

# 梨小食心虫成虫性比、日羽化节律及活动规律\*

冉红凡\*\* 路子云\*\*\* 刘文旭 屈振刚 李建成

(河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心,  
农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000)

**摘要** 梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 是我国重要的果树害虫, 本文利用室内饲养观察、室外田间模拟、果园采集饲养等方法系统研究了梨小食心虫成虫的性比及日羽化节律; 并利用性诱剂、糖醋液、黑光灯等诱集梨小食心虫成虫, 研究了梨小食心虫成虫的活动规律。结果表明: 1、田间采集调查表明, 梨小食心虫成虫雌雄比例为 1:1.143, 室内饲养雌雄比例为 1:1.708。2、梨小食心虫成虫羽化时间主要集中在 4:00—10:00, 其中以 6:00—8:00 羽化率最高; 梨小食心虫在室外羽化时间比室内推迟 2 h 左右, 室外梨小食心虫比室内普遍晚 4 d 羽化, 这可能与室外温度和光照条件有关; 雌虫羽化较雄虫早 1~2 d; 3、性诱剂和糖醋液诱集成虫高峰时间均为晚上 20:00—22:00, 说明梨小食心虫无论雄虫还是雌虫都在此期间活动; 夜间各个时间段利用黑光灯都能诱到梨小食心虫成虫, 说明梨小食心虫具有趋光性。结论: 梨小食心虫雌雄比例为 1:1.1~1.7, 主要在早晨及上午羽化, 雌虫较雄虫先羽化; 在果园活动时间主要为晚上 20:00—22:00。本结果可为梨小食心虫的田间性诱剂监测和诱捕、迷向防治提供指导。

**关键词** 梨小食心虫, 性比, 羽化节律, 活动规律, 桃园

## The sex ratio, circadian emergence rhythm and activity patterns of adult oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae)

RAN Hong-Fan\*\* LU Zi-Yun\*\*\* LIU Wen-Xu QU Zhen-Qang LI Jian-Cheng

(Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences;

IPM Center of Hebei Province; Key Laboratory of Integrated Pest Management on

Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture, Baoding 071000, China)

**Abstract** Oriental fruit moth is an important pest of fruit trees in China. The sex ratio and circadian emergence rhythm of adult oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) was investigated by rearing in laboratory, simulant field conditions and collecting in orchards for rearing. And the activity patterns of oriental fruit moth was investigated using sex pheromone, sweet and sour liquid and black-light lamp for trapping. The results showed that: 1. the ratio of female and male moths was 1:1.143 in field populations, and 1:1.708 in laboratory populations. 2. the emergence time of adult oriental fruit moth was mainly in 4:00—10:00, among which the highest emergence rate was in 6:00—8:00; in field, the emergence time was later for 2 h than in laboratory, and as for days, 4 d later than in laboratory, this would because of the temperature and illumination in field; the female moths emerged earlier than male for 1–2 days; 3. the trapping peak in sex pheromone and sweet and sour liquid were also in 20:00—22:00, which indicated that all the male and female activity in this time; the black-light lamp could trap moth in all the time, which indicated that the oriental fruit moth has phototaxistic. The conclusions: the sex ratio of oriental fruit moth was 1:1.1–1.7 (female:male); and the oriental fruit moth was mainly emergence in morning, and female emergence earlier than male; it was active in early evening 20:00—22:00. This can provide direction for oriental fruit moth attraction, monitoring and mating disruption.

**Key words** oriental fruit moth, sex ratio, emergence rhythm, activity pattern, peach orchard

\* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103024)。

\*\* E-mail: ranhongfan@163.com

\*\*\* 通讯作者, E-mail: luziyun2011@163.com

收稿日期:2013-09-16, 接收日期:2013-10-29

梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck), 异名 *Cydia molesta* Busck, 又称梨小蛀果蛾、梨姬食心虫、桃折稍虫、桃折心虫、东方蛀果蛾, 俗称蛀虫、黑膏药, 简称“梨小”, 属鳞翅目 Lepidoptera 卷蛾科 Tortricidae, 是核果类(桃、李、杏、樱桃等)和仁果类(苹果、梨等)果树的主要害虫之一(陈梅香等, 2009)。梨小食心虫原产地为日本, 目前在世界各大洲的果树产区都有分布; 在我国除西藏外的其他各地均有发生, 尤以北方桃、梨果产区发生最为普遍。梨小食心虫幼虫在果树的发育期危害枝梢和果实, 可严重影响果品的产量和质量。多年来, 主要依赖化学农药防治梨小食心虫, 由于该虫具有钻蛀特性, 幼虫一旦蛀入嫩梢和果实, 化学农药就不能起到较好的效果。农药的长期使用不仅加快了害虫抗药性发展、用药量日趋增加, 而且杀伤天敌、污染环境、果品农药残留超标(李波等, 2008; Stelinski *et al.*, 2008)。应用昆虫信息素防治害虫是近年发展起来的一种新技术, 许多种类的昆虫包括梨小食心虫通过一种特殊的化学物质来进行通讯, 能够引起同类昆虫产生反应的化学信号叫信息素。“性信息素”可吸引不同性别昆虫进行交配并且在鳞翅目昆虫中相当普遍。在大多数昆虫中, 雌虫释放性信息素并且雄虫追寻性信息素的踪迹来发现雌虫。国内外利用该技术在害虫的监测和防治方面都取得了显著进展(Ridgway *et al.*, 1990; Howse *et al.*, 1998; Baker and Heath, 2004; Witzgall *et al.*, 2010)。目前利用信息素防治害虫的应用方式主要有发生监测(冷德训等, 2003)、大量诱杀(Cork *et al.*, 2005; El-Sayed *et al.*, 2006)和交配干扰(Bartell, 1982; Brunner *et al.*, 2002)等。利用性诱剂防治害虫具有高效专一、经济、无毒、不伤害天敌、不易产生抗性、不污染环境等优点, 是综合治理的重要手段(Tinsworth, 1990; Ting, 2009; Witzgall *et al.*, 2010)。

利用性诱剂剂型诱捕防护和迷向防治主要是利用合成的信息素来诱捕杀死雄虫或者干扰雄虫并限制他们定位雌虫的能力。如果雌虫不能交配, 它们就不会产受精卵; 而且如果它们的交配推迟, 在它们的整个生命周期中将产很少的受精卵。后续的种群数量减少, 造成的产量损失也减少。了解梨小食心虫成虫的日羽化节律和日活动规律是应用性信息素防治害虫的基础, 对于提高性诱

剂的田间防治效果具有指导意义。本文研究目的是明确梨小成虫发生期、日羽化节律和规律以及田间成虫的雌、雄比例, 为将来田间利用性信息素防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

室内饲养观察在河北省农林科学院植物保护研究所天敌昆虫实验室内进行, 田间采集地点为河北省顺平县台鱼乡南台鱼村桃园, 田间采集的蛀梢幼虫饲养羽化在实验室养虫室内进行。

### 1.2 供试材料

梨小食心虫虫源: 室内饲养梨小食心虫虫源来自陕西和河北 2 个种群, 已经在室内连续饲养 30 余个世代。

性诱剂诱芯: 由中国科学院动物研究所提供。

诱捕器: 采用性诱盆作为诱捕器。性诱盆的制作如下: 用直径约 20 cm 的绿色硬塑料盆制作。在塑料盆的盆沿上等距离打 3 个孔, 用 3 根长度约为 50 cm 的细铁丝作为吊绳, 将铁丝的一端捆绑在一起, 再分别将 3 根铁丝的另一端捆在盆沿预先打好的小孔上, 盆内倒入含洗衣粉的清水, 水量约占诱盆的 4/5, 将性诱芯用细铁丝固定在诱盆正中距水面 1~1.5 cm 处。在距盆口 2~3 cm 处打 2~3 个排水孔, 以防止因降雨诱盆水满而浸泡诱芯和下雨后将蛾冲出。

糖醋液配方按重量百分比为白砂糖: 食用醋: 白酒: 水 = 5: 20: 3: 80。配好的糖醋液加盖后发酵 1~2 d。

诱虫灯: 河南佳多科工贸公司生产。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 梨小食心虫雌雄成虫比** 在室内人工饲养的种群以及田间桃园采集桃梢而获得梨小食心虫种群中, 随机选择成虫若干头为一组, 共 3 组; 在解剖镜下鉴别雌雄, 记录雌雄虫比。

**1.3.2 梨小食心虫室内饲养与田间采集成虫日羽化节律比较**

**1.3.2.1 室内饲养梨小食心虫日羽化节律** 室内饲养条件: 梨小食心虫在温度  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、光周期为 L:D = 15:9 的光照培养箱内饲养。相对湿度为 70%~80%。成虫产卵在苹果表面, 初孵幼虫取食苹果, 2 龄后以人工饲料在养虫管内饲养(配

方参考王艳蓉等,2011),待成虫羽化后移入产卵箱中。

**调查方法:**选取同一天的梨小食心虫蛹 30 头,放入培养皿中,培养皿内放蘸水棉球保湿。置于与室内饲养条件相同环境条件下的光照培养箱内让其羽化。每隔 2 h 观察一次,记录成虫羽化时间、数量;并鉴定羽化成虫的性别,确定梨小食心虫成虫羽化的时间段以及雌、雄比例。

**1.3.2.2 田间采集蛀梢幼虫日羽化节律** 田间采集:在河北省顺平县台鱼村桃园内,选择梨小食心虫发生严重的地块,采集被梨小食心虫幼虫钻蛀的新梢。

**室内饲养:**将采集的新梢带回实验室,剥开新梢,将蛀梢的梨小幼虫取出,放入接有人工饲料的养虫管内,然后放入培养箱饲养直至化蛹。饲养条件同上。

**调查方法:**同 1.3.2.1。

**1.3.3 梨小食心虫室内饲养与模拟田间成虫日羽化节律比较**

**1.3.3.1 室内饲养梨小食心虫日羽化节律** 方法同 1.3.2.1。

**1.3.3.2 室外田间自然环境条件下梨小食心虫成虫日羽化节律** 选取同一天的梨小食心虫蛹 30 头,放入培养皿中。将培养皿放在室外,处于自然光照和温度条件下,培养皿内放入蘸水棉球保湿。田间光照时间约 12 h,最高温度 15℃,最低温度 6℃。

**调查方法:**同 1.3.2.1。

**1.3.4 梨小食心虫成虫活动规律**

**1.3.4.1 性诱剂诱集法测定梨小食心虫活动规律** 在梨小食心虫发生期,选择地势较平坦的桃园,悬挂 3 个性诱盆。性诱盆之间至少间隔 20 m。每 2 h 检查并记录盆中诱捕到的梨小食心虫成虫数量,并将死虫捞出。连续调查 3 d。

**1.3.4.2 糖醋液诱集梨小食心虫** 在梨小食心虫发生期,田间悬挂 3 个塑料盆,盆间距不小于 20 m,盆内加入发酵好的糖醋液到距盆沿 5 cm 处。每 2 h 记录一次诱蛾量,并将盆中死蛾捞出做上标记后带回实验室。

**1.3.4.3 黑光灯诱集梨小食心虫** 在梨小食心虫发生期,在田间选择地势较平坦的桃园,在距离电源较远处安置电网诱虫灯一台。傍晚时打开,每 1 h 更换一次诱虫袋。袋中收集的昆虫全部带

回实验室进行鉴定。

## 1.4 数据分析

采用 DPS 数据处理软件对试验数据进行方差分析,用 Microsoft Office Excel 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 室内饲养梨小食心虫雌雄成虫比

通过调查,室内饲养梨小食心虫雌雄成虫比为 1:1.708,雄虫多于雌虫。

### 2.2 田间采集梨小食心虫雌雄成虫比

通过调查,田间采集梨小食心虫雌雄成虫比为 1:1.143,雄虫多于雌虫。

### 2.3 室内饲养与田间采集梨小食心虫日羽化节律比较

**2.3.1 室内饲养梨小食心虫日羽化节律** 室内饲养的梨小食心虫,其成虫于凌晨 4:00—6:00 开始有少部分羽化,到 6:00—8:00 达羽化高峰,此后分别于 8:00—10:00、10:00—12:00、12:00—14:00 有少部分羽化;14:00 后不再羽化。

**2.3.2 田间采集梨小食心虫日羽化节律** 顺平采集的蛀梢梨小食心虫,其成虫的羽化于凌晨 4:00—6:00 开始,4:00—6:00 为副高峰,6:00—8:00 达到高峰;此后于 8:00—10:00、10:00—12:00、12:00—14:00 有少部分羽化;14:00 以后不再羽化。

### 2.4 梨小食心虫室内外不同条件下日羽化节律

梨小食心虫在室内条件下,其羽化自 4:00—6:00 开始,6:00—8:00 达高峰,到 16:00 以后不再羽化。在室外条件下,羽化自 6:00—8:00 开始,8:00—10:00 达高峰,18:00 以后不再羽化。从结果来看,室外虫的羽化时间比室内虫推迟。

**室内环境条件:**早 6:00 开始光照,至晚 9:00;晚 9:00 以后到次日凌晨 6:00 黑暗(L:D=15:9);温度 25℃±1℃,相对湿度 70%~80%。**室外环境条件:**室外环境条件:当日日出时间为早 6:15,日落时间为晚 6:00 左右;日光照时间约为 12 h。气温为 6~15℃。

### 2.5 梨小食心虫羽化进度比较

**2.5.1 梨小食心虫在室内外不同条件下羽化进度** 梨小食心虫在室内饲养条件下,于第 6 天开始羽化,第 7 天达到高峰,持续至第 8 天;梨小食

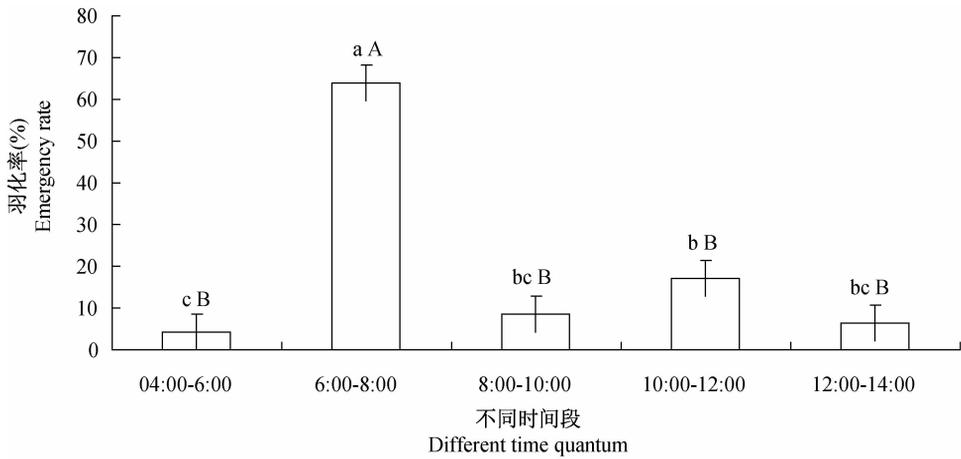


图 1 室内饲养梨小食心虫不同时间段羽化率

Fig. 1 The emergency rate of oriental fruit moth rearing in room in different time quantum

注:图中不同小写字母表示 5% 水平上差异显著,不同大写字母表示在 1% 水平上差异显著。下图同。  
Histograms with different small letters indicate significant difference at 0.05 level, while different capital letters indicate significant difference at 0.01 level by DPS test. The same below.

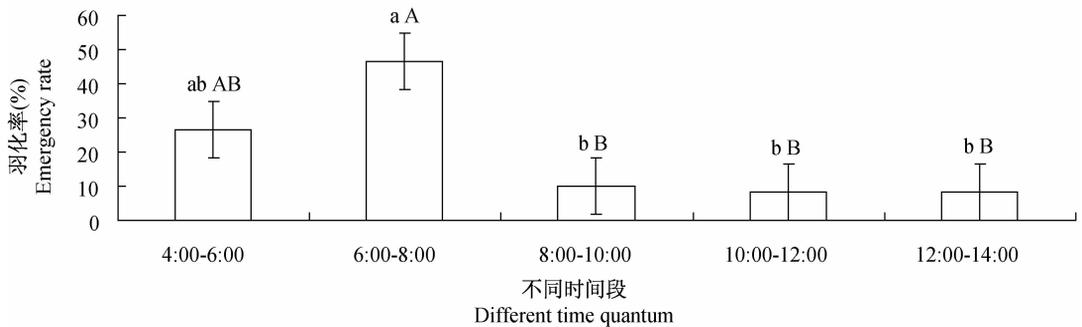


图 2 桃园采集梨小食心虫不同时间段羽化率

Fig. 2 The emergency rate of oriental fruit moth collected in field in different time quantum

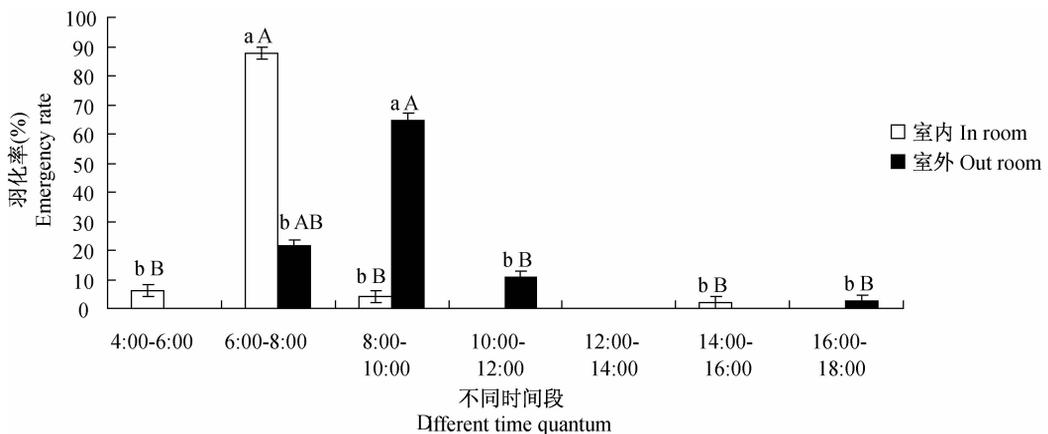


图 3 梨小食心虫在室内和室外条件下不同时间段羽化率比较

Fig. 3 The emergency rate of oriental fruit moth in different time quantum in room and out room

心虫在室外条件下,自第 10 天开始羽化,第 11 天达到高峰,持续至第 13 天。大体上,在室外条件

下,梨小食心虫的羽化比室内推迟约 4 d。

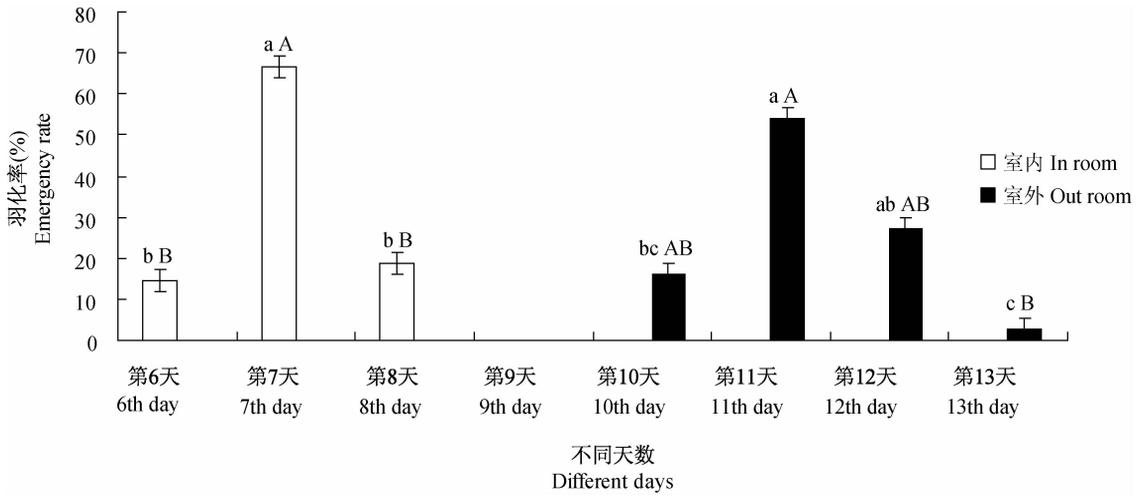


图 4 梨小食心虫在室内和室外条件下不同天数羽化率比较

Fig. 4 The emergency rate of oriental fruit moth in different days in room and out room

### 2.5.2 室内环境条件下雌雄虫羽化进度比较

在室内饲养条件下,梨小食心虫雌虫自第 6 天开始羽化,第 7 天达到高峰;而梨小食心虫雄虫自第

7 天开始羽化,第 7 天当天即为羽化高峰。从结果来看,雌虫比雄虫早羽化 1~2 d。

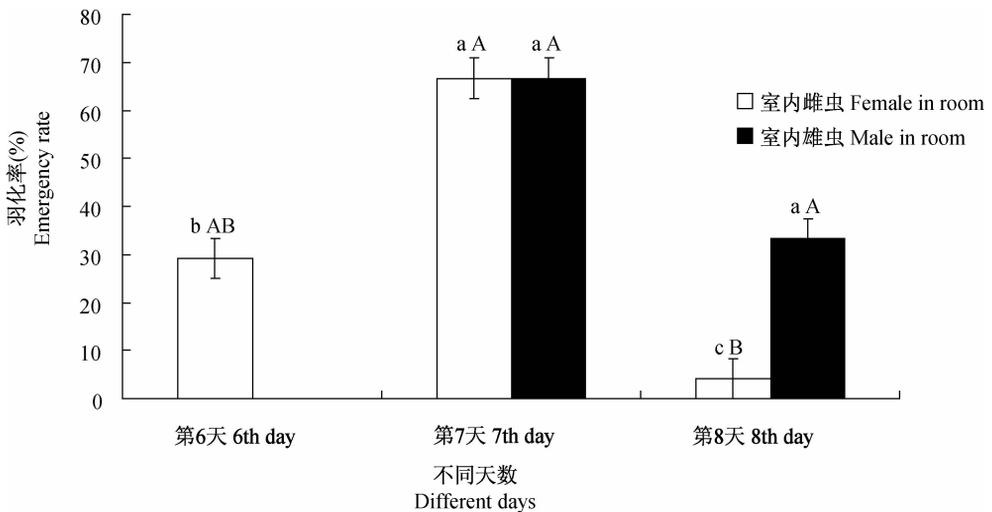


图 5 室内饲养梨小食心虫不同天数羽化雌雄比

Fig. 5 The emergency rate of oriental fruit moth female and male in different days in room

2.5.3 室外田间环境条件下雌雄虫羽化进度比较 在室外自然温度条件下,雌虫自第 10 天开始羽化,第 11 天羽化达到高峰,持续至第 12、13 天;而雄虫也从第 10 天开始羽化,但数量较少,第 11 天增多,第 12 天达到高峰。总体来看,在室外自

然条件下,雌虫总体羽化时间比雄虫提前 1~2 d。

### 2.6 梨小食心虫日活动节律

#### 2.6.1 性诱剂诱捕的梨小食心虫日活动节律

由图 7 可以看出,梨小食心虫在性诱剂诱捕的情

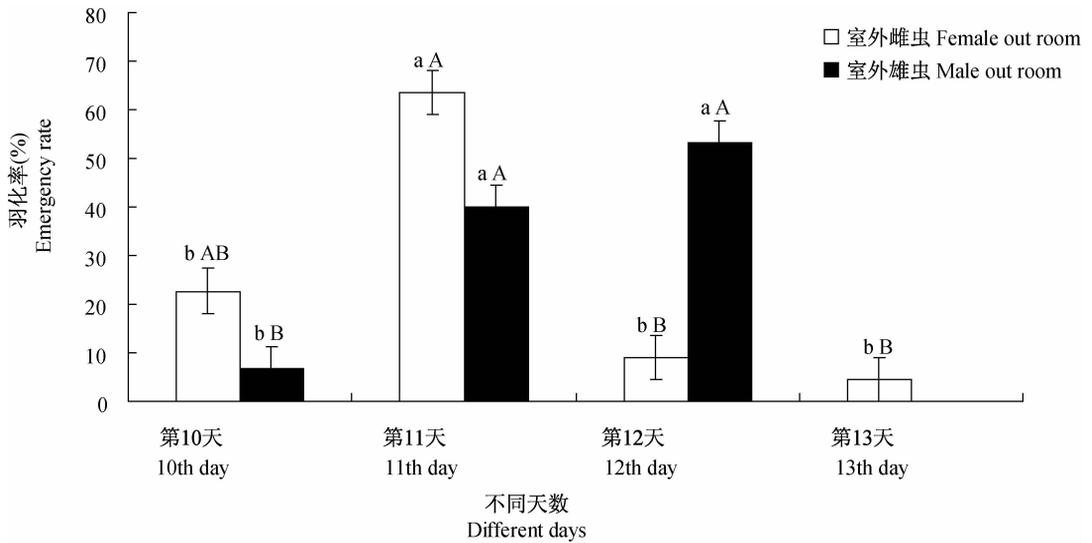


图 6 梨小食心虫在室外条件下不同天数雌雄羽化数比较

Fig. 6 The emergency rate of oriental fruit moth female and male in different days out room

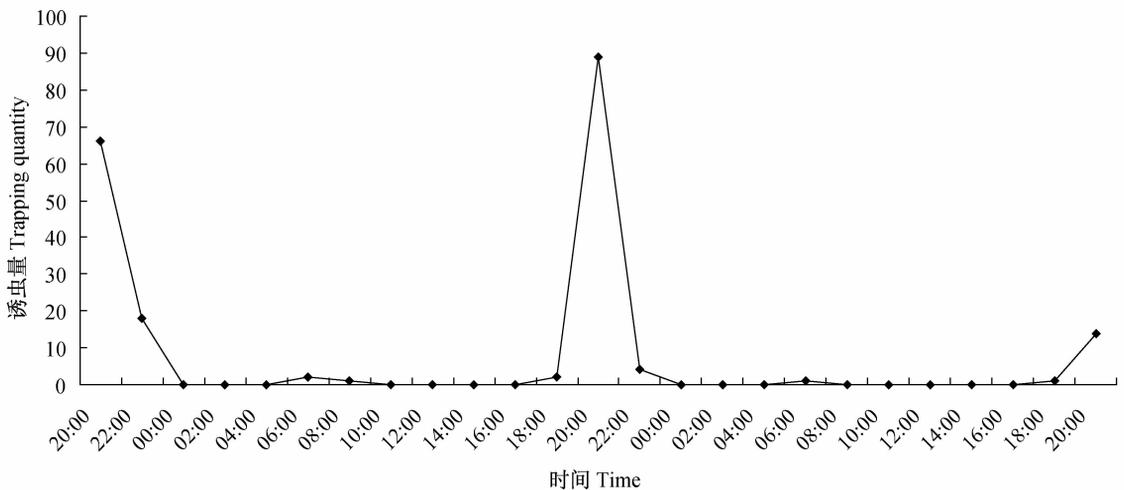


图 7 性诱剂诱捕下梨小食心虫的日活动规律

Fig. 7 The activity patterns of oriental fruit moth trapping by sex pheromone

况下,于 20:00—22:00 诱捕量最大,也就是说,梨小食心虫在此时间段内最为活跃。此外,梨小食心虫在早晨 6:00—8:00 也有少部分活动。

### 2.6.2 糖醋液诱捕的梨小食心虫日活动节律

在糖醋液诱捕的情况下,梨小食心虫诱虫量高峰出现在 20:00—22:00 时间段内,表明在这个时间段内梨小食心虫活跃(图 8)。

**2.6.3 黑光灯诱集梨小食心虫日活动节律** 在黑光灯诱捕的情况下,梨小食心虫在各个时间段内均有成虫被诱捕到。说明梨小食心虫成虫有很

强的趋光性(图 9)。

## 3 讨论

蛾类昆虫昼夜行为节律主要涉及化蛹、羽化、交配、产卵、孵化等。通过了解蛾类行为节律,对蛾类行为节律进行总结,有助于人们掌握种群活动规律,为蛾类益虫利用和害虫防治提供重要理论依据(涂小云和陈元生,2013)。张国辉和忤均祥(2012)研究认为,梨小食心虫羽化行为主要发生在上午 5:00—10:00,其中以 5:00—6:00 羽化

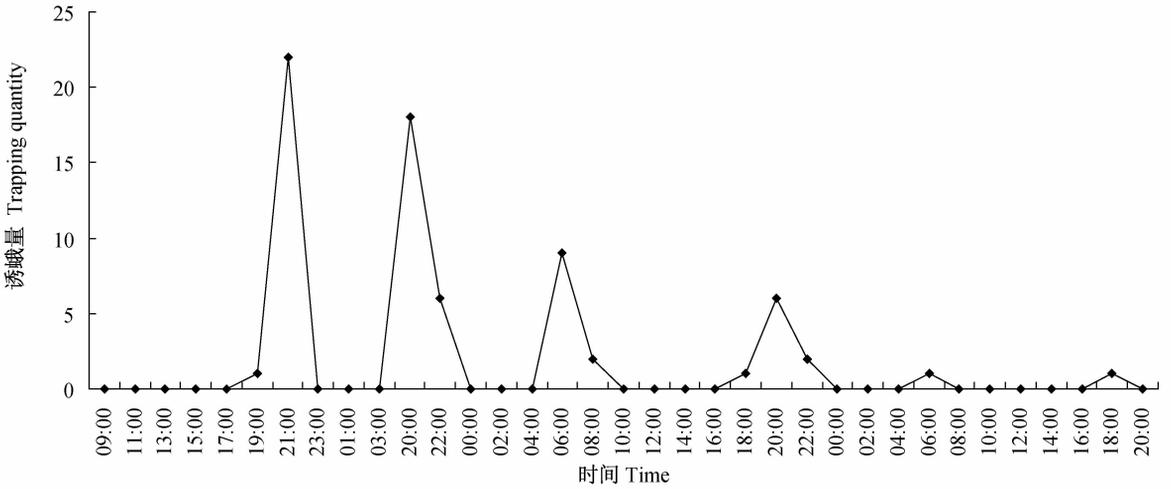


图8 糖醋液诱捕下梨小食心虫的日活动规律

Fig. 8 The activity patterns of oriental fruit moth trapping by sweet and sour liquid

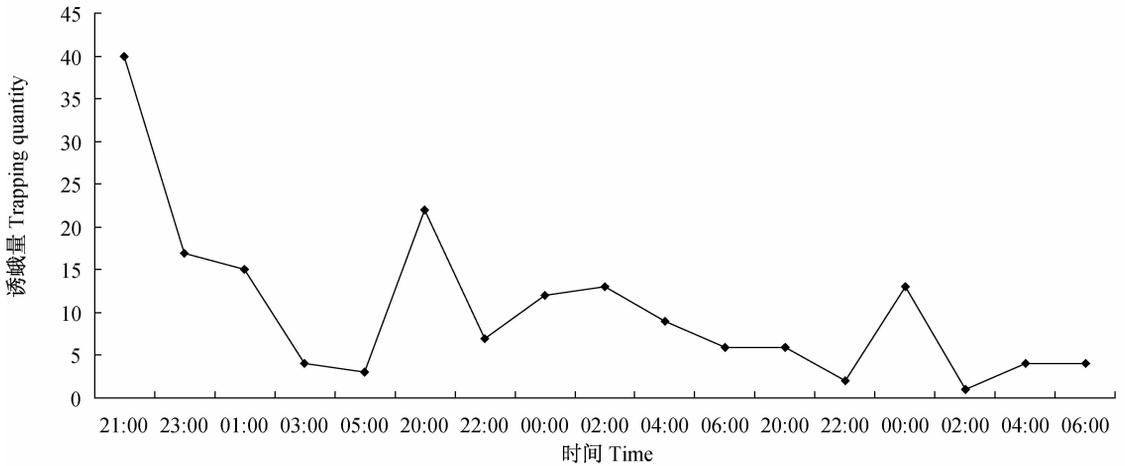


图9 黑光灯诱捕下梨小食心虫的日活动规律

Fig. 9 The activity patterns of oriental fruit moth trapping by black-light lamp

率最高。而我们的研究表明,室内饲养的梨小食心虫主要在上午羽化,其中以6:00—8:00羽化率最高。虽然在具体时间上略有差异,但应该注意到,张国辉和忤均祥(2012)的实验中,光照周期从5:00开始,而我们的实验光照是从6:00开始;从这一点上说,我们的结果并没有本质差异。都是以光照时间开始后1~2 h内羽化率最高。而室外梨小食心虫羽化高峰的推迟可能与温度条件有关。通过上述实验,我们的结论如下:

**3.1 性比调查表明,田间采集的梨小食心虫成虫雌雄比为1:1.143,室内饲养的梨小雌雄比为1:**

1.708。雄虫多于雌虫,这可能有利于性选择,产生更好的后代。室内由于处于恒温恒湿状态,可能更依赖于性选择,因此室内雄虫更多。

**3.2 室内饲养的梨小食心虫与桃园采集的梨小在羽化时间段上无大差别,但桃梢虫4:00—6:00的羽化数多于室内虫,可以看出桃园采集的桃梢虫羽化更分散。这可能与室外温湿度条件不规律有关。**

**3.3 梨小食心虫在室外条件下,比室内的梨小食心虫羽化时间要晚2 h左右。推测是由于在室内**

条件下,梨小食心虫饲养的温度较为恒定;而室外条件一般比室内条件恶劣,尤其是早晨,一般温度较低。因此梨小食心虫成虫倾向于推迟羽化。

**3.4** 受自然条件的影响,室外梨小食心虫成虫比室内普遍晚羽化 4 d 左右。室外的温度条件不是恒定的,昼夜温差大,达到有效积温的时间自然会推迟。同时可能受到光周期的影响,室外光周期为 L:D = 12:12,室内为 L:D = 15:9。

可以看出,无论在室内还是室外,梨小食心虫雌虫比雄虫早羽化 1~2 d。雌虫的早羽化可能与其等待成熟、产卵有关。具体雌雄成虫的成熟时间以及交配行为等尚需进一步研究。

**3.5** 活动规律调查结果表明,以性诱剂为诱饵,梨小食心虫成虫的活动高峰在 20:00—22:00 时间段内;而以糖醋液为诱饵,梨小食心虫成虫的活动高峰也在 20:00—22:00 时间段。性诱剂只能诱捕到雄虫,而糖醋液即能诱捕到雄虫,又能诱捕到雌虫。这说明无论雌虫还是雄虫,其活动规律较为一致。以黑光灯诱蛾,各时间段都有梨小食心虫成虫出现,说明梨小食心虫有较强的趋光性。

## 参考文献 (References)

Baker TC, Heath JJ, 2004. Pheromones-function and use in insect control// Gilbert LI, Iatro K, Gill SS (eds.). *Molecular Insect Science* (Vol. 6). Elsevier. 407 - 460.

Bartell RJ, 1982. Mechanisms of communication disruption by pheromone in the control of Lepidoptera; a review. *Physiol. Entomol.*, 7: 353 - 364.

Brunner J, Welter S, Calkins C, Hilton R, Beers E, Dunley J, Unruh T, Knight A, Van Steenwyk R, Van Buskirk P, 2002. Mating disruption of codling moth; a perspective from the Western United States. *IOBC wprs Bulletin*, 25(9): 11 - 19.

Cork A, Alam SN, Rouf FMA, Talekar NS, 2005. Development of mass trapping techniques for control of brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Bull. Entomol. Res.*, 95: 589 - 596.

El-Sayed AM, Suckling DM, Wearing CH, Byers JA, 2006.

Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *J. Econ. Entomol.*, 99: 1550 - 1564.

Howse PE, Stevens IDR, Jones OT, 1998. *Insect Pheromones and Their Use in Pest Management*. Chapman and Hall, London. 1 - 369.

Ridgway RL, Silverstein RM, Inscoc MN, 1990. *Behavior-modifying Chemicals for Insect Management: Applications of Pheromones and Other Attractants*. New York: Marcel Dekker. 1 - 761.

Stelinski LL, Miller JR, and Rogers ME, 2008. Mating disruption of citrus leafminer mediated by a noncompetitive mechanism at a remarkably low pheromone release rate. *J. Chem. Ecol.*, 34: 1107 - 1113.

Ting D, 2009. Human Health Risk Assessment of Isomate LBAM Plus. Peptide and Environmental Toxicology Branch, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency.

Tinsworth EF, 1990. Regulation of pheromones and other semiochemicals in the United States// Ridgway RL, Silverstein RM, Inscoc MN (eds.). *Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management: Applications of Pheromones and Other Attractants*. New York: Marcel Dekker. 569 - 603.

Witzgall P, Kirsch P, Cork A, 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.*, 36: 80 - 100.

陈梅香, 骆有庆, 赵春江, 陶万强, 马万娥, 王合, 2009. 梨小食心虫研究进展. *北方园艺*, (8): 144 - 147.

冷德训, 姜好胜, 迟美芳, 2003. 性诱剂在果树害虫预测预报上的应用. *河北果树*, (3): 15 - 16.

李波, 秦玉川, 何亮, 吴学民, 2008. 不同性诱芯与糖醋酒液防治梨小食心虫. *植物保护学报*, 35(3): 285 - 286.

涂小云, 陈元生, 2013. 蛾类昆虫行为节律. *生物灾害科学*, 36(1): 18 - 21.

王艳蓉, 黄敏, 刘喜旺, 忤均祥, 赵栋, 2011. 梨小食心虫人工饲料的研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 39(5): 161 - 166.

张国辉, 忤均祥, 2012. 梨小食心虫成虫行为节律研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 40(12): 131 - 135.