



李定银, 鄧军锐, 张涛, 叶佳琴, 梁玉健. 不同寄主对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 311–317.

不同寄主对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响

李定银, 鄧军锐*, 张涛, 叶佳琴, 梁玉健

(贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 草地贪夜蛾是入侵我国的重大农业害虫, 严重威胁我国粮食安全。为明确该虫在不同寄主植物上的适合度, 本文系统研究了草地贪夜蛾取食花生、荞麦和生姜 3 种寄主生长发育和繁殖情况, 组建了实验种群生命表。结果表明: 草地贪夜蛾在 3 种寄主植物上的繁殖力高低为花生 (771.73 粒) > 荞麦 (477.13 粒) > 生姜 (209.22 粒), 卵的孵化率无显著差异, 幼虫和蛹重均是花生 > 荞麦 > 生姜。草地贪夜蛾取食花生、荞麦和生姜后的净增殖率 (R_0) 分别为 226.36、102.45 和 20.75, 内禀增长率 (r_m) 分别为 0.16、0.13 和 0.06。研究发现, 草地贪夜蛾在花生、荞麦和生姜 3 种寄主植物上均能实现种群繁殖, 其中, 花生是最适宜的寄主, 荞麦次之, 生姜相对较不适宜。

关键词: 草地贪夜蛾; 花生; 荞麦; 生姜; 寄主适应性; 生命表

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 02-0311-07

Effects of different host plants on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda*

LI Ding-Yin, ZHI Jun-Rui*, ZHANG Tao, YE Jia-Qin, LIANG Yu-Jian (Institute of Entomology, Guizhou University/Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Region, Guiyang 550025, China)

Abstract: *Spodoptera frugiperda* is a major agricultural pest that invaded China recently, and it seriously threat to food security. In order to clarify the suitability of *S. frugiperda* to different host plants, the growth, development and reproduction in peanut, buckwheat and ginger were compared, and the life table was established. The result showed that the reproductions of *S. frugiperda* feeding peanut, buckwheat and ginger were 771.73 eggs > 477.13 eggs > 209.22 eggs respectively, but the hatchabilities of the eggs weren't significant difference. The weights of both larva and pupa were peanut > buckwheat > ginger. The net reproductive rates (R_0) of *S. frugiperda* after feeding on peanuts, buckwheat, and ginger were 226.36, 102.45, and 20.75, the intrinsic rate of increase (r_m) were 0.16, 0.13 and 0.06 respectively. The results indicate that *S. frugiperda* can finish reproduction on all three hosts. Peanut is the most suitable host, followed by buckwheat, and ginger is the least suitable.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; peanut; buckwheat; ginger; life table

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)
属鳞翅目夜蛾科, 是一种寄主范围较广, 且具有

很强迁飞能力的重大入侵害虫。该虫原产于美洲
热带及亚热带地区, 是广泛分布在美洲各国的重

基金项目: 贵州省国际科技合作基地 (黔科合平台人才 [2016] 5802)

作者简介: 李定银, 男, 1994 年生, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: lidingyin553100@163.com

* 通信作者 Author for correspondence: 鄧军锐, 女, 博士, 教授, 主要研究方向为昆虫生态学、农业昆虫与害虫防治, E-mail: zhijunrui@126.com

收稿日期 Received: 2019-12-03; 接受日期 Accepted: 2020-02-04

大迁飞性害虫 (Sparks, 1979; Johnson, 1987; Kebede and Shimalis, 2018)。通过田间调查证实, 草地贪夜蛾成虫于 2018 年 12 月 11 日始迁入我国, 12 月中旬形成首次迁入高峰 (Sun *et al.*, 2019)。现已扩散到贵州 (胡朝兴等, 2019)、广东 (廖永林等, 2019)、四川 (邓晓悦等, 2019) 等 20 多个省、市、自治区, 该虫在我国的适生面积约 52.79% (林伟等, 2019)。在其暴发地区造成作物大幅度减产, 甚至绝产绝收, 严重威胁我国的粮食安全。

草地贪夜蛾寄主范围广, 现报道其寄主有 350 多种 (Montezano *et al.*, 2018)。依据其寄主偏好不同分为水稻型和玉米型 (Juárez *et al.*, 2014), 入侵我国的草地贪夜蛾主要为玉米型, 取食玉米、高粱和荞麦等作物并造成危害 (张磊等, 2019), 水稻型和玉米型草地贪夜蛾在形态上无明显差异, 但存在一定的生殖隔离 (Groot *et al.*, 2008)。最新研究发现, 入侵到重庆地区的草地贪夜蛾 *COI* 基因的亚型全为水稻型, *Tpi* 基因的亚型兼有水稻型和玉米型, 说明草地贪夜蛾存在由玉米型向水稻型分化的可能 (唐运林等, 2019)。有研究表明草地贪夜蛾对不同寄主具有不同的偏好性, 且不同寄主上的草地贪夜蛾种群适合度具有显著差异 (徐蓬军等, 2019)。说明草地贪夜蛾在非玉米种植地区也存在暴发危害的风险。

贵州属于中国西南部高原山地地貌, 平均海拔高, 气候温暖湿润, 属亚热带湿润季风气候, 非常适合草地贪夜蛾的定殖 (胡朝兴等, 2019)。且由于贵州的耕地多为山地, 多数地区以春季种植玉米为主, 部分地区种植花生、土豆和生姜等, 秋收后种植荞麦等作物 (罗嵩等, 2017)。明确草地贪夜蛾在玉米轮作期或季节交替期是否具有从玉米转移到其他作物上进行为害的潜能, 对控制草地贪夜蛾的危害和保护农作物具有重要意义。因此, 本文用花生、荞麦和生姜叶片饲养采自玉米上的草地贪夜蛾, 研究玉米上的草地贪夜蛾转接到花生、荞麦和生姜后的发育历期、存活率和繁殖力等, 通过组建生命表, 对草地贪夜蛾在不同寄主上的种群发展进行预测, 为草地贪夜蛾的监测、防治及其转寄主危害的评估提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

草地贪夜蛾: 于 2019 年 5 月采自贵州省贵阳市花溪区天鹄村玉米田, 在人工气候室内以玉米叶饲养, 饲养条件为: 温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光照 L:D = 16 h:8 h。

1.2 供试植物

供试寄主植物: 花生 *Arachis hypogaea* (东北四粒红)、荞麦 *Fagopyrum esculentum* (川荞 2 号) 和生姜 *Zingiber officinale* (罗平小黄姜) 均以营养钵 (口径 20 cm, 高 10 cm) 种植于温室大棚内, 单独用纱网笼罩, 以避免虫害, 在植物生长整个时期不施加任何化肥和农药, 仅按需进行常规浇水, 由此获得健康植株叶片。花生和荞麦选择苗期之后 (5~20 叶) 的完整叶片, 生姜取茎叶旺盛生长期时的叶片进行饲养草地贪夜蛾。

1.3 试验方法

取室内长期以玉米饲养的草地贪夜蛾卵粒, 放置于放有不同寄主叶片的 24 孔养虫板 (单孔长宽高分别为 4.1 cm、2.3 cm 和 3.1 cm) 内, 每孔 1~2 粒。待其孵化后, 每孔留 1 头幼虫, 多余幼虫挑出, 每天更换一次新鲜叶片, 隔天清洁一次养虫板, 用酒精进行简单杀菌后下次使用。每 24 头为一个重复, 每个寄主设置 3 次重复, 每隔 12 h 观察记录草地贪夜蛾的龄期和死亡情况。4 龄后由于幼虫食量和体积增大, 将存活幼虫对应转移至 12 孔板内 (单孔长宽高分别为 5.5 cm、4.7 cm 和 2.5 cm) 进行饲养。发育至 5 龄幼虫时, 称量其第 2 天的体重, 化蛹后称量第 2 天的蛹重。收集羽化成虫并进行单对配对, 放置于 200 mL 圆形塑料盒内 (口径 7.0 cm, 高 4.5 cm), 用脱脂纱布封口, 纱布亦作为其产卵场所, 底部放置吸湿 10% 蜂蜜水的脱脂棉供其取食, 之后每天用注射器补充蜂蜜水, 确保脱脂棉湿润, 每个寄主重复 3 次, 每个重复 5 对。记录第 1 次产卵时间, 每天收集卵块并统计卵粒数和孵化数, 同时记录雌成虫寿命。随机取各孵化后的幼虫继续饲养至蛹期, 参照董前进 (2019) 的方法辨别其性别, 统计雌雄比, 以此推测当代卵性比。

1.4 生命表参数及计算公式

净增殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$; 平均世代周期 $T = \sum x l_x m_x / R_0$; 内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$; 周限增长

率 $\lambda = e^{rm}$ 。式中 x 为按存活时间划分的年龄, l_x 表示在 x 时期开始时的存活率, m_x 表示在 x 期间内存活的平均每雌产雌数。

1.5 数据处理

利用 Excel 2019 进行数据的统计, 各指标以均值 $\pm$ 标准误表示, 利用 SPSS 24.0 进行单因素方差分析和 Tukey 测验法比较不同寄主间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同寄主植物对草地贪夜蛾幼虫发育历期的影响

取食不同寄主的草地贪夜蛾幼虫的发育历期不同 (表 1)。4 龄幼虫和幼虫总历期在取食 3 种寄主之间有明显的差异, 均是取食花生的发育历期最短, 荞麦次之, 取食生姜的发育历期最长。

草地贪夜蛾其余龄期下取食花生和荞麦的没有明显差异, 均短于取食生姜的。取食花生、荞麦和生姜的草地贪夜蛾幼虫总历期分别为 15.80 d、17.31 d 和 31.97 d。与取食花生相比, 取食荞麦的幼虫历期延长了 1.51 d, 取食生姜的则延长了 16.17 d。

2.2 不同寄主对草地贪夜蛾体重和蛹历期的影响

不同寄主植物对草地贪夜蛾体重和蛹历期的影响见表 2。由表 2 可知, 取食花生的 5 龄幼虫体重为 76.75 mg, 明显重于取食生姜 (35.80 mg) 和荞麦的 (38.26 mg)。草地贪夜蛾的蛹重在 3 种寄主间差异显著, 蛹重大小依次为取食花生 (169.78 mg) > 荞麦 (155.39 mg) > 生姜 (139.63 mg)。与取食花生和荞麦相比, 取食生姜的草地贪夜蛾预蛹期分别延长了 1.48 和 1.20 d, 蛹期分别延长了 2.02 和 1.55 d, 而取食花生和荞麦的草地贪夜蛾预蛹期和蛹期均没有显著差异。

表 1 草地贪夜蛾幼虫在不同寄主上的历期
Table 1 Developmental period of *Spodoptera frugiperda* larvae on different host plants

寄主 Host	幼虫期 (d) Larvae duration						总历期 (d) Total larval duration
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	6 龄	
	1 st instar	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar	5 th instar	6 th instar	
花生 Peanut	2.97 $\pm$ 0.09 b	2.35 $\pm$ 0.10 b	1.45 $\pm$ 0.05 b	2.05 $\pm$ 0.13 c	3.20 $\pm$ 0.05 b	3.78 $\pm$ 0.06 b	15.80 $\pm$ 0.26 c
荞麦 Buckwheat	3.10 $\pm$ 0.08 b	2.25 $\pm$ 0.05 b	1.87 $\pm$ 0.04 b	2.67 $\pm$ 0.09 b	3.52 $\pm$ 0.16 b	3.91 $\pm$ 0.05 b	17.31 $\pm$ 0.10 b
生姜 Ginger	4.28 $\pm$ 0.10 a	3.85 $\pm$ 0.09 a	3.58 $\pm$ 0.26 a	3.44 $\pm$ 0.15 a	7.99 $\pm$ 0.48 a	8.82 $\pm$ 0.12 a	31.97 $\pm$ 0.16 a

注: 表中数据为平均值 $\pm$ 标准误, 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。Note: Data in the table are represented as mean $\pm$ SE. Different lowercase letters after data in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$), the same below.

表 2 不同寄主对草地贪夜蛾体重和蛹历期的影响
Table 2 Effects of different hosts on the weight and development of pupa of *Spodoptera frugiperda*

寄主 Host	5 龄幼虫体重 (mg)	蛹重 (mg)	预蛹期 (d)	蛹期 (d)
	Weight of 5 th instar larvae	Weight of pupa	Prepupa duration	Pupa duration
花生 Peanut	76.75 $\pm$ 0.39 a	169.78 $\pm$ 1.52 a	1.27 $\pm$ 0.06 b	11.30 $\pm$ 0.12 b
荞麦 Buckwheat	38.26 $\pm$ 0.86 b	155.39 $\pm$ 1.99 b	1.55 $\pm$ 0.15 b	11.77 $\pm$ 0.12 b
生姜 Ginger	35.80 $\pm$ 0.96 b	139.63 $\pm$ 3.11 c	2.75 $\pm$ 0.21 a	13.32 $\pm$ 0.33 a

2.3 不同寄主对草地贪夜蛾存活率的影响

取食不同寄主植物的草地贪夜蛾在不同年龄的存活率见图 1。由图 1 可知, 在 6 ~ 16 d 取食 3 种寄主植物的草地贪夜蛾存活率下降明显, 随后种群数量趋于稳定。到第 30 天时取食花生的草地

贪夜蛾存活率开始迅速下降, 此时虫态为成虫, 直至第 43 天全部死亡。取食荞麦的草地贪夜蛾存活率在第 32 天时开始迅速下降, 此时虫态为成虫, 在第 44 天成虫全部死亡。取食生姜的草地贪夜蛾存活率在第 24 ~ 40 d (5 ~ 6 龄及预蛹期) 存活

率迅速下降,在第 47 天(羽化初期)后趋于稳定,到第 54 d 时成虫全部死亡;由此可知,取食生姜的草地贪夜蛾在幼虫期死亡量较大,但仍有

少量能发育至成虫,而取食花生和荞麦的存活率相对较高。

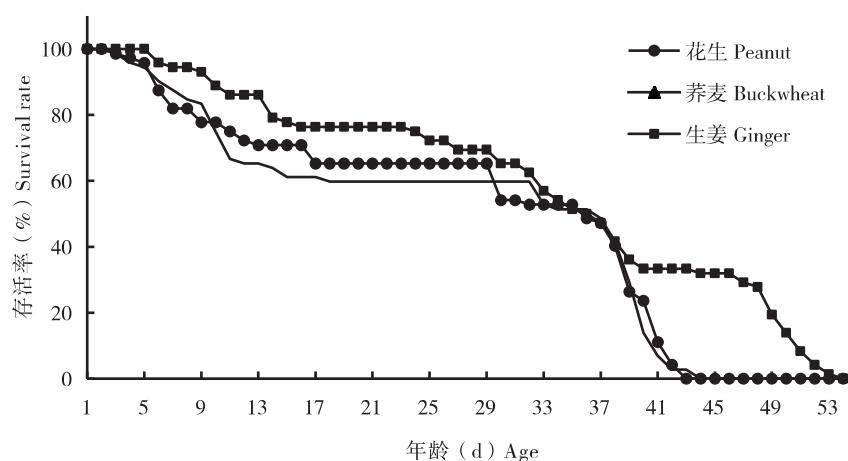


图 1 不同寄主植物饲养下草地贪夜蛾特定年龄存活率

Fig. 1 Age specific survival rate of *Spodoptera frugiperda* feeding on different host plants

2.4 不同寄主对草地贪夜蛾雌虫寿命和繁殖力的影响

草地贪夜蛾在花生、荞麦和生姜上都能完成生活史,但其寿命和繁殖力等不同(表 3)。取食花生的草地贪夜蛾产卵前期(3.53 d)和雌成虫寿命(10.73 d)都最长,其次是荞麦,取食生姜

的最短。取食生姜的草地贪夜蛾单雌产卵量仅为 209.22 粒,不到取食花生(771.73 粒)的 30%,不到取食荞麦(477.13 粒)的 50%,但不论取食哪种寄主卵的孵化率均高达 94% 以上,且各寄主间无显著差异。

表 3 不同寄主对草地贪夜蛾雌成虫寿命和繁殖力的影响

Table 3 Effects of different hosts on the longevity and fecundity of female adult of *Spodoptera frugiperda*

寄主 Host	产卵前期 (d) Preoviposition period	雌成虫寿命 (d) Female adult longevity	单雌产卵量 (粒) Number of eggs laid per female	孵化率 (%) Hatching rate of egg	雌性比 Rate of female
花生 Peanut	3.53 ± 0.13 a	10.73 ± 0.24 a	771.73 ± 32.59 a	94.03 ± 0.97 a	0.56
荞麦 Buckwheat	2.80 ± 0.12 b	9.20 ± 0.23 b	477.13 ± 50.47 b	95.51 ± 0.72 a	0.54
生姜 Ginger	1.89 ± 0.11 c	4.78 ± 0.29 c	209.22 ± 13.46 c	94.07 ± 0.60 a	0.51

2.5 取食不同寄主植物草地贪夜蛾的种群参数

取食花生的草地贪夜蛾净增值率($R_0 = 226.36$)最大,其次是荞麦($R_0 = 102.45$),取食生姜的最低($R_0 = 20.75$),说明草地贪夜蛾在花生和荞麦上均有较高的暴发危害潜能,而在生姜上爆发危害的潜能是对较小(表 4)。取食花生、荞麦和生姜的草地贪夜蛾平均世代周期(T)分别为 34.12 d、35.98 d 和 50.30 d,因此推测在相同

环境条件下,取食花生和荞麦的草地贪夜蛾相同时间内发生代数比取食生姜的多。取食 3 种不同寄主的草地贪夜蛾内禀增长率(r_m)和周限增长率(λ)呈现相同的趋势,从高到低依次为:花生、荞麦和生姜。总的来看,取食花生的草地贪夜蛾种群增长增殖能力最强,取食荞麦的增殖速度次之,而取食生姜的增速较慢。

表 4 草地贪夜蛾取食 3 种寄主植物生命参数的比较
Table 4 Comparison of life-table parameters of *Spodoptera frugiperda* on 3 host plants

寄主 Host	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	平均世代周期 T/d Mean generation time	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	周限增长率 λ Finite rate of increase
花生 Peanut	226.36	34.12	0.16	1.17
荞麦 Buckwheat	102.45	35.98	0.13	1.14
生姜 Ginger	20.75	50.30	0.06	1.06

3 结论与讨论

草地贪夜蛾侵入我国后便在地多暴发危害，尤其对玉米危害最严重（廖永林等，2019；王磊等，2019）。由于该虫取食范围较广，所以在非玉米种植地区的定殖或玉米收割后该虫的转主危害应当引起重视。贵州省多数地区仍以种植玉米为主，部分地区同季种植花生和生姜，而在秋收后在海拔较高的地区种植荞麦（罗嵩等，2017）。玉米是草地贪夜蛾最喜食的寄主植物，但该虫取食花生、荞麦和生姜对其生长发育和繁殖的影响尚不明确。

一般认为，植食性昆虫取食寄主植物后具有较快的发育速率，较高的繁殖力和存活率，以及较大的体重，则认为此寄主是该昆虫较适宜的寄主（Harcourt，1969）。本研究发现，取食花生的草地贪夜蛾幼虫平均世代周期为 34.12 d，取食荞麦的为 35.98 d。此结果与吴正伟等（2019）研究该虫在甘蔗、水稻、玉米上的平均世代周期相比均有所延长，但与巴吐西等（2019）研究在玉米（33.50 d）和小麦（32.83 d）上的世代周期相比有所缩短，但差异不大，也与吴正伟（2019）研究其取食甘蔗和水稻的平均世代周期（分别为：31.46 d 和 33.92 d）差异不大。但本研究发现草地贪夜蛾取食生姜时平均世代周期延长到了 50.30 d，说明生姜不利于草地贪夜蛾的生长发育。与巴吐西等（2019）和唐庆峰等（2019）研究草地贪夜蛾取食玉米的繁殖力（分别为 973.33 和 831.57 粒/雌）相比，本研究获得的取食花生的草地贪夜蛾的繁殖力（771.73 粒/雌）低于取食玉米的，取食荞麦的单雌产卵量（477.13 粒）只有取食花生的 50% 左右，取食生姜的产卵量更低。此外，本研究结果显示取食花生、荞麦和生姜的幼虫历期分别为：15.80 d、17.31 d 和 31.97 d，这

与李子园等（2019）研究草地贪夜蛾取食甜玉米后幼虫历期为 11.33 d 相比明显延长。说明和玉米相比，草地贪夜蛾对这 3 种寄主的适应性较差。取食 3 种寄主植物的草地贪夜蛾雌成虫寿命也均低于玉米（唐庆峰等，2019）和小麦（巴吐西等，2019）。这可能是草地贪夜蛾长期取食玉米后对玉米的适应性较强，而将其转接到花生、荞麦和生姜等新寄主上之后，需要一个逐渐适应的过程，而在此过程中，草地贪夜蛾的繁殖力等会发生变化。也可能是不同寄主植物所含的营养物质和次生代谢物等的不同直接影响草地贪夜蛾的发育和繁殖。

本研究发现，取食花生和荞麦的草地贪夜蛾在到达成虫期之前的死亡率都较低，而取食生姜的草地贪夜蛾在 4 龄之前取食量较大，但生长缓慢，原因可能是高的食物转化率作为低消化率的一种生理补偿（朱俊洪等，2005）。4 龄之后取食生姜的虫体大量死亡，同时存活的 5~6 龄幼虫历期显著延长，推测原因可能是生姜含有不利于取食甚至具有杀虫活性的物质（向玉勇等，2015），昆虫长期取食后此类物质在虫体内逐渐累积，最后导致个体死亡。以不同寄主植物饲养的草地贪夜蛾 5 龄幼虫体重和蛹重均是花生 > 荞麦 > 生姜，但低于王世英等（2019）和徐蓬军等（2019）研究该虫取食玉米后的蛹重。

生命表是研究种群变动趋势、评价害虫防治措施、制定虫害预测模型和害虫综合管理的重要方法（张孝羲，2003）。本研究通过组建以不同寄主植物饲养的草地贪夜蛾生命表发现，在 25℃ 下，取食花生的草地贪夜蛾净增殖率（ R_0 ）、内禀增长率（ r_m ）和周限增长率（ λ ）均最高，其次是取食荞麦的，而取食生姜的此 3 项指标均最低。取食花生的 R_0 高于吴正伟等（2019）取食玉米的，但 r_m 相同，因此花生又可能受到草地贪夜蛾的严重危害。

总体而言,草地贪夜蛾在花生、荞麦和生姜上均能完成生活史,但对3种寄主具有不同的适合度。取食花生的草地贪夜蛾各时期的相关指标均显示花生是其较适宜的寄主;取食荞麦的草地贪夜蛾发育历期有所延长,繁殖力也相对较低,草地贪夜蛾在该寄主上的适合度次之;而取食生姜的草地贪夜蛾发育历期大大延长,且存活率及雌成虫寿命也较低,从而影响了其繁殖力,表明生姜是草地贪夜蛾最不适宜的寄主。目前虽有草地贪夜蛾对3种寄主危害的报道,但还未造成大面积严重的危害,随着草地贪夜蛾对寄主的不断适应,对这3种寄主的危害性应引起人们的重视。贵州省春季种植生姜、玉米和花生等,夏季为多数已种植作物的旺长期,秋季则以荞麦、油菜和水稻等为主,冬季主要种植小麦,结合草地贪夜蛾寄主范围和适生性分析,条件适宜时大爆发可能性极大。因此在冬季草地贪夜蛾数量较少时,对其越冬寄主、虫态和越冬区域的调查并进行杀灭,这对草地贪夜蛾的防控非常重要。

参考文献 (References)

- Ba TX, Zhang YH, Zhang Z, *et al.* The host preference and population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on maize and wheat [J/OL]. *Plant Protection*, 1–8 [2019–11–27]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019530>. [巴吐西, 张云慧, 张智, 等. 草地贪夜蛾对小麦和玉米的产卵选择性及其种群生命表 [J/OL]. 植物保护: 1–8 [2019–11–27]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019530>]
- Deng XY, Zhang XY, Jiang CX, *et al.* Source analysis of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) invaded Western Sichuan Plateau [J/OL]. *Plant Protection*, 1–9 [2019–11–19]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019593>. [邓晓悦, 张雪艳, 蒋春先, 等. 入侵川西高原的草地贪夜蛾虫源分析 [J/OL]. 植物保护: 1–9 [2019–11–19]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019593>]
- Dong QJ, Zhou JC, Zhu KH, *et al.* A simple method for identifying sexuality of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) pupae and adults [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (5): 96–98. [董前进, 周金成, 朱凯辉, 等. 一种快速鉴别草地贪夜蛾蛹及成虫雌雄的简易方法 [J]. 植物保护, 2019, 45 (5): 96–98]
- Groot AT, Marr M, Schöfl G, *et al.* Host strain specific sex pheromone variation in *Spodoptera frugiperda* [J]. *Frontiers in Zoology*, 2008, 5 (1): 20.
- Harcourt DG. The development and use of life tables in the study of natural insect populations [J]. *Annual Review of Entomology*, 1969, 14 (1): 175–196.
- Hu CX, Yang MF, Zhi JR, *et al.* Potential hazard of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to agricultural production and control strategies in Guizhou Province [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2019, 38 (3): 1–5. [胡朝兴, 杨茂发, 邵军锐, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾对贵州省农业生产的潜在危害分析及其防控 [J]. 山地农业生物学报, 2019, 38 (3): 1–5]
- Johnson SJ. Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the western hemisphere [J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1987, 8 (4/5/6): 543–549.
- Juárez ML, Schöfl G, Vera MT, *et al.* Population structure of *Spodoptera frugiperda* maize and rice host forms in south America: Are they host strains? [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2014, 152 (3): 182–199.
- Kebede M, Shimalis T. Out – break, distribution and management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J. E Smith in Africa: The Status and Prospects [J]. *Academy of Agriculture Journal*, 2018, 3 (10): 551–568.
- Liao YL, Li CY, Huang SH, *et al.* Survey on the prevalence and damage of *Spodoptera frugiperda* first invasive in Guangdong [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 497–502. [廖永林, 李传瑛, 黄少华, 等. 草地贪夜蛾首次入侵广东地区发生为害调查 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 497–502]
- Liu W, Xu MF, Quan YB, *et al.* Potential geographic distribution of *Spodoptera frugiperda* in China based on MaxEnt model [J]. *Plant Quarantine*, 2019, 33 (4): 69–73. [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]. 植物检疫, 2019, 33 (4): 69–73]
- Li ZY, Dai QX, Kuang ZL, *et al.* Effects of three artificial diets on development and reproduction of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (6): 1147–1154. [李子园, 戴钊萱, 邝昭琅, 等. 3种人工饲料对草地贪夜蛾生长发育及繁殖力的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (6): 1147–1154]
- Luo H, Huang JM, Yi Y, *et al.* Development status, problems, advantages and countermeasures of Guizhou buckwheat industry [J]. *Tillage and Cultivation*, 2017 (6): 49–53. [罗嵩, 黄俊明, 易勇, 等. 贵州省荞麦产业发展现状、问题、优势及对策 [J]. 耕作与栽培, 2017 (6): 49–53]
- Montezano DG, Specht A, Sosa – Gómez DR, *et al.* Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. *African Entomology*, 2018, 26 (2): 286–300.
- Sparks AN. A review of the biology of the fall armyworm [J]. *The Florida Entomologist*, 1979, 62 (2): 82–87.
- Sun XX, Hu Chao X, Jia HR, *et al.* Case study on the first immigration of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* invading into China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18: 2–10.
- Tang QF, Fang M, Yao L, *et al.* Effects of feeding different corn organizations on growth, development and nutritional indexes of *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, 1–6 [2019–11–27]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019510>. [唐庆峰, 房敏, 姚领, 等. 取食玉米不同组织对草地贪夜蛾生长发育及营养指标的影响 [J/OL]. 植物保护: 1–6 [2019–11–27] <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019510>]
- Tang YL, Gu RC, Wu YY, *et al.* Biotype identification of the population

- of *Spodoptera frugiperda* that migrated to Chongqing area [J]. *Journal of Southwest University* (Natural Science Edition) , 2019 , 41 (7) : 1 - 7. [唐运林, 顾佰铨, 吴燕燕, 等. 入侵重庆地区的草地贪夜蛾种群生物型鉴定 [J]. 西南大学学报 (自然科学版) , 2019 , 41 (7) : 1 - 7]
- Wang L , Chen KW , Zhong GH , *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]
- Wang SY , Zhu QD , Tan YT , *et al.* Artificial diets and rearing technique of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in laboratory [J]. *Journal of Environmental Entomology* , 2019 , 41 (4) : 742 - 747. [王世英, 朱启绽, 谭煜婷, 等. 草地贪夜蛾室内人工饲料群体饲养技术 [J]. 环境昆虫学报, 2019 , 41 (4) : 742 - 747]
- Wu ZW , Shi PQ , Zeng YH , *et al.* Population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on three host plants [J/OL]. *Plant Protection* , 1 - 8 [2019 - 11 - 27]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019466>. [吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 等. 3 种寄主植物饲养的草地贪夜蛾种群生命表 [J/OL] 植物保护: 1 - 8 [2019 - 11 - 27]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019466>]
- Xiang YY , Huang AD , Dai RT. Bioactivity of essential oils from 4 plants on *Oryzaephilus surinamensis* during storage period of *Lonicera japonica* thunb [J]. *Natural Product Research and Development* , 2015 , 27 (6) : 971 - 978. [向玉勇, 黄安迪, 戴荣涛. 4 种植物精油对金银花贮藏期害虫锯谷盗的生物活性 [J]. 天然产物研究与开发, 2015 , 27 (6) : 971 - 978]
- Xu PJ , Zhang DD , Wang J , *et al.* The host preference of *Spodoptera frugiperda* on maize and tobacco [J]. *Plant Protection* , 2019 , 45 (4) : 61 - 64. [徐蓬军, 张丹丹, 王杰, 等. 草地贪夜蛾对玉米和烟草的偏好性研究 [J]. 植物保护, 2019 , 45 (4) : 61 - 64]
- Zhang L , Jin MH , Zhang DD , *et al.* Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan Province [J]. *Plant Protection* , 2019 , 45 (2) : 19 - 24. [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 , 45 (2) : 19 - 24]
- Zhang XY. *Insect Ecology and Forecast* (The third edition) . Beijing: China Agriculture Press [M]. 2003 , 77 - 84. [张孝羲. 昆虫生态及预测预报 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003 , 77 - 84]
- Zhu JH , Zhang FP , Ren HG , *et al.* Development and nutrition of *Prodenia litura* on four food plants [J]. *Chinese Bulletin of Entomology* , 2005 (6) : 643 - 646. [朱俊洪, 张方平, 任洪刚. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响 [J]. 昆虫知识, 2005 (6) : 643 - 646]