

宝兴县硃碛镇峨眉冷杉人工林群落结构与碳密度

王文武¹ 赵庆霞² 冯德枫²

(1. 四川农业大学 林学院 四川 成都 611130; 2. 中科院成都生物研究所 生态中心 四川 成都 610041)

摘要:通过对宝兴峨眉冷杉人工林的调查,分析了其群落结构、生物量、生产力以及碳密度,得到以下结果:1) 该人工林峨眉冷杉株数为整个林地的51.7%,云杉占31.1%,属于峨眉冷杉与云杉混交林;2) 乔木层的平均高度为10.69 m ($\sigma=3.16$);3) 峨眉冷杉重要值为47.92,其与云杉之和达到74.37;4) 宝兴人工峨眉冷杉林NPP(净初生产力)为 $14.02 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,高于四川其它冷杉林生产力;5) 该人工林碳密度($437.7373 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)与我国云冷杉林平均含碳量相差不大($463.59 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$),但土壤碳密度所占的比例较小。

关键词:峨眉冷杉;人工林;群落结构;碳密度

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)06-0052-05

The Community Structure and Carbon Density of *Abies* Plantation in Qiaoqi Town of Baoxing County

WANG Wen-wu¹ ZHAO Qing-xia² FENG De-feng²

(1. Forestry College, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, Sichuan;

2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences Ecology Center, Chengdu 610041, Sichuan)

Abstract: After investigating *Abies fabri* plantations in Baoxing, analysis was made of their community structure, biomass, productivity and carbon density. The result showed that 1) The *Abies fabri* plantation accounted for 51.7% of the total forest, the *Picea asperata* plantation accounted for 31.1%, therefore, belonging mixed the *Abies fabri* and *Picea asperata* forest; 2) the average height of tree layer was 10.69 metres. 3) the important value of *Abies fabri* was 47.92, which was the largest of the entire tree layer.; 4) *Abies* forest's NPP was $14.02 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, higher than other *Abies* forests in Sichuan; 5) the *Abies fabri* plantation's carbon density ($437.7373 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) was little different compared to the average nationwide carbon density ($463.59 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), but the proportion of soil carbon density was small.

Key words: *Abies fabri*, Plantation, Community structure, Carbon density

1 引言

峨眉冷杉是四川盆地西部边缘的特有耐荫树种^[1]。从上个世纪70年代起,峨眉冷杉开始衰退的现象便受到了大家广泛关注^[2]。因此,近几十年以来,很多地方开始种植峨眉冷杉。峨眉冷杉人工林的生物量积累和碳密度受林分密度影响较大^[3],以宝兴硃碛镇峨眉冷杉人工林为样地,研究分析了其

群落结构和碳密度,并与其它地区峨眉冷杉人工林碳密度做了比较,以期冷杉人工林的经营管理提供有效参考。

2 研究地区与方法

2.1 自然概况

研究样地位于宝兴县北部的硃碛镇,地理坐标 $30^{\circ}40'52.24''\text{N} \sim 30^{\circ}40'59.35''\text{N}$, $106^{\circ}42'14.55''\text{E} \sim$

收稿日期: 2015-08-25

基金项目: 四川科技碳汇计量系统(No. 2009 [1027])。

作者简介: 王文武(1992-),男,四川遂宁人,本科在读,主要研究方向: 水土保持与荒漠化防治,邮箱: 695019587@qq.com。

致谢: 感谢中科院成都生物所研究员包维楷的悉心指导,以及操国兴教授的后期修改意见。

106°42'19.60"E,地处我国四川盆地西部边缘的“华西雨屏”地带,海拔在2 570 m左右,坡度为10°~24°,年平均气温8.9℃,昼夜温差在10℃以上,年平均降水量993.7 mm,年均日照789.4 h。土壤类型为暗棕壤。

2.2 研究方法

在调查地设置3个30 m×20 m的样地,将每个样地划分成6个10 m×10 m的样方,对样方内所有DBH≥2 cm的林木进行每木检尺,测定其胸径和树高。并采集乔木各器官(干、枝、叶、根)样品约300 g带回实验室,用于其生物量及碳含量分析。灌木的调查通过在样地中随机设置的3个2 m×2 m的样方,记录物种及盖度后,将样方内所有植物分根、茎、叶收获,并每个部分取约300 g代表性样本称鲜重后,带回实验室,烘干后测定其干重。草本的调查是在调查灌木设置的2 m×2 m对的样方右上角围取1个1 m×1 m的代表性小方框。记录主要种类及其盖度后,将方框内所有植物分地上部分和地下部分全部收获后,称重,并分别取约300 g代表性样本称鲜重后,带回实验室,烘干后测定其干重。枯落物和树根调查采取与草本一样的规格标准。土壤调

查采用剖面法+土钻法。在灌木样方内使用内径5 cm的土钻,按0 cm~10 cm、10 cm~20 cm、20 cm~30 cm、30 cm~50 cm、50 cm~100 cm,每层随机钻取3钻土,混合成一个混合样。同一样地3个灌木样方的同层次土样组成该层次混合样品。在调查样地内选择1个未受人为干扰、植被结构和土壤具代表性的地段,挖掘1个土壤剖面,深至100 cm,不够100 cm的至基岩为止。之后,沿剖面按0 cm~10 cm、10 cm~20 cm、20 cm~30 cm、30 cm~50 cm、50 cm~100 cm分层,用环刀采集各层土壤,带回实验室测定土壤容重。乔木树干、枝和根的生产力用其各自生物量除以林木年龄(26 a),叶按其在树上停留的时间计算(5 a),林内灌木和草本分别取5 a和4 a^[4]。数据使用excel软件处理。

重要值计算公式^[5]:

重要值 = 相对多度 + 相对频度 + 相对显著度

在四川地区采集307株云杉标准木,按枝、叶、干、根分别建立生物量模型,模型形式采用 $y = a \cdot (D^2 H)^b$ 模型参数如表1(未以论文形式发表,但涉及推论该拟合模型的项目已结)。峨眉冷杉生物量采用云杉的生物量模型。

表1

峨眉冷杉生物量拟合模型

Tab. 1

Biomass fitting model of *Abies fabric*

器官	a	b	adj. R ²	rmse	std	TRE	MSE	MPSE
树干	0.0114	37.5626	0.93	59.98	59.98	-4.16E-16	-0.79	47.61
树枝	0.0665	0.7169	0.70	0.89	0.89	4.18E-16	-5.15	83.90
树叶	0.0430	0.6821	0.70	0.86	0.86	-8.61E-17	-24.22	64.68
树根	0.0345	0.7994	0.88	0.56	0.56	3.66E-16	-2.23	34.02

碳密度计算公式^[4]:

$$Q_D = D_S + D_B + D_L + D_R = B_S \times S_{COC} + B_B + B_{COC} + B_L \times L_{COC} + B_R \times R_{COC}$$

式中 Q_D 为乔木碳密度($t \cdot hm^{-2}$); D_S 、 D_B 、 D_L 、 D_R 分别是干、枝、叶、根碳密度($t \cdot hm^{-2}$); B_S 、 B_B 、 B_L 、 B_R 分别是干、枝、叶、根、生物量($t \cdot hm^{-2}$); S_{COC} 、 B_{COC} 、 L_{COC} 、 R_{COC} 分别是干、枝、叶、根含碳率(%)。

$$S_{D_i} = \sum_{i=1}^k S_{D_i} = \sum_{i=1}^k C_i \times D_i \times E_i$$

式中 S_{D_i} 为土壤碳密度($t \cdot hm^{-2}$); i 为土壤剖面深度, C 为土壤含碳率(%) ; D 为容重; E 土层厚度(cm)。

3 结果与分析

3.1 群落组成及胸径级比较

宝兴峨眉冷杉人工林为上世纪80年代种植,林

内除了峨眉冷杉(*Abies fabri*) ,还有部分云杉(*Picea asperata*)、白桦(*Betula platyphylla*)和山鸡椒(*Litsea cubeba*)等乔木树种。其中峨眉冷杉所占比例最大,占到乔木总数的51.7%,其次是云杉,占31.1%。灌木优势树种为毛叶木姜子(*Litsea mollis*) ,其次是鞘柄菝葜(*Smilax stans*)、防己叶菝葜(*Smilax menispermoidea*)、褐毛溲疏(*Deutzia pilosa*)。草本层中占绝对优势的是东方草莓(*Fragaria orientalis*) ,达草本总数的82.9%,其它的还有赤胫散(*Polygonum runcinatum*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)等。重要值反映了该树种在整个森林中的优势程度。如图1所示,在乔木树种中,冷杉重要值为47.92,其次是云杉,重要值达26.45。山鸡椒和白桦重要值分别为11.63和8.39,其它树种5.61。如表3所示,该林地中冷杉和云杉占绝大部分,两者重要值之和达到74.37。

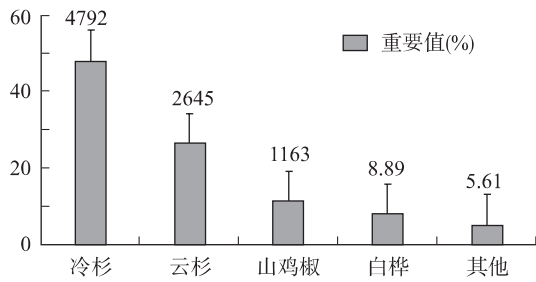


图1 乔木层重要值比较

峨眉冷杉胸径在 5 cm ~ 25 cm 内的株数占总株数的 98.59% (参见图 2), 且径级最多的是 5 cm ~ 10 cm, 共 62 株。而云杉株数最多的径级是 5 cm ~ 10 cm 和 20 cm ~ 25 cm, 两种径级株数之和达总数的 73.91%。所有树种的胸径均在 5 cm ~ 30 cm 内, 这也表明该森林属于幼龄林。

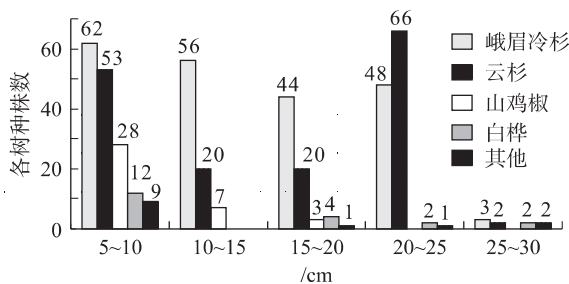


图2 乔木胸径级比较

3.2 林地垂直结构

选取的 3 个样地乔木层的高度分布较为均匀, 从 9.22 m ~ 12.77 m, 平均高度为 10.44 m, 从表 2 看出 3 块样地的乔木高度差异不大。灌木层的高度差异相对而言比较大, 最高的 25 cm, 最矮的仅为 8.9 cm, 相差近 3 倍之多, 且相比较于其它自然林内的灌木层整体偏矮^[6]。草本层平均高度为 7.72 cm, 各个样方内之间的差异较灌木层更大, 变异系数达 45.33%, 2 号样地的草本平均高度最低, 为 3.83 cm。

表2 乔、灌、草各层平均高度比较

Tab. 2 The average height of the layers

样地号	乔木层(m)	灌木层(cm)	草本层(cm)
1	11.25	11.30	9.83
2	10.59	15.53	3.83
3	10.23	17.73	9.50
平均	10.69	14.86	7.72

表4

乔、灌、草、凋落物及枯死倒木生物量比较

Tab. 4

Biomass comparison

(t · hm⁻²)

样地号	乔木层					灌木层	草本层	凋落物	枯死倒木	总计
	干	枝	叶	根	小计					
1	138.18	39.92	25.62	40.69	244.42	0.75	0.34	2.72	4.85	253.08
2	171.68	42.18	26.37	41.26	281.40	0.07	0.05	2.87	5.71	290.10
3	156.53	37.52	20.87	37.57	252.49	0.15	0.30	1.90	4.30	259.14
平均	155.46	39.87	24.28	39.82	259.44	0.32	0.23	2.50	4.97	267.44

3 个样地的平均林分密度为 2 578 株 · hm⁻², 在选取的 3 块样地中的 2 号样地林分密度最大, 为 2983 株 (表 3)。随着林分密度的增大, 乔木层的盖度也会增加, 乔木层的盖度为 46.17% ~ 50.50% (表 3), 其主要原因是该林地冷杉年龄普遍偏小, 最大为 28 a, 最小 24 a, 表明该林地尚属于幼龄林, 在接下来的几十年里, 其生长趋势将会随着林龄的增加继续上升^[7]。灌木层分布较为稀疏, 平均盖度仅 2.28%。草本层和苔藓的盖度分别为 60.67% 和 31.28%, 草本层的盖度较大。从表 3 中可以看出, 该人工冷杉林的凋落物覆盖度较高, 针叶凋落后需 3 a ~ 4 a (最长可达 6 a) 才能被土壤中的微生物分解, 因此多数针叶林地的凋落物盖度均比较大^[8]。

表3 各层林分密度及乔、灌、草、苔藓、凋落物平均盖度

Tab. 3 Forest density and Community coverage

样地号	林分密度 (株 · hm ⁻²)	乔木层 (%)	灌木层 (%)	草本层 (%)	苔藓 (%)	凋落物 (%)
1	2 133	46.17	1.67	65.33	32.5	81.17
2	2 983	50.50	2.00	54.17	29.17	84.83
3	2 617	47.33	3.17	62.50	32.17	82.78
平均	2 578	48.00	2.28	60.67	31.28	82.92

3.3 群落生物量与生产力

3 个样地中 2 号样地生物量最大, 这是因为其林分密度最大。如表 4 所示, 整个乔木层中, 树干的生物量为 155.46 t · hm⁻², 占到整个乔木生物量的 59.92%, 枝的生物量与根相当, 分别是 39.87 t · hm⁻² 和 39.82 t · hm⁻², 而叶的生物量最低, 为 24.28 t · hm⁻²。乔木层的总生物量为 259.44 t · hm⁻² · a⁻¹, 占到整个森林生物量的 97.0%, 相较于其他人工峨眉冷杉林的比例稍大^[9]。灌木层、草本层和凋落物生物量分别占整个林地的 0.12%、0.09%、0.93%, 所占比例均比较小, 枯死倒木生物量比上述三者之和还多, 为 4.97 t · hm⁻², 占整个林地的 1.85%。该林地的生物量主要集中在乔木层, 占总体 (267.44 t · hm⁻²) 的 97.01% (参见表 4)。

树干和叶是整个乔木中 NPP(净初生产力)最大的两个器官(图3),分别是 $5.97 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $4.86 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,由此表明,针叶树种的针叶生产力是非常高的。木层的生产力比灌木层和草本层高出许多,乔木层的总生产力为 $13.90 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,占林地 NPP 的 99.1%。灌木层和草本层分别为 $0.065 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $0.057 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

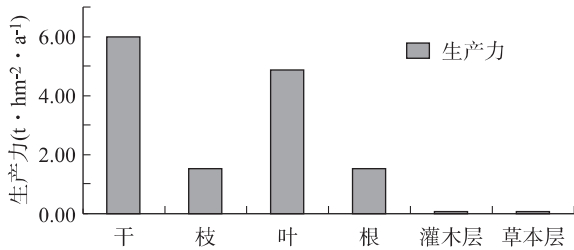


图3 生产力比较

3.4 林分碳密度

乔木与土壤的碳密度分别是整个林地的

表 5

地表植被及土壤剖面碳密度比较表

Tab. 5

Comparison of carbon density

($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)

样地号	乔木层	灌木层	草本层	凋落物	枯死倒木	土壤剖面	总计
1	117.5990	0.3382	0.1416	10.8679	2.3244	217.0110	348.2821
2	137.9979	0.0320	0.0222	11.4671	2.5611	170.8262	322.9065
3	122.3645	0.0682	0.1205	7.6092	2.0533	131.8466	264.0623
平均	125.9871	0.1461	0.0948	9.9814	2.3129	173.2279	311.7502
百分比	40.41%	0.05%	0.03%	3.20%	0.74%	55.57%	1

4 讨论

由于峨眉宝兴人工峨眉冷杉林内只有峨眉冷杉、云杉、白桦、山鸡椒等几种乔木,而灌木以及草本的种类和数量也很少,这表明该林地物种丰富度比较低,结构组成也很单一。一般说法认为,这会致使生态系统变得脆弱,容易被外界所干扰、破坏,但也有部分人认为其与生态系统的稳定性无关^[10]。

森林生产力的影响因素具有多样性和复杂性,除了气温和降水外还有其它影响因子^[11]。宝兴人工峨眉冷杉林 NPP 为 $14.02 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,高于全国云冷杉林生产力平均水平($10.56 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[12],比其它一些树种人工林的生产力高,如松潘地区云杉人工林分的 NPP 为 $6.28 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[13],川西高山的四川红杉人工林 NPP 为 $8.95 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[14],日本落叶松人工林 NPP 为 $12.25 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[15]。由其在幼龄林阶段的生产力来看,处于长势较好的

40.41%和 55.57%(表5),两者之和占整个林地的 95.98%。可以看出,在该生态系统中,碳的主要载体是乔木和土壤。峨眉冷杉林木中碳密度排序依次为干($74.4565 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 枝($19.7770 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 根($18.992 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 叶($12.7624 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$),整个乔木层的碳密度平均值为 $125.9871 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。灌木层、草本层和凋落物的碳密度分别占林地的 0.05%、0.03%和 3.20%。将 3 块样地分析比较后表明,2 号样地碳密度最大,表明在一定范围内,碳密度随着林分密度的增加而上升。在 $0 \text{ cm} \sim 100 \text{ cm}$ 的土壤剖面中,随着土层加深,单位深度内的碳密度随之下降, $0 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ 为 $34.3250 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,再往下是 $10 \text{ cm} \sim 20 \text{ cm}$ 和 $20 \text{ cm} \sim 30 \text{ cm}$,碳密度依次是 $27.8637 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $25.0898 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,在 $0 \text{ cm} \sim 100 \text{ cm}$ 内的土壤碳密度总和为 $173.2279 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

状态。分析其原因应是该地的地理优势,其海拔、降水量、日照时间和气温等都对峨眉冷杉的生长十分有利。峨眉冷杉属于耐荫树种,而宝兴年日照时间仅 789.4 h,低于全国大多数地方,但这并不影响其生长。其次是因为该人工林属于峨眉冷杉与云杉的混交林,大量数据表明,我国针叶混交林的生产力会比纯林高 25%~50%^[16]。

森林碳密度受立地条件、林分组成、气候、人类活动和林分年龄等多种因素的影响^[17]。宝兴人工峨眉冷杉林的碳密度为 $437.7373 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,低于我国云冷杉林平均碳密度($463.59 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)^[18],且土壤碳密度与植被层的比例(1.37:1)与全国云冷杉林平均水平(2.77:1)比较要小。研究样地的土壤碳密度为 $173.2279 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,比四川地区云冷杉林平均土壤碳密度($264.41 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)低^[19],其与植被层的比例(1.37:1)较小,主要原因如下:该地虽处于“华西雨屏”边缘,但其年降水量并不多,仅为 993.7 mm,而土壤水分含量是凋落物分解的重要环境因素

之一^[20]; 针叶中都含有一层防腐树脂,能有效减缓其被微生物分解的速率; 宝兴年均温度较低,仅 8.9℃,这会使得微生物活性降低,也会降低其分解凋落物的速率。当凋落物被分解速率变慢,土壤的有机碳的积累变慢,从而会长期处于一个较低的状态。

参考文献:

- [1] 管中天,陈尧,陈润青. 峨眉冷杉林森林类型的研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(2).
- [2] 庄平,彭启兴,刘仁英,等. 峨眉山冷杉森林衰退状况研究[J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(5): 317~328.
- [3] 向成华,刘兴良,宿以明,等. 峨眉冷杉人工林生长分析[J]. 四川林业科技, 1996, 17(1).
- [4] 魏文俊,王兵,白秀兰. 杉木人工林碳密度特征与分配规律研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(1).
- [5] 王健敏,刘娟,陈晓鸥,等. 云南松天然林及人工林群落结构和物种多样性比较[J]. 林业科学研究, 2010, 23(4): 515~522.
- [6] 庄平. 峨眉山冷杉林森林群落研究[J]. 广西植物, 2001, 21(3): 223~227.
- [7] 高荣甲,张东升,牛健植,等. 长江上游峨眉冷杉林结构的研究[J]. 应用生态学报, 2001, 14(1): 20~24.
- [8] 代力民,徐振邦,张扬建,等. 红松针叶的凋落及其分解速率研究[J]. 生态学报, 2001, 21(8).
- [9] 宿以明,刘兴良,向成华. 峨眉冷杉人工林分生物量和生产力研究[J]. 四川林业科技, 2000, 21(2).
- [10] 张步翀,李凤民,黄高宝. 生物多样性对生态系统功能及其稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 4(14).
- [11] 赵敏,周广胜. 中国北方林生产力变化趋势及其影响因子分析[J]. 西北植物学报, 2005, 25(3): 466~471.
- [12] 李文华,罗天祥. 中国云冷杉林生物生产力格局及其数学模型[J]. 生态学报, 1997, 17(5).
- [13] 江洪,朱家骏. 云杉天然林分生物量和生产力研究[J]. 四川林业科学, 1986, 7(2).
- [14] 宿以明. 日本落叶松人工林生物量和生产力的研究[J]. 四川林业科技, 1995, 16(3).
- [15] 贺庆棠. 用生物量法对植物群体太阳能利用率的初步估算[J]. 北京林业大学学报, 1986, 3(3).
- [16] 娄宇. 针阔混交林与纯林的比较优势研究[J]. 经济技术协作信息, 2014, 2: 107~107.
- [17] 蔡慧颖,邸雪颖,金光泽. 小兴安岭谷底云冷杉林的碳密度与生产力[J]. 应用生态学报, 2014, 25(10): 2794~2802.
- [18] 周玉荣,于振良,赵士洞. 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518~522.
- [19] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川森林土壤有机碳储量的空间分布特征[J]. 生态学报, 2009, 29(3).
- [20] 林波,刘庆,吴彦,等. 森林凋落物研究进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 60~64.