

DOI: 10.5846/stxb201811122447

黄帅帅, 曹哲源, 邱尔发, 牛少锋, 邢立捷. 北京市居住区林木健康评价. 生态学报, 2019, 39(24): 9222–9232.

Huang S S, Cao Z Y, Qiu E F, Niu S F, Xing L J. Health Assessment of trees in residential areas of Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9222–9232.

北京市居住区林木健康评价

黄帅帅, 曹哲源, 邱尔发*, 牛少锋, 邢立捷

中国林业科学研究院林业研究所国家林业和草原局城市森林研究中心, 北京 100091

摘要:为了揭示北京市居住区林木健康变化特征及影响因素, 提供北京市居住区林木健康经营对策。对北京市 85 个居住区林木进行健康特征调查, 在建立林木健康评价模型评价林木健康状况的基础上, 采用方差分析法和多重比较法分析不同类型居住区林木健康差异。结果表明: 不同类型居住区林木健康指标差异显著 ($P < 0.05$), 各指标变化规律不完全一致; 不同类型居住区地表覆盖情况、光污染程度、树干倾斜度、栽植截干、树势、冠形、干形等方面普遍较差。北京市居住区林木健康指数在 0.60—0.80 之间, 健康等级呈现右偏正态分布特点, 健康林木比例为 3.65%, 亚健康林木 (56.07%) 最多, 其次是中等健康林木 (36.68%), 不健康林木有 3.50%, 濒死林木仅占 0.10%。居住区林木健康指数在不同区域和不同来源间差异不显著 ($P > 0.05$), 在不同时期差异显著 ($P < 0.05$), 健康指数大小分别为: 三—四环 = 四—五环 > 五—六环 > 二环内 = 二—三环; 福利房 > 商品房 > 保障房; 2009—2013 年 > 2003—2008 年 = 1998—2002 年 = 1991—1997 年 > 1956—1990 年。北京市居住区林木生长处于亚健康状态, 潜在影响因子如地表覆盖情况、光污染程度、树干倾斜度等指标是限制北京市居住区林木生长的重要因子。适当减小夜间照明影响、增加有机地表覆盖、避免过度的修枝截干和加强林木养护管理是当前北京市居住区林木健康生长的保障。

关键词: 居住区; 林木健康; 评价指标; 健康指数

Health Assessment of trees in residential areas of Beijing

HUANG Shuaishuai, CAO Zheyuan, QIU Erfa*, NIU Shaofeng, XING Lijie

Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Urban Forest Research Center, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China

Abstract: In this study, we aimed to identify the variations and factors determining tree health in residential areas of Beijing, and provide recommendations to tree health managements, by investigating 85 residential areas in Beijing. Tree health was evaluated using a tree health assessment model, and on the basis of this, differences in tree health among different types of residential areas were assessed using one-way ANOVA and the Duncan test. The results were as follows: tree health indicators were significantly different in different types of residential areas ($P < 0.05$), and the variation ranks of each indicator were not completely consistent. Some tree health indicators in some types of residential area were generally poor, and factors determining this were surface coverage, light pollution, trunk lean, cutting off crown and planting, tree vigor, crown profile and stem form. Trees health indices in all residential areas of Beijing tested were 0.60—0.80, and tree health was characteristic of a right normal distribution. Healthy trees accounted for 3.65%, sub-healthy trees accounted for 56.07%, medium-healthy trees accounted for 36.68%, unhealthy trees accounted for 3.50%, and dying trees accounted for 0.10%. Tree health indices were not significantly different ($P > 0.05$) between residential areas in different districts and origins, while differences between different assessment periods were significant ($P < 0.05$). Ranks of trees health indices in difference types of residential area are presented: 3rd—4th ring road = 4th—5th ring road > 5th—6th ring road > within

基金项目: 国家科技支撑计划—环境友好型城镇景观林构建技术研究与示范 (2015BAD07B06)

收稿日期: 2018-11-12; **网络出版日期:** 2019-09-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: efqiu@163.com

2nd ring road = 2nd—3rd ring road; welfare housing > commodity apartment > social security housing; 2009—2013 > 2003—2008 = 1998—2002 = 1991—1997 > 1956—1990. The majority of trees in residential areas of Beijing are in a sub-healthy state, and potential factors such as surface coverage, light pollution, and trunk lean are important factors restricting tree growth. Reducing the influence of night lighting, increasing the coverage of organic ground surfaces, avoiding excessive pruning of branches, and improving maintenance and management of trees will ensure healthy growth of trees in the residential areas of Beijing.

Key Words: residential area; tree health; assessment indicator; health index

城市树木健康主要是指树木良好的生长状态,反映树木的活力和生产力状况^[1]。居住区林木一方面可以提供赏心悦目的植物景观,促进小区居民身心健康^[2],另一方面在改善小气候、净化空气、美化环境、遮阳隔声、滞尘杀菌等方面具有无可替代的功能^[3,4]。然而,居住区林木的不健康状况,不仅影响景观和生态功能的发挥,还会威胁小区居民的人身、财产安全。由于居住区林木受环境和人为活动干扰比较大,除树木本身遭受着病虫害、真菌等生物因素的影响外,恶劣的生长环境^[5-6]等对树木生长造成的危害也不容忽视。因此,及时、准确的评估居住区树木的健康,制定科学经营措施,保障林木生态和景观功能的正常发挥已成为城市森林建设者关注的焦点。

森林健康评价研究起步较早,从评价尺度^[7-9]、评价方法^[10-12]、评价对象^[13-14]研究看,已比较成熟,然而城市树木健康评价研究还处于探索阶段。树木不健康症状一般会从树冠、树干和根区部位体现出来,据此 Richard 等利用叶片黄化、叶枯萎和树势衰弱等指标以病虫害与生长状况相结合的方法建立评价体系来确定树木的健康状况^[15]。国内部分学者依据树木养护标准量化树木健康等级^[16-18]来评价城市树木健康状况。然而影响树木健康生长的原因是多方面的^[19],除了林木本身生长因子外,环境因子等潜在影响因子也是重要的,因此,仅针对树木自身生长指标建立的评价体系,是不全面的。随着科技的发展,一些先进的技术手段如 X 射线或伽马射线衰减技术^[20]、皮罗钉无损检测技术^[21]、应力波诊断法^[22]等被应用于城市树木健康评估,大大提高了评价结果的准确度。如 Qin 等利用声学激光技术和声波层析成像技术检测树干近表面缺陷的有效深度可达树皮下 15mm^[23]。但这些先进方法所需技术要求过高,且多用于古树或干材质量的评估,不适用于城市树木健康评价。翁殊斐等利用层次分析法建立了园林树木健康评价体系^[24],但层次分析法赋权人为主观性过高,易使评价结果出现偏差。

从当前城市林木健康评价研究看,研究对象主要集中在城市公园^[25-28]树木、城郊片林^[29,30]、行道树^[31,32]以及古树名木^[33,34]的健康评价上,而对居住小区林木健康评价方面的研究很少报道;研究内容多倾向于林木结构特征分析,而对林木健康评价的重视度不够;评价指标仅考虑林木本身生长状况,忽视环境因子等潜在因子的影响;评价方法适用性不强,主观性过高。基于此,论文基于北京市居住区林木健康状况的实地调查及影响因子分析,结合林木本身生长因子和影响健康的潜在环境因子等指标,建立林木评价模型,评估不同来源、不同区域、不同时期居住小区林木的健康状态,探索影响居住区林木健康的重要因素,为北京市居住区林木健康精准经营提供依据。

1 研究区概况

北京市位于 115.7°—117.4°E、39.4°—41.6°N 之间,属暖温带半湿润大陆性季风气候区。年平均气温 12.3℃,年降水量 400—600mm,年平均日照数 2000—2800h,全年无霜期 180—200d,气候四季分明,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,春秋短促。地形西北高,东南低;西部属太行山脉,北部和东北部属燕山山脉。土壤类型主要为褐土,共分为 9 个土类,20 个亚类,64 个属,山地伴有棕壤、草甸土,平原伴有潮土。地带性植被主要是暖温带落叶阔叶林,间有温带针叶林。

2 研究方法

2.1 居住区选择与类型划分

按照空间均衡原则,设置以天安门为中心,以南北中轴线和东西长安街为基础的“米”字型样带^[35],选取六环内 85 个城市居住区作为研究对象。根据调查结果,从不同住房来源、区域、时期划分居住区类型(表 1)。具体划分类型为:机关单位福利分房的附属居住区划为福利房,政府参与建设住房的回迁安置房和经济适用房划为保障房,市场自由买卖住房的划为商品房;按照北京市市政环路结构将居住区划分为 5 个区域;根据居住区入住的时间,结合北京市房地产发展情况^[36,37],将居住区划分为 5 个时期。

表 1 居住区分类概况
Table 1 Classification overview of residential areas

分类 Classification	变量 Variables	居住区数量 Quantity of Residential areas	样方数量 Quantity of plots	样方面积/m ² Areas of plots/m ²	林木株数 Strains of Trees
来源 Origin	保障房	13	74	15600	780
	福利房	23	124	25600	1321
	商品房	49	269	64000	2866
区域 District	二环内	7	36	7400	333
	二—三环	14	74	15500	777
	三—四环	17	88	19500	900
	四—五环	16	94	23000	1042
	五—六环	31	175	39800	1915
时期 Period	1956—1990 年	17	92	19700	976
	1991—1997 年	13	68	14000	720
	1998—2002 年	22	122	26500	1269
	2003—2008 年	22	124	29800	1338
	2009—2013 年	11	61	15200	664
	合计 Total	85	467	105200	4967

2.2 样地调查

根据居住区绿化设计规范^[38],将居住区林木绿地划为游园绿地、宅旁绿地和道路绿地。于 2017 年 7 月—9 月采用抽样调查法进行样地调查。根据居住区绿地面积建设标准,并结合居住区绿地现状,确定游园绿地样方面积 20m×20m,宅旁绿地样方面积 20m×10m,道路绿地面积 50m×2m,每类绿地类型设置 2 个典型样方,若条件不允许,则根据实际情况调整样方数量。

对样方内所有乔木每木检尺。记录胸径、树高、冠幅等定量指标;定性指标如树势、偏冠度、病虫害程度、枯枝比例、地表覆盖程度等参考 Boone^[39],翁殊斐^[24],汪瑛^[40]的分级标准。本研究共调查北京市城市居住区 85 个,样方 467 个,乔木 4967 株。

2.3 评价方法

2.3.1 筛选评价指标

利用最小均方差法^[41]筛选居住区林木个体健康评价指标。将居住区 4967 株乔木作为被评价对象,每株树木有 21 个指标,计算最小均方差。其原理为:对于 $k_0(1 \leq k_0 \leq m, m = 21)$,令: $s_{k_0} = \min_{1 \leq j \leq n} \{s_j\}$, s_j 为评价指标 X_i 的按 4967 个被评价对象取值构成的样本均方差,若满足 $s_{k_0} \approx 0$,则可以删除与 s_{k_0} 相应的评价指标。最终选取树势、冠形、枝叶病害、枝叶虫害、地表覆盖情况等 14 个指标作为居住区林木个体健康评价指标。

2.3.2 建立林木健康评价模型

将筛选出的 14 个指标原始数据导入 SPSS20.0 进行标准化处理以及 KMO 和 Bartlett 球度检验确定是否

可进行主成分分析;计算各指标变量之间的相关矩阵以及特征根和方差贡献率;得到初始载荷矩阵,利用各主成分的负荷因子除以对应主成分的特征根的开方求出该主成分的特征向量,也即是各主成分与 14 个指标间的系数向量,将得到的系数向量与标准化后的原始数据相乘可求出各主成分的表达式;然后以各主成分的方差贡献率为权重得到综合主成分表达式,最后将 14 个指标的系数向量加权汇总后即各指标的权重,经归一化处理后得到各原始指标的权重值。

表 2 居住区林木健康评价模型
Table 2 Health assessment model of residential areas trees

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Indicator layer	权重 Weight	指标描述界定 Definition of descriptor
居住区林木健康评价 Health assessment of residential areas trees	生长因子	枝叶病害	0.054	1:>75% 枝叶受害;2:50%—75% 枝叶受害;3:25%—50% 枝叶受害;4:0—25% 枝叶受害;5:无枝叶受害
		枝叶虫害	0.126	
		枯枝比例	0.047	1:>51% 枯枝;2:20%—50% 枯枝;3:10%—20% 枯枝;4: 0—10% 枯枝;5:无枯枝
		树干机械损伤	-0.001	1:>1/2 树干周长损伤或树洞;2:1/3—1/2 树干周长损伤或树洞;3:1/6—1/3 树干周长损伤或树洞;4:0—1/6 树干周长损伤或树洞;5:树干无损伤或无树洞
		树洞	-0.002	
	形态因子	树势	0.073	1:植株受不良环境因素的影响,全株干枯,濒临死亡;2:植株受不良环境因素的影响,包括受其他树木的严重压迫,树体矮小,生长很弱,树体很难恢复正常;3:植株受不良环境因素的影响,包括受其他树木的压迫,其长势弱,但树体有恢复;4:植株受不良环境因素的影响,包括其他树木轻微的压迫、但其长势正常;5:植株没有受不良环境因素的影响,长势良好
		栽植截干	0.056	0: 有栽植截干;1:无栽植截干
		冠形	0.113	1:树冠不规则,树枝均为不均匀;2:树冠缺失严重,枝叶分布凌乱;3:树冠一定程度缺失,形状不规则;4:树冠少许缺失,较为规则;5:树冠均匀对此,冠形优美
		偏冠度	0.130	1:树冠完全偏离树干;2:>1/3 冠幅长度偏离树干;3:1/3—2/3 冠幅长度偏离树干;4:<1/3 冠幅偏离主干;5: 树冠中轴线与树干一致
		干形	0.008	1:树瘤分布较多,极度不规则;2:树瘤分布较多;3:一定程度树瘤分布;4:少许树瘤分布;5:树皮均匀规则
		树干倾斜度	0.087	1:>30° 树干倾斜角;2:10°—20° 树干倾斜角;3:5°—10° 树干倾斜角;4:5°—10° 树干倾斜角;5:0—5° 树干倾斜角
	环境因子	生长空间	0.086	1:不足 50% 生长空间;2:满足 50% 以上生长空间;3:满足 70% 以上空间;4:满足 90% 生长空间;5:生长空间无限制
		光污染程度	0.087	1:光源距离树木距离 0—5m;2:光源距离树木距离 5—10m;3:光源距离树木距离 10—15m;4:光源距离树木距离 15—20m;5:光源距离树木距离 20m 以上
		地表覆盖情况	0.152	1:完全覆盖;2:裸地;3:生态砖、铁算子、水泥盖板、碎石;4:有机物;5:绿地

2.3.3 林木健康等级的划分

按照最大隶属度原则,根据居住区林木健康得分计算隶属于各等级的隶属度,最终得出林木健康等级。健康得分位于相邻健康等级的阈值区间,按照各个等级对应的健康阈值计算隶属度。隶属度^[42]: $Y_i = (F_{i+1} - F) / (F_{i+1} - F_i)$, $Y_{i+1} = (F - F_{i+1}) / (F_{i+1} - F_i)$, Y_i 为隶属于第 i 级的隶属度, Y_{i+1} 为隶属于第 $i+1$ 级的隶属度, F 为居住区林木个体的健康得分, F_i 为第 i 级健康程度对应的阈值, F_{i+1} 为第 $i+1$ 级健康程度对应的阈值。

表3 居住区林木个体健康程度及相应阈值

Table 3 Health degree and corresponding threshold of residential areas trees

等级 Class	1 级 Level 1	2 级 Level 2	3 级 Level 3	4 级 Level 4	5 级 Level 5
阈值	-2.20	-1.35	-0.51	0.34	1.19
健康程度	濒死	不健康	中等健康	亚健康	健康

2.3.4 林木健康指数

林木个体健康等级分布并不能很直观的反映某区域林木个体的健康水平,且不同树种间也难以比较,因此本研究引入了林木健康指数^[43]。林木健康指数是指林木健康得分之和与最优林木健康得分总和的比值,反映出—个区域的林木个体健康状况。健康指数越接近于1,说明该区域林木个体越健康。健康指数计算:

$$Y = \sum_{i=1}^n F_i a_i / F_{\max} A$$
 Y 为林木健康指数, n 为级别数, F_i 为各等级等分值, a_i 为各等级林木株数, $F_{\max}$ 为最优等级等分值, A 为林木总株数。

2.4 数据处理

采用 Excel2010 和 SPSS20.0 进行数据统计与分析。利用单因素方差分析法 (One-way ANOVA) 和邓肯多重比较法 (Duncan test) 判断居住区林木健康特征和健康状况在不同来源、区域、时期类型居住区间的显著性差异。

3 结果与分析

3.1 居住区林木健康特征分析

3.1.1 不同区域居住区林木健康特征比较

不同区域居住区林木健康指标均呈现显著性差异 ($P < 0.05$) (表4)。居住区林木枝叶病害、枝叶虫害、树干机械损伤、生长空间指标在二环内表现显著最优,干形、树干倾斜度、枯枝比例、树洞指标在三—四环表现显著最优,树势、冠形、偏冠度、光污染程度、地表覆盖情况、栽植截干指标在四—五环表现显著最优。

表4 不同区域居住区林木评价指标比较

Table 4 Comparison of assessment indicators of residential areas trees between different districts

评价指标 Assessment indicator	二环内 Within 2nd ring road	二—三环 2nd—3rd ring road	三—四环 3rd—4th ring road	四—五环 4th—5th ring road	五—六环 5th—6th ring road
C1	3.84±0.61c	3.91±0.64bc	3.95±0.73ab	4.01±0.72a	3.97±0.65ab
C2	3.95±0.75cd	3.94±0.80d	4.09±0.77ab	4.12±0.75a	4.03±0.79bc
C3	4.14±0.86c	4.15±0.81c	4.24±0.80ab	4.28±0.77a	4.19±0.80bc
C4	4.71±0.61a	4.71±0.62a	4.74±0.56a	4.70±0.57a	4.60±0.70b
C5	3.92±0.78bc	3.89±0.77c	4.04±0.73a	3.96±0.71abc	3.98±0.75ab
C6	4.54±0.66a	4.44±0.66b	4.45±0.67b	4.40±0.67b	4.44±0.65b
C7	4.80±0.42a	4.67±0.52b	4.64±0.59b	4.56±0.59c	4.44±0.67d
C8	4.37±0.54a	4.33±0.53ab	4.38±0.58a	4.27±0.57b	4.27±0.67b
C9	4.89±0.39a	4.83±0.50b	4.88±0.41ab	4.86±0.46ab	4.77±0.58c
C10	4.88±0.42a	4.84±0.50a	4.88±0.41a	4.87±0.41a	4.77±0.59b
C11	4.39±0.74a	4.24±0.87b	4.27±0.87b	4.24±0.85b	4.26±0.90b
C12	2.49±1.09d	3.01±1.36c	3.00±1.33c	3.42±1.33a	3.27±1.30b
C13	2.89±0.63c	2.94±0.87c	3.09±0.93b	3.43±0.95a	3.38±1.00a
C14	0.43±0.50b	0.47±0.50ab	0.46±0.50ab	0.50±0.50a	0.47±0.50ab

表中数据为平均值±标准差;同行不同小写字母代表不同类型居住区间差异显著 ($P < 0.05$); C₁ 树势 Tree vigor; C₂ 冠形 Crown profile; C₃ 偏冠度 Deflection canopy; C₄ 干形 Stem form; C₅ 树干倾斜度 Trunk lean; C₆ 枝叶病害 Diseases of branch and leaf; C₇ 枝叶虫害 Pests of branch and leaf; C₈ 枯枝比例 Proportion of dead twigs; C₉ 树干机械损伤 Mechanical trunk damage; C₁₀ 树洞 Cavity; C₁₁ 生长空间 Growth space; C₁₂ 光污染程度 Light pollution; C₁₃ 地表覆盖情况 Surface coverage; C₁₄ 栽植截干 Cutting off crown and planting

居住区林木树势、偏冠度、光污染程度、地表覆盖情况、栽植截干指标在二环内表现显著最差,冠形、树干

倾斜度、生长空间指标在二—三环表现显著最差,枝叶病害、枯枝比例指标在四—五环表现显著最差,干形、枝叶虫害、树干机械损伤、树洞指标在五—六环表现显著最差。

从 14 个健康指标之间比较看,林木树势、树干倾斜度、光污染程度、地表覆盖情况、栽植截干指标各区域居住区表现均较差。

3.1.2 不同时期居住区林木健康特征比较

不同时期居住区林木健康指标(树干机械损伤除外)具有显著性差异($P<0.05$)。枝叶病害、枝叶虫害、栽植截干指标在 1956—1990 年居住区表现显著最优,树洞指标在 1991—1997 年居住区表现显著最优,树势、树干倾斜度指标在 1998—2002 年居住区表现显著最优,林木冠形、偏冠度、干形、枯枝比例、生长空间、光污染程度、地表覆盖情况指标在 2009—2013 年居住区表现显著优于其他时期。

偏冠度、枯枝比例、光污染程度、地表覆盖情况指标在 1956—1990 年居住区表现显著差于其他时期。树势、冠形、干形、树干倾斜度、指标在 1991—1997 年居住区表现显著较差,枝叶虫害、生长空间指标在 1998—2002 年居住区表现显著较差,林木树洞指标在 2003—2008 年居住区显著较低,枝叶病害、栽植截干指标在 2009—2013 年居住区表现显著较差。

从 14 个健康指标看,枝叶病害和栽植截干指标随时期变化越来越差,而偏冠度、地表覆盖情况表现则越来越好;各时期居住区林木树势、冠形、树干倾斜度、光污染程度、地表覆盖情况指标表现普遍较差。

表 5 不同时期居住区林木评价指标比较

Table 5 Comparison of assessment indicators of residential areas trees between different periods

评价指标 Assessment indicator	1956—1990 年	1991—1997 年	1998—2002 年	2003—2008 年	2009—2013 年
C1	3.95±0.72a	3.85±0.71b	4.01±0.68a	3.94±0.73a	3.99±0.03a
C2	3.97±0.84c	3.96±0.80c	4.07±0.78b	4.04±0.76b	4.18±0.69a
C3	4.13±0.83c	4.13±0.83c	4.17±0.83bc	4.24±0.76b	4.42±0.69a
C4	4.66±0.62b	4.65±0.62b	4.65±0.67b	4.66±0.64b	4.76±0.59a
C5	3.93±0.77bc	3.92±0.74c	4.02±0.74a	3.95±0.75bc	4.00±0.69ab
C6	4.55±0.61a	4.45±0.62b	4.45±0.69bc	4.39±0.67cd	4.38±0.66d
C7	4.65±0.55a	4.63±0.57b	4.47±0.67c	4.56±0.62b	4.56±0.59b
C8	4.27±0.58b	4.33±0.60a	4.31±0.68ab	4.30±0.59ab	4.34±0.53a
C9	4.81±0.51a	4.84±0.47a	4.82±0.56a	4.83±0.49a	4.85±0.48a
C10	4.82±0.52b	4.89±0.36a	4.81±0.55b	4.80±0.52b	4.87±0.45a
C11	4.26±0.85b	4.27±0.94b	4.16±0.91c	4.30±0.83b	4.39±0.77a
C12	2.78±1.34d	3.15±1.19c	3.06±1.28c	3.31±1.34b	3.60±1.36a
C13	3.02±1.02d	3.08±0.92cd	3.14±0.98c	3.38±0.88ab	3.60±0.87a
C14	0.60±0.49a	0.59±0.49a	0.47±0.50b	0.41±0.49c	0.30±0.46d

3.1.3 不同来源居住区林木健康特征比较

不同来源居住区林木树势、冠形、偏冠度、树干倾斜度指标差异不显著($P>0.05$),其他指标均呈现显著性差异($P<0.05$)。林木干形、枝叶病害、枝叶虫害、枯枝比例、树干机械损伤、树洞、生长空间、地表覆盖情况、栽植截干指标在保障房表现显著最差,福利房光污染程度指标显著较低。

枝叶病害、枝叶虫害、枯枝比例、树干机械损伤、树洞、生长空间、栽植截干指标在福利房表现显著优于其他来源,干形、地表覆盖情况指标在商品房表现显著最佳。

从 14 个指标之间比较看,各来源居住区林木树势、冠形、树干倾斜度、光污染程度、地表覆盖情况指标表现普遍较差。

表 6 不同来源居住区林木评价指标比较

Table 6 Comparison of assessment indicators of residential areas trees between different origins

评价指标 Assessment indicator	保障房 Social security housing	福利房 Welfare housing	商品房 Commodity apartment
C1	3.92±0.66a	3.96±0.74a	3.96±0.69a
C2	4.06±0.78a	4.03±0.81a	4.04±0.77a
C3	4.23±0.79a	4.22±0.82a	4.20±0.80a
C4	4.60±0.71b	4.67±0.63a	4.69±0.62a
C5	3.94±0.70a	3.97±0.75a	3.97±0.75a
C6	4.42±0.68b	4.50±0.62a	4.42±0.67b
C7	4.46±0.65c	4.68±0.53a	4.54±0.63b
C8	4.28±0.67b	4.35±0.60a	4.29±0.59b
C9	4.74±0.65b	4.85±0.47a	4.84±0.48a
C10	4.76±0.62b	4.85±0.47a	4.84±0.48a
C11	4.21±0.91b	4.29±0.86a	4.26±0.86ab
C12	3.17±1.30a	2.98±1.36b	3.24±1.31a
C13	3.03±1.01c	3.20±1.02b	3.30±0.91a
C14	0.39±0.49c	0.60±0.49a	0.43±0.50b

3.2 居住区林木健康评价分析

3.2.1 不同区域居住区林木健康比较

不同区域居住区林木健康等级均呈右偏正态分布,亚健康状态林木比例均较大,濒死等级林木均较小,且二环内和四—五环居住区未出现濒死等级林木。从不同健康等级看,濒死等级林木在五—六环比例最大;不健康和中等健康等级林木在二—三环比例最大,三—四环最小,亚健康等级分布则与之相反;健康等级林木在四—五环比例远大于二—三环。

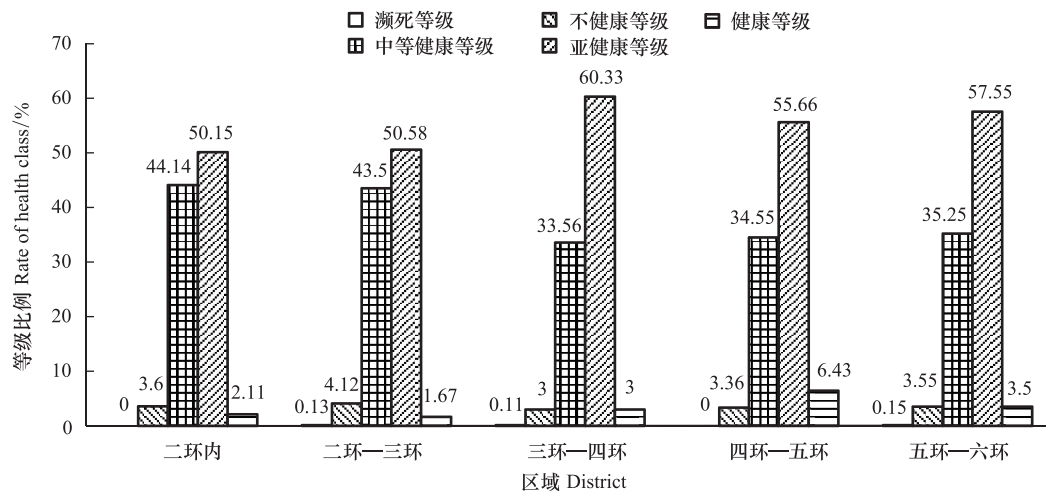


图 1 不同区域居住区林木个体健康等级分布

Fig.1 Health class distribution of residential areas trees between different districts

不同环路居住区林木健康指数无显著性差异 ($P>0.05$), 大小表现为: 三—四环 = 四—五环 > 五—六环 > 二环内 = 二—三环。健康指数范围是 0.60—0.80, 且五—六环出现最小健康指数, 三—四环出现最大健康指数。

3.2.2 不同时期居住区林木健康比较

不同时期居住区林木健康等级均呈右偏正态分布规律,亚健康状态林木比例最大,濒死等级林木比例最小,且 2003—2008 年和 2009—2013 年居住区无濒死等级林木。不同时期居住区各健康等级林木比例具有明

显差异,濒死等级林木在 1991—1997 年比例最大;不健康和中等健康等级林木在 1956—1990 年比例最大,在 2009—2013 年比例最小,而亚健康等级林木恰与之相反;健康等级林木在 2003—2008 年比例最大,在 1991—1997 年比例最小。

表 7 不同区域居住区林木健康指数

Table 7 Health indexes of residential areas trees between different districts

区域 District	样本量 N	平均值±标准差 Mean±Standard Deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum	变异系数 CV/%
二环内 Within 2nd ring road	7	0.70±0.06a	0.63	0.79	8.57
二—三环 2nd—3rd ring road	14	0.70±0.05a	0.62	0.76	7.14
三—四环 3rd—4th ring road	17	0.73±0.03a	0.68	0.80	4.11
四—五环 4th—5th ring road	16	0.73±0.03a	0.68	0.78	4.11
五—六环 5th—6th ring road	31	0.72±0.04a	0.60	0.79	5.56

表中健康指数为平均值±标准差;不同小写字母代表不同类型居住区间差异显著($P<0.05$)

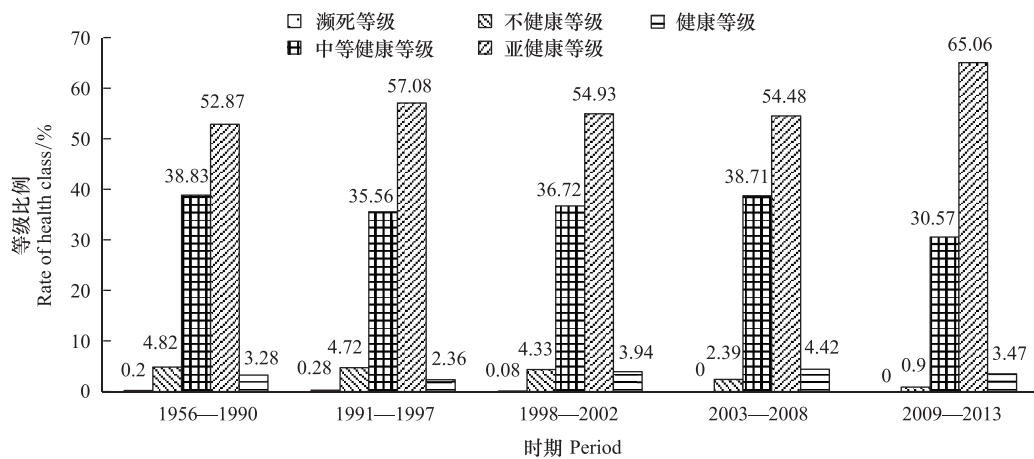


图 2 不同时期居住区林木个体健康等级分布

Fig.2 Health class distribution of residential areas trees between different periods

进一步分析居住区林木健康指数发现,各时期存在显著性差异($P<0.05$),大小顺序是:2009—2013 年>2003—2008 年=1998—2002 年=1991—1997 年>1956—1990 年,表现为老旧小区林木健康表现最差。从健康指数极值来看,1998—2002 年居住区出现最小林木健康指数,2009—2013 年居住区中出现最大林木健康指数。

表 8 不同时期居住区林木健康指数

Table 8 Health indexes of residential areas trees between different periods

时期 Period	样本量 N	平均值±标准差 Mean±Standard Deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum	变异系数 CV/%
1956—1990 年 1956—1990	17	0.71±0.03b	0.65	0.76	4.23
1991—1997 年 1991—1997	13	0.72±0.04ab	0.65	0.78	5.56
1998—2002 年 1998—2002	22	0.72±0.05ab	0.60	0.79	6.94
2003—2008 年 2003—2008	22	0.72±0.04ab	0.62	0.78	5.56
2009—2013 年 2009—2013	11	0.75±0.04a	0.68	0.80	5.33

3.2.3 不同来源居住区林木健康比较

不同来源居住区林木健康等级均呈右偏正态分布特点,亚健康等级林木比例最大,濒死等级林木比例最

小,保障房未出现濒死等级林木。从不同健康等级变化特点看,濒死等级林木在福利房比例最大;不健康等级林木在保障房比例最大,商品房中比例最小;中等健康等级林木在保障房比例最大,福利房中比例最小,亚健康等级和健康等级分布特点与之相反。

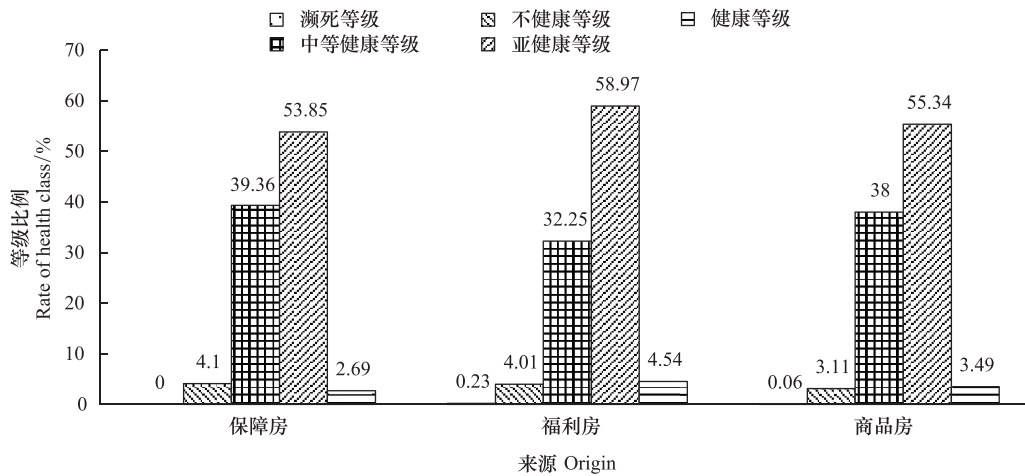


图3 不同来源居住区林木个体健康等级分布和健康指数

Fig.3 Health class distribution of residential areas trees between different origins

不同来源居住区林木健康指数无明显差异 ($P>0.05$), 大小表现为: 福利房>商品房>保障房。从林木健康指数阈值看, 保障房出现最小林木健康指数, 商品房出现最大林木健康指数。

表9 不同来源居住区林木健康指数

Table 9 Health indexes of residential areas trees between different origins

来源 Origin	样本量 N	平均值±标准差 Mean ± Standard Deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum	变异系数 CV/%
保障房 Social security housing	13	0.71±0.05a	0.60	0.79	7.04
福利房 Welfare housing	23	0.73±0.03a	0.65	0.78	4.11
商品房 Commodity apartment	49	0.72±0.04a	0.62	0.80	5.56

4 讨论

4.1 不同类型居住区林木健康差异原因

研究发现不同区域居住区所有指标差异均达到显著水平 ($P<0.05$), 二环内和二—三环居住区树势、偏冠度、光污染程度、地表覆盖情况、栽植截干指标表现显著较差, 林木受大面积硬化铺装以及夜晚照明的影响, 其林木树势减弱, 健康指数较低; 三—四环和四—五环居住区由于城市绿化越来越受重视, 林木得到一定的健康生长; 而五—六环区域居住区林木绿化年限相对较短, 新栽植林木多, 苗木本身不健康, 抵抗病虫害的能力弱, 健康状态相对较差; 因此居住区林木健康状态由内环区域至外环区域呈现先变好后变差的趋势, 具体表现为: 三—四环=四—五环>五—六环>二环内=二—三环。

不同时期居住区除树干机械损伤外, 其余指标均达到显著水平 ($P<0.05$)。不同时期林木健康指数显著差异, 随时期的推移, 林木具有健康修复功能, 健康指数显著增大。老旧小区建设面积小且不注重绿化, 随着树龄的增长, 树木生长空间受到压缩, 枯枝比例增加, 冠形效果差, 树势不高^[44]; 绿化形式单一, 多为乔木裸地, 同时随着居民私家车数量的增多, 地面停车场的建设使得小区绿地硬化现象严重, 影响着林木根系的正常呼吸和养分吸收, 这就是 1956—1990 年居住区林木健康指数显著最低的原因。

林木的养护管理是林木生长过程必不可少的一个环节, 对于树木的健康生长具有关键性作用^[45,46]。实

地调查发现,保障房物业往往忽视绿化管理工作,林木受人为干扰严重,枝叶病虫害、枯枝比例、树干机械损伤、树洞、地表覆盖情况及截枝截干等指标相较于其他来源表现最差;而福利房居住区与机关单位绿化同步,其树木养护水平相对较高,因此不同来源居住区林木健康状况表现为:福利房>商品房>保障房,但未达到显著性水平($P>0.05$)。

4.2 居住区林木健康限制因子

研究不同类型居住区林木健康指标特征发现,光污染程度、地表覆盖情况、树干倾斜度、栽植截干均小于其他指标,这说明光污染程度、地表覆盖情况、树干倾斜程度、栽植截干是限制居住区林木健康生长的重要因子。

有研究表明,硬铺装地表会减慢林木生长速度,明显降低林木的树高、胸径及生物量^[47]。调查发现,22.93%林木地表为硬铺装或裸地,显著拉低了居住区林木的整体健康状况。良好的地表覆盖可以改善土壤理化住房,提高土壤保肥、保水能力,增加土壤透气性和透水性,有效促进树木的健康生长^[48];而硬化和裸露地表导致土壤板结严重,孔隙率下降、通透性变差,有机质下降,不利于根系正常呼吸和吸收养分,从而影响林木正常生长^[49]。陈冰晶研究认为夜间照明影响了天安门广场上油松长势和成活率^[50],相比于整个夜晚照明,每天 18:00—24:00 照光处理对植物的负面影响较小^[51]。合理的修剪枯腐枝、徒长枝增加树冠通透性,减少病虫害的发生,而过度的修剪严重影响树木健康。国外研究^[52]认为抹头修干造成林木生长不良率比不修剪的高 192%,枝条死亡率高 40%,病虫害发生率高 70%,极大威胁着树木生长。因此合理控制夜间照明时间、增加有机地表覆盖、避免过度的截枝截干以及加强林木养护管理是当前北京市居住区林木健康生长的保障。

5 结论

通过对北京市六环内 85 个居住区林木健康状况的分析,整体健康指数为 0.72,居住区林木处于亚健康状态,健康等级比例为 3.65%,亚健康(56.07%)等级比例最多,其次是中等健康(36.68%),不健康等级林木占 3.50%,濒死林木仅占 0.10%。不同时期居住区林木健康差异显著($P<0.05$),而不同来源和不同区域居住区林木健康差异不显著($P>0.05$)。潜在影响因子如光污染程度、地表覆盖情况、树干倾斜程度、栽植截干是限制北京市居住区林木健康生长的重要因子。

参考文献(References):

- [1] 黎彩敏,翁殊斐,林云,庞瑞君. 园林树木健康与安全性评价研究进展. 广大农业科学, 2009, (7): 186-189.
- [2] 卢卫红. 城市绿地的使用频率与城市居民心理健康的关系探讨. 低碳世界, 2015 (2): 291-292.
- [3] Bowler D, Buysing-Ali L, Knight T, Pullin A. The Importance of Nature for Health: Is There A Specific Benefit of Contact with Green Space? (2010) [2013-01-08]. <http://www.environmentalevidence.org/SR40.html>.
- [4] 彭镇华. 中国城市森林. 北京: 中国林业出版社, 2014: 80-84.
- [5] 李红梅. 浅议城市环境对树木生长的不利影响及应对措施. 科技致富向导, 2011, (30): 281-281, 305-305.
- [6] 安康. 城市绿地土壤质量及其影响因素[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2015: 2-3.
- [7] 李静锐, 张振明, 罗凯. 森林生态系统健康评价指标体系的建立. 水土保持研究, 2007, 14(3): 173-175, 179-179.
- [8] 任德智, 刘悦翠. 区域森林资源健康评价指标体系研究. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 194-199.
- [9] 马志林, 陈丽华, 于显威, 韩鹏, 任慧君. 北京西山地区不同林分健康状况比较研究. 生态环境学报, 2010, 19(3): 646-651.
- [10] 王忠春, 亢新刚, 刘明宣, 李明辉, 陶涛, 邹约儒. 长白山林分尺度森林健康评价研究. 四川林勘设计, 2013, (3): 1-6, 45-45.
- [11] 王雄宾. 八达岭油松林生态系统健康评价及调控研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2007: 10-13.
- [12] 马克明, 孔红梅, 关文彬, 傅伯杰. 生态系统健康评价: 方法与方向. 生态学报, 2001, 21(12): 2106-2116.
- [13] 池源, 郭振, 石洪华, 高莉媛. 北长山岛人工林健康状况评价. 生态科学, 2017, 36(1): 215-223.
- [14] 刘金良, 于泽群, 张顺祥, 王迪海, 赵忠. 渭北黄土高原区刺槐人工林健康评价体系的构建. 西北农林科技大学学报, 2014, 42(6): 93-99.
- [15] Richard W H, James R C, Nelda P M. Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines. New Jersey, USA: Prentice

- Hall, Upper Saddle River, 1999: 536-591.
- [16] 初丛相, 杨义波. 长春市广场树木生长状况与园林植物多样性相关关系的研究. 吉林林业科技, 2006, 35(5): 23-25.
- [17] 吴泽民, 黄成林, 白林波, 吴文友. 合肥城市森林结构分析研究. 林业科学, 2002, 38(4): 7-13.
- [18] 刘常富, 何兴元, 陈玮, 徐文铎, 赵桂玲. 沈阳城市森林群落的树种组合选择. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2103-2107.
- [19] 韩宝生, 刘景峰, 刘金生. 园林树木保健问题的探讨. 黑龙江环境通报, 2006, 30(1): 48-49, 61-61.
- [20] Watanabe K, Kobayashi I, Saito S, Kuroda N, Noshiro S. Nondestructive evaluation of drying stress level on wood surface using near-infrared spectroscopy. Wood Science and Technology, 2013, 47(2): 299-315.
- [21] Ritschel F, Zhou Y, Brunner A J, Fillbrandt T, Niemz P. Acoustic emission analysis of industrial plywood materials exposed to destructive tensile load. Wood Science and Technology, 2014, 48(3): 611-631.
- [22] 刘颂颂, 叶永昌, 朱纯, 黄华枝, 夏聪, 吕浩荣, 朱剑云. 东莞市古树名木健康状况初步研究. 广东园林, 2008, 30(1): 55-56.
- [23] Qin R Y, Qiu Q W, Lam J H M, Tang A M C, Leung M W K, Lau D. Health assessment of tree trunk by using acoustic-laser technique and sonic tomography. Wood Science and Technology, 2018, 52(4): 1113-1132.
- [24] 翁殊斐, 黎彩敏, 庞瑞君. 用层次分析法构建园林树木健康评价体系. 西北林学院学报, 2009, 24(1): 177-181.
- [25] 王丽, 吉士东, 李珂. 南阳市区游园树木健康状况与植物多样性的相关分析. 科技创新与应用, 2017, (3): 61-61.
- [26] 黎彩敏, 翁殊斐, 庞瑞君. 广州市园林绿地树木健康调查与评价. 佛山科学技术学院学报: 自然科学版, 2012, 30(6): 8-13.
- [27] 杨秉清, 陶丽霞, 郭志刚, 郑晓梅. 长春市公共绿地园林树木健康状况分析. 当代生态农业, 2011, (3/4): 94-96.
- [28] 叶有华, 虞依娜, 彭少麟, 沈杏艳, 侯玉平, 张素梅, 梁玉钻. 澳门松山公园树木健康评估. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(2): 131-136.
- [29] 金星, 孙宾, 聂立水, 吴记贵, 蒋万杰, 范雅倩, 高培鑫, 朱嘉磊. 北京松山保护区油松健康标准评价体系研究. 广东农业科学, 2015, 42(17): 47-51.
- [30] 孙鹏. 北京市人工黄栌风景林健康评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2015: 1-2.
- [31] 杨义波. 街路园林树木健康状况与园林植物多样性的相关关系. 林业科技, 2006, 31(4): 64-65.
- [32] 李娟, 韩姣, 王晓娜, 李青梅, 孙悦, 赵珊珊. 行道树树种结构及健康评价的研究. 吉林林业科技, 2015, 44(1): 16-20.
- [33] 朱丽辉, 陶艳萍, 曾辉, 王晓春. 沈阳东陵油松古树生长状况及保护对策. 山东林业科技, 2008, 38(3): 34-35.
- [34] 梁善庆, 胡娜娜, 林兰英, 傅峰. 古树名木健康状况应力波快速检测与评价. 木材工业, 2010, 24(3): 13-15.
- [35] 刘秀萍. 北京城区居住区和机关单位城市森林结构调查与树冠覆盖动态分析[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2017: 16-18.
- [36] 张晓兰. 陈志 30 年北京房地产发展历程历历在目. 新京报, 2016-11-11.
- [37] 凤鸣. 商业地产在中国. 中国房地产业, 2011, (12): 11-15.
- [38] 国家技术监督局, 中华人民共和国建设部. GB 50180—1993 城市居住区规划设计规范(2002 年版). 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [39] Boone R, Westwood R. An assessment of tree health and trace element accumulation near a coal-fired generating station, Manitoba, Canada. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 121(1/3): 151-172.
- [40] 汪瑛. 北京市行道树结构分析与健康评价[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2011: 12-13.
- [41] 叶义成, 柯丽华, 黄德育. 系统综合评价技术及其应用. 北京: 冶金工业出版社, 2006: 17-18.
- [42] 种培芳, 单立山, 苏世平, 李毅. 甘肃旱区 5 个经济林树种的苗期抗旱性综合评价. 干旱地区农业研究, 2017, 35(1): 198-204, 247-247.
- [43] 陶晓, 吴泽民, 郝焰平. 合肥市行道树生态效益研究. 中国农学通报, 2009, 25(3): 75-82.
- [44] 卞方圆, 陈爽. 近 15 年来南京城市居住区树木结构变化研究. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2018, 42(2): 127-133.
- [45] 丛毅. 浅谈城市园林绿化树木养护管理. 现代园艺, 2018, (2): 187-187.
- [46] 瞿世涛, 陶佃露, 孙时宜. 城市中老龄树木的管理和保护. 山西林业科技, 2003, (3): 39-41.
- [47] Mueller E C, Day T A. The effect of urban ground cover on microclimate, growth and leaf gas exchange of oleander in Phoenix, Arizona. International Journal of Biometeorology, 2005, 49(4): 244-255.
- [48] 王成, 鄯光发, 彭镇华. 有机地表覆盖物在城市林业建设中的应用价值. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2213-2217.
- [49] 赵丹, 李锋, 王如松. 城市地表硬化对植物生理生态的影响研究进展. 生态学报, 2010, 30(14): 3923-3932.
- [50] 陈冰晶, 马慧, 于晓南. 夜间照明对天安门广场行道树油松生长的影响//中国园艺学会观赏园艺专业委员会 2012 年学术年会论文集. 广州: 中国园艺学会, 2012: 333-337.
- [51] 陈良华, 曹艺, 杨万勤, 张健, 何书惠. 三种园林植物对夜间光照的响应与适应特征. 生态学报, 2017, 37(2): 549-556.
- [52] Karlovich D A, Groninger J W, Close D D. Tree condition associated with topping in southern Illinois communities. Journal of Arboriculture, 2000, 26(2): 87-91.