

西双版纳不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的生物量动态及其模型

王秀华¹, 谢志英¹, 赵永祥¹, 王飞军², 刘军伟², 唐建维²

(¹西双版纳州土壤肥料工作站, 云南景洪 666100;

²中国科学院西双版纳热带植物园/热带植物资源可持续利用重点实验室, 云南勐腊 666303)

摘要:为掌握种植在不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生长动态及生物量状况,以种植在3个不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔为研究对象,对大叶千斤拔的生长动态进行了定期观测。并根据28株不同大小的大叶千斤拔个体建立大叶千斤拔的生物量回归模型。根据所建立的生物量回归模型,推算3个不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生物量,并分析其组成和分配特征及其变化趋势。结果表明:不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔自种植的第2年均呈现出较快的生长速率及较强的萌生能力,但其生长量和生物量存在显著差异。4年生橡胶林下大叶千斤拔种植2年半后的平均基径(2.89 cm)分别是7年生和16年生橡胶林下大叶千斤拔的1.25、1.86倍;其平均高度(3.3 m)分别是7年生橡胶林下大叶千斤拔的1.05、1.47倍。4年生橡胶林下大叶千斤拔的生物量为28.356 t/hm²,分别是7年生和16年生橡胶林下大叶千斤拔生物量2.55和6.37倍。不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生物量的器官分配主要以茎为主(50%~60%),根次之(23%~32%),果最小(1.79%~12.38%)。随着橡胶年龄的增大,大叶千斤拔的基茎、高度生长和生物量积累呈迅速下降的趋势。

关键词:橡胶;大叶千斤拔;生长动态;生物量

中图分类号:S181

文献标志码:A

论文编号:2014-0950

Biomass and Its Estimation Model of *Flamingia macrophylla* Intercropped with Rubber Plantations with Different Ages in Xishuangbanna

Wang Xiuhua¹, Xie Zhiying¹, Zhao Yongxiang¹, Wang Feijun², Liu Junwei², Tang Jianwei²

(¹Xishuangbanna Station of Soil Fertilizer, Jinghong Yunnan 666100;

²Key Laboratory of Tropical Plant Resources and Sustainable Use/

Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla Yunnan 666303)

Abstract: In order to understand growth dynamics and biomass accumulation of *Flamingia macrophylla* intercropped with rubber plantation of different ages, periodic observation of growth dynamics of *Flamingia macrophylla* was carried out in 4-year-old, 7-year-old and 16-year-old rubber-*Flamingia macrophylla* intercropped systems. Furthermore, by using the investigation data of 28 samples of *Flamingia macrophylla* with different basal diameter and height, the regression model of the biomass relating with BD^2H was established and applied to estimate the biomass of *Flamingia macrophylla* intercropped with rubber plantation of three different ages. The results showed that mean basal diameter and mean height were 2.89 cm and 3.30 m

基金项目:中国科学院农业项目办公室资助项目“人工橡胶林的合理利用模式及示范”(KSCX2-EW-B-12);西双版纳州科技局资助项目“西双版纳橡胶林复合生态系统建设与示范”(200915);西双版纳州科技局资助项目“不同林龄胶林和茶园中大叶千斤拔的固氮量及其生态效应研究”(YX201102)。

第一作者简介:王秀华,女,1965年出生,云南墨江人,高级农艺师,本科,主要从事土壤肥料、耕地质量保护和提升等技术研究和推广。通信地址:666100 云南省景洪市广电路8号 西双版纳州土壤肥料工作站, Tel: 0691-2147493, E-mail: wxh65211@126.com。

通讯作者:唐建维,男,1964年出生,广西全州人,博士,研究员,主要从事热带森林生态系统与农林复合生态系统的研究工作。通信地址:666303 云南省勐腊县勐仑镇 中国科学院西双版纳热带植物园, Tel: 0691-8715080, E-mail: tangjw@xtbg.org.cn。

收稿日期:2014-04-03, **修回日期:**2014-05-15。

after it was planted in 4-year-old rubber plantation for 2.5 years, which were 1.25 and 1.86 times, and 1.05 and 1.47 times as much as that of mean basal diameter and mean height in 7-year-old and 16-year-old rubber plantations, respectively. The biomass of *Flamingia macrophylla* was 28.356 t/hm² after it was planted in 4-year-old rubber plantation for 2.5 years, which was 2.55 and 6.37 times as much as that in 7-year-old and 16-year-old rubber plantations. Concerning organ allocation of biomass of *Flamingia macrophylla*, the biomass of stem occupied the greatest proportion (50%–60%) of the total biomass, root biomass was ranked the second (23%–32%), leaf biomass was accounted for 11%–16%, but fruit contributed the smallest (1.79%–12.38%) of the total biomass. The results indicated that the growth of basal diameter and height as well as biomass accumulation declined sharply with the rubber plantation age.

Key words: rubber plantation; *Flamingia macrophylla*; growth dynamics; biomass

0 引言

橡胶(*Hevea brasiliensis*)是一种重要的热带经济树种,随着工业化的迅速发展,对橡胶需求量的急剧增加,天然橡胶的大规模种植和发展十分迅速。1976—2003年,在西双版纳地区约139567 hm²的热带雨林被橡胶林所取代^[1];至2012年,西双版纳的橡胶林面积已达28.95万hm²^[2]。橡胶林的大面积种植不仅直接导致了景观破碎和生物多样性的丧失^[1,3];并对当地的生态环境产生了影响,如导致土壤容重增加、土壤酸化、土壤有机质及养分含量下降^[4-5],甚至对局部气候^[6]及区域的水分平衡也产生了一定的影响^[7-9]。如何改造现存的大面积的单一橡胶林,从而改善种植区域及胶园的生态环境,组建可持续发展的胶园种植新模式,已成为当前橡胶种植业急需解决的难题和有待深入研究的重大问题^[10]。

大叶千斤拔(*Flemingia macrophylla*)为蝶形花科千斤拔属植物,常生长于灌草丛或次生森林边缘,在云南主要分布于滇西、滇西南及滇南海拔200~1400 m的热区,在海拔2000 m以下均能生长^[11]。大叶千斤拔不仅适应性强、繁殖栽培容易、萌发力强、生长快,并具有耐干旱、耐贫瘠和耐荫性较强等综合优良特性;且能利用根瘤菌固氮,可有效地保持水土,提高土壤肥力,改良土壤^[12-13],其根药用,还可用作绿肥和家畜饲料,是云南热区值得开发利用的豆科灌木类优良牧草种质资源和绿肥资源^[11]。此外,大叶千斤拔是极好的地被覆盖植物,将地上部分砍伐后覆盖在林地上,不仅减少土壤水分蒸发,有利于保持地温和土壤湿度;而且还可以有效阻止杂草种子的萌发和早期生长速度^[11]。

大面积物种、结构单一、宽行密植的橡胶林,不仅是在橡胶的幼林期,还是橡胶的成熟期,都在林下产生大面积的空地,为林下种植其他经济植物,组建多层次、多种类的胶林复合生态系统提供了广阔的试验场

所和空间。为解决单一橡胶林土地利用率低、土壤肥力下降及其对生态环境产生严重影响的问题,根据大叶千斤拔的生物生态学特性,中国科学院西双版纳热带植物园的科研人员于2010年在西双版纳不同年龄的橡胶林下进行了橡胶-大叶千斤拔的组合模式试验,其目的是为了改变目前橡胶的单一种植格局,保持橡胶林的土壤水分和养分,提高单一胶林的土地利用效率及经济与生态效益,从而改善橡胶林的生态环境。笔者仅就新组建的不同年龄的橡胶-大叶千斤拔复合模式中大叶千斤拔的生长及生物量积累动态进行初步分析,以期对不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的种植提供借鉴与参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于西双版纳傣族自治州勐腊县勐腊镇龙林村委会曼降因村小组的3个不同年龄阶段的橡胶林。该地区属于西南热带季风气候,干、湿季变化明显,一年可分为干热、湿热和雾凉3季,3—5月为干热季,气温较高,雨量较少;6—10月为雨季(湿热季),气候湿热,此时集中了全年降水的85%;11月至次年2月为雾凉季,降雨较少,但早晚有浓雾,空气湿度较大,可以弥补此时期降雨量的不足。年平均气温21.5℃,≥10℃积温7860℃,平均最低气温7.5℃,年日照时数1828 h,年均降雨量达1539 mm。土壤为由白垩纪砂岩发育而成的砖红壤,pH 5.0左右。

1.2 研究方法

试验选取4、7、16年3个不同年龄的橡胶林,橡胶的种植规格为2.5 m×8 m。2010年7月大叶千斤拔种植在橡胶的行距间,种植规格为1.0 m×0.8 m(在橡胶的行距间种植7行,10830株/hm²)。每年年底对大叶千斤拔进行1次砍伐,其茎、枝、叶铺盖在橡胶林下。各样地的基本特征见表1。

表1 不同年龄橡胶-大叶千斤拔组合模式各样地基本特征

	4年	7年	16年
地理位置	21°33'36.62"N, 101°28'58.84" E	21°33'35.39"N, 101°28'59.74"E	21°33'26.48"N, 101°28'40.32" E
海拔/m	870~880	870~880	880~890
坡度/°	25—30	25—30	20—25°
坡向/°	SW60	SW10	SW50
坡位	中下	中下	中下

1.3 植物生长调查及生物量的测定

2010年、2011年和2012年12月分别在每块样地(25 m×20 m)的上、中、下分别选取1行大叶千斤拔,随机对其中的30株大叶千斤拔进行基径、高度和萌枝数量的调查。2012年12月采用收割法分别测定大叶千斤拔的叶、茎、根的鲜重,并对各器官取样品2份,带回实验室后,一份样品的茎、枝、根在105℃、叶在75℃烘干至恒重称重,以计算大叶千斤拔单株的干重和单位面积上的生物量。另一份样品以作养分元素含量分析之用。此外,2010—2012年每年12月对大叶千斤拔进行1次砍伐,其茎、枝、叶铺盖在橡胶林下。

1.4 统计分析和方法

将数据录入Excel 2010,采用SPSS 13.0进行数据统计和分析及生物量模型的建立。各样地之间大叶千斤拔的生长及生物量的差异采用单因素方差分析(ANOVA)及多重比较法(LSD)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 大叶千斤拔的生长动态

对种植在3个不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的生长动态观测结果(表2)表明,在种植2.5年后,4年生橡胶林下的大叶千斤拔的基径(2.89 cm)分别是种植0.5年和1.5年后的3.52倍和1.40倍,其高度(3.30 m)则分别是3.11倍和1.06倍。而7年生橡胶林下的大叶千斤拔的基径(2.31 cm)分别是种植0.5年和1.5年

后的5.63倍和1.13倍,其高度(3.13 m)则分别是6.80倍和1.12倍。16年生橡胶林下的大叶千斤拔的基径(1.55 cm)分别是种植0.5年和1.5年后的4.84倍和1.11倍,其高度(2.25 m)则分别是9.0倍和1.06倍。这表明不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的基径生长和高度生长虽然各不相同,但体现出一个共同的特点,即在种植后的半年时间里,生长都较为缓慢;自种植的第2年均呈现出较快的生长速率,同时其萌枝数量也在逐年增多。

就不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生长而言,3个不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔不论是基径生长还是高度生长都存在显著差异($P<0.05$)。4年生橡胶林下大叶千斤拔的基径和高度生长量均显著大于7年生和16年生橡胶林下的大叶千斤拔的生长量;同时7年生橡胶林下的大叶千斤拔的基径和高度生长量显著大于16年生橡胶林下的大叶千斤拔的生长量($P<0.05$)。在种植0.5、1.5、2.5年后,4年生橡胶林下大叶千斤拔的平均基径分别是7年生橡胶林下大叶千斤拔的2.0、1.22、1.25倍,是16年生橡胶林下大叶千斤拔的2.56、1.71和1.86倍;其平均高度分别是7年生橡胶林下大叶千斤拔的2.30、1.12、1.05倍,是16年生橡胶林下大叶千斤拔的4.24、1.41和1.47倍。而7年生橡胶林下大叶千斤拔的平均基径分别是16年生橡胶林下大叶千斤拔的1.28、1.40、1.43倍;其平均高度分别是16年生橡胶林下大叶千斤拔的1.84、1.31、1.39倍。这表明随着橡胶林年龄的增长,大叶千斤拔的生长在逐渐减慢;同时萌枝数量也在逐渐减少。

2.2 大叶千斤拔生物量模型的建立

生物量模型的建立是为相似立地条件下各种植物生物量的估算提供依据。为建立大叶千斤拔的生物量模型,选取了28株不同大小的大叶千斤拔个体,采用收获法对其生物量进行测定,以基径的平方和高度的乘积为横轴,个体的生物量为纵轴,得到大叶千斤拔个体生物量随基径和高度变化的散点图(图1)。

采用多种线性和非线性的回归方程对其进行回归分析,结果显示,以幂函数拟合的生物量模型的相关系

表2 不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的生长动态

林龄/年	调查时间(年.月)	基径/cm	高度/cm	萌枝数
4	2010.12	0.82±0.41	1.06±0.38	3.31±1.68
	2011.12	2.26±0.39	3.12±0.48	4.83±1.78
	2012.12	2.89±0.53	3.30±0.44	5.52±1.86
7	2010.12	0.41±0.22	0.46±0.23	3.05±1.21
	2011.12	1.85±0.29	2.78±0.72	4.10±1.36
	2012.12	2.31±0.60	3.13±0.41	4.86±1.45
16	2010.12	0.32±0.07	0.25±0.08	2.60±0.94
	2011.12	1.32±0.36	2.12±0.68	3.88±0.76
	2012.12	1.55±0.39	2.25±0.55	4.16±1.73

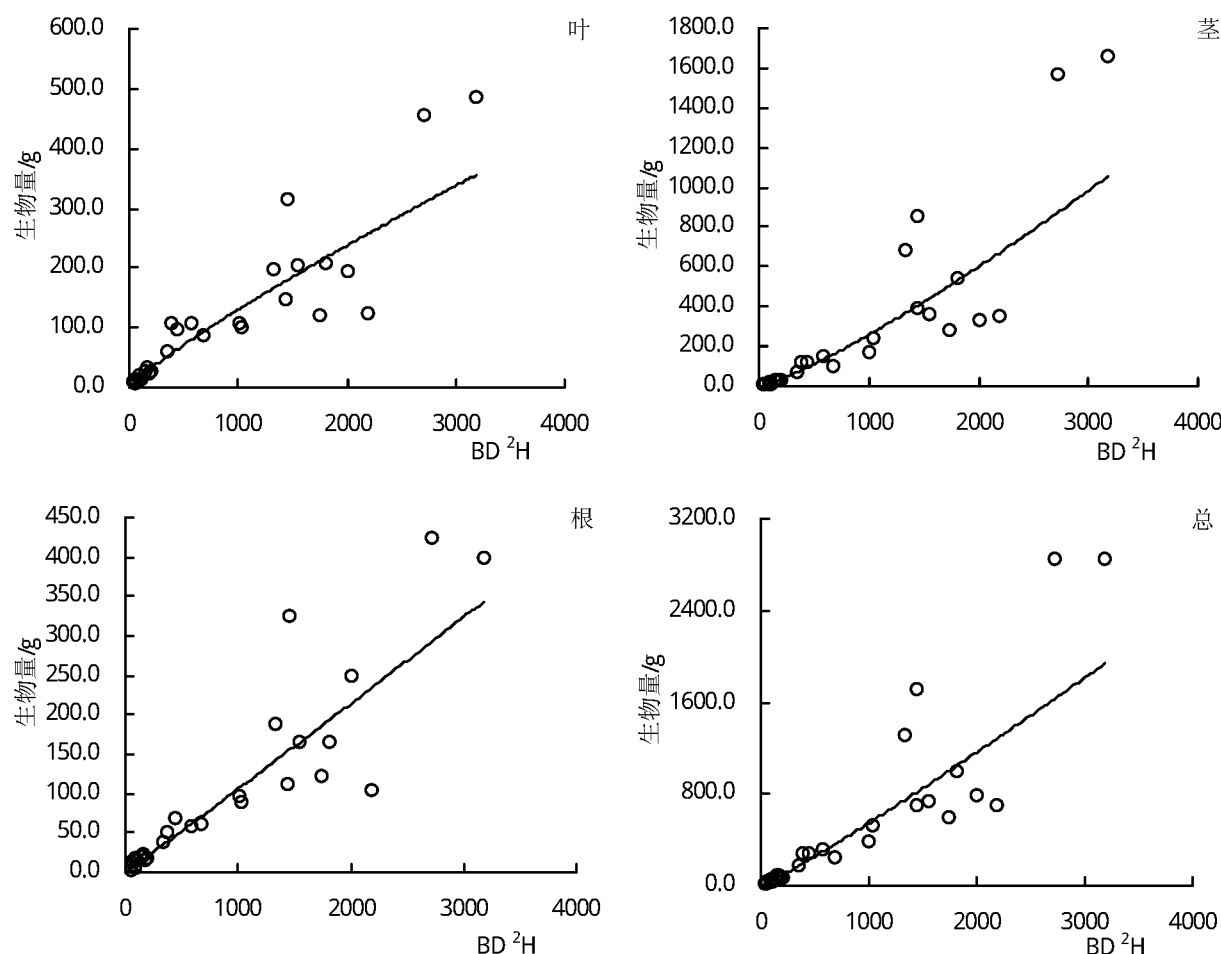


图1 大叶千斤拔个体生物量随基径和高度变化的动态曲线

数最高,其个体生物量模型为:

(1) 叶: $W_L = 0.3225BD^2H^{0.8685}$, $R^2 = 0.9252$ ($n=28$, $P < 0.001$), $0.72 \text{ cm} < BD < 3.32 \text{ cm}$, $0.82 \text{ cm} < H < 3.12 \text{ cm}$ 。

(2) 茎: $W_S = 0.0593BD^2H^{1.2135}$, $R^2 = 0.9501$ ($P < 0.001$)。

(3) 根: $W_R = 0.0921BD^2H^{1.0198}$, $R^2 = 0.8927$ ($P < 0.01$)。

(4) 总: $W_T = 0.2848BD^2H^{1.0939}$, $R^2 = 0.9439$ ($P < 0.001$)。

式中, W 为生物量(g), BD 为基径(cm), H 为高度(cm)。经检验,4个模型都达到极显著水平,表明拟合的生物量模型较好地反映了大叶千斤拔个体的生物量动态。

2.3 大叶千斤拔的生物量动态

根据连续3年对不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的调查数据,采用已建立的大叶千斤拔的生物量回归模型,对3个不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生物量进行估算。结果(表3)表明,3个不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔随着种植时间的增长,其生物量积累非常迅速,尤以4年生橡胶林下的大叶千斤拔最为突出。种植2.5年后,4年生橡胶林下的大叶千斤拔的生物量

(28.356 t/hm^2)分别是种植0.5年和1.5年的11.83、1.37倍。7年生橡胶林下的大叶千斤拔的生物量(11.126 t/hm^2)分别是种植0.5年和1.5年的108.0、1.14倍。16年生橡胶林下的大叶千斤拔的生物量(4.450 t/hm^2)分别是种植0.5年和1.5年的296.67、1.36倍。

就3个不同年龄橡胶林下大叶千斤拔的生物量积累来看,在相同的种植时间里其生物量存在着显著差异($P < 0.05$)。种植0.5、1.5和2.5年时,4年生橡胶林下的大叶千斤拔的生物量分别是7年生橡胶林下大叶千斤拔生物量的23.26、2.12和2.55倍,是16年生橡胶林下大叶千斤拔生物量的159.73、6.34和6.37倍。而7年生橡胶林下大叶千斤拔的生物量分别是16年生橡胶林下大叶千斤拔生物量的6.87、2.69和2.50倍。从上述结果可看出,随着橡胶林年龄的增长,大叶千斤拔的生物量积累呈迅速下降的趋势。

2.4 大叶千斤拔各器官生物量的分配

从3个不同年龄橡胶林下大叶千斤拔生物量各器官的分配比例(表3)来看,4年生橡胶林下的大叶千斤拔随着种植时间的增长,茎所占的比例逐年增长,叶所

表3 大叶千斤拔各器官生物量的分配

调查时间 (年.月)	器官名称	4年		7年		16年	
		生物量/(t/hm ²)	比例/%	生物量/(t/hm ²)	比例/%	生物量/(t/hm ²)	比例/%
2010.12	茎	1.024(0.56)	42.75	0.052(0.01)	50.35	0.006(0.0052)	36.48
	叶	0.838(0.35)	35.00	0.008(0.005)	8.52	0.002(0.001)	13.80
	根	0.533(0.27)	22.24	0.042(0.02)	41.12	0.008(0.006)	49.72
	总	2.396(1.87)	100	0.103(0.056)	100	0.015(0.014)	100
2011.12	茎	10.52(2.64)	51.32	4.83(1.63)	49.49	1.658(0.686)	50.81
	叶	2.87(0.86)	14.00	1.12(0.74)	11.48	0.439(0.203)	13.45
	根	4.98(1.43)	22.83	1.95(1.18)	19.98	1.112(0.457)	34.08
	果	2.43(0.89)	11.85	1.86(1.05)	19.06	0.054(0.022)	1.65
	总	20.50(3.67)	100.0	9.76(2.23)	100	3.263(1.015)	100
2012.12	茎	15.028(2.49)	53.00	6.686(4.39)	60.09	2.273(1.57)	51.09
	叶	3.143(0.53)	11.08	1.605(1.19)	14.43	0.708(0.35)	15.91
	根	6.673(1.21)	23.53	2.589(0.18)	23.27	1.423(0.50)	32.00
	果	3.511(0.08)	12.38	3.168(1.17)	2.85	0.080(0.56)	1.79
	总	28.356(3.98)	100	11.126(2.97)	100	4.450(2.26)	100

注：括号内为标准差。

占的比例逐年下降,根和果所占的比例则呈现缓慢地增长。而各器官的比例大小顺序随着时间的增长也发生了相应的变化,0.5年时各器官的比例大小顺序为茎>叶>根;1.5年时,其顺序为茎>根>叶>果;2.5年时则变为茎>根>果>叶。

7年生橡胶林下大叶千斤拔各器官的分配比例随着种植时间的增长与4年生橡胶林下大叶千斤拔的器官分配比例有所不同,其茎所占的比例呈现先下降再增长的趋势,叶则随年龄逐渐增长,根所占的比例则与茎所占的比例变化趋势一样。果所占的比例则随年龄呈下降的趋势。7年生橡胶林下大叶千斤拔生物量各器官所占比例的大小顺序变化规律为:0.5年:茎>根>叶;1.5年:茎>根>果>叶;2.5年:茎>根>叶>果。

16年生橡胶林下大叶千斤拔各器官的分配比例随着种植时间的增长体现出不同的变化特点,其茎所占的比例随着时间而逐渐增长,叶所占的比例则呈现先下降再增长的趋势。根所占的比例则随时间逐渐下降,果所占的比例最小,仅占1.65%~1.79%。各器官的所占比例的大小顺序变化规律为:0.5年:茎>根>叶;1.5年和2.5年为:茎>根>叶>果。

3 结论

(1)大叶千斤拔在林龄最小的4年生橡胶林下生长最好,生物量最大,7年生橡胶林下的生长及生物量次之,林龄最大的16年生橡胶林下生长最差,其生物

量积累也最小。这表明随着橡胶林林龄的增大,其遮荫度越来越大,林下的光照越来越弱,从而使大叶千斤拔的基径、高度生长越来越缓慢,其生物量积累也越来越少。

(2)不同年龄橡胶林下大叶千斤拔随着年龄和时间的增长,各器官的大小分配比例呈现出不同的变化,这表明大叶千斤拔随着橡胶年龄和种植时间增长,其各器官干物质积累速率存在差异。但不同年龄橡胶林下的大叶千斤拔的生物量的器官分配都以茎所占的比例最高,根所占比例次之,这也说明大叶千斤拔具有较强的萌发能力,根具有较强的生长能力。大叶千斤拔虽是阳性喜光植物,但耐荫性较强,在林下比大多数灌木类豆科植物生长好^[11]。因此在已郁闭的橡胶林下可通过加大种植密度的方法来提高大叶千斤拔的生物量积累,以达到增加其养分归还量及改良土壤的目的。

4 讨论

在农林复合系统中种植豆科植物不仅能通过生物固氮作用满足植物自身的氮素需求,而且能通过富含氮凋落物的分解向土壤归还更多的氮素,提高土壤的氮素水平和有效性,从而改变氮素的生物地球化学循环途径^[14]。有研究结果表明,在橡胶林中种植大叶千斤拔,每年可进行1~2次的砍伐,将其茎、枝、叶覆盖在林地上,通过自然分解,使其各器官内的养分元素释放到土壤中,有效地提高土壤肥力,并促进橡胶的生长^[15]。

此外,通过大叶千斤拔地上部分在林地上覆盖,改变林地土壤温度、水分条件以及其他非生物因子,同时使土壤微生物、土壤动物种类组成和结构也发生变化^[13]。在这些因素的综合影响下,使橡胶-大叶千斤拔复合系统中的土壤有机质和养分元素含量得到改善,并促进橡胶的生长^[15]。本研究也再次证明,在橡胶林内间种大叶千斤拔是改变橡胶单一种植结构、提高土壤肥力,保持土壤水分,改善胶林生态环境的一条有效途径。同时,本研究首次采用以大叶千斤拔的基径的平方(BD^2)和高度的乘积为自变量建立了大叶千斤拔各器官的生物量优化回归模型,其相关性均达到极显著水平,并具有较高的可信度,可应用于相似立地条件下大叶千斤拔生物量的估测。所建立的生物量模型在实际工作中具有较强的可操作性,只需调查林分中个体的基径及高度,就可计算出单株个体各器官的生物量和林分单位面积上的生物量。为科学评价和优化、改善种植区域及胶园的生态环境,组建可持续发展的胶园种植新模式提供依据和方法。

参考文献

- [1] Li H M, Aide T M, Ma Y X, et al. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China[J]. *Biodiversity and Conservation*,2007,16(6):1731-1745.
- [2] 西双版纳傣族自治州统计局,国家统计局西双版纳调查队.西双版纳傣族自治州统计年鉴[M].内部资料,2013:53.
- [3] Li H M, Ma Y X, Liu W J, et al. Clearance and fragmentation of tropical rain forest in Xishuangbanna, SW, China[J]. *Biodiversity and Conservation*,2009,18:3421-3440.
- [4] Yang J C, Huang J H, Pan Q M, et al. Long-term impacts of land-use change on dynamics of tropical soil carbon and nitrogen pools [J]. *Journal of Environmental Sciences*,2004,16:256-261.
- [5] 张敏,邹晓明.热带季节雨林与人工橡胶林土壤碳氮比较[J].*应用生态学报*,2009,20(5):1013-1019.
- [6] 戴波.经济发展与生态保护的思考—橡胶种植与热带雨林[J].*生态经济*,2008,8:92-95.
- [7] 周宗,胡绍云.橡胶产业对西双版纳生态环境影响初探[J].*环境科学导刊*,2008,27(3):73-75.
- [8] 周外,吴兆录,何馨成,等.橡胶种植与饮水短缺:西双版纳戈牛村的案例[J].*生态学杂志*,2011,30(7):1570-1574.
- [9] Tan Z H, Zhang Y P, Song Q H, et al. Rubber plantations act as water pumps in tropical China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2011,38.
- [10] 李国华,田耀华,倪书邦,等.橡胶树生理生态学研究进展[J].*生态环境学报*,2009,18:1146-1154.
- [11] 赵茜.大叶千斤拔——云南热区优良牧草种质资源[J].*四川草原*, 2002,4:31-32.
- [12] 徐春富.一种多用途的木本豆科树种——大叶千斤拔[J].*中国水土保持*,1987,9:42.
- [13] 武崇周.一种值得大力推广的经济树种——大叶千斤拔[J].*农村实用技术*,1999,5:47-49.
- [14] Peoples M B, Herridge D E, Ladha J K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production[J]. *Plant and Soil*,1995,174:3-28.
- [15] 庞家平,陈明勇,唐建维,等.橡胶-大叶千斤拔复合生态系统中的植物生长与土壤水分养分动态[J].*山地学报*,2009,27(4):433-441.