

生物多樣性、生物技術與生物產業

徐源泰

國立台灣大學園藝學系 教授
中華民國生物產業發展協會 秘書長

一、前言

生物多樣性之議題，現已成為全球多數國家所強調及重視，並有三分之二以上的國家，制定生物多樣性國家策略或行動計畫，以推動生物多樣性之相關工作。但是，在大部分的國家、地區，多樣性之相關工作僅有少數政府、學界及保育團體參與，而未成為全民化之運動。部份原因在於生物多樣性與民生之息息相關性，未廣為推廣。多數人認同生物多樣性僅是為替子孫留下資源的道德行為，或僅是學術殿堂的另一項嚴肅課題。所謂利之所趨，民之所向。事實上生物多樣性所帶來之經濟資源與發展潛力，遠超過所有其他工業產值。本文即在淺釋生物多樣性所可提供之資源、藍本，藉由現代生物技術的精製及放大，將可成就無可限量的生物產業。惟限於篇幅，本文在生物多樣性的應用方面，主要將侷限於植物方面之應用。

二、生物多樣性與民族植物學

自有人類以來，植物與人類的關係即密不可分。舉凡日常生活的食衣住行，到工商業、醫藥、能源供應等所需的原料，均需植物直接或間接的供給。因此，人類社會的發展需仰賴植物資源。從十九世紀末分析技術的進步開始，到二十世紀中葉後有機化學、分子生物領域的快速進展，人類逐漸瞭解古來相傳的植物有效成分究竟為何，甚至進一步地將這些有效成分作為模擬藍本，以人工的方式大量合成、使用。這些成本低廉的人工化合物雖然帶給人們生活上的便利，但因抗藥性微生物的增加、合成物的副作用與新疾病的產生，使得前世紀尋得的化合物藍本已不敷需求，加以環境與保育概念的推廣，更令人們開始思考天然資源及生物多樣性的維持與永續經營。

目前人類生活中所依賴的經濟植物種類並不多，尤其在糧食作物方面。今日全球有超過 90% 的植物性糧食，僅靠約 20 種植物供應，而其中的玉米、稻米、小麥更提供了全人類 50% 以上的熱量。其實地球上估計約有 38 萬種不同種類的植物，較為植物學家熟知的多為生長於溫帶地區，其多樣性遠小於熱帶部份，其他不為人知的絕大部分則分布於具有豐富生物相的熱帶地區(全球 25 萬種維管束植物中，大約有 70% 位於亞馬遜雨林區內)。這些植物本身即為複雜的化學工廠，除了以不同型式儲藏養分外，其具有的植物鹼及二次代謝產物，種類之繁多與結構之複雜，足以讓化學家們瞠目結舌。全球的開花植物估計約有 22 萬種，但目前科學家們僅檢視過不到 5,000 種中開花植物

的植物鹼，且已知結構的植物鹼也不過萬餘種。如何從上千百萬的植物成分中，找出我們可以使用的？此時即需經由世代居於山林中的原住民與古民族所擁有的豐富經驗與智慧，幫助科學家們從中快速篩選出對農業或工業有巨大價值的新品種，或是有用的化學物質，以增加未來糧食的供應，提供新藥與更環保的工業材料，及作為基因工程等生物技術有用性狀的來源。

因此，今日在植物生物多樣性之應用上，許多智慧是來自先民的提示。與此相關的學門有民族植物學 (ethnobotany) 或民族醫學 (ethnomedicine)、植物人類學 (phytoanthropology)、生藥學 (Pharmacognosy)、經濟植物學 (economic botany) 等。民族植物學一詞是由賓州大學植物學家 John Harshberger 於 1895 年首先提出，主要是探討人類對於植物的使用與相互間的關係，其研究需要包含植物、人類、考古、統計、宗教、歷史、民族、社會、語言、地理、醫藥、化學、生態、博物 (Etkin, 1993; Headberg, 1993) 等學科共同參與，是一種結合各類研究的綜合性科學。研究對象多針對原始社會（尤其是沒有文字的文化或民族）對植物的利用，並可擴及人類的古老文化與社會對植物的各項記載與研究。植物人類學，主要在研究探討為何不同民族間對植物的認知與信仰會有很大差異，及差異所代表的意義；例如：在佛教及婆羅門教中視為聖物的菩提樹 (*Ficus religiosa* L.)，受許多門徒崇拜而不敢斷傷碰觸，但 Bhats 人卻用其葉為墮胎藥。*Borassus flabellifer* L. 是重要經濟植物，全株可用，Santals 人並使用其雄花灰燼為避孕藥，但俾爾族人 (Bhil, 東印度西部及中印度善射之原始民族) 卻將樹心搗成泥做為墮胎藥。Santals 人使用膠蟲樹 (*Butea monosperma*) 種子磨粉敷療傷處，Bhats 人則用其種子灰燼為墮胎藥 (Sensarma & Ghosh, 1995)。經濟植物學則指先進農業體系對植物的利用。生藥學則為研究天然植物之醫用或毒性。以上這些研究的應用，均端賴生物多樣性的存在紐約植物園 (The New York Botanical Garden, NYBG) 經濟植物所曾與美國國家癌症研究中心 (National Cancer Institute) 合作，自拉丁美洲與加勒比海地區採得超過 1,500 種植物，以測試是否具治療 AIDS 與癌症之潛力 (Balic, 1990)。結果發現，依隨機法採得的植物中，僅有 1/17 的機率顯示生物活性；而以民族植物學方式，即根據民俗醫療傳說所篩選的植物中，每 15 種即有 5 種顯示生物活性；二種方法之統計顯著差異為 $p=0.10$ 。稍後，Jovel 等 (1996) 以民族植物學方式調查祕魯 Mestizo 人 (西班牙或葡萄牙人與北美印地安人的混血種) 常用的民俗醫療植物 61 種；以及 Longuefosse 與 Nossin (1996) 在西印度群島中法屬馬丁尼克 (Martinique) 島所做的 251 種原住民常用民俗醫療植物調查，均發現民族植物學方法能較隨機取樣法發現更多抗細菌及真菌成份。這些研究均顯示，以民族植物學方法尋找植物資源，確實可避免如大海撈針的採樣分析，節省大量時間與金錢，也因此民族植物近來深受西方醫藥產業重視。

至於如何有效進行調查篩選，Oliver Phillips 曾提出目前被民族植物學家廣泛使用的 Informant-Indexing Technique 方法，來評估每一品種 (s) 的使用價值 (UV_{is})。其計算方法簡言之為在野外調查過程中，總和每一土著在每一天內對同一品種的用途所提到的次數，除以該品種總共被提到的用途種類，即 $UV_{is} = \sum U_{is} / nis$ ；而該品種的總利用價

值(UVs)即為由不同受訪土著所得 UV_{is} 的平均值，即 $UV_s = \sum UV_{is} / n_s$ (Phillips & Gentry, 1993; Phillips et al., 1994)。

在民族植物調查採集時，最佳保存的方法為壓平乾燥整株植物。但是，實際上經常僅能得到植物之部份如花、果、葉時，則多以溶劑保存，英國皇家植物園所使用的模式配方為：53% spirit (ethanol + 9% water + 2-4% methanol), 37% water, 5% formalin (dilute formaldehyde) solution in water, 5% glycerol (Forman & Bridson, 1991)。同時，為永續保育著眼，採集稀有植物時須注意避免傷害植株再生與存活性，例如擷取樹幹標本時只宜對向切取，而不可整圈環剝；至於一些具有莖演化似根器官組織如匍匐莖、地下莖、塊莖等植物，則移除大部分根後亦能再生 (Hall & Bawa, 1993)，當然不同植物品種間會有相當大之差異。

中國古云毒即是藥，近代西方醫學亦對植物中細胞毒深感興趣，尤其是具抗癌潛力的。民族植物學家即經常利用現場評估細胞毒性做初篩選工作。常被使用的方法為：取 20-30 g 乾燥植物標本，以 95% 酒精打碎並靜置 24 小時充分萃取，過濾後以 40 減壓乾燥，每 50 mg 萃取物溶於 5 ml methanol，再分取 100, 500 mg 依標準濾紙擴散法 (paper disk)，針對數種微生物測試 35 培養 18 小時之抑菌能力。當無菌圈大於 7 mm 時，被認為具開發潛力。至於生物毒性 LD₅₀ 則以 10 隻新孵化南極蝦 (*Artemia salina*)，記錄在不同濃度上述萃取物下 24 小時存活率 (Guerrero & Robledo, 1990; Waller, 1993)。

為因應日漸增加的民族植物學調查工作，最近全球自然基金 (World Wide Fund for Nature)，聯合國教科文組織 (UNESCO, United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) 及英國皇家植物園 (Royal Botanic Gardens, Kew, UK) 共同出版一本詳盡的工作與方法指導手冊 ETHNOBOTANY A Methods Manual (Martin G.J., ed., 1995, 268pp., Chanman & Hall)。哥倫比亞大學亦出版一本 Medicinal Resources of the Tropical Forest (Balick J.M., Elisabetsky, E., & Laird, S.A., eds., 1996, 440pp., Columbia University Press)，內以 National Cancer Institute, Merck, Shaman Pharm. 等主要產學研機構，及多個中南美與非洲國家之實例，詳列其以民族植物學、民族藥物學等方法，篩選潛力植物之實際進行過程及成果。此二書均為近年民族植物學研究方法之重要參考書籍。

利用現代生物技術，配合組合化學及自動化設備，與民族植物學的幫助，可容易達成快速大量之篩選，克服以往大海撈針之不易實現性。例如，美國癌症研究中心，即以此等方法，篩選 7,000 種熱帶植物中之 23,000 種成份成分中，發現至少包括來自喀麥隆的 *Ancistrocladus*、馬來西亞的 *Calophyllum lanigerum*、及西薩摩亞群島的 *Homalanthus nutans* 等三種成份能對抗 AIDS 病毒 (Stix, 1993)，並都以進入不同階段之臨床試驗。

三、生物多樣性與生物產業

人類利用植物治療疾病的歷史相當久遠。西元前 3000 至 2700 年中國的神農氏所

著的本草經記載了 365 種草藥方，西元前 1770 年的巴比倫經書 Code of Hammurabi 中亦列出許多藥用植物，希臘人 Dioscorides 則在西元前 77 年奉尼祿王之命，在地中海一帶尋訪藥用植物，並編成 De Materia Medica 醫書，詳細描述 600 餘種醫藥用植物的特性，印度、阿拉伯等各民族的傳統醫學中亦有大量使用草藥的記載，或是以口耳相傳的方式將藥方流傳至今。

十八世紀時期，歐洲的醫生幾乎等於植物學家。歐洲第一批植物園都附屬於醫療機構或學校。第一個源於植物的藥物是由罌粟 (*Papaver somniferum*) 提煉的嗎啡。事實上，目前西方廣泛使用的 119 種純醫學指示藥中，有 74% 是靠傳統醫藥提示而發現的 (Farnsworth, 1990) 尤其是一些相當暢銷且重要的藥物如阿斯匹靈、奎寧(quinine)、嗎啡(morphine)、古柯鹼(cocaine)、來自鴉片花(*Papaver somniferum*)的可待因(codeine)、來自毛地黃(*Digitalis ppeurpurea*)的洋地黃素(digitalin)等的發現，都是來自先民對植物的經驗。長春花 (有效成份 vinblastine, vincristine) 紅豆杉 (有效成份 taxol) Moreton Bay Chestnut (有效成份 castanosperine) 等近日之明星潛力抗癌、抗 HIV 藥植物，亦都因其在古民族的高知名度而受到科學界的重視。

在 16 世紀初期，安地斯山脈及亞馬遜高原土著即使用金雞納樹皮(*Cinchona officinalis*)治療高燒；17 世紀中期，由耶穌會傳教士帶回歐洲，並廣為流傳，時稱 Jesuit fever bark。但在當時，許多信奉新教的國家視此療法為異教邪說而堅拒使用。其後分析得知其有效成份為 alkaloid quinin，並成為今日合成抗瘧疾藥物的原型。80 年代後，瘧原蟲(*Plasmodium falciparum*)對合成藥物的抗藥性增加，醫界尋找新藥的迫切性也相對提高。Phillipson 等人從中國傳統治療瘧疾的植物黃花蒿 (*Artemisia annua*) 中分離出黃花蒿素 (artemisinin)，實驗顯示其具有殺滅抗 chloroquine 之瘧原蟲(Phillipson & Wright, 1991)的能力，惟其二種結構(圖一)完全不同，若非民間的普遍使用，其之被發現是遙不可及。

古柯(Coca)一詞源於居住在玻利維亞及秘魯一帶的愛瑪拉(Aymara)印第安民族，在他們的文化中，視咀嚼古柯葉為機能性食療法，並常於葉中加入貝殼粉末或植物灰燼以增強效果。除了可治療牙痛、高山病等症狀外，古柯並提供了安地斯地區其它作物中所缺乏的高量鐵、鈣質。一些秘魯的科學家相信，這與該地區原住民較少發生骨質疏鬆症有關。1860 年，德國化學家 Carl Koler 分離確認出有效成份古柯鹼，並發現其抑制痛傳導的作用，而可作為局部麻醉用。其後以古柯葉萃取物作為原料之飲料開始風行於歐洲上流社會，教宗 Pope Leo XIII 還曾頒以梵蒂岡金質獎給其中一種波爾多葡萄酒 Vin Tonique Mariani (King, 1992)。目前許多人工合成的醫用麻醉物質皆以古柯鹼結構作為藍本。

十六世紀時，亞馬遜流域土著即已使用 *Strychnos guianensis* (Pot curare) 及 *Chondrodendron tomentosum* (Tube curare)，配合其它材料，製造箭毒作為武器。直到 1939 年，西方醫學才鑑定其活性成份，並確定其抑制肌肉神經傳導的功用。1943 年始用於麻醉。與當時慣用的深度麻醉劑乙醚、氯仿等比較起來，箭毒引起的過度鎮靜等

副作用較少。醫界亦使用箭毒來緩和鬆弛因小兒痲痺、破傷風、癱瘓等引起的肌肉緊繃。今日，以箭毒有效成份 *d*-tubocurarine 所製成的骨骼肌鬆弛劑 Intocostrin，及其它類似的合成物質，已普遍使用於一般手術房。

翼葉毛果芸香(*Pilocarpus jaborandi*)原產於智利北部，在 Tupi 印第安土語即為促進唾液分泌的植物(slobber-mouth plant)，當地土著很早即使用其葉做為利尿、發汗劑，用於糖尿病及氣喘病症，並可用以治療早期青光眼，以降低眼壓。翼葉毛果芸香的葉片可分泌多種植物鹼，其中的毛果芸香鹼(alkaloid pilocarpine)，已做為藥物 Salagen，用以治療口乾症。

近來西方人民對東方銀杏產生高度興趣。含 20 碳的 terpenes 自然界僅存於銀杏(*Ginkgo biloba*)的根及葉，對白血球活化因子(platelet-activating factor, PAF)有專一拮抗作用。PAF 被認為與潛在發炎、內分泌紊、氣喘、局部貧血、過敏、移植排斥、腎臟疾病等有關；Ginkgolides 已開始在中風治療、器官保存、與熱傷害等項目上進行臨床實驗(Braquet & Hosford, 1991)。市面上也已出現許多以銀杏成分為名的保健食品。

民族植物學家及藥學家在薩摩亞群島發現超過 86% 當地藥用植物具藥理活性，並自 *Alphitonia zzyphoides* 及 *Erythrina variegata* 發現新的抗炎藥物。楊百翰大學植物學家 Paul Cox 自西薩摩亞群島之主島 Upolu 帶回一種當地土著治療黃熱病用的植物 *Homalanthus nutans*，其後美國的 NCI 由該植物中分離出抗 HIV 病毒成份 prostratin，現正用在治療愛滋之臨床試驗(Cox, 1993)。NCI 亦曾根據中國民間傳說自喜樹(*Camptotheca acuminata* Dence) 分離 camptothecin 並證實能殺滅多種腫瘤細胞，惟毒性太強，但以此為藍本之衍生物如 CPT-11, topotecan 等則顯示具相當開發潛力(Cragg & Boyd, 1996)。

中國大陸亦在積極找尋可能的節育藥物，一些可能的包括取自七里香(*Murraya paniculata*) 的 yuehchukene、金錢松(*Pseudolarix kaempferi*)內的 pseudolarix acids A and B、*Mardenia koi* 內的 mardekoside A 與梔子花(*Gardenia jasminoides*)的 gardenic acid 及 gardenodic acid A 可終止早期懷孕；棉花籽油中的 gossypol 以及雷公藤(*Tripterygium wilfordii*) 的糖甘則可做為殺精子劑(Xiao & Wang, 1991)。中國大陸長期以來即相當重視傳統中藥研究，在其 1995 年中經過科學試驗的販售藥材中，植物來源者佔 85.7%，動物性者 13.6%，礦物則僅佔 0.7%；專業本草栽培面積已超過百萬公頃(Blumenthal, 1996)。中國國家科學院、重慶大學、昆明大學等機構，挾持天時地利亦已在世界民族植物學、民族醫藥學及生物多樣性方面佔有舉足輕重地位。

目前聖約翰草(St. John's wort, *Hypericum Perforatum*) 與 Kava (*Piper methysticum*) 是園藝學、民族植物學與醫藥學關注的焦點。這兩項本草皆有幾千年的神祕民族神話圍繞，且效用與地域、品種、栽培環境及食用部位等之不同而有極大差異。百憂解(Prozac) 雖是目前最為廣泛使用的抗憂鬱藥，但在德國以聖約翰草(St. John's wort) 提煉製劑做為抗憂鬱使用之年銷量為其四倍而達 9 千 2 百萬美金(Blumenthal, 1996)。聖約翰草為金絲桃屬植物，很早即被原始民族用以治療感冒、梅毒、結核、痢疾等疾

病，西元前二千年前希臘人即以其抽出物治療輕度憂鬱。美、德等科學家發現其除能有效對抗憂鬱 (Footer, 1997; Nil, 1996) 外，近來亦發現其中兩種成份 (hypericin 及 pseudohypericin) 有殺滅 retrovirus 能力，而人類愛滋病毒即為 retrovirus 一種 (Hobbs, 1996; TIME August 12, 1996)。源自南太平洋的 Kava (*Piper methysticum*)，土著已做為鎮靜劑使用超過三千年。近來西方科學家陸續分離鑑定初其所含兩系列活性成份，即 alpha-pyrone 與 5,6-dihydro-alpha-pyrone。German Commission E (相當於美國的 FDA) 核准之製劑以每日服用相當 60-120 mg kava pyrones (kawain) 之 kava-kava rhizome 在德國甚為暢銷 (Kilham, 1996)。

1789 年馬爾薩斯曾預期因人口呈幾何級數增加，而糧食則為算數級數增加，所以將會發生飢饉、貧窮、疾病、死亡與社會的解體。事實上，經遺傳育種家的不斷努力，許多改良品種的出現使得馬爾薩斯的預言並未成真。60 年代的綠色革命以雜交育種的方式成功地育出奇蹟麥、奇蹟米與之後遺傳組成較無變異的相關品系，並全面推廣取代遺傳變異性較高的原有野生品種。單一作物品種的大量栽培與機械化作業方式雖有高產、方便等優點，卻也降低了族群變異性，而面臨其他的風險，尤其以病蟲害侵襲為最。往往造成農作物生長受阻、產量與收穫品質下降，農民的收益減少。因此，種植這些遺傳背景相近的品種時，需要大量農藥與肥料的配合使用。這些輔助工具除了使成本提高以外，也容易污染地下水與周圍環境，更提高了微生物的演化速度，使具有抗藥性的病蟲害一再出現。如今科學家已意識到，唯有保持植物基因來源的高歧異度，才能作為育種改良的基礎，而其他未經利用的非經濟植物也具有成為新主食或食品的潛力，極具開發價值。而且，由於分子生物學的突飛猛進，現代作物育種家已可海闊天空而不僅再侷限於自目標作物近親中找尋優良品型基因。

加拿大魁北克 McGill 大學 Timothy Johns 教授曾與中美洲與巴拿馬營養學會 (Institute of Nutrition for Central America and Panama)(Booth et al., 1994) 共同分析 13 種瓜地馬拉偏遠地區原住民族所食用的特殊葉菜成份，其中 5 種是未曾見過的。結果發現，這些特殊葉菜能提供一般貧窮地區日常飲食所缺乏的維他命、礦物質與蛋白質，這項研究結果，對於欲改善營養缺乏及控制飲食相關疾病的中美洲地區國家而言，有相當高的價值。

番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 原產於墨西哥，並為當地土著食用數百年。1581 年由麥哲倫傳入菲律賓及亞洲，並成為今日北美洲最重要蔬菜。囿於傳統認為茄科植物多數有毒加上其豔麗的顏色，早期歐洲及其後北美洲人並不敢食用。直至 1820 年，一位名叫 Robert Gibbon Johnson 人在紐澤西 Salem 郡政府前當著廣大群眾面前，吃下兩顆番茄後，才迅速改變番茄在北美洲之地位。

在古加州，至少二十個以上部落，利用野海棠等簇生草類 Deergrass (*Muhlenbergia rigens*, Poaceae) 做為編織材料，他們利用適當的火燒以維持最佳產量與採收品質，並防止灌木群入侵，這些方法對現代環境生態的管理，提供相當多當借鏡之處 (Anderson, 1996)。早期，美國國家高速公路管理局 (The Federal Highway Administration, FHWA)，

使用大量人力物力及財力，於全國高速公路周邊，栽植許多漂亮但不實際且不易管理之外來植物，近來漸也發現使用先民栽種多年或本土植物，才時維持生態、實用及管理平衡之最佳選擇(Happer-Lore, 1996),並於 1995 年由柯林頓政府正式公告聯邦方案，要求 FHWA 需盡其可能地使用本土植物(Federal Register, 1995, V.60, No. 154)。

四、生物多樣性的經濟價值

Peters 等(1989)曾以祕魯近 Mishana 村一公頃原始林為樣本,其內長有包含 50 屬 275 種,幹徑超過 10 cm 樹 842 棵,其中 72 種 350 棵植物產物(水果、木材、橡膠等)在當地市場每年有\$422 元價值。若永續經營不計算通貨膨脹之貨幣貶值率($r=5\%$),且產物保留 25%用作次年繁殖使用,則其 NPV (Net Present Value) $=V/r$ 為\$6,820;如一次砍完當材賣,則僅值\$1,000 餘元,此例充分說明適當保育及有效運用原生物種,對當地人其實比砍伐森林更具經濟價值。資源經濟學家 Robert Mendelsohn 及民族植物學家 Michael Balick 亦共同對中美洲小國百里斯(Balize),進行藥用植物經濟收益調查,該地區土著習慣上將整棵植株砍伐後,取樹皮等有用部位,因此計算上需導入樹木再生年數(t),淨收益修正為 $NPV=V/(1-e^{-rt})$,經此計算該國 Maya 山麓海拔 350 公尺—0.25 公頃原始林區收益約為每年\$3,327,亦較改為現代農牧區收益為高(Balick and Mendelsohn, 1992)。近來,墨西哥政府亦利用民族植物學方法並配合地理資訊系統(GIS),評估該國超過兩千萬公頃之熱帶雨林區,發現至少有來自 1,024 種不同植物,可生產 1,923 種有用物質;有趣的是調查發現上述主要(83%)用途均非來自木材部份。這些例子均打破一般以為熱帶森林的主要用途就是生產木材的觀念(Toledo et al., 1992)。

早期西方世界並不相信或甚至排斥原始部落所使用之植物(如上述金雞納樹皮及番茄之例)但近來,植物本草在西方世界國家卻日受歡迎,據 Nutrition Business Journal 計算在 1995 年即已達 23 億美金,且每年以 18%成長(McCue, 1997);Genetic Engineering News (April 15, 1997)則報告 1996 全球銷售值已超過 140 億美金。其中 Echinacea (菊科球菊屬,有稱紫錐花或紫矢車草,經由利用活性複雜多糖 echinacin B 抑制玻璃酸酵素 hyaluronidase 達到抑菌及癒傷等活化免疫系統目的,並可治療因細菌及濾過性病毒感染之疾病,減輕發炎狀況及幫勵傷口復原, Pugliese, 1997),大蒜、人蔘、銀杏、白毛茛 (*Hydrastis canadensis*) 分佔前五位。其中,德國是西方世界中承認本草產品之最積極國家,單是銀杏一項在 1995 年之銷量即已達 7 億 2 千萬美金(Blumenthal, 1996)。

在美國在 1990 年全年開出之處方藥中,活性成份有 25% (即 155 億美元)來自植物 (Principe, 1991)。據 Pearce & Moran (1994)計算,約每一千至每一萬種植物,及有一種可能成功發展藥用成份。因此每當每年有六萬種植物消失時,也意味著將損失 30 種可能發展的藥物;如以 1990 年每種藥物平均市值 3 億 9 千萬美元計算,這種生物多樣性的消失,即約相當於每年損失 117 億美元。當然, Pearce & Moran 的計算,可能過於高估且並非每種新藥都有相同市場價值,但彼等研究確實啟發許多國家,因受潛在之巨大價值吸引,而更積極地對待生物多樣性之課題。

五、生物技術在生物多樣性之應用

以分子生物為基礎而興盛之現代生物技術，除造就生命科學之輝煌發展外，亦在許多其他學門領域，如考古、演化、文化、宗教、人類、歷史、材料、犯罪等方面，有著驚人的應用與突破。在生物多樣性方面之應用，則至少有下列幾個方向：

1. 鑑定及分類

正確快速的分類，是生物多樣性工作之基礎。早期物種的分類主要依形態外觀、及生化代謝相似性為依據，經常未能符合遺傳上之意義。近來由於分子生物學的快速發展，許多以核酸及蛋白質為目標的分類方法，已經發展成熟。在應用上，分子分類法，不但快速且正確性高。依照目前分子分類法之證據，許多傳統上混淆或忽略的新物種，重新獲得他們在生物多樣性上的地位。其中尤以微生物的重新歸類，包括原始菌類(Archaea)等的地位，最具代表性。在高等生命方面，新的分子分類法亦顯示如蓮與睡蓮其實相距甚遠，而番木瓜較接近十字花科而非傳統上之西番蓮科等(<http://www.rbgekew.org.uk/index.html>)。分子分類法所歸納出之分子時鐘理論，對於物種演化理論，有相當大之貢獻。

2. 減少棲地開發

藉由遺傳工程方法，賦予作物抗蟲、抗病、抗藥性狀及改變成份，以增加作物產量及營養成份，可減少或維持現有耕作面積，以供應增加中之人口，而避免熱帶雨林或生物棲地的過度開發。另外，自綠色革命後，全球作物種類集中於少數品系，為適應各種不同區域之天候條件，於是許多改變區域天候及生態的化學藥劑被大量使用，使特定作物種類能夠生長。生物技術的另項價值，即在微調作物品種之生理性狀、或開發新適地作物，已減少改變環境之手段所帶來的生態衝擊。例如，為達到耕地面積不增加的目的，可以採用增加年栽植次數來達成，如水稻的冬季栽培。在以往，需要長時間的育種選拔耐寒品種來種植冬水稻且可能會喪失部份優良稻米品質。目前則由於生物技術的進步，幾乎已克服傳統雜交種間不親和性的障礙，故可直接到北大荒尋找耐寒品系或抗凍蛋白質基因，配合蛋白質工程技術，降低水稻種子內澱粉分解酵素（發芽速率之關鍵影響者）之最適作用溫度，共同轉型回優良品系水稻即可達成。自1994年，第一株遺傳工程改造以增加採收後貯存時間的番茄(Flavor Savor)上市後，目前已有超過百種以上遺傳工程改良之作物商品化，且幾乎包括所有大宗糧食或經濟作物，包括稻、麥、玉米、黃豆、油菜、棉花等(<http://www.bio.org/whatis/foodwelcome.html>)。

3. 物種保育

許多物種由於環境與棲地的破壞，正瀕臨絕滅。生物技術的許多基礎技術如，遺傳工程、重組DNA、細胞融合、組織培養、複製技術等，都可用於瀕臨絕滅物種之保育並有許多成功的例子。對某些難以復育之物種而言，生物技術亦至少可以保存其基因特質以供將來使用。尤有甚者，生物技術科學家們目前亦試圖自化石、琥珀中，重建已滅絕之物種。生物產業在開發生物多樣性材料時，亦可間接回饋物種保育之工作。例如，近來相當熱門之紅豆杉醇（已被證實可治療肺癌、乳癌等），其原始來源太平洋

紫杉(Pacific Yew, *Taxus brevifolia*), 不但稀少且生長極為緩慢, 做為提煉藥物之來源不但緩不濟急且會危害此瀕臨絕種之物種。以現代技術而言, 在了解其結構後, 化學合成已非難事, 但更有效的即為利用生物技術, 如以組織培養遺傳工程改造後之組織細胞來大量生產。此舉, 亦間接幫助太平洋紫杉之復育。

六、展望

自 1983 年起, TRAMIL (Applied Research on the Traditional Popular Medicine in the Caribbean Basin)開始有系統的在西印度群島及中美洲一帶展開民族植物學的大規模調查, 地區包括海地、多明黎加、哥倫比亞、哥斯大黎加、瓜地馬拉、宏都拉斯、委內瑞拉等國。由於成效卓著, 加上近來傳統藥草的價值漸受肯定, 世界上一些重要研究機構與大型製藥公司開始提供大量經費組成民族植物學調查團並與哥斯大黎加、秘魯、印尼、馬來西亞等國家合作, 進行植物有效成分的調查篩選提煉與研究等計劃。其中較活躍的單位包括: The New York Botanical Garden (NYBG); Royal Botanical Gardens, Kew; Missouri Botanical Garden; The Chinese Academy of Science and the Institute of Biological Sciences; The Chinese Academy of Medical Sciences; National Cancer Institute; University of Illinois at Chicago; Merck, Sharp & Dohme; Monsanto-Calgene; SmithKline Beecham; Shaman Pharm. 等 (Sensarma & Ghosh, 1995)。

惟近年來因民族植物學的興盛, 許多先進國家挾其雄厚地科技與經濟實力, 組成許多團隊到第三世界大規模尋找新用途植物, 並經常盜取當地先民之智慧而專利其發現, 這使得國家與種族間貧富差距與摩擦紛爭日益擴大。因此有識之士早在第一屆國際民族生物學會議即發表貝侖 (巴西北部 Para 省之一城市) 宣言 (Declaration of Belem), 約束民族植物學之行為並規範國家間共同開發植物新用途時之道德及經濟與智慧財產權等分配原則。其後, 聯合國糧農組織等並擴大規範到所有外國植物種源之蒐集工作 (FAO, 1991; NGRL, 1990)。聯合國教科文組織 (UNESCO) 亦協助亞洲國家制定馬尼拉宣言 (The Manila Declaration) 規範及保護該區域原生資源 (Anon, 1992)。其中, 美國 Merck 公司與哥斯達黎加生物多樣性中心 (Institute of Biodiversity in Costa Rica, INBio), 所簽訂之互利條例, 漸為許多國家與企業所依循 (Reid et al., 1996; Stix, 1993)。其主要內容為, 先進國家或企業提供經費與技術支援, 協助發展中國家維護及利用生物多樣性, 且若有商品因而產出, 物種原始提供國可獲得一定比例之權利金。

在生物多樣性之保育及利用研究時, 微生物及海洋生物是兩大類經常被忽略的族群。事實上, 微生物之多樣性, 是維持地球生態平衡最主要之貢獻者。除在自然界中扮演分解者之重要角色外, 亦為人類文明提供重要幫助, 如各類工業原料、溶劑、酵素、抗生素、生物農藥、醫藥品、發酵產物、採礦、元素循環、去除污染等等。但我們目前僅對地球上可能存在的 300 萬種微生物, 了解不到 0.5% 的物種 (Systematics Agenda 2000, 1994)。更危險的是一般人甚至包括少數生物多樣性的工作者, 總認為微生物無所不在, 無所謂保育問題。事實上, 微生物物種確亦會絕滅, 例如, 當印度的某 *Diospyros* 屬樹消失時, 生活於其上的 *Penicillioopsis clavariaeformis* 亦根著絕滅, 生

長於原生咖啡樹上之 *Cookeina tricholoma* 亦同(Bull, 1991)。在海洋動物方面，目前已知的動物界之 34 門中，可棲息於海洋中者有 33 門，而陸生動物則僅佔 10 門，完全陸生動物則僅有一門。而且，科學界一般相信目前所了解的海洋生命物種，應少於可能存在的 1%。因此，在國家投入生物多樣性工作時，必亦不可忽略微生物與海洋動物這兩大類族群。另一方面，基因保育亦是現在各先進國家列為積極發展的重要工作。顧名思義，基因保育的工作重點即在維持地球生命中最高遺傳歧異度之存在與維護，關於此一議題，我們將在另文中專門介紹。

台灣高溫多濕，海拔距差大，具多型氣候特徵，故植相相當豐富且茂盛。據台灣省特有生物研究保育中心調查，台灣自生的高等維管束植物約有 4,200 餘種，其中特有種約 1,100 種，佔約高近三成；被子植物約有 3,600 種(含亞種和變種)，密度為每平方公里 0.111 種，較菲律賓的 0.021 種及日本的 0.014 種都高。又，台灣四面環海，且南北均有大型珊瑚礁（海洋中之熱帶雨林），陸地生態又具多樣性，因此亦具有相當豐富之海洋動物與微生物之生物歧異度。故如能整合相關學門領域，重視並發展生物多樣性之研究並加以現代科學方法，配合中國人的本草智慧及台灣先民的經驗，應對國內起飛中的生物產業有相當助益。

七、參考文獻

- Anon, 1992, The Manila Declaration Concerning the Ethical Utilization of Asian Biological Resources. UNESCO Regional Network for the Chemistry of Natural Products in Southeast Asia, Selango, Malasia.
- Balic, M.J. 1990. Ethnobotany and the identification of therapeutic agents from the rain forest. In Chadwick, D.J. and Marsh, J. (eds.) Bioactive compounds from plants. Ciba Foundation Symposium No. 154, Wiley, U.K.
- Balic, M.J. and Mendelsohn, R. 1992. Assessing the economic value of traditional medicines from tropical rain forest. *Conservation Biology* 6:128-130.
- Blumenthal, M. 1996. Traditional Chinese Medicines. *HerbalGram* 38:58-61.
- Braquet, P. and Hosford, D. 1991. Ethnopharmacology and the development of natural PAF antagonists as therapeutic agents. *J. Ethno-Pharmacol.* 32:135-139.
- Bull, AT, 1991. Biotechnology and biodiversity. In: *The Biodiversity of Microorganism*, pp.203-219. CAB International, Oxon, UK.
- Cotton, C.M. 1996. *Ethnobotany: principles and applications*. 424 p. John Wiley & Sons, New York .
- Cox, P.A. 1993. Saving the ethnopharmacological heritage of Samoa. *J. Ethno-Pharmacol.* 38:181-188.
- Crag, G.M. and Boyd, M.R. 1996. Drug discovery and Development at the National Cancer Institute: the role of natural products of plant origin. In Balick J.M., Elisabetsky, E., & Laird, S.A., eds, *Medicinal Resources of the Tropical Forest*. pp. 101-136, Columbia

University Press.

- Etkin, N.L. 1993. Anthropological methods in ethnopharmacology. *J. Ethno-Pharmacol.* 38:93-104.
- FAO, 1990, Draft International Code of Conduct for Plant Germplasm Collecting and Transfer. Commission on Plant Genetic Research, fourth session, 15-19 April, 1991, FAO, Rome.
- Farnsworth, N.R. 1990. The Role of ethnopharmacology in drug development. In D.J. Chadwick and J. Marsh (eds.) *Bioactivity compounds from plants*. pp2-21. Wiley.
- Farnsworth, N.R. 1993. Ethnopharmacology and future drug development: the North American experience. *J. Ethno-Pharmacol.* 38:145-152.
- Footer, S. 1997. St. John's Wort and Depression. *Health Foods Business* 43:47.
- Forman, L. and Bridson, D. 1991. *The Herbarium Handbook*. Royal Botanic Gardens, Kew, U.K.
- Guerrero, R.O. and Robledo, I. (1990). Actividades biológicas de plantas del Bosque Nacional del Caribe. *Brenesia* 33:19-36.
- Hall, P. and Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant population. *Econ. Botany* 47:234-47.
- Harshberger, J.W. 1986. Purpose of ethnobotany. *Botanical Gazette* 21:146-154.
- Hedberg, I. 1993. Botanical methods in ethnopharmacology and the need for conservation of medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 38 :121-128.
- Hobbs, 1997. Plants for food and medicine. *HerbalGram* 38:56-57.
- Jovel, E.M.; Cabanillas, J. and Towers, G.H.N. 1996. An ethnobotanical study of the traditional medicine of the Mestizo people of Suni Mirano, Loreto, Peru. *J. Ethnopharmacol.* 53:149-156.
- Kilham, C. 1996. *Kava, Medicine Hunting in Paradise*. 166 pp. American Botanical Council.
- King, S.R. 1992. Medicines that changed the world. *Pacific Discovery* 45: 23-31
- Longuefosse, J.L. and Nossin, E. 1996. Medical ethnobotany survey in Martinique. *J. Ethnopharmacol.* 53:117-142.
- McCue, N. 1997. The Botanical Boost. *Prepared Foods* 166: 45-48.
- Neuss, N. and Neuss, M.N. 1990. Therapeutic use of bisindole alkaloids from *Catharanthus*. In A. Brossi and M. Suffness, eds., *The Alkaloids* 37:229-39. NY, Academic Press.
- NGRL, 1990, Code for Conduct for Foreign Plant Explorations. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, MD, USA
- Nil, 1996, Meta-Analysis of Clinical Trials on St. John's Wort for Depression. *Herbal Gram* 39:16.
- Peters, C.M., Gentry, A.H. and Mendelsohn, R.O. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339:655-656
- Phillips, O. and Gentry, A.H. 1993. The useful plants of Tambopata, Peru. II. Additional

- hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Econ. Bot.* 47:33-43.
- Phillips, O., Gentry, A.H., Reynel, C., Wilkin, P. and Galvez-Durand, B.C. 1994. Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. *Conserv. Biol.* 8:225-248.
- Phillipson, J.D. and Wright, C.W. 1991. Can ethnopharmacology contribute to the development of antimalarial agents. *J. Ethno. Pharmacol.* 32:155-165.
- Prance, G.T., Chadwick, D., and Marsh, J. 1994. *Ethnobotany and the search for new drugs.* 280 p. Ciba Foundation symposium, J. Wiley, New York .
- Principe, P. 1991. *Monetizing the Pharmacological Benefits of Plants.* US Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA: 108pp.
- Reid-W-V; Laird-S-A; Meyer-C-A; Gamez-R; Sittenfield-A; Janzen-D-H; Gollin-M-A; Juma-C, 1996. Appendix I: United Nations Convention on Biological Diversity (Reprinted from "Biodiversity Prospecting: Using Genetic Resources for Sustainable Development", pp. 303-324.) *J. Ethnopharmacol.* 51: 287-305
- Sensarma, P. and Ghosh, A.K. 1995. Ethnobotany and phytoanthropology. In "Ethnobotany, evolution of a discipline" eds. Schultes, R.E. & Reis, S., Dioscorides Press, H.K.
- Stix, G. 1993. Back to roots: drug company forage for new treatments. *Scientific American* 268:118-119.
- Systematics Agenda 200, 1994. Charting the biosphere. Association of Systematic Collections p.16.
- Toledo, V.M., Batis, A.I., Becerra, R., Martinez, E., and Ramos, C.H. 1992. Products from the tropical rainforests of Mexico: an ethnoecological approach, in *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*, Plotkin, M. (eds.), pp99-109, Island Press, Washington, DC.
- Waller, D.P. 1993. Methods in ethnopharmacology. *J. Ethno. Pharmacol.* 38:189-195.
- Xiao, P.G. and Wang, N.G. 1991. Can ethnopharmacology contribute to the development of anti-fertility drugs. *J. Ethno-Pharmacol.* 32:167-177.