

汪波, 黄若仪, 谭昭君, 等. 正十五烷对狼蛛嗅觉定位的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 538-542.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.03.012

正十五烷对狼蛛嗅觉定位的影响

汪波^{1,2}, 黄若仪¹, 谭昭君², 黄婷², 颜亨梅^{1,2}

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

摘要: 为了探明狼蛛猎物果蝇体表挥发性化合物正十五烷对狼蛛觅食过程中嗅觉定位的影响, 采用 Y 型嗅觉仪法进行单因子变量试验, 研究狼蛛对不同浓度(10%、20%、40% 和 80%)、距离(5 cm、10 cm、15 cm 和 20 cm)、温度(17 ℃、23 ℃ 和 28 ℃)条件下对正十五烷的嗅觉反应。结果显示: 浓度为 20% 时狼蛛对正十五烷气味源端的选择指数最高和在该端的停留时间最长, 显著高于其他浓度时的选择指数和停留时间($P < 0.05$); 随着距离的延长, 狼蛛在正十五烷气味源端的选择指数和停留时间与距离呈显著负相关关系($P < 0.01$); 随着温度的上升, 狼蛛在正十五烷气味源端的选择指数和停留时间与温度呈显著正相关关系($P < 0.01$)。可见, 狼蛛对正十五烷气味有一定的嗅觉反应, 可感受猎物的挥发性信息素协助定位猎物。

关键词: 狼蛛; 正十五烷; 嗅觉定位; 选择指数; 停留时间

中图分类号: S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)03-0538-05

Effect of n-pentadecane on wolf spider's olfactory orientation

WANG Bo^{1,2}, HUANG Ruo-yi¹, TAN Zhao-jun², HUANG Ting², YAN Heng-mei^{1,2}

(1. Zhuhai Campus, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China; 2. College of Life Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: To explore the effect of a volatile compound n-pentadecane of wolf spiders' prey, fruit flies, on wolf spiders' olfactory orientation during foraging, a series of single factor experiments were conducted by Y-shaped olfactometer method. The wolf spiders' responses to n-pentadecane in different concentrations (10%, 20%, 40% and 80%), distances (5 cm, 10 cm, 15 cm and 20 cm), temperatures (17 ℃, 23 ℃ and 28 ℃) were studied, then the wolf spiders' selection index and residence time were counted. The wolf spiders showed the highest selection index and the longest residence time to 20% n-pentadecane. With the extension of distance, the selection index and residence time showed negative correlations with n-pentadecane odor source ($P < 0.01$). Selection index and residence time were positively correlated with temperature as it rose ($P < 0.01$). In conclusion, wolf spiders are responsive to the smell of n-pentadecane, which help to feel the prey's volatile compound so as to locate preys.

Key words: wolf spider; n-pentadecane; olfactory orientation; selection index; residence time

狼蛛是农林生态系统中最常见的蜘蛛类群, 隶属于节肢动物门(Arthropoda)螯肢动物亚门(Cheli-

cerata)蛛形纲(Arachnida)蜘蛛目(Araneae)狼蛛科(Lycosidae), 是稻田害虫重要的捕食性天敌^[1]。

狼蛛属于游猎型蜘蛛, 相比于结网型蜘蛛, 游猎型蜘蛛在觅食过程中, 除了听觉、视觉和触觉等感觉模式外, 嗅觉定位也起着非常重要的作用, 狼蛛可感受到猎物发出的挥发性化学信息素, 据此寻觅和定位猎物。舒迎花等^[2]采用视觉屏蔽法的研究结果表明拟环纹豹蛛能利用嗅觉正确定位猎物从而进行

收稿日期: 2014-12-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31172107); 湖南省研究生科研创新项目(CX2014B198)

作者简介: 汪波(1983-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 讲师, 主要从事动物学研究。(E-mail) wangbozai@163.com

通讯作者: 颜亨梅, (E-mail) yanhm03@126.com

捕食活动。而通过嗅觉功能寻觅定位猎物本质上是依赖于蜘蛛与猎物之间的信息联系,尤其是化学通讯。

虽然中国的蛛形学研究较早,但对蜘蛛化学通讯的研究开展较晚,研究的广度和深度也远不如昆虫类^[3]。目前国内外在蜘蛛化学通讯领域的研究主要是蜘蛛种内的性化学通讯方面,集中于测定性信息素的生物学功能^[4],对于种间化学通讯方面,尤其是蜘蛛与猎物间的化学信息联系、挥发性化合物对蜘蛛觅食行为影响的研究相对较少。但近年来研究人员已经总结出蜘蛛与猎物间的化学信息物质主要有3类:一是猎物本身的气味,如食蚊蜘蛛常受到猎物气味的显著引诱作用;二是猎物的排泄物或遗留物,如有观察发现狼蛛常选择在其猎物活动过的场所觅食;三是猎物的食料,如蟹蛛根据花的气味来选择捕食蜜蜂的场所,有人体气味的地方更容易吸引吸血蜘蛛前来寻觅疟蚊^[5]。还有研究发现,蜘蛛能分辨出低浓度的化学气味并做出一定的行为反应,如闻到臭味会迅速避开或至少做出踢腿动作^[2];蜘蛛还可根据与猎物有关的化学信息来选择觅食^[6-7]。目前国内已有王国昌等^[8]在研究植物挥发物对蜘蛛觅食行为的影响,然而关于猎物利他素对蜘蛛觅食过程中嗅觉定位的影响还有待进一步研究。

本试验采用Y型嗅觉仪法在视觉屏蔽条件下研究狼蛛对其猎物果蝇的挥发性化合物正十五烷的嗅觉反应,旨在探明猎物利他素在狼蛛捕食过程中嗅觉定位的作用,为蜘蛛的保护及其在农林害虫生物防治中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料和装置

拟环纹豹蛛(*Pardosa pseudoannulata*)采自广东省珠海市草丛间,共12只,雌雄各半,均为体型大小一致的成熟狼蛛。将狼蛛先饲养1周,期间每只狼蛛每天饲喂3只果蝇成虫,使其熟悉果蝇体表的挥发性信息素气味,再进行3 d饥饿处理,便可进行试验。饲养条件和饥饿处理方法参考舒迎花等^[2]的方法。

正十五烷,化学式 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$,常温常压下为无色液体,挥发时为有微弱特殊气味的无色气体,是蜘蛛猎物身上的主要信息素之一。正十五烷

不溶于水,溶于乙醇,故本试验使用经75%乙醇溶液稀释后的十五烷溶液。

Y型嗅觉仪的Y型管两侧臂等长10 cm,柄长20 cm,内径2.5 cm,两臂夹角90°。Y型管两臂分别放置不同气味源(无十五烷的乙醇溶液脱脂棉、不同浓度的正十五烷乙醇溶液脱脂棉)。

1.2 试验方法

采用动物行为学观察和单因子变量方法,观察并记录在不同浓度、距离、温度条件下,狼蛛在正十五烷气味源端的停留时间。分别对正十五烷浓度、距离、温度3个单因子变量进行试验,每个变量的试验均是从12只狼蛛中随机抽取3只进行,以每只狼蛛为1个试验组进行梯度试验,每个梯度重复10次,每次3 min。此外,为避免狼蛛视觉的影响,试验在视觉屏蔽条件下进行。

1.2.1 浓度对狼蛛嗅觉灵敏度的影响试验 设置的变量为正十五烷乙醇溶液浓度,分别是10%、20%、40%、80%,控制的定量为室温23℃、气味源与狼蛛距离5 cm。详细方法参考汪波等^[9]的研究。

1.2.2 距离对狼蛛嗅觉灵敏度的影响试验 设置的变量为气味源与狼蛛间距离,分别是5 cm、10 cm、15 cm、20 cm,控制的定量为室温23℃、正十五烷乙醇溶液浓度为20%。

1.2.3 温度对狼蛛嗅觉灵敏度的影响试验 设置的变量为环境温度。由于狼蛛的活动对温度有一定要求,最适温度为20~30℃,过低的温度(15℃以下)及过高的温度(30℃以上)都会对其嗅觉等生物学特性造成影响^[10-11],因此温度设置为17℃、23℃、28℃。控制的定量为气味源与狼蛛距离5 cm,正十五烷乙醇溶液浓度为20%。此外,试验前将狼蛛置于试验温度条件下20 min,使其适应环境温度。

1.3 数据记录与处理

观察并记录狼蛛在每次试验时间内(180 s)对不同气味源端的选择结果和停留时间。试验开始后,当狼蛛开始反应并产生位移时开始计时,狼蛛停留在柄管处的时间不计在内。最后统计选择指数和停留时间,数据记录与统计分析参考王瑞刚的方法^[12]。

2 结果

2.1 正十五烷浓度对狼蛛嗅觉灵敏度的影响

试验结果(表1)显示,当正十五烷浓度在40%

以内时,狼蛛都能正确选择有正十五烷气味源端,且在正十五烷气味源端的停留时间比较长,均大于 90 s,超过总观察时间的一半,其选择指数和端停留时间均显著大于无正十五烷气味源端 ($P<0.05$);当浓度达 80% 时,狼蛛对有正十五烷气味源端的选择指数及在该端的停留时间均显著低于无正十五烷气味源端 ($P<0.05$),未能依靠嗅觉正确定位;20% 正

十五烷气味对狼蛛正确定位的导向作用最为明显,其选择指数最高,停留时间最长 ($P<0.05$);当浓度低于 20% 或者高于 20% 时,狼蛛对各梯度浓度十五烷气味源端的选择指数显著下降 ($P<0.05$),停留时间逐渐变短,其嗅觉灵敏度逐渐降低,各梯度浓度之间差异显著 ($P<0.05$)。

表 1 不同正十五烷浓度下狼蛛对气味源端的选择指数和停留时间

Table 1 Selection index and residence time of wolf spiders to n-pentadecane odor source at different concentrations

正十五烷浓度 (%)	选择指数 (%)		停留时间 (s)	
	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源
10	56.95±4.03 *	43.05±4.03	102.50±7.26 *	77.50±7.26
20	65.93±1.12 *	34.07±1.12	118.67±2.02 *	61.33±2.02
40	55.37±1.40 *	44.63±1.40	99.67±2.52 *	82.00±5.29
80	48.33±1.27 *	51.67±1.27	87.00±2.29 *	93.00±2.29

* 表示同一正十五烷浓度同一测定指标有、无气味源之间差异达 0.05 显著水平。

2.2 距离对狼蛛嗅觉灵敏度的影响

当狼蛛与气味源间距离在 15 cm 以内时,狼蛛均能正确选择有正十五烷气味源端,在有正十五烷气味源端的停留时间较长,均大于 90 s,超过总观察时间的一半,其选择指数和停留时间均显著大于无正十五烷气味源端 ($P<0.05$);当狼蛛与气味源间距离达 20 cm 时,狼蛛对两端的选择指数和停留时间均无显著差异 ($P>0.05$),选择具有随机性,未能依靠嗅觉正确定位(表 2)。狼蛛正确选择的指数在距

离为 5 cm 时最高,随着狼蛛与气味源之间距离的延长,狼蛛对各梯度距离的正十五烷气味源端的选择指数显著下降,在有正十五烷气味源端的停留时间逐渐变短 ($P<0.05$),其嗅觉灵敏度逐渐降低,各梯度距离间差异显著 ($P<0.05$)。回归分析结果显示,狼蛛对有正十五烷气味源端的选择指数和在有正十五烷气味源端的停留时间均与狼蛛和气味源间的距离呈极显著负相关关系 ($P<0.01$), $R^2=0.992$ 。

表 2 不同距离下狼蛛对气味源端的选择指数和停留时间

Table 2 Selection index and residence time of wolf spiders to n-pentadecane odor source at different distances

距离 (cm)	选择指数 (%)		停留时间 (s)	
	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源
5	68.24±0.58 *	31.76±0.58	122.83±1.04 *	57.17±1.04
10	63.24±3.90 *	36.76±3.90	113.83±7.02 *	66.17±7.02
15	55.56±1.95 *	44.44±1.95	100.00±3.50 *	80.00±3.50
20	48.15±1.85	51.85±1.85	86.67±3.33	93.33±3.32

* 表示同一距离同一测定指标有、无气味源之间差异达 0.05 显著水平。

2.3 温度对狼蛛嗅觉灵敏度影响

当温度在 23~28 ℃ 时,狼蛛均能正确选择有正十五烷气味源端,在有正十五烷气味源端的停留时间较长,均大于 90 s,超过总观察时间的一半,其选择指数和停留时间均显著大于无正十五烷气味源端 ($P<0.05$);当温度降低到 17 ℃ 时,狼蛛对两端的

选择指数及在两端的停留时间都无显著差异 ($P>0.05$),选择具有随机性,未能依靠嗅觉正确定位(表 3)。狼蛛正确选择的指数在温度为 28 ℃ 时最高,随着温度的降低,狼蛛对各梯度温度下正十五烷气味源端的选择指数显著下降,在有十五烷气味源端的停留时间逐渐变短 ($P<0.05$),其嗅觉灵敏度逐

渐降低。回归分析结果显示,狼蛛对有正十五烷气味源端的选择指数及在有十五烷气味源端的停留时

间均与温度呈极显著正相关关系($P<0.01$), $R^2=0.931$ 。

表3 不同温度下狼蛛对气味源端的选择指数和停留时间

Table 3 Selection index and residence time of wolf spiders to n-pentadecane odor source at different temperatures

温度(℃)	选择指数(%)		停留时间(s)	
	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源	有正十五烷气味源	无正十五烷气味源
17	47.96±2.33	52.04±2.33	86.33±4.19	93.67±4.19
23	65.93±2.23 *	34.07±2.23	118.67±4.01 *	61.33±4.01
28	72.41±1.97 *	27.59±1.97	130.33±3.55 *	49.67±3.55

* 表示同一温度同一测定指标有、无气味源之间差异达0.05显著水平。

3 讨论

狼蛛是农林生态系统中常见的蜘蛛类群,对许多作物害虫如飞虱、叶蝉、蚜虫、蝗虫和蝇类等有很强控制作用^[13-15],是稻田害虫主要的捕食性天敌^[14,16]。

蜘蛛的化学通讯是其重要的信息交流方式,不同个体间可通过信息化合物实现信息的传递。蜘蛛的化学通讯有2种,即种内化学通讯和种间化学通讯^[17]。在种间化学信息通讯方面,蜘蛛可利用猎物释放的利他素寻找捕捉猎物,还通过化学拟态模拟释放猎物的性信息素来提高捕食效率^[18-19]以及逃避捕食者^[20]。在游猎型蜘蛛与猎物之间的信息联系上,化学通讯更是起着非常关键作用。狼蛛可感受到猎物的挥发性化学信息素,据此寻觅和定位猎物,但目前关于猎物利他素对蜘蛛觅食过程中嗅觉定位的影响还有待研究。

本试验研究了狼蛛对其猎物果蝇的挥发性化合物正十五烷的嗅觉反应。结果表明:在屏蔽视觉的情况下,狼蛛能分辨出适当浓度、距离、温度条件下的正十五烷气味,正确选择觅食,且对2种气味源端的选择指数存在显著差异($P<0.05$),说明正十五烷气味对狼蛛觅食过程中的嗅觉定位具有一定的引导作用。王国昌等^[5]在研究茶叶挥发物对鞍形花蟹蛛觅食行为的影响时也发现挥发性化合物能引导鞍形花蟹蛛的嗅觉定位。赵冬香等^[21]的研究结果也表明挥发性化合物对白斑猎蛛具有明显的引诱活性。这些研究结果证实嗅觉在狼蛛觅食定位过程中起着很关键的作用,狼蛛可感受到猎物的挥发性化学信息素,利用化学信息寻觅和正确定位猎物,与舒迎花等^[2]关于拟环纹豹蛛对白背飞虱的嗅觉反应

试验结论相符合。

本研究还发现,同是正十五烷气味,在不同浓度、距离、温度条件下,狼蛛对其反应灵敏度有所差异。当浓度为20%时狼蛛对正十五烷气味的反应最为灵敏,低于或者高于此适宜浓度时,其嗅觉灵敏度均显著下降($P<0.05$),甚至出现负趋性,可见狼蛛嗅觉灵敏度与挥发性化合物浓度不是呈简单相关关系。存在拐点的原因可能是浓度太低时挥发物无法完全传达至狼蛛的嗅觉感受器,从而不能引起较大的嗅觉反应;浓度太高又容易扩散到无正十五烷端,干扰狼蛛判断气味源方向,难以作出正确选择,这与前人的研究结果^[22-25]有类似之处。距离和温度也是影响狼蛛对挥发性化合物的嗅觉灵敏度的重要因素。在距正十五烷气味源端5 cm时狼蛛反应最为灵敏,随着距离的增大,嗅觉灵敏度与距离呈显著负相关关系($P<0.01$),李建光^[26]和苏荣^[27]的研究试验也有相似结果。17℃时狼蛛反应最迟滞,在不同气味源端的选择指数和停留时间无显著差异($P>0.05$),随着温度的上升嗅觉灵敏度与温度呈显著正相关关系($P<0.01$)。狼蛛依靠嗅觉感受机制进行猎物定位时对温度要有一定要求,推测是由于正十五烷在温度较低时挥发性相对较弱,或者是狼蛛在低温时自身活动能力减弱,反应迟钝。

参考文献:

- [1] 许春华. 中国狼蛛科的属级分类研究[D]. 河北:河北大学大学生命科学学院,2010.
- [2] 舒迎花,刘志辉,张古忍. 拟环纹豹蛛对白背飞虱的嗅觉反应[J]. 蛛形学报,2005,14(2):122-125.
- [3] HUBER B A. Sexual selection research on spiders: progress and biases[J]. Biol Rev, 2005,80:363-385.
- [4] 肖永红,蒋 平,杨 娟. 蜘蛛信息素的研究进展[J]. 井冈山

- 大学学报:自然科学版,2010,31(6):125-131.
- [5] 王国昌,孙晓玲,蔡晓明,等.茶叶挥发物对鞍形花蟹蛛觅食行为的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(5):612-618.
- [6] PERSONS M H, UETZ G W. Wolf spiders vary patch residence time in the presence of chemical cues from prey (*Araneae lycosidae*) [J]. Journal of Arachnology, 1996,24(1):76-79.
- [7] PERSONS M H, RYPSTRA A L. Preference for chemical cues associated with recent prey in the wolf spider *Hogna helluo* (Araneae: Lycosidae) [J]. Ethology, 2000,106(1):27-35.
- [8] 王国昌,孙晓玲,蔡晓明,等.茶叶挥发物对白斑猎蛛觅食行为的影响[J].生态与农村环境学报,2012,28(4):394-398.
- [9] 汪波,黄婷,韩梦,等.狼蛛的化学感受器在寻觅定位猎物中的作用研究[J].四川动物,2014,33(1):86-89.
- [10] 王洪全,周家友,刘贵匀.拟环纹狼蛛的生物学研究[J].动物学报,1982,28(1):69-79.
- [11] 赵敬钊,袁爱荣,余克庆.温度对拟环纹豹蛛发育和繁殖力的影响[J].湖北大学学报:自然科学版,1989,11(1):1-9.
- [12] 王瑞刚.蟋蟀的视觉与嗅觉及其综合学习记忆能力研究[D].沈阳:沈阳师范大学,2009.
- [13] 王智,颜亨梅,吕志跃,等.稻田蜘蛛优势种对飞虱与叶蝉控制力的分析[J].生命科学研究,2001,5(1):76-79.
- [14] 李剑泉,赵志模,侯建筠.稻田蜘蛛研究进展[J].蛛形学报,2001,10(2):58-63.
- [15] 张涪平,陈芝兰,周晓英.喜马拉雅狼蛛的生物学生态学特性[J].中国农学通报,2006,22(9):383-386.
- [16] 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.
- [17] 荆奇,周琼,颜亨梅,等.蜘蛛捕食行为和化学通讯的研究[J].华中昆虫研究,2010(6):273-274.
- [18] SCHULZ S. Semiochemistry of spiders [M]//Cardé R T, Millar J G. Advances of chemical ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [19] DETTNER K, LIEPERT C. Chemical mimicry and camouflage [J]. Annual Review of Entomology, 1994, 39(1): 129-154.
- [20] ROBERTS J A, UETZ G W. Species-specificity of chemical signals:silk source affects discrimination in a wolf spider[J]. Journal of Insect Behavior, 2004, 17(4):477-491.
- [21] 赵冬香,陈宗懋,程家安.茶树-假眼小绿叶蝉-白斑猎蛛间化学通讯物的分离与活性鉴定[J].茶叶科学,2002,22(2):109-114.
- [22] 李军,梁广文,郭强,等.刺桐姬小蜂雌成虫对寄主植物挥发物的嗅觉行为反应[J].华南农业大学学报,2014,35(1):55-59.
- [23] 陈丽,陈科伟,许再福,等.夜蛾黑卵蜂(*Telenomus remus* Nixon)对甜菜夜蛾信息化合物的嗅觉反应[J].长江蔬菜,2010(18):4-7.
- [24] 单艳敏,段立清,巴特尔.木虱啮小蜂对木虱分泌物脂溶性物质的嗅觉行为反应[J].昆虫知识,2006,43(3):323-326.
- [25] 梁小松,刘勇,张绍红,等.两种乳白蚁对几种物质的嗅觉反应及触角电位测定[J].南京林业大学学报:自然科学版,2007,31(2):55-58.
- [26] 李建光.光肩星天牛对寄主植物挥发性物质的行为反应及作用机理的研究[D].北京:北京林业大学生物科学与技术学院,2001.
- [27] 苏荣.中华蜜蜂对不同距离和高度的饲喂点的反应[J].福建农业大学学报:自然科学版,1994,23(2):234-236.

(责任编辑:张震林)