

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第17期 Vol.32 No.17 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 17 期

2012 年 9 月 (半月刊)

目 次

基于生物生态因子分析的长序榆保护策略.....	高建国,章 艺,吴玉环,等 (5287)
闽江口芦苇沼泽湿地土壤产甲烷菌群落结构的垂直分布.....	余晨兴,仝 川 (5299)
涡度相关观测的能量闭合状况及其对农田蒸散测定的影响.....	刘 渡,李 俊,于 强,等 (5309)
地下滴灌下土壤水势对毛白杨纸浆林生长及生理特性的影响.....	席本野,王 焯,邸 楠,等 (5318)
绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响.....	高 勇,门兴元,于 毅,等 (5330)
湿地资源保护经济学分析——以北京野鸭湖湿地为例.....	王昌海,崔丽娟,马牧源,等 (5337)
湿地保护区周边农户生态补偿意愿比较.....	王昌海,崔丽娟,毛旭峰,等 (5345)
湿地翅碱蓬生物量遥感估算模型.....	傅 新,刘高焕,黄 舸,等 (5355)
增氮对青藏高原东缘典型高寒草甸土壤有机碳组成的影响.....	郑娇娇,方华军,程淑兰,等 (5363)
大兴安岭 2001—2010 年森林火灾碳排放的计量估算.....	胡海清,魏书精,孙 龙 (5373)
基于水分控制的切花百合生长预测模型.....	董永义,李 刚,安东升,等 (5387)
极端干旱区增雨加速泡泡刺群落土壤碳排放.....	刘殿君,吴 波,李永华,等 (5396)
黄土丘陵区土壤有机碳固存对退耕还林草的时空响应.....	许明祥,王 征,张 金,等 (5405)
小兴安岭 5 种林型土壤呼吸时空变异	史宝库,金光泽,汪兆洋 (5416)
疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素.....	刘文杰,陈生云,胡凤祖,等 (5429)
COII 参与茉莉酸调控拟南芥吲哚族芥子油苷生物合成过程	石 璐,李梦莎,王丽华,等 (5438)
Gash 模型在黄土区人工刺槐林冠降雨截留研究中的应用	王艳萍,王 力,卫三平 (5445)
三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异.....	刘维湄,王 杰,王 勇,等 (5454)
基于 SPEI 的北京低频干旱与气候指数关系	苏宏新,李广起 (5467)
山地枣树茎直径对不同生态因子的响应.....	赵 英,汪有科,韩立新,等 (5476)
幼龄柠条细根的空间分布和季节动态	张 帆,陈建文,王孟本 (5484)
山西五鹿山白皮松群落乔灌木层的种间分离.....	王丽丽,毕润成,闫 明,等 (5494)
长期施肥对玉米生育期土壤微生物量碳氮及酶活性的影响.....	马晓霞,王莲莲,黎青慧,等 (5502)
基于归一化法的小麦干物质积累动态预测模型.....	刘 娟,熊淑萍,杨 阳,等 (5512)
上海环城林带景观美学评价及优化策略	张凯旋,凌焕然,达良俊 (5521)
旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例.....	窦银娣,刘云鹏,李伯华,等 (5532)
一种城市生态系统现状评价方法及其应用.....	石惠春,刘 伟,何 剑,等 (5542)
黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化.....	周志鹏,金显仕,单秀娟,等 (5550)
蓝藻堆积和螺类牧食对苦草生长的影响.....	何 虎,何宇虹,姬娅婵,等 (5562)
黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能.....	柳 宇,张 伟 (5568)
虎纹蛙选择体温和热耐受性在个体发育过程中的变化	樊晓丽,雷焕宗,林植华 (5574)
水丝蚓对太湖沉积物有机磷组成及垂向分布的影响	白秀玲,周云凯,张 雷 (5581)
专论与综述	
城市绿地生态评价研究进展.....	毛齐正,罗上华,马克明,等 (5589)
全球变化背景下生态学热点问题研究——第二届“国际青年生态学者论坛”	万 云,许丽丽,耿其芳,等 (5601)
研究简报	
雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果.....	沈渭寿,李海东,林乃峰,等 (5609)
学术信息与动态	
生态系统服务时代的来临——第五届生态系统服务伙伴年会述评	吕一河,卫 伟,孙然好 (5619)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 334 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-09	



封面图说: 带雏鸟的白枕鹤一家——白枕鹤是一种体型略小于丹顶鹤的优美的鹤。体羽蓝灰色,腹部较深,背部较浅,脸颊两侧红色,头和颈的后部及上背为白色,雌雄相似。其虹膜暗褐色,嘴黄绿色,脚红色。白枕鹤常常栖息于开阔平原芦苇沼泽和水草沼泽地带,有时亦出现于农田和海湾地区,尤其是迁徙季节。主要以植物种子、草根、嫩叶和鱼、蛙、软体动物、昆虫等为食。繁殖区在我国北方和西伯利亚东南部。我国白枕鹤多在黑龙江、吉林、内蒙古繁殖,与丹顶鹤的繁殖区几乎重叠,为国家一级保护动物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201112071874

张凯旋, 凌焕然, 达良俊. 上海环城林带景观美学评价及优化策略. 生态学报, 2012, 32(17): 5521-5531.

Zhang K X, Ling H R, Da L J. Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(17): 5521-5531.

上海环城林带景观美学评价及优化策略

张凯旋^{1,*}, 凌焕然², 达良俊^{3,4}

(1. 上海商学院生态旅游学院, 上海 201400; 2. 复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433;

3. 华东师范大学环境科学系, 上海 200062; 4. 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062)

摘要:选取上海环城林带 7 种植物群落, 采用美景度评判法, 从林内景观和林外景观 2 个空间层次和春、夏、秋、冬 4 个季节, 应用数量化理论 I 建立了美景度和各景观因子类目之间的景观评价与预测的多元回归模型, 分析了群落的结构特征和季相特征对林内景观以及外貌特征对林外景观的影响, 并提出相应的优化对策。结果表明: (1) 群落结构特征对林内景观的影响主要因子为胸径(平均胸径和胸径变异系数)、郁闭度和疏透度。在春季, 林内美景度随着树木胸径增大而增加; 在夏季, 郁闭度增大会提升林内美景度; 在秋季, 胸径变异小的群落具有更高的林内观赏性; 在冬季, 疏透度对林内景观美景度影响最大。 (2) 群落季相特征对林内景观的影响, 在各季节表现亦不同。在春季, 黄色、紫色等明度较高的色相和开花量适中的群落美景度最佳; 在夏季, 生长势好、林冠层变化小以及树干清晰度高的群落具较高的美景度, 且观花可显著提高夏季林内美景度; 在秋季, 色彩越纯美景度越高; 而在冬季, 树皮颜色深的群落美景度高。 (3) 群落外貌特征对林外景观有显著影响, 其中林冠线对林外景观美景度影响最大, 其次为林缘线。具有起伏不大林冠线和自然流畅林缘线的植物群落美景度高。旨在通过对典型植被群落不同季相的美景度评价, 对上海环城林带的群落景观进行定量的评价, 进而为不同情景下的群落结构优化提出相应的对策, 为城市森林的群落建构与管理提供科学依据。

关键词:美景度评价法; 林内景观; 林外景观; 环城林带; 上海

Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt

ZHANG Kaixuan^{1,*}, LING Huanran², DA Liangjun^{3,4}

1 Department of Ecology and Tourism, Shanghai Business School, Shanghai 201400, China

2 Department of Environmental Science & Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China

3 Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

4 Shanghai Key Laboratory for Ecology of Urbanization Process and Eco-restoration, Shanghai 200062, China

Abstract: Extensive development in Shanghai during the last few decades has led to rapid urbanization. Urban lands have proliferated and the Outer Ring Road, an expressway, cannot stop the expansion and will never be a boundary between urban and rural areas. The Shanghai Green Belt, with its many species and diverse vegetation types, has become a bright spot of Shanghai's urban landscape and is a real attraction for people who desire green space for recreation and relaxation. As Shanghai has grown the aesthetic value of the Green Belt landscape has become more important and its usefulness needs to be re-evaluated to improve construction techniques and landscape management. Many researchers have shown the quality of recreational opportunities and the aesthetic values of urban forests mainly depend on the vegetation type present, the vegetative community components and the structure of the vegetative community, which can be evaluated objectively using a

基金项目:上海高校青年教师培养资助计划(SXY11008)

收稿日期:2011-12-07; **修订日期:**2012-06-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangkx99@126.com

landscape-scale evaluation method. The scenic beauty estimation (SBE) method is based on an analysis of aesthetic trends or people's desire for a landscape. SBE is quite popular and is considered to be the most accurate method of quantifying human desires for landscape-scale management. Typical vegetation types found throughout the year were selected for SBE evaluation. We wanted to elaborate on factors influencing both forest interior and forest edge landscapes of the Shanghai Green Belt, based on an analysis of community types and structural features and to try to answer the following questions: (1) What structural features and seasonal factors have the most influence on forest interior landscapes, and (2) What factors have the most influence on forest edge landscapes and how can scenic values be enhanced through structural optimization and daily management. Seven vegetation types were selected from both forest interior and forest edge areas, in spring, summer, autumn and winter, based on Quantitative Theory I. The influence of community structure and seasonal features on forest interior landscapes and physiognomic features on forest edge landscapes was analyzed using a multivariate regression model between SBE and the measurement of every landscape factor; also relative optimization strategies were considered. The results show: (1) the main factors influencing community structural features are average diameter at breast height (*DBH*) and variation coefficient of *DBH*, canopy closure and canopy porosity. In spring, SBE increases with increasing *DBH*, while in summer, SBE increases with increasing canopy closure. In autumn, communities with smaller *DBH* variation have higher SBE values in forest interior landscapes. In winter, canopy porosity has the greatest impact on SBE values for forest interior landscapes. (2) The influence of seasonal factors changes from season to season for forest interior landscapes. In spring, communities with some bright color like yellow or purple and communities with moderate bloom have a higher SBE value. In summer, those which have vigorous growth, smaller changes in forest canopy and unobscured trunks increase the SBE value, and some flowering appears to enhance landscape beauty; the SBE value increases with color purity in autumn and the communities with dark bark have the highest SBE value. (3) The physiognomic factors of a community have a significant impact on forest edge landscape scenic beauty, to which the forest canopy line contributes the most, followed by forest edge line. Communities with a slightly undulating canopy line and complex vertical structure and natural edge line have the highest SBE value. Through aesthetic evaluation of different plant communities, we aim to provide a quantitative assessment and prediction for the Shanghai Green Belt and suggest some related strategies for community structure optimization under different conditions, and provide a scientific basis for urban forest planning, design, and management.

Key Words: scenic beauty estimation method; forest interior landscape; forest edge landscape; green belt; Shanghai

森林景观的形成是自然环境各要素间长期相互作用及人为经营管理的结果,如何衡量这一结果便是景观质量评价问题^[1]。20 世纪 70 年代前后国外出现了大量景观评价的方法,经过 40 多年的发展,目前国际上公认的景观美学评价有四大学派:专家学派、心理物理学派、认知学派和经验学派^[2]。专家学派的评价方法最突出的优点在于它的实用性,参与评价的是少数艺术、设计、生态和资源经营等领域的专家或受过专门培训的观察家,其缺点在于不同专家评价的结果不具有重复性,可靠性和敏感性比较低,且缺乏公众参与^[3]。心理物理学派方法把“风景-审美”的关系看做是“刺激-反应”的关系,主张以群体的普遍审美趣味作为衡量风景质量的标准,并且群体评价的结果是可重复的,具有较高的可靠性和敏感性,其缺点是强调公众的平均审美水平,忽视了个性及文化、历史背景对景观审美过程的影响^[4]。认知学派则从更为抽象的维度出发(如复杂性、神秘性等)来整体把握风景,通过强调个人的、体验的和感情的因素,建立景观的视觉特性与景观体验之间的联系,由于缺少主观感受与客观景物之间的明确联系,从景观实践的角度看,评价的结果难以应用^[5]。经验学派提出了“人-景观-相关环境”模式,景观质量被看作是一种不断变化的东西,从而回避了对客观景物本身的考察,而强调人的主观作用和审美的环境,这种方法能为景观实践提供的信息很少,缺乏实用价值^[2]。心理物理学派是各种评价方法中最严格,可靠性最好的一种方法,其评价的敏感性、广泛性、精确性也使此模式

具有很好的实用性,因而心理物理模式广泛地运用于森林风景的评价^[5]。

城市森林植被类型多样、种类丰富,是森林景观的主体部分,森林游憩价值和审美价值的发挥,在很大程度上与植被类型、群落组成和群落结构相关^[6]。同时季节对森林景观的观赏特性和美景度具有显著的影响,这种影响是通过森林景观的一些具体特征表现出来的^[1]。

城市森林景观在空间层次上可分为两类,即林内景观(或近景)和林外景观(或远景),在林内景观评价中,以往的研究主要是针对单个季相(以夏季为主)进行评价,缺乏对一年4个季节的全面评价^[7-9],同时针对林外景观评价的研究鲜见报道。本研究以上海环城林带为对象,在林带植物群落多样性和结构特征研究^[10]以及对不同植被类型的美景度评价^[11]的基础上,选取典型的植物群落,采用心理物理学派方法评判各季相景观的美景度,然后利用群落结构参数,分析其与美景度之间的关系,从而揭示影响林内景观和林外景观的结构因子。本研究突破了以往从单一层次和单一季节对森林景观美学评价的局限,将林内景观与季相变化相结合融入林带的景观美学评价,同时弥补了林外景观研究的缺失,形成了全面的综合评价体系,完善了森林景观美学评价的理论和方法,进而为不同情景下的群落结构优化提出相应的对策,为城市森林的群落构建与管理提供科学依据。

1 研究区域概况

上海市地处长江三角洲,北靠长江入海口,属于以太湖为中心的碟形洼地的东缘。该地区位于暖温带向亚热带的过渡带,属北亚热带季风气候类型。上海环城林带是上海市最大的跨世纪生态工程,沿着外环线道路建设,全长98 km,规划总面积为6208 hm²。环城林带工程于1995年正式启动建设,现已完成环城林带100 m一期、二期工程和400 m林带一期、二期工程。通过对环城林带进行群落学调查得知,环城林带主要有常绿针叶林、落叶针叶林、针叶混交林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和竹林等7种植被类型,其中以落叶阔叶林和常绿阔叶林为主^[10]。

2 研究方法

2.1 群落结构特征调查

分别选择外环林带的7种主要植被类型,选取典型样方进行美学评价,分析群落结构对美景度的影响。群落样方面积为20 m×20 m,对所选样地进行群落学调查,包括树种组成、胸径、高度、枝下高、冠幅、密度、盖度等,通过计算得到群落的林分密度(株/hm²)、平均胸径(cm)、胸径变异系数。同时测定群落的郁闭度和疏透度,郁闭度可以反映树冠的闭锁程度和树木利用生活空间的程度,疏透度可以反映林分内空隙的分布状况,郁闭度和疏透度是群落结构的重要表征^[12-14]。疏透度采用“数字图像处理法”得到^[15],郁闭度利用WinScanopy冠层结构分析仪测定。

2.2 景观评价方法

采用心理物理学派的美景度评判法(SBE)进行景观美学评价,分别在春、夏、秋、冬4个季节进行取样。春季在2009年3—5月取样,夏季在2009年6—8月取样,秋季在2009年9—11月取样,冬季在2009年12月—2010年1月取样。

本研究将观察者感知森林景观分为2个空间层次,即林内景观和林外景观,其中体现群落内部景观特征的确定为林内景观,体现群落整体轮廓外貌特征的视为林外景观。由于在林外景观取样时,不可避免会将其其他植物群落拍摄在内。因而,对于林外景观只区分季相景观。

对植物景观的采样方法做如下规定:将环城林带植物群落看作面型样地,以样地中心位置为样点,拍摄方向按东西南北方位定,或任选一起点,然后分别转90°、180°和270°获得4个方向^[16]。林内景观是以样地中心为基点,向4个角各拍1张;林外景观是从样地的外侧沿着透景线向中心各拍摄1张,并且要在高度和宽度上能够将样地内的植物完全包含(图1)。

每个植被类型所选取的样本数量按照其在环城林带中所占的比例选取。最后选择有代表性的环城林带景观照片193张,其中林内景观147张,林外景观46张。以往研究表明,不同群体的评判者在审美态度上具

有明显的一致性^[17-18],且学生和一般公众的景观评价之间不存在明显的差异^[19-20]。本研究选择不同专业的学生进行评判,包括生态学、环境工程学、环境科学、心理学等专业的研究生和本科生共 45 人。经过剔除无效反应表后,最后得到 42 张有效反应表。

景观美学的评价方式采用幻灯评判方式 (By-Slide)^[19]进行室内评判,反应尺度采用 7 分制,采用传统的标准化方法标准化值对评判值进行标准化^[7]。

2.3 景观要素分解

于林外景观和林内景观在四季的景观特点各不相同,所以根据植物群落结构和构景因素分析,对反映林外和林内不同季相的景观分别进行景观要素分解。

(1) 林内景观要素分解

林内的景观要素可分为两个部分:结构要素和季相要素。

结构要素是反映群落特征的结构因子,为了反映结构特征对美景度的影响,在不同的季相景观中采用相同的结构要素。主要有:树种组成、郁闭度、疏透度、灌草覆盖度、林分密度、平均胸径、胸径变异系数(表 1)。

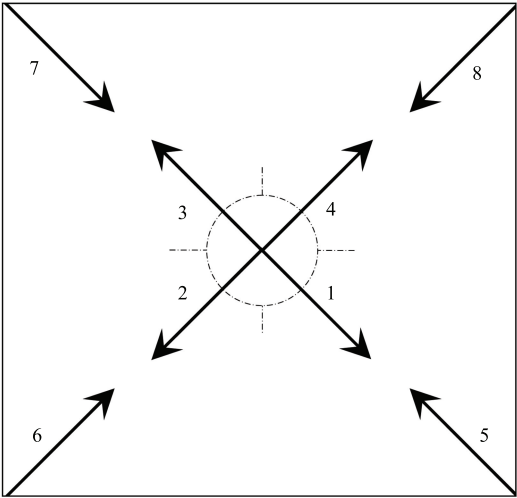


图 1 环城林带景观评价取样图示^[11]

Fig. 1 Schematic of landscape sampling in Green Belt

1—4 为林内景观,5—8 为林外景观,根据王晓俊^[16]进行修改

表 1 环城林带林内景观结构要素分解表

Table 1 Structural factors analysis of forest interior landscape in Green Belt

编号 No.	项目 Item	类目 Sub-item		
		1	2	3
X_1	树种组成	1 种	2—3 种	≥ 4 种
X_2	郁闭度	<0.4	$0.4—0.8$	>0.8
X_3	疏透度	>0.6	$0.3—0.6$	<0.3
X_4	灌草覆盖度	稀疏	一般	繁茂
X_5	林分密度 (株/hm ²)	<1000	$1000—1500$	>1500
X_6	胸径变异系数	<0.2	$0.2—0.4$	>0.4
X_7	平均胸径 (cm)	<10	$10—20$	>20

季相要素反映了不同季节各自的特点,森林群落因季节更替呈现不同色彩和物候景象,形成不同的季相特征。对于季相要素采用定性的方法进行分解(表 2)。

(2) 林外景观要素分解

林外景观主要体现群落整体轮廓的外貌特征,景观要素分解为:林缘线、林冠线、纵深层次、高深层次、林冠质地和斑块色彩(表 3)。林缘线是指树林或树丛边缘上树冠垂直投影于地面的连接线,是植物群落在平面构图上的反映;林冠线是指树林或树丛空间立面构图的轮廓线^[21]。纵深层次指群落水平方向前、中、后的层次,高深层次指群落垂直方向上、中、下的层次。森林景观树冠质地可以根据植被类型和树冠、叶片特点划分刚质景观、柔质景观和混质景观 3 种类型^[1],刚质景观指树冠质感较粗、冠形规整的树种构成的景观;柔质景观指树冠质感细腻、冠面柔和的树种组成的景观;混质景观是刚质景观树种和柔质景观树种按一定混交比例形成的景观,混质景观又因树种混交比例和混交方法的不同,表现出不同的观赏特性。斑块色彩主要体现斑块色彩的丰富程度。

表 2 环城林带林内景观季相要素分解表

Table 2 Seasonal factors analysis of forest interior landscape in Green Belt					
季节 Season	编号 No.	项目 Item	类目 Sub-item		
			1	2	3
春季 Spring	X_8	是否观花	非观花	观花	
	X_9	花色丰富度	1	2	≥ 3
	X_{10}	花色主色调	粉、粉白	其他	
	X_{11}	开花量	少	一般	多
夏季 Summer	X_8	树干清晰度	不明显	较明显	明显
	X_9	林冠层变化	无	较小	显著
	X_{10}	是否观花	是	否	
	X_{11}	生长势	差	一般	良好
秋季 Autumn	X_8	观赏类型	观花	观果	无
	X_9	彩叶色泽	暗	一般	亮
	X_{10}	彩叶色调变异性	无	小	大
	X_{11}	彩叶或果的比例	$<1/3$	$1/3-2/3$	$>2/3$
冬季 Winter	X_8	枯枝落叶量	少	一般	多
	X_9	树皮颜色	浅色	深色	兼有
	X_{10}	树皮纹理	纵裂状	斑块状	光滑

表 3 环城林带林外景观外貌要素分解表

Table 3 Physiognomic factors analysis of forest edge landscape in Green Belt				
编号 No.	项目 Item	类目 Sub-item		
		1	2	3
X_1	林缘线	规则	曲折	自然
X_2	林冠线	无起伏	起伏不大	起伏较大
X_3	纵深层次	1 层	2 层	≥ 3 层
X_4	高深层次	1 层	2 层	≥ 3 层
X_5	树冠质地	刚质	柔质	混质
X_6	斑块色彩	单调	点缀	丰富

2.4 建模方法

用各景观的标准化得分值为因变量,以各景观的要素值(包括定性和定量)为自变量,采用“数量化模型 I^[22]”程序建立模型。数量化理论中,把定性变量称为项目,把定性变量的取“值”称为类目。

数量化理论 I 的数学模型为:对于一个确定的计算模型而言,设有 $X_1, X_2, \dots, X_m$ 个项目对定量的基准变量 Y 进行预测,设第一个项目 X_1 有 r_1 个类目 $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1r_1}$;第二个项目 X_2 有 r_2 个类目 $C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2r_2}$;第 M 个项目 X_m 有 r_m 个类目 $C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mr_m}$;总共有 P 个类目, $P = r_1 + r_2 + \dots + r_m$ 。假定观测了 n 个样本, Y_i 是因变量 Y 在第 i 个样本中的测定值, $\delta_i(j, k)$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, r_j$) 称为 j 项目的 k 类目在第 i 样本中的反应,采用特殊的“0—1”变量,即:

$$\delta_i(j, k) = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样本 } j \text{ 项目的定性数据为 } k \text{ 类目时} \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}$$

在数量化理论中,一般假定基准变量与各项目、类目的反应间遵从线性模型:

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} b_{jk} \delta_i(j, k) + \varepsilon_i$$

式中, b_{jk} 为依赖于 j 项目的 k 类目的常系数, ε_i 为第 i 次抽样中的随机误差。根据最小二乘法原理求出 b_{jk} 的最小二乘估计值。

应用 Matlab 软件,求得各类目的权重,即得到林外和林内景观各分解要素的得分值。分别对林内景观

(春季、夏季、秋季、冬季)和林外景观所选项目进行运算,根据运算结果对偏相关系数进行 t 检验,把差异不显著和偏相关系数较小的项目删除,然后再对剩下的项目继续运算,重复进行,最后筛选出影响美景度的主导因素建立多元回归模型。建模过程中,考虑自变量间的多重共线性关系,尽量使模型变量具有良好的独立性,优先保留可确定性、可解释性强和对 SBE 值贡献较大的因子,并尽量减少建模因子的数量。

3 结果与分析

3.1 林内春季景观评价模型

经过运算,从林内春季景观的 11 个分解项目中筛选出 3 个项目作为春季林内景观模型的预测变量(表 4),建立春季林内景观模型:

$$Y = -0.411 + 0.089 X_{6-1} + 0.066 X_{6-2} - 0.149 X_{6-3} - 0.308 X_{7-1} + 0.314 X_{7-2} + 0.053 X_{11-1} + 0.228 X_{11-2} + 0.200 X_{11-3}$$

从项目的偏相关系数得知,对春季林内景观美景度贡献最大的是开花量,其次为平均胸径,最后是胸径变异系数。从各类目的回归系数中可得出林内春季景观美景度的变化规律:

①从胸径变异系数来看,以变异系数“小于 0.2”最好,“0.2—0.4”次之,“大于 0.4”最差,说明胸径相对一致的群落具有更好的观赏性。

②从平均胸径来看,平均胸径在“10—20 cm”的群落美景度最好,其次为“大于 20 cm”的群落,“小于 10 cm”的群落美景度最差。由于环城林带建成时间较短,植物群落的平均胸径基本以 20 cm 以下为主,因而会影响胸径大于 20 cm 的得分值。总体上,大径级树木的美景度高。

③从开花量来看,开花量“一般”最好,开花“多”次之,开花“少”的最差。说明开花量多会增加景观美景度,并且开花量适中时美景度更高。

表 4 春季林内景观评价建模运算过程

Table 4 Modeling process of evaluation on forest interior landscape in spring

编号 No.	项目 Item	代号 Code	类目 Sub-item	得分值 Value	得分范围 Value scope	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t -test value
X_6	胸径变异系数	X_{6-1}	<0.2	0.089	0.238	0.387	2.300 *
		X_{6-2}	0.2—0.4	0.066			
		X_{6-3}	>0.4	-0.149			
X_7	平均胸径	X_{7-1}	<10	-0.308	0.622	0.406	2.431 *
		X_{7-2}	10—20	0.314			
		X_{7-3}	>20	0.000			
X_{11}	开花量	X_{11-1}	少	0.053	0.175	0.542	3.531 **
		X_{11-2}	一般	0.228			
		X_{11-3}	多	0.200			
剩余方差 Remains variance;0.141		复相关系数 Compound correlation coefficient; 0.793					

3.2 林内夏季景观评价模型

经过运算,从林内夏季景观的 11 个分解项目中筛选出 5 个项目作为夏季林内景观模型的预测变量(表 5),建立夏季林内景观模型:

$$Y = -0.317 - 0.184 X_{2-1} + 0.079 X_{2-2} + 0.103 X_{2-3} - 0.023 X_{8-1} - 0.185 X_{8-2} + 0.206 X_{8-3} - 0.191 X_{9-1} + 0.297 X_{9-2} - 0.107 X_{9-3} + 0.137 X_{10-1} - 0.001 X_{10-2} - 0.211 X_{11-1} - 0.262 X_{11-2} + 0.471 X_{11-3}$$

其中,生长势对夏季林内景观美景度贡献最大,然后依次为是否观花、郁闭度、树干清晰度和林冠层的变化,得出林内夏季景观美景度的变化规律:

1 从郁闭度来看,郁闭度“大于 0.8”的美景度最高,其次为“0.4—0.8”,而“小于 0.4”最差,说明群落的郁闭度越高,其美景度越高。

- ②树干清晰度明显的群落美景度最高,树干不清晰的次之,树干一般明显的最差。清晰度指树干的可辨程度,说明群落中清晰可辨的树干,可增加其美景度。
- ③林冠层的变化“较小”时具有较高的美景度,变化“显著”时次之,而“无”变化时最差。
- ④观花相比于非观花可以显著提高群落的美景度,说明人们普遍对开花具有较高的喜好度。
- ⑤从生长势来看,具有“良好”的生长势的群落美景度最高,生长势“一般”和“差”的美景度较低。说明生长势旺盛会增加群落美景度。

表 5 夏季林内景观评价建模运算过程

Table 5 Modeling process of evaluation on forest interior landscape in summer

编号 No.	项目 Item	代号 Code	类目 Sub-item	得分值 Value	得分范围 Value scope	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t-test value
X ₂	郁闭度	X ₂₋₁	<0.4	-0.184	0.287	0.586	3.894 **
		X ₂₋₂	0.4—0.8	0.079			
		X ₂₋₃	>0.8	0.103			
X ₈	树干清晰度	X ₈₋₁	不明显	-0.023	0.391	0.406	2.391 *
		X ₈₋₂	较明显	-0.185			
		X ₈₋₃	明显	0.206			
X ₉	林冠层变化	X ₉₋₁	无	-0.191	0.488	0.372	2.156 *
		X ₉₋₂	较小	0.297			
		X ₉₋₃	显著	-0.107			
X ₁₀	是否观花	X ₁₀₋₁	是	0.137	0.138	0.604	4.076 **
		X ₁₀₋₂	否	-0.001			
X ₁₁	生长势	X ₁₁₋₁	差	-0.211	0.733	0.629	4.358 **
		X ₁₁₋₂	一般	-0.262			
		X ₁₁₋₃	良好	0.471			
剩余方差 Remains variance:0.096		复相关系数 Compound correlation coefficient: 0.865					

3.3 林内秋季景观评价模型

经过运算,从林内秋季景观的9个分解项目中筛选出胸径变异系数和彩叶色调变异性2个项目作为秋季林内景观模型的预测变量(表6),建立秋季林内景观模型为:

$$Y = -0.228 + 0.397 X_{5-1} - 0.237 X_{5-2} - 0.217 X_{5-3} + 0.410 X_{9-2}$$

其中,彩叶色调变异性对秋季林内景观美景度贡献最大,其次为胸径变异系数,得出林内秋季景观美景度的变化规律:

表 6 秋季林内景观评价建模运算过程

Table 6 Modeling process of evaluation on forest interior landscape in autumn

编号 No.	项目 Item	代号 Code	类目 Sub-item	得分值 Value	得分范围 Value scope	偏相关系数 Partial correlation coefficient	<i>t</i> 检验值 <i>t</i> -test value
<i>X</i> ₅	胸径变异系数	<i>X</i> ₅₋₁	<0.2	0.397	0.634	0.458	2.728 *
		<i>X</i> ₅₋₂	0.2—0.4	-0.237			
		<i>X</i> ₅₋₃	>0.4	-0.217			
<i>X</i> ₉	彩叶色调变 异性	<i>X</i> ₉₋₁	无	0.000	0.410	0.521	3.234 **
		<i>X</i> ₉₋₂	小	0.410			
		<i>X</i> ₉₋₃	大	0.000			
剩余方差 Remains variance;0.183		复相关系数 Compound correlation coefficient; 0.651					

①从胸径变异系数来看,以变异系数“小于0.2”最好,“大于0.4”次之,“0.2—0.4”最差。同春季的结果类似,胸径相对一致的群落具有更好的观赏性。

②从彩叶色调变异性来看,具有一定色彩纯度变异的群落美景度最高,色彩变异越大和没有色彩变异,美景度较低。

3.4 林内冬季景观评价模型

经过运算,从林内冬季景观的10个分解项目中筛选出疏透度和树皮颜色2个项目作为冬季林内景观模型的预测变量(表7),建立冬季林内景观模型为:

$$Y = -0.053 + 0.300 X_{3-1} - 0.105 X_{3-2} - 0.195 X_{3-3} - 0.173 X_{9-1} + 0.251 X_{9-2} - 0.078 X_{9-3}$$

其中,疏透度对冬季林内景观美景度贡献最大,其次为树皮颜色,得出林内冬季景观美景度的变化规律:

①从疏透度来看,疏透度“大于0.6”的群落具有最高的美景度,其次为“0.3—0.6”,而“小于0.3”最差。说明群落结构越疏透,美景度越高;群落越紧密,美景度越低。

②从树皮颜色来看,具有深颜色树皮的群落美景度最高,深色和浅色树皮兼有的次之,浅色树皮的最差,说明人们更喜好深颜色的树皮。

表 7 冬季林内景观评价建模运算过程
Table 7 Modeling process of evaluation on forest interior landscape in winter

编号 No.	项目 Item	代号 Code	类目 Sub-item	得分值 Value	得分范围 Value scope	偏相关系数 Partial correlation coefficient	<i>t</i> 检验值 <i>t</i> -test value
X_3	疏透度	X_{3-1}	>0.6	0.300	0.495	0.459	2.734 *
		X_{3-2}	0.3—0.6	-0.105			
		X_{3-3}	<0.3	-0.195			
X_9	树皮颜色	X_{9-1}	浅色	-0.173	0.424	0.425	2.483 *
		X_{9-2}	深色	0.251			
		X_{9-3}	兼有	-0.078			
剩余方差 Remains variance:0.253		复相关系数 Compound correlation coefficient: 0.535					

3.5 林外景观评价模型

经过运算,从林外景观的6个分解项目中筛选出林缘线、林冠线2个项目作为林外景观模型的预测变量(表8),建立林外景观模型:

$$Y = -0.092 - 0.088 X_{1-1} - 0.189 X_{1-2} + 0.292 X_{1-3} - 0.233 X_{2-1} + 0.160 X_{2-2} + 0.089 X_{2-3}$$

表 8 林外景观评价建模运算过程
Table 8 Modeling process of evaluation on forest edge landscape

编号 No.	项目 Item	代号 Code	类目 Sub-item	得分值 Value	得分范围 Value scope	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t-test value
X ₁	林缘线	X ₁₋₁	规则	-0.088	0.481	0.396	2.792 **
		X ₁₋₂	曲折	-0.189			
		X ₁₋₃	自然	0.292			
X ₂	林冠线	X ₂₋₁	无起伏	-0.233	0.393	0.422	3.013 **
		X ₂₋₂	起伏不大	0.160			
		X ₂₋₃	起伏较大	0.089			
剩余方差 Remains variance:0.239		复相关系数 Compound correlation coefficient: 0.565					

其中,林冠线对林外景观美景度贡献最大,其次为林缘线,得出林外景观美景度的变化规律:

①从林缘线来看,林缘线“自然”最好,其次为“规则”,“曲折”最差。说明自然活泼、流畅优美的林缘线

会增加景观美景度。

②林冠线“起伏不大”时具有较高的美景度,“起伏较大”时次之,而“无起伏”时最差。

4 结论与讨论

4.1 群落结构特征对林内景观美景度的影响

群落结构特征对林内景观的影响主要因子为胸径(平均胸径和胸径变异系数)、郁闭度和疏透度。在春季,林内美景度随着树木胸径的增大而增加,这与以往的研究结果一致,大径级树木常常是提高森林景观价值的基本条件之一^[23]。同时,春、秋两个季节的结果表明胸径变异较小的群落具有更好的观赏性。而陈鑫峰和贾黎明^[7]的研究认为胸径变异系数对喜好度贡献不大,包战雄^[24]研究表明胸径大小比较整齐一致或差异很大的林分更受欢迎。环城林带的研究结果与以上研究不同可能是由于后两者的研究主要针对自然林,而环城林带多为同期种植的城市人工林,其胸径变异系数与天然林相比要小,从而在结果上产生差异。在郁闭度和疏透度方面,在夏季,郁闭度增大会提升林内美景度,这与以往研究结果是一致的^[24-25]。在冬季,疏透度对林内景观美景度影响最大,并且疏透度越大,美景度越高。以往的研究并没有过多关注疏透度,但普遍认为通透性越好,群落的可视性越高,会增加美景度^[26]。

在4个季节中,林分密度与美景度的相关性均不显著。但以往研究结果表明,林分密度对群落美景度的贡献最大,Brown 和 Daniel 的研究表明,美景度随着林分密度的增加而下降^[23]。Hull 等^[27]的研究认为林分密度与美景度之间呈偏倒U型关系,当林分密度增加到1000株/hm²时,美景度达到最大,之后随着林分密度的增加而减少。环城林带的林分密度普遍较高,以大于2000株/hm²的群落最多,适当降低林分密度,可以提高群落疏透度,有助于提升群落的美景度。

4.2 群落季相特征对林内景观美景度的影响

群落季相特征对林内景观的影响,在各季节表现也不同。在春季,影响美景度主要是花色主色调和开花量,黄色、紫色等明度较高的色相和开花量适中的群落美景度最高。以粉色和粉白为主色调的群落,如白玉兰(*Magnolia denudata*)、白花泡桐(*Paulownia fortunei*),色调比较素淡,其视觉效果不如黄色、紫色等明度较高的色相,后两种色相可以显著提高景观美景度,如灌木层的紫荆(*Cercis chinensis*)、迎春(*Jasminum nudiflorum*)、金钟花(*Forsythia viridissima*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、云南黄素馨(*Jasminum mesnyi*)等,草本层的诸葛菜(*Orychophragmus violaceus*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)等。从开花量上看,开花量适中的群落最佳,而开花过多会给人带来过强的视觉冲击,容易造成审美疲劳,也会降低美景度。

在夏季,生长势好、林冠层变化小以及树干清晰度高的群落具较高的美景度,且观花可显著提高夏季林内美景度。群落生长势旺盛会增加群落的美景度,生长势差会降低群落的美景度。林冠层变化较小时具有较高的美景度,变化显著时次之,而无变化时最差,这反映了人们审美态度的两极性,既欣赏具有动感的变化,又希望存在相对的均衡,而不要过于突兀。同时清晰可辨的树干,由于具有较高的可视性增加了景观的动感和立体感,会提升群落的美景度。在夏季,开花可以提高群落的美景度,说明人们普遍对开花具有较高的喜好度。在传统的风景游憩林建设中会把春季观花、秋季观叶作为体现季相景观的主要目标,而忽视对夏景的营造,可以通过增加夏季观花的树种来提高美景度。

在秋季,彩叶色调的变异性会影响群落的美景度,色彩越纯,景观的美景度越高,色彩变异性大,会增加群落美景度,这与以往的研究一致,因为纯色块显得更加轻盈,具有强烈的膨胀感,并且能与周围景物形成醒目的对比^[28]。在冬季,影响美景度的季相特征主要是树皮颜色,树皮颜色深的群落美景度高。对于树皮的纹理,具有纵裂状、斑块状或光滑的树皮也是冬季特有的风景。

4.3 群落外貌特征对林外景观美景度的影响

群落外貌特征对林外景观有显著影响,其中林冠线对林外景观美景度影响最大,其次为林缘线。具有起伏不大林冠线和自然流畅林缘线的植物群落美景度高。林冠线体现群落在垂直立面方向上的外貌特征,起伏不大、连贯流畅的林冠线,可以丰富空间变化,特别是对于线形景观具有特殊的意义,如道路防护林等。而缺

乏变化的林冠线,是同一高度级的树木配置,形成的林冠线平直而单调,在视觉冲击上要差一些。林缘线反映群落在水平构图上的外貌特征,具有自然林缘线的群落美景度最高,说明人们偏好自然活泼、线性优美的林缘线,而规则形和曲折形给人以呆板、尖锐的感觉,会降低美景度。

纵深层次指群落水平方向前、中、后的层次,体现了群落前景、中景和背景的丰富程度,高深层次指群落垂直方向上、中、下的层次,反映群落乔、灌、藤、草的结合程度。虽然纵深层次和高深层次并没有进入模型,但这两个因素都反映了群落层次上的丰富性,在群落构建中仍具有一定的重要性。

4.4 上海环城林带景观优化的策略

通过对环城林带林内景观和林外景观的评价和分析,提出景观优化的对策和建议:在群落配置方面,注重群落水平面、垂直面和纵剖面上的轮廓线变化,在水平面上形成自然曲折、优美流畅的林缘线;增加垂直立面上的高深层次,形成起伏不大的林冠线;丰富群落的纵深层次,形成前中后多层次的搭配。在色彩配置方面,增加春季开花植物(包括乔木、灌木和草本植物),并提高开花色彩明度高(黄色、蓝色)植物所占的比重;丰富秋色叶树种的种类,但在色彩选择上避免同一色系树种的集中配置,适当突出色彩的变异性,因为过渡色和渐变色的存在会削弱色彩的对比,从而降低景观的审美价值。在管理养护方面,目前环城林带采用的是精细化管护,人工管护的强度比较高,建议采用较为粗放的管护方式,保留林下的枯枝落叶层、木本更新苗和草本地被层,可以丰富群落的层次,增加林带的自然野趣,提高群落的观赏性;同时由于林带林分密度过大,影响了植物的正常生长,并产生病虫害,建议对林带适当抽稀,降低林分密度,会增强生长势和提高胸径级,从而提升群落美景度。

References:

- [1] Dong J W, Zhai M P, Zhang Z D, Liu K R, Wang Y X. Single-factor analysis on scenic beauty of scenic-recreational forest in mountainous region of Fujian Province, eastern China. *Journal of Beijing Forestry University*, 2009, 31(6): 154-158.
- [2] Zube E H, Sell J L, Taylor J G. Landscape perception: research, application and theory. *Landscape Planning*, 1982, 9(1): 1-33.
- [3] Kaplan R. The analysis of perception via preference: a strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape Planning*, 1985, 12(2): 161-176.
- [4] Shuttleworth S. The evaluation of landscape quality. *Landscape Research*, 1980, 5(1): 14-15.
- [5] Zhai M P, Zhang R, Yan H P. Review on the studies on scenic evaluation and its application in scenic forest construction both at home and abroad. *World Forestry Research*, 2003, 16(6): 16-19.
- [6] Küchler A W, Zonneveld I S. *Vegetation Mapping-Handbook of Vegetation Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [7] Chen X F, Jia L M. Research on evaluation of in-forest landscapes in west Beijing mountain area. *Scientia Silvae Sinicae*, 2003, 39(4): 59-66.
- [8] Bao Z X. Study on quality evaluation and management of forest landscape in Fujian Province II. Summer and autumn landscape. *Forestry Prospect and Design*, 2005, (2): 27-31.
- [9] Niu J L, Xu C Y. Review on quality assessment and management of scenic and recreational forest. *World Forestry Research*, 2008, 21(3): 34-37.
- [10] Zhang K X, Che S Q, Ma S C, Wang R, Da L J. Diversity, spatial pattern and dynamics of vegetation under urbanization in Shanghai (VI): community diversity and its structural characteristics of Shanghai Green Belt. *Journal of Eastern China Normal University: Natural Science*, 2011, (4): 1-14, 74-74.
- [11] Zhang K X, Ling H R, Da L J. Aesthetic evaluation of typical plant communities in green belt around Shanghai. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2012, 25(1): 7-10.
- [12] Loeffler A E, Gordon A M, Gillespie T J. Optical porosity and windspeed reduction by coniferous windbreaks in Southern Ontario. *Agroforestry Systems*, 1992, 17(2): 119-133.
- [13] Jiang F Q, Zhou X H, Fu M H, Zhu J J, Lin H M. Shelterbelt porosity model and its application. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1994, 5(3): 251-255.
- [14] Li Y N, Zhang B L, Qin S Y, Li S Y, Huang X R. Review of research and application of forest canopy closure and its measuring methods. *World Forestry Research*, 2008, 21(1): 40-46.
- [15] Zhu J J. Method for measurement of optical stratification porosity (OSP) and its application in studies of management for secondary forests. *Chinese*

- Journal of Applied Ecology, 2003, 14(8): 1229-1233.
- [16] Wang X J. A psychophysical approach to evaluation of forest scenic beauty. World Forestry Research, 1995, 8(6): 8-15.
- [17] Buhyoff G J, Wellman J D, Koch N E. Landscape preference metrics: an international comparison. Journal of Environmental Management, 1983, 16: 181-190.
- [18] Arthur L M. Predicting scenic beauty of forest environments: some empirical tests. Forest Science, 1977, 23(2): 151-160.
- [19] Wang Y, Chen X F. Application of psychophysical method in evaluation of foreign forest landscapes. Scientia Silvae Sinicae, 1999, 35(5): 110-117.
- [20] Clay G R, Smids R K. Assessing the validity and reliability of descriptor variables used in scenic highway analysis. Landscape and Urban Planning, 2004, 66(4): 239-255.
- [21] Zhang J X. Garden Plants Planting Design. Beijing: China Architecture and Building Press, 2001.
- [22] Dong W Q, Zhou G Y, Xia L X. The Theory of Quantification and Its Application. Changchun: Jilin People's Publishing House, 1979.
- [23] Brown T C, Daniel T C. Predicting scenic beauty of timber stands. Forest Science, 1986, 32(2): 471-487.
- [24] Bao Z X. Study on Quality Evaluation and Management of Landscape Forest [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2002.
- [25] Buhyoff G J, Hull R B, Lien J N, Cordell H K. Prediction of scenic quality for southern pine stands. Forest Science, 1986, 32(3): 769-778.
- [26] Nin J L. Study on Attribute System of Quality Assessment for Scenic and Recreational Forest in Beijing [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2008.
- [27] Hull R B IV, Buhyoff G J, Cordell H K. Psychophysical models: an example with scenic beauty perceptions of roadside pine forests. Landscape Journal, 1987, 6(2): 113-122.
- [28] Chen X F, Jia L M, Wang Y, Zhou R W, Li X W. Landscape estimation and management technique principles of different seasonal scenic and recreational forests in West Mountain, Beijing. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(4): 39-45.

参考文献:

- [1] 董建文, 翟明普, 章志都, 刘可人, 王艳霞. 福建省山地坡面风景游憩林单因素美景度评价研究. 北京林业大学学报, 2009, 31(6): 154-158.
- [5] 翟明普, 张荣, 阎海平. 风景评价在风景林建设中应用研究进展. 世界林业研究, 2003, 16(6): 16-19.
- [7] 陈鑫峰, 贾黎明. 京西山区森林林内景观评价研究. 林业科学, 2003, 39(4): 59-66.
- [8] 包战雄. 福建省森林景观质量评价与经营研究 II. 夏季和秋季景观. 林业勘察设计, 2005, (2): 27-31.
- [9] 牛君丽, 徐程扬. 风景游憩林景观质量评价及营建技术研究进展. 世界林业研究, 2008, 21(3): 34-37.
- [10] 张凯旋, 车生泉, 马少初, 王瑞, 达良俊. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(VI): 上海外环线带群落多样性与结构特征. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2011, (4): 1-14, 74-74.
- [11] 张凯旋, 凌焕然, 达良俊. 上海环城林带植物群落景观美学评价. 城市环境与城市生态, 2012, 25(1): 7-10.
- [13] 姜凤岐, 周新华, 付梦华, 朱教君, 林鹤鸣. 林带疏透度模型及其应用. 应用生态学报, 1994, 5(3): 251-255.
- [14] 李永宁, 张宾兰, 秦淑英, 李帅英, 黄选瑞. 郁闭度及其测定方法研究与应用. 世界林业研究, 2008, 21(1): 40-46.
- [15] 朱教君. 透光分层疏透度测定及其在次生林结构研究中的应用. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1229-1233.
- [16] 王晓俊. 森林风景美的心理物理学评价方法. 世界林业研究, 1995, 8(6): 8-15.
- [19] 王雁, 陈鑫峰. 心理物理学方法在国外森林景观评价中的应用. 林业科学, 1999, 35(5): 110-117.
- [21] 张吉祥. 园林植物种植设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [22] 董文泉, 周光亚, 夏立显. 数量化理论及其应用. 长春: 吉林人民出版社, 1979.
- [24] 包战雄. 风景林景观质量评价与经营研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2002.
- [26] 牛君丽. 北京风景游憩林质量评价的指标体系研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [28] 陈鑫峰, 贾黎明, 王雁, 周荣伍, 李效文. 京西山区风景游憩林季相景观评价及经营技术原则. 北京林业大学学报, 2008, 30(4): 39-45.

CONTENTS

Conservation strategies for <i>Ulmus elongata</i> based on the analysis of biological and ecological factors	GAO Jianguo, ZHANG Yi, WU Yuhuan, et al (5287)
Vertical distribution of methanogen community structures in <i>Phragmites australis</i> marsh soil in the Min River estuary	SHE Chenxing, TONG Chuan (5299)
Energy balance closure and its effects on evapotranspiration measurements with the eddy covariance technique in a cropland	LIU Du, LI Jun, YU Qiang, TONG Xiaojuan, et al (5309)
Effects of soil water potential on the growth and physiological characteristics of <i>Populus tomentosa</i> pulpwood plantation under subsurface drip irrigation	XI Benye, WANG Ye, DI Nan, et al (5318)
Physiological indices of leaves of jujube (<i>Zizyphus jujuba</i>) damaged by <i>Apolygus lucorum</i>	GAO Yong, MEN Xingyuan, YU Yi, et al (5330)
Economic analysis of wetland resource protection: a case study of Beijing Wild Duck Lake	WANG Changhai, CUI Lijuan, MA Muyuan, et al (5337)
Comparative studies on the farmers' willingness to accept eco-compensation in wetlands nature reserve	WANG Changhai, CUI Lijuan, MAO Xufeng, et al (5345)
Remote sensing estimation models of <i>Suaeda salsa</i> biomass in the coastal wetland	FU Xin, LIU Gaohuan, HUANG Chong, LIU Qingsheng (5355)
Effects of N addition on soil organic carbon components in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau	ZHENG Jiaojiao, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (5363)
Estimating carbon emissions from forest fires during 2001 to 2010 in Daxing'anling Mountain	HU Haiqing, WEI Shujing, SUN Long (5373)
Predicting the effects of soil water potential on the growth of cut lily	DONG Yongyi, LI Gang, AN Dongsheng, et al (5387)
Rain enrichment-accelerated carbon emissions from soil in a <i>Nitraria sphaerocarpa</i> community in hyperarid region	LIU Dianjun, WU Bo, LI Yonghua, et al (5396)
Response of soil organic carbon sequestration to the "Grain for Green Project" in the hilly Loess Plateau region	XU Mingxiang, WANG Zheng, ZHANG Jin, et al (5405)
Temporal and spatial variability in soil respiration in five temperate forests in Xiaoxing'an Mountains, China	SHI Baoku, JIN Guangze, WANG Zhaoyang (5416)
Distributions pattern of phosphorus, potassium and influencing factors in the upstream of Shule river basin	LIU Wenjie, CHEN Shengyun, HU Fengzu, et al (5429)
COI1 is involved in jasmonate-induced indolic glucosinolate biosynthesis in <i>Arabidopsis thaliana</i>	SHI Lu, LI Mengsha, WANG Lihua, et al (5438)
Modeling canopy rainfall interception of a replanted <i>Robinia pseudoacacia</i> forest in the Loess Plateau	WANG Yanping, WANG Li, WEI Sanping (5445)
The differences of plant community diversity among the different altitudes in the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir	LIU Weiwei, WANG Jie, WANG Yong, et al (5454)
Low-frequency drought variability based on SPEI in association with climate indices in Beijing	SU Hongxin, LI Guangqi (5467)
Response of upland jujube tree trunk diameter to different ecological factors	ZHAO Ying, WANG Youke, HAN Lixin, et al (5476)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a young <i>Caragana korshinskii</i> plantation	ZHANG Fan, CHEN Jianwen, WANG Mengben (5484)
Interspecific segregation of species in tree and shrub layers of the <i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl. community in the Wulu Mountains, Shanxi Province, China	WANG Lili, BI Runcheng, YAN Ming, et al (5494)
Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon and nitrogen and enzyme activities during maize growing season	MA Xiaoxia, WANG Lianlian, LI Qinghui, et al (5502)
A model to predict dry matter accumulation dynamics in wheat based on the normalized method	LIU Juan, XIONG Shuping, YANG Yang, et al (5512)
Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt	ZHANG Kaixuan, LING Huanran, DA Liangjun (5521)
Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions; a case study in Hengshan	DOU Yindi, LIU Yunpeng, LI Bohua, et al (5532)
An urban ecosystem assessment method and its application	SHI Huichun, LIU Wei, HE Jian, et al (5542)
Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish <i>Liparis tanakae</i> in the central and southern Yellow Sea	ZHOU Zhipeng, JIN Xianshi, SHAN Xiujuan, et al (5550)
Effects of cyanobacterial accumulation and snail grazing on the growth of <i>vallisneria natans</i>	HE Hu, HE Yuhong, JI Yachan, et al (5562)
The structure and thermal insulation capability of <i>Mustela sibirica manchurica</i> winter pelage in Heilongjiang Province	LIU Yu, ZHANG Wei (5568)
Ontogenetic shifts in selected body temperature and thermal tolerance of the tiger frog, <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	FAN Xiaoli, LEI Huanzong, LIN Zhihua (5574)
The influence of tubificid worms bioturbation on organic phosphorus components and their vertical distribution in sediment of Lake Taihu	BAI Xiuling, ZHOU Yunkai, ZHANG Lei (5581)
Review and Monograph	
Research advances in ecological assessment of urban greenspace	MAO Qizheng, LUO Shanghua, MA Keming, et al (5589)
Ecological hot topics in global change on the 2 nd International Young Ecologist Forum	WAN Yun, XU Lili, GENG Qifang, et al (5601)
Scientific Note	
Screening trial for the suitable plant species growing on sand dunes in the alpine valley and its recovery status in the Yarlung Zangbo River basin of Tibet, China	SHEN Weishou, LI Haidong, LIN Naifeng, et al (5609)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 17 期 (2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 17 (September, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元