

桃小食心虫成虫种群动态监测与防治指标

陈丽慧 谭树乾 刘彦飞 张林林 沈 健 仵均祥*

(西北农林科技大学植物保护学院, 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为明确桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 成虫的种群动态变化, 2002—2014 年在陕西省礼泉县当地具有代表性的苹果园中, 采用性诱剂诱捕器对桃小食心虫成虫的种群动态进行系统监测, 并于 2010 年和 2011 年的 7—8 月桃小食心虫成虫盛发期, 系统调查了成虫发生量与苹果着卵量的关系, 建立基于性诱剂监测的桃小食心虫成虫防治指标。结果显示, 苹果园桃小食心虫成虫的种群动态、始见期和终见期在年度之间差异很大, 每年主要集中在 6—8 月发生; 桃小食心虫成虫每年出现多次无规律的高峰, 但第 1 代成虫高峰期发生的早晚与越冬代成虫高峰期出现的早晚有密切联系, 即越冬代成虫高峰期出现早, 则第 1 代成虫高峰期出现也就相对较早, 且越冬代成虫发生量明显多于第 1 代成虫。性诱剂诱捕的成虫与卵果率之间呈极显著的对数关系, 当以卵果率 1% 或 2% 为防治指标时, 性诱剂诱捕器诱蛾量为 8.3 头/诱捕器·日或 30.0 头/诱捕器·日。

关键词: 桃小食心虫; 性诱剂诱捕器; 防治指标; 诱蛾量; 卵果率

Population dynamics and economic threshold of peach fruit moth *Carposina sasakii* adults

Chen Lihui Tan Shuqian Liu Yanfei Zhang Linlin Shen Jian Wu Junxiang*

(State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: In order to clarify the population dynamics of peach fruit moth *Carposina sasakii* adults, the representative orchards were selected in Liquan County, Shaanxi Province from 2002 to 2014, and the population dynamics of *C. sasakii* adults was systematically monitored with sex pheromone traps for 13 years, and the relationship between the amount of adults and the eggs of *C. sasakii* in apple fruits was investigated during the peak occurrence period of *C. sasakii* adults from July to August in 2010 and 2011. The economic threshold based on sex pheromone monitoring was identified. The results indicated that the population dynamics of *C. sasakii* adults, initial and final occurrence periods were significantly different among the years in apple orchards, and it mainly occurred from June to August of each year. In a year, irregular peaks of adults appeared many times, but the peak occurrence time of first-generation adults was strongly correlated with overwintering-generation adults peak period, indicating that the earlier the peak period of overwintering-generation adults appeared, the earlier the peak period of the first-generation adults. The number of trapped moths from the overwintering generation was significantly higher than that of the first generation. A significant logarithmic correlation was observed between the trapped amounts of adults based on sex pheromone traps and the rate of fruit infected with eggs. It is concluded that, when the control index of fruits with eggs reached 1% and 2%, the number of *C. sasakii* adults captured by sex pheromone traps was 8.3 and 30.0 per day, respectively.

基金项目: 国家自然科学基金(31272043)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: junxw@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2016-12-02

Key words: *Carposina sasakii*; sex lure trap; control index; number of trapped moths per day; rate of fruits with eggs

桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 是我国苹果生产中历史性、灾害性的重要害虫,早在1927年辽宁大连附近的苹果园中就有关于桃小食心虫发生为害的记载(中国农业百科全书编辑部,1990),目前国内有24个省市均有桃小食心虫分布,国外分布于朝鲜半岛、日本、俄罗斯远东地区、蒙古和东南亚地区(刘玉升等,1997;雷喜红等,2010)。因其个体小、为害隐蔽、生活习性和栖息环境多样、世代重叠严重等特点,长期以来一直是果业中最突出的害虫之一(杨华等,2012),此外,随高毒农药的禁止使用、果树栽培方式和种植结构的改变,其为害呈现日益加重的趋势(郭婷婷等,2013)。

性信息素是监测害虫种群动态的一种有效措施,前人利用人工合成性诱剂对桃小食心虫、梨小食心虫 *Grapholitha molesta*、金纹细蛾 *Phyllonorycter ringoniella* 等进行引诱以及预测预报(Mizukoshi, 1983; Knight et al, 2016; Li et al., 2017)。性诱剂具有灵敏度高、选择性强、易操作、不污染环境等特点,已广泛地被用于桃小食心虫的预测预报及防控,不仅减少果园中农药的用量,而且能提高果实产量和品质(杨美红和张金桐,2005;赵君瑾等,2008;朱更瑞等,2014)。近年来,以性信息素为主体的迷向防治桃小食心虫技术成为研究热点(李晓龙等,2013)。

防治指标作为有害生物综合治理决策的基本依据,对病虫害预测预报、科学用药、保护天敌和减轻环境污染都具有指导作用(杜娟等,2013)。桃小食心虫的防治指标以卵果率作为依据(周运宁和李唐,1992;李兆宏,1993),但因其卵粒小,并且90%的卵产于果实的萼洼处(李爱华等,2006;仵均祥,2013),调查计数比较困难。基于性诱剂诱捕的成虫防治指标前人已在水稻二化螟 *Chilo suppressalis*、梨小食心虫和桃小食心虫进行了研究报道(焦晓国等,2004;范保银等,2011;杜娟等,2013),为简化卵果率的调查进行了有益的尝试,并得到了广泛的认可(范仁俊,2015)。

为了准确掌握桃小食心虫的种群动态,解决卵果率防治指标调查难度大的问题,于2002—2014年在陕西省礼泉县叱干镇安家村利用性诱剂对桃小食心虫的种群动态进行了系统监测,并分别于2010年和2011年的7—8月桃小食心虫发生盛期时,调查了性诱捕器的诱蛾量与苹果上桃小食心虫

着卵量之间的关系,建立了基于性诱剂监测的桃小食心虫成虫防治指标,以期对桃小食心虫的准确预测和科学防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

性诱剂诱捕器:诱捕盆为直径22 cm的绿色硬质再生塑料盆,盆口下方1 cm处钻3个排水孔,盆内盛清水至排水孔,加少量洗衣粉;用细铁丝穿一枚诱芯横置于塑料盆口中间并固定,诱芯开口朝下,与水面距离为1 cm左右。桃小食心虫性诱芯由中国科学院动物研究所提供,每个诱芯剂量200 μg ,以橡胶塞为载体。

1.2 方法

1.2.1 桃小食心虫种群动态监测

试验于2002—2014年在陕西省礼泉县叱干镇安家村(108.42°E和34.69°N)进行,选择3块树龄和树势相近、未套袋栽培且具有代表性的苹果园,苹果品种为秦冠,每个果园的面积3 335 m^2 ,栽培管理与其它果园相同。每年于桃小食心虫发生期5—10月,在每个果园苹果树枝条上随机悬挂3个性诱剂诱捕器,间距不小于50 m,距地面1.5 m左右。于每天08:00开始调查并记录诱蛾量,10:00前将诱捕器内的蛾子全部剔除。及时补充诱捕盆中的水分。为了保证诱集效果,1个月更换1次诱芯。全年成虫总虫量为每年每个诱捕器日均诱捕量的总和。

1.2.2 诱蛾量与卵果率的关系调查

试验分别于2010年和2011年的7—8月桃小食心虫成虫盛发期进行,在监测果园桃小食心虫发生动态的同时选择当地1个代表性苹果园,栽植时间为1996年,株行距为3 m $\times$ 4 m,随机在苹果树枝条上悬挂3个桃小食心虫性诱剂诱捕器,间距不小于50 m,距地面1.5 m左右。于每天08:00开始调查并记录诱蛾量,10:00前将诱捕器内的蛾子全部剔除。及时补充诱捕器内的水分,1个月更换1次性诱剂诱芯。采取五点取样法调查卵果率,每点选择1棵苹果树,每棵树分为东、西、南、北4个方位,每个方位随机从树冠的上、中、下共调查25个苹果,每棵树共调查100个苹果,记录每个果实上桃小食心虫的落卵量,并于计数后将卵抹掉。参照杜娟等(2013)方法以桃小食心虫1%或2%卵果率的作为防治指标依据,将卵果率转换为诱蛾量,从而计算桃小食心虫的防治

指标。

1.3 数据分析

试验数据利用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件进行统计分析,采用 Tukey 法进行差异显著性检验,并用回归分析方法拟合苹果上桃小食心虫成虫与卵果率的关系。

2 结果与分析

2.1 桃小食心虫成虫种群消长动态

2.1.1 全年桃小食心虫总虫量变化

对各年度监测到的桃小食心虫成虫总数进行统计,结果表明不同年度间的总虫量差异很大。2002—2014 年桃小食心虫成虫总虫量分别为 296.0、126.3、377.8、2 293.7、2 423.7、2 322.3、4 022.0、2 085.0、834.3、923.0、989.0、952.7、2 394.0 头/诱捕器·年。

2008 年诱捕的总虫量显著高于其它年份,是诱虫量最少年份 2003 年的 31.9 倍。苹果园桃小食心虫成虫在 2005—2009 年明显较重,2010—2013 年发生较轻,但仍比 2002—2004 年的种群数量要高。2014 年种群数量又趋于急剧上升(图 1)。

2.1.2 桃小食心虫成虫始发期和终见期分析

13 年系统监测结果表明,桃小食心虫成虫的始发期和终见期在不同年度之间差异很大。其中发生最早的是在 2005 年,5 月 14 日就诱集到越冬代成虫,发生最晚的 2010 年,比 2005 年推后了 16 d;终见期最早发生于 2002 年和 2013 年,9 月 19 日成虫就不再出现,终见期最晚的是 2005、2006 年,比 2002、2013 年推迟了 17 d。在连续调查的 13 年中,始发期在 5 月中旬的有 3 年,在 5 月下旬的有 10 年;终见期发生在 9 月中旬有 2 年,9 月下旬有 5 年,10 月上旬有 6 年(表 1)。

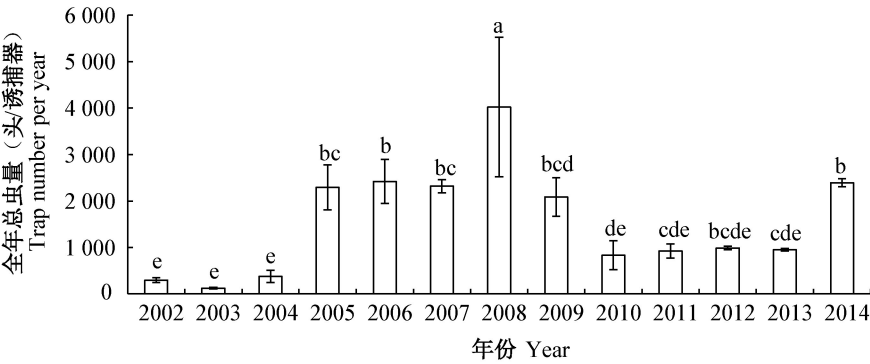


图 1 2002—2014 年陕西省礼泉县桃小食心虫成虫的总虫量变化

Fig. 1 The amounts of trapped *Carposina sasakii* adults per year from 2002 to 2014 in Lique County in Shaanxi Province

图中数据为平均数±标准差。不同小写字母表示经 Tukey 法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters indicate significant difference at $P<0.05$ level by Tukey test.

表 1 2002—2014 年陕西省礼泉县桃小食心虫成虫始发期和终见期

Table 1 The initial and final stages of *Carposina sasakii* adults in Lique County in Shaanxi Province from 2002 to 2014

年份 Year	始见期 (月-日) Initial stage (month-day)	终见期 (月-日) Final stage (month-day)
2002	5-26	9-19
2003	5-26	9-26
2004	5-24	9-29
2005	5-14	10-06
2006	5-20	10-06
2007	5-20	10-04
2008	5-21	10-02
2009	5-21	10-02
2010	5-30	9-20
2011	5-28	9-25
2012	5-25	9-25
2013	5-27	9-19
2014	5-23	10-04

2.1.3 桃小食心虫成虫的发生峰期特点

连续调查发现,在一年中桃小食心虫成虫出现多次无规律的高峰。其中 2011—2013 年,成虫高峰呈现相似的特点,即 3 次高峰依次出现在 6 月中旬、7 月上中旬和 8 月下旬初;其它年度之间差异很大。2002 年第 1 次高峰出现在 6 月上中旬,也是全年发生数量最多的 1 次,直至 7 月下旬初出现短时间的高峰,8 月中下旬出现全年的第 3 次峰期;2003 年则从春季直至 8 月上旬,基本没有出现明显的峰期,8 月中旬至 9 月中旬又出现了一个持续时间相对较长的峰期;2004 年,除在 7 月初出现 1 个明显的高峰外,成虫数量一直保持在一个相对稳定的低水平,其余几个峰期均不明显;2005 年,除 7 月底出现 1 个明显的低谷外,从 6 月初直至 9 月初,基本上一直处于峰期;2006 年与 2008 年均表现为始发期明显偏晚,末期推迟;2007 年与 2009 年刚好与上述年份相反;2010 年成虫主要发生在整个 7 月和 8 月初,进入 8 月

中旬虫口数量则急剧下降;2014年发生比较严重,虫口数量6月下旬开始进入高峰,一直持续至9月中旬,总虫量表现为持续的高峰状态。对2002—2014年单日最高诱蛾量(最高峰)出现时间进行统计,发现有2年单日最高诱蛾量出现在6月,有8年单日最高诱蛾量出现在7月,有3年单日最高诱蛾量在8月(图2)。

2.1.4 不同世代桃小食心虫成虫发生的峰期特点

连续13年的系统监测结果表明,桃小食心虫一年发生2代,成虫表现为2个峰期的界限比较明显,即7月底或8月初之前为越冬代成虫盛发期,之后为第1代成虫盛发期。2002年越冬代始发期明显早于其它年份,越冬代成虫高峰期出现于6月上旬至中旬前期且比较集中,第1代高峰期于7月下旬初开始显现;2009年也有类似现象。2007年则与2002、2009年相反,越冬代成虫高峰期7月上中旬才出现,第1代成虫的高峰期于8月中下旬至9月初开始显现,两代之间的分界线晚至8月上旬末(图2)。

一年中不管越冬代与第1代成虫的峰期发生的迟早,每代成虫发生期均会出现几个峰值。越冬代成虫表现更明显,第1代成虫峰值在年度之间变化较大。2011—2013年基本相同,均表现为明显的单峰,且都在8月下旬初。8月上旬末虽然有1个峰,但与8月下旬末的峰值相比,要明显小得多。除2003年以外,其它年份均是越冬代成虫发生期的诱虫量明显多于第1代成虫(图2)。

2.2 基于性诱剂监测的桃小食心虫防治指标

2.2.1 桃小食心虫成虫与卵果率的发生动态

2010年和2011年的7月中旬至8月中旬,供试苹果园桃小食心虫成虫的种群动态与卵果率变化趋势基本一致。两年间的成虫种群动态差异很大,2010年8月份之前,成虫种群数量相对较少;8月成虫数量明显增加。而2011年8月份之前,田间成虫种群数量明显相对较多,8月份以后种群数量一直维持在一个较低的水平。但两年单日最高诱蛾量相差不多,2010年和2011年分别为19.3头/诱捕器·日和18.3头/诱捕器·日(图3)。

2010年与2011年同期卵果率动态相差很大。2010年8月份之前,田间卵果率一直处于一个比较低水平,8月份之后明显增加;2011年8月份之前,卵果率相对较高,8月逐渐下降并一直维持在一个较低的水平。不同年份最高卵果率相差较大,2010年和2011年分别为3.1%和1.1%(图3)。

2.2.2 成虫数量发生动态与卵果率的关系

2010年和2011年供试苹果园桃小食心虫成虫种群发生动态与卵果率动态数据之间存在极显著的对数关系(图4)。具体关系式分别为:2010年: $y=0.958\ln x-0.587$ ($R^2=0.636$, $F=26.156$, $P<0.01$); 2011年: $y=0.397\ln x-0.407$ ($R^2=0.681$, $F=27.777$, $P<0.01$)。两年数据综合分析: $y=0.779\ln x-0.649$ ($R^2=0.406$, $F=20.531$, $P<0.01$), 式中, y 表示卵果率(%), x 表示每天性诱剂诱捕器的平均诱蛾量(头/诱捕器·日)。

根据两年回归方程可知,当以卵果率1%为药剂防治指标时,性诱剂诱捕器的诱蛾量为8.3头/诱捕器·日;当以卵果率2%为药剂防治指标时,性诱剂诱捕器的诱蛾量为30.0头/诱捕器·日。

3 讨论

早在20世纪50年代后期,前人就对桃小食心虫的发生规律与综合防治技术进行了研究报道(黄可训和吴维均,1957)。本研究监测结果表明,苹果园桃小食心虫成虫种群动态在年度之间变化很大,一年当中发生的主要时间是在6—8月,并且最多年份的总诱蛾量是最少年份总诱蛾量的31.9倍;田宝良等(2012)发现2009年和2010年在河北沧州枣园中桃小食心虫诱蛾量分别为826头/诱捕器·年和1044头/诱捕器·年,而本研究发现2009年和2010年在陕西礼泉苹果园中的诱蛾量分别为2085.0头/诱捕器·年和834.3头/诱捕器·年,二者间存在差异,可能与两地的气候环境条件、寄主植物不同、调查地点、调查方法等有关。

桃小食心虫成虫的始发期和终见期在不同年度之间有很大差异,本研究表明,苹果园桃小食心虫成虫始见于5月中下旬,终见于9月下旬或10月上旬,而保定地区桃小食心虫越冬代成虫始见于6月中旬,终见于9月中旬(李进,2012),两地调查结果差异很大,可能是受气候条件的影响所致,两个试验调查地点分别为陕西省礼泉县(108.42°E和34.69°N)和河北保定(115.27°E和38.49°N),后者偏北,春季气温回升晚,秋季降温早。前人研究认为桃小食心虫越冬代成虫的出土时间与温度有关,出土高峰期主要决定于降雨(冯小雪和王洪平,2008;仇贵生等,2010;李捷等,2015),即在温度条件满足后是否出土,决定于是否有足够的降雨量,出土高峰往往随雨量的消长而出现若干次(仵均祥等,2016)。本文仅对桃小食心虫成虫的种群动态进行报道,而对其影响因素未进行深入探讨,还有待进一步研究。

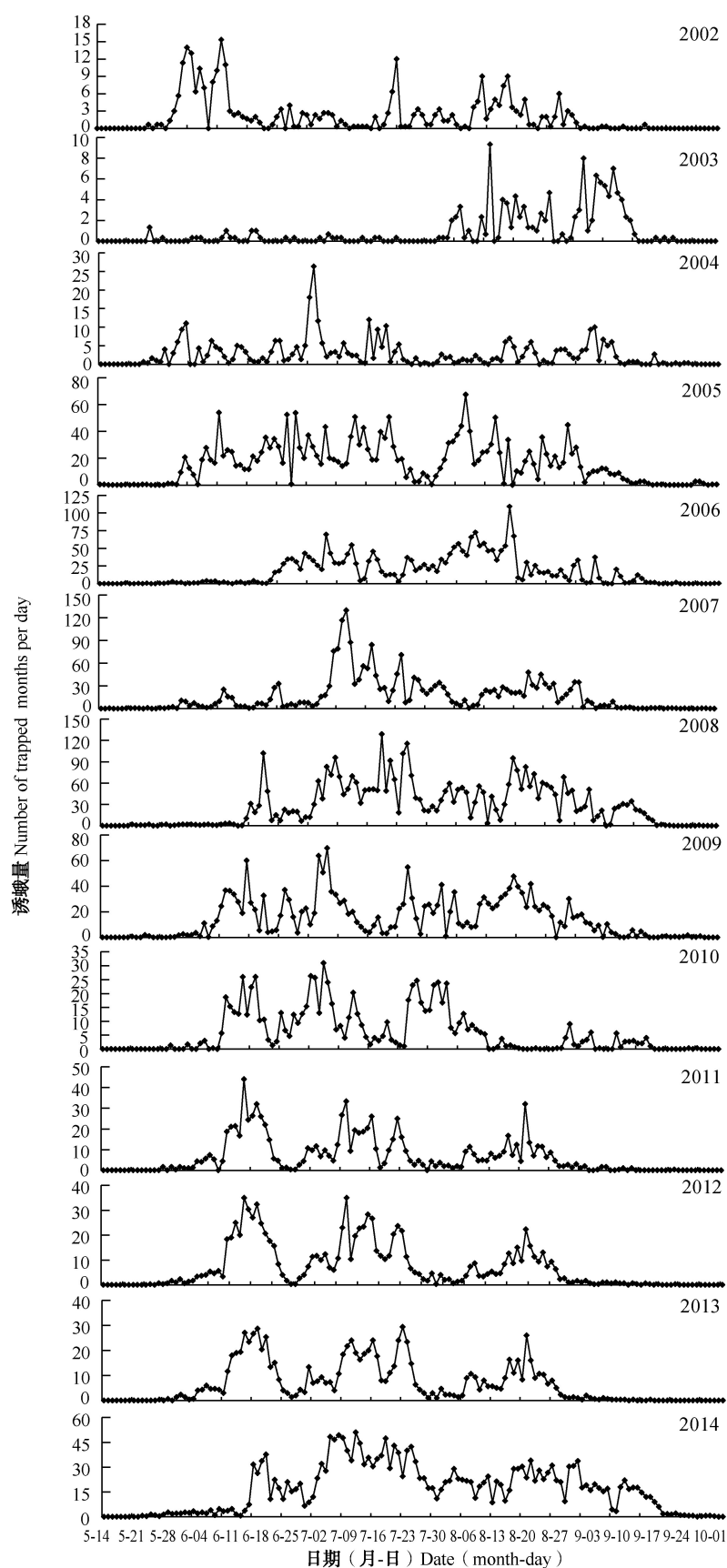


图2 2002—2014年陕西省礼泉县桃小食心虫成虫的消长动态

Fig. 2 The population growth dynamics of *Carposina sasakii* adults in Liqian County in Shaanxi Province from 2002 to 2014

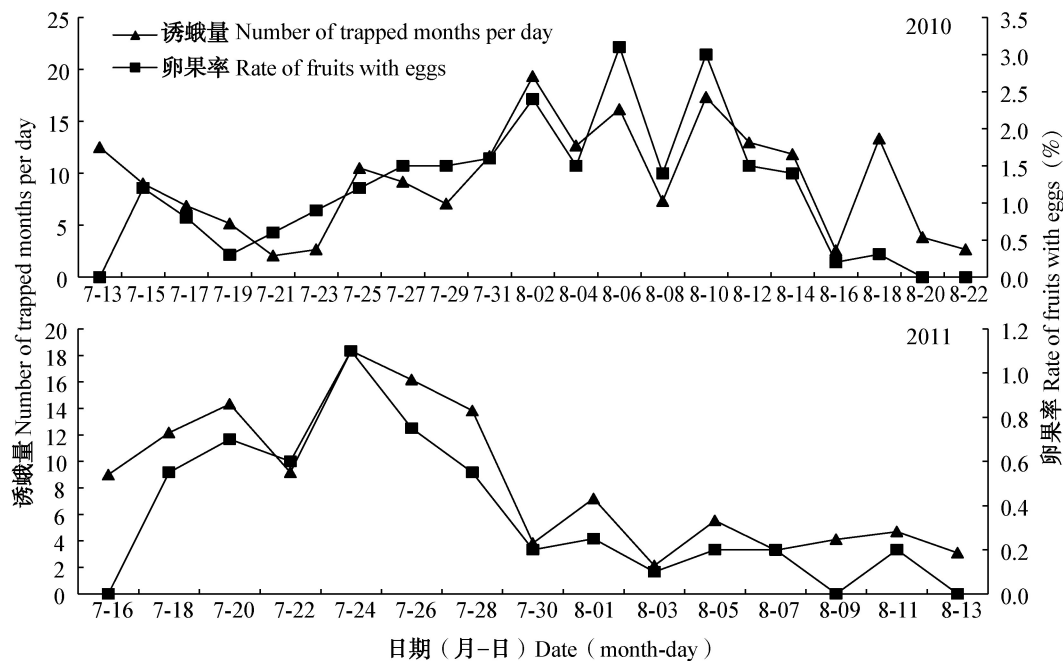


图3 2010—2011年陕西省礼泉县桃小食心虫成虫与卵果率的消长动态

Fig. 3 The population growth dynamics of *Carposina sasakii* adults and the rate of fruits with eggs in Liqian County in Shaanxi Province from 2010 to 2011

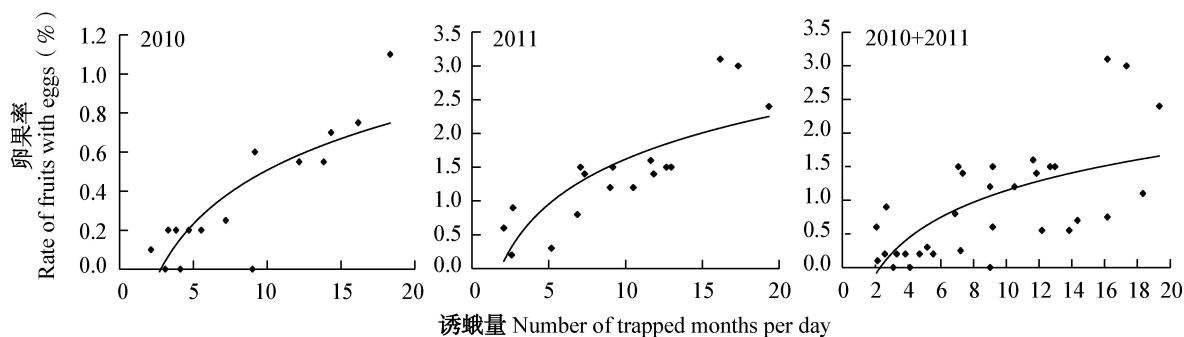


图4 2010—2011年陕西省礼泉县桃小食心虫卵果率与诱蛾量的关系

Fig. 4 The relationship between the rate of fruits with *Carposina sasakii* eggs and the number of trapped moths per day in Liqian County in Shaanxi Province from 2010 to 2011

桃小食心虫成虫在一年中出现多次无规律性的高峰,其中2011—2013年成虫变化趋势相似,其它年份之间有很大差异。第1代成虫高峰期发生的早晚与越冬代成虫高峰期出现的早晚有密切关系,越冬代成虫高峰期出现早,则第1代成虫高峰期出现也就相对较早。越冬代成虫发生量明显多于第1代成虫,由此推测,当地以第1代幼虫为害为主,第2代幼虫为害相对较轻,这与张玉琴和张玉霞(2016)的研究结果一致。一般认为,桃小食心虫在陕西等北方水果产区一年发生1~2代,7月底或8月初为2个世代的分界线(北京农业大学等,1992;于洁等,2007;陈川等,2016),本研究调查结果也验证此结论。但有学者提出一些新的观点,如仇贵生等

(2010)认为在辽宁省兴城市的苹果园桃小食心虫一年发生2~3代;郝宝峰等(2011)报道在冀东地区的苹果园内桃小食心虫一年发生3代;陈川等(2015)认为在陕西礼泉桃小食心虫一年发生2~3代。这可能与调查地点、方法、时间、苹果品种、气候条件等因素有关。

本调查结果表明,2010年和2011年供试苹果园桃小食心虫成虫的种群动态差异很大,且卵果率变化趋势与桃小食心虫成虫种群发生基本一致。嵇卫星(2010)也对竹织叶野螟 *Coclebotys coclesalis* 的成虫诱捕量和幼虫虫口密度进行调查,通过回归分析得出二者之间呈线性关系。本研究借鉴前人的方法,研究了基于性诱剂诱捕的桃小食心虫成虫诱

捕量与卵果率的关系,发现桃小食心虫成虫诱捕量与卵果率呈极显著的对数关系,据此提出了基于性诱剂诱捕的成虫防治指标,当以卵果率1%或2%为苹果园桃小食心虫药剂防治指标时,性诱捕器的诱蛾量为8.3头/诱捕器·日或30.0头/诱捕器·日。本研究所提出的防治指标还有待今后在生产中验证并进一步完善。

参 考 文 献 (References)

- Beijing Agricultural University, South China Agricultural University, Fujian Agricultural College, Henan Agricultural University. 1992. The Fruit of Entomology (2nd edition). Beijing: China Agriculture Press, pp. 3 (in Chinese) [北京农业大学, 华南农业大学, 福建农学院, 河南农业大学. 1992. 果树昆虫学(第二版). 北京: 中国农业出版社, pp. 3]
- Chen C, An KJ, Yang MX, Guo XX. 2015. Study on occurrence of *Carposina niponensis* in orchards. Journal of Agriculture, 5(11): 36–39 (in Chinese) [陈川, 安克江, 杨美霞, 郭小侠. 2015. 苹果桃小食心虫发生规律研究. 农学学报, 5(11): 36–39]
- Chen C, Yang MX, Nie RE, Guo XX, Zhang GP, Sheng CF. 2016. Occurrence regularity of *Carposina niponensis*. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 44(16): 154–156 (in Chinese) [陈川, 杨美霞, 聂瑞娥, 郭小侠, 张广平, 盛承发. 2016. 红枣桃小食心虫发生规律. 安徽农业科学, 44(16): 154–156]
- China Agriculture Encyclopedia. 1990. Insect volume of China agriculture encyclopedia. Beijing: China Agriculture Press, pp. 386 (in Chinese) [中国农业百科全书编辑部. 1990. 中国农业百科全书: 昆虫卷. 北京: 中国农业出版社, pp. 386]
- Du J, Liu YF, Tan SQ, Wu JX. 2013. Control index based on number of adults of *Grapholita molesta* captured by sex pheromone traps. Journal of Plant Protection, 40(2): 140–144 (in Chinese) [杜娟, 刘彦飞, 谭树乾, 仵均祥. 2013. 基于性诱剂监测的梨小食心虫防治指标. 植物保护学报, 40(2): 140–144]
- Fan BY, Wang XQ, Liu WW, Lin WZ, Jia N. 2011. Studies on the economic thresholds of *Carposina sasakii*. Plant Protection, 37(4): 91–94 (in Chinese) [范保银, 王小奇, 刘薇薇, 林文忠, 贾楠. 2011. 桃小食心虫经济阈值的研究. 植物保护, 37(4): 91–94]
- Fan RJ. 2015. Regulation and control of fruit borers in northern China. Beijing: China Agriculture Press, pp. 21 (in Chinese) [范仁俊. 2015. 北方果树食心虫发生规律与控制. 北京: 中国农业出版社, pp. 21]
- Feng XX, Wang HP. 2008. Study on forecast and control of *Carposina sasakii* in Liaoning Province hawthorn orchard. Journal of Henan Agricultural Sciences, 37(6): 103–105 (in Chinese) [冯小雪, 王洪平. 2008. 辽宁省山楂园桃小食心虫预测预报与防治研究. 河南农业科学, 37(6): 103–105]
- Guo TT, Zhang SY, Ling F, Yu S, Li LL, Xu YY. 2013. Occurrence and damage investigation of *Grapholita molesta* Busck in Tai' an peach orchard. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science), 44(2): 211–216 (in Chinese) [郭婷婷, 张顺益, 凌飞, 于松, 李丽莉, 许永玉. 2013. 泰安桃园梨小食心虫发生与危害规律. 山东农业大学学报(自然科学版), 44(2): 211–216]
- Hao BF, Xu CX, He LM, Jiao R, Yu LC. 2011. Study on occurrence and control of *Carposina niponensis* in eastern Hebei. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 15(4): 19–22 (in Chinese) [郝宝峰, 许长新, 贺丽敏, 焦蕊, 于丽辰. 2011. 冀东桃小食心虫发生规律及其防治研究. 河北农业科学, 15(4): 19–22]
- Huang KX, Wu WJ. 1957. Serial lectures – China's major insect pests (eleven) – *Carposina sasakii*. Entomological Knowledge, (1): 34–41 (in Chinese) [黄可训, 吴维均. 1957. 连载讲座—我国的大害虫(十一)—桃小食心虫. 昆虫知识, (1): 34–41]
- Ji WX. 2010. Study on the technology of forecast *Coccyzus coclesalis* (Walker) adult and larvae in Liyang City. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 37(4): 41–42, 46 (in Chinese) [嵇卫星. 2010. 溧阳市竹织叶野螟成、幼虫测报技术研究. 江苏林业科技, 37(4): 41–42, 46]
- Jiao XG, Xuan WJ, Wang HT, Sheng CF. 2004. Correlation analysis between the *Chilo suppressalis* male moths caught by pheromone traps and the forecasting indexes. Journal of Jilin Agricultural University, 26(3): 256–259 (in Chinese) [焦晓国, 宣维健, 王红托, 盛承发. 2004. 水稻二化螟性诱蛾量与测报指标的相关性分析. 吉林农业大学学报, 26(3): 256–259]
- Knight AL, Basoalto E, Stelinski LL. 2016. Variability in the efficacy of sex pheromone lures for monitoring oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Applied Entomology, 140(4): 261–267
- Lei XH, Gao LW, Li DX, Shen ZR. 2010. Review and prospect for biological and ecological studies on *Carposina sasakii* Matsumura. Journal of Agricultural Science and Technology, 12(4): 39–43 (in Chinese) [雷喜红, 高灵旺, 李定旭, 沈佐锐. 2010. 桃小食心虫生物学及生态学回顾与展望. 中国农业科技导刊, 12(4): 39–43]
- Li AH, Sun RH, Zhang Y, Liu XF. 2006. Influence of temperature and humidity on fecundity of peach fruit borer, *Carposina niponensis*. Chinese Bulletin of Entomology, 43(6): 867–869 (in Chinese) [李爱华, 孙瑞红, 张勇, 刘秀芳. 2006. 温湿度对桃小食心虫成虫生殖力的影响. 昆虫知识, 43(6): 867–869]
- Li J. 2012. Preliminary study of occurrence regularity and forecasting of main apple pests in Baoding area. Master Thesis. Baoding: Hebei Agricultural University (in Chinese) [李进. 2012. 保定地区苹果主要害虫发生规律及预测预报初步研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学]
- Li J, Xue YH, Wang Y, Kong WN, Zhao ZG, Ma RY. 2015. Population dynamic of *Carposina sasakii* Matsumura in *Cerasus humilis* (Bunge) Sok orchard. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 43(10): 1308–1310, 1314 (in Chinese) [李捷, 薛艳花, 王怡, 孔维娜, 赵志国, 马瑞燕. 2015. 钙果园桃小食心虫田间消长动态. 山西农业科学, 43(10): 1308–1310, 1314]
- Li XL, Geng SB, Chen HJ, Jung CL, Wang CL, Tu HT, Zhang JY. 2017. Mass trapping of apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella* with sex pheromone traps in apple orchards. Journal of Asia-Pacific Entomology, 20(1): 43–46
- Li XL, Xia GN, He JC, Jia YH, Chen HJ, Li F, Xu ZH, Liu XL, Wang

- CL. 2013. Control effects of a dual sex pheromone cream on the oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. *Plant Protection*, 39(6): 147–152 (in Chinese) [李晓龙, 夏国宁, 何建川, 贾永华, 陈汉杰, 李锋, 许泽华, 刘晓丽, 王春良. 2013. 复合式膏体迷向剂对梨小、桃小食心虫的防控效果. *植物保护*, 39(6): 147–152]
- Li ZH. 1993. Study on the control index of *Carposina sasakii*. *Journal of Shandong Agricultural Sciences*, (4): 47–48 (in Chinese) [李兆宏. 1993. 桃小食心虫防治指标的研究. *山东农业科学*, (4): 47–48]
- Liu YS, Cheng JA, Mu JY. 1997. Review of the advances of the peach fruit-borer (*Carposina sasakii* Matsumura). *Journal of Shandong Agricultural University*, 28(2): 207–214 (in Chinese) [刘玉升, 程家安, 牟吉元. 1997. 桃小食心虫的研究概况. *山东农业大学学报*, 28(2): 207–214]
- Mizukoshi T. 1983. Contribution to the use of synthetic pheromone for forecasting the peach fruit moth, *Carposina niponensis* Walsingham. *Bulletin of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations*, 49: 41–48
- Qiu GS, Zhang HJ, Yan WT, Zhang P, Liu CL, Zheng YC. 2010. The elementary studies on the new developments of *Carposina sasakii* occurrence regularity. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(7): 94–96 (in Chinese) [仇贵生, 张怀江, 闫文涛, 张平, 刘池林, 郑运城. 2010. 桃小食心虫发生规律新动态的初步探讨. *山西农业科学*, 38(7): 94–96]
- Tian BL, Ma CS, Kong DC, Zhao CP, Wei GS. 2012. The fruit moth population monitoring and control technique in different orchards. *Journal of Plant Protection*, 39(1): 7–12 (in Chinese) [田宝良, 马春森, 孔德仓, 赵存鹏, 魏国树. 2012. 不同果园中主要食心虫种群监测与防控技术. *植物保护学报*, 39(1): 7–12]
- Wu JX. 2013. *Agricultural entomology* (north 2nd edition). Beijing: China Agriculture Press, pp. 309 (in Chinese) [作均祥. 2013. *农业昆虫学*(北方本 第2版). 北京: 中国农业出版社, pp. 309]
- Wu JX, Xu XL, Cheng WN, Li YP. 2016. “Heart disease is difficult to cure – the occurrence and control of fruit borer” research and practice of video open class. *Education and Teaching Forum*, (17): 144–145 (in Chinese) [作均祥, 许向利, 成卫宁, 李怡萍. 2016. “心病难医——果树食心虫发生与防治”视频公开课研究与实践. *教育教学论坛*, (17): 144–145]
- Yang H, Peng YJ, Han XM, Zheng W, Wu YW. 2012. Research progress on occurrence and development characteristics, comprehensive control techniques of peach fruit borer. *Chinese Horticulture Abstracts*, (5): 39–42 (in Chinese) [杨华, 彭玉基, 韩秀梅, 郑伟, 吴亚维. 2012. 桃小食心虫发生规律及防控技术研究进展. *中国园艺文摘*, (5): 39–42]
- Yang MH, Zhang JT. 2005. Experiment of lure to prevent and control *Carposina niponensis*. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science)*, 25(4): 348–349 (in Chinese) [杨美红, 张金桐. 2005. 性引诱剂防治桃园桃小食心虫试验. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 25(4): 348–349]
- Yu J, Yang LR, Jia WJ, Sun YW, Sun HF. 2007. Study on lure to prediction and prevention of *Carposina sasakii* in jujube orchard. *China Fruits*, (3): 40–42 (in Chinese) [于洁, 杨立荣, 贾文军, 孙耀武, 孙慧芳. 2007. 枣园桃小食心虫性诱剂预报及防治研究. *中国果树*, (3): 40–42]
- Zhang YQ, Zhang YX. 2016. The present situation of harm and non pollution control of *Carposina sasakii* in Longdong jujube orchard. *China Fruits*, (2): 51–54 (in Chinese) [张玉琴, 张玉霞. 2016. 陇东枣园桃小食心虫发生危害现状及无公害防治. *中国果树*, (2): 51–54]
- Zhao JJ, Jing FM, Zhang LL. 2008. The use of sex pheromone control of *Carposina niponensis* in apple orchard. *Northwest Horticulture (Fruit Special)*, (1): 31 (in Chinese) [赵君瑾, 敬凤梅, 张录良. 2008. 利用性诱剂防治苹果园桃小食心虫. *西北园艺(果树专刊)*, (1): 31]
- Zhou YN, Li T. 1992. The control technology of *Carposina sasakii* in apple orchard. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, (10): 25–26 (in Chinese) [周运宁, 李唐. 1992. 苹果园桃小食心虫防治技术. *山西农业科学*, (10): 25–26]
- Zhu GR, Wang XW, Fang WC, Feng YB, Wang XL, Chen LY, Hu XJ. 2014. Occurrence regularity of oriental fruit moth and its taxis to different catchers’ applied in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 31(2): 282–287 (in Chinese) [朱更瑞, 王新卫, 方伟超, 冯义彬, 王小丽, 陈领豫, 胡晓晶. 2014. 桃园梨小食心虫发生规律及成虫对不同诱捕器的趋性研究. *果树学报*, 31(2): 282–287]

(责任编辑:王 璇)