

蛛网和蛛体挥发物诱导的阴暗拟隙蛛 (蜘蛛目: 漏斗蛛科) 种内选择偏好行为

陈志武^{①②} 刘继贺^{②③#} 刘科科^② 徐湘^③ 肖宜安^{①②} 肖永红^{②*}

① 江西农业大学农学院 南昌 330045; ② 井冈山大学生命科学学院 吉安 343009;

③ 湖南师范大学生命科学学院 长沙 410081

摘要: 化学通讯是蜘蛛类群普遍使用的种内和种间信息交流方式, 极可能是蜘蛛进化过程中最初用来进行个体之间信息交流的途径。本研究利用双向选择系统, 测试了阴暗拟隙蛛 (*Pireneitega luctuosa*) 对同种其他个体的蛛网和蛛体挥发物的选择行为, 采用卡方检验的统计学方法、利用 SPSS 19.0 和 Origin Pro 8 等软件对所测蜘蛛的选择数据进行了分析。结果显示: ① 阴暗拟隙蛛雄蛛和雌蛛对来自同种异性的蛛网 ($P < 0.001$) 和蛛体挥发物 ($P < 0.05$) 均具有显著的趋向性, 雌、雄蛛在异性蛛网或蛛体挥发物所在的选择盒表现更长时间的停留、探索、织网等行为; ② 雄蛛和雌蛛对幼蛛蛛体释放出来的挥发物均表现出显著的回避行为 ($P < 0.05$), 倾向于远离具有幼蛛挥发物的选择盒; ③ 幼蛛对同种幼蛛和雄蛛的蛛网 ($P < 0.001$) 以及同种幼蛛的蛛体挥发物 ($P < 0.05$) 均具有选择偏好性, 说明幼蛛倾向于与同种个体接近。我们的研究表明, 阴暗拟隙蛛雄蛛、雌蛛及幼蛛的蛛网和蛛体挥发物能诱导种内其他个体的趋向或回避行为, 阴暗拟隙蛛幼蛛对同种幼蛛的选择偏好性可能是该种个体在同一地域聚集分布的主要原因。我们的研究从行为学角度证实, 阴暗拟隙蛛的蛛网及体表均携带有能够标识其性别和龄期的相关信息化学物质。

关键词: 漏斗蛛; 阴暗拟隙蛛; 蛛网; 蛛体挥发物; 种内交流

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2019) 03-339-08

Choice Preference Induced by Conspecific Webs and Body Volatiles in *Pireneitega luctuosa* (Araneae: Agelenidae)

CHEN Zhi-Wu^{①②} LIU Ji-He^{②③#} LIU Ke-Ke^② XU Xiang^③

XIAO Yi-An^{①②} XIAO Yong-Hong^{②*}

① School of Agricultural Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045;

② College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009;

③ College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31560592, 31772423), 江西省青年基金项目 (No. 20181BAB214008), 江西省教育厅科技项目 (No. GJJ160735);

* 通讯作者, E-mail: yonghongxiao01@126.com;

第一作者介绍 陈志武, 男, 硕士研究生; 研究方向: 作物栽培与绿色防控; E-mail: 1414420389@qq.com;

共同第一作者 刘继贺, 男, 硕士; 研究方向: 动物生态学; E-mail: JiheLiu0@126.com.

收稿日期: 2018-11-19, 修回日期: 2019-03-26 DOI: 10.13859/j.cjz.201903004

Abstract: Chemical signals are generally applied by spiders for intra- and interspecific communication. It is probably the first way that brought female and male spiders together for reproduction. In this study, choice preferences of adults and spiderlings in the funnel-web spider *Pireneitega luctuosa* to conspecific webs and body volatiles were tested using the two-choice arena system (Fig. 1). The Chi-square test was applied to analyze the preferences of tested spiders in the two-choice experiments using software SPSS 19.0 and Origin Pro 8. The results showed as the following: ① Both of the males and females displayed significant preference to webs ($P < 0.001$, Fig. 2 & Fig. 3) and body volatiles ($P < 0.05$, Fig. 5 & Fig. 6) of opposite sex in *P. luctuosa*. They stayed longer and showed more probing and weaving behavior in the chambers which were occupied by webs or body volatiles from the opposite sex. ② Both of the males and females were repelled by the body volatiles released from conspecific spiderlings ($P < 0.05$, Fig. 5 & Fig. 6). They preferred to stay and weave their webs in the control chambers instead of the chambers occupied by body volatiles of conspecific spiderlings. ③ Spiderlings of *P. luctuosa* were attracted by webs waved by both conspecific spiderlings and males ($P < 0.001$, Fig. 4). They were also attracted by body volatiles released from conspecific spiderlings ($P < 0.05$, Fig. 7). Our results suggest that spiderlings of *P. luctuosa* preferred to live close to each other, which is probably the critical factor to aggregated distribution of this spider species. Our study verified that webs and body volatiles elicit preference or repellence behavior of conspecifics in the funnel-web spider *P. luctuosa*, thus confirming that semiochemicals associating with spider webs and bodies are applied for intraspecific communication and behavior orientation in *P. luctuosa*.

Key words Funnel-web spider; *Pireneitega luctuosa*; Web; Body volatile; Intraspecific communication

自然界中, 无论是营群居生活或是营独居生活的动物, 都需要与周围的无机环境、同种个体、异种个体(猎物、天敌)进行物质与信息的交流。目前越来越多的研究表明, 嗅觉在蜘蛛类群的种内及种间信息交流中起着重要作用(Gaskett 2007, 肖永红等 2010), 蜘蛛可能通过分布于步足上的化学感受器——味觉毛来识别同种或异种个体释放在环境介质中的信息化学物质, 以完成信息交流(肖永红等 2012)。在繁殖季节, 雄蛛大多离开自己的居所四处游逛, 通过辨别雌蛛释放的性信息素来确定潜在的交配对象(Bell et al. 2017)。有研究揭示, 狼蛛科星豹蛛(*Pardosa astrigera*)和拟环纹豹蛛(*P. pseudoannulata*)的雄蛛可以通过识别不同种雌蛛拖丝上的化学信息物质来进行物种识别(曾阳等 2015), 星豹蛛雄蛛亦可通过识别同种其他个体拖丝上的性信息素, 进而辨别星豹蛛的性别、日龄及生殖状态(吴俊等 2007); 有研究已证明, 机敏异漏斗蛛(*Allagelena*

difficilis)雄蛛能根据雌蛛所释放化学信息物质中特有的脂肪酸含量来辨别雌蛛的生殖状态(Chen et al. 2018); Baruffaldi 和 Andrade (2015)对于两种寇蛛 *Latrodectus hesperus* 和 *L. hasselti* 的研究表明, 它们的雄蛛均可以从雌蛛网上遗留的信息素获得雌蛛的饮食情况, 从而选择营养充足且具潜在较高繁殖力的处女雌蛛求偶交配, 进而大大增加了交配成功率。从得到化学结构鉴定的蜘蛛性信息素来看, 性信息素主要由蛛丝(网)携带(Schulz et al. 1993, Prouvost et al. 1999, Papke et al. 2000, 2001, Xiao et al. 2009, Chinta et al. 2010, Jerhot et al. 2010), 亦有一些信息化学物质是从蜘蛛体表提取分离得到(Schulz 2013, Trabalon 2013, Chinta et al. 2016)。许多行为学研究结果亦表明蛛丝(网)和蜘蛛体表是信息化学物质的主要附着载体(Cory et al. 2016)。

目前, 关于蜘蛛种内个体间信息交流的研究主要集中在繁殖季节的雌雄两性之间, 即由

性信息诱导的性选择行为，而很少探讨非繁殖期间蜘蛛个体对同种其他个体之间的选择偏好行为。虽然绝大多数蜘蛛营独居生活，但蜘蛛的同种聚集分布亦是比较普遍的现象，表现为同种个体在同一地域集中出现，说明蜘蛛具有同种聚居但不合作的行为倾向；此外，在蜘蛛生活史的早期阶段会存在一段“半共居期”，如孵化后 2 至 3 龄的低龄幼蛛期，此阶段的幼蛛在母蛛网上互相容忍而不攻击（Gundermann et al. 1993, Tralalon et al. 1998, Nentwig 2013）。Pourié 等（2005）报道一种漏斗蛛 *Eratigena atrica* (= *Tegenaria atrica*) 的成蛛通过幼蛛体表分泌的棕榈酸和亚油酸识别其龄期，避免对群居型幼蛛产生攻击。根据我们在野外和室内饲养时对阴暗拟隙蛛 (*Pireneitega luctuosa*) 的观察，其生命过程中未有同种多个个体集群的现象，具有较强的攻击性，是独居型的蜘蛛种类。但我们在野外采集时发现，阴暗拟隙蛛有近邻栖息的习性，即它们不是在大范围内分散栖息，而是有大量个体聚集在一小块生境中。可见独居型的蜘蛛，其种内个体之间亦存在信息交流，并以此形成适度的独居和聚集分布。因此，本研究以我国南方常见的漏斗蛛——阴暗拟隙蛛为对象，通过测试分析其雄蛛、雌蛛和幼蛛分别对种内其他个体的蛛网及蛛体挥发物的选择行为，旨在揭示漏斗蛛对同种其他个体的选择偏好性，以及蛛网和蛛体上存在的信息化学物质在蜘蛛种内信息交流及行为导向中的作用。

1 材料与方 法

1.1 阴暗拟隙蛛的采集与饲养

阴暗拟隙蛛雄、雌亚成蛛和幼蛛于 2017 年 9 至 12 月采自江西吉安市骡子山 (27°8'52.98"N, 115°0'22.98"E)。实验室内单头饲养于透明塑料盒内 (长 × 宽 × 高 = 14 cm × 10 cm × 5.5 cm)，盒底部放入湿无菌脱脂棉球保持湿度。室内温度 (25 ± 2) °C，光周期 14L : 10D (即白昼与黑夜分别 14 h 和

10 h)。蜘蛛每周喂食家蝇 (*Musca domestica*) 2 次，亚成蛛每次 2 或 3 头，幼蛛每次 1 或 2 头，并辅以黄粉虫 (*Tenebrio molitor*) 或果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 喂养。一部分幼蛛在室内饲养适应一小段时间后直接用于实验。另一部分幼蛛和亚成蛛经室内饲养后陆续蜕皮，待完成最后一次蜕皮后成为成蛛，此时可根据生殖器特征分辨为雄蛛和雌蛛，即文中所述的雄蛛和雌蛛均指成熟雄蛛和成熟雌蛛，继续单头饲养备用。为避免交配实验可能造成的影响，所有测试中的雄蛛和雌蛛均选用成熟 7 d 后且未交配过的处女雄蛛和处女雌蛛。

1.2 阴暗拟隙蛛选择偏好行为测试

蜘蛛选择偏好行为的测试装置为双向选择盒系统，曾用于幽灵蛛 *Pholcus beijingensis* (Xiao et al. 2009) 和漏斗蛛 *Hololena curta* (Xiao et al. 2015) 的种内选择行为测试。双向选择盒系统由 3 个聚丙烯塑料盒组成 (顶部 16.5 cm × 11 cm，底部 14.5 cm × 9 cm，盒高 5.5 cm)，中间为 1 个释放盒，用于释放被测蜘蛛个体；两侧为 2 个备选盒，在选择行为实验中随机分配为置有被测物的处理盒和无被测物的空白盒；释放盒以直径约 4 cm 的圆孔与两侧的备选盒相通 (图 1)。3 个盒内均用手工划出划痕使内壁粗糙，以利于被测蜘蛛攀爬行动，行为测试时被测蜘蛛可以在 3 个盒子之间自由移动或停留。

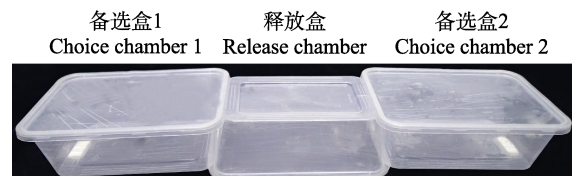


图 1 双向选择盒系统

Fig. 1 Two-choice arena system

蛛网诱导的阴暗拟隙蛛种内选择行为实验分 3 组进行，分别测试雄蛛、雌蛛和幼蛛对来自同种雄蛛、雌蛛和幼蛛的蛛网的选择行为，每组测试蜘蛛均为 26 头。每次实验前 24 h 将

雄蛛、雌蛛或幼蛛单头引入每套双向选择盒系统中的一个备选盒任其结网。实验时将蜘蛛移去，以留有蛛网的备选盒作为处理盒，用于蜘蛛选择测试。

蛛体挥发物诱导的阴暗拟隙蛛选择行为实验同样分 3 组进行，分别测试雄蛛、雌蛛和幼蛛对来自同种雄蛛、雌蛛和幼蛛的蛛体挥发物的选择行为，每组测试蜘蛛均为 26 头。每次实验前 24 h 将雄蛛、雌蛛或幼蛛单头引入内壁衬有滤纸的 50 ml 塑料离心管中，任其在管内自由活动。实验时将蜘蛛及滤纸上的蛛网移除，再将留有蛛体挥发物的滤纸置于双向选择系统中的 1 个备选盒，以此作为处理盒，用于蜘蛛选择测试。

所有的双向选择实验均在黑暗的行为学实验室内进行，温度 (25 ± 2) °C，相对湿度 60% ~ 80%。实验前将被试蜘蛛轻轻引入释放盒，让其在释放盒内适应 30 min。实验时将释放盒与备选盒连接，使被试蜘蛛能在 3 个盒间自由穿行或停留。蛛网选择实验以空白盒作为对照组，蛛体挥发物实验中的空白盒内放入与处理盒相同大小和形状干净滤纸作为对照组。每 20 min 在微弱的红光下观察和记录一次蜘蛛的选择结果，测试时长 2 h，共记录 6 次。本实验所有的蜘蛛、蛛网及留有蛛体挥发物的滤纸均仅使用一次。

1.3 数据分析

采用卡方检验 (Chi-square test) 统计分析被测蜘蛛在双向选择实验中处理盒 (即留有蛛网或蛛体挥发物滤纸的备选盒) 和空白盒的选择频数，显著值 $P < 0.05$ 为差异显著， $P < 0.01$ 为差异极显著。所有数据统计分析由 Excel 和 SPSS 19.0 统计软件完成，统计绘图由 Origin Pro 8 绘图软件完成。

2 结果

2.1 蛛网诱导的阴暗拟隙蛛种内选择行为

2.1.1 雄蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择行为

利用双向选择系统测试阴暗拟隙蛛

雄蛛对同种其他个体产生的蛛网是否具有选择偏好性，统计结果显示，阴暗拟隙蛛雄蛛在同种雄蛛网盒与空白盒、同种幼蛛网盒与空白盒之间均没有选择偏好性，即在两个选择实验中被测雄蛛进入同种雄蛛或幼蛛网盒的次数与进入空白盒的次数均没有显著差异 (雄蛛网盒 vs. 空白盒: $\chi^2 = 0.976$, $P = 0.323$; 幼蛛网盒 vs. 空白盒: $\chi^2 = 2.793$, $P = 0.095$, 图 2)。但雄蛛进入同种雌蛛蛛网盒的次数显著多于进入空白盒的次数 (雌蛛网盒 vs. 空白盒: $\chi^2 = 15.686$, $P < 0.001$, 图 2)，说明同种雌蛛的蛛网对雄蛛具有引诱作用，雄蛛对雌蛛网具有极显著的选择偏好性。

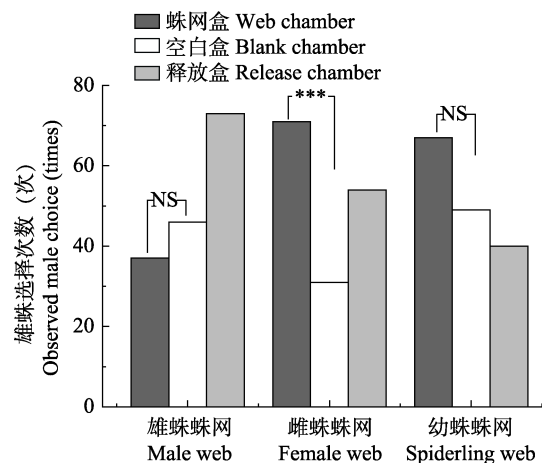


图 2 阴暗拟隙蛛雄蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择性

Fig. 2 Male choice on webs wove by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

***表示 $P < 0.001$, NS 表示 $P > 0.05$ 。

*** means $P < 0.001$, NS means $P > 0.05$.

2.1.2 雌蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择行为

雌蛛在繁殖季节一般留守在自己的居所等待雄蛛前来交配，但在双向选择实验中，被测阴暗拟隙蛛雌蛛在较近范围内 (依据实验所用选择盒大小，被测雌蛛距离处理盒内蛛网约为 15 ~ 30 cm) 对同种雄蛛的蛛网具有极显

著的选择偏好性（雄蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 55.538$, $P < 0.001$, 图 3）；但给予同种雌蛛的蛛网任其进行选择时，超过一半的被测雌蛛样本（14/26）一直停留在释放盒中（停留在释放盒中亦可以视为被测雌蛛的一种选择），未作出趋向或回避的选择行为，其他被测雌蛛进入雌蛛蛛网盒与空白盒的次数无显著差异（雌蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 1.800$, $P = 0.180$, 图 3）；被测雌蛛对同种幼蛛蛛网的选择无显著差异，即对同种幼蛛的蛛网亦未表现出趋向或回避行为（幼蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 0.163$, $P = 0.686$, 图 3）。

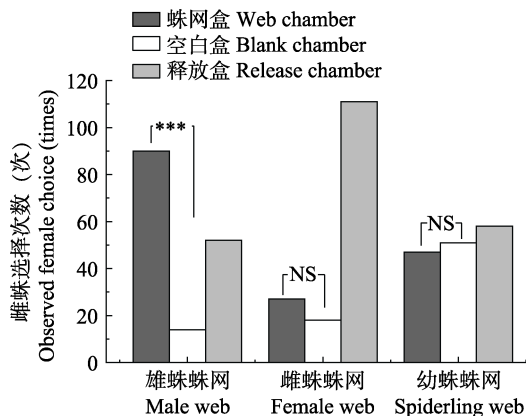


图 3 阴暗拟隙蛛雌蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择性

Fig. 3 Female choice on webs wove by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

***代表 $P < 0.001$, NS 代表 $P > 0.05$ 。

*** means $P < 0.001$, NS means $P > 0.05$ 。

2.1.3 幼蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择行为 在幼蛛对同种蛛网的选择实验中，被测阴暗拟隙蛛幼蛛对同种雄蛛蛛网和幼蛛蛛网的选择偏好性均达到极显著（雄蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 15.211$, $P < 0.001$ ；幼蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 10.465$, $P < 0.001$, 图 4），但对同种雌蛛的蛛网未表现出选择偏好性（雌蛛网盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 0.275$, $P = 0.600$, 图 4）。

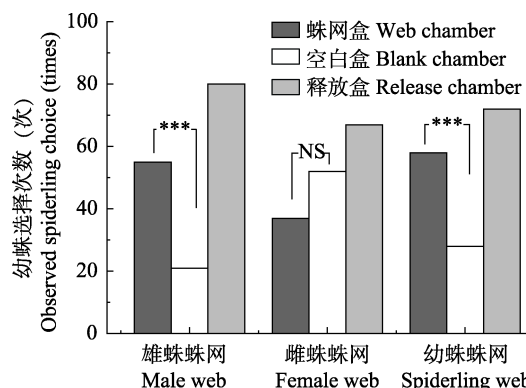


图 4 阴暗拟隙蛛幼蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛网的选择性

Fig. 4 Spiderling choice on webs wove by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

***代表 $P < 0.001$, NS 代表 $P > 0.05$ 。

*** means $P < 0.001$, NS means $P > 0.05$ 。

2.2 蛛体挥发物诱导的阴暗拟隙蛛种内选择行为

2.2.1 雄蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择行为

在阴暗拟隙蛛雄蛛对同种其他个体的蛛体挥发物双向选择实验中，被测雄蛛对同种雄蛛的蛛体挥发物没有表现出选择偏好性，其停留在雄蛛挥发物盒与空白盒的次数无显著差异（雄蛛挥发物盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 2.560$, $P = 0.110$, 图 5）；但被测雄蛛对同种雌蛛的蛛体挥发物表现出显著的趋向性，更多地停留在具雌蛛挥发物的处理盒中并有搜索、织网等行为（雌蛛挥发物盒 vs.空白盒： $\chi^2 = 6.080$, $P < 0.05$, 图 5）；有趣的是，阴暗拟隙蛛雄蛛对同种幼蛛的蛛体挥发物表现出回避行为，选择进入和停留在空白盒中的雄蛛显著多于在有幼蛛挥发物的盒中（空白盒 vs.幼蛛挥发物盒： $\chi^2 = 6.313$, $P < 0.05$, 图 5）。

2.2.2 雌蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择行为

阴暗拟隙蛛雌蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛的蛛体挥发物的选择行为实验结果显示，当处理盒中存在同种雄蛛的蛛体挥发物时，尽管较多的被测雌蛛停留在释放盒内，但

离开释放盒的被测雌蛛更愿意停留在具雄蛛挥发物的处理盒中，与空白盒的停留次数差异达到极显著(雄蛛挥发物盒 vs.空白盒: $\chi^2 = 9.328$, $P < 0.01$, 图 6); 但被测雌蛛对同种雌蛛的蛛体挥发物没有表现出选择偏好性(雌蛛挥发物

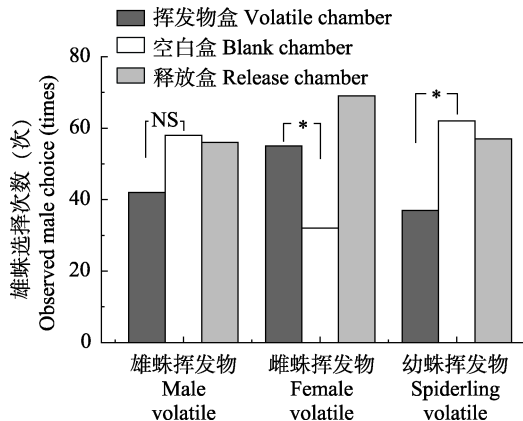


图 5 阴暗拟隙蛛雄蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择性

Fig. 5 Male choice on body volatiles released by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

*代表 $P < 0.05$, NS 代表 $P > 0.05$ 。

* means $P < 0.05$, NS means $P > 0.05$ 。

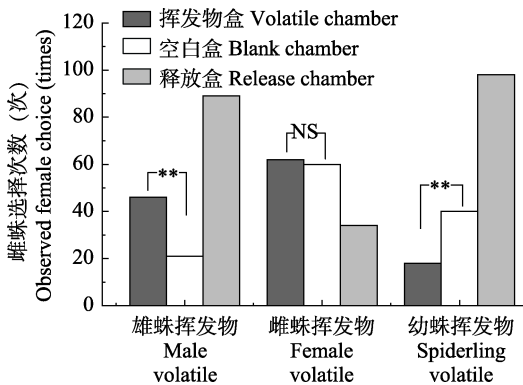


图 6 阴暗拟隙蛛雌蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择性

Fig. 6 Female choice on body volatiles released by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

**代表 $0.001 < P < 0.01$, NS 代表 $P > 0.05$ 。

** means $0.001 < P < 0.01$, NS means $P > 0.05$ 。

盒 vs.空白盒: $\chi^2 = 0.033$, $P = 0.856$, 图 6); 然而当处理盒中存在同种幼蛛的蛛体挥发物时, 被测雌蛛表现出极显著的回避行为, 大多数离开释放盒的被测雌蛛选择停留在了空白盒中, 与幼蛛挥发物盒的停留次数达到极显著差异(空白盒 vs.幼蛛挥发物盒: $\chi^2 = 8.345$, $P < 0.01$, 图 6)。以上结果说明, 同种雄蛛的蛛体挥发物能诱导阴暗拟隙蛛雌蛛的选择偏好行为, 而同种幼蛛的蛛体挥发物则能诱导雌蛛的回避行为。

2.2.3 幼蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择行为

阴暗拟隙蛛幼蛛对同种蜘蛛的蛛体挥发物敏感性不强, 本实验中有较多的被测幼蛛一直停留在释放盒中。统计结果显示, 在对雄蛛和雌蛛的蛛体挥发物选择实验中, 离开释放盒的被测幼蛛对同种雄蛛和雌蛛的蛛体挥发物均未表现出显著的趋向或者回避行为(雄蛛挥发物盒 vs.空白盒: $\chi^2 = 0.123$, $P = 0.725$; 雌蛛挥发物盒 vs.空白盒: $\chi^2 = 0.216$, $P = 0.642$, 图 7); 但在对同种幼蛛的蛛体挥发物作选择实验时, 被测幼蛛则表现出显著的趋向行为(幼蛛挥发物盒 vs.空白盒: $\chi^2 = 2.806$, $P < 0.05$, 图 7)。

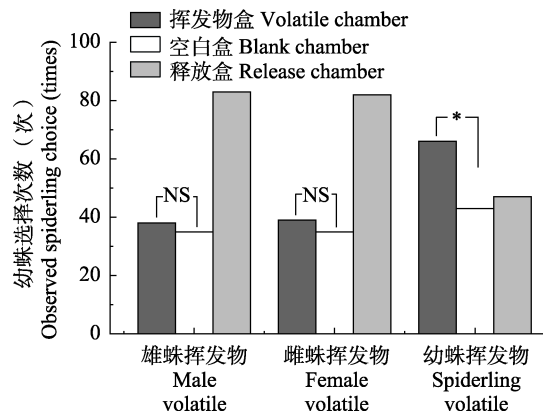


图 7 阴暗拟隙蛛幼蛛对同种雄蛛、雌蛛和幼蛛蛛体挥发物的选择性

Fig. 7 Spiderling choice on body volatiles released by conspecific males, females and spiderlings in *Pireneitega luctuosa*

*代表 $P < 0.05$, NS 代表 $P > 0.05$ 。

* means $P < 0.05$, NS means $P > 0.05$ 。

3 讨论

对阴暗拟隙蛛种内选择偏好性的研究结果发现：其一，雄蛛和雌蛛对于种内同性个体产生的蛛网及蛛体挥发物均没有选择偏好性，但其对同种异性产生的蛛网和蛛体挥发物则具有显著的趋向性，在异性蛛网或蛛体挥发物所在的地点表现更长时间的停留、探索、织网等行为；其二，雄、雌蛛对同种幼蛛的蛛网无选择性，但对幼蛛蛛体释放出来的挥发物均表现出回避行为，倾向于选择在远离具幼蛛挥发物的地方停留和织网；其三，幼蛛对同种幼蛛产生的蛛网和蛛体挥发物均有显著的选择偏好性，对雄蛛的蛛网亦有选择偏好性，但对雌蛛蛛网和雄、雌蛛蛛体挥发物均没有选择行为。因此，本研究结果证实，阴暗拟隙蛛雄、雌蛛及幼蛛的蛛网和蛛体挥发物能诱导种内其他个体的趋向或回避行为，表明阴暗拟隙蛛的蛛网及体表均携带能够标识其性别和龄期的相关信息化学物质。蛛网和蛛体挥发物诱导的阴暗拟隙蛛种内选择行为结果总结于表 1。

表 1 蛛网和蛛体挥发物诱导的阴暗拟隙蛛种内选择行为

Table 1 Intra-specific choice of *Pireneitega luctuosa* to conspecific webs and body volatiles

刺激物 Stimulant	被测蜘蛛 Tested spider		
	雄蛛 Male	雌蛛 Female	幼蛛 Spiderling
雄蛛网 Male web	0	+	+
雌蛛网 Female web	+	0	0
幼蛛网 Spiderling web	0	0	+
雄蛛蛛体挥发物 Male volatile	0	+	0
雌蛛蛛体挥发物 Female volatile	+	0	0
幼蛛蛛体挥发物 Spiderling volatile	-	-	+

表中“+”、“-”和“0”分别表示趋向行为、回避行为和 无选择偏好行为。

“+” “-” and “0” in the table means significant preference, significant repellence and no choice preference, respectively.

化学通讯是蜘蛛类群普遍使用的种内和种间信息交流方式，极可能是蜘蛛进化过程中最初用来进行个体之间信息交流的途径，从而将雌雄个体相互吸引以完成遗传物质交换（Weygoldt 1977）。在繁殖季节，很多种类的雌蛛会向周围环境释放信息化学物质即性信息素，以性信息素向同种雄蛛传递性状态，引诱雄蛛前来交配并为雄蛛的配偶搜索行为进行导向（Gaskett 2007, Schulz 2013, Cory et al. 2016, Bell et al. 2017）。本研究中的阴暗拟隙蛛雄蛛和雌蛛对异性蛛网和蛛体挥发物均表现出显著的选择偏好，表明该种雌蛛和雄蛛的蛛网和蛛体挥发物中含有对同种异性有吸引作用的化学物质。目前蜘蛛类群中已经鉴定出雌蛛性引诱剂的有皿蛛科的 *Linyphia triangularis* (Schulz et al. 1993)，漏斗蛛科的 *E. atrica* (Prouvost et al. 1999, Trabalon et al. 2005)、*Agelenopsis aperta* (Papke et al. 2001) 和 *Allagelena difficilis* (Chen et al. 2018)，栉足蛛科的 *Cupiennius salei* (Papke et al. 2000, Tichy et al. 2001)，幽灵蛛科的 *Pholcus beijingensis* (Xiao et al. 2009)，园蛛科的 *Argiope bruennichi* (Chinta et al. 2010)，球蛛科的 *Latrodectus hasselti* (Jerhot et al. 2010, Scott et al. 2015) 等；而雄蛛的性信息素目前仅报道有北京幽灵蛛 (*P. beijingensis*) 雄蛛释放的性激发剂 (Xiao et al. 2010)，未见雄蛛性引诱剂结构鉴定报道。

在本研究中，阴暗拟隙蛛雄、雌蛛对幼蛛的蛛体挥发物有回避行为倾向，而幼蛛对幼蛛的蛛网和蛛体挥发物有趋向行为倾向，揭示阴暗拟隙蛛可能利用蛛网携带的和蛛体释放的化学物质进行种内通讯，从而形成既独居又近邻的生活习性和分布状况。有研究报道，漏斗蛛 *E. atrica* 的群居型幼蛛可通过体表分泌物标识其龄期特征，以避免来自同种成蛛的攻击或捕食 (Pourié et al. 2005)。但是，由成蛛和幼蛛释放的用于导向种内选择行为的信息化学物质，目前未见有化学结构鉴定的报道，相关研

究内容值得深入探讨。

致谢 感谢井冈山大学蜘蛛生物学研究组聘用人员肖朝菊和本科生志愿者旦增曲培在实验蜘蛛野外采集及室内饲养方面给予的帮助。

参 考 文 献

- Baruffaldi L, Andrade M C B. 2015. Contact pheromones mediate male preference in black widow spiders: avoidance of hungry sexual cannibals? *Animal Behaviour*, 102: 25–32.
- Bell R D, Roberts J A. 2017. Trail-following behavior by males of the wolf spider, *Schizocosa ocreata* (Hentz). *Journal of Ethology*, 35(1): 29–36.
- Chen Z W, Zhao Y F, He S C, et al. 2018. Particular levels of odors released by virgin females attract conspecific males of the funnel-web spider *Allagelena difficilis*. *Journal of Chemical Ecology*, 44(10): 905–914.
- Chinta S P, Goller S, Lux J, et al. 2010. The sex pheromone of the wasp spider *Argiope bruennichi*. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(11): 2033–2036.
- Chinta S P, Goller S, Uhl G, et al. 2016. Identification and synthesis of branched wax-type esters, novel surface lipids from the spider *Argyrodes elevatus* (Araneae: Theridiidae). *Chemistry & Biodiversity*, 13(9): 1202–1220.
- Cory A L, Schneider J M. 2016. Old maids have more appeal: effects of age and pheromone source on mate attraction in an orb-web spider. *PeerJ*, 4(Suppl 2): e1877.
- Gaskett A C. 2007. Spider sex pheromones: emission, reception, structures, and functions. *Biological Reviews*, 82(1): 27–48.
- Gundermann J L, Horel A, Krafft B. 1993. Experimental manipulations of social tendencies in the subsocial spider *Coelotes terrestris*. *Insectes Sociaux*, 40(2): 219–229.
- Jerhot E, Stoltz J A, Andrade M C, et al. 2010. Acylated serine derivatives: A unique class of arthropod pheromones of the Australian redback spider, *Latrodectus hasselti*. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(11): 2037–2040.
- Nentwig W. 2013. *Spider Ecophysiology*. Berlin, Heidelberg: Springer, 130–133.
- Papke M D, Riechert S E, Schulz S. 2001. An airborne female pheromone associated with male attraction and courtship in a desert spider. *Animal Behaviour*, 61(5): 877–886.
- Papke M D, Schulz S, Tichy H, et al. 2000. Identification of a new sex pheromone from the silk dragline of the tropical wandering spider *Cupiennius salei*. *Angewandte Chemie International Edition*, 39(23): 4339–4341.
- Pourié G, Francke W, Ibarra F, et al. 2005. Fatty acids mediate aggressive behavior in the spider *Teegenaria atrica*. *Chemoecology*, 15(3): 161–166.
- Prouvost O, Trabalon M, Papke M D, et al. 1999. Contact sex signals on web and cuticle of *Teegenaria atrica* (Araneae, Agelenidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 40(4): 194–202.
- Schulz S. 2013. Spider pheromones—a structural perspective. *Journal of Chemical Ecology*, 39(1): 1–14.
- Schulz S, Toft S. 1993. Identification of a sex-pheromone from a spider. *Science*, 260(5114): 1635–1637.
- Scott C, Mccann S, Gries R, et al. 2015. N-3-Methylbutanoyl-O-methylpropanoyl-L-serine methyl ester-pheromone component of western black widow females. *Journal of Chemical Ecology*, 41(5): 465–472.
- Tichy H, Gingl E, Ehn R, et al. 2001. Female sex pheromone of a wandering spider (*Cupiennius salei*): identification and sensory reception. *Journal of Comparative Physiology A*, 187(1): 75–78.
- Trabalon M. 2013. Chemical communication and contact cuticular compounds in spiders // Nentwig W. *Spider Ecophysiology*. Berlin, Heidelberg: Springer, 125–140.
- Trabalon M, Niogret J, Legrand-Frossi C. 2005. Effect of 20-hydroxyecdysone on cannibalism, sexual behavior, and contact sex pheromone in the solitary female spider, *Teegenaria atrica*. *General and Comparative Endocrinology*, 144(1): 60–66.
- Trabalon M, Pourié G, Hartmann N. 1998. Relationships among cannibalism, contact signals, ovarian development and ecdysteroid levels in *Teegenaria atrica* (Araneae, Agelenidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 28(10): 751–758.
- Weygoldt P. 1977. *Communication in Crustaceans and Arachnids: How Animals Communicate*. Bloomington: Indiana University Press, 303–333.
- Xiao Y H, Zhang J X, Li S Q. 2009. Two-Component Female-Produced pheromone of the spider *Pholcus beijingensis*. *Journal of Chemical Ecology*, 35(7): 769–778.
- Xiao Y H, Zhang J X, Li S Q. 2010. Male-specific (Z)-9-tricosene stimulates female mating behaviour in the spider *Pholcus beijingensis*. *Proceedings Biological Sciences*, 277(1696): 3009–3018.
- Xiao Y H, Zunic-Kosi A, Zhang L W, et al. 2015. Male adaptations to minimize sexual cannibalism during reproduction in the funnel-web spider *Hololena curta*. *Insect Science*, 22(6): 840–852.
- 吴俊, 焦晓国, 陈建, 等. 2007. 雌星豹蛛性信息素的行为学证据. *动物学报*, 53(6): 994–999.
- 肖永红, 蒋平, 杨娟. 2010. 蜘蛛信息素的研究进展. *井冈山大学学报: 自然科学版*, 31(6): 125–131.
- 肖永红, 李枢强. 2012. 一些蜘蛛类群味觉毛的形态、数量和分布. *动物学杂志*, 47(5): 1–7.
- 曾阳, 梁宏合, 江庆生, 等. 2015. 雌蛛拖丝在星豹蛛和拟环纹豹蛛物种识别中的作用. *湖北大学学报: 自然科学版*, 37(3): 227–230.