

78年生態研究第022號

自然保護區生態基準資料庫之建立(四)

Developing an Ecological Data System for Nature Preserves

謝長富

陳尊賢

中華民國七十九年五月

總 目 錄

PRIS 1.0, 植被分析與植物資源處理 之軟體	1
臺灣北部塔曼山區灰壤化土之特性、 化育與分類	87

PRIS 1.0, 植被分析與植物資源
處理之軟體

PRIS 1.0, a Software for Vegetation Analysis
and Plant Information Handling

謝長富
國立臺灣大學植物學研究所

目 錄

摘 要	5
英 文 摘 要	7
壹、前 言	9
貳、軟硬體需求	11
參、PRIS 1.0 之功能與使用	12
肆、討 論	79
伍、參考文獻	80

摘 要

PRIS 1.0爲一整合性之軟體有助於植被分析及植物資源之調查，其目的在提供有關植被及植種之相關資料給予科學研究者、保育單位、土地利用規劃者及資源經營者。PRIS之資料來源包含：(1)標本館及博物館收藏之標本；(2)分類學、植物地理學及生態學等相關之研究報告；及(3)實際野外收集之資料。

PRIS在目前廣汎流行之 286及 386微電腦上執行，可區分爲兩單元，其間有部分互通性。

第一單元PRIS I做爲植被分析之用，其主要功能爲：(1)原始調查資料整理；(2)植物目錄製作；(3)相似性度量；(4)優勢度及組成分析；(5)種歧異度計算；(6)排序分析；(7)群團分析；(8)迴歸分析；(9)族群結構分析；(10)分佈類型分析等。

第二單元PRIS II可供綜合植種資料之用。舉凡分類特徵、生物特性、生育地狀況、稀有度、生存威脅以及標本資料均可納入，以做爲查詢之依據。另外PRIS II尚合併影像及圖形之功能，使得運用上更具彈性。

**PRIS 1.0, A SOFTWARE FOR VEGETATION ANALYSIS AND
PLANT INFORMATION HANDLING**

CHANG-FU HSIEH(*)

ABSTRACT

The PRIS is an integrated software system designed to facilitate vegetation survey and resource inventories. The concept behind this system was to develop a tool that could provide information about species and vegetation to conservation agencies, scientific researches, land-use planners, and resource managers. Sources of information included in the PRIS can be: (1) museum or herbarium collections; (2) extensive searches through scientific and popular publications pertaining to the taxonomy, phytogeography, ecology, biology, and uses of plants; and (3) data from field survey.

PRIS takes the advantage of the affordable and widespread personal computer. It requires a 286 or 386 computer with an image system. The software is organized into two subsystems.

The first subsystems PRIS I is used for vegetation analysis. Capabilities include: raw data manipulation, plant list preparation, resemblance measurement, dominance and composition analyses, calculation of species diversity, ordination, clustering, regression, population structure analysis, and preparation of species distribution.

The second subsystem PRIS II is designed to synthesize information on the status of a species or other taxon. It integrates information regarding herbarium collections, taxonomic classification, biological characteristics, habitat and environment, economic value, legal status, and degree of threat or protection for the various populations. The subsystem also incorporates graphics and image functions, and makes it more versatile and powerful.

(*) Department of Botany, National Taiwan University,
Taipei, Taiwan 10764, ROC.

壹、前 言

PRIS 1.0 是以PC個人電腦為基礎所設計出之一套軟體系統。其目的在協助地區性植物資源之調查、植被特性分析、稀特有植物族群及其生育地現況之評估、植物分佈及其他相關資料之擷取處理等。

PRIS軟體可區分為兩部分，其間有其相關性。第一部分PRIS I 提供諸多功能，做為植被特性分析之用。主要功能已如農委會77年生態研究第 022號中所述，計包含：(1) 原始調查資料整理；(2) 植物名錄製作；(3) 植被組成及優勢度分析；(4) 種歧異度計算；(5) 排序分析 (ordination) (6) 歸類分析 (classification) ；(7) 回歸分析；以及(8) 族群結構分析等。本文僅表列主要指令之功能，並附執行結果之範例。對有遺漏之部分如歸類法中之雙向列表法 (TWINSpan) 、中英文植物目錄之新製作法以及分佈類型等均加以補充之。

第二部分PRIS II 有助於建立植物及標本之資訊系統。取材包含標本館之標本以及經由分類學、植物地理學、生物學、生態學等研究所獲致之資料。本系統亦延伸而涵蓋特稀有植物保育之相關資訊。本系統之目的有四：

1. 提供相關資料以供科學研究、自然保育及一般資料 (如植物分佈) 查詢之用。
2. 協助標本館之管理運作。
3. 各地區植物目錄之製作。
4. 有助於土地利用決策、環境影響評估以及其他不同類型之經營管理。

有關植物資訊或是植物資源之處理及歸納法相當分歧。其中包含標本館資訊索引系統 (Hall 1974; Ferero

and Pereira 1976; Morris and Glen 1978; Morse et al. 1981b) , 植物地理資料處理 (Adams 1974; Morse et al. 1981a) , 植物資料庫系統 (Sweet and Poppleton 1977; Dittberner et al. 1981; Frost-Olsen and Nielsen 1986; Crosby and Magill 1989) , 植物資源之遙測調查 (Colwell 1983) , 以及地理資訊系統 (GIS) 為基礎之調查 (Haslett 1990) 。本系統著重在標本館資訊以及植物資料庫兩方面, 植物地理分佈亦包含於內。為增加系統之功能及使用性, 圖形及影像系統之運用亦為要項之一。

貳、軟硬體需求

一、PRIS之執行需具備286、386或486個人電腦及以下之配件：

1. 主機版至少需 1024 KB 之記憶體
2. 硬碟或光碟
3. EGA 或 VGA 彩色顯示卡及相稱顯示器
4. 影像介面卡 (Texnai全色卡) 及相稱顯示器 (彩色多頻顯示器)
5. 24針列表機或雷射列印機
6. 數位板
7. 繪圖機

其中硬碟或光碟以容量大為佳，通常 EGA (640*350) 及 VGA (640*480) 一幅畫面之佔用空間為 112,000 bytes，super VGA (1024*768) 為 414,204 bytes，全色影像則佔用 789,796 bytes。

二、語言及其他軟體

1. Microsoft Quick Basic 2.0/4.0
2. dBASE III
3. AutoCAD
4. 倚天中文系統及雷射字型驅動程式 (如 Video Mate)
5. PE2 或中文桌上排版系統
6. 影像處理軟體如 YUI

PRIS 所使用之語言以 Quick Basic 為主，dBASE III 做為資料輸入之輔助工具，AutoCAD 用以製作地圖、土地利用圖等之原圖，PE2 或中文桌上排版系統則作為各種文字檔列印之用。

參、PRIS 1.0 之功能與使用

一、PRIS I 之功能摘要及補遺

(一) 資料結構

由樣區編號、科名、學名、習性、株數、DBH、樹冠上高 H_1 、樹冠下高 H_2 、冠幅 COV_1/COV_2 、年齡等所組成(表1)。

(二) 資料輸入

有兩種方式可資運用：

1. 利用指令 ENTRY先輸入學名、株數及習性，再輸入種量(如 DBH、樹冠高度等)(表1)。學名能以鍵盤直接輸入或鍵入種號以呼叫"台灣植物名錄 LIST"檔中之學名，資料輸完後即產生科名學名檔、簡化學名檔以及資料檔。
2. 利用由 dBASE指令所撰寫之程式 DBINPUT以進行輸入工作，輸入時之畫面如表2。隨後執行以下步驟以產生第一種輸入法所產生之檔案型式。
 - (1) 在 dBASE 之下利用 "copy to ***, SDF" 以產生文字檔 ***.TXT。
 - (2) 執行指令 REFORM、TRANS 及 PAR-REG。

(三) 資料修正

有三種方式可資使用：

表 1 指令 <ENTRY> 執行時之畫面

Species: Vaccinium wrightii				HA	DBH	H1	H2	COV1	COV2	AGE	CL
QUA	SPN	IN	SPECIES								
15	1	1	Pseudotsuga wilsoniana	21	9	10	7	2	2	0	0
15	2	1	Evodia meliaefolia	31	4	9	8	1	1	0	0
15	3	1	Pasania ternaticupula	31	3	4	1.5	1	2	0	2
15	4	1	Pinus taiwanensis	21	55.7	23	14	6	5	43	0
15	5	1	Rhododendron ellipticum	32	5	6	5	3	3	0	0
15	6	1	Elaeocarpus japonicus	31	13	9	7.5	3	3	0	0
15	7	1	Rhododendron oldhamii	32	2	2.5	2	1	1	0	0
15	7	2	Rhododendron oldhamii	32	1	0	0	0	0	0	0
15	7	3	Rhododendron oldhamii	32	1	0	0	0	0	0	0
15	8	1	Vaccinium wrightii	31	2.5	3.5	1.8	2	2	0	0
15	9	1	Ilex lonicerifolia hakkuensis	31	2.5	3.5	2	2	1	0	1
15	10	1	Rhododendron ellipticum	32	3	5	4	2	1	0	0
15	11	1	Pinus taiwanensis	21	33	18	10	4	4	0	0
15	12	1	Gordonia axillaris	31	6	6	5	2	2	0	0
15	13	1	Pinus taiwanensis	21	55.7	23	18	5	5	42	0
15	14	1	Viburnum luzonicum	31	3.5	4	3.8	2	1	0	0
15	15	1	Vaccinium wrightii	31	6.5	8	6	2	3	0	1
15	16	1	Pinus taiwanensis	21	17	15	10	2	1.5	0	0
15	17	1	Schima superba	31	7	7	5	3	2	0	5
15	18	1	Vaccinium wrightii	31	8	6	4	3	2	0	0

表 2 指令 <DBINPUT> 執行時之畫面

```
Tag no. =          1999
Number =           244
Location 10x10 =   1021      Location 5x5 =    21
Stem # =              3
DBH1 = 12    DBH2 = 7    DBH3 = 4    DBH4 = 0    DBH5 = 0
Measure Height =           13
Code =
This data will be Appended or Replaced ?  A
Keyin continue ?  Y

WUSHIPI
```

1. 經由指令 DATA-MOD、HAB-MOD、及 SP-MOD分別修正種量、習性及學名，其中HAB-MOD及 SP-MOD可同時修正所有相關資料。
2. 先執行指令 RND-SEQ將隨意檔型式之資料檔改爲文字檔，再以任何文書處理軟體去修改。隨後再執行 SEQ-RND將文書檔轉回隨意檔型式之資料檔。
3. 以 DBASE程式 DBINPUT直接進入資料檔修正。

(四) 檔案處理

具兩種功能：

1. 指令 COMBINE能將數資料檔合併爲一單獨檔案，即將許多樣區合併爲1樣區。
2. 指令 APPEND能將某一資料檔附加於另一資料檔之後。

(五) 植物名錄製做

利用二種方式製做，其中第一種方法是 PRIS I 樣區植被分析之一環，第二種方法是純就做植物名錄爲其目的。

[方法1]

利用指令 LIST-1、LIST-2及 LIST-3製做名錄，如此製做出之名錄爲學名目錄，再用指令 LIST-ET附上中名。指令 NAME-1、NAME-2 及 NAME-3 是用來製做所有調查樣區之簡化名錄以供進一步植被分析之用。

[方法2]

前述之植物名錄製作程式是以學名為主，當名錄製作完畢再附加中文名稱上去。因此每做完一區域之名錄後，即需重打中文名稱，頗為不便。新的植物名錄製作法事先即將中文名稱建成資料檔，並與原先建立之學名資料檔相互運用。目前業已完成之資料檔，計包含省產植物種類及外來栽植種類 245 科、4469種。以下分別說明名錄之製作過程：

1. 檔案結構

植物名錄製作之檔案有三部分，即資料檔、名錄製作程式及學名編輯程式：

(1) 資料檔

FAMILY.SCI	科名檔 (英文)
FAMILY.CHN	科名檔 (中文)
SPECIES.SCI	學名檔
SPECIES.CHN	中名檔

(2) 名錄製作程式

MKLIST.EXE	輸入植物代號的程式
MKTXT.EXE	將代碼轉成名錄的程式
LIST-LP.EXE	將代碼經由雷射印表機列

(3) 學名編輯程式

CHSPP.COM
APPENDSP.COM
CHSCI.COM
CHCHN.COM

2. 植物名錄製作之過程

[步驟一] 先用 MKLIST.EXE 輸入植物代碼

- (1) 在 DOS 下打入 MKLIST。
- (2) 程式先詢問你存放名錄的檔名，此時鍵入 "C: LALA" 表示欲將名錄存放於 C: 磁碟檔名為 LALA 之檔內（請注意不要輸入檔案附加名稱如 LALA.SP）。
- (3) 依照程式之提示，一一將代碼輸入，若欲結束輸入時，則輸入 "0" 即可。
- (4) 代碼輸完後程式會問您是否有輸錯代碼，如有則答 "Y"，無則答 "N"。若有則程式會提示您將正確之植物代碼輸入。

<範例>

```

Enter plant number(21) : 1299
Enter plant number(22) : 1468
.....
Enter plant number(80) : 0
Have wrong codes been entered ? Y
Enter number and right codes :
                                22  1469

```

(種號22與代碼1469間以空白隔開)

- (5) 當所有正確代碼輸入後，則程式會將所有代碼排序，然後存入一項附加名為 .COD 之檔案，輸入工作即告結束。

<範例>

```

DIR C:
Volume in driver C has no label
Directory of C:\
LALA  COD  158

```

- (6) 若你曾經輸入某地區植物名錄代碼，則當你

鍵入相同之檔名時，即可從上次輸入之地方開始輸入。

<說明>

當在輸入 LALA 名錄時，只輸入38種植物，就因其他事務而必須結束輸入，爾後重新執行 MKLIST，當程式要求你輸入檔名時，你只要再鍵入 C: LALA，即可從第39種植物代碼開始輸入，而不自第一種開始輸入。亦即 MKLIST 程式提供隨時加填之功能。

[步驟二] 利用 MKTXT.EXE 將輸入之代碼轉換成
植物名錄

- (1) 在 DOS 下打入 MKTXT。
- (2) 程式詢問儲存植物代碼之檔名，此時只要鍵入 C: LALA (注意：不要輸入 C: LAL.COD)
- (3) 程式會問要不要與中文連接，按 "Y"表示需要，"N" 表示不要。
- (4) 程式轉換後的植物名錄附加名為 ".TXT"。隨後即可使用文書處理程式如 PE2，加以修改或列印。

<說明>

上列所產生之植物名錄名稱爲 LALA.TXT 請注意，轉換名錄時， FAMILY.SCI 和 SPECIES.SCI 一定要存在於磁碟機。若要加入中文時，則 FAMILY.CHN 和 SPECIES.CHN 亦要存在。

另一種名錄製作方式可以不必經由步驟二，直接叫用 LIST-LP.EXE 將名錄直接由印表機列印出

來。

- (1) 使用 LIST-LP 前，請先確定：(a)已進入倚天中文系統；(b)業已準備好雷射印表機；並且 (c)已執行 VideoMate 的 VM.EXE。
- (2) 在 DOS 之下打入 LIST-LP。
- (3) 程式詢問來源檔名時，即輸入已儲存之植物代碼的檔名。
- (4) 最後輸入標題，此標題將會在植物名錄前印出（表3）。
- (5) LIST-LP 需將中文一併加入，故請確定 FAMILY.CHN，SPECIES.SCI，及 SPECIES.CHN 需要存於目前之工作磁碟目錄上。

3. 資料編輯

- (1) CHSPP.COM：修改某植物之學名和中文名稱
- (2) APPENDSP.COM：將新的植物名稱追加在 SPSCIES.* 之後。
- (3) CHCHN.COM：修改某植物之中文名。
- (4) CHSCI.COM：修改某植物之學名。
- (5) CHECHCHN.COM：核對植物學名與中文名是否相配。
- (6) CHECHFAM.COM：核對中文科名與英文科名是否相配合。

植物名錄製作的程式，共包含三部分，即資料檔、名錄製作程式及學名編輯程式。

(六) 樣區～種及種～樣區矩陣之產生

表 3 植物名錄範例

下坪植物園植物名錄

Gymnosperms 裸子植物

Araucariaceae 南洋杉科

- Araucaria cunninghamii* Sweet 肯氏南洋杉
Araucaria excelsa (Lamb.) R. Br. 小葉南洋杉

Cupressaceae 柏科

- Juniperus chinensis* L. var. *kaizuka* Hort. ex Endl. 龍柏
Thuja orientalis L. 側柏

Cycadaceae 蘇鐵科

- Cycas thouarsii* R. Br. 光果蘇鐵

Pinaceae 松科

- Pinus luchuensis* Mayr. 琉球松
Pinus thunbergii Parl. 黑松

Podocarpaceae 羅漢松科

- Podocarpus formosensis* Dummer 臺灣竹柏
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) D. Don var.
nakaii (Hayata) Li & Keng 百日青
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) D. Don 羅漢松
Podocarpus nankoensis Hayata 山杉

Taxodiaceae 杉科

- Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don 柳杉

Dicotyledons 雙子葉植物

Acanthaceae 爵床科

- Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz 仙鶴花

Aceraceae 槭樹科

- Acer serrulatum* Hayata 青楓

Anacardiaceae 漆樹科

- Mangifera indica* L. 檬果
Semecarpus cuneiformis Blanco 鈍葉番漆
Semecarpus gigantifolia Vidal 臺東漆樹

Annonaceae 番荔枝科

- Annona glabra* L. 圓滑番荔枝

樣區～種及種～樣區矩陣是進一步植被分析、植物區系劃分以及做種分佈圖所必需者。矩陣中之種量可為存在或不存在（即 1 或 0）、密度、底面積（Basal area）、覆蓋度、冠幅、體積等。利用指令 QU-SP 選擇不同類型種量，以產生樣區～種矩陣，再利用指令 SP-QU 轉換成種～樣區矩陣。

（七）一致化 Equalization

將種～樣區矩陣中之種量限定於某範圍內。執行指令 EQUAL 即有 5 種選擇：

1. $X' = X_{ij}(1/X_i)$

X_{ij} 為 i 種在 j 樣區之量種

X_i 為 i 種量之平均值

2. $X' = X_{ij}(1/\max X_i)$

$\max X_i$ 為 i 種量中最大者

3. $X' = X_{ij}(1/S_i)$

S_i 為 i 種量之標準偏差

4. $X_i = X_{ij} (1/(\max X_i - \min X_i))$

\max 及 \min 分別表示 i 種量之最大值及最小值

5. $X_i = X_{ij} ((X_{ij} - X_i)/S_i)$

（八）相似性及距離

執行指令 RESEMBLE 求取樣區間或種間之相似性或距離，其計算方式有下列 6 種（Sneath and Sokal 1973; Whittaker 1978）：

1. Jaccard's coefficient
2. Sorensen's index
3. Percentage similarity
4. Morisita's coefficient
5. Orloci's coefficient
6. Euclidean distance

(九) 優勢度及組成分析

可用以顯示一地區或植物社會之組成以及各種植物優勢度之高低。

1. 指令 COMPOSIT 用以顯示木本植物之組成結構，包括各種類之底面積、重要值以及幼苗、幼株及成株之各別密度（表 4）。其中重要值以 $IV100 = (\text{相對密度} + \text{相對底面積}) / 2$ 表示之。
2. 指令 DOMIN-SP 能將各種類依據優勢度之高底依序列印出來（表 5）。優勢度之依據可為覆蓋度、密度、底面積、重要值 $IV100$ 、或是冠幅等。執行時可設定臨界值，而將優勢度太小之種予以刪除，並產生優勢種目錄。
3. 依據上項之優勢種目錄而將原先之種～樣區矩陣予以縮小，以便進一步分析。所使用指令為 SELEC-SP。

(十) 歧異度分析

具備三種功能：

表 4 指令 <COMPOSIT> 所列印之植被組成表

Species	Density (stems/ha)				Basal area (m ² /ha)	IV
	Seedling	Sapling	Tree	All		
<i>Schefflera octophylla</i> 江某	33	425	717	1175	6.4	14
<i>Ardisia sieboldii</i> 樹杞	25	117	383	525	5.6	9.1
<i>Osmanthus matsumuranus</i> 大葉木樨	58	167	442	667	4.3	8.6
<i>Machilus thunbergii</i> 紅楠	25	67	217	308	5.7	7.8
<i>Styrax suberifolia</i> 紅皮	25	125	342	492	3.6	6.8
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> 杜英	8	67	267	342	4.3	6.6
<i>Syzygium buxifolium</i> 小葉赤楠	158	292	117	567	1	4.5
<i>Cryptocarya concinna</i> 海南厚殼桂	58	100	133	292	1.8	3.7
<i>Gordonia axillaris</i> 大頭茶	8	33	158	200	2.3	3.7
<i>Cyclobalanopsis glauca</i> 青剛櫟	58	58	150	267	1.5	3.2
<i>Castanopsis carlesii</i> 長尾柯	100	100	83	283	.9	2.7
<i>Daphniphyllum glaucescens</i>						
<i>oldhamii</i> 奧氏虎皮楠	0	33	133	167	1.6	2.6
<i>Ilex ficoidea</i> 台灣糊桐	25	183	58	267	.4	2.1
<i>Diospyros eriantha</i> 軟毛柿	142	108	25	275	.1	1.9
<i>Cleyera japonica</i> 楊桐	0	0	33	33	1.5	1.8
<i>Myrsine sequinii</i> 大明楠	8	33	108	150	.8	1.7
<i>Glochidion rubrum</i> 饅頭果	25	25	100	150	.7	1.7
<i>Podocarpus formosensis</i> 台灣竹柏	100	83	25	208	.2	1.5
<i>Scolopia oldhamii</i> 魯花樹	17	50	75	142	.4	1.3
<i>Rhododendron ellipticum</i> 西施花	25	42	67	133	.4	1.3
<i>Vaccinium bracteatum</i> 米飯花	17	25	83	125	.4	1.2
<i>Gardenia jasminoides</i> 山黃梔	0	50	50	100	.4	1
<i>Michelia compressa</i> 烏心石	0	42	58	100	.3	.9
<i>Ficus microcarpa</i> 榕樹	0	8	25	33	.6	.8
<i>Myrica rubra acuminata</i> 銳葉楊梅	0	8	25	33	.5	.7
<i>Ficus virgata</i> 烏榕	25	0	25	50	.4	.7
<i>Ficus erecta beecheyana</i> 牛乳榕	42	50	0	92	.1	.6
<i>Wendlandia formosana</i> 水金京	0	33	33	67	.2	.6
<i>Itea oldhamii</i> 鼠刺	17	75	0	92	.1	.6
<i>Ardisia quinquegona</i> 小樹杞	33	42	8	83	.1	.6
<i>Eriopotrya deflexa</i> 山枇杷	0	8	42	50	.3	.6
<i>Turpinia ternata</i> 三葉山香圓	42	33	8	93	0	.6
<i>Belicia formosana</i> 山龍眼	8	33	25	67	.1	.5
<i>Pithecellobium lucidum</i> 領垂豆	25	17	17	58	.1	.5
<i>Cinnamomum insularimontanum</i>	8	0	25	33	.2	.4
山肉桂						
<i>Litsea krukovii</i> 小梗木薑子	33	17	8	58	0	.4
<i>Tricalysia dubia</i> 狗骨仔	8	8	17	33	.2	.4
<i>Itea parviflora</i> 小花鼠刺	8	0	25	33	.2	.4
<i>Evodia meliaefolia</i> 賊仔樹	0	0	8	8	.1	.2
<i>Diospyros oldhamii</i> 俄氏柿	0	8	8	17	.1	.2
<i>Engelhardtia roxburghiana</i> 黃杞	0	8	8	17	0	.2
<i>Randia cochinchinensis</i> 龍蝦	0	8	8	17	0	.1
<i>Fraxinus insularis</i> 台灣枹	0	0	8	8	.1	.1
<i>Ehretia longiflora</i> 長葉厚殼樹	0	0	8	8	.1	.1
<i>Elaeocarpus japonicus</i> 薯豆	8	8	0	17	0	.1
<i>Liodendron formosanum</i> 台灣假黃楊	17	0	0	17	0	.1
<i>Mallotus japonicus</i> 野桐	0	0	8	8	0	.1
<i>Cinnamomum camphora</i> 樟樹	0	0	8	8	0	.1
<i>Meliosma rigida</i> 筆羅子	0	0	8	8	0	.1
<i>Pasania brevicaudata</i> 短尾柯	0	8	0	8	0	.1
<i>Ilex rotunda</i> 鐵冬青	0	8	0	8	0	.1
<i>Beilschmiedia erythrophloia</i> 瓊楠	0	8	0	8	0	.1
<i>Bridelia balansae</i> 刺杜密	8	0	0	8	0	.1
<i>Sloanea formosana</i> 猴歡喜	8	0	0	8	0	.1
<i>Ficus fistulosa</i> 水同木	8	0	0	8	0	.1
<i>Adinandra formosana</i> 紅淡	8	0	0	8	0	.1
Sum	1225	2617	4183	8025	48.1	100

表 5 指令 <DOMIN-SP> 所列印之植被組成表

I.V. in Basal area (per hectare)

	Species	I. V.	Frequency (%)
Trees			
1	<i>Persea thunbergii</i>	5.98	85.0
2	<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	4.11	85.0
3	<i>Cyclobalanopsis acuta paucidentata</i>	2.46	60.0
4	<i>Persea japonica</i>	1.79	20.0
5	<i>Diospyros morrisiana</i>	1.77	65.0
6	<i>Illicium arborescens</i>	1.72	70.0
7	<i>Castanopsis carlesii sessilis</i>	1.56	50.0
8	<i>Acer serrulatum</i>	1.14	35.0
9	<i>Litsea acuminata</i>	1.14	80.0
10	<i>Itea parviflora</i>	0.95	80.0
11	<i>Schefflera octophylla</i>	0.94	50.0
12	<i>Pasania brevicaudata</i>	0.83	40.0
13	<i>Myrsine sequinii</i>	0.80	60.0
14	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	0.71	70.0
15	<i>Michelia compressa</i>	0.64	65.0
16	<i>Trochodendron aralioides</i>	0.63	20.0
17	<i>Cinnamomum camphora</i>	0.60	25.0
18	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	0.58	25.0
19	<i>Pyrenaria shinkoensis</i>	0.56	60.0
20	<i>Sphaeropteris lepifera</i>	0.48	15.0
21	<i>Meliosma squimulata</i>	0.48	55.0
22	<i>Syzygium buxifolium</i>	0.46	55.0
23	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	0.45	10.0
24	<i>Symplocos wikstroemifolia</i>	0.38	35.0
25	<i>Ardisia sieboldii</i>	0.36	25.0
26	<i>Acer kawakamii taitonmontanum</i>	0.32	35.0
27	<i>Prunus phaeosticta</i>	0.32	60.0
28	<i>Daphniphyllum glaucescens oldhamii</i>	0.30	75.0
29	<i>Adinandra formosana</i>	0.29	70.0
30	<i>Neolitsea acutotrinervia</i>	0.28	35.0
31	<i>Gordonia axillaris</i>	0.27	25.0
32	<i>Ilex rotunda</i>	0.25	60.0
33	<i>Myrica rubra acuminata</i>	0.25	30.0
34	<i>Cleyera japonica</i>	0.25	80.0
35	<i>Turpinia formosana</i>	0.23	35.0
36	<i>Symplocos sumuntia</i>	0.22	45.0
Shrubs			
37	<i>Hydrangea angustipetala</i>	0.10	35.0
38	<i>Eurya acuminata</i>	0.07	60.0
39	<i>Blastus cochinchinensis</i>	0.02	45.0
40	<i>Antidesma japonicum densiflorum</i>	0.01	30.0
41	<i>Eurya leptophylla</i>	0.01	10.0
Scandent shrubs or vines			
42	<i>Erycibe henryi</i>	0.03	20.0
43	<i>Ampelopsis cantoniensis</i>	0.03	25.0
44	<i>Morinda umbellata</i>	0.02	40.0
45	<i>Ecdysanthera utilis</i>	0.01	5.0
46	<i>Actinidia callosa formosana</i>	0.01	45.0
47	<i>Bauhinia championii</i>	0.01	20.0

1. 種歧異度之計算，此處提供 4 種方式 (Peet 1974) 執行指令 DIVERSIT 即有下諸項可供選擇：
 - (1) Number of species
 - (2) Simpson's index C
 - (3) Shannon-Wiener index H
 - (4) Equatability index E

DIVERSIT 之輸出結果如表 6。

2. 利用指令 DOMI-DIV 製做優勢度～歧異度曲線 (Whittaker 1972)。該曲線能顯示一植物社會各種類之重要性結構 (圖 1)。
3. 利用指令 DIST-IMP (Bongers et al. 1988) 製做種之分佈指數～重要性圖形 (圖 2)，以顯示各種之分散度與優勢度之關係，即何種分佈較局限但植株大、何種分佈廣泛但植株小等。

(十一) 排序分析 (Ordination)

散佈分析的目的在濃縮資料結構 (例如種～樣區矩陣)，藉著低度 (1 至 3 度) 空間之圖形，將種及樣區之分散類型顯示出來。相似之樣區及種將緊靠在一起，而不相似者將互相分離。排序分析之另一目的在尋找樣區及種之分散類型與環境變異之關係，亦即社會類型與環境因子之相關性。排序分析之相關文獻頗多，如 Whittaker (1978), Orloci (1978), Gauch (1981), Pielou (1984), Kershaw & Looney (1985) 等。本軟體所提供之方法包含主

表 6 指令 <DIVERSIT> 之輸出格式

DBH RANGE: 1 TO 200 CM

QUADRAT	SP(TREE)	DENSITY(STEMS/HA)	DIVERSITY(H)	DIVERSITY(C)	DIVERSITY(E)
1	41	4306	2.75	0.10	0.74
2	64	8103	3.13	0.07	0.75
3	65	11156	3.12	0.07	0.75
4	43	2650	3.03	0.07	0.81

AVERAGE	53	6554	3.01	0.08	0.76

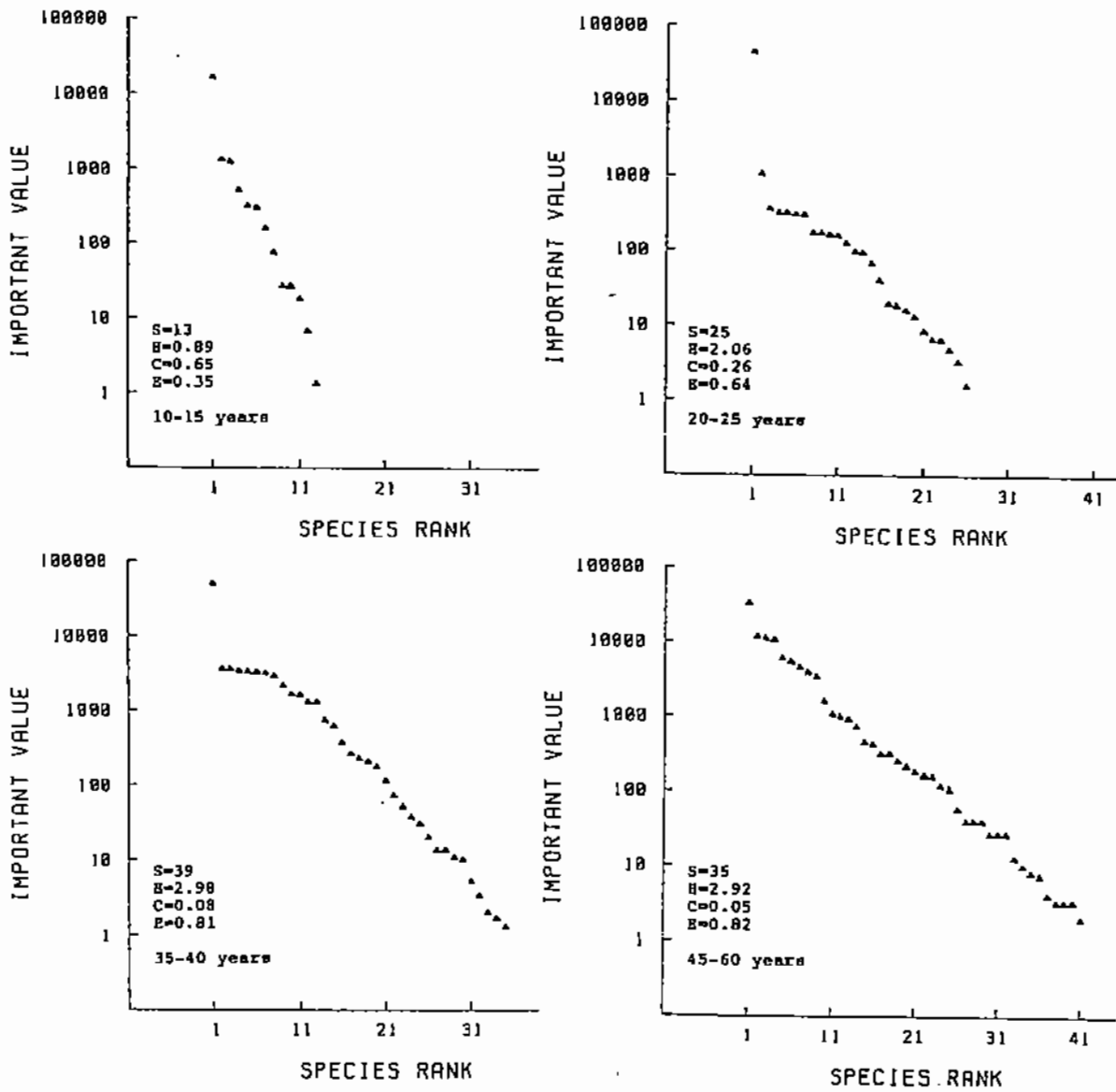


圖 1 指令 <DOMI-DIV> 所製作之優勢度~歧異度曲線

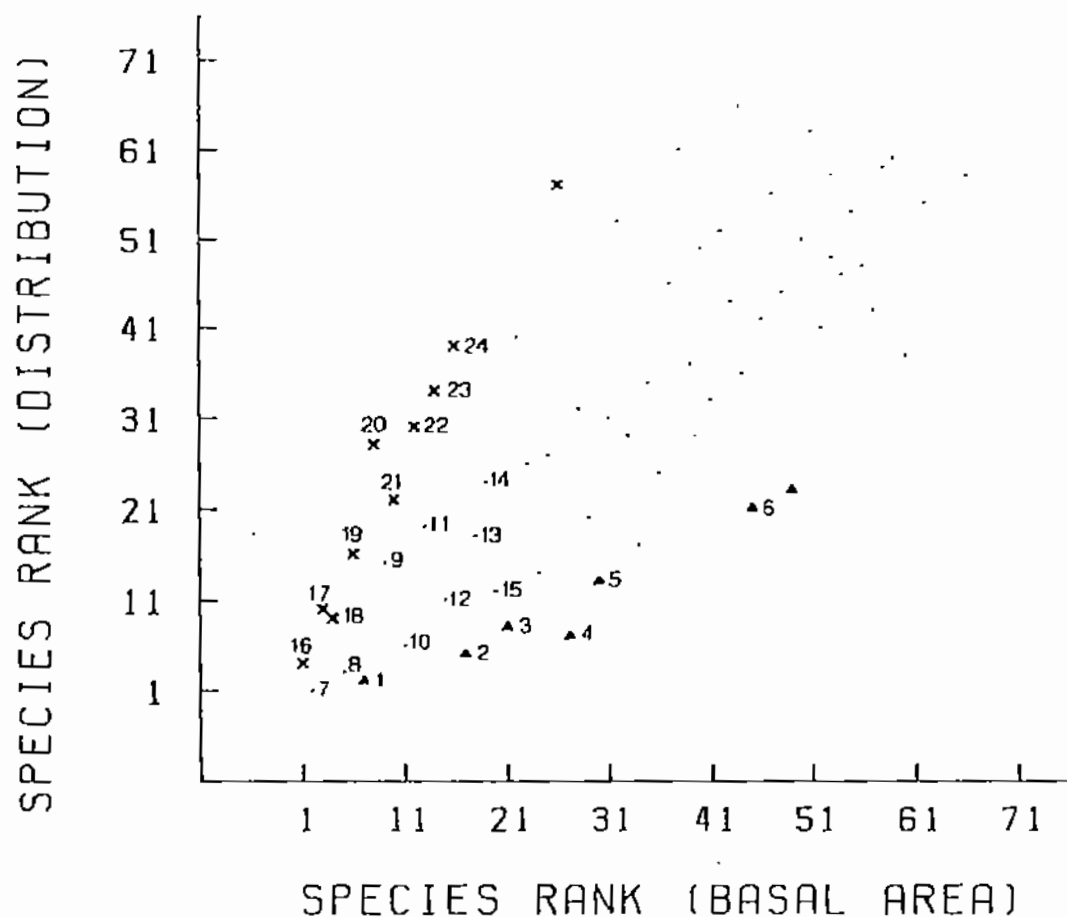


圖 2 指令 <DIST-IMP> 所製作之分佈指數~重要性圖形

1. *Litsea acuminata*; 2. *Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii*; 3. *Symplocos modesta*; 4. *Eurya acuminata*; 5. *Glochidion rubrum*; 6. *Ilex formosana*; 7. *Beilschmiedia erythrophloia*; 8. *Persea thunbergii*; 9. *Cleyera japonica*; 10. *Pasania konishii*; 11. *Gordonia axillaris*; 12. *Sloanea formosana*; 13. *Neolitsea acutotrineria*; 14. *Eriobotrya deflexa*; 15. *Itea parviflora*; 16. *Engelhardtia roxburghiana*; 17. *Pasania kawakamii*; 18. *Lagerstroemia subcostata*; 19. *Cyclobalanopsis stenophylla* var. *stenophylloides*; 20. *Castanopsis carlesii*; 21. *Pasania brevicaudata*; 22. *Acer serrulatum*; 23. *Neolitsea acuminatissima*; 24. *Acer albopurpurascens*.

成份分析 PCA (Principal components analysis)、主軸分析 PCO (Principal coordinates analysis)、交互平均或對應分析 RA (Reciprocal averaging or correspondence analysis) 及改良型對應分析 DCA (Detrended correspondence analysis)。

1. 主成份分析 (Principal components analysis, PCA)

執行指令 PCA-1 及 PCA-2，可選擇共變矩陣或是相關矩陣來進行分析。分析結果以指令 PCA-LPT 列印出來 (表 7)，樣區之分散圖形可利用指令 ORDIN-GR 以繪圖機繪出 (圖 3)。如欲顯示種間關係時可使用指令 PCA-V-GR。

2. 主軸分析 (Principal coordinates analysis, PCO)

主軸分析之原始輸入資料為樣區間之非相似矩陣 (dissimilarity)，任何符合 "metric measure" 之定義者均可使用。指令 PCO 執行前須先執行指令 RESEMBLE 以產生非相似矩陣。PCO 指令執行完畢，即可執行指令 ORDIN-GR 以繪出圖形。

3. 交互平均法 (Reciprocal averaging)

交互平均法能同時產生樣區及種之座標值。樣區之座標值相當於種座標值之平均，而種之座標值為樣區座標值之平均。執行指令 RA-1、RA-2、RA-3 及 ORDIN-GR 即可獲得交互平均法之圖

表 7 指令 <PCA-LPT> 所列印之主成份分析表

Variable	Component				
	1	2	3	4	5
1 Acer kawakamii taitonmontanum	0.46	0.51	0.17	0.14	0.20
2 Acer serrulatum	-0.69	0.36	-0.18	-0.10	0.12
3 Adinandra formosana	0.15	-0.55	0.12	0.03	0.08
4 Ardisia sieboldii	-0.72	0.38	-0.23	-0.04	0.23
5 Beilschmiedia erythrophloia	-0.45	0.26	-0.13	0.21	-0.25
6 Castanopsis carlesii sessilis	-0.22	-0.39	0.17	-0.50	0.16
7 Cinnamomum camphora	-0.17	-0.36	0.39	-0.56	-0.01
8 Cinnamomum randaiense	0.17	-0.46	-0.32	0.00	-0.06
9 Cleyera japonica	-0.43	0.29	-0.07	-0.17	-0.41
10 Cyclobalanopsis acuta paucidentata	0.61	-0.09	-0.52	0.11	-0.53
11 Cyclobalanopsis glauca	-0.39	0.09	0.16	-0.07	-0.11
12 Cyclobalanopsis longinax	0.59	-0.47	-0.33	0.41	0.33
13 Daphniphyllum glaucescens oldhamii	0.11	-0.46	0.18	0.18	-0.04
14 Dendropanax pellucidopunctata	0.43	0.17	-0.02	0.32	0.45
15 Diospyros morrisiana	0.19	-0.85	-0.13	-0.13	-0.07
16 Elaeocarpus japonicus	0.05	-0.24	0.72	0.04	-0.10
17 Engelhardtia roxburghiana	-0.33	-0.35	0.46	-0.45	0.08
18 Euonymus laxiflorus	-0.14	-0.35	0.70	0.48	-0.13
19 Eurya japonica	-0.55	0.30	-0.15	0.16	-0.22
20 Fatsia polycarpa	0.48	0.54	0.24	-0.00	0.12
21 Fraxinus formosana	-0.14	-0.27	0.32	-0.27	0.05
22 Glochidion rubrum	-0.84	0.45	-0.24	0.01	0.04
23 Gordonia axillaris	-0.15	-0.30	0.65	0.32	-0.11
24 Helicia formosana	-0.60	0.29	-0.12	-0.05	-0.12
25 Ilex formosana	-0.04	-0.48	-0.42	-0.13	0.34
26 Ilex goshiensis	-0.08	-0.25	0.71	0.44	-0.08
27 Ilex rotunda	0.43	-0.03	-0.35	0.18	-0.52
28 Illicium arborescens	0.25	-0.83	-0.31	-0.25	0.11
29 Itea parviflora	0.55	0.43	0.02	-0.31	0.15
30 Lagerstroemia subcostata	-0.58	0.35	-0.18	-0.05	0.12
31 Ligustrum japonicum	0.35	-0.26	-0.50	0.24	-0.33
32 Lindera communis	-0.56	0.31	-0.24	0.04	0.29
33 Litsea acuminata	0.76	0.55	0.08	-0.09	-0.02
34 Litsea mushaensis	0.26	0.25	-0.10	0.11	-0.54
35 Meliosma rhoifolia	-0.56	0.23	-0.18	-0.07	0.33
36 Meliosma squimulata	0.19	-0.56	-0.19	0.03	0.02
37 Michelia compressa	0.11	-0.60	0.17	-0.30	-0.06
38 Myrica rubra acuminata	-0.21	-0.21	0.38	0.51	-0.24
39 Myrsine sequinii	-0.16	-0.45	0.74	0.36	-0.13
40 Neolitsea acutotrinervia	0.49	0.57	0.22	-0.07	-0.21
41 Oemantus matsumuranus	0.50	0.31	0.05	0.04	-0.28
42 Passania brevicaudata	-0.22	-0.17	0.11	-0.64	-0.20
43 Passania ternaticupula	-0.47	0.26	-0.10	0.19	-0.29
44 Persea japonica	-0.77	0.44	-0.27	0.15	0.02
45 Persea thunbergii	0.86	0.50	0.07	-0.05	0.04
46 Photinia beauverdiana notabilis	0.34	-0.20	-0.38	0.19	-0.28
47 Prunus campanulata	0.42	0.16	0.01	-0.17	-0.00
48 Prunus phaeosticta	0.73	0.58	0.09	0.06	0.07
49 Pyrenaria shinkoensis	0.23	-0.80	-0.24	-0.22	0.10
50 Randia cochinchinensis	-0.26	-0.41	0.58	-0.32	0.02
51 Rhododendron ellipticum	0.09	-0.33	-0.16	0.29	-0.02
52 Saurauja oldhamii	-0.72	0.42	-0.19	0.08	-0.17
53 Schefflera octophylla	-0.88	0.21	0.11	-0.16	-0.10
54 Sphaeropteris lepifera	-0.66	0.32	-0.13	-0.04	-0.09
55 Styrax suberifolia	-0.18	-0.25	0.29	-0.28	0.09
56 Symplocos cochinchinensis laurina	0.13	0.11	0.42	-0.46	-0.01
57 Symplocos lucida	0.44	-0.20	-0.26	-0.09	0.32
58 Symplocos sumuntia	0.20	-0.45	-0.44	0.27	-0.14
59 Symplocos wikstroemifolia	-0.06	-0.44	0.42	0.31	-0.07
60 Syzygium buxifolium	-0.05	-0.69	0.48	0.35	-0.02
61 Ternstroemia gymnanthera	0.34	-0.36	0.00	0.45	0.12
62 Tricalysia dubia	0.04	-0.52	-0.35	0.05	0.10
63 Trochodendron aralioides	0.33	0.14	-0.06	0.32	0.48
64 Turpinia formosana	-0.79	0.40	-0.22	0.01	0.03
65 Villebrunea pedunculata	-0.67	0.42	-0.24	0.14	0.00
66 Wendlandia formosana	-0.39	0.14	-0.11	0.02	0.19
67 Blastus cochinchinensis	-0.50	0.32	-0.14	0.17	-0.27
68 Eurya acuminata	0.21	-0.53	-0.22	-0.38	-0.08
69 Hydrangea angustipetala	0.53	0.61	0.26	-0.00	0.12
Variance (eigen value)	231.54	141.42	58.78	31.38	24.04
Percent of total variance	39.28	23.99	9.97	5.32	4.08
Cumulative percent of total variance	39.28	63.27	73.24	78.56	82.64

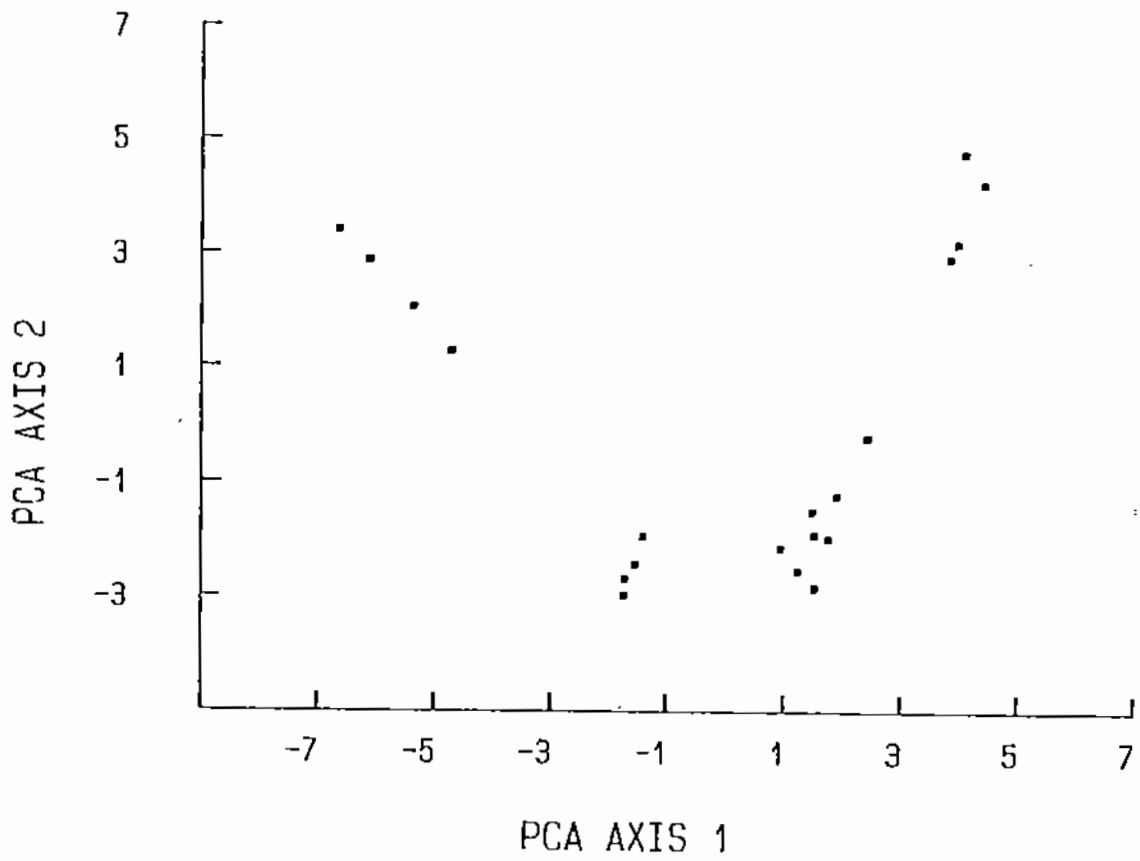


圖 3 指令 <ORDIN-GR> 所製作之主成份分析結果之圖形，圖中顯示樣區之分散情形

形（圖 4）。

4. 改良型對應分析 (Detrended correspondence analysis, DCA)

改良型對應分析是以交互平均法為基礎而加以改良者。執行指令 DCA及 ORDIN-GR可獲得種及樣區之分佈圖（圖 5）。如再執行指令 GRADN-GR則可顯示在環境梯度下各種類之相對組成（圖 6）。指令 DCA所能容許之最大樣區數及種數各為 120。但另一版本之指令 DCA2可容許之最大樣區數及種數各為 950。

5. 利用上述四種方法往往能間接顯示樣區之排列每與某一環境因子有關，沿該環境因子梯度各植群型之組成可以指令 GRADIENT表示出來（表 8）。

(十二) 歸類分析 (Classification)

歸類分析是將個體組成群體而以層階方式表現出來，PRIS提供三種歸類方法：

1. Average-linkage clustering (Sneath & Sokal 1973)

在執行歸類分析前先執行指令 RESEMBLE以產生相似矩陣，再執行指令 UPGMA即能得到樣區號碼及其相連之相似度值，再據此製成層階圖（圖 7）。以上指令所能處理之最大樣區數為 120，如執指令 UPGMA2則處理容量增大至磁碟機本身所

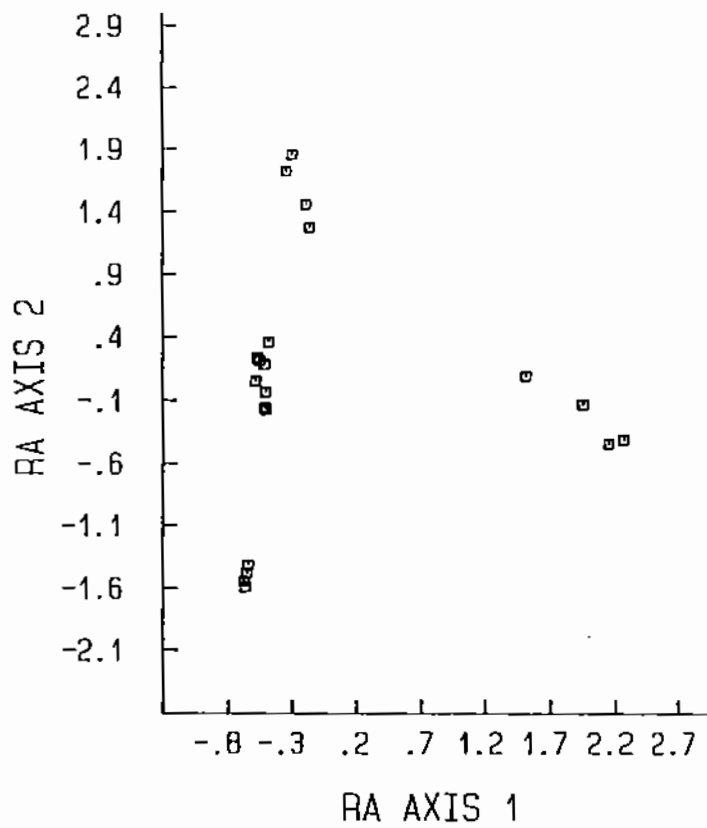
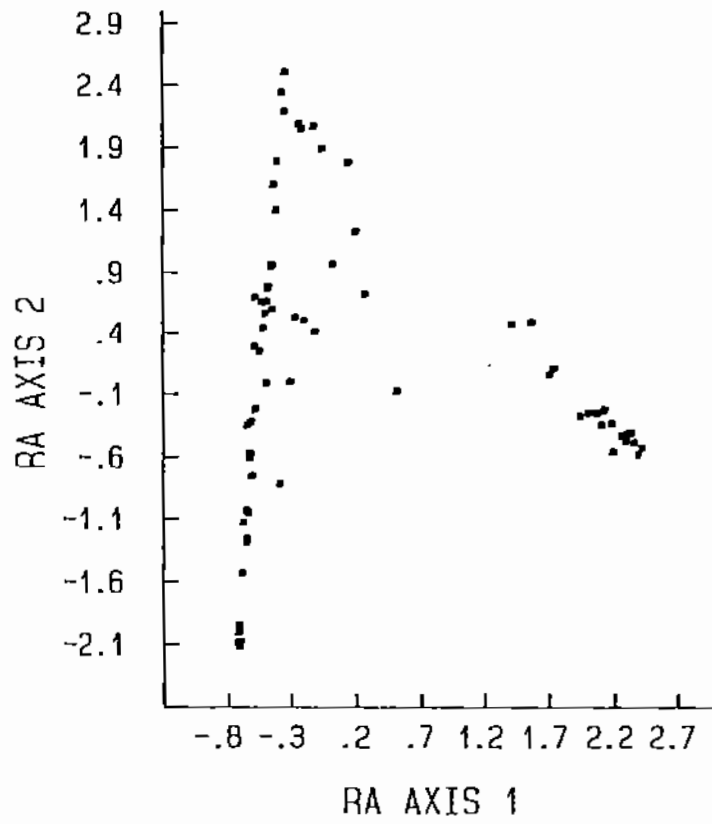


圖 4 指令 <ORDIN-GR> 所製作之交互平均法分析結果之圖形，上圖及下圖各為種及樣區之分散圖

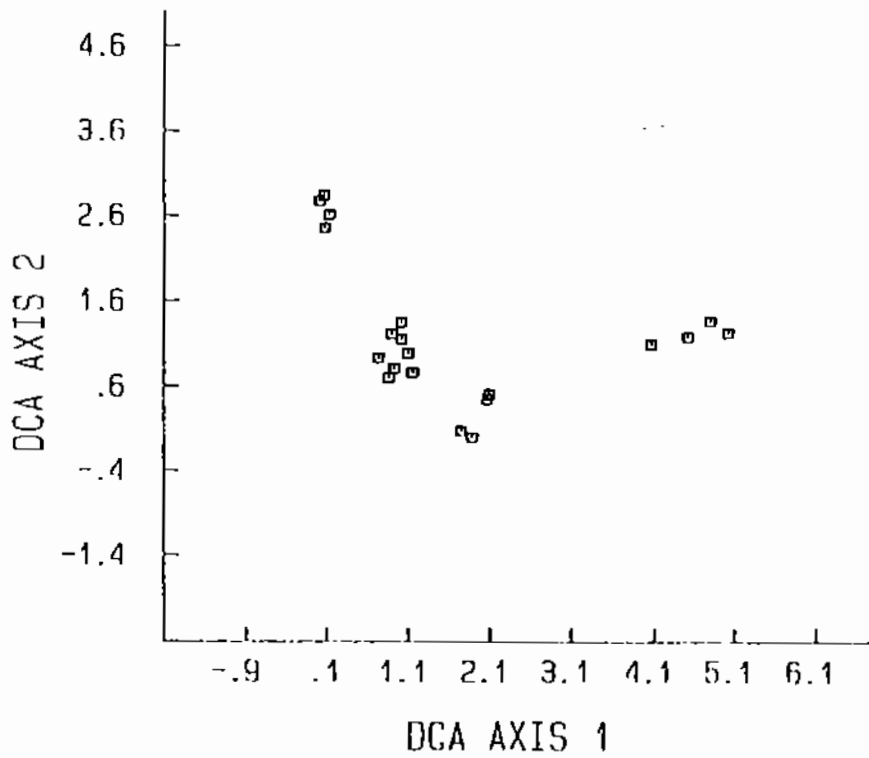
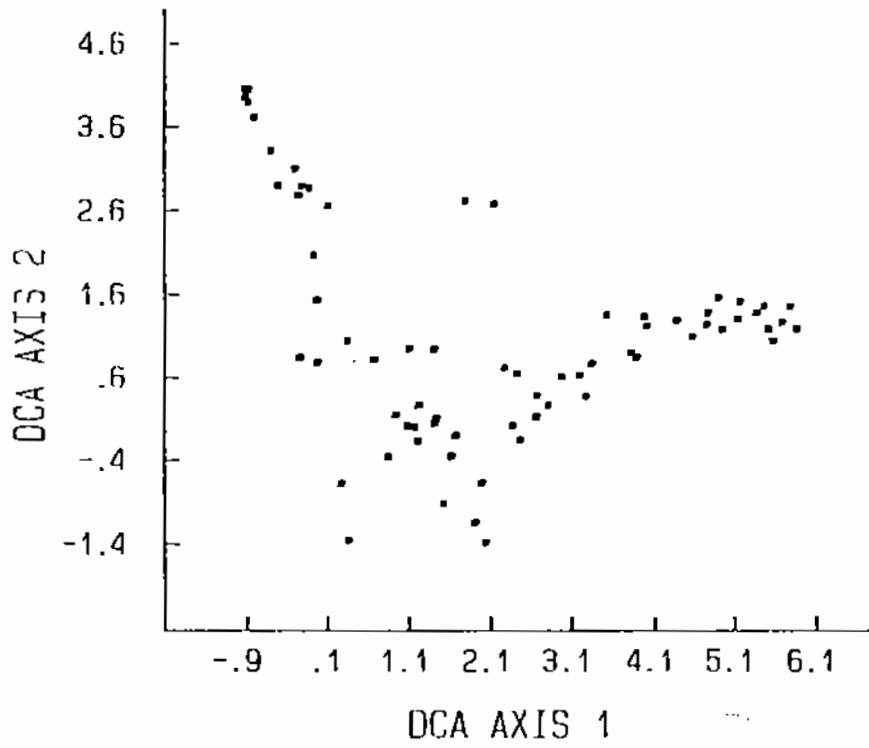


圖 5 指令 <ORDIN-GR> 所製作之 DCA 分析結果之圖形，上圖及下圖各為種及樣區之分散圖

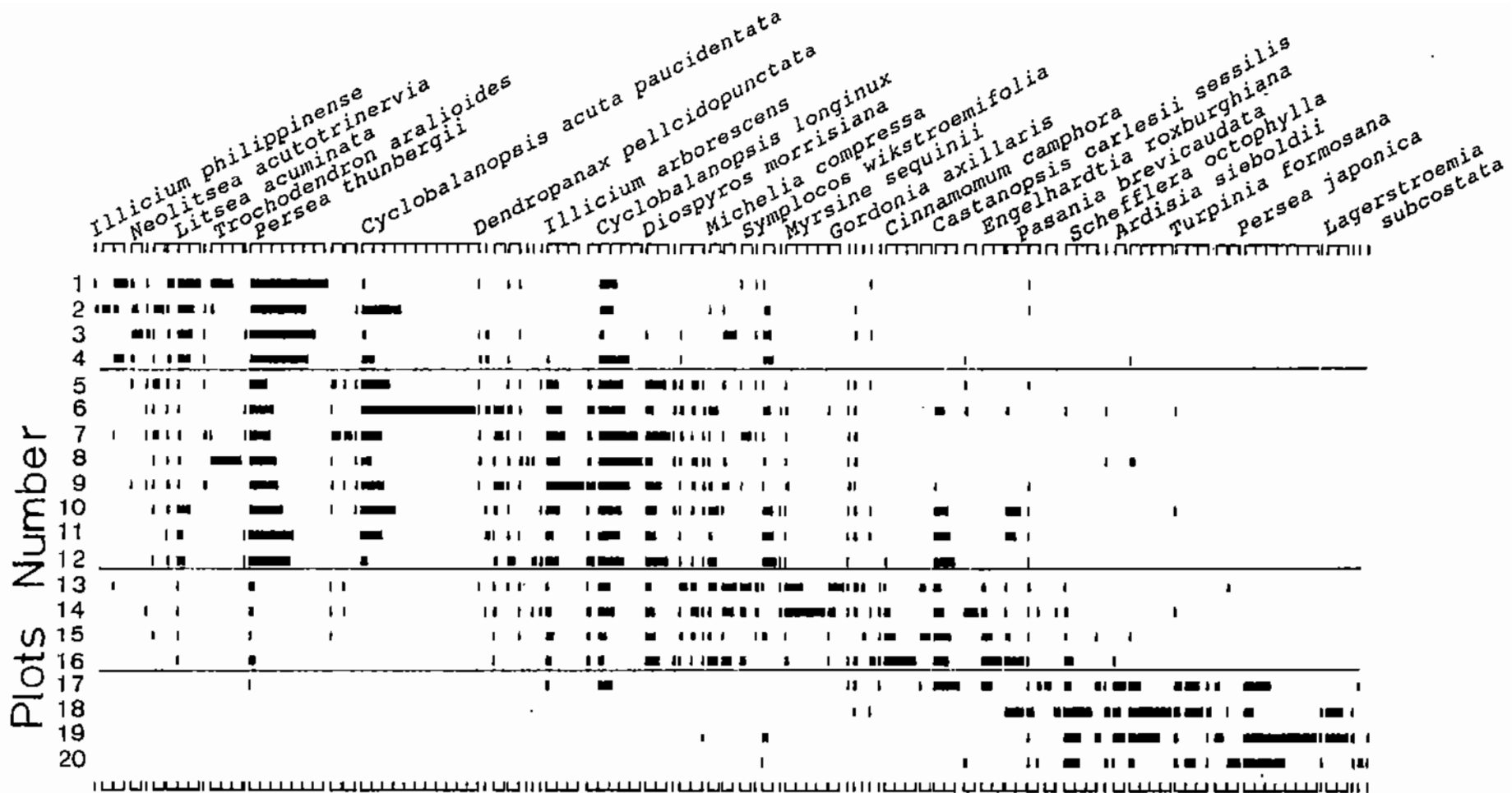


圖 6 指令 <GRADN-GR> 所製作之植被組成圖形

表 8 指令 <GRADIENT> 所列印之植被類型組成表

Species	{Windward forest}			{Transitional forest}			{Leeward forest}		
	Density (stems/ha)	BA (m ² /ha)	IV	Density (stems/ha)	BA (m ² /ha)	IV	Density (stems/ha)	BA (m ² /ha)	IV
<i>Evodia melianifolia</i>	8.3	.1	.4	0	0	0	0	0	0
<i>Fraxinus insularis</i>	8.3	.1	.2	0	0	0	0	0	0
<i>Eriobotrya deflexa</i>	50	.3	.6	25	.1	.3	0	0	0
<i>Ehretia longiflora</i>	8.3	.1	.1	0	0	0	0	0	0
<i>Syzygium buxifolium</i>	566.7	1	4.4	25	0	.3	0	0	0
<i>Scolopia oldhamii</i>	141.7	.4	1.4	0	0	0	0	0	0
<i>Osmanthus matsumuranus</i>	666.7	4.3	9.7	125	.3	1.1	16.4	0	.4
<i>Vaccinium bracteatum</i>	125	.4	1.1	0	0	0	0	0	0
<i>Myrica rubra acuminata</i>	13.3	.5	.7	0	0	0	0	0	0
<i>Gardenia jasminoides</i>	100	.4	1	25	0	.2	0	0	0
<i>Randia cochinchinensis</i>	16.7	0	.2	0	0	0	0	0	0
<i>Gordonia axillaris</i>	200	2.3	3.8	0	0	0	9.1	0	.1
<i>Diospyros oldhamii</i>	16.7	.1	.2	0	0	0	0	0	0
<i>Cinnamomum insularimontanum</i>	13.3	.2	.4	25	0	.2	0	0	0
<i>Rhododendron ellipticum</i>	133.3	.4	1.2	0	0	0	0	0	0
<i>Myrsine sequinii</i>	150	.8	1.8	0	0	0	0	0	0
<i>Ficus microcarpa</i>	33.3	.5	.5	0	0	0	0	0	0
<i>Helicia formosana</i>	66.7	.1	.6	25	0	.3	0	0	0
<i>Tricalysia dubia</i>	13.3	.2	.4	0	0	0	0	0	0
<i>Itea parviflora</i>	13.3	.2	.4	0	0	0	0	0	0
<i>Ficus virgata</i>	50	.4	.5	25	0	.3	0	0	0
<i>Styrax suberifolia</i>	491.7	3.6	6.8	200	.7	2.6	72.7	.8	1.5
<i>Daphniphyllum glaucescens</i>									
<i>oldhamii</i>	166.7	1.6	2.8	225	.6	2	45.5	.1	.6
<i>Litsea kruckovii</i>	58.3	0	.4	25	0	.3	9.1	0	.1
<i>Podocarpus formosensis</i>	208.3	.2	1.3	100	.1	.8	36.4	0	.4
<i>Ilex ficoidea</i>	266.7	.4	2.2	50	.1	.5	81.8	.1	.1
<i>Glochidion rubrum</i>	150	.7	1.9	75	0	.6	63.6	.2	.9
<i>Castanopsis carlesii</i>	283.3	.9	3	175	.1	1.6	90.9	.1	1.2
<i>Ficus erecta beecheyana</i>	91.7	.1	.6	25	0	.2	27.3	.4	.9
<i>Pasania brevicaudata</i>	8.3	0	.1	0	0	0	9.1	0	.1
<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	341.7	4.3	7.5	150	1.5	1.7	218.2	3.1	6.5
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	266.7	1.5	3.1	125	.1	1	136.4	1.1	2.9
<i>Cleyera japonica</i>	33.3	1.5	1.6	375	32.9	24.4	9.1	.1	.3
<i>Meiosma rigida</i>	8.3	0	.1	0	0	0	0	0	0
<i>Cinnamomum camphora</i>	8.3	0	.1	25	1.2	2.4	0	0	0
<i>Schefflera orthophylla</i>	1175	6.4	14	1000	18	19.4	454.5	5.2	12.2
<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	16.7	0	.2	50	0	.4	54.5	1.3	1.9
<i>Nachilus thunbergii</i>	308.3	5.7	6.8	225	4.8	4.4	236.4	7.1	10.5
<i>Ilex rotunda</i>	8.3	0	.1	0	0	0	9.1	.3	.3
<i>Diospyron eriantha</i>	275	.1	1.8	275	.2	2.5	118.2	.1	1.6
<i>Michelia compressa</i>	100	.3	1	250	3.9	4.8	127.3	1.6	2.7
<i>Mallotus philippensis</i>	0	0	0	0	0	0	9.1	.1	.3
<i>Ardisia sieboldii</i>	525	5.6	8.2	300	3.9	5.1	463.6	6.4	13.2
<i>Cryptocarya concinna</i>	291.7	1.8	3.7	1075	1.9	10.1	418.2	.9	5.8
<i>Ardisia quinquegona</i>	83.3	.1	.5	25	0	.2	63.6	0	.7
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	0	0	0	75	2.9	2.5	27.3	.4	.9
<i>Itea oldhamii</i>	91.7	.1	.6	25	0	.2	45.5	.2	.8
<i>Pithecellobium lucidum</i>	58.3	.1	.4	300	.1	2.2	118.2	0	1.1
<i>Wendlandia formosana</i>	66.7	.2	.7	50	.1	.5	100	.3	1.6
<i>Lindera communis</i>	0	0	0	0	0	0	9.1	.1	.2
<i>Ficus fistulosa</i>	8.3	0	.1	25	0	.2	36.4	.6	1.1
<i>Turpinia ternata</i>	83.3	0	.5	475	.3	4	145.5	.7	5.2
<i>Ficus nervosa</i>	0	0	0	25	0	.3	9.1	0	.1
<i>Saurauja oldhamii</i>	0	0	0	100	0	.7	100	0	1.4
<i>Bellschmidia erythrophloia</i>	8.3	0	.1	100	0	.9	172.7	.2	2.2
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	16.7	0	.2	25	0	.3	27.3	.9	1.1
<i>Lindera megaphylla</i>	0	0	0	0	0	0	36.4	.1	.7
<i>Villebrunea pedunculata</i>	0	0	0	25	0	.2	109.1	.1	1.4
<i>Nachilus zuihoensis</i>	0	0	0	0	0	0	18.2	0	.3
<i>Mallotus paniculatus</i>	0	0	0	0	0	0	18.2	.1	.2
<i>Nachilus japonica kusanoi</i>	0	0	0	25	0	.2	209.1	11.1	12.1
<i>Meiosma choisifolia</i>	0	0	0	0	0	0	45.5	1.1	1.9
<i>Sphaeropteris lepidifera</i>	0	0	0	0	0	0	9.1	.6	.5
Sum	7974.7	48	99.9	6275	73.8	99.8	4236.8	45.4	99.7

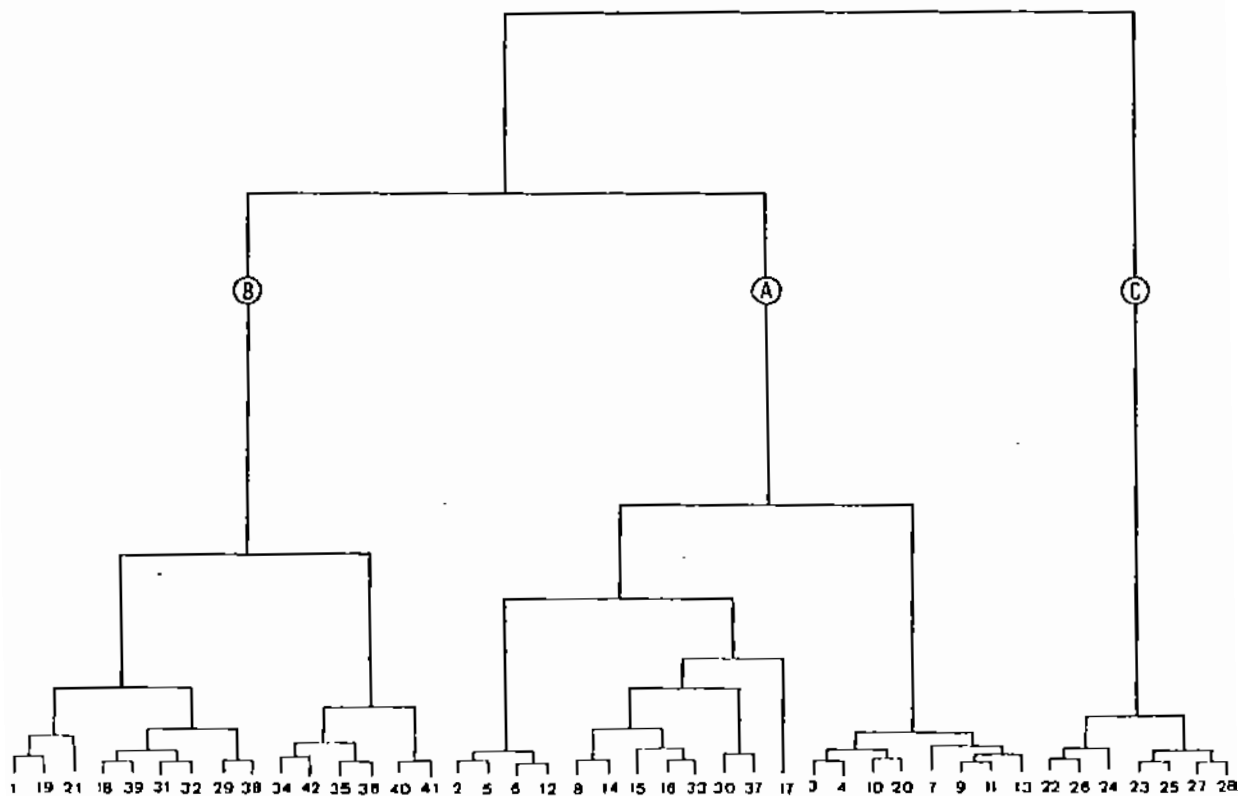


圖 7 依據指令 <UPGMA> 分析結果所製作之歸類圖形

能到達之容量極限。

2. Minimum-variance clustering (Ward 1963 ;
Orloci 1978)

執行指令 MIN-VAR之輸出結果包含樣區編號
及該數樣區相連之 "Sum of squares"值。

3. 雙向列表歸類法 (Two-way indicator species
analysis, TWINSPAN) (Hill 1979a; Gauch
1982)

雙向歸類法之結果類似於Braun-Blanquet之
列表比較法 (Mueller-Dombois and Ellenberg
1974) , 首先完成樣區之歸類體系, 再以此體系
為基礎以達成種的歸類。

在應用方面, 雙向列表歸類法不僅能使用在
植被歸類上, 亦可使用在土地利用類型 (Bunce
et al. 1975; Hill et al. 1975; Hill 1979b)
以及其他類似之課題上。

(1)資料結構

雙向列表歸類法所要求之輸入資料格式
屬於濃縮型格式 (Gauch 1977) , 表 9 為其
例, 表中每一行佔80欄。第一行分別記錄種
類及樣區數。第二行指示輸入種量之格式,
即第三行開始之頭二欄為樣區編號; 隨後為
連續 9組之種編號及其數量, 如一行存不完
即移入下一行繼續存放, 直至所有種均存完
為止, 以上樣區編號需相同。樣區之所有種
均存完後即以 0結尾。第二行近尾端處有一

表 9 雙向列表歸類法之濃縮型資料輸入格式

SPECIES: 69 QUADRAT: 20
(I4,9(I4,F4.0))

1	1	100	9	36.	10	14.	12	37.	14	12.	20	100	26	18.	29	30.	33	100
1	40	14.	41	52.	45	100	48	100	56	58.	57	29.	59	8.5	61	47.	63	85.
1	67	3.3	69	29.														
2	1	27.	9	72.	10	100	12	32.	13	27.	16	3.3	20	20.				
2	27	100	29	38.	31	70.	33	75.	34	100	37	9.3	40	53.	41	40.	45	73
2	46	41.	48	61	63	16.	67	4.5	69	31.								
3	1	2.9	3	54.	8	24.	10	42.										
3	12	73.	13	73.	14	26.	15	93	16	10.	20	13.	25	47.	26	11	27	50.
3	28	60.	29	13.	31	23.	33	11.	36	53.	37	12.	39	3	41	11.	45	22.
3	46	100	48	17	49	61.	51	100	57	5.6	58	95.	59	93.	60	10.	61	57.
3	62	62.	63	2.4	68	20.	69	9.3										
4	3	2.6	6	8	9	39	10	52.	12	53.								
4	13	24.	14	5.2	15	51.	16	41.	25	85.	27	10.	28	100	29	3.2	31	100
4	33	8.5	36	63	37	24.	39	9.5	40	3.8	41	33.	45	30.	46	92.	48	40.
4	49	82.	51	8.3	57	23.	58	30.	59	8.7	60	28.	61	13.	62	100	68	20.
5	3	12.	6	41.	8	69.	9	18.	10	59.	12	44.	13	61	15	38.	16	3.9
5	18	9.2	25	79.	27	15.	28	68.	29	46	31	30.	33	51	36	47.	37	73.
5	39	1.1	42	60.	45	38.	47	27	48	14.	49	29.	56	11.	57	44.	58	23.
5	60	17.	62	49.	64	2.7	68	21.										
6	2	67.	4	100	9	36.	22	97.	25	91.								
6	29	37.	30	100	32	100	35	78.	44	100	52	60.	53	61	64	51.	65	100
7	2	32.	4	72.	5	10.	6	100	9	40.	12	22.	13	55.	17	60.	19	26.
7	22	81.	24	28.	28	13.	32	62.	35	100	44	56.	45	1.9	50	18.	53	28.
7	54	74.	55	14.	62	69.	64	100	66	100	67	14.						
8	3	25.	6	52.	9	41.												
8	10	60.	12	40.	13	88.	15	53.	28	48.	29	73.	33	34.	36	14	37	48.
8	39	2.4	42	68.	45	54.	47	100	48	14	49	65.	56	13	57	50.	61	50.
8	62	17.	68	55.														
9	3	41.	6	60.	7	6.1	9	39.	10	14.	12	42.	15	68.				
9	18	6.1	25	54	27	11.	28	71.	29	55.	33	36.	36	37.	37	69.	39	4.6
9	45	42.	48	12.	49	100	57	100	60	18.	62	20.	68	100				
10	2	16.	4	10.														
10	5	100	9	54.	19	100	22	81.	24	61.	29	5	38	43.	43	100	44	99.
10	52	100	53	77.	54	81.	64	81.	65	60.	66	16.	67	100				
.....																		
20	2	7	3	67.	6	86.	7	52	9	37.								
20	12	21	15	72.	16	17	17	89.	21	100	23	6.5	25	99.	26	9.2	27	17.
20	28	55.	29	49.	33	2.7	35	26.	36	3.3	37	43.	39	9.1	42	34.	45	6.9
20	49	70.	50	100	53	45.	55	100	58	8.3	60	47.	61	26.	68	42.		
0																		

AcerkawaAcerserrAdinformArdisiebBeilerytCastcarlCinncompCinnrandCleyjapoCyclacut
CyciglauCycllongDaphglauDendpellDiosmorrElaejapoEngeroxbEuonlaxiEuryjapoFatspoly
FraxformGlocrubrGordaxilHeliformIlexformIlexqoshIlexrotuIlliaboIteaparvLagesubc
Ligu japoLindcommLitsacumLitsmushMelirhoiMelisquiMichcompMyrirubrtMyrseguNeolacut
OsmanatsPasabrevPasaternPersjapoPersthunPhotbeauPruncampPrunphaePyreshinRandcoch
RhodelliSauroidhScheoctoSphalepiStyrsubeSympcochSymplociSympsumuSympwikaSyzybuxi
TerngymTricdubiTrocaralTurpformVillpeduWendformBlascochEuryacumBydrangu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

數字，表示每一行所存放最大種數。學名長度一般為 8，由屬名及種名各截取 4 字所組成，此簡化學名需依種號順序排列於 0 之後。最後再將樣區編號（依序或不依序）排列於學名區之後。

以上之濃縮型格式可利用文書處理軟體如 PE2 及 BASICA 之文字編輯功能加以輸入存檔。如欲從原始資料開始輸入，再轉變成該格式時，則 PRIS I 之執行過程如下：

- (a) 原始資料調查輸入（指令 ENTRY）
- (b) 建立學名檔（指令 NAME-1, NAME-2 及 NAME-3）
- (c) 產生樣區 ~ 種之矩陣（指令 QUSP）
- (d) 將種量調整至 0 與 100 之間（指令 EQUAL）
- (e) 執行指令 TW-TRANS：

```
Command: TW-TRANS
Filename for sample-by-species
matrix: QUSP-IMP
Filename for species: LOPEI-SP
Filename for condensed data
matrix: QUSP
```

TW-TRANS 執行完畢便能產生上述之濃縮型資料格式。

(2) 雙向列表歸類法之執行

```
Command: TWINSpan
Enter input data filename: QUSP
Do you want output directed to
```

```

printer or disk (P,D) : D
Enter output filename : Lopei
Enter number (not exceeding 9)
of pseudospecies cut levels :
5
0 5 26 51 76

```

TWINSpan執行過程有許多參數需輸入，例如欲刪除之樣區及種類、歸類之階層數、權重等 (Hill 1979a)，如不輸入各參數即採用預設值。上述之例子將分析結果存入磁碟機中，隨後能以文書處理軟體刪除不需要之部分，再印出。如直接以列表機輸出，則列印過多之中間值，廢時過多。虛擬種 (pseudospecies) 之切割層數是指種量之分級數及各級之起始量，例如種量以指令 EQUAL執行後設限於 0至100%之間，則Braun-Blanquet之分級方式 (Mueller-Dombois and Ellenberg 1974) 如下：

- | | |
|-----------|------------|
| 1. 0~4% | 4. 51~75% |
| 2. 5~25% | 5. 76~100% |
| 3. 26~50% | |

虛擬種之切割層數即為 5，各層級之起始值分別為：

```
0 5 26 51 76
```

(3) 雙向列表歸類法之輸出

雙向列表歸類法之輸出格式如表10所示。表中上方二行指示樣區編號，以下諸行自左邊起為種編號、種名及種量等級，不存之

表 1 0 雙向列表歸類法資料輸出之格式

			11	11	11112	11		
			1256	34785899	23406701			
56	Symp	coch	4	--3	--2-22	--52	00000	
1	Acer	kawa	534	-1	-----	-1	000010	
20	Fnts	poly	52	-4	-2-----	-2	000010	
34	Lits	mush	-5	-----	-----	-----	000010	
40	Neol	acut	2435	-12	-----	-----	000010	
48	Prun	phae	5455	23222221	-----	-----	000010	
69	Hydr	angu	3355	2--2	-----	-----	000010	
14	Dend	pell	2-53	3224	--2--2	-----	000011	
33	Lits	acum	5444	22224332	2111	-----	000011	
41	Osma	oats	43-5	235	-----2-2	-----	000011	
45	Pers	thun	5455	23334332	2222	-1--	000011	
63	Troc	aral	52	-1-5	-----	-----	000011	
12	Cycl	long	3342	44453334	2332	-2--	000010	
10	Cycl	acut	2532	34524423	-----	-----	0000110	
27	Ilex	rotu	-532	32522-23	-----2	-----	0000110	
46	Phot	beau	-323	555	-----	-----	0000110	
47	Prun	camp	--44	-----35-5	-2	-----	0000110	
57	Symp	luci	3-4	-22233355	-2	-----	0000110	
26	Ilex	qosh	2--2	2-1	-----452	-----	0000111	
3	Adin	form	--22	41432233	2154	-----	00100	
16	Elae	japo	-1-5	23221	-----4452	-----	00100	
59	Symp	vike	2--	522	-----345	-----	00100	
61	Tern	gymn	3--3	4255-3-3	-343	-----	00100	
7	Cinn	camp	-----	-----2	5214	-----	001010	
21	Frax	form	-----	-----	-35	-----	001010	
23	Gord	axil	-----	-----	12352	-----	001010	
18	Zuon	laxi	-----	-----2-22	-55	-----	001011	
37	Hich	comp	-2--	22-14345	4343	-----	001011	
39	Hyxa	sequ	-----	12111112	3532	-----	001011	
60	Syzy	buxi	-----	23332-22	2533	-----	001011	
15	Dios	corr	-----	154533444	4334	-----	001100	
36	Heli	equi	-----	44-13235	2321	-----	001100	
49	Pyre	shin	-----	45443455	4324	-----	001100	
51	Rhod	elli	-----	522	-----22	-----	001100	
58	Symp	sumu	-----	51532--2	-212	-----	001100	
68	Rury	acum	-----	22422453	3123	-----	001100	
8	Cinn	rand	-----	2-544-44	-----	-----	001101	
31	Liqu	japo	-4--	25543	-----	-----	00111	
6	Cast	carl	-----	2--3443	4335	-5--	010	
25	Ilex	form	-----	35355-45	22-55	-----	010	
28	Illi	arbo	--2	45344344	4324	-2--	010	
62	Tric	dubi	-----	45223223	223	-4--	010	
42	Pasa	brev	-----	-----44-2	5123	-----5	01100	
50	Rand	coch	-----	-----	4345	-2--	01100	
17	Enge	roxb	-----	-----	5335	-4--	01101	
38	Hyri	rubr	--2	--2	-----3-5	-----3-	01101	
55	Styr	sube	-----	-----	-35	-2--	01101	
13	Daph	glau	-3-3	422545-3	445-4-2	-----	0111	
29	Itea	parv	3355	21223443	--133	-2--	0111	
9	Cley	japo	34	-----32-233	223333345	10	-----	
53	Sche	octo	-----	-----1	3323	4355	110	
11	Cycl	glau	-----	-----	-3-	-----5	1110	
35	Heli	rhei	-----	-----	-----355	-----	1110	
43	Pasa	tern	-----	-----	-2-	-----52	1110	
2	Acer	berr	--1	-----2	-----	24325	11110	
4	Ardi	sieb	-----	-----	1--	5423	11110	
5	Beil	eryt	-----	-----	-----	-25-	11110	
19	Rury	japo	-----	-----	-----	-352	11110	
22	Gloc	rubr	-----	-----	-----	5555	11110	
24	Heli	form	-----	-----2--2	-----	-345	11110	
30	Lage	subc	-----	-----	-----	5--4	11110	
32	Lind	comm	-----	-----	-----	54--	11110	
44	Pers	japo	-----	-----	-----	5452	11110	
52	Saur	oldh	-----	-----	-----	4-54	11110	
54	Spha	lepi	-----	-----	-----	-455	11110	
64	Turp	form	-----	-----1--1	-1-	4555	11110	
65	Vill	pedu	-----	-----	-----	5-42	11110	
66	Wend	form	-----	-----	-----	-1-	52-	11110
67	Blas	coch	11	-----	-----	-252	11111	
			0000	00000000	0000	1111		
			0000	11111111	1111			
			00000000	0000	1111			
			00001111					

種以"一"表示。最右側及最下方為 0與 1所組成之種及樣區歸類結果。以樣區為例由上而下表示不同層次之歸類；第一層次將樣區 6、7、10及 11與其他 16個樣區劃分開來；第二層次再將該 16樣區區分為二群；如是類推如以三層次來區分，則 20個樣區可切分為 4群植被類型。種之歸類亦同，如以三層次來區分，66種即可歸納為 6種群。圖 8 為墾丁國家公園南仁山自然保護區內之四種植被類型與地形之層疊圖形，該植被類型為 200個 10*10m小樣區與 106樹種經由雙向列表歸類法所獲致之結果。

(十三) 迴歸分析 (Regression)

在分析樣區調查資料時每每需檢視兩變數間之關係，譬如樹高與 DBH 之關係、樹冠幅與 DBH 之關係、樹齡與 DBH 之關係等。我們可先做兩變數之 X-Y 分散圖形，再尋找一適當之回歸公式，並做出回歸線段圖。本系統計提供 5 種直線及曲線回歸方法以供選擇之用。

1. Linear regression

$$Y = a + bX$$

2. Inverse regression

$$Y = a + (b/x)$$

3. Nth order polynomial regression

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + \dots \dots \dots$$

4. Geometric regression

Vegetation type

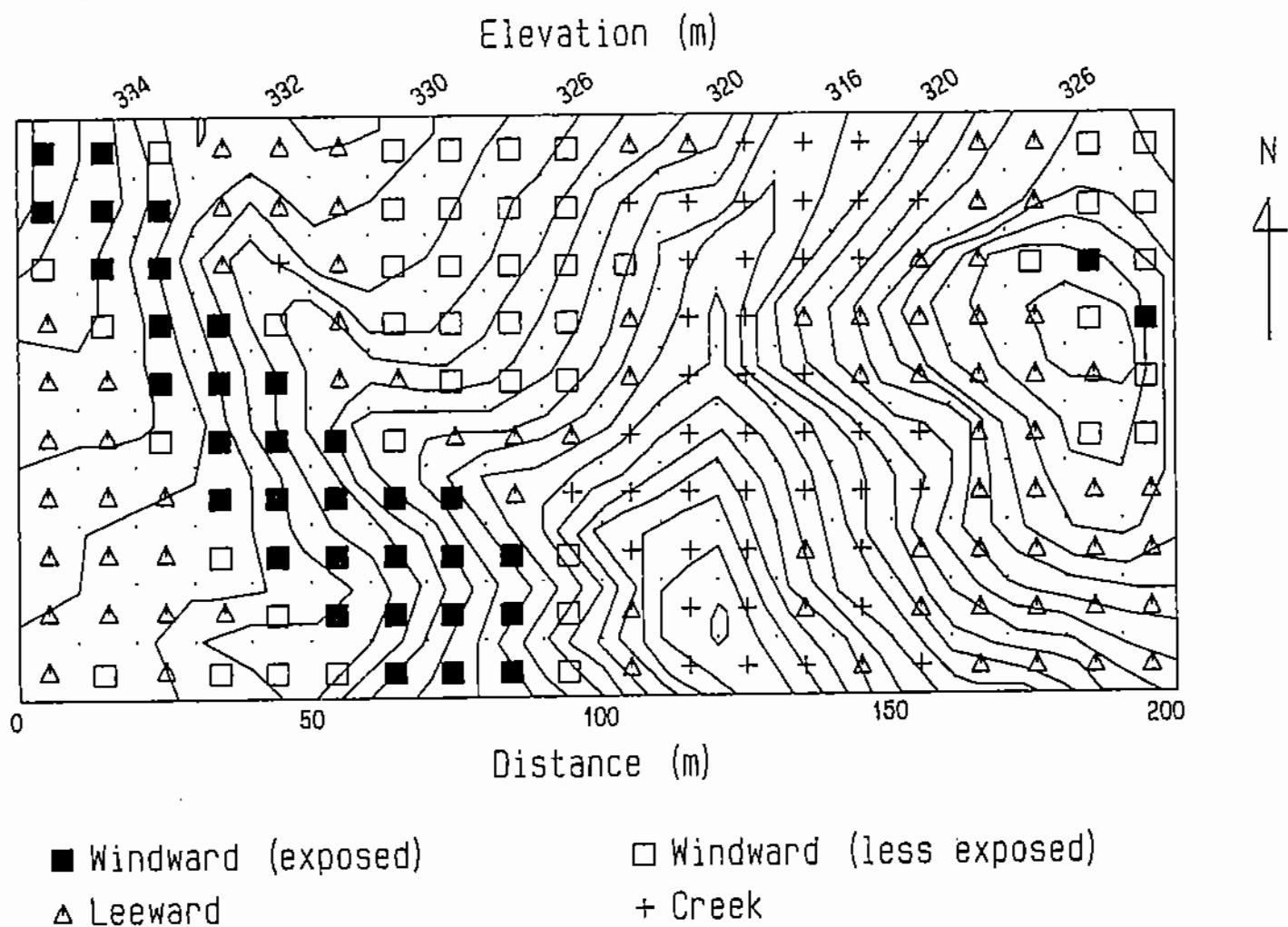


圖 8 墾丁國家公園南仁山自然保護區內之 2 公頃永久樣區內之植被類型及其分佈圖，植被類型是依據雙向列表比較法所區分的

$$Y = a \cdot X$$

5. Exponential regression

$$Y = a \cdot \text{Exp}(bX)$$

先執行指令 VARIABLE 自資料檔中選 2 變數，再執行 REGRESSI 以求得適當之迴歸曲線，最後執行 REGRS-GR 以做出圖形（圖 9）。

（十四）族群結構

1. 依據各樹種之植株數目，將 DBH、年齡及高度等，劃分成數等級，並累積各等級中出現之株數或頻度。然後做柱狀圖，以顯示各種類之族群結構。可事先指定等級範圍或是依據下列公式（Bongers et al. 1988）自動劃分

$$CL = \text{INT}(5 \cdot \text{LOG } N)$$

CL 為等級數，N 為株數

先以指令 CLASS 選取 DBH、年齡或高度，然後統計各樹種之株數，依據上述公式計算等級數，並設定每一等級之範圍。接著累計隸屬於每一等級之株數。再利用指令 CLASS-GR 將各等級之柱狀分佈圖經由螢幕及繪圖機輸出（圖 10）。

2. 利用指令 DYNAMICS 將樹高或胸高直徑劃分為三級，然後依據每一種在各等級間出現株數（或密度）之變化狀況以計算出種之變動指數（Dynamics index, Peet and Louck 1977）。在一快速變動之社會（如次生演替中之社會），一樹種在每一層次均有許多植株出現時，其競爭性較強，往往

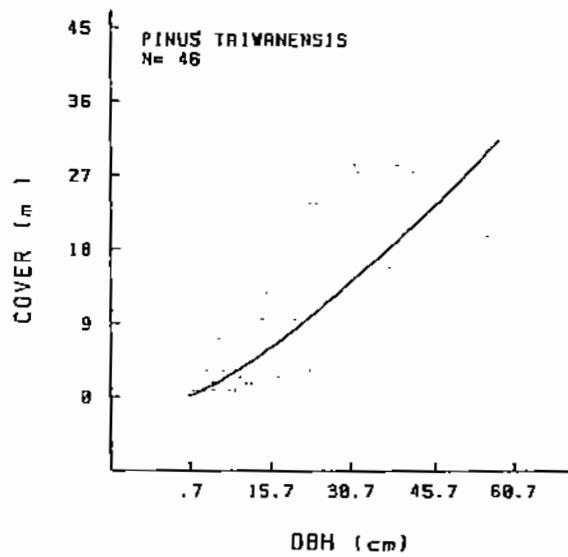
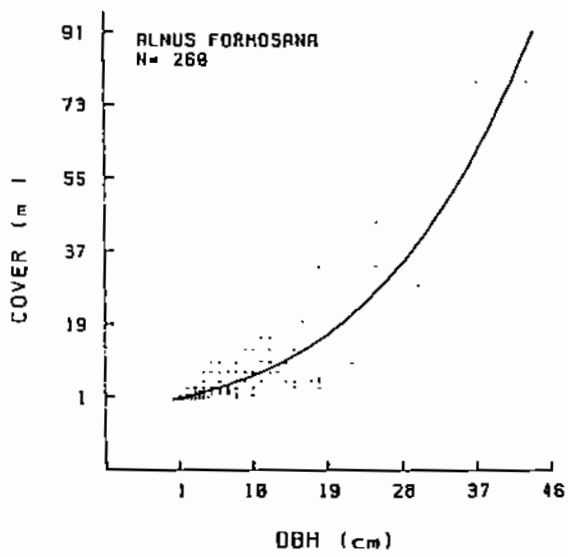
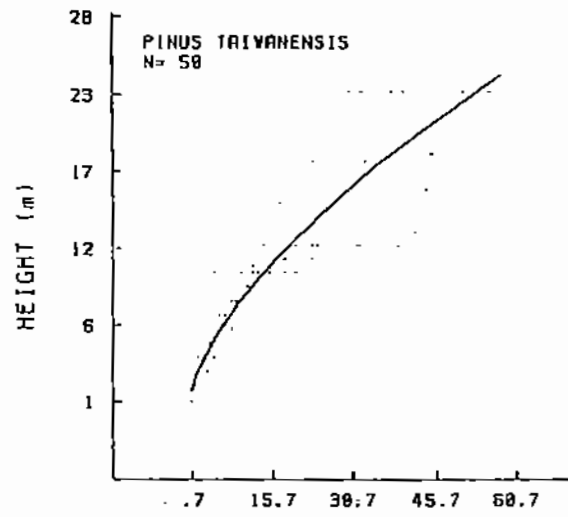
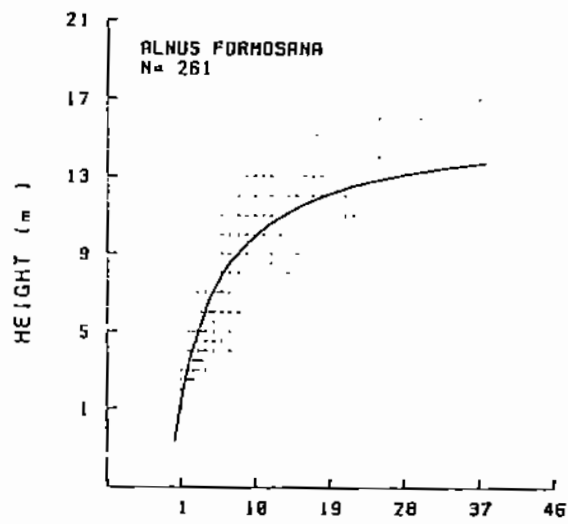


圖 9 指令 <REGRS-GR> 所製作之迴歸圖形

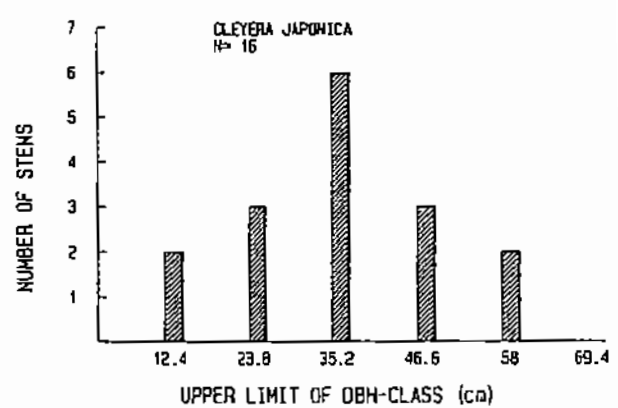
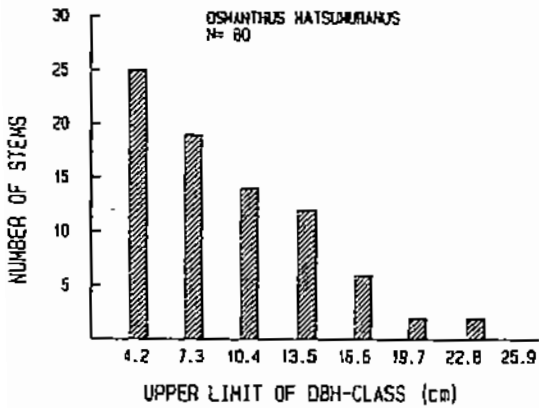
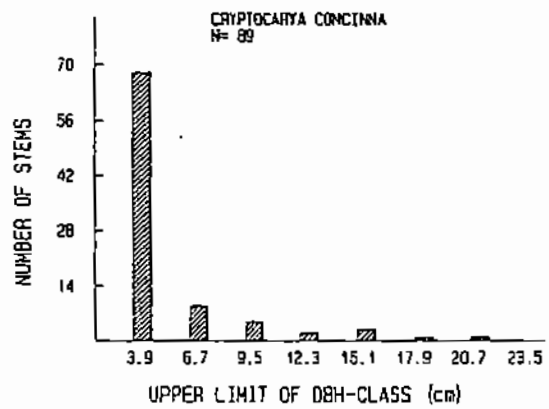
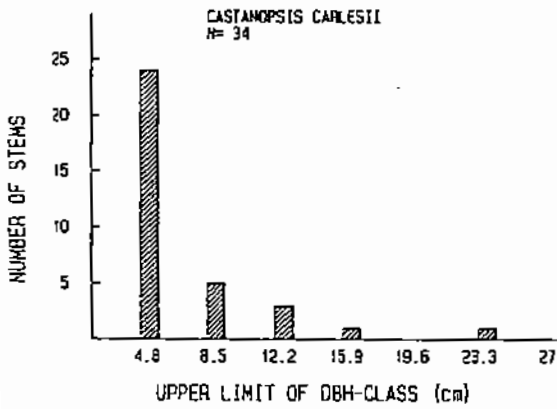
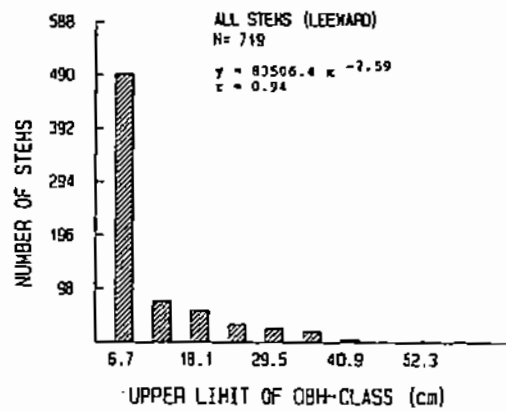
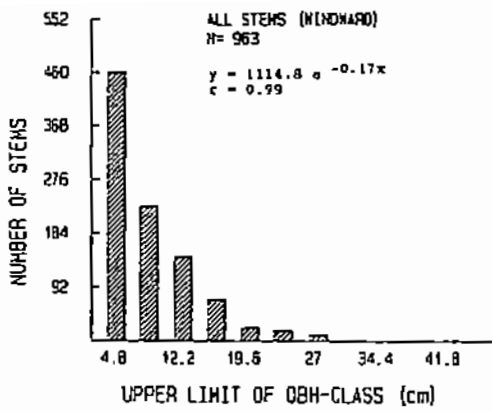


圖 1 0 指令 <CLASS-GR> 所製作之徑級頻度圖

成爲下一階段之優勢種。依據變動指數值，以評估該種未來之競爭能力，指數值愈大，將來形成優勢種之機會率愈高。

(十五) 分佈類型

應用在大型樣區調查，用以製做樹種各植株之分佈圖，並決定各種之分散程度。

1. 植株分佈圖（不設樣區）

依據植株間的距離測定（不需測定角度方位），以繪製出植株的平面分佈圖。製做步驟如下：

- (1) 選擇樣區附近之兩棵樹或兩固定物體做爲基準點，同時量取該兩點之間距。
- (2) 在樣區中找尋距基準點最近之植株，然後分別量取該植株至兩基準點之距離，同時需記錄兩基準點各位於植株之左方或右方。位於左方之基準點即視爲座標原點。
- (3) 再選取樣區中另一新植株，並以曾量過間距之兩植株做爲新的基準點。然後照前述方式度量新植株至兩新基準點之間距，左右向亦需註明。如此不斷進行至樣區內之所有植株均度量完成爲止。
- (4) 假設 i 點爲新選定之植株， j 及 k 各爲 i 點之左右基準點， d_{ik} 爲 i 及 k 點之距離， d_{kj} 爲 k 及 j 點之間距， (X_j, Y_j) 及 (X_k, Y_k) 各爲 j 及 k 點之座標值。則 i 點之座標值可以下列公式求得：

$$\begin{aligned}
 X_i &= X_j + d_{ij} \cos \\
 Y_i &= Y_j + d_{ij} \sin \\
 \alpha &= \tan^{-1} [(Y_j - Y_k) / (X_j - X_k)] - \cos \\
 &= [(d_{ij} + d_{jk} - d_{ik}) / 2d_{ij}d_{jk}]
 \end{aligned}$$

指令 MAP-IN 為指令 ENTRY 之變形，用以輸入樣區調查資料。第一階段之輸入方式與 ENTRY 完全相同，一株一株輸入。第二階段輸入資料包含每一株（i 點）至前兩植株（j 點及 k 點）之距離及該兩植株之方位及編號。

表 1 1 顯示輸入內容，其中 LE 為左側植株（i 點）編號，緊接於後之 DIS 為 i 點至 j 點之距離，RI 為右側植株（k 點）編號，其後之 DIS 為 i 點至 k 點之距離。指令 MAP-MOD 用以修正錯誤資料。指令 MAP-XY 用以讀取指令 MAP-IN 所產生之資料檔，進行上述之公式計算，以求得每一植株之座標值。再以指令 XY-GR 做出植株分佈圖形。圖 11 為美濃鎮雙溪熱帶木園中部分樹種之分佈圖，前 18 株與表 12 相對應，其中編號 1，2 為最初之基準點，點 1 為原點。

2. 植株分佈圖（設置樣區）

在一大型樣區中設置連續小樣區進行植被調查時，各植物種類之分佈圖是以小樣區為基本單位，配合該種在小樣區中密度及底面積等進行製圖。先執行 NAME-1，NAME-2 及 NAME-3 產生名錄，再執行 QUSP、SPQU 以產生種～樣區矩陣。再利用 PRIS II 之繪圖程式 DRAW、GRID 及 SP-PL 即能繪出種之分佈圖形（圖 1 2 及 1 3）。

表 1 1 指令 <MAP-IN> 執行時之畫面

SP	IN	SPECIES	NAME	HI	DBH	AGE	LE	DIS	RT	DIS	SH	ST
1	1	Aaaa	aaaa	0	0	0	0	0.0	0	0.0	0	Po
2	2	Aaaa	bbbb	0	0	0	1	5.0	0	0.0	0	Po
3	3	Adenantha	microsperma	5	.56	0	1	5.0	2	2.2	0	Po
4	4	Hydnocarpus	anthelminthic	10.5	1.08	0	1	3.4	3	3.8	0	Po
5	5	Wrightia	laniti	10	1.6	0	4	4.6	3	7.6	0	Po
6	6	Caesalpinia	coriaria	6.5	.355	0	5	6.2	3	6.8	0	Po
7	7	Caesalpinia	coriaria	6.5	.48	0	6	1.0	3	6.6	0	Po
8	8	Caesalpinia	coriaria	6.5	.54	0	7	1.6	3	7.6	0	Po
9	9	Cassia	siamea	22.5	1.65	0	7	2.2	8	1.4	0	Po
10	10	Ceiba	pentandra	25.5	1.77	0	5	7.8	6	7.4	0	Po
11	11	Ceiba	pentandra	28.5	2.31	0	5	7.2	10	1.4	0	Po
12	12	Terminalia	calamansanai	11	.57	0	11	4.2	10	4.0	0	Po
13	13	Artocarpus	lanceolata	4	.39	0	5	14.4	6	14.6	0	Po
14	14	Parkia	roxburgii	24.5	2.4	0	13	8.0	6	13.6	0	Po
15	15	Parkia	roxburgii	24.5	1.97	0	13	8.0	14	2.2	0	Po
16	16	Parkia	roxburgii	25.5	1.68	0	13	8.2	15	2.2	0	Po
17	17	Parkia	roxburgii	25	1.12	0	13	8.6	16	2.2	0	Po
18	18	Parkia	roxburgii	18	1.41	0	13	7.6	17	2.8	0	Po
19	19	Ravenala	madagascariensis	12	.73	0	16	2.4	15	2.0	0	Po
20	20	Wrightia	laniti	18.5	1.1	0	14	7.0	6	18.0	0	Po

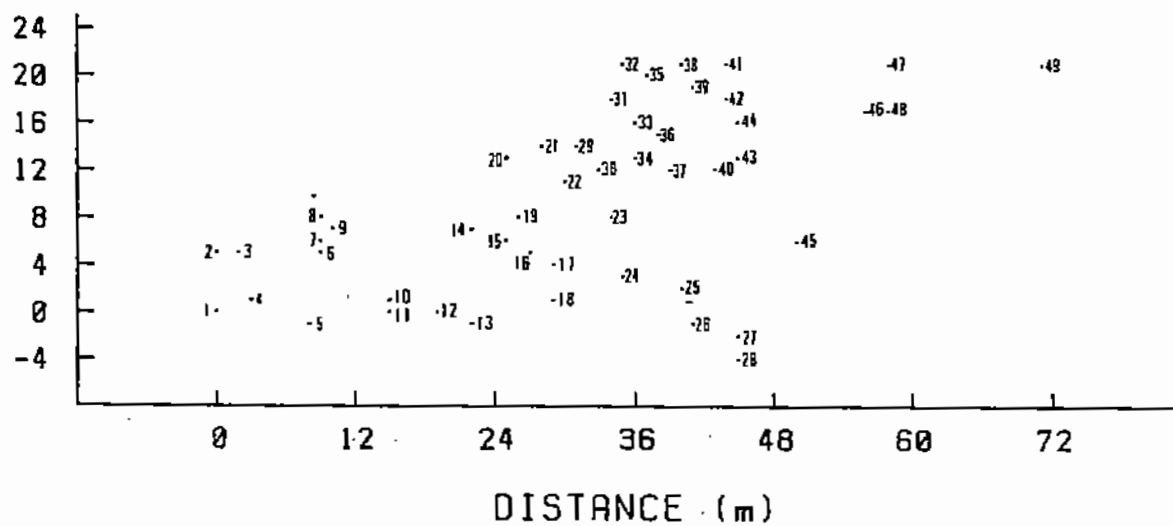


圖 1 1 指令 <MAP-XY> 及 <XY-GR> 執行之結果，圖中顯示雙溪樹木園部分樹種之分佈位置

Illicium arborescens (N=2251)

Elevation (m)

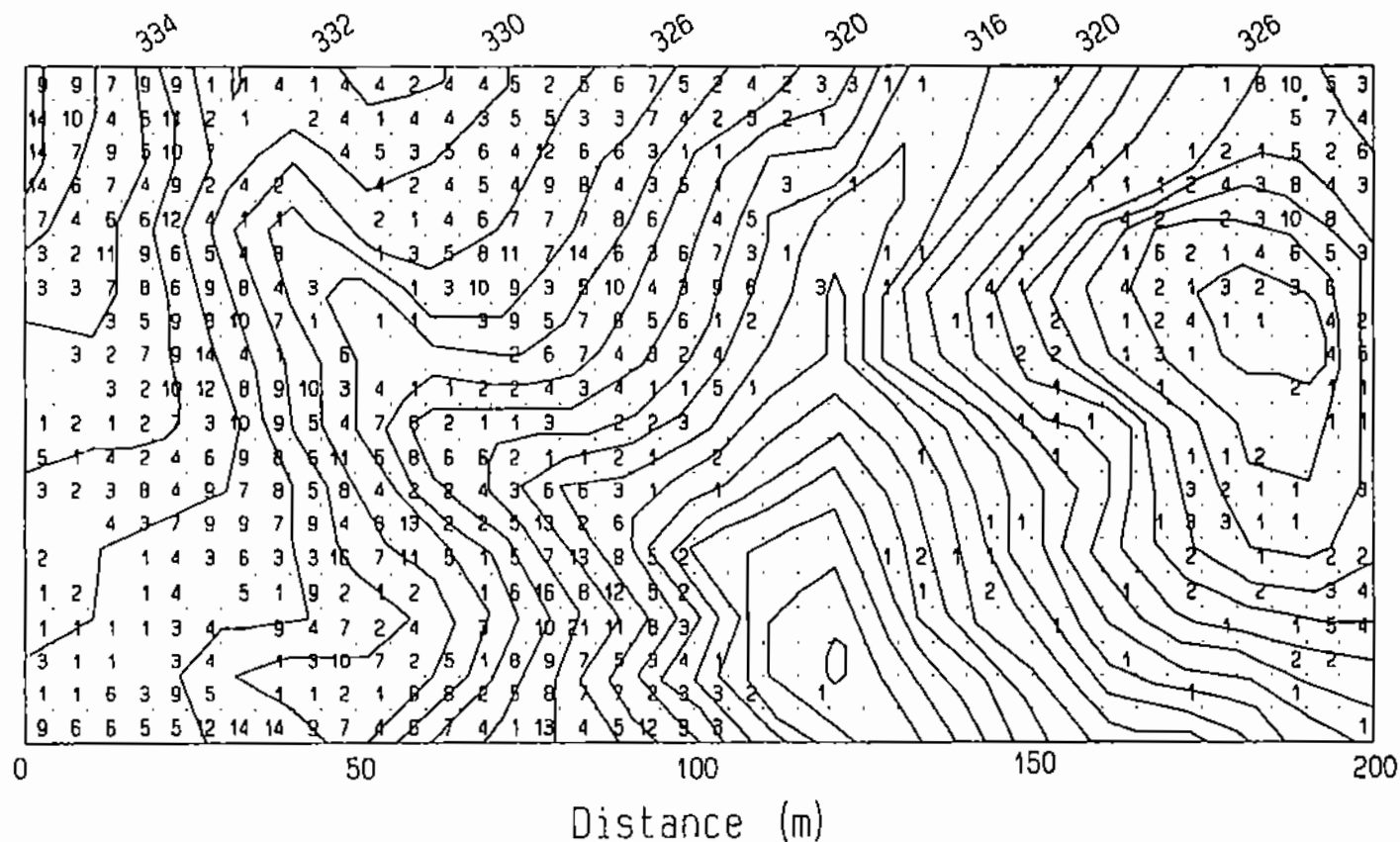


圖 1 2 紅花八角在南仁山 2 公頃永久樣區中之分佈圖，該圖是利用指令 <QUSP>、<SPQU>、<DRAW>、<GRID>、及 <SP-PL> 所製作的，圖中每一方格為 5 × 5 cm，格中之數字代表株數

Cyclobalanopsis championii (N=152)

Elevation (m)

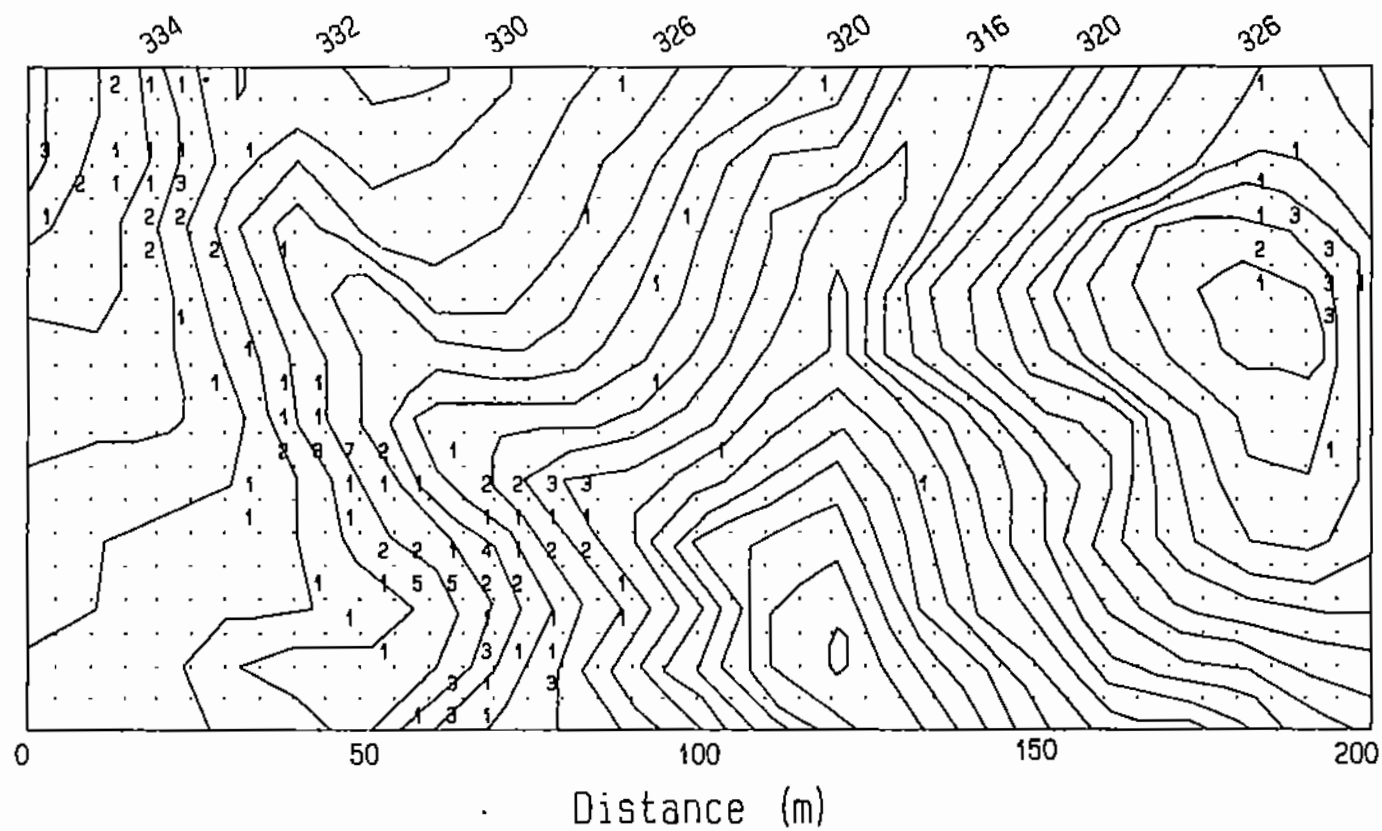


圖 1 3 嶺南青剛櫟在南仁山 2 公頃永久樣區中之分佈圖，作法如前圖

3. 植物分佈類型

在調查區設置 3 * 3 m 或 5 * 5 m 之連續小樣區，分別調查每一小樣區內之樹種植株數，然後利用 Morista's index I (1959)以評定各族群之分佈類型：

$$I = \frac{q}{N(N-1)} \sum_{i=1}^q n_i(n_i-1)$$

q: 樣區數目

n_i: 某種在第 i 樣區中之植株數

N: 某種在所有樣區之植數

如果族群呈隨意分佈則 I 等於 0，如呈群狀分佈則 I >1.0，如果均勻分佈則 I <1.0。

二、 PRIS II 之功能與使用

PRIS II 以建立標本資料、植種資料以及稀特有種類資料為其主要目的，由四種基本要項所組成：

1. 影像及圖形之處理～用以支援下述三項之資料處理。
2. 資料輸入～包含資料儲存結構之設定、資料之檢視、更正及改變等。
3. 資料查詢～儲存之原始資料需經過適當之組織，才能適應不同需求之查詢。
4. 結果輸出～輸出形式及內容之規劃。

(一) 影像處理 YUI 之使用方法

1. 磁碟複製

(1) 在 C 磁碟上建立下列子目錄

```
YUI      <DIR>
FBXUTL   <DIR>
TMP      <DIR>
```

分別將存有 YUI 及 FBXUTL 軟磁碟之內容轉錄至對應之子目錄內，上列之 TMP 起初為空目錄。

(2) 以文書處理軟體建立 YUI.CNF 檔，其內容如下：

```
host      1
pdev      0      400
fbxio     10     0300     0002
gpib      0321  0002     3
scanner   tx200
#printer  pcpr801
```

(3) 建立 YUI.BAT 檔，其內容如下：

```
gmouse
set yui=c:\yui
set tmp=c:\tmp
c:
cd\fbxutl
fbxinit
fbxcls
cd\
c:
```

cd\yui

yui2

YUI執行前需先存錄Mouse之驅動程式(如 GMOUSE.COM 及 GMOUSE.SYS)。如主機板上具有 80287 或 80387 晶片時，上述之最後一行 yui2 改為 yui。

2. 主要功能及使用法

(1) 主功能表之內容 (圖 14)：

SCREEN：顯示 X,Y 座標。

PEN：選取 RGB 三原色。

MASK：將原先之圖形區暫時固定，使得目前之作圖能層疊於其上。

FUNC：提供手繪、掃描像片、存取檔案、像機輸入、圖形編輯及列印等功能

MODE：提供固定顏色選擇、繪圖區小塊圖樣選擇、漸進色選擇、小塊圖樣複製等功能。

PALETTE：固定顏色顯示區。

BRUSH：塗繪式樣及其大小選取。

FREE HAND：提供作圖、字型輸入及編輯之功能。

(2) 常用之功能說明

(A) 顏色選擇

- a. 以游標在主功能表之PEN區選擇 RGB (紅、綠、藍) 三原色之色值 (各為 0~255) 以組成使用顏色，另外選取 "0 欄" 之透明度值。

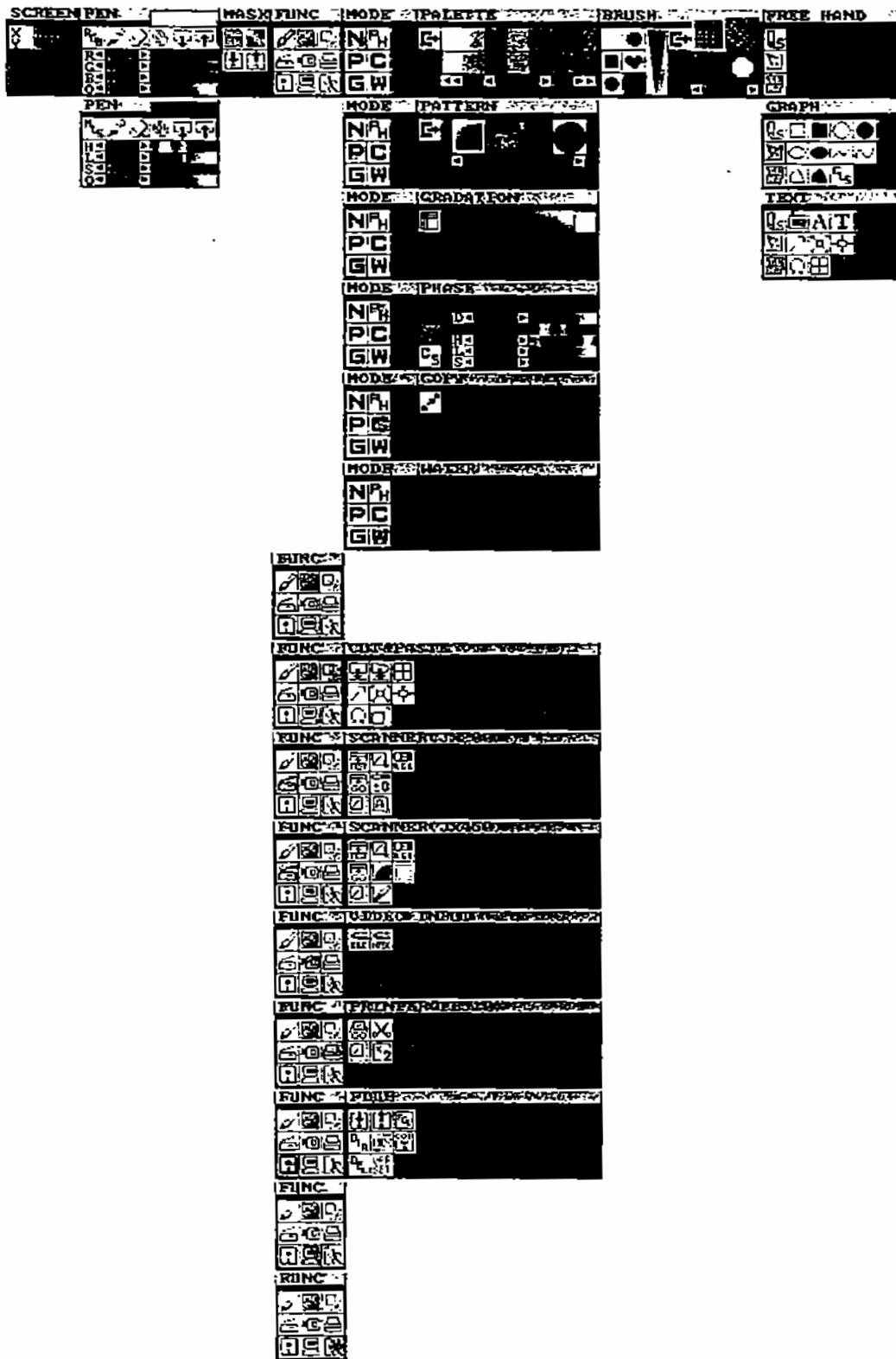


圖 1 4 YUI 影像系統之主功能表

- b. 以游標在 PALETTE 中選取某一固定顏色。
- c. 選取 PEN 中之"筆"，再以游標在作圖區選取某一點之顏色。

(B) 繪圖

選取 FREE HAND 中之第 2 項，即有 GRAPH 之次目錄顯現。GRAPH 之功能包含空心／實心方塊、空心／實心圖、空心／實心橢圓、直線、弧線、空心／實心多邊形之製作，以及"CLS" 作為清除螢幕成爲特定色之用。

(C) 文字及其編輯

選取 FREE HAND 中之第 3 項，即有 TEXT 之次目錄顯現。TEXT 之功能包含鍵盤輸入、文字之移動、放大縮小、旋轉以及字形選擇。

(D) 圖形編輯

選取 FUNC 中第一行之第 3 項，即有 CUT & PASTE 之次目錄顯現。CUT & PASTE 之功能包含圖形及影像區截取、移動、旋轉、放大縮小及變形。

(E) 影像掃描

選取 FUNC 中第二行之左項，即有 SCANNER 之次目錄出現。掃描之過程如下：

- a. 指定黑白或彩色，並指定色澤之深淺（有 A~E 五級）。
- b. 執行預先掃描 TEST。
- c. 框取所需之部份。

- d. 指定在螢幕上之顯示範圍及大小。
- e. 選取 GRAPH 之 CLS以清除螢幕，一般清除為白色較為方便。
- f. 回到 SCANNER 次目錄，選取 "GO"即開始掃描。

(F) 檔案存取

在 FUNC 主目錄中選取第三行之左項即有 FILE 之次目錄出現。先決定檔案格式為 RGB 之複合檔或是分離檔，一般以分離檔存取較方便，如此所形成之檔案有三：

```

***.HED
***.RED
***.GRE
***.BLU

```

以分離檔存檔時，取檔亦需先設定為分離檔。複合檔 (***.RGB)亦類似。存檔時需先框取欲儲存之螢幕範圍。

3. 銜接其他語言及軟體

利用 YUI所製作之圖形及影像檔可利用下列方式為其他語言及軟體所取用：

(1) BASICA語言

```

INPUT "IMAGE FILENAME" ,F$
FA$=F$ + ".HED"
OPEN "I" , #1 , FA$
INPUT #1 , S$
INPUT #1 , S$

```

```
S$=MID$(S$,9,3)
T$="FBXLOAD " + F$ + " " + S$ + " 0 0"
SHELL "FBXINIT" : SHELL "FBXCLS"
SHELL T$
CLOSE
```

(2) dBASE軟體

先將上述之 BASICA 程式編輯為執行檔 ***
.EXE 在 dBASE 之下執行下列指令即可：
· RUN ***

(二) 圖形處理

圖形處理包含圖形之製作、修正及顯示或列印，圖形之種類則有地形圖、植被圖、地質圖、土壤圖等。此等圖形常做為底圖，以與植物分佈圖相配合。

圖形處理之前先執行指令 CONFIG 以設定顯示器類型、數位板解析度及繪圖機之有效範圍。顯示器有 MGA (720*348)、EGA (640*350) 及 VGA (640*480) 三種。數位板之解析度在 PRIS 軟體之設定為 0.1mm；繪圖機之解析度亦設定為 0.1 mm，最大作圖範圍為 4039*2760。

1. 以 PRIS 之 DRAW 作圖

在作圖前先將詳細底圖放置於數位板之左下角，執行指令 DRAW 後即顯示下列之主功能目錄：

- (1) Exit
- (2) Begin a new drawing
- (3) Edit an exiting drawing

選擇 <功能 2> 開始作圖：

Enter Filename : YANGMING

Foreground color : 14

Background color : 0

<Digitize the upper right point >

(用以限定做圖範圍)

<Digitize first point >

<Digitize second point >

(以數位板上之兩點設定1000 m 之比例尺)

以上設定完畢即出現下列之功能：

(1) Sketch; (2) Line; (3) Point;

(4) Text; (5) Hatch; (6) End

分別為描圖、畫線、畫點、輸入文字、填圖及結束。其中填圖 "Hatch"是在某一封閉曲線內著上顏色。執行程中可即時刪除錯誤之線段及文字。繪圖主目錄中第3項功能是用以繼續製做未完成之圖形，執行時先輸入業已完成之部分。

2. 以 AutoCAD 作圖

如使用套裝軟體 AutoCAD時，可利用其部分功能如 LINE、PLINE、TEXT、HATCH 等製圖。首先鍵入 <ACAD>，進入主功能目錄：

(1) Exit AutoCAD

(1) Begin a New drawing

(2) Edit an EXISTING drawing

(3) Plot a drawing

(4) Printer plot a drawing

(5) Configure AutoCAD

選擇項目 (5) 設定周邊裝置，再選擇 (1) 作圖

，依序執行下列指令：

TABLET (選擇CAL 設定數位板座標系統)

LINE (畫直線)

PLINE (畫連續直線)

TEXT (輸入文字)

HATCH (填入圖案)

DXFOUT (產生圖形交換檔)

QUIT (離開 AutoCAD)

隨後執行上述之DRAW指令，設定數位板做圖範圍及距離比例尺，但不進一步執行做圖指令即跳出。接著執行指令 ACAD-TRN 即能將 AutoCAD之圖形交換檔改為 PRIS 之 DRAW 所能讀取之檔案形式。在轉換過程需輸入 DRAW 及 AutoCAD之座標系統相差比例。

3. 網格、經緯度系統及植物分佈點設定

前述之底圖繪製完成後即執行指令GRID (數位板上之底圖仍在)，此時螢光幕顯示下列之功能目錄：

(1) Show existing drawings

(2) Grid

(3) Distribution

(4) End

先選擇 (1) 將底圖顯示於螢光幕上。其次選擇 (2) 則程式要求輸入左上角某一點之已知經緯度 (參考點)，再以數位板之游標移至該參考點讀取座標。此時程式詢問網格邊長 (m)，輸入後即有網格顯現，亦可不顯示網格。接著選取 (3)，則

螢光幕左上角會隨時顯示數位板游標所在位置之網格座標及經緯度。只要將游標指向底圖上之植物分佈地，即可讀取網格及經緯度而存入磁碟檔內。

(三) 資料輸入

1. 資料結構

不論是以標本為導向之資料庫或是以植種為導向之資料庫，其基本資料結構均相類似。資料結構檔均屬文字檔 (ASCII text file)，因此能以文書處理軟體 (如 Microsoft Word, PE2)、各語言之程式編輯功能 (如 BASICA, Quick Basic) 或是 DOS 之 EDLIN 加以輸入及修正。資料結構檔中之每一行由三個單元所組成：

- (1) 層次
- (2) 欄位數 (長度)
- (3) 資料項名稱

由於描述植物特性或是產地現況之資料項常具備層階結構，因此第一單元之層次即在指明該資料項所處層次應屬主資料項或是次資料項或是更下層之項目；第二單元欄位數是指定每一主資料項所佔有之文數字欄位數 (長度)；第三單元為主、次資料項之名稱。

在標本導向資料結構中，地理網格 (Grid) 係將台灣全省劃分為南北 380 格，東西 270 格，即每一格為 1 平方公里。

借出 (Loan) 項是用以登錄標本借用之單位

、地址及借出日期。

在稀特有植種導向資料結構中，稀有種之定義沿用國際自然及自然資源保育聯盟 IUCN (1980) 所列舉者，並加修正 (黃增泉 1987) 如下：

- (1) 已絕滅 Extinct (Ex)：指於野外模式標本採集地或其它已知地點重覆尋找而未曾再發現，但可能仍有部份為人工栽培者。
- (2) 瀕臨絕滅 Endangered (E)：導致目前數量減少之原因如不改善，則該種將有絕種之虞，此類生物之族群已減至臨界值或其棲息地急劇減少。
- (3) 面臨危機 Vulnerable (V)：導致目前數量減少之因子若持續不斷，則該種生物將成為瀕臨絕滅種。
- (4) 稀少 Rare (R)：目前不屬於以上兩類，但在世界上之族群很小，通常局限分佈於小地區或少量散生於較廣大地區。
- (5) 身份未定 Indeterminate (I)：確知屬於以上四級，但無足夠資料判定其究屬何級。
- (6) 疑問種 Insufficiently known (k)：懷疑其為以上數級，但因資料不足，如分類地位不確定或記載不明確，無法確知其是否以上各級。
- (7) 脫離危險 Out of danger (O)：原先屬以上各級，但因採取有之保育措施或原先威脅其生長之因子已被移除而轉危為

安。

- (8) 非固有之稀有種 Non-endemic (NE) :
非本省之固有種，但在省內之數量及分佈均小，且具有學術上價值之種類。

影像欄 (Image)用以存放影像檔案之指標，該指標由五欄文數字所組成。頭一欄為字母，其代表意義如下：

[M] 代表形態影像

[G] 代表圖形

[H] 代表生育地影像

後四欄為學名資料檔中之種序號。

表 12 顯示植種資料系統之資料結構，主資料項包含科名、學名、習性、葉部形態、花部形態、果實特徵、花期、果期、用途、數量以及生育地狀況等。

表 13 顯示特稀有植物種類資料系統之資料結構，主資料項包含科名、學名、花期、果期、數量、分佈地區之位置、生育地狀況、目前及未來之土地利用方式、生存威脅、影像以及保育策略等。

表 14 顯示標本資料系統之資料結構，主資料項包含科名、學名、採集者姓名、採集日期、採集編號、採集地之位置、生育地狀況、模式標本類型等。

2. 資料輸入

植種導向資料系統、特稀有種類資料系統以及標本資料系統需分別設立。資料輸入時分別執

表 1 2 植種資料系統之資料結構

1	4	(01)	No:
1	20	(02)	Family:
1	95	(03)	Species name:
1	14	(04)	Chinese family name:
1	24	(05)	Chinese name:
1	2	(06)	Habit:
2		10	Tree
3		11	Evergreen
3		12	Deciduous
2		20	Shrub
3		21	Evergreen
3		22	Deciduous
2		30	Scandent shrub or vine
3		31	Scandent shrub
3		32	Vine
2		40	Herb or fern
1	1	(07)	Leaf arrangement:
2		1	Alternate
2		2	Alternate (distichous)
2		3	Opposite
2		4	Opposite (decussate)
2		5	Whorled
2		6	Fascicled
2		7	Basal
1	2	(08)	Leaf type:
2		10	Simple
2		20	Compound
3		21	Odd-pinnate
3		22	Even-pinnate
3		23	Decomound (pinnate)
3		24	Ternate
3		25	Decomound (ternate)
3		26	Palmate
1	8	(09)	Leaf form:
2		01	Acicular
2		02	Filiform
2		03	Linear
2		04	Lanceolate
2		05	Ovate
2		06	Cordate
2		07	Elliptic
2		08	Oblong
2		09	Oblanceolate
2		10	Spatulate
2		11	Runcinate
2		12	Pandurate
2		13	Obovate
2		14	Deltoid
2		15	Rhomboid
2		16	Reniform
2		17	Orbicular
1	6	(10)	Leaf margin:
2		01	Entire
2		02	Crenate
2		03	Dentate
2		04	Serrate
2		05	Double serrate
2		06	Pinnatifid
2		07	Palmate
1	6	(11)	Leaf apex:
2		01	Cirrhous
2		02	Caudate
2		03	Acuminate
2		04	Acute
2		05	Cuspidate

表 1 2 續

2		06 Mucronate
2		07 Obtuse
2		08 Emarginate
2		09 Obcordate
1	6 (12)	Leaf base:
2		01 Attenuate
2		02 Cuneate
2		03 Oblique
2		04 Obtuse
2		05 Truncate
2		06 Cordate
2		07 Sagittate
2		08 Hastate
1	4 (13)	Vesture type:
2		1 Smooth
2		2 Pubescent
2		3 Glandulose
2		4 Stellate
2		5 Scalous
1	2 (14)	Inflorescence:
2		01 Simple
2		02 Scapose
2		03 Spike
2		04 Catkin
2		05 Spadix
2		06 Raceme
2		07 Panicle
2		08 Dichasium
2		09 Thryse
2		10 Corymb
2		11 Helicoid cyme
2		12 Simple umbel
2		13 Compound umbel
2		14 Head
2		15 Verticillate
2		16 Syconium
1	1 (15)	Union of flower parts:
2		1 Sympetalous
2		2 Apopetalous
2		3 Apetalous
1	1 (16)	Numerical plan:
2		1 3-merous
2		2 4-merous
2		3 5-merous
2		4 Polymerous
1	4 (17)	[Completeness]:
2		1 Complete/Incomplete
2		2 With calyx/without calyx
2		3 Staminate/pistillate
2		4 Monoecious/Dioecious/Polygamous
1	1 (18)	Flower symmetry:
2		1 Regular
2		2 Irregular
1	2 (19)	Corolla type:
2		01 Urceolate
2		02 Campanulate
2		03 Funnel-form
2		04 Salverform
2		05 Rotate
2		06 Ligulate
2		07 Tubular
2		08 Bilabiate
2		09 Spurred
2		10 Papilionaceous
1	1 (20)	Elevation:

表 1 2 續

2		1 Hypogynous
2		2 Perigynous
2		3 Epigynous
1	1 (21)	Number of stamens:
2		1 1
2		2 2
2		3 4-5
2		4 6-10
2		5 Numerous
1	1 (22)	Union of stamens:
2		1 Separate
2		2 Monadelphous
2		3 Didynamous
2		4 Tetradynamous
2		5 Polyadelphous
1	1 (23)	Placentation:
2		1 Parietal
2		2 Axillary
2		3 Free-central
2		4 Basal
1	3 (24)	Fruit:
2		100 Simple
2		110 Fleshy
3		111 Berry
3		112 Hesperidium
3		113 Pepo
3		114 Drupe
3		115 Pome
2		120 Dry and indehiscent
3		121 Samara
3		122 Grain
3		123 Akene
3		124 Nut
2		130 Dry and dehiscent
3		131 Legume
3		132 Loment
3		133 Follicle
3		134 Schizocarp
3		135 Pyxis or utricle
3		136 Capsule
3		137 Silique
3		138 Silicle
2		200 Multiple fruit
2		300 Aggregate fruit
1	12 (25)	Flowering period:
1	12 (26)	Fruiting period:
1	6 (27)	Flower color:
2		01 Pink
2		02 Red
2		02 Orange
2		03 Brown
2		05 Yellow
2		06 Green
2		07 Blue
2		08 Purple
2		09 Grey
2		10 White
2		11 Black
1	6 (28)	Significance:
2		01 Food
2		02 Medicines & chemicals
2		04 Poisonous
2		05 Wood sources
2		06 Ornamental uses
2		07 Soil conservation

表 1 2 續

2	08 Ecological
2	09 Educational
2	10 Scientific
1	1 (29) Abundance:
2	1 Very common and abundant
2	2 Abundant
2	3 Occasional
2	4 Rare
1	6 (30) Specific physiographic types:
2	01 Mountain
2	02 Cliff/scarp
2	03 Limstone
2	04 Volcano
2	05 Laterite terrace
2	06 Plain/flat
2	07 River bank/bed
2	08 Swamp/marsh
2	09 Lake/pond
2	10 Coral reef
2	11 Beach
2	12 Estuary/sea
1	9 (31) Habitat type:
2	100 Natural vegetation
3	110 Herbaceous type
3	120 Shrub/scrub type
3	130 Forest type
4	131 Conifer forest
4	132 Broad-leaved forest
4	133 Mixed forest
2	200 Disturbed land
3	210 Urban
3	220 Agriculture
4	221 Paddy field
4	222 Dry farmland
4	223 Meadow/Pasture
4	224 Orchard
4	225 Plantation
3	230 Road/railwayside
1	40 (32) Major locality:

表 1 3 特稀有植物種類資料系統之資料結構

1	18	(01)	科名：
1	90	(02)	種名：
1	12	(03)	中文科名：
1	14	(04)	中文名稱：
1	12	(05)	花期：
1	12	(06)	果期：
1	20	(07)	數量：
1	1	(08)	稀有植物等級：
2			01 EX 已滅絕
2			02 E 瀕臨絕滅
2			03 V 面臨危機
2			04 R 稀少
2			05 I 身分未定
2			06 K 疑間種
2			07 O 脫離危險
2			08 NE 非固有之稀有種
1	40	(09)	分佈區：
1	6	(10)	網格座標：
1	13	(11)	經緯度：
1	9	(12)	海拔：
1	2	(13)	地形區：
2			01 山區
2			02 懸崖／崩壞地
2			03 石灰岩
2			04 火山
2			05 紅土台地
2			06 平原／平地
2			07 河岸／河床地
2			08 沼澤／濕地
2			09 湖泊／水地
2			10 珊瑚礁
2			11 海邊
2			12 河口／海
2			13 其他
1	3	(14)	生育地類型：
2			100 自然植被
3			110 草原
3			120 灌叢
3			130 森林
4			131 針葉林
4			132 混交林
4			133 闊葉林
2			200 開發區
3			210 都市區
3			220 農地
4			221 水田
4			222 旱作田
4			223 草地
4			224 果園
4			225 人工林
1	2	(15)	土地歸屬：
2			10 國有地
3			11 國家公園區
3			12 自然保護區
3			13 軍事區
3			14 國有林地
3			15 其他
2			20 縣／鄉／市地
2			30 私有地
1	40	(16)	未來土地利用方式：
1	1	(17)	威脅：
2			01 破壞及變更生育地
2			02 過度利用
2			03 疾病
2			04 其他先天或人為因子
1	310	(18)	資料來源：
1	15	(19)	影像：
1	150	(20)	保育建議：
1	12	(21)	日期：
1	74	(22)	附註：

表 1 4 標本資料系統之資料結構

1	18	(01)	Family:
1	90	(02)	Species:
1	30	(03)	Collector's name:
1	8	(04)	Collector's number:
1	8	(05)	Date collected:
1	1	(06)	State of the specimen:
2			1 Flowering phase
2			2 Fruiting phase
2			3 Flowering & fruiting
2			4 Vegetative
1	40	(07)	Major locality:
1	19	(08)	Grid:
1	8	(09)	Altitude:
1	2	(10)	Specific physiographic types:
2			01 Mountain
2			02 Cliff/scarp
2			03 Limestone
2			04 Volcano
2			05 Laterite terrace
2			06 Plain/flat
2			07 River bank/bed
2			08 Swamp/marsh
2			09 Lake/pond
2			10 Coral reef
2			11 Beach
2			12 Estuary/sea
1	3	(11)	Specific biogeographic region:
2			100 Northeastern
2			200 Northern
2			300 Southwestern
2			400 Southern
2			500 Eastern
2			600 Central mountain
3			601 Lalashan
3			602 Litungshan
.....			
1	3	(12)	Habitat type:
2			100 Natural vegetation
3			110 Herbaceous type
3			120 Shrub/scrub type
3			130 Forest type
4			131 Conifer forest
4			132 Broad-leaved forest
4			133 Mixed forest
2			200 Disturbed land
3			210 Urban
3			220 Agriculture
4			221 Paddy field
4			222 Dry farmland
4			223 Meadow/Pasture
4			224 Orchard
4			225 Plantation
3			230 Road/railwayside
1	1	(13)	Type status:
2			1 Holotype
2			2 Lectotype
2			3 Neotype
2			4 Isotype
2			5 Syntype
1	7	(14)	Specimen number:
1	30	(15)	Loan:
1	90	(16)	Note:

行指令 INPUT-P, INPUT-R 及 INPUT-S 三指令。
執行後的畫面顯出下列之功能目錄：

- (0) Exit PRIS
- (1) Begin a new file
- (2) Enter data
- (3) Edit existing data

其中 (0) 表示離開執行之程式；(1) 表示建立新檔；(2) 表示加填資料；(3) 表示修改資料。

表 15 及 16 分別顯示植種及標本資料系統輸入時之畫面，以游標之上下移動來選擇欲輸入之項目。科名及種名可直接以鍵盤輸入，亦可在種號或是科名下打入種名代號，如此程式會自業已建立之 LIST 學名檔中取出科名及種名。凡是有階層特性之項目如 "Habitat type"，則按下 F1 鍵，顯示器即能顯示所有類型，再選出適當之類型代碼即可。對某些特性亦設立影像檔，只要再按下 F1 鍵則顯示器即能顯示所有類型之影像以供核對選擇。

不論輸入資料亦或修改資料，程式執行中，只要按 [PgDn] 鍵即顯示下筆資料，按 [PgUp] 鍵則顯示上一筆資料，按 [Esc] 鍵則回到功能目錄。

地理網格及經緯度可直接以鍵盤輸入，但其設定費時且不易。另一方式是利用前述之網格及經緯度系統，讀取產地之座標，存入對應欄位。

如果資料之輸入需要採用中文型式時，僅需將資料結構檔改為中文即可。

表 1 5 植種資料系統輸入時之畫面

No: 2035 Record: 6
Family: Leguminosae
Species name: Maackia taiwanensis Hoshi et Ohashi

Chinese family name: 豆科
Chinese name: 臺灣馬鞍樹
Habit: Deciduous
Leaf arrangement: Alternate
Leaf type: Odd-pinnate
Leaf form: Lanceolate, Oblong
Leaf margin: Entire
Leaf apex: Acute
Leaf base: Cuneate
Vesture type: Smooth
Inflorescence: Raceme
Union of flower parts: Apopetalous
Numerical plan: 5-merous
[Completeness]: Complete/with calyx//

Flower symmetry: Irregular
Corolla type: Papilionaceous
Elevation: Hypogynous
Number of stamens: 6-10
Union of stamens: Didynamous
Placentation: Parietal
Fruit: Legume
Flowering period: 000001100000
Fruiting period: 000000011000
Flower color: Pink
Significance:
Abundance:
Specific physiographic types:
Habitat type:
Major locality: Taipei County: Mt. Tatungshan

<Hit F1 key to show subitems, any other key to continue>

表 1 6 標本資料系統輸入時之畫面

Family: Euphorbiaceae
Species: Euphorbia jolkini Boiss.
Collector's name: Shu-Chien Lin
Collector's number: L284
Date collected: 04/20/1989
State of the specimen: Flowering phase
Major locality: Taipei County: Tashianglan
Grid: (X) 267 (Y) 33
(Long.) 121/58/00 (Lat.) 25/02/00
Altitude:
Specific physiographic types: Beach
Specific biogeographic region: Northeastern
Habitat type: Herbaceous type
Type status:
Specimen number: 201010
Loan:
Note: Primarily growing on the rocks

- | | |
|-----|-------------------------|
| 100 | Natural vegetation |
| 110 | Herbaceous type |
| 120 | Shrub/scrub type |
| 130 | Forest type |
| | 131 Conifer forest |
| | 132 Broad-leaved forest |
| | 133 Mixed forest |
| 200 | Disturbed land |
| 210 | Urbanngshan |
| 220 | Agriculture |
| | 221 Paddy field |
| | 222 Dry farmland |
| | 223 Meadow/Pasture |
| | 224 Orchard |
| | 225 Plantation |
| 230 | Road/railwayside |

Enter selection: 110

3. 資料修正

如有部分資料發生錯誤，可使用前述功能目錄中之第(3)項 "Edit existing data"加以修改即可。

(四) 資料查詢

原始資料輸入存檔後需就未來可能之查詢性質加以組織。一般先選定關鍵項目 (key) 建立索引檔 (Index file)。例如欲查詢 "分佈於闊葉林帶之植物種類" 時，便需以生育地項目建立索引檔；又如欲查詢 "葉片為橢圓形之種類" 時，即需以葉形為關鍵項目建立索引檔。建立索引檔時需執行指令 INDEX，執行後即出現資料結構中之主資料項目，再以游標選定項目，按 S 鍵即可。

對於非關鍵項目如某種之分佈區或是影像，則執行指令 RETRIEVE 直接找尋該種，再依據該種資料項之記載顯示出來。

如欲檢視原始資料則執行資料輸入之指令 INPUT-P、INPUT-R、或是 INPUT-S 之編輯功能項，當資料顯示時再以畫面複印之方式以列表機印出。

對於網格及經緯度而言，欲搜尋某範圍內之植物種類時，因網格之組合無窮，難以設立索引檔，如果直接核對原始資料，則費時較久。特殊地理區 (Specific biogeographic region) 項目之成立可彌補該缺陷。另一種補救方式是先組合網格成爲數區域，再設立索引檔，往後之查詢則依據業已設立之區域進行之。

(五) 結果輸出

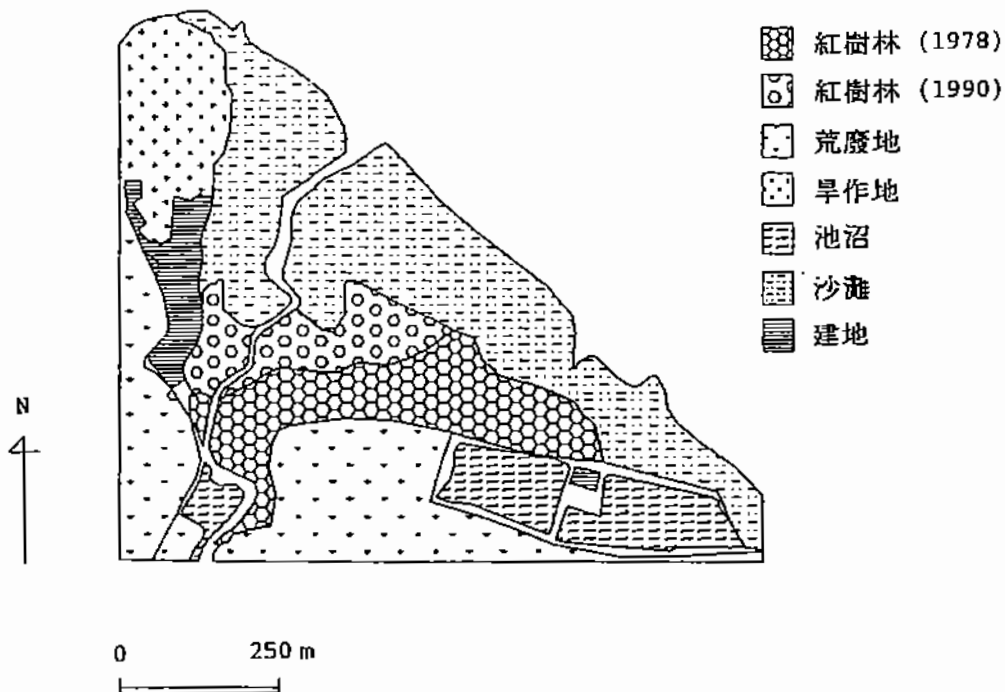
查詢之輸出方式包含圖文及影像，其內容主要包括：

1. 標本館內所有標本目錄，依據一定之科屬次序列出。
2. 列出不同地理區、地形區及生育地類型之植物名錄。
3. 每一份標本上之所有資料。
4. 每一種植物之分佈圖及詳細之產地位置。
5. 特有、稀有及面臨絕滅危機植物種類之現狀報告及分析，表 17 為八里地區水筆仔之現況說明。
6. 依據使用者所定義之任何特性或不同組合特性，而將符合之種類列出。
7. 相關影像之顯示，以配合文字說明。
8. 將植物分佈與不同底圖相層疊，例如與地形圖、植被圖或是地質圖相疊置。圖 1 5 為兩種稀有種鐘萼木 (Bretschneidera sinensis) 及馬鞍樹 (Maackia taiwanensis) 在陽明山國家公園之佈圖。

表 1 7 八里地區水筆仔之現況說明表

科名：Rhizophoraceae
 種名：Kandelia candel (L.) Druce
 中文科名：紅樹科
 中文名稱：水筆仔
 花期：7~8月
 果期：9~12月
 數量：12公頃
 稀有植物等級：(R) 稀少
 分佈區：台北縣八里鄉挖子尾
 網格座標：(X) 209 (Y) 27
 經緯度：(Long.) 120° 24' 40" (Lat.) 25° 10' 00"
 海拔：(Lower) 0 m (Upper) 1 m
 地形區：河口／海
 生育地類型：闊葉林 (紅樹林)
 土地歸屬：國有林地
 未來土地利用方式：維持原狀
 威脅：破壞及變更生育地
 資料來源：
 影像：M2605-1
 保育建議：宜防淤沙
 記錄日期：Dec. 20, 1990
 附註：附近地區正在整地做爲八里污水處理廠廠址

M2605-1



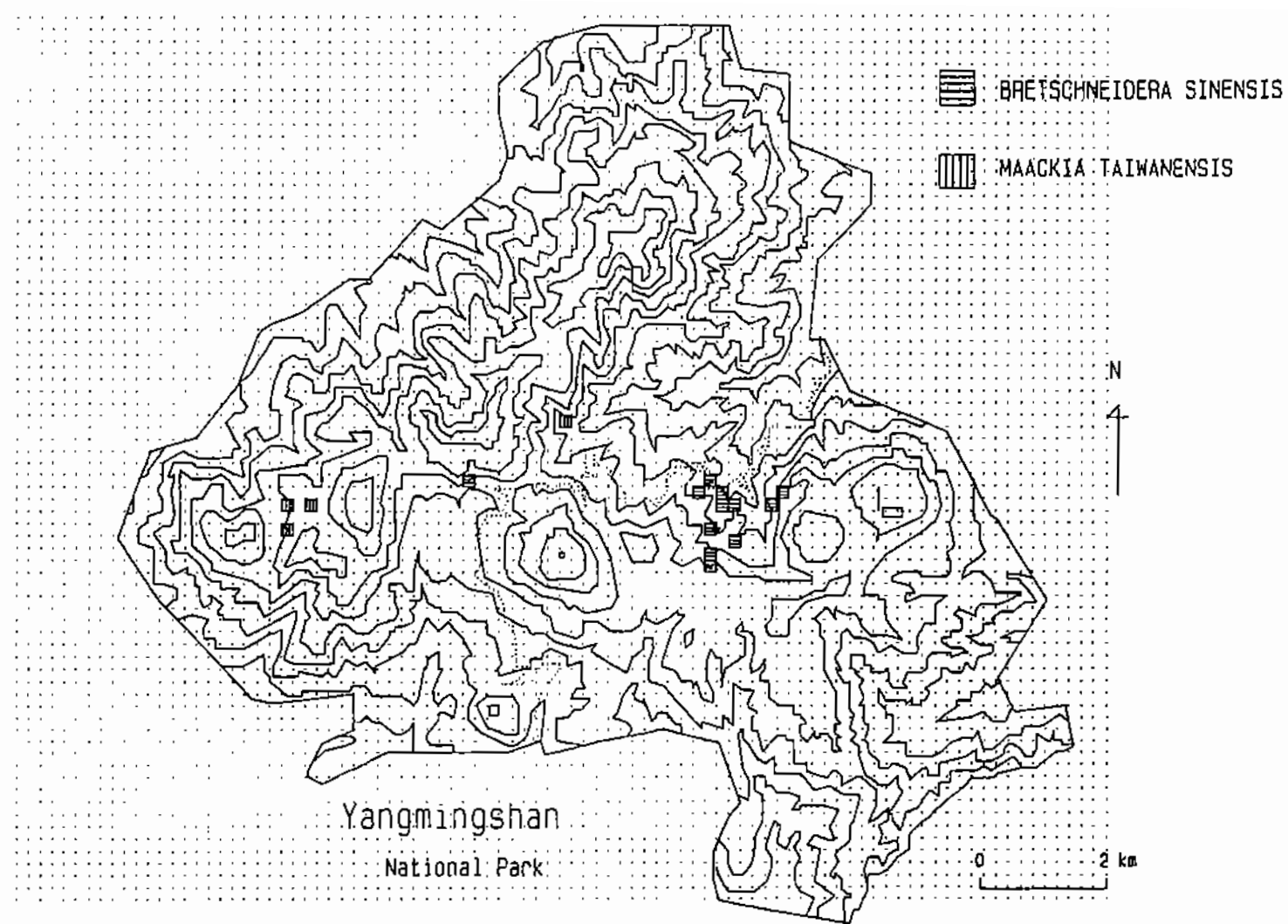


圖 1 5 稀有種鐘萼木 (*Bretschneidera sinensis*) 及馬鞍樹 (*Maackia taiwanensis*) 在陽明山 家公園之分佈圖

肆、討 論

PRIS II 之主要功能在處理標本及植種之資訊，設立過程中最易遭遇的困難有下列諸項：

1. 特徵或是特性項目之規劃每因植種特徵之紛雜而易表列極多之類型，佔用大量儲存空間而其中許多類型僅適用於少數一、二種。此類困難Pankhurst (1983) 即曾指出。PRIS II 則採用較普通之特徵類型，再以影像來補其不足。當查詢時可能因特徵類別之不足而有數種同時符合所設定之條件，此時再呼叫出影像一一核對即可。

2. 採集地及生育地之處理頗為困難。以標本為例，有些註明詳細地名，有些則為縣名或郡名，亦有某地點至另一地點者。PRIS II 以經緯度做為最精確之產地，其次使用網格範圍，以一公里為單位。再大則是生物地理區之設定。如上述三類均不符合時，才以文字描述方式記入“主要分佈地”欄內。

3. 標本資料輸入時，學名之鍵入每易生錯誤，而不利於索引或名錄之製做。PRIS II 以代號碼方式自現成學名檔中取用，不致有拼錯之虞。

目前PRIS系統正使用於TAI 標本館之電腦化，亦使用在國家公園及自然生態保護區之植被及植物資源之調查方面。系統中之缺陷遺漏處將在使用過程中不斷加以改進，以期更為完美。

伍、參考文獻

- 黃增泉、王震哲、楊國禎、黃星凡、湯惟新 1987 雪山
～大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告。中
華民國自然生態保育協會 164 頁。
- 謝長富、湯惟新 1989 植物資源資訊系統之功能及其使
用法，第一部份：植被分析。臺灣省立博物館年刊
32:71-115。
- Adams, R. P. 1974. Computer graphic plotting and
mapping of data in systematics. *Taxon* 23 (1):
53-70.
- Bunce, R. G. H., M. W. Shaw and H. E. Stel 1975.
An application of multivariate analysis to
regional survey. *J. of Environmental Manage-
ment* 3: 151-165.
- Colwell, R. N. 1983. Manual of Remote Sensing.
2nd ed. Falls Church, Va., Amer. Soc. Photo-
grammetry.
- Crosby, M. R. and R. E. Magill. 1989. TROPICOS, a
Botanical Database System at the Missouri
Botanical Garden. 40 pp.
- Dittberner, P. L., G. Bryant, and K. C. Vories.
1981. The use of the plant information network
(PIN) in rare plant conservation. In L. E.
Morse and M. S. Henifim (eds.) Rare Plant
Conservation: Geographic Data Organization,
pp. 149-165. The New York Botanical Garden.
- Forero, E. and F. J. Pereira. 1976. EDP-IR in the

- National Herbarium of Columbia (COL). *Taxon* 25: 85-94.
- Frost-Olsen, P. and L. B. Holm-Nielsen. 1986. The AAU-Flora of Ecuador Information System. The Botanical Institute, University of Aarhus, Report No. 14. 39 pp.
- Gauch, H. G. 1977. ORDIFLEX-A Flexible Computer program for Four Ordination Techniques: Weighted Averages, Polar Ordination, Principal Components Analysis, and Reciprocal Averaging, Release B. Cornell University, Ithaca, NY. 185 pp.
- Gauch, H. G. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge University Press. 298 pp.
- Hall, A. V. 1974. Museum specimen record data storage and retrieval. *Taxon* 23: 23-27.
- Haslett, J. R. 1990. Geographic information systems: a new approach to habitat definition and the study of distributions. *Tree* 5 (7): 20-24.
- Hill, M. O. 1979a. DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Cornell University, Ithaca, NY. 52 pp.
- Hill, M. O. 1979b. TWINSPAN-A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals

and Attributes. Cornell University, Ithaca, NY.

90 pp.

- Hill, M. O., R. G. H. Bunce, and M. W. Shaw 1975. Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification, and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *J. of Ecology* 63: 597-613.
- IUCN, 1980. How to Use the IUCN Red Data Book Categories Threat. Pl. Comm. Secret. IUCN.
- Morris, J. W. and H. F. Glen 1978a. PRECIS, The National Herbarium of South Africa (PRE) computerized information system. *Taxon* 27: 449-462.
- Morse, L. E., M. S. Henifin, J. C. Ballman, and J. I. Lawyer 1981a. Geographical data organization in botany and plant conservation: a survey of alternative strategies. In L. E. Morse and M. S. Henifin (eds.) Rare Plant Conservation: Geographic Data Organization, pp. 9-29. The New York Botanical Garden.
- Morse, L. E., M. Lamson, A. F. Tryon, and R. Walton. 1981b. Specimen locality indexing by the New England Botanical Club. In L. E. Morse and M. S. Henifin (eds.) Rare Plant Conservation: Geographic Data Organization, pp. 185-191. The New York Botanical Garden.
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York,

Wiley. 547 pp.

Orloci, L. 1978. Multivariate Analysis in Vegetation Research. 2nd ed. W. Junk, The Hague. 451 pp.

Pankhurst, R. J. 1983. The construction of a floristic database. *Taxon* 32 (2): 193-202.

Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 573 pp.

Sweet, H. C. and J. E. Poppleton. 1977. An EDP technique designed for the study of a local flora. *Taxon* 26: 181-190.

臺灣北部塔曼山區灰壤化土之
特性、化育與分類

Characteristics, Pedogenesis, and
Classification of Podzolic Soil in
Tamanshan Mountain, Northern Taiwan

陳尊賢 劉鎮宗

國立臺灣大學農業化學研究所

目 錄

中文摘要	89
英文摘要 (ABSTRACT)	91
第一章 前 言	93
第二章 塔曼山區之地理位置及其自然環境	95
一. 地理位置	95
二. 地質與地形	95
三. 氣候條件與土壤環境	97
四. 植生種類及其分佈	97
第三章 材料與方法	99
第一節 土壤樣品之採集與處理	99
第二節 基本土壤理化性質分析	100
第四章 結果與討論	110
第一節 塔曼山土壤樣體形態特徵與環境因子之關係	110
第二節 塔曼山代表性土壤樣體之物理化學性質	116
第三節 各層次鐵、鋁移動以及鐵、鋁與有機物質結合之機制	120
第四節 氫氧化鉀可抽出性鋁與灰壤化作用之關係	124
第五節 錳與灰壤化作用之關係	128
第六節 粘粒礦物與結晶性鐵礦物組成與灰壤化作用	130
一. 粘土礦物之組成	130
二. 結晶性鐵礦物之組成	132
第七節 土壤化育與分類	146
一. 歷年灰壤分類標準修訂過程及其原因	146
二. 塔曼山土壤化育與分類	150
三. 建議	152
第八節 實驗疑點與誤差原因之探討	155
第五章 結 論	157
參考文獻	158
附錄	163

中文摘要

塔曼山區位於台北縣與桃園縣的交界上，海拔自 1600 公尺至 2130 公尺之間，母質由漸新世砂頁岩或粘板岩風化而來，植生主要為闊葉雜木林、台灣山毛櫸 (*Fagus hayatae*)、台灣紅檜 (*Chamaecyparis formosensis* Matsum)、紅星杜鵑 (*Rhododendron hyperythrum* Hayata)，氣候冷涼潮溼且多雨霧，地勢陡峭，少有平緩之地。沿主稜線採五個具有灰壤化作用之土壤樣體，其形態特徵、理化特性、化育作用與分類之結果如下：

- (1) 僅在塔曼山局部地區之狹窄範圍內有灰白層化育的土壤出現；通常在愈平坦的地形，灰白層厚度較大而且越明顯。
- (2) 全區土壤之共同特性為 pH 偏低（在 3.5 - 5.0 之間），表土有機物極高，離子交換能量（表土除外）約 8 - 25 cmol(+)/kg soils，鹽基飽和度低於 15 %。
- (3) 五個土壤樣體都具有不同程度的灰壤化作用，主要受地形之影響，其分類依美國分類法 (Soil Taxonomy, USDA, 1975) 為：(a) 具有粘粒聚積層 (Bt) 的樣體將之歸類為灰白浸極育土 (Albaquults) 或黑瘡浸極育土 (Umbraquults)；(b) 具薄膠結層 (placic horizon) 者，因灰壤化作用受阻，故分類屬薄膠結浸弱育土 (Placaquepts)；(c) 而灰壤化作用最強者，其 Bhs 層之顏色既暗且紅，而且灰壤化形態層 (spodic-morphology horizon) 有明顯之有機物、鐵、鋁聚積，但仍不符合灰壤化層分類之標準，分類上屬於有機浸弱育土 (Humaquepts)，但依 ICOMOD (1990) 之分類草案，則可分類為游離鐵浸灰壤 (Sideraquods)。
- (4) 在塔曼山區之化育環境下，E 層、Bhs 層或 Bt 層中的粘土礦物主要為伊萊石與石英，次為蛭石與高嶺石，另有少量的水鋁氧及混層礦物在若干樣體中存在，其粘土礦物之種類及組成，主要受母質所支配。
- (5) 依粘粒、鐵、鋁和有機物在土壤剖面中之分佈及形態特徵，探討塔曼山區土壤在灰壤化作用與分類上之問題及地位。

ABSTRACT

Tamanshan mountain area is located across the boundary between Taipei and Tao Yuan County, northern Taiwan. The elevation varies from 1600 to 2130 meters. Parent materials are almost sandstone and shale in alternation and belong to Miocene. Vegetation are dominately with broad-leaved mixed forests, Fagus hayatae, Chamaecyparises formosensis Matsum, and Rhododendron hyperythrum Hayata. Weather is cool and humic. The topography is steep and rough.

Five representative soil pedons with podzolization were sampled to study the characterization, pedogenesis, and classification of soils in Tamanshan mountain area. The chief results are summarized as follows :

1. The soils pedons with albic horizon (E) were only located in the narrow ranges of some parts areas of Tamanshan mountain, and the depth of albic horizon was significantly related to the topography.
2. The soil characters of studied area are strongly acidic, high organic carbon on the surface epipedon, and low base saturation (< 15%).
3. The different degree of podzolization of selected five pedons were predominately affected by the topography. According to the Soil Taxonomy (USDA, 1975), the soils in this area were classified as (a) Albaquults or Umbraquults with argillic horizon, (b) Humaquepts with placic horizon which prevented the podzolization, and (c) Humaquepts although it had processed strong podzolization, but it could be classified as Sideraquods according to ICOMOD (1990).
4. The clay minerals of the E, Bhs or Bt horizons are dominately with illite and quartz, some vermiculite and kaolinite. Minor gibbsite and mixed layer minerals were also found in these pedons. The species and compositions of clay minerals was mainly affected by parent materials.
5. According to the distribution of clay, Fe, Al and organic matter, morphology and characteristic in soil profiles, we discussed the questions and made some suggestions about the classification and podzolization of the Tamanshan pedons.

第一章 前言

灰壤(Podzols)多發生於冷涼潮溼的環境下，廣泛分佈在北歐、蘇俄、加拿大和美國東北部等地，母質是由冰磧石的碎屑風化而來；其地表植生通常以針葉林、山毛櫸、楓爲主^(17, 18, 37)。這些植物的落葉殘枝分解產生有機物質，侵蝕溶解表土的原生及次生礦物，並且這些有機質會和鐵、鋁元素結合形成複合物(complexes)，並藉著淋洗作用向下移至土層深處聚積，逐漸形成了灰壤化層(spodic horizon)^(12, 43, 45)。至於洗出層則因大量鐵鋁元素的洗失而剩下較多的矽酸鹽礦物，呈現出灰白的顏色—E層。台灣地區則在祝山、大塔山⁽⁴⁾、太平山、扇平、木瓜山、小雪山、溪頭、美奈田山^(15, 7, 8)、北插天山⁽⁵⁾、和拉拉山⁽³⁾等中海拔地區有灰壤化形態土壤的分佈，其母質則以砂頁岩或粘板岩爲主。

塔曼山與玫瑰西魔山爲拉拉山自然生態保護區的主要山系之一，其位置在台北縣烏來鄉和桃園縣復興鄉的交界處。年雨量約 2800 公釐，年平均氣溫約 15 °C，冬夏平均溫差在 5 °C 以上。土壤水分屬浸水範圍 (Aquic moisture regime)，土壤溫度範圍屬「溫和的」(Mesic)。海拔 1800 公尺至 1900 公尺間的山腹，植生以台灣紅檜 (*Chamaecyparis formosensis* Matsum)、山毛櫸 (*Fagus hayatae*)、紅星杜鵑 (*Rhododendron hyperythrum* Hayata) 及各種闊葉雜木混生林爲主；2000 公尺以上稜線則以山毛櫸和紅星杜鵑佔優勢。因此塔曼山區的氣候與植生條件均有利灰壤之生成，唯母質屬於砂頁岩或粘板岩頁岩，粘粒含量較高，但是否有灰壤之存在則必須實地調查與分析

地調查與分析，以作為分類的依據。此外，提借北插天山和拉拉山五個代表性土壤樣體之性質(列於附錄 1 ~ 4)，並補充分析有關灰壤最新分類法之重要化學性質(如 ODOE，KOH 可抽出性鋁)，所得結果則做為塔曼山區樣體灰壤化作用探討的參考資料，擴大討論空間，以期對該區域灰壤化作用之特性有更深入的瞭解。

本文主要研究目的為：(1) 塔曼山區土壤之形態及其理化性質；(2) 影響塔曼山區灰壤化作用之因子，包括粘粒含量與游離鐵之含量；(3) 探討砂頁岩或粘板岩頁岩母質對灰壤化作用之影響與 (4) 塔曼山區之灰壤化土在新分類上之地位及探討。

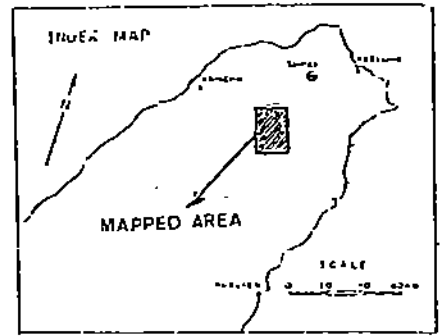
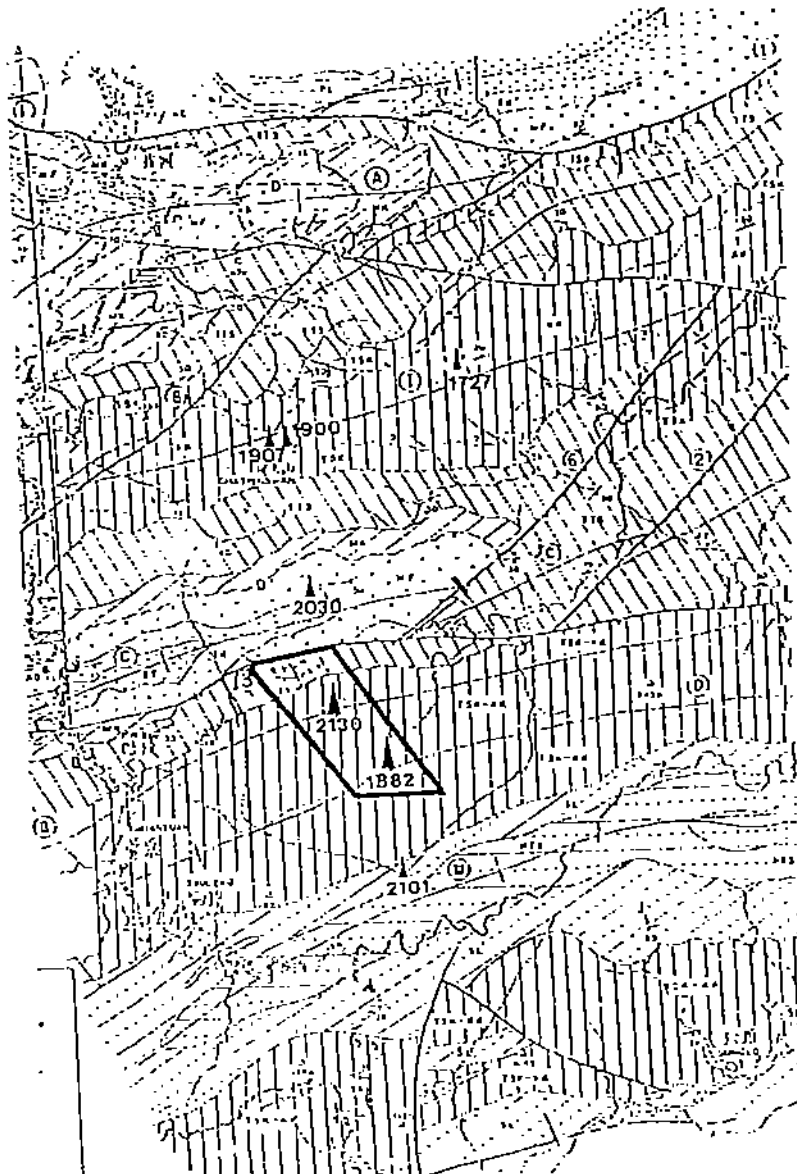
第二章 塔曼山區之地理位置及其自然環境

一. 地理位置

塔曼山區位於雪山山脈自巴博庫魯山 (2103 m) 向西北延伸的支脈上，恰好在台北縣烏來鄉和桃園縣復鄉興的交界處。沿支脈則峰巒疊起，氣勢磅礴，堪稱「北挑屋脊」；自南向北，森然羅列之名山計有巴博庫魯山(馬望木山, 2101 m)、玫瑰西魔山(1882 m)、塔曼山(2130 m)、拉拉山(2030 m)、魯培山(1900 m)、南插天山(不在主稜上, 1907 m)、北插天山(原名塔開山, 1727 m)；塔曼山主峰無論在高度和氣勢上，可說是群山盟主，雄霸一方。塔曼山區並位於拉拉山自然生態保護區南半部之中，本論文之研究範圍實際上包含塔曼山和玫瑰西魔山兩區域，而保護區其他山系土壤之性質、化育作用與分類，國立臺灣大學農業化學研究所林光清碩士論文⁽²⁾中有詳實之記載。

二. 地質與地形

根據 Tang & Yang⁽⁴²⁾和林光清⁽²⁾之研究，塔曼山區的地質構造屬於烏來群 (Oligocene, Wulai group) 中之乾溝層 (Kankou formation)、粗窟砂岩 (Tsuku sandstone) 和大桶山層 (Tatungshan formation) 三者，故母岩乃由粘板岩頁岩、砂岩、或頁岩、淤泥岩 (muddy siltstone) 所構成 (圖一)。由於過去猛烈的造山運動以及旺盛的河流下切作用，使得塔曼山區地形除塔曼山頂和玫瑰西魔山頂較平坦以外，其他地區則多陡峭崎嶇，坡度甚大，每逢颱風過境或霖雨連綿時，土層常有崩塌或滑移的作用發生，此種狀況妨礙山區



0	ALUVIUM	
KC	KUOCHIUM FORMATION	MIOCENE
HC	HANCHUNG FORMATION	
KY	KUANTSIAN SANDSTONE	MIOCENE
TL	TALI SHALE	
PL	PEILAO FORMATION	MIOCENE
SH	SHINJI FORMATION	
TC	TACHIA-KUNSHAN FORM.	MIOCENE
MH	MUENH(FANGLINAG) FORM.	
JK	JIAKANG FORMATION	MIOCENE
TS	TSUNGSHAN FORMATION	
YS	YUEN SHENGSHI	OLIGOCENE
KK	KANKO FORMATION	
SL	SEULUNG SANDSTONE	Eocene
HS	HSITSHAN FORMATION	
CH	CHUNGKING FORMATION	Eocene
BL	BASIC LAVAS AND PYROCLASTICS	
DC	DACITE	

1727 m	北插天山	1900 m	魯培山
1907 m	南插天山	2030 m	拉拉山
2130 m	塔曼山	1882 m	玫瑰西崑山
2101 m	巴博庫魯山		
——	研究區範圍		

圖 一. 塔曼山區地質圖。

Fig. 1. Geological map of Tamanshan region.

土壤之穩定化育作用，因此土壤的厚度大多淺薄。

三．氣候條件與土壤環境

塔曼山區由於位在台灣北部，故在秋、冬、春三季東北季風盛行時，因其地理位置而首當其衝，全境長期籠罩在濃密的雲霧中，細雨絲絲連綿不斷；隆冬時節每有強烈大陸冷氣團壓境，氣溫更降至冰點以下，飛降的瑞雪，散發出攝人的冷艷寒光。只有在東北季風減弱時，塔曼山區才會有短暫的晴朗天氣。此外春夏之交的梅雨，夏秋兩季的颱風以及夏季的午後熱雷雨，都帶給塔曼山區豐沛的雨水，計平均年雨量在 2800 公釐左右，年平均氣溫約 16℃，夏季與冬季平均氣溫相差在 5℃ 以上⁽²⁾。根據林光清研究⁽²⁾，塔曼山區土壤溫度範圍屬於「溫和的」(Mesic, 8-15℃)。至於土壤水分範圍，則依照氣象資料⁽²⁾、植生狀態與土壤性質研判，結果顯示塔曼山區土壤多屬「浸水水分範圍」(Aquic Moisture Regime)。這是由於塔曼山區特殊的氣候條件以及細緻的質地所造成。

四．植生種類及其分佈

塔曼山區植生種類及其分佈情形可分三個區域討論：

(一)由達觀亭至塔曼山主稜(拉拉山至塔曼山之稜線)間的山腹地區：

海拔高度在 1600 公尺至 1950 公尺，植生主要以雜木林為主，其中有許多巨大的紅檜點綴其中，樹齡約在八百至一千五百年之間，此區域位於背風坡面，可見在溫和的氣候環境下方能蘊育出壯碩的巨木。此外還有紅星杜鵑和山毛櫸分佈，二樹種其中尚有成巨

木者，其族群並隨著高度的增加而增多。

(二)由主稜交叉口至塔曼山主峰之稜線範圍：

海拔在 1950 公尺至 2130 公尺，植生種類轉為以山毛榉為優勢林木，紅檜已漸少，紅星杜鵑數目也少。

(三)塔曼山主峰至玫瑰西魔山之稜線附近：

高度在 2130 公尺至 1710 公尺，植生則以箭竹為主，其中尚有紅星杜鵑、山毛榉、樟木及雜木林分佈，距稜線較遠的山腹中則有較多紅檜巨木出現。

- 至於林下植物則因潮溼氣候的影響，普遍以各種蕨類和苔蘚植物為主，岩石上亦有土馬鬃與地衣之分佈。除上述植物外尚有台灣石楠(Photinia lucida Schneider)、台灣掌葉槭 (Acer palmatum Thunb. var. pubescens Li)、八角蓮(Dysosma pleiantha Woodson)、台灣八角金盤(Fatsia polycarpa Hayata)、台灣吊鐘花(Enkianthus taiwanianus Ying)、台灣天南星(Arisaema formosana Hayaya)、大明橘(Myrsine sequinii Lev)....等散佈塔曼山區⁽¹⁰⁾。

第三章 材料與方法

第一節 土壤樣品之採集與處理

(1) 高山地區土壤樣體 (pedons) 採集之準備事宜：

塔曼山區海拔在 1600 至 2130 公尺之間，地勢陡峭崎嶇，又多雨霧迷離，氣候冷涼潮溼，嚴冬寒潮暴發(註)時亦常有大雪紛飛的情景；而樣品採集之是否正確或具代表性，足以充分影響實驗數據的結果。

(2) 代表性土壤剖面之選定：

由於山區遼闊茂密，加上人力不足，故僅能沿登山步道(由達觀亭經塔曼山主峰至玫瑰西魔山山頂)兩旁進行勘查。根據前人(2, 3, 5)的經驗，台灣地區的「灰壤化土」(podzolic soils)大多零散分佈在緩坡的山腹地區或稜線上，故依地形分佈和植生變化做圖面上定點並至現場挖掘。尤其在平緩之地，吾人即使用錘子清除地表植株，進行初步的挖掘，若沒有灰白層出現，則觀察其顏色、形態如不似灰壤化層，即放棄並另覓他處，以節省時間和體力；倘若見明顯的灰白層(albic horizon)出現則進一步挖掘，並觀察其形態、層次變化是否具有代表性。所謂「灰壤化土」是指已進行某種程度灰壤化作用的土壤，其洗入層鐵、鋁以及有機物質有增加和聚積的趨勢，並且有灰白層形成，但在分類上未必屬於灰壤土綱(Spodosols)。『灰壤化層』(spodic horizon)之存在則是灰壤成立之充分且必要條件，也就是說，灰壤化土中若存在一灰壤化層則屬於灰壤土綱(Spodosols)，如無灰壤化層存在則將之分類於其他土綱。

(3) 土壤剖面之描述及採樣過程：

選擇一代表性土體，清理剖面後插上標誌，並拍照留存，拍攝

註：『寒潮暴發』乃氣象學之用語，是指嚴冬時節極地大陸冷氣團急速衝出源地的現象。

時最好使用正片，以維持原始之色澤。隨後依剖面各部份之特徵劃分層界並予編號，記載各項形態和地理環境特徵。採集之土樣則置入塑膠袋並加上標籤。本研究區海拔高度自 1850 公尺至 2130 公尺，選擇五個代表性土壤樣體；其分佈位置，主要層次及地形變化均示於圖二中。各代表性土壤樣體分別記載及描述其剖面形態特徵，如層次、顏色(依孟氏色帖)、質地、構造、結持度、根與根孔分佈、層界和其他相關特性，均參照美國土壤調查手冊(1951)辦理外，另記載其他各種自然環境因子特性(如地形，植生分佈等)。

(4) 土壤之處理：

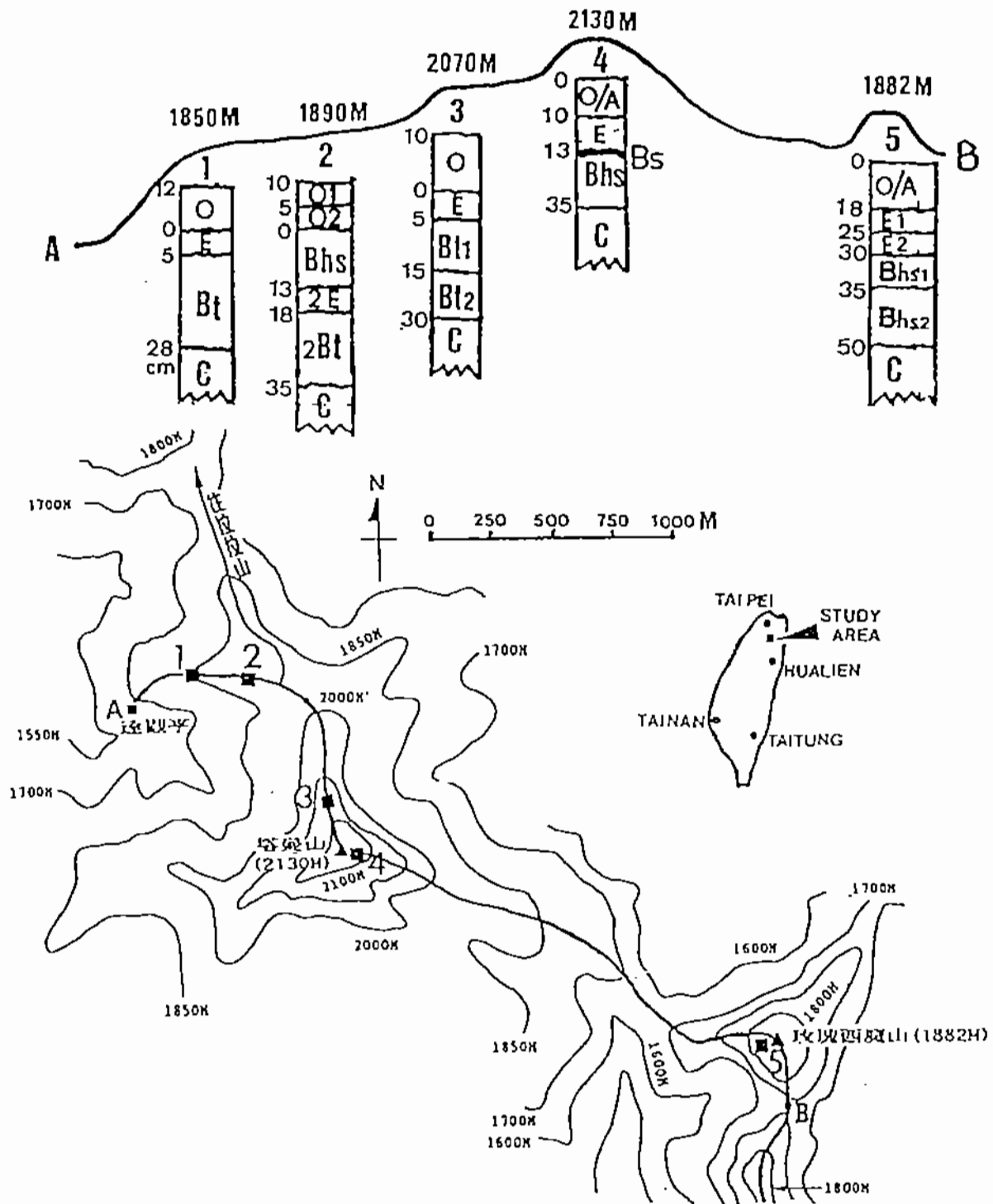
土樣帶回實驗室後先經自然風乾，研磨過篩(10 mesh; < 2 mm)，混合均勻後裝入塑膠罐中備用。

(5) 土壤分類法：

採用美國土壤新分類法(Soil Taxonomy ; USDA, 1975)及國際灰壤委員會 1990 年對灰壤之建議案(ICOMOD, 1990)。至於兩種有關灰壤新舊分類標準的內容，則在第四章第七節『土壤化育與分類』中有詳實的比較與說明。

第二節 基本土壤理化性質分析(30'38)

1. 水份含量(Water Content): 以重量法測定(105 °C 下烘乾 24 小時)。
2. 機械分析(Mechanical Analysis): 精稱已去有機質和游離鐵之土壤 10 克，加入燒杯中，並用蒸餾水洗入電動打碎機中，加入 10 ml 5%偏磷酸鈉(Sodium Hexametaphosphate)分散 10 分鐘，然後通過 300 mesh(< 44 μ)網眼篩子進行濕篩，將粉粒和粘粒洗入 1000 ml 量筒中。留在 44 μ 篩子上之砂粒，洗出經烘乾、稱重，以一組不同孔隙口徑之篩子將砂粒分成極粗砂(2 ~



圖二. 五代表樣體在研究區之分佈位置及其與地形之關係

Figure 2. The location of five soil pedons and their relations to the topography of the study area.

- 1 mm)、粗砂(1 ~ 0.5 mm)、中砂(0.5 ~ 0.25 mm)、細砂(0.25 ~ 0.1 mm)與極細砂(0.1 mm ~ 44 μ)等五個大小不同等級。在量筒中之粉粒與粘粒，則根據 Stokes Law 和土壤溶液的溫度，在相關之時間內(例如土壤溶液 25 $^{\circ}$ C 時，2 μ 粒子沉降 10 cm 所需時間為 7 小時又 7 分鐘)用吸管吸取 < 2 μ 之粘粒，烘乾稱重。由以上之步驟，即可算出砂粒、粉粒與粘粒所佔之百分比。質地分級則依據美國農部土壤調查手冊質地三角形圖求得。
3. pH 值：(1) 蒸餾水和土壤以 1:1 之比率混合，靜置一小時後以玻璃電極測定。(2) 土壤與 0.01 M CaCl₂ 以 1:2 比率混合，靜置一小時後以玻璃電極測定。
 4. 土壤有機物(Organic Carbon)：以 Walkley - Black 之濕氧化法測得。
 5. 交換性鹽基(Exchangeable Base)：取 10 g 土壤，以 100 ml 1 N 醋酸銨 (pH 7.0) 淋洗，所交換出之陽離子利用原子吸光儀測定鉀(波長為 766.5 nm)、鈉(波長為 589.0 nm)、鈣(波長為 422.7 nm)、鎂(波長為 285.2 nm)含量。
 6. 陽離子交換能量(Cation Exchange Capacity, CEC₇)：10 克土壤經 100 ml 1 N 醋酸銨淋洗形成 NH₄⁺ 飽和狀態，然後以足量酒精洗去土粒孔隙中多餘的醋酸銨，再加入 100 ml 1 N 之 NaCl 溶液，以交換出土壤膠體表面所吸附之 NH₄⁺，收集洗下的溶液，用 Kjeldahl 蒸餾法定出氮的含量，以計算陽離子交換能量。
 7. 鹽基飽和度(Percentage of Base Saturation, BSP)：
$$BSP = [(\text{可交換性 } K+Na+Ca+Mg) / CEC_7] \times 100\%$$
 8. ODOE (Optical Density of Oxalate Extraction)^(15, 16)：離子交換分析法結束後 (100 ml NaCl 全部淋洗完畢)，繼續加入 200 ml 之酸性草酸溶液(pH 3.25)，收集草酸淋洗後的溶液，以

光電比色計法於 430 nm 處測其吸光度，此即 ODOE 值。流程見圖三。

9. KOH 可抽出性鋁 (Potassium Hydroxide Extractable Aluminum) (22, 23) : 0.2 g (< 2 mm) 土壤加入 2 ml 的 4 M KOH 振盪反應 2 分鐘並以 Whatman No. 42 濾紙過濾，稀釋後以原子吸光儀測鋁 (波長為 309.3 nm) 含量。
10. 有機結合鐵、鋁 (22, 24) : 0.1 M Sodium pyrophosphate (pH 10.0) 法，以 Fe_p , Al_p 表示。流程見圖四。
11. 無定型鐵、鋁 (24) : 0.2 M Oxalate-Oxalic Acid (pH 3.0) 法，以 Fe_o , Al_o 表示。流程見圖五。
12. 游離氧化鐵、鋁之萃取 (25) : Sodium Citrate-Bicarbonate-Dithionite 法，以 Fe_d , Al_d 表示。流程見圖六。
13. 粘土礦物檢定：其步驟如下：
 - (a) 粘粒之分離：利用虹吸法，靜置後收集小於 2 μ 粘粒。
 - (b) 粘粒之處理：分別作鉀飽和，鎂飽和與 6 N HCl 處理。鉀飽和處理又分空氣乾燥，350 $^{\circ}$ C 及 550 $^{\circ}$ C 下加熱二小時處理。鎂飽和處理又分空氣乾燥，及於密閉器中之 Ethylene glycol 飽和。流程見圖七和圖八。
 - (c) X 光繞射分析：採用日本東芝公司 X 光繞射分析儀。條件如下：K α 射源靶：銅靶，濾片：鎳，電壓 35 KV，電流 15 mA，強度：200 cps 或 500 cps；2 θ 範圍：4 $^{\circ}$ - 30 $^{\circ}$ 。
14. 結晶性氧化鐵礦物之檢定 (2) : 收集 < 2 μ 已去有機質之粘粒部份溶液，置入高梯度磁分離機 (high gradient magnetic separator)，以 30 安培電流、9000 高斯之磁場強度分離出導磁性和非導磁性部份；將導磁性部份濃縮備製在玻片，以 X-光繞射分析儀進行分析。

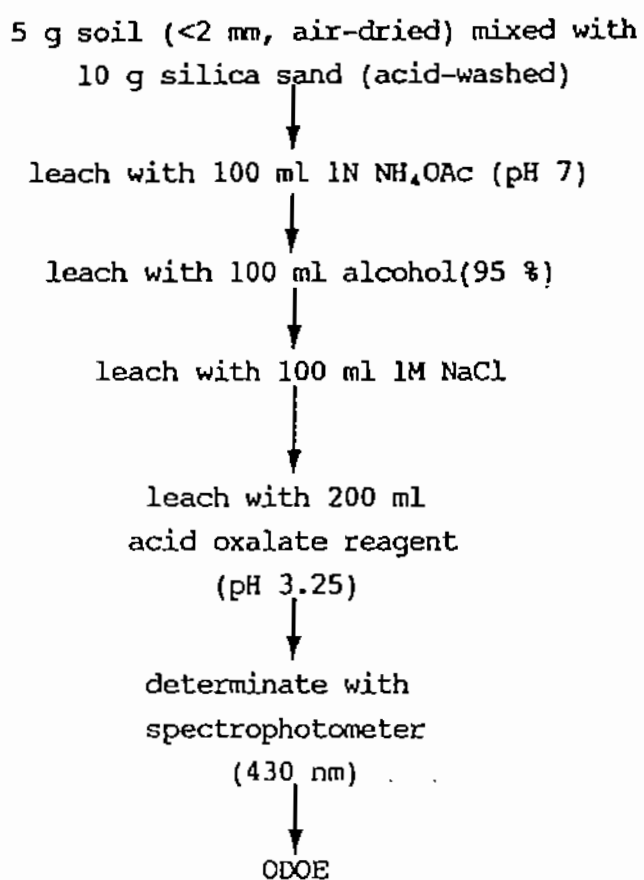


圖 三. ODOE 測定法之流程。

Fig. 3. The flow chart of ODOE determinateness.

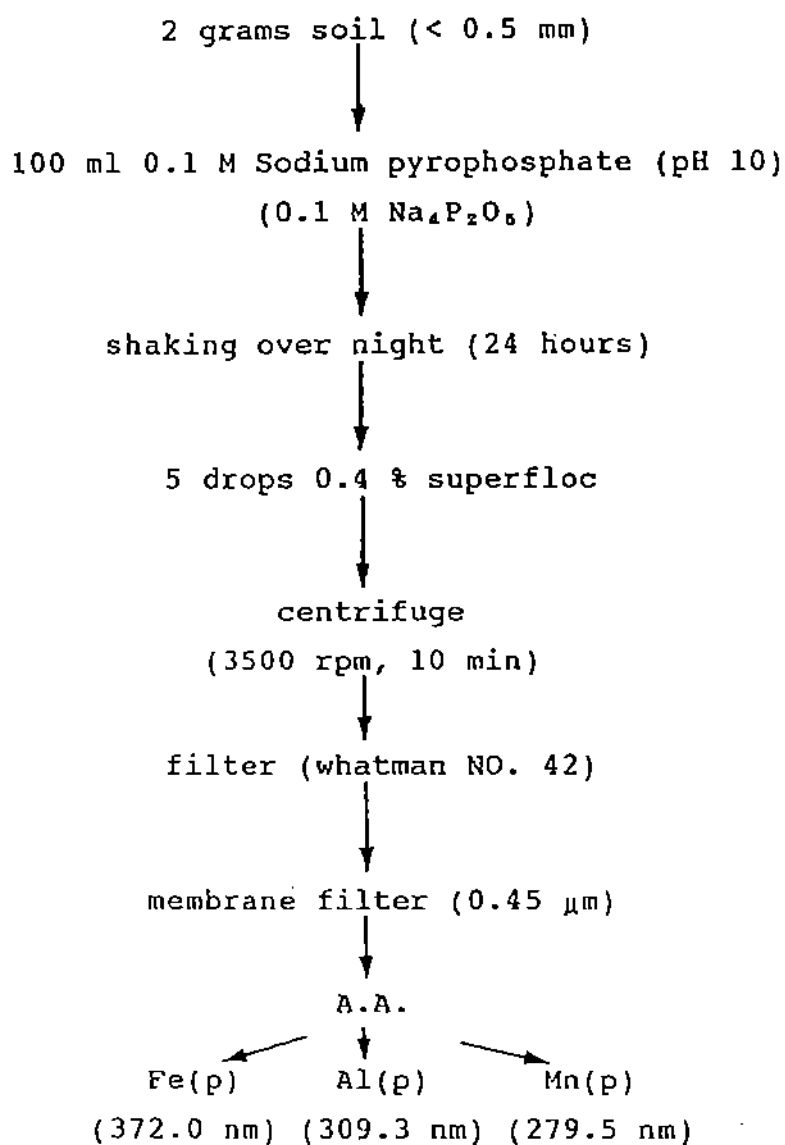


圖 四. 有機型鐵、鋁、錳之萃取及測定步驟

Fig. 4. The extraction and determination procedures of organic amorphous Fe, Al and Mn.

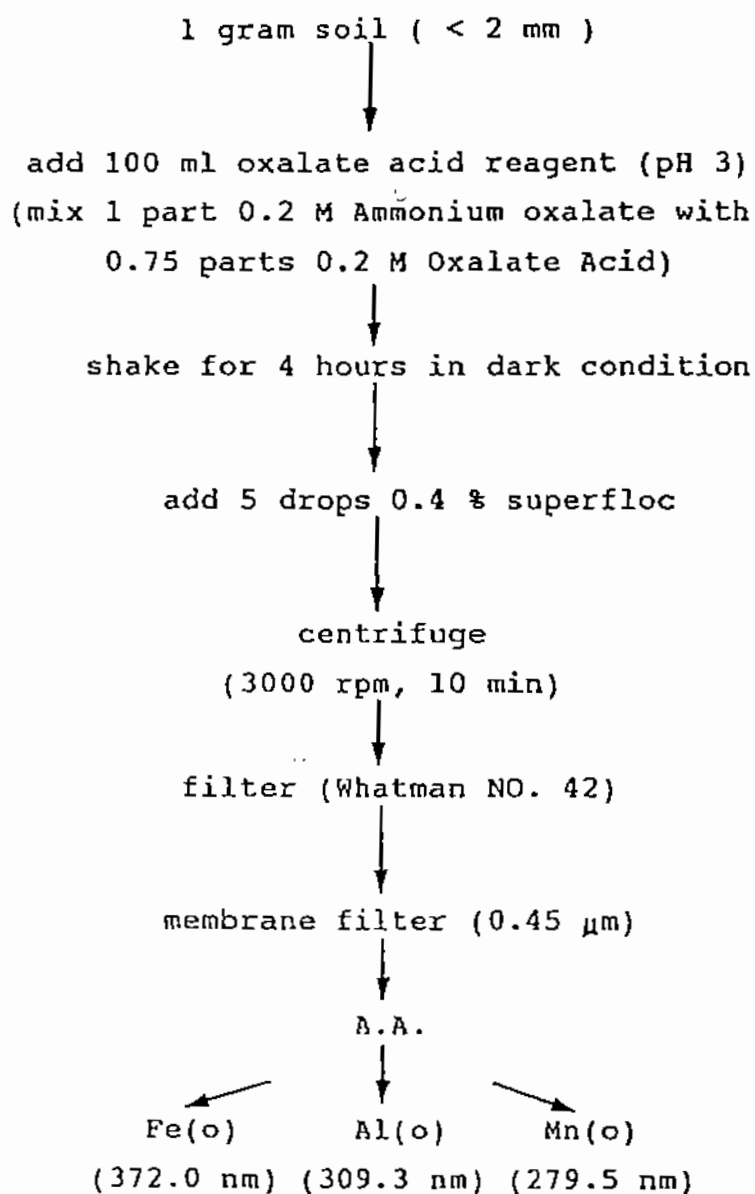


圖 五. 無定型鐵、鋁、錳之萃取及測定步驟。

Fig. 5. The extraction and determination procedures of inorganic amorphous Fe, Al and Mn.

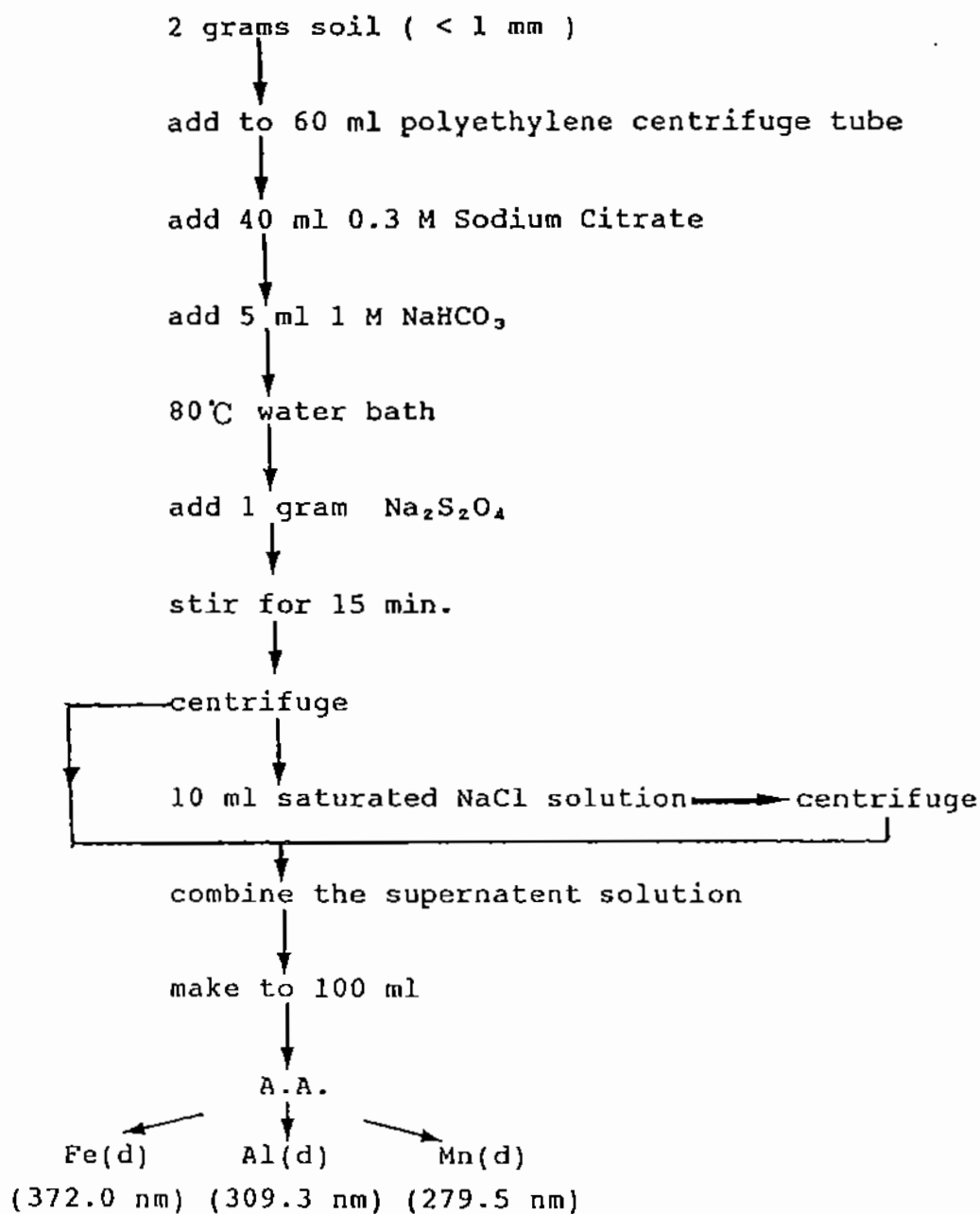


圖 六. 游離鐵、鋁、錳之萃取及測定步驟。

Fig. 6. The extraction and determination procedures of free Fe, Al and Mn.

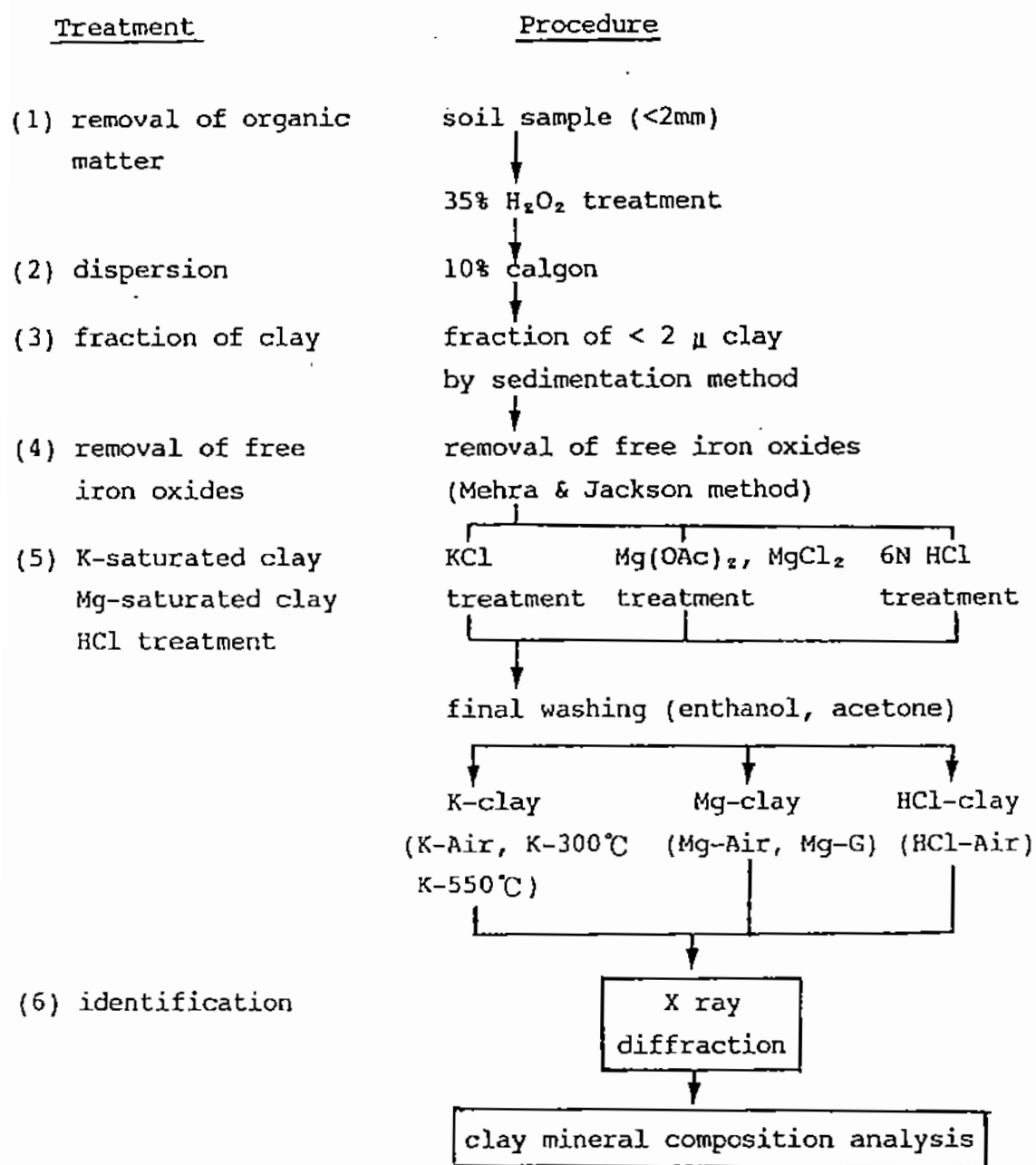


圖 七. 粘土礦物組成檢定之流程圖。

Fig. 7. Flow sheet of identification of clay mineral composition.

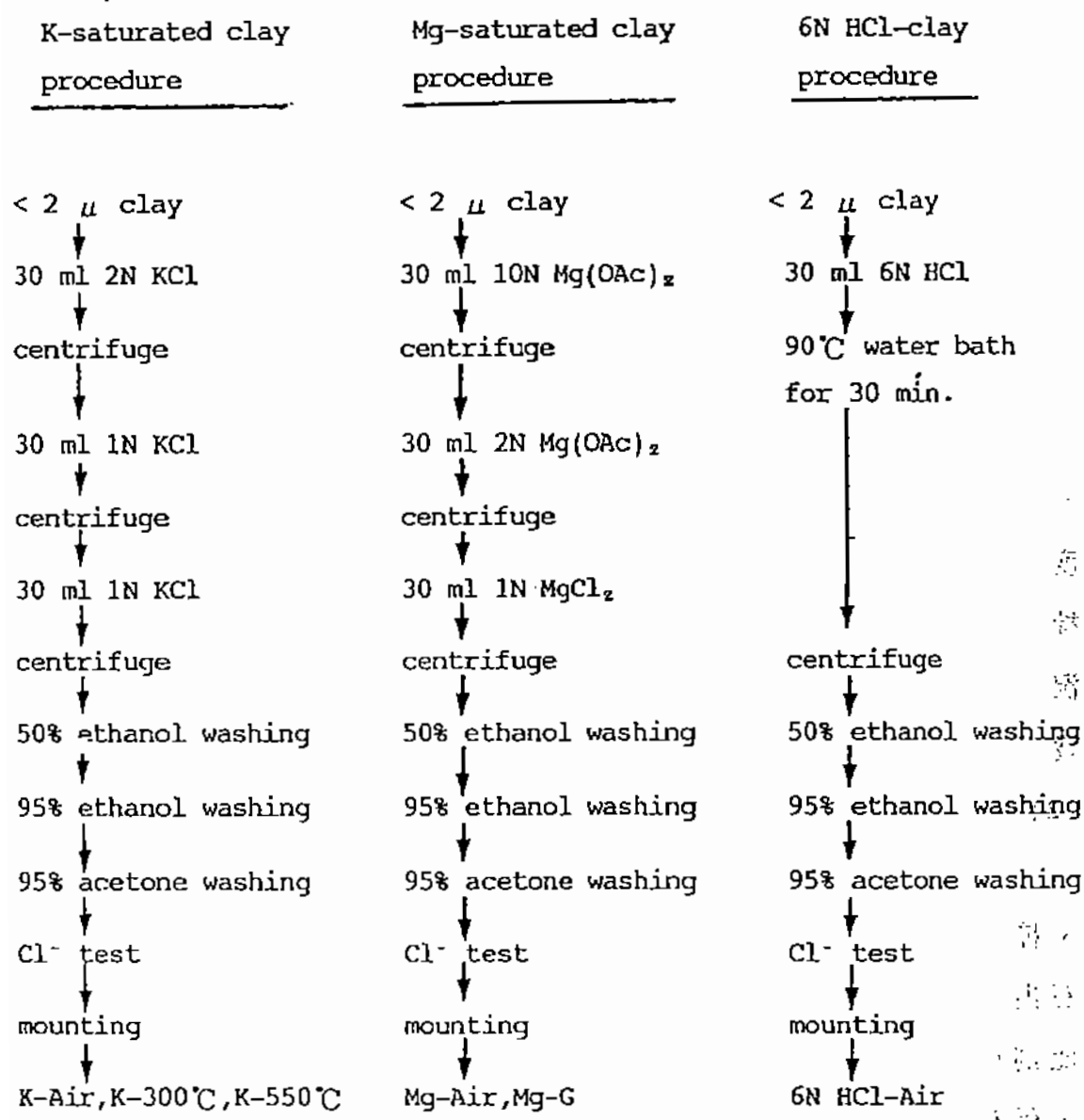


圖 八. 鉀飽和粘粒、鎂飽和粘粒及鹽酸處理之製備步驟。

Fig. 8. Preparation procedures of K-saturated clay, Mg-saturated clay, and HCl-air dried clay.

第四章 結果與討論

第一節 塔曼山土壤樣體形態特徵與環境因子之關係

五個代表性土壤樣體之形態特徵示於表一，其與環境因子之關係說明如下：

(1) TM-1 土壤樣體(標高約 1850 公尺)：

採自達觀亭至主稜間之山腹，主要植生為台灣紅檜、紅星杜鵑、山毛櫸和蕨類。附近的坡度約 23° ，由於坡度較陡，所以土層厚度僅 28公分，其下即砂頁岩母質。灰白層(E 層)中有 30% 左右黃棕色斑紋，顯示土壤剖面相當潮溼，常處於氧化還原交互變化的狀況。表層有機碳含量高達 50% 以上，故屬於 O 層。剖面主要層序為 O-E-Bt-C。

(2) TM-2 土壤樣體(標高約 1890 公尺)：

採自達觀亭至主稜間的山腹上，主要植生有山毛櫸、紅星杜鵑、樟樹和蕨類。地表坡度約 15° 。土層不厚，35 公分以下即有岩石出現，剖面層序為：O1-O2-Bhs-2E-2Bt-2C。由層序可知，此剖面過去有崩積作用之發生。而新的崩積土層則未有洗出層出現，係化育年代不夠久遠。而被掩埋的土層則因化育年代較久，產生明顯的粘粒聚積層(2Bt)。2Bt 層有 5% 的銹斑出現，顯示此土壤樣體常處在潮溼且氧化還原交替之環境下。

(3) TM-3 土壤樣體(標高約 2070 公尺)：

此土壤樣體採自拉拉山至塔曼山的主稜上，地勢比較平緩，坡度約 5° ，主要植生有山毛櫸、紅星杜鵑、台灣紅檜、樟樹和蕨類。母質為砂頁岩，土層有 40 公分厚，在 25 公分之深度便有石礫存在，含量約 30%。觀察其形態已有明顯洗入與洗出之作用。主要剖面層序為 O-E-Bt-C。Bt 層依顏色深淺及洗入程度可細分為 Bt1 層和 Bt2 層。Bt1 層中有紅棕色斑紋(5YR 6/8)出現；此等

剖面潮溼的現象，乃導於塔曼山區氣候潮溼多雨，加上土質細密且排水較差所致。

(4) TM-4 土壤樣體(標高 2130 公尺)：

採自塔曼山頂，地勢平緩($<5^\circ$)，主要植生為闊葉雜木林、紅星杜鵑和箭竹。35 公分以下即為砂頁岩母質。表層則是 O 層與 A 層相混的 O/A 層，主要剖面層序為 O/A-E-Bs-Bhs-C-R。E 層僅 3 公分厚，Bs 層為厚度僅 0.5 公分之薄膠結層(placic horizon)，呈波浪形展佈於 E 層與 Bhs 層之間。此薄膠結層乃由鐵、錳膠結構成(紅色部份之顏色為 5YR 5/8，黑色部份之顏色為 5YR 3/2)，質地堅硬，不僅影響淋洗作用的進行，也妨礙薄膠結層下方土層之化育作用。Bhs 層之碎石量依容積計大於 35%，並且沒有明顯的灰斑或銹斑出現。

(5) TM-5 土壤樣體(標高 1882 公尺)：

採自玫瑰西廬山平坦的山頂，坡度僅小於 5° ，主要植生為台灣紅檜、紅星杜鵑和箭竹。土層厚度是所有土壤樣體中最大者，達到 50 公分。由於山頂平坦寬闊，能夠進行穩定的灰壤化作用，因而整個山頂附近皆是具明顯灰壤化作用之土壤；至於其他四代表性土壤樣體僅在其採樣地點附近之區域內有灰白層的特徵。TM-5 的主要層序為 (a) O/A 層，厚度達 18 公分。(b) E1 層：與其他四個土壤樣體的灰白層相同，皆屬於整塊狀構造(massive)，但此層沒有明顯的銹斑。(c) E2 層：仍然屬於整塊狀構造；有 35% 黃橙色(10YR 7/8)的銹斑。(d) Bhs1 層：厚度僅 5 公分，有明顯棕黑色(7.5YR 2/2)之有機質及鐵、鋁洗入，土層主色為 5YR 5/5，另有弱育化育之薄膠結層，顏色為 5YR 5/8。Bhs2 層：厚度達 15 公分，主色為 5YR 4/6 及次要的顏色為 10YR 7/8，其洗入有機質部份之顏色為 5YR 3/4，整體而言，顏色符合灰壤化層之形態標準(ICOMOD

表 一. 塔曼山區土壤樣體之形態特徵。

Table 1. The morphology of Tamanshan pedons.

Soil NO.	Horizon	Depth (cm)	Munsell Color	Texture†	Structure‡	Consistence‡	Boundary‡
Pedon TH-1 : 1850 H							
1566	O	12-0	H 2/				aw
1567	E	0-5	H 7/	SiCL	massive	vs, vp	aw
1568	Bt	5-28	10YR 6/7(mottle) 7.5YR 5/7	SiC	1mabk, 2cabk	vs, vp	
Pedon TH-2 : 1890 H							
1581	O1	10-5	H 2/	----			
1582	O2	5-0	2.5Y 7/	----			as
1583	Bhs	0-13	7.5YR 7/6	C	2mabk	s, p	as
1584	2E	13-18	H 7/	SiCL	massive	vs, p	as
1585	2Bt	18-35	7.5YR 6/8 5YR 6/8(mottle)	SiC	2m&cabk	vs	
	2R	> 45					
Pedon TH-3 : 2070 H							
1561	O	10-0	H 2/				aw
1562	E	0-5	H 7/	L	massive	vs	aw
1563	Bt1	5-15	7.5YR 5/7 5YR 6/8(mottle)	CL	2fabk, 2mabk	s, vp	gw
1564	Bt2	15-30	7.5YR 4/7	C	2fabk, 2mabk	vs, vp	
Pedon TH-4 : 2130 H							
2942	O/A	0-10	5YR 2/1		1fgr	fri	as
2943	E	10-13	5YR 7/2	CL	massive	vs, vp	aw
2944	Bs#	13-13.5	5YR 5/8(red) 5YR 3/2(black)	----	massive	vh	aw
2945	Bhs	13.5-35	2.5YR 6/6	SiCL	3vfsbk	vs, vp	aw
Pedon TH-5 : 1882 H							
2931	O/A	0-18	7.5YR 3/1				as
2932	E1	18-25	2.5Y 7/1	SiC	massive	vs, vp	as
2933	E2	25-30	2.5Y 7/1	C	massive	vs, vp	as
2934	Bhs1	30-35	10YR 7/8(mottle) 5YR 5/5 7.5YR 2/2(O.H.) (5YR 5/8, placic)	C	2f&mabk	vs, vp	g
2935	Bhs2	35-50	5YR 4/6(>50%) 10YR 7/8(<50%) 5YR 3/4(O.H.)	C	2f&vfsbk	vs, vp	cs
2936	C	> 50					

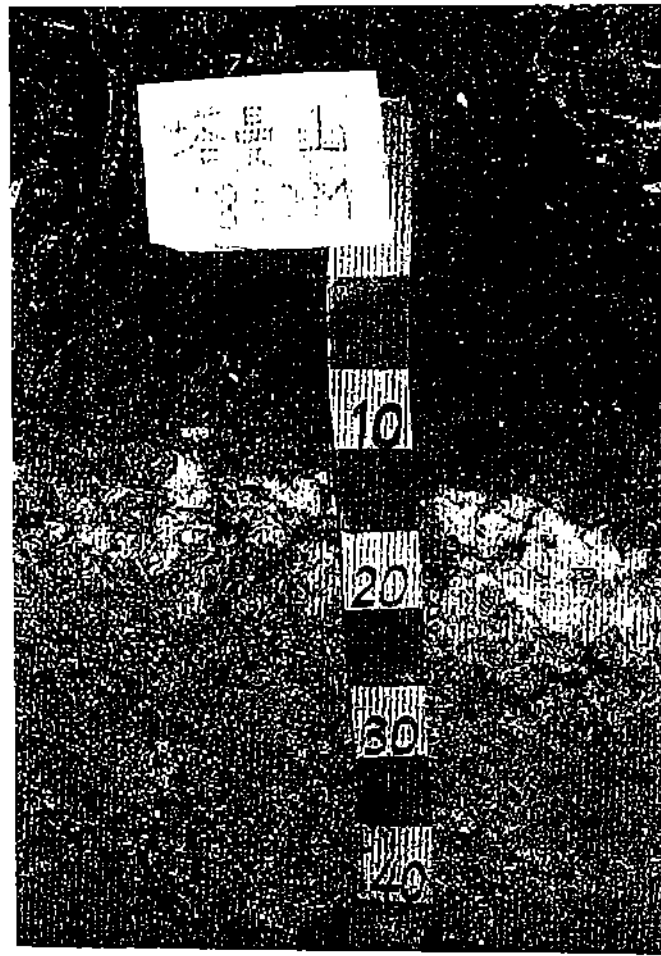
† : L=loam, SiC=silty clay, C=clay, CL=clay loam, SiCL=silty clay loam.

‡ : 3=strong, 2=moderate, 1=weak, f=fine, vf=very fine, m=medium, c=coarse, gr=granular, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky.

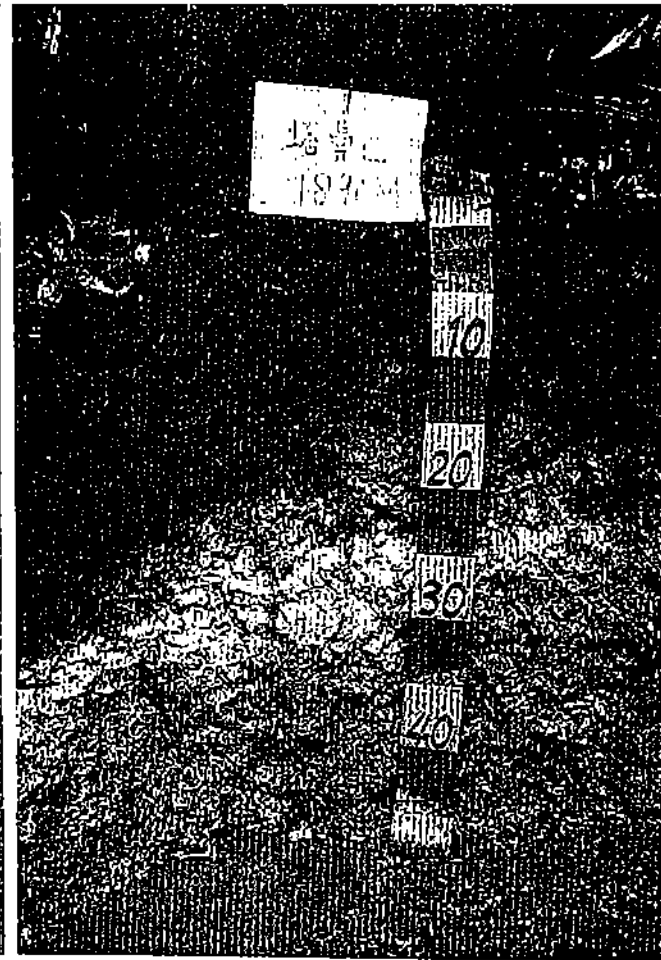
‡ : fri=friable, s=sticky, p=plastic, vs=very sticky, vp=very plastic, fir=firm, vh=very hard.

‡ : a=abrupt, g=gradual, s=smooth, w=wave, c=clear.

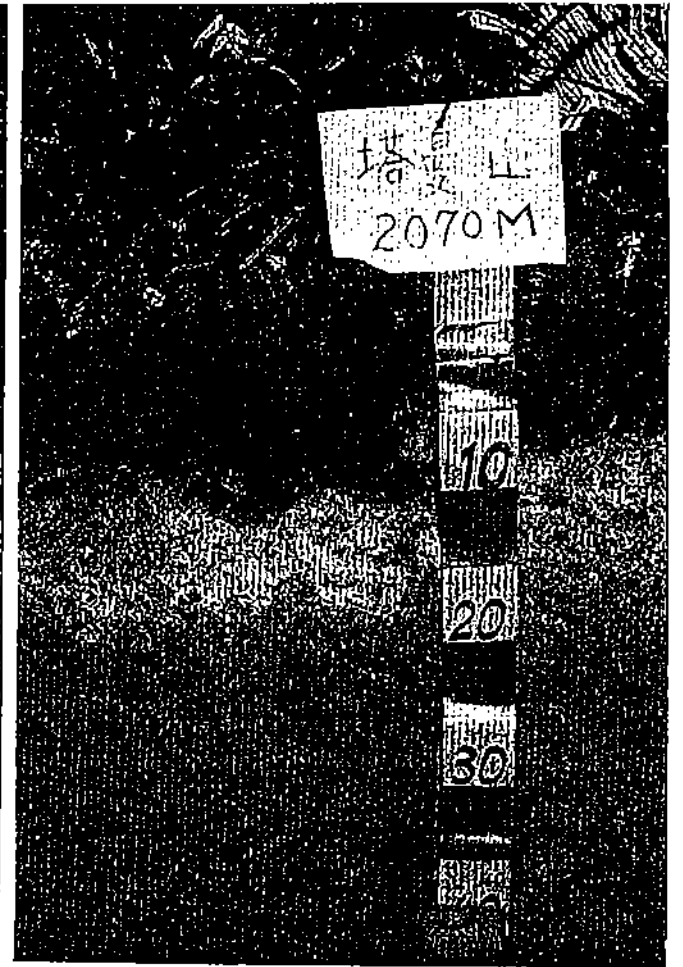
: placic horizon.



A



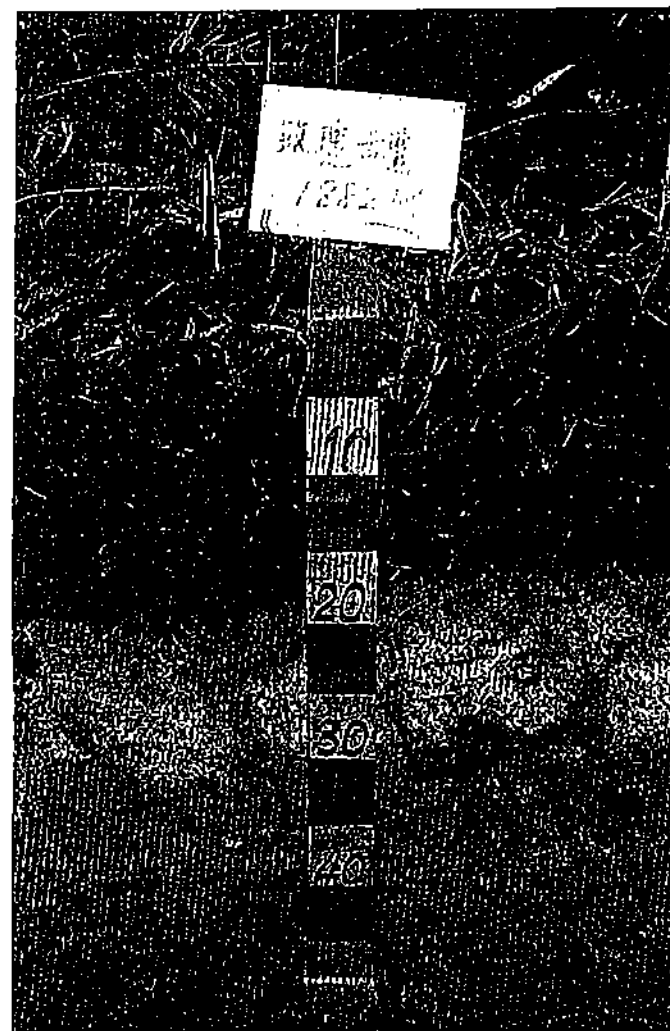
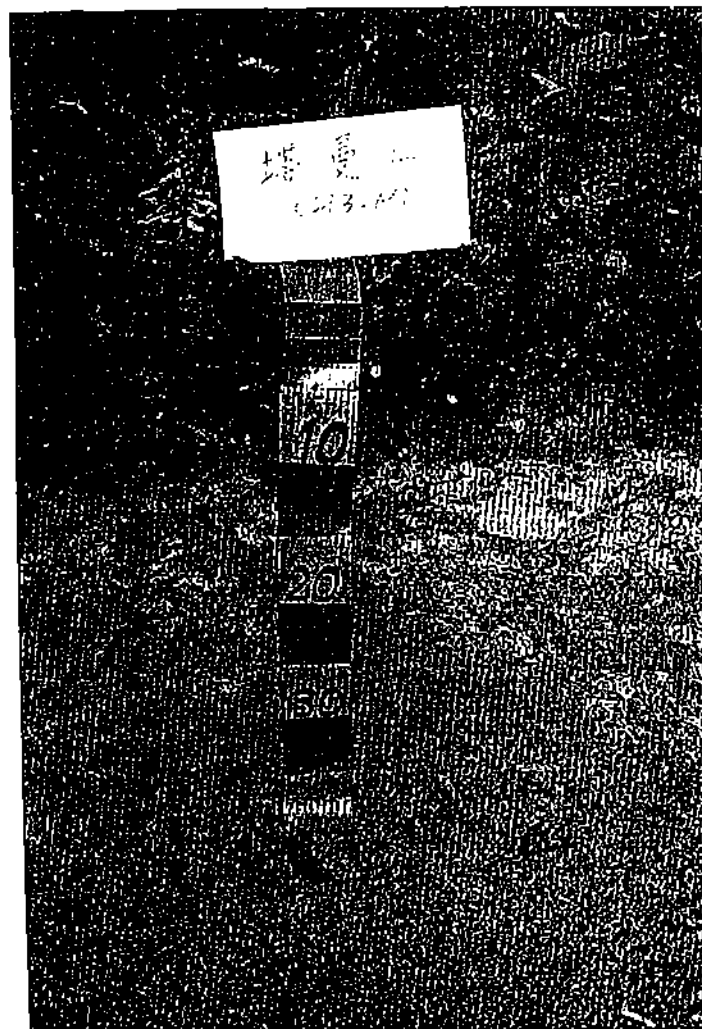
B



C

圖例 一. 塔曼山區土壤樣體剖面形態之照片。

(A) TM-1 樣體。 (B) TM-2 樣體。 (C) TM-3 樣體。

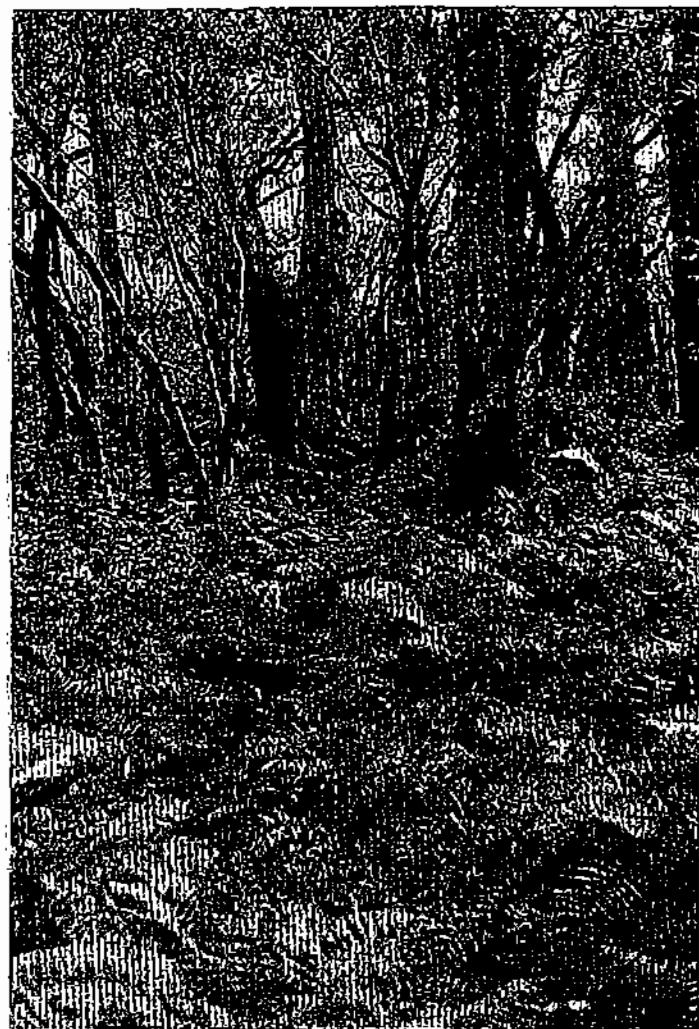


D

E

圖例 一. 塔曼山區土壤樣體剖面形態之照片。

(D) TM-4 樣體。 (E) TM-5 樣體。



A

B

圖例 二. 塔曼山區之植生環境。

(A) 巨大的千年紅檜。

(B) 山毛櫸、混生雜木林和蕨類植物。

, 1990)⁽²⁶⁾。Bhs2 層與 Bhs1 層土壤構造均以中度發育之亞稜塊狀為主。

第二節 塔曼山代表性土壤樣體之物理化學性質

塔曼山五個代表性土壤樣體之物理性質列於表二，化學性質則列於表三。由質地可知塔曼山區土壤粘粒含量頗高，各樣體洗入層之粘粒含量均在 35 % 以上，TM-2 和 TM-5 樣體更高達 50 % 以上，分別為 56 % 和 58 % 左右，TM-4 樣體則達到 35 %。在洗出層方面，以 TM-3 樣體粘粒含量最少，約為 15 %，其他樣體則均在 25 % 以上，TM-5 樣體洗出層粘粒含量則仍高達 50 % 以上(表二)。在粉粒方面可發現除了 TM-4 樣體以外，其他四個土壤樣體洗出層的含量均較洗入層多，其中又以 TM-1 樣體和 TM-2 樣體增加最為明顯。TM-4 樣體洗出層粉粒含量約 40 %，其洗入層則達 51 %。至於砂粒含量，TM-1、TM-2 和 TM-5 樣體較少，三者全部土層砂粒含量均在 10 % 以下，TM-3 樣體土層中砂粒含量最多，其洗出層可高達 39 %，其洗入層則在 27 % 至 33 % 之間。TM-4 樣體砂粒含量則在 13 % 至 26 % 之間。根據上述討論結果和質地三角形圖計算，塔曼山區五個樣體之質地多屬粘土與粉質粘土，但可發現各樣體洗入層質地均比其洗出層者細，至於各樣體各土層之質地分級可詳見於表二。TM-1、TM-2(2Bt 層)和 TM-3 等樣體因其洗入層粘粒含量有極明顯的增加，因而形成粘粒聚積層(Bt horizon)；但 TM-4 和 TM-5 樣體其洗入層粘粒未有明顯增加之趨勢。此外塔曼山土壤樣體砂粒部份則以極細砂(<0.1 mm)與細砂(0.1-0.5 mm)為主，極粗砂含量則稀少。

表二. 塔曼山區土壤樣體之物理性質。

Table 2. The physical properties of Tamanshan pedons.

Soil NO.	Hori- zon	Depth (cm)	Total			Text.	Size class of sand				
			sand	silt	clay		VC	C	M	F	VF
			----- % -----			----- % -----					
Pedon TM-1 : 1850 M											
1566	O	12-0									
1567	E	0-5	0.62	63.18	36.20	SiCL	0.00	0.00	0.00	0.05	0.58
1568	Bt	5-28	9.96	40.30	49.75	SiC	4.54	2.09	0.56	2.54	0.23
Pedon TM-2 : 1890 M											
1581	O1	10-5									
1582	O2	5-0									
1583	Bhs	0-13	3.77	30.33	65.90	C	0.09	0.12	0.04	0.31	3.21
1584	2E	13-18	3.04	68.28	28.68	SiCL	0.00	0.08	0.03	0.26	2.67
1585	2Bt	18-35	0.49	42.98	56.53	SiC	0.00	0.00	0.06	0.12	0.31
Pedon TM-3 : 2070 M											
1561	O	10-0									
1562	E	0-5	39.13	45.49	15.38	L	0.48	0.87	0.44	9.97	27.37
1563	Bt1	5-15	27.38	40.65	31.97	CL	2.68	1.63	0.56	7.17	15.35
1564	Bt2	15-30	32.83	22.24	44.93	C	5.78	2.94	0.93	8.49	14.69
Pedon TM-4 : 2130 M											
2942	O/A	0-10									
2943	E	10-13	25.96	39.39	34.65	CL	0.18	0.70	0.22	3.65	21.20
2944	Bs#	13-13.5	-----	-----	-----		-----	-----	-----	-----	-----
2945	Bhs	13.5-35	13.78	51.02	35.2	SiCL	0.03	0.15	0.47	1.25	12.30
2946	C	> 35									
Pedon TM-5 : 1882 M											
2931	O/A	0-18									
2932	E1	18-25	5.97	41.46	52.42	SiC	0.04	0.43	0.11	0.24	5.15
2933	E2	25-30	9.67	29.40	60.93	C	0.09	0.59	0.11	0.40	8.48
2934	Bhs1	30-35	4.14	39.54	56.32	C	0.15	0.47	0.16	0.57	2.80
2935	Bhs2	35-50	3.34	38.08	58.58	C	0.02	0.06	0.04	0.25	2.98
2936	C	> 50									

: placic horizon.

土壤物理性質。資料來源：中國農業科學院。

塔曼山區土壤樣體之化學性質(表三)，其主要特性如下：

(1) 剖面之 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 值皆介於 3.3 至 5.0 之間， $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ 值則在 2.1 至 4.4 之間，二者皆隨深度的增加而增加，造成此種強酸性質應與特殊的植生種類(山毛櫸、紅星杜鵑、台灣紅檜)、多雨的氣候環境以及母岩有關。

(2) 表層的有機碳含量極高，TM-1、TM-2 和 TM-3 樣體三者更高達 45 % 以上，而 TM-4 與 TM-5 樣體也達 20 % 以上，顯示表層應是 O 層或 A 層或是兩者的混合層。比較 E 層與 B 層有機碳之含量，TM-2 和 TM-5 樣體有機碳含量在 B 層均有明顯的增加，TM-2 樣體增加將近 3 倍 (0.58 % 至 1.61 %)，TM-5 樣體增加更高達 4 倍以上，TM-3 樣體有機碳含量之增加則較不明顯；TM-1 樣體 E 層有機碳含量較為偏高，表示其有機物質並沒有明顯下洗的現象發生，而 TM-4 樣體 E 層有機碳的含量卻比其 B_{hs} 層大得多，此與 E 層下面有一明顯薄膠結層有關，因其阻止有機物之下移。土壤剖面中洗入層有機碳增加之多寡也可做為鑑定灰壤化作用進行程度的一種方式，因此 TM-5 與 TM-2 樣體可能進行較強的灰壤化作用，而 TM-4 和 TM-1 樣體之灰壤化作用強度相對較為微弱。

(3) 表層陽離子交換能量高，若干剖面(TM-1、TM-2 和 TM-3 樣體) 表層的 CEC_7 可高達 120 $\text{cmol}(+)/\text{kg soils}$ 以上，TM-2 和 TM-5 樣體 B 層的 CEC_7 比其 E 層大，可能與其 B 層有機物質之明顯增加有關。TM-3 樣體雖然 B 層之有機物質增加較不明顯，但其 CEC_7 卻有極明顯的增加 (E 層的 6.84 增加至 B 層的 21.30 $\text{cmol}(+)/\text{kg soils}$)，可能是 B 層粘粒含量以及鐵、鋁含量(見表四和表七) 有明顯增加所致。TM-1 樣體雖然 B 層粘粒有明顯聚積，但其 E 層有機碳含量是 B 層的 1.5 倍 (2.93 % / 1.96 %)，所以 TM-1 樣體 E 層與 B 層的 CEC_7 相差不大；而 TM-4 樣體因其 B 層粘粒有機物質未有明顯增加，故其 E 層 CEC_7 與 B 層的數值相近。至於五

表 三. 塔曼山區土壤樣體之化學性質。

Table 3. The chemical properties of Tamanshan pedons.

Soil No.	Hori- zon	Depth (cm)	pH		O.C. (%)	CEC ₇	--- exchangeable ---				Sum Cations	Base Saturation %
			H ₂ O	CaCl ₂			K	Na	Ca	Mg		

Pedon TM-1 : 1850 H												
1566	O	12-0	3.6	2.6	50.18	120.30	0.33	0.66	0.15	1.02	2.16	2
1567	E	0-5	3.7	3.1	2.93	25.21	0.09	0.62	0.02	0.54	1.24	5
1568	Bt	5-28	4.2	3.5	1.96	23.23	0.08	0.07	0.02	0.61	0.79	3
Pedon TM-2 : 1890 H												
1581	O1	10-5										
1582	O2	5-0	3.6	2.2	47.51	121.22	0.62	8.87	0.23	3.64	13.36	13
1583	Bhs	0-13	3.7	3.0	3.70	20.45	0.12	0.11	0.02	0.99	1.24	6
1584	2E	13-18	3.9	3.3	0.58	13.23	0.05	0.08	0.02	0.58	0.72	5
1585	2Bt	18-35	4.1	3.4	1.61	18.04	0.07	0.06	0.02	0.54	0.69	4
Pedon TM-3 : 2070 H												
1561	O	10-0	3.3	2.1	46.26	123.13	0.80	0.29	0.40	3.81	5.30	4
1562	E	0-5	3.6	3.0	1.24	6.84	0.06	0.07	0.04	0.77	0.93	14
1563	Bt1	5-15	3.9	3.3	1.66	18.60	0.10	0.22	0.02	0.62	0.95	5
1654	Bt2	15-30	4.2	3.7	1.29	21.30	0.09	0.27	0.03	0.71	1.11	5
Pedon TM-4 : 2130 H												
2942	O/A	0-10	3.9	3.5	12.18	37.50	0.08	0.20	0.27	0.31	0.85	2
2943	E	10-13	4.6	4.2	2.17	15.00	0.05	0.07	0.16	0.22	0.51	3
2944	Bs	13-13.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-
2945	Bhs	13.5-35	4.7	4.2	0.67	14.25	0.05	0.14	0.21	0.22	0.62	5
2946	C	> 35										
Pedon TM-5 : 1882 H												
2931	O/A	0-18	3.5	3.1	13.47	53.45	0.10	0.20	0.68	0.36	1.34	3
2932	E1	18-25	3.8	3.2	0.53	8.00	0.07	0.11	0.47	0.33	0.98	12
2933	E2	25-30	4.0	3.5	0.64	12.10	0.10	0.35	0.90	0.38	1.73	14
2934	Bhs1	30-35	4.5	4.1	2.16	14.30	0.09	0.07	0.29	0.34	0.79	6
2935	Bhs2	35-50	5.0	4.4	1.75	19.50	0.07	0.22	0.31	0.25	0.86	4
2936	C	> 50										

個樣體土層中的鹽基含量均偏低(表層除外)，這是酸性森林土壤的特性，因此其鹽基飽和度也相對偏低，皆在 15 % 以下。

第三節 各層次中鐵、鋁的移動以及鐵、鋁與有機物質結合之機制

(一) 灰壤其鐵、鋁移動機制的學說複雜且多有爭論⁽⁴¹⁾，大致可分為有機態和無機態兩種方式。

(1) 有機態移動：最早由 Bloomfield⁽¹²⁾ 報告指出，灰壤化層中鐵、鋁的聚積乃由於有機酸與鐵、鋁結合形成複合物 (complexes) 向下移動所致。其後 Vance 等人⁽⁴³⁾ 在灰壤剖面之有機質中鑑定數種低分子量酚酸物質，以鉗合方式與金屬元素形成有機-金屬複合物 (organo-metallic complexes)。Malcolm⁽³³⁾ 發現土壤中的多酚類 (polyphenol)、還原糖 (reducing sugar) 和有機酸對鐵、鋁的移動有很大的貢獻。Greenland⁽²¹⁾ 更綜合提出有機酸 (腐植酸、黃酸等) 與金屬陽離子 (鐵、鋁) 或粘粒結合之四種機制，其方式如下 (示意圖見附錄十五)：

- (a) 有機酸與金屬陽離子以庫倫力 (coulombic interaction) 結合，金屬陽離子則會和粘粒表面的永久性負電荷吸引，此種結合方式其結合力較強。
- (b) 有機酸藉著水橋 (water bridge) 與金屬陽離子結合。有機酸和水分子是以氫鍵相互吸引，金屬陽離子則和水分子中氧原子之未鍵結電子對以配位鍵結合，此種方式結合力較脆弱。
- (c) 陰離子交換法 (anion exchange)：帶負電荷的腐植陰離子 (humic anions) 與帶正電荷的水化(鐵)、鋁氧化物 (hydrated iron and aluminum oxides) 不斷進行吸附、脫附的反應。
- (d) 腐植陰離子直接與水化鐵、鋁氧化物鍵結，此種結合方式頗為穩固。

(2) 無機態移動：Farmer⁽¹⁹⁾和 Anderson 等人⁽¹¹⁾認為灰壤土層中鐵、鋁元素會以 $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ 之凝膠 (sols) 狀態移動。Farmer 和 Fraser⁽²⁰⁾並強調鋁、矽還會以鋁矽凝膠 (aluminosilicate sols) 或鋁矽-有機複合物 (aluminosilicate-OM complexes) 共同移動。

(二) Fe_o 、 Fe_p 、 Al_o 、 Al_p 、 Al_p/Al_o 與 Fe_p/Fe_o 在灰壤化作用之意義：

由表四所示：除了 TM-4 樣體以外，比較四個土壤樣體 E 層與 B 層的 Fe_p 和 Al_p 值，二者在 B 層均有明顯的增加，顯示與有機膠體結合的鐵、鋁係以複合物的狀態藉淋洗作用由 E 層移至 B 層聚積。其中以 TM-5 樣體較為明顯，由表四和表五所示，其 E1 層的 Fe_p 為 0.20%，而 Bhs1 層的 Fe_p 為 1.83%，Bhs2 層的 Fe_p 為 2.27%，增加率分別達到 9.15 倍與 11.35 倍。TM-3 樣體由 E 層至 B 層 Fe_p 的增加達 13 倍和 18.6 倍， Al_p 的增加則達到 24 倍，這是因為其 E 層有機態鐵、鋁含量極低 (Fe_p 僅 0.10%， Al_p 僅 0.01%) 所致，但是五個樣體中以 TM-5 的有機態鐵、鋁含量最高，例如 Bhs2 層中 Fe_p 為 2.27%， Al_p 為 0.7%。同樣的，上述四個樣體的無定型鐵、鋁 (Fe_o 、 Al_o) 在 B 層也有明顯增加的趨勢，例如 TM-3 樣體之 Fe_o 由 0.07% (E 層) 增加至 2.16% (Bt1 層)；TM-5 樣體之 Fe_o 由 0.22% (E1 層) 增加至 2.07% (Bhs1 層) 或 2.52% (Bhs2 層)。所有土壤樣體 B 層之 Fe_p/Fe_o 值介於 0.65 至 0.90 之間 (表四)，顯示塔曼山區土壤灰壤化作用中鐵的移動是以有機複合態為主，無機態方式居次，其中又以 TM-5 樣體表現最為明顯。此外 TM-1 和 TM-2 樣體 Bt 層之 Al_p/Al_o 值分別為 0.49 和 0.45，TM-3 樣體 Bt1 層和 Bt2 層之 Al_p/Al_o 值分別為 0.26，TM-4 和 TM-5 樣體 B 層的 Al_p/Al_o 值在 0.65 至 0.96 之間，

因此可推測對於鋁的移動，TM-1 和 TM-2 樣體其有機態鋁和無機態鋁皆同等重要，TM-3 樣體則以無機態為主，TM-4 和 TM-5 樣體則以有機態鋁佔優勢。

(三) Fe_d 對灰壤化作用之影響：

除了 TM-4 樣體以外，四個土壤樣體 B 層之游離態結晶性鐵 (Fe_d) 含量均偏高，多在 5.5 % 以上，而 TM-5 樣體 Bhs1 層的 Fe_d 值更達 7.5 % 以上。此高含量之游離態結晶性鐵 (Fe_d) 可能抑制了灰壤化作用⁽⁴⁵⁾。而 TM-3 樣體 Bhs 層之 Fe_d 值卻在 2.5 % 以下，此可能與薄膠結層(Bs)阻礙鐵的洗入有關。唯 TM-4 樣體不論是有機態結合的鐵、鋁，無定型態的鐵、鋁以及粘粒含量，在 B 層均未有明顯的增加；其 E 層的有機碳(3.74 %)還比 B 層有機碳(1.15 %)高出甚多；這可能是存在於 E 層與 Bhs 層間之薄膠結層阻礙淋洗作用的進行，於是鐵、鋁、有機物質以及粘粒無法通過此層便在它的上方聚積，同時薄膠結層也阻擋滲漏水的下移，使 E 層產生明顯的還原作用，甚至連銹斑都不易生成。因此 TM-4 樣體 B 層(Bhs)之 Fe_p 與 Fe_o 在五個土壤樣體中是最低的，其 E 層的 Fe_d 與 Fe_o 在所有樣體中卻是最高的。

(四) ODOE 值與灰壤化作用：

ODOE 值是土壤草酸抽出液之吸光度值^(15,16)；草酸對於鐵、鋁有很強的複合作用 (complexing)，因此可以從鐵、鋁以及黃酸 (fulvic acid) 結合形成的鉗合物中抽出鐵、鋁元素，並使有機物質變成水溶性，所以測試 ODOE 值可做為鑑定灰壤化層之化學分析標準 (ICOMOD, 1989)⁽²⁵⁾；故 ODOE 值越大者，土層中的鐵、鋁以及有機物質含量越多。根據 ICOMOD(1989)之報告，B 層的 ODOE 值若大於 E 層(或 A, Ap 層) ODOE 值的兩倍以上，此結果可作為判定灰壤化層之條件之一。由表四可知，除了 TM-4 樣體以外，其他四個土壤樣體 B 層的 ODOE 值均在 0.6 以上，而遠超過 E 層 ODOE

表四. 塔曼山區土壤樣體鐵、鋁之性質。

Table 4. The Fe and Al properties of Tamanshan pedons.

Soil NO.	Hori- zon	Depth (cm)	Pyrophosphate		Oxalate		Dithionite		Fe _p /Fe _o	Fe _p /Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _p /Al _o	Al _p /Al _d	$\frac{(Fe+Al)_p}{(Fe+Al)_d}$	$\frac{(Fe+Al)_p}{clay}$	Al _o = 1/2Fe _o -- X --	CODE	Al(XOH) -- X --
			Fe _p	Al _p	Fe _o	Al _o	Fe _d	Al _d										
Pedon TM-1 : 1050 M																		
1566	O	12-0	0.54	0.57	0.32	0.78	0.66	0.66										
1567	E	0-5	0.46	0.26	0.52	0.63	1.79	0.40	0.88							0.89	0.30	0.41
1568	Bt	5-28	1.94	0.46	2.41	0.94	5.59	0.94	0.80	0.35	0.43	0.49	0.49	0.37	0.05	2.14	0.75	1.07
Pedon TM-2 : 1690 M																		
1581	O1	10-5																
1582	O2	5-0	0.31	0.31	0.21	0.50	0.36	0.29										
1583	Bhs	0-13	1.02	0.17	1.58	0.57	3.16	0.32	0.65	0.32	0.50	0.30	0.53	0.34	0.02	1.37	0.74	0.16
1584	2E	13-18	0.15	0.11	0.07	0.40	0.13	0.15								0.43	0.10	0.14
1585	2Bt	18-35	1.47	0.31	1.72	0.69	5.68	0.64	0.85	0.25	0.29	0.45	0.48	0.27	0.03	1.55	0.67	0.32
Pedon TM-3 : 2070 M																		
1561	O	10-0	0.17	0.22	0.16	0.52	0.37	0.27										
1562	E	0-5	0.10	0.01	0.10	0.12	0.12	0.05								0.16	0.19	0.07
1563	Bt1	5-15	1.30	0.24	2.16	0.63	5.58	0.60	0.60	0.23	0.39	0.38	0.40	0.25	0.05	1.71	0.76	0.49
1564	Bt2	15-30	1.86	0.24	2.52	0.91	4.23	0.92	0.74	0.44	0.60	0.26	0.26	0.40	0.05	2.18	0.72	0.87
Pedon TM-4 : 2130 M																		
2942	O/A	0-10																
2943	E	10-13	0.87	0.27	0.86	0.24	2.44	0.66								0.67	0.49	0.48
2944	Bs#	13-13.5														----	----	----
2945	Bhs	13.5-35	0.92	0.26	1.18	0.27	2.49	0.47	0.78	0.37	0.47	0.96	0.55	0.40	0.03	0.86	0.27	0.70
2946	C	> 35																
Pedon TM-5 : 1882 M																		
2931	O/A	0-18	0.24	0.15	0.26	0.18												
2932	E1	18-25	0.20	0.08	0.22	0.10	0.66	0.11	0.91							0.21	0.20	0.13
2933	E2	25-30	0.35	0.12	0.46	0.14	2.59	0.22	0.76							0.37	0.38	0.24
2934	Bhs1	30-35	1.83	0.21	2.07	0.33	7.68	0.71	0.88	0.24	0.27	0.64	0.30	0.24	0.04	1.37	1.68	0.54
2935	Bhs2	35-50	2.27	0.70	2.52	0.79	5.52	1.27	0.90	0.41	0.45	0.87	0.55	0.45	0.05	2.05	1.28	1.06
2936	C	> 50																

: placic horizon.

值的兩倍(表五)，顯示鐵、鋁和有機質在其 B 層均有明顯的聚積，此比例值又以 TM-5 樣體最高 ($ODOE(Bhs1)/ODOE(E1) = 8.4$)，因此 TM-5 樣體之灰壤化作用最為明顯。TM-4 樣體因為有薄膠結層(Bs)的存在，以致 E 層的 ODOE 值明顯偏高。

今將塔曼山附近之拉拉山及北插天山之五個土壤樣體⁽²⁷⁾之選擇性鐵、鋁化學抽出結果及含量比值示於表六與表七中，以研究其化育作用差異及地區性之特性。復由表七得知 BCT-2、BCT-3 和 LL-6 樣體在 B 層之 ODOE 值顯然比 E 層之 ODOE 值有增加的趨勢，兩層含量比值在 1.7 至 3.7 間，亦即此二個北插天山及一個拉拉山之灰壤化作用較明顯，LL-2 則增加較少。BCT-1 樣體 B 層的 ODOE 值反而較 E 層小，其比值僅 0.7 左右，表示其灰壤化作用最微弱。

第四節 氫氧化鉀可抽出性鋁與灰壤化作用之關係

4 M KOH 對於土壤中之鋁英石(allophane)、類鋁英石(allophane-like)和絲狀鋁英石(imogolite)有良好的抽出效果，同時它也可以抽出少量結晶性鋁和結晶性不良的層狀矽酸鹽礦物(weakly ordered layer silicate)。根據 Holmgren 和 Yeck⁽²²⁾的研究歸納，絕大多數灰壤化土 B 層之 KOH 可抽出性鋁(Al(KOH))含量(%)大於 7 g kg^{-1} (0.7%)，而且 B 層的含量大於 E 層的兩倍以上；壤化層以下之土層其 Al(KOH) 則隨深度的增加而減少。但 Kimble 等人⁽²⁹⁾卻指出，火山灰土(Andisols) Al(KOH) 含量(%)通常隨深度的增加而明顯增加。因此上文所陳述之性質，可做為區別灰壤和火山灰土的方法。根據表四和表五所示，塔曼山區灰壤化土之 Bhs 或 Bt 層，其 Al(KOH) 含量僅在 0.70 - 1.07 % 間，TM-2 樣體未達到 0.7 % (僅 0.32 %)，所有土壤樣體 E 層之 Al(KOH) 含量更少，皆在 0.5 % 以下。但是除了 TM-4 樣體以外，其他土壤樣體 B 層之 Al(KOH) 含量皆大於 E 層的兩倍以上(比值在 2.3 - 12.4 之

表 五. 塔曼山土壤樣體鐵、鋁含量和 ODOE 在 B 層與 E 層之比值。

Table 5. The (B horizon)/(E horizon) ratios of Fe, Al and ODOE in Tamanshan pedons.

Sample	slope	ratio	Fe _p	Fe _o	Al _p	Al _o	Al _o + 1/2 Fe _o	Al(KOH)	ODOE
TM-1	23°	Bt/E	4.2	4.6	1.8	1.5	2.4	2.6	2.5
TM-2	15°	2Bt/2E	9.8	11.5*	2.8	1.7	3.6	2.3	6.7
TM-3	5°	Bt1/E	13.0	21.6	24.0	5.3	10.7	7.0	4.0
		Bt2/E	18.6	25.2	24.0	7.6	13.6	12.4	3.8
TM-4	< 5°	Bhs/E	1.1	1.4	1.0	1.1	1.3	1.5	0.6
TM-5	< 5°	Bhs1/E1	9.2	9.4	2.6	3.3	6.5	4.2	8.4
		Bhs1/E2	5.2	9.4	1.8	2.4	3.7	2.3	4.4
		Bhs2/E1	11.4	11.5	8.8	7.9	9.8	8.2	6.4
		Bhs2/E2	6.5	5.5	5.8	5.6	5.5	4.4	3.4

* 由於實驗上的誤差(詳情請參考論文第四章「實驗疑點與誤差原因之探討」一節), 使得 TM-2 樣體 2E 層之 Fe_o < 1/2 Fe_p, 為縮減更大的誤差, 此數值之計算實際上為 Fe_o(2Bt)/Fe_p(2E)。

表六. 北插天山以及拉拉山土壤樣體有關分類之重要性質。

Table 6. Some important properties of Beechatain Shan and La La Shan pedons.

Soil No.	Hori- zon	Depth (cm)	Munsell color	clay	Pyrophosphate		Oxalate		Al ₂ O ₃ +		CODE
					Fe _p	Al _p	Fe _o	Al _o	1/2 Fe _o	Al(KOH)	
Pedon BCT-1 : 1250 M											
3172	A	0-3	10YR 3/3	58.10	0.99	0.75	0.97	0.53	1.02	1.99	
3173	E	3-11	10YR 5/6	59.51	1.11	0.52	1.20	0.73	1.33	3.44	0.37
3174	BE	11-26	2.5YR 5/4	51.08	1.05	0.73	0.84	0.71	1.13	3.49	
3175	Bhs1 #	26-26.5	5YR 5/8	6.12	1.17	0.56	1.40	0.62	1.32	3.04	0.32
3176	Bhs2	26.5-45	10YR 6/5	57.55	0.83	0.49	0.84	0.52	0.94	2.74	0.23
3177	Bs3	45-73	7.5YR 5/6	58.32	0.80	0.41	1.15	0.55	1.13	2.57	0.25
3178	Bs4	73-97	10YR 5/4	51.80	0.71	0.53	1.07	0.60	1.14	3.39	0.31
3179	Bs5	97-120	10YR 4/4	55.66	0.67	0.54	1.00	0.68	1.18	3.82	0.26
Pedon BCT-2 : 1670 M											
3180	A	0-15	10YR 2/2	44.53	0.74	0.25	0.94	0.31	0.78	1.13	
3181	AE	15-25	2.5YR 4/4	42.59	0.78	0.37	0.81	0.37	0.78	1.30	
3182	E	25-52	10YR 6/1	52.28	0.29	0.15	0.30	0.19	0.34	0.79	0.11
3183	Bhs1	52-78	10YR 5/6	48.48	0.76	0.28	0.59	0.30	0.60	1.48	0.34
3184	Bs2 #	78-78.5	2.5YR 5/8	55.94	1.50	0.39	1.17	0.37	0.96	2.35	0.64
3185	2Bhs	78.5-100	7.5YR 5/6 7.5YR 6/8 (mottle)	51.34	1.13	0.46	1.01	0.41	0.92	2.32	0.63
Pedon BCT-3 : 1520 M											
3186	A	0-10	10YR 2/2	26.83	0.56	0.24	0.63	0.32	0.64	0.99	
3187	E	10-15	10YR 5/1	49.13	0.05	0.09	0.09	0.20	0.25	0.52	0.14
3188	Bhs	15-25	10YR 6/8	70.53	1.35	0.36	1.33	0.44	1.11	1.90	0.72
Pedon LL-2 : 1800 M											
3056	O	1-0	7.5YR 2/0								
3057	A	0-7	7.5YR 3/2	18.47	1.11	0.32	1.33	0.38	1.05	1.06	
3058	AE1	7-18	7.5YR 5/0	15.62	0.45	0.24	0.57	0.26	0.55	0.92	
3059	AE2	18-23	7.5YR 3/2	10.75	0.32	0.25	0.38	0.23	0.42	0.95	
3060	E	23-29	10YR 7/1	19.17	0.09	0.09	0.04	0.11	0.13	0.59	0.11
3061	Bs1 #	29-29.5	5YR 3/1	-----	0.63	0.32	1.01	0.32	0.83	0.60	0.33
3062	Bs2	29.5-33	7.5YR 6/8	39.22	0.49	0.31	0.65	0.43	0.76	1.48	0.14
3063	Bs3	33-53	7.5YR 6/8	44.59	0.73	0.31	1.03	0.36	0.88	2.37	0.19
3064	Bs4	53-79	7.5YR 6/8	46.40	1.30	0.39	1.37	0.46	1.15	2.61	0.29
Pedon LL-6 : 1800 M											
2901	A	0-8	10YR 2/2	13.73	0.70	0.21	0.98	0.33	0.82	0.85	
2902	AE	8-13	10YR 3/4	13.85	0.95	0.38	1.16	0.38	0.96	1.65	
2903	E	13-23	5YR 7/1	25.07	0.57	0.16	0.68	0.15	0.49	0.52	0.24
2904	Bhs1	23-45	10YR 5/6	25.70	1.37	0.49	1.43	0.42	1.14	3.09	0.83
2905	Bhs2	45-60	10YR 5/6	22.56	0.88	0.39	1.23	0.43	1.05	4.07	0.69

: plagic horizon.

表 七. 北插天山以及拉拉山土壤樣體鐵、鋁含量和 ODOE 在 B 層與 E 層之比值。

Table 7. The (B horizon)/(E horizon) ratios of Fe, Al and ODOE in Beeichatain Shan and La La Shan pedons.

Sample	ratio	Fe _p	Fe _o	Al _p	Al _o	Al _o + 1/2 Fe _o	ODOE	Al(KOH)
BCT-1	Bhs2/E	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.6	0.8
	Bs3/E	0.7	1.0	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
	Bs4/E	0.6	0.9	1.0	0.8	0.9	0.8	1.0
	Bs5/E	0.6	0.8	1.0	0.9	0.9	0.7	1.1
BCT-2	Bhs1/E	2.6	2.0	1.9	1.6	1.8	3.1	1.9
BCT-3	Bhs/E	27.0	14.8	24.0	2.2	4.4	3.7	3.7
LL-2	Bs2/E	5.4	7.2*	3.4	3.9	5.8	1.3	2.5
	Bs3/E	8.1	11.4*	3.4	3.3	6.8	1.7	4.0
	Bs4/E	14.4	15.2*	4.3	4.2	8.8	2.6	4.4
LL-6	Bhs1/E	2.4	2.1	3.1	2.8	2.3	3.5	5.9
	Bhs2/E	1.5	1.8	2.4	2.9	2.1	2.9	7.8

* : 由於實驗上的誤差(詳情請參考論文第四章「實驗疑點與誤差原因之探討」一節), 使得 LL-2 樣體 E 層之 Fe_o < 1/2 Fe_p, 為縮減更大的誤差, 此數值之計算實際上為 Fe_o(Bs2)/Fe_p(E)、Fe_o(Bs3)/Fe_p(E)、Fe_o(Bs4)/Fe_p(E)。

問)，其中又以 TM-3 樣體之 Bt2 層和 TM-5 樣體之 Bhs2 層增加最爲明顯，比值達 7.0 - 12.4，表示其灰壤化作用較爲顯著；TM-4 樣體 B 層對於 E 層 Al(KOH) 的增加只有 1.5 倍，這應與其薄膠結層妨礙淋洗作用和灰壤化作用有關。此外觀察拉拉山和北插天山五個土壤樣體 Al(KOH) 之分佈情形（表六，表七），可看出它們的 Al(KOH) 含量皆較塔曼山區土壤樣體偏高，這可能與其母質的性質有關。BCT-1 和 BCT-2 樣體 B 層 Al(KOH) 增加較不明顯，其 E 層之 Al(KOH) 含量也都大於 0.7%，BCT-3、LL-2 和 LL-6 樣體在 B 層 Al(KOH) 則有明顯增加，其 E 層之 Al(KOH) 含量皆小於 0.7%。

第五節 錳與灰壤化作用之關係

錳氧化物在自然界土壤中是極爲複雜的物質，截至目前爲止，人對灰壤中此類氧化物之移動性質及其機制作用僅有有限度的瞭解。本文中以測定數值甚少，故亦僅能對於錳元素只作淺簡的討論。

有關錳在灰壤化作用所扮演的角色，根據 Pohlman 和 McColl⁽¹⁹⁾ 的報告指出，在森林土壤中，錳氧化物會將部份種類之多羥基酚酸 (polyhydroxyphenolic acid) 迅速氧化並聚合成腐質酸物質 (humic products)，錳氧化物則還原成二價錳離子；新生成之腐植酸極易與鋁形成可溶性複合物，而 Mn^{2+} 也會和其他有機酸形成複合物。此外 Blume 和 Schwertmann⁽¹³⁾ 認爲灰壤化作用的重要特徵是 Fe, Al 和 Mn 會以離子或金屬—有機複合物 (metal-organic complexes) 之型態移動。由表八所示，塔曼山區土壤中之錳均極爲稀少，其中僅 TM-3 樣體的含量較多，而且在洗入層有極明顯的增加，其 Mn_d 由 E 層之 2 ppm 增加至 Bt 層之 118-176 ppm， Mn_a 由 E 層之 17 ppm 增加至 Bt 層之 148-200 ppm，顯示剖面中錳的分佈可能

表 八. 塔曼山土壤樣體錳的含量。

Table 8. The Mn content of Tamanshan pedons.

Soil NO.	Hori- zon	Depth (cm)	Mn _p	Mn _o ppm	Mn _d

	Pedon	TM-1	: 1850 M		
1566	O	12-0			
1567	E	0-5	4	2	16
1568	Bt	5-28	11	46	84

	Pedon	TM-2	: 1890 M		
1581	O1	10-5			
1582	O2	5-0			
1583	Bhs	0-13	6	10	35
1584	2E	13-18	4	4	14
1585	2Bt	18-35	5	12	28

	Pedon	TM-3	: 2070 M		
1561	O	10-0			
1562	E	0-5	3	2	17
1563	Bt1	5-15	9	118	148
1564	Bt2	15-30	21	176	200

	Pedon	TM-4	: 2130 M		
2942	O/A	0-10			
2943	E	10-13	8	67	22
2944	Bs#	13-13.5	-	--	--
2945	Bhs	13.5-35	8	77	33
2946	C	> 35			

	Pedon	TM-5	: 1882 M		
2931	O/A	0-18			
2932	E1	18-25	3	35	7
2933	E2	25-30	3	42	10
2934	Bhs1	30-35	4	52	19
2935	Bhs2	35-50	9	70	34
2936	C	> 50			

: placic horizon.

主要是受氧化還原作用之影響，亦可能受部份灰壤化作用的影響。其他剖面 (TM-4 樣體除外) 洗入層錳含量雖然在數值上較其洗出層有增加之趨勢，唯含量均過於稀少，無法確認其與灰壤化作用之關係。此一問題似應有待累積更多資料，作進一步分析與評述。

第六節 粘土礦物與結晶性鐵礦物之組成與灰壤化作用

一. 粘土礦物之組成

有關塔曼山區粘土礦物的組成，係採用 X-光繞射法檢定，此法是先抽取 $< 2 \mu$ 之粘粒做六種化學處理，其項目與目的為：(1) 鎂飽和空氣乾燥；(2) 鎂飽和加 Ethylene glycol 處理：可使 14 \AA 峰膨脹至 18 \AA ，做為鑑定蒙特石之參考；(3) 鉀飽和 (KCl) 空氣乾燥處理：可使 14 \AA 峰收縮至 10 \AA ，以做為鑑定蛭石之參考；(4) 鉀飽和 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 加熱處理：以 4.85 \AA 峰消失來鑑定水鋁氧；(5) 鉀飽和 $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 加熱處理：鑑定高嶺石及鐵-綠泥石之參考；(6) $6N \text{ HCl}$ 處理：破壞綠泥石，以區別高嶺石與綠泥石。

由於各種結晶性礦物在不同的 2θ 繞射角度位置會有不同強度的繞射峰出現，附錄六則記錄粘土礦物其主要鑑定峰出現的位置，以做為 X-光繞射分析圖礦物種類檢定之依據。吾人取 TM-2、TM-4 和 TM-5 三樣體各主要化育層檢定其礦物組成，其結果下：

(一) TM-2 土壤樣體：

Bs 層 (No. 1583) 粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖九所示。在 10.0 \AA 、 5.0 \AA 與 3.34 \AA 處有明顯三峰出現，經六種鑑定處理並未消失，顯示伊萊石之存在且含量豐富， 3.34 \AA 處的強峰與 4.26 \AA 之弱峰則顯示石英含量也頗為豐富。鎂飽和空氣乾燥處理在 7.2 \AA 處有一較弱的峰，經鉀飽和 $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 處理後完全消失，顯示有少量高嶺石存在。在 14 \AA (Mg-Air) 之位置有一弱峰出現經鉀飽和空氣乾

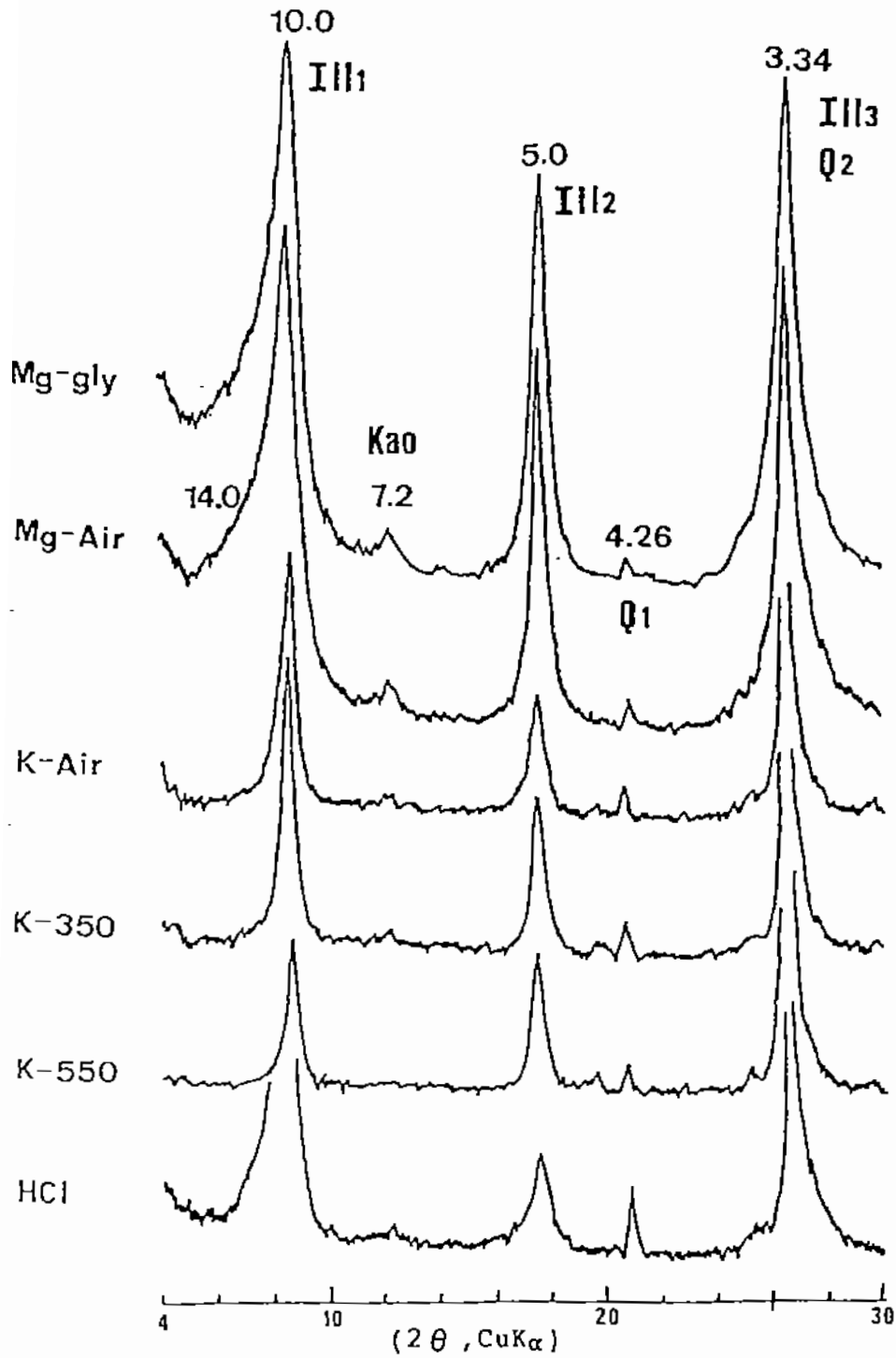


圖 九. 塔曼山區 TM-2 樣體 Bhs 層(NO. 1583)中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig 9. X-ray diffraction patterns of Bhs horizon(NO. 1583) in the Tamanshan TW-2 pedon.

Ill: illite Kao: kaolinite Q: quartz

燥處理後完全消失(移至 10 \AA 處), 証實含有少量蛭石。又在 14 \AA 與 10 \AA 之間有許多小峰出現, 同樣地經鉀飽和空氣乾燥處理小峰群完全收縮至 10 \AA , 這些小峰代表 蛭石—伊萊石 的不規則混層礦物之存在, 但含量極少。此外經鎂飽和加甘油處理其分析圖形並無變化發生, 故推測應無蒙特石類礦物存在, 意即 B_s 層主要含有伊萊石與石英, 另含少量之蛭石、高嶺石與 蛭石—伊萊石 混層礦物。

$2E$ 層(No. 1584)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十所示。除 10.0 \AA 、 5.0 \AA 與 3.34 \AA 三峰屬於伊萊石, 3.34 \AA 與 4.26 \AA 兩峰代表石英存在以外, 14 \AA (Mg-Air)有一明顯峰出現, 經鉀飽和空氣乾燥處理後消失, 表示有多量的蛭石存在; 而在 12 \AA (Mg-Air)處也有一更明顯的峰出現, 經鉀飽和空氣乾燥處理則收縮至 10 \AA , 證明在這個土層中含有豐富的 1:1 型 蛭石—伊萊石 混層礦物。總之, $2E$ 層主要含有蛭石、伊萊石、石英及 蛭石—伊萊石 混層礦物, 另有少量的高嶺石(7.2 \AA)。

$2B_t$ 層(No. 1585)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十一所示。土層中粘土礦物以伊萊石和石英為主。另有少量之高嶺石。 14 \AA 和 10 \AA 之間的峰群經鉀飽和空氣乾燥處理後全部消失。顯示有 蛭石—伊萊石 之不規則混層礦物存在, 此類混層礦物又以含較高之伊萊石/蛭石 比率者佔多數。

(二) TM-4 土壤樣體 :

E 層(No. 2943)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十二所示。土層中以伊萊石與石英佔優勢, 高嶺石含量則較少。 14 \AA (Mg-Air)的峰經鉀飽和空氣乾燥後明顯減弱但並未完全收縮至 10 \AA , 又經鉀飽和 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 加熱處理後完全收縮至 10 \AA , 這是水化蛭石存在的特徵(20)。又在 4.85 \AA 處(Mg-Air)有一較弱的峰出現, 經鉀飽和 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 加熱處理則完全消失, 表示土層含有少量的水鋁氧。

B_{hs} 層(2945)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十三所示。如同

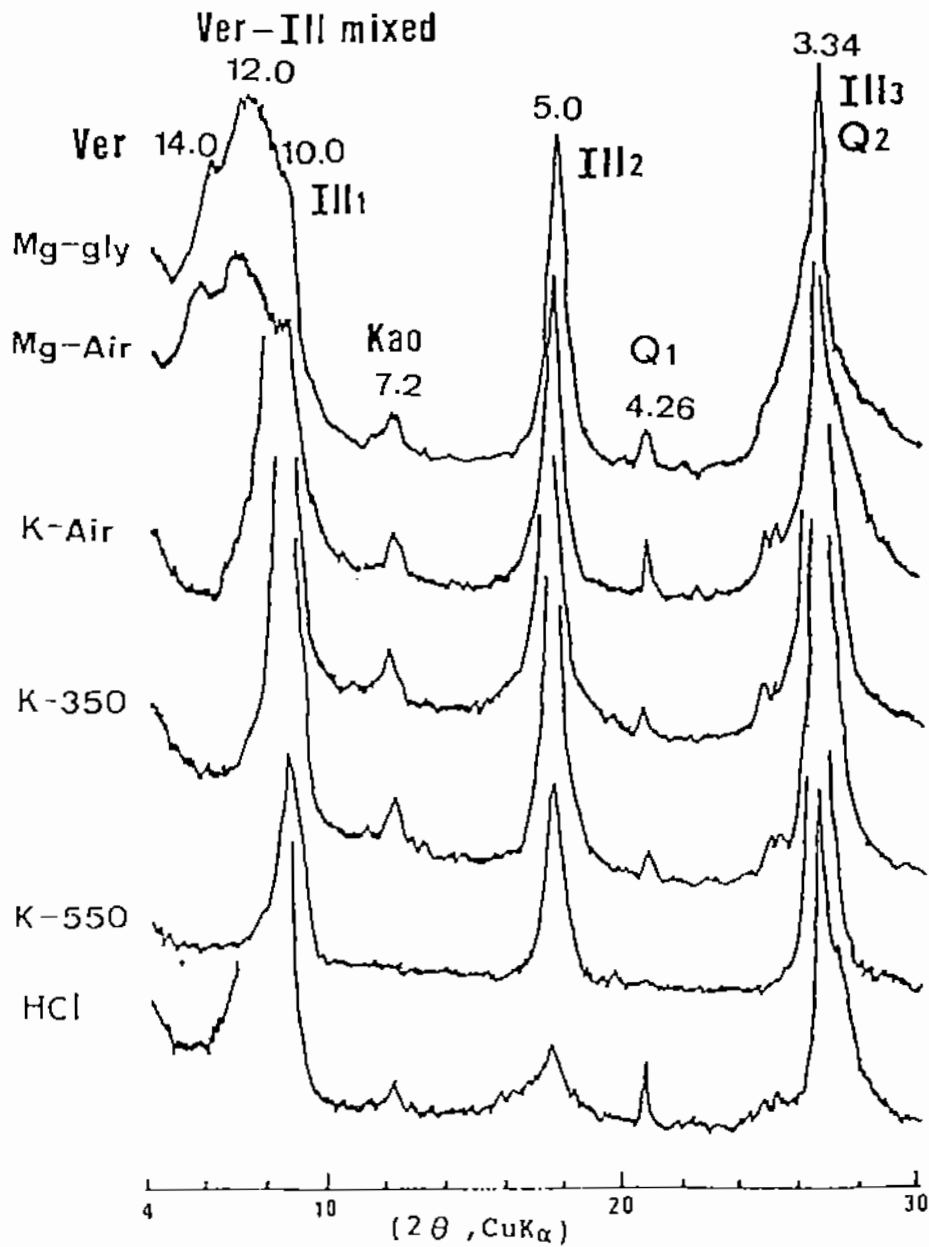


圖 十. 塔曼山區 TM-2 樣體 2E 層 (NO. 1584) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 10. X-ray diffraction patterns of 2E horizon (NO. 1584) in the Tamanshan TM-2 pedon.

Ill: illite Kao: kaolinite Q: quartz Ver: vermiculite
 Ver-Ill mixed: interstratified minerals of vermiculite - illite

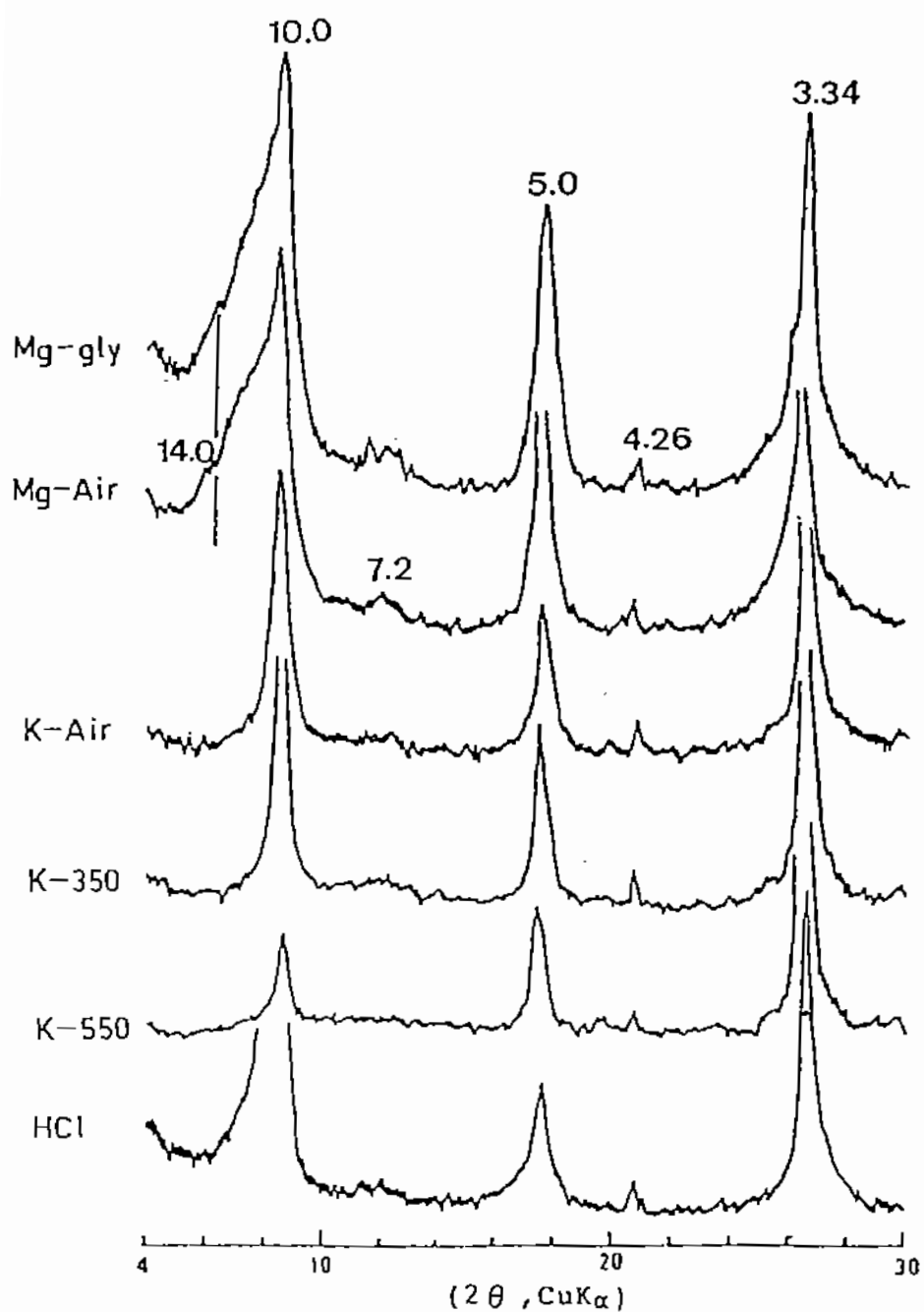


圖 十一. 塔曼山區 TM-2 樣體 28t 層 (NO. 1585) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 11. X-ray diffraction patterns of 28t horizon (NO. 1585) in the Tamanshan TM-2 pedon.

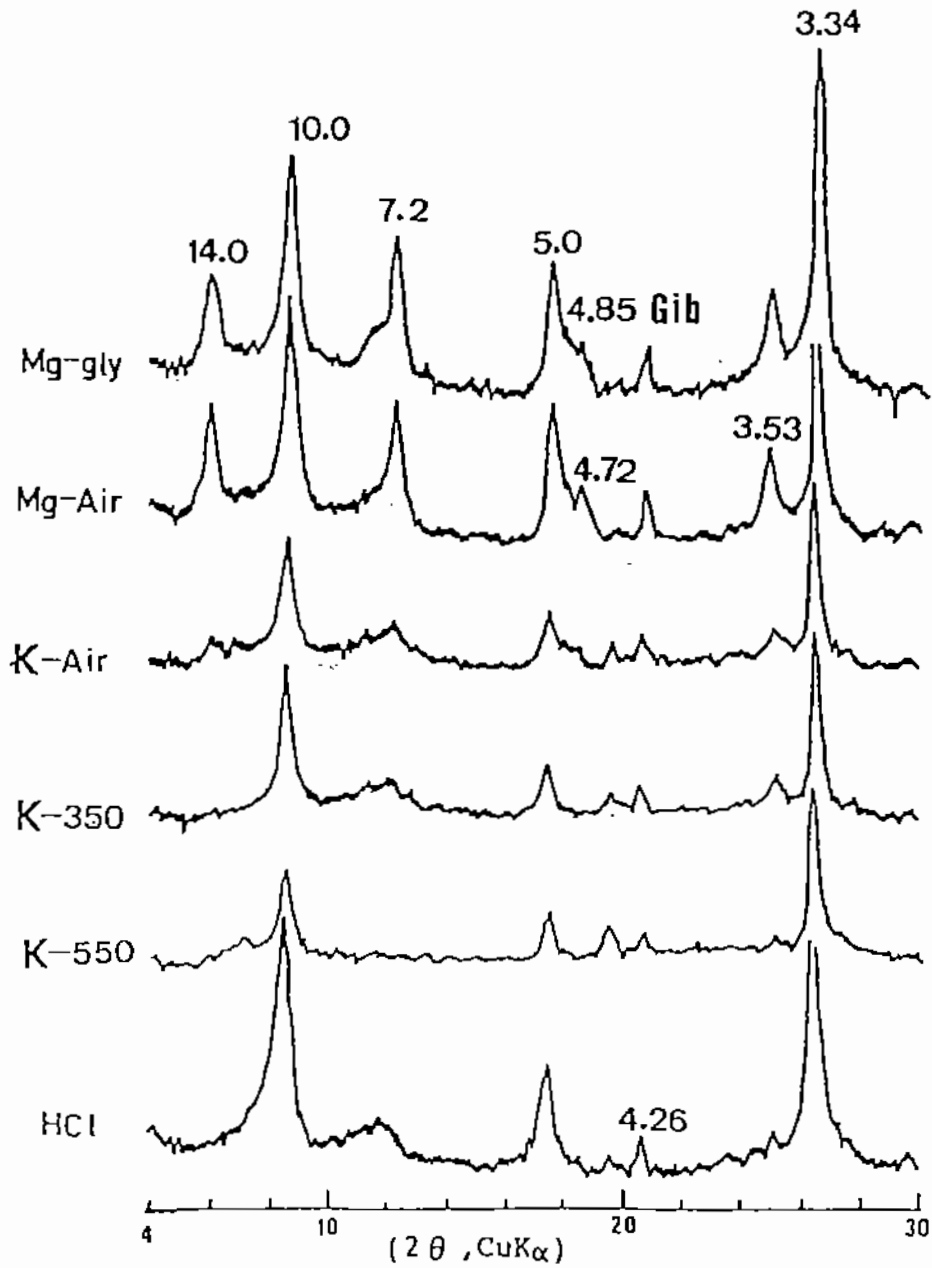


圖 十二. 塔曼山區 TM-4 樣體 E 層 (NO. 2943) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 12. X-ray diffraction patterns of E horizon (NO. 2943) in the Tamanshan TM-4 pedon.

Gib: gibbsite

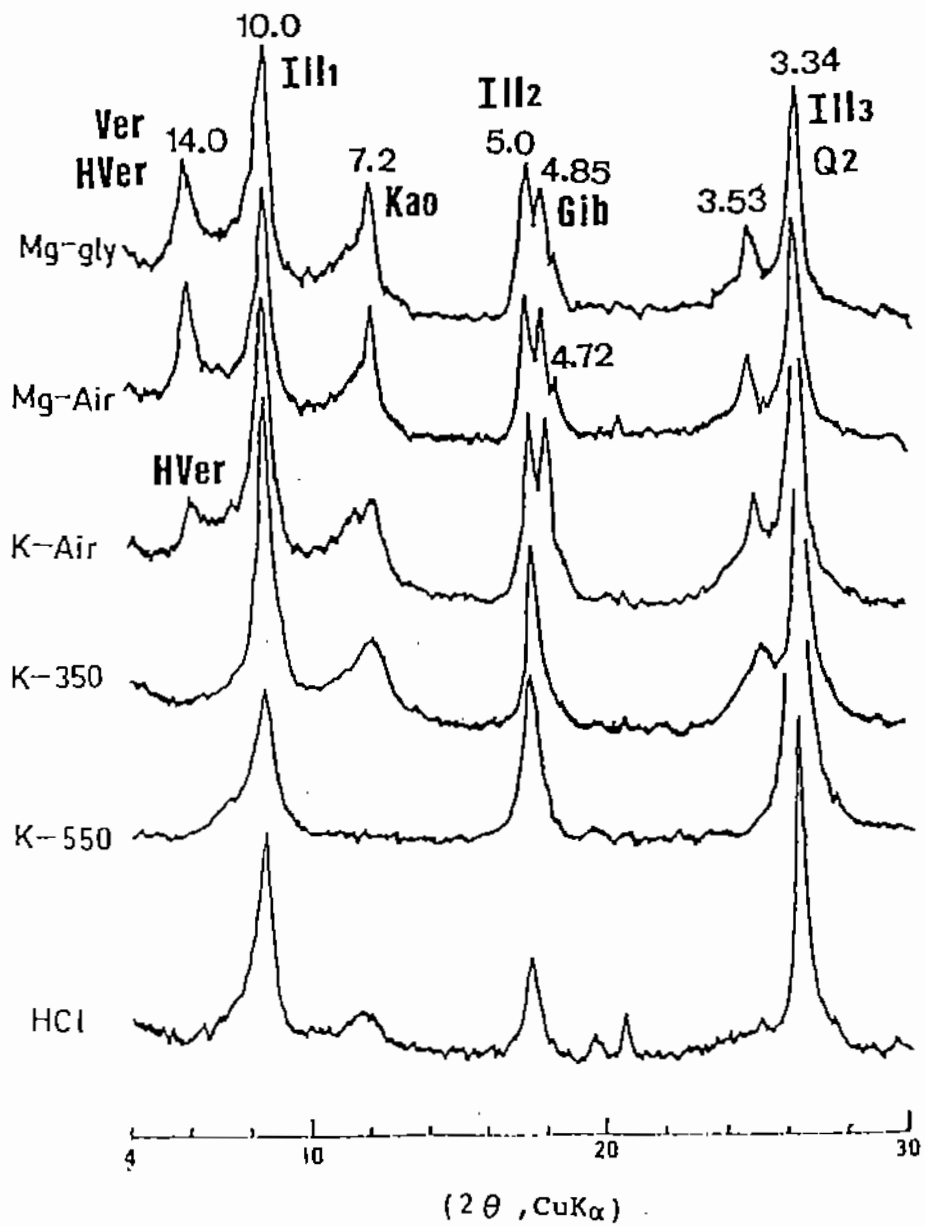


圖 十三. 塔曼山區 TM-4 樣體 Bhs 層 (NO. 2945) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 13. X-ray diffraction patterns of Bhs horizon (NO. 2945) in the Tamanshan TM-4 pedon.

Ill: illite Kao: kaolinite Q: quartz Ver: vermiculite
 Gib: gibbsite HVer: hydroxy interlayer vermiculite

2943 樣品，本土層也有水化蛭石的分佈，唯其含量較前者略多。在 14 Å 和 10 Å 之間有許多較弱的峰群(Mg-Air)，在經鉀飽和空氣乾燥處理並沒有減弱或消失，但經鉀飽和 350 °C 加熱處理後則完全收縮至 10 Å，表示有少量的水化蛭石—伊萊石之不規則混層礦物存在。其他礦物種類則為伊萊石、石英、高嶺石和水鋁氧。

(三) TM-5 土壤樣體：

E 層(2933)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十四所示。土層中除了含有豐富的伊萊石和石英以外，僅有微量高嶺石存在，並未有蒙特石或綠泥石出現。

Bhs2 層(2935)粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十五所示。伊萊石和石英是土層中含量最多的粘粒礦物，另外含有較少的蛭石、高嶺石和蛭石—伊萊石之不規則混層礦物。

茲將上述各土層之 X-光繞射分析圖結果根據 John's 等人之半定量法⁽²⁷⁾，計算其概略的百分組成，結果則列於表九。根據表九，可以確定塔曼山區土壤的礦物組成均以伊萊石和石英二者為主；高嶺石和蛭石在所有土層中均有分佈，唯含量不多，均少於 25 %。TM-4 土壤樣體較為特殊，有少量 (< 10%) 水化蛭石和水鋁氧出現，足見其母質及化育環境與 TM-2 和 TM-5 二樣體有所差異。TM-2、TM-4 和 TM-5 三者都含有蛭石與伊萊石的混層礦物，且大多以剖面下層含量較多。此結果顯示，塔曼山區土壤粘土礦物組成，主要受砂頁岩母質之影響，唯 TM-5 樣體受灰壤化作用之影響，造成 Bhs 層蛭石含量較 E 層多。

二. 結晶性鐵礦物之組成

根據塔曼山區土壤鐵、鋁分佈(表四及表五)之討論結果所示，所有的土壤樣體均有高含量的結晶性鐵，含量除 TM-4 之 Bhs 層為 2.49 % 外，其他樣體之 Bt 或 Bhs 層均達 4.23 % 至 7.68 %。

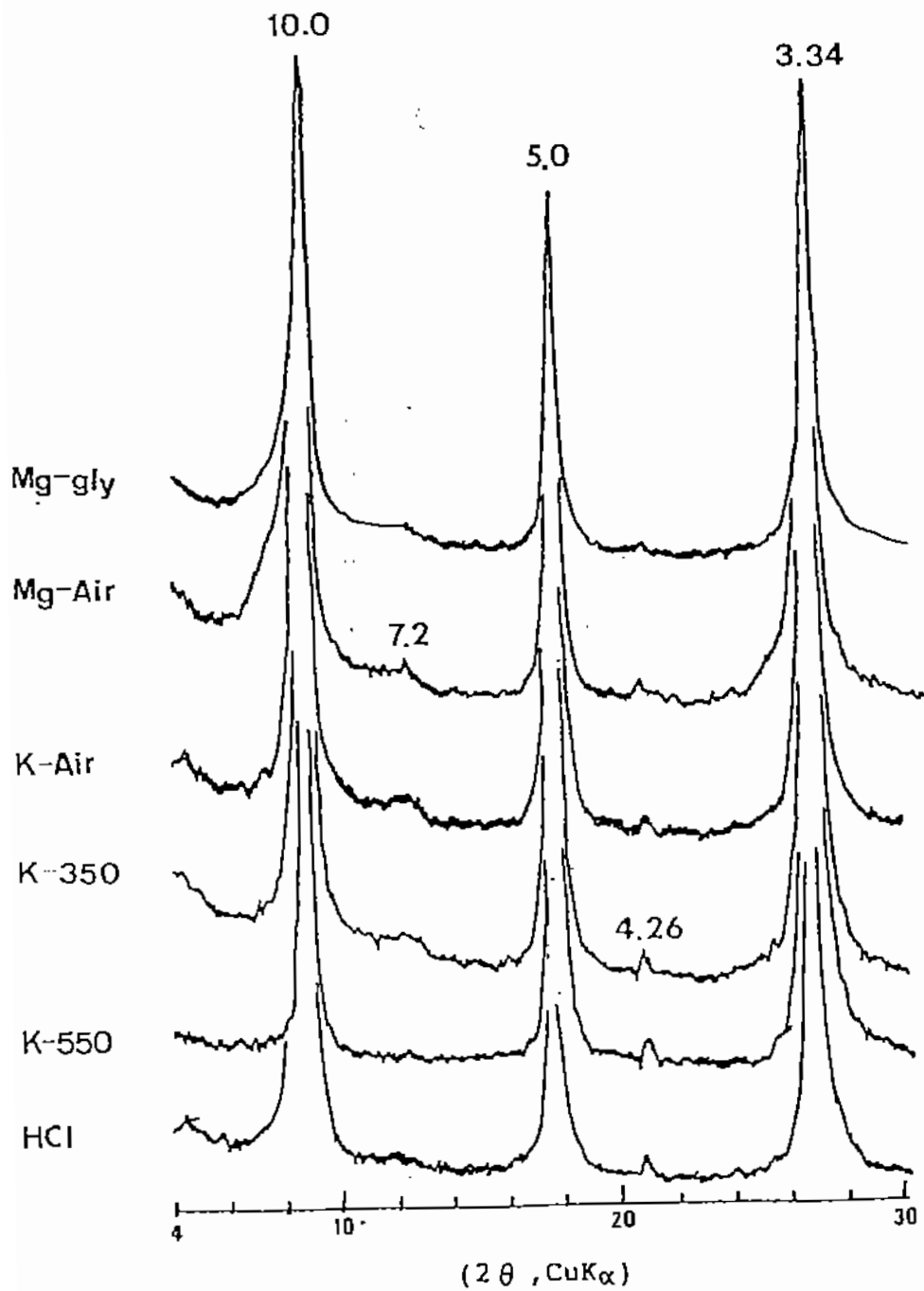


圖 十四. 塔曼山區 TM-5 樣體 E 層 (NO. 2933) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 14. X-ray diffraction patterns of E horizon (NO. 2933) in the Tamanshan TM-5 pedon.

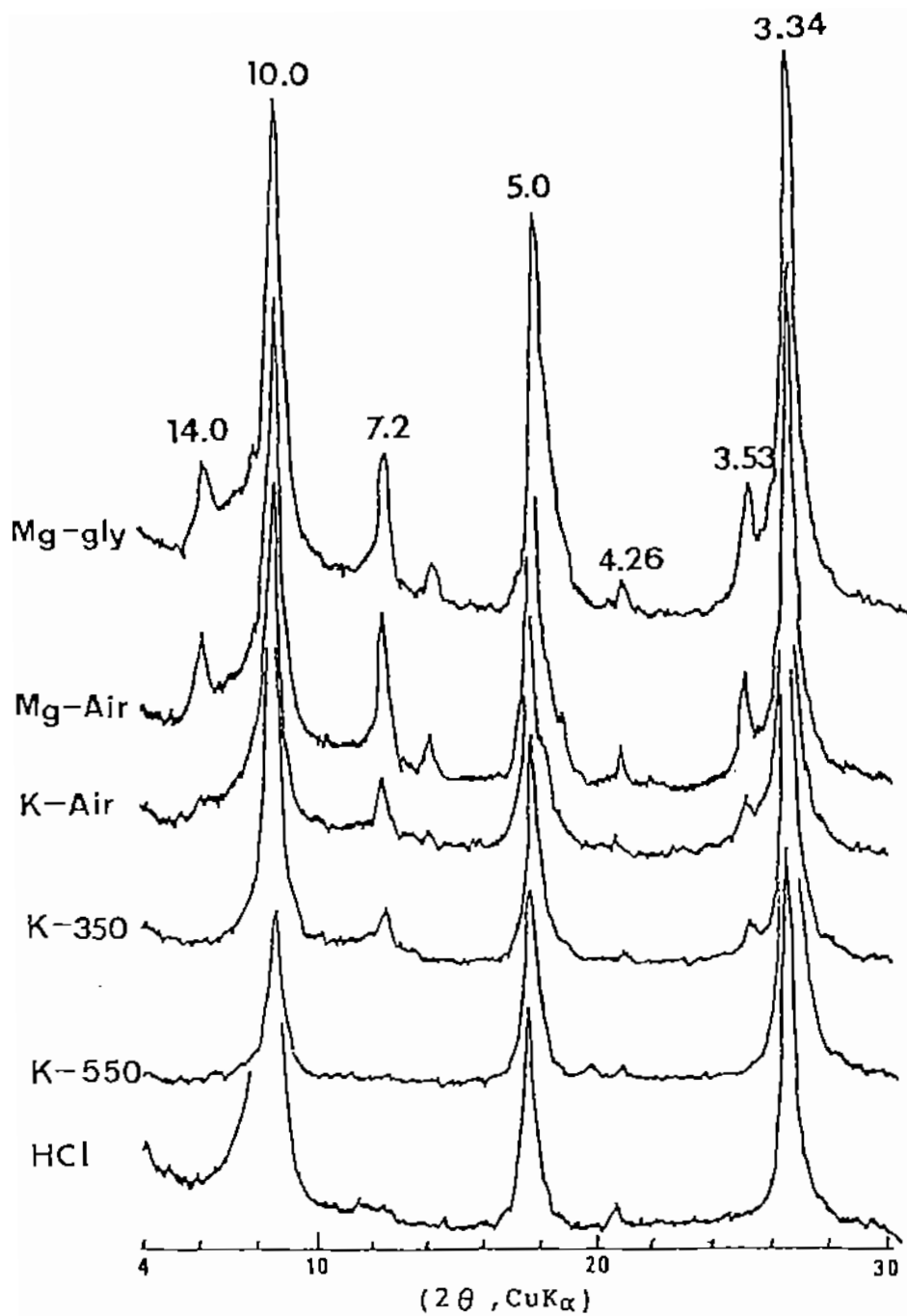


圖 十五. 塔曼山區 TM-5 樣體 Bhs 層 (NO. 2935) 中粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 15. X-ray diffraction patterns of Bhs2 horizon (NO. 2935) in the Tamanshan TM-5 pedon.

表 九. 塔曼山土壤樣體之礦物組成及其含量。

Table 9. Clay mineral composition of Tamanshan pedons.

Sample NO.	V	HV	I	K	Gib	V-I	HV-I	Q	F
Pedon TM-2 : 1890 M									
1583(Bs)	+	-	+++	+	-	+	-	++	+
1584(2E)	++	-	++	+	-	++	-	++	+
1585(2Bt)	+	-	+++	+	-	++	-	++	+
Pedon TM-4 : 2130 M									
2943(E)	++	+	+++	++	+	-	-	++	+
2945(Bhs)	+	+	+++	++	+	-	+	++	+
Pedon TM-5 : 1882 M									
2933(E)	-	-	+++	+	-	-	-	++	+
2935(Bhs2)	+	-	+++	++	-	+	-	++	+

V : Vermiculite HV : Hydroxy interlayer Vermiculite

I : Illite K : Kaolinite Gib : Gibbsite

V-I : Interstratified minerals of Vermiculite - Illite

HV-I : Interstratified minerals of hydroxy-interlayered Vermiculite - Illite

Q : Quartz F : Feldspar

+++ : 25-50% ++ : 10-25% + : < 10% - : trace

為探討其週圍環境與結晶性鐵礦物生成種類之相互關係，乃採用 X-光繞射法進行分析。土壤中較常見的鐵礦物有針鐵礦(Goethite)、赤鐵礦(Hematite)、纖鐵礦(Lepidocrocite)等。根據 X-光繞射法檢定，赤鐵礦在 2.70 Å 和 2.50 Å 的兩峰可作為其鑑定峰，纖鐵礦則在 6.25 Å 有一明顯的峰可作為判斷的依據；而針鐵礦在 4.18 Å、2.69 Å 和 2.44 Å 有三個峰出現，但由於最強的 4.18 Å 峰會被石英在 4.26 Å 的峰遮蔽，以致在低含量針鐵礦且高含量石英的土壤樣品中無法明確鑑定是否有針鐵礦的存在⁽⁴⁰⁾。因此利用高梯度磁分離機對一般不具導磁性的粘土礦物加以分離稀釋(dilution)，並將所收集之高純度導磁性鐵礦物部份加以備製，最後進行 X-光繞射檢定，便能正確鑑定鐵礦物之種類。

(1) TM-2 樣體之 1585 號樣品(2Bt 層)導磁性粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十六所示。在 6.25 Å 及 4.18 Å 有兩個明顯而且強度相近的繞射峰出現，經 250 °C 二小時處理後此二峰完全消失，因此樣品中結晶性鐵礦物僅有纖鐵礦(6.25 Å)和針鐵礦(4.18 Å)兩種，而且二者的含量相近。其他三個強峰是屬於伊萊石和石英所有，因為土壤中鐵礦物會和其他矽酸鹽粘土礦物以較緊密的方式結合，而無法在高倍磁分離機將其完全分離，因此在磁性部份的溶液裏仍含有少量的矽酸鹽粘土礦物。

(2) TM-4 樣體之 2945 號樣品(Bhs 層)導磁性粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十七所示。雖然 6.25 Å 與 4.18 Å 二峰強度較弱，仍可確定纖鐵礦和針鐵礦的存在；由表四之 Fe_d 值顯示，2945 樣品游離鐵含量較低，是所有土壤樣體 B 層(洗入層)中最少的，故雖經二次重覆的高倍磁分離處理，仍未能增加此二峰的強度。

(3) TM-5 樣體之 2935 號樣品(Bhs2 層)導磁性粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十八所示。土層中僅纖鐵礦存在，針鐵礦有可能含量極微，因此比較特殊⁽⁴⁰⁾。

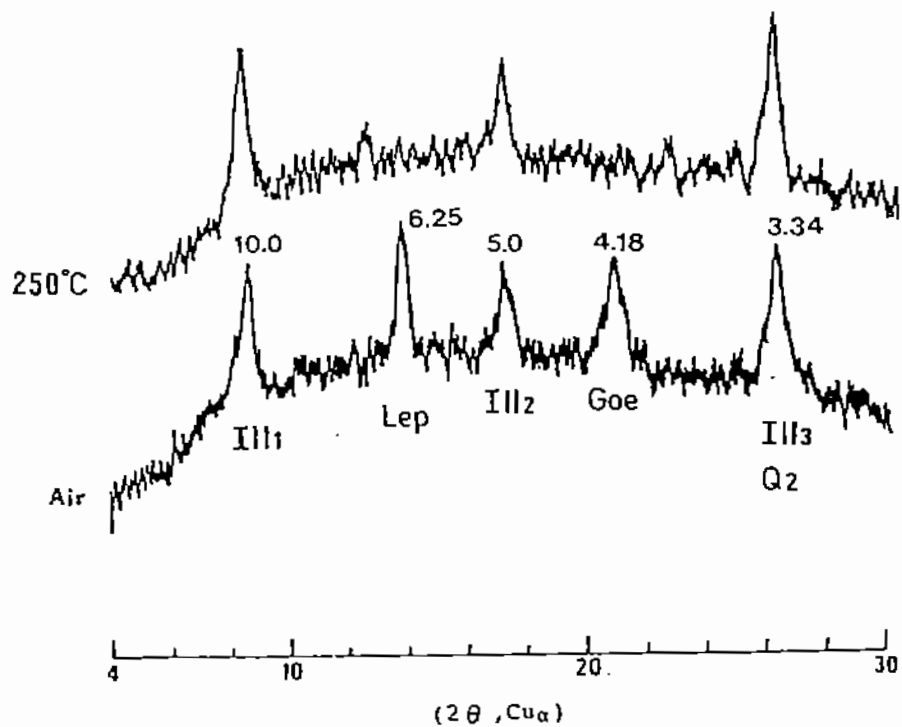


圖 十六. 塔曼山區 TM-2 樣體 2Bt 層 (NO. 1585) 中磁性粘粒部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 16. X-ray diffraction patterns of magnetic clay of 2Bt horizon (NO. 1585) in the Tamanshan TM-2 pedon.

Lep: lepidocrocite Goe: goethite Ill: illite

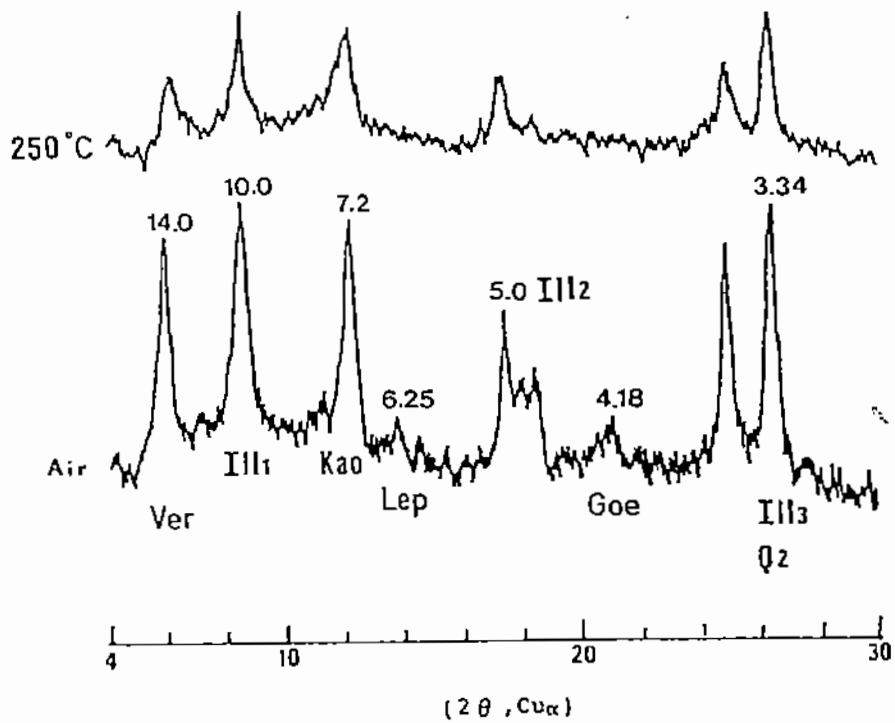


圖 十七. 塔曼山區 TM-4 樣體 Bhs 層 (NO. 2945) 中磁性粘粒部份 X 光繞射分析圖。

Fig. 17. X-ray diffraction patterns of magnetic clay of Bhs horizon (NO. 2945) in the Tamanshan TM-4 pedon.

Lep: lepidocrocite Goe: goethite Ill: illite Q: quartz
 Ver: vermiculite Kao: kaolinite

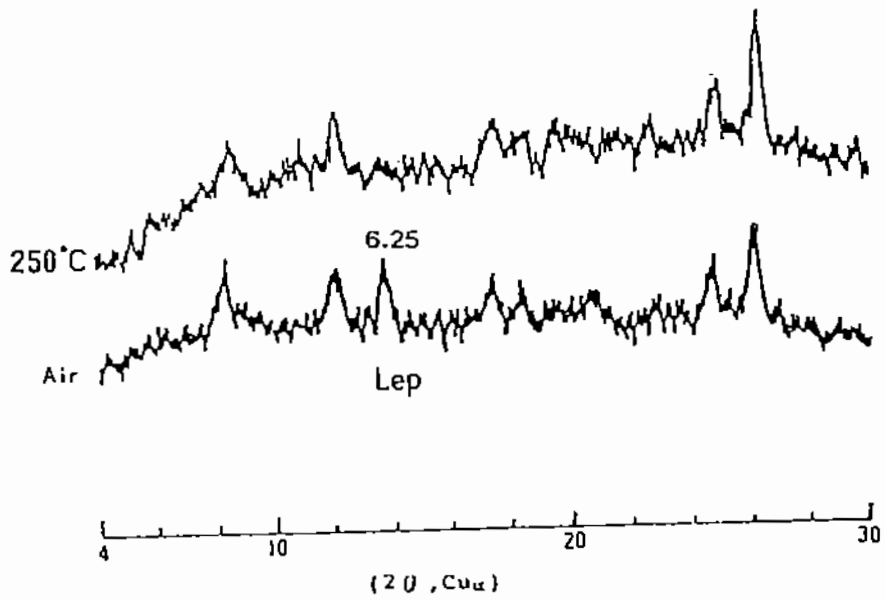


圖 十八. 塔曼山區 TM-5 樣體 Bhs2 層 (NO. 2935) 中磁性粘粒部份 X 光繞射分析圖。

Fig. 18. X-ray diffraction patterns of magnetic clay of Bhs2 horizon (NO. 2935) in the Tamanshan TM-5 pedon.

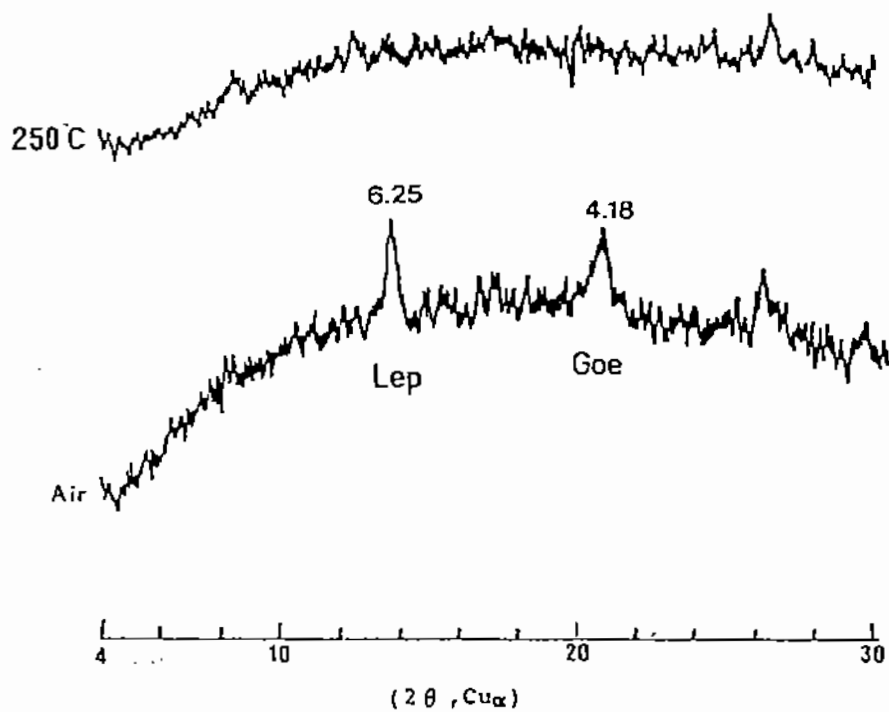


圖 十九. 拉拉山區 LL-2 樣體 Bs 層 (NO. 3061) 中磁性部份之 X 光繞射分析圖。

Fig. 19. X-ray diffraction patterns of magnetic clay of Bs horizon (NO. 3061) in the La La Shan LL-2 pedon.

(4) LL-2 樣體之 3061 樣品(LL-2, Bsl 層)磁性粘粒部份之 X-光繞射分析圖如圖十九所示。此樣品是一薄膠結層，含有多量的纖鐵礦和針鐵礦，並無赤鐵礦的存在。

根據 Schwertmann 和 Taylor (40) 的說法，纖鐵礦易在潮溼而且高粘粒含量的土壤中生成，其過程是由 Fe^{2+} 經快速氧化結晶而成；針鐵礦的生成則較不受環境的影響；赤鐵礦在潮溼的氣候下便不易出現。塔曼山區的環境不僅潮溼多雨，氧化還原交替作用明顯，而且土壤質地細密，極適合纖鐵礦之生成，但不是赤鐵礦生成的良好環境，所以土壤中沒有發現赤鐵礦的存在。

第七節 土壤化育分類

(一) 歷年灰壤分類標準修訂過程及其原因：

早先 Soil Taxonomy(USDA,1975)認為灰壤成立之主要條件為：

- (1) 有一個 spodic horizon。或，
- (2) 有一個薄膠結層存在，其符合 spodic horizon 的標準。但厚度及累積指數(Index of accumulation)(註)除外，此薄膠結層常位在脆盤、灰壤化層或者灰白層的上方，但灰白層須位於脆盤上方。而灰壤化層(spodic horizon)的主要化學分類標準為：(1) $(Fe_p + Al_p) / clay \geq 0.2$ ，(2) $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d \geq 0.5$ 與 (3) Accumulation Index ≥ 65 。三條件須同時符合才屬「灰壤化層」。成立此一分類標準的背景，乃是參考歐美各國灰壤化土之形態特徵和化學性質訂定而成；這些土壤的母質則多由冰磧石母岩風化而來，質地較粗。但是由砂頁岩、頁岩、粘板岩或板岩母質風化形成的灰壤化土，則可能因粘粒含量偏高常無法使 Bhs 層符合 $(Fe_p + Al_p) / clay \geq 0.2$ 之需求。待美國土壤分類專家觀察世界上各種型

註：累積指數 = $[CEC(pH 8.2) - 1/2 \text{ clay}(\%)] \times \text{Thickness}$

是表示無定型物質聚積量的一種指標。Thickness 為亞表層之厚度，單位為公分。

態之灰壤化土後，便在 1988 年第五次國際土壤相關會議 — 灰壤之特性、分類與管理之灰壤國際研討會上對灰壤的定義作重大的修正，並在 1989 年由 ICOMOD 出版第 7、第 8 號交換文件^(24, 25)及 1990 年出版第 9 號交換文件⁽²⁶⁾，以包容其他不同母質的灰壤化土。其修正重點如下：

(1) 重視剖面的形態特徵：早先之定義中僅提示灰壤化層上半部的顏色應比其下半部較紅較暗，並沒有明確限定其色彩、色值和色度的範圍。

(2) 捨棄原有之化學分類標準，而採用 $Al_o + 1/2 Fe_o$ (%) 值以及 ODOE 值作為分類準則。探其原因為：(a) 舊有之 $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$ 值只重視有機態鐵、鋁與灰壤化作用的關係，又因 Sodium dithionite 並不能完全抽出結晶性鋁，而使此數值沒有實質上的意義，且 (b) 有多數學者提出游離鐵含量會影響灰壤化層之生成，而使此比值降低。而 $Al_o + 1/2 Fe_o$ (%) 值則同時強調有機態鐵、鋁和無機態鐵、鋁二者在灰壤化作用中所扮演的角色。ODOE 值則可驗證有機質和鐵、鋁在灰壤化層中有明顯的聚積。

(3) 捨棄「薄膠結層的存在，可以分類為灰壤」的觀念。原先歐美之土壤調查學者以為薄膠結層在灰壤化土中出現，僅是厚度及累積指數之問題，而且是灰壤化土之獨有特徵，但經國際會議與各國學者研討後才瞭解並非只有灰壤化土才會產生薄膠結層，某些弱育土 (Inceptisols) 亦有薄膠結層之生成。

(4) 由於火山灰土已在 1989 年底單獨成立為一個土綱，以別於灰壤化土，因此提出總體密度和玻璃物質含量做為火山灰土和灰壤區分的依據。

1989 年及 1990 年 ICOMOD 之草案決定將灰壤化層顏色診斷標準放寬 (色彩應為 7.5 YR 或更紅，色值 ≤ 5 ，色度 ≤ 6)，並限定灰壤剖中不能有粘粒聚積層或是 kandic horizon 存在；亦建議

以 KOH 抽出之 Al 含量來區別火山灰土、灰壤以及其他土綱土壤。1990 年之最新灰壤草案⁽²⁶⁾則重新規定灰壤化層的厚度至少在 10 公分以上。1990 年最新灰壤分類標準其詳細內容摘錄如下：

(1) PROPOSED SPODIC MATERIALS DEFINITION (ICOMCO, 1990)

Spodic soil materials must:

1. Meet the following in an illuvial horizon:

a. Have one of the following color requirements:

1. Have a dominant hue in a B subhorizon that is 7.5YR or redder, a value ≤ 5.5 and a chroma ≤ 6.5 in the matrix; or
2. Hue is 10YR with a value and chroma ≤ 2.5 , or a color of 10YR 3/1.

OR,

b. Have an horizon ≥ 2.5 cm thick laterally continuous in 50% of each pedon cemented by organic matter with some combination of either Fe or Al, or both, that has a color value < 3.5 and a chroma < 2.5 .

AND,

c. Meet at least one of the following morphologic or chemical requirements in the illuvial horizons:

1. Have in some B subhorizon beneath an albic horizon a value and chroma ≤ 3.5 in materials ≥ 20 cm thick and have a pH ≤ 5.5 ;

OR,

2. Have some sand grains with cracked coatings;

OR,

3. Have in some B subhorizon \geq two times Fe(ox) than in the overlying E, A, or Ap horizon;
4. Have in some B subhorizon \geq two times more Al(ox) plus Fe(ox)/2 than in the overlying E, A, Ap horizon;
5. Have in some B subhorizon an ODOE value ≥ 0.25 and at least two times more ODOE than in the overlying E, A, or Ap horizon.

OR

2. Have an Ap horizon ≥ 20 cm thick, or when mixed to that thickness, that has some subhorizon that meets or exceeds both of the following chemical requirements:

a. $Al(ox) + Fe(ox)/2 \geq 0.9$

AND

b. $ODOE \geq 0.15$

(11) PROPOSED KEY TO ORDER OF SPODOSOLS

A. HISTOSOLS

B. ANDISOLS

Other soils that have:

C.

1. Spodic materials that are at least 10 cm thick and meet two of the following requirements:

a. extend below 25 cm unless terminated by a duripan, fragipan, or petroferric, paralithic, or lithic contact at 25 cm or less; or have a cryic or pergelic soil temperature regime, or have a frigid soil temperature regime and the soil particle-size class is coarse-loamy, loamy-skeletal, or finer.

AND,

b. The upper boundary is < 2 m below the soil surface if the soil has a sandy epipedon between 1 and 2 m thick.

OR,

c. The upper boundary is < 1 m below the soil surface.

2. Do not have an argillic or kandic horizon in or above the spodic materials.

3. Do not have a plaggen epipedon.

SPODOSOLS

D. OXISOLS

(二)塔曼山土壤化育與分類

有關塔曼山區土壤之生成與化育，五大成土因子各扮演其重要的角色，但根據沿途挖掘調查顯示，在相同母質、氣候和植生條件下，地形因素乃是影響該地區土壤化育之最主要因子。因此吾人可利用鐵、鋁和 ODOE 值之「B 層 / E 層 比例值」(鐵、鋁含量以及 ODOE 在 B 層所增加的倍數)來判斷塔曼山區灰壤化土其灰壤化作用之程度，進而瞭解地形變化與灰壤化作用之相互關係。由表七可看出，TM-1 樣體坡度(23°)和 TM-2 樣體所在的坡度(15°)較陡，鐵、鋁含量及 ODOE 值在 B 層 / E 層 之比例值較小(TM-2 樣體之 ODOE 除外)，顯示它們的灰壤化作用較弱，二者又以 TM-1 樣體表現最微弱。而 TM-3 和 TM-5 二樣體位於平坦的地區(坡度 $\leq 5^\circ$)，鐵、鋁含量及 ODOE 值在 B 層 / E 層 比例值較 TM-1 和 TM-2 兩樣體為大，表示 TM-3 和 TM-5 兩樣體已進行明顯的灰壤化作用。由上述結果可以認知，在平緩的地形條件下方能進行穩定的灰壤化作用；TM-4 樣體雖所在坡度很小(僅 5°)，但土層中薄膠結層的阻隔導致鐵、鋁含量及 ODOE 值在 B 層 / E 層 比例值最低，因此其灰壤化作用是塔曼山區所有樣體中最微弱者。

塔曼山區土壤若在穩定的化育作用下，可生成類似灰壤的形態特徵：暗色黑瘠披被層(umbric or histic epipedon)－灰白層(E)－薄膠結層(Bs)(或無此層)－灰壤化層(Bhs)或粘粒聚積層(Bt)。而灰白層中又多有銹斑的出現，這是因為土壤排水不良常呈水飽和狀態，並且又有短暫乾燥的機會。由於受砂頁岩母質的影響，塔曼山區土壤粘粒含量頗高(表二)，因此所有樣體 B 層之 $(Fe + Al)_p / Clay$ 比值皆小於 0.2，且多在 0.02－0.05 之間(表四)；且 $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$ 比值在所有土壤樣體的 B 層中偏低，均小於 0.5，表示塔曼山區灰壤化土的 B 層中結晶性的鐵、鋁較

多，非結晶性的鐵、鋁則較少。Kodama 和 Wang 等人^(31,48)研究冰磧石母質之灰壤時發現，部份灰壤之洗入層(Bhs)中非結晶性鐵、鋁含量越高者，其灰壤化作用越明顯。因此塔曼山區土壤樣體雖然都有灰壤化形態層(spodic morphologic horizon)之特徵，但其灰壤化作用並不是最主要之化育作用。至於游離態結晶性鐵(Fe_d)含量偏高之原因，可能與其母質之高粘粒含量有關，因為多數游離鐵乃以結晶型態與粘粒結合而存在。若根據 Soil Taxonomy (SCS-USDA, 1975)⁽⁴¹⁾之分類標準，考慮 $(Fe + Al)_p / clay$ 及 $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$ 兩項比值，所有樣體皆沒有灰壤化層(spodic horizon)的存在，但以 TM-5 樣體 $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$ 之值(0.45)最接近 0.5。但美國對灰壤化層之定義近年已捨棄 $(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$ 及 $(Fe + Al)_p / Clay$ 比值之診斷標準。因此根據 ICOMOD(1988)之分類草案，除了 TM-4 樣體之外，其他四個樣體 B 層之 $Al_o + 1/2 Fe_o$ (%)值皆 $> 1.0\%$ ，其中以 TM-1、TM-3 和 TM-5 諸樣體的數值較高，表示這些樣體 B 層的鐵、鋁含量已符合灰壤化層的化學分析標準。而近年美國灰壤分類標準(ICOMOD, 1989)，除了考慮剖面 B 層與 E 層、B 層與 A 層(或 A_p 層)之 $Al_o + 1/2 Fe_o$ (%)或 ODOE 的比值以外，還強調剖面形態特徵(如顏色、灰壤化層的厚度、深度以及不能有粘粒聚積層的存在)的重要性。

由於 TM-1、TM-2 和 TM-3 樣體在母質影響及長期的風化作用下形成了粘粒聚積層，因此未能符合灰壤(Spodosols)之分類標準，但由剖面之鐵、鋁以及有機物質之含量分佈顯示仍有弱度的灰壤化作用。除此之外，三樣體 B 層的顏色都未能比 7.5YR 5/6 更紅、更暗，故將其分類為極育土(Ultisols)，其大土類名稱(USDA, 1975)則分別為黑瘠浸極育土(Umbraquults, TM-1)，與灰白浸極育土(Albaquults, TM-2, TM-3)。由於 TM-4 樣體在 E 層與 Bhs 層之間有一薄膠結層的出現，阻礙有機物、鐵、鋁物質移向 Bhs 層，其

$Fe_o(Bhs)/Fe_o(E)$ 比值與 $ODOE(Bhs)/ODOE(E)$ 比值均小於 2，Bhs 層之顏色 (2.5YR 6/6) 亦未能符合灰壤化層 (ICOMOD, 1990) 的標準，故將之分類於弱育土 (Inceptisols)，其大土類名稱爲薄膠結浸弱育土 (Plaquepts)。TM-5 樣體之 E2 層有銹斑出現，顯示化育環境潮溼；Bhs 層 (30-50 cm) 無論在深度 (25 cm 以下)、厚度、顏色等特徵，鐵、鋁、有機物明顯之增加，ODOE 值以及沒有 Bt 層等條件都符合 ICOMOD (1990) 灰壤分類標準，因此 TM-5 樣體是典型的灰壤剖面，其大土類分類名稱爲游離鐵浸灰壤 (Sideraquods)。

總而言之，灰壤化作用並不是塔曼山區土壤最主要的化育作用，從顏色、粘粒聚積層及游離鐵之高含量便可看端倪，應伴隨有氧化還原作用之發生。色值太高可能與其高粘粒含量有關或者表示洗入 B 層的有機物質和鐵、鋁含量仍不夠明顯。歐美各國的灰壤，母質多源自冰磧石，常化育成質地較粗的砂土，此等土壤之特性較有利於土表腐熟有機物質及鐵、鋁進入土壤剖面以及向下淋洗的作用，故加速有機酸和土粒間的化學變化，於是產生大量有機-鐵、鋁複合物質，因此常化育出顏色暗紅，土層深厚的灰壤剖面。塔曼山區土壤可能是因爲質地細緻，造成排水不良，較不利有機物質在剖面中移動，減弱了灰壤化作用的進行。

綜合上述結果，塔曼山區五個土壤樣體依 Soil Taxonomy (SCS-USDA, 1975)⁽⁴¹⁾ 及 ICOMOD(1990) 之分類案，其詳細分類名稱如表十和表十一所示。

(三) 建議：

- (1) 在 Umbraquults、Albaquults 和 Humaquepts 大土類之亞類增加一「灰壤化型」亞類 (spodic group)；或
- (2) 修訂出新的分類法則，以便對粘質地或高含量游離鐵的灰壤化形態土作最合理的分類。

表 十. 塔曼山區土壤樣體之分類結果。

Table 10. The results of classification of Tamanshan pedons.

ICOMOD Classification System (1990)						
土壤樣體	洗 入 層 (B 層)			灰壤化層		分類為
	顏色	Fe _o or Al _o + 1/2 Fe _o or ODOE	無 Bt 層	厚度	深度	
TM-1	No	Yes	No	No		No
TM-2	No	Yes	No	No		No
TM-3	No	Yes	No	No		No
TM-4	No	No	Yes	No		No
TM-5	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
SCS-USDA Classification System (1975)						
土壤樣體	洗 入 層 (B 層)			累積指數	灰壤	
	$(Fe + Al)_p / (Fe + Al)_d$	$(Fe + Al)_p / clay$				
TM-1	No	No	No	No	No	
TM-2	No	No	No	No	No	
TM-3	No	No	No	No	No	
TM-4	No	No	No	No	No	
TM-5	No	No	No	No	No	

表 十一. 塔曼山區土壤樣體之新舊分類名稱。

Table 11. New and old classification of Tamnashan pedons.

Pedons	新分類結果 (ICOMOD, 1990)	舊分類結果 (SCS-USDA, 1975)
TM-1	Fine, mixed, mesic, Typic Umbraquults.	Fine, mixed, mesic, Typic Umbraquults.
TM-2	Fine, mixed, mesic, Typic Albaquults.	Fine, mixed, mesic, Typic Albaquults.
TM-3	Fine, mixed, mesic, Typic Albaquults.	Fine, mixed, mesic, Typic Albaquults.
TM-4	Fine, mixed, mesic, Typic Placaquepts.	Fine, mixed, mesic, Typic Placaquepts.
TM-5	Fine, mixed, mesic, Typic Sideraquods.	Fine, mixed, mesic, Typic Humaquepts.

第八節 實驗疑點與誤差原因之探討

根據附錄五所示，焦磷酸鈉對於土壤中有機態鐵、鋁有良好的抽出效果，草酸溶液則可有效萃取出土壤中非結晶性(無定型)的鐵、鋁，此無定型鐵、鋁即包含了有機態鐵、鋁和無機態非結晶性鐵、鋁氧化物。理論上 Fe_p 、 Al_p 應分別包含於 Fe_o 與 Al_o ，而且 $Fe_p \leq Fe_o$ 或 $Al_p \leq Al_o$ ，但參看表四與表六中鐵鋁含量資料，發現有少數樣品之 Fe_o 值 $\leq Fe_p$ 值，或 Al_o 值 $\leq Al_p$ 值，此種情形最易在有機態鐵、鋁高而無機態非結晶性鐵、鋁氧化物稀少的土樣發生，經歸納探討其發生原因可能如下：

(1) 操作技術上之問題：由於在抽出有機態鐵、鋁時是稱取小於 0.5 mm 之微細土粒，加上焦磷酸鈉本身之特性，使得其抽出液混濁度高而且顏色深暗，經 3500 rpm 離心處理，再經 Whatman NO. 42

濾紙過濾仍無法有效去除懸浮之極微細無機態氧化鐵鋁膠體(這些膠體不屬於焦磷酸鈉抽出之部份)。由於操作經驗之不足，這些膠體的存在因溶液顏色太過深暗而未能以肉眼察覺並設法過濾清除，因而測出若干偏高的數值。反觀在草酸抽出處理時，稱取 < 2 mm 之土粒，同樣經離心和過濾後，其抽出液則遠較前者澄清，既使有部份過濾不良的樣品也容易察覺出來，因此草酸抽出液所得到的數值較為正確。最後，本研究之所有 Fe_p 與 Al_p 全部以 0.45 μm 之 Membrane Filter 分離多餘的無機鐵鋁膠體，使 Fe_p 值皆降至合理的範圍並增加實驗的精確性。

(2) 土壤樣品之特質：測定焦磷酸鈉對有機態鐵、鋁以及草酸對無定型鐵、鋁之抽出效能，乃利用人工合成土壤進行得知，但對於自然界所有類型之土壤能否達此效果仍有疑點，台灣山區之土壤可能由於具有高含量粘粒及游離鐵而較為特殊，致使草酸無法有效萃取其中的無定型鐵鋁。

(3) 儀器與時空性之誤差：在本論文中，草酸抽出液與焦磷酸鈉抽出液之鐵、鋁含量是在不同一時段以原子吸光儀測得，但在不同時段操作儀器其靈敏度及準確性會有所差異，若上述二種抽出液在同一時段裏完成元素之測定，便可消弭由時空所生的誤差。此外，若干樣品因濃度偏高必須加以稀釋，但稀釋後之樣品通常不是在同一時段中完成測定，也會增加機械性的誤差。

(4) 樣品中元素含量太低：部份土壤樣體 E 層 (ex. TM-2 之 1584, LL-2 之 3060) 草酸抽出原液無定型的鐵濃度太低，使得原子吸光儀上的讀值相對偏低，並落於低準確度之範圍內，因而產生嚴重之誤差。改良之方法則建議：取 2 g (< 2 mm) 土壤溶於 100 ml 之草酸溶液，便可提高讀值之準確性。

第五章 結 論

- 一. 塔曼山區在氣候和植生種類方面都適合灰壤化作用之進行，惟該地區土壤化育作用主要受地形陡峭影響：位於地勢陡峭者大多沒有灰壤化層 (spodic horizon) 或灰白層 (albic horizon) 出現，唯有在較平緩的區域才能有明顯的灰壤化層及穩定的灰壤化作用。
- 二. 在塔曼山區之氣候、母質與植生分佈的環境下，土壤質地細密，有機物多，經長期風化及淋洗作用而容易形成粘粒聚積層 (Bt 層)，顯示此地區灰壤化土之化育作用大多以粘粒淋洗之洗出洗入作用 (eluviation-illuviation) 為主，其次為有機物和鐵、鋁移動之灰壤化作用，以及伴隨發生之氧化還原作用之交替進行。
- 三. 塔曼山區灰壤化土粘粒礦物以伊萊石和石英含量最多，其次為蛭石、高嶺石和長石；另 TM-4 樣體還含有少量水化蛭石、水鋁氧與混層礦物存在。結果顯示，粘土礦物之種類及組成母質影響大，受化育作用影響小。
- 四. 薄膠結層阻隔了鐵、鋁和有機物質向下淋洗之作用，故阻礙灰壤化作用之進行，本文探討其化育作用及分類地位。
- 五. 依粘粒、鐵、鋁以及有機物質在土壤剖面之分及形態特徵，探討塔曼山區土壤在化育與分類之問題與地位。結果顯示，僅在極平坦之稜線上可能有浸灰壤 (Aquods) 之生成，在其他地區均生成浸極極育土 (Aquults)、浸弱育土 (Aquepts) 或正新成土 (Orthents)。

參 考 文 獻

- (1) 朱惠民 1971 臺灣灰壤理化性質與分類之研究。中華農學會報新第 74 期：36-49。
- (2) 林光清 1987 拉拉山自然生態保護區之土壤。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文，臺北市。
- (3) 林光清、陳尊賢、張仲民 1988 拉拉山土壤之形態、理化性質與分類。中國農業化學會誌第 26 卷第 4 期：94-103。
- (4) 茹皆耀、孟 華 1947 臺中縣之土壤。臺灣省農試所報告第六號。
- (5) 梁鉅榮 1976 花蓮縣之土壤。臺灣省農試所報告第 34 號。
- (6) 陳尊賢、林光清、張仲民 1989 北插天山區土壤之特性、化育與分類。中國農業化學會誌第 27 卷第 2 期：145-155。
- (7) 張仲民 1971 臺灣灰化土之粘土礦物及其相關化學性質研究。中國農業化學會誌，第 9 卷、1, 2 期：36-48。
- (8) 蔣先覺、程煒兒 1984 臺灣若干森林土壤之描述 I. 灰化土。臺灣省林業試驗所試驗報告第 426 號。
- (9) 蔣先覺、王明光、洪富文、王麗斐、胡弘道 1990 小雪山及阿里山森林土壤中鐵之聚積與分佈。中國農業化學會誌，第 29 卷第 1 期：48-58。
- (10) 謝長富、陳尊賢 1989 自然保護區生態基準資料庫之建立 (三) 。行政院農業委員會 77 年生態研究第 022 號，臺北市。
- (11) Anderson, H. A., M. L. Berrow, V. C. Farmer, A. Hepburn, J. D. Russell and A. D. Walker. 1982. A reassessment of podzol formation processes. J. Soil Sci. 33: 125-136.

- (12) Bloomfield, C. 1953. A study of podzolization. Part I. The mobilization of Fe and Al in Scotspine needles. *J. Soil Sci.* 5: 9-45.
- (13) Blum, H. P., and U. Schwertmann. 1969. Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron, and manganese oxides. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 438-444.
- (14) Buurman, P., and L. P. Vanreeuwijk. 1984. Proto-imogolite and the process of podzol formation : a critical note. *J. Soil Sci.* 35: 477-452.
- (15) Daly, B. K. 1982. Identification of podzolised soils in New Zealand by relative absorbance of oxalate extracts of A and B horizons. *Geoderma.* 28: 29-38.
- (16) Daly, B. K., and H. J. Binnie. 1974. A leaching method for the extraction of acid oxalate-soluble aluminum and iron from soil in conjunction with cation exchange leaching. *Soil Sci. Plant Anal.* 5: 507-514 .
- (17) De Kimpe, C. R., and Y. A. Martel. 1976. Effect of vegetation on the distribution of carbon, iron, and aluminium in the B Horizons of northern Appalachian Spodosols. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 40:77-80.
- (18) Evans, L. J. 1980. Podzol development north of Lake Huron in relation to geology and vegetation. *Can. J. Soil. Sci.* 60: 527-539.
- (19) Farmer, V. C. 1982. Significance of the presence of allophane and imogolite in podzol Bs horizons for podzolization mechanism: A view. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28: 571-578.
- (20) Farmer, V.C., and A.R. Fraser. 1982. Chemical and colloidal stability of soils in the $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ system: their role in podzolization. *J. Soil Sci.* 33: 734-742.
- (21) Greenland, D. J. 1970. Interactions between humic and fluvic acids and clays. *Soil Sci.* 111: 34-41.

- (22) Holmgren, G. G. S., and J. M. Kimble. 1984. Field estimation of amorphous aluminum with 4 M potassium hydroxide. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1378-1383.
- (23) Holmgren, G. G. S., and R. D. Yeck. 1984. Field identification of spodic horizons with potassium hydroxide extractable aluminum and humic acid color. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1370-1374.
- (24) International Committee of Spodosols(ICOMOD). 1989. International Committee of Spodosols. Circular letter NO. 7. Soil Conservation Service, USDA.
- (25) International Committee of Spodosols(ICOMOD). 1989. International Committee of Spodosols. Circular letter NO. 8. Soil Conservation Service, USDA.
- (26) International Committee of Spodosols(ICOMOD). 1989. International Committee of Spodosols. Circular letter NO. 9. Soil Conservation Service, USDA .
- (27) Johns, W. D., R. E. Grim., and W. F. Brad Ley. 1954. Quantitative estimation of clay minerals by differaction methods. J. Sed. Petrol 24: 242-251.
- (28) Johnson, M. G., and M. B. McBride. 1989. Mineralogical and chemical characteristics of Adirondack Spodosols: Evidence for para-and noncrystalline aluminosilicate minerals. Soil Sci Soc. AM. J. 53: 482-490.
- (29) Kimble, J. M., C. S. Holzhey, and G. G. S. Holmgren. 1984. An evaluation of potassium hydroxide extractable aluminum in Andepts(Andisols). Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1366-1369.
- (30) Klute, A. et al. (editor). 1986. Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. The American Society of Agronomy, WI.
- (31) Kodama, H., and C. Wang. 1989. Distribution and characterization of noncrystalline inorganic components in Spodosols and Spodosol-like soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 526-534.

- (32) Loveland, P. J., and P. Digby. 1984. The extraction of Fe and Al by 0.1 M pyrophosphate solutions: a comparison of some techniques. *J. Soil Sci.* 35: 234-250.
- (33) Malcolm, R. L., and R. L. Mrcacken. 1968. Canopy drip : A source of mobile soil organic matter for mobilization of iron and aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 834-838.
- (34) McKeague, J. A., and J. H. Day. 1966. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.* 46: 13-22.
- (35) McKeague, J. A., and P. A. Schuppli. 1982. Changes in concentration of iron and aluminum in pyrophosphate extracts of soil and composition of sediment resulting from ultracentrifugation in relation to spodic horizon criteria. *Soil Sci.* 134: 165-270.
- (36) Mehra, O. P., and M. L. Jackson. 1960. Iron oxides removed from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and Clay Minerals.* 7: 317-327.
- (37) Mokma, D. L., and G. F. Vance. 1980. Forest vegetation and origin of some spodic horizon, Michigan. *Geoderma.* 43: 311-324.
- (38) Page, A. L. et al. (editor). 1982. *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties.* The American Society of Agronomy. WI.
- (39) Pohlman, A. A., and J. G. McColl. 1989. Organic oxidation and manganese and aluminum mobilization in forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 686-690.
- (40) Schwertmann, U., and R. M. Taylor. 1977. Iron Oxide. Minerals in Soil Environments. p.145-180. Published by: Soil Science Society of America Madison, Wisconsin USA.

- (41) Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy : a basic system of soil classification for mapping and interpreting soil survey. USDA, Agric Handb. 436. U.S. Govt. Printing Office. Washington.
- (42) Tang, C.H. and C.T. Yang. 1976. Mid-Tertiary stratigraphic break in the northeast Hsuehshan Range of Taiwan. Petroleum Geology of Taiwan. 13: 139-147.
- (43) Vance, G. F., D. L. Mokma, and S. A. Boyd. 1986. Phenolic compounds in soil of hydrosequences and developmental sequences of Spodosols. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 992-996.
- (44) Wada, K. 1989. Allophane and imogollite. in "Mineral in soil environment". J.B. Dixon, and S.B. Weed(eds.) second edition. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wis., USA, pp 1051-1087.
- (45) Wang, C., G.J. Ross, and R. Protz. 1989. Effect of crystalline iron oxides on development and classification of podzolic soils in Western Labrador, Newfoundland. Soil Sci. Am. J. 53: 870-875.
- (46) William H. McDowell. 1984. Podzolization : Soil processes control dissolved organic carbon concentrations in stream water. Soil Sci. 137: 23-33.

附錄 一。北插天山以及拉拉山土壤樣體之形態特徵。

Appendix 1. The chemical properties of Beeichatain Shan and La La Shan pedons.

Soil No.	Horizon	Depth (cm)	Munsell Color	Texture†	Structure ‡	Consistence‡	Boundary ¶
Pedon BCT-1 : 1250 M							
3172	A	0-3	10YR 3/3	C	2vfsbk,2vfgr	fr	g
3173	E	3-11	10YR 5/6	C	3msbk,2fgr	fi,ss,sp	g
3174	BE	11-26	2.5YR 5/4	C	3fsbk,2fgr	ff,ss,sp	g
3175	8hs1#	26-26.5	5YR 5/8	SiL		hd	
3176	8hs2	26.5-45	10YR 5/6	C	3fsbk,2fgr	fi	d
3177	8s3	45-73	7.5YR 5/6	C	3msbk,3csbk,2fgr	fi,ss,sp	d
3178	8s4	73-97	10YR 5/4	C	3fsbk,2fgr	fi,ss,sp	d
3179	8s5	97-120	10YR 4/4	C	3fsbk,2fgr	fi,ss,sp	
Pedon BCT-2 : 1670 M							
3180	A	0-15	10YR 2/2	SiL	2vfsbk,2fsbk,2fgr	fr,ss,sp	cs
3181	AE	15-25	2.5YR 4/4	SC	2fsbk,2fgr	fi,ss,sp	cs
3182	E	25-52	10YR 6/1	C	3vcsbk,3csbk	fi,s,p	as
3183	8hs1	52-78	10YR 5/6	SiC	2msbk,2fgr	fi,s,p	cs
3184	8s2#	78-78.5	2.5YR 5/8	C			
3185	28hs	78.5-100	7.5YR 5/6 7.5YR 6/8 (mottle)	C	2vfsbk,2fgr	fi,s,p	
Pedon BCT-3 : 1520 M							
3186	A	0-10	10YR 2/2	SiCL	2fsbk,2vfgr,2fgr	fr	as
3187	E	10-15	10YR 5/1	SiC	3csbk,3vcsbk	fi,ss,sp	as
3188	8hs	15-25	10YR 6/8	C	2vfsbk,3fsbk,2fgr	fi,ss,sp	aw
	R	> 25					
Pedon LL-2 : 1880 M							
3056	O	1-0	7.5YR 2/0	L	2fsbk	fr,ss,sp	cs
3057	A	0-7	7.5YR 3/2	SiL	2fsbk	fr,ss,sp	cs
3058	AE1	7-18	7.5YR 5/0	L	2fsbk	ss,sp	aw
3059	AE2	18-23	7.5YR 3/2	SL	2fsbk,massive	s,p	g
3060	E	23-29	10YR 7/1	L	2fsbk,massive	s,p	aw
3061	8s1#	29-29.5	5YR 3/1			hd	aw
3062	8s2	29.5-33	7.5YR 6/8	CL	2fsbk,massive	ss,sp	g
3063	8s3	33-53	7.5YR 6/8	C	2fsbk,massive	ss,sp	d
3064	8s4	53-79	7.5YR 6/8	C	2fsbk,massive	ss,sp	
Pedon LL-6 : 1800 M							
2901	A	0-8	10YR 2/2	SL	2vfgr,2fgr	fr	cw
2902	AE	8-13	10YR 3/4	SL	2vfsbk,2fgr	fi,ss,sp	aw
2903	E	13-23	5YR 7/1	L	3vcsbk,3csbk	fi,ss,sp	cw
2904	8hs1	23-45	10YR 5/6	L	2msbk,2fgr	fr	d
2905	8hs2	45-60	10YR 5/6	SCL	3msbk,2fgr	fr	
2906	C	> 60	10YR 5/6				

† : SL=sandy loam, SCL=sandy clay loam, SC=sandy clay, SiL=silty loam
SiCL=silty clay loam, SiC=silty clay, CL=clayey loam, C=clay. L=loam.

‡ : 3=strong, 2=moderate, 1=weak.
f=fine, vf=very fine, m=medium, c=coarse.
sbk=subangular blocky, gr=granular.

¶ : fr=friable, vf=very friable, fi=firm, ss=slightly sticky,
sp=slight plastic, s=sticky, p=plastic, hd=hard.

¶ : a=abrupt, c=clear, g=gradual, d=diffuse
s=smooth, w=wave.

: placic horizon.

(林光濟、陳尊賢、張仲民, 1988)⁽³⁾

(陳尊賢、林光濟、張仲民, 1989)⁽⁵⁾

附錄 二. 北插天山以及拉拉山土壤樣體之物理性質。

Appendix 2. The physical properties of Beeichatain Shan and La La Shan pedons.

Soil No.	Hori- zon	Depth (cm)	Total			Text.	Size class of sand				
			sand	silt	clay		VC	C	M	F	VF
Pedon BCT-1		: 1250 M									
3172	A	0-3	6.40	35.51	58.10	C	14.48	22.92	1.45	15.09	46.06
3173	E	3-11	4.94	35.55	59.51	C	12.00	7.90	0.85	15.82	63.44
3174	BE	11-26	16.70	31.22	52.08	C	28.50	14.01	5.09	20.19	32.20
3175	Bhs1#	26-26.5	13.03	80.85	6.12	SiL	37.06	10.91	13.32	13.47	25.24
3176	Bhs2	26.5-45	9.67	32.78	57.55	C	10.19	10.21	4.38	39.29	35.93
3177	Bs3	45-73	14.75	26.93	58.32	C	35.67	16.49	5.69	16.10	26.05
3178	Bs4	73-97	20.73	27.47	51.80	C	25.87	16.90	5.80	33.68	17.75
3179	Bs5	97-120	14.77	29.57	55.66	C	26.02	21.00	8.00	24.90	20.08
Pedon BCT-2		: 1670 H									
3180	A	0-15	9.28	46.19	44.53	SiL	0.00	2.44	12.61	10.58	74.37
3181	AE	15-25	48.19	9.22	42.59	SC	0.00	0.01	78.33	1.91	19.74
3182	E	25-52	8.55	39.17	52.28	C	0.00	0.48	1.74	5.41	92.37
3183	Bhs1	52-78	10.55	40.97	48.48	SiC	0.00	1.56	2.85	41.65	53.94
3184	Bs2#	78-78.5	16.98	27.08	55.94	C	2.61	5.71	3.89	21.83	65.69
3185	2Bhs	78.5-100	17.09	31.57	51.34	C	9.42	8.01	6.08	35.66	40.83
Pedon BCT-3		: 1520 H									
3186	A	0-10	19.25	53.91	26.83	SiCL	44.84	20.53	3.61	11.61	19.40
3187	E	10-15	1.75	49.12	49.13	SiC	0.00	2.19	13.68	17.26	66.86
3188	Bhs	15-25	1.11	28.36	70.53	C	0.00	8.61	1.83	17.70	71.65
Pedon LL-2		: 1880 H									
3056	O	1-0									
3057	A	0-7	15.27	66.59	18.47	SiL	0.6	11.6	2.4	40.2	45.2
3058	AE1	7-18	36.85	48.34	15.62	L	0.8	4.1	1.3	37.8	56.0
3059	AE2	18-23	55.68	34.83	10.75	SL	1.5	4.5	1.0	32.1	60.9
3060	E	23-29	45.83	36.01	19.17	L	0.2	2.3	1.3	48.0	48.2
3061	Bs1#	29-29.5									
3062	Bs2	29.5-33	21.73	39.58	39.22	CL	10.8	6.4	2.0	30.5	50.1
3063	Bs3	33-53	26.18	30.83	44.59	C	1.5	1.5	1.9	37.1	58.0
3064	Bs4	53-79	27.21	26.98	46.40	C	1.0	1.7	1.4	35.0	60.9
Pedon LL-6		: 1800 H									
2901	A	0-8	56.77	29.50	13.73	SL	0.0	6.8	1.9	60.8	30.6
2902	AE	8-13	59.31	26.84	13.85	SL	2.2	1.8	2.6	71.3	22.3
2903	E	13-23	46.24	28.69	25.07	L	2.0	2.7	1.5	67.7	26.2
2904	Bhs1	23-45	42.04	32.26	25.70	L	2.7	3.5	4.4	30.0	59.5
2905	Bhs2	45-60	54.61	22.83	22.56	SCL	4.3	4.9	10.2	60.1	20.6

: placic horizon.

(林光清、陳尊賢、張仲民, 1988)⁽³⁾

(陳尊賢、林光清、張仲民, 1989)⁽⁶⁾

附錄 三. 北插天山以及拉拉山土壤樣體之化學性質。

Appendix 3. The chemical properties of Beechatain Shan and La La Shan pedons.

Soil No.	Horizon	Depth (cm)	pH		O.M. (%)	CEC	--- exchangeable ---				Sum Cations	Base Saturation %
			H ₂ O	CaCl ₂			K	Na	Ca	Mg		
Pedon BCT-1 : 1250 M												
3172	A	0-3	3.9	3.9	7.68	23.09	0.51	0.60	1.80	1.34	4.25	18
3173	E	3-11	3.9	4.2	2.24	17.51	0.22	0.61	0.15	0.36	1.34	8
3174	BE	11-26	3.8	3.9	4.36	13.20	0.12	0.35	0.00	0.24	0.72	5
3175	Bhs1#	26-26.5	3.7	3.8	4.16	11.67	0.11	0.40	0.04	0.22	0.76	7
3176	Bhs2	26.5-45	3.7	3.8	4.16	13.70	0.10	0.17	0.07	0.23	0.57	4
3177	Bs3	45-73	3.7	3.8	3.52	13.70	0.10	0.14	0.15	0.40	0.79	6
3178	Bs4	73-97	4.0	3.7	3.43	12.69	0.14	0.20	0.11	0.35	0.80	6
3179	Bs5	97-120	3.8	3.7	2.24	13.45	0.13	2.55	0.04	0.35	3.07	23
Pedon BCT-2 : 1670 M												
3180	A	0-15	3.9	3.7	8.32	22.08	0.28	0.20	1.30	0.78	2.54	12
3181	AE	15-25	3.8	3.8	4.48	20.55	0.22	1.22	0.55	0.52	2.52	12
3182	E	25-52	3.8	3.6	1.60	11.67	0.10	0.14	0.04	0.20	0.48	4
3183	Bhs1	52-78	4.0	3.3	4.80	22.58	0.12	1.14	0.11	0.23	1.61	7
3184	Bs2#	78-78.5	3.7	3.5	4.64	15.23	0.12	0.19	0.33	0.23	0.87	6
3185	2Bhs	78.5-100	4.0	3.5	4.16	18.27	0.11	0.17	0.25	0.36	0.90	5
Pedon BCT-3 : 1520 M												
3186	A	0-10	3.8	3.9	6.72	43.90	0.28	0.29	2.23	1.19	4.00	9
3187	E	10-15	4.2	3.8	2.56	11.85	0.14	0.39	0.22	0.30	1.05	9
3188	Bhs	15-25	4.0	3.7	6.98	16.49	0.18	0.34	0.25	0.47	1.25	8
Pedon LL-2 : 1880 M												
3056	O	1-0	3.3	3.0	27.86							
3057	A	0-7	3.4	3.1	20.08	42.52	0.35	0.86	0.12	0.02	1.35	3
3058	AE1	7-18	3.3	3.1	13.10	22.52	0.21	0.77	0.04	0.01	1.03	5
3059	AE2	18-23	3.7	3.2	11.83	21.53	0.18	0.78	0.06	0.01	1.03	5
3060	E	23-29	3.5	3.2	0.84	21.06	0.17	0.94	0.00	0.00	1.11	5
3061	Bs1#	29-29.5	3.6	3.5	1.58	25.63	0.16	0.84	0.00	0.00	1.00	4
3062	Bs2	29.5-33	3.6	3.1	1.04	29.81	0.17	0.83	0.00	0.00	1.00	3
3063	Bs3	33-53	3.6	3.5	2.11	22.81	0.14	1.11	0.21	0.04	1.49	5
3064	Bs4	53-79	3.8	3.8	1.22	22.79	0.15	2.30	0.04	0.01	2.50	11
Pedon LL-6 : 1800 M												
2901	A	0-8	3.2	3.4	6.56	21.07	0.33	0.29	0.60	0.38	1.59	8
2902	AE	8-13	3.2	3.5	3.66	10.05	0.08	0.24	0.14	0.19	0.64	6
2903	E	13-23	3.4	3.5	0.56	11.03	0.09	0.27	0.02	0.12	0.51	5
2904	Bhs1	23-45	3.5	3.7	2.27	17.40	0.10	0.26	0.04	0.12	0.52	3
2905	Bhs2	45-60	3.7	3.7	2.96	31.12	0.10	0.25	0.08	0.10	0.53	2

: placic horizon.

(林光清、陳尊賢、張仲民, 1988)⁽³⁾

(陳尊賢、林光清、張仲民, 1989)⁽⁶⁾

附錄 四. 北插天山以及拉拉山土壤樣體鐵、鋁之性質。

Appendix 4. The physical properties of Beeichatain Shan and La La Shan pedons.

Soil No.	Horiz. zon	Depth (cm)	Pyrophosphate		Oxalate		Dithionite		Fep/Fed	Fep/Fed	Fes/Fed	Alp/Al ₀	Alp/Al _d	$\frac{(Fe+Al)_p}{(Fe+Al)_d}$	$\frac{(Fe+Al)_p}{clay}$	Al ₀ +		CODE	Al(KOH)
			Fe _p	Al _p	Fe ₀	Al ₀	Fe _d	Al _d								1/2 Fe ₀	-- X --		
Pedon BCT-1 : 1250 M																			
3172	A	0-3	0.99	0.75	0.97	0.53	1.23	2.15									1.02		1.99
3173	E	3-11	1.11	0.52	1.20	0.73	1.92	1.86									1.33	0.37	3.44
3174	BE	11-26	1.05	0.73	0.84	0.71	1.28	1.93									1.13		3.49
3175	Bhs1#	26-26.5	1.17	0.56	1.40	0.62	2.96	3.32	0.84	0.40	0.47	0.90	0.17	0.28	0.28		1.32	0.32	3.04
3176	Bhs2	26.5-45	0.83	0.49	0.84	0.52	2.19	3.51	0.99	0.38	0.38	0.94	0.14	0.23	0.02		0.94	0.23	2.74
3177	BS3	45-73	0.80	0.41	1.15	0.55	2.32	3.22	0.70	0.34	0.50	0.75	0.13	0.22	0.02		1.13	0.25	2.57
3178	BS4	73-97	0.71	0.53	1.07	0.60	2.26	2.54	0.66	0.31	0.47	0.88	0.21	0.26	0.02		1.14	0.31	3.39
3179	BS5	97-120	0.67	0.54	1.00	0.68	2.02	3.15	0.67	0.33	0.50	0.79	0.17	0.23	0.02		1.18	0.26	3.82
Pedon BCT-2 : 1670 M																			
3180	A	0-15	0.74	0.25	0.94	0.31	0.94	1.65									0.78		1.13
3181	AE	15-25	0.78	0.37	0.81	0.37	0.80	1.51									0.78		1.30
3182	E	25-52	0.29	0.15	0.30	0.19	0.64	1.33									0.34	0.11	0.79
3183	Bhs1	52-78	0.76	0.28	0.59	0.30	2.70	3.65	1.29	0.28	0.22	0.93	0.08	0.16	0.02		0.60	0.34	1.48
3184	BS2#	78-78.5	1.50	0.39	1.17	0.37	4.93	3.52	1.28	0.30	0.24	1.05	0.11	0.58	0.09		0.96	0.64	2.35
3185	2Bhs	78.5-100	1.13	0.46	1.01	0.41	2.37	3.34	1.12	0.46	0.43	1.12	0.14	0.28	0.03		0.92	0.63	2.32
Pedon BCT-3 : 1520 M																			
3186	A	0-10	0.56	0.24	0.63	0.32	0.43	0.41									0.64		0.99
3187	E	10-15	0.05	0.09	0.09	0.20	0.42	0.64									0.25	0.14	0.52
3188	Bhs	15-25	1.35	0.36	1.33	0.44	4.82	3.53	1.02	0.28	0.28	0.82	0.10	0.20	0.02		1.11	0.72	1.90
Pedon LL-2 : 1880 M																			
3056	O	1-0															1.05		1.06
3057	A	0-7	1.11	0.32	1.33	0.38	1.48	5.58									0.55		0.92
3058	AE1	7-18	0.45	0.24	0.57	0.26	0.64	4.46									0.42		0.95
3059	AE2	18-23	0.32	0.25	0.38	0.23	0.37	6.69									0.13	0.11	0.59
3060	E	23-29	0.09	0.09	0.04	0.11	1.10	5.19									0.83	0.33	0.60
3061	BS1#	29-29.5	0.63	0.32	1.01	0.32	11.08	0.77	0.62	0.06	0.09	1.00	0.42	0.08	----		0.83	0.33	0.60
3062	BS2	29.5-33	0.49	0.31	0.65	0.43	9.98	1.01	0.75	0.05	0.07	0.72	0.31	0.07	0.02		0.76	0.14	1.48
3063	BS3	33-53	0.73	0.31	1.03	0.36	2.92	1.49	0.71	0.25	0.35	0.86	0.21	0.24	0.02		0.88	0.19	2.37
3064	BS4	53-79	1.30	0.39	1.37	0.46	2.81	1.74	0.95	0.46	0.49	0.85	0.22	0.37	0.04		1.15	0.29	2.61
Pedon LL-6 : 1800 M																			
2901	A	0-8	0.70	0.21	0.98	0.33	0.69	0.46									0.62		0.85
2902	AE	8-13	0.95	0.38	1.16	0.38	1.38	0.93									0.96		1.65
2903	E	13-23	0.57	0.16	0.68	0.15	1.85	1.53									0.49	0.24	0.52
2904	Bhs1	23-45	1.37	0.49	1.43	0.42	2.60	2.19	0.96	0.53	0.55	1.17	0.22	0.39	0.07		1.14	0.83	3.09
2905	Bhs2	45-60	0.88	0.39	1.23	0.43	1.92	2.05	0.72	0.46	0.64	0.91	0.19	0.32	0.06		1.05	0.69	4.07

: plastic horizon.

附錄 五 . 不同藥品對於各種型態鐵、鋁、矽之萃取能力一覽表。

Appendix 5 - Dissolution of Al, Fe, and Si in various clay constituents and organic complexes by treatment with different reagents.

Element in specified component and complex	Treatment with				
	0.1 M† Na ₄ P ₂ O ₇	Dithionite-‡ citrate	20 g L ⁻¹ § Na ₂ CO ₃	0.15-0.2 M¶ oxalate-oxalic acid (pH 3.0-3.5)	0.5 M# NaOH
Al and Si in					
Allophane	Poor	Poor	Poor	Good	Good
Imogolite	Poor	Poor	Poor	Good-fair	Good
"Allophane-like"	Poor	Good	Good	Good	Good
Layer silicates	No	No-poor	No	No-poor	Poor-fair
Al in					
Organic complexes	Good	Good	Good	Good	Good
Hydrous oxides					
Noncrystalline	Poor	Good	Good	Good	Good
Crystalline	No	Poor	Poor	No	Good
Si in					
Opaline silica	No	No	Poor	No	Good
Crystalline silica	No	No	No	No	Poor
Fe in					
Organic complexes	Good	Good	No	Good	No
Hydrous oxides					
Noncrystalline††	Poor	Good	No	Good	No
Crystalline	No	Good	No	No-poor	No

† McKeague et al. (1971); Higashi and Wada (1977).

‡ Mehra and Jackson (1960); Tokashiki and Wada (1975).

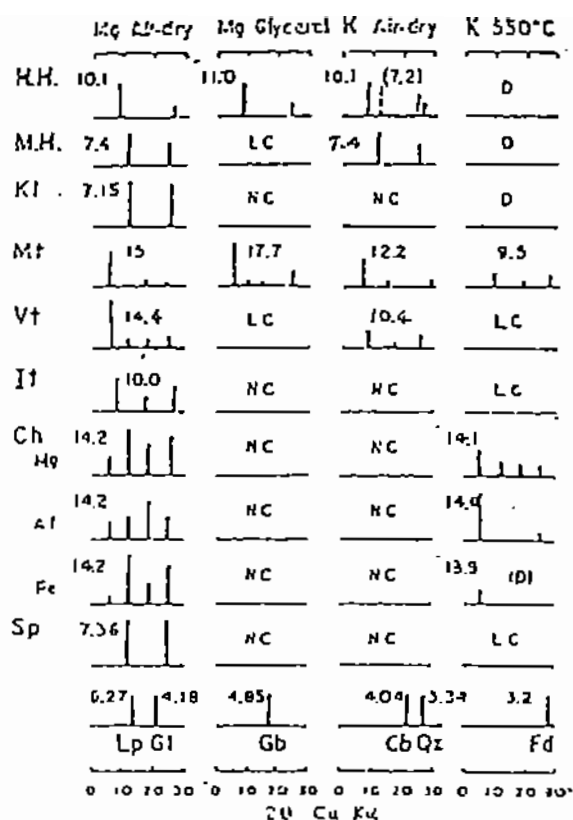
§ Jackson (1956, p. 31-95); Tokashiki and Wada (1975).

¶ Schwertmann (1964); Higashi and Ikeda (1974); Wada and Kakuto (1985b).

Hashimoto and Jackson (1960); Tokashiki and Wada (1975).

†† Includes ferrihydrite.

(K. Wada, 1989)⁽⁴⁴⁾



附錄 六. 主要粘土礦物之 X 光繞射相對強度模式。

Appendix 6. X ray diffraction relative intensity patterns of main clay minerals.

Note: H.H.:Hydrated halloysite M.H.:Metahalloysite
 Kt:Kaolinite Mt:Montmorillonite Vt:Vermiculite
 It:Illite Ch,Mg:Mg-chlorite Ch,Al:Al-chlorite
 Ch,Fe:Fe-chlorite Sp:Serpentine minerals
 Lp:Lepidocrocite Gt:Goethite Gb:Gibbsite
 Cb:Cristobalite Qz:Quartz Fd:feldspars

NC:Not Change LC:Almost Not Change D:Disperse

(Wada,1966)

附錄 七.

KEY TO SOIL TAXONOMY by Soil Survey Staff (1987)

Spodic horizon

A spodic horizon is normally a subsurface horizon that underlies an O, A, Ap, or E horizon. It may, however, meet the definition of an umbric epipedon. A spodic horizon has the morphological or the chemical and physical characteristics are listed next, and its hue and chroma remain constant with increasing depth or the subhorizon that has the reddest hue or the highest chroma is near the top of the horizon. The color changes within 50 cm from the top of the horizon. If the soil temperature regime is frigid or warmer, some part of the spodic horizon must meet one or more of the following requirements below a depth of 12.5 cm or below any Ap horizon that is present. If the soil temperature regime is cryic or pergelic, there is no requirement for depth. In addition, the spodic horizon must meet one or more of the following requirements:

1. Have a subhorizon > 2.5 cm thick that is continuously cemented by some combination of organic matter with iron or aluminum or with both;
 2. Have a particle-size class that is sandy or coarse-loamy, and sand grains are covered with cracked coatings or there are distinct dark pellets of coarse-silt size or larger, or both;
or
 3. Have one or more subhorizons in which
 - a. If there is 0.1 percent or more extractable iron, the ratio of iron plus aluminum (elemental) extractable by pyrophosphate at pH 10/percentage of clay is ≥ 0.2 (percentage of pyrophosphate-extractable Fe + Al at pH 10/clay percentage ≥ 0.2) or if there is < 0.1 percent extractable iron, the ratio of aluminum plus carbon extractable by pyrophosphate at pH 10 to percentage clay is ≥ 0.2 .
 - b. The sum of pyrophosphate-extractable iron plus aluminum is half or more of the extractable sum of dithionite-citrate extractable iron plus aluminum (percentage of pyrophosphate-extractable Fe + Al/percentage of dithionite-citrate extractable Fe + Al ≥ 0.5); and
 - c. The combined index of accumulation of amorphous material must be 65 or more. The index for each subhorizon is calculated by subtracting half of the clay percentage from CEC at pH 8.2 and multiplying the remainder by the thickness of the subhorizon in centimeters. The results for all subhorizons are then added and the total must be 65 or more.
- B. Other soils that do not have a plaggen epipedon but that have either
1. A spodic horizon whose upper boundary is within 2 m of the surface;
or
 2. A placic horizon that meets all the requirements of a spodic horizon except thickness and index of accumulation and rests on a fragipan, on a spodic horizon, or on an albic horizon that rests on a fragipan.

Spodosols.

附錄 八.

INTERNATION COMMITTEE ON THE CLASSIFICATION OF SPODOSOL (1988)

PROPOSAL 1

Spodic materials normally represent an illuvial B horizon that underlies an O, A, Ap, or an albic (E) horizon. They may be in the Ap horizon. In undisturbed areas they frequently underlie a horizon with evidence of eluviation. Spodic material may have the properties of an umbric epipedon. Spodic materials have the morphological or chemical and physical properties that are listed.

Typically spodic materials have hues of 7.5 or redder and a moist value and chroma of 4 or less, or a hue of 10YR and a value and chroma of 2 or less, or a color of 10YR 3/1; and have at least remnants of an overlying albic horizon in the native condition.

TENTATIVE DEFINITION OF SPODIC MATERIALS

Spodic materials consists of either:

1. $A_{lo} + Fe_o/2$ that is ≥ 1.0 (may need to lower to 0.70) and an ODOE value ≥ 0.25 ; or
2. Fe_o that is ≤ 0.20 and $A_{lo} \geq 0.15$ and ODOE value ≥ 0.25 .

ODOE = optical density of oxalate extract.

TENTATIVE KEY

IDENTIFICATION OF THE TAXONOMIC CLASS OF A SOIL

Key to the Soil Orders

A. Soil that.....Histriols

B. Other soil that:

1. Have <5% glass in all parts and lack andic soil properties throughout all subhorizons, whether buried or not, which have a cumulative thickness of 35 cm or more within 60 cm of the mineral soil surface, and
2. Have, in layers that lack a bulk density ≤ 1.0 g cm⁻³ at 33 kPa water, $A_{lo} + Fe_o/2 > 1.0$, and $\geq 5\%$ glass, one or more of the following:
 - (1) A layer > 2.5 cm thick that is present in > 50% of each pedon and is at least weakly cemented by some combination of organic matter with iron or aluminum or with both (ortstein); or
 - (2) Have a layer 10 cm or thicker below an Ap horizon or 18 cm, whichever is deeper, but within 2 m that consists of spodic materials; or
 - (3) Have an Ap horizon that consists of spodic materials, or the upper soil mineral soil to a depth of 18 cm, after mixing, consists of spodic materials, and have a layer that meets all the requirements for either a cambic horizon or spodic materials at least 7 cm thick immediately below an Ap horizon or below 18 cm if an Ap horizon is not present.

附錄 九 -

INTERNATIONAL COMMITTEE ON THE CLASSIFICATION

OF SPODOSOLS

ICOHOD

(1989)

The spodic horizon must meet the following requirements between a depth of 25 cm and 2 m below the mineral soil surface or below any Ap horizon whichever is deeper. If the horizon rests directly on a duripan, fragipan, petroferric, paralithic or lithic contact less than 25 cm from the mineral soil surface, or the soil temperature is cryic or pergelic, then there is no depth requirement.

1. Lacks clay accumulation diagnostic of an argillic or kandic horizon.
2. Texture is coarser than loamy fine sand and is continuously cemented more than 2.5 cm thick by some combination of organic matter and iron or aluminum ; or
 - a. In at least 10 percent of the matrix, hue is 7.5YR or redder, value is 5 or less, and chroma is 6 or less. The chroma is at least one unit higher and the hue is redder than the C horizon unless there is an underlying E horizon or an underlying lithologic discontinuity; or
 - b. Hue is 10YR with value and chroma of 2 or less, or a color of 10YR 3/1.
3. Have an overlying albic horizon or remnants of an albic horizon in pockets, tongues, streaks, or as some clean quartz sand grains in at least part of the pedon.
4. Have one or more subhorizons that meets at least one of the following requirements:
 - a. Have value and chroma of 3 or less that is at least 20 cm thick.
 - b. Exhibit smeary consistence when moist during some part of the year; or
 - c. Have some sand grains that have cracked coatings; or
 - d. Have at least two times more oxalate iron than the overlying E, A, or Ap horizon; or
 - e. Have at least two times more ODOE than the overlying E, A, or Ap horizon but at least 0.25 ODOE value; or
 - f. Have at least 0.7 percent KOH Al and two times more KOH Al than the underlying C horizon, if present.

附錄 十。

Pedon : TM-1
Sample Date : 1989. 2. 22.
Classification : Fine, mixed, mesic, Typic Umbrquults
Location : Tamanshan
Climate : mesic
Geomorphology : blackslope
Microrelief : medium
Elevation : 1850 m
Slope Characteristics : 23
Drainage : poorly
Permeability :slow
Vegetation : mixed forest
Parent material : sandstone-shale
Moisture : aquic moisture region
Erosion : moderate
Water table depth : no
Stoniness : no
Land use : mixed forest
Diagnostic horizon : ablic horizon, spodic morphology
Sampling by : Zueng-Sang Chen, Jenn Tzong Lin, Yi Gen Sei.
Described by : Zueng-Sang Chen

- D 12-0 cm Black(N 2/)(wet); weak very fine and fine granular; friable; many very fine and fine roots, and few coarse (3-5 cm) roots and very fine root pores; abrupt wave boundary.
- E 0-5 cm Light gray(N 7/); silty clay loam; some yellowish red concretion (5YR 5/6) and brownish yellow (10YR 6/7) mottles(30%); massive; very sticky and very plastic; many very fine and fine roots and many very fine discontinue biopores; abrupt wave boundary.
- Bt 5-28 cm Reddish yellow (10YR 5/7); silty clay; moderate media and coarse angular blocky; very stick and very plastic; some very fine and fine roots.

附錄 十一。

Pedon : TM-2
Sample Date : 1989. 2. 22.
Classification : Fine, mixed, mesic, Typic Albaquults
Location : Tamanshan
Climate : mesic
Geomorphology : blackslope
Microrelief : medium
Elevation : 1890 m
Slope Characteristics : 15, North
Drainage : poorly
Permeability : slow
Vegetation : mixed forest
Parent material : sandstone-shale
Moisture : aquic moisture region
Erosion : serious
Water table depth : no
Stoniness : no
Land use : mixed forest
Diagnostic horizon : ablic horizon, spodic morphology
Sampling by : Zueng-Sang Chen, Jenn Tzong Lin, Yi Gen Sei.
Described by : Zueng-Sang Chen

- O1 10-5cm Black(M 2/); organic matter of semi-decomposition.
- O2 5-0cm Black(M 2/); silty clay loam; weak very fine granular; friable; many very fine and fine roots and root pores; abrupt smooth boundary.
- Bhs 0-13cm Reddish yellow (7.5YR 7/6); clay; moderate medium angular blocky; sticky and plastic; many very fine and fine roots and root pores; abrupt smooth.
- 2E 13-18cm Light gray (N 7/); silty clay loam; massive; very sticky and plastic; few very fine roots; abrupt smooth boundary.
- 2Bt 18-35cm Reddish yellow (7.5Y 6/8); 5X reddish yellow (5YR 6/8) and few bright gray (N 7/) mottles; silty clay; moderate medium coarse angular blocky; very sticky and plastic; few very roots.

附錄 十二.

Pedon : TH-3
Sample Date : 1989. 2. 22.
Classification : fine, mixed, mesic, Typic Albaquults
Location : Yamanshan
Climate : mesic
Geomorphology : shoulder
Microrelief : flat
Elevation : 2070 m
Slope Characteristics : 5
Drainage : poorly
Permeability : slow
Vegetation : mixed forest
Parent material : sandstone-shale
Moisture : aquic moisture region
Erosion : weak
Water table depth : no
Stoniness : <35 %
Land use : mixed forest
Diagnostic horizon : ablic horizon, spodic morphology
Sampling by : Zueng-Sang Chen, Jenn-Tzong Lin, Yi Gen Sei.
Described by : Zueng-Sang Chen

O 10-0 cm Black (N 2/); clay; weak fine and very fine granular; friable; many very fine and fine roots and many very fine discontinuous root pores; abrupt wave boundary.

E 0-5 cm Light gray (N 7/); loam; massive; very sticky; some fine roots and roots and root pores; abrupt wave.

Bt1 5-15 cm Strong brown (7.5YR 5/7) with 10 % reddish yellow mottles (5YR 6/8); clayey loam; moderate fine and medium angular blocky; very sticky and very plastic; few fine roots and coarse roots; gradual wave boundary; 10-20 % stones.

Bt2 15-30 cm Strong brown (7.5YR 4/7); clay; moderate fine and medium angular blocky; very sticky and very plastic; few very fine roots; 30 % stones.

附錄 十三 .

Pedon : TM-4
Sample Date : 1988. 3. 21.
Classification : Fine, mixed, mesic, Typic Plaquepts
Location : Tamanshan
Climate : mesic
Geomorphology : summit
Microrelief : flat
Elevation : 2130 m
Slope Characteristics : <5
Drainage : poorly
Permeability : slow
Vegetation : mixed forest
Parent material : sandstone-shale
Moisture : aquatic moisture region
Erosion : weak
Water table depth : no
Stoniness : <35 %
Land use : mixed forest
Diagnostic horizon : solum horizon, placic horizon, spodic morphology
Sampling by : Zueng-Sang Chen, Kung-Chin Lin, Yi Gen Sei.
Described by : Zueng-Sang Chen

O/A 0-10 cm Black (5YR 2/1); loam; many fine granular; loose; many very fine roots and few medium roots; many very fine root biopores; abrupt smooth boundary.

E 10-13 cm Pinkish gray (5YR 7/2); clay; massive; very sticky and very plastic few very fine root, no biopore; abrupt wave boundary.

Bs 13-13.5 cm Placic horizon; yellowish red (5YR 5/8) and dark reddish brown (5YR 3/2); massive; very hard; abrupt boundary.

Bhs 13.5-35 cm Light red (2.5YR 6/6); silty clay loam; strong very fine subangular blocky; very sticky and plastic; no root.

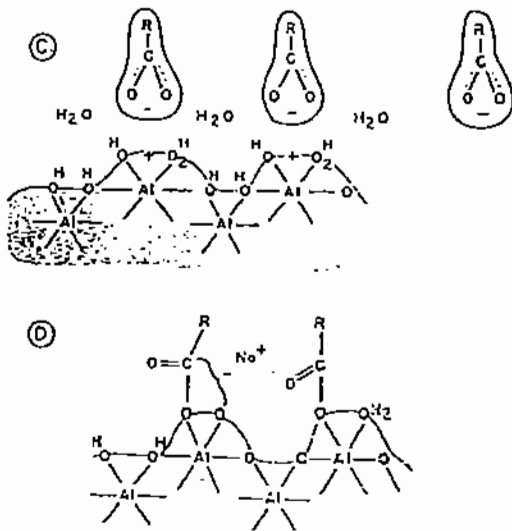
附錄 十四.

Pedon : TM-5
Sample Date : 1988. 3. 21.
Classification : Fine, mixed, mesic, Typic Sidoraquods
Location : Meikueihshimo Shan
Climate : mesic
Geomorphology : summit
Microrelief : flat
Elevation : 1882 m
Slope Characteristics : <5, west horizon
Drainage : poorly
Permeability : slow
Vegetation : mixed forest
Parent material : sandstone-shale
Moisture : aquic moisture region
Erosion : weak
Water table depth : no
Stoniness : <35 %
Land use : mixed forest
Diagnostic horizon : ablic horizon, spodic horizon
Sampling by : Zueng-Sang Chen, Kung-Chin Lin.
Described by : Zueng-Sang Chen

- O/A 0-18 cm Brownish black (7.5YR 3/1); loam; moderate fine and medium granular; friable; many very fine roots and many medium (5mm) roots, many very fine discontinuous biopores; abrupt smooth boundary.
- E1 18-15 cm Light gray (2.5Y 7/1); silty clay; massive; very sticky and plastic; many very fine roots and many very fine discontinuous biopores; abrupt smooth boundary.
- E2 25-30 cm Light gray (2.5Y 7/1); with about 35 % yellow orange (10YR 7/8); clay; massive; very sticky and plastic; many very fine roots and few coarse roots; many very fine root biopores; abrupt smooth boundary.
- Bhs1 30-35 cm Yellowish red (5YR 5/5) matrix with brownish black (7.5YR 2/2); organic matter and bright reddish brown (5YR 5/8) in placic-like subhorizon ; clay; moderate fine and medium subangular blocky friable; many very fine roots; gradual boundary.
- Bhs2 35-50 cm Yellowish red (5YR 4/6); matrix with < 50 % yellow (10YR 7/8); and dark reddish brown organic matter; clay; moderate fine and very fine subangular blocky; friable; common very fine roots; many very fine discontinuous biopores; clear smooth boundary.

附錄 十五. 有機酸與金屬陽離子和粘粒結合的機制。

Appendix. 15. The mechanism of interaction among organic acid, cation and clay.

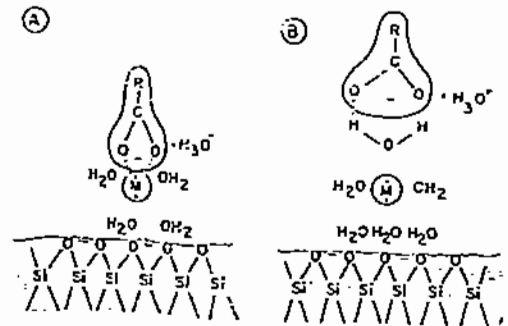


Suggested mechanism of interaction of humic anions with hydrous aluminous oxide surfaces.

- (C) by anion exchange
- (D) by ligand exchange.

R is remainder of humic molecule which may also be associated with the surface.

FIG. 2



Interaction of anions with mica-type clay surfaces through polyvalent cation bridges.

- (A) anion associated directly with cation
- (B) anion associated with cation via a water bridge (Larue, Russell and Farmer, 1951)

FIG. 1