人工饲料饲养草地贪夜蛾的生长发育与繁殖*

杨亚军[1**] 徐红星[1] 胡 阳[2] 韩海亮[3] 钱佳宁[1] 殷 琛[4] 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；
4. 浙江省植保检疫与农药管理总站，杭州 310004）

摘 要 **【目的】** 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)是一种重要的农业害虫，于 2019 年 1 月侵入我国。室内大规模饲养可为草地贪夜蛾生物学等方面的研究提供材料。**【方法】** 本文制备草地贪夜蛾人工饲料，并比较草地贪夜蛾在人工饲料和天然食料上的生长发育和繁殖指标。**【结果】** 饲喂人工饲料和玉米叶的草地贪夜蛾幼虫存活率分别为 86.33%和 86.00%，幼虫历期为 17.94 d 和 18.11 d。人工饲料饲养的草地贪夜蛾雌雄成虫寿命分别为 13.92 d 和 12.00 d，而饲喂玉米叶的草地贪夜蛾雌雄成虫寿命分别为 13.83 d 和 12.08 d。以人工饲料和玉米叶饲养的草地贪夜蛾平均单雌产卵量分别为 943.50 粒和 885.42 粒。**【结论】** 饲喂人工饲料和饲喂玉米叶的草地贪夜蛾幼虫的存活率、发育历期、雌雄虫寿命及单雌产卵量不存在显著差异，本研究配制的人工饲料可以用于草地贪夜蛾的大规模饲养。

关键词 草地贪夜蛾；人工饲料；生长发育；繁殖

Growth development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* reared on an artificial diet

YANG Ya-Jun[1**] XU Hong-Xing[1] HU Yang[2] HAN Hai-Liang[3]
QIAN Jia-Ning[1] YIN Chen[4] 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;
4. Station of Plant Protection, Plant Quarantine and Pesticide Management of Zhejiang Province, Hangzhou 310004, China)

Abstract **[Objectives]** To assess the feasibility of using an artificial diet to rear *Spodoptera frugiperda*, an important agricultural insect pest that invaded to China in January 2019, for study purposes. **[Methods]** We compared the growth and reproduction of *S. frugiperda* fed either an artificial diet or corn leaves. **[Results]** The survival of larvae fed on either the artificial diet or corn leaves were 86.33% and 86.00%, respectively, and the durations of the larval periods of larvae raised on these foods were 17.94 d and 18.11 d, respectively. The longevity of male and female adults reared on the artificial diet was 13.92 d and 12.00 d, respectively, compared to 13.83 d and 12.08 d for those reared on corn. The average number of eggs laid by females raised on the artificial diet and those raised on corn leaves was 943.50 and 885.42, respectively. **[Conclusion]** There was no significant difference in the growth, development and reproduction of *S. frugiperda* raised on an artificial diet compared to those raised on corn leaves. The artificial diet is suitable for mass rearing *S. frugiperda* for research purposes.

Key words *Spodoptera frugiperda*; artificial diet; growth and development; reproduction

*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（2020）；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：2019-10-09；接受日期 Accepted：2020-04-10

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae，原产于美洲热带和亚热带地区，具有食性广、迁飞能力强、繁殖能力强等特点（Luginbill，1928）。草地贪夜蛾可以为害包括玉米、高粱、棉花、水稻等 186 种植物（Casmuze *et al.*，2010）。草地贪夜蛾于 2016 年侵入非洲尼日利亚，后迅速扩展至整个非洲大陆（Goergen *et al.*，2016；Cock *et al.*，2017；Brévault *et al.*，2018；FAO，2018；CABI，2019）。2018 年 5 月在印度卡纳塔克邦发现，10 月已迅速扩散至印度多个邦，随后在斯里兰卡、泰国、缅甸、孟加拉等国发现（CABI，2019）。今年 1 月入侵我国云南，随后往北扩散，进入韩国和日本（CABI，2019；FAO，2019）。吴秋琳等（2019）预测如果连续迁飞两个夜晚，便可入侵长江以北至黄河以南地区；在夏季 6-7 月东部西南季风最强时期，草地贪夜蛾连续迁飞三个夜晚可以到达黄河以北至内蒙古与东北南部的广大区域。草地贪夜蛾在亚洲的发生将会给粮食安全生产带来巨大威胁。

面对草地贪夜蛾侵入我国的局面，加强草地贪夜蛾的研究将为草地贪夜蛾的防控奠定基础。利用人工饲料饲养草地贪夜蛾并建立饲养体系将为草地贪夜蛾的研究提供充足的一致的试验材料。目前，国内关于草地贪夜蛾人工饲料饲养的研究较少，王世英等（2019）根据夜蛾科人工饲料情况配置了草地贪夜蛾人工饲料，可以实现草地贪夜蛾的人工饲养，但蛹重和产卵量不均一，需要进一步对配方进行优化和改进。本文分别以自己研制的人工饲料和天然食料玉米叶片对草地贪夜蛾进行饲养，并比较研究取食两种食料的草贪夜蛾的生长发育与繁殖，以期为草地贪夜蛾的大规模群体饲养奠定基础，为草地贪夜蛾的研究提供充足虫源。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试昆虫 草地贪夜蛾卵于 2019 年 5 月采集自云南省西双版纳傣族自治州，带回室内（温度（26±0.5）℃、相对湿度 65%±5%、光周期 L∶D=16∶8）孵化备用。

1.1.2 供试饲料 人工饲料由以下组分组成：小麦胚芽粉 280 g、大豆蛋白粉 90 g、酵母粉 35 g、琼脂 25 g、复合维生素 B 0.2 g、胆固醇 12 g、山梨酸 2 g、抗坏血酸 12 g、对羟基苯甲酸甲酯 5 g、甲醛 4 mL、青霉素 0.2 g、蒸馏水 1 500 mL。配制方法：1）将小麦胚芽粉、大豆蛋白粉、酵母粉加入 1 000 mL 灭菌水混合均匀，放入灭菌锅中，120 ℃条件下湿热灭菌 30 min；2）将 500 mL 灭菌水加入琼脂中，在微波炉中加热溶解，得琼脂溶液；3）所得琼脂溶液加入 1）所得组分中搅拌，待其温度降至 60 ℃左右时加入剩余组分，搅拌均匀即可。

1.1.3 供试植物 玉米（品种为苏科玉 1702）种植于盆钵中，备用。

1.2 方法

在六孔生测板每孔各放入一块人工饲料，每孔中接初孵幼虫 1 头，盖上一层纸巾，再盖紧板盖，以新鲜玉米叶片为对照。试验每 8 个六孔板为一组，重复 4 次。将六孔板置于培养箱中，培养箱设置条件为：温度（26±0.5）℃，光周期为 16L∶8D，湿度为 60%-70%，观察记录幼虫生长发育状况，并统计幼虫存活率，记录幼虫历期。待化蛹后，收集雌雄蛹并称量蛹重，待雌雄成虫羽化后饲以 10%的蜂蜜，进行配对交配，记录雌雄成虫寿命及产卵量。

1.3 数据分析

数据以平均数±标准误（Mean ±SE）表示，并用 SPSS 18.0 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同食料上饲养草地贪夜蛾幼虫历期和存活率

分别利用人工饲料和玉米叶片饲养草地贪夜蛾幼虫，观察两种食料上草地贪夜蛾的生长发育状况。人工饲料和玉米上饲养的草地贪夜蛾幼虫存活率分别为 86.33%和 86.00%，二者无显著差异（P>0.05）（图 1）；人工饲料和玉米上饲养

的草地贪夜蛾幼虫平均发育历期为 17.94 d 和 18.11 d，二者无显著差异（P>0.05）（图 2）。

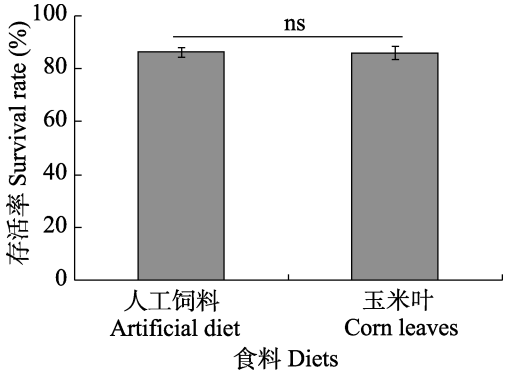

图 1　人工饲料与玉米叶饲养的草地贪夜蛾幼虫存活率

Fig. 1　Larval survival rate of *Spodoptera frugiperda* fed on artificial diet and corn leaves

ns: 表示两者在 P=0.05 水平无显著差异。下图同。
ns means no significance difference between two treatments at a level of P=0.05. The same below.

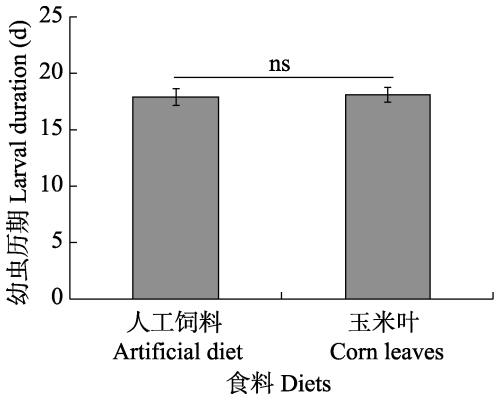

图 2　人工饲料与玉米叶饲养的草地贪夜蛾幼虫历期

Fig. 2　Larval duration of *Spodoptera frugiperda* fed on artificial diet and corn leaves

2.2　不同食料上饲养草地贪夜蛾蛹重

利用人工饲料和玉米叶片饲养草地贪夜蛾幼虫至化蛹，并分别称量雌雄蛹的蛹重（图 3）。人工饲料和玉米上饲养草地贪夜蛾得到的雌蛹平均蛹重分别为 250.78 mg 和 235.89 mg，雄蛹平均蛹重分别为 233.31 mg 和 230.70 mg，人工饲料上饲养的蛹重略高于玉米叶上饲养的草地贪夜蛾蛹重，但无显著差异（P>0.05）。

2.3　不同食料上饲养草地贪夜蛾的成虫寿命及产卵量

利用人工饲料和玉米叶饲养的草地贪夜蛾成虫羽化后，进行配对产卵，观察了雌雄成虫寿命及单雌产卵量。结果表明，人工饲料饲养草地贪夜蛾雌雄成虫平均寿命分别为13.92 d和12.00 d，而玉米叶饲养得到的草地贪夜蛾得到的雌雄成虫平均寿命分别为 13.83 d 和 12.08 d，不同食料间无显著差异（P>0.05）（图 4）。取食人工饲料的草地贪夜蛾单雌平均产卵量为 943.50 粒，玉米叶上饲养的草地贪夜蛾单雌平均产卵量为885.42粒，二者无显著差异（P>0.05）（图 5）。

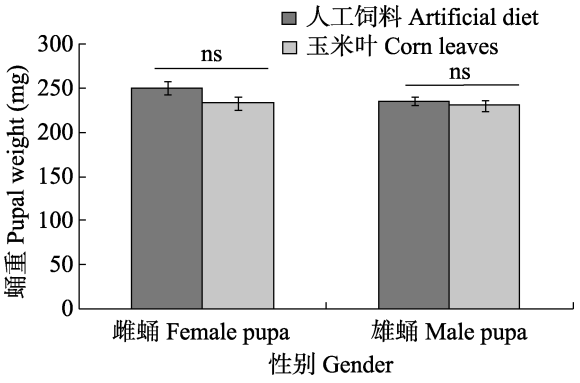

图 3　人工饲料与玉米叶饲养的草地贪夜蛾蛹重

Fig. 3　Pupal weight of *Spodoptera frugiperda* fed on artificial diet and corn leaves

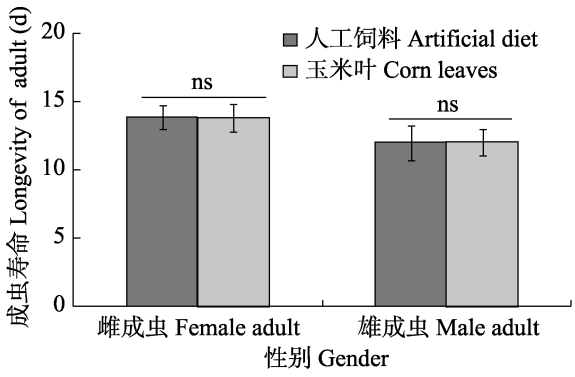

图 4　人工饲料与玉米叶饲养的草地贪夜蛾成虫寿命

Fig. 4　Adult longevity of *Spodoptera frugiperda* fed on artificial diet and corn leaves

3　讨论

草地贪夜蛾是一种迁飞性害虫，自今年 1 月份迁入我国以来，已在多个省份发生（姜玉英等，2019；王磊等，2019）。鉴于草地贪夜蛾的危害性，我国也加大草地贪夜蛾的研究力度。昆虫人工饲养技术是昆虫学研究的技术之一，利用昆虫人工饲养技术可以打破寄主限制，在实验室内实

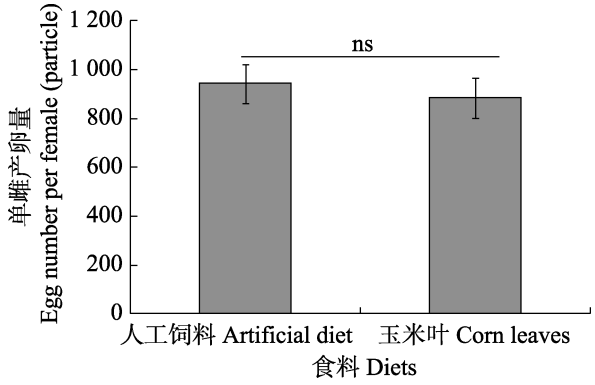

图 5 人工饲料与玉米叶饲养的草地贪夜蛾产卵量

Fig. 5 Egg number per female *Spodoptera frugiperda* fed on artificial diet and corn leaves

现昆虫的规模化饲养与繁殖，为科学实验提供充足、一致的实验虫源。食料是影响昆虫生长发育与种群发生的重要因素之一，在适宜的环境条件下，昆虫生长发育速率、繁殖率和死亡率与它们摄入的营养物质的种类和数量相关，营养物质均衡、丰富将有利于昆虫生长发育和繁殖（戴长庚等，2016；曾凡荣，2018）。本文对草地贪夜蛾的人工饲养技术进行了研究。结果表明，利用人工饲料饲养的草地贪夜蛾幼虫发育历期为 17.94 d，幼虫存活率达 86.33%，平均单雌产卵量 943.50 粒。王世英等（2019）利用自配的人工饲料饲养草地贪夜蛾成活率最高 83.3%，发育历期最短 27.8 d，单雌产卵量最多 452 粒。与王世英等（2019）报道的指标相比，本文中人工饲料饲养的诸多指标较优。

本研究所配制的人工饲料饲养的草地贪夜蛾的生物学指标与玉米叶饲养相当，表明自制的人工饲料在营养均衡等方面与天然食料玉米相近。草地贪夜蛾作为一种重大的入侵农业害虫，开展相关的研究工作需要大量的试验用虫。本文配制的人工饲料可以用于草地贪夜蛾的大规模饲养，为草地贪夜蛾生物学、生态学、毒理学等试验提供标准化的试验用虫。

参考文献 (References)

Brévault T, Ndiaye A, Badiane D, Bal AM, Sembène M, Silvie P, Haran J, 2018. First records of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*(Lepidoptera: Noctuidae), in Senegal. *Entomologia Generalis*, 37(2): 129–142.

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, Socías MG, 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(1): 4103.

Dai CG, Ouyang F, Chen XY, Hu Y, 2016. Development of artificial rearing technology for Lepidoptera insects. *Journal of Southern Agriculture*, 47(5): 672–676. [戴长庚, 欧阳芳, 陈湘燕, 胡阳, 2016. 鳞翅目昆虫人工饲养技术研究进展. 南方农业学报, 47(5): 672–676.]

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

FAO, 2019. First detection of fall armyworm in China. Rome, Italy: FAO. https://www.ippc.int/fr/news/first-detection-of-fall-armyworm-in-china/.

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.

Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion 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.]

Luginbill P, 1928. The Fall Army Worm. New York: USDA Technology Bulletin. 91.

Wang SY, Zhu QZ, Tan YT, Ma QL, Wang RF, Zhang MF, Xu HH, Zhang ZX, 2019. Artificial diets and rearing technique of *Spodoptera frugiperda*（J.E. Smith）in laboratory. *Journal of Environmental Entomology*, http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190630.1608.002.html. [王世英, 朱启绽, 谭煜婷, 马千里, 王瑞飞, 张美芳, 徐汉虹, 张志祥, 2019. 草地贪夜蛾室内人工饲料群体饲养技术. 环境昆虫学报, http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190630.1608.002.html.]

Wang L, Chen KW, Lu YY, 2019. Long-distance spreading speed and trend predication of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in China. *Journal of Environmental Entomology*, http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190715.1622.008.html. [王磊, 陈科伟, 陆永跃, 2019. 我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测. 环境昆虫学报, http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190715.1622.008.html.]

Wu QL, Jiang YY, Wu KM, 2019. Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) from Myanmar to China. *Plant Protection*, 45(2): 1–6. [吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析. 植物保护, 45(2): 1–6.]

Zeng FR, 2018. Research of insect artificial diet. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(2): 184–197. [曾凡荣, 2018. 昆虫人工饲料的研究. 中国生物防治学报, 34(2): 184–197.]