第 31 卷 第 4 期　　华 中 农 业 大 学 学 报　　Vol. 31　No. 4
2012 年　8 月　　Journal of Huazhong Agricultural University　　Aug. 2012,469～473

光活化 α-三联噻吩对红火蚁行为和触角功能的影响

严汪汪　张　铧　徐汉虹　张志祥

华南农业大学资源环境学院/天然农药与化学生物学教育部重点实验室，广州 510642

摘要　采用喷雾法，观察光活化成分 α-三联噻吩(α-T)对红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)工蚁识别食物能力的影响；采用涂抹法，观察 α-T 对红火蚁工蚁寻水、聚集、行走和攀附能力的影响。结果表明：经 α-T 喷雾红火蚁工蚁，光照 30 min 并放置 5、10、15、20、30 min 后，工蚁对食物的识别率分别为 11.67%、13.33%、10.00%、16.67%、15.00%，寻水率分别为 23.33%、71.67%、85.00%、85.00%、88.33%；经 α-T 涂抹红火蚁工蚁触角，光照 30 min 并放置 5、10、15、20、30 min 后，工蚁的寻水率分别为 17.50%、25.00%、31.67%、36.67%、41.67%，聚集率分别为 55.00%、62.50%、65.00%、67.50%、70.00%，行走速率为 4.60 mm/s，失附率为 27.50%，其中 α-T 光照处理与 α-T 黑暗处理、CK 光照处理和 CK 黑暗处理的差异均显著。这说明 α-T 光照处理能影响红火蚁工蚁触角的功能，对其食物识别、聚集、行走和攀附能力均有显著抑制作用，对其寻水能力有促进作用。

关键词　α-三联噻吩；红火蚁；行为；触角功能

中图分类号　Q 966；S 482.3　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　1000-2421(2012)04-0469-05

红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)是一种入侵性社会昆虫，对人类健康、生命安全、农业生产和经济发展等都会造成严重影响[1]。红火蚁繁殖速度惊人、种群竞争力强，在入侵地缺少有效天敌的控制，因此，寻求高效持久的防除产品与技术一直是国内外学者所追求的目标。触角是红火蚁感受外界刺激和进行信息交流的主要感觉器官。药剂对触角的作用，可直接影响红火蚁的各种行为和触角感受器的形态与指向[2-4]。目前，防治红火蚁主要采用人工合成的有机化学农药，但因受土壤吸附剂和自身降解作用等因素的影响，这些化合物随着时间的延长药效会明显降低[5-6]。

植物光活化杀虫剂是植物杀虫剂中较独特的一个分支，是来源于植物的天然产物，在无光的情况下对昆虫没有活性或活性很低，但在光照下则有很强的活性，并不会产生交叉抗性的问题[7]。与传统药剂相比，光活化农药具有高效、低毒、低残留、选择性强、对人畜安全等优点[8-9]，因此，植物源光活化药剂有良好的应用情景。

光活化成分 α-三联噻吩(α-T)是从万寿菊和孔雀草等植物中分离的光活化杀虫成分，在黑暗条件下低毒或无毒，对非靶标生物安全，其光活化杀虫过程也是其光降解过程，在环境中能彻底降解且无残留[10-11]。笔者在实验室条件下，采用喷雾法和涂抹法，观察了 α-T 对红火蚁识别食物、寻水、聚集、行走和攀附能力的影响，旨在探讨光活化杀虫成分用于控制红火蚁的可行性，为有效防治和控制红火蚁提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　供试药剂和仪器

98.5% α-三联噻吩原药：由华南农业大学天然农药与化学生物学教育部重点实验室仿生合成；UVA 灯管：主峰波长 365 nm，荷兰飞利浦公司产品；紫外辐照计：北京师范大学光电仪器厂产品；Potter 精确喷雾塔：英国 Burkard 公司产品；一次性塑料杯(口径 7.2 cm，底径 5.0 cm，高 7.0 cm)：湖南万容包装有限公司产品，杯口 1/3 处涂有聚四氟乙烯乳液以防试蚁逃逸；磁盘(长 30 cm，宽 20 cm，高5 cm)：广州市天晋贸易有限公司产品。

1.2　红火蚁的采集和饲养[12-14]

供试红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)于 2011

收稿日期：2011-10-03
基金项目：广东省教育部产学研结合项目(2006D90204003)
严汪汪，硕士研究生．研究方向：昆虫毒理和农药学．E-mail：a847907643@163.com
通讯作者：张志祥，博士，副教授．研究方向：昆虫毒理和农药学．E-mail：zdsys@scau.edu.cn

年4月采自华南农业大学校园内。用大塑料桶从室外采回带土红火蚁蚁群，放置1～2 d，待蚁群在桶内建立新的蚁巢后，采用水滴法使红火蚁从蚁巢中自动上移浮出。

用漏网将蚁群转入涂有聚四氟乙烯乳液的塑料盒中饲养，塑料盒内置人工蚁巢、水试管、蜂蜜水和黄粉虫若干。

黄粉虫购于广州市花鸟鱼虫市场，在室内以麦麸饲养。红火蚁转入饲养盒后，放于养虫室内饲养1周后供试。

供试红火蚁选用中型工蚁（头宽0.65～0.90 mm），试验温度（25±2）℃，相对湿度65%～85%。

1.3 红火蚁识别能力的观察

采用喷雾法[9]并稍作改进。以丙酮＋水（体积比5/5）为溶剂，配制质量浓度为100 μg/mL的α-T药液。将红火蚁饥饿处理48 h后，选取大小一致的中型工蚁20只置于一次性塑料杯中，用Potter喷雾塔将1 mL α-T药液喷洒在工蚁体表，雾滴沉降1 min。待工蚁恢复正常行动能力时，用UVA光照30 min后将其移入培养皿（直径9 cm）内。用乙醚将黄粉虫迷倒，使其暂时失去活动能力，挑选大小一致的黄粉虫，放入培养皿中央。30 min内记录接触并取食黄粉虫的工蚁数量，统计识别率。

$$\text{识别率}=\frac{\text{接触并取食食物工蚁数}}{\text{工蚁总数}}\times 100\%$$

试验同时设对照（CK）光照处理、对照（CK）黑暗处理和α-T黑暗处理。每处理3个重复，每重复20头工蚁，以丙酮＋水（体积比5/5）为对照。

1.4 红火蚁寻水能力的观察

1）喷雾法。试验前将红火蚁饥渴处理24 h，药剂配制和红火蚁处理的方法同本文“1.3”。在磁盘四周沿涂抹聚四氟乙烯乳液，在盘内一侧放置沾满水的脱脂棉球，将工蚁移入磁盘的另一侧（两者距离25 cm），记录吸水的工蚁数，统计寻水率。

$$\text{寻水率}=\frac{\text{吸水工蚁数}}{\text{工蚁总数}}\times 100\%$$

2）涂抹法。试验前红火蚁饥渴处理24 h，药剂配制方法同本文“1.3”。红火蚁处理方法：用细小毛笔解剖镜涂抹工蚁触角，黑暗条件下静置60 min后将工蚁置于UVA灯下照射60 min，然后置于黑暗条件下静置30 min。

重复和对照设置同本文“1.3”。

1.5 红火蚁聚集能力的观察

药剂配制方法同本文“1.3”，红火蚁处理采用涂抹法。观察不同时间工蚁在一次性塑料杯中的聚集情况，将3只以上活工蚁聚集成团定为聚集，统计聚集率。

$$\text{聚集率}=\frac{\text{聚集团中工蚁数}}{\text{工蚁总数}}\times 100\%$$

对照组设置同本文“1.3”，每重复60头工蚁。

1.6 红火蚁行走速率的测定

药剂配制方法同本文“1.3”，红火蚁处理采用涂抹法。将工蚁用细小毛笔挑到坐标纸上，在工蚁正常行走拍摄视屏区记录行走的路程和时间，计算行走速率。

$$\text{行走速率(mm/s)}=\text{工蚁行走路程}/10\ \text{s}$$

对照设置同本文“1.3”，每重复10头工蚁，观察时间10 s。

1.7 红火蚁攀附能力的观察

药剂配制方法同本文“1.3”，红火蚁处理采用涂抹法。在白纸上方轻轻翻转一次性塑料杯，使杯口向下静置10 s，然后轻轻翻转使杯口向上，记录白纸上掉落的工蚁数，将纸上的工蚁收回至杯中，以失去攀附能力工蚁的百分率评价附着率。

$$\text{失附率}=\frac{\text{掉落工蚁数}}{\text{工蚁总数}}\times 100\%$$

每处理4个重复，每重复20头工蚁，对照组设置同本文“1.3”。

1.8 数据分析

试验结果的数据，用SPSS 10.0软件进行方差分析（ANOVA），对平均值（有关概率的均值，以进行反正弦变换后的值计算）进行邓肯氏多重比较（Duncan's multiple range test，DMRT）测验，显著水平 $P=0.05$。

2 结果与分析

2.1 α-T对红火蚁识别食物能力的影响

由图1可知，经α-T光照处理并放置5、10、15、20、30 min后，红火蚁工蚁对食物的识别率分别为11.67%、13.33%、10.00%、16.67%、15.00%，其中α-T光照处理与α-T黑暗处理、对照组差异显著；经CK光照、α-T黑暗、CK黑暗处理并放置5 min和30 min后，工蚁对食物的识别率分别为33.33%、36.67%、36.67%和50.00%、51.67%、41.67%。试验结果表明，α-T光照处理后，红火蚁工蚁识别食物的能力显著下降。

2.2 α-T对红火蚁寻水能力的影响

1）喷雾法处理后工蚁的寻水能力。由图2-A

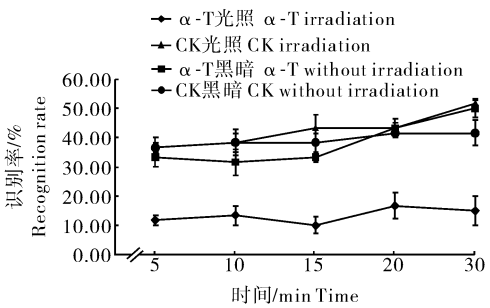

图 1　α-T 光照处理后红火蚁工蚁对食物的识别能力

Fig. 1　Recognition food ability of red imported fire ant workers after light activated α-T

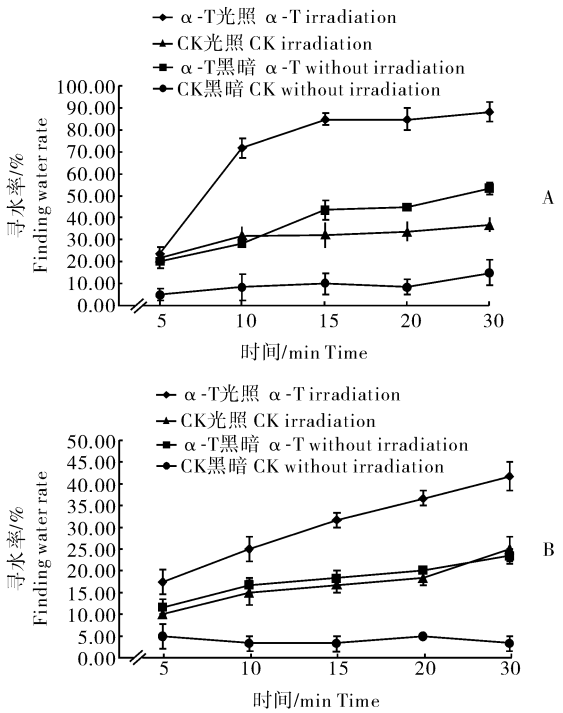

图 2　α-T 光照处理后红火蚁工蚁的寻水能力

Fig. 2　Finding water ability of red imported fire ant workers after light activated α-T

可知，经 α-T 光照处理并放置 5、10、15、20、30 min 后，红火蚁工蚁的寻水率分别为 23.33%、71.67%、85.00%、85.00%、88.33%；经 α-T 黑暗、CK 光照、CK 黑暗处理并放置 10 min 和 30 min 后，工蚁的寻水率分别为 20.00%、21.67%、5.00% 和 53.33%、36.67%、15.00%，其中 α-T 光照处理与 α-T 黑暗处理、对照处理差异显著，CK 黑暗处理与 α-T 黑暗处理差异显著。

2)涂抹法处理后工蚁的寻水能力。由图 2-B 可知，经 α-T 光照处理并放置 5、10、15、20、30 min 后，红火蚁工蚁的寻水率分别为 17.50%、25.00%、31.67%、36.67%、41.67%，CK 黑暗处理工蚁的寻水率分别为 5.00%、3.33%、3.33%、5.00%、3.33%；经 α-T 黑暗和 CK 光照处理并放置 5 min 和 30 min 后，工蚁的寻水率分别为 11.67%、10.00% 和 23.33%、25.00%，其中 α-T 光照处理与 α-T 黑暗处理、对照处理差异显著，CK 黑暗处理与 α-T 黑暗处理、CK 光照组差异显著。试验结果表明，光活化 α-T 对红火蚁的寻水能力有显著的促进作用，未光活化的 α-T 和 UVA 光照对红火蚁的寻水行为也有刺激作用。

2.3　α-T 对红火蚁聚集能力的影响

由图 3 可知，经 α-T 光照处理并放置 5、10、15、20、30 min 后，红火蚁工蚁的聚集率分别为 55.00%、62.50%、65.00%、67.50% 和 70.00%；经 α-T 黑暗、CK 光照和 CK 黑暗处理并放置30 min 后，工蚁的聚集率分别为 86.25%、85.00%、87.50%。α-T 光照处理与 α-T 黑暗处理、对照处理差异均显著。试验结果表明，光活化 α-T 可以显著降低红火蚁的聚集能力。

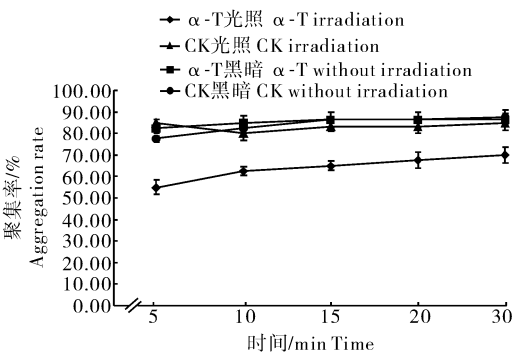

图 3　α-T 光照化处理后红火蚁工蚁的聚集能力

Fig. 3　Gathered ability of red imported fire ant workers after light activated α-T

2.4　α-T 对红火蚁行走速率的影响

经试验观察与统计分析，α-T 光照处理后红火蚁工蚁行走速率从小到大的顺序为无触角组(0.26 mm/s)＜去除左触角组(3.23 mm/s)＜α-T 光照处理(4.60 mm/s)＜CK 光照处理(7.04 mm/s)＜α-T 黑暗处理(8.22 mm/s)＜CK 黑暗处理(8.32 mm/s)。试验结果表明，红火蚁触角的有无和 α-T 光照处理均能显著影响其行走速率，非光照条件下 α-T 不能影响红火蚁的行走速率。

2.5　α-T 对红火蚁攀附行为的影响

经试验观察与统计分析，α-T 光照处理后红火蚁工蚁失附率从大到小的顺序为 α-T 光照处理

(27.50%)>α-T 黑暗处理(17.50%)>CK 光照处理(15.00%)>CK 黑暗处理(6.25%)。试验结果表明,光活化 α-T 能显著影响红火蚁的攀附能力,非光照条件下 α-T 不能影响红火蚁的攀附能力。

3 讨 论

本试验结果表明,α-T 光照处理对红火蚁工蚁行为有显著影响,对其食物识别、聚集、行走和攀附能力均有抑制作用,对其寻水能力有促进和刺激作用。这说明光活化 α-T 可以损伤红火蚁触角感受器,从而影响红火蚁的觅食能力、行走能力和种内不同个体间的识别能力。

红火蚁是一种社会性昆虫,由于各社会行为之间是相辅相成的,其中一个行为受到影响将间接导致其他社会行为也受到影响,所以光活化 α-T 对红火蚁识别食物能力的影响,可直接影响整个蚁群的食物量,降低蚁群的生存能力。喷雾法和涂抹触角方法的试验结果表明,α-T 光照处理后,能刺激红火蚁寻找水的行为,这可为防治红火蚁时进行巢外诱集提供新途径。

红火蚁适应环境的能力极强,能利用周围的各种环境选择合适的地方筑巢生存,因此,红火蚁对植株、土粒、石块以及巢壁的攀爬和行走能力是其生存能力的重要体现[15-16]。本试验观察发现,剪去红火蚁工蚁的 2 只触角后,工蚁基本丧失行走能力,剪去左触角后,工蚁可站立但行走速率变慢,同时攀附能力也显著降低。这表明光活化 α-T 可直接损伤触角,从而影响工蚁的行走和攀附能力。

红火蚁行动能力的降低将间接影响到其进行的各种社会行为,如筑巢、觅食、攀附、聚集等,导致其无法适应复杂的生活环境,最终影响整个群落的生存繁衍。聚集反应是红火蚁抵御逆境的重要反应。红火蚁通过触角感受器接触体表识别信息素,辨别同巢同种个体,在身处逆境时聚集成团[17]。α-T 光照处理后,红火蚁工蚁聚集能力显著降低,这表明光活化 α-T 对触角的损伤能影响工蚁种内身份识别,干扰工蚁回巢后的行为,使红火蚁抵御逆境的能力降低。与一般化学合成有机农药相比,光活化植物源农药 α-T 在环境中易降解且无残留,表明用其防治红火蚁有良好的应用前景。

参 考 文 献

[1] 罗礼智.基于控制我国红火蚁危害的几点思考[J].植物保护,2005,31(2):5-8.

[2] HASHIMOTO Y. Unique features of sensilla on the antennae of Formicidae (Hymenoptera)[J]. Appl Ent Zool,1990, 25:491-501.

[3] ISIDORO N,ROMANI R,VELASQUEZ D,et al. Antennal glands in queen and worker of the fire ant,*Solenopsis invicta* Buren: first report in female social Aculeata (Hymenoptera; Formicidae) [J]. Insectes Sociaux,2000,47:236-240.

[4] 刘娜,张志祥,徐汉虹,等.光活化成分 α-三联噻吩对红火蚁的致死作用及对其行为的影响光活化成分[J].中国农业科学,2011,44(23):4815-4822.

[5] 熊叶辉,曾鑫年,刘承兰.表面活性剂对辛硫磷在土壤中解吸附的影响[J].华中农业大学学报,2011,30(2):214-218.

[6] 高亿波,曾玲,陆永跃.5 种杀虫剂处理红火蚁工蚁活动性研究[J].广东农业科学,2011(3):82-85.

[7] 王新国,徐汉虹,赵善欢.广东省光活化杀虫植物资源初探[J].广东农业科学,2001(1):40-42.

[8] HU X P. Differential effects of mound disturbance and bait placement on bait foraging activity by the red imported fire ant (Hymenpotera:Formicidae) in cold weather[J]. Sociobiology,2009,53(1):169-176.

[9] 徐汉虹,田永清.光活化农药[M].北京:化学工业出版社,2008:37-38.

[10] 陈焕瑜,冯夏,吕利华,等.防治红火蚁触杀型药剂的筛选[J].广东农业科学,2006(5):28-30.

[11] 马金石,成昊,张驿,等.新型绿色农药——光活化农药[J].化学进展,1999,11(4):341-347.

[12] MICHAEL B G,VANDER R K,GLOVER A,et al. Filtration of microparticles from liquids ingested by the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren [J]. Insectes Sociaux,1981,28(4):395-401.

[13] DAVID H O,ROBERTO M P. Ant behavior and microbial pathogens (Hymenpotera: Formicidae) [J]. Iorida Entomologist,1993,76(1):63-75.

[14] 吕利华,冯夏,陈焕瑜,等.介绍红火蚁的野外采集和实验室饲养方法[J].昆虫知识,2006,43(2): 265-267.

[15] PORTER S D,TSCHINKEL W R. Foraging in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae):effects of weather and season [J]. Environmental Entomology,1987,16(3):802-808.

[16] PARRISH J K,EDELSTEIN-KESHET L. Complexity,pattern,and evolutionary trade-offs in animal aggregation [J]. Science,1999,284:99-101.

[17] 黄田福,熊忠华,曾鑫年.15 种杀虫剂对红火蚁工蚁的触杀活性研究[J].华南农业大学学报,2007,28(4):26-29.

Effects of α-terthienyl on the behavior and antennae function of red imported fire ant

YAN Wang-wang　ZHANG Hua　XU Han-hong　ZHANG Zhi-xiang

College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University/ Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education, Guangzhou 510642, *China*

Abstract　The influence of light activated α-terthienyl (α-T) on the food recognition ability of red imported fire ant (*Solenopsis invicta* Buren) workers was observed, and the influence of α-T on their abilities of finding water, walking, climbing, and aggregation were also studied by the methods of potter spray and daubing antennas respectively. After the ant workers were treated with α-T in irradiation for 30 min, and then statically placed for 5, 10, 15, 20, 30 min, the rates of food recognition of these red imported fire ants were 11.67%, 13.33%, 10.00%, 16.67% and 15.00% respectively; the rates of water finding were 23.33%, 71.67%, 85.00%, 85.00% and 88.33% respectively; the aggregation rates were 55.00%, 62.50%, 65.00%, 67.50% and 70.00% respectively; their walking speed was 4.60 mm/s, and the rate of losing adhesive ability was 27.50%. The α-T has inhibitory effects on the red imported fire ants, and can significantly influence their food recognition ability, intraspecific identification ability and walking ability, and it can enhance their skills of finding water. The light activation insecticidal α-T possesses the ability to control red imported fire ants, and the botanical light activation has the potential to be the new, safe and environment protecting pesticides.

Key words　α-terthienyl (α-T); red imported fire ant; behavior; antenna function

（责任编辑：陈红叶）