

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 96-03-8-02

雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏天然更新調查
Study on Natural Regeneration of *Juniperus squamata* Buch.-
Ham. at Cuei-chih Area of Syueba Nature Reserve



主辦單位：行政院農業委員會林務局東勢林區管理處
執行單位：國立中興大學森林學系

中華民國九十七年六月

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 96-03-8-02

雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏天然更新調查
Study on Natural Regeneration of *Juniperus squamata* Buch.-Ham.
at Cuei-chih Area of Syueba Nature Reserve.

主辦單位：行政院農業委員會林務局東勢林區管理處

執行單位：國立中興大學森林學系

森林植物分類暨生態研究室

計畫主持人：呂金誠 教授

協同主持人：王志強 助理教授

研究人員：歐辰雄、蔡尚惠、曾彥學、曾喜育、劉思謙、陳韋志、張
芷熒、曾月華、廖冠茵、楊迪嵐、王俊閔、梁耀竹、蘇冠
宇、張坤城

中華民國九十七年六月

謝 誌

本計畫承行政院農業委員會林務局東勢林區管理處委託及經費支援得以順利完成，研究調查期間復蒙東勢林區管理處陳處長奕煌、管副處長立豪、陳秘書耀榮、吳課長貞純大力支持，以及育樂課廖技士敏君、楊技士美珠協助公文書行政作業，誠致由衷之謝忱。

野外調查工作幸賴國立中興大學森林學系森林植物分類暨生態研究室陳韋志、張坤城、曾月華、張芷熒、廖冠茵、楊迪嵐、王俊閔、梁耀竹、蘇冠宇等同學大力協助，並感謝黃玲玉女士及李碧翎協助資料處理與分析、報告之文稿排版等工作。

本次調查玉山圓柏更新調查之結果，期能為東勢林區管理處提供植物資源保育及經營管理措施之參考。

目 錄

表次.....	2
圖次.....	3
摘要.....	5
Summary.....	6
壹、前言.....	7
貳、前人研究.....	8
一、分類地位.....	8
二、地理分佈.....	8
三、玉山圓柏群落.....	9
四、天然更新.....	12
參、研究方法.....	14
一、研究區域.....	14
二、研究項目.....	14
肆、結果與討論.....	18
一、小苗監測.....	18
二、徑級分析.....	21
三、繪製林木分佈圖.....	26
四、生長空間.....	28
五、存活率.....	31
六、物候調查.....	32
七、種實雨及種子庫調查.....	34
伍、結論與建議.....	37
陸、引用文獻.....	39
附錄一.....	42
附錄二.....	43

表次

表 1. 各樣區種子庫調查之玉山圓柏種子量.....	35
----------------------------	----

圖次

圖 1. 雪霸自然保護區範圍圖.....	7
圖 2. 香柏群落之演替階段.....	10
圖 3. 研究區域圖.....	14
圖 4. 玉山圓柏天然更新之研究流程.....	15
圖 5. 天然下種更新 10 m × 10 m 的監測樣區.....	16
圖 6. 各樣區之玉山圓柏小苗數量.....	18
圖 7. 玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶 0.1 ha 永久樣區中之小苗樣區.....	19
圖 8. 玉山圓柏 1 ha 永久樣區中之小苗樣區.....	20
圖 9. S1 樣區地徑分佈圖.....	22
圖 10. S2 樣區地徑分佈圖.....	22
圖 11. S3 樣區地徑分佈圖.....	22
圖 12. A 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	23
圖 13. B 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	23
圖 14. C 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	23
圖 15. G1 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	24
圖 16. G2 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	24
圖 17. G3 樣區胸徑和地徑分佈圖.....	24
圖 18. F1 樣區胸徑分佈圖.....	25
圖 19. F2 樣區胸徑分佈圖.....	25
圖 20. F3 樣區胸徑分佈圖.....	25
圖 21. S1 樣區林木分佈圖.....	26
圖 22. S2 樣區林木分佈圖.....	26
圖 23. S3 樣區林木分佈圖.....	27

圖 24. A 樣區林木分佈圖.....	27
圖 25. B 樣區林木分佈圖.....	27
圖 26. C 樣區林木分佈圖.....	27
圖 27. G1 樣區林木分佈圖.....	27
圖 28. G2 樣區林木分佈圖.....	27
圖 29. G3 樣區林木分佈圖.....	28
圖 30. F1 樣區林木分佈圖.....	28
圖 31. F2 樣區林木分佈圖.....	28
圖 32. F3 樣區林木分佈圖.....	28
圖 33. 玉山圓柏各層之生長空間.....	29
圖 34. 矮盤灌叢 S2 樣區玉山圓柏植株生長空間.....	30
圖 35. 交會帶 B 樣區玉山圓柏植株生長空間.....	30
圖 36. 喬木型 F2 樣區玉山圓柏植株生長空間.....	31
圖 37. 玉山圓柏小苗存活率.....	32
圖 38. 2007 年 12 月至 2008 年 4 月月均溫變化圖.....	33
圖 39. 翠池地區玉山圓柏物候期圖.....	33
圖 40. 不同群落種實雨之平均種子量.....	34
圖 41. 種子庫調查表層玉山圓柏種子量.....	36
圖 42. 種子庫調查上層土玉山圓柏種子.....	36
圖 43. 種子庫調查下層土玉山圓柏種子量.....	36

摘要

本研究針對雪霸自然保護區翠池地區進行玉山圓柏之更新研究，於2007年8月設置12個 10 m× 10 m的樣區，每個樣區劃分為4個5m ×5m的小區，分別記錄小苗之地徑或胸徑及植株高等屬性資料，繪製成林木分佈圖，並進行徑級分析、生長空間的計算、物候調查、種子庫及種實雨調查。初步研究結果：在林木分佈圖及生長空間的計算上，本研究將各樣區分成5個生長階段，分別在每個10 m×10 m樣區中計算各層之平均生長空間。以小苗而言，於矮盤灌叢樣區及交會帶樣區所占之平均生長空間較低；喬木型之樣區，小苗個體間之生長空間較大，顯示以水平空間而言，矮盤灌叢樣區及交會帶樣區之小苗，在生長空間上有較高的潛在壓力。種實雨自2007年8月至2008年5月止調查結果顯示，此3種不同群落之種實雨，以矮盤灌叢型所收集到之平均毬果數最高，達474.1(顆/m²)，其次是喬木型達60.31(顆/m²)，最少的是交會帶，僅有36.7(顆/m²)。種子庫方面，於12個10 m × 10 m樣區之中心點各設置1個20 cm× 20 cm× 20 cm的種子庫調查樣區，分成表層（枯枝落葉層）、上層土（0~10 cm）及下層土（10~20 cm），分別計算其種子數量，結果顯示：喬木型樣區之種子庫有較高的種子量，種子庫主要分佈於表層，其次是上層土，越往下層土，種子量越少。玉山圓柏小苗於2008年5月進行複查，結果顯示存活率達88%以上。

【關鍵字】：玉山圓柏、天然更新、物候

Summary

We studied on natural regeneration of *Juniperus squamata* Buch.-Ham. (Juniper tree) at Cuei-chih Area of Syueba Nature Reserve. Twelve plots had been set for investigations of growth of seedlings, analysis of diameter, growth of boundary, seed bank, seed rain and phenology of juniper tree. All plants were recorded the species name, DBH or Db, total height (H), and position on the plot respectively. Preliminary results showed: all individuals have mapped in each plot. We defined 5 different life stages in each plot for calculating growth spaces in each 10 m × 10 m plot. As for seedling, the growth areas in krummholz plots and in the plots of the ecotone between *J. squamata* and *Abies kawakamii* forest were less than in arbor forest. It showed that the juniper seedlings had more potential pressures in growing space in the krummholz and ecotone. Seed bank respect, we taken 12 plots(20 cm × 20 cm × 20 cm) and divided into the top layer (litter layer), upper layer (0~ 10 cm) and lower layer (10~ 20 cm). The results showed: the most seeds were on the top layers and the less seeds in upper and lower layers. The juniper seedlings were reexamined in May of 2008; the result showed the survival rate is more than 88 %.

【Keywords】 :*Juniperus squamata* Buch.-Ham., natural regeneration, phenology

壹、前言

雪霸自然保護區範圍（圖1）橫跨新竹、苗栗、臺中三縣，位於雪山與大霸尖山之主陵以西大面積林地，海拔高1,100~3,886 m，是臺灣地區海拔最高之自然生態保護區。區內超過3,000 m的山峰多達數十座，其間並多圈谷，為臺灣冰河遺跡最多的地方，而且山谷雜錯、地形複雜，孕育著許許多多的珍貴動植物，為了要保護其間的玉山圓柏原生林、針闊葉原生林、特殊地形景觀、冰河遺跡及野生動物而設立雪霸自然保護區。區內翠池地區之玉山圓柏為國內少見之大面積純林，又位居海拔3,000 m以上之地區，由於生長環境位置、地形、土壤基質等種種因素，甚或由於遺傳形質之差異，其形態有直立之喬木森林及樹形低矮之矮盤灌叢，此一特性可藉以探討臺灣高山環境變異與植物生長的關係，並可進一步了解此珍貴樹種之族群結構及演替特性。又因此一珍貴樹種生育於臺灣高山狹隘之地區，因此基於自然保護區之設置目的，本研究針對保護區內翠池地區之玉山圓柏進行植群調查、監測及更新之研究，其結果可提供管理單位擬訂各項措施之參考。

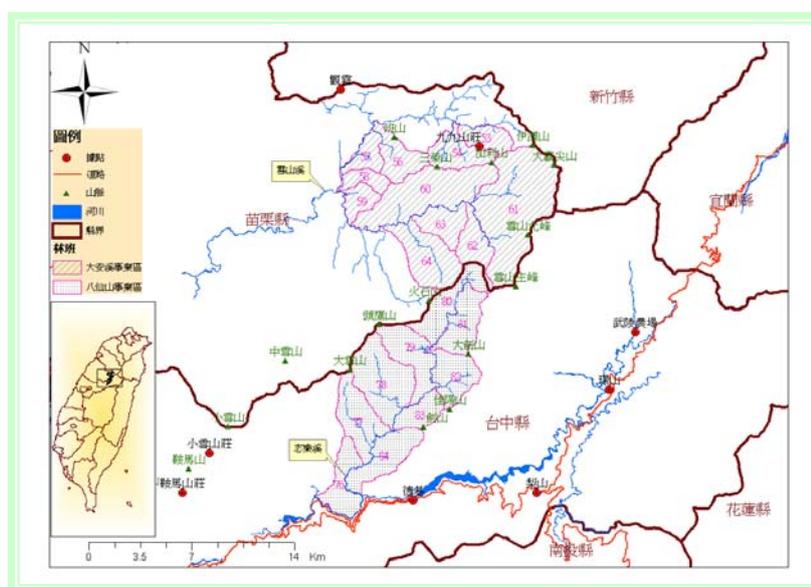


圖1. 雪霸自然保護區範圍圖

貳、前人研究

一、分類地位

柏科 (Cupressaceae) 植物分為 3 亞科，15 屬，約 130 種，分佈於南北兩半球 (劉業經等, 1994)；為一個分佈區域不斷縮小的植物類群，單種屬及寡種屬占很高的比例，其明顯的旱生型態，與中生代時對乾旱氣候的適應及後來對寒冷氣候或高山氣候的適應有關，但在第三紀時期其種類數目及分佈區域均較現在廣泛。圓柏屬 (*Juniperus* L.) 植物，全世界約有 60 種，是裸子植物中多樣性相當高的分類群 (Šoljan, 1991)，而玉山圓柏 (*J. morrisonicola* Hay.) 或稱作香柏 (*J. squamata* Buch.-Ham.)，葉為針刺狀，長 3~ 5 mm，寬約 1 mm，先端尖銳，嫩葉內側稍粉白，三葉交叉輪生，毬果卵圓形，成熟時呈紫黑色，毬果單一，長 6-8 mm。臺灣地區同屬植物尚有清水圓柏 (*J. chinensis* L. var. *tsukusiensis* Masamune) 及刺柏 (*J. formosana* Hay.) (Li and Keng, 1994)。

Adams (2000) 利用葉部揮發性精油 (leaf essential oils) 和 RAPD (Random Amplified Polymorphic DNAs) 針對北半球單一種子的圓柏屬植物系統分類的研究報告中，發現以葉的型態及其所含之精油，或者在 DNA 方面都顯示，臺灣地區之玉山圓柏與大陸地區之香柏有所區別，充分顯示出其地理與生殖隔離，故而認為其應為一獨立之種，進而恢復由早田文藏 1908 年所命名之植物學名 *J. morrisonicola* Hay.

二、地理分佈

圓柏屬植物廣泛分佈於非洲、歐洲、亞洲及北美洲 (江澤平、王豁然, 1997)，玉山圓柏若姑且以臺灣植物誌第二版中之分類處理來定其分類上之位階，則玉山圓柏廣泛分佈於中國大陸四川、湖北、陝西及康藏一帶，其中植株形態為矮盤灌叢 (krummholz) 族群，廣泛分佈於中國大陸地區海拔 2,000~ 4,600 m 之間，而喬木型族群僅見於海拔 1,600~ 2,500 m 之間 (柳楮, 1961)。蘇鴻傑 (1974) 綜述臺灣地區玉山圓柏林之分佈狀況，以中央山系為主軸，而此山系主要由雪山山脈、玉山山脈及中央山脈

所組成，玉山圓柏以不同生活型出現於海拔 3,000 m 之山脊（蘇鴻傑，1974，1988；應紹舜，1976；楊國禎，1988），至海拔高 3,500 m 以上可見大面積之玉山圓柏灌叢，例如雪山圈谷、南湖大山，而大面積喬木型森林，僅出現於雪山北峰、翠池至下翠池地區、南湖大山東南稜、南湖池畔、秀姑巒山至馬博拉斯之間鞍部及玉山北峰東側鞍部，另外歐辰雄（2002）對大雪山地區植群生態調查研究中指出奇峻山附近亦有一處大面積玉山圓柏喬木純林。

三、玉山圓柏群落

自 1908 年早田文藏發表玉山圓柏以後，即陸續有日本學者對其分類地位及其群落特徵作描述或論見。有關玉山圓柏群落的報告，早由日本學者鈴木時夫於 1935~ 36 年在秀姑巒山之東南鞍部發現有關玉山圓柏之 4 種群落（引自蘇鴻傑，1974），在柳楮（1968）論述臺灣植物群落時，將玉山圓柏劃入寒原（tundra）及針葉樹林（coniferous forest）兩種群系（formation）。在臺灣植物群落之分類研究中，探討高山寒原及針葉樹林群系，論及雪山主峰翠池地區玉山圓柏純林，調查結果顯示：胸高直徑分布於 25~ 60 cm 之間，平均樹高約 12 m，樹冠密度約 40%，平均每公頃約 250 株，最大胸高直徑達 180 cm，惟大部分大徑木之老樹幹多呈空洞，由於此等空洞老木枯死後，林下常有幼苗出現，故此一植物群落將為安定之植物群落（柳楮，1971）。

國內學者對於臺灣高山地區玉山圓柏群落的專論研究報告，始自蘇鴻傑（1974）針對臺灣高山地區之香柏群落詳盡的論述其調查結果，不論群落是否達極盛相（climax），概分為 7 種群落類型，分別為香柏喬木單叢（Consociation of trees of *Juniperus squamata*）、香柏—冷杉喬木群叢（Association of trees of *Juniperus squamata* and *Abies kawakamii*）、閉鎖式香柏灌木單叢（Close consociation of shrubs of *Juniperus squamata*）、開放式香柏灌木單叢（Open consociation of shrubs of *Juniperus squamata*）、香柏—箭竹灌木群叢（Association of shrubs of *Juniperus squamata* and *Yushania niitakayamensis*）、閉鎖式香柏—玉山杜鵑灌木群叢（Close association of

shrubs of *Juniperus squamata* and *Rhododendron pseudochrysanthum*) 及開放式香柏—玉山杜鵑灌木群叢 (Open association of shrubs of *Juniperus squamata* and *Rhododendron pseudochrysanthum*)，並推測其群落之演替 (succession) (圖 2)。

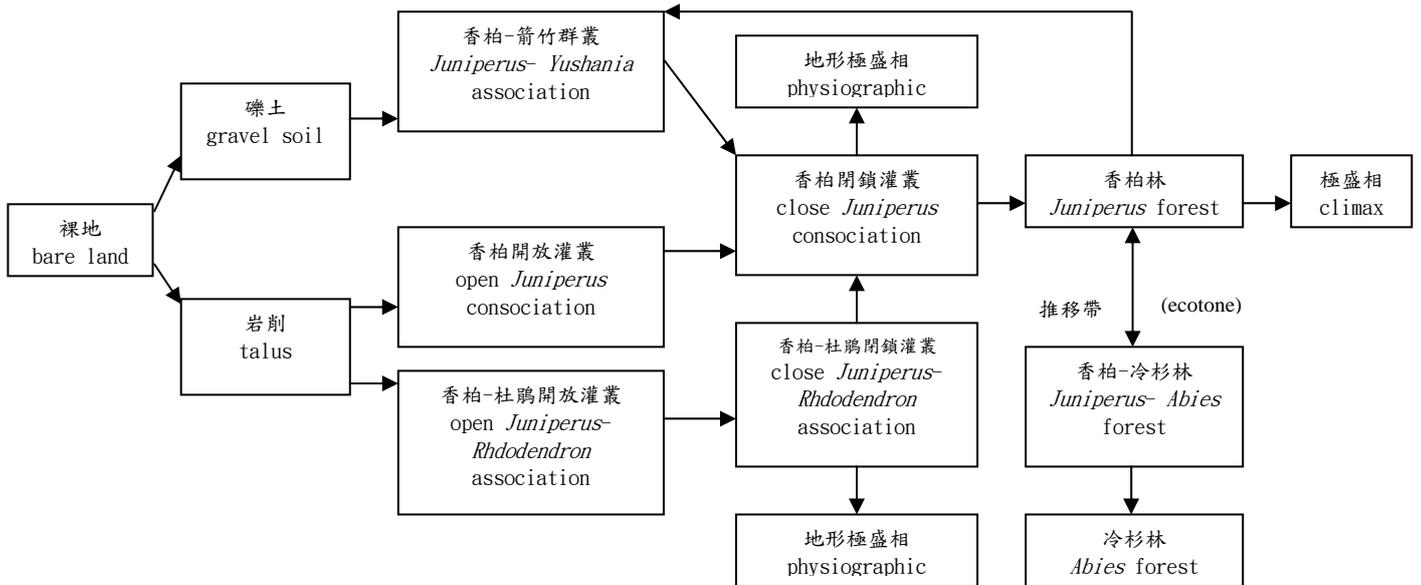


圖 2. 香柏群落之演替階段 (蘇鴻傑, 1974)

林務局亦曾於 1988 年委託蘇鴻傑教授執行香柏 (玉山圓柏) 群落生態調查，距調查時間已將近 20 年，其間歐辰雄等 (1997) 在觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究中，論及玉山圓柏主要以灌木型態分佈於大霸尖山附近。呂金誠 (1999) 武陵地區雪山主峰線植群與植栽應用之研究中，其研究結果顯示雪山主峰至下翠池地區為雪山地區玉山圓柏林之最大宗，主要林型有玉山圓柏植群型，分佈於翠池至下翠池沿線區域、黑森林上部近圈谷附近及雪北山屋附近，海拔約 3,400~ 3,600 m，此植群型以玉山圓柏占絕對優勢，為玉山圓柏純林。玉山圓柏林冠下尚有玉山圓柏與臺灣冷杉之幼齡木、玉山杜鵑及玉山小蘗等；地被層有高山珠蕨 (*Cryptogramma brunoniana* Wall.)、雪山翻白草 (*Potentilla tugitakensis*

Masamune)、玉山卷耳(*Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* Hayata)、冷蕨(*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.)、傅氏唐松草(*Thalictrum urbaini* Hayata var. *urbaini*)等植物為其主要組成。另一植群型為臺灣冷杉—玉山圓柏型，分佈於翠池至下翠池，海拔約為 3,400~3,500 m，此植群型以臺灣冷杉為最優勢樹種，在重要值所占的比率約為 75%，其次為玉山圓柏，約為 25%。除了臺灣冷杉與玉山圓柏在上層林冠占盡絕對優勢外，林下的植物在木本植物方面包括了臺灣冷杉與玉山圓柏的幼齡木、玉山杜鵑及高山白珠樹等，地被層植物因各樣區之地理環境及微氣候等之差異，其組成有所不同，草本植物包含了玉山鬼督郵(*Ainsliaea reflexa* Merr. var. *nimborum* Hand.-Mazz.)、大霸尖山酢醬草(*Oxalis acetocella* L. ssp. *taimoni* (Yamamoto) Huang & Huang)、曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana* Hayata)等。歐辰雄(2002)於大雪山地區執行植群生態調查研究中，發現奇峻山附近尚有一處大面積玉山圓柏純林。歐辰雄、呂金誠(2003)於尖石地區植群生態調查研究中，其研究結果顯示：該區域之玉山圓柏林主要散布於臺灣冷杉及臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng)林型內，主要以灌木狀態生長。歐辰雄(2004)於大小劍地區執行植群生態調查研究，其研究結果顯示上開區域玉山圓柏林之天然更新情形不佳。呂金誠、王志強(2006)針對此區域之玉山圓柏林族群結構進行調查分析，結果顯示：玉山圓柏在不同尺度及不同森林層次上之空間分佈均為聚集分佈，推測其可能原因與玉山圓柏之種子散佈而利用森林孔隙更新有關。

四、天然更新

過去有不少學者針對臺灣森林更新進行研究，如洪富文等（1994）針對福山次生樟櫛林的果實雨進行調查；關刀溪森林生態系之倒木孔隙更新研究（陳明義等，2000）；郭耀綸、范開翔（2003）南仁山森林倒木孔隙三年間的更新動態；許博行、徐堉峰（2005）台灣檫樹（*Sassafras randaiense* (Hay.) Rehder）天然更新與寬尾鳳蝶（*Agehana maraho*）復育之研究；插天山自然保留區台灣山毛櫸（*Fagus haytae* Palib. ex Hay）天然更新與繁殖之可行性研究（歐辰雄，1999，2000）。天然更新有萌芽更新和種子苗更新兩種，更新材料的來源有飄落的果實與種子、萌蘗枝條及土壤表層的種子庫（seed bank）。林文智等（2004）針對臺灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與天然更新的研究中，發現埋土種子在孔隙環境的發芽數量為林下環境的 2.6 倍，顯示林冠孔隙的形成有利於埋土種子的發芽。一般而言，臺灣地區針葉樹的更新除了杉木（*Cunninghamia lanceolata*）外，較少有以萌芽為更新之情況；陳子英（1995）對烏來地區森林動態進行研究時，認為白校讚（*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. ex Murray) Oerst）的更新模式主要是利用萌芽的型式；Yamamoto（1992a）指出日本西部原生常綠闊葉林中的栗類植物（*Castanopsis cuspidata*）以殘林萌蘗進行更新的比例較高。

孔隙提供森林不同的更新機會，孔隙的各種性質影響著森林更新的方式、速度、組成和森林動態。孔隙的大小主要影響微環境狀況，尤其是光條件；大孔隙較小孔隙得到較多的陽光和較高的溫度；孔隙大小和孔隙內更新物種的組成有關係，不耐陰的樹種較可能在大孔隙中進行更新。大孔隙光強度的異質性較小孔隙的高，而且在溫帶地區較熱帶高；較高海拔，孔隙間光強度變化的重要性隨之增高（Yamamoto, 1992a）。這個事實說明了在溫帶或熱帶林的單一孔隙中，不同的光強度有更多潛在分化的機會。然而 Naka（1982）針對日本西南方 Nara 市的森林研究，47 個孔隙中有 46 個孔隙是由強烈颱風在 1934 和 1979 兩年所形成的。無論其原因為何，颱風來襲，林木多少會受到不同程度的影響，尤其是葉部及小枝的脫落，對

林地形成大面積的透光，使林地的受光量、溫度、土壤水分及養分短期內大量增加，有利於土壤種子庫內種子的萌芽及幼苗的生長。

孔隙中的樹種更新主要分成兩種形式：(1) 苗木建立在孔隙形成之前；(2) 苗木建立在孔隙形成之後 (Yamamoto, 1989, 1992a)。第一群樹種是演替後期的主要組成樹種，它們可以在一個鬱閉林地上生長，並以被壓的小苗和幼木存在，直到孔隙產生之後，再快速地生長至樹冠層，填補孔隙。Chang *et al.* (2001) 於棲蘭山區檜木林天然下種及種苗發生的研究中指出：在枯倒木上的幼苗因其位置較高可以降低幼苗與雜草的競爭，故其存活率較高。；另一群是需光性的先驅樹種 (pioneers)，此類苗木只能在孔隙中建立而不會發生在鬱閉森林中 (Yamamoto, 1992b)。賴國祥 (2005) 針對合歡北峰台灣二葉松林火燒後之天然更新，發現苗木於火燒後雖持續發生，然以火燒後初期建立之苗木存活及生長較佳，推論此與地被層恢復後，影響苗木之建立及生長有關。

參、研究方法

一、研究區域

本研究主要針對雪霸自然保護區之雪山主峰及翠池地區（圖 3）為主要研究區域，範圍由雪山主峰（3,886 m）至北稜角（3,880 m），下切至翠池谷地，西至下翠池，西南至翠池三叉山（3,565 m），面積約 100 ha 玉山圓柏林進行玉山圓柏天然更新調查。

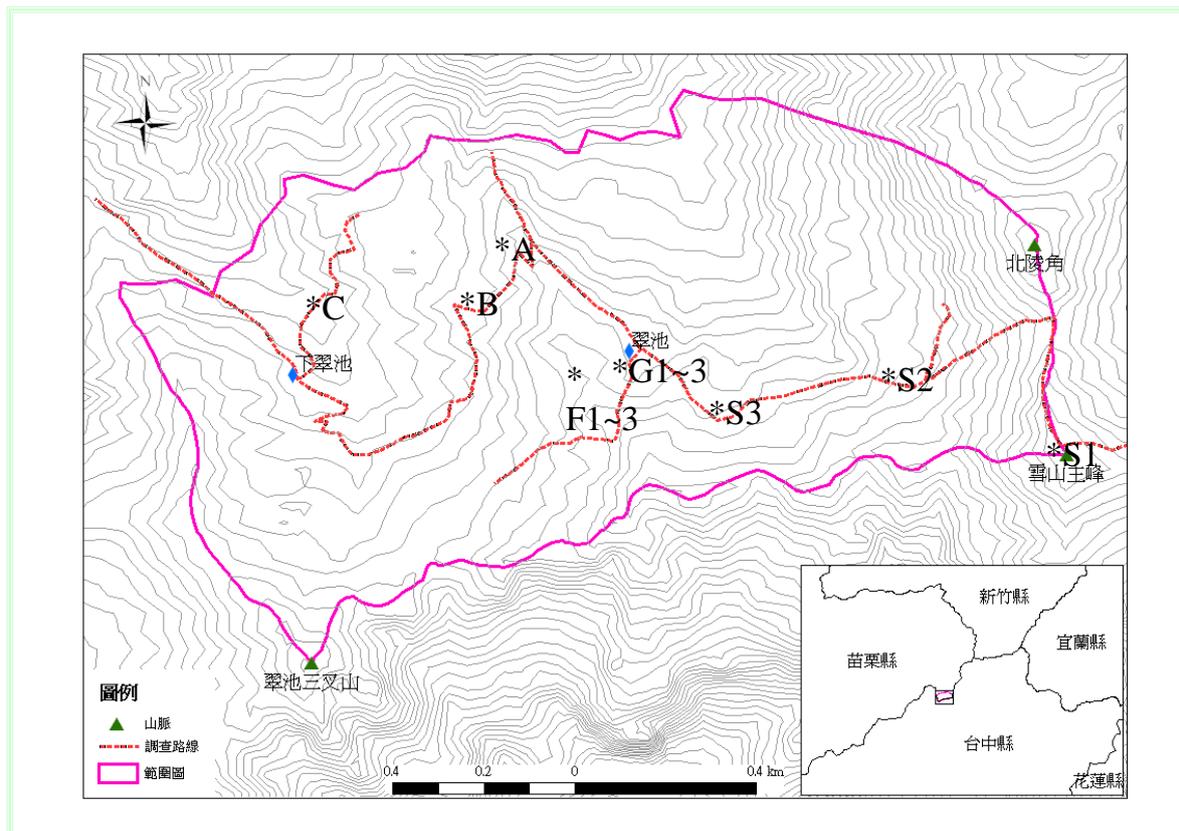


圖3. 研究區域圖

二、研究項目

（一）研究流程

設置固定樣區，記錄樣區中所有物種，並針對土壤種子庫及小苗庫（seedling bank）調查，並定期記錄小苗數量、苗高、萌蘗數等資料，以獲得林下更新小苗庫之實際生長情形；另透過樣區上木調查、種實雨、種子庫及小苗的監測，配合資料分析與模式建構，綜合分析歸納，以獲取玉

山圓柏林更新詳細情形，研究流程如圖 4。

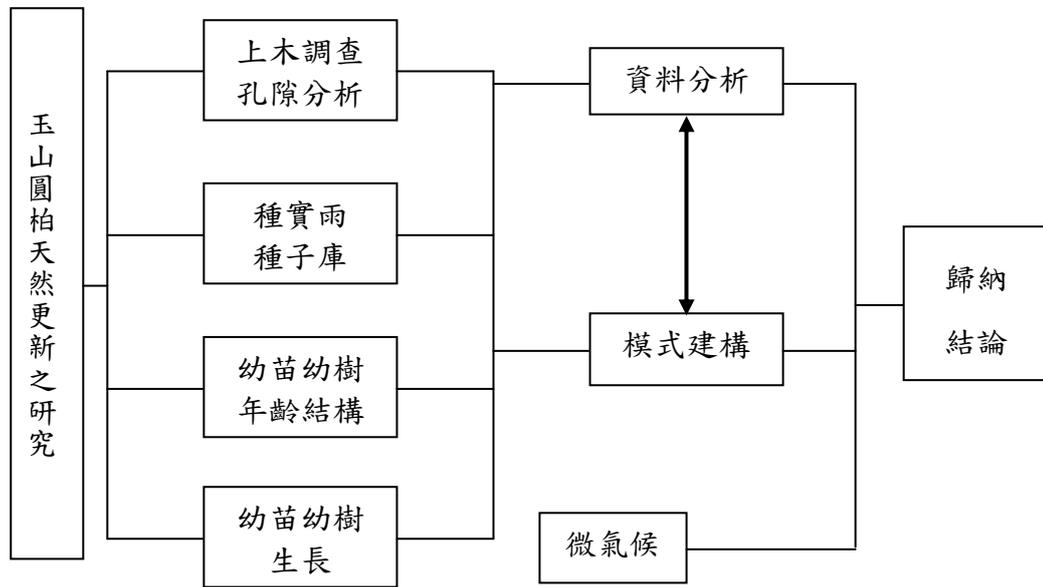


圖 4. 玉山圓柏天然更新之研究流程

(二) 小苗的監測

1. 樣區設置

在調查區域內設置12個10 m × 10 m的小苗監測樣區（圖5），分別設於玉山圓柏林喬木型森林6個（G1~ G3樣區, F1~ F3樣區）、玉山圓柏矮盤灌叢型樣區3個（S1~ S3樣區）及玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶3個（A、B、C樣區），每個樣區劃分為4個5m ×5m的小區。

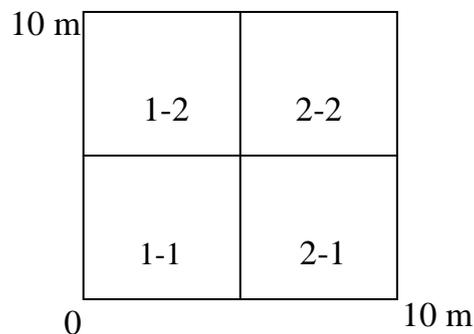


圖5. 天然下種更新10m x 10m的監測樣區

2. 小苗調查

- (1) 樣木標定：將樣區中所發現之玉山圓柏小苗予以掛牌並給予不同之編號，記錄小苗位置並繪製小苗分佈圖以利長期監測，複查時若有新增小苗，則接續編號記錄。
- (2) 株高：記錄小苗之株高，量測小苗由地面至小苗頂端生長點的高度。
- (3) 覆蓋度：記錄小苗之冠幅。
- (4) 存活率：複查時若小苗消失找不到，則以死亡記錄之，計算存活率（survivorship），

$$\text{存活率(\%)} = (\text{最後小苗數量} / \text{小苗總出現量}) \times 100\%$$

3. 種實雨收集

種實雨收集器（seedfall trap），共設置 9 個半徑 60 cm、高度 100 cm

之種實雨收集器及 3 個 30 cm×30 cm 收集器。

分別設置於玉山圓柏林喬木型森林6個（G1~ G3樣區, F1~ F3樣區）、玉山圓柏矮盤灌叢型樣區3個（S1~ S3樣區）及玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶3個（A、B、C樣區）

(1)喬木型：於玉山圓柏1 ha永久樣區中設置6個半徑60 cm、高度100 cm之種實雨收集器。

(2)灌木型：於雪山主峰至翠池之矮盤灌叢中設置3個（30 cm × 30 cm）種實雨收集器。

(3)交會帶：於翠池至下翠池玉山圓柏與臺灣冷杉之交會帶A、B、C樣區中各設置1個半徑60 cm、高度100 cm之種實雨收集器。

4. 微氣象環境因子監測

於上述 12 個樣區中各設置一組溫度、相對濕度及絕對光度之環境監測器。使用 8K 加強型外接式溫度資料儲存盒（8K Stow Away- TEMP for external sensor, -37 to 46°C, XTE08-37+46），8K 相對濕度資料儲存盒（8K Stow Away- RH, 0 to 100%, SRHA08）及 8K 光度資料儲存盒（8K Stow Away- LI Light Intensity, 0.02 to 20K lumens/sq ft., SLA08），設置於樣區，俟下次調查時取回，以其專用軟體（BoxCar-Pro）讀出所記錄之溫度、相對濕度及絕對光度等資料。

肆、結果與討論

一、小苗監測

本研究於調查區域內設置 12 個 10m × 10m 樣區，主要分為矮盤灌叢樣區、交會帶樣區及喬木型樣區，其中喬木型樣區中再細分為孔隙型樣區及鬱閉型樣區，分別標定及記錄上層木及下層小苗，以利爾後複查及記錄小苗生長。在 12 個樣區中，以玉山圓柏、玉山杜鵑及臺灣冷杉為主要樹種，其樹高>1.3 m 者為上層木，記錄其胸高直徑 (DBH)，樹高<1.3m 者為下層木，記錄其地徑，截至 2008 年 5 月 31 日止，已標定玉山圓柏 395 株，其中包含有 172 株地徑< 1 cm 的小苗，而主要的小苗是集中在交會帶中的 B 樣區中，小苗地徑< 1 cm 者，其株數高達 120 株。鬱閉型樣區方面，F1~ F3 樣區各有 1 株玉山圓柏小苗。除了玉山圓柏外，另外標定玉山杜鵑 69 株及臺灣冷杉 37 株，各樣區之玉山圓柏小苗數如圖 6 所示。

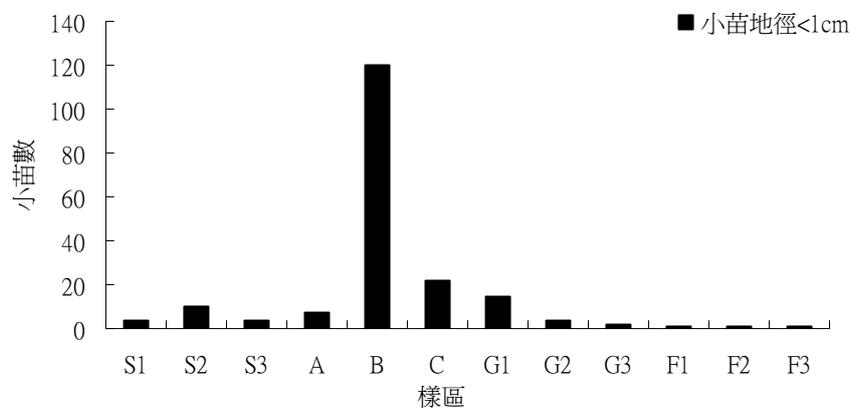


圖 6. 各樣區之玉山圓柏小苗數量

(一) 矮盤灌叢樣區

從雪山山頂 (3,886 m) 至翠池 (3,550 m) 之玉山圓柏矮盤灌叢區域內設置 3 個 10m × 10m 樣區 (S1~ S3)，其中 S1 樣區位於雪山主峰頂，主要以玉山圓柏為主，計標定 56 株，其中最大地徑為 12 cm，玉山圓柏地徑< 1 cm 有 4 株，樣區內僅出現 1 株玉山杜鵑，地被層之灌木以玉山小蘗為主；S2 樣區位於碎石坡下緣，標定 20 株玉山圓柏及 46 株玉山杜鵑，玉山

圓柏地徑<1 cm 有 10 株；S3 樣區位於碎石坡至翠池之間，標定 12 株玉山圓柏及 22 株玉山杜鵑，玉山圓柏地徑<1 cm 有 4 株，而玉山杜鵑地徑<1 cm 亦有 4 株。

(二) 交會帶樣區

在翠池至下翠池周圍與臺灣冷杉之交會帶，設置 A、B、C 等 3 個 0.1 ha 樣區 (25 m×40 m)，全面調查上層木，並以樣區左上方 4 個 5 m×5 m 小區為小苗調查樣區 (圖 7)。調查結果顯示：A 樣區標定玉山圓柏 25 株、臺灣冷杉 22 株，其中玉山圓柏地徑<1 cm 7 株、臺灣冷杉地徑<1 cm 1 株。B 樣區中標定玉山圓柏 123 株、臺灣冷杉 2 株，其中玉山圓柏地徑<1 cm 120 株。C 樣區為於下翠池標定玉山圓柏 35 株、臺灣冷杉 13 株，其中玉山圓柏地徑<1 cm 22 株、臺灣冷杉地徑<1 cm 1 株。

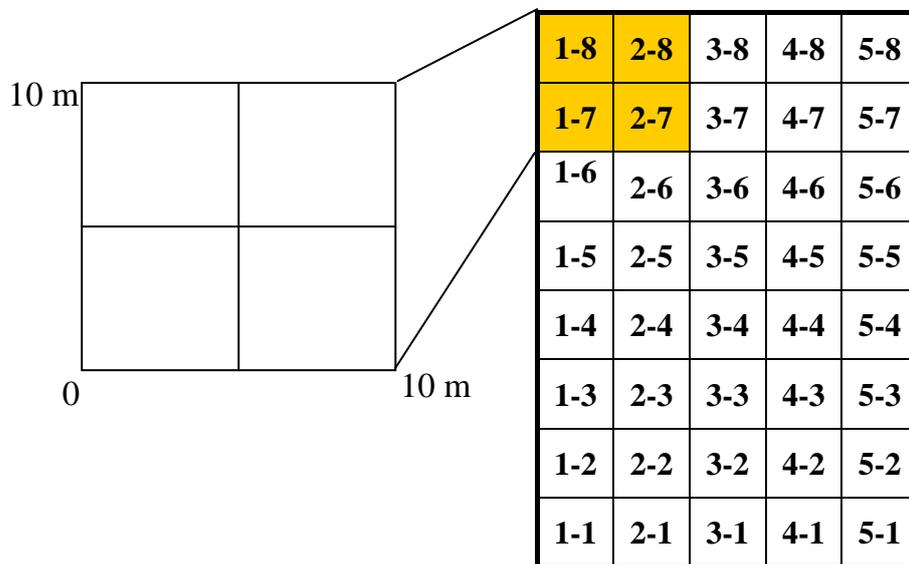


圖7. 玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶0.1 ha永久樣區中之小苗樣區

(三) 喬木型樣區

分佈於翠池旁設置之 1 ha 永久樣區中，設有 6 個樣區，分別為孔隙型樣區 (G1~ G3) 及鬱閉型樣區 (F1~ F3)，如圖 8 所示。調查結果顯示：G1 樣區標定玉山圓柏 23 株，玉山圓柏地徑<1 cm 者有 6 株；G2 樣區標定玉山圓柏 36 株，玉山圓柏地徑<1 cm 者有 1 株；G3 樣區標定玉山圓柏 23 株，玉山圓柏地徑<1 cm 者有 2 株。鬱閉型樣區 F1 樣區標定玉山圓柏 21 株，玉山圓柏地徑<1 cm 者有 1 株；F2 樣區有上層木玉山圓柏 9 株，但並無玉山圓柏小苗出現；F3 樣區標定玉山圓柏 12 株，玉山圓柏地徑<1 cm 者有 1 株。

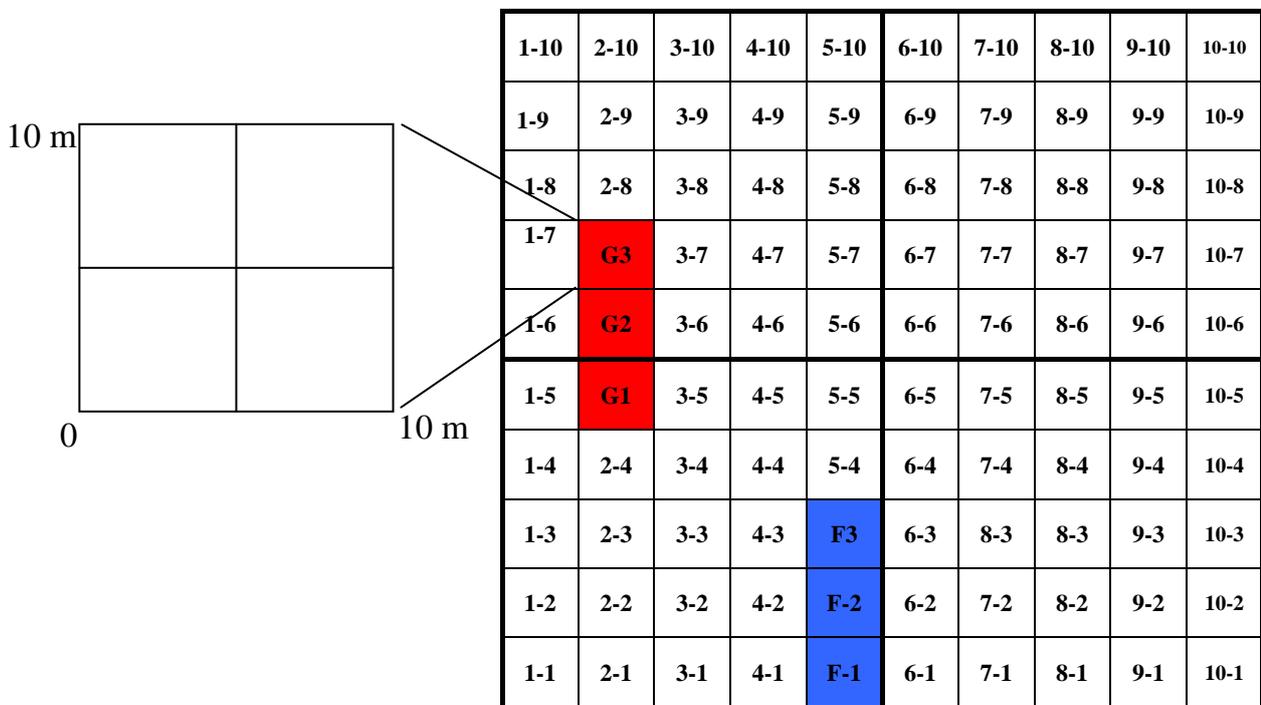


圖8. 玉山圓柏 1 ha 永久樣區中之小苗樣區

二、徑級分析

在矮盤灌叢樣區中並無上層木，僅記錄其地徑（diameter of base, Db）其地徑分佈呈現波動形（圖 9~ 11），此區域內之玉山圓柏其枝幹往往相互糾結盤纏，或者與玉山杜鵑交叉生長，樣區孔隙間有玉山圓柏小苗、玉山小蘗植株及草本植物出現，而部份玉山圓柏的小苗會出現在樹冠層下。

在玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶之樣區中，A 樣區位於下翠池旁(海拔高 3,300 m)，胸高直徑分佈大致呈現倒 J 形（圖 12），而玉山圓柏之小苗數少；B 樣區的上層木較少（圖 13），缺乏胸高直徑階在 11~ 30 cm 及 40~ 80 cm 之林木，故而形成一個孔隙，在此樣區中發現多達 120 株玉山圓柏的小苗；C 樣區位於翠池下方山麓，胸高直徑分佈亦大致呈現倒 J 形（圖 14）。

在 1ha 的永久樣區中，樹冠層由玉山圓柏單一樹種組成，林下除了少許的玉山圓柏小苗外，尚有曲芒髮草、雪山翻白草、高山白株樹、玉山櫻草等植物，在樹冠層之上層木倒下後，樹冠層尚未完全鬱閉前，經常可見大小等級不一之森林孔隙（forest gap），本研究設置 3 個孔隙型樣區，G1 樣區並無上層木（圖 15），而 G2 樣區胸高直徑分佈主要集中在 1~ 10 cm 的直徑階（圖 16），G3 樣區胸高直徑分佈（圖 17），缺乏胸高直徑階在 11~ 20 cm 及 41~ 50cm 之林木，雖然有較多的上層木，但其上層木樹勢不佳，能有較大的空間供苗木生長。在孔隙型的樣區中，除了少數之上層木外，其餘之小苗或小徑木都呈現聚集叢生的現象。蘇鴻傑（1988）研究玉山圓柏之植群生態，發現在成熟的玉山圓柏林中，經常出現大小不等的孔隙，玉山圓柏之幼苗及稚樹遂大量出現於孔隙地中，甚至密度高達 15 株/m²。鬱閉型之玉山圓柏林中，玉山圓柏之林木間平均距離為 2~ 3 m。本研究在鬱閉型樣區中，可以發現其徑級結構主要以大徑木為主，林下出現少許的玉山圓柏小苗，為並無胸徑級 < 20 cm 之上層林木（圖 18~ 20）。

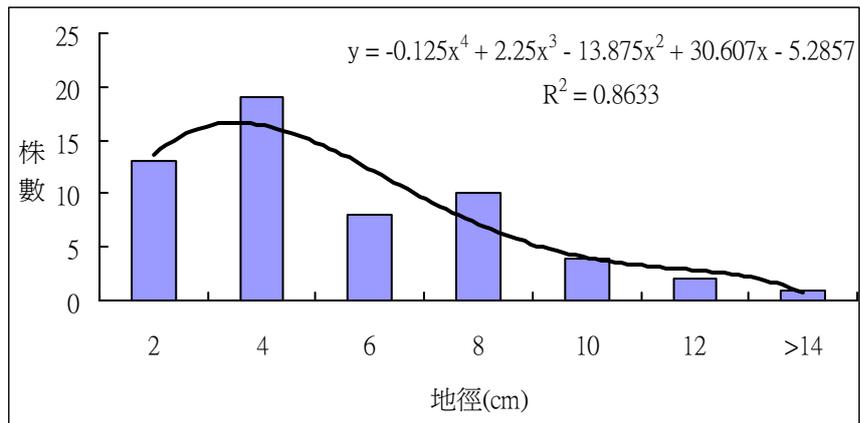


圖 9. S1 樣區玉山圓柏地徑分佈圖

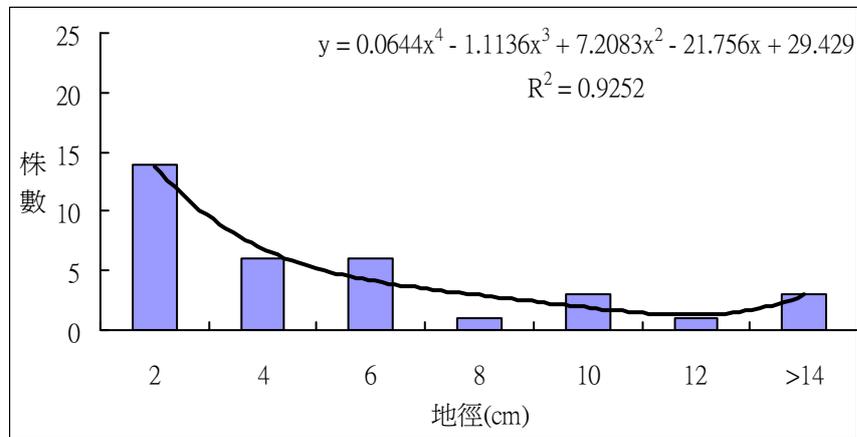


圖 10. S2 樣區玉山圓柏地徑分佈圖

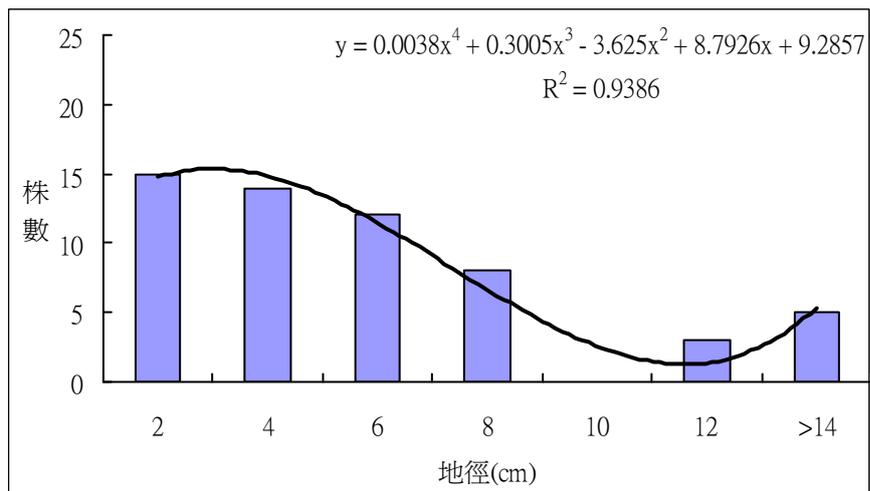


圖 11. S3 樣區玉山圓柏地徑分佈圖

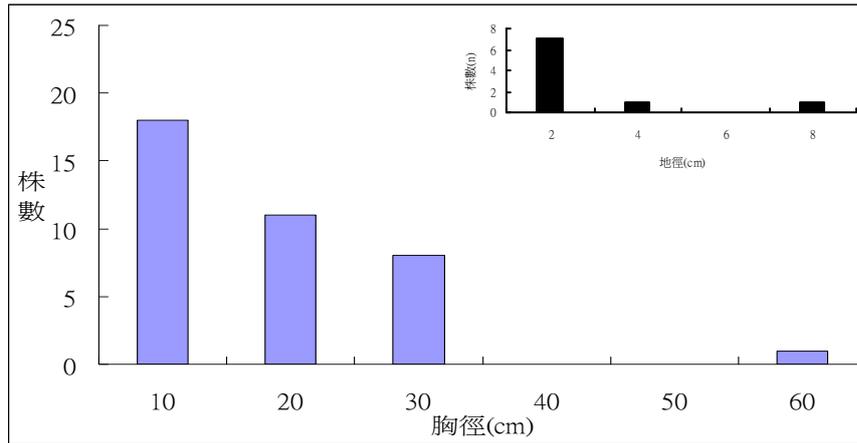


圖 12. A 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

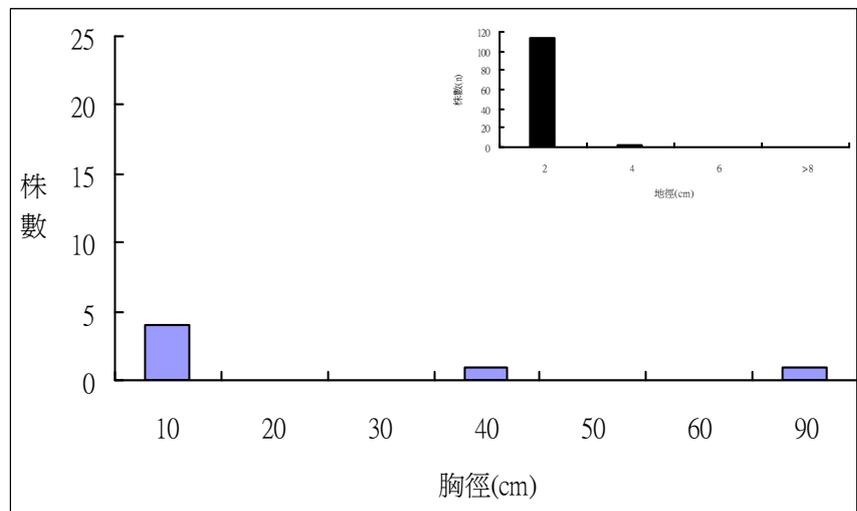


圖 13. B 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

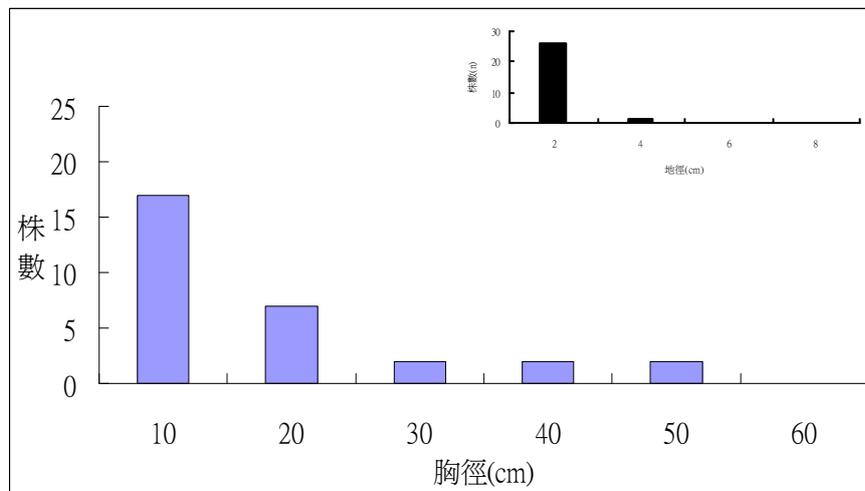


圖 14. C 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

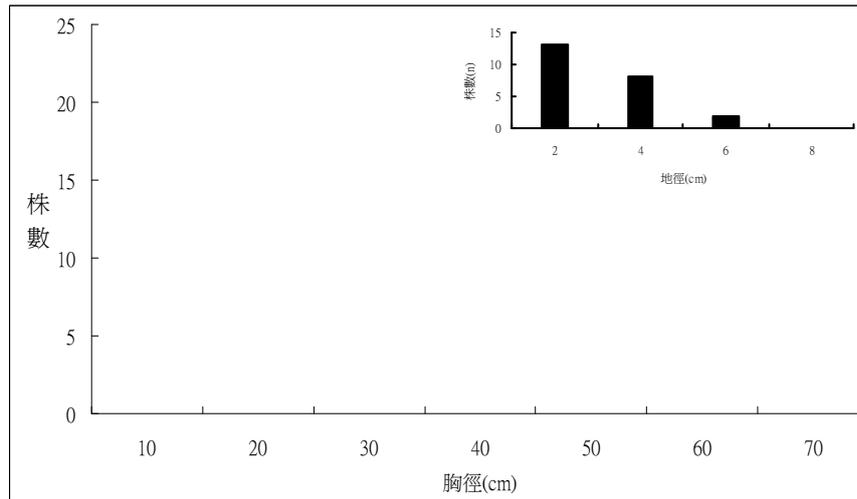


圖 15. G1 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

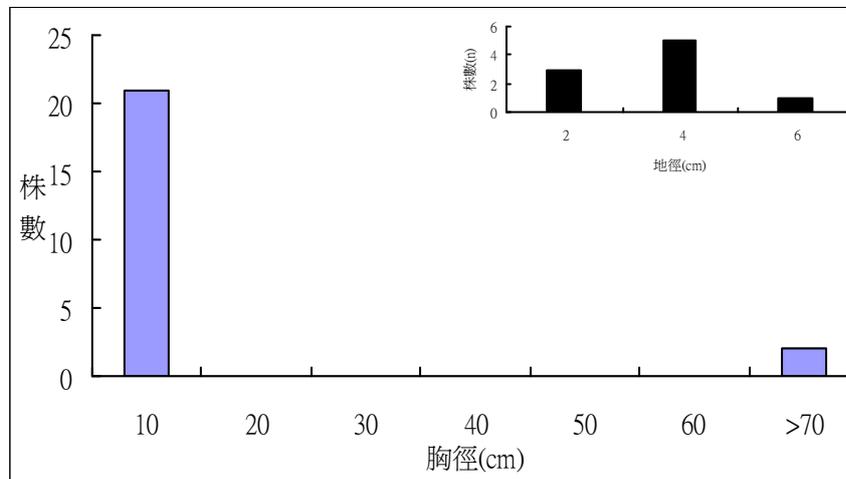


圖 16. G2 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

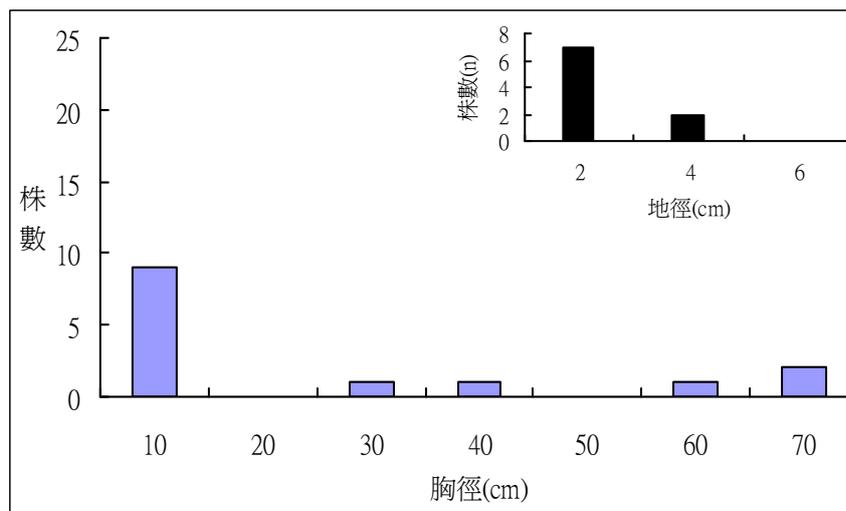


圖 17. G3 樣區玉山圓柏胸徑和地徑分佈圖

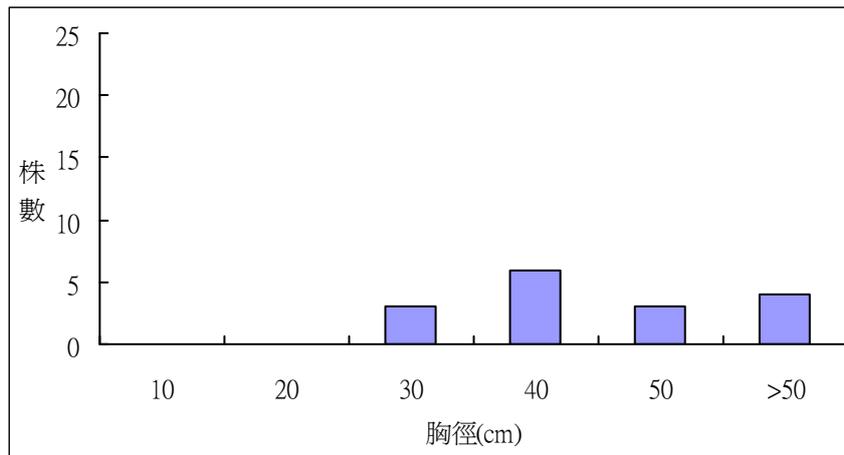


圖 18. F1 樣區玉山圓柏胸徑分佈圖

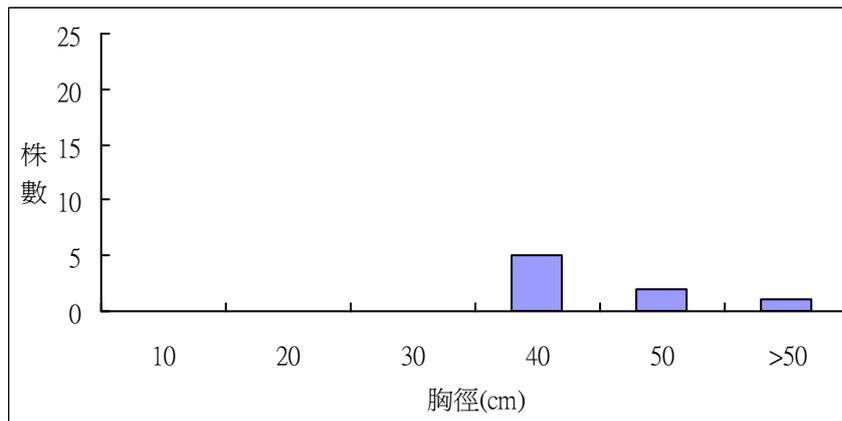


圖 19. F2 樣區玉山圓柏胸徑分佈圖

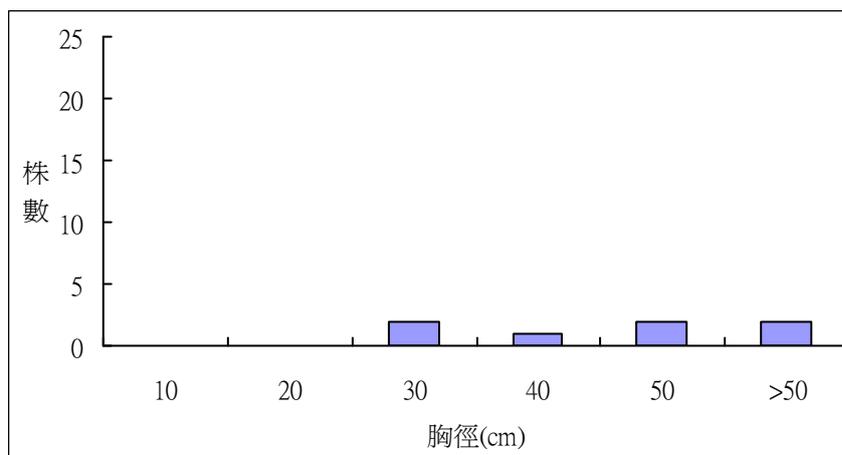


圖 20. F3 樣區玉山圓柏胸徑分佈圖

三、繪製林木分佈圖

在每個 10 m×10 m 樣區中調查，在細分成 4 個 5 m×5 m 之小區，記錄每一個植株位於樣區之 XY 位置，並繪製林木分佈圖，S1~S3 樣區為矮盤灌叢，樣區中並無上層林木，因此僅計算其地徑大小標示，繪於圖 21~23。其餘樣區計算母樹 DBH 之大小，未達胸徑紀錄者列入下層小苗，繪製成林木位置圖（圖 24~32）。由林木分佈圖，可以清楚看出不同等級之林木於樣區中之分佈情形以及植株之聚集狀況，亦有利於爾後複查工作的進行。從林木分佈圖中，B 樣區小苗有明顯聚集現象，而鬱閉型的樣區 F1~ F3 則聚集程度較為低。陳文年等(2003)研究岷江上游祁連山圓柏 (*Sabina przewalskii*) 空間分佈型態中，發現祁連山圓柏在幼苗及小樹階段聚集分佈，到大樹階段即轉變為隨機分佈或均勻分佈。而玉山圓柏在不同尺度及不同森林層次上之空間分佈均為聚集分佈，就林分不同的發育階段而言，玉山圓柏空間分佈之聚集強度，呈現出幼樹之聚集強度大於大(老)樹之聚集強度，也顯示玉山圓柏在其發育的過程，從幼樹至大樹之聚集強度逐漸減小（呂金誠、王志強，2006）。

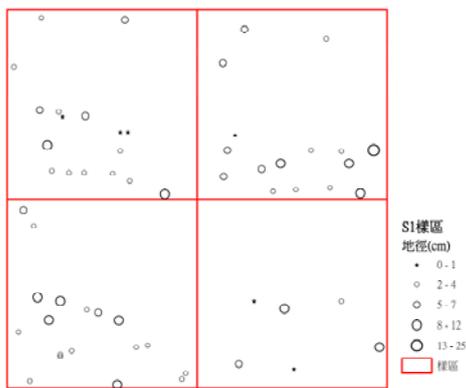


圖 21. S1 樣區林木分佈圖

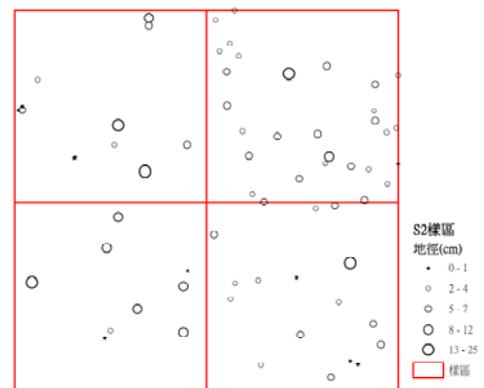


圖 22. S2 樣區林木分佈圖

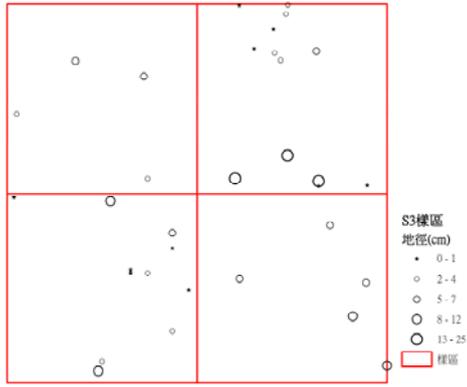


圖 23. S3 樣區林木分佈圖

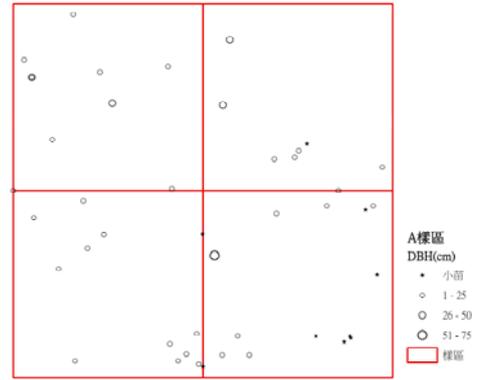


圖 24. A 樣區林木分佈圖

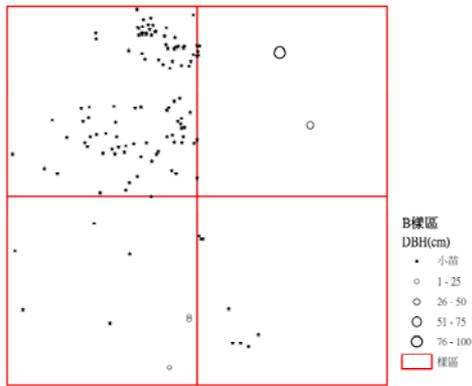


圖 25. B 樣區林木分佈圖

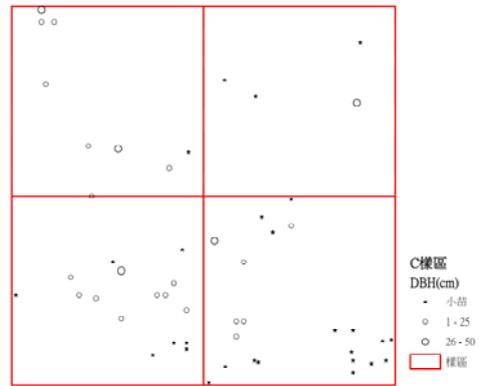


圖 26. C 樣區林木分佈圖

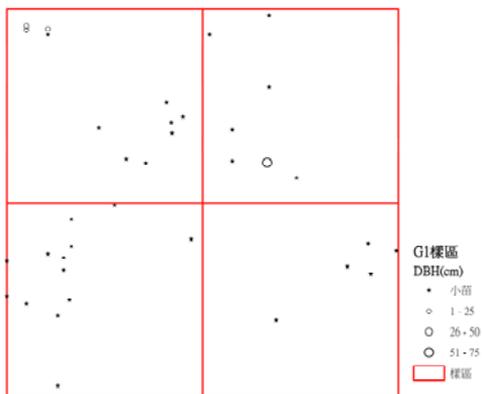


圖 27. G1 樣區林木分佈圖

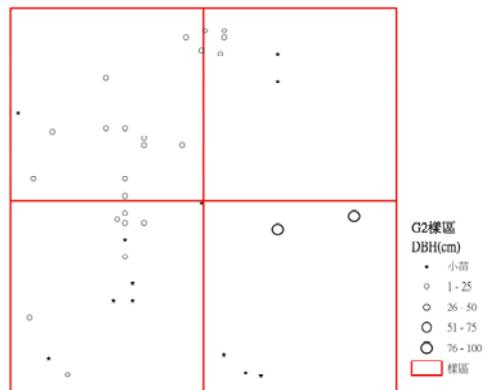


圖 28. G2 樣區林木分佈圖

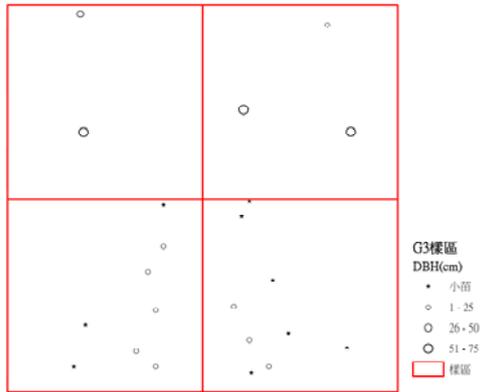


圖 29. G3 樣區林木分佈圖

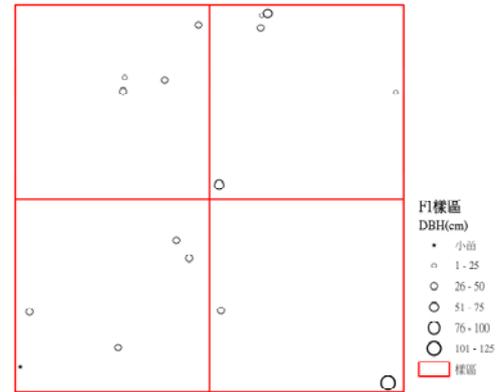


圖 30. F1 樣區林木分佈圖

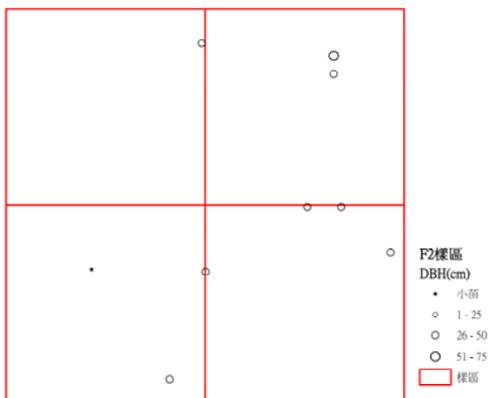


圖 31. F2 樣區林木分佈圖



圖 32. F3 樣區林木分佈圖

四、生長空間

Daniels *et al.* (1986) 視林木與林木間距離之二等分畫垂直線所構築之泰森多邊形 (Thiessen polygon) 為一種林木空間競爭指標；顏添明等 (2006) 將其所構成之多邊形視為林木之有效空間界限 (validity of boundary)。本研究將各樣區分成 5 階段，其中矮盤灌叢樣區因為無上層木，故將地徑分成小苗 (Db=0~ 1cm)、y1 層 (Db=2~ 4 cm)、y2 層 (Db=5~ 7cm)、y3 層 (Db=8~ 12 cm)、y4 層 (Db=13~ 25 cm)；其餘樣區分為小苗 (Db=0~ 1cm)、y1 層 (DBH=1~ 25 cm)、y2 層 (DBH=26~ 50 cm)、y3 層 (DBH=51~ 75 cm)、y4 層 (Db=76~ 100 cm)，分別在每個 10 m×10 m 樣區中計算各層之平均生長空間(圖 33)。以小苗而言，矮盤灌叢樣區 (S1~ S3 樣區) 及交會帶樣區 (A、B 及 C 樣區) 所占之平均生長空間較低，如 S2 樣

區更新小苗的空間分配(圖 34)，小苗之平均生長空間為 1.48 ($\text{m}^2/\text{株}$)；交會帶樣區中小苗數量最多的 B 樣區(圖 35)，有較明顯展現出孔隙更新的情形，小苗之平均生長空間為 0.63 ($\text{m}^2/\text{株}$)。而喬木型之樣區，如 F2 樣區(圖 36)個體間之生長空間較大，小苗之平均生長空間為 21.82 ($\text{m}^2/\text{株}$)，顯示以水平空間而言，矮盤灌叢樣區及交會帶樣區之小苗，在生長空間上有較高的潛在壓力。從林分發育各階段方面而言，玉山圓柏幼齡林分是屬於正偏歪分佈 (positive-skewed distribution)，亦可顯示幼苗時期林分仍處於相互競爭階段，林分結構較不穩定 (呂金誠、王志強，2006)。

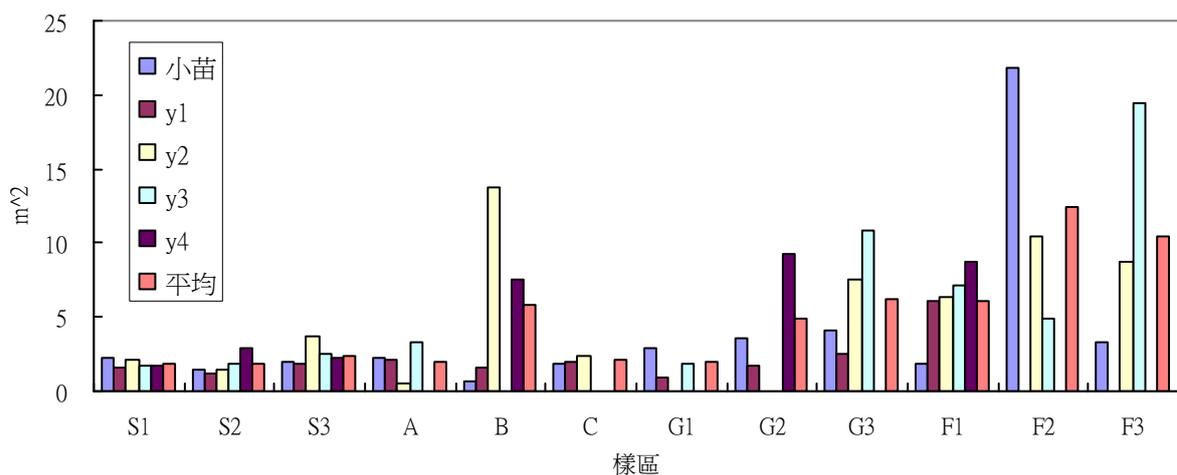


圖 33. 玉山圓柏各層之生長空間

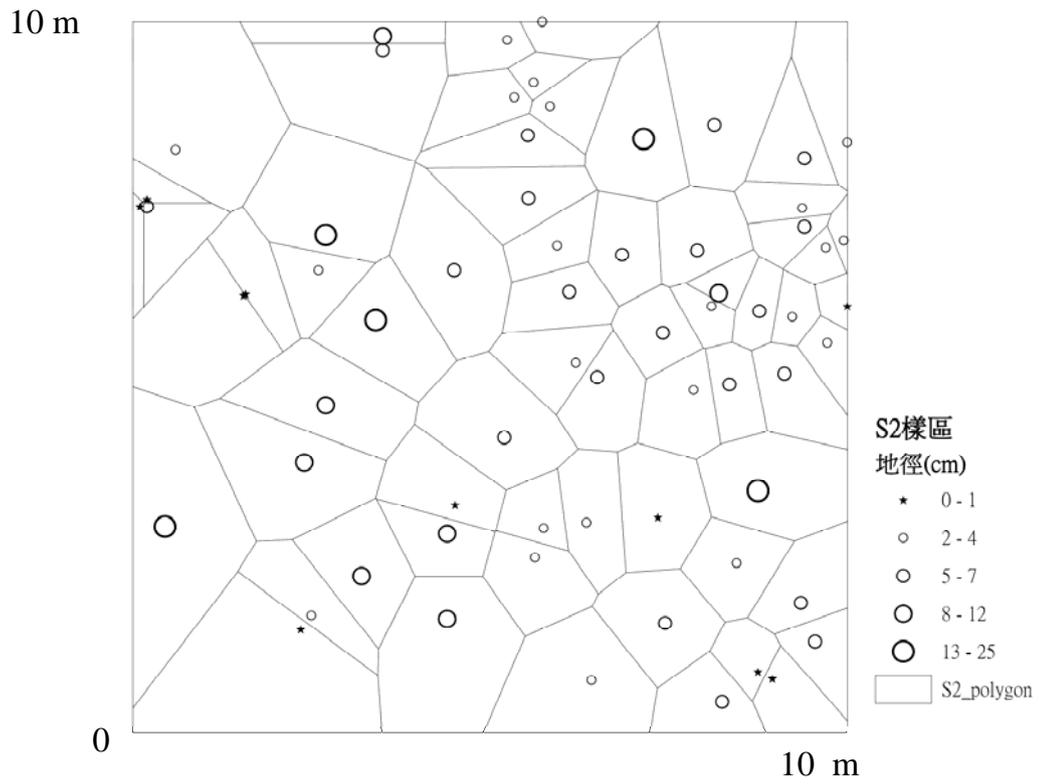


圖 34. 矮盤灌叢 S2 樣區玉山圓柏植株生長空間

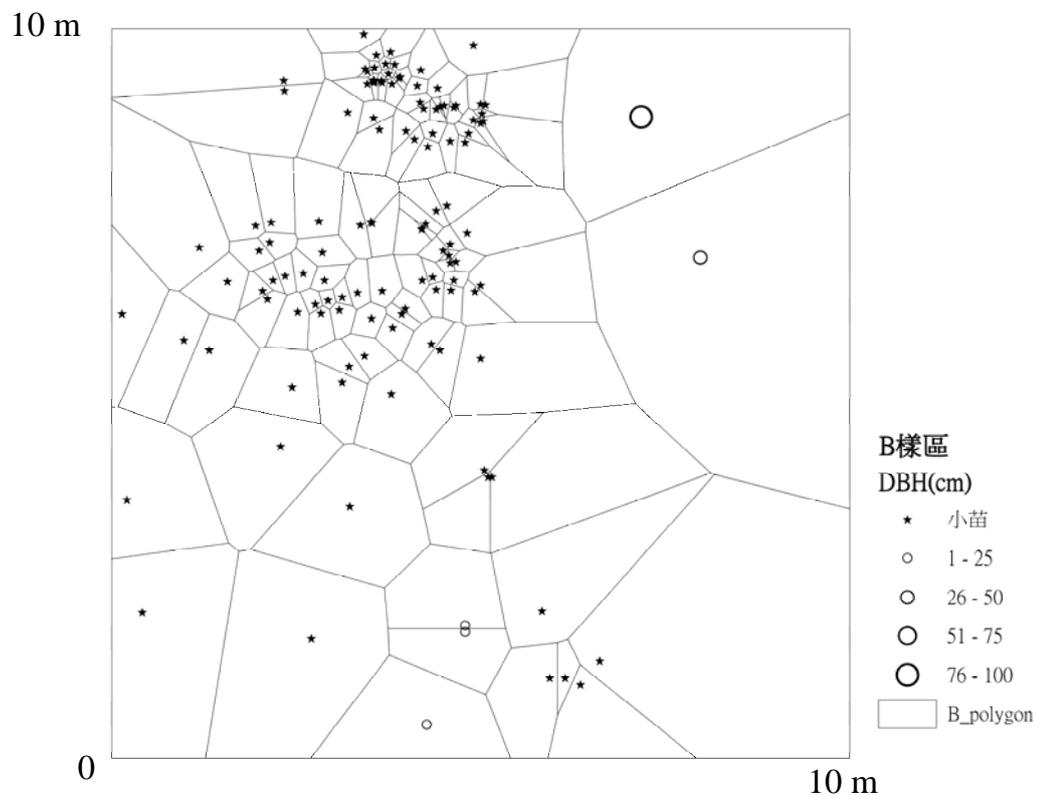


圖 35. 交會帶 B 樣區玉山圓柏植株生長空間

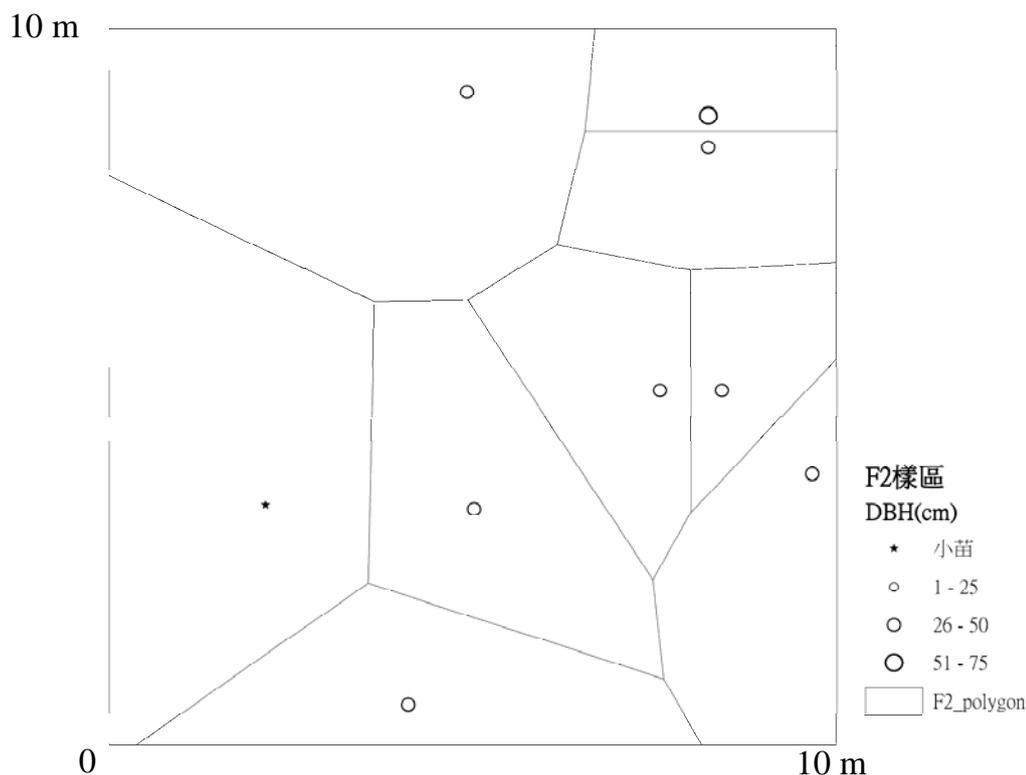


圖 36. 喬木型 F2 樣區玉山圓柏植株生長空間

五、存活率

本研究於 2007 年 8 月將各樣區之玉山圓柏小苗予以掛牌並給予不同之編號，並於 2008 年 5 月進行複查，初步結果顯示：本次複查中尚未發現新生之玉山圓柏小苗，而樣區內已記錄之玉山圓柏小苗的存活率極高（圖 37），其存活率除了 B 樣區為 88% 及 C 樣區為 95% 外，其餘樣區內玉山圓柏小苗存活率均高達 100%。王相華、郭耀綸（1995）針對墾丁高位珊瑚礁原始林林下茄苳（*Bischofia javanica* Blume）新生幼苗之族群動態的研究發現，調查開始時幼苗共有 2090 株，至第 12 週有 9 個小區幼苗全部死亡，總株數降至 135 株(成活率 6.5%)，至第 24 週只剩 7 小區有幼苗存活，僅 26 株，成活率低至 1.2%，由相關性分析得知，幼苗存活率與樣區照射到的光量程度有顯著正相關，而與樣區原有幼苗密度呈顯著負相關，但與表土土壤水勢不呈顯著相關性。雪山主峰、翠池至下翠池地區，海拔高在 3,300~ 3,886 m 之間，每年 1~ 4 月為雪季，雪山主峰及雪山圈谷地區

經常積雪，由圖 38 中，S1 樣區及 A 樣區分別代表著本研究區域之最高及最低之海拔分佈區域，自 2007 年 12 月至 2008 年 4 月，其月均溫都低於 4°C，此期間夜間溫度多低於 0°C。蘇鴻傑（1988）認為低溫不是構成玉山圓柏生存的限制。本研究觀察發現玉山圓柏樹冠能阻擋些許的風雪，尤其是矮盤灌叢，可能成為小苗的保護傘，使小苗免於受冰雪重力擠壓；玉山圓柏小苗生長另一重要因素可能是菌根菌，在母樹根部及小苗根部均有菌根出現，是否為玉山圓柏小苗得以渡過高山地區嚴寒天候，有待觀察研究。

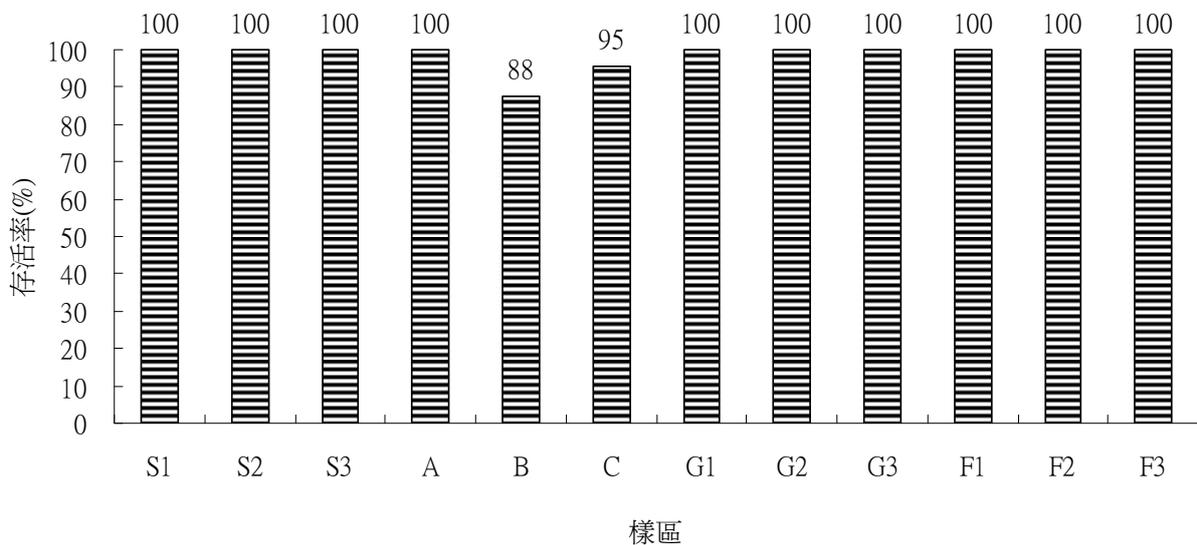


圖 37.玉山圓柏小苗存活率

六、物候調查

截至 2008 年 5 月止調查結果顯示（圖 39）：翠池地區之玉山圓柏，主要展葉期在 3~7 月間；花芽於 9 月開始出現至翌年 4 月，隨即陸續開花，主要花期為 4~ 9 月，其中 4~ 7 月開花者，隨即進入果實生長期，毬果於當年 10 月後陸續成熟，8~ 9 月開花者部分毬果於翌年 6 月才陸續成熟，主要果熟期為 10 月至翌年 2 月。通常在氣溫 5°C 為植物生長之開始溫

度，而在本研究區域內之月均溫，11月至翌年4月均低於5°C，故推測玉山圓柏之毬果生長期為每年的5~10月。物候觀察需要長時間的觀測，本調查僅一年之觀測結果，對於玉山圓柏而言，尚且不足，仍有待更長的時間加以觀測調查。

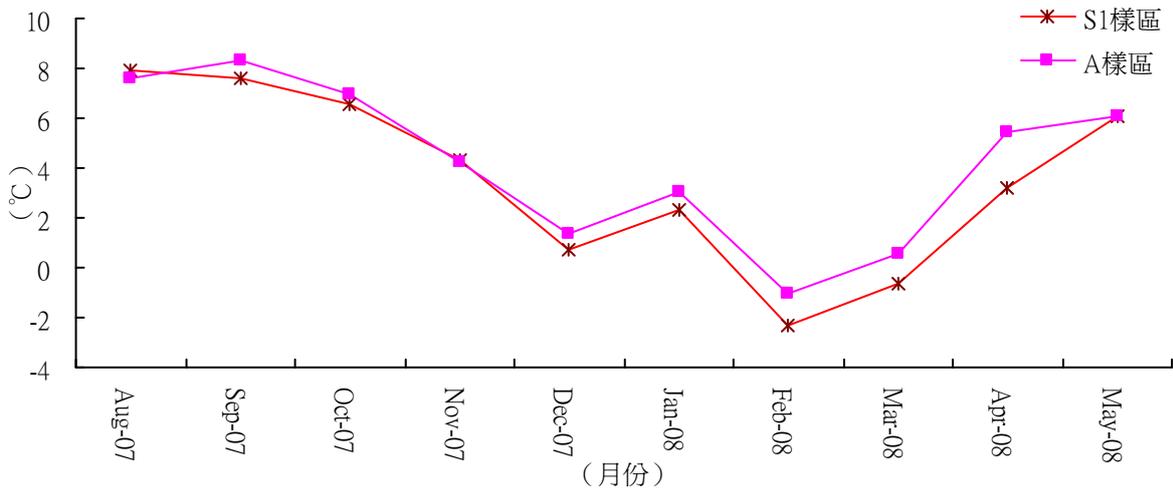


圖38. 2007年12月至2008年4月月均溫變化圖

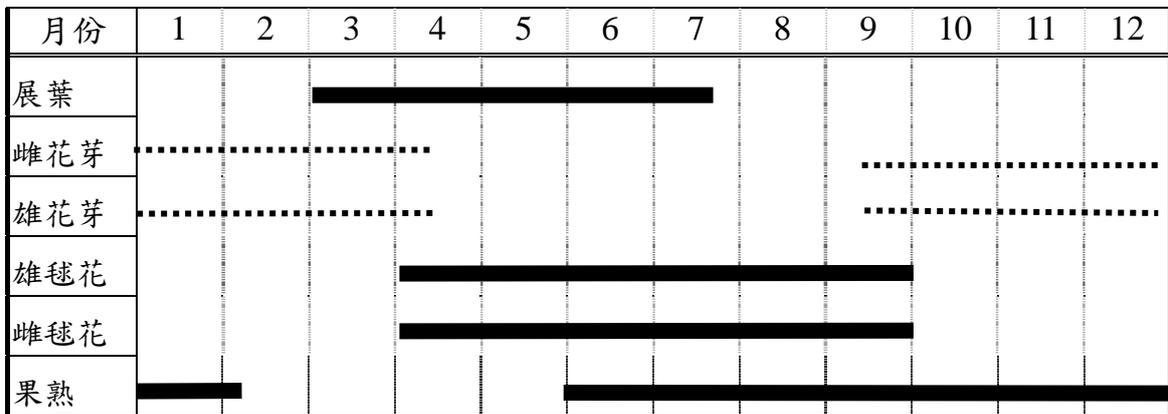


圖 39. 翠池地區玉山圓柏物候期

七、種實雨及種子庫調查

玉山圓柏於本研究區域依其林分組成概分為玉山圓柏喬木型、矮盤灌叢型、玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶等 3 種玉山圓柏群落（呂金誠、王志強，2006）。自 2007 年 8 月至 2008 年 5 月止調查結果顯示（圖 40），此 3 種不同群落之種實雨，以矮盤灌叢型所收集到之平均毬果數最高，達 474.1 (顆/m²)，其次是喬木型達 60.31 (顆/m²)，最少的是交會帶，有 36.7 (顆/m²)。許博行、顏江河（2001）曾對觀霧台灣檫樹種子庫進行調查，發現台灣檫樹開花結實狀況不良，推測原因為林分鬱閉，母樹受光量不足所致。本研究區域之玉山圓柏母樹概無受光無不良之虞，無論在玉山圓柏喬木型、矮盤灌叢型、玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶樣區，均能正常開花結實。

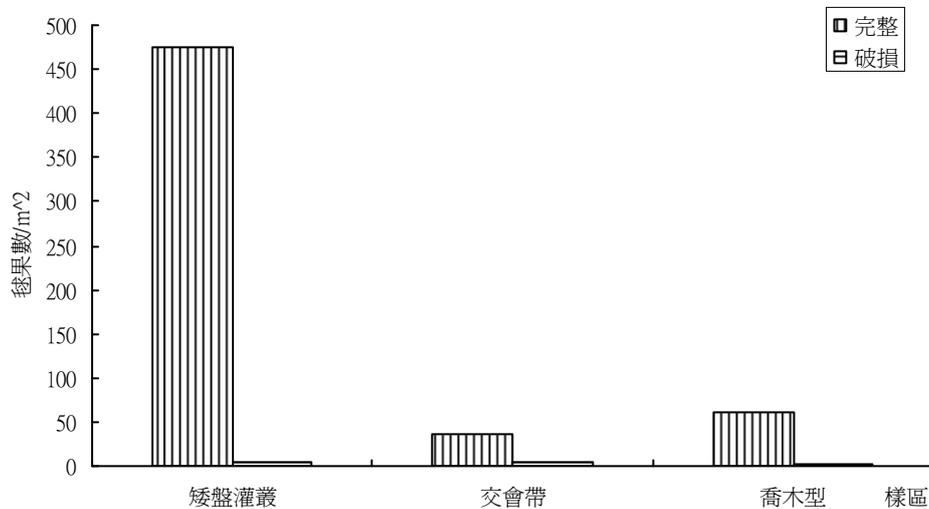


圖 40. 不同群落種實雨之平均種子量

種子庫方面，於 12 個 10m × 10 m 樣區之中心點各設置 1 個 20 cm × 20 cm × 20 cm 的種子庫調查樣區，分成表層（枯枝落葉層）、上層土（0~10 cm）及下層土（10~20 cm），分別計算其種子數量。結果顯示：喬木型樣區之種子庫有較高的種子量（表 1），種子庫主要分佈於表層，其次是上層土，越往下層土，種子量越少（圖 41~43）。

表 1. 各樣區種子庫調查之玉山圓柏種子量

	S1	S2	S3	A	B	C	G1	G2	G3	F1	F2	F3
表層	39	128	0	13	121	38	48	25	141	146	152	38
上層土	0	12	3	16	19	0	4	2	39	24	7	2
下層土	8	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
完整種子數 合計	47	140	3	19	140	39	52	27	180	162	159	40
表層	5	38	0	10	163	1	8	11	21	13	56	6
上層土	0	2	0	60	35	0	0	0	43	3	6	0
下層土	1	1	0	2	0	0	0	0	2	5	1	0
破損種子數 合計	6	41	0	72	198	1	8	11	66	21	63	6

本研究結果顯示，矮盤灌叢種子雨之種子量較高，而種子庫卻是喬木型樣區較高，一般而言，喬木型樣區之種子雨會高於矮盤灌叢之種子雨，其可能原因有，矮盤灌叢及喬木型樣區之種實雨收集器之大小不同，所設置之高度亦因樣區之植株型態而不同，矮盤灌叢植株結實後毬果容易掉落至種實雨收集器中。再者，矮盤灌叢之種實雨收集器高度距地 10 cm，再者矮盤灌叢樣區容易受動物所干擾，種實雨收集器內之種子是否由嚙齒類動所搬運，仍有待觀察。

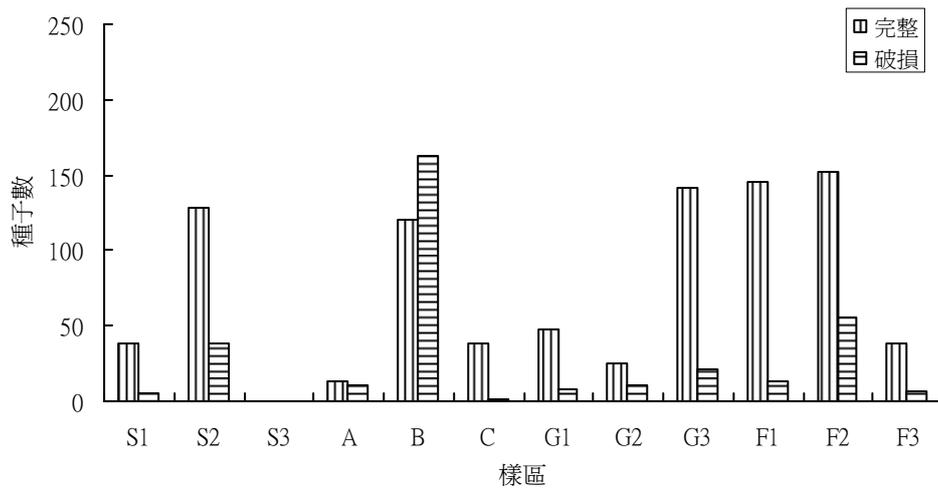


圖 41. 各樣區種子庫表層之玉山圓柏種子量

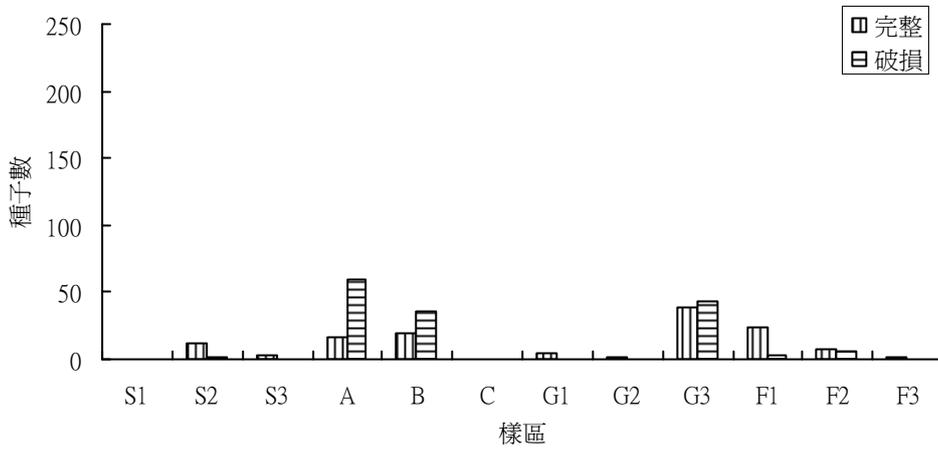


圖 42. 各樣區種子庫上層土之玉山圓柏種子量

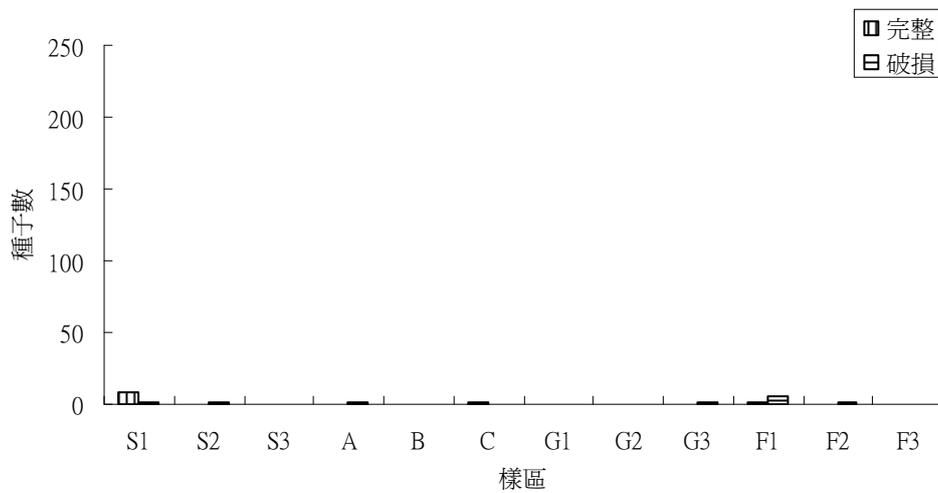


圖 43. 各樣區種子庫下層土之玉山圓柏種子量

伍、結論與建議

- 一、玉山圓柏從其形相及物種組成，可以概分成3種類型的群落，故本研究將此3種不同群落分別於適當之地點取樣，並設置長期之觀測樣區，主要為矮盤灌叢樣區（S1~ S3樣區）、交會帶樣區（A、B、C樣區）及喬木型之樣區，而喬木型之群落又可區分為孔隙型樣區（G1~ G3樣區）及鬱閉型樣區（F1~ F3樣區）。於2007年8月共設置了12個 10 m × 10 m的樣區，每個樣區劃分為4個5 m × 5 m的小區，分別記錄小苗之地徑或胸徑及植株高等屬性資料，將所記錄之相對位置繪製成林木位置圖。截至2008年5月31日止，已標定玉山圓柏395株，其中包含172株地徑 < 1 cm的小苗，主要集中在交會帶的B樣區中（120株），鬱閉型樣區F1~ F3樣區中幾乎無小苗存在。
- 二、本研究設置3個孔隙型樣區，G1樣區並無上層木，而G2樣區胸高直徑分佈主要集中在1~ 10 cm的直徑階，在孔隙型的樣區中，除了少數之上層木外，其餘之小苗或小徑木都呈現聚集叢生的現象。在鬱閉型樣區中，可以發現其徑級結構主要以大徑木為主，林下出現少許的玉山圓柏小苗，並無胸徑級 < 20 cm之上層林木，可見林下更新不甚良好。
- 三、在林木分佈圖及生長空間的計算上，本研究將各樣區分成5個生長階段，分別在每個10 m × 10 m樣區中計算各層之平均生長空間。以小苗而言，矮盤灌叢樣區及交會帶樣區所占之平均生長空間較低；喬木型之樣區，小苗個體間之生長空間較大，顯示以水平空間而言，矮盤灌叢樣區及交會帶樣區之小苗，在生長空間上有較高的潛在壓力。
- 四、本次複查中尚未發現新生之玉山圓柏小苗，而樣區內已記錄之玉山圓柏小苗的存活率極高，其存活率除了B樣區為88%及C樣區為95%外，其餘樣區內玉山圓柏小苗存活率均為100%。本研究觀察發現玉山圓柏樹冠能阻擋些許風雪，尤其是矮盤灌叢，可能成為小苗的保護傘，使小苗免於受冰雪重力擠壓；玉山圓柏小苗生長另一重要因素可能是菌根菌，在母樹根部及小苗根部均有菌根出現，是否為玉山圓柏小苗得以渡過高山地區嚴寒天候之因素，仍有待更長時間的觀察研究以及更

精密儀器之測度。

- 五、截至2008年5月調查結果，翠池地區之玉山圓柏，主要展葉期在3~7月間；花芽於9月開始出現至翌年4月，隨即陸續開花，主要花期為4~ 9月，其中4~ 7月開花者，隨即進入果實生長期，毬果於當年10月後陸續成熟，8~ 9月開花者部分毬果於翌年6月才陸續成熟，主要果熟期為10月至翌年2月。
- 六、種實雨自2007年8月至2008年5月之調查結果顯示，此3種不同群落之種實雨，以矮盤灌叢型所收集到之平均毬果數最高，達474.1(顆/m²)，其次是喬木型達60.31(顆/m²)，最少的是交會帶，僅有36.7(顆/m²)。種子庫方面，於12個10 m × 10 m樣區之中心點各設置1個20 cm × 20 cm × 20 cm的種子庫調查樣區，分成表層（枯枝落葉層）、上層土（0~10 cm）及下層土（10~ 20 cm），分別計算其種子數量，結果顯示：喬木型樣區之種子庫有較高的種子量，種子庫主要分佈於表層，其次是上層土，越往下層土，種子量越少。
- 七、本調查研究之樣區設置及監測資料僅為2007年8月至2008年5月，礙於開花物候、小苗更新及種實雨之紀錄應持續監測，可獲致較多年度之資料，增加資料之推論準確性，另環境監測紀錄資料之累積，也可為植群生態或環境變遷提供相關之佐證資料。

陸、引用文獻

- 王相華、郭耀綸 (1995) 墾丁高位珊瑚礁原始林林下茄苳新生幼苗之族群動態。林業試驗所研究報告季刊 10(4): 383- 389。
- 江澤平、王豁然 (1997) 柏科分類和分佈：亞科、族和屬。植物分類學報 35 (3): 236-248。
- 呂金誠 (1999) 武陵地區雪山主峰線植群與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十八年度研究報告。
- 呂金誠、王志強 (2006) 雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏林族群結構調查。行政院農業委員會林務局委託研究計畫報告。
- 林文智、郭耀綸、陳永修、張乃航、洪富文、馬復京 (2004) 臺灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與天然更新。臺灣林業科學 19(1): 33-42。
- 柳楮 (1961) 本省最新發現之一種寒帶林-香柏林 林試所通訊 109: 859-862。
- 柳楮 (1968) 臺灣植物群系之分類。臺灣省林業試驗所報告第 166 號。
- 柳楮 (1971) 臺灣植物群落之分類 II—高山寒原及針葉樹林群系。林試所報告 203: 1-24。
- 洪富文、游漢明、馬復京、張慧玲 (1994) 福山次生樟櫨林的果實雨。林業試驗所研究報告季刊 9(4): 339- 347。
- 許博行、顏江河 (2001) 觀霧台灣檫樹種子調查。行政院農業委員會林務局保育研究系列 90-1 號。
- 許博行、徐瑄峰 (2005) 台灣檫樹天然更新與寬尾鳳蝶復育之研究。行政院農業委員會林務局保育研究系列 93-09 號。
- 郭耀綸、范開翔 (2003) 南仁山森林倒木孔隙三年間的更新動態。臺灣林業科學 18(2): 143- 151。
- 陳子英 (1995) 台灣北部楠櫨林帶櫨木林型優勢樹種天然更新方式之研究。林業試驗所百週年慶學術研討會論文集，第 7-12 頁。
- 陳文年、吳寧、羅鵬、晏兆莉 (2003) 岷江上游林草交錯帶祁連山圓柏群落的物

- 種多樣性及喬木種群的分布格局。應用與環境生物學報 9(3): 221-225。
- 陳明義、周文邨、蔡進來 (2000) 關刀溪森林生態系之倒木孔隙更新。林業研究季刊 22(1): 23- 32。
- 楊國禎 (1988) 臺灣冷杉、玉山圓柏—兩種臺灣高海拔優勢植物。科學月刊 19 (12): 894- 899。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木誌。國立中興大學農學院叢書第 70- 80 頁。
- 歐辰雄 (1999) 插天山自然保留區台灣山毛櫸天然更新與繁殖之可行性研究。行政院農業委員會林務局保育研究系列 88-1 號。
- 歐辰雄 (2000) 插天山自然保留區台灣山毛櫸天然更新與繁殖之可行性研究 (II)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 89-5 號。
- 歐辰雄 (2002) 雪霸國家公園植群生態調查—大雪山地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 歐辰雄 (2004) 雪霸國家公園植群生態調查-大小劍地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 歐辰雄、呂金誠 (2003) 雪霸國家公園植群生態調查-尖石地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 歐辰雄、呂福原、呂金誠 (1997) 觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十六年度研究報告。
- 賴國祥 (2005) 合歡北峰台灣二葉松林火燒後之天然更新。特有生物研究 7(1): 61- 68。
- 應紹舜 (1976) 臺灣高山植物形態的研究。中華林學季刊 9 (1): 59- 71。
- 顏添明、劉兆昌、張維仁 (2006) 低密度林分杉木樹冠特性之研究。中華林學季刊 39(3): 303- 314。
- 蘇鴻傑 (1974) 臺灣高山地區之香柏群落。台大實驗林研究報告 113 : 101- 112。
- 蘇鴻傑 (1988) 雪山香柏保護區植群生態之研究。林務局保育研究系列。
- Adams, R. P. (2000) Systematics of the one seeded *Juniperus* of the eastern hemisphere based on leaf essential oils and random amplified

- polymorphic DNAs (RAPDs) . Biochem. Syst. Ecol. 28 : 529- 543.
- Chang, N. H., Y. R. Hsui, F. W. Horng, H. M. Yu, and F. C. Ma (2001) Natural seeding and seedling occurrence in the *Chamaecyparis* forest at Chilan Mt. area. Taiwan Journal of Forestry Science 16 (4) : 321-326.
- Daniels, R. F., H. E. Burkhart and T. R. Clason (1986) A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine tree. Canadian Journal of Forest Research 16: 1230- 1237.
- Li, H. L., and H. Keng (1994) Cupressaceae in Huang, T. C. *et al.* Flora of Taiwan 2nd ed. Vol. I p.586- 595.
- Naka, K. (1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I .Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. Bot. Mag. Tokyo 95 : 385- 399.
- Šoljan, M. (1991) Conifers Morphology and Variation. Grafickizavod Hrvatske.
- Yamamoto, S. I. (1989) Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests. Bot. Mag. Tokyo 102 : 93- 114.
- Yamamoto, S. I. (1992a) Gap characteristics and gap regeneration in primary evergreen board-leaved forests of western Japan. Bot. Mag. Tokyo 105 : 29-45.
- Yamamoto, S. I. (1992b) The gap theory in forest dynamics. Bot. Mag. Tokyo 105 : 375-383.

【附錄二】



照片 1. 玉山圓柏矮盤灌叢



照片 2. 玉山圓柏與臺灣冷杉交會帶



照片 3. 玉山圓柏



照片 4. 玉山圓柏



照片 5. 微環境監測器



照片 6. 枯枝落葉收集器



照片 7. 監測小苗標定



照片 8. 玉山圓柏小苗



照片 9. 玉山圓柏小苗



照片 10. 臺灣冷杉小苗