

# 經營森林生態系以保育真菌多樣性 和永續野生菇菌之採收

Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus  
Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests

David Pilz 和 Randy Molina 主編

黃秀雯 譯 吳繼光 審訂

行政院農業委員會 補助  
臺灣省特有生物研究保育中心 印行

中華民國八十七年五月

# 序

臺灣以其得天獨厚的地理位置及氣候條件，孕育出豐富的動植物資源。然而國人普遍缺乏永續利用自然資源的觀念，動輒濫捕或濫墾，導致野生動植物族群銳減甚而絕滅。積極推展生態保育以維護豐富的自然資源，實為國人當前刻不容緩的任務。

保育工作必需具備完善的專業知識，基於有限人力、物力和經費資源，釐定明確目標策略與務實的執行步驟，並結合政府與民間力量所進行的團隊工作。國內保育風氣日熾，惜現有保育法令未能趕上國際趨勢，基礎調查資訊不足與保育專責機關和人員缺乏等因素，使國內保育工作推動極為緩慢。

保育是不分國界及地域種族的工作。有鑑於此，本中心八十五年度，承蒙行政院農業委員會經費補助，執行「野生植物保育策略之研究」計畫，並由本中心13位同仁所組成工作小組，廣泛蒐集世界各國有關植物保育立法、計畫、策略等文獻資料，分工研讀翻譯，期能拮取各國保育精華，以研擬切合國內政治、經濟、社會、人文及自然生態環境之植物保育策略，俾供爾後政府決策機關及保育單位的參考。其中由美國農業部林務署西北太平洋研究站所出版「經營森林生態系以保育真菌多樣性和永續野生菇菌之採收」一書，介紹西北太平洋地區真菌保育和經營管理，內容豐富詳實，值得國人參閱。為協助國人突破語言的隔閡，特函商美國農業部林務署西北太平洋研究站授權同意本中心出版該書中文版。經由本中心黃助理秀雯完成原文初步翻譯工作，復請台灣省農業試驗所農化系吳繼光博士進行審定，以力求內容的「信、達、雅」，並由本中心彭組長仁傑協助相關編輯作業，使本譯本得以順利出版。附梓前夕除特別感謝美國農業部林務署西北太平洋研究站David Pilz和Randy Molina博士慷慨協助授權事宜與吳繼光博士審訂之辛勞。冀望本書的出版能獲得國內保育界之回響，並繼續給予我們熱心支持與協助。

主任 顏仁傑 謹誌

# 經營森林生態系以保育真菌多樣性 和永續野生菇菌之採收

David Pilz and Randy Molina (1996)

摘要：西北太平洋地區之森林經營優先模式為生態系經營。生態系經營整合了生物、生態、地球物理及造林等資訊，藉此發展出合適的經營策略以保護生物多樣性和維持生態系功能，期能穩定林產物之產量來滿足人類的需求。真菌是森林生態經營中重要的一員，因真菌不僅扮演基礎生態功能角色，許多種類與演替後期(late-successional)森林有關，而商業採收野生食用菌對於地方經濟亦有重要的貢獻。藉由普查和監測可提供如何改進經營決策之基礎資訊，但真菌則因其特殊的取樣方式而呈現與眾不同之挑戰，為突顯這種獨特的挑戰，一場名為“森林真菌之生態系經營”研討會，於1994年3月3日至3月4日時，在奧勒崗州Corvallis召開。本刊物除記錄森林經營中真菌普查和監測所遭遇相關問題，及會議中所發表真菌研究摘要之外，並提供與會者討論內容概要。在展開森林真菌研究之前，針對所可能遭遇之挑戰有一廣泛性的了解，並藉由加強相關人士、有興趣團體及土地經營者間的意見交流，將有助於擬定計畫並順利完成菌類普查及監測等活動。

關鍵字：真菌，菇菌，生態系經營，森林經營，普查，監測，生物多樣性，特殊林產物，菌根。

# 目次

壹、前言	1
引用文獻	4
貳、森林真菌多樣性與保育	6
<i>Thomas E. O'Dell, Jane E. Smith, Michael Castellano, and Daniel Luoma</i>	
一.生物多樣性	6
二.真菌多樣性	7
三.真菌保育和柯林頓總統之西北森林策略	11
四.研究挑戰和考量	13
(一)偵測物種	13
(二)物候學	14
(三)取樣頻率	15
(四)取樣設計	16
(五)取樣方法和測量單位	17
(六)分類學	19
(七)棲地和森林經營	20
(八)合作	21
五.引用文獻	22
參、「森林真菌多樣性與其保育」主題論文	29
研究 1：奧林匹亞國家公園老熟花旗松-鐵杉林中 外生菌根菌之生態	29
<i>Thomas E. O'Dell and Joseph F. Ammirati</i>	
研究 2：外生菌根對於森林經營處理的反應： 長期生態系生產力的義意	35
<i>Daniel L. Luoma, Joyce L. Eberhart, and Michael P. Amaranthus</i>	

研究 3：經營森林林分中其外生菌根菌群落結構和動態變化： 論證生態系經營選擇計畫 <i>Daniel L. Luoma, Joyce L. Eberhart, and Michael P. Amaranthus</i>	41
研究 4：測量花旗松林中真菌之演替 <i>Jane E. Smith, Randy Molina, Donaraye McKay, Michael Castellano, and Daniel Luoma</i>	49
研究 5：稀有真菌之普查和監測：一個特定的計畫 <i>James Trappe and Michael Castellano</i>	55
研究 6：疏伐、植物多樣性和採食真菌哺乳類對於 菌根菌的影響 <i>Wes Colgan III, James Trappe, Randy Molina, Andrew B. Carey, and David Thysell</i>	59
肆、野生菇菌的生產力和永續採收 <i>Michael Amaranthus and David Pilz</i>	63
一.歷史背景	63
二.被採集的菇菌種類	64
(一)松口蘑	64
(二)塊菇	65
(三)羊肚菌	66
(四)雞油菌	66
(五)牛肝菌	66
(六)豪豬菌	67
三.經濟和社會因素	67
四.人類對於食用菌生產量的影響	71
五.研究上之挑戰和考量	75
(一)地點選擇和其保密性	75
(二)野外工作小組	77

(三)生活史	78
(四)普查和監測	79
(五)總生物量相對於商業產量	80
(六)取樣設計	80
(七)取樣方法和測量單位	83
(八)菇菌採收影響之研究	85
(九)森林經營影響之研究	87
(十)生物學和生態學之研究	89
六.引用文獻	90
伍、「野生菇菌的生產力和永續採收」主題論文	95
研究 7：羊肚菌生活史:以近奧勒崗州Fremont	95
國有林中湖濱景觀一個案例來探討未知。	
<i>Nancy S. Weber, David Pilz, and Carol Carter</i>	
研究 8：1986至1996年奧勒崗州雞油菌研究計畫	105
<i>Lorelei Norvell, Judy Roger, Janet Lindrgen, and Frank Kopecky</i>	
研究 9：華盛頓州奧林匹亞半島上環境因子和	111
伐木與菇菌採收對於雞油菌產量之影響。	
<i>Michael Amaranthus and Kenelm Russell</i>	
研究 10：南奧勒崗州松口蘑生產力和生態樣區	114
<i>David Pilz, Randy Molina, Michael Amaranthus, and Daniel Luoma</i>	
研究 11：奧勒崗沙丘國家遊樂區之松口蘑普查和採收衝擊	118
<i>David Pilz, Randy Molina, Michael Amaranthus,</i>	
<i>Daniel Segotta, and Frank Duran</i>	
研究 12：林分疏伐後雞油菌產量之反應	122
<i>David Pilz, Randy Molina, and Jim Mayo</i>	
研究 13：華盛頓州中部瀑布區內松口蘑菌絲領域的分析	125
<i>David R. Hosford</i>	

陸、森林真菌與生態系經營	129
<i>David Pilz, Randy Molina, Michael Amaranthus, Michael Castellano, and Nancy S. Weber</i>	
一.闡述生態系經營原則	129
(一)保育多樣性	130
(二)生態系動態變化的本質	132
(三)各種棲地的考量	134
(四)人類與生態系	138
(五)適當修正的經營管理	139
二.整合森林真菌於生態系的經營管理中	140
(一)監測和研究	140
(二)模式的設計	142
(三)資訊取得的途徑	144
(四)區域性策略	147
(五)協調	149
三.閉幕演說	150
四.引用文獻	151
五.謝誌	155

# 壹、前言

西北太平洋地區（地理上包括阿拉斯加東南部、加拿大英屬哥倫比亞、華盛頓州、奧勒崗州、愛達荷州、蒙大拿州西部和加州北部）長久以來皆被公認為真菌豐富地區，特別是可產生大型、顯著、肉質子實體（菇菌、塊菇、木腐菌、馬勃、盤菌子實體）的大型真菌。而真菌豐富之原因與該地區具有寬闊森林社會（forest community）、多樣氣候形態和眾多樹木種類有關。森林樹種根系與特殊真菌形成互利共生關係（謂之菌根），此亦是西北太平洋地區真菌多樣性之重要因素。事實上從晚夏至秋季這段時期，在林地上所看到的許多菇菌類，常為菌根菌的繁殖構造，而這些菌根菌藉由宿主根系獲得碳水化合物。活木和死木及林地上豐富的有機碎屑對於腐生（分解者）和寄生真菌提供了相當豐富的生長基質。真菌於複雜森林食物網中角色顯著，因其可提供其他生物（微生物至哺乳類）的食物來源。而真菌4個主要角色—共生（特別是菌根）、營養循環、致病及食物網資源，不僅是森林生態系動態功能的基石，也是促使森林再造及維繫多樣性的主因。所以若吾人要成功經營森林生態系整體，就必需將森林真菌之生物及功能的多樣性整合於未來的經營策略中。

在過去十年裏，由大量商業化採收數種食用、森林菇菌的情況，提高了民眾與資源經營者對森林真菌的覺醒和關切。Schlosser和Blatner（1995）估計在1992年時，野生菇菌的採收為奧勒崗、華盛頓和愛達荷州帶來約4千萬美元的收入。伴隨上述經濟利益所面臨的問題—休閒和商業化採收者間的衝突，及關心過度採收野生菇菌和菇菌採收對森林生態系的衝擊。而在區域民眾抗議下，促使華盛頓州立法（華盛頓州議院法案2865，1992年）以控制在公有土地內商業化採收野生菇菌，不久在奧勒崗州也訂定類似法令（奧勒崗州議院法案2865，1993年）。自那時

起，美國農業部(U.S. Department of Agriculture, USDA)林務署(Forest Service)和內政部(U.S. Department of the Interior, USDI)土地經營局(Bureau of Land Management)已將森林野生菇菌列為“特殊林產物”之一，並對其商業化及休閒採收建立“採集許可證”申請制度。而利用野生菇菌資源者則聲稱上述法規不僅武斷且欠缺持續採收野生菇菌的實際資料。

引起上述爭議，主因為人們對於此獨特森林生物欠缺生物及生態方面的認知，且自然對於營利本位的工業界而言仍是個謎。由於欠缺菇菌採收衝擊之資料，導致使用者及經營者對菇菌資源該如何經營及調整才是最好的方式爭論不已。為了讓有興趣者分享彼此的資訊，林務署和奧勒崗州立大學，在1991年11月時，於奧勒崗州春田(Springfield)聯合舉辦“西北太平洋地區生態系中野生食用菇菌之生物學與經營管理”研討會，與會者超過300人。本次研討會的目的地不僅是從森林真菌(特別是商業採收的物種)生物學和生態學的層面來教育經營者，也討論商業化採收對於社會及經濟上所帶來的後果，當然其也提供公開討論關心事物的機會，並且建立了未來真菌合作之資訊網路。Molina和其他人(1993)整理此次會議的決定，並作為商業採收真菌之長期區域經營及監測的基礎。

柯林頓政府對美國西北太平洋地區森林策略相關法令，詳如森林生態系經營評估小組(Forest Ecosystem Management Assessment Team, FEMAT)報告(1993)，該項法令對於整合森林真菌於新的生態經營模式中提供了新的迫切性看法。527種真菌被認定是稀有或僅現於老熟期森林(old-growth forest)中且可能需要納入區域計畫來保護。這些物種的生存能力將以九種經營方式來共同評估。美國農業部及內政部在1994年最終決策列出234種真菌，需要在計畫下4個調查及經營策略中被馬上關注的。

而在所列八類生物(真菌、地衣、苔蘚植物、兩棲類、哺乳類、軟體動物、維管束植物和節肢動物)中以真菌數量最大，其中有兩種真菌正接受最嚴格的保護之中，有關這些生物的調查必需在無任何新的地表干擾下完成。對於表中所列之生物在已知分布點之調查和經營需於1995年開始，且在未來10年的長期計畫中需要做全區域性的真菌調查。而決策記錄中也強調在現行區域計畫中，需針對特殊林產物種如食用菌進行經營和監測。

森林生態系經營評估小組(FEMAT)指導方針要求針對西北太平洋地區森林中真菌進行空前的研究。雖然FEMAT特別提出北方斑點梟(*Strix occidentalis caurina*)在美國分布區域中的森林，但這個調查也促進了此地理區域之真菌研究。真菌專家和森林經營者所關心的，是否有可運用的知識和熟練的人員來指導真菌調查和建立監測計畫。我們以“森林真菌之生態系經營”研討會籌辦方式，著手滿足此種迫切的訓練需求。研討會最初目的有下列幾點：

1. 重新探討真菌在森林生態系中所扮演的基本生態角色。
2. 探討生物多樣性和保育森林真菌的概念。
3. 探討森林真菌之生態、生產力及其永續性商業採收。
4. 探討於評估真菌多樣性和其生產力時可能面臨的挑戰和特殊步驟。
5. 提供西北太平洋地區最新有關真菌的研究。
6. 提供區域性FEMAT相關調查及監測活動相互協調的機會。
7. 針對森林真菌建立生態系經營和長期監測的架構。

本次研討會主要著眼於菌根菌及腐生菌類，因其包含了大多數具有商業價值的物種，以及會議記錄上被認為重要的物種。病原菌在本次會議中討論極少，而小型真菌則完全沒有。

本刊物主要收錄研討會中所發表的論文並摘要許多會議中所討論的議題。在前兩個議程中主要討論森林真菌多樣性與其保育以及商業應用野生菇菌生產力和永續採收等問題，內容包含了這些議題的歷史背景及研究者所面臨獨特之挑戰和考量。研討會上所發表的最新之研究成果則被用來說明人類如何去迎接這些挑戰，同時這些成果也在討論過程中被相互引用。有幾位作者則以增加評論、回答與會者的問題和併入新資料的方式，來擴展其原始報告的內容。

最後，藉由經營森林真菌的例子和整合森林真菌於生態經營之實際步驟的探討，來說明生態系經營的原則。我們視這次研討會所發行之刊物及建議能成為經營轉型過程中的第一步 (Bormann and others 1994)，當然往後更需不斷將新的資訊加入修定的經營計畫中。許多調查和監測方法尚在野外測試評估的階段，且經營的建議常源自於最完善可運用的資訊。一個新的監測資訊和野外技術，同樣需經由適當的評估過程後，才可進一步的運用。對於經營者而言，則憑藉過去累積的交換經驗與知識，以監測和經營管理這些重要的資源。

## 引用文獻

**Bormann, B.T.; Cunningham, P.G.; Brookes, M. H. [and others]. 1994.**

Adaptive ecosystem management in the Pacific Northwest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-341. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 22 p.

**Forest Ecosystem Management Assessment Team. 1993.** Forest ecosystem management: an ecological, economic, and social assessment. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture; U.S. Department of the Interior [and others]. [Irregular pagination].

- Molina, R.; O' Dell, T.; LuoMa, D. [and others]. 1993.** Biology, ecology, and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest: a preface to managing the commercial harvest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 42 p.
- Oregon State House Bill 2865. 1993.** Chapter 167, Laws and Resolutions of 1993, 67th Oregon Legislative Assembly, Effective June 24, 1993.
- Schlosser, W.E.; Blatner, K.A. 1995.** The wild edible mushroom industry of Washington, Oregon and Idaho: a 1992 survey. *Journal of Forestry*. 93(3): 31-36.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994.** Record of decision for amendments to Forest Service and Bureau of Land Management planning documents within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 74 p.
- Washington State House Bill 2865. 1992.** Chapter 184, Laws of 1992, 52nd Washington Legislative Assembly, Effective June 11, 1992.

因爲真菌爲數眾多，所以我們無法討論所有的真菌。我們將著眼於於菇菌、塊菇、馬勃菌和多孔菌及盤菌，這類可產生大型子實體及包含許多重要之外生菌根、腐生和寄生的菌類。其它對於健全生態系的功能有決定性重要的許多類型真菌如黴菌、酵母菌、地衣、內生真菌(endophytes)和內生菌根等，這類真菌在自然環境下尤其不易研究，其數量之多，常使科學家和經營者感到困擾。相反地，科學家對於自然環境中可產生大型子實體的真菌，無論是稀有或常見種類的觀察已達一世紀之久。而最近一些森林真菌爲人類所關心，主要是人類大量採收一些商業運用的真菌類所致。

一些外生菌根菌長期與高等植物的根系共生(Allen 1991, Harley and Smith 1983, O'Dell and others 1993)，這類真菌可以擴展宿主根系養分吸收的面積，產生胞外酵素以增加磷和氮的有效性，增加宿主耐旱性和抵抗病原微生物(Trappe and Fogel 1977)。宿主植物則提供菌根菌光合作用產物，亦即這類共生真菌的主要碳源。一些資料估計樹木光合作用年淨生產力之50%~70%被運送至根部及共生的菌根菌(Fogel and Hunt 1979, Norton and Others 1990, Vogt and others 1982)，外生菌根菌之菌絲和其分泌物則是地面生產者與土壤食物網主要的鏈環，其提供細菌、原生動物，節肢動物和小型真菌等能量來源。而許多大型食用菌如雞油菌類(*Cantharellu* spp.)和松口蘑類(*Tricholoma* spp.)皆爲菌根菌之子實體。

腐生菌在生態系中扮演有機物質分解和養分循環之必要角色。一些種類，如蜜環菌類(*Armillaria mellea* complex)，最初以寄生方式感染樹木但在樹木死亡後仍可繼續分解。許多腐生大型真菌能分解纖維素、幾丁質和木質素，這些皆是分解木頭必備的能力(Moorhead and Reynolds 1992)。這些真菌

藉分解粗木質屑(coarse woody debris)，使斷枝及原木內部軟化，接著鳥類和小型哺乳類挖掘以築巢穴(Harmon and others 1986; Maser and others 1978, 1988; Perry 1994; Thomas and others 1979)。完全腐朽粗木質碎屑在乾燥氣候中仍保有大量的水份，此可提供生長穿過之菌根菌和樹根所需之水源。數種腐生菌可產生常被人類採收的食用子實體，包括蠔菇(糙皮側耳 *Pleurotus ostreatus*)、天使翅(貝形側耳 *Pleurotus porrigens*)、獅鬃(猴頭菇 *Hericium abietis*)和硫黃層孔菌(硫色絢孔菌 *Laetiporus sulphureus*)(Arora 1986)。

病原真菌有助於森林棲地的多樣性，因其導致林木死亡之後所形成殘株或原木，則為野生動物和其它各類型生物所棲息。當染病的林木死亡和倒下後，在樹冠層(canopy)所形成的孔隙，很快為不耐陰(shade-intolerant)植物所取代。因此，病原真菌促進了植物種類多樣性及產生野生動物(wildlife)的棲地。而一些寄生於樹根的真菌則產生人類食用子實體，如蜜環菌類(Arora 1986)。

蘑菇和塊菇為野生動物主要的食物來源(Carey 1991, Fogel and Trappe 1978, Maser and others 1978)，他們常被鹿、麋鹿、熊、小型哺乳動物和軟體動物所取食。一些齧齒類如加州紅背田鼠(*Clethrionomys californicus*)和北方飛鼠(*Glaucomys sabrinus*)之90%以上的食物來源依靠這些子實體(Hayes and others 1986, Maser and Others 1985)，相反地，這些齧齒類則是北方斑點鼻直接捕食的獵物。昆蟲也取食子實體，所以它們也受子實體多樣性和豐富度的影響(Fogel and Peck 1975, Worthen and McGuire 1990)。

在西北太平洋地區商業採收森林真菌已成為數千萬美元的企業，休閒採集者也會至森林找尋少量美味菇菌以供正餐食

用。有關野生菇菌採收的詳盡資料可參考Molina等人(1993)和Schlosser and Blatner(1995)的報告，而本刊物稍後也將探討這個問題。

真菌在藥用方面的潛力方面仍屬未開發的寶藏。在亞洲藥典常久以來皆認為許多真菌含有增強免疫力及抗癌的成份。西方醫學則開始嘗試以真菌來治療AIDS、其它病毒引起的疾病及一些癌症(Jong and Donovan 1989)。

基於上述種種理由來評價和保育真菌多樣性時，其可能喪失之擔憂也漸漸加深了。歐洲一些研究為這種擔憂提供了顯著的佐證；伴隨大面積森林的減少(Gulden and others 1992)和喪失森林棲地之因素下，造成許多種大型真菌子實體減少或停止出菇。幾個長期研究發現，自1950年代起至今，外生菌根菌種類已減少一半(Arnolds 1991)，且在演替後期森林(late successional forests)中的真菌種類呈現最顯著的減少。

在西北太平洋地區，因伐木導致棲地改變和商業採收菇菌可能造成的衝擊，為人們最優先關心的問題。對於某些棲地來說，火災可能是一種正常干擾，若將其排除後也會對真菌種類造成衝擊。伐木或其它經營方式對於真菌的影響不同(一些物種增加而其他減少)，而對特定種類或真菌多樣性的影響則需要進一步的研究(研究2、North 1993、O'Dell and others 1992)。

過去十年中，西北太平洋地區演替後期森林經營和採收所引起的爭論皆集中於北方斑點鼻上，因其在瀕危物種法案(Endangered Species Act、U.S. Laws 1973)下被列為受威脅物種。除此之外，該地區的森林經營計畫也再次受到法律的挑戰，因為還有其他的物種也依賴此此棲地而生存。經營部份的森林，只是為了保護某個受威脅物種而言，是不實際的，因為棲地需要大量的重疊性。所以保護生物多樣性需對森林生態

系全面經營，包括物理過程和生物交互作用，以維持眾多物種長久生存的族群數。

### 三、真菌保育和柯林頓總統之西北林業策略

林業會議後，FEMAT建立經營替代方案(於環境法下)以期使西北太平洋地區森林保育與人類經濟和社會需求達成平衡。這個小組著眼於生物多樣性的維持和恢復，特別是北方斑點梟地理分布區中演替後期及老熟期森林。FEMAT估計在聯邦土地上分布區域若能成功的維持，連帶其可能促使1,119種在老熟期森林內的真菌、植物和動物繼續生存。而真菌專家亦證實計有527種真菌(佔清單的47%)與演替後期森林或其產物(如粗木質碎屑)有密切的關連。

環境衝擊說明書附錄(Final Supplemental Environmental Impact Statement, FSEIS; USDA and USDI 1994a)指出在演替後期或老熟期森林相關之物種需要額外的分析。這些分析主要基於大眾對於優先替代(替代9)的看法並針對下列幾個目標所擬定的。

1. 鑑定物種需進一步考量及分析。
2. 收集森林經營對於物種可能潛在衝擊的資訊。
3. 從效益及執行經費的需求來探討特殊緩和的策略。

在最初考慮的1,119種的物種中，有715種受到棲地完全的保護或不受先前經營方式的影響，所以從進一步考量清單中排除。經過這種篩選步驟，在清單中仍有214種真菌，其中129種僅分布於一個或一些地方，這當中包含8種西北太平洋地區的特有種。FSEIS對於這些模式分布區(type localities)以定點經營(site management)方式，來確保每一物種之持續生存。而對於這些物種之族群生物進一步的研究必能有助於這些地點做有效的經營。

決議記錄(USDA and USDI 1994b)是一份對於如何完成FSEIS的重要文件。文件中表C-3 列出234 種被認為需“特別關注”的真菌。這些物種經分析後歸類成4種調查類型。

調查策略1：針對表C-3 所列物種之已知分布地點進行經營。具稀有或特有真菌的地點將有64.8公頃(160英畝)的面積暫時免於經營活動，直到這個地點經過徹底的調查並已確立該定點(site-specific)經營策略的規定。特別是“高貴多孔菌”( *Oxyporus nobilissimus*)在每個已知子實體的分布點將有面積240公頃(600英畝)的棲地受到保護。

調查策略2：在任何地面干擾活動發生之前進行調查。僅有二種真菌需要此策略：高貴多孔菌和山地刺孢多孔菌( *Bondarzewia montana* 將改為 *B. mensenterica*)。

調查策略3：針對高優先地點進行密集的調查以實施物種經營。在此策略下已涵蓋234種真菌，且相關資料現正建置中。

調查策略4：對於所知甚少的物種在尚未被歸類於稀有或特有等級時，進行一般區域性調查以提供更進一步的資訊。這些區域調查最遲需於1997年開始，且希望在10年內完成。

FSEIS調查策略運用於北方斑點梟所分布之聯邦土地，且該策略由聯邦研究機構負責開發監測方法。在這個計畫中，西北太平洋地區研究所代表美國農業部林務署。在內政部土地經營機構(國家公園，土地經營局和魚類和野生動物署)的研究活動，最近被併入國家生物署(National Biological Service)且被賦予“收集、分析及宣導明智管理國家資源之必

需資訊”等任務。而最迫切的事包括針對生物歧異度高的地區或在獨特生態系設立或擴展研究和調查計畫，並記錄美國境內存在的物種，他們生存的地點，且以演化觀點來探討這些物種間的關連性。雖然1993年的國家研究委員會(National Research Council)報告中，建議將大型真菌納入普查和監測的計畫，因為研究經費尚未有著落，以致於本項計畫尚未執行。

FEMAT報告、FSEIS及決議紀錄，皆強調定點的經營方式，並著手長期、廣範圍調查清單上真菌之分布和豐富度的方式，來進行西北太平洋地區森林真菌的初步保育工作。研究人員和經營者仍需合作以建立實用的野外步驟和調查報告來監測和保護野生真菌。

#### 四、研究挑戰和考量

對於研究真菌多樣性及大型真菌生態功能的研究人員而言，當其設計和執行他們的調查、監測和研究工作時，必需考慮到可能面臨到獨特的挑戰及現實的因素。

##### (一) 偵測物種：

真菌之菌體(thallus)是由菌絲(hyphae，線狀或絲狀細胞)組成的網狀構造，統稱“菌絲體”(mycelium)，菌絲體在生長過程中入侵生長基質(木頭、寄主組織)或棲地(土壤)中，因此不容易觀察。單一真菌之菌體(菌絲體或菌絲菌落)可在某個基質生長數年卻極少產生子實體。目前我們只能依賴這些短暫出現或是偶爾產生的子實體來證實該地點出現那些物種，唯有多年生木腐菌(conks)例外。因此在一定點內，吾人需重複仔細對感興趣的真菌種類進行調查和監測。如果一個物種數年皆無法產生子實體的現象，對吾人而言，並無法確定究竟是因菌落已死亡、呈休眠狀態或僅是出菇(fruiting)等因素所致。

## (二) 物候學 (phenology)

儘管一些真菌(如毛頭鬼傘 *Coprinus comatus*)在適當環境中即能出菇，但多數種類卻僅在特定季節中產生，在這樣季節裡，可能存在一些誘發出菇的特殊環境因子。以雞油菌和紅菇為例，從初夏至盛夏只要足夠濕度條件即可誘導出菇，但其它的物種如松口蘑，即實是濕度早已達到需求，卻罕有子實體產生，要一直到秋季氣溫變涼時方可見其子實體。菇菌雖在特定季節出菇，但不同分布地點，出菇時間也不同。以松口蘑為例，加拿大英屬哥倫比亞北部為8月，奧勒崗州瀑布區為9和10月，Siskiyou山則是11月。即使是幾乎相同的分布地點，不同棲地也會影響子實體的出菇時間。在奧勒崗州沙丘國家遊樂區 (Oregon Dunes National Recreation Area)內，於數公里海岸霧帶區，松口蘑在8月份開始出菇，但更深入內陸地區，則延遲至11月份方有子實體產生。Ammirati 和其研究伙伴們 (1994)證實物候為野外真菌研究之重要因素。他們花了二年的時間，從4月至12月，每周一次至定點調查。結果發現每年各月份所發現的物種有所不同，亦即不同月份觀察不同的物種。在秋季大概有1/2物種是在9月或10月發現，但不會同時出現在兩個月份中。因此如果僅在其中一個月份取樣，甚至是每月取樣的數量更少，大概有1/3秋季物種會被遺漏。

真菌配合環境和生理因素，特別是在足夠的濕度和適當的溫度條件下產生子實體，所以有關一般季節性出菇的條件適用於大多數的物種。春季子實體產生的時間常發生於溫暖晝夜開始之時。植物開花時取決於溫暖的溫度而非日照延長，如雙子花 (*Linnaea borealis*)是春季出菇指標，這種指標生物對於不易觀察之地下塊菇而言是很方便的。經過了乾燥的夏季所下的第一場雨後，雨水足以濕潤森林樹冠層下土壤數公分深的條

件配合下10至14天，秋季子實體才開始產生，下雪或酷寒時子實體才減少。然而這種地區性結合濕度和溫度條件而促使子實體產生的記錄，僅在一些野生物種的報告中被提及(Hosford and Ohara 1995, Novell and others 1995)

季節性出菇的時刻和對氣候狀況的反應也為定點因素(site-specific factors)所干擾。例如高海拔森林較低海拔森林遭受更多露水和霧滴，因此使得高海拔的真菌在乾燥的夏季也能出菇。同樣地，具開闊樹冠層的森林林分(forest stands)較緻密樹冠層者，在短暫陣雨後，更容易讓雨水穿透及濕潤林地。除了上述一般性的觀察外，真菌出菇與定點狀況的關係，鮮有可運用的資料存在。

長期物候研究將地點和氣候因子與出菇模式相結合，有助於研究人員和經營者，較確實預測子實體產生的時間。宿主樹木多年物候模式(如針葉樹產生毬果5~7年一循環)，可能也會影響菌根菌每年的出菇期。

### (三) 取樣頻率

基於物種間出菇氣候條件具有較大的變異以及我們無法預期每年之出菇模式等因素，重複取樣方能充份了解森林真菌多樣性的特性。在春秋兩季取樣，對於許多具有二分性季節出菇之種類是必需的。徹底進行物種的調查需時至少5年，且在可能出菇的季節，每月或每星期進行調查。選擇初期未受木材採伐、菇菌採收或其它干擾的地點進行調查，除可提供基本資料，且避免外來干擾而使資料複雜化。定期取樣代價極高，所以宜選擇便利的分布地點。而取樣目標可稍加修正，但僅在出菇季節高峰期，以掌握物種的多樣性，但這種限制需在結果報告中加以說明。

#### (四) 取樣設計

在研究設計過程首要考量為明確目標。假如目標是找出特殊稀有真菌的位置，可能由一個訓練有素的真菌學家來執行是最有效的！假如地主僅要發生物種清單，那麼真菌俱樂部所為的野外採集是可利用的方式。至於物種頻率和豐富度等量化調查則需系統化的取樣方法，且如果實驗目的包含各樣點間的比較或是對於處理（如木材或菇菌的採收）之反應時，那麼實驗設計必需謹慎。

野外取樣設計最早被用來調查植物而非運用於與高等植物截然不同之真菌 (Villeneuve and others 1989, Winterhoff 1992)，特別是其零星分布的子實體。如果研究中需每個星期調查數個地點（每個地點同樣面積調查頻率一樣），那麼需要數組工作人員同時進行，否則就要縮小每個地點樣區面積才行。被認為足以描述定點或不同地點間之多樣性所需的樣區面積或取樣頻率，需經由謹慎的研究設計，以期在可運用人力和經費資源間達到平衡。

生長於特殊基質（如動物排泄物、葉子、原木或細枝）上的真菌，在取樣時可視在自然單位（如葉子、毬果等等）為取樣單位。將樣區劃分成選擇性微棲地 (microhabitats)，再對每一微棲地，仔細進行次級取樣 (subsample) 的方式被歸認為“成層取樣” (stratified sampling)。此方式對於基質專一 (substrate-specific) 的真菌類而言，是一個有效取樣設計。

菇菌尤其是外生菌根類子實體常成叢或成帶狀似的產生，故以相鄰的樣區設計方式來取樣，有可能低估物種的多樣性 (O'Dell and others 1995)，但如果樣區間隔太廣則需花費更多時間和經費來取樣。而樣區大小和形狀也會干擾到取樣的

效率和可行性。所以對於促進真菌調查、監測和研究工作而言，需針對所面臨不同研究目標，不斷地研究比較各種取樣設計的可行性。

#### (五) 取樣方法和測量單位

研究目標也是決定取用何種取樣方法的因素。記錄一個稀有物種的出現最簡易方式為照相、採集證據標本(voucher specimens)和確定出菇地點。至於物種清單、系統調查、長期監測和生態棲位(niche)或功能的評估等，則需更精巧的取樣方法。

當研究物種多樣性在生態學上的意義時，常以物種出現的數目(種歧度richness)和每一物種之豐富度(abundance)來作指標。一般常用來測量子實體豐富度的標準有三：總數、頻率(物種在所有樣區出現或缺少的百分比)、和生物量(biomass)。真菌應如何被測量的方法決定後，此決定將直接影響物種在該生態系的重要性。舉例說明，假設測量一個樣區含有一顆重10公斤(22磅)的巨石，3顆合計5公斤(11磅)的圓石和10顆合計1公斤的鵝卵石，在所有石頭頻度相同的條件下(一個樣區內)，小鵝卵石數量最多，巨石重量最大。切記子實體的“豐富度”(不管定義為何)對於特定物種大小和菌體範圍是無關的。子實體生物量對於特定物種而言，可部份反應其能量儲存的年變化情況，但種之間似乎也存在很大的基因差異，同種間子實體的大小也是差異頗大。頻率則反映出一個區域被物種定殖(colonized)之情況，所以是很好的分布指標物。子實體數量既無法反映分布地點也不能告知菌絲體的範圍，但如同生物量一樣，卻仍可反映出種內生產力的年變化情況。結合上述測量標準或許才是最佳的描述。所以在研究中需解釋為何要選擇特別測量標準來測量豐富度。

## (七) 棲地和森林經營

吾人若想保護物種多樣性和維持森林生態系中真菌功能角色，必須維持棲地多樣性以供眾多物種的生長和繁殖。儘管許多物種間的棲地要件重疊，但對其它物種則需專一或獨特棲地方能存活。顯然地我們對於這種棲地要件一無所知，此種無知常起因於研究真菌的困難和欠缺足夠的資源來完成。

保育生物之原則也在於維持種內基因的多樣性。本項原則可藉由保護眾多族群 (populations) 以確保其間之基因流傳 (gene flow) 來達成。吾人對於大多數真菌族群和生殖生物學 (reproductive biology) 的無知，阻礙現今保育的努力。我們對許多情況了解甚少，例如菌落可存活多久？新菌落的形成有多頻繁？或是菌落間可距離多遠而其仍可交配？這些資料是決定適當森林棲地的大小和其分布以保育真菌多樣性所需必要條件。

為彌補我們在保育知識上的不足，對分類或棲地研究應可提供這方面的幫助。分類的研究以特定物種為目標，例如高貴多孔菌和山地刺孢多孔菌，是兩種稀有的真菌，需要分類基礎研究其棲地和分布範圍。研究5即描述針對稀有物種進行調查和保育策略。

以棲地為基礎的研究方法探討物種分布與環境因子的關連性。研究1探討數個每年降雨不同的老熟期森林社會中真菌的多樣性。外生菌根菌的物種組成也隨森林成熟而改變；一些物種在幼齡期 (young) 森林中較普遍，其它則是在較老的時期 (Arnolds 1991, Deacon and Fleming 1992, Hinitikka 1988, Termoshuizen and Schaffers 1987)。研究4探討比較不同時期森林之真菌多樣性。從干擾（採收或火燒）和未受干擾（老熟期）森林所得真菌資料互相比較，為了解真菌社會動

態變化之必要條件。如果將區域棲地因子諸如粗木質屑、森林的年齡和密度、地被層植被(understory vegetation)和土壤狀況與真菌子實體的產生等做一全面的整合，將可促進我們了解森林經營之運作對於真菌多樣性的影響。研究3便是一個針對這些問題而設計的整合性計畫。

利用森林經營的不同處理(如森林疏伐forest thinning或將粗木質屑留在砍伐的區域)來測試真菌對經營方式之反應是有用的。這類計畫使用了許多本節所討論的取樣方法，但所有詳細的取樣方法，則是記錄研究許多生態因子之大型整合研究計畫(larger integrated research programs)中。研究2、3、6只是這種研究方式的代表而已。

#### (八) 合作

分類和取樣的困難並不會使我們打消學習更多大型真菌分布知識的念頭。這方面歐洲已累積有許多的實驗資料(Arnolds 1992)，而西北太平洋地區則有許多研究正在進行中。研究團體和土地經營機構間的合作，可以確保分類、試驗設計、統計和出版等專業，皆可與實際野外經驗相結合，而這樣的結果將有助於更新未來的經營計畫。真菌組的成員與植物、森林和其它自然資源系的研究生一樣，經常提供了無價之野外援助；在下一節所討論的研究項目中，主要是依賴他們的支援且將因他們的努力而使我們受惠。

真菌扮演不可或缺的生態系功能角色，並具持續提供各種商業化產物。假如在我們的領域，努力追求真菌多樣性之知識、保育和利用，將是回饋社會最好的方式。

## 五. 引用文獻

- Allen, M.F. 1991.** The ecology of mycorrhizae. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. 184 p.
- Ammireliti, J. 1979.** Chemical studies of mushrooms: the need for voucher collections. *Mycologia*. 71:437-441.
- Ammirati, J.; Ammirati, S.; Norvell, L. [and others]. 1994.** A preliminary report on the fungi of Barlow Pass, Washington. *Mclivainea*. 2:10-33.
- Arnolds, E. 1991.** Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 35: 209-244.
- Arnolds, E. 1992.** Mapping and monitoring of macromycetes in relation to nature conservation. *Mclivainea*. 10: 4-27.
- Arora, D. 1986.** Mushrooms demystified: a comprehensive guide to the fleshy fungi. Berkeley, CA: Ten Speed Press. 959 p.
- Berry, W. 1982.** The gift of good land. San Francisco: North Point Press. 281 p.
- Campbell, S., ed. 1991.** Pacific yew final environmental impact statement. [Place of publication unknown]: U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management; Food and Drug Administration. Appendices 1 and 2.
- Carey, A.B. 1991.** The biology of arboreal rodents in Douglas-fir forests. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-276. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 46 p.
- Cobb, J.B., Jr. 1988.** A Christian view of biodiversity. In: Wilson, E.O., ed. *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press. 481-485.
- Deacon, J.W.; Fleming, L.V. 1992.** Interactions of ectomycorrhizal fungi. In: Allen, F.A., ed. *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*. New York: Chapman & Hall: 249-300. Chapter 8.

- Farnsworth, N.R.; Soejarto, D.D. 1985.** Potential consequences of plant extinctions in the United States on the current and future availability of prescription drugs. *Economic Botany*. 39(3): [pages unknown].
- Fogel, R.; Hunt, G. 1979.** Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover. *Canadian Journal of Forest Research*. 9: 245-256.
- Fogel, R.; Peck S.B. 1975.** Ecological studies of hypogeous fungi. I: Coleoptera associated with sporocarps. *Mycologia*. 67: 741-747.
- Fogel, R.; Trappe, J.M. 1978.** Fungus consumption (mycophagy) by small animals. *Northwest Science*. 52:1-31.
- Forest Ecosystem Management Assessment Team. 1993.** Forest ecosystem management: an ecological, economic, and social assessment. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture; U.S. Department of the Interior [and others]. [Irregular pagination].
- Gerdes, M; Bruns, T.D. 1991.** Rapid characterization of ectomycorrhizae using RFLP patterns of their PCR amplified ITS. *Mycological Society of America Newsletter*. 42:14.
- Gardes, M.; Bruns, T.D. 1992.** Molecular sampling of mycorrhizae: opposing views from above- and below-ground. *Mycological Society of America Newsletter*. 43: 22.
- Gardes, M.; Bruns, T.D. 1993.** ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes- application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*. 2: 113-118.
- Gardes, M.; White, T.J.; Fortin, J. [and others]. 1991.** Identification of indigenous and introduced symbiotic fungi in ectomycorrhizae by amplification of nuclear and mitochondrial DNA. *Canadian Journal of Botany*. 69: 180-190.

**Thomas, J.W.; Anderson R.G., Maser, C.; Bull, E.L. 1979.** Snags. In: Thomas, Jack Ward, tech. ed. Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington. Agric. Hand. 553. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 60-77.

**Trappe, J.M.; Fogel, R. D. 1977.** Ecosystematic functions of mycorrhizae. In: Proceedings: The below-ground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes; [dates of meeting unknown]; [location of meeting unknown]. Range Sciences Department Science Series 25. Boulder, CO: Colorado State University: 205-214.

**U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994a.** Final supplemental environmental impact statement on management of habitat for late-successional and old-growth forest related species within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 2 vol.

**U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994b.** Record of decision for amendments to Forest Service and Bureau of Land Management planning documents within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 74 p. [plus Attachment A: standards and guidelines]

**U.S. Laws, Statutes, etc. Endangered Species Act of 1973** (as amended) 16 U.S.C.1531-1543.

**Villeneuve, N.; Grandtner, M.M.; Fortin, J.A. 1989.** Frequency and diversity of ectomycorrhizal and saprophytic macrofungi in the Laurentide Mountains of Quebec. Canadian Journal of Botany. 67: 2616-2629.

- Vogt, K.A.; Grier, C.C.; Meier, C.E.; Edmonds, R.L. 1982.** Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in western Washington. *Ecology*. 63:370-380.
- Winterhoff, W. 1992.** Fungi in vegetation science. [City unknown], The Netherlands:Kluwer Academic. 258 p.
- Worthen, W.B.; McGuire, T.R. 1990.** Predictability of ephemeral mushrooms and implications for mycophagous fly communities. *American Midland Naturalist*.124: 12-21.

## 參、「森林真菌多樣性與其保育」主題論文

### 研究1：奧林匹亞國家公園老熟期花旗松—鐵杉 林中外生菌根菌之生態

*Thomas E. O'Dell and Joseph F. Ammirati*

#### 一、內容

儘管外生菌根菌在許多生態系過程中相當重要，但在北美地區未經營之棲地中的外生菌根菌，其生態特性則少有人研究(Klironomos and Kendrick 1993)。一些研究人員已記錄了出分布於北美東部落葉與針葉林中真菌的種類(Bills and others 1986, Nantel and Neuman 1992, Villeneuve and others 1989)不過北美西北地區，諸如此類研究(Cooke 1955例外)則著眼於地下生(塊菇類)真菌(Fogel and Hunt 1979, Hunt and Trappe 1987, Luoma and others 1991)，雖然地下生真菌類對生態有其重要性，但它們只是外生菌根菌類的一小部份而已。

儘管估計超過2,000種的外生菌根菌以花旗松為宿主，但吾人對於存在這些森林林分或棲地中真菌物種之種歧度則所知有限(Molina and others 1993, Trappe 1977)。選擇老熟期花旗松—鐵杉(Douglas-fir—western hemlock)林來做研究，是因為其林下植被與氣候間的相關研究已被完整記錄的緣故(Franklin and Dyrness 1973, Henderson and Others 1989, Zobel and others 1976)，且此森林是當地相當重要的林型。

奧林匹亞國家公園，具大面積的原始林和陡峭環境坡度，是一個研究外生菌根菌與環境關係的理想地點。奧林匹亞山，從周圍海岸平原和山麓小丘間陡峭隆起，對從太平洋吹來之潮濕空氣(moisture-laden air)形成了一個屏障。這種地理特性產生落差極大的降雨梯度現象，亦即西邊河谷年平均降雨量

5. 未來從事類似研究之建議改進事項包含下列3點：

- (1) 增長研究期限，二年間所獲得調查成果的差異常是極端的，延長研究時間，能就棲地、林分和物種間的差異，提供較完善的比較。
- (2) 增加取樣頻率和面積。數種真菌雖可在林分中發現，但卻在樣區外，此顯示取樣面積宜擴大或是更密集的取樣（同樣總面積設更多樣區）。最理想的方式是，每週或二週取樣一次，以發現更多的種類。
- (3) 改進棲地重覆性。老熟期植被處於高度變異的狀況。在植被已調查清楚之地區進行真菌生態研究，有利於找到類似植被的林分，進而減少棲地間差異。在同一植群型內選擇更多林分取樣，也有助於彌補棲地間的差異。

## 五、現況

資料分析、問題確認和原稿準備仍在進行中。另於2個地點繼續取樣以進行額外的計畫，來比較子實體的豐富度和外生菌根菌的優勢。

## 六、引用文獻

**Bills, G.F.; Holtzmann, G.I.; Miller, O.K., Jr. 1986.** Comparison of ectomycorrhizal basidiomycete communities in red spruce versus northern hardwood forests of West Virginia. *Canadian Journal of Botany*. 64: 760-768.

**Cooke, W.B. 1955.** Fungi, lichens and mosses in relation to vascular plant communities in eastern Washington and adjacent Idaho. *Ecological Monographs*. 25:119-180.

**Fogel, R.; Hunt, G. 1979.** Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover. *Canadian Journal of Forest Research*. 9: 245-256.

**Franklin, J.F.; Dyrness, C.T. 1973.** Natural vegetation of Oregon and Washington. Gen. Tech. Rep. PNW-8. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 417 p.

**Henderson, J.A.; Peter, D.H. ; Lescher, R.D.; Shaw, D.C. 1989.** Forested plant associations of Olympic National Forest. Tech. Pap. R6-001-88. [place of publication unknown]: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region.

**Houston, D. B.; Schreiner, E.G. 1994.** The Olympic Mountains and environs. In: Houston, D.B.; Schreiner, E.G.; Moorehead, B.B., eds. Mountain goats in Olympic National Park: biology and management of an introduced species. Sci. Monogr. NPS/NROLYM/NRSM-94/25. [Place of publication unknown]: U.S. Department of the Interior, National Park Service. Chapter 2.

**Hunt, G.A.; Trappe, J.M. 1987.** Seasonal hypogeous sporocarp production in a western Oregon Douglas-fir stand. Canadian Journal of Botany. 65: 438- 445.

**Klironomos, J.N.; Kendrick, W.B. 1993.** Research on mycorrhizas: trends in the past 40 years as expressed in the 'MYCOLIT' database. New Phytologist. 125: 595-600.

**Luoma, D.L.; Frenkel, R.E.; Trappe, J.M. 1991.** Fruiting of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. Mycologia. 83: 335-353.

**Molina, R.; O' Dell, T.; Luoma, D [and others]. 1993.** Biology, ecology, and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest: a preface to managing commercial harvest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309. Portland, OR: U.S. Department of

## 研究2：外生菌根菌對森林經營處理的反應： 長期生態系生產力的意義

*Daniel L. Luoma, Joyce L. Eberhart, and Michael*

*P. Amaranthus*

### 一、內容

大眾對於維持地方生產力的關注，常與不減少木材收穫量之願望有關。然而國有土地的木材生產量已被整合於生態經營制度之中，在該制度下，而我們取自於森林的所有價值也在相互經營下產生彼此的影響。外生菌根菌是土壤生命網重要一環，同時也是滋養樹木所必需的生物(Trappe and Fogel 1977)。

本研究針對外生菌根菌生態的關鍵方向進行調查，且深具經營意義。這個研究所提供的完整調查和展望，將首次為菌根菌、永續生態系生產力和森林經營策略等三者間的長期交互作用，建立完整的資料庫。

本研究最初以奧勒崗州西南部“Siskiyou整合研究地點”(Integrated Research Site)為目標，以獲得干擾影響、外生菌根菌和當地生產力三者間的關係，此種資訊可與Harvey等人(1976, 1991)在北落磯山脈所作的研究，進行重要的區域間(interregional)比較；而與Fogel(1976), Hunt and Trappe(1987), Luoma(1991), Luma等人(1991),和O'Dell等人(1992)等所作的研究，進行區域內(intraregional)子實體產量的比較。

### 二、目的

本研究是以“長期生態系生產力”(long-term ecosystem productivity, LTEP)為試驗對象之大型整合研究的一部份。本研究設計是用來檢視植被結構分為(初、中和後期)三級演替期及粗木質屑(corase woody debris, CWD)依

保持狀態分(低、中和高滯留量)三種層次，兩者之間如何交互作用影響不同生態系的過程。本研究重要目標有3個，主要爲了比較植被演替早期及後期，與粗木質屑低及高留滯量處理間的相互影響：

1. 從土壤管柱分離所得外生菌根菌的種歧度和相對豐富度 (relative abundance)。
2. 外生菌根菌子實體產量之種歧度和生物量。
3. 外生菌根菌類型的歧異度與子實體產量間的關連性。

本研究並不打算調查或估計所有外生菌根菌種類或菌根類型歧異度，但本研究的目標將針對試驗設計架構進行修改。使得我們從代表性的取樣中，也能讓處理間的效應顯現出來，並藉以描述物種的種歧度和生物量。

### 三、方法和原理

本研究因能得到前處理(pretreatment)資料的機會而受益，雖然這是最理想的狀況，但此類資料並非常可取得。我們將從接受高和低CWD處理的演替初期和後期森林中獲得前處理資料。這是一個2-×2-分離樣區設計包括對照組在內，在每塊LTEP研究設計中含有5個取樣林分。依據研究進行、前人工作(Luoma 1991)和預期技術支援所獲得經驗，我們認爲從3塊，亦即總數15個林分來取樣，將可獲得充分的材料進行分析研究。演替中期處理的取樣被認爲較不具關鍵性，因有關子實體產量的研究正在H.J.Andrews試驗林的(研究4)同時期經營林分中進行。

密集取樣可提供精確統計之高品質數據資料，需要至少2年(3年更佳)時間進行前處理取樣(Arnolds 1981, Fogel 1981, Lange 1948, Luoma 1991, Richardson 1970)以建立可靠的基礎資料。這些資料可用來量化已存在各實驗區之內及之間

的變異，並有助於釐清處理效果的判斷和增強結果的推論。

從1992到1994年春天，每年春季及秋季時於每一個林分中進行取樣。在我們的研究區域裡，外生菌根菌群落結構若以子實體產量狀況來看，反映出強烈的季節性(Fogel 1976, Hunt and Trappe 1987, Luoma and others 1991)，也許這種季節性的反應，代表著外生菌根的動態變化狀況。配合季節出菇的高峰期進行子實體取樣，而根的取樣也是集中在出菇季節，但時間可能延長。後處理(posttreatment)取樣(每增加3年時)可在0~2, 4~6, 9~11, 1~16, 19~21, 29~31和49~51年間及以後每隔20年進行。Luoma(1989)，O'Dell等人(1992)和我們正在進行的研究比較25年和50年及80、160和超過400年間的林分，顯示出不同的外生菌根菌群落結構，但我們對於干擾後第一個20年之菌根動態則所知甚少。

以2×50公尺(6.56×164呎)的帶狀樣區進行外生菌根菌取樣。處理單位分成上、中、下坡度位置，在每一個處理林分選定設置3個永久帶狀樣區，意即每一種坡度設一帶狀樣區。每次取樣期間也針對3個短暫帶狀樣區進行菇類取樣，每一樣區各位於一種坡度位置上，地下生子實體產量(塊菇)則以25個4平方公尺(43平方呎)樣區的取樣結果來估算。塊菇的樣區與延著3條穿越線所設的3個短暫菇菌樣區相聯結，意即每個菇菌樣區分別與8、9和8個塊菇樣區相連。延著短暫菇菌樣區的中線，每間隔6公尺(19.7呎)設一個塊菇樣區。在每次取樣建立3個新的樣區時，才針對短暫菇菌樣區進行取樣一次。

以6×15公分(2.3×5.9吋)的土壤管柱來進行外生菌根菌取樣。在每個菇菌永久及短暫樣區的末端採取土壤管柱，於3次取樣期間，每次從每個處理單位採3至6個土壤管柱，每一個用淘洗器(elutriator)清洗並以2mm及250 μm篩網來收集篩出

物。粗粒部分均勻散布在以塑膠隔成36小格的25.4平方公分(4.06吋)的方形盤子。記錄每一小格中外生菌根菌的種類，本步驟可用來決定在土壤管柱中出現之每一外生菌根菌類型的相對頻率。由外生菌根菌類型的平均值和相對頻率來做為處理間的比較，同時也測試外生菌根菌豐富度和子實體生物量間的相關性。

#### 四、獨特考量

本研究結果證實前處理取樣(Eberhart and others, in press; Luoma and other in press)之實用性，因在後處理的所關察的差異中，可能含有源自前處理的狀況，而基礎資料的提供，使得後處理資料能接受各種不同的方法的統計分析，這些統計分析增進了結果判斷的可信度和結論的權威性。子實體和菌根的取樣使得研究人員可做完整的處理比較，以洞察菌根豐富度和子實體產量二者間的關係。

#### 五、現況

前處理資料已收集完成，1996年將執行採收處理。

#### 六、引用文獻

**Arnolds, E. 1981.** Ecology and coenology of macro-fungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, The Netherlands. Vaduz, Liechtenstein: J. Cramer. 410 p.

**Eberhart, J.L.; Luoma, D.L.; Amaranthus M.P. [In press].** Response of ectomycorrhizal fungi to forest management treatments-a new method for quantifying morphotypes. In: Proceedings, 4th European symposium on mycorrhizae; 1994 July 11 -14; Granada, Spain. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown].

**Fogel, R. 1976.** Ecological studies of hypogeous fungi. II: Sporocarp phenology in a western Oregon Douglas-fir stand. Canadian Journal of

Botany. 54: 1152-1162.

**Fogel, R. 1981.** Quantification of sporocarps produced by hypogeous fungi. In: Wicklow, D.T; Carroll, G.C., eds. The fungal community, its organization and role in the ecosystem. New York: Marcel Dekker: 553-568.

**Harvey, A.E.; Larsen, M.J.; Jurgensen, M.F. 1976.** Distribution of ectomycorrhizae in a mature Douglas-fir/larch forest soil in western Montana. Forest Science. 22: 393-398.

**Harvey, A.E.; Page-Dumroese, D.S.; Graham, R.T; Jurgensen, M.F. 1991.** Ectomycorrhizal activity and conifer growth interactions in western-montane forest soils. In: Proceedings, Management and productivity of western-montane forest soils; [dates of meeting unknown]; [location of meeting unknown]. Gen. Tech Rep. INT-280. [Place of publication unknown]: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 110-118.

**Hunt, G.A.; Trappe, J.M. 1987.** Seasonal hypogeous sporocarp production in a western Oregon Douglas-fir stand. Canadian Journal of Botany. 65: 438-445.

**Lange, M. 1948.** The agarics of Maglemose. Dansk Botanisk Arkiv. 13:1-141.

**Luoma, D.L. 1989.** Biomass and community structure Of sporocarps formed by hypogeous ectomycorrhizal fungi within selected forest habitats of the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. Corvallis, OR: Oregon State University. 173 P. Ph.D.thesis.

**Luoma, D.L. 1991.** Annual changes in seasonal production of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests. In: Ruggiero, L.F.; Aubry, K.B.; Carey, A.B.; Huff, M.H., tech. coords. Wildlife habitat relationships in old-growth Douglas-fir forests. Gen.Tech. Rep. PNW-

GTR-285. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 83-89.

**Luoma, D.L.; Eberhart, J.L.; Amaranthus M.P.** [In press]. Response of ectomycorrhizal fungi to forest management treatments-sporocarp product. In: Proceedings, 4th European symposium on mycorrhizae; 1994 July 11-14; Granada, Spain. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown].

**Luoma, D.L.; Frenkel, R.E.; Trappe, J.M.** 1991. Fruiting of hypogeous fungi in Oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. *Mycologia*. 83: 335-353

**O' Dell, T.E.; Luoma, D.L.; Molina, R.J.** 1992. Ectomycorrhizal fungal communities in young, managed and old growth Douglas-fir stands. *Northwest Environmental Journal*. 8: 166-168.

**Richardson, M.J.** 1970. Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Soots pine plantation. *Transactions of the British Mycological Society*. 55: 217-229.

**Trappe, J.M.; Fogel, R. D.** 1977. Ecosystematic functions of mycorrhizae. In: Proceedings of the below-ground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes; [dates of meeting unknown]; [location of meeting unknown]. Range Sciences Department Science Series 25. Boulder, CO: Colorado State University: 205-214.

### 研究3：經營森林林分中外生菌根菌之群落結構和動態變化：論證生態經營選擇

*Daniel L. Luoma, Joyce L. Eberhart, and Michael*

*P. Amaranthus*

#### 一、內容

論證生態經營選擇(Demonstration of Ecosystem Management Options, DEMO)計畫所獲得資料，將用以測試西北太平洋地區生態經營管理的標準和指導方針的假設。實施不同程度活樹保留方式以進行檢試。這個論證設計由6個步驟所組成，這些步驟代表了含括均齡至非均齡(even-aged to uneven-aged)系統之多樣保留策略(diverse retention strategies)。這些試驗處理詳參Ford and others(1995)和 White and Esterholdt(1995)。其中研究外生菌根菌是本研究的重要部份。

由西北太平洋地區的研究顯示，森林經營活動可降低外生菌根菌的豐富度和森林的更新(regeneration)(Amaranthus and Perry 1989, Amaranthus and others 1990)。這些研究顯示，外生菌根形成的豐富度和速度關係著苗木的存活和生長，特別是生存於不良的棲地環境者；然而橫越西北太平洋地區，外生菌根菌減少的程度及對森林更新的衝擊，存在有極大差異且視許多因子而定。不同的外生菌根菌提供宿主特殊益處的能力也不同，且他們的出現和豐富度也隨著森林演替而改變(Mason and Others 1983, Trappe 1977)。最近的研究(Amaranthus and Others 1994)指出，先前皆伐的幼齡林分(young stand)比完整成熟森林的部份產生更少的子實體。然而有關部份森林採收和育林系統下子實體產生的資訊則尚未可知。

我們對於花旗松林在演替期間植被和結構變化相當了解

(Franklin and Oters 1981, Spies and Others 1988), 然而吾人對外生菌根社會結構與多樣性一無所知, 但這些資料是預測干擾和經營對生態系之衝擊的基礎。本研究將植被、野生動物、集水區, 對外生菌根菌的認知所產生的經濟性反應和其在地下所表現的功能等相整合, 同時也強調外生菌根生態在森林經營中具有重要的意義。

## 二、目的

1. 在基本區域無採收和75%、40%、15%保留的各種處理間比較以下的差異：
  - (1) 外生菌根菌種歧異度和子實體產量的生物量(子實體種歧異度和生物量將與小型哺乳類的頻率和豐富度, 以及植物社會組成及結構, 包含粗木質屑等的變化一併分析, 研究彼此間的關連性)。
  - (2) 外生菌根類型歧異度及相對豐富度。(外生菌根歧異度和相對豐富度將與植物社會組成和結構等的變化一併分析, 研究彼此間的關連性)。
  - (3) 外生菌根類型歧異度與子實體物種之種歧度間的關係。
  - (4) 採食真菌(mycophage)對於小型哺乳類食物的重要性。
2. 在保留40%與15%綠樹的兩種處理下, 比較分散與群集保留方式對以下的影響：
  - (1) 外生菌根菌種歧度和子實體產量之生物量(子實體種歧度和生物量, 將與小型哺乳類頻率和豐富度以及植物社會組成和結構等變化一併分析, 研究彼此間的關連性)。
  - (2) 外生菌根類型種歧度和相對豐富度(外生菌根種歧度將與植物社會組成和結構等變化一併分析, 研究彼此間的關連性)。

本研究並非調查或估計所有外生菌根菌種類或其菌根菌類型

之歧異度，而是在於建立試驗設計的架構。在這樣試驗設計下，不只可以測試各種處理所產生的影響，且可自代表性樣品中表現物種的歧異度與生物量的特徵。

### 三、方法和原理

這個整合DEMO計畫在8個地理分布區(塊)中設計重覆的6個綠樹保留處理區，這些處理包含4種程度綠樹保留(15, 40, 70及100%保留現存的綠樹基本區域)，以及在15%和40%保留處理中使用2種保留狀況(群集和分散)。所謂“群集”狀態意即指樹木以成叢狀態保留於大約1公頃(2.47畝)地區內；而“分散”狀態則是指樹木以均勻分散狀態保留於同試驗區內。在75%保留處理中，樹木將以1公頃為分隔單位，均勻分布於試驗區中被砍除。而100%保留處理則代表對照組。基於進行中研究所獲得的經驗、前人的研究成果(Luoma 1989, 1991; Luoma and others 1991; O'Dell and Others 1992)和可預期的技術支援等因素，最初，我們僅針對重複樣區塊中的3個進行取樣。

本研究可在理想狀況下，因有機會獲得處理前的資料而受益，但此類資料未必可以獲得。至少需要2年的時間(3年較佳)來進行前處理取樣(Arnolds 1981, Fogel 1981, Lange 1948, Luoma 1991, Richardson 1970, Vogt and others 1992)以建立可靠的基礎資料。這些資料可將事先存在於試驗單位內外之間的變異量化，因此有助於吾人釐清處理效果的判斷並增強結果的結論。

外生菌根菌社會結構，若以子實體的產量來看，在我們研究區域呈現強烈的季節性(Fogel 1976, Hunt and Trappe 1987, Luoma and Others 1991)。每個林分於春季和秋季時各取樣一次，且於出菇的尖峰季節(seasonal peak fruiting)期進行子實體取樣。根取樣也是集中於出菇季節，

但時間可延長。菌根類型依據Eberhart 等人(印行中)的方法而定。後處理取樣於0~2、4~6、9~11、14~16、19~21、29~31、49~51年(每隔3年)和處理後每隔20年時進行。

外生菌根菌物種取樣在每個處理之6個帶狀樣區【2x50公尺(6.5x164呎)】內進行。在同樣的面積下，長而狹窄的帶狀樣區較圓形樣區，更能降低踐踏對於樣區的衝擊和截取更多至廣範變異的微地點(microsite)(Luoma and Others, in press; Mehus 1986; Ohenoja and Metsänheimo 1982; Ruhling and Others 1984)。於前處理取樣期間，在各處理中設置了三個永久帶狀樣區，且分別位於高、中、低坡帶；但如果是在緩坡的林分則是以均勻分散方式安置這些帶狀樣區。

在永久帶狀樣區內，每一種外生菌根菌的子實體將以每平方公尺為單位分別取樣。每次取樣時皆重新設置3個臨時菇菌帶狀樣區(temporary mushroom strip plots)，從臨時帶狀樣區所採的每一種外生菌根菌的子實體將被視為該樣區的單一採集。採集的子實體在實驗室中進行鑑定、烘乾和稱重(至0.01克)以定生物量。伴隨著群集或分散保留處理區域的樹木砍伐，在未干擾的殘存森林區塊內，選置均勻分布的額外帶狀樣區。後處理樣區的分布和取樣須與植被取樣密切地配合，以擴展成果解釋的範圍。

延著高、中、低坡帶所設的臨時菇菌樣區，每隔6公尺設1個大小4平方公尺樣區(43平方尺)共25個，以進行地下生子實體產量之取樣。以塊菇為例，種的採集被定為同一種類形成半徑 $\leq 10$ 公分(3.9吋)的一群叢生子實體。在實驗室中，將子實體進一步鑑定、烘乾和稱重(至0.01克)以定生物量。記錄每一個樣區中暴露的礦物土壤、覆蓋的CWD和CWD分解的等級等項目，以分析這些因子與塊菇產量之間的關連性(Amaranthus and Others, 1994)。直徑 $\geq 8$ 公分(3.1吋)且體積 $\geq 250$ 立方公分

(21.3立方呎)之最近的一塊CWD與樣區中心點距離和分解等級，將與採到物種的中心點和最近CWD(同一標準下)的距離來做比較。在塊菇樣區內也記錄*Piloderma bicolor*(包括相關的種類)的覆蓋率(percentege of cover)，因該菌在營養期(vegetative state)也就是形成菌根時最容易被發現。*Piloderma* sp.常在含完全分解的木質碎屑土壤中被發現，但罕能發現子實體構造，因此若要測定其相對豐富度時，挖掘是最有效的方法。

#### 四、獨特考量

做為大型整合研究計畫的一部份，無論是試驗設計或是取樣方法皆需符合整個計畫之研究和經營的需求。其好處是可從其他同時進行的研究中獲得各種可資運用的相關資訊。所得資料永久儲存於森林科技資料庫(Forest Science Data Bank)中以供長期研究用。代表性證據標本和野外標籤將存於奧勒岡州立大學標本館以供長期參考之用。

#### 五、現況

基礎資料收集仍持續進行中。

#### 六、引用文獻

**Amaranthus, M.P.; Perry, D. A. 1989.** Interaction effects of vegetation type and Pacific madrone soil inocula on survival, growth, and mycorrhiza formation of Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 550-556.

**Amaranthus, M.; Trappe, J.M.; Bednar, L.; Arthur, D. 1994.** Hypogeous fungal production in mature Douglas-fir forest fragments and surrounding plantations and its relation to coarse woody debris and animal mycophagy. *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 2157-2165.

**Amaranthus, M.P.; Trappe, J.M.; Molina, R.J. 1990.** Long-term forest

productivity and the living soil. In: Perry, D.A.; Meurisse, R.; Thomas, B. [and others], eds. Maintaining the long-term productivity of Pacific Northwest forest ecosystems. Portland, OR: Timber Press: 36-52.

**Arnolds, E. 1981.** Ecology and coenology of macro-fungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, The Netherlands. Vaduz, Liechtenstein: J. Cramer. 410 p.

**Eberhart, J.L.; Luoma, D.L.; Amaranthus M.P. [In press].** Response of ectomycorrhizal fungi to forest management treatments-a new method for quantifying morphotypes. In: Proceedings, 4th European symposium on mycorrhizae; 1994 July 11-14; Granada, Spain. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown].

**Fogel, R. 1976.** Ecological studies of hypogeous fungi. II: Sporocarp phenology in a western Oregon Douglas-fir stand. Canadian Journal of Botany. 54:1152-1162.

**Fogel, R. 1981.** Quantification of sporocarps produced by hypogeous fungi. In, Wicklow, D.T.; Carroll, G.C., eds. The fungal community, its organization and role in the ecosystem. New York: Marcel Dekker: 553-568.

**Ford, E.D; Aubry, K B.; White, J.D. [and others]. 1995.** Demonstration of ecosystem management options: revised draft study plan. 28 p. On file with: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 3625 93d Ave., Olympia, WA 98512-9193.

**Franklin, J.F.; Cromack, K., Jr.; Denison, W. and others]. 1981.** Ecological characteristics of old-growth Douglas-fir forests. Gen. Tech. Rep. PNW-118. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Experiment Station. 48 p.

**Hunt, G.A.; Trappe, J.M. 1987.** Seasonal hypogeous sporocarp

production in a western Oregon Douglas-fir stand. *Canadian Journal of Botany*. 65: 438-445.

**Lange, M. 1948.** The agarics of Maglemose. *Dansk Botanisk Arkiv*. 13: 1-141.

**Luoma, D.L. 1989.** Biomass and community structure of sporocarps formed by hypogeous ectomycorrhizal fungi within selected forest habitats of the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. Corvallis: Oregon State University. 173 p. Ph.D. thesis.

**Luoma, D.L. 1991.** Annual changes in seasonal production of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests. In: Ruggiero, L.F.; Aubry, K.B.; Carey, A.B.; Huff, M.H., tech. coords. *Wildlife habitat relationships in old-growth Douglas-fir forests*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-285. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 83-89.

**Luoma, D.L.; Eberhart, J.L.; Amaranthus M.P. [In press].** Response of ectomycorrhizal fungi to forest management treatments-sporocarp production. In: *Proceedings, 4th European symposium on mycorrhizae; 1994 July 11-14; Granada, Spain*. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown].

**Luoma, D.L.; Frankel, R.E.; Trappe, J.M. 1991.** Fruiting of hypogeous fungi in Oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. *Mycologia*. 83: 335-353.

**Mason, P.A.; Wilson, J.; Last, F. T.; Walkem, C. 1983.** The concept of succession in relation to the spread of sheathing mycorrhizal fungi on inoculated tree seedlings growing in unsterile soils. *Plant & Soil*. 71: 247-256.

**Mehus, H. 1986.** Fruit body production of macro-fungi in some north

Norwegian forest types. Norwegian Journal of Botany. 6: 679-701.

**O'Dell, T.E.; Luoma, D.L.; Molina, R.J. 1992.** Ectomycorrhizal fungal communities in young, managed and old growth Douglas-fir stands. Northwest Environmental Journal. 8:166-168.

**Ohenoja, E.; Metsänheimo, K. 1982.** Phenology and fruiting body production of macro-fungi in subarctic Finnish Lapland. In: Laursen, G.A.; Ammirati J.F., eds Arctic and alpine mycology. Seattle: University of Washington Press: 371-389.

**Richardson, M.J. 1970.** Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation. Transactions of the British Mycological Society. 55: 217-229.

**Ruhling, A.; Bååth, E.; Söderström, B. 1984.** Fungi in metal-contaminated soils. Ambio. 13:34-36.

**Spies, T.; Franklin, J.F.; Thomas, T. 1988.** Coarse woody debris in Douglas-fir forests of western Oregon and Washington. Ecology. 69:1689-1702.

**Trappe, J.M. 1977.** Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Annual Review of Phytopathology 15: 203-222

**Vogt, K.A.; Bloomfield, J.; Ammirati, J.F.; Ammirati, S.R. 1992.** Sporocarp production by Basidiomycetes, with emphasis on forest ecosystems. In: Carroll, G.C.; Wicklow, D.T, eds. The fungal community: its organization and role in the ecosystem. 2d ad. New York: Marcel Dekker: 563-582.

**White, J.D.; Esterholdt, K. 1995.** D.E.M.O.: a Research/NFS cooperative effort. Forestry Research West. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, [Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station]; August: 4-7.

## 研究4：測量花旗松林中真菌之演替

*Jane E. Smith, Randy Molina, Donaraye McKay,*

*Michael Castellano, and Daniel Luoma*

### 一、內容

外生菌根菌對於許多生態系過程的重要性已適當的建立，然而有關外生菌根菌在自然植被(nature vegetation)中的社會結構和動態仍一無所知。本研究擬了解不同演替時期(successional stages)花旗松林的外生菌根社會是否有所不同。藉由採集子實體來描述真菌社會將可為預期“干擾和經營”對森林健康所造成可能的衝擊提供所必需的資料。研究結果也將提供有關維持區域內外生菌根菌多樣性之關鍵因子的資訊。有關真菌族群與其他諸如伴生植被(vegetation associations)、土壤類型(soil types)、林分年齡(stand age)、林分密度(stand density)或採收方法等因子間的關連性，可用來評估典型森林演替期間之類似棲地中子實體的產量。若能洞察森林演替、干擾和外生菌根菌多樣性間的關係，將可用來比較西北太平洋地區(Amaranthus and others 1994; Ammirati and Others 1994; Fogel 1976; Fogel and Hunt 1979; Hunt and Trappe 1987; Luoma 1989, 1991; Luoma and Others 1991; Waters and Others 1994)、北落磯山脈(Harvey and Others 1987, 1991)、歐洲(Arnolds 1981, Gaper and Lizon 1995, Mehus 1986, Mikola 1962, Ohenoja and Metsanheimo 1982)和英國(Dighton and Others 1986)等地區森林中子實體產量。因為菇菌和塊菇為小型哺乳動物重要的食物來源，故有關子實體產量的預期將影響森林經營決策並連帶影響野生動物族群。比較有關定殖於不同演替階段森林中根系之各種外生菌根菌，它們可能的生態功能之知識，不僅缺乏且需額外的研究。

## 二、目的：

本研究目的為比較幼齡、輪伐期(rotation-age)和老熟(old-growth)花旗松林分間：

1. 物種歧異度和地上生外生菌根菌子實體(菇菌)之生物量。
2. 物種歧異度和地下生外生菌根菌子實體(塊菇)之生物量。  
(塊菇產量將與CWD之豐富度和分解等級相關連，因其被視為森林林分結構的相關因子。)
3. 一種廣泛分布的外生菌根菌(*Piloderma bicolor*)的覆蓋率，其雖不能產生像蘑菇或塊菇般的子實體，但可由其在土壤中所形成厚、亮黃色菌絲體來鑑定。( *Piloderma bicolor* 覆蓋率將與CWD豐富度和分解等級相關連，因其被認為與老熟森林有關。)

## 三、方法和原理

接近或是在H. J. Andrews試驗林(延著奧勒崗州瀑布區的西面)內之花旗松林，分別從老林(>400年)、輪伐期(45~60年)和幼齡期(25~30年)等三個時期，各選出3個重複林分設置樣區，來測試物種多樣性和外生菌根菌及塊菇子實體產量。

從1991至1994年，每逢春及秋季在林分內取樣一次。在春及秋季取樣以期掌握典型西北太平洋地區出菇季節的二分性(dichotomy)(Fogel 1976, Hunt and Trappe 1987, Luoma and Others 1991)。因子實體產量每年變異，故林分必需連續數年取樣以偵測其間的波動。根據氣候或野外合作研究者的報導決定季節出菇高峰期，並在此時期進行子實體取樣。

外生菌根菌子實體取樣，將自每一林分總面積為700平方公尺(7.535平方尺)/之帶狀樣區(2×50公尺)和圓形塊菇樣區(研究3)中進行。在每個林分內6個帶狀樣區有3個為永久樣區(permanent plots)，在永久樣區內以平方公尺為單位，分別收集

各類外生菌根菌子實體。此外，3個臨時帶狀樣區分別設於林分內高、中、低坡帶。每個臨時樣區中的每種外生菌根菌子實體被視為單一採集。採集的子實體經鑑定烘乾和稱重(至0.01克)。

坐落於3條穿越線(高、中、低坡帶各一條)上，以每隔25公尺設1個大小4平方公尺(43平方尺)的圓形樣區共25個(高、中、低坡帶各8、9、8個)，總面積為100平方公尺的樣區內進行塊菇收集。每一個塊菇樣區，皆記錄其礦物土壤覆蓋率、CWD分解等級和*Piloderma bicolor*的菌絲體。有關CWD資料測量法詳參研究3，但例外的是直徑 $\geq 10$ 公分而非8公分的CWD為本研究之基準。採集過的塊菇樣區以旗子做標識，以免下個季節重複取樣。所取樣的子實體經鑑定、計數、烘乾和稱重(至0.01克)等程序。

#### 四、獨特考量

秋季出菇之前需要有充足的雨量，但目前吾人無法預測秋雨、季末霜寒或降雪於何時開始，所以在秋季預期安排何時至野外工作較春季時困難。一般而言，春季出菇期較秋季時間長且容易預測。

大部份取樣工作由志工協助完成。許多志工僅能協助1或2天，但採集是密集的工作，且每個採集季節(3~4工作週數)需要4至6個工作人員；在人員高流動率下使我們不得不分配更多的時間針對每階段人員訓練，以確保採集資料的一致性。不過隨著工作人員經驗、氣候狀況和地被層植被密度等差異下，取樣所需的時間也不盡相同。

#### 五、現況

當決定一些有疑問分類群的分類地位後，便可立即進行統計分析。而往後數年內吾人仍持續進行取樣，以驗證這4年取樣期間出菇的可能趨勢。

## 六、引用文獻

- Amaranthus, M.; Trappe, J.M.; Bednar, L.; Arthur, D. 1994.** Hypogeous fungal production in mature Douglas-fir forest fragments and surrounding plantations and its relation to coarse woody debris and animal mycophagy. *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 2157-2165.
- Ammirati, J.; Ammirati, S.; Norvell, L. [and others]. 1994.** A preliminary report on the fungi of Barlow Pass, Washington. *Mcllvainea*. 2:10-33.
- Arnolds, E. 1981.** Ecology and coenology of macro-fungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, The Netherlands. *Bibliotheca Mycologica*. 83: 1-407.
- Dighton, J.; Poskitt, J.M.; Howard, D.M. 1986.** Changes in occurrence of basidiomycete fruit bodies during forest stand development: with specific reference to mycorrhizal species. *Transactions of the British Mycological Society*. 87: 163-171.
- Fogel, R.; Hunt, Gary A. 1979.** Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover. *Canadian Journal of Forest Research*. 9: 245-256.
- Fogel, R. 1976.** Ecological studies of hypogeous fungi. II: Sporocarp phenology in a western Oregon Douglas-fir stand. *Canadian Journal of Botany*. 54: 1152-1162.
- Gaper, J.; Lizon, P. 1995.** Sporocarp succession of mycorrhizal fungi in the Norway spruce plantations in formerly agricultural land. In: Baluska, F. [and others], eds. *Structure and function of roots*. [City unknown], The Netherlands, Kluwer Academic Publishers:349-352.
- Harvey, A.E.; Jurgenson, M.F.; Larson, M.J.; Graham, R.T. 1987.** Relationships among soil micro-site, ectomycorrhizae, and natural

conifer regeneration of oldgrowth forests in western Montana. Canadian Journal of Forest Research. 17: 58-62.

**Harvey, A.E.; Page-Dumroese, D.S.; Graham, R.T.; Jurgensen, M.F. 1991.** Ectomycorrhizal activity and conifer growth interactions in western-montane forest soils. In: Harvey, Alan E.; Neuenschwander, Leon F., eds. Proceedings: Management and productivity of western-montane forest soils; [Dates of meeting unknown];[Location of meeting unknown]. Gen. Tech. Rep. INT-280. [Place of publication unknown]:U.S. Department of Agriculture, Forest Service:110-118.

**Hunt, G.A.; Trappe, J.M. 1987.** Seasonal hypogeous sporocarp production in a western Oregon Douglas-fir stand. Canadian Journal of Botany. 65: 438-445.

**Luoma, D.L. 1989.** Biomass and community structure of sporocarps formed by hypogeous ectomycorrhizal fungi within selected forest habitats of the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. Corvallis: Oregon State University. 173 p. Ph.D. thesis.

**Luoma, D.L. 1991.** Annual changes in seasonal production of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests. In: Ruggiero, L.F.; Aubry, K.B.; Carey, A.B.; Huff, M.H., tech. coords. Wildlife habitat relationships in old-growth Douglas-fir forests. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-285. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 83-89.

**Luoma, D.L.; Frenkel, R.E.; Trappe, J.M. 1991.** Fruiting of hypogeous fungi in Oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. Mycologia. 83: 335-353.

**Mehus, H. 1986.** Fruit body production of macro-fungi in some north Norwegian forest types. Nordic Journal of Botany 6: 679-701.

**Mikola, P. 1962.** The bright yellow mycorrhiza of raw humus. In: Proceedings of the 13th Congress of the IUFRO; 1961 September; Vienna, Austria. [place of publication unknown]: [publisher unknown]: Part 1, 24-4: [page numbers unknown].

**Ohenoja, E.; Met(snheimo, K. 1982.** Phenology and fruiting body production of macro-fungi in subarctic Finnish Lapland. In: Laursen, G.A.; Ammirati, J.F., eds. Arctic and alpine mycology. Seattle: University of Washington Press: 390-409.

**Waters, J.R.; McKelvey, K.S.; Zabel, C.J.; Oliver, W.W. 1994.** The effects of thinning and broadcast burning on sporocarp production of hypogeous fungi. Canadian Journal of Forest Research. 24: 1516-1522.

## 研究5：稀有真菌物種之普查與監測：一個特定的計畫

*James Trappe and Michael Castellano*

### 一、內容

保護稀有真菌及其棲地為森林經營者和研究人員共同的責任。在一個保護計畫中，首先須針對特定的目標真菌進行族群普查並建立菌類名錄，而隨後的監測族群變化也是主要的工作項目。柯林頓總統針對北方斑點梟分布區所提出聯邦土地經營策略(美國農業部林務署和內政部土地經營局1994)，特別指示國有林及土地經營局的轄區，應於未實施任何干擾活動之前，進行稀有真菌的調查，而有關的研究步驟目前正在設計中。我們選擇了Willamette國有林中小羊崗風景區，以做為我們擬使用於普查與監測稀有真菌方法的地方。而類似的步驟也適用於其他地區之稀有真菌調查。

### 二、目的

1. 對已知具有稀有真菌的區域，提供合理適當的(intermit)保護。
2. 測試調查已知稀有真菌族群，以標定(mapping)其族群分布界限並建立適當保留地等所需之程序。

### 三、方法和原理

小羊崗風景區至少含有2種稀有、當地特有(*Chroogomphus loculatus*和腹牛肝菌*Gastroboletus imbellus*)和其他稀有但非當地特有的真菌(Trappe, 未發表)。研究的漸進步驟建議如下：

第1年：在連接小羊崗地區與鄰近Ollalie分水嶺研究自然區(Ridge Research Natural Area)之全部分水嶺系統中，針對稀有真菌所需棲地特色進行調查、定義和地圖標定等工作。在此分水嶺系統中合適棲地類型之所有區

域並加上400公尺(1,300呎)緩衝帶(buffer strip)，將暫時停止一切的經營活動，直到普查結果可掌握稀有真菌族群和其棲地大小時。稀有真菌族群普查視其生活史(life-cycle)來決定是否在春季或秋季出菇期進行。對於特定的菌種無論是在地圖標定的棲地、緩衝帶、鄰近清除邊緣或是靠近環繞道路等皆予以仔細調查，所有發現之稀有真菌皆標於棲地類型圖(habitat type maps)上，而出菇期間或之前的氣候狀態也一併記錄下來。

第2年：重複第1年的普查工作。

第3年：若目標真菌之族群大小尚未界定好，則重複第1年的工作。

第4年：劃定需撤消經營活動之區域範圍，並定議完全撤消經營活動以保護真菌的所有步驟與流程。一般區域集水區普查所發現的稀有真菌，也納入真菌名錄中接受保護。

第5年及其後：先前調查所發現目標真菌出菇最適之氣候狀況，於第5年及其後定期進行監測。

#### 四、獨特考量

因季與季和及年與年間的出菇期並不相同。故吾人目前無法預期一特定真菌類何時會出菇。因此，當一個地點已足夠潮溼來持續秋季出菇時，調查工作須馬上進行；這個工作在第一次大雨後第2個星期開始，且在爾後每隔2星期進行一次，直到初次之寒冰或雪覆蓋大地為止。至於春季出菇者則從雪溶化到夏季乾旱這段期間，每隔2星期監測一次，假若夏季是潮溼情況下，那麼監測工作也會在可容許的時間隔持續到夏季。假如目

標真菌或稀有真菌之族群在第1年或第2年時就已發現及標定，那麼第3年就可完成撤消該地的經營工作，但在第3年結束時如尚未將其族群界定，那麼撤消經營的面積，將以該地區的棲地類型來界定並加上400公尺(1,300尺)緩衝帶。

研究及國有林單位人員必需合作，以確保所有參與普查及監測的工作人員都經過適當地訓練，那麼對於在其他類似棲地已發現的特定真菌及其他稀有真菌時，均能給與適當的描述及圖示說明。此外本項研究也吸收真菌和本地植物協會(native plant societies)有興趣的個人以協助工作進行，否則以研究中心及國有林單位有限人力和時間之下可能無法完成所有的計畫。

就區域經營者而言，Willamette國有林人員將負起組織及執行調查、撤消經營及保護區域且持續監測的責任。當然，一位或數位專業的真菌學者應當與國有林人員密切合作，以訓練助手並督導有關真菌領域之普查與監測工作。

未知的因子，例如歷史、地質、土壤、植被及氣候等相結合下，使得小羊崗地區及鄰近Ollalie分水嶺區域中呈現不尋常密集稀有或地方特有真菌的現象。可能在上述因子結合下也提供了其他稀有生物所需的棲地。這些未知因子，使得要界定保護區域更加複雜化。由於目標真菌僅在單一地點採得，所以有關土壤、菌根宿主和棲地狀況等全盤性資訊，仍屬未知。同時因為子實體生命短暫，且誘導和停止出菇的氣象狀況難於決定，所以吾人以每二星期採集一次的頻率，也未必能掌握這些真菌出菇的狀況。

美國西部許多地區具有稀有真菌，且每個地區皆有其明顯的特色，本研究可做為調查及監測稀有真菌之啓始點，但套用於其他地區個別環境時則須稍做修正。

## 五、現況

1994年7月5日至6日，在奧勒崗州 Corvallis 召開“西部專業真菌學者”會議，會中討論大家對於調查稀有真菌日益濃厚的興趣，同時並特別注意到分類專家以及野外工作人員所必需的訓練課程短缺。最近由聯邦各相關單位組成的聯合小組，針對北太平洋地區聯邦土地上稀有真菌調查標準方法給予定審；而美國國家真菌標本館主任，Amy Rossmann博士在1995年10月15~19日時主辦一個研習會，擬針對所有真菌分類群，著手編寫有關取樣方法的書籍。

## 六、引用文獻

- Miller, O.K.; Trappe, J. 1970.** A new *Chroogomphus* with a loculate hymenium and a revised key to section *Floccigomphus*. *Mycologia*. 62: 831-836.
- Thiers, H.T.; Trappe, J.M. 1969.** Studies in the genus *Gastroboletus*. *Brittonia*. 21: 244-254.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994.** Final supplemental environmental impact statement on management of habitat for late-successional and old-growth forest related species within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 2 vol.

## 研究6：疏伐、植物多樣性和採食真菌哺乳類對於菌根菌的影響

*Wes Colgan III, James Trappe, Randy Molina, Andrew B. Carey, and David Thysell*

### 一、內容

在華盛頓州Puget Sound地區中，北方飛鼠是北方斑點梟主要的食物，而北方飛鼠的食物來源，幾乎僅限於和花旗松及西部鐵杉類植物形成菌根之地下真菌子實體(塊菇和似塊菇者)。因本研究為整合計畫“經營林分的試驗操作以提供北方斑點梟棲地並提高其動物與植物多樣性之研究”之一部份，在華盛頓州路易士堡軍事保留區(Fort Lewis Military Reservation)的經營林分，我們探討短期疏伐、提供巢箱(nest boxes)及結合前述二種處理方法，來研究北方飛鼠所食之地下生外生菌根菌的多樣性及產量的影響。

### 二、目的

1. 在4個處理區塊，進行以下不同的組合處理：

(1) 不疏伐，輕度疏伐(lightly thinned)，強度疏伐(heavily thinned)及開放砍伐(open-cut)區域。

(2) 有無樹穴及巢箱。

經上述處理後以決定季節物種的組成，林分中地下生及選定之地上生外生菌根菌的生物量。

2. 全年在不疏伐及疏伐處理的林分活捉飛鼠，經由分析其糞中所含真菌、植物及地衣成份的百分比，來決定飛鼠的季節性食物。

### 三、方法和原理

本研究包括了16個55年至65年的花旗松林分，其中8個林

分已被疏伐二次(1972及1980年代的後期)，另外8個則從種植至今未被疏伐，前述二類林型中各選4個於1993年2月及3月進行疏伐。無論是處理與否之林分內，進行地下生及地上生子實體的生物量和物種組成的測量；而飛鼠的食物則以活捉飛鼠糞便分析來加以評估。實際採集所得的子實體與林分中飛鼠實際採食的種類相比較，以決定飛鼠是否有偏好特定種類的現象。

取樣方法改良自Luoma(1991)。統計分析可用來評估林分真菌特色(季節子實體收穫量、年生物量產量、物種多樣性等)。

從1993年8月至1995年12月，每隔6個星期進行野外取樣一次。第一次取樣，於所有無樹穴及巢箱的林分內進行，第二次取樣則是6星期後在所有具樹穴及巢箱之林分進行。在本研究執行期間皆以此方式輪流進行。每次取樣期皆在10個圓形樣區內進行真菌子實體取樣，每個圓形樣區大小4平方公尺(43平方尺)，間隔10公尺坐落於每一區塊內未疏伐林分中隨機穿越線上。每一區塊疏伐林分中，取樣更加密集，以決定疏伐處理是否對子實體產量有不同的影響。每次取樣期，於每一種處理(輕度砍伐、重度砍伐及開放砍伐)中隨機設置大小4平方公尺(43平方尺)，總數30個樣區進行取樣。

由每個樣區收集被小型哺乳類取食之地上生子實體(菇菌，主要為牛肝菌科及紅菇屬)及其他被觀察到或可能為小型哺乳類取食之菌根菌，並將每個樣品置於標有樣區編號、林分編號及其他相關資訊之蠟質紙袋。然後在每個樣區耙深至礦物土壤中至少5公分(2吋)，以發現地下子實體，並記錄其在土壤縱剖面的位置、與最近CWD的距離和野外特徵(如菌體的受傷反應、氣味....等)。所有樣區以旗子標識及落葉堆替代，以防樣區被重複取樣。所有真菌樣本經由標註、乾燥後送至奧勒崗州Corvallis森林科學研究室，進行最後鑑定及稱重工作。所發

現每一物種的證據標本則存放於奧勒崗州立大學真菌標本館。

從路易士要塞活捉的動物，收集其糞便並鏡檢以分析可能含有的孢子及食物殘留。路易士堡要塞合作人員，以乙醇保存糞便並提供動物的鑑定編號及林分資料。真菌孢子鑑定至屬，若可能則鑑定至種，並評估其頻率及相對數量。可能的話也進行維管束植物及地衣類之記錄與鑑定(Castellano and Others 1989)。

由全年動物糞中所發現真菌與維管束植物及地衣的比例將被製圖分析以決定季節食物變異。而於取樣期間野外出現的子實體，將和同一時期收集的動物糞便的樣品中發現的種類相比較，藉這個比較可了解是否有動物發現，但研究人員尚未發現的種類，及是否有作為動物食物來源之真菌貯藏處。

本研究首次探討人為經營森林之育林處理，對於菌根菌子實體產量和以其為食物的動物之影響。由於是路易士堡地區較大規模的育林及野生動物研究之一部份，故也是第一個將真菌產量和飛鼠攝食行為資料相整合的研究計畫。此將大大地促進吾人對於菌根菌子實體在森林食物網中重要性的了解。

從比較林分疏伐後馬上出現的子實體與未受干擾林分中的差異，可得知短期疏伐對於真菌社會的影響，當然這個資料也可與類似研究(研究2)做比較。而本研究有關小型採食真菌哺乳類的部份可與華盛頓州奧林匹亞山(Carey, 印刷中)及奧勒崗州海岸區(Maser and Others 1978)所收集資料來作比較。

#### 四、獨特考量

路易士堡的研究是一個整合生態系經營研究，必需配合其它許多研究人員，當然我們也以長期研究為目標。

於疏伐完成時我們即著手進行研究。目前，疏伐後第3年，伐木所造成孔隙為緻密的灌木及雜草所填滿，而這個情況是工

作人員及經營人員所討厭的，此時必需鋸除大的矮灌叢以清理樣區，甚至連樣區間通道也得清理。除此之外，野外工作人員也要小心刺人的蕁麻植物及黃蜂(yellow jacket wasps)等野外可能遭遇到的危險。

## 五、現況

我們持續進行糞便分析，而野外資料也進行統計分析。假如無Puget Sund地區志工的協助，本計畫將無法執行。截至目前為止，我們從研究樣區內採到超過50種地下生真菌，其中至少有5種為新種。

## 六、引用文獻

**Carey A.B. [in press].** Sciruids in Pacific Northwest managed and old-growth forests. Ecological Applications.

**Castellano, M.A.; Trappe, J.M.; Maser, Z.; Maser, C. 1989.** Key to the spores of the genera of hypogeous fungi of north temperate forests. Eureka, CA: Mad River Press: 186 p.

**Luoma, D.L. 1991.** Annual changes in seasonal production of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests. In: Ruggiero, L.F.; Aubry, K.B.; Carey, A.B.; Huff, M.H., tech. coords. Wildlife habitat relationships in old-growth Douglas-fir forests. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-285. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 83-89.

**Maser, C.; Trappe J.; Nussbaum, R.A. 1978.** Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. Ecology. 59(4): 799-809.

# 肆、野生菇菌的生產力及永續採收

*Michael Amaranthus and David Pilz*

## 一、歷史背景

回顧歷史，菇菌一直是重要的食物及藥物的來源，西北太平洋地區最近對於野生菇菌之需求正在迅速增加。大約20年前，一些有事業心的人開始採收新鮮雞油菌，並將其運送至加州及東岸區的高級餐館和以美食為訴求的商店，那是一個小型及分散的工業，採收者將採收物進行販售及運送。一般在秋季採收期可長達2至3個月，但採收菇菌的量卻相當小。

然而在1980年代，無論是菇菌採收量或採收、販售及處理方法皆發生了重要的改變。雞油菌開始被出售到歐洲市場及罐頭食品廠而非餐館，這個工業擴展成由採收者、收購者、加工業者及經紀人等所形成的組織。

1. 採收者(harvesters)：找尋及採集菇菌。
2. 收購者(buyers)：常與特殊的加工業者配合，在已知生產菇菌之森林附近設置收購站並徵求採集者。
3. 加工業者(processors)：處理、清潔、打包及運送成品，同時也是提供收購現金及產地價格的人。
4. 經紀人(brokers)：將加工過菇菌行銷全世界。

在這個時期，伐木工業及郊區的失業工人，以採收野生菇菌來補充收入的情況持續成長(Chen and Others 1993)，到了1992年，將近有11000人以全職或兼差的方式從事野生菇菌採收工作，他們採集及出售了將近182萬公噸(400萬磅)的野生食用菇菌(Schlosser and Blantner 1995)，替奧勒崗州、華盛頓州及愛達荷州帶來了超過4,110萬美元的經濟收入。而採集者依採集菇菌的種類、品質及供貨量之不同，每磅可賺2到100美元。

今日，數以千計的人在私有或國有土地上採收商業用真菌，然而由於吾人對於野生食用菌的生態認知有限，阻礙了經營此有價值資源的努力。有關經營的問題核心在於欠缺森林真菌的生態資訊、生產力及棲地的需求條件和森林健康與菇菌產量之交互作用；以及重複採收對於菇菌產量的影響等資訊。顯然地，若要永續食用菌的產量，吾人必需了解這類生物及其採收背後潛在的社會及經濟力量(U.S. Department of the Interior 1993)。

## 二、被採集菇菌種類

對於特定菇菌類是否適合商業化採收，依其豐富度、儲存期限(shelf life)、外觀、質地、風味以及販售和收購者對其熟悉度等標準而定。Schlosser and Blatner (1995)指出在西北太平洋地區，超過25種的菇菌被採收及轉售。加拿大英屬哥倫比亞林業部之整合資源策略署(The Intergrated Resources Policy Branch of the British Ministry of Forests)列出22種從其轄區森林商業採收之食用菌(de Geus 1995)。大量商業採收，大多集中於下列幾種菌類，視其採收價格由高至低條列於後。若想更進一步了解1992年西北太平洋地區野生菇菌銷售情況請參閱Schlosser and Blatner(1995)，而有關每一種類更詳盡的探討及進一步技術資料，詳如Molina等人1993。

### (一) 松口蘑

美國松口蘑(*Tricholoma magnivelare*)是高價的日本“松口蘑”(T.matsutake)之遠親，分布於相當廣的地理區域，且與各類樹種包括冷杉類(true firs)、松樹類、花旗松、鐵杉類及tanoak(苦扁桃葉石櫟*Lithocarpus*)等形成外生菌根菌。北美地區採收松口蘑時間，最早從加拿大英屬哥倫比亞的8月開始，然後持續向南到加州北部時的1月份為止；至於墨西哥松林(*pinus*

teocote)於夏季到秋季時也可採到少量松口蘑。因市場價值高，近幾年來於西北太平洋地區年採收量急劇增加，在1992年時，將近採收了100萬磅，而採收者出售所得的金額範圍差異很大，通常視菇菌的發育期而定。以松口蘑的主要市場日本為例，他們較喜愛幼菌(young specimens)，一般付給採集者價格往往可高達每磅100美元。在1992年，以所有發育期或等級之每磅平均價格為8美元，但有些年份價格則較高。

## (二) 塊菇

奧勒崗州黑塊菇(*Leucangium (picoa)carthusiana*)具有鳳梨般令人愉快的氣味，且常可於花旗松林中採得。1992年時，奧勒崗州採超過18,000公斤(40,000磅)黑塊菇，採集者平均每磅可得75美元。奧勒崗白塊菇(*Tuber gibbosum*)令人想起歐洲之義大利白塊菇，但其口感及生態則全然不同，本菌種可與花旗松形成外生菌根。1992年，從奧勒崗州及華盛頓州採了大約32,000公克(7,000磅)的白塊菇，平均每磅30美元。從10至12月這段期間是這些塊菇出菇的高峰期。因塊菇子實體生於地面下，假如沒有受過訓練具有靈敏嗅覺的動物如狗或豬來協助塊菇採收，那麼將難以偵測到塊菇及其成熟與否。無論是地區、國家及國際間對於成熟塊菇的需求性相當高，在加州、奧勒崗州、北卡羅來納州、德州、紐西蘭及塔斯馬尼亞島(Tasmania, 澳洲東部)等嘗試將造林地樹木接種歐洲塊菇菌種(Smith 1995, Trappe 1988)，迄今，北卡羅來納州、加州及紐西蘭造林地已證實可生產歐洲塊菇。西北太平洋地區野生塊菇市場發展緩慢，因早期販售企圖包含茫目搜索之不成熟及無氣味的塊菇，而非只有成熟芳香的塊菇，然而西北太平洋成熟塊菇的氣味頗佳，所以其市場潛力頗大。

### (三) 羊肚菌

羊肚菌(*Morchella spp.*)一般而言並非全是形成菌根的真菌(研究7)，其似乎於開放林地(open wood lands)、混合針葉林(mixed-conifer forests)、闊葉樹林(hardwoods)及干擾地(特別是經過火燒或樹木死亡)等棲地中，出菇較為豐富。西北太平洋地區較溫暖的地方，羊肚菌在2月時便開時出菇，而在一些較寒冷的地方則要等到6月才出菇。1992年時，奧勒岡州估計生產了40萬公斤(90萬磅)的羊肚菌，但每年採收量的波動很大，一般視其豐富度而定。許多火災後地區常擠滿了採羊肚菌的人潮，1992年時每採一磅羊肚菌賺4美元，但是飯店所付的價格，一磅新鮮羊肚菌高於25美元。

### (四) 雞油菌

雞油菌(*Cantharellus cibarius Fr.*)可與數種森林樹種形成外生菌根，在西北太平洋地區常與花旗松及鐵杉類形成菌根。在美國，雞油菌採收始於華盛頓州奧林匹亞半島(Olympic Peninsula)的8月且持續至加州北部的12月，而西北太平洋地區年販售量超過100萬磅。1992年，採集者每磅賺3美元，但其輸出產地後的價格應更高，1994年秋季，舊金山批發價為每磅20美元。其它地區，如波蘭及蘇聯是雞油菌主要輸出國，至於西北太平洋地區所採收雞油菌，佔市場總需求之多少百分比仍屬未知。

### (五) 牛肝菌

許多牛肝菌類為休閒採集者(recreational picker)所搜尋，其中美味牛肝菌(*Boletus edulis*)為歐洲人所鍾愛，因此深具商業價值。美味牛肝菌是一種與雲杉(spruce)、松樹類、花旗松、冷杉類及一些橡樹共生之外生菌根菌，商業性採收此

類菇菌仍舊有限但持續增加；其在早秋時出菇頗豐，但有些地區則普遍於春季和初夏時出菇。1992年，採集者每磅可得4.5美元，但所採菇體等級不同價格亦不同，幼菌一般售價超過10美元。

### (六) 豪豬菌

豪豬菌如卷緣齒菌 (*Hydnum repandum*)及臍狀齒菌 (*H. umbilicatum*)與花旗松或其他樹種形成外生菌根，豪豬菌出菇期始於秋季直到晚春。許多消費者對於豪豬菌較陌生，因此其商業交易量相對也小。1992年大約採收了18,000公斤(40,000磅)的豪豬菌，平均每磅3美元，但菇菌公司仍嘗試擴大採收豪豬菌類。

### 三、經濟和社會因素

菇菌採集者形形色色，包含好奇或貪婪的渡假人士、短暫失業需要額外收入者及熟練的專業採集者。林業人員或伐木工人通常很了解子實體分布所在並能享受此種林產物，因此他們於不景氣失業期間，很容易藉由採集及出售菇菌，來貼補收入。最近特別是來自東南亞的移民，可由採收菇菌獲益，因其不像其他工作需具備語言能力及學歷，但此舉也引起一些美國原住民(native americans)要求享有優先採收權，例如加州北部Karuk部落及英屬哥倫比亞Nass河谷的Nisga'a部落要求松口蘑採收優先權。

有價值的菇菌(松口蘑)或是成群大量出菇的菇菌(羊肚菌)，通常為流動菇菌採集者所採，他們隨著季節變換而遷移至新的地點；舉例來說，加拿大北部之松口蘑出菇始於8月，至加州海岸山脈時則在1月時結束。奧勒崗州西南部，羊肚菌出菇期提早於2月開始，但在山脈間的西部森林，當天氣變溫暖及積雪溶化時，羊肚菌漸進式地出現在較高海拔及向北的地區(遲至6

月及7月)。反之，較無價值雞油菌在單一地點出菇期可長達5個月(研究8)，所以一般為地方採收者所採集。

無論是多麼遙遠的地區，皆有人們去採收有價值的菇菌類。在加拿大英屬哥倫比亞內陸，在無路可達之地區，直升機常用來運送採集的松口蘑；相較下，售價低的雞油菌，採收者則視其分布地點的遠近與收購者所付的價格，來決定是否採集；因此分布於較難到達地區且價格低的種類，不太可能作為重要商業採收的對象。

從華盛頓州、奧勒崗州及愛達荷州所採野生的食用菌，不僅在全國及地方上販售，而且也行銷全世界。日本是松口蘑最有潛力的市場，然後是在美國西部及加拿大的亞裔社會(Asian community)。儘管各國的進口量差異頗大，但歐洲仍是國際上最大的雞油菌市場。羊肚菌最有潛力的市場仍在美國境內，但國際市場包括歐洲、日本及加拿大等(Schlosser and Blatner 1995)。除非國際貿易攔阻，否則隨著人口增加及更多人熟悉美味食用菌的情況下，野生食用菌的市場極可能持續的成長(Molina and Others 1993)。

商業性採集松口蘑、羊肚菌及雞油菌的情況，可說是遍布北半球，結果導致國際間明顯的競爭。每年國際市場及價格之波動極大，甚至在一個季節中，當全球天氣形態導致各分布點所採菇體品質較佳或較差時，皆會有波動的現象。菇菌收購者與加工業者間的競爭或聯合攏斷(collusion)的現象，常會影響其付給地方採集者的價格。若各地菇菌欠收，而當地盛產以及收購者集中競爭時，那麼付給採集者的價格可能會極度的膨脹。上述情況常見於高價值菇菌如松口蘑，當價格高時，採集者一窩蜂的集中於小地區的情況是稀鬆平常的，有時候會使土地經營者及當地社會感到措手不及。

雖然採集者團體、採集旅程的安排、市場影響力等有所波動，但野生菇菌採集工作機會對於地方區域經濟相當重要。1992年，估計有11,000商業採集者，其中35%宣稱於出菇期時，採菇是他們主要經濟來源 (Schlosser and Blatner 1995)。

我們正開始建立野生菇菌的商業量化評估。菇菌工業存在許多經濟誤導，起因於每年出菇的量與時間不規律，造成供應及價格重大的影響，同時報紙又常以出菇季節開始或結束時的高額售價，來當作整個出菇季節收入標準，此會高估採集者所獲得現金總數。對於每個家庭收入有多少百分比源自菇菌採收或是該區域總金額，目前並沒有任何可運用的資訊。採菇收入常是秘密經濟的一部份，大多數現金價值是不公布的，即使這項收入不公布，在鄉村社區中，採菇者花費卻相當富裕。許多亞裔採集者離開大都市，長途旅行至小鄉村社會並停留數天至數週，在這個期間，其採集菇菌的收入也能回饋當地社會。

西北太平洋地區採集野生食用菌吸引國際觀光活動的注意。奧勒崗州的一個戶外休閒公司對於日本人及其他海外觀光客，推出“菇菌採集之旅”，國際觀光客被引導至西北秀麗森林中，採集各種菇菌和體驗當地環境和習俗並品嚐主廚所準備菇菌大餐。在人口稠密(heavily populated)的海外地區，當其境內可採摘的野生食用菌減少時，要求參加類似觀光活動的意願便會相形增加。

西北太平洋商業採收菇菌，已造成管理上的問題，包括過度採集、不當採集、採集者間採集權(picking rights)的競爭、對野生動物產生的困擾、交通安全及道路修護、營地擁擠及維修、垃圾、槍枝安全、無故穿越森林、野蠻行為及研究地點保密的顧慮。而相對於地方豐富的菇菌產量，突然蜂擁而至的採集者及收購者，可能馬上造成當地社會及經營資源的壓力。

保護菇菌資源，可由施行採收規則及許可證系統、限制許可人數、配置或輪流採集區，或提供強制採集權契約等方式來達成。而為預防不當採集法對菇菌及環境造成的傷害，則需藉由會議、電視、海報、宣傳單、印刷品發放、新聞媒體、專題介紹及其他大眾教育等方面來著手。為控制交通、避免道路惡化及野生動物困擾或保護研究及監測區域等，實施道路封閉是必要的措施，而法律嚴格執行是制止森林中未經許可或非法的活動所必要的行動。眾多的採集者和對高價值商品貪心的競爭，可能提高了犯罪潛在危機，且因收購者常掌握了大量的現金，此也成為強盜覬覦的目標。

有效的管理商業菇菌採收，需要能預期需求的大小、活動的主要路線及可能造成的衝擊。國有土地經營者在確保採收衝擊是最小的情況下，來建立公平分配採收的方法，當然從民眾那獲得更詳細的資訊，則有助於做出更公正的決定。此外，聯邦機構間的合作，使許可證(permits)、法規(regulations)及申辦手續(procedures)得以標準化，那麼便可減少採集者去面對區域森林或經營轄區的管理細節之混亂或麻煩。而執法機構，包括聯邦、州、郡及地方機構，皆需提供包括許可證、關閉區域及適當採集活動等資訊的管道。

大部份為商業採集者所採的菇菌，源自於聯邦及州的土地，其他工業用地的所有者如Boise-Cascade、Weyerhaeuser、International Paper、Plum Creek、Simpson等，也發現有人在其土地範圍內進行菇菌採收之經驗。所有土地經營者，在採菇工業的未來，扮演關鍵性的角色，因為他們的育林決策，影響所及包括了野生菇菌收成的豐富度和分布，以及進入所屬森林的管道。大多數經營者皆了解，無論是在經濟或是生態上，野生

菇菌是一項重要的林產物，同時他們也了解，幾乎無任何可利用的資訊以做為經營決策之基礎。

#### 四、人類對於食用菌生產量的影響

密集的伐木及菇菌的採收，已喚起急速成長的真菌學家、森林經營者、休閒採集者、商業採集者、收購者及加工業者等，去關注有關“永續商業野生菇菌採收”之課題(Molina等人,印刷中,a)；此外他們也關心目前野生菇菌的採收速度，會帶給森林的健康及其生產力或是野生動物食物網不利的影響。不幸地是，有關商業菇菌產量，欠缺可與過去作比較之背景調查資料。結果一些在西北太平洋區政府機構，諸如美國內政部國家公園署、農業部林務署和華盛頓州自然資源科(Department of Natural Resources)，因不確定菇菌產量及採收可能帶來的衝擊等因素下，正嚴格限制一些地區菇菌的採收，而此種作法會導致增加管理與立法方面申訴的可能性。

在最近30幾年來，歐洲對於菌根菌族群減少的地區作了許多測量研究，而這些研究也開啓了人類對於“永續商業菇菌採收”的課題，投入了更多的關注(Arnolds 1988, 1991)。然而Arnolds(1988)發現，並沒有證據可顯示採集者的採集菇菌會導致真菌種類豐富度的下降。其他可能的因素，例如農業及都市的發展，改變了森林棲地後，也間接導致該地區真菌組成的改變。但最近數十年來菇菌急劇減少的速度，已遠超過於棲地的喪失或改變或是森林的年齡、組成及結構的改變。

由觀測歐洲真菌減少情況，顯示其和與日劇增的各類型污染有關(Arnolds 1988)。荷蘭境內食用雞油菌(*Cantharellus cibarius*)的減少之因，經證實與酸雨沈澱類型有關，而非菇菌採收之故(Daneil 1944, Jansen and van Dobben 1987)。燃燒發電

用高硫的煤，所引起的酸雨(acid precipitation)，被認為與歐洲溫帶森林的衰退有關，並直接影響到外生菌根菌(Dighton and Others 1991, Oren and Others 1989)。由重工業所釋放之污染物，不僅直接危害樹木，也會危害與樹木有關的土壤和菌根菌(Kowalski 1987)；在德國和捷克斯拉夫地區，也證實了重工業的污染會影響真菌產量(Vosatka and others 1991)；由英國保育地區調查中，也顯示出菌根感染的程度顯著減少的現象(Woodin and Farmer 1993)。越來越多對於歐洲真菌減少的證據與關心，已促使一系列的國際性會議的召開以及草擬保育策略的進行。

歐洲真菌學家已警告同緯度的西北太平洋地區去監測野生食用菌的必要性，然而西北太平洋地區二氧化硫(SO<sub>2</sub>)污染程度，遠較歐洲一些真菌減少的地區為低。美國科學家判定美國及加拿大二氧化硫的濃度較中歐地區的二氧化硫濃度為低(MacKenzie and El-Ashry 1990)。一些研究指出氧化亞氮(nitrous oxides)及臭氧這二種空氣污染源可改變菌根共生及菇菌的產量(Garner and Others 1989, MacKenzie and El-Ashry 1990)。但目前西北太平洋地區所觀測之代表性氧化亞氮及臭氧值，並無法確定是否影響野生食用菌的產量。由於野生菇菌廣泛分布、產量的自然變化以及從各種不同的取樣方法所衍生之不確定估算等因素下，想要將菇菌產量的改變做完整的記錄是相當困難的；此外欠缺野生食用菌之正確物種分布圖也增加了評估的困難度，更何況西北太平洋地區，仍有廣大面積的真菌族群，尚未被探研。

不適當採集野生菇菌所帶來的衝擊，近幾年來，已受到媒體高度關切(Lipske 1994, McRae 1993, Richards 1993)，

而本刊物中研究8、9和11也評估了各種採集方法可能帶來的衝擊。可確定的是諸如用釘耙耙地或使用箔風箱(leaf blowers)來發掘高價松口蘑幼“菌蕾”(buttons)的習慣，已特別被指證對於松口蘑之菌絲層(mycelial mat)有潛在的危害性；其他潛在的危害活動包含林地緊壓和過度踐踏，或是孢子尚未散布之前即將所有子實體移除而造成菌絲體(mycelium)的損害等。但目前並無任何量化的資訊，可用來支持上述的活動適足以減少野生菇菌產量的說法。然而仍有許多真菌學家認為採集菇菌，一如從樹上採果實或從灌木採漿果一般是無害的。有關是否耙地、踐踏及減少孢子生產等因素，會危害真菌的看法仍需仔細和長期監測方能證實(研究9、11; Molina and Others, 印刷中, b)。

森林年齡、組成和結構可能會影響野生食用菌的產量，因此具有相當大的潛力，針對人類所偏好的菇菌種類，經營森林分以營造合適的出菇環境。日本境內松口蘑出菇，於30至60年的松林內較豐富；日本經營者清除松林內地被層植被、減少落葉層厚度及疏伐林木等以增加松口蘑的產量。顯然地，羊肚菌產量受火災的刺激，而花旗松林若添加石灰後，可急劇地促進奧勒崗白塊菇的大小及豐富度。森林經營活動中，諸如雜草控制、密度經營、計畫火燒(prescribed underburning)和改變森林結構及組成以增進特定野生食用菌之宿主種類等方法，未來皆可加以利用以促進野生食用菌產量。在野生菇類經營循環期間所帶來的經濟利益是非常豐富的，特別是高價值的商業真菌如松口蘑、羊肚菌和奧勒崗白塊菇。

皆伐作業(clearcutting)短期內對於外生菌根菌的衝擊，主要來自於殺死主要光合作用的宿主並減少了子實體產生所需

的大部份能量。無論是來自何處殘存的菌絲體或孢子，可在新的樹種根部定植，但在野生食用菌重新出菇時，常已過了數十年。最近研究指出皆伐作業區較成熟森林部份，會導致地下生菇菌子實體產量的減少。皆伐作業後所新生之均齡(even-aged)之年輕林分和先前的老熟林比較下，反而可產生一些豐富度較高的食用菌類(作者、個人觀察和與採集者間的討論)。

各類的野生動物吃松口蘑、雞油菌和牛肝菌類，但對於菇菌在野生動物食物所扮演的角色及人類採收菇菌是否降低其食物供應等問題，我們所知甚少。假如這些菇菌是野生動物重要的食物來源，那麼人類與其競爭結果，就可能會影響某些特定的野生動物族群。例如一位林務官就曾如此詢問過，假設飛鼠(斑點梟的主要食物)可能以松口蘑為食物，那麼在北方斑點梟巢穴附近地點，是否要禁止松口蘑的採集。相反地，在某些特定的地點，當地野生動物採食菇菌，卻可能成為一個相當重要孢子傳播的機制。以奧勒崗州西南部為例，商業採集者宣稱松口蘑常於微黑足(dusky-footed)木鼠(*Neotoma fuscipes*)巢穴附近出菇，因此他們假設松口蘑的孢子可能隨木鼠的糞散布，而形成新的菌落(colonies)；此外鹿和麋鹿也積極搜索並大量的食用松口蘑。但這些菇菌對於野生動物食物的重要性及這些野生動物是否為菇菌孢子的傳播媒介等問題仍屬未知。

為數眾多的菇菌獵人(mushroom hunters)也可能造成其他資源的衝擊，所以有些地區可能需要禁止菇菌採集。而交通結合大量的採集情況下，會使地區傾向於高程度侵蝕之不利影響。

奧勒崗沙丘國家遊樂區，遊客行走於高度傾蝕沙地土壤所帶來的衝擊，可能威脅到松口蘑的採集；而移除生長緩慢的苔類，以搜尋松口蘑幼菌蕾，對於奧勒崗沙丘之沙質土壤棲地而

言是一個重大的干擾，相對於Siskiyou山爲了同樣的目的而移除落葉，卻可能是無害的。有些地區，人類踐踏當地特有敏感的植物或真菌類，是令人擔憂的；特殊的棲地如濕地或是含有稀有動植物地區，是有必要限制菇菌的採集。所以必需建立無採集地區爲對照組，以測試採集對菇菌所造成的影響，或是在不同地區輪流採集，進而使可能造成的衝擊降至最小。

經營所擔憂的病原生物的活動，也能影響菇菌採收的管理。加州北部之Klamath國有林，提出反對商業性的松口蘑採收活動，原因是其擔心林中爲數眾多的採集者，會增加側生疫霉(*Phytophthora lateralis*)，一種對於美國檜木(*Chamaecyparis lawsoniana*)致命的土生根部疾病，散布至尚未感染地區的機率。

許多有關於菇菌採集的經營管理，實際上就是管理從事經營的人進出森林。由採集許可、工業調查、大眾會議、地點參觀和機構間交流等獲得人口統計學的資訊，皆爲改善人類活動的管理和服務大眾的有效方法。

## 五、研究挑戰和考量

研究單一種食用菌的研究人員，所面對一系列的挑戰，不同於研究真菌多樣性者。Vogt等人(1992)於強調取樣挑戰的前題下，重新提供了森林生態系中影響擔子菌綱(basidiomycete)子實體產量因素之出色的探討。本章節強調森林經營者實際監測數種有商業價值的食用菌所需的野外步驟。

### (一) 地點選擇和其保密性

視研究目的來選擇研究之地點。假如研究人員想公正的評估一指定棲地類型中菇菌產量，那麼必須以逢機或系統性地選擇取樣地點；意即，事先在不了解菇菌發生或豐富度的前題下，進行地點的選擇。這類研究費用可能很昂貴，因爲即使是

所選地點擁有合適的棲地，但有些地點可能不具有吾人選定的菇菌族群；所以需選擇更多的地點，進行調查和取樣，以期獲得較適當的評估。若吾人想公正評估各種景觀(across landscapes)(含各種棲地類型)中的菇菌產量，那麼根據我們目前對於菇菌棲地需求性的認知，以分層取樣技術，應可改善目前執行的效率。

當研究人員計畫實施試驗處理，或研究指定菇菌類之生物及生態學，或測量經營者或採集者特別感興趣的區域內之菇菌生產力時，應選擇已知的出菇地點來進行。若這些地點選擇有所偏差時，可能會阻礙評估廣泛景觀中菇菌之生產力。

仔細選擇地點，於針對商業價值菇菌的研究中尤為重要。所選之地點，必需具備確保無入侵和未經許可採集子實體的情形，但是卻方便野外工作人員進入等條件。野外工作人員通常要留意那些位於偏僻或道路可及，但入口可上鎖以限制出入的地區，以做為採樣的地點。

若研究地點含高價值菇菌諸如松口蘑，那麼要防止未經許可的採集行為是特別地困難。採集者知道大部份出菇地點，且常將該地區視為是他們的，只因他們採集已行之多年。所以理想狀況下，研究人員盡可能說服當地採集者參與研究，如此在選擇當地作為研究地點時，可避免無謂的衝突。

研究地點的安全可由其它數種方式來加強，其中以教育民眾了解研究的活動和目的最為有效，可使闖入和損害程度降至最低。這些教育民眾的方法包括提供獲得許可進入者印刷品及口頭說明、放映教育錄影帶和在地方發行刊物。此外也應設置“禁止菇菌採集”標誌，以告知民眾在研究區域採集行為是被禁止的。但因這類標誌通常會吸引一些不速之客的採集者，所以須樹立於研究地點內而非在路上顯而易見之處；標誌宜大形，

色彩明亮且須貼於低處，因為大多數菇菌採集者只注意到地面；在區域內將那些最常被採集到的菇菌予以圖示，並在圖上畫以圓圈和斜線符號，此為與非英語系採集者間最有效之訊息交流方式。而獲得許可的採集者，應被告知標誌的意義並避免於張貼標誌的地區內採集。

野外工作人員頻繁進入研究地點，是另外一種維護研究地點安全的有效方法。執法人員定期進入研究地點並舉證(cite)或告發(ticket)非法採集者。研究人員和官員應委婉地與採集者溝通，說明研究目的和限制，請他們避免在這個地點採集，並懇求他們的協助且將此消息通知其他的採集者。當被採集的菇菌成為研究計畫的一部份時，研究人員最好與先前的採集者合作；合作的採集者在採集地點享有獨特的使用權，且可販售在該地所發現的菇菌，以交換他們於當地採集並提供研究人員採集資料為條件。假如這些菇菌被定期採集或做上其他的記號，以致於明顯地破壞他們的商業價值，那麼那些未經許可的採集者將打消在此地點採集的念頭。

## (二) 野外工作小組

食用菌的研究局限於其出菇季節，而出菇季節的開始和產菇期間，明顯地視天氣來決定，因此比較無法預期。秋季出菇的菇菌類，通常在秋雨初降即迅速展開且持續至嚴寒為止，出菇豐富度也因年而異。所以監督者須視季節彈性安排人員執行菇菌的研究。所幸不同於其他真菌多樣性的研究，為工作人員無須密集進行菇菌鑑定的訓練，因大多數商業採收種類，極容易辨識。

志工協助研究人員進行野外取樣時，去了解志工對於菇菌採集的心態傾向和興趣，是相當重要的。休閒採集者可能有不同於商業採集者的觀點，但二者皆須被尊重，而藉由參與引導

明。若要判斷商業採收是否減少下次的出菇或干擾真菌繁殖相當長的期限(意即，數十年或數個伐木循環)，那麼必需進行真菌發生的基礎調查和評估每年生產力的變化。當森林成熟和遭受伐木或火燒事件，皆會引起棲地改變；因此若吾人想測量或預期各種景觀中菇菌發生及產量的長期趨勢，那麼基礎研究必須與棲地類型相結合。所有可更新的資源，先天上本來就有永續採收的限制，所以吾人正著手建立森林真菌功能極限的理論。創造性的實驗可測試吾人的許多假設，但最終惟有仔細長期監測方能驗證永續採收的可能性與極限。

#### (五) 總生物量相對於商業產量

研究人員計畫調查時，必須能區別總生物量(biological production)和商業產量。商業採集者以最少的努力和最有效的搜尋方式來獲得最有價值的菇菌，所以太小、受傷或老熟的菇菌通常不會被採集。非商業採集的菇菌，可能是野生動物重要的食物，或是用以散布孢子以繁植物種。依產量資訊需求而定的明確目標，將決定監測方法。爲了測量商業產量，經營者可給予商業採集者充足的資訊以進入指定區域，且稱重所有不同商業等級採集的菇菌。若想要評估資源的總產量和動物食用量，那麼就必須經由取樣設計和搜尋技術的運用。

#### (六) 取樣設計

因食用菌出菇常呈數個叢狀排列的情況，所以樣區形狀、大小、數目和位置，爲有效及正確的菇菌調查之重要考量(Vogt and Others 1992)。典型樣區形狀有圓形、方形或帶狀。帶狀樣區(stripe plot)一般稱爲穿越線，實際上是延著穿越線上延長的矩形樣區。循著帶狀樣區前進取樣方式，較走走停停於眾多、小形、圓形或方形樣區中取樣方式更迅速。測量單一穿越線上的狹長帶狀樣區之周長極爲容易，反之要決定位於灌木

區大的圓形或方形樣區周長是相當困難的，除非其邊界具永久地標記。理論上，在一個指定取樣地區及數個樣區中，帶狀樣區更有可能發現成叢的子實體，且提供代表性樣品，但這個假設須測試方能成立。“適應性成叢取樣”(adaptive cluster sample)(Thompson 1992)，對於成叢子實體族群，理論上是有效的取樣方法，但此取樣方法尚未測試運用於野外菇菌的取樣。

野外工作人員延著帶狀樣區中心點前進，發現在接近中央地區的菇菌機會較邊緣地區者可能性為大，這種錯誤(發現近邊緣區菇菌機會較低)於越寬的帶狀樣區及灌木區越加明顯(Thompson 1992)。當一個帶狀樣區由2個人各延著一邊前進取樣，因部份隱藏的子實體無論是二邊那個角落皆可被觀察到，所以發現的機會大大增加。假如帶狀樣區夠狹窄((2公尺寬)，野外工作人員無須踏入樣區，只要在二邊就能取樣，因此可避免樣區中土壤被干擾或緊壓的情形(Mehus 1986, Ohenoja and Metsänheimo 1982, Ruhling and Others 1984)。延著狹長帶狀樣區緊臨邊緣重複行進，極易因高度地衝擊而造成路徑，這種路徑在陡坡是很容易被侵蝕而流失。施加在這些路徑上之土壤干擾會衝擊菌根的形成或菌絲的生長，因而改變緊臨樣區的出菇類型。5到8公尺寬的帶狀樣區，允許取樣人員每次調查時，以不同方式行走在樣區上，藉以分散踐踏可能帶來的衝擊。

帶狀樣區的寬度也要對應於所要取樣的區域的面積。合適的生產力評估所需總取樣面積，直接與當地子實體豐富度和分布類型有關。豐富度是一個特別難於考量的因素，因其每年皆在改變。在少量出菇的年份，需要較大而足以合理取樣的樣區，但在大量出菇的年份時，卻往往造成過度和不必要的工作量。因此研究人員必須選定合適的樣區面積，以期能在出菇兩極化的年份中或是大量出菇必須減少採集量時皆能操作。有關

採集菇菌並加以稱重，為測定菇菌生物量最簡單的方式。不幸地是，無人可明確指出採集是否會影響該季或是往後各年份中所採子實體的大小、數目或生物量。研究8建議雞油菌並無短期採收會影響以後產量的現象，但其它菇菌是否也如此，須小心的重複比較方能下定論。研究9和11亦提出這個論點，一如研究7所提及之羊肚菌調查研究。

菇菌迅速地吸收雨水和快速乾燥之特性，使其含水量變化快速。所以若想測得精確的菇菌鮮重，菇菌從野外一直運送至稱重的地方，須小心保護以免過度乾燥，一般野餐用的冰箱可用來運送這些子實體。假如研究目的包含測量商業等級，那麼塑膠野外採集袋則可能會保留太多水份，因為新鮮菇菌蒸散其所含水份並凝結於袋內；然後子實體便會潮濕並迅速的變成黏滑。紙袋可充份地透氣，但缺點是潮濕時容易撕破。小形蠟紙袋適用於個別菇菌樣本，但對於典型樣區採集量較大時，顯然是太小了。布袋相當適合，因其透氣且濕時不會撕破。商業採集者使用之塑膠籃，於野外可給與採集的菇菌相當好的保護，惟太過於笨重，特別是每一個帶狀樣區，需要眾多籃子來收集各自取樣時。從每一個帶狀樣區所採的菇菌可置於分開的布袋中，然後再用塑膠籃子攜帶，使其在野外得到相當的保護。無論取樣方法如何，菇菌子實體應立即稱重以獲得準確的鮮重。

任何比較地點及取樣期間之菇菌總生產量普查，皆需依賴乾重，因菇菌的含水量將隨天氣之不同或變化而改變。假如無法乾燥所有菇菌樣本，研究人員可稱重副樣本(subsamples)，計算出乾重及濕重比，利用這個比率，由總鮮重來推算總乾重生物量。

估計不被採收的菇菌需要不同的方法。測量所採集菇菌中代表性樣本之大小和乾重的資料，可用來建立回歸程式，而不被採集菇菌只要測量其大小，套用此回歸程式就可推估其重量。各種特徵大小皆可利用：如最大、最小或平均菌蓋直徑（所有種類）；菌蓋高度（羊肚菌）；菌環處菌柄直徑（松口蘑）；或近子實層處菌柄直徑（雞油菌）。於野外彎腰及跪著測量菌柄之直徑的方式，對吾人而言有生理上的困難，且假如菌柄一部份或基部埋於落葉層或土壤中，那麼所測量子實體高度或菌柄高度是不確實的。目前已建立一些方程式，以測定最佳大小標準或標準的結合，來估算每一物種之重量。參閱研究7、9、10及11和Vogt等人（1992:569）探討使用此法之困難性。

當不需採集樣本菇菌時，野外工作人員必須知道那些菇菌在先前取樣期間已經測量過了，以避免（或持續追蹤）重複取樣。因此可用數種方法來標示菇菌：如油性筆、油漆、指甲油、食用色素、彩色牙籤或小形彩頂公告用大頭針。每一種方法都有缺點，油性筆和油漆所含化學物質可能毒害並影響子實體生長；食用色素無毒，雖較不可能影響菇菌，但遇雨水不持久；圓形牙籤（著色部份變化）常造成小形子實體開裂；而小形大頭釘在菇菌分解後常會遺失（造成小型哺乳動物潛在的傷害）。扁平的各類木質牙籤未必會使菌蓋分裂，當需要使其更醒目時，可利用上漆方式處理。若標記不直接插在菇體內，而緊鄰之測量菇菌，應置放於同一邊（以指北針方向為準），如此才不會造成與下次出菇者錯誤的指認。

#### (八) 菇菌採收影響之研究

一些菇菌採集者宣稱，菇菌採收會影響季節後期或下個年份出菇菌之大小和豐富度。無論是堅信或反駁這些說法，皆需

以採收及未採收處理下作統計比較來佐證，採收樣區中子實體被收集及稱重，而對照樣區中，則以測量子實體的大小並以回歸算出子實體之重量。研究8進行採收處理之前，從各樣區收集3年的基礎生產力資料。研究11則是利用僅一年的採收處理基礎資料，來評估採收對松口蘑影響之可行性。

帶狀樣區普查可用來作為採收衝擊的比較，但如果採收及不採收樣區是相鄰的，可能會引起混淆，因兩個樣區中子實體，可能藉由地下菌絲相連，而都表現出採集干擾所顯現的反應。一些菇菌採收衝擊可能源自於無經驗的採集者之毀滅性搜索所造成，例如在森林落葉層搜耙，以發現未成熟子實體。測試搜索技術的衝擊最容易之研究方法，為利用變異數分析(ANOVA)重複實驗設計，以比較處理與可能環境因子如土壤類型之共變數(covariation)(研究11為例)。

個別的子實體並不會重現，所以並不適合作為採收處理的單位。目前為止，菇菌的菌叢可被視為不同菌絲菌落的出菇，所以探討子實體採收，可能造成真菌個體出菇行為之衝擊試驗，菌叢為較適當的單位。菌叢生產力可以子實體數目測量之，至於其重量，直接測量或估算方式皆可。因所有菌叢對應於天氣或生理循環之出菇規模，事前將進行一年的背景變化試驗；以期未來所作比較可建立於處理菌叢與對照組間生產力相對減少或增加量的基礎上。

在進行試驗處理之前，每一個子實體菌叢必需要圖示和記錄描述。各菌叢應含適當一致的子實體數目、生物量和空間，使得進行處理時為類似的試驗單位。且可預期的共變數應保持最小，以期試驗處理可獲得統計上較大的敏感度。共變數最有

可能的來源，為各叢子實體源自於同一個菌體菌落(個體)，以致對於不同處理時，會出現生理交叉反應的不一致現象。同樣地，即使是外生菌根菌類之基因上可區別之菌體，也可能因同一個宿主樹木，使得他們對於不同處理也會出現相同的生理反應。所以選定試驗之各菌叢間，應保持適當距離，以使上述菌體或宿主共享效應機率降至最小。基因分析之分生技術將有助於決定不同種類間一般菌體菌落的範圍，此將使研究人員得以界定各菌叢間適當的距離。

一但菌叢定義妥當，試驗處理則以逢機方法進行。重複試驗處理須以複式地點(multiple sites)或於單一地點，但具有類似微環境因子的所有菌叢間來進行，或上述二種方式同時進行。

經營者重視手邊立即可得的調查資料性來作為他們決策的基礎，因此，舉凡由土地經營機構所支持或主導的研究，必須小心考量需要多少年的基礎資料方能提供適當嚴謹的比較。進行處理之前，先連續觀察標示子實體的分布和豐富度數年，並盡可能改進有關菌叢的定義，且數年的基礎資料也可測試對照和處理菌叢，在他們尚未接受處理前，具有類似年生產力變異的假設。換言之，僅一年標示子實體之觀察，可能就可給與菌叢適當的定義，當然配合適當重複逢機指定處理的方式，應可彌補菌叢間年生產力波動的差異。研究11詳述以上的方法和考量。

### (九) 森林經營影響之研究

森林疏伐或皆伐、土地干擾、火災、施肥、家畜放牧和使

森林林分自然衰老等，皆為影響食用菌生產力之潛在因素。研究森林經營的影響，將使經營者可預期在這些經營活動改變森林景觀後，食用菌生產趨勢。研究地點可選擇已進行經營活動(追溯既往retrospective)或是即將進行的(未來的prospective)地方。

追溯既往型的研究可比較經特殊土地經營活動後，該土地的菇菌普查資料與對照組間的差異。追溯既往的研究較未來的研究，須要更小心廣泛重複的普查地點，因為前者所選之普查地點，欠缺經營活動之前，菇菌出現和豐富度變化的資料。

未來型的研究是典型地進行菇菌生產量基礎普查，以提高統計比較並簡化說明。儘管比追溯既往型的研究需要較少的取樣地點，然而重複試驗處理仍舊需要眾多的地點，因經營活動是整個林分皆實施的。

由帶狀樣區子實體生產量之取樣來比較林分處理，但以變異數分析(ANOVA)來進行統計比較時所用自由度是將處理數減一，而非每個處理地點內樣區總數。因此為了獲得單一地點生產力評估之狹窄信賴區間，樣區不一定要大、長或每個地點中處理數目眾多。事實上，假如研究人員不擔心個別處理地點生產力之評估的指定信賴區間時，那麼在每個重複處理(林分或地點)中有一個大樣區就足夠了。

以森林之林分規模作為試驗對象，不僅花費頗巨且罕能簡單地證實對於菇菌生產量的影響的因子。但機會仍存在，藉由與整合研究計畫的合作，去試驗土地經營活動對於各類生態系組成或過程可能影響。不過與整合計畫合作，也限制了菇菌研究人員計畫的全盤設計和目標，且野外工作也需小心配合。當

然在合作情況下，菇菌研究花費較少，且可獲得研究地點重要的資訊。研究9和12即是在整合計畫下所主導的食用菌監測研究。

## (十) 生物學和生態學之研究

若能增進菇菌之生物及生態學領域的了解，將可提高吾人對於普查資料或是試驗結果的解釋。而簡短列出一些值得未來研究的主題及相關問題也是必要的。研究13則說明了研究這些主題的一些方法。

### 1. 環境

微氣象因子(如土壤溫度和含水量)如何影響子實體發育的啓始或過程？子實體豐富度或大小的年變異模式在自然界中是否具有循環現象？假如有，是什麼原因調節這個模式？分布於不同森林林分、集水區、景觀或區域中各菇菌族群間，其出菇模式存在多少的均一性？

### 2. 菌絲菌落

什麼因素影響特定真菌種類菌絲體的定殖、生長和衰退？產生子實體的菌絲菌落需要多深、範圍多廣及多密集？菌絲菌落在土壤中散布的速度有多快？在特定林期之林分中，一種真菌是否會達到最大生長力或競爭性？菌根菌類是否有偏愛的宿主樹木？真菌與其他真菌或是土壤中生物有何交互作用？

### 3. 繁殖

物種如何繁殖？孢子傳播對於繁殖有何重要性？商業採集是否為孢子散布之重要的衝擊？偶發的干擾事件是否對於繁殖是必需的(如火災對於羊肚菌)？緊隨著林分取代事件諸

Mushroom science XI, Part 2: Proceedings of 11th international scientific congress on the cultivation of edible fungi; 1981 [day and month unknown]; Sydney, Australia. [Place of publication unknown]: [publisher unknown]: 869-883.

**Kowalski, S. 1987.** Mycotrophy of trees in converted stands remaining under strong pressure of industrial pollution. *Zeitschrift der Vereinigung für Angewandte Botanik*. 61: 65-83.

**Lipske, M. 1994.** A new gold rush packs the woods in central Oregon. *Smithsonian*. 25: 35-46.

**MacKenzie, J.J.; El-Ashry, M.T. 1990.** Air pollution: toll on forests and crops. New Haven, CT. Yale University Press.

**McRae, M. 1993.** Mushrooms, guns, and money. *Outside*. 18: 64-69, 151-154.

**Mehus, H. 1986.** Fruit body production of macro-fungi in some north Norwegian forest types. *Norwegian Journal of Botany*. 6: 679-701.

**Molina, R.; Amaranthus, M.P.; Pilz, D.; Fischer, C. [In press, a].** Commercial harvest of edible ectomycorrhizal fungus sporocarps from Pacific Northwest forests: ecological and management implications. In: Proceedings, 4th European symposium on mycorrhizae; 1994 July 11 -14; Granada, Spain. [Place of publication unknown]: [publisher unknown].

**Molina, R.; O'Dell, T.; Amaranthus, M. and others. 1993.** Biology, ecology, and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest: a preface to managing commercial harvest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

**Molina, R.; Vance, N.; Pilz, D. [and others]. [In press, b].** Special forest

products: integrating social, economic, and biological considerations into adaptive ecosystem management. In: Franklin, J.F.; Kolm, K., eds. Creating a forestry for the 21st Century. [City unknown], CA: Island Press.

**Ogawa, M. 1975.** Microbial ecology of mycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. in pine forest. I : Fungal colony( 'Shiro') of *Tricholoma matsutake*. Bull. 272. Tokyo, Japan: Government Forest Experiment Station.

**Ogawa, M. 1982.** How to produce matsutake mushroom. Nara, Japan: Matsutake Research and Consultation Office, Forest Service Research Station. 158 p.

**Ohenoja, E.; Mets(nheimo, K. 1982.** Phenology and fruiting body production of macro-fungi in subarctic Finnish Lapland. In: Laursen, G.A.; Ammirati, J.F., eds. Arctic and alpine mycology. Seattle: University of Washington Press: 371-389.

**Oren, R.; Werk, K.S.; Meyer, J.; Schulze, E.D. 1989.** Potentials and limitations of field studies on forest decline associated with anthropogenic pollution. In: Schulze, E.D.; Lange O.L.; Oren, R., eds. Forest decline and air pollution: a study of spruce (*Picea abies*) on acid soils. Berlin, Germany: Springer-Verlag: 23-46.

**Rayner, A.D.N. 1991.** The challenge of the individualistic mycelium. *Mycologia*. 83: 48-71.

**Richards, B. 1993.** It seems some folks would simply kill for a nice morel. *Wall Street Journal*. April 11: A1, A12. New York City.

**Ruhling, A.; Bååth, E.; Söderström, B. 1984.** Fungi in metal-contaminated soils. *Ambio*. 13: 34-36.

**Schlosser; W.E.; Blatner, K.A. 1995.** The wild edible mushroom industry of Washington Oregon and Idaho: a 1992 survey. *Journal of Forestry*.

眞羊肚菌之生活史及生活狀態(營養方式)不同於松口蘑及金色雞油菌，因兩者被認爲是絕對性菌根菌及不出現菌核或分生孢子期(不完全世代anamorphs)；反之眞羊肚菌爲腐生或至多爲兼性菌根菌(facultative mycorrhizal)，在其生活史中會定期出現菌核(緻密組織團)及分生孢子期(Matrouchot 1892; Molliard 1904a, 1904b, 1905; Ower 1982; Stamets 1993)。而且，Ower(1982)研究取自加州的分離菌種並於1986年和他的研究群證實*M. esculent*這種羊肚菌，在腐生營養方式下，可由孢子培養完成其生活史。Ower(1982)由一個標本所取得的子囊孢子開始進行組織培養。歐洲，計有Buscot(1989, 1992, 1993a, 1993b, 1994)，Buscot and Kottke(1990)和Buscot and Roux(1987)等人已描述*M. rotunda*(Pers.) Boud (與*M. esculenta*同類群)、*M. elata*及*M. semilibera*的菌絲體和雲杉(*Picea abies*)根結合的類型。Buscot(1994)假設在某些情況下，羊肚菌可能包含於複雜的外生菌根關係中。目前並未有將羊肚菌人工接種於可能宿主根部成功的報導。

羊肚菌生活史中之有關交配類型及細胞核的行爲，仍存在著許多的疑問。圖1的圖解所示無疑是太過簡化了，但卻可作爲介紹羊肚菌生活史之複雜性的工具。我們綜合Volk and Leonard (1990)和其它文獻資料而繪出圖1。

最不複雜之可能細胞核循環，應包含2個交配類型( $n, n'$ )，每一個子囊孢子及其產生的細胞(也就是初級菌絲體及菌核，和可能的分生孢子及子實體等)只含有一種交配類型( $n$ 或 $n'$ )之細胞核。這個循環要能完成，於是形成次級菌絲體(亦即每一個細胞出現二種交配型的細胞核)。次級菌絲體的細胞含有二種類型的細胞核，單一或成對(雙核體)( $n, n', n+n'$ ;

Volk and Leonard 1990)。所有次級菌絲體的產物，除了可能是分生孢子之外，皆共享上述核型。目前我們並未看到任何有關分生孢子核狀況的報導；子囊菌門中許多其它的成員，單核及雙核分生孢子皆可能形成，並因而產生各類型的分生孢子（例如 $n, n', n$ 及 $n, n'$ 及 $n', n$ 及 $n'$ ）。於子囊中，二個不同交配類型的核融合後，進行減數分裂以產生8個單套( $n$ 或 $n'$ )的子囊孢子。其他的交配類型也可能發生，例如 Vold 及 Leonard(1990)指出 Ower's(1980)的研究意謂著單一孢子，可能完成整個生活史(圖1打?號者)

在這複雜生活史中給予吾人重要的課題是，該生活史中可能存有許多經營管理決策足以衝擊未來羊肚菌採收的關鍵點。據 Ower's(1982)研究推測由初級菌絲體(單套，單核菌絲體)所產生菌核可能形成子實體，但此一觀點仍保有未確定之處。而分生孢子的角色和行爲也仍舊未明瞭。此外初級及次級菌絲體爲生物之營養期，負責獲得養分；菌核可視爲儲存器官或使生物渡過不利地環境狀況。

4類型羊肚菌顯示出不同的生態選擇。一般及半開放羊肚菌通常在機械式干擾(可能非火燒)區域出菇豐富，在薔薇科(Rosaceae)、楊柳科(Salicaceae)、殼斗科(Fagaceae)及可能是杜鵑科(Eriaceae)等闊葉樹林內穩定棲地，其也能規律地出菇但較不豐富。於北美西部，黑羊肚菌在針葉林較爲豐富，特別是爲昆蟲襲擊和火燒的地區。火燒羊肚菌是4類型羊肚菌爲吾人所了解最少的，可能局限於中高海拔輕微乃至於劇烈地火燒針葉林中。由火燒地採集黑羊肚菌及火燒羊肚菌爲北美西部商業羊肚菌主要來源。

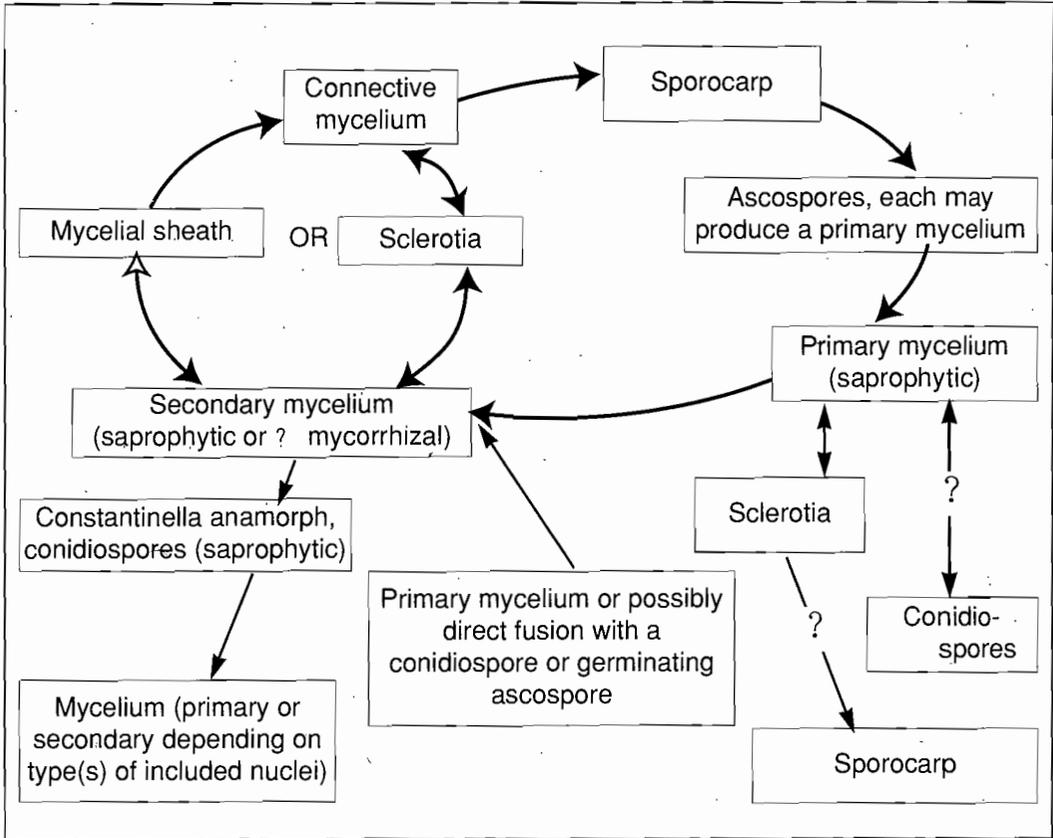


圖 1 真羊肚菌生活史變化。次初級菌絲體被認定是腐生的；*M. esculentas*能以腐生完成其生活史；其他種類羊肚菌(參本文中)的次級菌絲體至少可能是兼性菌根菌。由次級菌絲體所產生的菌核和菌絲體鞘，可能是同一時期之兩種現象。

數份文獻(Coombs 1994, Duchesne and Weber 1993, Miller and others 1994)中皆包含了可引導建立預測或促進羊肚菌採收方法的資訊。Duchesne and Weber(1994)報導了加拿大安大略省於1990年9月時，在一次計畫火燒後隔年5月時，於火燒地而非鄰近森林，羊肚菌大量的出菇。Coombs(1994)描述將羊肚菌的菌核引進一個火燒地，且觀察此一接種方式是否增加羊肚菌收穫。Miller等人(1994)則於黃石國家公園1988年火燒地土

壤中，發現了羊肚菌的菌核。或許藉由菌核的密度可用來建立一些評估羊肚菌收穫量的方法。

惟有吾人了解包含那些生物，同意為何要如此稱謂他們，並了解相關的生物學和生態學時，吾人方能有知識的經營野生羊肚菌。而吾人需要注意事項有3點：

1. 定義物種並給與穩定的名稱。
2. 收集每一種特別是商業採收種類之自然出菇類型的基礎資訊。
3. 至少對於主要物種，確定其生活史及生活狀態的變化。

子實體成熟之巨觀和微觀的改變、分子階段的族群結構和超過一年以上的生產力等的研究，是有待吾人注意的課題。<sup>1</sup>

因研討會期間與各界人士交換意見後，作者開始研究羊肚菌出菇模式。選擇奧勒崗州中部南方之Frelmont國有林內湖濱景觀區，作為試驗地，原因是當地工作人員對此計畫感興趣，且區域內羊肚菌出菇豐富。

## 二、目的

1. 測試選定單位面積中子實體豐富度量化資料的方法。
2. 建立子實體重量與大小間之回歸公式。
3. 收集生產力基礎評估資料，以作為比較未來出菇標準。
4. 收集樣本以進行形態、分類及族群遺傳等之研究。

## 三、方法和原理

我們開發了一個方法以建立逢機帶狀樣區，藉此計算羊肚菌子實體數目。利用皮尺和指南針，我們建立一條長180公尺(600尺)的路線，於路線兩邊各1公尺(3.2尺)寬的帶狀區域中進行羊肚菌取樣，取樣時需溫和地將完整的子實體與其菌絲體分開(於附著的殘碎最少為原則)。由每一條穿越線採集的子實

體，分別置於在標識的牛皮紙袋，大約比照商業等級分4種大小。依大小等級及穿越線類群，將子實體進行計數、稱重然後置於乾燥機內(Trappe 1982)，待乾燥後再稱重。

子實體密集，位於樣區邊緣外者，一併將其收集，但置於獨立袋子中且標識其位置(距離中線距離及右或左邊)，測量這些子實體的大小和重量以供回歸公式用，隔日，這些子實體縱切後，一半用於分子研究族群遺傳，另一半作為證據標本以供研究子實體形態之用。

收集一年以上的資料，將可用以評估族群的波動，且可與各類棲地處理相關聯，以確定對羊肚菌出菇模式的影響。因為吾人觀察到羊肚菌具成叢出現在景觀上的情況，所以藉由帶狀樣區所發現的子實體數目，可能呈現高度的變化。眾多帶狀樣區須在短期內進行取樣，才能準確評估該地的生產力。標本之遺傳及形態分析可用以決定族群和種間的變異。

#### 四、獨特的考量

3人一組的野外工作小組是適當的。當羊肚菌出菇豐富時，一個標準工作天僅能完成2~3個帶狀樣區的取樣工作。這個工作時間包含搭車時間、記錄子實體形態、分級、計數、稱重和乾燥子實體及準備分生分析用樣本等。工作人員需接受調查技術、鑑定羊肚菌和記錄資料及加工子實體技術等訓練。數個工作人員可利用1~2天一起訓練研習，其中撥出部份或1天時間於野外進行訓練。

每一個工作人員需具備：

1. 標準安全裝備。
2. 指南針。
3. 皮尺(公尺刻度者為佳)。
4. 合板釘、桿或1公尺長的棍子。

5. 提供大型(標準雜貨大小)和小型(餐袋大小)的牛皮紙袋。
6. 籃子，以攜帶必需品和樣本(紙袋遇潮開裂)。
7. 油性筆。
8. 刀子、小鏟子或其它使子實體從其基質鬆動的工具。
9. 冰箱以保存子實體，以避免運送過程過熱或乾燥情況發生。

實驗室內，需有設備以進行分類、稱重和乾燥子實體。一般市場即有售，價格約為60~100美金的家庭食物乾燥機是需要的，其中以具備可調溫度和風扇者為佳。欲乾燥之子實體以縱切剖半，置單層於每個網上且標識清楚。置於乾燥機12~16小時後，子實體變得如鮮洋芋片般脆。將乾燥溫度訂於35~50°C(約95~120°F)及良好空氣循環以防止子實體的瓦解。子實體從乾燥機取出後，稱好乾重並將其放入乾淨的袋子，標識並放入置於防蟲處以作為進一步形態研究。於乾燥過程，成熟的羊肚菌釋放大量的孢子，這些孢子可能導致一些人過敏反應，因此乾燥機宜置於通風良好或是排出風扇下，使得孢子不致於影響工作人員。欲進行分生研究子實體經標識後，放入置有人工冰塊的小型冰箱，適當打包以避免子實體受傷，並迅速送至研究室，也可將其冷凍後稍後再送。

於特定區域及海拔的羊肚菌通常出菇僅持續數個星期，儘管在一些山區羊肚菌可持續數個月在低至高海拔，或溫暖至涼爽地區出現。當雨水相當規律及土壤溫暖且雪溶後，啓始了羊肚菌期，此時夜涼爽且晝溫暖，而熱、乾的天氣來臨可使出菇期突然終止。所以無需針對特定時期及地點，事先排定超過數星期的工作小組。與其是1~2個工作小組負責數個分散區域或森林之調查，不如讓每個機構擁有尤以受過地方訓練的工作小組，優先指派去執行羊肚菌數天之任務。

## 五、現況

主要的研究人員於奧勒崗州東北山區，伴隨野火及樹木死亡等的影響下，開始擴展及重複研究羊肚菌之生產力、生態、分類及族群遺傳。Michael Amaranthus(西北太平洋研究站，奧勒崗州)於奧勒崗州東南最近火燒地中，目前也同時進行有關羊肚菌對於環境狀況及樹木死亡的反應之案例研究。

## 六、引用文獻

- Buscot, F. 1989.** Field observations on growth and development of *Morchella rotunda* and *Mitrophora semilibera* in relation to forest soil temperature. *Canadian Journal of Botany*. 67:589-593.
- Buscot, F. 1992.** Ecological and biological strategies of morels. *Cryptogamie- Mycologie*. 13: 171-179.
- Buscot, F. 1993a.** Mycelial differentiation of *Morchella esculenta* in pure culture. *Mycological Research*. 97(2): 136-140.
- Buscot, F. 1993b.** Synthesis of two types of association between *Morchelia escutenta* and *Picea abies* under controlled culture conditions. *Journal of Plant Physiology*. 141: 12-17.
- Buscot, F. 1994.** Ectomycorrhizal types and endobacteria associated with ectomycorrhizas of *Morchella elata* (Fr.) Boudier with *Picea abies* (L.) Karst. *Mycorrhiza*. 4: 223-232.
- Buscot, F.; Kottke, I. 1990.** The association of *Morchella rotunda* (Pers.) Boudier with roots of *Picea abies* (L.) Karst. *New Phytologist*. 11 6: 425-430.
- Buscot, F.; Roux, J. 1987.** Association between living roots and ascocarps of *Morchella rotunda*. *Transactions of the British*

Mycological Society. 89: 249-252.

**Coombs, D. 1994.** Come spring, this project may make a lot of sense.

Mushroom, the Journal of Wild Mushrooming. 13(46):12-13.

**Duchesne, L.C.; Weber, M.G. 1993.** High incidence of the edible morel *Morchella conica* in a jack pine, *Pinus banksiana*, forest following prescribed burning. Canadian Field-Naturalist. 107: 114-116.

**Kort, R.P. 1973.** Discomycetes and tuberales. In: Ainsworth, G.C.; Sparrow, Frederick K.; Sussman, A.S., eds. The fungi, an advanced treatise. Vol. IV: A taxonomic review with keys: Ascomycetes and fungi imperfecti. New York: Academic Press: 249-319.

**Linnaeus, C. 1753.** Species plantarum. Holmiae. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown]. 1200 p.

**Matruchot, L. 1892.** Recherches sur le développement de quelques mucédinées. Paris: [Publisher unknown].

**Miller, S.L.; Torres, P.; Mcclean, T.M. 1994.** Persistence of basidiospores and sclerotia of ectomycorrhizal fungi and *Morchella* in soil. Mycologia. 86: 89-95.

**Molliard, M. 1904a.** Forme conidienne et sclérotés de *Morchella esculenta* Pers. Revue Générale de Botanique. 16: 209-218.

**Molliard, M. 1904b.** Mycelium et forme conidienne de la morille. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. 138: 516-517.

**Molliard, M. 1905.** Production expérimentale de l'apareille ascospore de la morille. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Academie des Sciences. 140: 1146-1148.

**Ower, R. 1982.** Notes on the development of the morel ascocarp: *Morchelia esculenta*. Mycologia. 74:142-144.

- Ower, R.; Mills, G.L.; Malachowski, J.A.; inventors, Neogen Corp., assignee. 1986.** Cultivation of *Morchella*. U.S. patent 4,594,809. June 17. 7 p. Int. Cl.4 A01G1/04.
- Stamets, P. 1993.** Growing gourmet and medicinal mushrooms. Berkeley, CA: Ten Speed Press. 552 p.
- Trappe, J.M. 1982.** Alternative methods for drying fungi and controlling insects in herbaria. *Mycologia*. 74:1014-1015.
- Volk, T.J.; Leonard, T.J. 1990.** Cytology of the life-cycle of *Morchella*. *Mycological Research*. 94: 399-406.
- Weber, N.S. 1995.** A morel hunter's companion. Lansing, MI: Two Peninsula Press. 209p.

## 案例8：1986至1996年奧勒崗州雞油菌研究計畫

*Lorelei Norvell, Judy Royer, Janet Lindgren and Frank Kopecky*

### 一、前言：

1970年代的經濟衰退期間，許多失業工人發現，採收野生食用菌並輸出至歐洲及日本販售可賺取外匯。不幸地是增加野生菇菌採收，同時也伴隨數年的乾旱，使得食用菌變得愈不容易發現，一些休閒採集者擔心過度採集會導致許多物種的消失。他們指出在採集真菌已有幾個世紀的歐洲，許多大眾喜愛的食用菌已急劇的減少(Janse and others 1985)。

察覺到黃色雞油菌(*Cantherellus cibarius*)的減少，已引起人們極大的關注。商業採集者認為採集子實體並不會危害此生物，但卻無存在的科學證據可支持這個說法。奧勒崗真菌學會成員，首先針對密集採集雞油菌對於其未來生產力所造成的衝擊進行10年的研究。

奧勒崗州雞油菌研究計畫始於1986年，並與美國農業部林務署及波特蘭市合作，為一個無經費資助的研究，所有材料及人力皆由超過60個志工提供。

### 二、目的

1. 決定長期、密集的雞油菌採收對於後續出菇的影響。
2. 於雞油菌產地，每二週普查地上生真菌(地衣除外)及每年二次普查維管束和非維管束植物的方式，以評估其他真菌與植物多樣性的關連。

### 三、方法和原理

本研究於奧勒崗州Mount Hood國有林(Corbett及鋸齒區域)與波特蘭市Bull Run集水區之緩衝區中100年的鐵杉(*Tsuga heterophylla*)和花旗松(*Pseudotsuga menziesii*)林中進行。

1986年，研究小組於雞油菌叢四周建立了10個分開的研究樣區【範圍從16~64平方公尺(172~690平方尺)】；目的是每個樣區包含一個雞油菌繁殖體(clone)。於進行採集處理之前，工作人員先進行雞油菌之標定及測量工作3年，以獲得基礎資料。1989年時，每個樣區【爲了標定目的再劃分爲4平方公尺(43平方公呎)的副樣區】接受下列3個設計處理中的一種

1. 對照組(不移除雞油菌)。
2. 拉起採收(將雞油菌從地上拉起)。
3. 切除採收(將雞油菌在近地面處切下)。

所有處理皆有三個區域重複(每一區域具有2個小的對照樣區)。

所有樣區中的植物及其他菇菌也一併進行普查。樹齡以材心生長環的增加來決定，同時分析土壤，以期在研究結論中，提供額外的生態資訊，每日溫度及雨量的資料，由5公里(3.1英里)外的Bull Run集水區首要工作氣象站提供。

3~4個志願研究人員從7月初直到11月末或12月初降雪出菇期結束期間，每隔2星期至樣區一次。於不採收的對照樣區，研究人員將黏有數字之彩色標記插置於鄰近每個新的雞油菌，並用三角測量法將他們標定出來。利用黏有公尺標記的雙釘尖桿插入塑膠管方式打入土中，且埋在所有副樣區角落，以獲得標定位置所需的座標。工作人員測量每個雞油菌的菌蓋直徑、菌柄直徑及高度，並將測量結果告知負責記錄人員。每個連續調查皆重複測量，直到雞油菌消失或出菇季結束爲止。

採收樣區中所有直徑大於1公分(0.39吋)的雞油菌皆移除(意即所謂的大量採收)。研究人員將採收標本置於(蠟質)紙袋，並標示日期和副樣區。每天野外工作完成後，計畫協調者進行每一個雞油菌的測量、乾燥及記錄生物量(乾重/公克)的程

序。所有標本存放於華盛頓大學真菌標本館(University of Washington fungi herbarium, WTU)以備未來進行分生分析用。從1986至1993年，我們於對照及採收樣區中共追縱了2893個雞油菌。

每次普查期間，我們也普查了副樣區中其他的真菌物種(但不進行標定、測量或編號)，新的或不能辨識的物種，以鋁鉑紙或塑膠工具盒收集，然後由有經驗的野外分類家進行野外鑑定及辨識特徵記錄。所有新鮮標本經由描述、乾燥並保存於WTU以備往後鏡檢之用。在出菇月份，吾人亦普查了植物和真菌。自1986年起，已記錄了215種真菌、39種維管束植物及16種苔蘚植物。

#### 四、獨特考量

吾人最重要的考量為選擇及訓練一些足以進行此大規模科學研究之謹慎勝任的志工。幸運地是早期在具有將近80年分類經驗(Lindgren, Norvell, and Roger)和40年林務經驗(Kopecky)的前輩引導進入這個研究領域，並且從超過50位熱心志工中，增加額外的專業技術人員。儘管似乎有龐大志工資源，但吾人卻發現，利用受過同樣訓練且可信賴之個人，其工作力量雖然較小，但卻似乎最有效率。我們最初研究的特性為勞動密集，意即在此10年計畫中，每年至少要進行野外調查工作15次(估計每次調查需24人工作小時)，此幾乎無可避免的使工作人員精疲力盡，尤其是嚴格規定二星期取樣一次的方式，通常必須於極端令人不適的天氣下(濕且冷)工作。依賴志工的工作力量通常只佔有我們研究中小部份規模。假如雞油菌只需採收和稱重(不需測量、標定或追蹤)，或是僅進行兩種處理(拔取採收和不採收)，那麼於一個調查地點所花費時間必然減少。

初步資料顯示切除採收及拔取採收間並沒有差異。我們的資料與Eg1i等人(1990)觀察15種食用菌無論是切除或拔取皆無差異的結果相符。雖然吾人所作的研究(長時間比較處理和對照樣區的不同)為這類研究之始，然而，我們也盡力嘗試建立更多的基礎資料供未來研究之用。

儘管我們取得了極好的資料，但此資料可能並不適用於其他地點。假設本研究規模小，我們所能了解採收對雞油菌的影響，僅限於一個森林分布中親緣較近但並非同種的雞油菌而已，因此較大規模的研究仍應進行，以便能取得更多的資料來作比較。

本研究地點位於Bull Run 集水區水門後國有林(首先為Kopecky所建議及美國農業部林務署允許的)，保護相當完整。吾人強烈建議在類似保護區域內，建立任何具經濟價值真菌(例如雞油菌、松口蘑和羊肚菌)的研究。而保護地點與大都市地區相當的接近也是有利的，因所有鏡檢和乾燥工作寧可在實驗室中而非於臨時工作站進行。

本研究最大的挑戰包括了未知和不可控制的變數以及不可預知的疏忽。當我們開始這個研究時，我們對於雞油菌的菌絲體年齡，菌絲體的存活是否需要孢子的流入，或雞油菌是否具有自然的出菇循環等問題並不清楚。儘管有8年的資料(5年採收資料)指出雞油菌採收和後續出菇間，並無統計上顯著的相關性，但由於天氣變化是如此不可捉摸，致使目前我們所作的結論都是不成熟甚至是不可靠的。我們初步的資料顯示夏季溫暖的天氣與雞油菌的數量呈顯著的相關(這種相關性已為Danell 1994, Largent and others 1994, Ohenoja 1993等所引用)，但此僅是許多尚未被分析因素之一。最近一些研究(Kotilova-Kubickova and others 1990a, 1990b, 1990c, Largent and others

1994, Vogt and others 1992)指出微氣象學的資料較吾人目前所取得的一般天氣資料，對於追蹤擔子菌的子實體產量更加有益。儘管有上述的問題存在，本研究仍是持續雞油菌產量和採集衝擊試驗中時間最久的。

## 五、現況

過了1996年野外出菇的季節後，我們想將第一個10年資料執行完整的統計分析，並藉由分生技術來決定族群基因組成。因即使是一個為期10年的研究，但對於明確答案而言，時間仍嫌太短，故吾人希望可持續進行這個研究。

## 六、引用文獻

**Egli, S.; Ayer F.; Chatelain, F. 1990.** Der Einfluss des Pilzsammelns auf die Piizflora. Myoologia Heivetica. 3(4):417-428.

**Danell, E. 1994.** *Cantharellus cibarius*: mycorrhiza formation and ecology. Uppsala, Sweden: Acta Universitatis Upsaliensis. 58 P. Ph.D. dissertation.

**Jansen, E.; van Dobben, H.; de Wit, T. 1985.** Achteruitgang van de cantharel in Nederland. Wetenschappelijke Mededeling Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. 167: 59-69.

**Kotilova-Kubickova, L.; Ondol, J.P.; Priban, K.1990a.** Phenology and growth of *Dermocybe uliginosa* in a willow carr. 1: Phenology of fruiting. Mycological Research.94: 762-768

**Kotilova-Kubickova, L.; Ondol, J.P.; Priban, K.1990b.** Phenology and growth of *ermocybe uliginosa* in a willow carr. II: Fruiting duration and performance. Mycological Research. 94: 769-773.

**Kotilova-Kubickova, L.; Ondol, J.P.; Priban, K. 1990c.** Phenology and growth of *Dermocybe uliginosa* in a willow carr. III: Fruft-body growth and biomass production. Mycological Research. 94: 774-780.

### 三、方法和理原

包含不疏伐不採收的對照組，這個研究所設計3個區集(blocks)內各含4種處理林分，累計有12個處理林分。從8月中旬至12月中旬，每月進行雞油菌產量取樣一次。在我們研究區域內雞油菌生產具有強烈的季節性，且取樣超過5個月的時間，此可確保所記錄不僅是生物量產量，同時也包含該地土壤濕度及溫度變化。吾人已收集了2年雞油菌產量之基礎資料，而伐木採收處理預定於1995年春天進行；且在處理後1、2、3、5、10、20年及每隔20年進行雞油菌取樣。

進行每一森林採收處理中4個帶狀樣區【 $8 \times 100$ 公尺(26 $\times$ 328呎)】內的雞油菌取樣。逢機選擇每條穿越線的1/2(4 $\times$ 100公尺)進行雞油菌採收或不採收處理。每條穿越線中雞油菌採收部份，所有菇體以刀子於地表處切下以塑膠袋封裝並置於冰箱。採集後24小時內，測量其大小和重量、菌蓋直徑(最寬處)、總菇體高度和菌柄基部直徑，測量單位至釐米，而鮮重記錄至0.1克單位。菇菌的副樣本經乾燥後稱重以決定每次取樣期平均水份含量。每一個帶狀樣區1/2不採收的部分，在野外測量每個雞油菌菌蓋直徑及菇體高度。而藉由菇菌大小、鮮重及乾重的回歸程式(源自採集的菇菌)，可用來評估每個樣區中有測量但未採收的雞油菌生物量。

我們也收集了除*C. cibarius*和*C. subalbidus*(一般商業採收種類)之外雞油菌類出菇、採食真菌(mycophage)及森林地表植被及落葉層(苔蘚、salal、已分解木材等)等額外的資料。每次普查期間不採集之菇菌，插上一支彩色的塑膠牙籤，以作為未來識別之用；每個林分中選定位在中央的2個帶狀樣區終點的地方，於深10公分處測量土壤濕度及溫度，同時也記錄每個區集之空氣溫度和地表溫度。

#### 四、獨特考量

有關其他雞油菌的研究，大都缺乏與其他生態系組成因子研究之相互整合。相形下本整合計畫，對於未來的展望或該試驗的其他研究活動，都將能提供菌根菌子實體與諸如土壤密實性、林分狀態和伐木採收等環境因子之交互作用的資訊。

#### 五、現況

收集了2年的前處理資料(1993和1994年秋天)。1994年秋天，無論是總產量或單月產量皆遠較1993年秋天為高。在這二個季節期間，森林地表僅有苔蘚類的區域所產雞油菌數目和總乾重，較地表覆蓋分散或緻密的salal或已分解木材者為多。雞油菌採收對於雞油菌數量或乾重，目前尚未有顯著的影響。伐木採收處理始於1995年夏季，且於秋季時再度進行雞油菌的取樣。

#### 六、引用文獻

- Amaranthus, M.P.; Trappe, J.M.; Bednar, L.; Arthur, D. 1994.** Production of hypogeous fungi in managed and unmanaged habitats Of southwest Oregon. *Canadian Journal of Forestry Research*. 24: 2157-2165
- Luoma, D.L.; Frankel, R.E.; Trappe, J.M. 1991.** Fruiting of hypogeous sporocarps in Oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. *Mycologia*. 83: 335-353.
- O'Dell, T.E.; Luoma, D.L.; Molina, R.J. 1992.** Ectomycorrhizal fungal communities in young, managed and old growth Douglas-fir stands. *Northwest Environmental Journal*. 8: 166-168.

於伊利諾谷轄區，我們也嘗試將採集者從僅有1條道路可進入之偏遠集水區內，所採的全部菇菌加以稱重。我們的方法是設立一個管理站，以監測每天採集者所攜帶出來的菇菌的重量。

#### 四、獨特考量

吾人從1993年秋季的野外經驗學到許多寶貴的課程。這些經由逢機取樣為可能棲地之生產力，所選定之研究樣區，在缺少該地出菇資料下，花費太高且耗時。在每一個地點之帶狀樣區內對於單一菇菌充份取樣面積仍嫌太小，除非是如Chemult大量出菇的地區。許多研究地點若非位於遠離道路入口處，否則不得不妥協於非法採集；由於松口蘑價格高昂所以一些“禁止採集”的標誌經常被忽視。有些憤怒的當地採集者故意於有些試驗地點進行採收，並且將柵欄門由地面拔除。將指定集水區商業採收的松口蘑加以稱重為不確實的，因稱重不僅耗時且對於採收者何人先稱重的安排尚未決定之前，會讓這些採收者裹足不前。假如天氣資料取自於當地而非遠處的氣象站，那麼出菇與天氣二者間的關連性會更強(特別是在山區和森林地形等短距離內微氣候變化相當大的地方)，但在試驗當地設置氣象站較昂貴。

#### 五、現況

1993年出菇季期間，Siskiyou山出菇狀況受限於乾燥天氣，且在9個研究地點中僅2個發現少量的松口蘑。捨棄伊利諾谷轄區研究點，以將人力投注於更有成本效益的監測探討。1994年時監測了BLM其中一個研究點，但乾冷的天氣妨礙出菇。1993至1995年從Chemult地區所得取樣資料正分析中。

## 六、引用文献

**Kawai, M.; Ogawa, M. 1981.** Some approaches to the cultivation of a mycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. In: Mushroom science XI, Part 2: Proceedings of 11th international scientific congress on the cultivation of edible fungi; 1981 [day and month unknown]; Sydney, Australia. [Place of publication unknown]: [publisher unknown]: 869-883.

**Schlosser; W.E.; Blatner, K.A. 1995.** The wild edible mushroom industry of Washington, Oregon and Idaho: a 1992 survey. *Journal of Forestry*. 93: 31-36.

**The Japan Trade Development Division. 1990.** The mushroom market. Export Opportunities in Japan Series [no. unknown]. Ottawa, ON: External Affairs and International Trade Canada.

爲了記述研究地點間氣候的差異，從8月1日開始直到出菇期結束後二個星期這段時間，每隔一星期測量每個地點最大及最小的土壤及空氣溫度。

#### 四、獨特考量

標示個別子實體的分布是勞力密集的工作，但卻提供長期研究之有價值基礎資料，因子實體每年幾乎發生在同樣的地點。在日本的研究顯示，松口蘑子實體出現在所謂菌絲領域(shiros)之菌絲層(mycelial mats)的弧形邊緣，而菌絲領域每年穿越過土壤僅往前移動幾公分(Ogawa 1975, Tominaga 1971)。我們初步的標示結果指出美國松口蘑出菇模式較日本松口蘑更加的擴散，故吾人以子實體間彼此接近的程度來選定試驗處理的群叢，而非以挖掘菌絲層的方式來界定菌絲領域。1994年出菇相當大量，故著手選定1995年試驗處理所需群叢。由於商業松口蘑採收特權的要求快速地增加，也增添取得採收後衝擊結果的迫切性。

研究地點的保密爲主要的考量。本研究中我們與遍及本研究的商業採收者全程合作，以保持研究地點周圍區域內的松口蘑得以完全採收，如此可使非法採收者氣餒。我們合作伙伴可洞察其他採收者所進入研究地點所留下的證據。爲了避免試驗用菌體被非法採收，在試驗處理期間內，保留於控制群叢的菇菌被上標記以摧毀其商業價值。而安排執法官員定期視察，可以降低對研究地點可能的破壞行爲。1995年，研究地點在出菇期間對一般大眾封閉，此舉使得執法官員可告發任何出現在該區域的人，因爲要抓到非法持有菇菌的採集者通常是困難的。

本研究將測量商業生產量(而非總生物的)，因研究中處理

應用及取樣過程皆模擬典型發生於商業採收活動的狀況來設計。松口蘑年產量差異極大，所以需收集多年的資料，方能針對平均、最大和最小及趨勢加以下結論。同理，試驗處理的潛在傷害影響可能不是幾年內就顯而易見的。而伴隨著每季新資料的累積，本研究將可提供更有價值的見解。

## 五、現況

1994年沙丘研究地點之野外出菇季是多產的。幾近一百棵參考樹木被分別用來標示20至100個子實體。出菇季始於9月初，高峰期為11月初，且於1月初結束。至少有1/2的群叢(暫時以參考樹木來定義者)為非法採收者弄亂，但吾人仍有足夠進行1995年試驗處理所需未受干擾的群叢，1995年吾人也加強研究地點的保密。分布圖及第一年處理應用所得結果將於1996年發表。

研究活動目前也於Diamond湖濱區同時進行中。1995年，於Chemult, Boswell礦山和Medford等地著手製作分布圖的工作，且將於1996年進行試驗處理。

## 六、引用文獻

**Ogawa, M. 1975.** Microbial ecology of mycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. in pine forest 1: Fungal colony ( 'Shiro' ) of *Tricholoma matsutake*. Bull. 272. Tokyo, Japan: Government Forest Experiment Station.

**Tominaga, Y. 1971.** Studies on the formation and development of the fruit body of *Armillaria matsutake* (Ito et Imai). Bulletin Hiroshima Agricultural College. 4: 106-122.

## 研究12：林分疏伐後雞油菌產量之反應

*David Pilz, Randy Molina, and Jim Mayo*

### 一、前言

Novell等人(1995)(參研究8)探討採收雞油菌的衝擊和Largent等人(1994)則將雞油菌之出菇物候學與微環境因子之變化進行研究。本研究和研究9為目前僅知探討伐木經營對於雞油菌生產力衝擊的研究。

本研究加入一項名為“幼齡林分疏伐和多樣性研究”的整合型計畫，由位於奧勒崗州中部瀑布區之美國農業部林務署Willamette國有林所資助的一個管理研究。本研究設計在於探討各類林分疏伐技術和樹一葉密度比是如何影響區域狀況和生態反應，包含諸如雞油菌等特殊林產物的產量和品質。

### 二、目的

1. 就特定地點決定評估雞油菌生產力，所需取樣面積的大小。
2. 探討林分疏伐和對於後續的雞油菌產量可能的衝擊。

### 三、方法和原理

於Willamette國有林之Oakridge, Blue Rive, 和Mckenzie Ranger等轄區內，選定4個幼齡(30-50年)的花旗松林分作為研究區集。在每一個地點，實施三種伐木處理包括未伐木對照組和2種伐木密度【每公頃殘存124棵樹(50棵/畝)，每公頃殘存297棵樹(120棵/畝)】。延著系統性分布之帶狀樣區內，採集雞油菌以評估其生產力。與基礎出菇資料比較，藉由疏伐林分與未疏伐林分的季節性增加或減少，以評估疏伐所引起的衝擊。同時我們也在密集雞油菌出菇的標定區域，進行永久取樣以比較林分疏伐操作所造成的衝擊。

#### 四、獨特考量

每年出菇模式高度變化，故研究監督者必需彈性安排工作成員進行調查。基於取樣可行性的考量，在大量出菇或少量出菇的不同季節，我們在取樣上有不同的設計。安排必需的設備、空間和裝置，以期可規律地進行大量雞油菌之分級、稱重和乾燥的工作。永久標記菇菌叢使其於伐木後仍可被定位是極為困難的。距離菇菌叢最近的闊葉樹被鑑定、定位和標記。樣區中心用來作標記的鐵棒(rebar)必需打入土中避免引起伐木機輪胎破洞。若需要，可用金屬偵測器重新對此鐵棒作定位。當雞油菌群叢選定後應避免伐木機再次經過。一些菌叢可能為砍伐後焚材堆或是為協助取樣所實行砍伐等因素為害或破壞，而伐木後之砍倒痕跡也可能導致研究帶狀樣區的不易行走。其它研究人員也需被告知不能為了個人之用而採集雞油菌。

因為整合研究計畫的原始設計者的決擇，我們的方法和設計是受限制的，然而我們仍受益於其他合作伙伴所執行之工作。因為許多其他研究也在同一林分內進行，所以標示樣區位置必需統一且不得與他人重複。但位於國有林內之伐木採收研究可能面臨阻止或延遲伐木的法律挑戰。

#### 五、現況

吾人僅取得1994年的出菇模式之基礎生產力資料，但所有林分皆可見雞油菌。商業疏伐作業定於1995和1996年進行，吾人在1995年僅於對照組林分取樣，而伐木後第一次出菇季調查則定於1996年秋季進行。

## 六、引用文獻

**Largent, D.; Hewlett, S.; Sime, D. 1994.** influence of environmental factors on fruiting of edible, mycorrhizal mushrooms. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown]; final report; [contact unknown]. Prepared for: California Department Of Forestry and Fire Protection.

**Norvell, L.; Kopecky, F.; Lindgren, J.; Roger, J. 1995.** The chanterelle (*Cantharellus cibarius*): a peek at productivity. In: Schnepf, Chris, comp., ed. Dancing with the elephant: Proceedings: The business and science of special forest products-a conference and exposition; 1994 Jan. 26-27; Hillsboro, OR. [Place of publication unknown]: University of Idaho Extension Service: 117-128. Sponsored by: Northwest Forest Products Association; Western Forestry and Conservation Association.

# 研究13：華盛頓州中部瀑布區內松口蘑之菌絲領域的分析

*David R. Hosford*

## 一、前言

正當日本原生松口蘑減少之際，日本進口商開始尋找美國西北太平洋地區以供應類似的菇菌。H. Ohara一位日本松口蘑專家，於1980年到西北太平洋地區，評估華盛頓州所產松口蘑，“松菇”的品質和產量。於Ohara先生訪問期間我們首次會面，並一起在華盛頓州找出松口蘑的“菌絲領域”(shiros，就字面上來說意為城堡或真菌的領域)。稍後，在我訪問日本的期間，我們建立了未來合作的基礎。我著手以Hamada(1955)，Ogawa及Hamada(1965)，Ohara(1966)和Ohara and Hamada(1967)所發展的京都或菌絲領域方法，針對華盛頓州中部之美國松口蘑(*Tricholoma magnivelare*)進行了5年的研究。

正當松口蘑的商業價值更廣泛為人所知之際，我們的研究也吸引著特別對於菌根、子實體生產力和棲地經營感興趣的林業研究人員、經營者與採收者的高度關注。本研究為西北太平洋地區首次進行這方面的研究，除能提供松口蘑之基礎生態資料外，且能引導出新的研究領域。

## 二、目的

每個菌絲領域分析目的如下：

1. 標記每一子實體之季節性分布。
2. 圖示菌絲體之水平和垂直分布位置。
3. 計算每季總子實體生產力。
4. 測定從原絲體(*primordia*)至完全展開的子實體，成熟間隔需時幾天。
5. 收集並鑑定菌絲領域附近相關的菇菌種類。

6. 鑑定所有相關植物種類並判定植物群落結構和組成。
7. 測定土壤類型、縱剖面(profile)、酸鹼值(pH)、溫度和含水量。
8. 個別收集根、土壤和幼小子實體，以提供菌根、微生物族群和體細胞培養等研究之用。

### 三、方法和原理

吾人將菌絲領域定義為受菌絲體生長和菌根發生所影響的土壤微棲地,其為研究菌根之基礎生態單位。從日本松口蘑菌絲領域的研究中,日本研究人員已開發森林技術來建立松林內新的菌絲領域,或是在已建立的菌絲領域內促進子實體的生產力(Ogawa 1982)。將此種經營可能性銘記於心,我們著手美國松口蘑之菌絲領域基礎研究,以期更了解其生態和生產力。

1985年秋季,於華盛頓州中部瀑布區選定了包含19個菌絲領域之4個研究地點。每一個地點皆詳細記錄,包含地形圖、氣候、土壤類型和植被。從8月下旬至11月中旬,每星期監測每一個菌絲領域1至3次,以發現可能出現的松口蘑及其它菇菌類。我們計算了子實體的數量,且以彩色旗子標示其在菌絲領域的位置;不同顏色代表不同年份。同時我們也測定了真菌菌絲體和宿主根至旗子的相對位置,而且每年菌絲體的生長或前進也以圖標示。旗子也提供了從有活力的菌根帶和直接鄰近土壤取得菌根或土壤樣本時,一個精確的參考點(Ohara and Hamada 1967)。所採收的子實體稱重後,可乾燥以備往後研究或用以取得體細胞培養及孢子印。成熟(完全展開)及分解之子實體數量也給與計算和上標記但保留在原地。

#### 四、獨特考量

基於長期研究的目的，選定的菌絲領域在理想的狀況下應越接近研究設備越好，以配合頻繁的監測工作，然而卻須遠離定期大眾可接近之處，以保護其免於遊客的干擾。要符合上述的標準很難，因我們所選定的19個菌絲領域分散於4個地點，分屬於私人或國有土地上。而不幸地是，因皆伐的結果，本研究結束後僅剩9個菌絲領域。故土地所有人、經營者和研究人員必須合作，以奉獻研究地點來進行如此長期的研究。1987和1989年乾季時的出菇量少，亦帶給本研究不少的衝擊。

菌絲領域分析包含插旗標示、採集、鑑定、稱重和管理標本等，為相當費時且耗人力的工作。我們研究之始，每星期監測19個菌絲領域1至3次；每次行程大概花10小時，包含搭車時間，接下來花10至16小時做實驗室研究，根據吾人的平均，顯示於第一季每個研究人員每週花46小時在本研究工作上。從1986至1989年，我單獨工作並將野外行程減少至每星期一次，且每一個地點僅監測2個菌絲領域(總數為8)。即實如此，工作負擔仍是太大。所以有意加入這類研究的人，必需要有足夠擔任監測為數眾多之菌絲領域任務的野外工作伙伴才行。

#### 五、現況

研究結果已由Hosford and Ohara(1986,1990,1995)所摘要。自1990至1993年，偶爾走訪其餘9個地點，但因太乾燥而致使生產力低。1994年，為了探索子實體生產力和土壤微生物，我們開始定期監測菌絲領域，並全年記錄每日天氣狀況、降雨量及土壤溫度。我們期望在未來與日本及美國內政部林務署的同僚合作進行的菌根、DNA和微生物族群的研究。根據我們最初森林棲地的分析資料，有關利用地理資訊系統(Geographic Information Service)來標定華盛頓州中部瀑布區可能的松口蘑分布地點的工作已在進行中。

## 六、引用文獻

- Hamada, M. 1955.** [Title not translated]. *Kanzume Jiho*. 34:1-7. In Japanese.
- Hosford, D.; Ohara, H. 1986.** Shiro analysis of mycorrhizal fungi, [Abstract]. In: *Roots in forest soils: biology and symbioses: Meeting of the IUFRO working party on root physiology and symbioses (S2.01-13); 1986 August 4-8; Victoria, BC.* [Place of publication unknown]: [publisher unknown].
- Hosford, D.; Ohara, H. 1990.** Ecological characterization of American matsutake. In: *Abstracts: bacteriology and mycology.* Osaka, Japan: International Union of Microbiological Societies Congress.
- Hosford, D.; Ohara, H. 1995.** Ecological study of *Tricholoma magnivelare* shiros in central Washington. In: *Schnepf, C., comp., ed. Dancing with the elephant: Proceedings: The business and science of special forest products-a conference and exposition; 1994 Jan. 26-27; Hillsboro, OR.* [Place of publication unknown]: University of Idaho Extension Service: 111-116. Sponsored by: Northwest Forest Products Association; Western Forestry and Conservation Association.
- Ogawa, M. 1982.** How to produce matsutake mushroom. Nara, Japan: Matsutake Research and Consultation Office. Forest Service Research Station, Nara, Japan: 158 p.
- Ogawa, M.; Hamada, M. 1965.** [Title not translated]. *Transactions of the Mycological Society of Japan*. 6: 67-71. In Japanese.
- Ohara, H. 1966.** [Title not translated]. *Proceedings of the Japan Academy*. 42: 503-506. In Japanese.
- Ohara, H.; Hamada, M. 1967.** Disappearance of bacteria from the zone of active mycorrhizas in *Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Singer. *Nature*. 213: 528-529.

## 陸、森林真菌與生態系經營

*David Pilz, Randy Molina, Michael Amaranthus,  
Michael Castellano, and Nancy S. Weber*

### 一、闡述生態系經營原則

什麼是正確地“生態系經營”？簡單地說，就是一種從整體性(holistic)來考量土地經營管理的一種方式。本項經營理念是基於了解並維持生態系的組成(例如物種)、交互作用(例如食物網)和過程(生物的、化學的和物理的)，在另一方面，更能同時製造產物和提供服務以回饋社會。因運用於美國聯邦森林中，故生態系經營的目標事實上就是基於聯邦法律指導原則下(簡單回顧相關法律, Cabbage and others 1993: 528~539)森林經營指令的充份實施。先前執行此項立法所做的努力，已重複接受排除更審之行政訴求、訴訟和法律的挑戰。雖然如此，那些國有林的租地人已廣範地為科學家、經營者和一般大眾所認同，換言之，國有林有義務提供各種適用性並永續經營以維持其既有的功能。

最近數十年來，大眾要求從國有林獲得更廣泛的休閒機會和商品。相對的，科學家也擴展了我們對生物多樣性的了解，以及它在維持許多吾人取自於森林生態系的服務與產品之永續性生產上，所扮演的關鍵角色。真菌為森林生態系必要功能的一份子，並直接提供人類有價值的產物。

本章我們簡要地介紹下列生態系經營的原則，並以經營森林真菌的例子來說明之：

- 保育多樣性為永續生態系生產力之根本。
- 經營必須為維持其既有生態系動態的本質負責。
- 生態系的過程需就各種不同的評估標準及土地所有權的考量下來進行經營。

保育多樣性對於永續採收野生食用菌也是同樣重要。各類食用菌具有獨特棲地和出菇期的特性，提供了西北太平洋地區大多數時期可整年取得菇菌或塊菇的機會。在食用菌的族群中，由於基因的多樣性，使得這些真菌更能適應特殊的棲地環境，因而生產出較基因型一致的族群更多的子實體。若要適當的經營食用菌，必須了解族群內和族群間的多樣性，以及多樣性對於每一物種的存活、繁殖、子實體產量和長期生存能力的重要性。

## (二) 生態系動態變化的本質

所有生物的族群，皆受諸如氣候、土壤、干擾過程、其他的植物和動物與人類等廣泛因子所影響；而由於這些因子之不可預期及波動變化的本質，顯著地影響菇菌種類和族群之豐富度和分布。一如其他生物一般，即使在無人類影響下，菇菌分類群也必然會發生局部絕滅、入侵、移棲、或演替等 (Groombridge 1992)，但人類的活動卻可加速或中斷前述過程的進行 (Arnold 1991)。

森林變化緩慢地且隨林期 (forest age) 而加速。從子實體研究顯示外生菌根菌群或同類 (guilds) 隨著林期組成而變遷 (參研究4的引證)，而寄生和腐生真菌隨著森林中樹木成熟和木質碎屑的增加，也可尋得更多的棲地 (Arnold 1989)。食用菇菌可出現在針葉林分所有的發展時期中，然而，食用外生菌根菌類如雞油菌、松口蘑和牛肝菌等，則於發展之演替中期 (mid-successional stages) 最為豐富。

當森林為暴風雨、野火或伐木所干擾時，也能產生急劇地變化。干擾 (及由干擾再恢復的過程) 普遍發生於所有的生態系內，同時真菌也針對這些干擾有漸進演化出適當的反應。例

如，一些以灌木為宿主的外生菌根在伐木或是火燒並除去針葉樹宿主後，可迅速地萌發(Amaranthus and Perry 1989, 1994; Molina and others 1992)，因此使得真菌可存留在該地直到新的樹長出為止。雖然皆伐為一種有效的伐木採收方式，且外生菌根菌(如雞油菌、松口蘑和牛肝菌等)之菌落，可能因針葉樹宿主的迅速建立而存留在伐木地，但出菇仍有可能會大量減少或終止，直到新的林分藉由光合作用累積足夠的碳水化合物，以支援子實體產生為止。奧勒崗州南部瀑布區，在局部採收的林分中仍可採集到雞油菌；而華盛頓州境內聖海倫火山爆發所造成一些降塵地區，因地區中宿主樹木未被殺死，所以松口蘑仍能豐富地產生(Amaranthus, 未發表)。一些羊肚菌面臨如火災、土壤移動或樹木死亡等干擾時，出菇異常地豐富。換言之，若有異於傳統模式不同類型、頻率或嚴重性之干擾(例如工業污染)，極可能危及商業菇菌類的多樣性和其子實體產量(Arnolds 1991, Jasen and others 1985)。

經營者必需了解到其獨特生態系之典型動態變化的特質，並且採取適當經營操作以提供物種永久地繁殖或遷移所需足夠的棲地。例如，鬚腹菌(*Rhizopogon exignus*)(被列於FEMAT報告清單物種之一，1993)僅被發現於演替後期的森林；若這項觀察是正確的，那麼該菌顯然是依賴成熟森林之某些特質而存活，因此當原始棲地改變時，他的長期存活視其是否具有定殖於新的合適棲地之能力而決定。他的孢子是藉由罕有深入新伐木地遊走的小型哺乳類來傳播，除非在新伐木地上發現有足以庇護防止被捕食之木質碎屑，或是演替後期森林或其結構成份之林分存在有關鍵性的連接，否則當殘存老熟林群叢(patch)面臨無可避免的林分取代干擾事件如火災或伐木時，這種真菌可能將面臨存活與否的威脅。

日本林務官管理森林林分，特別是爲了增進松口蘑產量 (Tominaga 1978)；他們清除地被層植物(understory growth)，降低落葉層深度和疏伐。而西北太平洋地區則利用適度控制引火或密度經營的策略來增進松口蘑的出菇。改變松口蘑的產量主要依落葉層如何移除或疏伐如何進行而定。所以伐木密度和模式，土壤緻密和移動，以及伐木碎屑處置等，均對其有重要的影響。了解這些影響後，那麼可由不同疏伐設計，以達維持或促進菇菌產量之目的。

就一個景觀棲地而言，Borman and Likens(1979)以不規則群叢之交替變化鑲嵌狀況來形容北部闊葉林，它具有不同的組成和時期且受到干擾、生長及衰退等動力的催化。此似乎爲想像大部份，但非全部自然森林景觀，一個不錯的方法，儘管鑲嵌之空間和程度將有所不同。真菌的種類豐富度將隨著森林交替變化鑲嵌狀況而有所不同(Mehus 1986)。以一個景觀棲地考量下，經營真菌的初步目標爲建立(或維持)足夠面積和相連的棲地，以持續所有種類族群的存活。基於上述的目標，經營者也期望可穩定的提供容易接近且食用菌產量豐富的棲地。

依景觀標準下的棲地有下列三方面最有可能影響真菌群落和菇菌產量：

1. 主要林型(forest type)。
2. 在特定林型中不同演替時期。
3. 在每個林型演替時期中微棲地的多樣性。

由於林型、演替時期和獨特微棲地環境中可能庇護著一些稀有或特有的物種，蘊含著高度的真菌多樣性，或可產生大量的食用菌等，因此皆需加以鑑定、地圖標示及調查予以登錄。

進行背景資料的普查是必要的，因其不僅提供了未來比較的基準，同時當經營者在操作森林的鑲嵌狀況時，其可預測真菌族群和食用菌生產力在日後將會呈現怎樣的變化。

吾人藉由鑑定欲保護的獨特真菌類或特有種族群方式，來條列該區域稀有真菌清單。而在評估是否列入該清單並做成結論之前，有關真菌的豐富度、分布、範圍、族群間的變異和在該地的適應行性等，皆應仔細的加以考慮。

商業採收食用菌對於地方經濟有其重要的貢獻。傳統採集者假如參考各種物種在各不同分布地和海拔出菇的情況，並循著季節出菇的路線，將可終年採集菇菌並遍及整個西北太平洋地區。假如經營者可和其他區域的經營者，定期交換有關菇菌採收的適當時間和收穫量的大小、採集者的活動和收購價格等資訊，那麼對於其所有地上之採收活動，可作更佳的調控管理。

於任何特定棲地標準之經營活動或計畫，無可避免地也會影響鄰近棲地標準的經營考量。區域性稀有真菌的清單，有助於吾人將可能提供該類真菌合適棲地的地點，排除於伐木採收的經營活動之外。許多個別的林分之育林管理，將影響整個景觀上森林鑲嵌的狀況，進而可能引起菇菌採收量的增加或減少。

有效的生態系經營需要地主、主管機關和不同棲地標準的整合計畫等三者間相互協調。例如，國有土地可提供與演替後期有關真菌所需的合適棲地，那麼於私有林地進行短期循環伐木作業，就可降低根絕該類真菌的風險。在另一方面，許多商業用的森林地主正將其土地與大眾隔離，以預防火災、蓄意破壞、垃圾傾倒等問題；因此私有伐木地，可作為食用菌的保護區，避開人類的採收並使其可自由地散布孢子。

#### (四) 人類與生態系

大部份的森林，人類的經營在發展景觀中扮演著支配者的角色，且人類的活動已成為一個完整的生態系過程的組成(如撲滅火災、伐木採收及家畜放牧)。國有林之生態系經營使吾人所面臨的挑戰，是如何在模擬自然地發展模式下，來獲得人類的舒適性，進而保護物種、維護彼此的關係和過程，並確保森林可永久的提供多樣的舒適性和有用的產物。

人類使用生態系隨著經濟狀況、技術的進步、和社會價值的改變等因素而轉變；因此，若計畫的結果須反應目前社會的價值和經濟需求，那麼必須將民眾涵括於計畫的過程中。隨著社會對於生物多樣性之價值的提高，促使諸如自然保育組織，去建立私有土地上之稀有物種及其棲地的基礎資料。整合國有地與私有地之完整基礎資料，使得經營者可從整個生態系而非只在所有地中，去探討物種的發生和稀有度，因而得以執行更有效、花費較低且限制較少之保育工作。國家機構也可得益於地方真菌學會以擴展物種資料的成果，一如地方植物學會之於植物的貢獻。

最近商業採收食用菌的人數增加現象，為人類如何在生態系中持續扮演變化角色的另一個例子。這些人數的增加，一部份源自於聯邦土地為了保護北方斑點梟而限制伐木，因而失業之林業工人。菇菌採收迅速地增加，許多經營者尚未有心理準備，因此新制定的管理和許可系統需要更進一步的修定。民眾對於最近數年內商業菇菌採收提供了最有價值的關注，此可協助經營者修訂採集許可的核發，改進採收管理的公平性和效力，並改善商業和休閒採集者間所發生的衝突。一如採集其他任何野生生物一般，菇菌採集者也關心永續這項資源和更進一步認識菇菌產量與適當森林棲地的關係。他們(包括有興趣民眾)所提供的意見，可作為森林狀況在整個景觀中長期變化之考量。

因真菌是如此眾多且其生態錯綜複雜，許多案例顯示若以逐種方式監測和經營是不切實際的。若要有效利用新的模式和技術來實施生態系經營管理，必須維繫於發展保護充足而有代表性棲地(長期)的概念，以期讓所有物種(包含目前非吾人所能考量者在內)能長期存活(Marcot and others 1994)。但目前這個說法所面臨的挑戰為如何定義“充足而有代表性棲地”的組成。模擬真菌和棲地間關係的第一步，為發展概念模式。在本模式中將列舉假設有多少群(指標guilds)具有類似的生態系功能或生活史的真菌物種，是與各種棲地或其組成有關的。為了確認物種或指標以顯示眾多相關物種之充足棲地，下一個步驟須進行長期區域性調查。第三個步驟為評估具類似生殖機制的物種，將會如何對各類森林經營制度產生反應。最後的步驟為發展量化預測模式，當森林棲地景觀鑲嵌方式發生變化時，指標物種和真菌指標將如何參與反應。有關本項研究是前所未有以真菌為嘗試的例子，所以這個努力勢必將接受挑戰。

模擬亦適用於特殊稀有的真菌。FEMAT報告(1993)清單所列與演替後期森林棲地有關的真菌類，可能有特殊林型或林分結構的需求性。將這些分布區域標示於GIS圖層，將有助於確認特殊稀有棲地的分布，顯示棲地間連接狀態，並提出於其他區域建立合適棲地(例如結構成份)的機會。

真菌多樣性或稀有物種發生之棲地模擬，仍停留於早期概念的階段；持續的工作(區域監測及觀察試驗研究)是必要的，因其能發展且測試吾人所訂模式之有效的預測關係。但是，當極需短期保護且指定執行研究的優先順序時，概念模式將仍可應用於推論不常見、重要或稀有的棲地考量上。

有關食用菌生產力與棲地因子的預測模式，將可使經營者評估如何設計森林經營管理活動以影響菇菌收穫，且可建議促進菇菌生產量的方法。可操作的顯著棲地因子包括有樹種、植

物群落、林期、林分密度和結構、粗木質碎屑豐富度、火災頻率及土壤的緻密、移動或排水等。儘管有些重要的棲地因子(例如方位、氣候或土壤類型)並不容易被改變，但經營者仍可選定可能改善菇菌生產量且易達到的分布地點，透過經營管理的活動來促進出菇。

就大規模而言，假如單位面積的菇菌生產量與諸如樹種、年齡或結構等林分特徵相關，那麼可利用不同經營制度及目標(與相關的育林假說)，以涵蓋集水區、森林或區域的方式，建立菇菌生產力的模式。

### (三) 資訊取得的途徑

儘管進行中的經營計畫必需有新的監測計畫，但許多食用菌方面有用的資訊早已存在，且FEMAT報告(1993)真菌清單上有關的文獻也正在編輯中。資訊取得邏輯的第一步，從分歧或含糊的資料中摘要出當前所需的資訊，且使其成為可利用之便利形式。下個步驟是運用每個可運用的方法，特別是新資訊傳遞技術，以快速傳送摘錄知識與新監測或研究的資訊。

和植物及許多動物群不同的是，西北太平洋地區目前沒有大型真菌方面完整的圖鑑，且許多的屬(*genera*)仍舊缺乏專用的圖譜和檢索表。即使仍存有一般性鑑定用資料，但常需要被訂正。基於稀有真菌相關描述之欠缺，研究人員應優先發表適用於稀有真菌的描述和檢索表。

真菌專家收集西北太平洋地區的真菌作為標本館標本的收藏已近一世紀之久。標本館的檔案管理員目前正將標籤或資料書籍上龐大的資料組(*datasets*)轉換成電子形式。這是一個緩慢、冗長、缺乏計畫經費支持(*underfunded*)的過程，且將耗時數年才可能完成，但其可加速FEMAT列出真菌清單。最近聯邦基金合約已支持分類專家，至收藏有豐富標本且採集資料已完成電腦化的重要標本館參訪。這個基礎資料將可快速的為需要

保護已知菇菌分布地區的國有林經營者線上運用。當整個標本館收集之一系列資料轉換成電子化的運用形式後，那麼研究人員便可自遠端查尋標本館，以獲得其有興趣標本的資訊。FEMAT所認定的物種，其標本鑑定須經確認且以標準格式登錄資料。

除了標本館紀錄之外真菌多樣性之擴大調查步驟，亦可得利於過往的努力和經驗。例如奧勒崗州約15年前，即著手進行稀有維管束植物名錄編輯，定出其族群分布並保護其棲地等工作(Meinke 1982)。在這過程中，無論是個人的經驗或想法，亦或是來自機構的經驗(例如，州立自然襲產計畫，自然保存中心)，對於未來在設計和進行有效的真菌調查方面，皆是無價之寶。

有用的資訊可為野生食用之重要物種所運用，但目前仍缺乏從分歧資源中取得相關的知識，尤其是有關於森林棲地和經營管理的資料。Molina等人(1993)摘錄了西北太平洋地區採收具商業價值、野生、食用等物種的相關資訊。目前和每一物種之專家的合作，進行一系列更詳盡的刊物的發表，每個刊物皆針對特定商業重要物種如松口蘑、雞油菌和羊肚菌等，摘錄其最新的知識。

經營者努力調節快速增加的商業採收菇菌的狀況，就好比是不久前人們密集採收太平洋紅豆杉(*Taxus brevifolia* Nutt.)樹皮以取得紅豆杉醇的產物一般(Campbell 1993, Hartzell 1991)。利用許多方法來快速開發紅豆杉生物量作為特殊林產物及關心其永續性之情況，似乎與開發菇菌作為特殊林產物有異曲同功之妙。在亞洲，菇菌作為藥用已有數千年的歷史，假如製藥公司可從真菌分離出活性成份並改善其藥效，那麼野生真菌之新物種在原棲地，可能馬上面臨被密集採收的壓力。當然經營者若可熟悉先前迫切地需要採收調節的例子，那麼必獲益無窮。

除了綜合目前的知識和學習過往的經驗，現今森林真菌之有效的生態系經營，必須利用充份的新技術，以掌握大量的資訊。目前電子傳遞能力和軟體的增加，尤其是網路，將使資訊的傳遞更容易且有效。目前文獻引用的大型資料庫已可從大多數的大學進行線上查尋。電子郵件允許同僚間進行瞬間全球資訊傳遞。電子看版(bulletin boards)提供了相互討論彼此感興趣之任何主題的地方。最近所開發的全球網際網路流覽程式，利用關鍵字來查尋國際資料索引方式指引網友至首頁，當然這個首頁也不斷更新資料以提供民眾使用。個人電腦硬體的進步，增進了資料傳送的速率，且資料傳遞方法之標準化，也擴展了吾人分享資訊，特別是影像資訊的能力。具特殊知識的個人或團體也可提供上線資源，以支援相互查尋之需。

先進電腦科技也提供了經營者數種模擬生態系的方法。GIS資料庫為強而有力的工具，可提供改變森林景觀之決定所需的預測模式，例如在聯邦土地上執行新的調查計畫之前，應先建立標本館中相關標本的電子資料庫。將適當分布地資訊置於共有的GIS資料庫上，此可使經營者判定是否有重要真菌標本，是從其所經營土地中採集的，並評估相關的分布地資訊的精確性。假如分布地資料不明確或是標本採集後該地點已受干擾，那麼該地就須重訪。利用GPS之衛星三角定位的方法，可將新發現的族群或棲地之精確分布地記錄於GIS的資料層。唯有如此，方能追蹤日後在該分布地區的經營活動對於族群的影響。

若能開發線上菇菌檢索鑑定服務，將有益於團體指導真菌多樣性的評估。無論是二叉或大綱式檢索表皆可轉化設計成簡而易用的電子形式。使用者可使用滑鼠來指定並按鍵來確定所選是否正確。大綱檢索表運用了每個分類群所提及之一系列共有的特徵，並應配合特徵選定以縮小適當分類群選擇範圍。當檢索表已將每個分類群之選定或次要獨特的特徵詳細描述，那

麼大綱式檢索表可發揮最大的效率。二一式檢索表亦可併入“按鍵以學更多”(point-and-click-to-learn-more)格式中，並納入菇菌特徵、詞彙、俗名和學名索引及彩色影像等說明。這個技術使菇菌鑑定不僅是具有教育意義而且有趣。

#### (四) 區域性策略

FEMAT的報告及其後續執行分析的文件(USDA and USDI 1994a, 1994b)，為著手西北太平洋地區聯邦森林之生態經營及整合真菌於此過程的關鍵樞紐。當然此舉也將可視為進行所有土地上完整的調查、監測及永續真菌多樣性和食用菇菌採收之始。假如經營者和真菌協會合作發展下列區域性策略，那麼將可加速達到上述目標。

- 提高真菌學的專業知識水準。
- 將民眾納入生態系經營的過程中。
- 協調所有參與團體的努力。

惟有吾人可確認所有包含於生命網的生物，那麼生物多樣性及生態系經營評估才有可能。為了減輕目前及預期將來專業真菌分類專家的短缺現象，有幾種方式可嘗試。大學和基金機構應支持更多研究所的計畫及研究生來從事基礎科學研究，且在其畢業後僱用之；最近由國家科學基金會(National Science Foundation)所提出之“協力以促進分類的專業知識”的宣告，也強力支持上述的努力。

訓練個人以具備良好的菇菌鑑定技巧也是必需的。許多聯邦土地經營機構中，有許多植物學家也被指派來兼任真菌的經營工作。大部份植物學家都受過分類原理和使用分類檢索表的訓練，但仍有一部份不熟悉描述真菌的特徵的術語。一般而言，機構中植物學家表達出學習更多有關菇菌鑑定知識的意願，且由專家所提供的訓練課程將有助於這方面的學習。此類課程之一，為奧勒崗州立大學森林學院和西北太平洋研究所

舉辦為期二天的“菇菌與經營者”短期課程。其他的方式，可能仍比照奧勒崗州立大學定期舉辦“育林研習會”的情形，定期辦理“真菌研習會”，而研習會可提供密集1或2週的訓練，依序在會議中傳授菇菌鑑定及野外取樣方法之特殊訓練。當然許多這類課程可邀請專家學者蒞臨指導。

大多數鄉村地方，特別是在西北太平洋地區，許多民眾對於大型真菌甚感興趣；同時他們也是眾多菇菌俱樂部(mushroom clubs)和真菌協會的會員。儘管大部分民眾對於大型真菌感興趣之所在，不外乎作為食物來源及休閒，但仍有一部分民眾提昇其興趣至真菌的學術層面，將其興趣、時間和專業知識等條件來協助研究工作。這方面的例子包括如奧勒崗州真菌學會所執行的標定雞油菌計畫(研究8)，該計畫鑑定所有在Mount Hood 國有林中的菇菌；吉普灣真菌學會(Puget Sound Mycological Society)與數位研究真菌學家(Ammirati and others 1994)廣泛進行在華盛頓 Barlow Pas 的真菌調查(Rawlinson and others 1995)；和北美塊菇學會(North American Truffling Society)長期研究貢獻等。一項名為西北太平洋地區檢索表研討會(The Pacific Northeast Key Council)，則提供了業餘真學家相互切磋鑑定技術的機會；然而區域內僅有數十個人具備有充份的時間、興趣和大型真菌的知識等條件，可有效地參與真菌多樣性的取樣工作。所以若吾人認為在一個國有林轄區或其他管理單位鄰近的菇菌俱樂部內，含有進行複雜研究或鑑定任務之專家的這種想法是不切實際的。因大多數菇菌俱樂部在購買圖書及顯微鏡方面的經費均十分有限，並且大多數的會員並不熟悉使用技術文獻及大型真菌的顯微特徵去做確實的鑑定。然而，若詳細地評估當地志工的技術、資源和奉獻，經營者和研究人員應不難發現接受志工協助之最恰當的方法。當然，若有才能的真菌學家願當志工，那麼必須盡力支持他們的參與。

商業菇菌採集者是另一類經驗豐富的人。他們對於食用菌豐富出菇所需之理想棲地，這方面的知識是無人能比的。他們也善於研判森林中各類標記或記號，以指出菇菌為動物所食或為其他人所採摘。雖然土地經營者對於其林地內的菇菌常保密且機警的，但是許多商業採集者，仍熱切的學得更多有關於其採集菇菌的資訊，並支持任何可確保這種資源永續利用所做的努力。假如經營者和研究人員可懇請商業採集者合作參與食用菌監測計畫的設計、管理和評估過程，那麼必可受益無窮。

### (五) 協調

諸如“生態系經營”“協調”和“合作”等字眼，常被認為是好聽但罕能實施的流行話。但是有幾個例子，卻可說明其對於真菌研究的適用性。

早先吾人已提到目前並無完整的刊物(意即類似“植物誌”的“真菌誌”(mycota)可鑑定西北太平洋地區所有真菌類。即使是分類學已認定物種差異，仍有描述每一物種特徵和提供各屬的檢索表等繁重工作必須進行。所以出版區域性完整的真菌誌可能要延後數十年才能完成，因為惟有該刊物已逐一克服並確認完整及更新資料時才能出版。不過線上文獻查尋則可提供另一種替代選擇。一個廣範圍(並不一定是完整)的真菌誌，除了要有重要的研究所和基金支持外，也必須將全世界分類專家間的合作納入考量；但線上檢索表、描述、參考文獻、引用文獻等，可被持續地更新資料、標註和說明未解決的問題。此外，給與有興趣的團體充份的吸引力，以迅速地著手合作設計及執行這項資源。

無論是結合探討真菌或其對各類相關棲地森林經營活動的反應之研究，皆可在協調中互益。最初區域性研究可能較當地案例研究之花費為高，但因其研究成果具有較廣泛的適用性，

所以就長遠來看，卻反而更節省經費。西北太平洋地區林地所有權各有所屬的情形下，有助於各機構間基於不同興趣和經營目的來合作進行區域性研究。菇菌出菇模式是如此變化多端，故須以長期監測來獲得有意義的資料。而由數個共同研究人員所執行的區域性研究較當地案例的研究，可持續更長的期間，因為這些參與合作的機構間彼此存在著互利共存的關係，而這種關係有助於合作的延續。

真菌多樣性調查和食用菌研究的成功與否，無疑地需要廣泛林地地主、經營者、科學家、資源專家、真菌學會和採集者彼此間開放交換訊息及合作。

### 三、閉幕演說

我們的社會因承襲了不列顛移民之“真菌恐懼”的文化傳統，所以導致經營者忽視真菌且間接引發其他人對真菌有輕蔑的觀點。雖然真菌被認為隸屬於不同的“界”已達20年以上，但許多人仍認定其為植物，真菌學者常以植物學者頭銜被聘用。這些例子也說明了除了林木之外，真菌學者及菇菌迷想取得更多資源來經營我們森林所面臨的困難。然而隨著森林經營概念的進展，生態系經營愈加的真實；真菌扮演生態系中重要的角色，故不能排除於經營計畫之外，但是運用以監測真菌的資源仍舊受限。為了迎接菇菌生態系繁多的研究及有限生物資源的挑戰，經營者及真菌學者應追求更具創造性的作法以調查和經營生態系中的森林真菌。

森林真菌之生態系經營需要更努力的工作、耐心、新技術、創新解答、廣泛合作和資源分享等適當因素相互配合。若吾人可促使真菌學者、菇菌喜愛者及生態系經營者充滿了熱誠、鼓舞和樂觀的氣氛中，那麼我們可預期森林真菌生態系的經營會更好。

#### 四、引用文獻

- Amaranthus, M.P; Perry, D.A. 1989** Interaction effects of vegetation type and Pacific madrone soil inocula on survival, growth, and mycorrhiza formation of Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 550-556.
- Amaranthus, M.P.; Perry, D.A. 1994.** The functioning of ectomycorrhizal fungi in the field: linkages in space and time. *Plant and Soil*. 159: 133-140.
- Amaranthus, M.P; Trappe, J.M.; Bednar, L.; Arthur, D. 1994.** Hypogeous fungal production in mature Douglas-fir forest fragments and surrounding plantations and its relation to coarse woody debris and animal mycophagy. *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 2157-2165.
- Ammirati, J.; Ammirati, S.; Norvell, L. [and others]. 1994.** A preliminary report on the fungi of Barlow Pass, Washington. *Miclavaina*. 2: 10-33.
- Arnolds, E. 1989.** Changes in frequency and distribution of macromycetes in the Netherlands in relation to a changing environment. In: *Fungi Atque Natura (Funghi ed Ambiente) Atti del IV: Convengno Internazionale di Micologia del; 1987 September 27-30; [location of meeting unknown]. [Place of publication unknown]: [publisher unknown]: 163-232.*
- Arnolds, E. 1991.** Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 35: 209-244.
- Arnolds, E. 1992.** Mapping and monitoring of macromycetes in relation to nature conservation. *Miclavaina*. 10: 4-27.
- Arora, D. 1986.** *Mushrooms demystified: a comprehensive guide to the fleshy fungi*. Berkeley, CA: Ten Speed Press. 959 p.

- Bormann, B.T.; Cunningham, P.G.; Brookes, M.H. [and others]. 1994.** Adaptive ecosystem management in the Pacific Northwest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-341. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 22 p.
- Bormann, F.H.; Likens, G.E. 1979.** Pattern and process in a forested ecosystem. New York: Springer-Verlag. 253 p.
- Campbell, S. 1993.** Pacific yew final environmental impact statement. 1993-790-110/ 80002 Region No. 10. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Region.
- Cabbage, F.W.; O'Laughlin, J.; Bullock C.S., III. 1993.** Forest resource policy New York: John Wiley & Sons: 528-539.
- Forest Ecosystem Management Assessment Team. 1993.** Forest ecosystem management: an ecological, economic, and social assessment. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture; U.S. Department of the Interior [and others]. [Irregular pagination].
- Groombridge, B. 1992.** Global biodiversity: status of the Earth's living resources. London, England: Chapman and Hall: 192-205. Chapter 16.
- Hartzell, H., Jr. 1991.** The yew tree: a thousand whispers: the biography of a species. Eugene, OR: Hulogosi. 319 p.
- Jansen, E.; van Dobben, H.; de Wit, T. 1985.** Achteruitgang van de cantharel in Nederland. Wetenschappelijke Mededeling Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. 167: 59-69.
- Jensen, M.E.; Everett, R. 1994.** An overview of ecosystem management principles. in: Jensen, M.E.; Bourgeron, P.S., tech. eds. Volume II: Ecosystem management: principles and applications. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-318. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 376 p. (Everett, Richard L., assessment team leader; Eastside forest ecosystem health assessment).

- Kaufmann, M.R.; Graham, R.T.; Boyce Jr., D.A. [and others]. 1994.** An ecological basis for ecosystem management. Gen. Tech Rep. RM-246. [Fort Collins, CO]: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, [Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station]. 22 P.
- Marcot, B.G.; Wisdon, M.J.; Li, H.W.; Castillo, G.C. 1994.** Managing for featured, threatened, endangered, and sensitive species and unique habitats for ecosystem stability. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-329. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 39 p. (Everett, Richard L., assessment team leader; Eastside forest ecosystem health assessment; Hessburg, Paul., science team leader and tech. ed., Volume III: assessment.)
- Mehus, H. 1986.** Fruit body production of macro-fungi in some north Norwegian forest types. *Norwegian Journal of Botany*. 6: 679-701.
- Meinke, R.J. 1982.** Threatened and endangered vascular plants of Oregon: an illustrated guide. Portland, OR: U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Endangered Species, Region 1.
- Molina, R.; O' Dell, T.; Luoma, D. [and others]. 1993.** Biology, ecology, and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest: a preface to managing commercial harvest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 42 p.
- Molina, R.J.; Massicotte, H.; Trappe, J.M. 1992.** Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses: community-ecological consequences and practical implications. In: Allen, Michael F., ed. *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*. [Place of publication unknown]: Chapman and Hall: 357-423.
- Moote, M.A.; Burke, S.; Cortner, H.J.; Wallace, M.G. 1994.** Principles of ecosystem management. [Place of publication unknown]: Water Resources Research Center, College of Agriculture, University of Arizona. 14 p.

- Overbay, J.C. 1992.** Ecosystem management: introduction. In: Taking an ecological approach to management: Proceedings, National workshop, 1992 April 27-30; Salt Lake City, UT. WO-WSA-3. [Washington, DC]: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 3-15.
- Rawlinson, P.; Evans, F.; Trappe, J.M. 1995.** The North American Truffle Society: introduction to its series on truffles and truffle like fungi. Mycotaxon. 55: 171-174.
- Stamets, P. 1993.** Growing gourmet and medicinal mushrooms. Berkeley, CA: Ten Speed Press. 552 p.
- Tominaga, Y. 1978.** *Tricholoma matsutake*. In: Chang, S.T.; Hayes, W.A., eds. The biology and cultivation of edible mushrooms. New York: Academic Press: 683-697.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the interior, Bureau of Land Management. 1994a.** Final supplemental environmental impact statement on management of habitat for late-successional and old-growth forest related species within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 2 vol.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994b.** Record of decision for amendments to Forest Service and Bureau of Land Management planning documents within the range of the northern spotted owl. [Place of publication unknown]. 74 p.
- Vogt, K.A.; Bloomfield, J.; Ammirati, J.F.; Ammirati, S.R. 1992.** Sporocarp production by Basidiomycetes, with emphasis on forest ecosystems. In: Carroll, G.C.; Wicklow, D.T. eds. The fungal community: its organization and role in the ecosystem. 2d ed. New York: Marcel Dekker: 563-582.

## 五、誌謝

Joseph Ammirati, Shannon Berch, Eric Danell, Paul Dunn及 James Trappe等之卓越的學術評論，僅深致謝忱；我們亦感謝 Doni Mckay及Thomas Danner之協助繕打與Christine Roberts封面美編。本次研討會及會議由生態系經營管理、基於經營管理計畫之PNW生態組織及西北林業策略等相關中心所支持。

國家圖書館出版品預行編目資料

經營森林生態系以保育真菌多樣性和永續野生菇  
菌之採收/David Pilz, Randy Molina 主編  
；黃秀雯譯. - 南投縣集集鎮：省特有生物  
中心, 民87

面；公分

含參考書目

譯自：Managing forest ecosystems to  
conserve fungus diversity and sustain wild  
mushroom harvest

ISBN：957-02-1554-2(平裝)

1. 真菌植物 2. 植物保護

379.1

87006478

經營森林生態系以保育真菌多樣性和永續野生菇菌之採收

發行人：顏仁德

策劃：何源三、彭國棟

審訂：吳繼光

編輯：彭仁傑、黃秀雯

繕打：簡秋美、簡秀容、李英艾

譯者：黃秀雯

出版：臺灣省政府農林廳

臺灣省特有生物研究保育中心

地址：南投縣集集鎮民生東路1號(049)761331

印刷：鄉宇文化事業股份有限公司

出版日期：中華民國八十七年五月