

青斑蝶对挥发物的取食反应

唐宇翀 (广安职业技术学院, 四川广安 638000)

摘要 [目的]找出吸引青斑蝶取食的关键化合物。[方法]通过田间观察测定了青斑蝶对蜜源植物马缨丹和马利筋的花部挥发物 α -蒎烯、水杨酸甲酯,花部挥发物类似物 1-辛醛、桉叶油醇、萜品醇,以及前人报道的花中普遍存在的苯甲醛的取食反应。[结果]无论是 6 种单一化合物和 α -蒎烯、水杨酸甲酯、1-辛醛、桉叶油醇化合物组合还是不同剂量 α -蒎烯和水杨酸甲酯,青斑蝶对这些挥发物均表现出一定的取食反应,但取食次数均未显著高于去离子水,且不同化合物之间无显著差异。[结论]青斑蝶在取食时可利用多种气味信号。

关键词 青斑蝶;挥发物;取食反应

中图分类号 S186;Q968.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)36-0171-03

Feeding Response of *Tirumala limniace* to Volatile Compounds

TANG Yu-chong (Guang'an Vocational & Technical College, Guang'an, Sichuan 638000)

Abstract [Objective] The aim was to find out the key compounds that attracted *Tirumala limniace* flowers. [Method] The nectar-flowers *Lantana camara* and *Asclepias curassavica* volatiles like α -pinene and methyl salicylate, and flower-part volatiles analogues like n-capryl aldehyde, eucalyptol, and terpineol, and the common volatiles of flower like benzaldehyde were used to observe the feeding responses of *T. limniace*. [Result] All the tested single compound, mixed compounds and different dose of α -pinene and methyl salicylate were attractive to adults. But the foraging preferences of *T. limniace* to different single compound, to mixed compounds and to different dose of α -pinene and methyl salicylate were not significantly higher than that of deionized water. Moreover, there were also no significant differences between different compounds. [Conclusion] Foraging adults can be attracted by a variety of chemical signals.

Key words *Tirumala limniace*; Volatiles; Feeding response

昆虫为了维持正常的生命活动和繁衍后代,必须寻找合适的补充营养物质。对于访花蝶类的觅食而言,蜜源植物的气味对吸引蝴蝶访花至关重要,特定的香味挥发物可激发昆虫的感觉反应、定向和觅食行为^[1-3]。研究表明,新羽化的孔雀蛱蝶 (*Inachis io*)、荨麻蛱蝶 (*Aglais urticae*) 和钩粉蝶 (*Gonepteryx rhamni*) 都偏好于蜜源植物丝路蓟 *Cirsium arvense* 和 *Knautia arvensis* 的花香,将花香作为鉴定、识别及区分蜜源回报的一个重要信号^[4]。蜜源植物挥发物中 2-苯乙醇和苯乙醛对菜粉蝶 (*Pieris rapae*) 取食起关键作用^[5-8]。Honda^[9] 研究发现,蝴蝶成虫感知到特定的气味化合物后会表现出喙伸张反应 (PER),且激发较大 PER 的化合物能显著增加蝴蝶对气味模型的访问次数^[5]。琉球紫蛱蝶 (*Hypolimnys bolina*)、姬红蛱蝶 (*Cynthia cardui*) 和黑端豹蛱蝶 (*Argyreus hyperbius*) 都对广泛存在于花中的几种芳香族化合物 (如苯甲醛和苯乙醛) 表现出较高的 PER^[10]。

青斑蝶 (*Tirumala limniace*) 隶属于鳞翅目斑蝶科,在国外分布于印度、斯里兰卡、巴基斯坦、孟加拉、缅甸和泰国^[11],在国内分布于云南、西藏、湖北、湖南、广东、广西、台湾和海南^[12]。青斑蝶对经济和园林植物无危害记录,南方各地已广泛养殖,是工艺和生态观赏两用蝶种,亦可用于喜庆放飞,具有较高的观赏价值和经济价值^[12]。笔者测定了青斑蝶对蜜源植物部分挥发物或类似物的田间行为反应,研究不同化合物对青斑蝶取食的作用,旨在为蝴蝶飞舞景观营造提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在云南省元江县干热河谷区中国林业科学研究院资源昆虫研究所试验站 (102°00'46" E, 23°36'11" N, 海拔 400 m) 进行,属于干热气候类型。青斑蝶田间试验在 8 m × 8 m × 4 m 的网室进行。网室内均透光良好,光照均匀。

1.2 材料

1.2.1 供试昆虫。人工饲养的羽化第 4 天的青斑蝶成虫,幼虫以南山藤为食,在 25 °C、光暗时间为 14:10 h 的条件下饲养。试验开始前,仅提供去离子水供成虫任意吸食,每天试验结束后,重新更换成虫。

1.2.2 供试化合物。根据对蜜源植物马缨丹和马利筋挥发物测定结果^[13],选取马缨丹中的挥发物 α -蒎烯、马利筋中的挥发物水杨酸甲酯,以及前人报道的花中普遍存在的挥发物苯甲醛^[14]、辛醛类似物 1-辛醛、桉叶油素类似物桉叶油醇和 α -蒎烯透醇进行嗅觉行为试验 (表 1)。

表 1 青斑蝶田间行为测定所用标准化合物

Table 1 Test chemicals used in behavior experiments of *Tirumala limniace*

试剂 Reagent	生产厂家 Manufacturer	含量 Contents // %
1-辛醛 n-capryl aldehyde	天津市大茂化学试剂厂	≥99.0
α -蒎烯透醇 (萜品醇) Terpineol	天津市致远化学试剂有限公司	≥98.0
α -蒎烯 α -pinene	天津市致远化学试剂有限公司	≥98.0
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	山东新华隆信化工有限公司	≥99.0
苯甲醛 Benzaldehyde	华美化工有限公司	≥98.5
桉叶油醇 Eucalyptol	天津市大茂化学试剂厂	≥99.0

基金项目 四川省教育厅一般项目 (15ZB0398); 广安职业技术学院院级课题 (KT-2016-20)。

作者简介 唐宇翀 (1985-), 女, 四川广安人, 讲师, 博士, 从事园林植物病虫害防治和资源昆虫研究。

收稿日期 2016-11-09

1.3 方法

1.3.1 单一化合物引诱试验。在距离网室东西两侧边壁 0.45 m 处开始,每隔 1.00 m 设置 1 个样点,分别放置不同的模拟蜜源处理,将红色花冠假花(3 朵,花冠直径为 7 cm)及无花冠假花插于高 1.00 m 的新砍绿色竹竿上,各处理每日的初始位置随机排布。在每朵红色假花或无花冠假花中央垂直插入 1 个容积 0.6 mL 的指形管,用移液枪分别向指形管加入 0.5 mL 浓度为 1% 的单一化合物(1-辛醛、萜品醇、 α -蒎烯、水杨酸甲酯、苯甲醛、桉叶油醇)水悬液。以去离子水为空白对照。不设重复。于成虫活动高峰期(视天气情况而定,通常在 10:00—14:00)连续记录青斑蝶成虫的访花次数。1 h 调换 1 次位置(以每行西端的 4 个处理为 1 个单位,分别进行平移、对调和平移),同时更换加有供试物质的指形管。

1.3.2 化合物组合引诱试验。根据单一化合物试验结果,综合选择对青斑蝶引诱效果较好的 3 种化合物(α -蒎烯、水杨酸甲酯和 1-辛醛)及次佳的 1 种化合物(桉叶油醇)分别进行以下组合: α -蒎烯+水杨酸甲酯、水杨酸甲酯+1-辛醛、 α -蒎烯+水杨酸甲酯+1-辛醛、 α -蒎烯+1-辛醛、 α -蒎烯+水杨酸甲酯+桉叶油醇+1-辛醛。按照“1.3.1”的布置方式,分别在各组红色假花或无花冠假花的指形管内用移液枪加入 0.5 mL 浓度为 1% 的供试化合物组合水悬液。以去离子水为空白对照。不设重复。各处理的调换及记载内容与“1.3.1”相同。

1.3.3 α -蒎烯和水杨酸甲酯的浓度效应试验。选取对青斑蝶引诱效果最好的 α -蒎烯和水杨酸甲酯,按照 10 倍浓度差稀释(1.000 0%、0.100 0%、0.010 0%、0.001 0%、0.000 1%)配制成水悬液。在距离网室西侧边壁 0.45 m 处开始,每隔 1.00 m 设置 1 个样点,分别布置不同的模拟蜜源处理。取红色假花 55 朵(花冠直径为 7 cm)并随机分为 11 组,在其中任意 3 朵假花中央垂直插入 1 支容积 0.6 mL 的指形管,用移液枪分别向各组假花的指形管加入 0.5 mL 浓度分别为 1.000 0%、0.100 0%、0.010 0%、0.001 0%、0.000 1% 的 α -蒎烯或水杨酸甲酯水悬液。以去离子水为空白对照。不设重复。记载内容与“1.3.1”相同。

1.4 数据处理 采用 SPSS 18.0 统计分析软件对数据进行 K-S 检验,如果数据服从正态分布,多个独立样本的比较采用单因素方差分析,当方差齐性时采用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 单一化合物对青斑蝶的引诱效果 在无花冠+气味源条件下,青斑蝶对不同化合物都表现出一定的取食反应,其中对水杨酸甲酯和桉叶油醇的访花次数较多,分别占 21.78% 和 16.83%;在气味源+红色花冠条件下,访问水杨酸甲酯的青斑蝶较多,占 19.91%。方差分析表明,无论是无花冠+气味源还是红色花冠+气味源,青斑蝶对 6 种供试化合物的取食次数均无显著差异,且与去离子水的差异也不显著。对于同一化合物,青斑蝶对红色花冠+气味源的访问次

数是无花冠+气味源的 1.22~8.38 倍(图 1)。

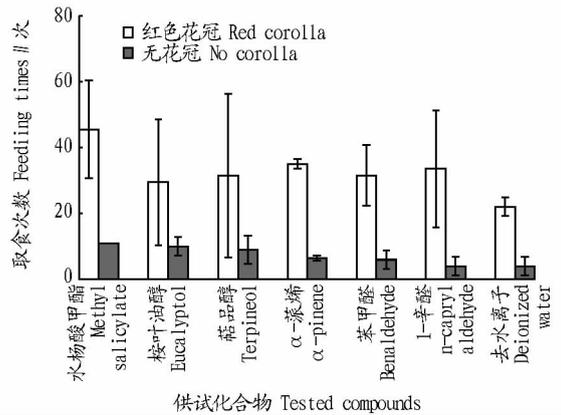


图 1 1.000 0% 单一化合物对青斑蝶的引诱效果

Fig. 1 The feeding responses of *Tirumala limnace* to different single compound at the dose of 1.000 0%

2.2 化合物组合对青斑蝶的引诱效果 在无花冠+气味源组合条件下,青斑蝶对不同化合物组合表现出一定的取食反应,其中对 α -蒎烯+水杨酸甲酯+1-辛醛、 α -蒎烯+1-辛醛组合的访花次数较多,分别占 19.92% 和 19.09%;在气味源组合+红色花冠条件下,青斑蝶对 α -蒎烯+水杨酸甲酯+1-辛醛、 α -蒎烯+1-辛醛组合的访花次数较多,分别占 19.95% 和 18.41%;有无红色花冠,青斑蝶对化合物组合的选择规律基本相同,均是稍偏向于 α -蒎烯+水杨酸甲酯+1-辛醛和 α -蒎烯+1-辛醛。方差分析表明,无论是单独气味源组合还是气味源组合+红色花冠,青斑蝶对不同化合物组合的取食次数均无显著差异,且与去离子水的差异也不显著。对于同一化合物,青斑蝶对颜色+气味源的访问次数是单独气味源的 1.48~1.63 倍(图 2)。

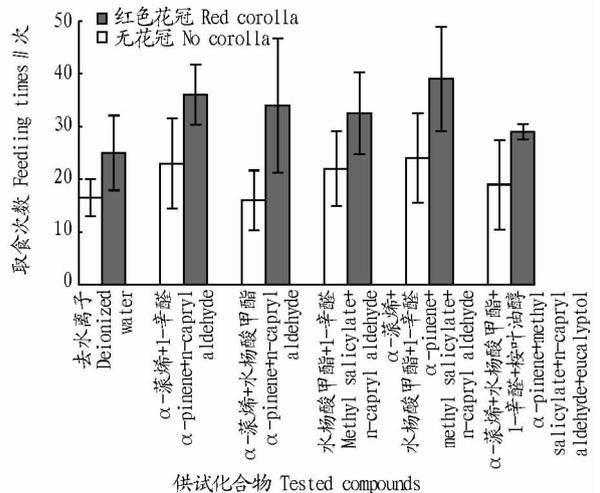


图 2 化合物组合对青斑蝶的引诱效果

Fig. 2 The feeding responses of *Tirumala limnace* to different mixture compounds

2.3 α -蒎烯和水杨酸甲酯的浓度效应 青斑蝶对不同浓度的 α -蒎烯和水杨酸甲酯均表现出一定的取食反应,其中对 1.000 0% α -蒎烯、0.100 0% α -蒎烯和 1.000 0% 水杨酸甲酯的访花次数较多,分别占 13.80%、10.94% 和 10.16%;青

斑蝶对 0.100 0% 水杨酸甲酯的访花次数与对去离子水的访花次数百分比相同,均为 9.64%。在该试验条件下,青斑蝶对 1.000 0% α -蒎烯的访花次数最多。除浓度 0.001 0% 外,其余相同浓度条件下 α -蒎烯的引诱效果较水杨酸甲酯好(图 3)。方差分析表明,青斑蝶对不同浓度化合物的取食次数均无显著差异,且与去离子水的差异也不显著。

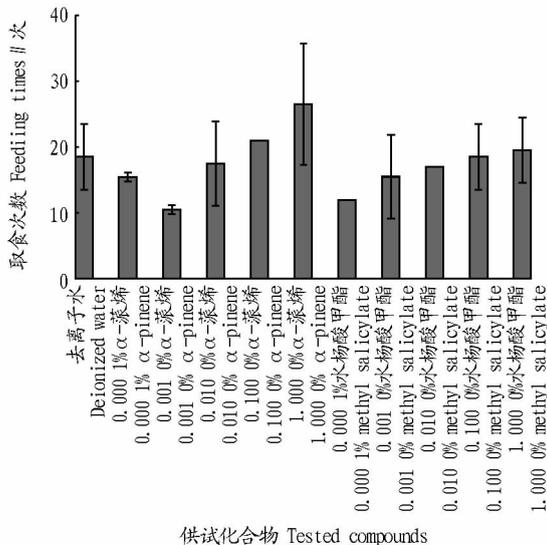


图 3 不同浓度 α -蒎烯和水杨酸甲酯对青斑蝶的引诱效果

Fig. 3 The feeding responses of *Tirumala limnace* to different dose of α -pinene and methyl salicylate

3 结论与讨论

在化合物对青斑蝶的田间引诱试验中,无论是单一化合物、化合物组合还是 α -蒎烯和水杨酸甲酯的浓度效应试验,虽然这些供试化合物对青斑蝶均有一定的吸引作用,但都未表现出显著高于去离子水的效力。前人对访花蝴蝶的取食反应研究均是通过室内近距离喙伸张反应来体现,如通过室内近距离测定,发现蜜源植物日本女贞 (*Ligustrum japonicum*) 中的 2-苯乙醇^[5]和油菜花 (*Brassica rapa*) 中的苯乙醛^[6-7]能引起菜粉蝶强烈的喙伸张反应;蒲公英 (*Taraxacum officinale*) 和大蓟 (*Cirsium japonicum*) 中的苯甲醛、苯乙酮和 (E+Z)-橙花叔醇能引起大红蛱蝶 (*Vanessa indica*) 较高的喙伸张反应^[8]。与室内的近距离试验相比,该研究中青斑蝶行为测定试验是在田间开展的,受风向、气流和光照等环境因子的影响较大。

蝴蝶为白天活动,视觉对其取食行为的影响很难彻底排除。前期研究发现,青斑蝶在觅食过程中以嗅觉信号为主,视觉信号为辅,且偏爱红色^[15],故该研究选取红色花冠假花,但从试验结果来看,视觉信号对青斑蝶取食的影响较大。研究表明,视觉和嗅觉信号的结合可增加访花者的访花次数和觅食活动程度^[5,16-18]。如新羽化的诗神袖蝶 (*Heliconius melpomene*) 对马缨丹 (*Lantana camara*) 的花香和叶片气味的选择发现,它们偏向花香;当蝴蝶处于花香中时,黄色比花香激发的取食反应更强烈^[19]。

昆虫的取食活动还与时间和空间有关。Goyret 等^[20]通过在时间和空间上解耦嗅觉和视觉刺激发现,当 2 种信号同

时存在时,烟草天蛾 (*Manduca sexta*) 的取食反应最强。当在空间上分隔 2 种刺激后,其反应水平与单个刺激相类似。然而,与无气味的视觉目标相比较,通过时间解耦的方式在视觉引导之前或之后给予短暂的嗅觉刺激,可提高烟草天蛾的取食反应。青斑蝶的取食行为在颜色和气味上的解耦试验还有待改进。

参考文献

- ANDERSSON S. Floral scent and butterfly pollinators [M]//DUDAREVA N, PICHERSKY E. Biology of floral scent. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2006: 199-217.
- DOBSON H E M. Relationship between floral fragrance composition and type of pollinator [M]//DUDAREVA N, PICHERSKY E. Biology of floral scent. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2006: 147-198.
- ÖMURA H. Foraging behavior of adult butterflies and its semiochemicals as olfactory signals [J]. Comparative physiology and biochemistry, 2006, 23 (3): 134-142.
- ANDERSSON S. Foraging responses in the butterflies *Inachis io*, *Aglais urticae* (Nymphalidae), and *Gonepteryx rhamni* (Pieridae) to floral scents [J]. Chemoecology, 2003, 13 (1): 1-11.
- HONDA K, ÖMURA H, HAYASHI N. Identification of floral volatiles from *Ligustrum japonicum* that stimulate flower-visiting by cabbage butterfly, *Pieris rapae* [J]. Journal of chemical ecology, 1998, 24 (12): 2167-2180.
- ÖMURA H, HONDA K, HAYASHI N. Chemical and chromatic bases for preferential visiting by the cabbage butterfly, *Pieris rapae*, to rape flowers [J]. Journal of chemical ecology, 1999, 25 (8): 1895-1906.
- ÖMURA H, HONDA K, NAKAGAWA A, et al. The role of floral scent of the cherry tree, *Prunus yedoensis*, in the foraging behavior of *Luehdorfia japonica* (Lepidoptera: Papilionidae) [J]. Applied entomology and zoology, 1999, 34 (3): 309-313.
- ÖMURA H, HONDA K. Priority of color over scent during flower visitation by adult *Vanessa indica* butterflies [J]. Oecologia, 2005, 142 (4): 588-596.
- HONDA K. The role of olfactory and color senses in the feeding behavior in the adult of *Nymphalis xanthomelas japonica* Stichel (Lepidoptera: Nymphalidae), with description of the preference on colors of flowers in the flower-visiting behavior [J]. Transactions of the lepidopterological society of japan, 1976, 27 (2): 52-58.
- ÖMURA H, HONDA K. Behavioral and electroantennographic responsiveness of adult butterflies of six nymphalid species to food-derived volatiles [J]. Chemoecology, 2009, 19 (4): 227-234.
- AMBROSE D P, RAJ D S. Butterflies of Kalakad-Mundanthurai tiger reserve, Tamil Nadu [J]. Zoos print journal, 2005, 20 (12): 2100-2107.
- 陈晓鸣, 周成理, 史军义, 等. 中国观赏蝴蝶 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- 张雯雯, 郑华, 张弘. 蝴蝶蜜源与非蜜源植物挥发物成分的差异 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2011, 40 (3): 302-306.
- KNUDSEN J T, ERIKSSON R, GERSHENZON J, et al. Diversity and distribution of floral scent [J]. The botanical review, 2006, 72 (1): 1-120.
- TANG Y C, ZHOU C L, CHEN X M, et al. Visual and olfactory responses of seven butterfly species during foraging [J]. Journal of insect behavior, 2013, 26 (3): 387-401.
- KUNZE J, GUMBERT A. The combined effect of color and odor on flower choice behavior of bumble bees in flower mimicry systems [J]. Behavioral ecology, 2001, 12 (4): 447-456.
- RAGUSO R A, WILLIS M A. Synergy between visual and olfactory cues in nectar feeding by naïve hawkmoths, *Manduca sexta* [J]. Animal behaviour, 2002, 64 (5): 685-695.
- RAGUSO R A, WILLIS M A. Synergy between visual and olfactory cues in nectar feeding by wild hawkmoths, *Manduca sexta* [J]. Animal behaviour, 2005, 69 (2): 407-418.
- ANDERSSON S, DOBSON H E. Behavioral foraging responses by the butterfly *Heliconius melpomene* to *Lantana camara* floral scent [J]. Journal of chemical ecology, 2003, 29 (10): 2303-2318.
- GOYRET J, MARKWELL P M, RAGUSO R A. The effect of decoupling olfactory and visual stimuli on the foraging behavior of *Manduca sexta* [J]. The Journal of experimental biology, 2007, 210 (8): 1398-1405.