

入侵害虫草地贪夜蛾取食七种食物的种群生命表

董 松¹ 卢增斌^{2*} 李丽莉¹ 朱军生³ 关秀敏³ 门兴元^{1*}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 山东省农业科学院玉米研究所, 小麦玉米国家工程实验室, 农业农村部黄淮海北部玉米生物学与遗传育种重点实验室, 济南 250100; 3. 山东省植物保护总站, 济南 250100)

摘要: 为阐明入侵害虫草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 对我国不同农作物的适应性, 利用年龄-阶段两性种群生命表技术研究取食玉米粒以及玉米、花生、棉花、大豆、高粱和谷子叶片等7种不同食物对草地贪夜蛾生长发育与繁殖的影响。结果表明, 不同食物显著影响草地贪夜蛾种群。整个成虫前期从长到短依次为取食棉花叶>取食大豆叶>取食高粱叶>取食花生叶>取食谷子叶>取食玉米叶>取食玉米粒, 取食玉米粒要比取食棉花叶的时间缩短27.95 d。雌雄成虫寿命均以取食玉米粒和高粱叶的最长, 以取食玉米叶的较短, 且取食棉花叶的雄成虫寿命仅有3.00 d。产卵量以取食玉米粒的最多, 为619.27粒, 是取食其他食物的6.00倍~61.25倍。取食玉米叶的草地贪夜蛾初孵幼虫个体完成幼虫、蛹和成虫阶段的概率均较高, 分别为95.38%、78.46%和78.46%, 而取食棉花叶的最低, 分别为37.29%、20.34%和20.34%。草地贪夜蛾取食玉米粒的净增值率、内禀增长率、周限增长率均最高, 分别为105.59、0.12 d⁻¹、1.13 d⁻¹, 平均世代周期最短, 为36.91 d, 而取食棉花叶的正好相反, 取食其他5种食物的介于两者之间。总之, 草地贪夜蛾在7种食物上均可以完成生活史, 但是最喜好的寄主是玉米尤其是玉米粒, 最不喜好的寄主是棉花叶和大豆叶。

关键词: 草地贪夜蛾; 种群生命表; 寄主适应性

Life tables of the invasive insect pest fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* feeding on seven crops

Dong Song¹ Lu Zengbin^{2*} Li Lili¹ Zhu Junsheng³ Guan Xumin³ Men Xingyuan^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China;

2. Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Maize in Northern Yellow-Huai River Plain, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; National Engineering Laboratory of Wheat and Maize, Maize Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China;
3. Shandong Plant Protection Station, Jinan 250100, Shandong Province, China)

Abstract: To elucidate the adaptability of the invasive insect pest fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to different crops in China, the growth, development and reproduction of *S. frugiperda* reared on maize grains and maize, peanut, cotton, soybean, sorghum, and millet leaves were assessed using the age-stage two-sex life table technique. The results showed that different foods significantly affected *S. frugiperda* populations. The order of pre-adult durations from longest to shortest was cotton leaves, soybean leaves, sorghum leaves, peanut leaves, millet leaves, maize leaves and maize grains, and it was 27.95 d shorter on maize grains than on cotton leaves. The longevity of male and female adults fed on maize grains and sorghum leaves was the longest, but shorter when fed on maize leaves. The longevity of male adult was only 3.00 d on cotton leaves. The female adults produced the most eggs (619.27 eggs)

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0300105), 山东省重点研发计划(2020CXGC010802), 山东省农业科学院科技创新工程(CXGC2021A42, CXGC2021A38, CXGC2021B13)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: luzengbin12345@163.com, menxy2000@hotmail.com

收稿日期: 2020-06-15

on maize grains, which was 6.00–61.25 times of those on other foods. The probability that the newly hatched larvae fed on maize leaves completed larval, pupal and adult stages was the highest, which was 95.38%, 78.46% and 78.46%, respectively, while it was the shortest on cotton leaves, which was 37.29%, 20.34% and 20.34%, respectively. The net reproductive rate, intrinsic rate of increase and finite rate of increase of *S. frugiperda* fed on maize grains were the highest, with a shortest mean generation time, which were 105.59, 0.12 d⁻¹, 1.13 d⁻¹ and 36.91 d, respectively. In contrast, the results on cotton leaves were the opposite, while the results on the other five foods fell in between them. In conclusion, *S. frugiperda* could complete its life cycle on all tested foods, although it preferred maize crops, especially maize grains, while cotton leaves and soybean leaves were the least preferred.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; life table; host adaptability

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 又称秋黏虫、秋行军虫, 是一种世界性重大迁飞农业害虫(杨普云等, 2019), 具有寄主范围广、繁殖力强、迁飞速度快和适生区域广等特点, 可在短时间内大规模集中暴发, 防控难度较大(郭井菲等, 2018; 王磊等, 2019)。2019年1月草地贪夜蛾首次入侵我国云南省普洱市, 在随后不到5个月时间里快速扩散蔓延至14个省(自治区)的385个县(市、区), 在玉米等农作物上的发生面积超过9万hm², 严重威胁我国的粮食安全和生态安全(杨普云等, 2019; 王磊等, 2019)。因此, 必须采用有效的防控措施控制其种群, 而明确草地贪夜蛾对我国不同农作物的适应性是对其进行防控的前提。

据统计, 草地贪夜蛾的寄主植物多达76科353种, 主要包括玉米、小麦、水稻和甘蔗等多种重要的农作物(Montezano et al., 2018)。我国是世界上生物多样性非常丰富的国家之一, 常年种植的农作物种类众多, 适宜农作物的大面积种植可为草地贪夜蛾种群暴发提供基础条件。国内许多学者发现草地贪夜蛾可为害玉米、水稻、高粱、花生、棉花、大豆和甘蔗等多种农作物, 也可为害皇竹草、马唐、牛筋草和苏丹草等禾本科杂草(姜玉英等, 2019; 梁沛等, 2019)。当然, 草地贪夜蛾在长期的进化过程中形成了对不同植物的适应性。吕亮等(2020)等发现相比小麦, 草地贪夜蛾更喜欢取食玉米, 其食物利用效率、种群繁殖能力均以取食玉米的最高; 李定银等(2020)研究表明草地贪夜蛾对花生的寄主适应性最高, 生姜是不适宜寄主。因此, 亟需开展草地贪夜蛾对我国广泛种植的农作物适应性研究, 从而为制订合理的防控策略奠定基础。

生命表是年龄或发育阶段有联系的某种群特定年龄或时间的生存和死亡的记载, 以一定的形式记录某一种群在各年龄或发育阶段的死亡数量、各阶

段发育历期和成虫阶段的繁殖量等, 是研究昆虫种群生态学的重要方法(戈峰, 2008)。近年来, 国内外学者普遍采用年龄-特征两性种群生命表来研究昆虫种群, 与传统生命表相比较, 两性种群生命表详细考虑到昆虫种群的龄期分化和性别差异, 能更加准确描述种群的存活率、繁殖率等参数(齐心等, 2019)。该方法已普遍应用于二点委夜蛾 *Athetis lepigone*(荣志云, 2016)、小菜蛾 *Plutella xylostella*(刘天生等, 2017)、斜纹夜蛾 *S. litura*(郝强等, 2016)和东方黏虫 *Mythimna separata*(秦建洋等, 2017)等多种害虫研究。巴吐西等(2020)采用此方法探究了取食小麦和玉米对草地贪夜蛾生命表参数的影响, 发现取食玉米的净增值率最高; 吴正伟等(2019)则比较了取食甘蔗、玉米和水稻的草地贪夜蛾的种群参数, 认为该虫在水稻和甘蔗上能够完成生活史。

本文运用两性生命表技术构建了取食玉米粒、玉米叶、花生叶、棉花叶、大豆叶、高粱叶、谷子叶等7种不同食物的草地贪夜蛾年龄-阶段两性生命表, 比较该害虫对不同食物的适应性, 以期为该害虫的预测预报与有效防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 草地贪夜蛾幼虫于2019年7月采自山东省日照市玉米地, 带回山东省农业科学院植物保护研究所人工气候室内用人工饲料进行饲养。成虫用5%蜂蜜水补充营养, 收集其卵备用。人工气候室中温度为(26±1)℃, 相对湿度为(50±5)%, 光周期为15 L:9 D。

供试食物: 玉米粒、玉米叶、花生叶、棉花叶、大豆叶、高粱叶和谷子叶等7种食物, 分批次于2019年8—9月采自位于山东省莒南县的试验基地内, 选择

新鲜、幼嫩的叶片或者玉米粒采集,然后立即放入装有冰袋的泡沫盒内带回实验室,放置4℃冰箱内备用。上述作物生长过程中土壤条件和管理措施一致,不使用任何杀虫剂。各食物在饲喂前进行清洗消毒,自然凉干后,切成3~4 cm长的片段备用。

仪器:XTL-7045B1双目体视显微镜,苏州倍特嘉光电科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 取食不同食物的草地贪夜蛾种群的建立

将草地贪夜蛾雌成虫同一天产的卵平均分成7组,每组约有60~70粒,分别放入透明的口部直径8.2 cm、底部直径6.8 cm、高6.5 cm的塑料盒中。待幼虫孵化之后的12 h内,取单头转入已经装有玉米粒、玉米叶、花生叶、棉花叶、黄豆叶、高粱叶和谷子叶等7种食物的直径1.8 cm、高8 cm的透明玻璃试管中,并进行编号。每24 h观察记录草地贪夜蛾幼虫和蛹的发育和存活情况,及时更换新鲜食物。同时,每处理准备与试验同步开始的20粒卵,在同一条件下进行饲养,作为补充虫源。待成虫羽化后,将一对雌、雄成虫转移到透明的塑料盒内,盒内铺尼龙纱网供其产卵,并放入沾有5%蜂蜜水的棉球为成虫补充营养。每24 h观察成虫的存活情况,若雄成虫死亡,则补充1只相应处理的雄成虫;若雌成虫死亡,则不再补充,补充的雄成虫不统计寿命。每日更换尼龙纱网,在双目体视显微镜下观察产卵情况,并计数,直至成虫死亡。所有试验均在温度为(26±1)℃、相对湿度为(50±5)%、光周期为15 L:9 D的人工气候室内进行。

1.2.2 种群生命参数分析

根据年龄-阶段两性种群生命表理论(Chi & Liu, 1985; Chi, 1988),利用两性生命表软件TWOSEX-MSChart-2019分析草地贪夜蛾的发育历期、存活率和产卵量等原始数据,计算净增值率 R_0 、内禀增长率 r 、周限增长率 λ 和平均世代周期 T 等种群生命表参数。 $R_0=\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x, \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1, \lambda = e^r, T=(\ln R_0)/r$ 。 $s_{xy}, l_x, m_x, f_{xy}, l_x m_x$ 等参数从TWOSEX-MSChart-2019软件中计算得出,种群年龄-阶段特征存活率 s_{xy} 是指个体从卵发育到年龄 x 阶段 j 的概率;种群年龄-特征存活率 l_x 指从卵发育到年龄 x 的存活率;种群年龄-特征繁殖力 m_x 表示种群在年龄 x 的平均产卵数量;雌虫年龄-阶段特征繁殖力 f_{xy} 是指雌性成虫在年龄 x 阶段 j 的产卵量;种群年龄-阶段

特征繁殖值 $l_x m_x$ 表示 l_x 和 m_x 的乘积。

1.3 数据分析

利用Bootstrap技术(迭代次数为100 000次)估计各参数的平均数和标准误,并采用Paired bootstrap test程序对各参数进行差异显著性检验。所有图由Sigmaplot 14制作。

2 结果与分析

2.1 不同食物对草地贪夜蛾生长发育与繁殖的影响

不同食物对草地贪夜蛾的生长发育与繁殖均具有显著影响(表1)。卵期以取食玉米粒、玉米叶、谷子叶和大豆叶的发育较快,取食其他3类食物的发育较慢。幼虫各龄的发育历期基本以取食棉花叶或大豆叶的最长,以取食玉米粒、玉米叶的最短,取食谷子叶、花生叶和高粱叶的处在中间位置,其中1龄幼虫和6龄幼虫发育历期均以取食大豆叶的最长,分别为4.88 d和10.48 d;2~5龄幼虫发育历期均以取食棉花叶的发育最慢,分别为5.27、6.24、10.21和12.28 d,取食玉米粒的发育均较快,分别为2.31、1.46、1.76和2.56 d;7龄幼虫发育历期以取食玉米叶的最短,为1.39 d。蛹期以取食高粱叶的最长,为12.22 d,取食玉米粒、谷子叶和棉花叶基本一样。整个成虫前期以取食玉米粒的最短为30.63 d,其次是取食玉米叶的,为33.69 d,分别比取食棉花叶的减少27.95 d和24.89 d。成虫产卵前期以取食谷子叶的最长,取食花生叶的最短。取食棉花叶的总产卵前期(62.50 d)分别比取食玉米粒和玉米叶的多26.95 d和25.70 d。雄成虫寿命以取食玉米粒和高粱叶的最长,雌成虫寿命以取食大豆叶和高粱叶的最长。成虫产卵期以取食玉米粒、谷子叶、高粱叶和棉花叶最长,分别为3.82、2.78、3.00和2.50 d。产卵量以取食玉米粒的最多,每个雌成虫平均产619.27粒,分别是取食玉米叶、谷子叶、花生叶、高粱叶、大豆叶和棉花叶的11.92倍、9.63倍、6.00倍、8.03倍、12.74倍和61.25倍。

2.2 不同食物对草地贪夜蛾种群生命表参数的影响

不同食物对草地贪夜蛾种群生命表参数也产生了显著影响(表2)。取食玉米粒的草地贪夜蛾净增值率、内禀增长率、周限增长率均最高,平均世代周期最短,分别为105.59、0.120 d⁻¹、1.13 d⁻¹和36.91 d,而取食棉花的正好相反,其数值分别为1.43、0.003 d⁻¹、1.00 d⁻¹和64.23 d,取食玉米叶的处在中间位置,其数值分别为15.35、0.070 d⁻¹、1.07 d⁻¹和37.77 d。

表1 取食7种不同食物对草地贪夜蛾生长发育与繁殖的影响
Table 1 Development and fecundity of *Spodoptera frugiperda* fed on seven host plants

参数 Parameter	玉米粒 Maize grain	玉米叶 Maize leaf	谷子叶 Millet leaf	花生叶 Peanut leaf	高粱叶 Sorghum leaf	大豆叶 Soybean leaf	棉花叶 Cotton leaf
卵期 Egg duration/d	2.92±0.03 b	2.92±0.03 b	2.88±0.04 b	3.06±0.04 a	3.03±0.02 a	2.95±0.03 b	3.04±0.05 a
1龄幼虫 1st instar larva/d	2.43±0.07 e	3.11±0.11 d	3.20±0.09 d	3.65±0.12 c	5.07±0.23 a	4.88±0.22 a	4.29±0.14 b
2龄幼虫 2nd instar larva/d	2.31±0.10 c	2.06±0.07 de	1.97±0.10 e	2.30±0.11 cd	2.95±0.19 b	2.90±0.23 b	5.27±0.29 a
3龄幼虫 3rd instar larva/d	1.46±0.07 e	1.65±0.07 d	2.17±0.10 c	2.02±0.10 c	4.88±0.53 a	3.61±0.31 b	6.24±0.48 a
4龄幼虫 4th instar larva/d	1.76±0.08 e	1.98±0.10 e	3.78±0.17 c	3.02±0.12 d	5.90±0.34 b	6.31±0.74 b	10.21±0.58 a
5龄幼虫 5th instar larva/d	2.56±0.09 f	3.75±0.13 e	5.21±0.26 c	4.38±0.18 d	5.08±0.25 c	9.30±0.63 b	12.28±0.47 a
6龄幼虫 6th instar larva/d	3.79±0.11 e	5.44±0.14 d	8.51±0.34 b	7.76±0.19 bc	7.22±0.27 c	10.48±0.54 a	8.26±0.43 b
7龄幼虫 7th instar larva/d	2.00±0.08 a	1.39±0.07 d	1.98±0.09 ab	1.63±0.15 cd	1.76±0.09 bc	1.65±0.12 cd	1.55±0.14 cd
蛹期 Pupa duration/d	11.37±0.16 bc	11.47±0.13 bc	11.19±0.14 c	11.69±0.23 bc	12.22±0.13 a	11.86±0.22 ab	10.83±0.27 c
成虫前期 Preadult duration/d	30.63±0.27 f	33.69±0.28 e	39.52±0.42 d	39.51±0.36 d	48.16±0.73 c	52.05±1.11 b	58.58±1.20 a
成虫产卵前期 Adult preoviposition period/d	5.91±0.53 bc	4.80±0.49 cd	8.44±1.09 a	3.50±0.81 d	5.29±1.06 bcd	7.25±0.85 ab	5.50±0.50 bc
总产卵前期 Total preoviposition period/d	35.55±0.69 e	36.80±0.58 e	48.00±0.62 c	42.33±2.62 d	53.86±2.50 b	53.75±2.06 b	62.5±2.50 a
雌成虫寿命 Female adult longevity/d	11.53±0.60 a	8.27±0.58 c	9.12±0.92 bc	10.94±1.11 ab	11.94±0.85 a	13.10±0.90 a	10.44±1.38 abc
雄成虫寿命 Male adult longevity/d	10.55±1.10 a	6.17±0.32 c	6.88±0.78 bc	7.66±0.68 b	10.24±0.84 a	6.83±1.11 bc	3.00±0.00 d
产卵期 Oviposition period/d	3.82±0.84 a	1.40±0.24 b	2.78±0.57 a	2.33±0.88 ab	3.00±0.69 a	1.50±0.29 b	2.50±0.50 a
产卵量 Fecundity/(eggs/female)	619.27±164.04	51.95±29.64	64.32±26.84	103.29±52.34	77.12±31.93	48.6±23.91	10.11±7.23
	a	bc	b	bc	b	bc	c

表中数据为平均数±标准误。同行数据后不同小写字母表示采用成对 Bootstrap 抽样测验检验差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same row indicate significant difference by a paired bootstrap test ($P<0.05$)。

表2 取食7种不同食物对草地贪夜蛾种群参数的影响
Table 2 Population parameters of *Spodoptera frugiperda* fed on seven host plants

寄主植物 Host plant	净增殖率 Net reproductive rate	内禀增长率 Intrinsic rate of increase/d ⁻¹	周限增长率 Finite rate of increase/d ⁻¹	平均世代周期 Mean generation time/d
玉米粒 Maize grain	105.59±36.69 a	0.120±0.010 a	1.13±0.01 a	36.91±0.44 e
玉米叶 Maize leaf	15.35±8.86 bc	0.070±0.020 b	1.07±0.02 b	37.77±0.41 e
谷子叶 Millet leaf	18.71±8.27 b	0.060±0.010 b	1.06±0.01 b	49.38±0.52 cd
花生叶 Peanut leaf	22.52±12.04 bc	0.060±0.020 b	1.06±0.02 b	46.86±2.04 d
高粱叶 Sorghum leaf	16.71±7.64 b	0.050±0.010 b	1.05±0.01 b	53.43±2.11 bc
大豆叶 Soybean leaf	7.52±3.99 bc	0.030±0.010 bc	1.03±0.01 bc	55.98±1.25 b
棉花叶 Cotton leaf	1.43±0.85 c	0.003±0.010 c	1.00±0.01 c	64.23±2.11 a

表中数据为平均数±标准误。同行数据后不同小写字母表示采用成对 bootstrap 抽样测验检验差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same row indicate significant difference by a paired bootstrap test ($P<0.05$)。

2.3 不同食物对草地贪夜蛾种群存活率及繁殖力的影响

取食不同食物草地贪夜蛾相邻龄期之间的存活率互相重叠,说明其种群世代重叠。取食玉米粒和玉米叶的草地贪夜蛾初孵幼虫个体完成幼虫、蛹和成虫阶段的概率均较高,分别为92.31%、53.85%、

53.85% 和 95.38%、78.46%、78.46%,而取食棉花叶和大豆叶的较低,分别为37.29%、20.34%、20.34% 和 38.33%、36.67%、36.67%,取食高粱叶、谷子叶和花生叶处在中间位置。另外,取食棉花叶和大豆叶的幼虫各龄期存活率分别从7龄和5龄急速下降,分别

从上一个龄期的 57.63%、53.33% 下降到 37.29%、

45.00%(图1)。

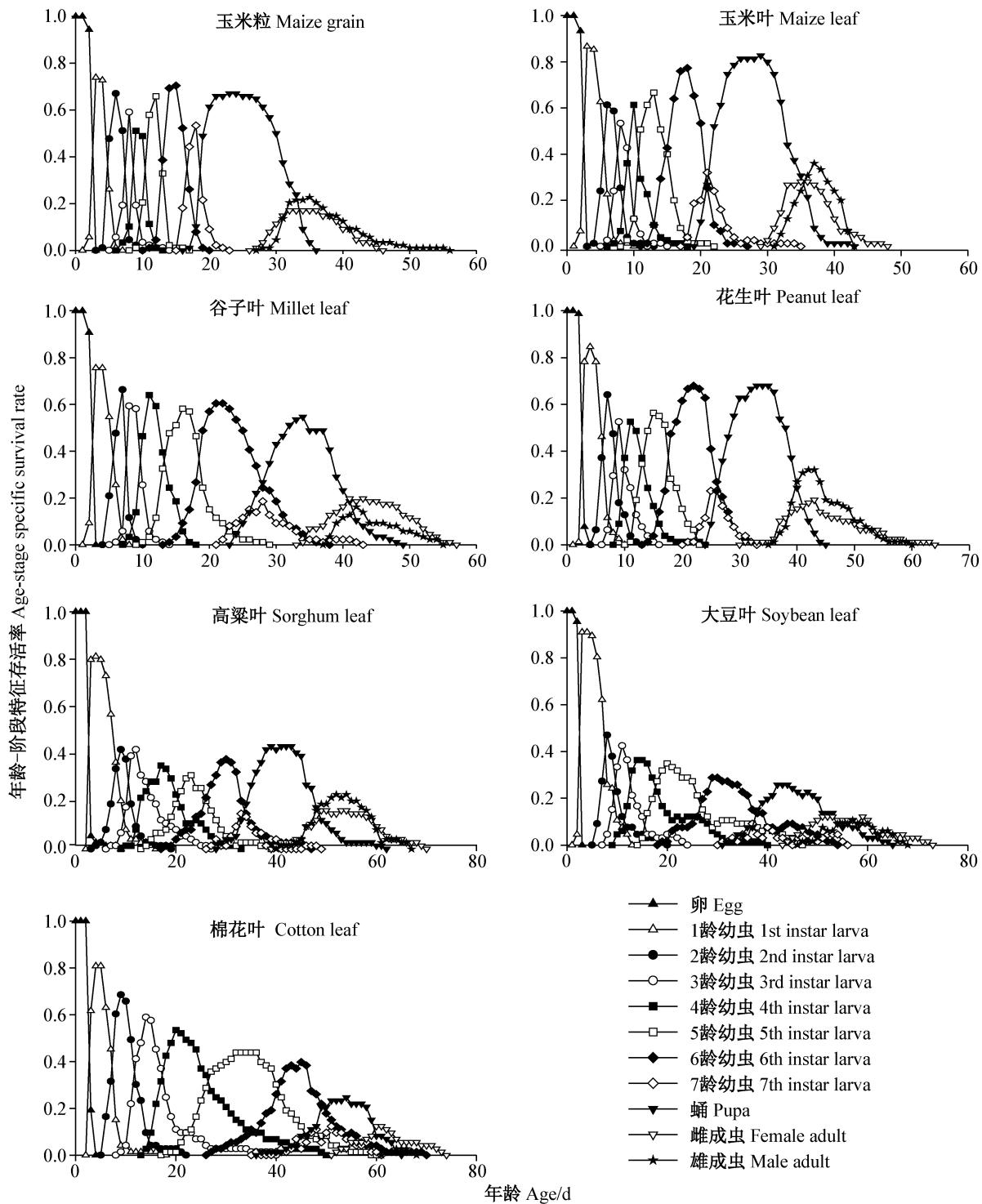


图 1 取食 7 种寄主植物对草地贪夜蛾年龄-龄期特征存活率的影响

Fig. 1 Age-stage specific survival rates of *Spodoptera frugiperda* fed on seven host plants

取食不同食物草地贪夜蛾的种群年龄-特征存活率逐步下降,其中取食高粱叶和大豆叶的存活率前 20 d 下降明显,在 20~50 d 下降趋于平缓;取食玉米叶、玉米粒和谷子叶的前 30 d 比较平稳,但 30 d 后快速下降;取食棉花叶和花生叶的前 40 d 较平稳,随后

明显下降。种群年龄-特征繁殖力曲线显示取食玉米粒的草地贪夜蛾繁殖力强,峰值出现在第 35 天,取食棉花叶的草地贪夜蛾繁殖力最弱,峰值出现在第 61 天和第 67 天(图 2)。

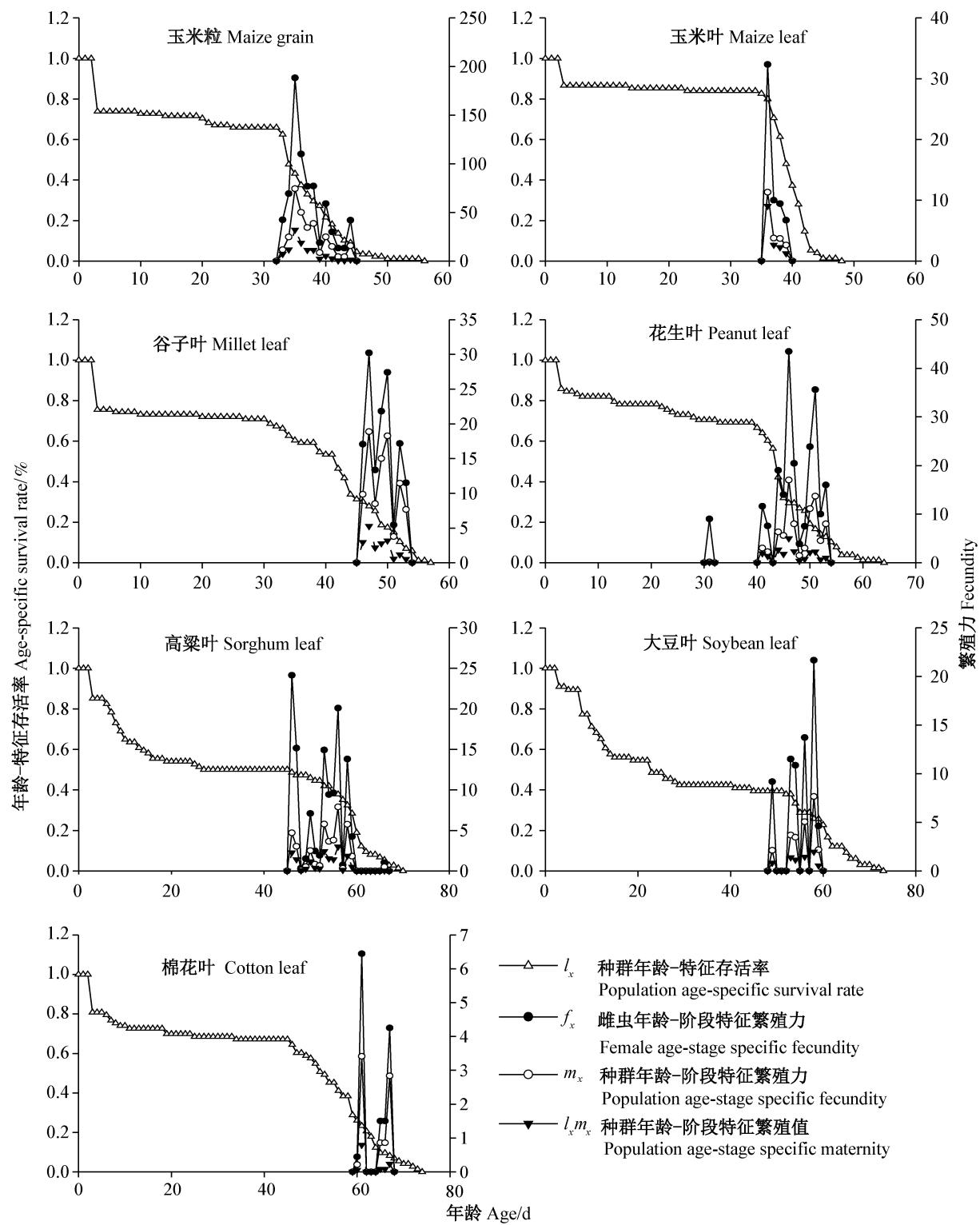


图 2 取食 7 种寄主植物对草地贪夜蛾种群年龄-特征存活率、雌虫年龄-阶段特征繁殖力、种群年龄-阶段特征繁殖力和种群年龄-阶段特征繁殖值的影响

Fig. 2 Population age-specific survival rate, female age-stage specific fecundity, population age-stage specific fecundity and population age-stage specific maternity of *Spodoptera frugiperda* fed on seven host plants

3 讨论

草地贪夜蛾是一种寄主非常广泛的多食性昆虫, 取食不同的寄主植物会对其种群产生不同的影

响(徐川峰等, 2021)。巴吐西等(2020)发现草地贪夜蛾取食小麦可以完成生活史, 但与取食玉米相比, 其幼虫发育历期缩短、雌成虫寿命延长、产卵量增加

及净增殖率下降。Barros et al.(2010)在田间条件下采用罩笼法比较了草地贪夜蛾在玉米、大豆、棉花和谷子上的种群表现,结果表明该害虫可在上述植物上完成生活史,且取食谷子的适合度与取食玉米的相当。本研究结果表明草地贪夜蛾能在7种食物上完成生活史,但是对食物的偏好性不同,喜好取食玉米尤其是玉米粒,其次是谷子叶和花生叶,最不喜欢吃高粱叶、大豆叶和棉花叶。取食玉米叶和玉米粒的草地贪夜蛾发育速率快、繁殖力强,而取食高粱叶、棉花叶、大豆叶的草地贪夜蛾发育进程慢、繁殖力较低。这可能与不同寄主植物体内营养物质和次生物质的种类含量以及物理性质有关(陆宴辉等,2008;何莉梅等,2020;张艳蕾等,2021)。张艳蕾等(2021)研究表明玉米叶片中蛋白质、氨基酸、游离脂肪酸、还原糖和单宁等物质的含量与草地贪夜蛾2~4龄幼虫的取食量显著相关。

植物挥发性化合物也是影响昆虫取食喜好性和生长发育的重要因素。张娜等(2009)比较了甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 对玉米、黄瓜和甘蓝对挥发性提取物的趋性,发现其对玉米的趋性最强,对棉花的选择性最弱,这可能与棉花体内产生的防御物质棉酚有关。此外,寄主植物表面的物理结构,包括植物表面的蜡质层、叶片厚度、叶毛长度和叶毛密度等也会影响昆虫取食喜好,黄保宏等(2008)探究了朝鲜球坚蚧 *Didesmococcus koreanus* 对8种植物的选择性,其更喜欢表面光滑、毛皮稀疏、皮层薄的寄主。因此,本试验中供试寄主植物的物理性质对草地贪夜蛾取食喜好性的影响有待进一步探究。

玉米、花生、大豆、棉花、高粱和谷子等是我国农田生态系统中主要的农作物种类,其中玉米是重要的粮食作物之一,花生和大豆是重要的油料作物,棉花是重要的经济作物,高粱与谷子是重要的杂粮作物。本研究结果发现入侵害虫草地贪夜蛾能在不同食物上完成生活史,说明其可对上述6种作物的安全生产造成威胁,进而影响我国相关农产品的有效供给。因此,在我国多作物镶嵌种植的农田生态系统中,在制订草地贪夜蛾的综合防控策略时,不仅要加大对玉米上该害虫的重点监测防控,还要谨防其对其他农作物进行为害。

参考文献 (References)

- Ba TX, Zhang YH, Zhang Z, Guan DD, Li CC, Ji ZY, Yin XT, Zhang AH, Tang QB, Liu YH, et al. 2020. The host preference and population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on maize and wheat. Plant Protection, 46(1): 17–23 [in Chinese] [巴吐西, 张云慧, 张智, 关豆豆, 李翠翠, 季昭云, 殷新田, 张爱环, 汤清波, 刘延辉, 等. 2020. 草地贪夜蛾对小麦和玉米的产卵选择性及其种群生命表. 植物保护, 46 (1): 17–23]
- Barros EM, Torres JB, Ruberson JR, Oliveira MD. 2010. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. Entomologia Experimentalis et Applicata, 137: 237–245
- Chi H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17(1): 26–34
- Chi H, Liu H. 1985. Two new methods for study of insect population ecology. Bulletin of Institute of Zoology, Academia Sinica, 24(2): 225–240
- Ge F. 2008. Principle and methods of insect ecology. Beijing: Higher Education Press, pp. 203–211 [in Chinese] [戈峰. 2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社, pp. 203–211]
- Guo JF, Zhao JZ, He KL, Zhang F, Wang ZY. 2018. Potential invasion of the crop-devastating insect fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China. Plant Protection, 44(6): 1–10 [in Chinese] [郭井菲, 赵建周, 何康来, 张峰, 王振营. 2018. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国. 植物保护, 44(6): 1–10]
- Hao Q, Huang Q, Liang WB, Gong CW, Wang XG. 2016. Age-stage two-sex life tables of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures. Acta Entomologica Sinica, 59(6): 654–662 [in Chinese] [郝强, 黄倩, 梁伟博, 贡常委, 王学贵. 2016. 不同温度下斜纹夜蛾的两性生命表. 昆虫学报, 59(6): 654–662]
- He LM, Zhao SY, Wu KM. 2020. Study of the damage of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* to peanut. Plant Protection, 46(1): 28–33 [in Chinese] [何莉梅, 赵胜园, 吴孔明. 2020. 草地贪夜蛾取食为害花生的研究. 植物保护, 46(1): 28–33]
- Huang BH, Zou YD, Bi SD, Luo PF, Wang QL. 2008. Selectivity and mechanism of *Didesmococcus koreanus* Borchson on eight host plants. Journal of Plant Protection, 35(1): 12–18 [in Chinese] [黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 骆鹏飞, 王其连. 2008. 朝鲜球坚蚧对8种寄主植物的产卵和取食选择性及其机制. 植物保护学报, 35(1): 12–18]
- 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 [in Chinese] [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]
- Li DY, Zhi JR, Zhang T, Ye JQ, Liang YJ. 2020. Effects of different host plants on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda*. Journal of Environmental Entomology, 42(2): 311–317 [in Chinese] [李定银, 郑军锐, 张涛, 叶佳琴, 梁玉健. 2020. 不同寄主对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响. 环境昆虫学报, 42(2): 311–317]
- Liang P, Gu SH, Zhang L, Gao XW. 2020. Research status and prospects of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in China. Acta Entomologica Sinica, 63(5): 624–638 [in Chinese] [梁沛, 谷少华, 张雷, 高希武. 2020. 我国草地贪夜蛾的生物学、生态学

- 和防治研究概况与展望. 昆虫学报, 63(5): 624–638]
- Liu TS, Wen MF, Ke FS, He WY, You MS. 2017. Age-stage two-sex life tables of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) under hypoxia stress. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 32(3): 305–311 (in Chinese) [刘天生, 温梅芳, 柯富士, 何玮毅, 尤民生. 2017. 低氧胁迫下小菜蛾的两性生命表研究. 福建农业学报, 32(3): 305–311]
- Lu YH, Zhang YJ, Wu KM. 2008. Host-plant selection mechanism and behavioural manipulation strategies of phytophagous insects. Acta Ecologica Sinica, 28(10): 5113–5122 (in Chinese) [陆宴辉, 张永军, 吴孔明. 2008. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略. 生态学报, 28(10): 5113–5122]
- Lü L, Li YQ, Chen CL, Chang XQ, Zhang S, Xu D, Wan P. 2020. Comparison of the feeding and growth characteristics of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), on corn and wheat. Acta Entomologica Sinica, 63(5): 597–603 (in Chinese) [吕亮, 李雨晴, 陈从良, 常向前, 张舒, 许冬, 万鹏. 2020. 草地贪夜蛾幼虫在玉米和小麦上的取食和生长发育特性比较. 昆虫学报, 63(5): 597–603]
- 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
- Qi X, Fu JW, You MS. 2019. Age-stage, two-sex life table its application in population ecology and integrated pest management. Acta Entomologica Sinica, 62(2): 255–262 (in Chinese) [齐心, 傅建炜, 尤民生. 2019. 年龄-龄期两性生命表及其在种群生态学与害虫综合治理中的应用. 昆虫学报, 62(2): 255–262]
- Qin JY, Zhang L, Cheng YX, Luo LZ, Lei CL, Jiang XF. 2017. Age-stage two-sex life table for laboratory populations of oriental armyworm *Mythimna separata* (Walker) under different temperatures. Journal of Plant Protection, 44(5): 729–736 (in Chinese) [秦建洋, 张蕾, 程云霞, 罗礼智, 雷朝亮, 江幸福. 2017. 不同温度下东方粘虫年龄-阶段两性实验种群生命表的构建. 植物保护学报, 44(5): 729–736]
- Rong ZY. 2016. Effects of five diets on the life characteristics and the activity of the larval protective enzymes of *Athetis lepigone*. Master thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [荣志云. 2016. 五种食物对二点委夜蛾生命特征与幼虫保护酶活力的影响. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- Wang L, Chen KW, Zhong GH, Xian JD, He XF, Lu YY. 2019. Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith). Journal of Environmental Entomology, 41(3): 479–487 (in Chinese) [王磊, 陈科伟, 钟国华, 冼继东, 何晓芳, 陆永跃. 2019. 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. 环境昆虫学报, 41(3): 479–487]
- Wu ZW, Shi PQ, Zheng YH, Huang WF, Huang QZ, Ma XH, Guo LZ. 2019. Population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on three host plants. Plant Protection, 45(6): 59–64 (in Chinese) [吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 黄炜锋, 黄勤知, 马新华, 郭良珍. 2019. 3种寄主植物饲养的草地贪夜蛾种群生命表. 植物保护, 45(6): 59–64]
- Xu CF, Sa RN, He JY, Guo X, Lu F, Cheng W, Hu G, Chen FJ, Wan GJ, Zhao JY. 2021. Comparative study on the adaptability of *Spodoptera frugiperda* to different corn varieties. Journal of Environmental Entomology, 43(4): 891–900 (in Chinese) [徐川峰, 萨日那, 何佳玥, 郭笑, 芦芳, 成玮, 胡高, 陈法军, 万贵钧, 赵婧好. 2021. 草地贪夜蛾对不同品种玉米的适应性比较研究. 环境昆虫学报, 43(4): 891–900]
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, Wang ZY. 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. Plant Protection, 45(4): 1–6 (in Chinese) [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 王振营. 2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护, 45(4): 1–6]
- Zhang N, Guo JY, Wan FH, Wu G. 2009. Oviposition and feeding preferences of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to different host plants. Acta Entomologica Sinica, 35(11): 1229–1235 (in Chinese) [张娜, 郭建英, 万方浩, 吴刚. 2009. 甜菜夜蛾对不同寄主植物的产卵和取食选择. 昆虫学报, 52(11): 1229–1235]
- Zhang YL, Zhang KX, Ma Y, Zhang QY, Liu WH, Jiang HX, Yang LK, Liu CZ. 2021. Feeding selectivity of *Spodoptera frugiperda* on different maize cultivars and its relationship with chemical substances in maize leaves. China Plant Protection, 41(6): 10–16 (in Chinese) [张艳蕾, 张克信, 马岳, 张强艳, 刘卫红, 姜红霞, 杨林凯, 刘长仲. 2021. 草地贪夜蛾对玉米品种的取食选择性与玉米叶片中化学物质的关系. 中国植保导刊, 41(6): 10–16]

(责任编辑:王璇)