

DOI: 10.5846/stxb201408191643

任海庆, 陈建, 袁兴中, 刘杰. 海南天然林与橡胶林蜘蛛多样性比较. 生态学报, 2016, 36(6): - .

Ren H Q, Chen J, Yuan X Z, Liu J. Composition and diversity of spiders in the rubber plantation and natural forest of Hainan Island, China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(6): - .

海南天然林与橡胶林蜘蛛多样性比较

任海庆^{1,2,3}, 陈建¹, 袁兴中^{2,3}, 刘杰^{1,*}

1 湖北大学生命科学学院, 行为生态与进化中心, 生物资源绿色转化湖北省协同创新中心, 武汉 430062

2 重庆大学资源及环境科学学院, 重庆 400030

3 西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400030

摘要:为探索天然林和橡胶林蜘蛛多样性现状, 于 2010 年 8 月在海南黎母山自然保护区选取天然林和橡胶林, 采用扫网法、陷阱法和单位面积法收集蜘蛛标本, 分析两种林型之间蜘蛛组成、多样性和功能群差异, 并以蜘蛛科和数量分布为属性进行主成分分析 (PCA), 探讨林型中样方之间蜘蛛群落的相似性。共采集蜘蛛标本 3609 头, 用于统计分析的成蛛 969 头, 归属于 23 科, 162 种。天然林 20 科, 100 种, 优势类群为跳蛛科、球蛛科和园蛛科; 橡胶林 17 科, 87 种, 优势类群为肖蛸蛛科、狼蛛科和猫蛛科。从蜘蛛的数量分布看, 橡胶林蜘蛛个体密度显著高于天然林; 而天然林多样性指数和丰富度指数显著高于橡胶林。橡胶林中结圆网型和游猎型蜘蛛显著高于天然林, 结皿网型显著低于天然林, 伏击型不存在显著性差异。PCA 分析结果表明, 24 个样方趋于分成天然林和橡胶林 2 组, 并且天然林样方之间相似性极高, 而橡胶林样方之间相似性相对较低。以上结果表明: (1) 橡胶林替代天然林后蜘蛛群落结构发生变化, 多样性降低; (2) 增加生境结构的复杂性和减少人为干扰对保护和恢复物种多样性有重要意义。

关键词:海南省; 天然林; 橡胶林; 蜘蛛; 功能群

Composition and diversity of spiders in the rubber plantation and natural forest of Hainan Island, China

REN Haiqing^{1,2,3}, CHEN Jian¹, YUAN Xingzhong^{2,3}, LIU Jie^{1,*}

1 Hubei Collaborative Innovation Center for Green Transformation of Bio-Resources, Centre for Behavioural Ecology and Evolution, College of Life Sciences, Hubei University, Wuhan 430062, China

2 College of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China

3 Key Laboratory of Southwest Resource Exploitation and Environmental Disaster Controlling Engineering of Ministry of Education, Chongqing 400030, China

Abstract: The present study compares the community dynamics of spiders in the rubber plantation of Hainan Island to those of spiders in the island's natural forest. Hainan, which is the fifth largest rubber producer in the world, is the second largest island in China. It features a tropical climate, and is located in the South China Sea. Rubber plantations are commonly considered "Green Deserts", as the expansion of rubber plantations has caused a series of ecological problems, including habitat fragmentation, biodiversity loss, habitat loss, soil erosion, and climate change. Of the arthropods, spiders comprise a group known to measure changes in habitat structure, habitat type, wind, and temperature exposure, and play key ecological roles as predators. Spider assemblages, which are easily sampled, are useful indicators that can be used to compare the biodiversity of various environments and assess the effects of disturbances on diversity. Because spiders are generally found in forests in high abundance, they form a good model taxa for biodiversity studies. In addition, their

基金项目:国家自然科学基金(31172113, 31272268); 湖北省自然科学基金(2014CFB544); 湖北省教育厅青年基金(Q20141001)

收稿日期:2014-08-19; **网络出版日期:**2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jieliuhb@gmail.com

distributions and abundances are linked to the structural attributes of their habitat. They play key functional roles in ecosystems, and their abundance, richness, and community structure in tree canopies are associated with the complexity of the ecosystem's vegetative structure. To compare the composition and diversity of spiders in a natural forest and a rubber plantation, spider communities in 6 plots (three repetitions for each forest type) were investigated during four field trips in August 2010, using pitfall traps, direct searching, and sweep-netting. The similarity analysis of samples from the natural forest and rubber plantation was conducted via the principal component analysis (PCA) of spider families and numbers of individuals. A total of 3609 individual spiders were collected from the two forests, 969 of which were identifiable adults representing 23 families and 162 species. From samplings of the natural forest, 20 families and 100 species were identified, in which the most abundant families were Salticidae, Theridiidae, and Araneidae. From the rubber plantation samples, 17 families and 87 species were identified, in which the most abundant families were Tetragnathidae, Lycosidae, and Oxyopidae. The abundance of spiders in the rubber plantation is significantly higher than that in the natural forest, but the Shannon-Wiener (H'), Simpson index (D), Evenness (J), and Richness (D_{mg}) are significantly higher in the natural forest than in the rubber plantation. In the rubber plantation, the abundance of orb weavers and cursorial hunter-spiders is significantly higher than that in the natural forest, while no significant difference can be detected between sheet-line weaver spiders and ambush predator spiders in the two forests. The results of the PCA indicate that the natural forest and rubber plantation are highly differentiated, with the sampling plots in the natural forest having a much higher degree of similarity than those in the rubber plantation. These results suggest that (1) spider community structure varies and its diversity decreases when rubber plantations replace natural forest, (2) increasing the complexity of habitat structure and reducing anthropogenic disturbance is a meaningful way to conserve and restore biodiversity.

Key Words: Hainan Province; natural forest; rubber plantation; spider; functional groups

蜘蛛是陆地生态系统中最丰富的捕食性天敌,在维持农林生态系统稳定中的作用不容忽视^[1-7]。由于蜘蛛对包括生境结构^[8]、生境类型^[9]、风、湿度和温度^[2]等环境因子变化高度敏感,可以作为监测生境和生物多样性变化的指示类群,其物种组成和数量变化已成为环境监测的重要指标,能够很好地反映环境变化过程及其对生物多样性的影响^[10-12]。因此,蜘蛛也被广泛的用作环境对生物多样性影响的指示生物^[13-16]。

海南岛作为生物多样性研究热点区域,野生维管束植物约 3900 种,野生高等动物约 650 种^[17],森林昆虫约 6183 种^[18],其中一类保护动物 15 种,二类 87 种,国家二级保护植物 18 种,三级保护植物 37 种^[19]。同时,海南岛也是我国橡胶重要产地之一,随着橡胶林种植面积直线上升,海南省已成为橡胶林种植面积和干胶年产量分别居世界第四和第五位的区域^[20]。随着人们对天然橡胶需求量不断增加,我国橡胶种植面积达 104 万 hm^2 ^[21-22],导致天然林面积急剧下降,从而引发了包括生境破碎化、生物多样性降低^[23]、动物栖息地丧失^[24]、土壤侵蚀^[25]和气候变化^[26]等一系列生态问题。关于天然林和橡胶林与蜘蛛多样性关系的相关研究已有报道,如郑国等^[27]对西双版纳六种林型中地表蜘蛛的研究、郑国等^[28]对西双版纳主要林型冠层球蛛多样性比较研究,但尚无对海南天然林与橡胶林蜘蛛多样性方面的相关研究。

本文选取海南黎母山自然保护区天然林和其附近的橡胶林为研究地点,探讨天然林和橡胶林之间蜘蛛组成及多样性的差异,揭示橡胶林替代天然林后蜘蛛群落的变化,并讨论其原因。该研究提供天然林与橡胶林中蜘蛛多样性的基本信息,以完善海南岛生物多样性相关信息和为森林保护与监管提供参考。

1 研究样地与方法

1.1 研究地点

黎母山是我国珍稀的原始热带雨林保护区之一,位于北纬 $19^{\circ}07'$ — $19^{\circ}14'$,东经 $109^{\circ}39'$ — $109^{\circ}49'$;南北宽 9.7 km,东西长 15.5 km,面积 12889 hm^2 ,其主峰黎母岭海拔 1412 m,一般山峰海拔 600—1000 m,低山海拔

300—600 m。该保护区多为丘陵地形,间有小盆地和河谷。植被属于热带常绿季雨林,森林覆盖率为 90%。该区域属于热带季风气候,四季不明显,终年温暖湿润,雨量充沛。年均气温 22.5 ℃(1 月份最冷,月均温 16 ℃;7 月份最热,月均温 26 ℃),年均降雨量 2188 mm,年蒸发量 1391—1426 mm,相对湿度 87%—88%,年日照 1773.5—1918.3 h。林型介绍如下:

天然林具有较高的物种多样性,有草本、灌木、乔木和附生植物等形式。林中植被乔木层主要以陆均松(*Dacrydium pierrei*),棕榈(*Trachycarpus fortunei*)和椰树(*Cocos nucifera* L.)等为主,平均树冠高度为 30 m。地面层草本植物大部分为刺轴榈(*Licuala spinosa*)和竹幼苗(*bamboo* spp.)等。落叶层较厚。极少受人为干扰和砍伐。

橡胶林中的橡胶树(*Hevea brasiliensis*)平均树冠高度为 20—25 m,大约有 63%的平均冠盖。林下无超过 0.5 m 高度的植被,大部分面积为裸露地面,落叶层薄而稀疏,主要植被为荇草(*Herba Lophatheri*),淡竹叶(*Arthraxon hispidus*)。由于当地农民经常进入林中收集橡胶,因此橡胶林受较高的人为干扰。

1.2 样方设计和取样方法

在海南省黎母山选取两种林型,分别是天然林和橡胶林,每种林型各选取 3 个样地,样地之间距离>1000 m,每个样地中选取 4 个 4 m×4 m 的样方,样方间距离>27 m,每个样方内布置 4 个陷阱(共 96 个)。陷阱由 2 个口径为 7.2 cm、深 10.5 cm、容积为 300 mL 的塑料杯相嵌埋入地下,杯口与地面相平,每个陷阱上采用四角都有铁钉的正方形木板做棚。陷阱溶剂主要为 4% 的福尔马林加少量的甘油和洗衣粉水,具体配方为每 1000 mL 4% 的福尔马林液加 5 mL 甘油和几滴洗衣粉溶液^[29],每次倒入占陷阱容积大约 1/2 左右的陷阱溶液。根据郑国等研究结果^[27],表明雨季为热带雨林蜘蛛个体密度和丰富度最为丰富的季节,因此该调查研究选取 2010 年 8 月。陷阱法主要收集地面游猎型蜘蛛,每 7 天收集一次标本,并添加或更换陷阱溶液,时间分别为:2010 年 8 月 7、14、21、29 日。另外在同样的强度下,采用扫网法收集每个样方林下植被(高度<2 m)内的蜘蛛,每次扫网时间约 8 min。同时采用单位地表面积法采集地表蜘蛛,使用 4 块长 50 cm、宽 15 cm 的钢板,在每个样方内随机选取 4 个采集点(避免选择多石块或裸地等极端生境),确定采集点后迅速将 4 块钢板合拢,将锁定区域内的凋落物全部收集放在白布上搜检蜘蛛^[27]。扫网法和单位地表面积法采集每 7 天进行一次,采集时间分别为 2010 年 8 月 7、14、21、29 日,共 4 次采集。

成熟蜘蛛标本鉴定依据本所收藏的多种蜘蛛文献,包括《中国动物志》中蜘蛛目相关卷册,蜘蛛物种的学名依据 Platnick^[30],无法鉴定到种的标本,按形态种(morphospices)鉴定到属,进行种类计算和数量统计^[31-32]。幼体蛛也尽可能根据可识别特征鉴定到科或属,但不参与数据分析。

根据蜘蛛结网和捕食行为的特点,参考 Höfer 和 Brescovit^[33]和 Sørensen 等^[34]将黎母山天然林和橡胶林中的蜘蛛分为四种类型:结圆网型蜘蛛是园蛛科、络新妇科、合螯蛛科、肖蛸蛛科和球蛛科等;结皿网型蜘蛛为皿蛛科、幽灵蛛科、缕网蛛科、漏斗蛛科、类球蛛科、花皮蛛科和球蛛科等;游猎型蜘蛛为管巢蛛科、圆颚蛛科、猫蛛科、跳蛛科、平腹蛛科、光盔蛛科、狼蛛科、盗蛛科和拟平腹蛛科等;伏击型蜘蛛有栉足蛛科、卵形蛛科、逍遥蛛科、巨蟹蛛科和蟹蛛科等。

1.3 数据分析

物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 指数,计算公式分别为: $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$, $D = 1 - \sum (P_i)^2$, 其中, $P_i = n_i/N$, 为样品中属于第 i 种占群落中个体总数 N 的比例;物种均匀度指数采用 Pielou 均匀度指数,计算公式为: $J = H'/H'_{\max}$, 其中 $H'_{\max} = \ln S$, S 为群落中的物种数^[27];物种丰富度指数采用 Margalef 物种丰富度指数,计算公式为: $D_{mg} = (S-1)/\ln N$, 其中 S 为群落中物种数, N 为群落中个体总数^[35]。利用 Lilliefors 检验(Lilliefors's tests)检查所有数据是否符合正态分布并检测方差齐性,对符合正态分布和方差齐性的数据采用 t 检验分析天然林和橡胶林各个指标的差异性,对不符合正态分布和方差不齐的数据利用非参数统计的 Mann-Whitney U Test 检验来检测林型中各个指标的差异性。物种多样性分析主要包括每个样方中的蜘蛛个体密度、丰富度指数、均匀度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 指数。同时采用采样面

积与物种积累曲线比较天然林和橡胶林的差异。

以上数理统计分析采用软件 Statistica 6.0 完成。最后采用 CANOCO 4.5^[36] 软件对包括林型中所有成熟蜘蛛 23 科和 24 样方进行主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA), 分析样方之间的差异性。

2 结果

2.1 蜘蛛组成

经鉴定和数量统计,共采集蜘蛛标本 3609 头,其中成蛛 969 头,归属于 23 科,162 种。优势科为肖蛸蛛科、狼蛛科、跳蛛科,所占比例分别为 22.19%、19.40%、10.84% (表 1)。

在橡胶林中,共采集 17 个科,优势类群为肖蛸蛛科 (31.47%)、狼蛛科 (26.62%) 和猫蛛科 (10.88%); 常见类群为跳蛛科 (6.47%)、园蛛科 (5.44%)、球蛛科 (4.12%) 等 8 个科; 少见类群为皿蛛科 (0.59%)、花皮蛛科 (0.29%)、类球蛛科 (0.29%) 等 6 个科; 特有科有 3 个,分别为盗蛛科、络新妇蛛科和平腹蛛科。相对橡胶林,天然林中共采集 20 个科,优势类群为跳蛛科 (21.11%)、球蛛科 (18.69%) 和园蛛科 (15.92%); 常见类群为卵形蛛科 (6.57%)、光盔蛛科 (6.57%)、皿蛛科 (6.23%) 等 11 个科; 少见类群为猫蛛科 (0.69%)、圆颚蛛科 (0.69%)、类球蛛科 (0.69%) 等 6 个科; 特有科有 5 个,分别为漏斗蛛科、巨蟹蛛科、幽灵蛛科、栉足蛛科、螳螂蛛科。

表 1 橡胶林与天然林蜘蛛各科的个体数量及比例

Table 1 Individual number and proportion of spider families in all adults collected from the two forest types

科 Family	橡胶林 (百分比/%) Rubberplantation (percent / %)	天然林 (百分比/%) Natural forest (percent / %)	总计 Total	百分比 percent (%)
肖蛸蛛科 Tetragnathidae	214 (31.47)	1 (0.35)	215	22.19
狼蛛科 Lycosidae	181 (26.62)	7 (2.42)	188	19.40
跳蛛科 Salticidae	44 (6.47)	61 (21.11)	105	10.84
园蛛科 Araneidae	37 (5.44)	46 (15.92)	83	8.56
球蛛科 Theridiidae	28 (4.12)	54 (18.69)	82	8.46
猫蛛科 Oxyopidae	74 (10.88)	2 (0.69)	76	7.84
拟平腹蛛科 Zodariidae	29 (4.26)	6 (2.08)	35	3.61
光盔蛛科 Liocranidae	14 (2.06)	19 (6.57)	33	3.41
卵形蛛科 Oonopidae	12 (1.76)	19 (6.57)	31	3.20
皿蛛科 Linyphiidae	4 (0.59)	18 (6.23)	22	2.27
管巢蛛科 Clubionidae	11 (1.62)	20 (6.92)	31	3.20
蟹蛛科 Thomisidae	12 (1.76)	5 (1.73)	17	1.75
圆颚蛛科 Corinnidae	9 (1.32)	2 (0.69)	11	1.14
花皮蛛科 Scytodidae	2 (0.29)	7 (2.42)	9	0.93
漏斗蛛科 Agelenidae	0 (0)	7 (2.42)	7	0.72
巨蟹蛛科 Sparassidae	0 (0)	5 (1.73)	5	0.52
幽灵蛛科 Pholcidae	0 (0)	5 (1.73)	5	0.52
类球蛛科 Nesticidae	2 (0.29)	2 (0.69)	4	0.41
盗蛛科 Pisauridae	4 (0.58)	0 (0)	4	0.41
络新妇科 Nephilinae	2 (0.29)	0 (0)	2	0.21
栉足蛛科 Ctenidae	0 (0)	2 (0.69)	2	0.21
平腹蛛科 Gnaphosidae	1 (0.15)	0 (0)	1	0.10
螳螂蛛科 Ctenizidae	0 (0)	1 (0.35)	1	0.10
个体数量合计 Total individuals	680 (100)	289 (100)	969	100
科数量合计 Total number of families	17	20	23	

2.2 多样性分析

表 2 显示,几乎不受人干扰的天然林中物种数量(100 种)多于受人为干扰的橡胶林中物种数量(87 种);在密度方面,2 种林型之间有极显著差异($P < 0.01$),橡胶林个体密度显著高于天然林;丰富度指数显示天然林显著高于橡胶林($P = 0.02$);天然林蜘蛛均匀度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 指数高于橡胶林,并都存在极显著差异($P < 0.01$)。

表 2 天然林与橡胶林蜘蛛种类数、密度、Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 指数、均匀度指数和丰富度指数比较

Table 2 Number of spider species and mean ($\pm$ SE) density, Richness (D_{mg}), Evenness (J), Shannon-Wiener function (H') and Simpson index (D) of sampling plots in two habitats on Hainan Island

林型 Forest type	种数 Species	密度* Density*	丰富度指数 Richness (D_{mg})	均匀度指数 Evenness (J)	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener(H')	Simpson 指数 Simpson index (D)
天然林 Natural forest	100	24.08 $\pm$ 2.02	5.22 $\pm$ 0.26	0.96 $\pm$ 0.01	3.94 $\pm$ 0.11	0.92 $\pm$ 0.01
橡胶林 Rubberplantation	87	56.67 $\pm$ 4.74	4.41 $\pm$ 0.15	0.77 $\pm$ 0.03	3.24 $\pm$ 0.12	0.82 $\pm$ 0.02
F/M-W U	-	7	6.95	6	19.67	6
P	-	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00

*:样方面积为 16 m²; F 值: t 检验, t - test; M-W U 值: 曼-惠特尼 U 检验, Mann-Whitney U Test; P: 统计显著性水平, $P < 0.05$ 差异显著, $P < 0.01$ 差异极显著

采样面积与物种积累曲线表明(图 1):在植被群落结构最复杂、人为干扰程度最轻的天然林中蜘蛛种类数随着面积增加而增大($R^2 = 0.99, P < 0.01$),植被群落简单、受人为干扰的橡胶林中蜘蛛种类数也随着面积增加而增大($R^2 = 0.99, P < 0.01$),但天然林增加的速率高于橡胶林。另外,该曲线逐渐接近渐近线,说明如果继续增加取样,蜘蛛的种类数将达到最大值。

2.3 功能群分析

蜘蛛功能群的组成和数量在天然林与橡胶林之间表现出明显的差异。其中,橡胶林中结圆网型蜘蛛的个体数量显著高于天然林($Mann-Whitney U = 9.00, P < 0.01$);结皿网型蜘蛛的个体数量在天然林显著高于橡胶林($Mann-Whitney U = 23.50, P < 0.01$);游猎型蜘蛛在橡胶林的个体数量显著高于天然林($Mann-Whitney U = 1, P < 0.01$);而 2 种林型中伏击型蜘蛛的个体数量差异不显著($F = 0.49, P = 0.49$),但天然林略高于橡胶林(图 2)。

2.4 相似性分析

以蜘蛛的科数和数量为属性对 24 块研究样方进行 PCA 分析,结果(图 3)表明:天然林与橡胶林相似性极低,天然林中 12 个样方大多都趋于重合,说明相似性极高,而橡胶林 12 个样方在图中分布较散,各样方之间距离长短不一,说明相似性相对较低。

3 讨论

3.1 蜘蛛组成

比较天然林和橡胶林中蜘蛛组成,可以发现跳蛛科、球蛛科和园蛛科是天然林中数量占优势的科,说明这三个科的蜘蛛更喜欢生境复杂和人为干扰较少的环境。郑国等^[27]研究也指出球蛛科更喜欢栖息在复杂的生境中。在橡胶林中数量占优势的科分别为肖蛸蛛科、狼蛛科和猫蛛科,表明三个科能够适应相对开放、简单、

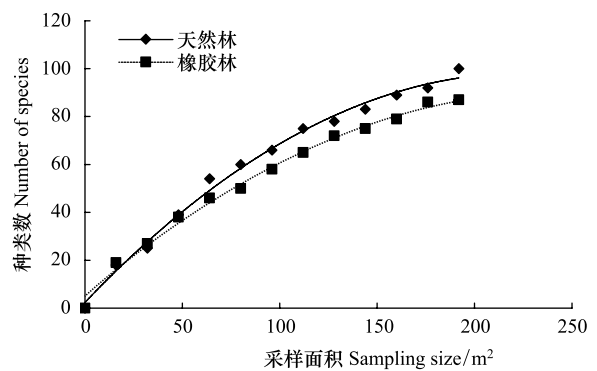


图 1 天然林和橡胶林采样面积与种类数累积曲线
Fig. 1 The species-accumulation curve of sampling area and species of number in natural forest and rubber plantation

人为干扰强的生境。橡胶林代替天然林后,由天然林中五个特有科减少为橡胶林中的三个特有科,说明天然林生境结构复杂、受人为干扰较少,适合更多蜘蛛栖息。

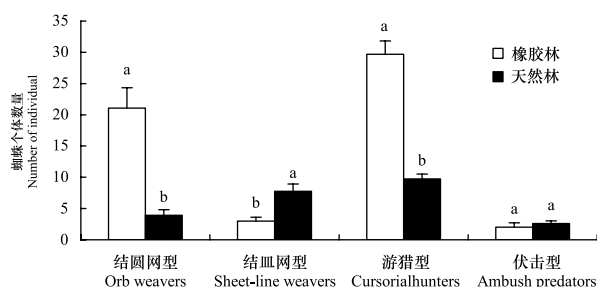


图2 天然林与橡胶林蜘蛛功能群数量比较

Fig. 2 Abundance (means $\pm$ SE) of various spider guilds in per sampling plot between habitats

同组数据上标字母中没有出现相同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

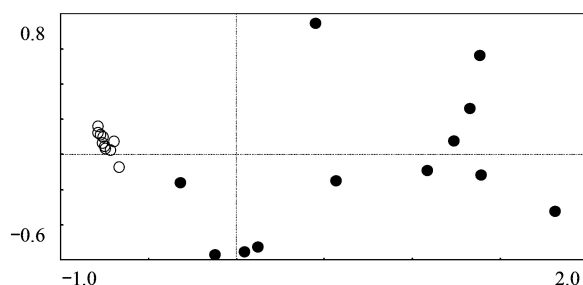


图3 23科蜘蛛与天然林和橡胶林样方(24个)关系的PCA二维排序图。实心点代表橡胶林,空心点代表天然林

Fig. 3 Ordination diagram of the first two axes of principal component analysis for 23 spider families and 24 samples in natural forest and rubber plantation. Solid points represent rubber plantation, and hollow points represent natural forest

3.2 橡胶林对蜘蛛多样性的影响

蜘蛛群落结构与栖息生境密切相关,当天然林被橡胶林替代后,对蜘蛛多样性有显著影响。天然林与橡胶林中蜘蛛多样性比较表明,天然林中蜘蛛多样性明显高于橡胶林,但密度相反。原因可能是橡胶林受到人为干扰,导致生境结构单一、冠层植物少而矮小,更适合抗干扰能力强的蜘蛛栖息。这一结果与郑国等^[27]对西双版纳地区六种林型地表蜘蛛多样性比较研究结果相似,他们指出在植被群落结构最复杂、人为干扰程度最轻的热带季节雨林蜘蛛多样性最高,而在植被群落结构最简单、人为干扰程度最重的橡胶林蜘蛛多样性最低。Pinkus-Rendón 等^[7]也认为,相对复杂的生境条件能够保持更高的蜘蛛多样性。但与其结果相反的研究有 Tsai 等^[37]2006 年曾报道在亚洲热带岛屿,对天然林、耕作林地、次生林和草地中蜘蛛多样性比较的研究,结果表明严重受干扰的耕作林地中蜘蛛多样性比其他生境高;Schmidt 等^[38]2008 年也报道在沼泽地中,轮流休耕生境为蜘蛛提供了更好的过冬环境,从而增加了此生境中蜘蛛多样性。

3.3 橡胶林对蜘蛛功能群影响

蜘蛛功能群比较结果显示在 2 种林型之间除了伏击型蜘蛛,其他有极显著性差异。结圆网型蜘蛛在天然林和橡胶林之间有显著性差异,可能原因是橡胶林林下植被都不高于 0.5 m,经常受到人为干扰,造就此类生境适合于结圆网型蜘蛛(如肖蛸蛛科)栖息,在天然林中,虽然有复杂的林下植被结构,但是结网型蜘蛛种间竞争栖息空间激烈,导致结圆网型蜘蛛数量少;结皿网型蜘蛛在橡胶林与天然林之间有显著性差异,由于橡胶林生境结构简单,不适于结皿网型蜘蛛栖息,导致橡胶林中结皿网型蜘蛛(如幽灵蛛科、球蛛科等)数量明显低于天然林;游猎型蜘蛛在林型之间差异显著,原因可能是橡胶林中地表大多裸露,落叶层薄而稀疏,适合于游猎型蜘蛛(如狼蛛科、拟平腹蛛科等)栖息捕食,Jocqué 和 Alderweireldt^[39]曾在 2006 年报道丰富度高的狼蛛科适合于生活在低植被开放性生境中;伏击性蜘蛛在橡胶林与天然林之间不存在显著性差异,但天然林微高于橡胶林,可能原因是天然林落叶层较厚,适合于伏击性蜘蛛躲避和捕食,但数量较少。

另外,采集方法也可能影响功能群比较结果,不同的采集方法主要采集不同类型蜘蛛,如陷阱法主要采集地表游猎型蜘蛛、地面穴居型蜘蛛和少数伏击性蜘蛛,搜索法主要采集落叶层结微网型蜘蛛和少数地表游猎型蜘蛛、地面穴居型蜘蛛,扫网法主要采集冠层蜘蛛和灌木层结网型蜘蛛等,再加上因为天然林冠层植被生境比橡胶林的好,枯枝落叶层结构比橡胶林复杂,从而影响其结果。与此结果相同的研究在 2007 年曾报道,喻国辉等^[40]对 2 种不同采样方法对麦田蜘蛛群落结构的比较研究,结果显示相同年份不同采样方法获得的蜘蛛群落组成不同。

3.4 群落结构

PCA 分析得出天然林与橡胶林样方相似性极低。有此结果主要可能原因是橡胶林代替天然林后,其生境发生重大变化,天然林生境具有植被群落结构复杂、林下幼苗冠层和草本植物种类丰富、枯枝落叶层生境好、人为干扰少,更利于各类型蜘蛛栖息;而橡胶林受到频繁的人为干扰、植被单一、太阳辐射强,更适于喜欢开放和耐人为干扰的蜘蛛生存。2002 年于晓东等^[41]对东灵山地区地表甲虫的研究,指出植被类型和人为干扰程度是决定该地区物种分布和数量组成的关键因素。天然林中样方之间相似性极高,而橡胶林极低,可能原因是天然林被当地保护,受到人为干扰较小,各样方生境极为相似,而橡胶林中,各样方受到人为除草、割胶等活动,造成各样方生境受到不同程度的干扰。因此,橡胶林代替天然林后严重破坏了天然林中的栖息生境,从而导致蜘蛛物种单一,多样性下降。

综上所述,天然林和橡胶林的生境结构特点和人为干扰程度都有所不同,从而导致蜘蛛多样性和功能群不同,因此,人们在追求经济利益的同时,更应该保护天然林,增加森林植被群落结构(如橡胶林),减少人为干扰,对保护蜘蛛多样性和天然林中其他稀有物种具有重要意义。

参考文献 (References):

- [1] Nyffeler M, Benz G. Spiders in natural pest control: a review. *Journal of Applied Entomology*, 1987, 103(1/5): 321-339.
- [2] Wise D H. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- [3] Nyffeler M. Ecological impact of spider predation: a critical assessment of Bristowe's and Turnbull's estimates. *Bulletin of the British Arachnological Society*, 2000, 11(9): 367-373.
- [4] Riechert S E, Lockley T. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 1984, 29(1): 299-320.
- [5] Riechert S E, Bishop L. Prey control by an assemblage of generalist predators: spiders in garden test systems. *Ecology*, 1990, 71(4): 1441-1450.
- [6] Nyffeler M, Sterling W L, Dean D A. Insectivorous activities of spiders in United States field crops. *Journal of Applied Entomology*, 1994, 118(1/5): 113-128.
- [7] Pinkus-Rendón M A, León-Cortés J L, Ibarra-Núñez G. Spider diversity in a tropical habitat gradient in Chiapas, Mexico. *Diversity and Distributions*, 2006, 12(1): 61-69.
- [8] Uetz G W. Habitat structure and spider foraging // Bell S S, McCoy E D, Mushinsky H R, eds. *Habitat Structure, The Physical Arrangement of Objects in Space*. London: Chapman & Hall, 1991: 325-348.
- [9] Rushton S P, Topping C J, Eyre M D. The habitat preferences of grassland spiders as identified using Detrended Correspondence Analysis (DECORANA). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 1987, 7(6): 165-170.
- [10] Bultman T L, Uetz G W. Abundance and community structure of forest floor spiders following litter manipulation. *Oecologia*, 1982, 55(1): 34-41.
- [11] Marc P, Canard A. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1997, 62(2/3): 229-235.
- [12] Huhta V. Soil macroarthropod communities in planted birch stands in comparison with natural forests in central Finland. *Applied Soil Ecology*, 2002, 20(3): 199-209.
- [13] Churchill T B. Spiders as ecological indicators in the Australian tropics: family distribution patterns along rainfall and grazing gradients // *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1997*. Cambridge: British Arachnological Society, 1998.
- [14] Griffin R E. Species richness and biogeography of non-acarine arachnids in Namibia. *Biodiversity and Conservation*, 1998, 7(4): 467-481.
- [15] Maelfait J P, Hendrickx F. Spiders as bio-indicators of anthropogenic stress in natural and semi-natural habitats in Flanders (Belgium): some recent developments // *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1997*. Cambridge: British Arachnological Society, 1998.
- [16] Marc P, Canard A, Ysnel F. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1999, 74(1/3): 229-273.
- [17] 张路, 欧阳志云, 肖燚, 徐卫华, 郑华, 江波. 海南岛生物多样性保护优先区评价与系统保护规划. *应用生态学报*, 2011, 22(8): 2105-2112.
- [18] 黄复生. 海南森林昆虫. 北京: 科学出版社, 2002.
- [19] 谢会斌. 海南岛生物多样性保护研究. *环境科学研究*, 1994, 7(3): 28-30.
- [20] 蒋菊生, 王如松. 橡胶林固定 CO₂ 和释放 O₂ 的服务功能及其价值估计. *生态学报*, 2002, 22(9): 1545-1551.

- [21] 刘锐金, 莫业勇. 橡胶产业现状与展望——2012 年中国橡胶年会综述. 热带农业科学, 2012, 32(6): 76-79.
- [22] 王纪坤, 兰国玉, 陈帮乾, 谢贵水. 海南橡胶林林下药用植物资源调查. 南方农业学报, 2013, 44(3): 391-396.
- [23] Zhu H, Xu Z F, Wang H, Li B G. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity change in Southern Yunnan. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13(7): 1355-1372.
- [24] 许再富. 亚洲象与竹/蕉分布隔离的生态效果及其保护对策探讨. 生态学杂志, 2004, 23(4): 131-134.
- [25] 张一平, 张克映, 马友鑫, 刘玉洪, 刘文杰. 西双版纳热带地区不同植被覆盖地域径流特征. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(4): 25-30.
- [26] 宫世贤, 凌升海. 西双版纳雾在减少. 气象, 1996, 22(11): 10-14.
- [27] 郑国, 杨效东, 李枢强. 西双版纳地区六种林型地表蜘蛛多样性比较研究. 昆虫学报, 2009, 52(8): 875-884.
- [28] 郑国, 祝文月, 李学军, 李雪, 何昌彤, 张春田. 西双版纳主要林型冠层球蛛多样性比较. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2013, 31(4): 442-446.
- [29] 刘杰, 陈建, 彭宇, 刘凤想. 陷阱法调查棉田蜘蛛的分布动态. 昆虫知识, 2006, 43(3): 300-304.
- [30] Platnick N I. The world spider catalog, version 12.5. The American Museum of Natural History, 2012. <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/COUNTS.html>.
- [31] Oliver I, Beattie A J. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology*, 1993, 7(3): 562-568.
- [32] Krell F T. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies-pitfalls and applicability of 'morphospecies' sorting. *Biodiversity Conservation*, 2004, 13(4): 795-812.
- [33] Höfer H, Brescovit A D. Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) from Reserva Ducke, Amazonas, Brazil. *Andrias*, 2001, 15: 99-119.
- [34] Sørensen L L. Stratification of the spider fauna in a Tanzanian forest // Basset Y, Novotny V, Miller S E, Kitching R L, eds. *Arthropods of Tropical Forests: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [35] Magurran A E. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London: Croom Helm, 1988.
- [36] ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 1986, 67(5): 1167-1179.
- [37] Tsai Z I, Huang P S, Tso I M. Habitat management by aboriginals promotes high spider diversity on an Asian tropical island. *Ecography*, 2006, 29(1): 84-94.
- [38] Schmidt M H, Rocker S, Hana W J, Gigon A. Rotational fallows as overwintering habitat for grassland arthropods: the case of spiders in fen meadows. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 17(12): 3003-3012.
- [39] Jocqué R, Alderweireldt M. Lycosidae: the grassland spiders. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2005, (1 suppl.): 125-130.
- [40] 喻国辉, 陈建, 陈文华, 陈燕红. 2 种不同采样方法对麦田蜘蛛群落结构的比较研究. 蛛形学报, 2007, 16(1): 21-26.
- [41] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 东灵山地区地表甲虫群落组成及季节变化. 昆虫学报, 2002, 45(6): 785-793.