

荔枝蒂蛀虫研究进展

李文景, 董易之, 姚 琼, 陈炳旭*

(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, 广州 510640)

摘要: 荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis* 是中国岭南地区、东南亚、印度和尼泊尔一带广泛分布的重要果树害虫。该虫以幼虫钻蛀取食荔枝和龙眼的果实、嫩梢、花穗, 隐蔽性强, 防治困难, 加上防治措施不当, 化学农药的滥用, 使得该虫迅速成为这两种优质名果的最主要害虫。本文整理近 30 年荔枝蒂蛀虫的研究报道, 从分类学、生物学特性、触角感器及嗅觉机制、人工饲养技术, 以及预测预报和防治方法等方面详细介绍了荔枝蒂蛀虫的研究进展, 提出在荔枝蒂蛀虫的研究中存在的一些争议问题, 并对今后的研究方向进行了展望。

关键词: 荔枝蒂蛀虫; 荔枝; 龙眼; 分类; 生物学特性; 防治技术

中图分类号: Q965 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2018)06-0721-12

Research progress in the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae)

LI Wen-Jing, DONG Yi-Zhi, YAO Qiong, CHEN Bing-Xu* (Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis*, is an important pest of fruit trees widely distributed in the Lingnan area of China, Southeast Asia, India and Nepal. It feeds on fruits, shoots and flowers of the host plants litchi and longan as a borer pest, and has become a major and destructive insect pest to litchi and longan industry due to its boring habit, difficulty for its control, inappropriate control measures and abuse of chemical pesticides. In this article we reviewed the research progress in *C. sinensis* in recent 30 years, mainly focusing on the taxonomy, biological characteristics, antennal sensilla and olfactory mechanisms, artificial rearing techniques, and forecast and control methods. In addition, the controversial problems in the research of *C. sinensis* were proposed, and the prospects for the future studies were also provided.

Key words: *Conopomorpha sinensis*; litchi; longan; taxonomy; biological characteristics; control techniques

中国是世界第一荔枝、龙眼生产大国, 种植面积分别约占世界的 80% 和 59%, 是中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, 有很大出口空间(李建国, 2008; 陈厚彬等, 2013)。随着荔枝龙眼产业在中国的大力发展, 一种鳞翅目钻蛀

性害虫——荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis* 逐渐进入到人们的视野, 并取代荔枝蝽成为荔枝龙眼园内的第一大害虫(岑岳仑和黎富芝, 1989)。荔枝蒂蛀虫以幼虫钻蛀为害荔枝、龙眼的果实、花穗、嫩梢和嫩叶, 尤其偏爱为害果实(吴黄泉等, 1995; Schulte

基金项目: 热带果树化肥农药减施增效技术集成研究与示范——荔枝化肥农药减施增效技术集成(2017YFD0202106); 国家现代农业(荔枝龙眼)产业技术体系——虫害防控岗位(CARS-32-12); 广东省现代农业产业技术体系创新团队(2016LM2149)

作者简介: 李文景, 男, 1987 年生, 湖南常德人, 博士, 助理研究员, 研究方向为果树害虫及防控技术研究, E-mail: lwj4631221@aliyun.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: gzchenbx@163.com

收稿日期 Received: 2017-11-21; 接受日期 Accepted: 2018-02-26

et al., 2007), 一般年份荔枝、龙眼虫果率为 10% ~ 20%, 严重年达 60% ~ 90%, 使荔枝、龙眼产业蒙受巨大损失(李康, 2002; 陈炳旭等, 2011)。该虫为害隐蔽, 防治困难, 多年来一直过度使用化学农药, 不仅对发展绿色无公害荔枝、龙眼产品形成阻碍, 还对生态环境产生极大的破坏, 并引发抗药性的产生(李熙瑜等, 2007)。

荔枝蒂蛀虫作为荔枝龙眼产业中的关键性害虫, 在过去涌现了众多文献报道, 然而其为害的隐蔽性和可获得虫源的季节性, 导致荔枝蒂蛀虫的研究进展一直较为缓慢。目前更是缺少一篇全面概述荔枝蒂蛀虫研究的报道, 对荔枝蒂蛀虫研究工作的开展十分不利。本文综述了近 30 年荔枝蒂蛀虫的研究情况, 旨在帮助广大科研工作者全面了解荔枝蒂蛀虫目前的研究现状, 并提供详实的文献资料, 为将来的研究方向提供思路, 以期为荔枝蒂蛀虫的防控技术开辟新途径。

1 分类历史

荔枝蒂蛀虫属于细蛾科(Gracilariidae)爻纹细蛾属 *Conopomorpha*, 目前该属全世界已知 13 种, 其中 4 种在中国有分布(Hu et al., 2011)。

陈文训(1941)首次报道了荔枝蒂蛀虫的为害情况, 当时该虫中文名被定为爻纹细蛾, 学名经美国农业部高德博士鉴定后, 认为是 *Acrocercops cramerella* Snellen, 这个种在东南亚地区为害可可, 因此在当地也被称为可可细蛾(范永占等, 1988)。此后 40 余年, 荔枝蒂蛀虫便一直被当作 *A. cramerella* 进行形态学、生物学、预测预报及防治方法等方面的研究(钱庭玉, 1955; 刘秀琼, 1964; 何等平等, 1986)。直到 Bradley(1986)在研究了可可细蛾的模式标本后, 订正可可细蛾的学名 *Acrocercops cramerella* Snellen 为 *Conopomorpha cramerella* (Snellen), 并发现在荔枝、龙眼上为害的细蛾其实并不是可可细蛾, 而是两种未知的细蛾, 故为其建立了两个新种——*Conopomorpha litchiella* Bradley 和 *Conopomorpha sinensis* Bradley。 *C. litchiella* 中文名为荔枝尖细蛾, *C. sinensis* 即“荔枝蒂蛀虫”, 此名是姚振威和刘秀琼(1990)根据该虫对荔枝的为害方式所命名的, 目前已成为科研工作与实际生产上应用最广和接受程度最高的中文名。其实关于 *C. sinensis* 的中文名的定名, 一直存在争议, 有部分学者认为 *C. sinensis* 的中文名应继续沿

用“爻纹细蛾”, 毕竟该名称在中国已经通用了 40 多年(黄邦侃, 1987; 蒲天胜, 1989; 吴黄泉等, 1995; 黄常青等, 1997)。在台湾地区 *C. sinensis* 则一直被称为“荔枝细蛾”(黄启钟等, 1994; 洪巧珍等, 2002)。而东南亚许多地区在步入 21 世纪后仍把荔枝蒂蛀虫当作可可细蛾来开展相应的防治工作(Menzel, 2002)。

荔枝蒂蛀虫分布于中国、东南亚、尼泊尔及印度, 寄主目前仅已知荔枝和龙眼(姚振威和刘秀琼, 1990; 吴黄泉等, 1995; Thanh et al., 2006)。

2 生物学特性

2.1 生活史

荔枝蒂蛀虫在不同地区发生的世代数并不一致, 在广东每年发生 10 ~ 12 代(莫禹诗等, 1990; 黄汉杰和陈炳旭, 2001; 高松峰等, 2002; 李康, 2002), 广西发生 10 ~ 11 代(覃如日, 2007), 福建闽南地区发生 9 ~ 10 代(陈加福等, 1996; 陈加福, 2004), 海南发生 10 ~ 11 代(李小云, 2005), 世代重叠。在广东、福建地区 2 ~ 6 代为主要为害代, 主要在荔枝、龙眼的花期至果期为害, 尤其是 4 ~ 5 代与果实成熟期重叠, 危害特别严重(陈加福, 2004; 林汉龙和董永胜, 2009; 杨成学, 2011; 周福庆, 2016)。一般以幼虫在冬梢或早熟品种花穗近顶端轴内越冬(彭成绩和蔡明段, 2003; 陈炳旭等, 2017), 但也有研究认为荔枝蒂蛀虫并无越冬现象, 各虫态全年均可观察到(黄振声, 1988; 黄启钟等, 1994)。李志强等(2008a)在尝试划分荔枝蒂蛀虫世代时却发现, 荔枝蒂蛀虫每年第 1 代发生期难以测定, 除品种差异外, 气候、物候期(包括开花坐果期)等因素均影响荔枝蒂蛀虫的出现时间。不同的气候环境, 荔枝蒂蛀虫的世代历期也不尽相同。如在广州的 5 和 6 月, 荔枝蒂蛀虫完成一个世代需要约 20 ~ 25 d(陈绍平和姚彩媚, 2001); 而在 2 和 3 月的广西地区, 荔枝蒂蛀虫完成一个世代则需要 44 d 左右(邓国荣等, 1998)。

2.2 生活习性

荔枝蒂蛀虫的成虫集中在夜间活动, 白天一般静息在树干, 叶片上极少发现, 受到惊扰时作短暂飞舞后即复停在原栖息树上, 很少远飞(何等平等, 1986; 江世宏和杨长龙, 2006)。这一习性在室内飞行距离和蛰伏习惯的研究中得到证实(李志强等, 2009a)。最近, 有研究利用飞行磨系统对荔枝

蒂蛀虫雄虫的飞行能力进行探测,发现该虫 24 h 内的飞行距离、飞行时间、平均速度及最大速度分别为 13 926 m, 29 365 s, 0.42 m/s 和 1.01 m/s (Zhang *et al.*, 2016)。尽管荔枝蒂蛀虫在白天不喜活动,但这项研究表明在夜晚活动期间,该虫具备一定的扩散能力。

2.2.1 交配:荔枝蒂蛀虫的交配时间主要集中在暗期,2、3 日龄的成虫所占交配的比例最高,交配时长一般为 20 ~ 90 min,且交配前有一系列的求偶行为(江世宏和杨长龙, 2006; 姚监等, 2009; 张辉等, 2014)。目前,荔枝蒂蛀虫交配时间及交配高峰期所得的研究结果不尽一致。有研究报道,荔枝蒂蛀虫雌雄交尾时间发生在暗期 02:00 - 06:00 时, 04:00 - 06:00 时达高峰(洪巧珍等, 2002; 姚监等, 2009);也有研究发现其交尾时间在 22:00 至次日 7:30,交尾高峰为 4:00 - 6:00(冯莉等, 2004);还有观察到荔枝蒂蛀虫交配时间发生在 18:30 - 次日 02:00 时段,20:00 - 22:00 达到交配高峰的报道(江世宏等, 2006; 张辉等, 2014)。由于荔枝蒂蛀虫交配活动主要集中在晚上或凌晨,给观察实验带来挑战,再加上各个实验室的条件不一致,食物来源的不同,观察方式有所差异,造成了结果的不尽相同。

2.2.2 产卵:荔枝蒂蛀虫一般夜间产卵,荔枝果期卵多产于果上,其后依次是嫩叶、嫩梢、嫩枝,在梢上一般产在近小叶柄与总叶柄之间,很少产于叶片上,偏好产在这些部位表面的稍凹处(江世宏和杨长龙, 2006; 曾赞安和梁广文, 2007)。每果一般着卵 1 ~ 2 粒,多的 3 ~ 4 粒,卵多产在果蒂部,占 71.4%,其次是脐部,占 23.8%,而胴部仅占 4.8%(彭建立等, 1997)。黄玉清等(2001)在福建龙眼园调查发现,枝梢抽发期,荔枝蒂蛀虫在嫩叶上的产卵量占 10.47%,叶柄基部或叶腋产卵量占 22.11%,顶芽的叶脉间隙产卵量占 67.42%;结果期,枝、梢上产卵量达到 68.26%,果实上产卵量仅 31.74%;空间分布上,南向方位产卵量较多,东向方位最少。

现有研究发现荔枝蒂蛀虫偏好在荔枝果实上产卵的原因与果实颜色、形状无关,而与果皮的挥发物关系密切(彭海辉等, 2007)。通过研究不同荔枝品种的挥发物成分发现,荔枝挥发物组成和含量在不同荔枝品种间、同一品种荔枝不同组织间差异显著(郭育晖等, 2013),抗虫性差的品种如黑叶、妃子笑的叶中姜烯和 α -倍半水芹烯含量较高,这些物质可能在吸引荔枝蒂蛀虫产卵过程中发挥了重要作用(黄立兰等, 2010)。这些研究为利用寄主植物挥发

物诱捕荔枝蒂蛀虫提供了理论依据。

荔枝蒂蛀虫有较强的繁殖能力,在花果期平均产卵 133 ~ 157 粒/雌,多的能达 250 粒/雌(陈绍平和姚彩媚, 2001);雌虫的产卵量受幼虫阶段取食的食物影响较大(何等平等, 1986)。室内饲养发现,以荔枝种仁饲养的荔枝蒂蛀虫繁殖力最佳,为 234.8 粒/雌,其次为以荔枝嫩叶饲养者,产卵量达到 167.0 粒/雌,而菜豆饲养者仅产 19.12 粒/雌,且从卵到成虫羽化的存活率都以荔枝种仁饲养者最高(洪巧珍等, 2002)。通过建立荔枝蒂蛀虫的自然种群生命表得到其自然种群趋势指数为 13.5,表明下一代种群数量将为当代种群数量的 13.5 倍(梁广文等, 2002)。而在排除天敌干扰后,在妃子笑的果期和梢期荔枝蒂蛀虫实验种群趋势指数分别达到 43.68 和 25.12,种群有爆发的潜能(谢钦铭等, 2005)。强大的繁殖能力是荔枝蒂蛀虫如此猖獗的重要因素之一。

2.2.3 幼虫和蛹:荔枝蒂蛀虫幼虫钻蛀为害荔枝、龙眼,为害隐蔽,且整个取食阶段均在蛀道内,没有转移的习性,研究起来有一定的难度,目前对幼虫的研究报道还不多。幼虫孵化后多从卵壳底面直接蛀入果内,但幼果期种腔内充满液状物时幼虫极少入侵,当种腔内含物变白色固态后,幼虫开始大量钻蛀果核导致落果(何等平等, 1986)。近成熟果的果核坚硬,幼虫不再蛀核,孵化后进入果皮到达果蒂,取食果蒂的输导组织(姚振威和刘秀琼, 1990)。很长一段时间,荔枝蒂蛀虫都被认为只有 4 个龄期(何等平等, 1986; 黄振声, 1988),直到最近董易之等(2015b)根据 Dyar 定律推算出荔枝蒂蛀虫幼虫的龄期应为 5 个。幼虫老熟后,室内饲养环境下,一般爬行 5 ~ 15 cm,偏好在半干湿、背阴、平滑的环境化茧羽化(李志强等, 2008b),自然环境中老熟幼虫自果内脱出,出虫孔扁圆,一般在叶片上或下层的枯枝落叶和植物上结茧化蛹(陈炳旭等, 2017)。

2.2.4 羽化:大多数研究证实荔枝蒂蛀虫的羽化集中在暗期,尤其是 19:00 - 22:00 为荔枝蒂蛀虫的羽化高峰期,雌雄比接近 1:1(彭建立等, 1997; 洪巧珍等, 2002; 冯莉等, 2004; 江世宏等, 2006; 姚监等, 2009; 张辉等, 2014; Li *et al.*, 2014)。成虫羽化时以其头端的破茧器破茧而出,蛹壳 2/3 留在茧内,1/3 露出茧外(何等平等, 1986)。

2.3 气候环境的影响

荔枝蒂蛀虫偏爱在荫蔽潮湿、通风透光较差的荔枝龙眼园活动,一般荫蔽、低洼、湿度大的果园发

生较重(陈加福等, 1996; 李康, 2002; 陈景辉和林文才, 2002; 杨振德, 2003)。因而果树种植的疏密程度对荔枝蒂蛀虫的发生产生较大影响。据调查发现, 间伐荔枝园相比于密闭荔枝园有更好的通风透光效果, 能降低荔枝害虫的发生程度, 且在间伐荔枝园对荔枝蒂蛀虫进行防治时效果更佳(董易之等, 2015a)。

温度是影响荔枝蒂蛀虫生长发育的重要因子, 对幼虫和蛹的历期、化蛹率、成虫寿命及产卵的影响十分明显(Li *et al.*, 2013)。陈景辉和林文才(2002)认为荔枝蒂蛀虫发育最适温度为 24 ~ 28℃, 15℃以下和 30℃以上温度对其存活和繁殖均有明显的抑制作用。对荔枝蒂蛀虫发育历期的研究表明, 在 20 ~ 32℃温度范围内, 卵、各龄幼虫和蛹的发育历期均随温度升高而缩短, 但在 35℃时, 蛹多不能羽化, 17℃时幼虫仅能发育至 3 龄(董易之等, 2015b)。

高州市荔枝蒂蛀虫的发生与气象要素的关系表明, 荔枝蒂蛀虫的为害率与冬春季日照成反比; 上一年 11 ~ 12 月平均最高气温与荔枝蒂蛀虫的为害率成正比, 3 ~ 4 月平均最高气温与荔枝蒂蛀虫为害率成反比; 蒂蛀虫为害率随着春季雨日偏多而增大(邓晓瑶等, 2009)。冬春季气温明显偏暖会直接导致荔枝蒂蛀虫越冬幼虫死亡率低, 虫口基数增加, 且为害提早(高松峰等 2002)。根据广州 2007 和 2008 年的荔枝蒂蛀虫危害情况却发现, 多雨潮湿的年份荔枝蒂蛀虫危害率低, 多雨潮湿的月份荔枝蒂蛀虫危害率也低, 且荔枝蒂蛀虫在湿度较大时幼虫结茧化蛹明显减少, 具有“厌湿性”(李志强等, 2008c, 2009b, 2009d)。光照也会对荔枝蒂蛀虫的活动产生干扰, 造成成虫羽化推迟, 活动减少或时间规律紊乱, 部分成虫长睡不醒, 成虫蛰伏高度总体降低, 具有明显的“惰光性”(李志强等, 2008c, 2009c)。

3 触角感器及嗅觉机制

目前对荔枝蒂蛀虫触角的结构已有了初步的了解, 通过扫描电镜观察发现, 荔枝蒂蛀虫触角主要分布 5 种感受器, 分别是毛形感受器、刺形感受器、腔锥感受器、锥形感受器和鳞形感受器, 其中毛形感受器数量最多, 且雌雄间触角感器在形状上没有明显差异(赵之亭等, 2012; 张辉等, 2013b)。

触角电位技术(electroantennography, EAG)在昆虫学研究中被广泛使用, 是直接检测昆虫对挥发

性物质化学信号反应的电生理方法, 是了解昆虫触角对气味反应活性和敏感性的重要途径(赵新成等, 2004)。荔枝蒂蛀虫对寄主植物各部位提取物触角电位的研究表明, 交配前荔枝蒂蛀虫对荔枝各部位提取物的触角电位反应差异不显著, 而交配后荔枝外果皮提取物对雌虫的触角电位活性最大(彭海辉等, 2006), 这也从侧面反映出荔枝蒂蛀虫偏好在荔枝果实上产卵的特性。而非寄主植物挥发物的触角电位的实验发现, 那些对荔枝蒂蛀虫产卵驱避作用强的挥发物往往触角电位反应也比较强烈(李建等, 2010; 王少山等, 2010)。荔枝蒂蛀虫的交配习性也能在这项技术上得到体现, 最新研究表明, 3 日龄雌蛾对 3 日龄处女雌蛾性腺粗提物的触角电位反应较强, 尤其对 22:30 - 00:30 时雌蛾性腺的粗提物反应最强(张辉等, 2014)。

目前, 关于荔枝蒂蛀虫嗅觉相关蛋白和气味分子传导机制的研究也在逐步开展, 这将为高效、高特异性的昆虫行为调节剂研发提供理论基础与靶标。作为识别结合脂溶性气味分子的蛋白, 气味结合蛋白(odorant-binding proteins, OBPs)广泛存在于感受器淋巴液中。最近, 两个荔枝蒂蛀虫的普通气味结合蛋白(CsGOBP1 和 CsGOBP2)被鉴定发现, 这两个蛋白的三维结构及在不同性别和组织中的表达量都有明显差异(Yao *et al.*, 2015)。随着对嗅觉相关蛋白基因功能的逐步了解, 荔枝蒂蛀虫对寄主选择性的机制也将慢慢被揭晓。现今组学大数据已经快速渗入到生物学的各个领域, 而转录组学的应用极大加快了荔枝蒂蛀虫嗅觉系统的研究进程, 目前已经从荔枝蒂蛀虫的转录组数据中挖掘了 100 个嗅觉相关基因, 通过分析转录组数据, 更多特异、高效且安全的昆虫防治靶标将被发现, 有望为绿色无公害荔枝龙眼产业提供安全、低残留的害虫控制措施(孟翔等, 2016)。

4 人工饲养技术

在室内饲养时, 荔枝蒂蛀虫成虫仅喂食蜂蜜水便可存活, 但蜂蜜水的浓度对成虫产卵量并没有显著影响(Li *et al.*, 2013)。洪巧珍等(2002)首先在室内建立荔枝蒂蛀虫采卵技术、接卵技术及幼虫与成虫饲养繁殖方法等。在此基础上, 曾赞安和梁广文(2007)利用荔枝种仁作为食物成功饲养荔枝蒂蛀虫完整的一个世代, 并着重研究了收卵卡及收蛹卡的装置。王少山等(2008)利用此方法在室内成

功饲养了连续 3 个世代的荔枝蒂蛀虫。董易之等 (2015b) 进一步改进了荔枝蒂蛀虫饲养方法,通过调整饲养湿度、果仁的接卵数量及成虫产卵时所用介质,使得饲养效率大大提高。目前,虽然荔枝蒂蛀虫能够在室内饲养,但饲养饲料仍以天然材料为主,还没有任何关于人工饲料研究的报道。人工饲料发展的停滞使得荔枝蒂蛀虫研究工作的开展受到季节限制,缺少稳定虫源,极大阻滞了该虫的研究进程。

5 预测预报

由于荔枝蒂蛀虫幼虫蛀食为害隐蔽性强,防治困难,因此,在成虫羽化高峰期及时防治是控制其为害的关键,而准确地预测成虫发生期高峰则是确保防治效果的前提(黄德超等, 2005)。一般来说,测报防治比非测报防治的好果率提高 3% ~ 5%, 座果率提高 9% 左右(高松峰等, 2005)。随着对预测预报工作的重视,众多实用的方法逐渐被挖掘出来。

研究表明,虫蛹分级预测法和逐日查蛹羽化进度预测法,是根据调查数据,对照荔枝蒂蛀虫各虫态发育历期,并结合气象资料来预测荔枝蒂蛀虫的发生期。虫蛹分级预测法一般能提前 10 d 左右发报,逐日查蛹羽化进度预测法通常提前 3 ~ 5 d 发布预报(陈景辉和林文才, 2002; 冼继东等, 2004; 黄德超等, 2005)。摇树惊蛾法是检测成虫数量的有效方法,一般监测量达到每株 1 ~ 2 头时则表示需要对荔枝蒂蛀虫施药防治(韦伟等, 2005)。陈观浩等 (2005) 通过调查发现落果中第 1 天百果幼虫量与百果累计幼虫量呈直线相关,利用回归分析发现二者关系极显著,并建立了直线回归方程,该方程可由第 1 天幼虫量推算出全代(次)累计幼虫量, t 检验表明该方程的计算值与实查值基本接近,该方法便于确定下代荔枝蒂蛀虫发生程度,并可提早 4 ~ 6 d 发布预测结果。气候条件与荔枝蒂蛀虫的发生情况密切相关,利用气象因子也能对荔枝蒂蛀虫的发生进行预测预警,通过建立气象因子与荔枝蒂蛀虫发生的多元回归方程作为预测模型,可对荔枝蒂蛀虫的发生等级进行预警(蔡世同等, 2011)。

6 防治

6.1 化学防治

化学农药仍是当前防治荔枝蒂蛀虫最主要的措施。由于其幼虫一旦钻到寄主内,化学农药便很难

起到防控作用,因此化学防治关键是要掌握防治适期,即通过预测预报工作掌握成虫的盛发期,并抓住第二次生理落果期着重防治,药剂最好兼具杀成虫、幼虫及卵的效果(陈燕等, 2014; 陈炳旭等, 2017)。目前防控效果较好的药剂有 52.25% 农地乐乳油、氯氰菊酯、高效氯氰菊酯、联苯菊酯、毒死蜱、氯虫苯甲酰胺等等(陈炳旭和黄汉杰, 1999; 林长福, 2000; 邹华娇, 2008; 邓钦阳等, 2010; 陈炳旭等, 2010; 吴学步和杜家义, 2012; 李鹏燕等, 2016)。生长调节剂也逐渐被用于防治荔枝蒂蛀虫,虱螨脲、除虫脲、氟酰脲等在田间的防效都超过了 75% (Srivastava *et al.*, 2017)。

6.2 农业防治

农业防治作为最基础的防治方法,在无公害荔枝龙眼栽培管理中发挥着极其重要的作用。目前,荔枝蒂蛀虫农业防治技术大致可总结为:(1) 及时清除落果落叶,可明显减少下一代虫源;(2) 采果后及时修剪,主要剪除过密枝、细弱枝、交叉枝、荫蔽枝和病虫枝,使树冠内通风透光,使果园通风透光;(3) 整齐放梢,培养健壮秋梢,控制冬梢,短截花穗,从而减少冬春季的虫源;(4) 果实膨大期套袋,果实实用无纺布袋套袋处理不仅可以减少施药次数,提高好果率,还能使果面着色均匀,色泽鲜艳,增加果实外观品质,提高荔枝果实耐贮性(胡桂兵等, 2001; 黄汉杰等, 2001; 徐炯志等, 2003; 陈平和黄雪芬, 2006; 詹儒林等, 2007; 陈燕等, 2014)。

6.3 物理防治

随着荔枝产业的发展及出口量的增多,加上荔枝蒂蛀虫蛀果的习性,使得检疫工作面临挑战,增加了该害虫扩散的风险(Hu *et al.*, 1995)。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(McLauchlan *et al.*, 1992)。研究表明, γ 射线对荔枝蒂蛀虫具有良好的灭杀作用,卵的孵化率随着 ^{60}Co γ 射线辐照剂量的增加而降低,相同的辐照剂量下前期蛹不能羽化为成虫,4 ~ 5 日龄的蛹虽能羽化,但成虫不育(Hu *et al.*, 1997; 胡美英等, 1998)。辐射剂量为 200, 250 和 300 Gy 的 γ 射线对荔枝蒂蛀虫蛹和成虫的发育、产卵、性竞争都有明显的负面影响(Fu *et al.*, 2016)。低温亦可作防治荔枝蒂蛀虫的方法,实验证明在 $1.39 \pm 0.39^\circ\text{C}$ 温度下处理 8, 10 和 13 d,可完全杀死果实中的荔枝蒂蛀虫幼虫(梁广勤等, 2004)。根据荔枝蒂蛀虫的“嗜光性”及“厌湿性”,李志强等 (2009c, 2009d) 提出了利用夜间光照及挂果期保持

地面潮湿的物理防治理念,但目前还没有实施该防治措施的相关报道。使用诱集捕捉工具是物理防治常用的手段,经调查发现频振式杀虫灯能较好地防治荔枝蒂蛀虫的为害(刘卫强, 2007)。近些年发现一款智能型太阳能灭虫器(型号 FWS-DBL-1),其原理是根据昆虫的趋光性、夜行性和独特的光波、波频共振,令害虫扑灯时瞬间晕倒掉入水盆中淹死,利用此灭虫器能有效诱杀荔枝蒂蛀虫成虫(杨成学, 2011)。但利用诱虫灯诱杀荔枝蒂蛀虫的方法,与李志强等(2009c)发现荔枝蒂蛀虫无趋光性的观点相矛盾。目前关于荔枝蒂蛀虫趋光性的研究涉及较少,相关工作有待开展。

6.4 生物防治

目前,荔枝蒂蛀虫生物防控技术研究多集中在天敌的保护利用、生物源农药和性信息素的应用(陈燕等, 2014)。

6.4.1 天敌资源:通过田间调查发现,荔枝蒂蛀虫的捕食性天敌主要为中华微刺盲蝽 *Campylomma chinensis* 和中华草蛉 *Chrysoperla sinica* (吴珍泉等, 1999; 江世宏和杨长龙, 2006)。有研究根据荔枝蒂蛀虫细胞色素氧化酶 I (COI) 的基因序列设计了 PCR 特异性引物,并应用 DNA 标记方法检测荔校园内捕食性天敌对荔枝蒂蛀虫的捕食作用,检测结果发现六班月瓢虫 *Menochilus sexmaculata*, 大银腹蛛 *Leucauge magnifica*, 龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 和斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* 为较高效的捕食性天敌,阳性检出率分别达到 39.29%, 36.36%, 27.27% 和 27.21%, 这种方法为筛选荔枝蒂蛀虫的优势天敌拓展了新的思路 (Meng *et al.*, 2014)。荔枝蒂蛀虫的寄生性天敌目前发现有, 茧蜂 *Phanerotoma* sp., *Apanteles* sp., 甲腹茧蜂 *Chelonus* sp., 分盾细蜂 *Ceraphron* sp., 姬小蜂 *Tetrastichus* sp., 扁骨小蜂 *Elasmus* sp., 釉小蜂 *Tetrastichus* sp., 食胚赤眼蜂 *Thichogramma embryophagum*, 安荔赤眼蜂 *Thichogramma oleae*, 小灰蝶分索赤眼蜂 *Trichogrammatoidea hypsipylae* 和斑螟分索赤眼蜂 *Trichogrammatoidea hypsipylae* 等(刘德广和张润杰, 1998; 占志雄等, 2003; 冯莉等, 2004; 曾赞安等, 2007a, 2007b; 张英杰等, 2011, 2012)。但当前报道的寄生蜂对荔枝蒂蛀虫的自然寄生率普遍较低,如何提高寄生率还有待进一步研究。

6.4.2 生物源农药的开发利用:目前在荔枝蒂蛀虫上生物源农药的开发利用主要着重于植物源和微生物源两个方向。

植物源农药方面,研究工作集中在有产卵驱避作用的植物提取物的筛选与挖掘上,其中驱避效果较好的有:白花非洲山毛豆 *Tephrosia vogelli*, 飞机草 *Eupatorium odoratum* 和大叶桉 *Eucalyptus robusta* 的乙醇提取物,对荔枝蒂蛀虫产卵驱避效果达到 80% ~ 90% (洗继东等, 2002a, 2002b); 0.3% 印楝素乳油不仅有驱避作用还能起到良好的触杀效果(洗继东等, 2006; 曾赞安和梁广文, 2008; 王少山等, 2011)。此外红花羊蹄甲 *Bauhinia blakeana*, 四季橘 *Citrus mitis* 和灵香草 *Lysimachia foenum-graecum* 乙醇提取物, 18% 飞机草乳油, 香紫苏油、肉桂油、香茅油等植物精油对荔枝蒂蛀虫都具有较好的产卵驱避作用(杨长龙等, 2007a, 2007b; 黎卓维等, 2007; 陈晓琴等, 2008; 江世宏等, 2009; 韦德卫等, 2012)。

在微生物源农药中, 苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* 和阿维菌素 (Avermectin) 对荔枝蒂蛀虫有较好的控制作用(陈炳旭等, 2011)。金龟子绿僵菌是一类重要的昆虫病原真菌,对荔枝蒂蛀虫老熟幼虫、蛹具有一定的侵染力,其田间药效试验结果表明,每毫升 10^8 个分生孢子的孢子悬浮液对荔枝蒂蛀虫有良好的控制作用(詹儒林等, 2007; 何衍彪等, 2007)。还有报道发现浓度为 $8 \times 10^6 \sim 10 \times 10^6$ PIB/mL 的棉铃核型多角体病毒对荔枝蒂蛀虫有良好的防效,室内毒力测定显示其与目前最常用的生物农药 1.8% 阿维菌素乳油防效相当(黄家善等, 2013)。

6.4.3 性信息化合物的应用:利用性信息素对有害昆虫进行防治,是保护环境有效控制害虫的可行途径之一(韦卫等, 2006)。现已发现荔枝蒂蛀虫雌蛾信息素分泌腺体位于腹部末端第 8、9 节节间膜背面(张辉等, 2013a), 目前关于提取利用荔枝蒂蛀虫性信息素进行相关防治的相关报道并不多。冯莉等(2004)发现利用人工合成的荔枝蒂蛀虫性诱剂在荔校园虽可诱捕到成虫,但诱蛾量较低。最近发现一种荔枝蒂蛀虫性信息素诱芯(红色橡皮头)构成的诱捕器,在田间对荔枝蒂蛀虫的防治效果达到 66.9% (林志平, 2014)。还有研究发现,在可可细蛾 *C. cramerella* 上提取的 5 种性信息素成分可合成诱杀荔枝蒂蛀虫雄虫的性诱剂,在果园引诱持效期达 3 个月(黄振声等, 1996)。总体来讲,性信息素在荔枝蒂蛀虫防治上的应用还处于初步试阶段,其引诱活性及田间使用技术仍需进一步研究和提高。

7 小结与展望

荔枝蒂蛀虫作为荔枝和龙眼的最主要害虫,每年给荔枝龙眼产业造成巨大的经济损失。由于荔枝龙眼产业主要分布在中国华南地区,使得投入到荔枝蒂蛀虫研究领域的力量有明显的区域性,加上其独特的生活习性,难以饲养等因素,造成该虫的研究进展十分缓慢。而早期荔枝蒂蛀虫与荔枝尖细蛾被当作同一个物种来对待,使得这两者的生物学特性混淆不清,更对荔枝蒂蛀虫展开深入的研究以及防治技术的有效实施产生了阻碍。近些年来,对荔枝蒂蛀虫的生物学特性研究取得了长足的进步,但一些生活习性如交配、产卵、幼虫取食等行为仍存在争议,有待进一步的探究。防治工作上,在做好荔枝蒂蛀虫预测预报的前提下,仍需坚持以农业技术为基础,生物防治为核心,以化学防治和人工防治为辅的防治措施,保护和利用天敌,减少化学农药对生态系统的破坏。

目前,荔枝蒂蛀虫的研究工作主要集中在生物学特性及防治技术上,深层次的研究还比较少,研究所涉及到的领域也比较窄,因此对荔枝蒂蛀虫的认识还停留在较初级层面。然而,随着我国经济的飞速发展,人们对绿色健康食品需求的日益增加,荔枝蒂蛀虫的绿色防控技术将成为发展绿色荔枝龙眼产业的重要手段,这就迫切要求科研工作者对荔枝蒂蛀虫展开更多元、更详细、更透彻的研究。荔枝蒂蛀虫的种群遗传结构,对寄主植物的选择机制,与寄主植物、天敌及共生菌间的互作关系,抗药性机理以及人工饲料的开发等等都是值得深入探索与研究的方向。这些研究将为荔枝蒂蛀虫综合防治技术带来新契机,并为控制其种群数量提供有力的科学依据。

参考文献 (References)

- Bradley JD, 1986. Identity of South-East Asian cocoa moth, *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae), with description of three allied new species. *Bull. Entomol. Res.*, 76(1): 41–51.
- Cai ST, Qi XY, Lin GC, Deng XY, 2011. Meteorological forecast methods of damage rate of litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley in Gaozhou. *Guangdong Meteorol.*, 33(3): 46–48. [蔡世同, 齐向阳, 林国冲, 邓晓瑶, 2011. 高州市荔枝蒂蛀虫为害率的气象预测方法. 广东气象, 33(3): 46–48]
- Cen YL, Li FZ, 1989. Preliminary report on the investigation of fruit borers in Yulin area. *Guangxi Agric. Sci.*, (3): 30–32, 29. [岑岳仑, 黎富芝, 1989. 玉林地区果蛀虫调查初报. 广西农业科学, (3): 30–32, 29]
- Chen BX, Dong YZ, Lu H, 2010. Development of Keli™ 15% alphacypermethrin · chlorpyrifos EC and its field trial to *Conopomorpha sinensis*. *Guangdong Agric. Sci.*, (7): 97–99. [陈炳旭, 董易之, 陆恒, 2010. 15% 科绿乳油的研制及其对荔枝蒂蛀虫的防效评价. 广东农业科学, (7): 97–99]
- Chen BX, Huang HJ, 1999. Efficacy of Nongdile™ to control litchi fruit borer. *Guangdong Agric. Sci.*, (4): 42–43. [陈炳旭, 黄汉杰, 1999. 农地乐乳油防治荔枝蒂蛀虫药效试验. 广东农业科学, (4): 42–43]
- Chen BX, Xu HM, Dong YZ, Cai MD, 2017. Illustrated Handbook of Identification and Management of Litchi and Longan Pests. China Agriculture Press, Beijing. 1–4. [陈炳旭, 徐海明, 董易之, 蔡明段, 2017. 荔枝龙眼害虫识别与防治图册. 北京: 中国农业出版社. 1–4]
- Chen BX, Zhang YJ, Dong YZ, Xu S, 2011. Advances in research on biological control of *Conopomorpha sinensis*. *J. Fruit Sci.*, 28(3): 493–497. [陈炳旭, 张英杰, 董易之, 徐淑, 2011. 荔枝蒂蛀虫生物防治研究进展. 果树学报, 28(3): 493–497]
- Chen GH, Li QF, Liu RQ, Liu GB, 2005. Study on method for investigating larval density of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *South China Fruits*, 34(1): 27. [陈观浩, 李前飞, 刘瑞强, 刘冠博, 2005. 荔枝蒂蛀虫幼虫密度调查方法的研究. 中国南方果树, 34(1): 27]
- Chen HB, Zhuang LJ, Huang XM, Su ZX, 2013. Current situation and prospect of litchi and longan industry. *China Trop. Agric.*, (2): 12–18. [陈厚彬, 庄丽娟, 黄旭明, 苏钻贤, 2013. 荔枝龙眼产业发展现状与前景. 中国热带农业, (2): 12–18]
- Chen JF, 2004. Innovative methods for predicting of litchi fruit borer. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 20(2): 190–191. [陈加福, 2004. 浅析荔枝蒂蛀虫测报方法之改进. 中国农学通报, 20(2): 190–191]
- Chen JF, Sun GK, Ye QR, 1996. Occurrence and control of litchi fruit borer. *Fujian Agric.*, (10): 13. [陈加福, 孙国坤, 叶庆荣, 1996. 荔枝蒂蛀虫的发生及防治. 福建农业, (10): 13]
- Chen JH, Lin WC, 2002. Experiences in forecasting the occurrence of litchi borer *Conopomorpha sinensis*. *Wuyi Sci. J.*, 18: 284–285. [陈景辉, 林文才, 2002. 荔枝蒂蛀虫发生期测报经验点滴. 武夷科学, 18: 284–285]
- Chen P, Huang XF, 2006. Biorational control techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Southeast Hortic.*, (4): 59–60. [陈平, 黄雪芬, 2006. 无公害荔枝蒂蛀虫综合防治技术. 东南园艺, (4): 59–60]
- Chen SP, Yao CM, 2001. Occurrence and control of main diseases and pests of litchi in Guangzhou area. *Guangdong Agric. Sci.*, (4): 37–39. [陈绍平, 姚彩媚, 2001. 广州地区荔枝主要病虫害的发生及防治. 广东农业科学, (4): 37–39]
- Chen WX, 1941. A preliminary study on the life history and control of the litchi moth. *Agric. J. Fukien Christ. Univ.*, 3(2): 153–161. [陈文训, 1941. 荔枝蛀虫生活史及其防除法之初步研究. 协大农报, 3(2): 153–161]
- Chen XQ, Jiang SH, Huang AK, Li GJ, 2008. Effects of different concentrations of *Eupatorium odoratum* micromulsion against *Conopomorpha sinensis* Bradley oviposition deterrent activity.

- Guangdong Agric. Sci.*, (12): 109–110. [陈晓琴, 江世宏, 黄安康, 李广京, 2008. 飞机草微乳剂对荔枝蒂蛀虫产卵驱避活性的测定. *广东农业科学*, (12): 109–110]
- Chen Y, Yu JM, Zhou QG, Li LY, 2014. Advances in research on control of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Agric. Res. Appl.*, (1): 57–59. [陈燕, 余江敏, 周全光, 李莲英, 2014. 荔枝蒂蛀虫防治研究进展. *农业研究与应用*, (1): 57–59]
- Deng GR, Yang HH, Chen DY, 1998. Illustrated Handbook of Integrated Disease and Pest Management of Litchi and Longan. Guangxi Science and Technology Press, Nanning. 66–70. [邓国荣, 杨皇红, 陈德扬, 1998. 龙眼荔枝病虫害综合防治图册. 南宁: 广西科学技术出版社. 66–70]
- Deng QY, Zhang XY, Luo WJ, Chen J, Liu WW, Yin QX, 2010. Efficacy of 40% chloro · thiamethoxam water dispersible agent against litchi fruit borer. *Bull. Agric. Sci. Technol.*, (11): 52–53. [邓钦阳, 张小燕, 罗文娟, 陈军, 刘维文, 尹奇勋, 2010. 40% 氯虫 · 噻虫嗪水分散剂防治荔枝蒂蛀虫药效试验. *农业科技通讯*, (11): 52–53]
- Deng XY, Cai ST, Qi XY, Lin GC, 2009. Study on the relationship between litchi borer and meteorological factors. *J. Meteorol. Res. Appl.*, 30(S2): 157–158. [邓晓瑶, 蔡世同, 齐向阳, 林国冲, 2009. 荔枝蒂蛀虫与气象要素关系的研究. *气象研究与应用*, 30(S2): 157–158]
- Dong YZ, Xu HM, Xu S, Chen BX, 2015a. Investigation and control of major pests in thinned and un-thinned litchi orchards. *Guangdong Agric. Sci.*, 42(21): 75–80. [董易之, 徐海明, 徐淑, 陈炳旭, 2015a. 间伐与密闭荔枝园主要害虫种类调查及防控. *广东农业科学*, 42(21): 75–80]
- Dong YZ, Xu S, Chen BX, Yao Q, Chen GM, 2015b. Determination of larval instars and developmental duration of each stage at different temperatures of the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Acta Entomol. Sin.*, 58(10): 1108–1115. [董易之, 徐淑, 陈炳旭, 姚琼, 陈耿民, 2015b. 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. *昆虫学报*, 58(10): 1108–1115]
- Fan YZ, He MZ, Mao MY, Zhang HC, 1988. Prevention and control research of *Acrocercops cramerella*. *Southeast Hortic.*, (4): 26–30. [范永占, 何明忠, 毛美玉, 张鸿昌, 1988. 爻纹细蛾防治研究. *东南园艺*, (4): 26–30.]
- Feng L, Li DS, Zhang BX, Huang SH, 2004. Integrated management techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *China Plant Prot.*, 24(4): 23–24. [冯莉, 李敦松, 张宝鑫, 黄少华, 2004. 荔枝蒂蛀虫综合防治技术. *中国植保导刊*, 24(4): 23–24]
- Fu HH, Zhu FW, Deng YY, Weng QF, Hu MY, Zhang TZ, 2016. Development, reproduction and sexual competitiveness of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae) gamma-irradiated as pupae and adults. *Fla. Entomol.*, 99(spl): 66–72.
- Gao SF, Su X, Su ZC, Chen Q, Chen KF, Wu ML, 2005. Forecast of occurrence of *Conopomorpha sinensis* Bradley at fruiting stage of litchi. *Guangxi Agric. Sci.*, (4): 11–12. [高松峰, 苏旭, 苏章城, 陈勤, 陈开发, 吴嫚丽, 2005. 荔枝蒂蛀虫的测报防治试验. *广西热带农业*, (4): 11–12]
- Gao SF, Su ZC, Su X, 2002. Causes and control measures of litchi borer in Chaoshan area in 2001. *South China Fruits*, (1): 30–31. [高松峰, 苏章城, 苏旭, 2002. 2001 年潮汕地区荔枝蒂蛀虫大发生原因及防治对策. *中国南方果树*, (1): 30–31]
- Guo YH, Ye HJ, Fang W, Gu WX, 2013. Study on volatile constituents of 4 cultivars of litchi with different resistant ability to *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Nat. Prod. Res. Dev.*, 25(9): 1218–1221. [郭育晖, 叶慧娟, 方炜, 谷文祥, 2013. 不同品种荔枝对荔枝蒂蛀虫引诱活性成分的研究. *天然产物研究与开发*, 25(9): 1218–1221]
- He DP, Wang XY, Zhou BP, Zhao XD, 1986. The biology of litchi borer (*Acrocercops cramerella* Snell.) and its control. *J. South China Agric. Univ.*, 7(1): 43–53. [何等平, 王心燕, 周北沛, 招晓东, 1986. 荔枝爻纹细蛾生物学研究及其在防治上的应用. *华南农业大学学报*, 7(1): 43–53]
- He YB, Zhao YL, Zhan RL, 2007. Harmless control experiment of litchi fruit borer in Zhanjiang area. *Guangxi Trop. Agric.*, (3): 5–6. [何衍彪, 赵艳龙, 詹儒林, 2007. 湛江地区荔枝蒂蛀虫无公害防治试验. *广西热带农业*, (3): 5–6]
- Hong QZ, Jiang BY, Huang ZS, 2002. Rearing techniques and eclosion and mating behaviors of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Proc. Plant Prot.*, (4): 86–99. [洪巧珍, 江碧媛, 黄振声, 2002. 荔枝细蛾之饲养技术及其羽化与交尾行为. *植保会刊*, (4): 86–99]
- Hu BB, Wang SX, Zhang J, Li HH, 2011. Taxonomy and biology of two seed-parasitic gracillariid moths (Lepidoptera, Gracillariidae), with description of a new species. *ZooKeys*, 83: 43–56.
- Hu GB, Wang HC, Huang HB, 2001. Bagging improves storability of “Feizixiao” litchi. *Acta Hortic. Sci.*, 28(4): 290–294. [胡桂兵, 王惠聪, 黄辉白, 2001. 套袋处理提高“妃子笑”荔枝果实耐贮性. *园艺学报*, 28(4): 290–294]
- Hu MY, Yao ZW, Hou RZ, Hou RH, Li XD, Luo XM, Weng QF, Huang XM, Liu XQ, 1998. Study on gamma irradiation of litchi stem end borer larvae as quarantine treatment. *J. Zhongkai Agrotech Coll.*, 11(2): 58–63. [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, 1998. γ -射线对荔枝蒂蛀虫幼虫检疫处理的研究. *仲恺农业技术学院学报*, 11(2): 58–63]
- Hu MY, Yao ZW, Qiu YT, Hou RH, Wen QF, Li XD, Liu XQ, 1997. Effects of gamma irradiation on litchi stem-end borer eggs and pupae. *J. Zhongkai Agrotech. Coll.*, 10(2): 66–70. [胡美英, 姚振威, 邱宇彤, 侯任环, 翁群芳, 李晓东, 刘秀琼, 1997. γ -射线对荔枝蒂蛀虫卵和蛹的杀虫效应. *仲恺农业技术学院学报*, 10(2): 66–70]
- Hu MY, Yao ZW, Qiu YT, Liu XQ, Hou RH, 1995. Disinfestation of *Conopomorpha sinensis* Bradley larvae with gamma irradiation as a quarantine treatment. *J. Zhongkai Agrotech. Coll.*, 8(1): 46–51. [胡美英, 姚振威, 邱宇彤, 刘秀琼, 侯任环, 1995. 荔枝蒂蛀虫辐照检疫处理的研究. *仲恺农业技术学院学报*, 8(1): 46–51]
- Huang BK, 1987. The litchi borer, a revision of the Latin name of *Conopomorpha sinensis* Bradley, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). *Wuyi Sci. J.*, 7: 57–59. [黄邦侃, 1987. 荔枝果蛀虫——爻纹细蛾学名的订正(鳞翅目: 细蛾科). *武夷科学*, 7: 57–59]
- Huang CQ, Wu HQ, Lin YW, Xie YD, Huang J, Huang BK, 1997. A review of shoot and fruit borers and two species of gracillariid moths

- attacking litchi and longan. *Wuyi Sci. J.*, 13: 125 – 130. [黄常青, 吴黄泉, 林阳武, 谢依弟, 黄建, 黄邦侃, 1997. 荔枝、龙眼梢果蛀虫及两种细蛾综述. 武夷科学, 13: 125 – 130]
- Huang DC, Zou SF, Lu YY, Li JF, Yang WQ, Lai XH, 2005. Preliminary study on occurrence and forecast methods of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *China Plant Prot.*, 25(10): 36 – 38. [黄德超, 邹寿发, 陆永跃, 李建丰, 杨武前, 赖信红, 2005. 荔枝蒂蛀虫发生期的测报调查与预报方法初探. 中国植保导刊, 25(10): 36 – 38]
- Huang HJ, Chen BX, Zhong GH, 2001. Discussion on the causes and control measures of rampant pest of litchi moth, *Conopomorpha sinensis* Bradley, 1986. *Guangdong Agric. Sci.*, (6): 35 – 36. [黄汉杰, 陈炳旭, 钟国洪, 2001. 荔枝蒂蛀虫猖獗危害的原因及防治措施探讨. 广东农业科学, (6): 35 – 36]
- Huang JS, Xie ZG, Mao Q, Dang JZ, Gan JY, 2013. Control effect of nuclear polyhedrosis virus on *Conopomorpha sinensis* Bradley. *China Plant Prot.*, 33(11): 65, 72 – 74. [黄家善, 谢植干, 毛琦, 党景周, 甘军勇, 2013. 棉铃虫核型多角体病毒对荔枝蒂蛀虫的防治效果. 中国植保导刊, 33(11): 65, 72 – 74]
- Huang LL, Li CY, Deng XY, Gu WX, 2010. Compared study about volatility chemical constituents of young leaf from *Litchi chinese* Sonn. *Guangdong Chem. Ind.*, 37(9): 128 – 129, 134. [黄立兰, 李春远, 邓雪莹, 谷文祥, 2010. 几种荔枝叶挥发性成分的比较研究. 广东化工, 37(9): 128 – 129, 134]
- Huang QZ, Zhang GX, Zhu YY, 1994. Damage habits and population growth of *Conopomorpha sinensis* in Jianan area. *Plant Prot. Bull.*, 36(2): 85 – 95. [黄启钟, 张光勋, 朱耀沂, 1994. 嘉南地区荔枝细蛾之为害习性 & 族群消长. 植物保护学会会刊, 36(2): 85 – 95]
- Huang YQ, Zhang XJ, Wei H, 2001. The spatial distribution and population dynamic of four bore pests on longan. *J. Guangxi Agric. Biol. Sci.*, 20(4): 258 – 261. [黄玉清, 张晓俊, 魏辉, 2001. 四种钻蛀性龙眼梢、害虫的空间分布及种群动态. 广西农业生物科学, 20(4): 258 – 261]
- Huang ZS, 1988. The ecology and control of major insect pests of litchi and longan tree fruits in Taiwan. *Chin. J. Entomol.*, 2: 33 – 42. [黄振声, 1988. 荔枝及龙眼主要害虫之生态及防治. 中华昆虫, 2: 33 – 42]
- Huang ZS, Hong QZ, Yan YP, 1996. Sex attractant and insect trap of litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Plant Prot. Bull.*, 38(2): 129 – 136. [黄振声, 洪巧珍, 颜耀平, 1996. 荔枝细蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 之性引诱剂及诱虫器. 植物保护学会会刊, 38(2): 129 – 136]
- Jiang SH, Chen XQ, Huang AK, Li GJ, 2009. Effects of different pH of *Eupatorium odoratum* micromulsion against *Conopomorpha sinensis* oviposition deterrent activity. *Guangxi Agric. Sci.*, 40(1): 47 – 48. [江世宏, 陈晓琴, 黄安康, 李广京, 2009. 飞机草微乳剂不同 pH 值对荔枝蒂蛀虫产卵驱避活性测定. 广西农业科学, 40(1): 47 – 48]
- Jiang SH, Wang GH, Yang CL, 2006. Primary study on biological reproduction of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *J. Shenzhen Polytech.*, 5(2): 28 – 30. [江世宏, 王光华, 杨长龙, 2006. 荔枝蒂蛀虫繁殖生物学特性的初步研究. 深圳职业技术学院学报, 5(2): 28 – 30]
- Jiang SH, Yang CL, 2006. Advances in biological reproduction and rearing techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangxi Agric. Sci.*, (6): 690 – 693. [江世宏, 杨长龙, 2006. 荔枝蒂蛀虫繁殖生物学及饲养技术研究进展. 广西农业科学, (6): 690 – 693]
- Li J, Luo S, Zeng XN, Pan DQ, 2010. Electroantennogram evaluation of the response of *Conopomorpha sinensis* Bradley to plant essential oils. *J. Huazhong Agric. Univ.*, 29(6): 692 – 695. [李建, 罗诗, 曾鑫年, 潘达强, 2010. 植物精油对荔枝蒂蛀虫触角电位的生理活性. 华中农业大学学报, 29(6): 692 – 695]
- Li JG, 2008. The Litchi. China Agriculture Press, Beijing. 1 – 47. [李建国, 2008. 荔枝学. 北京: 中国农业出版社. 1 – 47]
- Li K, 2002. Occurrence and control of *Conopomorpha sinensis* Bradley, 1986. *Guangxi Agric. Sci.*, (5): 249 – 250. [李康, 2002. 荔枝蒂蛀虫的发生及防治. 广西农业科学, (5): 249 – 250]
- Li PY, Chen BX, Dong YZ, Xu S, Chen KG, 2013. Effect of temperature and supplementary nutrition on the development, longevity and oviposition of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Fla. Entomol.*, 96(2): 338 – 343.
- Li PY, Bo JS, Liu YP, Wang SW, Sun HB, Xu SL, 2016. Effects of three insecticides on drug sensitivity and detoxified enzyme activity of *Conopomorpha sinensis* Bradly. *China Plant Prot.*, 36(11): 15 – 19. [李鹏燕, 柏建山, 刘艳萍, 王思威, 孙海滨, 徐树兰, 2016. 3 种杀虫剂对荔枝蒂蛀虫的药剂敏感性和解毒酶活性影响. 中国植保导刊, 36(11): 15 – 19]
- Li PY, Chen BX, Dong YZ, Yao Q, Xu S, Chen KG, Chen GM, 2014. Effects of temperature on emergence dynamics of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Fla. Entomol.*, 97(3): 1093 – 1098.
- Li XY, 2005. Integrated control techniques of litchi borer in Hainan. *Chin. J. Trop. Agric.*, 25(2): 29 – 30. [李小云, 2005. 海南荔枝蒂蛀虫综合防治技术. 热带农业科学, 25(2): 29 – 30]
- Li XY, Zeng ZA, Li MY, Li QM, Zeng GH, Xu ZQ, Yan L, 2007. Preliminary investigation of pesticide residue on litchi. *Nat. Enem. Insects*, 29(2): 92 – 95. [李熙瑜, 曾赞安, 李敏仪, 李巧明, 曾光辉, 许志权, 颜玲, 2007. 荔枝农药残留的初步调查. 昆虫天敌, 29(2): 92 – 95]
- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2008a. Observation of generation division of litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis*. *Southeast Hortic.*, (3): 14 – 15. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2008a. 荔枝蒂蛀虫世代划分的观察. 东南园艺, (3): 14 – 15]
- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2008b. Observation on occurrence regularity and living habits of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agric. Sci.*, (7): 80 – 83. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2008b. 荔枝蒂蛀虫发生规律及生活习性观察研究. 广东农业科学, (7): 80 – 83]
- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2008c. Investigation of damages by litchi borer, *Conopomorpha sinensis* in different longan orchards. *Guangdong Agric. Sci.*, (12): 93 – 94. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2008c. 不同环境龙眼园中荔枝蒂蛀虫危害调查. 广东农业科学, (12): 93 – 94]

- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2009a. Indoor observation of flight distance and dormant habit of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *South China Fruits*, (2): 54–55. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2009a. 荔枝蒂蛀虫飞行距离和蛰伏习性的室内观察. 中国南方果树, (2): 54–55]
- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2009b. Investigation and analysis of the damage rate of litchi borer, *Conopomorpha sinensis* in different years. *Guangdong Agric. Sci.*, (6): 104–105. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2009b. 荔枝蒂蛀虫不同年份危害率调查分析. 广东农业科学, (6): 104–105]
- Li ZQ, Qiu YP, Ou LX, Yuan PY, Chen JZ, Xiang X, Sun QM, 2009c. Observation on the influence of night light on living habits of litchi borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agric. Sci.*, (7): 131–134. [李志强, 邱燕萍, 欧良喜, 袁沛元, 陈洁珍, 向旭, 孙清明, 2009c. 夜晚光照影响荔枝蒂蛀虫生活习性的观察. 广东农业科学, (7): 131–134]
- Li ZQ, Qiu YP, Xiang X, Ou LX, Yuan PY, Chen JZ, 2009d. A primary study of the effect of humidity on the growth and development of litchi borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agric. Sci.*, (1): 63–64. [李志强, 邱燕萍, 向旭, 欧良喜, 袁沛元, 陈洁珍, 2009d. 湿度对荔枝蒂蛀虫生长发育的影响初探. 广东农业科学, (1): 63–64]
- Li ZW, Zeng XN, Luo S, Wang MQ, Luo JB, 2007. Deterrent effect of essential oils on oviposition of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Nat. Enem. Insects*, 29(3): 97–102. [黎卓维, 曾鑫年, 罗诗, 汪茂卿, 罗建斌, 2007. 植物精油对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避效果. 昆虫天敌, 29(3): 97–102]
- Liang GQ, Liang F, Wu JJ, Zhou CQ, Chen HD, Li HH, Wen RZ, 2004. Experiment on low temperature insecticidal treatment of litchi fruit borer. *Plant Quar.*, 18(3): 143–144. [梁广勤, 梁帆, 吴佳教, 周昌清, 陈海东, 李惠河, 温瑞贞, 2004. 荔枝蒂蛀虫低温杀虫处理试验. 植物检疫, 18(3): 143–144]
- Liang GW, Xian JD, Pang XF, 2002. The construction and analysis of natural population life table of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Wuyi Sci. J.*, 18: 125–129. [梁广文, 洗继东, 庞雄飞, 2002. 荔枝蒂蛀虫自然种群生命表的组建与分析. 武夷科学, 18: 125–129]
- Lin CF, 2000. Preliminary study on application of Nongdile to control litchi pests such as litchi fruit borer. *Plant Prot. Technol. Extens.*, 20(2): 29–30. [林长福, 2000. 农地乐防治荔枝蒂蛀虫等害虫应用技术初探. 植保技术与推广, 20(2): 29–30]
- Lin HL, Dong YS, 2009. Short-term prediction and control of litchi borer in Huazhou. *Guangxi Trop. Agric.*, (2): 43. [林汉龙, 董永胜, 2009. 化州市荔枝蒂蛀虫的短期预测和防治. 广西热带农业, (2): 43]
- Lin ZP, 2014. Preliminary study on trapping effect of sex pheromone of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Beijing Agric.*, (12): 147, 166. [林志平, 2014. 荔枝蒂蛀虫性信息素诱捕效果初探. 北京农业, (12): 147, 166]
- Liu DG, Zhang RJ, 1998. Control of major litchi pests. *Nat. Enem. Insects*, 20(2): 75–80. [刘德广, 张润杰, 1998. 荔枝主要害虫及其防治. 昆虫天敌, 20(2): 75–80]
- Liu WQ, 2007. Preliminary report on control experiment of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangxi Hortic.*, 18(2): 22–23. [刘卫强, 2007. 荔枝蒂蛀虫的防治试验初报. 广西园艺, 18(2): 22–23]
- Liu XQ, 1964. Description of the fruit and flower borers (Tortricidae, Olethreutidae, Gracilariidae, Lycaenidae) on litchi. *Acta Entomol. Sin.*, 13(2): 145–158. [刘秀琼, 1964. 荔枝蛀花果害虫的记述(卷叶蛾科、小卷叶蛾科、细蛾科、灰蝶科). 昆虫学报, 13(2): 145–158]
- McLauchlan RL, Mitchell GE, Johnson GI, Nottingham SM, Hammerton KM, 1992. Effects of disinfestation-dose irradiation on the physiology of Tai So lychee. *Postharvest Biol. Technol.*, 1(3): 273–281.
- Meng X, Hu JJ, Liu H, Ouyang GC, Guo MF, 2016. Analysis of the transcriptome and olfaction-related genes of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracilariidae). *Acta Entomol. Sin.*, 59(8): 823–830. [孟翔, 胡俊杰, 刘慧, 欧阳革成, 郭明昉, 2016. 荔枝蒂蛀虫转录组及嗅觉相关基因分析. 昆虫学报, 59(8): 823–830]
- Meng X, Ouyang GC, Liu H, Hou BH, Huang SS, Guo MF, 2014. Molecular screening and predation evaluation of the key predators of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracilariidae) in litchi orchards. *Bull. Entomol. Res.*, 104(2): 243–250.
- Menzel C, 2002. The lychee crop in Asia and the Pacific. Bangkok RAP Publication 202/16, Regional Office for Asia and the Pacific Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Bangkok, Thailand.
- Mo YS, Lv PJ, Huang YY, Huang HJ, Chen F, 1990. Occurrence and chemical control tests of *Conopomorpha sinensis* Bradley, 1986. *Guangdong Agric. Sci.*, (5): 28–30. [莫禹诗, 吕培均, 黄媛云, 黄汉杰, 陈峰, 1990. 荔枝蒂蛀虫的发生及药剂防治试验. 广东农业科学, (5): 28–30]
- Peng CJ, Cai MD, 2003. Color Pictures of Non-pollution Control of Diseases and Insect Pests of Litchi and Longan. China Agriculture Press, Beijing. 43–46. [彭成绩, 蔡明段, 2003. 荔枝龙眼病虫害无公害防治彩色图说. 北京: 中国农业出版社. 43–46]
- Peng HH, Lu YY, Liang GW, Zeng L, 2007. Oviposition attraction effect of host plants to the litchi fruit borer *Conopomorpha sinensis*. *Chin. Bull. Entomol.*, 44(3): 361–363. [彭海辉, 陆永跃, 梁广文, 曾玲, 2007. 寄主植物对荔枝蒂蛀虫产卵的引诱作用. 昆虫知识, 44(3): 361–363]
- Peng HH, Xian JD, Zeng L, Liang GW, 2006. Electrophysiological responses of *Conopomorpha sinensis* to the extracts of the host plants. *J. South China Agric. Univ.*, 27(2): 25–27. [彭海辉, 洗继东, 曾玲, 梁广文, 2006. 荔枝蒂蛀虫对寄主植物提取物的触角电位反应. 华南农业大学学报, 27(2): 25–27]
- Peng JL, Chen DM, Ji DN, Yang SS, 1997. Study on the methods for forecast and control of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Entomol. J. East China*, 6(2): 32–38. [彭建立, 陈冬木, 纪大南, 杨森山, 1997. 爻纹细蛾的测报与防治技术研究. 华东昆虫学报, 6(2): 32–38]
- Pu TS, 1989. Textual research on three important species of fruit pests from Guangxi, China. *Guangxi Agric. Sci.*, (2): 29–30. [蒲天胜, 1989. 广西三种重要果树害虫种名的考证. 广西农业科学, (2): 29–30]

- Qian TY, 1955. A study on six species of litchi moth. *Acta Entomol. Sin.*, 5(2): 129–147. [钱庭玉, 1955. 六种荔枝果蛀虫的研究. 昆虫学报, 5(2): 129–147]
- Qin RR, 2007. Prediction of occurrence period and control of litchi borer *Conopomorpha sinensis* Bradley, 1986. *Guangxi Trop. Agric.*, (4): 9–10. [覃如日, 2007. 荔枝蒂蛀虫发生期预测及防治. 广西热带农业, (4): 9–10]
- Schulte MJ, Martin K, Sauerborn J, 2007. Biology and control of the fruit borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) in northern Thailand. *Insect Sci.*, (14): 525–529.
- Srivastava K, Patel RK, Kumar A, Pandey SD, Reddy PV, Nath V, 2017. Integrated management of litchi fruit and shoot borer (*Conomorpha sinensis*) using insect growth regulators under subtropics of Bihar. *Indian J. Agric. Sci.*, 87(11): 1515–1518.
- Thanh VN, Hai DA, Lachance MA, 2006. *Cryptococcus bestiolae* and *Cryptococcus dejecticola*, two new yeast species isolated from frass of the litchi fruit borer *Conopomorpha sinensis* Bradley. *FEMS Yeast Res.*, 6(2): 298–304.
- Wang SS, Huang SS, Liang GW, Zeng L, 2008. The rearing and the laboratory population life table of litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley). *Acta Ecol. Sin.*, 28(2): 836–841. [王少山, 黄寿山, 梁广文, 曾玲, 2008. 荔枝蒂蛀虫 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 的饲养及其实验种群生命表. 生态学报, 28(2): 836–841]
- Wang SS, Liang GW, Zeng L, Huang SS, 2010. Electroantennogram and behavioral responses of litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) to plant volatile oils. *J. Shihezi Univ. (Nat. Sci.)*, 28(2): 158–161. [王少山, 梁广文, 曾玲, 黄寿山, 2010. 荔枝蒂蛀虫对植物挥发油的触角电位和行为反应. 石河子大学学报 (自然科学版), 28(2): 158–161]
- Wang SS, Liang GW, Zeng L, Huang SS, 2011. Toxicity and behavioral effect of the main components of the plant volatile oil on *Conopomorpha sinensis*. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 27(31): 269–273. [王少山, 梁广文, 曾玲, 黄寿山, 2011. 4 种化合物对荔枝蒂蛀虫的调控作用. 中国农学通报, 27(31): 269–273]
- Wei DW, Li LF, Zeng XR, Yu YH, Zeng T, Wang ZY, Chen HS, 2012. Oviposition effects of twenty-one plant extracts on *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Southwest China J. Agric. Sci.*, 25(1): 153–156. [韦德卫, 黎柳锋, 曾宪儒, 于永浩, 曾涛, 王助引, 陈海珊, 2012. 21 种植物提取物对荔枝蒂蛀虫产卵的影响. 西南农业学报, 25(1): 153–156]
- Wei W, Luo ZN, Fan TB, Liu TZ, 2005. Monitoring study on the adults of litchi borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley. *China Plant Prot.*, 25(5): 24–26. [韦伟, 罗昭南, 范铁兵, 刘天赵, 2005. 荔枝蒂蛀虫的摇树惊蛾系统监测研究. 中国植保导刊, 25(5): 24–26]
- Wei W, Zhao LL, Sun JH, 2006. Recent advances on lepidopterous (moths) sex pheromones. *Acta Entomol. Sin.*, 49(5): 850–858. [韦卫, 赵莉茜, 孙江华, 2006. 蛾类性信息素研究进展. 昆虫学报, 49(5): 850–858]
- Wu HQ, Huang CQ, Shen FM, 1995. Study on *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera, Gracillariidae). *Entomol. J. East China*, 4(1): 35–38. [吴黄泉, 黄常青, 沈鸣凤, 1995. 爻纹细蛾的研究. 华东昆虫学报, 4(1): 35–38]
- Wu XB, Du JY, 2012. Field efficacy of six insecticides to *Conopomorpha sinensis* Bradley. *South China Fruits*, 41(1): 61–62. [吴学步, 杜家义, 2012. 6 种杀虫剂对荔枝蒂蛀虫田间药效比较. 中国南方果树, 41(1): 61–62]
- Wu ZQ, Chen XW, Xu ZJ, Zhu GQ, 1999. *Camtylomma chinensis*; a new predator of egg of main insect pests of longan. *J. Fujian Agric. Univ.*, 28(3): 382–383. [吴珍泉, 陈星文, 徐祖进, 朱国庆, 1999. 龙眼主要害虫卵的新天敌——中华微刺盲蝽. 福建农业大学学报 (自然科学版), 28(3): 382–383]
- Xian JD, Liang GW, Zeng L, 2006. Suppressive effect of azadirachtin on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis*) population. *Chin. Bull. Entomol.*, 43(3): 327–330. [洗继东, 梁广文, 曾玲, 2006. 印楝素乳油对荔枝蒂蛀虫种群的控制作用. 昆虫知识, 43(3): 327–330]
- Xian JD, Liang GW, Zeng L, Wu ZQ, Chen WQ, 2004. Forecast of the emergence period of *Conopomorpha sinensis* in litchi. *J. South China Agric. Univ.*, 25(3): 67–69. [洗继东, 梁广文, 曾玲, 吴振其, 陈伟琪, 2004. 荔枝蒂蛀虫发生期的预测预报. 华南农业大学学报, 25(3): 67–69]
- Xian JD, Pang XF, Liang GW, 2002a. Effects of plant semi-chemical on deterring the egg laying of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Wuyi Sci. J.*, 18: 130–133. [洗继东, 庞雄飞, 梁广文, 2002a. 植物乙醇提取物对荔枝蒂蛀虫成虫产卵的影响. 武夷科学, 18: 130–133]
- Xian JD, Pang XF, Liang GW, Zhou XJ, Fan W, 2002b. The effects of secondary substance of non-preferable plant on *Conopomorpha sinensis* Bradley. *J. South China Agric. Univ.*, 23(4): 11–14. [洗继东, 庞雄飞, 梁广文, 周贤军, 范武, 2002b. 非嗜食植物次生化合物对荔枝蒂蛀虫的控制作用. 华南农业大学学报, 23(4): 11–14]
- Xie QM, Liang GW, Lu YY, Shen SP, 2005. Life table of the litchi fruit borer *Conopomorpha sinensis* in laboratory. *J. South China Agric. Univ.*, 26(1): 50–52. [谢钦铭, 梁广文, 陆永跃, 沈叔平, 2005. 妃子笑荔枝上荔枝蒂蛀虫实验种群生命表的组建. 华南农业大学学报, 26(1): 50–52]
- Xu JZ, Lu MY, Fu ZH, Huang DJ, Huang GX, Xue JJ, Lu KR, Li YC, 2003. Effect of bagging on fruiting and fruit quality of *Litchi chinensis* Sonn. cv. Feizixiao. *J. Guangxi Agric. Biol. Sci.*, 22(2): 100–102. [徐炯志, 卢美英, 符兆欢, 黄德建, 黄桂香, 薛进军, 陆宽荣, 李云昌, 2003. 套袋对妃子笑荔枝挂果及果实品质的影响. 广西农业生物科学, 22(2): 100–102]
- Yang CL, Jiang SH, Chen XQ, 2007a. Ovipositional repellent effect of extracts from eight species of Rutaceae and Lauraceae plants on *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Plant Prot.*, 33(6): 57–59. [杨长龙, 江世宏, 陈晓琴, 2007a. 芸香科及樟科 8 种植物提取物对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避作用. 植物保护, 33(6): 57–59]
- Yang CL, Jiang SH, Xu HH, 2007b. Oviposition repellent effect of secondary substance from twelve plants on *Conopomorpha sinensis* Bradley. *J. Huazhong Agric. Univ.*, 26(3): 316–318. [杨长龙, 江世宏, 徐汉虹, 2007b. 12 种植物次生物质对荔枝蒂蛀虫产卵的驱避作用. 华中农业大学学报, 26(3): 316–318]
- Yang CX, 2011. Occurrence characteristics and control measures of litchi fruit borer in Lianjiang area. *Guangdong Agric. Sci.*, (10): 69–70. [杨成学, 2011. 湛江地区荔枝蒂蛀虫发生特点及防治措

- 施. 广东农业科学, (10): 69–70]
- Yang ZD, Tang Y, Xie LQ, 2003. General situation and new management methods of *Conopomorpha sinensis*. *Guangxi Hortic.*, (4): 46–48. [杨振德, 唐艳, 谢立群, 2003. 荔枝蒂蛀虫的研究概况及其防治新途径. 广西园艺, (4): 46–48]
- Yao J, Su L, Meng YJ, Zhu JW, Li CR, Huang S, Huang LJ, Wei RX, 2009. Study on the eclosion and mating behaviors of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *J. Anhui Agric. Sci.*, 37(25): 12046–12048. [姚监, 苏丽, 蒙永军, 朱建伟, 李春瑞, 黄珊, 黄兰娟, 韦荣相, 2009. 荔枝蒂蛀虫羽化及交配行为研究. 安徽农业科学, 37(25): 12046–12048]
- Yao Q, Xu S, Dong YZ, Lu K, Chen BX, 2015. Identification and characterisation of two general odourant-binding proteins from the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Pest Manag. Sci.*, 72(5): 877–887.
- Yao ZW, Liu XQ, 1990. Two Gracillariid insect pests attacking litchi and longan. *Acta Entomol. Sin.*, 33(2): 207–212. [姚振威, 刘秀琼, 1990. 为害荔枝和龙眼的两种细蛾科昆虫. 昆虫学报, 33(2): 207–212]
- Zeng ZA, Liang GW, 2007. Studies on rearing techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracillariidae) in laboratory. *Nat. Enem. Insects*, 29(4): 160–165. [曾赞安, 梁广文, 2007. 荔枝蒂蛀虫室内饲养技术的研究. 昆虫天敌, 29(4): 160–165]
- Zeng ZA, Liang GW, 2008. Olfactory responses and repellent effects of different plant protective agents on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley). *Guangdong Agric. Sci.*, (1): 53–55. [曾赞安, 梁广文, 2008. 不同植物保护剂对荔枝蒂蛀虫的嗅觉反应与驱避作用. 广东农业科学, (1): 53–55]
- Zeng ZA, Liang GW, Liu WH, Chen QX, 2007a. The new record of selecting effective species of egg parasitoids of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracillariidae). *Nat. Enem. Insects*, 29(1): 6–9, 10, 11. [曾赞安, 梁广文, 刘文惠, 陈巧贤, 2007a. 关于两种赤眼蜂寄生荔枝蒂蛀虫卵的首次报道. 昆虫天敌, 29(1): 6–9, 10, 11]
- Zeng ZA, You LS, Liang GW, 2007b. A new species of *Glyptapanteles* Ashmead Foerster attacking litch fruit borer *Conopomorpha sinensis* Bradley (Hymenoptera: Braconidae). *J. Hunan Agric. Univ. (Nat. Sci.)*, 33(1): 65–67. [曾赞安, 游兰韶, 梁广文, 2007b. 寄生荔枝蒂蛀虫的刻绒茧蜂属一新种(膜翅目: 茧蜂科). 湖南农业大学学报(自然科学版), 33(1): 65–67]
- Zhan RL, Xie JH, He YB, Zhao YL, 2007. Integrated control techniques of litchi fruit borer in litchi green food production. *South China Fruits*, 36(5): 47–48. [詹儒林, 谢江辉, 何衍彪, 赵艳龙, 2007. 荔枝绿色食品生产中荔枝蒂蛀虫综合防治技术. 中国南方果树, 36(5): 47–48]
- Zhan ZX, Zheng QH, Chen YH, Huang YQ, Hu QY, Zhang XJ, 2003. Study on *Conopomorpha litchiella* Bradley and *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Wuyi Sci. J.*, 19: 39–44. [占志雄, 郑琼华, 陈元洪, 黄玉清, 胡奇勇, 张俊俊, 2003. 龙眼园两种细蛾的研究. 武夷科学, 19: 39–44]
- Zhang H, Chen XQ, Jiang SH, 2014. Eclosion, mating habits and sex pheromone release rhythm of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *J. Northwest A&F Univ. (Nat. Sci. Ed.)*, 42(10): 40–44. [张辉, 陈晓琴, 江世宏, 2014. 荔枝蒂蛀虫成虫羽化和交尾习性及其信息素释放节律的研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 42(10): 40–44]
- Zhang H, Chen XQ, Wu GY, Jiang SH, 2013a. Observation for sex-pheromone gland ultrastructure of litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis*. *Fujian J. Agric. Sci.*, 28(5): 490–493. [张辉, 陈晓琴, 吴光远, 江世宏, 2013a. 荔枝蒂蛀虫性信息素分泌腺超微结构观察. 福建农业学报, 28(5): 490–493]
- Zhang H, Jiang SH, Chen XQ, 2013b. Observation of antennal sensilla of *Conopomorpha sinensis* Bradley male moth with scanning electron microscope. *J. Fujian Agric. For. Univ. (Nat. Sci. Ed.)*, 42(3): 230–232. [张辉, 江世宏, 陈晓琴, 2013b. 荔枝蒂蛀虫雄蛾触角感受器的扫描电镜观察. 福建农林大学学报(自然科学版), 42(3): 230–232]
- Zhang K, Fu HH, Zhu SW, Li ZB, Weng QF, Hu MY, 2016. Influence of gamma-irradiation on flight ability and dispersal of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Fla. Entomol.*, 99(sp1): 79–86.
- Zhang YJ, Chen BX, Huang SS, Xu S, 2012. Domesticated breeding of *Trichogramma* parasitizing eggs of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Chin. J. Biol. Control*, 28(4): 473–477. [张英杰, 陈炳旭, 黄寿山, 徐淑, 2012. 寄生荔枝蒂蛀虫卵的斑螟分索赤眼蜂过寄生驯化培育. 中国生物防治学报, 28(4): 473–477]
- Zhang YJ, Chen Y, Chen BX, Xu S, 2011. The species selecting preliminary study of *Trichogramma* hosted in the eggs of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agric. Sci.*, 38(17): 59–61. [张英杰, 陈轶, 陈炳旭, 徐淑, 2011. 筛选寄生荔枝蒂蛀虫卵的赤眼蜂种类研究初报. 广东农业科学, 38(17): 59–61]
- Zhao XC, Yan YH, Wang R, Wang CZ, 2004. Techniques used in insect neurobiology research: electroantennogram recording. *Entomol. Knowl.*, 41(3): 270–274. [赵新成, 阎云花, 王睿, 王琛柱, 2004. 昆虫神经生物学研究技术: 触角电位图记录. 昆虫知识, 41(3): 270–274]
- Zhao ZT, Li PY, Chen BX, Zeng XN, Zhang XW, 2012. Ultra-structure observation of antennal sensilla of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agric. Sci.*, 39(12): 91–92, 106. [赵之亭, 李鹏燕, 陈炳旭, 曾鑫年, 张晓薇, 2012. 荔枝蒂蛀虫触角的超微结构观察. 广东农业科学, 39(12): 91–92, 106]
- Zhou QF, 2016. Damage characteristics of *Conopomorpha sinensis* Bradley in Lianjiang City and control measures. *Chin. J. Trop. Agric.*, 36(2): 83–85. [周福庆, 2016. 廉江市荔枝蒂蛀虫发生为害特点与防治对策. 热带农业科学, 36(2): 83–85]
- Zou HJ, 2008. The joint-toxicity and field efficacy of a mixture of lambda-cyhalothrin and triazophos in *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 24(12): 410–412. [邹华娇, 2008. 高效氯氟氰菊酯与三唑磷对荔枝蒂蛀虫的联合毒力及田间药效. 中国农学通报, 24(12): 410–412]