、軸向最低，此與木材相似。若以部位而言，弦向收縮則以竹壁外側最大，中央部位次之，而內側最小。縱向收縮則與弦向之結果相反。

竹材維管束中之導管水分散失後會產生收縮現象，惟其收縮率較木材者小。乾燥後之竹材吸水性很大，吸水使之形體體積膨脹，導致強度降低。由於竹材的乾燥是竹材加工業者利用時不可或缺之重要工程，因此竹材在乾燥時應了解其乾燥相關技術及竹材之組織與構造，以免乾燥過程中發生各種乾燥缺點，而影響其品質。竹壁外側的維管束細小且數量多，而內側維管束大而少，使得竹材乾燥時易發生劈裂。一般竹材乾燥多採用自然乾燥法為之。

## 3. 含水率

新伐採竹材之含水率受竹齡、部位及伐採季節之影響甚大。一般而言，竹含水率隨竹齡之增加而下降，一年生竹材不論基部和梢部均可達 120-140%，然而節之部位含水率較低。大陸曾對孟宗竹含水率進行研究顯示，一年生可達 135%，二~三年生 91%，四~五年生 82%，六~七年生降為 77%。以三~四年生之孟宗竹為例，竹稈不同高度含水率之差異漸趨明顯，且由基部往梢部降低，基部 75 ~ 100%，中段 55~65%，梢部約 45~50%。表 1 為台灣數種經濟竹材其平均生材含水率於不同年齡之變化(谷雲川、王益真，1990)。

表 1 臺灣產經濟竹材平均生材含水率(谷雲川、王益真，1990)

| 竹種 | 一年生  | 二年生  | 三年生  |
|----|------|------|------|
| 桂竹 | 47.4 | 42.8 | 38.8 |
| 麻竹 | 69.7 | 55.0 | 41.0 |
| 刺竹 | 66.6 | 45.9 | 42.2 |



|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| 長枝竹 | 56.7 | 44.1 | 38.8 |
| 孟宗竹 | 43.7 | 41.1 | 36.6 |
| 綠竹  | 61.3 | 48.7 | 47.9 |
| 竹變  | 63.9 | 52.0 | 38.8 |

竹稈壁橫向含水率以竹內腔部位最高，而竹表皮側最低。孟宗竹竹稈壁內側部位含水率 105.4%、中央部位 102.8%及外側（竹青）部位大幅降至 36.74%。一年中，因季節性不同，伐採竹之含水率差異甚大，孟宗竹於夏季含水量最高為 70.4%，冬季最低 59.3%，春秋季各為 60.1%及 66.5%。在乾濕季異常明顯之地區，竹稈含水率之差異可達 100%以上，尤其在竹稈梢部之含水率變化，大於竹稈中央及基部。

不同竹種在同一生育地，其含水率亦有差異，主要歸因於細胞組成比率不同所致。竹種組織鬆軟、導管直徑大及基本薄壁組織比例較多且體積較大者，其含水率會較高。另叢生竹類含水率會稍高於單稈竹類。

## 機械性質

竹材重要之力學性質為順紋抗拉強度和彈性模數、順紋抗壓強度和彈性模數及順紋剪切強度和順紋靜曲強度和彈性模數等。竹材之力學強度隨含水率增高而降低，但當竹材處於絕乾狀態時，因質地變脆，強度反而下降。竹材上部比下部之力學強度大，竹壁外側比內側力學強度大。毛竹節部抗拉強度比節間低 1/4，其他力學性質均比節間高，主要因為節部維管束分佈彎曲不齊，受拉時易破壞。竹材力學強度一般隨竹齡增長而提高，但當竹材老化變脆時，強度反而下降。立地條件越好，竹材力學強度越低，小徑材比大徑材力學强度高，有節全竹比無節竹段之抗壓強度和抗拉强度高，全竹劈開後之彎曲承載能力比全竹低，氣乾試樣之壓縮強度、抗拉強度、彈性模數和破裂模數比新鮮試樣高，竹壁外側之破裂模數較高，而彈性模數並無改變。

據葉民權(2011)引自依吳順昭教授之分析報告指出，若以抗彎強度及抗彎彈性模數為設計目的時，桂竹及刺竹在竹齡 3 年以後即可達最大值；麻竹及孟宗竹在竹齡 4 年以後強度較佳，而長枝竹在竹齡 5 年後強度較佳。若以抗壓強度為設計目的時，各竹種在竹齡 3 年即能達到作為柱材之用途。而不同竹種之間其機械強度亦有差異，其中桂竹及長枝竹有較優良之機械性質，孟宗竹次之，此可作為竹種應用於結構用材的選擇。



竹材強度性質隨竹齡及竹桿高度部位而變異，竹材之強度於竹齡顯示，約 3~5 年達最高，視竹種而異。一般而言，竹材之比重與強度由上稈部向下稈部遞減。相同比重，竹材具有高於木材強度之特性，竹節對一般強度性質有負面之影響，然而在縱向剪力方面，則有增強之效果，說明竹節對竹材原桿剛性之重要性。

相同比重之木竹材強度比較，如表 2 所示。(唐讓雷，1989)。唐讓雷亦曾研究國產 6 種經濟竹材(孟宗竹、桂竹、長枝竹、麻竹、刺竹及綠竹)，於不同竹稈高度【竹桿之 1/3 高度(1/3h)，1/2 高度(1/2h) 和 2/3 高度(2/3h)】，進行取材後，測定其比重，縱向纖維壓縮強度及靜曲抗彎強度等性質顯示，竹材之比重與強度，均在上桿部有最高值，除極少數者外，竹材之強度隨竹材高度之降低而下降，此種發展趨勢與林木直幹內之分布呈極大之差異。一般林木在樹幹內之分佈，隨樹高增加而強度或比重呈下降之變異。

表 2 相同比重之木竹材強度比較(唐讓雷，1989)

| 材料 | 比重  | 強度性質(kgf/cm <sup>2</sup> ) |           |           |
|----|-----|----------------------------|-----------|-----------|
|    |     | 壓縮強度                       | 破壞模數(MOR) | 彈性模數(MOE) |
| 木材 | 0.6 | 514                        | 954       | 118,110   |
|    | 0.8 | 686                        | 1,367     | 157,500   |
| 竹材 | 0.6 | 591                        | 1,085     | 78,192    |
|    | 0.8 | 893                        | 2,092     | 172,565   |

楊德新等人(2013)曾就國產 4 年生之孟宗竹材進行不同高度之密度與抗彎強度試驗，結果亦發現隨著竹稈高度增加，其密度由 700 kg/m<sup>3</sup> 升至 900 kg/m<sup>3</sup> 以上，而抗彎強度則由 126.8 Mpa 提升至 152.9 Mpa；抗彎彈性模數則由 10.7 Gpa 增至 12.3 Gpa。顯示，竹稈高度強度之變異性。另竹材之抗彎強度、抗壓強度值於生長 3-5 年間會達最大值，此與林木性質顯現極大之差異，同密度下之木竹材強度而言，竹材亦相對具有較佳之抗壓強度與抗彎強度。

Ibrahim(1995)研究顯示，竹齡對竹材之物理和機械性質影響甚鉅。竹齡越大，強度亦越大。一般而言，竹齡與竹材之機械強度關係密切。竹材維管束為竹材之重要組成部分。而維管束由許多厚壁纖維細胞組成，為影響竹材機械性質之重要指標。



## (六) 竹材之化學性質

纖維形態為製漿最重要之參數之一。纖維之長短、粗細及細胞壁厚度均為影響紙品之性質。木、竹材纖維型態之比較如表 3 所示 (林太仁, 1982; 張豐吉、杜明宏, 1978)。顯示竹材之纖維長度比針葉材短, 比闊葉材稍長; 纖維寬度均比針闊葉材小; 而纖維長寬比卻是比木材高許多。

竹莖之化學成分類似於木材。主要由纖維素、半纖維素和木質素組成。一般而言, 全竹由 50%~70%的全纖維素、30%的五碳醣和 20%~25%的木質素組成。竹子的化學成分在不同的屬種間會有些微差異, 部分與維管束類型的不同有關。竹莖的基本化學成分也與竹稈高度及部位有密切關係, 如竹稈外側的纖維素明顯多於竹稈內側, 而竹稈內側的木質素又明顯多於竹稈外側。過去以來有關竹材化學性質之研究主要集中於竹材的化學組成分, 探討不同竹種、同種的不同部位及不同生長階段之纖維素、半纖維素及木質素含量變化; 至於竹材木質素結構之研究, 則多探討如何在竹材製漿過程中有效去除木質素, 以提升紙張品質和紙品加工性。此對木質素結構之研究過去以來較多投入, 但目前尚無突破性進展。竹材中化學組成中除纖維素、半纖維素及木質素外, 尚有一些抽出物, 如蛋白質、澱粉、蠟、脂肪和樹脂等。此等低分子和高分子化合物並非竹材組織之構成物質, 而是竹材化學組成的次要成分, 但其抽出物類型和數量之變化, 不僅對竹材的色香味、抗蟲、抗菌性及耐久性有密切關係, 且對竹材材質的均勻性也有重要之影響。由於竹材在使用過程中易遭蟲蛀和發黴之危害, 故長久以來國內外學者主要多針對竹材中糖類及澱粉之研究, 集中在糖類及澱粉含量及不同採伐期及不同部位之糖類及澱粉含量等變化。

表 3 木竹材之纖維形態比較 (林太仁, 1982; 張豐吉、杜明宏, 1978)

| 纖維種類 | 纖維長(L)<br>(mm) | 纖維寬(W)<br>( $\mu\text{m}$ ) | 長寬比 |
|------|----------------|-----------------------------|-----|
| 檜木   | 3.80           | 37.00                       | 102 |
| 硫球松  | 4.04           | 44.30                       | 91  |
| 孟宗竹  | 1.41           | 10.59                       | 133 |
| 桂竹   | 1.55           | 11.22                       | 159 |
| 刺竹   | 1.51           | 9.49                        | 52  |



|                   |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|
| 20 種<br>台灣闊葉樹(平均) |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|

竹材之化學組成分類似於木材，尤其闊葉材。竹材化學組成分主要以纖維素，半纖維素，木質素為主。一般而言，竹材由 60%~75%的全纖維素、17~30%戊聚糖和 18%~26%的木質素組成。組成分之多寡依竹材種類、年齡、部位之不同而異，碳水化合物與木質素在竹材成熟前之生長期，有逐漸增加之趨勢，成熟後即可保持穩定或僅些許之改變。竹材化學組成分在不同的屬種之間會有差異，原因之一可能與微管束類型之不同有關。此尚待研究。其他副成分如樹脂、單寧、蠟質與無機鹽類等。

竹材的基本化學成分與竹材高度及部位有密切之關係。例如，竹材外側之纖維素含量高於竹材內側，而竹材內側之木質素又多於竹材外側。中國林業科學研究院於 1963 年即針對 8 種竹材的化學成分進行研究，依竹材之上、中、下部位測定全竹之平均化學成分。竹材木質素含量高、灰分低於草類、纖維較細長與闊葉材接近、纖維壁厚腔小、雜細胞多及製漿用鹼量較多等。馬靈飛、朱麗青(1990)研究結果顯示，竹材的組織量與竹齡無顯著相關，惟與胸徑大小有關，而纖維素含量和基本密度分別與竹齡、胸徑及竹材部位有關。纖維組織量隨竹材胸徑增加而減少，纖維素含量隨竹齡增加而減少。竹材生長至 3 年生時，其纖維素含量基本趨於穩定，基本密度隨竹齡增加而減少。而纖維素含量、基本密度與胸徑間呈負相關。

孫永林(2007)於竹材的化學成分一文中引述龔鎖榜探討 3 年生毛竹化學組成分分析結果顯示：3 年生毛竹的灰分為 1.48%，冷水抽出物 4.4%，熱水抽出物 6.24%，1%NaOH 抽出物 27.25%、聚戊糖 20.2%、木質素 25.2%及全纖維素 78.75%。谷雲川、邱俊雄(1972)曾對竹材化學組成分進行分析 86.07，其分析方法為含水率、灰分、熱水抽出物、1%氫氧化鈉抽出物、醇苯 86.30 抽出物、乙醚抽出物、戊糖含量、木質素含量、全纖維素含量、 $\alpha$ -纖維素 78.98 含量，結果如表 4 所示。

表 4 竹材之化學組成份 (谷雲川、邱俊雄，1972)

| 樹種 | 年齡 | 含水量 (%) | 灰分 (%) | 抽出物(%) |       |      |      | 戊糖(%) | 木質素(%) | 全纖維素 (%) | $\alpha$ 纖維素(%) |
|----|----|---------|--------|--------|-------|------|------|-------|--------|----------|-----------------|
|    |    |         |        | 熱水     | 1%NOH | 醇苯   | 乙醚   |       |        |          |                 |
| 桂竹 | 1  | 9.38    | 1.70   | 4.30   | 25.95 | 4.84 | 0.43 | 24.19 | 25.27  | 21.20    | 48.72           |
|    | 2  | 10.48   | 1.66   | 4.42   | 25.58 | 4.68 | 0.47 | 20.51 | 22.39  | 80.14    | 48.61           |



|     |    |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |
|-----|----|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|     | >3 | 9.78  | 1.51 | 4.25  | 29.68 | 2.87  | 0.52 | 19.59 | 25.89 | 82.14 | 49.47 |
| 麻竹  | 1  | 8.74  | 1.51 | 3.08  | 29.92 | 4.16  | 0.86 | 19.88 | 19.24 | 77.60 | 49.04 |
|     | 2  | 9.06  | 2.68 | 5.82  | 27.40 | 4.86  | 0.35 | 16.88 | 18.00 | 78.71 | 49.94 |
|     | >3 | 10.71 | 2.82 | 5.77  | 26.60 | 7.37  | 0.85 | 19.40 | 24.16 | 78.98 | 50.94 |
| 刺竹  | 1  | 14.21 | 2.94 | 8.94  | 30.48 | 3.62  | 0.54 | 21.01 | 24.01 | 86.30 | 51.62 |
|     | 2  | 7.66  | 1.62 | 7.29  | 28.28 | 5.30  | 0.72 | 20.22 | 23.38 | 86.07 | 50.06 |
|     | >3 | 9.92  | 1.29 | 5.93  | 30.21 | 4.20  | 0.82 | 21.06 | 23.57 | 86.07 | 50.62 |
| 長枝竹 | 1  | 11.86 | 1.56 | 3.64  | 30.15 | 10.80 | 0.88 | 20.62 | 21.39 | 82.51 | 53.15 |
|     | 2  | 12.89 | 1.65 | 2.94  | 28.14 | 4.42  | 0.91 | 20.10 | 22.87 | 86.43 | 51.53 |
|     | >3 | 12.64 | 1.19 | 6.06  | 28.32 | 8.37  | 0.57 | 21.06 | 22.03 | 85.36 | 49.66 |
| 孟宗竹 | 1  | 13.92 | 1.70 | 3.15  | 29.99 | 4.35  | 0.65 | 21.52 | 24.97 | 85.32 | 48.66 |
|     | 2  | 16.97 | 1.72 | 3.26  | 31.40 | 4.68  | 0.29 | 22.83 | 22.47 | 82.13 | 47.14 |
|     | >3 | 13.82 | 1.12 | 8.06  | 30.30 | 4.01  | 0.46 | 24.60 | 26.52 | 89.94 | 49.26 |
| 綠竹  | 1  | 12.57 | 1.85 | 7.48  | 27.99 | 4.38  | 0.72 | 12.26 | 22.60 | 86.73 | 53.24 |
|     | 2  | 12.82 | 2.55 | 1.65  | 25.08 | 4.99  | 0.42 | 11.40 | 25.90 | 84.68 | 51.46 |
|     | >3 | 12.79 | 2.17 | 3.84  | 22.77 | 5.61  | 0.44 | 16.94 | 24.58 | 81.56 | 51.54 |
| 竹變  | 1  | 10.51 | 1.35 | 8.18  | 31.16 | 5.44  | 0.44 | 17.88 | 18.46 | 78.91 | 50.01 |
|     | 2  | 10.33 | 2.50 | 9.74  | 30.66 | 5.21  | 0.44 | 19.48 | 21.94 | 72.70 | 46.46 |
|     | >3 | 10.37 | 1.82 | 11.37 | 30.20 | 7.25  | 0.43 | 18.88 | 21.36 | 75.22 | 45.52 |



Latif(1997)研究馬來竹種(*Gigantochloa scotechinii*)之組織結構特徵和化學成分，並評估竹齡及竹高與竹材性質間之關係。其研究結果顯示，竹材的化學成分與竹齡及竹高關係較小，通常竹材化學成分中，纖維素和熱水抽出物含量、木質素和纖維素含量均隨著竹齡增加而提高。

## (七) 竹材之 pH 值

竹材的 pH 值比木材之變化小。馬靈飛及陳有杰(1991) 探討大陸產雷竹(*Phyllostachys praecox* C. D. Chu et C. S. Chao 'Prevernalis')和毛金竹(*Phyllostachys nigra* (Lodd. Ex Lindl.) Munro var. *henonis* (Mitford) Stapf ex Rendle)等 21 種竹材基、中、梢三部分的 pH 值和緩衝容量。21 種竹材 pH 值介於 4.80~6.66，平均 5.69。其中，12 種散生竹介於 5.42~6.66 之間，9 種叢生竹介於 4.80~5.72 之間；且 pH 值普遍較散生竹小。同竹種不同部位的 pH 值有變異，散生竹多以基部較梢部大，而叢生竹多以梢部較基部大；12 種散生竹材之鹼緩衝容量介於 0.1522~0.5568 meq，9 種叢生竹材約 0.0919~0.2534 meq，變化範圍較散生竹材小。多數散生竹基部 pH 值較梢部大；而叢生竹則梢部較基部大。叢生竹 pH 值變異性較大。

竹材滲透性之優劣對竹材藥劑處理、乾燥、染色和膠合加工等加工具有重要之影響。由於竹材組織中缺乏木質線細胞，因此，處理藥劑及水分無法沿木質線滲入。當竹莖成熟後，由於膠狀物質之沉積及填充體之聚積，導管和篩管不再具有滲透性(Zeuita, 1992)。

## (八) 竹材化學成分與加工利用性能之關係

竹材化學成分為影響竹材性質和利用之重要因素，其主要賦予竹材一定之強度和其他物理力學性質。竹材之纖維素、半纖維素和木質素分布較之木材具有極大之不均勻性，纖維素含量係由外及內逐漸減少，木質素則由內向外逐漸增多，此種不均勻性，對於竹材加工過程及其性能具有顯著之影響。又，竹材中矽含量較高，會影響竹材之製漿及切削性能。

## (九) 竹材糖分之分佈及其對竹材性質之影響

竹材中糖類與澱粉含量比木材高，故竹材存放及使用過程中極易遭蟲害及黴菌之影響。因此過去對於竹材糖類及澱粉之研究多集中在探討糖及澱粉之含量及其不同伐採期與不同部位之糖及澱粉含量之變化。竹材中可溶性澱粉之含量約 2%、總澱粉量 2%~6%、蛋白質 1.5%~6%及脂肪 2%~4%。竹材的游離糖及澱粉含量會隨季節性變化顯著，當年度之生竹材澱粉



含量僅 0.1%~0.3%，隨著竹葉之急速增加，至第 2 年發筍前澱粉含量可達 6%。故竹材加工時，宜適當選擇採伐的時間。又不同生長期和採伐時間對竹材的化學成分變化並無顯著之影響，而與竹材木質化程度，及酶對纖維素之糖化作用降低程度有關。

綜合上述顯示，竹林如經適當培育，約 3~6 年即可砍伐利用。以耐久性言，5~6 年生者最佳；以拉伸強度言，3~8 年生者為佳；以抗壓及抗縮強度言，4~6 年生者為佳；以抗彎強度言，4~5 年生者為佳。應用時應視最終用途選擇適材適用。一般竹材砍伐的簡單原則是「存三去四莫留七」。竹材與木材性質者同為一變異大之生物性材料，輒因種類及部位不同，性質亦異。對於竹工藝加工者，須先了解各竹種之性質後，再依其材質特性來製作各種器具或工藝品為宜。如選材不當，則不僅無法製作精緻工藝產品，反而易受損壞或劣化之虞。

## (十) 竹材之用途

竹林除生產竹筍供食用外，竹林可供作器具、用品、造紙、編織及簡單房舍之建築材料，亦可供製造手工藝品作為飾物，外銷歐美，為國家爭取外匯。竹材為生物性材料，且為生態材料，只要經營得體，永續經營，其可生生不息提供所需。現今其加工製品如竹層積材、集成材、竹地板、硬化層積竹材、竹炭、層竹家具、竹纖維板、竹貼面合板、竹粒片板、竹漿製造、竹牙刷、竹塑材、竹炭紙、竹屑栽培菌菇、竹樂器及工藝品等。在食、衣、住、行、育、樂等用途上利用上已有千餘項之用途。現今藉由高科技生物精煉(Biorefinery)技術以竹材生物質(Biomass)為原料，利用不同製程技術可生產燃料、電力、化工原料，化合物、食用飼料及其它各種材料。另 ASUS 亦推出運用竹材做為外殼的筆記型電腦，其節能技術比同配置之筆記型電腦電池時間延長 35%~70%，同時系統性能提高 23%，且一年之二氧化碳釋放量每台可減少 12.3 kg。

## 肆、結論

由於竹材生長快速及再生繁殖期短，是重要的生物質材料，故竹材的經濟價值不斷在成長中。基於此發展趨勢，針對竹材的特性應持續進行深入之研究實屬必要。現階段國內竹材加工與利用已跳脫傳統的竹工藝製品製造，取而代之者是朝較高附加價值產品之開發設計。或與異材(如塑膠)結合研製竹塑材作為室內外建材。建議未來之研究應集中以下幾個層面：(1) 細探竹材之微細力學性質 (2) 竹材纖維之超微結構特徵(3) 竹材細胞壁層狀紋理與密度之關係 (4) 竹材之生物物理與生物力學之研究 (5) 竹材不同層面之物理力學性質研究 (6) 纖維素、半纖維素及木素之分佈對竹材加工之影響研究；在應用方面：(1) 竹材之生物精煉 (2) 竹材之精緻炭化 (3) 竹製精品開發 (4) 竹材與其它異材結合研製複合材，改善性質、提升用途之高附加價值產品開發。深信在高科技時代，藉由科技手段改善竹材之部分本質上之缺點，未來仍具有





## 伍、參考文獻

1. 王菊華(1999)中國造紙原料纖維特性及顯微圖譜。中國輕工業出版社。第 150-162 頁。
2. 吳順昭、謝榮生 (1990)台灣新引種竹材構造變異之研究。竹材綜合利用與加工。林產工業叢書。第 15-38 頁。
3. 吳順昭、王秀華(1976)臺灣竹材之構造研究。臺灣大學與國科會及農復會合作研究報告第 16 號。79 頁。
4. 吳順昭 (1974)以竹材機械性質決定竹材輪伐期之研究。臺灣大學與林務局合作試驗報告第 4 號。49 頁。
5. 谷雲川、王益真(1990) 台灣竹材製漿之回顧與展望。林產工業 9(1):115 - 122。谷雲川、邱俊雄(1972)臺灣主要竹材形態及化學組成試驗。臺灣省林業試驗所合作報告第 20 號。30 頁。
6. 呂錦明、劉哲政 (1982) 孟宗竹林分更新及改良栽培試驗 (2)-林分構成與收長特性之研究。林業試驗所研究報告第 367 號。
7. 呂錦明(2001)「竹林之培育及經營管理」，行政院農業委員會林業試驗所林業研究叢刊第 135 號。
8. 呂錦明(2010)台灣竹圖鑑。晨星出版。台中市。ISBN：9789861774046。2010 年 9 月 23 日出版。
9. 呂兆良(1986)台灣產竹材微細構造之研究。國立台灣大學森林學研究所研究論文。第 10-22 頁。
10. 邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬(2015)。第 4 次全國森林資源調查成果概要。台灣林業，Vol.41(4)：3-13。
11. 杜複元(1992) 竹材密度的研究。竹子研究彙刊 11(1)：50-58。
12. 周仕強(1992) 慈竹、黃竹杆部結構和纖維形態的研究。竹漿、龍鬚草漿學術論文專集 90-99。



13. 林太仁(1972)竹材加工廢料高收率製漿及漂白之研究。臺灣大學森林系研究所林產組碩士論文。107 頁。
14. 唐讓雷(1989)竹材之強度性質。林產工業 8(3)：79-85。
15. 馬靈飛、陳有杰(1991)竹材的 pH 值和緩衝容量。竹材研究匯刊。浙江林學院 2:1~4。
16. 馬靈飛、朱麗青(1990)浙江省六種叢生竹纖維形態及其組織比量的研究。浙江林學院學報 7(1)：63-68。
17. 孫永林(2007)竹材的化學成分。生物學教學 32(12)：9-10。
18. 許玲瑛、李文昭(2011) 六種臺灣常見竹材之型態特徵及熱解產物。林業研究專訊 18(1) :1-6。
19. 張豐吉、杜明宏(1978)竹材加工廢料製漿之研究。中華林學季刊 11(3)：51-68。葉民權(2011)竹屋設計。林業研究專訊 18(1)：33~36。
20. 謝榮生、吳順昭、王秀華(1990)單稈竹與叢生竹之組織構造研究。竹材綜合利用與加工。林產工業叢書。第 1-14 頁。
21. Ibrahim, N. H.(1995) Egypt on bamboo's physical and mechanical properties and use bamboo as building material. Caring for the forest: Research in a Changing World 1995: 398.
22. Latif (1997) 馬來西亞最普通竹子的結構特徵及化學組成。BAMBOO J, 14: 55 -56。
23. Lu, C.M. (2001) Development of charcoalization and new uses charcoal - manufacturing process and its induction of charcoal. (in Chinese) Modern Silver Culture 16 (2):61-70.
24. Zeuit a, B. (1992)Relationship of Bamboo Structure on Characteristics and Utilization:. China, Beijing .
25. Proceedings of Symposium of International Bamboo Industry pp.95-97.



## 2. 生活裡的竹子

摘錄自臺灣竹會電子報雙月刊（2014-2016）

原著／許立杰、陳高明、陳新布、張永旺、林宏真、李綠枝、姚仁寬、林雅茵、林昌慶、吳欣蓉、劉聰慧、展開設計、陳淑燕 摘錄整理／林雋雅

竹子與我們相伴已有數千年歷史，食衣住行育樂中總是可以看到它的身影。竹筍為食材，竹葉為包材；竹編、竹雕製工藝品、竹纖維衣飾、竹製樂器、竹日用器物、生產工具、建築材料、交通工具、武器、宗教器物、玩具、節氣活動等，運用極廣。而竹子獨特的生物特性具有水土保持、防風、調節氣候、淨化空氣、減少噪音和為其它生物提供生存環境的功能，能保護和美化人類的生活環境。物質文化之外，竹的精神文化更是豐富而多元；竹之挺拔、常青不凋之色以及竹的搖曳之聲和清疏之影，常常為文學藝術所取材。常被人們喻為象徵虛心、高風亮節、耿直、堅貞、思念等情境和思想依附於竹意象、呈現清新淡雅、幽靜柔美的特徵。

### 一、淵遠流長的竹工藝

臺灣竹藝的發展，可追溯到原住民及移入漢人就地取材製作實用的日常用品開始。

十六世紀漢人來台墾拓，至十八世紀初達到最高峰，在眾多移民群眾中，不乏帶來生活必需的種苗與家禽，其中最賴以為生的就是竹種。古諺云：「竹子是上帝送給窮人的禮物」，可以想像竹子在人類物質最缺乏的時代，透過巧思與技藝，發展出無限寬廣的用途。清朝光緒初年，即有台南竹仔街、嘉義竹街、鹿港竹篾街等市集的存在。中日甲午戰爭清廷戰敗後將臺灣割讓給日本，由於竹藝在日本人的日常生活中扮演重要角色，因此日本的竹藝風格對臺灣竹藝的發展具有啟發性的影響。二次世界大戰之後，各國積極發展經濟，國際市場對東方竹製品的需求日益增加，日本、臺灣都積極拓展外銷市場。民國三十九年左右從業者激增，本省竹材加工業約有二萬人從事生產，尤以台南縣之關廟地區，從事竹業者多達百分之七十。台南縣往昔以農業為主，生活節儉，因此在農忙之餘，做些家庭副業，乃就地取材，「長枝竹」是最好的夥伴，可將它變化成日常生活中的用品，如花籃、水果盤、扇子、提籃、筆筒；以及小飾品，如竹蝦、聖誕鈴...等。顏水龍教授稱此地居民視竹工為全鄉性之農家副業，不需設立工廠，在大廳、走廊、院子、甚至路旁、樹下，只要一張小竹椅坐坐，到處都可以工作。

從農具到生活藝品，竹工藝產業在 1960~1980 年代蓬勃發展，對臺灣的經濟成長有著不可磨滅的貢獻。然而隨著經濟發展、生活形態的改變，竹製品逐漸被其他產品所取代，再加上土地成本與工資的上漲，勞力密集的竹材加工業因而逐漸喪失國際競爭力，竹藝產業逐漸



危機亦可為轉機，1995 年後，業者開始積極開發設計新產品、建立品牌，揚棄代工、量產外銷的慣性迷思，以臺灣在地材料——桂竹、孟宗竹等來開發設計精緻的藝品來建立臺灣竹藝的品牌特色，提升竹藝產品的附加價值。或者開闢竹文化園區，推展竹的生態、竹與生活、竹藝生產的解說或竹藝 DIY 的體驗，提升文化創意產業的價值。

## 二、食衣住行用竹子

### （一）食

竹子的幼芽叫做「筍」或通稱竹筍。臺灣一年四季都可以吃到筍，三月盛產劍筍、四月之後，桂竹(4~5 月)、烏腳綠(3~10 月)、綠竹(5~10 月)、麻竹(4~10 月)等各種竹筍輪番上市，十二月至次年二月，是孟宗筍（冬筍）的產季。臺灣特產綠竹筍以鮮嫩聞名，口感爽脆、清甜，是仰賴先天溫暖濕潤的氣候，加上竹農技術研發改良，如今走上國際舞台，在高端市場佔有一席之地。竹筍有著豐富的纖維，吃筍有助於腸胃蠕動，而且熱量低。俗語「竹掃把掃馬路，竹筍子掃腸肚」，指竹筍可做腸道環保。

### （二）衣

秦漢時期人們就開始利用竹子做衣服、竹皮冠（劉氏冠）、雨具，到現在還使用斗笠，甚至是防雨用的竹鞋和竹傘。近年竹纖維在國際市場上受到青睞，竹纖維是指從自然生長的竹子中加工提取出來的纖維素纖維。目前，紡織用竹纖維按照加工方法不同，分為竹原纖維、竹漿纖維和竹炭纖維三大類。當中竹原纖維是繼棉、麻、毛、絲之後的第五大天然纖維，有良好的吸濕、透氣、抗菌、除臭、防紫外線的功能，且產品能 100% 生物降解。竹漿纖維和竹炭纖維則屬於化學纖維，也具有竹纖維功能特性。

### （三）住

竹材具有堅固輕巧和取得容易的特性，在鋼筋水泥還未盛行的時代，竹子是一般平民百姓們的房屋建材。臺灣傳統「竹管仔厝」的主樑，通常使用多年生的孟宗竹、刺竹、或麻竹，用榫接及竹釘固定。竹屋的編竹夾泥牆則用竹片編織成後，再敷上泥土外表抹上石灰而成。門窗則採竹片編成，而柱腳用土或石頭加強地基以保堅固。

隨著生活型態轉變，「竹管仔厝」已成昔日風貌。同時，居住在水泥叢林裡、面對各種環境問題的人們，再次看見竹材料在現代的應用潛力。竹子作為重要的木材替代品，結合傳統經驗與新技術，可成為低碳建築的材料。國內外均可見以竹材為主的大型公共建築案例（如



圖一、圖二)。世人對竹材的耐久與安全性存有疑慮，雖然竹子有其適用限制，例如無法做到防火建築、形狀成為設計上的限制等等，但其實竹材經過適當安全的保存處理，強度可達鋼材的 70%；竹接頭設計改良能有效發揮竹材特性，減少容易損壞的缺點；加上合宜的深出簷等設計，建築壽命可達 30~50 年。且經過系統化設計的竹構造工法，具備施作容易、造價平實的優點，能有效擴大應用面。



圖一、臺北客家公園農工藝市集竹夢地景



圖二、運用亂編技法製作竹編天花板，呈現既傳統又創新的竹工藝，當陽光透過竹皮編織屋頂，創造自然光影，可協助整體氛圍的提升，也營造出一段自然材料與友善建築的美好對話。

## （四）行

臺灣是一個四面環海，漁產豐富的島嶼，島內特殊地形並不適合大船航行。由於竹材取得容易，自古以來全島皆盛行竹筏。竹筏通常使用刺竹或麻竹。刺竹肉厚不易開裂，但麻竹比較容易處理。竹管徑越大越好，因為裡面的竹節一段段，就是產生浮力的空氣包，竹管徑越大，浮力就會越好。

竹筏的堅固性與竹子本身的耐腐及防裂有關。以前人如何做到竹子防腐呢？竹子裡的糖分或澱粉是菌類或蛀虫愛吃的東西。防腐第一步，就是要將竹子裡面的糖分弄出來。竹子為了保護自己，有一層非常緻密的纖維組織，就是光滑的竹皮。為了將糖分洗出、同時減少硬度較高的皮層成為竹管開裂的應力集中點，製作竹筏時需要先將竹子去皮。

接著處理的方式有不同的可能，包含去除糖分和烤彎。西岸作法是先烤型後再埋入海邊



砂地去除糖分，東岸作法是先浸泡去除糖分再烤彎。將竹子尾端烤彎可使筏頭起翹，烤彎整型是運用槓桿原理，以鐵絲圈做輔助工具，從筏頭向筏尾方向逐次移動尺餘逐段烘烤彎曲，同時調整竹身原本不規則的彎曲使直，最後用浸了冷水的布為烘烤處降溫以定型。有關去除糖分的原理，推測是浸泡過程菌類會吃掉部分軟組織，留下空隙讓水容易進出，水將部分成分溶化帶出，最終留下纖維為主的組織。如此除可減少蛀虫，在竹筏下水後拖上岸時亦可以很快讓竹本身乾燥，減少發霉的機會。海邊埋砂則可能是因為要將竹子浸泡在海水裡並不容易，同時會被海浪沖走等因素，而發展出的手法，埋砂之地方應會有海水滲透進入，也許利用漲退潮原理，讓竹材浸泡吸海水、再釋出，成為洗出糖分的流程，同時有砂層保護，不會受到環境突然變化影響而品質受損。

用藤來作編結，再加上必要之木結構及漿等，就可完成一個竹筏。新竹結筏半年後藤皮差不多爛掉需要更換時，要再作進一步的竹材耐久處理。工序的第一步是先補消竹腳的地方。消竹腳即竹子的裂痕，鄰竹節前後最易發生。有裂痕的竹子會以桐油灰修補，方法是先以鑿刀將裂痕處鑿出一條淺溝，裂痕位於淺溝中央，淺溝深度約為竹壁厚度三分之一至四分之一。將青銅線彎成口字型如訂書針，寬度以恰可塞入淺溝為準，釘入竹肉，其目的在控制裂痕不使繼續擴大。最後將桐油灰塞入淺溝後抹平，即可防水。接著為使竹材具有防霉抗菌的能力，以小團布沾取薯榔原汁擦拭於竹身表面，待乾後，再以布沾取經適度煮過的桐油在竹身上推抹即完成。

從竹筏的製作過程中，我們可以知道許多過去累積的竹智慧，可以將之應用在其它的製程上，或再找出一些新的知識來。

## 三、再現竹生活

### （一）實用美學：庭園意境與蚊蟲防治

竹子在庭園設計中以不同角色出現好幾千年，從宗教到詩人對竹子寄情如「青青翠竹盡是法身，鬱鬱黃花無非般若」及宋代詞人蘇東坡說過「不可居無竹」、「無竹令人俗」。園藝表達如藝術，可以讓人在空間內，領略到什麼？竹子在日式庭園扮演重要角色，一個可以讓人回味無窮的美感材質，需要透過歲月洗鍊呈現出一種順乎自然、不刻意造作的「澀」之美感，乍看不會吸引你的目光，但是會以自然韻味慢慢散發出一種素樸精神，與茶道主張「忠於材質本性，呈現樸素品味」的精神意境相通。因此在茶室、日式庭園處處可見竹子蹤跡。

竹子推廣要從多方著手，園藝領域可從日常生活功能性著手，例如庭園多蚊子，用殺蟲劑噴灑，卻越噴愈多，因為蚊子死了，蚊子的天敵也死了，而夏天蚊子5到7天下一代就孵化，但蚊子的天敵要多好幾倍時間才可以達到原有數量。有人說用寶特瓶加糖水酵母可以吸



引蚊子，試驗效果卻不顯著，但它觸發一個靈感：竹子的澱粉及含糖很高，而所有的昆蟲多喜歡糖份（所以竹林白線斑蚊特別多），因此可用竹子的特性吸引蚊子產卵：竹筒內的澱粉遇水會發酵，蚊子對這個產房情有獨鍾，在庭園放一些產房，讓蚊子產卵，3至5天把水倒掉，效果很好。只要讓蚊子下一代減少，其餘交給天敵就好了。用完的竹筒還可以埋入土壤，變成樹木通氣孔，讓樹木不會因學生踩踏而窒息。

## （二）竹文藝復興

竹子與我們相伴已有數千年歷史，食衣住行育樂中總是可以看到它的身影，竹文化深藏彼此心中，它的質樸溫潤照亮了生活，但隨著時代演進卻慢慢從身邊消失，塑膠產品大量使用把我們幾千年竹子編織傳承的技術逐一取代。如何讓竹文化重新回到你我之間？以下簡介幾個實踐案例，希望有更多人投入這個議題。

### 1. 篁城竹簾文化館

篁城竹簾傳承三代，歷經竹產業興衰，成功經營至今、行銷海外。第一代創辦人莊仕勳老先生在日據時代走遍全省產竹地區，從事竹業買賣，發現尖石五峰的桂竹品質最好，因此定居竹東開設新東竹行。第二代接班人莊文勇先生將竹與紡織結合，於民國71年改組「篁城實業有限公司」生產細緻的竹簾，外銷客戶遍及五大洲。更在竹東開設竹簾文化館，配合學校教學介紹竹子生態和加工過程，搭配竹遊戲、竹樂器以及竹簾DIY，透過體驗讓新世代了解竹子的價值。莊文勇先生同時也輔導原住民在部落組織生產合作社，以愛護竹園的心態維護管理竹林，每年擇伐4年生桂竹、清除雜樹枯竹增加竹園陽光。如此可讓隔年竹筍產量增加，每年有固定收入。更鼓勵原住民自產自銷，一台發電機、一台電鋸、三萬元就可以幫原住民創業，業者也可以取得優質竹材。第三代傳承者莊博惠，致力於開發國內網路與零售市場，結合設計理念包裝整體形象，於工廠旁規劃竹簾概念館，展示竹簾商品，將竹簾帶入生活。

### 2. 太極美地國際竹藝創作營

2014年南投縣政府主辦「太極美地國際創作營」，透過國際創作營的舉辦喚起臺灣人民對竹工藝文化的記憶，並藉由與國外竹工藝創作家的交流，拓展臺灣竹工藝產業的視野。

活動邀請國內外竹設計藝術家於竹山文化園區創作四件大型竹裝置藝術品「日」、「月」、「山」、「城」，並在期間安排研討會與體驗課程與大眾交流。系列主題活動包含「森活竹旅」竹藝工作坊交流分享會，國際團隊分享澳洲大型裝飾藝術的創作過程，國內竹編大師-張憲平、





徐啓盛、葉基祥、邱錦緞等也不吝分享藝術創作經驗；以及「知竹藏樂」竹藝研討會，邀請青竹文化園區、大禾竹藝工坊、陳高明老師、蘇素任老師等專業人士，分享產業生態及品牌創新經營理念；最後「竹夢踏實」帶領大家製作「樂樂鑽」、「竹手槍」等復古童玩，將參與者帶回十幾二十年前的古早臺灣，體會古時的農村風情。

### 3. 頑竹·玩竹——金興社區竹作工坊

金興社區·枋寮部落約有 250 年歷史，為平埔西拉雅族群的大武壠族系。於 2009 年莫拉克颱風面臨廢村危機，在政府及社造團隊輔導下，改變居民價值觀，年輕一代開始積極投入文化尋根及社區營造。

金興社區鄰近山坡地竹林甚多，竹筍一直是社區重要的經濟產物，竹材則以刺竹、麻竹及長枝竹為主。藉由「高雄厝在地材料與技術操作工作坊」計畫，開始進行竹藝技術薪傳的工作，以課程研習、小組討論及技藝觀摩等方式，導入環境美學、創意思考及創新技術的竹作觀念。第一階段發展竹構技術，以「遮」與「覆」為主要功能，發展高雄厝戶外輔助建材組件；第二階段以「妝」與「飾」為主題，提供作為高雄厝室內裝修套材，同時將前二階段試驗成果進行量產評估，作為社區新興產業可能性的準備。第三階段以「玩」與「藝」為訴求，帶動社區文創產業發展。計劃期間，社區居民重拾對竹子的情感，自主性地從記憶中重製先民竹器，集數代村人智慧，創作出足以炫人的手藝竹器，為社區文化產業的明天透出了一線曙光。歷經一年部落完成動員，準備迎接即將到來的社區轉型，除了以竹藝發展作為社區主體特色外，私稻及紅藜的復育，山區原生有機風味餐、賞鳥賞螢生態探索等觀光資源的開發和社區參訪組合也同步進行，老社區新生命，預見一片蓬勃生機。

### 4. 曲水流觴·一茶一會

(主辦單位工藝研究發展中心 技術組陶工坊 展場空間規劃設計單位展開設計)

「曲水流觴·一茶一會」藉由九組精采作品，重新演繹臺灣的茶文化，創作題材內涵從對於美的展現，轉而思考人與空間、自然關係的鏈結。當中包含四組以竹為構材的作品：

「隱樂織間」禪宗思想將房屋，視為身體暫時的避風港，而身體恰如原野中的一座草屋，以周圍的草桿集束而建，哪天散落開來時，又回歸、隱沒於原本的荒蕪之中。延續此一本質，創作者思索以竹材搭建一座靜謐的茶人空間。竹管猶如由地表長出般展開，孕育成流動的葉脈屋頂，順著葉脈的流線，進入只屬於來客者的秘密空間，在這裏可以褪去外在煩憂，如純真且富創意的孩子般，帶著初心，享受由動至靜的靜謐氛圍。



圖三、隱樂織間

「築·杯」以漂浮、滲透做為發想，展現不同的茶空間交流方式，在材料選擇上，使用南投在地的竹子，將竹筒比擬為茶杯，成為構築茶空間的單元基礎。透過泡茶步驟的轉化，從茶葉進入水中的姿態作為行為的主要構想發展；以「人是茶葉，空間是水」為軸，將空間是容器，容器盛裝茶水，發展出多樣進入茶空間的動作，象徵、體驗茶葉結合於水的過程變化。



圖四、築·杯



「竹茶」創造讓情感聯繫的休閒生活空間，讓民眾回憶起臺灣最初的茶文化。泡茶注重的就是過程，人際友誼最重要的也是過程，水倒入壺中與茶葉融會在一起，就像是人與人的交流，因此以「人是茶葉、茶屋是茶壺」為設計概念。



圖五、竹茶



「竹篷」原始構想取自臺灣傳統竹筏。在竹管組成的筏身之上，以竹為骨幹撐開輕盈的布料為幕，透過竹的曲線感來烘托表現篷帆迎風飛揚的意象。



圖六、竹篷

## 5. 一體成形 Sanku 魚筴，化身為凝聚心靈能量的現代燈藝

回歸自然，找回原味！有什麼特質是當代社會所欠缺與渴求，卻是原住民生活本身就具有的呢？看見部落工藝中原材質的處理和素樸工藝的重建，欲找回原有生活價值以及對應環保自然的現代性！

早期原住民部落工藝多是緊隨著狩獵、漁獵與農耕生活，由環境中採集、處理及製作產生，傳達原民祖先對自然節奏的了解以及使用工藝材料的智慧，並形成與區域環境連結的工藝特色。具有生態智慧及素樸美感的工藝方式，讓人再度回到自然山野，與森林、植物為友。竹子、黃藤或處理樹皮等直接運用植物纖維的古老編織方法，保留原材質特性與個性的生活工藝，除了能恢復和延續古老工藝文化之外，在當代的時空中，更能展現地域特色與個性創



意，對應出素樸、單純、簡練的特質以及綠色環保的現代思維！

百年前由宜蘭被迫遷徙至花蓮東海岸新社部落的噶瑪蘭族人，有一套素樸環保的飲食與捕魚方式！特別在大雨之後，在急湍溪谷中放置捕魚蝦的 Sanku 魚筌，多半以成熟而皮肉厚實的刺竹或麻竹簡單剖削製作，由竹管的一邊切割出許多勻稱小片，再用黃藤圈圍撐開與固定肚腹，但竹管另一端並不切開，只打通內部的竹節，於其後接魚簍，形成開口朝向溪水上方，承接溜進魚蝦的環保魚筌。

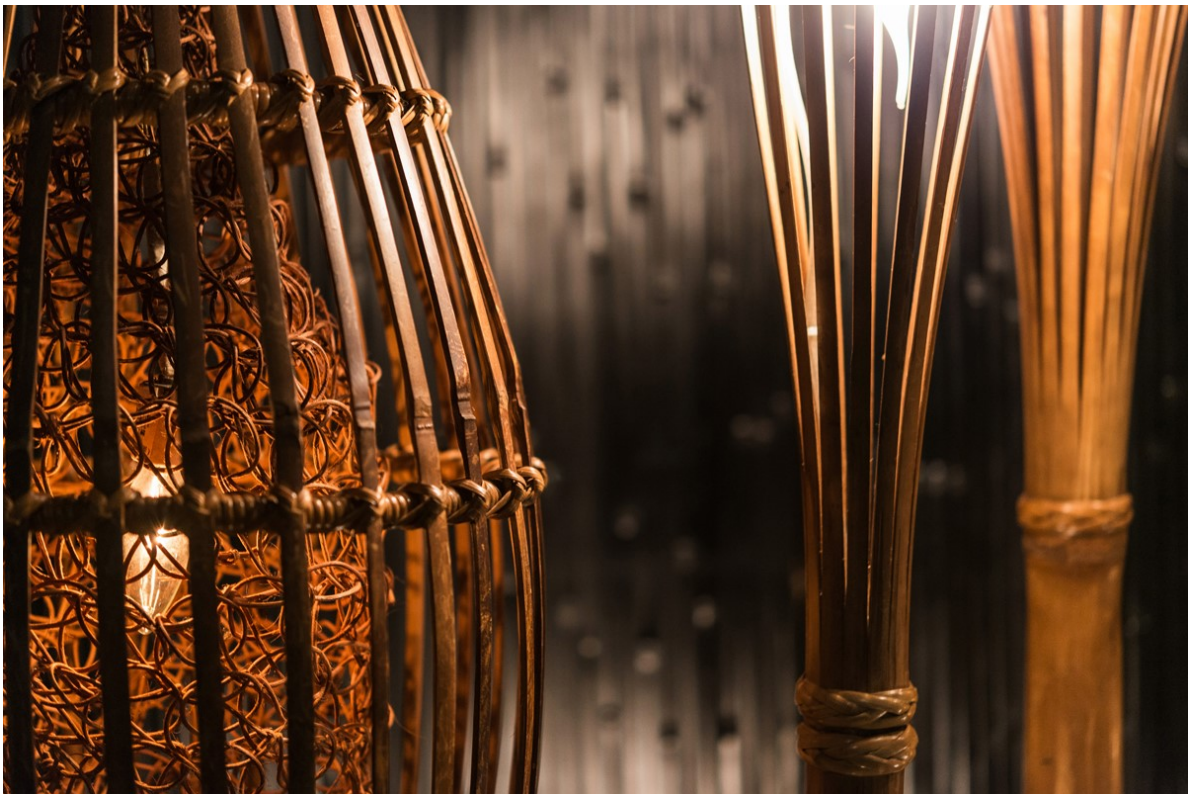
由繪畫進入纖維藝術創作的陳淑燕，因為喜愛大自然和原住民文化而來到東海岸部落，以編織的能力投入部落工藝的發展。2007 年開始一系列與部落耆老工藝師合作，將噶瑪蘭族 Sanku 魚筌創新運用為生活燈藝與空間景觀；用創作的方式來延續這項工藝文化與精神，保留材質與技術，而將功能轉變，創作一系列具有現代生活功能與藝術美感的造型燈藝。魚筌具有捕捉及保護的意涵，和創作者原本持續關心的人的內在、孕育的空間相連結！於是讓捕捉魚蝦的漁具化身為捕捉心靈能量的容器！10 多年來在台灣、美國、加拿大、香港、立陶宛、中國等地，參與多起國際展覽、駐村與交流。

除了藝術實踐，作者更期待揉合部落工藝技術與協力團隊，創造相互學習成長與激盪的合作默契，進而參與研發。2014 年起和噶瑪蘭族竹籐編創作者杜瓦克·都耀成立<光織屋>-巴特虹岸手作坊，結合部落工藝師持續將具有原質精神的 Sanku 竹籐編魚筌做各種嘗試和研發，並融入陳淑燕擅長的樹皮布、草木染、手造紙等古老手藝和在地素材，創新運用為簡樸溫暖的當代藝術創作、生活燈藝與空間環境裝置。

期待以簡樸美學為基礎，為部落、為現代人找回自己與內在自然靈魂連結的<靈魂之光>。



圖七、森林系列-原來台灣



圖八、小魚簍燈-森林系列-原來台灣

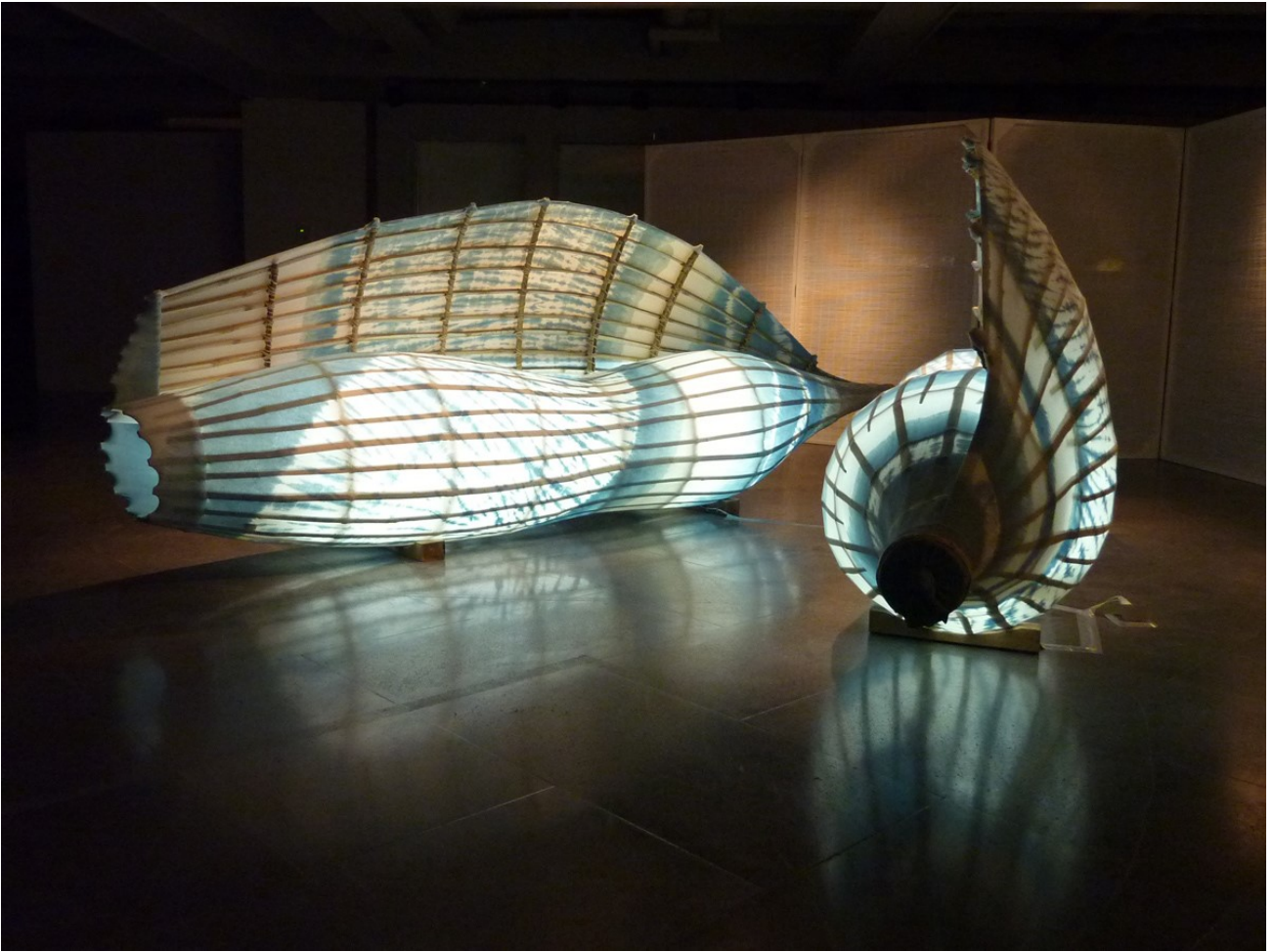


圖九、漫遊者之屋-刺竹,黃籐,樹皮布





圖十、沉睡的呼吸-刺竹,黃籐,藍染,布(一)



圖十、沉睡的呼吸-刺竹,黃籐,藍染,布(二)



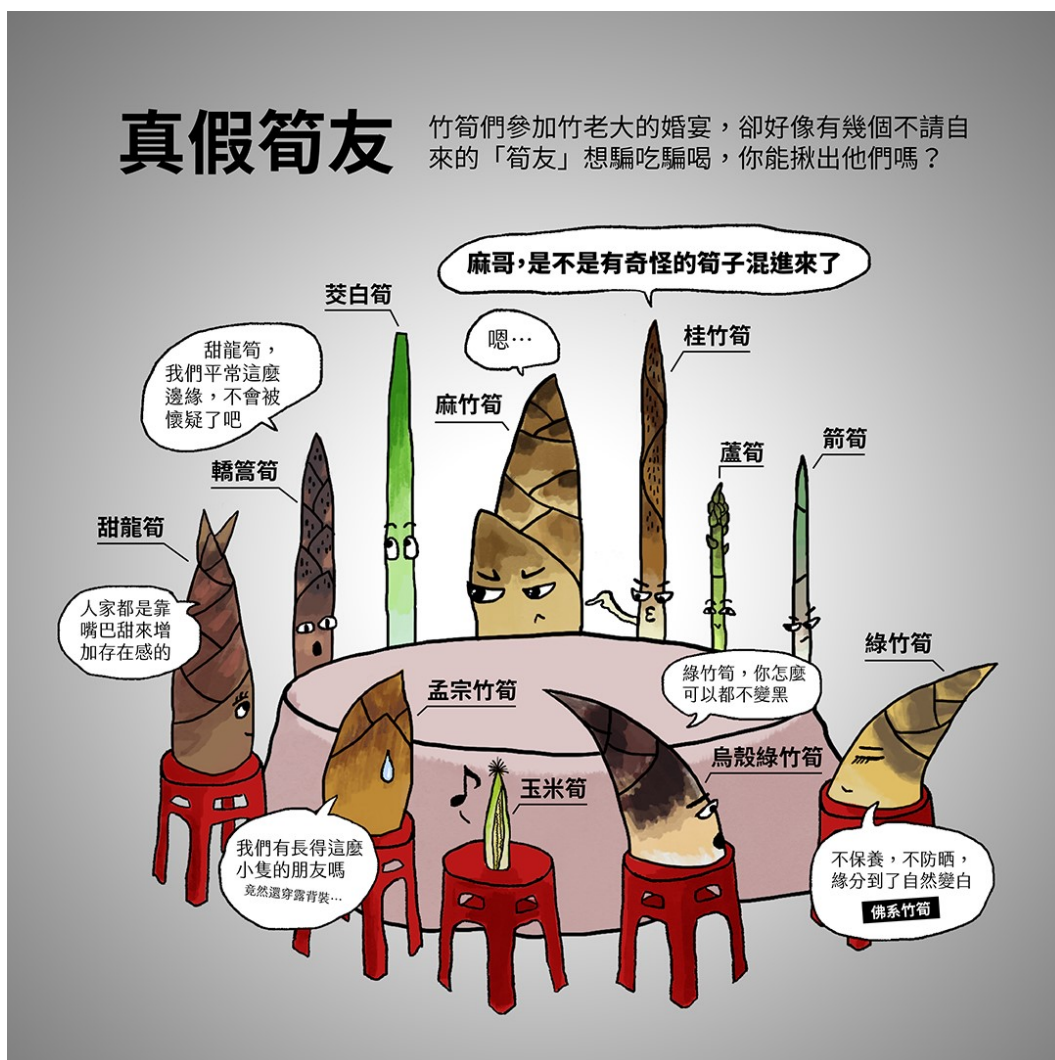
圖十一、精靈的華爾滋-烏葉竹,黃籐,樹皮布,草木染

### 3. 「竹聯幫」真假筍友，你指認得出幾個？

2018 年 04 月 30 日

文／郭琇真 繪圖／邱柏綱

今年氣溫忽冷忽熱，春雨又少，影響到竹筍的生長，許多食客想到桃園復興、苗栗南庄等產地吃筍，撲空的機率甚高。扼腕之餘，你知道臺灣這麼多種竹筍當中，哪種筍這時冒出土？哪種筍「幼咪咪」適合做涼拌？哪種筍冬天還會長？《農傳媒》整理常見的六大食用筍身世報你知，不僅如此，還有兩種比較罕見的筍，以及三種常見卻被誤會成竹「筍」的假筍。讓你不僅吃筍還懂筍！





竹子遍布很廣，熱帶、亞熱帶到溫帶都可發現其蹤跡。竹的地下莖長出的嫩芽就是竹筍，臺灣從北到南都有種植竹筍，常見、廣泛被食用的筍子有六種，分別是桂竹筍、箭筍、麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍和孟宗竹筍。

## 春「筍」來了怎知道 桂竹筍、箭筍報到

春雨過後，3 到 5 月春夏之際，爭相露出的是桂竹筍和箭筍。這兩類竹筍都是臺灣原種，桂竹筍外型瘦高、內部中空、筍殼帶有黑褐色的斑點，它生長很快，筍頭冒出沒幾天，就可快速抽高到 1 公尺以上，主要分布在中北部的淺山到海拔 1000 公尺間，目前以苗栗縣產量最大，集中在獅潭、南庄、大湖、泰安等四鄉鎮。

桂竹筍纖維較多，採收後容易老化，農民大多會煮熟、殺菁才販賣，或是加工製成桶筍、筍乾、筍絲等。另外，桂竹筍的內壁有膜，在原住民部落裡常被用來做竹筒飯的容器。

以花蓮縣光復鄉太巴塢部落為主的箭筍，外型迷你但細長(大約手指寬)、筍殼呈青綠色。箭筍產季雖然有春、秋季，但春季箭筍水份多，且無強烈陽光照射，筍的顏色較白，品質較佳。目前除花蓮光復鄉是大產地外，北部大屯山系周圍的宜蘭、平溪、三芝、陽明山也有箭筍。

早期箭竹是阿美族人用來搭屋、築圍籬的主要材料，近年來箭竹的應用性越來越少，轉而取用細嫩的箭筍，以食用為主，箭筍吃起來苦中帶甘，清炒搭配肉絲，或和鹹豬肉、排骨一起煮湯，甚至整支帶籜直接燒烤吃原味皆可。

## 桂竹筍

### 從小立志當飯桶

筍形瘦長而挺直，外皮光滑無毛、有黑褐斑點。

長高速度神速，內部中空，所以常被以為空有身高沒有內涵，但他其實從小就熱血立志要繼承家業，去當竹筒飯的容器。



## 箭筍

### 包越緊越誘人

筍形僅約手指寬、筍肉白色纖細，吃起來苦中帶甘角色。

外型嬌小的他，突發奇想採用饑餓行銷拉抬身價，穿了一大堆衣服讓自己難以被剝光，頓時成為最麻煩也最貴的食用筍。

## 烏殼綠竹筍

### 臉很黑但絕非運氣差

筍形比綠竹筍大，外皮顏色偏淡綠黑色，有黑色絨毛。

口感可媲美綠竹筍，但被譏賣相不好，被人們蓋布袋以防晒不變黑，他嚴正抗議，認為自己是膚色歧視的受害者。



## 麻竹筍

### 筍界大哥大

筍形呈圓錐形，外皮略帶綠黃色。重量可達3公斤，可說是筍界大塊頭。

因為常被誤認為同在夏季出沒的綠竹筍，讓他懷疑是綠竹筍為了篡位當老大而亂造謠。



## 綠竹筍

### 夏季涼拌天后

筍形呈牛角狀，筍殼光滑帶金黃色，底部肉質呈現鮮白色。因纖維少、口感嫩，成為筍界夏季涼拌菜首選。

和麻竹筍搶當老大？她說她只關心以後可否不要再跟沙拉醬同台，很膩。



## 炎炎夏季 有麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍沁涼相伴

夏季是麻竹筍、綠竹筍、烏殼綠竹筍的天下。這三種竹筍以麻竹筍體型最大，重量可達3公斤，它的外型呈圓錐狀，筍殼帶棕黃色，主要產地在中部的雲林、南投、嘉義等地。反觀比較嬌小的綠竹筍，外型彎曲呈牛角狀，筍殼偏淡黃色，主要產地在北部，中南部像台南、屏東也有種，但因為需要北運到消費市場販賣，中南部的綠竹筍通常會經過預冷程序，以保鮮甜。

麻竹筍和綠竹筍因產期相近，常被混淆在一起，但其實它們無論外型、產地、口感都相



異。麻竹筍纖維多，和桂竹筍一樣，主要加工製成筍乾、桶筍等；綠竹筍脆嫩甘甜，常被用在涼拌。

另一種烏殼綠竹筍，因口感細嫩媲美綠竹筍而聞名，主要種在雲林和嘉義。它的筍形比綠竹筍大，且是直立圓錐狀，外殼帶有黑色絨毛，筍殼偏淡綠黑色，因為市場賣相不好，後來農民用稻草、塑膠布等材質覆蓋，讓烏殼綠竹筍在不見光的情形下由黑轉黃。

這三種竹筍的盛產期大約集中在5到8月，9月後產量減少，10月是產季的尾端。等到11月就是迎接臺灣唯一的冬筍—孟宗竹筍—的時節。



**孟宗竹筍**  
嚴冬霸主

外皮有一層金黃色的絨毛，又稱毛筍。  
為了不讓筍筍專美於前，他除了春天以外，堅持冬天也要出來亮相，存在感超高。但到最後大家習慣喊他冬筍，孟什麼宗什麼的常常被誤認為是別人。

**轆筍**  
阿里山扛霸子

筍殼密布紫色斑紋，外型瘦長、中空有節，肉質肥厚，但纖維柔軟。長大後彈性良好，所以從前常被製成轆子或竹篙。  
外型較高、居住的海拔較高、名字被唸錯的機率也較高，但他只希望知名度也一樣較高。



**甜龍筍**  
筍界甜姐兒

筍殼呈紅褐色，肉質細嫩，吃起來只有甜味沒有苦味。  
面對一直抱怨自己被邊緣化的轆筍，她表示「網友提了一堆半天筍、甘蔗筍等等的，農傳媒小編連畫都沒畫了，你根本超有人氣的好嗎♥」

## 高貴的孟宗竹筍 罕見的甜龍竹筍、轆筍

孟宗竹筍的筍殼裏有一層金黃色的絨毛，因此又稱作毛筍。孟宗竹筍產季分冬季跟春季，每年11月到隔年2月上市的是冬筍，口感細嫩，價格高昂，2月到5月輪番換春筍上陣，不過孟宗竹筍的春筍外殼偏淡黑、纖維也較粗，價格自然不比珍貴的冬筍。

孟宗竹筍主要產地在中部的南投和嘉義，其中南投縣鹿谷鄉的孟宗竹筍產量最多，約占全臺七成。冬天若前往南投鹿谷遊玩時，在地特色的冬筍火鍋是必嚐的招牌菜。

除了上述六種臺灣常見的食用筍外，近幾年市場出現的新秀甜龍筍、阿里山特有的轆筍

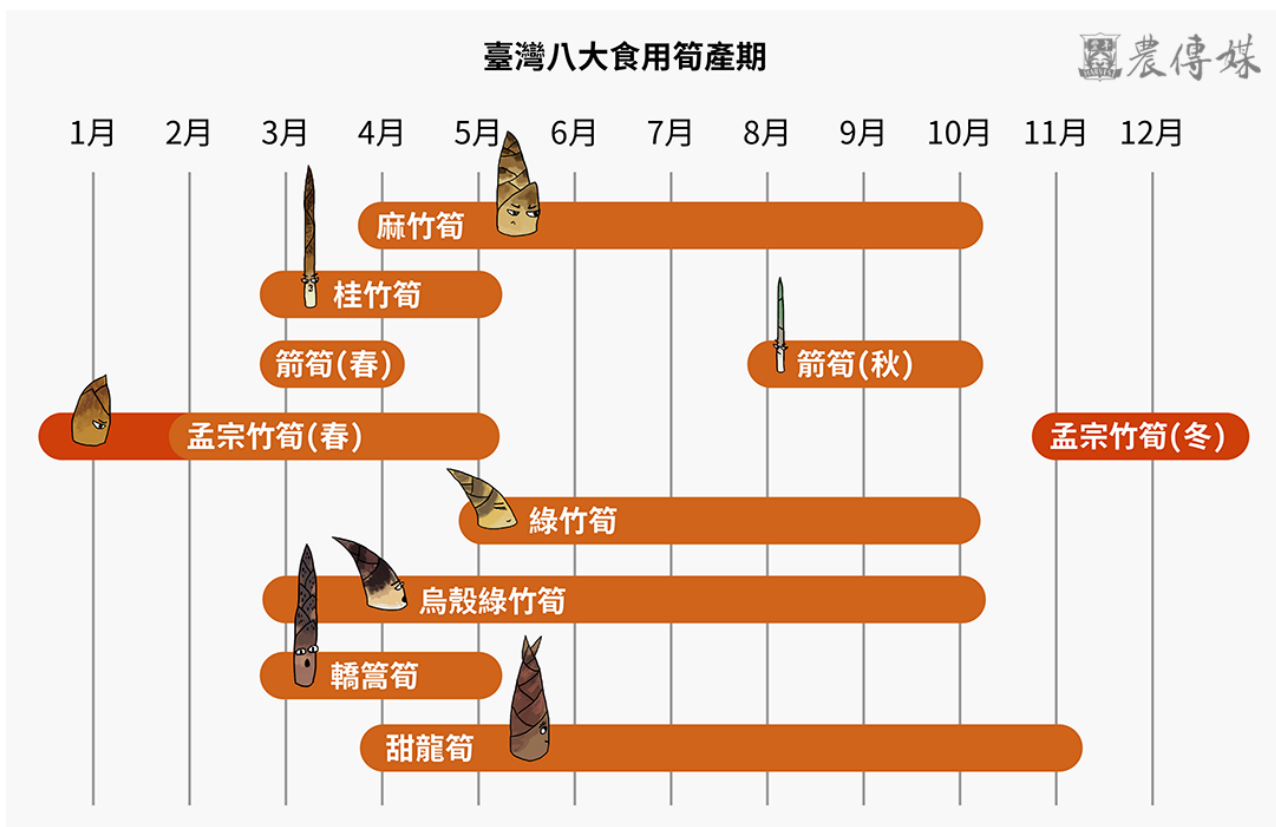


筍，也是可食用的竹筍。

甜龍筍是甜龍竹所產的筍子，甜龍竹包含版納甜龍竹、勃士甜龍竹、馬來甜龍竹等，台灣栽培以版納甜龍竹為主，原產於中國雲南西雙版納、印度等地，臺灣的林業試驗所在1967年從泰國引進，為目前臺灣各地標本園的種子苗，至於農民栽培的甜龍竹筍則是由種苗業者從中國雲南引進。

甜龍筍筍殼呈紅褐色，肉質細嫩，不含氰酸，吃起來只有甜味沒有苦味，即便不覆土或出青也不會苦，因此又被稱為「水果筍」，產期和麻竹筍、綠竹筍相近，大約集中在夏、秋兩季。

轎篙筍和桂竹筍、箭筍一樣是臺灣原生種，主要生長在阿里山奮起湖一帶，高海拔的山上，每年4、5月上市。轎篙筍的筍殼密布著紫色斑紋，其外型瘦長、中空有節，肉質肥厚，但纖維柔軟。成竹彈性良好，早期常被用來製成轎子或竹篙，因此又有「石篙」的稱號。



## 常被混淆的「假筍」 茭白筍、蘆筍、玉米筍

市面上還有三種超級常見的筍，分別是茭白筍、蘆筍和玉米筍，這些筍清炒、燉湯都很好吃，細嫩又鮮甜，但它們其實不是竹筍，只是因為外型很像，名字而有了「筍」字。





爬梳竹筍定義就可一目了然。竹筍是指竹子地下莖所生的嫩芽，俗稱「美人腿」的茭白筍雖然和竹筍一樣是禾本科，但它是一種叫做「菰」的植物的莖，而非竹子嫩芽；蘆筍更不用說，在分類上屬於天門冬科天門冬屬，和竹筍差地更遠；至於玉米筍是玉米的幼嫩果穗，由於玉米吐絲授粉前的幼嫩果穗下粗上尖，形似竹筍，因此稱之。



## 茭白筍

雖和竹筍同為禾本科，但他是一種叫做菰<sub>zhu</sub>的植物的莖，而不像竹筍是竹的嫩芽。他十分感謝大家都不小心把它寫成竹部的筍，讓他可以更光明正大冒充筍子。



## 蘆筍

天門冬科天門冬屬，和竹筍大不同。蘆筍食用部分為嫩莖，依嫩莖色澤可分為白、綠、紫蘆筍三種。一聊到曾是臺灣外銷之光往事他就會講個不停。



## 玉米筍

玉米的幼嫩果穗，吐絲授粉前的果穗外型似筍子上尖下粗，故被稱筍。就只是個可愛的小玉米寶寶。



(本文與行政院農委會林務局「國產竹材產銷供應鏈建構與技術推廣計畫」合作刊登、計畫執行單位：工業技術研究院)

## 4. 世界的竹類資源

日期：2018-10-03

文／台灣竹會 林雋雅

亞洲人對竹子多半不陌生，竹子也被視為富東方色彩的象徵。在擁有原生竹種的地區，竹子由於用途廣、容易取得等因素，成為傳統生活中非常重要的材料。而在沒有原生竹種的歐洲，也曾有竹家具的流行風潮，例如可以找到十九世紀維多利亞時代的家具，使用竹結構、竹子裝飾或者用木材模仿竹材的質感。今日環境意識提升，竹子的價值再度被看見，可快速再生的竹子，具有代替木材的潛力，此外特殊的材料性質，例如良好的彈性、輕量的結構，更擴增竹材設計應用的範疇。

亞洲之外，南美、非洲也是竹子的原生地，各區域或有不同竹種分布，本文將介紹竹子



的全球分布、種類與經濟規模。竹，是竹亞科 (Bambusoideae) 植物的通稱，屬禾本科，約包含 119 屬，分為 3 族。竹子是一種多年生的草，卻以高大的一片竹林或者密生成一叢竹子，在人們心中留下鮮明印象，這些為人熟悉的竹子，屬於熱帶木本竹 (Bambuseae) 或者溫帶木本竹 (Arundinarieae)，他們具有經過木質化的莖 (桿)，因此竹桿具備堅韌的特性，常見高 10-20m，也有可以長到高 40m 的種類。木本竹約有 1300 種，在原生地的生態系裡扮演重要角色，同時也是為人廣泛應用的森林經濟產物。此外，還有生長在林下地被的草本竹 (Olyreae)，約 120 種，高度不超過 1m，主要分布在南美洲，僅有兩種各別分布於非洲與新幾內亞。所謂 3 族，即是熱帶木本竹、草本竹及溫帶木本竹。

由三族的名稱，或可發現竹子適應於相當廣的氣候條件，從平地到 4300m 山區，從南緯 47° 到北緯 50°，包含熱帶及溫帶氣候區；除了歐洲和南極洲，各大陸都有原生竹種的分布。竹子的棲地類型多樣，分布以森林為主，也出現在熱帶、亞熱帶高山地區開闊的草原，且往往成為一區域的優勢種、主要植被種類。

## 一、溫帶木本竹的分布

溫帶木本竹主要棲地分布在北半球的東亞、東北美地區，生長在溫帶、副熱帶氣候區的闊葉林、針闊葉混合林、針葉林等。溫帶木本竹可形成林下地被或成為一片森林的主要植被 (竹林)。臺灣常見的桂竹、孟宗竹、玉山箭竹都屬於溫帶木本竹。中國的濕潤山地常見 *Phyllostachys* (剛竹屬)、*Bashania* (巴山木竹屬)、*Chimonobambusa* (寒竹屬)、*Fargesia* (箭竹屬)、*Indosasa* (大節竹屬) 及 *Yushani* (玉山箭竹屬) 等。喜馬拉雅山脈中部季節性乾旱地區則以叢生竹較普遍，如 *Thamnocalamus* (筱竹屬) 和 *Drepanostachyum* (鐮序竹屬)。在中國、韓國和日本的濕潤森林，林下可見竹子成為主要地被植物，如有侵略性的 *Sasa* (赤竹屬) 和 *Sasamorpha* (華箬竹屬)。在亞洲地區，有些溫帶木本竹可以延伸到乾燥或常綠的亞熱帶森林，如 *Acidosasa* (酸竹屬)、*Drepanostachyum*、*Indosasa* 和 *Sinobambusa* (唐竹屬)。美國東部，*Arundinaria* (北美箭竹屬) 出現在東南沿海平原的森林水渠旁，例如 *Arundinaria tecta* 經常出現在沼澤，其地下莖具有特殊的空氣渠道 (Triplett et al., 2006)。



圖一、地下莖的橫切面，沿著外壁有空氣渠道，讓這種竹子能夠適應更潮濕的土壤。

(照片版權: Noah Bell, Bamboo Garden, 2013)

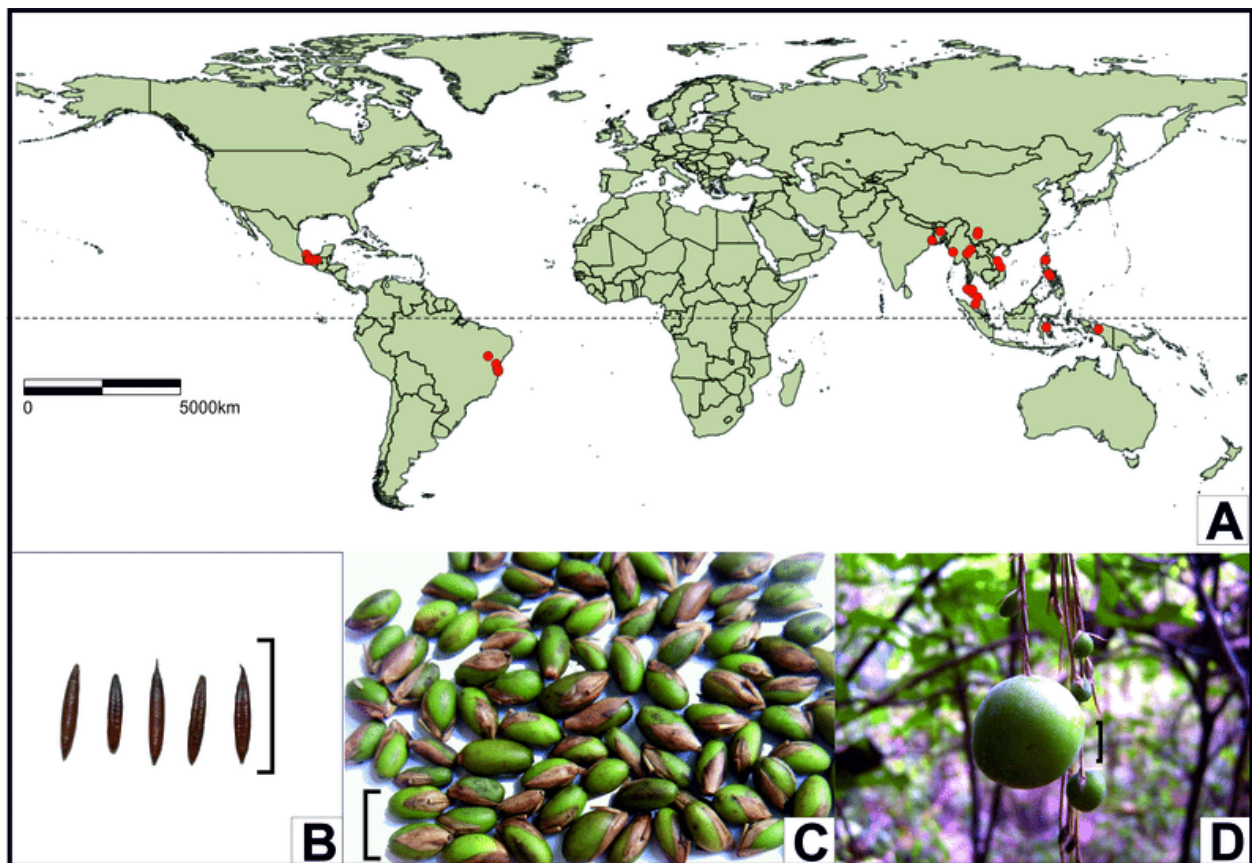
## 二、熱帶木本竹的分布

許多熱帶木本竹生長在濕潤的低、中海拔森林(1500m以下)。一些體型巨大、竹桿較粗的屬常在山谷、河岸、次生林中出现，具有排除其他植被的特性，如 *Bambusa* (籐竹屬)、*Dendrocalamus* (牡竹屬)、*Eremocaulon* (巴西籐竹屬)、*Guadua* (瓜多竹屬)、*Gigantochloa* (巨竹屬)、*Schizostachyum* (?籐竹屬) 等。此外一些體型較小、竹桿較細的竹子生長在低地，他



們的竹桿可纏繞在樹木和灌木上，或有竹葉懸掛形成美麗的簾幕，包括 *Alvimia* (南美梨藤竹屬)、*Chusquea* (丘竹屬)、*Dinochloa* (藤竹屬)、*Hickelia* (異穎竹屬)、*Neomicrocalamus* (新小竹屬)、*Racemobambos* (總序竹屬) 等。而 *Ochlandra* (群蕊竹屬) 可以沿著河岸形成密集如蘆葦一般的竹叢。另外，有些低地竹種非常適應乾燥的森林，如印度的 *Dendrocalamus strictus*、拉丁美洲的 *Guadua paniculata*，墨西哥和哥倫比亞的 *Oatea* (墨西哥竹屬)，馬達加斯加的 *Perrierbambus* (梨赤竹屬)。還有些低地竹子適應草原棲地，他們耐旱、適應火燒，如巴西的 *Actinocladum* (射枝竹屬) 和 *Filgueirasia* (菲爾蓋拉斯竹屬) 和印度支那的 *Vietnamosasa* (越南赤竹屬)。多數竹類開花後結穗型態相似常見的禾本植物如米、麥，然也有部分的竹類具有帶果肉的果實，例如 *Olmecca reflexa*、*Chimonobambusa tumidissinoda*。

翻譯整理自 Clark L.G., Londoño X., Ruiz-Sanchez E. (2015) Bamboo Taxonomy and Habitat. In: Liese W., Köhl M. (eds) Bamboo. Tropical Forestry, vol 10. Springer, Cham 藤竹相關照片，可參考 <https://www.flickr.com/photos/adaduitokla/7760305220> 同註 1。



圖二、擁有肉質果實的木本竹類 (A) 羅賓遜世界地圖投影，虛線是赤道。紅點是研究中採集竹類果實的分布位置 (B) *Oatea ramirezii* 的果實，屬於基本型 Basic caryopsis (photo by Philip Brewster) (C) *Chimonobambusa* sp. 的果實，屬於 Nuroid caryopsis 型。(photo by Lihua Liang) (D) *Olmecca reflexa* 的果實，屬於 Bacoid caryopsis 型 (photo by E. Ruiz-Sanchez)。(Ruiz-Sanchez, Eduardo & Sosa, Victoria. (2015). Origin and evolution of fleshy fruit



往高海拔移動，於 1500m 以上濕潤的副熱帶山地、雲霧林帶，也可見到許多竹種分布，他們適應於多樣的棲地，可生長在邊坡、林下、樹木倒伏後的空隙，隨著海拔增加，體型、直徑通常相對變小。溫帶木本竹 (Arundinarieae) 及熱帶木本竹 (Bambuseae) 都包含可分布至森林線 (即高山上連續森林分布的最高界線) 以上的種類，他們可以形成大面積的草原，例如臺灣高山地區可見玉山箭竹草原分布於森林線之上。在中國地區，森林線以上以 *Fargesia* (箭竹屬) 為主，可分布至 4200m。在熱帶美洲地區，森林線以上以 *Chusquea* (丘竹屬) 為主，可分布至 4000-4400m；此外，*Aulonemia* (牧笛竹屬)、*Cambajuvu* (卡姆巴竹屬) 也可分布至森林線以上。

## 三、全球的竹林資源

據 FAO 於 2007 出版的全球竹類資源報告統計，全球竹林總面積約佔森林總面積 1%，於 2010 統計約有 3147 萬公頃，以亞洲及南美為主要分布地區。由於竹林有時以零散狀分布於森林，或者零星出現在農村等人類生活環境周圍，其面積計算較困難，又以有些擁有竹類資源的國家並無相關統計數據，全球竹林面積應有低估的情況。由 1990 到 2010 的二十年間，可觀察到亞洲區的竹林面積持續成長，成長量來自中國、印度、馬來西亞、菲律賓、日本、巴基斯坦等地區。



TABLE 2.9  
Trends in area of bamboo by country and region, 1990–2010

| Country/region                         | Area of bamboo (1 000 ha) |               |               |               |
|--|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
|  | 1990                      | 2000          | 2005          | 2010          |
| Ethiopia**                             | 1 000                     | 1 000         | 1 000         | 1 000         |
| Kenya                                  | 150                       | 150           | 150           | 150           |
| Mauritius                              | n.s.                      | n.s.          | n.s.          | n.s.          |
| Nigeria*                               | 1 590                     | 1 590         | 1 590         | 1 590         |
| Senegal                                | 723                       | 691           | 675           | 661           |
| Sudan**                                | 30                        | 30            | 30            | 31            |
| Uganda*                                | 67                        | 67            | 67            | 67            |
| United Republic of Tanzania*           | 128                       | 128           | 128           | 128           |
| <b>Total Africa</b>                    | <b>3 688</b>              | <b>3 656</b>  | <b>3 640</b>  | <b>3 627</b>  |
| Bangladesh                             | 90                        | 86            | 83            | 186           |
| Cambodia                               | 31                        | 31            | 36            | 37            |
| China                                  | 3 856                     | 4 869         | 5 426         | 5 712         |
| India                                  | 5 116                     | 5 232         | 5 418         | 5 476         |
| Indonesia**                            | 1                         | 1             | 1             | 1             |
| Japan                                  | 149                       | 153           | 155           | 156           |
| Lao People's Democratic Republic*      | 1 612                     | 1 612         | 1 612         | 1 612         |
| Malaysia*                              | 422                       | 592           | 677           | 677           |
| Myanmar                                | 963                       | 895           | 859           | 859           |
| Pakistan*                              | 9                         | 14            | 20            | 20            |
| Philippines                            | 127                       | 156           | 172           | 188           |
| Republic of Korea                      | 8                         | 6             | 7             | 8             |
| Sri Lanka                              | 1 221                     | 989           | 742           | 742           |
| Thailand*                              | 261                       | 261           | 261           | 261           |
| Viet Nam                               | 1 547                     | 1 415         | 1 475         | 1 425         |
| <b>Total Asia</b>                      | <b>15 412</b>             | <b>16 311</b> | <b>16 943</b> | <b>17 360</b> |
| <b>Total Europe</b>                    | <b>0</b>                  | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>      |
| Cuba**                                 | n.s.                      | n.s.          | n.s.          | 2             |
| El Salvador                            | n.s.                      | n.s.          | n.s.          | n.s.          |
| Jamaica                                | 34                        | 34            | 34            | 34            |
| Martinique                             | 2                         | 2             | 2             | 2             |
| Trinidad and Tobago                    | 1                         | 1             | 1             | 1             |
| <b>Total North and Central America</b> | <b>37</b>                 | <b>37</b>     | <b>37</b>     | <b>39</b>     |
| Papua New Guinea*                      | 23                        | 38            | 45            | 45            |
| <b>Total Oceania</b>                   | <b>23</b>                 | <b>38</b>     | <b>45</b>     | <b>45</b>     |
| Brazil*                                | 9 300                     | 9 300         | 9 300         | 9 300         |
| Chile*                                 | 900                       | 900           | 900           | 900           |
| Ecuador*                               | 9                         | 9             | 9             | 9             |
| Peru*                                  | 190                       | 190           | 190           | 190           |
| <b>Total South America</b>             | <b>10 399</b>             | <b>10 399</b> | <b>10 399</b> | <b>10 399</b> |
| <b>World</b>                           | <b>29 560</b>             | <b>30 442</b> | <b>31 065</b> | <b>31 470</b> |

Notes:

\* Data for 1990, 2000 and 2005 from FAO (2007f). Data for 2005 also used for 2010. For countries in South America, the figures for 2000 were also used for 1990.

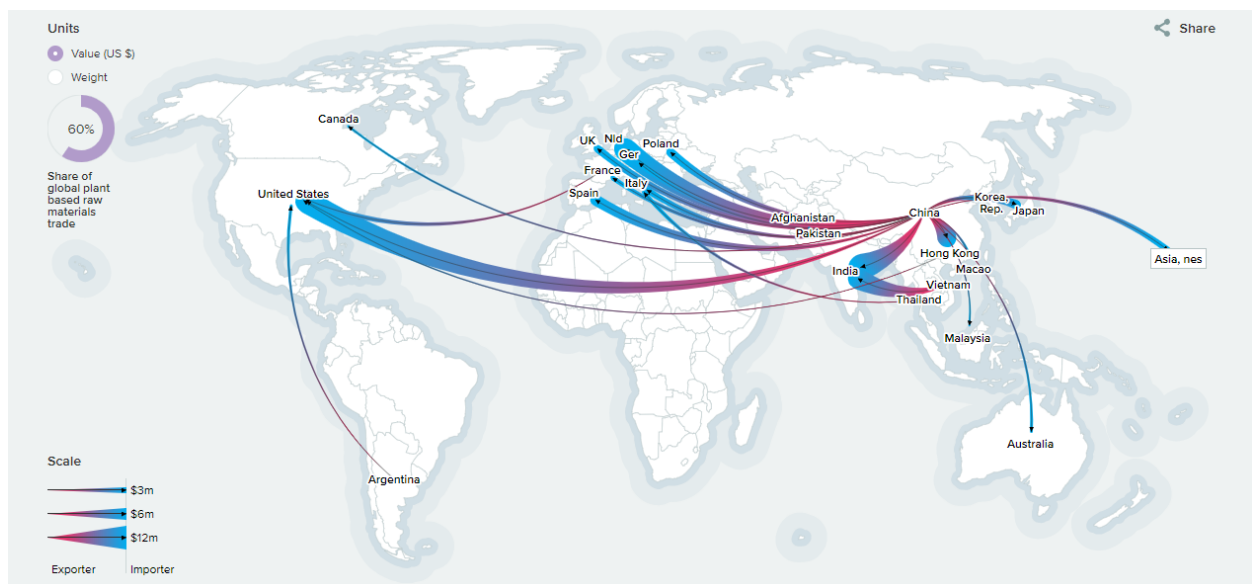
\*\* Gaps in data series filled by FAO estimates.

n.s. = not significant

圖三、1990 - 2010 年竹子面積趨勢 (FAO, Global Forest Resources Assessment 2010)

## 四、竹產品的國際貿易

使用 HS code 在 UN Comtrade Database 上取得最新的竹產品進出口資料，可以協助我們了解竹產業近年的貿易情況。以分類代碼 140110 的「竹子」為例，國際進出口貿易總額由 2000 年的 5.18 千萬增加至 2015 年為 1.36 億。出口國的部份，中國持續為主要出口國，而南亞、東南亞、中南美地區國家近年也積極投入竹材料的生產及出口。進口的部分，2006 年以前，日本、美國、香港為主要進口地區、西歐的進口量也持續增加，2006 後，美國、義大利、荷蘭為主要進口國，2013 年後，印度則逐漸成為最主要進口國，其次為美國、荷蘭。可以發現竹子的生產以及現代性的利用，在越來越多地區開始受到關注。



圖四、2016 年世界竹材貿易 (Chatham House (2018), [resourcetrade.earth](http://resourcetrade.earth/)), <http://resourcetrade.earth/>)

在投入竹資源種植、開發與生產的過程，或者作為消費者在選擇竹產品的時刻，我們仍需要注重其環保價值。許多人選擇竹材料的理由，是出於對環保、永續的認同，竹子就像所有其他資源，從原始材料到可被使用的竹產品，中間必須經過一連串種植、取材、加工、運輸的過程，於是也可能涉及土地利用變遷、加工過程產生汙染物、加工剩餘廢料處理、運輸耗費能源等等問題。例如為了除去木質素取得竹纖維，常見的化學製程需大量耗能並造成環境汙染，而生物酶的方法則仍有操作上的困難，目前尚未有好的解決方案，因此市面上常見的竹纖維產品，並不一定具有環保的效益。或者臺灣市面上的竹製品許多都仰賴進口，我們可以支持少數的臺灣在地產品，並且關心為什麼臺灣是竹子的原產地，卻少有在地產品？竹產業面臨的問題需要更多人的關注。



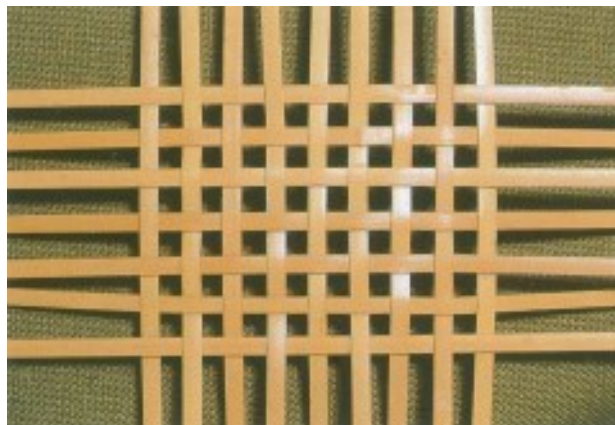
竹子，受到越來越多世界各地人們的重視，從種植、生產、加工的技术研發革新、產品設計應用的創新，到透由社會企業的經營帶動地方人文社群的發展，許多人正努力用竹子為世界帶來改變。在豐富竹類資源與悠久竹工藝傳承的基礎上，臺灣應積極與世界交流對話，無論產業技術或者藝術文化，竹子都可以作為友善的外交媒介。透過國際交流也將加深我們對於自身價值的認識與認同，看見以竹子為地方產業，帶動地區發展、鄉村人口回流的可能性。

## 5. 竹編基本技法彙整

臺南市竹會/國產竹材諮詢中心 共同編輯 日期：2019-04-25

竹編器是亞洲地區常見傳統生活類型器具，因竹材製成竹篾形成長條片狀後，具有較佳的韌性，成為可以編織法形塑生活用途所需形狀與功能的材料。在台灣金屬和塑膠工業尚未發達前，竹編製品常見於生活中的竹籃、竹盤、竹簍、魚筓和畚箕...等等，是不可或缺的材料與製法。應用於竹編的竹材，需要是外皮潔淨、觸感滑潤、節間長和節環平整之竹品種，所用材料以三年生的桂竹、長枝竹、麻竹和刺竹等為主。一款精緻竹編品可能會用上多種竹材品種，以符合各編法材料特性之需求或運用竹皮顏色差異組合出視覺藝術，以下簡略介紹竹編基本技法，希望提供初學者參考。

名稱：壓一挑一



用途：最為廣泛的編織法。

難易度：★☆☆





名稱：斜紋編



用途：籃子、箱子、包包等器皿

難易度：★★☆

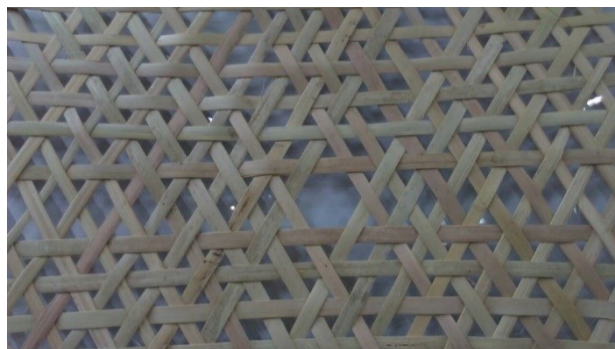
名稱：梯形編織



用途：平面編織技法之一

難易度：★★☆

名稱：三角編

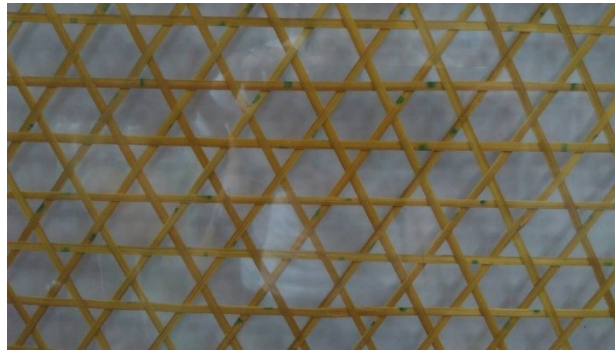


用途：為六角編織延伸，用於籃子等器皿

難易度：★★☆



名稱：六角編



用途：為基礎編織法之一，用於籃子、雞籠、搖籃等傳統器皿。

難易度：★☆☆

名稱：梅花編



用途：為六角編之延伸，經由經緯竹篾穿插，可形成梅花的圖騰。

難易度：★★☆



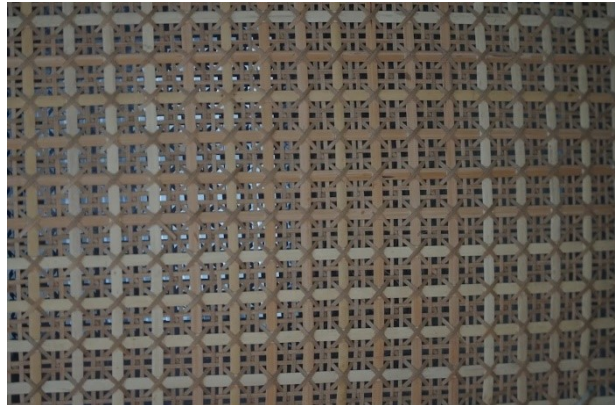
名稱：輪口編



用途：大量用於圓形的器皿上，例如花器、燈籠等

難易度：★★☆

名稱：重疊編



用途：平面編織交替用，創造層次感。

難易度：★★☆

名稱：米字編

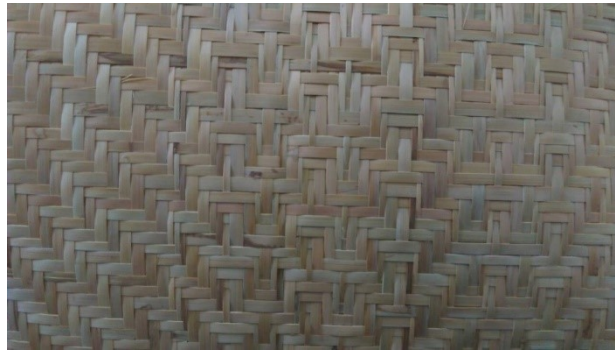


用途：用於編織花瓶、盤子等容器編織，為基礎編法之一

難易度：★★☆



名稱：波浪編



用途：利用竹篾的寬窄製作出波浪紋的效果，多用於平面編織

難易度：★★☆

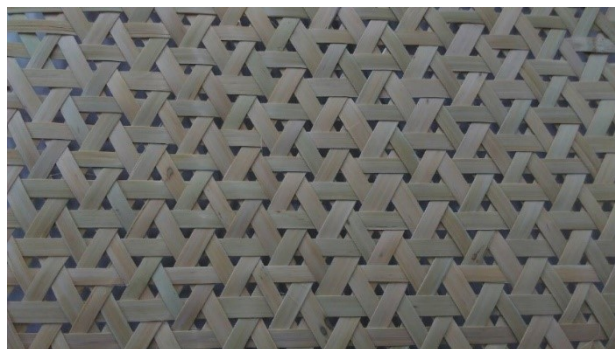
名稱：回字紋編



用途：為斜紋編的延伸，多用於平面編織

難易度：★★☆

名稱：風車編



用途：編法較為複雜，搭配不同顏色，會有不同的效果，多用於籃子製作及平面編織

難易度：★★★★



## 6. 竹童玩





## 7. 種竹

日期：2018-02-21

摘錄自臺灣竹會電子報雙月刊（2014-2016）

原著／呂錦明、汪大雄 摘錄整理／林雋雅

### 一、地形氣候條件孕育多樣的竹子

位處北迴歸線並有高山分布的臺灣，擁有多樣的竹類資源，北從基隆南迄屏東，都有竹林的蹤跡；從平地到高山也呈現不同的竹林景觀特色。臺灣的地形氣候條件提供適合多種竹子生長的多樣環境，因此臺灣是少數有 4 大氣候帶竹種分布的國家，南部有熱帶竹種、中北部有亞熱帶竹種，中、高海拔則提供溫、寒帶竹類生活空間。其中以熱帶和亞熱帶之竹種與面積數量最多，其次為溫帶竹林和少許之寒帶竹林。

全球竹林面積約 3700 萬公頃，其中 65% 分布在亞洲。依據第 4 次森林資源調查結果，臺灣地區竹林面積約 18 萬 3 千餘公頃，占森林覆蓋面積 8%，推估竹材蘊藏量約有 15.8 億支。臺灣有竹類 22 屬 (genus)，89 種 (species)，包含原生種 24 種。其中 6 種較具經濟價值的竹類分屬單稈散生型 (桂竹、孟宗竹) 及合軸叢生型 (綠竹、麻竹、荊竹、長枝竹)。竹林依據其分佈之面積以麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 之面積最廣，約佔全竹林之 52%，其次分別為桂竹 (*Phyllostachys makinoi*) 之 25%、荊竹 (*Bambusa stenostachya*) 之 18%、綠竹 (*Bambusa oldhami*) 之 2.5% 和孟宗竹 (*Phyllostachys pubescens*) 之 1.9% (戴廣耀等 1973)。桂竹、綠竹主要分布於北部地區，麻竹、孟宗竹主要分布於中部地區，荊竹、長枝竹主要分布於南部地區。

### 二、竹子的生長與繁殖

竹林是許多熱帶國家重要的森林資源，雖說有些竹種類和樹木一樣可以成林，但竹子的生長繁殖卻跟樹木很不一樣，反而相似於草類。例如樹木會隨著樹齡而長高、加粗，但竹子從竹筍出土到完成生長 (大約 3 個月後)，它的高度、粗細就固定不變了。又如，松樹林裡的一棵樹是一個獨立的個體，但孟宗竹林裡的一根竹子往往和周圍數十根竹子暗地相連，它們合起來才算是一個個體。以下將簡介關於竹子生長繁殖的知識，有興趣的你或許能從中發現許多未解之謎，歡迎一起來探索神祕的竹子世界。



## (一) 竹子的生長

### 1. 竹子沒有年輪

竹子屬於單子葉植物 (monocotyledon) 中的禾本科 (Gramineae)，禾本科是植物界的大家族，主要包括稻亞科 (Oryzoideae)、竹亞科 (Bambusoideae)、早熟禾亞科 (Pooideae) 等 12 個亞科和少數不確定類群，單子葉植物與雙子葉植物 (dicotyledon) 之間，最大的不同就是單子葉植物之莖部沒有形成層 (cambium)。因此竹子沒有年輪。

### 2. 竹子在三個月內生長完成

竹類在林業的造林樹種中被列入為「快速生長樹種」，竹子無論竹種形體的大小，從竹筍出土到完成生長，大約是 3 個月左右。此處所說「完成生長」，是指該竹筍開始抽出枝條、並開展竹葉，此後不再長高、稈徑也不再增粗變大，但是蔓籐性竹種除外。之後只是在加強組織的強化，約至 3 年生時，其竹稈機械性質即可完全成熟。

因為竹筍出土生長完成之後不再長高、也不會變粗，所以由竹筍長到約 30 公分高時的竹筍基部直徑，可以推測將來竹子會是多大；反之，也可以用目前竹子的大小猜測以前筍子時期的大小。另外，以同一竹種來說，其竹稈直徑與竹稈高度之間的相關關係也相當密切，亦即：直徑大的竹子，高度也會相對較高。

### 3. 竹子生長的節奏

竹子雖然生長速度驚人，但也不是天天維持快速生長。整支竹筍生長的節奏是：慢→快→慢，也就是生長開始的初期是在筍體的基部，生長較慢，繼續向上逐漸加快到中段時最快，再繼續向上到頂部，生長又逐漸變慢，終至生長完成而後停止。竹子這種慢→快→慢的生長節奏，很明顯地表現在竹子的外部形態上，亦即：竹稈的基部節間較短，中段節間較長，到頂梢部又變短，這些節間的短→長→短就是生長節奏慢→快→慢所產生的結果。

### 4. 快速生長的機制

竹子的生長之所以能這麼快，主要是竹子地下莖上芽苞生長點開始分化膨大的初期，頂生分生組織 (apical meristem) 就會分配一些分生組織給每一節，這使每一竹節都有各自的居間分生組織 (intercalary meristem)，竹類之快速生長就是由這些每節存在的居間分生組織所推動、引起之節間生長 (internodal growth，或 internodal elongation) 所致。居間分生組織緊接於幼嫩筍體各節的上面，分生組織所分生的細胞把位於該節上方的節向上推，拉長該兩節之間的節間。之後位於分生細胞上層較早分生的細胞，不再分生而變為拉長細胞的動作，更加拉長節間長度，直至分生組織完全停止分生為止。此時該節間的節間生長即告完成，該節即開始在筍籜底部緊接節的上方形成離層，讓完成保護筍體的筍籜脫落。反過來說：看到某一節的筍籜開始脫落，即表示該節的節間已完成生長。

## (二) 竹子採行無性繁殖時的源基—地下莖

竹子在尚未達到生理成熟而採行有性生殖 (sexual reproduction) 之前，也就是達到開花年齡之前，每年都要以無性繁殖 (asexual reproduction) 方式，萌發新竹來延續群體的壽命。這時要萌發新竹的器官就是地下莖 (rhizome)。地下莖又稱根莖，地下莖有節，每節一個芽苞，這個芽苞就是萌發竹筍繼續發育成新竹的源基。

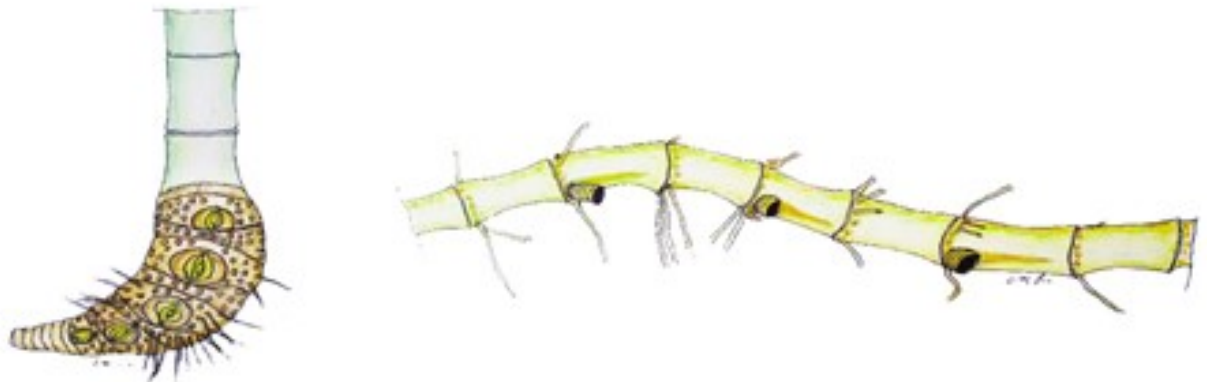
竹類的地下莖可依其性狀分為 2 類：

### 1. 直立型地下莖 (upright 或 vertical rhizome)：

直立型地下莖位於竹秆在地下之基部，與其地上部之竹秆相連而合為一體，即俗稱竹頭的部分。有些種類之直立型地下莖呈肥厚且稍彎曲狀如麻竹，通常實心；有些則幾乎與竹秆同大或略大，僅節間較為緊密而已 (如圖 1)。

### 2. 匍匐型地下莖 (creeping 或 horizontal rhizome)：

匍匐型地下莖較細而且是在地中橫向伸長，又俗稱竹鞭。匍匐型地下莖不與竹秆直接相連，亦即此類地下莖不屬於竹秆的任何部分，竹秆與地下莖兩者各屬不同系統，地下莖與竹秆間係以秆基部尾端稱為秆脛 (culm neck) 之部位相連 (如圖 2)。



(左)圖 1 直立型地下莖 (右)圖 2 匍匐型地下莖

直立型地下莖上的芽苞膨大萌發之後只有一個任務：就是萌發為竹筍再繼續成長為竹；然而在匍匐型地下莖上的芽苞則有兩種任務：(1)萌發為筍再發育為新竹；(2)芽苞膨大後不萌發出土，而是地中橫向伸長發育成新的地下莖。但是同一個芽苞只能完成其中一個任務，也就是不能「兩全其美」。膨大後要萌發出土為筍？或不出土而在地中蜿蜒伸長成新的地下莖系統，主要是由氣溫來控制，此類匍匐型地下莖的芽苞「怕熱」，所以在 7 月至 8 月底 9 月初期間膨大的芽苞通常是不出土的。換句話說：這段期間是匍匐型地下莖竹類發展新地下莖系統的時段。





臺灣的孟宗竹林裡常可見地面有地下莖拱起來(如圖3),有時還需要避開它以免被絆倒,這個現象正是因為芽苞發育受氣溫控制。孟宗竹是典型的溫帶竹種,在日本不會有地下莖拱起來的現象,但在具有暖溫帶氣候的臺灣和中國大陸江南一帶,就對較高溫度的反應較敏感,在春筍產期的後段(約6月)或是產白露筍(約9月)時遇到秋老虎,當膨大的芽苞出土為筍時,怕熱的筍子就會彎曲鑽回地下,繼續發育成地下莖系統,所以它的實體是竹稈,於鑽回地下後又成為地下莖(如圖4)。



(左)圖3 地下莖拱起 (右)圖4 實體是竹稈,於鑽回地下後才成為地下莖

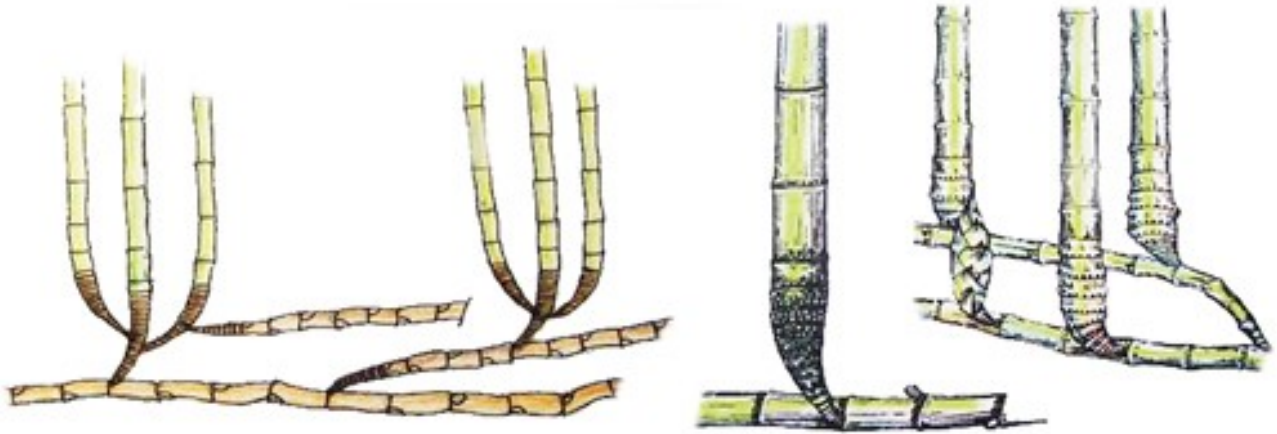
竹類依其地下莖種類及發育形式,可以分成四大類型,竹林分類主要是看竹子之地下莖是為直立型〔下列(1)、(2)類〕,或匍匐型〔下列(4)類〕,或兩種兼具〔下列(3)類〕:

- (1) 地下莖合軸叢生型。例如麻竹。(如圖5)
- (2) 莖脛走出合軸叢生型。例如玉山矢竹。(如圖6)
- (3) 地下莖橫走側出合軸叢生型。例如包籜矢竹。(如圖7)
- (4) 地下莖橫走側出單稈散生型。例如孟宗竹。(如圖8)

更多關於竹類分類學的知識,可以查考呂錦明博士所著《臺灣竹圖鑑》。



(左)圖5 地下莖合軸叢生型 (右)圖6 莖脛走出合軸叢生型



(左)圖 7 地下莖橫走側出合軸叢生型 (右)圖 8 地下莖橫走側出單稈散生型

### (三) 竹子的有性繁殖—竹子開花

竹子開花的景象本來就是難得一見，國內外學者對於竹類開花原因研究的結果，可歸納為下列幾種說法：

#### 1. 週期說：

採取本說法的學者認為，竹類的開花會循某一定的時間間隔而定期發生，就好像時鐘繞一圈就是 12 小時一樣。2008 年發生了讓週期說學者興奮的現象，幾乎全世界的梨果竹 (*Melocanna buccifera*) 在這年開花，成為「梨果竹開花週期是 48 年」的證據。然而梨果竹的案例可能有被符合化的嫌疑，因為只有符合 48 年的記錄被採用，另外在別地區不同年代開花的記錄就沒被採用。而其它竹種也沒那麼神奇，例如日本人相信週期是 60 年或是 120 年的孟宗竹，分別在 1912、1917、1920、1921、1930、1955 及 1957 等年均有開花記錄。

#### 2. 營養說：

認為竹子開花是因為竹子體內所含營養失去平衡所致。所謂營養失去平衡，主要是指碳氮比 (C/N 比) 增高。對一般園藝作物來說，碳氮比的增高確與開花促進有關，但對竹子來說，似並沒有顯著促進效果。

#### 3. 氣候說：

採取氣候說的學者，認為氣候條件不良會引起竹類開花。此說法所列舉的所謂不良氣候，諸如：天氣乾旱、夏季直射陽光太強、空氣和土壤乾燥等，都會引起竹子開花。按照此說法所列舉所謂的「不良氣候」的現象，可說幾乎每年、任何地方都可能發生，所以依此說法，竹子的開花應該是相當普遍的現象才對，但是事實上除了麻竹、綠竹較常看到開花之外，其它竹種都是要隔一段時間才能看到。



由上可見，竹子開花的影響因子仍未有定論，還需持續深入研究。須留意的是竹子開花是竹子生命史必經的歷程，竹類屬於種子植物（spermatophyta 或 seed plant），種子植物又稱顯花植物（phanerogams）或開花植物（flowering plant），意思是這些植物都要經過開花、授粉，以有性生殖的方式產生種子、傳宗接代，如此可擴大其物種基因遺傳的多樣性，理論上有其優點。竹子開花結實、行有性生殖是正常現象，且由其種子繁殖所得種子苗才是真正的新生世代。依此意義看來，吾人更應重視了解：開花後有沒有結實、有沒有種子可採、新生世代如何培育（竹子開花之後，大多數竹種會枯死，因此新世代培育相當重要）等議題。

關於竹類種子播種的要領，根據呂錦明博士從 1985 年開始採種育苗的經驗，竹類種子播種最好是即採即播，也就是採集後最好是馬上播，因為竹子的種子發芽力維持時間通常不是很長。竹子的種子，尤其是孟宗竹屬的竹類，包括孟宗竹、桂竹、布袋竹等，都是狹長形，向底部逐漸肥大，有如倒置的棍棒狀。發芽的源基是胚珠，而胚珠的位置就是在較肥大的底部，所以如果種子量少，或不是很多時，最好是 1 支穴植管插 1 粒種子，底部在下，淺淺插下，約 0.5 公分深，能夠直立的程度即可，至於種子較多時，就要用撒播，像撒稻種一樣撒在苗床上，再撒上薄薄一層土，不要太厚、還是能看見種子為宜，主要是要固定種子，再用"如露"輕輕灑水，最後是保護的措施，防止鳥啄食或是老鼠來取食即可，約 2 週內即會開始發芽。

## 三、竹林的栽植

### （一）竹種選擇

"居有竹"是文人墨客的最愛。在住家庭園種竹子，最好是選擇叢生型竹類，可以避免擴張侵入周圍景觀，而且選擇竹筍可供食用者更理想。例如綠竹、麻竹、烏腳綠竹等，除了可綠美化環境還可以生產食物。或是可種些"乖乖牌"的叢生竹類也不錯，例如鳳凰竹，中小型則有蓬萊竹、蘇枋竹、鳳翔竹、火廣竹、金絲火廣竹、銀絲火廣竹、變葉竹等等。此外，在居家的花臺內種竹，別忘了可愛而嫺雅如小女孩的內文竹，它也屬於叢生型中小型竹類。

如果一定要種桂竹、黑竹等散生型竹種，就得給它們劃定生育範圍，也就是要有隔離設施，例如灌製 1 公尺深的水泥隔牆。使用水泥的原因除了塑膠有劣化的問題，同時也因竹子的地下莖可以穿破塑膠板。地下莖碰到隔離牆，它會轉移方向，所以隔離牆要高出地面 5 公分左右，以防它"紅杏出牆"，而如果地下莖向下鑽到 1 公尺以下沒有隔離牆，它也會改變方向，可能鑽出牆外伸展，從越界地下莖長出竹筍冒出界外，但處理還算容易。散生型竹類另一稱呼是溫帶型竹類，所以像孟宗竹、方竹等在低海拔地區生長不會很好。桂竹與黑竹似乎較能適應低海拔平地，在北部低海拔的烏來、三峽山區可看到桂竹的林相。通常散生竹類栽



植成活後，初期萌發都會從小竹開始，不會馬上就長出與所栽同樣大小的竹子，這點要請喜歡種散生竹的人士忍耐幾年，其實有小竹參差其間也不是壞事。

在居家的花檯內種竹，要注意的是深度與排水問題，庭園花檯如果想要種花木，一定要維持排水機能良好。如果確定能夠排水良好，有 1 公尺深可種唐竹，苦竹類（邢氏苦竹、空心苦竹等）等的中小型竹類，深度較淺如 50 公分左右，可種崗姬竹、稚子竹等小型竹。

## （二）竹苗購買

具經濟價值的造林用苗（如昔日臺灣居民常賴以為生的經濟竹種：桂竹、孟宗竹、綠竹、麻竹）因較普遍，故可向農業改良場/產地農會或向栽培之竹農及推廣竹文化的相關園區詢問訂購，六大經濟竹種主要栽培地在北部為綠竹與烏腳綠竹，桃竹苗一帶為桂竹，中彰投雲林則是孟宗竹與麻竹產地，南部以蔴竹、長枝竹為大宗，因竹類的栽培多採無性分株法繁殖，為了降低病毒遍及感染，栽植區的分株苗最好採自無病毒感染苗或使用健康種苗繁殖園之健康種苗。各產地之農改場多有輔導之無毒健康種苗園，例如桃園農業改良場/龍潭.大溪農會（健康無毒綠竹筍種苗園）、臺南農業改良場/關廟.白河農會（健康無毒綠竹筍種苗園）、臺中農業改良場/大坑.臺中農會（健康無毒麻竹筍種苗園）。

蔴竹、長枝竹在早期屬建築竹材與編織竹材，但因生活條件改變此二竹類現今栽培造林的少，竹苗購買不易，需要時可在竹林間或向農家詢問以分株或扦插方式取得，取苗時要注意母莖本身亦需為健康無毒害之植株。

屬造園景觀栽植用苗，偶而可在假日花市零星看到，若無法找到需要的竹苗則須找種苗商詢問，造園景觀栽植用苗以國外引進為多，以彰化縣永靖鄉與新竹新埔鎮二處種苗園品種較豐富，詢問時請註明竹名與注意檢核叢生散生兩者的特徵差異，以免種苗商誤置。臺灣最早將園藝竹種作推廣的是南投竹山的青竹生產合作社，也是經濟與景觀竹苗兼有的竹苗種植供應地。

在決定選種的竹種前，除適地適種原則外，也建議可實地了解竹種的形態與栽培方式，除附近有的竹種外，亦可在全國各地之竹類標本園與竹相關之文化園區親見（北部於臺北植物園，中部有青竹文化園區、南投竹山瑞竹竹類標本園，南部為高雄六龜扇平竹類標本園，金門則設有國內竹種最完整豐富的竹類標本園）。



### (三) 種植時機

多數人們相信「種竹子要在清明之前」，如果是叢生型竹類倒無可厚非，但其實這不是絕對要件。主要需考量的是降雨情況以及要供為栽植的材料狀態。詩句中有「清明時節雨紛紛」之句，表示清明期間常常會下雨，若是雨水沒問題，剩下就是栽植材料的問題了。材料是分株苗，直插用竹稈，還是扦插用枝條？這些材料中最好的是分株苗，其他兩種材料只要處理得宜，同樣也是隨時都可栽種的，主要就是栽植後的水分需適當管理。

至於散生型竹類，由於地下莖發育期是在 7 月以後的高溫期，所以建議 7 月趁有降雨時期栽植，使栽植材料能在栽植後，先發育出新地下莖，新地下莖系統的及早發育與形成，可讓人提早判定栽植造林之成功與否，並且避免數量有限的栽植材料上的芽苞優先萌發長出地面成筍，減少或降低地下莖發育的機會。而從農曆 9 月以後到次年春初之前是低溫季節，地下莖上的芽苞會發育冒出地面長成竹子。

竹子是臺灣重要的自然資源，早年曾經廣泛運用在人們的日常生活，然而塑膠、鋼筋水泥等材料漸漸取代竹材，以致許多竹林荒廢。而今，再生資源運用是國際趨勢，竹林生長快速，能更新循環、永續經營，使竹產品成為全球重要的非木質林產品之一，是極具潛力的綠色資源。資源的善用，從知識的傳承與創造開始，讓我們一起努力更認識竹子。



## 8. 竹的國際視野

日期：2018-06-28

摘錄自臺灣竹會電子報雙月刊（2014-2016）

原著／林雅茵、徐啓盛、姚仁寬、林秀鳳、汪大雄、蔡毓玲、楊淵龍

摘錄整理／林雋雅

在鄉下成長的人常對竹子有特別的情感，竹子與農村日常生活息息相關，從防風林到農田作物支撐、燒火煮飯都用到竹子。60-80 年代，竹產業作為重要經濟來源，在竹山和關廟蓬勃發展，然而隨時代變遷產業轉型，農村沒落的同時，竹林、竹製品也從生活週遭消失，常民對竹子的感受越來越少。竹產業在缺乏需求動力下，逐漸停頓腳步，沒落了。與之相對，全球氣候變遷影響下，許多國家窺見竹子的環保特質，視之為潛力無窮的素材，近年竹產品貿易由東南亞逐漸向歐美市場擴張，產值已超過 15 億美元。這一波竹潮流，臺灣雖然反應不快，但也慢慢熱絡起來。由政府到民間單位，越來越多愛竹人投入臺灣竹業復甦。當中藉由國際交流刺激促進國內產業發展，是讓臺灣竹業重生的重要途徑之一。

### 一、世界竹會

世界竹組織（World Bamboo Organization，簡稱 WBO）亦簡稱世界竹會，是對竹子有共同興趣的個人、商人、培植與利用竹子的非營利社團、協會等世界各類團體聯合而成的組織。世界竹組織承繼 IBA、INBA 及各國竹相關機構，每 3 年在世界各國舉辦一次世界大會（World Bamboo Congress，簡稱 WBC）。大會宗旨為提供全球性的互動平台以促進與竹相關的基礎研究、實務應用、產業推廣、慈善計畫等，讓政府機構、企業主、非營利組織、學者專家、建築師、設計師等，均能藉由直接的網路串聯與資訊技術交流而彼此認識乃至進一步合作，透過竹子這種綠色資源實現社會與環境正義。1985 年，由前身 IBA 舉辦第一屆 IBC(International Bamboo Congress)後，持續至今已辦理十屆世界大會。今年(2018 年)8 月，將於墨西哥哈拉帕舉辦第十一屆世界大會，並有望在 2020 年於臺灣舉辦第十二屆世界大會。

### 二、韓國經驗：從生活到產業的整體建設

第十屆世界竹會於 2015 年在韓國潭陽郡舉辦，標語為「以竹許一個更綠的未來 (Bamboo for a Greener Future)」，潭陽郡政府自 2012 年起設置專案辦公室，預計投資經費 145 億韓元，實際參訪人次 104 萬人，包含約 5 萬國際訪客。在此活動前，潭陽郡以建設世界竹產業重鎮為目標，已歷經十數年的努力。



## （一）綠竹節 Damyang Bamboo Festival，看見持續耕耘的力

### 量

潭陽郡位於韓國境內竹林分佈的最北界，自古即有竹文化及竹產業。竹子在韓國主要作為生活器用，而近代工業發達以來亦曾經歷竹產業的沒落。崔亨植郡守致力於復興竹產業，以建設潭陽為世界竹產業重鎮為目標，據此發展縣政定位。其一建設潭陽為生態城市，特意保存周邊竹林，俾使中央平原農田地帶與市區舉目所望皆竹，並有低密度開發與低樓層限制。其二以竹產業和竹文化為發展主軸，軟硬體兼施，配套措施完善，如竹公園設置已成為民眾重要的休憩空間，更因韓劇偶像明星以此作為電影場景，遊人絡繹不絕。又如每年竹醉日前後辦理綠竹節(Damyang Bamboo Festival)以竹為主題塑造市容景觀，動員全民參與，傾全力提供遊客一套食衣住行育樂通包的全竹饗宴。

韓國潭陽竹子節活動慶典，自 1999 年開始，至 2014 年已舉辦十六屆。慶典在每年 5 月 3 日前後舉行，活動內容有竹製的各種生活用品、樂器、裝飾品的展示會、竹劍大會、搭乘竹筏、射竹水槍、射竹弓箭、用竹籃捕魚、製作竹筒酒、製作竹扇和裝飾品等各種體驗活動。也準備音樂會、默劇表演、竹製品宣傳館等，可一覽潭陽地區的風土民情。慶典活動的成功，來自活動本身用心規劃，以及更重要的是持續辦理，潭陽把竹子節訂為最重要的節慶，每年在固定時間舉辦竹子節已邁向第十六屆，讓潭陽竹子節成為全國性重要慶典活動，為地方帶來大量觀光收益。





圖 1、（上左）博物館裏的竹園 圖 2、（上中）竹文化體驗村裏面的韓屋 圖 3、（上右）竹公園與林下的茶樹  
圖 4、（下左）竹燈籠隧道 圖 5、（下右）綠竹節裏的竹扇匠師

## （二）2015 竹博覽會與第十屆世界竹會 Bamboo for a Greener

### Future

在行之有年的地方性竹子節基礎上，崔郡守向外爭取主辦第十屆世界竹會，同時進一步擴展舉辦高度曝光率與商業價值的 2015 竹博覽會。竹博覽會配合「在竹林中找到未來綠世界」之展覽主題(A green Future Found in the Bamboo Forest)，在竹博會內興建竹博物館、無形文化財傳授館、竹主題公園、竹遊憩施設、及竹製品販賣場所等。以「療癒與體驗」為主軸，希望大眾通過參觀博覽會感受竹子綠色未來的價值，在竹林的香氣深深陶醉下度過美好的時光。博覽會介紹六項竹林的價值：生態、文化藝術、藥理、產業、觀光旅遊、環境改善。

生態面向，主題館將竹林的生態價值與環境教育緊密扣合，透過竹子實體展示根系生長特性以及在永續環境中扮演的角色，更以 3D 實境影片將竹林生態投影於地面，讓知識傳遞跨越年齡層及語言限制。銜接主題館與國際館的戶外庭園，以不同竹種創造曲徑通幽的引導步道，更安排竹編搖籃與竹管躺椅讓人悠閒駐足，處處可以看到綠色設計的理念。

文化、藝術面向，主題館展示傳統到現代竹工藝領域發展出的各式生活與藝術作品，邀請登錄為無形文化財之工藝師現場示範。並以樂器為主題邀請各國提供影音展演與對應的竹樂器展出，增加國際訪客共鳴。此外，在綜合體育館演出 BAMBOO SHOW 主題秀，以 3D 動





畫將竹子與鳳凰的古老傳說配合舞台上的主角串聯成精采聲光秀，以文化結合科技提供不同層次體驗。大型竹鳳凰公共藝術亦作為主題象徵佇立於入口，成為顯眼地標。

產業面向，竹博覽會提供產業的多元視野與商機。主題館運用貼近現代生活的竹產品，並介紹相關研發範疇，引領人們重新認識竹子作為永續材料的趨勢。商業館則以韓國竹產品銷售為展出目的，以實質的商業行為促進潭陽竹產業的經濟效益。國際館展區則提供各國竹相關產品的觀摩交流。臺灣在國際館由工藝中心與工業技術研究院代表參展，工藝中心展現臺灣設計的創新力與藝術性，是展場最為精緻的展出。工業技術研究院呈現的則是臺灣在竹材六級化產業中的創新研發與商品化成果，如健康產業中的竹醋液、竹炭相關產品、美顏產業的面膜/保養品、營建產業的竹建材……等。

觀光旅遊面向，竹綠苑以無屋頂展場的竹林生態體驗為訴求，服務需求由竹構設施提供，由竹林與竹材料共同建構一個尊重自然、綠色永續的生態旅遊價值。也因為刻意維護的竹林生態特色，讓多部電視與電影選擇於苑內拍攝場景，讓潭陽的竹鄉意象廣泛被國人知道，甚而成為吸引韓流觀光客的賣點。竹綠苑外，竹林在景觀上的運用也結合苗圃解說整體規劃為竹博物館外部空間的休憩資源，周邊並有無形文化財的工藝師現場示範與竹製品的展售店面，是一微型三生(生態/生活/生產)產業展示的呈現。

潭陽不僅尋找竹的產業價值，更有意識地形塑竹林生活中的健康、休閒、生態、美學價值，活用當地竹子自然資源來提高地區形象，吸引旅遊人潮來到潭陽進而帶動潭陽各產業的發展。





圖 6、（上左）2015 南韓潭陽世界竹博覽會會場入口 圖 7、（上右）BAMBOO SHOW 主題秀

圖 8、（中左）孟宗竹全竹大餐 圖 9、（中右）通往展覽會場橋樑上作為點飾用之竹編品

圖 10、（下）竹綠苑公園內陳設之竹設施



### 三、臺法交流：時尚工藝培植需根植於生活文化

2007 年工藝中心打出時尚工藝，結合設計師與工藝家一同創作出當代意象的工藝設計。並在 2008 年時以「Yii」品牌帶著這些時尚工藝作品至巴黎參展，大受歡迎，其中代表著臺灣味很重的竹工藝設計，更是歐洲關注的焦點。自此，臺灣的竹找到新的生命火種。2009 年起，法國設計師與臺灣工藝師展開合作，持續進行竹工藝新品研創，至 2014 年已累積至上百件。在文化部巴文中心與法國「手牽手」(Hand in Hand) 設計協會共同的努力下，配合巴黎「設計師週」(D'DAYS)，在巴士底設計中心展出臺法交流所開發出的 70 餘件作品。展覽期間，舉辦竹藝講座與二場次工作坊，成就了臺灣的竹工藝進入法國的主流社會，並獲得了許多正面的評價。

法國在工藝傳承、銷售與生活文化方面有兩個重要單位值得參考:LES COMPAGNONS DU DEVOIR (匠師成長陪伴協會)是一所訓練工藝人才的機構，受政府及民間企業的補助，新進學員以 21 歲以下為主，需接受 7 年的訓練學程，課程重視紮實及多元學習，除工藝技能外也加強它國語言的學習，因此學員常被分配到世界各國駐場學習，總共有 27 種專業的工藝技能班開設，總部設有學科教室、宿舍和餐廳。LA FONDATION DE COUBERTIN (顧拜旦基金會)與匠師成長陪伴協會是同一創辦人，但經費獨立運作，基金會占地約 30 公頃，其前身是一座古農場，在法式古堡建築裡，設有宿舍、餐廳、教室、展示室和工藝工廠，工藝工廠主要分為金工、石工和木工。藝術雕塑作品佈置於綠草如茵，樹木林立的廣闊庭園中，是一處景觀極佳的古堡。該基金會主要經費來源，為接受客戶的訂製生產，每一不同材質的工坊，各有約 30 名左右的工作人員，這些人力資源，多數源自於經過匠師成長陪伴協會訓練學成的學員或師傅。

綜觀這兩個單位，其訓練和學成後的出路是一貫性相連接的。另外基金會的主力材質集中在石工、金工和木工，也源自於大巴黎地區的歐式建築所需，因之，工藝的推動與保存，唯有根植於生活文化中。



圖 11、（左）法國 jes 設計工作室和林建成合力完成之竹編椅

圖 12、（右上）HAND IN HAND 臺灣---巴黎展竹片彎曲材料講解

圖 13、（右中）學員進行加熱彎曲 圖 14、（右下）自由創作-金字塔型掛燈

## 四、日本工法：「功能性直根竹」邊坡防治

臺灣有地震、颱風，山區山崩、河岸潰堤、土石流等是必須面對的重要課題。日本以栽種深根林木取代淺根性植物為坡地復育的執行方向，發現一種地下根僅垂直向下生長的蓬萊竹，其根部合軸叢生，生長異常茂盛，長度可達 10 公尺，約在五年內即能快速長成如竹樁、地錨般，可穩定淺層坡地、復育地表。經日本琉球大學等學術單位多年重覆驗證，已成功應用於淺層邊坡土石流的防治。



此蓬萊竹為百年前經日本先民由蓬萊仙島(台灣)經琉球引進至九州南部、鹿兒島等地，故取名為蓬萊竹。經過詳細比對後研判，證實蓬萊竹即為蓬萊竹屬八芝蘭竹。然而，此珍貴植物因不屬於經濟型作物而幾乎被砍伐殆盡，僅剩部份山區如陽明山國家公園、霧峰九九峰、高雄六龜等少部份區域仍可見其蹤跡。投入八芝蘭竹復育的楊淵龍先生歷經八年努力，成功復育並取商品名為「功能性直根竹」，通過行政院公共工程委員會認證，栽種「功能性直根竹」可提高淺層坡地土壤的抗滑安全係數，進而達到防治土石流的目標。同時，其具有減碳、淨化水質與空氣、綠化環境、復育地表等多重優勢。

然而「功能性直根竹」應用推廣上仍遇瓶頸，希望認同此理念的社會賢達與有力人士共襄盛舉，復育此台灣原生種八芝蘭竹並分散植栽於易滑動的山路邊坡、湖岸邊等，以防治山崩、土石流、暴雨沖蝕所造成的生命財產損失，拯救山林、綠化國土。

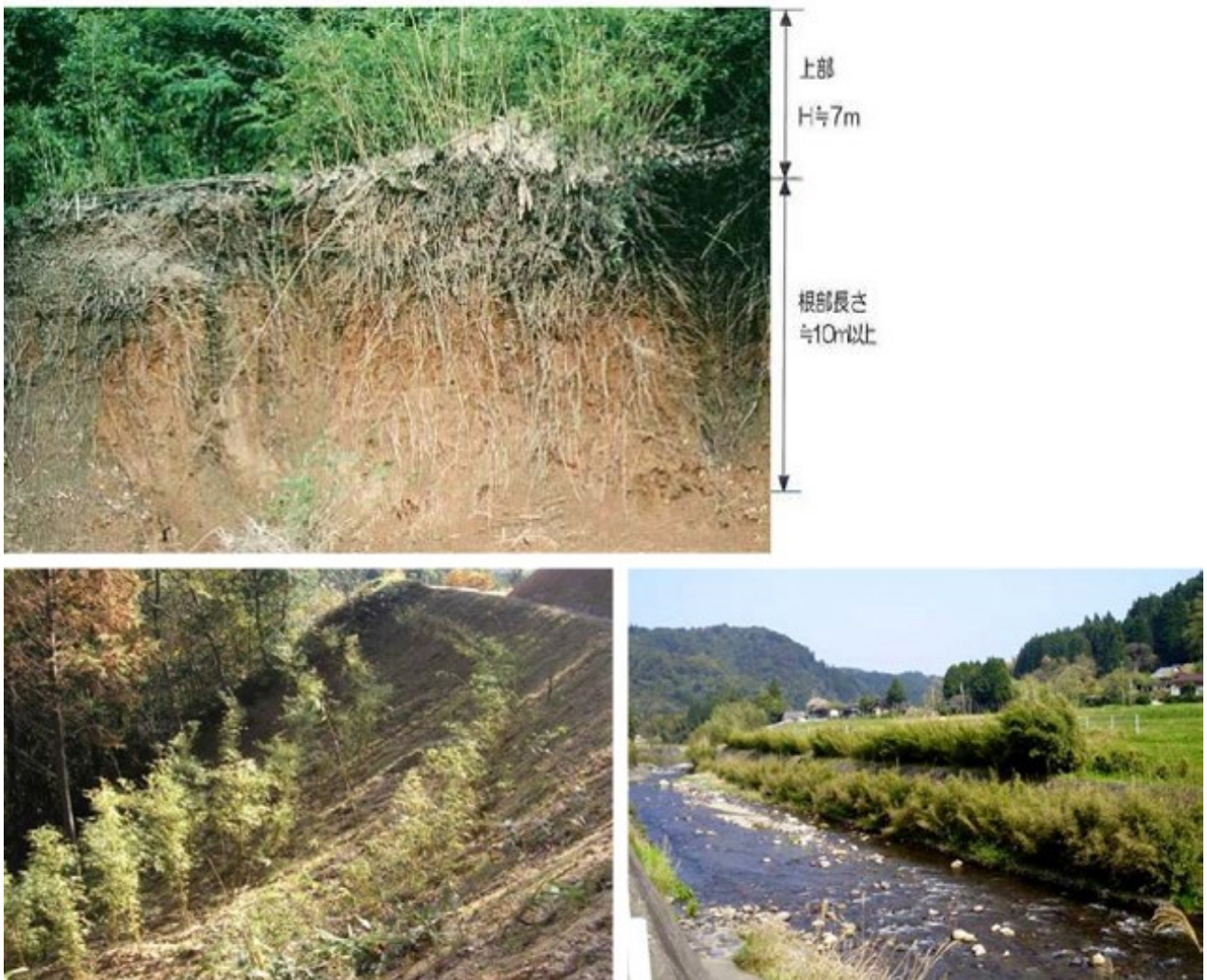


圖 15、(上) 直根竹的根部垂直向下生長

圖 16、(下左) 直根竹可應用於邊坡坍方的防治

圖 17、(下右) 直根竹可應用於穩定河岸邊坡



## 五、臺灣竹會

臺灣竹會由一群關心竹子未來發展的朋友們組織而成，緣起於一段國際交流的經驗。2012年2月初，藍色經濟（The Blue Economy）及零浪費基金會（Zero Emission Research Initiative ZERI）創辦人，Mr. Gunter Pauli 藍色革命（The Blue Economy）、藍色經濟—我的零浪費（Zen and the Art of Blue），以及甘特寓言（Gunter's Fable）等作者，應雲林故事人協會之邀，在雲林故事館舉辦一場座談會，分享他的團隊2000年在德國所建構世界上最大的竹建築的歷程。從中得到許多的啟發，並得知每3年一次的世界竹子年會（World Bamboo Congress /WBC），將於2012年4月在比利時進行。

本會8位發起人，為了多了解有關竹子相關的發展現況與趨勢，決定一起前往比利時見學，見識到世界各國的愛竹學者專家們，對竹子的研究、應用（建築及藝術）、開發、保存，以及碳權與水土保持等領域的經驗與發展分享，也感受到世界各地對竹子相關的利用及培植的熱潮。反觀臺灣擁有原生的竹子物種，同時，又地處適合溫帶及亞熱帶栽種竹子的特殊生態區域，卻讓具有如此發展潛能的竹產業日漸凋零，缺少全方位利用與開發竹子的視野。有鑑於此，一群關心竹子未來發展的朋友們，在前臺大森林系教授吳順昭的號召下，進行整合臺灣竹產業資源及相關的發展現況，於2013年8月18日，共同組成非營利組織「臺灣竹會」。

目前會員含竹栽培/管理、竹研究/教育/文化、竹加工/工藝/文創、竹建築/工程/景觀四大類，有竹相關的研究學者、竹建築與工程技術專業、竹工藝師傅、栽植竹苗專家等產官民學界人士，共同致力推廣竹文化，並規劃、整合、執行及推動臺灣竹產業的各項創新發展活動與計畫。在會員的積極參與下，現已發行17期電子報，且和許多在地與國際資源串聯，每一個連結就像一塊塊拼圖，讓臺灣和比利時、日本、韓國、中國、印尼、美國、巴西、哥倫比亞、墨西哥、澳洲、南非等國進行實質的文化交流與資源連結。

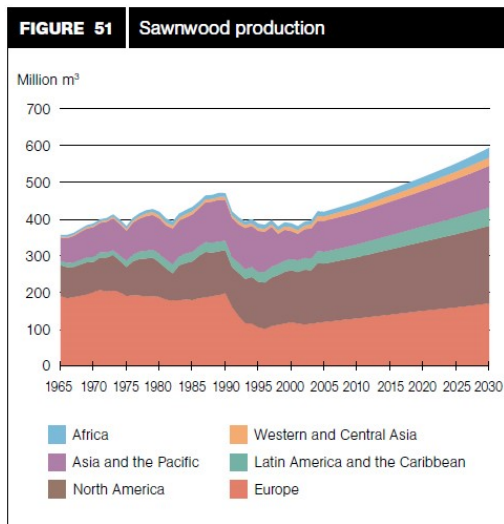
竹子是世界資源及環境永續的主要趨勢之一，臺灣應立足在地，放眼國際，持續關注世界竹產業動態，吸收各國經驗，同時也將臺灣累積的竹經驗、竹相關研發與世界分享，促進更多元、更寬廣的跨國、跨領域合作與發展。

## 9. 種竹子代替砍樹：永續的土地恢復方案

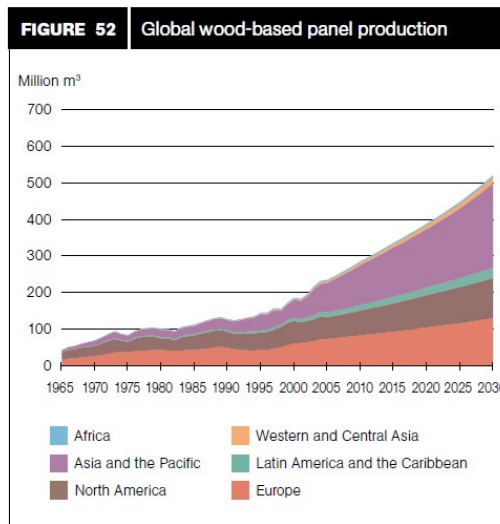
日期：2018-07-10

作者：台灣竹會 林雋雅

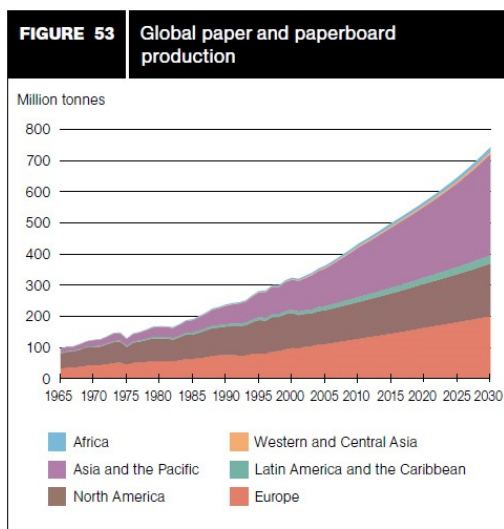
2016 年全球人口 74 億、GDP 76 兆美元，據聯合國糧食及農業組織（FAO）估計，2030 年全球人口將成長達到 82 億、GDP 達到 100 兆美元。隨著人口成長、經濟發展以及環保材料的推廣使用，木材需求量將日益增加。然而，目前全球人工林可供應的木材不足需求量的 30%，因此溫帶森林、熱帶森林仍持續面臨砍伐壓力。在供不應求的市場中，必須尋找非樹木、無砍伐森林的纖維替代來源；同時，對於已遭砍伐或干擾退化的土地，亦需要經濟上可行的土地恢復方案。



SOURCES: FAO, 2008a, 2008c.



SOURCES: FAO, 2008a, 2008c.



SOURCES: FAO, 2008a, 2008c.

圖一（左上）、鋸木生產  
圖二（右上）、人造板生產  
圖三（下）、紙和紙板生產

（資料來源：State of the World's Forests 2009）



## 一、竹材作為木材替代方案

竹林生長快速，能更新循環，永續經營，且竹材、竹纖維可用於製造大多數以木材、木纖維為原料的產品。竹產品為全球最重要的非木質林產品之一，竹材生產被視為極有潛力的木材替代方案。而竹材作為木材替代品的應用方式可大致分類如下：

1. 日用：竹製家具如桌椅、櫥櫃、床架。生活用品如竹製容器、廚具、枕頭、抱枕、扇子、童玩。生產用具如農用斗笠、棚架，漁獵用竹弓箭、陷阱、蝦籠、魚簍。交通工具如轎子、竹筏。
2. 紙漿：竹子有長纖維，可代替木材作為紙漿原料，所生產的竹紙品質與木漿紙相當。
3. 建築：在亞洲、非洲和南美洲，竹子是許多國家的主要建築材料之一，竹材具備堅韌、輕量、彈性等特質，可運用在房屋各部份，如柱子、屋頂、牆壁、地板、橫樑和桁架。進一步將竹子製成複合板材，則可有效消除竹桿不均質、桿件個體差異等因素造成材料品質不一的問題。竹複合板材具有良好的剛性、耐久性，能廣泛應用在現代建築中，從結構材料到地板、屋頂、隔板、門窗等。
4. 竹炭：傳統生活裡竹子作為燃料，是木炭或煤的替代品。現代運用高溫炭化技術燒製成竹炭，質地密緻多孔、比表面積大，具有吸附、調濕及蓄熱保溫等機能，發展出許多用途。例如除臭、清潔飲用水、烹飪、沐浴、改善土壤、調節室內濕度、保持蔬果和鮮花的新鮮度、導電等。(Chaowana 2013)





圖四、臺中烏日華德福大地實驗教育機構校舍（大藏聯合建築師事務所）



由竹材的應用可見，竹材有與木材相似的特性（例如長纖維、非均質、非等向性），同時也有不同於木材的性質（例如竹桿中空、有竹節、輕量、富彈性、高澱粉含量），這些特性讓竹材不僅可作為木材替代品，更能發展出多元的應用，然也因為部分性質的差異，導致人們無法直接用木材加工技術來進行竹材加工，而需要技術的研發改良。

## 二、竹材特性

了解竹材有哪些不同於木材的性質，有助於確立技術研發目標。巨觀而言，竹桿中空、有節，管壁的纖維成整齊垂直排列，水平向收束則完全由竹節提供。竹節的密度比節間大，技術面而言，可能磨損加工設備、造成膠合不易等。整枝竹桿呈現不均質狀態，不均質可從竹桿直徑、竹壁厚度、節間長度來描述，竹桿直徑大致隨著高度遞減，在竹頭端（約離地高度 1/3 以下）的直徑變化較小；竹壁厚度隨著高度快速變薄，但在尾端（約離地高度 2/3 以上）的變化較小；隨著節數（接近地面為第一節）增加，節間長度先增後減，意即中段的節間較長，兩端節間較短（節較密）。材料密度方面，竹材密度介於 0.4~0.9g/cm<sup>3</sup>，整體而言大於硬木，但竹桿密度是不均質的，密度由竹桿內部向外部、由竹頭向末梢增加，竹節密度較高、節間密度較低。因此，竹複合材料的密度也相對不均勻（與木複合材料相較之下）。尺寸穩定性方面，竹子的尺寸穩定性比木材更好，是作為複合材料原料的有利條件，然而就像木材一樣，竹子在不同方向的尺寸收縮度不同。收縮和密度有關係，密度高收縮度低，切向收縮大約是徑向收縮的一半，縱向收縮則相對很小。

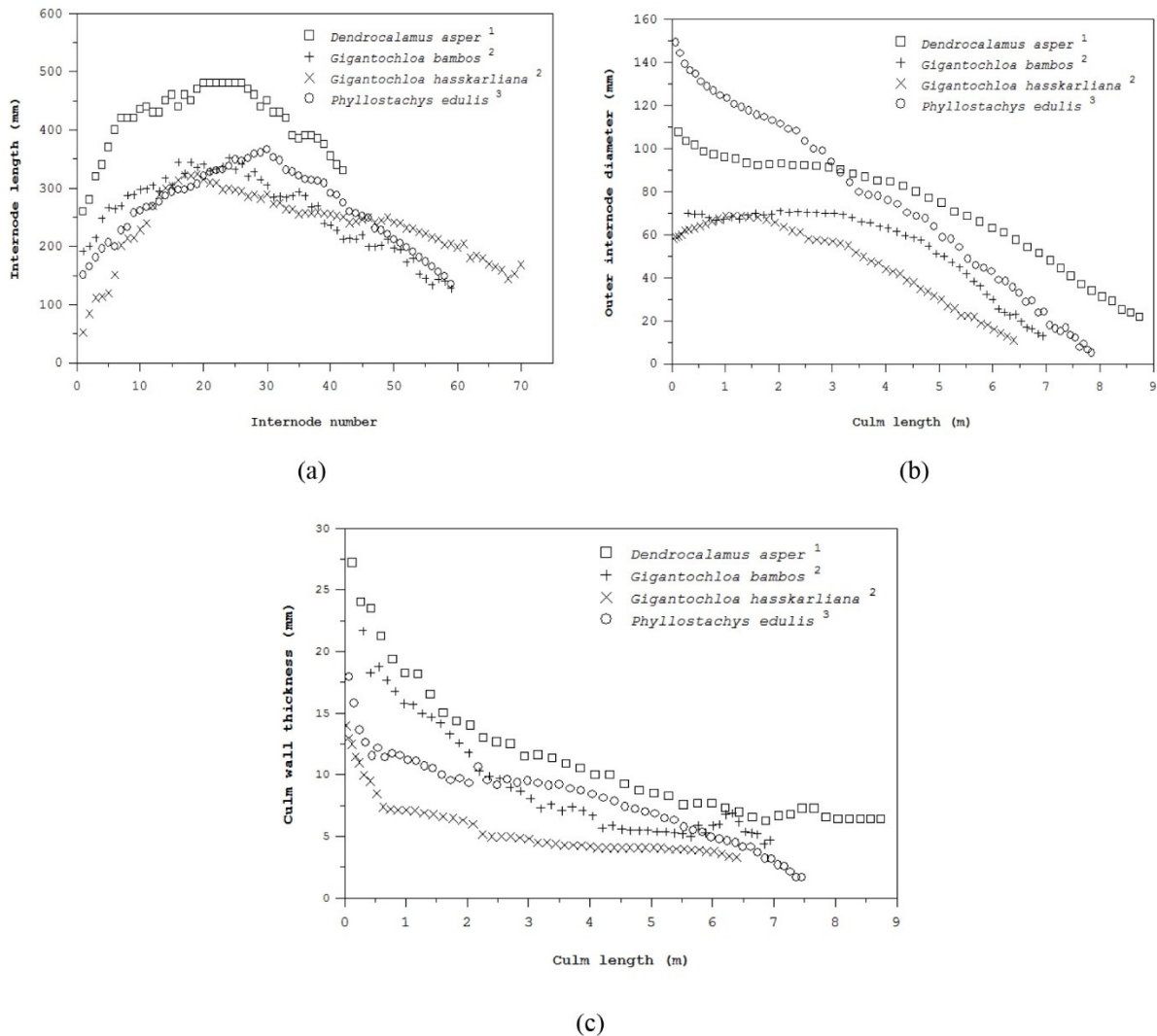


Figure 1. Variation of macroscopic characteristics along the height of four bamboo species for (a) internode length, (b) outer internode diameter and (c) culm wall thickness

Source:

<sup>1</sup> Malanit, Barbu, Liese, and Frühwald (2008)

<sup>2</sup> Sutnaun et al. (2005)

<sup>3</sup> Amada and Untao (2001)

圖五、四種竹種高度的巨觀特徵變化 (a) 節間長度 (b) 直徑 (c) 竹桿壁厚度  
(資料來源：Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites  
(Chaowana, 2013))

微觀來說，竹桿由薄壁組織、導管、纖維組成，觀察竹桿橫剖面可以發現薄壁組織和導管在竹桿內側分布較多，竹桿外側則有較多的纖維。垂直面而言，竹頭部分薄壁組織較多，越往高處纖維比例越高。竹纖維的長度約 2-4 毫米，與軟木相當，所以被視為紙漿原料的替



代品。竹桿內外覆蓋有特殊的保護層，外側表皮細胞上有蠟質層，具疏水性，因此不利於黏著劑的塗佈；內側則有厚壁細胞層，同樣不利黏著。製作複合板材的過程中，黏著劑是否容易附著與竹材表面的潤濕性 (wettability)、pH 值、緩衝能力有關。潤濕性 (wettability) 可用接觸角 (Contact angle) 來度量，接觸角是液體界面接觸固體表面而形成的夾角，接觸角大潤濕性差。竹桿外壁潤濕性較差，竹桿內壁潤濕性較好。竹桿接近竹頭端的潤濕性較好，越往末端潤濕性越差。由於潤濕性差異，適用於木料膠合的黏著劑無法直接適用於竹材膠合，而需調整配方，例如使用表面張力較低的黏著劑、或增加其他幫助親合的成分。此外，竹材 pH 值偏酸，與多數木材相似，然其緩衝能力強，因此在需要改變 pH 值讓樹脂固化的方法中，竹材需要使用大量的酸催化劑。

就組成成分而言，竹材主要由纖維素、半纖維素、木質素構成，佔總質量 90% 以上。微量成分有樹脂、丹寧、蠟和無機鹽。竹子的化學成分與硬木相似，但含有較多由二氧化矽、鈣、鉀等無機礦物組成的灰分，會對加工機械產生不利影響。竹子含有澱粉、醣類、脂肪和蛋白質。澱粉是真菌和昆蟲喜歡的食物，因此竹子內大量澱粉的存在將使竹子容易受到真菌和昆蟲的侵襲，導致竹材結構受破壞而耐用性降低、使用壽命縮短。因此，竹材需要加工處理以降低澱粉含量、增加抗蟲、抗菌力。

機械性質方面，竹子與木材同樣都是非均質、非等向性材料，因此其機械性質不穩定，會受到微觀結構、竹桿高度、竹桿生長位置，竹桿密度、竹桿水分含量等多因素影響。大抵而言，竹子比木材有更強的抗彎強度、縱壓強度，且在平行紋理方向強度最高，其斷裂模數 (MOR) 和彈性模數 (MOE) 高，特別適合做為定向纖維板。另一方面，竹子的抗剪強度與木材相似。由於竹纖維的平行排列，竹桿很容易加工成片狀、條狀，有利於進一步製成合板、集成材等，其成品有良好力學性質、尺寸穩定等優點，已被廣泛運用在建築結構、裝飾、地板等。(Chaowana 2013)



Table 2. The mechanical properties of some bamboo species

| Bamboo species                   | Modulus of rupture<br>(MPa) | Modulus of elasticity<br>(MPa) | Shear strength parallel to grain<br>(MPa) | Compression strength parallel to grain<br>(MPa) |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|---|
| <i>Bambusa blumeana</i>          | 99.8                        | 4,100                          | 4.5                                       | 24.0  |
| <i>Bambusa vulgaris</i>          | 62.3                        | 6,100                          | 4.0                                       | 25.3  |
| <i>Dendrocalamus asper</i>       | 85.7                        | 6,300                          | 5.4                                       | 31.5  |
| <i>Gigantochloa scortechinii</i> | 52.4                        | 4,800                          | 4.3                                       | 27.0  |
| <i>Gigantochloa levis</i>        | 78.5                        | 5,100                          | 4.8                                       | 40.0  |
| <i>Balanocarpus hemii</i>        | 122.0                       | 1,800                          | 13.7                                      | 69.0  |
| <i>Koompasia malaccensis</i>     | 100.0                       | 1,700                          | 10.0                                      | 54.7  |

Source: Liese (1985).

表一、竹子的力學性能

(資料來源：Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites (Chaowana, 2013))

由上述竹材巨觀及微觀特性，可知以竹材替代木材可能面臨的技術問題，將需研發切割加工技術，以解決原材料不均質、加工設備耗損等問題，也需研發竹材膠合技術，以及竹材防蟲防腐技術，而各項技術皆需同時以節能、環保為目標，如此創造之綠色竹產業才能永續經營。

### 三、土地恢復方案

竹子主要分布在東亞、南亞、非洲中部、南美洲，自古是熱帶、亞熱帶地區人們生活中常用的材料。竹子生長快速、循環不息，食、衣、住、行、育、樂都可見到竹子的蹤跡，竹林可作為住家圍籬，而住家附近的竹林提供生活所需的竹材，竹桿既是日用品的素材也是燃料，竹筍可以食用，竹籜、竹葉可當包裝材，全株都可利用。然而在工業發展後，石化產品、鋼筋水泥等材料取代了竹材，竹子離開了常民的生活。反倒是全球環境問題日益嚴重的情況下，竹子受到歐美市場的注意，以環保材料的新姿態回歸生活應用，其中一個應用方向即是作為木材替代品，竹材由於纖維特性，可用於製造多數以木材為原料的產品。

竹林具有固碳、水土保持的功能，更重要的是可以持續提供纖維，取代或減輕天然林砍伐的需求。而竹林種植土地，可選在因人為干擾而退化的土地上。全球森林資源歷經人類長久開發，留下滿目瘡痍的土地，土地恢復是當前國際努力的目標。竹林生命力堅韌，在已砍



伐、退化的森林土地上種植竹林，可恢復土地生產力，加以適當的竹林管理可以創造良好的生態環境，土地恢復的同時，也減輕森林開發的壓力。

竹材產量與品質以及土地恢復方案的可行性，都與竹林管理與伐採有密切關係。人工林為了經營管理方便，多為同齡林。但竹子由於生活史以無性繁殖為主的特性，竹林為異齡林，意即一片竹林同時有各年齡的竹子，有新生的竹子、成熟的竹子、老的竹子。竹子隨著竹齡成熟，直徑雖然不會增長，但竹管壁的紮實度會增加，結構性變強，而後隨著竹子漸漸變老，其結構又將逐漸衰退。因此，在以竹材品質為主要考量的情況中，最佳的伐採方式是擇伐，僅將成熟的竹桿採收，並進行適當疏伐管理，如此將有利竹林的永續生產。而伐採的季節也會影響竹材的品質。竹子含有大量澱粉，澱粉是真菌和昆蟲喜歡的食物，因此竹材的澱粉含量與耐久性有密切關係。竹桿內的澱粉很難加工去除，所以若能在伐採時選擇竹桿澱粉含量較低的季節（竹桿內澱粉含量在筍期過後降到最低），將有助於增加竹材耐用性。

竹材是全球最重要的非木質林產品之一，由竹林管理、竹材伐採到竹材處理、加工，在傳統技術經驗的基礎上，研發新技術方法，提升竹材料品質、耐用、強度，降低生產損耗，並確保生產流程友善環境，是值得持續努力的方向。

## 四、永續產業評估

竹子主要產地在亞洲、南美洲，考量環境永續性，需評估從產地到消費者之間生產、加工、運輸等過程中對環境產生的影響；考量經濟價值，則須檢視竹林的單位面積生產量與其他人工林相比是否有競爭力。生命週期評估 (Life Cycle Assessment) 指評估一項產品從生產、使用到廢棄或回收再利用等不同階段所造成的環境衝擊，包括能源使用、資源耗用、污染排放等部分。方法有兩個基本步驟，羅列能源使用、資源耗用、污染排放清單，分析後以單一指標作為代表。以「Eco-costs 2007」為其中一種單一指標，將資源單位用量、污染排放量換算為金額（防止環境影響所需花費），再進行加總計算。

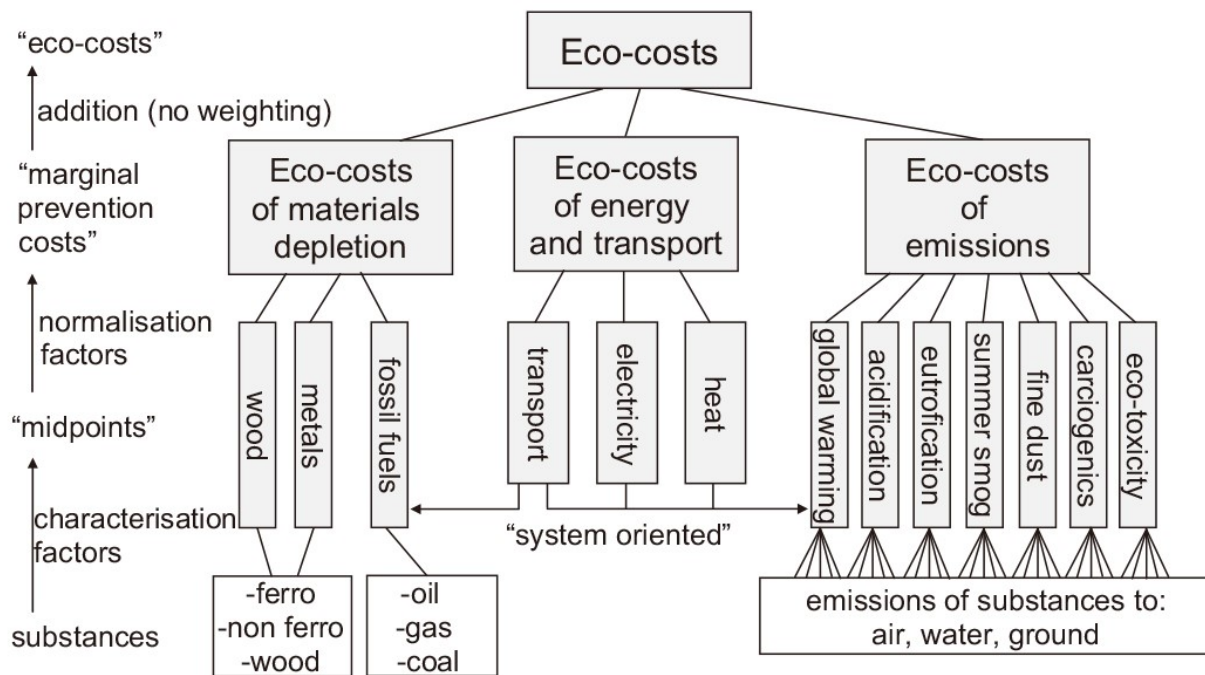


Fig. 5. Calculation structure of the eco-costs 2007.

圖六、Eco-costs 2007 的計算結構

(資料來源：The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use (Vogtlander et al., 2010))

Vogtlander 等人於 2010 年研究，以中國產孟宗竹運送歐洲鹿特丹港再轉運倉庫為例，說明在產地應用原竹材料具有環境永續價值；然而若將竹桿運輸到歐洲，將因運輸距離長而失去環保意義，而若能在產地將原竹材料加工製成膠合板 (plybamboo) 或重壓板 (Strand Woven Bamboo, 簡稱 SWB) 再進行運輸，則可降低運輸過程的環境成本，同時促進產地的產業經濟發展。相較於原產在熱帶的闊葉樹木材 (FSC 認證材料)，無論使用原竹或加工後的竹材都更環保，然而，在歐洲仍以就地使用當地樹木材更具永續性。(Vogtlander et al., 2010)

臺灣是竹類原生地，六大經濟竹種提供多樣的竹材料選擇，以在地竹材替代部分進口木材、鋼材等，是應積極發展的方向。