

光周期和温度对桃小食心虫越冬幼虫出土及病菌感染的影响^{*}

赵楠^{1, 2**} 郭婷婷² 于毅² 张思聪² 门兴元²
孙廷林² 许永玉^{1***} 李丽莉^{2***}

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018;

2. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 济南 250100)

摘要 【目的】桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 越冬代是田间防治的重点, 明确光周期和温度对越冬幼虫出土的影响, 对桃小食心虫预测预报和综合防治具有重要意义。【方法】在实验室条件下, 设置不同光周期和温度组合, 每天记录桃小食心虫越冬幼虫的出土数量、病菌感染率。【结果】桃小食心虫越冬幼虫出土时间差异很大, 最短 20 d, 最长可达 116 d, 且出土时间分散。温度对桃小食心虫越冬幼虫的出土率有显著影响 (2011, $df=3$, $F=9.9$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=5.519$, $P<0.05$), 试验光周期对其出土率无显著影响 (2011, $df=2$, $F=0.577$, $P>0.05$; 2012, $df=2$, $F=9.9$, $P>0.05$); 桃小食心虫在不同温度下出土规律不同。桃小食心虫越冬幼虫白僵菌感染率随着温度升高而显著提高 (2011, $df=3$, $F=65.713$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=29.198$, $P<0.05$), 细菌感染率随着温度升高而显著降低 (2011, $df=3$, $F=28.705$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=38.97$, $P<0.05$)。【结论】桃小食心虫越冬代幼虫出土持续时间长, 出土时间分散, 温度对其出土率及病菌感染率有显著影响。

关键词 桃小食心虫, 越冬幼虫, 出土率, 出土规律, 感染率

Effects of photoperiod and temperature on the emergence, behavior and pathogen infection of *Carposina sasakii* Matsumura

ZHAO Nan^{1, 2**} GUO Ting-Ting² YU Yi² ZHANG Si-Cong² MEN Xing-Yuan²
SUN Ting-Lin² XU Yong-Yu^{1***} LI Li-Li^{2***}

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China; 2. Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract [Objectives] Because the survival rate of overwintering *Carposina sasakii* Matsumura larvae determines the population size in the following year, controlling larvae is vital for the effective control of this pest in the field. Photoperiod and temperature had great effects on the survival and emergence of overwintering larvae after termination of diapause, and understanding of these effects will help improve comprehensive control in the field. [Methods] The emergence and pathogen infection rate of overwintering *C. sasakii* larvae were monitored under different temperatures and photoperiods under laboratory conditions. [Results] Overwintering larvae were present for between 20 and 116 days. Although temperature had an obvious effect on the larval emergence rate (2011, $df=3$, $F=9.9$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=5.519$, $P<0.05$), photoperiod did not (2011, $df=2$, $F=0.577$, $P>0.05$; 2012, $df=2$, $F=9.9$, $P>0.05$). The rate of infection of larvae with *Beauveria bassiana* significantly increased with temperature (2011, $df=3$, $F=65.713$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=29.198$, $P<0.05$), but the rate of

* 资助项目 Supported projects: 公益性行业科研专项 (201103024); 山东省现代农业产业技术水果体系创新团队项目

**第一作者 First author, E-mail: zhaonan19880530@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: xuyy@sdaa.edu.cn; zbsli3@163.com

收稿日期 Received: 2015-03-19, 接受日期 Accepted: 2015-04-11

infection by bacteria was significantly reduced (2011, $df=3$, $F=28.705$, $P<0.05$; 2012, $df=3$, $F=38.97$, $P<0.05$). [Conclusion] Overwintering *C. sasakii* larvae were present for a relatively long time with no obvious peak of abundance. Temperature had a significant effect on larval abundance and the rate of infection by *B. bassiana*.

Key words *Carposina sasakii*, overwintering larva, occurrence rate, occurrence regularity, infection rate

桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura, 又叫桃蛀果蛾, 属于鳞翅目 (Lepidoptera) 蛀果蛾科 (Carpocossidae), 是一种世界性害虫 (刘玉升等, 1997; Kim *et al.*, 2000)。在我国北方果区危害尤其严重, 年发生 1~2 代, 世代重叠严重, 其危害具有钻蛀性和隐蔽性, 防治困难。

滞育是昆虫度过不良环境的一种重要对策, 许多昆虫通过滞育来维持种群生存 (王小平和薛芳森, 2006)。昆虫解除滞育后, 进入正常的生长发育期, 条件不能满足直接发育时, 昆虫外部依然保持着休眠状态, 因此, 冬滞育的昆虫要到春季温度升高才能恢复发育 (朱芬, 2006)。黄可训 (1976) 研究发现, 低温是桃小食心虫解除滞育必需的条件, 滞育幼虫经历一定时期的低温才可以完成滞育, 10℃ 低温处理 80 d 羽化率达到 70% 以上, 5~10℃ 是完成滞育的比较适宜温度范围。桃小食心虫每年 10 月中下旬以老熟幼虫在土壤上做茧越冬, 在土壤中度过近半年的时间后出土羽化, 老熟幼虫解除滞育后温度和光周期的改变会对其产生哪些影响? 出土率和出土规律是否会改变, 明确此问题对预测桃小食心虫的发生危害及综合防治具有重要意义。因此, 我们在 2011 年和 2012 年连续两年研究了光周期和温度对桃小食心虫越冬幼虫的出土率、出土规律和病菌感染率的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试验于 2011 和 2012 年 2—7 月进行, 实验所用试虫为山东莱芜山楂中自然脱果的健康桃小食心虫越冬幼虫, 2010 年和 2011 年 10 月份采回桃小食心虫后将其存放于填充锯末的花盆中 (锯末含水量为 13%; 存放前锯末、花盆经高温干燥鼓风烘箱 120℃ 灭菌 8 h)。保鲜膜覆盖捆好, 置于 4~10℃ 冰箱中保存待用, 于翌年 2 月份取出进行试验。

1.2 试验方法

试验共设 4 个温度, 分别为 19, 23, 27, 35℃, 每个温度设置 3 个光周期, 分别为 L:D=15.5:8.5, L:D=14.5:9.5, L:D=13.5:10.5。2 月上旬, 挑选健康的桃小食心虫越冬茧放置花盆内土壤 (含水量为 13%) 下 3~6 cm 处, 花盆直径 10 cm, 花盆和土壤都经高温干燥消毒处理。每处理 3 次重复, 每重复 20 头。花盆用保鲜膜封口, 每天定时观察记录花盆中桃小食心虫幼虫的出土、羽化情况, 直至全部幼虫出土或死亡。试验前称量记录每个花盆及其内土壤重量, 根据重量变化确定土壤湿度变化, 及时更换保证土壤湿度维持在 13% 左右, 并于每次更换土壤时观察记录桃小食心虫越冬茧感染白僵菌、细菌的情况。

1.3 数据处理

利用统计软件 SPSS 17.0 for Windows 对数据进行统计分析, 获得平均值及标准误。对不同处理间的差异进行单因素方差分析 (One-way ANOVA) 和 Duncan's 多重比较 ($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同温度和光周期下桃小食心虫越冬幼虫的出土率

由图 1 可以看出, 不同温度下桃小食心虫越冬幼虫的出土率差异显著, 所选的光周期对出土率影响不大。对比两年的数据 (图 1:A), 桃小食心虫越冬茧在 19℃ 下的出土率最高, 分别为 20.83% 和 18.34%, 均明显高于 23、27 和 35℃ 下的出土率, 差异显著 ($P<0.05$)。试验所设的 3 个光周期下 (图 1:B) 桃小食心虫越冬幼虫的出土率差异不显著。2011 年的出土率整体上高于 2012 年。光周期 L:D=14.5:9.5 处理在两年中出土率均最高, 分别为 14.38% 和 9.23%。

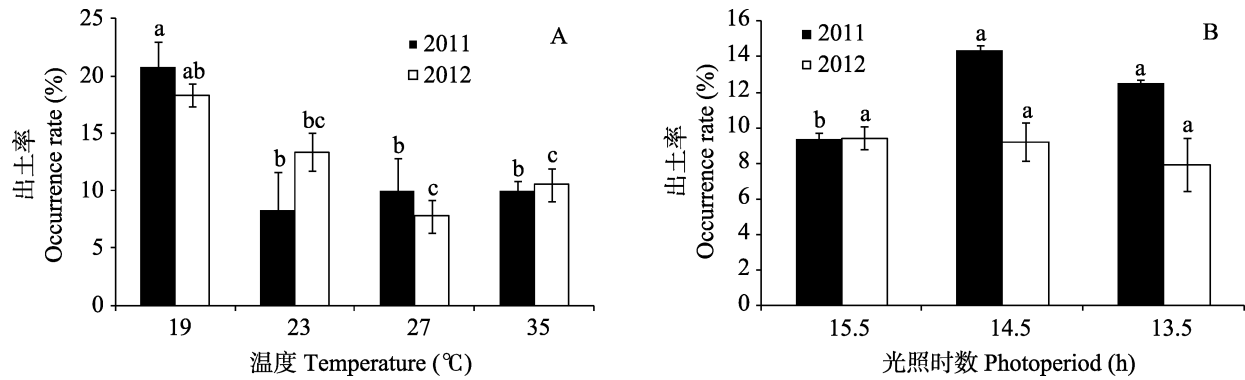


图1 不同温度 (A) 和光周期 (B) 下桃小食心虫越冬幼虫出土率

Fig. 1 The occurrence rate of *Carposina sasakii* overwintering larval under different temperatures (A) and photoperiods (B)

图中各数据均为平均值±标准误, 柱上标有不同字母表示差异显著。

The data are represented as mean±SE. Histograms with different letters indicate significant difference.

2.2 不同温度下桃小食心虫越冬幼虫的出土规律

如图2所示, 桃小食心虫越冬幼虫在不同温度、同一温度不同光周期以及同一处理在不同年份间出土规律不同。

19, 光周期 L:D=15.5:8.5, 桃小食心虫越冬幼虫存在3个出土峰, 2011年出土期持续到第77 d, 出土率为18.34%, 2012年出土期持续到第116 d, 出土率为19.97%; L:D=14.5:9.5 光周期, 2011年出土持续到第68 d, 2012年第45 d 出土结束; 光周期 L:D=13.5:10.5, 2011年出土率达到25.00%, 第90 d 出土结束, 2012年出土持续到第116 d, 总出土率仅为14.16%。

23, 光周期 L:D=15.5:8.5, 2011年有2次出土峰, 始出土期为第36 d, 第2次为第84 d, 累计出土率为3.34%, 2012年, 始出土期为第25 d, 出土持续到第68 d, 累计出土率为18.87%; 光周期 L:D=14.5:9.5, 2011年始出土期为第36 d, 累计出土率为13.34%, 2012年始出土期为第56 d, 累计出土率8.16%; 光周期 L:D=13.5:10.5, 2011年仅第31 d 有幼虫出土, 出土率5%, 2012年, 始出土期为第36 d, 出土期持续到第98 d。

27, 2011年, 3个光周期下桃小食心虫幼虫的出土均持续到第84 d, 光周期 L:D=15.5:8.5, 始出土期为第76 d, 出土率为3.34%; 光周期

L:D=14.5:9.5, 始出土期为第25 d, 出土率为13.35%; 光周期 L:D=13.5:10.5, 始出土期为第31 d, 出土率为8.33%。2012年, 3个光周期下的始出土期接近, 光周期 L:D=15.5:8.5, 始出土期为第20 d, 第61 d 结束; 光周期 L:D=14.5:9.5, 仅第25 d 有幼虫出土; 光周期 L:D=13.5:10.5, 始出土期第25 d, 出土期持续到第98 d。

35 下桃小食心虫越冬幼虫的出土持续期明显短于其它3个温度。2011年, 3个光周期下的出土规律基本相同, 出土始期在第25~31 d 之间, 出土期持续到第60 d 左右结束。2012年差异较大, 光周期 L:D=15.5:8.5, 仅在第50 d 幼虫出土; 光周期 L:D=14.5:9.5, 始出土期为第25 d, 持续到第41 d; 光周期 L:D=13.5:10.5, 始出土期在第25 d, 持续到第68 d。

2.3 不同温度和光周期下桃小食心虫越冬幼虫的感染率

桃小食心虫幼虫在越冬期间的死亡主要是由细菌和白僵菌感染引起的, 由图3可以看出, 在两年间除19 下细菌感染率高于白僵菌以外, 其他温度处理下均为白僵菌感染率高于细菌。两年间均呈现出同一规律: 白僵菌感染率随着温度的升高而升高, 且不同温度之间差异显著 ($P<0.05$), 细菌感染率随着温度的升高而降低,

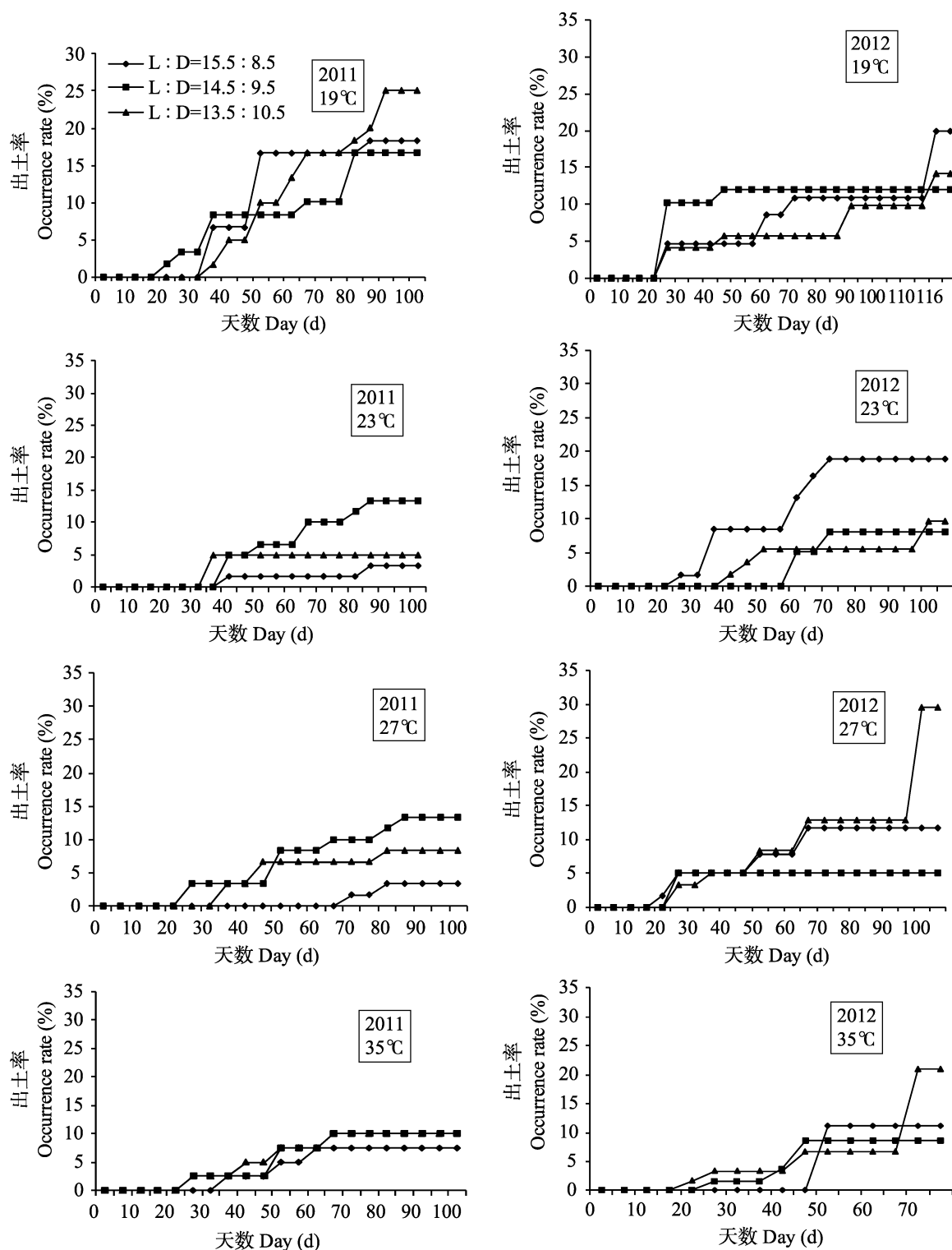


图2 2011年和2012年不同温度下桃小食心虫越冬幼虫出土规律
Fig. 2 The occurrence dynamic of *Carposina sasakii* under different temperatures in the year of 2011 and 2012

不同温度之间差异显著 ($P < 0.05$)。

桃小食心虫越冬幼虫的被感染率在不同光

照下差异不显著,同一光周期下细菌感染率高于白僵菌(图4)。

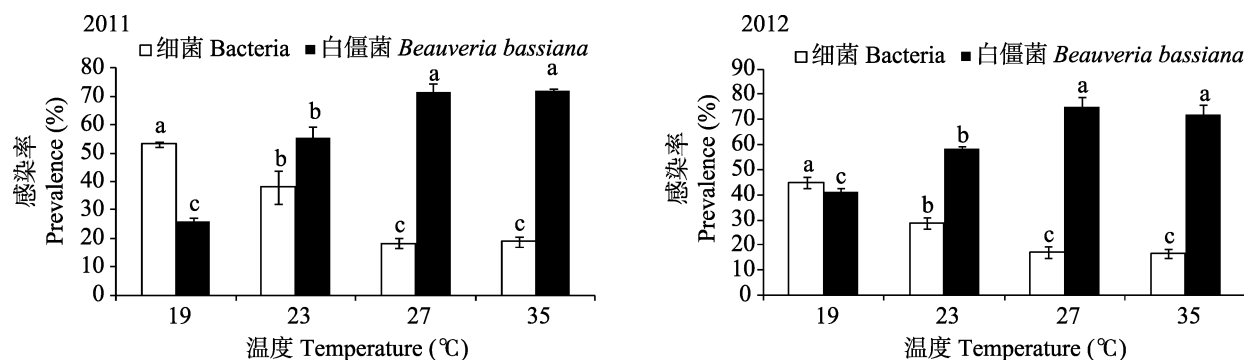


图3 不同温度下桃小食心虫越冬幼虫感染率

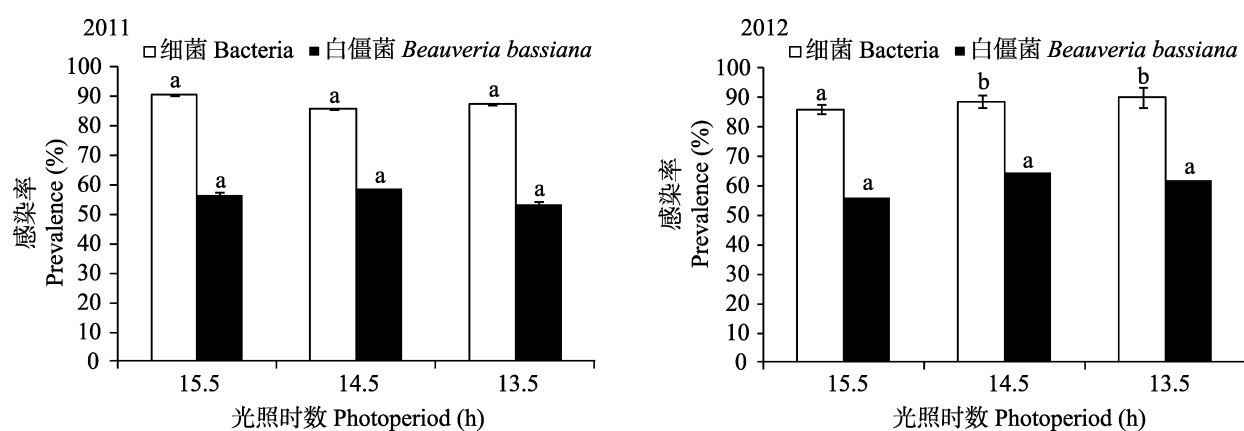
Fig. 3 The prevalence of *Carposina sasakii* overwintering larval under different temperatures, the year of 2011 and 2012

图4 不同光周期下桃小食心虫越冬幼虫感染率

Fig. 4 The prevalence of *Carposina sasakii* overwintering larval under different photoperiods, the year of 2011(A) and 2012 (B)

3 讨论

3.1 桃小食心虫越冬幼虫出土适宜温度

研究桃小食心虫越冬幼虫出土所需的环境条件对桃小食心虫的田间防治具重要的意义,它关系到桃小食心虫越冬代成虫的发生时间和发生数量。李爱华等(2006)研究结果表明,当气温达到 17℃,地温达到 19℃时,桃小食心虫可以顺利出土。杨承建(2000)也认为地下 5 cm 的地温在 19~25℃之间为桃小食心虫越冬幼虫出土的最佳温度,并且可以形成出土高峰。本研究的结果表明,19~35℃下的越冬幼虫均可出土,19℃的出土率明显高于其他几个温度,这与前人的研究基本相一致,说明 19℃左右最适合越冬幼虫出土,高于此温度会降低越冬代成虫的发生

量。Kim 等(2010)的研究指出,桃小食心虫越冬幼虫在 12.9~25.9℃之间的存活率可达到 60%左右,而后随温度的升高而降低,我们的结果与其不太一致,出土率较之偏低,且 23℃, 27℃和 35℃3 个温度下桃小食心虫越冬幼虫的出土率差异不显著。这可能与试验方法及虫源有关。

3.2 桃小食心虫越冬幼虫出土规律

花蕾和马谷芳(1993)研究发现不同寄主的桃小食心虫均有一个明显的出土高峰,但是出土时间有较大差异,最大可相差 20 d。田宝良(2011)的研究结果显示桃小食心虫有两个出土高峰。这与本试验的结果不完全一致,我们对 4 个温度 3 种光周期下桃小食心虫越冬幼虫的出土调查发现,桃小食心虫存在 1~3 个出土峰,有

的呈现出 1 个明显的出土高峰,有的连续出现几个出土小峰,分析主要是由桃小食心虫虫源差异引起,花蕾和马谷芳用的是苹果、大枣、酸枣上采集越冬虫源,田宝良使用的是苹果上采集饲养后的室内滞育种群,而本试验所用的是山楂上的越冬虫源,虫源的差异可能是造成出土规律差异的主要原因。花蕾和花保祯(1995)也证实了不同寄主上的桃小食心虫的越冬特性存在差异。

3.3 桃小食心虫越冬幼虫出土持续期

本试验结果表明,桃小食心虫越冬幼虫出土期在 20~116 d 之间,多在 60 d 以上。这与前人的研究结果相吻合, Lee (1990) 发现桃小越冬幼虫田间发生时间很长,田宝良(2011)历时 80 d 完成对桃小食心虫越冬幼虫的出土观察,不同重复间出土时间 6~80 d 不等。Kim 和 Lee (2000) 也指出,桃小食心虫的最小发育历期和最大发育历期差异大,从 12.9 下的 106 d (562 日·度) 到 34.7 下的 15 d (407 日·度)。说明桃小食心虫个体间的发育历期差异很大,环境条件的差异可能导致桃小食心虫越冬幼虫出土更加不整齐。

桃小食心虫越冬幼虫出土分散,持续时间长,这与田间成虫出现多个高峰期相一致,给桃小食心虫的防治带来了极大困难。因此,建议根据桃小食心虫在地面土壤中越冬的特点对其防治,主抓越冬代幼虫出土期,采用地面生物药剂、环境友好化学药剂防治,如白僵菌,绿僵菌、线虫以及高效低毒化学颗粒剂等来控制越冬代出土幼虫,降低果园有效虫源。本试验中并未涉及影响桃小食心虫出土的其他因子比如降雨量、寄主等,今后还应结合这些因子来研究桃小食心虫出土规律,从而做到准确的预测预报,完善桃小食心虫在不同种植模式下的综合防控技术。

参考文献 (References)

Hua L, Hua BZ, 1995. Preliminary study on the host-biotypes of peach fruit borer. *Acta Phytomycol Sinica*, 22(2): 165-170. [花蕾, 花保祯, 1995. 桃小食心虫寄主生物型的初步研究. 植物保护学报, 22(2): 165-170.]

Hua L, Ma GF, 1993. Emergence regularity of *Carposina sasakii*

Matsumura overwintering larval of different host. *Chinese Bulletin of Entomology*, 30(1): 22-25. [花蕾, 马谷芳, 1993. 不同寄主桃小食心虫越冬幼虫的出土规律. 昆虫知识, 30(1): 22-25.]

Huang KX, Wang YZ, Ye ZX, Zhang NX, Zhang LY, Shu ZQ, 1976. Photoperiod and temperature on diapause of *Carposina sasakii*. *Acta Entomologica Sinica*, 19(2): 149-155. [黄可训, 王宜智, 叶正襄, 张乃鑫, 张领耘, 舒宗泉, 1976. 光周期和温度对桃小食心虫滞育的影响. 昆虫学报, 19(2): 149-155.]

Kim DS, Lee JH, 2010. A population model for the peach fruit moth, *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Caposinidae), in a orchard system. *Ecological Modelling*, 221: 268-280.

Kim DS, Lee JH, Yiem MS, 2000. Spring emergence pattern of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae) in apple orchards in Koera and its forecasting models based on degree days. *Environmental Entomology*, 29(6): 1188-1198.

Lee SW, 1990. Studies in the pest status and integrated mite management in apple orchards. PhD's Thesis. Suwon: Seoul National University.

Li AH, Sun RH, Zhang Y, Liu XF, 2006. Influence of temperature and humidity on fecundity of peach fruit borer *Carposina sasakii*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 867-869. [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.]

Liu YS, Chen JA, Mou JY, 1997. Review of the advances of the peach fruit-borer (*Carposina sasakii* Matsumura). *Journal of Shandong Agricultural University*, 28(2): 207-214. [刘玉升, 程家安, 牟吉元, 1997. 桃小食心虫研究概况. 山东农业大学学报, 28(2): 207-214.]

Tian BL, 2011. The research on fruit moth population monitoring and control and on the emerged condition of *Carposina niponensis* (Walsingham) overwinter larvae come out from the soil. Master Thesis. Baoding: Hebei Agricultural University. [田宝良, 2011. 不同果园中主要食心虫种群监测防控与桃小食心虫越冬幼虫出土条件研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学.]

Wang XP, Xue FS, 2006. Effect of thermoperiod on diapause induction in insects. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 28(5): 739-744. [王小平, 薛芳森, 2006. 昆虫滞育诱导中的温周期效应. 江西农业大学学报, 28(5): 739-744.]

Yang CJ, 2000. The emergence and of larvae and occurrence period of adult prediction of *Carposina niponensis*. *China fruits*, (3): 31-32. [杨承建, 2000. 桃小食心虫幼虫出土期及成虫发生期的预测. 中国果树, (3): 31-32.]

Zhu F, 2006. Induction, maintenance, and termination of diapause in *Mylabris phalerata* Pallas. PhD's Thesis. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [朱芬, 2006. 大斑芜菁的滞育诱导、滞育发育及滞育解除. 博士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]