

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.01.002

利用形态因子建立城市森林主要乔木树种 三维绿量预测模型*

郑绍伟¹,李 隽²,黎燕琼¹,慕长龙^{1**},陈俊华¹,
周大松¹,谢天资¹,李宇奇¹,罗奕爽¹

(1.四川省林业科学研究院,四川 成都 610081; 2.峨边彝族自治县林业局,四川 峨边 614300)

摘要:本文结合卫星图片,通过抽样调查法,调查获取成都市中心城区主要城市绿化树种的物种及其树高、胸径和冠幅等形态指标,并通过回归模型建立形态指标与三维绿量的回归模型。结果表明:1)成都市中心城区城市森林主要绿化树种的树高、胸径和冠幅等形态指标的数量结构总体呈正态分布格局,并以树高5 m~15 m、胸径10 cm~30 cm、冠幅3 m~9 m上的绿化树种数量最多,分别达到49.41%~95.61%,53.77%~89.04%和64.36%~64.04%,表明成都市城市森林主要绿化树种具有径阶结构稳定性。2)树种的单株三维绿量与其树高、胸径和冠幅均呈极显著性正相关($P < 0.01$),并以冠幅与单株三维绿量的相关系数最大,分布在0.801~0.909;3)根据主要绿化树种的株高、冠幅和胸径的逐步回归建立回归模型,分别建立的以冠幅为自变量和冠幅与树高共同为自变量的两种模型,其模型 R^2 值均在0.70以上。

关键词:乔木;形态指标;三维绿量;模型

中图分类号:S757.2

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2017)01-0006-05

Establishing the Three Dimensional Green Quantity Forecast Model of Main Tree Species in Urban Forest by Using Morphological factors

ZHENG Shao-wei¹ LI Jun² LI Yan-qiong¹ MU Chang-long¹ CHEN Jun-hua¹
ZHOU Da-song¹ XIE Tian-zi¹ LI Yu-qi¹ LUO Yi-shuang¹

1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Forestry Bureau of Ebian Yi Autonomous County, Ebian 614300, China)

Abstract: In this paper, the species, tree height, diameter at breast height and crown width of major urban greening tree species in the urban area of Chengdu were obtained in combination with satellite images and through sampling survey. The regressive model of morphological index and three-dimensional green quantity was established by the regression model. The results showed that The tree height, diameter at breast height and crown width of the urban greening tree species in the central urban area of Chengdu were generally distributed in a normal distribution pattern. And the number of green trees with tree height between 5 m~15 m, diameter between 10 cm~30 cm, crown width between 3 m~9 m showed the most, respectively being 49.41%~95.61%, 53.77%~89.04% and 64.36%~64.04%. It showed that the main tree species of urban forest in Chengdu had diameter structure stability. There was a significant positive correlation between the three-dimensional green quantity, tree height, DBH and crown width of tree species ($P < 0.01$). And the correlation coefficient between the crown width and the three-dimensional green quanti-

收稿日期:2016-11-21

* 基金课题:国家科技支撑计划课题“环境友好型城镇景观林构建技术研究示范”(2015BAD07B06)。

作者简介:郑绍伟(1981-),男,汉族,重庆江津人,高工,主要从事城市森林研究,E-mail:7790719@qq.com;

** 通讯作者,慕长龙(1964-),男,汉族,研究员,博士生导师。

ty of the plant was the highest, being 0.801 ~ 0.909. The regression model was established according to the stepwise regression of plant height, crown width and DBH of the main greening trees. The R² values of the two models with the crown width as the independent variable and the crown height and the tree height as the independent variables were all above 0.70.

Key words: Tree species, Morphological index, Three-dimensional, Model

随着城市化进程的不断加快,城市环境问题日益突出,城市森林在净化和美化城市化环境、调节气候、涵养水源、保护生物多样性等方面的重要作用日益凸显^[1-2]。三维绿量(living vegetation volume,简称“绿量”,又称“三维绿色生物量”、“绿化三维量”等,LVV),指所有生长中植物茎叶所占据的空间体积,作为城市绿化指标体系的第一立体指标,被越来越多的人所关注^[3-4]。

乔木是城市森林生态体系构建的主体,乔木三维绿量是城市三维绿量的基本构建单元,是城市森林生态功能研究和环境效益评价的基本前提,也是城市生态系统研究的重要内容之一^[5]。近年来不少研究学者对三维绿量展开了大量的研究,但是主要集中在北京^[6]、上海^[7]、沈阳^[8]、南京等城市。在研究过程中,他们根据实地调查结果,得到部分植物的树高、冠幅等生长指标与绿量相关关系模型^[9-10]。然而城市森林树种多样、结构多变、类型复杂,加之种植不规则、人工修剪与植物自然生长相结合的特点,受不同城市气候、光照等多因素种影响了树种冠幅、冠高等生长指标,不仅造成不同树种单株绿量的差异,还导致同一树种在不同城市的差异。本文以成都市中心城区主要绿化乔木树种为重点,通过实地调查结果,建立树种的三维绿量回归预测模型,为下一步准确评估成都市城市森林建设成效,指导城市森林建设提供理论依据。

1 研究区概况

成都市总面积 12 390 km²,建成区面积 604 km²。根据《2016 年成都市常住人口数量统计》显

示,全市常住人口 1 442.8 万人,其中主城区常住人口达 529.54 万人;全市人口密度为 1 159 人·km⁻²,主城区人口密度在各圈层中最大,为 11 388 人·km⁻²;第二生活圈为 1 338 人·km⁻²第三生活圈为 528 人·km⁻²。成都市属于亚热带湿润季风气候区,多年年平均气温为 16.2℃,年总降水量为 918.2 mm,主要集中在 7 月~8 月。

成都市生物资源丰富,拥有各类生物资源有 209 科、764 属、3 000 多种;其中受到国家重点保护的一、二、三级珍稀植物 46 种,国家一级重点保护动物 11 种;国家二级重点保护动物 47 种。研究区内主要的乔木树种有樟科的天竺桂 *Cinnamomum japonicum*、香樟 *Cinnamomum camphora*,木犀科的女贞 *Ligustrum lucidum*,银杏科的银杏 *Ginkgo biloba*,杨柳科的垂柳 *Salix babylonica*,桑科的黄葛榕 *Ficus ben-guetensis*、蓝果树科喜树 *Camptotheca acuminata* 和无患子科的栲树 *Koelreuteria paniculata* 等。

2 研究方法

2.1 调查方法

样地调查集中在 2016 年 6 月~9 月份进行,调查了建成区内公园、河岸绿化带、小区绿地和开放单位区绿地,其中开放单位区绿地类型主要包括学校、医院、机关附属事业单位、企业等类型,设置样地 137 个样地(图 1)。调查样地按地形,不得小于 400 m²,调查样地总面积 56 600 m²。对胸径(D_{B,H})>3 cm 的树种,按照每木调查方法记录各样地内乔木的树种、株高(H)、胸径、冠幅(R)、枝下高、树冠形状、病虫害、修剪情况等指标(参见表 1)。

表 1 调查数据字段描述

树高		胸径		冠幅		绿量	
等级代码	树高描述(m)	等级代码	胸径描述(cm)	等级代码	冠幅描述(m)	等级代码	绿量描述(m ³)
A1	H < 5	B1	D _{B,H} < 10	C1	R < 3	S1	S < 100
A2	5 ≤ H < 10	B2	10 ≤ H < 20	C2	3 ≤ R < 6	S2	100 ≤ S < 200
A3	10 ≤ H < 15	B3	20 ≤ H < 30	C3	6 ≤ R < 9	S3	300 ≤ S < 400
A4	15 ≤ H < 20	B4	30 ≤ H < 40	C4	9 ≤ R < 12	S4	400 ≤ S < 500
A5	20 ≤ H < 25	B5	40 ≤ H < 50	C5	12 ≤ R < 15	S5	500 ≤ S < 600
A6	H ≥ 25	B6	H ≥ 50	C6	R ≥ 15	S6	S ≥ 600

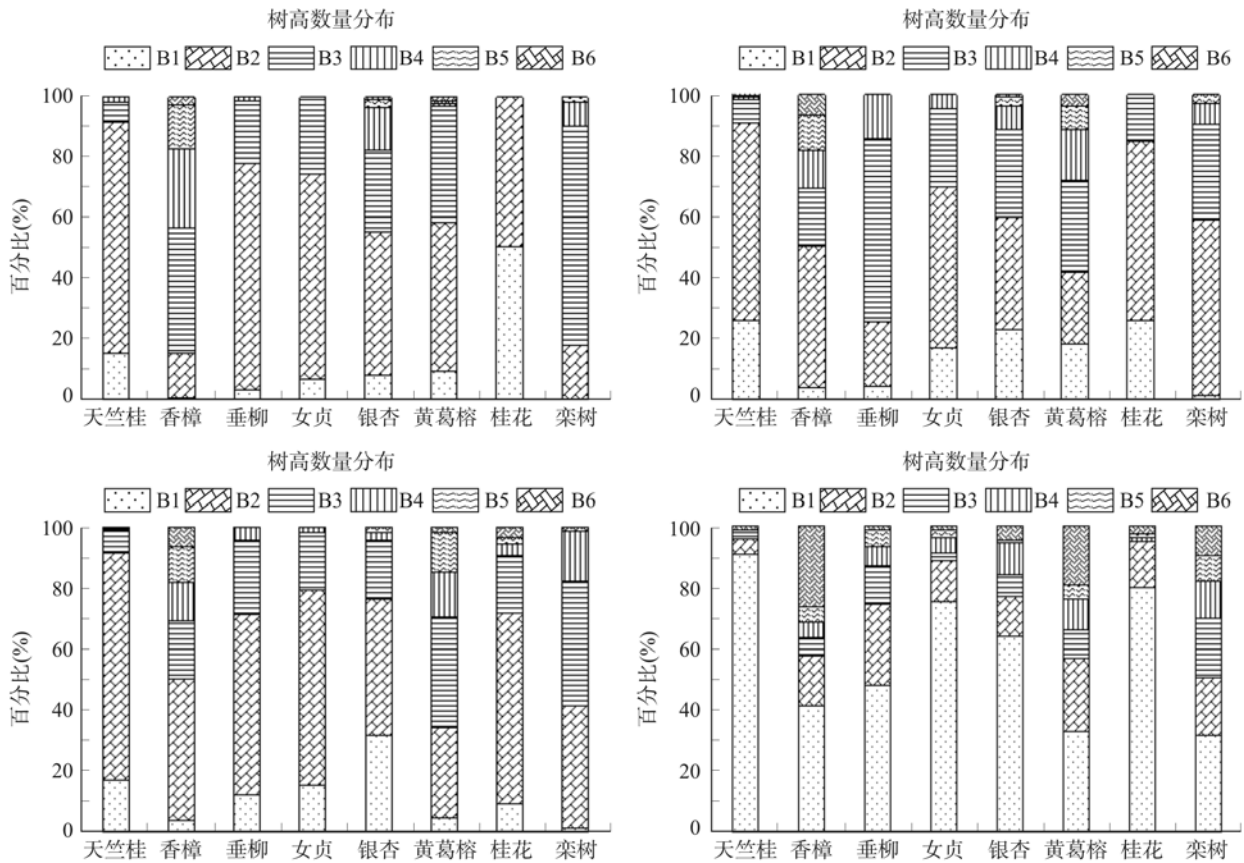


图1 主要树种的形态指标和三维绿量的不同等级数量

2.2 成都市主要绿化树种及分析因子的选取

根据成都市城市森林建设中绿化树种使用频度、数量和其在成都市的生长状况,选择出成都市常见的天竺桂、香樟、银杏、垂柳、女贞、黄葛榕、栎树、桂花等8种乔木树作为分析对象。本文研究中选择最具代表性和观测最简便的胸径、树高、冠幅3个典型的形态因子为基础作为研究自变量,三维绿量作为因变量,分析自变量因子和三维绿量的相关关系。

2.3 分析与建模

采用SPSS17.0中的逐步回归,模拟建立简单形态因子与单株绿量的估测方程,并采用相对误差对方程进行精度检验。样地内单株乔木树种绿量计算采用表2内公式计算。数据统计采用excel2007,数据相关性分析和回归分析。

$$\text{相对误差} = \frac{|\sum \text{实际值} - \sum \text{估计值}|}{\sum \text{实际值}} \times 100\%$$

表2 乔木单株三维绿量计算公式^[10]

序号	树冠形状	计算公式	序号	树冠形状	计算公式
1	卵圆 OV	$\pi x^2 y / 6$	5	圆柱 RC	$\pi x^2 y / 4$
2	圆锥 CO	$\pi x^2 y / 12$	6	球形 SP	$\pi x^2 y / 6$
3	半球 SS	$\pi x^2 y / 6$	7	球扇形 SF	$\pi [2y^3 - y^2(4y_2 - x_2)^{0.5}] / 3$
4	球缺 AS	$\pi(3xy^2 - 2y^3) / 6$			

说明:x为冠副,y为冠高

预测方程的相对误差越小越好,一般 < 20% 即说明该方程比较符合实际^[11]。

3 结果与分析

3.1 主要绿化树种的生长状况

图1是成都市建成区主要绿化乔木树种的树高、胸径、冠幅等形态指标和三维绿量的数量分布图。从图1上可以看出,不同树种在树高、胸径、冠幅和三维绿量的不同径级数量上有较大差异。从树高数量分布图可以看出,桂花的树高高度分布于10 m以下,女贞的的树高高度分布于15 m以下,天竺桂则分布于20 m以下,栎树则分布于5 m以上,香樟、银杏和黄葛榕在每个树高径阶都有分布。其中桂花的在A1(0~5 m)和A2(5 m~10 m)两个树高径阶的数量百分比分别为50.59%和49.41%;天竺桂、垂柳、女贞和黄葛榕的树高分布主要在A2(5 m~10 m),其径阶数量百分数分别为76.81%、74.73%、67.92%和49.54%;栎树和香樟则主要分布在A3(10 m~15 m),其径阶数量百分数分别为72.60%和41.38%。从树种胸径的径阶数量分布看,桂花的胸径主要分布于30 cm以下,垂柳和女贞

则分布于 40 cm 以下,香樟和栎树分布于 50 cm 以下。按照鄧光发^[6]利用胸径大小对树种的分级标准($D_{B,H} \geq 30$ cm 为大树, $30 \text{ cm} > D_{B,H} \geq 10$ cm 为中等树木, $D_{B,H} < 10$ cm 小树),成都市中心城区的主要绿化树种为中等树木,其中栎树和垂柳的中等树木数量最大,分别达到其物种总量的 89.04% 和 81.32%;黄葛榕中等树木数量比最低,也达到 53.77%。从树冠的径阶数量分布看,天竺桂、女贞、桂花、垂柳、香樟和银杏的树冠冠幅主要分布于 C3 ($6 \text{ m} \leq R < 9 \text{ m}$) 径阶,其数量分别达到 74.49%、64.15%、62.35%、58.89%、46.41% 和 44.74%;栎树和黄葛榕的树冠冠幅则主要分布于 C4 ($9 \text{ m} \leq R < 12 \text{ m}$) 径阶,其数量分别达到 41.10% 和 36.11%。从树种的三维绿量分布看,各径阶树种的数量随着绿量级的升高而减少。其中天竺桂和桂花的三维绿量在 D1 ($V < 150 \text{ m}^3$) 区间数量分布最多,其数量分别达 90.95% 和 80.00%。

3.2 主要绿化树种三维绿量估算指标的筛选

由于三维绿量是一个由树高、冠幅和冠高等多个形态影响的指标,为了在今后对树种三维绿量研究中可以采用简单、易测的指标进行计算和评价,本文从树高、胸径和冠幅 3 个主要形态因子入手,分析其与单株绿量的相关关系,结果(表 3)表明,除了桂花的树高与三维绿量间没有显著相关关系外,其它树种的树高、胸径、冠幅等形态指标与单株三维绿量均呈极显著性正相关。其中冠幅与三维绿量的相关

系数最大,分布范围在 0.801 ~ 0.909;胸径与三维绿量的相关系数次之,分布范围在 0.364 ~ 0.774;树高与三维绿量的相关系数分布范围在 0.164 ~ 0.788。

表 3 主要绿化树种三维绿量和与生长指标相关系数

树种	树高(X_1)	胸径(X_2)	冠幅(X_3)
天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i>	0.658**	0.473**	0.839**
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.625**	0.774**	0.909**
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	0.662**	0.474**	0.920**
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	0.707**	0.640**	0.801**
银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	0.759**	0.721**	0.873**
黄葛榕 <i>Ficus benguetensis</i>	0.590**	0.724**	0.845**
桂花 <i>Osmanthus fragrans</i>	0.164	0.364**	0.939**
栎树 <i>Koelreuteria paniculata</i>	0.788**	0.531**	0.909**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

3.3 主要绿化树种形态指标与三维绿量的回归分析

从成都市主要乔木绿化树种的树高、胸径和冠幅与单株三维绿量的回归分析(表 4)结果表明,冠幅是影响单株三维绿量最重要指标,增加树高因子,并没有对三维绿量的回归贡献率显著提高。不同树种间,以香樟、垂柳和桂花三个树种分别利用冠幅和冠幅与树高得到的单株三维绿量回归模型的 R^2 值最高,在 0.8 以上。从精度检验结果看,天竺桂、香樟等利用冠幅对单株三维绿量和利用冠幅和株高对单株三维绿量的估测模型中,相对误差均 $< 20\%$,表明这些拟合模型符合要求。

表 4 主要树种三维绿量与生长形态指标的估测模型与精度检验

树种	回归模型	R^2	N	F	Sig.	相对误差(%)
天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i>	$Y = -186.145 + 58.460X_3$	0.704	365	573.559	0	0.002
	$Y = -230.099 + 48.485X_3 + 12.259X_1$	0.739	365	340.352	0	0.005
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	$Y = -613.864 + 138.602X_3$	0.827	230	722.601	0	0.001
	$Y = -742.489 + 128.533X_3 + 13.709X_1$	0.834	230	377.922	0	0.001
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	$Y = -192.284 + 66.669X_3$	0.846	146	489.163	0	0.001
	$Y = -242.661 + 58.250X_3 + 10.903X_1$	0.874	146	305.725	0	0.002
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	$Y = -169.559 + 54.612X_3$	0.742	159	298.527	0	1.556
	$Y = -222.542 + 42.209X_3 + 13.265X_1$	0.790	159	193.391	0	1.601
银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	$Y = -170.764 + 72.441X_3$	0.762	171	358.822	0	0.001
	$Y = -216.583 + 56.783X_3 + 10.824X_1$	0.793	171	212.574	0	0.002
黄葛榕 <i>Ficus benguetensis</i>	$Y = -341.919 + 81.329X_3$	0.714	159	259.920	0	0.106
	$Y = -513.113 + 70.446X_3 + 27.467X_1$	0.754	161	158.079	0	0.107
桂花 <i>Osmanthus fragrans</i>	$Y = -92.861 + 31.658X_3$	0.871	132	579.173	0	2.571
栎树 <i>Koelreuteria paniculata</i>	$Y = -370.551 + 89.987X_3$	0.826	123	331.1706	0	0.021
	$Y = -528.536 + 68.994X_3 + 25.078X_1$	0.875	123	241.145	0	0.174

4 结论与讨论

从成都市主要绿化乔木树种的树高、胸径和冠

幅 3 个典型形态指标可以看出,成都市主要乔木树种的水平径级、立木层径级的数量结构上均呈现出中等径级的数量显著性高于低等级和高等级径级,总体呈正态分布格局;尤其香樟、女贞、桂花、黄葛榕

等典型的地带性树种的树高径级从 5 m 到 25 m 以上,胸径从 5 cm 到 30 cm 以上的各径级上均有分布,表明了成都市城市森林建设不仅在林木水平径级和立木层次上较为合理,形成了林木径阶结构有稳定的城市森林,还建成了以地带性植被为主体的城市森林生态体系。

彭镇华^[5-6]等研究认为,从树木所发挥的各种效益上看,大树占据着较大的优势,其所形成的森林也具有更大的效益。从成都市主要绿化树种的形态特征和单株三维绿量研究结果显示,树高高于 20 m 的数量为 2.96%,胸径大于 30 cm 的数量为 35.57%,树冠大于 6 m 的数量为 12.58%;单株三维绿量大于三维量大于 100 m³ 数量达到 42%。这些大树不仅对成都市城市生态环境改善起着重要作用,还为鸟类和小型兽类等动物提供了食物和有效的栖息地,吸引了凤头蜂鹰、黑喉歌鸲、蓝喉太阳鸟、四川旋木雀和松鼠等动物进入城区,不仅对保护生物多样性具有重要意义,还为城市居民近距离了解和享受城市森林文化提供了平台。

通过树高、胸径和冠幅 3 个简单形态因子对成都市 8 种常见的乔木树种的单株三维绿量相关性分析和逐步回归分析,研究结果表明:影响单株三维绿量的首要因子是冠幅,其次是树高;采用单因子冠幅较采用复合因子冠幅和树高对其单株三维绿量的回归估测模型的 R² 值没有显著性降低,这说明可以采用单因子的冠幅对乔木树种的单株三维绿量进行简单预测。然而,城市绿化乔木的生长不仅受建筑、周围管线等因素的影响,还受立地土壤、气候、栽植密

度以及管护措施等因素的影响,以成都市 8 个主要树种单株三维绿量为因变量建立的估测模型是否适合其他地区还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 蔡春菊,彭镇华,王成.城市森林生态效益及其价值研究综述[J].世界林业研究.2004,17(3):17~20.
- [2] 欧阳勋志,廖为明,刘国华.城市森林绿地建设的生态学思考[J].江西农业大学学报(自然科学版).2002,4(5):671~674.
- [3] 周延刚,罗红霞,郭志达.基于遥感影响的城市空间三维绿量(绿化三维量)定量研究[J].生态学报.2005,25(3):415~420.
- [4] 刘常富,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林三维绿量测算[J].北京林业大学学报.2006,28(3):32~37.
- [5] 李伟,贾宝全,王成,等.城市森林三维绿量研究现状与展望[J].世界林业研究.2008,21(4):31~34.
- [6] 郝光发,王成.北京专属单位区树木数量结构特征与三维绿化结构[J].东北林业大学学报.2011,39(6):68~71.
- [7] 顾祝军,陈子玉,钟冠.基于 SPOT5 影像多辐射校正水平的植被绿量遥感估算[J].生态环境学报.2009,18(6):2294~2299.
- [8] 刘常富,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林三维绿量测算[J].北京林业大学学报.2006,28(3):32~38.
- [9] 董燕,赵林森,赵宇翔,等.昆明市三个主要广场园林植物绿量研究[J].林业研究.英文版,2004,15(4):291~294.
- [10] 刘常富,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林三维绿量模拟及其影响因子[J].应用生态学报.2008,19(6):1173~1178.
- [11] 蔡哲,刘琪珠,欧阳球林.千烟洲试验区几种灌木生物量估算模型的研究[J].中南林学院学报.2006,26(3):15~18.
- [12] 彭镇华.城市森林建设理论与实践[M].北京:中国林业出版社,2006.