

2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测

姜玉英^{1*}, 刘杰¹, 谢茂昌², 李亚红³, 杨俊杰⁴, 张曼丽⁵, 邱坤⁶

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 广西壮族自治区植物保护总站, 南宁 530022;

3. 云南省植保植检站, 昆明 650034; 4. 湖北省植物保护总站, 武汉 430070;

5. 海南省植物保护总站, 海口 570223; 6. 安徽省植物保护总站, 合肥 230001)

摘要 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 侵入我国后呈现快速蔓延为害态势, 对我国玉米安全生产造成较大威胁。本文通过全国范围的系统监测, 总结了 2019 年我国草地贪夜蛾侵入扩散区域、为害作物种类、发生面积、发生时间、虫口密度和为害情况。监测结果显示, 玉米是我国草地贪夜蛾为害最重的作物。草地贪夜蛾在长江以南地区普遍发生, 发生区域由南至北逐步扩散, 虫口密度由南至北逐步递减, 发生时间西部早于东部, 虫口密度西部大于东部。缅甸是我国 2019 年重要的虫源地, 未来应加强对缅甸、泰国和越南等东南亚国家虫源的监测; 我国热带和南亚热带存在冬繁区, 应尽快摸清其区域和面积; 分析了草地贪夜蛾在我国可能发生的代次, 提出南方春玉米的种植对草地贪夜蛾起到诱集作用, 可延缓或减轻其北迁的时间和虫量, 因此, 应重视我国玉米品种和种植方式的合理布局, 实现对草地贪夜蛾的长期有效治理。

关键词 草地贪夜蛾; 扩散规律; 为害作物; 发生时间; 虫口密度

中图分类号: S 431.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019539

Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019

JIANG Yuying¹, LIU Jie¹, XIE Maochang², LI Yahong³, YANG Junjie⁴, ZHANG Manli⁵, QIU Kun⁶

(1. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Plant Protection General Station, Nanning 530022, China; 3. Yunnan Provincial Plant Protection and Plant Inspection Station, Kunming 650034, China; 4. Hubei Provincial Plant Protection General Station, Wuhan 430070, China; 5. Hainan Provincial Plant Protection General Station, Haikou 570223, China; 6. Anhui Provincial Plant Protection General Station, Hefei 230001, China)

Abstract After the invasion of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in China, it spread rapidly and threatened the safety of maize production in China. This paper summarized the spreading regions, crop species damaged, occurrence area, occurrence time, population density and damage situation of *S. frugiperda* in China in 2019 through systematic monitoring nationwide. The monitoring results showed that maize was the most favorite crop of *S. frugiperda* in China. The occurrence regions of *S. frugiperda* were widely spread in the south of the Yangtze River. The population density gradually decreased from south to north. It occurred earlier in the west than in the east, and the population density in the west was higher than that in the east. Burma is an important source of *S. frugiperda* in China in 2019. In the near future, monitoring of the pest in Southeast Asian countries such as Burma, Thailand and Vietnam should be strengthened. There are winter breeding areas in tropical and subtropical areas of China. We should find out its regions and area as soon as possible. The generation number of *S. frugiperda* in China was analyzed. The planting of spring maize in southern China was suggested, which could induce damage degree in north region, delay the the date and reduce the amount that spread to the north China. In summary, we

收稿日期: 2019-10-09 修订日期: 2019-10-13

基金项目: 农业生态风险监测与控制技术课题(2016ZX08012-004)

致谢: 全国各级植保技术人员提供调查基础数据, 中国农业科学院吴孔明院士对调查工作给予指导, 中国农业科学院植物保护研究所王振营研究员、赵胜园博士、吴秋琳博士做了大量种类鉴定和风场分析工作, 深圳百乐宝生物有限公司苏敏董事长提供英文资料。

* 通信作者 E-mail: jiangyuying@agri.gov.cn

should put more attention to the rational distribution of maize varieties and planting modes to achieve long-term effective control of *S. frugiperda*.

Key words *Spodoptera frugiperda*; law of diffusion damage; crop damage; occurrence time; larval density

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 起源于美洲热带和亚热带地区, 由于具有较强的适生性、迁飞性、杂食性, 目前已成为跨国界跨洲际的重大农业害虫。南北迁飞是草地贪夜蛾在美洲季节性发生的原因^[1], 也是在非洲各国快速扩散、由非洲侵入亚洲以及在亚洲国家间蔓延的重要因素^[2-3]。2019 年 1 月发现草地贪夜蛾侵入我国云南省江城^[4], 1—3 月份在云南多地蔓延为害, 4 月份相继侵入广西、广东、贵州、湖南、海南, 5 月份快速扩散至福建、湖北、浙江、四川、江西、重庆、河南等地^[5]。分析我国虫情扩展, 缅甸等境外虫源、我国热带和南亚热带虫源可自行迁飞、或随春季与夏季盛行偏南风或西南季风, 向东和北迁飞至黄淮海等我国玉米主产区^[6-7]。我国大部地区与草地贪夜蛾的发源地美国处于同一纬度, 作物生长的气候条件类似, 且草地贪夜蛾最喜食的玉米在我国广泛分布, 我国大部地区为草地贪夜蛾适生区^[8-9], 因此, 草地贪夜蛾对我国玉米生产造成直接威胁。系统观测草地贪夜蛾在我国发生发展动态和为害情况, 做到早发现、早报告、早预警, 指导科学有效防控外, 明确北迁区域、迁入时间、种群密度和为害特点等, 对研究草地贪夜蛾在我国的发生规律、制定长效治理对策和措施具有重要意义。

1 方法

1.1 调查时间和地点

2019 年 1 月 3 日至 2019 年 10 月 10 日, 在全国玉米种植区域进行相关调查。

1.2 调查方法

幼虫及其为害调查, 苗期至灌浆期的玉米等作物田, 每块田取 5 点, 玉米抽雄前采用“W”形、抽雄后“梯子形”取样, 每点取 10 株, 各点间隔距离视田块大小而定。观察到叶片、心叶、茎秆、雄穗、花丝、雌穗等部位受害计为被害株, 再调查受害部位的幼虫, 分辨龄期, 分别记载被害株和幼虫数量, 以见虫田块面积来计算发生面积, 玉米一个生长季只计一次面积。

成虫采用性诱方法, 在玉米等寄主作物全生育期, 设置罐式等类型诱捕器, 诱芯置于诱捕器内, 每

日上午检查记载诱到的蛾量。每块田设 3 个重复。苗期玉米等低矮作物田在田块内部诱捕器呈三角形放置, 相邻 2 个诱捕器间距大于 50 m, 每个诱捕器与田边距离大于 5 m, 诱捕器放置高度为距地面 1.2 m; 成株期玉米田, 将 3 个诱捕器直线放置于同一田埂, 相邻 2 个诱捕器间距大于 50 m, 距田边 1 m 左右, 诱捕器放置高度为高出植物冠层 20 cm。诱芯每隔 30 d 更换 1 次。虫量少时 5 d 调查 1 次, 虫量多时 1~2 d 查 1 次。田间性诱在 7 月份质量稳定, 故记录数据较为系统。

1.3 数据处理

按县记载首见幼虫日期、平均和最高被害株率、平均和最高百株虫量, 以本省各发生县平均被害株率、最高被害株率、平均百株虫量和最高百株虫量的平均值为全省值; 各省按月份记载新增县数和查实发生面积。

2 结果与分析

2.1 发生区域

截至 10 月 8 日, 草地贪夜蛾侵入西南、华南、江南、长江中下游、黄淮、西北、华北地区的 26 省(区、市) 1 518 个县(区、市), 宁夏、内蒙古、北京、天津、河北、山东、河南、江苏、陕西、甘肃等省份的 80 个县份仅见成虫(表 1), 未侵入青海、新疆、辽宁、吉林、黑龙江等西北和东北 5 省份。其中, 位置最南(纬度最低)的点是海南省三亚市(109.752 5°E, 18.400 1°N), 位置最北(纬度最高)的点为北京市昌平区(115.975 0°E, 40.456 8°N); 位置最西(经度最低)的县为西藏自治区林芝市墨脱县(95.333 0°E, 29.325 2°N), 位置最东(经度最高)的县为山东省烟台市福山区(121.160 3°E, 37.457 6°N), 横跨 25.83 个经度、22.05 个纬度。西南地区海拔高的点, 四川省为巴塘县(竹巴笼乡, 海拔 2 900 m), 云南省为迪庆州香格里拉市(海拔 2 570 m), 西藏自治区为林芝市芒康县索多西乡(海拔 2 400 m)。云南、广西、广东、海南、福建等周年繁殖区发生县数占比为 25.4%, 四川、贵州、重庆、西藏、江西、湖南、湖北、浙江、上海、江苏、安徽等迁飞过渡区占比为 52.0%, 河南、山东、河北、山西、陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、北京、天津等重点防范区

占比为22.8%。发生县数占农业总县数的比例,云南和海南为100%,广西、湖南、贵州、浙江为90%以上,湖北、重庆、安徽超过80%,广东、江西、四川、江苏超过70%,除西藏外,地理位置越向南,其发生分布越广。

表 1 26 个省份 2019 年 1 月—9 月草地贪夜蛾发生县数¹⁾

Table 1 Number of counties where <i>Spodoptera frugiperda</i> occurred in 26 provinces from January to September, 2019										
省份 Province	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar	4 月 Apr	5 月 May	6 月 Jun	7 月 Jul	8 月 Aug	9 月 Sept	合计 Total
云南 Yunnan	13	7	17	57	28	7	0	0	0	129
广西 Guangxi	0	0	0	76	19	2	1	2	0	100
广东 Guangdong	0	0	0	13	64	9	4	1	0	91
贵州 Guizhou	0	0	0	6	68	16	1	0	0	91
湖南 Hunan	0	0	0	2	112	5	1	0	0	120
海南 Hainan	0	0	0	1	17	0	0	0	0	18
福建 Fujian	0	0	0	0	33	11	1	2	1	48
浙江 Zhejiang	0	0	0	0	54	17	7	2	1	81
江西 Jiangxi	0	0	0	0	55	16	3	2	2	78
湖北 Hubei	0	0	0	0	64	25	0	0	0	89
四川 Sichuan	0	0	0	0	72	32	20	6	0	130
重庆 Chongqing	0	0	0	0	24	3	3	0	2	32
河南 Henan	0	0	0	0	1	35	12	28(7)	10(1)	86(8)
安徽 Anhui	0	0	0	0	47	20	20	2	0	89
江苏 Jiangsu	0	0	0	0	2	15	32(2)	13(1)	(2)	62(5)
上海 Shanghai	0	0	0	0	4	5	0	1	0	10
西藏 Tibet	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
陕西 Shaanxi	0	0	0	0	2	19	32(2)	8	0	61(2)
山东 Shandong	0	0	0	0	0	0	8	31(4)	6(3)	45(7)
甘肃 Gansu	0	0	0	0	0	0	22(3)	6(3)	0	28(6)
山西 Shanxi	0	0	0	0	0	0	3	12	1	16
宁夏 Ningxia	0	0	0	0	0	0	(1)	(14)	(1)	(16)
内蒙古 Inner Mongolia	0	0	0	0	0	0	0	(1)	0	(1)
河北 Hebei	0	0	0	0	0	0	0	27(6)	4(11)	31(17)
北京 Beijing	0	0	0	0	0	0	0	(1)	(9)	(10)
天津 Tianjin	0	0	0	0	0	0	0	0	(8)	(8)
合计 Total	13	7	17	155	667	239	170(8)	143(37)	27(35)	1 438(80)

1) 括号内为仅见成虫县数。
Data in parentheses are number of counties where only adults were observed.

2.2 为害作物

我国各地调查发现,草地贪夜蛾幼虫为害的作物有15种(表2),玉米是其主要的寄主,其次为甘蔗、高粱,谷子、小麦、水稻、薏米、花生、莠术、香蕉、生姜、竹芋、马铃薯、油菜、辣椒等作物也发现被害;云南、海南、湖南、湖北还发现皇竹草、马唐、牛筋草、苏丹草等禾本科杂草受害。8月14日,广西钦州市灵山县武利镇0.3 hm²水稻田(分蘖初期,品种为‘陵两优1844’)发生草地贪夜蛾,多为3~4龄幼虫,田块因杂草较多而于一周前喷施除草剂。9月27日,云南省昆明市寻甸县金源乡约333 hm²处于

苗期的小麦发生草地贪夜蛾,多为低龄幼虫咬食叶片。8月份贵州和云南还发现其为害自生小麦苗。各作物中,以生育早期和细嫩部位最易受害,叶片窗孔状和破洞、寄主组织被钻蛀是其共同的为害特征。玉米从苗期至籽粒期均可受害,首见为害期从南至北以苗期至喇叭口期最为普遍,心叶、茎秆、雄穗、花丝、雌穗等都是其钻蛀为害的重点部位,云南省4—5月出现干旱,德宏、保山等区域还发现幼虫从玉米、甘蔗茎基部钻入茎秆取食为害,造成枯心苗。山东滕州9月中旬发现在马铃薯根茎部钻蛀为害。

表 2 22 个省份草地贪夜蛾为害作物种类和面积¹⁾
Table 2 Crops and areas of damaged by *Spodoptera frugiperda* in 22 provinces

省份 Province	发生面积/hm ² Occurrence area														
	玉米 Maize	甘蔗 Sugarcane	高粱 Sorghum	薏米 Job's tears	谷子 Millet	花生 Peanut	生姜 Ginger	香蕉 Banana	竹芋 Arrowroot	莪术 Curcuma	水稻 Rice	马铃薯 Potato	油菜 Rape	辣椒 Pepper	小麦 Wheat
云南 Yunnan	630 527	9 373. 3	733. 3	0	0	0	0. 1	0	0	0	0	0	0	0	333. 3
广西 Guangxi	136 614	1 970. 1	16. 3	0	0	20	0	23. 3	0. 2	0	0. 3	0	0	0	0
广东 Guangdong	9 122	18. 5	0	0	0	0. 3	0	7. 3	0	0	0	0	0	0	0
海南 Hainan	208	0	0	0	0	0	0	0	0	69. 1	0	0	0	0	0
福建 Fujian	457	1. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0. 2	0
贵州 Guizhou	22 989	0	1 006. 7	95	0. 1	0	0. 2	0	0	0	0	0	0	0	0
四川 Sichuan	75 313	325. 9	6. 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0. 7	0	0
重庆 Chongqing	1 337	0	243. 2	0	0	0	0	×	0	0	0	0	0	0	0
西藏 Tibet	1 472	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
江西 Jiangxi	8 556	106. 7	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
湖南 Hunan	56 783	42. 5	499. 6	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
湖北 Hubei	99 985	9. 8	106. 7	4	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
浙江 Zhejiang	3 792	0. 1	66. 7	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
上海 Shanghai	1 313	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
江苏 Jiangsu	2 291	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
安徽 Anhui	6 353	0	0	0	0	0	0	×	×	0	0	0	0	0	0
河南 Henan	1 758	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
陕西 Shaanxi	5 011	×	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
甘肃 Gansu	286	×	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
山西 Shanxi	724	×	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
山东 Shandong	281	0	0	0	0	0	0	×	×	×	0	5. 3	0	0	0
河北 Hebei	246	×	0	0	0	0	0	×	×	×	0	0	0	0	0
合计 Total	1 065 418	11 847. 9	2 679. 1	99	0. 1	20. 3	0. 3	30. 6	0. 2	69. 1	0. 3	5. 3	0. 7	0. 2	333. 3

1) “×”为无此作物种植。
“×” means not planted.

2.3 发生面积

草地贪夜蛾在云南、广西、广东、贵州、湖南、海南、重庆、福建、浙江、江西、湖北、四川、河南、安徽、江苏、上海、西藏、陕西、山东、甘肃、山西、河北等 22 省(区、市) 1 438 个县(区、市)见幼虫,玉米发生面积为 106.5 万 hm^2 ,占比达 98.6%,甘蔗、高粱、谷子、小麦、薏米、花生、莠术、香蕉、生姜、竹芋、水稻、马铃薯、油菜、辣椒等 14 种作物累计发生面积 1.5 万 hm^2 (表 2)。按省份,云南、广西、湖北、四川、湖南、贵州发生面积合计占比达

96%,其他 16 个省份各自占比都不足 1%(图 1)。按区域,云南、广西、广东、海南、福建等周年繁殖区发生面积占比为 73%,四川、贵州、重庆、西藏、江西、湖南、湖北、浙江、上海、江苏、安徽等迁飞过渡区占比为 26%,河南、山东、河北、山西、陕西、甘肃等重点防范区占比为 0.8%。发生面积占比高的月份,广西为 4 月份,广东、浙江为 5 月,福建、江西、四川、西藏、湖南、上海为 6 月,云南、海南、贵州、重庆、湖北、安徽、甘肃为 7 月,江苏、河南、陕西、山东、山西、河北为 8 月(图 2)。

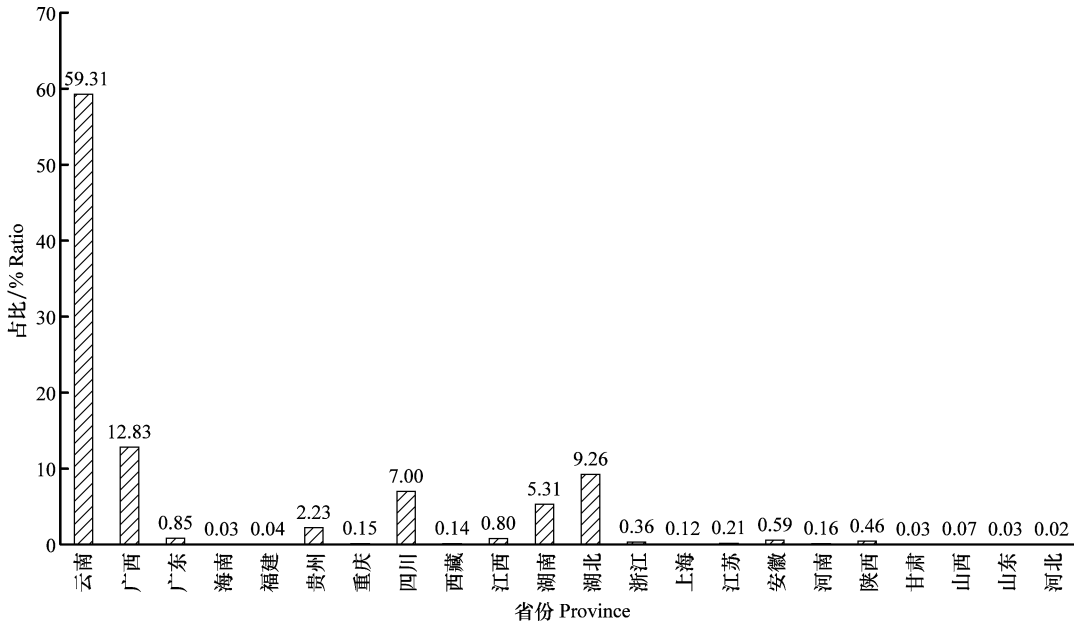


图 1 2019 年 1 月—9 月 22 个省份草地贪夜蛾幼虫发生面积占比

Fig. 1 Percentages of *Spodoptera frugiperda* larvae occurrence areas in 22 provinces from January to September, 2019

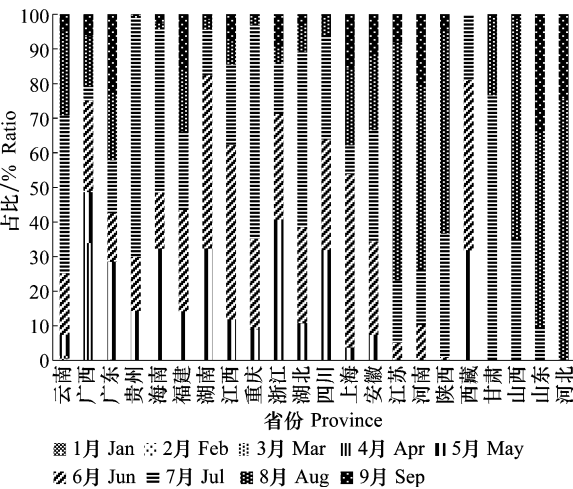


图 2 22 个省份 2019 年 1 月—9 月草地贪夜蛾幼虫发生面积占比

Fig. 2 Percentages of *Spodoptera frugiperda* larvae occurrence areas from January to September, 2019 in 22 provinces

2.4 发生时间

1 月 11 日首先在与老挝和越南接壤的云南省

普洱市江城县宝藏镇发现草地贪夜蛾幼虫,至 3 月底德宏、保山、玉溪、临沧、西双版纳、红河、文山 8 州市计 37 个县见幼虫。4 月份广西、广东、湖南、贵州、海南见虫,5 月份新增了福建、浙江、江西、湖北、四川、重庆、河南、安徽、江苏、上海、西藏、陕西 12 个省份,6 月份未增加新发幼虫省,6 月 20 日山东临沂市郯城性诱到成虫;7 月份以后,江淮以北省份扩展快,山东、甘肃、山西见幼虫,宁夏彭阳县 7 月 31 日性诱到成虫,8 月份河北发现幼虫,内蒙古阿拉善左旗 8 月 5 日和北京昌平 8 月 29 日性诱见成虫,9 月份天津东丽区性诱,9 月 20 日性诱到成虫。发生省份首发地点多为该省份的南部(表 3)。统计各省首见幼虫县数出现的盛期(表 3),呈现由南至北逐步扩散的特点;纬度接近的省份发生期从早至晚比较,云南>广西>广东,贵州>湖南>江西,四川>湖北,陕西>河南>江苏,总体呈现西部省份早于东部的特点。按全国发生县数计,5 月份增加的县数占

比为 44%,6 月份为 16%,4 月、7 月、8 月为 10%~12%,9 月份占 4%,1—3 月合计占 2.5%;按全国发生面积计,7 月份增加的面积占比为 38%,5 月、6 月、8 月分别为 11%、23%、19%,4 月、9 月占约 5%,1—3 月份合计占比为 5%(图 3)。

表 3 2019 年 26 个省份草地贪夜蛾发生时间¹⁾
Table 3 Date of *Spodoptera frugiperda* larvae occurrence in 26 provinces in 2019

省份 Province	首见日(月-日)及地点 First sight date and site	终见日(月-日)及地点 Finally sight date and site	发生盛期 Peak of occurrence
云南 Yunnan	01-11 江城县	06-27 德钦县	4 月中下旬
广西 Guangxi	04-03 都安(03-11 宜州市)	08-18 福绵区	4 月中下旬
广东 Guangdong	04-23 增城区	07-25 澄海区	5 月上中旬
海南 Hainan	04-25 海口市	05-11 三亚市	5 月上旬
福建 Fujian	05-06 南安市	09-17 流清县	5 月下旬
贵州 Guizhou	04-24 望谟县	07-08 织金县	5 月中旬
四川 Sichuan	05-08 西昌市	08-29 宝兴县	5 月下旬
重庆 Chongqing	05-08 北碚区	09-11 忠县	5 月下旬
西藏 Tibet	05-30 墨脱县	06-28 芒康县	6 月上旬
江西 Jiangxi	05-07 信丰县	09-25 黎川县	5 月下旬
湖南 Hunan	04-25 宜章县	07-03 天元区	5 月下旬
湖北 Hubei	05-08 仙桃市	06-21 利川市	5 月下旬
浙江 Zhejiang	05-08 建德市	09-05 路桥区	5 月下旬
上海 Shanghai	05-22 奉贤区	08-06 闵行区	6 月上旬
江苏 Jiangsu	05-24 宜兴市	08-28 洪泽区(09-13 灌南县)	6 月中旬
安徽 Anhui	05-17 黄山区	08-06 颍泉区	5 月下旬
河南 Henan	05-10 浉河区	09-07 封丘县(09-03 偃师市)	6 月中旬
陕西 Shaanxi	05-31 洋县	08-20 潼关县	6 月中旬
甘肃 Gansu	07-02 武都(07-27 西峰区)	08-17 靖远县(08-16 环县)	7 月中旬
山西 Shanxi	07-05 曲沃县	09-10 尧都区	8 月中旬
山东 Shandong	07-16 滕州市(06-20 郯城县)	09-17 东明县(09-14 岱岳区)	7 月底至 8 月初
宁夏 Ningxia	(07-31 彭阳县)	(09-04 沙坡头区)	8 月上旬
内蒙古 Inner Mongolia	(08-05 阿拉善左旗)	—	—
河北 Hebei	08-16 魏县(08-16 栾城县)	09-02 临城县(09-24 霸州)	8 月中下旬
北京 Beijing	(08-29 昌平区)	(09-30 门头沟区)	9 月下旬
天津 Tianjin	(09-20 东丽区)	(09-30 武清区)	9 月下旬

1) 括号内为成虫时间和地点。
Data in parentheses are for adults.

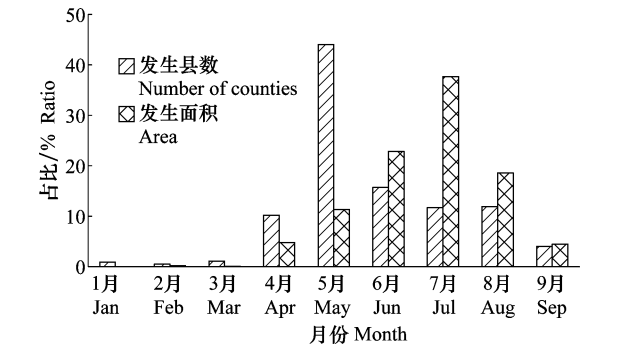


图 3 草地贪夜蛾 2019 年 1 月—9 月全国发生县数和发生面积占比
Fig. 3 Percentages of county number and occurrence area of *Spodoptera frugiperda* in China from January to September, 2019

2.5 虫口密度和为害情况

各省发生县调查玉米田百株虫量、被害株率和

严重发生区域被害株率数据显示(表 4~5),云南、广西、海南、广东、西藏等偏南省份发生最重,其次是贵州、福建、四川、湖南、江西等省份,江苏以北省份发生相对较轻,即为害情况由南至北逐渐减轻。纬度接近的省份发生由重至轻比较,云南>广西>广东,贵州>湖南>江西,西藏>四川>湖北,陕西>安徽>江苏,总体呈现西部省份重于东部的特点。

3 讨论

3.1 境外虫源地和迁飞路径

迁飞是草地贪夜蛾在美洲、非洲各国、非洲至亚洲、亚洲各国快速蔓延的重要因素。截至 2019 年 3 月草地贪夜蛾侵入也门、印度、斯里兰卡、孟加拉国、老挝、泰国、缅甸、中国、越南等 9 个亚洲国家^[10],马

表 4 22 个省份草地贪夜蛾玉米被害株率和百株虫量

Table 4 Percentages of injured plants and larva numbers per 100 maize plants in 22 provinces

省份 Province	被害株率/% Percentage of injured plants			百株虫量/头 Larva number per 100 plants		
	平均值 Average	最高值平均 Average maximum value	最高值 Maximum value	平均值 Average	最高值平均 Average maximum value	最高值 Maximum value
云南 Yunnan	18.5	45.1	100	19.2	62.1	300
广西 Guangxi	11.4	44.7	100	11.3	51.5	420
广东 Guangdong	10.6	22.0	93	10.8	23.6	300
海南 Hainan	18.1	27.5	80	15.9	20.1	70
福建 Fujian	7.1	12.8	68	8.9	19.5	350
贵州 Guizhou	8.8	24.5	86	9.5	25.2	300
四川 Sichuan	6.1	19.2	86	11.6	37.9	350
重庆 Chongqing	4.2	17.7	96	6.3	15.7	540
西藏 Tibet	11.3	24.0	40	13.3	24.0	60
江西 Jiangxi	6.0	16.4	70	5.5	18.2	150
湖南 Hunan	7.1	24.3	100	6.1	24.6	260
湖北 Hubei	5.1	16.4	96	3.6	15.4	105
浙江 Zhejiang	5.1	15.3	92	5.5	17.3	150
上海 Shanghai	2.6	23.6	65	3.3	16.6	48
江苏 Jiangsu	3.7	9.9	60	2.6	7.5	47
安徽 Anhui	2.4	8.7	50	1.7	5.6	37
河南 Henan	1.3	3.8	25	1.2	2.4	30
陕西 Shaanxi	3.9	15.8	95	2.9	10.2	46
甘肃 Gansu	6.4	13.1	80	6.3	11.9	65
山西 Shanxi	3.0	10.8	25	2.6	11.3	25
山东 Shandong	1.5	8.5	54	1.5	4.6	29
河北 Hebei	0.1	1.0	3	0.07	1.3	3

表 5 22 个省份草地贪夜蛾严重发生区域和被害株率

Table 5 Seriously occurred area and percentages of injured plants by *Spodoptera frugiperda* in 22 provinces

省份 Province	地点(调查时间/月-日) Location (Date of investigation)	被害株率/% Percentage of injured plants
云南 Yunnan	西双版纳市景洪县、勐海县、勐腊县(05-14), 临沧市耿马县、镇康县、沧源县、临翔县、永德县(05-14-05-18), 德宏州盈江县(05-14)、芒市(05-27), 文山州麻栗坡县(05-15), 玉溪市元江县(05-22-05-25), 红河州开远县(06-01-06-03)	100
广西 Guangxi	河池市宜州市(05-27)、都安县(06-04)、环江县(06-24)、巴马县(07-04), 崇左市宁明县(06-04), 南宁市马山县(06-14), 来宾市兴宾区(06-14)	100
广东 Guangdong	广州市从化区(05-27)、增城区(06-12), 肇庆市高要县(05-28)封开县(06-12)	86~92
贵州 Guizhou	韶关市仁化县(05-14)、乳源县(05-20), 深圳市宝安区(05-20)	70
海南 Hainan	黔东南州罗甸县(05-22), 遵义市正安县(05-28), 黔南州惠水县(06-17)	75~86
福建 Fujian	安顺市关岭县(05-28), 六盘水市盘州市(06-04), 黔南州贵定县(06-14), 遵义市道真县(06-14)	60~66
湖南 Hunan	万宁(05-07), 陵水(05-07), 琼中(06-30)	80
四川 Sichuan	临高县(05-07), 三亚(05-14), 东方(05-29)	60~70
重庆 Chongqing	福州市闽侯县(06-17), 漳州市长泰县(06-24)	60~70
	南平市武夷山(05-10), 泉州市惠安县(05-16), 三明市沙县(06-24), 龙岩市新罗区(06-24)	40~43
	永州市江华县(06-06)、江永县(06-16), 岳阳市平江县(06-10), 怀化市会同县(06-17)	90~100
	邵阳市新宁县(05-15), 永州市道县(06-03), 衡阳市珠晖区(06-06), 郴州市嘉禾县(06-10), 长沙市长沙县(06-10)	60~85
	凉山州宁南县(06-08)、会东县(06-18), 泸州市合江县(05-22)、古蔺县(05-28)	60~80
	凉山州盐源县、金阳县、西昌市(06-08), 广安市广安县(06-07), 宜宾市筠连县(06-08), 攀枝花市盐边县(06-14)	40~50
	巫山县(06-40)	90
	涪陵区(05-13), 武隆区(05-27), 永川区(05-31)	50~70

续表 5 Table 5(Continued)

省份 Province	地点(调查时间/月-日) Location (Date of investigation)	被害株率/% Percentage of injured plants
浙江 Zhejiang	杭州市淳安县(06-27)	92
	宁波市宁海县(06-17)、衢州市衢州区、江山市(06-17)、台州市温岭市(06-17)、玉环县(06-27)、丽水市青田县、景宁县(06-27)	30~50
江西 Jiangxi	吉安市峡江县(05-29)、九江市彭泽县(06-5)、赣州市赣县区(06-05)、上饶市余干县(06-12)	60~70
	鹰潭市余江区(05-29)、九江市德安县、武宁县(05-28)、萍乡市上栗县(05-28)、赣州市大余县(06-03)、景德镇市浮梁县(06-13)	40~50
湖北 Hubei	黄冈市黄州区(06-04)	96
	黄冈市浠水县(05-21)、武穴市(06-14)、孝感市安陆市(05-28)、襄阳市老河口市、襄州区(06-20)、鄂州市鄂州区(06-19)	70~80
安徽 Anhui	黄山市歙县(05-25)、六安市金安区(05-28)	40~42
	宣城市宁国县(05-18)、泾县(05-22)、旌德县(05-27)、六安市霍山县(05-21)、黄山市徽州区(05-21)、屯溪区(05-25)、祁门县(05-25)、休宁县(05-29)、安庆市桐城县、怀宁县(06-02)、桐城市义安区(06-02)	20~34
上海 Shanghai	宝山区(06-04)	65
	崇明区、浦东区(06-05)、金山区(06-04)	22~42
西藏 Tibet	林芝市墨脱县(05-30)、察隅县(06-06)、昌都市芒康县(06-28)	20~40
江苏 Jiangsu	盐城市大丰市(06-19)、常州市溧阳县(05-24)	65~70
	无锡市宜兴市(05-24)、苏州市吴江区(06-11)、盐城市建湖县(06-19)、南通市海门县(06-03)	20~50
河南 Henan	南阳市南召县(06-26)、周口市鹿邑县(06-26)	20~25
	漯河市临颖县(06-12)、舞阳县(06-27)、开封市祥符县(06-17)、商丘市睢阳县(06-19)、扶沟县(06-21)	5~10
陕西 Shaanxi	咸阳市泾阳县(07-11)、汉中市镇巴县(07-24)、西安市周至县(07-24)、	50~95
	西咸新区(07-10)、渭南市澄城县(07-04)、汉中市宁强县(07-02)、宝鸡市凤县(07-05)	31~50
甘肃 Gansu	汉中市汉台区(05-29)、洋县(05-31)、西乡县(06-10)、城固县(06-12)、勉县(06-22)、商洛市镇安县(06-04)、安康市镇平县(06-27)	16~30
	天水市麦积区(07-11)	80
山西 Shanxi	陕南市康县(07-07)、成县(07-07)、礼县(07-10)、西和县(07-12)	24~30
山东 Shandong	运城市曲沃县(08-05)	25
	运城市芮城县、平陆县(08-05)、永济市(08-14)、闻喜县(08-20)、绛县(08-21)	5~10
河北 Hebei	日照市岚山区(07-24)	60
	威海市荣成市(07-30)、烟台市海阳市(08-01)、乳山市(08-01)	15~32
	邢台市任县(08-18)、巨鹿县(08-18)、邯郸市邱县(08-20)	2~3

来西亚(2019 年 2 月 25 日首见)、印度尼西亚(2019 年 3 月首见)、柬埔寨(2019 年 6 月官方证实)、菲律宾(2019 年 6 月 20 日官方证实)、韩国(2019 年 6 月 13 日首见)、日本(2019 年 7 月首见)(来自 EPPO Global Database 网站)相继报道发生为害。我们在前述文章^[4]推测 2019 年 1 月中旬云南西南部发现的幼虫,应是缅甸 12 月中下旬首批侵入我国的成虫种群所繁育的,孙小旭等证实 12 月 11 日就有成虫迁入(结果待发表)。赵胜园、孙小旭等 2018 年 12 月至 2019 年 4 月中旬高空测报灯诱虫量较少,4 月下旬虫量明显增加,至 5 月下旬达峰值(结果待发表),这与吴秋琳风场分析结果基本一致^[6-7],即 2018 年 12 月至 2019 年 4 月气流条件不适合缅甸虫源往西北即我国南方迁飞,草地贪夜蛾靠自身强大的定向迁飞能力迁飞、扩散至我国,但进入 5 月份,缅甸夏季风不断加强有利于草地贪夜蛾迁飞我国。

借鉴稻飞虱迁飞研究结果^[11],泰国、越南等国家春季也会给我国提供虫源。由于 2019 年这些国家的虫源也来自缅甸、印度等早发国家,其虫源作用远不如缅甸虫源早和直接,仅可对我国东部省份虫源起一定补充作用,我国西部省份发生早、发生重的事实可证明缅甸迁入的这条西线作用更大。2019 年 9 月 21 日在南宁召开的第九届东盟与中日韩粮食安全合作战略圆桌会议交流获悉,缅甸全国 2019 年草地贪夜蛾发生 225 665 hm²,柬埔寨 11 000 hm²,马来西亚发生 225 hm²,老挝 123 hm²,泰国 50 个玉米种植省份均有发生,西部 5 个省最为严重。这些东南亚国家一旦发生草地贪夜蛾定殖,将同缅甸等国一样成为该虫的周年繁殖区,明年及以后将成为我国西部和东部省份的重要虫源地,应重视对其进行动态监测,并进行作用再评估。

3.2 我国越冬区域

草地贪夜蛾不滞育,度过冬季是其生活史中最薄弱的环节,其冬季分布决定于温度的高低。美国佛罗里达大学 Foster 等在 0℃、-2.5℃、-5℃、-7.5℃和-10℃的温度箱中测定了草地贪夜蛾 4 个虫态经受 3 h 低温的耐受能力^[12],其耐寒力由强至弱顺序为:卵>低龄幼虫>蛹>成虫。卵是最耐低温的阶段,在-10℃下可存活 30%,在-7.5℃下存活率没有显著降低;低龄幼虫暴露在-10℃以上的温度下存活率也没有显著降低,高龄幼虫和蛹在-5℃的温度下存活率显著降低;-10℃下蛹只有 5%存活;成虫期最易受低温影响,在-5℃条件下只有 26%的成虫存活,-7.5℃或-10℃下无存活。草地贪夜蛾在美国的越冬范围为南佛罗里达州约 28°N 纬度以南^[12],按此纬度推测,草地贪夜蛾在我国海南、云南、广西、广东、福建、台湾、贵州大部(遵义以南)、湖南南部(湘潭以南)、四川南部(西昌以南)、江西南部(宜春以南)都能越冬,有效越冬区域和范围还决定于玉米等寄主作物冬季的种植情况。我国冬玉米一般种植在冬季温暖、终年无霜或短时有霜,海拔 1 100 m 以下的江边、河谷和热坝区,年平均气温 18℃以上、1 月份低温 6℃以上,即以上越冬区域都可种植。初步统计冬玉米面积,云南省有近 6 万 hm²,广东、海南、广西、福建、贵州、四川等省共有约 4 万 hm²,冬季还有小麦、甘蔗、马铃薯、烟草和各种蔬菜,都可能成为草地贪夜蛾取食为害的寄主,这些区域也是草地贪夜蛾周年繁殖区。摸清草地贪夜蛾越冬区域和面积是进行趋势预测和综合治理的基础,已成为当务之急。

3.3 发育温度和发生代次

Hogg 等^[13]、Ali 等^[14]、Schlemmer^[15]分别研究了草地贪夜蛾的发育起点温度,卵为 13.4℃、(12.69±1.37)℃、13.01℃,幼虫为 13.9℃、(13.14±0.88)℃、12.12℃,蛹为 12.9℃(雄)/13.8℃(雌)、(13.66±1.70)℃、13.24℃,卵到成虫(全世代 Schlemmer^[15])为 12.57℃。Ali 等^[14]、Schlemmer^[15]报道了其有效积温,卵期为(39.94±3.92)日·度、(35.72±1.30)日·度,幼虫期为(197.60±0.54)日·度、(202.67±4.45)日·度,蛹期为(112.86±9.25)日·度、147.06 日·度,卵到成虫期(全世代 Schlemmer^[15])为(391.01±1.22)日·度。何莉梅等^[16]研究表明,草地贪夜蛾卵、幼虫、蛹及世代的发

育起点温度分别为 10.27、11.10、11.92、9.16℃,有效积温分别为 44.57、211.93、135.69、680.02 日·度,林昌善^[17]研究的黏虫 *Mythimna separata* (Walker) 卵、幼虫、蛹、世代发育起点温度分别为 13.1、7.7、12.6、9.6℃,草地贪夜蛾卵发育起点温度比黏虫低 2.83℃、幼虫期高 3.4℃,蛹期和全世代发育起点温度与黏虫接近;黏虫卵、幼虫、蛹、全世代有效积温分别为 45.3、402.1、121.0、685.2 日·度,草地贪夜蛾卵、蛹和世代有效积温与黏虫接近,幼虫有效积温仅为黏虫的 53%,可见其发育速度明显快于黏虫,这也是造成草地贪夜蛾田间虫龄重叠、虫态重叠的原因。由于草地贪夜蛾全世代有效积温与黏虫接近,由此推算两者在我国各区域的发生代次基本相同,即北纬 27°以南地区可发生 6~8 代,北纬 27°~33°间地区可发生 5~6 代,北纬 33°~36°间地区可发生 4~5 代,北纬 36°~39°间地区可发生 3~4 代,北纬 39°以北地区可发生 2~3 代。当然非越冬区发生代次还取决于害虫迁入时间的早晚,需经多年发生规律的观察来确定。Schlemmer^[15]还研究明确了草地贪夜蛾卵、幼虫和卵到成虫发育的最佳温度范围在 26~32℃之间,何莉梅等^[16]研究表明 20~30℃是草地贪夜蛾种群发育的适宜温度,鲁智慧等^[18]研究表明在 17~32℃范围内草地贪夜蛾可正常生长发育,22~27℃是种群繁殖的适宜温度,可见草地贪夜蛾适宜温度远高于黏虫,温暖区域和温暖季节发生更重,这也是我国南方地区草地贪夜蛾发生严重的原因。

3.4 为害寄主和种植制度

Montezano 记载了草地贪夜蛾在巴西有 76 科 353 种寄主植物^[19]。我国观测结果表明,草地贪夜蛾除在玉米上发生为害外,在甘蔗、高粱等多种作物上也发生为害,但玉米是其最喜食的寄主作物。草地贪夜蛾成虫产卵期与玉米苗期高度吻合,各地首先见幼虫为害的多为处于苗期至喇叭口期的玉米,北方 7—8 月份见虫的地块多为播种较晚的玉米。玉米是我国种植面积最大、分布最广、种植季节最杂的作物,自 2013 年以来种植面积一直维持在 4 100 万 hm² 以上,这为适生性广、迁飞能力强的草地贪夜蛾提供了极为丰富的食源。我国东自台湾和沿海各省,西至新疆和西藏高原(西藏玉米种植可达海拔 4 000 m),南自海南的三亚(北纬 18°)北至黑龙江的黑河以北地区(北纬 53°)都有玉米种植,2019 年我国北方玉米主产区未严重受害,草地贪夜蛾未侵入

东北地区主要是由于虫源基数不够,不排除随后年份虫源更为丰富时侵入东北春玉米区的可能。西南山地丘陵种植区和南方丘陵种植区,一年三季或四季都有玉米种植,不同时间交错种植,田间生育期多样,田间寄主能满足草地贪夜蛾迁入虫源或当地繁殖后代种群的营养需要,造成大部分虫源滞留当地辗转为害。初步统计,我国云南、广东、广西、海南、福建等周年繁殖区,10 月至翌年 2 月种植的冬玉米约 10 万 hm^2 ,3 月至 5 月中旬种植的春玉米约 80 万 hm^2 ,5 月下旬至 6 月底种植的夏玉米约 150 万 hm^2 ,7—9 月种植的秋玉米约 20 万 hm^2 ;安徽以南的迁飞过渡区,春玉米约 320 万 hm^2 ,夏玉米约 240 万 hm^2 ,秋玉米约 13 万 hm^2 。以上南方地区玉米种植面积仅占全国的 20%,但春夏季玉米的种植起到诱集带的作用,很大程度上延缓和减少了草地贪夜蛾的北迁时间和数量。但随着草地贪夜蛾境内外种群数量的加大,存在无法满足大种群取食的可能,从而增加其对其他作物为害的可能性,更重要的是导致北迁时间提早和数量增加,北方玉米主产区受害风险加大。因此,做好我国玉米品种和种植方式的合理布局是做好草地贪夜蛾长期治理的重要内容。

参考文献

[1] WESTBROOK J K, NAGOSHI R N, MEAGHER R L, et al. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths [J]. International Journal of Biometeorology, 2016, 60(2): 255–267.

[2] 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]. NeoBiota, 2018, 40: 25–50. <https://doi.org/10.3897/neobiota.40.28165>.

[3] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 12–18.

[4] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 33–35.

[5] 刘杰, 姜玉英, 吴秋琳, 等. 我国草地贪夜冬春季发生为害特点和下半年发生趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(7): 36–38.

[6] 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.

[7] 吴秋琳, 姜玉英, 胡高, 等. 中国热带和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.

[8] 林伟, 徐森鋒, 权永兵, 等. 基于 MaxEnt 模型的草地贪夜蛾适生性分析[J]. 植物检疫, 2019, 33(4): 69–73.

[9] 秦誉嘉, 蓝帅, 赵紫华, 等. 迁飞性害虫草地贪夜蛾在我国的潜在地理分布[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 43–47.

[10] 杨普云, 常雪艳. 草地贪夜蛾在亚洲、非洲发生和影响及其防控策略[J]. 中国植物导刊, 2019, 39(6): 88–89.

[11] 翟保平. 稻飞虱: 国际视野下的中国问题[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(5): 1184–1193.

[12] FOSTER R E, CHERRY R H. Survival of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) exposed to cold temperature [J]. Florida Entomologist, 1987, 70(4): 419–422.

[13] HOGG D B, PITRE H N, ANDERSON R E. Assessment of early-season phenology of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi [J]. Environmental Entomology, 1982, 11(3): 705–710.

[14] ALI A, LUTTRELL R G, SCHNEIDER J C. Effects of temperature and larval diet on development of the fall army worm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1990, 83(4): 725–733.

[15] SCHLEMMER M. Effect of temperature on development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [D]. Evanston: North-West University, 2018.

[16] 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.

[17] 林昌善. 粘虫生理生态学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 518–526.

[18] 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.

[19] MONTEZANO D. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286–300.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 9 页)

[52] ESCRIBANO A, WILLIAMS T, GOULSON D, et al. Selection of a nucleopolyhedrovirus for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): structural, genetic, and biological comparison of four isolates from the Americas [J]. Journal of Economic Entomology, 1999, 92(5): 1079–1085.

[53] MÉNDEZ W A, VALLE J, IBARRA J E, et al. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize [J]. Biological Control, 2002, 25: 195–206.

[54] FRANZEN C. How do microsporidia invade cells? [J]. Folia Parasitologica, 2005, 52: 36–40.

[55] 王容燕, 王金耀, 曹伟平, 等. 棉铃虫微孢子虫病的田间发生调查及其致病力测定[J]. 华北农学报, 2008, 23(S1): 248–251.

[56] PATEL P N, HABIB M E M. Protozoosis caused by *Vairimorpha necatrix* (Microsporida, Nosematidae) in larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) [J]. Revista Brasileira de Zoologia, 1988, 5(4): 593–598.

(责任编辑: 杨明丽)