

邱良妙, 黄晓燕, 杨秀娟, 等. 福建省草地贪夜蛾入侵动态监测与药剂防治技术研究 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (12): 1426-1432.

QIU L M, HUANG X Y, YANG X J, et al. Field Monitoring on Invasion of and Insecticide Efficacy on *Spodoptera frugiperda* in Fujian [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34 (12): 1426-1432.

福建省草地贪夜蛾入侵动态监测与药剂防治技术研究

邱良妙¹, 黄晓燕², 杨秀娟¹, 关瑞峰², 刘其全¹, 卢学松¹, 刘必炮¹, 何玉仙^{1*}

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所/福建省作物有害生物监测与治理重点实验室, 福建 福州 350013;

2. 福建省植保植检总站, 福建 福州 350003)

摘要:【目的】明确草地贪夜蛾在福建省的入侵动态及应急药剂防治技术。【方法】通过田间实地调查, 开展福建省玉米草地贪夜蛾发生与为害监测; 利用茎叶喷雾法开展杀虫剂田间药效试验评价。【结果】2019年5月6日, 福建省首次发现草地贪夜蛾在玉米上发生为害, 随后全省多地陆续发现草地贪夜蛾侵入为害, 截至11月4日, 草地贪夜蛾在福建省的寄主范围仅限于为害玉米, 共有53个县(市、区)发生草地贪夜蛾, 累计发生面积达646.23 hm²; 药效试验结果表明, 氯虫苯甲酰胺、茚虫威、乙基多杀菌素、虫螨腈、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、高效氯氟氰菊酯对草地贪夜蛾具有良好的田间防效, 药后3 d、10 d的防效分别为88.08%~91.46%和91.41%~94.01%, 可以有效控制草地贪夜蛾的发生为害。【结论】草地贪夜蛾已侵入福建省并在玉米上发生为害; 氯虫苯甲酰胺、茚虫威、乙基多杀菌素、虫螨腈、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、高效氯氟氰菊酯等6种杀虫剂可作为草地贪夜蛾应急防治的理想药剂。

关键词: 草地贪夜蛾; 生物入侵; 动态; 监测; 药剂; 防治

中图分类号: S 435.132

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2019) 12-1426-07

Field Monitoring on Invasion of and Insecticide Efficacy on *Spodoptera frugiperda* in Fujian

QIU Liang-miao¹, HUANG Xiao-yan², YANG Xiu-juan¹, GUAN Rui-feng², LIU Qi-quan¹,
LU Xue-song¹, LIU Bi-pao¹, HE Yu-xian^{1*}

(1. Institute of Plant Protection of Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated Management of Crop Pests, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2. Fujian Station of Plant Protection and Quarantine, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: 【Objective】 Real-time continuous monitoring on the invasion of fall armyworms (*Spodoptera frugiperda*) and the insecticide control efficacy in corn fields in Fujian. 【Method】 Based on field surveys, a program was designed to continuously monitor the pest invasion and the efficacies of various insecticides. Selected insecticides were sprayed on the stems and leaves of corn plants in the field for the evaluation. 【Result】 Fall armyworm infestation was first reported on corn plants in the province on May 6, 2019. Then it spread to many areas, and by November 4, although only corn crops were affected, the disease had affected 53 counties with a total of 646.23 hectares of corn field. The insecticides, including chlorantraniliprole, indoxair conditioningarb, spinetoram, chlorfenapyr, emamectin benzoate, and lambda-cyhalothrin, were tested in the field and found effective in controlling further spread. After application, these agents displayed an efficacy between 88.08% and 91.46% in 3 d, and between 91.41% and 94.01% in 10 d. 【Conclusion】 Fall armyworms damaged the corn crops in the province and could currently be controlled by using insecticides as tested.

Key words: Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*); bioinvasion; dynamic; monitoring; pesticide; control

收稿日期: 2019-07-26 初稿; 2019-11-18 修改稿

作者简介: 邱良妙 (1973-), 男, 副研究员, 研究方向: 主要从事农药毒理与害虫综合防治研究 (E-mail: bjndqlm@163.com)

* 通信作者: 何玉仙 (1968-), 男, 研究员, 研究方向: 主要从事农业昆虫与害虫综合防治研究 (E-mail: 295742868@qq.com)

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0200706); 福建省农业科学院引导性科技创新项目 (YDXM2019002); 福建省财政专项——福建省农业科学院科技创新团队建设项目 (STIT2017-1-8)

0 引言

【研究意义】草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith)(鳞翅目:夜蛾科; Lepidoptera: Noctuidae), 又称秋黏虫, 原产于美洲热带和亚热带地区的多食性农业害虫^[1]。草地贪夜蛾的幼虫可以取食包括谷类粮食作物在内的 42 属 186 种植物^[2], 其寄主范围也十分广泛, 包括玉米、水稻、小麦、高粱、花生、大豆、烟草、番茄、马铃薯等 80 多种植物^[3], 此外, 草地贪夜蛾是一种远距离迁飞害虫^[4-5]。目前, 草地贪夜蛾已侵入我国。因此, 开展草地贪夜蛾的入侵动态监测与应急防控对于保障农业安全生产具有重要意义。【前人研究结果】草地贪夜蛾于 2016 年 1 月首次侵入非洲的尼日利亚和加纳并暴发危害, 短期内迅速扩散蔓延至贝宁、圣多美和普林西比、多哥等国家^[6]; 随后在非洲地区快速扩散蔓延, 2017 年 4 月, 12 个非洲国家发生草地贪夜蛾的为害^[7]; 2017 年 9 月, 撒哈拉以南的 28 个非洲国家证实草地贪夜蛾的侵入为害^[8]; 2018 年 1 月, 草地贪夜蛾即在撒哈拉以南非洲的 44 个国家暴发成灾^[9]。草地贪夜蛾侵入非洲的主要途径是国际贸易和人员往来而非迁飞^[8, 10-11], 但迁飞与草地贪夜蛾在非洲地区的蔓延扩散紧密相关^[12]。因此, 国际贸易、交通运输、人员货物往来、迁飞等均是草地贪夜蛾侵入的潜在路径。在亚洲地区, 2018 年 5 月, Sharanabasappa 和 Kalleshwara 等在印度的卡纳塔克邦州的希莫加地区首次发现草地贪夜蛾并预测可能向毗邻国家扩散^[13]。为此, CABI 发出了“毁灭性害虫草地贪夜蛾将在亚洲迅速传播”的预警^[14]; 2018 年 10 月, 草地贪夜蛾扩散蔓延至印度 6 个邦^[15]。截至 2018 年 12 月, 草地贪夜蛾已侵入亚洲的印度、斯里兰卡、泰国、也门、缅甸和孟加拉等国家^[16], 对亚洲粮食安全生产构成了巨大的威胁。鉴于近两年草地贪夜蛾在非洲、亚洲快速蔓延的严重态势, 联合国 FAO 于 2018 年 8 月针对草地贪夜蛾作出了全球风险预警^[17]; 草地贪夜蛾对我国也构成了入侵威胁, 郭井菲等就草地贪夜蛾对我国的入侵风险作了系统分析^[18]; 全国农技中心 2019 年 1 月 3 日发布了防范草地贪夜蛾侵入通知^[19]。我国云南省江城县于 2019 年 1 月 11 日首次发现草地贪夜蛾^[20], 随后迅速扩散蔓延。截至 2019 年 5 月 10 日, 全国已有 13 省(区) 61 个市(州) 261 县(市、区) 发现草地贪夜蛾为害玉米^[21]; 至 2019 年 7 月 10 日, 全国发生草地贪夜蛾区包括 21

个省(区、市)共 1 152 个县(市、区)^[22], 9 月 17 日, 农业农村部召开新闻发布会介绍全国草地贪夜蛾防治情况, 2019 年全国共有 25 个省份发生草地贪夜蛾。【本研究切入点】福建省地处东南沿海, 属亚热带海洋性气候, 气候温暖雨水充沛, 农业种植结构复杂多样, 复种指数高, 是草地贪夜蛾潜在的适生和定殖区, 也可能是草地贪夜蛾向其他区域迁飞扩散的过渡区。因此, 开展草地贪夜蛾田间发生动态监测及应急防治技术研究对于保障福建省农业生产安全迫在眉睫, 且对于区域乃至全国性的草地贪夜蛾迁飞及综合防控研究也具有重要参考价值。

【拟解决的关键问题】本研究系统开展草地贪夜蛾发生动态监测及应急药剂防治技术, 以期实时掌握草地贪夜蛾的侵入动态并及时预警适时采取防控措施, 明确不同作用机理的农药对草地贪夜蛾的田间防治效果, 为科学选择应急防治药剂提供依据。

1 材料与方 法

1.1 发生动态监测

参照全国农业技术推广服务中心 2019 年 2 月 25 日印发的《草地贪夜蛾测报调查方法(试行)》(农技植保函[2019]49 号), 在福建全省范围内开展草地贪夜蛾发生为害监测普查, 重点调查苗期至灌浆期的玉米, 同时调查该害虫在甘蔗、茭白及各种蔬菜等作物上的发生情况, 每 7 d 调查 1 次。卵和幼虫的调查方法均采用“W”型五点取样法, 每个样点连续调查 10 株玉米。卵重点调查植株基部叶片正面、背面和叶基部与茎连接处, 记载调查株数、卵块数和每块卵粒数; 幼虫在观察为害症状后, 再调查叶片正反面、心叶、茎秆、雄穗苞和果穗中的幼虫数量和龄期, 根据头宽和体长区分幼虫龄期, 具体参照赵胜园等^[23]的方法。

1.2 药剂防治试验

1.2.1 试验地基本概况 试验地点位于福建省建瓯市东峰镇桂林村, 东经 118°26', 北纬 26°68', 属亚热带海洋性季风气候, 试验地常年种植鲜食玉米, 属砂质壤土, 土壤有机质含量中等, 排灌良好, 施药时玉米的生长期为小喇叭口期, 草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫发生期。

1.2.2 供试药剂 200 g·L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺 SC (美国杜邦公司)、150 g·L⁻¹ 茚虫威 SC (美国杜邦公司)、60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素 SC (美国陶氏益农公司)、240 g·L⁻¹ 虫螨腈 SC (巴斯夫欧洲公司)、0.5% 甲氨

基阿维菌素苯甲酸盐 EC (广东植物龙生物技术股份有限公司)、10% 高效氯氟氰菊酯 EW (华北制药爱诺有限公司)、20% 除虫脲 SC (河北威远生化农药有限公司)、10 亿 PIB·mL⁻¹ 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 SC (广东植物龙生物技术股份有限公司)。

1.2.3 试验设计与处理 选择上述各供试药剂的田间推荐剂量进行田间药效试验, 评价其应急防治效果。试验设计: (1) 200 g·L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺 SC 150 mL·hm⁻²; (2) 150 g·L⁻¹ 茚虫威 SC 300 mL·hm⁻²; (3) 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素 SC 300 mL·hm⁻²; (4) 240 g·L⁻¹ 虫螨腈 SC 450 mL·hm⁻²; (5) 0.5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 600 mL·hm⁻²; (6) 10% 高效氯氟氰菊酯 EW 150 mL·hm⁻²; (7) 20% 除虫脲 SC 1 200 mL·hm⁻²; (8) 10 亿 PIB·mL⁻¹ 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 SC 1 800 mL·hm⁻²; (9) 清水喷雾处理 (空白对照 CK)。试验共设 9 个处理, 每个处理小区面积 30 m², 每个处理 3 次重复, 小区采用随机区组排列, 小区间保留一行玉米作为保护行隔离保护。于 2019 年 5 月 10 日, 在草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫发生高峰期, 使用 3WBD-16 背负式电动喷雾器对玉米植株均匀喷雾施药 1 次, 用水量为 675 L·hm⁻²。

1.2.4 药效调查方法 每小区采用“W”型五点取样, 每个样点连续调查 10 株玉米植株, 每小区共调查

50 株, 观察记录草地贪夜蛾幼虫活虫数, 在最后一次调查时, 发现玉米植株心叶有受害症状的情形时, 剥查心叶记录隐匿心叶内的活幼虫数。调查时间和次数: 施药前调查 1 次草地贪夜蛾幼虫的虫口基数, 施药后 3、7、10 d 分别调查 1 次残活幼虫数。

1.3 药效数据计与分析

虫口减退率/%=(药前虫口基数-药后活虫数)/药前虫口基数×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

应用 Excel2010 和 SPSS18.0 进行数据处理和统计分析, 采用 Duncan 氏新复极差法 (DMRT) 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 草地贪夜蛾幼虫的为害特性

草地贪夜蛾主要以幼虫进行为害。1-3 龄幼虫在鲜嫩叶片上啃食叶肉, 被取食部位呈现半透明薄膜“窗孔”典型症状; 4-6 龄幼虫钻蛀进入玉米心叶、茎秆、雄穗、果穗等部位进行取食为害, 被害部位形成钻蛀虫孔和不规则的虫道并残留大量粪便 (表 1、图 1)。

表 1 草地贪夜蛾幼虫危害玉米的主要特性

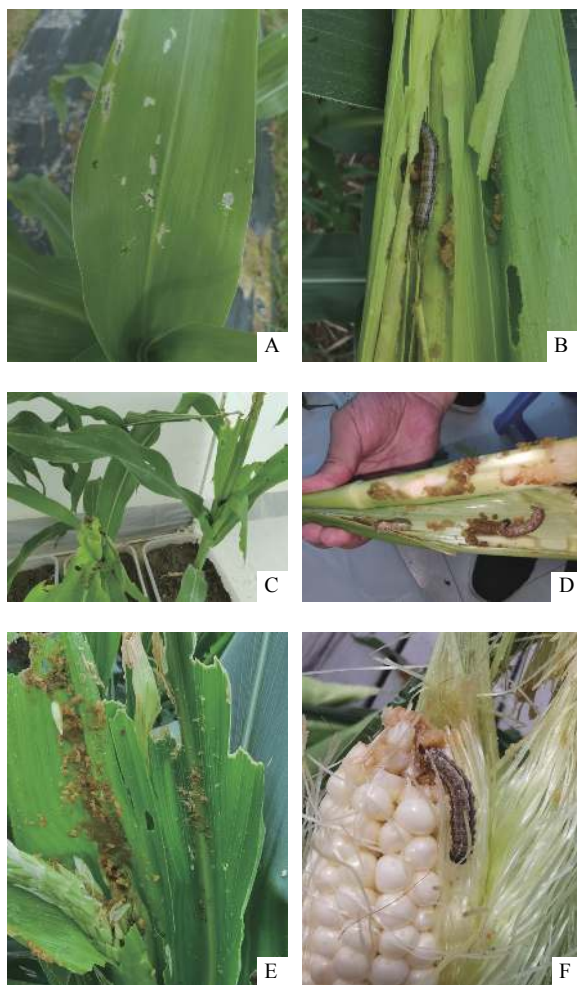
Table 1 Characteristic damage on corn plants by fall armyworm larvae

虫态 Worm state	为害部位 Damage site	为害特点 Hazard characteristics	为害症状描述 Description of symptoms
1-3龄幼虫 1-3 instar larvae	嫩叶	啃食鲜嫩叶片叶肉	被啃食部位仅留下表皮呈现半透明薄膜“窗孔”; 薄膜破裂后呈不规则长条形不规则缺刻 (图1-A)
4-6龄幼虫 4-6 instar larvae	心叶	钻蛀咬食为害心叶	钻蛀咬食卷曲心叶和茎秆顶端幼嫩部分, 形成钻蛀虫孔和不规则虫道, 剥开卷曲心叶可见被咬食部位呈破烂状, 并残留大量褐绿色粪便, 玉米幼苗期生长点被咬食会造成植株枯死, 被蛀食的心叶展开后呈现大型不规则的缺刻或孔洞 (图1-B、图1-C)
	雄穗	钻蛀咬食雄穗	抽雄初期从顶部或雄穗幼嫩苞叶钻蛀进入咬食花穗, 苞叶展开后呈不规则的缺刻孔洞, 被咬食花穗形成不规则咬食虫道并残留有大量褐绿色粪便 (图1-D)
	果穗	钻蛀咬食果穗	抽雄后幼虫转移钻进入果穗顶部玉米须取食后钻蛀进入果穗咬食果粒, 并残留大量褐绿色粪便 (图1-F)

2.2 福建省草地贪夜蛾发生动态

田间普查监测结果表明, 福建省于 2019 年 5 月 6 日在泉州地区南安市康美镇园内村玉米地首次发现草地贪夜蛾为害, 查见的玉米发生面积 2.67 hm², 虫态为 4-5 龄幼虫, 平均百株虫量为 1 头, 最高百株虫量为 10 头, 平均株受害率 5%, 最高株受害率 10%。至 5 月 20 日, 仅 14 d 内福建省就有 14 个县 (市、区) 发现草地贪夜蛾为害玉米; 至 6 月 3 日发生草地贪夜蛾的县 (市、区) 增至 29 个; 至 6 月 17 日,

共有 36 个县 (市、区) 发现草地贪夜蛾, 30 d 内福建省草地贪夜蛾发生区域数量呈直线快速上升; 至 7 月 1 日共有 45 个县 (市、区) 监测发现草地贪夜蛾为害玉米; 截至 11 月 4 日发生草地贪夜蛾的县 (市、区) 数量达 53 个 (图 2)。随着草地贪夜蛾发生区域的迅速蔓延扩散, 监测发现草地贪夜蛾发生为害玉米的面积也同步增加, 7 月 1 日发现草地贪夜蛾发生为害玉米的面积为 263.08 hm²; 8 月 12 日增至 315.61 hm²; 截至 11 月 4 日, 全省草地贪夜蛾发



注：A 是为害嫩叶典型症状；B 是为害心叶典型症状；C 是为害生长点典型症状；D 是为害幼嫩茎秆典型症状；E 是为害雄穗典型症状；F 是为害果穗典型症状。

Note: A is A typical symptom of damage to tender leaves, B is typical symptom of damage to heart leaves, C is typical symptom of damage to growth point, D is typical symptom of damage to tender stem, E is typical symptom of damage to male ear, F is typical symptom of damage to corn ear.

图 1 草地贪夜蛾幼虫田间为害玉米的典型症状

Fig.1 Typical symptoms on corn plants infested by fall armyworm larvae

生为害玉米的面积累计达 646.23 hm^2 (图 3)。

2.3 草地贪夜蛾药剂防治试验结果

草地贪夜蛾药剂防治试验结果表明 (表 2)。200 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氯虫苯甲酰胺 SC、150 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 茚虫威 SC、60 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 乙基多杀菌素 SC、240 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 虫螨腈 SC、0.5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC、10% 高效氯氟氰菊酯 EW 对草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫均具有良好的田间防治效果, 速效性和持效性均表现优异; 施药后 3 d 的防效为 88.08%~91.46%, 施药后 10 d 的防效达 91.41%~94.01%, 所设剂量处理的防效相当, 差异不显著 ($P<0.05$); 6 种药剂的防效均显著 ($P<0.05$) 优于 20% 除虫脲 SC 和 10 亿 PIB·mL⁻¹ 苜蓿银纹夜蛾核

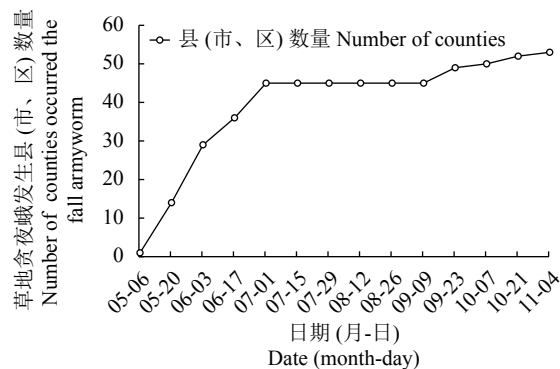


图 2 福建省草地贪夜蛾发生区域数量动态趋势 (2019 年)

Fig.2 Number of counties affected by fall armyworms in Fujian in 2019

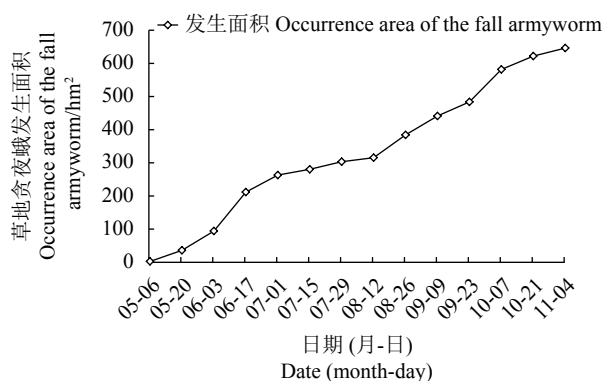


图 3 福建省玉米草地贪夜蛾发生面积动态趋势 (2019 年)

Fig.3 Areas of corn field affected by fall armyworms in Fujian in 2019

型多角体病毒 SC 的防治效果。20% 除虫脲 SC 药后 3 d 的防效优于 10 亿 PIB·mL⁻¹ 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 SC, 差异显著 ($P<0.05$), 药后 7 d、10 d 的防效相当, 差异不显著 ($P>0.05$)。

3 讨论与结论

迁飞性害虫草地贪夜蛾自 2019 年 1 月 11 日发现侵入我国云南省江城县以来, 在我国迅速扩散蔓延。2019 年 5 月 6 日福建省在莆田市康美镇园内村首次监测发现该虫在玉米上发生为害, 随后陆续在全省多地玉米上监测到草地贪夜蛾, 根据同时期常温条件下草地贪夜蛾卵和幼虫发育历期的观察结果, 推算草地贪夜蛾雌成虫迁飞侵入福建省的时间点应是在 2019 年 4 月 26 日前后的 1-2 d。

草地贪夜蛾寄主广泛^[2], 甘蔗也是其嗜好作物之一, 全国农业技术推广服务中心已经发现草地贪夜蛾在云南为害苗期甘蔗^[24], 发生面积达 3 680 hm^2 。此外, 草地贪夜蛾在美洲已经分化为“玉米型”和“水稻型”两种生态型系^[25]。根据张磊等研究报道, 截至 2019 年 4 月, 入侵我国的草地贪夜蛾为“玉米型”^[26];

表 2 几种杀虫剂对玉米草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫的田间防治效果 (建瓯市, 2019 年)

Table 2 Control efficacy of insecticides against 1-2 instar larvae of fall armyworms in corn fields at Jianou City in 2019

药剂名称 Pesticides	浓度 Dosage/(mL·hm ⁻²)	虫口基数 Insects base	药后 3 d 3 d after trial		药后 7 d 7 d after trial		药后 10 d 10 d after trial	
			活虫数 Survival	防效 Efficacy/%	活虫数 Survival	防效 Efficacy/%	活虫数 Survival	防效 Efficacy/%
			氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	150	31.00	3.00	91.47 a	2.00
茚虫威 Indoxair conditioningarb	300	32.67	4.33	88.08 a	2.67	90.81 ab	1.67	92.65 a
乙基多杀菌素 Spinetoram	300	29.00	3.33	89.67 a	2.33	90.93 ab	1.33	93.35 a
虫螨腈 Chlorfenapyr	450	30.33	3.67	89.21 a	2.33	91.44 ab	1.33	93.74 a
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin Benzoate	600	31.67	3.33	91.46 a	1.67	94.02 a	1.33	94.01 a
高效氯氟氰菊酯 Iambda-cyhalothrin	150	28.00	3.67	88.24 a	2.67	89.40 b	1.67	91.41 a
除虫脲 Diflubenzuron	1 200	28.67	6.67	78.91 b	4.00	84.30 c	2.67	86.44 b
苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 Autographa californica NPV	1 800 ²	26.67	9.33	68.38 c	4.33	81.52 c	3.00	83.92 b
空白对照 Blank control	/	28.00	31.33	/	25.00	/	19.33	/

注: 数据为3次重复的平均值, 同列数据不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P=0.05$ 水平下的差异显著性。

Note: Data are average of three replicates. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P=0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

根据吴秋琳等通过对草地贪夜蛾迁入中国的路径分析及其在中国热带和亚热带地区春秋两季迁飞轨迹分析研究^[27-28], 目前全国草地贪夜蛾发生区域动态与其迁飞轨迹基本相吻合。据此, 笔者初步判断迁入福建省的草地贪夜蛾与云南的草地贪夜蛾同属“玉米型”, 但需通过分子鉴定等技术手段进一步明确。福建省目前尚未发现除玉米之外的其他农作物受草地贪夜蛾为害, 但需持续加强田间监测, 尤其在我省重要的禾本科类农作物如水稻、甘蔗等的种植区, 避免草地贪夜蛾突发性暴发成灾造成重大经济损失。

目前, 草地贪夜蛾不属于我国检疫性有害生物名单之列^[18], 但草地贪夜蛾属于突发性的重大农业害虫, 其具有迁飞能力强、繁殖倍数高、暴食危害重、防控难度大等特点, 为保障粮食生产安全, 应早预警、早发现、早报告、治处理, 治早、治小、治了^[19]。化学农药是应对突发性和暴发性害虫的主要手段^[29]。因此, 针对草地贪夜蛾突发性入侵危害, 使用化学杀虫剂迅速控制田间种群基数, 降低作物受害, 是当前控制该虫发生为害的主要措施^[23]。农业农村部也发布了有关草地贪夜蛾应急防治用药

的推荐名单^[30]。笔者经田间药效试验研究, 结果表明, 200 g·L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺 SC 150 mL·hm⁻²、150 g·L⁻¹ 茚虫威 SC 300 mL·hm⁻²、60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素 SC 300 mL·hm⁻²、240 g·L⁻¹ 虫螨腈 SC 450 mL·hm⁻²、0.5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 600 mL·hm⁻²、10% 高效氯氟氰菊酯 EW 150 mL·hm⁻² 对草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫均具有良好的田间防治效果。以上药物速效性和持效性均较好, 是作为草地贪夜蛾应急防治的理想药剂, 但应交替或轮换使用, 避免或延缓草地贪夜蛾的抗药性; 20% 除虫脲 SC 1 200 mL·hm⁻² 和 10 亿 PIB·mL⁻¹ 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 SC 1 800 mL·hm⁻² 持效性也较好, 其可与其他类防治药剂混配使用, 以增强对草地贪夜蛾的综合防治效果。由于草地贪夜蛾高龄幼虫钻蛀进入玉米心叶、雄穗和果穗取食为害, 在田间喷雾施药防治草地贪夜蛾时需对玉米整个植株叶片正反两面和喇叭口均匀喷施, 以提高药剂对草地贪夜蛾的杀灭效果。本研究进行的药剂田间防效试验是基于草地贪夜蛾突发性发生而实施应急防控的需要所开展, 试验结果对于开展草地贪夜蛾应急防控具有重要的参考价值。由于害虫的田间世代重叠、作物生育期及气候

环境条件等均是影响药剂防效的重要因素，一旦该虫在某一区域定殖并建立种群而成为常发性害虫，尤其是在不同生育期的玉米的生物量差异极大的不同环境条件下，同一药剂在同一剂量下的田间实际防效水平可能也会存在明显的差异；此外，一旦草地贪夜蛾成为区域的常发性害虫，选择药剂种类和使用剂量还需综合考虑经济阈值等诸多因素，这需要在今后进一步研究。

草地贪夜蛾在我国属新入侵害虫。根据全国农业技术推广服务中心研判，草地贪夜蛾将在我国建立周年繁殖区，并形成夏季发生区^[21]，草地贪夜蛾极可能在我国局部地区成为玉米上的常发性害虫，这势必对我国玉米生产构成严重威胁。因此，今后需针对草地贪夜蛾的监测预警技术、迁飞扩散路径、药剂抗性水平、生物型变异或演替、寄主范围与适合度、物理和生物防治技术、特异性防治药剂研发等方面不断进行研究，以有效保障我国玉米生产的安全和农民增收。

参考文献：

- [1] TODD E L, POOLE R W. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera guenée* from the western hemisphere [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73 (6) : 722-738.
- [2] CASMUZ A, JUAREZ M L, SOCIAS M G, et al. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 2010, 69 (3/4) : 209-231.
- [3] CABI. *Spodoptera* (Fall armyworm)[R]. Wallingford, U K: *CAB International*, 2016.
- [4] LUGINBILL P. The fall army worm[M]. USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 91.
- [5] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. *The Florida Entomologist*, 1979, 62 (2) : 82-86.
- [6] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, 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.
- [7] ABRAHAMS P, BEALE T, COCK M, et al. Fall armyworm status impacts and control options in Africa: preliminary evidence note(April 2017)[R]. UK: *CABI*, 2017.
- [8] ABRAHAMS P, BEALE T, BEALE T, et al. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. Evidence note(2), September 2017[R]. UK: *CABI*, 2017.
- [9] NAKWEYA G. Global actions needed to combat fall armyworm[EB/OL]. <https://www.scidev.net/sub-saharan-africa/farming/news/global-actions-combat-fall-army-worm.html>
- [10] COCK M J W, BESEH P K, BUDDIE A G, et al. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7 (1) : 4103.
- [11] CHAPMAN D, PURSE B V, ROY H E, et al. Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2017, 26 (8) : 907-917.
- [12] EARLY R, GONZALEZ-MORENO P, MURPHY S T, et al. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm[J/OL]. *BioRxiv*, 2018, doi: <https://doi.org/10.1101/391847>.
- [13] IITA. Fall armyworm has reached the Indian subcontinent[EB/OL]. (2018-8-4)[2019-07-26]. <https://www.iita.org/news-item/fall-armyworm-has-reached-the-indian-subcontinent/>
- [14] CABI. CABI warns of rapid spread of crop-devastating fall armyworm across Asia[R]. Wallingford, UK: *CAB International*, 2018.
- [15] JAYASHREE B. Fall armyworm spreads to five states in India [EB/OL]. <https://economic-times.Indiatimes.com/markets/commodities/news/fall-army-worm-spreads-to-five-states-in-india/articleshow/66128598.cms>.
- [16] 郭井菲, 静大鹏, 太红坤, 等. 草地贪夜蛾形态特征及与3种玉米田为害特征和形态相近鳞翅目昆虫的比较 [J]. *植物保护*, 2019, 45 (2) : 7-12.
- GUO J F, JING D P, TAI H K, et al. Morphological characteristics of *Spodoptera frugiperda* in comparison with three other lepidopteran species with similar injury characteristics and morphology in cornfields [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (2) : 7-12. (in Chinese)
- [17] FAO. Fall armyworm likely to spread from India to other parts of Asia with South East and South China most at risk[R]. Rome: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2018.
- [18] 郭井菲, 赵建周, 何康来, 等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵我国 [J]. *植物保护*, 2018, 44 (6) : 1-10.
- GUO J F, ZHAO J Z, HE K L, et al. Potential invasion of the crop-devastating insect pest fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (6) : 1-10. (in Chinese)
- [19] 全国农业技术推广服务中心. 全国农技中心关于做好草地贪夜蛾侵入危害防范工作的通知[EB/OL]. (2019-01-03)[2019-07-26]. https://www.natesc.org.cn/Html/2019_01_03/28092_52304_2019_01_03_456907.html
- NATESC. Notice of NATESC (National Agricultural Technology Extension and Service Center of China) on the prevention of intrusion and hazard by the pest of fall armyworm[EB/OL]. (2019-01-03)[2019-07-26]. (in Chinese) https://www.natesc.org.cn/Html/2019_01_03/28092_52304_2019_01_03_456907.html
- [20] 全国农业技术推广服务中心. 植物病虫害情报: 重大害虫草地贪夜蛾已侵入云南, 各地要立即开展调查监测[EB/OL]. (2019-01-29)[2019-07-26]. https://www.natesc.org.cn/Html/2019_01_29/28092_151760_2019_01_29_457209.html
- NATESC. Plant Pest Information: Major insect pest of fall armyworm has invaded into Yunnan province and all localities should immediately carry out investigation and monitoring[EB/OL]. (2019-01-29)[2019-07-26].(inChinese)https://www.natesc.org.cn/Html/2019_01_29/28092_151760_2019_01_29_457209.html

- 01_29/28092_151760_2019_01_29_457209.html
- [21] 全国农业技术推广服务中心. 植物病虫害情报: 草地贪夜蛾侵入13省份为害春玉米[EB/OL]. (2019-05-14)[2019-07-26]. https://www.natesc.org.cn/Html/2019_05_14/28092_151760_2019_05_14_458487.html
NATESC. Plant Pest Information: The pest of fall armyworm has invaded into 13 provinces and harm spring corn[EB/OL]. (2019-05-14)[2019-07-26]. (in Chinese) https://www.natesc.org.cn/Html/2019_05_14/28092_151760_2019_05_14_458487.html
- [22] 农业农村部种植业管理司. 种植业快报: 草地贪夜蛾防控进展及研究动态[R]. 北京: 农业农村部种植业管理司, 2019.
Department of Plantation Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Planting Express: Progress and research development in prevention and controlling of fall armyworm[R]. Beijing: Department of Plantation Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China, 2019. (in Chinese)
- [23] 赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 10-14, 20.
ZHAO S Y, SUN X X, ZHANG H W, et al. Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 10-14, 20. (in Chinese)
- [24] 全国农业技术推广服务中心. 植物病虫害情报: 近期草地贪夜蛾发生为害动态[EB/OL]. (2019-05-16)[2019-07-26]. https://www.natesc.org.cn/Html/2019_05_06/28092_151760_2019_05_06_458341.html
NATESC. Plant Pest Information: Recent dynamics of occurrence and hazard of the pest of fall armyworm[EB/OL]. (2019-05-16)[2019-07-26]. (in Chinese) https://www.natesc.org.cn/Html/2019_05_06/28092_151760_2019_05_06_458341.html
- [25] DUMAS P, LEGEAI F, LEMAITRE C, et al. *Spodoptera frugiperda*(Lepidoptera, Noctuidae) host-plant variants: two host strains or two distinct species? [J]. *Genetica*, 2015, 143 (3): 305-316.
- [26] 张磊, 靳明辉, 张丹丹, 等. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定 [J]. 植物保护, 2019, 45 (2): 19-24, 56.
ZHANG L, JIN M H, ZHANG D D, et al. Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan province [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (2): 19-24, 56. (in Chinese)
- [27] 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): 1-6, 18.
WU Q L, JIANG Y Y, WU K M. Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) from Myanmar to China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (2): 1-6, 18. (in Chinese)
- [28] 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 Q L, JIANG Y Y, HU G. 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. (in Chinese)
- [29] 吴孔明. 中国农作物病虫害防控科技的发展方向 [J]. 农学学报, 2018, 8 (1): 35-38.
WU K M. Development direction of crop pest control science and technology in China [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8 (1): 35-38. (in Chinese)
- [30] 农业农村部. 关于做好草地贪夜蛾应急防治用药有关工作的通知[EB/OL].(2019-06-13)[2019-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-06/10/content_5398774.htm

(责任编辑: 林海清)