

三种牧草植物对草地贪夜蛾生长 发育和繁殖的影响*

金银利^{1**} 马全朝¹ 杨光¹ 周洲¹ 黄建荣² 李国平^{2***} 封洪强^{2***}

(1. 信阳农林学院, 信阳 464000; 2. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室,
农业农村部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室, 郑州 450002)

摘要 【目的】旨在明确草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 在墨西哥玉米草 *Zea mexicana*、高丹草 *Sorghum bicolor* × *So. sudanense* 和狼尾草 *Pennisetum alopecuroides* 3 种牧草植物上的寄主适合度, 为制定科学的草地贪夜蛾防控策略以及保障农牧业安全生产提供参考依据。【方法】恒温 27 °C, 采用叶片饲喂观察法, 系统比较取食 3 种牧草植物叶片的草地贪夜蛾不同虫态的发育历期、存活率、蛹重、化蛹率、羽化率、单雌产卵量和生命表参数等。【结果】取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾幼虫总历期分别为 13.27、14.33 和 15.04 d, 三者间差异显著 ($P < 0.05$); 取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾雌虫蛹重 (165.40 mg) 显著高于取食高丹草和狼尾草的雌虫蛹重 ($P < 0.05$); 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾单雌产卵量分别为 487.09、329.15 和 184.47 粒, 三者间差异显著 ($P < 0.05$); 取食墨西哥玉米草的幼虫存活率、化蛹率和羽化率均与取食高丹草的无显著差异 ($P > 0.05$), 但与取食狼尾草的差异显著 ($P < 0.05$); 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾寄主适合度指数分别为 12.33、7.76 和 6.03; 生命表参数比较发现, 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾净增殖率 (R_0) 分别为 217.32、144.85 和 59.17。【结论】草地贪夜蛾在墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草上均能完成生活史实现种群繁衍, 墨西哥玉米草表现出更高的寄主适合度, 其次是高丹草, 狼尾草最不适宜。因此, 在玉米等粮食作物和牧草植物的混合种植区, 亟需提前防范草地贪夜蛾转移至牧草植物为害的风险。

关键词 草地贪夜蛾; 牧草植物; 发育历期; 存活率; 繁殖

Development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* on three pasture grasses

JIN Yin-Li^{1**} MA Quan-Chao¹ YANG Guang¹ ZHOU Zhou¹ HUANG Jian-Rong²
LI Guo-Ping^{2***} FENG Hong-Qiang^{2***}

(1. Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China; 2. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Part of Northern China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract [Aim] To determine the suitability of three pasture grasses, *Zea mexicana*, *Sorghum bicolor* × *So. sudanense* and *Pennisetum alopecuroides*, as host plants for *Sp. frugiperda*, and thereby contribute to the development of effective control strategies for this pest. [Methods] *Sp. frugiperda* were randomly assigned to one of three treatment groups, which were each fed the leaves of one of the three grasses at a constant temperature of 27 °C. The developmental duration of different life stages, the survival rate, pupal weight, pupation rate, eclosion rate, fecundity (eggs laid per female), and life table parameters, of each treatment group were then systematically measured and compared. [Results] There was a significant difference ($P <$

*资助项目 Supported projects: 河南省重大科技专项 (201300111500); 河南省卓越农林人才教育基地建设项目 (教高[2022]214 号); 信阳农林学院作物绿色防控与品质调控科技创新团队 (XNKJTD-007); 河南省农业科学院科技创新团队项目 (2024TD30)

**第一作者 First author, E-mail: 2017180001@xyafu.edu.cn

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: liguoping1976@163.com; feng_hq@163.com

收稿日期 Received: 2025-08-25; 接受日期 Accepted: 2026-01-30

0.05) in the duration of the larval periods of *Sp. frugiperda* that fed on *Z. mexicana*, *So. bicolor* × *So. sudanense*, and *P. alopecuroides* (13.27, 14.33, and 15.04 d, respectively). The pupal weight of female *Sp. frugiperda* fed on *Z. mexicana* (165.40 mg) was significantly higher than that of those fed on *So. bicolor* × *So. sudanense* or *P. alopecuroides* ($P < 0.05$). There was a significant difference ($P < 0.05$) in the fecundity of *Sp. frugiperda* fed on *Z. mexicana*, *So. bicolor* × *So. sudanense*, and *P. alopecuroides* (487.09, 329.15, and 184.47 eggs, respectively). No significant difference were found in the larval survival rate, pupation rate, or eclosion rate between *Sp. frugiperda* that fed on *Z. mexicana* and those that fed on *So. bicolor* × *So. sudanense* ($P > 0.05$), but there was a significant difference compared to those that fed on *P. alopecuroides* ($P < 0.05$). The host suitability indices of *Sp. frugiperda* for each of the three grass types were 12.33 (*Z. mexicana*), 7.76 (*So. bicolor* × *So. sudanense*), and 6.03 (*P. alopecuroides*). Comparison of life table parameters indicated that the net reproductive rates (R_0) of *S. frugiperda* that fed on *Z. mexicana*, *So. bicolor* × *So. sudanense*, and *P. alopecuroides* were 217.32, 144.85, and 59.17, respectively. **[Conclusion]** *Sp. frugiperda* is able to complete its life cycle and reproduce on all three grass types tested. Among these, *Z. mexicana* has the highest host suitability, followed by *So. bicolor* × *So. sudanense*, whereas *P. alopecuroides* is the least suitable. Therefore, where crops such as maize are intercropped with pasture grasses, it is crucial to implement early preventive measures to reduce the risk of *Sp. frugiperda* damaging these.

Key words *Spodoptera frugiperda*; pasture grasses; developmental duration; survival rate; reproduction

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 也称秋粘虫 (Fall armyworm), 原产于美洲热带和亚热带地区, 是一种多食性的世界重大迁飞性农业害虫 (Todd and Poole, 1980; 吴孔明, 2020; Kenis *et al.*, 2023)。该虫自 2019 年侵入我国云南后迅速扩散至 20 多个省 (直辖市、自治区) (姜玉英等, 2019a, 2019b; 雷春媚等, 2023)。草地贪夜蛾具有迁飞速度快、繁殖能力强和寄主范围广等特点, 可取食为害玉米 *Zea mays*、小麦 *Triticum aestivum*、水稻 *Oryza sativa*、高粱 *Sorghum bicolor*、甘蔗 *Saccharum officinarum* 和棉花 *Gossypium hirsutum* 等 76 科 353 种植物, 尤其偏好取食禾本科植物 (Montezano *et al.*, 2018; Lu *et al.*, 2023; 唐雪等, 2023; 徐建霞等, 2024)。该虫的幼虫以咀嚼式口器啃食作物的叶片、茎秆和果穗等组织, 高龄幼虫具有暴食性, 易在短期内暴发成灾, 对我国的粮食安全构成严重威胁 (王亚如等, 2020; 李贤嘉等, 2021)。

寄主植物是影响植食性昆虫种群生存、发育和繁殖的关键因子 (Moreau, *et al.*, 2006; Bass *et al.*, 2013)。研究发现, 入侵我国的草地贪夜蛾种群可能源自水稻型和玉米型的杂交后代, 形成具有较强适应性与潜在寄主扩张能力的玉米型种群 (张磊等, 2019; 刘博等, 2022)。已有研究表明, 不同寄主植物显著影响草地贪夜蛾的

取食和产卵选择性、生长发育及繁殖能力。例如, 草地贪夜蛾对玉米的取食选择率与成虫产卵量均显著高于高粱、水稻及非禾本科作物花生、甘蓝等, 但对高粱仍具有较高寄主适合度。该虫可在水稻、花生、甘蓝和豇豆等植物上完成生活史, 而在茄子、香蕉和辣椒等植物上则不能完成生活史 (邱良妙等, 2020, 2024; 吕亮等, 2022; 唐雪等, 2023)。该虫虽能在小麦上完成生长发育并实现种群扩繁, 但其在小麦上的适合度低于玉米, 且其在糯玉米上的种群适合度大于普通玉米 (孙悦等, 2020)。另有研究发现, 草地贪夜蛾在花生、荞麦和生姜上均能实现种群繁殖, 其中, 花生最适宜, 生姜最不适宜 (李定银等, 2020)。此外, 草地贪夜蛾在多种杂草上均能完成世代发育, 尤其偏好马唐 (吴道慧等, 2021; 苏湘宁等, 2022)。上述研究充分证明, 寄主植物种类对草地贪夜蛾的生长发育和繁殖具有显著影响。尽管部分植物并不是其嗜食寄主, 但该虫仍可取食并完成生活史, 揭示了在其种群密度较大或者嗜食寄主植物短缺时, 存在转移为害非嗜食植物的潜在风险。

据报道, 草地贪夜蛾在我国的适生范围较广, 包括华南、华中、华东全部和西南以及华北部分地区, 尤其在温暖季节, 会从南方虫源地随气流逐步迁飞至黄淮海平原乃至华北或东北的

玉米种植区(林伟等, 2019; 王磊等, 2019)。河南省信阳市位于我国南北气候过渡带, 作物种类多样, 同时也是草地贪夜蛾迁入的重要区域(孙悦等, 2020; 黄建荣等, 2023)。该地区牧草资源丰富, 主要以禾本科 Gramineae 为主(王鹤桦等, 2021)。牧草是绿色饲料的重要来源, 是动物生长发育的能量和营养基础, 也是昆虫的重要寄主植物和食物资源, 其种类和生长状况直接影响昆虫种群动态和生态适应及其生长发育和繁殖能力。然而, 目前关于草地贪夜蛾对常见牧草的适应能力尚缺乏系统研究。因此, 本研究选取信阳地区广泛种植的 3 种禾本科牧草——墨西哥玉米草 *Zea mexicana*、高丹草 *Sorghum bicolor* × *So. sudanense* 和狼尾草 *Pennisetum alopecuroides*, 通过室内饲喂试验, 系统测定草地贪夜蛾取食后的生长发育与繁殖参数。研究结果有助于揭示草地贪夜蛾在嗜食寄主植物短缺条件下转移到牧草为害的潜能, 为草地贪夜蛾的监测预警以及农牧业安全生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试草地贪夜蛾采自河南省信阳市息县庞湾村玉米田(32°18'N, 114°42'E), 置于人工智能气候箱(RTOP-310Y, 浙江托普云农科技股份有限公司)内以鲜食玉米饲养, 光周期为 14 L: 10 D, 温度为(27±1)℃, 相对湿度为 70%±5%。待饲养至成虫产卵, 收集卵粒放入一次性无菌塑料培养皿(直径 90 mm, 高 20 mm), 将第 2 代初孵 1 龄幼虫作为供试虫源。

1.2 供试寄主植物

供试的 3 种牧草分别为墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草(郑州阿凡达草业有限公司), 均种植在装有营养土(江苏思威博生物科技有限公司)的育苗穴盘(长 54 cm×宽 28 cm, 共 21 个孔穴, 每孔穴上口 6.5 cm, 下口 3.5 cm, 深度 6.5 cm), 培育温度为(25±1)℃, 光照为 14 L: 10 D。在供试苗生长期, 不施任何农药, 仅根

据土壤湿度适当浇水, 待株高至 10-12 cm 时, 选择上部叶片剪成 5 cm 长度用于饲养草地贪夜蛾供试幼虫。

1.3 试验方法

用软毛笔随机挑取同一天孵化的健康草地贪夜蛾初孵幼虫, 单头接入一次性无菌塑料培养皿(直径 90 mm, 高 20 mm)内, 分别用 3 种牧草植物的新鲜叶片饲喂。每 24 h 更换 1 次新鲜叶片, 及时清理粪便并消毒。每种牧草植物处理 50 头幼虫, 重复 3 次, 共计 150 头幼虫(皿盖上编号 1-150)。每处理均在智能人工气候箱中进行, 温度设为(27±1)℃, 相对湿度为 70%±5%, 光周期为 14 L: 10 D。每天观察幼虫的生长发育情况, 记录草地贪夜蛾幼虫的龄期和死亡情况, 直到化蛹。在化蛹第 2 天称量其蛹重, 并用体视显微镜(SRZ-7045A, 上海光学仪器)观察各个蛹的腹部末端形态特征, 参考董前进等(2019)方法分辨雌雄蛹。之后, 将蛹置于盛有 2/3 湿土的培养皿中, 每天观察羽化情况, 记录预蛹期、蛹期、化蛹率、羽化率和性比。

将上述羽化的雌雄成虫全部 1:1 单对配对后分别置于圆柱形的亚克力管罩子(高 19 cm, 直径 8 cm)中, 顶端用脱脂纱布(定时喷水保湿)封口, 供雌成虫产卵, 底部是塑料培养皿盖子(直径 90 mm), 里面放入浸有 10%蜂蜜水的脱脂棉球, 供成虫补充营养, 每日更换。记录每处理配对的雌雄成虫编号和配对日期。每天观察记录成虫死亡情况, 记录产卵前期、产卵期和雌雄成虫寿命, 并收集卵块统计雌虫单雌产卵量。

1.4 数据分析

草地贪夜蛾各项数据整理和统计利用 Excel 2016 进行, 在 SPSS (IBM SPSS Statistics 21) 软件中进行单因素方差分析(One-way ANOVA), 百分数数据分析前先进行反正弦平方根转换, 采用 LSD 法进行多重比较(显著性水平 $\alpha=0.05$), 并应用 Origin 2021 软件作图。试验数据指标用平均值±标准误(mean±SE)来表示。依据统计结果, 计算草地贪夜蛾取食 3 种牧草植

物叶片的寄主适合度指数(Host suitability index, HSI), $HSI = (\text{化蛹率} \times \text{雌蛹重}) / \text{幼虫发育历期}$ (刘欢等, 2021)。

生命参数的相关计算公示如下 (刘向东, 2016; 李定银等, 2020):

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

$\lambda = e^{r_m}$ 。式中 x 是按照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一头雌虫所产生的雌性后代数。

2 结果与分析

2.1 3 种牧草植物对草地贪夜蛾幼虫发育历期的影响

取食 3 种牧草植物叶片的草地贪夜蛾各龄

幼虫发育历期不同 (表 1)。取食狼尾草的草地贪夜蛾 1 龄、5 龄和 6 龄幼虫的发育历期分别为 3.19、2.53 和 3.66 d, 显著长于取食墨西哥玉米草和高丹草的发育历期 ($P < 0.05$)。取食狼尾草的草地贪夜蛾 2 龄 (1.81 d)、3 龄 (1.80 d) 和 4 龄 (2.05 d) 幼虫的发育历期显著短于取食高丹草的发育历期 ($P < 0.05$), 但取食高丹草的 3 龄幼虫发育历期 (2.58 d) 与取食墨西哥玉米草的 (2.44 d) 无显著差异 ($P > 0.05$)。取食墨西哥玉米草的 2 龄 (2.00 d)、4 龄 (2.05 d) 和 6 龄 (2.30 d) 幼虫发育历期显著短于取食高丹草的发育历期 ($P < 0.05$)。取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾幼虫总历期分别为 13.27、14.33 和 15.04 d, 三者差异显著 ($P < 0.05$), 表明取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾幼虫总历期最短, 其次是取食高丹草的, 而取食狼尾草的草地贪夜蛾幼虫总历期最长。

表 1 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾各龄幼虫发育历期

Table 1 Developmental duration of each instar larva of *Spodoptera frugiperda* fed on three pasture grasses

牧草植物 Pasture grasses	幼虫发育历期 (d) Larvae developmental duration (d)						幼虫总历期 (d) Total larval duration (d)
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	6 龄 6th instar	
墨西哥玉米草 <i>Zea mexicana</i>	2.37±0.05 b	2.00±0.10 b	2.44±0.06 a	2.05±0.06 b	2.10±0.07 b	2.30±0.09 c	13.27±0.09 c
高丹草 <i>Sorghum bicolor</i> × <i>So. sudanens</i>	2.09±0.03 c	2.26±0.10 a	2.58±0.06 a	2.43±0.06 a	1.93±0.06 b	3.03±0.11 b	14.33±0.16 b
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	3.19±0.04 a	1.81±0.06 b	1.80±0.05 b	2.05±0.06 b	2.53±0.06 a	3.66±0.09 a	15.04±0.14 a

表中数值为平均值±标准误, 同一列数据后不同字母表示显著差异 ($P < 0.05$, LSD 法检验)。下表同。

Data in the table are presented as mean±SE, and followed by the different letters within the same column indicate significant difference ($P < 0.05$, LSD test). The same below.

2.2 3 种牧草植物对草地贪夜蛾蛹发育的影响

由图 1 可知, 取食狼尾草的草地贪夜蛾预蛹期为 1.62 d, 显著长于取食墨西哥玉米草 (1.07 d) 和高丹草 (1.17 d) 的预蛹期 ($P < 0.05$), 而取食墨西哥玉米草的预蛹期与取食高丹草的无显著差异 ($P > 0.05$)。取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾雌虫蛹期无显著差异 ($P > 0.05$)。取食狼尾草的草地贪夜蛾雄虫蛹期 (9.06 d) 与取食墨西

哥玉米草 (8.91 d) 的无显著差异 ($P > 0.05$), 但显著长于取食高丹草的雄虫蛹期 (8.64 d) ($P < 0.05$)。

取食高丹草的草地贪夜蛾雌雄蛹重分别为 118.30 和 127.50 mg, 二者分别与取食狼尾草的草地贪夜蛾雌雄蛹重无显著差异 ($P > 0.05$)。取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾雌蛹重和雄蛹重分别为 165.40 和 170.60 mg, 显著高于取食高丹草和狼尾草的雌蛹重、雄蛹重 ($P < 0.05$) (表 2)。

从表 2 可以看出, 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾雌雄蛹性比分别为 1.23 : 1、1.14 : 1 和 1.24 : 1。

2.3 3 种牧草植物对草地贪夜蛾成虫发育和繁殖的影响

取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草 3 种牧草植物的草地贪夜蛾成虫产卵前期分别为 7.74、6.34 和 7.60 d, 产卵期分别为 4.18、3.79 和 3.37 d, 三者之间均无显著差异 ($P > 0.05$) (表 3)。从表 3 可知, 取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾雌雄成虫寿命分别为 10.68 和 8.84 d, 均显著高于取食高丹草的草地贪夜蛾雌雄成虫寿命 ($P < 0.05$), 但取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾雌成虫寿命与取食狼尾草的无显著差异 ($P > 0.05$)。取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾成虫单雌产卵量最高, 为 487.09 粒, 其次是取食高丹草和狼尾草的, 草地贪夜蛾成虫单雌产卵量分别为 329.15 和 184.47 粒, 两两之间差异显著 ($P < 0.05$)。

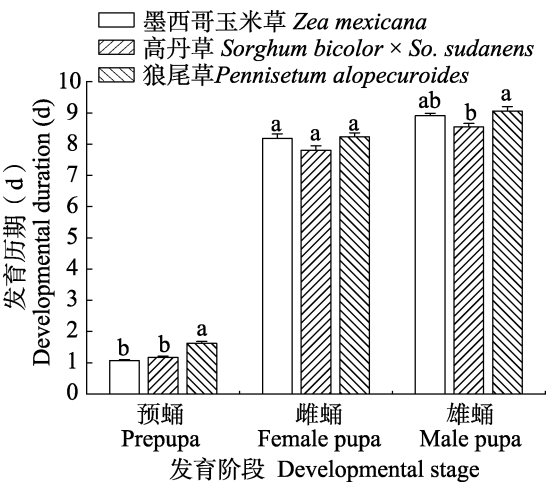


图 1 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾的预蛹期和蛹期

Fig. 1 The prepupal and pupal duration of *Spodoptera frugiperda* on three pasture grasses

数据均为平均值±标准误, 柱上不同字母表示显著差异 ($P < 0.05$, LSD 多重比较检验)。
Data in the figure are mean±SE, different letters above bars indicate significant difference ($P < 0.05$, LSD multiple range test).

表 2 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾的蛹重和雌雄蛹性比
Table 2 Pupal weight and sex ratio of *Spodoptera frugiperda* on three pasture grasses

牧草植物 Pasture grasses	蛹重 (mg) Weight of pupa (mg)		性比 (雌 : 雄) Sex ratio (female : male)
	雌 Female	雄 Male	
墨西哥玉米草 <i>Zea mexicana</i>	165.40±2.36 a	170.60±2.79 a	1.23 : 1
高丹草 <i>Sorghum bicolor</i> × <i>So. sudanens</i>	118.30±2.63 b	127.50±2.73 b	1.14 : 1
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	113.40±1.93 b	124.00±2.55 b	1.24 : 1

表 3 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾成虫寿命和繁殖力
Table 3 Effects of three pasture grasses on the longevity and fecundity of female adult of *Spodoptera frugiperda*

牧草植物 Pasture grasses	成虫寿命 (d) Adult longevity (d)		产卵前期 (d) Pre-oviposition period (d)	产卵期 (d) Oviposition period (d)	单雌产卵量 (粒) Number of eggs laid per female (grain)
	雄成虫 Male adult	雌成虫 Female adult			
墨西哥玉米草 <i>Zea mexicana</i>	8.84±0.63 a	10.68±0.62 a	7.74±0.53 a	4.18±0.44 a	487.09±60.73 a
高丹草 <i>Sorghum bicolor</i> × <i>So. sudanens</i>	7.29±0.44 b	8.58±0.47 b	6.34±0.52 a	3.79±0.43 a	329.15±52.73 b
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	7.72±0.54 b	9.35±0.59 ab	7.60±0.63 a	3.37±0.44 a	184.47±30.58 c

2.4 3 种牧草植物对草地贪夜蛾幼虫存活率、化蛹率、羽化率和寄主适合度指数的影响

从表 4 可知, 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草的草地贪夜蛾幼虫存活率分别为 99.00%、

95.00%、91.30%, 化蛹率分别为 99.00%、94.00%、80.00%, 羽化率分别为 94.80%、97.80%、79.10%, 其中, 取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾幼虫存活率、化蛹率和羽化率均分别与取食狼尾草的差异

显著 ($P < 0.05$), 但均与取食高丹草的无显著差异 ($P > 0.05$)。通过寄主适合度指数 (HSI) 公式计算得出, 取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草 3 种寄主的草地贪夜蛾寄主适合度指数分别为 12.33、7.76 和 6.03。

2.5 3 种牧草植物对草地贪夜蛾种群参数的影响

取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾生命参数见表 5。取食墨西哥玉米草叶片的草地贪夜蛾净增殖率最大 ($R_0=217.32$), 其次是取食高丹草和狼尾草的, 净增殖率(R_0)分别为 144.85 和 59.17, 三者间差异显著 ($P < 0.05$)。取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草叶片的草地贪夜蛾平均世代周

期 (T) 分别为 29.89、29.30 和 31.08 d, 说明在相同时间和环境条件内, 取食狼尾草叶片的草地贪夜蛾的发生代数要少于取食墨西哥玉米草和高丹草的, 但三者间无显著差异 ($P > 0.05$)。取食墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草叶片的草地贪夜蛾内禀增长率 (r_m) 和周限增长率 (λ) 分别为 0.18、0.17、0.13 和 1.20、1.19、1.14。经单因素方差分析, 取食墨西哥玉米草和高丹草的草地贪夜蛾内禀增长率 (r_m) 和周限增长率 (λ) 无显著差异 ($P > 0.05$), 但均高于取食狼尾草的 ($P < 0.05$)。所以, 取食墨西哥玉米草叶片的草地贪夜蛾种群增长增殖能力最强, 其次是取食高丹草的, 而取食狼尾草的草地贪夜蛾种群增长增殖能力最弱。

表 4 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾幼虫存活率、化蛹率、羽化率和寄主适合度指数
Table 4 Larval survival rate, pupation rate, emergence rate and host suitability index of *Spodoptera frugiperda* on three pasture grasses

牧草植物 Pasture grasses	幼虫存活率 (%) Larval survial rate (%)	化蛹率 (%) Pupation rate (%)	羽化率 (%) Eclosion rate (%)	寄主适合度 指数 (HSI) Host suitability index
墨西哥玉米草 <i>Zea mexicana</i>	99.00±1.00 a	99.00±1.00 a	94.80±2.27 a	12.33
高丹草 <i>Sorghum bicolor</i> × <i>So. sudanens</i>	95.00±2.20 ab	94.00±2.40 a	97.80±1.49 a	7.76
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	91.30±2.30 b	80.00±3.30 b	79.10±3.72 b	6.03

表 5 取食 3 种牧草植物的草地贪夜蛾生命参数比较
Table 5 Comparison of life-table parameters of *Spodoptera frugiperda* on three pasture grasses

牧草植物 Pasture grasses	净增值率 R_0 Net reproductive rate	平均世代周期 T (d) Mean generation time (d)	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	周限增长率 λ Finite rate of increase
墨西哥玉米草 <i>Zea mexicana</i>	217.32±2.57 a	29.89±0.22 a	0.18±0.002 a	1.20±0.005 a
高丹草 <i>Sorghum bicolor</i> × <i>So. sudanens</i>	144.85±3.06 b	29.30±0.15 a	0.17±0.004 a	1.19±0.002 a
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	59.17±2.34 c	31.08±0.11 a	0.13±0.003 b	1.14±0.004 b

3 结论与讨论

草地贪夜蛾是一种入侵性重大农业害虫, 寄主范围广泛, 对玉米、小麦和水稻等多种作物构成严重威胁 (Lu *et al.*, 2023; 唐雪等, 2023)。近年来, 入侵我国的草地贪夜蛾是水稻型为母本、玉米型为父本杂交产生的非传统玉米型后代种群, 具有一定杂交优势, 可能对更多植物产生潜在威胁 (张磊等, 2019; 刘博等, 2022)。因

此, 了解草地贪夜蛾在 3 种禾本科饲草上的寄主适合度, 有利于其生态风险评估和区域性防控策略的制定。昆虫的寄主适合度通常体现在其取食后的发育速率、存活率、蛹重及繁殖力等关键生物学参数上。为提升后代适合度, 雌虫倾向于在营养丰富的寄主植物上产卵, 以提高幼虫存活率并缩短发育历期, 因此, 幼虫的存活率和发育历期是衡量植食性昆虫对寄主植物适合度的重要指标 (Juarez *et al.*, 2014; 刘欢等, 2021)。本

研究发现,取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾幼虫总历期显著短于取食高丹草和狼尾草的,且其幼虫存活率为 99.00%,显著高于取食狼尾草的幼虫存活率,揭示了草地贪夜蛾对墨西哥玉米草表现出较高的寄主适合度。苏湘宁等(2022)研究报道,草地贪夜蛾取食马唐后其蛹重和化蛹率与取食玉米无显著差异,但显著高于取食其它 5 种杂草的,表明草地贪夜蛾对玉米和马唐具有较高的取食偏好。本文研究结果也证明了昆虫蛹重和化蛹率通常能反映昆虫对寄主植物的适合度这一规律。虽然草地贪夜蛾在墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草上均能够完成其生活史,但取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾雌蛹重(165.40 mg)显著高于取食高丹草(118.30 mg)和狼尾草(113.40 mg)的雌蛹重,化蛹率(99.00%)显著高于取食狼尾草(80.00%)的,与取食高丹草(94.00%)的无显著差异,表明取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾寄主适合度指数最高(12.33),揭示了草地贪夜蛾偏好取食墨西哥玉米草。

一般认为,植食性昆虫取食寄主植物后不仅具有较快的发育速率、较大的体重和较高的存活率,还具有较高的繁殖力(Harcourt, 1969; 李定银等, 2020)。对于鳞翅目昆虫而言,蛹越重,雌成虫的产卵量越多,其适应能力越强(Leuck and Perkins, 1972; 苏湘宁等, 2022)。李定银等(2020)组建实验种群生命表,系统研究了草地贪夜蛾取食花生、荞麦和生姜 3 种寄主的繁殖情况,发现草地贪夜蛾在 3 种寄主植物上均能实现种群繁殖,其在 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),而且,取食花生的草地贪夜蛾净增值率($R_0=226.36$)最大,其次是取食荞麦和生姜的(R_0 分别为 102.45 和 20.75),表明了花生是最适宜的寄主,荞麦次之,生姜相对较不适宜。本研究发现了同样的规律。取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾成虫单雌产卵量为 487.09 粒,显著高于取食高丹草(329.15 粒)和狼尾草(184.47 粒)的。而且,取食墨西哥玉米草叶片的草地贪夜蛾净增值率最大($R_0=217.32$),而取食高丹草和狼尾草的净增值率(R_0)较小,分别

为 144.85 和 59.17,表明了草地贪夜蛾在墨西哥玉米草上具有较高的暴发危害潜能,种群增长增殖能力最强,是最适宜的寄主,高丹草次之,狼尾草相对较不适宜。而且,与吕亮等(2022)研究草地贪夜蛾取食玉米和高粱的单雌产卵量(分别为 1023.82 和 927.00 粒)及净增值率(415.93 和 372.45)相比,本研究取食墨西哥玉米草的草地贪夜蛾的单雌产卵量(487.09 粒)及净增值率(226.36)均低于取食玉米和高粱的。所以,相较于其嗜好寄主玉米和高粱,草地贪夜蛾对这 3 种牧草植物的适应性较差。究其原因,可能是不同植物及其不同生长期在营养物质构成与防御性次生代谢物上的差异,这些因素直接影响昆虫的发育与繁殖,但具体机制有待通过化学生态学试验进行进一步验证(姜义宝等, 2005; 郭晖, 2021)。

本研究结果证实了草地贪夜蛾在墨西哥玉米草、高丹草和狼尾草上均能完成生活史。墨西哥玉米草具有较高的寄主适合度,其次是高丹草,而狼尾草是草地贪夜蛾最不适宜的寄主。这一发现提示,在玉米、高粱和牧草植物等的混合种植区,草地贪夜蛾存在向牧草植物转移为害的风险,因此,亟需加强对草地贪夜蛾的监测预警。本研究结果对指导牧草种植、开展抗虫种质资源筛选以及优化草地贪夜蛾区域性综合防控策略具有重要的实践指导意义。

参考文献 (References)

- Bass C, Zimmer CT, Riveron JM, Wilding CS, Wondji CS, Kaussmann M, Field LM, Williamson MS, Nauen R, 2013. Gene amplification and microsatellite polymorphism underlie a recent insect host shift. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(48): 19460–19465.
- Dong QJ, Zhou JC, Zhu KH, Zhang ZT, Dong H, 2019. A simple method for identifying sexuality of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) pupae and adults. *Plant Protection*, 45(5): 96–98, 105. [董前进, 周金成, 朱凯辉, 张柱亭, 董辉, 2019. 一种快速鉴别草地贪夜蛾蛹及成虫雌雄的简易方法. 植物保护, 45(5): 96–98, 105.]
- Guo H, 2021. Analysis of fermentation quality and nutritional components of mixed silage of alfalfa and sorghum hybrid sudan

- grass in different proportions. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 50(6): 149–155. [郭晖, 2021. 不同比例紫花苜蓿与高丹草混贮饲料的发酵品质和营养成分分析. 河南农业科学, 50(6): 149–155.]
- Harcourt DG, 1969. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Annual Review of Entomology*, 14: 175–196.
- Huang JR, Xu YW, Li GP, Hu G, Zhai BP, Cui GZ, Wang L, Liu J, Wang ZY, Zhang GY, Feng HQ, 2023. An analysis of monitoring methods and occurrence patterns of *Spodoptera frugiperda* in Henan in 2019–2021. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1070–1080. [黄建荣, 徐永伟, 李国平, 胡高, 翟保平, 崔艮中, 王琳, 刘杰, 王振营, 张国彦, 封洪强, 2023. 2019–2021 年河南省草地贪夜蛾监测方法与发生特点分析. 应用昆虫学报, 60(4): 1070–1080.]
- Jiang YB, Wang CZ, Li ZT, 2005. Effects of different cutting heights of sorghum-sudan grass hybrid on yield, quality, and silage efficiency. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 34(3): 78–79. [姜义宝, 王成章, 李振田, 2005. 高丹草不同刈割高度对产量、品质及青贮效果的影响. 河南农业科学, 34(3): 78–79.]
- Jiang YY, Liu J, Xie MC, Li YH, Yang JJ, Zhang ML, Qiu K, 2019a. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019. *Plant Protection*, 45(6): 10–19. [姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 李亚红, 杨俊杰, 张曼丽, 邱坤, 2019a. 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.]
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019b. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China. *China Plant Protection*, 39(2): 33–35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明, 2019b. 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, 39(2): 33–35.]
- Juarez ML, Schofl G, Vera MT, Vilardi JC, Murúa MG, Willink E, Hänniger S, Heckel DG, Groot AT, 2014. Population structure of *Spodoptera frugiperda* maize and rice host forms in South America: Are they host strains? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 152(3): 182–199.
- Kenis M, Benelli G, Biondi A, Calatayud P, Day R, Desneux N, Harrison RD, Kriticos D, Rwomushana I, Berg JVD, Verheggen F, Zhang YJ, Agboyi LK, Ahissou RB, Ba MN, Wu KM, 2023. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis*, 43(2): 187–241.
- Lei CM, Xiao Y, Wu YH, Peng ZK, Yin F, Zhou XM, Li ZY, Zhang JJ, 2023. Development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* on four cruciferous vegetables. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1108–1115. [雷春媚, 肖勇, 吴雨洪, 彭争科, 尹飞, 周小毛, 李振宇, 张俊杰, 2023. 四种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 60(4): 1108–1115.]
- Leuck RE, Perkins WD, 1972. A method of evaluating fall armyworm progeny reduction when evaluating control achieved by host-plant resistance. *Journal of Economic Entomology*, 65(2): 482–483.
- 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. [李定银, 郅军锐, 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.]
- Li XJ, Wu JYZ, Dai XC, Wang YQ, Wang RF, Zhang ZX, Xu HH, 2021. Study on the damage of *Spodoptera frugiperda* to ears of different maize cultivars. *Journal of South China Agricultural University*, 42(2): 71–79. [李贤嘉, 吴吉英子, 戴修纯, 王勇庆, 王瑞飞, 张志祥, 徐汉虹, 2021. 草地贪夜蛾对不同玉米品种果穗的为害研究. 华南农业大学学报, 42(2): 71–79.]
- Lin W, Xu MF, Quan YB, Liao L, Gao L, 2019. Potential geographic distribution of *Spodoptera frugiperda* in China based on MaxEnt model. *Plant Quarantine*, 33(4): 69–73. [林伟, 徐森锋, 权永兵, 廖力, 高磊, 2019. 基于 MaxEnt 模型的草地贪夜蛾适生性分析. 植物检疫, 33(4): 69–73.]
- Liu B, Li ZH, Guo SK, 2022. Overview of the invasion mechanism of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Plant Protection*, 49(5): 1313–1328. [刘博, 李志红, 郭韶堃, 2022. 草地贪夜蛾入侵机制概述. 植物保护学报, 49(5): 1313–1328.]
- Liu H, Zhang Y, Chen JL, 2021. Feeding preference and adaptability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on different wheat cultivars in relation to leaf biochemical contents. *Acta Entomologica Sinica*, 64(2): 230–239. [刘欢, 张勇, 陈巨莲, 2021. 草地贪夜蛾在不同小麦品种上的取食选择性和适应性及其与叶片生化物质含量的关系. 昆虫学报, 64(2): 230–239.]
- Liu XD, 2016. *Insect Ecology and Prediction Forecast*. Beijing: China Agriculture Press. 93–102. [刘向东, 2016. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 93–102.]
- Lu JJ, Zhang B, Zhuang MM, Ren MF, Li DQ, Yan HW, Long JM, Jiang XL, 2023. Preference and performance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, on six cereal crop species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 171(7): 492–501.
- Lü L, Xia HX, Guo L, Chang XQ, Wan P, Zhang S, 2022. Effect of feeding *Spodoptera frugiperda* corn or sorghum on oviposition site selection and fitness. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(3): 542–550. [吕亮, 夏红霞, 郭蕾, 常向前, 万鹏, 张舒,

2022. 草地贪夜蛾对玉米和高粱的产卵选择及寄主适合度. 应用昆虫学报, 59(3): 542–550.]
- 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.
- Moreau J, Benrey B, Thiéry D, 2006. Grape variety affects larval performance and also female reproductive performance of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96(2): 205–212.
- Qiu LM, Liu QQ, Chen XQ, Lu XS, Liu BP, 2024. Host selectivity, fitness, and risk analysis of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to maize and five non-gramineous crops. *Journal of Plant Protection*, 51(4): 918–927. [邱良妙, 刘其全, 陈秀琴, 卢学松, 刘必炮, 2024. 草地贪夜蛾对玉米和五种非禾本科作物的寄主选择性与寄主适合度及为害风险. 植物保护学报, 51(4): 918–927.]
- Qiu LM, Liu QQ, Yang XJ, Huang XY, Guan RF, Liu BP, He YX, Zhan ZX, 2020. Feeding and oviposition preference and fitness of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), on rice and maize. *Acta Entomologica Sinica*, 63(5): 604–612. [邱良妙, 刘其全, 杨秀娟, 黄晓燕, 关瑞峰, 刘必炮, 何玉仙, 占志雄, 2020. 草地贪夜蛾对水稻和玉米的取食和产卵选择性与适合度. 昆虫学报, 63(5): 604–612.]
- Sun Y, Liu XG, Lü GQ, Hao XZ, Li SH, Li GP, Feng HQ, 2020. Comparison of population fitness of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on wheat and different varieties of maize. *Plant Protection*, 46(4): 126–131. [孙悦, 刘晓光, 吕国强, 郝学政, 李书华, 李国平, 封洪强, 2020. 草地贪夜蛾在小麦和不同玉米品种上的种群适合度比较. 植物保护, 46(4): 126–131.]
- Su XN, Li CY, Xu YJ, Huang SH, Liu WL, Liao ZX, Zhang YP, 2022. Feeding preference and adaptability of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* on five species of host plants and six weeds. *Journal of Environmental Entomology*, 44(2): 263–272. [苏湘宁, 李传瑛, 许益鏖, 黄少华, 刘伟玲, 廖章轩, 章玉苹, 2022. 草地贪夜蛾对 5 种寄主植物和 6 种杂草的取食选择性和适应性. 环境昆虫学报, 44(2): 263–272.]
- Tang X, Lü BQ, Tang JH, Lu H, Lin NF, Wang XT, Chen YY, 2023. Feeding and oviposition preferences, and fitness, of *Spodoptera frugiperda* with respect to four important crops in the Nanfan area. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1116–1124. [唐雪, 吕宝乾, 唐继洪, 卢辉, 林南方, 王秀婷, 陈玉莹, 2023. 草地贪夜蛾对四种重要南繁作物取食与产卵选择及适合度研究. 应用昆虫学报, 60(4): 1116–1124.]
- Todd EL, Poole RW, 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(6): 722–738.
- Wang HH, Liu JH, Lei YM, Ren KY, 2021. Collect and evaluation of wild forage germplasm resources in Dabie Mountain area, Southern Henan Province. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2021(17): 89–95, 103. [王鹤桦, 刘金海, 雷宇鸣, 任柯昱, 2021. 豫南大别山区野生牧草种质资源搜集与评价. 黑龙江畜牧兽医, 2021(17): 89–95, 103.]
- 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*. *Journal of Environmental Entomology*, 41(3): 479–487. [王磊, 陈科伟, 钟国华, 洗继东, 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.]
- Wang YR, Cai XY, Wang JD, Tang BZ, Hou YM, 2020. Current opinions on the important alien invasive insect, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Environmental Entomology*, 42(4): 806–816. [王亚如, 蔡香云, 王锦达, 汤宝珍, 侯有明, 2020. 重大入侵害虫草地贪夜蛾的研究进展. 环境昆虫学报, 42(4): 806–816.]
- Wu DH, Li YR, Wang SQ, Chen GH, Qi GJ, Chen T, Liu Q, Zhang XM, 2021. Effects of *Zea mays* and three weeds around *Z. mays* fields on the growth, development and oviposition of *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 47(2): 116–121. [吴道慧, 李宜儒, 王思琴, 陈国华, 齐国君, 陈婷, 柳青, 张晓明, 2021. 玉米及玉米田 3 种杂草对草地贪夜蛾生长发育和产卵的影响. 植物保护, 47(2): 116–121.]
- Wu KM, 2020. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Plant Protection*, 46(2): 1–5. [吴孔明, 2020. 中国草地贪夜蛾的防控策略. 植物保护, 46(2): 1–5.]
- Xu JX, Xiang ZH, Xu HY, Ding YQ, Cao N, Cheng B, Gao X, Li WZ, Zhang LY, 2024. Occurrence and spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* larvae in sorghum fields in Guizhou Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(4): 880–892. [徐建霞, 向中华, 徐海英, 丁延庆, 曹宁, 程斌, 高旭, 李文贞, 张立昇, 2024. 贵州省高粱田草地贪夜蛾幼虫发生及其空间分布研究. 应用昆虫学报, 61(4): 880–892.]
- Zhang L, Liu B, Jiang YY, Liu J, Wu KM, Xiao YT, 2019. Molecular characterization analysis of fall armyworm populations in China. *Plant Protection*, 45(4): 20–27. [张磊, 柳贝, 姜玉英, 刘杰, 吴孔明, 萧玉涛, 2019. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析. 植物保护, 45(4): 20–27.]