

四种草地贪夜蛾性诱产品诱集效果评价*

姜玉英^{1**} 杨现明² 刘杰¹

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 【目的】验证我国草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 主要性诱产品的诱集效果、专一性、持效性和稳定性, 丰富我国草地贪夜蛾监测防控技术手段。【方法】2020年10月23日至12月29日, 在我国草地贪夜蛾发生严重的云南寻甸, 田间试验了中捷四方生物科技股份有限公司 (ZJ)、宁波纽康生物技术有限公司 (NK)、深圳百乐宝生物农业科技有限公司 (BLB) 和中国农业科学院植物保护研究所 (ZB) 4种性诱产品直接试验 (ZJ-0、NK-0、BLB-0、ZB-0) 和田间放置 30 d (ZJ-30、NK-30、BLB-30、ZB-30) 计 8 个处理对目标害虫和杂虫的诱集量, 统计累计 68 d 的总诱蛾量、日均诱蛾量、最高和次高蛾峰值, 以及捕获率及其变异系数、杂虫率。【结果】综合总诱蛾量、日均诱蛾量、最高和次高蛾峰值, 8 个处理诱集效果由高至低依次为 ZJ-30、NK-0、BLB-0、ZB-0、NK-30、ZJ-0、BLB-30 和 ZB-30; 捕获率以 ZJ-30 最高, 其次是 BLB-0 和 NK-0, 两者无差异, 再次是 ZB-0; 4 种产品的稳定性由高至低依次为 NK、BLB、ZJ 和 ZB。BLB-0、NK-0 和 ZB-0 诱到黄地老虎 *Agrotis segetum*、劳氏粘虫 *Mythimna loreyi* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 3 种杂虫, 杂虫率最高为 2.08%。【结论】持效性方面, ZJ 和 BLB 两种产品可保证 80 d 的诱集效果, NK 和 ZB 有 50 d 的诱集效果; 稳定性方面, 以 NK、BLB 产品表现较优; 专一性方面, ZJ 未诱到杂虫, 另外 3 种杂虫率较低。建议草地贪夜蛾监测上优先选用稳定性较好的 NK 和 BLB, 且 30 d 更换诱芯; 防治上 4 种产品均可用, 优先选用诱蛾量高、持效期长的 ZJ、NK 和 BLB, 50-80 d 更换一次诱芯。

关键词 草地贪夜蛾; 性诱监测; 效果评价

Efficacy of four sex pheromone lures for *Spodoptera frugiperda*

JIANG Yu-Ying^{1**} YANG Xian-Ming² LIU Jie¹

(1. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China;

2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract 【Objectives】To evaluate the attractiveness, specificity, persistence and stability of the main sex pheromone lures used to trap *Spodoptera frugiperda* in China, and thereby improve the monitoring and control of this pest. 【Methods】The number of *S. frugiperda* and other insects trapped using different experimental lure products was recorded and compared during a major *S. frugiperda* outbreak in Xundian, Yunnan province between October 23 and December 29, 2020. Data collected included the total trap catch, daily average catch, the highest, and second highest, capture peaks of *S. frugiperda*, as well as the capture rate, its coefficient of variation and by-catch rate over 68 days. 【Results】The effectiveness of the 8 pheromone lures could be ranked from high to low in terms of total *S. frugiperda* trap catch, daily average *S. frugiperda* catch, and the highest, and second highest, *S. frugiperda* capture peaks, as follows: ZJ-30 > NK-0 > BLB-0 > ZB-0 > NK-30 > ZJ-0 > BLB-30 > ZB-30. Traps with the ZJ-30 lure had the highest capture rate, followed by those with the BLB-0 and NK-0 lures. Lures can be ranked in terms of stability, from high to low, as follows: NK > BLB > ZJ > ZB. The highest proportion of non-target pests (2.08%) were caught in traps with the BLB-0, NK-0 and ZB-0 lures, which trapped *Agrotis segetum*, *Mythimna loreyi* and ladybird beetles. 【Conclusion】The ZJ and BLB lures continued to trap insects for 80 days, whereas NK and ZB were only effective for 50 days. The NK and BLB products were the most stable, whereas, ZJ was the most species-specific lure. We recommend that the NK and BLB lures should be preferentially selected for monitoring *S. frugiperda*

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2021YFD1400702)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: jiangyuying@agri.gov.cn

收稿日期 Received: 2022-09-30; 接受日期 Accepted: 2023-03-25

on the basis of their superior stability, and that lure cores should be replaced within 30 days. All four sex pheromone products can effectively control *S. frugiperda*, however, the ZJ, NK and BLB lures are the best because of their higher capture rates and longer effective period. Lure cores should be replaced once every 50-80 days.

Key words *Spodoptera frugiperda*; sexual induction monitoring; application evaluation

2019年草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 入侵我国并快速扩展,对我国玉米等粮食作物生产安全构成严重威胁。为解决基层无简便有效监测工具这一当务之急,2019年始国内多家企业、科研单位研发出草地贪夜蛾性诱产品,一些产品在田间表现出较好的诱集效果(和伟等,2019;车晋英等,2020;孙明明等,2020),为虫情及时监测提供了成本低、安装方便、敏感性强的有效工具。随着草地贪夜蛾在全国的广泛扩散,以及做好玉米全生育期的监测和防控的需要,农业农村部将性诱技术作为做好全国草地贪夜蛾防控的重要措施,要求在成虫发生高峰期,集中连片使用性诱、灯诱、食诱等各类诱集措施,诱杀迁入成虫,相关企业和科研单位提供了长持效期的性诱产品。为验证产品的诱集效果、专一性、持效性、稳定性,2020年在草地贪夜蛾发生的

代表性区域、对应用范围较广的重点性诱产品开展了系统试验。试验结果和发现的问题对生产研发配方完善、工艺改进等方面具有重要意义,由此引导相关企业和科研单位为实现草地贪夜蛾监测防控提供更为高效的物质保障。

1 材料与方法

1.1 供试材料

性诱芯分别由深圳百乐宝生物农业科技有限公司(BLB)、宁波纽康生物技术有限公司(NK)、中捷四方生物科技股份有限公司(ZJ)、中国农业科学院植物保护研究所(ZB)提供,4种诱芯的主要有效成分、含量和载体见表1。供试诱捕器均采用深圳百乐宝生物农业科技有限公司生产的草地贪夜蛾专用黄色桶型卡扣诱捕器。

表1 草地贪夜蛾试验性诱芯主要有效成份、含量和载体

Table 1 Main active ingredients, content, and carrier of lure cores for *Spodoptera frugiperda*

生产单位 Production unit	诱芯主要有效成分 Main active ingredients	含量 (mg/枚) Content (mg/ each piece)	诱芯载体 Carrier
深圳百乐宝生物农业科技有限公司(BLB)	顺 9-十四碳烯乙酸酯(Z9-14: Ac)、顺 7-十二碳烯乙酸酯(Z7-12: Ac)	12	聚乙烯(PE)胶管
中捷四方生物科技股份有限公司(ZJ)	顺 9-十四碳烯乙酸酯(Z9-14: Ac)、顺 11-十六碳烯乙酸酯(Z11-16: Ac)、顺 7-十二碳烯乙酸酯(Z7-12: Ac)	3	聚氯乙烯(PVC)胶管
宁波纽康生物技术有限公司(NK)	顺 7-十二碳烯乙酸酯(Z7-12: Ac)、顺 9-十四碳烯乙酸酯(Z9-14: Ac)	1.45	聚氯乙烯(PVC)胶管
中国农业科学院植物保护研究所(ZB)	顺 9-十四碳烯乙酸酯(Z9-14: Ac)、顺 11-十六碳烯乙酸酯(Z11-16: Ac)、顺 7-十二碳烯乙酸酯(Z7-12: Ac)	1.00	聚氯乙烯(PVC)胶管

1.2 试验设计

试验地点在云南省寻甸县金源乡,试验地块面积为2 hm²。试验时间为2020年10月23日至12月29日;种植作物为小麦,品种为农民自留种,播种日期为2020年8月15日至10月1日。

农民管理地块,正常施用杀虫剂,小麦一般施用1-2次。

每种性诱芯产品设为2个处理,即诱芯直接试验,分别编号BLB-0、ZJ-0、NK-0、ZB-0;诱芯在田间放置30 d后试验,分别编号BLB-30、ZJ-30、NK-30、ZB-30;每个处理设置5个重复,

即田间共有 8 个处理 40 个诱捕器。各产品、处理和重复在田间相互交叉、随机排列。诱捕器间距 30 m 以上, 底部离地面垂直高度 1.2 m 以上, 保持高出作物冠层 20 cm。每天固定在上午 9:00 调查记录每个诱捕器内的诱虫数量, 并记录夜间平均气温等气象要素。

1.3 数据处理

每个处理每天 5 个诱捕器诱集总蛾量记为单日诱蛾量, 监测期单日诱蛾量总和记为总诱蛾量。日均诱蛾量为总诱蛾量除以监测天数。在某段观测期内, 诱蛾量最高和次高的一日诱蛾量为最高蛾峰值和次高蛾峰值。

捕获率为某一处理每日诱蛾量占各处理当日诱集总蛾量的百分比。

杂虫率为诱集到草地贪夜蛾以外的昆虫数量占总诱虫数量的百分比。

数据采用 Excel 2007 处理。

2 结果与分析

2.1 诱蛾数量与诱集效果

4 种诱芯 8 个处理在 10 月 23 日至 12 月 29 日共计 68 d 的诱集总蛾量、最高和次高蛾峰值有差异(表 2), 但种群动态趋势基本相同(图 1)。

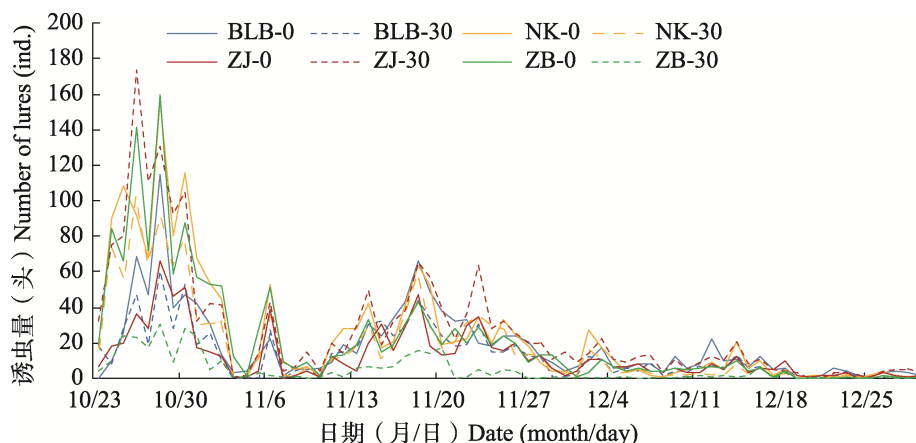


图 1 4 种诱芯 8 个处理对草地贪夜蛾的田间诱集动态

Fig. 1 Dynamics of field trapping of 8 lure core treatments against *Spodoptera frugiperda*

BLB-0、BLB-30、NK-0、NK-30、ZJ-0、ZJ-30、ZB-0 和 ZB-30 分别表示诱芯提供单位、田间放置天数。下表和下图同。

BLB-0, BLB-30, NK-0, NK-30, ZJ-0, ZJ-30, ZB-0, ZB-30 indicate the unit providing the lure core and the number of days in the field before the test, respectively. The same as the following tables and figures.

8 个处理的总诱蛾量为 322-1 864 头, ZJ-30、NK-0、ZB-0、NK-30 和 BLB-0 共有 5 个处理的总诱蛾量均高于各处理平均值; 10 月 26 日和 28 日见最高诱蛾高峰, ZJ-30 和 ZK-30 比其他 6 个处理早 2 d; ZJ-30、ZB-0、NK-0 和 BLB-0 共有 4 个处理峰值高于平均值; 8 个处理的次高蛾峰均出现在 11 月 18 日, BLB-0、ZJ-30 和 NK-0 共有 3 个处理峰值高于平均值; 除 ZB-30 外, 其他 7 个处理分别于 12 月 12 日和 14 日见观察期内的最后一个蛾峰, BLB-0、NK-0 和 ZJ-30 峰日蛾量为 21-22 头, BLB-30、ZJ-0、ZB-0 和 NK-30 为 8-13 头, 可见, ZJ 和 BLB 可保证 80 d 的诱集效果, NK 和 ZB 也有 50 d 的诱集效果。综合总诱蛾量、最高和次高及最终蛾峰值, 8 个处理诱集效果由高到低依次为 ZJ-30、NK-0、BLB-0、ZB-0、NK-30、ZJ-0、BLB-30 和 ZB-30 (图 2)。

2.2 捕获率与稳定性

计算各处理平均捕获率(表 3), 数值高者表示捕获能力强, 其中, ZJ-30 平均捕获率最高, 明显高于其他 7 个处理; BLB-0 和 NK-0 次高, 两者无差异, 明显高于 ZB-0、ZJ-0、NK-30、BLB-30 和 ZB-30; ZB-0 明显高于 ZJ-0、NK-30、BLB-30 和 ZB-30; ZJ-0 与 NK-30 无差异, 明显

表 2 不同处理诱集草地贪夜蛾总量和峰值
Table 2 Total amount and peak value of *Spodoptera frugiperda* collected by different lure core treatment

处理 Treatment	BLB-0	NK-0	ZB-0	ZJ-0	BLB-30	NK-30	ZB-30	ZJ-30	平均值 Mean
总诱蛾量 (头) Total moth trapping (ind.)	1 215	1 665	1 485	865	886	1 222	322	1 864	1 191
蛾峰值 (头) Moth peak (ind.)	最高值 Maximum	115	156	160	66	60	102	31	174
	次高值 Secondary	66	64	43	47	44	59	16	65
	最终值 Final	22	21	10	12	13	8	21	14
日均诱蛾量 (头) Average daily moth (ind.)	18	24	22	13	13	18	5	27	18

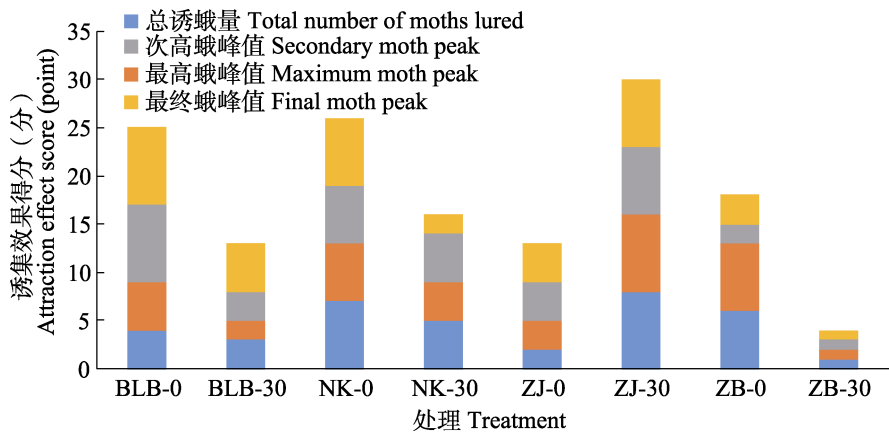


图 2 4 种诱芯 8 个处理对草地贪夜蛾的田间诱集效果得分
Fig. 2 Number order of field trapping of *Spodoptera frugiperda* by 8 treatments of 4 lure cores
总诱蛾量、最高蛾峰值、次高蛾峰值和最终蛾峰值 4 项指标诱蛾量由高至低分别各得 1、2、3、4 分。
Score 1, 2, 3, and 4 points for each of the four indicators of total moth attraction, highest moth peak, second highest moth peak, and final moth peak, from high to low, respectively.

表 3 8 种不同处理对草地贪夜蛾的捕获率
Table 3 Capture rate of *Spodoptera frugiperda* by 8 lure core treatments

处理 Treatment	BLB-0	NK-0	ZB-0	ZJ-0	BLB-30	NK-30	ZB-30	ZJ-30	平均值 Mean
平均捕获率 (%) Average capture rate (%)	16.3 a	15.7 a	13.3 b	11.3 c	9.9 d	10.3 c	2.5 d	20.6 e	12.5
标准偏差 Standard deviation	8.58	7.99	9.13	6.53	5.46	5.35	2.63	8.29	6.75
变异系数 Coefficient of variation	0.53	0.51	0.69	0.58	0.55	0.52	1.05	0.40	0.60

数据后标有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$, F 检验)。
Data with different letters indicate significant differences ($P<0.05$, F test).

高于 BLB-30 和 ZB-30; NK-30 与 BLB-30 无差异, 明显高于 ZB-30。

变异系数即标准偏差与平均值之比, 可以更客观地反映各处理捕获率的离散程度, 变异系数小者表示捕获能力相对稳定。由表 3 可以看出, ZJ-30 变异系数最小, 其次是 NK-0、NK-30 和 BLB-0, 再次为 BLB-30 和 ZJ-0, 而 ZB-0 和 ZB-30 变异系数大于平均值, 捕获能力相对不稳定。同一产品诱芯直接试验和在田间放置 30 d 后试验,

NK-0 与 NK-30 变异系数相差最小 (0.01), 其次是 BLB-0 与 BLB-30 (相差 0.02), 再次是 ZJ-0 与 ZJ-30 (相差 0.18), 最后是 ZB-0 与 ZB-30 (相差 0.36), 即稳定性由高到低依次为 NK、BLB、ZJ 和 ZB。

2.3 杂虫率与专一性

BLB-0、NK-0 和 ZB-0 于 10 月 26-29 日诱到黄地老虎 *Agrotis segetum*、劳氏粘虫 *Mythimna*

loreyi 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis*, 3 个处理单日最高杂虫率分别为 2.08%、1.23%和 1.67%(表 4), 其他处理均未诱到目标外杂虫, 表现出较好的专一性。

表 4 不同处理诱集杂虫率 (%)
Table 4 The ratio (%) of trapping insects other than *Spodoptera frugiperda* by different treatments

处理 Treatment	日期 Date			
	10/26	10/27	10/28	10/29
BLB-0	1.43	2.08	0.86	0
NK-0	0	0.64	1.23	0.86
ZB-0	0	1.24	1.67	0

3 讨论

3.1 优化性信息素组份, 提高专一性

昆虫性信息素主要有效成分决定诱集目标害虫的专一性和诱集效果。美国科学家鉴定出草地贪夜蛾性信息素有 7 种成分(江幸福等, 2019), 田间诱蛾试验表明, Z7-12: Ac 和 Z9-14: Ac 具有高效诱蛾活性, Z11-16: Ac 和 Z9-12: Ac 对诱蛾效果有增效作用; 巴西学者还鉴定出 E7-12: Ac (反 7-十二碳烯乙酸酯) 是巴西草地贪夜蛾种群性诱剂中的重要活性成分。Jiang 等 (2022) 在我国云南草地贪夜蛾种群雌性信息素腺体提取液中筛选到 Z9-14:Ac、Z11-16:Ac、Z7-12:Ac 或 E7-12:Ac, 其比例为 100 : 15.8 : 3.9, 发现雄蛾触角上具有 2 种类型的嗅觉感器, 分别感受 Z9-14: Ac 和 Z7-12:Ac, 没有发现感受 E7-12:Ac 和 Z11-16:Ac 的感器, 确定入侵云南的草地贪夜蛾种群的主要性信息素成分是 Z9-14: Ac 和 Z7-12 : Ac (100 : 3.9)。本研究草地贪夜蛾诱芯主要有效成分为 Z9-14: Ac、Z11-16: Ac 和 Z7-12: Ac, 试验产品由其中的 2-3 种成分不同比例和含量组成, 而 Z9-14: Ac 和 Z7-12: Ac 是供试 4 个产品都有的成分, 与 Jiang 等 (2022) 的研究结论相符。诱集结果证明以上主要有效成分配方产品都具有较好的诱集效果, 在草地贪夜蛾种群较低时也表现较高的敏感性。试验产品有效含量有 1、1.45、3 和 12 mg, 其含量的差别导

致诱蛾量出现 10 倍左右的差别。以上有 3 种组分与劳氏粘虫性信息素的成分相同、配比接近, 导致本研究及各地田间诱到该虫。因此, 需要进一步优化诱芯主要有效成分组成、比例和含量, 在协调有效性、敏感性的同时, 研究草地贪夜蛾性信息素的微量组分, 这往往是性信息素物种特异性的关键成分, 进一步提高专一性, 为实现诱蛾量的自动准确计数奠定基础。

3.2 优化性诱芯载体, 兼顾持效性和稳定性

田间试验发现两个问题, 问题 1 是有的产品在更换诱芯的前几天诱虫量较低, 随后诱虫量突增, 原因可能是性诱剂载体材料即聚乙烯在 0 ℃ 以下低温贮存会导致其物理结构改变, 孔隙变得细小, 载体中注入的性信息素无法释放出来, 或者与性信息素一起注入载体的稀释剂在冷冻低温时粘稠度变大, 导致性诱芯从冷冻低温拿出使用初期 2-3 d 内性信息素释放量过低, 因此, 性诱产品生产者应在充分试验基础上, 告知使用者诱芯的保存条件, 以避免使用者按常规性诱产品一样存放在较低温度 (- 15 ℃ 至 - 5 ℃), 影响诱集性能稳定发挥。问题 2 是有的产品在田间使用一段时间后, 出现诱虫量明显增加、与田间实际虫量不匹配现象。其原因可能是诱芯生产者为了保证较长持效期, 在加大诱芯性信息素含量的同时, 利用缓释剂控制前期性信息素的释放, 但随着缓释作用的衰退, 性信息素释放量增加, 导致田间实际虫量不高情况下诱虫量较高, 影响数据的代表性和可比性。因此, 需要选择合适的载体和缓释剂, 确保性信息素释放的稳定性和持效性。

3.3 探明性诱效果影响因素, 提高适用性

不同公司生产的草地贪夜蛾性诱剂对不同地理种群昆虫的诱集效果有显著差别。北美和英国生产的草地贪夜蛾在中美洲的哥斯达黎加、墨西哥恰帕斯沿海地区和南美洲巴西的草地贪夜蛾诱蛾效果存在差异(江幸福等, 2019)。我国在草地贪夜蛾性诱产品应用中发现, 相同产品在北方和南方诱集效果有较大差异, 田间系统试验也发现同一产品在不同试验点、不同地势高度的

田块诱集效果也有差异。草地贪夜蛾性信息素组分为双键化合物,这是产品表现不太稳定的内在因素,同时也易受光照、温度、湿度、风速等环境因素的影响。试验期间,当地 10 月下旬平均气温 14.8 °C, 11 月和 12 月平均气温分别为 11.8 °C、8.4 °C, 其中 11 月 1 日最高气温为 24.2 °C, 12 月 27 日最低气温为 - 0.3 °C, 温度除可能影响草地螟夜蛾发育和活动外,还会影响性信息素的释放,从而会对产品作用发挥造成影响。因此,需要在不同区域和不同季节条件下,进一步研究草地贪夜蛾发生活动规律和交配行为等生物学习性,分析草地贪夜蛾性信息素的地区差异性及当地优势害虫的性信息素组分,研发对草地贪夜蛾高效专一的性诱产品,提高性诱产品诱集效果的稳定性。

参考文献 (References)

- Che JY, Chen H, Chen YM, Wang FL, Lu Peng, Zhu JP, Zhang HB, Xiao LB, Jiang CY, Jin L, Zhu ZF, Zhang F, 2020. Trapping effect of four different sex attractants on *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 46(2): 261–266. [车晋英, 陈华, 陈永明, 王风良, 卢鹏, 朱加萍, 张海波, 肖留斌, 姜春义, 金玲, 朱展飞, 张芳, 2020. 4 种不同性诱剂对玉米草地贪夜蛾诱集作用. 植物保护, 46(2): 261–266.]
- He W, Zhao SY, Ge SS, Jiang YY, Zhao XC, Wu KM, 2019. Population prediction method using sexual trapping for *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 45(4): 48–53. [和伟, 赵胜园, 葛世帅, 姜玉英, 赵新成, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾种群性诱测报方法研究. 植物保护, 45(4): 48–53.]
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, Song LL, 2019. Advances in migration and monitoring techniques of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith). *Plant Protection*, 45(1): 12–18. [江幸福, 张蕾, 程云霞, 宋琳琳, 2019. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展. 植物保护, 45(1): 12–18.]
- Jiang NJ, Mo BT, Guo HG, 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.
- Sun MM, Lv 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.]