

热带人工种植园桑寄生植物空间分布格局初查^{*}

随意^{1,2}, 张玲¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园 热带森林生态学重点实验室, 云南 勐腊 666303;

2. 中国科学院大学 研究生院, 北京 100049)

摘要: 了解桑寄生空间分布格局与群落寄主多样性、组成及相关性状的关系, 对掌握物种间关系和群落结构有重要的生态学意义. 研究采用样地调查法, 对西双版纳不同种植模式种植园中桑寄生的感染率及寄生强度进行调查, 比较了不同年龄阶段桑寄生的空间分布格局, 分析了寄主性状与寄生感染率和寄生强度的相关性. 结果显示, 种植园内桑寄生呈现明显的聚集分布, 且聚集强度随其年龄增加而减弱, 与寄主树分布格局无关. 桑寄生的感染率随树种多样性的增加分别为 67.09%、66.35% 和 40.48%, 呈下降趋势. 桑寄生的感染率和寄生强度与寄主个体的高度、冠幅、胸径, 及寄主多度(与感染率和寄生强度的相关系数 r 分别为 0.409 和 0.455) 呈正相关, 表明桑寄生更偏好感染和聚集在较高大和优势度较高的寄主. 作者认为在种植园建设和管理模式上, 可通过增加树种多样性来降低桑寄生感染率, 从而提高生产力和生产效益.

关键词: 种植园; 桑寄生; 空间分布格局; 感染率; 寄生强度

中图分类号: Q 145 **文献标志码:** A **文章编号:** 0258-7971(2014)05-0755-10

寄生植物(parasitic plants)是占被子植物总数 1% 以上的一个特殊种类, 约 4 200 多种, 主要分属于 18 个科, 274 个属^[1], 占据着丰富多样的生态位、生境^[2]. 寄生植物会通过掠夺营养物质和水分, 与寄主竞争光照资源等途径使寄主枝条枯死, 降低寄主光合速率, 给寄主的生长、发育甚至是生存带来危害^[3]. 所以寄生植物是一些果园、农场、草坪管理的重点防御对象^[4], 在一些地区被认为是种植园内的危害物种^[5-6].

桑寄生(mistletoes)为桑寄生科(Loranthaceae)半寄生性气生灌木^[7], 桑寄生比较容易出现在人工林或种植园中^[8], 且呈现不同程度的聚集分布^[9-11]. 已有研究表明桑寄生的感染率(被感染的寄主个体数占种群中总个体数的比例)和寄生强度(寄主树上平均感染的寄生植物个体数)^[12]受寄主树的易感染程度^[13]、寄主性状(如高度、年龄、冠幅、是否已被寄生等)^[9-11]、寄主的多度^[14]、寄主

的空间分布^[15]、种子散布者对寄主树的拜访偏好^[16]、环境因子(如光照、湿度)^[17]等因素影响. 这些研究结果大多反映的是干旱或半干旱地区的状况, 而对相对湿润和生物多样性较高的热带地区缺乏研究^[18]. 关于寄主的性状、多度、空间分布等对不同年龄阶段桑寄生空间分布影响的研究报道更不多见^[19]. 需要指出, 对于不同管理模式的种植园, 如单一种植模式(monoculture), 多种种植模式(polyculture)可能因寄主树种多样性的差异导致寄生分布格局显著不同^[20], 从而对种植园寄主植物产生不同的影响, 但此方面的研究甚为匮乏^[18]. 西双版纳地区寄生植物感染颇为严重, 影响到农作物、果树等经济作物的产量甚至是正常生长发育^[21]. 此前只有肖来云和普正和对西双版纳桑寄生的种类、繁殖和传播进行了粗略的研究和阐述^[22], 而对西双版纳桑寄生的空间分布及其成因的研究鲜见报道. 本研究对不同管理模式的种植园内桑寄生

* 收稿日期: 2014-02-19

基金项目: 国家自然科学基金(31170406).

作者简介: 随意(1989-), 女, 安徽人, 硕士生, 主要从事植物生态适应性研究. E-mail: suiyi@xtbg.org.cn.

通信作者: 张玲(1970-), 女, 云南人, 博士, 研究员, 主要从事植物繁殖生态学和群体遗传学研究. E-mail: zhangl@xtbg.org.cn.

进行调查,所获结果可为种植园有效防范寄生现象、减少桑寄生的危害提供理论依据和指导意义。

本研究在西双版纳选取了不同种植模式的种植园作为研究生境,以种植园中寄主植物和桑寄生为对象,对不同年龄阶段桑寄生植物在种植园的空间分布格局和相关因子进行调查,拟回答以下科学问题:①同一区域环境下,多种种植和单一种植的种植园中,桑寄生的感染情况如何;②不同种桑寄生的空间分布格局是否表现为聚集分布,其聚集度是否受桑寄生年龄阶段及寄主空间分布的影响;③桑寄生的感染率、寄生强度与寄主树的哪些特性相关。

1 研究材料和方法

1.1 调查区域的自然概况 本实验在云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇(21°56' N, 101°16' E)进行,海拔550~610 m。该地区属西南热带季风气候,干湿季节明显,5—10月为雨季,11月至次年4月为干季。年均温为21.4℃,年均降雨量为1557 mm,其中雨季为1355 mm,占全年的87%,干季为202 mm,仅占年降雨量的13%,平均相对湿度为86%^[2]。试验所选取3块样地均位于中国科学院西双版纳热带植物园内,其中样地1、2直线距离约200 m,以海红豆(*Adenanthera pavonina*)、蛋黄果(*Lucuma nervosa*)、芒果(*Mangifera indica*)、柚子(*Citrus maxima*)等观赏树种或果树为主要组成树种,属多种种植模式的种植园;样地3距其它2块样地直线距离>1000 m,除有9棵蛋黄果树外,其余均为柚子树,属单一种植模式的种植园。

1.2 实验材料 研究调查了西双版纳热带植物园中较为常见的3种寄生植物:五蕊寄生(*Dendrophthoe pentandra*)、澜沧江寄生(*Scurrula chingii* var. *yunnanensis*)和卵叶梨果寄生(*Scurrula chingii*)。五蕊寄生隶属于五蕊寄生属(中国仅有该种),在西双版纳常寄生于芒果、橡胶(*Hevea brasiliensis*)、海红豆等多种植物上,花两性,5数,花果期12月至翌年6月。澜沧江寄生和卵叶梨果寄生隶属梨果寄生属,花两性,花期较一致,10月至翌年2月,果期3—5月。

1.3 调查方法

(1) 根据广泛调查选择了3块面积分别为1,

1 hm²和0.5 hm²的种植园作为研究样地。样地被划分为10 m × 10 m的小样方,以便精确定位样地内每棵树的坐标位置。

(2) 以样地中某点为原点,记录样地内每棵高度≥1.5 m的树的种类、坐标、高度、冠幅、胸径以及被寄生植物感染情况。如被感染,则记录寄生植物的种类、数量,并参考Norton等^[3]的方法将寄生植物划分为3个等级(幼苗期、幼株期和成株期)。其中幼苗期为刚刚萌芽,吸器并未长出的阶段;幼株期是吸器已完全长出但尚未开花结果的阶段;成株期为能够开花结果的阶段。

(3) 调查样地内寄主植物的感染率和寄生强度:

感染率 = (样地内被寄生的寄主数 / 样地内的寄主数) × 100%;

寄生强度 = 每棵寄主寄生植物的数量。

1.4 分析方法 通过Shannon - Wiener指数(H')、Pielou的均匀度指数(E)及Simpson指数(D)比较分析3块样地的物种多样性。

$$H' = - \sum_i P_i \ln P_i;$$

$$E = H' / \ln s;$$

$$D = 1 / \sum_i P_i^2.$$

式中 s 为样地内的物种数, P_i 为第 i 种的个体比例,即物种的重要值。

使用Excel根据3块样地中每棵树的坐标做出空间分布图,在图中标注样地内每棵树的空间位置,再根据寄主树上的桑寄生数量做出气泡图,气泡的直径与该寄主树上桑寄生的数量正相关。

使用扩散系数(C)、丛生指数(I)、Water负二项指数(K)、平均拥挤度(m^*)与聚块性指标(m^*/m)、Green指数、Morisita指数(I_s)作为寄主植物和桑寄生聚集强度的指标。以每棵寄主树上寄生数量的方差和其均值的比值(v/m),并采用 t 检验来确定寄生植物相对于寄主树的分布格局^[4]。样地1中有些寄主树种比较高大而较难判断其感染的桑寄生所处年龄阶段,因此仅对样地2、3进行了不同年龄段桑寄生聚集程度的统计。

(1) 扩散系数 设样本数量为 n ,计算方差 v 与均值 m 的比值得出扩散系数 C 。如果 $C = 1$,则是随机分布; $C > 1$,是聚集分布; $C < 1$,为均匀分布。由 t 检验进行扩散系数 C 与1的大小比较, $t = (C -$

1) $1/\sqrt{2/(n-1)}$. 当 $t \leq t_{0.05}(n-1)$ 时, 为随机分布.

(2) 丛生指数^[24] $I = C - 1$, 当 $I > 0$ 时, 为聚集分布; $I = 0$ 时, 为随机分布; $I < 0$ 时, 为均匀分布. 用卡方检验进行验证, $\chi^2 = I(n-1)$, 若得到的 χ^2 值在 $[\chi_{0.975}^2, \chi_{0.025}^2]$ 的置信区间内, 则承认该种群空间分布为随机分布.

(3) 负二项指数^[25] $K = m^2/(v-m)$, K 值与种群的密度无关, K 值越小, 表明种群的空间聚集度越强.

(4) 平均拥挤度 m^* 与聚块性指标 m^*/m ^[24] $m^* = m + (v/m - 1)$, 当 $m^* > 1$ 时为聚集分布; $m^* = 1$ 时, 为随机分布; $m^* < 1$ 时, 为均匀分布.

$m^*/m = 1 + 1/K$, K 为 (3) 中的负二项指数. $m^*/m > 1$ 时, 为聚集分布; $m^*/m = 1$ 时为随机分布; $m^*/m < 1$ 时, 为均匀分布.

(5) Green 指数 $GI = (v/m - 1)/(n - 1)$, 格林指数独立于样本量的大小, 在 0 (随机分布) 和 1 (最大聚集分布) 之间变化.

(6) Morisita 指数^[27] $I_s = (\sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i) / [(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - \sum_{i=1}^n x_i] \cdot n$, $I_s = 1$ 时为随机分布; $I_s < 1$ 时为均匀分布; $I_s > 1$ 时则认为是集群分布. 指数 I_s 与 1 的显著性可通过 $\chi^2 = (I_s \sum_{i=1}^n x_i - 1) + n - \sum_{i=1}^n x_i$ 与 $\chi_{(n-1)}^2$ 比较得知.

选取独立于种群密度的负二项指数 K 、聚块性指标 m^*/m 及不受样方大小影响、可直接进行相互比较^[28] 的 Morisita 指数 I_s 指示不同年龄阶段桑寄生的聚集强度之间差异.

采用独立样本 t 检验比较样地里常见的几种寄主树被桑寄生感染个体的高度、冠幅、胸径与未被感染个体之间的差异性. 对桑寄生的寄生强度和寄主的特性 (高度、冠幅、胸径等性状) 进行 Pearson 相关分析. 相关分析前, 将寄主冠幅的数据进行平方根转换、寄生强度的数据进行对数转换使其服从正态分布. 对于转化之后仍不服从正态分布的数据则使用 Spearman 相关分析. 此外也对 3 块样地中每种寄主的多度和其感染率、平均寄生强度进行 Spearman 相

关分析. 数据分析使用的软件为 SPSS 16.0.

2 结果与分析

2.1 样地树种信息及桑寄生感染情况 3 个不同种植园所选样地中, 样地 1 中的 30 种寄主树有 9 种被感染, 个体感染率为 40.48%; 样地 2 的寄主物种数为 38 种, 7 个树种被桑寄生感染, 个体感染率为 66.35%. 样地 3 仅有柚子和蛋黄果两种寄主树, 个体感染率达 67.09% (表 1).

2.2 桑寄生的空间分布格局 3 个样地中, 桑寄生均呈现显著的聚集分布格局. 聚集强度指数 (表 2) 表明样地 1、3 的寄主树种为随机分布, 样地 2 的寄主树种为聚集分布, 而 3 个样地中的寄生植物则都表现出明显的聚集分布 (表 3), 不受寄主树空间分布型的影响.

样地 1 以五蕊寄生为主, 只有少量澜沧江寄生. 样地 2 中存在五蕊寄生和澜沧江寄生, 且 2 个寄生种群的空间分布相对独立, 明显取决于寄主树种的分布: 五蕊寄生主要寄生在样地中的芒果树上, 而澜沧江寄生则大部分寄生在柚子树上. 样地 3 中的卵叶梨果寄生主要寄生在数量最多的优势寄主柚子树上 (图 1).

对 3 种年龄阶段桑寄生的聚集强度分析 (表 4) 发现, 五蕊寄生幼苗的聚集强度显著高于成株与幼株; 澜沧江寄生和卵叶梨果寄生的聚集度则表现为幼苗 > 幼株 > 成株. 呈现出桑寄生的聚集强度随年龄增加而减弱的趋势.

2.3 不同种植园中桑寄生的感染率、寄生强度及相关因子 独立样本 t 检验结果显示除柚子树外, 样地内其余较常见的寄主物种中未被桑寄生感染个体的高度、冠幅、胸径都显著低于被感染的个体 ($P < 0.01$).

桑寄生的寄生强度与寄主特性的 Pearson 相关分析表明五蕊寄生的寄生强度与其 3 种常见寄主 (蛋黄果、海红豆、芒果) 的高度、胸径、冠幅显著正相关; 澜沧江寄生和卵叶梨果寄生的寄生强度与寄主柚子部分性状的大小呈正相关 (表 5). 对样地内 55 种寄主树 (被桑寄生感染) 的多度与寄生的感染率、寄生强度进行 Spearman 相关分析, 结果表明群落水平上寄生感染率 ($r = 0.409^{**}$, $n = 55$)、寄生强度 ($r = 0.455^{**}$, $n = 55$) 与寄主树的多度呈显著正相关.

表 1 样地特征和桑寄生感染情况

Tab. 1 Plot characteristics and infection pattern of mistletoes in three plots

样地	样地特征				桑寄生感染情况							
	物种数 s	个体数 n	冠幅/ m^2	胸径/cm	郁闭度/ %	香衣指 数 H'	均匀度 指数 E	辛普森 指数 D	被感染 个体数	被感染 物种数	感染率/ %	寄生 强度
1	30	205	26.11 ± 2.62	7.00 ± 0.15	37.96	2.70	0.79	0.89	83	9	40.48	1.8 ± 0.2
2	38	425	20.80 ± 1.17	6.33 ± 0.08	59.57	1.81	0.49	0.74	282	7	66.35	4.5 ± 0.3
3	2	234	8.55 ± 1.20	4.93 ± 0.04	38.50	0.16	0.24	0.07	157	2	67.09	2.1 ± 0.2

表 2 寄主的空间格局分析

Tab. 2 The spatial distribution patterns of host trees in three plots

样地	个体数	扩散指数		丛生指数		负二项指 数 K	平均拥挤 度 m^*	聚块性指 标 m^*/m	格林指数		Morisita 指数	
		C	t	I	χ^2				GI	I_s	χ^2	
1	205	1.216(R)	1.530	0.216(R)	21.366	9.499(R)	2.266(R)	1.105(R)	0.002(R)	1.094(R)	118.112	
2	425	1.492(C)	3.490	0.492(R)	48.714	5.731(C)	3.312(C)	1.174(C)	0.005(C)	1.179(C)	149.206	
3	234	1.173(R)	1.223	0.173(C)	8.453	27.129(R)	4.853(R)	1.037(R)	0.004(R)	1.036(R)	57.453	

C: 聚集分布; R: 随机分布; 下表同。

表 3 桑寄生空间格局分析
Tab. 3 The spatial distribution patterns of mistletoes in three plots

样地	寄生植物种类	扩散系数		丛生指数		负二项 指数 K	平均 拥挤度 m^*	聚块性 指标 m^*/m	格林 指数 GI	Morisita 指数		分布型
		C	t	I	χ^2					I_s	χ^2	
1 ($n=205$)	桑寄生	5.587	37.599	4.587	614.68	0.597	7.328	2.674	0.034	2.666	748.676	C
	五蕊寄生	5.860	39.840	4.860	651.30	0.547	7.520	2.828	0.036	2.819	785.304	C
	澜沧江寄生	1.292	2.391	0.292	39.09	0.279	0.373	4.580	0.002	4.909	173.091	C
2 ($n=425$)	桑寄生	5.724	64.715	4.724	1 771.566	1.054	9.706	1.948	0.013	1.946	2146.566	C
	五蕊寄生	6.039	69.029	5.039	1 889.657	0.421	7.161	3.374	0.013	3.371	2264.657	C
	澜沧江寄生	7.064	83.071	6.064	2 274.056	0.472	8.926	3.119	0.016	3.115	2649.056	C
3 ($n=234$)	桑寄生	3.220	23.370	2.220	517.293	0.947	4.323	2.056	0.010	2.054	750.293	C
	卵叶梨果寄生	3.139	22.517	2.139	498.423	0.897	4.058	2.115	0.009	2.113	731.423	C
	澜沧江寄生	1.485	5.105	0.485	113.000	0.159	0.562	7.305	0.002	7.647	346.000	C
	五蕊寄生	1.820	8.629	0.820	191.000	0.136	0.931	8.378	0.004	8.640	424.000	C

n : 寄主个体数

表4 不同年龄阶段桑寄生的空间格局分析

Tab. 4 The spatial distribution patterns of mistletoes in different life stages

桑寄生	年龄阶段	负二项指数 K	聚块性指数 m^*/m	Morisita 指数		分布型
				I_s	χ^2	
五蕊寄生	幼苗	0.089	12.195	12.269	3 365.099	C
	幼株	0.291	4.440	4.450	1 076.053	C
	成株	0.262	4.822	4.835	1 793.117	C
澜沧江寄生	幼苗	0.101	10.931	11.001	1874.205	C
	幼株	0.183	6.459	6.495	1 033.982	C
	成株	0.314	4.182	4.188	3 041.26	C
卵叶梨果寄生	幼苗	0.104	10.649	10.951	511.621	C
	幼株	0.138	8.263	8.432	500.568	C
	成株	0.633	2.580	2.589	838.230	C

表5 寄生强度与寄主的高度、胸径、冠幅的相关分析

Tab. 5 Correlation between infection intensity and host traits

桑寄生种类	寄主树种	高度	胸径	冠幅
五蕊寄生	蛋黄果	0.359**	0.403**	0.379**
	海红豆	0.480**	0.467**	0.379**
	芒果	0.194*	0.310**	0.372**
澜沧江寄生	柚子	0.175*	0.158	0.247**
卵叶梨果寄生	柚子	-0.078	0.208*	-0.042

* : $P < 0.05$ (双尾检验); ** : $P < 0.01$ (双尾检验)

3 讨论

3.1 桑寄生的空间分布格局及其可能形成原因

本研究结果显示,无论寄主是随机或聚集分布,不同种桑寄生的空间分布均呈现出很高的聚集性(图1),表明桑寄生种群的空间分布格局不受寄主群落空间分布的影响。此外桑寄生的聚集强度随其年龄的增加而呈现减弱的趋势,说明寄生植物在不同生长阶段表现出不同的聚集程度。

不同种桑寄生幼苗的空间分布均呈现出很高的聚集度,这与种子散布方式及种子萌发生长特性有关^[29]。桑寄生幼苗萌发阶段对接种基质的要求不高^[30],因此在接种有桑寄生种子的寄主树上可萌发出数量较多的幼苗,并呈现很强的聚集程度。由于寄主小生境的异质性如光照、湿度等非生物因

素^[31]及枝条的粗细、倾斜度^[32]或寄主植物的抗性^[33]等差异,幼苗成长为幼株过程中死亡率增加,因此存活幼株的聚集度相对幼苗期较弱。在发育为成株阶段,寄生种群内个体间对资源的竞争相对激烈,包括对同一枝条上位置的占据、光照的竞争等^[32],导致桑寄生成株的聚集强度相对于幼苗期和幼株期有所减弱。众多关于植物种群空间分布格局的研究发现,很多植物种类在成长过程中都存在种群聚集强度的变化,这种变化是种群为获取足够的资源而采取的生存策略或适应机制^[28]。

在寄主群落的空间分布中,寄主性状的“空间异质性”^[34]会造成桑寄生的“斑块”分布^[15]。然而在本研究单一种植模式(样地3)的种植园中,各寄主性状的空间异质性无显著差异,但桑寄生种群仍呈现较强的聚集性,说明寄主性状的空间异质性并非是造成桑寄生种群聚集分布的唯一因素。已有研究发现鸟类更加偏好拜访已被桑寄生感染的寄主树^[11,35],造成“母树”获得更多的被桑寄生感染的几率^[15]。因此寄主性状的非均匀分布及鸟类种子散布行为均是造成桑寄生种群聚集分布的主要因素,而在种子到达寄主后其发育过程中的环境因子(光照、湿度等)、资源竞争、寄主树的抗性等一系列生物和非生物因素^[15]也都会在一定程度上影响桑寄生种群的空间分布格局,尚需进一步的试验予以探究。

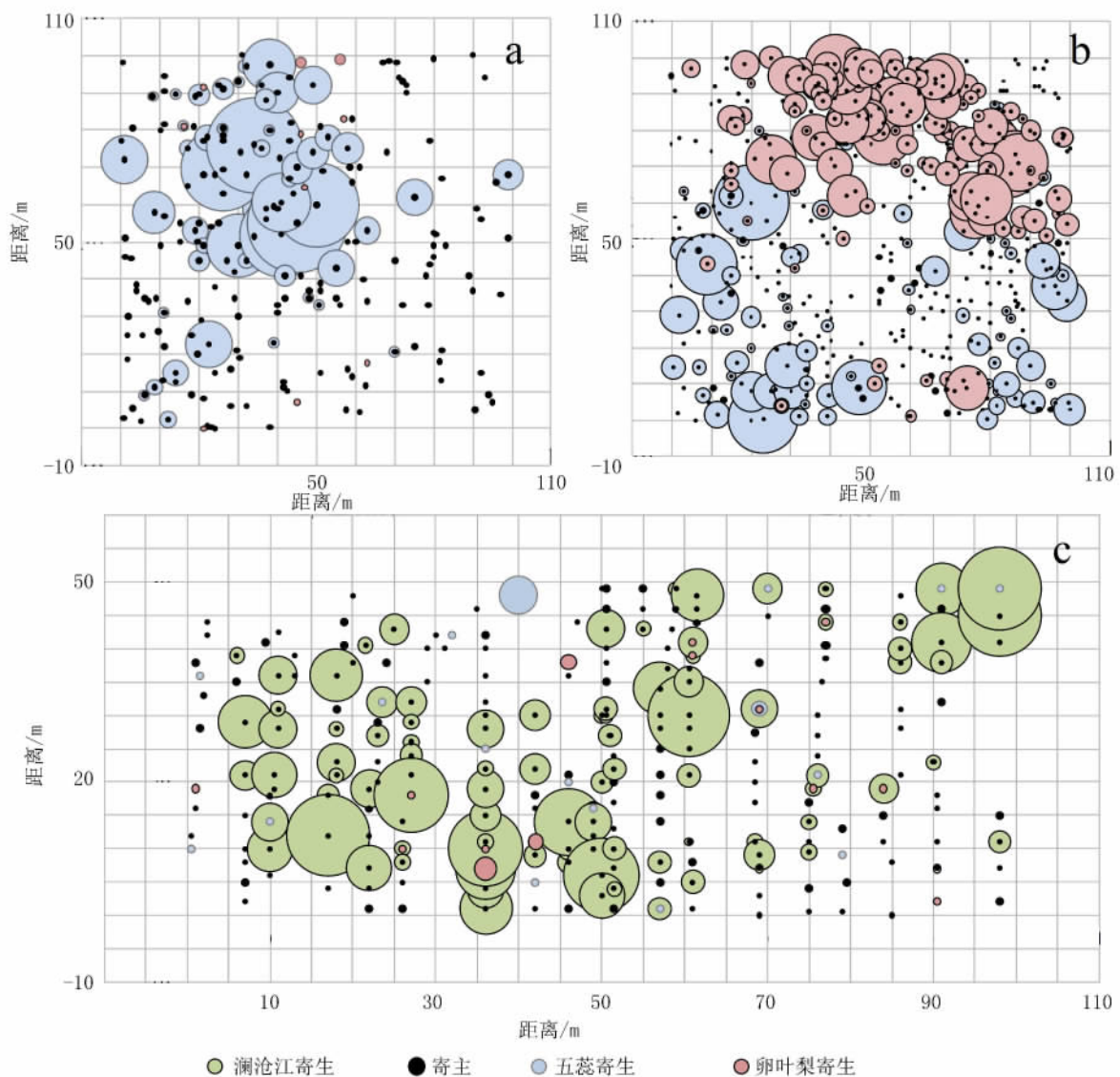


图1 3块样地中寄主植物及3种桑寄生的空间分布图(黑色的点表示寄主植物的坐标,气泡表示寄生植物的坐标和寄生强度.气泡的圆心为寄生植物的坐标,气泡的直径与寄生强度正相关,气泡颜色表示不同桑寄生种类,蓝色为五蕊寄生,红色为澜沧江寄生,黄色为卵叶梨果寄生. a: 样地1; b: 样地2; c: 样地3)

Fig.1 Bubble plot of mistletoes and scatter plot of hosts in three plots(The black points indicate host individuals, the center of the bubble show the coordinate of the mistletoe and the diameters of the bubbles are positively correlated with the infection intensity of mistletoes. a: site 1; b: site 2; c: site 3)

3.2 寄主性状、群落结构对桑寄生感染的影响

Waston 等^[3]的“寄主质量假说”认为决定寄生植物空间分布格局的主要因素是寄主树的性状特征. 本研究结果显示桑寄生的寄生强度与寄主个体的高度、冠幅、胸径呈正相关,说明桑寄生植物会更更多地聚集在较为高大的寄主上,与之前的较多研究结果相吻合^[9-11]. 关于此现象,有研究认为是由于较高大的寄主树龄级较大,从而有更多被桑寄生感染

的机会^[6];也有学者认为是由于桑寄生的种子散布者偏好拜访较高大的寄主树所导致,而与寄主树年龄无关^[3]. 本研究发现不同桑寄生对寄主树种具有一定的选择偏好,如五蕊寄生比较偏好芒果树,而澜沧江寄生则更加偏好感染柚子树,可见寄主树种也是影响桑寄生感染情况的因素之一. 此外, Kumbaslid 等研究认为桑寄生所处环境的海拔、坡向等因素也会在一定程度上对其寄生情况造成

影响^[37],而本研究的3块样地距离不远,均为统一管理的人工种植园,环境条件较为一致,说明海拔、坡向等环境因子可能不是影响桑寄生感染情况的主要因素。

本研究的3个种植园中,总体上看物种多样性高的生境中,其桑寄生的感染率相对较弱;相关分析结果显示随寄主多度的增加,桑寄生的感染率和寄生强度也相应增加。说明在区域空间尺度上,不仅群落的树种多样性会对寄生感染率造成影响,寄主多度也会影响桑寄生的寄生强度。Norton和Carpenter^[38]也曾提出寄生植物在异质性较强的热带地区表现较低的寄主特异性,其可能原因是树种多样性与丰富度增加,导致潜在寄主的相对多度降低,因此被感染的几率相应减小。由此可见,增加群落树种多样性,降低某一类寄主树的相对多度,一定程度上可以减弱寄主树被感染的几率,在种植园管理时可通过适当增加搭配树种来减少寄生的危害。

参考文献:

- [1] 盛晋华,张雄杰,刘宏义,等. 寄生植物概述 [J]. 生物学通报,2006,41(3):9-12.
SHENG J H,ZHANG X J,LIU H Y,et al. Summary on parasitic plants [J]. Bulletin of Biology,2006,41(3):9-12.
- [2] YODER J I. Host - plant recognition by parasitic Scrophulariaceae [J]. Current Opinion in Plant Biology,2001,4(4):359-365.
- [3] NORTON D A,REID N. Lessons in ecosystem management from management of threatened and pest loranthaceous mistletoes in New Zealand and Australia [J]. Conservation Biology,2002,11(3):759-769.
- [4] RODENBURG J,ZOSSOU - KOUDERIN N,GBEHOUNOU G,et al. Rhamphicarpa fistulosa, a parasitic weed threatening rain - fed lowland rice production in sub - Saharan Africa - A case study from Benin [J]. Crop Protection,2011,30(10):1306-1314.
- [5] JOEL D M. The long - term approach to parasitic weeds control: manipulation of specific developmental mechanisms of the parasite [J]. Crop Protection,2000,19(8):753-758.
- [6] SAUERBORN J,MULLER S D,HERSHENHORN J. The role of biological control in managing parasitic weeds [J]. Crop Protection,2007,26(3):246-254.
- [7] MATHIASSEN R L,NICKRENT D L,SHAW D C,et al. Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management [J]. Plant Disease,2008,92(7):988-1006.
- [8] BOWEN M E,MCALPINE C A,HOUSE A P N,et al. Agricultural landscape modification increases the abundance of an important food resource: Mistletoes, birds and brigalow [J]. Biological Conservation,2009,142(1):122-133.
- [9] ARRUDA R,CARVALHO L N,DEL C K. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus aff. polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna [J]. Flora,2006,201(2):127-134.
- [10] LOPEZ de B L,ORNELAS J F,GARCIA J G. Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of Central Veracruz, Mexico [J]. Forest Ecology and Management,2002,164(1):293-302.
- [11] OKUBAMICHEAL D,RASHEED M Z,GRIFFITHS M E,et al. Avian consumption and seed germination of the hemiparasitic mistletoe *Agelanthus natalitius* (Loranthaceae) [J]. Journal of Ornithology,2011,152(3):643-649.
- [12] AUKEMA J E. Distribution and dispersal of desert mistletoe is scale - dependent, hierarchically nested [J]. Ecography,2004,27(2):137-144.
- [13] WASTON D M. Determinants of parasitic plant distribution: the role of host quality [J]. Botany,2009,87(1):16-21.
- [14] AUKEMA J E,MARTINEZ C. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra - and interspecific host characteristics [J]. Ecography,2002,25(2):139-144.
- [15] RIST L,UMA SHAANKER R,GHAZOU J. The spatial distribution of mistletoe in a southern Indian tropical forest at multiple scales [J]. Biotropica,2011,43(1):50-57.
- [16] AUKEMA J E,MARTINEZ C. Where does a fruit - eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment [J]. Ecology,2002,83(12):3489-3496.
- [17] REID N,LANGE R. Host specificity, dispersion and persistence through drought of two arid zone mistletoes [J]. Australian Journal of Botany,1988,36(3):299-313.
- [18] NORTON D A,CARPENTER M A. Mistletoes as parasites: Host specificity and speciation [J]. Trends in E-

- cology & Evolution, 1998, 13(3): 101-105.
- [9] OKUBAMICHEAL D Y, GRIFFITHS M E, WARD D. Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa [J]. Journal of Arid Environments, 2011, 75(10): 898-902.
- [20] 吴建国, 吕佳佳. 土地利用变化对生物多样性的影响 [J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1276-1281.
- WU J G, LV J J. Effects of land use change on the biodiversity [J]. Ecology and Environment, 2008, 17(3): 1276-1281.
- [21] 肖来云, 普正和. 西双版纳桑寄生科植物的调查 [J]. 云南植物研究, 1988, 10(1): 69-78.
- XIAO L Y, PU Z H. An exploration of the Loranthaceae in Xishuangbanna [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1988, 10(1): 69-78.
- [22] 沙丽清, 郑征, 唐建维, 等. 西双版纳热带季节雨林的土壤呼吸研究 [J]. 中国科学, 2004, 34(2): 167-174.
- SHA L Q, ZHENG Z, TANG J W, et al. Soil respiration in a tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna, Yunnan, SW China [J]. Science in China, 2004, 34(2): 167-174.
- [23] NORTON D A, LADLEY J J, OWEN H J. Distribution and population structure of the loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi*, and *Peraxilla tetraetala* within two New Zealand *Nothofagus* forests [J]. New Zealand Journal of Botany, 1997, 35(3): 323-336.
- [24] DAVID F, MOORE P. Notes on contagious distributions in plant populations [J]. Annals of Botany, 1954, 18(1): 47-53.
- [25] ELLIOT J M. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates [M]. England: Freshwater Biological Association Westmoreland, 1971.
- [26] LLOYD M. Mean crowding [J]. The Journal of Animal Ecology, 1967, 36(1): 1-30.
- [27] MORISITA M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns [J]. Mem Fac Sci Kyushu Univ Ser E, 1959, 2(4): 215-235.
- [28] 李先琨, 黄玉清, 苏宗明. 元宝山南方红豆杉种群分布格局及动态 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 169-172.
- LI X K, HUANG Y Q, SU Z M. Distribution pattern and its dynamics of *Taxus chinensis* var *mairei* population on Yunbaoshan Mountain [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(2): 169-172.
- [29] KOŁODZIEJEK J, PATYKOWSKI J, KOŁODZIEJEK R. Distribution, frequency and host patterns of European mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland [J]. Biologia, 2013, 68(1): 55-64.
- [30] MARUYAMA P K, MENDES R C, ALVES S E, et al. Parasites in the neighbourhood: Interactions of the mistletoe *Phoradendron affine* (Viscaceae) with its dispersers and hosts in urban areas of Brazil [J]. Flora, 2012, 207(10): 768-773.
- [31] RODRIGUEZ M A, AIZEN M A, NOVARO A J. Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America [J]. Biological Conservation, 2007, 139(1): 195-202.
- [32] YAN Z, REID N. Mistletoe (*Anyema miquelii* and *A. pendulum*) seedling establishment on eucalypt hosts in eastern Australia [J]. Journal of Applied Ecology, 1995, 32(4): 778-784.
- [33] RODL T, WARD D. Host recognition in a desert mistletoe: early stages of development are influenced by substrate and host origin [J]. Functional Ecology, 2002, 16(1): 128-134.
- [34] MORRILL A, FORBES M R. Random parasite encounters coupled with condition-linked immunity of hosts generate parasite aggregation [J]. International Journal for Parasitology, 2012, 42(7): 701-706.
- [35] TEODORO G S, van den BERG E, de CASTRO NUNES SANTOS M, et al. How does a *Psittacanthus robustus* Mart population structure relate to a *Vochysia thyrsoidea* Pohl host population? [J]. Flora, 2010, 205(12): 797-801.
- [36] OVERTON J M C. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations [J]. Journal of Ecology, 1994, 82(4): 711-723.
- [37] KUMBASLI M, KETEN A, BESKARDES V, et al. Hosts and distribution of yellow mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq (Loranthaceae)) on Northern Strandjas Oak Forests - Turkey [J]. Scientific Research and Essays, 2011, 6(14): 2970-2975.

A preliminary investigation on the spatial distribution patterns of mistletoes in polyculture and monoculture plantations in Xishuangbanna, Southwest China

SUI Yi^{1,2}, ZHANG Ling¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The relationships between spatial distribution pattern of mistletoes and host species diversity, composition and related characteristics are critical to understand intraspecific relationship and forest community structure. To compare the infection prevalence (proportion of hosts infected) ,infection intensity (the mean numbers of mistletoes on every host tree) of mistletoe between polyculture and monoculture plantations, the spatial distribution of mistletoes in different plantations was investigated according to the plots surveys in Xishuangbanna, southwest China. The spatial structures of different mistletoe species in three different life stages (seedling, juvenile and adult) in every plot were evaluated by aggregation index, the average crowding degree, Lloyd's patchiness index, and Morisita's dispersion index, etc. Pearson correlation and Spearman correlation were also used to analyze the relationship between infection intensity of mistletoes and the height, crown diameter, DBH, abundance of host trees. The results indicated that mistletoe infection prevalence decreased at 67.09 % ,66.35 % and 40.48% respectively by the increase of host trees diversity. The infection intensity of mistletoe was positively correlated with the height, crown diameter, DBH and abundance of host trees ($r = 0.409$ and 0.455 respectively) , indicated that mistletoes prefers to infecting bigger host trees and hosts with higher dominance. It was found that mistletoes showed a clustered distribution pattern, and the degree of clustered decreased when mistletoes growing up. It was also suggested that to increase the diversity of the hosts in the plantation may be a good way to reduce mistletoe infection prevalence, and to increase the productivity and efficiency.

Key words: plantation; mistletoe; spatial distribution pattern; infection prevalence; infection intensity