

不同类型林藤混交林地上生物产量 及营养元素的积累与分布研究*

尹光天 许煌灿 周再知 曾炳山 陈康泰 陈土王

摘要 树龄为18a、藤龄为5年生的4种类型(I~IV)林藤混交林和白藤纯林地上部分生物总产量分别为164.849、164.844、170.195、98.864、16.234 t/hm²,除白藤纯林外,4种混交林乔木层生物量占总生物量的92%以上,藤层占2%~4%,地被物层占2%~5%;类型I~IV 10种营养元素总积累量分别为1977.78、2142.54、1778.21、989.36 kg/hm²,其中乔木层占82%~90%,藤层占4%~6.5%,地被物层占5%~12%,与生物量的分配相比较,藤层和地被物层营养元素积累量占总量的比率均有所上升,而乔木层的比率则有所下降,生产单位干物质对营养元素需求量以及营养元素的归还率随林分类型而异,类型I~V每生产一吨干物质需要的10种营养元素总量分别为11.999、12.999、10.449、10.008、23.974 kg,而营养元素的归还率则分别为30.3%、39.3%、30.0%、54.4%、92.1%。

关键词 林藤 人工混交林、生物产量、营养元素、积累与分布

棕榈藤(rattan)是热带和亚热带森林中的重要经济植物。近年来,在棕榈藤的资源清查、藤种分类、栽培技术和经济效益等方面已开展了广泛的研究,并取得了良好的进展^[1-6]。然而,对林藤人工混交林生物产量及其结构和林藤生长所需的营养元素种类及空间分布规律等方面的研究至今尚无报道,而这一研究是经营林藤混交林首先必须解决的课题,同时也是开展林藤混交林生态系统能量流动和物质循环研究的基础。为此,我们选择了白藤(*Calamus tetradactylus* Hance)分别与台湾相思(*Acacia confusa* Merr.)+木麻黄(*Casuarina equisetifolia* L.)、台湾相思、木麻黄、窿缘桉(*Eucalyptus exserta* F. Muell.)的人工混交林以及白藤纯林等5种类型,从林分生物量的宏观分配、生产力分析以及营养元素的积累与分布规律做一初步探讨,为林藤混交林的合理经营提供依据。

1 试验地的自然概况及林分特征

1.1 自然概况

试验地设于雷州半岛国营南华农场(20°11' N, 110°11' E)橡胶防护林带内,地势平坦,

1992-10-05收稿。

尹光天助理研究员,许煌灿,周再知,曾炳山(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520);陈康泰,陈土王(广东省国营南华农场)。

*本研究是林业部和加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的“中国棕榈藤研究”内容之一。

海拔约50 m, 高温多雨, 干湿季节明显, 年均温23.7 °C, 最冷月均温16.3 °C, 最热月均温28.3 °C, 极端最高最低均温分别为38.1 °C和3.3 °C, 10 °C以上的年积温8 466.0 °C, 年均降雨量1 580 mm, 其中约80%的雨水集中在夏秋两季, 年相对湿度85%。土壤为玄武岩发育而成的砖红壤, 土层平均厚度在2 m以上。

1.2 林分特征

试验地有5种类型, 它们分别是: I. 台湾相思+木麻黄+白藤; II. 台湾相思+白藤; III. 木麻黄+白藤; IV. 窿缘桉+白藤; V. 白藤纯林。林内下木、草本植物种类及数量均少, 但地表枯落物较多, 各种类型林分特征见表1。

表1 不同类型林分特征调查

类型	组成	树 木				白 藤			
		保存密度 (株/hm ²)	林龄 (a)	平均树高 (m)	平均胸径 (cm)	保存密度 (丛/hm ²)	林龄 (a)	丛总茎长 (m)	丛总萌蘖 (个/丛)
I	台湾相思+	825	18	12.9	15.1				
	木麻黄+藤	525	18	17.1	14.8	2 571	5	34.69	14.5
II	台湾相思+藤	1 063	18	13.5	17.1	2 571	5	31.84	14.2
III	木麻黄+藤	1 013	18	17.3	15.9	2 571	5	26.19	10.7
IV	窿缘桉+藤	2 038	18	11.7	12.5	2 571	5	20.60	12.0
V	白藤纯林	—	—	—	—	1 428	5	127.99	52.5

2 研究方法

2.1 样地的选择和调查

在5种类型的试验林内, 分别选择具代表性的地段, 设立16m×50 m的标准地, 进行标地调查, 调查因子包括树高、胸径、林藤保存密度、藤茎长度和藤丛萌蘖数量等。

2.2 生物量测定

2.2.1 乔木层 采用样木法, 根据林分平均树高和平均胸径(分树种)选择3株样木, 伐倒后, 按树干解析法测定地上部分各器官: 干材(W_S)、干皮(W_{SBK})、粗枝(W_{LB} , 基径2~4 cm)、粗枝皮(W_{LBBK})、细枝(W_{SB} , 基径小于2 cm)、树叶(W_L)和花果(W_F)的鲜重, 并立即采集各器官样品称重后置于通风干燥箱内, 在85 °C恒温下烘至恒重, 计算样品的干鲜比, 将样木各器官鲜重换算成干重, 然后根据保留株数(N)依下式计算标地内乔木层总生物量(W_T):

$$W_T = \Sigma(W_S + W_{SBK} + W_{LB} + W_{LBBK} + W_{SB} + W_L + W_F) \cdot N$$

2.2.2 藤层 采用相关生长法测定白藤地上部分各器官生物量。其方法是根据标地内最长藤茎的长度, 以1 m划分长度级, 每一长度级采割3株藤样, 分别测定每株藤样各器官: 茎(W_C)、叶鞘(W_{SH})、刺鞭(W_{CI})、藤叶(W_L)和花果(W_{IN})的鲜重, 采用烘干法测定样品的含水率, 并将藤样各器官鲜重换算成干重。以藤茎长度为自变量, 各器官生物量为因变量建立回归方程(表2)。然后, 根据建立的回归方程, 以标地藤茎长度实测值分别计算各器官生物量, 依下式计算标地内藤层总生物量(W_R):

$$W_R = \Sigma(W_C + W_{SH} + W_{CI} + W_L + W_{IN})$$

表2 不同类型藤层地上部分各器官生物量与藤茎长度的回归参数($W = a + bL$)

类型	W_c		W_{SH}		W_{CI}		W_L		W_{IN}	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
I	-5.3527	0.0914	-1.7180	0.1627	-0.3882	0.0102	3.2943	0.1758	-0.7632	0.0125
II	-5.3897	0.0937	4.3956	0.1385	-0.4161	0.0093	4.6350	0.1650	-1.1034	0.0203
III	-7.2248	0.1027	-4.0885	0.1945	-0.3384	0.0092	-5.5701	0.2270	-0.8208	0.0229
IV	-4.9378	0.1004	2.2324	0.1784	-0.7162	0.0115	-5.6732	0.2753	-1.7650	0.0314
V	-15.6630	0.1709	-14.6385	0.3480	-1.1534	0.0161	-11.1852	0.3434	-3.3389	0.0502

注: W 单位为 g, L 单位为 cm。

2.2.3 地被物 按标地对角线随机设置 5 块 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的调查样方, 分别收集死、活地被物, 称鲜重, 用烘干法测定含水率, 计算样方死、活地被物生物量, 据此推算标地内地被物层总生物量。

2.3 叶面积的测定

按不同类型分别树、藤冠取上中下三部位鲜叶混合, 用叶面积仪测定叶面积, 同样用烘干法测定样品干重, 计算样品面积与重量比, 以此推算树、藤叶面积。本研究视木麻黄的“针叶”为近似圆柱体, 用叶面积仪测定其纵切面面积(S'), 依下式计算叶面积(S):

$$S = \pi \cdot D \cdot H = \pi \cdot (S'/H) \cdot H = \pi S'$$

2.4 营养元素含量的测定

在测定生物量的同时, 分别层次和器官取样测定 10 种化学元素的含量, 其中大量元素有: N、P、K、Ca、Mg, 微量元素有: Mn、Zn、Cu、B、S。测定方法为: N 用凯氏法, P 用钼蓝比色法, K 用火焰光度计法, Ca、Mg 用 EDTA 容量法, 其它元素均采用原子吸收光谱法测定。

3 结果分析

3.1 不同类型林藤混交林地上部分生物产量及其分布

不同类型林分乔木层、藤层(各器官)及地被物层生物量的空间分布见图 1。除类型 V 纯藤外, 其它 4 种混交林类型乔木层生物量占总生物量的 92% 以上, 藤层占 2%~4%, 地被物层占 2%~5%。由此可见, 在林藤混交林生态系统中, 乔木层是系统中有机物质的主要生产者, 同时也是系统内生物量的主要组成部分。

3.1.1 乔木层各器官生物产量及其分配规律 不同类型林藤混交林乔木层生物量随树种不同呈较大差异(表 3)。在研究的 4 种混交林类型中, 以类型 III 木麻黄的生物产量最高, 为 160.513 t/hm^2 , 其次是类型 I 和类型 II, 生物量分别为 157.308 、 156.841 t/hm^2 , 以类型 IV 窿缘桉的生物产量最低, 即 91.135 t/hm^2 , 仅为类型 III 生物量的 56.8%; 而不同类型乔木层各器官生物量的分配规律大致相似, 即干材生物量均为总生物量的主要组成部分, 约占 60%~70%, 其次是树枝、树皮和树叶, 分别占总生物量的 14.5%~28.5%、6.9%~15.3% 和 2.9%~6.5%; 花果生物量最小, 除类型 IV 窿缘桉较高外, 其余 3 种类型花果生物量仅占总生物量的 0.5% 以下。

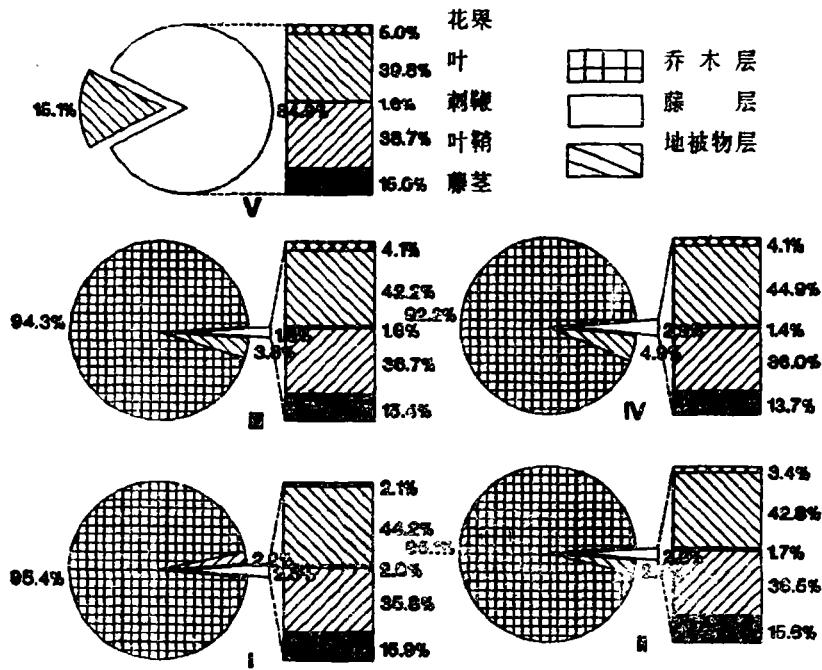


图 1 不同类型林分地上部分各层生物量的空间分布

表 3 不同类型林藤混交林乔木层各器官生物量及其分配

类型	W_S	W_{SBK}	W_{LB}	W_{LBBK}	W_{SB}	W_L	W_F	合计
I	106.498 (67.70)	18.401 (11.70)	13.441 (8.54)	4.062 (2.58)	9.333 (5.93)	5.421 (3.45)	0.152 (0.10)	157.308 (100)
II	94.832 (60.46)	10.859 (6.92)	28.038 (17.88)	5.888 (3.75)	10.653 (6.79)	6.146 (3.92)	0.425 (0.27)	156.841 (100)
III	111.202 (69.28)	16.800 (10.47)	14.030 (8.74)	4.410 (2.75)	8.674 (5.40)	4.729 (2.95)	0.668 (0.42)	160.513 (100)
IV	56.119 (61.58)	13.930 (15.28)	4.329 (4.75)	1.603 (1.76)	7.283 (7.99)	5.842 (6.41)	2.029 (2.23)	91.135 (100)

注：表中各栏上方数值单位为 t/hm^2 ，下方括号内数值单位为%，下同。

3.1.2 藤层各器官生物产量及其分配规律 不同类型林藤混交林藤层总生物量随上层乔木树种的不同亦呈较大差异(表 4)。比较 5 种类型的藤层生物量，以类型 V 纯藤为最高，达 $13.777 t/hm^2$ ，其次是类型 I、II 和 III，分别为 3.861 、 3.604 、 $3.244 t/hm^2$ ，类型 IV 窿缘桉林下间种的白藤生物量最低，仅为 $2.853 t/hm^2$ ，是纯藤的 20.7%。尽管不同类型藤层总生物量不同，但各器官生物量占总生物量的比率则趋于一致，即藤茎为 13%~15%，叶鞘为 35%~39%，叶为 40%~45%，刺鞭为 1.5%~2.0%，花果为 2%~5%。

3.1.3 地被物层生物量及其分配 不同类型林下地被物总生物量及其组成因上层乔木树种而异。由表 5 可知，不同类型林下活地被物生物量较低，差异甚小，约为 $0.3\sim 0.7 t/hm^2$ ，仅占地被物层总生物量的 7%~21%；而林下死地被物生物量则有明显差异，其中以类型 III 的死地被物最多，达 $5.764 t/hm^2$ ，其次是类型 IV、II 和 I，分别为 4.191 、 4.097 、 3.004

表4 不同类型林藤混交林藤层各器官生物量及其分配

类型	W_c	W_{SH}	W_{CI}	W_L	W_{IN}	合计
I	0.613 (15.89)	1.381 (35.77)	1.708 (44.23)	0.076 (1.97)	0.083 (2.15)	3.861 (100)
II	0.563 (15.63)	1.314 (36.46)	1.543 (42.81)	0.060 (1.66)	0.124 (3.44)	3.604 (100)
III	0.500 (15.43)	1.191 (36.71)	1.369 (42.19)	0.053 (1.62)	0.131 (4.05)	3.244 (100)
IV	0.390 (13.66)	1.026 (35.96)	1.280 (44.88)	0.041 (1.43)	0.116 (4.07)	2.853 (100)
V	2.062 (14.96)	5.332 (38.70)	5.481 (39.78)	0.215 (1.56)	0.687 (4.99)	13.777 (100)

t/hm²，类型V的死地被物最少，仅为1.941 t/hm²，是类型III的33.7%。由于没有定位测定死地被物的分解速率，故表中数字比实际值偏低。

表5 不同类型林藤混交林地被物层生物量及其分配

样地类型	I	II	III	IV	V
活地被物	0.676 (18.38)	0.302 (6.86)	0.674 (10.47)	0.685 (14.06)	0.516 (21.01)
死地被物	3.004 (81.62)	4.097 (93.14)	5.764 (89.53)	4.191 (85.94)	1.941 (78.99)
合计	3.680 (100)	4.399 (100)	6.438 (100)	4.876 (100)	2.457 (100)

3.2 不同类型林藤混交林地上部分净生产量

净生产量是指绿色植物在单位时间、单位面积内除去呼吸消耗外有机物质的积累量，通常用年均净生长量或连年净生长量表示，前者反映有机物质积累的平均速率，而后者则表示有机物质在某一段时间内的实际积累速率。本次分析采用年均净生产量。

3.2.1 乔木层净生长量 由表6可以看出，4种混交林类型乔木层年均净生长量按其大小排序为：类型III>类型II>类型I>类型IV，而各器官年均净生长量的大小顺序则为：干材>树枝>干皮>花果>叶(类型I的叶>花果)。由于不同树种叶的光合效率不同，导致不同类型乔木层年均净生长量与叶面积指数的相关关系不显著。

表6 不同类型乔木层年均净生长量及其与叶面积指数的相关系数

样地类型	干材	干皮	粗枝	粗枝皮	细枝	树叶	花果 ^①	合计	叶面积指数
I	5.917	1.022	0.747	0.226	0.519	0.301	0.152	8.884	4.050
II	5.268	0.603	1.558	0.327	0.592	0.341	0.425	9.114	5.120
III	6.178	0.933	0.779	0.245	0.482	0.263	0.668	9.548	3.046
IV	3.118	0.774	0.241	0.089	0.405	0.325	2.029	6.981	4.755
相关系数	0.609 ^{ns}	0.768 ^{ns}	0.278 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.234 ^{ns}	0.999 ^{**}	0.255 ^{ns}	0.505 ^{ns}	

注：净生长量单位为t/hm²·a，①以调查当年生产量代替，表7同。

3.2.2 白藤层净生长量 分析结果表明: 不同类型藤层年均净生长量与叶面积指数呈正相关, 相关系数均在0.99以上(表7)。在研究的5种类型中, 白藤纯林净生长量最大, 年均生物产量为3.304 t/hm², 分别为类型I、II、III、IV的3.94、4.02、4.38、4.98倍。而各器官年均净生长量的大小顺序为: 叶>叶鞘>花果>藤茎>刺鞭(类型I的藤茎>花果)。

表7 不同类型藤层年均净生长量及其与叶面积指数的相关系数

样地类型	藤 茎	叶 鞘	叶	刺 鞭	花 果	合 计	叶面积指数
I	0.123	0.276	0.342	0.015	0.083	0.839	1.579
II	0.113	0.263	0.309	0.012	0.124	0.821	1.626
III	0.100	0.238	0.274	0.011	0.131	0.754	1.404
IV	0.078	0.205	0.256	0.008	0.116	0.663	1.311
V	0.412	1.066	1.096	0.043	0.687	3.304	5.203
相关系数	0.998**	0.999**	0.999**	0.993**	0.993**	0.999**	

3.2.3 地被物层净生长量和积累量 由表8看出: 类型V纯藤林下活地被物净生长量和死地被物积累量分别为0.103、0.388 t/hm², 均高于其它4种类型, 这是由于混交林的郁闭度大, 一方面抑制了活地被物的生长, 同时又加速了枯枝落叶的分解所致。

表8 不同类型地被物层年平均净生长量和积累量

(单位: t/hm²·a)

样地类型	I	II	III	IV	V
活地被物	0.038	0.017	0.037	0.038	0.103
死地被物	0.167	0.228	0.320	0.233	0.388
合 计	0.205	0.245	0.357	0.271	0.491

3.3 不同类型林藤混交林地上部分营养元素的积累与分布

3.3.1 营养元素的含量 在研究的5种类型中, 乔木层、藤层和地被物层各组成成分营养元素的绝对含量因其上层树种不同而呈较大差异, 但同一层次各组成成分对同一营养元素含量的高低次序并不因上层乔木树种的变化而呈明显的变化。分析结果显示: 不管是上层乔木树种还是林下白藤, N、Mg、B、S元素都是叶的含量最高, 而P、K、Cu元素均为花果的含量最高, 树干和藤茎的含量最低, 其它营养元素在各个器官中的含量不呈规律性。这一结果说明植物体器官生理功能不同, 则从环境中摄取的营养元素量也不同。

3.3.2 营养元素的积累与分布 营养元素的积累, 取决于生物量的积累以及各器官营养元素的含量。不同类型乔木层、藤层及地被物层10种营养元素的积累量及其分布的分析结果(表9、图2)显示: 类型I~IV营养元素的总积累量分别为1977.78、2142.54、1778.21、989.36 kg/hm², 其中乔木层占82%~90%, 藤层占4%~6.5%, 地被物占5%~12%; 与生物量分配百分比相比较, 藤层和地被物层营养元素积累量占其总量的比率均有所上升, 而乔木层则有所下降; 类型V纯藤营养元素总量为389.2 kg/hm², 其中白藤占88.1%, 地被物占11.9%。由此可见, 在林藤人工混交林生态系统中, 藤层无论是在生物量的积累上还是在养分的固定和循环上都处于次要地位, 而在纯藤中却占据着主导地位。这说明在郁闭成林的人工林下间种白藤, 藤的生长受到上层林木的制约, 其速生特性无法获得体现, 这与国外有关

藤类生长的研究结果^[7]相一致。

表9 不同类型林藤混交林地上部分营养元素的积累 (单位: kg/hm²)

样地类型	层次	主要元素					微量元素					合计
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	B	S	
I	乔木	882.9	20.9	139.8	643.5	58.7	23.04	3.70	1.35	0.82	13.16	1787.87
	白藤	41.6	3.0	19.4	13.0	6.2	1.96	0.13	0.03	0.02	2.63	87.97
	地被	48.1	1.5	9.9	29.7	7.3	2.61	0.07	0.03	0.05	2.68	101.94
	合计	972.6	25.4	169.1	686.2	72.1	27.61	3.90	1.41	0.89	18.47	1977.78
II	乔木	1101.8	25.7	193.4	489.6	71.5	7.55	4.05	1.83	0.95	12.87	1899.25
	白藤	43.6	2.9	22.0	13.6	5.0	1.24	0.13	0.03	0.03	3.75	92.28
	地被	83.7	3.1	8.6	40.1	9.6	1.70	0.15	0.04	0.07	3.95	151.01
	合计	1229.1	31.7	214.0	543.3	86.1	10.49	4.33	1.90	1.05	20.57	2142.54
III	乔木	562.8	17.2	89.5	744.8	36.9	38.29	3.61	1.39	0.58	13.28	1508.35
	白藤	37.0	2.5	19.5	12.2	5.2	1.61	0.06	0.03	0.03	2.95	81.08
	地被	88.3	2.9	17.4	63.0	9.1	3.75	0.18	0.05	0.09	4.01	188.78
	合计	688.1	22.6	126.4	820.0	51.2	43.65	3.85	1.47	0.70	20.24	1778.21
IV	乔木	245.1	20.6	154.5	306.3	52.6	18.95	1.47	0.99	0.76	13.83	815.10
	白藤	28.8	2.0	10.9	11.5	5.2	1.14	0.09	0.01	0.02	2.67	62.33
	地被	37.0	1.8	10.5	47.8	7.5	3.58	0.11	0.04	0.06	3.54	111.93
	合计	310.9	24.4	175.9	365.6	65.3	23.67	1.67	1.04	0.84	20.04	989.36
V	白藤	169.9	15.3	79.6	41.0	17.7	3.91	0.31	0.08	0.09	14.93	342.82
	地被	18.4	1.5	9.2	11.7	3.2	0.68	0.05	0.02	0.02	1.61	46.38
	合计	188.3	16.8	88.8	52.7	20.9	4.59	0.36	0.10	0.11	16.54	389.20

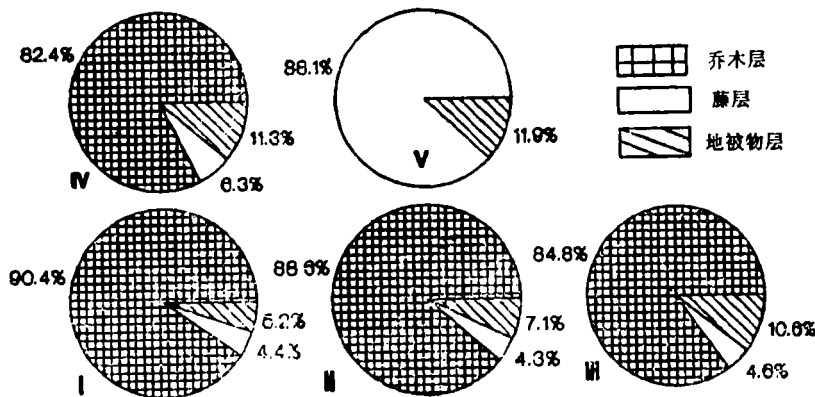


图2 不同类型地上部分营养元素的空间分布

另外, 依不同类型各层次10种营养元素总积累量列成次序阵A, 结果显示: 同一类型不同层次营养元素积累量的分布规律有所差异, 而同一层次不同类型却有相似分布规律, 即乔木层大量元素的分布次序为 Ca>N>K>Mg>P, 其中类型I和类型II的Ca和N互相调换位置, 这是由于这两种类型都有台湾相思(N含量高)的缘故, 微量元素的分布次序为 Mn>S>Zn>Cu>B; 藤层大量元素的分布顺序为 N>K>Ca>Mg>P, 微量元素的分布顺序为 S>Mn>Zn>Cu>B; 地被物层大量元素的分布次序为 N>Ca>K>Mg>P, 微量

元素的分布次序为 S > Mn > Zn > B > Cu。

层次	类型	大 量 元 素					微 量 元 素					
		N	Ca	K	Mg	P	Mn	S	Zn	Cu	B	
乔	I	N	Ca	K	Mg	P	Mn	S	Zn	Cu	B	
	II	N	Ca	K	Mg	P	S*	Mn	Zn	Cu	B	
木	III	Ca	N	K	Mg	P	Mn	S	Zn	Cu	B	
	IV	Ca	N	K	Mg	P	Mn	S	Zn	Cu	B	
白 藤	I	N	K	Ca	Mg	P	S	Mn	Zn	Cu	B	
	II	N	K	Ca	Mg	P	S	Mn	Zn	Cu	B	
	III	N	K	Ca	Mg	P	S	Mn	Zn	Cu	B	
	IV	N	Ca*	K	Mg	P	S	Mn	Zn	B*	Cu	
	V	N	K	Ca	Mg	P	S	Mn	Zn	B*	Cu	
地 被 物	I	N	Ca	K	Mg	P	S	Mn	Zn	B	Cu	
	II	N	Ca	K	Mg	P	S	Mn	Zn	B	Cu	
	III	N	Ca	K	Mg	P	S	Mn	Zn	B	Cu	
	IV	Ca*	N	K	Mg	P	Mn	S*	Zn	B	Cu	
	V	N	Ca	K	Mg	P	S	Mn	Zn	B	Cu	

→ 依次减少 * 有错位现象

3.3.3 不同类型林地营养元素的损失量和归还量 不同类型林藤混交林生产单位干物质所需从土壤和空气中吸收或固定的各种营养元素是不同的，其中N、P、K、Mg、S元素的差异较大，Ca、Mn、Cu、Zn、B元素的差异较小。在研究的5种类型中，以类型V纯藤所需的营养元素最多，每生产一吨干物质需要的10种营养元素总量高达23.974 kg，其中N、P、K、Mg、S分别为11.598、1.033、5.473、1.285、1.019 kg，约为其它4种类型的2~3倍(表10)。由于目前林业经营主要利用的还只有树木的干材、粗枝和藤茎，所以林地土壤中实际损失的养分数量只是这些器官带走的量，其它各器官所含的养分量均随凋落物和收获残留物归还给林地。由表11(见后页)可以看出，不同类型营养元素归还率有着明显的差异，其中类型V纯藤营养元素归还率高达92.1%，其次是类型IV和类型II，营养元素归还率分别为54.4%和39.3%，类型I和类型III的归还率最低，仅为30%。

表10 不同类型林藤混交林生产单位干物质的营养元素需求量 (单位: kg/t)

样 地 类 型	主 要 元 素					微 量 元 素					合 计
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	B	S	
I	5.900	0.154	1.026	4.163	0.438	0.168	0.009	0.024	0.005	0.112	11.999
II	7.456	0.193	1.299	3.296	0.522	0.064	0.012	0.026	0.006	0.125	12.999
III	4.043	0.133	0.743	4.818	0.301	0.256	0.009	0.023	0.004	0.119	10.449
IV	3.146	0.247	1.779	3.697	0.660	0.239	0.011	0.017	0.009	0.203	10.008
V	11.598	1.033	5.473	3.250	1.285	0.282	0.006	0.022	0.006	1.019	23.974

4 结 论

(1) 树龄为18 a、藤龄为5年生的各种类型林藤混交林地上部分总生物量差异明显，但同一层次生物量占总生物量的比例相一致，除白藤纯林外，4种混交林乔木层生物量占总生

表11 不同类型林藤混交林地上部分营养元素的损失量与归还量 (单位: kg/hm²)

样地 类型	项 目	主 要 元 素					微 量 元 素					合 计
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	B	S	
I	损 失 量	643.9	12.8	97.4	557.4	36.4	18.11	1.20	3.18	0.63	7.50	1378.5
	归 还 量	328.8	12.6	71.7	128.8	35.8	9.51	0.21	0.73	0.26	10.97	599.4
	归 还 率 (%)	33.8	49.7	42.4	18.8	49.6	34.44	15.21	18.59	29.23	59.38	30.3
II	损 失 量	721.9	13.6	115.6	394.3	39.0	5.15	1.55	3.21	0.71	5.25	1300.3
	归 还 量	507.2	18.2	98.5	149.0	47.1	5.34	0.35	1.11	0.34	15.32	842.5
	归 还 率 (%)	41.3	57.3	46.0	27.4	54.7	50.90	18.20	25.71	32.21	74.48	39.3
III	损 失 量	438.2	12.0	66.3	660.8	22.5	30.62	1.28	3.31	0.42	9.24	1244.7
	归 还 量	249.9	10.6	60.1	159.2	28.6	13.02	0.20	0.54	0.28	11.00	533.4
	归 还 率 (%)	36.3	47.0	47.5	19.4	56.0	29.84	13.43	14.13	40.27	54.34	30.0
IV	损 失 量	126.8	10.1	80.3	173.7	35.5	12.31	0.74	1.19	0.48	9.94	451.1
	归 还 量	184.2	14.3	95.5	191.8	29.7	11.36	0.31	0.49	0.36	10.10	538.1
	归 还 率 (%)	59.2	58.6	54.3	52.5	45.6	48.00	29.33	28.98	42.89	50.40	54.4
V	损 失 量	10.1	1.6	15.6	2.5	0.1	0.22	0.01	0.05	0.01	0.62	30.8
	归 还 量	178.2	15.2	73.2	50.2	20.8	4.36	0.09	0.32	0.09	15.92	358.4
	归 还 率 (%)	94.7	90.7	82.4	95.2	99.5	95.19	87.58	87.54	91.76	96.26	92.1

物量的92%以上, 藤层占2%~4%, 地被物层占2%~5%。由此可见, 在林藤人工混交林生态系统中, 乔木层是系统中有机物质的主要生产者, 同时也是系统内生物量的主要成分。

(2) 不同类型乔木层地上部分年均净生长量的大小依次为: 类型Ⅲ>类型Ⅱ>类型Ⅰ>类型Ⅳ, 而各器官年均净生长量的大小次序则为: 干材>树枝>干皮>花果>叶, 对藤层而言, 纯藤的年均净生长量最大, 为3.304 t/hm²·a, 分别为类型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ藤层的3.94、4.02、4.38、4.98倍, 各器官净生长量的大小次序为: 叶>叶鞘>花果>藤茎>刺鞭, 活地被物年均净生长量和死地被物年均积累量均以类型Ⅴ纯藤最高, 分别为0.103、0.388 t/hm²·a, 这是由于混交林类型的郁闭度大, 一方面抑制了活地被物的生长, 同时又加速了死地被物的分解所致。

(3) 不同类型地上部分10种营养元素的总积累量差异明显, 类型Ⅰ~Ⅳ分别为1977.78、2142.54、1778.21、989.36 kg/hm², 其中乔木层占82%~90%, 藤层占4%~6.5%, 地被物占5%~12%; 类型Ⅴ纯藤营养元素总积累量为389.2 kg/hm², 其中白藤占88.1%, 地被物占11.9%。由此可见, 在林藤人工混交林生态系统中, 藤层无论是在生物量的积累上还是在养分的固定和循环上都处于次要地位, 而在纯藤林中却占据着主导地位。

(4) 不同类型生产单位干物质对土壤中各种营养元素的需求量不同, 其中N、P、K、Mg、S等元素的差异较大, Ca、Mn、Cu、Zn、B等元素的差异较小。在研究的5种类型中, 类型Ⅴ纯藤所需的营养元素最多, 每生产一吨干物质需要的营养元素总量高达23.974 kg, 约为其它4种类型的2倍, 但其营养元素归还率亦高达92.1%, 远远高于其它4种类型。

参 考 文 献

- 1 许煌灿, 钟惠雨, 符史深. 白藤的特性及栽培技术研究. 热带林业科技, 1984, (2): 9~27.
- 2 尹光天, 许煌灿, 张伟良. 白藤苗木生长过程初报. 热带林业科技, 1987, (5): 47~52.

- 3 尹光天, 许煌灿, 张伟良. 光照与藤苗生长的初步研究. 林业科学研究, 1988, 1(5): 548~552.
- 4 张伟良, 尹光天, 许煌灿. 白藤丛栽试验初报. 林业科学研究, 1990, 3(1): 81~85.
- 5 周再知, 许煌灿, 尹光天. 藤类人工林经济效益评价. 林业科学研究, 1992, 5(1): 47~55.
- 6 Baja-laps A. Rattan plantation developments potential as social forestry project. The Philippine Lumberman, 1987, (2): 20~34.
- 7 丁宝永, 孙继华. 水曲柳天然林生物生产力及营养元素的积累与分布的研究. 东北林业大学学报, 1989, 17(4): 1~8.

Study on the Above-ground Biomass Production and Nutrition Accumulation in Various Mixed Plantations of Forest Trees and Rattan

Yin Cuangtian Xu Huangcan Zhou Zaizhi Zeng Bingshan
Chen Kangtai Chen Tuwang

Abstract Through measurements of above-ground biomass production and 10 nutrition elements' accumulation in four types of man-made tree-rattan mixed plantations (the age of trees and rattan are 18-year-old and 5-year-old respectively) and a pure plantation of *Calamus tetradactylus* Hance. The results showed that the total above-ground biomass yield is 164.849, 164.844, 170.195, 98.864 and 16.234 t/ha respectively for the type I to V; and the biomass of the trees accounts for over 92%, rattan for 2%~4%, and litter for 2%~5% in the tree-rattan plantations. The contents of nutrition elements in different organs of tree, rattan and litter vary in different species for specific element. The total amount of the tested 10 elements are 1 977.78, 2 142.54, 1 778.21 and 989.36 kg/ha respectively for the types I to IV, among them, 82%~90% distributed in the tree layer, 4%~6.5% in rattan, and 5%~12% in litter compared with the distribution of biomass, rattan and litter have higher percentages in nutrition contents. The amount of nutrition elements required for an unit dry matter production and the ratio of nutrition returning back to the soil vary in different types of stands. In type I to V, the total amount of the 10 nutrition elements required for producing a ton of dry matter is 11.999, 12.999, 10.449, 10.008 and 23.974 kg/ha respectively. The ratio of nutrition elements returning to the soil is 30.3%, 39.3%, 30.3%, 54.4% and 92.1% respectively.

Key words tree-rattan mixed plantation, biomass yield, nutrition element, accumulation and distribution pattern

Yin Cuangtian, Assistant Professor, Xu Huangcan, Zhou Zaizhi, Zeng Bingshan (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520), Chen Kangtai, Chen Tuwang (State Farm of Nanhua, Guangdong Province).