

四种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响^{*}

雷春媚^{1,2**} 肖勇² 吴雨洪² 彭争科² 尹飞²
周小毛² 李振宇^{2***} 张俊杰^{1***}

(1. 吉林农业大学生物防治研究所, 吉林省生物防治工程技术研究中心, 长春 130118; 2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 农业农村部华南果蔬绿色防控重点实验室, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要 【目的】探究萝卜、西兰花、菜心和芥菜4种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 生长发育和繁殖的影响, 评估草地贪夜蛾转移危害十字花科蔬菜的风险。【方法】以玉米为对照, 分别用萝卜、西兰花、菜心和芥菜饲喂草地贪夜蛾幼虫, 比较不同植物对草地贪夜蛾幼虫发育历期、蛹重以及成虫繁殖力等参数的影响。【结果】草地贪夜蛾在萝卜、西兰花、菜心和芥菜4种十字花科蔬菜上均能完成生活史, 取食玉米的幼虫发育历期[(16.24±0.30 d)]最短, 其次为菜心[(17.11±0.19) d], 西兰花[(20.53±0.48) d]、芥菜[(21.32±0.36) d], 取食萝卜的总发育历期最长[(25.32±0.43) d], 蛹期时间分别为玉米[(10.68±0.12) d]>萝卜[(10.50±0.23) d]>西兰花[(10.29±0.32) d]>菜心[(10.00±0.19) d]>芥菜[(9.91±0.23) d]; 取食玉米的蛹重小于取食十字花科蔬菜的蛹重: 菜心[(0.139±0.007) g]>西兰花[(0.133±0.009) g]>萝卜[(0.119±0.008) g]>芥菜[(0.117±0.007) g]>玉米[(0.112±0.006) g]; 取食十字花科蔬菜的幼虫存活率低于取食玉米的幼虫存活率: 萝卜(36.67%)<芥菜(47.18%)<西兰花(51.67%)<菜心(68.06%)<玉米(73.33%); 取食玉米的产卵前期最短为[(1.20±0.20) d], 产卵量最多(1 042.25±109.19)粒, 取食西兰花的产卵前期最长为[(2.60±0.40) d], 其次为萝卜[(2.40±0.24) d]、菜心[(1.60±0.24) d]、芥菜[(1.40±0.24) d], 取食萝卜的产卵量最少(411.25±99.11)粒, 依次为西兰花(903.67±185.67)粒、芥菜(915.00±74.23)粒、菜心(973.60±70.11)粒。【结论】取食4种十字花科蔬菜的草地贪夜蛾幼虫发育历期、存活率和成虫产卵前期等指标均低于取食玉米的, 但仍能完成生活史, 存在转主危害十字花科蔬菜的可能性, 本研究为广东等周年繁殖区的草地贪夜蛾转寄主危害的评估提供科学依据。

关键词 草地贪夜蛾; 十字花科蔬菜; 生长发育; 繁殖

Development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* on four cruciferous vegetables

LEI Chun-Mei^{1,2**} XIAO Yong² WU Yu-Hong² PENG Zheng-Ke² YIN Fei²
ZHOU Xiao-Mao² LI Zhen-Yu^{2***} ZHANG Jun-Jie^{1***}

(1. Institute of Biological Control, Jilin Agricultural University, Engineering Research Center of Biological Control in Jilin province, Changchun 130118, China; 2. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Green Prevention and Control on Fruits and Vegetables in South China Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract 【Objectives】To compare the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* raised on radish, broccoli, cabbage and mustard crops, in order to assess the risk this species poses to cruciferous vegetable crops. 【Methods】Larvae of *S. frugiperda* were raised on either radish, broccoli, mustard, cabbage, or corn (control), and their developmental parameters,

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2021YFD1400703)

**第一作者 First author, E-mail: 2515988816@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: Zhangjunjie9777@jlaue.edu.cn; lizhenyu@gdaas.cn

收稿日期 Received: 2022-10-29; 接受日期 Accepted: 2023-04-28

pupal weight and adult fecundity compared. **[Results]** Larvae raised on maize had the shortest development period [(16.24±0.30) d], followed by those raised on cabbage [(17.11±0.19) d], broccoli [(20.53±0.48) d], mustard [(21.32±0.36) d], and radish [(25.32±0.43) d]. The duration of the pupal stage was longest in larvae raised on maize [(10.68±0.12) d], followed by those raised on radish [(10.50±0.23) d], then broccoli [(10.29±0.32) d], then cabbage [(10.00±0.19) d], then mustard [(9.91±0.23) d]. Larvae raised on maize had lighter pupae than those raised on cruciferous vegetables: cabbage [(0.139±0.007) g] > broccoli [(0.133±0.009) g] > radish [(0.119±0.008) g] > mustard [(0.117±0.007) g] > corn [(0.112±0.006) g]. Larvae raised on cruciferous vegetables had lower survival rates than those that raised on corn: radish (36.67%) < mustard (47.18%) < broccoli (51.67%) < cabbage (68.06%) < maize (73.33%). The minimum pre-oviposition period for corn was [(1.20±0.20) d], and the maximum amount of eggs laid was (1 042.25±109.19). The maximum pre-oviposition periods of larvae raised on broccoli, radish, cabbage and mustard plants were [(2.60±0.40) d], [(2.40±0.24) d], [(1.60±0.24) d] and [(1.40±0.24) d], respectively. The minimum numbers of eggs laid by adults raised on radish, broccoli, mustard, and cabbage plants were (411.25±99.11), (903.67±185.67), (915.00±74.23) and (973.60±70.11), respectively. **[Conclusion]** *S. frugiperda* can complete its life history on radish, mustard, broccoli and cabbage plants, and may therefore pose a risk to both these and other cruciferous, vegetable crops.

Key words *Spodoptera frugiperda*; cruciferous vegetables; development; fecundity

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 又名秋粘虫, 隶属于鳞翅目夜蛾科, 原产于美洲热带及亚热带地区 (Todd and Poole, 1980), 于 2019 年 1 月由缅甸入侵我国云南省 (姜玉英等, 2019; Sun *et al.*, 2021), 截至 2022 年 9 月, 草地贪夜蛾累计在 27 个省份 846 个县发生 2.354×10^6 hm² (<https://www.natesc.org.cn/>)。草地贪夜蛾具有寄主范围广泛、幼虫食量大、迁飞扩散快以及繁殖能力强的特点 (Chapman *et al.*, 2017; Cock *et al.*, 2017; 郭井菲等, 2019), 现已成为我国重要农业入侵害虫之一, 对粮食安全生产构成了巨大的威胁。

草地贪夜蛾的寄主种类多, 危害玉米、水稻、甘蔗、高粱等 353 种植物 (Montezano *et al.*, 2018)。依据对寄主的偏好性, 将草地贪夜蛾分为玉米型和水稻型 (Juárez *et al.*, 2014), 入侵我国的主要为玉米型, 危害玉米、高粱和荞麦等作物 (张磊等, 2019)。草地贪夜蛾可以在主要寄主食物短缺、虫口密度过大以及作物生境恶化时向非偏好寄主生境寻找繁殖地, 以提高其种群存活率 (房敏等, 2020; 王芹芹等, 2020)。研究表明草地贪夜蛾对不同寄主有一定的偏好性, 且在取食不同植物时表现一定的适合度差异 (徐蓬军等, 2019; 李定银等, 2020)。周利琳等 (2022) 首次在莲藕上发现草地贪夜蛾危害, 后续研究发现草地贪夜蛾可以在莲藕上完成幼虫期; 浙江、

武汉等地已经出现草地贪夜蛾为害十字花科蔬菜甘蓝的报道 (刘银泉等, 2019; 郑彬等, 2020); 前期研究发现, 草地贪夜蛾具有在黄瓜、豇豆、番茄、菜心上建立种群的能力, 这表明草地贪夜蛾在蔬菜种植区也存在暴发危害的可能性。

广东省地处亚热带沿海, 适宜草地贪夜蛾周年繁殖。广东省种植业发达, 蔬菜种类丰富, 2022 年上半年, 蔬菜播种面积 6.894×10^5 hm², 以十字花科蔬菜为主 (<https://dara.gd.gov.cn>), 且大多与冬玉米交错种植 (姜玉英等, 2021)。因此, 为明确草地贪夜蛾是否具有从玉米转移到十字花科蔬菜上为害的潜能, 本研究以玉米作为对照植物, 分别用萝卜、西兰花、菜心、芥菜 4 种十字花科蔬菜饲喂草地贪夜蛾, 测定其对发育历期、蛹重、幼虫存活率以及成虫繁殖力的影响, 对草地贪夜蛾在不同十字花科蔬菜的种群发展进行预测, 为草地贪夜蛾的监测、防治以及转寄主危害的评估提供依据, 对控制草地贪夜蛾的危害和保护农作物具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

草地贪夜蛾幼虫采自广东省广州市钟落潭玉米田 (23°39'1266"N, 113°42'6993"E), 在人工气候室中用人工饲料饲养到稳定种群, 饲养条

件为温度 (25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 ($60\% \pm 5\%$), 光周期为 L16:D8, 在室内饲养繁育 5 代后, 以 F_5 代虫卵为试虫。

1.2 供试植物

本研究采用萝卜 *Raphanus sativus* L. (白玉萝卜)、菜心 *Brassica campestris* L. (四九菜心)、西兰花 *Brassica oleracea* L. (美绿西兰花) 和芥菜 *Brassica juncea* L. (客家甜芥菜) 4 种十字花科蔬菜为供试寄主植物, 并以玉米 *Zea mays* L. (万香糯 2000) 作为对照植物, 萝卜和菜心为青县兴运蔬菜良种繁育中心生产, 西兰花和芥菜为兴宁市庆丰盈科种子有限公司生产, 玉米为方震农业有限公司生产。5 种植物均用营养钵在人工气候室中种植, 在生长期不施加任何化学农药, 仅为植株正常浇水, 最终获得健康植株叶片 (5-10 叶) 饲喂草地贪夜蛾。

1.3 试验方法

将同一天孵化的健康草地贪夜蛾初孵幼虫单头接入 12 孔养虫板 (孔径 22 mm, 深度 17 mm) 中, 分别用 5 种新鲜叶片 (5-10 叶) 饲喂, 每天更换一次新鲜叶片, 隔天对养虫板进行清洁, 每一种寄主植物处理 100 头幼虫, 每种植物重复 3

次, 在上述条件下, 养虫板均放在人工气候室中进行饲养。每天观察幼虫的生长情况, 记录草地贪夜蛾的龄期与死亡情况, 待草地贪夜蛾发育到 4 龄幼虫时, 称量其每天的体重, 称完体重以后将幼虫转移至玻璃管中待其化蛹, 化蛹当日称量其蛹重, 每天观察记录化蛹和死亡情况, 直至羽化。成虫羽化后对其单对配对放入塑料盒 ($10\text{ cm} \times 12\text{ cm}$) 中, 杯口用脱脂纱布封口以供其产卵, 底部放入浸有 10% 蜂蜜水的棉球以供草地贪夜蛾取食, 每一处理 10 对, 设 3 次重复, 每天观察记录成虫死亡情况, 记录产卵前期并收集卵块统计单雌产卵量。

1.4 数据分析

应用 SPSS 25.0 对数据进行处理与单因素方差 (Tukey's HSD 法) 分析, 并应用 GraphPad Prism 8.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫发育历期的影响

取食 4 种十字花科蔬菜的草地贪夜蛾幼虫发育历期不同 (图 1, 图 2), 各个虫态的发育历

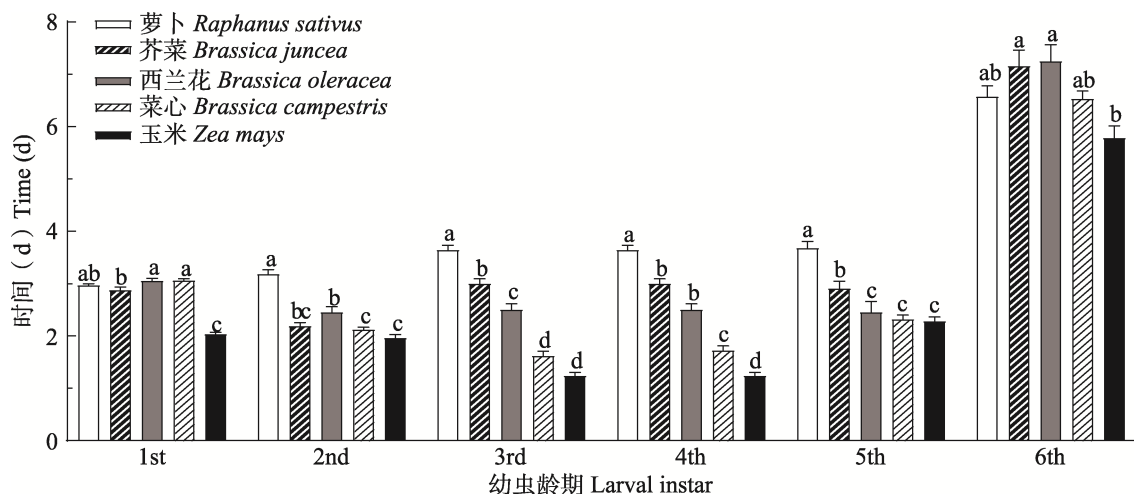


图 1 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫龄期的影响

Fig. 1 Effects of four cruciferous vegetables on the larval stage of *Spodoptera frugiperda*

柱上标有不同小写字母表示不同处理之间经单因素方差分析 Tukey 氏检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下图同。

Different small letters above the bars mean significant differences among treatments ($P < 0.05$, Tukey's test). The same below.

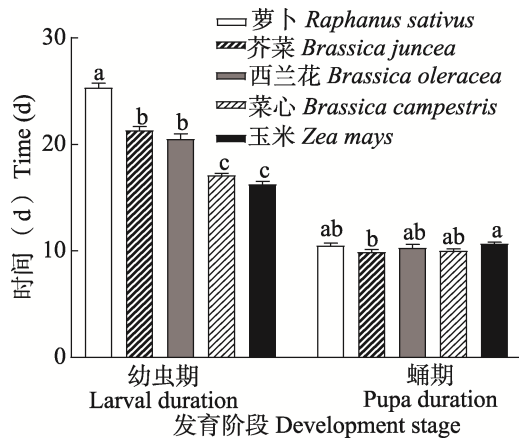


图 2 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾发育历期的影响

Fig. 2 Effects of four cruciferous vegetables on the development time of *Spodoptera frugiperda* larvae and pupae

期在不同十字花科蔬菜上存在显著性差异 ($P < 0.05$)。在幼虫的各个龄期中, 2 龄 $[(3.18 \pm 0.09) \text{ d}]$ 、3 龄 $[(3.64 \pm 0.09) \text{ d}]$ 、4 龄 $[(3.64 \pm 0.14) \text{ d}]$ 以及 5 龄幼虫 $[(3.68 \pm 0.13) \text{ d}]$ 均是取食萝卜的历期最长, 与其他寄主之间均存在显著差异。而 1 龄幼虫取食菜心的历期最长 $[(3.06 \pm 0.03) \text{ d}]$, 6 龄幼虫取食芥菜的历期最长 $[(7.16 \pm 0.30) \text{ d}]$ 。在幼虫的总历期中, 取食对照组玉米的发育历期最短, 为 $[(16.24 \pm 0.30) \text{ d}]$, 取食菜心的发育历期较其他 3 种十字花科蔬菜寄主短, 为 $[(17.11 \pm 0.19) \text{ d}]$, 其次为西兰花 $[(20.53 \pm 0.48) \text{ d}]$ 、芥菜 $[(21.32 \pm 0.36) \text{ d}]$, 取食萝卜的总发育历期最长, 达到 $[(25.32 \pm 0.43) \text{ d}]$ 。

取食不同寄主植物的草地贪夜蛾蛹期也不相同 (图 2), 但各组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。其蛹期时间分别为玉米 $[(10.68 \pm 0.12) \text{ d}]$ > 萝卜 $[(10.50 \pm 0.23) \text{ d}]$ > 西兰花 $[(10.29 \pm 0.32) \text{ d}]$ > 菜心 $[(10.00 \pm 0.19) \text{ d}]$ > 芥菜 $[(9.91 \pm 0.23) \text{ d}]$ 。

2.2 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫和蛹重的影响

取食 4 种十字花科蔬菜的幼虫体重和蛹重存在显著差异 ($P < 0.05$) (图 3)。草地贪夜蛾幼虫 4-6 龄均为取食玉米的体重最大, 分别为 $(0.121 \pm 0.004) \text{ g}$ 、 $(0.165 \pm 0.005) \text{ g}$ 、 $(0.216 \pm 0.007) \text{ g}$, 4 龄幼虫时取食芥菜的体重最轻, 为

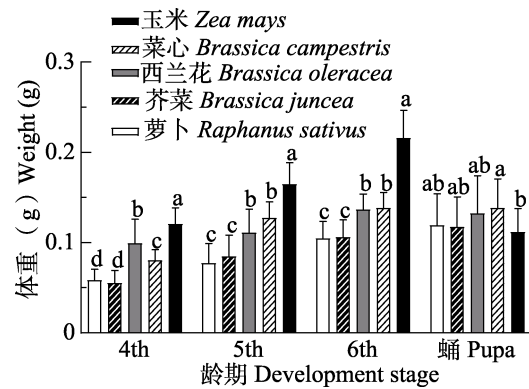


图 3 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫和蛹重的影响

Fig. 3 Effects of four cruciferous vegetables on larvae and pupae weight of *Spodoptera frugiperda*

$(0.056 \pm 0.003) \text{ g}$, 其次为取食萝卜 $(0.059 \pm 0.003) \text{ g}$ 、菜心 $(0.081 \pm 0.003) \text{ g}$ 、西兰花 $(0.100 \pm 0.006) \text{ g}$, 5-6 龄幼虫时取食萝卜的体重为 $(0.078 \pm 0.005) \text{ g}$ 和 $(0.106 \pm 0.004) \text{ g}$ 、芥菜 $(0.085 \pm 0.005) \text{ g}$ 和 $(0.106 \pm 0.004) \text{ g}$ 、西兰花 $(0.111 \pm 0.006) \text{ g}$ 和 $(0.137 \pm 0.004) \text{ g}$ 、菜心 $(0.128 \pm 0.004) \text{ g}$ 和 $(0.138 \pm 0.004) \text{ g}$ 。

草地贪夜蛾蛹重在 4 种十字花科蔬菜及玉米间差异不显著 ($P > 0.05$), 蛹重大小依次为菜心 $(0.139 \pm 0.007) \text{ g}$ > 西兰花 $(0.133 \pm 0.009) \text{ g}$ > 萝卜 $(0.119 \pm 0.008) \text{ g}$ > 芥菜 $(0.117 \pm 0.007) \text{ g}$ > 玉米 $(0.112 \pm 0.006) \text{ g}$ 。

2.3 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫存活率的影响

4 种十字花科蔬菜饲喂草地贪夜蛾的幼虫存活率如图 4, 随着时间推移, 取食萝卜、西兰花、芥菜和菜心的幼虫存活率逐渐降低, 最终草地贪夜蛾幼虫存活率分别为萝卜 (36.67%) < 芥菜 (47.18%) < 西兰花 (51.67%) < 菜心 (68.06%) , 均小于以玉米嫩叶喂养的幼虫存活率 (73.33%) 。

2.4 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾成虫繁殖力的影响

草地贪夜蛾在 4 种十字花科蔬菜以及玉米上都能完成生活史, 但其繁殖力不同 (图 5: A, B)。取食西兰花的产卵前期最长 $(2.60 \pm 0.40) \text{ d}$, 其次是萝卜 $(2.40 \pm 0.24) \text{ d}$, 然后依次为菜心

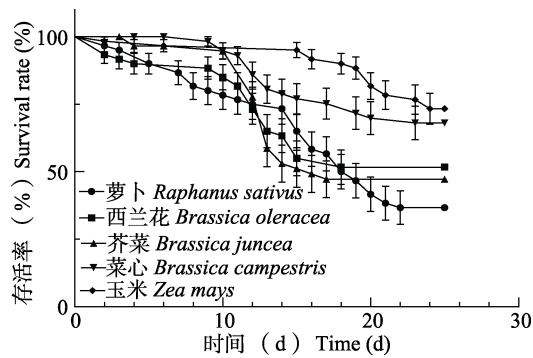


图 4 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫存活率的影响

Fig. 4 Effects of survival rate of *Spodoptera frugiperda* on four cruciferous vegetables

(1.60 ± 0.24) d 和芥菜 (1.40 ± 0.24) d, 取食对照组玉米的产卵前期均小于取食 4 种十字花科蔬菜, 为 (1.20 ± 0.20) d。

草地贪夜蛾取食不同寄主植物的单雌产卵量不同。其中取食萝卜的单雌产卵量最少, 仅为 (411.25 ± 99.11) 粒, 且与其他各组均存在显著性差异 ($P < 0.05$)。取食芥菜、西兰花、菜心以及玉米的单雌产卵量之间无显著性差异, 其产卵量依次为取食西兰花 (903.67 ± 185.67) 粒、取食芥菜 (915.00 ± 74.23) 粒、取食菜心 (973.60 ± 70.11) 粒、取食玉米 (1042.25 ± 109.19) 粒。但取食玉米的单雌产卵量均高于取食 4 种十字花科蔬菜的单雌产卵量。

3 结论与讨论

草地贪夜蛾入侵我国后向多地迁移扩散, 造成爆发性危害, 目前我国已是常态化发生的重要农业害虫之一 (吴孔明, 2020)。草地贪夜蛾是一种多食性昆虫, 对多种寄主具有广泛的适应性, 虽已有研究报道草地贪夜蛾可取食十字花科类蔬菜 (Montezano *et al.*, 2018), 但未见十字花科蔬菜对草地贪夜蛾生长发育等生命表参数的详细研究。广东等华南地区是草地贪夜蛾的周年繁殖区, 这一区域也是我国十字花科蔬菜主要冬产区。因此, 明确草地贪夜蛾能否转主危害十字花科蔬菜对于周年繁殖区的蔬菜产业安全具有重要意义。本研究以萝卜、西兰花、菜心和芥菜 4 种十字花科蔬菜为研究对象, 探究其对草地贪夜蛾生长发育的影响。

一般情况下, 取食不同的寄主植物会对昆虫种群产生不同的影响 (徐川峰等, 2021), 取食嗜食寄主的昆虫存活率高、发育历期短, 成虫繁殖力高以及较大的体重 (Harcourt, 1969; 许冬等, 2022)。幼虫发育历期是衡量植食性昆虫对寄主植物的适合度的重要指标之一 (Juarez *et al.*, 2014), 本研究发现, 取食嗜食寄主玉米的平均世代周期最短 (16.24 ± 0.30) d, 草地贪夜蛾在 4 种十字花科蔬菜上均能完成生活史, 取

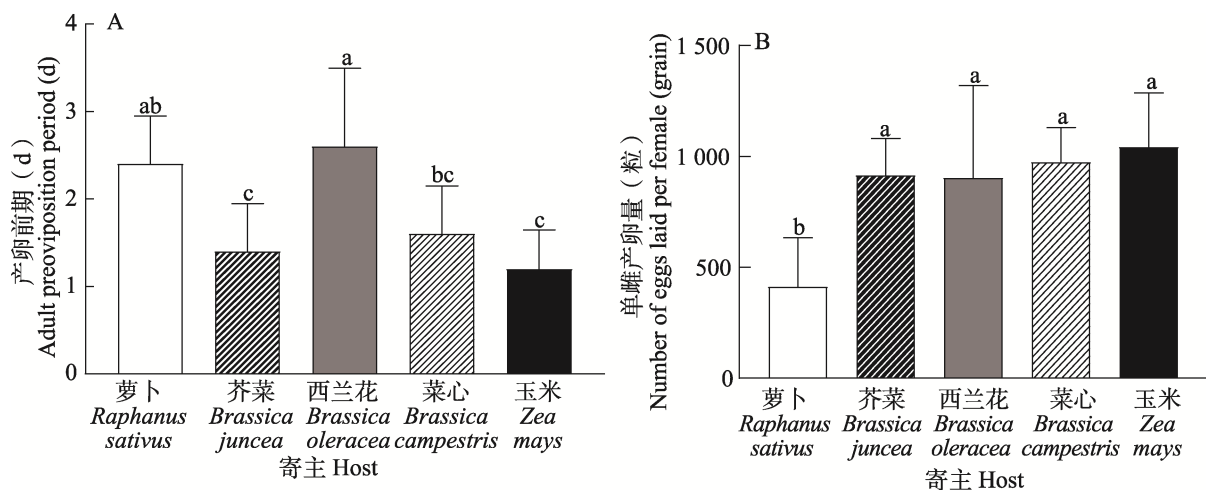


图 5 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾成虫繁殖力的影响

Fig. 5 Effects of different host plants on *Spodoptera frugiperda* moth fertility

A. 产卵前期; B. 单雌产卵量。

A. Adult preoviposition period; B. Number of eggs laid per female.

食萝卜的草地贪夜蛾幼虫平均世代周期最长为 (25.32 ± 0.43) d, 其次为西兰花 (20.53 ± 0.48) d, 芥菜 (21.32 ± 0.36) d, 菜心 (17.11 ± 0.19) d, 这与张子怡等 (2022) 研究结果相似, 取食甘蓝的草地贪夜蛾幼虫发育历期较取食玉米的显著延长。本研究还发现取食玉米与十字花科蔬菜的草地贪夜蛾幼虫的发育历期在低龄时存在显著差异, 而在高龄幼虫之间差异不明显, 可能是由于高龄幼虫活动能力强, 具有暴食性特点有关 (Luginbill, 1928)。体重往往可以反映出昆虫对寄主植物喜食程度 (吴正伟等, 2019), 鳞翅目昆虫的蛹越重, 其适应能力越强 (Leuck and Perkins, 1972; Chelsea *et al.*, 2012)。本研究中取食玉米的 4-6 龄幼虫体重相较于取食十字花科蔬菜的体重大, 而平均蛹重在不同寄主之间无显著差异, 这可能表明 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾幼虫的影响大于蛹期。

幼虫存活率也是衡量植食性昆虫幼虫对寄主植物适应性的重要指标之一, 适宜的寄主植物能够使其后代具有较快的发育速率以及较高的存活率和繁殖力 (黄芊等, 2022)。本研究发现, 取食 4 种十字花科蔬菜的草地贪夜蛾幼虫存活率均低于取食玉米的幼虫存活率, 这说明草地贪夜蛾长期取食玉米后对玉米的适应性较强, 其幼虫对玉米具有取食偏好性, 结果与李定银等 (2019) 研究结果相似, 玉米是草地贪夜蛾最适宜的寄主, 而菜豆为草地贪夜蛾最不适宜的寄主。成虫产卵代表昆虫能够完成个体发育并繁衍后代, 用 4 种十字花科蔬菜寄主与玉米饲喂的草地贪夜蛾表现出不同的繁殖能力, 但其产卵前期和产卵量无明显差异, 取食萝卜的产卵前期最长 (2.60 ± 0.40) d、单雌平均产卵量最少 (411.25 ± 99.11) 粒, 取食玉米的产卵前期最短 (1.20 ± 0.20) d, 单雌平均产卵量最多 $(1\ 042.25 \pm 109.19)$ 粒, 而取食其他 3 种蔬菜的单雌平均产卵量为西兰花 (903.67 ± 185.67) 粒、芥菜 (915.00 ± 74.23) 粒和菜心 (973.60 ± 70.11) 粒。

综上所述, 草地贪夜蛾在 4 种十字花科蔬菜上均能完成生活史, 但在 4 种寄主上的适应性有所不同, 结果表明草地贪夜蛾在萝卜上的适生性

最低, 在玉米上的适生性最高, 在西兰花、芥菜和菜心上表现出了一定的适生性。草地贪夜蛾对不同十字花科蔬菜的适应性低可能是由于十字花科植物中含有一种特有的次生代谢物质芥子油苷 (简称硫苷), 十字花科植物通过黑芥子酶-硫苷防御系统应对植食性昆虫取食胁迫, 当植物遇到害虫取食、机械损伤时, 硫苷能够在黑芥子酶催化下降解, 其降解产物对昆虫具有较强的毒害作用 (Hopkins *et al.*, 2009)。而不同的蔬菜作物中硫苷的种类及含量差异比较明显 (孙文彦等, 2009), 何洪巨等 (2000) 研究发现白菜类蔬菜中的硫苷种类及含量低于芥菜类和甘蓝类; 孙秀波等 (2007) 研究发现甘蓝类的硫苷含量是白菜类和芥菜类的 10 倍多, 是萝卜类肉质根中的 15 倍多。不同蔬菜中硫苷含量及种类不同可能是影响本实验草地贪夜蛾对 4 种蔬菜适生性不同的主要原因, 萝卜、芥菜、西兰花和菜心 4 种蔬菜中硫苷的含量及种类对草地贪夜蛾生长发育的影响有待进一步研究。

广东省由于具有得天独厚的地理条件, 蔬菜产业蓬勃发展, 是我国主要的蔬菜冬产区, 作为草地贪夜蛾的周年繁殖区, 广东省冬种玉米和蔬菜相邻种植较为普遍 (齐国君等, 2020)。本研究通过探究 4 种十字花科蔬菜对草地贪夜蛾生长发育和繁殖的影响, 以萝卜、芥菜、西兰花和菜心作为替代寄主饲喂草地贪夜蛾, 草地贪夜蛾也能完成生活史, 推测草地贪夜蛾对十字花科蔬菜存在潜在危害风险, 因此要特别注意对其在蔬菜与玉米邻作区域的监测预警工作, 为十字花科蔬菜安全生产提供保护屏障。

参考文献 (References)

- Chapman D, Purse BV, Roy HE, Bullock JM, 2017. Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species. *Global Ecology And Biogeography*, 26(8): 907–917.
- Chelsea GT, Lauren LK, Julio SB, 2012. Plant defense against fall armyworm in micro-sympatric maize (*Zea mays* ssp. *mays*) and Balsas teosinte *Zea mays* ssp. *parviglumis*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145(3): 191–200.
- Cock MJ, Beseh PK, Buddie AG, Cafã G, Crozier J, 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and

- implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7(1): 4103.
- Fang M, Yao L, Tang QF, Li GT, Jiang XC, 2020. Feeding adaptability of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to several weeds. *Journal of Plant Protection*, 47(5): 1055–1061. [房敏, 姚领, 唐庆峰, 李桂亭, 蒋兴川, 2020. 草地贪夜蛾对主要杂草的取食适应性. 植物保护学报, 47(5): 1055–1061.]
- Guo JF, He KL, Wang ZY, 2019. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(3): 361–369. [郭井非, 何康来, 王振营, 2019. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策. 应用昆虫学报, 56(3): 361–369.]
- Harcourt DG, 1969. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Annual Review of Entomology*, 14(1): 175–196.
- He HJ, Chen H, Schnitzler WH, 2000. Composition and content of glucosinolate in Chinese cruciferous vegetable varieties. Proceedings of the 4th Youth Symposium of the Chinese Horticultural Society. Beijing: 304–309. [何洪巨, 陈杭, Schnitzler WH, 2000. 中国十字花科蔬菜品种硫代葡萄糖苷组成与含量. 中国园艺学会第四届青年学术讨论会论文集. 北京: 304–309.]
- Huang Q, Qin JM, Huang XF, Zhong Y, Li C, Wu BQ, Huang SS, Huang FK, Ling Y, Long LP, 2022. Feeding preference and growth adaptability of *Spodoptera frugiperda* on different sugarcane varieties and *Rottboellia cochinchinensis*. *Journal of South China Agricultural University*, 43(5): 29–34. [黄芊, 覃江梅, 黄小凤, 钟勇, 李成, 吴碧球, 黄所生, 黄凤宽, 凌炎, 龙丽萍, 2022. 草地贪夜蛾对不同品种甘蔗及筒轴茅的取食选择及生长适应性. 华南农业大学学报, 43(5): 29–34.]
- Hopkins RJ, Van Dam NM, Van Loon JJ, 2009. Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 54: 57–83.
- Juárez ML, Schöfl G, Vera MT, Vilardi JC, Murúa MG, Willink E, Hänniger DG, 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.
- Jiang YY, Liu J, Wu QL, Ciren ZG, Zeng J, 2021. Investigation on winter breeding and overwintering areas of *Spodoptera frugiperda* in China. *Plant Protection*, 47(1): 212–217. [姜玉英, 刘杰, 吴秋琳, 次仁卓嘎, 曾娟, 2021. 我国草地贪夜蛾冬繁区和越冬区调查. 植物保护, 47(1): 212–217.]
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019. Analysis of the occurrence dynamics and future trends of the invasion of *Spodoptera frugiperda* in China. *China Plant Protection*, 39(2): 33–35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明, 2019. 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]
- 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 DY, Zhi JR, Zhang T, Ye JQ, Yu YC, Hu CX, 2019. Preference of *Spodoptera frugiperda* to four host plants. *Plant Protection*, 45(6): 50–54. [李定银, 郅军锐, 张涛, 叶佳琴, 禹云超, 胡朝兴, 2019. 草地贪夜蛾对 4 种寄主植物的偏好性. 植物保护, 45(6): 50–54.]
- Luginbill P, 1928. The fall army worm. *Technical Bulletin*, 34: 91.
- Leuck RE, Perkins WD, 1972. A method of evaluating fall armyworm progeny reduction when evaluations control achieved by host-plant resistance. *Journal of Economic Entomology*, 65(2): 482–483.
- Liu YQ, Wang XQ, Zhong YW, 2019. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* feeding on cabbage in Zhejiang. *Plant Protection*, 45(6): 90–91. [刘银泉, 王雪倩, 钟宇巍, 2019. 草地贪夜蛾在浙江为害甘蓝. 植物保护, 45(6): 90–91.]
- 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 GJ, Huang DC, Wang L, Zhang YP, Xiao HX, Shi QX, Xiao Y, Su XN, Huang SH, Zou SF, 2020. The occurrence characteristic in winter and year-round breeding region of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in Guangdong province. *Journal of Environmental Entomology*, 42(3): 573–582. [齐国君, 黄德超, 王磊, 章玉苹, 肖汉祥, 石庆型, 肖勇, 苏湘宁, 黄少华, 邹寿发, 2020. 广东省草地贪夜蛾冬季发生特征及周年繁殖区域研究. 环境昆虫学报, 42(3): 573–582.]
- Sun XB, Mu MC, Li MG, Yu Y, Lian XH, Cheng JS, 2007. Comparison of glucosinolate content in cruciferous vegetables. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 13(19): 64–65. [孙秀波, 慕美财, 李玫瑰, 于岩, 连序海, 程杰山, 2007. 十字花科蔬菜硫代葡萄糖苷含量比较. 安徽农学通报, 13(19): 64–65.]
- Sun XX, Hu CX, Jia HR, Wu QL, Shen XJ, Zhao SY, Jiang YY, Wu KM, 2021. Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3): 664–672.

- Sun WY, He HJ, Zhang HY, Zhang FS, 2009. Components and concentration of glucosinolates in shoots and roots of different turnip cultivars. *China Vegetables*, 1(4): 35–39. [孙文彦, 何洪巨, 张宏彦, 张福锁, 2009. 不同品种芜菁地上部和根部硫代葡萄糖苷组分及含量. 中国蔬菜, 1(4): 35–39.]
- Todd EL, Poole RW, 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Annals of Entomological Society of America*, 73(6): 722–738.
- 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. [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.]
- Xu D, Li WJ, Wang L, Yin HC, Cong SB, Yang NN, Xie YL, Wan P, 2022. Feeding and oviposition preference and adaptability of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera Noctuidae), on two leguminous vegetables. *Journal of Environmental Entomology*, 44(4): 800–807. [许冬, 李文静, 王玲, 尹海辰, 丛胜波, 杨妮娜, 谢原利, 万鹏, 2022. 草地贪夜蛾对 2 种豆科蔬菜的取食和产卵选择性及其适应性研究. 环境昆虫学报, 44(4): 800–807.]
- Xu PJ, Zhang DD, Wang J, Wu KM, Wang XW, Wang XF, Ren GW, 2019. The host preference of *Spodoptera frugiperda* on maize and tobacco. *Plant Protection*, 45(4): 61–64. [徐蓬军, 张丹丹, 王杰, 吴孔明, 王新伟, 王秀芳, 任广伟, 2019. 草地贪夜蛾对玉米和烟草的偏好性研究. 植物保护, 45(4): 61–64.]
- 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.]
- Wang QQ, Cui L, Wang L, Huang WL, Dai LM, Yuan HZ, Rui CH, 2020. Risk analysis of the harm of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* to wheat: The harmfulness of feeding and change of detoxification enzyme activities. *Plant Protection*, 46(1): 63–68. [王芹芹, 崔丽, 王立, 黄伟玲, 代黎明, 袁会珠, 芮昌辉, 2020. 草地贪夜蛾对小麦的为害风险: 取食为害性及解毒酶活性变化初探. 植物保护, 46(1): 63–68.]
- Wu ZW, Shi PQ, Zeng YH, Huang WF, Huang QZ, Ma XH, Guo LZ, 2019. Population life tables *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on three host plants. *Plant Protection*, 45(6): 59–64. [吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 黄伟锋, 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.]
- Zheng B, Peng B, Wang Y, Chen H, Si SY, 2020. A new pest of cabbage in Wuhan — *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2020(1): 51–52. [郑彬, 彭斌, 望勇, 陈浩, 司升云, 2020. 武汉地区甘蓝新害虫——草地贪夜蛾. 长江蔬菜, 2020(1): 51–52.]
- Zhang L, Jin MH, Zhang DD, Jiang YY, Liu J, Wu KM, 2019. Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan province. *Plant Protection*, 45(2): 19–24. [张磊, 靳明辉, 张丹丹, 姜玉英, 刘杰, 吴孔明, 2019. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定. 植物保护, 45(2): 19–24.]
- Zhou LL, Cai X, Yang SL, Wang P, Wang Y, Yang F, Luo HB, Si SY, 2022. Preliminary report on the damage of *Spodoptera frugiperda* on lotus root in Wuhan, Hubei province. *China Vegetables*, 2022 (1): 114–117. [周利琳, 蔡翔, 杨绍丽, 王攀, 望勇, 杨帆, 骆海波, 司升云, 2022. 湖北武汉发现草地贪夜蛾为害莲藕初报. 中国蔬菜, 2022(1): 114–117.]
- Zhang ZY, Lv J, Zhang ZX, Liu HL, Li WX, 2022. Effects of cabbage-feeding on the growth, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda*. *China Plant Protection*, 42(3): 47–49. [张子怡, 吕娟, 张宗霞, 刘会利, 李文香, 2022. 取食甘蓝对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响. 中国植保导刊, 42(3): 47–49.]