

树冠节肢动物多样性研究进展

王义平 吴 鸿

(浙江林学院林业与生物技术学院)

摘要:树冠是动物栖息的理想场所之一。该文综述了树冠节肢动物的种群结构和物种多样性、树冠附生植物和树干皮等节肢动物区系,同时对日本红雪松、美国水青冈、北美黄杉和异叶铁杉等代表树种树冠的节肢动物种类组成进行报道。树冠分布的主要节肢动物有蜘蛛、昆虫和螨类,其中绝大多数为昆虫,其食性主要为植食性、腐食性、捕食性和寄生性。

关键词:树冠; 节肢动物; 昆虫; 生物多样性; 区系

中图分类号: S718.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-1522(2008)02-0143-04

WANG Yiping; WU Hong. Progress in research on diversity of canopy arthropods. *Journal of Beijing Forestry University* (2008) 30(2) 143-146 [Ch, 30 ref.] College of Forest and Biotechnology, Zhejiang Forestry University, Lin'an City, Zhejiang Province, 311300, P. R. China.

This paper reports the species diversity and population structure of canopy arthropods, arthropods fauna of canopy epiphyte and bark, etc. Moreover, it elucidates the species diversity of canopy arthropods distributing into *Cryptomeria japonica*, *Fagus grandifolia*, *Pseudotsuga menziesii* and *Tsuga heterophylla*, respectively. According to the results, there are mainly insect, acarids and spiders distributing on the canopy, and they are plant-eaters, parasitoids, predators and detritivores, etc.

Key words canopy; arthropods; insect; biodiversity; fauna

受攀爬树冠技术的限制,过去对树冠生物多样性未能引起足够的重视。近20年来,随着对树冠生态系统功能认识的深入和研究技术的改进与提高,有关树冠生物多样性、生物量及其生态学效应等,已成为国际上新兴研究领域——“树冠学”的研究热点^[1-5]。国外大量的研究结果表明,树冠适合于众多生物种类生存,特别是无脊椎节肢动物类群,主要是昆虫种类,其物种数量远比想象的更为丰富^[6-9]。如在哥伦比亚古森林内,科学家在树冠上发现300多种新的节肢动物,这些动物已经融入生态循环,与其他动植物生存息息相关^[10]。

树冠节肢动物是指那些生活在植物的顶端或森林树冠中的节肢动物。关于树冠节肢动物的种类、种群结构和群落动力学,及其在森林生态系统中所发挥的作用已有众多学者进行过研究,尤其在温带和热带森林区域研究较多^[10-15]。如Erwin^[6]在1991年对亚马逊河森林树冠昆虫区系的研究,其研究成果极大地促进了当时生物多样性的研究。他基于早

期甲虫种群数量,首次推测出动物种类在3 000万左右。

树冠节肢动物具有复杂的生物习性。这些节肢动物主要包括昆虫、蜘蛛和螨类,除了这些也有少量的其他动物,如蜈蚣(*Scolopendra* spp.)和马陆(*Julushortensis* spp.),以及其他少量软体动物^[16]。如在佛罗里达亚热带区域的腹足动物——旋线蜗牛(*Liguus* spp.)为树冠的常见种类^[17]。

由于树干极为高大,因此采集树冠动物相对较为困难。在温带森林人们先在地面铺一层防油布,再击打树枝或者震动树干,然后检取落到地面上的动物;最新方法是喷射杀虫剂烟雾,被称作“树冠喷雾”,主要用于热带和温带森林;也可利用汽艇或升降起重机等大型器械直接接近树冠进行采集^[17]。

1 树冠节肢动物的种群结构

树冠节肢动物的生物学极为复杂,这些动物依据其功能分为以下8种类型:① 咀嚼式植食性:鳞

收稿日期: 2006-12-14

http://www.bjfujournal.cn, http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目: 浙江省林业厅资助项目(05A07)。

第一作者: 王义平, 博士, 副教授。主要研究方向: 林木寄生蜂的分类与生物防治。电话: 0571-63732758 Email: wyp@zjfc.edu.cn 地址: 311300 浙江省临安市浙江林学院林业与生物技术学院。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

翅目(Lepidoptera)的大部分种类,膜翅目(Hymenoptera)的叶蜂(Tenthredinidae)和多种鞘翅目(Coleoptera)昆虫;②嚼吸植食性:鳞翅目的大部分种类和部分鞘翅目;③虫瘿动物:螨类、双翅目(Diptera)和膜翅目的瘿蜂(Cynipidae)等;④刺吸汁液植食性:主要为同翅目(Homoptera)昆虫;⑤取食附生植物中隐花植物的动物:主要为啮虫目(Pscoptera);⑥食碎屑者和食腐质者:类群多样,但主要为蟑螂(Blattaria)和啮虫目;⑦捕食性动物:主要为鞘翅目;⑧寄生性动物:双翅目和膜翅目;另外蚂蚁在树冠中也非常丰富,他们的生物学也不同寻常,他们利用树叶作为临时的栖息场所,由此Southwood称之为“旅行者”^[17-18]。其主要食性及其类群参见表1。

表1 俄勒冈州的北美黄杉和异叶铁杉树
冠节肢动物的生物量

TABLE 1 Biomass of canopy arthropods in a population of *Pseudotsuga menziesii* and *Tsuga heterophylla* in Oregon, USA

| 节肢动物群落 | 北美黄杉 年轻树种 | 北美黄杉 400年 以上树龄 | 异叶铁杉 400年 以上树龄 |
|------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| 取食叶片动物 | | | |
| 季球蚜属(<i>Gilletteella</i>) | 23 000.0 | 48.0 | 39.0 |
| 大蚜属(<i>Cinara</i>) | 100.0 | 0.4 | 0 |
| 蚧科(Coccidae) | 2.0 | 51.0 | 110.0 |
| 线小卷蛾属(<i>Zeiraphera</i>) | 0 | 2.8 | 0 |
| 其他 | 0 | 0.9 | 0.9 |
| 取食花和种子动物 | | | |
| 蓟马科(Thripidae) | 0 | 3.0 | 0.7 |
| <i>Kleodocerys</i> | 0 | 1.1 | 17.0 |
| 其他 | 0 | 0.4 | 0.9 |
| 捕食性动物 | | | |
| 弓背蚁属(<i>Camponotus</i>) | 2.0 | 0.7 | 0.2 |
| 寄生性的双翅目 | 0 | 0.2 | 0 |
| 寄生性的膜翅目 | 6.0 | 1.5 | 1.7 |
| 捕食性的膜翅目 | 4.0 | 2.4 | 0.2 |
| 捕食性脉翅目(Neuroptera) | 0 | 1.3 | 0.7 |
| 螨类 | 0 | 3.9 | 6.5 |
| 蜘蛛(Araneae) | 12.0 | 10.6 | 15.5 |
| 腐食性动物 | | | |
| 弹尾目(Collembola) | 0 | 0.7 | 0.2 |
| 啮虫目 | 0 | 0.6 | 17.0 |
| <i>Camisia caroli</i> (mite) | 0 | 7.8 | 19.0 |
| “旅行性”动物 | 4.0 | 0.6 | 0.7 |

表1为北美黄杉(*Pseudotsuga menziesii*)和异叶铁杉(*Tsuga heterophylla*)2树种不同树龄的节肢动物种群的生物量。在天然的针叶森林里,苔藓的丰富度较高,这样树冠会吸引更多的节肢动物,树枝具有苔藓的每个树枝昆虫的平均数量是无苔藓人工林的1.75倍和天然林的36.5倍^[19]。

2 树冠节肢动物的物种多样性

树冠节肢动物的种群具有非常高的丰富度,即

使在温带森林也是如此。因树种和所处地理分布区域的不同,其区系物种多样性也不同^[19]。

1) 阿拉伯松(*Pinus halepensis*)树冠区系:主要为蚜虫、啮虫和蜘蛛。不同类群的个体数量如下:蜘蛛类:1 639个;蚜虫(Aphidae):1 165个;多足类(Myriapods):5个;双翅目:280个;甲壳动物(Crustaceans):2个;膜翅目:509个;啮虫目:2 140个;鞘翅目:422个;弹尾目:321个;缨翅目(Thysanoptera):490个;同翅目:1 883个;其他类:157个。

2) 日本红雪松(*Cryptomeria japonica*)的树冠区系(如表2所示)^[20]:该针叶树类树冠节肢动物区系主要类群为弹尾目,其次为螨类。与其他树种比较,弹尾目和螨类较多。在物种丰富度、生物量和树体大小间呈现出线性对数的关系,捕食和寄生类少于植食和腐食类。

表2 日本红雪松树冠上的节肢动物生物量与丰富度

TABLE 2 Abundance and biomass of canopy arthropods from

| 类群 | 每棵树个体数量/个 | 生物量/g |
|----------------|-----------|--------|
| 植食和腐食类 | | |
| 螨类 | 3 302 | 37.55 |
| 倍足纲(Diplopoda) | 29 | 317.92 |
| 弹尾目 | 12 754 | 146.74 |
| 啮虫目 | 493 | 6.65 |
| 半翅目(Hemiptera) | 148 | 26.15 |
| 缨翅目 | 1 416 | 6.72 |
| 鳞翅目 | 61 | 70.51 |
| 双翅目 | 298 | 56.78 |
| 鞘翅目 | 28 | 50.78 |
| 膜翅目 | 4 | 0.37 |
| 其他类 | 9 | 14.18 |
| 总数 | 18 542 | 734.35 |
| 捕食和寄生类 | | |
| 螨类 | 1 113 | 2.21 |
| 蜘蛛 | 119 | 96.44 |
| 唇足纲(Chilopoda) | 2 | 2.20 |
| 盲蛛目(Opiliones) | 22 | 13.75 |
| 半翅目 | 0.3 | 4.61 |
| 鞘翅目 | 14 | 4.97 |
| 膜翅目 | 81 | 6.42 |
| 其他类 | 9 | 24.81 |
| 总数 | 1 360.3 | 155.41 |

3) 美国水青冈(*Fagus grandifolia*)树冠区系:应用多种采集技术对具有90年树龄的美国水青冈树冠区系进行研究,结果表明^[21],采集到66 000个无脊椎动物个体,其中70%为有翅亚纲(46 200个),20%为蜘蛛类(13 200个),剩余为环节动物门的寡毛纲动物、软体动物门的腹足纲动物、节肢动物门与昆虫纲邻近的动物,如蜈蚣、马陆、拟蝎类(Pseudoscorpiones)、蜘蛛类和蜱螨类(Acarina)(6 600个),由于采集技术原因这些数量可能被低估。有翅亚纲包含10目90科256种,它们分别为:鞘翅目的

33 000 个体, 其中仅象甲类占总数的 85%, 其中 2 种为优势种, 分别为寡食性的 *Rhynchaenus fagi*(象甲科 Curculionidae) 和多食性的 *Phyllobius argentatus*(象甲科), 大约 100 种少于 10 个体。鳞翅目: 6 100 个体和 34 种被采集, 其中大约 90% 的蛾类属于尺蛾科的 *Operophtera fagata* 和织蛾科的 *Chimabacche fagella*, 该 2 优势种共同分布于美国水青冈树。革翅目(Demaptera)的 3 300 个体 3 种被采集, 常见种 *Chelidurella acanthopygia* 占总数的 99%。大约 5% 的无脊椎动物为半翅目类群, 其中 5 种为优势种, 他们分别为: 蜻科(Pentatomidae)的 *Troilus luridus*, 盲蝽科(Miridae)的 *Psallus varians*, 花蝽科(Anthocoridae)的原花蝽 *Anthocoris nemorum* 和 *A. confusus*, 长蝽科(Lygaeidae)的 *Lygus pratensis*。同翅目的代表种为蚜科(Aphididae)的 *Phyllaphis fagi*。膜翅目的主要为茧蜂(Braconidae)、姬蜂(Ichneumonidae)和小蜂(Chalcididae), 其具体种类不明。不同采集方法所获取的昆虫个体数不同, 一般震动树干比光电和击打树枝能采集到更多个体。

3 树冠附生植物的动物区系

树冠附生植物具有丰富的物种组成、较高的生物量、独特的生理形态特征以及呈现为森林与大气相互作用的关键界面, 使得它们在生态系统物种多样性的形成及其维持机制、养分、水分循环和指示环境质量等方面具有重要的作用^[22]。树冠附生植物群落还能为生存于树冠的其他动物, 如鸟类、哺乳动物、两栖动物、爬行动物和昆虫等提供食物和栖息场所^[23]。由于世界各地森林类型多样和环境条件各异, 目前国际上有关附生植物的研究仍十分活跃, 建立了树冠附生植物研究网络, 研究不同类型森林中附生植物及其枯死残留物的动态及其群落特征、环境因子的数量关系, 探讨、交流和建立有效的标准测量方法和技术是该领域研究的主要内容^[24]。

水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)树冠寄生有苔藓、地衣和地钱等附生植物, 据推算, 平均每公顷树干就有 2 t 重的附生植物^[23]。大叶枫(*Liquidambar formosana*)树冠树干具有丰厚的苔藓附生植物, 其枝叶甚至比枫树本身还多。其中两种尺蛾优势种 *Atolmis rubricollis* 和 *Lithosia deplana*(尺蛾科 Geometridae)取食橡树 *Quercus*、冷杉 *Abies fabric* 和美国水青冈树等树冠附生植物; 而 *Miltochrista miniata*(苔蛾科 Lithosiidae)取食橡树上的苔藓 *Peltigera canina*; 石蝇 *Nemoura cinerea*(叉绩科 Nemouridae)也经常光顾 *Chelidurella acanthopygia*; 跳虫 *Entomobrya nivalis*(长角姚科 Entomobryidae)也取食藻类或苔藓, 但其绝大多数为啮虫昆虫, 他们的口器结构与其食

性具有密切关系^[25]。

落叶松上的啮虫目昆虫对食性和食物的偏爱性已经被研究, 生活在落叶松树枝上的物种主要为单细胞的联球(绿)藻属类 *Pleurococcus* 藻, 死的树枝富有地衣和苔藓 *Lecanora conizaeoides*, 一些啮虫喜食藻类, 而 *Elipsocus maclachlani*(美啮科 Philotarsidae)和 *Reuterella helvimaculata*(沼啮科 Elipsocidae)喜食地衣和苔藓^[18]。*Reuterella* spp. 类昆虫取食地衣和苔藓的整体, 而 *Elipsocus* spp. (美啮科)仅取食其中的某部分。这种取食行为的差别也许因为其食物营养化学组成的差别所致。

4 树干皮的动物区系

树干皮是森林生态系统中重要的组成部分。由于树皮结构差别较大, 具有特殊微小气候, 为节肢动物提供多样而微小的生境。树干皮作为从土壤到树冠, 或从树冠到地面的通道。在欧洲中部, 发现 57% 的蜘蛛仅分布于树干表皮。许多节肢动物在树干上交配、产卵、幼虫的生长发育和休眠或滞育^[26]。

由于树皮结构差异, 其内的微小气候也不同。如细而树皮光滑的美国水青冈树与粗而树皮粗糙的橡树, 二者之间的树皮内温度就存在很大差别, 在美国水青冈树皮的形成层的温度达 40℃, 而橡树树皮的形成层温度不超过 30℃。

树干皮的动物区系非常复杂, 具有各种各样的类群, 他们是树干微小附生植物的寄生者或取食者。他们的组成主要为蜘蛛、螨类、啮虫、部分甲虫和双翅目昆虫(见表 3)。在德国, 树皮区系包含众多甲螨, 他们的分布被微气候所支配, 其优势种为 *Carabodes labyrinthicus*(奇缝甲螨科 Carabodidae)。生活在树皮上的蜘蛛 *Drapetisca socialis* 是欧洲森林的重要捕食者之一^[27]。

树皮上半翅目昆虫较为稀少, 但猎蝽科的 *Empicoris vagabunda* 广泛分布于橡树和桦树树皮, *Loricula elegantula*(驼蝽科 Microphysidae)是美国水青冈树的优势种。鞘翅目的象鼻虫 *Strophosoma melanogramma*(象甲科 Curculionidae)将树皮作为其从土壤到树冠的通道。对于双翅目成虫 *Tachypeza nubila*(Empidae 舞虻科)分布于许多树种, 取食多个目的昆虫, 其幼虫生活在土壤中。另外, Dolichopodid 类动物 *Neurogona quadrifasciata* 也经常光顾树干皮, 并在树干皮的生境中扮演重要角色^[28]。

不同树种间物种数量与种类的差别已经在表 3 中表明。在亚热带和澳洲的干旱区域, 定居在树皮上的节肢动物包含许多物种, 而在雨林区域这种生境中诸如直翅目和鞘翅目却非常稀少或完全缺失^[29-30]。

表3 德国4种树干皮上常见节肢动物个体相对数量占其总数的百分数
TABLE 3 Ratio of individual numbers to the total number of common species of arthropods on trunks of four species of tree in Germany

| 美国水青冈树 | 橡树 | 榆树(<i>Ulmus pumila</i>) | 桦树(<i>Betula platyphylla</i>) | % |
|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| C. lab 88.1 | C. lab 63.6 | L. ror 36.9 | C. lab 62.8 | |
| T. nub 5.3 | E. pen 8.3 | C. lab 15.8 | D. soc 24.2 | |
| M. den 1.2 | L. ror 5.2 | M. exc 12.7 | L. fas 3.1 | |
| L. ele 1.2 | T. nub 3.7 | K. bic 6.8 | T. nub 2.9 | |
| D. soc 0.9 | C. cym 2.6 | M. jac 6.3 | C. sch 2.3 | |
| 总数 96.7 | 总数 83.5 | 总数 78.5 | 总数 95.3 | |

注:C. lab = *Carabodes labyrinthicus*(甲螨), C. cym = *Cymbomeriae cyma*(蜘蛛), C. sch = *Chamobates schuetzi*(甲螨), D. soc = *Drapetisca socialis*(蜘蛛), E. pen = *Entelecara penicillata*(蜘蛛), K. bic = *Kratochviliana bicapitata*(蜘蛛), L. ele = *Loricula elegantula*(半翅目), L. fas = *Loensia fasciata*(啮虫), L. ror = *Lycia rorida*(双翅目), M. den = *Medetera dendrobaena*(双翅目), M. exc = *Medetera excellens*(双翅目), M. jac = *Medetera jacula*(双翅目), T. nub = *Tachypeza nubila*(双翅目)。

5 结束语

树冠的节肢动物种类繁多,但绝大多数为昆虫类群,其生物习性复杂而特殊,这为从事生物多样性和生态学研究的学者们提供了新的空间和发展方向。然而我国在该领域的研究仍然处于空白区域,无论对于树冠动物的区系组成,还是关于其生态等方面的研究均无人问津,相信不久将来我国将涌现出众多学者参与到此领域的研究中。

致谢 感谢加拿大New Caledonia学院林学系倪树蹈赠送资料。

参 考 文 献

- [1] ANDREW F, CLAIRE M P, MARTIN R. Speight edge effects and tropical forest canopy invertebrates [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(2): 347-359.
- [2] BIRNBAUM P. Canopy surface topography in a French Guiana forest and the folded forest theory [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(1): 293-300.
- [3] STORK N E, ADIS J, DIDHAM R K. *Canopy arthropods* [M]. London: Chapman & Hall, 1997.
- [4] WAGNER T. Seasonal changes in the canopy arthropod fauna in *Rinorea beniensis* in Budongo forest, Uganda [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(1): 169-178.
- [5] WAGNER T, SCHULZ A. Influence of forest type and tree species on canopy ants (Hymenoptera: Formicidae) in Budongo forest, Uganda [J]. *Oecologia*, 2002, 133: 224-232.
- [6] ERWIN T L. How many species are there: Revisited [J]. *Biological Conservation*, 1991, 5: 330-333.
- [7] NADKARNI N M, SCHAEFER D A, MATELSON T J, et al. Biomass and nutrient pools of canopy and terrestrial components in a primary and a secondary montane cloud forest, Costa Rica [J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 198(3): 223-236.
- [8] YVES B. Invertebrates in the canopy of tropical rain forests: How much do we really know? [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(1): 87-107.
- [9] PARKER G, SMITH A P, HOGAN K P. Access to the upper canopy with a large tower crane [J]. *Bioscience*, 1992, 42(2): 664-671.
- [10] ERWIN T L. Tropical forests: Their richness in Coleoptera and other arthropod species [J]. *Coleopterists' Bulletin*, 1982, 36: 74-75.
- [11] ERWIN T L. Beetles and other arthropods of the tropical forest canopies at Manaus, Brasil, sampled with insecticidal fogging techniques [M]//SUTTON S L, WHITMORE T C, CHADWICK A G. *Tropical rainforests: Ecology and management*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications, 1983: 59-75.
- [12] KUUSINEN M. Cyanobacterial macrolichens on *Populus tremula* as indicators of forest continuity in Finland [J]. *Biological Conservation*, 1996, 75(3): 43-49.
- [13] BAKER G M, PINARD A M. Forest canopy research: Sampling problems, and some solutions [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(1): 23-38.
- [14] HOPKIN M. Biodiversity and climate form focus of forest canopy plant [J]. *Nature*, 2005, 436: 452.
- [15] PENNISI E. Sky-high experiments [J]. *Science*, 2005, 309: 1314-1315.
- [16] WILSON E O. Rainforest canopy, the high frontier [J]. *National Geographic*, 1991, 180(2): 78-107.
- [17] STORK N E, ADIS J, DIDHAM R. *Canopy arthropods* [M]. London: Chapman & Hall, 1997: 184-223.
- [18] LOWMAN M D. Leaf growth dynamics and herbivory in five species of Australian rain-forest canopy trees [J]. *Journal Ecology*, 1992, 80(4): 433-447.
- [19] PETTERSSON R B, BALL R B, RENHORN K E, et al. Invertebrate communities in boreal forest canopies as influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds [J]. *Biological Conservation*, 1995, 74(1): 57-63.
- [20] HIJII N. Density, biomass and guild structure of arboreal arthropods as related to their inhabited tree size in a *Cryptomeria japonica* plantation [J]. *Ecological Research*, 1986, 1: 97-118.
- [21] STORK N. The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rainforest trees [J]. *Journal Tropical Ecology*, 1991, 7: 161-180.
- [22] NADKARNI N M. Forest canopy plant diversity [J]. *Encyclopedia of Biodiversity*, 2001, 3: 27-40.
- [23] LOWMAN M D. Plant in the forest canopy: Some reflections on current research and future direction [J]. *Plant Ecology*, 2001, 153(1): 39-50.
- [24] NADKARNI N M, SOLANO R. Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: An experimental approach [J]. *Oecologia*, 2002, 131: 580-586.
- [25] NADKARNI N. Epiphyte biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest [J]. *Biotropica*, 1984, 16: 249-256.
- [26] NICOLAI V. Thermal properties and fauna on the bark of trees in two different African ecosystems [J]. *Ecologia*, 1989, 80(3): 421-430.
- [27] MITCHELL A. *The enchanted canopy-secrets from the rainforest roof* [M]. London: Williams Collins Publishers, 1986.
- [28] HALI F, PASCAL O. Biologie d'une canop e de forêt quatoriale (II) [C]//Rapport de mission Radeau des Cimes, Cameroun-Campo, Cameroun: Institut Botanique, 1992: 200.
- [29] LOWMAN M D. Herbivory in rain forest canopies is as intense as we thought? [J]. *Biotropica*, 1984, 16: 14-18.
- [30] LOWMAN M D. Spatial and temporal variability in herbivory of Australian rain forest canopies [J]. *Australian Journal Ecology*, 1985, 10(1): 7-14.

(责任编辑 董晓燕)