



赵龙龙, 周旭凌, 胡增丽, 等. 基于物联网监测系统对梨小食心虫日活动规律及影响因子研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1235–1241.

基于物联网监测系统对梨小食心虫日活动规律及影响因子研究

赵龙龙¹, 周旭凌^{1*}, 胡增丽¹, 李庆亮^{1,2}, 张未仲¹, 刘朝红¹,
韩 凤¹, 李 捷^{1,2}, 杜海燕¹

(1. 山西省农业科学院果树研究所, 太原 030031; 山西省农业科学院果树研究所果树种质创制与利用山西省重点实验室, 太原 030031)

摘 要: 梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 是水果生产中一种重要的害虫, 研究梨小食心虫在田间的活动规律, 有助于防控其危害。本研究通过物联网自动监测系统对梨小食心虫田间活动规律及主要环境因子进行了实时监测。结果表明, 梨小食心虫日活动有 2 个峰期, 第 1 个峰期发生在 6:00 左右, 第 2 个峰期发生在 19:00 左右。梨小食心虫在田间最适活动温度范围为 22℃–23℃、相对湿度为 3%–31%、光照强度为 300–4000 Lx, 其中光照是影响梨小食心虫的主要环境因子, 光照强度与梨小食心虫日活动呈负相关, 300 Lx 左右的弱光条件为刺激梨小食心虫活动的主要环境信号。本研究丰富了梨小食心虫的基础理论研究并可用于指导梨小食心虫防控。

关键词: 梨小食心虫; 活动规律; 光照强度; 交配行为; 物联网

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2017) 06–1235–07

Research on the daily activity patterns and its impact factors of adult oriental fruit moth *Grapholitha molesta* (Busck) based on the monitoring system of internet of things

ZHAO Long-Long¹, ZHOU Xu-Ling^{1*}, HU Zeng-Li¹, LI Qing-Liang^{1,2}, ZHANG Wei-Zhong¹, LIU Zhao-Hong¹, HAN Feng¹, LI Jie^{1,2}, DU Hai-Yan¹ (1. Institute of Pomology, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China; 2. Shanxi Key Laboratory of Germplasm Improvement and Utilization in Pomology, Institute of Pomology, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: *Grapholitha molesta* (Busck), OFM (oriental fruit moth) is one of important pest in fruit production, the study on OFM's daily activity patterns in the field is helpful to control it. In this study, the daily activity patterns and impact factors of adult OFM were researched by real-time monitoring system of internet of things in the field. The results showed that there were two peaks in the daily activity of OFM, the first peak occurred about 6:00 and the second peak occurred about 19:00. Temperature ranged from 22℃ to 23℃, the relative humidity ranged from 3% to 31% and the light intensity ranged from 300 to 4000 Lx were optimum condition for field activity of OFM. To sum up, light was the main environmental factor that influenced the daily activity. Light intensity negatively correlated with OFM's daily activity and about 300 Lx stimulation was the basic condition of OFM's daily activity. To sum up, this study enriched the basic

基金项目: 山西省农业科学院博士研究基金 (YBSJJ1608); 北方果树食心虫综合防控技术研究与示范推广 (201103024); 山西省农业科学院重点课题 (YZD1504)

作者简介: 赵龙龙, 男, 1984 年生, 助理研究员, 研究方向为果树病虫害的综合治理, E-mail: longlong5333@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: 550595525@qq.com

收稿日期 Received: 2017–07–04; 接受日期 Accepted: 2017–09–04

theory, also as guidance for control OFM.

Key words: *Grapholitha molesta* (Busck); activity pattern; light intensity; mating behavior; internet of things

梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 俗称梨小, 又名东方蛀果蛾、桃折梢虫, 除西藏未见报道外, 在我国桃、梨等果产区普遍发生 (陈梅香等, 2009; 范仁俊等, 2013)。梨小食心虫前期危害桃、梨新梢, 后期蛀食果实, 直达果心, 造成果实早熟或腐烂, 失去价值 (胡增丽和李海芳, 2010; 马之胜等, 2012; 王越辉等, 2013)。近年来, 随着产业结构的调整, 果树栽培面积的扩大, 梨小食心虫发生随之加重, 对桃、梨果生产构成了严重威胁, 已成为当前重点防治的害虫之一。

目前关于梨小食心虫的生物学特点、为害状况、防治技术、年发生规律等已见大量报道 (陈梅香等, 2009; 李丽莉等, 2012; 范仁俊等, 2013; 王越辉等, 2013; 金立等, 2014; 朱更瑞等, 2014; 李逸等, 2016)。在梨小食心虫成虫日活动规律方面, 仅有报道指出梨小食心虫在田间的活动高峰期在日落前后, 成虫的交配活动主要发生在 17:00–21:00 (张国辉和仵均祥, 2012; 冉红凡等, 2013; 赵志国等, 2013), 但上述研究多为人工于固定时间段或室内研究所得, 另尚缺与梨小食心虫日活动相关的环境因子研究。为了解自然条件下梨小食心虫的活动规律及主要环境因子的影响作用, 本研究借助物联网害虫自动监测系统, 探索了梨小食心虫全日内不同时间段的活动规律及温度、相对湿度、光照强度对梨小食心虫活动的影响, 以期防治梨小食心虫做基础指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点为山西省农业科学院果树研究所试验园, 位于北纬 37°20′, 东经 112°29′。试验园区植有桃树和梨树等, 桃树主要品种为蟠桃、油桃、毛桃等, 面积 ≥5 ha, 梨树主要品种为玉露香梨、酥梨等, 面积 ≥6 ha。

1.2 试验仪器和材料概况

自动监测诱捕器由北京依科曼生物技术有限公司生产 (型号: 3SJ-3 通用型诱捕器), 诱捕器

为电控式触杀型诱捕器。自动监测诱捕器配套通讯 TELEMO 害虫远程实时监测系统, 系统将诱捕器采集的害虫信息、其它信息 (气象数据) 通过 GSM 网络节点传输给互联网服务器, 互联网服务器对信息进行存储, 分析后再传输给个人终端 (电脑, 手机) 做进一步分析, 系统准确率为 98%。

试验诱源物质为梨小食心虫橡胶塞式性诱芯由北京中捷四方生物科技有限公司生产。

1.3 试验设置

自动监测诱捕器设置在距离桃园和梨园约 150 m 处, 诱捕装置距离地面 2 m。设置自动监测诱捕器间隔 0.5 h 记录 1 次实时信息, 持续监测 1 个月, 梨小食心虫诱芯每 15 d 更换一次。

1.4 数据分析

试验所得数据用 Microsoft Excel 2016 和 IBM SPSS Statistics 20 进行整理并作相关分析研究。图例采用箱式图进行分析, 箱图间连线为数据中值。

2 结果与分析

2.1 梨小食心虫的日活动量

梨小食心虫日活动活动峰期分别出现在 6:00 和 19:00, 19:00 为梨小食心虫的主要活动期, 活动低峰期出现在 11:00–14:00 和 21:00–0:00, 每日从 1:00 和 14:00 开始有活动, 上午持续活动时间约 10 h, 下午持续活动时间约 6 h (图 1)。

2.1 梨小食心虫日活动规律与温度的关系

采集区日气温最低出现在 0:00, 最高温度出现在 16:00, 在 0:00–16:00, 温度随时间变化, 呈线性增长, 16:00 后下降 (图 2)。监测数据表明梨小食心虫从 3.5℃ 起开始有活动, 当温度超过 30℃ 时, 梨小食心虫无活动, 温度为 22℃–23℃ 时, 梨小食心虫活动量最高 (图 3)。对梨小食心虫的诱捕量和温度进行 Pearson 相关分析, 显示出温度与梨小食心虫日活动量的相关系数为 $r = 0.158$, 在 0.05 水平上 ($P = 0.022$) 显著相关, 表明温度与梨小食心虫日活动量在一定范围内呈线性相关。

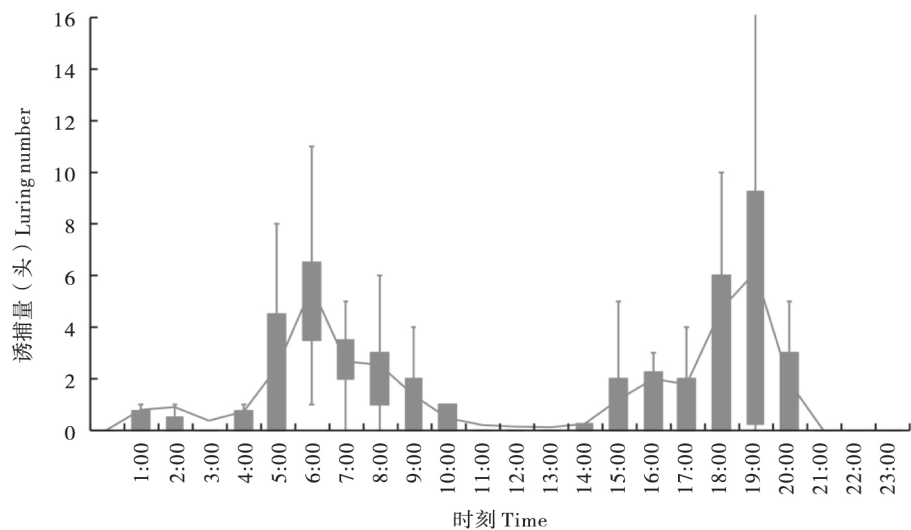


图 1 梨小食心虫日活动量随时间变化特点

Fig. 1 The daily activity of oriental fruit moth with time

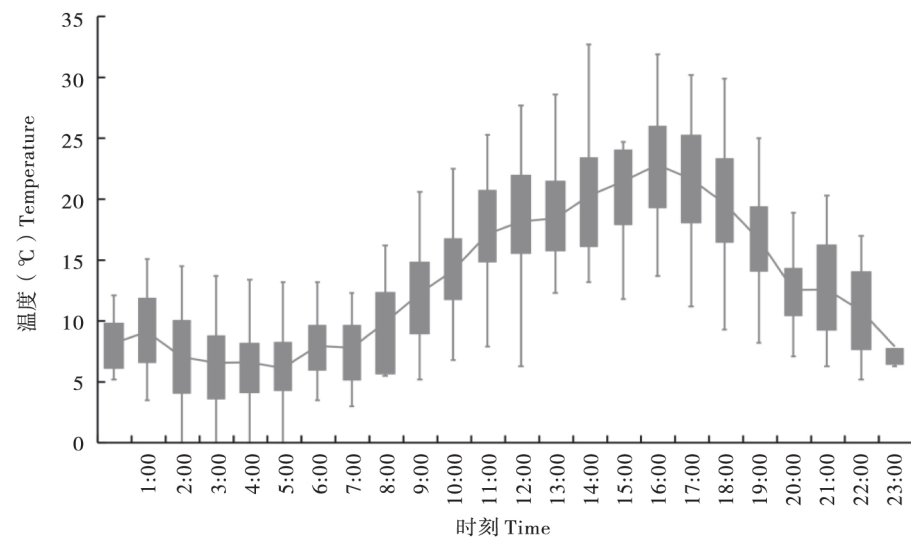


图 2 日温随时间变化特点

Fig. 2 Characteristics of daily temperature with time

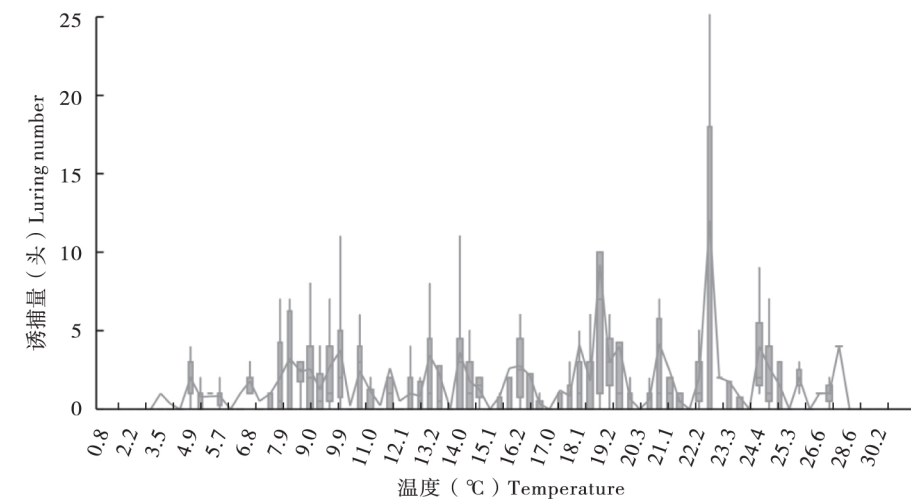


图 3 温度与梨小食心虫活动量的关系

Fig. 3 The activity number of oriental fruit moth with changing temperatures

2.2 梨小食心虫日活动规律与相对湿度的关系

环境中相对湿度随时间变化以 16:00 相对湿度最低, 其它时间段相对较高, 其中在 1:00 – 10:00 时段, 相对湿度变化较大 (图 4)。在 2% – 72% 的湿度范围内, 梨小食心虫均有活动行为, 其中在 3% – 31% 的湿度范围内, 梨小食心虫的活动量相对较高 (图 5)。Pearson 分析表明梨小食心虫的诱捕量和湿度之间无相关性 ($r = -0.128$, $P = 0.112$)。

2.3 梨小食心虫日活动规律与光照强度间关系

采集区日光照强度随时间变化明显, 以 12:00 – 13:00 时光照强度较高, 20:00 – 4:00 时光照强度

较低。同图 1 相比较, 光照强度变化与梨小食心虫的活动特点呈相反趋势, 光照强度最高和最低时几乎无活动 (11:00 – 14:00 和 22:00 – 0:00), 当光照强度从最高逐渐减弱或从最低逐渐增强时梨小食心虫活动量逐渐增大 (图 6)。对梨小食心虫的日活动量和光照强度进行 Pearson 相关分析表明梨小食心虫的活动量和光照强度呈负线性相关 ($r = -0.192$, 在 0.05 水平上, $P = 0.01$)。当光照强度为 200 – 100000 Lx 时, 梨小食心虫均有活动行为, 光照强度为 300 – 4000 Lx 时, 梨小食心虫的日活动量明显且集中 (图 7)。

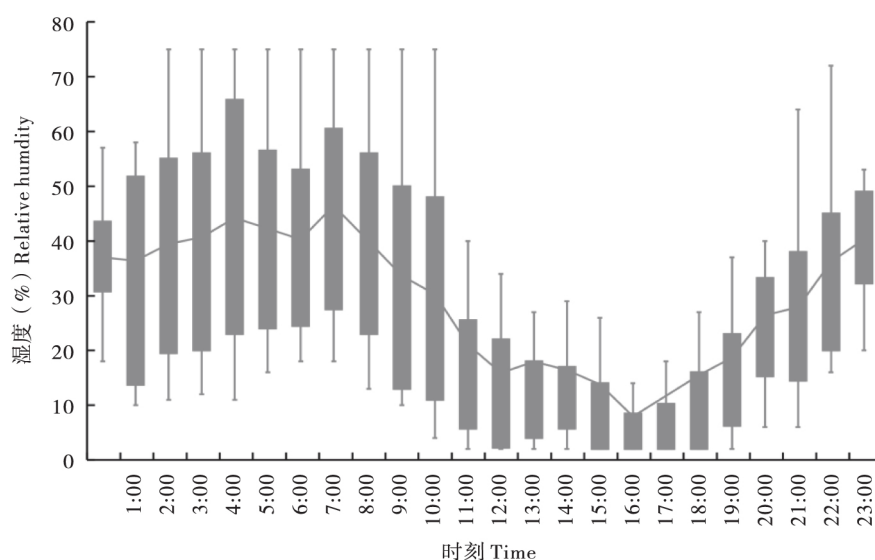


图 4 日相对湿度随时间变化特点

Fig. 4 Characteristics of daily relative humidity with time

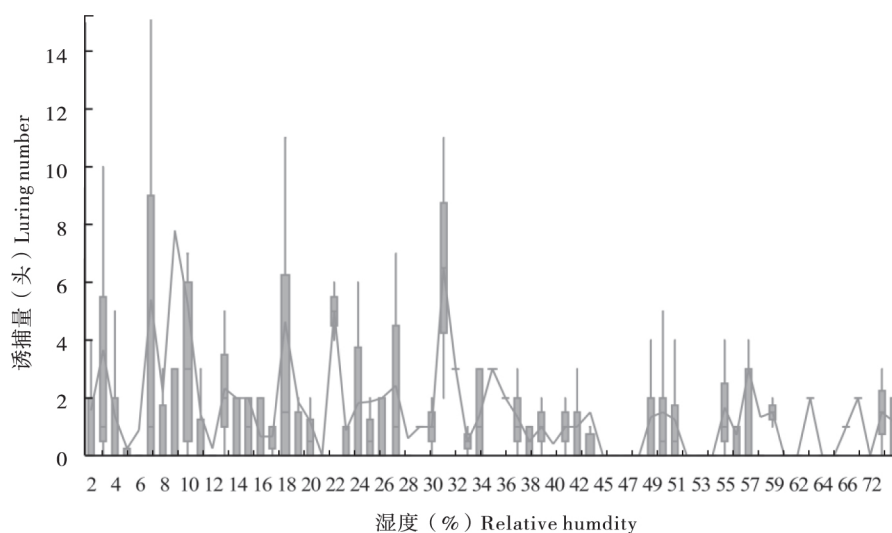


图 5 相对湿度与梨小食心虫的日活动量的关系

Fig. 5 The activity number of oriental fruit moth with changing relative humidity

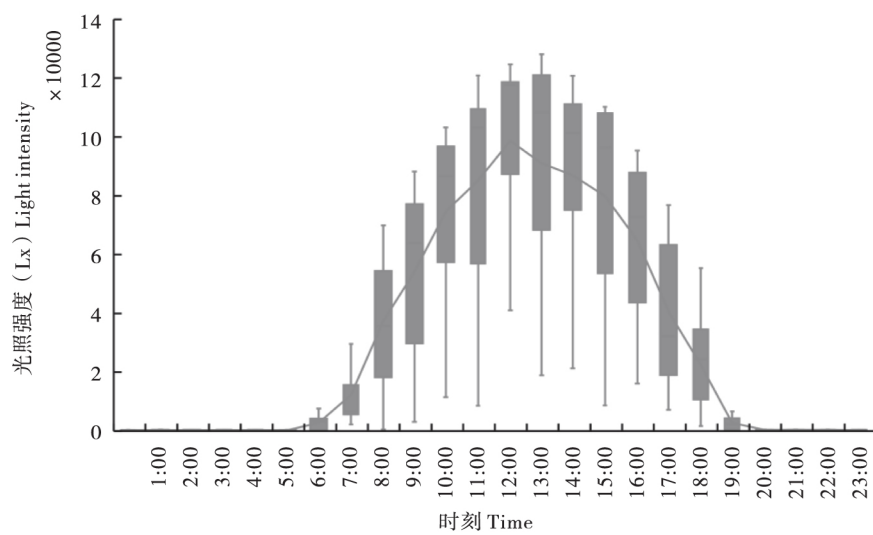


图6 日光照强度随时间变化特点
Fig. 6 Characteristics of daily light intensity with time

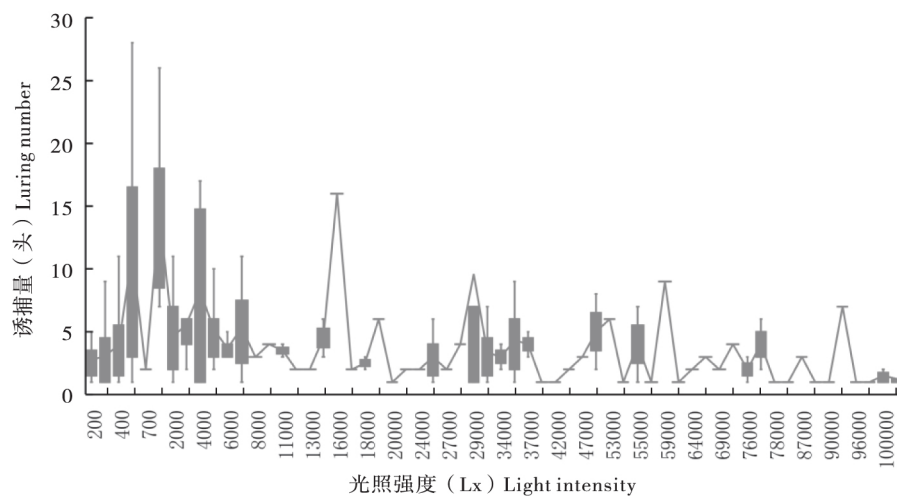


图7 梨小食心虫的日活动量与光照强度变化关系
Fig. 7 The activity number of oriental fruit moth with changing light intensity

3 结论与讨论

随互联网的飞速发展，农业与移动网络、物联网等信息通信技术的紧密结合，有关害虫的监测越来越自动化和智能化（赵静等，2010；张恩迪和张佳锐，2015）。这些监测设备以其省力、适时、准确反应监测对象等优点，而被越来越多的运用到研究当中（姜芳和曾碧翼，2013；闫真月等，2017；蒋天小等，2017）。本研究通过物联网自动监测系统实时监测了梨小食心虫在自然条件下的活动规律，以及影响梨小食心虫日活动规律的主要环境因子，对所采集的数据分析表明，梨小食心虫在自然条件下每日有 2 个活动峰期，第

1 个峰期出现在 6：00，第 2 个峰期出现在 19：00。环境中的温度、相对湿度、光照强度对梨小食心虫的日活动均有一定的影响作用，但以光照强度对梨小食心虫日活动影响最为明显，其次为温度和相对湿度。分析得出当环境的中温度 19℃ - 23℃、相对湿度 3% - 31%、光照强度 300 - 4000 Lx 时为梨小食心虫田间活动的适宜条件。

本研究与冉红凡等（2013）报道类似的是，梨小食心虫日活动有 2 个峰期，冉红凡指出梨小食心虫的主要活动时间为 19：00 - 3：00，其次在 7：00，但活动量较低，有可能是两者实验地域差异造成。但在其它梨小食心虫日活动规律的研究中，梨小食心虫日活动峰期只有 1 个，多出现在日落前后即 19：00 - 21：00（Gentry *et al.*，1975；

赵志国等, 2013)。孟宪佐 (1983) 通过调查梨小食心虫交配囊是否有精子, 张国辉和仵均祥 (2012) 室内试验观察均发现梨小食心虫主要在 17:00–19:00 进行交配活动。但从本实验田间监测结果和冉红凡等 (2013) 糖醋液诱集调查梨小食心虫 (雌雄兼诱) 日活动规律中发现, 梨小食心虫除 17:00–19:00 的活动高峰期外, 6:00–7:00 也出现梨小食心虫活动峰期。另在室内饲养中发现, 梨小食心虫除 17:00–19:00 交配峰期外, 6:00–7:00 也有交配行为 (未发表资料), 说明梨小食心虫每日有 2 个交配峰期, 主要交配峰期大约发生在 19:00, 其次发生在 6:00 左右。

本试验表明, 梨小食心虫在相对湿度 2%–72% 范围内有活动行为, 但以相对湿度在 3%–31% 范围内活动较为明显, 当空气相对湿度超过 72% 时, 监测不到梨小食心虫的活动。此结论与相关研究基本一致, 金立等 (2014) 指出, 降水明显影响梨小食心虫的发生, 降水越大, 虫口发生越少, 当相对湿度为 10%–20% 时, 梨小食心虫发生量明显提高。将空气相对湿度日变化同梨小食心虫日活动规律比较发现, 梨小食心虫活动最高峰期在 19:00 左右, 而空气相对湿度最低值出现在 16:00 左右, 两者重叠较少, 说明较低湿度条件有利于成虫活动, 但不是决定梨小食心虫活动变化的主要原因。

监测表明在 3.5℃–30℃ 温度范围内梨小食心虫有活动行为, 但以在 19℃–23℃ 温度范围内, 梨小食心虫活动量相对较高, 低温或太高温条件下梨小食心虫均无活动, 这与梨小食心虫对温度的适应范围一致, 成虫在 20℃–23℃ 温度范围内寿命最高, 当温度超过 29℃ 时, 成虫寿命明显降低 (杜娟等, 2009)。试验发现 4:00 后随着环境中的温度升高, 梨小食心虫开始活动并逐渐增多, 但随着环境温度的进一步升高 (适宜温度范围内), 梨小食心虫活动量并未表现出相似的变化局势, 表明温度虽然能够影响梨小食心虫的活动, 但不是影响其活动变化的主导因素。

对光照强度和梨小食心虫日活动量变化统计中发现, 梨小食心虫的日活动量同光照强度呈明显负相关, 光照强度的变化对其活动有明显的影响作用, 是影响梨小食心虫活动的主要环境因子。监测发现每日 6:00、19:00 左右, 环境中的光照强度变化均接近 300 Lx 左右 (弱光照), 梨小食心虫的活动也达到峰值, 此后, 当光照强度高于或

低 300 Lx, 梨小食心虫的活动量也随之减弱, 说明 300 Lx 左右的弱光条件是刺激梨小食心虫活动的主要环境信号。研究指出, 光期转入暗期前的几个小时是梨小食心虫成虫启动与外界信号交流的主要时期, 进而完成求偶、产卵等活动 (George, 1965; 张国辉和仵均祥, 2012)。通过本研究发现由光期转入暗期和暗期转入光期时, 均可启动梨小食心虫与外界信号的交流作用, 引发梨小食心虫的活动, 表明光期和暗期这种以光照强度 300 Lx 左右为界点的转化过程可能为启动梨小食心虫日活动的主要环境信号。综上, 本研究结果对于揭示梨小食心虫在自然条件下的活动规律具有一定的科学参考价值。

参考文献 (References)

- Chen MX, Luo YQ, Zhao CJ, *et al.* Research advance on *Grapholitha molesta* (Busck) [J]. *Northern Horticulture*, 2009, 8: 144–147. [陈梅香, 骆有庆, 赵春江, 等. 梨小食心虫研究进展 [J]. 北方园艺, 2009, 8: 144–147]
- Du J, Guo JT, Zhang YS, *et al.* Effect of temperature on development and reproduction of *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2009, 18 (6): 314–318. [杜娟, 郭建挺, 张亚素, 等. 温度对梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 生长发育及繁殖的影响 [J]. 西北农业学报, 2009, 18 (6): 314–318]
- Fan RJ, Liu ZF, Lu JJ, *et al.* Progress in the application of IPM to control the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (6): 1509–1513. [范仁俊, 刘中芳, 陆俊姣, 等. 我国梨小食心虫综合防治研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (6): 1509–1513]
- Gentry CR, Beroza M, Blythe JL. Pecan bud moth: Captures in Georgia in traps baited with the pheromone of the oriental fruit moth [J]. *Environmental Entomology*, 1975, 4 (2): 227–228.
- George JA. Sex pheromone of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *The Canadian Entomologist*, 1965, 97: 1002–1007.
- Hu ZL, Li HF. A preliminary report on the occurrence regularity of oriental fruit moth in peach orchard [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2010, 38 (6): 46–47, 54. [胡增丽, 李海芳. 桃园梨小食心虫发生规律研究初报 [J]. 山西农业科学, 2010, 38 (6): 46–47, 54]
- Jiang F, Zeng BY. Suggestions on the application and development of internet of things technology in facility agriculture [J]. *Agriculture Network Information*, 2013, 5: 10–12. [姜芳, 曾碧翼. 设施农业物联网技术的应用探讨与发展建议 [J]. 农业网络信息, 2013, 5: 10–12]
- Jiang TX, Lu ZM, Wang HP. Oviposition behavior and rhythm of the peach fruit borer *Carposina sasakii* Matsumura observed by infrared night vision technology [J]. *Plant Protection*, 2017, 43 (2): 50–

54. [蒋天小, 陆振明, 王洪平. 利用红外夜视技术观察桃小食心虫的产卵行为及产卵昼夜节律 [J]. 植物保护, 2017, 43 (2): 50-54]
- Jin L, Lin HF, Wang XL, et al. Effects of climatic condition of spring on the population dynamics of *Grapholitha molesta* (Busck) [J]. *Plant Protection*, 2014, 3: 169-173, 182. [金立, 林华峰, 王学良, 等. 春季气候条件对梨小食心虫发生的影响 [J]. 植物保护, 2014, 3: 169-173, 182]
- Li Y, Liao B, Wang RX, et al. Research of attractiveness of host-plant volatiles to the pregnant females of *Grapholitha molesta* (Busck) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (1): 132-137. [李逸, 廖波, 王瑞兴, 等. 寄主植物挥发物对梨小食心虫受孕雌虫的引诱作用初探 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (1): 132-137]
- Ma ZS, Jia YY, Wang YH, et al. Progress in occurrence regularity of oriental fruit moth in peach orchard [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi Research*, 2012, 24 (10): 59-61. [马之胜, 贾云云, 王越辉, 等. 桃园梨小食心虫发生规律研究进展 [J]. 江西农业学报, 2012, 24 (10): 59-61]
- Meng XZ, Wang YH. Study on the control of *Grapholitha molesta* (Busck) by sex pheromone trapping method [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 2: 167-171. [孟宪佐, 汪宜蕙. 用性信息素诱捕法防治梨小食心虫的研究 [J]. 生态学报, 1984, 2: 167-171]
- Ran HF, Lu ZY, Liu WX, et al. The sex ratio, circadian emergence rhythm and activity patterns of adult oriental fruit moth *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (6): 1524-1531. [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 等. 梨小食心虫成虫性比、日羽化节律及活动规律 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (6): 1524-1531]
- Wang YH, Ma ZS, Jia YY, et al. Advance in biological characteristics of oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi Research*, 2013, 25 (12): 75-77. [王越辉, 马之胜, 贾云云, 等. 梨小食心虫生物学特性的研究进展 [J]. 江西农业学报, 2013, 25 (12): 75-77]
- Yan ZY, Ren ZH, Cheng X. Design of monitoring system of greenhouse LED insecticide based on the internet of things [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2017, 40 (1): 102-105. [闫真月, 任振辉, 程雪. 基于物联网的温室 LED 杀虫监测系统的设计 [J]. 河北农业大学学报, 2017, 40 (1): 102-105]
- Zhang ED, Zhang JR. Intelligent monitoring system for agricultural pests based on internet of things [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2015, 5: 229-234. [张恩迪, 张佳锐. 基于物联网的农业虫害智能监控系统 [J]. 农机化研究, 2015, 5: 229-234]
- Zhang GH, Wu JX. Behavioral rhythms of the oriental fruit moth *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Journal of Northwest A & F University (Nature Science Edition)*, 2012, 40 (12): 131-135. [张国辉, 仵均祥. 梨小食心虫成虫行为节律研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2012, 40 (12): 131-135]
- Zhao J, Wang Y, Yang M, et al. IOT application in agricultural pest disasters [J]. *Communications Technology*, 2010, 43 (11): 49-51. [赵静, 王岩, 杨森, 等. 物联网在农业病虫害中的应用 [J]. 通信技术, 2010, 43 (11): 49-51]
- Zhao ZG, Gao LH, Yang HJ, et al. Research on mating timing rhythm of oriental fruit moth monitored by sex pheromone lure [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2013, 41 (4): 366-368. [赵志国, 高丽华, 杨慧娟, 等. 梨小食心虫性诱芯监测成虫交配时节律研究 [J]. 山西农业科学, 2013, 41 (4): 366-368]
- Zhu GR, Wang XW, Fang WC, et al. Occurrence regularity of oriental fruit moth and its taxis to different catchers' applied in peach orchard [J]. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31 (2): 282-287. [朱更瑞, 王新卫, 方伟超, 等. 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 [J]. 果树学报, 2014, 31 (2): 282-287]