

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.07.010

城市园林植物构树群落种群间联结关系研究

兰天瑶, 谷建才

河北农业大学 林学院, 河北 保定 071001

摘要: 为深度分析城市园林植物群落树木种群间联结关系, 设计城市园林植物群落树木种群间联结关系分析方法, 设定采样地, 分析相关区域内构树种群间的联结关系和群落稳定性. 结果表明: 乔木层与灌木层整体关联性都属于正联结; 通过统计量 $W(\text{Shapiro-Wilk})$ 检验可知, 灌木层整体关联性不明显, 乔木层明显; 且乔木层和灌木层种间明显联结的种对都不多, 共同存在的高频率种对数目不多; 群落稳定性比值是 $6/11$, 远离 $1/4$, 群落整体稳定性较差, 群落还处于形成的初始阶段, 需要采取相应保护措施. 经测试, 此分析结果置信度高于 0.95 , 可应用于城市园林植物群落树木种群间联结关系研究工作中.

关键词: 城市; 园林; 植物; 群落; 树木种群; 联结关系

中图分类号: Q948.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2021)07-0074-07

植物群落中包含了多个植物物种, 且群落里各个构树不具有独立性, 植物种群中的植物互相影响, 体现为某类群种间的联结关系. 种群间联结可理解为植物在生存环境里的互相联系, 一般是因为群落生活环境不同, 干扰了物种分布所导致^[1]. 种群间联结属于生态群落的核心特征之一, 群落衍生基础、数目与结构指标和种群间相关联系的表现模式, 也属于群落分类的基础^[2]. 无论是哪个种类的群落, 群落里每个物种均存在必然的关联性, 或者存在类似的生物学和生态学特性, 种间联结就是此类关系的详细描述^[3]. 所以, 种间联结不但可以描述群落数目, 还可描述群落衍生历程. 本研究基于调查分析数据, 提出城市园林植物群落树木种群间联结关系分析方法, 以特定区域中剩余的自然植被为分析目标, 对构树群里的种间联结和物种稳定性实行深入分析, 以此了解此地区典型人为干扰林地里的种间关系和群落结构等情况^[4].

1 材料与方法

1.1 研究目标

随机区域的植被研究对分析城市化进程与已有植被的作用极为重要, 存在较大科研价值^[5]. 研究区域位于南京主城的东部, 经纬度的坐标为: 东经 $118^{\circ}46'$, 北纬 $32^{\circ}03'$, 平均海拔高度为 $20\sim30\text{ m}$, 多为丘陵地貌, 是典型的亚热带季风气候, 四季较为显著, 研究区域示意图如图 1 所示. 年平均降水量为 $1\,101\text{ mm}$ 、平均气温是 $15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 土壤以红壤土为主^[6]. 此区域是我国早期形成的自然景观. 在构建开始时, 附近的高校、住宅区、公园等应运而生, 以至于此区域的天然次生林遭到大范围破坏, 尽管位于新疆阿勒泰地区的喀纳斯景区成立时间也较早, 但由于人烟稀少, 因此树木保存较好, 可见人流对景观区树木的影响很大^[6]. 通过调查可知, 仙林区域的树木以构树为主, 因此, 本研究以南京仙林地区的构树种群为对象, 对仙林入口、南京师范大学、南京邮电大学、南京大学和羊山湖等 20 个地段进行种群间联结关系研究, 这些地段占据了仙林区域的较大范围, 覆盖度较好, 希望通过对这些地方构树种群的分析为构树种群的均衡发展提供一定参考.

收稿日期: 2020-04-01
基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0500802-06).
作者简介: 兰天瑶, 博士, 主要从事森林资源资产评估的研究.
通信作者: 谷建才, 教授, 博士生导师.

1.2 分析方法

1.2.1 目标地设置

由于 101 m^2 的样方能够更全面地分析该地区的构树种群, 因此本研究将该地区面积是 101 m^2 的样方设成分析样方, 构建了 20 个样方, 将各个分析样方分成 4 个小样方^[7]. 群落使用“各木记账”分析法, 将群落里存在的全部乔木与灌木树种的名称、高度、冠幅、地径、胸径和生长情况实行详细记载; 草本层只记载存在的种名^[8].

种间关系根据群落关键值前 10 名的物种进行研究, 建立 10×20 的数据矩阵^[9]. 稳定性以样方中现实调查的物种数目为基础数据实行研究^[10].

1.2.2 种间联结数据分析

使用 2×2 联列表, 将物种存在非同样方概率实行统计研究, 其中种 X 与种 Y 都存在的样方数记载成 b , 只存在种 X 的样方数记载成 c , 只存在种 Y 的样方数记载成 d , X 和 Y 都不存在的样方记载成 e .

1) 整体相关性检验

使用方差比率法(VR, r_{VR}), 同时通过统计量 W 检验 VR 值与 1 间的差异水平, 依次判断多物种种间是否具有明显关联性^[11]. 若树种间不存在明显关联, 使用下述公式运算检验统计量:

$$\beta_G^2 = \sum_{j=1}^z q_j (1 - q_j) \tag{1}$$

$$z_G^2 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (G_i - g)^2 \tag{2}$$

$$r_{\text{VR}} = z_G^2 / \beta_G^2 \tag{3}$$

$$q_j = m_j / M \tag{4}$$

其中: 全部树种数目设成 z , 样方总数设成 M , 样方 i 中存在的研究树种总数设成 G_i , 样方里树种的均值设成 g , q_j 表示 j 树种样方点的比例, m_j 描述树种 j 存在的样方数目, β_G^2 和 z_G^2 表示检验统计量.

基于独立性假设约束下, VR 期望值是 1, 若 VR 大于 1 和小于 1, 则描述树种间出现正关联与负关联^[12]. 因为种间的正负关联能够互相对消, 所以使用统计量 $E(W=VR\times M)$ 检验 VR 值与 1 间的差异明显水平, 如果树种间关联性不明显, 那么 W 进入 χ^2 分布界限里的几率是 90%^[13].

2) χ^2 检验

种间联结性研究使用基于 2×2 联列表的 χ^2 检验, 并且通过 Yates 的连续纠正方法运算, 运算方法是:

$$\chi^2 = m[|bc - de| - 0.5m]^2 / [(b+c)(b+d)(d+e)(c+e)] \tag{5}$$

其中, χ^2 表示运算结果; 样方总数 $m=b+c+d+e$.

3) 共同存在率 P_c

$$P_c = b / (b + c + d) \tag{6}$$

P_c 的值域是 $[0, 1]$, 它的值域接近 1 时表示树种种间共同存在的概率较大, 不关联时值为 0.

4) 群落稳定性

使用改进的 M Godron 稳定性检测方法, 也称贡献定律法, 基于群落里物种品种和此种的频度构建数学模型, 分析群落演替时的核心物种变动趋势^[14].

2 结果与分析

2.1 种间联结

2.1.1 整体关联分析结果

乔灌层种群整体关联性检验结果见表 1.



图 1 研究区域示意图

表 1 乔灌层种群整体关联性检验

种类	乔木层	灌木层
β_G^2	1.706	3.146
z_G^2	4.791	3.541
方差比率	2.810	1.127
W	56.189	22.513
χ^2	10.852	31.411
检测结果	正联结	正联结

表 1 乔灌层的方差比率 VR 值依次是 2.810 与 1.127，表明群落中的多数物种间具有正关联. 而通过 W 值检验后可知，乔木层的 W 值是 56.189，没有进入 χ^2 分布范围中，表示乔木层物种间的整体关联性较为显著；但灌木层的 W 值是 22.513，情况存在较大不同. 由此可知若构树群落衍生后，灌木层物种的差异较为显著.

乔木层的状况表明该区域植物群落主要侧重于以构树为主的非多种优种群的结构，例如刺槐、盐肤木等很多状况都是按照伴生种的状况存在，但此类落叶的乔木树种都是出现于城市边缘次生林地，属于阳性树种. 灌木层非显著正相关，表示物种在此层次还隶属随机组合时期，没有变成稳定的相关性. 所以，乔、灌层物种整体关联性能够体现当下群落每个种群的关系.

2.1.2 重要值分析结果

重要值是反映物种在群落中地位的综合性指标，能较好地反映出物种在群落中的优势程度. 根据调查得知在仙林地区乔木层物种中香樟的重要值约为 34%，是该地区的优势乔木树种，此外东京樱花以及银杏的重要值也较高；另外在灌木层物种中的金边冬青卫矛的重要值约为 23%，是该地区的优势灌木树种，石楠等树种的重要值也较高. 而且仙林地区的乔木层和灌木层各物种的重要值之和均较高，因此这些物种重要值的大小及排序能够体现当下仙林地区群落的优势程度.

2.1.3 χ^2 检验结果

按照 χ^2 检验规则可知，当 p 大于 0.05 时， $\chi^2 < 3.842$ 时，种间联结不明显；若 $0.01 < p < 0.05$ 时，则 $3.842 \leq \chi^2 \leq 6.636$ ，种间联结明显；若 $p \leq 0.01$ ，则 $\chi^2 \geq 6.636$ ，种间联结非常明显. χ^2 值自身不存在负数，鉴定种间正负联结的方式为：若 $be > cd$ 属于正联结， $be < cd$ 属于负联结.

按照 χ^2 构建种间联结星座图见图 2.

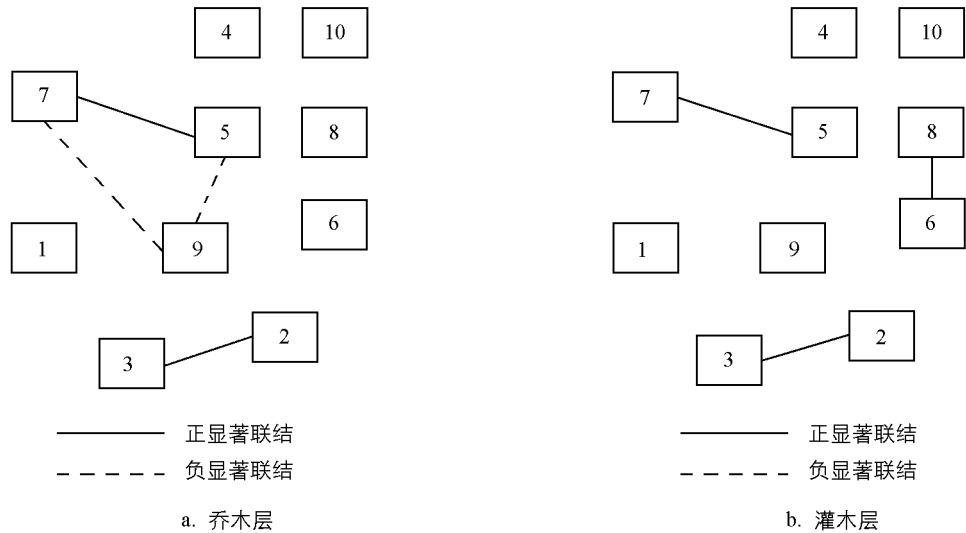


图 2 构树群落乔灌层种间联结星座图像

图 2 中, 1-10 所表示的树种见表 2.

表 2 树种设定

编码	乔木层	灌木层	编码	乔木层	灌木层
1	构树	野蔷薇	6	杉木	朴树
2	朴树	构树	7	短柄枹栎	木莓
3	刺槐	茅莓	8	楝树	雀梅藤
4	黄连木	柘树	9	女贞	圆叶鼠李
5	牡荆	牡荆	10	柘树	紫藤

由图 2 可知, 无论是乔木层还是灌木层, 很多种间的关系并不密集, 很多种对间不具有关联性. 乔木层里的朴树-刺槐、牡荆-短柄枹栎、牡荆-女贞、短柄枹栎-女贞具有明显相关性; 当中朴树、牡荆、刺槐、短柄枹栎都属于落叶喜阳物种, 属于群落初始阶段的入侵种类, 生态学属性较为相似; 但女贞属于常绿树种, 其和其余两个种之间的关系属于负相关.

灌木层状况复杂度较低, 种间关联明显的仅有牡荆-木莓、朴树-雀梅藤; 朴树是更新苗, 其在幼树阶段耐阴性极高, 可以和别的物种一起生存于灌木层中. 剩余种对间的 χ^2 值都不具有联结性, 表示群落还属于演替的初始阶段.

2.1.4 共同存在率 P_c

P_c 值体现两个树种间的正联结水平, 两个树种共同存在的可能性较大, 那么两个树种的生态习惯与对环境的适应度也相同, 并且也补偿了 χ^2 仅存在显著性检验但未关注联结强度和种间联结性之间差异的弊端. 表 3 和表 4 是构树群落乔灌层种群间共同存在百分率半矩阵.

表 3 构树群落乔木层种群间共同存在率半矩阵

种类	构树	朴树	刺槐	黄连木	牡荆	杉木	短柄枹栎	楝树	女贞
朴树	0.351								
刺槐	0.201	0.572							
黄连木	0.201	0.376	0.334						
牡荆	0.201	0.376	0.144	0.144					
杉木	0.151	0.251	0.168	0.401	0.168				
短柄枹栎	0.101	0.287	0.201	0.201	0.501	0.251			
楝树	0.101	0.001	0.001	0.001	0.001	0.251	0.001		
女贞	0.101	0.287	0.201	0.201	0.501	0.251	1.001	0.001	
柘树	0.101	0.126	0.201	0.201	0.201	0.001	0.334	0.001	0.334

表 4 构树群落灌木层种间共同存在率半矩阵

种类	野蔷薇	构树	茅莓	柘树	牡荆	朴树	木莓	雀梅藤	圆叶鼠李
构树	0.557								
茅莓	0.564	0.439							
柘树	0.501	0.295	0.358						
牡荆	0.376	0.251	0.309	0.232					
朴树	0.314	0.268	0.334	0.365	0.183				
木莓	0.177	0.126	0.155	0.168	0.501	0.223			
雀梅藤	0.177	0.201	0.251	0.274	0.092	0.572	0.112		
圆叶鼠李	0.251	0.201	0.072	0.168	0.201	0.001	0.251	0.001	
紫藤	0.334	0.201	0.155	0.168	0.201	0.223	0.251	0.001	0.251

表 3 中, P_C 值高于 0.5 的种对存在 4 个, 在整体中比例处于 8.90% 上下, 例如刺槐-朴树、牡荆-短柄枹栎等, 该结果和 χ^2 检验结果相同。

P_C 值高于 0.2 且低于 0.5 的种对存在 23 个, 在整体中比例处于 51.11% 上下, 例如朴树-牡荆、朴树-黄连木、刺槐-黄连木、黄连木-杉木等。

P_C 值低于 0.2 的种对存在 18 个, 在整体中比例处于 40.00% 上下, 例如构树-女贞、朴树-柘树、黄连木-牡荆等, 和牡荆、柘树等灌木生活形式相同, 但朴树和构树等属于乔木群落, 因此, 能够充分解释其在乔木层共同存在率小的情况。 P_C 值是 0.001 的种对存在 8 个。

表 4 中, P_C 值不小于 0.5 的种对存在 5 个, 在整体中比例处于 11.11% 上下, 例如野蔷薇-构树、野蔷薇-茅莓、朴树-雀梅藤等。

P_C 值不低于 0.2 且低于 0.5 的种对存在 25 个, 在整体中比例处于 55.56% 上下, 例如构树-茅莓、茅莓-柘树、茅莓-牡荆、柘树-朴树等。

P_C 值低于 0.2 的种对存在 15 个, 在整体中比例处于 33.33% 上下, 例如牡荆-朴树、构树-木霉、茅莓-紫藤等。此外, 存在 3 个种对的 P_C 值是 0.001, 不具有相关性, 例如朴树-圆叶鼠李、雀梅藤-紫藤等。灌木层 P_C 值是 0 的种对数目低于乔木层, 表示灌木层树种间对环境的要求较大。

基于乔灌木层 P_C 值不低于 0.5 的种对数目可知, 高度共同存在的种对较少, P_C 小于 0.5 的种对在整体数目中占比较大, 不仅表示物种关联性较低, 大多物种在群落里存在的随机度较高, 也表示该群落还属于建群早期。

2.2 群落稳定性分析结果

使用 M. Godron 稳定性检测方法把群落核心木本植物相对频度实行累积绘制, 绘制结果见图 3。图 3 中, $y = -0.012x^2 + 0.03x + 8.333$, 和 $y = 1 - x$ 交点坐标(群落稳定点)是 6/11, 远离 1/4, 则该群落稳定性较差。

2.3 分析精度

将上述分析结果和实际调查结果进行对比, 以此测试本研究方法分析结果与实际情况的吻合度。以置信度为判断指标, 本研究方法分析结果的置信度见图 4。

由图 4 可知, 本研究方法所分析的仙林大学城园林乔木层、灌木层群落树木种群间联结关系置信度以及群落稳定性的置信度均高于 0.95, 由此可知, 本研究方法分析结果可信度极高, 可作为城市园林植物群落数目中群落联结关系分析方法。

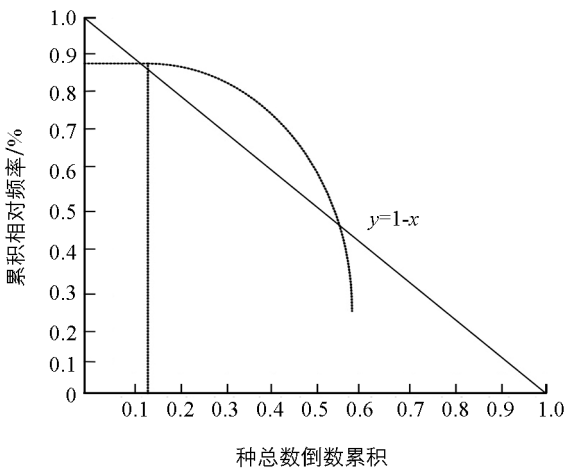


图 3 群落稳定性测试结果

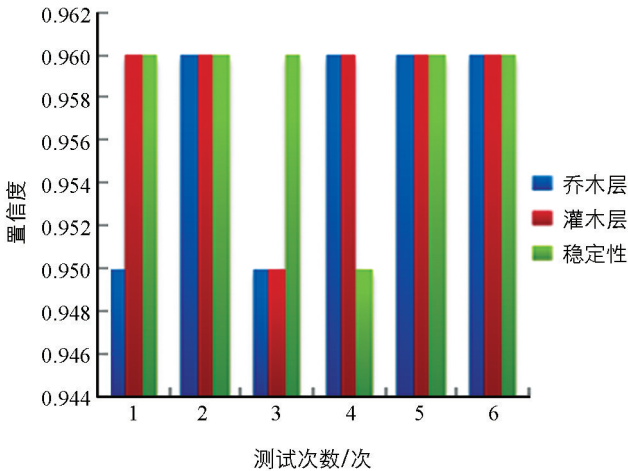


图 4 本研究方法分析结果的置信度

3 结论与讨论

本研究以仙林大学城园林乔木层和灌木层为例, 对城市园林植物群落数目种群间联结关系进行深入探讨. 经研究可知, 基于整体关联分析, 乔、灌层树种间整体性具有正相关关系, 而乔木层属于明显正相关, 但灌木层不明显. 以往有学者认为, 整体关联性用于描述群落稳定性, 伴随植被群落演替发展, 群落结构和品种结构将越来越稳定, 种间关系也会朝着正相关方向发展. 但本文觉得该观点存在一定局限, 外界环境作用大小、群落构建时间等全都存在显著影响. 以本文研究目标为例, 群落构建时间短、人为影响强度高引起的植物群落树木种群间整体正联结并未让群落稳定.

本研究方法依据共同存在百分率 P_c 值可知, 仙林大学城园共同存在率大的种对也没有很大, 乔、灌层只存在 8.90% 和 11.11%, 说明全部群落中物种组合也具有随机性. 另外, 基于构树和剩余树种的种间联结值可知, 树种间联结不高, 存在独立性, 所以群落还处于形成的初始阶段.

参考文献:

[1] 柴 勇, 李贵祥, 袁春明, 等. 高黎贡山中山湿性常绿阔叶林树种的种间联结性研究 [J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(2): 1-9.

[2] 陈 龙, 安明态, 王加国, 等. 宽阔水保护区白辛树群落物种组成及种群结构分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(3): 55-61.

[3] 杨梦琪, 张建林. 重庆都市休闲农业园节约型植物景观调查研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(3): 136-144.

[4] CRISCITOM C, MARTIRES K J, STEIN J A. A Population-Based Cohort Study on the Association of Dermatologist Density and Merkel Cell Carcinoma Survival [J]. Journal of the American Academy of Dermatology, 2017, 76(3): 570-572.

[5] 李冠衡, 熊 健, 徐梦林, 等. 北京公园绿地边缘植物景观降噪能力与视觉效果的综合研究 [J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(3): 93-104.

[6] 梁 军, 胡瑞瑞, 黄咏槐, 等. 赤松林上调力及群落结构对昆崙山腮扁叶蜂的调控机制及作用 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(2): 276-281.

[7] SUN Bin, YU Dalu. Study on Jinan Urban Construction Planning Based on the Protection of Karst Landscape [J]. Journal of Groundwater Science and Engineering, 2018, 6(04): 280-292.

[8] 张 鹏, 王新杰, 凌 威, 等. 北京鹫峰地区侧柏人工林草本层物种多样性及主要种种间关系研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(4): 86-93.

[9] 谢文昊. 一种计算植物冠层光分布的并行仿真系统 [J]. 现代电子技术, 2018, 41(6): 150-153, 157.

[10] 张鲜花, 陈爱萍, 朱进忠, 等. 天山北坡不同区域及海拔对天然草地鸭茅群落物种种间关系影响 [J]. 草业学报, 2017, 26(8): 12-23.

[11] 姚 兰, 艾训儒, 易咏梅, 等. 鄂西南亚热带常绿落叶阔叶混交林优势种群的结构与动态特征 [J]. 林业科学, 2017, 53(2): 10-18.

[12] 苑 毅, 赵秀明, 周剑凤. 节能环保型园林建设中的层次化 FPGA 划分算法研究 [J]. 西安工程大学学报, 2018, 32(5): 544-548.

- [13] 陈科屹, 张会儒, 雷相东. 不同群落蒙古栎种群空间格局的地统计学分析 [J]. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1542-1550.
- [14] 彭舜磊, 闫小婷, 齐 光, 等. 伏牛山栓皮栎群落优势种群种间关联动态分析 [J]. 森林与环境学报, 2018, 38(3): 326-333.

Study on the Relationship Between Tree-Building Populations of Urban Landscape Plant Community

LAN Tian-yao, GU Jian-cai

College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding Hebei 071001, China

Abstract: In order to make a deep-going analysis of the association among the tree populations of urban landscape plant community, an analysis method is designed in this paper for this purpose. A sampling site is set, and the association relationship among the tree populations and the community stability in the relevant areas are analyzed. The results show that the overall connection between the tree layer and the shrub layer belongs to a positive connection. W (Shapiro Wilk) test indicates that the overall correlation is obvious in the tree layer and not obvious in the shrub layer, and that there are few species pairs with obvious interspecific association and few co-existing high frequency species pairs in the tree layer and the shrub layer. The community stability ratio is 6/11, far away from 1/4, suggesting that the overall stability of the community is poor and the community is still in the initial stage of formation. Therefore, corresponding protection measures need to be taken. The confidence interval (Ci) of the above analysis is higher than 0.95, demonstrating that it can be used in the study of the association between the tree populations of urban landscape plant communities.

Key words: city; garden; plant; community; tree population; association

责任编辑 潘春燕