

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.02.008

西双版纳橡胶林下恢复雨林树种的配置模式研究

许林红,李思广,蒋云东*,罗 娅,赵永红,张快富,周 云
(云南省林业科学院,云南昆明 650201)

摘 要:在橡胶林下种植望天树、羯布罗香、格木、铁力木、降香黄檀、高阿丁枫等雨林树种,进行7种配置模式的种植试验,通过调查不同配置模式的生物量和碳贮量与橡胶纯林对比,选择出最佳的配置模式,结果表明:橡胶林下种植以格木为最佳模式,同时可以适当配置羯布罗香、望天树和铁力木。

关键词:橡胶林;雨林树种;生态恢复

中图分类号:S718.57 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2019)02-0032-04

A Study of Configuration Modes of Restored Rainforest Species under the Rubber Plantation in Xishuangbanna

XU Lin-hong LI Si-guang JIANG Yun-dong* LUO Ya ZHAO Yong-hong
ZHANG Kuai-fu ZHOU Yun

(Institute of Tropical Forestry, Kunming 650201, China)

Abstract: 7 configuration modes were chosen as experiments by planting tropical rainforest species including *Parashorea chinensis* Wang His., *Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. f., *Erythrophleum fordii* Oliv., *Mesua feffea* L., *Dalbergia odorifera* T. Chen., and *Altingia excels*, under the rubber plantation. The biomass and carbon storage of pure rubber forests were compared with different allocation patterns, in order to select the best configuration mode. The results showed that *E. fordii* was in the best model planted with *Di. Turbinatus*, *P. chinensis* and *M. feffea* under the rubber plantation.

Key words: Rubber plantation, Restored rainforest species, Ecological restoration

橡胶 (*Hevea brasiliensis*) 纯林造成西双版纳缺水、水土流失和生物多样性减少等生态问题,在社会上引起了强烈的反响,引发了人们对中国调整产业结构,发展橡胶产业的质疑。因此,恢复橡胶林下的热带雨林植被和物种多样性十分必要。选择具有高经济价值又具有良好的生态功能的森林物种在橡胶林下开展种植试验,形成橡胶、雨林下层树种、林下

灌木、草本4个层次,改变橡胶林单一的纯林群落,成为多层、多种具有地带性热带雨林特征的植物群落,增加生物多样性,以改进提高胶林的生态功能,增进其经济效益。

通过不同组分物种组合,采取单一、混交、多层复合混交等群落结构模式进行配置,筛选适宜的配置模式,可为科学种植提供参考。^[1]

收稿日期:2018-12-17

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项“XDA05070304”课题;云南省林业科学院“植物营养与林木菌根真菌研究利用学科团队”

作者简介:许林红(1977-)男,工程师,主要研究森林培育和森林生态,e-mail:Xulinhong_hi@163.com。

*通讯作者:蒋云东(1963-)男,研究员,主要从事森林培育及相关领域的研究,e-mail:jyd63@163.com。

1 试验方法

1.1 试验材料

2011年5月将试验地设置在云南省林业科学院普文试验林场7a生的橡胶林内,位于北热带与南亚热带南缘的交界处, E101°6' N22°25', 海拔860 m ~ 900 m, 气候属热带北缘季风类型, 一年当中受潮湿的西南季风和干暖的西南风支流交替控制, 干湿季分明。年平均气温 20.2℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 7459℃, 最热月(7月)均温 23.9℃, 最冷月(1月)均温 13.9℃, 极端低温 -0.7℃, 极端高温 38.5℃, 年平均降水 1 673.5 mm, 平均湿度 83%, 气候条件较好, 植物资源异常丰富, 主要植被类型为山地雨林、沟谷雨林和季风常绿阔叶林。土壤为紫赤红壤, 试验区内土壤厚度在 1 m 以上^[2-6]。

1.2 试验设计

选择铁力木、格木、长叶竹柏、望天树和羯布罗香作为试验树种, 将试验划分为 3 个区组, 每个区组设置 7 种配置模式和橡胶纯林作为对照:

- 1、橡胶 + 铁力木 (*Mesua ferrea*)
- 2、橡胶 + 格木 (*Erythrophloeum fordii*)
- 3、橡胶 + 长叶竹柏 (*Podocarpus nagi*)
- 4、橡胶 + 望天树 (*Parashorea chinensis* Wang Hsie.) + 铁力木 + 长叶竹柏
- 5、橡胶 + 望天树 + 格木 + 长叶竹柏
- 6、橡胶 + 羯布罗香 (*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. f.) + 铁力木 + 长叶竹柏
- 7、橡胶 + 羯布罗香 + 格木 + 长叶竹柏
- 8、橡胶纯林

1.3 试验林的建立

试验林面积 6.67 hm², 依据试验设计分成 3 个区组(重复), 每个区组设 7 种植模式和一个对照, 随机排列。2011年7月沿橡胶林保护带中央按每株 4m 的间隔定植铁力木、格木、长叶竹柏、望天

树和羯布罗香。定植的穴规格均为 40 cm × 40 cm × 40 cm。5 个树种总共定植了 1 368 株, 其中: 铁力木 306 株、格木 317 株、长叶竹柏 473 株、望天树 145 株、羯布罗香 127 株。2014年5月对试验林施 15:15:15 三元复合肥 60g · 株⁻¹, 以定植苗为中心, 距离树干 30 cm 环状施肥。2018年9月测定各处理各树种的树高和胸径。

1.4 生物量和碳贮量计算

南亚热带阔叶树单株二元材积表公式(云南省林业调查规划院)^[7-9]:

$$V = 0.52764291 \times 10^{-4} \times D1.8821611 \times H1.0093166$$

橡胶树单株材积计算公式:

$$V = 3.8 \times 10^{-5} \times D2 \times H - 0.000063$$

单株生物量(kg · 株⁻¹) = 单株材积 × 密度 × 1 000, 据资料统计各树种的平均木材密度为: 橡胶 0.65 kg · cm⁻³、铁力木 1.12 kg · cm⁻³、格木 0.90 kg · cm⁻³、羯布罗香 0.80 kg · cm⁻³、望天树 0.90 kg · cm⁻³、长叶竹柏 0.65 kg · cm⁻³。

碳贮量(T · hm⁻²) = 单株生物量(kg · 株⁻¹) × 0.5 × 每 hm² 株数 ÷ 1 000

0.5 为换算系数, 各树种的密度(株 · hm⁻²): 处理 1~3 为橡胶 500 株 · hm⁻²、铁力木 136 株 · hm⁻²、格木 136 株 · hm⁻²、长叶竹柏 136 株 · hm⁻²; 处理 4~7 为橡胶 500 株 · hm⁻²、铁力木 45 株 · hm⁻²、格木 45 株 · hm⁻²、羯布罗香 45 株 · hm⁻²、望天树 45 株 · hm⁻²、长叶竹柏 45 株 · hm⁻²; 对照处理为橡胶 500 株 · hm⁻²。

2 试验结果分析

2.1 生长量分析

橡胶树 7 a 生时在林下按照试验设计种植铁力木、格木、长叶竹柏、望天树和羯布罗香等, 7 a 后(橡胶树 14 a 生时)橡胶树的树高、胸径生长量见图 1。可以看出, 7 种植模式橡胶树的树高为 12.76 m

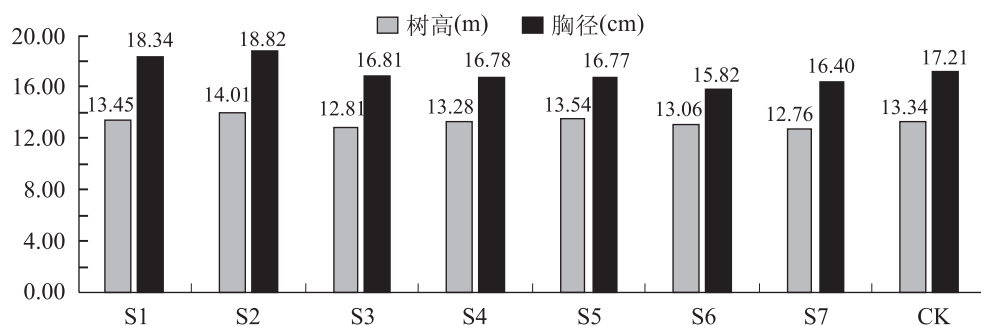


图 1 14 a 生橡胶树生长量

Fig. 1 Growth of 14 years old rubber trees

~14.01 m、胸径 15.82 cm ~ 18.34 cm 与未开展林下种植(常规生产)的橡胶树差异不大,按常规种植的橡胶树树高 13.34 m,胸径 17.21 cm。由此可知:在橡胶林下种植铁力木、格木、长叶竹柏、望天树和羯布罗香等雨林树种,幼年时不会影响橡胶树的正常生长。^[10]

将7种模式的生物量、碳贮量等调查结果列入表1。由表1可见,7种植植模式的碳贮量由大到小依次为:2处理(31.82 T·hm⁻²) > 1处理(28.06 T·hm⁻²) > 5处理(24.11 T·hm⁻²) > 4处理(23.20 T·hm⁻²) > 3处理(22.36 T·hm⁻²) > 7处理(21.82 T·hm⁻²) > 6处理(20.36 T·hm⁻²)。

表1 各处理树种生长量和碳贮量

Tab.1 Growth and carbon storage under treatments

处理	树种	树高(m)	胸径(cm)	地上生物量(kg·株 ⁻¹)	生物量合计(T·hm ⁻²)	碳贮量(T·hm ⁻²)	碳贮量合计(T·hm ⁻²)
S1	橡胶	13.45	18.34	111.63	56.12	27.91	28.06
	铁力木	3.57	3.54	2.31		0.16	
S2	橡胶	14.01	18.82	122.50	63.64	30.62	31.82
	格木	7.25	8.02	17.64		1.20	
S3	橡胶	12.81	16.81	89.33	44.72	22.33	22.36
	长叶竹柏	2.53	2.31	0.42		0.03	
S4	橡胶	13.28	16.78	92.24	46.40	23.06	23.20
	望天树	3.95	4.52	3.25		0.07	
	铁力木	3.77	3.57	2.47		0.06	
	长叶竹柏	2.83	2.47	0.54		0.01	
S5	橡胶	13.54	16.77	93.95	48.22	23.49	24.11
	望天树	4.01	4.19	2.86		0.06	
	格木	7.82	9.00	23.65		0.53	
	长叶竹柏	3.34	3.15	1.01		0.02	
S6	橡胶	13.06	15.82	80.68	40.72	20.17	20.36
	羯布罗香	5.15	5.70	5.84		0.13	
	铁力木	3.69	3.27	2.05		0.05	
	长叶竹柏	2.84	2.92	0.74		0.02	
S7	橡胶	12.76	16.40	84.72	43.64	21.18	21.82
	羯布罗香	5.03	5.47	5.27		0.12	
	格木	7.58	8.89	22.39		0.50	
	长叶竹柏	2.96	3.05	0.84		0.02	
CK	橡胶	13.34	17.21	99.27	49.64	24.82	24.82

从图2可以看出,5种树种树高、胸径生长量由大到小依次为:格木(树高7.55 m、胸径8.63 cm) > 羯布罗香(树高5.09 m、胸径5.58 cm) > 望天树(树高3.98 m、胸径4.36 cm) > 铁力木(树高3.67

m、胸径3.46 cm) > 长叶竹柏(树高2.90m、胸径2.78cm)。平均单株生物量:格木21.23 kg、羯布罗香5.56 kg、望天树3.06 kg、铁力木2.28 kg、长叶竹柏0.71 kg。长叶竹柏长势较弱,可以考虑淘汰。

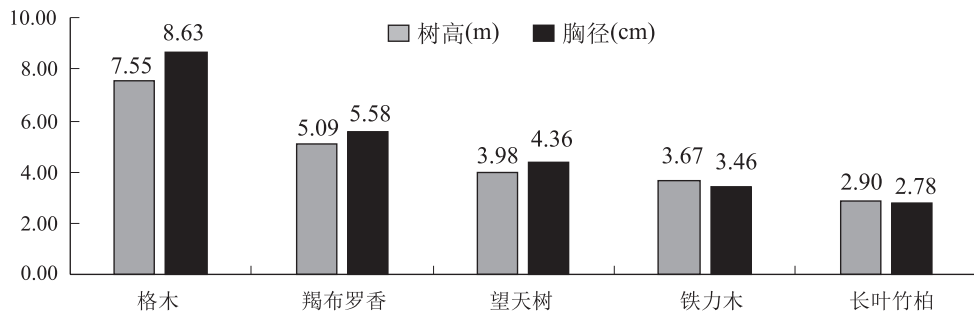


图2 橡胶林下各树种的树高、胸径

Fig.2 The height and diameter of each tree species under the rubber plantation

橡胶林下乔木层生物量各处理排序:2处理(2398.48 kg·hm⁻²) > 7处理(1282.58 kg·hm⁻²)

> 5处理(1238.50 kg·hm⁻²) > 6处理(388.50 kg·hm⁻²) > 1处理(313.60 kg·hm⁻²) > 4处理

($281.43 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 3 处理($57.36 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) (见图 3)。较好的模式是 2 处理、7 处理和 5 处理中均

有格木,格木是最佳树种。最差的 3 处理仅种植长叶竹柏,该配套模式可以淘汰。

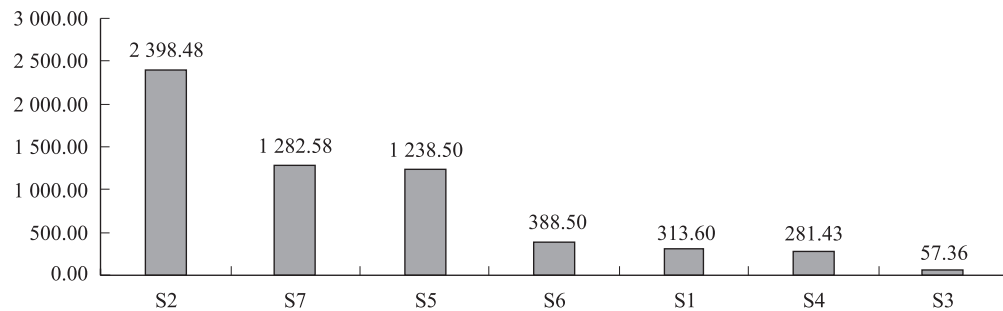


图 3 橡胶林下各处理乔木层生物量排序($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)

Fig. 3 Biomass sequencing of different treated rubber plantations

综合上述分析,橡胶林下恢复雨林树种可以选择格木、羯布罗香、望天树和铁力木,种植时以格木为主,适当配置羯布罗香、望天树和铁力木。

2.2 土壤养分分析

将 3 个重复的土壤养分含量以及对应的生物量列入表 3。由表 3 可见,试验林土壤呈强酸性,土壤肥力中等,全 N、全 P、全 K 含量较高,但有机质含量较低。对生物量积累影响较大的是土壤有机质,试

验地土壤质地中黏,较高的有机质含量能提高土壤的通透性,有利于植物生长。2 重复的有机质含量相对较高,为 $6.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,其生物量也是最高,达 $179.80 \text{ T} \cdot \text{hm}^{-2}$;虽然第 3 重复的全 N(表层 $1.593 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、全 P(表层 $4.184 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、全 K(表层 $12.442 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 含量较高,但有机质含量很低,仅 $4.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,因此,其生物量积累并不高,只有 $163.15 \text{ T} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表 2

各重复土壤养分含量及对应的生物量

Tab. 2

Nutrient contents and corresponding biomass of each repeated soil

重复	土层 (cm)	pH 值	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全磷 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全钾 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	生物量 ($\text{T} \cdot \text{hm}^{-2}$)
1 重复	0 ~ 20 cm	4.91	5.10	1.078	1.623	3.442	175.60
	20 ~ 50 cm	5.06	4.23	0.772	1.779	2.938	
	50 ~ 100 cm	5.37	3.26	0.818	0.746	2.016	
2 重复	0 ~ 20 cm	4.82	6.50	1.021	1.515	7.188	179.80
	20 ~ 50 cm	5.03	5.43	0.785	1.027	4.128	
	50 ~ 100 cm	5.18	4.39	0.574	0.794	3.296	
3 重复	0 ~ 20 cm	4.96	4.50	1.593	4.184	12.442	163.15
	20 ~ 50 cm	5.135	3.93	1.044	2.072	6.438	
	50 ~ 100 cm	5.33	3.39	0.688	1.418	5.016	

3 结论与讨论

橡胶林下适当种植一些雨林树种,每 hm^2 不超过 270 株的情况下在幼树期不会对橡胶树造成不良影响,这样做的优点是在不明显增加投入的前提下可以大大提前热带雨林的恢复时间,最少提前 10 年以上。等到橡胶树被淘汰时,雨林树种基本长成。研究表明,橡胶林下已经形成的非人工种植的树种和藤本有:红木荷 (*Schima wallichii*)、小叶灯台树 (*Alstonia scholaris*)、短刺栲 (*Castanopsis echidnocar-*

pa)、思茅蒲桃 (*Syzygium szemaoense*)、奇叶榕 (*Ficus heterophylla*)、多花野牡丹 (*Medinilla polyanthum*)、单叶吴茱萸 (*Evodia simplicifolia*)、杜茎山 (*Maesa ramentacea*)、水锦树 (*Wendlandia tinctoria*)、野桐 (*Mallotus barbatus*)、云树 (*Garcinia cowa*)、槲木 (*Aralia armata*)、银柴 (*Aporosa octandra*)、山蚂蝗 (*Nicolsonia triflora*)、银叶巴豆 (*Croton cascarilloides*)、光叶算盘子 (*Glochidion lanceolarium*) 等等数 10 种之多,草本植物更是数不胜数。10 a ~ 15 a 后可基本形成人工促进天然的热带雨林。

(下转第 41 页)

- [16] 闵安民,姚敏莲,王宇,等. 肥料配合施用对桉木幼林生长的影响[J]. 海峡科技与产业,2016(4):113~116.
- [17] MIN AM, YI PJ, ZHANG XJ, et al. Effects of Fertilization on Young *Populus deltoids* cv. *Zhonghua Hongye* Growth [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2016, 17(6): 1341~1344.
- [18] 李彦慧,李保国,郭素萍,等. 早实核桃幼树施肥效果研究[J]. 河北农业大学学报,2006,29(1):9~11.
- [19] 陈虹,董玉芝,朱小虎,等. 新疆早实核桃品种测土配方施肥肥效试验初报[J]. 新疆农业科学,2010,47(8):1584~1589.
- [20] 马婷,陈宏伟,熊新武,等. 不同施肥处理对美国山核桃嫁接苗生长的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(2):871~872,971.
- [21] 闵安民,王宇,莫开林,等. 肥料配合施用对核桃产量的影响[J]. 四川林业科技,2018,39(2):18~22.
- [22] 洪顺山. 毛竹配方施肥研究初报[J]. 竹子研究汇刊,1987,6(1):35~41.
- [23] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1):25~32.
- [24] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1):25~32.
- [25] 傅懋毅,谢锦忠,方敏瑜,等. 不同用途毛竹林的施肥研究 I:毛竹材用林的施肥研究[J]. 林业科学研究,1988,1(5):541~546.
- [26] 张文燕,缪妙青,林忠平,等. 绿竹造林及丰产培育技术研究[J]. 林业科学研究,1999,12(2):146~151.
- [27] 郭晓敏,牛德奎,杜天真,等. 毛竹笋材两用林施肥研究初报[J]. 经济林研究,1999,7(3):56~61.
- [28] 洪伟,吴承祯,陈辉,等. 山地绿竹配方施肥技术[J]. 福建林学院学报,2006,26(1):1~5.
- [29] 缪妙青,林忠平,毛石禧. 绿竹不同肥料施肥试验[J]. 福建林业科技,2000,27(1):50~52.
- [30] 高瑞龙. 绿竹施肥种类、时间效果初步实验研究[J]. 西南林学院学报,2000,20(3):139~142.
- [31] 郭晓敏,牛德奎,张斌,等. 集约经营毛竹林平衡施肥效应研究[J]. 西南林学院学报,2005,25(4):84~89.
- [32] 郭岩辉,顾小平,吴晓丽,等. 撑绿竹纸浆原料林施肥效应研究[J]. 福建林学院学报,2010,30(3):279~283.
- [33] 闵安民,张小平,王宇,等. 四川麻竹引种区酸性紫色土区域麻竹配方施肥研究[J]. 世界竹藤通讯,2012,10(4):16~19.
- [34] 高培军. 绿竹笋用林丰产机理与栽培技术研究[D]. 福州:福建农林大学林学院,2003.
- [35] 刘广路,范少辉,张大鹏,等. 梁山慈竹生长对养分施入的响应[J]. 四川农业大学学报,2012,30(4):396~401.
- [36] 刘时才. 梁山慈稳态营养与高效施肥技术的研究[D]. 昆明:西南林学院,2007.
- [37] 李昌伟,连兆煌. 农业化学研究法[M]. 北京:农业出版社,1980.
- [38] 河北农业大学主编,果树栽培学各论(北方本)(第2版)[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [39] 严伍明,杨明亮,胡瑞牯. 毛竹笋材两用林配方施肥试验效果初报[J]. 江西林业科技,1998(1):17~18,20.
- [40] 傅懋毅,谢锦忠,方敏瑜,等. 不同用途毛竹林的施肥研究 I:毛竹材用林的施肥研究[J]. 林业科学研究,1988,1(5):541~546.
- [41] 张玉龙,王喜艳,刘鸣达. 植物硅素营养与土壤硅素肥力研究现状和展望[J]. 土壤通报,2004,35(6):785~788.
- [42] 宫海军,陈坤明,王锁民,等. 植物硅营养的研究进展[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2385~2392.

(上接第 35 页)

橡胶林下恢复雨林的树种可以选择格木、羯布罗香、望天树和铁力木,种植时以格木为主,适当配置羯布罗香、望天树和铁力木、降香黄檀(*Dalbergia odorifera* T. Chen)、高阿丁枫(*Altingia chinensis*)等。

试验林土壤肥力中等,全 N、全 P、全 K 含量较高,但有机质含量较低。对生物量积累影响较大的是土壤有机质,试验地土壤质地中黏,较高的有机质含量能提高土壤的通透性,有利于植物生长。

参考文献:

- [1] 吴志祥,谢贵水,陶忠良,等. 海南儋州不同林龄橡胶林土壤碳和全氮特征[J]. 生态环境学报,2009,(4):1484~1491.
- [2] 兰国玉,王纪坤,吴志祥,等. 海南儋州橡胶林物种组成及群落特征研究[J]. 西南林业大学学报,2014,(5):8~13.
- [3] 岩香甩,田耀华,原慧芳,等. 西双版纳橡胶林下药用植物资源调查分析[J]. 浙江林业科技,2018,(1):96~101.
- [4] 黄先寒,兰国玉,杨川,等. 云南橡胶林林下植物群落物种多样性[J]. 生态学杂志,2017,(8):2138~2148.
- [5] 黄先寒,兰国玉,杨川,等. 广东省橡胶林林下物种组成及灌草物种多样性[J]. 南方农业学报,2016,(11):1914~1920.
- [6] 汤柔馨,马友鑫,莫慧珠,等. 橡胶林复合种植模式的生态与经济效益评价[J]. 云南大学学报(自然科学),2016,(s1):121~129.
- [7] 宋清海,张一平. 西双版纳地区人工橡胶林生物量、固碳现状及潜力[J]. 生态学杂志,2010,(10):1887~1891.
- [8] 周再知,郑海水,尹光天,等. 橡胶树立木材积表的编制研究[J]. 林业科学研究,1996,(5):47~52.
- [9] 周会平,岩香甩,张海东,等. 西双版纳橡胶林下植被多样性调查研究[J]. 热带作物学报,2012,33(8):1444~1449.
- [10] 许林红,阙忠明,蒋云东. 橡胶林下几种热带珍贵用材树种生长节律研究[J]. 四川林业科技,2017,38(4):22~24.