

北川自然保护区植被恢复模式区4种 主要树种生物量研究

沈金亮¹ 冯永林¹ 张建设¹ 邓东周² 邵文¹ 王刚¹ 孙志鹏¹ 王刚^{1*}

(1. 四川农业大学 四川 成都 611130; 2. 四川省林业科学研究院 四川 成都 610081)

摘要:以北川自然保护区植被恢复模式区巴东栎、红桦、岷江冷杉和青川箭竹为研究对象,对4种树种生物量模型、单株生物量分配规律以及各器官生长规律等进行了研究。结果表明:在各树种生物量组成中,干生物量比例最大,叶最小,枝和根生物量比例因树种不同而有所差异;在各营养器官生物量比例与其单株生物量相关关系的比较中,整体上关系明显,树干为正相关,树根为负相关;树种干生物量比例与枝和叶生物量比例存在显著的负相关关系,而枝和叶生物量之间存在显著的正相关关系。

关键词:北川自然保护区;生物量;回归模型;分配比例

中图分类号:S718

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2014)04-0027-05

Research on the Biomass of Four Major Tree Species in the Vegetation Restoration Pattern Area of Beichuan Nature Reserve

SHEN Jing-liang¹ FENG Yong-lin¹ ZHANG Jian-she¹ DENG Dong-zhou²
SHAO Wen¹ WANG Gang¹ SUN Zhi-peng¹ WANG Gang^{1*}

(1. Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

Abstract: This paper by taking *Quercus engleriana*, *Betula albo-sinensis*, *Abies faxoniana* and *Fargesia ru-fa* in the vegetation restoration pattern area of Beichuan Nature Reserve as objects, studies were made of the biomass models of the four species as well as the biomass distribution law of single plant and growth rule of every organ. The result has indicated that in the compositions of all of the species, the proportions of trunk biomass are the highest, those of leaves are the lowest and the biomass ratios between branches and roots vary depending on species; In the comparison of correlativity between the proportions of biomass of all nutrition organs and biomass of single plant, and the relations are significant in general, the tree trunks are positively related while the roots are negatively related; proportions of dry biomasses of all species are significantly and negatively related to the proportions of leaf and branch biomasses while the biomass of leaves is significantly and positively related to the biomass of branches.

Key words: biomass, regression model, allocation proportion

植被生物量不仅直接反映了植被的生长状况及生境的变换,而且反映了植被利用资源的能力,是森林生态系统性质、状态的重要指示特征,也是深入了

解森林生态系统变化规律的重要途径^[1,2]。北川自然保护区林地资源在“5·12”地震中遭到一定程度的损毁,致使保护区局部范围内的植被生态系统功

收稿日期:2014-06-10

基金项目:北川羌族自治县汶川地震灾后大熊猫等保护及栖息地恢复重建项目。

作者简介:沈金亮(1974-),男,硕士,主要从事数学生态学研究。

冯永林(1969-),男,讲师,主要从事数学生态学研究。

沈金亮和冯永林为并列第一作者,对本文具同等贡献。

* 通讯作者:王刚,教授,主要从事数学生态学研究, E-mail: 13908000519@qq.com。

能衰退,区域生态状况恶化,野生动植物栖息地破坏严重。震后有关部门以北川自然保护区现有的植被类型为蓝本,在不引进外来物种的前提下,根据外业调查的各受损林地的立地条件,并充分考虑树种的生态学特性、适生的海拔范围等因素,设计了以巴东栎(*Quercus engleriana*)、红桦(*Betula albo-sinensis*)、岷江冷杉(*Abies faxoniana*)、青川箭竹(*Fargesia ru-fa*)为主的4种植被恢复模式。鉴于此,本次实验研究,以上述树种为研究对象,对其生物量模型、单株生物量分配规律等进行研究,以期为北川自然保护区植被的恢复和保护工作提供基础资料和理论依据以及有益的参考建议。

1 研究区域概况

北川自然保护区地处绵阳市北川县,位于北纬 $30^{\circ}14' \sim 32^{\circ}14'$,东经 $103^{\circ}44' \sim 104^{\circ}42'$ 。境内山峦起伏,沟壑纵横,地势西北高,东南低,海拔高度 $540 \text{ m} \sim 4769 \text{ m}$ 。年平均气温 15.6°C ,年平均无霜

期 $244 \text{ d} \sim 282 \text{ d}$,年平均降水量 1399.11 mm ,平均日照 $931.1 \text{ h} \sim 1111.5 \text{ h}$ 。森林和水资源极为丰富;在地理分布上表现出森林成分复杂、种类繁多、类型丰富等特点。

2 研究方法

2.1 样地设置

样地调查在2013年7月~10月间,以北川自然保护区内巴东栎林、红桦林、岷江冷杉林、青川箭竹植被为调查对象,在野外踏查基础之上,选取未受地震影响或影响很小、林相相对整齐、地形相对完整的林地,在4种植被分布区域,沿海拔向上,分别随机设置 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 的样地(青川箭竹样地为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$),进行林分基本情况调查,并记录海拔、坡度等立地因子。在样地内进行乔木层调查,对高度 $\geq 1.3 \text{ m}$ 乔木进行每木调查,记录树名、树高、胸径、株数以及郁闭度等因子。样地基本情况见表1。

表1 样地基本情况
Table 1 The basic situation of sample plots

| 植被类型 | 样地数量 | 平均树高 (m) | 平均胸径 (cm) | 林分密度 (株·hm ⁻²) | 海拔 (m) | 坡度 (°) | 郁闭度 |
|------|------|-------------|--------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 巴东栎林 | 30 | 10.5 | 15.9 | 557~1012 | 1513~2002 | 26~34 | 0.43~0.82 |
| 红桦林 | 25 | 12.5 | 10.3 | 667~875 | 2000~2300 | 25~35 | 0.55~0.76 |
| 岷江冷杉 | 30 | 15.3 | 20.7 | 601~797 | 2700~3700 | 27~33 | 0.57~0.81 |
| 青川箭竹 | 60 | 2.35 | 0.89 | 17~55 | 1350~2200 | 19~33 | — |

注:青川箭竹林分密度为(株/m²)

2.2 生物量的采集与测定

对样地内乔木进行每木检尺,根据平均胸径和平均树高确定标准木,并对每一类型的乔木采伐一定数量标准木用来解析。其中,巴东栎、红桦、岷江冷杉分别解析20棵标准木,青川箭竹解析30株,用来构建生物量模型以及模型检验。

(1) 树干解析。选取解析木,记载解析木生长环境,以 2.0 m 为一区分段进行树干解析,当场测出圆盘和整个树干的鲜重并取样。

(2) 乔木枝、叶生物量测定采用标准枝法。在整个树枝中选取具有平均基径和平均枝长的树枝,当场测定其枝、叶鲜重,然后取样。

(3) 乔木根部生物量测定采用全挖法,分不同方向、层次($0 \sim 30 \text{ cm}$, 30 cm 以下)挖掘根,分细根($d < 1.0 \text{ cm}$)、中根($1.0 \text{ cm} < d < 2.0 \text{ cm}$)、粗根($d > 2.0 \text{ cm}$)和根兜四类^[3],分层分类称重,并各取一份样品。

(4) 青川箭竹测定地上部分采用“收获法”^[4],地下部分采用“全挖法”,当场称量出干、枝、叶、根系的鲜重,并分别取样。

最后将所有样品带回实验室在 85°C 烘箱内烘至恒质量,求出各样品含水率,然后依据鲜质量求出各器官、各部位的干质量。

3 结果与分析

3.1 相对生长方程建立

近年来使用较多的生物量模型主要有线性模型($y = a + bx$),多项式模型($y = a + bx + cx^2$),非线性模型($y = ax^b$)等。在建立模型时,分别以树高 H 、胸径 D 及其组合 D^2H 为自变量,进行上述三种类型生物量模型的构建,然后通过分析比较拟合方程的精度和复杂性,最终确定了4种树种各器官及单株生物量模型,如表2。

表 2 各树种生物量预测模型
Table 2 Biomass models for different tree species

| 树种 | 器官 | 模型 | R ² | P |
|------|----|---|----------------|-------|
| 巴东栎 | 干 | $W = 4.210 + 0.041(D^2H) - 2.461E - 6(D^2H)^2$ | 0.939 | <0.01 |
| | 枝 | $W = 0.331D^{1.689}$ | 0.924 | |
| | 叶 | $W = -9.842 + 1.029D$ | 0.917 | |
| | 根 | $W = 0.157(D^2H)^{0.670}$ | 0.875 | |
| | 单株 | $W = 11.862 + 0.071(D^2H) - 4.334E - 6(D^2H)^2$ | 0.938 | |
| 红桦 | 干 | $W = 0.086(D^2H)^{0.884}$ | 0.965 | <0.01 |
| | 枝 | $W = 12.217 - 2.260H + 0.177H^2$ | 0.912 | |
| | 叶 | $W = 0.076H^{1.920}$ | 0.882 | |
| | 根 | $W = 0.011(D^2H)^{1.001}$ | 0.943 | |
| | 单株 | $W = 0.123(D^2H)^{0.910}$ | 0.971 | |
| 岷江冷杉 | 干 | $W = 0.019(D^2H)^{0.990}$ | 0.975 | <0.01 |
| | 枝 | $W = 2.429 + 0.003(D^2H)$ | 0.927 | |
| | 叶 | $W = 0.006D^{2.522}$ | 0.913 | |
| | 根 | $W = -0.292 + 0.006(D^2H) + 5.288E - 8(D^2H)^2$ | 0.941 | |
| | 单株 | $W = 0.045(D^2H)^{0.950}$ | 0.980 | |
| 青川箭竹 | 干 | $W = 0.023(D^2H)^{1.146}$ | 0.876 | <0.01 |
| | 枝 | $W = 0.015D^{1.387}$ | 0.670 | |
| | 叶 | $W = 0.001 + 0.006(D^2H) - 0.001(D^2H)^2$ | 0.617 | |
| | 根 | $W = 0.008 + 0.003(D^2H)$ | 0.752 | |
| | 单株 | $W = 0.050 - 0.026(D^2H) + 0.021(D^2H)^2$ | 0.941 | |

3.2 单株生物量分配规律

树种都具有自己的生长特性,不同树种其营养器官生物量所占比例的大小顺序也有所差异。如表 3 所示:巴东栎各部分生物量所占比例大小顺序为干 > 枝 > 根 > 叶,红桦、岷江冷杉、青川箭竹的顺序

为干(竿) > 根 > 枝 > 叶。树干对支撑树体有着很重要的作用,经过多年积累,生物量分配比重较大,叶在植物生长过程中或脱落或损耗,生物量分配比重相对较小,因此单株生物量分配上干(竿)的生物量比重最大,叶的生物量比重最小。

表 3 不同树种各器官生物量
Table 3 Vegetative organ biomass of four tree species

| 树种 | 干 | | 枝 | | 叶 | | 根 | |
|------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | 生物量 (kg) | 比例 (%) |
| 巴东栎 | 95.72 | 55.17 | 33.16 | 19.46 | 15.27 | 7.96 | 26.29 | 17.40 |
| 红桦 | 51.59 | 58.08 | 12.35 | 13.90 | 9.91 | 11.15 | 14.98 | 16.87 |
| 岷江冷杉 | 140.06 | 62.52 | 27.47 | 12.26 | 14.51 | 6.48 | 41.99 | 18.74 |
| 青川箭竹 | 0.055 | 59.39 | 0.013 | 13.93 | 0.010 | 10.83 | 0.015 | 15.85 |

对于同一营养器官,树种不同其生物量所占比例也有较大差别。干、根生物量中岷江冷杉所占比例最大,枝、叶生物量中巴东栎、红桦所占比例最大。总的表现为针叶树种干生物量的比例比阔叶树种高,阔叶树种枝生物量的比例则高于针叶树种,这主要是由于针叶树种主干比较明显,而阔叶树种分枝比较多的原因。

3.3 营养器官生长规律

3.2.1 营养器官与单株生物量之间的分配规律

一般说来,随着树高和胸径的生长,单株林木生物量会增加,林木各器官生物量也会增加^[5,6]。但

各器官生物量占单株生物量的比例如何变化却没有详细的研究,器官生物量比例的变化可以反映其在林木生长过程中生长速度的快慢,也有助于理解林木单株生物量分配规律的动态变化。

分析结果如表 4。从各个器官来看,巴东栎干、叶生物量比例与单株生物量有着显著正相关关系,枝、根生物量比例与单株生物量之间没有显著关系。红桦各器官生物量比例与单株生物量均有着显著关系,其中干、枝为正相关关系,叶、根为负相关关系。岷江冷杉干生物量比例与单株生物量有着显著相关关系,而枝、叶、根生物量比例与单株生物量之间没

有显著关系。青川箭竹竹竿生物量比例与单株生物量有着极显著正相关关系,竹枝、竹叶、竹根生物量比例与单株生物量都有着极显著负相关关系。

表4 各树种营养器官生物量比例与其单株生物量的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between organ biomass percent allocation and tree biomass for different species

| 树种 | 干 | 枝 | 叶 | 根 |
|------|---------|----------|----------|----------|
| 巴东栎 | 0.681** | -0.325 | 0.231** | -0.248 |
| 红桦 | 0.565* | 0.457** | -0.470* | -0.521* |
| 岷江冷杉 | 0.463* | -0.409 | -0.266 | -0.420 |
| 青川箭竹 | 0.285** | -0.418** | -0.339** | -0.188** |

注: **表示在 0.01 水平上极显著相关; * 表示在 0.05 水平上极显著相关。

整体来看,随着树木的生长,巴东栎、红桦、岷江

表5 各树种营养器官生物量比例间的相关系数

Table 5 Correlation coefficients of organ biomass percent allocation for different species

| 树种 | 干—枝 | 干—叶 | 干—根 | 枝—叶 | 枝—根 | 叶—根 |
|------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|
| 巴东栎 | -0.412* | -0.625** | -0.163 | 0.365* | -0.332 | -0.212 |
| 红桦 | -0.763** | -0.417* | 0.112 | 0.489* | 0.245 | -0.346 |
| 岷江冷杉 | -0.687** | -0.549* | -0.226* | 0.121* | 0.422* | 0.343* |
| 青川箭竹 | -0.804** | -0.799** | -0.315 | 0.689** | 0.335 | 0.247* |

注: **表示在 0.01 水平上极显著相关; * 表示在 0.05 水平上极显著相关。

从树种来看,岷江冷杉各器官生物量比例之间存在显著相关性,单株生物量的空间分布规律较强,而巴东栎、红桦、青川箭竹除干、枝、叶之间相关性显著外,其他各器官生物量之间相互影响作用不是很明显。

4 结论与讨论

(1) 分别以树高、胸径及其组合 D^2H 为自变量,通过模型的建立和筛选,初步建立了巴东栎、红桦、岷江冷杉、青川箭竹各器官及单株生物量模型各 45 个,通过分析比较拟合方程的精度和复杂性,确定了 4 种树种各器官及单株生物量模型,模型精度总体较高。

(2) 所研究树种的单株生物量空间分配中,树干的生物量明显高于其他营养器官,与樊后保等^[7]、吕晓涛等^[8]的研究结果相同。4 种树种都是叶的生物量比例最小,而枝、根生物量的比例则具有一定的波动性,树种不同其器官生物量比例的大小顺序也会有所改变。由各器官生物量比例分析可

冷杉、青川箭竹干的比例会随之增加,根的比例则有所下降,枝、叶比例因树种不同或增或减。4 种树种的生长速度存在一定的差别,红桦、青川箭竹各器官生物量比例与单株生物量有着显著相关关系,表现出较好的生长规律。

3.3.2 各营养器官之间的生长规律

各器官生物量比例之间的相互关系能够充分反映林木生长过程中的内部动态。表 5 为不同树种各器官生物量比例间相关系数的统计值。可以看出,各树种干生物量的比例与枝叶生物量的比例间存在显著的负相关关系,而枝和叶之间则存在显著的正相关关系,即当干生物量的比例增加时,枝和叶的比例都会明显下降;而枝生物量的比例增加时,叶的比例会随之提高。其他器官之间虽也具有一定的相关性,但规律不明显。

知,不同生长阶段,树种各器官生物量比例有所差异,由于本研究所选择的树种分布在不同生长阶段,这些可能会对树种各营养器官生物量比例的大小顺序产生一定影响。对于同一营养器官,树种不同其生物量所占比例也有较大差别。

(3) 在各营养器官生物量比例与其单株生物量相关关系的比较中,整体上关系明显,树干为正相关,树根为负相关,树枝、树叶或正或负相关。因此,随着单株生物量的增加,4 种树种树干比例会随之增加,树根比例则会降低,枝和叶比例因树种的不同或增或减。红桦、青川箭竹各器官生物量的比例与单株生物量的相关性显著,表现出较明显的生长规律。

(4) 本文中 4 种树种干生物量比例与枝、叶生物量比例间存在显著的负相关关系,而枝和叶之间则存在显著的正相关关系,即当干生物量的比例增加时,枝和叶的比例会明显下降;而枝生物量的比例增加时,叶的比例则会随之升高。其他器官之间虽也具有一定的相关性,但规律都不如上面明显。从树种来看,岷江冷杉各器官生物量比例之间存在显

著相关性,单株生物量的空间分布规律较强,而巴东栎、红桦、青川箭竹除干、枝、叶之间相关性显著外,其他各器官生物量之间相互影响作用不是很明显。

参考文献:

- [1] 薛立,杨鹏.森林生物量研究综述[J].福建林学院学报,2004,24(3):283~288.
- [2] 牛海.毛乌素沙地不同水分梯度植物群落生物量研究[D].内蒙古农业大学,2008:13~4.
- [3] 曾立雄.三峡库区不同植被类型生物量与生产力研究[D].武汉,华中农业大学,2007.

- [4] 刘国华,马克明,傅博杰,等.岷江干旱河谷主要灌丛类型地上生物量研究[J].生态学报,2003,9(23):1757~1764.
- [5] 谢宗强,陈伟烈,路鹏.银杉单株生长规律与种群生物量的研究[J].植物生态学报,1999,23(6):536~543.
- [6] 张光灿,刘霞,周泽福,等.黄土丘陵区油松水土保持林生长过程与直径结构[J].应用生态学报,2004,18(4):728~736.
- [7] 樊后保,李燕燕,苏兵强,等.马尾松-阔叶树混交异龄林生物量与生产力分配格局[J].生态学报,2006,26(8):2463~2473.
- [8] 吕晓涛,唐建维,何有才,等.西双版纳热带雨林的生物量及其分配特征[J].植物生态学报,2007,31(1):11~22.

(上接第 92 页)

18.89^{**}, $F_{0.01(3,8)} = 7.59$, $F > F_{0.05(3,8)}$) 在塑料温室大棚内以蛭石为扦插基质,不同长度的插穗,生根率有十分明显的差异,12 cm 的喜树插穗的生根率最高达 65%,9 cm 和 15 cm 插穗次之,分别为 45%、44%,6 cm 插穗的生根率最低 31% (见表 1)。这是因为 12 cm 的插穗所贮藏的营养成分较多,并且这个长度能维持穗条水分,为穗条提供足够的水分,有利于愈伤组织形成和生根,6 cm 的插穗过短贮藏的养分少对扦插生根有一定的影响,15 cm 插穗在扦插期间受蒸发的表面积较大容易失水,对扦插生根不利,因而生根率较低。同时在本次实验中还发现,喜树的扦插基质必须疏松透气,排水良好,而且要严格控制在湿度,湿度过大反而影响愈伤组织的形成,时间过长会导致愈伤褐化,引起插穗腐烂。

4 结论

在本试验地气候条件下,喜树在秋季扦插的最适宜长度为 12 cm,以蛭石为基质,100 mg · L⁻¹ 质量浓度 ABT 生根粉浸泡 1 h,扦插生根率达 65%。插穗的长短直接关系其所贮藏的营养物质的多寡,

结果表明不同长度插穗间的生根率有显著差异,插穗长度不宜过短,过短会造成营养成分不足,影响愈伤组织形成和生根。插穗过长,受大气蒸发的影响,失水速度快,不利于插穗的成活,尤其温度高,蒸腾作用对插穗成活的影响尤为明显。喜树秋季扦插选择 1 a 生半木质化粗细适中的枝条,长度 12 cm 为宜,生根率达到最佳。

参考文献:

- [1] 李玉石,张鲜明,徐岱月,等.泰山南麓喜树快速繁育研究[J].林业科技,2005,(5):5~7.
- [2] 李玉石,浓冠华,杨立杰,等.喜树繁育技术及其发张应用前景[J].山东林业科技,2005,(3):53~54.
- [3] 米银法,李魏,宋乾江. IBA 与 ABT 不同浓度组合对喜树扦插生根效应的影响[J].河南科技大学林学院,2010,(21):76~78.
- [4] 王兴民.我国特有树种—喜树[J].陕西科技学院,2003.
- [5] 谢影,刘玲,薛彪,等.淮南引进绿化树种喜树繁殖特性研究[J].淮南科技学院,2011.
- [6] 郑春明.喜树育苗造林技术[J].安徽林业,2004,(4):23.
- [7] 张宗勤,张睿,撒文清.喜树育苗技术[J].陕西林业科技,2002,(1):80~81.
- [8] 陈颖,曹福亮,李淑娴,等.喜树不定芽的诱导及植株再生[J].植物生理学通讯,2004,40(5):579.