



王晶玲, 洪波, 陈志杰, 等. 食芽象甲对不同品种枣树植物挥发物的嗅觉反应 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6):

## 食芽象甲对不同品种枣树植物挥发物的嗅觉反应

王晶玲<sup>1 2\*</sup>, 洪波<sup>2\*</sup>, 陈志杰<sup>2</sup>, 廉振民<sup>1</sup>, 张淑莲<sup>2</sup>, 李英梅<sup>2</sup>, 张锋<sup>2\*\*</sup>

(1. 陕西师范大学生命科学学院, 西安 710119; 2. 陕西省生物农业研究所, 西安 710043)

**摘要:** 为了明确食芽象甲对 11 个枣树品种的嗅觉反应, 本试验分别用 Y 型嗅觉仪和圆盘试验对其进行测试。Y 型嗅觉仪测试结果表明, 不同品种的枣芽对食芽象甲的引诱活性不同, 其中木枣、冬枣、梨枣、骏枣、晋枣和佳县长枣 6 个品种的枣芽对食芽象甲有显著的引诱活性 ( $P < 0.05$ ), 其他品种对食芽象甲的引诱作用无显著差异; 食芽象甲对不同品种枣芽的反应时间也不同, 食芽象甲对引诱活性强的枣芽反应时间较短一些。圆盘测试结果表明, 食芽象甲对梨枣、骏枣和晋枣枣芽的选择性最强, 其次为冬枣和佳县长枣, 对酸枣的选择性最弱。研究表明 Y 型嗅觉仪测试结果和圆盘试验的测试结果基本一致。本研究还通过 Y 型管测定了食芽象甲的性别、饥饿程度以及枣芽的新鲜程度对其嗅觉反应的影响, 结果表明食芽象甲性别对枣芽嗅觉反应的差异不显著; 不同新鲜程度的枣芽对食芽象甲的引诱活性不同, 食芽象甲对新鲜未食用的枣芽的选择明显高于食用过的枣芽; 随着饥饿时间的增加, 食芽象甲对枣芽的反应时间缩短, 当饥饿时间为 8 h 到 12 h 时, 其反应时间最短, 之后反应时间会随着饥饿时间的增加而变长, 但饥饿时间的长短并不会影响枣芽对食芽象甲的引诱活性。

**关键词:** 食芽象甲; 嗅觉反应; 引诱活性; 枣芽; 选择性

中图分类号: Q968.1; S433.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 05-

## The olfactory response of *Scythropus yasumatsui* to volatiles of different jujube cultivars

WANG Jing-Ling<sup>1 2\*</sup>, HONG Bo<sup>2\*</sup>, CHEN Zhi-Jie<sup>2</sup>, LIAN Zhen-Min<sup>1</sup>, ZHANG Shu-Lian<sup>2</sup>, LI Ying-Mei<sup>2</sup>, ZHANG Feng<sup>2\*\*</sup> (1. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China; 2. Bio-Agriculture Institute of Shaanxi, Xi'an 710043, China)

**Abstract:** In order to understand the olfactory responses of *Scythropus yasumatsui* to volatiles of eleven jujube cultivars, Y olfactometer and disk tests were conducted. The results of Y olfactometer tests showed that jujube buds of different cultivars had different attractive activities to *S. yasumatsui*. Among the jujube cultivars, Mu jujube, Dong jujube, Li jujube, Jun jujube, Jing jujube and Jiaxianchang jujube had a significant attractive activity to *S. yasumatsui* ( $P < 0.05$ ), while the attractive activity was not significant with other cultivars. *S. yasumatsui* had different reaction time to different jujube cultivars, the shorter the reaction time of *S. yasumatsui* was, the more attractive activity jujube cultivars had. The results of disk tests showed that Li jujube, Dong jujube and Jin jujube buds attracted more *S. yasumatsui* than other jujube buds, followed by Dong jujube and Jiaxianchang jujube, and Suan jujube had the lowest attractive activity. The result of Y olfactometer tests was basically in agreement with the result of disk tests. The olfactory response of *S. yasumatsui* to jujube buds were also assessed in its gender, its starvation degree and

基金项目: 陕西省科学院重大科学项目 (2013K-02); 陕西省科技统筹难题招标项目 (2013KTZB02-03-01)

\* 共同第一作者简介: 王晶玲, 女, 博士研究生, 研究方向为动物生态学, E-mail: 972693340@qq.com; 洪波, 男, 助理研究员, 研究方向为农林病虫害监测预警技术, E-mail: hb54829@163.com

\*\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: 545141529@qq.com

收稿日期 Received: 2016-03-24; 接受日期 Accepted: 2017-05-13

fresh degree of jujube buds. The results showed that the sexual differences of *S. yasumatsui* had no effect on its olfactory responses to jujube cultivars. *S. yasumatsui* had different olfactory response to different degree of jujube buds, uneaten fresh jujube buds attracted more *S. yasumatsui* than eaten jujube buds. With the starvation time increased, the reaction time of *S. yasumatsui* to jujube bud were shortened, the reaction time was shortest for 8 to 12 hours of starvation. When the starvation time was more than 12 h, the reaction time was extended. The results showed that starvation time have no effect on attractive activity of jujube buds to *S. yasumatsui*.

**Key words:** *Scythropus yasumatsui*; olfactory response; attractive activity; jujube bud; selection

食芽象甲 *Scythropus yasumatsui* Koneet Merimoto 属鞘翅目 Coleoptera 象甲科 Curculionidae, 又称枣飞象、太谷月象, 枣月象、小灰象鼻虫等, 在各地又有不同的俗名, 如顶门吃、土猴等, 是枣树上为害严重的害虫之一 (王鸿哲和李宽胜 1992; 唐学亮等, 2013)。在我国北方红枣区均有分布, 主要分布于陕西、山西、河南、河北、甘肃、辽宁等省 (萧刚柔, 1992; 阎雄飞等, 2014), 在国外鲜有报道。食芽象甲主要为害枣树, 是枣树上发生最早的害虫, 对枣树危害主要是成虫啃食新生枣芽, 严重时会将枣芽全部吃光, 迫使枣树二次萌芽, 不仅推迟枣树的开花结果, 而且严重降低红枣的产量和品质 (师光禄等, 2006; 唐学亮等, 2013), 甚至造成绝收 (阎雄飞等, 2014)。食芽象甲除了为害枣树外, 还为害苹果、梨、桑、棉、大豆、玉米等多种作物 (王妍妍等, 2011)。由于食芽象甲发生时间较早, 其天敌出现相对滞后, 这使得该虫相较于其它害虫更难防治 (师光禄等, 2006; 王海香等, 2010)。目前对其的防治主要是化学防治, 但由于该虫体壁较硬, 抗药性很强, 化学防治收效甚微 (阎雄飞和李善才, 2012)。研究表明, 昆虫嗅觉刺激与寄主植物启动主机定位有关, 在寄主选择的初始阶段主要由嗅觉引起积极的趋化现象 (Bleeker 等, 2009; 黄翠虹等, 2015; 李伟等, 2016)。因此, 本研究通过多种方法测定食芽象甲对不同品种枣树植物挥发物的嗅觉反应, 且首次测定了食芽象甲性别、饥饿程度以及枣芽的新鲜程度对其嗅觉反应的影响, 为食芽象甲虫害预测预报和找到新型有效的防治方法提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料及采集地点

本试验所用虫源于 2015 年 4 月下旬采自陕西省

清涧县高杰村乡枣园 (37.0783°N, 110.4037°E), 枣树品种为当地品种木枣。采回的成虫在室内以枣芽饲养, 饲养条件为 25℃ ± 1℃, RH 45% ± 10%, 光照条件为 L:D = 16:8。试验前挑选大小一致的成虫供试。

室内试验于 2015 年 5 月上旬在佳县店镇勃牛沟村有机红枣示范园 (37.8619°N, 110.4696°E) 进行, 枣树品种为酸枣、油枣、七月鲜、佳县长枣、晋枣、骏枣、圆铃枣、灵宝枣、梨枣、冬枣、木枣共 11 个品种。试验用的枣树枣芽均采自示范园, 试验前称取各品种枣芽 10 g 供试。

### 1.2 Y 型管测试方法

嗅觉反应的测试装置仿梁兴慧自制 (梁兴慧, 2010), Y 型管由透明玻璃管制成, 两臂及基部长 15 cm, 内径 1.0 cm, 两臂夹角 60°。从左至右依次为 Y 型玻璃管; 气体流量计 (常州市勤丰流量仪表公司); 样品装载器 (干燥塔 500 mL); 蒸馏水 (气体洗瓶 250 mL); 活性炭 (干燥塔 250 mL); 大气采样仪 (QS-4S, 北京市劳动保护科学研究所)。装置间用医用长硅胶管连接, 嗅觉仪置于操作台 (90 × 90 × 90 cm<sup>3</sup>) 中, 正上方提供日光灯源 (每盏 40 W) 照射。

在试验时, 调节两边的气流一致。将称量好的枣芽放置于 Y 型管一侧样品测试臂中, 另一侧对照臂以空气为对照, 用大气采样仪以 70 mL/s 释放其挥发物。将 1 头成虫从 Y 型管端口引入后开始计时, 当 3 min 内成虫越过测试臂或对照臂 1/3 处停留 5 s 以上时认为该虫做出了选择, 记录选择时间; 如超过 3 min 该虫未做出选择, 记录为 0 (不计数)。每处理 25 头成虫, 设 5 组重复, 每组 5 头, 按以下公式计算选择反应率: 选择反应率 (%) = 测试臂成虫数量 / (测试臂成虫数量 + 对照臂成虫数量) × 100。每组完成后, 将 Y 型管测试臂与对照臂互换, 以免位置效应。每处理试验结束后用丙酮冲洗气味瓶。

1.3 圆盘试验测试方法

将 11 个品种枣芽以 15 cm 为半径, 随机排列于半径为 20 cm 的圆形托盘内, 1 cm<sup>2</sup> 空白作为对照, 用保鲜膜密封托盘, 在保鲜膜上用解剖针扎若干小孔, 用于空气流通。于圆心处开一小口, 放入 100 头食芽象甲成虫, 密封小口, 分别于 30 min、1 h、2 h 后观察并记录各品种枣芽上停留的食芽象甲虫数, 计算百分比。本试验重复 3 次。

1.4 测定不同性别的食芽象甲对枣芽植物挥发物的嗅觉反应的影响

以梨枣和油枣枣芽为测试样品, 用 Y 型嗅觉仪对不同性别的食芽象甲成虫的嗅觉反应进行测定, 测定方法同 1.2。

1.5 测定食芽象甲对不同新鲜程度的枣芽植物挥发物的嗅觉反应

以梨枣枣芽为测试样品, 用 Y 型嗅觉仪对其嗅觉反应进行测定, Y 型管的两侧测试臂分别装载新鲜枣芽和食用过的枣芽, 测定方法同 1.2。

1.6 测定不同饥饿程度的食芽象甲对枣芽挥发物的嗅觉反应的影响

以梨枣枣芽为测试样品, 对食芽象甲成虫分别禁食 0 h、2 h、4 h、6 h、8 h、12 h、24 h、48 h 后, 用 Y 型嗅觉仪对其嗅觉反应进行测定,

测定方法同 1.2。

1.7 数据分析

通过卡方检验分析测试臂和对照臂中的成虫数量有无显著性差异, 使用 SPSS 22.0 软件对数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 食芽象甲对不同品种枣树植物挥发物的行为反应 Y 型管试验测定结果

通过卡方检验分析进入测试臂和对照臂的成虫数有无显著差异, 结果如表 1 所示。食芽象甲对不同品种的枣芽嗅觉反应不同, 其中梨枣枣芽对食芽象甲的引诱作用差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 佳县长枣、晋枣、骏枣、冬枣和木枣 5 个品种枣芽对食芽象甲有显著的引诱力 ( $P < 0.05$ ), 以上 6 个品种的选择反应率都达到了 80% 以上, 其余 5 个品种的枣芽对食芽象甲的引诱作用无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 选择反应率都没有超过 60%。

由图 1 可知, 食芽象甲对不同品种枣芽的反应时间也不同, 食芽象甲对晋枣、冬枣、木枣和梨枣 4 个品种的枣芽反应时间最短, 都低于 1.5 min, 其次为骏枣, 反应时间为 1.91 min, 食

表 1 食芽象甲对不同品种枣芽嗅觉反应的 Y 型管测试结果  
Table 1 Olfactory response of *Scythropus yasumatsui* to different jujube cultivars in Y olfactometer tests

枣树品种 Jujube cultivars	成虫数量 Number of Adults		选择反应率 (%) Selection response percentage	$\chi^2$ 检验 Chi-square test
	测试臂 Test arm	对照臂 Control arm		
对照 Control	11	10	52.4	
酸枣 Suan jujube	12	11	52.2	0.001 <sup>ns</sup> ( $P = 0.989$ )
油枣 You jujube	14	10	58.3	0.161 <sup>ns</sup> ( $P = 0.689$ )
七月鲜 QYX jujube	13	11	54.2	0.014 <sup>ns</sup> ( $P = 0.905$ )
佳县长枣 JXC jujube	19	4	82.6	4.623 <sup>*</sup> ( $P = 0.031$ )
晋枣 Jin jujube	18	4	81.8	4.240 <sup>*</sup> ( $P = 0.040$ )
骏枣 Jun jujube	18	4	81.8	4.240 <sup>*</sup> ( $P = 0.040$ )
圆铃枣 YL jujube	13	11	54.2	0.014 <sup>ns</sup> ( $P = 0.905$ )
灵宝枣 LB jujube	14	10	58.3	0.161 <sup>ns</sup> ( $P = 0.689$ )
梨枣 Li jujube	21	3	87.5	6.724 <sup>**</sup> ( $P = 0.0095$ )
冬枣 Dong jujube	20	3	87.0	6.304 <sup>*</sup> ( $P = 0.012$ )
木枣 Mu jujube	21	3	87.5	6.724 <sup>**</sup> ( $P = 0.0095$ )

注: \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; <sup>ns</sup>, 差异不显著 (卡方检验); No significant difference (Chi-squared test)。下表同。Same to below tables.

芽象甲对其他品种枣芽的反应时间较长,都超过了 2 min。试验结果与食芽象甲选择反应率结果较一致,除佳县长枣外,食芽象甲对该品种枣芽的

选择反应率越高,食芽象甲对枣芽的反应时间也越短。

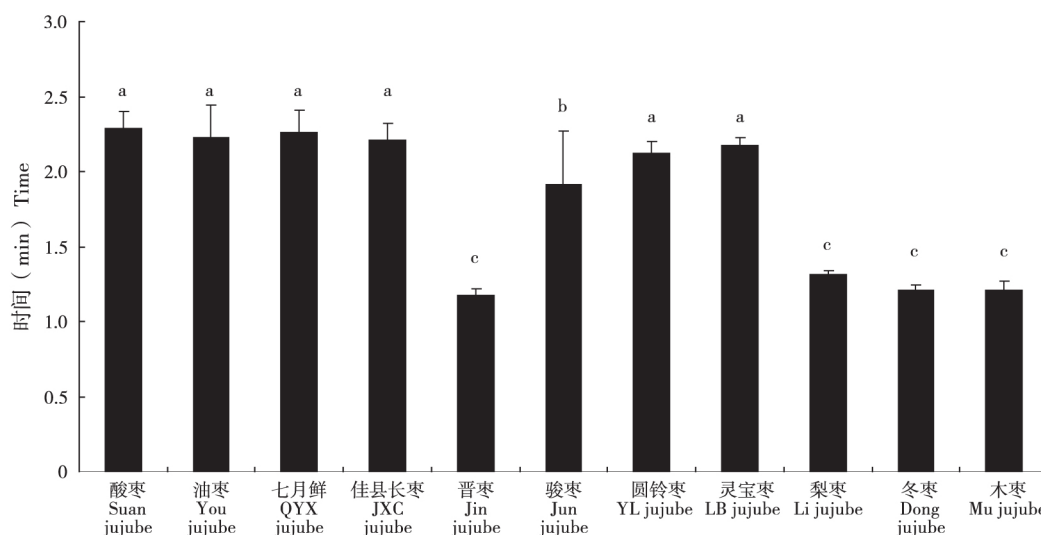


图1 食芽象甲成虫对不同品种枣芽的反应时间

Fig. 1 The reaction time of *Scythropus yasumatsui* to different jujube cultivars

## 2.2 食芽象甲对不同品种枣树植物挥发物的行为反应圆盘试验测定结果

圆盘试验的测试结果如图2-图4所示。在30 min时,食芽象甲对梨枣、骏枣和晋枣的选择性最强,明显高于其它品种,对冬枣和佳县长枣的选择性稍弱,对木枣、灵宝枣、圆铃枣和七月鲜的选择性和对照差异不显著,食芽象甲对油枣和酸枣的选择性最弱,甚至低于对照;1 h 时后,

食芽象甲对梨枣和骏枣选择性最高,其次是冬枣、晋枣和佳县长枣,对木枣和灵宝枣的选择性较差,对其他枣芽的选择性和对照差异不显著;2 h 后,食芽象甲对梨枣的选择性最高,其次是冬枣和佳县长枣,对木枣、冬枣和佳县长枣的选择性较弱,对灵宝枣、圆铃枣、七月鲜和油枣的选择性和对照差异不显著,对酸枣的选择性最弱,低于对照。

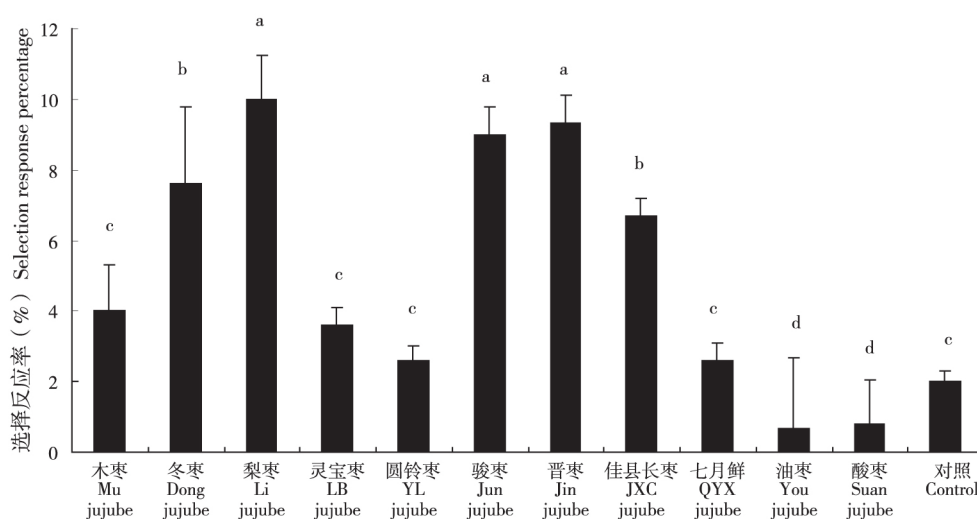


图2 食芽象甲对不同品种枣芽的嗅觉反应 30 min 的测定结果

Fig. 2 Olfactory response of *Scythropus yasumatsui* to different jujube cultivars in 30 min disk test

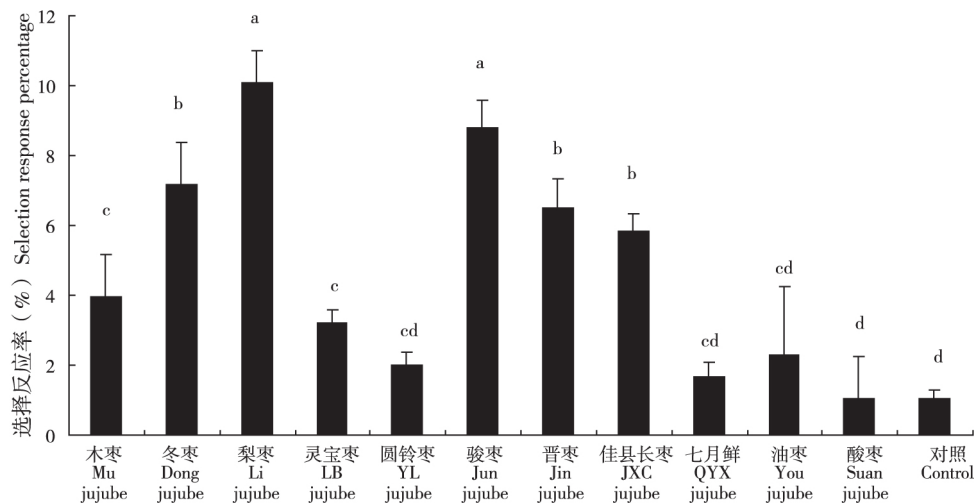


图3 食芽象甲成虫对不同品种枣芽的嗅觉反应 1 h 的测定结果

Fig. 3 Olfactory response of *Scythropus yasumatsui* to different jujube cultivars in 1 hour disk test

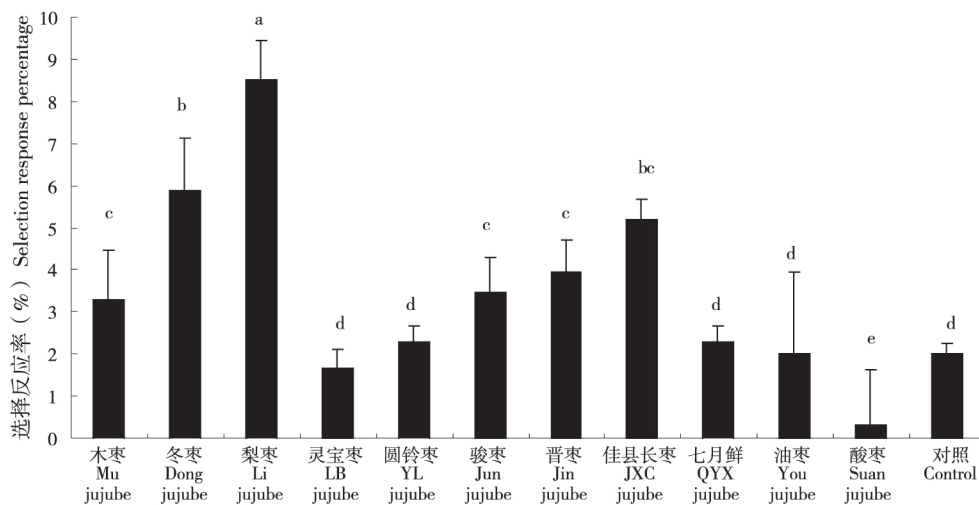


图4 食芽象甲对不同品种枣芽的嗅觉反应 2 h 的测定结果

Fig. 4 Olfactory response of *Scythropus yasumatsui* to different jujube cultivars in 2 hours disk test

### 2.3 食芽象甲对枣树植物挥发物的嗅觉反应的影响因素的测定

#### 2.3.1 性别对食芽象甲嗅觉反应的影响

分别选取对食芽象甲引诱力较强和较弱的两个品种梨枣和油枣, 分析食芽象甲成虫性别对其嗅觉反应的影响, 试验结果如图 2 所示。食芽象甲雌虫和雄虫对梨枣枣芽的选择反应率分别为 80.0% 和 79.2%, 对油枣的选择反应率分别为 58.3% 和 60.0%。卡方检验结果表明, 无论是梨枣还是油枣, 食芽象甲成虫性别对食芽象甲的嗅觉反应都没有显著差异 ( $P>0.05$ )。

#### 2.3.2 枣芽的新鲜程度对食芽象甲嗅觉反应的影响

枣芽的新鲜程度对食芽象甲嗅觉反应的影响

试验结果如表 3 所示。20 头食芽象甲选择了新鲜未食用的梨枣枣芽, 选择反应率为 80.0%, 只有 5 头食芽象甲选择了食用过的梨枣枣芽, 选择反应率为 20.0%, 食芽象甲对新枣芽的选择性明显高于被食用过的枣芽。

#### 2.3.3 饥饿程度对食芽象甲嗅觉反应的影响

食芽象甲饥饿程度对其嗅觉反应的影响如图 5 和表 4 所示, 随着饥饿时间增加, 食芽象甲对枣芽的反应时间越来越短; 在饥饿 8–12 h 时食芽象甲成虫对枣芽的反应最为灵敏, 反应时间最短; 12 h 以后, 反应时间又有所增加。以 2–48 h 不同饥饿时间为处理, 以饥饿时间 0 h 为对照, 通过卡方检验分析可知, 饥饿时间为 0–48 h 时, 食芽象

甲的选择反应率都在 68% 以上, 且各处理与对照间的差异并不显著 ( $P > 0.05$ ), 表明随着食芽象甲饥饿时间增加, 不影响其对枣芽的嗅觉反应。

表 2 食芽象甲成虫性别对其嗅觉反应的影响

Table 2 The effect of sexual differences of *Scythropus yasumatsui* adults on their olfactory response

枣树品种 Jujube cultivars	性别 Sex	成虫数量 Number of adults		选择反应率 (%) Selection response percentage	$\chi^2$ 检验 Chi-square test
		测试臂 Test arm	对照臂 Control arm		
梨枣 Li jujube	雌虫 Female	20	5	80.0	0.005 <sup>ns</sup> ( $P = 0.942$ )
	雄虫 Male	19	5	79.2	
油枣 You Jujube	雌虫 Female	14	10	58.3	0.014 <sup>ns</sup> ( $P = 0.906$ )
	雄虫 Male	15	10	60.0	

表 3 枣芽新鲜程度对食芽象甲嗅觉反应的影响

Table 3 The effect of fresh degree of jujube buds on olfactory response of *Scythropus yasumatsui*

枣芽新鲜程度 Fresh degree of jujube buds	成虫数量 Number of adults	选择反应率 (%) Selection response percentage
未食用枣芽 Uneaten buds	20	80.0
已食用枣芽 Eaten buds	5	20.0

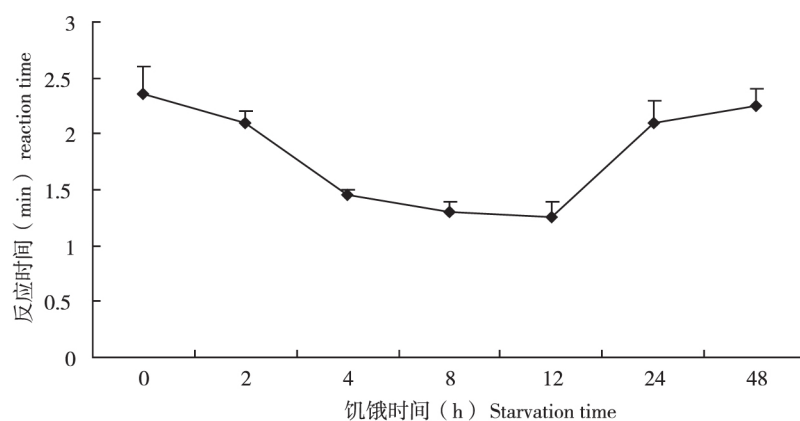


图 5 不同饥饿时间的食芽象甲对枣芽的反应时间

The reaction time of *Scythropus yasumatsui* with different starvation time to jujube buds

表 4 不同饥饿时间的食芽象甲对其嗅觉反应的影响

Table 4 Effect of *Scythropus yasumatsui* with different starvation time on their olfactory response

饥饿时间 (h) Starvation time	成虫数量 Number of adults		选择反应率 (%) Selection response percentage	$\chi^2$ 检验 Chi-square test
	测试臂 Test arm	对照臂 Control arm		
0	17	8	68.0	0.095 <sup>ns</sup> ( $P = 0.758$ )
2	18	7	72.0	
4	18	7	72.0	
8	19	6	76.0	0.397 <sup>ns</sup> ( $P = 0.529$ )
12	20	5	80.0	0.936 <sup>ns</sup> ( $P = 0.333$ )
24	18	7	72.0	0.095 <sup>ns</sup> ( $P = 0.758$ )
48	19	6	76.0	0.397 <sup>ns</sup> ( $P = 0.529$ )

### 3 结论与讨论

本研究通过 Y 型管试验与圆盘试验进行了食芽象甲对 11 个枣树品种的枣芽嗅觉反应的比较, 试验结果较一致。其中, Y 型管试验表明食芽象甲对佳县长枣、晋枣、骏枣、梨枣、冬枣和木枣 6 个品种的枣芽选择性较强, 圆盘试验表明食芽象甲更倾向于选择晋枣、木枣、梨枣、冬枣、骏枣 5 个品种的枣芽, 佳县长枣枣芽对食芽象甲有一定引诱力, 但引诱力略低于上述 5 个品种。本试验和阎雄飞 (2012) 都证实食芽象甲对不同品种的枣树植物挥发物的嗅觉反应不同, 但供试品种间有所差异。此外阎雄飞还证实了不同品种的枣树叶对食芽象甲均无明显的引诱作用。食芽象甲的发生期为 4 月中旬, 正好是陕北地区枣树萌芽时期, 到 6 月上旬枣叶时期停止对枣树的危害, 这一现象也说明食芽象甲偏好枣芽而不喜食枣叶。所以枣芽的气味很有可能是诱导食芽象甲羽化及成虫从枣树底部爬向枣树枣芽的诱因, 枣芽消失也可能是促使食芽象甲开始下一世代的一个重要原因。

本研究通过 Y 型管试验分析明确了食芽象甲的性别、饥饿时间及枣芽新鲜程度等因素对于食芽象甲嗅觉反应的影响。试验结果表明, 食芽象甲的性别对其行为反应没有影响, 这与阎雄飞 (2012) 的研究中雌虫对枣芽挥发物更加敏感的结论略有差异, 虽然该研究结果中雌虫对于 6 个枣树品种的选择率几乎均大于雄虫, 但差异并不明显, 该结论值得进一步讨论。食芽象甲对新鲜枣芽的选择性明显高于被食用过的枣芽, 因为昆虫食用过的植物会产生一些次生化合物, 这些次生化合物会对昆虫产生驱避作用 (董红霞等, 2005), 使其更偏向于选择未食用过的新芽, 今后将对新鲜枣芽和食用枣芽的化合物成分进行深入研究。食芽象甲饥饿时间的增加并不影响其对枣芽的嗅觉反应, 但反应时间略有不同。食芽象甲在饥饿 0-12 h 时对枣芽的反应时间逐渐缩短, 在 12 h 达到了最低值, 而在 12-24 h 反应时间又不断增加, 这是由于饥饿在一定程度上能够调高昆虫对食物的嗅觉反应 (梁兴慧, 2010), 所以相较于没有饥饿处理过的食芽象甲, 饥饿处理后作出选择的反应时间会明显缩短, 但饥饿时间过长会降低其嗅觉反应, 使其作出选择的时间延长。

植物挥发物的组成成分与比例构成了植物具有种属特异性的“化学气味指纹谱”, 这与昆虫定位取食植物有很大关联 (钦俊德, 1995; 李建光, 2001)。相关研究表明除了植物挥发物成分对昆虫的行为反应有影响外, 挥发物浓度也是影响昆虫对其行为反应的一个重要因素 (Hsiao, 1985; 梁兴慧, 2010), 本试验时间为四月下旬, 也就是枣芽萌发期, 通过田间观察可知, 枣园内木枣、佳县长枣、晋枣、骏枣、梨枣、冬枣的枣芽较长, 这些枣芽的植物挥发物浓度可能正好为食芽象甲所喜好的浓度, 所以这几个品种为食芽象甲所喜好, 这与它们枣芽萌发的时间与食芽象甲成虫羽化的时间最一致可能有关。酸枣的枣芽长度较长但不为食芽象甲所喜好, 这可能是酸枣的枣芽挥发物中含有食芽象甲不喜好的成分, 究竟哪些挥发物成分影响了食芽象甲的行为反应, 以及挥发物最佳浓度的测定, 都需要通过 GC-MS 方法进一步研究, 从而了解和掌握该虫对植物寄主的选择行为, 为食芽象甲田间引诱剂的制备提供理论依据。

### 参考文献 (References)

- Bleeker PM, Diergaarde PJ, Ament K, et al. The role of specific tomato volatiles in tomato - whitefly interaction [J]. *Plant Physiology*, 2009, 151 (2): 925-935.
- Dong HX, Wang JS, Liu GH, et al. The roles of plant secondary metabolites in insect pest control [J]. *Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology*, 2005, 18 (2): 65-71.
- [董红霞, 王敬淑, 刘光华, 等. 植物次生化合物在害虫防治中的作用 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 2005, 18 (2): 65-71]
- Hsiao TH. Feeding behavior. In: Kerkut G A and Gilber L I (eds). *Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology*. [M]. Oxford: Pergamon Press, 1985: 471-512.
- Huang CH, You XF, Wang Y, et al. Antennal responses of the cabbage butterfly, *Pieris rapae*, to some common volatiles of Brassicaceae and a long-term field trapping based on uniform mixture design [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (6): 1219-1226. [黄翠虹, 游秀峰, 王珏, 等. 菜粉蝶对十字花科植物挥发物的触角电位反应及引诱剂配方的大田诱捕试验 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (6): 1219-1226]
- Li JG. Behavioral Responses and Mechanism of *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) to Host Volatile Compounds [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2001. [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, 2001]
- Li W, Zhang YF, Xie YP, et al. Analysis on volatile components of *Didesmococcus koreanus* Borchsenius in different instars [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (5): 1003-

1010. [李伟, 张艳峰, 谢映平, 等. 朝鲜毛球蚧各龄期虫体的挥发物成分分析 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (5): 1003 – 1010]
- Liang XH. The Diurnal Flight Activities and Tropism of Two Thrips to Host Volatile Compounds [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. [梁兴慧. 两种蓟马的日活动规律及其对植物挥发物的趋性研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010]
- Qin JD. Studies on insect – plant relationships: Recent trends and prospect [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1995, 41 (1): 12 – 20. [钦俊德. 昆虫与植物关系的研究进展和前景 [J]. 动物学报, 1995, 41 (1): 12 – 20]
- Shi GL, Liu SQ, Zhao LL, *et al.* Effect of intercropped herbage in jujube plantation on the community dynamics of natural predators and pests [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (5): 1422 – 1429. [师光禄, 刘素琪, 赵莉兰, 等. 间种牧草对枣园捕食性天敌与害虫群落动态的影响 [J]. 生态学报, 2006, 26 (5): 1422 – 1429]
- Tang XL, Zhao HZ, Zhang XW. Techniques for the control of *Scythropus yasumatsui* in the Northern Shaanxi [J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2013, 4: 131 – 132. [唐学亮, 赵宏志, 张学武. 陕北枣树食芽象甲防治技术研究 [J]. 陕西林业科技, 2013, 4: 131 – 132]
- Wang HX, Nie XY, Shi GL. Analysis of the spatio – temporal structure and dominance of natural enemy arthropod in jujube yard [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, 46 (8): 168 – 173. [王海香, 聂肖艳, 师光禄. 枣园节肢动物天敌群落时空结构和优势度分析 [J]. 林业科学, 2010, 46 (8): 168 – 173]
- Wang YY, Zhang ZY, Zhang LB, *et al.* The occurrence and control of *Scythropus yasumatsui* [J]. *Modern Rural Science and Technology*, 2011, 2: 20. [王妍妍, 张泽勇, 张立宝, 等. 枣树食芽象甲发生规律与防治技术 [J]. 现代农村科技, 2011, 2: 20]
- Wang ZH, Li KS. Control measures for major pests in jujube forests on Northern Shaanxi [J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 1992, 3: 52 – 55. [王鸿哲, 李宽胜. 陕北枣树主要害虫防治对策 [J]. 陕西林业科技, 1992, 3: 52 – 55]
- Xiao GR. Chinese Forest Pest and Disease [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1992: 385 – 386. [萧刚柔. 中国森林病虫 (第二版) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 385 – 386]
- Yan XF, Li G, Liu YH, *et al.* Study on spatial distribution pattern and sampling technique of overwintering larvae of *Scythropus yasumatsui* Kono et Morimoto [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30 (31): 285 – 289. [阎雄飞, 李刚, 刘永华, 等. 枣食芽象甲越冬幼虫空间分布型和抽样技术研究 [J]. 中国农学通报, 2014, 30 (31): 285 – 289]
- Yan XF, Li SC. The behavior responses of *Scythropus yasumatsui* to volatiles emanating from different cultivars of jujube trees [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28 (22): 197 – 200. [阎雄飞, 李善才. 枣食芽象甲对不同品种枣树挥发物气味行为反应 [J]. 中国农学通报, 2012, 28 (22): 197 – 200]