



博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

哈尔滨城市森林特征与 生态服务功能

王文杰 著

非外借



科学出版社

(S-1697.31)



科学出版社 生物分社
联系电话: 010-64012501 科学出版社互联网入口
E-mail: lifescience@mail.sciencep.com
网址: <http://www.lifescience.com.cn>

销售分类建议: 生态; 林学



赛拉艾芙



本书更多信息
请扫码

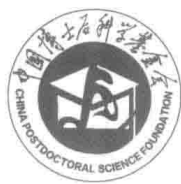
生命因你而精彩!

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-017377-4



定 价: 149.00 元



博士后文库
中国博士后科学基金资助出版

哈尔滨市森林特征与 生态服务功能

王文杰 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以哈尔滨市建成区森林为研究对象,结合相关文献,实地调查了市区内城市森林的树种和鸟类组成,实测了树木胸径、枝下高、冠幅、乔灌木组成、林分健康(叶色及支架)等森林群落基本参数,基于实测空气温度、湿度、光照、土壤温度等气象参数计算了多重森林微气候调节功能,室内测定了叶片滞尘量及其化学组成,土壤有机碳、氮、磷、钾,以及土壤容重、pH、电导率和含水量等理化性质,旨在从城市森林基本组成特征、遮阴降温增湿功能、物种多样性保护功能、固碳功能、滞尘功能、土壤肥力维持、网络街景数据新方法等多角度探究城市森林特征与生态服务功能及其调控提升的可能性。全书共分13章,相关研究成果对哈尔滨城市绿化建设、植被管理及其科学评价具有指导意义。

本书适合城市生态学、环境科学、城市园林等领域的科研工作者、研究生使用,也可为相关行政管理部门提供参考与数据支撑。

图书在版编目(CIP)数据

哈尔滨城市森林特征与生态服务功能/王文杰著. —北京:科学出版社, 2019.10

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-061537-4

I. ①哈… II. ①王… III. ①城市林—特征—研究—哈尔滨 ②城市林—生态系统—服务功能—研究—哈尔滨 IV. ①S731.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第109423号

责任编辑:张会格 白雪 / 责任校对:郑金红

责任印制:吴兆东 / 封面设计:刘新新

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年10月第一版 开本:B5(720×1000)

2019年10月第一次印刷 印张:13 3/4

字数:277 000

定价:149.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《博士后文库》编委会名单

主 任 陈宜瑜

副主任 詹文龙 李 扬

秘书长 邱春雷

编 委(按姓氏汉语拼音排序)

付小兵 傅伯杰 郭坤宇 胡 滨 贾国柱 刘 伟

卢秉恒 毛大立 权良柱 任南琪 万国华 王光谦

吴硕贤 杨宝峰 印遇龙 喻树迅 张文栋 赵 路

赵晓哲 钟登华 周宪梁

《博士后文库》序言

1985年，在李政道先生的倡议和邓小平同志的亲自关怀下，我国建立了博士后制度，同时设立了博士后科学基金。30多年来，在党和国家的高度重视下，在社会各方面的关心和支持下，博士后制度为我国培养了一大批青年高层次创新人才。在这一过程中，博士后科学基金发挥了不可替代的独特作用。

博士后科学基金是中国特色博士后制度的重要组成部分，专门用于资助博士后研究人员开展创新探索。博士后科学基金的资助，对正处于独立科研生涯起步阶段的博士后研究人员来说，适逢其时，有利于培养他们独立的科研人格、在选题方面的竞争意识以及负责的精神，是他们独立从事科研工作的“第一桶金”。尽管博士后科学基金资助金额不大，但对博士后青年创新人才的培养和激励作用不可估量。四两拨千斤，博士后科学基金有效地推动了博士后研究人员迅速成长为高水平的研究人才，“小基金发挥了大作用”。

在博士后科学基金的资助下，博士后研究人员的优秀学术成果不断涌现。2013年，为提高博士后科学基金的资助效益，中国博士后科学基金会联合科学出版社开展了博士后优秀学术专著出版资助工作，通过专家评审遴选出优秀的博士后学术著作，收入《博士后文库》，由博士后科学基金资助、科学出版社出版。我们希望，借此打造专属于博士后学术创新的旗舰图书品牌，激励博士后研究人员潜心科研，扎实治学，提升博士后优秀学术成果的社会影响力。

2015年，国务院办公厅印发了《关于改革完善博士后制度的意见》（国办发〔2015〕87号），将“实施自然科学、人文社会科学优秀博士后论著出版支持计划”作为“十三五”期间博士后工作的重要内容和提升博士后研究人员培养质量的重要手段，这更加凸显了出版资助工作的意义。我相信，我们提供的这个出版资助平台将对博士后研究人员激发创新智慧、凝聚创新力量发挥独特的作用，促使博士后研究人员的创新成果更好地服务于创新驱动发展战略和创新型国家的建设。

祝愿广大博士后研究人员在博士后科学基金的资助下早日成长为栋梁之才，为实现中华民族伟大复兴的中国梦做出更大的贡献。



中国博士后科学基金会理事长

前 言

城市化正在全球快速扩张，在提升居民生活水平的同时，也使生态环境受到巨大的威胁。城市森林，作为城市地域内绿化的主体，在改善小气候、保护生物多样性、维持碳氧平衡、净化空气、保持土壤肥力等方面起到重要作用。国家已经把森林城市建设作为改善城乡生态环境和民生福祉、促进城市转型升级和绿色发展的重要手段。

哈尔滨作为中国最北端的省会城市，自 1896 年中东铁路修建以来，便开始了城市化进程，在经济快速发展的同时，也面临着日益严重的城市环境问题。当前，对哈尔滨城市森林特征与生态服务功能尚未开展系统的研究，深入探究生态服务功能与城市森林特征演变规律，将有助于城市森林绿地建设，为东北老工业基地城市森林建设提供理论支撑。本书共分 13 章，主要论述了哈尔滨城市森林的基本组成特征、遮阴降温增湿功能、物种多样性保护功能、固碳功能、滞尘功能、土壤肥力维持及其相关调控提升建议。

主要研究内容为：第 1 章简要介绍了目前城市森林生态服务功能的研究进展及哈尔滨市自然地理概况、社会经济状况和历史沿革。第 2 章概述了哈尔滨城市森林城市植被组成、结构与空间分布特征。第 3 章介绍了哈尔滨市近 30 年来城市土地利用类型的变化。第 4 章对哈尔滨城市森林树种组成的配置合理性进行了评价。第 5 章阐述了哈尔滨城市绿地土壤肥力空间分布格局特征。第 6 章将历史数据与实测数据相结合，探讨了哈尔滨城市木本植物多样性、功能群变化规律及其与鸟类组成变化的关系。第 7 章从林型、环路、建成历史、行政区多个角度分析了城市树木生物量和土壤碳截获功能的变化规律。第 8 章运用遥感技术分析了城市森林景观格局特征与碳汇功能的关系，为从景观角度提升城市森林碳汇功能奠定基础。第 9 章分析了哈尔滨市森林遮阴、增湿、降温等生态服务功能，并探讨了其与树木大小和外在环境（光照、温度、湿度等）的关系。第 10 章选取哈尔滨市常见树种，开展树种叶片滞尘量及其化学组成差异研究，对通过优化种间配置、提升城市森林滞尘功能进行了探讨。第 11 章以哈尔滨市主要造林树种为对象，综合排序其对土壤肥力、理化性质与碳截获影响能力差异，相关结果为城市造林树种的科学选择提供依据。第 12 章利用百度街景对哈尔滨城市行道树树木大小及健康状况进行了评价，探究了利用网络大数据开展城市森林研究的可能性。第 13 章归纳总结了哈尔滨城市森林特征与生态服务功能及其影响因素，对今后哈尔滨城

市森林建设提出了建议。

本研究是在笔者主持的中国科学院百人计划项目(Y3H1051001)、国家自然科学基金项目(41373075)、中国科学院重点部署项目(KFZD-SW-302-04)与中央高校基本科研业务费专项资助下完成的,特致殷切谢意。本书内容部分来自笔者指导的研究生吕海亮、肖路、张波、周伟、徐海军、王洪元、刘晓等的学位论文。特别致谢中国博士后出版基金对本书出版的资助,特别致谢城市森林研究领域著名科学家、中国科学院东北地理与农业生态研究所何兴元所长对本研究的大力支持与帮助。此外,限于作者的水平,本书尚存在诸多缺点和疏漏,恳请读者批评指正。

王文杰

2019年4月8日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市森林的概念与分类	1
1.1.1 城市森林的概念	1
1.1.2 城市森林的分类	2
1.2 城市森林生态服务功能	2
1.2.1 微气候调节功能	2
1.2.2 物种多样性保护功能	3
1.2.3 固碳释氧功能	4
1.2.4 滞尘功能	4
1.2.5 土壤肥力维持	5
1.2.6 生态服务功能的调控提升	5
1.3 哈尔滨自然地理概况	6
1.3.1 地理位置	6
1.3.2 气候与土壤	7
1.4 哈尔滨社会经济状况	8
1.4.1 行政区划与人口	8
1.4.2 经济发展	8
1.5 哈尔滨历史沿革	9
第 2 章 城市森林基本特征	11
2.1 研究方法	11
2.1.1 遥感影像的城市植被覆盖提取	11
2.1.2 样地布设与野外样地调查	13
2.2 结果与分析	14
2.2.1 城市植被的组成与空间分布	14
2.2.2 城市植被的群落特征	15
2.2.3 城市森林的群落结构	17
2.3 本章小结	19
第 3 章 城市植被历史演变	20
3.1 材料与方法	20

3.1.1	数据收集与准备	20
3.1.2	土地利用与覆盖类型分类	21
3.1.3	景观指数分析	21
3.2	结果与分析	22
3.2.1	土地利用与覆盖类型和土地覆盖变化	22
3.2.2	不同土地利用类型景观格局特征变化	23
3.3	讨论	26
3.4	小结	27
第4章	城市森林树种组成特征分析	28
4.1	研究方法	28
4.1.1	样地设置	28
4.1.2	植物调查与数据处理	29
4.2	结果与分析	29
4.2.1	哈尔滨城市森林树种组成	29
4.2.2	不同行政区域差异	32
4.2.3	不同城市环路差异	32
4.2.4	不同林型差异	33
4.3	讨论与分析	34
4.3.1	不同行政区域建议	35
4.3.2	不同环路建议	36
4.3.3	不同林型建议	37
4.4	小结	37
第5章	城市绿地土壤肥力评价	39
5.1	材料与方法	39
5.1.1	土壤采集	39
5.1.2	土壤指标测定	40
5.1.3	土壤质量评价方法	40
5.1.4	土壤肥力空间结构分析	42
5.1.5	土壤肥力指标及综合肥力指数空间分布图示	42
5.1.6	数据处理	43
5.2	结果与分析	43
5.2.1	土壤肥力指标的描述性统计	43
5.2.2	不同类型土壤肥力指标及综合肥力指数	44
5.2.3	土壤养分空间变异的半方差函数拟合	45

5.2.4	土壤肥力指标及综合肥力指数空间分布特征	46
5.3	讨论	47
5.3.1	哈尔滨城市绿地土壤现状	47
5.3.2	土壤肥力指标空间分布特征及原因分析	48
5.3.3	不同类型绿地土壤肥力差异、限制因子分析及建议	48
5.4	小结	49
第 6 章	木本植物及鸟类多样性保护功能	50
6.1	研究地点与方法	50
6.1.1	研究地点	50
6.1.2	数据收集	51
6.1.3	鸟类调查和历史数据搜集	52
6.1.4	植物和鸟类功能组划分	53
6.1.5	木本植物多样性指数计算	53
6.1.6	数据分析	53
6.2	结果与分析	54
6.2.1	城乡梯度上不同尺度植物组成变化	54
6.2.2	不同城乡梯度上生物多样性指数	57
6.2.3	植物多样性和组成变化的相关关系	58
6.2.4	哈尔滨市木本植物组成时间变化	58
6.2.5	哈尔滨市 20 世纪 80 年代到 21 世纪 10 年代鸟类种类变化 及其与植物种类变化间关系的可能原因分析	58
6.3	讨论与分析	76
6.3.1	城市化影响方式及可能原因分析	76
6.3.2	鸟类变化趋势及其与树木变化关系	78
6.3.3	城市森林管理建议	79
6.4	小结	81
第 7 章	城市森林植被生物量和土壤有机碳储量	82
7.1	材料与方法	82
7.1.1	样地布设与样地调查	82
7.1.2	树木碳储量估算	83
7.1.3	土壤样品分析	85
7.1.4	树种组成与多样性分析	85
7.1.5	数据分析	85
7.2	结果与分析	86

7.2.1	城市森林结构与土壤碳参数	86
7.2.2	生物量与土壤有机碳储量空间分异	88
7.2.3	生物多样性、群落结构、土壤特性与碳储量的相关关系	94
7.3	讨论	97
7.3.1	哈尔滨市树木、土壤有机碳储量与其他城市及自然林的对比	97
7.3.2	树木碳储量与树种组成、多样性相关	98
7.3.3	土壤有机碳城乡梯度变化: 城市化增强森林土壤碳汇功能	99
7.3.4	有机碳累积对中国城市化的启示	102
7.4	小结	103
第 8 章	城市森林景观格局特征与碳汇功能的关系	105
8.1	材料与方法	105
8.1.1	遥感影像处理与树木覆盖提取	105
8.1.2	景观指数分析	107
8.1.3	野外调查与碳储量估算	107
8.1.4	数据分析	107
8.2	结果与分析	108
8.2.1	城市森林景观格局特征	108
8.2.2	不同林型、环路、城乡梯度森林景观特征	108
8.2.3	不同林型、行政区、城乡梯度城市森林碳储量	111
8.2.4	森林景观指数与碳储量的相关关系	112
8.3	讨论	114
8.3.1	量化城市森林景观破碎化	115
8.3.2	景观管理下的碳储存与生态服务功能提升	116
8.4	小结	118
第 9 章	城市森林遮阴、降温、增湿功能	119
9.1	材料与方法	119
9.1.1	样地设置、测树因子及环境因子测定	119
9.1.2	遮阴、降温、增湿效应的评价方法	121
9.1.3	数据处理	121
9.2	结果与分析	122
9.2.1	不同林型间遮阴、降温、增湿效应的差异	122
9.2.2	不同林型遮阴效应相关因素分析	122
9.2.3	不同林型水平降温效应相关因素分析	124
9.2.4	不同林型垂直降温效应相关因素分析	126
9.2.5	不同林型土壤降温效应相关因素分析	126

9.2.6	不同林型增湿效应相关因素分析	128
9.2.7	环境因子、测树因子对环境调节功能差异解释量的比较	129
9.2.8	冗余分析测树因子、环境因子与城市森林微气候调节功能 的关系	129
9.3	讨论	132
9.3.1	4 种不同林型遮阴、降温、增湿的差异表现	132
9.3.2	城市森林遮阴、降温、增湿效应的影响因素	132
9.3.3	基于遮阴、降温、增湿效应的城市森林管理建议	133
9.4	小结	135
第 10 章	城市森林滞尘功能	137
10.1	研究地点、材料与方法	137
10.1.1	研究地概况	137
10.1.2	采样与组分制备	138
10.1.3	叶片形态和颗粒物形态观测	138
10.1.4	表层和蜡层颗粒物提取组分有效粒径测定	139
10.1.5	利用 XRD 测量表层和蜡层颗粒物矿物组成	139
10.1.6	利用红外光谱仪半定量分析表层和蜡层颗粒物官能团组成	139
10.1.7	利用 XPS 分析表层和蜡层颗粒物元素组成	139
10.1.8	表层和蜡层颗粒物中重金属测量	140
10.1.9	数据处理	140
10.2	结果与分析	140
10.2.1	叶片形态结构特征差异性	140
10.2.2	PM 特征差异	141
10.2.3	滞尘量差异及其与叶片形态相关性	144
10.2.4	PM 矿物组成及其与叶片形态相关性	146
10.2.5	PM 元素组成及其与叶片形态相关性	149
10.2.6	PM 功能性组分及其与叶片形态相关性	151
10.2.7	PM 重金属含量及其与叶片形态相关性	153
10.2.8	现有树种配置及滞尘功能提升评价	155
10.3	讨论	156
10.3.1	不同树种叶片吸附 PM 数量及种类的差异性	156
10.3.2	种间滞尘差异与叶片形态因子的关系	157
10.4	小结	158
第 11 章	绿化树种对土壤性质的影响	159
11.1	材料与方法	159

11.1.1	研究地点、材料与样品采集	159
11.1.2	9个土壤相关指标的测定	160
11.1.3	数据处理	160
11.1.4	数据标准化综合得分处理方法	160
11.2	结果与分析	161
11.2.1	8个树种生长状态等基本情况差异	161
11.2.2	树种类型对9个指标影响的多因素方差分析结果	161
11.2.3	8个树种和9个指标的差异多重比较: 0~60cm 分层分析 结果	161
11.2.4	土壤肥力维持指标和降土壤盐碱指标综合分析	163
11.3	讨论	165
11.4	小结	166
第 12 章	城市行道树树木大小和健康状况分析: 新方法应用	167
12.1	材料与方法	167
12.1.1	样地设置	167
12.1.2	调查方法	167
12.1.3	数据分析	169
12.2	结果与分析	169
12.2.1	树高、胸径、冠幅、枝下高大小分布	169
12.2.2	立体垂直结构分布	170
12.2.3	树木健康状况分布	172
12.2.4	不同行政区间行道树生长状况差异分析	172
12.2.5	不同环路行道树生长状况差异分析	173
12.2.6	行道树树木大小与健康的关系	175
12.2.7	行道树树木大小的空间异质性分析	175
12.3	讨论	177
12.3.1	网络街景方法能够快速、高效评价道路林生长与健康水平 ..	177
12.3.2	哈尔滨市行道树树木大小、健康水平的空间分布规律及 城市道路绿化管理建议	178
12.3.3	行道树树木大小测定野外采样合理性分析	178
12.4	小结	179
第 13 章	结论与建议	180
13.1	结论	180
13.1.1	哈尔滨城市森林植被与土壤特征	180

13.1.2 城市化进程中植被格局与树木、鸟类多样性演变	180
13.1.3 哈尔滨城市森林主要生态服务功能	181
13.2 建议	181
13.2.1 合理配置树种组成	181
13.2.2 维持土壤肥力与提升土壤质量	182
参考文献	183
编后记	201

第1章 绪 论

1.1 城市森林的概念与分类

1.1.1 城市森林的概念

城市森林指分布于城市中，以乔木为主体且达到一定规模的生物和非生物综合体。城市森林的概念 20 世纪六七十年代由美国首次提出，之后多学科交叉进行了广泛的探讨。欧洲 80 年代主要在学术领域进行了较多的独立思考，且多数是在美国相关启蒙的基础上开展 (Konijnendijk et al. 2006)。我国于 20 世纪 80 年代开始城市森林的研究，在 21 世纪初随着经济发展和城市化发展而迅速发展，起步较晚但成果颇多。

关于城市森林的定义，不同国家存在一些差异。美国有学者认为：城市森林是城市内及人口密集的聚居区周围所有木本植物及其相伴植物，是一系列街区林分的总和，它是城市环境的重要组成部分，既包括郊区人口聚集区分布的森林树木，也包括大都会区域内分布的森林与树木 (Konijnendijk et al. 2006)。欧洲学者更加狭义地把城市森林定义为城市及周围的木本植物群落 (woodland)。我国城市森林研究者认为：城市森林是指生长在城市 (包括郊区)、对所在环境有明显改善作用的林地及其相关植被。它是具有一定规模、以林木为主体、包括各种类型 (乔、灌、藤、竹、草本植物和水生植物等) 的森林植物、栽培植物和生活在其间的动物、微生物及它们赖以生存的气候与土壤等自然因素的总称 (刘常富等 2003)。

国家林业局 (现国家林业和草原局) 正在开展国家森林城市的评选。从 2004 年起，全国绿化委员会、国家林业局启动了“国家森林城市”评定程序，并制定了《“国家森林城市”评价指标》和《“国家森林城市”申报办法》。其宗旨是“让森林走进城市，让城市拥抱森林”，现已成为保护城市生态环境、提升城市形象和竞争力、推动区域经济持续健康发展的新理念。2016 年 8 月，国家林业局发布关于《国家森林城市称号批准办法》(以下简称《办法》) 公开征求意见的通知。《办法》指出，国家林业局批准国家森林城市称号后，应当组织有关方面每 3 年进行复查。

1.1.2 城市森林的分类

根据位置、功能及管理方式等的不同,可把国内城市森林与树木分成不同类型。何兴元等(2004)把城市森林分为:道路林(road forest, RF;主要包括各种铁路、公路与街道的行道树,保护道路、指引交通及改善环境)、附属林(affiliated forest, AF;主要包括城市居住区和企事业单位的建筑物周围及附近的城市森林,为城市居民提供休闲娱乐的空间,改善居住区与办公区等环境质量)、风景游憩林(landscape and relaxation forest, LF;主要包括普通公园、森林公园及风景名胜林等,为人们提供风景游憩功能)、生态公益林(ecological public welfare forest, EF;主要是在城市及其周边范围内,防风、保持水土、防洪护堤及减少污染与噪声)及生产经营林(production forest, PF,主要是生产性苗圃等)。这一分类系统目前在国内使用比较普遍。

此外,为了不同的研究目的,往往还根据行政区进行划分,相关研究结果更有助于行政部门的政策依据。也有研究按照城乡梯度进行划分,如按环路发展分成一环内森林、二环内森林、三环区域森林等;又如按建成历史分成建成100年区域森林、建成80年区域森林等。根据环路、建成历史等城乡梯度划分是理解城市化效应对城市森林作用的很好的方式。

1.2 城市森林生态服务功能

由于城市森林与自然森林的位置差异,城市森林的生态服务功能更加与人类自身利益相关(图1-1)。城市森林的生态服务功能是指城市森林生态系统为维持市民身心健康提供物态和心态产品、环境资源和生态公益的能力。它在一定时空范围内,为人类社会提供生态服务功能,如调节微气候、维持生物多样性、固碳释氧、滞尘、维持土壤肥力及为人类提供鸟语花香的居住环境等。随着对可持续发展研究的深入,人们发现维护城市森林生态服务功能是实现城市可持续发展的基础。城市森林对于城市系统的可持续发展具有重要作用,维护和提高城市森林生态服务功能是实现城市可持续发展的基础。城市森林生态服务功能主要包含以下几个方面。

1.2.1 微气候调节功能

城市森林在城市遮阴、降温、增湿方面起着重要的作用。Shashua-Bar和Hoffman(2000)对比了林下与裸地气温,发现林下气温要比裸地低很多。Potchter等(2006)对3种不同类型的城市公园进行了研究,结果发现盖度较高的绿地平