

研究報告

惠蓀林場三種林分土壤養分量調查¹

顏江河² 陳佳慧³

【摘要】本研究目的在估算惠蓀林場三種林分（天然闊葉林，次生闊葉林，杉木人工林）的土壤化學性質與養分聚積量，每兩個月分別取枝葉層（L、F、H層）與土壤層（0~5, 5~10, 10~15, 15~20, 20~25 cm）進行養分濃度分析。結果顯示枝葉層養分含量除了鎂含量以次生闊葉林最高外，其餘養分都是天然闊葉林高於次生闊葉林、杉木人工林，其養分含量分別為碳 7.73~24.57 t/ha；氮為 352.0~1,312.3 kg/ha；磷為 51.0~262.6 kg/ha；鉀為 289.7~1,736.0 kg/ha；鈣為 48.4~407.1 kg/ha；鎂為 29.8~124.8 kg/ha。土壤層養分含量除了鉀含量以杉木林最高外，其餘也都是天然闊葉林高於次生闊葉林、杉木人工林，其養分含量分別為碳 110.56~158.96 kg/ha；全氮為 4.94~8.06 t/ha；全磷為 1.04~2.52 t/ha；鉀為 31.97~96.67 kg/ha。土壤層中有效性磷為 8.4~92.7 kg/ha；交換性鉀為 350.07~451.34 kg/ha；交換性鈣為 134.99~481.98 kg/ha；交換性鎂為 78.24~98.95 kg/ha。

【關鍵字】惠蓀林場、土壤養分含量、枝葉層

Research paper

Investigation on Soil Nutrient Contents of Three Stands in the Hui-Sun Forest Station¹

Chiang-Her Yen² Jia-Huey Chen³

【Abstract】 The purpose of this study was to estimate the soil and litter layer nutrient contents in three stands (natural hardwood, NS; secondary hardwood, SS; and China-fir plantation, CPS) at Hue-Sun forest station. Litter layer (L、F、H) and soil in different layers (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 cm) were collected every two months for nutrient analysis. Results obtained from this study showed that nutrient contents of litter layers in NS was higher than those in SS and CPS, except that Ca was highest in SS. Litter layer nutrient contents contained: 7.73-24.57 t-C/ha; 352-1312.3 kg-N/ha; 51-262.6 kg-P/ha; 289.7-1,736 kg-K/ha; 48.4-407.1 kg-Ca/ha; 29.8-124.8 kg-Mg/ha, respectively. Nutrient content of soil layer in NS was also higher than those in SS and CPS, except that K was the highest in CPS. Soil layer nutrient

-
1. 本研究為行政院國科會補助之專題研究計畫
This project was sponsored by the National Science Council, R.O.C.
 2. 國立中興大學森林系助理教授，通訊作者
Assistant Professor, Department of Forestry, NCHU. Corresponding author.
 3. 國立中興大學森林系研究生
Graduate student, Department of Forestry, NCHU.

nutrient contents contained: 110.56-158.96 t-C/ha; 4.94-8.06 t-N/ha; 1.04-2.52 t-P/ha; 31.97-96.67 t-K/ha. The available nutrient exist in soil layer was 350.07-451.34 kg-K/ha; 134.99-481.98 kg-Ca/ha; 78.24-98.95 kg-Mg/ha, respectively。

【Key words】 nutrient pool, forest ecology, litter layer.

一、前言

森林生態系的主要功能包括養分循環與能量流轉。土壤在養分循環方面扮演重要的角色，不僅支持森林植物的根系生長，同時是植群養分的主要供給者，為森林生態系的主要組成成分 (Vitousek and Sanford, 1986)。土壤以其特有的物理、化學與生物性質，與森林生態系中的植群產生複雜的交互作用，因此土壤可以緩衝外來環境因子對生態系的衝擊。此外，土壤由於其膠體性質及生物性質而可以吸附各種養分，使養分保存於生態系內不至於流失，故森林土壤在養分循環功能上，可視為森林生態系的主要養分儲存庫 (洪富文、程煒兒, 1996)。

不同森林生態系中養分的聚集與分布，會隨著樹種、樹齡與氣候環境因子不同，而有極大的差異。本試驗地為相鄰的三種林分，包括天然林、杉木人工林與次生闊葉林，三林分微氣候因子應屬相同，許博行與郭孟斯 (1999) 曾進行本研究區的土壤理化性質調查，顏江河與陳佳慧 (1999) 探討本研究區三種林分的枯落物量，唯土壤養分含量現況如何尚未得知。本研究主要目的，在估算惠蓀林場關刀溪森林生態系三種林分的土壤養分的組成分，所得結果不但可瞭解不同林分間的養分現狀，同時可作為該生態系養分輸出及林分吸收的闡釋基礎。

二、材料與方法

(一) 樣區概述

本試驗地位於中興大學惠蓀實驗林場第三林班，在長期生態研究區之內，樣區海拔

700~1,300 m，試區內主要植群為(1)未經人為干擾的天然闊葉林，每公頃林木約 1,980 株，主要優勢樹種以台灣山龍眼 (*Helicia formosana*)、豬腳楠 (*Machilus thunbergii*)、台灣黃杞 (*Engelhardtia roxburghiana*) 等。(2) 杉木人工林，於 1964 年栽植，1977 年實施疏伐作業之杉木林，每公頃約有杉木 1,220 株，入侵闊葉樹約 3,200 株，主要以鴨腳木、柏拉木、厚殼桂 (*Cryptocarya chinensis*)、白匏子、竹葉楠 (*Litsea acuminata*) 等。(3) 次生闊葉林，於 1958 年實施砍伐後未經造林，任由其根株萌孽與種子萌芽而成，組成已近於天然闊葉林，每公頃樹木約 7,600 株，主要為柏拉木、竹葉楠、山紅柿、台灣黃杞、等 (呂金誠、歐辰雄, 1996)。年平均溫度為 17.2 °C，年雨量為 2,323.6 mm，依桑偉氏 (Thorntwaite) 之氣候分類法，屬 AB2，為暖溫重溼氣候 (呂金誠等, 1994)。

(二) 野外採樣

土壤養分含量 (soil nutrient contents) 的估算，是在三種林分 (天然林，次生林，杉木林) 中，分別選取未受干擾的區域，以鐵絲圍成一個直徑 25 cm 的鐵圈，將其固定在地表，分層採樣。枝葉層區分為 L、F 和 H 層，L 層為新鮮落葉層，F 層為半分解的枯落物，但依稀可辨別其來源，H 層為完全分解的疏鬆狀物質。將鐵圈內的 L、F 和 H 層分層裝入紙袋內。土壤層部分，區分為 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm、15~20 cm 和 20~25 cm 五層，先以土壤採樣筒採樣，以供測其土壤含水率及容積密度 (bulk density)。另外帶回約 200 g 土壤，供土壤養分分析，此外在鐵圈範

圍內的各層根系與石塊也一並帶回，供測各層的含石量。每兩個月採樣一次，共 6 次採樣，每次每種林分 2 重複。

(三) 土壤化學性質分析

所採枝葉層與根先經 65 °C 烘乾 7 天後，進行秤重、磨粉及養分分析，分析有機碳、凱氏氮、磷、鉀、鈣、鎂。土壤層的樣本經陰乾過篩後，取 2 mm 以下的土樣進行養分分析，分析有機碳、凱氏氮、有效性磷、置換性陽離子（鉀、鈣、鎂）與 CEC 和全磷、全鉀測定。有機質測定採用濕消化法、凱氏全氮測定採用 Kjeldhal 法 (MacDonald, 1977)。有效性磷測定以鉬藍法 (Olsen and Sommers, 1982)。置換性陽離子（鉀、鈣、鎂）及 CEC 測定以 1 N NH₄OAc (pH 7) 抽氣過濾後，以原子吸收光譜儀測定 (MacDonald, 1977)。土壤全磷、全鉀分析取研磨過的土樣在鐵氟龍坩鍋中，以 HF 及 HClO₄ 加熱蒸乾後，再重新溶解過濾後以鉬藍法進行磷定量及以 A.A. 測定鉀含量 (Kalra and Maynard, 1991)。將枝葉層所測得的養分濃度與乾物重推估單位面積內養分含量，再換算成每公頃中養分含

量，同樣方法推估每公頃土壤層 0~25 cm 的養分含量。

三、結果

三種林分枝葉層的碳濃度隨著 L, F, H 層而呈顯著減少 (表 1)，杉木林 L、F 層的碳濃度顯著高於天然闊葉林和次生闊葉林，但 H 層則三種林分不具差異；氮濃度在天然闊葉林和次生闊葉林皆以 F 層最高，杉木林則以 H 層最高，天然闊葉林和次生闊葉林 L、F 層的氮濃度高於杉木林，H 層則以次生闊葉林高於杉木林與天然闊葉林；磷濃度與鉀濃度皆隨著 L, F, H 層而增加，天然闊葉林的濃度高於杉木林和次生闊葉林；鈣濃度與鎂濃度隨著 L, F, H 層而減少，鈣濃度以天然闊葉林高於杉木人和次生闊葉林；次生闊葉林的鎂濃度則高於另二林分。

天然闊葉林的枝葉層 L, F, H 層乾重最高達 88.77 t/ha (表 2)；次生闊葉林次之為 81.87 t/ha；杉木林最低僅 26.50 t/ha。三種林分枝葉層乾重量皆以 H 層最高，F 層次之，L 層最低；三種林分枝葉層的碳、氮、磷、鉀

表 1. 惠蓀林場三種林分枝葉層之養分濃度

Table 1. The litter layer nutrient concentration of three stands in Hui-Sun forest station.

林型	層次	養分濃度(%)					
		C	N	P	K	Ca	Mg
天然闊葉林	L	34.81b	1.432b	0.192b	0.693c	1.091a	0.147b
	F	31.61c	1.584a	0.270a	1.378b	0.830a	0.089c
	H	25.18e	1.401b	0.298a	2.102a	0.311c	0.074d
杉木人工林	L	39.30a	1.064d	0.146d	0.374d	0.774ab	0.150b
	F	35.26b	1.301c	0.193b	0.852c	0.208c	0.098c
	H	24.26e	1.415b	0.206b	1.382b	--	0.106c
次生闊葉林	L	33.68bc	1.462b	0.140d	0.532cd	0.471b	0.185a
	F	27.22d	1.574a	0.176c	0.777c	0.218c	0.157b
	H	23.96e	1.532ab	0.194b	1.284b	--	0.148b

每一數值為 6 次採樣共 12 個分析值之平均，同一欄內英文字母不相同表顯著差異 (p < 5%)

表 2. 惠蓀林場三種林分枝葉層之養分含量

Table 2. The litter layer nutrient content of three stands in Hui-Sun forest station.

林型	層次	枝葉層 (kg/ha)	養分含量 (kg/ha)					
			C	N	P	K	Ca	Mg
天然闊葉林	L	5,630d	1,960c	80.6c	10.8e	39.0e	61.4c	8.3d
	F	15,090c	4,770b	239.0b	40.7c	207.9c	125.3b	13.4c
	H	70,850a	17,840a	992.7a	211.1a	1489.1a	220.4a	52.2a
	合計	88,770	24,570	1,312.3	262.6	1736.0	407.1	73.9
杉木林	L	4,860e	1,910c	51.7e	7.1f	18.2f	37.6d	7.3d
	F	5,190e	1,830c	67.5d	10.0e	44.2e	10.8f	5.1de
	H	16,450c	3,990b	232.8b	33.9d	227.3c	--	17.4c
	合計	26,500	7,730	352.0	51.0	289.7f	48.4	29.8
次生闊葉林	L	5,730d	1,930c	83.8c	8.0f	30.5d	27.0e	10.6d
	F	17,340c	4,720b	273.0b	30.6d	134.8b	37.8d	27.3b
	H	58,800b	14,090a	900.7a	114.2b	754.7	--	86.9a
	合計	81,870	24,740	1,257.5	152.8	920.0	64.8	124.8

每一數值為 6 次採樣共 12 個分析值之平均，同一欄內英文字母不相同表顯著差異 ($p < 5\%$)

和鎂含量，皆以 H 層最高，只有鈣含量，在杉木林則以 L 層鈣含量最高，次生闊葉林則以 F 層含量最高，天然闊葉林則仍以 H 層含量最高。碳含量在 L 層三種林分差異不大，F 層則兩種闊葉林高於杉木林，H 層則天然闊葉林高於次生闊葉林，杉木林最低；兩種闊葉林枝葉層的氮含量皆高於杉木林；磷含量同樣以天然闊葉林高於次生闊葉林，杉木林含量最低；天然闊葉林鉀含量高於次生闊葉林與杉木林；天然闊葉林鈣含量顯著高於杉木林和次生闊葉林；鎂含量則以次生闊葉林高於天然闊葉林與杉木林。

土壤層的各養分濃度分析如表 3 所示，除了天然闊葉林的全磷濃度呈無規則性變化外，碳濃度、凱氏氮濃度與全磷濃度隨著土壤深度而遞減，全鉀濃度則隨著土壤深度而遞增。三種林分土壤中的根養分濃度皆高過於土壤的養分濃度（鉀除外）。碳濃度以次生闊葉林與天然闊葉林顯著高於杉木林；凱氏

氮濃度在 0~5 cm 處三種林分無差異，5~10 與 10~15 cm 以闊葉林的濃度高於次生林與杉木林，15~20 與 20~25 cm 闊葉林與次生林互有高低，杉木林則顯著低；全磷濃度天然闊葉林高於次生闊葉林，杉木林最低；全鉀濃度則天然闊葉林高於杉木林，次生闊葉林最低；有效性磷隨著土深而遞減，天然闊葉林顯著高於另二林分；交換性陽離子及 CEC 隨同樣著土深呈遞減趨勢；交換性鉀濃度以杉木林高於次生闊葉林，天然闊葉林最低；交換性鈣濃度以天然闊葉林高於杉木林，次生闊葉林最低；交換性鎂濃度除了 0~5 與 5~10 cm 以杉木林顯著高於次生林與天然闊葉林外，其餘深度並無差異；CEC 值在次生闊葉林顯著高於另二林分。

三種林分的土壤容積密度，隨著土深而遞增（表 3），以天然闊葉林的容積密度高於另二林分。單位體積含石塊體積則以杉木人工林所含石塊體積遠低於另二林分，其中以

天然闊葉林在 20~25 cm 處所含石塊體積最高。

三種林分的土壤層 0~25 cm 養分含量如表 4 所示，碳含量與凱氏氮含量隨土深增加而降低，三種林分碳和氮含量皆是天然闊葉林高於次生闊葉林，杉木林最低；全磷和全鉀含量則隨土深增加而升高，全磷含量在天然闊葉林高於另二林分，全鉀含量則同樣以天然闊葉林高於次生闊葉林，杉木林最低；有效性磷含量與交換性鉀、鈣、鎂含量皆隨土深增加而降低，其中有效性磷含量，天然闊葉林高於另二林分，交換性鉀含量則以杉木林高於另二林分，交換性鈣含量，以天然闊葉林最高，杉木林次之，次生闊葉林最低，交換性鎂含量，以杉木林高於天然闊葉林，次生闊葉林最低。

四、討論

本試驗地闊葉林枝葉層的氮濃度 (1.40~1.58 %) 高於恆春銀合歡林 (0.89~1.33 %) (程煒兒、沈慈安, 1987)，同時也略高於福山闊葉林建造期 (1.38 %) (林國銓等, 1996)，但低於成熟林 (1.62~1.71 %) (林國銓等, 1996; 林國銓, 1997)，以及棲蘭山的闊葉林 (2.39 %) (林世宗, 1998)，試驗地三種林分枝葉層的碳和氮濃度較加拿大 *Populus tremuloides* 森林的碳和氮濃度低。比較之下本試驗地闊葉林的枝葉層是屬於氮養分濃度較低的林分，低氮濃度下生育地枝葉層的分解速率較緩慢 (Aber and Milillo, 1980; Koopmans *et al.*, 1998)，為造成枝葉層累積較厚的因素之一。

表 3. 惠孫林場三種林分土壤層之養分濃度、容積密度和石塊體積

Table 3. The soil nutrient concentration, bulk density and stone volume of three stands in Hui-Sun forest station.

林分	Soil depth (cm)	Total content (%)				Available P (mg/kg)	Exchangeable (cmol/kg)			C.E.C. (cmol/kg)	容積密度 (g/cm ³)	石塊體積 (cm ³ /cm ³)
		C	N	P	K		K	Ca	Mg			
天然闊葉林	0~5	13.38a	0.69a	0.097b	3.57d	68.43a	0.66b	2.52a	0.72b	30.34b	0.80b	0.150c
	5~10	9.58b	0.52a	0.142a	4.23c	49.14b	0.39d	1.03b	0.39c	15.71e	0.95b	0.172bc
	10~15	6.54cd	0.33b	0.100b	4.99b	38.57c	0.37d	0.83b	0.35c	21.55d	1.06ab	0.148c
	15~20	5.47d	0.27bc	0.099b	5.02b	37.28c	0.34d	0.90b	0.30c	12.38f	1.05ab	0.141c
	20~25	4.72e	0.21c	0.167a	5.21a	36.48c	0.34d	0.84b	0.30c	12.95f	1.14a	0.238a
	根	31.43	0.99	0.315	2.16	--	--	--	--	--	--	--
杉木人工林	0~5	9.13b	0.56a	0.061d	2.89e	14.44d	0.95a	2.11a	0.94a	31.23b	0.66c	0.030e
	5~10	6.99cd	0.25c	0.066d	2.77e	3.62e	0.79ab	0.95b	0.57b	25.26c	0.74b	0.018f
	10~15	5.84d	0.24c	0.054e	3.16de	3.31e	0.66b	0.64c	0.42c	20.03d	0.74b	0.022ef
	15~20	4.61e	0.18c	0.050e	3.28d	1.57e	0.44c	0.62c	0.33c	16.84e	0.76b	0.016f
	20~25	4.43e	0.19c	0.059e	3.29d	1.78e	0.43c	0.53c	0.29c	15.41e	0.78b	0.013f
	根	31.00	0.92	0.112	1.29	--	--	--	--	--	--	--
次生闊葉林	0~5	14.49a	0.68a	0.082bc	1.62f	13.65d	0.81ab	0.85b	0.65b	38.59a	0.65c	0.109d
	5~10	9.20b	0.35b	0.074c	2.10e	3.71e	0.68b	0.37d	0.41c	30.91b	0.69c	0.147c
	10~15	7.40c	0.30bc	0.069d	2.27e	3.39e	0.54c	0.36d	0.39c	30.48b	0.76b	0.200b
	15~20	7.02c	0.29bc	0.057e	2.10e	2.97e	0.44c	0.34d	0.34c	28.14b	0.77b	0.192b
	20~25	6.66cd	0.27bc	0.060e	2.28e	2.34e	0.49c	0.32d	0.34c	26.69c	0.75b	0.111d
	根	35.72	0.92	0.11	1.07	--	--	--	--	--	--	--

每一數值為 6 次採樣共 12 個分析值之平均，同一欄內英文字母不相同表顯著差異 (p < 5 %)

表 4. 惠蓀林場三種林分土壤層 (0~25 cm) 之養分含量

Table 4. The soil nutrient content (0-25 cm) of three stands in Hui-Sun forest station.

林型	Soi depth (cm)	Total C (t/ha)	Total N (kg/ha)	P (kg/ha)		K (kg/ha)		Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
				Total	Available	Total	Exchangeable	Exchangeable	Exchangeable
天然闊葉林	0~5	45.46a	2,353a	331.3c	23.26a	12,129c	87.88b	171.54a	29.33a
	5~10	37.70b	2,036b	559.1b	19.34bc	16,635b	60.46c	81.25c	18.46c
	10~15	29.57c	1,513c	450.4b	17.44c	22,558a	65.15c	75.37cd	18.86c
	15~20	24.62d	1,216d	445.1b	16.77c	22,556a	59.43cd	80.54c	16.38c
	20~25	20.57e	905e	726.9a	15.90c	22,721a	73.81bc	73.28cd	15.92c
	根	1.04	33	10.4	--	72	--	--	--
	總計	158.96	8,057	2,523.2	92.70	96,672	346.73	481.98	98.95
杉木人工林	0~5	29.13c	1,777bc	195.3e	4.61d	9,213d	117.82a	134.98b	35.91a
	5~10	25.24d	900e	237.1d	1.31e	10,014c	111.46a	68.90d	24.70b
	10~15	21.08d	857f	195.5c	1.20e	11,394c	92.95b	45.83e	18.10c
	15~20	17.24f	658f	185.3f	0.59e	12,247c	64.03c	39.43e	14.65d
	20~25	17.14f	726f	227.0d	0.69e	12,728c	65.08c	47.70e	13.64d
	根	0.73	22	2.6	--	30	--	--	--
	總計	110.56	4,938	1,042.8	8.40	55,627	451.34	336.84	107.00
次生闊葉林	0~5	41.95a	1,962b	236.9d	3.95d	4,686e	91.65b	49.17e	22.72b
	5~10	27.22d	1,046d	218.1e	1.10e	6,225d	78.77bc	21.91f	14.67d
	10~15	22.43e	906e	209.9e	1.03e	6,876d	63.34c	21.59f	14.37d
	15~20	21.81e	897e	176.8f	0.92e	6,520d	52.84d	21.18f	12.68d
	20~25	22.21e	906e	200.6e	0.78e	7,592d	63.47c	21.14f	13.80d
	根	2.29	59	7.1	--	69	--	--	--
	總計	137.91	5,774	1,049.4	7.80	31,968	350.07	134.99	78.24

每一數值為 6 次採樣共 12 個分析值之平均，同一欄內英文字母不相同表顯著差異 ($p < 5\%$)

試驗地枝葉層的磷和鉀濃度與國內其他森林枝葉層的磷和鉀濃度相較，除了恆春 3 年生銀合歡林的鉀濃度 (0.851%) (程煒兒、沈慈安, 1987) 高於三種林分的 L 層與次生闊葉林的 F 層之外，其餘本試驗地皆高於國內其他林地，本試驗的磷和鉀濃度隨枝葉層深度增加而增高，此結果與 Huang and Schoenau (1996) 在加拿大的研究結果相異，推測其因或許是台灣地區枝葉層分解較快 (亞熱帶地區)，且雨量大，磷、鉀養分易受水分影響，有向下積聚的現象。杉木林和次生闊葉林的鈣濃度較國內其他林分低，且在本試驗地中鈣濃度隨深度增加而減少。L 層鎂濃度低於棲蘭山闊葉林 (林世宗, 1998) 和

恆春 3 年生銀合歡林 (程煒兒、沈慈安, 1987)，但高於福山闊葉林和溪頭柳杉林 (林國銓等, 1996; 林國銓, 1997)，本試驗鎂濃度隨深度增加而減少。

在台灣地表枝葉層的重量研究，都僅調查 L 層或 L 層和 F 層，而將 H 層歸於礦質土壤層的部分，本研究的枝葉層則包括了 L、F 和 H 三層，僅以 L 層和 F 層枝葉層重量與台灣其他區域的林型相較本試驗調查所得仍顯著為高，但 L、F 和 H 三層合計相較於加拿大的溫帶 *Populus tremuloides* 森林 (Huang and Schoenau, 1996)，則顯著為低，溫帶森林其溫度較低，枝葉分解作用較緩，枝葉層累積量較大 (Scott *et al.*, 1992)，枝葉層量常隨著緯

度梯度而改變 (Vogt *et al.*, 1986; Takeda, 1998)。

本試驗地的養分含量 (除了全磷含量以外) 大多集中於土層上方, 與其他試驗地分析結果相似。以 0~25 cm 處之土壤層做養分含量的比較, 顯示本生態系的三種林分的土壤層養分含量, 除了凱氏氮高於恆春的銀合歡林 (程煒兒和沈慈安, 1987), 交換性鉀含量相近外, 其他檢測項目有效性磷、交換性鈣、鎂含量都較低。此外相較於福山闊葉林 (洪富文、程煒兒, 1996) 和尖峰嶺的四種林分 (吳仲民等, 1997), 顯示三種林分的各種養分含量。與恆春的銀合歡林相較, 除了有效磷和交換性鈣、鎂較低之外, 其餘養分含量皆高於恆春的銀合歡林。次生闊葉林的養分濃度除了全量鉀濃度相近外, 其餘養分濃度如全量 (氮、磷)、有效性磷、交換性鉀、鈣、鎂與 CEC 值皆高於福山闊葉林的養分濃度, 與恆春的銀合歡林相較, 除了有效磷和交換性鈣、鎂較低之外, 其餘養分含量皆高於恆春的銀合歡林。

天然闊葉林的養分濃度, 不論是全量 (氮、磷、鉀)、有效性磷、交換性鉀、鈣、鎂與 CEC 值皆高於福山闊葉林 (洪富文、程煒兒, 1996) 的養分濃度, 與恆春的銀合歡林 (程煒兒、沈慈安, 1987) 相較, 除了交換性鈣、鎂較低之外, 其餘養分含量皆高於恆春的銀合歡林。杉木人工林的養分濃度除了全量 (氮、磷、鉀) 和 CEC 值相似之外, 其餘養分濃度如有效性磷、交換性鉀、鈣、鎂皆高於福山闊葉林的養分濃度, Huang 和 Schoenau (1996) 探討加拿大森林土壤養分庫, 結果指出有機碳 47.3 % 存於枝葉層, 17.3 % 存於 A 層, 22.4 % 存於 B 層, 13.0 % 存於 C 層; 氮則分別為 34.2 %, 18.3 %, 32.7 %, 14.8 %; 全磷則為 3.5 %, 13.1 %, 45.9 %, 37.5 %, 本試驗地天然闊葉林有機碳的含量在枝葉層僅占 13.4 %, 土壤層占 86.6 %; 氮含量則分別為 14.0 % 與 86.0 %; 全磷的含量則為 9.4 % 與

90.6 %, 兩者差異大, 洪富文與程煒兒 (1996) 計算福山闊葉林生態系土壤養分庫, 氮、磷含量在枝葉層與土壤層分別為 1.0 %, 99.0 % 與 79.3 %, 20.7 %, 結果差異更大, 顯然因緯度不同、樹種組成不同會影響養分含量的分佈。

土壤中有效磷含量顯著低於全磷含量, 在三種林分有效磷量為全磷量的 3.76 %, 0.81 % 與 0.74 %, 其原因是在台灣森林土壤多屬於強酸性且鋁、鐵含量頗高, 磷和鐵、鋁形成不溶性化合物, 無法被植物所吸收利用, 造成磷的有效性降低 (Walker and Syers, 1976; 李心儀, 1995)。

本試驗天然闊葉林枝葉層養分含量為 $C > K > N > Ca > P > Mg$, 杉木人工林為 $C > N > K > P > Ca > Mg$, 次生闊葉林則為 $C > N > K > P > Ca > Mg$, 且養分含量以 H 層最高, F 層次之, L 層最低, 不同林分間則天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林。土壤層養分含量三種林分皆為有機碳 > 全鉀 > 全氮 > 全磷, 養分全量則同樣以天然闊葉林最高, 次生闊葉林次之, 杉木人工林最低; 交換性陽離子養分量在天然闊葉林為交換性鈣 > 交換性鉀 > 交換性鎂, 另二林分為交換性鉀 > 交換性鈣 > 交換性鎂, 而以次生闊葉林的交換性養分含量較另二林分低 (除了交換性鉀略高於天然闊葉林之外)。全磷和全鉀有隨土深而增加的趨勢, 有機碳、全氮、有效磷、交換性鉀、鈣、鎂隨土深而減少的趨勢。

五、參考文獻

- 李心儀 (1996) 台灣中部人倫林道淋澆土之特性、化育與分類。台灣大學農業化學系碩士論文。121頁。
- 呂金誠、李明益、歐辰雄 (1994) 惠蓀實驗林場楠儲帶次生林植群生態之研究。中興大學實驗林研究報告16(1): 1-28。
- 呂金誠、歐辰雄 (1996) 關刀溪長期生態研究區森林植群之初期研究 (1)。中興大學實

- 驗林研究報告 18(1): 77-108。
- 吳仲民、曾慶波、李意德、周光益、陳步峰、杜志鵠、林明獻 (1997) 尖峰嶺熱帶森林土壤 C 儲量和 CO₂ 排放量的初步研究。植物生態學報 21(5): 416-423。
- 林世宗 (1998) 棲蘭山闊葉林枯落物及其養分之變動。中華林學季刊 31(2): 115-130。
- 林國銓、洪富文、游漢明、馬復 (1996) 福山試驗林闊葉林生態系地上部養份之聚集與分布。台灣林業科學 11(1) : 29-42。
- 林國銓 (1997) 福山闊葉林枯落物及枝葉層之動態變化。台灣林業科學 12(2) : 135-144。
- 洪富文、程煒兒 (1996) 福山闊葉林生態系的土壤養分庫及其有效養分動態。台灣林業科學 11(4) : 465-473。
- 許博行、郭孟斯 (1999) 關刀溪森林生態系三種林分之土壤理化性質及土壤水化學成分。林業研究季刊 21(3): 1-13。
- 程煒兒、沈慈安 (1987) 恆春地區三至五年生銀合歡林分地上部養份聚積與循環。林業試驗所研究報告季刊 2(4) : 253-272。
- 顏江河、陳佳慧 (1999) 惠蓀林場三種不同林分枯枝落葉量與分解速率之季節性變化。林業研究季刊 21(4) : 65-72。
- Aber, J. D. and J. M. Milillo (1980) Litter decomposition: measuring relative contribution of organic matter and nitrogen to forest soils. Can. J. Bot. 58: 416-421.
- Huang, W. Z. and J. J. Schoenau. 1996. Forms, amounts and distribution of carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur in a boreal aspen forest soil. Can. J. Soil Sci. 76: 373-385.
- Kalra, Y. P. and D. G. Maynard (1991) Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry Canada, Northwest Region. Canada. pp.116.
- Koopmans, C. J., A. Tietema and J. M. Verstraten (1998) Effects of reduced N decomposition and N cycling in two N saturated forests in The Netherlands. Soil Biol. Biochem. 30(2): 141-151.
- MacDonald, C. C. (1977) Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report. MM-X-78.
- Olsen, S. R. and L. E. Sommers (1982) Phosphorus. In: Page et al. (eds.) Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties second edition. ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin.
- Scott, D. A., J. Proctor and J. Thompson (1992) Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. J. Ecol. 80: 705-717.
- Takeda, H. (1998) Decomposition processes of litter along a latitudinal gradient. Environmental Forest Science. Kluwer academic publishers. Kyoto University, Japan. pp. 197-206.
- Vitousek P. M. and J. S. Denslow (1986) Nitrogen and phosphorus availability in treefall gaps in low land tropical rainforest. Jour. Ecol. 74: 1167-1178.
- Vogt, K. A. C. C. Grier and D. J. Vogt (1986) Production, turnover, and nutrient dynamics of Above-ground detritus of world forests. Adv. Ecol. Res. 15: 303-377.
- Walker, T. W. and J. K. Syers (1976) The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma 15: 1-19.