

陈炳旭, 董易之, 李文景, 全林发, 姚琼, 徐淑, 池艳艳. 荔枝主要害虫防治技术研究进展与综合治理体系构建 [J]. 广东农业科学, 2020, 47(11): 103-113.

荔枝主要害虫防治技术研究进展 与综合治理体系构建

陈炳旭, 董易之, 李文景, 全林发, 姚琼, 徐淑, 池艳艳

(广东省农业科学院植物保护研究所 / 广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要: 对近 30 年来国内外荔枝害虫防治技术研究情况进行全面总结和梳理: 监测预警技术主要用于对荔枝蒂蛀虫、荔枝蝽和鳞翅目食叶害虫防治适期的预测; 农业防治措施主要有间伐疏植、回缩修剪、严控冬梢、清理落果、果园生草和间种豆科作物等; 生物防治技术包括释放天敌昆虫和施用生物农药等。人工释放平腹小蜂防治荔枝蝽是目前荔枝上较为成功的“以虫治虫”例子, *B.t.* 和绿僵菌制剂等生物农药对荔枝鳞翅目食叶害虫低龄幼虫有一定的防效; 物理防治技术包括色诱、性诱、灯光诱杀和干扰等; 化学防治仍是目前防治荔枝害虫最重要的手段, 但正式登记的只有拟除虫菊酯类、有机磷类和除虫脲等药剂, 而防效更好的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺和噻虫胺等药剂尚有待登记。根据多年研究积累和实践经验, 提出在荔枝开花前和谢花后各施药 1 次以防治多种害虫为害或压低虫口基数; 释放平腹小蜂防治荔枝蝽以减少农药使用次数; 对于荔枝蒂蛀虫要贯彻“兼前-抓中-控后”和“成虫、卵和初孵幼虫一起杀”的防控策略, 在幼果期通过预测预报确定其防治适期可提高防效和减少施药次数; 果实及时采收、采后及时修剪, 保秋梢、控冬梢和冬季清园等措施都有助于压低虫口基数。

关键词: 荔枝害虫; 防治技术; 监测预警; 综合治理; 生物防治

中图分类号: S436.67+1

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2020)11-0103-11

Research Progress in Control Technique of Main Litchi Pests and Construction of IPM System

CHEN Bingxu, DONG Yizhi, LI Wenjing, QUAN Linfa, YAO Qiong, XU Shu, CHI Yanyan

(Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/

Guangdong Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The researches on litchi pest control technologies at home and abroad are comprehensively summarized. Monitoring and warning technology is mainly used to predict the appropriate period for control of *Conopomorpha sinensis*, *Tessaratoma papillosa* and lepidoptera leaf insect pest. Agricultural control measures mainly include thinning, pruning, winter shoots control, deciduous fruits clearing, raw grasses in orchards and interplanting leguminous crops, etc. Biological control technologies include the release of natural enemies and the application of biological pesticides, etc. The artificial release of *Anastatus japonicas* to control *T. papillosa* is a successful example of “controlling insect by insect” in litchi orchards at present. And *B.t.* and *Mearhizium anisopliae* formulation have certain control effect on low instar larvae of lepidoptera leaf insect pest. Physical control techniques include color inducement, pheromone lure, light trap or interference. At present, chemical control is still the most important method to control litchi pests, but only pyrethroids, organophosphates and diflubenzuron have been officially registered in China, while methylamabamectin benzoate, chloramphenicol benzamide and thiamethoxam, which are more effective, have not yet been registered. Based on years of research and practical experience, it is proposed that it is necessary to apply pesticides (chemical control) both before and after flowering to control various insect pests or reduce the initial population number; to release *Anastatus japonicas* for controlling *T. papillosa* to reduce pesticide use; The strategies for control of *C. sinensis* – “precaution, mid-grasping and post-controlling” and “killing the adult, the egg and the newly hatched larvae together” shall be implemented. In young fruit stage, it can improve the control effect and reduce the frequency of pesticide application by predicting the appropriate period

收稿日期: 2020-10-09

基金项目: 国家现代农业(荔枝龙眼)产业技术体系项目(CARS-32-12); 国家重点研发计划项目(2017YFD0202100)

作者简介: 陈炳旭(1962—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为果树害虫及其防治, E-mail: gzchenbx@163.com

of prevention and control. Measures such as timely harvest of fruits, prompt pruning after harvest, preservation of autumn shoots, control of winter shoots and winter garden clearance are conducive to reducing the initial population number.

Key words: litchi pest; control technique; prediction and monitoring; IPM; biological control

荔枝生长于热带和亚热带地区, 温暖湿润的气候环境和常年不落叶的特点使其更易遭受多种病虫害的为害。我国是世界荔枝第一生产大国, 种植面积约占世界的 80%, 是我国在国际鲜果市场享有明显竞争优势的少数水果种类之一^[1]。随着荔枝种植面积的不断扩大, 不同熟期荔枝品种的混种和龙眼栽培面积的扩大为荔枝害虫提供了更多的最佳食物, 延长了适合种群快速增长的时间, 使虫害的发生为害日益严重, 成为影响荔枝产量和质量的重要因素。

荔枝害虫种类很多, 黄衍章等^[2]曾统计有 193 种。近几年本研究团队又发现了一些荔枝害虫新纪录, 累计种类已超过 200 种。在不同的荔枝种植国家, 为害荔枝的主要害虫种类有所不同, 我国荔枝发生为害最严重的种类有荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis*、荔枝蝽 *Tessaratoma papillosa*、荔枝瘿螨 *Eriophyes litchii*、尺蛾 (如粗胫翠尺蛾 *Thalassodes immissaria*、大造桥虫 *Ascotis selenaria*、大钩翅尺蛾 *Hyposidra talaca* 等)、卷叶蛾 (如褐带长卷叶蛾 *Homona coffearia*、圆角卷叶蛾 *Eboda cellerigera*、拟小黄卷叶蛾 *Adoxophyes cyrtosema*、灰白卷叶蛾 *Argyroplote aprobola* 等)、毒蛾 (如双线盗毒蛾 *Porthesia scintillans*、荔枝茸毒蛾 *Orgyia postica*、木毒蛾 *Lymantria xyliana* 等) 和荔枝花果瘿蚊 (学名未定) 等。印度、泰国、老挝和越南等南亚和东南亚地区以及肯尼亚、乌干达和坦桑尼亚地区等东非地区荔枝上发生为害最严重的害虫是荔枝瘿螨。澳大利亚荔枝发生最严重的害虫是荔枝异形小卷蛾 *Cryptophlebia ombrodelta*, 又称澳大利亚坚果蛀蛾 *Cryptophlebia ombrodelta*, 南非荔枝发生严重为害的害虫是卷叶蛾 *Argyroplote peltastica*、地中海实蝇 *Ceratitis capitata* 和纳塔尔实蝇 *Pterandrus rosa*。

目前, 荔枝生产仍缺乏规模化和规范化, 管理水平普遍不高, 种植者对害虫防治技术掌握不到位, 防控措施单一, 技术不配套, 用药不科学, 农药乱用滥用情况依然十分普遍, 农药残留问题一直无法杜绝, 产品质量无法保证和提升, 严重阻碍我国绿色荔枝产业的发展, 对出口外销也极为不利。为提升荔枝害虫的防控技术水平, 现对国内外近 30 年有关荔枝主要害虫防控研究成果进行总结, 结合作者多年积累的生产经验, 构建了荔枝主要害虫综合治理技术体系, 以帮助广大荔枝种植者及技术

人员提升荔枝害虫绿色防控技术水平, 为荔枝产业升级提供技术支撑。

1 荔枝主要害虫防治技术研究进展

1.1 监测预警技术

准确的预测预报是制定病虫害防控措施的重要前提。现行荔枝蒂蛀虫预测预报方法主要有 4 种:

(1) 幼虫分龄预测法: 根据头壳宽度对幼虫进行分龄, 并确定主虫态, 通过主虫态预测成虫羽化期和卵孵化期^[3]; (2) 蛹分级预测法: 根据蛹形态特征对蛹进行分级, 并确定主虫态, 通过主虫态预测成虫羽化期和卵孵化期; (3) 化蛹进度预测法: 通过化蛹进度预测成虫羽化期和卵孵化期^[4]; (4) 摇树惊蛾法: 通过摇动荔枝树冠, 让成虫受惊飞翔, 以记录成虫数量, 当每株荔枝树的成虫数量超过 1 头时就施药^[5]。对荔枝蒂蛀虫的测报通常是在 3 月中下旬至 6 月中旬, 不同地区和不同时期采用的测报方法有所不同。

对于一年只发生一代的荔枝蝽, 每年越冬成虫复苏并进入产卵盛期前, 虫体脂肪含量低, 自然抗药性弱, 是防治最佳时期^[6]。因此荔枝蝽测报的目的是预测越冬成虫产卵盛期, 现行的测报方法主要是“越冬雌虫卵巢发育进度预测法”, 该法按雌虫卵巢发育进度将卵巢分为 5 个等级, 各等级卵巢在常温下的发育历期为 10~80 d^[7-8]。雌虫卵巢在越冬前为 1 级, 越冬复苏后为 2 级, 因此以 2~3 级卵巢为起点, 推算发育至 4 级卵巢的日期, 即可估算越冬雌虫产卵盛期。通常荔枝蝽测报的实施时间多在每年的 2 月上旬至 3 月中旬。

梢期食叶类害虫 (尺蛾、卷叶蛾、毒蛾等) 种群动态测报可使用“历期预测法”, 即通过对相应害虫的卵孵化率、蛹羽化率、成虫盛末期产卵率等的系统调查来确定始盛期 (16%)、盛期 (50%) 和盛末期 (84%) 等, 再分别参考相应害虫各虫态不同温度下的发育历期, 结合当地气温即可推算出下一个虫态的发生期^[9]。梢期食叶类害虫测报的主要目的是准确把握幼虫盛孵期或低龄幼虫盛发期, 而它们往往与荔枝新梢的抽发是相吻合的, 因此在荔枝新梢抽出 5~6 cm、小叶刚开张时对果园嫩梢进行及时调查十分关键。

1.2 农业防治措施

农业防治指结合农作物栽培管理技术措施, 有

目的地改变害虫生存的环境条件,使之不利于害虫发生发展,而有利于农作物生长发育^[10]。目前,荔枝上应用较多的农业防治措施有间伐疏植、回缩修剪、清理落果、果园生草和间种豆科作物等。其中,通过间伐疏植,将荔枝园栽植密度由每 35~40 株/667 m² 减少至 20~25 株/667 m² 后,主要害虫种类明显减少,而且荔枝褶粉虱 *Aleurotrachelus* sp.、叶瘿蚊 *Litchiomyia chinensis*、花果瘿蚊、荔枝瘿螨、荔枝叶螨 *Oligonychus litchii* 和卷叶蛾等害虫为害程度均减轻^[11-12]。回缩修剪包括两类措施,一是将荔枝树顶部直立大枝条剪除,对树冠进行“开天窗”处理,可使荔枝蒂蛀虫虫果率减少 19.87%~24.76%^[13];二是严控冬梢,并结合冬季清园,剪除荫蔽枝和病虫枝,可减少越冬虫源^[14]。果园生草和间种豆科作物可提高节肢动物物种丰富度,有研究表明,在草本植被茂盛的荔枝园节肢动物种类和数量都大大增加,适度的草本植被既能增加天敌的数量,又能降低害虫的大暴发^[15]。

1.3 生物防治技术

1.3.1 荔枝蒂蛀虫 荔枝蒂蛀虫寄生性天敌主要有蒂蛀虫绒茧蜂 *Apanteles* sp.、甲腹茧蜂 *Chelonus* sp.、白茧蜂 *Phanerotoma* sp. 等多种寄生蜂^[16]; 占志雄等^[17] 报道扁股小蜂 *Elasmus* sp. 对荔枝蒂蛀虫自然寄生率为 11.2%~15.6%; 曾赞安等^[18] 在室内筛选出食胚赤眼蜂 *Thichogramma embryophagum* 和安荔赤眼蜂 *Thichogramma oleae* 两种荔枝蒂蛀虫卵寄生蜂,寄生率分别为 21.67% 和 29.00%; 张英杰等^[19] 筛选出的斑螟分索赤眼蜂 *Trichogrammatoidea hypsipylae* 对荔枝蒂蛀虫卵寄生率达 55%,而且对其进行“过寄生”驯化使个体变小后可在荔枝蒂蛀虫卵内成功完成世代发育,有望可在荔枝园建立稳定种群,对荔枝蒂蛀虫持续有效控制。此外,中华微刺盲蝽 *Camtylomma chinensis* 对荔枝蒂蛀虫卵具有较大捕食能力^[20]; 中华草蛉 *Chrysopa sinica* 可捕食荔枝蒂蛀虫的预蛹和蛹^[21]。

微生物农药主要有苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, 简称 *B.t.*)、绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 等。*B.t.* 已被制成杀虫剂防治多种鳞翅目害虫,可把它与其他药剂混配后防治荔枝蒂蛀虫^[22]。金龟子绿僵菌田间药效试验结果表明,10⁸ 个/mL 分生孢子浓度对荔枝蒂蛀虫有良好的控制作用,被侵染的老熟幼虫不能正常化蛹,被侵染的蛹不能正常羽化,尤其在阴雨天气,侵染效果更为明显^[14]。

植物源农药的杀虫活性成分主要是植物次生代谢物质,如生物碱类、黄酮类、有机酸类、酚萜烯类、精油类、光活化毒素类等,对害虫的作用方式有胃

毒、毒杀、拒食、忌避、忌产卵、麻醉、抑制生长发育、光活化毒杀等^[23]。除虫酯、菊酯、鱼藤酮、烟碱、印楝素等已被开发成有效的植物杀虫剂。印楝素、迷迭香、薄荷、薰衣草、柠檬植物汁液等对荔枝蒂蛀虫都有良好驱避作用^[24-25], 非洲山毛豆、飞机草、大叶桉、香紫苏油、肉桂油、香茅油及芸香科的四季橘和沙田柚等植物提取物对荔枝蒂蛀虫产卵也能产生驱避效果^[26-28]。

1.3.2 荔枝椿 孙国坤等^[29] 通过对广东深圳、东莞和福建厦门的荔枝、龙眼园荔枝椿的天敌类群进行系统调查,发现控制荔枝椿作用最为显著的寄生性天敌是平腹小蜂 *Anastatus* sp. 和卵跳小蜂 *Ooencyrtus* sp.; 李伟群等^[30] 调查发现,在南宁 5~6 月上旬期间,跳小蜂寄生荔枝椿卵的寄生率可高达 83.18%~98.81%,每头雌蜂平均能寄生 1~8 d 卵龄的椿卵 8.8~22 粒。

平腹小蜂防治荔枝椿的研究和应用已取得了显著效果,现已可以工厂化大规模生产,是成功应用于田间防治果树椿的主要蜂种,是目前国内荔枝主产区荔枝椿的主要生物防治手段,在台湾防治效果达到 52%~98%,泰国和香港也有应用^[31]。

利用微生物防治荔枝椿也越来越受重视,白僵菌、绿僵菌、淡紫青霉(荔枝菌)和淡紫拟青霉 *Paecilomyces lilacinus* 等均可寄生于荔枝椿成虫或若虫的体外,并相互传播感染,对荔枝椿的致死率相当高。贾春生等^[32] 筛选出的绿僵菌 Ma01 菌株对荔枝椿的室内感染致死率可达到 73.13%,范继巧等^[33] 曾报道金龟子绿僵菌 Ma03、球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*) Bb07 和玫烟色棒孢霉 (*Isaria fumosorosea*) If10 菌株可使供试荔枝椿病死率分别达到 93.33%、89.66% 和 86.21%。

1.3.3 荔枝梢期主要食叶害虫 荔枝梢期食叶性害虫主要有鳞翅目的尺蛾、卷叶蛾和毒蛾类等,其捕食性天敌主要有猎蝽、螳螂、螳螂和蜘蛛等,寄生性天敌有松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi*、螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis*、灿丽步甲 *Calleida splendidula*、甲腹茧蜂、广大腿小蜂 *Brachymeria lasus* 和厚唇姬蜂 *Phaeogenes* sp. 等^[34]。洗继东等^[35] 报道通过释放赤眼蜂能较好防治荔枝尺蛾、卷叶蛾和荔枝蒂蛀虫等。谢钦铭等^[36] 研究表明 1 d 内两头叉角厉蝽 *Cantheconidae furcellata* 平均可捕食 3.75 头 3~5 龄尺蛾幼虫,捕食潜能较大。彭辉银等^[37] 用油桐尺蛾核多角体病毒 (BsSNPV) 对油桐尺蛾 *Buzura suppressaria* 第 1 代和第 2 代幼虫防治效果均在 90% 以上。郭义等^[38] 测试了 4 种生物农药对荔枝秋梢害虫的防效,结果

表明 *B.t.* B 稀释 2 000~1 500 倍和 *B.t.* C 稀释 1 000 倍的防效较好,可替代除虫脲防治为害荔枝秋梢的鳞翅目害虫。

1.4 物理防治

物理防治是根据害虫独特的生活方式,利用简单工具和各种物理因素,如光、热、电、温度、湿度和放射能、声波等防治病虫害的措施。目前用于控制荔枝害虫的物理措施主要有灯光防控、色板诱杀、阻隔技术、辐射技术和低温冻杀等。

1.4.1 灯光防控 对于有趋光性的夜行性害虫可用黑光灯、紫外灯和频振式杀虫灯等进行诱杀^[39]。目前,用频振式杀虫灯在荔枝园可诱集荔枝害虫 6 目 24 科 64 种,其中主要诱杀荔枝小灰蝶 *Deudorix epijarbas*、尺蛾、叶瘿蚊、瘿螨、卷叶蛾和金龟子等^[40]。除此以外,灯光也能影响昆虫的昼夜节律,干扰其取食、交尾、产卵等行为活动。近两年,利用灯光干扰防控荔枝蒂蛀虫应用技术在广东、广西、海南等地得到了一定规模的推广应用,并取得良好的防治效果。该技术通过荔枝园安装 LED 白光灯,果期夜间照亮荔枝树即可对荔枝蒂蛀虫进行有效控制,不需喷施任何杀虫剂^[41]。

1.4.2 色板诱杀 黄色板可诱集到 6 目 23 科 57 种昆虫,其中比较重要的荔枝害虫有:白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum*、黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus*、橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*、瘿蚊、蓟马 *Scitothrips dorsalis* 等^[42];蓝色板对荔枝园蓟马诱集效果明显。

1.4.3 阻隔技术 在荔枝上套袋可完全防止荔枝蒂蛀虫危害且不影响果实的生育^[43],但在劳动力价格日益增长的背景下,套袋技术应用空间将越来越窄,从果穗套袋到果树“套袋”是荔枝果实套袋技术的发展方向^[44]。此外利用防虫网可以更大范围地阻隔荔枝害虫的为害。

1.4.4 辐射技术 利用低剂量 γ -射线辐照处理是进出口水果检疫处理措施中一种有前途的物理方法^[45]。研究表明, γ -射线对荔枝蒂蛀虫生长发育、产卵、性竞争等都具有明显的负面影响^[46]。用 0.60 kGy 剂量辐照荔枝蒂蛀虫卵后,卵不孵率和幼虫死亡率达 93.64%;用 0.25 kGy 剂量辐照荔枝果实中的蒂蛀虫幼虫后不能结茧化蛹^[47];用 0.50 kGy 剂量辐照预蛹后不能羽化为成虫,用 0.50 kGy 和 0.60 kGy 剂量辐照 4~5 日龄蛹,其羽化率明显下降,分别为 74.93% 和 67.68%,且羽化出来的成虫为不育成虫^[48]。

1.4.5 低温冻杀 荔枝蒂蛀虫耐低温能力差,采后荔枝果实 在 1.39 (±0.39) °C 下冷藏 8 d 可完全杀死果实中的荔枝蒂蛀虫幼虫^[49]。

1.5 性信息素开发与利用

利用昆虫性信息素进行害虫监测和防治具有高效、无污染、不伤害天敌昆虫等优点。

Mcquate 等^[50]利用 (Z)-8-dodecenyl acetate 在美国夏威夷荔枝园内成功诱捕到多种卷叶蛾雄虫;常明山等^[51]利用成虫触角电位反应明确了诱捕荔枝卷蛾成虫的关键物质为 (Z)-8-dodecenyl acetate;Rei 等^[52]在粗胫翠尺蛾 *Thalassodes immissaria* 雌蛾上发现了性信息素 (3Z, 6Z, 9Z, 12Z)-3, 6, 9, 12-二十碳四烯,并进行了人工合成和田间诱蛾试验,表现出一定活性。

荔枝蒂蛀虫性信息素分泌腺体位于腹部末端第 8~9 节节间膜内,雌蛾性信息素提取液对荔枝蒂蛀虫雄虫有引诱效果,其中雄蛾对 3 日龄雌蛾提取液的 EAG 反应最大^[53],采用 GC-EAD 和 GC-MS 技术分析得知荔枝蒂蛀虫雌蛾腺体提取液的主要化学成分为顺-9,17-十八碳二烯醛 (Z-9,17-Octadecadienal),但其生物活性及田间诱捕效果还有待进一步验证^[54]。黄振声等^[55]最早从荔枝可可细蛾 *Conopomorpha cramerella* 性腺提取的 5 种性信息素合成性诱剂诱杀荔枝蒂蛀虫雄性成虫,在果园引诱持效期达 3 个月。张志东等^[56]利用性信息素诱集荔枝蒂蛀虫成虫的方法对泸州地区荔枝蒂蛀虫进行监测,取得较好的效果,但由于诱集率低、成本高等原因,仍难以用于大田防治。

1.6 化学防治

利用化学农药防治病虫害具有速效、高效的优点,目前仍是防治荔枝病虫害最重要的手段,尤其是在病虫害暴发流行时^[14]。

韦德卫等^[57]田间试验表明,13%高氯·唑磷乳油 1 250 倍、22%毒死蜱·氯氰乳油 600 倍、4.5% 高效氯氰菊酯乳油 1 000 倍、5%氯氰菊酯乳油 1 000 倍、48%乐斯本乳油 1 000 倍、40%毒死蜱乳油 800 倍防治荔枝蒂蛀虫,其效果均在 92% 以上,可供生产中大面积防治时使用。赵亚等^[58]通过田间药效试验后认为:在荔枝蒂蛀虫卵孵期,推荐 25% 灭幼脲悬浮剂和 3.4% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂复配施药;在虫害高峰期,推荐连续使用 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 25% 灭幼脲悬浮剂复配施药。

徐荣文等^[59]田间试验表明,2.5% 敌杀死乳油 3 000 倍、52.25% 农地乐乳油 2 000 倍、30% 敌百虫乳油 1 000 倍和 10% 吡虫啉可湿性粉剂 1 000 倍对荔枝蜡都有良好的防治效果。黎柳锋等^[60]通过室内毒力测定和田间药效试验,认为防效良好的药剂为 2.5% 功夫悬浮剂 3 000 倍、10% 醚菊酯悬浮剂 3 000 倍、50% 噻虫胺水分散粒剂 2 000 倍和

2.5% 敌杀死乳油 3 000 倍, 其药后 7 d 的防效分别为 94.93%、93.46%、92.93% 和 91.14%。徐淑等^[61]田间试验表明, 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂和 20% 呋虫胺可溶粒剂各 1 000 倍药后 7 d 对荔枝蜡蛾若虫的防效达到 100%, 而 25% 啉虫脲乳油和 90% 敌百虫晶体各 1 000 倍药后 7 d 防效分别为 90.09% 和 85.05%。

郑绍双等^[62]用溴氰菊酯、氰戊菊酯和马拉硫磷等药剂, 分别于荔枝新梢展叶 3~5 片前与药后 10 d 左右喷洒嫩梢荔枝褐带长卷叶蛾 *Homona coffearia*, 防治效果可达 95% 以上。陈炳旭等^[63]用 15% 科绿乳油、40% 毒死蜱乳油和 4.5% 高效氯氟氰菊酯乳油各 1 500 倍喷雾防治荔枝粗胫翠尺蛾, 防效分别为 90.59%、85.33% 和 84.71%。黎柳锋等^[64]试验表明, 20% 甲氰菊酯乳油、2.5% 敌杀死乳油、4.5% 高效氯氟氰菊酯乳油 3 种杀虫剂药后 2 h 即可有效击倒害虫, 药后 24 h 防效在 90% 以上, 是应急防治木毒蛾的首选药剂。

冯远斌等^[65]用克螨特 1 000 倍和石硫合剂 0.3 Be 喷雾防治荔枝瘿螨, 效果分别为 89.4% 和 91.2%。郑云云等^[66]认为可以用 16% 哒四螨 1 500 倍、73% 克螨特 2 000~2 500 倍、10% 苯螨特 1 500~2 000 倍、50% 溴螨酯 1 500~2 000 倍、15% 哒螨灵 1 000~1 500 倍、20% 速螨酮 2 000~3 000 倍等防治荔枝毛毡病。

2 荔枝主要害虫综合治理技术体系构建

荔枝主要害虫有蒂蛀虫、荔枝蜡、瘿螨、尺蛾、卷叶蛾、天牛和花果瘿蚊等, 防控这些害虫的策略是贯彻“预防为主, 综合防治”的植保方针, 在预测预报基础上, 将农业防治、物理防治、生物防治和化学防治统筹结合, 根据荔枝生长的物候期, 因地制宜予以实施, 保障荔枝产业安全生产, 荔枝产品高产优质。

2.1 农业防治

(1) 营造合理的果园群体结构。通过间伐和回缩修剪, 降低果园、树高和枝干密度, 保持园内通风透光, 减少病虫害孳生。(2) 健壮树体。加强肥水管理, 多施有机肥, 提高树体抗逆能力。(3) 统一放梢, 缩短嫩梢期时间, 减少害虫食物, 并可集中时间喷药保梢。(4) 除杀冬梢。冬梢是很多食叶害虫的冬季食物和过冬场所, 没有冬梢, 许多害虫将会饿死或冻死。(5) 果园生草。保留树与树之间的杂草, 尤以菊科草种为好。生草时, 草的高度控制在 40 cm 以下为宜, 可保持园内良好的生态条件。(6) 涂白树干。冬季清园时, 以生

石灰 15 份, 水 30 份, 食盐 1 份, 粘着剂 (如粘土、油脂等) 2 份, 石硫合剂原液 2 份, 配成涂白液, 把从基部至 0.8~1.0 m 高处的树干涂白。(7) 清理落地果。自第 1 次生理落果开始, 捡拾树下落地果, 集中深埋或销毁, 可有效压低蒂蛀虫的虫源基数。

2.2 物理防治

(1) 人工捕杀。立春后, 荔枝蜡越冬成虫陆续复苏, 在清晨气温较低时, 用力摇晃树干, 成虫假死而坠地后, 将其捕杀。天牛幼虫蛀入木质部以后, 可见新鲜虫粪从蛀道口排除, 此时以硬铁丝伸入蛀道, 来回搅动, 可杀死其幼虫。

(2) 灯光诱杀, 诱杀趋光性害虫。每 0.67 hm² 置放诱虫灯 1 个, 能诱杀到鳞翅目的尺蛾、卷叶蛾、夜蛾、毒蛾、天蛾、灯蛾、透翅蛾和螟蛾等, 鞘翅目的金龟子、天牛、独角仙、叶甲、锹甲、吉丁虫等, 半翅目的蜡科、盲蜡科等, 同翅目的蝉科、蜡蝉科等, 直翅目的蝼蛄类, 双翅的实蝇类和瘿蚊等, 等翅目的白蚁等多种具有趋光性的害虫成虫。

(3) 灯光干扰。在荔枝树上挂 LED 白光灯, 保证果实附近的光度在 20 lm 以上, 可抑制荔枝蒂蛀虫成虫的交配和产卵, 有效控制其为害。

(4) 物理隔离。对果实进行套袋或对荔枝树罩防虫网, 可杜绝外来虫源的为害。

(5) 食物诱杀。将糖、醋、酒按 1 : 1 : 1 比例配成的混合液加至三角式诱捕器中, 再把诱捕器挂于树冠内离地 1.5~2.0 m 处, 每 667 m² 挂 10~15 个, 每 2 周加补 1 次糖醋酒混合液, 可诱杀卷叶虫、尺蛾、果实蝇及部分蒂蛀虫害虫的成虫。

(6) 辐射技术。 γ -射线辐照荔枝蒂蛀虫卵, 能有效降低孵化率, 且增加初孵幼虫死亡率; 辐照预蛹能导致其不能正常羽化; 辐照 4~5 d 龄蛹可降低羽化率或导致成虫不育; 低剂量辐照有虫果能使幼虫不能结茧化蛹。

(7) 低温冻杀。采后荔枝果实 1.39(±0.39)℃ 下冷藏 8 d 可完全杀死果实中蒂蛀虫幼虫而又不会冻坏荔枝果实, 同时还到达保鲜的目的。

2.3 生物防治

(1) 天敌昆虫的保护与利用。自然天敌昆虫的保护与利用是害虫生物防治的重要手段, 可通过引导果农使用高效低毒农药, 或选择专一性强的杀虫剂, 并根据害虫的发生特点, 调控施药时间、剂量及施药方式, 减少用药次数等措施。

(2) 释放平腹小蜂防控荔枝蜡。根据当年气象因素和果园荔枝雌成虫卵巢发育情况确定放蜂适期。一般在荔枝花蕾期和开花期开始挂放平腹小

蜂人工卵卡, 10 日后再次挂放 1 次。大树每次放蜂 400~500 头 / 株, 两次共放 800~1 000 头 / 株, 小树每次放 300 头 / 株, 两次共放 600 头 / 株。

(3) 生物农药的应用。荔枝嫩梢期往往会受到尺蛾、毒蛾、卷叶蛾和蒂蛀虫等鳞翅目害虫幼虫的为害, 可于新梢抽出 1~2 cm 时用 *B.t.* 制剂, 或印楝素、苦楝素、川楝素、鱼藤酮和苦参碱等植物源农药制剂兑水喷雾。

2.4 化学防治

(1) 喷药保梢。每趟秋梢用 40% 毒死蜱、4.5% 高效氯氰菊酯、2.5% 高效氯氟氰菊酯 1 000 倍或 1.8% 阿维菌素 1 500 倍喷雾 1~2 次。

(2) 开花前 3~5 d, 使用 90% 敌百虫晶体和 4.5% 高效氯氰菊酯各 1 000 倍, 对树冠内膛枝条和花穗喷雾, 防治蜡象、蒂蛀虫、尺蛾、毒蛾、瘿螨、叶瘿蚊、花果瘿蚊等害虫。

(3) 荔枝谢花坐果、蜜蜂回收之后, 使用 40% 毒死蜱、4.5% 高效氯氰菊酯或 2.5% 高效氯氟氰菊酯 1 000~1 500 倍, 对树冠内膛和外层枝条喷雾。防治荔枝蜡、蒂蛀虫、尺蛾、毒蛾、瘿螨、叶

瘿蚊、花果瘿蚊等害虫。

(4) 荔枝生理落果期根据预测预报结果, 在成虫高峰期喷药防控荔枝蒂蛀虫。通过捡拾落地果, 放于塑料袋中, 扎口, 待落地果中的荔枝蒂蛀虫出果结茧化蛹。然后取 30 头蛹以上, 放于干燥的透明塑料筒或矿泉水瓶内, 用纱布封口或钻适量的透气孔, 挂于田间树冠之下, 待筒或瓶内出现约 1/3 蒂蛀虫成蛾时即可喷药, 可选用 40% 毒死蜱 1 000 倍或 4.5% 高效氯氰菊酯 1 000 倍+25% 除虫脲 2 000 倍或 1.8% 阿维菌素 1 500 倍进行全面喷雾。

(5) 在荔枝进入果实膨大期, 可用“摇树惊蛾法”观测蒂蛀虫成虫发生量, 当发现平均每树起飞的成虫达到 1 头以上时, 就可择机施药。可用 40% 毒死蜱 1 000 倍或 4.5% 高效氯氰菊酯 1 000 倍+25% 除虫脲 2 000 倍或 1.8% 阿维菌素 1 500 倍、2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 2 000 倍, 对树冠内膛枝条和果穗进行喷雾。

(6) 荔枝着色至收获前期, 可选用 20% 氯虫苯甲酰胺 4 000 倍、25% 除虫脲 2 000 倍等喷雾 (图 1)。

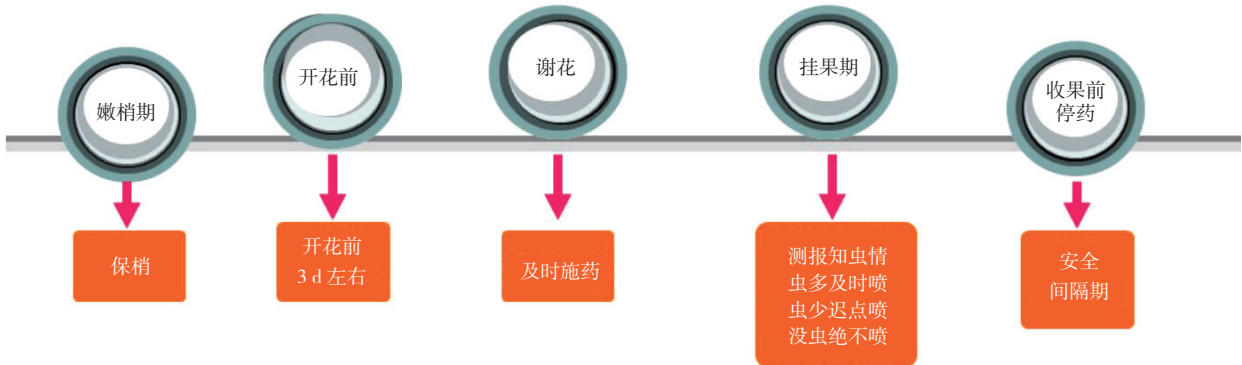


图 1 荔枝害虫用药关键时期
Fig. 1 Key periods of litchi pest control

3 启示与展望

3.1 重视农业措施

荔枝蒂蛀虫因其危害重、防治难而成为荔枝生产中的头号害虫, 要防治好需要多种措施兼顾结合, 如及时收果, 收果后及时修剪, 清除落果落叶等, 这些措施都可以减少蒂蛀虫的虫源, 同时还可减少荔枝瘿螨、叶瘿蚊等害虫的虫源。

整齐放梢, 集中喷药保梢, 可以直接防治嫩梢期发生的尺蛾、卷叶蛾、毒蛾、叶瘿蚊、瘿螨等害虫, 还可兼治蒂蛀虫和尖细蛾等害虫。

冬梢不仅是食叶害虫的冬季食物, 也是蒂蛀虫的过冬场所, 所以是否能彻底消灭冬梢将直接影响

蒂蛀虫的越冬虫源基数。

3.2 树立生物防治理念

生物防治是人们非常期待的害虫防治措施, 荔枝园存在多种自然天敌, 对多数次要害虫来说, 与天敌维持种群数量上的平衡就可以不用人为干预, 但对于常发性主要害虫, 需要人工释放天敌才能进行控制。平腹小蜂防治荔枝蜡是荔枝生产上比较成功的例子, 但由于成本高、操作技术复杂、防效不理想, 且易与化学防治冲突等因素, 造成在实际生产中也难以大面积应用。

3.3 正确理解药剂防治

农药是人类的重大发明, 农药对农业贡献巨大, 种植业永远离不开农药, 科学用药是绿色防控的组

成部分。有些人对农药有意无意进行负面宣传或夸大其副作用,是对农药科学的不尊重,而有些人轻信谣言,谈药色变,对农药产生了误解,是不懂农药科学的体现。

科学用药包括以下内容:(1)通过监测预警,确定防治适期、对症下药,兼治多种害虫,达到一方多治,减少用药次数;(2)依次选择生物农药、矿物源农药、特异性杀虫剂、微毒化学农药、低毒低残留化学农药,并按登记厂家推荐的使用技术规范操作;(3)合理混用和轮用药剂,混用不合理会造成药剂浪费、增加残留量,甚至会降低药剂或造成药害;药剂合理轮用可延缓害虫抗药性产生,避免不断加大用药量;(4)选用高效省药的施药器具。

3.4 关于登记药剂问题

目前登记防治荔枝害虫的杀虫剂有:高效氯氟氰菊酯、高效氯氰菊酯、顺式氯氰菊酯、溴氰菊酯、毒死蜱、敌百虫、除虫脲7个单剂以及高氯·三唑磷、高氯·毒死蜱、高氯·辛硫磷、高氯·虱螨脲、氯氰·毒死蜱和氯氰·马拉松6个复配剂。

已经在荔枝上登记的药剂几乎都没有杀螨作用,而生产上的荔枝瘿螨(毛毡病)往往需要使用阿维菌素、螺螨酯、哒螨灵等药剂来防治;另外,氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、多杀霉素等药剂由于其防效好已在生产上广泛使用。对于这些药剂,最大问题是它们在荔枝上的安全间隔期尚不清楚,希望有关厂家加快登记工作,管理部门加强引导监督和扶持落实。

3.5 关于荔枝害虫绿色防控

荔枝害虫绿色防控要从荔枝园的生态安全的角度出发,重视农业防治措施,以化学农药减施为目标,以精准虫情测报高效防控为指导,根据荔枝不同生长期不同害虫的发生于危害特点,抓住关键防控时期,利用平腹小蜂、灯光、微毒低毒杀虫剂等高效安全的绿色防控措施相互协调构建荔枝生长全过程害虫绿色防控技术集成模式。

在荔枝春梢、花蕾期,使用高效安全农药控制越冬代荔枝蜡,压低虫口基数,结合释放平腹小蜂等卵寄生性天敌,充分提高蜡类害虫防控效果。针对挂果期的荔枝蒂蛀虫,利用预测预报协同化学防治精准施策,贯彻“兼前、抓中、控后”和“成虫、初孵幼虫和卵一起杀”的防控策略,前期通过防治荔枝蜡、尺蛾和卷叶蛾等兼治其它害虫,狠抓第二次生理落果后的中期防治,在果实后期可使用灯光干扰技术防控荔枝蒂蛀虫。果实采收后,做好保秋梢、控冬梢,及时清园等工作,以清除越冬虫源,

促进来年荔枝丰产、稳产。

3.6 展望

随着人们生活水平的提高,对农产品的质量和安全也越来越重视,如何生产高品质、无污染、低残留的荔枝绿色果品是未来面临的重要课题。

农业措施越来越受到认可和应用,其对压低荔枝害虫的虫口基数,尤其对减轻果期荔枝蒂蛀虫的防治压力有重要作用。

人工生产和释放平腹小蜂防治荔枝蜡是目前荔枝上“以虫治虫”的成功例子,如能降低成本、进一步提高防效并协调防治其他害虫,则有可能在生产上广泛应用;*B.t.*和绿僵菌等生物农药制剂对荔枝鳞翅目食叶害虫的低龄幼虫有一定的防效,如果能进一步提高其持效性和防效,并降低使用成本,则也会有较好的应用前景。

灯光干扰是近年来新开发的物理防控技术,可替代药剂防治荔枝蒂蛀虫,这对于果期控制蒂蛀虫危害、降低果品农药残留有重大意义。

化学防治仍然是目前防治荔枝害虫最有效的方法,随着除虫脲、灭幼脲等特异性杀虫剂和氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺等高效微毒化学药剂的登记和应用,未来不再需要过于担心荔枝果品的食用安全问题,更不应该“谈药色变”。

总之,只要坚持以“农业防治为基础,生物防治为首选技术,物理防治为辅助措施,科学用药为关键手段”的荔枝害虫防控指导方针,把荔枝害虫各项绿色防控技术贯彻执行到位,就可做到对荔枝主要害虫的绿色防控,生产出安全高品质的荔枝果实。

参考文献(References):

- [1] 苏钻贤,杨胜男,陈厚彬,申济源. 2020年我国荔枝主产区的生产形势分析[J]. 南方农业学报, 2020, 51(7): 1598-1605. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2020.07.012.
SU Z X, YANG S N, CHEN H B, SHEN J Y. Analysis of the production situation for litchi in main planting areas of China in 2020[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(7): 1598-1605. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2020.07.012.
- [2] 黄衍章,江世宏,杨长举,薛东. 荔枝园昆虫群落种类组成与营养结构分析[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 208-213. DOI:10.3321/j.issn:1000-2421.2004.02.008.
HUANG Y Z, JIANG S H, YANG C J, XUE D. Analysis on the species composition and nutrition structure of insect community in Lichee orchard[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2004, 23(2): 208-213. DOI:10.3321/j.issn:1000-2421.2004.02.008.
- [3] 董易之,徐淑,陈炳旭,姚琼,陈耿民. 荔枝蒂蛀虫幼虫龄数及各发育阶段在不同温度下的发育历期[J]. 昆虫学报, 2015, 58(10): 1108-1115. DOI:10.16380/j.kcxb.2015.10.009.
DONG Y Z, XU S, CHEN B X, YAO Q, CHEN G M. Determination of larval instars and developmental duration of each stage at different

- temperatures of the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2015, 58 (10): 1108–1115. DOI:10. 16380/j. kexb. 2015. 10. 009.
- [4] 洗继东, 彭埃天, 姜子德. 荔枝蛀蒂虫发生期的预测预报及防治研究[J]. 中国热带农业, 2011 (5): 68–70, 67. DOI:10. 3969/j. issn. 1673–0658. 2011. 05. 025.
- XIAN J D, PENG A T, JIANG Z D. Study on the prediction and control of the occurrence period of *Conopomorpha sinensis* [J]. *China Tropical Agriculture*, 2011 (5): 68–70, 67. DOI:10. 3969/j. issn. 1673–0658. 2011. 05. 025.
- [5] 韦伟, 罗昭南, 范铁兵, 刘天赵. 荔枝蒂蛀虫的摇树惊蛾系统监测研究[J]. 中国植保导刊, 2005, 25 (5): 24–26. DOI:10. 3969/j. issn. 1672–6820. 2005. 05. 010.
- WEI W, LUO Z N, FAN T B, LIU T Z. Study on systemic surveillance of *Conopomorpha sinensis* [J]. *China Plant Protection*, 2005, 25 (5): 24–26. DOI:10. 3969/j. issn. 1672–6820. 2005. 05. 010.
- [6] 赵善欢, 陈观炳, 黄彰欣, 黄端平. 应用敌百虫防治荔枝蜡象的大田试验[J]. 植物保护学报, 1964, 3 (2): 123–130.
- ZHAO S H, CHEN G B, HUANG Z X, HUANG D P. Field test of trichlorfon against the *Tessaratoma papillosa* [J]. *Journal of Plant Protection*, 1964, 3 (2): 123–130.
- [7] 余春仁, 潘蓉英. 荔枝蜡的系统解剖及其在预报上的应用[J]. 福建农学院学报, 1993, 21 (1): 59–63.
- SHE C R, PAN R Y. Systematic anatomy of *Tessaratoma papillosa* and its application in prediction [J]. *Journal of Fujian Agricultural University*, 1993, 21 (1): 59–63.
- [8] 刘雨芳, 古德祥. 荔枝蜡雌性生殖系统的解剖及其在预报上的应用[J]. 湘潭师范学院学报, 1998, 19 (3): 55–59.
- LIU Y F, GU D X. Anatomy of the female reproductive system of *Tessaratoma papillosa* and its application in prediction [J]. *Journal of Xiangtan Normal University*, 1998, 19 (3): 55–59.
- [9] 成家宁, 曾鑫年, 陈炳旭, 董易之, 陆恒. 尺蛾在荔枝园的发生特点及防控策略[J]. 热带作物学报, 2010, 31 (9): 1564–1570. DOI:10. 3969/j. issn. 1000–2561. 2010. 09. 023.
- CHENG J N, ZENG X N, CHEN B X, DONG Y Z, LU H. Occurrence and control of geometrid moth in *Litchi orchard* [J]. *Journal of Tropical Crops*, 2010, 31 (9): 1564–1570. DOI:10. 3969/j. issn. 1000–2561. 2010. 09. 023.
- [10] 张维球. 农业昆虫学[M]. 第2版. 北京: 农业出版社, 1995.
- ZHANG W Q. *Agricultural Entomology* [M]. 2nd Ed. Beijing: Agricultural Press, 1995.
- [11] 董易之, 徐海明, 徐淑, 陈炳旭. 间伐与密闭荔枝园主要害虫种类调查及防控[J]. 广东农业科学, 2015, 42 (21): 75–80. DOI:10. 16768/j. issn. 1004–874X. 2015. 21. 015.
- DONG Y Z, XU H M, XU S, CHEN B X. Investigation and control of major pests in thinned and un-thinned litchi orchards [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2015, 42 (21): 75–80. DOI:10. 16768/j. issn. 1004–874X. 2015. 21. 015.
- [12] 徐海明, 全林发, 陈炳旭, 董易之. 密闭与间伐荔枝园害虫群落多样性及时空动态分析[J]. 果树学报, 2019, 36 (4): 493–503. DOI:10. 13925/j. cnki. gsxb. 20180235.
- XU H M, QUAN L F, CHEN B X, DONG Y Z. Analysis of pest community diversity and temporal dynamics in thinned and un-thinned litchi orchards [J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, 36 (4): 493–503. DOI:10. 13925/j. cnki. gsxb. 20180235.
- [13] 李景明, 官民, 李锦松, 丁晓波, 李于兴, 李清波, 朱语彦. “开天窗”修剪对荔枝主要病虫害发生为害的影响[J]. 中国热带农业, 2016 (6): 53–54, 60. DOI:10. 3969/j. issn. 1673–0658. 2016. 06. 013.
- LI J M, GUAN M, LI J S, DING X B, LI Y X, LI Q B, ZHU Y Y. Effect of “skylight” pruning on the occurrence of main diseases and pests of Litchi [J]. *China Tropical Agriculture*, 2016 (6): 53–54, 60. DOI:10. 3969/j. issn. 1673–0658. 2016. 06. 013.
- [14] 王松, 谢银燕, 张成彬, 毛子翎, 单体江. 荔枝病虫害及其防治研究进展[J]. 江苏农业科学, 2019, 47 (17): 120–124. DOI:10. 15889/j. issn. 1002–1302. 2019. 17. 029.
- WANG S, XIE Y Y, ZHANG C B, MAO Z L, SHAN T J. Research progress in litchi pests and diseases and their control [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47 (17): 120–124. DOI:10. 15889/j. issn. 1002–1302. 2019. 17. 029.
- [15] 孟翔, 欧阳革成, 刘慧, 黄寿山, 郭明昉. 广州荔枝园节肢动物群落多样性及时空动态[J]. 应用昆虫学报, 2015 (4): 1023–1031.
- MENG X, OUYANG G C, LIU H, HUANG S S, GUO M F. Diversity and temporal dynamics of a litchi orchard arthropod community in Guangzhou [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015 (4): 1023–1031.
- [16] 陈炳旭, 张英杰, 董易之, 徐淑. 荔枝蒂蛀虫生物防治研究进展[J]. 果树学报, 2011, 28 (3): 493–497.
- CEHN B X, ZHANG Y J, DONG Y Z, XU S. Advances in research on biological control of *Conopomorpha sinensis* [J]. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28 (3): 493–497.
- [17] 占志雄, 郑琼华, 陈元洪, 黄玉清, 胡奇勇, 张晓俊. 龙眼园两种细蛾的研究[J]. 武夷科学, 2003, 19 (12): 39–44. DOI:10. 3969/j. issn. 1001–4276. 2003. 01. 009.
- ZHAN Z X, ZHENG Q H, CHEN Y H, HUANG Y Q, HU Q Y, ZHANG X J. Study on *Sonopomorpha lithchielle* Bradley and *Conopomorpha sineusis* Bradley [J]. *Wuyi Science*, 2003, 19 (1): 39–44. DOI:10. 3969/j. issn. 1001–4276. 2003. 01. 009.
- [18] 曾赞安, 梁广文, 刘文惠, 陈巧贤. 关于两种赤眼蜂寄生荔枝蒂蛀虫卵的首次报道[J]. 昆虫天敌, 2007, 29 (1): 6–11. DOI:10. 3969/j. issn. 1674–0858. 2007. 01. 002.
- ZENG Z A, LIANG G W, LIU W H, CHEN Q X. The new record of selecting effective species of egg parasitoids of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracillariidae) [J]. *Insect Natural Enemies*, 2007, 29 (1): 6–11. DOI:10. 3969/j. issn. 1674–0858. 2007. 01. 002.
- [19] 张英杰, 陈炳旭, 黄寿山, 徐淑. 寄生荔枝蒂蛀虫卵的斑螟分索赤眼蜂过寄生驯化培育[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28 (4): 473–477. DOI:10. 3969/j. issn. 2095–039X. 2012. 04. 005.
- ZHANG Y J, CHEN B X, HUANG S S, XU S. Domesticated breeding of trichogramma parasitizing eggs of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2012, 28 (4): 473–477. DOI:10. 3969/j. issn. 2095–039X. 2012. 04. 005.
- [20] 潘铭均, 吴珍泉, 何明忠. 田间释放中华微刺盲蝽的防治效果研究[J]. 福建果树, 2002 (3): 4–6. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–6089. 2002. 03. 002.
- PANG M J, WU Z Q, HE M Z. Controlling Effect of Field Release of *Camtylomma Chinensis* on Insect Pests [J]. *Fujian Fruits*, 2002 (3): 4–6. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–6089. 2002. 03. 002.
- [21] 江世宏, 杨长龙. 荔枝蒂蛀虫繁殖生物学及饲养技术研究进展[J]. 广西农业科学, 2006, 37 (6): 690–693. DOI:10. 3969/j. issn. 2095–1191. 2006. 06. 019.
- JIANG S H, YANG C L. Advances in reproductive biology and rearing techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Guangxi*

- Agricultural Sciences*, 2006, 37 (6): 690–693. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2006.06.019.
- [22] 李南仁, 何凡, 陈泽坦, 王祥和. 防治荔枝蒂蛀虫的田间药效试验[J]. 中国热带农业, 2005 (5): 42–43. DOI:10.3969/j.issn.1673-0658.2005.05.023.
- LI N R, HE F, CHEN Z T, WANG X H. Field efficacy test on control of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *China Tropical Agriculture*, 2005 (5): 42–43. DOI:10.3969/j.issn.1673-0658.2005.05.023.
- [23] 刘晓娟. 植物源农药的研究和应用进展[J]. 广东园林, 2006, 28 (S1): 60–64. DOI:10.3969/j.issn.1671-2641.2006.z1.020.
- LIU X J. Advances in research and application of botanical pesticides [J]. *Journal Of Guangdong Landscape Architecture*, 2006, 28(S1): 60–64. DOI:10.3969/j.issn.1671-2641.2006.z1.020.
- [24] 洗继东, 梁广文, 曾玲. 印楝素乳油对荔枝蒂蛀虫种群的控制作用[J]. 昆虫知识, 2006, 43 (3): 327–330. DOI:10.3969/j.issn.0452-8255.2006.03.011.
- XIAN J D, LIANG G W, ZENG L. Suppressive effect of azadirachtin on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis*) population [J]. *Entomological knowledge*, 2006, 43 (3): 327–330. DOI:10.3969/j.issn.0452-8255.2006.03.011.
- [25] 曾赞安, 梁广文. 不同植物保护剂对荔枝蒂蛀虫的嗅觉反应与驱避作用[J]. 广东农业科学, 2008 (1): 53–55. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2008.01.019.
- ZENG Z A, LIANG G W. Olfactory response and repellent effect of different plant protections on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis*) [J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2008 (1): 53–55. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2008.01.019.
- [26] 陈晓琴, 江世宏, 黄安康, 李广京. 飞机草微乳剂对荔枝蒂蛀虫产卵驱避活性的测定[J]. 广东农业科学, 2008 (12): 109–110. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2008.12.039.
- CHEN X Q, JIANG S H, HUANG A K, LI G J. Effects of different concentrations of *Eupatorium odoratum* micromulsion against *Conopomorpha sinensis* bradley oviposition deterrent activity [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2008 (12): 109–110. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2008.12.039.
- [27] 杨长龙, 江世宏, 徐汉虹. 12种植物次生物质对荔枝蒂蛀虫产卵的驱避作用[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26 (3): 316–318. DOI:10.3321/j.issn:1000-2421.2007.03.010.
- YANG C L, JIANG S H, XU H H. Oviposition repellent effect of secondary substance from twelve plants on *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2007, 26 (3): 316–318. DOI:10.3321/j.issn:1000-2421.2007.03.010.
- [28] 黎卓维, 曾鑫年, 罗诗, 汪茂卿, 罗建斌. 植物精油对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避效果[J]. 昆虫天敌, 2007, 29 (3): 97–102. DOI:10.3969/j.issn.1674-0858.2007.03.001.
- LI Z W, ZENG X N, LUO S, WANG M Q, LUO J B. Deterrent effect of essential oils on oviposition of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2007, 29 (3): 97–102. DOI:10.3969/j.issn.1674-0858.2007.03.001.
- [29] 孙国坤, 谢钦铭. 荔枝天敌类群的调查及其保护利用技术刍议[J]. 中国植保导刊, 2006, 26 (11): 27–29. DOI:10.3969/j.issn.1672-6820.2006.11.012.
- SUN G K, XIE Q M. A preliminary study on the investigation and protection of the natural enemies of *Tessaratoma papillosa* Drury [J]. *China Plant Protection*, 2006, 26 (11): 27–29. DOI:10.3969/j.issn.1672-6820.2006.11.012.
- [30] 李伟群, 邓国荣, 杨皇红, 黄大兴, 曾东强. 荔枝卵跳小蜂对荔枝蟌卵寄生情况的初步研究[J]. 广西植保, 1998 (3): 3–5.
- LI W Q, DENG G R, YANG H H, HUANG D X, ZENG D Q. A preliminary study on parasitification of *Tessaratoma papillosa* Drury by *Ooencyrtus phongi* Trjapitzin, Myartsea et Kostyukov egg [J]. *Guangxi Plant Protection*, 1998 (3): 3–5.
- [31] LI D S, LIAO C Y, ZHANG B X, SONG Z W. Biological control of insect pests in litchi orchards in China (Special Issue: Biological control in China.) [J]. *Biological Control: Theory and Application in Pest Management*, 2014, 68: 23–36.
- [32] 贾春生. 昆虫病原真菌对荔枝蟌的致病性[J]. 吉林林业科技, 2005, 34 (3): 32–33, 36. DOI:10.3969/j.issn.1005-7129.2005.03.012.
- JIA C S. Pathogenicity of entomopathogenic fungi to *Tessaratoma papillosa* [J]. *Jilin Forestry Science And Technology*, 2005, 34 (3): 32–33, 36. DOI:10.3969/j.issn.1005-7129.2005.03.012.
- [33] 范继巧, 安新城, 夏金明, 胡琼波. 土壤虫生真菌对荔枝蟌象的生物活性[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27 (2): 197–201.
- FAN J Q, AN X C, XIA J M, HU Q B. Bioactivity of soil-dwelling entomopathogenic fungi against *Tessaratoma papillosa* (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2011, 27 (2): 197–201.
- [34] 周忠实, 邓国荣. 龙眼荔枝卷叶蛾天敌种类及其优势种的控制作用[J]. 中国生物防治, 2006, 22 (1): 78–80. DOI:10.3969/j.issn.2095-039X.2006.01.018.
- ZHOU Z S, DENG G R. Natural enemies of leaf rollers on longan and litchi and their control efficiency [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2006, 22 (1): 78–80. DOI:10.3969/j.issn.2095-039X.2006.01.018.
- [35] 洗继东, 梁广文, 岑伊静, 曾玲, 李赵倾. 有机荔枝园害虫生态控制系统组建及其效益评价[C]. 北京: 中国植物保护学会 2006 年学术年会论文集, 2006: 657–661.
- XIAN J D, LIANG G W, CEN Y J, ZENG L, LI Z Q. Establishment and benefit evaluation of pest ecological control system in organic litchi orchard [C]. Beijing: Proceedings of the 2006 Annual Conference of Plant Protection Society of China, 2006: 657–661.
- [36] 谢钦铭, 梁广文, 罗诗, 朱君林. 叉角厉蟌对绿额翠尺蛾幼虫的捕食作用的初步研究[J]. 江西科学, 2001 (1): 21–23. DOI:10.3969/j.issn.1001-3679.2001.01.007.
- XIE Q M, LIANG G W, LUO S, ZHU J L. Observation of the predacious function of a bug *Cantheconidae furcellata* on litchi looper *Thalassodes proquadria* [J]. *Jiangxi Science*, 2001 (1): 21–23. DOI:10.3969/j.issn.1001-3679.2001.01.007.
- [37] 彭辉银, 曾云添, 陈新文, 葛云垣, 金锋, 谢天恩. 油桐尺蠖病毒杀虫剂的药效分析[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 40 (12): 258–262.
- PENG H Y, ZENG Y T, CHEN X W, GE Y Y, JIN F, XIE T E. Efficacy analysis of viral insecticide of *buzura suppressaria* single nuclear polyioidrosis virus (bssnpv) [J]. *Chinese Journal of Applied And Environmental Biology*, 1998, 40 (12): 258–262.
- [38] 郭义, 赵灿, 郑苑, 王成兴, 李君摘, 李敦松. 四种生物农药对荔枝秋梢害虫的防效试验[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (2): 185–190, 166. DOI:10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.02.005.
- GUO Y, ZHAO C, ZHENG Y, WANG C X, LI J Z, LI D S. Four biological pesticides for insect pest management of litchi fall shoots [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (2): 185–190, 166.
- [39] 桑文, 董婉君, 黄求应, 朱芬, 王小平, 郭圣濠, 雷朝亮. 不同光环境对粘虫生长发育的影响[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (5): 810–816. DOI:10.7679/j.issn.2095-1353.2018.097.

- SANG W, DONG W J, HUANG Q Y, ZHU F, WANG X P, GUO S H, LEI C L. Effects of different light wavelengths on the growth and reproduction of *Mythimna separata* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (5): 810–816. DOI: 10. 7679/j. issn. 2095–1353. 2018. 097.
- [40] 林杯华. 佳多频振式杀虫灯在荔枝、龙眼园诱杀害虫效果初步分析[J]. 广西植保, 2003, 16 (Z1): 13–16. DOI:10. 3969/j. issn. 1003–8779. 2003. Z1. 005.
- LIN H H. Preliminary report of controlling pest with frequency–vibrancy moth–killing lamp trap in Litchi and Longan orchard [J]. *Guangxi Plant Protection*, 2003, 16 (Z1): 13–16. DOI:10. 3969/j. issn. 1003–8779. 2003. Z1. 005.
- [41] 王凤英, 黎柳锋, 韦桥现, 古雅良, 黄川, 廖仁昭, 廖世纯. 不同光环境对荔枝蒂蛀虫产卵的影响及田间防效调查[J]. 南方农业学报, 2020, 51 (2): 313–318. DOI:10. 3969/j. issn. 2095–1191. 2020. 02. 009.
- WANG F Y, LI L F, WEI Q X, GU Y L, HUANG C, LIAO R Z, LIAO S C. Effects of different light environments on oviposition of *Conopomorpha sinensis* and its control efficacy in field [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51 (2): 313–318. DOI:10.3969/j. issn. 2095–1191. 2020. 02. 009.
- [42] 高宇, 韩琪, 刘杰, 史树森, 崔娟, 徐梦蕾. 色板诱杀技术的防治对象和常用颜色谱[J]. 北方园艺, 2016 (4): 120–124. DOI:10. 11937/bfyy. 201604031.
- GAO Y, HAN Q, LIU J, SHI S S, CUI J, XU M L. Review on the control objects and phototaxis of colored sticky trapping technology [J]. *Northern Horticulture*, 2016 (4): 120–124. DOI:10.11937/bfyy. 201604031.
- [43] 周继芬. 套袋在果树栽培上的应用研究进展[J]. 文教资料, 2005 (18): 151–155. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–8359. 2005. 18. 086.
- ZHOU J F. An advance on bagging application in fruit of horticulture [J]. *Data of Culture and Education*, 2005 (18): 151–155. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–8359. 2005. 18. 086.
- [44] 刘和平, 朴建华, 林剑波, 胡桂兵. 荔枝果实套袋技术研究进展[J]. 热带农业工程, 2015, 39 (1): 19–24.
- LIU H P, BU J H, LIN J B, HU G B. Research progress on bagging of Litchi fruit [J]. *Tropical Agricultural Engineering*, 2015, 39 (1): 19–24.
- [45] MCLAUCHLAN R L, MITCHELL G E, JOHNSON G I, NOTTINGHAM S M, HAMMERTON K M. Effects of disinfestation–dose irradiation on the physiology of Tai So lychee [J]. *Postharvest Biol. Technol.*, 1992, 1 (3): 273–281.
- [46] 胡美英, 姚振威, 邱宇彤, 侯任环, 翁群芳, 李晓东, 刘秀琼. γ –射线对荔枝蒂蛀虫卵和蛹的杀虫效应[J]. 仲恺农业技术学院学报, 1997, 10 (2): 66–70.
- HU M Y, YAO Z W, QIU Y T, HOU R H, WENG Q F, LI X D, LIU X Q. Effects of gamma irradiation on litchi stem–end borer eggs and pupae [J]. *Journal of Zhongkai Agrotechnical college*, 1997, 10 (2): 66–70.
- [47] 胡美英, 姚振威, 侯任昭, 侯任环, 李晓东, 罗雪梅, 翁群芳, 黄旭明, 刘秀琼. γ –射线对荔枝蒂蛀虫幼虫检疫处理的研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 1998, 11 (2): 3–5.
- HU M Y, YAO Z W, QIU Y T, HOU R H, HOU R H, LI X D, LUO X M, WENG Q F, HUANG X M, LIU X Q. Efficacy of gamma irradiation as a quarantine treatment on litchi stem–end borer larva [J]. *Journal of Zhongkai Agrotechnical college*, 1998, 11 (2): 3–5.
- [48] FU H H, ZHU F W, DENG Y Y, WENG Q F, ZHANG T Z. Development, reproduction and sexual competitiveness of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae) gamma–irradiated as pupae and adults [J]. *Florida Entomologist*, 2016. 99 (sp1): 66–72. DOI: 10. 1653/024. 099. sp109.
- [49] 梁广勤, 梁帆, 吴佳教, 周昌清, 陈海东, 李惠河, 温瑞贞. 荔枝蒂蛀虫低温杀虫处理试验[J]. 植物检疫, 2004, 18 (3): 143–144. DOI:10. 3969/j. issn. 1005–2755. 2004. 03. 005.
- LIANG G Q, LIANG F, WU G J, ZHOU C Q, CHEN D H, LI H H, WEN R Z. Experiment of low temperature treatment against *Conopomorpha sinensis* in litchi [J]. *Plant Quarantine*, 2004, 18 (3): 143–144. DOI:10. 3969/j. issn. 1005–2755. 2004. 03. 005.
- [50] MCQUATE G T, FOLLETT P. Use of attractants to suppress oriental fruit fly and *Cryptophlebia* spp. in Litchi [J]. *Process of Hawaiian Entomological Society*, 2006, 38 (2): 27–40.
- [51] 常明山, 吴耀军, 赵鹏飞, 罗辑, 黄华艳, 蒙兰杨. 性信息素对荔枝异形小卷蛾触角电位反应和诱捕效果的影响[J]. 森林与环境学报, 2019, 39 (6): 636–640. DOI:10. 13324/j. cnki. jfcf. 2019. 06. 011.
- CHANG M S, WU Y J, ZHAO P F, LUO J, HUANG H Y, MENG L Y. Comparison of electrophysiological response to and trap efficiency of different sex pheromone blends using *Cryptophlebia ombrodelta* [J]. *Journal of Forest and Environment*, 2019, 39 (6): 636–640. DOI:10. 13324/j. cnki. jfcf. 2019. 06. 011.
- [52] REI Y, NGUYEN D D O, YASUSHI A, MASAKATSU K, TETSU A. (6 Z, 9 Z, 12 Z)–6, 9, 12–Octadecatriene and (3 Z, 6 Z, 9 Z, 12 Z)–3, 6, 9, 12–icosatetraene, the novel sex pheromones produced by emerald moths [J]. *Tetrahedron Letters*, 2009, 50 (33): 4738–4740.
- [53] 张辉, 江世宏, 陈晓琴. 荔枝蒂蛀虫雄蛾触角感受器的扫描电镜观察[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2013, 42 (3): 230–232. DOI:10. 3969/j. issn. 1671–5470. 2013. 03. 002.
- ZHANG H, JIANG S H, CHEN X Q. Observation of antennal sensilla of *Conopomorpha sinensis* Bradley male moth with scanning electron microscope [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2013, 42 (3): 230–232. DOI:10. 3969/j. issn. 1671–5470. 2013. 03. 002.
- [54] 张辉. 荔枝蒂蛀虫性信息联系的初步研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2012. DOI:10. 7666/d. Y2245249.
- ZHANG H. A preliminary study on the sexual information relation of *Conopomorpha sinensis* Bradley [D]. Guangzhou: South China Agriculture of University, 2012. DOI:10. 7666/d. Y2245249.
- [55] 黄振声, 洪巧珍, 颜耀平, 陈秋男. 荔枝细蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 之性引诱剂及诱虫器[J]. 植物保护学会会刊, 1996 (38): 129–136.
- HUANG Z S, HONG Q Z, YAN Y P, CHEN Q N. Sex attractant and insect trap of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *The Plant Protection Bulletin*, 1996 (38): 129–136.
- [56] 张志东, 封传红, 杜永均, 林君, 黄源, 徐翔, 官民, 刘雪梅, 周艳. 性信息素技术应用对荔枝蒂蛀虫的发生动态监测研究[J]. 农业科技通讯, 2020 (6): 178–180, 281.
- ZHANG Z D, FENG C H, DU Y J, LIN J, HUANG Y, XU X, GUAN M, LIU X M, ZHOU Y. The application of sex pheromone technology to the dynamic monitoring of the occurrence of litchi borer [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2020 (6): 178–180, 281.
- [57] 韦德卫, 黎柳锋, 于永浩, 曾宪儒, 王助引, 曾涛. 几种农药对荔枝蒂蛀虫卵和成虫的触杀作用及田间药效[J]. 南方农业学报, 2011, 42 (12): 1489–1492. DOI:10. 3969/j. issn. 2095–1191. 2011. 12. 012.
- WEI D W, LI L F, YU Y H, ZENG X R, WANG Z Y, ZENG T. Contact toxicity and field trial efficiency of several pesticides on the

- eggs and adults of *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2011, 42 (12): 1489–1492. DOI: 10. 3969/j. issn. 2095–1191. 2011. 12. 012.
- [58] 赵亚, 郭利军, 胡福初, 冯学杰, 罗志文, 陈哲, 王祥和, 邓会栋, 范鸿雁. 荔枝蒂蛀虫的田间药效试验 [J]. *农药*, 2019, 58 (4): 300–302.
- ZHAO Y, GUO L J, HU F C, FENG X J, LUO Z W, CHEN Z, WANG X H, DENG H D, FAN H Y. Preliminary report on the results of field trials of synergistic reduction and reduction of fungicides to *Conopomorpha sinensis* Bradley [J]. *Agrochemicals*, 2019, 58 (4): 300–302.
- [59] 徐荣文, 万婕, 覃伟权, 王永壮. 7 种杀虫剂防治荔枝蜡象的药效试验 [J]. *中国农学通报*, 2013, 29 (16): 171–174.
- XU R W, WAN J, QIN W Q, WANG Y Z. Experiments of 7 insecticides effects on the prevention and control of *Tessaratoma papillosa* Drury [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29 (16): 171–174.
- [60] 黎柳锋, 王凤英, 廖仁昭, 赵师雄, 廖世纯. 广西桂平市荔枝木毒蛾的防治研究 [J]. *中国南方果树*, 2018, 47 (4): 81–83. DOI:10. 13938/J. ISSN. 1007–1431. 20170690.
- LI L F, WANG F Y, LIAO R Z, ZHAO S X, LIAO S C. Study on control of *Lymantria xylian* Swinhoe in Guiping, Guangxi province [J]. *South China Fruits*, 2018, 47 (4): 81–83. DOI:10. 13938/J. ISSN. 1007–1431. 20170690.
- [61] 徐淑, 陈炳旭, 董易之. 几种杀虫剂对荔枝蜡象若虫的毒力及田间药效评价 [J]. *环境昆虫学报*, 2015, 37 (2): 462–466. DOI:10. 3969/j. issn. 1674–0858. 2015. 02. 36.
- XU S, CHEN B X, DONG Y Z. The toxicity and control efficacy of different insecticides on *Tessaratoma papillosa* Drury [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (2): 462–466. DOI:10. 3969/j. issn. 1674–0858. 2015. 02. 36.
- [62] 郑绍双, 吴俊辉. 广州地区荔枝褐带长卷叶蛾的发生及防治试验 [J]. *广东农业科学*, 2006 (5): 71–73. DOI:10. 16768/j. issn. 1004–874X. 2006. 05. 021.
- ZHEN S S, WU J H. Occurrence and control experiment of *Hornona coffearia* (Meyrick) in Guangzhou [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2006 (5): 71–73. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–874X. 2006. 05. 021.
- [63] 陈炳旭, 董易之, 陆恒. 15% 科绿乳油的研制及其对荔枝蒂蛀虫的防效评价 [J]. *广东农业科学*, 2010, 37 (7): 97–99. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–874X. 2010. 07. 046.
- CHEN B X, DONG Y Z, LU H. Development of Kelü™ 15% alphacypermethrin · chlorpyrifos EC and its field trial to *Conopomorpha sinensis* [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2010, 37 (7): 97–99. DOI:10. 3969/j. issn. 1004–874X. 2010. 07. 046.
- [64] 黎柳锋, 王凤英, 廖仁昭, 廖世纯. 10 种杀虫剂对荔枝蜡象的防治效果 [J]. *广东农业科学*, 2015, 42 (20): 76–79. DOI:10. 16768/j. issn. 1004–874X. 2015. 20. 015.
- LI L F, WANG F Y, LIAO R Z, LIAO S C. Control effects of 10 kinds of pesticides on *Tessaratoma papillosa* Drury [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2015, 42 (20): 76–79. DOI:10. 16768/j. issn. 1004–874X. 2015. 20. 015.
- [65] 冯远斌, 韦绥概, 黄亮维. 荔枝瘿螨的为害及其防治方法 [J]. *广西农学院学报*, 1992, 11 (2): 25–29.
- FENG Y B, WEI S G, HUANG L W. Damage and control of *Eriophyes litchii* Keifer [J]. *Journal of Guangxi Agricultural University*, 1992, 11 (2): 25–29.
- [66] 郑云云, 黄锐敏, 苏德森. 荔枝主要病虫害的危害症状及防治方法 [J]. *现代农业科技*, 2018 (2): 136, 138.
- ZHENG Y Y, HUANG R M, SU D S. The harmful symptoms and control methods of litchi main diseases and pests [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2018 (2): 136, 138.

(责任编辑 杨贤智)



陈炳旭, 博士, 三级研究员, 硕士生导师, 广东省农业科学院植物保护研究所果树害虫防控研究团队带头人。“十二五”和“十三五”国家现代农业 (荔枝龙眼) 产业技术体系虫害防控岗位科学家, 国家农药登记杀虫剂田间药效试验技术负责人。广东省农药协会副会长, 广东省农药管理专家, 广东省植物保护学会理事, 广东省昆虫学会理事, 香港有机认证中心评审委员会委员。

主要从事荔枝、龙眼、柑桔、板栗等南方果树害虫生物学特性、灾变规律研究以及农药减量防控技术研究和集成, 杀虫剂应用技术研究和室内毒力测定、配方筛选及田间防效评价等技术服务, 作物病虫害绿色防控技术培训与指导。承担国家及省部级科研项目 30 多项。获中华农业科技奖二等奖 1 项, 广东省科学技术奖二等奖 2 项、三等奖 2 项, 广东省农业技术推广奖一等奖 2 项、二等奖 2 项。研制开发农药登记产品 3 个, 获国家授权专利 10 多项。在 SCI 期刊和国内核心刊物发表论文 100 多篇, 编著出版《果树农药使用新技术》、《荔枝龙眼害虫识别与防治图册》、《荔枝/龙眼病虫害绿色防控彩色图谱》和《南方果树病虫害原色图鉴》等著作。