

星豹蛛求偶和交配行为

吴俊 焦晓国* 陈建 彭宇 刘凤想

(湖北大学生命科学学院 武汉 430062)

摘要: 以星豹蛛(*Pardosa astrigera*)为研究对象,在室内对其求偶和交配行为进行了描述。雄蛛“俯卧撑”式动作(push up)在求偶中具有重要作用。交配初期,两侧触肢交替插入;随交配进行,单侧触肢连续插入3~5次后才换另一侧触肢插入,触肢每插入一次,基血囊膨大多次。完整交配一次雄蛛触肢器平均插入次数为29.625。交配前求偶时间、交配持续时间和有效交配时间分别平均为6 min、32 min 25 s和11 min 11 s。星豹蛛雄蛛可进行多次交配,而雌蛛一般为单次交配。雌蛛交配状态(是否已经交配)影响其同类相食行为,已交配雌蛛对雄蛛同类相食率显著高于未交配雌蛛对雄蛛同类相食率。

关键词: 星豹蛛; 求偶; 交配; 同类相食行为

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2008)02-09-04

Courtship and Mating Behaviors of the Wolf Spider *Pardosa astrigera*

WU Jun JIAO Xiaoguo* CHEN Jian PENG Yu LIU Feng Xiang

(College of Life Sciences, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: Courtship and mating behaviors of the wolf spider *Pardosa astrigera* were determined in laboratory. Results indicated that the “push up” behavior of the male plays an important role in courtship. Copulation in this wolf spider species was characterized by a pattern which male alternated the use of palps after each insertion at first, and followed by consecutive insertions with each palp, with multiple expansions of the hematochoa per insertion. The numbers of palp insertions in each complete mating counted 29.625 on average. Durations of precopulatory courtship, copulation and effective copulation of the pairs mated in laboratory averaged 6 min, 32 min 25 s and 11 min 11 s respectively. Results of multiple mating suggest that female *P. astrigera* be essentially monandrous, while males be polygynous. Female mating status influenced sexual cannibalism, in which mated females killed the mates more frequently than virgin ones.

Key words: *Pardosa astrigera*; Courtship; Mating; Cannibalism

与动物界其他类群相比,蜘蛛由于具有一系列特殊性状和行为而越来越受到动物学家与行为研究者重视,如蜘蛛一般都具雌雄二型现象,有同类相食行为,雄蛛交替使用两触肢交配。有些种类蜘蛛采用视觉、听觉、震动、嗅觉和触觉等多种通讯方式展示复杂的求偶及交配行为^[1,2],它们已逐渐成为动物性选择研究中重要模式生物类群^[1]。特别是狼蛛科蜘蛛,其复杂多样的求偶和交配行为引起行为学家的兴趣,相关报道也越来越多^[2~5]。对狼蛛科蜘蛛

求偶和交配行为进行研究,不但可以阐明蜘蛛同类相食行为及生殖隔离产生的机制,而且可为研究狼蛛科蜘蛛系统发育与进化提供佐证。

目前有关狼蛛科蜘蛛求偶和交配行为研究较为深入,既有单种繁殖行为的描述,也有以求偶和交配行为为基础的系统发育树构建^[5,6]。

* 通讯作者, E-mail: jiaoxg@hubei.edu.cn;

第一作者介绍 吴俊,男,硕士研究生;研究方向:动物生态学; E-mail: wujun19832001@yahoo.com.cn。

收稿日期: 2007-09-06, 修回日期: 2008-01-04

但目前国内外还没有关于星豹蛛 (*Pardosa astrigera*) 繁殖行为的报道。本文以广泛分布于我国农田生态系统的星豹蛛为对象, 研究其求偶和交配行为。

1 材料与方 法

1.1 实验材料 星豹蛛于 2006 年 11 月采自湖北省武汉市华中农业大学棉花实验田边的荒地上。当地星豹蛛以亚成蛛越冬, 11 月正是星豹蛛亚成蛛发生高峰。采集后单头分装于玻璃试管中, 试管底部用一块蘸水的海绵保湿, 然后置于温度为 25℃, 每天光照 14 h 的培养箱内饲养。每头蜘蛛每星期饲喂 2 次, 每次提供 20~30 头黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 成虫。星豹蛛亚成蛛蜕皮后供实验用。

1.2 实验方法 求偶和交配行为实验在罐头瓶中进行, 瓶顶用培养皿盖住防蜘蛛逃逸。实验前, 模拟星豹蛛生活环境, 在罐头瓶底部铺一层土, 加适量水保湿, 然后分别在每瓶中引入 3~5 日龄的成熟未交配的星豹蛛雌蛛一只。星豹蛛雌蛛在瓶中适应 24 h 后, 进行求偶和交配实验。实验蜘蛛共计 45 对。交配一般在 8:00~12:00 时进行。实验前, 用电子分析天平 (精度为 0.1 mg) 称量每只蜘蛛体重。实验中, 用试管把 3~5 日龄成熟未交配雄蛛轻轻引入罐头瓶中, 然后用 SONY SR8E 型数码摄像机观察记录雌雄蛛的求偶和交配行为及每一特征行为的持续时间。在雄蛛引入 1 h 后, 若雌雄蛛之间没有反应, 视为本次实验失败。求偶时间定义为从雄蛛表现求偶行为开始, 到雄蛛将触肢器插入雌蛛外雌器为止。交配时间定义为从雄蛛将触肢器插入雌蛛外雌器开始, 到雌雄蛛分开。有效交配时间定义为触肢器每次插入持续时间之和。每次交配后清洗罐头瓶, 置换其中的土层。初次交配 1 d 后雄 (雌) 蛛与未交配雌 (雄) 蛛配对, 观察记录交配成功的对数及同类相食行为, 饲养及管理同实验材料部分。

1.3 统计方法 采用 SPSS 11.5 统计软件对数据进行分析, 其中雌雄蛛体重与交配持续时间关系采用相关性分析方法; 左侧触肢与右侧触

肢在插入次数与有效插入时间上的差异采用配对 *t* 检验方法; 频数资料采用卡方检验方法。数据统一采用 Mean ±SD 表示。

2 结 果

2.1 求偶行为 当星豹蛛雌雄相遇时, 雄蛛在雌蛛面前展现复杂的求偶行为。首先, 雄蛛用触肢前侧面搜索地面基质, 展现典型的化学探索行为。接着雄蛛第一对步足上下抖动, 腹末端慢慢敲打地面。之后雄蛛以急行急停间断性行走动作逐渐靠近雌蛛。在距离雌蛛 2~5 cm 时, 雄蛛整个身体作“俯卧撑”式运动, 伴随雄蛛第一对步足抖动和腹末端敲打地面频率加速。如果雌蛛不接受, 表现攻击或逃避行为, 雄蛛则重复展现“俯卧撑”式求偶动作, 直到雌蛛接受交配为止。如果雌蛛平伏地面静止不动, 或雌蛛第一对步足前伸慢慢击打地面, 伴随雌蛛慢慢靠近雄蛛, 雄蛛就把第一对步足向前伸向雌蛛头部, 试探雌蛛的反应, 如果雌蛛不表现攻击行为, 雄蛛就从雌蛛的正面爬上雌蛛背上, 头朝向雌蛛尾端, 用步足将雌蛛抱住, 准备交配。有些雌蛛在雄蛛爬上后会继续行走, 从背上把雄蛛甩下, 然后雄蛛继续重复前面求偶行为, 直至成功。在成功交配的 40 对蜘蛛中, 雄蛛从引入到开始交配, 时间最短的仅需 45 s, 最长 22 min 55 s, 平均 6 min。

2.2 交配行为 当星豹蛛雄蛛爬上雌蛛背上准备交配时, 雄蛛将头胸部挪到雌蛛身体的一侧, 将一侧触肢伸到雌蛛外雌器处, 来回摩擦, 直到触肢器生殖球中突钩挂住外雌器垂兜, 然后插入器在引导器、顶突等帮助下, 伸到交配口处。此时, 生殖球基血囊充血膨大, 使生殖球突出于腔窝之外, 插入器通过交配口进入外雌器, 将生殖球贮精囊内贮存的精液送入外雌器交配管。然后插入器由外雌器中抽出, 由同侧或异侧触肢插入。交配初期, 两侧触肢交替插入; 随交配进行, 单侧触肢插入 3~5 次后才换另一侧触肢插入。触肢每插入一次, 基血囊膨大多次。

星豹蛛雄蛛和雌蛛平均体重分别为 (0.0379 ± 0.0052) g 和 (0.0468 ± 0.0071) g。

在供实验的 45 对蜘蛛中, 40 对成功交配, 交配成功率 88.89%, 其中有 2 头雄蛛在交配后被雌蛛捕杀。在未交配的 5 对蜘蛛中, 1 头雄蛛被雌蛛捕杀(表 1)。完整交配一次持续时间最短 21 min 50 s, 最长 69 min 46 s, 平均 32 min 25 s。星豹蛛雄蛛和雌蛛体重与交配持续时间相关性都不显著(其中雄蛛体重与交配持续时间相关系数 $r = 0.217$, $P = 0.191$, $n = 40$; 雌蛛体重与交配持续时间相关系数 $r = 0.598$, $P = 0.088$, $n = 40$)。整个交配过程触肢插入次数 19~48

次, 平均 29.625 次。其中左侧与右侧触肢插入次数分别为(15.000 ± 3.483)、(14.625 ± 4.395)次, 差异不显著($t = 0.540$, $P = 0.597$, $df = 15$)。整个交配过程有效交配时间平均 11 min 11 s, 其中左侧与右侧触肢插入有效时间分别为(660.813 ± 166.681)s、(681.750 ± 153.268)s, 差异也不显著($t = -0.681$, $P = 0.506$, $df = 15$)。交配持续时间及有效交配时间与触肢器插入次数都存在极显著的正相关(图 1、2)。交配结束, 雄蛛迅速离开雌蛛, 避免被雌蛛捕杀。

表 1 星豹蛛多次交配及同类相食行为结果

Table 1 Results of multiple matings and sexual cannibalism in *P. astrigera*

交配类型 Mating pattern	对数 Pairs	交配数 Pairs mated	交配率(%) Percentage of mating	同类相食数		同类相食率(%)	
				Number cannibalised		Percentage cannibalised	
				交配前 Premating	交配后 Postmating	交配前 Premating	交配后 Postmating
单次交配 Single mating	45	40	88.89	1	2	2.22	4.44
♂ 2 次交配 ♂ second mating	9	9	100	0	0	0	0
♀ 2 次交配 ♀ second mating	15	1	6.67	4	0	26.67	0
♂♀ 2 次交配 ♂♀ second mating	9	0	0	2	0	22.22	0

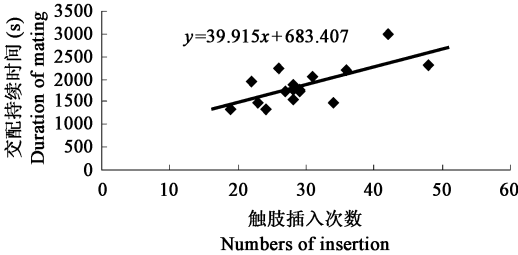


图 1 星豹蛛雄蛛触肢插入次数与交配持续时间相关性

Fig. 1 Correlation between palp insertions and mating duration in *P. astrigera*

$$r = 0.693, P = 0.003, n = 16$$

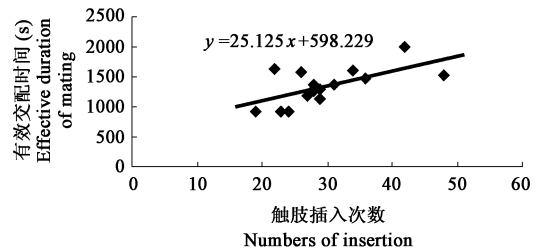


图 2 星豹蛛雄蛛触肢插入次数与有效交配时间相关性

Fig. 2 Correlation between palp insertions and effective duration of mating in *P. astrigera*

$$r = 0.631, P = 0.009, n = 16$$

星豹蛛多次交配实验表明, 交配 1 次后的雄蛛能与未交配雌蛛再次交配, 雄蛛 2 次交配率为 100%, 雄蛛交配史对以后交配没有显著影响($\chi^2 = 1.10$, $P = 0.3863$, $df = 1$); 而交配 1 次后的雌蛛很少能与雄蛛再次交配, 雌蛛 2 次交配率仅为 6.67%, 显著低于 1 次交配率 88.89% ($\chi^2 = 35.15$, $P < 0.001$, $df = 1$)。雌蛛交配状态影响其同类相食行为, 处女雌蛛对雄

蛛同类相食率为 2.22%, 而已交配雌蛛对雄蛛同类相食率为 26.67%, 后者显著高于前者($\chi^2 = 8.800$, $P = 0.015$, $df = 1$) (表 1)。

3 讨论

星豹蛛是一种性情凶猛的中型蜘蛛, 具同类相食习性, 雄蛛为避免雌蛛的捕食, 在交配前展示复杂的求偶行为。如同其他狼蛛一样, 星

豹蛛雄蛛的求偶行为也具 3 种典型动作, 一是雄蛛采用触肢前侧面搜索地面基质, 展现典型化学探索行为 (chemoexplore); 二是以急行急停间断性行走动作逐渐靠近雌蛛, 伴随第一对步足敲打地面, 腹末端慢慢击打地面 (jerky tap); 三是第一对步足向前上方高频率舞动 (leg raise and wave)^[2,4,6,8]。据本实验观察, 星豹蛛雄蛛求偶行为除上述 3 种典型动作外, 整个身体反复作特殊“俯卧撑”式运动动作, 这可能是星豹蛛求偶具有的种特异性行为。生物测定实验证实, 只要提供成熟未交配星豹蛛雌蛛的拖丝, 即使没有雌蛛, 同样能激起雄蛛的“俯卧撑”式动作, 可能这种动作在近缘种生殖隔离中具有重要意义 (另文发表)。

蜘蛛交配姿势也复杂多样, Foelix 把蜘蛛交配姿势简单分为 4 种基本类型。一是原始游猎型蜘蛛所具有的交配姿势, 主要特征是雌蛛交配时直立, 雌雄垂直; 二是结网型蜘蛛交配姿势, 主要特征与 1 型相似, 只是交配时悬在网上; 三是一些进化程度高的游猎型蜘蛛 (管巢蛛 Clubionidae、狼蛛 Lycosidae、跳蛛 Salticidae 和蟹蛛 Thomisidae) 交配姿势, 主要特征是雄蛛爬在雌蛛背上, 头朝向雌蛛尾端, 雄蛛将头胸部挪到雌蛛身体的一侧, 雌蛛配合将腹部扭向该侧, 以利于雄蛛触肢插入; 四是管巢蛛科红螯蛛属 (*Cheiracanthium*) 蜘蛛特有, 主要特征是雌雄蛛头向相反, 腹面相对^[9]。星豹蛛同其他狼蛛一样, 交配时采用第 3 种交配姿势。在狼蛛科中, 不同种蜘蛛采用复杂多样的求偶和交配行为或模式, 但对任一种特定蜘蛛, 其求偶和交配行为又是高度保守的。是否可以采用求偶和交配行为进行分类学中科下分类阶元的系统发育树构建? Stratton 等以单侧触肢持续插入次数、触肢单次插入基血囊膨大次数及持续交配时间为标准, 构建了狼蛛科系统发育树^[5]。依 Stratton 等的标准, 星豹蛛应归入豹蛛属支序中, 这与形态学分类是一致的。进一步比较, 发现星豹蛛与同属 *P. groenlandica* 关系最为紧密, 它们可能是近缘种。

由于大多数蜘蛛具同类相食习性, 研究蜘蛛的交配模式对丰富和阐明动物的性选择理论具有重要意义^[1]。本文研究发现星豹蛛交配模式为雄蛛多次交配, 而雌蛛主要为单次交配, 这与鞘裂蛛 (*Schizocosa ocreata*) 相同^[7]。由于雌蛛进行单次交配, 其对配偶选择性强, 促使雄蛛在交配前展示复杂的求偶行为。雌蛛交配状态影响其同类相食行为, 处女雌蛛对雄蛛同类相食率显著低于已交配雌蛛对雄蛛同类相食率。已有研究表明, 雌蛛交配后其攻击性显著增强, 这可能是星豹蛛雌蛛单次交配模式进化的主要动力。在交配后雌蛛同类相食行为显著增强这种高选择压力下, 雄蛛必须进化出能准确评价雌蛛交配状态的能力, 如有些种类蜘蛛雄蛛根据雌蛛拖丝上性信息素的变化来评估雌蛛是否已经交配^[8,9]。在这类蜘蛛中, 交配后雌蛛不再释放性信息素^[8,9], 促使雄蛛选择未交配的雌蛛为配偶, 不但可以提高雄蛛生殖力, 而且可以降低被雌蛛捕杀的风险。星豹蛛雌蛛交配后是否停止释放性信息素有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Huber B A. Sexual selection research on spiders: progress and biases. *Biol Rev*, 2005, **80**: 363~ 385.
- [2] Taylor P W, Roberts J A, Uetz G W. Flexibility in the multimodal courtship of a wolf spider, *Schizocosa ocreata*. *J Ethol*, 2005, **23**: 71~ 75
- [3] 陈军, 宋大祥. 狼蛛科蜘蛛的繁殖行为. *蛛形学报*, 1999, **8** (1): 55~ 62
- [4] Hebets E A, Stratton G E, Miller G L. Habitat and courtship behavior of the wolf spider *Schizocosa retrorsa*. *The Journal of Arachnology*, 1996, **24**: 141~ 147.
- [5] Stratton G E, Hebets E A, Miller P R, et al. Pattern and duration of copulation in wolf spiders. *The Journal of Arachnology*, 1996, **24**: 186~ 200.
- [6] Roberts J A, Uetz G W. Species specificity of chemical signals: silk source affects discrimination in a wolf spider. *Journal of Insect Behavior*, 2004, **17** (4): 477~ 491.
- [7] Norton S, Uetz G W. Mating frequency in *Schizocosa ocreata* wolf spiders: evidence for a mating system with female monandry and male polygyny. *The Journal of Arachnology*, 2005, **33**: 16~ 24.
- [8] Rypstra A L, Wieg C, Walker S E, et al. Mutual mate assessment in wolf spiders: differences in the cues used by males and females. *Ethology*, 2003, **109**: 315~ 325.
- [9] Foelix R F. *Biology of Spiders*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1996, 189~ 200.