

097—301020200G2—001

玉山國家公園梅山地區不同生育地 土壤間關係之調查

The Investigation of Different Habitats Relative
to the Soil at Meishan Area of Yushan National
Park

研究人員：何正品

黃國禎

黃文秀

研究助理：黃燦紘

張凱博

蔡興融

邱宏彬

陳世旻

玉山國家公園管理處自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

該研究報告非本處立場、僅供參考

YUSHAN NATIONAL PARK HEADQUARTERS,
CONSTRUCTION AND PLANNING
ADMINISTRATION, MINISTRY OF THE
INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

The Investigation of Different Habitats Relative
to the Soil at Meishan Area of Yushan National
Park

BY
HE JENG-PING

誌謝

這次自行研究案能夠完成，感謝黃國禎老師指導，感謝同學黃文秀老師這一年來帶著屏科大黃燦紘、張凱博、蔡興融、陳世旻、邱宏彬等同學不辭辛勞的做實驗，也感謝玉管處的長官及舜行兄的幫忙。

何正品謹

目次

表次

圖次

摘要

第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二章 前人研究	2
第一節 不同植生不同土壤孔隙及水分傳導度	2
第二節 不同林相的土壤物理及化學性質	3
第三節 不同林相的土壤動物種類	4
第四節 水力傳導度推估	4
第三章 試驗及分析方法	6
第一節 試驗區介紹	6
第二節 試驗及分析方法	9
第四章 資料分析及研究結果	12
第一節 樣本數	12
第二節 樣本分析	13
第五章 結論與建議	46
第一節 結論	46
第二節 建議	47

附錄一 實驗數據	48
附錄二 實驗照片	51
參考書目	54

表次

表 3-1 土壤樣本明細	9
表 4-1 樣本數	12
表 4-2 樣本真比重平均數及標準差	13
表 4-3 樣本真比重 Post Hoc 檢定	14
表 4-4 樣本真比重同質子集	16
表 4-5 樣本假比重 Post Hoc 檢定	16
表 4-6 樣本假比重同質子集	18
表 4-7 樣本孔隙率 Post Hoc 檢定	19
表 4-8 樣本孔隙率同質子集	21
表 4-9 樣本 pH 值平均數及標準差	22
表 4-10 樣本 pH 值顯著性檢定	23
表 4-11 樣本 pH 值 Post Hoc 檢定	24
表 4-12 樣本 pH 值同質子集	26
表 4-13 樣本有效磷平均數及標準差	27

表 4-14	樣本有效磷顯著性檢定	28
表 4-15	樣本有效磷 Post Hoc 檢定	29
表 4-16	樣本有效磷同質子集	31
表 4-17	樣本有機質平均數及標準差	32
表 4-18	樣本顯著性檢定	33
表 4-19	樣本有機質 Post Hoc 檢定	34
表 4-20	樣本有機質同質子集	36
表 4-21	樣本飽和水力傳導度 Post Hoc 檢定	37
表 4-22	樣本飽和水力傳導度同質子集	39
表 4-23	D_{50} Post Hoc 檢定	40
表 4-24	D_{50} 同質子集	42
表 4-25	樣本飽和水力傳導係數與有機質及孔隙率之迴歸式相關係數	42
表 4-26	樣本飽和水力傳導係數與有機質及孔隙率之迴歸式	43
表 4-27	樣本飽和水力傳導度與孔隙率之迴歸式相關係數	43
表 4-28	樣本飽和水力傳導度與孔隙率之迴歸式	43
表 4-29	樣本飽和水力傳導度與有機質之迴歸式相關係數	44
表 4-30	樣本飽和水力傳導度與有機質之迴歸式係數	44
表 4-31	樣本飽和水力傳導度與有機質及孔隙率、 D_{50} 之迴歸式相	

關係數	44
表 4-32 樣本飽和水力傳導度與有機質及孔隙率、 D_{50} 之迴歸式係數	45

圖次

圖 3-1 玉山國家位置圖	7
圖 3-2 行政區正界圖	7
圖 3-3 地形圖	8
圖 3-4 地質圖	8

摘要

關鍵詞：飽和土壤水力傳導度、總體密度、土壤有機質、pH 值

一、研究緣起

玉山國家公園自民國 74 年成立以來，對於園區內基本資料的調查不遺餘力，尤其是對於地質、植物、動物的調查。對於土壤的調查較少著墨。而基本資料的調查對於國家公園的規劃及解說有其重大意義。

玉山國家公園梅山地區為荖濃溪上游集水區，由於玉管處多年努力經營，林相保持完整，而森林集水區的經營良好，對於水分涵養及調節有極大功能。

森林涵養水源的能力主要在於森林的土壤，森林的枯枝落葉可改良土壤，使土的有機質及孔隙率增加，發揮調節流量、涵養水源的功能。本試驗利用玉山國家公園南橫園為試驗地，以定量方式探討土壤水力傳導度，並分析各土壤其他物理及化學因子對於土壤水力傳導度之影響。並將採樣點用 GPS 記錄，對於日後採用地理資訊系統整合梅山地區土壤性質資料及南橫地區森林植群結構分析應有助益。提供管理機關作為擬訂策略及解說教育之參考。

二、研究方法及過程

針對梅山地區各生育地採取不擾動土壤，對其土壤孔隙的測定土壤物理性質：分析方法有比重、含水率、孔隙率、總體密度、土壤質地分析、飽和土壤水力傳導度、土壤碳含量及 pH 值，並利用 GPS 記錄取樣位置。取樣深度為 20 公分與 50 公分。

針對不同生育地及位置(包含海拔高)，找出是否有土壤性質差異的比較。

三、重要發現

(一)二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其 Ph 值 介於 3.75 與 4.50 之間，明顯低於中海拔地相思樹、竹林及梅園，其 pH 值 介於 5.87 與 6.70 之間。但相同土壤樣區，不同土壤深度的 pH 值差異不顯著。

(二)二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其孔隙率 61.8%-78.9%，明顯低於其他地區(孔隙率 37.0%-47.4%)。

(三)二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其假比重 0.47-0.95，明顯低於其他地區 1.31-1.54。

(四)除塔關山檜木及雲杉混合林真比重為 2.00 偏低，其餘生育地約 2.20-2.50 之間，經實際採

樣發現塔關山的土壤幾乎為樹木木質部腐朽部份，但有機質卻未提高。

(五)有效磷的含量除梅山村的梅園，明顯高於其他樣區。因該梅園曾為養雞場，且目前尚有隻

豬到處排遺。即土壤磷的偏高需受人為干擾。而且，「土壤深度」與有效磷之平均值無顯著差異。

(六)各種不同生育地區及深度的有土壤機質、飽和水力傳導 K 值、 D_{50} 差異不顯著。

(七)本次實驗以飽和水力傳導 K 值做因變數，有機質及孔隙率做自變數，相關係數過低。但以飽和水力傳導 K 值做因變數， D_{50} 有機質及孔隙率做自變數，相關係數提高至 $R=0.377$ 。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

建議一

(建議主題)：立即可行建議

主辦機關：行政院內政部

協辦機關：行政院農委會

因收集資料皆有 GPS 定位，可供日後國土資訊系統項下林地土壤資料庫管理供應系統資料參考。

建議二

(建議主題)：中長期建議

主辦機關：行政院內政部

協辦機關：行政院農委會

本次研究主要針對不同生育地的水份傳導度做研究，但土壤部分影響水分傳導度的孔隙，非僅由植物根系植群造成，亦可能由土壤微生物所造成，而土壤微生物的多寡可能與有機質有關，日後如有動物系或昆蟲系背景的人，亦可針對這領域研究。但根據莊俊逸等(2003)塔塔加地區土壤動物的種類組成，以高山針葉林土壤動物類型。林相中土壤動物數量及類群數以鐵杉林為最多，但本調查報告鐵杉林的有機質較高。

本次因已有採樣地點的正確位置資料，日後如有機會有相關計畫，有關生態、生物及化學相關領域的計畫，皆可持續進行。

英文摘要

This study was to investigate the soil physical and chemical characteristics of forest land at Meishan Area of Yusan National Park . Eight locations were chosen and each location comprised soil depths of 0- 20cm, and 30-50 cm were selected for soil physical and chemical test.. All of the results were compared to explain the difference use of land .

The results of soil property analysis showed that soils of coniferous forest land at high altitudes to be more acidic (pH3.75□4.5) than broad-leaved tree land (pH5.87□6.7) .

The bulk density and porous rate of of coniferous forest land soil at high altitudes (bulk density 0.47-0.95, porous rate 61.8%-79.8%)was larger than broad-leaved tree land(bulk density 1.31-1.45, porous rate 37.0%-47.3%)

The difference about organic matter and saturated hydraulic conductivity was small between the soil of coniferous forest land and broad-leaved tree land.

Key Words: saturated hydraulic conductivity, bulk density, organic matter, pH value.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

玉山國家公園自民國 74 年成立以來，對於園區內基本資料的調查不遺餘力，尤其是對於地質、植物、動物的調查。對於土壤的調查較少著墨。而基本資料的調查對於國家公園的規劃及解說有其重大意義。

玉山國家公園梅山地區為荖濃溪上游集水區，由於玉管處多年努力經營，林相保持完整，而森林集水區的經營良好，對於水分涵養及調節有極大功能。

森林涵養水源的能力主要在於森林的土壤，森林的枯枝落葉可改良土壤，使土的有機質及孔隙率增加，發揮調節流量、涵養水源的功能。本試驗利用玉山國家公園南橫園為試驗地，以定量方式探討土壤水力傳導度，並分析各土壤其他物理及化學因子對於土壤水力傳導度之影響。並將採樣點用 GPS 記錄，對於日後採用地理資訊系統整合梅山地區土壤性質資料及南橫地區森林植群結構分析應有助益。提供管理機關作為擬訂策略及解說教育之參考。

第二章 前人研究

第一節 不同植生不同土壤孔隙及水分傳導度

不同林相及生育地，常會造成土壤性質的不同。陳明杰 (1993)曾針對蓮華池地區不同林相土壤孔隙分布特性之研究。陳明杰、何正品 (1996)針對蓮華池森林集水區坡面土壤水分變化之研究，採用土壤張力計研究土壤水分變化，亦需做土壤基本性質研究，進而推算森林對水分的涵養量。(註 1)

洪志遠 (2006) 蓮華池集水區不飽和土壤的水力特性，指出天然闊葉林淺層土壤的導水孔隙率高於人工杉木林，而且，飽和水力傳導度也較高。結果顯示不同林相型態會改變土壤的水力傳導特性，且會改變該地區之地表逕流量與土壤保水能力。

曾豐盛(1995)以畢祿溪第 11 及第 12 號集水區，認為影響森林貯水能的主要因素為粗孔隙率，其次為有機質。

謝政道(1984)於蓮華池進行土壤滲透試驗，亦証實土壤滲透率與土壤粗孔隙有關。

陳明杰、陳家民、高庭芳、洪志遠 (2006) 用大型不擾動土壤試體測福山林地土壤飽和水力傳導度特性，由於受到較深層土壤滲透的限制，整體試體的飽和水力傳導度小於層次 0~10 cm 的飽和水力傳導度。不同試體、以及不同深度之間的飽和水力傳導度皆呈顯著差異。影響變數項包括總孔隙率，以及礫、砂、沈泥含量等四項，顯示不同層次之間，礫、砂、沈泥含量等為影響飽和水力傳導度的變數項。(註 2)

陳明杰、黃禱慧 (2006)張力滲透計應用於蓮華池五號集水區土壤水力傳導度測定分析，討論林地土壤在不飽和狀態下水分滲透的特性，應用張力滲透計量測現地滲透率，分析不同壓力水頭條件下的水力傳導度。研究區域位於蓮華池五號集水區東向坡面，依照山脊、山腹、山谷分別選定四個位置，每一個位置分別對深度 0 cm、20 cm、40 cm 實施滲透試驗，深度 0 cm 的總孔隙率與粗孔隙率含量較高，飽和水力傳導度較高，隨著壓力水頭降低，水力傳導度大幅降低，而深度 20 cm 和 40 cm 的總孔隙率與粗孔隙率含量較低，則變化較為緩和。

林永隆(2000)香楠林坡面土壤水分變化之研究為瞭解降雨對土壤水分時間與空間的變化，於香楠林集水區選擇不同林地覆蓋之坡面，觀測其葉面積指數 (Leaf area index , LAI) ，並埋設各深度之土壤水分張力計，同時利用入滲計於各深度下施作入滲試驗，以瞭解在不同深度下，土壤理化性質對入滲率及土壤水分之影響，得到結果如下：土壤入滲率的影響因子為含水量、土壤質地、有機質及孔隙率等，於不同地況及深度變化方面以孔隙率對入滲率的

影響最為顯著。(註 3)

¹ 陳明杰、何正品 (1996) 蓮華池森林集水區坡面土壤水分變化之研究。中華林學季刊 29(2) : 15-33。

2. 陳明杰、陳家民、高庭芳、洪志遠 (2006) 福山林地土壤飽和水力傳導度特性及其推估公式。中華林學季刊 39(2) : 173-188。

3. 林永隆(2000)香楠林坡面土壤水分變化之研究為瞭解降雨對土壤水分時間與空間的變化，碩士論文，國立屏東科技大學，水土保持系碩士班，屏東。

黃彥凱 (2007)老埤台地不同植生下土壤孔隙特性之研究，指出不同植生會影響土壤之總體密度、土壤有機質及土壤水力傳導度。而不同深度下會影響土壤的結構，造成土壤總體密度、土壤有機質及土壤水力傳導度呈顯著差異。不同植生情形之土壤總孔隙率、粗孔隙率及細孔隙率平均值相差無幾。迴歸分析中，粗孔隙率及中孔隙與土壤總體密度呈現負相關、粗孔隙率及中孔隙率與土壤有機質及水力傳導度的關係皆呈現正相關。水源涵養的結果，以雜木林為較佳，其次為牧場、鳳梨園、香楠林及芒果園，而荔枝園地區較差。(註 4)

Beate Zimmermann ,Helmut Elsenbeer (2008)於厄瓜多爾針對(新、舊)山崩地、原始林、放牧地、(新、舊)休耕地及松樹人工林做飽和導水度研究。土地會有自然與人為的利用干擾。而人為干擾中，當做放牧地的導水度會降低，但這過程如經至少十年的停止放牧，導水度會逐漸回復。故不同的土地利用型態會影響水土涵養功能。(註 5)

第二節 不同林相的土壤物理及化學性質

葉旭容等(2006)，塔塔加地區三種林型下土壤有機質之特性分析 - 碳十三核磁共振分析不同植生條件下生成的土壤有機質組成。了解不同植生條件下，土壤有機質有機官能基特性差異。選取塔塔加地區臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis* Hay., Taiwan red pine, TP)、臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana* Li & Keng, Taiwan hemlock, TH)及玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* (Hay.) Keng f., Yushan cane, YC)三種不同林型下土壤進行研究。結果顯示三種林型土壤酸鹼值(pH)介於 3~4 之間，為強酸性土壤，由於酸性及強烈淋洗作用，造成可交換性鹽基陽離子含量極低。土壤總有機碳含量趨勢：臺灣鐵杉 > 臺灣二葉松 > 玉山箭竹。

莊俊逸等(2004)塔塔加高山地區鐵杉、玉山箭竹及草原表上之物理與化學性質比較指出，塔塔加高山地區鐵杉、玉山箭竹及高山芒三個樣區表土 0-5cm，5-10cm 及 10-15cm 三層之土壤水分含量、土壤容重、有機質、可交換性鉀、鈣、鎂及有效磷、pH 值等土壤物理與化學性質有無差異，在 0-5cm、5-10cm、10-15cm 三層表土土壤中之土壤容重、含水率及有機

質和可交換鉀、鈣、鎂及有效磷等，在鐵杉林、玉山箭竹及草原間均有顯著差異；只有 pH 值在上述三樣區三種不同深度的土壤中沒有顯著差異。

林世宗等 (2006)，臺灣東北部柳杉人工林土壤有機碳儲量的推估，本研究以人工針葉林中材積蓄積量最高的柳杉做為研究的對象，在 51 年生之柳杉人工林下選擇 3 個代表性土壤樣體與在 4 個試驗樣區(大小為 20×25m)內隨機選擇三處採樣點，分層(0~10、10~20 與 20~30cm)採集土壤樣本，以推估柳杉人工林下土壤有機碳的貯存量。研究結果指出：受到地形因子坡度的影響，三個代表性土壤樣體之 A 層、E 層與土壤樣體之厚度皆較淺；受土壤母質影響，土壤質地較細，為粉質黏壤土或粉質黏土。研究區內 3 個代表性土壤樣體，1 個分類為極育土(Ultisols)，2 個分類為淋澱土(Spodosols)。極育土土壤表層 30cm 內之有機碳貯存量為 8.56kg m⁻²，而淋澱土土壤表層 30cm 內之有機碳貯存量平均為 14.0kg m⁻²。

4.林永隆(2000)香楠林坡面土壤水分變化之研究為瞭解降雨對土壤水分時間與空間的變化，碩士論文，國立屏東科技大學，水土保持系碩士班，屏東。

5.Beate Zimmermann ,Helmut Elsenbeer , 2008 , Spatial and temporal variability of soil saturated hydraulic conductivity in gradients of disturbance. Journal of Hydrology(2008)361 , p78-95.

廖永綜(1997)，探討南仁山森林生態系中氮的收支與循環。在一個森林生態系中，氮的主要來源為大氣的乾、濕沉降與植物殘體的養分回歸，這些養分進入土壤環境後之宿命包括土壤之吸附、植物的吸收、脫氮作用或藉由逕流水與滲流水的攜帶而進入河川與湖泊，形成一個循環。每年藉由落葉累積於林地的總氮量為 68.58 kg/ha，而掉落物中氮含量之季節性變化並不明顯。

莊舜堯等 (2005) 森林疏伐對土壤氮素礦化及硝化作用之影響，以現地埋藏袋法比較竹東人工柳杉林不同程度疏伐處理對土壤氮淨礦化和淨硝化作用之影響。土壤無機態氮(銨態氮及硝態氮)含量在不同疏伐處理中並無顯著差異，但隨季節而有明顯的變化，一般在 9 月份達到最大。疏伐處理使土壤氮礦化量顯著提高，而礦化氮之淋失量也可能相應加劇。

莊舜堯等 (2003)，水分對臺灣塔塔加地區雲杉與鐵杉土壤氮素礦化及硝化的影響，水分增加會顯著降低雲杉新鮮 0 層土壤中氮的硝化作用，但對銨的含量影響不大，總礦化量則會隨水分增加而降低；在鐵杉新鮮土壤中，水分含量對其礦化及硝化作用的影響都不顯著。在風乾土壤的孵育實驗中，水分含量在 0-30% 範圍內，雲杉與鐵杉土壤礦化及硝化量大致上會隨水分含量增加而增加。當水分含量高於 30% 時，兩者的礦化及硝化量均呈下降趨勢。水分含量的增加會降低雲層 A 層土壤的硝化比率，但對其他處理影響不大。不同的土壤性質是導

致雲杉和鐵杉土壤礦化及硝化作用對水分回應差異的主要原因。

王明仁等(2003)，塔塔加高山森林生態系中土壤微生物生質量、酸性磷酸酯酶活性與土壤中生物有效性磷含量之關係。由於坡度的影響，養分有隨坡面向下移動之趨勢。不同的時間下，發現秋冬季時土壤生物有效性磷的增加有明顯的趨勢，但是春夏季此一趨勢較不明顯，這是由於植物在春夏季有較大的磷吸收量所致。

第三節 不同林相的土壤動物種類

莊俊逸等(2003)於塔塔加地區土壤動物之初步研究，探討塔塔加地區主要林相中土壤動物的種類組成及物種多樣性、優勢種群的數量。林相中土壤動物數量及類群數以鐵杉林為最多，其次為箭竹林及高山芒。優勢類群上鐵杉林為跳蟲類、玉山箭竹林為線蚓類，高山芒則無明顯之優勢類群。

第四節 水力傳導度推估

水力傳導度的估算，除實驗方法外，大多以簡易的土壤參數當經驗值估算。

陳佩松(1993)採取各質地土壤，推估出未擾動土壤體飽和水力傳導度與粘粒含量、有機質含量、砂粒含量、總體密度、顆粒密度等因子有關。

Cosby et al.(1984)以砂粒及粘粒含量做為參數來源，估算飽和水力傳導度。(註 6)

Arya et al.(1999)以土壤粒徑分布推估孔隙大小分布來計算水力傳導度。(註 7)

Mbagwu(1995)指出土飽和水力傳導度和總孔隙率、粗孔隙率有明顯相關。

6. Cosby,B.J.,G.M.Homberger,R.B.Clapp, and T.R.Ginn(1984).A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soil. Water Resource. Res.,20:682-690.

7. Arya,L.M.,F.J.Leih,P.J.Shouse, and M.Th.van Gemuchten(1999).Relation between the Hydraulic Conductivity Fuction and the Particle-Size Distribution. Soil Sci.Soc.Am.J.63:1063-1070.

Bloenmen(1980)以土壤粒徑分布中位數(D_{50})和 GSDI(grain size distribution index)來估算水力傳導度。

Vereecken et al.(1986) 以砂粒、粘粒含量、有機質含量和總體密度等 4 參數來估算飽和水力傳導度。(註 8)

C.T.Petersen, et al.(2008) 推估飽和水力傳導度與總體密度之間的迴歸式，並量測水平及垂直飽和水力傳導度。(註 9)

蔡議誌(2001) 以室內量測未擾動單一土層、重填單一土層與複合土層之飽和水力傳導

度，並根據土壤孔隙率和幾何平均粒徑與有效粒徑比值，推導其中關係式。

前人研究，多針對於對林試所的試驗地做研究，而梅山地區海拔高 1000-3000 公尺，由於高度與土地利用的不同，造成土壤物理與化學性質差異卻無人研究。另外皆針對土壤粗孔隙度對於森林土壤涵養水源，而假比重、有機質等其他因子是否也有影響，卻少人研究，故藉此研究，調查玉山公園南橫園區不同生地的土壤及化學因子，並討論其對於土壤土壤水力傳導度的影響。

本研究期能透過土壤調查方式，瞭解玉山國家公園梅山地區不同生育地的土壤物理及化學性質資料，並將採樣點用 GPS 記錄，對於日後採用地理資訊系統整合梅山地區土壤性質資料及南橫地區森林植群結構分析應有助益。提供管理機關作為擬訂策略及解說教育之參考。

8.Vereecken,H.,Maes, and J. Feyen(1990). Estimating unsaturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties. *Soil Sci.*,149:1-12.

9. C.T.Petersen, A.Trautmer,S.Hansen(2008) Spatio-temporal variation of saturated hydraulic conductivity in a tilled sandy loam soil.*Soil & Tillage Research* 100(2008):108-113.

第三章 試驗及分析方法

第一節 試驗區介紹

一、梅山地區地理環境

本次試驗區域位於南部橫貫公路 110K 至 147K,位於玉山國家公園管理處梅山管理站至埡口。南橫公路自民國 61 年竣工,其尖峰、離峰遊客人數差異極大,寒暑假遊客不少,然而颱風、雨季常造成道路坍方,降低遊客造訪興緻。其間著名景點有天池、中之關古道、埡口。另有超過 3000 公尺高山,如關山嶺山、塔關山、庫哈諾辛山及關山,適合登山者造訪。(註 10)

二、地質環境

出露於梅山至埡口間的地層均屬於中央脊樑山脈帶的變質泥質岩層,主要岩性為經過變質作用的質砂岩、硬頁岩、板岩和千枚岩構成,間夾有凸鏡狀石灰岩體和火成岩體。

分布於梅山至埡口間,地質可略分為三種地質。於梅山至唯金溪橋為梅山層,主要由暗灰色至灰黑色頁岩與硬頁岩組成,間夾 5 公分至 15 公分之黃褐色至青灰色中至細粒薄層砂岩互層。

新關斷層以東至禮觀橋之間為禮觀層,主要為灰褐色硬頁岩或板岩組成,間夾淺灰色至灰黃色中至細粒變質砂岩。

天池附近檜谷斷層以東至埡口為畢祿山層,岩性包括千枚岩、板岩、變質石英質砂岩、變質灰質砂岩和變質綠色火山熔岩流等,並夾有凸鏡狀之變質石灰岩體和礫岩夾層。(註 11)

三、植物概況

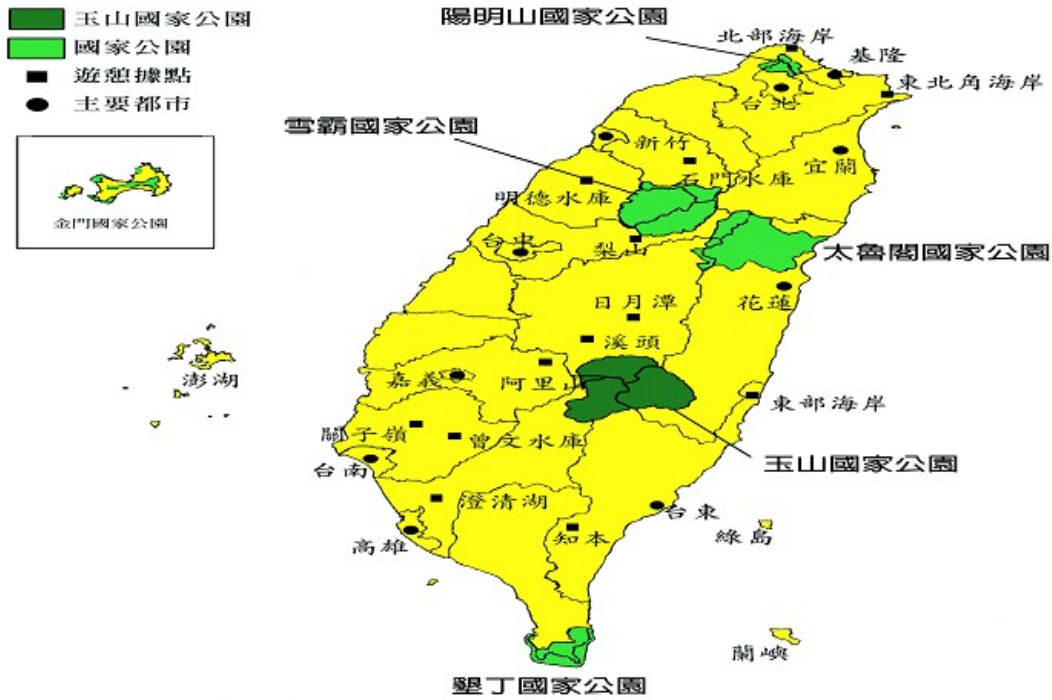
南部橫貫公路西段位於本研究區內,西起梅山口,東至埡口,海拔高度由一千公尺上升至近三千公尺,此一變化影響植物垂直分布極為明顯。

梅山口至 120K 間適合耕作,大多以梅樹、李樹居多,128K 開出現紅檜:138K 處雲杉與鐵杉出現,其間針闊葉混合林以樟科與殼斗科為主;138K 至埡口間,除崩塌地仍以台灣赤楊為主,其它大多是針葉樹,林下則以玉山箭竹為主。

10.玉山國家公園管理處，1997，玉山國家公園南橫解說手冊。

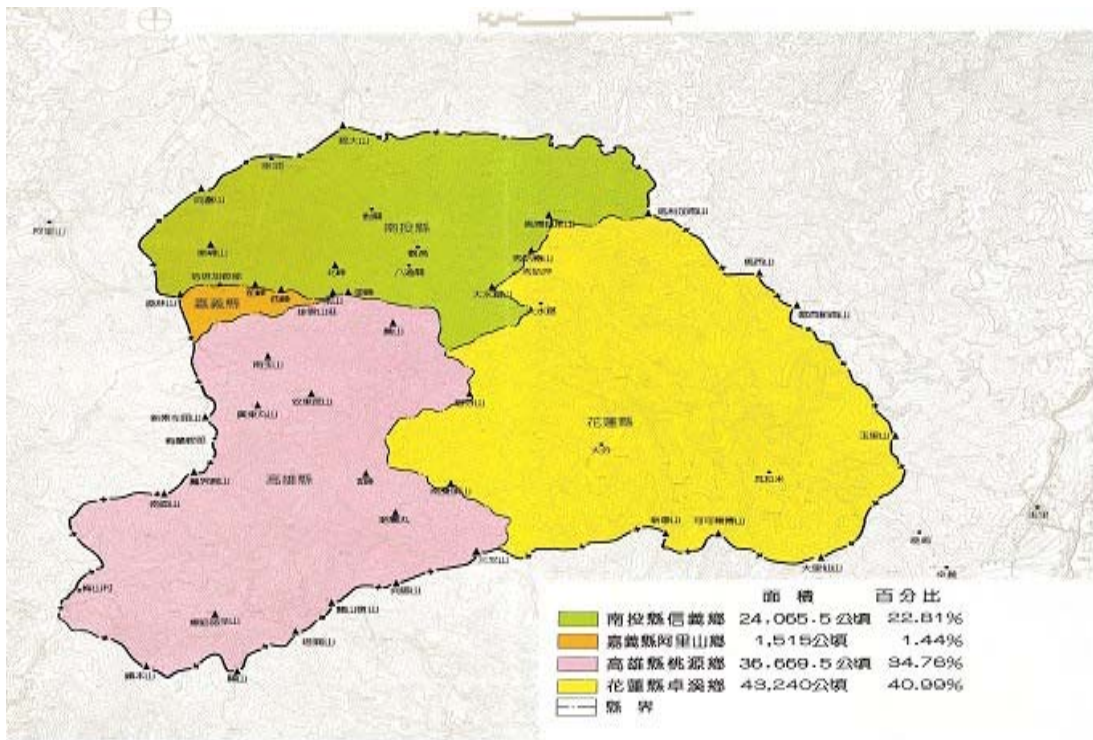
11.玉山國家公園管理處，1986，南橫地質。

圖 3-1 玉山國家公園位置圖



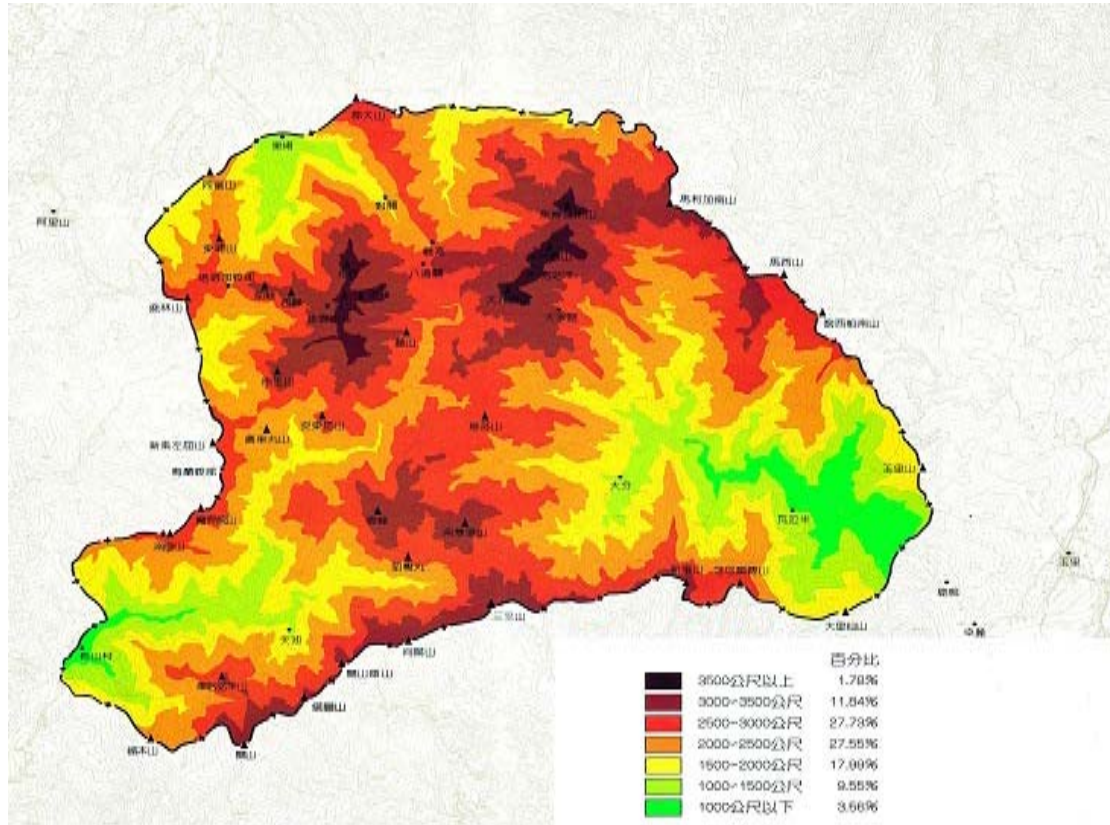
(資料來源：玉山國家公園第二次通盤檢討 2004)

圖 3-2 行政區界圖



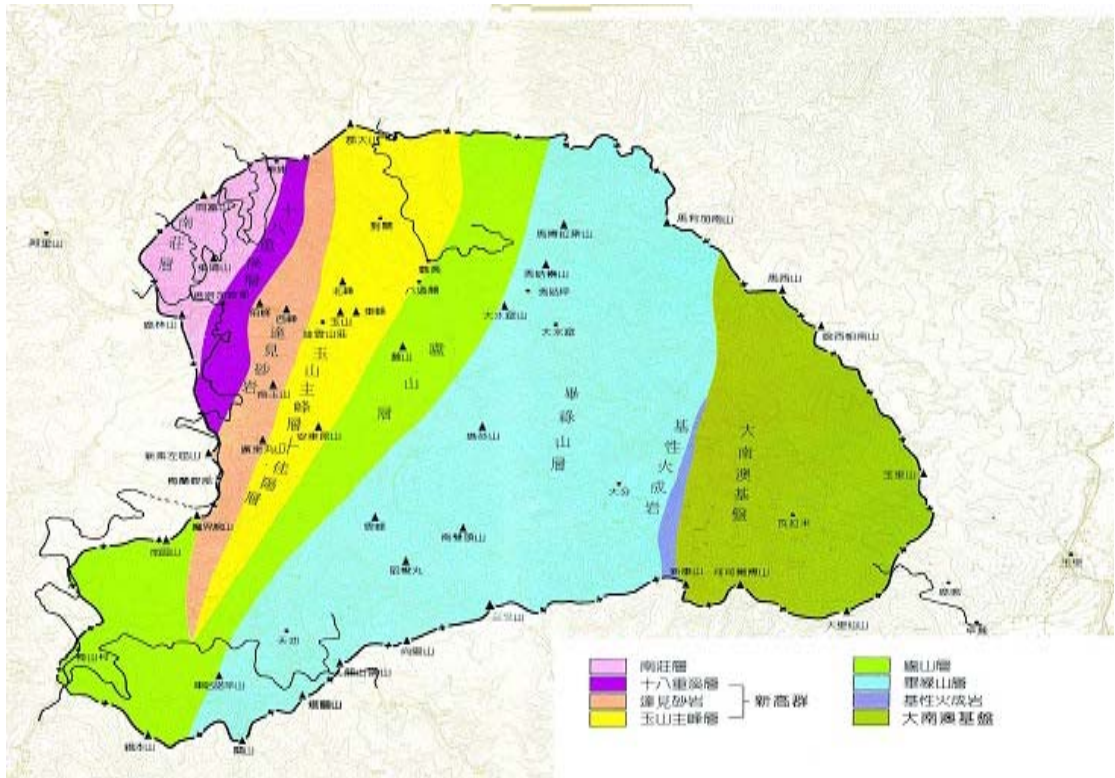
(資料來源：玉山國家公園第二次通盤檢討 2004)

圖 3-3 地形圖



(資料來源：玉山國家公園第二次通盤檢討 2004)

圖 3-4 地質圖



(資料來源：玉山國家公園第二次通盤檢討 2004)

第二節 試驗及分析方法

一、土壤採樣

針對梅山地區各生育地採取不擾動土壤，對其土壤孔隙的測定土壤物理性質：分析方法有比重、含水率、孔隙率、總體密度、土壤粒徑分析、土壤碳含量及 pH 值、導電度測定，並利用 GPS 記錄取樣位置。取樣深度為 20 公分與 50 公分。

針對不同生育地及位置(包含海拔高)，找出是否有土壤性質差異的比較。

採取土樣利用 GPS 記錄取樣位置如表 3-1。

表 3-1 土壤樣本明細

編號	地點	座標	高度	生育地	坡度 (%)	林下植物	天氣
970124-1	梅山村梅園	231239 2574448	843	梅樹	0	雜草	18°C，晴
970125-2	關山嶺山	245126,25 73778	2765	二葉松	50	高山芒	12°C，晴
970125-3	塔關山	242969,25 74039	2643	鐵杉闊葉樹 混合林	40%	玉山箭竹	16 °C， 雨
970126-4	梅山遊客 中心旁	231452,25 73526	936	相思樹	30	拔契,腎蕨	18 °C， 雨
970126-5	梅山馬舒 霍爾吊橋 旁	231178,25 74504	823	竹林	52	枯竹落葉	20 °C， 雨
970126-6	梅山村馬 舒霍爾吊 橋旁	231170， 2574528	810	廢棄梅園	0	無覆蓋估半 年前砍斷， 改植芋頭	20 °C 雨
970127-7	塔關山	242779,25 73775	2660	檜木及雲杉 混合林(人 工林)	40	玉山箭竹、 墨點櫻桃	12 °C 雨

970128-8	梅山村馬 舒霍爾吊 橋旁	231196,25 74548	813	廢棄梅園	0	草生地	17 °C 晴
----------	--------------------	--------------------	-----	------	---	-----	------------

二、土壤樣本分析

對其土壤孔隙的測定土壤物理性質：分析方法有比重、含水率、孔隙率、總體密度、土壤質地分析、土壤碳含量及 pH 值、團粒穩定度測定，

(一)真比重：任何物質之密度為其單位體積之質量，對土壤而言，顆粒密度為固體部份，並不包含粒間的水份與空氣，利用土樣的重量和與土樣被取代之水量。以被土樣取代之水體積相當於土樣體積。土樣重量除以土樣體積即得。

(二)假比重(總體密度)：將小鋼管打入土壤中，將金屬管採樣器連土取出，切去兩端管口外面多餘的土，使土壤體積恰好等於金屬管體積，用以測定總體密度之方法。

(三)質地分析：土壤質地分析的方法有兩種，也就是篩分析跟比重計分析，其中篩分析法適用於礫石及砂土，比重計分析法則是任何土壤均可做。但是由於篩分析乃採用標準篩號做分析，且 200 號以下的土壤不納入計算，所以黏土及沉泥無法利用篩分析法分辨出，必須利用比重計法求出 200 號以下土壤之質地分布，並繪出兩粒徑分佈曲線，再合併之。比重計法，要利用分散劑的作用，中和黏土中的負電場，使黏土塊粒分散。它是利用下沉速度的快慢判斷粒徑的大小，且力平衡後會以等速度下沉，故可隨時間量測到時間與比重變化之關係。

(四)團粒穩定度：

中質地和細質地的土壤構造單位對水分破壞有不同程度的抵抗能力，本試驗利用濕篩法來評估土壤團粒在水中之穩定性方法。並利用過篩來測 D_{50} 。

(五)土壤水力傳導度：

土壤對液態水的傳導性依土壤孔隙之橫斷面面積及孔隙之粗細而異。在不飽和移動時，導水度依不飽和程度而異。水在飽和狀態移動時，主要受地心引力影響。本試驗主要利用室內定水頭式透水試驗儀來試驗。

(六)土壤有機質：土壤有機質的主要來源為植物殘體，當這些殘體進入土壤後，受微生物作用形成腐植質。腐植質愈多，有機質愈多，可增加土壤之保水及保肥力，並可促進土壤之團粒作用及團粒穩定度，而改進土壤之透水性與通氣性。本試驗利用滴定法來測。利用重鉻

酸鉀與濃硫酸作為氧化劑來氧化土中的有機物。

(七)土壤酸鹼度：土壤 pH 值就是指土壤中溶解性氫離子濃度的負對數，利用玻璃電極 pH 計來測量。

(八)土壤有效磷含量：磷為植物生長必需的營養素，磷能促進種子發芽及幼株根群發育；對作物體內養分之輸送及葉綠素形成有很重大功能；土壤中的磷含量隨著母質、風化及表面沖蝕和淋洗的程度高低有極大差異。土壤有效磷含量(Olsen-P)，以母質為崩積土(平均 11 ppm)與石質土(平均 13.4 ppm)較低，黏板岩(平均 66.5 ppm)、紅壤(平均 44.2 ppm)與砂頁岩(平均 40.6 ppm)較高。土壤有效磷含量與施肥有關，母質為崩積土與石質土之土壤為山坡地，非一般耕地，因無人為施肥，有效磷含量大多在 20 ppm 以下；而一般耕地常因施肥而使土壤有效磷含量提高。磷濃度的測定利用比色法。

三、統計分析方法

本研究之分析方採用迴歸法為強行進入法，以土壤水力傳導度作為因變數項，自變數因子包含孔隙率、粒徑(d_{50})、土壤有機質等，直至其內的自變數達到影響土壤水力傳導度之重要程度為止。並運用事後檢定(Post Hoc 檢定)：檢定那兩組之間的平均數有了顯著差異，才造成 F 值達顯著。事後檢定是在三組以上平均數的比較(變異數分析)才需要用到，因為即使變異數分析的 F 值達顯著差異，我們依然無法知道是那兩組之間的平均數有了顯著差異，才造成 F 值達顯著。

另外，利用同質性子集合分析，若是在同一個子集合中，表示這幾組間差異未達顯著。

第四章 資料分析及研究結果

第一節 樣本數

本次自八種不同生育地採集淺層 0-20 公分及深層土壤 30-50 公分共 48 個樣本，如表 4-1

表 4-1 樣本數

			個數
樣本分類	1	梅樹	6
	2	二葉松	6
	3	鐵杉闊葉樹混合林	6
	4	相思樹	6
	5	竹林	6
	6	廢棄梅園	6
	7	檜木及雲杉混合林(人工林)	6
	8	廢棄梅園	6
深度	A	0-20 公分	24
	B	30-50 公分	24

第二節 樣本分析

一、 真比重

真比重數據有二組，以此二組平均值分析，除塔關山檜木及雲杉混合林真比重為 2.00 偏低，其餘生育地約 2.20-2.50 之間，筆者採土時，確實發現塔關山的土壤幾乎為樹木木質部腐朽部份，但有機質卻未提高。

表 4-2 樣本真比重平均數及標準差

依變數: 真比重				
樣本分類	深度	平均數	標準差	個數
1	A	2.4267	6.028E-02	3
	B	2.4733	8.505E-02	3
	總和	2.4500	7.071E-02	6
2	A	2.3967	1.528E-02	3
	B	2.5933	5.508E-02	3
	總和	2.4950	.1136	6
3	A	2.0933	.1457	3
	B	2.3133	3.512E-02	3
	總和	2.2033	.1533	6
4	A	2.4133	9.018E-02	3
	B	2.5000	6.000E-02	3
	總和	2.4567	8.335E-02	6
5	A	2.4300	5.196E-02	3
	B	2.5367	1.155E-02	3
	總和	2.4833	6.743E-02	6
6	A	2.4133	7.024E-02	3
	B	2.3733	.2542	3
	總和	2.3933	.1682	6
7	A	1.7700	.1664	3
	B	2.2300	.1833	3
	總和	2.0000	.2966	6
8	A	2.4733	3.215E-02	3

	B	2.4067	.1721	3
	總和	2.4400	.1166	6
總和	A	2.3021	.2471	24
	B	2.4283	.1605	24
	總和	2.3652	.2158	48

表 4-3 樣本真比重 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 真比重						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	-4.5000E-02	6.657E-02	.999	-.3128	.2228
	3	.2467	6.657E-02	.092	-2.1173E-02	.5145
	4	-6.6667E-03	6.657E-02	1.000	-.2745	.2612
	5	-3.3333E-02	6.657E-02	1.000	-.3012	.2345
	6	5.667E-02	6.657E-02	.998	-.2112	.3245
	7	.4500(*)	6.657E-02	.000	.1822	.7178
	8	1.000E-02	6.657E-02	1.000	-.2578	.2778
2	1	4.500E-02	6.657E-02	.999	-.2228	.3128
	3	.2917(*)	6.657E-02	.024	2.383E-02	.5595
	4	3.833E-02	6.657E-02	1.000	-.2295	.3062
	5	1.167E-02	6.657E-02	1.000	-.2562	.2795
	6	.1017	6.657E-02	.933	-.1662	.3695
	7	.4950(*)	6.657E-02	.000	.2272	.7628
	8	5.500E-02	6.657E-02	.998	-.2128	.3228
3	1	-.2467	6.657E-02	.092	-.5145	2.117E-02
	2	-.2917(*)	6.657E-02	.024	-.5595	-2.3827E-02
	4	-.2533	6.657E-02	.076	-.5212	1.451E-02
	5	-.2800(*)	6.657E-02	.034	-.5478	-1.2160E-02
	6	-.1900	6.657E-02	.350	-.4578	7.784E-02
	7	.2033	6.657E-02	.267	-6.4507E-02	.4712
	8	-.2367	6.657E-02	.120	-.5045	3.117E-02
4	1	6.667E-03	6.657E-02	1.000	-.2612	.2745
	2	-3.8333E-02	6.657E-02	1.000	-.3062	.2295
	3	.2533	6.657E-02	.076	-1.4507E-02	.5212
	5	-2.6667E-02	6.657E-02	1.000	-.2945	.2412
	6	6.333E-02	6.657E-02	.995	-.2045	.3312
	7	.4567(*)	6.657E-02	.000	.1888	.7245
	8	1.667E-02	6.657E-02	1.000	-.2512	.2845
5	1	3.333E-02	6.657E-02	1.000	-.2345	.3012

	2	-1.1667E-02	6.657E-02	1.000	-.2795	.2562
	3	.2800(*)	6.657E-02	.034	1.216E-02	.5478
	4	2.667E-02	6.657E-02	1.000	-.2412	.2945
	6	9.000E-02	6.657E-02	.965	-.1778	.3578
	7	.4833(*)	6.657E-02	.000	.2155	.7512
	8	4.333E-02	6.657E-02	1.000	-.2245	.3112
6	1	-5.6667E-02	6.657E-02	.998	-.3245	.2112
	2	-.1017	6.657E-02	.933	-.3695	.1662
	3	.1900	6.657E-02	.350	-7.7840E-02	.4578
	4	-6.3333E-02	6.657E-02	.995	-.3312	.2045
	5	-9.0000E-02	6.657E-02	.965	-.3578	.1778
	7	.3933(*)	6.657E-02	.001	.1255	.6612
	8	-4.6667E-02	6.657E-02	.999	-.3145	.2212
7	1	-.4500(*)	6.657E-02	.000	-.7178	-.1822
	2	-.4950(*)	6.657E-02	.000	-.7628	-.2272
	3	-.2033	6.657E-02	.267	-.4712	6.451E-02
	4	-.4567(*)	6.657E-02	.000	-.7245	-.1888
	5	-.4833(*)	6.657E-02	.000	-.7512	-.2155
	6	-.3933(*)	6.657E-02	.001	-.6612	-.1255
	8	-.4400(*)	6.657E-02	.000	-.7078	-.1722
8	1	-1.0000E-02	6.657E-02	1.000	-.2778	.2578
	2	-5.5000E-02	6.657E-02	.998	-.3228	.2128
	3	.2367	6.657E-02	.120	-3.1173E-02	.5045
	4	-1.6667E-02	6.657E-02	1.000	-.2845	.2512
	5	-4.3333E-02	6.657E-02	1.000	-.3112	.2245
	6	4.667E-02	6.657E-02	.999	-.2212	.3145
	7	.4400(*)	6.657E-02	.000	.1722	.7078
以觀察的平均數為基礎。						
* 在水準 .05 上的平均數差異顯著。						

表 4-4 樣本真比重同質子集

真比重				
Scheffe 法				
樣本分類	個數	子集		
		1	2	3
7	6	2.0000		
3	6	2.2033	2.2033	
6	6		2.3933	2.3933
8	6		2.4400	2.4400
1	6		2.4500	2.4500
4	6		2.4567	2.4567
5	6			2.4833
2	6			2.4950
顯著性		.267	.076	.933
同質子集中組別的平均數已顯示。				
以型 III 平方和為基礎				
平均平方和 (誤差) = 1.329E-02 中的誤差項。				
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000				
b Alpha = .05				

二、 土壤假比重

表 4-5 樣本假比重 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 假比重						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	.5900(*)	.1208	.008	.1041	1.0759
	3	1.0717(*)	.1208	.000	.5858	1.5575
	4	.1550	.1208	.973	-.3309	.6409
	5	.2300	.1208	.814	-.2559	.7159
	6	.1317	.1208	.990	-.3542	.6175

	7	1.0117(*)	.1208	.000	.5258	1.4975
	8	.1617	.1208	.966	-.3242	.6475
2	1	-.5900(*)	.1208	.008	-1.0759	-.1041
	3	.4817	.1208	.054	-4.2035E-03	.9675
	4	-.4350	.1208	.111	-.9209	5.087E-02
	5	-.3600	.1208	.296	-.8459	.1259
	6	-.4583	.1208	.078	-.9442	2.754E-02
	7	.4217	.1208	.134	-6.4204E-02	.9075
	8	-.4283	.1208	.122	-.9142	5.754E-02
	3	1	-1.0717(*)	.1208	.000	-1.5575
2		-.4817	.1208	.054	-.9675	4.204E-03
4		-.9167(*)	.1208	.000	-1.4025	-.4308
5		-.8417(*)	.1208	.000	-1.3275	-.3558
6		-.9400(*)	.1208	.000	-1.4259	-.4541
7		-6.0000E-02	.1208	1.000	-.5459	.4259
8		-.9100(*)	.1208	.000	-1.3959	-.4241
4	1	-.1550	.1208	.973	-.6409	.3309
	2	.4350	.1208	.111	-5.0870E-02	.9209
	3	.9167(*)	.1208	.000	.4308	1.4025
	5	7.500E-02	.1208	1.000	-.4109	.5609
	6	-2.3333E-02	.1208	1.000	-.5092	.4625
	7	.8567(*)	.1208	.000	.3708	1.3425
	8	6.667E-03	.1208	1.000	-.4792	.4925
5	1	-.2300	.1208	.814	-.7159	.2559
	2	.3600	.1208	.296	-.1259	.8459
	3	.8417(*)	.1208	.000	.3558	1.3275
	4	-7.5000E-02	.1208	1.000	-.5609	.4109
	6	-9.8333E-02	.1208	.998	-.5842	.3875
	7	.7817(*)	.1208	.000	.2958	1.2675
	8	-6.8333E-02	.1208	1.000	-.5542	.4175
6	1	-.1317	.1208	.990	-.6175	.3542
	2	.4583	.1208	.078	-2.7537E-02	.9442
	3	.9400(*)	.1208	.000	.4541	1.4259
	4	2.333E-02	.1208	1.000	-.4625	.5092
	5	9.833E-02	.1208	.998	-.3875	.5842
	7	.8800(*)	.1208	.000	.3941	1.3659
	8	3.000E-02	.1208	1.000	-.4559	.5159
7	1	-1.0117(*)	.1208	.000	-1.4975	-.5258
	2	-.4217	.1208	.134	-.9075	6.420E-02
	3	6.000E-02	.1208	1.000	-.4259	.5459
	4	-.8567(*)	.1208	.000	-1.3425	-.3708
	5	-.7817(*)	.1208	.000	-1.2675	-.2958

	6	-.8800(*)	.1208	.000	-1.3659	-.3941
	8	-.8500(*)	.1208	.000	-1.3359	-.3641
8	1	-.1617	.1208	.966	-.6475	.3242
	2	.4283	.1208	.122	-5.7537E-02	.9142
	3	.9100(*)	.1208	.000	.4241	1.3959
	4	-6.6667E-03	.1208	1.000	-.4925	.4792
	5	6.833E-02	.1208	1.000	-.4175	.5542
	6	-3.0000E-02	.1208	1.000	-.5159	.4559
	7	.8500(*)	.1208	.000	.3641	1.3359
以觀察的平均數為基礎。						
* 在水準 .05 上的平均數差異顯著。						

表 4-6 樣本假比重同質子集

假比重 Scheffe 法				
樣本分類	個數	子集		
		1	2	3
3	6	.4717		
7	6	.5317		
2	6	.9533	.9533	
5	6		1.3133	1.3133
8	6		1.3817	1.3817
4	6		1.3883	1.3883
6	6		1.4117	1.4117
1	6			1.5433
顯著性		.054	.078	.814
同質子集中組別的平均數已顯示。 以型 III 平方和為基礎 平均平方和 (誤差) = 4.375E-02 中的誤差項。				
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000				
b Alpha = .05				

由以上分析可知：二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其假比重 0.47-0.95，明顯低於其他地區 1.31-1.54。

三、 孔隙率

孔隙率係由真比重與假比重計算而來。

$$\text{孔隙率} = (1 - \text{假比重} / \text{真比重}) * 100$$

表 4-7 樣本孔隙率 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 孔隙率						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	-24.7433(*)	5.6999	.026	-47.6775	-1.8092
	3	-41.8667(*)	5.6999	.000	-64.8008	-18.9325
	4	-6.4450	5.6999	.987	-29.3791	16.4891
	5	-10.3367	5.6999	.849	-33.2708	12.5975
	6	-3.2383	5.6999	1.000	-26.1725	19.6958
	7	-36.5517(*)	5.6999	.000	-59.4858	-13.6175
	8	-6.1917	5.6999	.990	-29.1258	16.7425
2	1	24.7433(*)	5.6999	.026	1.8092	47.6775
	3	-17.1233	5.6999	.287	-40.0575	5.8108
	4	18.2983	5.6999	.212	-4.6358	41.2325
	5	14.4067	5.6999	.509	-8.5275	37.3408
	6	21.5050	5.6999	.081	-1.4291	44.4391
	7	-11.8083	5.6999	.741	-34.7425	11.1258
	8	18.5517	5.6999	.198	-4.3825	41.4858
3	1	41.8667(*)	5.6999	.000	18.9325	64.8008
	2	17.1233	5.6999	.287	-5.8108	40.0575
	4	35.4217(*)	5.6999	.000	12.4875	58.3558
	5	31.5300(*)	5.6999	.002	8.5959	54.4641
	6	38.6283(*)	5.6999	.000	15.6942	61.5625

	7	5.3150	5.6999	.996	-17.6191	28.2491
	8	35.6750(*)	5.6999	.000	12.7409	58.6091
4	1	6.4450	5.6999	.987	-16.4891	29.3791
	2	-18.2983	5.6999	.212	-41.2325	4.6358
	3	-35.4217(*)	5.6999	.000	-58.3558	-12.4875
	5	-3.8917	5.6999	.999	-26.8258	19.0425
	6	3.2067	5.6999	1.000	-19.7275	26.1408
	7	-30.1067(*)	5.6999	.003	-53.0408	-7.1725
	8	.2533	5.6999	1.000	-22.6808	23.1875
	5	1	10.3367	5.6999	.849	-12.5975
2		-14.4067	5.6999	.509	-37.3408	8.5275
3		-31.5300(*)	5.6999	.002	-54.4641	-8.5959
4		3.8917	5.6999	.999	-19.0425	26.8258
6		7.0983	5.6999	.977	-15.8358	30.0325
7		-26.2150(*)	5.6999	.015	-49.1491	-3.2809
8		4.1450	5.6999	.999	-18.7891	27.0791
6		1	3.2383	5.6999	1.000	-19.6958
	2	-21.5050	5.6999	.081	-44.4391	1.4291
	3	-38.6283(*)	5.6999	.000	-61.5625	-15.6942
	4	-3.2067	5.6999	1.000	-26.1408	19.7275
	5	-7.0983	5.6999	.977	-30.0325	15.8358
	7	-33.3133(*)	5.6999	.001	-56.2475	-10.3792
	8	-2.9533	5.6999	1.000	-25.8875	19.9808
	7	1	36.5517(*)	5.6999	.000	13.6175
2		11.8083	5.6999	.741	-11.1258	34.7425
3		-5.3150	5.6999	.996	-28.2491	17.6191
4		30.1067(*)	5.6999	.003	7.1725	53.0408
5		26.2150(*)	5.6999	.015	3.2809	49.1491
6		33.3133(*)	5.6999	.001	10.3792	56.2475
8		30.3600(*)	5.6999	.003	7.4259	53.2941
8		1	6.1917	5.6999	.990	-16.7425
	2	-18.5517	5.6999	.198	-41.4858	4.3825
	3	-35.6750(*)	5.6999	.000	-58.6091	-12.7409
	4	-.2533	5.6999	1.000	-23.1875	22.6808
	5	-4.1450	5.6999	.999	-27.0791	18.7891
	6	2.9533	5.6999	1.000	-19.9808	25.8875
	7	-30.3600(*)	5.6999	.003	-53.2941	-7.4259
	以觀察的平均數為基礎。					
* 在水準 .05 上的平均數差異顯著。						

表 4-8 樣本孔隙率同質子集

孔隙率				
Scheffe 法				
樣本分類	個數	子集		
		1	2	3
1	6	37.0467		
6	6	40.2850	40.2850	
8	6	43.2383	43.2383	
4	6	43.4917	43.4917	
5	6	47.3833	47.3833	
2	6		61.7900	61.7900
7	6			73.5983
3	6			78.9133
顯著性		.849	.081	.287
同質子集中組別的平均數已顯示。				
以型 III 平方和為基礎				
平均平方和 (誤差) = 97.468 中的誤差項。				
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000				
b Alpha = .05				

由以上分析可知：二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其孔隙率 61.8%-78.9%，明顯低於其他地區(孔隙率 37.0%-47.4%)。

四、土壤 pH 值

表 4-9 樣本 pH 值平均數及標準差

依變數: PH				
樣本分類	深度	平均數	標準差	個數
1	A	6.4467	.8796	3
	B	6.0667	.8713	3
	總和	6.2567	.8103	6
2	A	4.3367	.1193	3
	B	4.7467	.3900	3
	總和	4.5417	.3420	6
3	A	3.4700	.1800	3
	B	4.1000	.1900	3
	總和	3.7850	.3827	6
4	A	6.7600	.3418	3
	B	6.6467	7.095E-02	3
	總和	6.7033	.2293	6
5	A	6.1367	.2401	3
	B	6.1800	.2512	3
	總和	6.1583	.2210	6
6	A	6.1733	.3512	3
	B	5.9133	.2212	3
	總和	6.0433	.2986	6
7	A	3.3033	6.658E-02	3
	B	4.1900	.2629	3
	總和	3.7467	.5150	6
8	A	5.9867	.2139	3
	B	5.7600	.1900	3
	總和	5.8733	.2194	6
總和	A	5.3267	1.3713	24
	B	5.4504	.9785	24
	總和	5.3885	1.1801	48

表 4-10 樣本 pH 值顯著性檢定

受試者間效應項的檢定					
依變數: PH					
來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
校正後的模式	60.782(a)	15	4.052	27.730	.000
截距	1393.746	1	1393.746	9537.905	.000
樣本分類	58.338	7	8.334	57.032	.000
深度	.184	1	.184	1.258	.270
樣本分類 * 深度	2.260	7	.323	2.210	.060
誤差	4.676	32	.146		
總和	1459.204	48			
校正後的總數	65.458	47			
a R 平方 = .929 (調過後的 R 平方 = .895)					

分別檢定「土壤樣區」、「土壤深度」等變數與 pH 之平均值是否有顯著差異。

(一)「土壤樣區」與 pH 之平均值：

H_0 ：「土壤樣區」與 pH 之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤樣區」與 pH 之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=57.032；P=0

P 值=0 < 0.05，拒絕 H_0 (虛無假說)，表示不同「土壤樣區」與 pH 之平均值有顯著差異。

(二)「土壤深度」與 pH 之平均值：

H_0 ：「土壤深度」與 pH 之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤深度」與 pH 之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=1.258；P=0.27

P 值=0.27 > 0.05，接受 H_0 (虛無假說)，表示不同「土壤深度」與 pH 之平均值無顯著差異。

(三)不同「土壤樣區」及「土壤深度」與 pH 之平均值

H_0 ：「土壤樣區」及「土壤深度」與 pH 之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤樣區」及「土壤深度」與 pH 之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=2.2；P=0.06

P 值=0.06>0.05，接受 H_0 (虛無假說)，表示表示不同「土壤樣區」及「土壤深度」與 pH 之平均值無顯著差異。

表 4-11 樣本 pH 值 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: PH						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	1.7150(*)	.2207	.000	.8270	2.6030
	3	2.4717(*)	.2207	.000	1.5837	3.3597
	4	-.4467	.2207	.763	-1.3347	.4413
	5	9.833E-02	.2207	1.000	-.7897	.9863
	6	.2133	.2207	.995	-.6747	1.1013
	7	2.5100(*)	.2207	.000	1.6220	3.3980
	8	.3833	.2207	.875	-.5047	1.2713
2	1	-1.7150(*)	.2207	.000	-2.6030	-.8270
	3	.7567	.2207	.150	-.1313	1.6447
	4	-2.1617(*)	.2207	.000	-3.0497	-1.2737
	5	-1.6167(*)	.2207	.000	-2.5047	-.7287
	6	-1.5017(*)	.2207	.000	-2.3897	-.6137
	7	.7950	.2207	.111	-9.3009E-02	1.6830
	8	-1.3317(*)	.2207	.000	-2.2197	-.4437
3	1	-2.4717(*)	.2207	.000	-3.3597	-1.5837
	2	-.7567	.2207	.150	-1.6447	.1313
	4	-2.9183(*)	.2207	.000	-3.8063	-2.0303
	5	-2.3733(*)	.2207	.000	-3.2613	-1.4853
	6	-2.2583(*)	.2207	.000	-3.1463	-1.3703
	7	3.833E-02	.2207	1.000	-.8497	.9263
	8	-2.0883(*)	.2207	.000	-2.9763	-1.2003
4	1	.4467	.2207	.763	-.4413	1.3347
	2	2.1617(*)	.2207	.000	1.2737	3.0497
	3	2.9183(*)	.2207	.000	2.0303	3.8063
	5	.5450	.2207	.540	-.3430	1.4330
	6	.6600	.2207	.292	-.2280	1.5480
	7	2.9567(*)	.2207	.000	2.0687	3.8447
	8	.8300	.2207	.083	-5.8009E-02	1.7180
5	1	-9.8333E-02	.2207	1.000	-.9863	.7897
	2	1.6167(*)	.2207	.000	.7287	2.5047

	3	2.3733(*)	.2207	.000	1.4853	3.2613
	4	-.5450	.2207	.540	-1.4330	.3430
	6	.1150	.2207	1.000	-.7730	1.0030
	7	2.4117(*)	.2207	.000	1.5237	3.2997
	8	.2850	.2207	.972	-.6030	1.1730
6	1	-.2133	.2207	.995	-1.1013	.6747
	2	1.5017(*)	.2207	.000	.6137	2.3897
	3	2.2583(*)	.2207	.000	1.3703	3.1463
	4	-.6600	.2207	.292	-1.5480	.2280
	5	-.1150	.2207	1.000	-1.0030	.7730
	7	2.2967(*)	.2207	.000	1.4087	3.1847
	8	.1700	.2207	.999	-.7180	1.0580
7	1	-2.5100(*)	.2207	.000	-3.3980	-1.6220
	2	-.7950	.2207	.111	-1.6830	9.301E-02
	3	-3.8333E-02	.2207	1.000	-.9263	.8497
	4	-2.9567(*)	.2207	.000	-3.8447	-2.0687
	5	-2.4117(*)	.2207	.000	-3.2997	-1.5237
	6	-2.2967(*)	.2207	.000	-3.1847	-1.4087
	8	-2.1267(*)	.2207	.000	-3.0147	-1.2387
8	1	-.3833	.2207	.875	-1.2713	.5047
	2	1.3317(*)	.2207	.000	.4437	2.2197
	3	2.0883(*)	.2207	.000	1.2003	2.9763
	4	-.8300	.2207	.083	-1.7180	5.801E-02
	5	-.2850	.2207	.972	-1.1730	.6030
	6	-.1700	.2207	.999	-1.0580	.7180
	7	2.1267(*)	.2207	.000	1.2387	3.0147
以觀察的平均數為基礎。						
* 在水準 .050 上的平均數差異顯著。						

表 4-12 樣本 pH 值同質子集

PH			
Scheffe 法			
樣本分類	個數	子集	
		1	2
7	6	3.7467	
3	6	3.7850	
2	6	4.5417	
8	6		5.8733
6	6		6.0433
5	6		6.1583
1	6		6.2567
4	6		6.7033
顯著性		.111	.083
同質子集中組別的平均數已顯示。			
以型 III 平方和為基礎			
平均平方和 (誤差) = .146 中的誤差項。			
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000			
b Alpha = .050			

由以上可知，二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其 pH 值 介於 3.75 與 4.50 之間，明顯低於中海拔地相思樹、竹林及梅園。其 pH 值 介於 5.87 與 6.70 之間。

五、 土壤有效磷

表 4-13 樣本有效磷平均數及標準差

敘述統計				
依變數: 有效磷				
樣本分類	深度	平均數	標準差	個數
1	A	5.6467	.5139	3
	B	5.4767	.5029	3
	總和	5.5617	.4642	6
2	A	3.8333	.3955	3
	B	3.8100	.2600	3
	總和	3.8217	.2996	6
3	A	3.9533	.4565	3
	B	3.9733	.2219	3
	總和	3.9633	.3212	6
4	A	4.2600	.2722	3
	B	4.3500	.4592	3
	總和	4.3050	.3412	6
5	A	4.0400	.1752	3
	B	3.8767	.2281	3
	總和	3.9583	.2027	6
6	A	4.2800	.1916	3
	B	4.1633	.1904	3
	總和	4.2217	.1824	6
7	A	4.7033	.4842	3
	B	4.3433	8.963E-02	3
	總和	4.5233	.3686	6
8	A	4.7300	.8169	3
	B	4.0467	.1601	3
	總和	4.3883	.6460	6
	A	4.4308	.6801	24

總和	A	4.4308	.6801	24
	B	4.2550	.5653	24
	總和	4.3429	.6250	48

表 4-14 樣本有效磷顯著性檢定

受試者間效應項的檢定					
依變數: 有效磷					
來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
校正後的模式	13.611(a)	15	.907	6.113	.000
截距	905.324	1	905.324	6099.456	.000
樣本分類	12.599	7	1.800	12.126	.000
深度	.371	1	.371	2.500	.124
樣本分類 * 深度	.641	7	9.159E-02	.617	.738
誤差	4.750	32	.148		
總和	923.685	48			
校正後的總數	18.361	47			

a R 平方 = .741 (調過後的 R 平方 = .620)

分別檢定「土壤樣區」、「土壤深度」等變數與有效磷之平均值是否有顯著差異。

(一)「土壤樣區」與有效磷之平均值：

H_0 ：「土壤樣區」與有效磷之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤樣區」與有效磷之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=12.126；P=0

P 值=0 < 0.05，拒絕 H_0 (虛無假說)，表示不同「土壤樣區」與有效磷之平均值

有顯著差異。

(二)「土壤深度」與有效磷之平均值：

H_0 ：「土壤深度」與有效磷之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤深度」與有效磷之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=2.5；P=0.124

P 值=0.124>0.05，接受 H_0 (虛無假說)，表示不同「土壤深度」與有效磷之平均值無顯著差異。

表 4-15 樣本有效磷 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 有效磷						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	1.7400(*)	.2224	.000	.8450	2.6350
	3	1.5983(*)	.2224	.000	.7034	2.4933
	4	1.2567(*)	.2224	.001	.3617	2.1516
	5	1.6033(*)	.2224	.000	.7084	2.4983
	6	1.3400(*)	.2224	.001	.4450	2.2350
	7	1.0383(*)	.2224	.013	.1434	1.9333

	8	1.1733(*)	.2224	.003	.2784	2.0683
2	1	-1.7400(*)	.2224	.000	-2.6350	-.8450
	3	-.1417	.2224	1.000	-1.0366	.7533
	4	-.4833	.2224	.692	-1.3783	.4116
	5	-.1367	.2224	1.000	-1.0316	.7583
	6	-.4000	.2224	.854	-1.2950	.4950
	7	-.7017	.2224	.231	-1.5966	.1933
	8	-.5667	.2224	.499	-1.4616	.3283
	3	1	-1.5983(*)	.2224	.000	-2.4933
2		.1417	.2224	1.000	-.7533	1.0366
4		-.3417	.2224	.931	-1.2366	.5533
5		5.000E-03	.2224	1.000	-.8900	.9000
6		-.2583	.2224	.985	-1.1533	.6366
7		-.5600	.2224	.515	-1.4550	.3350
8		-.4250	.2224	.812	-1.3200	.4700
4		1	-1.2567(*)	.2224	.001	-2.1516
	2	.4833	.2224	.692	-.4116	1.3783
	3	.3417	.2224	.931	-.5533	1.2366
	5	.3467	.2224	.926	-.5483	1.2416
	6	8.333E-02	.2224	1.000	-.8116	.9783
	7	-.2183	.2224	.994	-1.1133	.6766
	8	-8.3333E-02	.2224	1.000	-.9783	.8116
	5	1	-1.6033(*)	.2224	.000	-2.4983
2		.1367	.2224	1.000	-.7583	1.0316
3		-5.0000E-03	.2224	1.000	-.9000	.8900
4		-.3467	.2224	.926	-1.2416	.5483
6		-.2633	.2224	.983	-1.1583	.6316
7		-.5650	.2224	.503	-1.4600	.3300
8		-.4300	.2224	.802	-1.3250	.4650
6		1	-1.3400(*)	.2224	.001	-2.2350
	2	.4000	.2224	.854	-.4950	1.2950
	3	.2583	.2224	.985	-.6366	1.1533
	4	-8.3333E-02	.2224	1.000	-.9783	.8116
	5	.2633	.2224	.983	-.6316	1.1583
	7	-.3017	.2224	.964	-1.1966	.5933
	8	-.1667	.2224	.999	-1.0616	.7283
	7	1	-1.0383(*)	.2224	.013	-1.9333
2		.7017	.2224	.231	-.1933	1.5966
3		.5600	.2224	.515	-.3350	1.4550
4		.2183	.2224	.994	-.6766	1.1133
5		.5650	.2224	.503	-.3300	1.4600
6		.3017	.2224	.964	-.5933	1.1966

	8	.1350	.2224	1.000	-.7600	1.0300
8	1	-1.1733(*)	.2224	.003	-2.0683	-.2784
	2	.5667	.2224	.499	-.3283	1.4616
	3	.4250	.2224	.812	-.4700	1.3200
	4	8.333E-02	.2224	1.000	-.8116	.9783
	5	.4300	.2224	.802	-.4650	1.3250
	6	.1667	.2224	.999	-.7283	1.0616
	7	-.1350	.2224	1.000	-1.0300	.7600
以觀察的平均數為基礎。						
* 在水準 .05 上的平均數差異顯著。						

表 4-16 樣本有效磷同質子集

有效磷 Scheffe 法			
樣本分類	個數	子集	
		1	2
2	6	3.8217	
5	6	3.9583	
3	6	3.9633	

6	6	4.2217	
4	6	4.3050	
8	6	4.3883	
7	6	4.5233	
1	6		5.5617
顯著性		.231	1.000
同質子集中組別的平均數已顯示。 以型 III 平方和為基礎 平均平方和 (誤差) = .148 中的誤差項。			
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000			
b Alpha = .05			

磷為細胞核重要的組成元素,促進植物生長和果實成熟,因此又稱「果肥」或「實肥」。有效磷的含量除梅山村的梅園,明顯高於其他樣區。因該梅園曾為養雞場,且目前尚有隻豬到處排遺。

六、有機質含量

表 4-17 樣本有機質平均數及標準差

依變數: 有機質				
樣本分類	深度	平均數	標準差	個數
1	A	4.4133	.2635	3
	B	4.2767	1.0761	3
	總和	4.3450	.7047	6
2	A	3.2900	.9250	3
	B	4.3733	.7067	3
	總和	3.8317	.9456	6
3	A	2.9500	.7673	3
	B	3.4833	1.3086	3
	總和	3.2167	1.0029	6
4	A	4.2467	.7948	3
	B	4.1267	.8597	3
	總和	4.1867	.7434	6
5	A	4.2233	1.1019	3
	B	3.5100	.8191	3
	總和	3.8667	.9522	6
6	A	5.1767	.2401	3
	B	4.5633	.5225	3
	總和	4.8700	.4951	6
7	A	2.9067	.6974	3
	B	3.4033	.6313	3
	總和	3.1550	.6542	6
8	A	4.2000	.2498	3
	B	4.1100	.7408	3
	總和	4.1550	.4969	6
總和	A	3.9258	.9629	24
	B	3.9808	.8409	24
	總和	3.9533	.8947	48

表 4-18 樣本顯著性檢定

受試者間效應項的檢定					
依變數: 有機質					
來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
校正後的模式	17.693(a)	15	1.180	1.894	.064
截距	750.185	1	750.185	1204.334	.000
樣本分類	13.747	7	1.964	3.153	.012
深度	3.630E-02	1	3.630E-02	.058	.811
樣本分類 * 深度	3.910	7	.559	.897	.521
誤差	19.933	32	.623		
總和	787.811	48			
校正後的總數	37.626	47			
a R 平方 = .470 (調過後的 R 平方 = .222)					

分別檢定「土壤樣區」、「土壤深度」等變數與有機質之平均值是否有顯著差異。

1. 「土壤樣區」與有機質之平均值：

H_0 ：「土壤樣區」與有機質之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤樣區」與有機質之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=3.153；P=0.12

P 值=0.12>0.05，接受 H_0 (虛無假說)，表示不同「土壤樣區」與有機質之平均值無顯著差異。

2. 「土壤深度」與有機質之平均值：

H_0 ：「土壤深度」與有機質之平均值無顯著差異。

H_1 ：「土壤深度」與有機質之平均值有顯著差異。

總檢定結果：F=0.058；P=0.811

P 值=0.811>0.05，接受 H_0 (虛無假說)，表示表示不同「土壤深度」與有機質之平均值無顯著差異。

表 4-19 樣本有機質 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 有機質						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	.5133	.4557	.987	-1.3201	2.3468
	3	1.1283	.4557	.536	-.7051	2.9618
	4	.1583	.4557	1.000	-1.6751	1.9918
	5	.4783	.4557	.992	-1.3551	2.3118
	6	-.5250	.4557	.986	-2.3584	1.3084
	7	1.1900	.4557	.467	-.6434	3.0234
	8	.1900	.4557	1.000	-1.6434	2.0234
2	1	-.5133	.4557	.987	-2.3468	1.3201
	3	.6150	.4557	.965	-1.2184	2.4484
	4	-.3550	.4557	.999	-2.1884	1.4784
	5	-3.5000E-02	.4557	1.000	-1.8684	1.7984
	6	-1.0383	.4557	.639	-2.8718	.7951
	7	.6767	.4557	.942	-1.1568	2.5101
	8	-.3233	.4557	.999	-2.1568	1.5101
3	1	-1.1283	.4557	.536	-2.9618	.7051
	2	-.6150	.4557	.965	-2.4484	1.2184
	4	-.9700	.4557	.714	-2.8034	.8634
	5	-.6500	.4557	.953	-2.4834	1.1834
	6	-1.6533	.4557	.106	-3.4868	.1801
	7	6.167E-02	.4557	1.000	-1.7718	1.8951
	8	-.9383	.4557	.747	-2.7718	.8951
4	1	-.1583	.4557	1.000	-1.9918	1.6751
	2	.3550	.4557	.999	-1.4784	2.1884
	3	.9700	.4557	.714	-.8634	2.8034

	5	.3200	.4557	.999	-1.5134	2.1534
	6	-.6833	.4557	.939	-2.5168	1.1501
	7	1.0317	.4557	.646	-.8018	2.8651
	8	3.167E-02	.4557	1.000	-1.8018	1.8651
5	1	-.4783	.4557	.992	-2.3118	1.3551
	2	3.500E-02	.4557	1.000	-1.7984	1.8684
	3	.6500	.4557	.953	-1.1834	2.4834
	4	-.3200	.4557	.999	-2.1534	1.5134
	6	-1.0033	.4557	.678	-2.8368	.8301
	7	.7117	.4557	.925	-1.1218	2.5451
	8	-.2883	.4557	1.000	-2.1218	1.5451
	6	1	.5250	.4557	.986	-1.3084
2		1.0383	.4557	.639	-.7951	2.8718
3		1.6533	.4557	.106	-.1801	3.4868
4		.6833	.4557	.939	-1.1501	2.5168
5		1.0033	.4557	.678	-.8301	2.8368
7		1.7150	.4557	.083	-.1184	3.5484
8		.7150	.4557	.923	-1.1184	2.5484
7		1	-1.1900	.4557	.467	-3.0234
	2	-.6767	.4557	.942	-2.5101	1.1568
	3	-6.1667E-02	.4557	1.000	-1.8951	1.7718
	4	-1.0317	.4557	.646	-2.8651	.8018
	5	-.7117	.4557	.925	-2.5451	1.1218
	6	-1.7150	.4557	.083	-3.5484	.1184
	8	-1.0000	.4557	.681	-2.8334	.8334
	8	1	-.1900	.4557	1.000	-2.0234
2		.3233	.4557	.999	-1.5101	2.1568
3		.9383	.4557	.747	-.8951	2.7718
4		-3.1667E-02	.4557	1.000	-1.8651	1.8018
5		.2883	.4557	1.000	-1.5451	2.1218
6		-.7150	.4557	.923	-2.5484	1.1184
7		1.0000	.4557	.681	-.8334	2.8334
以觀察的平均數為基礎。						

表 4-20 樣本有機質同質子集

有機質 Scheffe 法		
	個數	子集
樣本分類		1
7	6	3.1550
3	6	3.2167
2	6	3.8317
5	6	3.8667
8	6	4.1550
4	6	4.1867
1	6	4.3450
6	6	4.8700
顯著性		.083
同質子集中組別的平均數已顯示。 以型 III 平方和為基礎 平均平方和 (誤差) = .623 中的誤差項。		
a 使用調和平均數樣本大小 = 6.000		
b Alpha = .050		

由同質子集可知，各種不同地區的有機質差異不顯著。

七、飽和水力傳導度

表 4-21 樣本飽和水力傳導度 Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 傳導 K 值						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	-1.94953947E-02	1.4554504E-02	.962	-8.22662830E-02	4.3275494E-02
	3	-4.28455570E-02	1.4554504E-02	.339	-.10561645	1.9925331E-02
	4	-2.57234927E-02	1.4554504E-02	.859	-8.84943810E-02	3.7047396E-02
	5	-3.02755097E-02	1.4554504E-02	.734	-9.30463980E-02	3.2495379E-02
	6	-3.21570647E-02	1.4554504E-02	.674	-9.49279530E-02	3.0613824E-02
	7	-1.64567773E-02	1.4554504E-02	.985	-7.92276656E-02	4.6314111E-02
	8	-4.63505157E-02	1.4554504E-02	.254	-.10912140	1.6420373E-02
	2	1.9495395E-02	1.4554504E-02	.962	-4.32754936E-02	8.2266283E-02
2	3	-2.33501623E-02	1.4554504E-02	.908	-8.61210506E-02	3.9420726E-02
	4	-6.22809800E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.89989863E-02	5.6542790E-02
	5	-1.07801150E-02	1.4554504E-02	.999	-7.35510033E-02	5.1990773E-02
	6	-1.26616700E-02	1.4554504E-02	.997	-7.54325583E-02	5.0109218E-02
	8	-4.63505157E-02	1.4554504E-02	.254	-.10912140	1.6420373E-02

	7	3.0386173E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.97322710E-02	6.5809506E-02
	8	-2.68551210E-02	1.4554504E-02	.831	-8.96260093E-02	3.5915767E-02
3	1	4.2845557E-02	1.4554504E-02	.339	-1.99253313E-02	.10561645
	2	2.3350162E-02	1.4554504E-02	.908	-3.94207260E-02	8.6121051E-02
	4	1.7122064E-02	1.4554504E-02	.981	-4.56488240E-02	7.9892953E-02
	5	1.2570047E-02	1.4554504E-02	.997	-5.02008410E-02	7.5340936E-02
	6	1.0688492E-02	1.4554504E-02	.999	-5.20823960E-02	7.3459381E-02
	7	2.6388780E-02	1.4554504E-02	.843	-3.63821086E-02	8.9159668E-02
	8	-3.50495867E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.62758470E-02	5.9265930E-02
	4	1	2.5723493E-02	1.4554504E-02	.859	-3.70473956E-02
2		6.2280980E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.65427903E-02	6.8998986E-02
3		-1.71220643E-02	1.4554504E-02	.981	-7.98929526E-02	4.5648824E-02
5		-4.55201700E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.73229053E-02	5.8218871E-02
6		-6.43357200E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.92044603E-02	5.6337316E-02
7		9.2667153E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.35041730E-02	7.2037604E-02
8		-2.06270230E-02	1.4554504E-02	.950	-8.33979113E-02	4.2143865E-02
5		1	3.0275510E-02	1.4554504E-02	.734	-3.24953786E-02
	2	1.0780115E-02	1.4554504E-02	.999	-5.19907733E-02	7.3551003E-02
	3	-1.25700473E-02	1.4554504E-02	.997	-7.53409356E-02	5.0200841E-02
	4	4.5520170E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.82188713E-02	6.7322905E-02
	6	-1.88155500E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.46524433E-02	6.0889333E-02
	7	1.3818732E-02	1.4554504E-02	.995	-4.89521560E-02	7.6589621E-02
	8	-1.60750060E-02	1.4554504E-02	.987	-7.88458943E-02	4.6695882E-02
	6	1	3.2157065E-02	1.4554504E-02	.674	-3.06138236E-02
2		1.2661670E-02	1.4554504E-02	.997	-5.01092183E-02	7.5432558E-02
3		-1.06884923E-02	1.4554504E-02	.999	-7.34593806E-02	5.2082396E-02
4		6.4335720E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.63373163E-02	6.9204460E-02
5		1.8815550E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.08893333E-02	6.4652443E-02
7		1.5700287E-02	1.4554504E-02	.989	-4.70706010E-02	7.8471176E-02
8		-1.41934510E-02	1.4554504E-02	.994	-7.69643393E-02	4.8577437E-02
7		1	1.6456777E-02	1.4554504E-02	.985	-4.63141110E-02
	2	-3.03861733E-03	1.4554504E-02	1.000	-6.58095056E-02	5.9732271E-02
	3	-2.63887797E-02	1.4554504E-02	.843	-8.91596680E-02	3.6382109E-02
	4	-9.26671533E-03	1.4554504E-02	1.000	-7.20376036E-02	5.3504173E-02
	5	-1.38187323E-02	1.4554504E-02	.995	-7.65896206E-02	4.8952156E-02
	6	-1.57002873E-02	1.4554504E-02	.989	-7.84711756E-02	4.7070601E-02
	8	-2.98937383E-02	1.4554504E-02	.745	-9.26646266E-02	3.2877150E-02
	8	1	4.6350516E-02	1.4554504E-02	.254	-1.64203726E-02
2		2.6855121E-02	1.4554504E-02	.831	-3.59157673E-02	8.9626009E-02
3		3.5049587E-03	1.4554504E-02	1.000	-5.92659296E-02	6.6275847E-02
4		2.0627023E-02	1.4554504E-02	.950	-4.21438653E-02	8.3397911E-02
5		1.6075006E-02	1.4554504E-02	.987	-4.66958823E-02	7.8845894E-02

	6	1.4193451E-02	1.4554504E-02	.994	-4.85774373E-02	7.6964339E-02
	7	2.9893738E-02	1.4554504E-02	.745	-3.28771500E-02	9.2664627E-02
以觀察的平均數為基礎。						

表 4-22 樣本飽和水力傳導度同質子集

傳導 K 值 Scheffe 法		
	個數	子集
樣本分類		1
1	3	2.2777559E-02
7	3	3.9234336E-02
2	3	4.2272954E-02
4	3	4.8501052E-02
5	3	5.3053069E-02
6	3	5.4934624E-02
3	3	6.5623116E-02
8	3	6.9128075E-02
顯著性		.254
同質子集中組別的平均數已顯示。 以型 III 平方和為基礎 平均平方和 (誤差) = 3.178E-04 中的誤差項。		
a 使用調和平均數樣本大小 = 3.000		
b Alpha = .05		

由以上分析結果，飽和水力傳導 K 值各種土壤差異性質不大。

八、土壤粒徑 D₅₀ 分析

D₅₀ 以粒徑為橫軸，累積過篩百分比為縱軸，累積過篩百分比為 50% 時的粒徑大小。

表 4-23 D₅₀Post Hoc 檢定

多重比較						
依變數: 粒徑						
Scheffe 法						
		平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
(I) 樣本分類	(J) 樣本分類				下限	上限
1	2	-6.0000E-02	.3628	1.000	-1.5199	1.3999
	3	-.1133	.3628	1.000	-1.5733	1.3466
	4	-.2283	.3628	1.000	-1.6883	1.2316
	5	-.1800	.3628	1.000	-1.6399	1.2799
	6	-.1917	.3628	1.000	-1.6516	1.2683
	7	-1.0100	.3628	.383	-2.4699	.4499
	8	-.1967	.3628	1.000	-1.6566	1.2633
2	1	6.000E-02	.3628	1.000	-1.3999	1.5199
	3	-5.3333E-02	.3628	1.000	-1.5133	1.4066
	4	-.1683	.3628	1.000	-1.6283	1.2916
	5	-.1200	.3628	1.000	-1.5799	1.3399
	6	-.1317	.3628	1.000	-1.5916	1.3283
	7	-.9500	.3628	.463	-2.4099	.5099
	8	-.1367	.3628	1.000	-1.5966	1.3233
3	1	.1133	.3628	1.000	-1.3466	1.5733
	2	5.333E-02	.3628	1.000	-1.4066	1.5133
	4	-.1150	.3628	1.000	-1.5749	1.3449
	5	-6.6667E-02	.3628	1.000	-1.5266	1.3933
	6	-7.8333E-02	.3628	1.000	-1.5383	1.3816
	7	-.8967	.3628	.539	-2.3566	.5633
	8	-8.3333E-02	.3628	1.000	-1.5433	1.3766
4	1	.2283	.3628	1.000	-1.2316	1.6883
	2	.1683	.3628	1.000	-1.2916	1.6283
	3	.1150	.3628	1.000	-1.3449	1.5749
	5	4.833E-02	.3628	1.000	-1.4116	1.5083
	6	3.667E-02	.3628	1.000	-1.4233	1.4966
	7	-.7817	.3628	.701	-2.2416	.6783
	8	3.167E-02	.3628	1.000	-1.4283	1.4916
5	1	.1800	.3628	1.000	-1.2799	1.6399
	2	.1200	.3628	1.000	-1.3399	1.5799
	3	6.667E-02	.3628	1.000	-1.3933	1.5266

	4	-4.8333E-02	.3628	1.000	-1.5083	1.4116
	6	-1.1667E-02	.3628	1.000	-1.4716	1.4483
	7	-.8300	.3628	.634	-2.2899	.6299
	8	-1.6667E-02	.3628	1.000	-1.4766	1.4433
6	1	.1917	.3628	1.000	-1.2683	1.6516
	2	.1317	.3628	1.000	-1.3283	1.5916
	3	7.833E-02	.3628	1.000	-1.3816	1.5383
	4	-3.6667E-02	.3628	1.000	-1.4966	1.4233
	5	1.167E-02	.3628	1.000	-1.4483	1.4716
	7	-.8183	.3628	.651	-2.2783	.6416
	8	-5.0000E-03	.3628	1.000	-1.4649	1.4549
7	1	1.0100	.3628	.383	-.4499	2.4699
	2	.9500	.3628	.463	-.5099	2.4099
	3	.8967	.3628	.539	-.5633	2.3566
	4	.7817	.3628	.701	-.6783	2.2416
	5	.8300	.3628	.634	-.6299	2.2899
	6	.8183	.3628	.651	-.6416	2.2783
	8	.8133	.3628	.658	-.6466	2.2733
8	1	.1967	.3628	1.000	-1.2633	1.6566
	2	.1367	.3628	1.000	-1.3233	1.5966
	3	8.333E-02	.3628	1.000	-1.3766	1.5433
	4	-3.1667E-02	.3628	1.000	-1.4916	1.4283
	5	1.667E-02	.3628	1.000	-1.4433	1.4766
	6	5.000E-03	.3628	1.000	-1.4549	1.4649
	7	-.8133	.3628	.658	-2.2733	.6466
以觀察的平均數為基礎。						

表 4-24 D₅₀ 同質子集

粒徑 Scheffe 法		
	個數	子集
樣本分類		1
1	6	.5633
2	6	.6233
3	6	.6767
5	6	.7433
6	6	.7550
8	6	.7600
4	6	.7917
7	6	1.5733
顯著性		.383
同質子集中組別的平均數已顯示。 以型 III 平方和為基礎 平均平方和 (誤差) = .395 中的誤差項。		

由以上分析結果，D₅₀ 各種土壤差異性質不大。

九、迴歸分析

本實驗僅針對各分類土壤的表層土做水力傳導度 K 值實驗，故求主要影響因子對於表層土壤水力傳導度 K 值做迴歸分析。

(一) 利用傳導 K 值做因變數，有機質及孔隙率做自變數，求出迴歸式。

表 4-25 樣本飽和水力傳導係數與有機質及孔隙率之迴歸式相關係數

模式摘要									
模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	變更統計量				
					R 平方改變量	F 改變	分子自由度	分母自由度	顯著性 F 改變
1	.243(a)	.059	-.031	2.0917042E-02	.059	.658	2	21	.528
a 預測變數：(常數), 孔隙率, 有機質									

表 4-26 樣本飽和水力傳導係數與有機質及孔隙率之迴歸式

係數(a)								
模式	未標準化係數		標準化係數		t	顯著性	共線性統計量	
	B 之估計值	標準誤	Beta	分配			允差	VIF
1	(常數)	1.401E-02	.042		.330	.745		
	有機質	3.553E-03	.007	.166	.541	.594	.476	2.099
	孔隙率	3.804E-04	.000	.334	1.090	.288	.476	2.099
a 依變數\ : 傳導 K 值								

由以上分析可知：

傳導度 K 值=0.01401+0.003553*有機質+0.0003804*孔隙率。

但 R=0.243 屬低度相關，且判定係數 R 平方 0.059 過低。

(二)以飽和水力傳導 K 值與孔隙率做迴歸分析結果如下。

表 4-27 樣本飽和水力傳導度與孔隙率之迴歸式相關係數

模式摘要									
模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	變更統計量				
					R 平方改變量	F 改變	分子自由度	分母自由度	顯著性 F 改變
1	.214(a)	.046	.003	2.0578205E-02	.046	1.058	1	22	.315
a 預測變數 : (常數), 孔隙率									

表 4-28 樣本飽和水力傳導度與孔隙率之迴歸式

係數(a)						
模式	未標準化係數		標準化係數		t	顯著性
	B 之估計值	標準誤	Beta	分配		

1	(常數)	3.568E-02	.014		2.543	.019
	孔隙率	2.437E-04	.000	.214	1.029	.315
a 依變數\ : 傳導 K 值						

若以飽和水力傳導 K 值與孔隙率做迴歸，傳導度 K 值=0.03568+0.0002437*孔隙率。

但 R=0.214 屬低度相關。

(三) 以飽和水力傳導 K 值與有機質做迴歸分析結果如下。

表 4-29 樣本飽和水力傳導度與有機質之迴歸式相關係數

模式摘要									
模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	變更統計量				
					R 平方改變量	F 改變	分子自由度	分母自由度	顯著性 F 改變
1	.076(a)	.006	-.039	2.1006347E-02	.006	.128	1	22	.724
a 預測變數 : (常數), 有機質									

表 4-30 樣本飽和水力傳導度與有機質之迴歸式係數

係數(a)						
模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	5.582E-02	.018		3.039	.006
	有機質	-1.625E-03	.005	-.076	-.357	.724
a 依變數\ : 傳導 K 值						

若以飽和水力傳導 K 值與有機質做迴歸，傳導度 K 值=0.0582-0.001625*有機質。

但 $R=0.076$ 屬低度相關。

本實驗以利用飽和水力傳導 K 值做因變數，有機質及孔隙率做自變數，相關係數過低。

(四)利用傳導 K 值做因變數，有機質及孔隙率、 D_{50} 做自變數，求出迴歸式。

表 4-31 樣本飽和水力傳導度與有機質及孔隙率、 D_{50} 之迴歸式相關係數

模式摘要				
模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
1	.377(a)	.142	.013	2.0469268E-02
a 預測變數：(常數), 孔隙率, 粒徑, 有機質				

表 4-32 樣本飽和水力傳導度與有機質及孔隙率、D₅₀ 之迴歸式係數

係數(a)						
模式		未標準化係數		標準化係數		顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta	分配	
1	(常數)	1.494E-02	.042			.723
	粒徑	-6.397E-03	.005	-.319	-1.389	.180
	有機質	2.960E-03	.006	.138	.460	.651
	孔隙率	5.125E-04	.000	.450	1.446	.164

a 依變數\ : 傳導 K 值

以飽和水力傳導 K 值與 D₅₀、有機質、孔隙率做迴歸分析結果如下：

傳導度 K 值=0.01494-0.006397* D₅₀+0.00296*有機質+0.0005125*孔隙率。

但 R=0.377 屬中度相關。

第五章 結論與建議

第一節 結論

一、二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其 pH 值 介於 3.75 與 4.50 之間，明顯低於中海拔地相思樹、竹林及梅園，其 pH 值 介於 5.87 與 6.70 之間。但相同土壤樣區，不同土壤深度的 pH 值差異不顯著。

二、二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其孔隙率 61.8%-78.9%，明顯低於其他地區(孔隙率 37.0%-47.4%)。

三、二葉松、鐵杉闊葉樹混合林、檜木及雲杉混合林等高於 2500 公尺的針葉林地區，其假比重 0.47-0.95，明顯低於其他地區 1.31-1.54。

四、除塔關山檜木及雲杉混合林真比重為 2.00 偏低，其餘生育地約 2.20-2.50 之間，經實際採樣發現塔關山的土壤幾乎為樹木木質部腐朽部份，但有機質卻未提高。

五、有效磷的含量除梅山村的梅園，明顯高於其他樣區。因該梅園曾為養雞場，且目前尚有隻豬到處排遺。即土壤磷的偏高需受人為干擾。而且，「土壤深度」與有效磷之平均值無顯著差異。

六、各種不同生育地區及深度的有土壤機質、飽和水力傳導 K 值、 D_{50} 差異不顯著。

七、本次實驗以飽和水力傳導 K 值做因變數，有機質及孔隙率做自變數，相關係數過低。但以飽和水力傳導 K 值做因變數， D_{50} 有機質及孔隙率做自變數，相關係數提高至 $R=0.377$ 。

第一節 建議

建議一

(建議主題)：立即可行建議

主辦機關：行政院內政部

協辦機關：行政院農委會

因收集資料皆有 GPS 定位，可供日後國土資訊系統項下林地土壤資料庫管理供應系統資料參考。

建議二

(建議主題)：中長期建議

主辦機關：行政院內政部

協辦機關：行政院農委會

本次研究主要針對不同生育地的水份傳導度做研究，但土壤部分影響水分傳導度的孔隙，非僅由植物根系植群造成，亦可能由土壤微生物所造成，而土壤微生物的多寡可能與有機質有關，日後如有動物系或昆蟲系背景的人，亦可針對這領域研究。但根據莊俊逸等(2003)塔塔加地區土壤動物的種類組成，以高山針葉林土壤動物類型。林相中土壤動物數量及類群數以鐵杉林為最多，但本調查報告鐵杉林的有機質較高。

本次因已有採樣地點的正確位置資料，日後如有機會有相關計畫，有關生態、生物及化學相關領域的計畫，皆可持續進行。

附錄一：實驗數據

	樣本分類	深度	真比重一	真比重二	真比重平均	假比重	水分係數
1-1-A	1	A	2.46	2.28	2.37	1.49	1.026
1-1-B	1	B	2.55	2.58	2.57	1.72	1.025
1-2-A	1	A	2.45	2.4	2.42	1.56	1.0336
1-2-B	1	B	2.47	2.41	2.44	1.45	1.0376
1-3-A	1	A	2.47	2.51	2.49	1.59	1.0214
1-3-B	1	B	2.45	2.37	2.41	1.45	1.0273
2-1-A	2	A	2.38	2.38	2.38	1.15	1.043
2-1-B	2	B	2.52	2.55	2.53	1.18	1.031
2-2-A	2	A	2.34	2.48	2.41	0.46	1.0329
2-2-B	2	B	2.7	2.54	2.62	0.92	1.0202
2-3-A	2	A	2.37	2.44	2.4	1.01	1.0392
2-3-B	2	B	2.52	2.73	2.63	1	1.0196
3-1-A	3	A	2.01	1.98	1.99	0.39	1.0874
3-1-B	3	B	2.34	2.28	2.31	0.45	1.0749
3-2-A	3	A	2.13	1.94	2.03	0.13	1.1016
3-2-B	3	B	2.33	2.23	2.28	0.68	1.0628
3-3-A	3	A	2.14	2.38	2.26	0.59	1.0766
3-3-B	3	B	2.4	2.31	2.35	0.59	1.0593
4-1-A	4	A	2.58	2.42	2.5	1.05	1.0236
4-1-B	4	B	2.69	2.44	2.56	1.47	1.022
4-2-A	4	A	2.35	2.29	2.32	1.3	1.0378
4-2-B	4	B	2.57	2.32	2.44	1.7	1.0288
4-3-A	4	A	2.42	2.42	2.42	1.16	1.0619
4-3-B	4	B	2.53	2.46	2.5	1.65	1.0244
5-1-A	5	A	2.39	2.35	2.37	0.68	1.0344
5-1-B	5	B	2.55	2.54	2.55	1.7	1.0261
5-2-A	5	A	2.48	2.44	2.46	1.24	1.03
5-2-B	5	B	2.52	2.54	2.53	1.22	1.0219
5-3-A	5	A	2.37	2.55	2.46	1.38	1.0292
5-3-B	5	B	2.5	2.56	2.53	1.66	1.0245
6-1-A	6	A	2.59	2.37	2.48	1.14	1.0314
6-1-B	6	B	2.56	2.5	2.53	1.25	1.0262
6-2-A	6	A	2.37	2.31	2.34	1.34	1.0296
6-2-B	6	B	2.48	1.68	2.08	1.75	1.0267

6-3-A	6	A	2.42	2.42	2.42	1.62	1.0278
6-3-B	6	B	2.55	2.46	2.51	1.37	1.0255
7-1-A	7	A	1.86	1.82	1.84	0.62	1.0943
7-1-B	7	B	2.16	2.22	2.19	0.49	1.0975
7-2-A	7	A	1.91	1.86	1.89	0.19	1.0764
7-2-B	7	B	2.44	2.42	2.43	0.7	1.0374
7-3-A	7	A	1.6	1.57	1.58	0.4	1.173
7-3-B	7	B	2.06	2.09	2.07	0.79	1.1356
8-1-A	8	A	2.42	2.48	2.45	1.38	1.028
8-1-B	8	B	1.87	2.54	2.21	1.42	1.0247
8-2-A	8	A	2.48	2.55	2.51	1.42	1.0271
8-2-B	8	B	2.5	2.55	2.53	1.45	1.0232
8-3-A	8	A	2.5	2.43	2.46	1.43	1.0297
8-3-B	8	B	2.49	2.46	2.48	1.19	1.0334

	pH	土壤性質	有機質	有效磷	水分傳導係數	粒徑 D50	孔隙率
1-1-A	5.88	中酸性	4.12	6.24	0.049683	0.37	37.13
1-1-B	5.63	中酸性	3.23	5.87	.	0.64	33.07
1-2-A	6	中酸性	4.63	5.34	0.018437	0.68	35.54
1-2-B	5.5	強酸性	5.38	5.65	.	0.52	40.57
1-3-A	7.46	弱鹼性	4.49	5.36	0.000213	0.63	36.14
1-3-B	7.07	中性	4.22	4.91	.	0.54	39.83
2-1-A	4.3	極酸性	3.28	3.6	0.057689	0.26	51.68
2-1-B	4.3	極酸性	5.05	3.95	.	0.55	53.36
2-2-A	4.47	極酸性	4.22	3.61	0.046073	0.88	80.91
2-2-B	5.02	極強酸性	4.43	3.97	.	0.42	64.89
2-3-A	4.24	極酸性	2.37	4.29	0.023057	0.74	57.92
2-3-B	4.92	極強酸性	3.64	3.51	.	0.89	61.98
3-1-A	3.65	極酸性	3.53	4.48	0.076841	0.56	80.4
3-1-B	4.29	極酸性	2.83	4.22	.	0.67	80.52
3-2-A	3.29	極酸性	2.08	3.71	0.072969	0.47	93.6
3-2-B	3.91	極酸性	2.63	3.91	.	0.9	70.18
3-3-A	3.47	極酸性	3.24	3.67	0.047059	0.74	73.89
3-3-B	4.1	極酸性	4.99	3.79	.	0.72	74.89

4-1-A	7.08	中性	3.39	3.95	0.065334	0.66	58
4-1-B	6.71	中性	3.22	4.		0.95	42.58
4-2-A	6.8	中性	4.39	4.46	0.049814	0.78	43.97
4-2-B	6.57	微酸性	4.23	4.18.		0.65	30.33
4-3-A	6.4	微酸性	4.96	4.37	0.030355	0.95	52.07
4-3-B	6.66	中性	4.93	4.87.		0.76	34
5-1-A	5.96	中酸性	3.04	4.22	0.053408	0.81	71.31
5-1-B	6.04	中酸性	2.59	3.75.		0.56	33.33
5-2-A	6.04	中酸性	5.22	3.87	0.04725	1.07	49.59
5-2-B	6.47	微酸性	3.78	3.74.		0.89	51.78
5-3-A	6.41	微酸性	4.41	4.03	0.058501	0.53	43.9
5-3-B	6.03	中酸性	4.16	4.14.		0.6	34.39
6-1-A	5.84	中酸性	4.9	4.5	0.069179	0.71	54.03
6-1-B	5.68	中酸性	4.86	3.98.		0.75	50.59
6-2-A	6.14	微酸性	5.3	4.19	0.057557	0.72	42.74
6-2-B	5.94	中酸性	3.96	4.36.		0.79	15.87
6-3-A	6.54	微酸性	5.33	4.15	0.038068	0.84	33.06
6-3-B	6.12	微酸性	4.87	4.15.		0.72	45.42
7-1-A	3.26	極酸性	3.7	5.22	0.041333	0.1	66.3
7-1-B	4.3	極酸性	3.63	4.39.		0.4	77.63
7-2-A	3.27	極酸性	2.63	4.63	0.049938	4.8	89.95
7-2-B	3.89	極酸性	3.89	4.24.		0.42	71.19
7-3-A	3.38	極酸性	2.39	4.26	0.026432	3.5	74.68
7-3-B	4.38	極酸性	2.69	4.4.		0.22	61.84
8-1-A	6.1	微酸性	4.28	4.06	0.040546	0.8	43.67
8-1-B	5.95	中酸性	3.39	4.21.		0.88	35.75
8-2-A	6.12	微酸性	3.92	4.49	0.085153	0.47	43.43
8-2-B	5.76	中酸性	4.07	3.89.		0.88	42.69
8-3-A	5.74	中酸性	4.4	5.64	0.081685	0.72	41.87
8-3-B	5.57	中酸性	4.87	4.04.		0.81	52.02

附錄二：實驗照片



圖一將鋼圈打入土中



圖二將鋼圈挖出



圖三將鋼圈外多餘土壤去除，取不擾動土壤



圖四取表土做化學分析



圖五 測量土壤深度



圖六測土壤有機質



圖七 測水力傳導度



圖八 測水力傳導度



圖九測水力傳導度



圖十測團粒穩定度



圖十一測團粒穩定度

參考書目

中文部分

王明仁、王明光、譚鎮中、賴朝明(2003)，塔塔加高山森林生態系中土壤微生物生質量、酸性磷酸酯酶活性與土壤中生物有效性磷含量之關係，土壤與環境 6(4)：121-131。

莊俊逸、王亞男、王明光、吳星輝(2004)塔塔加高山地區鐵杉、玉山箭竹及草原表上之物理與化學性質比較，臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，18卷1期：35-40

陳明杰 (1993) 蓮華池地區不同林相土壤孔隙分布特性之研究。中華林學季刊 26(2)：63-77。

陳明杰、何正品 (1996) 蓮華池森林集水區坡面土壤水分變化之研究。中華林學季刊 29(2)：15-33。

陳明杰、陳家民、高庭芳、洪志遠 (2006)福山林地土壤飽和水力傳導度特性及其推估公式。中華林學季刊 39(2)：173-188。

陳明杰、黃禱慧 (2006)張力滲透計應用於蓮華池五號集水區土壤水力傳導度測定分析。中華林學季刊 39(2)：207-220。

陳佩松(1993) 坡面表土飽和水力傳導度之推估。國立中興大學水土保持系碩士論文。台中。

萬鑫森譯 (1987) 基礎土壤物理學。茂昌圖書有限公司。

洪志遠 (2006) 蓮華池集水區不飽和土壤的水力特性，碩士論文。臺灣大學森林環境暨資源學研究所。

玉山國家公園南橫解說手冊(1987)。

林永隆(2000)香楠林坡面土壤水分變化之研究為瞭解降雨對土壤水分時間與空間的變化，碩士論文，國立屏東科技大學，水土保持系碩士班，屏東。

黃國禎(1995) 土壤物理學實習。

黃國禎、鄧秀平(1990)土壤學實習。

黃彥凱，2007，老埤台地不同植生下土壤孔隙特性之研究，碩士論文，國立屏東科技大學，水土保持系碩士班，屏東。

葉旭容、曾聰堯、王亞男、王明光(2006)，塔塔加地區三種林型下土壤有機質之特性分析 - 碳十三核磁共振分析，中華林學季刊 39(4)：459-467。

張瑀芳、林世宗、蔡呈奇(2006)，臺灣東北部柳杉人工林土壤有機碳儲量的推估，臺灣林業科學 21(4)：383-393。

莊舜堯、陳岳民、王明光、郭幸榮、黃正良、金恒鑣(2005) 森林疏伐對土壤氮素礦化及硝化作用之影響，臺灣林業科學 20(2)：167-177。

莊舜堯、林珈吟、王明光、郭幸榮(2003)，水分對臺灣塔塔加地區雲杉與鐵杉土壤氮素礦化及硝化的影響，土壤與環境 6(4)：175-181。

莊俊逸、袁孝維、王亞男(2003)。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 17(4)：239-245
玉山國家公園管理處，1997，玉山國家公園南橫解說手冊。

玉山國家公園管理處，1986，南橫地質。

蘇正炎，1998，阿里山公路沿線不同土地利用對土壤滲透及水質影響之研究，碩士論文，國立中興大學，水土保持所，台中。

蔡議誌(2001)，坡地單一土層與複合土層水力傳導度之研究，碩士論文，國立中興大學，水土保持學系，台中。

曾豐盛，1995，森林土壤對水源涵養功效之研究，碩士論文，國立中興大學，水土保持所，台中。

謝政道，1984，森林土壤對於水資源涵養機能之探討，碩士論文，國立中興大學，水土保持所，台中。

廖永綜，1997，南仁山森林生態系氮之收支與循環之探討，碩士論文，國立屏東科技大學，環境工程技術研究所，屏東。

吳明隆，2006，SPSS 統計應用學習實務 p.6-1-p.8-42，知城數位科技股份有限公司，台北。

吳明隆，涂金堂，2007，SPSS 與統計應用分析 p.381-p.522，五南圖書出版股份有限公司，台北。

英文部分

Arya,L.M.,F.J.Leih,P.J.Shouse, and M.Th.van Gemuchten(1999).Relation between the Hydraulic Conductivity Fuction and the Particle-Size Distribution. Soil Sci.Soc.Am.J.63:1063-1070.

Beate Zimmermann ,Helmut Elsenbeer ，2008 ，Spatial and temporal variability of soil saturated hydraulic conductivity in gradients of disturbance. Journal of Hydrology(2008)361 ， p78-95.

Bloenmen,W.(1980) Calculation of hydraulic conductivities of soil from texture and organic matter content. Z. Pflanzermahr. Bodenkd.,43:581-605.

Cosby,B.J.,G.M.Homberger,R.B.Clapp, and T.R.Ginn(1984).A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soil. Water Resource. Res.,20:682-690.

C.T.Petersen, A.Trautmer,S.Hansen(2008) Spatio-temporal variation of saturated hydraulic conductivity in a tilled sandy loam soil.*Soil & Tillage Research* 100(2008):108-113.

Mbagwu , J.S.C(1995).Saturated hydraulic conductivity in relation to physical properties of soil in Nsukka Plains, southeastern Nigeria. *Geoderma*.68:51-66.