

桃潜叶蛾生物学特性及防治研究进展

孙媛¹, 蓝陈仪航¹, 章振¹, 沈志杰¹, 刘涛², 邓建宇¹

(1. 浙江农林大学 现代农学院, 浙江 杭州 311300; 2. 杭州市原种场, 浙江 杭州 311115)

摘要: 回顾和总结了近年来国内外对于桃潜叶蛾 *Lyonetia clerkella* 的防治技术研究与应用取得的主要成果。长期以来, 化学防治作为主要的防控措施, 被广泛应用于桃潜叶蛾防治中, 但大量过度使用农药, 已经导致桃潜叶蛾抗药性增加、环境污染及杀伤天敌等问题, 因此, 利用其他可持续防控措施来减少化学农药的使用是非常必要的。本研究对桃潜叶蛾的生物学特性、生态学及防控技术进展进行了总结, 重点总结了目前在农业、生态、生物、物理及农药防治方面的进展, 以及影响防治效果的因素, 并比较了国内外防治方法的差异。对于桃潜叶蛾防控技术的研究与推广, 应在农业防治的基础上, 加强生物、生态防控技术和物理防控装备的研究, 特别是要开发桃潜叶蛾与果园其他主要害虫的复合迷向剂, 防治果园多种害虫。同时, 开发桃潜叶蛾专用型发光二极管诱虫灯, 降低化学防治的副作用, 达到保护生物多样性, 保障社会、经济、生态效益的目的。表1参60

关键词: 桃潜叶蛾; 生物学特性; 综合治理; 生态防控; 性信息素

中图分类号: S763.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2022)03-0687-08

Advances in biological characteristics and control of *Lyonetia clerkella*

SUN Yuan¹, LAN Chenyihang¹, ZHANG Zhen¹, SHEN Zhijie¹, LIU Tao², DENG Jianyu¹

(1. College of Advanced Agricultural Sciences, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China;
2. Hangzhou Raw Seed Growing Farm, Hangzhou 311115, Zhejiang, China)

Abstract: The research and application of control technology of *Lyonetia clerkella* at home and abroad in recent years were reviewed and summarized in this paper. Chemical control, as the main control measure, has been widely used in the control of *L. clerkella*, but excessive use of pesticides has led to the increase of insecticide resistance, environmental pollution and killing of natural enemies. Therefore, it is necessary to utilize other sustainable control measures to reduce the use of chemical pesticides. In this paper, the biological characteristics, ecology and control technology progress of *L. clerkella* were summarized, and the new research direction was prospected. The progress in agriculture, ecology, biology, physics and pesticide control, as well as the factors affecting the control effect were summarized, and the differences of control methods at home and abroad were compared. For research and promotion of prevention and control technology of *L. clerkella*, besides agricultural prevention and control, the research and application of biological and ecological prevention and control technology, as well as physical prevention and control equipment should be emphasized, in particular, the development of multiple-species mating disruptants for *L. clerkella* and other main pests to simultaneously control a variety of pests in orchards. At the same time, special LED trapping lamp for *L. clerkella* should be developed to reduce the side effects of chemical control, so as to protect biodiversity and

收稿日期: 2021-07-25; 修回日期: 2022-02-18

基金项目: 杭州市农业和社会发展科研主动设计项目(20180416A03)

作者简介: 孙媛 (ORCID: 0000-0002-9460-9188), 从事农业有害生物综合防控研究。E-mail: 515533894@qq.com。

通信作者: 邓建宇 (ORCID: 0000-0002-7137-6705), 副教授, 博士, 从事有害生物综合治理研究。

E-mail: jydeng70@aliyun.com

ensure social, economic and ecological benefits. [Ch, 1 tab. 60 ref.]

Key words: *Lyonetia clerkella*; biological characteristics; integrated pest management; ecological prevention and control; sex pheromone

桃潜叶蛾 *Lyonetia clerkella* 属鳞翅目 Lepidoptera 潜叶蛾科 Lyonetiidae, 又名桃叶潜蛾、吊丝虫, 是桃树的主要害虫之一。其主要寄主是桃 *Prunus persica*, 其次是李 *P. salicina*、杏 *Armeniaca vulgaris*、樱桃 *Cerasus pseudocerasus*、苹果 *Malus domestica*、梨 *Pyrus* spp. 和山楂 *Crataegus pinnatifida* 等蔷薇科 Rosaceae 核果类果树的叶片, 在中国北京、山东、山西、云南等地均有分布^[1-2], 韩国、日本等也均有发生。近年来, 在中国浙江省杭州市发生较为严重, 果树生态效益及经济效益大为降低。被桃潜叶蛾为害的叶片破碎并从果树上提前脱落。在受害严重的果园里, 7月桃树大量落叶, 8月叶片基本落光, 造成树势衰弱, 果实产量和品质下降, 甚至造成果园绝产, 经济损失巨大^[3]。桃潜叶蛾在桃树上的分布以上层为主, 其次中层, 下层分布最少^[4]。日本已于20世纪70年代末开展对桃潜叶蛾生态学及生物学特性的研究。自1984年该虫的性信息素组分被分离和鉴定出后, 中国、日本、韩国等均进行了性诱剂的相关研究。随着桃潜叶蛾为害程度的加重及发生面积的扩大, 自1991年开始中国相关研究日益增多^[5]。本研究主要对桃潜叶蛾的生物学特性、发生规律及防治方法进行了综述, 旨在为今后该虫的可持续防治提供参考。

1 桃潜叶蛾的生物学特性

1.1 各虫态特征

桃潜叶蛾为完全变态昆虫, 一生经历卵、幼虫、蛹和成虫4个时期。卵: 乳白色扁椭圆形(0.33~0.36 mm), 孵化前变为褐色, 壳薄且软^[1], 散产于叶背, 卵期5~6 d。幼虫: 念珠形(6.0~6.5 mm), 胸淡绿色, 头淡褐色, 有黑褐色胸足3对, 幼虫期8~12 d。蛹: 乳白色(3~4 mm), 腹部末端有2个圆锥形突起, 其顶端各有2根毛, 蛹期7~10 d。茧: 白色, 扁枣核型, 2侧有长丝黏附于叶背或枝干表皮。成虫: 体长3~4 mm, 翅展6~10 mm。分为夏型和冬型2种生物型, 夏型成虫银白色, 表面光泽, 具白色狭长前翅, 近端部有一长卵圆形边缘褐色的黄色斑, 斑外侧有4对斜形的褐色纹, 翅尖端有1个黑斑, 后翅灰黑色, 披针形。冬型成虫前翅前缘基半部有黑色波状斑纹, 其他同夏型。成虫期6~8 d, 越冬代150 d以上^[1-3]。

1.2 生活史

国内外对桃潜叶蛾的年发生世代数已有研究记录。桃潜叶蛾在中国的发生规律已基本明确, 不同地区发生代数不同, 自北向南1 a发生4~7代(表1)^[5-9]。桃潜叶蛾主要以冬型成虫在落叶、杂草和树皮缝隙中越冬, 少数以蛹在被害叶片上结白色丝茧越冬, 这部分越冬蛹死亡率达13.9%~16.4%^[10]。各地越冬成虫出蛰时间不尽相同, 但基本在第2年桃树萌芽时开始出蛰, 桃树展叶后开始产卵。该虫一般在7—8月随着气温升高, 湿度增加, 繁殖速度加快, 种群数量激增, 导致桃树被害严重, 提前落叶。在韩国京畿道, 桃潜叶蛾1 a发生7代, 发生历时长达7个月^[11]。在日本发生亦较为普遍, 因各地区气温不同而有差异, 自北向南1 a发生5~9代(表1)^[12-17]。

1.3 生活习性

1.3.1 产卵及取食习性 桃潜叶蛾雌成虫交尾2~3 d后产卵, 用产卵器将叶背表皮刺破, 将卵产在刚展叶的嫩叶叶肉组织内, 单粒散产, 1个孔只产卵1粒。成虫产卵以幼嫩叶片为主, 随着新梢生长, 受害叶片逐渐上移。卵在叶肉组织内孵化, 孵化后直接潜在叶肉内取食, 并将粪便排泄其中, 叶片外表可见弯曲虫道。初龄幼虫虫道较细, 随着龄期增加虫道变粗。老熟幼虫从虫道末端咬破表皮爬出, 吐丝下垂, 在叶片背面结茧化蛹, 有的在地面杂草作茧化蛹。

1.3.2 交尾习性 在中国北京平谷地区, 当年11月中旬, 平均气温6.5℃以下, 桃潜叶蛾成虫潜伏越冬; 次年3月上中旬, 天气晴朗, 风力不大, 平均气温5.5℃以上时, 成虫出蛰活动。冬型成虫交尾多在7:00后开始, 平均交尾时间约5 h 12 min。夏型成虫多在叶背栖息, 少量在叶面及枝干上。夏型成虫

表 1 国内外不同地区桃潜叶蛾各代成虫发生期

Table 1 Occurrence period of *L. clerkella* adults in different regions of China, Japan and ROK

地区	发生代数/代	第1代	第2代	第3代	第4代	第5代	第6代	第7代	第8代	越冬代
辽宁大连	6	5月末至6月上旬	7月上旬	8月上旬	8月末至9月上中旬	9月末				10月末
山西晋中	5~6	5月下旬	6月下旬	7月下旬	8月下旬	9月中下旬				10月下旬
浙江奉化	7	4月中旬	5月中旬	6月中旬	7月中旬	8月下旬	9月下旬			10月下旬
北京平谷	6	5月上中旬	6月中旬至7月上旬	7月中旬	8月上旬	8月下旬				9月下旬
中国 河北昌黎	6~7	5月上中旬	6月中旬	7月上旬	8月上旬	9月上旬	9月底			10月中旬
山东烟台	4	5月中下旬	6月下旬	8月上旬						10月初
甘肃秦安	5~6	4月下旬至5月上旬	6月中旬	7月中旬	8月中下旬	9月上中旬				10月初
四川绵阳	7	4月下旬	5月下旬	6月下旬	7月中下旬	8月中旬	9月末			10月末
新疆小海子垦区	6	5月中旬至6月中旬	6月中旬至7月下旬	7月下旬至8月上旬	9月上旬至10月上旬	10月上旬至10月下旬				11月初
山形	7	5月上旬	6月下旬	7月中旬	8月上旬	8月下旬	9月下旬			10月末
日本 茨城	8	4月下旬	5月下旬	6月下旬	7月中旬	8月上旬	8月末	9月下旬		10月下旬
鹿儿岛	9	5月上旬	6月上旬	7月初	7月中旬	8月初	8月中旬	9月上旬	9月下旬	10月末
韩国 京畿道	7~8	4月中旬	5月上旬	5月末	6月末	7月末	8月末	9月中旬		10月初

说明: 中国辽宁大连、河北昌黎、四川绵阳为盛发期, 其他地区为发生期

交尾多在 6:00—9:00, 交尾时间约 11~24 min^[18]。

1.3.3 趋光性及趋化性 桃潜叶蛾成虫有较强的趋光性, 对黑光灯、白炽灯均有较强的趋性, 黑光灯诱蛾量最多可达 2600 头·d⁻¹。成虫具迁移能力, 距离可达 500 m 以上。夏型成虫可转移为害, 可从受害重的桃园转移到受害较轻的桃园继续为害^[18]。越冬代成虫对糖醋液趋性较强, 出蛰后有强烈的补充营养习性。3 月中旬设置食诱剂可诱杀大量成虫^[19]。

2 桃潜叶蛾的综合防治

2.1 农业防治

农业防治主要是恶化害虫的生存、繁殖环境, 调节有益和有害生物的比例, 压低虫害的发生基数, 控制其繁殖和危害。对于桃潜叶蛾, 冬季要实施清园, 集中销毁果园内落叶、杂草, 可消灭越冬成虫和蛹, 减少虫源。除此之外, 桃园附近不放置草堆、树枝垛, 以免招致成虫在内越冬。受害较重的桃园, 冬季要加强对病虫枝、伤残枝的剪除。刮除老树皮, 尤其刮除有该虫越冬迹象的部位。刮后涂刷石硫合剂浆液, 刮除的树皮集中处理^[18]。

2.2 生物防治

生物防治就是最大限度地发挥有害生物的生物控制因子作用, 达到各种生物自然平衡的状态^[20]。目前, 主要应用性信息素、天敌昆虫、真菌等防治桃潜叶蛾。

2.2.1 利用性信息素进行监测与防治 性信息素是雌蛾性腺体分泌的微量化学物质, 将其分离、鉴定并人工合成后可用于生物防治, 干扰雌雄交配, 有效降低下一代虫口数量, 并且昆虫对此不会产生抗性, 是一种可持续发展的防治技术。在生产实践上, 利用性信息素可监测桃潜叶蛾的发生动态, 确定田间防治的最佳时期, 避免虫量基数过大导致后期难以控制。

桃潜叶蛾的性信息素组分已被分离和鉴定并用于田间试验。1984 年, SUGIE 等^[21] 鉴定出桃潜叶蛾性信息素的化学组成为 14-甲基-1-十八碳烯 (14-methyl-1-octadecene)。通过田间生物活性测定合成的 14-甲基-1-十八碳烯和从桃潜叶蛾未交配雌蛾性腺体中分离的粗提取物具有同样的生物活性。由于 14-甲基-1-十八碳烯中连接甲基支链的 14 号碳是手性中心, 因此, 1985 年, SATO 等^[22] 对光学纯的 14-甲基-1-十八碳烯与生物活性的关系进行了研究, 合成了 (R)、(S)-14-甲基-1-十八碳烯, 通过田间生物活性测定, 证明 (S)-14-甲基-1-十八碳烯的生物活性大约是 (R)-14-甲基-1-十八碳烯的 50 倍。1986 年, SATO 等^[23]

最终证明在 14-甲基-1-十八碳烯的 2 个旋光异构体中, 只有 (S)-14-甲基-1-十八碳烯具有生物活性。自桃潜叶蛾性信息素组分被鉴定以来, 国内外进行种群动态监测及早期防控的研究已屡见不鲜^[24-26]。在中国各个发生区, 已有大量试验工作者先后在甘肃、四川、河北等地进行发生动态的监测研究。陈孝兰等^[27]通过田间监测得出: 在四川成都, 桃潜叶蛾 1 a 发生 7~8 代, 16~30 d 完成 1 代。6—9 月雨水集中, 利于成虫羽化。在当地桃潜叶蛾发生初期即 3 月中下旬应开始悬挂诱捕器进行防治, 将害虫密度控制在低发生量内。郝宝锋^[28]在河北唐山监测到, 桃潜叶蛾 1 a 发生 5 代, 第 3、4、5 代即 7 月下旬、8 月中下旬和 9 月上中旬为害较重, 应于第 1 代成虫发生期即 5 月上旬开始利用性诱剂进行早期防治。利用性诱剂明确桃潜叶蛾的年发生动态, 并对其进行适时防控可有效降低年发生量。

性诱剂作为生产上常用的生物防治措施, 只有将其最大化利用, 才能达到高效的防治效果。国内外已有研究表明: 诱芯剂剂量、诱捕器类型、诱芯颜色等均能影响性诱剂的诱捕效果。陈玉琴等^[29]进行了不同剂量 (0.25、0.50、1.00 mg) 和不同颜色 (红色、绿色) 的诱芯对桃潜叶蛾的诱捕效果试验, 结果表明: 1.00 mg 剂量的诱芯活性最高, 红色诱芯的诱蛾效果优于绿色。YANG 等^[11]在韩国也进行了不同剂量性信息素 (0.1、0.5 和 1.0 mg) 对桃潜叶蛾的诱捕效果试验, 研究表明: 剂量为 1.0 mg 的性诱剂诱蛾效果最好, 但与 0.5 mg 相比没有显著差异。出于对成本的考虑, 生产上推荐使用 0.5 mg 的性诱剂作为桃潜叶蛾的预测预报和早期防治。除此之外, 诱捕器类型也是影响诱捕效果的重要因素之一。陈孝兰等^[27]利用 3 种诱捕器 (三角形诱捕器、船式诱捕器、白色黏板诱捕器) 分别进行了田间试验, 得出船式诱捕器诱蛾效果最好, 分别是白色黏板诱捕器和三角形诱捕器的 9.18 和 2.79 倍。只有将影响性信息素诱蛾效果的因素全部考虑在内, 并加以组合, 才能最大地发挥生物防治效果。

高剂量的性信息素在桃园中对桃潜叶蛾会产生迷向防治的效果。ARAKAWA 等^[30]研究表明: 经过迷向处理后的桃园与对照相比, 能达到 88%~100% 的迷向率, 且枝条被害数显著降低。由于昆虫性信息素具活性高、特异性强、使用简便、不污染环境、不伤天敌等优点, 因此从食品安全和保护环境的角度出发, 采用性信息素对害虫进行综合管理是可行的, 也是未来可持续防治的一个重要方向^[31]。

2.2.2 天敌防治 天敌的保护和利用是生物防治的重要部分, 天敌包括捕食性天敌和寄生性天敌等。在田间大量放养人工饲养后的天敌, 或将天敌固定在田间, 均可将害虫密度控制在低水平上^[20]。

桃潜叶蛾幼虫寄生性天敌有膜翅目 Hymenoptera 姬小蜂科 Eulophidae, 捕食性天敌有脉翅目 Neuroptera 草蛉属 *Chrysopa* 幼虫等, 姬小蜂科天敌寄生率可达 36.6%。桃潜叶蛾蛹天敌有膜翅目茧蜂科 Braconidae、草蛉成虫, 但寄生、捕食率很低。7 月以后田间天敌开始增多, 必须加以保护, 尽量少用药或用选择性杀虫剂^[32]。桃园地表覆盖苜蓿 *Medicago sativa* 作物有利于捕食性天敌的繁殖, 可降低桃潜叶蛾密度, 减少农药使用^[33]。天敌种类和寄主密度均能影响寄生效果。RATHER 等^[34]进行了 10 种姬小蜂 (*Achrysocharoides* sp.、*Baryscapus* sp.、*Chrysocharis* sp.、*Chrysonotomyia* sp.、*Closterocerus* sp.、*Minotetrastichus* sp.、*Pnigalio* sp.、*Quadrastichus* sp.、*Stenomeres* sp. 和 *Sympiesis* sp.) 对桃潜叶蛾幼虫的寄生率试验, 结果表明: *Chrysocharis* sp. 的寄生率最高, 为 47.8%, 是次高 *Chrysonotomyia* sp. 的 2.5 倍。ADACHI^[35]在日本茨城进行了不同寄主密度下桃潜叶蛾幼虫天敌寄生率的试验: 在施用杀虫剂和未施杀虫剂的果园中, 天敌的年寄生率分别约 9.0% 和 19.0%。可见, 天敌寄生率随着寄主密度的增加而提高。

2.2.3 真菌防治 毒蕈是对人和动物有毒的、不能直接食用的大型真菌, 是有毒蘑菇的总称。自然界存在的很多毒蕈对某些昆虫有明显的抑制或毒性作用, 可以将其用于农作物的生物防治^[36-38]。已有文献记载: 毒蕈对桃潜叶蛾幼虫、蛹及成虫具有抑制作用。杨永红等^[39]利用 4 种毒蕈 (稀褶黑菇 *Russula nigricans*、黄粉牛肝 *Pulveroboletus rave*、毒伞 *Amanita phalloides* 和硫磺菌 *Tyromyces sulphureus*) 进行了室内试验。结果表明: 4 种毒蕈对桃潜叶蛾幼虫均有抑制作用; 对蛹的羽化无明显影响, 喷施后羽化率均在 90% 以上; 稀褶黑菇、黄粉牛肝、毒伞对成虫也有一定的诱杀效果, 将其喷于黏板上与对照相比, 可显著增加诱蛾量。室内试验表明: 某些毒蕈对桃潜叶蛾的幼虫具有趋避、拒食作用, 对成虫具有引诱作用。

2.3 物理防治

桃潜叶蛾成虫群集飞行, 有趋光性, 灯光诱杀效果显著。用黑光灯诱杀成虫, 放置 30~

45 个·hm⁻², 每晚可诱杀成虫 750~1 500 头。在中国北京地区, 成虫出蛰中后期对黑光灯表现出强烈趋性, 诱杀数高于食诱剂和性诱剂。

2.4 药剂防治

中国耕地面积只有全世界的 8%, 但化学农药用量却占全球 35%, 为世界第 1 位。每年使用的化学农药高达 100 多万 t。尽管化学农药的施用确保了农作物的丰产丰收, 但不当使用引起的环境污染、农药残留超标等问题, 迫使科研人员积极研发环境友好型农药^[40]。对于桃潜叶蛾的防治, 也迫切需要实现从化学农药向生物农药的转变。

自 20 世纪 90 年代以来, 已有试验表明: 2.5% 功夫菊酯 2 500 倍液^[41]、1.0% 甲维盐 3 000 倍液^[25]、灭幼脲 3 号 1 500 倍液^[42]、天然除虫菊素 1 500 倍液^[43]、0.3% 印楝素 1 000 倍液^[44] 等农药对桃潜叶蛾的防效较佳。在有机桃园中应将天然除虫菊素与印楝素等生物农药作为首选药剂。

利用农药防治桃潜叶蛾需注意施药时间、药剂种类和施药次数等。在第 1 代幼虫初孵化期施药, 能有效控制后代虫口密度, 并且应以施用高效低毒、低残留农药为主, 如 1.0% 甲维盐 3 000 倍液、0.3% 印楝素 1 000 倍液等。

3 展望

从桃潜叶蛾发生至今, 国内侧重于研究影响性诱剂诱捕效果因素和不同药剂对桃潜叶蛾防治效果^[45], 国外则侧重研究生物防治中的不同种类天敌对桃潜叶蛾的防治效果、天敌寄生率及寄主密度与寄主世代之间的关系^[46-48]。

由于不同地区气候、地势存在差异, 故桃潜叶蛾发生规律各有不同。各地果园应将害虫监测预警贯彻于整个生产过程中, 及时掌握桃潜叶蛾的发生动态, 明确其发生规律对高效长远综合防控的重要指导意义^[27-28]。应坚持“预防为主, 综合防治”的方针, 桃潜叶蛾早期零星发生时, 应及时利用食诱剂、性诱剂等环境友好型防治措施降低种群密度, 减少后期为害, 避免其暴发后大量投入化学农药^[19]。除此之外, 在桃树种植及养护过程中可适当增加开花植物的覆盖, 如苜蓿以条带形式种于桃树行间, 既有利于桃潜叶蛾天敌的繁殖, 降低害虫种群数量, 又提高了园区的观赏效果^[33]。在天敌种类丰富的果园, 应充分利用天敌优势, 不施杀伤天敌的农药, 保护生物多样性, 或将桃潜叶蛾优势天敌引种、繁殖, 抑制其幼虫和蛹的发育, 从而降低虫口密度^[34]。必要时, 可施以适量的植物源农药如天然除虫菊素、印楝素或低毒、仿生类农药如灭幼脲。选择的农药不再着重于快速杀死桃潜叶蛾, 而是使其不再取食或减少取食, 生长发育受到抑制^[49-53]。除了利用性诱剂大量诱捕防治桃潜叶蛾外, 由于安全、高效、环保等优点, 国内外都将性信息素干扰技术作为果树害虫防治的核心技术^[54-59]。因此, 今后有必要开发桃潜叶蛾迷向剂, 特别研制桃潜叶蛾与果园其他主要害虫梨小食心虫 *Grapholitha molesta* 的复合迷向剂, 能同时防治果园多种害虫。近年来, 灯光诱杀防治已成为害虫综合治理中的一项重要措施。发光二极管可发出光波较窄的单色光, 能显著减少对非靶标生物的影响^[60]。昆虫对不同波长的发光二极管光源有不同的趋性。基于桃潜叶蛾具有较强的趋光性, 其专用型发光二极管诱虫灯亟待开发。总之, 对于桃潜叶蛾防控, 应在农业防治的基础上, 综合应用生物防治和物理防治方法, 降低化学防治的副作用, 达到保护生物多样性, 保障社会、经济、生态效益的目的。

4 参考文献

- [1] 孔维娜, 李捷, 赵飞. 我国桃潜叶蛾的发生与防治[J]. 山西农业科学, 2007, 35(11): 39-40.
KONG Weina, LI Jie, ZHAO Fei. Occurrence and control of *Lyonetia clerkella* L. in China [J]. *J Shanxi Agric Sci*, 2007, 35(11): 39-40.
- [2] 于伟红, 赵廷武. 桃潜叶蛾的危害及防治[J]. 植物医生, 2001, 14(4): 32.
YU Weihong, ZHAO Tingwu. Harm and control of peach leafminer [J]. *Plant Doct*, 2001, 14(4): 32.
- [3] 刘永琴, 叶洪太, 任南婷. 桃潜叶蛾对桃树的为害及其防治[J]. 中国南方果树, 2009, 38(3): 55-56.
LIU Yongqin, YE Hongtai, REN Nanting. Damage of peach leafminer moth to peach trees and its control [J]. *South China Fruits*, 2009, 38(3): 55-56.

- [4] 周洪旭,董立忠,隋忠梅,等. 苹小卷叶蛾和桃潜叶蛾在桃园中的发生规律[J]. 莱阳农学院学报, 2005, 22(3): 181 – 183.
ZHOU Hongxu, DONG Lizhong, SUI Zhongmei, *et al.* Dynamics of *Adoxophyes orana* and *Lyonetia clerkella* in the peach garden [J]. *J Laiyang Agric Coll*, 2005, 22(3): 181 – 183.
- [5] 胡长效,苏新林. 国内桃潜叶蛾发生及防治研究进展[J]. 林业科技开发, 2002, 16(6): 6 – 8.
HU Changxiao, SU Xinlin. Research advance on the occurrence and control of *Lyonetia clerkella* in China [J]. *China For Sci Technol*, 2002, 16(6): 6 – 8.
- [6] 王少慧. 桃潜叶蛾的生物学特性及综合防治[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(3): 202 – 202.
WANG Shaohui. Biological characteristics of the peach leafminer and its integrated control [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2009, 15(3): 202 – 202.
- [7] 刘英智. 山东烟台地区桃潜叶蛾成虫发生规律研究[J]. 中国果树, 2011(4): 41 – 43, 47.
LIU Yingzhi. A study on the occurrence regularity of the adult of the peach leafminer in Yantai, Shandong Province [J]. *China Fruit*, 2011(4): 41 – 43, 47.
- [8] 蔡志平,彭延,张栋海,等. 桃潜叶蛾在小海子垦区的生活史及发生规律研究[J]. 新疆农垦科技, 2012, 22(7): 28 – 29.
CAI Zhiping, PENG Yan, ZHANG Donghai, *et al.* The life history and occurrence regularity of the peach leafminer in Xiaohaizi reclamation area [J]. *Xinjiang Farm Res Sci Technol*, 2012, 22(7): 28 – 29.
- [9] 安小梅. 桃潜叶蛾在秦安县的发生及防治[J]. 甘肃农业科技, 2009(7): 65 – 67.
AN Xiaomei. Occurrence and control of peach leafminer in Qin'an County [J]. *Gansu Agric Sci Technol*, 2009(7): 65 – 67.
- [10] 陈玉琴,李淑燕,吕义盛,等. 桃潜叶蛾发生规律及防治[J]. 中国果树, 1997(1): 43 – 44.
CHEN Yuqin, LI Shuyan, LÜ Yisheng, *et al.* Occurrence and control of the peach leafminer [J]. *China Fruit*, 1997(1): 43 – 44.
- [11] YANG C Y, JEON H Y, KIM D Y, *et al.* Sex pheromone and seasonal occurrence of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* [J]. *Korean J Appl Entomol*, 2006, 45(1): 25 – 30.
- [12] NARUSE H. Ecological studies on the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* L. (1) annual life cycle [J]. *Bull Toyama Agric Exp Stn*, 1978, 9: 19 – 29.
- [13] SHOJI T, UENO W. Ecological studies on the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* L. (5) life tables in the insecticide-unsprayed orchard of peaches [J]. *Annu Rep Soc Plant Prot North Jpn*, 1981, 32(5): 46 – 51.
- [14] FUJIWARA A. Seasonal fluctuations in abundance of the peach leafminer *Lyonetia clerkella* L., in Hiroshima Prefecture [J]. *Bull Hiroshima Fruit Tree Exp Stn*, 1978, 4: 23 – 27.
- [15] MIYAJI K. Seasonal prevalence of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* in Kagoshima Prefecture [J]. *Proc Assoc Plant Prot Kyushu*, 1991, 37: 198 – 200.
- [16] NARUSE H. Ecological studies on the peach leafminer *Lyonetia clerkella* L. in the peach field [J]. *Bull Toyama Agric Stn*, 1990, 6: 78 – 81.
- [17] SHOJI T. On the biology of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* L. in Yamagata Prefecture [J]. *Bull Yamagata Exp Stn*, 1982(1): 61 – 80.
- [18] 王合,贾建国,于小春,等. 桃潜叶蛾发生及防治技术研究[J]. 植保技术与推广, 1999, 19(4): 22 – 24.
WANG He, JIA Jianguo, YU Xiaochun, *et al.* Study on the occurrence and control techniques of *Lyonetia clerkella* Linnaeus [J]. *Plant Prot Technol Ext*, 1999, 19(4): 22 – 24.
- [19] 丁建云,郝海莉,于芝君. 北京郊区桃潜叶蛾成虫消长规律研究[J]. 应用昆虫学报, 2005, 42(4): 455 – 457.
DING Jianyun, HAO Haili, YU Zhijun. The research on rising regulation of *Lyonetia clerkella* adults in Beijing area [J]. *Chin Bull Entomol*, 2005, 42(4): 455 – 457.
- [20] 杨怀文. 我国农业害虫天敌昆虫利用 30 年回顾 (下篇)[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 603 – 612.
YANG Huaiwen. Review in utilization of insect natural enemies during the period from 1985 to 2015 in China (Part 2) [J]. *Chin J Biol Control*, 2015, 31(5): 603 – 612.
- [21] SUGIE H, TAMAKI Y, SATO R, *et al.* Sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* L. : isolation and identification [J]. *Appl Entomol Zool*, 1984, 19(3): 323 – 330.
- [22] SATO R, ABE N, SONNET P, *et al.* Biological activity of (R)- and (S)-14-methyl-1-octadecene, as the chiral component of the sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* L. (Lepidoptera: Lyonetiidae) [J]. *Appl Entomol Zool*, 1985, 20(4): 411 – 415.
- [23] SATO R, ABE N, SUGIE H, *et al.* Biological activity of the chiral sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia*

- clerkella* L. (Lepidoptera: Lyonetiidae) [J]. *Appl Entomol Zool*, 1986, **21**(3): 478 – 480.
- [24] 邵红兵, 张钟宪, 原方圆. 桃潜叶蛾性信息素研究进展[J]. *云南化工*, 2006, **33**(5): 41 – 46.
SHAO Hongbing, ZHANG Zhongxian, YUAN Fangyuan. Progress in research of sex pheromone of peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* Linnaeus [J]. *Yunnan Chem Technol*, 2006, **33**(5): 41 – 46.
- [25] 逯改霞. 桃潜叶蛾性诱测报与药剂防治试验[J]. *落叶果树*, 2014, **46**(5): 40 – 42.
LU Gaixia. Sex attractant monitoring and chemical control of peach leafminer [J]. *Deciduous Fruits*, 2014, **46**(5): 40 – 42.
- [26] GYOUTUKU Y, NAKAMOTO T, ISODA T. Control of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* L., using synthetic sex pheromone [J]. *Proc Assoc Plant Prot Kyushu*, 1997, **43**: 122 – 124.
- [27] 陈孝兰, 陈波, 李靖, 等. 桃潜叶蛾发生动态监测与不同诱捕器诱捕效果研究[J]. *安徽农业科学*, 2015, **43**(25): 89 – 91.
CHEN Xiaolan, CHEN Bo, LI Jing, et al. Occurrence dynamics detection of *Lyonetia clerkella* and trapping effect of different traps [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2015, **43**(25): 89 – 91.
- [28] 郝宝锋. 桃潜叶蛾成虫动态及发生世代研究[J]. *河北果树*, 2004(3): 10 – 11.
HAO Baofeng. Studies on the adult dynamics and generation of the peach leafminer [J]. *Hebei Fruits*, 2004(3): 10 – 11.
- [29] 陈玉琴, 李梅, 陈子花, 等. 桃潜叶蛾性信息素田间诱蛾活性试验[J]. *北方果树*, 1992(2): 20 – 21.
CHEN Yuqin, LI Mei, CHEN Zihua, et al. Study on the attractant activity of sex pheromone of peach leafminer in the field [J]. *Northern Fruits China*, 1992(2): 20 – 21.
- [30] ARAKAWA A, OKAZAKI K, ABE M, et al. Control of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella*(Linnaeus), by the multiple mating disruptor in peach orchards [J]. *Ann Rep Plant Prot North Jpn*, 2002, **53**: 293 – 296.
- [31] 向玉勇, 杨茂发. 昆虫性信息素研究应用进展[J]. *湖北农业科学*, 2006, **45**(2): 250 – 256.
XIANG Yuyong, YANG Maofa. Progress in research application of insect sex pheromone [J]. *Hubei Agric Sci*, 2006, **45**(2): 250 – 256.
- [32] 王惠玲, 谢玉琴. 桃树潜叶蛾生活习性及综合防治技术[J]. *甘肃林业*, 2014(1): 33 – 34.
WANG Huiling, XIE Yuqin. Living habits and comprehensive control techniques of peach leafminer [J]. *For Gansu*, 2014(1): 33 – 34.
- [33] DONG Jie, WU Xiaoyun, XU Changxin, et al. Evaluation of lucerne cover crop for improving biological control of *Lyonetia clerkella*(Lepidoptera: Lyonetiidae) by means of augmenting its predators in peach orchards [J]. *Great Lakes Entomol*, 2005, **38**(3/4): 186 – 200.
- [34] RATHER S U, BUHROO A A, KHANDAYA L. Occurrence of euplohid parasitoids on apple leafminer *Lyonetia clerkella* L. (Lepidoptera: Lyonetiidae) in Kashmir [J]. *Int J Entomol Res*, 2017, **2**(6): 39 – 43.
- [35] ADACHI I. Hymenopterous parasitoids of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella*(Linnaeus)(Lepidoptera: Lyonetiidae) [J]. *Appl Entomol Zool*, 1998, **33**(2): 299 – 304.
- [36] 孟国良, 李凤玲. 毒菌毒素及其应用价值[J]. *生物学杂志*, 1997, **14**(1): 28 – 29.
MENG Guoliang, LI Fengling. Toxins in toadstool and its application [J]. *J Biol*, 1997, **14**(1): 28 – 29.
- [37] 杜秀菊, 杜秀云. 毒蕈毒素及其应用[J]. *安徽农业科学*, 2010, **38**(13): 7172 – 7174.
DU Xiujun, DU Xiuyun. Mushroom toxins and present research of its utilization [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, **38**(13): 7172 – 7174.
- [38] 张富丽, 宁红, 张敏. 毒蕈的毒素及毒蕈的开发利用[J]. *云南农业大学学报*, 2004, **19**(3): 283 – 286, 344.
ZHANG Fuli, NING Hong, ZHANG Min. Toxins in toadstool and the exploitation and utilization of toadstool [J]. *J Yunnan Agric Univ*, 2004, **19**(3): 283 – 286, 344.
- [39] 杨永红, 黄琼, 孙新华, 等. 4种毒蕈对桃潜叶蛾的作用[J]. *中国生物防治*, 2000, **16**(4): 188 – 189.
YANG Yonghong, HUANG Qiong, SUN Xinhua, et al. The effect of four toadstools on peach miner [J]. *Chin J Biol Control*, 2000, **16**(4): 188 – 189.
- [40] 刘晓漫, 曹焯程, 王秋霞, 等. 我国生物农药的登记及推广应用现状[J]. *植物保护*, 2018, **44**(5): 101 – 107.
LIU Xiaoman, CAO Aocheng, WANG Qiuxia, et al. Current situation of bio-pesticide registration, extension and application in China [J]. *Plant Prot*, 2018, **44**(5): 101 – 107.
- [41] 章红升, 翟建中, 沈淦卿. 桃潜叶蛾的生物学特性及药剂防治研究[J]. *中国南方果树*, 1998, **27**(2): 45 – 45.
ZHANG Hongsheng, ZHAI Jianzhong, SHEN Ganqing. Biological characteristics and chemical control of peach leafminer [J]. *South China Fruits*, 1998, **27**(2): 45 – 45.
- [42] 王合, 贾建国, 刘学文, 等. 灭幼脲3号防治桃潜叶蛾试验[J]. *农业新技术*, 1998, **16**(4): 24 – 25.

- WANG He, JIA Jianguo, LIU Xuewen, *et al.* Experiment on the control of peach leafminer with chlorbenzuron [J]. *New Agricul Technol*, 1998, **16**(4): 24 – 25.
- [43] 李志朋. 有机桃生产中桃潜叶蛾药剂防治技术研究[J]. *中国植保导刊*, 2012, **32**(3): 46 – 47.
LI Zhipeng. Study on the chemical control technology of peach leafminer in organic peach production [J]. *China Plant Prot*, 2012, **32**(3): 46 – 47.
- [44] 庄素玲, 李首先, 张坤贞, 等. 2种生物农药对桃树害虫的防效试验[J]. *烟台果树*, 2005(3): 5 – 7.
ZHUANG Suling, LI Shouxian, ZHANG Kunzhen, *et al.* Experiment on control effect of two biological pesticides on peach pests [J]. *Yantai Fruits*, 2005(3): 5 – 7.
- [45] 杨永红, 黄琼, 徐文东. 5种杀虫剂对桃潜叶蛾的作用研究[J]. *中国南方果树*, 2000, **29**(2): 35 – 35.
YANG Yonghong, HUANG Qiong, XU Wendong. The control effect of 5 insecticides on the peach leafminer [J]. *South China Fruits*, 2000, **29**(2): 35 – 35.
- [46] ADACHI I. Evaluation of generational percent parasitism on *Lyonetia clerkella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) larvae in peach orchards under different management intensity [J]. *Appl Entomol Zool*, 2002, **37**(3): 347 – 355.
- [47] van DREICHERG. Meaning of “percent parasitism” in studies of insect parasitoids [J]. *Environ Entomol*, 1983, **12**(6): 1611 – 1622.
- [48] ARAKAWA A, OKAZAKI K. Hymenopterous parasitoids of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* (Linnaeus) in Fukushima prefecture [J]. *Ann Rep Soc Plant Prot North Jpn*, 1998, **49**: 170 – 172.
- [49] SONODA S, IZUMI Y, KOHARA Y, *et al.* Effects of pesticide practices on insect biodiversity in peach orchards [J]. *Appl Entomol Zool*, 2011, **46**(3): 335 – 342.
- [50] 刘奇志, 付占芳, 王玉柱, 等. 中国北方有机果园害虫防治建议[J]. *中国农学通报*, 2008, **24**(6): 296 – 300.
LIU Qizhi, FU Zhanfang, WANG Yuzhu, *et al.* Suggestion on insect pest control of organic orchards in northern China [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2008, **24**(6): 296 – 300.
- [51] 徐汉虹, 赖多, 张志祥. 植物源农药印楝素的研究与应用[J]. *华南农业大学学报*, 2017, **38**(4): 1 – 11, 133.
XU Hanhong, LAI Duo, ZHANG Zhixiang. Research and application of botanical pesticide azadirachtin [J]. *J South China Agric Univ*, 2017, **38**(4): 1 – 11, 133.
- [52] ISLAM M A. Pheromone use for insect control: present status and prospect in Bangladesh [J]. *Int J Agric Res, Innovation Technol*, 2012, **2**(1): 47 – 55.
- [53] JONES V P, UNRUH T R, HORTON D R, *et al.* Tree fruit IPM programs in the western United States: the challenge of enhancing biological control through intensive management [J]. *Pest Manage Sci*, 2009, **65**(12): 1305 – 1310.
- [54] HIGBEE B S, BURKS C S. Individual and additive effects of insecticide and mating disruption in integrated management of navel orangeworm in almonds [J]. *Insects*, 2021, **12**(2): 188 – 203.
- [55] RACHAEL M H, PETER L L, DAVID J R, *et al.* Combined effects of mating disruption, insecticides, and the sterile insect technique on *Cydia pomonella* in New Zealand [J]. *Insects*, 2020, **11**(12): 837 – 860.
- [56] WITZGALL P, KIRSCH P, CORK A. Sex pheromones and their impact on pest management [J]. *J Chem Ecol*, 2010, **36**(1): 80 – 100.
- [57] TREMATERRA P, COLACCI M. Recent advances in management by pheromones of thaumetopoea moths in urban parks and woodland recreational areas [J]. *Insects*, 2019, **10**(11): 395 – 408.
- [58] KONG Weina, WANG Yi, GUO Yongfu, *et al.* Effects of disruption of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) using sex pheromone on moth pests and insect communities in orchards [J]. *Appl Entomol Zool*, 2020, **55**(4): 367 – 377.
- [59] 吴甚妍, 沈志杰, 房明华, 等. 性信息素迷向丝在黄桃园梨小食心虫防控中的应用效果[J]. *中国植保导刊*, 2020, **40**(4): 52 – 54.
WU Shenyan, SHEN Zhijie, FANG Minghua, *et al.* Control effect of *Grapholita molesta* by using sex pheromone mating disruptor in yellow peach orchards [J]. *China Plant Prot*, 2020, **40**(4): 52 – 54.
- [60] KIM K N, HUANG Q Y, LEI C L. Advances in insect phototaxis and application to pest management: a review [J]. *Pest Manage Sci*, 2019, **75**(12): 3135 – 3143.