

哀牢山 4 个海拔梯度树干节肢动物群落比较*

黄述银^{1,2}, Akihiro Nakamura¹, 唐勇¹, 杨效东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, 北京 100049)

摘要: 作者在 2013 年 4 月(干季)运用树干喷雾法调查了哀牢山中山湿性常绿阔叶林 2 000、2 200、2 400、2 600 m 海拔的树干节肢动物群落。结果显示,所调查树干节肢动物群落隶属于 7 纲 30 个类群(目),主要由弹尾目、蟬蟎目、蜘蛛目、双翅目、膜翅目、鞘翅目、啮虫目、半翅目同翅亚目、缨翅目等组成。不同海拔间树干节肢动物群落组成显著不同(基于 Bray-Curtis 相似性),其个体数量(密度)总体呈现出沿海拔升高而上升的趋势,但不同类群的个体密度随海拔梯度表现出不同的分布差异。树种和树皮粗糙度对树干节肢动物群落总体的影响不显著,但对少数节肢动物类群的密度呈现显著影响。表明海拔差异(温度和湿度)对树干节肢动物的影响显著高于微环境差异(树种和树皮粗糙度)。

关键词: 树干节肢动物; 海拔梯度; 中山湿性常绿阔叶林; 群落相似性

中图分类号: Q 968.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0258-7971(2014)06-0928-08

在森林生态系统中,树干表面一直被认为是附生植物和节肢动物的重要生存场所,是连接林冠和凋落层生物的高速路和桥梁^[1-3]。树干为许多类群的节肢动物提供了生存空间^[4-5],同时通过其自身组织^[6]或生活其上的附生植物(地衣、苔藓、藻类)和微生物为节肢动物提供食物资源^[7-8]。Kitching 的研究表明树干具有较高的生物多样性,与其它生境相比,树干节肢动物中的许多类群在目水平上就能呈现显著差异^[9]。然而我们对树干节肢动物群落结构以及影响因素和维持机制的了解仍极为欠缺。

海拔变化是区域尺度上影响生物多样性格局的主要因素之一^[10],作为森林生物多样性主体的植物和昆虫受全球变化的影响更为直接和剧烈^[11-13]。研究树干节肢动物群落结构与树种特性的关系,及其在海拔梯度上的变化差异,有助于我们在区域尺度上预测生物多样性和生态过程对全球气候变化的响应^[14]。

广泛分布于哀牢山自然保护区的中山湿性常

绿阔叶林是滇南常绿阔叶林的代表类型之一。已有相关研究关注于森林地表节肢动物,但对于树干节肢动物群落结构特征及其与环境因素的关系研究未见报道。本研究以哀牢山国家级自然保护区分布于海拔 2 000~2 700 m 的原生中山湿性常绿阔叶林作为研究生境,通过对树干节肢动物和相关环境因素的调查,拟回答以下问题:① 树干节肢动物群落结构组成;② 不同海拔树干节肢动物群落结构差异;③ 宿主树种和树皮粗糙度对树干节肢动物群落的影响。

1 材料和方法

1.1 研究地点概况 哀牢山是云贵高原、横断山脉和青藏高原三大自然地理区域的接合部,属中山湿润性气候,是中亚热带和南亚热带气候的南北过度区,具有十分丰富的生物多样性^[15]。本研究地位于哀牢山中部国家级自然保护区千家寨保护站附近,24°7'N,101°14'E,海拔范围 2 000~2 700 m。年平均气温 11.3℃,最热月均温 15.4℃(8月),最

* 收稿日期: 2014-02-20

基金项目: 国家自然科学基金(41271278); 中国科学院国际合作项目昆士兰州生物计划(GJHZ1130)。

作者简介: 黄述银(1988-),男,河北人,硕士生,主要从事昆虫生态学方面的研究。E-mail: huangshuyin@xtbg.org.cn。

通信作者: 杨效东(1966-),男,云南人,研究员,主要从事土壤生态学方面的研究。E-mail: yangxd@xtbg.ac.cn。

冷月均温 $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1月), $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动年积温约 $3420\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右; 太阳辐射总量 $\geq 367.2\text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. 该区气候主要由冬季的北风和夏季的西南季风控制, 干湿两季交替分明, 年均降水量 1931.9 mm , 85% 以上的降水集中分布于雨季 (5—10月) [16]. 地带性植被为中山湿性常绿阔叶林和山顶苔藓矮林, 土壤为山地黄棕壤 [17].

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 2013年在所选林地沿海拔梯度设置垂直样带, 即从 2000 m 海拔开始, 沿山体每隔 200 m 设置一个取样梯度 (共4个), 分别为 2000 m 、 2200 m 、 2400 m 和 2600 m . 在每一海拔梯度林地, 设置5块 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 的水平方向样地, 每块样地相隔 200 m 以上. 4个海拔梯度样地优势种植物为喀西白桐树 *Claoxylon khasianum*、红花木莲 *Manglietia insignis*、薄叶马银花 *Rhododendron leptothrium*、木果柯 *Lithocarpus xylocarpus*、斜基叶柃 *Eurya obliquifolia*、变色锥 *Castanopsis wattii* 和南洋木荷 *Schima noronhae*、多花含笑 *Michelia floribunda*、硬斗柯 *Lithocarpus hancei*、斜基叶柃木 *Eurya obliquifolia* 等.

1.2.2 树干节肢动物采样 由于胸径对节肢动物多度影响很大 [18], 同时基于工作量的考虑, 以及为获取足够的节肢动物个体, 本研究于2013年4月 (旱季) 在所设4个海拔梯度的每个 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 样方内选取所有胸径大于 80 cm (树干基部有巨大树洞的树木不纳入取样范围) 的植株进行树干节肢动物采集. 采用除虫菊酯类杀虫剂对树干进行喷雾, 并收集掉落的节肢动物 [19]. 首先用准备好的 $1.5\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的尼龙布块铺于树干基部, 将整个树干围起来, 保证铺完后布块边缘到树基的最短距离大于 0.5 m , 同时确保周围植物枝叶不在布块之上. 之后用杀虫喷雾剂从树干基部向上喷雾到手臂伸直大概 2 m 左右范围, 对样地中每棵所选定树均围着树干依次将所能达到的 2 m 左右范围全部喷雾. 喷雾时喷雾瓶与树干距离 $15\sim 20\text{ cm}$ 左右以减少空气中和周围较低矮树冠节肢动物被采集到, 喷雾后等待 $15\sim 20\text{ min}$ 后收集节肢动物于漏斗中. 每棵树上所采集到的节肢动物作为一个样本保存到70%酒精的样品瓶中. 节肢动物样本带回实验室在解剖镜下镜检分类计数, 分类鉴定依据《昆虫分类》[20] 和《中国亚热带土壤动物》[21] 进行, 统一鉴定至目.

1.2.3 树皮粗糙度测定 国际上对树皮质地的划分尚无统一的量化标准, 本研究仅以目测法作简单比较, 以 Male 和 Roberts 研究的基础将树皮粗糙度简化为3个等级 [22]: 光滑 (1) = 树皮光滑; 中度 (2) = 树皮有浅裂沟; 高粗糙 (3) = 树皮有深裂沟.

1.2.4 数据处理方法 由于树的胸径差异, 每棵采样树 $0\sim 2\text{ m}$ 采样范围内的面积不同, 因此首先将每棵采样树上所获取的节肢动物个体数转换成密度 (单位面积个体数) 数据进行分析. 密度 ($\text{头}\cdot\text{m}^{-2}$) = 数量 (头) / 胸径 (m) \times 取样高度 (m). 取样高度为 2 m . 节肢动物各类群相对多度以某一类群个体数占群落个体总数的百分比表示: 10% 以上为优势类群, 1% ~ 10% 为常见类群, 1% 以下为稀有类群 [15]. 用单因素 ANOVA (在 SPSS 21 软件中进行) 对不同生境间 (不同海拔、树种和树皮粗糙度) 节肢动物类群数、密度和群落多样性差异做分析. 基于 Bray - Curtis 相似性指数, 运用 non - metric multidimensional scaling (NMDS) ordination 对节肢动物群落结构相似性进行分析 [23] (在 PRIMER 6 软件中进行). 进行 NMDS 分析前先将个体密度数据进行转换 (开四次方), 然后再进行标准化. 在对不同海拔节肢动物群落进行 NMDS 分析前先将同一样方内每个样品数据合并, 然后以样方为单位进行分析.

2 结果与分析

2.1 常绿阔叶林树干节肢动物群落组成 调查共采集样品 218 个, 获得了 29 773 头节肢动物, 隶属于 7 纲 30 个类群 (目). 表 1 显示所获节肢动物各类群的个体数量以及占群落总数的比例 (相对多度), 其中弹尾纲 Collembola、蜱螨目 Acari 和蜘蛛目 Araneae 为哀牢山常绿阔叶林树干节肢动物优势类群, 占总群落的 57%; 双翅目成虫 Diptera Adult、膜翅目成虫 Hymenoptera Adult、鞘翅目成虫 Coleoptera Adult、啮虫目 Psocoptera、半翅目同翅亚目 Homoptera、缨翅目 Thysanoptera、半翅目异翅亚目 Heteroptera、鳞翅目幼虫 Lepidoptera Larvae 和鳞翅目成虫 Lepidoptera Adult 为常见类群, 占群落总数的 39%; 剩余 18 个类群分别占总体比例小于 1%, 为稀有类群, 共占群落总数的 4%.

2.2 不同海拔梯度对树干节肢动物群落的影响

2.2.1 不同海拔梯度树干节肢动物类群和个体密度比较 树干节肢动物平均类群数 ($F=2.129$, $P=$

0.098)、Shannon Wiener 多样性指数 ($F = 1.109, P = 0.346$) 和 Pielou 均匀度指数 ($F = 1.913, P = 0.129$) 在不同海拔梯度间没有显著差异,但海拔梯度对节肢动物的个体密度具有显著影响.4 个海拔树干节肢动物个体数量(密度)排列次序为 2 000 m < 2 400 m < 2 200 m < 2 600 m,其中 2 000 m 海拔样地显著低于 2 200 m 和 2 600 m 海拔梯度 (F

$= 4.483, P = 0.004$). 树干节肢动物不同类群沿海拔梯度呈现 4 种不同的数量分布模式: ① 沿海拔升高而上升: 蜘蛛目、啮虫目、双翅目成虫、鳞翅目幼虫; ② 沿海拔升高而下降: 鞘翅目成虫、膜翅目成虫; ③ 沿海拔升高呈现波动式变化: 弹尾目、半翅目同翅亚目、缨翅目; ④ 沿海拔升高无变化: 蜚蠊目、半翅目异翅亚目、鳞翅目(表 2 稀有类群不列出).

表 1 哀牢山常绿阔叶树干节肢动物群落类群组成和相对多度

Tab. 1 The composition and relative abundance of corticolous arthropod taxa in ever-green board leaved forest of Ailao Mountains

分类群	总数	比例/%	分类群	总数	比例/%
弹尾纲	7 074	23.76	脉翅目幼虫	131	0.44
蜚蠊目	6 618	22.23	盲蛛目	73	0.25
蜘蛛目	3 401	11.42	脉翅目	68	0.23
双翅目成虫	2 593	8.71	石蛎目	66	0.22
膜翅目成虫	2 339	7.86	蜚蠊目	49	0.16
鞘翅目	1 442	4.84	竹节虫目	31	0.10
啮虫目	1 327	4.46	直翅目	24	0.08
半翅目同翅亚目	1 262	4.24	膜翅目幼虫	20	0.07
缨翅目	1 001	3.36	毛翅目	8	0.03
半翅目异翅亚目	602	2.02	螳螂目	7	0.02
鳞翅目幼虫	587	1.97	伪蝎目	5	0.02
鳞翅目成虫	344	1.16	综合纲	5	0.02
蚂蚁	290	0.97	革翅目	4	0.01
鞘翅目幼虫	210	0.71	倍足纲	3	0.01
双翅目幼虫	188	0.63	唇足纲	1	0.004

表 2 4 个海拔梯度树干节肢动物不同类群的个体密度比较(基于 post-hoc 检验,不同字母表示显著性差异, Tukey $\alpha = 0.05$)

Tab. 2 Average density (number of individuals per m^2) of corticolous arthropod taxa ($\pm SE$) at four elevation gradients (Different letters indicate significant differences based on post-hoc test, Tukey $\alpha = 0.05$) (头/ m^2)

分类群	2 000 m	2 200 m	2 400 m	2 600 m	F	P
蜘蛛目	3.136 \pm 0.352c	6.272 \pm 0.522b	5.549 \pm 0.458bc	9.855 \pm 1.021a	16.961	<0.001
蜚蠊目	12.982 \pm 1.324a	10.715 \pm 2.094a	14.452 \pm 0.932a	12.999 \pm 0.964a	1.244	0.295
弹尾纲	5.314 \pm 0.780c	20.628 \pm 1.595a	13.911 \pm 0.955b	14.024 \pm 2.185b	15.605	<0.001
啮虫目	0.520 \pm 0.115c	2.318 \pm 0.297b	2.659 \pm 0.257b	4.123 \pm 0.414a	22.441	<0.001
缨翅目	1.582 \pm 0.153b	2.453 \pm 0.324a	1.655 \pm 0.188ab	1.768 \pm 0.181ab	3.129	0.027
半翅目同翅亚目	2.147 \pm 0.270ab	2.833 \pm 0.319a	1.650 \pm 0.181b	2.357 \pm 0.280ab	3.529	0.016
半翅目异翅亚目	1.382 \pm 0.134a	1.281 \pm 0.401a	0.848 \pm 0.125a	1.186 \pm 0.198a	0.868	0.458
鞘翅目成虫	3.342 \pm 0.349a	3.777 \pm 0.380a	2.223 \pm 0.222b	1.440 \pm 0.162b	13.935	<0.001
双翅目成虫	2.577 \pm 0.342b	4.171 \pm 0.592b	3.432 \pm 0.372b	8.209 \pm 1.255a	10.683	<0.001
鳞翅目幼虫	0.582 \pm 0.087bc	1.293 \pm 0.156ab	0.871 \pm 0.146bc	1.582 \pm 0.175a	8.457	<0.001
鳞翅目成虫	0.672 \pm 0.113a	0.528 \pm 0.192a	0.765 \pm 0.127a	0.532 \pm 0.092a	0.719	0.542
膜翅目成虫	8.129 \pm 1.521a	3.043 \pm 0.442b	2.850 \pm 0.275b	3.518 \pm 0.372b	10.616	<0.001
总体	45.196 \pm 3.624b	61.288 \pm 3.889a	53.004 \pm 2.478ab	63.332 \pm 4.788a	4.483	0.004

2.2.2 不同海拔梯度间树干节肢动物群落相似性

基于 Bray-Curtis 对树干节肢动物群落相似性进行 NMDS 排序. 图 1 显示, 相同海拔 5 个样方中树干节肢动物群落呈现明显的相似性. 样方呈聚集趋势, 不同海拔样方则有明显差异 ($F = 4.22, P < 0.001$). 图中矢量所代表是与样方在图中所处位置相关性大于 0.7 的分类群, 在低海拔样地 (2 000 m) 蜚螨目、鞘翅目幼虫、双翅目幼虫和膜翅目数量导致样方树干节肢动物群落这种差异. 在较高海拔 (2 200, 2 400, 2 600 m) 是盲蛛目、石蛎目和啮虫目导致树干节肢动物群落差异.

2.3 树皮粗糙度对树干节肢动物群落的影响

2.3.1 不同树皮粗糙度树干节肢动物群落多样性和个体密度差异 树皮粗糙度对树干节肢动物平均类群数 ($F = 2.469, P = 0.087$)、Shannon-Wiener 多样性指数 ($F = 2.548, P = 0.081$) 和 Pielou 均匀度指数 ($F = 1.029, P = 0.359$) 没有显著影响, 但对节肢动物不同类群的个体密度影响显著. 弹尾目、蜘蛛、半翅目同翅亚目、缨翅目、鳞翅目幼虫个体密度在中度粗糙树皮生境中较高, 而在高粗糙度树皮

的分布较少.

2.3.2 不同树皮粗糙度间树干节肢动物群落的相似性比较 对不同树皮粗糙度下的树干节肢动物群落进行相似性分析, NMDS 排序结果显示不同树皮粗糙度节肢动物群落的分布相互叠加在一起, 且胁迫系数 (stress 值) 也较大, 表明树干节肢动物群落与树皮粗糙度无明显关联 (图 2).

2.4 树种对树干节肢动物群落的影响 树干节肢动物采样共涉及 34 个树种, 由于大部分树种采样重复数较少, 我们选取 6 种常见树种进行分析. 分别是木果柯 *Lithocarpus xylocarpus* (42 棵)、红花木莲 *Manglietia insignis* (27 棵)、变色锥 *Castanopsis rufescens* (17 棵)、南洋木荷 *Schima noronhae* (14 棵)、硬斗柯 *Lithocarpus hancei* (11 棵) 和多花含笑 *Michelia floribunda*.

2.4.1 树种对树干节肢动物群落多样性和个体密度的影响 以树种为自变量, 对树干节肢动物类群数和个体密度进行单因素方差分析. 结果表明不同树种间树干节肢动物群落平均类群数 ($F = 1.704,$

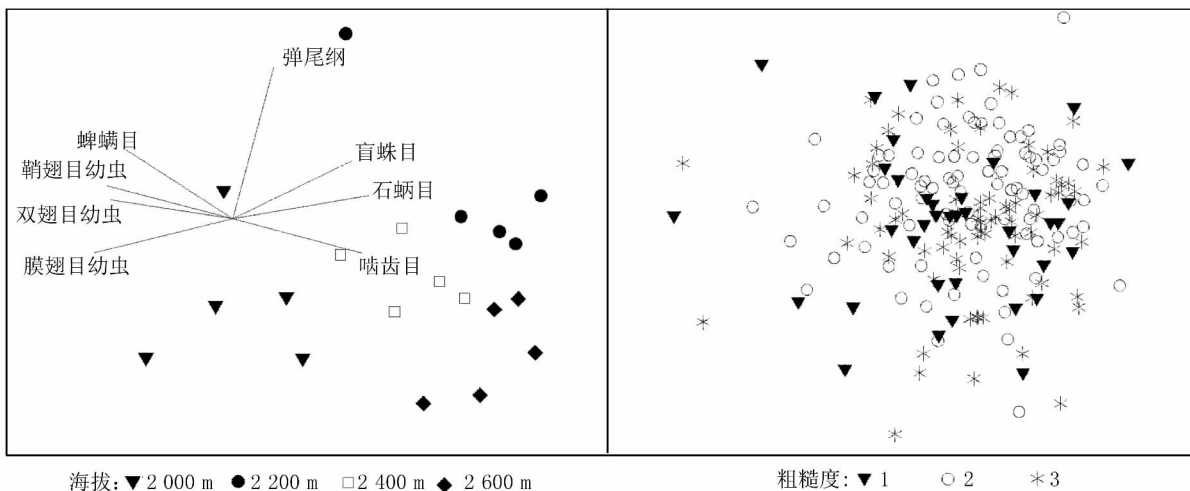


图 1 不同海拔树干节肢动物群落 NMDS 排序 (数据转换方式为开四次方, 胁迫系数=0.14, 用单个样本中个体数比总个体数进行数据的标准化, 相似性为 Bray Curtis 相似性与排序相关性大于 0.7 的节肢动物类群以矢量形式叠加于图中, 矢量长度代表相关的强度)

Fig. 1 The NMDS ordination of corticolous arthropod assemblages among elevation gradient (Data transform: fourth root, standardise samples by total, stress=0.14, based on Bray Curtis similarity. Arthropod taxa which were strongly correlated with the ordination patterns ($r=0.7$) were overlaid as vectors, and the length of the vectors represents strength of the correlation)

图 2 不同树皮粗糙度间树干节肢动物群落 NMDS 排序 (数据转换方式为开四次方, 胁迫系数=0.27, 用单个样本中个体数比总个体数进行数据的标准化, 相似性为 Bray Curtis 相似性)

Fig. 2 The NMDS ordination based on arthropod assemblages on individual trees with different bark roughness (1 = smooth, 2 = medium, 3 = rough. Data transform: fourth root, standardise samples by total, stress=0.27, based on Bray Curtis similarity)

$P = 0.139$)、Shannon Wiener 多样性指数 ($F = 0.770, P = 0.573$) 和 Pielou 均匀度指数 ($F = 0.672, P = 0.645$) 无显著差异. 有 7 个节肢动物常见类群的个体密度在不同树种间的分布呈现显著(表 4), 分别为蜚蠊目、蜘蛛目、双翅目成虫、膜翅目成虫、半翅目同翅亚目、鞘翅目成虫和半翅目异翅亚目.

2.4.2 不同树种间树干节肢动物群落相似性
对 6 种树种的节肢动物群落进行相似性分析, 通过 NMDS 排序分析显示不同树种条件下节肢动物的分布相互叠加在一起, 表明节肢动物群落与树种无明显关联(图 3).

3 讨论

哀牢山中山湿性常绿阔叶林树干节肢动物群落类群丰富、数量较大. 本次旱季节肢动物采集共收集到 29 773 头节肢动物, 隶属于 7 纲 30 个类群

(目), 主要由弹尾目、蜚蠊目、蜘蛛目、双翅目、膜翅目、鞘翅目、啮虫目、缨翅目、鳞翅目、半翅目异翅亚目等类群组成.

树干节肢动物个体数量(密度)总体呈现出沿海拔升高而上升的趋势, 具体为 2 000 m < 2 400 m < 2 200 m < 2 600 m, 但不同节肢动物类群的数量因海拔梯度变化表现出不同的分布模式, 包括沿海拔升高呈增加、降低、波动或无变化, 这与以往研究发现相吻合^[24]. 此外海拔 2 600 m 树干节肢动物总体密度最高的原因可能是: ① 旱季期间较高海拔的空气湿度明显高于低海拔生境所致; ② 较高海拔生境中具有更高的树干附生植物生物量^[25], 可提供更多的食物和空间资源保持较高的节肢动物数量. 此外, NMDS Ordination 分析显示不同海拔树干节肢动物群落 Bray-Curtis 相似性有显著不同, 这也说明因不同海拔梯度所产生的环境异质性可能是导致树干节肢动物类群分布形成差异主要原因.

表 3 树干粗糙度对树干节肢动物的影响(不同字母表示相同动物类群在不同树皮粗糙度树干间的差异显著, 基于 post-hoc 检验, Tukey $\alpha = 0.05$)

Tab. 3 Average density (\pm SE) of individual arthropod taxa among trees with different bark roughness (Different letters indicate significant differences based on post-hoc test, Tukey $\alpha = 0.05$).

分类群	1/(头·m ⁻²)	2/(头·m ⁻²)	3/(头·m ⁻²)	F	P
蜘蛛目	4.52±0.58b	7.31±0.70a	5.78±0.45ab	4.237	0.016
弹尾纲	14.52±2.01ab	16.38±1.55a	10.41±0.92b	4.986	0.008
缨翅目	1.74±0.21ab	2.19±0.21a	1.47±0.15b	3.932	0.021
半翅目同翅亚目	2.48±0.34ab	2.53±0.24a	1.76±0.18b	3.443	0.034
鳞翅目幼虫	0.91±0.15ab	1.27±0.13a	0.82±0.11b	4.033	0.019
总体	56.29±4.37ab	61.03±3.45a	48.74±2.42b	3.983	0.020

表 4 6 种常见树种对树干节肢动物个体密度的影响(不同字母表示基于 post-hoc 检验的显著性差异, Tukey $\alpha = 0.05$)

Tab. 4 Average density (\pm SE) of individual arthropod taxa collected from individual trees of the six commonly found species (Different letters indicate significant differences at $\alpha = 0.05$ based on post-hoc test, Tukey $\alpha = 0.05$).

分类群	硬斗柯/ (头·m ⁻²)	红花木莲/ (头·m ⁻²)	木果柯/ (头·m ⁻²)	多花含笑/ (头·m ⁻²)	南洋木荷/ (头·m ⁻²)	变色锥/ (头·m ⁻²)	F	P
蜘蛛目	6.03±1.28b	7.42±0.84b	5.57±0.53b	4.02±0.54b	6.38±1.21b	13.61±2.67a	6.319	<0.001
蜚蠊目	17.60±4.71a	9.80±1.21ab	11.37±1.13ab	7.23±1.27b	12.91±2.24ab	14.46±1.74ab	2.549	0.032
缨翅目	2.72±0.47ab	2.99±0.57a	1.57±0.23b	2.18±0.61ab	1.80±0.35ab	1.21±0.19b	2.851	0.018
半翅目异翅亚目	3.56±1.90a	0.95±0.19b	0.88±0.15b	0.62±0.27b	0.95±0.31b	1.04±0.20b	3.291	0.008
鞘翅目成虫	4.73±1.27a	3.21±0.58ab	2.69±0.29ab	2.51±0.40ab	1.66±0.39b	1.83±0.33b	2.923	0.016
双翅目成虫	4.83±1.38ab	4.08±0.53b	3.47±0.42b	3.51±1.06b	6.97±2.51ab	11.89±3.31a	4.571	0.001
膜翅目幼虫	5.23±1.81a	3.00±0.46ab	2.52±0.25b	1.80±0.47b	2.22±0.43b	4.99±0.78a	4.183	0.002
总体	73.52±12.08ab	56.46±3.74ab	46.08±2.83b	43.72±4.62ab	58.36±10.24ab	72.62±10.48a	3.474	0.006

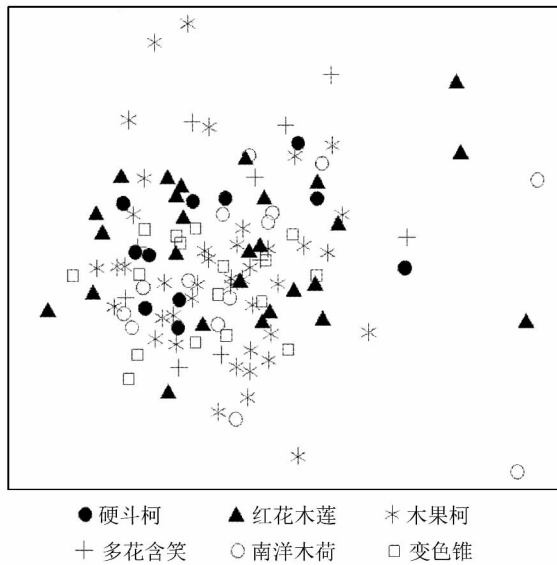


图3 不同树种间树干节肢动物群落 NMDS 排序(数据转换方式为开四次方, 胁迫系数=0.26, 用单个样本中个体数比总个体数进行数据的标准化, 相似性为 Bray Curtis 相似性)

Fig. 3 The NMDS ordination based on arthropod assemblages among different tree species (Data transform: fourth root, standardise samples by total, stress = 0.26, based on Bray Curtis similarity)

树皮结构差异是影响树干节肢动物群落分布的重要因素^[1], 不规则树皮碎片组成的不同粗糙程度的树干, 对不同物种来说可能形成不同的选择压力^[26]. Brown 在澳大利亚亚热带雨林的调查发现, 树皮粗糙度对啮虫目物种组成没有影响^[27]. Baehr 在桉属植物的研究认为步甲科昆虫与树皮结构和树干其他生物有密切的关系^[28]. Menzel 的研究发现, 粗糙的树干相较于光滑的树干有更高的生境异质性, 从而具有更高的生物多样性^[29]. 我们的研究结果显示虽然树皮粗糙度对节肢动物群落多样性无显著影响, 然而一些类群如弹尾目、蜘蛛目、半翅目同翅亚目、缨翅目、鳞翅目幼虫、脉翅目幼虫和石蛎目的密度在不同粗糙度树干之间有显著差异, 表现为中度粗糙树干显著高于高粗糙度树干. 这与 Majer 在桉属树种中发现光滑树皮比粗糙树皮拥有更多的节肢动物数量的结果相近^[30], 导致这一结果可能是因为树皮和其它物质通过调节藻类、细菌、真菌和苔藓的生长来促进或是抑制节肢动物的繁殖.

Erwin 推测树种和生活在其上的节肢动物可能有一个有较高的宿主特异性^[31], 但近年的研究

表明节肢动物与其所取食或栖息的植物间的种间特异性较低^[32-33], 显示出较低的宿主特异性水平. Brown 发现澳大利亚亚热带雨林不同树种上的啮虫目分布无明显差异^[27], 而 Majer 发现半翅目同翅亚目、双翅目和膜翅目在两种桉树间的多度有显著不同^[30]. 本研究中发现蜘蛛目、双翅目成虫、膜翅目、半翅目同翅亚目、缨翅目、石蛎目和蜚蠊目的数量在所查 6 种树种间有显著差异, 但树种对节肢动物群落整体数量水平无显著影响. 树干节肢动物群落可能只把树干作为生存的物理资源, 更多受到树干外面死树皮、附生植物、微生物以及其他动物的影响.

本研究从宏观层面初步研究了哀牢山中山湿性常绿阔叶林树干节肢动物群落结构(在目的水平), 同时探讨了海拔梯度、树种和树皮粗糙度对节肢动物群落的影响. 结果显示海拔差异(温度和湿度)对树干节肢动物的影响显著高于微环境差异(树种和树皮粗糙度), 可以预见在全球变化的背景下, 温度和降雨的变化会对树干节肢动物产生显著的影响. 虽然本研究得到了一些初步的研究结果, 但不能全面解释该地区影响树干节肢动物群落结构和功能的调控机制, 许多问题尚需进一步研究探讨, 包括: ① 在物种水平上探讨海拔、树种和树皮粗糙度对树干节肢动物的影响; ② 树干附生植物生物量和种类对树干节肢动物的影响; ③ 树干附生生态系统食物网结构和作用.

参考文献:

- [1] ELTON C S. The pattern of animal communities [M]. London: Methuen, 1966.
- [2] MOEED A, MEADS M J. Invertebrate fauna of four tree species in Orongorongo Valley, New Zealand, as revealed by trunk traps [J]. NZ J Ecol, 1983, 6: 39-53.
- [3] HANULA J L, FRANZREB K. Source, distribution and abundance of macroinvertebrates on the bark of longleaf pine: Potential prey of Red-cockaded Woodpecker [J]. For Ecol Manage, 1998, 102: 89-102.
- [4] BUCHS W. On the importance of tree trunks as a habitat of arthropods and other invertebrates [J]. Fuer Angewandte Zool, 1990, 77: 453-478.
- [5] SIMON U. Temporal species series of web-spiders (Arachnida: Aranea) as a result of pine tree bark structure [J]. Bull Société Sci Nat Neuchâtel, 1991, 116: 223-227.

- [6] GULLEN P J ,STRONG K L. Scale insects under eucalypt bark: a revision of the Australian genus *Phacelococcus* Miller (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) [J]. *Aust J Entomol* ,1997 ,36: 229-240.
- [7] DICKSON J G ,CONER R N ,FLEET R R ,et al. The role of insectivorous birds in forest ecosystems [M]. New York: Academic Press ,1979.
- [8] ANDRE H M. Associations between corticolous microarthropod communities and epiphytic cover on bark [J]. *Holarctic Ecology* ,1985 ,8: 113-119.
- [9] KITCHING R L ,LI D Q ,STORKE N E. Assessing biodiversity “sampling packages”: how similar are arthropod assemblages in different tropical rainforests? [J]. *Biodiversity Conservation* 2001 ,10: 793-813.
- [10] NATHAN J S ,CARSTEN R. The patterns and causes of elevational diversity gradients [J]. *Ecography* ,2012 ,35: 1-3.
- [11] FORDAM D A ,AKCAKAYA H R ,ARAUJO M B ,et al. Plant extinction risk under climate change: are forecast range shifts alone a good indicator of species vulnerability to global warming [J]. *Global Change Biology* 2012 18: 1 357-1 371.
- [12] OZANNE C M P ,ANHUF D ,BOULTER S L ,et al. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies [J]. *Science* 2003 ,301: 183 - 186.
- [13] CAHILL A E ,AIELLO-LAMMENS M E ,FISHER-REID M C ,et al. How does climate change cause extinction [J]. *Proc R Soc B* ,2013 ,280: 1 750. doi: 10. 1098/rspb. dzd. 1890.
- [14] DELUCIA E H ,NABITY P D ,ZAVALA J A ,et al. Climate change: resetting plant-insect interactions [J]. *Plant Physiology* 2012 ,160: 1 677-1 685.
- [15] 杨赵 杨效东. 哀牢山不同类型亚热带森林地表凋落物及土壤节肢动物群落特征 [J]. *应用生态学报* ,2011 22 (11) : 3 011-3 020.
- YANG Z ,YANG X D. Characteristics of floor litter and soil arthropod community in different types of subtropical forest in Ailao Mountain of Yunnan ,Southwest China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* 2011 ,22(11) : 3 011-3 020.
- [16] 中国科学院昆明分院生态研究室. 哀牢山生态系统调查 [M]. 昆明: 云南科学技术出版社 ,1983.
- Ecology Department of Kunming Branch ,Chinese Academy of Science. Ecosystem research in Ailao Mountains [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press , 1983.
- [17] 邱学忠 谢寿昌. 哀牢山森林生态系统研究 [M]. 昆明: 云南科学技术出版社 ,1998.
- QIU X Z ,XIE S C. Studies on the forest ecosystem in Ailao Mountains [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press ,1998.
- [18] ADAMS E M ,MORRISON M L. Effects of forest stand structure and composition on red-breasted nuthatches and brown creepers [J]. *Journal of Wildlife Management* ,1993 ,57: 616-629.
- [19] PROCTOR C H ,MONTGOMERY K M ,ROSEN K E , et al. Are tree trunks habitats or highways? A comparison of oribatid mite assemblages from hoop-pine bark and litter [J]. *Austral Entomology* 2002 ,4: 294-299.
- [20] 郑乐怡 归鸿. 昆虫分类 [M]. 南京: 南京师范大学出版社 ,1999.
- ZHENG L Y ,GUI H. Insect Identification [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Publication ,1999.
- [21] 尹文英 杨逢春 王振中. 中国亚热带土壤动物 [M]. 北京: 科学出版社 ,1992.
- YIN W Y ,YANG F C ,WANG Z Z. Subtropical soil animals of China [M]. Beijing: Science Press ,1992.
- [22] MALE T D ,ROBERTS G E. Host associations of the strangler fig *Ficus watkinsiana* in a subtropical Queensland rain forest [J]. *Austral Ecology* ,2005 ,30: 229-236.
- [23] de LIMA R F ,DALLIMER M ,ATKINSON P W ,et al. Biodiversity and land-use change: understanding the complex responses of an endemic-rich bird assemblage [J]. *Diversity and Distribution* 2013 ,19: 411-422.
- [24] LOMOLINO M V. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views [J]. *Global Ecology and Biogeography* 2001 ,10: 3-13.
- [25] 宋亮. 哀牢山湿性常绿阔叶林附生物对全球变化的响应 [D]. 昆明: 中国科学院西双版纳热带植物园 ,2012.
- SONG L. Responses of epiphytic materials to global changes in moist evergreen broad-leaved forests in Ailao Mountains [D]. Kunming: Xishuangbanna tropical botanical garden ,Chinese Academy of Science 2012.
- [26] LEVINS R. Evolution in Changing Environments [M]. Princeton: Princeton University Press ,1968.
- [27] BROWND A H. The effects of host tree species ,bark type and microepiphyte cover on the distribution and abundance of arthropod taxa and macroguilds on Tree trunks in a subtropical forest [D]. Brisbane: Griffith University ,1993.
- [28] STORK N E. The role of ground beetles in ecological and environmental studies [M]. Andover: Intercept

- Press, 1990.
- [29] MENZEL F, KITCHING R L, BOULTER S L. Host specificity or habitat structure. The epicortical beetle assemblages in an Australian subtropical rainforest [J]. *European Journal of Entomology* 2004, 101: 251-259.
- [30] MAJER J D, RECHER H F, GRAHAM R, et al. Trunk invertebrate faunas of Western Australian forests and woodlands: influence of tree species and season [J]. *Austral Ecology* 2003, 28: 629-641.
- [31] ERWIN T L. Tropical forests: their richness in coleoptera and other arthropod species [J]. *The Coleopterists Bulletin* 1982, 36: 74-75.
- [32] NOVOTNY V, MILLER SE, HULCR J, et al. Low beta diversity of herbivorous insects in tropical forests [J]. *Nature* 2007, 448: 692-695.
- [33] SCHEFFERS B R, JOPPA L N, PIMM S L, et al. What we know and don't know about Earth's missing biodiversity [J]. *Trends in Ecology & Evolution* 2012, 27: 501-510.

Comparison of corticolous arthropod communities from fouritudinal gradients in Ailao Mountains of Yunnan Southwest China

HUANG Shu-yin^{1,2}, Akihiro Nakamura¹, TANG Yong¹, YANG Xiao-dong¹

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

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

Abstract: The corticolous arthropods were investigated in a montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountains in central Yunnan in April (dry season), 2013. Arthropods were collected by bark spray at stratified sites at approximately elevation of 2 000, 2 200, 2 400 m and 2 600 m. The arthropods belonged to 30 groups (order) of 7 classes, including Collembola, Acari, Araneae, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Psocoptera, Homoptera and Thysanoptera, et al. The density of all corticolous arthropods increased by the increasing altitudes, while the density of different arthropods groups were changing significantly by different altitudes, but their distribution patterns were inconsistent. The assemblage composition of corticolous arthropods (based on Bray-Curtis similarity) was significantly different among elevational gradients. As a whole, assemblage-level analysis showed that there are no significant associations between the intensity and the tree species or bark roughness, while a few groups still show significant associations. The results showed that corticolous arthropods respond strongly to elevation variation (i. e. changes in temperature and moisture) but not micro-habitats variation such as tree species or bark roughness.

Key words: corticolous arthropods; elevation gradient; montane moist evergreen broad-leaved forest; assemblage composition.