

草地贪夜蛾取食为害花生的研究

何莉梅, 赵胜园, 吴孔明*

(中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要 草地贪夜蛾已成为中国重大入侵农业害虫,明确其对主要农作物的取食为害风险是制定防控策略的基础。我们的室内研究结果表明,25℃下以花生叶片为食的草地贪夜蛾,其幼虫、蛹、幼虫到成虫的发育时间分别为19.33、10.86 d和43.75 d,幼虫的存活率、老熟幼虫化蛹率、蛹的存活率和羽化率分别为82.03%、99.44%、95.44%和91.44%。成虫产卵前期和产卵期分别为6.45 d和5.45 d,单雌平均产卵量为 (637.04 ± 27.45) 粒,单雌最高产卵量为1 289粒,卵的孵化率为81.86%,雌蛾交配率97.36%。取食花生叶片的草地贪夜蛾种群净增殖率(R_0)、平均世代周期(T)、内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)、种群加倍时间(t)和总增殖率(GRR)分别为587.12、38.22 d、 0.17 d^{-1} 、 1.18 d^{-1} 、4.16 d和874.22。2019年6月—8月在云南省江城县调查了草地贪夜蛾对苗期和花期花生的为害情况,结果显示,幼虫主要取食花生的生长点和顶端幼嫩部位,受害株率分别为80.00%和62.00%。本研究表明花生是草地贪夜蛾的适宜寄主,生产上应加强花生田草地贪夜蛾的监测与防治工作。

关键词 草地贪夜蛾; 花生; 为害; 发育历期; 繁殖力

中图分类号: S 435.132 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019577

Study on the damage of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* to peanut

HE Limei, ZHAO Shengyuan, WU Kongming*

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract The fall armyworm (FAW) has become an important invasive agricultural pest in China and understanding of its host range is a key issue for making control strategy. The research results in laboratory at 25℃ indicated that the development duration of larvae, pupae and larvae to adults were 19.33 d, 10.86 d and 43.75 d, respectively. The survival rate of larvae, pupation rate, pupal survival rate and emergence rate were 82.03%, 99.44%, 95.44% and 91.44%, respectively. The average fecundity per female was 637.04 ± 27.45 eggs, the maximum single female oviposition was 1 289 eggs, hatch rate of eggs was 81.86%, and the mating rate of females was 97.36%. The net reproductive rate (R_0), generation time (T), intrinsic rate of natural increase (r_m), finite rate of increase (λ), the population doubling time (t) and gross reproduction rate (GRR) were 587.12, 38.22 d, 0.17 d^{-1} , 1.18 d^{-1} , 4.16 d and 874.22, respectively. The damages of FAW on peanut at seedling and flowering stages were investigated from June to August 2019 in Jiangcheng county, Yunnan province. The results showed that the FAW larvae mainly fed on the growth points and young organs of peanuts with the damaged rate of 80.00% at seedling stage and 62.00% at flowering stage, respectively. These results clearly indicates that peanut is a suitable host for FAW, and the monitoring and management of FAW in peanut fields should be pay more attention.

Key words *Spodoptera frugiperda*; peanut; damage; developmental duration; fecundity

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是原生于美洲热带和亚热带地区的多食性农业害虫,隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*,具有繁殖力强、适应性广和迁

移为害等特点^[1-4]。其幼虫可取食禾本科(玉米、高粱、小麦、水稻、甘蔗、大麦、稗草、早熟禾、黑麦草和红毛草等 106 种)、菊科(向日葵、藿香蓟、金盏菊、除虫菊、红花、蒜叶婆罗门参、小飞蓬、鬼针草等 31 种)、

收稿日期: 2019-10-28 修订日期: 2019-10-31

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-15-19);中国农业科学院草地贪夜蛾联合攻关重大科技任务(Y2019YJ06)

* 通信作者 E-mail: wukongming@caas.cn

豆科(花生、豌豆、紫花苜蓿、黑荆、刀豆、胡枝子、黄香草木樨和紫藤等 31 种)和苋菜科(苋菜、菠菜、甜菜、藜等 13 种)等 76 科 353 种植物^[4]。自 2016 年 1 月以来,草地贪夜蛾已侵入多数非洲国家和印度、缅甸等亚洲国家^[5-11]。其于 2018 年 12 月 11 日迁入中国云南西部地区^[12],此后迅速蔓延到广西、广东、贵州、河南、湖南、四川、重庆、山西和山东等 20 多个省(区、市),主要为害玉米、甘蔗、高粱等禾本科粮食农作物和杂草,目前对花生等非禾本科作物的为害风险尚不清楚。

花生即落花生 *Arachis hypogaea* Linn. 的通称,属蔷薇目 Rosidae 豆科 Leguminosae 落花生属 *Arachis*,是一年生草本植物,起源于南美洲热带、亚热带地区,与草地贪夜蛾源于同一区域。花生于 16 世纪传入中国,现在全国各地均有种植,是河南、山东、河北、广东、辽宁、四川、安徽、广西、湖北、江西、吉林、湖南、江苏和福建等省份重要的经济作物。花生是我国重要的食用植物油的来源之一,也是我国产量丰富、食用广泛的一种坚果,除食用外,还可用于制作皂和生发油等化妆品,油麸可做肥料和饲料,茎、叶可做绿肥,茎可供造纸^[13-14]。2017 年,我国花生的种植面积为 4.61 亿 hm^2 ,排名前三的地区为河南、山东、吉林,种植面积分别为 115 万 hm^2 、71 万 hm^2 和 33 万 hm^2 ,其中河南占总种植面积的四分之一^[14]。鉴于国内尚缺乏草地贪夜蛾为害花生的研究工作,我们观察测定了其取食花生的生物学习性和种群参数,以期对花生田草地贪夜蛾的防控工作提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 草地贪夜蛾取食花生的实验种群生物学测定

试验于 2019 年在中国农业科学院新乡综合试验基地($35^{\circ}18'13.71''\text{N}$, $113^{\circ}55'15.05''\text{E}$)内开展。供试花生品种为‘小白沙’,在 MGC 智能程序型人工气候箱(MGC-450HP 型,上海一恒科学仪器有限公司)内培育花生苗,温度设置为 28°C ,相对湿度设置为 80%,光照设置为 15 000 lx、光周期 L//D=16 h//8 h,采用室内播种后 20 d 的花生苗和田间处于开花期的幼嫩部位饲喂草地贪夜蛾幼虫。

草地贪夜蛾种群采自云南省德宏州玉米田,已经在室内饲养 6 代。卵孵化后,分批接到新鲜的花生苗上。低龄幼虫用玻璃指形管(高 12 cm,直径 3.3 cm,管内盛有 2 cm 高 1%琼脂供植株保湿保鲜)群养,到第 5 天时转入 50 mL 蘸料杯单头饲养,并逐一编号,每天更换食料,直至化蛹。化蛹后第 3 天

用电子天平(METTLER TOLEDO ME204,精确度 0.000 1 g)称蛹重,并按雌雄分开。每个处理观察 70 头幼虫,重复 3 次。试验的环境条件:温度($25\pm 1^{\circ}\text{C}$),相对湿度 $75\%\pm 5\%$,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.2 草地贪夜蛾的成虫繁殖力测定

蛹羽化出成虫后单独配对($\text{♀}:\text{♂}=1:1$),置于 500 mL 塑料杯中,杯口用无菌脱脂纱布封住以收集卵粒,每天饲喂 5%(V/V)洋槐蜂蜜水,观察记录成虫开始产卵的时间、每天的产卵量、卵的孵化量以及成虫的死亡时间,对死亡后的雌蛾进行卵巢解剖,以雌蛾交配囊中的精珠数目判定交配与否和交配次数,从而计算得出产卵前期、产卵历期、产卵量及卵的孵化率和交配率。试验的环境条件:温度为($25\pm 1^{\circ}\text{C}$),相对湿度为 $80\%\pm 5\%$,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.3 实验种群生命表参数的计算方法

根据成虫繁殖特性所得试验数据,按以下公式计算草地贪夜蛾实验种群生命表的净增殖率 R_0 (net reproductive rate)、平均世代周期 T (generation time)、内禀增长率 r_m (intrinsic rate of natural increase)、周限增长率 λ (finite rate of increase)、种群加倍时间 t (doubling time)和总增殖率(gross reproduction rate, GRR)。

$$R_0 = \sum_{t=0}^{\infty} L_t m_t; T = \sum_{t=0}^{\infty} t L_t m_t / R_0; r_m = \ln R_0 / T;$$

$$\lambda = e^{r_m}; t = \ln 2 / r_m; GRR = \sum_{t=0}^{\infty} m_t$$

式中, t 为以天(d)为单位的时间间隔; L_t 为草地贪夜蛾在 t 时间内的存活率; m_t 为在 t 时间内平均每雌的产卵数。

1.4 草地贪夜蛾为害花生的田间调查

2019 年 6 月 12 日,在云南省普洱市江城县宝藏镇水城村($22^{\circ}41'36.87''\text{N}$, $101^{\circ}38'36.39''\text{E}$)种植的花生田发现草地贪夜蛾为害。该田于 2019 年 5 月 25 日播种,每穴 2~3 粒,行距 50 cm,株距 16 cm,周围为夏玉米(5 叶期)。采用五点取样法对该田的草地贪夜蛾为害情况进行调查,每点调查 10 株,记录被害株数及草地贪夜蛾幼虫龄期和数量。2019 年 8 月 3 日,调查处于开花期花生(同一田块)上的草地贪夜蛾为害情况,调查方法同上。根据田间调查数据计算草地贪夜蛾的为害株率:

$$\text{为害株率} = \frac{\text{被害株数}}{\text{调查株数}} \times 100\%。$$

1.5 数据分析

采用 SPSS 20.0 统计分析软件进行数据分析,不同性别间发育历期的差异显著性采用 t 测验法检

验。应用 Logistic 模型对草地贪夜蛾雌成虫特定年龄的存活概率进行拟合。模型方程为: $y = K/[1 + a\exp(bt)]$ 。式中, a, b, K 为模型参数, y 为草地贪夜蛾孵化后第 t 天(d)时的存活率。

2 结果与分析

2.1 取食花生草地贪夜蛾各虫态发育时间

取食花生草地贪夜蛾各虫态及整个世代的发育

历期如表 1 所示。1~2 龄、3 龄、4 龄、5 龄、6 龄、7 龄幼虫、整个幼虫期和成虫的发育历期在性别间的差异不显著,而蛹历期及幼虫到成虫的发育历期在性别间存在显著差异(表 1),雌、雄蛹的平均发育历期为 10.86 d,雌蛹的发育历期为 10.17 d,显著短于雄蛹的 11.61 d,试验中发现,雄蛹一般较雌蛹晚 1~3 d 羽化;从幼虫到成虫的发育历期为 43.75 d,雌性从幼虫到成虫的发育历期为 42.73 d,显著短于雄性的 44.86 d。

表 1 草地贪夜蛾各虫态的发育历期¹⁾

Table 1 Developmental duration of different developmental stages of FAW

发育阶段 Developmental stage	发育历期/d Developmental duration			<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	♀+♂	♀	♂			
幼虫 1~2 龄 1st to 2nd instar	5.38±0.15	(5.37±0.10)a	(5.39±0.17)a	-1.098	170	0.274
Larva 3 龄 3rd instar	2.03±0.02	(2.01±0.04)a	(2.05±0.01)a	-0.834	170	0.406
4 龄 4th instar	2.95±0.08	(2.93±0.12)a	(2.94±0.03)a	0.223	170	0.824
5 龄 5th instar	3.17±0.05	(3.11±0.05)a	(3.15±0.06)a	-0.620	170	0.536
6 龄 6th instar	5.81±0.23	(5.62±0.29)a	(6.02±0.25)a	-1.390	170	0.166
7 龄 7th instar	5.42±0.65	(5.72±0.49)a	(5.10±0.91)a	0.495	20	0.626
幼虫期 Larval stage	19.33±0.13	(19.04±0.33)a	(19.55±0.06)a	-1.697	170	0.092
蛹 Pupa	10.86±0.19	(10.17±0.11)b	(11.61±0.13)a	-17.197	162	<0.001
成虫 Adult	13.55±0.44	(13.52±0.64)a	(13.69±0.22)a	-0.596	156	0.552
幼虫-成虫 All stages (larva-adult)	43.75±0.56	(42.73±0.62)b	(44.86±0.25)a	-3.064	156	0.003

1) 表中数据为平均值±标准误,同行不同小写字母表示同一发育阶段的草地贪夜蛾发育历期在性别间差异显著($P<0.05$)。
Data in the table are mean±SE, and those in the same row followed by different small letters are significantly different ($P<0.05$).

2.2 取食花生草地贪夜蛾各虫态的存活率及蛹重

试验结果表明,取食花生的草地贪夜蛾从 5 龄到 6 龄幼虫阶段以及蛹期到成虫期的存活率曲线下下降较快,说明这期间死亡率较高,而低龄幼虫期和幼虫期到蛹期的存活率曲线缓慢降低,3 龄、4 龄、5 龄和 6 龄幼虫、幼虫期、蛹期及成虫期的存活率分别为 99.53%、98.58%、98.58%、82.03%、81.55%、80.61% 和 74.76%(图 1)。进入 7 龄的幼虫所占比率为 $(10.40\pm3.36)\%$ 。老熟幼虫的化蛹率为 $(99.44\pm0.56)\%$,蛹的存活率和羽化率分别为 $(95.44\pm1.91)\%$ 和 $(91.44\pm2.31)\%$ 。蛹重为 $(0.177\ 5\pm0.001\ 7)$ g,且雌蛹显著轻于雄蛹($t=-3.682, df=170, P<0.001$),分别为 $(0.171\ 2\pm0.001\ 9)$ g 和 $(0.184\ 1\pm0.003\ 0)$ g。

2.3 取食花生草地贪夜蛾成虫繁殖特性及实验种群生命参数

取食花生的草地贪夜蛾产卵前期为 (6.45 ± 0.27) d,产卵历期为 (5.45 ± 0.30) d,平均单雌产卵量为 (637.04 ± 27.45) 粒,单雌最高产卵量为 1 289 粒,卵的孵化率为 $81.86\%\pm3.36\%$,雌蛾交配率为 $97.36\%\pm1.34\%$ 。从图 2 可知,草地贪夜蛾雌蛾生殖期存活

率曲线与 Logistic 模型拟合较好, R^2 值为 0.987,接近于 1,方程表达式为: $y=1.037/[1+5.12\times10^{-8}\exp(0.392t)]$ (图 2)。

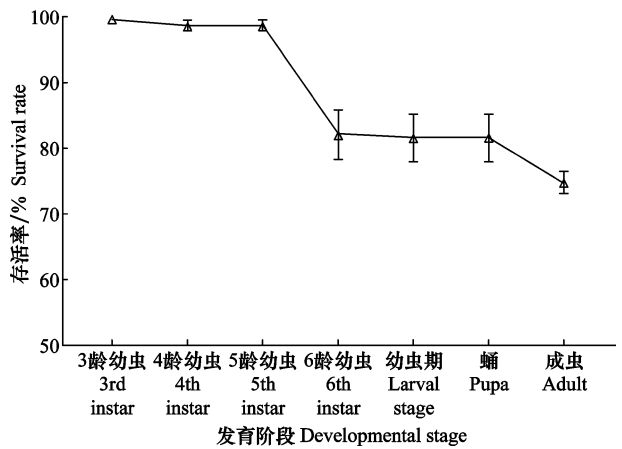


图 1 取食花生草地贪夜蛾各发育阶段的存活率
Fig. 1 Survival rate of FAW at different developmental stages on peanut

取食花生的草地贪夜蛾在卵孵化出幼虫后第 29 天开始羽化出成虫,由 m_t 曲线可知(图 2),雌蛾在开始羽化出成虫后的第 5 到 30 天均有产卵(卵孵化后的第 33 到 57 天),产卵量在羽化后的第 8 天(卵孵化

后的第 36 天)达到最高峰,且存在多个产卵高峰期。表明雌蛾在产卵的时间分布上存在较大的个体差异。

根据草地贪夜蛾繁殖特性数据计算出其在花生上的实验种群生命表参数:净增殖率 R_0 为 587.12,平均世代周期 T 为 38.22 d,内禀增长率 r_m 为 0.17 d^{-1} ,周限增长率 λ 为 1.18 d^{-1} ,种群加倍时间 t 为 4.16 d 和总增殖率 GRR 为 874.22。

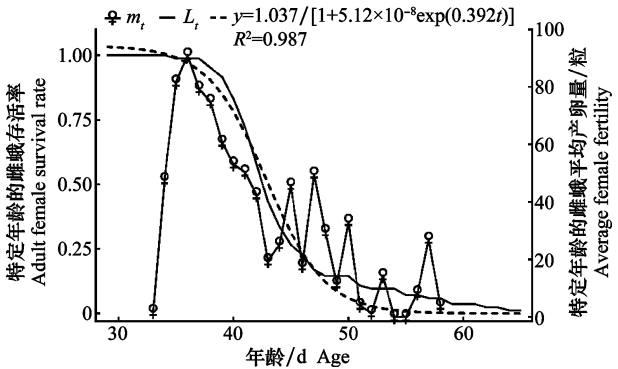
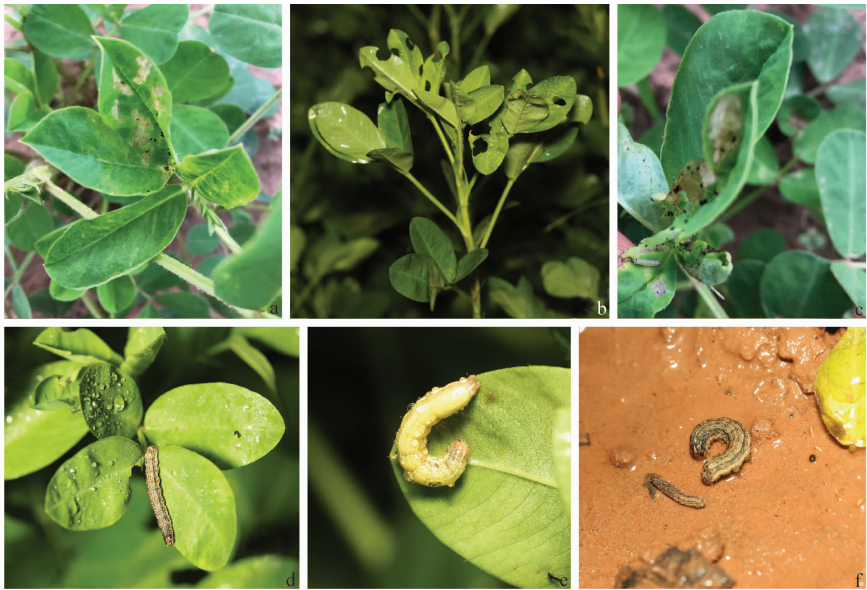


图 2 取食花生草地贪夜蛾雌蛾的特定年龄存活率和繁殖力
Fig. 2 Age-specific survival rate and fertility of female *Spodoptera frugiperda* adults when reared on peanut

2.4 草地贪夜蛾为害花生的田间调查

田间调查表明,草地贪夜蛾为害花生生长点及顶端幼嫩部位的叶片。低龄幼虫取食花生顶端幼嫩叶片叶肉,留下一层薄膜呈半透明状窗孔(图 3a、c),高龄幼虫取食花生叶片形成缺刻或空洞(图 3b、d、e);初孵幼虫喜吐丝,可随风迁移扩散至周围植株为害,白天喜潜藏于花生心叶(图 3c);高龄幼虫白天喜潜藏于土壤表层(图 3f)。

草地贪夜蛾可在花生的不同生育期发生为害。6 月 12 日的调查显示,苗期花生被害株率为 80.00%,虫口密度为 92.00 头/100 株,主要是 1 龄、2 龄和 3 龄幼虫,所占百分比分别为 6.25%、72.92%和 20.83%;8 月 3 日的调查显示花期花生被害株率为 62.00%,虫口密度 74.00 头/100 株,主要是 2 龄、3 龄、4 龄和 5 龄幼虫,所占百分比分别为 45.95%、18.92%、21.62%和 13.51%(图 4)。相较于苗期,处于开花结果期的花生被害株率和百株虫口密度均有所降低。



a: 半透明状窗孔; b: 叶片缺刻和空洞; c: 低龄幼虫为害生长点; d、e: 高龄幼虫取食叶片; f: 土壤中的老熟幼虫
a: Translucent window hole; b: Ragged edges and holes on leaves; c: Young larvae endangered growth point; d, e: Older larvae eating leaves; f: Mature larvae in soil

图 3 花生田草地贪夜蛾为害状

Fig. 3 Symptoms of peanut damaged by FAW in the field

3 讨论

草地贪夜蛾可取食禾本科、菊科、豆科和苋菜科等数百种植物,且具有远距离迁移能力^[15]。由于我国多种作物的生育期随季节和纬度变化由南至北依

次递推,这种寄主植物在时空上的互补为草地贪夜蛾种群的区域性迁移为害提供了丰富的食物资源。草地贪夜蛾在南方省区形成稳定的越冬虫源基地后,将会成为类似黏虫北迁南回、循环发生的重大害虫^[16]。

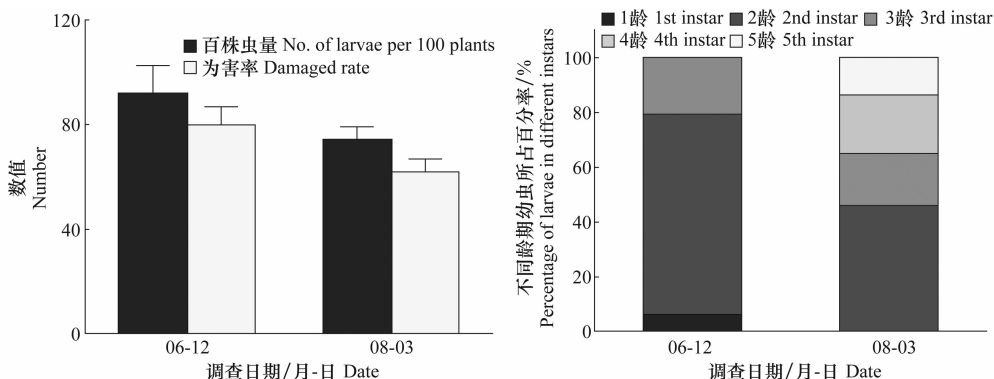


图4 花生田草地贪夜蛾发生为害情况

Fig. 4 Occurrence and damage of FAW on peanut

不同寄主植物的营养条件不同会对草地贪夜蛾的生长发育和种群数量造成影响。如相同饲养条件下,取食烟草叶片草地贪夜蛾幼虫的历期较取食玉米籽粒的显著延长,幼虫死亡率显著升高,且幼虫体重和蛹重均显著下降^[17];取食玉米和大豆的草地贪夜蛾幼虫存活率、体重和成虫产卵量显著高于取食谷子和棉花^[18]。本研究以花生为对象,系统记录了取食花生对草地贪夜蛾生长发育的影响,结果表明,草地贪夜蛾能在花生上完成生活史,幼虫期的发育历期、存活率和蛹重分别为 19.33 d、82.03% 和 0.178 g,与相同温度饲养条件下取食玉米籽粒的 17.22 d、75.65% 和 0.187 g^[17] 较为接近。文献记载秋季可见草地贪夜蛾 7 龄幼虫^[1],在试验中发现,取食花生的草地贪夜蛾有 10.40% 的个体进入 7 龄幼虫期,这可能跟试验在秋季开展或草地贪夜蛾对花生表现出的适应机制有关,具体原因还有待深入研究。取食花生的草地贪夜蛾蛹重和蛹历期存在显著的性别差异,雌蛹显著轻于雄蛹,雄蛹的发育历期显著长于雌蛹,雌蛹较雄蛹早 1~3 d 羽化为成虫。取食花生草地贪夜蛾老熟幼虫的化蛹率为 99.44%,蛹的存活率和羽化率分别为 95.44% 和 91.44%。这说明花生同玉米一样,是草地贪夜蛾幼虫最适宜的寄主植物。

取食花生草地贪夜蛾成虫繁殖特性较其他寄主植物有所不同。取食花生草地贪夜蛾产卵前期和产卵历期分别为 6.45 d 和 5.45 d,均长于 30℃ 条件下取食甘蔗(4.71 d 和 5.14 d)、水稻(5.40 d 和 4.80 d)和玉米(3.33 d 和 2.17 d)^[19],平均单雌产卵量为 637.04 粒,高于 30℃ 条件下取食玉米和水稻的 519.17 粒和 551.40 粒,而低于取食甘蔗的 719.14 粒^[19]。雌、雄成虫寿命分别为 13.52 d 和 13.69 d,均长于 30℃ 条件下取食甘蔗(10.70 d 和 8.33 d)、玉米(6.57 d 和 6.50 d)和水稻(10.44 d 和 8.71 d)。草地贪夜蛾在花生上的内禀增长率 r_m 、周限增长率

λ 分别为 0.17 和 1.18,与 30℃ 条件下取食玉米的 0.16 和 1.17^[19] 较为接近。净增殖率 R_0 为 587.12,明显高于 30℃ 条件下取食玉米(101.25)、甘蔗(367.01)和水稻(135.44)^[19]。这些差异除了与草地贪夜蛾幼虫取食的寄主植物种类有关,还可能与试验方法和所设置的温度不同有关,具体原因还有待进一步研究。总体而言,花生对草地贪夜蛾的适合度并不低于玉米,但实际生产中大量报道的均是玉米受害,而其他寄主植物受害的报道相对较少,这可能是由于草地贪夜蛾成虫偏好选择玉米进行产卵,从而使花生等其他寄主植物虫量明显少于玉米,如徐蓬军等^[17]证实和烟草比较,草地贪夜蛾偏好选择在玉米上产卵。

田间调查显示,草地贪夜蛾幼虫主要为害花生的生长点和顶端幼嫩部位的叶片,草地贪夜蛾在苗期至开花结果期的花生上均可取食为害,低龄幼虫潜藏于花生心叶,大龄幼虫白天喜潜藏于土壤表层等习性,这与其在玉米^[20]、甘蔗^[21]和薏米^[22]等作物上的为害习性相似。

我们的研究表明,入侵中国的草地贪夜蛾已在田间取食为害花生,其可在花生上顺利完成生活史,且适合度不低于玉米。因此,草地贪夜蛾具有在花生田暴发为害的高度风险,生产上除了关注其在玉米、小麦、水稻、马铃薯等主粮作物上发生为害外,还应加强其在花生上种群发生的监测预警和防控工作。

参考文献

- [1] LUGENBILL P. The fall army worm [M]. Washington D C: US Department of Agriculture, 1928: 2-7.
- [2] SMITH J E, ABBOTT J. The natural history of the rarer Lepidopterous insects of Georgia, including their systematic characters, the particulars of their several metamorphoses, and the plants on which they feed, collected from the observations of Mr. John Abbot, many years resident in that country, volume 2 [M]. London: Missouri Botanical Garden Press, 1797: 191-192.

[3] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82-86.

[4] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GOMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286-301.

[5] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, et al. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa [J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11(10): e0165632.

[6] EARLY R, GONZALEZ-MORENO P, MURPHY S T, et al. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm [J/OL]. bioRxiv, 2018, doi: <https://doi.org/10.1101/391847>.

[7] ABRAHAMS P, BEALE T, COCK M, et al. Fall armyworm status impacts and control options in Africa: preliminary evidence note (April 2017) [R]. UK: CABI, 2017.

[8] NAKWETA G. Global actions needed to combat fall armyworm [EB/OL]. (2018-09-28)[2018-10-05]. <https://www.scidev.net/sub-saharan-africa/farming/news/global-actions-combat-fall-armyworm.html>.

[9] 缅甸农业部植保司. 缅甸部分地区冬玉米首次记录草地贪夜蛾的入侵[EB/OL]. (2018-12-19)[2019-01-05]. <http://ppdmyanmar.org/>.

[10] First detection of fall army worm on the border of Thailand [R]. FAO of the United Nations, 2018.

[11] 杨学礼, 刘永昌, 罗茗钟, 等. 云南省江城首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾[J]. 云南农业, 2019(1): 72.

[12] SUN Xiaoxu, HU Chaoxing, JIA Huiru, et al. Case study on the first immigration of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* invading into China [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, (in press).

[13] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1995, 41: 361.

[14] 国家粮油信息中心. 2017 年农作物种植面积[R]. (2019-07-23). www.grainoil.com.cn/ChannelStatisticalinfo/94535.jhtml.

[15] ROSE A, SILVERSIDES R, LINDQUIST O. Migration flight by an aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae), and a noctuid, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. The Canadian Entomologist, 1975, 107(6): 567-576.

[16] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态与未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 33-35.

[17] 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.

[18] BARROS E M, TORRES J B, RUBERSON J R, et al. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2010, 137: 237-245.

[19] 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]. 植物保护, 2019, 45(6): 59-64.

[20] 太红坤, 郭井非, 张峰, 等. 草地贪夜蛾在云南冬季甜玉米上的生物学习性及为害状观察[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 91-95.

[21] 太红坤, 郭井非, 杨世常, 等. 草地贪夜蛾在云南德宏州甘蔗上的生物学习性及为害状观察[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 75-79.

[22] 邹春华, 杨俊杰. 草地贪夜蛾为害薏苡[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(8): 47.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 27 页)

[17] 刘杰, 姜玉英, 吴秋琳, 等. 我国草地贪夜蛾冬春季发生为害特点及下半年发生趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(7): 36-38.

[18] 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.

[19] 李定银, 邹军锐, 张涛, 等. 草地贪夜蛾对 4 种寄主植物的偏好性[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 50-54.

[20] 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, 42(6): 643-646.

[21] 张岫, 吴明峰, 谷少华, 等. 棉铃虫雌成虫对 16 种植物的产卵偏好性及幼虫取食后的生存表现[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 108-113.

[22] 王琛柱. 棉酚和单宁酸对棉铃虫幼虫生长和消化生理的影响[J]. 植物保护学报, 1997, 24(1): 13-18.

[23] 何运转, 季端正, 杨向东, 等. 棉铃虫取食玉米不同部位对其生长发育及繁殖的影响[J]. 南京农业大学学报, 1998, 21(4): 47-51.

[24] 祝树德, 陆自强, 陈丽芳, 等. 温度和食料对斜纹夜蛾种群的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 111-114.

[25] 栾玉柱, 顾继伟, 李美玲. 不同寄主植物对斜纹夜蛾的影响及机制探讨[J]. 江苏农业科学, 2013(11): 142-144.

[26] 谢为民, 王蕴生, 杨桂华. 取食玉米植株不同部位对玉米螟幼虫成活和发育的影响[J]. 植物保护, 1989, 15(4): 16-18.

[27] 张娜, 郭建英, 万方浩, 等. 寄主植物对甜菜夜蛾生长发育和消化酶活性的影响[J]. 植物保护学报, 2009, 36(2): 146-150.

[28] 苏超, 景军, 王猛猛, 等. 不同寄主植物对三条橙灯蛾生长发育和繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(6): 1614-1621.

[29] MOREAU J, BENREY B, THIÉRY D. Grape variety affects larval performance and also female reproductive performance of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2006, 96(2): 205-212.

[30] 涂小云, 陈元生. 毛健夜蛾对不同寄主和寄主不同部位的取食选择性[J]. 北方园艺, 2013(1): 141-143.

[31] 阮永明, 吴坤君. 不同食料植物对棉铃虫生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2001, 44(2): 205-212.

[32] 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]. 植物保护, 2019, 45(6): 59-64.

[33] 王倩倩, 王蕾, 李克斌, 等. 不同寄主植物对草地螟的营养作用及消化酶的影响[J]. 植物保护, 2015, 41(4): 46-51.

[34] 许纲, 钦俊德. 实夜蛾属二近缘种对寄主植物次生物质的反应: 次生物质对幼虫生长和食物利用的影响[J]. 昆虫学报, 1987, 30(4): 359-366.

[35] 褚世海, 丛胜波, 侯有明, 等. 不同寄主植物对黑点切叶野螟生长发育及营养指标的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(22): 5593-5595.

[36] 李志刚, 罗莉芬, 韩诗畴, 等. 不同日龄薔甘菊叶片对安婀珍蝶幼虫营养效应的影响[J]. 植物保护, 2004, 30(4): 48-50.

(责任编辑: 杨明丽)