

文章编号: 1674-7054(2013)03-0289-07

甘蔗螟虫综合防治技术研究进展

伍苏然¹ 杨乃博^{1,2} 杨本鹏¹ 熊国如¹ 冯翠莲¹ 王文治¹ 张树珍¹

(1. 中国热带农业科学院 热带生物技术研究所/中国热带农业科学院 甘蔗研究中心/农业部热带作物生物学与遗传资源利用重点实验室, 海南 海口 571101; 2. 海南大学 农学院, 海南 海口 570228)

摘要: 根据国内外对螟虫的研究成果, 对甘蔗螟虫的农业防治、物理防治、生物防治、化学防治等方面的研究进展进行了综述, 并提出了甘蔗螟虫的综合防治策略。

关键词: 螟虫; 甘蔗; 综合防治; 研究进展

中图分类号: S 566.1

文献标志码: A

甘蔗(*Saccharum officinarum* L.) 是世界上最重要的糖料作物, 每年以其为原料生产的蔗糖占全球食糖总产的76%以上。同时, 它还是最有开发前景的能源作物, 占燃料乙醇原料的63.8%^[1]。我国是世界第三大产糖国, 我国的食糖自给率超过92%, 甘蔗种植区主要分布在热带、亚热带的13个省区, 种植面积约160万hm², 其中广西、云南、广东、海南4省的种植面积占全国总面积的99%^[2]。随着高产、高糖品种—新台糖22号(ROC22)的大面积种植, 由于品种单一, 甘蔗虫害日益严重, 其中螟虫为害最普遍、最严重。甘蔗螟虫1年可发生多代, 世代重叠严重。各蔗区主要是条螟[*Proceras venosatus* (Walker)]、二点螟(*Chilo infuscatellus* Snellen)、大螟[*Sesamia inferens* (Walker)]、黄螟[*Argyroplote schistaceana* (Snellen)]和红尾白螟(*Tryporyza intacta* Snellen)^[3-4]。甘蔗在整个生长期都会受到甘蔗螟虫不同程度的为害, 苗期为害会造成枯心苗, 降低有效茎数, 从而引起产量下降; 生长期为害会造成螟害茎、螟害节, 不但风折率高、产量降低, 而且也会引起蔗糖分和压榨汁纯度降低。调查结果表明, 甘蔗螟虫为害的甘蔗平均产量损失10%~25%^[3], 严重时可达40%~60%, 糖分降低率可达0.93%~3.5%^[5]。甘蔗螟虫除了对甘蔗造成直接的钻蛀性为害外, 其蛀孔还有可能引发赤腐病等侵染性病害, 从而形成间接危害^[6], 严重地影响蔗糖产业的健康发展。化学杀虫剂是应用于防治甘蔗螟虫最早、最主要和有效的方法, 目前, 甘蔗螟虫的防治仍主要依赖化学药剂。长期以来, 由于生产上广泛、大量使用特丁硫磷、甲拌磷、辛硫磷、呋喃丹等(现已禁用)高毒、高残留类药剂^[7], 而且在施药时间、药剂种类和施用方法上掌握不当, 从而导致螟虫天敌种群不断减少, 害虫抗药性逐年增强, 同时对环境、生态造成巨大污染和破坏。如何有效防治甘蔗螟虫、减少杀虫剂的使用量、降低环境污染, 已成为甘蔗生产中的关键问题。“预防为主、综合防治”一贯是防治虫害、保护生态所提倡的有效策略, 为全面了解甘蔗螟虫防治方法及其效果, 笔者对国内外前期研究的成果进行了简要归纳整理, 并提出了甘蔗螟虫综合治理的策略, 旨在为甘蔗生产提供参考与借鉴。

1 农业防治(agricultural control)

1.1 加强田间管理 宿根蔗和新植蔗合理布局, 播种时对耕地进行深耕深犁。尽量早植、早施肥, 促使蔗种早萌发、快发苗, 减少苗期为害。早春间种绿肥, 改变苗期小气候, 利于天敌生存和繁殖。适时补苗,

收稿日期: 2013-08-10

基金项目: 中央级公益科研院所基本科研业务费(ITBB110503); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-20-2-5); 海南省重大科技项目子课题热带生物种质与基因资源研究(ZDZX2013023-1)

作者简介: 伍苏然(1982-), 男, 湖北松滋人, 中国热带农业科学院热带生物技术研究所助理研究员, 博士。

通信作者: 张树珍, 研究员, 博士生导师, E-mail: zhangsz.2007@yahoo.com.cn

剥除蔗壳、叶,以便使蔗行通风透光,及时清洁蔗田。收获时低留茬,集中烧毁蔗叶、裸露蔗头,以减少越冬蛀茎蔗螟。

1.2 间、套作或轮作 甘蔗可与玉米、马铃薯、西瓜、菠萝、花生、大豆等作物间、套作,不但能提高土壤利用率,增加农户收入,而且还能有效地减轻甘蔗虫害的影响,有利于甘蔗的丰产丰收。据报道,采用蔗豆套种技术栽培每公顷总收入比对照增长 33.3%^[8]。研究表明^[9-10],甘蔗与番茄和烟草进行套作后的枯心率分别为 1.6% 和 2.94%,而与油菜套作的枯心率能减少 34.3%,均能显著降低螟虫为害。因此,可将甘蔗与水稻、小麦、油菜等作物进行水旱轮作,以减轻螟虫的为害。

1.3 选育健康种苗 从高大粗壮植株中挑选无虫孔的健康蔗段做种,选取甘蔗叶狭窄、茎株直,含有纤维较多、硬度较硬的经济品种作为抗虫品种。甘蔗中硅含量与其抗虫性成正相关,经过硅处理后甘蔗组织硬度提高,可阻碍螟虫钻入蔗茎中,延长了螟虫幼虫在外部不良环境下的暴露时间,从而提高其幼虫的死亡率^[11]。另外,通过硅处理过的感虫甘蔗品种的茎秆受害率和螟虫发生量分别降到 24.4% 和 19.8%^[12]。

随着生物技术的发展,国外已经出现多例成功转入抗虫性基因作物,国内 *Bt* 基因转抗虫棉的成功也为甘蔗转基因抗虫植株的研究提供了参考,使转 *Bt* 基因甘蔗取得了很大进展。我国与国外研究院已经合作培育出一批抗螟虫害好、表达量高的甘蔗品系。但是我国转基因甘蔗的研究起步较晚,抗虫基因表达量低,仍停留在室内试验阶段,而在大田实验的抗虫性甘蔗还需进行准确的鉴定,方能推广生产。

2 物理防治(physical prevention and cure)

2.1 灯光诱杀 利用昆虫对光的趋性来防控害虫已有悠久的历史^[13-14]。20 世纪 50 年代末,我国曾逐步采用白炽灯、黑光灯、高压汞灯、频振式杀虫灯诱杀害虫^[15],最后发展为太阳能杀虫灯、光控雨停电击害虫诱杀灯、智能杀虫灯等^[16]。相对其他防治方法,灯光诱杀害虫具有延缓害虫抗药性、不污染环境、针对性强、对天敌影响小等优点。目前,灯光诱杀多种害虫,已广泛应用于粮、棉、果、蔬、茶等作物上^[17-18]。在甘蔗生产上,灯光诱杀害虫在预测预报上应用较多,而在实际生产上应用较少,目前,主要是采用黑光灯和频振式杀虫灯^[19]。杀虫灯是利用甘蔗螟虫对特定波长的光线有较强的趋光性特性,引诱甘蔗螟虫成虫扑灯触碰频振高压电网,害虫被电击死后落入收集袋中,从而达到杀灭成虫、降低田间虫卵量、减少害虫基数、控制害虫危害的目的。卢柳珊^[20]报道,扶绥县植保植检站 2009—2012 年向农户发放近 1 000 盏频振式杀虫灯,有效地降低了螟虫危害(10%)。苏俊波等^[19]报道,用夜光灯诱捕害虫,对多数甘蔗害虫起到了较好的诱杀效果,整个生长周期内仅发现 7 株甘蔗被天牛和金龟子为害,螟虫为害率为 10.5%,而呋喃丹处理的蔗田螟虫为害率达 49.0%。

2.2 浸种处理 我国使用种子处理剂的历史较久,古代便有温汤泡种和药剂浸种,早在西汉年间的农书《农胜之书》中就有记载。20 世纪 50 年代,我国开始推广浸种、拌种技术用于地下害虫防治,保护种苗的正常生长发育,并成功研制了克百威和多菌灵组成的第一个种衣剂产品,主要用于玉米、大豆、小麦、棉花、水稻等作物上。浸种剂紧贴种子,药力集中,利用率高。浸种处理农药一般不易迅速向周边扩散,也不受日晒雨淋和高温影响,故具有缓释作用,因而有效期长。采用浸种处理防治甘蔗螟虫的文献资料鲜见报道,目前中国热带农业科学院甘蔗研究中心已自主配制一种甘蔗浸种剂(专利申请号:201210405635),其防治效果达 82.7%(尚未发表)。因此,结合甘蔗螟虫钻蛀性发生特点,在甘蔗种植期将蔗种进行浸种处理可有效降低螟虫虫口密度。

2.3 不育技术 不育技术是指通过某些手段让害虫丧失繁衍能力而减少虫害发生的一种方法。不育技术受到世界各国的重视,以辐射不育和化学不育 2 种方法应用较多。辐射不育是指用物理射线等对害虫成虫或蛹进行照射,使其基因发生突变,从而导致不育。利用⁶⁰Co 对甘蔗黄螟雄性后期蛹进行照射,雄蛾的精子染色体发生了畸形,不育效果明显,卵孵化率仅为 0.9%,对羽化后雄蛾的交配率无影响^[6]。林进添等^[21]采用⁶⁰Co 辐射甘蔗条螟蛹结果表明,条螟的最佳辐射不育期是第 5 级蛹期,剂量 >0.35 KGY。化学不育是用化学上的不育药剂来干扰或破坏害虫的生殖细胞,从而导致不育。另外,还可利用劣势或杂交的遗传品种等使昆虫产生不育。不育技术运用于生产还需要大量的研究和田间试验^[21-22]。原子能治

虫主要是用放射能直接杀灭害虫,或用放射能照射导致害虫不育等。

2.4 人工处理 最原始、最简单的徒手捕捉或清除,以及近代物理最新成就的运用,可算是既古老而又年轻的一类防治手段。人工捕杀虽具有费劳力、效率低、不彻底等缺点,但在综合防治措施下,少发生、不集中发生的蔗田仍不失为较好的急救措施。螟虫卵孵化后幼虫一般群集心叶为害,被害的心叶称为花叶,对螟虫始发期把花叶连同上面的幼虫割除,效果良好。在田间管理过程中,如遇到螟虫卵块可直接摘除。由于一部分蔗螟会在蔗鞘、蔗叶上产卵或化蛹,所以应及时剥除蔗叶,以除去部分虫卵、幼虫和蛹,降低虫口基数。根据螟虫发生期,有目的地剥叶,不仅使蔗田通风透光,减少虫害,而且还能促进甘蔗生长。

3 生物防治(biological control)

生物防治大致可以分为以虫治虫、以鸟治虫和以菌治虫三大类,是降低害虫种群密度的一种方法。其最大优点是不污染环境,是农药等非生物防治病虫害方法所不及的。

3.1 寄生蜂 国内外防治甘蔗螟虫的寄生蜂主要有:赤眼蜂(*Trichogramma* sp.)、古巴蝇(*Lixophaga diatraeae*)、螟黄足盘绒茧蜂(*Cotesia flavipes* Cameron)、大螟拟丛毛寄蝇(*Sturmiopsis inferens*)等。

早在20世纪初期,圭亚那、美国、秘鲁、波多黎等地曾采用赤眼蜂防治蔗螟,但都未能取得显著效果^[23]。1953年,我国便开始研究赤眼蜂对蔗螟的防治,并取得了一定效果^[24]。此后,国内各地陆续开展赤眼蜂防治螟虫工作。赤眼蜂可有效减轻螟虫幼虫期对甘蔗造成的为害,是目前蔗区防治甘蔗螟虫的高效措施之一^[25-26]。赤眼蜂释放的数量可以根据当地往年螟虫的发生情况以及预测预报结果来决定。一般情况下,在4月中旬前后枯心苗大量出现之前,放蜂7万~15万只·hm⁻²,每代螟虫放蜂2次,约间隔7d。如果虫害发生较严重,可在螟虫盛发期放蜂30万只·hm⁻²。选择无风、无雨的傍晚放蜂较适宜,从蔗田的上风地头开始放蜂,每公顷蔗田选45~75个放蜂点。利用寄生蜂防治螟虫受环境因素影响较大,对释放时间和天气状况要求较严格,因此,关于寄生蜂的田间释放技术还需加强。

古巴蝇是甘蔗螟虫的优势天敌之一,其成虫通过不断地在蔗田飞行,利用螟虫分泌的外激素来识别寄主,主要寄生于二点螟、条螟、黄螟和大螟的幼虫。在古巴,每年释放到蔗区的古巴蝇有较高寄生率,能显著降低螟害率^[27]。印度也曾引进古巴蝇对甘蔗螟虫进行防治,不过没有取得预期效果^[28]。我国广西甘蔗研究所于2005年先后3次引进古巴蝇,并开展了室内研究^[29]。邓展云等^[30]采用古巴蝇成功防治田间甘蔗螟虫,在不施用农药情况下仅释放古巴蝇,使蔗田枯心率和螟害节均控制在5%以下,超过赤眼蜂的防治效果(10%以下)。我国古巴蝇田间寄生率为20%~40%,还有待进一步加强。

另外,螟黄足盘绒茧蜂也是普遍推广和应用于蔗田螟虫防治中非常重要的生防技术。关于螟黄足盘绒茧蜂,我国学者仅有生物学方面的初步研究,目前未见有关人工大量生产繁殖、田间释放利用等的报道;国外对此有大量的报道,牙买加在田间建立了螟黄足盘绒茧蜂种群^[31];南非采用螟黄足盘绒茧蜂来防治甘蔗螟虫,虫口密度降低32%~55%^[32];泰国全国生物防治研究中心,每月可生产超过18余万头螟黄足盘绒茧蜂,通过每月释放螟黄足盘绒茧蜂,成功地将甘蔗螟虫的虫口密度控制在较低的水平^[33]。

3.2 捕食性天敌 红蚂蚁、蜘蛛等对甘蔗害虫具有一定的防治效果。近年来,澳大利亚室内研究表明,有3种捕食性蜘蛛对甘蔗二点螟幼虫和成虫具有显著的防治效果。蜘蛛可能是甘蔗螟虫的又一个重要天敌,主要是因为它们具有高效的捕食及搜索能力。因此,在甘蔗螟虫的生物防治生产中,蜘蛛有取代寄生性天敌及其他有益昆虫的潜能^[34]。巴西科学家在实验室研究发现可通过增加蚂蚁的密度来减少蔗螟的密度^[35]。另外,蠼螋也是一种非常有潜能的捕食性天敌,在甘蔗田间分布较广泛。广西崇左市扶绥县使用人工养殖蠼螋防治甘蔗螟虫也取得了较好效果。

3.3 病原微生物 利用昆虫病原微生物防治甘蔗螟虫是近年来发展起来的一项生防技术。主要有颗粒体病毒、核型多角体病毒、Bt、微孢子虫、白僵菌、绿僵菌和昆虫病原线虫等。印度卡纳塔克邦曾研究了颗粒体病毒与常规农药对甘蔗二点螟的防效试验^[36]。EASWARAMOORTHY等^[37]研究了颗粒体病毒的用量及纯度对甘蔗二点螟防治效果的影响。SIVASANKARAN等^[38]研究发现二点螟的低龄幼虫较易感染白僵菌;ASHOK和TANDAN研究结果表明,白僵菌和绿僵菌对台湾稻螟、二点螟和大螟的幼虫均具有很高致病性^[39],国内也有这方面的研究报道^[40-41]。刘磊^[42]大田试验验证了筛选的3种绿僵菌菌剂对甘蔗螟

虫的防治效果,与化学杀虫剂的防治效果基本相当,可以替代呋喃丹等杀虫剂进行甘蔗螟虫的防治使用。目前研究比较广泛的 Bt 生物农药会使害虫逐步产生抗性,表现为死亡率升高、发育历期缩短、孵化率、羽化率、交配率和产卵量降低等^[41]。昆虫病原微生物防治甘蔗螟虫多数仍只处于室内研究阶段。

3.4 性信息素 利用性信息素防治甘蔗害虫的研究起步较晚,主要应用于甘蔗螟虫迷向法、诱杀法和预测预报。国外对性信息素防治甘蔗害虫的研究始于 20 世纪 60 年代中后期,70 年代初期,我国的广州蔗糖业研究所也开始对甘蔗螟虫性诱剂的研究。至今,已发现并合成了条螟、二点螟、红尾白螟、黄螟、大螟和台湾稻螟等 6 种性引诱剂。

迷向法是在蔗叶层大量释放人工合成的性诱剂,使散发的气味弥漫在空气中,使得雄蛾长期处于性刺激状态下,导致其过度兴奋而疲劳,从而无法准确判断雌蛾所在的方位及距离,干扰它们正常的交尾行为,进而达到减少交配次数,减少下一代幼虫发生量。试验及大面积示范表明,经迷向处理后,雌蛾交配率降低约 80%,花叶率减少约 70%,枯梢死尾率比常规防治法减少约 50%。对黄螟的迷向防治试验结果表明,迷向率 98.1%,交配抑制率 58%~74%,枯心率比对照区减少 45.2%~78.6%,螟害节减少 52.2%~76.1%。对二点螟的迷向防治结果表明,迷向干扰率约为 96.8%^[43]。性诱剂迷向法防治甘蔗条螟的技术,也在很多蔗区得到推广。

诱杀法是在蔗田放置一定数量的性诱剂,引诱雄蛾前来交配,将雄蛾直接杀死在诱捕器中,从而减少雄蛾的数量及降低雌蛾的交配率。通过诱杀大量雄蛾,使种群雌雄比例失调,造成大部分的雌蛾不能进行交配而不育,田间螟虫的落卵量就会下降而达到防治目的。据文献记载^[44],曾在广西、四川、湖南、江西等地用二点螟性诱剂防治的蔗地超过 5 000 hm²,枯心率控制在 5% 以下,效果高达 82.48%,取得了与化学防治相当甚至优于化学防治的效果。

采用性信息素诱蛾灵敏度高、特异性强,作为虫情测报的一种工具和手段已获得国内外普遍承认和推广。性诱剂在甘蔗螟虫的预测预报上得到了广泛的应用,而且有不可替代的优势。多年来,在广西、广东等蔗区应用性诱剂进行螟虫发生期测报。研究结果表明,性诱剂诱蛾量比活雌蛾多 2~9 倍、比蓝光灯多 2~5 倍,且灵敏度高,消长规律明显,诱蛾量消长与田间发生实际情况相符,可用于指导实际生产。

4 化学防治(chemical control)

4.1 早期杀虫剂 20 世纪 60 年代,使用有机氯类 666、滴滴涕等防治二点螟和白螟,使用有机磷类 1605、敌百虫、甲六粉或乙六粉防治黄螟等^[6]。20 世纪 70 年代,开始使用有机氯类杀虫脒,对甘蔗黄螟防治效果最好,可达 97.6%,对二点螟、条螟和白螟也有较好效果,防治二点螟幼虫效果达 88.2%,枯心率控制效果达 84.6%,取代了硫脲类螟铃畏;有机氮类杀螟丹,防治条螟效果达 97.2%~98.7%,二点螟防治效果达 78.3%~83.0%;有机磷类杀螟松,防治苗期二点螟枯心效果达 80%,兼治多种虫害^[6]。20 世纪 80 年代,有机磷类敌百虫、敌敌畏、甲胺磷等开始使用,沙蚕毒素类杀虫双、杀虫单也随之出现^[6]。氨基甲酸酯类呋喃丹使用最普遍,曾万秋报道^[45]呋喃丹对黄螟、条螟、大螟均有很好的防治效果,防效可达 85.4%~96.9%。20 世纪 90 年代初,我国首次合成有机磷类特丁硫磷,1993 年首次运用于甘蔗害虫防治,试验结果显示,防治地下害虫效果为 80.98%~84.42%^[46],之后的很长一段时间,该药运用于甘蔗害虫防治,效果较理想。

4.2 现阶段杀虫剂 目前,甘蔗生产上的甘蔗螟虫防治杀虫剂主要有 $w = 3.6\%$ 的杀虫双颗粒剂、 $w = 5\%$ 的蔗来茎颗粒剂、 $w = 10\%$ 的毒死蜱颗粒剂、 $w = 8\%$ 的毒死蜱·杀螟单颗粒剂、 $w = 70\%$ 的锐胜、 $w = 40\%$ 的福戈、 $w = 5\%$ 的丁硫克百威、 $w = 25\%$ 的阿克泰、锐劲特等。 $w = 3.6\%$ 的杀虫双颗粒剂(用量为 90 kg·hm⁻²)和 $w = 40\%$ 的福戈水分散粒剂(用量为 0.6 kg·hm⁻²)对甘蔗螟虫有较好的防治效果,防效均超过 60%^[47]。 $w = 5\%$ 丁硫克百威颗粒剂的防效为 61.68%~74.95%^[48]。龚恒亮等^[49]报道,新烟碱类杀虫剂 SP003(用量为 1.2 kg·hm⁻²)防治螟虫效果可达 83.35%~84.07%。 $w = 5\%$ 的蔗来茎颗粒剂,每公顷施用 75 kg 药后 60 d 内的药效达到 94.2%~96.0%^[50]。

新型杀虫剂 $w = 20\%$ 的康宽悬浮剂、 $w = 30\%$ 的度锐悬浮剂受到蔗农高度认可。度锐是先正达公司 2009 年研发的新产品, $w = 30\%$ 度锐悬浮剂由 $w = 10\%$ 氯虫苯甲酰胺与 $w = 20\%$ 噻虫嗪混配而成。氯虫

苯甲酰胺是通过调节昆虫肌肉钙离子释放而造成肌肉异常收缩,导致昆虫瘫痪至死;噻虫嗪是烟碱杀虫剂,具有强胃毒、触杀活性和内吸传导性。度锐不同以往杀虫剂常规的施用方法,采用淋喷和灌根的方式对作物幼苗施药。薛晶等^[51]田间试验结果显示,度锐对甘蔗苗期螟虫防治效果达70%以上;梁闾等^[52]报道,度锐药后45~75 d防效均超过85%,度锐悬浮剂(用量为600 mL·hm⁻²)的防效分别为97.34%~73.09%^[48]。康宽是杜邦公司研制的新一代杀虫剂,主要成分为 $w=20\%$ 的氯虫苯甲酰胺。康宽悬浮剂(用量为225 mL·hm⁻²)对甘蔗螟虫的防治效果为83.61%~79.11%^[48]。

4.3 施药方式 根据不同药剂类型并结合甘蔗生产农事时期,可采取沟施、喷雾、撒施、“拔一灌”等施药方式。沟施一般在新植蔗或中耕培土时进行,撒施一般在收获后期田间管理或耕地、犁地时进行。沟施或撒施时如为液体杀虫剂,则按用药剂量先用少量水稀释后与干细沙拌均匀,颗粒剂直接与干细沙拌均匀^[48];也可将颗粒剂按用药量与化肥混合均匀后施于蔗株基部,并及时覆土^[47]。“拔一灌”处理一般在甘蔗苗期进行,即“拔除”枯心苗,沿蔗苗芯“灌”下选用杀虫剂,杀虫剂按剂量稀释后装于手提喷壶。此法可有效防治第一代螟虫幼虫,减少早期蔗田虫口密度,不但针对性强,而且省药省工。最常见和普遍的施药方式是以喷雾方式施药,即将杀虫剂按剂量兑成药液喷洒于甘蔗叶面上。由于螟虫钻蛀蔗茎为害,较难直接接触到药液,致使药效低、防效差。因此,建议喷雾防治螟虫时要把握螟卵孵化盛期,针对“花叶”株喷施,做到心叶和叶梢上的药液充足、均匀。

5 小 结

长久以来,人们对甘蔗螟虫的防治采取了各种措施,并在一定时期取得了较好的效果,但不同的防治方法也存在着不足之处。例如,农业防治见效慢、效果不显著,常常不被人们重视;物理防治受地域条件限制,较难大面积推广使用,甚至会增加劳动力成本;生物防治见效慢、不彻底、成本高,有时对环境条件要求较高;化学防治杀伤天敌,但破坏生态,害虫易产生抗药性,尤其到了甘蔗生长后期,蔗株封行而造成施药存在困难。各种防治措施既有优势,也存在着诸多不足,长期使用单一手段是不合理的,需联合配套使用,综合运用各种防治手段和方法,方可把虫害的危害程度降低到经济阈值以下,确保甘蔗产业稳定、健康、可持续发展。

研究方面,还应加大抗螟虫甘蔗品种的选育工作,增强甘蔗自身抵抗能力。在生物防治和物理防治方面,还需要加大研究和田间试验,使其防治技术能普遍应用于田间。发展高效、低毒、环境友好的杀虫剂是甘蔗害虫化学防治的关键;缓释剂、可控制释放颗粒剂也是近期研究热点;仿生农药是新农药开发的主体,这方面国内外才刚刚起步。生物源农药特别是微生物源农药,如专业化Bt杀虫剂产品将是我们努力实现的方向。国内外关于嗅觉刺激和视觉刺激之间的相互作用,在甘蔗螟虫寄主选择行为过程中的影响研究鲜见报道,科学地将嗅觉和视觉信号协调联合运用于甘蔗螟虫防治方法中,将是甘蔗害虫防治工作史上的里程碑。

参考文献:

- [1] GRIVET L, ARRUDA P. Sugarcane genomics: depicting the complex genome of all important tropical crop[J]. Current Opinion in Plant Biology 2001(5): 122-127.
- [2] 李杨瑞, 杨丽涛. 20世纪90年代以来我国甘蔗产业和科技的新发展[J]. 西南农业学报 2009 22(5): 1469-1476.
- [3] 潘雪红, 黄诚华, 辛德育. 甘蔗螟虫主要优势天敌及其生物防治意义[J]. 广西农业科学 2009 40(1): 49-52.
- [4] 熊国如, 李增平, 冯翠莲, 等. 海南蔗区甘蔗害虫发生情况及防治对策[J]. 热带作物学报 2010 31(12): 2243-2249.
- [5] 杨友军. 甘蔗螟虫为害加深原因及防治对策[J]. 甘蔗 2003 10(2): 36-38.
- [6] 任大方. 我国甘蔗螟虫防治研究的成果与展望[J]. 甘蔗糖业 1977(10): 30-41.
- [7] 商显坤, 黄诚华. 甘蔗螟虫防治技术研究进展. 安徽农业科学 2010 38(35): 20064-20066.
- [8] 吴建明, 李杨瑞, 杨丽涛, 等. 甘蔗间种大豆的试验[J]. 作物杂志 2011(5): 103-105.
- [9] 吴细明, 蔡慧娟, 林国飞. 甘蔗二点螟的发生与防治[J]. 福建农业科技 2000(4): 31-32.
- [10] 王云辉, 李中衡. 油菜、甘蔗套种防除甘蔗二点螟的效果及原因[J]. 湖南农业科学 1984(1): 35-36.
- [11] KVEDARAS O L, BYRNE M J, COOMBES N E, et al. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina* [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2009 11(3): 301-306.

- [12] KEEPING M G, MEYER J H. Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2002, 4(4): 265–274.
- [13] KAMMINGA K L, HERBERT D A, KUHAR T P, et al. Predicting black light trap catch and flight activity of *Acrosternum hi-lare* (Hemiptera: Pentatomidae) adults [J]. Environmental Entomology, 2009, 38: 1716–1723.
- [14] 张纯霄, 杨捷. 害虫趋光性及其应用技术的研究进展 [J]. 华东昆虫学报, 2007, 16(2): 131–135.
- [15] 赵季秋. 重新认识灯光诱杀农林害虫的意义 [J]. 辽宁农业科学, 2002(4): 52–53.
- [16] 胡成志, 赵进春, 郝红梅. 杀虫灯在我国害虫防治中的应用进展 [J]. 中国植保导刊, 2008(8): 11–13.
- [17] 武予清, 段云, 蒋月丽. 害虫的灯光防治研究与应用进展 [J]. 河南农业科学, 2009(9): 127–130.
- [18] 马丽. 西洛川苹果园昆虫群落与优势种群动态研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [19] 苏俊波, 姚全胜, 冯文星, 等. 甘蔗主要害虫的综合防治效果初报 [J]. 热带农业科学, 2007(6): 17–19.
- [20] 卢柳珊, 梁慧英, 梁家豪, 等. 甘蔗螟虫绿色防控技术措施探索与实践 [J]. 中国农业信息, 2013(11): 130.
- [21] 林进添, 刘秀琼. 甘蔗条螟辐射不育的初步研究 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 1994, 7(1): 7–10.
- [22] 夏大荣, 杨荣新, 顾伟平, 等. 应用昆虫不育技术防治害虫的进展及趋势 [J]. 浙江农业学报, 1992(4): 62–64.
- [23] 蒲蛰龙, 刘志诚. 赤眼蜂大量繁殖及其对于甘蔗螟虫的大田防治效果 [J]. 昆虫学报, 1962, 11(4): 409–414.
- [24] 蒲蛰龙, 刘志诚. 利用赤眼蜂 *Trichogramma evanescens* Westw 防治甘蔗螟虫 [J]. 昆虫知识, 1960(3): 77–79.
- [25] 王海云, 李承志, 李凤娥, 等. 释放赤眼蜂防治甘蔗二点螟 [J]. 甘蔗糖业, 1994(4): 27–28.
- [26] 郭良珍, 冯荣杨, 梁恩义, 等. 螟黄赤眼蜂对甘蔗螟虫的控制效果 [J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(5): 398–400.
- [27] 林明江. 浅谈甘蔗螟虫天敌与性诱剂的研究与应用 [J]. 甘蔗糖业, 2007(4): 19–22.
- [28] 符晓云, 黄惠恩. 印度甘蔗害虫的生物防治 [J]. 甘蔗, 2002, 9(1): 24–32.
- [29] 邓展云, 何为中, 谭裕模, 等. 古巴蝇生物学及生态学的初步研究 [J]. 中国糖料, 2008(4): 4–6.
- [30] 邓展云, 方锋学, 刘海斌, 等. 古巴蝇和赤眼蜂防治甘蔗螟虫大田示范 [J]. 中国糖料, 2010(3): 9–11.
- [31] FALLOON. Evaluation of the biological control program against sugar cane stalk borer, *Diatraea saccharalis* F. after two decades of field establishment of *Cotesia flavipes* (Cameron) in Jamaica [J]. International Society of Sugar Cane Technologists, 2001(2): 366–369.
- [32] KFIR R, OVERHOLT W A, KHAN Z R, et al. Biology and management of economically important lepidopteran cereal stem borers in Africa [J]. Annual Review of Entomology, 2002(47): 701–731.
- [33] SUKSEN K, MANEERAT T, SUASAARD W. Utilization of sugarcane moth borer parasite *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) to control sugarcane moth borers [C]//Kasetsart University. Proceedings of the 45th Kasetsart University Annual Conference. Bangkok: Kasetsart University, 2007: 189–193.
- [34] PATIL A S, MAGAR S B, SHINDE V D. Feeding potential of predatory spiders on sugarcane pests [J]. Australian Society of Sugar Cane Technologists, 2001(2): 408–409.
- [35] ROSSI M N, FOWLER H G. Manipulation of fire ant density, *Solenopsis* spp., for short-term reduction of *Diatraea saccharalis* larval densities in Brazil [J]. Scientia Agricola, 2002, 59(2): 389–392.
- [36] PATIL S B, JAYARAO K, KHOT R S. Bioefficacy of granulosis virus in the management of early shoot borer *Chilo infuscatellus* Snell, of sugarcane [J]. Bharatiya Sugar, 1996, 22(5): 7–10.
- [37] EASWARAMOORTHY S, SANTHALAKSHMI G. The granulosis virus of the sugarcane borer, *Chilo infuscatellus* Snell [J]. Sugar Cane International, 2000(5): 5–8.
- [38] SIVASANKARAN P, EASARAMOORTHY S, DAVID H. Pathogenicity and host range of *Beauveria* nr. *bassiana*, a fungal pathogen of *Chilo infuscatellus* Snell [J]. Journal of Biological Control, 1990, 1(4): 48–51.
- [39] ASHOK VARMA, TANDAN B K. Pathogenicity of three entomogenous fungi against insect pests of sugarcane [J]. Journal of Biological Control, 1996(10): 87–91.
- [40] 詹儒林, 常金梅, 何衍彪. 甘蔗二点螟杀虫真菌绿僵菌的筛选与毒力测定 [J]. 热带作物学报, 2010, 31(1): 113–115.
- [41] OPPERT, HAMMEL B R, THRONE J E, et al. Fitness costs of resistance to *Bacillus thuringiensis* in the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2000, 96: 281–287.
- [42] 刘磊. 绿僵菌防治甘蔗螟虫的初步研究 [D]. 海口: 海南大学, 2010.
- [43] 管楚雄. 我国蔗螟性诱剂研究及其应用前景 [J]. 甘蔗糖业, 2001(6): 8–12.
- [44] 游建华, 王伯辉, 凌永久. 性诱技术防治甘蔗螟虫的应用及效益 [J]. 广西农学报, 1999(1): 41–43.
- [45] 曾万秋, 蔡连明, 邓平华, 等. 呋喃丹防治甘蔗螟虫试验 [J]. 广东农业科学, 1980(5): 33–37.
- [46] 龚恒亮, 刘玉彩, 李金玉. 5% 特丁磷颗粒剂(地虫灵)防治甘蔗地下害虫试验研究 [J]. 甘蔗糖业, 1998(6): 20–23.

- [47]杨绍聪,吉学进,杨云伟,等. 8种杀虫剂对甘蔗害虫的田间药效试验[J]. 中国糖料, 2013(1): 34-37.
- [48]覃振强,邓展云,黄冬发,等. 几种杀虫剂防治甘蔗螟虫田间药效试验[J]. 广东农业科学, 2012(16): 72-74.
- [49]龚恒亮,安玉兴,管楚雄,等. 新烟碱类杀虫剂防治甘蔗螟虫的研究[J]. 甘蔗糖业, 2012(4): 27-32.
- [50]周仁强,黄振瑞,杨俊贤,等. 5%蔗来茎颗粒剂防治甘蔗螟虫药效试验[J]. 广东农业科学, 2008(1): 59-60.
- [51]薛晶,罗志明,张会华. 3种杀虫剂防治甘蔗害虫试验初报[J]. 中国糖料, 2013(1): 38-41.
- [52]梁阗,方锋学,罗亚伟,等. 30%度锐悬浮剂防治甘蔗螟虫药效试验[J]. 广东农业科学, 2012(2): 72-73.

Research Progress on IPM of Sugarcane Borer

WU Suran¹, YANG Naibo², YANG Benpeng¹, XIONG Guoru¹,
FENG Cuilian¹, WANG Wenzhi¹, ZHANG Shuzhen¹

(1. Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Sugarcane Research Center of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Haikou 571101, China; 2. College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: This paper reviews the present research results on controlling methods of sugarcane borers, including agricultural control, physical control, biological control, chemical control and other aspects, and provides Integrated pest management (IPM) for controlling sugarcane borers effectively.

Key words: Borer; Sugarcane; IPM; Research Progress