

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

唐庆峰^{1#*}, 房敏^{1#}, 姚领¹, 邱坤²,
郑兆阳², 金涛³, 李桂亭^{1*}

(1. 安徽农业大学植物保护学院, 植物病虫害生物学与绿色防控安徽普通高校重点实验室, 合肥 230036;
2. 安徽省植物保护总站, 合肥 230001; 3. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所,
农业农村部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室, 海口 571101)

摘要 草地贪夜蛾是2019年入侵我国的一种迁飞性害虫,已成为严重影响我国玉米生产的重要害虫。本试验在室内条件下研究了花丝、雌穗、心叶和功能叶对草地贪夜蛾生长发育及营养效应的影响。结果表明:玉米功能叶组在各发育阶段的死亡率显著高于其他几组,且幼虫期最长(23.29 d±0.49 d);心叶组蛹重最重(270.89 mg±3.87 mg),且成虫产卵量及卵孵化率最高,分别为973粒和97.82%;雌穗组及心叶组的相对取食量较高,分别为(1.680 mg±0.013 mg)和(1.690 mg±0.004 mg);花丝组、雌穗组及心叶组的食物转化率及食物利用率差异不显著,均高于功能叶组。上述结果表明,与玉米功能叶相比,雌穗及心叶等幼嫩组织更适合草地贪夜蛾生长发育及营养积累。

关键词 草地贪夜蛾; 玉米; 生长发育; 营养指标

中图分类号: S435.132 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019510

Effects of feeding different corn organizations on growth, development and nutritional indexes of *Spodoptera frugiperda*

TANG Qingfeng^{1#*}, FANG Min^{1#}, YAO Ling¹, QIU Kun², ZHENG Zhaoyang², JIN Tao³, LI Guiting^{1*}

(1. College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Key Laboratory for Biology and Sustainable Management of Plant Diseases and Pests of Anhui Higher Education Institutes, Hefei 230036, China;
2. General Station of Anhui Plant Protection, Hefei 230001, China; 3. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Environment and Plant Protection Institute, China Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract As a migratory pest that invaded China in 2019, *Spodoptera frugiperda* has become an important pest that seriously affects China's maize production. The effects of maize silk, immature ear, heart leaves and functional leaves on the growth, development and nutrition of *S. frugiperda* were studied in laboratory. The results shown that the mortality in the group fed on functional leaves was significantly higher than that in other groups, and the period of larval stage was the longest (23.29 d±0.49 d). The pupa weight in the group fed on heart leaf was the heaviest (270.89 mg±3.87 mg), and the fecundity of single female adult and egg hatching rate were the highest (973 eggs and 97.82%, respectively). The food intake of the groups fed on immature ear and the heart leaves was 1.680 mg±0.013mg and 1.690 mg±0.004 mg, respectively, which was higher than that of the group fed on functional leaves. These results indicated that, compared with the functional leaves of maize, the young tissue such as female tassels and heart leaves were more suitable for the growth, development and nutrient accumulation of the *S. frugiperda*.

Key words *Spodoptera frugiperda*; maize; growth and development; nutritional indexes

收稿日期: 2019-09-22

修订日期: 2019-09-26

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201203);安徽省高校自然科学研究重点项目(KJ2019A0193);安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2016035);安徽省学术和技术带头人后备人选科研活动经费资助项目(2017H107)

* 通信作者 E-mail: 唐庆峰 tangqf55@163.com; 李桂亭 lgt604@163.com
为并列第一作者

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*, 又称秋黏虫(英文名 fall armyworm), 属于鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属, 是一种原产于美洲热带和亚热带地区的杂食性害虫, 广泛分布于美洲大陆^[1-2]。草地贪夜蛾是重大入侵害虫, 具有较强繁殖力及迁飞能力^[3-6], 该虫 2019 年 1 月入侵我国云南省。安徽省于 2019 年 5 月 17 日在黄山区仙源镇洋家村春玉米种植区首次发现草地贪夜蛾^[7-8]。由于玉米在安徽各地区的播种期不尽相同^[9], 这为草地贪夜蛾提供了适宜其发生繁殖的有利条件。根据安徽省植物保护总站提供的数据, 截至 2019 年 9 月安徽省已有 16 个市 89 个县发现草地贪夜蛾为害。草地贪夜蛾由于遗传差异主要分为玉米型和水稻型, 入侵我国的主要为玉米型种群^[10-11]。玉米型草地贪夜蛾喜好取食玉米、小麦、高粱、大豆、棉花等 300 多种寄主植物^[12-14]。

草地贪夜蛾幼虫在玉米苗期直至成熟期均可取食为害, 造成玉米大量减产乃至绝收^[15-17]。目前关于草地贪夜蛾寄主取食偏好已有报道^[18-19], 但关于草地贪夜蛾幼虫取食寄主不同组织的相关研究还未见报道。对于植食性昆虫而言, 寄主植物是影响其生长发育的重要因素^[20], 植物对昆虫取食的适合度及其营养效应是影响植食性昆虫演化和形成的重要因素, 植物中的营养将影响幼虫取食后的生长发育和繁殖^[21]。因此本文选择花丝、雌穗、心叶及功能叶室内饲养草地贪夜蛾幼虫, 研究取食玉米不同组织对草地贪夜蛾的生长发育和营养指标的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源、寄主作物及部位

草地贪夜蛾于 2019 年 6 月采自安徽省合肥市肥西县花岗镇孙集玉米田, 在实验室人工气候箱以人工饲料饲养, 取第二代(F_2 代)初孵幼虫以玉米不同组织进行饲养。饲养条件为: 温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 湿度 $70\% \pm 5\%$, 光照 L//D=16 h//8 h。玉米花丝、雌穗、心叶及功能叶均采自安徽农业大学农萃园。

1.2 取食玉米不同组织的草地贪夜蛾生长发育的观察

以花丝、雌穗、心叶及功能叶分组饲养 F_2 代初孵幼虫, 选择 1.5 L 塑料盒(长 21 cm, 宽 15 cm, 高 8 cm), 盒盖用昆虫针扎孔, 底部垫吸水滤纸, 每盒放玉米不同组织约 5 g, 再接入 F_2 代初孵幼虫, 每组 3 个重复, 每个重复 40 头虫。当幼虫 3 龄时改用 12 孔板(孔径 2.25 cm, 深度 1.74 cm)分头饲养。

蛹羽化为成虫后选择 15 对成虫, 放置于用保鲜膜包裹的养虫笼内, 并以 10% 蜂蜜水补充营养。

幼虫期, 每天定时更换新鲜玉米组织, 并及时清理粪便, 记录各发育阶段的死亡虫数及发育历期; 蛹期, 化蛹第二天称量蛹重; 成虫期, 待其交配后, 每天定时观察其产卵情况, 并收集卵块, 统计各组产卵量及孵化率。

试验环境条件: 温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 湿度 $70\% \pm 5\%$, 光照 L//D=16 h//8 h。

1.3 取食玉米不同组织的草地贪夜蛾高龄幼虫营养指标的测定

营养指标测定采用王琛柱的方法^[22]。取刚蜕皮的草地贪夜蛾 5 龄幼虫, 称其鲜重, 分别饲以一定量的玉米不同组织。每天更换新鲜食料并收集剩余食料, 同时收集粪便, 并将剩余食料及粪便在 85°C 下烘干至恒重; 直到 6 龄末幼虫不再取食和排便时将幼虫在 85°C 下烘干至恒重, 分别称量剩余食料、粪便及 6 龄末幼虫干重。计算各食料的干湿比, 饲后幼虫干鲜比, 以推算饲前食物和幼虫干重。试验环境条件同上。采用以下公式计算各营养指标:

相对生长率(RGR) = $G/(B \times T)$; 相对取食量(RCR) = $I/(B \times T)$;

近似消化率(AD) = $(I - F)/I \times 100\%$; 食物消化率(ECD) = $G/(I - F) \times 100\%$;

食物利用率(ECD) = $G/I \times 100\%$ 。

式中, G 为虫体增重(即 $G = 6$ 龄末幼虫干重 - 5 龄初幼虫干重), I 为幼虫取食量(即饲前食物干重 - 饲后食物干重), F 为排泄物干重, B 为试验期间幼虫的平均体重[即 $B = (5$ 龄初幼虫干重 + 6 龄末幼虫干重)/2], T 为从 5 龄初到 6 龄末的试验天数。

1.4 数据统计分析

使用 Excel 对原始数据进行统计, 用 DPS 进行单因素试验统计分析, 采用 Duncan 氏新复极差法检验多重比较各处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 取食玉米不同组织对草地贪夜蛾生长发育的影响

2.1.1 各发育阶段的死亡率

从表 1 可以看出, 取食玉米不同组织对草地贪夜蛾各阶段死亡率的影响差异显著。玉米功能叶组处理的草地贪夜蛾在各发育阶段的死亡率均显著高

于其他处理组,且幼虫期死亡率最高,为 49.17%;花丝组及雌穗组在 1~3 龄期死亡率最低,玉米心叶组次之;雌穗组及心叶组在幼虫期及蛹期死亡率最低,花丝组次之。

表 1 取食玉米不同组织草地贪夜蛾各发育阶段的死亡率¹⁾

Table 1 Mortality of different developmental stages of *Spodoptera frugiperda* fed on different tissues of maize

取食部位 Feeding site	死亡率/% Mortality			
	1~3 龄 1st-3rd instar	4~6 龄 4th-6th instar	幼虫期 Larval stage	蛹期 Pupal stage
花丝 Maize silk	(5.00±0.00)c	(14.04±0.88)b	(18.33±0.83)b	(20.42±1.14)b
雌穗 Immature ear	(4.17±0.83)c	(10.41±1.42)bc	(14.17±0.83)b	(16.15±1.65)bc
心叶 Heart leaf	(9.17±0.83)b	(8.26±0.07)c	(16.67±0.83)b	(11.97±1.62)c
功能叶 Functional leaf	(29.17±0.83)a	(28.28±2.31)a	(49.17±2.20)a	(37.73±1.14)a

1) 表中数据为平均值±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。
Data in the table are mean±standard error. Data in the same column followed by different lowercase letters are significantly different ($P<0.05$). The same applies below.

2.1.2 各阶段的发育历期

取食玉米不同组织对草地贪夜蛾各阶段发育历期的影响差异显著,如表 2 所示。玉米功能叶组成虫前期均显著长于其他处理组,且幼虫期最长,

为 23.29 d;玉米心叶组次之,花丝组及雌穗组幼虫期相对较短;玉米雌穗组及心叶组蛹期最短,花丝组次之;玉米功能叶组成虫寿命最短,其他几组差异不显著。

表 2 取食玉米不同组织草地贪夜蛾各阶段的发育历期

Table 2 Development period of *Spodoptera frugiperda* fed on different tissues of maize

取食部位 Feeding site	发育历期/d Development period				
	1~3 龄 1st-3rd instar	4~6 龄 4th-6th instar	幼虫期 Larval stage	蛹期 Pupal stage	成虫寿命 Adult life span
花丝 Maize silk	(5.67±0.26)c	(7.80±0.10)c	(13.47±0.34)c	(11.13±0.12)b	(11.30±0.16)a
雌穗 Immature ear	(6.18±0.13)bc	(8.07±0.12)bc	(14.25±0.24)bc	(10.03±0.18)c	(11.60±0.10)a
心叶 Heart leaf	(6.76±0.12)b	(8.49±0.12)b	(15.25±0.23)b	(10.24±0.14)c	(11.61±0.09)a
功能叶 Functional leaf	(9.62±0.27)a	(13.67±0.26)a	(23.29±0.49)a	(12.85±0.16)a	(7.27±0.25)b

2.1.3 各处理组蛹重、成虫产卵量及卵孵化率

从表 3 中可以看出,各处理组蛹重、成虫产卵量及卵孵化率存在显著差异。玉米心叶组蛹重最重(270.89 mg),功能叶组最轻(141.14 mg),其他两组

差异不显著;玉米雌穗组及心叶组产卵量显著高于花丝组和功能叶组,花丝组与功能叶组差异不显著;玉米心叶组卵孵化率显著高于其他几组,为 97.82%,其他几组差异不显著。

表 3 取食玉米不同组织草地贪夜蛾的蛹重、成虫产卵量及卵孵化率

Table 3 Pupa weight, adult fecundity and egg hatchability of *Spodoptera frugiperda* fed on different tissues of maize

取食部位 Feeding site	蛹重/mg Pupa weight	产卵量/粒 Fecundity	卵孵化率/% Hatchability
花丝 Maize silk	(180.56±6.784)b	(813.67±26.523)b	(94.12±0.368)b
雌穗 Immature ear	(206.38±11.783)b	(971.67±41.127)a	(95.55±0.873)b
心叶 Heart leaf	(270.89±3.865)a	(973.33±32.199)a	(97.82±0.285)a
功能叶 Functional leaf	(141.14±8.524)c	(812.67±55.382)b	(94.53±0.745)b

2.2 取食玉米不同组织对草地贪夜蛾高龄幼虫营养指标的影响

试验表明,取食玉米不同组织对草地贪夜蛾高龄幼虫的营养效应有显著影响。从整体来看,取食花丝、雌穗和心叶的草地贪夜蛾食物转化率及利用率均显著高于取食功能叶组;取食心叶组的草地贪

夜蛾相对生长率最高(0.119 mg/mg·d),功能叶组最低(0.068 mg/mg·d),花丝组及雌穗组差异不显著;玉米雌穗组及心叶组的草地贪夜蛾相对取食量较高,花丝组次之,功能叶组最低;而取食功能叶的草地贪夜蛾近似消化率(52.661%)显著高于其他几组(表 4)。

表 4 取食玉米不同组织草地贪夜蛾各项营养指标的测定

Table 4 Nutritional indexes of *Spodoptera frugiperda* feeding on different parts of maize

取食部位 Feeding site	营养指标 Nutritional index				
	相对生长率/ mg·(mg·d) ⁻¹ RGR	相对取食量/ mg·(mg·d) ⁻¹ RCR	近似消化率/% AD	食物消化率/% ECD	食物利用率/% ECI
花丝 Maize silk	(0.108±0.005)b	(1.623±0.007)b	(49.200±0.201)c	(13.528±0.551)a	(6.655±0.263)a
雌穗 Immature ear	(0.109±0.002)b	(1.680±0.013)a	(50.684±0.282)b	(12.839±0.255)a	(6.506±0.094)ab
心叶 Heart leaf	(0.119±0.002)a	(1.690±0.004)a	(50.033±0.259)b	(14.123±0.255)a	(7.065±0.122)a
功能叶 Functional leaf	(0.068±0.003)c	(1.140±0.003)c	(52.661±0.168)a	(11.292±0.448)b	(5.947±0.242)b

3 结论与讨论

有关研究表明,昆虫在以寄主不同组织为食物时,食料对幼虫死亡率、发育历期、蛹重及成虫产卵量都有显著的影响^[23]。本研究中以玉米功能叶饲喂的草地贪夜蛾在各发育阶段死亡率高,成虫前历期长,蛹重轻,这与祝树德等^[24]、栾玉柱等^[25]研究斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 取食大豆的生长发育结果一致。谢为民等^[26]在研究取食玉米不同部位对亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 幼虫成活和发育的影响中也指出取食幼嫩部位的幼虫成活率高,发育历期短,反之成活率低,发育历期长;张娜等^[27]对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*,苏超等^[28]对三条橙灯蛾 *Lemyra alikangensis* 的研究也得到类似的结果。有关研究表明,衡量昆虫与寄主适合度的指标为幼虫期较低的死亡率及较短的发育历期^[29]。因此推测玉米对草地贪夜蛾生长发育的影响可能与玉米不同组织的营养成分和结构致密性有关,幼嫩器官和组织对草地贪夜蛾具有较高的适合度。涂小云在对毛健夜蛾 *Brithys crini* 的研究中提到幼虫喜食花而最不喜食致密性高的球茎^[30],与我们的结论一致。

草地贪夜蛾的各项营养指标可作为探讨寄主植物与草地贪夜蛾互作过程中的重要参数,反映草地贪夜蛾对寄主植物的营养利用情况及寄主的适合度^[31-33]。本研究中花丝组、雌穗组和心叶组的食物转化率及利用率差异不显著,均显著高于功能叶组;而功能叶组近似消化率显著高于其他几组。推测玉米不同组织对草地贪夜蛾高龄幼虫营养指标的影响可能是昆虫机体内部生理调节的结果,比如高的食物转化率可能是对低消化率的一种生理补偿^[34]。许多学者对鳞翅目其他害虫的研究中也得出相似结论^[20,27,35]。

综上所述,玉米不同组织对草地贪夜蛾生长发育的影响显著,取食花丝、雌穗及心叶等适宜部位,草地贪夜蛾幼虫死亡率低、发育速度快、繁殖力强且食料的营养适合度较高;而玉米功能叶表现出较低的适合度。有关研究认为,死亡率、发育历期、蛹重、繁殖力以

及营养指标可作为评价昆虫最适合寄主植物的标准^[36]。按照这个标准,花丝、雌穗及心叶等幼嫩组织更适合草地贪夜蛾生长发育及营养获取,对于草地贪夜蛾与玉米不同组织间互作机制还有待更深入的研究。

参考文献

[1] 郭井菲,赵建周,何康来,等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国[J]. 植物保护,2018,44(6):1-10.

[2] 王磊,陈科伟,钟国华,等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾生危害、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.

[3] 齐国君,马健,胡高,等. 首次入侵广东的草地贪夜蛾迁入路径及天气背景分析[J]. 环境昆虫学报,2019,41(3):488-496.

[4] JOHNSON S J. 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.

[5] 葛世帅,何莉梅,和伟,等. 草地贪夜蛾的飞行能力测定[J]. 植物保护,2019,45(4):28-35.

[6] 秦誉嘉,蓝师,赵紫华,等. 迁飞性害虫草地贪夜蛾在我国的潜在地理分布[J]. 植物保护,2019,45(4):43-47.

[7] 徐丽娜,胡本进,苏贤岩,等. 入侵安徽省草地贪夜蛾的遗传分析[J]. 植物保护,2019,45(5):47-53.

[8] 胡飞,邱坤,苏贤岩,等. 安徽省草地贪夜蛾入侵概况及其防治措施[J]. 现代农业科技,2019(12):91-92.

[9] 刘凡. 安徽省玉米产业供给侧改革问题与对策[J]. 安徽科技学院学报,2018,32(1):106-110.

[10] 张磊,柳贝,姜玉英,等. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析[J]. 植物保护,2019,45(4):20-27.

[11] 孔德英,孙涛,滕少娜,等. 草地贪夜蛾及其近似种的鉴定[J]. 植物检疫,2019,33(4):37-40.

[12] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286-300.

[13] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82-87.

[14] BANERJEE T C, RAY D. Bioenergetics and growth of the fall armyworm, *Spodoptera litura* (F.) larvae reared on four host plants [J]. International Journal of Tropical Insect Science, 1995, 16 (3/4): 317-324.

[15] 孙小旭,赵胜国,靳明辉,等. 玉米田草地贪夜蛾幼虫的空间分布型与抽样技术[J]. 植物保护,2019,45(2):13-18.

[16] 卢增斌,李丽莉,张晴晴,等. 草地贪夜蛾对山东省玉米的危害风险及其监测防控研究进展[J]. 山东农业科学,2019,51(6):160-168.

[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)