

两种玉米害虫种群动态监测及 不同诱捕器诱集效果评价*

洪霖^{1**} 漆学伟¹ 程森弟² 聂小平³ 张凤贵⁴ 宗小明⁵ 何文云⁶ 梁玉勇^{1***}

(1. 江西省农业科学院植物保护研究所, 南昌 330200; 2. 江西生物科技职业学院, 南昌 330200; 3. 樟树市农业技术推广中心, 宜春 331200; 4. 上高县芦洲乡经济发展办公室, 宜春 336404; 5. 彭泽县黄岭乡农技站, 九江 332725; 6. 全南县农业技术推广中心, 赣州 341800)

摘要 【目的】明确江西省南昌地区草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 在秋玉米上的发生动态, 并比较不同类型诱捕器对成虫的诱集效果。【方法】2021-2022 年在南昌秋玉米上, 采用性诱剂诱捕法调查草地贪夜蛾和亚洲玉米螟成虫发生动态, 采用“W”型 5 点取样法调查草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫的发生情况。【结果】2021 年, 草地贪夜蛾幼虫的第一个虫量高峰出现在玉米小喇叭口期, 第二个高峰出现在抽雄期; 诱捕器的诱蛾量呈现两个明显的峰值, 且基本与田间幼虫动态一致, 峰期相对滞后约 1 周; 2022 年, 幼虫高峰期出现在玉米拔节期至小喇叭口期, 锥桶型诱捕器和桶型诱捕器的诱蛾量分别在大喇叭口期和抽雄期出现高峰。亚洲玉米螟的动态在 2021-2022 年均表现为两个明显的峰期, 2021 年, 幼虫虫量高峰出现在拔节期和抽雄期, 成虫诱蛾量高峰出现在拔节期和开花期; 2022 年, 幼虫高峰出现在小喇叭口期和开花期, 诱蛾量高峰出现在大喇叭口期和抽丝期。诱集效果分析表明, 除 2021 年草地贪夜蛾总诱蛾量外, 锥桶型诱捕器的总诱蛾量和周均诱蛾量显著高于桶型诱捕器 ($P<0.05$), 且回归分析表明两种害虫的田间幼虫数量均与下一周两种诱捕器诱集到的成虫数量呈极显著的正相关 ($P<0.01$)。【结论】在江西南昌地区的秋玉米上, 草地贪夜蛾幼虫的高峰期通常出现在喇叭口期和抽雄期, 建议此时期重点监测成虫动态并开展幼虫防治; 亚洲玉米螟幼虫的两个高峰期分别出现在喇叭口期至拔节期或开花期之间, 应从喇叭口期开始加强亚洲玉米螟幼虫防治并开展成虫监测, 后续重点关注第一个高峰期后的 3-5 周内虫情变化。建议使用锥桶型诱捕器进行草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的防治及成虫动态监测。

关键词 草地贪夜蛾; 亚洲玉米螟; 性诱剂诱捕器; 动态监测; 效果评价

Population dynamics of two maize pests and the performance of two different trap types

HONG Lin^{1**} Qi Xue-Wei¹ CHENG Seng-Di² NIE Xiao-Ping³ ZHANG Feng-Gui⁴
ZONG Xiao-Ming⁵ HE Wen-Yun⁶ LIANG Yu-Yong^{1***}

(1. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Jiangxi Biological Vocational College, Nanchang 330200, China; 3. Agricultural Technology Promotion Center of Zhangshu City, Yichun 331200, China; 4. Economic Development Office of Luzhou Township, Shanggao County, Yichun 336404, China; 5. Agricultural Technical Station of Huangling Township, Pengze County, Jiujiang 332725, China; 6. Agricultural Technology Promotion Center of Quannan County, Ganzhou 341800, China)

Abstract [Aim] To clarify the population dynamics of the moths *Spodoptera frugiperda* and *Ostrinia furnacalis* on autumn maize crops in Nanchang, Jiangxi Province, and compare the effectiveness of two, different, pheromone traps for adult moths.

*资助项目 Supported projects: 江西省重点研发计划项目 (20212BBF63043); 国家重点研发计划重点专项 (2023YFD1400800); 江西省农业科学院基础研究与人才培养专项 (JXSNKYJCRC202338)

**第一作者 First author, E-mail: jxsnkyhl@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期 Received: 2025-02-13; 接受日期 Accepted: 2025-03-19

[Methods] A "W"-shaped five-point sampling method was used to investigate the occurrence of *S. frugiperda* and *O. furnacalis* larvae on autumn maize in Nanchang in 2021 and 2022. The performance of tapered and barrel-shaped sex pheromone traps was also compared in the field. **[Results]** In 2021, the first peak of the *S. frugiperda* larval population occurred during the small tassel stage, and the second peak appeared during the tasseling stage. There were also two distinct peaks of adult moth captures in pheromone traps that generally corresponded to larval population dynamics, but occurred about one week later. In 2022, the larval peak occurred from the jointing to the small tassel stage. Captures in tapered and barrel traps peaked during the big tassel and tasseling stages, respectively. The population dynamics of *O. furnacalis* also exhibited two distinct peaks in both 2021 and 2022. In 2021, the larval population peaked during the jointing and tasseling stages, while the peak of adult moth captures occurred during the jointing and flowering stages. In 2022, the larval peak occurred during the small tassel and flowering stages, but the adult peak occurred during the big tassel and silking stages. Tapered traps significantly outperformed barrel traps in terms of both total moth catch and weekly average catch ($P < 0.05$). A regression analysis revealed a highly significant, positive, correlation between the larval abundance of each species and the number of adults captured the following week ($P < 0.01$). **[Conclusion]** The peak of *S. frugiperda* larval abundance typically occurs during the tasseling and silking stages in autumn maize fields in Nanchang, Jiangxi. Growers should focus on monitoring adult moth dynamics and implementing larval control measures during these periods. Peak *O. furnacalis* larval abundance occurs between the tasseling and jointing stages, as well as between the flowering and silking stages. Therefore, control measures for this pest, together with continuous monitoring of adult moths, should begin in the tasseling stage. Growers should be vigilant for changes in pest population levels 3-5 weeks after the first peak. The use of cone-shaped traps is recommended for both *S. frugiperda* and *O. furnacalis* control, as well as for monitoring adult moth abundance.

Key words *Spodoptera frugiperda*; *Ostrinia furnacalis*; sex pheromone trap; dynamic monitoring; effect evaluation

玉米是全球重要的粮食作物之一,中国作为世界第二大玉米生产国,其玉米总产量占全球总量的 20%以上(刘兴舟等, 2022)。随着人口的持续增长和工业化对玉米的需求增加,玉米已成为我国第一大粮食作物,广泛种植于全国各地(陈立军和唐启源, 2008)。在江西省,尤其适宜种植鲜食玉米(叶川等, 2007)。然而,随着种植面积和产量的逐年增加,病虫害已成为影响玉米产量、品质并制约玉米产业可持续发展的重要因素(韩海亮等, 2016)。其中,草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 是玉米上的主要害虫。

草地贪夜蛾,又称秋黏虫,隶属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*, 原产于美洲热带和亚热带地区,是玉米、水稻等粮食作物的重大致灾害虫(Montezano *et al.*, 2018; Jing *et al.*, 2020)。自 2019 年 1 月草地贪夜蛾入侵云南省以来,随着季风的迁移,该害虫已蔓延至我国多个省份,严重威胁国内玉米产业的安全生产(郭井菲等, 2019; 杨亚军等, 2020; 徐婷婷等, 2023)。草地贪夜蛾可在玉米

的苗期至籽粒期各生育阶段危害,尤以苗期至喇叭口期最为严重,心叶、茎秆、雄穗、花丝和雌穗等部位是其主要为害部位(姜玉英等, 2019)。研究表明,若不进行防治,草地贪夜蛾对玉米的潜在经济损失可高达 375.68-3 283.45 亿元(秦誉嘉等, 2020; 李文静等, 2023)。亚洲玉米螟,俗称玉米钻心虫,属于鳞翅目螟蛾科 Pyralidae 秆野螟属 *Ostrinia*。其低龄幼虫主要危害玉米心叶,取食叶肉;在玉米抽穗后,呈排孔状,并钻蛀茎秆、雄穗柄、雌穗柄等部位,严重时导致茎秆断裂或腐烂,显著降低玉米品质(赵秀梅等, 2014; 周淑香等, 2014),相关研究表明,亚洲玉米螟的危害可导致 10%-20%的玉米产量损失(宋海燕等, 2019)。

针对亚洲玉米螟、草地贪夜蛾等玉米主要害虫的防治,传统方法主要依赖化学农药,这不仅会对天敌及其他非靶标昆虫造成不利影响,同时由于玉米灌浆至采收时间短,在此期间使用化学农药还有可能导致农药残留超标,造成环境污染和食品安全问题(王瑜等, 2022)。

因此,为减少化学防治带来的系列问题,将

昆虫性信息素(性诱剂)及其相关产品应用于农业害虫监测和综合防治,国内外学者开展了广泛的研究(Shorey *et al.*, 1974; Wu *et al.*, 1993; Casanaginer *et al.*, 2003; 唐睿和张钟宁, 2014; 张秀歌等, 2015; 郑丽霞等, 2018; Ando and Yamamoto, 2020; 刘一博等, 2020; 李慧等, 2021; 崔艮中等, 2023; 闫祺等, 2023)。性诱监测不仅具有高度的专一性,而且环保无污染,操作简便,已成为当前农业害虫防治的主要手段,特别是在草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的防控中,取得了良好的经济效益和生态效益(赵秀梅等, 2014; 胡代花等, 2015; 韩海亮等, 2021a, 2021b; Jiang *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2022; 黄建荣等, 2023; 姜玉英等, 2023)。

明确草地贪夜蛾和亚洲玉米螟种群动态对制定有效的综合防控方案至关重要。然而,目前关于这两种害虫在江西地区的种群发生规律及性诱捕器应用效果的系统性研究鲜有报道。因此,本研究于2021年8-11月和2022年8-11月在江西南昌地区开展了连续两年的幼虫种群动态调查和田间成虫诱捕器监测试验,初步明确这两种害虫的种群发生动态,评价不同类型性诱捕器对这两种害虫成虫的诱集效果。本研究旨在通过结合信息素诱芯与多种诱捕器类型,结合田间幼虫发生情况,为制定这两种害虫的综合防治方案提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与试验时间

试验在江西省南昌市南昌县涂家村的江西省农业科学院作物研究所玉米试验基地进行(115°56'29N, 28°33'27"E, 海拔 30 m)。试验地块已连续种植玉米两年,土壤类型为壤土,pH值为6.2,肥力水平为中等,试验田面积为0.5 hm²,划分成12个面积基本一致田块,周围种植了芋头和山药等作物。试验时间分别为2021年8-11月和2022年8-11月。

具体农事操作如下:2021年8月14日进行翻耕后直接播种玉米;2022年7月29日进行翻

耕后直接播种玉米。所用玉米品种均为赣科甜8号。在整个玉米试验期间,除使用30%苯唑草酮悬浮剂(巴斯夫中国有限公司)在苗期和大喇叭口期防治田间杂草外,未施用任何其他化学农药。其他田间管理措施按常规农业操作进行。

1.2 试验材料

性信息素:亚洲玉米螟诱芯(主要成分:顺-12-十四碳烯乙酸酯、反-12-十四碳烯乙酸酯;载体:PVC毛细管)和草地贪夜蛾诱芯(主要成分:顺-9-十四碳烯乙酸酯、顺-7-十二碳烯乙酸酯;载体:PVC毛细管),漳州英格尔农业科技有限公司生产。

诱捕器:桶形诱捕器和锥桶型诱捕器,漳州英格尔农业科技有限公司生产。

1.3 试验方法

根据诱捕器说明书组装诱捕器,每个诱捕器内放置1种性信息素诱芯,每种性信息素与诱捕器组合为一个处理,每个处理设置3组重复,共计12组性信息素诱捕器,在划分好的田块中央设置信息素诱捕器,每两个诱捕器之间的距离超过50 m。每15 d更换1次诱芯。根据玉米的生长状况,调整诱捕器的高度,使其距玉米植株顶端约20 cm。

成虫监测:成虫数量的监测从2021年8月20日和2022年8月5日开始,即秋玉米苗期,之后每7 d左右记录一次草地贪夜蛾和亚洲玉米螟在不同诱捕器中的成虫数量。监测持续至当年11月,此时玉米进入蜡熟期。

幼虫田间调查:在进行成虫监测的同时,调查草地贪夜蛾和亚洲玉米螟在玉米上的幼虫数量和为害情况。每个田块采用“W”型5点取样法,每点调查20株,记录玉米的生育期、两种害虫的幼虫数量和有虫株数。

1.4 数据分析

试验数据采用Excel 2016进行统计,使用SPSS 22.0软件对试验数据进行统计分析,使用

Leven 检验对数据进行同质性检测, 不同时期百株虫量使用 Duncan 氏新复极差法 ($P<0.05$) 分析显著差异性, 不同诱捕器诱蛾量使用独立样本 t 检验法进行差异显著性检验。使用 Pearson 法对幼虫数量和诱蛾量之间进行相关性分析。作图软件采用 GraphPad Prism 9.0 和 Adobe Illustrator 2023。

2 结果与分析

2.1 草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫为害情况

通过对草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的田间调查结果分析可知(表 1, 表 2), 2021-2022 年在南昌秋玉米上, 这两种害虫的幼虫在玉米的各生育阶段均有发生。在 2021 年秋玉米上调查结果显示, 草地贪夜蛾的幼虫在小喇叭口期(9 月 17 日)达到了第一个高峰期。此时的有虫株率和百株虫量分别为 40.67% 和 49.67 头, 显著高于其它时期的草地贪夜蛾的百株虫量 ($F=22.243$, $P<0.0001$)。随后草地贪夜蛾种群数量降低, 并在抽雄期(10 月 1 日)达到第二个高峰期, 有虫株率 31.67% 和百株虫量 37.67 头。对于亚洲玉米螟, 其幼虫的虫量呈现两个明显的高峰期, 分别出现在拔节期(9 月 3 日)和抽雄期(10 月 1 日), 在拔节期, 亚洲玉米螟的有虫株率为 21.33%, 百株虫量为 25.33 头, 显著高于其它时期 ($F=12.144$, $P<0.0001$); 在抽雄期有虫株率和百株虫量增至分别为 17.33% 和 23.67 头。

2022 年秋玉米上的调查结果显示, 草地贪夜蛾的幼虫数量在拔节期(8 月 26 日)达到了第一个高峰期, 其有虫株率为 41.33%, 百株虫量为 54.67 头, 在小喇叭口期(9 月 3 日)的百株虫量也达到了 50.67 头, 拔节期的百株虫量显著高于除喇叭口期外其它时期的百株虫量 ($F=14.958$, $P<0.0001$); 随后草地贪夜蛾的种群数量呈下降趋势, 并在开花期(9 月 22 日)达到第二个高峰期, 有虫株率为 24.67% 和百株虫量为 31.30 头。亚洲玉米螟的幼虫数量在小喇叭口期(9 月 3 日)和开花期(9 月 22 日)均表现出

明显的高峰期, 小喇叭口期的有虫株率为 26.67%, 百株虫量为 33.67 头, 显著高于其它时期 ($F=14.958$, $P<0.0001$); 在开花期, 有虫株率为 21.33%, 百株虫量为 27.33 头。

2.2 秋玉米上草地贪夜蛾和亚洲玉米螟成虫发生动态

2021 年在秋玉米苗期至蜡熟期均能诱集到草地贪夜蛾成虫(图 1: A)。苗期至大喇叭口期诱蛾量逐渐升高, 大喇叭口期(9 月 24 日)出现第一个诱蛾量高峰期, 锥桶型诱捕器和桶型诱捕器内草地贪夜蛾最大诱蛾量分别为 30.67 和 21.33 头/周; 大喇叭口期至抽雄期(10 月 1 日)诱蛾量下降, 开花期(10 月 8 日)出现第二个高峰期, 锥桶型诱捕器和桶型诱捕器诱蛾量分别为 27.33 和 18.00 头/周。

2022 年秋玉米上诱蛾量高峰期出现在 9 月中下旬, 大喇叭口期(9 月 9 日)的锥桶型诱捕器达到最大诱蛾量 38.00 头/周; 抽雄期(9 月 15 日)桶型诱捕器达到最大诱蛾量 30.33 头/周, 之后玉米生育期内诱集到的成虫数量逐渐下降(图 1: B)。

在 2021 年秋玉米中(图 2: A), 亚洲玉米螟的成虫数量在 9 月中旬和 10 月中旬出现两个明显的诱蛾高峰期。第一个诱蛾高峰期出现在拔节期(9 月 3 日), 此时锥桶型诱捕器和桶型诱捕器的诱蛾量分别为 10.67 和 13.67 头/周。之后, 锥桶型诱捕器的诱蛾量在拔节期(9 月 9 日)至大喇叭口期(9 月 24 日)先下降后上升, 随后继续下降。第二个诱蛾高峰期出现在开花期(10 月 8 日), 此时锥桶型诱捕器和桶型诱捕器的诱蛾量分别为 14.33 和 10.6 头/周。

2022 年秋玉米上也出现了两个诱蛾高峰期(图 2: B)。第一个诱蛾高峰期出现在大喇叭口期(9 月 9 日), 此时锥桶型诱捕器和桶型诱捕器的诱蛾量分别为 27.33 和 21.33 头/周。第二个诱蛾高峰期则出现在抽丝期(9 月 29 日), 锥桶型诱捕器和桶型诱捕器的诱蛾量分别为 21.00 和 16.33 头/周。

表 1 2021 年南昌地区玉米草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫发生情况
Table 1 Occurrence of *Spodoptera frugiperda* and *Ostrinia furnacalis* borer larvae in corn field of Nanchang in 2021

调查时间 (年-月-日) Time of investigation (year-month-day)	生育期 Growth period	草地贪夜蛾 <i>S. frugiperda</i>		亚洲玉米螟 <i>O. furnacalis</i>	
		有虫株率 (%) Pest strain rate (%)	百株虫量 (头) Larvae number per 100 plants (ind.)	有虫株率 (%) Pest strain rate (%)	百株虫量 (头) Larvae number per 100 plants (ind.)
2021-08-20	苗期 Seedling stage	10.33	13.67±3.68 fgh	6.67	9.33±3.40 def
2021-08-27	三叶期 Trefoil stage	20.33	24.33±3.40 de	12.00	14.33±3.09 cd
2021-09-03	拔节期 Jointing stage	28.67	35.00±3.74 bc	21.33	25.33±5.44 a
2021-09-09	拔节期 Jointing stage	32.67	41.00±5.72 ab	16.00	20.00±5.35 abc
2021-09-17	小喇叭口期 Small bell stage mouth	40.67	49.67±8.96 a	16.00	20.67±3.68 abc
2021-09-24	大喇叭口期 Big bell stage mouth	17.33	30.33±2.87 cd	14.00	18.33±3.86 bc
2021-10-01	抽雄期 Tasseling stage	31.67	37.67±4.11 bc	17.33	23.67±4.11 ab
2021-10-08	开花期 Flowering stage	19.33	23.00±2.45 def	10.67	16.00±2.16 bcd
2021-10-15	抽丝期 Silking stage	16.67	20.33±3.40 efg	7.67	10.00±2.94 de
2021-10-22	灌浆期 Grain filling stage	12.33	15.67±3.30 fgh	3.00	5.00±1.63 ef
2021-10-29	灌浆期 Grain filling stage	9.00	12.33±2.87 ghi	2.33	2.33±1.25 ef
2021-11-05	乳熟期 Milk stage	5.67	6.33±1.70 hi	2.00	2.67±1.25 ef
2021-11-12	蜡熟期 Dough stage	2.67	3.33±1.25 i	1.67	2.00±0.85 f

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, Duncan 氏新复极差法检验)。下表同。
Data in the same column followed by different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$, Duncan's new multiple range test). The same below.

表 2 2022 年南昌地区玉米田草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫发生情况
Table 2 Occurrence of *Spodoptera frugiperda* and *Ostrinia furnacalis* borer larvae in corn field of Nanchang in 2022

调查时间 (年-月-日) Time of investigation (year-month-day)	生育期 Growth period	草地贪夜蛾 <i>S. frugiperda</i>			亚洲玉米螟 <i>O. furnacalis</i>		
		有虫株率 (%) Pest strain rate (%)	百株虫量 (头) Larvae number per 100 plants (ind.)	有虫株率 (%) Pest strain rate (%)	有虫株率 (%) Pest strain rate (%)	百株虫量 (头) Larvae number per 100 plants (ind.)	百株虫量 (头) Larvae number per 100 plants (ind.)
2022-08-05	苗期 Seedling stage	8.33	11.33±2.05 cd	3.67	3.67	4.67±1.25 h	4.67±1.25 h
2022-08-12	三叶期 Trefoil stage	17.33	21.00±3.56 bc	5.67	5.67	7.00±2.16 gh	7.00±2.16 gh
2022-08-19	拔节期 Jointing stage	25.67	32.00±5.27 b	13.33	13.33	16.33±2.49 ef	16.33±2.49 ef
2022-08-26	拔节期 Jointing stage	41.33	54.00±11.72 a	21.67	21.67	28.67±6.13 ab	28.67±6.13 ab
2022-09-03	小喇叭口期 Small bell stage mouth	39.33	50.67±13.47 a	26.67	26.67	33.67±3.40 a	33.67±3.40 a
2022-09-09	大喇叭口期 Big bell stage mouth	29.33	33.00±6.68 b	17.33	17.33	22.33±2.49 cde	22.33±2.49 cde
2022-09-15	抽雄期 Tasseling stage	23.33	28.67±6.65 b	16.67	16.67	23.67±1.25 bcd	23.67±1.25 bcd
2022-09-22	开花期 Flowering stage	24.67	31.00±5.35 b	21.33	21.33	27.33±2.05 bc	27.33±2.05 bc
2022-09-29	抽丝期 Silking stage	17.33	20.67±2.87 bc	13.00	13.00	18.00±1.63 def	18.00±1.63 def
2022-10-07	灌浆期 Grain filling stage	9.00	12.67±1.70 cd	7.67	7.67	12.67±4.19 fg	12.67±4.19 fg
2022-10-14	灌浆期/乳熟期 Grain filling stage/Milk stage	6.67	8.67±2.05 cd	5.33	5.33	7.00±1.63 gh	7.00±1.63 gh
2022-10-21	乳熟期 Milk stage	8.33	10.33±1.25 cd	4.67	4.67	5.33±0.94 h	5.33±0.94 h
2022-10-28	蜡熟期 Dough stage	4.67	5.67±2.49 d	4.00	4.00	5.67±3.09 h	5.67±3.09 h
2022-11-04	蜡熟期 Dough stage	3.00	3.33±0.94 d	2.33	2.33	3.00±0.82 h	3.00±0.82 h

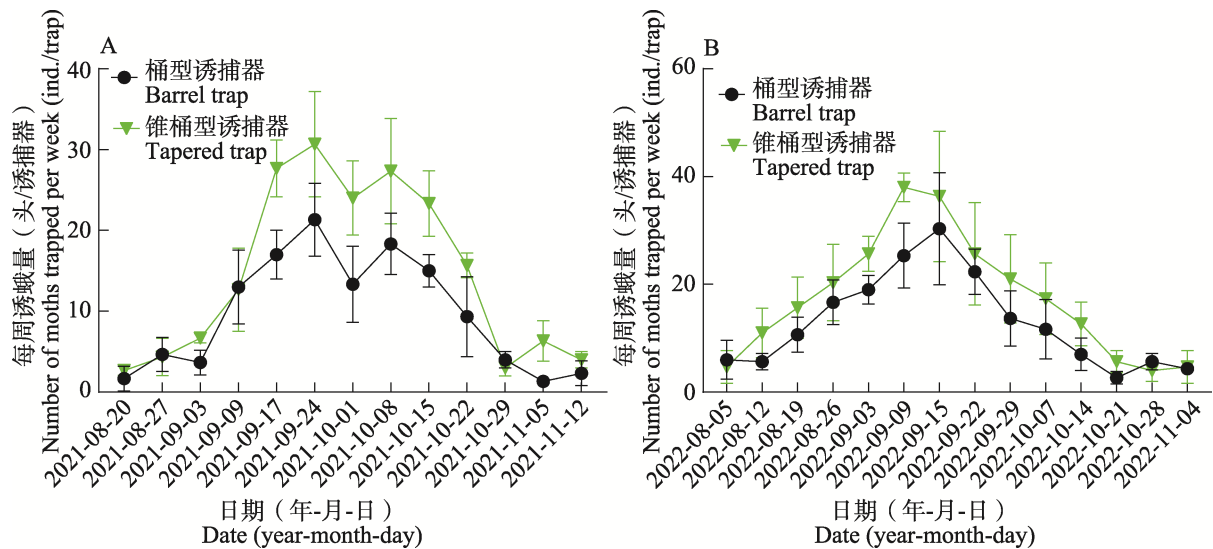


图 1 2021 (A) 和 2022 (B) 年两种不同诱捕器对草地贪夜蛾成虫种群动态监测

Fig. 1 Population dynamics monitoring of *Spodoptera frugiperda* adults with two different traps in 2021 (A) and 2022 (B)

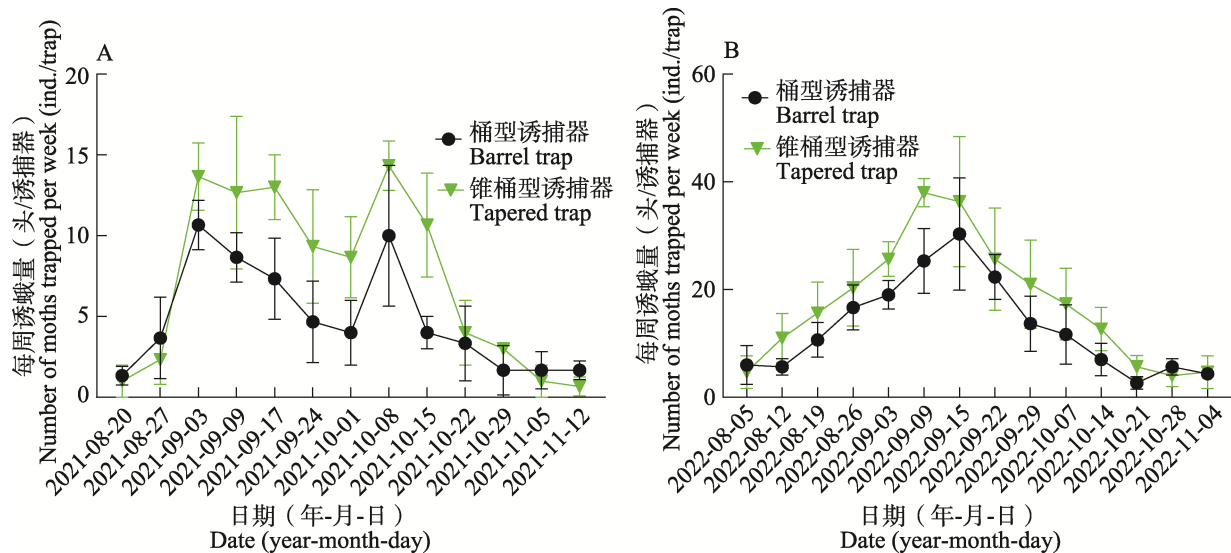


图 2 2021 (A) 和 2022 (B) 两种不同诱捕器对亚洲玉米螟成虫种群动态监测

Fig. 2 Population dynamics monitoring of *Ostrinia furnacalis* adults with two different traps in 2021 (A) and 2022 (B)

2.3 不同诱捕器诱芯组合对草地贪夜蛾和亚洲玉米螟诱集效果评价

根据图 3 和图 4 所示, 不同 类型诱捕器对草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的诱集效果进行比较, 2021-2022 年秋玉米田诱捕器监测试验结果表明, 锥桶型诱捕器在总诱蛾量、最高单次诱蛾量和周均诱蛾量方面均高于桶型诱捕器。具体而言, 2021 年锥桶型诱捕器与桶型诱捕器在草地贪夜蛾的总诱蛾量和周均诱蛾量上未存在显著

差异 ($F=7.767$, $P>0.05$); 2022 年, 两种诱捕器对草地贪夜蛾的总诱蛾量和周均诱蛾量差异显著 ($F=0.672$, $P<0.05$), 最高单次诱蛾量上, 2021 年和 2022 年两种诱捕器的差异并未达到显著水平 (2021 年: $F=0.288$, $P>0.05$; 2022 年: $F=5.386$, $P>0.05$) (图 3)。

2021 年锥桶型诱捕器与桶型诱捕器在亚洲玉米螟的总诱蛾量和周均诱蛾量差异达极显著水平 ($F=2.268$; $P<0.001$), 最高单次诱蛾量差异显著 ($F=0.500$; $P<0.05$); 2022 年的总诱

蛾量和周均诱蛾量差异显著 ($F=1.529$; $P<0.05$), 最高单次诱蛾量差异不显著 ($F=0.976$; $P>0.05$) (图 4)。

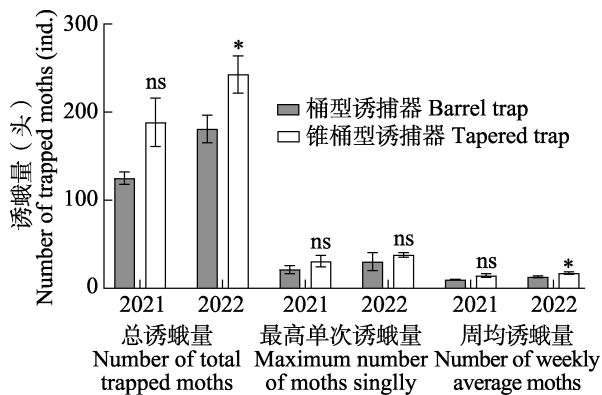


图 3 不同诱捕器对草地贪夜蛾的诱集效果评价
Fig. 3 Evaluation of trapping effect of different traps on *Spodoptera frugiperda*

图中柱上标有星号表示不同处理经独立样本

t 检验法检验差异显著 (* $P<0.05$; *** $P<0.001$);

ns 表示差异不显著 ($P>0.05$)。图 4 同。

The asterisk above bars indicates significant difference between treatments as determined by independent samples t -test (* $P<0.05$; *** $P<0.001$); ns indicates no significant difference ($P>0.05$). The same for Fig. 4.

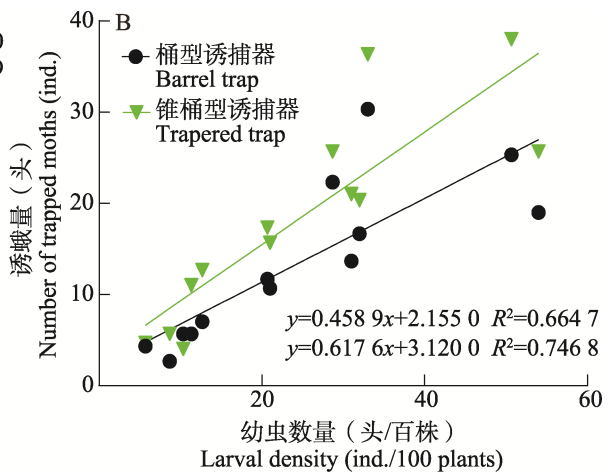
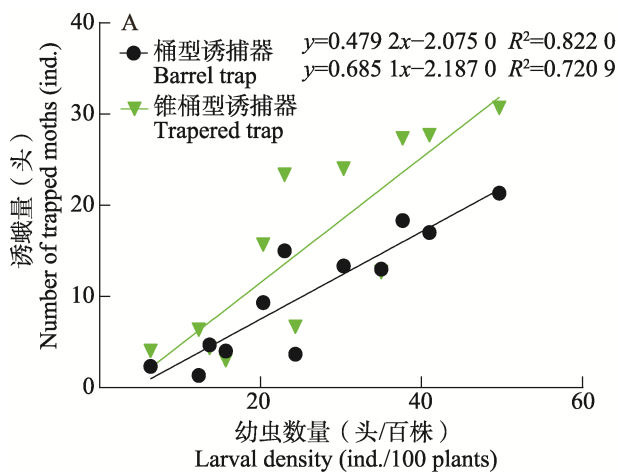


图 5 草地贪夜蛾幼虫数量与诱蛾量回归分析

Fig. 5 Regression analysis of the relationship between the number of *Spodoptera frugiperda* larvae and the amount of moths attracted

A. 2021; B. 2022.

由于性诱捕器监测的高峰期相较于田间幼虫实际情况存在一定滞后, 故在相关性分析中,

将诱蛾量与前一周田间调查的幼虫百株虫量进行了对应处理。图 6 同。

Due to the lag between the peak monitoring period of sex pheromone traps and the actual occurrence of larvae in the field, in the correlation analysis, the number of moths caught was corresponded with the larvae count from the field survey conducted the previous week, and this applies to all similar cases. The same for Fig. 6.

2.4 田间幼虫种群数量与诱蛾量回归分析

为探究秋玉米上草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫与成虫之间的关系, 对两种害虫田间幼虫的百株虫量和不同类型诱蛾量进行回归分析(图 5, 图 6)。结果显示, 2021-2022 年秋玉米上草地贪夜蛾幼虫的百株虫量与下一周统计的诱蛾量均存在极显著正相关关系。2021 年田间幼虫与桶型诱捕器和锥桶型诱捕器诱蛾量的回归方程分

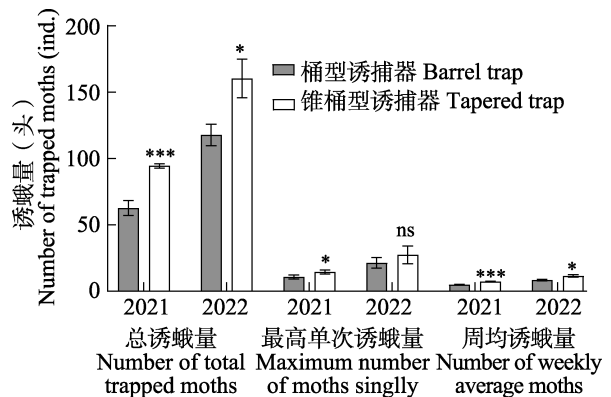


图 4 不同诱捕器对亚洲玉米螟的诱集效果评价

Fig. 4 Evaluation of trapping effect of different traps on *Ostrinia furnacalis*

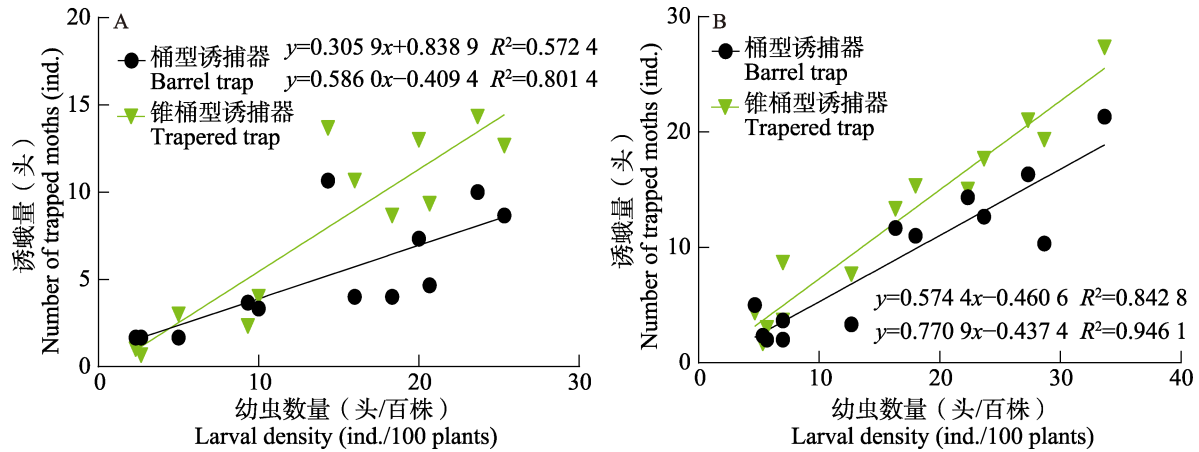


图 6 亚洲玉米螟幼虫数量与诱蛾量回归分析

Fig. 6 Regression analysis of the relationship between the number of *Ostrinia furnacalis* larvae and the amount of moths attracted

A. 2021; B. 2022.

别为: $y=0.4792x-2.0750$ ($R^2=0.8220$; $P<0.01$) 和 $y=0.6851x-2.1870$ ($R^2=0.7209$; $P<0.01$) (图 5: A); 2022 年田间幼虫与桶型诱捕器和锥桶型诱捕器诱蛾量的回归方程分别为: $y=0.4589x+2.1550$ ($R^2=0.6647$; $P<0.01$) 和 $y=0.6176x+3.1200$ ($R^2=0.7468$; $P<0.01$) (图 5: B)。

2021-2022 年秋玉米上亚洲玉米螟幼虫的百株虫量与下一周统计的诱蛾量也均存在极显著正相关关系。2021 年田间幼虫与桶型诱捕器和锥桶型诱捕器诱蛾量的回归方程分别为: $y=0.3059x+0.8389$ ($R^2=0.5724$; $P=0.0044$) 和 $y=0.5860x-0.4094$ ($R^2=0.8014$; $P<0.0001$) (图 6: A); 2022 年田间幼虫与桶型诱捕器和锥桶型诱捕器诱蛾量的回归方程分别为: $y=0.5744x-0.4606$ ($R^2=0.8428$; $P<0.0001$) 和 $y=0.7709x-0.4374$ ($R^2=0.9461$; $P<0.0001$) (图 6: B)。

3 结论与讨论

本研究在江西南昌使用不同诱捕器配合相应诱芯,对秋玉米上的草地贪夜蛾和亚洲玉米螟进行了动态监测。统计分析结果表明,锥桶型诱捕器在诱集动态数量、总诱蛾量和周均诱蛾量等方面均显著优于桶型诱捕器。不同类型的诱捕器对草地贪夜蛾和亚洲玉米螟成虫的诱集效果存在差异,这可能与诱捕器的外形和视觉特性有关(胡代花等, 2015; 杨留鹏等, 2020; 姜玉英等,

2023)。例如,桶型诱捕器的诱集口朝上,而锥桶型诱捕器的诱集口朝下,后者更符合草地贪夜蛾和亚洲玉米螟成虫的飞行习性,有助于提高成虫的诱集效率。此外,锥桶型诱捕器更易于更换诱芯,并且不需要像桶型诱捕器那样在桶体内添加洗衣液或酒精等试剂以防止蛾类成虫重新飞出,这使得锥桶型诱捕器在实际应用中更具操作便利性。因此,在江西地区进行大规模的草地贪夜蛾和亚洲玉米螟监测与防控时,推荐使用锥桶型诱捕器,以提高成虫诱集效率。

通过将性诱捕器的监测结果与田间幼虫调查结果进行对比,发现两者存在一定的滞后现象。2021 年秋玉米上,草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的性诱捕器最大诱集量分别出现在大喇叭口期(9月24日)和抽雄期(10月8日),而幼虫的最大虫量则分别出现在小喇叭口期(9月17日)和抽雄期(10月1日)。2022 年秋玉米上的监测结果也表明,性诱捕器的最大诱蛾量分别出现在大喇叭口期(9月9日)和抽丝期(9月29日),而幼虫的最大虫量则出现在拔节期(9月3日)和开花期(9月22日)。本研究的回归分析也表明,性诱剂诱捕器诱集到的两种害虫成虫数量与田间实际发生量呈显著相关性,但是时间上存在一定的滞后性。这一现象与孙明明等(2020)、张起恺等(2023)的研究结果一致,可能是因为性诱捕器主要诱集的是新羽化、活动性较强的成

虫(冯波等, 2017), 而这些成虫的高峰期通常出现在幼虫高峰期之后。

2021 与 2022 年草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的种群动态对比结果表明, 2022 年田间草地贪夜蛾和亚洲玉米螟幼虫种群数量显著高于 2021 年。该现象可能与 2022 年江西地区 8-10 月的持续高温有关。较高的温度等气候条件有利于草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的生长发育, 可缩短幼虫发育历期, 加速世代更替, 从而导致种群数量增加(Xiao *et al.*, 2016; 谢殿杰等, 2019; 张浩等, 2024)。性诱捕器监测结果显示, 2022 年草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的总诱蛾量、最高诱蛾量和周均诱蛾量均高于 2021 年。这可能与两种害虫对环境的适应性变化有关(万鹏等, 2023), 该等适应性变化可能增强了草地贪夜蛾和亚洲玉米螟对环境资源的利用效率, 从而导致 2022 年成虫数量增加, 并出现更高的诱蛾峰值。

草地贪夜蛾偏好危害玉米的苗期至喇叭口期嫩叶(吕亮等, 2022; 卢辉等, 2023), 因此建议在苗期至喇叭口期进行草地贪夜蛾幼虫的防治, 以有效降低虫口密度, 并同期开展成虫监测, 防止第二次虫害高峰的出现。亚洲玉米螟在秋玉米上的种群动态通常呈现两个明显的高峰期, 且两个高峰期之间的时间间隔约为 3 至 5 周。因此, 应在拔节期至小喇叭口期对幼虫进行防治, 并开展成虫监测; 第二个高峰期通常出现在开花期至抽丝期, 应根据其发生动态开展防治工作。

本研究通过动态监测草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的发生情况及幼虫种群动态调查, 不仅为筛选适宜的诱捕器组合提供了理论依据, 还初步揭示了江西南昌地区草地贪夜蛾和亚洲玉米螟在秋玉米上的发生动态, 为制定这两种害虫的综合防治策略提供了科学依据。

参考文献 (References)

- Ando T, Yamamoto M, 2020. Semiochemicals containing lepidopteran sex pheromones: Wonder land for a natural product chemist. *Journal of Pesticide Science*, 45(4): 191–205.
- Casanaginer V, Oliver JE, Jang E, Carvalho L, 2003. Syntheses and behavioral evaluations of fluorinated and silylated analogs of raspberry ketone as attractants for the melon fly, *Bactrocera*

- cucurbitae* (Coquillett). *Journal of Entomological Science*, 38(1): 111–119.
- Chen LJ, Tang QY, 2008. Population quality indices and effect factors of high yield maize. *Crop Research*, 22(5): 428–434. [陈立军, 唐启源, 2008. 玉米高产群体质量指标及其影响因素. 作物研究, 22(5): 428–434.]
- Cui GZ, Li FL, Xue JG, Wang JW, Zhang CS, Zhang D, Lü KF, Ma Y, Wang L, 2023. Progress in research on the application of insect pheromone technology in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(2): 534–553. [崔良中, 李粉莲, 薛建光, 王俊文, 张从顺, 张迪, 吕凯飞, 马燕, 王琳, 2023. 我国昆虫信息素应用技术的概况及研究展望. 应用昆虫学报, 60(2): 534–553.]
- Feng B, Guo QS, Zhu F, Wang X, Liu WC, Jiang YY, Zhong L, Du YJ, 2017. Ovarian development and synthetic sex pheromone lure trapping of adults of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 60(2): 211–221. [冯波, 郭前爽, 朱凤, 王笑, 刘万才, 姜玉英, 钟玲, 杜永均, 2017. 迁飞性害虫稻纵卷叶螟成虫的卵巢发育与性诱剂诱捕. 昆虫学报, 60(2): 211–221.]
- Guo JF, He KL, Wang ZY, 2019. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(3): 361–369. [郭井菲, 何康来, 王振营, 2019. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策. 应用昆虫学报, 56(3): 361–369.]
- Han HL, Tan HP, Zhao FC, Bao F, Wang GY, 2016. Main diseases and pests of sweet and waxy corn in Zhejiang Province and their comprehensive control. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 57(12): 1970–1973. [韩海亮, 谭禾平, 赵福成, 包斐, 王桂跃, 2016. 浙江省鲜食甜糯玉米主要病虫害及综合防治. 浙江农业科学, 57(12): 1970–1973.]
- Han HL, Chen B, Zheng XS, Zhao FC, Yao XM, Shi CH, Xu HX, Lü ZX, Wang GY, 2021a. Trapping efficacy and influencing factors of sex attractants on the trapping of *Spodoptera frugiperda* in fresh corn field. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 23(5): 930–937. [韩海亮, 陈斌, 郑许松, 赵福成, 姚晓明, 石春华, 徐红星, 吕仲贤, 王桂跃, 2021a. 不同性诱剂对鲜食玉米田草地贪夜蛾的诱捕效果及影响因子研究. 农药学报, 23(5): 930–937.]
- Han HL, Zhang JM, Bao F, Liu M, Zhao FC, Tan HP, Wang YG, Lü YB, 2021b. Trapping efficiency of different sex pheromone lures for Asian corn borer and its application in population monitoring. *Plant Protection*, 47(5): 310–313, 319. [韩海亮, 章金明, 包斐, 刘敏, 赵福成, 谭禾平, 王桂跃, 吕要斌, 2021b. 不同性诱剂对亚洲玉米螟的诱捕效率及在种群监测中的应用. 植物保护, 47(5): 310–313, 319.]
- Hu DH, Yang XW, Han D, Wang H, 2015. Study on the trapping effects and field application of different sex attractants against

- Ostrinia furnacalis*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 17(1): 101–105. [胡代花, 杨晓伟, 韩鼎, 王晖, 2015. 不同性诱剂对亚洲玉米螟的引诱效果及田间应用初探. *农药学报*, 17(1): 101–105.]
- Huang JR, Xu YW, Li GP, Hu G, Zhai BP, Cui GZ, Wang L, Liu J, Wang ZY, Zhang GY, Feng HQ, 2023. An analysis of monitoring methods and occurrence patterns of *Spodoptera frugiperda* in Henan in 2019–2021. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1070–1080. [黄建荣, 徐永伟, 李国平, 胡高, 翟保平, 崔良中, 王琳, 刘杰, 王振营, 张国彦, 封洪强, 2023. 2019–2021年河南省草地贪夜蛾监测方法与发生特点分析. *应用昆虫学报*, 60(4): 1070–1080.]
- Jiang NJ, Mo BT, Guo H, Yang J, Tang R, Wang CZ, 2022. Revisiting the sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new invasive pest in South China. *Insect Science*, 29(3): 865–878.
- Jiang YY, Liu J, Xie MC, Li YH, Yang JJ, Zhang ML, Qiu K, 2019. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019. *Plant Protection*, 45(6): 10–19. [姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 李亚红, 杨俊杰, 张曼丽, 邱坤, 2019. 2019年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测. *植物保护*, 45(6): 10–19.]
- Jiang YY, Yang XM, Liu J, 2023. Efficacy of four sex pheromone lures for *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1181–1186. [姜玉英, 杨现明, 刘杰, 2023. 四种草地贪夜蛾性诱产品诱集效果评价. *应用昆虫学报*, 60(4): 1181–1186.]
- Jing DP, Guo JF, Jiang YY, Zhao JZ, Sethi A, He KL, Wang ZY, 2020. Initial detections and spread of invasive *Spodoptera frugiperda* in China and comparisons with other noctuid larvae in cornfields using molecular techniques. *Insect Science*, 27(4): 780–790.
- Li H, Hong XW, Zhang ZY, Fan YF, Wang ZY, 2021. Progress in research on insect olfactory receptors and their mechanisms of signal transduction. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 58(4): 795–809. [李慧, 洪习文, 张智毅, 樊逸菲, 王争艳, 2021. 昆虫嗅觉受体及其介导的信号转导机制研究进展. *应用昆虫学报*, 58(4): 795–809.]
- Li JM, Huang TT, Xu N, Xu XY, Yu HC, 2022. The facial and short method for the synthesis of Z/E-isomers of acetate of 12-tetradecene-1-ol components of the sex pheromone *Ostrinia furnacalis*. *Chemistry of Natural Compounds*, 58(3): 520–523.
- Li WJ, Zhang TT, Guo JF, Jiang LT, Xu D, Xu M, Wan P, 2023. Population dynamics and dispersal of *Spodoptera frugiperda* larvae in maize fields in Hubei Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1081–1089. [李文静, 张天涛, 郭井菲, 姜理涛, 许冬, 许敏, 万鹏, 2023. 湖北玉米田草地贪夜蛾幼虫种群动态及扩散规律. *应用昆虫学报*, 60(4): 1081–1089.]
- Liu XZ, Li M, Zhang J, Cheng RJ, Fu H, Ma GM, 2022. The dehydration and mechanical harvesting of maize grain: Research progress. *Journal of Agriculture*, 12(7): 64–68. [刘兴舟, 李猛, 张建, 陈瑞估, 付华, 马桂美, 2022. 玉米籽粒脱水及机收籽粒研究进展. *农学学报*, 12(7): 64–68.]
- Liu YB, Liu JF, Ma Y, Zeng ZJ, He XJ, 2020. The diversity and specificity of insect pheromones. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(5): 1056–1063. [刘一博, 刘俊峰, 马烨, 曾志将, 何旭江, 2020. 昆虫化学通讯之谜. *应用昆虫学报*, 57(5): 1056–1063.]
- Lü L, Xia HX, Guo L, Chang XQ, Wan P, Zhang S, 2022. Effect of feeding *Spodoptera frugiperda* corn or *Sorghum* on oviposition site selection and fitness. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(3): 542–550. [吕亮, 夏红霞, 郭蕾, 常向前, 万鹏, 张舒, 2022. 草地贪夜蛾对玉米和高粱的产卵选择及寄主适合度. *应用昆虫学报*, 59(3): 542–550.]
- Lu H, Tang JH, Lü BQ, Qiu HY, Zhang QK, Liu YL, 2023. Compensatory growth by corn plants induced by the feeding of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1125–1132. [卢辉, 唐继洪, 吕宝乾, 邱海燕, 张起恺, 刘彦龙, 2023. 海南鲜食玉米对草地贪夜蛾危害的补偿效应研究. *应用昆虫学报*, 60(4): 1125–1132.]
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE, 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2): 286–300.
- Qin YJ, Yang DC, Kang DL, Zhao ZH, Zhao ZH, Yang PY, Li ZH, 2020. Potential economic loss assessment of maize industry caused by fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Plant Protection*, 46(1): 69–73. [秦誉嘉, 杨冬才, 康德琳, 赵紫华, 赵中华, 杨普云, 李志红, 2020. 草地贪夜蛾对我国玉米产业的潜在经济损失评估. *植物保护*, 46(1): 69–73.]
- Shorey HH, Kaae RS, Gaston LK, 1974. Sex pheromones of Lepidoptera: Development of a method for pheromone control of *Pectinophora gossypiella* in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 64(3): 347–350.
- Song HY, Zhang QQ, Li LL, Lu ZB, Li C, Sun JS, Yu Y, Men XY, 2019. Study on maize yield loss by *Ostrinia furnacalis* (Guenée) and *Dichocrocis punctiferalis* (Guenée) damage. *Shandong Agricultural Sciences*, 51(6): 135–138. [宋海燕, 张晴晴, 李丽莉, 卢增斌, 李超, 孙劲松, 于毅, 门兴元, 2019. 亚洲玉米螟和桃蛀螟危害对玉米产量损失的影响. *山东农业科学*, 51(6): 135–138.]
- Sun MM, Lü GQ, Feng HK, Zhao WX, 2020. Preliminary study on the trapping effect of different monitoring tools on the adults of *Spodoptera frugiperda* in Henan Province. *China Plant Protection*, 40(7): 51–54. [孙明明, 吕国强, 冯贺奎, 赵文新, 2020. 河南省不同测报工具对草地贪夜蛾成虫诱集效果初探. *中国植保导刊*, 40(7): 51–54.]
- Tang R, Zhang ZN, 2014. An overview of recent progress in lepidopteran pheromone researches. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1149–1162. [唐睿, 张钟宁, 2014. 鳞翅目

- 昆虫的信息素研究新进展. 应用昆虫学报, 51(5): 1149–1162.]
- Wan P, Lü BQ, Lu H, Tang JH, Qiu HY, Zhang QK, Li JH, 2023. Comparison of the life table of *Spodoptera frugiperda* populations kept under either a constant indoor, or a variable outdoor, temperature. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1141–1147. [万鹏, 吕宝乾, 卢辉, 唐继洪, 邱海燕, 张起恺, 李金花, 2023. 在室内恒温 and 室外变温下的草地贪夜蛾种群生命表比较. 应用昆虫学报, 60(4): 1141–1147.]
- Wang Y, Dai XY, Wang RJ, Liu Y, Chen H, Zheng L, Dong XL, Zhai YF, 2022. Effects of residues of pesticides commonly used in corn fields on *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at different time after application. *Acta Entomologica Sinica*, 65(7): 852–865. [王瑜, 代晓彦, 王瑞娟, 刘艳, 陈浩, 郑礼, 董小林, 翟一凡, 2022. 施药后不同时间玉米田中常用农药残留对玉米螟赤眼蜂的影响. 昆虫学报, 65(7): 852–865.]
- Wu WQ, Bengtsson M, Hansson BS, Liljefors T, Löfstedt C, Prestwich GD, Sun WC, Svensson M, 1993. Electrophysiological and behavioral responses of turnip moth males, *Agrotis segetum* to fluorinated pheromone analogs. *Journal of Chemical Ecology*, 19(1): 143–157.
- Xiao L, He HM, Huang LL, Geng T, Fu S, Xue FS, 2016. Variation of life-history traits of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* in relation to temperature and geographical latitude. *Ecology and Evolution*, 6(15): 5129–5143.
- Xie DJ, Zhang L, Cheng YX, Jiang XF, 2019. Age-stage two-sex lifetable for laboratory populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* at different temperature. *Plant Protection*, 45(6): 20–27. [谢殿杰, 张蕾, 程云霞, 江幸福, 2019. 不同温度下草地贪夜蛾年龄-阶段实验种群两性生命表的构建. 植物保护, 45(6): 20–27.]
- Xu TT, Hu F, Hu BJ, Bi SJ, Wang ZY, Xu LN, 2023. Effect of soil moisture and flooding on the emergence and reproduction of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1133–1140. [徐婷婷, 胡飞, 胡本进, 毕思佳, 王振营, 徐丽娜, 2023. 土壤湿度和浸水对草地贪夜蛾羽化和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 60(4): 1133–1140.]
- Yan Q, Yang TT, Dong SL, 2023. Review of research on the hybrid pheromone system in lepidopteran insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(2): 323–334. [闫祺, 杨婷婷, 董双林, 2023. 蛾类昆虫混合型性信息素研究进展. 应用昆虫学报, 60(2): 323–334.]
- Yang LP, Song ZX, Li YH, Wang L, Yu WJ, Wang SK, Xu HH, Zhang ZX, 2020. Evaluation of the trapping effect of different types of attractant lures and traps combinations on *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Environmental Entomology*, 42(6): 1344–1350. [杨留鹏, 宋紫霞, 李拥虎, 王琳, 余伟杰, 汪诗凯, 徐汉虹, 张志祥, 2020. 不同类型性诱剂诱芯及诱捕器组合对草地贪夜蛾诱集效果评价. 环境昆虫学报, 42(6): 1344–1350.]
- Yang YJ, Xu HX, Hu Y, Han HL, Qian JN, Lü ZX, 2020. Growth development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* during the seedling stage on different types of maize. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(6): 1345–1349. [杨亚军, 徐红星, 胡阳, 韩海亮, 钱佳宁, 吕仲贤, 2020. 草地贪夜蛾在不同类型玉米苗期的生长发育与繁殖. 应用昆虫学报, 57(6): 1345–1349.]
- Ye C, Liao MQ, Liu XS, Zhang BX, Yu CX, Cheng XQ, 2007. Pollution-free high-yield cultivation techniques of fresh maize in red soil agricultural region, *Acta Agriculture Jiangxi*, 19(6): 35–37. [叶川, 廖绵清, 刘小三, 章彪雄, 余喜初, 程旭权, 2007. 红壤农区鲜食玉米无公害高产栽培技术. 江西农业学报, 19(6): 35–37.]
- Zhang H, Jiang JX, Li WW, Yue Y, Wang JY, You CM, Chen YJ, Ji XY, 2024. Effects of temperature and parasitoids on the growth and development of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(6): 1268–1279. [张浩, 蒋杰贤, 李文伟, 岳阳, 王金彦, 尤春梅, 陈义娟, 季香云, 2024. 温度和寄生蜂对草地贪夜蛾生长发育的影响. 应用昆虫学报, 61(6): 1268–1279.]
- Zhang QK, Lü BQ, Jiang YY, Lu H, Tang JH, Qiu HY, Wan P, 2023. Three methods for analysing *Spodoptera frugiperda* population dynamics in spring maize crops in Hainan. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1090–1098. [张起恺, 吕宝乾, 姜玉英, 卢辉, 唐继洪, 邱海燕, 万鹏, 2023. 三种方法监测草地贪夜蛾在海南春玉米上种群动态分析. 应用昆虫学报, 60(4): 1090–1098.]
- Zhang XG, Li X, Sun XX, Li SH, Dong WX, 2015. Effect of plant volatiles on moth sex pheromone. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(6): 1333–1344. [张秀歌, 李祥, 孙小旭, 李思翰, 董文霞, 2015. 植物挥发物对蛾类昆虫性信息素的影响. 应用昆虫学报, 52(6): 1333–1344.]
- Zhao XM, Wang ZY, Zhang SQ, Wang LX, Wang LD, Wu LL, Li QC, Liu Y, 2014. Evaluation of different integrated, multiple, green, control techniqueto control the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3): 680–688. [赵秀梅, 王振营, 张树权, 王连霞, 王立达, 武琳琳, 李青超, 刘洋, 2014. 亚洲玉米螟绿色防控技术组装集成田间防效测定与评价. 应用昆虫学报, 51(3): 680–688.]
- Zheng LX, Wu LH, Yu L, Wu WJ, Wei HY, 2018. Advances in the research and application prospects of insect parapheromones. *Journal of Plant Protection*, 45(6): 1185–1193. [郑丽霞, 吴兰花, 余玲, 吴伟坚, 魏洪义, 2018. 昆虫类信息素研究进展及应用前景. 植物保护学报, 45(6): 1185–1193.]
- Zhou SX, Lu X, Wang ZY, Li LJ, Zhang GH, Ding Y, 2014. Study on the corn yield loss damaged by the second generation of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3): 676–679. [周淑香, 鲁新, 王振营, 李丽娟, 张国红, 丁岩, 2014. 二代玉米螟为害玉米产量损失研究. 应用昆虫学报, 51(3): 676–679.]