

公路绿化毛白杨群落光环境特征分析

宋子炜^{1,2}, 郭小平^{1,2}, 代巍^{1,2}

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 生态绿化是重要的公路绿化方式, 群落稳定性、生物多样性是生态绿化的基本特征和目标。以北京市顺平路顺义段两侧毛白杨 (*Populus tomentosa*) 群落为研究对象, 应用加拿大 Regent Instrument 公司生产的 WinSCANOPY For Canopy Analysis 冠层分析仪及软件采集照片。通过资料分析和实地踏查, 分析了不同径阶毛白杨群落冠上、林下的光环境特征和冠层结构特征指标如光合光子通量密度 (PPFD)、林隙分数 (Gap fraction)、叶面积指数 (LAI)、平均叶倾角 (MLA) 等, 得出林隙分数随着胸径的增加下降, 平均叶倾角随胸径增加下降, 叶面积指数随胸径的变化虽然有些波动, 但是总体上呈现增加趋势。

关键词: 公路生态绿化; WinSCANOPY; 叶面积指数; 群落光环境

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0038-05

中图分类号: Q148, Q947.8

Light Characteristics of *Populus Tomentosa* Communities for Road Greening

SONG Zi-wei^{1,2}, GUO Xiao-ping^{1,2}, DAI Wei^{1,2}

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Beijing Forestry University Key Laboratory of Soil & Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Ecological greening is an important way of highway greening. Community stability and species diversity are the two essential characteristics of highway ecological greening. By taking *Populus tomentosa* communities in the Shunyi section of Shunping Road (S305), Beijing, as a research object and applying WinSCANOPY produced by Regent Instrument of Canada in taking photos, light environment over and under the canopy and community structure characteristic indexes, such as photosynthetic photon quanta flux density (PPFD), gap fraction, leaf area index (LAI), and mean leaf angle (MLA), are analyzed by data analysis and field investigation. Results show that the gap fraction of *Populus tomentosa* communities decreases with the diameter at breast height (DBH) increasing and MLA decreases with the DBH increasing. Although LAI fluctuates in some degree, it also presents an ascending tendency. The study provides a basic analysis and a reference for highway ecological greening to establish a stable plant species diversity and a multi-layer structure.

Keywords: highway ecological greening; WinSCANOPY; leaf area index; community light environment

公路建设在促进经济发展的同时,对生态环境造成了破坏,路域生态环境恢复受到越来越多的重视。在退化生态系统的植被恢复过程中,光是一个非常动态化的环境因子。太阳辐射强度大小和时空分布对植物体进行光合作用具有重要意义。国内外学者研究了不同光照条件下植物光合作用的强度^[1],讨论研究了影响光合作用的机理、原因和条件^[2-4],但对群落整体光辐射强度及分布研究不够深入。光照条件与冠层结构密切相关。本文旨在利用鱼镜头、数码相机和相关分析软件采集数据,比较分析毛白杨 (*Populus tomentosa*) 群落的光照环境特征,在一定程度上说明不同冠层结构对林下光环境特征的影响,

从而为公路生态绿化建立复层结构群落,提高群落稳定性和物种多样性提供基础分析和参考。

1 研究区概况

顺义区位于北京市东北郊,地理位置为北纬 40°00'—40°18',东经 116°28'—116°58',区境东西长 45 km,南北宽 30 km,总面积 1 020 km²。地处燕山南麓,华北平原北端,属潮白河冲积扇下段。平原面积占 95.7%。地势北高南低,坡度为 6/10 000,平原海拔 25—45 m,平均海拔 35 m。气候属暖温带半湿润大陆性季风性气候,年平均气温为 11.5℃。年日照 2 750 h,无霜期 195 d 左右。年均降雨量约 625

mm,其中75%集中在夏季。顺平路西起枯柳树环岛,东至平谷交界,全长35 km。根据北京市“五河十路”绿色通道建设标准,道路两侧各建200 m高标准绿化带,50 m以内为永久绿化带,150~200 m之间为产业带。截止2007年5月,顺平路共完成造林面积667.87 hm²,植树150.2万株,其中永久绿化带227 hm²,植树117.2万株,产业带440.87 hm²,植树33万株,造林总投资1 986万元。造林成活保存率平均达到98%。

2 研究方法 with 数据处理

2.1 样地设置

根据北京市路政局及顺义区公路分局提供的资料得出,毛白杨是顺平路(S305)顺义段应用最多的道路绿化树种。实际调查发现,由其构成的绿化群落物种单一,结构简单,属于典型的乔草结构类型。

样地设置前,初步确定样地设置的类型、位置及数量,结合实际踏查经验,最终选定8个调查样点,分别位于道路两侧50 m范围内,各样地土层深厚。确定胸径大小均匀的林区作为调查样地,调查样地面积设置为20 m × 20 m。

2.2 数据采集

所用仪器 WinSCANOPY2004a For Canopy Analysis为加拿大 Regent Instruments 公司产品。在各样地内,对冠层进行拍照。由于调查样地均为人工林,属于乔草群落结构,草本层低于1.2 m,所以拍

摄高度可以设置为1.5 m。为了消除太阳直射产生的巨大光斑,拍摄时间选在天气晴朗的8:00—10:00和14:00—16:00,每个样地选10个拍照点,每个拍照点拍3张照片。使用随机软件对获取的数码照片进行分析。由于软件中含有不同经纬度和海拔高度在不同时间太阳高度、辐射强度的状况,只需输入照片获取地点的地理参数即可得到一致的结果,这样就可以确定不同样地群落中分析结果的差异是由于群落结构不同造成的。

同时,进行每木检尺,胸径测量严格控制在距离地面1.30 m处,用样点法测定郁闭度,并详细调查样地内地被植物生长状况。

2.3 数据处理

分析指标主要包括林隙分数(gap fraction)、开度(openness)、平均叶倾角(mean leaf angle)、叶面积指数(LAI)、光合光子通量密度(PPFD)等指标。由于 WinSCANOPY2004a 提供了 LAI(Bonhom) — Lin, LAI(2000) — Lin, LAI(2000) — Log, LAI(Ellips) — Log 等10种叶面积指数形式,所以需进行预备试验,即采用传统方法实测径阶18 cm 法国梧桐 (*Platanus orientalis* L) 和径阶12 cm 国槐 (*Sophora japonica* Linn) 各10株叶面积指数,实测结果与仪器提供的10种叶面积指数形式进行比照,发现传统方法与 LAI(2000) — Log 形式相关性最大,相关系数为0.88,这与高登涛^[5]的分析结果一致,故对叶面积指数进行分析时,采用 LAI(2000) — Log 形式数据。

表1 毛白杨群落样地基本特征

样地编号	样地位置 (顺平路)	平均胸径/ cm	胸径变异 系数/ %	平均 树高/ m	树高变异 系数/ %	郁闭度	株行距/ (m · m)
1	K33 + 500 — K33 + 700	26.50	3	24.69	3	0.6	4 × 4
2	K33 + 500 — K33 + 700	23.65	2	22.45	8	0.6	4 × 4
3	K30 + 700 — K30 + 900	21.75	4	20.48	5	0.6	4 × 4
4	K29 + 100 — K29 + 300	21.05	4	21.1	3	0.8	4 × 4
5	K29 + 300 — K29 + 500	43.05	3	23.1	5	0.8	5 × 5
6	K29 + 300 — K29 + 500	12.75	6	13.55	12	0.8	4 × 4
7	K24 + 500 — K24 + 700	11.88	5	14.3	8	0.7	4 × 3
8	K18 + 100 — K18 + 300	22.95	3	17.05	3	0.8	4.5 × 4.5

注:“K33 + 500”表示公路里程桩号。

3 结果分析

3.1 毛白杨群落样地基本特征

本文共调查毛白杨样地8块,基本情况如表1所示。从表1中可以看出,毛白杨的最小胸径11.88

cm,最大胸径43.05 cm,平均22.95 cm,各径阶群落变异系数很小,说明各样地的胸径大小均匀,数据可以用于群落光环境和冠层结构形态学特征分析。

3.2 照片主要指标分析

林隙分数指一个区域的空隙度——位于天空区

域的像素占此区域总像素的比例,可由图像分析得出^[1]。开度是由图像得来的,是林隙分数经过补偿计算剔除了植被阻隔的影响得出的实际冠层林隙分数^[5]。各样地内林隙分数、开度、平均叶倾角、叶面积指数、定点因子和冠上辐射等指标的标准差如表 2 所示。从表 2 中可以看出,所有样地各指标的标准差都很小,特别是定点因子和冠上辐射的标准差接近 0 或者为 0,这说明了操作方法和分析指标具有很好的稳定性。

3.3 不同径阶群落辐射强度分析

在森林群落中,太阳辐射可以穿透整个群落,供给各层植物进行光合作用,但是由于植物叶片和枝干的阻挡和遮光效应,使不同高度,不同层次的太阳辐射发生改变。另外由于不同径阶的森林群落树木高度、冠幅不同,对太阳辐射吸收、散射、反射作用也不

同^[1]。由于所调查的毛白杨群落为人工林,属于乔草结构类型群落,生物多样性较低,结构简单,所以群落中太阳辐射变化受其它因素影响较小,指标分析结果可以理解是由于不同径阶群落结构形态学特征不同引起的(见图 1—2)。

太阳入射可以通过不同途径进入群落内部,有以直接辐射的形式从群落间隙和边缘进入的,有通过叶片和土壤表面反射进入的,还有通过投射进入群落的。冠上太阳辐射指森林群落上层的太阳辐射强度,Win-SCANOPY2004a For Canopy Analysis 包含了冠层直射 (PPFD Direct Over Per Day)、冠层散射 (PPFD Diffuse Over Per Day) 和冠层总辐射 (PPFD Total Over Per Day) 3 种指标。上述 3 种 PPFD(冠层 PPFD)主要受测试地点位置、地形、海拔高度的影响,研究区域位于顺平路 K18—K34 之间,环境异质性不明显。

表 2 毛白杨样地主要分析指标标准差比较

样地编号	林隙分数	开度	平均叶倾角	叶面积指数	直接定点因子	间接定点因子	总定点因子	冠上直射	冠上散射	冠上总辐射
1	0.35	0.36	0.65	0.16	0.09	0.01	0.07	0	0	0
2	0.52	0.59	1.72	0.21	0.11	0.01	0.10	0	0	0
3	0.39	0.43	0.93	0.04	0.10	0.01	0.08	0	0	0
4	0.77	0.94	0.33	0.23	0.06	0.02	0.06	0	0	0
5	0.81	0.93	1.59	0.28	0.11	0.02	0.10	0	0	0
6	0.44	0.52	0.60	0.11	0.02	0.01	0.02	0	0	0
7	0.21	0.24	0.54	0.11	0.05	0.01	0.05	0	0	0
8	0.34	0.40	0.38	0.08	0.02	0.01	0.02	0	0	0

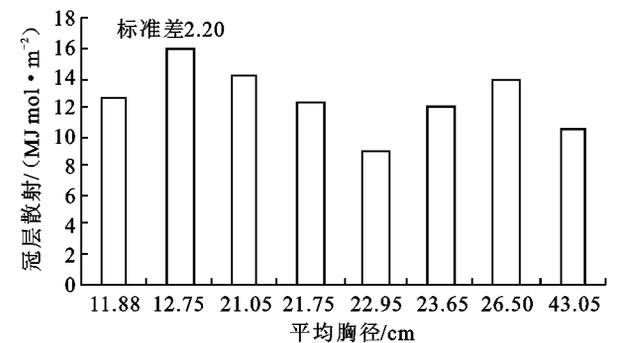
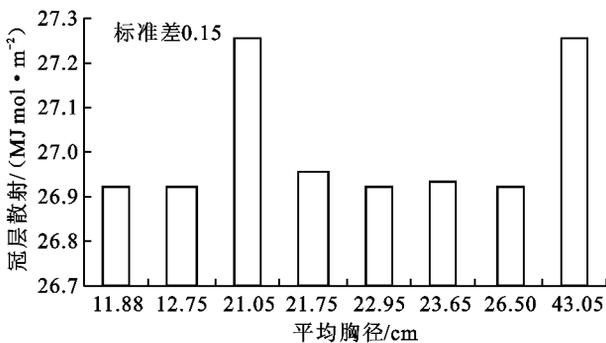
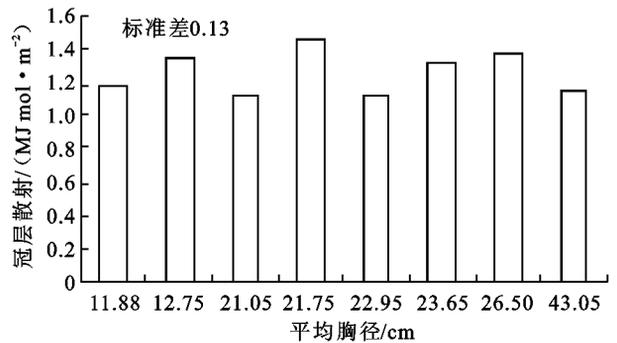
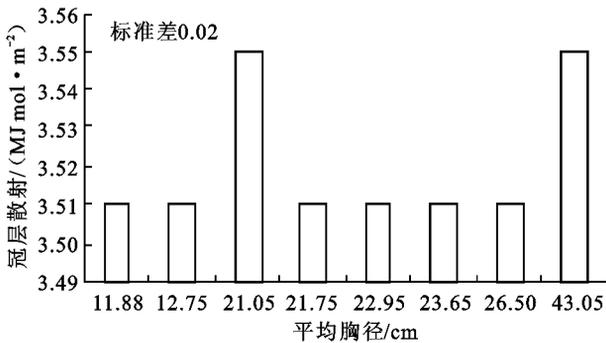


图 1 不同径阶毛白杨群落冠层光合光量子通量密度 PPFD 比较

图 2 不同径阶毛白杨群落林下光合光量子通量密度 PPFD 比较

另外照片获取时间间隔很短,天气状况变化很小,因此,经纬度、海拔高度、天气状况给冠层 PPFD 分析带来的误差可以忽略不计。通过比较图 1,可以看出不同径阶毛白杨群落的冠层总辐射在 26.90 ~ 27.25 之间,标准差在 0.01 ~ 0.15 之间,说明不同径阶,不同类型的群落冠层 PPFD 接近,差异不明显,所以重点应该分析林下 PPFD 变化,不同径阶毛白杨群落林下 PPFD 变化如图 2 所示。可以看出,林下 PPFD 表现出较大差异。毛白杨群落林下直接辐射和总辐射的标准差都大于 2.00,林下总辐射平均占冠层总辐射的 46.31%,散射辐射占总辐射的比例由 13.03% 降至 10.34%,这说明群落冠层都使散射辐射在总辐射中比例降低。

演替不同时期的光照的主要差别在于光线在群落内的分布。光线透过植被冠层后,光强和光质组成均会发生改变,因此会导致群落内的光环境相当复杂和多变^[7-8]。对于不同径阶的毛白杨群落而言,林下 PPFD 具有波动性变化,径阶为 22.95 cm 的群落林下 PPFD 值最低,而后随着径阶升高,在径阶为 26.50 cm 时,林下 PPFD 值达到第二个高值点,这与群落演替过程是相吻合的,胸径较小的群落,树冠较小,郁闭度较低,所以透过光较多。随着树木的生长和群落演替,冠层繁茂,郁闭度逐渐增加,导致林下光环境减弱。群落的垂直结构分化和自稀疏过程使群落冠层结构和冠形趋于稳定,光环境随之趋于稳定,林下辐射有所升高,最后保持在较为稳定的状态。从辐射总量来看,随着胸径的增加,毛白杨群落林下 PPFD 虽具有一定的起伏,但总辐射强度的总体趋势在下降。

毛白杨属于北京地区适生树种,特别是在成林前期生长旺盛,物质积累迅速,并迅速占据空间,随着群落的演替,林下环境逐渐趋于阴生,将有利于喜阴植物的生长更新,而幼苗幼树的生长更新将依赖于群落中林窗的形成。这与实际调查结果吻合,调查中发现,毛白杨群落林下生长着绿绒蒿属 (*Meconopsis* Vig.)、蓝刺头属 (*Echinops* Linn.)、堇菜属 (*Viola* Linn.) 等喜阴植物。

3.4 不同径阶群落冠层林隙分数变化

群落的冠层结构与进入冠层的太阳辐射强度密切相关,表示冠层结构特征的一个重要指标就是群落冠层的林隙分数。群落的林隙分数与林下 PPFD 密切相关,在一定程度上决定了林下 PPFD 的空间分布情况,因此为了更好地揭示不同径阶群落内太阳辐射强度的变化,比较不同径阶群落冠层的林隙分数具有重要的意义。从图 3 可知,毛白杨群落冠层的林隙分数变化较为复杂,并没有呈现出随胸径增加而明显降低的趋

势。林隙分数标准差为 3.23,波动范围 14.34% ~ 23.27%,平均值 17.71%,胸径 11.88 ~ 21.05 cm 的毛白杨群落具有较低的林隙分数,冠层郁闭度大。在胸径从 22.95 cm 增加到 26.50 cm 的过程中,林隙分数有所增加,这说明林隙分数会随着树木生长、高度增加和群落垂直结构分化而略有增加。

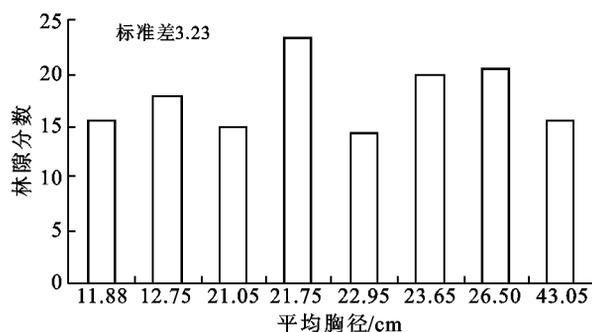


图 3 不同径阶毛白杨群落林隙分数比较

3.5 平均叶倾角与群落光环境分析

辐射在通过林冠的过程中,辐射强度随着覆盖度的增加几乎呈指数降低,衰减程度取决于叶簇密度、叶片排列顺序以及分布角度。平均叶倾角指叶表面垂线与铅垂线夹角,自然界的多数植物能够以锐角截获阳光,这样可以避免直接辐射造成灼伤。

从图 4 中可以看出,毛白杨群落的平均叶倾角变异较大,平均值为 32.80°,标准差为 5.06,随着胸径增加有降低的趋势。平均叶倾角约为 33°,这与 Warren—Wilson 通过大量的实验确定的当点样方倾角为 32.5°时,各种植被冠类型的消光系数 K 对叶子倾角的敏感度最小的结论^[6]是一致的。

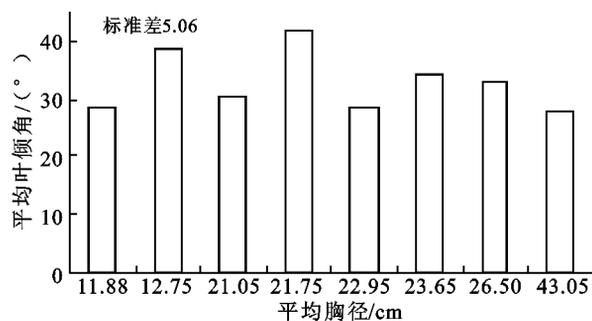


图 4 不同径阶毛白杨群落平均叶倾角比较

3.6 叶面积指数与群落特征分析

叶面积指数是表征群落结构的重要特征参数之一,WinSCANOPY2004a 包含了 10 种叶面积指数形式,通过预备试验比较,发现传统方法与 LAI (2000) —Log 的相关系数达到 0.88,故本实验采用此种计算方式。

从图 5 中可以看出,叶面积指数的变化范围为 2.12~3.98,平均值 3.29,标准差 0.61,LAI 先由大变小,后由小变大。对于胸径较小的毛白杨群落,由于林分密度较大,故叶面积指数较大。而后随着种内竞争叶面积指数有所降低,冠层垂直结构分化最终使 LAI 有所增加。

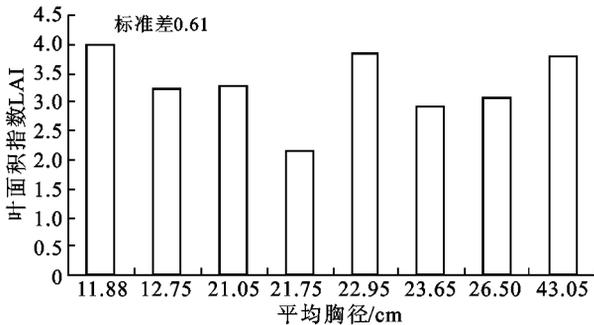


图 5 不同径阶毛白杨群落叶面积指数比较

4 结论

(1) 顺平路顺义段两侧不同径阶毛白杨为人工林,树种单一,结构简单,研究区域环境异质性不明显,且照片获取时间间隔很短,天气状况变化很小,因此,冠层总辐射 PPFD 标准差非常小,经纬度、海拔高度、天气状况对冠层 PPFD 分析影响可以忽略不计。

(2) 毛白杨群落林下 PPFD 较冠层 PPFD 均有明显降低,群落内部光环境为阴性环境,这对林下幼苗和喜阴植物的生长具有积极意义,也为建立复层结构、增加物种多样性和群落稳定性提供了分析依据。

(3) 对冠层结构特征的分析表明,毛白杨群落林隙分数随着胸径的增加有下降趋势;平均叶倾角随胸径增加有下降趋势;叶面积指数随胸径的变化虽有波动,但是总体上呈现增加趋势。

(4) 运用光层分析仪 WinSCANOPY2004a For Canopy Analysis 拍照分析群落冠层的研究在国内尚少,相关文献报道更少。公路生态绿化属于线性工程,具有狭长的特点,其群落特征研究尚属首例。本文旨在通过运用 WinSCANOPY2004a For Canopy Analysis 分析公路生态绿化的群落特征,为公路生态绿化复层结构建立提供一定的参考。由于测定技术、测定方法、数据分析等因素的影响,本文只做了一些浅析,而影响植物生长的因素是多种多样,彼此交叉的,具体的机理研究尚有缺陷。

从生态功能而言,乔木的生态效益是同面积草坪的 5 倍,乔、灌、草结合(高叶面指数)的篱障阻挡和吸

收噪声的功能又大大高于同样厚度的单纯乔木篱障。绿地率、覆盖率等传统绿化指标已经不足以反映实际绿化的生态效益。

绿量是“绿化三维量(living vegetation volume)”的简称,指生长中的植物茎、叶所占空间面积的多少,用来反映绿地生态功能水平,能较准确地反映植物构成的合理性和生态效应水平。

目前国内关于绿量的说法有“环境容量说”、“叶面积指数说”和“空间体积说”,叶面积指数是应用较为普遍的一种方法^[9-11]。因此,研究分析公路生态绿化群落特征及各种群落叶面积指数,为建立群落复层结构、提高物种多样性和群落稳定性、增加绿量提供基础分析和参考。

[参 考 文 献]

- [1] 丁圣彦,卢训令. 天童国家森林公园常绿阔叶林不同演替阶段群落光环境特征比较[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2862—2867.
- [2] Adams P, Britz S J. Amelioration of UV-B damage under high irradiance I: Role of photosynthesis[J]. Photochem. Photobiology, 1992(56): 645—650.
- [3] Bornman J F, Sundby-Emanuelsson C. Response of plants to UV-B radiation: some biochemical and physiological effects[M]// Environment and Plant Metabolism, Smirnoff N. (ed.). BioScientific, Oxford, 1995. 245—262.
- [4] Anette Küster, Ralf Schaible, Hendrik Schubert. Light acclimation of photosynthesis in three charophyte species[J]. Aquatic Botany, 2004(79): 111—124.
- [5] 高登涛,韩明玉. 冠层分析仪在苹果树冠结构光学特性方面的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 166—170.
- [6] 任海,彭少麟. 鼎湖山森林群落的几种叶面积指数测定方法的比较[J]. 生态学报, 1997, 17(2): 220—223.
- [7] Pearcy R W. Photosynthetic utilization of lightflecks by understory plants[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1988(15): 223—238.
- [8] Pearcy R W. Sunflecks and photosynthesis in plant canopies[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1990(41): 421—453.
- [9] 陈芳,周志翔. 武汉钢铁公司厂区绿地绿量的定量研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 592—596.
- [10] 刘常富,何兴元. 沈阳城市森林绿量测算[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1208—1212.
- [11] 安勇,卓丽环. 哈尔滨市紫丁香绿量[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(6): 81—83.