

南宁市城区森林灌木层优势种种间联结分析

李娟¹, 温远光², 王成¹, 李春媛¹, 刘艳¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 广西大学林学院, 广西南宁 530001)

摘要: 采用方差分析(VR)、 χ^2 检验, 结合联结系数AC和共同出现百分率PC对南宁市城区近自然林下灌木层25种灌木种联结性进行定量分析。结果显示: ①南宁市城区森林灌木层优势种多物种间联结呈正关联; 成对物种间正关联居多, 负关联较少, 不显著居多, 显著居少, 说明南宁市城区森林灌木层种间具有一定的联结性, 但联结性不显著, 这是由于南宁市城区森林处于演替的早期阶段, 各种对间随机结合, 具有明显的次生性和年轻性, 群落结构和功能尚不稳定; ②得出10个比较明显的生态组合, 有三叉苦-九节、阴香-小叶女贞、水蒲桃-土密树等, 这些生态组合的可以作为南宁市城市森林建设的重要依据。

关键词: 南宁市; 城市森林; 灌木; 种间联结

中图分类号: S731.2 文献标识码: A

Interspecific Association Analysis of the Main Species in Shrub Layer of the Forestry in the Urban Area in Nanning

LI Juan, WEN Yuan-guang², WANG Cheng¹, LI Chun-yuan¹, LIU Yan¹

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530001, Guangxi, China)

Abstract By variance ratio(VR), χ^2 test together with association coefficient(AC) and percentage co-occurrence(PC), of the 25 types of plants in shrub layer of the close-to-nature plantation in the urban area in Nanning were studied. The result indicated that ①the overall association of the dominant species in shrub layer in Nanning was positive. The number of positive association of the species-pairs was more and the number of negative association was less, the number of species-pairs in significantly associated was more, the number of species-pairs significantly association was less. It showed that the interspecific association was positive but not obviously correlative in most of the species pair, because it was at the early stage of the succession, so the species combined stochastically, the forests showed the strong secondary and juvenility characteristics, and the structure and function of the community was instability. ②There were 10 ecogroups of species, such as *Euodia lepta* (Spreng.) Merr., *Psychotria rubra* (Lour.) Poir., *Cinnamomum burmanni* (Nees)-*Ligustrum sinense* Lour., *Syzygium jambos* (L.) Alston, *Bridelia balansae* Tutch and so on. These ecogroups are important for the construction of the urban forest in Nanning.

Keywords Nanning urban forest shrub interspecific association

种间联结(物种联结性)是指不同物种在空间分布上的相互关联性^[1], 物种的联结性与相关性是森林

群落重要的数量和结构特征之一, 它们作为2个物种相似性的一种尺度, 对于正确认识群落的结构、功能

收稿日期: 2008-06-17

基金项目: 国家十一五科技支撑计划重大项目课题“生态建设关键技术研究”中“城市人民生态林构建关键技术研究”(2006BAD03A06)

作者简介: 李娟(1981-), 女, 山西阳泉人, 博士研究生, 主要从事城市林业、城市生态研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

和分类有着重要的指导意义, 并能为森林经营、恢复自然植被和生物多样性保护提供理论依据^[2-7]。在森林群落中, 灌木层在群落空间结构特别是垂直结构中起着重要的作用。灌木层通常处于乔木树种的林冠下或林隙内, 其种类、数量、分布格局、生长特点等都会受到上层乔木树种的制约和影响, 与此同时, 该层也直接或间接地反映着乔木层的特点, 制约和影响草木层及乔木种群的更新和演替。近年来, 国内在研究方法和不同植被类型的优势种种间的联结性方面作了不少工作^[8-9], 但对城市森林灌木层种间联结的研究甚少。本文通过对南宁市城区森林灌木层植物种间联结性的分析研究, 旨在为南宁市城市森林的经营管理、人工植被的建立以及受损城市森林生态系统的恢复和重建提供理论依据。

1 研究地概况

南宁市位于广西壮族自治区西南部, 地处 $22^{\circ}12' \sim 23^{\circ}32'N$, $107^{\circ}45' \sim 108^{\circ}51'E$, 属湿润的亚热带季风

气候。年平均气温在 $21.6^{\circ}C$ 左右。冬季最冷的 1 月平均气温为 $12.8^{\circ}C$, 夏季最热的 7、8 月平均气温为 $28.2^{\circ}C$ 。年均降水量 1304.2 mm , 平均相对湿度为 79% 。土壤类型是赤红壤, 占 55.9% 。南宁市群落类型多样, 主要植物群落类型有北亚热带阔叶林、北亚热带针叶林、亚热带针阔混交林、竹林等, 样地类型的概况见表 1。

2 研究方法

2.1 样方调查

在对南宁市城区林地进行踏查的基础上选取良凤江国家森林公园、高峰林场、人民公园、林科院、青秀山自然风景区 5 个样区分别进行样方调查, 样区的森林主要是人工林, 营造后在很少人为干扰下逐步恢复的林地, 所选样地均在南宁市市区, 气候条件一致, 样地概况见表 1。共设置了 67 块 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样地, 每块样地又划分为 4 块 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的小样方分别进行样方调查。

表 1 样地类型及其概况

样地类型	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 / m	坡度 / ($^{\circ}$)	土壤类型	土壤湿度 / ($g \cdot kg^{-1}$)	土壤厚度 / cm	林分年龄 / a	健康状况
良凤江国家森林公园									
锥叶南洋杉林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	81	4	赤红壤, 石多	130	9	10~20	健康
南洋楹 - 阴香林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	85	4	赤红壤, 沙石多	134	11	20~30	健康
白千层林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	86	1	赤红壤, 腐殖质多	146	13	20	健康
荷木林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	85	3	赤红壤, 土壤肥沃	155	20	10~20	健康
油楠林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	83	1	赤红壤, 土质较硬	137	5	20	健康
大花第伦桃林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	60	1	赤红壤, 黏质土	208	8	10	健康
黄梁木林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	65	0	赤红壤, 黏质土	216	17	20~30	健康
杂木林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	69	5	赤红壤, 沙质土	114	3	10~20	健康
榕树林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	75	6	赤红壤, 黏质土	130	15	20	健康
美国白蜡树林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	73	2	土壤疏松, 沙石多	116	7	20	轻度受害
湿地松林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	70	0	沙质土	140	6	10~20	健康
龙眼 - 青冈栎林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	72	0	沙质土, 灰黑色, 疏松	126	18	30	健康
麻栎林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	81	4	灰褐色, 沙石多	116	4	30	健康
柠檬桉林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	105	20	土壤黄白色	203	7	20~30	健康
马占相思林	$108^{\circ}17'$	$22^{\circ}43'$	103	19	黄壤	230	9	20	健康
人民公园									
木菠萝林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	97	16	土壤黄色, 黏质土	114	25	30~40	轻度受害
柠檬桉林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	96	14	土壤灰白色, 颗粒细	139	9	20~30	轻度受害
杂木林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	111	2	赤红壤	138	15	10~20	健康
马尾松林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	110	0	土壤灰白色, 紧实	114	5	20~30	轻度受害
南洋杉林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	102	14	土壤黄白色, 多石	253	8	30	轻度受害
杂木林	$108^{\circ}19'$	$22^{\circ}49'$	102	12	土壤灰白色, 沙质, 颗粒细	140	25	5~10	健康
林科院									
海南蒲桃杂木林	$108^{\circ}20'$	$22^{\circ}55'$	106	15	土壤灰黑色, 沙石多	202	8	20~25	轻度受害
木麻黄林	$108^{\circ}20'$	$22^{\circ}55'$	107	12	土壤灰白色, 疏松	179	8	20~30	健康
格木林	$108^{\circ}20'$	$22^{\circ}55'$	109	6	土壤枯枝落叶多, 沙质	186	2	30	健康
小果石笔木林	$108^{\circ}20'$	$22^{\circ}55'$	111	5	黄壤, 黏土	230	6	25~30	健康
厚壳桂林	$108^{\circ}20'$	$22^{\circ}55'$	113	8	沙质土, 疏松	199	20	25~30	健康

续表 1

样地类型	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 / m	坡度 / (°)	土壤类型	土壤湿度 / (g·kg ⁻¹)	土壤厚度 / cm	林分年龄 / a	健康状况
大果石笔木林	108°20′	22°55′	113	6	土壤黄白色	230	3	30	中度受害
杂木林	108°20′	22°55′	128	9	土壤黄白色, 沙土, 紧实	118	5	5	健康
火力楠林	108°20′	22°55′	112	13	土壤黄白色, 沙土, 疏松	145	15	15~20	轻度受害, 有一些虫害
白车轴林	108°20′	22°55′	110	6	土壤灰褐色, 黏土	300	25	10~15	健康
杂木林	108°20′	22°55′	109	5	土壤灰褐色, 石多	120	20	30	健康
大叶桃花心林	108°20′	22°55′	101	9	土壤灰白色, 黏土	249	20	10~20	轻度受害
马占相思林	108°20′	22°55′	103	5	土壤灰褐色, 沙土	183	17	30	轻度受害
湿地松林	108°20′	22°55′	105	6	土壤灰白色, 疏松	210	21	25~30	轻度受害
水仙石栎林	108°20′	22°55′	104	7	土壤灰褐色, 沙石多	253	11	20	健康
桦杜英林	108°20′	22°55′	106	8	土壤黄白色, 沙质土	252	10	20	轻度受害
柚木林	108°20′	22°55′	98	7	土壤黄白色, 沙质土	192	19	25~30	中度受害
高峰林场									
马占相思林	108°21′	22°56′	85	0	赤红壤, 土壤肥沃	190	10	10~20	健康
巨尾桉林	108°21′	22°56′	79	10	赤红壤, 土壤肥沃	210	14	5~10	健康
杉木林	108°21′	22°56′	79	5	赤红壤	290	6	5	健康
大叶桉-米老排	108°21′	22°56′	88	4	灰黑色, 腐殖质多	210	16	5~10	健康
八角林	108°21′	22°56′	83	3	灰黑色, 腐殖质多	210	4	5~10	健康
肉桂-八角林	108°21′	22°56′	90	5	灰黑色, 腐殖质多	270	5	10~15	健康
马尾松林	108°21′	22°56′	74	0	赤红壤, 土壤紧实	230	14	10~15	健康
灰木莲林	108°21′	22°56′	76	0	赤红壤, 土壤紧实	230	5	30	健康
青秀山自然风景区									
马尾松林	108°51′	22°12′	289	1	黄壤	190	9	20	健康
马尾松-大叶栎林	108°51′	22°12′	270	10	黄白色, 黏质土	167	15	20	健康
柠檬桉林	108°51′	22°12′	280	15	赤红壤, 土壤肥沃	138	21	20~30	健康
马尾松-红锥林	108°51′	22°12′	282	12	赤红壤, 沙质土	200	23	20	健康
马尾松-大叶栎林	108°51′	22°12′	285	6	灰褐色, 腐殖质多	190	14	20	健康
凤凰木林	108°51′	22°12′	274	7	土壤黄白色	161	35	30	健康
马尾松-木棉-桃林	108°51′	22°12′	276	12	土壤灰黑色, 沙质土	232	21	10~20	健康
马尾松-樟树林	108°51′	22°12′	274	13	赤红壤	230	15	20~30	健康
马尾松-小叶榕林	108°51′	22°12′	267	5	灰黑色, 枯枝落叶多	230	14	10~20	健康
粉单竹林	108°51′	22°12′	289	15	赤红壤	170	13	10	轻度受害
大叶桉林	108°51′	22°12′	235	8	赤红壤	210	22	10~20	健康
马尾松-桐木林	108°51′	22°12′	245	11	赤红壤, 紧实	160	33	30	健康
马尾松-大叶栎林	108°51′	22°12′	258	10	赤红壤, 紧实	175	25	30	健康
桐木林	108°51′	22°12′	278	10	灰褐色, 土壤肥沃	183	35	20~30	健康
火力楠林	108°51′	22°12′	268	15	土壤黏土, 腐殖质多	184	21	20	健康
大叶栎林	108°51′	22°12′	250	12	赤红壤, 沙质土	144	14	20	健康
火力楠-马尾松	108°51′	22°12′	288	5	赤红壤, 沙质土	211	33	10~20	健康
大叶栎-马尾松	108°51′	22°12′	272	3	赤红壤, 沙质土	207	25	30~40	健康
油杉林	108°51′	22°12′	275	7	赤红壤, 黏质土	190	25	20~30	健康
马尾松-白兰	108°51′	22°12′	279	11	赤红壤, 沙质土	210	20	10~20	健康
马尾松-大叶栎林	108°51′	22°12′	264	15	赤红壤, 沙质土	289	23	20~30	健康
八角林	108°51′	22°12′	260	20	灰黑色, 沙质土	230	15	30	健康

注: 根据欧洲环境署 (1998年) 森林健康划分标准^[10]将本次调查的样地群落健康状况分为 5 个等级: 健康, 叶片损失 < 10%; 轻度受害, 叶片损失 10% ~ 25%; 中度受害, 叶片损失 25% ~ 60%; 重度受害, 叶片损失 60% ~ 100%; 死亡, 叶片损失 100%。

根据调查结果, 依据灌木层主要植物的特征值并参照造林概况, 选出 25 种优势种 (表 2 在所有样方中频度大于 1%) 进行种间联结分析。

2.2 多物种间总体关联性和显著性测定

根据 Schuster^[11]提出的零关联模型方差比率法

(VR) 来检验多物种间的关联, 先作零假设, 即 25 个种群间无显著关联, 按下列公式计算检验统计量:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s (1 - P_i) P_i \quad P_i = n_i / N$$

表 2 调查样地灌木层优势种

种号	植物种	学名	种号	植物种	学名
1	潺槁树	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour) C. B. Rob	14	鸭脚木	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour) Ham s
2	龙眼	<i>Dioscarpus longan</i> (Lour) Steud	15	白背桐	<i>Malbous apelta</i> (Lour) M. -A.
3	阴香	<i>Cinnamomum burmanni</i> (Nees)	16	山乌桕	<i>Sapium discolor</i> (Champ) M. -A.
4	小叶女贞	<i>Ligustrum sinense</i> Lour	17	光野漆	<i>Toxicodendron succatanum</i> (L.) O. Kuntze
5	水蒲桃	<i>Syzygium jambos</i> (L.) A lston	18	玉叶金花	<i>Mussaenda pubescens</i> A it f
6	土密树	<i>Bridelia balansae</i> Tutch.	19	琴叶榕	<i>Ficus pandurata</i> Hance
7	朴树	<i>Celtis sinensis</i> Pers	20	九节	<i>Psychotria rubra</i> (Lour) Poir
8	三叉苦	<i>Euodia lepta</i> (Spreng) Merr	21	路边青	<i>Clerodendrynum cyrtophyllum</i> Turcz
9	破布叶	<i>Cordia dichotoa</i> Forst f O sbeck	22	野牡丹	<i>Melastoma candidum</i> D. Don
10	对叶榕	<i>Ficus hispida</i> L. f	23	盐肤木	<i>Rhus chinensis</i> Mill
11	糙叶榕	<i>Ficus simplicissima</i> Lour	24	香叶树	<i>Lindera communis</i> Hemsl
12	黄栀子	<i>Gardenia jasminoides</i> Ellis	25	海金沙	<i>Lygodium japonicum</i> (Thb) Sw.
13	越南悬钩子	<i>Rubus cochinchinensis</i> Tratt			

$$S_r^2 = 1/N \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2 \quad VR = S_r^2 / \xi^2$$

$$t = (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_j) / N$$

式中: S 为总的物种数; N 为总样方数; T_j 为样方 j 内出现的研究物种总数, n_i 为物种 i 出现的样方数; t 为样方中种的平均数。在独立性假设条件下期望值为 1, $VR > 1$ 表示物种间表现出正的关联; $VR < 1$ 表示物种间存在负关联。由于种间的正负关联可以相互抵消, 采用统计量 $W = (N \times VR)$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度, 若物种关联不显著, 则 W 落入由下面 χ^2 分布给出的界限的概率为 90%:

$$\chi_{0.95, N}^2 < W < \chi_{0.05, N}^2$$

2.3 成对物种间联结测度

2.3.1 种间关联显著性 χ^2 检验 首先根据王伯荪等^[12]提出的方法建立 2×2 种间关联列表(表 3)。对 2×2 列关联表分别计算 χ^2 值。

表 3 2×2 列关联表

种 A 种 B	有	无	Σ
有	a	b	$a + b$
无	c	d	$c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	n

a 为含有 2 个种 A 和 B 的样方数, b 为只含种 B 的样方数, c 为只含有种 A 的样方数, d 为种 A 和种 B 都没有的样方数, n 为样方总数。

由于取样为非连续性取样, 因此非连续性数据的 χ^2 值用 Yates 的连续校正公式计算:

$$\chi^2 = \frac{[(|ad - bc| - n/2)^2 \times n]}{[(a + b)(b + c)(c + d)(a + c)]}$$

若 $ad - bc > 0$ 2 个种之间呈正联结; 如果 $ad - bc < 0$ 2 个种之间呈负联结; $\chi^2 > 3.841$ ($0.01 < P <$

0.05) 时, 种对联结显著, $\chi^2 > 6.635$ ($P < 0.01$) 时, 种对间联结极显著。

2.3.2 联结系数 AC 联结系数 AC ^[13-14] 用来进一步检验 χ^2 所测出的结果及说明种间联结程度, 计算公式如下:

$$\text{若 } ad > bc, \text{ 则 } AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(b + d)};$$

$$\text{若 } bc > ad \text{ 且 } d \geq a, \text{ 则 } AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(a + c)};$$

$$\text{若 } bc > ad \text{ 且 } d < a, \text{ 则 } AC = \frac{(ad - bc)}{(b + d)(d + c)}$$

AC 的域值为 $[-1, 1]$, AC 值趋近于 1, 表明物种间正联结越强; 相反, AC 值越趋近于 -1, 表明物种间的负联结性越强; AC 值为 0 物种间完全独立。

2.3.3 共同出现百分率 PC

$$PC = \frac{a}{(a + b + c)}$$

PC ^[13, 15] 的域值为 $[0, 1]$, 其值域越趋近于 1, 表明物种间共同出现的几率越大。

3 结果与分析

3.1 主要灌木种间总体关联性分析

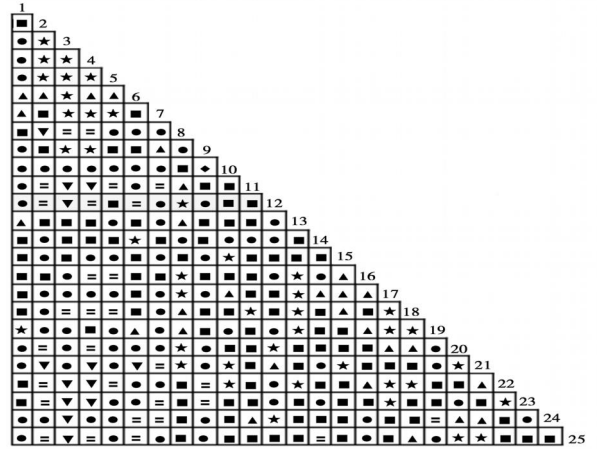
对南宁市城区森林灌木层主要种群的多物种间总体关联性进行计算, 得 $VR = 3.0257 > 1$, 对以上测定结果, 用统计量 W 来检测 VR 值偏离 1 的显著性: $W = VR \times N = 202.7216$ 查表^[16] 得相应的 χ^2 值, $\chi_{0.95(67)}^2 = 49.162$, $\chi_{0.05(67)}^2 = 87.108$, W 不落入 $\chi_{0.95(67)}^2$ 与 $\chi_{0.05(67)}^2$ 之间, 说明 25 个种群之间在总体上表现出正关联。反映了南宁市城区森林灌木层的优势种总体关联较稳定, 这主要是由于这些森林林下灌木生长时间较长, 种内种间的群落结构及其种类

组成逐渐趋于完善和稳定,在进一步分化的生态位中,部分物种已经占据有利于自己的位置,为求得物种间的稳定共存,种间关系也将逐步趋向于正相关。

3.2 主要灌木种对间联结的分析

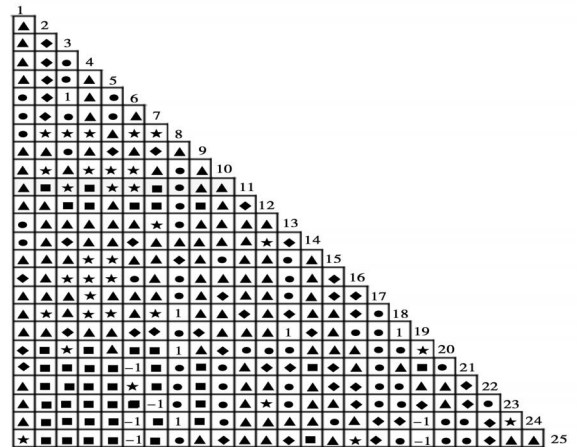
种间联结的 χ^2 检验是群落物种间联结分析中应用较为广泛而有效的参数^[13],由图 1 可知:南宁市城区森林的灌木优势种种间联结正关联居多,占 57.67%,负关联居少,占 42.00%,其中正关联显著的有 69 对,正关联不显著的有 104 对;负关联显著 42 对,负关联不显著 84 对;由此可以看出,正关联显著个体数多于负关联显著个体数,且都比不显著的个体少,分别只占 23%、14%;300 个种对中,只有破布叶和对叶榕 1 对无关联,占 2.3%。反映了南宁市城区森林的主要灌木种的种间关系具有一定的联结性,但多呈现独立的分布格局。

从这些种对联结系数 AC (图 2) 中看出: $AC \leq -0.4$ 有 44 对; $-0.4 < AC < -0.2$ 有 31 对; $-0.2 \leq AC \leq 0.2$ 有 115 对; $0.2 < AC < 0.4$ 有 44 对; $AC \geq 0.4$ 有 54 对;这些计算结果显示南宁市城区森林地灌木层多数种对种间关联不显著。 AC 值为 -1 的有 6 对,分别是土密树和海金沙、香叶树和土密树、路边青和土密树、海金沙和琴叶榕、香叶树和琴叶榕、盐肤木和朴树,这些种对在 χ^2 检验多数呈现显著和极显著的负关联,表示这些物种生态习性差异较大,如海金沙和琴叶榕是极显著负关联,由于琴叶榕喜高温多湿的气候,在半日照至全日照均生长良好,海金沙虽然也喜欢温暖湿润的气候,但不耐强光直射,也不能忍耐寒冷和干旱;香叶树适宜生长在酸性土壤里,而朴树喜生长在肥沃、湿润、深厚之中性黏质壤土,能耐轻盐碱土,二者有明显的区别。这些植物种对的负联结体现了植物间的排斥性,是植物长期适应微环境,利用不同资源空间的结果,也是生态位分离的反映。同时,300 个种对中值为 1 的只有 6 对,它们分别是九节和三叉苦、越南悬钩子与琴叶榕、土密树和阴香、三叉苦与香叶树、玉叶金花和琴叶榕、三叉苦与玉叶金花。 χ^2 检验结果表明,这些种对多数呈显著或极显著正关联,它们的生态习性都比较相近,如玉叶金花和琴叶榕均喜欢土壤湿润、阳光比较充足的地方,它们主要生长在山谷、杂木林中,玉叶金花常攀援在低矮的乔、灌木树干之上。正联结也体现了植物利用资源的相似性和生态位的重叠性,而植株高度的差别又体现了生态位在空间的分异,是群落结构的一种标志^[13]。



正联结极显著 ($P \leq 0.01$)、显著 ($0.01 < P \leq 0.05$)、不显著 ($P > 0.05$) 分别用 \star 、 \blacktriangle 、 \blacksquare 表示; 负联结极显著 ($P \leq 0.01$)、显著 ($0.01 < P \leq 0.05$)、不显著 ($P > 0.05$) 分别用 ∇ 、 \circ 、 \circ 表示; 无关联用 \diamond 表示; 图中数字表示灌木种类的序号 (表 2)

图 1 灌木层 25 个优势种种间关联 χ^2 值测定半矩阵图

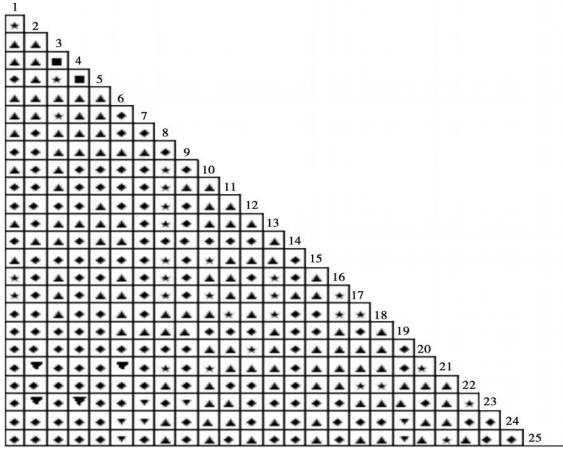


$AC < -0.4$ 用 \blacksquare 表示; $-0.4 < AC < -0.2$ 用 \star 表示; $-0.2 \leq AC \leq 0.2$ 用 \blacktriangle 表示; $0.2 < AC < 0.4$ 用 \blacklozenge 表示; $AC \geq 0.6$ 用 \circ 表示; 图中数字表示灌木种类的序号 (表 2)

图 2 灌木层 25 个优势种种间关联 AC 值测定半矩阵图

由此可以看出,2 种方法的结果较为一致,但在 χ^2 检验中海金沙和琴叶榕为负联结不显著而 AC 值为 1,香叶树和三叉苦是正联结不显著而 AC 值为 1,出现这种差异是因为这些种的频度不大,调查区面积大,分布广,林型分化明显,不同类群林下环境差异较大,林下木种类差别也比较大,因此它们之间的关系也多样。

南宁市城区森林的主要灌木种群组成的 300 个种对之间的 PC 值详见图 3。从图 3 可以看出:只有阴香与小叶女贞、小叶女贞和土密树两对的 PC 值大于 0.6 共同出现的百分率分别是 68.57%、64.29%。 χ^2 检验结果表明:阴香与小叶女贞呈极显



$PC = 0$ 用 \blacksquare 表示; $0 < PC < 0.2$ 用 \blacklozenge 表示;
 $0.2 \leq PC \leq 0.4$ 用 \blacktriangle 表示; $0.4 < PC < 0.6$ 用 \blackstar 表示;
 $PC \geq 0.6$ 用 \blacksquare 表示; 图中数字表示灌木种类的序号 (表 2)

图 3 灌木层 25 个优势种种间关联 PC 值测定半矩阵图

著正关联, AC 值 > 0.4 小叶女贞和土密树呈显著的正关联, AC 值为 $-0.2 \sim 0.2$ 说明 3 种方法对这两个种的检验结果的一致性较强。 $0.4 < PC < 0.6$ 的有 29 对; $0.2 \leq PC \leq 0.4$ 的有 142 对; $0 < PC < 0.2$ 的有 115 对, 可见, 共同出现百分率较低的占多数, $PC = 0$ 的有 11 对, 占 3.7%, 包括盐肤木与龙眼、琴叶榕和海金沙、土密树和香叶树、朴树和香叶树、土密树和海金沙、盐肤木和琴叶榕、破布叶和盐肤木、朴树和盐肤木、龙眼和路边青、土密树和路边青, 这些种对与 $AC = -1$ 的结果较为一致, 且 χ^2 检验结果多数呈显著或极显著的负关联。这说明它们从不共同出现, 它们有不同的适生环境, 两两之间彼此没有影响, 但盐肤木和琴叶榕的 χ^2 检验值为 3.82 显示较低的正相关, 因为不共同出现并非一定意味着负联结, 不同方法有区别且有各自研究的侧重点, 不可将种间联结的正负和共同出现的几率混为一谈。

三组结果均显示, 南宁市城区森林灌木层优势种 300 对种对不显著的种对居多, 呈显著和极显著联结的种对数的比率相对较少, 这说明南宁市城区森林灌木层常见种群的独立性较强, 种间联结存在松散性, 也说明这些种群间具有明显的次生性和年轻性。由于南宁市城区森林群落尚处在演替前期阶段, 群落中的物种间还未形成一种稳定、协调的搭配关系和对环境资源的最佳利用状态, 群落中植物种对间搭配关系表现出偶然性和随机性。

4 结论与讨论

(1) 作为灌木, 其种间关系更多的是依赖上层

乔木, 不同的乔木层下灌木的种间关系会有不同, 但本次调查范围广、样本量大、群落类型多样, 涵盖了南宁市城区的主要植被类型, 反映的是南宁市城区森林灌木层的整体概况, 不是某一种林型能决定的; 另一方面, 南宁市城区森林林型主要是马尾松, 但在不同地点, 林下灌木层主要种类也不同, 如: 在高峰林场, 其林下灌木多达 39 种, 重要值最大是二叉苦, 其次是千年桐; 在人民公园林下灌木只有 12 种, 主要是构树; 在民族大学林下灌木 23 种, 重要值最大的是对叶榕和阴香; 青秀山马尾松林下灌木种类均在 20 种以上, 主要灌木类型有二叉苦、小叶榕、杜鹃、大叶栎、香叶树、九节、光野漆、香叶树等, 它们的出现频率较高、盖度较大, 所以本研究可为南宁市城市森林的建设提供依据。

(2) 从应用方法看, 方差比率法分析揭示多物种间总体的联结性; χ^2 检验揭示出种对联结的性质 (正联结还是负联结) 和显著程度; AC 值用来测定物种间的联结性程度, PC 指数表示出种对相伴出现几率和联结性程度, 特别注意的是 PC 值愈高, 种对同时出现的几率愈大, 但并非一定指正联结; 反之, PC 值越低, 只说明种对同时出现的几率低, 但并非一定意味着负联结。由于 χ^2 检验仅得出了种间联结的性质和显著与否的结论, 并不能体现种对联结性的大小, 比如那些 χ^2 检验不显著的种对间, 并不意味着它们不存在联结性, 只不过是其 χ^2 值没有达到显著性水平。因此 χ^2 检验只是对种间联结性给出了一个概括性的结论, 而 AC 值和 PC 值能反映种间联结性的相对强弱, 能体现那些由 χ^2 检验证明不显著的种对的联结性的大小^[4]。本文研究结果表明, χ^2 检验结果呈显著, 联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 值均较高, 这三个指数在反映种对间的关联性及其关联程度上较为一致。因此, 在种对联结的研究上, 应先由 χ^2 检验确定物种的联结显著性, 再由 AC 确定种间联结强度, 再看它们共同出现的几率大小是可行的。

(3) 群落中生态习性相似的种可以联合为一生态种组^[4, 17]。南宁市城区森林灌木层 25 个优势种的生态习性并不一致, 但是群落内的种间联结性揭露了群落中不同种类因受小生境因子的影响而体现在空间分布上的相互关系^[8]。根据种间联结系数和群落结构, 可以发现南宁市森林灌木层 25 个主要优势种有 10 对明显的生态组合, 包括: 二叉苦 - 九节、阴香 - 小叶女贞、黄栀子 - 九节、二叉苦 - 香叶树、

水蒲桃 - 土密树、三叉苦 - 黄栀子、光野漆 - 琴叶榕、黄栀子 - 香叶树、玉叶金花 - 野牡丹、小叶女贞 - 土密树, 这些生态种组的可以作为南宁市城市森林建设的重要依据, 有利于人们正确地认识和研究群落的结构和功能, 对营造人工林和受破坏的植被生态系统的恢复和重建具有重要的参考价值。

(4) 本次调查的南宁市城区森林灌木种对间的联结性较小, 说明这些森林群落经这些年来的自然恢复尚未发育到成熟阶段, 群落结构和功能不稳定, 群落的组成物种处于此消彼长的动态变化中, 群落还需要经过长期的群落与环境的相互作用促进群落的演替, 调整物种间的关系, 以形成与城市环境相适应的多物种共存的复杂而稳定的城市森林群落。另一方面, 随着近年来人们在这些地区进行各种开发活动的强度不断加大, 势必对这一特殊森林群落的自然更替构成严重的阻遏和威胁。因此, 对该群落作进一步深入的生态定位研究和保护工作亟待进行。

(5) 植物种之间的这种联结关系十分复杂, 其结合既有不完全受环境条件制约的一面, 也有随环境条件变化的一面, 如处于正联结的种对由于生态位在一定程度上重叠, 它们之间避免竞争进行的生态对策或是进行竞争, 以及负联结种对之间的生态位分化或排斥关系等, 只用样方调查数据进行数学分析是不够的, 只有在此研究的基础上, 与定性的植物生态适应性的试验结合起来, 才能进一步了解物种之间的关系。

参考文献:

[1] 王伯荪. 群落生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1987: 50-54

- [2] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学 [M]. 广州: 中山大学出版社, 1989: 115-120
- [3] 孙中伟, 赵士洞. 长白山北坡椴树阔叶红松林群落木本植物种间联结性与相关性研究 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(1): 1-5
- [4] 郭志华, 卓正大, 陈 洁, 等. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种间联结性研究 [J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 424-432
- [5] 张金屯. 群落中物种多度格局的研究综述 [J]. 农村生态环境, 1997, 13(4): 48-54
- [6] 李新荣. 俄罗斯平原阔叶混交林群落的灌木层植物种间相关研究 [J]. 植物生态学报, 1999, 19(1): 55-60
- [7] 张金屯, 焦 蓉. 关帝山神尾沟森林群落木本植物种间联结性与相关性研究 [J]. 植物研究, 2003, 23(4): 458-463
- [8] 杨一川. 峨嵋山峨嵋栲、华木荷群落研究 [J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 105-120
- [9] 杜道林, 刘玉成, 李 睿. 缙云山亚热带栲树林优势种群种间联结性研究 [J]. 植物生态学报, 1995, 19(2): 149-157
- [10] 杨传贵, 焦志延. 关于森林衰退与大气污染关系的研究综述 [J]. 世界环境, 2000(2): 45-48
- [11] Schluter D. A variance test for detecting species association with some example applications [J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005
- [12] 王伯荪, 彭少麟. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究 I——种间联结测试的探讨与修正 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 274-285
- [13] 彭少麟, 王伯荪. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术 II——取样技术 [J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985(3): 167-173
- [14] Herbert S H. A Coefficient of Interspecific Association [J]. Ecology, 1969, 50: 1-9
- [15] Whilaker R H. 植物群落排序 [M]. 王伯荪, 译. 北京: 科学出版社, 1986: 83-105
- [16] 杜荣骞. 生物统计学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 261-262
- [17] Mueller D, Ellenberg H. 植被生态学的目的和方法 [M]. 鲍显诚, 张 绅, 杨邦顺, 等, 译. 北京: 科学出版社, 1986