环境昆虫学报 2020，42（6）：1330－1337
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2020. 06. 6



苏湘宁，章玉苹，黄少华，李传瑛，郭义，袁曦，肖勇，雷妍圆，叶伟峰，刘伟玲．基于性信息素诱捕的广东草地贪夜蛾发生动态及多生物防治因子组合对其控制效果评价［J］．环境昆虫学报，2020，42（6）：1330－1337.

基于性信息素诱捕的广东草地贪夜蛾发生动态及多生物防治因子组合对其控制效果评价

苏湘宁[1]，章玉苹[1]，黄少华[1]，李传瑛[1]，郭　义[1]，袁　曦[1]，肖　勇[1]，雷妍圆[1]，叶伟峰[2]，刘伟玲[1*]

（1．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；2．黄埔海关，广州 510730）

摘要：采用性信息素诱捕器对广东省佛山市、茂名市、韶关市和梅州市的草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 发生动态进行监测；以清水作为空白对照，以20%氯虫苯甲酰胺为药剂对照，评价了螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis*、螟黄赤眼蜂＋苏云金杆菌、螟黄赤眼蜂＋金龟子绿僵菌、螟黄赤眼蜂＋莱氏绿僵菌、螟黄赤眼蜂＋爪哇棒束孢菌、螟黄赤眼蜂＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒、螟黄赤眼蜂＋蠋蝽、螟黄赤眼蜂＋蠋蝽＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒这8种生防措施对玉米田草地贪夜蛾的防控效果。结果表明，草地贪夜蛾在所监测的4个地市全年均有发生，其中佛山监测点的草地贪夜蛾诱捕量高于其它3个监测点，并具有1个明显的发生高峰期（2019年10月中旬至11月中旬），高峰期与玉米种植面积呈正相关。田间生防试验结果表明，单一释放螟黄赤眼蜂或与其他生防因子联合使用均对草地贪夜蛾有一定的控制作用，处理7 d后的防虫效果为54.87%～76.49%，其中以螟黄赤眼蜂＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒及螟黄赤眼蜂＋蠋蝽＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒的防治效果最好，防效分别为76.49%及71.56%，但均低于氯虫苯甲酰胺的防虫效果（94.60%）；但14 d后，20%氯虫苯甲酰胺的防虫效果下降至78.51%，而螟黄赤眼蜂＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒及螟黄赤眼蜂＋蠋蝽＋甘蓝夜蛾核型多角体病毒的防效呈上升趋势，防效分别为81.31%与83.35%，具有较好的持续性与稳定性，是防治玉米草地贪夜蛾的理想生物防治组合。研究结果为了解广东草地贪夜蛾的发生规律及综合防控提供了相关科学依据与技术支撑。

关键词：草地贪夜蛾；发生动态；生物防治；防治效果

关键词：草地贪夜蛾；发生为害；玉米；生育期

中图分类号：Q968.1；S476；S433　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2020）06－1330－08

Occurrence dynamicsbased on sexpheromone trapping and control effect evaluated of multiple combination of biological control factors on *Spodoptera frugiperda* in the field of Guangdong

SU Xiang-Ning[1], ZHANG Yu-Ping[1], HUANG Shao-Hua[1], LI Chuan-Ying[1], GUO Yi[1], YUAN Xi[1], XIAO Yong[1], LEI Yan-Yuan[1], YE Wei-Feng[2], LIU Wei-Ling[1*]（1. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China; 2. Huangpu Customs, Guangzhou 510730, China）

基金项目：国家重点研发计划（2018YFD0200702－4）；国家重点研发计划（2019YFD0300104）；广东省重点领域研发计划（2020B020223004）；广东省现代农业产业技术体系创新团队（2020KJ113）；广东省农业科学院科技创新战略专项（R2019YJ－YB2003）

作者简介：苏湘宁，男，1990年生，博士，助理研究员，主要从事害虫抗药性、动态监测及绿色防控方面研究，E－mail：851513723@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence：刘伟玲，女，硕士，高级农艺师，主要从事作物病虫害绿色防控技术研究与应用，E－mail：464597207@qq.com

收稿日期 Received：2020－10－17；接受日期 Accepted：2020－10－30

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Abstract: A sex pheromone traps was used to monitor the adult population dynamics of *S. frugiperda* in Foshan, Maoming and Shaoguan and Meizhou. To evaluate control effect of *Trichogramma chilonis*, *T. chilonis* + *Bacillus thuringiensis*, *T. chilonis* + *Metarhizium anisopliae*, *T. chilonis* + *Metarhizium rileyi*, *T. chilonis* + *Isaria javanicus*, *T. chilonis* + MbMNPV, *T. chilonis* + *Arma chinensis*, *T. chilonis* + *A. chinensis* + MbMNPV on *S. frugiperda* with water used as blank control, chlorantraniliprole 20% used as pesticide control. The results suggested that *S. frugiperda* occurred all year round in the four monitoring points. The amount of *S. frugiperda* of Foshan monitoring site was higher than that of the other three monitoring points. Foshan witnessed a obvious fastigium of population quantity of fall armyworm (from mid-October to mid-November, 2019), and the fastigium was positively correlated with corn planting area. The results of field biological control tests showed that the single released *A. chinensis* or combined with other biological control factors had certain control effect on *S. frugiperda*. After 7 days of treatment, the pest control effect was 54.87% ~76.49%. Among them, *T. chilonis* + MbMNPV and *T. chilonis* + *A. chinensis* + MbMNPV had the best control effect, the control effect were 76.49% and 71.56%. However, they were all lower than that of chlorantraniliprole (94.60%). But the control effect of chlorantraniliprole reduced to 78.51% after 14 d. The control effect of *T. chilonis* + MbMNPV and *T. chilonis* + *A. chinensis* + MbMNPV were on the rise to 81.31% and 83.35%, respectively which with good durative and stability. They are ideal biological control combination for controlling *S. frugiperda*. The results provide scientific basis and technical support for understanding the occurrence regularity and comprehensive prevention and control of *S. frugiperda* in Guangdong.

Key words: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith); occurrence dynamics; biological control; control effect

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 的一种多食性害虫，原产自美洲热带和亚热带地区 (Sparks, 1979)。草地贪夜蛾寄主范围广，对玉米、小麦、水稻、高粱、棉花和甘蔗等农作物生产造成了重大影响 (Montezano *et al.*, 2018)。草地贪夜蛾具有极强的远距离迁飞能力，现已入侵美洲、非洲、亚洲等 100 多个国家 (Goergen *et al.*, 2016; Sharanabasappa, 2018; Feldmann *et al.*, 2019; 王磊等, 2019)；2019 年 1 月入侵我国云南西部地区并迅速扩散到 20 多个省，成为玉米上的重要害虫，对我国的农业安全造成严重的威胁 (王磊等, 2019; 魏向敏等, 2020)。

随着草地贪夜蛾在我国周年繁殖区定殖成功，其发生态势将由入侵新发害虫转变为常发性害虫，相应的防控策略也将由应急防控转变为长期防控，以化学农药为主的应急防控策略在草地贪夜蛾的种群控制中将面临严峻挑战，而农业栽培管理、昆虫天敌、昆虫病原微生物等生物与非生物因子将在草地贪夜蛾种群可持续控制过程中起到基础性作用 (梁铭荣等, 2020; 齐国君等, 2020)。目前调查发现我国的天敌昆虫及病原微生物资源极为丰富 (王登杰等, 2020)。相关研究表明，寄生性天敌螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* (李志刚等, 2019) 与夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* (李志刚等, 2019)、捕食性天敌叉角厉蝽 *Eocanthecona furcellata* (唐敏, 2019) 与蠋蝽 *Arma chinensis* (王燕, 2019)、以及绿僵菌 *Metarhizium rileyi* (张维等, 2019)、苏云金芽胞杆菌 *Bacillus thuringiensis* (刘华梅等, 2019)、核型多角体病毒 (nuclear polyhedrosis virus) (类承凤等, 2019) 等病原微生物均对草地贪夜蛾有一定的控制作用。本研究将通过考察本地优势寄生性天敌螟黄赤眼蜂及其与捕食性天敌蠋蝽或不同病原微生物组合对草地贪夜蛾的田间实际防治效果，筛选出最佳组合方案，以便为草地贪夜蛾的生物防控提供相关的技术支撑与参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

监测草地贪夜蛾用桶型诱捕器和诱芯 (诱陷多)，购自深圳百乐宝生物农业科技有限公司。

1.2　供试药剂及天敌

田间防治用螟黄赤眼蜂、蠋蝽、8 000 IU/mg 苏云金杆菌、200 亿孢子/g 莱氏绿僵菌、10 亿 PIB/mL

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*、200 亿孢子/g 爪哇棒束孢菌 *Isaria javanicus* 均为广东省农业科学院植物保护研究所提供。10 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒（Mamestrabrassicae multiple nucleopolyhedrovirus，MbMNPV）由江西新龙生物科技股份有限公司提供。

1.3 监测与防治田块

使用 GPS 在 4 个监测站进行定位，监测地点分别在广东佛山高明区白石村（东经 112°29′48″；北纬 22°47′48″）、广东茂名电白区鲤鱼岭（东经 111°4′37″；北纬 21°26′54″）、广东韶关曲江区大唐镇大塘村（东经 113°37′32″；北纬 24°40′45″）和广东梅州梅江区田心种植区（东经 116°12′35″；北纬 24°31′58″）。面积均为 30 hm^2。

供试玉米地为阳江市阳东区红丰镇垌塘村农户青储玉米田，玉米品种为桂单 0180，栽培方式为播种机播种，播种时间为 2020 年 6 月 25 日，植株长势均匀，试验时玉米为五叶一心期，草地贪夜蛾幼虫发生严重，平均被害株率在 80% 以上。试验前 15 d 内及试验过程中均未喷施其他杀虫剂防治过害虫。

1.4 试验方法

1.4.1 草地贪夜蛾发生动态监测

每个监测站均使用桶型诱捕器诱捕草地贪夜蛾成虫，诱捕器固定于塑料杆上，保持诱捕器离地面 1.5 m，每个诱捕区（监测点）悬挂 5 个诱捕器，各诱捕器距离 300 m 以上。每隔 1 个月更换 1 次诱芯，每隔 1 个月收集并对诱捕到的所有昆虫样本进行形态学鉴定，记录所诱捕的草地贪夜蛾成虫数量，并清理诱捕器。

1.4.2 田间生物防治试验

试验地点及小区设置：试验地点为阳江市阳东区红丰镇垌塘村农户青储玉米，试验地面积 3 335 m^2（5 亩），试验共设置 40 个小区，每个小区面积为 60 m^2（长×宽=20 m×3 m），小区之间设 1.5 m 宽的保护行。

药剂处理浓度及天敌释放密度：试验共设 10 个处理，以 20% 氯虫苯甲酰胺为药剂对照，清水为空白对照。各试验处理重复 4 次，各小区随机排列。处理浓度及密度如表 1。

表 1 药剂处理浓度及天敌释放密度

Table 1 Concentration of chemical and density of natural enemy

处理 Treatment	用量（667 m^2） Dosage
清水对照 Control	–
20% 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole 20%	13 mL
螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis*	20 000 头
螟黄赤眼蜂+8000 IU/mg 苏云金杆菌 *Trichogramma chilonis* + *Bacillus thuringiensis* 8000 IU/mg	60 g+20 000 头
螟黄赤眼蜂+蠋蝽 *Trichogramma chilonis* + *Arma chinensis*	300 头+20 000 头
螟黄赤眼蜂+10 亿 PIB/mL 金龟子绿僵菌 *Trichogramma chilonis* + *Metarhizium anisopliae* 1.0×10^9 PIB/mL	60 mL+20 000 头
螟黄赤眼蜂+200 亿孢子/g 莱氏绿僵菌 *Trichogramma chilonis* + *Metarhizium rileyi* 2.0×10^{10} conidia/g	60 g+20 000 头
螟黄赤眼蜂+200 亿孢子/g 爪哇棒束孢 *Trichogramma chilonis* + *Isaria javanicus* 2.0×10^{10} conidia/g	60 g+20 000 头
螟黄赤眼蜂+10 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒 *Trichogramma chilonis* + MbMNPV 1.0×10^9 PIB/mL	60 mL+20 000 头
螟黄赤眼蜂+蠋蝽+10 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒 *Trichogramma chilonis* + *Arma chinensis* + MbMNPV 1.0×10^9 PIB/mL	300 头+60 mL+20 000 头

1.5 监测标本处理及鉴定方法

对诱捕到的草地贪夜蛾样本进行形态学鉴定，对于雨水浸泡导致体表特征不清晰、无法确定种类的个体，利用 DNA 条形码的方法进行分子鉴定，

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

草地贪夜蛾鉴定的标记基因为线粒体的 COⅠ基因(Nagoshi *et al.*, 2011)。

1.6　调查方法及防效计算

采用 W 五点取样法取样，每个小区选取 5 点，每点选 10 株有虫玉米，挂牌标记。处理前调查幼虫虫口基数，处理后分别于 7 d、14 d 调查各处理的残留幼虫活虫数。计算虫口减退率和校正防效。虫口减退率(%) = [(处理前虫口数量 - 处理后虫口数量) /处理前虫口数量] ×100; 校正防效(%) = [(处理区虫口减退率 - 对照区虫口减退率) /(100 - 对照区虫口减退率)] ×100。

1.7　数据处理

所有数据经 Excel 整理后采用 SPSS 20.0 软件对调查数据进行方差分析 ($P < 0.05$)，并应用 Orgin 2018 软件作图。

2　结果与分析

2.1　草地贪夜蛾发生规律

2019 - 2020 年广东省韶关、茂名、佛山和梅州的草地贪夜蛾田间种群成虫诱捕数量动态如图 1 所示，草地贪夜蛾在 4 个监测点全年均有发生，其中佛山监测点的草地贪夜蛾诱捕量高于其它 3 个监测点，并具有 1 个明显的发生高峰期(2019 年 10 月中旬至 11 月中旬)。佛山(图 1 - C) 监测点 2019 年 8 月中旬至 9 月中旬、9 月中旬至 10 月中旬的草地贪夜蛾诱捕数量为 60 头和 62 头，10 月中旬至 11 月中旬诱捕数量达到峰值 368 头，高峰期形成是由于此期间玉米种植面积大，为草地贪夜蛾提供丰富的食物供应。11 月中旬之后数量逐渐下降，2020 年 2 月中旬至 3 月中旬诱捕数量为 116 头，形成一个小高峰。2020 年 4 月中旬至 6 月中旬是佛山监测点的低峰期，诱捕虫量分别为27 头和 28 头，低峰期的形成是由于田间玉米已采收，田间无玉米种植，导致草地贪夜蛾发生量低。2020 年 6 月中旬后虫量开始增加，7 月中旬至 8 月中旬诱捕量达到 67 头。韶关(图 1 - A) 监测点分别在 2019 年 8 月中旬到 9 月中旬和 10 月中旬至 11 月中旬形成两个诱捕高峰，诱捕数量分别为64 头和 50 头，11 月中旬之后诱捕数量逐渐下降，2020 年 2 月中旬至 5 月中旬诱捕数量形成低峰期，4 月中旬到 5 月中旬的诱捕量仅为 1 头，由于这期间当地玉米种植面积较小，且气温不高，缺少食物和没有适宜的温度是导致草地贪夜蛾成虫诱捕数量减少的原因。2020 年 5 月下旬以后草地贪夜蛾发生量逐渐增加。茂名(图 1 - B) 和梅州(图 1 - D) 监测点的草地贪夜蛾诱捕量一直处于较低水平，茂名监测点诱捕总数在 2 ~ 32 头之间波动，梅州监测点诱捕总数在 7 ~ 41 头之间波动，由于园内玉米种植面积较小，田间管理较精细，施药较频繁。2020 年 3 月中旬至 5 月中旬，两个监测点诱捕数量全年最低，由于这期间当地玉米种植面积较小，缺少食物的引诱是导致草地贪夜蛾成虫诱捕数量减少的原因。

2.2　不同生物防治处理对草地贪夜蛾的防治效果

不同生物防治处理对草地贪夜蛾的防治效果见表 2。在试验用量下，各处理对草地贪夜蛾具有良好的防治效果。7 d、14 d 后，处理Ⅰ对草地贪夜蛾防治效果分别为 94.60% 和 78.51%；处理Ⅱ对草地贪夜蛾防效分别为 54.87% 和 59.34% 均低于 60%；处理Ⅲ对草地贪夜蛾防效分别为 62.86% 和 68.62%；处理Ⅳ对草地贪夜蛾防效分别为 61.92% 和 68.62%；处理Ⅴ对草地贪夜蛾防效分别为 60.74% 和 58.5%，处理Ⅵ对草地贪夜蛾防效分别为 69.68% 和 67.6%；处理Ⅶ对草地贪夜蛾防效分别为 67.09% 和 67.15%；处理Ⅷ处理 7 d 后，对草地贪夜蛾防效为 76.49%，14 d 后防效超过 80%，达到 81.31%；处理Ⅸ处理 7 d 后，对草地贪夜蛾防效为 71.56%，14 d 后防效超过 80%，达到 83.35%，虫口减退率为 76.66%。

差异显著分析表明，处理 7 d 后，处理Ⅰ防治效果最好，虫口减退率最高，均超过 90%，显著高于其他处理 ($P < 0.05$)；处理Ⅷ和Ⅸ防治效果以及虫口减退率均超过 70%，且两个处理差异不显著 ($P > 0.05$)；处理Ⅱ防治效果最差，虫口减退率最低，显著低于其他处理 ($P < 0.05$)。处理 14 d 后，处理Ⅷ和Ⅸ防治效果最好，防效超过 80%，2 个处理的防效和虫口减退率显著不显著 ($P > 0.05$)；处理Ⅰ防治效果低于 80%，显著低于处理Ⅸ对草地贪夜蛾的防效 ($P < 0.05$)；处理Ⅱ和Ⅴ防治效果最差，均低于 60%，两个处理对草地贪夜蛾的防效差异不显著 ($P > 0.05$)，均与其他处理差异显著 ($P < 0.05$)。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

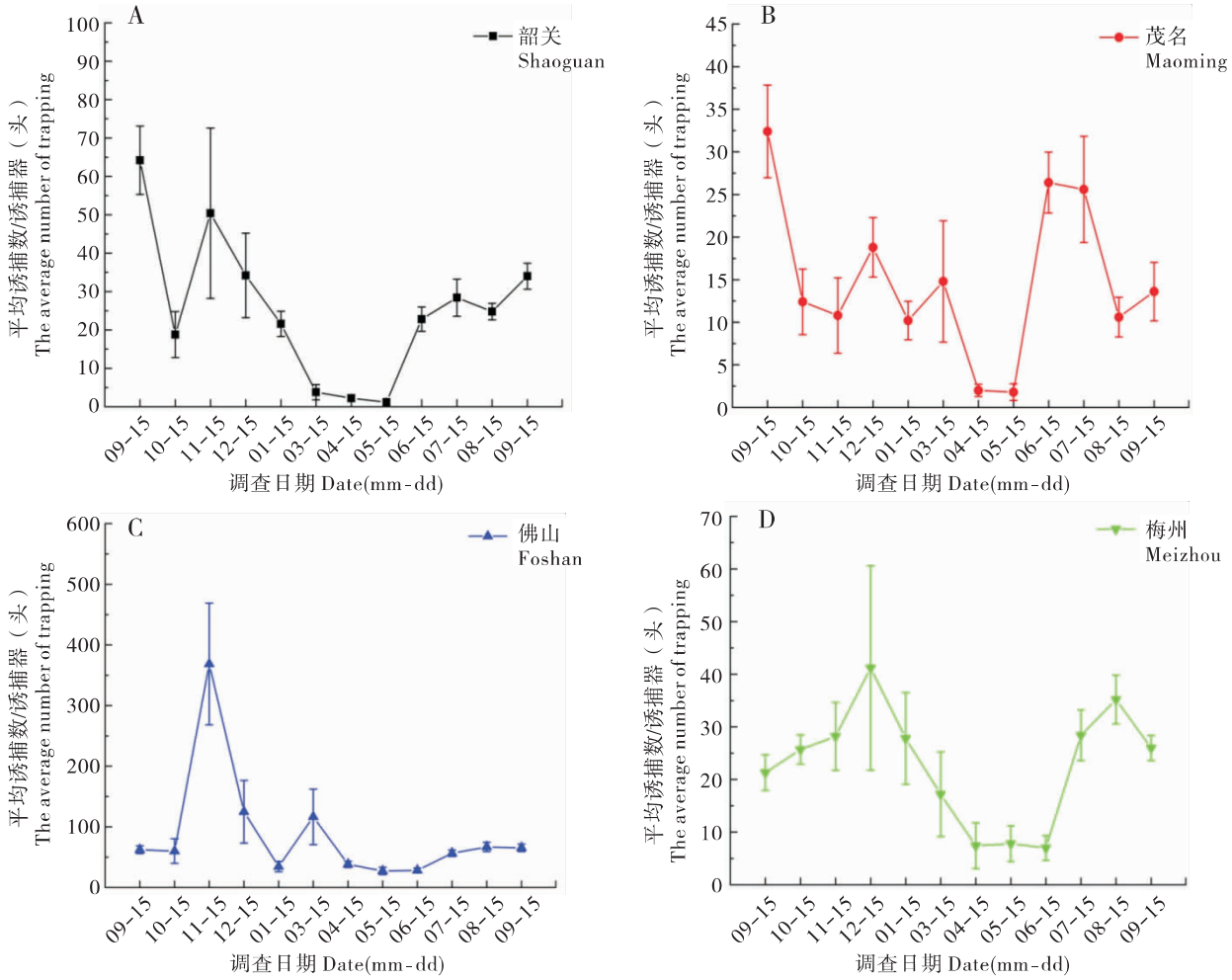


图 1　2019 年 9 月 –2020 年 9 月韶关（A）、茂名（B）、佛山（C）、梅州（D）草地贪夜蛾田间种群动态监测

Fig. 1　Monitoring for field population dynamics of fall armyworm in the field of Shaoguan (A), Maoming (B), Foshan (C) and Meizhou (D) in September 2019 to September 2020

表2　多种生物防治组合对玉米上草地贪夜蛾的防治效果

Table 2　Control effect against *Spodoptera frugiperda* with multiple biological control combinations on crops

编号 Number	处理 Treatment	处理后 7 d　7 d after treatment		处理后 14 d　14 d after treatment	
		虫口减退率(%) Population decline rate	防效(%) Control effect	虫口减退率(%) Population decline rate	防效(%) Control effect
	清水对照 Control	14.29 ± 4.67 f	–	–40.16 ± 7.46 e	–
Ⅰ	氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	95.37 ± 1.09 a	94.60 ± 1.11 a	69.88 ± 1.66 b	78.51 ± 0.93 b
Ⅱ	螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis*	61.32 ± 1.76 e	54.87 ± 2.30 e	43.01 ± 1.10 d	59.34 ± 1.78 d
Ⅲ	螟黄赤眼蜂 + 苏云金杆菌 *Trichogramma chilonis* + *Bacillus thuringiensis*	68.17 ± 3.85 d	62.86 ± 4.73 cd	56.02 ± 5.93 c	68.62 ± 4.36 c
Ⅳ	螟黄赤眼蜂 + 蠋蝽 *Trichogramma chilonis* + *Arma chinensis*	67.36 ± 0.77 d	61.92 ± 1.41 d	56.02 ± 3.21 c	68.62 ± 3.78 c
Ⅴ	螟黄赤眼蜂 + 金龟子绿僵菌 *Trichogramma chilonis* + *Metarhizium anisopliae*	66.35 ± 2.41 d	60.74 ± 3.02 d	41.83 ± 1.94 d	58.50 ± 2.31 d

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表1 Continued table 1

编号 Number	处理 Treatment	处理后 7 d　7 d after treatment		处理后 14 d　14 d after treatment	
		虫口减退率(%) Population decline rate	防效(%) Control effect	虫口减退率(%) Population decline rate	防效(%) Control effect
Ⅵ	螟黄赤眼蜂 + 莱氏绿僵菌 *Trichogramma chilonis* + *Metarhizium rileyi*	74.01 ± 1.86 c	69.68 ± 0.78 c	54.59 ± 1.41 c	67.60 ± 0.83 c
Ⅶ	螟黄赤眼蜂 + 爪哇棒束孢 *Trichogramma chilonis* + *Isaria javanicus*	71.79 ± 4.69 cd	67.09 ± 2.21 c	53.96 ± 2.14 c	67.15 ± 2.67 c
Ⅷ	螟黄赤眼蜂 + 甘蓝夜蛾核型多角体病毒 *Trichogramma chilonis* + MbMNPV	79.85 ± 2.10 b	76.49 ± 1.17 b	73.80 ± 2.68 ab	81.31 ± 2.52 ab
Ⅸ	螟黄赤眼蜂 + 蠋蝽 + 甘蓝夜蛾核型多角体病毒 *Trichogramma chilonis* + *Arma chinensis* + MbMNPV	75.62 ± 3.85 bc	71.56 ± 3.81 bc	76.66 ± 3.12 a	83.35 ± 1.93 a

注：表中数据为平均值 ± 标准差；同列数据不同小写字母表示差异显著（$P < 0.05$）。Note: Data in the table are mean ± SD, and different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan´s Method simultaneous test.

3　结论与讨论

根据农业部数据显示，2019 年草地贪夜蛾入侵我国后，发生面积 1 500 多万亩，实际危害面积 246 万亩，给我国农业生产造成了一定的经济损失。2019 年草地贪夜蛾完成了在中国入侵和定殖的过程，2020 年进入暴发为害阶段（吴孔明，2020），为害猖獗，对玉米产业将造成重大影响。草地贪夜蛾的监测和防控工作形势十分严峻，面临重大挑战。化学农药作为目前应急防控措施，对抑制害虫种群、减轻玉米受害具有重要作用，但长期大量使用，必然会导致草地贪夜蛾的抗药性逐渐增强，使防控难度增加（苏湘宁等，2020）。因此，必须要寻求新的可持续治理策略以减少或替代化学农药。

对广东省茂名、韶关、佛山和梅州草地贪夜蛾的发生动态监测结果发现，所监测地区的草地贪夜蛾全年均有发生，但种群发生水平不高。分析原因主要是草地贪夜蛾入侵后，广东省迅速开展了极为严密的防控工作，草地贪夜蛾迁飞进入我省的时间迟滞、数量减少。本研究发现，玉米种植面积是影响草地贪夜蛾本地种群数量的一个重要因素，草地贪夜蛾种群密度与玉米种植面积呈正相关，即玉米种植面积越大田间种群数量越大。另外，草地贪夜蛾具有远距离迁飞的习性，可在距地面 500 m 的高空迁飞，在我国其迁飞路径和过程主要受到东亚季风的影响（吴秋琳等，2019）。因此，草地贪夜蛾的迁飞也可以导致监测点内诱捕数量的明显改变。温度是影响草地贪夜蛾分布地区的主要环境因素。国内外专家研究发现，在 15℃以下不利于草地贪夜蛾正常生长发育（Schlemmer，2018；何莉梅等，2019；姜玉英等，2019；鲁智慧等，2019）。监测期间发现，在 10℃以上晴朗的夜晚就可能诱捕到草地贪夜蛾，但冬季气温低以及玉米种植面积较小使草地贪夜蛾种群基数少，导致冬季虫量出现低峰值。在平均气温在 20℃以上，种群增长快，成虫诱捕量大。

田间草地贪夜蛾防治效果研究结果表明，20% 氯虫苯甲酰胺制剂用量 13 mL/667 m^2 喷施处理后速效性好，防治效果明显，但持效性相对较差。单一释放 20 000 头/667 m^2 螟黄赤眼蜂防治草地贪夜蛾的防治效果一般，但具有较好的持效性。本研究将释放螟黄赤眼蜂与苏云金杆菌、蠋蝽、金龟子绿僵菌、莱氏绿僵菌、爪哇棒束孢、甘蓝核多角体病毒多种生物防治因子进行组合，结果发现对草地贪夜蛾的防效高于单一释放螟黄赤眼蜂，且具备速效性好，持效期长的优点。其中，螟黄赤眼蜂 + 甘蓝夜蛾核型多角体病毒的防效显著高于单一释放螟黄赤眼蜂（$P < 0.05$）。研究结果表明甘蓝夜蛾核型多角体病毒对防治鳞翅目害虫起关键作用，这与饶楠等（2018）研究结果类

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

似。甘蓝夜蛾核型多角体病毒是相对广谱的病毒杀虫剂，可用于小菜蛾、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾等多种鳞翅目害虫的防治。有研究指出，其对草地贪夜蛾3龄幼虫具有较强毒力，同时发现其对草地贪夜蛾的发育也有一定抑制作用；玉米田喷施10 d后对草地贪夜蛾的防效达到82.36%（张海波等，2020）。本研究结果显示，常用生物农药苏云金芽孢杆菌对草地贪夜蛾田间防效表现一般，这与张海波等（2020）及陈利民等（2019）的研究结果一致。综上，喷施60 mL/667 m^2的甘蓝夜蛾核型多角体病毒（10亿PIB/mL）悬浮剂，加释放螟黄赤眼蜂20 000头/667 m^2和蠋蝽300头/667 m^2，此组合方案能有效控制田间草地贪夜蛾危害，防治前应对草地贪夜蛾发生期精准预报，以免影响螟黄赤眼蜂的寄生率。该生防技术具备速效性好、持效期长、成本相对较低等优点，且对田间天敌及玉米生长安全，可作为玉米田农药减量的防控方案。

参考文献（References）

Chen LM, Huang J, Wu QC, *et al.* Laboratory test on the control efficacy of green insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41(4): 775-781. [陈利民，黄俊，吴全聪，等. 绿色杀虫剂对草地贪夜蛾杀虫活性比较测定[J]. 环境昆虫学报，2019，41(4)：775-781]

Feldmann F, Rieckmann U, Winter S. The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa: What should be done next? [J]. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2019, 126(5): 97-101.

Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, *et al.* First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa [J]. *PLoS ONE*, 2016, 11(10): e0165632.

He LM, Ge SS, Chen YC, *et al.* The developmental threshold temperature, effective accumulated temperature and prediction model of developmental duration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(5): 18-26. [何莉梅，葛世帅，陈玉超，等. 草地贪夜蛾的发育起点温度、有效积温和发育历期预测模型[J]. 植物保护，2019，45(5)：18-26]

Jiang YY, Liu J, Xie MC, *et al.* Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019 [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(6): 10-19. [姜玉英，刘杰，谢茂昌，等. 2019年我国草地贪夜蛾扩散危害规律观测[J]. 植物保护，2019，45(6)：10-19]

Lei CF, Jiang GM, Peng L, *et al.* Identification of an isolate of *Ostrinia furnacalis* Nucleopolyhedrovirus and its bioactivity against *Spodoptera frugiperda* larvae [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35(5): 741-746. [类承凤，姜干明，彭玲，等. 亚洲玉米螟核型多角体病毒分离株鉴定及其对草地贪夜蛾的室内毒力测定[J]. 中国生物防治学报，2019，35(5)：741-746]

Li ZG, Lv X, Ya YK, *et al.* The parasitism of *Telenomus remus* and *Trichogramma chilonis* on *Spodoptera frugiperda* found in the fields of Guangzhou and Hong Kong [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41(4): 760-765. [李志刚，吕欣，押玉柯，等. 粤港两地田间发现夜蛾黑卵蜂与螟黄赤眼蜂寄生草地贪夜蛾[J]. 环境昆虫学报，2019，41(4)：760-765]

Liang MR, Li ZY, Dai QX, *et al.* Virulence of four entomopathogenic nematodes on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Journal of Biosafety*, 2020, 29(2): 82-89. [梁铭荣，李子园，戴钎萱，等. 4种昆虫病原线虫对草地贪夜蛾的致死作用[J]. 生物安全学报，2020，29(2)：82-89]

Liu HM, Hu X, Wang YL, *et al.* Screening for bacillus thuringiensis strains with high toxicity against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35(5): 721-728. [刘华梅，胡虓，王应龙，等. 对草地贪夜蛾高毒力的苏云金杆菌菌株筛选[J]. 中国生物防治学报，2019，35(5)：721-728]

Lu ZH, He SQ, Yan NS, *et al.* Effects of temperatures on the development and reproduction of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith) [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(5): 27-31. [鲁智慧，和淑琪，严乃胜，等. 温度对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响[J]. 植物保护，2019，45(5)：27-31]

Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, *et al.* Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. *African Entomology*, 2018, 26(2): 286-301.

Nagoshi RN, Brambila J, Meagher RL. Use of DNA barcodes to identify invasive armyworm *Spodoptera* species in Florida [J]. *Journal of Insect Science*, 2011, 11(1): 154.

Qi GJ, Huang DC, Wang L, *et al.* The occurrence characteristic in winter and year-round breeding region of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in Guangdong Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42(3): 573-582. [齐国君，黄德超，王磊，等. 广东省草地贪夜蛾冬季发生特征及周年繁殖区域研究[J]. 环境昆虫学报，2020，42(3)：573-582]

Rao N, Liang XN, Xia HY, *et al.* Field trial of efficacy of Autographa californica multiple nuclear Polyhedrosis Virus (*AcMNPV*) 1.0×10^9 PIB/mL SC for Two Pests [J]. *Agrochemicals*, 2018, 57(5): 377-379. [饶楠，梁雪娜，夏红英，等. 10亿PIB/mL苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂防治棉铃虫和小菜蛾田间药效试验[J]. 农药，2018，57(5)：377-379]

Schlemmer M. Effect of Temperature on Development and Reproduction of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [D]. Evanston: North-West University, 2018.

Sharanabasappa D, Kalleshwaraswamy CM, Asokan R, *et al.* Frist report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperrda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), an alien invasive pest on maize in India [J]. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 2018, 24(1):

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

23 – 29.

Sparks AN. A review of the biology of the fall armyworm [J]. *Florid Entomologist*, 1979, 62 (2): 82 – 87.

Su XN, Liao ZX, Li CY, *et al.* Resistance of *Spodoptera frugiperda* in Guangdong against two commonly used pesticides and the effects of auxiliaries and synergist on toxicity to pesticides [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51 (6): 1274 – 1281. [苏湘宁, 廖章轩, 李传瑛, 等. 广东草地贪夜蛾对 2 种常用农药的抗药性及助剂和增效剂对农药毒力的影响 [J]. 南方农业学报, 2020, 51 (6): 1274 – 1281]

Tang M, Kuang ZL, Li ZY, *et al.* Functional response of *Eocanthecona furcellate* (Wolff) to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (5): 979 – 985. [唐敏, 邝昭琅, 李子园, 等. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (5): 979 – 985]

Wang DJ, Ren MQ, Jiang JH, *et al.* Research progress on green control technology for management of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (1): 1 – 9. [王登杰, 任茂琼, 姜继红, 等. 草地贪夜蛾绿色防控技术研究进展 [J]. 植物保护, 2020, 46 (1): 1 – 9]

Wang L, Chen KW, Lu YY. Long – distance spreading speed and trend predication of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (4): 683 – 694. [王磊, 陈科伟, 陆永跃. 我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (4): 683 – 694]

Wang L, Chen KW, Zhong GH, *et al.* Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 479 – 487. [王磊, 陈科伟, 钟国华, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 479 – 487]

Wang Y, Zhang HM, Yin YQ, *et al.* Predation of adult of *Arma chinensis* to larvae of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (5): 42 – 46. [王燕, 张红梅, 尹艳琼, 等. 蝽蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力 [J]. 植物保护, 2019, 45 (5): 42 – 46]

Wei XM, Cui Y, Ye GJ, *et al.* On the host adaptability, population dynamics of *Spodoptera frugiperda*: Advances and prospect in efficient control [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (1): 45 – 54. [魏向敏, 崔勇, 叶国浚, 等. 草地贪夜蛾寄主适应性, 种群动态特征及防控新思路展望 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (1): 45 – 54]

Wu KM. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 1 – 5. [吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略. 植物保护 [J]. 2020, 46 (2): 1 – 5]

Wu QL, Jiang YY, Hu G, *et al.* Analysis on spring and summer migration routes of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) from tropical and southern subtropical zones of China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 1 – 9. [吴秋琳, 姜玉英, 胡高, 等. 中国热带和南亚热带地区草地贪夜蛾春夏两季迁飞轨迹的分析 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 1 – 9]

Wu QL, Jiang YY, Wu KM. Analysis of migration routes of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) from Myanmar to China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (2): 1 – 9. [吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析 [J]. 植物保护, 2019, 45 (2): 1 – 9]

Zhang HB, Wang FL, Chen YM, *et al.* Study on the control effect of *Nucleopolyhedrovirus* on *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 254 – 260. [张海波, 王风良, 陈永明, 等. 核型多角体病毒对玉米草地贪夜蛾的控制作用研究 [J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 254 – 260]

Zhang W, Peng GX, Xia YX. Current status, problems and prospects of entomopathogenic fungi in controlling fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (5): 674 – 681. [张维, 彭国雄, 夏玉先. 昆虫病原真菌防控草地贪夜蛾的现状、问题与展望 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (5): 674 – 681]

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net