草地贪夜蛾在不同类型玉米苗期的生长发育与繁殖*

杨亚军[1**] 徐红星[1] 胡 阳[2] 韩海亮[3] 钱佳宁[1] 吕仲贤[1***]

（1. 农产品质量安全危害因子与风险防控省部共建国家重点实验室（筹），浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所，杭州 310021；2. 贵州省农业科学院植物保护研究所，贵阳 550006；3. 浙江省农业科学院玉米与特色旱粮研究所，东阳 322100）

摘 要 【目的】 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*（J.E. Smith）是 2019 年入侵我国的重要农业害虫，对我国玉米等粮食作物生产构成严重威胁。为了明确草地贪类型夜蛾在不同玉米上的生物学特性，为不同类型玉米上草地贪夜蛾的防控提供参考。**【方法】** 本文研究了苗期不同类型玉米（甜玉米、糯玉米、甜糯玉米和普通玉米）对草地贪夜蛾的生长发育与繁殖的影响。**【结果】** 草地贪夜蛾在玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的发育历期和存活率均无显著差异，平均发育历期为 17.88-18.81 d，平均存活率为 70.1%-76.3%。幼虫期取食玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的草地贪夜蛾蛹重、蛹历期、成虫寿命和单雌产卵量在不同类型玉米间无显著差异，其中平均雌蛹重为 193.67-214.16 mg/头，平均雄蛹重为 197.40-200.41 mg/头，雌蛹平均历期为 8.8-9.2 d，雄蛹平均历期为 9.4-10.1 d，雌蛾平均寿命为 11.0-16.1 d，雄蛾平均寿命为 9.8-13.1 d，平均单雌产卵量分别为 733.3-845.2 粒。**【结论】** 苗期 4 种不同类型玉米（玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501）对草地贪夜蛾的生长发育与繁殖无显著影响。

关键词 草地贪夜蛾；玉米；类型；生长发育；繁殖

Growth development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* during the seedling stage on different types of maize

YANG Ya-Jun[1**] XU Hong-Xing[1] HU Yang[2] HAN Hai-Liang[3] QIAN Jia-Ning[1] LÜ Zhong-Xian[1***]

(1. State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. Institute of Plant Protection, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006; 3. Institute of Maize and Featured Dryland Crops, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Dongyang 322100, China)

Abstract [Objectives] To improve understanding of the biological characteristics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), an important agricultural pest that invaded China in 2019 and now seriously threatens maize and other food crops, and thereby provide a reference for the prevention and control of this pest. **[Methods]** The growth, development and reproduction of *S. frugiperda* on four different maize varieties; sweet maize (Sida206), waxy maize (Yunongkenuo), sweet waxy maize (Nantiannuo601) and conventional maize (Jiaodianyu501) were investigated during the seedling stage. **[Results]** The developmental duration and survival rate of *S. frugiperda* raised on each of the four maize varieties did not differ significantly; the average development duration was 17.88-18.81 d, and the average survival rate was 70.1%-76.3%. Nor did maize variety significantly affect pupal weight, pupal duration, adult longevity or the number of eggs per female; the average female and male pupal weights were 193.67-214.16 mg and 197.40-200.41 mg, respectively, the average female and male pupal durations were 8.8-9.2 d and 9.4-10.1 d, respectively, the average longevity of female and male adults was 11.0-16.1d

*资助项目 Supported projects：浙江省重点研发计划项目（2020C02001、2020C02003）；浙江省三农六方项目（2020SNLF）；浙江省农业科学院新技术推广项目（TG2020004）；贵州酒用高粱主要害虫绿色防控技术研究

**第一作者 First author，E-mail：yargiuneyon@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：luzxmh@163.com

收稿日期 Received：2020-06-16；接受日期 Accepted：2020-09-26

and 9.8-13.1 d, respectively, and the average number of eggs per female was 733.3-845.2. **[Conclusion]** These results suggest that the growth, development and reproduction of *S. frugiperda* is essentially the same irrespective of which of four different maize varieties (Sida206, Yunongkenuo, Nantiannuo601 and Jiaodianyu501) larvae feed on during the seedling stage.

Key words *Spodoptera frugiperda*; maize; type; development; reproduction

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*（J.E. Smith）属鳞翅目夜蛾科，原产于美洲热带亚热带地区（Luginbill，1928）。草地贪夜蛾为多食性害虫，可为害玉米、高粱、棉花、水稻等多种作物（Casmuze *et al.*，2010）。草地贪夜蛾具有迁飞特性，2016 年入侵尼日利亚后迅速扩散至撒哈拉以南的 40 多个非洲国家；2018 年 5 月侵入印度后，随后向斯里兰卡、泰国、缅甸、孟加拉等国扩散蔓延；2019 年 1 月侵入我国云南，随后往北扩散，并迁飞到韩国和日本（Goergen *et al.*，2016；Cock *et al.*，2017；FAO，2018；CABI，2019）。草地贪夜蛾的迅速扩散将给本地区的粮食安全生产带来严重威胁。

玉米 *Zea mays* 是一种重要的粮食作物，是草地贪夜蛾的最重要的寄主植物，草地贪夜蛾发生严重时可以造成玉米产量损失超过 50%（Day *et al.*，2017）。近年来，甜玉米、糯玉米种植面积增加，2015 年我国甜玉米和糯玉米种植面积较 2014 年增加近 20%，占全国玉米产量 3%（李祥艳等，2014；史亚兴和张保民，2017）。甜糯玉米营养丰富、风味口感独特，受到广大消费者的认可和喜爱，其生长期短、可适时错季种植，市场价格高，生产、加工发展迅速，消费量不断增加（何晓鹏等，2010）。在害虫综合治理策略中，选用抗性品种是一个有效的方法之一。玉米存在丰富的种内遗传多样性，不同类型玉米可能存在抗虫性性状。美国在 1990 年通过传统育种方法培育了抗草地贪夜蛾的自交系品种“Mp708”（周绍群，2019），常规玉米和 Bt 玉米对草地贪夜蛾的抗虫性评价工作也成为研究的重点（Abel *et al.*，2000；Ni *et al.*，2011，2012；Zhu *et al.*，2019）。本文分别选取了 4 种不同类型的玉米，研究草地贪夜蛾在玉米上的生长发育与繁殖，为不同类型玉米上草地贪夜蛾的防控奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

草地贪夜蛾幼虫采自云南西双版纳州勐海县，带回室内以人工饲料饲养至化蛹。待蛹羽化成蛾后，将雌雄蛾置于产卵笼内产卵，并收集卵块，待卵孵化后备用。饲养条件为温度（26±0.5）℃、相对湿度 65%±5%、光周期 L：D=16：8。

1.2 供试玉米

玉农科糯（糯）、斯达 206（甜）、南甜糯 601（甜糯）和焦点玉 501（普通）由浙江省东阳玉米所提供。将上述玉米品种种植于盆钵（高 18 cm，内径 15 cm，底径 9 cm）中，以土壤与有机生物肥（5：1）的混合物为种植基质，土壤表面距离盆钵高度为 5 cm，每盆 2 株，每日浇水保持土壤湿润，待其生长至 5-7 叶期备用。

1.3 试验方法

分别将草地贪夜蛾初孵幼虫接在不同玉米品种上饲养，每株玉米接虫 1 头，每个品种 3 次重复，每个重复 30 头幼虫。接虫的玉米放入笼罩中，防止幼虫逃逸。逐日检查幼虫及玉米被取食状况，待玉米残留一片叶片时，更换玉米苗，直至化蛹。待成虫羽化后，雌雄蛾配对产卵。试验期间调查并计算幼虫发育历期、幼虫存活率、雌雄蛹重、产卵量和成虫寿命。试验在温度（26±0.5）℃，光周期为 16L：8D，湿度为 60%-70%的人工气候室下进行。

1.4 数据统计

数据以平均数±标准误（Mean ± SE）表示，采用 SPSS 18.0 统计软件进行统计与方差分析，百分率数据在方差分析前先进行反正弦平方根转换。

2　结果与分析

2.1　不同类型玉米上草地贪夜蛾的生长发育

草地贪夜蛾幼虫在玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 不同类型玉米上的发育历期分别为 18.81、17.88、18.63 和 18.57 d，无显著差异（P>0.05）（表 1）。草地贪夜蛾在玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 上的存活率分别为 76.3%、75.8%、75.1%和 70.1%，无显著差异（P>0.05）（表 1）。

草地贪夜蛾取食玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的雌蛹重分别为 214.16、197.58、208.07 和 193.67 mg，雄蛹重分别为 200.41、194.03、210.12 和 197.40 mg，不同类型玉米之间无显著差异（P>0.05）（表 1）。草地贪夜蛾在玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的雌蛹历期分别为 9.0、8.8、9.2 和 9.2 d，雄蛹历期分别为 10.1、9.8、9.4 和 9.4 d，不同类型玉米之间无显著差异（P>0.05）（表 1）。

2.2　幼虫期取食不同类型玉米的草地贪夜蛾成虫寿命和单雌产卵量

幼虫期取食玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的草地贪夜蛾雌蛾寿命分别为 11.00、14.63、16.14 和 11.58 d，雄蛾寿命分别为 13.14、12.00、9.80 和 11.54 d，不同类型玉米之间无显著差异（P>0.05）（表 2）。幼虫期取食玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 的草地贪夜蛾的单雌产卵量分别为 733.3、811.3、763.4 和 845.2 粒，无显著差异（P>0.05）（表 2）。

表 1　取食不同类型玉米的草地贪夜蛾生长发育

Table 1　Growth development of *Spodoptera frugiperda* fed on different types of maize

玉米 Maize	幼虫历期 Larval duration (d)	存活率 Survival rate (%)	雌蛹重 Female pupalweight (mg)	雄蛹重 Male pupal weight (mg)	雌蛹历期 Duration of female pupae (d)	雄蛹历期 Duration of male pupae (d)
玉农科糯 Yunongkenuo	18.81±0.34a	76.3±2.4a	214.16±7.47a	200.41±7.84a	9.00±0.19a	10.13±0.35a
斯达 206 Sida 206	17.88±0.37a	75.8±1.6a	197.58±9.73a	194.03±5.67a	8.78±0.15a	9.82±0.23a
南甜糯 601 Nantiannuo 601	18.63±0.34a	75.1±1.7a	208.07±7.44a	210.12±7.56a	9.22±0.22a	9.40±0.24a
焦点玉 501 Jiaodianyu 501	18.57±0.26a	70.1±2.4a	193.67±7.94a	197.40±6.46a	9.18±0.12a	9.38±0.18a

数据为平均数±标准误，同列数据后标有相同小写字母表示在 P = 0.05 水平无显著差异。下表同。

Data were shown as mean±SE, and followed by the same lowercase letters in same column indicate no significant difference at 0.05 level. The same below.

表 2　幼虫期取食不同类型玉米的草地贪夜蛾成虫寿命和产卵量

Table 2　Adult longevity and egg number of *Spodoptera frugiperda* fed on different types of maize

玉米 Maize	雌蛾寿命（d） Longevity of female adult (d)	雄蛾寿命（d） Longevity of male adult (d)	单雌产卵量（粒） Number of eggs laid per female
玉农科糯 Yunongkenuo	11.00±1.69a	13.14±0.59a	733.3±75.8a
斯达 206 Sida 206	14.63±1.66a	12.00±1.28a	811.3±75.5a
南甜糯 601 Nantiannuo 601	16.14±2.74a	9.80±2.15a	763.4±67.4a
焦点玉 501 Jiaodianyu 501	11.58±1.11a	11.54±1.20a	845.2±92.4a

3 讨论

2019 年草地贪夜蛾入侵我国云南，随后在我国多省市发生，共有 26 个省（市、区）1 524 个县（市、区）见虫，查实发生面积 112.53 万 hm^2，其中玉米发生面积占 98.1%（全国农业技术推广服务中心，2020），给我国玉米生产带来很大威胁。草地贪夜蛾幼虫通过取食叶片、钻蛀雄穗和果穗等形式为害玉米，可以在整个生育期发生为害（刘杰等，2019）。在不防治情况下，草地贪夜蛾对我国玉米的潜在经济损失总量 90%置信区间为 374.77-3 306.35 亿元，投入防治后可挽回的潜在经济损失 90%置信区间为 254.78-2 918.93 亿元（秦誉嘉等，2019）。我国是世界第二大玉米生产国，从热带、亚热带地区到华北东北地区均可以种植玉米。我国玉米种植区域可以为草地贪夜蛾提供充足的食物来源。玉米品种众多，不同玉米品种对害虫的敏感性具有一定的差异（黄凯等，2014；李妍颖等，2019）。因此，明确不同类型玉米上草地贪夜蛾的生态适应性有利于田间草地贪夜蛾的精准防控。

鲜食玉米主要指在乳熟期采摘新鲜果穗，以果穗或籽粒直接食用或加工的玉米，主要包括甜玉米、糯玉米等（孙丽娟等，2019）。鲜食玉米营养丰富、口感独特、市场效益好，近年来鲜食玉米的种植面积不断扩大，为农户带来很大的经济效益（孙丽娟等，2019）。本文分别选取了甜玉米、糯玉米、甜糯玉米和常规玉米 4 种类型各 1 个品种，研究了草地贪夜蛾在不同类型玉米上的生长发育与繁殖情况。结果发现在玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501 这 4 种不同类型玉米上的草地贪夜蛾幼虫的发育历期、平均存活率、蛹历期、蛹重、成虫寿命和单雌产卵量均无显著差异，表明 4 种不同类型玉米（玉农科糯、斯达 206、南甜糯 601、焦点玉 501）苗期（5-7 叶）对草地贪夜蛾的生长发育和繁殖无显著影响。不同类型玉米品种在糖类、脂类和蛋白质等营养物质会存在差异，推测试验所用玉米苗期（5-7 叶）之间的差异可能还未达到影响昆虫生长发育和繁殖等指标的程度。戴钎萱等（2020）比较了草地贪夜蛾在 3 种甜质型玉米和 3 种糯质型玉米的生存适合度，认为草地贪夜蛾在甜质型玉米上具有更高的生存适合度。华金甜 1 号上草地贪夜蛾产卵量与广糯 1 号上存在差异，而在幼虫历期、蛹历期、幼期存活率、雌雄成虫寿命、卵孵化率等多个指标上无显著差异（戴钎萱等，2020）。不同玉米品种对草地贪夜蛾的生长发育和繁殖的影响程度存在差异，可能仅影响某个指标或多个指标，也可能未达到影响的程度而没有指标发生变化。然而，不同玉米品种上草地贪夜蛾的生长发育和繁殖关系到草地贪夜蛾的种群数量变化，明确不同类型或品种玉米上草地贪夜蛾的生长发育和繁殖对于草地贪夜蛾的发生与防控具有重要的参考价值。然而，本文研究仅限于研究的这几种玉米的苗期（5-7 叶）植株，而草地贪夜蛾在不同类型玉米的其他生长阶段（如穗期）的生长发育与繁殖是否存在差异还需进一步研究。

参考文献 (References)

Abel CA, Wilson RL, Wiseman BR, White WH, Davis FM, 2000. Conventional resistance of experimental maize lines to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae), and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(3): 982–988.

CABI, 2019. Datasheet *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). invasive species compendium. https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810#94987198-9f50-4173-8bbd-30bd93840e73?tdsourcetag=s_pcqq_aiomsg.

Casmuze A, Juárez ML, SocíasMG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E, Gastaminza G, 2010. Review of the host plants of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3/4): 209–231

Cock MJW, Beseh PK, Buddie AG, Cafá 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 Report*, 7: 4103

Dai QX, Li ZY, Tian YJ, Zhang ZF, Wang L, Lu YY, Li YZ, Chen KW, 2020. Effects of different corn varieties on development and reproduction of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, doi: 10.13287/j.1001-9332.202010.020. [戴钎

萱, 李子园, 田耀加, 张振飞, 王磊, 陆永跃, 李有志, 陈科伟, 2020. 不同品种玉米对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响. 应用生态学报, doi: 10.13287/j.1001-9332.202010.020.]

Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clottey V, Cock M, Colmenarez Y, Corniani N, Early R, Godwin G, Gomez J, Pablo Gonzalez Moreno PG, Murphy ST, Oppong-Mensah B, Phiri N, Pratt C, Silvestri S, Witt A, 2017. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5): 196–201.

FAO, 2018. Fall armyworm keeps spreading and becomes more destructive. http://www.fao.org/news/story/en/item/1142085/icode/.

Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A, Tamò M, 2016. 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. *PLoS ONE*, 11(10): e0165632.

He XP, Shen J, Sun J, 2010. Development situation of industry of fresh corn in China. *Agriculture Engineering Technology* (*Agricultural Product Processing Industry*), (10): 26–29. [何晓鹏, 沈瑾, 孙洁, 2010. 浅谈我国鲜食玉米行业发展概况. 农业工程技术(农产品加工业), (10): 26–29.]

Huang K, Miao Y, Shao ZF, 2014. Determination of resistance of different corn varieties to corn borer. *Journal of Agriculture*, 4(12): 33–37. [黄凯, 缪勇, 邵正飞, 2014. 不同玉米品种的抗螟性测定. 农学学报, 4(12): 33–37.]

Li YY, He KH, Fang AS, Hao YC, Wu JX, 2019. Resistance of different maize varieties to major maize diseases and pests and control effect of fungicide spraying on maize blight in flare opening period. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 28(8): 1344–1350. [李妍颖, 何柯杭, 房爱省, 郝引川, 仵均祥, 2019. 不同玉米品种对玉米主要病虫害的抗性及大喇叭口期喷药对大斑病的田间防效. 西北农业学报, 28(8): 1344–1350.]

Li XY, Tang HT, Zhang B, Zheng HQ, Mei BR, 2014. Analysis on the present situation and prospect of sweet and waxy corn industry in China. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, (8): 5–8. [李祥艳, 唐海涛, 张彪, 郑涵琪, 梅碧蓉, 2014. 我国鲜食甜、糯玉米产业现状及前景分析. 农业科技通讯, (8): 5–8.]

Liu J, Jiang YY, Wu QL, 2019. Characteristics of occurrence and damage of *Spodoptera frugiperda* in winter-spring in China and its trend analysis in the second half of the year. *China Plant Protection*, 39(7): 36–38. [刘杰, 姜玉英, 吴秋琳, 2019. 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. 中国植保导刊, 39(7): 36–38.]

Luginbill P, 1928. The fall army worm. New York: *USDA Technical Bulletin*, 91.

National Agricultural Technology Extension and Service Center of China, 2020. Trends with a heavy occurrence of *Spodoptera frugiperda*in 2020 in China. *Pesticide Market News*, (1): 66. [全国农业技术推广服务中心, 2020. 2020 年草地贪夜蛾呈重发态势. 农药市场信息, (1): 66.]

Ni XZ, Chen YG, Hibbard BE, Wilson JP, Williams WP, Buntin GD, Ruberson JR, Li X, 2011. Foliar resistance to fall armyworm in corn germplasm lines that confer resistance to root-and ear-feeding insects. *Florida Entomologist*, 94(4): 971–981.

Ni XZ, Xu WW, Blanco MH, Wilson JP, 2012. Evaluation of corn germplasm lines for multiple ear-colonizing insect and disease resistance. *Journal of Economic Entomology*, 105(4): 1457–1464.

Qin YJ, Yang DC, Kang DL, Zhao ZH, Zhao ZH, Yang PY, Li ZH, 2019. Potential economic loss assessment of maize industry caused by fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Plant Protection*, doi: 10.16688/j.zwbh.2019528. [秦誉嘉, 杨冬才, 康德琳, 赵紫华, 赵中华, 杨普云, 李志红, 2019. 草地贪夜蛾对我国玉米产业的潜在经济损失评估. 植物保护, doi: 10.16688/j.zwbh.2019528.]

Shi YX, Zhang BM, 2017. Development and Prospect of fresh corn-exploring the northern market of sweet corn in China. *Vegetables*, (12): 1–6. [史亚兴, 张保民, 2017. 鲜食玉米的发展与前景——探索我国甜玉米的北方市场. 蔬菜, (12): 1–6.]

Sun LJ, Zhao ZH, He J, Wang B, 2019. Analysis and tactic of the problems on the standard of fresh corn in China. *Crops*, (2): 46–50. [孙丽娟, 赵志宏, 贺娟, 王步, 2019. 我国鲜食玉米相关标准问题分析及对策. 作物杂志, (2): 46–50.]

Zhu CQ, Niu Y, Zhou YW, Guo JG, Head GP, Price PA, Wen XJ, Huang FN, 2019. Survival and effective dominance level of a *Cry1A.105/Cry2Ab2*-dual gene resistant population of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on common pyramided Bt corn traits. *Crop Protection*, 115(1): 84–91.

Zhou SQ, 2019. Evaluation of resistance against fall armyworm, S*podoptera frugiperda* (J.E.Smith) among diverse *Zea mays* cultivars and its application prospect in pest management. *Plant Protection*, 45(5): 8–12. [周绍群, 2019. 不同玉米品种对草地贪夜蛾抗性的评估及其在防治中的应用前景. 植物保护, 45(5): 8–12.]