



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.

我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测

王磊, 陈科伟, 陆永跃*

(华南农业大学农学院, 广州 510642)

摘要: 草地贪夜蛾是新入侵我国的重大害虫。2019年1月发现其发生后,至7月5日该虫已入侵我国22个省区1128个县区,危害面积约830万亩。本文根据我国草地贪夜蛾主要入侵事件的参数,应用直线距离法计算出目前我国该虫扩散传播速度为14.03~14.78 km/d;建立了入侵省级区域数量、县级区域数量、入侵危害面积与入侵时间长度关系模型,分别为 $Y_p = e^{(0.4235 + 0.01567T)}$ 、 $Y_c = e^{(2.9857 + 0.02377T)}$ 和 $Y_s = e^{(-2.4312 + 0.03647T)}$ 。根据所建模型预测出2019年7月中旬被入侵的省级区域数量约为30个,7月底入侵县级区域数量将达到2300多个,9月上旬入侵危害玉米、甘蔗等作物面积达到最大,约为500万ha。以上关于我国草地贪夜蛾长距离传播扩散研究结果将为预防和控制该虫提供参考。

关键词: 草地贪夜蛾; 入侵; 扩散; 动态

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858(2019)04-0683-12

Long-distance spreading speed and trend predication of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in China

WANG Lei, CHEN Ke-Wei, LU Yong-Yue* (College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a dangerous invasive species in the world, was found at Jiangcheng, Yunnan Province, China firstly in January, 2019. It infested 22 provinces and 0.553 million ha at July 5th, 2019. Exploring its expansion pattern is important to prevent *S. frugiperda* spread and its management. Based on collected data, linear distance methods were used to reveal the spreading speed of *S. frugiperda* in China as 14.03~14.78 km/day. Models described the relationship between number of infected provinces, number of infected counties, area of infected land and duration after invading the mainland China are presented as $Y_p = e^{(0.4235 + 0.01567T)}$, $Y_c = e^{(2.9857 + 0.02377T)}$, and $Y_s = e^{(-2.4312 + 0.03647T)}$, respectively. Based on the three models, *S. frugiperda* will infect about 30 provinces at middle of July, more than 2300 counties at end of July, and about 5 million ha of corn, sugarcane, and other hosts in early of September, 2019.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; invasion; expansion; dynamic

传播扩散能力在物种的生态扩张或演化上扮演着重要角色,对入侵生物而言,传播扩散能力

对其扩张极其重要(万方浩等,2015),研究入侵生物的空间扩散与传播速度对预防和管理入侵生

基金项目: 广东省外来入侵物种风险评估和监测预警共性关键技术研发创新团队建设项目(2019KJ134); 省级农业科技创新及推广项目(2018LM2161); 广东省甘蔗剑麻产业技术体系创新团队项目(2019KJ104-08)

作者简介: 王磊,男,1986年生,博士,讲师,硕士生导师,从事昆虫生态学、害虫防治和入侵生物学等研究, E-mail: leiwang@scau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence: 陆永跃,博士,教授,主要研究方向为昆虫生态学、害虫防治和入侵生物学, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-7-12; 接受日期 Accepted: 2019-7-20

物均有重要的科学和实践意义 (Hastings *et al.*, 2010)。草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) 是一种严重威胁农业生产的害虫, 2016 年开始短短 3 年间入侵了非洲、亚洲 50 多个国家和地区 (王磊等, 2019)。我国于 2019 年 1 月 11 日首次在云南省江城发现其为害, 截止到 7 月 5 日, 草地贪夜蛾已经入侵了我国 22 个省区的 1 128 个县区, 发生面积超过 800 万亩 (<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1638456778114662293&wfr=spider&for=pc>)。自发现草地贪夜蛾入侵以来, 我国科学家在其适生区预测、田间空间分布、防治药剂筛选、生物防治等方面做了一些工作 (程东美等, 2019; 李国平等, 2019; 林伟等, 2019; 马千里等, 2019; 秦誉嘉等, 2019; 孙小旭等, 2019; 唐艺婷等, 2019 a; 唐艺婷等, 2019 b; 赵胜园等, 2019 a; 赵胜园等, 2019 b; 赵胜园等, 2019 c), 分析了入侵害虫生物型、入侵迁入及迁飞路径、未来发生趋势 (Li *et al.*, 2019; 陈冬平等, 2019; 姜玉英等, 2019; 齐国君等, 2019; 吴秋琳等, 2019 a; 吴秋琳等, 2019 b; 张磊等, 2019 a; 张磊等, 2019 b), 并对监测方法和防治策略进行了探讨 (江幸福等, 2019; 王磊等, 2019; 冼继东等, 2019; 杨普云等, 2019)。

草地贪夜蛾飞行能力强, 主要通过远距离飞行进行快速、大范围扩散蔓延。研究显示, 草地贪夜蛾成虫一般傍晚起飞, 到黎明停止, 一般飞行 6~12 h (Westbrook *et al.*, 2016), 室内试验测定发现草地贪夜蛾飞行速度约为 3 km/h (Nayar and van Handel, 1971; 葛世帅等, 2019)。借助外部气象等条件, 草地贪夜蛾可进行远距离扩散。例如, 从美国南部密西西比州迁飞至加拿大南部 1600 km 仅需 30 h, 平均是飞行速度为 1 280 km/d (Rose *et al.*, 1975)。2016 年在非洲首次发现后, 短短 16 个月后就入侵了至少 21 个国家 (Stokstad, 2017)。根据对草地贪夜蛾适生区预测, 秦誉嘉等 (2019) 认为草地贪夜蛾在我国的发生北界可达到辽宁南部, 而林伟等 (2019) 认为草地贪夜蛾在我国的发生北界可能可以到达黑龙江。吴秋琳等 (2019 a) 根据其迁飞特性和我国气候条件推测, 6-7 月份草地贪夜蛾在东南季风的帮助下, 如果连续飞行 3 个夜晚即可从华南地区到达我国黄河以北至内蒙古与东北南部大部地区, 大约平均飞行速率为 700 km/d。

入侵我国后草地贪夜蛾初期是如何传播的?

未来又将如何迁移扩散? 明确我国该虫局域扩散和长距离传播规律是十分必要的和迫切的。研究并解决这些问题对掌握草地贪夜蛾传播扩散规律、科学制订预防和控制策略等均具有重要意义。本文在收集、分析 2019 年 1 月 11 日至 2019 年 7 月 10 日我国草地贪夜蛾发现入侵发生范围数据基础上, 研究了该虫长距离迁移扩散规律, 建立多个入侵扩张模型, 并应用所建立的方法研究了该虫入侵过程和长距离扩散规律, 探讨了草地贪夜蛾在中国大陆的扩散分布特征和传播速度。

1 研究方法

1.1 草地贪夜蛾入侵分布地区信息来源

调查、收集已知草地贪夜蛾发生地点有关信息。调查的资料包括主要来源于农业农村部公布数据, 以及笔者调查获得的部分分布区信息。具体数据见表 1 和附录 1 所示。

表 1 中国大陆草地贪夜蛾入侵省区和县区数量以及发生危害面积

Table 1 Information of number of infested province and counties and area of field

时间 Date (yy-mm-dd)	省级区域(个) Number of infected provinces	县级区域(个) Number of infected counties	发生面积 (万 ha) Infected field
2019-01-11	1	1	0.000027
2019-01-25	1	11	0.04
2019-03-12	1	23	0.21
2019-04-03	2	38	0.36
2019-04-24	3	67	0.47
2019-04-26	5	112	1.22
2019-05-08	11	230	6.78
2019-05-10	13	261	7.20
2019-05-21	14	385	9.23
2019-05-26	14	528	12.73
2019-05-31	18	786	17.89
2019-06-06	18	884	22.80
2019-06-14	18	921	26.67
2019-06-26	19	1000	33.33
2019-07-05	20	1128	55.40

注: 表中被危害的作物均为玉米和甘蔗。Note: Area of infested field in this table are only including area of infested corn and sugarcane filed.

1.2 长距离传播扩散速度分析

笔者通过网络检索获得 22 个省份首次发现草地贪夜蛾的时间、地点以及发现害虫的龄期，具体数据见附表 1 和图 1。采用直线距离法确定草地贪夜蛾在中国大陆的传播速度。在直线距离法中，采用两种方法计算迁出点与迁入点的距离。

(1) 第一种方法：以 2019 年 1 月 11 日我国首次草地贪夜蛾发现点云南省江城县委藏镇水城村为初始迁出点，测算该点与各省区首次发现草地贪夜蛾的具体点（村或镇）（迁入点）的距离，按照扩散时间长度计算出传播速度。

(2) 第二种方法：以云南省 2019 年 1 月 14 - 25 日开展草地贪夜蛾普查的 11 个县作为草地贪夜蛾的初始迁出地区（http://www.ynzbzj.com/Item/3092.aspx），将 11 个发生县连线形成的发生地区的地理中央作为初始迁出点，测算该点与各省区首次发现草地贪夜蛾的县区政府驻地（迁入点）之间的距离，按照扩散时间长度计算出传播速度。在本方法中，云南省草地贪夜蛾早期发生区域地理中央位于临沧市，因此以该市中心为草地贪夜蛾的初始迁出点，虽然在 1 月 14 - 25 日调查中在该市并没有发现草地贪夜蛾为害。

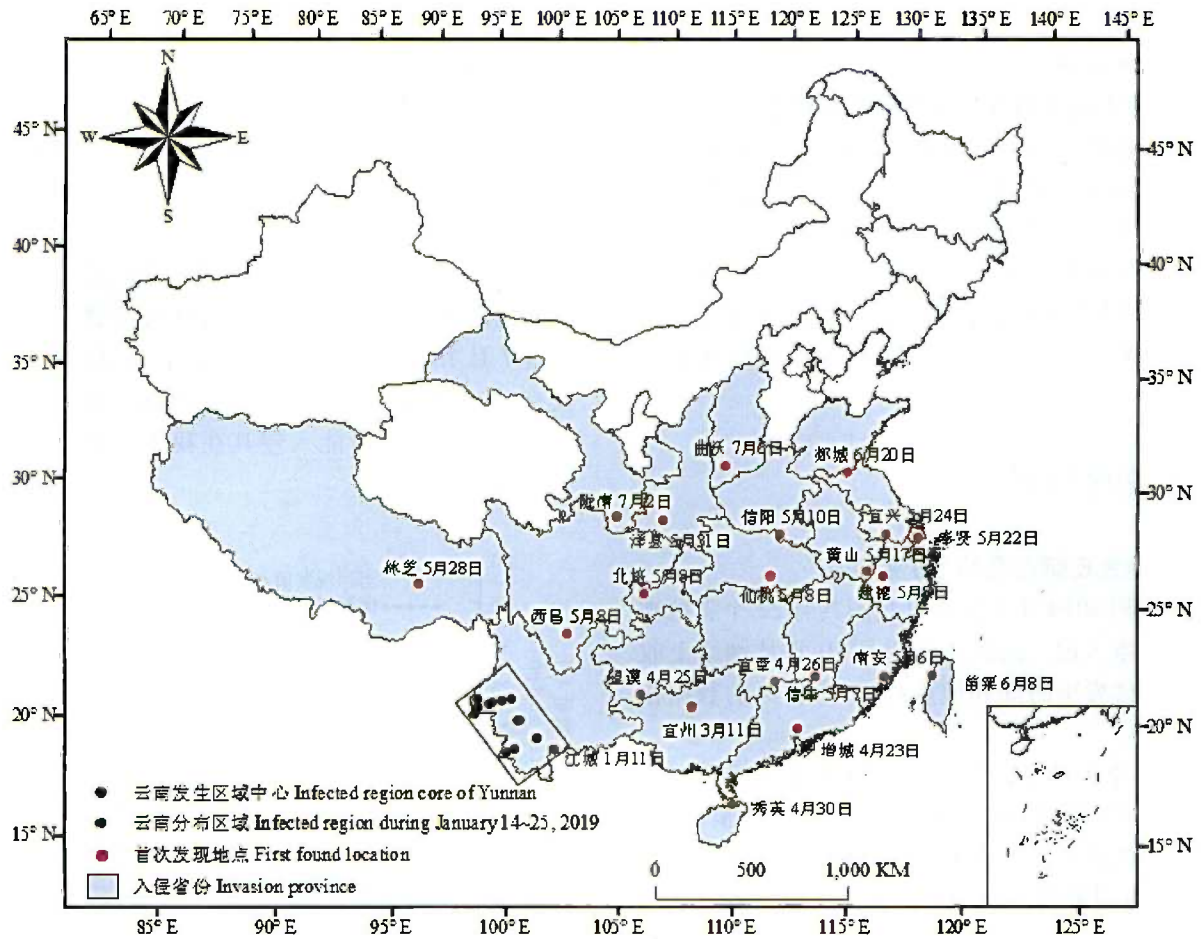


图 1 我国各省区首次发现草地贪夜蛾的时间和地点

Fig. 1 Locations and date of *Spodoptera frugiperda* found firstly in different provinces of China

注：图中省区及发现时间地点是截止至 2019 年 7 月 10 日网络检索到的明确数据。黑色方框内红点为云南省 2019 年 1 月 14 - 25 日调查到草地贪夜蛾入侵的县区，绿点表示临沧市为 1 月 14 - 25 日云南省草地贪夜蛾发生区域的地理中心。Note: Location and date was collected from government websites, sina.com, and research articles before July 10th, 2019. Red spot in the black box showed the locations of *Spodoptera frugiperda* infected counties of Yunnan Province during January 14th - 25th, 2019. Lincang, which showed as green spot, is the geographical core of the *S. frugiperda* infected regions of Yunnan Province during January 14th - 25th, 2019.

2019年1月11日在云南省江城县宝藏镇水城村发现的草地贪夜蛾虫态为3~6龄幼虫,以4~5龄幼虫为主(姜玉英等,2019),在1月14~25日调查中发现的草地贪夜蛾以3~5龄幼虫为主(<http://www.ynzbj.com/Item/3092.aspx>)。根据国际玉米小麦改良中心给出的夏季条件下(温度大于25℃)草地贪夜蛾各虫态发育时间:卵2~3 d、1~6龄幼虫发育历期3.3、1.7、1.5、1.5、2.0、3.7 d以及蛹期8~9 d(Prasanna *et al.*, 2018),推测云南早期发生区成虫出现的时间约为1月26日,因此将云南该虫成虫初始迁飞时间定为1月26日。再根据获得的各省区首次发现草地贪夜蛾虫期的资料,按照其各虫期发育历期推算成虫迁入该地的时间。

1.3 中国大陆草地贪夜蛾传播扩散预测

基于2019年1月11日至2019年7月6日该虫入侵我国省区数量、县区数量、发生危害面积数据(表1),建立描述入侵时间长度和入侵省区数量、县区数量、入侵危害面积之间关系的模型,并应用这些模型对本年度中国大陆该虫可能入侵的省区数量、县区数量及发生危害面积的变化进行预测。

2 结果与分析

2.1 草地贪夜蛾在空间上扩展动态

截止到2019年7月6日我国共有22个省区被草地贪夜蛾入侵,以截止到7月10日从网络上收集到有具体发生时间和地点的22个省区的数据作图(图2)。

2019年4月底,草地贪夜蛾主要入侵我国南岭附近及其以南省份,5月中旬扩展至西至四川、东至江浙的沿长江各省区,5月底已经进入陕西关中地区,6月底进入我国华北地区。虽然各省区发现该虫入侵时间不同,但是入侵发生时间当年年平均气温基本相同,大部分都在16~28℃范围内(附录2)。

2.2 草地贪夜蛾长距离传播速度

各省区首次发现具体地点、寄主作物和虫期情况如表2、表3所示。首次发现的寄主均为玉米。除广西区在监测中发现成虫外,其他的省份首次发现的均为幼虫。海南省在调查中仅捕获1头成虫,推测可能为迁入的。

以云南省江城县宝藏镇水城村为初始迁出点,

各省区首次发现的镇或村为迁入点,应用直线距离法计算出18个入侵事件的传播速度,结果显示草地贪夜蛾的传播速度大部分在10~16 km/d之间,平均为14.03 km/d(表2)。以云南初期发生县区连线区域的中心县区临沧市为初始迁出点,各省区首次发现草地贪夜蛾的县区政府驻地均为迁入点,应用直线距离法计算发现草地贪夜蛾的传播速度变化较大(5.31~21.54 km/d),大部分处于14~19 km/d,平均14.78 km/d(表3)。

2.3 草地贪夜蛾传播扩散动态预测

基于表1中入侵省级区域、县级区域数量和发生危害面积等与入侵时间长度的关系,建立了相关的模型。结果表明草地贪夜蛾入侵省级区域、县级区域数量、发生危害面积随着入侵时间的增加表现为加速增大趋势,符合指数方程形式。

(1) 被入侵的省级区域数量-入侵时间关系模型为: $Y_p = e^{(0.4235 + 0.0156T)}$ ($R^2 = 0.9529$, $\chi^2 = 14.45$, $df = 14$, $P < 0.001$),其中 Y_p 为被入侵省市区域数量, T 为入侵时间长度(d)(图2)。根据该模型推算,草地贪夜蛾入侵的省级行政区域数量7月15日达28个,7月25日达32个。我国仅有34个省级行政区划单位,因此,推测7月中旬草地贪夜蛾应可能入侵其在我国适生的所有省级行政区。

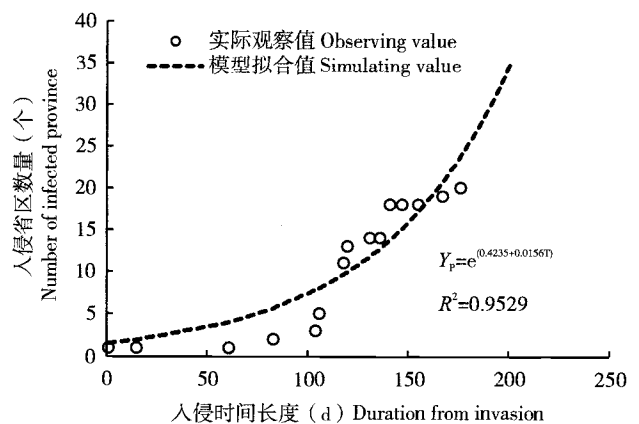


图2 草地贪夜蛾入侵省市数量和入侵时间长度之间关系
Fig. 2 Relationship between the duration from invasion and number of infected provinces for fall armyworm *Spodoptera frugiperda*

(2) 被入侵的县级区域数量-入侵时间关系模型为: $Y_c = e^{(2.9857 + 0.0237T)}$ ($R^2 = 0.9542$, $\chi^2 = 619.48$, $df = 14$, $P < 0.001$),其中 Y_c 为被入侵县级区域数量, T 为入侵时间长度(d)(图3)。根

表 2 以云南省江城水城村为初始迁出点的草地贪夜蛾在中国远距离传播速度(2019 年 1 月-2019 年 6 月)
Table 2 Spread speed of *Spodoptera frugiperda* in China when population launch from Shuicheng Village, Jiancheng County, Yunnan Province (from January to June, 2019)

区域 Regions	迁入点寄主植物 Infected host in immigration region	迁入点发现虫态 Stage of fall armyworm in immigration region	预计成虫到达时间 (yy-mm-dd) Predicated date of adult arrived	传播直线距离(km) Distance between emigration region and immigration region	传播时间 长度(d) Time consumption in immigration	传播速度 (km/d) Spread speed
云南省江城水城村 - 广西河池市宜州区	玉米	成虫	2019-03-11	740	44	16.82
云南省江城水城村 - 广东省增城区	玉米	2~5 龄幼虫	2019-04-12	1246	76	16.39
云南省江城水城村 - 海南省海口市秀英区石山镇	玉米	除卵外的各虫态	2019-04-14	938	78	12.02
云南省江城水城村 - 贵州省黔东南州望谟县	玉米	幼虫	2019-04-16	528	80	6.60
云南省江城水城村 - 湖南省宜章县岩泉镇胡家村	玉米	幼虫	2019-04-16	1178	80	14.72
云南省江城水城村 - 福建省南安市康美镇园内村	玉米	3 龄以上幼虫	2019-04-27	1732	91	19.03
云南省江城水城村 - 重庆市北碚区歇马街道东风村	玉米	幼虫	2019-04-27	916	91	10.06
云南省江城水城村 - 江西省信丰县大阿镇大阿村	玉米	2~4 龄幼虫	2019-04-28	1388	92	15.09
云南省江城水城村 - 四川省凉山州西昌市礼州镇	玉米	幼虫	2019-04-29	596	93	6.41
云南省江城水城村 - 湖北省仙桃市九合垸原种场	玉米	幼虫	2019-04-29	1406	93	15.12
云南省江城水城村 - 浙江省建德市寿昌镇小卜家蓬村	玉米	幼虫	2019-04-29	1911	93	20.55
云南省江城水城村 - 河南省信阳市浉河区	玉米	幼虫	2019-05-01	1608	95	16.93
云南省江城水城村 - 安徽省黄山市黄山区	玉米	幼虫	2019-05-08	1840	102	18.04
云南省江城水城村 - 上海市奉贤区上海市农科院庄行 镇试验站	玉米	雄成虫/幼虫	2019-05-13	2156	107	20.15
云南省江城水城村 - 西藏区林芝市下察隅沙玛村	玉米	卵、幼虫 1~6 龄	2019-05-14	783	108	7.25
云南省江城水城村 - 江苏省宜兴市	玉米	幼虫	2019-05-15	2034	109	18.66
云南省江城水城村 - 陕西省洋县谢村镇五丰村	玉米	幼虫	2019-05-22	1290	116	11.12
云南省江城水城村 - 台湾省苗栗县	玉米	幼虫	2019-05-30	1962	124	15.82
云南省江城水城村 - 山东省临沂市郯城县	玉米	雄成虫	2019-06-20	2096	145	14.46
云南省江城水城村 - 甘肃省陇南市武都区两水镇段河坝村	玉米	幼虫	2019-06-24	1230	149	8.26
云南省江城水城村 - 山西省曲沃县北董乡裴南庄村	玉米	幼虫	2019-06-28	1722	153	11.25
平均 Average						14.03

注: 迁入点有明确报道发现幼虫龄期的, 以发现的最高龄期幼虫的发育时间来倒退成虫迁入时间, 对于没有明确报道发现幼虫龄期的, 统一按照 3 龄计算。从中国热带农业科学院金涛博士获悉在海南省首次发生点仅捕获 1 头成虫, 根据发育历期计算, 推测可能是迁入成虫尚未死亡, 因此计算海南省成虫迁入时间以 6 龄幼虫的发育龄期进行倒推计算。
Note: Predicated date of adult arrived was calculated based on the larvae instar of *S. frugiperda* in infected location. If larvae instar was not recorded, we take the larvae as 3rd instar. In Hainan, predicated date of adult arrived was calculated starting from 6th larvae instar of *S. frugiperda* although an adult was captured. We believed the adult is the immigration generation based on developmental duration of *S. frugiperda*.

表3 以临沧市为初始迁出点的草地贪夜蛾在中国远距离传播速度(2019年1月-2019年6月)
 Table 3 Spread speed of *Spodoptera frugiperda* in China when population launch from Lincang, Yunnan Province (from January to June, 2019)

区域 Regions	迁入点寄主植物 Infected host in immigration region	迁入点发现虫态 Stage of fall armyworm in immigration region	预计成虫到达时间 (yy-mm-dd) Predicated date of adult arrived	传播直线距离(km) Distance between emigration region and immigration region	传播时间长度(d) Time consumption in immigration	传播速度 (km/d) Spread speed
云南省临沧市 - 广西河池市宜州区	玉米	成虫	2019-03-11	870	44	19.77
云南省临沧市 - 广东省广州市增城区	玉米	2~5龄幼虫	2019-04-12	1402	76	18.45
云南省临沧市 - 海南省海口市秀英区	玉米	除卵外的各虫态	2019-04-14	1134	78	14.54
云南省临沧市 - 贵州省望谟县	玉米	幼虫	2019-04-16	625	80	7.81
云南省临沧市 - 湖南省宜章县	玉米	幼虫	2019-04-16	1311	80	16.39
云南省临沧市 - 福建省南安市	玉米	3龄以上幼虫	2019-04-27	1854	91	20.37
云南省临沧市 - 重庆市北碚区	玉米	幼虫	2019-04-27	908	91	9.98
云南省临沧市 - 江西省信丰县	玉米	2~4龄幼虫	2019-04-28	1508	92	16.39
云南省临沧市 - 四川省西昌市	玉米	幼虫	2019-04-29	494	93	5.31
云南省临沧市 - 湖北省仙桃市	玉米	幼虫	2019-04-29	1505	93	16.18
云南省临沧市 - 浙江省建德市	玉米	幼虫	2019-04-29	2003	93	21.54
云南省临沧市 - 河南省信阳市狮河区	玉米	幼虫	2019-05-01	1648	95	17.35
云南省临沧市 - 安徽省黄山市黄山区	玉米	幼虫	2019-05-08	1921	102	18.83
云南省临沧市 - 上海市奉贤区	玉米	雄成虫/幼虫	2019-05-13	2247	107	21.00
云南省临沧市 - 西藏区林芝市察隅县	玉米	卵、幼虫1~6龄	2019-05-14	593	108	5.49
云南省临沧市 - 江苏省宜兴市	玉米	幼虫	2019-05-15	2110	109	19.36
云南省临沧市 - 陕西省洋县	未注明寄主	幼虫	2019-05-22	1268	116	10.93
云南省临沧市 - 台湾省苗栗县	玉米	幼虫	2019-05-30	2103	124	16.96
云南省临沧市 - 山东省临沂市郯城县	玉米	雄成虫	2019-06-20	2132	145	14.70
云南省临沧市 - 甘肃省陇南市武都区	玉米	幼虫	2019-06-24	1157	149	7.76
云南省临沧市 - 山西省曲沃县	玉米	幼虫	2019-06-28	1705	153	11.14
平均 Average						14.78

注:迁入点有明确报道发现幼虫龄期的,以发现的最高龄期幼虫的发育时间来倒退成虫迁入时间,对于没有明确报道发现幼虫龄期的,统一按照3龄计算。从中国热带农业科学院金涛博士获悉在海南省首次发生点仅捕获1头成虫,根据发育历期计算,推测可能是迁入成虫尚未死亡,因此计算海南省成虫迁入时间以6龄幼虫的发育龄期进行倒推计算。
 Note: Predicated date of adult arrived was calculated based on the larvae instar of *S. frugiperda* in infected location. If larvae instar was not recorded, we take the larvae as 3rd instar. In Hainan, predicated date of adult arrived was calculated starting from 6th larvae instar of *S. frugiperda* although an adult was captured. We believed the adult is the immigration generation based on developmental duration of *S. frugiperda*.

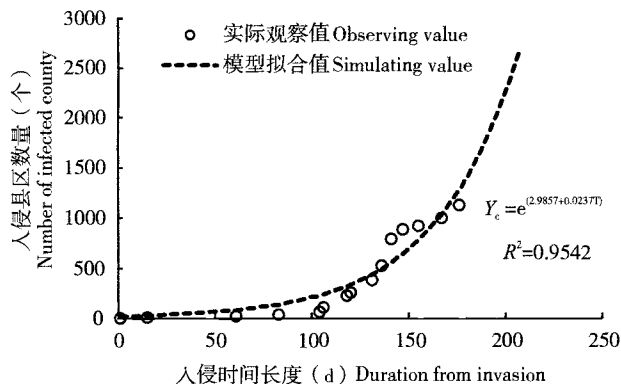


图3 草地贪夜蛾入侵县区数量和入侵时间长度之间关系

Fig. 3 Relationship between the duration from invasion and number of infected counties for fall armyworm *Spodoptera frugiperda*

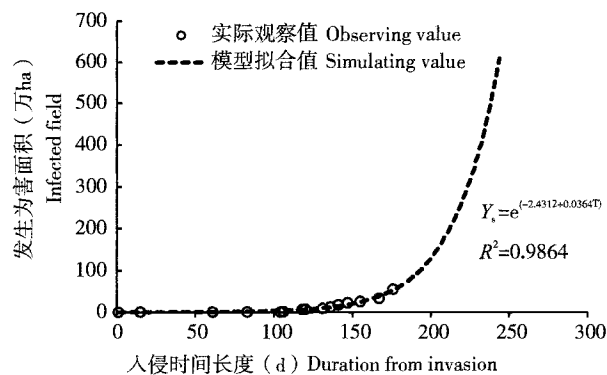


图4 草地贪夜蛾入侵面积和入侵时间长度之间关系

Fig. 4 Relationship between the duration from invasion and area of infected field for fall armyworm *Spodoptera frugiperda*

据该模型推算，草地贪夜蛾入侵的县级区域数量在7月30日达2 320个，8月5日达2 674个。我国仅有2 851个县级行政区划单位 (<http://xzqh.mca.gov.cn/statistics/2017.html>)，而且并不是所有区域均适合草地贪夜蛾生存，因此，推测7月底至8月初，草地贪夜蛾应可能入侵其在我国适生的所有县区。

(3) 入侵发生危害面积-入侵时间关系模型为： $Y_s = e^{(-2.4312+0.0364T)}$ ($R^2 = 0.9864$, $\chi^2 = 9.35$, $df = 14$, $P < 0.001$)，其中 Y_s 为入侵发生危害面积， T 为入侵时间长度 (d) (图4)。根据该模型推算，草地贪夜蛾入侵危害的作物面积在7月30日达到132.32万 ha，8月30日为408.95万 ha，9月5日为508.77万 ha。我国2017年玉米和甘蔗种植面积约为3 696.9万 ha (<http://www.chyxx.com/industry/201806/653383.html>；http://www.sohu.com/a/219070170_775892)。但是，考虑到华北、东北9-10月初玉米等草地贪夜蛾的适合寄主作物均已收获，适合该虫危害的玉米最迟生育期-乳熟期一般在收获前20~30 d，同时9月中下旬以后华北和东北地区气温下降，平均温度在20℃以下，不适合草地贪夜蛾继续生存为害，预计在自然发生传播情况下进入今年8月底至9月上旬，我国该虫入侵发生危害面积可能达到最大。因此，根据各地玉米等主要寄主作物生育期，结合常年气候条件、该虫生活繁殖适生性、扩散传播等特性，预测每年9月上旬为我国草地贪夜蛾玉米型的发生危害面积可能达到最大，玉米、甘蔗等受害面积约为500万 ha。

3 结论与讨论

目前，各省区在首次报道草地贪夜蛾入侵发生的寄主均为玉米，这可能由以下两点原因造成的，一是目前我国采集到的草地贪夜蛾种群均为玉米型 (张磊等, 2019 b)，嗜食玉米，因此在迁飞过程中会首先选择取食为害玉米；二是当地农业部门在开展监测调查时重点关注玉米种植区，导致各地草地贪夜蛾的首次发现作物均为玉米。

本研究发现入侵初期 (1-4月) 被草地贪夜蛾入侵的县域数量增长较慢，随后进入快速扩散期 (5-6月)。这可能是因为该虫长距离迁飞受到气候因素影响较大。1-4月我国北方温度较低，东南或南季风气候尚未出现，没有形成对草地贪夜蛾最有利的北迁动力条件 (吴秋琳等, 2019 a；吴秋琳等, 2019 b)。而对19个省区首次发现入侵点的分析表明，当月年平均气温基本在16℃~28℃。蔡彬等 (2002) 发现温度可以影响粘虫的迁飞行为。这说明气温是影响草地贪夜蛾迁飞、侵入的一个重要因素。

草地贪夜蛾飞行能力非常强，借助季风等外界条件，平均每天的飞行速度最高可达到1 280 km (Rose *et al.*, 1975)。该虫成虫飞行时间约为6~12 h (Westbrook *et al.*, 2016)，飞行速度约为3 km/h (Nayar and van Handel, 1971；葛世帅等, 2019)，即在借助外力的条件下，草地贪夜蛾每天飞行距离18~36 km，3日龄成虫最高峰24 h平均飞行距离为29.21 km (Nayar and Van Handel, 1971；葛世帅等, 2019)。本研究根据2019年1-

6 月的入侵数据推算草地贪夜蛾的平均飞行距离为 14.03 ~ 14.78 km/d, 与其他研究结果存在差异, 可能的原因是: (1) 气象条件没有达到最有利, 草地贪夜蛾可能仅借助初期东南或南季风气候或者局域小气流进行迁移扩散; (2) 草地贪夜蛾成虫寿命在 7 ~ 21 d, 平均为 10 d (Prasanna *et al.*, 2018), 在飞行一段时间后成虫会降落、繁殖, 待下一代成虫出现后再开始第二次飞行。

云南临沧市到我国的黑龙江省北部距离 4 100 km, 按照本研究推算出来的传播速度 15 km/d 计算, 草地贪夜蛾传播至黑龙江北部需要 270 d 左右, 即在 10 月初到达。按照所建立的被入侵省区数量与入侵时间模型计算出的结果, 草地贪夜蛾将在 7 月 20 日入侵到其在我国适生范围的所有省区; 按照被入侵县域数量与入侵时间模型计算出的结果, 该虫将在 7 月下旬入侵到其在我国适生的所有县区。吴秋琳等 (2009 a) 通过气象条件分析草地贪夜蛾可借助 6 ~ 7 月西南季风迁飞扩散至我国黄河以北至东北南部地区。9 月我国北方地区草地贪夜蛾最适寄主 - 玉米的生育期不适合其为害, 同时东北和华北地区气温开始下降。草地贪夜蛾发育起点温度为 10.8°C, 最适发育温度是 25°C, 越冬北界在 28 ~ 29°N (Garcia *et al.*, 2018)。综合考虑寄主和气候因子, 进入 9 月草地贪夜蛾可能不会再发生北迁, 而是转为向南迁移, 因此, 推测认为该虫在我国主要发生区的北界可能在东北南部。这种推测与秦誉嘉等 (2019) 预测的草地贪夜蛾在我国潜在地理分布北界基本一致。但此假设还需要进一步验证。

本文预测草地贪夜蛾玉米型在我国最大发生危害面积约为 500 万 ha。2017 年统计数据显示我国玉米产量约为 6.09 t/ha (<http://www.chyxx.com/industry/201806/653383.html>), Early *et al.* (2012) 报道草地贪夜蛾在非洲造成的玉米产量损失为 20% ~ 50%。假设在不防治或者防治效果不良情况下因该虫为害对我国玉米产量造成 20% 损失, 则每年我国因草地贪夜蛾造成的玉米产量损失约为 600 万 t。按 2019 年 7 月全国主要粮食主产区玉米饲料平均价格 1800 元/t (<http://www.chinabreed.com/market/feed/yumi/>) 计算, 我国每年因草地贪夜蛾造成的经济损失可能达 100 亿元人民币。

目前研究推测草地贪夜蛾可能通过缅甸传入云南进而通过贵州、四川等传到我国北方或者从

越南、老挝等国传入广东广西, 进而传至我国北方 (Li *et al.*, 2019)。齐国君等 (2019) 根据气象条件等推测入侵广东省增城区草地贪夜蛾的虫源可能来自越南及老挝北部。本文中计算扩散速度的方法直线距离法中以云南的江城县及其周围区域为虫源地。由于无明确证据确定这些地点与其它多个地点的组合是虫源地和传入地的关系, 因而应用这种方法计算出的扩散速度的结果仅是在一定假设条件下的草地贪夜蛾自然传播的推测值。

本文虽然基于我国草地贪夜蛾入侵事件和入侵参数 (入侵省区数量、县域数量、入侵面积等) 分析了长距离扩散过程与规律, 为了解该虫传播扩散以及预测预警提供了一定的参考。由于难以准确获得所有草地贪夜蛾发生区域的相关资料如入侵时间、入侵危害面积、具体发生县域地点等, 因此预测结果可能存在偏差。要全面揭示我国草地贪夜蛾迁飞扩散规律则应进行相关国际间、全国范围内长期系统观测研究。

参考文献 (References)

- Cai B, Jiang XF, Luo LZ, *et al.* Influences of temperature and humidity on utilization of energy substances during flight in the moths of oriental armyworm, *Mythimna separate* (Walker) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (7): 1068 - 1074. [蔡彬, 江幸福, 罗礼智, 等. 温、湿度对粘虫蛾飞行能源物质利用的影响 [J]. *生态学报*, 2002, 22 (7): 1068 - 1074]
- Chen DP, Chen ZT, Xu HH, *et al.* Comparison of molecular markers' differential ability for invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Guangzhou [J/OL]. *Journal of South China Agricultural University*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20190617.1027.002.html>. [陈冬平, 陈志廷, 徐汉虹, 等. 不同分子标记对入侵广州草地贪夜蛾的寄主型鉴别能力比较 [J/OL]. *华南农业大学学报*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20190617.1027.002.html>]
- Cheng DM, Huang JH, Xu HH, *et al.* Activity and field effect trials of lufenuron 50% EC against *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190628.1701.004.html>. [程东美, 黄江华, 徐汉虹, 等. 50 g/L 虱螨脲乳油对草地贪夜蛾的室内活性和田间药效研究 [J/OL]. *环境昆虫学报*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190628.1701.004.html>]
- 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]. *NeoBita*, 2018, 40: 25 - 50.
- 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.

- Ge SS, He LM, He W, *et al.* Determination on moth flight capacity of *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, 2019, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019322>. [葛世帅, 何莉梅, 和伟, 等. 草地贪夜蛾的飞行能力测定 [J/OL]. 植物保护, 2019, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019322>]
- Hastings A, Cuddington K, Davies K, CJ, *et al.* The spatial spread of invasions: New developments in theory and evidence [J]. *Ecology Letters*, 2010, 8: 91 – 101.
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, *et al.* Advances in migration and monitoring techniques of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Plant Protection*, 2019, 45: 12 – 18. [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: 12 – 18]
- JiangYY, Liu J, Zhu XM. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33 – 35. [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]
- Li GP, Ji TJ, Sun XX, *et al.* Susceptibility evaluation of invaded *Spodoptera frugiperda* population in Yunnan Province to five Bt proteins [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 15 – 20. [李国平, 姬婷婷, 孙小旭, 等. 入侵云南草地贪夜蛾种群对 5 种常用 Bt 蛋白的敏感性评价 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 15 – 20]
- Lin W, Xu MF, Quan YB, *et al.* Potential geographic distribution of *Spodoptera frugiperda* in China based on MaxEnt model [J/OL]. *Plant Quarantine*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1990.s.20190422.1026.002.html>. [林伟, 徐森锋, 权永兵, 等. 基于 MaxEnt 模型的草地贪夜蛾适生性分析 [J/OL]. 植物检疫, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1990.s.20190422.1026.002.html>]
- 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/OL]. *Pest Management Science*, 2019, <https://doi.org/10.1002/ps.5530>.
- Ma QL, Wang YQ, Tan YT, *et al.* Toxicity determination of three pyrethroid pesticides against *Spodoptera frugiperda* and evaluation of field application [J/OL]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190628.1653.002.html>. [马千里, 王勇庆, 谭煜婷, 等. 3 种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾的毒力测定及田间应用效果评价 [J/OL]. 环境昆虫学报, 2019, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190628.1653.002.html>]
- Nayar JK, van Handel E. Flight performance and metabolism of the moth *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1971, 17: 2475 – 2479.
- Prasanna BM, Huesing JE, Eddy R, *et al.* Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management, 1st edition [M]. México: International Maize and Wheat Improvement Center, 2018.
- Qi GJ, Ma J, Hu G, *et al.* Analysis of migratory routes and atmospheric features of the newly invaded fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in Guangdong Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 488 – 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): 488 – 496]
- Qin YJ, Lan S, Zhao ZH, *et al.* Potential geographical distribution of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China [J/OL]. *Plant Protection*, 2019, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019269>. [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/OL]. 植物保护, 2019, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019269>]
- Rose AH, Silversides RH, Lindquist OH. Migration flight by a aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) and a noctuid, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *The Canadian Entomologist*, 1975, 107: 567 – 576.
- Stokstad E. New crop pest takes Africa at lightning speed [J]. *Science*, 2017, 356: 473 – 474.
- Sun XX, Zhao SY, Jin MH, *et al.* Larval spatial distribution pattern and sampling technique of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in maize fields [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (2): 13 – 18. [孙小旭, 赵胜园, 靳明辉, 等. 玉米田草地贪夜蛾幼虫的空间分布型与抽样技术 [J]. 植物保护, 2019, 45 (2): 13 – 18]
- Tang YT, Li YY, Liu CX, *et al.* Predation and behavior of *Arma chinensis* (Fallou) to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J/OL]. *Plant Protection*, 2019 a, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019264>. [唐艺婷, 李玉艳, 刘晨曦, 等. 螞蟥对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察 [J/OL]. 植物保护, 2019 a, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019264>]
- Tang YT, Wang MQ, Chen HY, *et al.* Predation and behavior of *Picromerus lewisi* Scott to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J/OL]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.04.005>. [唐艺婷, 王孟卿, 陈红印, 等. 益蝽对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察 [J/OL]. 中国生物防治学报, 2019, <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.04.005>]
- Wan FH, Hou YM, Jiang MX. *Invasion Biology* [M]. Beijing: Science Press, 2015: 36 – 37. [万方浩, 侯有明, 将明星. 入侵生物学 [M]. 北京: 科技出版社, 2015: 36 – 37]
- Wang L, Chen KW, Zhong GU, *et al.* Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 479 – 487. [王磊, 陈科伟, 钟国华, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 479 – 487]
- Westbrook JK, Nagoshi RN, Meagher RL, *et al.* Modeling seasonal migration of fall armyworm moths [J]. *International Journal of Biometeorology*, 2016, 60: 255 – 267.
- Wu QL, Jiang YY, Hu G, *et al.* Analysis on spring and summer migration routes of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) from tropical and southern subtropical zones of China [J]. *Plant Protection*, 2019 a, 45 (3): 1 – 9. [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 a, 45 (3): 1 – 9]
- Wu QL, Jiang YY, Wu KM. 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. [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]
- Xian JD, Chen KW, Wang L, *et al.* Surveying and monitoring methods for fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 503-507. [洗继东, 陈科伟, 王磊, 等. 外来入侵新害虫草地贪夜蛾调查监测方法探讨 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 503-507]
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, *et al.* Strategy and advice for managing the fall armyworm in China [J/OL]. *Plant Protection*, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>. [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/OL]. 植物保护, 2019, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>]
- Zhang L, Jin MH, Zhang DD, *et al.* Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan Province [J]. *Plant Protection*, 2019 a, 45 (2): 19-24, 56. [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 a, 45 (2): 19-24, 56]
- Zhang L, Liu B, Jiang YY, *et al.* Molecular characterization analysis of fall armyworm populations in China [J/OL]. *Plant Protection*, 2019 b, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019296>. [张磊, 柳贝, 姜玉英, 等. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析 [J/OL]. 植物保护, 2019 b, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019296>]
- Zhao SY, Sun XX, Zhang HW, *et al.* Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, 2019 a, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1982.S.20190410.1741.002.html>. [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/OL]. 植物保护, 2019 a, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1982.S.20190410.1741.002.html>]
- Zhao SY, Yang XM, Sun XX, *et al.* Laboratory control efficacy of commonly-used bioinsecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019 b, 45 (3): 21-26. [赵胜园, 杨现明, 孙小旭, 等. 常用生物农药对草地贪夜蛾的室内防效 [J]. 植物保护, 2019 b, 45 (3): 21-26]
- Zhao SY, Yang XM, Yang XL, *et al.* Field efficacy of eight insecticides on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, 2019 c, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019289>. [赵胜园, 杨现明, 杨学礼, 等. 8种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果 [J/OL]. 植物保护, 2019 c, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019289>]

附录1 我国各省区发现草地贪夜蛾首次入侵时间、地点、虫期等资料来源

Appendix 1 Date, location, and stage of fall armyworm was first found in each infected province and its data source

省区 Province	发现时间 (yy-mm-dd) Date of fall armyworm was found	地点 Location of fall armyworm found	寄主/虫期 Host/Stage of fall armyworm in immigration region	资料来源 Data source
云南	2019-01-11	云南省江城县宝藏镇水城村	玉米/幼虫, 4~5龄为主	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. 中国植保导刊. 2019;39(2): 33-5. 全国农技中心4月4日关于《我国及周边国家草地贪夜蛾发生为害情况通报》
广西	2019-03-11	广西河池市宜州市	玉米/成虫1头	刘刚. 全国农技中心通报我国及周边国家草地贪夜蛾发生为害情况[J]. 农药市场信息, 2019(09): 59.
广东	2019-04-23	广东省广州市增城区	玉米/幼虫龄期 2~5龄	齐国君, 马健, 胡高, 于永浩, 谌爱东, 高燕, 吕利华. 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(03): 488-496.
贵州	2019-04-25	贵州省黔东南州望谟、安龙、兴仁	玉米/幼虫	http://nynct.guizhou.gov.cn/xwzx/tpyw/201905/t20190531_3828479.html
湖南	2019-04-26	湖南省郴州市宜章县岩泉镇胡家村	玉米/幼虫	http://agri.hunan.gov.cn/xxgk/gzdt/mtjj/201905/t20190523_5340957.html
海南	2019-04-30	海南省海口市秀英区石山镇	玉米/各龄期幼虫和1头成虫	信息来自海南热带农业科学院金涛 http://www.hnaas.org.cn/news/?3666.html
福建	2019-05-06	福建省南安市康美镇园内村	玉米/幼虫3龄以上	http://nynct.fujian.gov.cn/ztl/bcfisyfk/201905/t20190531_4890902.htm http://www.fujian.gov.cn/xw/ztl/snfw/nykj/zzy/bcqb/201905/t20190528_4887901.htm

续附录1 Continued appendix 1

省区 Province	发现时间 (yy-mm-dd) Date of fall armyworm was found	地点 Location of fall armyworm found	寄主/虫期 Host/Stage of fall armyworm in immigration region	资料来源 Data source
江西	2019-05-07	江西省赣州市信丰县大阿镇大阿村	玉米/幼虫龄期 2~4龄	http://jx.ifeng.com/a/20190516/7432473_0.shtml http://www.jxagri.gov.cn/News.shtml?p5=88924993
四川	2019-05-08	四川省凉山州西昌市礼州镇	玉米/幼虫	http://scnews.newssc.org/system/20190527/000967907.html http://nynct.sc.gov.cn/xwdt/xydt/201905/t20190514_368569.html
湖北	2019-05-08	湖北省仙桃市九合垸原种场	玉米/幼虫	http://xiantao.gov.cn/zwgk/bmdt/201906/t20190624_350447.shtml
浙江	2019-05-08	浙江省杭州市建德市寿昌镇小卜家蓬村	玉米/幼虫	http://zj.ifeng.com/a/20190530/7479381_0.shtml http://jsb.jsxww.cn/Html/Jsbs/20190528/Jsbs101757.Html http://www.huzhou.gov.cn/hzgov/front/s43/xxgk/zewj/bmwj/20190529/t2021029.html
重庆	2019-05-08	北碚区歇马街道东风村	玉米/幼虫2头	https://www.cqrb.cn/html/ncb/2019-05/27/007/content_232957.htm
河南	2019-05-10	河南省信阳市浉河区	玉米/幼虫	http://www.sheqi.gov.cn/Item/36854.aspx
安徽	2019-05-17	安徽省黄山区、休宁县	玉米/幼虫	http://zw.huangshan.gov.cn/OpennessContent/show/1347699.html
上海	2019-05-22	上海市奉贤区庄行镇试验站	玉米/雄成虫和幼虫	http://www.saas.sh.cn/zw/xwzx/snyw/content_24388
江苏	2019-05-24	江苏省宜兴市、溧阳市	玉米/幼虫	http://js.people.com.cn/n2/2019/0702/c360302-33097102.html http://nynct.jiangsu.gov.cn/art/2019/6/28/art_12650_8609966.html
西藏	2019-05-28	林芝下察隅沙玛村	玉米/幼虫1~6龄,卵	http://kjg.cdstm.cn/index.php?m=Index&a=showpage&wsid=39&pagename=newsdetail&channel=gzdt&nid=21442
陕西	2019-05-31	陕西省洋县谢村镇五丰村	玉米/幼虫	http://www.yangguangbao.com/ygb/20190606/mhtml/page_13_content_001.htm http://nyt.shaanxi.gov.cn/www/nyxw1141/20190704/9686785.html
台湾	2019-06-08	台湾省苗栗县	玉米/幼虫	http://www.cbcgdf.org/NewsShow/4854/8915.html
山东	2019-06-20	山东省临沂市郯城县	玉米/雄成虫1头	http://ippsaas.cn/index.php?c=content&a=show&id=1716
甘肃	2019-07-02	陇南市武都区两水镇段河坝村、马街镇官堆村	玉米/幼虫	http://news.sina.com.cn/c/2019-07-10/doc-ihytcitm1076502.shtml https://finance.sina.cn/futuremarket/ncpzx/2019-07-08/detail-ihytcerm2047700.d.html
山西	2019-07-06	临汾市曲沃县北董乡裴南庄村和下裴村	玉米/幼虫	http://nynct.shanxi.gov.cn/was5/web/detail?record=1&primarykeyvalue=DOCID2%3D%27481796%27&channelid=234439&searchword=%E8%8D%89%E5%9C%B0%E8%B4%AA%E5%A4%9C%E8%9B%BE&keyword=%E8%8D%89%E5%9C%B0%E8%B4%AA%E5%A4%9C%E8%9B%BE&token=16.1442975927773.20

附录 2 各省区发现草地贪夜蛾当月的年平均气温*
**Appendix 2 Average air temperature of the month of fall armyworm was first found
 in infected location of each province***

各省区首次发现地点 Location	发现时间 Date (yy-mm-dd)	发现当月平均温度 (°C) Average temperature of the month
云南省江城县	2019-01-11	10 ~ 20
广西区河池市宜州区	2019-03-11	14 ~ 21
广东省广州市增城区	2019-04-23	20 ~ 27
贵州省黔西南州望谟县	2019-04-25	19 ~ 29
湖南省宜章县	2019-04-26	17 ~ 25
海南省海口市秀英区	2019-04-30	27 ~ 28
福建省南安市	2019-05-06	23 ~ 30
江西省信丰市	2019-05-07	23 ~ 30
四川省西昌市	2019-05-08	17 ~ 30
湖北省仙桃市	2019-05-08	19 ~ 28
浙江省建德市	2019-05-08	18 ~ 28
重庆市北碚区	2019-05-08	20 ~ 27
河南省信阳市浉河区	2019-05-10	22 ~ 26
安徽省黄山市黄山区	2019-05-17	18 ~ 28
上海市奉贤区	2019-05-22	18 ~ 25
江苏省宜兴市	2019-05-24	18 ~ 27
西藏区林芝市察隅县	2019-5-28	11 ~ 23
陕西省洋县	2019-05-31	16 ~ 27
台湾省苗栗县**	2019-06-08	26 ~ 33
山东省临沂市郯城县	2019-6-20	21 ~ 31
甘肃省陇南市武都区	2019-07-02	19 ~ 30
山西省曲沃县	2019-07-06	23 ~ 34

注:* 资料来源于天气网 www.tianqi.com。** 台湾省苗栗县 6 月份年平均气温没有检索到, 参考基本同纬度的福建省泉州市的 6 月份年平均气温。Note:* Temperature data collected from www.tianqi.com. ** Average air temperature of Miaoli County, Taiwan Province in June was not available. The temperature data was referred to the temperature of Quanzhou, Fujian Province where are in very similar latitudes with Miaoli County.