

兼性互利关系对树冠层活动蚂蚁多样性的影响^{*}

赵婧文¹, 王健敏², 卢志兴¹, 付兴飞³, 刀剑国⁴, 陈又清^{1**}

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 云南省农村科技中心, 云南 昆明 650021;
3. 西南林业大学, 云南 昆明 650224; 4. 墨江哈尼族彝族自治县雅邑镇林业服务中心, 云南 普洱 654800)

摘要: [目的] 为了探讨紫胶-蚂蚁兼性互利关系对生物多样性保护的作用效果, [方法] 于2015年5月和9月, 用树栖蚂蚁诱集陷阱在云南省墨江县雅邑镇调查了紫胶-砂仁混合农林系统(样地 I, 从未放过紫胶虫; 样地 II, 3年前曾放过紫胶虫但本次实验不放虫; 样地 III, 放紫胶虫处理)中钝叶黄檀树冠层活动的蚂蚁群落多样性。 [结果] (1) 样地 I 中采集蚂蚁标本 277 头, 隶属于 5 亚科 11 属 14 种; 样地 II 中蚂蚁标本 324 头, 隶属于 5 亚科 12 属 16 种; 样地 III 中蚂蚁标本 885 头, 隶属于 4 亚科 17 属 22 种。(2) 样地 II 和样地 III 间的物种丰富度差异不显著, 而与样地 I 均差异显著; 3 种样地的相对多度间均差异显著; 物种丰富度和相对多度排序均为 III > II > I。(3) 样地 II 和 III 树冠层蚂蚁群落结构较相似, 二者与样地 I 不相似; 黑可可臭蚁和和平弓背蚁为 3 种类型样地中均出现的特征种, 物种丰富度排序均为 III > II > I, 巴瑞弓背蚁是样地 II 和 III 中的特征种, 物种丰富度 III > II, 大头蚁属 sp. 1、横纹齿猛蚁和中华小家蚁则分别为样地 I、II、III 的特征种。 [结论] 兼性互利关系对树冠层蚂蚁群落的物种丰富度、相对多度和群落结构具有积极影响, 并且其作用效果具有一定的时间和空间尺度。

关键词: 兼性互利关系; 树冠层蚂蚁群落; 多样性; 生态效应

中图分类号: S718.52

文献标识码: A

Effects of Facultative Mutualism on Canopy Foraging Ants Diversity

ZHAO Jing-wen¹, WANG Jian-min², LU Zhi-xing¹, FU Xing-fei³, DAO Jian-guo⁴, CHEN You-qing¹

(1. Research Institute of Resources Insects of the Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China;
2. Rural Science and Technology Center of Yunnan Province, Kunming 650021, Yunnan, China;
3. Southwest Forest University, Kunming 650224, Yunnan, China;
4. Yayi Forestry Service Center, Mojiang Hani and Yi Autonomous County, Pu'er 654800, Yunnan, China)

Abstract: [Objective] To explore the consequences of ant-lac insect facultative mutualism, especially the effects on biodiversity conservations. [Methods] Investigations of ant communities foraging on *Dalbergia obtusifolia* (Baker) Prain canopy in lac-*Fructus amomi* agroforest were conducted by traps in different plots at Yayi town of Mojiang County, Yunnan Province in May and September, 2015. The plot I never be used to cultivate *Kerria yunnanensis* Ou et Hong, the plot II was used to cultivate lac insect three years ago but not cultivation in this experiment and the plot III is used to cultivate lac insect. [Results] (1) 277 ant individuals were collected from plot I, which belong to 14 species, 11 genera, and 5 subfamilies of Formicidae; 324 ant individuals were collected from plot II, which belong to 16 species, 12 genera, and 5 subfamilies of Formicidae; 885 ant individuals were collected from plot III, which belong to 22 species, 17 genera, and 4 subfamilies of Formicidae. (2) The ant species richness of plot II and plot III were significantly higher than that of plot I, but no significant differences were observed between the

收稿日期: 2016-06-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(31470493 和 31270561)

作者简介: 赵婧文(1991—), 女, 河北保定人, 昆虫生态学硕士研究生. E-mail: zhaojingwen115@163.com

* 西南林业大学徐正会教授帮助核实蚂蚁标本, 特此致谢!

** 通讯作者.

plot II and plot III. The ant relative abundance of the three plots had significant difference with each other, ranked as III > II > I. (3) The ant community structure of plot II was similar to plot III, but the community structures of the two plots were dissimilar with plot I. The characteristic species presented in three plots were *Dolichoderus thoracicus* (Smith) and *Camponotus mitis* (Smith), and the abundance ranked as III > II > I. The characteristic species presented in plot II and plot III was *Camponotus parius* Emery, but the abundance in plot III was higher. And *Pheidole* sp. 1 presented in plot I, *Odontoponera transversa* (Smith) presented in plot II, *Monomorium chinensis* Santschi presented in plot III. [Conclusion] The facultative mutualism had obviously positive effects on the ant species richness, relative abundance and community structures of ant communities, and its ecological consequences had certain temporal and spatial scale.

Keywords: facultative mutualism; ant communities of canopy; diversity; ecological consequences

物种之间的互利关系及其生态学效应是当今国际重大科学前沿领域之一。互利关系是指2个物种的个体间在相互作用时都受益,这种关系被认为是普遍而重要的生态学关系^[1];其中,最著名的就是蚂蚁和产蜜露昆虫间的以食物换保护的互利关系。这种互利关系多为兼性互利关系,即发生关系的两物种之间的任何一方均能独立存活和发展,二者仅是机会的或者非专性的互利共生^[2-3]。互利关系中的相互作用除了2个物种受益外,已有的研究还发现,互利关系对群落层面有影响,在蝽类^[4]、甲虫^[5-6]、蝗虫^[7]和地表蚂蚁^[8-9]等类群的研究中,发现存在蚂蚁-紫胶虫兼性互利关系的紫胶林能够维持较高的节肢动物群落多样性。

蚂蚁与产蜜露昆虫之间相互作用的生态效应一直以来被忽略,可能是由于这种关系是兼性的和多变的,例如,其对植物的适合度的影响就相对较弱^[10-11]。研究发现,蚂蚁和产蜜露昆虫这种局部的相互作用,除对单一寄主植物上的节肢动物的多度和分布产生影响外,对周围植物群落的节肢动物多度和分布也产生影响^[12]。这种短时间的相互作用还可以引起寄主植物质量长期变化,并进而在整个季节中影响其植食性天敌^[13]。蚂蚁与产蜜露昆虫的相互作用对生态系统是否产生影响,以及该影响作用的时间及空间尺度值得研究。本研究以紫胶-砂仁混农林系统为对象,调查紫胶虫寄主植物上活动的蚂蚁群落,揭示蚂蚁-紫胶虫兼性互利关系对蚂蚁群落的影响,探讨兼性互利关系对生物多样性保护效应在时间和空间上的作用尺度。

1 研究地概况

研究地位于云南省墨江县雅邑镇(101°34'~101°46' E, 23°12'~23°30' N)。该地区属于南亚热带

带半湿润山地季风气候,干湿季节明显,年均温17.8℃,年平均降水量1 315.4 mm,年平均日照时数2 161.2 h^[14-15]。该区域的典型特征是景观异质性强,山地由旱地、不同的经济林以及混农林系统镶嵌构成。本研究选取紫胶-砂仁混农林系统作为研究对象,选取3块面积大于1 hm²的样地作为调查样地,紫胶-砂仁混农林均以钝叶黄檀(*Dalbergia obtusifolia* (Baker) Prain)为主要紫胶虫寄主植物,各样地情况见表1。3块样地的砂仁种植密度一致(2 m×2 m),砂仁管理强度基本一致。3块样地中紫胶虫寄主植物的平均密度约为35株·hm⁻²,树高2.5~3.5 m,胸径约5~8 cm。所选择的3块样地均为阳坡,坡度、地表覆盖情况和土壤等条件基本一致。曾放养过及持续放养紫胶虫的样地间距约20 m,二者与从未放养过紫胶虫的样地间距1 500 m。

表1 不同样地信息

| 样地代码 | 类型 | 海拔/m | 主要特点 |
|------|---------------|-------|--|
| I | 从未放过紫胶虫 | 850±5 | 有少量火绳树(<i>Eriolaena spectabilis</i> (DC.) Planch. ex Mast.)和聚果榕(<i>Ficus racemosa</i> L.)。 |
| II | 有紫胶虫放养历史,本次不放 | 935±5 | 有少量景谷巴豆(<i>Croton laevigatus</i> Vahl) |
| III | 长期放养紫胶虫 | 949±5 | 无其它树种 |

2 研究方法

2.1 调查方法

于2015年5月(紫胶虫幼虫期)和9月(紫胶虫成虫期),在3类样地内对紫胶虫寄主植物上的蚂蚁群落进行调查。具体方法是:选择样地中树高大于3 m的紫胶虫寄主植物,在每株树距离地面1.5 m处设置树栖蚂蚁诱集陷阱,以浓度为50%的乙二醇作为陷阱溶液,诱集陷阱中使用金枪鱼和蜂蜜混合物

作为诱饵以提高诱集效果。48 h 后收集陷阱中的蚂蚁,将蚂蚁标本保存在含有 70% 酒精溶液的离心管中,带回实验室进行鉴定核实^[16-17]。最终,2 次调查样地 I、II、III 获得的样本数量分别为 23、23、32 个。

2.2 分析方法

2.2.1 抽样充分性判断 利用 Excel 对蚂蚁多度数据进行整理,然后用 R 语言中的 iNEXT 软件包进行基于个体数的物种稀疏和预测曲线的绘制,根据曲线的特征判断抽样充分性^[18]。

2.2.2 物种组成和多度 将蚂蚁标本鉴定后,根据种类鉴定结果整理出物种组成名录。

2.2.3 多样性比较 以植株为单位,统计每个陷阱中的蚂蚁物种丰富度和相对多度来表示树冠层蚂蚁群落多样性。使用 6 级评分方法(1 = 1 头; 2 = 2 ~ 5 头; 3 = 6 ~ 10 头; 4 = 11 ~ 20 头; 5 = 21 ~ 50 头; 6 ≥ 50 头)将蚂蚁多度数据转换为相对多度数据,以防止在个别样本中对某些种类的蚂蚁大量计数^[19-20],然后用 SPSS 18.0 中的单因素方差分析(One-way ANOVA),对 3 种处理的树冠蚂蚁群落的物种丰富度和相对多度差异显著性进行分析,分析前检验方差齐同发现,转换后的多度数据及物种丰富度原始数据方差整齐,可直接进行数据分析,使用 LSD 多重比较方法比较不同处理间的差异。

2.2.4 群落结构相似性及主要特征种类 用 PRIMER v7 中的非度量多维尺度分析(nMDS)方法,分析树冠蚂蚁群落结构相似性,用群落结构相似性(ANOSIM)方法,比较不同处理间的群落结构差异显著性^[21]。运用 Excel 中 RAND 函数进行随机分组(7 ~ 8 个陷阱为一组),样地 I、II、III 分别为 3、3、4 组^[22-23],然后使用 PRIMER v7 中的相似百分比(SIMPER)方法,分析各处理中不同蚂蚁对群落结构相似性的贡献率,将贡献率 ≥ 5% 的蚂蚁定义为主要特征种类^[24-25]。

3 结果与分析

3.1 蚂蚁群落的物种组成和多度

3 块样地中共采集蚂蚁 1 486 头,隶属 5 亚科 18 属 32 种,其中,样地 I 中蚂蚁标本 277 头,隶属 5 亚科 11 属 14 种;样地 II 中蚂蚁标本 324 头,隶属于 5 亚科 12 属 16 种;样地 III 中蚂蚁标本 885 头,隶属 4 亚科 17 属 22 种。3 类样地中树冠层蚂蚁群落的物种稀疏和预测曲线表明:与样地 I 和 II 相比,样地 III

的预测曲线部分更趋于平缓,表明样地 III 的抽样效果好于样地 I 和 II,但 3 类样地都满足抽样较充分的要求(图 1)。

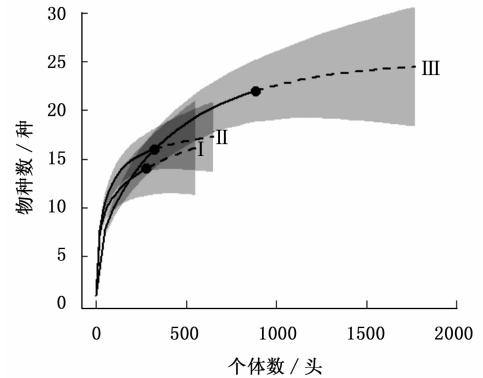


图 1 不同样地树冠层蚂蚁群落基于个体数的物种稀疏和预测曲线(实线部分为实际曲线,虚线部分为预测曲线)

3.2 多样性比较

3 类样地树冠层蚂蚁物种丰富度差异极显著($F_{(2,75)} = 12.963, P < 0.01$),其中,样地 II 和样地 III 间差异不显著,而二者显著高于样地 I;3 类样地树冠层蚂蚁相对多度差异极显著($F_{(2,75)} = 11.909, P < 0.01$),其中,样地 III 树冠层蚂蚁群落相对多度显著高于样地 II 和 I,样地 II 显著高于样地 I(表 2)。

表 2 3 类样地蚂蚁群落多样性比较

| 样地代码 | 物种丰富度 | 相对多度 |
|------|--------------|--------------|
| I | 2.00 ± 0.19b | 4.00 ± 0.54c |
| II | 3.17 ± 0.27a | 6.17 ± 0.57b |
| III | 3.72 ± 0.25a | 8.03 ± 0.61a |

注:表中数值为平均每株寄主树上的均值 ± 标准误;同列不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。

3.3 群落结构相似性及主要特征种类

3 类样地间群落结构存在极显著差异(ANOSIM Global $R = 0.271, P < 0.01$)。整体上,同类样地的样点彼此接近,说明采样时间对树冠层蚂蚁群落结构影响较小,2 次采样的群落结构相似性差异不明显;对于不同处理类型,样地 II 和 III 的样点明显混杂在一起,而样地 I 的样点则处于其他两样地样点聚集的外侧,表明样地 II 和样地 III 的树冠层蚂蚁群落结构较相似,二者与样地 I 不相似(图 2)。

黑可可臭蚁和平和弓背蚁为 3 类样地共同出现的特征种,但其平均贡献率由样地 I 到样地 III 中逐渐减少;巴瑞弓背蚁是放养过和正在放养紫胶虫样地中的特征种,而且其多度在现在放养紫胶虫的样

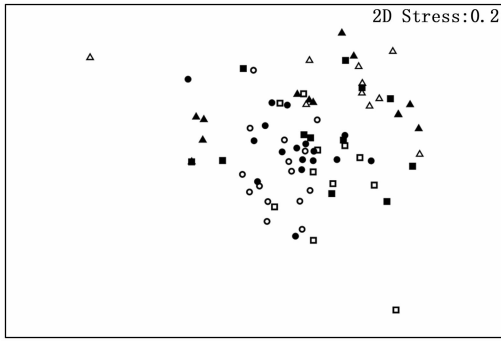


图2 3类样地的树冠层蚂蚁群落结构相似性比较
(图中实心图形为5月份采样,空心图形为9月份采样。
三角形为样地I,正方形为样地II,圆形为样地III)

地显著高于不放养紫胶虫的样地;大头蚁属 *sp. 1* 是从未放养过紫胶虫样地的特征种;横纹齿猛蚁是放养过紫胶虫样地的特征种;中华小家蚁是正放养紫胶虫样地的特征种(表3)。

表3 根据 SIMPER 分析得到的各样地群落类型中对平均相似性的贡献率 $\geq 5\%$ 的主要特征种

| 物种 | 平均贡献率/% | | |
|--|---------|-------|-------|
| | I | II | III |
| 巴瑞弓背蚁(<i>Camponotus parius</i> Emery) | 无 | 29.83 | 45.34 |
| 横纹齿猛蚁(<i>Odontoponera transversa</i> (Smith)) | 无 | 10.16 | <5 |
| 黑可可臭蚁(<i>Dolichoderus thoracicus</i> (Smith)) | 76.89 | 40.36 | 11.86 |
| 大头蚁属 <i>sp. 1</i> (<i>Pheidole sp. 1</i>) | 5.75 | 无 | <5 |
| 平和弓背蚁(<i>Camponotus mitis</i> (Smith)) | 13.58 | 8.11 | 9.60 |
| 中华小家蚁(<i>Monomorium chinensis</i> Santschi) | <5 | <5 | 30.26 |

4 讨论

研究表明,蚂蚁与产蜜昆虫之间的相互作用可以显著提高蚂蚁等节肢动物的群落多样性^[26-28]。本研究结果与前人的研究一致,兼性互利关系能够明显增加树冠层蚂蚁群落的物种丰富度、相对多度,改变其群落结构。

目前有2篇文献报道互利关系的生态学效应有一定的时间和空间作用尺度,但结果显示这种作用的时空效应有限,其中时间尺度仅为3个月,空间尺度仅为3~5 m^[12-13]。本研究结果表明,兼性互利关系能在一定时间和空间尺度上维持较高的生物多样性,其中时间尺度为3 a,空间尺度为20 m,显著高于之前的报道,而且其时间和空间尺度可能更大。

群落中具有较高比例的物种,在一定程度上可以反映群落的特征^[25]。本研究结果显示,3类样地的树冠层蚂蚁群落结构差异显著。3类样地共有的

特征种为黑可可臭蚁和平和弓背蚁,二者在从未存在互利关系的样地中比例较高,在有互利关系样地中偏低,说明兼性互利关系抑制了这2种蚂蚁的种群发展,这种抑制可能是通过兼性互利关系增强其它蚂蚁的竞争能力来实现;巴瑞弓背蚁是有兼性互利关系样地中的特征种,这种蚂蚁喜食蜜露^[9],存在兼性互利关系样地中的比例明显高于无兼性互利关系样地。中华小家蚁是存在兼性互利关系样地中的特征种,这种蚂蚁体型小、种群数量低,兼性互利关系增强了其竞争能力,提高了其比例。横纹齿猛蚁是曾经存在兼性互利关系样地的特征种,该蚂蚁为捕食性蚂蚁,兼性互利关系促进其他类群节肢动物的发展,间接为其提供食物资源,也证明了兼性互利关系产生的生态效应具有一定的时间和空间效应。

5 结论

曾经放养和正放养紫胶虫的紫胶-砂仁混农林系统的树冠层活动蚂蚁的多度和物种丰富度受到兼性互利关系的积极影响,显著增加,但对不同物种的影响不同。该影响具有一定的时间和空间效应,时间尺度为3 a,空间尺度为20 m,并能维持群落结构的稳定。兼性互利关系在对生物多样性保护时空方面独立作用效果、影响因子及作用机制值得更深入的研究,以期为了保护生物多样性提供一定的依据。

参考文献:

- [1] Stachowicz J J. Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities[J]. *Bioscience*, 2001, 51(3): 235-246.
- [2] Hill M G, Blackmore P J M. Interactions between ants and the coccid *Icerya seychellarum* on Aldabra Atoll[J]. *Oecologia*, 1980, 45(3): 360-365.
- [3] Buckley R C. Interactions involving plants, Homoptera, and ants [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2003, 18(1): 111-135.
- [4] 李巧, 陈又清, 陈彦林. 紫胶林-农田复合生态系统蟻类昆虫群落多样性[J]. *云南大学学报*, 2009, 31(2): 208-216.
- [5] 李巧, 陈又清, 陈彦林, 等. 紫胶林-农田复合生态系统甲虫群落多样性[J]. *生态学报*, 2009, 29(7): 3872-3881.
- [6] 陈又清, 李巧, 王思铭. 紫胶林-农田复合生态系统地表甲虫多样性—以云南绿春为例[J]. *昆虫学报*, 2009, 52(12): 1319-1327.
- [7] 李巧, 陈又清, 陈彦林, 等. 紫胶林-农田复合生态系统蝗虫群落多样性[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(3): 729-735.
- [8] 卢志兴, 陈又清, 李巧, 等. 紫胶虫蜜露对地表蚂蚁多样性的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(4): 1117-1122.
- [9] 卢志兴, 陈又清, 李巧, 等. 云南紫胶虫种群数量对地表蚂蚁多样性的影响[J]. *生态学报*, 2012, 32(19): 6195-6202.

- [10] Rico-Gray V, Oliveira P S. The ecology and evolution of ant-plant interactions [M]. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
- [11] Zhang S, Zhang Y, Ma K. The ecological effects of the ant-hemipteran mutualism: A meta-analysis[J]. Basic and Applied Ecology, 2012, 13(2): 116–124.
- [12] Wimp G M, Whitham T G. Biodiversity consequences of predation and host plant hybridization on an aphid-ant mutualism[J]. Ecology, 2001, 82(2): 440–452.
- [13] Van Zandt P A, Agrawal A A. Community-wide impacts of herbivore-induced plant responses in common milkweed (*Asclepias syriaca*) [J]. Ecology, 2004, 85(9): 2616–2629.
- [14] 王思铭, 陈又清, 卢志兴, 等. 粗纹举腹蚁垄断蜜露对紫胶生产的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 229–234.
- [15] 王思铭, 陈又清, 李巧, 等. 蚂蚁光顾云南紫胶虫对其天敌紫胶黑虫种群的影响[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4): 730–735.
- [16] 吴坚, 王常禄. 中国蚂蚁[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [17] 徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
- [18] Chao A, Gotelli N J, Hsieh T C, et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies [J]. Ecological Monographs, 2014, 84(1): 45–67.
- [19] Andersen A N. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia [J]. Biotropica, 1991, 23(4): 575–585.
- [20] Hoffmann B D, Kay A. *Pisonia grandis* monocultures limit the spread of an invasive ant: a case of carbohydrate quality? [J]. Biological Invasions, 2009, 11(6): 1403–1410.
- [21] Clarke K R, Gorley R N. PRIMER v6 user manual and program [J]. PRIMER-E Ltd: Plymouth, UK. 2006.
- [22] 陈青山, 钟倩红, 林佩贤, 等. 在 Excel 中完成实验对象的随机化分组[J]. 中国卫生统计, 2009, 26(3): 298–299.
- [23] 卢志兴, 陈又清, 张威, 等. 蚂蚁-紫胶虫兼性互利关系对蚂蚁群落多样性的影响[J]. 生物多样性, 2013, 21(3): 343–351.
- [24] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海大陆架鱼类群落的空间结构[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4377–4386.
- [25] 杜飞雁, 王雪辉, 贾晓平, 等. 大亚湾海域大型底栖生物种类组成及特征种[J]. 中国水产科学, 2011, 18(4): 877–892.
- [26] Jackson D. Competition in the tropics: ants on trees [J]. Antenna, 1984, 8: 19–22.
- [27] Jackson D. Ant distribution patterns in a Cameroonian cocoa plantation: investigation of the ant mosaic hypothesis [J]. Oecologia, 1984, 62(3): 318–324.
- [28] Yanoviak S P, Kaspari M. Community structure and the habitat templet: ants in the tropical forest canopy and litter [J]. Oikos, 2000, 89(2): 259–266.

(责任编辑:张玲)