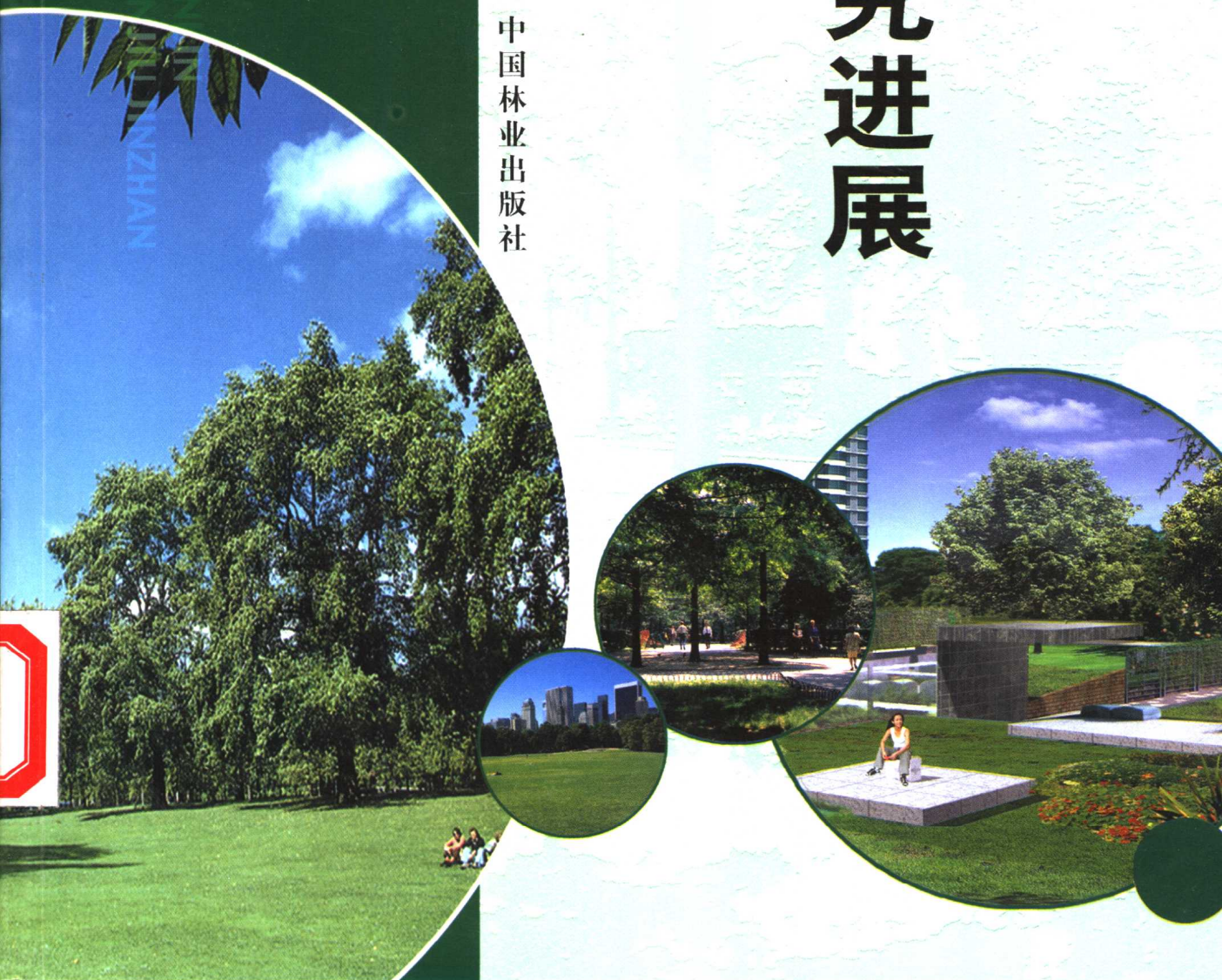


城市 森林生态研究进展

何兴元 宁祝华 主编

中国林业出版社



本书由“百人计划”城市森林生态学(C99AD-BR010502)、“所创新项目”城市森林的滞尘机理及生态应用模式(C12MC-SCXMS0103)、“院专项”城市森林生态功能研究(K070K-YZX010505)和国家自然科学基金等项目资助出版。

城市森林生态研究进展

Advances in Urban Forest Ecology

何兴元 宁祝华 主编

Editors: He Xingyuan Ning Zhuhua

中国林业出版社

China Forestry Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

城市森林生态研究进展/何兴元,宁祝华主编. - 北京:中国林业出版社,2002.12
ISBN 7-5038-3237-1

I. 城… II. ①何… ②宁… III. 城市-森林-生态系统-研究 IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 084455 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京地质印刷厂

版次 2002 年 12 月第 1 版

印次 2002 年 12 月第 1 次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 24.75

字数 720 千字

印数 1~1300 册

定价 50.00 元

《城市森林生态研究进展》编辑委员会

主 编 何兴元 宁祝华

副主编 陈 玮 徐文铎

编 委 (以姓氏笔画为序)

王义文 王宪成 宁祝华 刘荣坤

齐淑艳 何兴元 吴泽民 宋永昌

张庆费 陈 玮 祝 宁 徐文铎

高 峻 粟 娟 蒋高明 管东升

Editorial Board

Editors: He Xingyuan, Ning Zhuhua

Associate Editors: Chen Wei, Xu Wenduo

Major contributors:

Wang Yiwen, Wang Xiancheng, Ning Zhuhua, Liu Rongkun,
Qi Shuyan, He Xingyuan, Wu Zemin, Song Yongchang,
Zhang Qingfei, Chen Wei, Zhu Ning, Xu Wenduo,
Gao Jun, Su Juan, Jiang Gaoming, Guan Dongsheng

前 言

城市是人类文明、社会进步的象征,是人类社会、经济、政治、科学、文化聚集和传播中心,它是人类进行各种活动的载体,是物质文明和精神文明的荟萃地。城市是一定空间内组织生产力,推动社会生产力发展的空间存在形式,它集中了生产力最先进、最进步、最重要的部分,代表着一个国家经济的发展水平与方向。因此,城市的发展状况可以作为一个国家社会经济发展水平和社会文明的重要标志。

城市是以人为中心,以一定生态环境条件为背景,以经济为基础的社会、经济、自然综合体。随着城市的规模扩大、各种设施的完善以及人口的增加,促进了城市化的发展,但与此同时,城市化又带来了一系列的社会环境和社会经济问题。以城市为中心的环境污染严重,基本农田被侵占,生态环境被破坏,由于人口增长导致了城市拥挤,住房紧张,交通困难,基础设施建设滞后,引起城市生活质量下降,而且随着城市化发展日趋严重。

为了从根本上解决城市化带来的问题,自 20 世纪 60 年代以来,许多科学家提出了发展城市森林,建立森林城市。1965 年美国提出城市森林发展规划,1972 年国会通过了“城市森林法”。近 10 年来我国结合城市的改建、扩建,也提倡建设“城市森林和森林城”,使城市坐落在森林之中,这是城市发展的必然趋势。

2001 年我们承担了中国科学院引进国外杰出人才(百人计划)项目——城市森林生态学研究(C99AD-BR010502)、中国科学院“十五”预研项目——城市森林生态功能研究(K070K-YZX010505)和中国科学院创新工程项目——城市森林滞尘机理及生态应用模式(C12MC-SCXMS0103)。经过 1 年多的野外调查、室内分析,积累大量的第一手资料,并取得了一批研究成果。鉴于目前国内外有关城市森林研究资料较少,我们有责任将研究成果早日出版,以推动我国城市森林生态学发展。

本论文集共收录 53 篇论文,主要来自 3 个方面:一是我们课题组 1 年来的部分研究成果,有 30 篇论文;二是考虑到城市森林生态学是一门新兴的边缘交叉学科,为了全面总结研究经验,更好地向有关专家学习,我们邀请了国内知名的城市森林生态学专家撰写了具有代表我国城市森林生态学研究水平的论文;三是为了掌握国际城市森林生态学研究动态,本课题首席科学家、中国科学院沈阳应用生态研究所研究员、美国南方大学城市森林系宁祝华教授推荐了 3 篇当前美国城市森林生态学研究中最有代表性的论文。因此,本文集荟萃国内外城市森林生态学最新研究成果,具有较高参考价值。但是由于我们业务水平有限,时间仓促,缺点和错误在所难免,恳请有关专家和广大读者批评指正。

何兴元 宁祝华

2002 年 7 月 18 日于沈阳

Forword

History of the city development and establishment has been closely related to the world civilization and society evolution. Cities are often viewed as the society's economical, political, scientific, and cultural centers. In many countries, Urbanization is one of the standards used to measure a country's socio-economic level and societal civilization, for urbanization is closely related to the industrialization.

Urban area is an ecosystem with human as its major component and with other important elements such as environment, socio-economic factors, natural resources, and infrastructures. City expansion, infrastructure establishment, and population increase are major factors contribute to the urbanization. Meantime, these factors also cause the urban sprawl that result in a series of environmental and socio-economic problems. Environmental pollution, conversion of agricultural lands to commercial lands, ecosystem disturbances, population explosion, housing shortage, traffic jams, and more, have becoming daily threats to our quality of lives. These problems will be severe as long as urban sprawl continues.

Urban Forestry can play an important role in mitigating some urban problems. Since 1960s, scientists have been contributing to the development of urban forestry as an art and science of reforesting the urban areas, managing urban vegetation, providing socio-economic benefits, mitigating environmental pollution, providing urban wildlife habitats, and regulating the urban ecosystem. In 1965, the US government established the urban forest management plan. In 1972, the US congress passed the urban forestry bill. For the past 10 years, the Chinese government has also been encouraging the development of urban forests and eco-cities, to reform the cities into the "cities in the forests."

To attract international urban forestry expert to China, in 2001, The Chinese Academy of Sciences (CAS) funded a series of research projects entitled Urban Forest Ecological Studies (project award number C99AD-BR010502), Urban Forest Ecological Benefit Analysis (project award number K070K-YZX010505), and Urban Forests and Their Ability in Removing Particle Pollutants (project number C12MC-SCXMS0103). Under the direction of the international expert and the Institute Director, the scientists at the Chinese Academy of Sciences Institute for Applied Ecology have been conducting research for these projects through field

survey, GIS based urban forest ecosystem modeling, experiments, data collection, and analysis. A significant amount of data, information, and results have been obtained through the research efforts and are published in this book.

This book consists of six parts: 1. Basic Concepts and Theories in Urban Forestry, 2. Urban Forest Structure and Classification, 3. Urban Forest Functions and Ecological Benefits, 4. Urban Forest Species Composition and Exotic Species Introduction, 5. Urban Forest Planning and Management, and 6. Global Change and the Urban Forests. Among the total 53 articles published in this book, 30 articles are the research results from the above mentioned three CAS funded projects, 20 articles are contributed by the renowned scientists in China, and 3 articles by the US scientists by the recommendation of Dr. Zhuhua Ning, Project Director, invited Visiting Professor of the Chinese Academy of Sciences Institute for Applied Ecology, and Associate Professor, Urban Forestry Program Southern University, Baton Rouge, Louisiana. USA.

The editors hope that this book would provide valuable information on advances in urban forest ecology. The Editors also welcome any suggestions for the future research and publications.

Xingyuan He and Zhuhua Ning
July 18, 2002

目 录

前言

城市森林基本概念与理论基础

城市森林生态学的理论体系研究	何兴元 金莹杉 朱文泉 徐文铎 陈玮 苏道岩(1)
城市森林理论与指标体系的研究	王义文(9)
试论城市森林生态研究框架	祝宁 柴一新 李敏(31)
论城市森林的范围及经营对策	王木林(36)
城市生态绿化理论初探	张庆费(43)
城市森林及其结构研究	吴泽民 高健 吴文友(49)
城市林业的研究与发展	王木林(58)
我国城市森林生态学研究有待解决的问题	王宪成(64)
我国城市森林与城市园林的融合及各自优势的发挥	刘常富 何兴元 陈玮 徐文铎(70)
中国城市森林研究现状及动态	李海梅 何兴元 陈玮 徐文铎 朱文泉 宁祝华(75)
城市森林生态体系模式及生态功能评价探析	陆庆轩 纪凯(84)

城市森林类型与结构特征

一个典型城市森林的群落生态学剖析——中国科学院沈阳树木园	何兴元 陈玮 徐文铎 朱文泉 金莹杉 张粤 宁祝华(90)
沈阳城区绿地生态系统景观结构与异质性分析	何兴元 徐文铎 朱文泉 陈玮 张粤 金莹杉 宁祝华(100)
沈阳东郊油松人工种群结构与管理对策的研究	齐淑艳 徐文铎 陈玮(106)
济南市绿地景观异质性变化分析	孔繁花 陈玮 赵善伦 张伟 尹海伟(111)
城市森林的成分及其类型	王木林 缪荣兴(117)
城市植被历史变迁、现状特点——以承德市为例	蒋高明 于顺利(123)

沈阳市城区行道树的结构与功能研究	金莹杉 何兴元 陈玮 徐文铎 孙雨 宁祝华(130)
上海城市近自然森林的恢复	达良俊 杨永川(136)
沈阳市东郊油松栎林的植被数量特征及其恢复对策	齐淑艳 徐文铎(140)
人为干扰下的城市森林结构研究	朱文泉 何兴元 陈玮 徐文铎 宁祝华(145)
城市公园及其植被特征分析——以沈阳为例	金莹杉 何兴元 陈玮 孙雨 宁祝华(151)
城郊森林林冠垂直结构组成研究——以沈阳市东陵区天柱山森林植被为例	陈玮 何兴元 徐文铎 孙雨 苏道岩 张粤 宁祝华(157)

城市森林功能与生态效益

磷酸缓冲液对植物二氧化硫伤害的防护作用及其机理研究	刘荣坤 韩阳 孟繁志(162)
广州城市森林的硫贮量和净生产量中的硫量及其环境意义	管东升 陈玉娟(171)
沈阳地区主要树木净化二氧化硫潜力的研究	韩素梅 韩阳 刘荣坤(176)
城市绿地综合生态效应场的研究	祝宁 李敏 柴一新(182)
哈尔滨市绿化植物的光合和蒸腾效应	柴一新 祝宁 韩焕金(186)
沈阳常见绿化树种滞尘能力的研究	齐淑艳 徐文铎(195)
二氧化硫污染对植物体酶活性的影响	李维典 徐文铎(199)
沈阳市不同用地类型绿化现状及破存储和污染去除作用浅析	刘常富 何兴元 陈玮 徐文铎(202)
城市绿量与生态效益初步分析	胡志斌 何兴元 陈玮 徐文铎 孙雨(208)

城市森林植物组成与引种栽培

沈阳市区植物区系基本特征及其与相邻植物区系关系	徐文铎 何兴元 陈玮 张粤 李海梅 宁祝华(215)
海南城市绿化植物与自然植物区系比较研究	杨小波(227)
沈阳城市森林树种沙地云杉引种实验研究	何兴元 陈玮 徐文铎 张粤 金莹杉(233)
水杉在我国栽植北界城市中的引种研究	陈玮 张粤 朱文泉 孙雨 苏道岩 谷秀(240)
锦熟黄杨在沈阳地区的抗寒性及防护措施研究	刘常富 赵桂玲(245)
浅谈沈阳市行道树树种选择	李海梅 张粤 何兴元 陈玮 徐文铎 宁祝华(249)
中国东北城市森林树种选择与气候的关系	张粤 陈玮 何兴元 苏道岩 孙雨(254)

城市森林规划设计与研究方法

中国东北城市地带性植被的判别模型及其对城市森林生态建设的意义	徐文铎 金莹杉 孙雨 苏道岩 宁祝华(260)
基于遥感和 GIS 的城市森林生态分析与评价	高峻 王延乔(269)
上海城市森林建设之初探	宋永昌 李俊祥 达良俊 戚仁海(277)
模拟城市森林冠层数值图像分析 I 冠层模型的设计建立、验证及标尺图像的测定	王力华 许思明 吕佳乐 马春放 姚晓福(283)
模拟城市森林冠层数值图像分析 II 模型及图像边缘检测	王力华 黄树森 段花强 姚晓福 马春放(292)
GIS 支持下的城市森林健康及生态效益分析	朱文泉 何兴元 陈玮 徐文铎 宁祝华(304)
沈阳树木园绿地管理信息系统的构建	朱文泉 何兴元 陈玮 徐文铎 宁祝华(309)
试论具有岭南文化特色的广州城市森林的建设	栗娟 孙冰 黄家平 谢左章(314)
城市森林规划与建设中光照时间的计算方法	张志全(323)
基于热红外遥感的城市热岛效应研究——以沈阳市为例	胡远满 徐崇刚 布仁仓 常禹 张玉书(326)
城市绿化树种选择专家系统工具构建方法的研究	周洪泽 祝宁(331)

全球变化与城市森林

城市森林与气候变化	E. Gregory McPherson(338)
城市森林与全球气候变化的相互作用	Daved J. Nowak(352)
树木和建筑物的能量利用	Robert J. Laverne & Geoffrey McD. Lewis(367)

Contents

Forword

Study on Basic Concepts and Theories Elements of Urban Forest

Research on Theoretical System of Urban Forest Ecology	
..... He Xingyuan, Jin Yingshan, Zhu Wenquan, Xu Wenduo, Chen Wei, Su Daoyan	(1)
Urban Forestry Management Goals and Objectives in China	Wang Yiwen (9)
Urban Forest Ecology in China	Zhu Ning, Chai Yixin, Li Min (31)
Urban Forest Management Strategies	Wang Mulin (36)
Urban Ecological Reforestation Concept and Principles	Zhang Qingfei (43)
Urban Forest Structure in Hefei	Wu Zemin, Gao Jian, Wu Wenyou (49)
Research and Development in Urban Forestry	Wang Mulin (58)
Challenging Issues in Urban Forest Ecology Research in China	Wang Xiancheng (64)
Amalgamation of China's Urban Forest and Urban Landscape and Exerting of Respective	
Advantages	Liu Changfu, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo (70)
Current Status and Future Outlook of Urban Forestry Research in China	
..... Li Haimei, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Zhu Wenquan, Ning Zhuhua	(75)
The Model of Urban Forest Eco-system and the Evaluation of its Eco-function	
.....	Lu Qingxuan, Ji Kai (84)

Study on Types and Structure Character of Urban Forest

Urban Forest Community Ecology Case Study in Shenyang Arboretum	
... He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Zhu Wenquan, Jin Yingshan, Zhang Yue, Ning Zhuhua	(90)
Landscape Structure and Heterogeneity of Urban Vegetation in Shenyang	
... He Xingyuan, Xu Wenduo, Zhu Wenquan, Chen Wei, Zhang Yue, Jin Yingshan, Ning Zhuhua	(100)
Population Dynamic, Structure, and Management Strategies of <i>Pinus tabulaeformis</i>	
Woodland in the Shenyang Eastern Suburbs	Qi shuyan, Xu Wenduo, Chen wei (106)
Landscape Heterogeneity Analysis of Urban Vegetation in Jinan	
..... Kong Fanhua, Chen Wei, Zhao Shanlun, Zhang Wei, Yin Haiwei	(111)
Urban Forestry Components and Classification	Wang Mulin, Miao Rongxing (117)
History Changes, and Current Characteristic of the Urban Vegetation—a Case Study in	
Chengde City	Jiang Gaoming, Yu Shunli (123)

Structure and Function of Street Trees in Shenyang City	
..... <i>Jin Yingshan, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Sun Yu, Ning Zhuhua</i> (130)	
Restoration of an Approx – natural Forest in the Urban Area of Shanghai	
..... <i>Da Liangjun, Yang Yongchuan</i> (136)	
Quantitative Characteristics and Restoration strategies of a forested Woodlands in the Shenyang Eastern Suburban	
..... <i>Qi shuyan, Xu Wenduo</i> (140)	
Urban Forest Structure under Human Influence	
..... <i>Zhu Wenquan, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Ning Zhuhua</i> (145)	
Flora Characteristics of the City Parks—a Case Study of Shenyang City Parks	
..... <i>Jin Yingshan, He Xingyuan, Chen Wei, Sun Yu, Ning Zhuhua</i> (151)	
Canopy Structure and Function of the Urban Forest – a Case of Study of Dongling Tianzhu Mountain of Shenyang	
..... <i>Chen Wei, He Xingyuan, Xu Wenduo, Sun Yu, Su Daoxian, Zhang Yue, Ning Zhuhua</i> (157)	

Study on Function and Ecological Benefits Mechanism of Urban Forest

The Protective Effect and Mitigating Mechanism of Phosphate Buffer on SO ₂ Injured Plants	
..... <i>Liu Rongkun, Han Yang, Meng Fanzhi</i> (162)	
Sulfur Content and Sulfur Mass in Net Primary Production of the Urban Forest in Guangzhou and its Environmental Implication	
..... <i>Guan Dongsheng Chen Yujuan</i> (171)	
Potential Ability of Major Tree Species in Removing SO ₂	
..... <i>Han Sumei, Han Yang, Liu Rongkun</i> (176)	
Urban Green Space and its Systematical Ecological Effect Field	
..... <i>Zhu Ning, Li Min, Chai Yixin</i> (182)	
Photosynthesis and Transpiration of Urban Tree Species in Harbin	
..... <i>Chai Yixin, Zhu Ning, Han Huanjin</i> (186)	
Dust Removal Capacity of Urban Tree Species in Shenyang	
..... <i>Qi Shuyan, Xu Wenduo</i> (195)	
Effects of Sulphur Dioxide on Enzyme Activity of Selected Plants	
..... <i>Li Weidian, Xu Wenduo</i> (199)	
Analysis of Urban Greening Status, Carbon Sequestration and Pollution Removal Ability of Different Landuse Types in Shenyang	
..... <i>Liu Changfu, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo</i> (202)	
Preliminary Analysis of City Green Land Quantity and its Ecological Benefits	
..... <i>Hu Zhibin, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Sun Yu</i> (208)	

Study on Plant Component and Introduction of Urban Forest

The Characteristics of Flora of Shenyang and its Relationship with Adjacent Flora	
..... <i>Xu Wenduo, He Xingyuan, Chen Wei, Zhang Yue, Li Haimei, Ning Zhuhua</i> (215)	
Comparative Study of Urban Vegetation and the Natural Flora in Hainan	
..... <i>Yang Xiaobo</i> (227)	
The Introduction of <i>Picea mongolica</i> as an Urban Tree Species in Shenyang	
..... <i>He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Zhang Yue, Jin Yingshan</i> (233)	

<i>Metasequoia glyptostroboides</i> and its Introduction to the far North of China	
..... Chen Wei , Zhang Yue , Zhu Wenquan , Sun Yu, Su Daoyan, Gu Xiu (240)	
Cold Hardiness and Freeze Injury Prevention of <i>Buxus sempervirens</i> Seedlings in Shenyang	
..... Liu Changfu, Zhao Guiling (245)	
Street Tree Species Selection in Shenyang	
..... Li Haimei, Zhang Yue, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Ning Zhuhua (249)	
Effects of Climate on Urban Forest Species Selection in Northeast China	
..... Zhang Yue, Chen Wei, He Xingyuan, Su Daoyan, Sun Yu (254)	

Study on Planning and Study Method of Urban Forest

Discriminant Model for Urban Zonal Vegetation in Northeast China and its Significance for Urban Ecological Restoration	
..... Xu Wenduo, Jin Yingshan, Sun Yu, Su Daoyan, Ning Zhuhua (260)	
Remote Sensing and GIS Based Urban Forest Ecological Analysis and Assessment	
..... Gao Jun, Wang Yanqiao (269)	
Preliminary Study on the Establishment of the Urban Forests in Shanghai	
..... Song Yongchang, Li Junxiang, Da Liangjun, Qi Renhai (277)	
Application of Digital Image Processes Method in Simulating Urban Forest Canopy I: Construction and Analysis of Experimental Canopies	
..... Wang Lihua, Xu Siming, Lv Jiale, Ma Chunfang, Yao Xiaofu (283)	
Application of Digital Image Process Method in Simulating Urban Forest Canopy II: Model Gaps Measurement	
..... Wang Lihua, Huang Shusen, Duan Huaqiang, Yao Xiaofu, Ma Chunfang (292)	
GIS-based Analysis on Urban Forest Health and its Ecological Benefits	
..... Zhu Wenquan, He Xingyuan, Chen Wei, Xu Wenduo, Ning Zhuhua (304)	
Establishment of Green Space Management Information System for Shenyang Arboretum	
..... Zhu Wenquan, He Xingyuan, Chenwei, Xu Wenduo, Ning Zhuhua (309)	
Developing the Urban Forests in Guangzhou with Unique Lingnan Cultural Characteristics	
..... Su Juan, Sun Bing, Huang Jiaping, Xie Zuozhang (314)	
Duration of Direct Sunlight Exposure and its Effects on Urban Forest Establishment and Management	
..... Zhang Zhiquan (323)	
Urban Heat Island Effect Study Using Thermal Infrared Remote Sensing—a Case Study in Shenyang	
..... Hu Yuanman, Xu Chonggang, Bu Rencang, Chang Yu, Zhang Yushu (326)	
Expert System for Tree Species Selection for Urban Greening ... Zhou Hongze, Zhu Ning (331)	

Global Climate Change and the Urban Forest

Urban Forests and Climate Change	E. Gregory McPherson (338)
The Interactions between Urban Forests and Global Climate Change	Daved J. Nowak (352)
Trees and Building Energy Use	Robert J. Laverne & Geoffrey McD. Lewis (367)

城市森林基本概念与理论基础

城市森林生态学的理论体系研究^①

何兴元 金莹杉 朱文泉 徐文铎 陈玮 苏道岩

(中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016)

摘 要 城市森林生态学是生态学领域里的一个新概念框架。森林生态学、景观生态学、园林学、人类生态学四学科的相关理论相互融合构成了城市森林生态学的理论基础。城市森林生态学的形成使人们从生态系统的角度审视城市的发展,并把生物环境即所有植物和动物的群体视为这个系统的一个要素,从而引出了“城市森林”的概念。本文从以下几个方面较系统地介绍了城市森林生态学:①城市生态学的基本概念,②城市生态学的主要研究内容,③城市森林生态学的基本原理及理论基础,④城市森林生态学的研究方法,⑤城市森林生态学发展展望。

关键词 城市森林生态学

Research on Theoretical System of Urban Forest Ecology

Abstract Urban forest ecology is a new branch in the field of ecology. It drives from theories of forest ecology, landscape ecology, landscape architecture ecology, and anthrop-ecology. Urban forest ecology enable one to view a city as an urban ecosystem with as biological environment, including elements such as human, plants, urban wildlife, and urban infrastructure. This paper introduces systematically the urban forest ecology: ①basic concept; ②study area (or subject); ③basic principle and theory; ④research method; and ⑤future outlook.

Key word Urban forest ecology

森林生态学是把森林看作一个生物群落,研究构成这个群落的各种树木与其他生物之间、以及生物和它们所在的外界环境之间相互关系的学科。森林的用途随着人们对其认识的加深而发生着很大的变化。目前对森林的认识,不只是单纯地考虑获取木材或其他林产品,而且还注意到森林具有涵养水源、保持水土、防风固沙、调节气候、净化空气、减少噪音、保护和美化环境,以及对于生物资源的保护等作用。随着城市人口剧增,工业化进程加速发展,城市环境质量迅速下降,严重损害了人类的身心健康,城市森林作为城市环境的生物过滤器,其生态效益已日趋明显。近年来,城市森林生态学(urban forest ecology)这一新概念,频繁出现在生态学及其他相关学科文献中。随着城市森林研究的不断深入,一个新的森林生态学分支——城市森林生态学已逐渐发展起来。

^① “百人计划”城市森林生态学研究(C99AD-BR010502)、“所创新项目”城市森林的滞尘机理及生态应用模式(C12MC-SCXMS0103)、“院专项”城市森林生态功能研究(K070K-YZX010505)、国家自然科学基金资助项目(30270250)等资助项目。

作为一门新兴的学科,城市森林生态学仍处于形成阶段,它正经历着概念、理论和研究方法的迅速发展过程。然而,城市森林概念的引入已经给森林生态学带来了新的研究领域,其研究成果将为城市环境保护和资源开发提供新的科学方法和策略。

鉴于城市森林生态学的发展潜力以及它在城市生态学理论发展和自然资源管理方面的重要价值,本文较为系统地阐述了城市森林生态学的主要概念、基本理论和研究方法,并且介绍了城市森林的研究现状及发展趋势,以期引起国内学者对城市森林生态学的研究兴趣。

1 城市森林生态学的基本概念

1.1 城市森林

城市森林这一概念的提出已有 30 多年的历史,由于研究角度的不同,对其定义也各不相同。国内有关学者将城市周围或附近一定范围内以景观、旅游、运动和野生动物保护为目的的森林称为城市森林。美国学者 Miller 则认为城市森林是人类密集居住区内及周围所有植被的总和,它的范围涉及市郊小社区直至大都市。总之归其究竟,可以将城市森林概括为生长在城市(包括市郊)的对所在环境有明显改善作用的林地及相关植被。它是具有一定规模、以林木为主体,包括各种类型(乔、灌、藤、竹、层外植物和水生植物等)的森林植物、栽培植物和生活在其间的动物(禽、兽、昆虫等)、微生物以及它们赖以生存的气候与土壤等自然因素的总称。城市的园林(人文古迹和园林建筑除外)、水体、草坪以及凡生长植物的其他开放地域均应纳入城市森林总体,成为其中的一个组成部分。

1.2 城市森林生态系统

1937 年 Bertalanffy 提出,系统是处于一定的相互联系中,并与周围环境发生关系的各组成部分的总和。城市森林以树木为主体,包括花草、野生动物、微生物组成的生物群落及其中的建筑设施,结构单元包括草地、花坛、绿篱行道树、林阴道、小游园、花园、公园、森林公园、自然保护小区、自然保护区、片林、林带、各种纪念林、古树名木、风景区、水源涵养林、水土保持林及园林小品等。各个单元有机结合,通过许多生物学和人文过程加以联系,最终构成了城市森林生态系统。城市森林生态系统的各组成要素之间相互制约、相互作用、相互联系,这种组合秩序反映了城市森林生态系统的功能。而这些要素之间的相互作用、信息交换、物质和能量流动等内部联系形式可反映整个系统的空间特性和时间特性,亦即城市森林生态系统的结构。城市森林系统的乔、灌、草等要素通过各单元结构构成统一整体,结构愈合理,各部分之间相互作用就愈协调,系统功能就能得到更充分的发挥,从而达到最优化组合。

1.3 城市森林生态学

目前生态学的研究已提高到生态系统水平上,而不只是研究个体、种群或群落。因此可以认为城市森林生态学是以生态学理论为基础,应用生态学的方法研究城市森林生态系统的结构、功能、动态,以及系统组成成分间和系统与周围生态系统间相互作用的规律,并利用这些规律优化系统结构,调节系统关系,提高物质转化和能量利用效率以及改善环境质量,实现结构合理、功能高效和关系协调的一门综合性学科。城市森林生态学的目标是通过实地观测和理论分析,研究城市森林生态功能、环境功能、保健医疗功能效应与其结构和类型的关系,并以此为基础,以生态功能最佳和景致美观为原则,进行城市森林的生态规划与设计,发挥系统的最佳效益。

2 城市森林生态学的主要研究内涵

2.1 城市森林结构分析

通过城市森林本底资源调查与评估,了解城市森林的资源状况,城市森林的格局、结构、植物组成、景观特征和人文环境,对城市绿化树种的水平结构、树种重要性、美学布局、树种配置、组成成分等进行定性和定量的研究。在人口高度密集的城市环境中,研究森林生态系统在植物物种组成、种群结构与动态、层片结构、空间布局等结构特征。与自然环境中的森林相比,由于强大的人类活动影响,城市森林及其植物从生理、个体结构、种群结构到群落结构都要受到强烈的影响,因此其结构必然发生很大变化。

2.2 城市森林的生态服务功能研究

分布于密集居住区的森林,对城市污染物有吸收、降解作用,同时能改善城市小气候,减轻城市热岛效应,改善市区内的碳氧平衡,满足市民美学需求,提高人类身心健康。利用环境监测法测定城市森林生态环境的动态及空间变化,研究城市森林净化环境、服务城市的生态功能。

2.3 城市森林生态规划与设计

运用生态学的基本原理,并结合城市森林的特点,按一定的原则,因地制宜,以一个具体城市为案例,从空间布局和群落结构两方面对城市森林进行布局规划与结构设计,使之获得较好的生态效益,同时为传递可持续发展提供了一条有效途径。

2.4 城市森林的维护和管理

城市森林由于其所处的自然环境相当恶劣,人为因素干扰很大,因此表现得非常脆弱。所以应根据实际情况建设园林植物群落,增加城市绿化苗木,保护古树名木,做好园林植物引种,加强乡土植物资源保护和利用,以提高城市植物的多样性。总之,搞好城市森林的维护工作,加强城市森林的管理,制定出相关的法律法规是城市森林生态学所研究的一项重要内容。

2.5 城市环境对城市森林的影响

城市环境以人类活动为中心,人口密集、交通拥挤、环境污染等一系列问题不可避免地会对城市森林造成影响,使城市树木呈现各种受害症状,甚至枯萎死亡。随着工业发展,废气排放与日增加,毒气污染大气生态环境,危害植物健康,因此研究植物与城市环境的相互关系,有利于抗逆性树种的筛选及环境污染的综合治理。

3 城市森林生态学基本原理和理论基础

城市森林生态学还没有形成成熟的理论体系。但是,前面介绍的城市森林生态学基本概念,实际上已经基本框定了城市森林生态学的理论基础。针对每一概念的深入研究都将是对理论基础的进一步概括和融合,从而形成日趋成熟的城市森林生态学理论体系。城市森林生态学是一门多边缘的交叉学科,在其形成和发展过程中,吸收融合了许多森林生态学、景观生态学、园林学、人类生态学等其他学科的现有理论,因此上述4门学科的理论,应成为城市森林生态学的理论基础。以上述理论基础为依托,根据城市森林的结构、功能、动态发展的初步研究可将该学科的基本原理概括为以下几个方面。

3.1 城市森林生态系统的非生物成分

3.1.1 最小限制因子原理

1840年德国化学家利比希(J. L. Liebig)提出了最小限制因子规律。他在研究谷物产量时发现,植物对某些矿物盐类的要求不能低于某一数量。当某种土壤不能供应这一最低量时,不管其他养分的量如何多,该植物也不能正常生长。后来人们将因子范围加以扩大,并严格地限制于物质和能量的输出和输入处于平衡状态时适用。城市森林植物处于一个特殊的环境因子中,最小限制因子原理仍然适用于该系统,植物的生长仍遵循这个原理。

3.1.2 耐受性原理

环境因子在最低量时可成为限制因子,但如果因子过量,超过生物体的耐受程度时也可成为限制因子。每种生物对一种环境因子都有一个生态上的适应范围,这就是生态幅。即有一个最低点和一个最高点,两者之间的幅度为耐受性限度,生物在最适点或接近最适点才能很好生活,趋向这两端时就减弱,然后被抑制。城市森林植物有机体耐受性限度中的任何一个在质和量上的不足或过量,都会引起有机体的衰减或死亡。城市是污染较为集中的地方,也有某些因子起着限制因子的作用,如果城市森林经常处于这种不利的极限环境条件之下,植物生长会严重受阻,从而影响到整个森林系统的健康。在应用限制因子原理的同时还要树立因子补偿作用的概念,也就是说因子的相互作用可以改变因子的利用率,从而在一定范围内起到补偿作用。

3.2 城市森林生态系统的生物成分

3.2.1 生态位原理

生态位是指种群在群落中与其他种群在时间上和空间上的相对位置及其机能的关系。城市中的资源和空间较之自然界更是非常有限的,而城市森林生态系统中的每种生物的生存都需要一定的空间和资源,并为此引起有同样需要的物种间激烈的竞争。竞争和选择的结果,种群间产生了生态位的隔离,避免或减少了生态位的重叠,使得城市森林生态系统在一定范围内呈现出物种多样性的特点。

3.2.2 生物多样性导致群落稳定性原理

生物群落与环境之间保持动态平衡的稳定状态的能力,是同生态系统物种及结构的多样性、复杂性呈正相关的。这是由于在结构复杂的生态系统中,当食物链(网)上的某一环节发生异常的变化,造成能量、物质流动的障碍时,可以有不同生物种群间的代偿作用给予克服。城市森林建设中多种生活型和基因型的植物种、种群的应用将促进城市森林生态系统的稳定和功能、效益的全面、有效发挥。

3.3 城市森林生态系统的变化过程

3.3.1 生态演替原理

变动和发展是生态系统最基本的特征之一。森林生态系统中随时间推移优势种发生明显改变引起整个森林组成的变化过程,这就是森林演替。演替通常以稳定的生态系统为发展的顶点,表现为一个群落取代另一个群落。同样城市森林生态系统也是变动发展的,也要遵循生态演替规律。城市中人类活动对城市森林的不同的干扰方式、干扰强度必然会引起城市森林生态系统的一系列反馈,并导致城市森林生态演替。

3.3.2 生态平衡原理

处于稳态机制下的生态系统能够在一定限度内通过自我调节能力平衡自然或人为的干扰和冲击,从而保持其稳定性。城市森林生态系统物种种类少、食物网、食物链比较简单,遇到外界干扰,很容易使其结构破坏,影响整个生态系统功能的正常进行。由于系统自身的生态阈值比较小仅靠自身的自我调节能力维持生态平衡是不现实的。必须不断向系统输入能量、物质和信息,以维持有序的耗散结构,达到稳定的生态平衡状态。因此,城市森林生态系统的生态平