

桤柏混交林林下植被结构及生物量动态

吴鹏飞^{1,2}, 朱波¹

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 西南民族大学, 四川 成都 610041)

摘要: 林下植被是森林生态系统的重要组成部分, 在森林生态系统的物质循环、生物多样性以及演替、发展等方面具有重要的作用。选取具有代表性的 10、15、20、25 a 桤 (*Alnus cremastogyne*) 柏 (*Cupressus funebris*) 混交林和由桤柏混交林演替而来的 30 a 纯柏林为研究对象, 研究了川中丘陵区桤柏混交林的林下植被结构及生物量的动态变化。(1) 灌丛和草本的物种丰富度在 10~20 a 间增加, 20~30 a 间, 灌丛物种丰富度显著降低, 草本层无明显变化。(2) 灌丛和草本层的高度在 10~15 a 间显著增加, 15~30 a 间缓慢降低, 灌丛高度具较大的空间异质性。(3) 灌丛和草本层的盖度在 15 a 前后有显著的上升和下降, 20~30 a 间无显著的变化; 草本层的盖度高于灌丛, 且空间异质性小于灌丛。(4) 灌丛生物量在 15 a 前后有显著增加和下降, 20~30 a 间相对稳定; 草本层生物量在 10~30 a 间呈波动性变化, 但总体上呈下降趋势。研究表明, 在桤柏混交林的生长发育过程中, 林下植被的结构和功能呈逐渐退化趋势。

关键词: 川中丘陵区; 桤柏混交林; 林下植被; 结构; 生物量

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)03—0044—05

中图分类号: Q948.15

Structure and Biomass Dynamics of Understory Vegetation for the Mixed Alder and Cypress Plantations

WU Peng-fei^{1,2}, ZHU Bo¹

(1. Institute of Mountain Hazards and Environments, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. College of Life Science and Technology, Southwest University of Nationalities, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: Understory vegetation, one of the important parts of forest ecosystem structure, has some effects on material cycling, biodiversity, succession, and development of forest ecosystem. To study the structure and biomass dynamics of understory vegetation, investigations were conducted on the typical plantations of the mixed alder (*Alnus cremastogyne*) and cypress (*Cupressus funebris*) at 10, 15, 20, 25, and 30 year cypress plantation succeeded from the mixed plantations in the hilly areas of central Sichuan basin. Results showed that species abundance in shrub and herb layers increased from 10th to 20th years. However, from 20th to 30th years, species abundance in shrub layer declined significantly, and in herb layer, it did not change significantly. Heights of shrub and herb layers increased significantly from 10th to 15th years and decreased slowly from 15th to 30th years. Spatial heterogeneity of shrub height in the samples at the same age was higher. Coverage degrees of shrub and herb layers increased significantly before 15th year and then declined sharply, but did not change significantly from 20th to 30th years. Coverage degree of herb layer was higher and its spatial heterogeneity was lower compared with shrub layer. Biomass of shrub layer increased significantly before 15th years, then decreased from 15th to 20th year, and eventually stabilized from 20th to 30th years. Biomass of herb layer fluctuated from 10th to 30th years and tended to decline with plantation age. The results indicate that structures and functions of understory vegetation tend to degenerate with growth and development of the mixed alder and cypress plantations.

Keywords: hilly area of central Sichuan Basin; mixed alder and cypress plantation; understory vegetation; structure; biomass

收稿日期: 2007-09-12

修回日期: 2007-12-12

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX3-SW-330); 国家重点基础研究发展计划 (2003CB415202)

作者简介: 吴鹏飞 (1975—), 男 (汉族), 河南省淮滨县人, 博士, 主要研究方向为恢复生态学。E-mail: wupf@swun.cn。

通信作者: 朱波 (1966—), 男 (汉族), 四川省仁寿县, 博士生导师, 主要从事生态、土壤学、环境地球化学等方向的科学研究。E-mail: bzhu@imde.ac.cn。

林下植被是森林生态系统的—个重要组成部分,在森林生态系统的物质循环^[1-3]、维持森林的生物多样性^[4-5]以及森林的演替、发展等方面具有十分重要的生理生态作用^[6-8]。此外,林下植被的生长发育还能提高森林,尤其是人工林的水土保持功能^[9]以及起到对立地条件的指示作用^[10]。

川中丘陵区的桉柏混交林是在20世纪70—80年代营造的一种长江防护林,目前,桉柏混交林遍布川中丘陵地区,是长江防护林的主体林型之一。现有的桉柏混交林研究主要集中在乔木层方面^[11-14],关于其林下植被的研究较少。本文以川中丘陵区不同年龄段的典型桉柏混交林和由其演替而来的纯柏林为研究对象,主要研究林下植被结构及生物量的变化趋势,为人工桉柏混交林生态系统的结构和功能评估提供科学依据。

1 研究区概况

川中丘陵区位于四川盆地中部,长江以北,剑阁、苍溪、仪陇等县以南,龙泉山以东,华蓥山以西,包括内江、南充、遂宁、广安、资阳、绵阳、乐山、德阳、成都等9个市地49个县市。其土地面积 $1.21 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中耕地面积占29.5%,林地面积占21.3%,水域面

积占7.5%。大部分地区海拔350~700 m。该区属于中亚热带湿润气候,具有冬暖,春旱,夏热和秋雨的气候特点。川中丘陵区的植被属于常绿阔叶林亚区中的中亚热带常绿阔叶林地带。在盆地内自然植被组合有亚热带常绿阔叶林、低山常绿阔叶林、竹林和亚热带草丛,人工植被主要有桉柏混交林、纯柏林以及经济林类。

2 研究方法

2.1 样地的选择方法

在样地的坡位、坡度、坡向、海拔等立地条件基本一致的前提下分别选取了具有代表性的10,15,20和25 a桉柏混交林和由混交林演替而来的30 a纯柏林作为研究样地。于2004年12月至2005年1月间,对选定的样地进行了调查(表1)。

2.2 林下植被结构的调查方法

在选定的不同林龄段的桉柏混交林样地内,根据对角线在每个大样方内各取3个 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 和 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的小样方,分别对样方内的灌木和草本的组成种类、高度和盖度进行调查。灌丛和草本层的高度采用米尺直接测量,而盖度则是通过3人同时目测估计,然后求其平均值。

表1 样地基本情况

林龄/ a	坡位	坡向/ (°)	坡度/ (°)	海拔/ m	郁闭度	密度/(株·hm ⁻²)		高度/m		胸径/cm	
						桉木	柏木	桉木	柏木	桉木	柏木
10	中	NW60°	40°	464	0.57	500	8 800	7.03	4.07	2.8	2.1
	上	SE45°	30°	458	0.54	570	7 900	8.47	4.19	7.9	2.8
15	上	NE 60°	25°	544	0.65	150	3 950	8.42	5.61	9.2	6.0
	上	NE 60°	27°	516	0.62	600	6 500	8.77	3.77	7.9	3.7
	上	NE45°	27°	629	0.85	200	4 000	6.34	4.05	8.3	5.2
	中	SW31°	30°	667	0.70	225	2 300	5.50	3.54	6.9	4.2
20	上	NW43°	18°	639	0.80	350	5 575	9.98	5.87	10.6	6.0
	上	NW30°	3°	574	0.70	200	7 100	6.11	6.69	6.5	5.9
	上	NW45°	36°	370	0.60	200	3 950	10.71	7.15	10.8	7.0
	上	SW45°	28°	504	0.80	500	2 950	11.05	6.63	11.3	8.5
	中	NE30°	25°	534	0.92	275	6 475	9.48	5.28	13.7	6.4
	下	NE37°	20°	321	0.85	225	3 750	8.80	6.01	10.9	7.9
25	上	NW45°	38°	515	0.80	225	4 675	9.99	7.84	9.2	7.9
	中	NW45°	30°	535	0.90	650	3 500	9.62	7.54	8.4	7.5
	下	NW10°	43°	509	0.86	400	3 775	9.14	8.24	7.5	8.1
	上	SE45°	32°	493	0.60	375	925	13.59	9.44	13.7	9.5
	上	WS7°	31°	480	0.60	325	4 350	9.76	6.86	8.9	8.0
	上	NE70°	13°	497	0.55	—	4 400	—	8.26	—	8.2
30	中	NE30°	30°	471	0.50	—	3 225	—	9.54	—	9.5
	上	NE5°	30°	576	0.50	—	4 000	—	9.12	—	8.0
	中	NE30°	30°	418	0.65	—	3 525	—	9.40	—	10.0
	上	SW40°	40°	452	0.60	—	3 350	—	10.40	—	9.6

2.3 林下植被生物量的调查方法

生物量的调查采用“样方收获法”。其中,灌丛的生物分地上和地下部分两层采集鲜重,而草本层则是全株采集。把采集的植株鲜重按比例取其一部分带回实验室在 80 °C 的条件下烘干至恒重。根据含水率分别计算灌丛和草本的生物量,最后计算不同年龄段灌丛和草本层的平均生物量。用 Excel 和 SPSS 对数据进行分析处理。

3 结果与分析

3.1 林下植被的物种丰富度动态

物种是群落构成的基础,物种丰富度是反映群落多样性的重要指标。桉柏混交林群落各林龄段的林下植被的丰富度情况如图 1 所示。不同林龄段间,灌丛物种丰富度有较大差异。在 10 a 时灌丛种类平均数为 5 种,15 和 20 a 各有 8 种,25 a 仅有 2 种,而 30 a 纯柏林有 3 种。由此可知灌丛的丰富度在 20 a 之前逐渐增加,20 a 之后显著降低。5 个林龄段的林下灌丛的主要种类有黄荆(*Vitex negundo*)、马桑(*Coriaria sinica*)、火棘(*Pyacsntha fortuneana*)、蔷薇(*Rosa spp.*)、其次是英蒾(*Viburnum plicatum*)、光叶铁籽(*Myrsine stolonifera*)、小檗(*Berberis brachypoda*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)和柃木(*Cotoneaster horizontalis*)等。

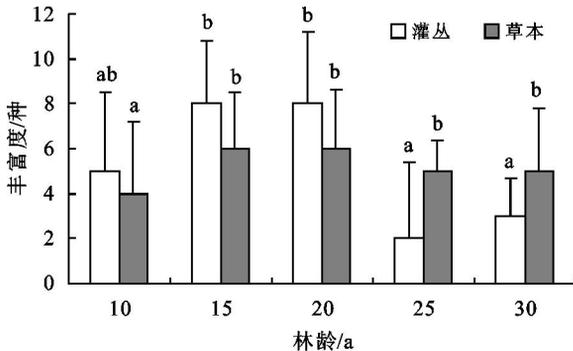


图 1 林下植被的物种丰富度动态

注:图中相同条形柱上,带有相同字母的表示差异不显著($P>0.05$),下同。

草本层物种丰富度的变化动态与灌丛的基本一致。10 a 时,林下草本种类的平均数为 4 种,15 和 20 a 各有 6 种,25 和 30 a 各有 5 种。与灌丛相比,草本层的物种丰富度在 15~30 a 间的变化并不显著。各年龄段草本层的主要优势种有莎草(*Cyperus microiria*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)、凤尾蕨(*Pteris multifida*)、其次是狗牙根(*Cynodon dactylon*)、地瓜藤(*Ficus tikoua*)、兔耳风(*Dendranthe maindicum*)和紫苑(*Aster ageratoides*)。

3.2 林下植被的高度动态

在桉柏混交林生长发育过程中,林下灌丛和草本的高度呈波动性下降(图 2)。其中,灌丛平均高度从 10 a 的 139.3 cm 上升到 15 a 的 180.0 cm,30 a 纯柏林阶段下降到 66.3 cm;草本层高度则从 10 a 的 20.3 cm 上升到 15 a 的 39.3 cm,30 a 时下降到 13.5 cm。从多重比较的结果(图 2)可知,15 a 的灌丛和草本高度显著高于 20 a 的,但 20,25 和 30 a 间的差异不显著。另外,从图 2 中的误差线可知,在同一林龄段内,灌丛的高度在空间上存在较大的异质性。

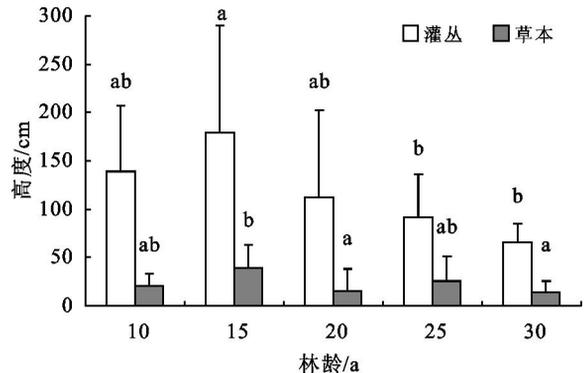


图 2 灌丛、草本层的高度动态

3.3 林下植被的盖度动态

在桉柏混交林的生长发育过程中,林下植被的盖度变化情况如图 3 所示。灌丛和草本层的盖度在 10~15 a 间均呈上升趋势,15~20 a 间显著降低,20~30 a 间无显著的变化。多重比较的结果表明 15 a 的灌丛和草本层盖度高于其它林龄段。

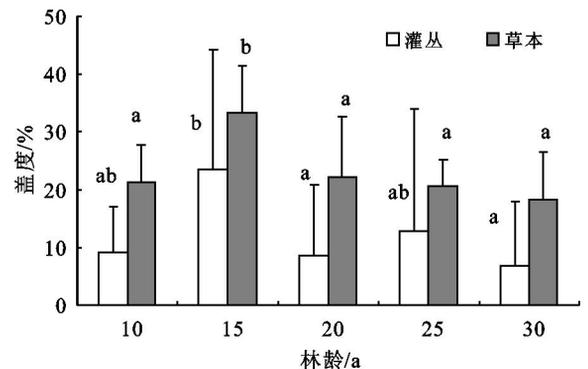


图 3 林下灌丛、草本层的盖度

从图 3 还可知,相同年龄段内草本层的平均盖度高于灌丛。另外,灌丛盖度的空间异质性大于草本层。桉柏混交林的林下植被盖度与沱江流域的次生林群落^[15]相比,桉柏混交林群落内的灌丛和草本层的盖度总体偏低。

3.4 林下植被生物量动态

灌丛生物量在桉柏混交林的生长发育过程中呈波动性变化(图 4)。灌丛的生物量从 10 a 的 0.64 t/

hm²增加到15 a的1.19 t/hm²,20~30 a间灌丛生物量相对稳定。30 a纯柏林的灌丛生物量为0.21 t/hm²,与20 a的(0.27 t/hm²)相比仅下降了22.3%。多重比较的结果表明15 a灌丛的生物量显著高于20,25和30 a($P < 0.01$),而10 a的灌丛生物量与其它各龄段的灌丛生物量间均无显著差异($P > 0.05$)。与第二代14 a的杉木林灌丛生物量(0.372 t/hm²)^[16]相比,桧柏混交林的灌丛生物量在15 a之前高于杉木林,20 a之后略低于杉木林。

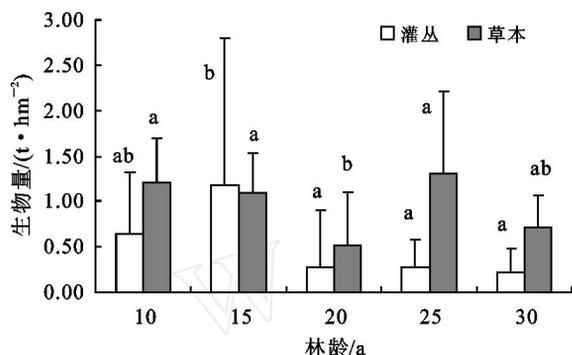


图4 灌丛与草本的生物量动态

草本层生物量在10~30 a间呈波动性下降(图4)。草本的生物量从10 a时的1.21 t/hm²下降到20 a时的0.51 t/hm²,下降了89.6%;此后,草本的生物量出现一定的上升,30 a纯柏林时生物量为0.71 t/hm²。多重比较结果表明20 a的草本层生物量显著低于10,15和25 a。与7 a的草本层生物量4.877 t/hm²^[11]相比,10 a后的草本层生物量均明显下降。

3.5 影响林下植被的因素

在森林生态系统中,由于气候、光照、土壤养分以及空间等资源都存在一定的限度,因此乔、灌、草3层存在一定程度竞争和制约关系。随着人工林的生长发育,林冠逐渐郁闭,林内的光、热、水等环境条件随之发生改变^[17],可对林下植物造成不同程度的影响;其次是森林的生长发育过程改变了土壤养分的可利用性,影响到物种的分布、组成和生长^[18-20]。

在混交林中,桧木是速生树种,平均单株净生产量在12~14 a达高峰,在14~18 a左右趋于稳定,而柏木在8 a之后开始加速生长^[13-14]。表1中乔木层的郁闭度、高度和胸径数据也说明这种生长情况。由于乔木层的快速生长,林冠在15~20 a间郁闭,使林下的灌丛和草本不能充分获得光照,影响到林下植被的生长,导致林下植被的高度、盖度和生物量都出现不同程度的下降。

已有的研究表明林分密度与林下植物地下部分生物量呈极显著负相关,而郁闭度与林下植物地上和地下部分生物量均呈显著负相关^[20]。与灌丛相比,

枯枝落叶层的覆盖也可抑制草本植物的生长。草本植物的种子颗粒小,养分含量少,幼苗穿透能力弱,萌发后幼根不能伸入土壤,会发生吊根现象而死亡。

除了乔木层对林下植被的影响外,样地的坡位、坡向和坡度等立地条件,以及土壤的理化性质都有可能对林下植被的生长产生影响。已有研究表明林下植被生物量随林分郁闭度、土壤容重的增加而减少,随土壤团聚度、毛管持水量、非毛管孔隙度的增加而增加^[21]。

此外,人为干扰也是影响林下植被生物量偏低的原因之一。在我们所调查过的样方内,均存在不同程度的放牧,这必然会影响到林下灌丛和草本的生物量。

4 结论

(1) 在桧柏混交林演替为纯柏林的过程中,林下灌丛和草本的物种丰富度在20 a之前增加;20~30 a之间,灌丛的物种丰富度显著下降,而草本层的变化不显著。

(2) 灌丛和草本层的高度在10~15 a之间显著增加,15~30 a之间缓慢降低,灌丛高度的空间差异性较大。

(3) 灌丛和草本层的盖度在15 a前后有显著的上升和下降,20~30 a间无显著的变化;同一年龄段内草本层的盖度高于灌丛,且草本层盖度的空间异质性小于灌丛。

(4) 灌丛生物量在10~15 a间显著增加,15~20 a间显著下降,20~30 a间相对稳定;草本层生物量在10~30 a间呈波动性变化,20 a的最低,总体上呈下降趋势。

以上结果表明,在桧柏混交林的生长发育过程中,林下植被的结构和功能呈逐渐退化趋势,且空间异质性较大。

致谢:在野外调查过程中得到中国科学院山地灾害与环境研究所的王小国、武永锋、徐泰平以及四川农业大学资环学院的杨远莉的帮助,在此谨表谢意!

[参 考 文 献]

- [1] Chapin F S. Nitrogen and phosphorus nutrition and nutrition cycling by evergreen and deciduous understory shrubs in an Alaskan black spruce forests[J]. Can J For Res., 1983, 13(5): 773—781.
- [2] 杨承栋 焦如珍 屠星南,等. 杉木林下植被对5—15 cm 土壤性质的改良[J]. 林业科学研究, 1995, 8(5): 514—519.
- [3] Chastain Jr R A, Currie W S, Townsend P A. Carbon se-

- questration and nutrient cycling implications of the evergreen understory layer in *Appalachian* forests[J]. *Forest Ecology and Management*, 2006, 231: 63—77.
- [4] 林开敏, 黄宝龙. 杉木人工林林下植物物种多样性的研究[J]. *生物多样性*, 2001, 9(2): 157—161.
- [5] 褚建民, 卢琦, 崔向慧, 等. 人工林林下植被多样性研究进展[J]. *世界林业研究*, 2007, 20(3): 9—13.
- [6] Fabia A, Martins M C, Cerverira C, et al. Influence of soil and organic residue management on biomass and in a *Eucalyptus globules* Labill Plantation[J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 171: 87—100.
- [7] Kume A, Satomura T, Tsubei N, et al. Effects of understory vegetation on the ecophysiological characteristics of an overstory pine, *Pinus densiflora*[J]. *Forest Ecology and Management*, 2003, 176: 195—203.
- [8] Taylor A H, Jang S W, Zhao L J, et al. Regeneration patterns and tree species coexistence in old growth *Abies* - *Picea* forests in southwestern China[J]. *Forest Ecology and Management*, 2006, 223: 303—317.
- [9] 袁正科, 田育新, 李锡泉, 等. 缓坡梯土幼林林下植被覆盖与水土流失[J]. *中南林学院学报*, 2002(2): 21—24.
- [10] 姚茂和, 盛伟彤, 胸有强. 杉木林下植被对立地的指示意义[J]. *林业科学*, 1992, 28(3): 208—212.
- [11] 王江. 桉柏混交幼林群落特征及生物量调查[J]. *四川林业科技*, 1993, 14(1): 66—69.
- [12] 张小平, 赵本虎, 何平儒, 等. 桉柏混交林的效益探讨[J]. *四川林业科技*, 1994, 15(3): 21—29.
- [13] 石培礼, 钟章成, 李旭光. 四川桉柏混交林生物量的研究[J]. *植物生态学报*, 1996, 20(6): 524—533.
- [14] 石培礼, 杨修, 钟章成. 桉柏混交林种群生物量动态与密度调节[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(4): 341—346.
- [15] 刘兴良, 鄢武先, 向成华, 等. 沱江流域亚热带次生植被生物量及其模型[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(5): 441—454.
- [16] 闫文德, 田大伦, 焦秀梅. 会同第二代杉木人工林林下植被生物量分布及动态[J]. *林业科学研究*, 2003, 16(3): 323—327.
- [17] Uhl C. Factor controlling succession following slash and burn agriculture in Amazonia[J]. *J. Ecol.*, 1987, 75: 377—407.
- [18] Harcombe P A. The influence of fertilization on some aspects of succession in a humid tropical forest[J]. *Ecology*, 1977, 58: 1375—1583.
- [19] Chapin F S, Vitousek P M, Van Cleeve K. The nature of nutrient limitation in plant communities[J]. *AM. Naturalist*, 1986, 127: 48—58.
- [20] 林开敏, 洪伟, 俞新妥, 等. 杉木人工林林下植物生物量的动态特征和预测模型[J]. *林业科学*, 2001, 37(专刊 1): 99—105.
- [21] 刘苑秋, 罗良兴, 杨国平, 等. 退化红壤重建森林林下植被恢复及其环境影响分析[J]. *江西农业大学学报*, 2004, 26(5): 695—699.