

塔塔加地區土壤動物之初步研究¹

莊俊逸²、袁孝維³、王亞男⁴

【摘要】本研究主要探討塔塔加地區主要林相中土壤動物的種類組成及物種多樣性、優勢種群的數量變動及不同林型下土壤動物的組成及數量異同，且初步探討土壤動物數量在 12 個月中變化及其與土壤因子、微氣候因子間的關係，並透過食性分析，初步擬定其食物網結構。樣區設立為：鐵杉林區、玉山箭竹區、高山芒。自 1998 年 3 月至 1999 年 2 月每個月定期調查一次，共採集 546 樣本數，包括 216 個乾烘土樣、216 個溼烘土樣及 24 個手挑土樣。共記錄大、中、小型土壤動物 2860 個，分屬於 3 門 7 綱 20 目 34 科。據已有資料分析塔塔加地區土壤動物群落之性質屬於高山針葉林土壤動物類型。林相中土壤動物數量及類群數以鐵杉林為最多，其次為箭竹林及高山芒。優勢類群上鐵杉林為跳蟲類、玉山箭竹林為線蚓類，高山芒則無明顯之優勢類群。

【關鍵詞】土壤動物、鐵杉、玉山箭竹、高山芒

A Preliminary Study on Soil Animals of Ta-Ta-Chia Area¹

Chun-Yi Chuan², Hsiao-Wei Yuan³ and Ya-Nan Wang⁴

【Abstract】 We studied the soil animal composition, diversity, quantity variation of dominant taxa in the major forest types of Ta-Ta-Chia district. The study sites were established in the stands of *Tsuga chinensis* var. *formosana*, *Yusania niitakayamensis* and *Miscanthus sinensis* to provide fundamental data of material cycle and energy research in Ta-Ta-Chia district forest ecosystem through the food resource analysis and preliminary constructed food chain. We collected the monthly data from March 1998 to February 1999. A total of 546 samples were collected, including 216 samples from dry soils, 216 samples from wet soils and 24 hand-picked samples. A total of 2,860 soil animals were recorded including macrofauna, middlefauna and microfauna, which belong to 3 phyla, 7 classes, 20 orders and 34 families. According to the previous study, the soil animals in Ta-Ta-Chia belong to the Alpine coniferous soil animal type. The results show that the soil animal number and

-
1. 本文為作者碩士論文之一部份。
This paper was a part of the Master Thesis of the first author.
 2. 國立台灣大學森林學系碩士。
Master, Dept. of Forestry, National Taiwan University.
 3. 國立台灣大學森林學系副教授，通訊作者。
Associate Professor, Dept. of Forestry, National Taiwan University, Corresponding author.
 4. 國立台灣大學森林學系教授。
Professor, Dept. of Forestry, National Taiwan University.

diversity are the highest in *Tsuga* stand, followed by *Yusania* and *Miscanthus* stands. *Collembola* is dominant in *Tsuga* stand, *Enchytraeidae* is dominant in *Yusania* stand, but there was no particularly dominant taxon in *Miscanthus* type.

【key words】 Soil animal, *Tsuga chinensis* var. *formosana*, *Yusania niitakayamensis*, *Miscanthus sinensis*

一、前言

在森林生態系統中土壤是植物生長、發育、繁殖不可缺少的介質，棲息於土壤中的動物是森林生態系統中不可缺少的組成成分之一，土壤動物以消費者或分解者的營養階層(trophic levels)參與森林生態系統中食物網鏈組成，土壤動物以其生命活動參與物質的循環及能量的流動有重要的作用與意義(孫儒泳, 1992; 孫儒泳等, 1995)。此外其活動還能促進土壤腐植質和團粒的形成，增加土壤通氣性和透水性；改善土壤的物理化學性質、促進物質循環與森林生產(John and Davide, 1988; Verhoef, 1990; Killham, 1994)。

塔塔加高山生態研究為台灣地區長期生態研究的一部分，所進行的項目包括：高山森林及草原植群、鳥類及哺乳類群聚、昆蟲、微生物、土壤養分動態及主要元素循環、微生育地、植物生理、遊憩衝擊等全方位之生態研究(金恆鏞, 1997)。本研究目的在於探討塔塔加地區鐵杉、玉山箭竹及高山芒中土壤動物的種類組成及數量。

二、材料與方法

(一) 樣區概況及設置

塔塔加位於玉山國家公園境內，約於東埔山(2780m)、麟趾山(2854m)以及玉山前山(3239m)之間，位於北緯 23° 28'，東經 120° 53'之間。樣區設置內主要河川為沙里仙溪，往北注入陳有蘭溪。

塔塔加地區海拔高度範圍在 2600m 左右，林相因海拔高度、地形、氣候等因素，屬於冷溫帶針葉林，即鐵杉雲杉林帶(蘇鴻傑, 1992)，可大致區分雲杉林帶、鐵杉林帶及草原地。

樣區設置選擇鐵杉林及草原區為主，其中草原區再劃分為玉山箭竹及高山芒兩樣區，樣區中鐵杉林分平均海拔 2670m，坡度 45-65 度，方位東南向，因位於稜線上，玉山箭竹草原試驗地平均海拔 2650m，優勢植群玉山箭竹平均值株高度 1m-2m 之間，其他草本植物則為高山芒(*Miscanthus sinensis*)(郭城孟, 1991; 呂理昌, 1990)，草原地區植被主要以高山芒為主(郭城孟, 1991)。

(二) 調查與取樣方法

為了解塔塔加地區鐵杉、玉山箭竹及高山芒中土壤動物的種類、優勢種群及不同林相下土壤動物的差異，故設立三個取樣區：鐵杉林區、玉山箭竹區、高山芒區。自 1998 年 3 月至 1999 年 2 月每個月調查土壤動物一次。

土壤動物取樣方法為在每個樣區內隨機選擇三個樣點進行樣本採集，首先掠去地表枯枝落葉物，挖掘土壤剖面 15 cm，按 0-5 cm、5-10 cm、10-15 cm 三個層次取樣，每個層次分別再利用 100 及 25 cm³ 的圓形乾、濕採樣器各取一個土樣，放置封口袋中並帶回室內，將 100 及 25 cm³ 的樣品分別置於烘蟲箱內的 Tullgren 漏斗上(乾漏斗集蟲法)及 Baermann 漏斗(濕漏斗集蟲法)內並編號，進行中小型土壤動物分離，時間約為 48 小時後，利用顯微鏡鑑定並紀錄。大型動物採集主要利用環形採集框(由直徑 28.5 cm，高 8 cm)，挖出框內 5 cm 深的落葉和土壤，收集肉眼可見的大型土壤動物如蜈蚣、鼠婦、大型昆蟲、馬陸、蚯蚓等。收集放置封口袋中，或在現場由所取之土壤中挑出(手挑)，放置在裝滿 70% 之酒精的玻璃瓶中保存，然後鑑定其種類及紀錄數量(尹文英等, 1992)。

土壤動物是一群龐大複雜的類群，尤其在森林

群落的土壤生態系中，土壤動物的生活週期及棲息居所常在於森林土壤淺層之中，而土壤動物群落活動既影響土壤環境的理化性質，同時也受到周圍環境的影響。

本文調查所獲得土壤動物類群由中國科學院上海昆蟲所羅志義教授鑑定，其中一部分鑑定至綱，一部分鑑定至目或科為單位。數量統計上以綱或目為基本單位。

(三) 統計分析

調查後所得資料數據，以電腦統計軟體 Microsoft Excel 進行整理計算，再以 SAS Ver.6.12 統計軟體進行變方分析(Analysis of variance)、相似性分析(Analysis of similarity)及相關性分析(Analysis of correlation)各種測試，以比較各林型與各土壤層次間的變項之差異及關係(丁岩欽，1994；鄭師章等，1994)。

各樣區土壤動物組成的多樣性、均勻度及相似性採用 Shannon & Shannon-Wiener 歧異度(Diversity)指數(H)、均勻度(E)及 Jaccard 相似性指數(S_j)公式如下：

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

P_i 為該種類個體數佔總個體數的比率

$$E = H / \ln S$$

S 為所有種類數

$$S_j = c / (a + b - c)$$

a 為 a 林分之所有總類群數

b 為 b 林分之所有總類群數

c 為 a、b 兩林分之共有類群數

三、結果與討論

(一) 土壤動物組成、個體數及優勢類群

塔塔加地區三個樣區自 1998 年 3 月至 1999 年 2 月經每月定期採樣調查，共採集 456 樣本數，包括 216 個乾烘土壤(Tullgren 漏斗集蟲法)及 216 個濕烘土壤(Baermann 漏斗集蟲法)、24 個手挑土樣。共紀錄大、中、小型土壤動物 2860 個，分屬於 3 門 7 綱

20 目 34 科。

其中優勢類群(個體數佔總體數 > 10%)以環節動物門線蚓類(*Oligochaeta plesiopora*)、節肢動物門跳蟲類(*Collembola*)及圓形動物門線蟲類(*Nematoda*)為主，分別佔全補量的 27.76%、29.72%、10.35%，合計 67.83%，顯示線蚓類、跳蟲類及線蟲類為塔塔加地區森林土壤動物群落的主體。常見類群有蜚蠊類 9.37%、結合綱 3.57%、鞘翅類 4.06%、膜翅類 1.19%、雙翅類 8.53%等。其餘為稀有類群，僅佔 5.45%(表 1)。

若以塔塔加地區共獲 3 門 7 綱 20 目 34 科與溪頭地區 4 門 10 綱 41 科(陳子浩, 1998)及其餘地區(包括南仁山、陽明山、太平山、棲蘭山中大型土壤動物)作一粗略比較，發現塔塔加地區土壤動物的組成較單純化且一般在低海拔常見優勢種如蜚蠊類、蚯蚓、倍足綱(馬陸等)及偽蠍類等大型節肢動物較少見(Swift *et al.*, 1979; Thomas and Maclean, 1988; Wood, 1989; 廖崇惠等, 1990; 李朝達等, 1997; 楊效東等, 1998), Holt(1986)認為針葉林土壤動物的減少，可能與針葉林有機質多樣性較低、無機碳含量降低、分解緩慢以及在某些針葉林土壤中含有大量土壤動物難以消化的植物混合物的原因。所以塔塔加地區土壤動物群落之性質因海拔高、氣壓較低、pH 值低及值群單一等因素，而屬於高山針葉林土壤動物類型。

(二) 不同植物相之土壤動物異同與其優勢類群

植被對土壤動物的生存及分佈有很大的影響，不同的植被，其土壤動物區系也不一樣(忻介六, 1986; 廖崇惠等, 1990)。以塔塔加森林土壤動物類群數及個體數作分析，其中類群數以鐵杉林 21 類最多，依序為玉山箭竹(18)及高山芒(14)，個體數也以鐵杉林 1215 隻最多，依序為玉山箭竹(1124)及高山芒(521)(圖 1)。故類群數及個體數兩者均以鐵杉林為最高，其主要原因為鐵杉林中的腐殖質及林下植被比玉山箭竹及高山芒較豐富。

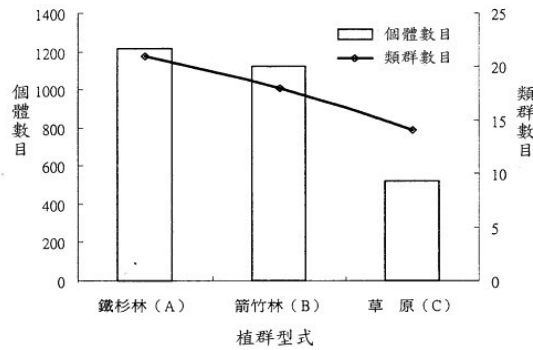


圖 1 各林型土壤動物個體數及類群數分布圖

Fig.1. The distribution of soil animal individuals and group in various vegetation type

由 Jaccard 相似性指數可看出在塔塔加三個樣區中以鐵杉林與箭竹中土壤動物群落組成最為相似，其相似性係數達到 77.27%；其次為箭竹與高山芒，其相似性係數為 68.42%；而鐵杉林與高山芒相似性最低，其相似性係數為 52.17%(表 2)。

表 1 塔塔加地區不同林型土壤動物類群數量(類群數、個體數)統計

Table1. Quantity (group, number) of soil animal in Ta-Ta-Chia

| 類群 | 植群型式 | | | 個體數 | 百分比 (%) | 豐富度* |
|---------------------------------------|------|------|-----|------|---------|------|
| | 鐵杉林 | 玉山箭竹 | 高山芒 | | | |
| 圓形動物門 <i>Phylum Nematoda</i> | | | | | | |
| 線蟲綱 <i>Nematoda</i> | 58 | 148 | 90 | 296 | 10.35 | +++ |
| 環節動物門 <i>Phylum Annelida</i> | | | | | | |
| 近孔寡毛目 <i>Oligochaeta plesiopora</i> | 51 | 628 | 109 | 794 | 27.76 | +++ |
| 後孔寡毛目 <i>Oligochaeta opisthopora</i> | - | 14 | 10 | 24 | 0.84 | + |
| 環節動物門 <i>Phylum Arthropoda</i> | | | | | | |
| 蜱蟎目 <i>Acarina</i> | 64 | 108 | 96 | 268 | 9.37 | ++ |
| 偽蠍目 <i>Pseudoscorpionida</i> | 1 | - | - | 1 | 0.03 | + |
| 蜘蛛目 <i>Araneae</i> | 2 | 14 | 4 | 20 | 0.70 | + |
| 地蜈蚣目 <i>Geophilomorpha</i> | 4 | - | - | 4 | 0.14 | + |
| 蜈蚣目 <i>Scoloenpdromorpha</i> | 7 | 1 | - | 8 | 0.28 | + |
| 石蜈蚣目 <i>Lithobiomorpha</i> | 2 | 2 | - | 4 | 0.14 | + |
| 倍足綱 <i>Diplopoda</i> | 12 | 1 | - | 13 | 0.45 | + |
| 結合綱 <i>Symphyla</i> | 99 | 2 | 1 | 102 | 3.57 | ++ |
| 原尾目 <i>Protura</i> | 1 | 1 | - | 2 | 0.07 | + |
| 彈尾目 <i>Collembola</i> | 739 | 57 | 54 | 850 | 29.72 | +++ |
| 雙尾目 <i>Diplura</i> | 1 | - | - | 1 | 0.03 | + |
| 纓尾目 <i>Thysanura</i> | 1 | - | - | 1 | 0.03 | + |
| 直翅目 <i>Orthoptera</i> | 1 | 3 | - | 4 | 0.14 | + |
| 蟻蟲目 <i>Psocoptera</i> | 12 | 10 | 17 | 39 | 1.36 | + |
| 同翅目 <i>Homoptera</i> | 13 | 3 | 13 | 29 | 1.01 | + |
| 半翅目 <i>Hemiptera</i> | - | - | 3 | 3 | 0.10 | + |
| 鱗翅目 <i>Lepidoptera</i> | 1 | 1 | 1 | 3 | 0.10 | + |
| 鞘翅目 <i>Coleoptera</i> | 54 | 35 | 27 | 116 | 4.06 | ++ |
| 膜翅目 <i>Hymenoptera</i> | 7 | 1 | 26 | 34 | 1.19 | ++ |
| 雙翅目 <i>Diptera</i> | 79 | 95 | 70 | 244 | 8.53 | ++ |
| 總數 | 1215 | 1124 | 521 | 2860 | 100.00 | |
| 總類群數 | 21 | 18 | 14 | | | |

*全補量 >10% 為優勢類群(+++), 1-10% 為常見類群(++), <1% 為稀有類群(+)

由變方分析結果顯示，中小型土壤動物在這三個樣區間差異不顯著($p=0.9796$)，而從大型土壤動物來看，其間差異較顯著($p=0.028$)，尤其在鐵杉林與高山芒及玉山箭竹與高山芒間土壤動物數量有差異，但鐵杉林與玉山箭竹間無差異；若從總體來看這三個樣區間差異也顯著($p=0.0306$)，而高山芒在土壤動物總數和玉山箭竹林及鐵杉林間有差異，但鐵杉林與玉山箭竹間無差異(表 3)。

各林型土壤動物類群密度與優勢群資料見表 4。其中鐵杉林以彈尾目(跳蟲)佔 60.82% 為主要優勢類群，而常見類群如線蟲綱、同翅目、線蚓目、蟬蟎目、綜合綱、鞘翅目及雙翅目。箭竹林以線蚓目(近孔寡毛目)佔 55.87% 為主要優勢類群，而線蟲綱佔 13.17% 唯一一般優勢類群，常見類群如蟬蟎目、線蚓目、蜘蛛目、彈尾目、鞘翅目、蚯蚓(後孔寡毛目)及雙翅目。高山芒中優勢類群及一般優勢類群較多如線蟲綱 17.27%、線蚓目 20.92%、蟬蟎目 18.42%、彈尾目 10.36% 及雙翅目 13.43% 等。故無主要優勢類群。其常見類群有蚯蚓類(後孔寡毛目)、嚙蟲目、同翅目、鞘翅目、膜翅目。

在本研究中鐵杉林的跳蟲類及箭竹林的線蚓類在密度及個體數比率分別在各林型所佔的比例較高，故為主要優勢類群，因為跳蟲類及線蚓類分別在鐵杉林及箭竹林每月份土壤動物中出現頻次較高。高山芒中跳蟲類及線蚓類的數量低及出現頻次少，其原因可能為高山芒無林木之覆蓋，造成土壤溫度及溼度高且變化大。

表 3 塔塔加地區各樣區土壤動物群落的變異數分析表

Table.3. The ANOVA table of soil animal community in each plot of Ta-Ta-Chia

| Variable | 鐵杉林 | 玉山箭竹 | 高山芒 | n | F Value | Pr>F |
|----------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----|---------|--------|
| 中小型土壤動物 | 3.24±3.12 ^a | 3.15±3.06 ^a | 3.23±3.69 ^a | 108 | 0.02 | 0.9796 |
| 大型土壤動物 | 71.92±70.99 ^a | 64.00±57.07 ^a | 14.32±7.83 ^b | 12 | 4.20 | 0.0238 |
| 總數 | 101.08±67.78 ^a | 93.83±63.23 ^a | 43.42±3.23 ^b | 12 | 3.88 | 0.0306 |

表 2 塔塔加地區各樣區土壤動物群落的相似性係數(%)

Table.2. The similarity coefficient of soil animal community in each plot of Ta-Ta-Chia

| Plots | 鐵杉林 | 玉山箭竹 | 高山芒 |
|-------|------|--------|--------|
| 鐵杉林 | 100% | 77.27% | 52.17% |
| 玉山箭竹 | | 100% | 68.42% |
| 高山芒 | | | 100% |

四、結論

- (一) 本研究在塔塔加地區自 1998 年 3 月至 1999 年 2 月經每月定期採樣調查，共採集 456 樣本數，包括 216 個乾烘土壤及 216 個濕烘土樣、24 個手挑土樣。共紀錄大、中、小型土壤動物 2255 個，分屬 3 門 7 綱 19 目 33 科。
- (二) 塔塔地區土壤動物的組成較單純化且一般在低海拔森林常見優勢群如蟬蟎目及倍足綱(馬陸等)、偽蠍目等大型節肢動物較少見，表示塔塔加地區土壤動物群落之性質因海拔高、氣溫較低、土壤 pH 值低及植群單一等因素，而屬於高山針葉林土壤動物類型。
- (三) 相似性指數及變方分析結果顯示塔塔加三個樣區中以鐵杉林與玉山箭竹林中土壤動物群落組成最為相似，其次箭竹林與高山芒，而鐵杉林與高山芒相似性最低，但就中小型土壤動物再這三個樣區間差異不顯著。
- (四) 各林項中土壤動物數量及類群數以鐵杉林為最多，其次為箭竹林及高山芒。優勢類群上鐵杉林為跳蟲類、箭竹林為線蚓類，高山芒無明顯之優勢類群。

表 4 塔塔加地區各林型中土壤動物類群數量(頻度、密度)統計
Table4. Frequency and density in each plots of soil the Ta-Ta-Chia

| 類群 | 植群型式 | | | 個體數 | 密度 (no./m ²) |
|--------------------------------------|----------|----------|-----------|-----|-----------------------------|
| | 鐵杉林 | 玉山箭竹 | 高山芒 | | |
| 圓形動物門 <i>Phylum Nematoda</i> | | | | | |
| 線蟲綱 <i>Nematoda</i> | 4.77++ | 13.17+++ | 17.27+++* | 296 | 59496 |
| 環節動物門 <i>Phylum Annelida</i> | | | | | |
| 近孔寡毛目 <i>Oligochaeta plesiopora</i> | 4.69++ | 55.87+++ | 20.92+++ | 794 | 159594 |
| 後孔寡毛目 <i>Oligochaeta opisthopora</i> | - | 1.24++ | 1.91++ | 24 | 48 |
| 環節動物門 <i>Phylum Arthropoda</i> | | | | | |
| 蜱蟎目 <i>Acarina</i> | 5.27++ | 9.61++ | 18.42++ | 268 | 44845 |
| 偽蠍目 <i>Pseudoscorpionida</i> | 0.08+ | - | - | 1 | 2 |
| 蜘蛛目 <i>Araneae</i> | 0.16+ | 1.24++ | 0.76+ | 20 | 40 |
| 地蜈蚣目 <i>Geophilomorpha</i> | 0.33+ | - | - | 4 | 8 |
| 蜈蚣目 <i>Scolopendromorpha</i> | 0.57+ | 0.08+ | - | 8 | 16 |
| 石蜈蚣目 <i>Lithobiomorpha</i> | 0.16+ | 0.18+ | - | 4 | 8 |
| 倍足綱 <i>Diplopoda</i> | 0.98+ | 0.09+ | - | 13 | 26 |
| 結合綱 <i>Symphyla</i> | 8.14++ | 0.18+ | 0.19+ | 102 | 5202 |
| 原尾目 <i>Protura</i> | 0.08+ | 0.09+ | - | 2 | 800 |
| 彈尾目 <i>Collembola</i> | 60.82+++ | 5.07++ | 10.36++ | 850 | 43350 |
| 雙尾目 <i>Diplura</i> | 0.08+ | - | - | 1 | 100 |
| 纓尾目 <i>Thysanura</i> | 0.08+ | - | - | 1 | 100 |
| 直翅目 <i>Orthoptera</i> | 0.08+ | 0.26+ | - | 4 | 400 |
| 嘴蟲目 <i>Psocoptera</i> | 0.98+ | 0.88+ | 3.26++ | 39 | 9750 |
| 同翅目 <i>Homoptera</i> | 1.07++ | 0.26+ | 2.50++ | 29 | 7250 |
| 半翅目 <i>Hemiptera</i> | - | - | 0.57+ | 3 | 153 |
| 鱗翅目 <i>Lepidoptera</i> | 0.08+ | 0.08+ | 0.19+ | 3 | 153 |
| 鞘翅目 <i>Coleoptera</i> | 4.44++ | 3.11++ | 5.18++ | 116 | 5916 |
| 膜翅目 <i>Hymenoptera</i> | 0.57+ | 0.08+ | 4.99++ | 34 | 1734 |
| 雙翅目 <i>Diptera</i> | 6.5++ | 8.45++ | 13.43++ | 244 | 12444 |

*代表 Abundance 全補量 >10% 為優勢類群(+++), 1-10% 為常見類群(++), <1% 為稀有類群(+)

五、引用文獻

1. 丁岩欽 1994 昆蟲數學模式 科學出版社 pp.37-46。
2. 尹文英等 1992 中國亞熱帶土壤動物 科學出版社 pp.13-35。
3. 李朝達、肖寧年、楊大榮、匡薄人 1997 西雙版納片段熱帶雨林土壤動物組成的比較 動物學研究 18(1):45-49。
4. 忻介六 1986 土壤動物知識 科學出版社 pp.26-39。
5. 呂理昌 1990 玉山國家公園東埔玉山區植物
6. 金恆鏞 1997 台灣地區長期生態研究之源起、進展及未來展望 科學發展月刊 25(12):944~953。
7. 孫儒泳 1992 動物生態學原理 北京師範大學出版社 pp.100-102。
8. 孫儒泳、李博、諸葛陽、尚玉昌 1995 普通生態學 藝軒圖書出版社 pp.223-279。
9. 郭城孟 1988 玉山國家公園東埔玉山維管束植物細部調查(二) 內政部營建署。
10. 陳子浩 1998 溪頭地區七種林相中土壤動物

開花時期之研究—塔塔加—玉山主峰 內政部營建署玉山國家公園管理處 pp.11-28。

- 之初步研究 台大碩士論文。
11. 楊效東、余宇平、陶滔、朱啓中、扈克明 1998 思余茶園土壤節肢動物群落與生境關係 雲南地理環境研究 10(1):26-33。
 12. 廖崇惠、陳茂乾 1990 熱帶人工林土壤動物群落的次生演替和發展過程探討 熱應用生態學報 1(1):53-59。
 13. 鄭師章、吳千紅、王海波、桃芸 1994 普通生態學—原理、方法及應用 復旦大學。
 14. 蘇鴻傑 1992 台灣之植群：山地植群帶與地理氣候區 中央研究院植物所專刊第十一號 pp.39-53。
 15. Holt, J. A. 1986. Some biological and change in a north Queensland soil following replacement of rainforest with *Araucaria cunninghamii* (Coniferae: Araucariaceae). *Journal of Applied Ecology* 23:227~237.
 16. John, C. M. and Davide, E. M. 1988. Arthropod regulation of Micro-and mesobiota in Below-ground detrital food webs. *Ann. Rev. Entomol.* 33:419-439.
 17. Killham K. 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University, New York. pp.25-27.
 18. Swift, M. J., Heal, O. W. and Anderson, J. M. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Univ. of California Press, Berkeley. pp.15-39.
 19. Thomas, R. H. and Maclean S. F. Jr. 1988. Community structure in soil Acari along latitudinal transect of Tundra sites in Northern Alaska. *Pedobiologia* 31:113-138.
 20. Verhoef, H. A. and Brussaard L. 1990. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems : the contribution of soil animals. *Biogeochemistry* 11:175-211.
 21. Wood, M. 1989. *Soil Biology*. Chapman and Hall, New York. pp. 10-20.