

江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛多样性及其形成机制的研究

陈连水¹, 袁凤辉¹, 周谷春², 饶军¹

(1. 东华理工大学化学生物与材料科学学院, 南昌 330013;
2. 赣南师范大学生命科学学院, 江西赣州 341000)

摘要: 2013~2015年8月底至9月初(夏秋季)对江西靖安九岭山国家级自然保护区的大韩山庄(A)、宝峰寺(B)、岭子上(C)、井坑里(D)、保护区(E)和三爪仑(F)蜘蛛资源及区系分布进行调查,共采得蜘蛛标本4149份。经分类鉴定得知,它们分别隶属26科102属220种,其中有江西省新记录科1个,江西省新记录种20个,未确定种55个。蜘蛛群落组成分析表明,物种丰富度指数较高的依次为园蛛科、跳蛛科、球蛛科、狼蛛科、蟹蛛科、肖蛸科和盗蛛科等。蜘蛛物种多样性的比较分析表明,Marglef丰富度指数 M 大小依次为 $F>B>C>D>A>E$,Berger-Parker优势度指数 d 大小依次为 $E>D>C>B>A>F$,Smipson多样性指数 D 大小依次为 $E>D>B>A>C>F$,McIntosh均匀度指数 E 大小依次为 $A>E=D=B=C>F$ 。并对蜘蛛群落结构和捕食功能多样性进行了分析。蜘蛛群落相似度的聚类分析表明,样地间相似度为A-B-C=D-E-F。区域特色种多样性作用因子的统计分析表明,群落结构优势度、群落结构多样性、样地物种优势度、捕食功能优势度是江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛区域特色种多样性形成的主要影响因素,而且各指数变量间普遍相关。即地穴型、地表型、结网型和游猎型蜘蛛多样性分别受地面异质性(地形地貌)、地表植物碎屑盖度、植被垂直结构和植被水平结构的影响,而猎物的可用性和丰富度对蜘蛛的密度和多样性会产生影响。总之,因中亚热带森林植被多样、台地地质景观典型及来自东或北方向的鄱阳湖、修河水气条件充沛,致使该区各样点蜘蛛多样性间呈现较强的关联性,而山势高低、植被类型、水气条件及人为干扰程度的不一样,却分别主导着这些样地蜘蛛群落结构与捕食功能多样性的形成与交流,故江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛类型以区域特色种为主,伴有少量农林和人居区常见优势种类。

关键词: 动物学; 九岭山; 蜘蛛; 多样性; 群落结构; 捕食功能

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2021)03-0324-15

Studies on summer and autumn spiders' diversity and its formation mechanism in the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

CHEN Lianshui¹, YUAN Fenghui¹, ZHOU Guchun², RAO Jun¹

(1. College of Chemistry, Biology and Material Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, China;

2. College of Life Science, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: This survey on spider resources and distribution in summer and autumn (end of August to early September, 2013-2015) of the Dahan Villa (A), the Baofeng Temple (B), the Upper Ridge (C), the Inside of

Pit (D), the Nature Reserve (E) and the Sanzhualun Forest Park (F), all of which located in the Jiulingshan National Nature Reserve of Jingan county of Jiangxi province, had obtained 4 149 copies of spider specimens. It was discovered by classification and identification that they were attached to 26 families, 102 genera and 220 species, of which 1 family and 20 species were new records of Jiangxi province and 55 species were undetermined. A analysis of its spider community composition showed that the size of species richness of families was in turn Araneidae, Salticidae, Theridiidae, Lycosidae, Thomisidae, Tetragnathidae, Pisauridae, etc. A comparative analysis of spider species' diversity showed that the size order of the Marglef richness index M was $F > B > C > D > A > E$, the Berger-Parker dominance index d was $E > D > C > B > A > F$, the Simpson diversity index D was $E > D > B > A > C > F$, and the McIntosh evenness index E was $A > E = D = B = C > F$. Then the spider community structure and predation function diversity were analyzed. A cluster analysis of the similarity of its spider community showed that the similarity between these sampling areas was $A - B - C = D - E - F$. A statistical analysis on action factors of endemic species' diversity showed that the community structure dominance, the community structure diversity, the sampling areas' species dominance, and the predation function dominance were four main factors affecting summer and autumn spiders' diversity formation in those areas of the Jiulingshan National Nature Reserve of Jingan county of Jiangxi province, and there was a common relativity between these index variables. The diversities of spiders of crypt type, surface type, network type and vagabundae type were respectively affected by heterogeneity of ground surface (topography), plant debris cover, vegetation vertical structure and vegetation horizontal structure. Additionally, the availability and abundance of prey would have an impact on the density and diversity of spiders. In short, the diversiform middle tropical forest vegetation, a typical terrace mesa landscape and the abundant moisture in Poyang Lake and Xiuhe from their east or north resulted in the strong relevance in diversity of spiders in different sampling areas. Moreover, the difference in mountain level, vegetation type, water and gas conditions, and human disturbance degree between these sampling areas guided respectively the formation and exchange for spider community structure and predation function diversity. As a result, endemic spiders took an occupying proportion among all spider species in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jingan county of Jiangxi province, accompanied by a small amount of common dominant species in agricultural and residential areas as well.

Key words: zoology; the Jiulingshan; spider; diversity; community structure; predation function

0 引言

蜘蛛隶属节肢动物门 (Arthropoda) 蛛形纲 (Arachnida) 蜘蛛目 (Araneae), 具有分布广、种类多、数量大、捕食能力强、食量大、繁殖快、寿命长、居留较稳定等特点, 是农林生态系统中抑制害虫的主要捕食性天敌^[1-2]。据报道, 全世界有蜘蛛 128 科 4 180 属 48 735 种^[3], 我国有蜘蛛 69 科 734 属 4 228 种^[4], 江西省有蜘蛛 41 科 247 属 729 种^[5]; 有研究表明, 蜘蛛的地理分布格局有别于依据哺乳动物建立的世界动物地理区划^[6]。因为蜘蛛是植物与昆虫食物链或网中的重要节点^[7], 所以研究蜘蛛的多样性对于揭示农林生态系统结构的稳定性和能量与物质循环具有重要意义^[8]。另外, 蜘蛛具有很强的环境指示作用^[7], 可用于自然或人工生态系统稳定状况的评估^[9-10]及环境的监测^[11]。有报道称, 土壤中的蜘蛛还能参与土壤的修复^[12]。本文通过对江西九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛多样性及其形成机制进行研究, 旨在掌握该区夏秋季蜘蛛资源本底情况及区系分布特点, 了解其蜘蛛物种、群落结构与捕食功能多样性的发生规律及相互间的联动关系, 探明其区域特色种多样性形成的方式与原因, 最终为该区生物多样性的保护与利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江西靖安九岭山国家级自然保护区地处鄱阳湖平原与洞庭湖平原之间呈东北—西南走向的最大山脉——九岭山脉的东段腹地，是一个相对独立的山体；区内山峰错落，溪流遍布，最低海拔 81.5 m，最高海拔 1 333.2 m。保护区位于江西省靖安县境内，地处长江中下游，是中亚热带许多动植物种类的栖身之地。其地理坐标为 E115°03'25"~E115°24'23"，N28°49'06"~N29°03'19"，总面积为 11 541 hm²。保护区属褶皱断块山，主要由花岗岩和变质岩构成；以中亚热带低海拔区域的典型原生性常绿阔叶林、丘陵河流湿地生态系统和珍稀野生动植物为主要保护对象，属森林生态系统类型自然保护区。保护区森林覆盖率高达 97.8%，保存了完整的低海拔中亚热带常绿阔叶林生态系统，既是中国罗霄山脉北段，也是具有全球意义的常绿阔叶林的典型代表。该自然保护区位于被世界自然基金会（World Wide Fund for Nature/World Wildlife Fund, WWF）确定的“全球 200 佳”的生物多样性保护关键区域^[13]。采样地的具体情况如表 1 所示。

表 1 江西靖安九岭山国家级自然保护区 6 个采样地情况

Tab. 1 Situation of 6 sampling areas in the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

采样地	海拔高度/m	地理位置	景观类型	森林生态类型
大韩山庄 (A)	150	E115°40'2'605" N29°00'6'367"	山岳型生态休闲区 (自然保护区缓冲区)	中亚热带常绿混交林
宝峰寺 (B)	130	E115°410'705" N29°004'042"	佛教风景名胜 (自然保护区实验区)	中亚热带毛竹混交林
岭子上 (C)	850	E115°428'901" N28°999'012"	山岳型自然村落景观 (自然保护区缓冲区)	中亚热带针阔混交林
井坑里 (D)	110	E115°340'495" N29°003'666"	山岳型自然村落景观 (自然保护区实验区)	中亚热带灌丛草甸
保护区 (E)	620	E115°254'235" N29°023'182"	山岳型自然保护区 (自然保护区核心区)	中亚热带常绿阔叶林
三爪仑 (F)	340	E115°142'999" N28°973'335"	山岳型森林公园 (自然保护区核心区)	中亚热带湿地与混交林

1.2 研究方法

1.2.1 野外研究方法

通过在 2013~2015 年 8 月底至 9 月初夏秋季相同时段的野外调查、标本采集（定点和随机法、诱捕和人工法相结合）、75%乙醇溶液浸泡保存，从江西靖安九岭山国家级自然保护区内的大韩山庄 (A)、宝峰寺 (B)、岭子上 (C)、井坑里 (D)、保护区 (E) 和三爪仑 (F) 6 个不同样地的针叶林、针阔混交林、落叶林、常绿混交林、常绿阔叶林、毛竹林及灌丛草甸等生态类型中获取土壤、地表、树表、岩表、水表等样本，经分离提取，共获得蜘蛛标本 4 149 份。标本采集的具体情况如表 2 所示。

1.2.2 室内研究方法

依据相关文献^[4, 14-17]，在连续变倍体视镜下对蜘蛛眼、纺器、外雌器或触肢器等形态进行识别分类，物种鉴定到种，将雌雄性成蛛（性腺完全成熟）、雌雄性亚成蛛（未完全成熟但性器外观可辨识）和若蛛（形态或出处可辨识）分开计数，在本文分析过程中全部统计。具体如表 2 所示。

1.2.3 数据处理与分析方法

1) 多样性指数：多样性指数是一种反映群落中物种丰富度和个体均匀分布程度的指标，其中， α 多

多样性指数主要是指 Marglef 丰富度指数 M , Simpson 多样性指数 D , Berger-Parker 优势度指数 d , Shannon-Wiener 优势度指数 H' 及 McIntosh 均匀度指数 E , 各指数计算公式: $M = (S-1) / \ln N$, 其中, S 为物种数目, N 为所有物种的个体数之和; $D = 1 - \sum P_i^2$, 其中, $P_i = n_i / N$, n_i 为第 i 种的个体数; $H' = -\sum P_i \ln P_i$; $E = N - \sqrt{\sum n_i^2} / N - N / \sqrt{S}$ [18~19].

表 2 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛标本采集情况

Tab. 2 Collection of spider specimens in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

采样地	雌雄性比	雌性成熟率/%	雄性成熟率/%	个体成熟率/%	个体发育率/%
大韩山庄 (A)	3.30:1	90.11	94.20	86.68	99.64
宝峰寺 (B)	3.82:1	85.85	100.00	83.59	93.75
岭子上 (C)	4.36:1	91.82	96.67	90.87	98.25
井坑里 (D)	9.61:1	94.62	95.83	93.67	98.89
保护区 (E)	4.21:1	93.54	94.15	87.65	93.34
三爪仑 (F)	5.27:1	96.54	100.00	96.97	100.00
年均值					
2013 年	5.33:1	93.44	91.35	89.13	97.88
2014 年	6.79:1	87.40	99.07	86.54	97.18
2015 年	3.18:1	95.42	100.00	94.06	96.88
总均值	5.10:1	92.09	96.81	89.91	97.31

2) 聚类分析: 聚类分析是从一批样本中的多个观测指标中找出能度量样本之间相似程度的统计数, 构成一个相似矩阵, 再计算出样本之间的相似程度或距离, 按其疏密关系归类, 形成一个样本亲疏关系谱系图, 直观地显示分类对象的差异和联系。本研究采用最短距离法^[20]。Bray-Curtis 距离系数的计算公式:

$$B_{(jk)} = \frac{\sum_{i=1}^{\gamma} |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^{\gamma} |x_{ij} + x_{ik}|}, \text{ 其中, } j, k \text{ 为不同的样方; } i \text{ 为种的数量。}$$

3) 主成分分析: 主成分分析也称主分量分析, 旨在利用降维的思想, 将多指标转化为少数几个综合指标 (即主成分), 其中每个主成分均能够反映原始变量的大部分信息, 且所含信息互不重复^[21]。

4) 相关性分析: 相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析, 从而衡量两个变量因素的相关密切程度。相关的元素之间需要存在一定的联系或者概率才可以进行相关性分析^[21]。

本研究涉及的多样性指数的测定和群落间的聚类分析采用 BioDiversity Pro. 软件进行数据处理与分析, 而涉及的将各种多样性指数作为变量进行的主成分分析、相关性分析及区域特色种间的聚类分析则采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 蜘蛛资源名录及时空区系分布

经鉴定, 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季共有蜘蛛 26 科 102 属 220 种, 其中有 1 个江西新记录科、20 个江西新记录种、55 个未确定种。具体蜘蛛资源名录如表 3 所示。

2.2 蜘蛛群落组成分析

将江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落结构成分列于表 4。由表 4 可知, 保护区中物种丰富度指数最高的是园蛛科 (Araneidae), 随后依次是跳蛛科 (Salticidae)、球蛛科 (Theridiidae) 等; 蜘蛛群落中, 属数较多的依次为跳蛛科 (Salticidae)、园蛛科 (Araneidae) 和球蛛科 (Theridiidae) 等, 种类数较多的依次为园蛛科 (Araneidae)、跳蛛科 (Salticidae) 和球蛛科 (Theridiidae) 等; 个体数较多

的依次为园蛛科 (Araneidae)、球蛛科 (Theridiidae) 和肖蛸科 (Tetragnathidae) 等。

表3 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛资源名录

Tab. 3 Listing of spider resources in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

科/种名	科/种名	科/种名
一、大疣蛛科 (Macrothelidae)	九岭拟肥腹蛛① (<i>Parasteatoda</i> sp. ①) ★	九岭园蛛 (<i>Araneus</i> sp.) ★
触形大疣蛛 (<i>Macrothele palpato</i>)	九岭拟肥腹蛛② (<i>Parasteatoda</i> sp. ②) ★	悦目金蛛 (<i>Argiope amoena</i>)
二、卵形蛛科 (Oonopidae)	温室拟肥腹蛛 (<i>Parasteatoda tepidariorum</i>)	伯氏金蛛 (<i>Argiope boesenbergi</i>)
九岭弱斑蛛 (<i>Ischnothyreus</i> sp.) ★	横窝拟球腹蛛 (<i>Parasteatoda transipora</i>)	横纹金蛛 (<i>Argiope bruennichi</i>)
九岭巨膝蛛 (<i>Opopaea</i> sp.) ★	中华菲柯蛛 (<i>Phycosoma sinica</i>)	小悦目金蛛 (<i>Argiope minuta</i>)
三、拟壁钱科 (Oecobiidae)	九岭菲柯蛛① (<i>Phycosoma</i> sp. ①) ★	目金蛛 (<i>Argiope ocula</i>)
华南壁钱 (<i>Uroctea compactilis</i>)	九岭菲柯蛛② (<i>Phycosoma</i> sp. ②) ★	孔金蛛 (<i>Argiope perforata</i>)
四、妩蛛科 (Uloboridae)	唇剑腹蛛 (<i>Rhomphaea labiata</i>)	类丽金蛛 (<i>Argiope pulchelloides</i>)
近亲扇妩蛛 (<i>Hgptiotes affinis</i>)	白斑肥腹蛛 (<i>Steatoda albomaculata</i>) ▲	九岭金蛛 (<i>Argiope</i> sp.) ★
松扇妩蛛 (<i>Hyptiotes paradoxus</i>)	九岭肥腹蛛 (<i>Steatoda</i> sp.) ★	银斑艾蛛 (<i>Cyclosa argentata</i>)
白斑涡蛛 (<i>Octonoba albicola</i>) ▲	九岭球蛛 (<i>Theridion</i> sp.) ★	银背艾蛛 (<i>Cyclosa argenteoalba</i>)
变异涡蛛 (<i>Octonoba varians</i>)	咸丰球蛛 (<i>Theridion xianfengense</i>)	双尾艾蛛 (<i>Cyclosa bicauda</i>) ▲
草间妩蛛 (<i>Uloborus nasuta</i>)	七、皿蛛科 (Linyphiidae)	浊斑艾蛛 (<i>Cyclosa confusa</i>)
五、类球蛛科 (Nesticidae)	卡氏盖蛛 (<i>Neriere cavaleriei</i>)	长腹艾蛛 (<i>Cyclosa ginnaga</i>)
齿小类球蛛 (<i>Nesticella odonta</i>)	醒目盖蛛 (<i>Neriere emphana</i>)	牯岭艾蛛 (<i>Cyclosa gulinensis</i>)
六、球蛛科 (Theridiidae)	长肢盖蛛 (<i>Neriere longipedella</i>)	山地艾蛛 (<i>Cyclosa monticola</i>)
雪银斑蛛 (<i>Argyrodes argentatus</i>)	华丽盖蛛 (<i>Neriere nitens</i>)	长脸艾蛛 (<i>Cyclosa omonaga</i>)
白银斑蛛 (<i>Argyrodes bonadea</i>)	大井盖蛛 (<i>Neriere oidedicata</i>)	六突艾蛛 (<i>Cyclosa oculata</i>)
筒腹银斑蛛 (<i>Argyrodes cylindratus</i>) ▲	花腹盖蛛 (<i>Neriere radiate</i>)	四突艾蛛 (<i>Cyclosa sedeculata</i>)
裂额银斑蛛 (<i>Argyrodes fissifrons</i>)	八、肖蛸科 (Tetragnathidae)	裂尾艾蛛 (<i>Cyclosa senticauda</i>)
唇银斑蛛 (<i>Argyrodes labiata</i>)	九岭双胜蛛 (<i>Diphya</i> sp.) ★	九岭艾蛛① (<i>Cyclosa</i> sp. ①) ★
九岭银斑蛛 (<i>Argyrodes</i> sp.) ★	肩斑银鳞蛛 (<i>Leucauge blanda</i>)	九岭艾蛛② (<i>Cyclosa</i> sp. ②) ★
蚓腹阿里蛛 (<i>Ariamnes cylindrogaster</i>)	西里银鳞蛛 (<i>Leucauge celebesiana</i>)	鸟曲腹蛛 (<i>Cyrtarachne bufo</i>)
黑丽蛛 (<i>Chryssso nigra</i>)	尖尾银鳞蛛 (<i>Leucauge dcaudicula</i>)	对称曲腹蛛 (<i>Cyrtarachne inaequalis</i>)
尖尾丽蛛 (<i>Chryssso oxycera</i>) ▲	大银鳞蛛 (<i>Leucauge magnifica</i>)	长崎曲腹蛛 (<i>Cyrtarachne nagasakiensis</i>)
金色丽蛛 (<i>Chryssso scintillans</i>)	九岭银鳞蛛 (<i>Leucauge</i> sp.) ★	汤原曲腹蛛 (<i>Cyrtarachne yunoharuensis</i>)
九岭丽蛛① (<i>Chryssso</i> sp. ①) ★	尹氏冲绳蛛 (<i>Okileucauge yinae</i>) ▲	摩迪加云斑蛛 (<i>Cyrtophora moluccensis</i>)
九岭丽蛛② (<i>Chryssso</i> sp. ②) ★	锥腹肖蛸 (<i>Tetragnatha maxillosa</i>)	九岭基刺蛛 (<i>Eriophora</i> sp.) ★
三斑丽蛛 (<i>Chryssso trimaculata</i>)	前齿肖蛸 (<i>Tetragnatha praedonia</i>)	卡氏毛园蛛 (<i>Eriovixia cavaleriei</i>)
风雅丽蛛 (<i>Chryssso venusta</i>)	鳞纹肖蛸 (<i>Tetragnatha squamata</i>)	大兜肥蛛 (<i>Larinia macrohoda</i>) ▲
塔圆腹蛛 (<i>Dipoena turriceps</i>) ▲	九岭隆背蛛 (<i>Tylorida</i> sp.) ★	黄金拟肥蛛 (<i>Lariniaria argiopiformis</i>)
旋转后丘蛛 (<i>Dipoenura cycloides</i>) ▲	条纹隆背蛛 (<i>Tylorida striata</i>)	草芒果蛛 (<i>Mangora herbeoides</i>)
云斑丘腹蛛 (<i>Episimus nubilus</i>)	九、园蛛科 (Araneidae)	松阳芒果蛛 (<i>Mangora songyangensis</i>)
九岭美蒂蛛 (<i>Meotipa</i> sp.) ★	褐吊叶蛛 (<i>Acusilas coccineus</i>)	裂纹新园蛛 (<i>Neoscona chasisa</i>) ▲
四泡美蒂蛛 (<i>Meotipa vesiculosa</i>)	轮基园蛛 (<i>Araneus circumbasilaris</i>)	梅氏新园蛛 (<i>Neoscona melloteei</i>)
亚洲拟球腹蛛 (<i>Parasteatoda asiatica</i>)	大庸园蛛 (<i>Araneus dayongensis</i>)	嗜水新园蛛 (<i>Neoscona nautica</i>)
钟巢拟肥腹蛛 (<i>Parasteatoda campanulata</i>)	黄斑园蛛 (<i>Araneus ejusmodi</i>)	拟嗜水新园蛛 (<i>Neoscona pseudonautica</i>)
日本拟肥腹蛛 (<i>Parasteatoda japonica</i>)	米泉园蛛 (<i>Araneus miqanensis</i>)	类青新园蛛 (<i>Neoscona scylloides</i>)
尖斑拟球腹蛛 (<i>Parasteatoda oxymaculata</i>)	黑斑园蛛 (<i>Araneus mitificus</i>)	茶色新园蛛 (<i>Neoscona theisi</i>)
宋氏拟肥腹蛛 (<i>Parasteatoda songi</i>)	五纹园蛛 (<i>Araneus pentagrammicus</i>)	棒络新妇 (<i>Nephila clavata</i>)

续表

科/种名	科/种名	科/种名
山地亮腹蛛 (<i>Singa alpigena</i>)	十四、栉足蛛科 (Ctenidae)	九岭峭腹蛛 (<i>Tmarus</i> sp.) ★
叶斑八氏蛛 (<i>Yaginumia sia</i>)	田野安蛛 (<i>Anahita fauna</i>)	波纹花蟹蛛 (<i>Xysticus croceus</i>)
十、狼蛛科 (Lycosidae)	九岭安蛛 (<i>Anahita</i> sp.) ★	鞍形花蟹蛛 (<i>Xysticus ephippiatus</i>)
九岭舞蛛 (<i>Alopecosa</i> sp.) ★	十五、漏斗蛛科 (Agelenidae)	千岛花蟹蛛 (<i>Xysticus kurilensis</i>)
印熊蛛 (<i>Arctosa idicus</i>) ▲	迷宫漏斗蛛 (<i>Agelena labyrinthica</i>)	九岭花蟹蛛 (<i>Xysticus</i> sp.) ★
锯熊蛛 (<i>Arctosa serrulata</i>)	缘漏斗蛛 (<i>Agelena limbata</i>)	二十六、跳蛛科 (Salticidae)
九岭熊蛛 (<i>Arctosa</i> sp.) ★	森林漏斗蛛 (<i>Agelena silvatica</i>)	三点暗跳蛛 (<i>Asemonea trispila</i>) ▲
猴马蛛 (<i>Hippasa holmerae</i>)	类缘漏斗蛛 (<i>Agelena</i> sp.) ★	九岭布氏蛛 (<i>Bristowia</i> sp.) ★
九岭穴狼蛛 (<i>Hogna</i> sp.) ★	机敏异漏斗蛛 (<i>Allagelena difficilis</i>)	裂菱头蛛 (<i>Bianor incitatus</i>) ▲
黑腹狼蛛 (<i>Lycosa coelestis</i>)	十六、栅纺蛛科 (Hahnidae)	长触螯跳蛛 (<i>Cheliceroides longipalpis</i>) ▲
九岭狼蛛① (<i>Lycosa</i> sp. ①) ★	卵形栅蛛 (<i>Hahnia ovata</i>) ▲	胫节华蛛 (<i>Chinattus tibialis</i>)
九岭狼蛛② (<i>Lycosa</i> sp. ②) ★	九岭栅蛛 (<i>Hahnia</i> sp.) ★	九岭追蛛 (<i>Dendryphantus</i> sp.) ★
沟渠豹蛛 (<i>Pardosa laura</i>)	十七、米图蛛科 (Miturgidae)	白斑猎蛛 (<i>Evarcha albaria</i>)
小雾豹蛛 (<i>Pardosa mionebulosa</i>)	草栖毛丛蛛 (<i>Itatsina praticola</i>)	鳞状猎蛛 (<i>Evarcha bulbosa</i>) ▲
拟环纹豹蛛 (<i>Pardosa pseudoannulata</i>)	十八、优列蛛科 (Eutichuridae)	毛首猎蛛 (<i>Evarcha hirticeps</i>)
九岭豹蛛① (<i>Pardosa</i> sp. ①) ★	九岭红螯蛛 (<i>Cheiracanthium</i> sp.) ★	湖南猎蛛 (<i>Evarcha hunanensis</i>)
九岭豹蛛② (<i>Pardosa</i> sp. ②) ★	十九、管巢蛛科 (Clubionidae)	鳃蛤莫蛛 (<i>Harmochirus brachiatus</i>)
小齿水狼蛛 (<i>Pirata denticulata</i>)	褶管巢蛛 (<i>Clubiona corrugata</i>)	九岭闪蛛 (<i>Heliophanus</i> sp.) ★
南方水狼蛛 (<i>Pirata meridionalis</i>)	斑管巢蛛 (<i>Clubiona deletrix</i>)	九岭扁蝇虎 (<i>Menemerus</i> sp.) ★
拟水狼蛛 (<i>Pirata subpiraticus</i>)	九岭管巢蛛 (<i>Clubiona</i> sp.) ★	美丽蚁蛛 (<i>Myrmarachne formosana</i>)
细毛小水狼蛛 (<i>Piratula tenuisetacea</i>)	二十、圆颚蛛科 (Corinnidae)	吉蚁蛛 (<i>Myrmarachne gisti</i>)
九岭獾蛛 (<i>Trochosa</i> sp.) ★	黄斑纯蛛 (<i>Castianeira flavimaculata</i>)	球蚁蛛 (<i>Myrmarachne globose</i>)
旋囊脉狼蛛 (<i>Venonia spirocysta</i>)	九岭刺足蛛 (<i>Phrurolithus</i> sp.) ★	九岭盘蛛 (<i>Pancorius</i> sp.) ★
实媪蛛 (<i>Wadicosa fidelis</i>)	二十一、拟平腹蛛科 (Zodariidae) *	机敏金蝉蛛 (<i>Phintella arenicolor</i>)
十一、盗蛛科 (Pisauridae)	龚氏马利蛛 (<i>Mallinella gongi</i>)	花腹金蝉蛛 (<i>Phintella bifurcilinea</i>)
梨形狡蛛 (<i>Dolomedes chinensis</i>)	二十二、平腹蛛科 (Gnaphosidae)	卡氏金蝉蛛 (<i>Phintella cavaleriei</i>)
檐狡蛛 (<i>Dolomedes costatus</i>)	九岭单蛛 (<i>Haplodrassus</i> sp.) ★	波氏金蝉蛛 (<i>Phintella popovi</i>) ▲
日本狡蛛 (<i>Dolomedes japonicus</i>)	九岭狂蛛 (<i>Zelotes</i> sp.) ★	多色金蝉蛛 (<i>Phintella versicolor</i>)
赤条狡蛛 (<i>Dolomedes saganus</i>)	二十三、拟扁蛛科 (Selenopidae)	条纹金蝉蛛 (<i>Phintella vittata</i>)
九岭狡蛛 (<i>Dolomedes</i> sp.) ★	心拟扁蛛 (<i>Selenops cordatus</i>)	盘触拟蝇虎 (<i>Plexippoides discifer</i>)
黄褐狡蛛 (<i>Dolomedes sulfureus</i>)	二十四、巨蟹蛛科 (Sparassidae)	沟渠蝇虎 (<i>Plexippus petersi</i>)
九岭潮蛛 (<i>Hygropoda</i> sp.) ★	白额巨蟹蛛 (<i>Heteropoda venatoria</i>)	条纹蝇虎 (<i>Plexippus setipes</i>)
九岭黔盗蛛 (<i>Qianlingula</i> sp.) ★	严乳突蛛 (<i>Thelcticopis severa</i>) ▲	异形孔蛛 (<i>Portia heteroidea</i>)
十二、猫蛛科 (Oxyopidae)	九岭乳突蛛 (<i>Thelcticopis</i> sp.) ★	九岭孔蛛 (<i>Portia</i> sp.) ★
南方猫蛛 (<i>Oxyopes daksina</i>)	二十五、蟹蛛科 (Thomisidae)	毛垩兜跳蛛 (<i>Ptocasius strupifer</i>)
福建猫蛛 (<i>Oxyopes fujianicus</i>)	九岭革蟹蛛 (<i>Coriarachne</i> sp.) ★	暗宽胸蝇虎 (<i>Rhene atrata</i>)
类双鸭猫蛛① (<i>Oxyopes</i> sp. ①) ★	三突伊氏蛛 (<i>Ebrechtella tricuspadata</i>)	黄宽胸蝇虎 (<i>Rhene flavigera</i>)
九岭猫蛛② (<i>Oxyopes</i> sp. ②) ★	九岭膜蟹蛛 (<i>Epidius</i> sp.) ★	锈宽胸蝇虎 (<i>Rhene rubrigrera</i>)
条纹猫蛛 (<i>Oxyopes striagatus</i>)	九岭花蛛 (<i>Misumenops</i> sp.) ★	斜纹西菱头蛛 (<i>Sibianor aurocinctus</i>)
拉松蒂猫蛛 (<i>Peucetia latikae</i>)	九岭莫蟹蛛 (<i>Monaeses</i> sp.) ★	多彩组蛛 (<i>Telamonia festiva</i>)
十三、梭网蛛科 (Psechridae)	角红蟹蛛 (<i>Thomisus labefactus</i>)	费氏组蛛 (<i>Telamonia vlijmi</i>)
广梭网蛛 (<i>Psechrus senoculatus</i>) ▲	九岭蟹蛛 (<i>Thomisus</i> sp.) ★	东方莎茵蛛 (<i>Thyene orientalis</i>) ▲

注：*江西新记录科，▲江西新记录种，★未确定种；其中，江西新记录科指文献[5]未记录的新科，未确定种指文献[5]未记录的物种

表4 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落组成
Tab. 4 Spider communities' division in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

科名	属数		种数		个体数		科级丰富度指数
	数量/属	百分数/%	数量/种	百分数/%	数量/个	百分数/%	
一、大疣蛛科 (Macrothelidae)	1	0.980 4	1	0.454 6	6	0.144 6	0.000 0
二、卵形蛛科 (Oonopidae)	2	1.960 8	2	0.909 1	12	0.289 2	1.442 6
三、拟壁钱科 (Oecobiidae)	1	0.980 4	1	0.454 6	9	0.216 9	0.000 0
四、妩蛛科 (Uloboridae)	3	2.941 2	5	2.272 7	63	1.518 4	1.313 9
五、类球蛛科 (Nesticidae)	1	0.980 4	1	0.454 6	3	0.072 3	0.000 0
六、球蛛科 (Theridiidae)	12	11.764 7	36	16.363 6	759	18.293 6	6.325 3
七、皿蛛科 (Linyphiidae)	1	0.980 4	6	2.727 3	93	2.241 5	1.456 0
八、肖蛸科 (Tetragnathidae)	5	4.902 0	12	5.454 6	558	13.449 0	2.104 9
九、园蛛科 (Araneidae)	15	14.705 9	49	22.272 7	1 518	36.587 1	7.709 0
十、狼蛛科 (Lycosidae)	11	10.784 3	21	9.545 5	210	5.061 5	4.707 5
十一、盗蛛科 (Pisauridae)	3	2.941 2	8	3.636 4	96	2.313 8	2.019 8
十二、猫蛛科 (Oxyopidae)	2	1.960 8	6	2.727 3	81	1.952 3	1.517 1
十三、褙网蛛科 (Psecridae)	1	0.980 4	1	0.454 6	21	0.506 2	0.000 0
十四、栝足蛛科 (Ctenidae)	1	0.980 4	2	0.909 1	15	0.361 5	0.621 4
十五、漏斗蛛科 (Agelenidae)	2	1.960 8	5	2.272 7	141	3.398 4	1.038 9
十六、栅纺蛛科 (Hahniidae)	1	0.980 4	2	0.909 1	12	0.289 2	0.721 4
十七、米图蛛科 (Miturgidae)	1	0.980 4	1	0.454 6	3	0.072 3	0.000 0
十八、优列蛛科 (Eutichuridae)	1	0.980 4	1	0.454 6	3	0.072 3	0.000 0
十九、管巢蛛科 (Clubionidae)	1	0.980 4	3	1.363 6	12	0.289 2	1.442 7
二十、圆颚蛛科 (Corinnidae)	2	1.960 8	2	0.909 1	6	0.144 6	1.442 6
二十一、拟平腹蛛科 (Zodariidae) *	1	0.980 4	1	0.454 6	3	0.072 3	0.000 0
二十二、平腹蛛科 (Gnaphosidae)	2	1.960 8	2	0.909 1	12	0.289 2	0.721 4
二十三、拟扁蛛科 (Selenopidae)	1	0.980 4	1	0.454 6	6	0.144 6	0.000 0
二十四、巨蟹蛛科 (Sparassidae)	2	1.960 8	3	1.363 6	24	0.578 5	0.961 8
二十五、蟹蛛科 (Thomisidae)	8	7.843 1	12	5.454 6	135	3.253 8	2.889 6
二十六、跳蛛科 (Salticidae)	21	20.588 2	36	16.363 6	348	8.387 6	7.362 8
合计	102		220		4 149		

注: *江西新记录科

2.3 蜘蛛时空群落组成的比较

对江西靖安九岭山国家级自然保护区三年6个不同样地夏秋季蜘蛛群落结构组成的比较分析表明,三年中,蜘蛛科数均值大小为岭子上(C) >保护区(E) >井坑里(D) = 大韩山庄(A) = 三爪仑(F) >宝峰寺(B);蜘蛛属数均值大小为保护区(E) = 大韩山庄(A) >岭子上(C) >井坑里(D) >三爪仑(F) >宝峰寺(B);蜘蛛种数均值大小为保护区(E) >大韩山庄(A) >岭子上(C) >井坑里(D) >三爪仑(F) >宝峰寺(B);蜘蛛个体数均值大小为保护区(E) >大韩山庄(A) >井坑里(D) >岭子上(C) >宝峰寺(B) >三爪仑(F)。具体比较如表5所示。

2.4 蜘蛛物种多样性指数的比较

运用生物多样性公式对江西靖安九岭山国家级自然保护区6个不同样地中夏秋季蜘蛛的物种多样性指数进行计算,其结果如表6所示。由表6可以看出, Marglef 丰富度指数 M 大小依次为三爪仑(F) >

宝峰寺 (B) > 岭子上 (C) > 井坑里 (D) > 大韩山庄 (A) > 保护区 (E) ; Berger-Parker 优势度指数 d 大小依次为保护区 (E) > 井坑里 (D) > 岭子上 (C) > 宝峰寺 (B) > 大韩山庄 (A) > 三爪仑 (F) ; Simpson 多样性指数 D 大小依次为保护区 (E) > 井坑里 (D) > 宝峰寺 (B) > 大韩山庄 (A) > 岭子上 (C) > 三爪仑 (F) ; McIntosh 均匀度指数 E 大小依次为大韩山庄 (A) > 保护区 (E) = 井坑里 (D) = 宝峰寺 (B) = 岭子上 (C) > 三爪仑 (F) 。

表 5 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛时空群落组成成分比较

Tab. 5 A comparison of spider space-time communities' division in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

采样地	科数		属数		种数		个体数		新记录种数		未确定种数	
	数量/科	百分数/%	数量/属	百分数/%	数量/种	百分数/%	数量/个	百分数/%	数量/种	百分数/%	数量/种	百分数/%
大韩山庄 (A)	9.33	35.89	28.00	27.45	38.00	17.27	294	7.09	2.67	13.35	5.67	10.31
宝峰寺 (B)	8.67	33.35	17.67	17.32	22.00	10.00	167	4.03	0.67	3.35	3.33	6.06
岭子上 (C)	12.33	47.42	26.33	25.81	35.33	16.06	229	5.52	1.67	8.35	4.67	8.49
井坑里 (D)	9.33	35.89	21.00	20.59	30.33	13.79	239	5.76	0	0	5.00	9.09
保护区 (E)	11.33	43.58	28.00	27.45	44.67	20.31	326	7.86	2.33	11.65	7.67	13.95
三爪仑 (F)	9.33	35.89	18.33	17.97	22.67	10.31	128	3.09	2.33	11.65	4.67	8.49
总数	26		102		220		4 149		20		55	

表 6 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛物种多样性指数比较

Tab. 6 A comparison of spider species diversity index in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

采样地	Marglef 丰富度指数 $M \times 10^{-2}$		Berger-Parker 优势度指数 d		Simpson 多样性指数 D		McIntosh 均匀度指数 E	
	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序
	大韩山庄 (A)	0.887 2	5	0.105 0	5	0.030 0	4	1.072 0
宝峰寺 (B)	0.985 3	2	0.108 0	4	0.032 0	3	1.071 0	2
岭子上 (C)	0.928 8	3	0.110 0	3	0.026 0	5	1.071 0	2
井坑里 (D)	0.920 8	4	0.121 0	2	0.033 0	2	1.071 0	2
保护区 (E)	0.871 4	6	0.202 0	1	0.054 0	1	1.071 0	2
三爪仑 (F)	1.039 3	1	0.078 0	6	0.024 0	6	1.068 0	3

2.5 蜘蛛群落结构多样性指数的比较

将江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落结构分为 7 种类型。运用公式对蜘蛛各群落结构类型的多样性指数进行计算, 其结果列入表 7。由表 7 可以看出, Marglef 丰富度指数 M 大小依次为地下穴居型 (UCT)、地表穴居型 (SCT)、叶面结网型 (LNT)、地面游猎型 (GWT)、叶面游猎型 (LWT)、穴隙结网型 (HNT)、枝间结网型 (BNT); Berger-Parker 优势度指数 d 大小依次为地下穴居型 (UCT)、叶面结网型 (LNT)、地表穴居型 (SCT)、穴隙结网型 (HNT)、枝间结网型 (BNT)、地面游猎型 (GWT)、叶面游猎型 (LWT); Simpson 多样性指数 D 大小依次为地下穴居型 (UCT)、叶面结网型 (LNT)、地表穴居型 (SCT)、穴隙结网型 (HNT)、枝间结网型 (BNT)、地面游猎型 (GWT)、叶面游猎型 (LWT); McIntosh 均匀度指数 E 大小依次为枝间结网型 (BNT)、穴隙结网型 (HNT)、叶面游猎型 (LWT)、地面游猎型 (GWT)、叶面结网型 (LNT)、地表穴居型 (SCT)、地下穴居型 (UCT)。

2.6 蜘蛛捕食功能多样性指数的比较

将江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛按捕食功能区分为 9 种类型。运用公式对蜘蛛各捕

食功能集群类型的多样性指数进行计算,其结果如表8所示。由表8可以看出, Marglef 丰富度指数 M 大小依次为蚂蚁食性 (MYP)、寡食性 (OLP)、同翅食性 (HOP)、膜翅食性 (HYP)、鞘翅食性 (COP)、鳞翅食性 (LEP)、广食性 (EUP)、双翅食性 (DIP)、直翅食性 (ORP); Berger-Parker 优势度指数 d 大小依次为同翅食性 (HOP)、蚂蚁食性 (MYP)、膜翅食性 (HYP)、直翅食性 (ORP)、鳞翅食性 (LEP)、鞘翅食性 (COP)、双翅食性 (DIP)、寡食性 (OLP)、广食性 (EUP); Simpson 多样性指数 D 大小依次为同翅食性 (HOP)、鳞翅食性 (LEP)、膜翅食性 (HYP)、蚂蚁食性 (MYP)、寡食性 (OLP)、直翅食性 (ORP)、双翅食性 (DIP)、鞘翅食性 (COP)、广食性 (EUP); McIntosh 均匀度指数 E 大小依次为广食性 (EUP)、直翅食性 (ORP)、鞘翅食性 (COP)、鳞翅食性 (LEP)、双翅食性 (DIP)、同翅食性 (HOP)、膜翅食性 (HYP)、寡食性 (OLP)、蚂蚁食性 (MYP)。

表7 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落结构多样性指数比较

Tab. 7 A comparison of spider community structure diversity index in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

群落结构	Marglef		Berger-Parker		Simpson		McIntosh	
	丰富度指数 $M \times 10^{-2}$		优势度指数 d		多样性指数 D		均匀度指数 E	
	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序
UCT	0.727 5	1	1.000 0	1	1.000 0	1	0.536 0	7
SCT	0.292 5	2	0.333 0	3	0.167 0	3	0.939 0	6
HNT	0.090 4	6	0.258 0	4	0.102 0	4	1.068 0	2
LNT	0.127 6	3	0.538 0	2	0.320 0	2	1.045 0	5
BNT	0.076 3	7	0.200 0	5	0.070 0	5	1.070 0	1
GWT	0.114 4	4	0.171 0	6	0.067 0	6	1.055 0	4
LWT	0.092 8	5	0.144 0	7	0.040 0	7	1.066 0	3

注: UCT 为地下穴居型; SCT 为地表穴居型; HNT 为穴隙结网型; LNT 为叶面结网型; BNT 为枝间结网型; GWT 为地面游猎型; LWT 为叶面游猎型

表8 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛捕食功能多样性指数比较

Tab. 8 A comparison of spider predation function diversity index in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

捕食功能	Marglef		Berger-Parker		Simpson		McIntosh	
	丰富度指数 $M \times 10^{-2}$		优势度指数 d		多样性指数 D		均匀度指数 E	
	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序
EUP	0.093 1	7	0.124 0	9	0.038 0	9	1.071 0	1
COP	0.106 3	5	0.287 0	6	0.101 0	8	1.069 0	2
ORP	0.080 9	9	0.294 0	4	0.122 0	6	1.071 0	1
HOP	0.146 9	3	0.516 0	1	0.299 0	1	1.046 0	4
LEP	0.096 5	6	0.290 0	5	0.200 0	2	1.067 0	3
MYP	0.259 1	1	0.429 0	2	0.143 0	4	0.914 0	7
HYP	0.132 5	4	0.378 0	3	0.181 0	3	1.045 0	5
DIP	0.091 1	8	0.268 0	7	0.110 0	7	1.067 0	3
OLP	0.196 6	2	0.231 0	8	0.128 0	5	0.969 0	6

注: EUP 为广食性; COP 为鞘翅食性; ORP 为直翅食性; HOP 为同翅食性; LEP 为鳞翅食性; MYP 为蚂蚁食性; HYP 为膜翅食性; DIP 为双翅食性; OLP 为寡食性

2.7 不同样地蜘蛛群落间的聚类分析

利用 Bray-Curtis 距离系数公式计算出江西靖安九岭山国家级自然保护区 6 个不同样地中夏秋季蜘蛛

群落间的相似性指数，再将相似性指数矩阵转换成聚类分析图（如图 1 所示）。由图 1 可以看出，岭子上（C）和井坑里（D）蜘蛛群落相似性最大，群落间更连续，蜘蛛种类交流频繁；岭子上（C）和井坑里（D）合为 G，G 与宝峰寺（B）蜘蛛群落相似性次之，两者群落间相对连续，蜘蛛种类交流较多，G 与宝峰寺（B）合为 H；H 和大韩山庄（A）群落相似性较小，其群落间不连续，蜘蛛种类偶有交流；H 和大韩山庄（A）合为 I，I 与保护区（E）群落间连续性略小，蜘蛛种类时有交流；I 与保护区（E）合为 J；J 与三爪仑（F）群落相似性最小，其群落间基本间断，蜘蛛种类少有交流。

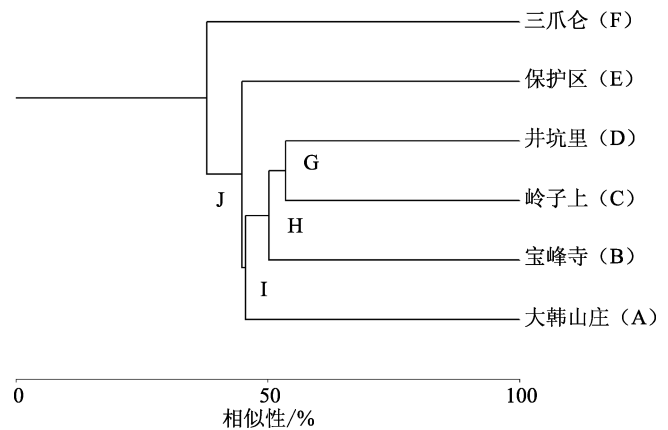


图 1 江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落聚类分析图

Fig. 1 A cluster analysis of spider communities in summer and autumn from the Jiulingshan National Nature Reserve of Jing'an county of Jiangxi province

2.8 区域特色种多样性作用因子的统计分析

将江西靖安九岭山国家级自然保护区 6 个不同样地中夏秋季蜘蛛资源名录中的各区域特色种（未确定种，参见表 3 中标★的物种）及其所属科、样地、群落结构类型、捕食功能类型分别列出，然后再将表 4、表 6、表 7 和表 8 中它们各自对应的科级物种丰富度指数，所属样地物种丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数，所属群落结构丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数，及所属捕食功能类型丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数共 13 项参数作为变量，采用 SPSS 17.0 软件对上述各参数数据进行处理，分别做主成分分析、相关性分析及聚类分析。

各指数变量的主成分分析表明，群落结构优势度、群落结构多样性、样地物种优势度、捕食功能优势度 4 个因素是江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛区域特色种多样性形成的主要作用因子。而各指数变量的相关性分析表明，13 个指数变量间普遍显著相关 ($P < 0.05$) 或极显著相关 ($P < 0.01$)。

各指数变量的聚类分析表明，九岭银斑蛛 (*Argyrodes* sp.) 与九岭花蟹蛛 (*Xysticus* sp.)、九岭舞蛛 (*Alopecosa* sp.) 与九岭盘蛛 (*Pancorius* sp.)、九岭革蟹蛛 (*Coriarachne* sp.) 与九岭红螯蛛 (*Cheiracanthium* sp.)、九岭安蛛 (*Anahita* sp.) 与九岭潮蛛 (*Hygropoda* sp.)、九岭园蛛 (*Araneus* sp.) 与九岭球蛛 (*Theridion* sp.) 等群落相似距离较近，因为它们亲缘关系很远，隶属于不同科属，所以其物种演化过程中环境胁迫等外因的类似就成为它们趋近的主要动力；而九岭穴狼蛛 (*Hogna* sp.)、九岭熊蛛 (*Arctosa* sp.) 与九岭舞蛛 (*Alopecosa* sp.)、九岭球蛛 (*Theridion* sp.) 与九岭拟肥腹蛛① (*Parasteatoda* sp. ①)、九岭菲柯蛛② (*Phycosoma* sp. ②) 与九岭菲柯蛛① (*Phycosoma* sp. ①) 等群落相似距离较远，由于它们亲缘关系较近，隶属于同科或属，故其物种演化过程中环境胁迫等外因的不同，就成为它们趋远的主要动力。此外，其他区域特色种的形成则源于遗传与环境等内外因的综合作用。

3 结论与讨论

3.1 结论

本次对江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛资源的调查，共采集到标本 4 149 份，经鉴定获悉，它们分别隶属于 26 科 102 属 220 种，其中有 1 个江西新记录科、20 个江西新记录种、55 个未确定种。与邻近的景区^[22-24]和赣西部其他国家级自然保护区^[25-26]的蜘蛛资源相比，九岭山自然保护区夏秋季蜘蛛资源较为丰富，其科属种数处于偏高水平。该区夏秋季蜘蛛类型以区域特色种为主，不同群落具

有少量农林或人居区常见优势种类,如穴栖型的温室拟肥腹蛛(*Parasteatoda tepidariorum*),草栖型的尖尾银鳞蛛(*Leucauge dcaudicula*)和前齿肖蛸(*Tetragnatha praedonia*)等,丛栖型的小悦目金蛛(*Argiope minuta*)、类青新园蛛(*Neoscona scylloides*)和棒络新妇(*Nephila clavata*)等,树栖型的森林漏斗蛛(*Agelena silvatica*)、角红蟹蛛(*Thomisus labefactus*)和毛垛兜跳蛛(*Ptocasius strupifer*)等。

总体上看,江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛资源较为丰富的原因是,该区地处赣西北九岭山脉与幕阜山脉间的腹地,来自其东或北方向的鄱阳湖、修河等水气条件充沛,昆虫相复杂,为蜘蛛繁育提供了优良的条件;加诸它们的中亚热带森林植被多样、台地地质景观典型等,致使该区各样点间蜘蛛多样性呈现较强的关联,而局域中山势的高低、植被类型的不同、水气条件及人为干扰程度间的差异,如保护区与三爪仑的自然林分多、大韩山庄与宝峰寺的人为干扰程度高、岭子上与井坑里的人工林分多等,就分别主导着这些样地蜘蛛群落结构与捕食功能多样性的形成与交流,故江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛类型以区域特色种为主,伴有少量农林和人居区常见优势种类。

3.2 讨论

3.2.1 关于采样地范围的确定、采样方法的选用及标本采集的情况

江西靖安九岭山国家级自然保护区境内具有典型的中亚热带植物群落分布特点,森林覆盖率较高。本调查对各样点的选择就多依据植被分布规律来进行;一般选取各样地9个典型样点,每个样点为一个圆形范围,常以某一代表性植株作为中心点,10 m为半径,样点面积约为314 m²。在采样方法的选用上,夏秋季蜘蛛的采集多选用扣瓶法,辅助于扫网法、挑检法、陷阱法和喷雾法,主次采样方法的互补往往特别有效^[27],能兼顾不同生境类型蜘蛛的采集。由于此次调查的采集时间全部集中于8月底至9月初(三年),各样地温湿度普遍偏高,有效积温条件充分,故蜘蛛标本的发育率和成熟率均很高(如表2所示);加上栖息地环境多样,适合蜘蛛的求偶、交配等繁育行为的发生发展,雌雄同时出现且性成熟的种类与个体也较多。至于标本中雄性成熟率高于雌性及雌雄性比率偏离较大,则是由蜘蛛本身的雌雄异型及生殖进化模式^[28]造成的。

3.2.2 关于蜘蛛多样性指数的选用

由于所有方法一定要强调多样性的一个或多个组分(多度和均匀度),因此,可能没有完美统一的多样性指数^[29]。物种丰富度估计的主要问题是它依赖于取样,取样信息的缺乏不利于不同地点物种丰富度的比较^[30];不过新的估计量的应用(鼓励使用者明确地叙述取样方法和取样单位的大小)可能大大地弥补这种不足^[19];Marglef丰富度指数 M 就是这种估计指数,而且它计算简便。Berger-Parker优势度指数 d 具有非常容易计算的优点,表示多度最大的种所占的比例。Simpson多样性指数 D 侧重于样本多度最大的种,对物种丰富度不太敏感;它是最有意义且稳健的多样性方法之一^[19];有研究表明,如果种数超过10,关键种多度分布对决定指数 D 的大小非常重要^[31]。McIntosh将群落看成是 S 维超体积中的一个点,从原点到集聚的Bray-Curits距离能用作多样性的测试^[32];McIntosh均匀度指数 E 就采用了这种距离进行计算^[19]。

3.2.3 关于蜘蛛群落结构与捕食功能多样性的作用

不同地区蜘蛛赖以生存的昆虫种类和数量不同^[2],而昆虫的种类和数量与生境中的植物群落组成有直接关系,这也就影响着蜘蛛群落的组成。因蜘蛛栖息环境与地表植被关系密切,故以往对蜘蛛群落结构多样性研究时常采用植物群落来区分蜘蛛群落类型,这种方式对自然区域环境中蜘蛛多样性的研究或人为农业环境下农林蜘蛛群落组成的分析有一定的理论和现实意义,能在一定程度上反映其生态系统的

稳定性或中对中短期景观格局变化的适应性；本文依据蜘蛛栖息与捕食等综合生态行为特点对蜘蛛群落结构进行更符合其系统演化规律的区分方式，将江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛群落分为地穴型（地下穴居型和地表穴居型）、结网型（穴隙结网型、叶面结网型和枝间结网型）和游猎型（地面游猎型和叶面游猎型）7种类型来进行蜘蛛群落结构多样性的分析，期待这种结构多样性的分析能更好地反映其对长期时空景观格局变化的适应性，甚至可为该区域地质地貌演化的分析提供参考^[22, 33-35]。此外，由于生态系统功能的争论，功能多样性已引起许多人的广泛兴趣^[19]。根据 PEKÁR 等^[36]对蜘蛛捕食昆虫的统计与食性的演化分析和作者野外调查的结果^[5]，将江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛按捕食功能区分为广食性、狭食性和寡食性，其中，狭食性再区分为鞘翅食性、直翅食性、同翅食性、鳞翅食性、蚂蚁食性、膜翅食性和双翅食性^[22-33]；虽然狭食性区分的依据是其偏好猎物而不是潜在猎物，有研究表明，猎物多样性和丰度较高时蜘蛛狭食性演化情形明显^[36-37]，但这不是唯一的，特定情形下狭食性蜘蛛也会略微改变其食性，以适应新环境；不过，蜘蛛与昆虫的协同进化^[38]却是不争的事实。换言之，对蜘蛛群落结构和捕食功能多样性的分析有助于对该物种区系分布和多样性的形成机制等问题的分析和理解。

3.2.4 关于区域特色种多样性的形成机制的分析

从前述对区域特色种作用因子的统计分析可以看出，群落结构优势度、群落结构多样性、样地物种优势度、捕食功能优势度是江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛区域特色种多样性形成的4个主要作用因子，而且各指数变量间普遍相关。

相比较而言，在对江西南昌梅岭景区6个典型景点中的蜘蛛多样性调查及成因分析中，景点物种均匀度、景点物种丰富度、景点物种优势度、捕食功能均匀度、群落结构丰富度、捕食功能丰富度是其区域特色种形成的6个主要作用因子^[39]；在对赣西北6个山地春夏季蜘蛛多样性及形成机制的研究中，群落结构丰富度、捕食功能优势度、捕食功能多样性、捕食功能丰富度是该区域特色种多样性形成的4个主要作用因子^[40]。可以发现，江西靖安九岭山国家级自然保护区夏秋季蜘蛛区域特色种多样性形成的作用因子不同于江西南昌梅岭景区及赣西北山地春夏季蜘蛛区域特色种多样性的形成，它具有自身的形成原因与方式，从群落结构优势度到群落结构多样性、再到样地物种优势度、最后到捕食功能优势度之间的级联关系是其主要形成机制，如表9所示。

表9 不同区域特色种蜘蛛多样性的形成方式与原因比较

Tab. 9 Comparison of formation ways and causes of endemic spider diversity in different regions

名称	地域特点	生态特点	采样时限	主要作用因子（依次排序）
江西南昌梅岭景区	赣中区域、 山岳景观	中亚热带 森林植被	冬春、春 夏及夏秋季	景点物种均匀度、景点物种丰富度、景点物种优势度、 捕食功能均匀度、群落结构丰富度、捕食功能丰富度 ^[39]
江西靖安九岭山自然保护区	赣西北区 域、山岳景观	中亚热带 森林植被	夏秋季	群落结构优势度、群落结构多样性、样地物种优势度、 捕食功能优势度
赣西北永修云居山、奉新仰 山、宜丰官山、宜春明月山、萍 乡武功山和新余大岗山及景区	赣西北区 域、山岳景观	中亚热带 森林植被	春夏季	群落结构丰富度、捕食功能优势度、捕食功能多样性、 捕食功能丰富度 ^[40]

这些分析结果表明，在对该自然保护区夏秋季蜘蛛及区域特色种多样性的研究中，各种指数的选用是合适且有意义的，这些多样性形成的主要因素与国外相关研究^[41-44]的结果相一致，即对蜘蛛群落结构类型来讲，地穴型蜘蛛多样性主要受地面异质性（地形地貌）的影响，地表型蜘蛛多样性主要受地表植物碎屑盖度的影响，结网型蜘蛛多样性主要受植被垂直结构多样性的影响，游猎型蜘蛛多样性主要受植被水平结构多样性的影响。从蜘蛛捕食类型角度来看，猎物的可用性可以影响蜘蛛集群（群落）的密度和多样性^[45-46]，蜘蛛捕食功能多样性与物种丰富度存在关联。

[参考文献] (References)

- [1] 王洪全, 颜亨梅, 杨海明. 中国稻田蜘蛛群落结构研究初报[J]. 蛛形学报, 1999, 8 (2): 95-105.
WANG H Q, YAN H M, YANG H M. The preliminary studies on spider community structure of rice fields of China[J]. Acta Arachnologica Sinica, 1999, 8(2): 95-105. (in Chinese)
- [2] 尹长民. 中国蜘蛛生态学研究概况[J]. 蛛形学报, 1999, 8 (2): 121-126.
YIN C M. The overview of spider ecology of China[J]. Acta Arachnologica Sinica, 1999, 8(2): 121-126. (in Chinese)
- [3] PLATNICK I N. The world spider catalog[EB/OL]. [2020-8-24]. <http://www.wsc.nmbe.ch/>.
- [4] 李枢强, 林玉成. 中国生物物种名录 (第二卷): 动物 无脊椎动物 (I) 蛛形纲 蜘蛛目[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
LI S Q, LIN Y C. Species catalogue of China (Volume 2): animals invertebrates (I) Arachnida Araneae[M]. Beijing: Science Press, 2016. (in Chinese)
- [5] 陈连水, 袁凤辉, 周谷春, 等. 江西省蜘蛛资源的最新研究报告[C]//第十届南方六省(湘、鄂、赣、粤、桂、琼)动物学学术研讨会论文摘要. 广州, 2018: 25.
CHEN L S, YUAN F H, ZHOU G C, et al. The new research report on spider resources in Jiangxi province[C]//Zoology of the 10th Six Southern Provinces (Hunan, Hubei, Jiangxi, Guangdong, Guangxi and Hainan) Summary of the Academic Seminar Paper. Guangzhou, 2018: 25. (in Chinese)
- [6] 申效诚, 张保石, 张锋, 等. 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析[J]. 生态学报, 2013, 33 (21): 6795-6802.
SHEN X C, ZHANG B S, ZHANG F, et al. Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders[J]. Acta Ecology Sinica, 2013, 33(21): 6795-6802. (in Chinese)
- [7] NENTWIG W. Spider ecophysiology[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2013.
- [8] 谢国文, 颜亨梅, 张文辉. 生物多样性保护与利用[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2001.
XIE G W, YAN H M, ZHANG W H. Conservation and utilization of biodiversity[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2001. (in Chinese)
- [9] PATRICK M, ALAIN C, FREDERIC Y. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication[J]. Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes, 1999, 74 (1-3): 229-273.
- [10] ŠTOKMANE M, SPUNĢIS V. Diversity of grass-dwelling spiders (Arachnida: Araneae) in calcareous fens of the Coastal Lowland. Latvia[J]. Journal of Insect Conservation, 2014, 18(5): 757-769.
- [11] LI S X, YU P, HOSE G C, et al. Spider webs as indicators of heavy metal pollution in air[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2006, 76(2): 271-277.
- [12] 曹阳, 高梅香, 张雪萍, 等. 黑龙江省不同纬度梯度农田大型土壤动物群落分布特征[J]. 生态学报, 2017, 37 (5): 1677-1687.
CAO Y, GAO M X, ZHANG X P, et al. Distribution characteristics of soil macro-faunal communities along a latitudinal gradient in farmland of Heilongjiang province [J]. Acta Ecology Sinica, 2017, 37(5): 1677-1687. (in Chinese)
- [13] 百度. 江西九岭山国家级自然保护区[EB/OL]. [2017-8-17]. <https://baike.baidu.com/item>.
BAIDU. The Jiuling Mountain National Nature Reserve in Jiangxi[EB/OL]. [2017-8-17]. <https://baike.baidu.com/item>.
- [14] 尹长民, 彭贤锦, 颜亨梅, 等. 湖南动物志 (蜘蛛类) [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2012.
YIN C M, PENG X J, YAN H M, et al. Hunan fauna (spiders)[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2012. (in Chinese)
- [15] SONG D X, ZHU M S, CHEN J. The spiders of China[M]. Shijiazhuang: Hebei Science & Technology Press, 2000.
- [16] 朱明生, 王新平, 张志升. 中国动物志 蛛形纲 蜘蛛目 漏斗蛛科 暗蛛科[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
ZHU M S, WANG X P, ZHANG Z S. Chinese fauna, Arachnidae, Araneae, Agelenidae, Amaurobiidae[M]. Beijing: Science Press, 2017. (in Chinese)
- [17] 张志升, 王露雨. 中国蜘蛛生态大图鉴[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2017.
ZHANG Z S, WANG L Y. The atlas of Chinese spider ecology[M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2017.

(in Chinese)

- [18] 马克平. 生物群落多样性的测度方法[M]//生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-160.
MA K P. The measure method of the diversity of the biological community[M]//The principle and method of biological diversity research. Beijing: China Science and Technology Press, 1994: 141-160. (in Chinese)
- [19] 马古兰 A E. 生物多样性测度[M]. 张峰译. 北京: 科学出版社, 2011.
MAGURRAN A E. Measuring of biological diversity[M]. Translated by ZHANG F. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese)
- [20] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社, 1990.
ZHAO Z M, GUO Y Q. Principles and methods of community ecology[M]. Chongqing: Science and Technology Literature Press, 1990. (in Chinese)
- [21] 李春喜, 姜丽娜, 邵云, 等. 生物统计学[M]. 第五版. 北京: 科学出版社, 2016.
LI C X, JING L N, SHAO Y, et al. Biostatistics[M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2016. (in Chinese)
- [22] 袁凤辉, 陈连水, 周谷春, 等. 江西南昌梅岭景区蜘蛛多样性的比较研究[J]. 生物灾害科学, 2017, 40 (3): 143-150.
YUAN F H, CHEN L S, ZHOU G C, et al. A comparative study on spider diversity in the Meiling Scenic area of Nanchang of Jiangxi[J]. Science of Biological Disasters, 2017, 40(3): 143-150. (in Chinese)
- [23] 颜亨梅. 江西庐山蜘蛛垂直分布调查[J]. 湖南师大自然科学学报, 1988, 11 (2): 151-158.
YAN H M. Investigation on vertical distribution of spiders in Lushan of Jiangxi[J]. Natural Science Sinica of Hunan Normal University, 1988, 11(2): 151-158. (in Chinese)
- [24] 陈连水, 黄芳, 袁凤辉, 等. 江西庐山景区蜘蛛资源的调查初报[J]. 生物灾害科学, 2016, 39 (3): 149-152.
CHEN L S, HUANG F, YUAN F H, et al. Investigation on spider resources in Lushan Scenic spot, Jiangxi province[J]. Science of Biological Disasters, 2016, 39(3): 149-152. (in Chinese)
- [25] 陈连水, 袁凤辉, 饶军, 等. 江西赣州西南地区蜘蛛多样性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34 (6): 1152-1162.
CHEN L S, YUAN F H, RAO J, et al. An studies on spider diversity in southwest Ganzhou, Jiangxi province[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2012, 34(6): 1152-1162. (in Chinese)
- [26] 陈连水, 周谷春, 袁凤辉, 等. 江西井冈山国家级自然保护区蜘蛛资源调查[J]. 蛛形学报, 2012, 21 (1): 46-50.
CHEN L S, ZHOU G C, YUAN F H, et al. A survey on the spider resources of Jinggangshan National Nature Reserve[J]. Acta Arachnologica Sinica, 2012, 21(1): 46-50. (in Chinese)
- [27] OXBROUGH A, GITTINGS T, KELLY T C, et al. Can Malaise traps be used to sample spiders for biodiversity assessment?[J]. Journal of Insect Conservation, 2010, 14 (2): 169-179.
- [28] BERNHARD A H. Sexual selection research on spiders: progress and biases[J]. Biological Reviews, 2005, 80(3): 363-385.
- [29] CLACKE K R, WARWICK R M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation[M]. 2nd ed. Plymouth: PRIMER-E Ltd., 2001.
- [30] GASTON K J. Species richness: measure and measurement[M]. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- [31] MAY R M. Pattern of species abundance and diversity[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1975.
- [32] MCINTOSH R P. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity[J]. Ecology, 1967, 48(3): 392-404.
- [33] 陈连水, 袁凤辉, 周谷春, 等. 江西相山铀矿蜘蛛群落结构与捕食功能多样性研究[J/OL]. 北京: 中国科技论文在线. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201401-1137>.
CHEN L S, YUAN F H, ZHOU G C, et al. Diversity of spider community structure and predatory function in the Xiangshan Uranium Mine of Jiangxi province[J/OL]. Beijing: Chinese Sciencepaper Online. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201401-1137>. (in Chinese)
- [34] 黄珍, 陈连水, 吴心怡, 等. 江西境内触形大疣蛛(蜘蛛目: 异纺蛛科)种系形态的区系演化[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2015, 8 (19): 2067-2074.
HUANG Z, CHEN L S, WU X Y, et al. Phylogeography of *Macrothele palpator* (Araneae: Hexathelidae) in Jiangxi

- province[J]. Highlights of Sciencepaper Online, 2015, 8(19): 2067-2074. (in Chinese)
- [35] 陈连水, 胡丽萍, 袁凤辉, 等. 触形大疣蛛区域性演化模式的探讨[J]. 江西科学, 2019, 37 (3): 390-396.
CHEN L S, HU L P, YUAN F H, et al. Exploration of the regional evolution patterns of *Macrothele palpator*[J]. Jiangxi Science, 2019, 37(3): 390-396. (in Chinese)
- [36] PEKÁR S, CODDINGTON J A, TODD A, et al. Evolution of stenophagy in spiders (Araneae): evidence based on the comparative analysis of spider diets[J]. Evolution, 2012, 66(3): 776-806.
- [37] PEKÁR S, TOFT S. Trophic specialisation in a predatory group: the case of prey-specialised spiders (Araneae)[J]. Biological Reviews, 2015, 90(3): 744 -761.
- [38] HAYNES K F, YEARGAN K V, GEMENO C. Detection of prey by a spider that aggressively mimics pheromone blends[J]. Journal of Insect Behavior, 2001, 14(4): 535-544.
- [39] 陈连水, 袁凤辉, 周谷春, 等. 江西南昌梅岭景区蜘蛛多样性调查及成因分析[J]. 生物灾害科学, 2020, 43 (1): 48-53.
CHEN L S, YUAN F H, ZHOU G C, et al. Investigation and its formation cause analyse of the spider diversity in the Meiling Scenic Area of Nanchang, Jiangxi[J]. Science of Biological Disasters, 2020, 43(1): 48-53. (in Chinese)
- [40] 陈连水, 袁凤辉, 周谷春, 等. 赣西北山地春夏季蜘蛛多样性及形成机制[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线.
<http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/202101-25>.
CHEN L S, YUAN F H, ZHOU G C, et al. The spring and summer spiders' diversity and its formation mechanism in mountains of northwest of Jiangxi[EB/OL]. Beijing: Chinese Sciencepaper Online. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/202101-25>. (in Chinese)
- [41] GREENSTONE M H. Determinants of web spider species diversity: vegetation structural diversity vs. prey availability[J]. Oecologia, 1984, 62(3): 299-304.
- [42] CASTRO A, WISE D H. Influence of fine woody debris on spider diversity and community structure in forest leaf litter[J]. Biodiversity and Conservation, 2009, 18(14): 3705-3731.
- [43] HUANG P S, LIN H C, LIN C P, et al. The effect of thinning on ground spider diversity and microenvironmental factors of a subtropical spruce plantation forest in East Asia[J]. European Journal of Forest Research, 2014, 133(5): 919-930.
- [44] ROLAND H, TIBOR M, CSABA S, et al. In stable, unmanaged grasslands local factors are more important than landscape-level factors in shaping spider assemblages[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2015, 208(1): 106-113.
- [45] ROLAND H, SZABOLCS L, CSABA S, et al. The effect of prey availability on spider assemblages on European black pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure[J]. Canadian Journal of Zoology, 2005, 83(2): 324-335.
- [46] SCHULDT A, BRUELHEIDE H, DURKA W, et al. Tree diversity promotes functional dissimilarity and maintains functional richness despite species loss in predator assemblages[J]. Oecologia, 2014, 174(2): 533-543.

(责任编辑: 段桃)