



齐国君, 钟文东, 陈婷, 石庆型, 陈洁, 黄德超, 张振飞. 广东省草地贪夜蛾种群周年动态及发生特征 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 792–799.

广东省草地贪夜蛾种群周年动态及发生特征

齐国君^{*}, 钟文东^{2*}, 陈婷¹, 石庆型¹, 陈洁¹, 黄德超^{2**}, 张振飞^{1**}

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所/农业农村部华南果蔬绿色防控重点实验室/广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640;

2. 广东省农业有害生物预警防控中心, 广州 510500)

摘要: 为了明确广东省草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 种群周年消长动态及发生特征, 根据 2020 年和 2021 年广东省草地贪夜蛾性诱监测及田间调查数据, 分析不同生态区草地贪夜蛾成虫及幼虫种群周年发生动态。结果表明: (1) 草地贪夜蛾在广东省大部分冬种玉米区可以周年繁殖, 仅在清远、韶关、河源等地未发现幼虫为害; 不同地区之间草地贪夜蛾越冬虫源基数差异较大, 粤西发生为害较重, 珠三角及粤东地区发生相对较轻; (2) 周年繁殖区草地贪夜蛾成虫和幼虫全年均可发生为害, 而季节发生区一般于 3–4 月才零星始见草地贪夜蛾成虫和幼虫, 且诱蛾量、幼虫种群数量及为害程度均相对较低; (3) 广东省草地贪夜蛾种群消长动态呈多峰型, 发生高峰期主要集中于 5–10 月, 期间出现多个大小不等的高峰, 但峰期、蛾量和虫量在不同地区之间差异较大。本研究明确了广东省不同生态区草地贪夜蛾种群的周年消长动态及发生特征, 为广东省乃至全国草地贪夜蛾的早期预警和精准防控提供重要参考。

关键词: 草地贪夜蛾; 周年繁殖区; 种群动态; 发生特征

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2022) 04–0792–08

Seasonal population dynamics and occurrence characteristics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Guangdong Province

QI Guo-Jun^{1*}, ZHONG Wen-Dong^{2*}, CHEN Ting¹, SHI Qing-Xing¹, CHEN Jie¹, HUANG De-Chao^{2**}, ZHANG Zhen-Fei^{1**} (1. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Green Prevention and Control on Fruits and Vegetables in South China Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China; 2. Agricultural Pest Precaution and Management Center of Guangdong Province, Guangzhou 510500, China)

Abstract: In order to clarify the seasonal population dynamics and occurrence characteristic of *Spodoptera frugiperda* in Guangdong Province, the population dynamics of adult and larva of *S. frugiperda* in different ecological regions of Guangdong Province were analyzed based on the data of sex induction monitoring and field investigation between 2020 and 2021. The results were as follows: (1) The year-

基金项目: 广东省重点领域研发计划 (2020B020223004); 广西自然科学基金粤桂联合基金项目 (2022GXNSFDA080003); 广东省外来入侵物种风险评估和监测预警创新团队项目 (2022KJ134)

* 共同第一作者: 齐国君, 男, 硕士, 副研究员, 主要从事昆虫生态学研究, E-mail: qigj@gdppri.com; 钟文东, 男, 农艺师, 主要从事农作物病虫害测报, E-mail: 10118938@qq.com

** 通讯作者 Author for corresponding: 张振飞, 男, 博士, 研究员, 主要从事昆虫生态学研究, E-mail: zhangzhenfei@gdaas.cn; 黄德超, 男, 推广研究员, 主要从事农作物病虫害测报, E-mail: huangdechao@126.com

收稿日期 Received: 2022–06–05; 接受日期 Accepted: 2022–06–25

round breeding regions of *S. frugiperda* were mainly distributed in most winter corn planting areas of Guangdong Province, while no larva had been found in Qingyuan, Shaoguan and Heyuan in winter. Furthermore, the overwintering cardinal number of *S. frugiperda* in different regions varied significantly. Seriously winter corn damage of *S. frugiperda* was found in western Guangdong. While slightly infestation areas of pest were in the Pearl River Delta and Eastern Guangdong. (2) Fall armyworm adult and larva can occur all year round in year-round breeding region of Guangdong Province, while sporadically found from March to April in the seasonal occurrence region. Compared to the year-round breeding region, the population density of moth and larva and corn damage degree remained at a low level in the seasonal occurrence region. (3) Fall armyworm adult and larva had multiple and different-sized density peaks from May to October. The peak period and population density of moth and larva of *S. frugiperda* fluctuated widely between different regions. The investigation results clarified the annual population dynamics and occurrence characteristics of *S. frugiperda* in different ecological regions of Guangdong Province, which would present a scientific basis for the early warning, prediction and source control of *S. frugiperda* in Guangdong Province and even China.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; year-round breeding region; population dynamic; occurrence characteristic

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是联合国粮农组织全球预警的重大跨境迁飞性害虫 (FAO, 2018), 已在美洲、非洲、亚洲及大洋洲等 100 多个国家快速扩张蔓延 (Sparks, 1979; Goergen *et al.*, 2016; Sharanabasappa *et al.*, 2018; Ma *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019; Qi *et al.*, 2021), 并对全球农业及粮食生产构成严重威胁 (Day *et al.*, 2017; Stokstad, 2017; Early *et al.*, 2018)。2019 年 1 月, 草地贪夜蛾首次入侵我国云南省, 凭借极强的远距离迁飞能力在全国快速蔓延为害 (姜玉英等, 2019; Li *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019; 陈辉等, 2020), 成为我国玉米上重大突发性、暴食性害虫, 被农业农村部列入《一类农作物病虫害名录》, 并构成对国家粮食生产安全的长期性威胁 (吴孔明, 2020)。

草地贪夜蛾起源于美洲热带和亚热带地区, 无滞育现象, 每年通过南北往返迁飞以躲避夏季高温、冬季低温以及食料缺乏等不良环境 (Luginbill, 1928; Sparks, 1979)。草地贪夜蛾在我国大部分地区无法越冬存活 (陈辉等, 2020), 仅在热带和温暖的亚热带地区周年繁殖 (吴孔明, 2020), 周年繁殖区域主要分布在云南 (赵雪晴等, 2021)、广东 (齐国君等, 2020)、海南 (卢辉等, 2021)、四川、广西、福建 (邱良妙等, 2020)、贵州 7 省 1 月份平均温度 10℃ 等温线以南地区 (姜玉英等, 2021; Yang *et al.*, 2021)。草地贪夜蛾最喜食玉米 (姜玉英等, 2019), 其周年繁殖区范围也与冬玉米种植区域密切相关, 云南、

广东、海南冬玉米种植面积较大, 占全国冬玉米种植面积 80% 以上, 是草地贪夜蛾重要的周年繁殖区 (姜玉英等, 2021)。云南及华南地区是东南亚境外虫源西线和东线迁入我国的首站 (Li *et al.*, 2019), 境外虫源的持续迁入和本地越冬虫源的不断繁殖, 为草地贪夜蛾的持续北迁为害提供了充足的虫源基数 (齐国君等, 2019; 姜玉英等, 2021)。

根据草地贪夜蛾分区治理对策, 周年繁殖区是迁飞过渡区和重点防控区的虫源地 (杨普云等, 2019), 做好周年繁殖区的监测和有效治理对实现草地贪夜蛾分区治理尤为重要 (姜玉英等, 2021)。广东省是草地贪夜蛾入侵我国的桥头堡和北迁虫源地之一 (Li *et al.*, 2019; 罗举等, 2020), 也是最适栖息地和周年繁殖区 (齐国君等, 2020), 目前已有针对珠三角及粤北地区入侵动态调查 (廖永林等, 2019)、蔗区种群为害普查 (孙东磊等, 2019)、高空灯诱种群动态 (钟景伟等, 2022)、性诱种群动态 (苏湘宁等, 2020) 及冬季发生特征 (齐国君等, 2020) 等方面的研究, 然而草地贪夜蛾在广东省不同生态区的种群周年动态及发生特征尚不明晰。

为了准确掌握广东省草地贪夜蛾种群周年动态及发生特征, 通过性诱监测草地贪夜蛾成虫种群动态, 通过田间调查监测草地贪夜蛾幼虫发生数量及为害情况, 以期明确广东省不同生态区草地贪夜蛾的种群消长动态及发生特征, 为该虫的监测预警及精准防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

广东省 2020 年和 2021 年草地贪夜蛾虫情数据, 包括草地贪夜蛾逐日性诱蛾量、幼虫虫口密度及玉米被害株率等, 来源于广东省农业有害生物预警防控中心。

1.2 监测方法

参照农业行业标准“草地贪夜蛾测报技术规范”(NY/T 3866-2021), 设置性诱捕器逐日监测草地贪夜蛾成虫的诱集数量, 监测时间从 1 月 1 日至 12 月 31 日; 在玉米主要种植区利用五点取样法调查草地贪夜蛾幼虫数量及植株受害情况, 计算百株虫量和植株受害率(%), 调查时间从首次见虫开始, 每 5 d 调查一次, 至作物成熟期结束(刘杰等, 2019)。

1.3 分析方法

1.3.1 草地贪夜蛾越冬种群动态

为进一步明确草地贪夜蛾在广东省的周年繁殖区范围和冬季发生特征, 在 2020 年冬季联合调查基础上(齐国君等, 2020), 根据 2020 年 1-2 月和 2021 年 1-2 月草地贪夜蛾虫情数据, 以百株虫量和为害率为指标, 分析广东省冬玉米种植区草地贪夜蛾越冬种群发生动态及为害情况, 探讨广东省草地贪夜蛾周年繁殖区的分布范围。

1.3.2 草地贪夜蛾成虫种群消长动态

根据广东省不同生态区草地贪夜蛾的逐日性诱数据, 选取化州、鹤山、白云、惠城 4 个地区代表周年繁殖区, 英德和梅县 2 个地区代表季节发生区(图 1), 以诱集有蛾天数出现频率、旬平均诱蛾量、年平均诱蛾量等指标, 分析广东省不同地区草地贪夜蛾成虫性诱种群周年消长动态及高峰期。

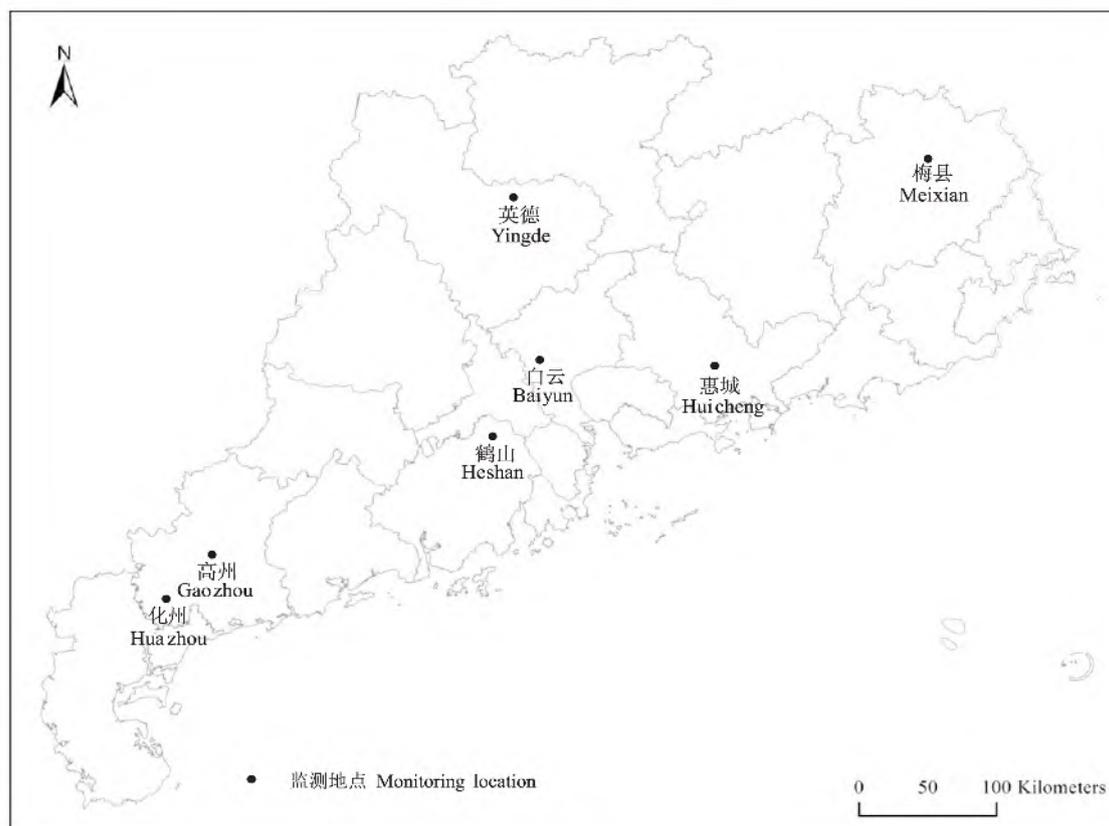


图 1 广东省不同生态区草地贪夜蛾监测地点

Fig. 1 Monitoring location of *Spodoptera frugiperde* in different ecological regions of Guangdong Province

1.3.3 草地贪夜蛾幼虫种群消长动态

根据广东省不同生态区草地贪夜蛾的田间调查数据, 选取高州、鹤山、白云、惠城 4 个地区代表周年繁殖区, 英德和梅县 2 个地区代表季节

发生区(图 1), 以百株幼虫虫量为指标, 分析广东省不同地区草地贪夜蛾的幼虫种群周年消长动态及幼虫为害高峰期。

2 结果与分析

2.1 草地贪夜蛾越冬种群动态

越冬调查结果表明, 草地贪夜蛾在广东省大部分冬种玉米区可以周年繁殖, 仅在清远、韶关、河源等地未发现草地贪夜蛾幼虫为害 (图 2)。不同地区之间草地贪夜蛾的种群数量和为害情况差异较大, 湛江、茂名、阳江地区草地贪夜蛾幼虫种群数量较高, 2020 年、2021 年平均百株虫量为

21.36 头、10.52 头, 平均植株受害率为 29.69%、12.48%; 而珠三角及粤东大部分地区草地贪夜蛾的发生虫量和植株受害率显著较低, 2020 年、2021 年平均百株虫量为 5.04 头、1.68 头, 平均植株受害率为 8.11%、2.22% (图 2)。可见, 草地贪夜蛾在广东省大部分冬种玉米区可以周年繁殖, 粤西茂名、阳江地区以南至雷州半岛一带草地贪夜蛾种群发生为害较重, 越冬虫源基数较大, 而珠三角、粤东及其他地区发生相对较轻。

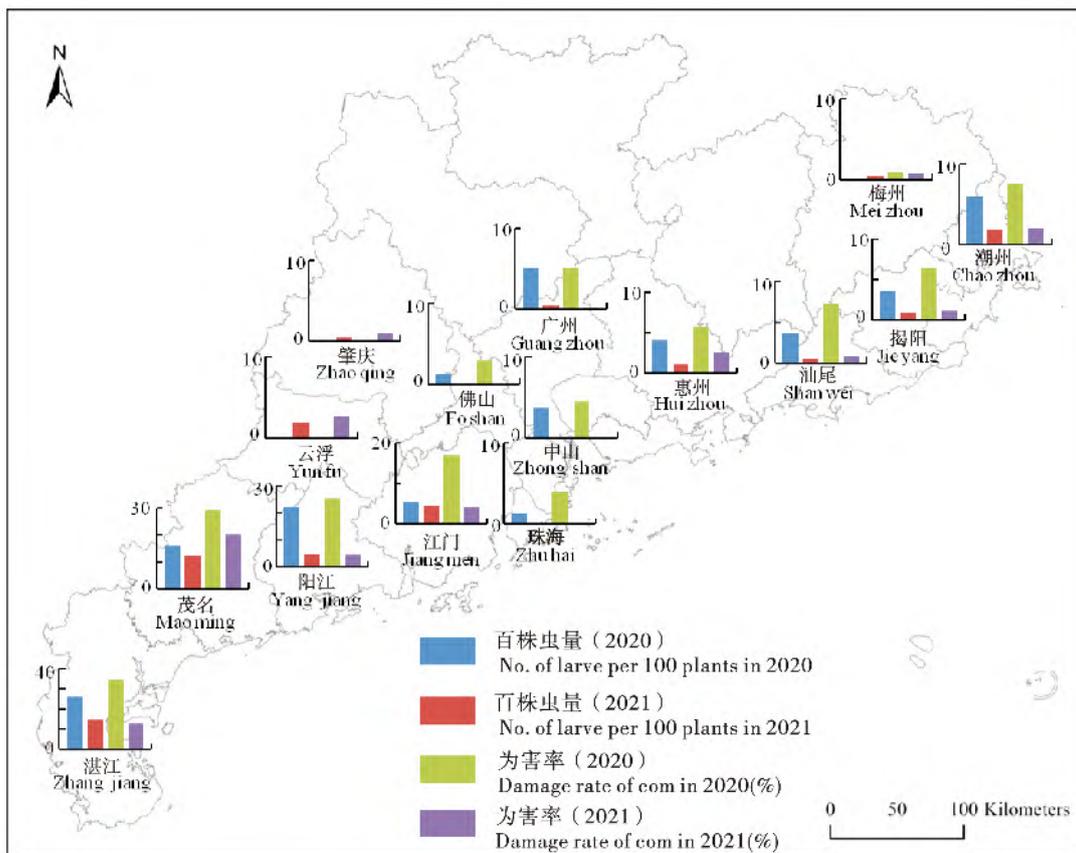


图 2 2020 年和 2021 年广东省冬玉米草地贪夜蛾的发生为害

Fig. 2 Prevalence and damage of *Spodoptera frugiperda* in winter corn in Guangdong Province between 2020 and 2021

2.2 草地贪夜蛾成虫种群消长动态

草地贪夜蛾成虫性诱监测结果表明, 广东省不同地区草地贪夜蛾种群动态及高峰期存在明显差异 (图 3)。周年繁殖区 1 至 12 月均可以诱集到草地贪夜蛾成虫, 化州、鹤山、白云、惠城 4 个地区诱集有蛾天数出现的频率分别为 75.07%、64.52%、57.53%、59.18%, 年平均诱蛾量累计为 1 099、855、1 080 和 751 头, 种群消长动态呈现多峰型, 1-2 月诱蛾量较低, 3 月起虫量逐渐

增加, 5 月中旬至 9 月中旬为诱集高峰期, 峰期明显, 10 月之后诱蛾量减少, 偶见小峰。季节发生区的草地贪夜蛾发生时间明显较迟, 一般于 3 月中下旬才零星诱集到草地贪夜蛾成虫, 英德和梅县诱集有蛾天数出现的频率分别为 46.30%、44.79%, 年平均诱蛾量累计为 461 头、267 头, 均明显低于周年繁殖区, 种群消长动态也呈现多峰型, 高峰期集中在 7 月中旬至 9 月上旬, 诱蛾量也明显偏低。此外, 不同地区草地贪夜蛾年度间

种群动态也差异较大,2020 年周年繁殖区和季节发生区草地贪夜蛾的年平均诱蛾量分别为 1 275 头和 581 头,明显高于 2021 年的 617 头和 156 头,不论是周年繁殖区还是季节发生区,2020 年性诱种群发生量均普遍高于 2021 年(图 3)。

2.3 草地贪夜蛾幼虫种群消长动态

草地贪夜蛾幼虫种群调查结果表明,广东省不同地区草地贪夜蛾幼虫种群周年发生动态存在明显差异(图 4)。周年繁殖区草地贪夜蛾幼虫全年均可发生为害,高州、鹤山、白云、惠城的幼虫种群动态呈多峰型,高峰期主要集中在 5 月至

10 月,期间出现多个大小不等的高峰。而季节发生区的草地贪夜蛾田间幼虫发生为害明显较迟,一般于 3 月底 4 月份见虫,5 月种群数量呈明显上升趋势,6 至 7 月出现幼虫发生高峰,峰期明显,英德和梅县的高峰日百株虫量可达 13 头、16.5 头,10 月之后幼虫种群数量持续下降,偶见小虫峰,在田间基本不造成危害。由此可见,周年繁殖区内草地贪夜蛾幼虫全年均可发生为害,而梅县和英德仅可在 4-10 月份发生危害,种群发生数量和为害程度发生也明显低于周年繁殖区(图 4)。

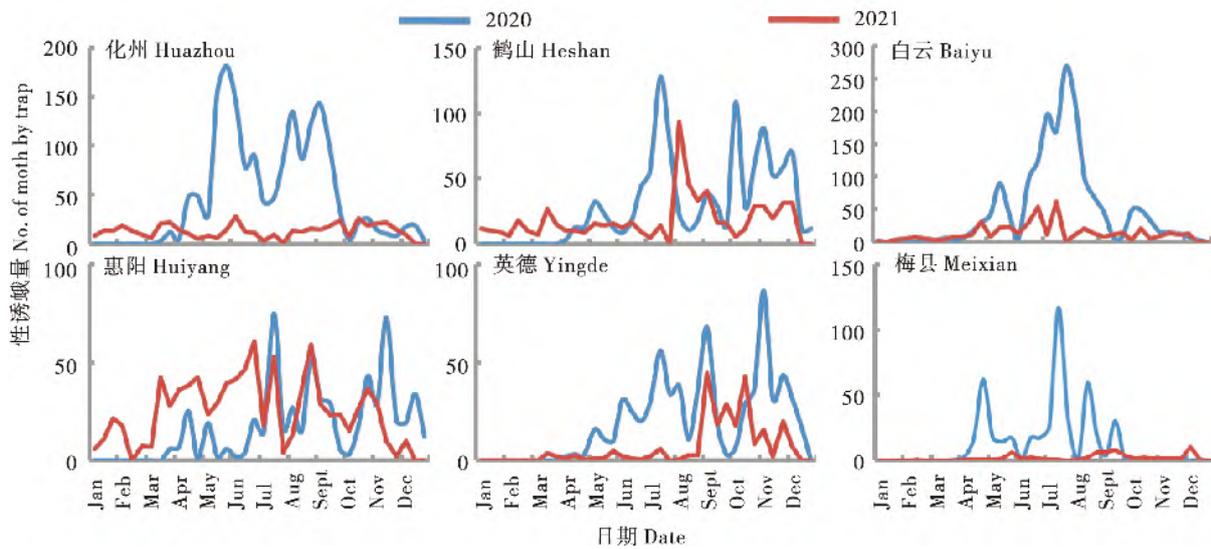


图 3 2020 年和 2021 年广东草地贪夜蛾逐旬性诱种群动态

Fig. 3 Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* by sex pheromone trap in every ten-days in Guangdong Province between 2020 and 2021

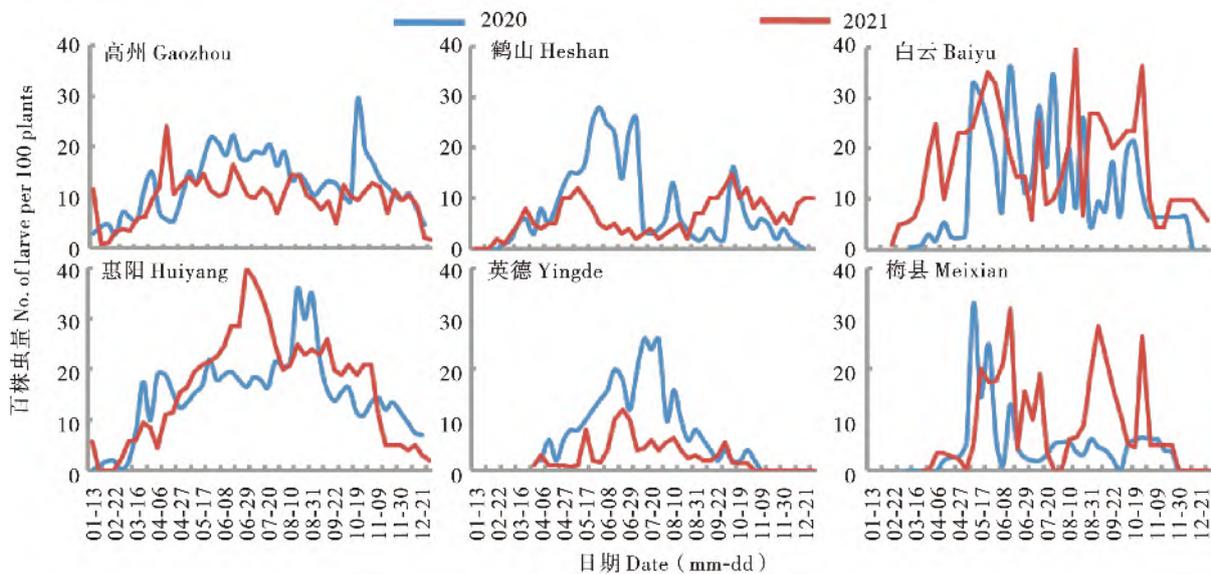


图 4 2020 年和 2021 年广东草地贪夜蛾幼虫种群动态

Fig. 4 Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* larvae in Guangdong Province between 2020 and 2021

3 结论与讨论

草地贪夜蛾没有滞育习性 (Luginbill, 1928; Sparks, 1979), 远距离迁飞习性是其逃避夏季高温、冬季低温以及食料缺乏等不良环境的有效策略 (Hogg *et al.*, 1982; Johnson, 1987; Westbrook *et al.*, 2016)。在北美地区, 草地贪夜蛾的安全越冬范围位于佛罗里达州 28°N 以南地区 (Garcia *et al.*, 2018) 及德克萨斯州南部地区 (Nagoshi *et al.*, 2009)。在中国, 草地贪夜蛾仅可以在云南、广东、海南、四川、广西、福建、贵州等热带及亚热带地区周年繁殖 (齐国君等, 2020; 姜玉英等, 2021; 卢辉等, 2021; 赵雪晴等, 2021; Yang *et al.*, 2021)。本研究根据 2020 年和 2021 年广东省草地贪夜蛾虫情数据, 明确了广东省草地贪夜蛾的周年繁殖区与冬玉米集中种植区高度重叠, 粤西茂名、阳江地区以南至雷州半岛一带草地贪夜蛾种群发生为害较重, 越冬虫源基数较大, 此外, 周年繁殖区还与冬季温度条件和冬玉米种植情况密切相关, 这与姜玉英等 (2019) 和邱良妙等 (2020) 的分析结果相吻合。

广东省是草地贪夜蛾的最适栖息地和周年繁殖区 (Li *et al.*, 2019; 齐国君等, 2020), 但并非所有的县/市/区都适宜草地贪夜蛾周年繁殖, 也存在清远、韶关、河源等季节发生区。云南不同地区也存在类似情况, 25°N 以南的滇西、滇西南、滇南和滇东南部区大部区域, 以及西部怒江和北部金沙江沿岸部分地区草地贪夜蛾可周年发生, 而滇中以北大部地区冬春季未见草地贪夜蛾幼虫为害, 为季节发生区 (赵雪晴等, 2021)。本研究选择高州/化州、鹤山、白云、惠城等地代表周年繁殖区, 英德和梅县代表季节发生区, 明确了周年繁殖区全年草地贪夜蛾成虫及幼虫均可发生为害, 发生高峰期主要集中于 5 - 10 月, 期间出现多个大小不等的高峰, 这与广西春秋双峰型的发生动态略有差别 (覃武等, 2021)。对于季节发生区, 草地贪夜蛾成虫诱集始见期和田间幼虫为害期明显较迟, 一般于 3 - 4 月才零星发现草地贪夜蛾成虫及幼虫, 6 - 8 月会出现多个发生高峰, 但种群发生数量和为害程度发生也明显低于周年繁殖区。

周年繁殖区是我国草地贪夜蛾初次发生的重要虫源地, 也是境外草地贪夜蛾迁飞入侵我国的

第一站 (陆永跃等, 2020)。云南及华南地区冬玉米种植面积大, 是草地贪夜蛾重要的周年繁殖区 (姜玉英等, 2021), 准确掌握该区域草地贪夜蛾种群发生特征是做好监测和治理的基础 (陆永跃等, 2020)。海南高空诱虫灯监测表明 4 - 10 月光热及雨水充沛, 灯诱种群数量相对较多 (唐继洪等, 2022), 云南草地贪夜蛾发生高峰期在 6 - 8 月, 低谷期为冬季 12 月至翌年 2 月 (刘晓飞等, 2021), 这与本研究的种群发生高峰期也基本吻合。在周年繁殖区, 虽然冬春季种群数量相对较低, 但冬玉米田仍存在一定数量的越冬虫源, 特别是粤西地区虫量超过 20 头/百株, 再加上境外迁入虫源持续迁入 (陈辉等, 2020), 可为北迁扩散提供充足的虫源基数 (杨普云等, 2019)。

草地贪夜蛾的发生为害与其迁入虫源的时间和规模、气候因子、环境因素、作物布局与生育期、人工管理等因素密切相关 (钟景伟等, 2022)。本研究对比分析了周年繁殖区 4 个地区和季节发生区 2 个地区的草地贪夜蛾种群周年消长动态, 结果表明不同区域草地贪夜蛾的种群消长动态和高峰期均存在较为明显的差异, 但由于地理环境、田间小气候、作物物候期及防治管理措施等方面影响, 不同生态区域的草地贪夜蛾发生情况复杂多样。本研究仅利用广东省 6 个站点草地贪夜蛾两年的虫情监测数据, 尚不足以完全反映草地贪夜蛾在广东全省的发生为害动态, 有待今后长期监测数据的积累和进一步的系统研究, 阐明广东省不同生态区草地贪夜蛾的迁飞扩散的时空动态规律, 为全国草地贪夜蛾的精准监测和源头治理提供科学依据。

参考文献 (References)

- Chen H, Wu MH, Liu J, *et al.* Migratory routes and occurrence divisions of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in China [J]. *Journal of Plant Protection*, 2020, 47 (4): 747 - 757. [陈辉, 武明飞, 刘杰, 等. 我国草地贪夜蛾迁飞路径及其发生区划 [J]. 植物保护学报, 2020, 47 (4): 747 - 757]
- Day R, Abrahams P, Bateman M, *et al.* Fall armyworm: Impacts and implications for Africa [J]. *Outlooks on Pest Management*, 2017, 28 (5): 196 - 201.
- Early R, González-Moreno P, Murphy ST, *et al.* Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm [J]. *NeoBiota*, 2018, 40: 25 - 50.
- FAO. Fall armyworm keeps spreading and becomes more destructive [EB/OL]. (2018 - 06 - 28). <http://www.fao.org/news/story/en/item/1142085/icode/>.

- Garcia AG, Godoy WAC, Thomas JMG, et al. Delimiting strategic zones for the development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn in the state of Florida [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2018, 111 (1): 120–126.
- 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.
- Hogg DB, Pitre HN, Anderson RE. Assessment of early-season phenology of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi [J]. *Environmental Entomology*, 1982, 11 (3): 705–710.
- Jiang YY, Liu J, Wu QL, et al. Investigation on winter breeding and overwintering areas of *Spodoptera frugiperda* in China [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (1): 212–217. [姜玉英, 刘杰, 吴秋琳, 等. 我国草地贪夜蛾冬繁区和越冬区调查 [J]. 植物保护, 2021, 47 (1): 212–217]
- 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为害规律观测 [J]. 植物保护, 2019, 45 (6): 10–19]
- Johnson SJ. Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the western hemisphere [J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1987, 8 (4–5–6): 543–549.
- Li XJ, Wu MF, Ma J, et al. Prediction of migratory routes of the invasive fall armyworm in eastern China using a trajectory analytical approach [J]. *Pest Management Science*, 2019, 76 (2): 454–463.
- Liao YL, Li CY, Huang SH, et al. Survey on the prevalence and damage of *Spodoptera frugiperda* first invasive in Guangdong [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 497–502. [廖永林, 李传瑛, 黄少华, 等. 草地贪夜蛾首次入侵广东地区发生为害调查 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 497–502]
- Liu J, Jiang YY, Liu WC, et al. Investigation and forecast techniques of *Spodoptera frugiperda* [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (4): 46–49. [刘杰, 姜玉英, 刘万才, 等. 草地贪夜蛾测报调查技术初探 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (4): 46–49]
- Liu XF, Hu SJ, Chen P, et al. Occurrence regularity, main influencing factors and control strategies of *Spodoptera frugiperda* in Yunnan [J]. *Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition)*, 2021, 43 (1): 190–197. [刘晓飞, 胡劲骥, 陈鹏, 等. 云南草地贪夜蛾发生规律、主要影响因素及防控对策 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2021, 43 (1): 190–197]
- Liu H, Tang JH, Lyu BQ, et al. Investigation on the population dynamics of *Spodoptera frugiperda* in winter corn planting areas of Hainan [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2021, 42 (6): 1764–1769. [卢辉, 唐继洪, 吕宝乾, 等. 海南冬季玉米种植区草地贪夜蛾种群动态调查 [J]. 热带作物学报, 2021, 42 (6): 1764–1769]
- Lu YY, Huang DC, Zhang YP. Technical Manual for Monitoring and Controlling *Spodoptera frugiperda* [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2020. [陆永跃, 黄德超, 章玉苹. 草地贪夜蛾监测与防治技术手册 [M]. 广州: 华南理工大学, 2020]
- Luo J, Ma J, Wu MF, et al. Original area of fall armyworm individuals newly invaded in Zhejiang Province [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2020, 34 (1): 80–87. [罗举, 马健, 武明飞, 等. 浙江入侵草地贪夜蛾的迁入虫源 [J]. 中国水稻科学, 2020, 34 (1): 80–87]
- Ma J, Wang YP, Wu MF, et al. High risk of the fall armyworm invading Japan and the Korean Peninsula via overseas migration [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2019, 143 (9): 911–920.
- Nagoshi RN, Meagher RL, Fleischer S. Texas is the overwintering source of fall armyworm in central Pennsylvania: Implications for migration into the northeastern United States [J]. *Environmental Entomology*, 2009, 38 (6): 1546–1554.
- 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]
- Qi GJ, Ma J, Hu G, et al. Analysis of migratory routes and atmospheric features of newly invaded the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in Guangdong Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 487–496. [齐国君, 马健, 胡高, 等. 首次入侵广东的草地贪夜蛾迁入路径及天气背景分析 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 487–496]
- Qi GJ, Ma J, Wan J, et al. Source regions of the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) invading Australia [J]. *Insects*, 2021, 12 (12): 1104.
- Qiu LM, Liu QQ, Tian XH, et al. Cold hardiness and overwintering ability of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* populations in Fujian Province [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57 (6): 1299–1310. [邱良妙, 刘其全, 田新湖, 等. 福建省草地贪夜蛾种群的耐寒性与越冬能力研究 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57 (6): 1299–1310]
- Sharanabasappa, Kalleshwaraswamy CM, Asokan R, et al. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), an alien invasive pest on maize in India [J]. *Pest Management: In Horticultural Ecosystems*, 2018, 24 (1): 23–29.
- Sparks AN. A review of the biology of the fall Armyworm [J]. *Florida Entomologist*, 1979, 62 (2): 82–87.
- Stokstad E. New crop pest takes Africa at lightning speed [J]. *Science*, 2017, 356 (6337): 473–474.
- Su XN, Zhang YP, Huang SH, et al. Occurrence dynamics based on sexpheromone trapping and control effect evaluated of multiple combination of biological control factors on *Spodoptera frugiperda* in the field of Guangdong [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (6): 1330–1337. [苏湘宁, 章玉苹, 黄少华, 等. 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
- Sun DL, Wen MF, Li JH, et al. Preliminary report on the investigation of the damage of *Spodoptera frugiperda* in the sugarcane area of Guangdong Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 41 (6): 1155-1162. [孙东磊, 文明富, 李继虎, 等. 广东蔗区草地贪夜蛾为害调查初报 [J]. 环境昆虫学报, 2009, 41 (6): 1155-1162]
- Tang JH, Lu H, Lu BQ. Dynamic monitoring and analysis of *Spodoptera frugiperda* trapped by searchlight in Hainan [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2022, 42 (1): 51-55. [唐继洪, 卢辉, 吕宝乾. 海南草地贪夜蛾高空诱虫灯诱虫动态监测与分析 [J]. 热带农业科学, 2022, 42 (1): 51-55]
- Wang L, Chen KW, Lu YY. Long-distance spreading speed and trend prediction 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]
- Westbrook JK, Nagoshi RN, Meagher RL, et al. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths [J]. *International Journal of Biometeorology*, 2016, 60 (2): 255-267.
- 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 [J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 1-5]
- 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]
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, et al. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (4): 1-6. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议 [J]. 植物保护, 2019, 45 (4): 1-6]
- Yang XM, Song YF, Sun XX, et al. Population occurrence of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in the winter season of China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021, 20 (3): 772-782.
- Zhao XQ, Zhang HM, Liu Y, et al. Distribution of *Spodoptera frugiperda* during winter to spring and the main influential factors analysis in Yunnan Province [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (6): 223-230. [赵雪晴, 张红梅, 刘莹, 等. 云南草地贪夜蛾冬春季虫源分布及其主要影响因素分析 [J]. 植物保护, 2021, 47 (6): 223-230]
- Zhong JW, Wu J, Zhang YZ, et al. Dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Smith) adults under vertical-pointing searchlight-trap in Gaozhou [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2022, 44 (2): 281-289. [钟景伟, 吴娇, 张有志, 等. 高州市高空测报灯下草地贪夜蛾成虫数量动态 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 281-289]