

拟环纹豹蛛的视觉距离和颜色选择

黄婷^① 汪波^{①②} 郑安妮^② 颜亨梅^{①②*}

① 湖南师范大学生命科学学院 长沙 410081; ② 北京师范大学珠海分校 珠海 519087

摘要: 为了探明拟环纹豹蛛 (*Pardosa pseudoannulata*) 的视觉距离与环境颜色选择情况, 采用死果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 和拟环纹豹蛛为实验材料, 自制实验设备, 分别测定了拟环纹豹蛛的视觉距离 (3 cm、4 cm、5 cm、6 cm、7 cm) 和其对红、橙、黄、绿颜色的选择。第一组实验, 在拟环纹豹蛛饥饿的情况下, 观察记录其对不同距离果蝇的选择停留时间, 以此来确定其视觉距离。第二组实验, 观察记录拟环纹豹蛛对不同颜色的选择停留时间, 以此来确定其对环境颜色选择情况。第一组实验结果表明, 拟环纹豹蛛在视觉上可以感知距离, 其对于 3、4、5、6 cm 这 4 个距离的果蝇都具有敏感性。拟环纹豹蛛对距离 3 cm 和距离 4 cm 果蝇的视觉敏感性相近且最好, 对距离 5 cm 和距离 6 cm 的果蝇仍具有视觉敏感性, 且敏感性相近, 但对距离 5 cm 比距离 4 cm 的果蝇的偏爱选择指数明显下降 ($P < 0.05$), 说明敏感性显著下降, 对距离 7 cm 以上果蝇的视觉感知几乎不存在。拟环纹豹蛛选择停留在有果蝇处的标准曲线为 $y = -9.6770x + 118.74$, $R^2 = 0.8378$, 选择停留在无果蝇处的标准曲线 $y = 9.6750x - 18.729$, $R^2 = 0.8377$, 随着与果蝇距离的增加, 拟环纹豹蛛视觉的感知性逐渐减弱, 甚至消失, 说明与果蝇的距离与拟环纹豹蛛视觉的敏感性呈负相关关系。第二组拟环纹豹蛛对颜色选择的实验中, 计算出拟环纹豹蛛对 4 种颜色的偏爱选择指数, 红色为 $35.40\% \pm 1.60\%$, 绿色 $36.03\% \pm 1.60\%$, 黄色 $18.01\% \pm 1.60\%$, 橙色 $10.56\% \pm 1.60\%$, 即拟环纹豹蛛对黄色和橙色的敏感性显著低于对红色和绿色的敏感性 ($P < 0.05$), 其对红色和绿色最敏感, 说明拟环纹豹蛛对不同波长的光色敏感性存在差异。

关键词: 拟环纹豹蛛; 距离; 定位; 视觉反应; 颜色

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2014)05-772-06

Vision Distance and Color Selection of *Pardosa pseudoannulata*

HUANG Ting^① WANG Bo^{①②} ZHENG An-Ni^② YAN Heng-Mei^{①②*}

① *Life Science College, Hunan Normal University, Changsha 410081*; ② *Beijing Normal University, Zhuhai Campus, Zhuhai 519087, China*

Abstract: Vision distance and color selection of *Pardosa pseudoannulata* were studied by distance effect testing (3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm) and color effect testing (redness, orange, yellowness, greenness). The testings were carried out by using *P. pseudoannulata* and dead *Drosophila melanogaster* as experiment materials and two different groups of experiment equipments devised by ourselves. To confirm *P. pseudoannulata*'s vision distance. The choice time of *D. melanogaster* in the different distances was observed and recorded when *P. pseudoannulata* was hungry. Besides, *P. pseudoannulata*'s choice time of different colors was observed and recorded to test its color selection. Preference selection index (PSI) was used to express *P. pseudoannulata*'s

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31172107, 31372159);

* 通讯作者, E-mail: yanhm03@126.com;

第一作者介绍 黄婷, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 18156100@qq.com。

收稿日期: 2013-12-20, **修回日期:** 2014-04-29

choice situation, which meant *P. pseudoannulata*'s choice time of *D. melanogaster* in the different distances or one color as percentage of total testing time. PSI was tested by the One-way ANOVA test. From results of the first group testing, it is found that: (1) *P. pseudoannulata* had distance perception in vision and they had sensitivity of vision for the *D. melanogaster* in the distance of three, four, five and six centimeters. (2) *P. pseudoannulata* had the best and similar sensitivity of vision for the *D. melanogaster* in the distance of three and four centimeters. However, the sensitivity of vision for the *D. melanogaster* in the distance of five centimeters exhibited significant decrease ($P < 0.05$). For the *D. melanogaster* in the distance of five and six centimeters, *P. pseudoannulata* also had similar sensitivity. *P. pseudoannulata*'s sensitivity of vision almost defunctionalized in the distance over seven centimeters. (2) The standard curve of *P. pseudoannulata*'s choice time of *D. melanogaster* in the different distances: $y = -9.6770x + 118.74$, $R^2 = 0.8378$ and the standard curve of *P. pseudoannulata*'s choice time of 'none *D. melanogaster*' in the different distances: $y = 9.6750x - 18.729$, $R^2 = 0.8377$ suggested that sensitivity of *P. pseudoannulata*'s vision decreases correspondingly with an increase of *D. melanogaster*'s distance. The other group testing gave the PSI of choosing color were $35.40\% \pm 1.60\%$ (redness), $36.03\% \pm 1.60\%$ (greenness), $18.01\% \pm 1.60\%$ (yellowness), and $10.56\% \pm 1.60\%$ (orange). Sensitivity to yellowness and orange were significantly lower than to redness and greenness ($P < 0.05$), indicating that they have the highest sensitivity to redness and greenness. It meant *P. pseudoannulata* had different level sensitivity for different wavelength light.

Key words: *Pardosa pseudoannulata*; Distance; Positioning; Visual response; Color

拟环纹豹蛛 (*Pardosa pseudoannulata*) 属节肢动物门 (Arthropoda) 蛛形纲 (Arachnoidea) 蜘蛛目 (Araneae) 狼蛛科 (Lycosidae), 能捕杀害虫, 是有益动物。因善跑、能跳、行动敏捷、性凶猛而得名 (王仁民等 1980, 王智 2007)。狼蛛是稻褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 的重要捕食者 (舒迎花 2005)。Kiritani (1979) 认为稻田蜘蛛是稻虫的有效生物控制成分, 拟环纹狼蛛-黑尾叶蝉 (*Nephotettix cincticeps*) 系统中被捕食的叶蝉和飞虱, 90% 是狼蛛的功劳。其他东南亚国家也有类似报道 (王洪全等 1982)。狼蛛的捕食作用能有效降低农林害虫的数量和密度。因而探明狼蛛寻觅和定位猎物的机制, 有助于认识和利用狼蛛控制害虫的作用, 具有生态学和经济意义 (宋大祥 2000, 荆奇等 2010)。测定狼蛛的视觉距离, 有助于探明视觉在游猎型蜘蛛寻觅、选择与定位猎物过程的行为机制。测定狼蛛对环境颜色的选择, 可于农田中用颜色引诱狼蛛, 从而更有效地消灭害虫 (吴伟坚等 2005, 王自力等 2008)。此外, 这方面的研究也可以从理论上探索单眼的光感觉机理。

已有文献报道了狼蛛捕食行为方面的感觉模式 (Barth et al. 1985)。蜘蛛依靠视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉这 5 种感觉寻觅捕食猎物 (杨燕萍 1997)。与织网型蜘蛛不同, 视觉在游猎型蜘蛛的捕食中起到重要的作用。有文献指出, 视觉对于一些蜘蛛类群如跳蛛 (Salticidae)、狼蛛、蟹蛛 (Thomisidae) 的猎物寻觅、定位或者基材的选择起到最重要的作用 (Land 1990, Defrize et al. 2011)。游猎型蜘蛛具有背单眼 (dorsal ocelli), 这些背单眼可以称作“好”的眼睛, 一些背单眼有反光色素层 (tapeta), 一些有移动的虹膜 (mobile iris)。每个背单眼有 10 000 个受体 (receptors), 可以看到 150° 或者更宽广的视野 (Land 2009)。狼蛛作为一种游猎型蜘蛛有着相对发育完好的视觉, 它们寻觅与定位猎物主要依靠视觉和振动刺激, 其中视觉信号可能优先于振动信号, 周围环境中视觉与振动刺激的强度也可能为它们提供一个关于猎物密度的可靠指标, 但是这类蜘蛛的视觉系统主要适于探测运动的物体 (Rovner 1968, Land 1985, Lizotte et al. 1988, Rovner 1991, Persons et al. 1996)。因此, 狼蛛

对静止物体的视觉还需要进一步研究。

1 材料与方 法

1.1 拟环纹豹蛛的视觉距离测定

1.1.1 实验准备 取拟环纹豹蛛 10 只,雌雄各半,于试管中喂食足量果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 且给予供水培养 2 d。第 3 天到第 5 天,只供水,不喂食果蝇。第 6 天,测试每只蜘蛛在双向盒(图 1)中分别对装有果蝇的小盒和未装有果蝇小盒的选择性。

① 用不透光的厚纸板分别制作中心盒(长 18 cm、宽 6 cm、高 6 cm)和 5 对两端开口的直管,直管长度分别为 4 cm、5 cm、6 cm、7 cm、8 cm。

② 将 10~20 只果蝇引入一个锥形瓶中,放置于冰箱冷冻层冰冻 3~5 min。冰冻后,将死亡的果蝇粘附在正对被试蜘蛛一面的透明塑料盒内侧(长 2.0 cm、宽 2.0 cm、高 2.0 cm,壁厚约 0.2 cm)并盖紧,用密封条密封。将果蝇放在透明塑料盒内,旨在去除声音、气味、味道对蜘蛛寻觅猎物的影响。

③ 将装有死果蝇的透明塑料盒放在双向盒的一个直管内,确保结实不透风,将未装有果蝇的透明塑料盒放在双向盒另一侧的同样长度直管内,同样确保结实不透风。

1.1.2 实验设计 按顺序分别观察并测量透明塑料盒距离中心盒 3 cm、4 cm、5 cm、6 cm、7 cm 时,拟环纹豹蛛的选择情况。确保透明塑料盒向外的一面与直管末端对齐,让两侧直管

的光照一致(图 1)。

将实验装置放置在室内,通过交替更换双向盒的方向,排除拟环纹豹蛛的方向偏好对实验的影响。把被测蜘蛛从入口处放入,盖好入口确保密封,开始实验。人在距离左侧直管口 50 cm 处观察 25 min,分别记录蜘蛛在两个直管内停留的时间。观察结束后将蜘蛛转移回试管,用棉花蘸 75% 乙醇擦拭透明塑料盒外部,取出两个直管,用棉花进行清扫,同时清扫双向盒内部,透明塑料盒烘干后重新组装好双向盒,确保密封后更换被测个体,重复以上实验。10 只被测拟环纹豹蛛按顺序完成一个方向的实验后,调换双向盒的方向,观察者的位置不变,重复以上实验。该组实验重复 3 次。

1.2 拟环纹豹蛛的颜色选择测定

1.2.1 实验准备 实验材料及处置同 1.1.1。制作长 8 cm、宽 8 cm、高 4 cm 的颜色分辨盒(图 2)。将红、橙、黄、绿色长约 30 cm 直径约 1 cm 的吸管均平均剪成 3 段,即每小段长 10 cm。每个颜色的吸管(长 10 cm)准备 10 根。用相同颜色的塑料袋将吸管朝外的一端封闭,确保不透风,用以排除管外环境对蜘蛛寻觅猎物的影响。将 4 种颜色的吸管分别插入盒子上的 4 个小孔,确保管伸出部分的长度一致(图 2)。

1.2.2 实验设计 将颜色分辨盒放置在室内,确保 4 个颜色的吸管受光均匀。把拟环纹豹蛛从入口处放入,盖好入口确保密封,开始实验。观察 30 min,分别记录狼蛛进入 4 种颜色吸管的时间。观察结束后将拟环纹豹蛛转移回

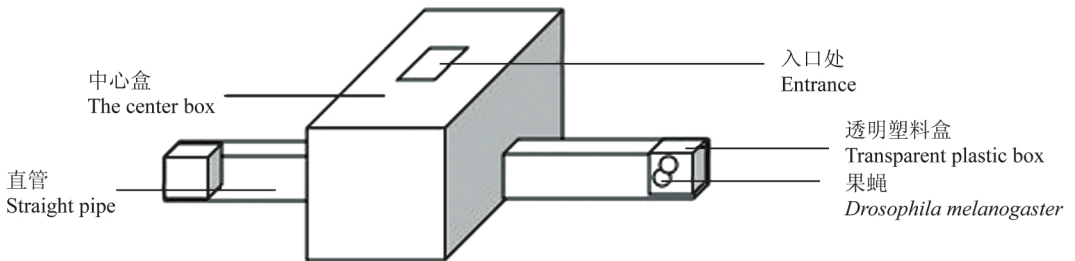


图 1 实验装置:双向盒

Fig. 1 Experimental device: two-way box

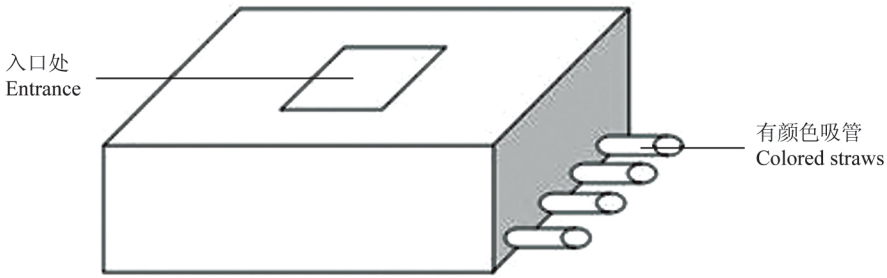


图 2 实验装置: 颜色分辨盒

Fig. 2 Experimental device: color distinguish box

试管,用棉花清扫盒内部,排除被试蜘蛛在盒内留下的带有信息素的丝对后续被测蜘蛛的影响(Roberts et al. 2004),将4根吸管取出,将另外一组全新的吸管插入孔中,更换被测蜘蛛,重复以上实验。

1.3 数据统计方法 为了便于统计分析,参照王瑞刚(2009)的方法,把拟环纹豹蛛对于有果蝇直管和无果蝇直管的选择,用偏爱选择指数(preference selection index, PSI)确定,定义为 $100t/(t_1 + t_2)$,即蜘蛛对于一种直管的选择总时间 t 占对2种直管选择时间(t_1 、 t_2)之和的百分比。

同样,通过蜘蛛对于某种颜色吸管的 PSI,定义为 $100t_x/(t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n)$,即狼蛛对于一种颜色的选择总时间 t_x 占对4种颜色选择的总时间的百分比,判定蜘蛛的颜色选择情况。最后,实验结果用平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示,采用单因子方差分析(One-Way ANOVA),如果差异显著($P < 0.05$),再进一步用 Duncan 法进行多重比较。所有数据采用 SPSS16.0 (Statistical Program for Social Sciences 16.0)统计软件及 Excel 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 拟环纹豹蛛的视觉距离

2.1.1 不同距离的偏爱选择指数(PSI) 在果蝇距离环纹豹蛛3~7 cm时,统计并且比较拟环纹豹蛛偏爱选择指数(图3)。

果蝇分别距离拟环纹豹蛛3 cm、4 cm、

5 cm、6 cm时,蜘蛛对两侧直管的 PSI 差异显著($P < 0.05$),蜘蛛的视觉对于这4个距离的果蝇都具有敏感性。果蝇距离拟环纹豹蛛7 cm时,蜘蛛对两侧直管的 PSI 差异不明显($P > 0.05$),蜘蛛的视觉对于该距离的果蝇敏感性不好。拟环纹豹蛛对距离3 cm与距离4 cm的有果蝇方向端的 PSI 差异不明显($P > 0.05$),说明蜘蛛对于距离3 cm、4 cm的果蝇敏感性相近。拟环纹豹蛛对距离4 cm与距离5 cm的有果蝇方向端的 PSI 差异明显($P < 0.05$),说明

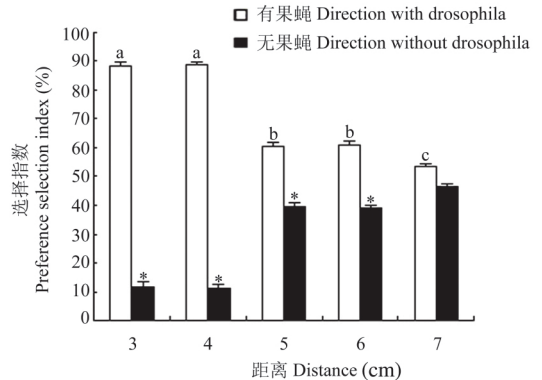


图 3 狼蛛对有果蝇直管和无果蝇直管的偏爱选择指数

Fig. 3 Preference selection index contrast figure of wolf spider to straight pipe with and without drosophila

* 表示组内存在显著差异;不同字母表示组间差异显著($P < 0.05$) (Duncan 法)。

* Represents there is significant difference within groups; different letters represents there is significant difference between groups ($P < 0.05$) (Duncan variance analysis).

蜘蛛对距离 5 cm 的果蝇比距离 4 cm 的果蝇敏感性明显降低。拟环纹豹蛛对距离 5 cm 与距离 6 cm 的有果蝇方向端的 PSI 差异不明显 ($P > 0.05$), 说明蜘蛛对于距离 5 cm、6 cm 的果蝇敏感性相近。拟环纹豹蛛对距离 6 cm 与距离 7 cm 的有果蝇方向端的 PSI 差异明显 ($P < 0.05$), 说明蜘蛛对距离 7 cm 的果蝇比距离 6 cm 的果蝇敏感性再次大幅度下降。

2.1.2 狼蛛偏爱选择指数标准曲线 拟环纹豹蛛对果蝇的 PSI 随距离的增加逐渐下降, 相反, 对无果蝇端的 PSI 随距离的增加逐渐上升 (图 4)。拟环纹豹蛛选择停留在有果蝇处的标准曲线为 $y = -9.677 0x + 118.74$, $R^2 = 0.837 8$; 而选择停留在无果蝇处的标准曲线为 $y = 9.675 0x - 18.729$, $R^2 = 0.837 7$ 。

2.2 拟环纹豹蛛的颜色选择 拟环纹豹蛛对不同颜色的偏爱选择指数 (PSI) 分别为, 红色 $35.40\% \pm 4.30\%$, 绿色 $36.02\% \pm 2.28\%$, 二者差异不明显 ($P > 0.05$); 橙色 $10.56\% \pm 2.10\%$, 黄色 $18.01\% \pm 3.69\%$, 差异明显 ($P < 0.05$)。说明其对于红色和绿色的敏感性相近, 而对黄色的敏感性明显大于对橙色的敏感性。其次, 拟环纹豹蛛对橙色和黄色的 PSI 与

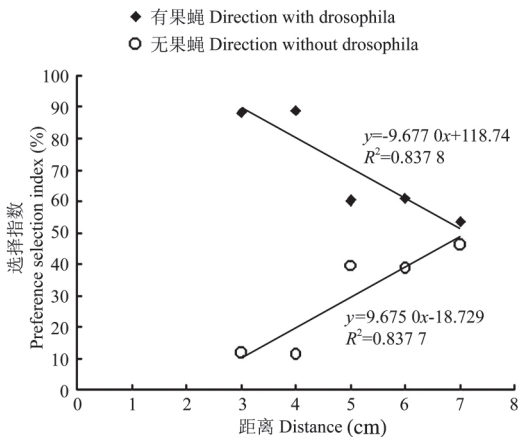


图 4 拟环纹豹蛛对有果蝇直管和无果蝇直管的偏爱选择指数标准曲线

Fig. 4 Preference selection index standard curve of wolf spider to straight pipe with and without drosophila

对红色和绿色的 PSI 差异显著 ($P < 0.05$), 说明狼蛛对红色和绿色的敏感性明显大于对橙色和黄色的敏感性。狼蛛对这 4 种颜色的敏感性从强到弱排序为绿色 > 红色 > 黄色 > 橙色。

3 讨论

3.1 拟环纹豹蛛与果蝇距离与其视觉敏感性的关系 通过测定拟环纹豹蛛对不同距离果蝇的选择情况, 得出拟环纹豹蛛对距离 3 ~ 4 cm 的果蝇敏感性良好; 对距离 5 ~ 6 cm 的果蝇仍具有敏感性, 但是相比距离 3 ~ 4 cm 的果蝇, 敏感性明显下降; 对距离 7 cm 的果蝇几乎不具有敏感性。因此, 通过测定拟环纹豹蛛对不同距离果蝇的选择结果, 可以认为拟环纹豹蛛在视觉上可以感知距离, 它们对于静止物体的视觉距离大约可达到 7 cm。同时也可得出, 在 7 cm 直线范围内, 拟环纹豹蛛的视觉敏感性随距离的增大而减弱。

蜘蛛的眼属于单眼, 大多数蜘蛛都具有 8 只眼, 少数蜘蛛有 6 只眼。蜘蛛的眼着生于头胸部的前方, 有的向上, 有的向前, 有的位于两侧, 排成 2 列或 3 列。最外面的角膜由表皮特化而成, 呈双凸镜状, 起聚光作用。在昼行眼中视杆层位于视细胞核的上方靠近真皮层处; 在夜行眼中视杆层位于眼的基底部。此外, 夜行眼还具有反光色素, 其功能是将进入眼内的光再次反射给视细胞, 以便增强在黑暗条件下的视力。不同蜘蛛的视力相差很大 (尚玉昌 1992, 刘红霞等 2007)。狼蛛的眼, 排成 3 列, 根据资料显示, 狼蛛是蜘蛛中视力最好的种类之一 (尚玉昌 1992)。

3.2 拟环纹豹蛛对不同波长的光色敏感性

通过颜色选择实验, 在一定程度上反映出拟环纹豹蛛对不同波长光刺激的敏感性存在差异。从实验结果看, 当拟环纹豹蛛处于饥饿状态时, 其选择红光和绿光区域的时间明显多于黄光和橙光区域, 因此, 可以认为拟环纹豹蛛对红光 (波长 625 ~ 740 nm) 和绿光 (波长 500 ~ 565 nm) 的敏感性较高或者其更偏爱这两种颜色, 同时说明拟环纹豹蛛对不同波长光照敏感

性存在差异。在长期的进化过程中,大多数动物形成了对其生活环境光照特点的适应性。在节肢动物中,蜜蜂、蝴蝶、海虾等可对不同波长的光有不同的行为反应,且同时还具有一定程度的辨色能力(许燕等 2003)。但是这些节肢动物多具有复眼。拟环纹豹蛛有昼伏夜出活动觅食的生活习性,而红光相对最接近黑暗的环境。因此,拟环纹豹蛛对红光的敏感性是与它的生活习性相一致的。其次,拟环纹豹蛛对绿光同样具有较高的敏感性,可能与拟环纹豹蛛生活的环境有关,土地上多绿色植物(许燕等 2003)。

参 考 文 献

- Barth F G, Babu K S. 1985. *Neurobiology of Arachnids*. Berlin: Springer-Verlag.
- Defrize J, Lazzari C R, Warrant E J, et al. 2011. Spectral sensitivity of a colour changing spider. *Journal of Insect Physiology*, 57(4): 508 - 513.
- Kiritani K. 1979. Pest management in rice. *Annual Review of Entomology*, 24(1): 279 - 312.
- Land, M F. 1985. The morphology and optics of spider eyes // Barth F G. *Neurobiology of Arachnids*. Berlin: Springer-Verlag, 53 - 78.
- Land M F. 1990. Direct observation of receptors and images in simple and compound eyes. *Vision Research*, 30(11): 1721 - 1734.
- Land M F. 2009. Eyes and vision // Schowalter T D. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. San Diego: Elsevier Academic Press, 345 - 355.
- Lizotte R S, Rovner J S. 1988. Nocturnal capture of fireflies by lycosid spiders: visual versus vibratory stimuli. *Animal Behaviour*, 36(6): 1809 - 1815.
- Persons M H, Uetz G W. 1996. The influence of sensory information on patch residence time in wolf spiders (Araneae: Lycosidae). *Animal Behaviour*, 51(6): 1285 - 1293.
- Roberts J A, Uetz G W. 2004. Chemical signaling in a wolf spider: A test of ethospecies discrimination. *Journal of Chemical Ecology*, 30(6): 1271 - 1284.
- Rovner J S. 1968. An analysis of display in the lycosid spider *Lycosa rabida walckenaer*. *Animal Behavior*, 16(2): 358 - 369.
- Rovner J S. 1991. Evidence for idiothetically controlled turns and extraocular photoreception in lycosid spiders. *Journal of Arachnology*, 19: 169 - 173.
- 荆奇,周琼,尤克西,等. 2010. 蜘蛛捕食行为和化学通讯的研究. *华中昆虫研究*, 6: 273 - 274.
- 刘红霞,彩万志. 2007. 昆虫单眼的结构和功能. *昆虫知识*, 44(4): 603 - 607.
- 尚玉昌. 1992. 蜘蛛的感觉和感觉器官. *动物学杂志*, 27(3): 45 - 48.
- 舒迎花,刘志辉,张古忍. 2005. 拟环纹豹蛛对白背飞虱的嗅觉反应. *蛛形学报*, 14(2): 122 - 125.
- 宋大祥. 2000. 蜘蛛的生物学. *河北大学学报: 自然科学版*, 20(3): 209 - 215.
- 王洪全,周家友,刘贵匀. 1982. 拟环纹狼蛛的生物学研究. *动物学报*, 28(1): 1.
- 王仁民,黄水招,张志昌,等. 1980. 两种稻田狼蛛的生态观察. *动物学杂志*, (2): 15 - 17.
- 王瑞刚. 2009. 蟋蟀的视觉与嗅觉及其综合学习记忆能力研究. 沈阳: 沈阳师范大学硕士学位论文, 15 - 26.
- 王智. 2007. 拟环纹豹蛛的生物生态学研究. *昆虫学报*, 50(9): 927 - 932.
- 王自力,陈勇,陈晓鸣,等. 2008. 白蜡虫寄生蜂对颜色的选择性及活动规律. *动物学研究*, 29(6): 661 - 666.
- 吴伟坚,高泽正,余金咏,等. 2005. 嗅觉和视觉在中华微刺盲蝽对马缨丹定向行为中的作用. *应用生态学报*, 16(7): 1322 - 1325.
- 许燕,袁维佳,赵云龙,等. 2003. 不同波长光照对日本沼虾视觉的影响. *上海师范大学学报: 自然科学版*, 32(3): 75 - 78.
- 杨燕萍. 1997. 浅析蜘蛛的捕食行为. *浙江海洋学院学报: 人文科学版*, (3): 45 - 49.