

入侵害虫椰心叶甲的研究进展*

吕宝乾^{1, 2} 金启安² 温海波² 彭正强^{2**} 杜予州^{1**}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所

农业部热带作物有害生物综合治理重点实验室 农业部儋州农业环境科学观测实验站

海南省热带农业有害生物监测与控制重点实验室 海南省热带作物病虫害生物防治工程技术研究中心 儋州 571737)

摘 要 近 30 年来, 椰心叶甲 *Brontispa longissima* (Gestro) 在亚太椰子产区扩散蔓延, 成为棕榈植物上主要害虫。2002 年, 该害虫入侵我国海南并暴发成灾。化学防除是控制椰心叶甲危害的首要措施, 其中包括挂药包等农药缓释技术, 而生物防治是控制该虫扩散蔓延的经济有效措施。从感病椰心叶甲虫体上分离的微生物杀虫剂绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 被我国和其他多个国家应用。椰心叶甲天敌寄生蜂的引进利用是可持续控制该害虫发生的重要措施。幼虫寄生蜂椰甲截脉姬小蜂 *Asecodes hispinarum* 和蛹寄生蜂椰心叶甲啮小蜂 *Tetrastichus brontispae* 是椰心叶甲的两种重要天敌。2004 年, 椰甲截脉姬小蜂和椰心叶甲啮小蜂被引入到我国, 经扩繁释放后, 取得了良好的控害效果, 其中有些地区的椰甲截脉姬小蜂寄生率可达 90%, 椰心叶甲啮小蜂寄生率可达 100%。连续放蜂, 且椰心叶甲种群有合适虫龄被寄生蜂寄生是控害效果的关键。气候等生态因子也可能是影响寄生蜂控制靶标害虫效果的因素, 应进一步加强研究。论文最后提出了未来椰心叶甲防控的研究的方向。

关键词 椰心叶甲, 入侵生物学, 化学防治, 生物防治, 绿僵菌, 椰甲截脉姬小蜂, 椰心叶甲啮小蜂

Current status of *Brontispa longissima* outbreaks and control

LV Bao-Qian^{1, 2} JIN Qi-An² WEN Hai-Bo² PENG Zheng-Qiang^{2**} DU Yu-Zhou^{1**}

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Environment and Plant

Protection Institute, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Danzhou

Scientific Observing and Experimental Station of Agro-Environment, Ministry of Agriculture, Hainan Key Laboratory for

Monitoring and Control of Tropical Agricultural Pests, Hainan Engineering Research Center for Biological Control of Tropical

Crops Diseases and Insect Pests, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Danzhou 571737, China)

Abstract *Brontispa longissima* (Gestro) has become an increasingly serious pest of coconuts throughout various growing regions in the Pacific, especially over the last 3 decades. In 2002 there was an outbreak of *B. longissima* in Hainan, China. Chemicals, including the use of chemical sachets, has been recommended as a means of controlling this pest. There have been many attempts at biological control, for example *Metarhizium anisopliae* which was isolated from *B. longissima* and formulated as a bioinsecticide has been used in China and in other countries. The larval parasite *Asecodes hispinarum* and pupal parasite *Tetrastichus brontispae* were introduced to China in 2004 and have produced good results. Parasitisation by *T. brontispae* and *A. hispinarum* have reached 90% and 100%, respectively. It is necessary to release substantial numbers of parasites into suitable populations of *B. longissima* to ensure establishment. Environment and climate can affect the survival and effectiveness of these parasitoids. Such information is necessary to improve control measures. Directions for further research on *B. longissima* are outlined.

Key words *Brontispa longissima*, invasion biology, chemical control, biological control, *Metarhizium anisopliae*, *Asecodes hispinarum*, *Tetrastichus brontispae*

* 资助项目: 留学人员科技活动择优资助项目(2011)、国家自然科学基金(31101496)、国家 973 计划子课题(2009CB119206)、公益性行业(农业)科研专项子课题(200903026-5)、海南省自然科学基金(312036)。

** 通讯作者, E-mail: lypzhq@163.com; yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期: 2012-07-28, 接受日期: 2012-10-20

椰心叶甲 *Brontispa longissima* (Gestro) 是我国的一种重要危险性外来有害生物, 隶属鞘翅目 (Coleoptera), 叶甲总科 (Chrysomeloidea), 铁甲科 (Hispididae), 潜甲亚科 (Anisoderinae), Cryptonychini 族。椰心叶甲危害椰树等棕榈植物的心叶, 具有繁殖快、破坏性强和防治难度大的特点。该害虫原产于印度尼西亚, 2002 年入侵我国海南并暴发成灾, 严重影响了棕榈植物种植业及其相关产业 (吕宝乾等, 2005a)。

在该害虫暴发初期, 化学喷雾作为应急措施被广泛应用 (Brown and Green, 1958; Stapley, 1973; 李洪等, 2004; 骆焱平等, 2005)。化学喷雾虽然在一定程度上控制了该害虫的发生, 但是喷雾造成严重环境污染, 且树木高大等原因造成施药困难和防治效果差。鉴于此, 科研人员研究了其它施药方法, 如注射、根埋和挂药包法等缓释技术 (赵志英等, 2003; 张志祥等, 2008; 郑常格等, 2010)。生物防治椰心叶甲是一种经济有效的措施。作为生物杀虫剂的绿僵菌被中国大陆、台湾地区、越南和萨摩亚应用到野外防治椰心叶甲 (Liu, 1994; 秦长生等, 2006)。椰心叶甲天敌寄生蜂的引进利用是控制椰心叶甲的重要措施, 多个国家有成功的经验。20 世纪 80 年代前, 天敌寄生蜂的引进主要以椰心叶甲蛹寄生蜂 *Tetrastichus brontispae* 为主 (Waterhouse and Norris, 1987)。近 30 年, 椰心叶甲从亚太岛国扩散到东南亚大陆, 包括中国、越南、泰国、柬埔寨、老挝和缅甸。在联合国粮农组织 (FAO) 帮助下, 椰心叶甲幼虫寄生蜂 *Asecodes hispinarum* 被引进到椰心叶甲新暴发地区或国家, 例如越南、泰国、柬埔寨等 (吕宝乾等, 2005a)。本文就椰心叶甲发生危害现状、相关基础研究和控制措施作了综述。

1 椰心叶甲的分布及扩散

1.1 发生分布

椰心叶甲原产于印度尼西亚, 巴布亚新几内亚也可能是其原产地 (Waterhouse and Norris, 1987)。该害虫在 20 世纪 80 年代前主要在太平洋岛国及部分地区发生危害, 例如所罗门群岛、瑙鲁、库克群岛、新喀里多尼亚、萨摩亚群岛、法属波利尼西亚、基里巴斯、纽埃岛、托克劳群岛、斐济群岛、新赫布里底群岛、俾斯麦群岛、社会群岛、塔西提岛、关岛、瓦努阿图、新加坡、法属瓦利斯和富图

纳群岛、马达加斯加、毛里求斯、塞舌尔、马来西亚、台湾地区、日本以及澳大利亚 (Azuma and Kinjo, 1978; Waterhouse and Norris, 1987; Howard *et al.*, 2001)。自 20 世纪末至今, 该害虫扩散蔓延到东亚大陆, 如越南、柬埔寨、老挝、缅甸、泰国、菲律宾以及一些印度洋岛国。总之, 椰心叶甲已由赤道地区向南北赤道区域扩散, 已成为太平洋群岛及东南亚椰子生长区的重要害虫 (图 1)。

1.2 椰心叶甲在中国大陆的分布及扩散

我国大陆地区 1994 年 3 月首次在海南省截获椰心叶甲, 此后多次从来自不同国家和地区的棕榈科植物上截获该虫。1999 年 8 月 27 日至 10 月 29 日, 广东省南海动植物检疫局相继 6 次从台湾地区进口的华盛顿椰子和光叶加州蒲葵中截获椰心叶甲, 这是广东省口岸在检疫中首次截获该虫 (黄法余等, 2000)。1999 年 9 月, 在广东省番禺区再次发现椰心叶甲 (黄法余和梁广勤, 2000)。2000 年 10 月 2 日, 在广西凭祥市浦寨边贸点对一批 50 株来自越南的椰子树苗实施检疫时截获椰心叶甲, 这是我国口岸首次从越南入境的树苗中截获该虫 (龚秀泽和白志良, 2001)。

2002 年 6 月首次在海南省海口市凤翔路发现椰心叶甲危害。2002 年 7—9 月在海南省进行第一次普查, 在海口、三亚两市的椰心叶甲发生区面积约 0.67 万 hm^2 , 共调查棕榈科植物 115.2 万株, 出现被害状的株数有 3.1 万株。2003 年 8 月之前, 已在海南省海口、三亚、文昌、万宁、琼海、定安、陵水、屯昌发生了椰心叶甲危害, 发生危害面积达 1.53 万 hm^2 , 10 万多株棕榈科植物被感染危害 (吕宝乾等, 2005a)。目前, 椰心叶甲已扩散至海南全省, 广西北海, 广东湛江、茂名、深圳以及云南河口 (未发表资料)。

此外, 有关单位利用生态位模型和分析软件对椰心叶甲在中国大陆地区的潜在分布区进行了预测 (陆永跃和曾玲, 2004; 陆永跃等, 2004; 李红梅等, 2005; 彭正强等, 2006)。研究表明, 椰心叶甲在中国的潜在分布区主要集中于华南和华东地区, 具体省份是上海、浙江、湖南、江西、福建、台湾、广东、海南、香港、澳门、广西、贵州 12 省、直辖市、自治区的大部地区和安徽、江苏、湖北、四川、重庆、云南、西藏 7 省、直辖市、自治区的局部地

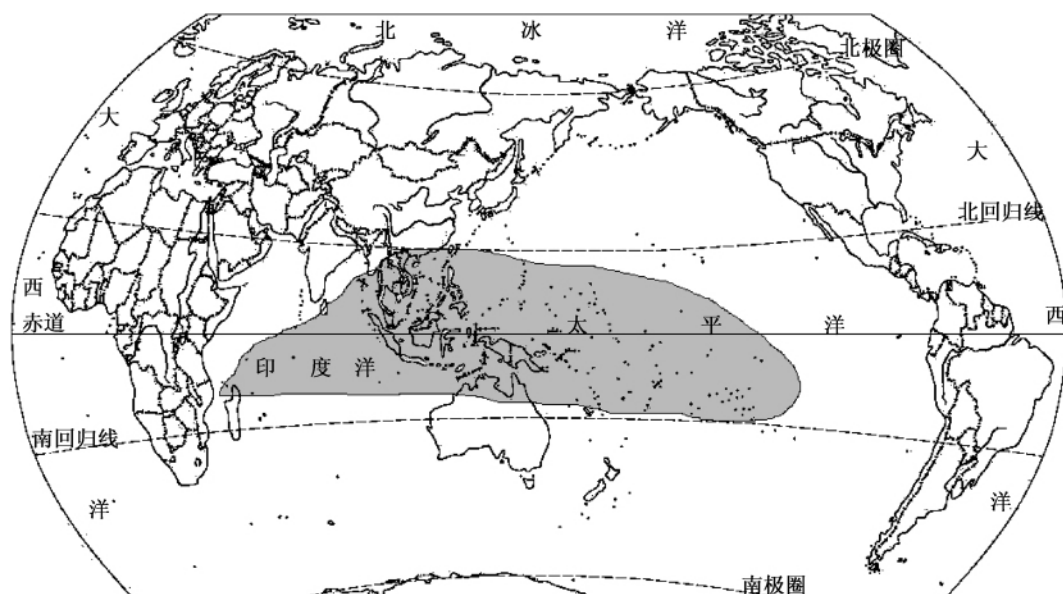


图1 图中灰色部分显示目前椰心叶甲在世界范围内的分布

Fig.1 The distribution of *Brontispa longissima* around the world (in gray)

区,原有受害省内的潜在分布区将远远超过当前的分布区。

2 发生危害

2.1 危害寄主

据报道,椰心叶甲危害棕榈植物 25 属,约 34 种,其中椰子为最主要的寄主 (Rethinam and Singh, 2007)。室内饲养试验表明,取食椰子树叶的椰心叶甲种群趋势指数均高于取食其他寄主植物的种群趋势指数 (曾玲等,2003;李亚等,2007)。不同椰子品种对椰心叶甲抗性不同,海牙和斐济的某些当地品种,如绿矮品种对椰心叶甲具有一定的抗虫性。国内余凤玉等 (2009) 研究也表明,椰心叶甲在绿矮品种香水椰子上的种群趋势指数最低。此外,椰心叶甲成虫对不同椰子品种的取食选择性和产卵选择性也存在差异 (李朝绪等,2009)。

2.2 危害特点

椰心叶甲在寄主植树上聚集危害,主要集中在椰子第 1 片未完全展开心叶上。幼虫、成虫均在未展开的心叶内取食表皮薄壁组织。椰心叶甲幼虫一生平均取食椰子树叶面积约 48 cm^2 ,4 龄后取食量占总取食量的 85% (周荣等,2004b)。幼虫一般沿叶脉平行取食,形成狭长的与叶脉平行的褐色坏死线,为害严重时叶子枯干。一旦寄主

心叶展开,椰心叶甲也随即离去,寻找新的隐蔽场所取食危害。成年树受害后期往往表现部分枯萎和顶冠变褐甚至植株死亡。棕榈科的一些生理或非生理性病害也会使叶片出现褐色、皱缩的症状,但表皮无虫道破裂,也没有虫体排泄物,可以和椰心叶甲危害状加以区别。

3 生物学特性及发生规律

椰心叶甲世代发育起点温度约为 11°C ,有效积温约为 $966 \text{ 日} \cdot \text{度}$, $24 \sim 28^\circ\text{C}$ 为其种群生长的适合温度。低于 17°C 时,卵的孵化率明显降低。该害虫在海南 1 年发生 4~5 代,在广东省 1 年发生 3 代以上,具有明显的世代重叠。在海南每个世代需要 $55 \sim 110 \text{ d}$,其中卵期 $3 \sim 5 \text{ d}$;幼虫有 $3 \sim 6$ 个龄期,幼虫期 $30 \sim 40 \text{ d}$;预蛹期 3 d ,蛹期 $5 \sim 6 \text{ d}$;成虫寿命超过 220 d 。成虫羽化 10 d 后开始产卵。一生交配多次,交配时间以傍晚居多。每头雌虫一生可产卵 120 粒左右,最多达 196 粒,卵产于椰子树心叶的虫道内,通常 $3 \sim 5$ 粒卵呈一纵列粘着于叶面,周围有取食的残渣和排泄物。在叶片上,成虫产卵的位置首选叶基部,其次是叶边沿,最后选择叶中部。极少重复产卵于同一地方,一般选择间隔较远的地方产卵,最少间隔 $3.3 \sim 4.3 \text{ cm}$;产卵历期受温度影响很大 (Cohic, 1961;钟义海等,2005)。根据椰心叶甲寄生蜂椰心叶甲

啮小蜂 *Tetrastichus brontispae* 对其寄生率的高低,可将椰心叶甲可分为几个生理小种(Mo, 1965)。

成虫和幼虫均具有负趋光性、假死性,喜聚集在未展开的心叶基部活动,见光即迅速爬离,寻找隐蔽处(周荣等,2004a)。成虫具有一定的飞翔能力,飞行磨测定,24 h 未取食雌虫最远飞行距离可达 400 多米(周荣等,2004a);成虫常在早晚飞行,飞翔最活跃时间是下午 16:00—19:00,白天多缓慢爬行。椰心叶甲的远距离传播主要依靠种苗运输。

4 防控技术

植物检疫措施是防止椰心叶甲扩散蔓延和控制椰心叶甲疫区扩大的最重要措施。目前的检疫措施主要有:禁止苗木从疫区运出;针对疫点或小面积疫区铲除与防治封锁。除检疫措施外,目前防治椰心叶甲的主要措施是化学防治和生物防治。

4.1 化学防治技术

椰心叶甲爆发初期,作为应急措施,通常采用喷药方式进行防治。目前,国内推荐的常用化学药剂主要有氯氰菊酯、乐斯本、丁硫克百威、啉虫脲等(李洪等,2004;骆焱平等,2005)。喷雾施药可迅速压低虫口密度,操作较方便。但是因椰心叶甲在棕榈科植物的矛状的新叶内危害,药剂很难触及靶标害虫,且在高大棕榈植物上喷雾施药有诸多困难。为了达到更好的防治效果,喷雾施药往往需要多次间隔施药。这样容易造成成本的增加和环境的多次污染。

为了减少环境污染和更有效的控制椰心叶甲,科研人员在施药方法上做了相关研究。赵志英等(2003)选用了具有胃毒、触杀及内吸传导作用的 5 种药剂对高杆椰树进行茎干注射和根部埋药防治椰心叶甲试验。理论上讲,茎干注射和根部埋药防治椰心叶甲,操作相对方便,是一种非常理想的施药方法。但具有胃毒、触杀及内吸传导作用的药剂如甲胺磷、灭多威等效果却较差,原因可能是椰子的输导组织有其特殊性,药液部分被分解或未能较好地被送到心叶。此外,注药后,茎干上的注药孔口有药液渗出也是影响防治效果的原因之一。与椰子树相比,打孔施药法对大王椰上的椰心叶甲具有明显的防治效果(郑常格等,

2010),这表明不同的棕榈科植物生理上存在差异,进而影响农药防治靶标害虫的效果。所以,如何提高达到心叶的有效药量是使用该方法的关键。为探寻出最有效的药剂、最适浓度、用量和注孔深度等,应进行深入的探讨。新加坡学者也做过类似研究,其研究结果表明,吡虫啉较呋喃丹和阿维菌素无论是注射还是根埋都有较好控制作用,但是喷雾法最有效(He *et al.*, 2005)。

挂药包法防治椰心叶甲是世界粮农组织推荐措施之一。在 20 世纪 90 年代,呋喃丹挂药包曾在马来西亚用于防治椰子害虫(Choo-Toh, 1999)。目前,在海南挂药包药剂多为椰甲清粉剂(杀虫单和啉虫脲复配制),含触杀性药剂和内吸性药剂成分(张志祥等,2008)。该粉剂具有渗透性强、内吸性好及持效期长等特点。药剂可以通过降雨淋溶直接接触害虫或内吸进入心叶,药效缓慢释放,可持续 4 个月左右。对于植株高大的椰子树,挂包防治法比较适宜。不足之处在于海南岛 10 月份到 3 月份降雨较少,药剂不能发挥药效,需喷水车淋水来提高药效,增加了防治成本。药剂防治很难做到完全杀灭害虫,药效期过后,残留的椰心叶甲可能再次爆发危害。而且长期使用同种农药防治椰心叶甲有可能造成其抗药性,加大防治的难度。

国内学者试图筛选环境友好型杀虫剂,如植物源农药。室内测定表明植物如假蒟、鱼藤酮、软枝黄蝉等提取物对椰心叶甲都有很好的毒杀作用(覃伟权等,2007;冯岗等,2010;张静和冯岗,2010)。植物源农药对环境 and 天敌友好,具有进一步开发的潜力,但田间防治椰心叶甲效果有待于进一步提高(骆焱平等,2005;吕宝乾等,2005b)。

4.2 生物防治技术

4.2.1 绿僵菌的利用 绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 是一种广谱性的虫生菌,能侵染多种农林害虫。国外曾有利用绿僵菌成功防治椰心叶甲的事例。1982 年在西萨摩亚利用绿僵菌有效地控制了椰心叶甲的危害(Vogele, 1989)。在我国台湾(Liu, 1994)、巴布亚新几内亚及越南也曾试验用绿僵菌防治椰心叶甲。尽管绿僵菌在速效性和防效上不如化学药剂,但却具有防治成本低、对环境友好安全的优点。国内多家单位也进行了绿僵菌防治椰心叶甲的相关研究。绿僵菌可通过椰心叶

甲体壁及气门侵染虫体,其中经体壁侵染是主要的方式(张世清等,2007)。绿僵菌侵染一方面激活椰心叶甲的酚氧化酶原激活系统,另一方面又可抑制昆布多糖对椰心叶甲酚氧化酶原激活系统的诱导作用(王九辉等,2007)。绿僵菌几丁质酶水平的高低与其对椰心叶甲的毒力有一定的相关性,可作为一个参考指标对绿僵菌菌株进行初步筛选(石晓珍等,2008)。在构建可侵染椰心叶甲的绿僵菌菌株资源库基础上,相关单位筛选出了一些高致病力和传播能力高效的菌株(秦长生等,2006;宋妍等,2006)。中国农科院农业环境与可持续发展研究所研制出适用于林间防治椰心叶甲的绿僵菌剂型,同时提出了“隔株施药、点片结合、综合防治、持续控制”的椰心叶甲可持续控制技术(丁福章等,2006)。为了提高绿僵菌杀虫效果,国内科研工作者开展了绿僵菌相容性杀虫剂筛选及混用防治椰心叶甲的研究。研究表明,低剂量的杀虫单与绿僵菌混配可提高绿僵菌防治椰心叶甲的效果(秦长生等,2008)。苏云金芽胞杆菌与绿僵菌对椰心叶甲也有协同控制作用(边强等,2009)。

利用绿僵菌是防治椰心叶甲的重要生物防治措施。为了更好的利用绿僵菌,应加强高毒力菌株的选育和提高绿僵菌田间使用稳定性的研究。从自然界死亡的椰心叶甲僵虫体上能分离筛选到具有高毒力的菌株,但随机性很大。绿僵菌是土壤中比较常见的真菌类群,因此从土壤直接分离有效菌株是收集椰心叶甲绿僵菌的重要方法。外界环境对绿僵菌的防效影响很大,不同地理来源的绿僵菌菌株对高温的耐受力有差异。对于地上害虫的防效来说,影响最大的是温湿度和紫外线。因此,在杀菌剂剂型加工改进方面,应考虑添加防止紫外线的保护剂以及能让绿僵菌孢子在低温萌发的助剂等因素。

4.2.2 寄生蜂的引进释放 鉴于化学药剂防治椰心叶甲的弊端,很多国家和地区都开展了椰心叶甲的生物防治。目前已有2种寄生蜂在控制椰心叶甲实践中较为成功。一种为椰心叶甲的蛹寄生蜂-椰心叶甲啮小蜂 *Tetrastichus brontispae*, 该寄生蜂原产印度尼西亚,自1932年开始,先后被各国或地区引进23次(Waterhouse and Norris, 1987; Chiu *et al.*, 1988),其中成功或部分成功的达15次。另一种为椰心叶甲幼虫寄生蜂-椰甲截

脉姬小蜂 *Asecodes hispinarum*, 该寄生蜂原产西萨摩亚与巴布亚新几内亚(Lu *et al.*, 2008),2003年6月被成功引进到越南,同年8月在为害严重的越南南部的槟知、沿江等4省释放获得成功,现已被引到马尔代夫、泰国及柬埔寨等国家,对椰心叶甲种群具有良好的控制作用。

在获得《中华人民共和国进境动植物检疫许可证》及输入国家或地区官方检疫机构出具的有效检疫证书后,中国热带农业科学院于2004年从越南和台湾地区分别引入椰甲截脉姬小蜂和椰心叶甲啮小蜂到我国海南。在通过出入境检验检疫机构组织的检疫和风险评估后,这2种寄生蜂开始在海南繁殖释放,对椰心叶甲取得了很好的控制效果。

寄生蜂的应用技术主要包括大量繁殖和林间释放技术。这2种寄生蜂的主要繁殖条件为:繁殖室温度控制在25℃左右,相对湿度70%~80%,寄生蜂与寄主比例为1:1(吕宝乾等,2005c;吕宝乾等,2006)。寄生蜂在14℃下储存1周而不影响其品质(许春霄等,2008)。为了防治天气及其他不利生物因子影响,寄生蜂应置于放蜂器内。放蜂器主要由悬挂铁丝、遮蔽盖和携蜂体3部分构成。成片椰林,每15株悬挂1个放蜂器。在放蜂前,应调查林间椰心叶甲的种群数量和种群构成。放蜂量约为椰心叶甲种群数量的2倍,每月放蜂1次,连续释放4~6次。椰心叶甲啮小蜂和椰甲截脉姬小蜂可混合释放,混合释放比例约为1:3。在海南,释放寄生蜂防治椰心叶甲从2004年8月开始,陆续在海南全省18个市县范围推广应用,防治面积达10万hm²。同时在广东、广西(北海)及云南(河口)等地也进行放蜂防治示范与推广。实践证明引进寄生蜂防治椰心叶甲效果显著,有些地区椰甲截脉姬小蜂寄生率可达90%,椰心叶甲啮小蜂寄生率可达100%,且释放的寄生蜂已在大部分放蜂点定殖(马子龙等,2006;李朝绪等,2008),这为椰心叶甲的可持续控制提供了物质基础。

5 展望

虽然椰心叶甲的研究和防治取得了阶段性成果,但是我们必须认识到有效控制该害虫的长期性和艰巨性。因树木高大和椰心叶甲躲在矛状新叶危害,影响了化学防治和生物防治的效果,难免

有害虫存活下来。由于椰心叶甲繁殖能力强,防治后残留的椰心叶甲可以很快建立起种群。通过迁飞和苗木运输传播蔓延,造成新的危害。所以椰心叶甲很难根除,而且有再次爆发和持续危害的可能。

对于椰心叶甲的研究,作者认为今后应该在以下几个方面继续深入研究。

(1) 加强综合防治策略的研究。不论化学防治还是生物防治都有其优缺点,例如化学防治见效快,但面临“3R”问题,即害虫的抗药性(resistance)、害虫的再猖獗(resurgenen)、药剂的残留(residue);生物防治可以克服化学防治的缺点,但是生物防治具有效果滞后性,不稳定性,易受生态环境影响等缺点。棕榈科植物结构分布也很复杂,应根据不同的生态特点,选择防治措施,如对城市景区和道路两边零星椰子树,可采用挂药包防治,成片的椰子林可采用释放天敌进行生物防治。而且要根据田间椰心叶甲种群动态变化进行持续释放天敌。在实践中形成切实可行的椰心叶甲综合防治规程。

(2) 开展影响椰心叶甲天敌控害效果的气候因子和生物因子研究,例如 2008 年 1 月下旬至 2 月上旬寒流对海南、广东椰心叶甲寄生蜂影响严重,需要追加释放寄生蜂来弥补寒流造成寄生蜂数量减少的损失(李科明等,2008)。为了保护机体免受寒害的损伤,昆虫体内会发生一系列的应急性代谢变化。这种代谢性保护往往影响昆虫的生命活动,表现在生长发育、生殖等方面。生理代谢和生物学代价,这两者保持一定的平衡。所以冬季长时间低温可能影响寄生蜂在田间的种群,相关研究有待加强。

(3) 其他天敌,特别是本地天敌的保护利用。已知椰心叶甲寄生性天敌 6 种,捕食性天敌 11 种,病原微生物 3 种。自海南发现椰心叶甲以来,发现捕食性天敌有蠼螋、蚂蚁、瓢虫、螳螂及壁虎 5 类捕食性天敌,病原微生物有绿僵菌、白僵菌 2 种,尚未发现本地的寄生性天敌,因此应该加强对本地天敌的保护利用研究,例如一种寄生在天牛上的蒲螭,室内强迫寄生表明对蛹有很高的寄生率,可达 96.7%(刘静等,2008),有进一步研究开发利用的必要;另一种捕食性天敌垫跗螋 *Chelisoches morio* 国内外也有所报道,但其利用研究有待进一步深入。此外,很多天敌控制靶标害

虫的效能尚未得到深入的评价,需要加强这方面的研究工作。

参考文献(References)

- Azuma S, Kinjo M, 1978. On the two insect pests affecting palms on the Okinawa Island, Ryukyu. *Okinawa Agric.*, 14:2—25.
- Brown ES, Green AH, 1958. The control by insecticides of *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleopt., Chrysomelidae-Hispinae) on young coconut palms in the British Solomon Islands. *Bull. Entomol. Res.*, 49:239—272.
- Chiu SC, Chen ZC, Chou LY, Chou KC, Chen CM, 1988. Biological control of coconut leaf beetle in Taiwan. *J. Agric. Res. China*, 37 (2):211—219.
- Choo-Toh GT, 1999. An outbreak of *Plesioispa reichei* Chapuis on palms in Singapore. Proceedings of the 5th International Conference on Plant Protection in the Tropics, 15—18 March 1999, Kuala Lumpur, Malaysia. 390—393.
- Cohic F, 1961. Outbreaks and new records. *FAO Plant Prot. Bull.*, 9:109—111.
- He LS, Ong KH, Yik CP, Fong YK, Chan HJA, 2005. Chemical control of hispid beetle (*Brontispa longissima*) on palms. *Singapore J. Pri. Ind.*, 32:80—92.
- Howard FW, Moore D, Giblin-Davis RM, Abad RG, 2001. Insects on Palms. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 81—104.
- Liu SD, 1994. The application of fungicide resistant entomopathogenic green muscardine fungus in Taiwan: Biological control of coconut leaf beetle (*Brontispa longissima*) and diamond black moth (*Plutellaxys lostella*). Technical Bulletin Food and Fertilizer Technology Center. 138.
- Lu BQ, Tang C, Peng ZQ, Salle JL, Wan FH, 2008. Biological assessment in quarantine of *Asecodes hispinarum* Boucek (Hymenoptera: Eulophidae) as an imported biological control agent of *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera:Hispidae) in Hainan, China. *Biol. Control*, 45 (1):29—35.
- Mo TT, 1965. The occurrence of two strains of *Brontispa longissima* (Gestro) (Col., Hispidae) based on resistance or non-resistance to the parasite *Tetrastichus brontispae* (Ferriere) (Hym., Eulophidae) in Java. *Bull. Entomol. Res.*, 55:609—614.
- Rethinam P, Singh SP, 2007. Current status of the coconut beetle outbreaks in the Asia-Pacific Region // Appanah S, Sim HCS, Sankaran KV (eds.). Developing an Asia-

- Pacific Strategy for Forest Invasive Species: the Coconut Beetle Problem—Bridging Agriculture and Forestry Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, RAP Publication, Bangkok, Thailand. 1—23.
- Stapley JH, 1973. Insect pests of coconuts in the Pacific region. *Outlook Agricult.*, 7(5):211—217.
- Vogele JM, 1989. Biological control of Brontispa longissima in Western Samoa: an ecological and economic valuation. *Agricult. Ecosyst. Environ.*, 27:315—329.
- Waterhouse DF, Norris KR, 1987. *Brontispa longissima* (Gestro). Biological Control Pacific Prospects. Melbourne Inkata Press. 134—141.
- 边强, 王广君, 张泽华, 张杰, 李洪, 覃伟权, 2009. 苏云金芽胞杆菌与绿僵菌对椰心叶甲的协同控制作用. 植物保护, 35(3):130—132.
- 丁福章, 张泽华, 张礼生, 丁伟, 2006. 绿僵菌对椰心叶甲的控制作用研究. 西南农业大学学报(自然科学版), 28(3):454—456.
- 冯岗, 张静, 金启安, 温海波, 彭正强, 2010. 鱼藤酮对椰心叶甲的生物活性. 热带作物学报, 31(4):636—639.
- 龚秀泽, 白志良, 2001. 从越南入境的椰子树苗中截获椰心叶甲初报. 广西植保, 14(4):29—30.
- 黄法余, 梁广勤, 2000. 椰心叶甲的检疫及防除. 植物检疫, 14(3):158—160.
- 黄法余, 梁琼超, 赖天忠, 罗燕, 刘权叨, 2000. 南海口岸多次截获椰心叶甲和红棕象甲. 植物检疫, 14(2):69.
- 李朝绪, 覃伟权, 黄山春, 韩超文, 马子龙, 彭正强, 2008. 海南利用寄生蜂防治椰心叶甲效果分析. 林业科技开发, 22(1):41—44.
- 李朝绪, 覃伟权, 黄山春, 马子龙, 王德辉, 2009. 椰心叶甲成虫对 7 个椰子品种的选择性. 林业科技开发, 23(6):61—63.
- 李红梅, 孙江华, 韩红香, 肖晖, 薛大勇, 2005. 椰心叶甲在我国潜在分布区的预测分析. 中国森林病虫, 24(6):8—11.
- 李洪, 吕宝乾, 符悦冠, 金启安, 温海波, 彭正强, 2004. 13 种杀虫剂防治椰心叶甲效果比较. 热带农业科学, 24(5):10—14.
- 李科明, 覃伟权, 李朝绪, 黄山春, 2008. 寒流对椰心叶甲及其寄生蜂的影响. 安徽农学通报, 14(18):88—89.
- 李亚, 程立生, 彭正强, 鞠瑞亭, 万方浩, 2007. 寄主植物对椰心叶甲生长发育和繁殖力的影响. 应用生态学报, 18(9):2050—2054.
- 刘静, 张方平, 韩冬银, 金启安, 唐超, 符悦冠, 2008. 蒲螨生物学习性及对椰心叶甲龄期选择性的初步研究. 植物保护, 34(5):86—89.
- 陆永跃, 曾玲, 2004. 椰心叶甲的传入途径与入侵成因分析. 中国森林病虫, 23(4):12—15.
- 陆永跃, 曾玲, 王琳, 周荣, 2004. 棕榈科植物有害生物椰心叶甲的风险性分析. 华东昆虫学报, 13(2):17—20.
- 吕宝乾, 陈义群, 包炎, 2005a. 引进天敌椰甲截脉姬小蜂防治椰心叶甲的可行性探讨. 昆虫知识, 42(3):254—258.
- 吕宝乾, 彭正强, 金启安, 2005b. 15 种杀虫剂对椰心叶甲幼虫及椰甲截脉姬小蜂的毒性. 热带作物学报, 26(1):47—51.
- 吕宝乾, 彭正强, 唐超, 温海波, 金启安, 符悦冠, 杜予州, 2005c. 椰心叶甲寄生蜂—椰甲截脉姬小蜂的生物学特性. 昆虫学报, 48(6):943—948.
- 吕宝乾, 彭正强, 许春霭, 唐超, 符悦冠, 杜予州, 万方浩, 2006. 椰心叶甲蛹寄生蜂—椰心叶甲啮小蜂的生物学特性. 昆虫学报, 49(4):643—649.
- 骆焱平, 蔡笃程, 朱朝华, 2005. 几种杀虫剂防治椰心叶甲的药效试验. 农药, 44(3):142—143.
- 马子龙, 赵松林, 覃伟权, 韩超文, 黄光斗, 2006. 椰心叶甲的天敌—椰心叶甲啮小蜂在田间扩散距离测定. 中国生物防治, 22(增刊):11—13.
- 彭正强, 程立生, 鞠瑞亭, 李跃忠, 池杏珍, 严巍, 徐颖, 杜予州, 万方浩, 2006. 椰心叶甲在中国的适生性分布. 热带作物学报, 27(1):80—83.
- 秦长生, 徐金柱, 廖仿炎, 何雪香, 揭育泽, 2006. 椰心叶甲绿僵菌菌株分离及生物学性质研究. 广东林业科技, 22(4):23—25 转 35.
- 秦长生, 徐金柱, 谢鹏辉, 许志斌, 廖仿炎, 2008. 绿僵菌相容性杀虫剂筛选及混用防治椰心叶甲. 华南农业大学学报, 29(2):44—46.
- 石晓珍, 王敏, 黄华平, 郭立佳, 宋妍, 黄俊生, 2008. 绿僵菌几丁质酶活性及其对椰心叶甲毒力的相关性分析. 广西农业科学, 39(3):313—316.
- 宋妍, 詹儒林, 张世清, 郭立佳, 许天委, 黄俊生, 2006. 绿僵菌防治椰心叶甲的毒力菌株筛选. 植物检疫, 20(6):333—336.
- 覃伟权, 余凤玉, 黄山春, 李朝绪, 马子龙, 2007. 植物乙醇提取物对椰心叶甲生物活性的影响. 热带作物学报, 28(4):84—88.
- 王九辉, 张世清, 黄俊生, 2007. 绿僵菌侵染对椰心叶甲酚氧化酶活性的影响. 昆虫知识, 44(2):252—255.
- 许春霭, 银婵, 彭正强, 温海波, 符悦冠, 万方浩, 2008. 低温贮存对椰心叶甲啮小蜂品质的影响. 昆虫知识, 45(1):112—116.
- 余凤玉, 覃伟权, 李朝绪, 韩超文, 彭正强, 2009. 不同椰子品种对椰心叶甲生长发育和繁殖力的影响. 热带作