

台灣真菌多樣性資源與研究現況

吳美麗*

摘 要

本文闡述由菌絲體組成的一群生物—「真菌」的形態特徵，以實例或研究過程中拍攝的形態、生態的圖片說明它們與人類生活的密切關係及其對人類產生的重要影響，並介紹其在生態系不可或缺的地位，說明何以它們是重要的生物資源，再介紹台灣目前對這類資源的研究概況，期使未來台灣在推行「生物多樣性保育」的理念能落實，且實務工作也能順利推行。

關鍵字：真菌、生態系、生物資源、資源研究、生物多樣性保育

* 台北市立師範學院環境教育研究所教授

壹、緒論

依據學者所言，「資源」的概念是主觀的、相對的和功能的（Mitchell，1979），它其實是一種人類評價的表示（王鑫，1989），並沒有一定的定義，不同時代的人對不同的東西或物質有不同的需求，因而對資源有不同的認定。一般而言，對人類活動有助益的即可定義為資源。因此自然環境中例如土壤、水、放牧地、森林、野生物、礦物或人口等，如果可以被人類使用去改善人類福祉，都可被稱為「自然資源」（Owen，1985）。自然資源當中有一些是屬於生物的，特稱為生物資源，自然資源中，小至原生動物、細菌、真菌等生命個體，大至巨木、飛禽走獸，都屬於生物資源的範圍，它們彼此之間形態不同，生理和遺傳也有顯著的差別，深具多樣性的變化。

「Biodiversity」生物多樣性的其他譯名為生物歧異度、生物龐雜度、生物的多樣性、生命多樣性等，生物多樣性其定義是指在所有組成層級（或層次）中的所有形式的生命體（the life in all its forms at all levels of organization）。其內涵基本上可分為遺傳多樣性、物種多樣性及生態系多樣性等不同層級。以前對生命層級的概念為肉眼無法觀察到的微生物至肉眼可見的大型生物，現在對生命層級的概念則為生態系、地景系統，甚至例如 1987 年 Lovelock（1987）或金恆鏞（1994）的出版物中，說明整個地球亦可視為一個超級生命體。因此所有資源中各種不同的生命體，包括在陸地、海洋及其他水棲

的生態系以及生態系中複雜的交互關係亦可視為生命體。

美國的國家科學院（National Academy of Science）及史密斯森研究院（Smithsonian Institution）於 1986 年 9 月 21~24 日在美國華盛頓特區舉行了「生物多樣性的國家論壇」，提出有關於『對生物多樣性的認識及問題所在』。大會製作媒體配套宣傳資料，舉行媒體招待會，終於引起社會大眾的關注及美國國會的注意。一些著名的生物學者並且共同聲明「物種滅絕危機對人類文明造成的威脅僅次於熱核戰爭」。此後 Edward O. Wilson 與 France M. Peter 於 1988 年出版了「Biodiversity」一書。1988 年生物學摘要的關鍵詞並無 Biodiversity（生物多樣性），但 1993 年生物的多樣性或生物多樣性（Biological Diversity or Biodiversity）分別出現 19 次與 72 次，目前大家習慣用「生物多樣性」這個名詞。

1992 年 6 月 5 日在巴西里約熱內盧（Rio de Janeiro）舉行的聯合國環境及開發大會（UN Conference on Environment and Development），亦即世界高峰會議（World Summit）期間，「生物多樣性公約」（Convention on Biological Diversity），開放給各國簽署，至 1998 年 8 月為止，正式批准加入公約的國家或經濟共同體已達 174 個（趙榮台，1998），至 2000 年 5 月已有 177 個締約方，堪稱全球最大的保育公約，也是第一個國際性且影響層次最為深遠的公約，台灣雖非聯合國的會員國，但也積極參與生物多樣性的保育工作。

生物當中有一群名叫真菌的生命體，它

是一群由菌絲組成的個體，利用孢子繁殖，具備分解物質的能力，使得物質在自然界中構成一個循環，而在生態系中扮演著相當重要的分解者的角色。真菌在生態系中不只是扮演分解者的角色，它還是許多昆蟲主要的食物來源，對這些昆蟲而言，無其他食物可以取代。真菌持續在地球生活圈、生態系統功能中，尤其透過和其他植物或動物共生而扮演著非常重要的角色，對多樣性的維持及人類進展也有重大的影響（Hawksworth, 1990）。

在台灣我們卻對真菌的瞭解極為有限。雖然台灣地處亞熱帶，濕度大，山區中的許多林地環境適合真菌的生存，惟早期只有日人澤田兼吉氏曾做了一些真菌研究的報導（Sawada, 1959），台灣光復後，最初階段多數學者專注於真菌病害的研究，對於資源研究僅有少數的或零星的調查報告（陳瑞青，1992）。

1970 年代之後，台灣菌類研究人員較以前多元化，大專院校從事真菌教學研究科系增加，各研究機關也增加，從事真菌學研究相關的研究人員較以往多些，同時國科會、農委會目前均資助菌類研究，使得國外訓練的菌類人才也陸續回國從事研究，因此使得台灣真菌研究較以前（1950 年-1970 年）有更多的進展。

目前台灣共記錄有 1276 屬 5936 種真菌（含種下和同物異名），約佔全世界已知 65000 種之 8.3%（王也珍等人，1999）。有些綱或目在台灣甚至沒有人研究和記錄過。與世界一般研究成果比較，台灣菌類資源仍須加強研究。故本文擬首先闡述生物多

樣性之中，真菌這類生物資源究竟為何物，再談人類如何利用真菌，使真菌成爲人類生活中重要的生物資源之一，最後介紹台灣對真菌資源研究的現況，以期待未來的保育工作中，有關「生物多樣性保育」的理念得以落實，保育工作更能順利推行。

貳、何謂真菌多樣性

真菌的種類繁多，分類系統很複雜，爲了便於中、小學甚或大學的教學，一般將常見真菌分成四類：接合菌、不完全菌、子囊菌和擔子菌，以下根據這四種分類大要，分別對真菌物種的多樣性就形態、生殖方式和生態分佈或習性做概論性的介紹。

一、接合菌亞群（Zygomycotina）：

共有 115 屬，600 種，它們廣佈於全世界（刑來君和李明春，1999）。大多是腐生，可見於土壤中、落葉、枯枝、腐木、樹皮甚或蔬果上。有些種卻常見寄生在昆蟲身上。接合菌亞群中的毛菌綱，其菌體簡單具有分枝，產生小型孢子囊或大型孢子囊或厚壁休眠孢子，常見於節肢動物消化管或外角皮，營寄生或共生生活。

接合菌亞綱營養時期菌絲發達，不具隔板，兩型性，具有不運動的孢子，細胞壁爲幾丁質、幾丁醣或多葡萄糖胺。在習性上，有些成員在昆蟲原生質體內寄生。無性世代以孢子囊爲主，由孢子囊柄頂端著生（圖 1），孢子囊球形或管狀，內含有多數或少數甚至單孢的孢子囊孢子。有性世代由兩個性別不同的菌絲癒合形成配子囊，等兩壁溶解

即形成接合孢子（圖 2）或成為休眠孢子，經萌發後再行減數分裂長出菌絲或形成一個萌芽孢子囊，其中較常見的為屬於根黴屬，俗稱黑麵包黴（*Rhizopus nigricans*）的菌種。

二、子囊菌亞群（Ascomycotina）：

共有約 1800 屬，25000 種（刑來君和李明春，1999）。台灣地處熱帶、亞熱帶且兼具高海拔之溫帶氣候，子囊菌類的資源相當豐富，不論是平地或高山全年都可以採到子囊菌的子實體，也就是它們的有性世代。但是植物寄生性子囊菌的有性世代之形成則依菌類及季節的不同，而有所差異。所有子囊菌類的有性生殖都由接合子形成一個子囊（ascus），在子囊中減數分裂而產生單倍數的子囊孢子。

最簡單子囊菌，如酵母菌只有一個細胞。但是大多數的子囊菌都是由多細胞的菌絲所組成。其每一個細胞中有一個細胞核及多數小液胞。菌絲的橫隔上有孔可使細胞質及核通過，通常菌絲都有分枝而互相結合為菌絲體，有時菌絲緊密結合為菌核。

子囊菌類的無性生殖有兩種：1.單細胞菌類，如酵母菌行分裂生殖或出芽生殖；分裂生殖是指生殖時由母細胞分裂為兩個相等的子細胞，出芽生殖是由母細胞分裂出一個較小的新細胞。2.多細胞的子囊菌類則藉產生分生孢子，行無性生殖。分生孢子柄有散生的，也有集合為孢子盤（acervulus）或孢子腔（pycnidium）。

而其有性生殖時兩配子接合後會產生子囊（圖 3），產生子囊的過程，首先為不同

生理的菌株分化成雌的產囊器及雄的藏精器（圖 3A），產囊器上方產生受精絲，可使雄器內的精細胞進入產囊器，使雌細胞染色體套數變成 $N+N$ ，接下來產囊器內接受精細胞後形成產囊絲（圖 3B），之後在產囊絲頂端再形成彎鉤（crozier formation，圖 3C），彎鉤內具不同生理的兩個核（以黑色及白色的圓圈，代表不同生理的細胞核）形成 $N+N$ 套染色體，當子囊母細胞內核融合後即形成雙套染色體 $2N$ ，然後在子囊中減數分裂而形成 4-8 個子囊孢子（圖 3D）或進一步有絲分裂形成 16 個子囊孢子。單細胞的子囊菌其子囊都是散生的。多細胞的子囊菌，子囊通常集中在子囊果中。在子囊果中尚有一些側絲。子囊果成盤狀的叫做子囊盤（apothecium，圖 4），子囊果球形而有開口的為瓶狀子囊果稱為子囊殼（perithecium，圖 5），子囊果球形而無開口的稱密閉子囊果（cleistothecium，圖 6）。

子囊菌類大多是陸生的寄生菌及腐生菌。寄生菌類大多造成植物的疾病，常使農作物造成損失；腐生菌中有許多菌種可供人類利用，將在下一節「人類對真菌資源的利用」中再詳述之。

三、擔子菌亞群（Basidiomycotina）：

共有 3266 屬 32267 種（刑來君和李明春，1999）。擔子菌通常為寄生或腐生，腐生者可以在樹林中的地下落葉層中發現，而腐木或糞便上亦可以發現；寄生者可在玉米、筊白筍中發現。

擔子菌的菌絲具有桶狀隔板（dolipore septum），初期為單核絲（monokaryotic

hyphae)，然後結合成雙核菌絲（dikaryotic hyphae），並形成扣子體（clamp connection）（圖 7），扣子體形成的過程乃在雙核（a 核與 b 核）菌絲的一側產生小突起（圖 7A），其中一個核，例如 a 核移入小突起中（圖 7B），再由兩個不同生理性狀的核進行有絲分裂（圖 7C），形成 a, a', b, b' 4 個細胞核，其中一個核留在小突起中（圖 7D），然後在小突起的菌絲壁溶解，並在前端及側方新形成 2 個新細胞壁（圖 7E），使 a 核移入下方讓 a' 與 b' 在一起而 a 與 b 在一起，經過核融合和減數分裂的過程後，其有性生殖可形成擔子柄（basidium）及擔孢子（basidiospore），而擔孢子萌芽長出單核菌絲，上述菌絲再行有性生殖產生子實體，特稱為擔子果，例如我們常吃的鮑魚菇（圖 8），就是擔子菌的擔子果。

四、不完全菌亞群 (Deuteromycotina)：

因為並未發現這類真菌具有有性生殖，無法分類，所以稱為半知菌綱或不完全菌綱 (Fungi Imperfecti)。大多數的不完全菌產生分生孢子。不完全菌亞群共有 1825 屬，15000 種（刑來君和李明春，1999）。不完全菌藉助有絲分裂產生孢子的形式來繁殖，無性孢子類型重要的可分為芽孢子、節孢子（圖 9）和小型分生孢子（圖 10），有些不產生孢子的種類，可利用菌絲或菌核的方式行無性生殖。

許多不完全菌在自然界行腐生生活，大部分為陸生的種類，也有的生活在海水或淡水中；也有許多成為寄生菌產生病害，或有的與藻類共生成為地衣的，或與植物根部共

生，成為菌根菌，在工業上有重要用途。

參、人類對真菌資源的利用

由生物學的知識得知，人類生活在地球上和其他生物與無生物之間相互作用，並組成了特殊的生態系統（ecosystem），在這個系統內的不同生物，營養方式不同。有的可以由環境中利用無機物合成有機物利用，行自營式的營養；另一類無法自營，需利用分解其他生物體的營養成簡單的化合物，再合成自己所需的有機物，行異營式營養。

生態系內的生物之間，因食物的關係，我們將它分成三大類，行自營的植物被稱為「生產者」，只能利用植物或動物營養的生物被稱為「消費者」，而可以將已死的動、植物或其他生物分解，將物質回歸自然環境後，再以吸收方式利用營養的真菌和細菌等生物，則被稱為「分解者」。消費者和分解者的營養都是行異營的方式，但消費者無法把物質回歸自然系統，故地球上的物質可以透過食物鏈被繼續利用，乃是靠分解者才能達成。

另一方面若沒有分解者，五千年前的人類及其他動物，甚至古生代的生物屍體至今無法腐化，因而充滿了整個地球，相信現在的人類也不可能有生存的空間，因此在生態系中，真菌是扮演著分解者的重要角色。據調查現存的植物界中，90%維管束植物的根和真菌形成菌根，植物依賴真菌吸收礦物營養，並轉化『磷』供植物利用（Alexopoulos et. al. 1996；吳美麗，1999）。真菌控制森林生態系營養循環，藉由腐化有機物及釋放營

養物回歸生態系的方式來控制森林植物的生產量 (biomass)，見表一。

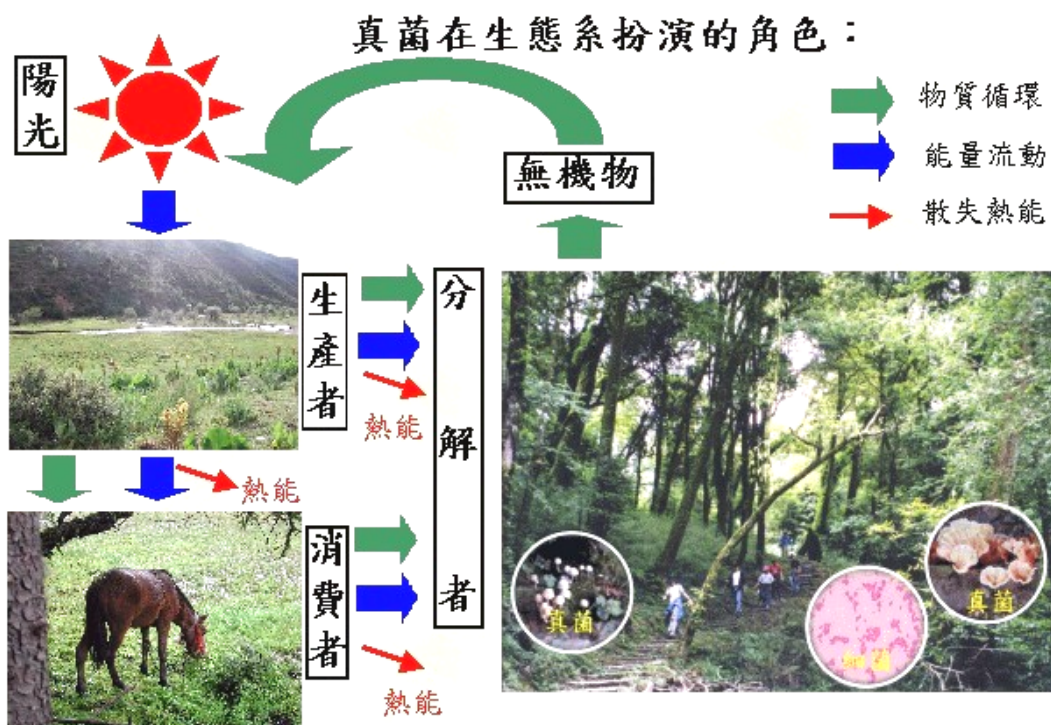
雖然真菌吸收營養造成人類的疾病或產生動、植物病害，但是人們卻可以利用其寄生特性，對雜草、線蟲和植物病原菌做生物防治。由真菌生產的抗生物質如盤尼西林，可以殺死病原細菌，而近代發現的環孢素 (cyclosporin)，則可用來抑制人體器官移植的排斥現象，對人類健康的貢獻極為重要 (Alexopoulos et. al. 1996)。下面將以實例探討人類如何運用真菌資源。

一、利用真菌直接提供人類食物的來源：

許多菌含有豐富的胺基酸、礦物質、多

醣類和其他營養物，可以做為人類的食物，食用菇在人類社會中佔有重要的經濟地位，它可以提供大量的蛋白質，又沒有像食肉過多容易引起膽固醇及脂肪過量造成心血管病變的顧慮，因此許多人以食用菇類作為獲取蛋白質的重要來源，致使台灣的洋菇外銷在民國 50 到 70 年間，占世界洋菇外銷量第一位，當時每年替我國賺取 1 億美元以上的外匯。

但民國 70 年後，因台灣經濟轉型，工資上漲，目前雖不再是洋菇外銷首位之國家，但食用菇可立體栽培，不需要太多空間，一般是利用農、工業副產品或廢料栽培，可以創造財富及減少環境污染，是值得推廣發展的農業 (彭金騰，1993)。目前市



表一：生態系統中物質循環與能量流動

面上除了直接販售新鮮的菇類之外，也有脫水乾燥，切成細片方便主婦們烹調的菇類加工精製品（圖 11）。

在國外如法國的居民吃一種利用塊菌（truffle）或俗稱為松露菇醃漬的食品，以及在國內，大眾食用人工栽培的菇類，例如：竹蓐（*Dictyophora indusiata*，圖 12）和草菇（*Volvariella volvacea*，圖 13）等，都是真菌直接提供人類重要蛋白質來源的最佳實例。

二、真菌加工用於食品或工業上：

人們早在西元前六世紀即已消費利用真菌發酵的食物及飲料（Jong et. al, 1994）。幾世紀以來，尤其亞洲國家的人，一直利用真菌釀酒、做麵包、生產乳酪與其他發酵食品。真菌的代謝物在主要工業上的應用並不侷限於上述食品工業，工商業界更將真菌產生的初級代謝物、次級代謝物或酵素等等的化學產物，應用在製藥、發酵工業與廢棄物處理應用工業上。例如酵母粉用在製麵包的工業上，紅麴菌（*Monascus purpureus*）產生的天然紅色素，可被用在製作紅糟的材料（圖 14），它也可用來製酒，使酒成紅色稱紅露酒。而真菌製造的檸檬酸用在食品工業上，據報導年市場需求量為 35 萬噸（Jong et. al., 1994）。其他如：利用放射毛黴（*Actinomucor* sp.）製造豆腐乳、利用不完全菌製造豆豉、利用黃豆或大麥加米麴菌（*Aspergillus oryza*）發酵加鹽製成味噌、利用真菌發酵釀酒、製醋或製醬油就是將真菌加工後提供人類食用的例子。

三、利用真菌在醫療製藥上：

真菌在中國被以中草藥的方式治病，已有兩千多年以上的歷史（吳聲華等，2000），「神農本草經」中早已記載茯苓有藥效，因此無論中藥舖或小販賣的四神湯或茯苓糕，都是現代國民日常生活的健康食品，中藥記載它有生津止渴、除濕利尿的功效（王也珍和周文能，1995），而它正是擔子菌類多孔菌目的一員，一般生長在松科植物的根部行腐生，茯苓子實體下方形成巨大的菌核（圖 15），新鮮時柔軟，成熟後變硬，外表褐色，切開內部白色（圖 16），這個菌核正是該種真菌菌體被作為藥用的部分。

除了茯苓之外，明代李時珍有名的著作「本草綱目」中，記述了二十多種真菌，諸如香菇（*Lentinus edodes*）、木耳（*Auricularia auricula*）、猴頭菇（*Hericium erinaceum*）及靈芝（*Ganoderma lucidum*）等等，皆是可用以滋養身體或兼治病的藥材。目前醫藥界使用的抗生素，可使人類免於因感染細菌這類微生物產生致命的結果，也是拜真菌之賜福，大家都知道佛萊明首次發現青黴菌會殺死金黃葡萄球菌，而後人成功地提煉製造抗生素，用於疾病的治療也增進人類的健康。

高山被孢黴（*Mortierella alpina*）生產 EPA（n-3 系多元不飽合脂肪酸）在治療人類疾病上非常重要，包括心血管疾病（如：動脈粥狀硬化、血栓、三酸甘油酯高血酯症、高血壓等等）、發炎（如：氣喘、關節炎、偏頭痛、牛皮癬、乾癬、腎炎等等）、癌症（如：乳癌、大腸癌等等）皆有效果。又 β -lactam（內醯胺）這種抗生素在 1990 年全

世界銷售超過 80 億美元。1987 年僅在日本一個國家，抗癌藥就銷售了 3 億 5 千萬美元 (Jong et. al, 1994)，可見真菌不但使人類可以延年益壽、造福人群，並且對許多懂得利用它們的國家而言，的確可以促進他們的經濟繁榮。

四、利用真菌於農作物的生物防治上：

許多腐生和寄生真菌，雖然造成人們農、林、漁、牧業的損失，但是利用其寄生動、植物或其他真菌上的特性，也可將其接種在其他病原菌上，防止這些病原菌所造成的病害。又有一種可以捕捉線蟲的真菌，可以用來防治線蟲對農作物的危害。據報導至目前為止有約 200 種真菌可以寄生或捕捉線蟲，將其殺死 (曾顯雄等人，1997)。其主要殺蟲原理，乃因真菌與線蟲體表之聚合物在黏著過程中產生結構上的變化，使細胞被強力的黏在一起，而有的真菌例如屬於不完全菌節叢孢菌的一種 (*Arthrotrrys dactylocdes*) 更可產生收縮環，當線蟲通過時，靠環的收縮捕捉線蟲。線蟲為植物的四大病害之一，造成可觀的經濟損失，台灣松材線蟲危害松林，造成損失即是一個實例。商品化的線蟲捕捉菌製劑始於 1978-1979 年間，據報導真菌殺蟲劑 Royal 300R，已可用來減少洋菇線蟲族群 40%，增加洋菇產量 20%。當然不只不完全菌類有捕捉線蟲的功能，某些擔子菌、接合菌也具有這種功能 (Alexopoulos et. al. 1996)。

真菌可捕捉線蟲，避免植物根部產生病害，因此不必噴灑農藥即可防治一些植物病

害；更進一步，和植物共生的真菌可使植物長得更好，例如：森林中可提供做為傢俱用途的松、杉等經濟樹種，如果沒有菌根真菌共生，將無法順利生長，供人利用。

肆、台灣真菌多樣性研究現況

目前研究真菌的人員可從參與中華民國真菌學會會員名冊中略知一、二，分析它的成員來自各大專院校的一些科系，如植物系、園藝系、植病系、農化系、生物系、自然科學系、植物保護系；暨研究所包括台大醫學院的生化所、中研院植物研究所、師大生物研究所、中興大學植病研究所與政府機構如：行政院農業委員會農業試驗所、農業藥物毒物試驗所、國立自然科學博物館、農業改良場、行政院農委會林業試驗所、糖業試驗所等等機構以及從事菌種或菇類栽培的食、藥用菇農場和養菌場，這些開發並應用相關真菌產業的人士。

國科會生物科學研究中心早於 1985 年舉辦的「真菌學研討會」中，由當時的中華民國真菌學會理事長陳瑞青教授和中央研究院植物所曾聰徹博士負責，由這兩位專家本人，再邀請學者專家八人，共十人專題演講了「真菌學之最近發展」(曾聰徹和陳瑞青，1985)，介紹了八項在台灣當時較被重視因而有專家學者投注關切並從事研究的領域，計有：真菌的分類研究。菌根菌 (mycorrhizae)。水生菌類 (又稱鞭毛菌亞群, Mastigomycotina)。鏟孢菌類 (Genus *Fusarium*)。紅麴菌 (Genus *Monascus*)。醫學真菌。真菌遺傳。真菌代謝物等

的研究趨勢。

1999 年行政院農委會舉辦一系列生物多樣性研討會（陳溪洲和湯曉虞，1999），生物多樣性研究與資源保育受到重視之後，台灣對生物領域中的菌類資源也同樣地重視，因而學者除了繼續以往在動、植物真菌病害與真菌檢疫防疫方面的研究之外，舉凡真菌在全省各地菌種的分佈之調查或真菌在健康食品與藥用方面的研究都成為最近整合型研究的主題。

本文擬介紹在台灣從事不同真菌領域研究的大專院校、學術機構或是財團法人內的研究人士與他們研究的領域，並歸納台灣刊載與真菌相關研究的期刊、雜誌或出版機構，再進一步談談台灣最近幾年學者向農委會與國科會申請有關台灣真菌資源整合型計畫的研究現況。

一、瞭解台灣真菌資源或不同領域的研究機構與人士：

中華民國真菌學會的會員中約有十八位曾於 1985 年至 2002 年間，先後參加行政院國科會與農委會的「台灣菌類調查及菌類誌編撰」計畫或「真菌資源調查」或「系統性分離鑑定及保存多樣性真菌資料」等的與真菌資源相關領域的研究。研究領域包括水生菌、接合菌、子囊菌、擔子菌和不完全菌等的研究，有些學者是單純地以分類鑑定菌種資源為主，也有的學著除了作分類，本身也是植物病害的專家，有些是在推廣應用菌類資源上下功夫，也有些人對真菌資源作前瞻性推廣教育工作，各種不同機構中，不同領域的研究人員，請詳見附錄一。

二、瞭解國內出版與真菌有關文章的期刊、雜誌與出版機構：

除了各大學的學報：如台大植物系出版的 *Taiwania*（圖 17）、師大生物系出版的生物科學和台大森林系出版的林業季刊或學術團體出版的刊物：如中華真菌學會出版的中華真菌會刊（圖 18）和植物保護學會出版的植保會刊之外，政府研究機構：如中央研究院出版的植物學彙刊、行政院農委會出版的台灣真菌名錄、農試所出版的杏鮑菇的栽培專書、林試所出版的台灣常見樹木病害或自然科學博物館出版的台灣高等真菌和有趣的真菌，抑或一些民間設立的與真菌有關的財團法人出版的刊物，如：食品工業研究所出版的食藥用菇栽培，根霉屬、青霉屬、麴菌屬的專書，甚或私人出版社出版的植物病害彩色圖鑑，都可找到與真菌相關的資料。

上述資料為筆者認為較重要且較為人知的幾個代表例子，並未涵蓋所有出版真菌的期刊、雜誌或出版機構。至於各公、私立大學或公、私立機構的刊物都有可能含有真菌學者投稿，如有需要不妨多檢索各機關學校的出版品。

三、台灣目前真菌資源多樣性調查情形：

依陳瑞青教授在「台灣菌類資源調查之歷史與現況」（陳瑞青，1992）一文所述，日本割據台灣後，於 1904 年正式設立農業試驗所（以前稱為農事試驗所），才開始對台灣病原真菌做調查，截至 1945 年，對台

灣菌類資源調查貢獻最大的日本學者澤田兼吉氏，總共發表了十一篇「台灣產菌類調查報告」(澤田兼吉氏，1919、1922、1927、1928、1931、1933、1942、1943a、1943b、1944 和 Sawada, 1959)，台灣地區由日本菌類研究人員所做菌類調查共記錄發現了 2464 種真菌菌種，但其中 2382 種全屬於動、植物的寄生菌。

陳瑞青教授分析 1945 年至 1979 年代台灣光復初期，菌類調查並無專業之菌類分類人員專責研究，仍以植病研究人員居於領導地位。從蔡雲鵬博士(1999)主編之「台灣植物病害名彙」中統計自 1959 年至 1978 年間菌種種數增加 293 種，因而迄至 1978 年，台灣菌類記錄了 2957 種。

依據「台灣菌類資源調查之歷史與現況」(陳瑞青，1992)一文所述，從 1970 年代開始，真菌研究人員開始增加並較具多元化。1983 年國科會召開了「台灣菌類調查」籌備會議。在當時生物處處長田蔚成博士主持下，一致贊成將台灣菌類的寶貴資源妥為整理，因而於 1985 年推動了「台灣菌類調查及菌類誌編撰」的整合型計畫，該整合計畫從 1985-1988 年總計調查了 1904 種，其中有 65 個新種，51 個新紀錄屬，525 個新紀錄種。

上述計畫雖有豐碩的成果，但因人力不足，迄今尚未出版台灣真菌誌。1996~1998 年行政院農委會支持整合性的資源調查，1988 年至 1991 年國科會支持的「台灣菌類調查及菌類誌編撰」整合計畫繼續第二期研究。1988 年至 1991 年上述研究團隊由於人力不足，無法在短期內整合出版真菌誌的情

況下，改以鼓勵研究人員根據個人的專長去出版專誌性的研究報告，當時謝文瑞教授與研究人員吳德強博士(1990)，即率先由行政院新聞局補助出版了尾孢菌屬專誌(Monograph of *Cercospora*)。

公元 1991 年之後，國科會真菌調查整合型計畫中斷，不過自從 1992 年 153 個國家簽署了生物多樣性公約後，全球包括台灣又開始重視生物多樣性研究(林曜松和趙榮台，1998)，在民國八十六年 7 月開始，行政院農委會積極推動成立「維持台灣生物多樣性研究」，當時有十項主題，除涵蓋台灣的野生動物、維管束植物的調查研究、生物多樣性之經濟評估，電腦化生物資料庫，自然資源棲息地經營管理與物種保育之研究，利用分子標誌技術調查登錄及開發特有棲地微生物多樣性等研究之外，真菌資源之調查的專案研究，皆受到研究經費的補助與支持。其中「真菌資源調查研究」，由當時仍屬於台灣省政府的林業試驗所森林保護系的張東柱博士為總主持人，召集各領域的十多位真菌研究者，調查台灣各棲地環境與各菌種的形態，這一個真菌研究團隊的研究主題、研究機構與人員詳列於附錄二。

研究團隊在林試所由原屬台灣省政府編制到改隸行政院農委會的機構之前、後，自 1997 年 6 月開始進行整合性調查，直至 2000 年 12 月才結束這個整合型專案。歷時三年半的真菌資源調查研究，完成從日據時代直至最近台灣真菌的名錄專書(王也珍等人，1999)，並且由各專案子計畫人員將調查成果包括菌種名稱、菌種筆數和菌種棲地以電子檔輸入農委會指定的「林務局生物資料庫中心」的網站

(網址為 <http://map1.forest.gov.tw>)，再由該中心再彙整資料。

上述農委會專案成果完成編印的「台灣真菌名錄」，共收錄 1276 屬 5396 種(含種下和同物異名)已發表之台灣真菌(王也珍等人, 1999)。農委會所主導支持的真菌調查研究不僅出版名錄，十多位研究者分別發表新種和新紀錄種，在此僅舉這個調查計畫總主持人林試所的張博士和筆者負責的子計畫成果。張博士於 1998 與 1999 年間在國內外發表 10 個以上孔菌目新種(Chang and Chou, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b and 1999c)，30 個以上新紀錄種。吳美麗博士也先後在國內外發表 2 個盤菌新種(Wu et al., 1998; Wu and Haines, 1999)與 22 個盤菌新紀錄種的詳細描述(Wu, 1998a, 1998b, 1999b)和 7 個肉座菌目新紀錄種的名錄(吳美麗和王也珍, 2000)，其他學者也陸續發表許多新種、新紀錄種，這些菌種名稱將在未來修訂 1999 年舊版的「台灣真菌名錄」後的新版書中出現，屆時台灣各門各類菌種種數必然會有所增加。

雖然國科會專案在 1992 年至 2000 年間未有整合型的真菌調查計畫，但這段期間仍有零星的個別型的菌類調查專案受到經費支持，並且 1997-1998 兩年國科會支持的南仁山森林生態系研究的大型專案計畫，也有國立自然科學博物館的吳聲華博士、王也珍博士和助理研究員周文能先生三人參與大型真菌(子囊菌與擔子菌)的生態研究，是以調查高等真菌菌種為主，故台灣的菌類學者在這十年來，可以說一直在重視菌種調查的工作。

自八十九年度開始，因行政院農委會預算縮減，「維護台灣生物多樣性研究」由特有生物研究保育中心專責籌畫，在經費少之下仍資助動、植物資源調查，真菌資源調查乃由十多位學者集體另籌整合型專案，改向國科會提出三年整合型研究申請，於同年以陽明山地區為研究地點，在陽明山鹿角坑溪、小油坑、芒草區的三個不同生態環境設立了 15 個 1 平方公尺的樣區做調查，同年的申請，整合型未獲通過，而是個別型審查通過此項研究，直至次年正式通過為整合型研究，此次整合因考慮過去資源調查結果，由研究人員各自發表又各自保存菌種，不如整合後將菌種保存在食品工業研究所，而新紀錄種的標本集體收藏在國立自然科學博物館，因此這一次的整合型計畫以「系統性分離鑑定及保存多樣性真菌資源」為研究主題，目前該計畫已順利在進行中，附錄三詳細列出 2001 年至 2002 年間該項研究計畫菌種調查主題、研究機構和人員。

伍、結論

根據本文所做的四大類真菌的形態和習性的簡單介紹，應可瞭解真菌多樣性的概略情形，再進一步從人類對它的利用可以得知它是相當重要的生物資源，另由研究現況所介紹的幾個大型真菌調查計畫及其成果的分析，目前台灣已發現的真菌有 5396 種，然而根據學者估算，以台灣的維管束植物 7000 多種，而真菌一般預估為植物種數的六倍，因此就台灣可能有二萬五千多種的真菌而言，目前的成果僅佔約 20% 的真菌物種已

被調查，80%的菌種尚待進一步調查研究，以目前真菌學者僅約二十人，在近十年~十五年間長期從事菌種調查，實際上仍究無法完成此項研究任務，因此需要更多人力投入此一資源調查的研究行列。

因為生物技術是二十一世紀人類生活的重點研究，它的成功與潛力發展實在有賴學者先對「多樣性之微生物」有所瞭解，才能進一步對這些微生物的「多樣性」代謝產物做開發，也才能對於產生這些有用物質之微生物遺傳資源做保育。過去生物多樣性研究，動、植物較受重視，未來應更重視多樣性微生物，如真菌資源的調查研究，因為真菌在醫藥、食品方面無論已商品化或未商品化的菌種，皆有直接利用的價值，因此對有機肥料、污染防治具有潛在性用途的菌種應做積極的重點研究。此外，21世紀談環境教育與環保工作，重點在於生物多樣性保育，而非傳統只注意瀕臨絕種生物的保育，因此真菌資源研究的頗受重視，必能使生物多樣性保育工作更為落實。

陸、謝誌

本文的完成有賴市師環境教育研究所所長王佩蓮教授的催生與鼓勵，以及科學教育研究所高炳龍同學將筆者手稿整理打字才得完成，在此謹致由衷的謝忱。更要感謝最近幾年來農委會（補助編號八七科技-一.二-林-04（10）和八八科技-一.二-林-01（3））與國科會（補助編號 NSC 90-2311-B133-001）的經費支持，筆者才得以藉此更充實市師的研究設備，並逐步分項完成個人專長領域的真

菌資源調查工作。

柒、參考文獻

一、中文部分

- 王也珍、周文能（1995）。有趣的真菌。國立自然科學博物館。
- 王也珍、吳聲華、周文能、張東柱、陳桂玉、陳淑芬等人（1999）。台灣真菌名錄。行政院農業委員會出版。289 頁。
- 王鑫（1989）。自然資源保育。環境教育季刊。1：18-28 頁。
- 吳美麗（1999）。探討食用、藥用真菌在國小自然科教學的應用。科學教育研究與發展。14：7-19。
- 吳美麗、王也珍（2000）。福山森林腐生子囊菌資源。Fung. Sci. 15(1.2)：1-14。
- 吳聲華、周文能、王也珍、王伯徹（2000）。台灣潛在食藥用真菌培養彩色圖鑑。食品工業發展研究所出版。共 139 頁。
- 刑來君、李明春（1999）。普通真菌學，高等教育出版社（備註：大陸出版）。共 434 頁。
- 金恆鏞（譯）（1994）。蓋婭：大地之母，（原作者：James E. Lovelock）天下文化出版社出版。
- 林曜松、趙榮台（1998）。維護生物多樣性與促進資源永續利用。林曜松主編。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農委會。
- 陳瑞青（1992）。台灣菌類資源調查之歷史與現況。刊於彭鏡毅編。台灣生物資源

- 調查及資訊管理研討會論文集。中央研究院植物研究所專刊第十一號。
- 陳溪洲、湯曉虞總 (1999)。1999 生物多樣性研討會論文集。行政院農業委員會出版，共 450 頁。
- 曾聰徹、陳瑞青 (1985)。真菌學之最近發展。國科會生物科學研究中心專刊。第十二集。行政院國家科學委員會生物科學研究中心發行，共 207 頁。
- 曾顯雄、劉俊揚、劉桂郁、袁國方 (1997)。台灣產線蟲捕捉菌圖譜。食品工業發展研究所。第 55 頁。
- 彭金騰 (1993)。杏鮑菇栽培技術簡介，農業推廣教育教材 (農民教育適用)。行政院農業委員會，台灣省政府農林廳編印。共 22 頁。
- 蔡雲鵬 (1991)。台灣植物病害名彙。中華植物保護學會和中華民國植物病理學會。
- 趙榮台 (1998)。「生物多樣性公約」的發展。刊在林曜松主編。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農委會編印。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1919)。台灣總督府中央研究所農業部報告第一號。台灣產菌類調查報告。第一編。台灣總督府中央研究所。1-695 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1922)。台灣總督府中央研究所農業部報告第二號。台灣產菌類調查報告。第二編。台灣總督府中央研究所。1-173 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1927)。台灣總督府中央研究所農業部報告第二十七號。台灣產菌類調查報告。第三編。台灣總督府中央研究所。1-62 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1928)。台灣總督府中央研究所農業部報告第三十五號。台灣產菌類調查報告。第四編。台灣總督府中央研究所。1-123 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1931)。台灣總督府中央研究所農業部報告第五十一號。台灣產菌類調查報告。第五篇。台灣總督府中央研究所。1-131 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada, K.) (1933)。台灣總督府中央研究所農業部報告第六十一號。台灣產菌類調查報告。第六篇。台灣總督府中央研究所。1-99 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1942)。台灣總督府農業試驗所報告第八十三號。台灣產菌類調查報告。第七篇。台灣總督府農業試驗所。1-159 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1943a)。台灣總督府農業試驗所報告第八十五號。台灣產菌類調查報告。第八篇。台灣總督府農業試驗所。1-131 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1943b)。台灣總督府農業試驗所報告第八十六號。台灣產菌類調查報告。第九篇。台灣總督府農業試驗所。1-177 頁。
- 澤田兼吉 (Sawada K.) (1944)。台灣總督府農業試驗所報告第八十七號。台灣產菌類調查報告。第十篇。台灣總督府農業試驗所。1-93 頁。
- 謝文瑞、吳德強 (1990)。尾孢屬專誌性研究。行政院新聞局出版。

二、英文部分

- Alexopoulos C. J., C. W. Mims and M. Blackwell, (1996). *Introductory Mycology*. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc. Pp. 1-25.
- Chang T. T. and W. N. Chou, (1998a). Two new species of *Inonotus* from Taiwan. *Mycol. Res.* 102:788-791.
- Chang T. T. and W. N. Chou, (1998b). *Antrodia lalashana* sp. nov. and *Antrodiella formosana* sp. nov. from Taiwan. *Mycol. Res.* 102:400-403.
- Chang T. T. and W. N. Chou, (1999a). *Antrodia taxa* sp. nov. and *Perenniporia celtis* sp. nov. in Taiwan. *Mycol. Res.* 103:622-624.
- Chang T. T. and W. N. Chou, (1999b). Two new species of *Phellinus* from Taiwan. *Mycol. Res.* 103:50-52.
- Chang T. T. and W. N. Chou, (1999c). *Ceriporiopsis micorporus* and *Tyromyces formosanus*, two new species of polypore to Taiwan. *Mycol. Res.* 103:674-676.
- Hawksworth D. L., (1990). The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycol. Res.* 95: 641-655pp.
- Jong S. C., J. M. Birmingham and G. Ma, (1994). ATCC names of industrial fungi. *American Type Culture Collection* . pp. 270.
- Lovelock J. E., (1987). *Gaia-A new look at life on earth*. Oxford, UK.
- Mitchell B., (1979). *Geography and Resource Analysis*, Longman.
- Owen O. S., (1985). *Natural resource conservation: An ecological approach*. 4th edition, Macmillan Publishing Company.
- Sawada K., (1959). *Descriptive catalogue of Taiwan (Formosan) fungi*. Part XI. Special Publ. Coll. Agric. Natl. National Taiwan University. 268pp.
- Wu M. L., J. H. Haines, and Y. Z. Wang, (1998). New species and records of *Lachnum* from Taiwan. *Mycotaxon* 67: 341-354.
- Wu M. L., (1998a). Some *Orbilbia* species new to Taiwan. *Fung. Sci.* 13(1, 2): 15-20.
- Wu M. L., (1998b). Two inoperculate discomycetes with white hairs from Taiwan. *Fung. Sci.* 13(3, 4): 61-67.
- Wu M. L. and J. H. Haines, (1999). A new foliicolous *Lachnum* from Taiwan. *Mycotaxon* 73: 45-49.
- Wu M. L., (1999). The current status of studies on the non-lichenized inoperculate discomycetes in Taiwan. *Fung. Sci.* 14(3, 4): 89-98.

捌、附 錄

附錄一：菌類資源的研究機構與人員及主要研究領域

機構名稱	研究者及其重點研究
國立台灣師範大學生物系	簡秋源教授（毛黴目、蟲生菌、壺菌等的分類）
	葉增勇博士（靈芝培育、乳菌、細胞黏菌分類）
國立台灣大學園藝系	張喜寧教授（菌根菌之應用研究）
國立台灣大學植物病理系	曾顯雄教授（菌種分類與病害）
	謝煥儒教授（卵菌、銹菌、粉黴病菌）
國立中興大學植物系	黃振文教授（鐮孢菌分類、病害）
	陳昇明教授（擔子菌一般分類教學）
	謝文瑞教授（具子囊殼的子囊菌分類和病害）
國立陽明大學生命科學系	魏玓玲教授（真菌毒素、真菌酵素）
國立陽明大學醫學院生理科	簡肇衡講師（水黴病菌、寄生性黴菌）
國立台北師院自然科學教育系	何小曼教授（梳黴目菌種分類和真菌教育推廣）
台北市立師範學院自然科學教育系	吳美麗教授（盤菌、肉座菌屬的分類和真菌教育推廣）
私立東吳大學微生物系	汪碧涵博士（酵母菌的分類）
私立中國文化大學生物系	陳桂玉教授（土壤菌、空中孢子菌種分類）
私立台北醫學院	蘇慶華博士（蟲生植草的應用）
私立嘉南醫理學院醫務管理系	陳城祿教授（不完全菌類分類與公共衛生）
私立嘉南醫理學院嬰幼兒保育系	陳淑芬博士（壺菌的分類研究）
南台科技大學化學工程系	陳啓楨博士（白木耳等異擔子菌的分類）
國立自然科學博物館	吳聲華博士（非孔型擔子菌的分類）
	王也珍博士（盤菌的分類）
	周文能副研究員（傘菌類的分類）
行政院農委會林試所	張東柱博士（木生孔菌的分類）
行政院農試所嘉義分所	程永雄博士（內生菌根菌）
食品工業發展研究所	袁國芳博士（真菌發酵產業利用、紅麴基因與功能研究）
	劉桂郁博士（梳黴目分類）
	謝松源博士（海洋子囊菌類分類）
中央研究院植物研究所	曾聰徹博士（真菌毒素、代謝物、靈芝發酵物）
	朱宇敏博士（炭團菌與炭角菌分類）
	張和喜博士（疫病菌與子囊菌）
汎球藥理研究所	邱順慶博士（真菌次級代謝物之利用）
金穎生物科技公司	金晉紘博士（微生物發酵與利用）
羅桂英菌種場（文化園藝系）	陳精祥老師（靈芝栽培與改良）
國防部國防醫學院	任天民博士（皮癬病菌感染症研究）
國立成功大學皮膚科	許明隆醫師（皮癬病流行研究）
國立淡水工商專科學校	李孝雯老師（園藝病害菌之研究）

附錄二：八十六年度農委會資助真菌資源調查研究之研究主題、機構及人員

研究調查主題	研究人員	研究機構
不完全菌 (有絲分裂菌)	曾顯雄教授	國立台灣大學植病系
銹菌與卵菌	謝煥儒副教授	國立台灣大學植病系
黏菌	劉錦惠副教授	國立台灣大學植病系
雙鞭毛菌亞群	簡秋源教授	國立台灣師範大學生物系
接合菌	何小曼教授	國立台北師範學院自科系
孔型木生擔子菌	吳聲華研究員	國立自然科學博物館 植物組
子囊菌盤菌目	王也珍副研究員	國立自然科學博物館 植物組
擔子菌傘菌目	周文能副研究員	國立自然科學博物館 植物組
植物病原子囊菌 與不完全菌	蔡竹固教授	國立嘉義技術學院植保系
子囊菌無囊蓋盤菌	吳美麗教授	市立台北師範學院自科系
擔子菌牛肝菌目	陳建名副研究員	農委會特有生物研究 保育中心植物組
腔胞菌	郭克忠副研究員	農委會農藥所農藥應用系
孔型木生擔子菌	張東柱研究員	農委會林試所森林保護系
枯木腐葉上不完全菌	陳城霖副教授	私立嘉南藥理學院 醫務管理系
壺菌門	陳淑芬副教授	私立嘉南藥理學院 嬰幼兒保育系
嗜熱與耐熱真菌	陳桂玉教授	私立文化大學生物系
菌種保存	袁國芳主任	財團法人食品工業研究所
菌種保存	劉桂郁研究員	財團法人食品工業研究所
菌種保存	謝松源研究員	財團法人食品工業研究所
菌種保存	陳建洲研究員	財團法人食品工業研究所

附錄三：國科會 2001 年 8 月至 2002 年 7 月「系統性分離鑑定及保多樣性真菌資源」
整合型計畫之研究主題、人員與機構

研究調查主題	研究人員	研究機構
台灣真菌新種網站建立並系統性保存多樣性真菌資源	袁國芳博士	食品工業研究所 菌種保育與研究中心
台灣不完全菌生物多樣性資源調查	曾顯雄教授	國立台灣大學植病系
台灣地區腔室子囊菌之生物多樣性資源調查	謝文瑞教授	國立中興大學植病系
台灣產非孔型無褶菌類生物多樣性資源調查與菌種保存	吳聲華研究員	國立自然科學博物館 植物學組
台灣盤菌與肉座菌屬的子囊菌生物多樣性資源調查	吳美麗教授	台北市立師範學院 自然科學教育系
台灣產核囊殼閉囊殼之子囊菌生物多樣性資源調查及保存	朱宇敏 副研究員	中央研究院 植物研究所
台灣地區白木耳目及其相關屬種之生物多樣性資源調查	陳啓禎 助理教授	私立南台科技大學 化學工程系
台灣酵母菌之生物多樣性資源調查	汪碧涵副教授	私立東吳大學 微生物系
台灣管狀孢子囊接合菌之生物多樣性資源調查及保存	何小曼教授	國立台北師範學院 自然科學教育系
台灣黑色類酵母真菌之生物多樣性資源調查及保存	劉桂郁 副研究員	食品工業研究所
台灣河川污水內的子囊菌及其無性世代之生物多樣性資源調查及保存	謝松源 副研究員	食品工業研究所

Resources and Current Research Status of Fungal Biodiversity in Taiwan

Mei-Lee Wu*

Abstract

Fungi, which are neither plants nor animals, are introduced in this paper. Photographs of fungal characteristics and habitats taken from morphological and ecological research demonstrate the close relationship of fungi and humans. Emphasis is placed on fungi as an important biological resource both for its role in ecosystem and in human culture. Finally the paper outlines the current status of fungal resource investigation to introduce the idea of biodiversity conservation into environmental education.

Keywords: fungi, ecosystem, biological resource, resource investigation, biodiversity conservations

* Institute of Environmental Education, Taipei Municipal Teachers' College

附圖及說明：

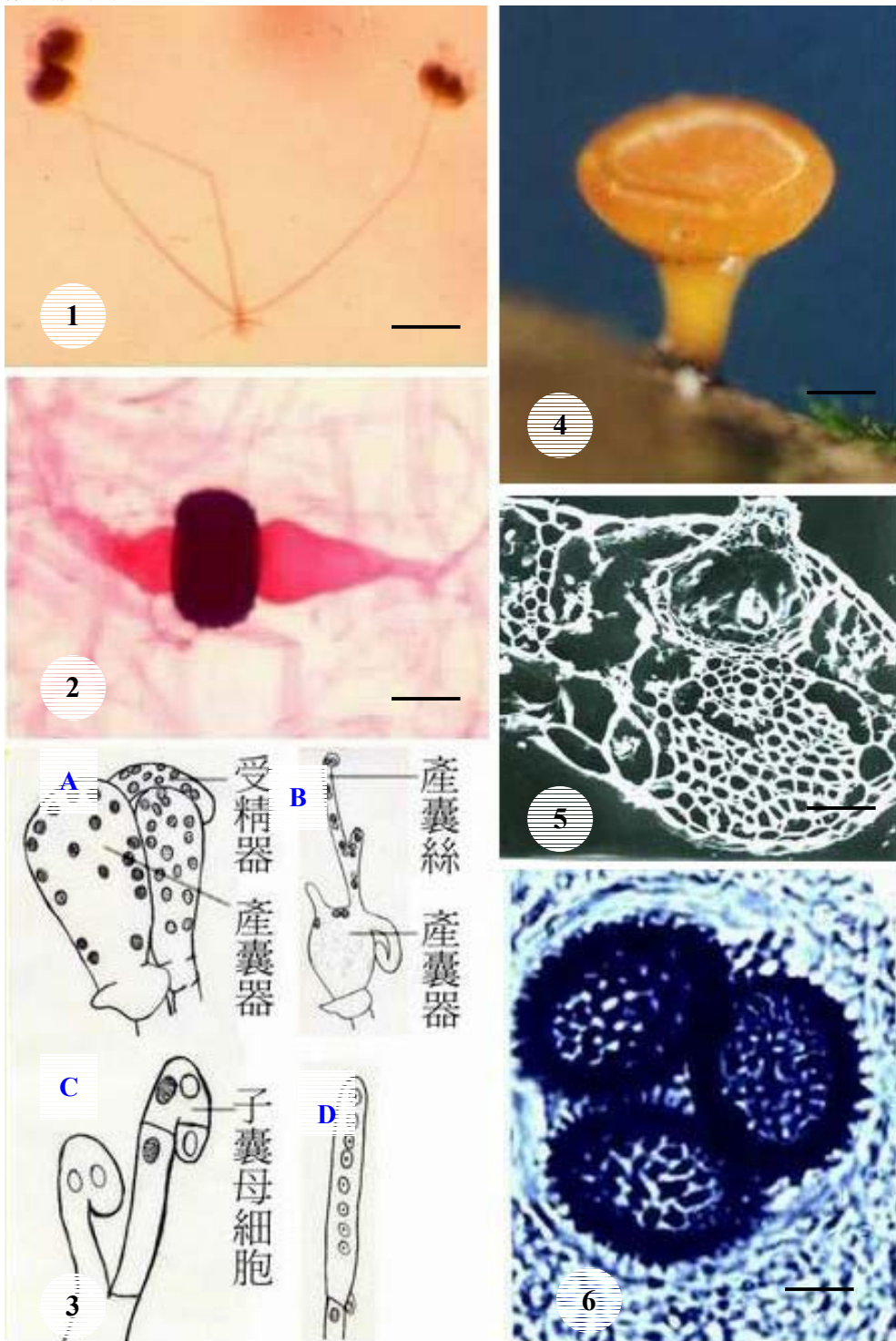


圖 01.黑麵包黴的孢子囊。線段代表 300 微米。

圖 02.黑麵包黴的接合孢子。線段代表 50 微米。

圖 03.子囊菌有性生殖產生子囊的過程，本圖按照普通真菌學（邢來君和李明春，1999）一書，圖 16-1 重新改繪製作。

圖 04.子囊菌（紅硬雙頭孢）的子囊盤。線段代表 0.66 公厘。

圖 05.花生葉燒病菌產生的瓶狀子囊果。線段代表 45 微米。

圖 06.塊菌子實體內的密閉子囊果。線段代表 8 微米。

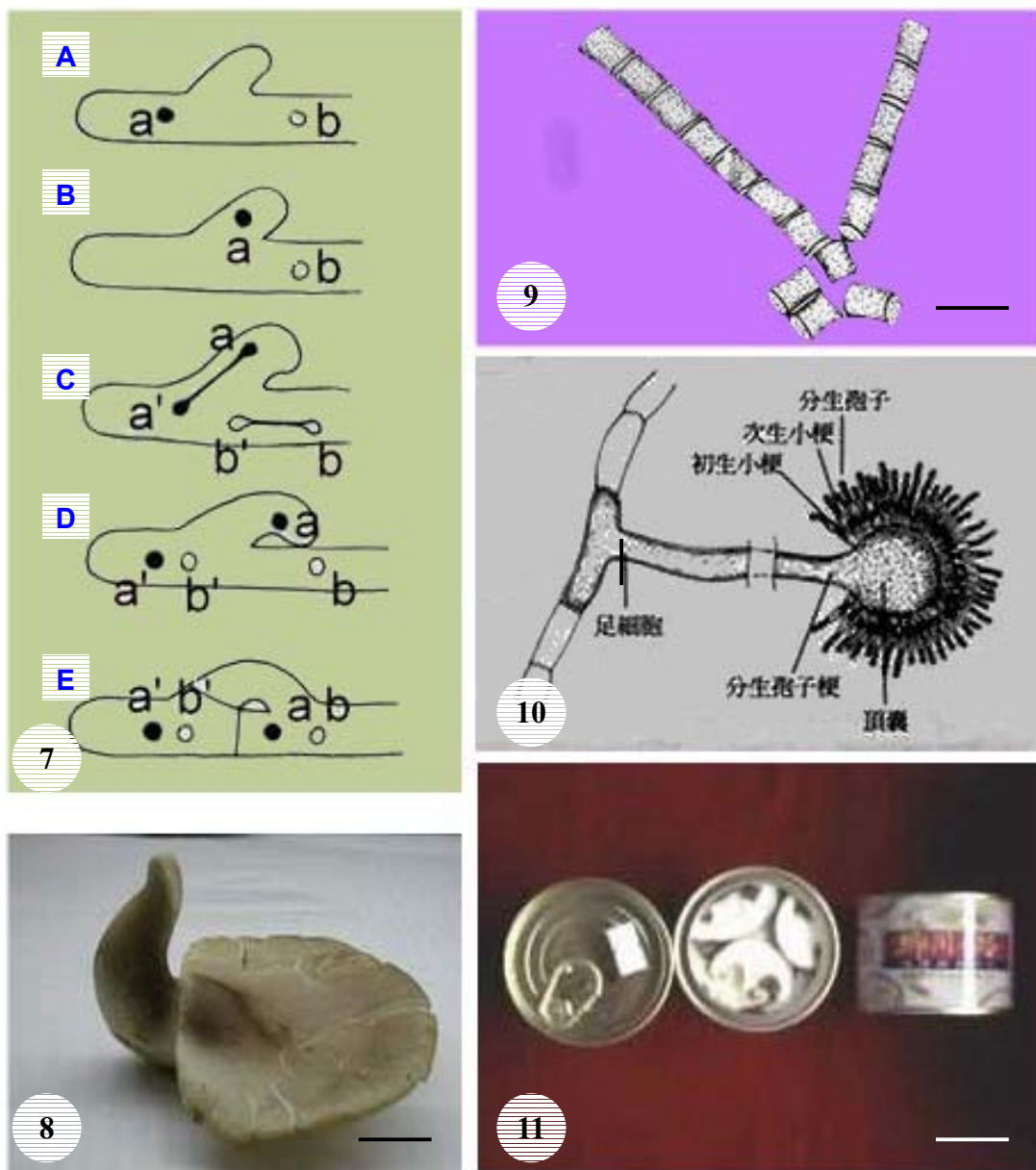


圖 07.擔子菌扣子體形成的過程。本圖按照普通真菌學（刑來君和李明春，1999）一書，圖 17-1 重新改繪製作。

圖 08.新鮮的鮑魚菇（為一種擔子菌）。線段代表 2 公分。

圖 09.不完全菌節孢子的構造。線段代表 9 微米。

圖 10.不完全菌分生孢子的構造。本圖按照普通真菌學（刑來君和李明春，1999）一書，圖 18-4 重新改繪製作。

圖 11.食用的菇類加工罐頭。線段代表 3.4 公分。

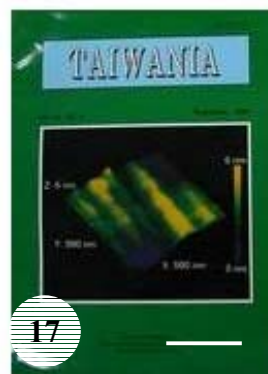
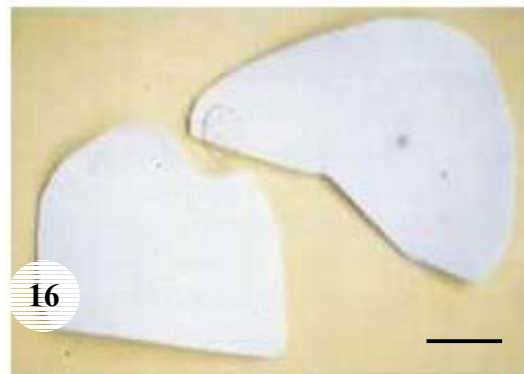


圖 12.食用的乾燥的竹蓀－擔子菌。線段代表 5 公分。

圖 13.新鮮的草菇－擔子菌。線段代表 1 公分。

圖 14.製造紅糟的材料，紅麴菌附在糯米粒上的情形。線段代表 0.8 公分。

圖 15.藥用擔子菌－茯苓菌核外觀。線段代表 2 公分。

圖 16.藥用擔子菌－茯苓菌核切片。線段代表 2.5 公分。

圖 17.台大植物系出版的刊物－Taiwania。線段代表 6 公分。

圖 18.中華真菌學會出版的會刊－Fungal Science。線段代表 5.4 公分。