

臺灣森林松露資源的調查研究成果

- ◎林業試驗所森林保護組・傅春旭 (fch@tfri.gov.tw)、林文薇
- ◎臺灣大學森林環境暨資源系・黃勁暉、李鎧彤
- ◎林業試驗所集水區經營組・林介龍

地下真菌(hypogeous fungi)，統稱為松露(truffles)，這類群的真菌與地上菇類(epigeous mushroom)最大的不同是生長在地表或枯枝落葉層之下的泥土裡，他們的子實體或是說產孢構造失去主動撒播孢子的能力，只靠自身的成熟腐敗作原地傳播或依賴動物的取食作遠距離孢子撒播。松露主要分類於接合菌門(Zygomycota)、子囊菌門(Ascomycota)和擔子菌門(Basidiomycota)，接合菌門的被稱為「豆松露」(pea truffles)，子囊菌門的包括經濟價值最高*Tuber*屬的松露塊菌，稱為「真松露」(true truffles)，而擔子菌門的則稱為「假松露」(false truffles)。

地下真菌大部份屬於菌根菌(mycorrhizal fungi)，會與植物寄主形成不同程度的菌根共生關係，菌根菌從植物體內獲取生長所需的碳水化合物及其他營養質供給菌絲或子實體，而植物也透過菌根的延伸絲得到其生長所需營養及水分，形成一種互利共生的關係。明顯易見的地上菇菌很容易吸引研究人員及大眾的眼光，投入較多的研究人員及資源；而隱藏在地下不易被發覺的松露，除了仰賴國家能夠進行這方面的研究投資外，就只能靠運氣零星被發現了。

松露相關研究回顧

生物資源豐富的臺灣，地下真菌應該也有同樣的多樣性及豐富度；但是臺灣與大多數的地區相同，對於大型地上真菌研究較多，而

地下真菌中只有針對高經濟價值的塊真菌研究較多，及其他與青剛櫟寄主產生菌根的真菌進行少數研究，對於其他地下真菌資源的調查及研究僅見零星發表，此方面的發表相對於歐美或大陸之研究成果而言，則顯得十分稀缺，歐美發表的地下真菌屬地接合菌門的「豆松露」有7屬、子囊菌門的「真松露」有32屬、而擔子菌門的「假松露」有34屬，全世界已發表的地下真菌超過300種。臺灣之前僅有兩個塊菌屬的發現紀錄，為退休臺大教授胡弘道之研究團隊於1992年發表的臺灣塊菌(*Tuber formosanum* Hu)及2009年發表的屑塊菌(*T. furfuraceum* Hu & Wang)，兩種塊菌寄主皆為殼斗科青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.。臺灣除了比較高經濟價值的塊菌屬外，對於其他地下真菌的研究不多，只有零星的子實體發現記錄，包括接合菌門的*Glomus spinosum* H.T. Hu；子囊菌門大團囊菌屬(*Elaphomyces*)有3種，粗粒團囊菌(*E. granulatus* Fr.)、粗棘團囊菌(*E. muricatus* E. Fr.)、*E. guangdongensis* B.C. Zhang；擔子菌門的沙生腹菌(*Hymenogaster arenarius* Tul. & C. Tul.)、紅鬚腹菌(*Rhizopogon rubrscens* (Tul.) Tul.)、小白似圓頭傘腹菌(*Descomyces albellus* (Masse & Rodway) Bougher & Castellano)與連體裸腹菌(*Gymnoglossum connectens* (Bucholtz) Zeller)。

位於海峽對岸的中國近幾十年來於地下真菌的研究有著非常大的進步，自1985年劉波發表中國的第一種塊菌—太原塊菌(*Tuber*



圖1 雲杉松露之形態。(黃勁暉 攝)



taiyuanense.B .Liu)後，到 2014年新發表之塊菌種類大約有37種，同時每年出口的塊菌達50~300公噸，除經濟價值高的塊菌屬外，其他的地下真菌計有58屬101種以上。研究團隊實際前往中國松露的大本營雲南進行市場及產地的踏勘，每年8月即進入雲南的菇蕈節，大量的野生的菇蕈被送往市場，讓民眾有機會品嚐及接觸到各類的食用菇蕈，這些有價值的菇蕈味道自然鮮美，但是每年都有人誤食中毒的事件發生，所以辨識這些菇蕈，也成為當地重要的生態及環境教育的一環。隨著大陸經濟的發展，高品質的塊菌價格也日益飆漲，加上經濟的誘因，讓生產地區的民眾爭先恐後以掠奪式的刨挖，產量似乎每年下降，物美價廉的塊菌供應國終將漸漸走入歷史。

而日本近年由東京大學教授所率領的團隊，費時10年收集了180多個日本各地的松露子實體，除了發表2個新種外，也鑑別其間的親緣關係。本研究團隊在李春子老師的協助下實際前往日本福岡「虹之松原」及九州大學實驗林的「生之松原」進行海岸松露的觀摩及學習，雖然他們所說的「米松露」

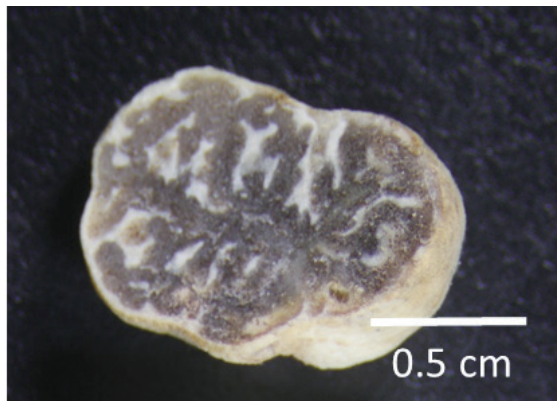
及「麥松露」並非塊菌屬，實際為紅鬚腹菌(*Rhizopogon rubescens* (Tul.) Tul.)及龜紋硬皮馬勃(*Scleroderma areolatum* Ehrenb.)，但也感受到他們透過「松露」的推廣教育與保育，成功聯結民間力量，達到海岸生態防風林的維護及永續經營的目的。

臺灣森林松露資源的調查

臺灣松露的資源調查由這幾年開始，主要是因為本所要執行松露產業化的研究。但是所謂的產業化的工作絕非一味的引進國際貿易間或是外來的松露種類，這看起來是很快有成效但是卻流於無根基的產業，除了沒有辦法達到適地適種外，也無法與他國或其他地區進行區隔，長遠來看是無法跟國際松露進行競爭的。但是地下真菌的研究從來都不是一件容易的工作，雖然目前分子生物學的工具提供了許多的便利性，但是研究人員沒有熱忱願意趴下身子低下頭一寸寸試探性的刨挖及檢視，是完全沒有機會可以遇到松露。加上臺灣自921地震以後，歷次的颱風讓許多林道無法通行車輛，長距離的負重徒步



圖2 溪頭松露之形態。(李鎧彤 攝)



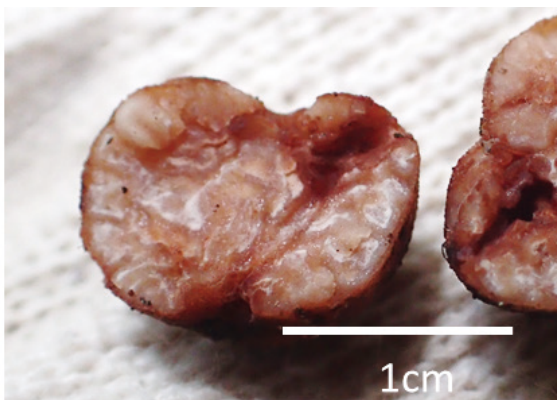
讓臺灣松露資源調查工作更為艱辛。

這幾年下來的努力共發現了4種新種的松露及2個臺灣新紀錄的松露。4種新種的松露分別是雲杉塊菌(*Tuber piceanum* Wong & Li sp. nov)、溪頭塊菌(*Tuber xitouense* Wong & Li sp. nov)、臺灣腔塊菌(*Hydnotrya formosanum* Wong & Li sp. nov)、與疣孢大團囊菌(*Elaphomyces verrucosipora* Wong & Li sp. nov)以及2種臺灣新紀錄種：火冠豆松露(*Endogone flammicorona* Gerdem Trappe & Gerdem)、與緻密硬皮腹菌(*Sclerogaster ompactus*(Tul. & C. Tul.) Sacc.)。雲杉塊菌及溪頭塊菌都是白松露，雲杉塊菌的發現特別要感謝玉山國家公園及南投林區管理處水里工作站同仁的協助及支援，原本是前往921地震後柔腸寸斷的郡大林道60K處尋找胡弘道教授所發表的白松露，據記載該白松露氣味特殊有花生的香氣，產於臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis* Hayata)下，本調查團隊一行10人，於記載的區域範圍進行調查，卻一無所獲，將疑似的菌根都收集後，卻在返程途中意外於臺灣雲杉(*Picea morisonicola* Hayata)根系中發現雲杉塊菌(圖1)。

溪頭塊菌的發現也是出於意外，在印象中78年間曾在溪頭杉林溪地區的臺灣雲杉根系下挖掘過類似松露的東西，今年3月間前往同一地區搜尋，在江南油杉(*Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* (Flous) Silba)樹根下挖掘出溪頭塊菌，但當時子實體尚未成熟，孢子囊初形成，5月再度前往孢子囊形成但是孢子尚未成熟，直至6月1日第三度前往時才採到成熟的子實體(圖2)，完成形態學及分子生物學的描述。臺灣腔塊菌首次被挖出時，橘紅色的特徵及芬芳的氣味，讓研究人員頓時感到耳目一新，這類真菌在美國已經算是稀有的菌種，在臺灣卻可以在畢祿溪及大雪山的臺灣黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana* Hayata)及臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng)下發現，同時形態上竟然與外國記載的形態非常類似但是基因卻有明顯差異(圖3)。疣孢大團囊菌是今年5月在南投縣溪頭-杉林溪地區的臺灣鐵杉根系下被挖掘出來的(圖4)。臺灣地下真菌的研究除了研究人員十分努力下，當然還得憑著一絲絲的運氣。雖然大陸的松露可以在市場上購買，然後再經過研究發



圖3 臺灣腔塊菌之形態。(黃勁暉 攝)



表，著實令人羨慕，但是能親自到生育地體驗及觀察或許更令研究人員印象深刻，同時有助於後續的培育及資源保存。

另外亦有疑似臺灣新發現種*Hydnobolites cerebriformis* Tul. & C. Tul.的子實體，但因缺乏成熟孢子特徵而未能確定，其他的新紀錄的地下真菌，包含火冠豆松露與緻密硬皮腹菌，有明確的子實體及分子生物的證據來支持。但是有些只有菌根被發現例如*Cenococcum geophilum* Fr.菌根，是憑藉菌根型態及透過DNA的協助來證明的。當然許多的非地下真菌的菌根菌其形成的菌根與松露的菌根非常相似，透過DNA的檢測，可以讓研究人員更清楚的檢視形成菌根的菌種。目前在福山植物園的樟櫟標本園區中，我們在進行菌根菌DNA的檢測中，意外發現鋸葉長尾栲(*Castanopsis carlesii*(Hemsl.)Hayata var. *sessilis* Nakai)、後大埔石櫟(*Pasania cornea*(Lour.)J. C. Liao)、栓皮櫟(*Quercus variabilis* Blume)、毛刺栲(*C. kusanoi* Hayata)及大葉石櫟(*P. kawakamii*(Hayata)Schott.)有兩種的松露的菌根，此兩種松露分別與在日本發現的白松露(*Tuber* sp.11)基因相似度達99%，以及和泰國塊菌(*Tuber thailandicum* N.

Suwannarach, J. Kumla & S. Lumyong)基因相似度也達98~99%，這兩種白松露都是近年在日本及泰國被發現的新種松露，其中日本的松露尚未正式命名。在基因的證據顯示有這兩種以上的白松露在福山植物園內或是附近，同時在這幾棵有松露菌根形成的樹冠下方，有許多齧齒類小動物的挖掘痕跡，以1、2月份的分布最多，取食痕跡與郡大林道的松露調查經驗相符合，這樣的結果很令人興奮，臺灣真是寶島，可以同時擁有分布在東南亞及東北的松露，在福山研究中心的協助下，樹冠層下方投影處進行鐵絲網的鋪設(圖5)，來阻止小動物的繼續挖掘及取食，或許這樣的措施會讓松露的擴散侷限在根圈附近而在無法透過小動物取食進行遠距離傳播，數年後根圈內白松露的子實體密度應可以增加，比較容易被挖掘出來，以利後續進行判別鑑定。

松露的種源採集培育的重要性

臺灣自1987年發現臺灣塊菌，及後於1996年成功以人工接種方式產出松露子囊果，說明臺灣本土之氣候環境及殼斗科青剛櫟(ex Murray)適合培育松露。同時臺灣也是亞洲第一個建立人工松露生產園的國家，只



圖4 疣孢大團囊菌之外觀。(李鎧彤 攝)

是這幾年進行臺大和社營林區松露生產園之松露資源調查發現，經過許多年的掠奪性質的刨挖後，該松露生產園的產量已經降低到無法採到任何松露子實體。根系的菌根菌主要以彩色豆馬勃(*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch)為主。可惜的是臺灣這麼多年來並沒有積極的複製胡弘道教授的成功經驗，目前為止僅有這麼一個人工建立的松露生產園，同時也沒有積極進行持續性的經營管理工作。雖然科博館人員稱於105年間仍

有數顆松露子實體被採集到，但所採集到的松露種類為臺灣塊菌，並無另一種臺灣黑松露一屑松露之樣本。研究團隊也數次前往臺灣第一次發現臺灣塊菌的東埔八通關古道進行調查都未能再度發現臺灣塊菌，2016年在科博館人員周文能先生的協助下，在其30年前採集地點重新採集到臺灣塊菌的子實體兩顆。陽明山國家公園紗帽山地區原有採集紀錄之地點經6次之踏勘及調查並無任何松露之子實體及相關之菌根被發現。於是臺灣目前松露資源中的塊菌竟然是白松露的種類竟遠超過黑松露的種類。以目前的研究結果發現臺灣的地下真菌資源豐富、多樣性高，其種類已經達世界種類的6%，值得投入更多資源研究。當然也呼籲各土地的管理單位能投入地下真菌資源的研究工作，除了能豐富臺灣的生物資源外，讓臺灣能夠以此方面的研究在國際嶄露頭角外，或許也能讓臺灣的生技產業有多些發展的方向。⊗



圖5 樹冠層下方投影處進行鐵絲網的鋪設。(林建融 攝)