

北京城市绿地近自然植物群落构建

任斌斌^{1*} 商茹² 李芳¹ 李薇¹ 王建红¹ 李广¹ 刘倩¹

(¹北京市园林科学研究院, 园林绿地生态功能评价与调控技术北京市重点实验室, 北京 100102; ²河北胜康工程设计有限公司, 河北邢台 054000)

摘要 近自然植物群落对促进城市绿地群落稳定、激活生态系统内部调控机制、丰富生物多样性等具有重要作用。采用数量分类与环境排序的生态学方法, 对北京鹫峰低海拔森林植物群落特征与环境影响要素进行研究, 提出适于北京地区的近自然植物群落模式。结果表明: TWINSpan 将 10 块样地划分为 4 个植物群落; 样地和主要植物排序与 TWINSpan 分类结果一致, 以油松、槲栎、栓皮栎为优势种的松栎混交林空间分布与海拔和土壤环境因子显著相关, 其中土壤环境因子包括 pH 值、有机质含量、非毛管孔隙度; 自然山体土壤与城市绿地土壤在 pH 值和有机质含量方面存在差异; 遵循适生性、科学性与艺术性基本原则, 构建形成 5 个近自然植物群落基本模式。

关键词 园林植物; 数量分类; 环境解释; 低海拔; 鹫峰

Close-to-nature plant community construction in urban greenspace of Beijing. REN Binbin^{1*}, SHANG Ru², LI Fang¹, LI Wei¹, WANG Jian-hong¹, LI Guang¹, LIU Qian¹ (¹Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing Key Laboratory of Ecological Function Assessment and Regulation Technology of Green Space, Beijing 100102, China; ²Hebei Shengkang Engineering Design Co. Ltd., Xingtai 054000, Hebei, China).

Abstract: Close-to-nature plant communities play an important role in promoting community stability, activating the internal regulation mechanism of ecosystem and enriching biodiversity. We analyzed community characteristics and environmental factors of forest vegetation at Jiufeng Mountain, a low altitude district in Beijing, using numerical classification and environmental ordination. Then, we proposed some modes of close-to-nature plant community construction suitable for Beijing. The results showed that the 10 plots investigated could be classified into four associations by TWINSpan. The ordination results of plots and main plant species were consistent with those of TWINSpan. The mixed pine and oak forest with *Pinus tabulaeformis*, *Quercus dentata* and *Q. variabilis* as the dominant species was significantly correlated with the altitude and soil factors including pH value, organic matter content, and non-capillary porosity. There were differences in soil pH and organic matter content between natural mountain soil and urban greenspace soil. According to the basic principles of adaptability, scientificity and artistry, we proposed five basic modes of close-to-nature plant communities.

Key words: landscape plant; numerical classification; environmental interpretation; low altitude area; Jiufeng Mountain.

城市绿地生态系统作为人工开放系统, 其内部植物群落多强调景观效果并由人工组合而成, 普遍存在着植物种类单一、景观单调、地域特色丧失和植物群落种间关系失衡等诸多问题(杨玉萍等, 2009;

李树华等, 2017; 李晓鹏等, 2018; 李祖政等, 2018)。城市绿地近自然植物群落是指通过研究分析某地区自然群落的基本类型、层次结构, 进而借鉴、模拟形成的人工植物群落(苏雪痕, 1983; 任斌斌等, 2009), 在提高植物群落科学性、艺术性以及展现地域特色等方面具有重要意义(苏雪痕, 1994), 对于促进群落稳定、激活生态系统内部调控机制以及丰

北京市科技计划课题(D171100001817001)和国家自然科学基金项目(31800605)资助。

收稿日期: 2019-01-22 接受日期: 2019-07-10

* 通讯作者 E-mail: renbinbin2014@126.com

富绿地生物多样性等方面作用显著 (Miyawaki, 1998, 1999; 任斌斌等, 2010), 是近年来绿地植物景观设计领域的研究热点 (王丹丹等, 2012), 也是解决目前城市绿地植物群落现存问题和主要矛盾的重要方法 (杨玉萍等, 2009; 任斌斌等, 2009, 2010; 卢山等, 2015)。

关于近自然植物群落的相关研究, 国外最早可追溯到 1869 年 Gayer 提出的近自然林业理论 (陆元昌等, 2002)。其后, 在 1956 年, Tüxen 提出了“潜在植被理论”, 该理论认为, 对于现状植被, 如果辅以人工措施, 该立地条件则具有形成当地顶极群落的潜在能力 (Miyawaki *et al.*, 1993)。以此为基础, 20 世纪 70 年代, 日本生态学家宫胁昭创造了“宫协造林法”, 即通过模拟自然群落结构, 进行森林植被营建, 现已在日本、中国、泰国等诸多国家几百个案例中取得成功 (Miyawaki *et al.*, 1993; 王仁卿等, 2002; 原田洋等, 2014)。近 20 年来, 中国诸多学者相继开展了近自然植物群落理论研究 (何兴元等, 2003; 达良俊等, 2003, 2004; 林源祥等, 2006; 达良俊, 2008; 任斌斌等, 2009, 2010a, 2010b; 卢山等, 2015) 与实践应用 (王小平等, 2008), 但目前大多从自然或半自然群落的结构和组成分析出发, 而对影响群落形成、存在和稳定发展的生境要素甚少涉及。生境既是植物群落形成的要素, 也是其存在的条件 (宋永昌, 2017)。城市绿地近自然植物群落构建成功的关键涉及两个方面, 一是自然群落蓝本的自然生境与近自然人工植物群落的城市人工生境具有较强的相似性; 二是植物群落对于生境要素具有较强的适应性, 即自然与人工生境虽有差异, 但植物群落对于该差异不敏感。本研究选择北京近郊鹫峰低海拔森林植被中的栎林、松栎混交林为调查对象, 采用数量分类和环境排序的生态学方法研究其群落特征及其与环境影响要素的相关关系, 同时对比分析北京城市绿地环境, 提出适于北京地区应用的城市绿地近自然植物群落构建模式, 为科学合理的城市绿地建设提供依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

北京位于华北平原北部, 地属北温带半湿润大陆性季风气候, 地带性植被为暖温带落叶阔叶林。在市域范围内, 自然生态系统主要包括森林生态系统、灌丛生态系统、草甸生态系统和湿地生态系统 4

种类型, 在人类长期干扰下, 各植被类型多为次生 (王光美, 2006)。其中, 海拔 800 m 以下低山区域自然植被主要为栓皮栎林、槲树林或油松栎类混交林 (贺士元等, 1984)。

鹫峰森林公园位于北京市西北方向 30 km 处, 地处北京城西大西山风景区中部, 地理坐标为 116°28'E, 39°54'N, 是整个西山山地最临近平原的区域, 总面积 866.67 hm², 最高海拔 1153 m。园内年平均气温 11.6 °C, 极端最低气温为 -21.7 °C, 最高气温为 41.6 °C, 1 月平均气温 -4.4 °C, 7 月平均气温为 25.8 °C。年降水量 650~750 mm, 集中于 7—9 月。目前园内森林植被包括人工林和次生林, 其中的次生林是北京低山区域的典型代表。曾有诸多学者对其植物种类、林分组成、土壤状况、生物多样性等进行过系列研究 (邢亚蕾等, 2015; 孟晨等, 2016)。

1.2 样地调查

1.2.1 植物群落调查 于 2017 年 6—7 月进行, 采用法瑞学派典型样方法, 根据暖温带落叶阔叶林最小面积经验值设置面积为 20 m×20 m 的方形样地共 10 个 (宋永昌, 2017); 采用相邻格子法将每个样地分成 4 个 10 m×10 m 的样方, 调查乔木层; 分别在每个样方内设置 1 个 2 m×2 m 的灌木样方调查灌木层和 1 个 1 m×1 m 的草本样方调查草本层。共计乔木样方、灌木样方及草本样方各 40 个。乔木层, 对于 $H \geq 2$ m 的个体进行每木调查, 实测胸径、冠幅、树高, 记录种名、株数、树高、胸径、冠幅、生境等; 灌木层、草本层以及层外植物记录种名、株数 (丛数)、高度、盖度、聚生度等。

1.2.2 环境因素调查 共选取地形与土壤 2 类环境因素进行调查。地形因素包括海拔、坡度与坡向, 海拔、坡度以实际观测值表示, 坡向数据以东为起点 (0°), 顺时针旋转的角度表示, 采取每 45°为一个区间的划分等级制的方法, 以数字表示各等级, 即 1 表示北坡 (247.5°~292.5°), 2 表示东北坡 (292.5°~337.5°), 3 表示西北坡 (202.5°~247.5°), 4 表示东坡 (337.5°~22.5°), 5 表示西坡 (157.5°~202.5°), 6 表示东南坡 (22.5°~67.5°), 7 表示西南坡 (112.5°~157.5°), 8 表示南坡 (67.5°~112.5°)。

土壤因素包括腐叶厚度、土壤容重、非毛管孔隙度、土壤 pH 值、有机质含量、水解性氮含量、有效磷含量、速效钾含量、有效态铁含量、有效态锰含量、有效态铜含量、有效态锌含量 (崔晓阳等, 2001; 欧芷阳等, 2015)。在各乔木样方内随机选择 1 点挖取土

壤剖面,记录腐叶厚度;同时收集 0~20 cm 土层中的土壤样品共计 40 份,带回实验室进行土壤理化性质测定。

1.3 数据处理

1.3.1 数量分类 为描述物种在群落中的功能地位,选用相对重要值作为各物种在群落中的优势度指标。根据外业数据,计算各植物在其所在层片中的相对重要值。乔木层和灌木层的相对重要值计算方法为:

相对重要值=(相对频度+相对多度+相对显著度)/3

草本层的相对重要值计算方法为:

相对重要值=(相对频度+相对多度+相对盖度+相对高度)/4

根据所有样地中乔木层植物的相对重要值,采用二元指示种划分方法(TWINSPAN)对群落进行划分(Hill,1979),该方法以指示种进行群落区分,是目前应用于群落分类中最广泛和有效的方法。

1.3.2 环境解释 以各层片中植物相对重要值为基础,建立环境变量-样地和植物物种-样地矩阵,采用CANOCO for Window 4.5(Frank et al.,2003)对样地与环境变量、主要植物物种与环境变量的相关关系进行排序分析。

2 结果与分析

2.1 植被数量分类

对鹫峰 10 个样地进行 TWINSPAN 等级分类,结合实际生态学意义,采用第 3 级分类结果,将其划分为 4 组(图 1),根据各层优势种和 TWINSPAN 划分的指示种命名为 4 个植物群丛。

2.1.1 群丛I “油松+槲树+栓皮栎-孩儿拳头-求米草”群丛(Ass. *Pinus tabuliformis* + *Quercus dentata* + *Q. variabilis*-*Grewia biloba*-*Oplismenus undulatifolius*),

位于海拔 430 m 处,半阴坡。乔木层优势种为油松、槲树和栓皮栎,伴生种为元宝枫(*Acer truncatum*)、小叶朴(*Celtis bungeana*)和君迁子(*Diospyros lotus*)等;灌木层优势种为孩儿拳头,同时伴生蚂蚱腿子(*Myrica dioica*)、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)等,也存在少量元宝枫、小叶朴等的幼苗;草本层优势种为求米草。

2.1.2 群丛II “栓皮栎-荆条-求米草”群丛(Ass. *Q. variabilis*-*V. negundo* var. *heterophylla*-*O. undulatifolius*),位于海拔 250~300 m 处,沟谷和半阴坡。乔木层优势种为栓皮栎,伴生种为君迁子,也有少量油松;灌木层优势种为荆条,伴生种有小叶鼠李(*Rhamnus parvifolia*)、孩儿拳头等;草本层优势种为求米草。

2.1.3 群丛III “栓皮栎-一叶萩-穿龙薯蓣+求米草”群丛(Ass. *Q. variabilis*-*Flueggea suffruticosa*-*Discorea nipponica*+*O. undulatifolius*),位于海拔 300 m 处,沟谷地带。乔木层优势种为栓皮栎,伴生种为君迁子、槲树等;灌木层优势种为一叶萩,其他植物还有荆条、君迁子幼树、小叶鼠李、孩儿拳头等;草本层优势种为穿龙薯蓣和求米草。

2.1.4 群丛IV “栓皮栎-孩儿拳头-求米草”群丛(Ass. *Q. variabilis*-*Grewia biloba*-*O. undulatifolius*),位于海拔 270~320 m 处,沟谷或坡地。乔木层中,栓皮栎为绝对优势种,其他还有君迁子、小叶朴等;灌木层优势种为孩儿拳,其他还有君迁子幼树、荆条、小叶鼠李等;草本层优势种为求米草,其他还有穿龙薯蓣、热河黄精(*Polygonatum macropodium*)等。

2.2 植被环境解释

根据排序方法常规操作,首先利用去趋势对应分析(DCA)分析物种梯度轴的长度(SD),再依据分析结果选择适宜的排序方法。DCA 分析结果显示物种梯度轴长为小于 3.0,因此选用线性模型排序方法 RDA 进行分析。

RDA 排序结果显示,排序轴前两轴的特征值之和占全部特征值总和的 87.9%,包含了排序的绝大部分信息,其中,轴 1 的特征值占全部特征值总和的 79.4%,因此,采用前两轴的数据来分析植被与环境因素的相关关系。根据 15 个环境要素与 RDA 排序轴的相关性分析可知(表 1),坡向、海拔、非毛细胞孔隙度、有机质、N、Fe、Mn、Zn 以及土壤 pH 值等 9 项指标与第 1 轴相关性最强,腐叶厚度与第 2 轴相关性较强。由此表明,植被分布与坡向、坡度、土壤

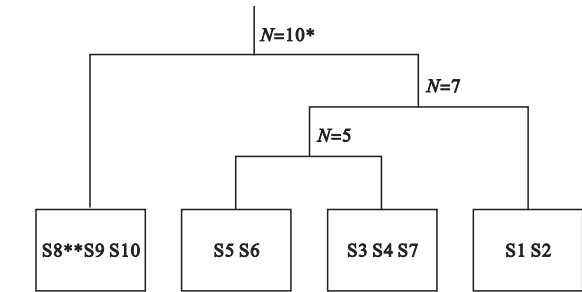


图 1 TWINSPAN 分类图
Fig.1 Dendrogram of the TWINSPAN classification
* 样地数量, ** 样地号。

表 1 环境因子与 RDA 排序轴之间的相关系数
Table 1 Correlation coefficient between RDA ordination axes and environmental factors

| 编号 | 环境因素 | 轴 1 | 轴 2 | 轴 3 | 轴 4 |
|----|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 坡度 | 0.2654 | -0.1826 | 0.4746 | 0.1444 |
| 2 | 坡向 | -0.6921 | 0.0699 | -0.5361 | 0.3949 |
| 3 | 海拔 | 0.9215 | -0.1210 | -0.1628 | -0.2047 |
| 4 | 腐叶厚度 | 0.2472 | -0.5263 | 0.3801 | -0.1453 |
| 5 | 土壤容重 | -0.1673 | 0.0452 | -0.8049 | -0.5303 |
| 6 | 非毛管孔隙度 | 0.7683 | -0.0633 | 0.0995 | 0.3499 |
| 7 | N | 0.7165 | -0.1024 | 0.4872 | 0.0896 |
| 8 | P | -0.0822 | -0.4482 | 0.1464 | -0.1375 |
| 9 | K | 0.2482 | -0.0276 | 0.3420 | -0.1053 |
| 10 | 有机质 | 0.5360 | -0.3158 | 0.6314 | -0.0122 |
| 11 | pH | -0.7886 | 0.0976 | 0.2474 | 0.5020 |
| 12 | Fe | 0.9194 | -0.0897 | 0.1112 | -0.1217 |
| 13 | Mn | -0.7338 | 0.1237 | 0.3692 | 0.2706 |
| 14 | Cu | 0.0806 | 0.0946 | 0.2413 | 0.2902 |
| 15 | Zn | 0.6423 | -0.1729 | 0.2866 | -0.0286 |

养分及微量元素均存在较强的相关关系。

2.2.1 样地排序 由图 2 可以看出,沿第一轴从左到右,土壤非毛细管孔隙度、Fe、Zn 以及有机质和 N 含量等逐步提高,海拔逐渐升高,坡向、土壤 pH 以及土壤中 Mn 含量逐渐降低;沿第二轴从上到下,土壤腐叶厚度逐渐升高。其中,海拔、土壤 N 含量与有机质、土壤有效 Fe、Zn 以及土壤非毛细管孔隙度对植物群落的分布影响较大,并将 10 块样地大致分为 3 组。第一组代表了分布海拔高、土壤有机质、N、Fe、Zn 以及非毛细管孔隙度较高,而土壤 pH 值较低的群落类型,包括样地 8、9、10,全部为以油松、

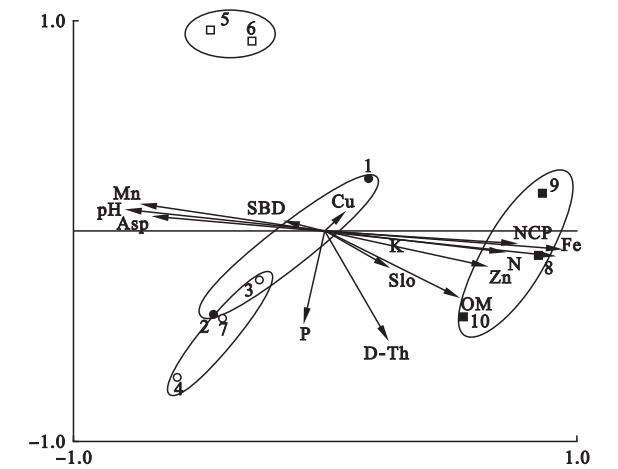


图 2 样地 RDA 排序图
Fig.2 RDA ordinations of samples

Slo—坡度; Asp—坡向; Ele—海拔; D-Th—腐叶厚度; SBD—土壤容重; NCP—非毛细管孔隙度; OM—有机质。图中,箭头表示环境因子,箭头连线的长短表示样地的分布与该环境因子相关性的大小,箭头连线与排序轴的夹角表示环境因子与排序轴相关性的大小。

榿树、栓皮栎为优势种的松栎混交林,与其他群落类型相比,该群落受人为干扰较小,主要集中于海拔 400~450 m 区域,土壤环境良好,包括富有丰富的有机质、N 以及 Fe、Zn 等微量元素,并有良好的土壤通气性。第二组代表了与之相反的环境特征,主要包括样地 1、2、3、4、7,均为以栓皮栎为优势种的群丛,与松栎混交林相比,该组植物群落的土壤状况相对恶劣,主要集中于海拔 400 m 以下区域。第三组包括样地 5 和 6,群丛以栓皮栎为优势种,位于沟谷地带,受各环境因素影响不大。

2.2.2 主要植物排序 从图 3 可以看出,主要植物在图中的分布格局与样地的分布格局具有一定的相似性。如以油松、小叶朴、榿树、榿栎等为代表的松栎混交林与非毛细管孔隙度、海拔、N、Fe、Zn、有机质、土壤 pH 值、坡向等关系密切,与样地的 RDA 排序图一致。栓皮栎、小叶鼠李以及穿龙薯蓣与坡向、土壤 pH 值关系密切,在向阳、pH 值偏高的样地内 3 种植物的分布有所增多。在鹭峰的森林植被营建中,栓皮栎是早期的主要造林树种,伴随群落演替,阴坡、半阴坡的演替进程快于阳坡,其栓皮栎的绝对优势被逐渐削减,造成了栓皮栎在阴坡和半阴坡的分布数量少于阳坡。小叶鼠李喜光,其分布特征与其生长习性一致。穿龙薯蓣喜阴、半阴以及沟谷环境,与排序图分布特征存在差异,这主要与数据统计过程中沟谷地带坡向的平均化处理有关,在此可不做参考。

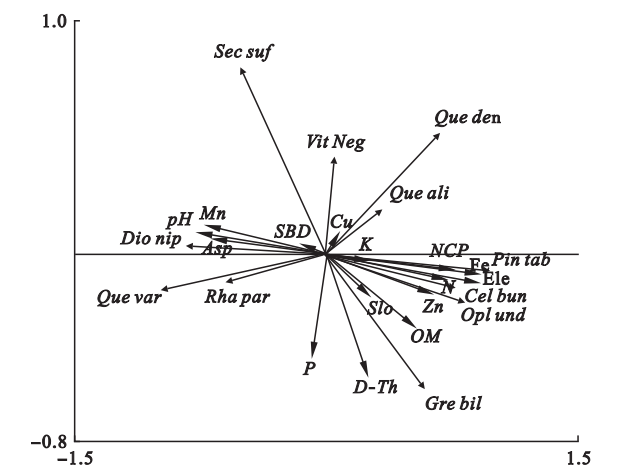


图 3 主要植物 RDA 排序图
Fig.3 RDA ordinations of main plants

Que var—栓皮栎; Pin tab—油松; Que ali—榿栎; Que den—榿树; Cel bun—小叶朴; Gre bil—孩儿拳头; Vit Neg—荆条; Rha par—小叶鼠李; Sec suf—一叶萩; Opl und—求米草; Dio nip—穿龙薯蓣。

表 2 鹫峰土壤环境
Table 2 Soil environment of Jiufeng Mountain

| 群丛类别 | 腐叶厚度 (cm) | 土壤容重 (g·cm ⁻³) | 非毛管孔隙度 (%) | 水解性 N (mg·kg ⁻¹) | 有效 P (mg·kg ⁻¹) | 速效 K (mg·kg ⁻¹) | 有机质 (g·kg ⁻¹) | pH 值 |
|--------|--------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------|
| 群丛 I | 2.50±0.87 | 1.27±0.15 | 7.31±3.79 | 95.53±44.29 | 8.36±4.43 | 185.65± 33.14 | 39.46±8.50 | 5.52±0.26 |
| 群丛 II | 2.63±1.22 | 1.11±0.13 | 6.49 ±2.52 | 78.79±24.53 | 5.98±3.71 | 163.28±30.58 | 36.46±7.59 | 6.31±0.35 |
| 群丛 III | 1.13 ±0.33 | 1.34±0.10 | 4.29±2.11 | 58.28±8.45 | 5.85±1.22 | 172.87±19.34 | 28.07±5.89 | 6.19±0.13 |
| 群丛 IV | 2.54±1.49 | 1.33± 0.13 | 4.05±1.67 | 65.31±26.95 | 10.87±7.13 | 168.94±35.88 | 32.54±10.77 | 6.12±0.39 |

2.3 土壤环境分析

土壤环境是影响植物群落形成与存在的重要生境条件之一。为提高近自然群落营建可行性,对鹫峰自然土壤环境与城市绿地进行比较分析。北京市地方标准《园林绿化种植土壤 (DB11/T 864 - 2012)》中将北京城市绿地种植土壤划分为 3 个等级,每个等级对应响应的指标内容。表 2 列出了鹫峰 4 个植物群丛的土壤环境各项指标,其中,土壤容重、非毛管孔隙度、水解性氮等 3 项指标处于城市绿地种植土壤三级指标范围内;有效磷接近或低于绿地土壤三级指标数值;速效钾与有机质 2 项指标高于绿地土壤一级指标数值;pH 值低于绿地土壤的各级数值。

结合 RDA 排序结果,松栎混交林以及栓皮栎与土壤环境中的 pH 值、有机质含量和非毛管孔隙度关系密切。因此,从土壤环境各项指标来看,土壤 pH 值和有机质含量将可能成为制约近自然群落在城市绿地构建的影响因素。

2.4 北京城市绿地近自然植物群落构建模式

北京地区近自然群落构建可以从鹫峰自然群落类型中得到借鉴,以植物的生态习性为基础,群落结构为骨架,同时遵循适生性、科学性和艺术性 3 项基本原则。

适生性是指自然群落蓝本的选择对象应为同一区域相似海拔范围内的自然植被,北京地区近自然植物群落构建可以从北京近郊鹫峰低海拔植被中得到借鉴。

科学性是指近自然植物群落的构建需要在科学的指导下完成,植物种类以自然群落中的优势种和常见种为主,同时结合自然环境与城市环境差异,考虑其在城市中的适应性,必要时选择与其相似的种类进行替换。对比分析鹫峰自然与城市绿地土壤环境差异,在采取必要改良措施进行绿地土壤 pH 值与有机质含量改善的基础上,可选择调查所得 4 个植物群丛作为群落蓝本,其优势种与常见种可用于

城市绿地。

艺术性是指在城市绿地中进行近自然植物群落构建,尚需要充分考虑植物的色彩、体量、线条的搭配以及季相、林冠线、林缘线的变化等诸多要素,对自然群落进行提炼和加工,使其在保持原有自然植物群落本质的前提下,更具艺术性和实用性。由此,如表 3 所示,根据 4 个植物群落蓝本形成以下近自然植物群落构建模式。

3 结 论

TWINSPAN 将 10 块样地划分为 4 个植物群丛,样地和主要植物排序与其分类结果一致,以油松、槲树、栓皮栎为优势种的松栎混交林空间分布与海拔和土壤环境中的 pH 值、有机质含量及非毛管孔隙度显著相关,集中分布于海拔 400~450 m 区域,并拥有较好的土壤环境。

自然山体与城市绿地土壤在 pH 值和有机质含量方面存在差异。为提高近自然群落营建成功性和植物生长健康性,应于群落建植前采取人工措施对绿地土壤进行改良,如添加草炭土、有机质等。

遵循适生性、科学性与艺术性 3 项基本原则,构建形成 5 个近自然植物群落基本模式。其中,与其他模式相比,“油松+槲树+栓皮栎+元宝枫+小叶朴-孩儿拳+荆条-求米草”更喜小气候偏凉爽、土壤肥沃的基址条件,建议优先应用于延庆、门头沟、房山等远郊区县和浅山区域的各类绿地中,可构建形成展现地域特色的风景林,也可成为季相丰富的背景林。“栓皮栎-荆条+三桠绣线菊-求米草”、“栓皮栎+君迁子-一叶萩+荆条+杭子梢-求米草”、“栓皮栎-孩儿拳+荆条-求米草”、“栓皮栎-大花溲疏-热河黄精(或求米草、玉竹、铃兰)”原生境条件较前者恶劣,推荐应用于城市郊野公园或防护林地中。

4 讨 论

近年来,近自然植物群落构建模式大多从群落

表 3 近自然植物群落构建模式
Table 3 Patterns of close-to-nature plant community construction

| 蓝本 | 构建模式 | 构建比例 | | 构建说明 |
|-----|-------------------------------|-----------------------------|------------------|--|
| | | 乔木层 | 灌木层 | |
| 群丛Ⅰ | 油松+榿树+栓皮栎+元宝枫+小叶朴-孩儿拳头+荆条-求米草 | 油松：榿树：栓皮栎：元宝枫：小叶朴=4：2：2：1：1 | 孩儿拳头：荆条=2：1 | 乔木层以油松、榿树、栓皮栎为主体，元宝枫、小叶朴作适当点缀或林缘种植；五者搭配能够形成优美的林冠线；中层灌木以孩儿拳头为主体，荆条作林缘种植，夏季开花；下层以乡土植物求米草铺底，共同构建具有复层结构的地带性植物景观。 |
| 群丛Ⅱ | 栓皮栎-荆条+三桠绣线菊-求米草 | | 荆条：三桠绣线菊=1：1 | 三桠绣线菊片植于林下，荆条植于林缘 |
| 群丛Ⅲ | 栓皮栎+君迁子-一叶萩+荆条+杭子梢-求米草 | | 一叶萩：荆条：杭子梢=2：1：1 | 灌木层以一叶萩为主体植于林下，荆条与杭子梢片植于林缘。 |
| 群丛Ⅳ | 栓皮栎-孩儿拳头+荆条-求米草 | | 孩儿拳头：荆条=2：1 | 灌木层以孩儿拳头植于林下，荆条植于林缘。 |
| | 栓皮栎-大花溲疏-热河黄精（或求米草、玉竹、铃兰） | | - | 灌木层中，大花溲疏花开春季，为自然群落灌木层伴生种，基于其生长习性、生态特性以及景观效果，可将其作为中层主体植物进行片植；地被层热河黄精为草本层常见种，基于其耐荫性、景观性考量，可将其作为地被层主体植物进行应用，也可将其替换为已在绿地有所应用的玉竹、铃兰等相近种。 |

内部结构、外貌等单一角度出发,但由于欠缺生境适宜性评价,最终难以付诸实践(童明坤等,2013)。本研究选择近郊、低海拔自然植被作为模拟对象,确保了人工与自然环境在大气候方面的相似性;针对地形和土壤进行系统分析和比较,明确了各项指标与植物群落的相关关系及自然与人工生境的差异性,以此提出通过必要的土壤改良可提高人工土壤环境适宜性;同时,基于生物因子,以植物种间关系为主要考量,保留了自然群落中的基本骨架进行近自然群落模拟。由此,本研究充分考虑了气候、生物、地形和土壤生境因子(宋永昌,2017),人工环境中以上诸要素与自然环境的相近性将为城市绿地近自然植物群落的成功构建提供重要保障。

关于城市绿地中近自然植物群落模拟相关研究,栎类树种应用提及较少,主要是由于栎类树种的自然生长环境与城市人工环境的小气候条件具有一定差异。根据研究团队十余年的研究结果(北京望和公园、陶然亭公园、北京市园林科学研究院内均有成片应用)来看,栓皮栎、榿树具有较好的平原适应性,二者在绿地中的年生长量虽不及在山体环境中,但能够保持较为健康的生长状态,若能满足土壤和局部小气候条件,则状态更佳。因此,一方面,建议本研 究所得各项构建模式优先应用于与其植物群落蓝本原生境中微气候一致的区域,包括城市郊野公园、防护林地以及门头沟、房山等浅山区域的城市绿地中。另一方面,对于在城区内构建形成的近自然群落进行动态监测,以进一步明确微气候对群落的

影响参数。其他树种如小叶朴及灌木层、草本层的主要植物种类经过多年监测,并证实可在城区中健康成长,但苗源匮乏是目前的主要问题。

参考文献

崔晓阳,方怀龙. 2001. 城市绿地土壤及其管理. 北京: 中国林业出版社.

达良俊, 许东新. 2003. 上海城市“近自然森林”建设的尝试. 中国城市林业, 1(2): 17-19.

达良俊, 杨永川, 陈 鸣. 2004. 生态型法绿化在上海“近自然”群落建设中的应用. 中国园林, 20(3): 38-40.

达良俊. 2008. 近自然型恢复的理论与实践. 长江流域资源与环境, (2): 169.

贺士元, 邢其华, 尹祖棠, 等. 1984. 北京植物志. 北京: 北京出版社.

何兴元, 陈 玮, 徐文铎, 等. 2003. 城市近自然林的群落生态学剖析——以沈阳树木园为例. 生态学杂志, 22(6): 162-168.

李树华, 王 勇, 康 宁. 2017. 从植树种草, 到生态修复, 再到自然再生——基于绿地营造视点的风景园林环境生态修复发展历程探讨. 中国园林, 33(11): 5-12.

李晓鹏, 董 丽, 关军洪, 等. 2018. 北京城市公园环境下自生植物物种组成及多样性时空特征. 生态学报, 38(2): 581-594.

李祖政, 尤海梅, 王梓懿. 2018. 徐州城市景观格局对绿地植物多样性的多尺度影响. 应用生态学报, 29(6): 1813-1821.

林源祥, 杨学军. 2006. 模拟地带性植被类型建设高质量城市植被. 中国城市林业, 1(2): 21-24.

陆元昌, 甘 敬. 2002. 21 世纪的森林经理发展动态. 世界林业研究, 15(1): 1-3.

卢 山, 陈 波, 敬 婧, 等. 2015. 中亚热带城市近自然人工植物群落构建研究. 中国园林, 31(6): 85-89.

- 孟 晨,牛健植,武晓丽,等. 2016. 鹫峰地区土壤结构及水分运移能力随海拔梯度的变化. 水土保持通报, **36**(1): 106–109, 114.
- 欧芷阳,申文辉,庞世龙,等. 2015. 平果喀斯特山地不同植物群落的土壤质量评价. 生态学杂志, **34**(10): 2771–2777.
- 任斌斌,李树华,殷丽峰,等. 2009. 模拟常熟地区自然群落的植物景观设计. 林业科学, **45**(12): 139–145.
- 任斌斌,李树华. 2010. 模拟延安地区自然群落的植物景观设计. 中国园林, **26**(5): 87–90.
- 任斌斌,李树华,殷丽峰,等. 2010. 苏南乡村生态植物景观营造. 生态学杂志, **29**(8): 1655–1661.
- 宋永昌. 2017. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社.
- 苏雪痕. 1983. 鼎湖山植物群落对广州园林中植物造景的启示. 北京林学院学报, (3): 46–54.
- 苏雪痕. 1994. 植物造景. 北京: 中国林业出版社.
- 童明坤,弓 弼,王海迪,等. 2013. 关中地区模拟自然群落植物景观设计研究. 西北林学院学报, **28**(2): 207–212.
- 王丹丹,李 雄. 2012. 论植物景观规划设计. 中国园林, **28**(4): 29–32.
- 王光美. 2006. 城市化影响下北京植物多样性现状与保护对策研究(博士学位论文). 北京: 中国科学院植物研究所.
- 王仁卿,藤原一绘,尤海梅. 2002. 森林植被恢复的理论和实践: 用乡土树种重建当地森林——宫胁森林重建法介绍. 植物生态学报, **26**(增刊): 133–139.
- 王小平,陆元昌,秦永胜. 2008. 北京近自然森林经营技术指南. 北京: 中国林业出版社.
- 邢亚蕾,魏天兴,葛根巴图. 2015. 鹫峰国家森林公园残次林物种多样性及生态位特征. 植物研究, **35**(6): 915–922.
- 杨玉萍,周志翔. 2009. 城市近自然园林的理论基础与营建方法. 生态学杂志, **28**(3): 516–522.
- 原田洋,石川孝之. 2014. 环境保全林. 东京: 东海大学出版社.
- Frank S, Gilliam N. 2003. Making more sense of the order: A review of Canoco for Windows 4.5, PC-ORD version 4 and SYN-TAX 2000. *Journal of Vegetation Science*, **14**: 297–304.
- Hill MO. 1979. TWINSpan: A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca: Cornell University Press.
- Miyawaki A, Golley FB. 1993. Forest reconstruction as ecological engineering. *Ecological Engineering*, **2**: 333–345.
- Miyawaki A. 1998. Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. *Ecological Engineering*, **11**: 157–165.
- Miyawaki A. 1999. Creative ecology: Restoration of naive forests by native trees. *Plant Biotechnology*, **10**: 15–25.
-
- 作者简介** 任斌斌,女,1982年生,博士,高级工程师,主要从事园林生态与城市绿地植物群落研究。E-mail: renbinbin2014@126.com
- 责任编辑** 张 敏
-