

# 不同性比对井上蛀果斑螟成虫寿命及生殖力的影响

何超<sup>1\*</sup>, 沈登荣<sup>1</sup>, 尹立红<sup>2</sup>, 袁盛勇<sup>1</sup>, 田学军<sup>1</sup>

(1. 红河学院生命科学与技术学院, 云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室, 蒙自 661100; 2. 西南林业大学林学院, 昆明 650216)

**摘要** 井上蛀果斑螟 *Assara inouei* 是云南石榴上最为重要的蛀果害虫, 为明确不同性比对该虫成虫寿命及生殖力的影响, 在温度(25±1)℃、光周期 L//D=15 h//9 h, RH 70% ± 10% 条件下, 分别设置 1:4、1:3、1:2、1:1、2:1、3:1 和 4:1(♀:♂) 共 7 种雌雄性比处理, 研究了性比对井上蛀果斑螟雌雄成虫寿命、产卵前期、产卵期、产卵量和子代卵孵化率等主要生物学参数的影响。结果表明: 雌雄性比为 2:1 时的产卵期、雌雄成虫寿命均显著长于其余性比, 产卵前期短于除 3:1 外的其余性比; 性比为 1:2 时产卵高峰单雌日产卵量显著大于其余性比; 性比为 1:3 时平均单雌产卵量显著大于其余性比, 卵的孵化率显著大于除 1:2 外的其余性比。无论在偏雄或偏雌性比条件下, 随着雄虫或雌虫比例的增大, 产卵前期均先减小后逐渐增大, 产卵期均先增大后逐渐减小, 平均单雌产卵量均先逐渐增大后减小。偏雄性比条件下子代卵的孵化率高于偏雌性比条件下。性比对井上蛀果斑螟成虫寿命及生殖力有显著影响, 性比偏高或偏低均不利于井上蛀果斑螟种群的生殖。

**关键词** 井上蛀果斑螟; 性比; 寿命; 产卵量; 卵孵化率

**中图分类号:** Q 968.1, S 436.639 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.05.009

## Effects of different sex ratios on longevity and fecundity of adults of *Assara inouei* Yamanaka

He Chao<sup>1</sup>, Shen Dengrong<sup>1</sup>, Yin Lihong<sup>2</sup>, Yuan Shengyong<sup>1</sup>, Tian Xuejun<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Honghe University; Yunnan Provincial Key Laboratory of Crop Cultivation and Safety Control, Mengzi 661100, China; 2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650216, China)

**Abstract** *Assara inouei* is the most important pest of pomegranate fruits in Yunnan Province. In order to clarify the effects of different sex ratios on the longevity and fecundity of this pest, the main biological characteristics of the longevity of adult, pre-oviposition duration, oviposition duration, number of eggs laid per female and hatch rate of eggs were systematically examined at seven different sex ratios of female to male at 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1 and 4:1 under the conditions of (25 ± 1)℃, RH 70% ± 10% and L//D=15 h//9 h. The results showed that the longevity of male and female adults and oviposition duration of *A. inouei* at the sex ratio of 2:1 were significantly longer than those at other ratios, and the pre-oviposition duration at 2:1 was significantly shorter than at other ratios except at 3:1. The maximum number of eggs laid per female per day was significantly higher at the sex ratio of 1:2 than at other ratios. The number of eggs laid per female was significantly higher at the sex ratio of 1:3 than at other ratios, and the hatch rate of eggs was significantly higher at the sex ratio of 1:3 than at other ratios except at 1:2. Under both male-biased and female-biased sex ratios, with the increase of the proportion of males or females, the pre-oviposition period decreased and then gradually increased; the oviposition duration was increased and then gradually decreased, and the number of eggs laid per female increased and then gradually decreased. The hatch rate of eggs under male-biased sex ratios was slightly higher than those under female-biased sex ratios. The longevity and fecundity of adult *A. inouei* were significantly affected by sex ratio, which significantly decreased when the adult sex ratios were either lower or higher.

**Key words** *Assara inouei*; sex ratio; longevity; fecundity; egg hatch rate

收稿日期: 2016-11-15 修订日期: 2017-02-08

基金项目: 红河学院博士科研启动专项(14bs15); 云南省教育厅科研基金项目(2014Y460); 红河学院植物保护硕士点建设项目

\* 通信作者 E-mail: hechao1022@163.com

性比是昆虫种群生物学特征的一种重要指标,也是决定昆虫种群盛衰的重要影响因子<sup>[1-2]</sup>。已有研究表明,一些鳞翅目昆虫,如草地螟 *Loxostege sticticalis*<sup>[3]</sup>、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*<sup>[4-5]</sup>和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*<sup>[6]</sup>等,其种群中的雌雄比例对雌雄成虫的寿命及交配、产卵、卵孵化等繁殖特性有明显影响,是种群数量波动的重要影响因子之一。此外,在害虫的防治过程中,昆虫性信息素作为一种新型害虫防治技术,已在多种重要蛀果害虫,如梨小食心虫 *Grapholita molesta*<sup>[7]</sup>、桃小食心虫 *Carposina sasakii*<sup>[8]</sup>和苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*<sup>[9]</sup>等的防治中得到成功应用,而了解不同性比对这些害虫生殖能力的影响是采用性信息素控制害虫的基础之一<sup>[10-12]</sup>。因此,研究性比对昆虫种群结构、交配模式、生殖力等生物学特性的影响,对于害虫发生的预测预报和综合治理都具有相当重要的意义<sup>[13]</sup>。

井上蛀果斑螟 *Assara inouei* Yamanaka 属鳞翅目螟蛾科,是我国云南石榴树上的一种新的蛀果害虫<sup>[14]</sup>。该虫以幼虫从石榴花丝或萼筒附近蛀入果实内进行为害,主要取食石榴籽粒的外表皮或幼嫩籽粒,受害果实内充满虫粪,易引起裂果和腐烂,且为害症状与虫龄相关<sup>[15]</sup>。近年来,在云南省红河地区石榴园,该虫普遍发生,暴发成灾,重发果园虫果率在 60%以上,落果率达 30%以上,管理粗放的果园甚至高达 80%~90%<sup>[16]</sup>,使石榴产量下降,品质降低,严重威胁到石榴的生产,已经成为当地石榴上重要的鳞翅目蛀果害虫,给石榴生产造成巨大经济损失。

目前,有关井上蛀果斑螟的相关研究报道相对较少,仅对该虫的形态特征<sup>[15-16]</sup>和行为特性<sup>[17-19]</sup>等进行了初步研究,其很多生物学、生态学特性还不了解。对井上蛀果斑螟的防治仍以传统化学农药防治为主,但对幼虫防效较差。为此,在室内不同性比条件下,对井上蛀果斑螟成虫寿命和生殖力进行了较为系统的研究,以期对井上蛀果斑螟的人工饲养技术、科学监测及应用性信息素防控该虫提供理论依据和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

试虫采自云南省蒙自市草坝镇管理粗放的石榴园,采集正被井上蛀果斑螟幼虫为害的果实,带回实

验室,剥出幼虫和蛹,连续饲养 2~3 代后备用。饲养条件为温度(25 ± 1)℃、光周期 L//D=15 h//9 h, RH 70% ± 10%。幼虫用新鲜的酸石榴皮饲养,供试石榴品种为‘酸绿籽’。成虫以 5%蔗糖水(W/V)补充营养。

### 1.2 试验方法

将羽化 12 h 内的井上蛀果斑螟成虫,区分雌雄后,按雌雄比设 2 组处理,一组为 1 头雌虫分别和 1、2、3 和 4 头雄虫配对(偏雄处理),另一组为 1 头雄虫分别和 2、3 和 4 头雌虫配对(偏雌处理),即雌雄性比分别为 1:1、1:2、1:3、1:4、2:1、3:1 和 4:1 共 7 种处理。分装饲养于 840 mL 产卵杯(直径 10 cm,高 12 cm 的透明广口塑料杯,杯盖中央留有一边长约 4 cm 的方孔,覆以 100 目的尼龙网纱),杯内放蘸 5%蔗糖水的脱脂棉球供成虫补充营养,杯内壁铺塑料薄膜供雌成虫产卵,每天更换脱脂棉球。每天早、晚各观察一次成虫产卵和存活情况,并及时移除所产卵和已死亡的成虫,直至成虫全部死亡。记录产卵前期、产卵期、每日产卵量和雌雄成虫寿命。除雌雄比为 1:1 处理重复 6 次外,其余性比处理均重复 3 次。

随机取上述不同性比条件下井上蛀果斑螟产卵高峰期所产的卵各 50 粒,置于培养皿( $d=9$  cm)内,皿内放蘸有无菌水的脱脂棉球保湿。前期每天观察一次,后期当大部分卵变为浅红色后,每天早、中、晚各观察一次卵的孵化情况,直至卵孵化结束,记录卵的孵化数量。每处理重复 3 次。

### 1.3 数据处理

应用 SPSS 19.0 软件进行数据处理,Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

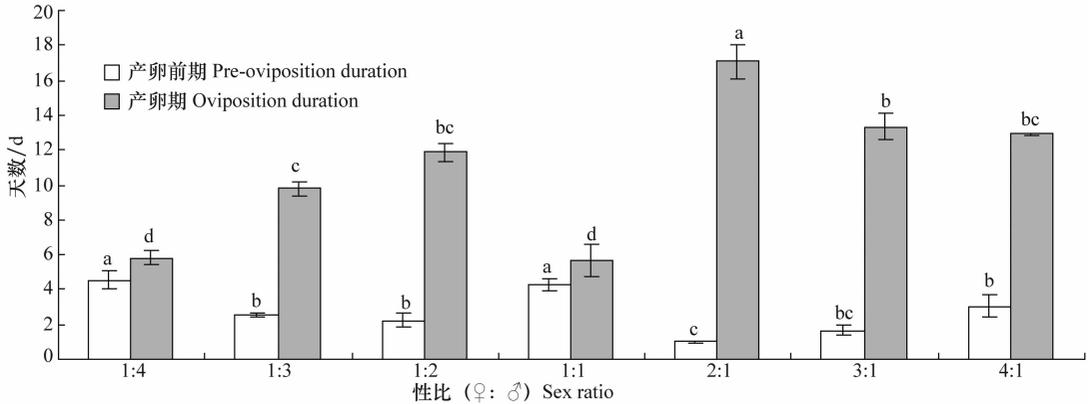
## 2 结果与分析

### 2.1 不同性比对成虫产卵前期和产卵期的影响

从图 1 可以看出,不同性比对井上蛀果斑螟成虫的产卵前期和产卵期有显著影响(产卵前期: $F=8.92, P<0.01$ ;产卵期: $F=20.87, P<0.01$ )。雌雄比为 2:1 时,雌成虫的产卵前期为 1.00 d,显著短于除 3:1 处理外的其余性比;产卵期为 17.09 d,显著长于其余性比。当雌成虫数为 1 头,雄成虫数由 1 头增至 4 头时,产卵前期先减小后逐渐增加,1:1 处理的产卵前期显著长于 1:3 和 1:2 处理,但与 1:4 处理无显著差异;产卵期先增大后逐渐减小,1:2 处理

的产卵期显著长于 1:1 和 1:4 处理,但与 1:3 处理无显著差异。当雄成虫数为 1 头,雌成虫数由 1 头增至 4 头时,产卵前期先缩短后逐渐增加,1:1 处理的

产卵前期显著长于其余 3 种性比;产卵期先增加后逐渐减小,2:1 处理的产卵期显著长于其余 3 种性比。



同一类型数据标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。图3和图4同  
Data belonging to the same category and followed by different letters were significantly different at 0.05 level. The same for Fig.3 and Fig.4

图 1 不同性比对井上蛀果斑螟成虫产卵前期和产卵期的影响

Fig. 1 Effects of sex ratios on pre-oviposition and oviposition durations of adult *Assara inouei*

### 2.2 不同性比对雌、雄成虫寿命的影响

从表 1 可知,不同性比对井上蛀果斑螟雌、雄成虫寿命及成虫平均寿命均有显著影响(雌:  $F = 9.50, P < 0.01$ ; 雄:  $F = 10.74, P < 0.01$ ; 平均:  $F = 7.44, P < 0.01$ )。雌雄比为 2:1 时,雌、雄成虫寿命及平均寿命分别为 18.25、17.59 和 17.92 d,显著高于其余性比。当雌成虫数为 1 头,雄成虫数由 1 头增至 4 头时,1:2 处理雌成虫寿命显著短于其余 3 种性比,且其余 3 种性比间无显著差异。1:1 处理雄成虫寿命显著长于 1:4 处理,平均寿命显著长于 1:2 和 1:4 处理,但与 1:3 处理间无显著差异。当雄成虫数为 1 头,雌成虫数由 1 头增至 4 头时,2:1 处理的雌、雄成虫寿命及平均寿命均最长,3:1 处理雌成虫寿命及平均寿命均较短,1:1 处理雄成虫寿命较短。

表 1 不同性比对井上蛀果斑螟雌、雄成虫寿命的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effects of sex ratios on the longevity of male and female adults of *Assara inouei*

| 性比(♀:♂)<br>Sex ratio | 寿命/d Longevity |                |                |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
|                      | 雌 Female       | 雄 Male         | 平均 Average     |
| 1:4                  | (15.15±0.43)b  | (13.01±0.39)c  | (14.08±0.42)c  |
| 1:3                  | (15.84±0.46)b  | (14.50±0.36)b  | (15.17±0.32)b  |
| 1:2                  | (12.50±0.29)c  | (14.25±0.57)bc | (13.38±0.28)c  |
| 1:1                  | (15.54±0.91)b  | (14.96±0.40)b  | (15.25±0.65)b  |
| 2:1                  | (18.25±0.28)a  | (17.59±0.43)a  | (17.92±0.36)a  |
| 3:1                  | (12.10±0.92)c  | (15.67±0.39)b  | (13.89±0.54)c  |
| 4:1                  | (14.49±0.24)b  | (15.23±0.38)b  | (14.86±0.31)bc |

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 ( $P < 0.05$ )。

Data in the table are means±SE. Data followed by different letters within a column indicate significant difference at 0.05 level.

### 2.3 不同性比对单雌日产卵量和平均单雌产卵量的影响

由图 2 可以看出,性比为 2:1 时,雌成虫在第 2 天即可产卵,性比为 1:3、1:2 和 3:1 时,雌成虫在第 3 天开始产卵,其余 3 种性比处理均都在第 4 天后才开始产卵。当性比为 1:1 时,单雌日产卵量在第 5 天达最大值,为 20.67 粒,产卵高峰期出现在第 5~6 天。当性比为 1:2 和 1:3 时,单雌日产卵量均都在第 4 天达最大值,分别为 30.50 粒和 25.00 粒,产卵高峰期出现在第 4~6 天和第 3~7 天;当性比为 3:1 和 4:1 时,单雌日产卵量均都在第 6 天达最大值,分别为 21.22 粒和 11.13 粒,产卵高峰期分别出现在第 6~7 天和第 6 天;当性比为 2:1 和 1:4 时,单雌日产卵量均都在第 8 天达最大值,分别为 25.50 粒和 19.67 粒,产卵高峰期分别出现在第 7~8 天和第 8~9 天。

从图 3 可知,不同性比对井上蛀果斑螟产卵高峰期单雌日产卵量有显著影响 ( $F = 18.87, P < 0.01$ )。雌雄比为 1:2 时,产卵高峰单雌日产卵量为 30.50 粒,显著高于其余性比。当雌成虫数为 1 头,雄成虫数由 1 头增至 4 头时,1:2 处理的单雌日产卵量显著高于其余 3 种性比,且其余 3 种性比间无显著差异。当雄成虫数为 1 头,雌成虫数由 1 头增至 4 头时,2:1 处理的单雌日产卵量显著高于其余 3 种性比,1:1 和 3:1 处理间无显著差异,但与 4:1 处理间差异显著。

从图 3 还可以看出,不同性比对井上蛀果斑螟平均单雌产卵量也有显著影响 ( $F = 132.15, P < 0.01$ )。

雌雄比为 1:3 时,平均单雌产卵量为 103.25 粒,显著高于其余性比;雌雄比为 1:1 时,平均单雌产卵量为 48.00 粒,显著低于其余性比。当雌成虫数为 1 头,雄成虫数由 1 头增至 4 头时,平均单雌产卵量先逐渐增大后减小,1:3 处理的平均单雌产卵量显著高

于其余 3 种性比,且其余 3 种性比间亦差异显著。当雄成虫数为 1 头,雌成虫数由 1 头增至 4 头时,平均单雌产卵量先增大后逐渐减小,2:1 处理的平均单雌产卵量显著高于其余 3 种性比,且其余 3 种性比间亦差异显著。

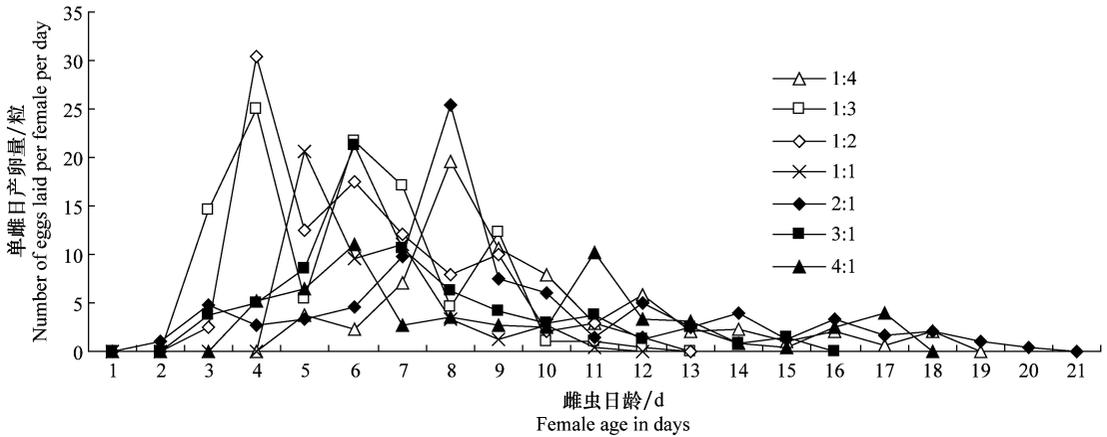


图 2 不同性比对井上蛀果斑螟单雌日产卵量的影响

Fig. 2 Effects of sex ratios on the number of eggs laid per female per day by *Assara inouei*

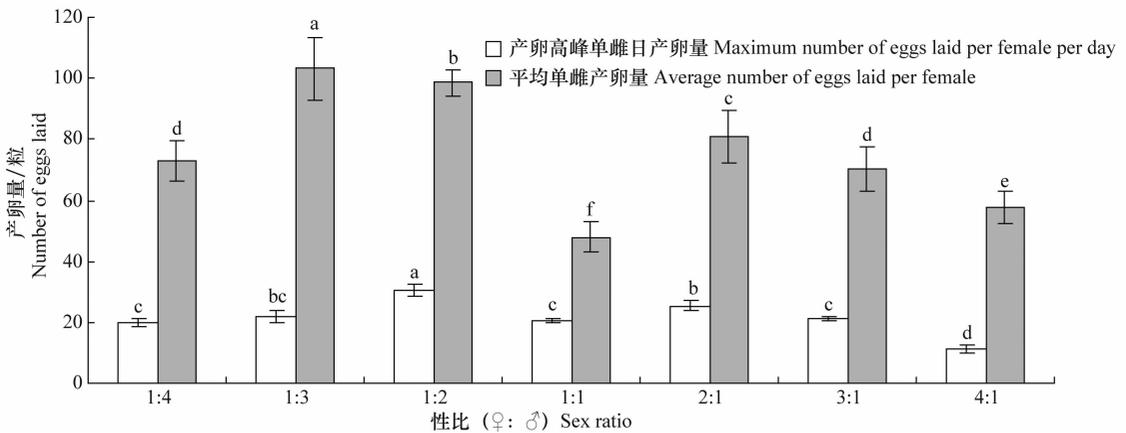


图 3 不同性比对井上蛀果斑螟产卵高峰单雌日产卵量和平均单雌产卵量的影响

Fig. 3 Effects of the sex ratio on the maximum number of eggs laid per female per day and eggs laid per female by *Assara inouei*

## 2.4 不同性比对子代卵孵化率的影响

从图 4 可以看出,不同性比对井上蛀果斑螟子代卵的孵化率有显著影响 ( $F=21.29, P<0.01$ )。雌雄比为 1:3 时,卵的孵化率为 68.90%,显著高于除 1:2 处理外的其余性比;偏雄性比处理组子代卵的孵化率明显高于偏雌性比处理组。当雌成虫数为 1 头,雄成虫数由 1 头增至 4 头时,1:3 处理卵的孵化率显著高于 1:1 和 1:4 处理,但与 1:2 处理间无显著差异。当雄成虫数为 1 头,雌成虫数由 1 头增至 4 头时,1:1 处理卵的孵化率显著高于 3:1 和 4:1 处理,与 2:1 处理间则无显著差异,且 2:1、3:1 和 4:1 处理间无显著差异。

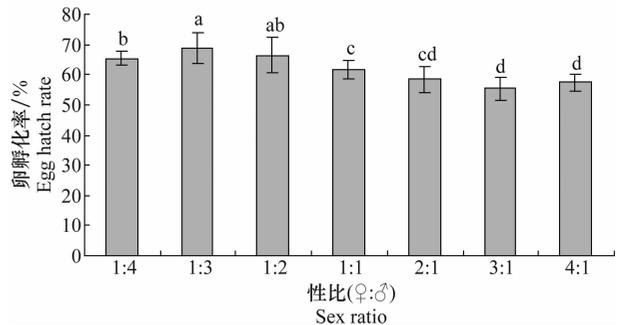


图 4 不同性比对井上蛀果斑螟子代卵孵化率的影响

Fig. 4 Effects of the sex ratio on the egg hatching rate of *Assara inouei* offspring

### 3 结论与讨论

昆虫雌雄成虫寿命、生殖力和产卵量,除受环境条件、营养条件及其本身生理状况的影响外,与雌雄性比也有一定的关系<sup>[1]</sup>。本试验中,雌雄比为2:1时,雌成虫产卵前期最短,产卵期最长,雌雄成虫寿命均最长,而1:1和1:4处理的产卵前期均较长,产卵期均较短;雌雄比为1:2时,产卵高峰单雌日产卵量最高,但1:3处理的平均单雌产卵量最大,且子代卵的孵化率较高。这些结果表明,不同性比对井上蛀果斑螟成虫的繁殖和寿命均有显著影响。雌雄比为1:3时,单雌平均产卵量最高,这一现象与李敏敏等<sup>[3]</sup>对草地螟、Leather<sup>[20]</sup>对小眼夜蛾 *Panolis flammea* 的研究结果较为一致。在此条件下,井上蛀果斑螟产卵期较短,产卵较为集中。这些结果为井上蛀果斑螟的室内人工大量繁殖和发生量的预测预报提供了理论依据。

已有研究表明,性比值偏低或偏高均会阻碍昆虫雌、雄成虫交配及生殖能力的释放,进而会对昆虫种群的生殖产生不利影响<sup>[3, 20-22]</sup>。本试验结果亦证实了这一点,井上蛀果斑螟成虫在偏雄或偏雌条件下,随着雄成虫或雌成虫比例的增加,产卵前期均先缩短后逐渐增加,产卵期先增加后逐渐缩短,平均单雌产卵量先逐渐增大后减小。可以看出,井上蛀果斑螟的生殖力明显受成虫性比的影响,雌成虫产卵量随性比值的变化而变化,只有在一定的性比条件下,才能保持较高的生殖力。雌雄性比值偏低或偏高,均导致雌成虫产卵量的降低,可能是由于一定空间内种群密度过高,影响雌雄成虫交尾。特别是在性比值偏高时,雄成虫数量较少,雌成虫有可能接受不到交配,因而产卵量会明显降低。该现象表明应用性信息素防治井上蛀果斑螟为害具有理论上的可行性。

井上蛀果斑螟偏雄性比处理组卵的孵化率明显高于偏雌性比处理组,这是由于在偏雌性比条件下,井上蛀果斑螟雌成虫在没有交配情况下所产的未受精卵不能孵化,因而孵化率偏低。不同性比对井上蛀果斑螟子代卵的孵化率影响显著,这与姚永生等<sup>[4]</sup>对棉铃虫、宫亚军等<sup>[10]</sup>对小菜蛾 *Plutella xylostella* 的研究结果相似。但刘瑞林等<sup>[6]</sup>研究发现,亚洲玉米螟性比的改变只影响到雌成虫本身的生殖

力,而对其所产卵的孵化率影响不明显。表明雌雄性比变化对子代卵孵化率的影响,在鳞翅目不同种类昆虫中存在差异。

本研究明确了不同性比对井上蛀果斑螟成虫寿命及生殖力等主要生物学参数的影响,为井上蛀果斑螟的人工饲养、预测预报和进一步研究应用性信息素进行交配干扰防治该虫提供了理论依据。本试验是在室内控制条件下进行的,仅分析了不同性比单一雌、雄成虫寿命和繁殖的影响,而当雌、雄成虫数量成倍增加时,性比和种群密度对成虫寿命和繁殖的影响情况如何,这些问题需今后进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] 章士美,杨明旭. 昆虫性比的初步研究[J]. 江西农业大学学报,1986,8(S3):8-13.
- [2] 胡萃,万兴生. 蝶蛹金小蜂性比的研究[J]. 昆虫学报,1988,31(3):332-335.
- [3] 李敏敏,程云霞,肖永红,等. 性比对草地螟生殖潜力和寿命的影响[J]. 应用昆虫学报,2014,51(6):1589-1596.
- [4] 姚永生,张敏,潘存建,等. 棉铃虫成虫不同性比结构对繁殖力的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(10):4351-4353.
- [5] 刘定忠,杨民若. 棉铃虫成虫室内不同性比结构下产卵习性的初步观察[J]. 江西植保,2003,26(4):162-163.
- [6] 刘瑞林,王新省,傅鸣实,等. 不同性比交配对玉米螟雌蛾生殖力的影响[J]. 山西大学学报,1983,6(2):93-96.
- [7] 何超,秦玉川,周天仓,等. 应用性信息素迷向法防治梨小食心虫试验初报[J]. 西北农业学报,2008,17(5):107-109.
- [8] 薛艳花,马瑞燕,李先伟,等. 桃小食心虫性信息素的研究与应用[J]. 中国生物防治,2010,26(2):211-216.
- [9] 翟小伟,刘万学,张桂芬,等. 苹果蠹蛾性信息素的研究和应用进展[J]. 昆虫学报,2009,52(8):907-916.
- [10] 宫亚军,路虹,石宝才,等. 不同性比对小菜蛾繁殖及田间种群数量的影响[J]. 昆虫知识,2010,47(1):63-66.
- [11] 王玉强,李立涛,刘磊,等. 二点委夜蛾的交配行为与产卵量[J]. 河北农业科学,2011,15(9):4-6.
- [12] 马艳粉,李正跃,肖春,等. 马铃薯块茎蛾的交配行为[J]. 应用昆虫学报,2011,48(2):355-358.
- [13] Soffan A, Aldryhim Y N, Aldawood A S. Effects of sex ratio and pairing duration on the biological performance of adult almond moth, *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 2012, 28(1): 25-33.
- [14] 白玲玲,李正跃. 云南石榴树上的一种新害虫——井上蛀果斑螟[J]. 植物保护,2006,32(1):110.

- [10] 王建伟, 骆有庆, 宗世祥. 沙蒿木蠹蛾生物学特性研究[J]. 昆虫学报, 2011, 54(7):809-814.
- [11] 宗世祥, 骆有庆, 许志春, 等. 沙棘木蠹蛾幼虫龄期的初步研究[J]. 应用昆虫学报, 2006, 43(5):626-631.
- [12] 宗世祥. 沙棘木蠹蛾生物生态学特性的研究[D]. 北京:北京林业大学, 2006.
- [13] 宗世祥, 骆有庆, 许志春, 等. 沙棘木蠹蛾幼虫龄期的初步研究[J]. 应用昆虫学报, 2006, 43(5):626-631.
- [14] 王志英, 岳书奎, 张国财. 几种森林昆虫耐寒性的研究[C]//青年生态学者论丛. 北京:中国科学技术出版社, 1991.
- [15] 刘玉娟, 张天涛, 白树雄, 等. 越冬期不同阶段二点委夜蛾越冬幼虫耐寒性变化[J]. 昆虫学报, 2014, 57(3):379-384.
- [16] 王鹏, 凌飞, 于毅, 等. 桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力及体内生化物质动态[J]. 生态学报, 2011, 31(3):638-645.
- [17] 王锦林, 冯宇倩, 宗世祥. 昆虫耐寒性的类型、测定方法及影响因素综述[J]. 安徽农学通报, 2013(9):32-35.
- [18] Denlinger D L. Relationship between cold hardiness and diapause [M]. Insects at Low Temperature. Springer US, 1991:174-198.
- [19] Chippendale R E. Insects at low temperature[J]. American Entomologist, 1991, 37(2):119-121.
- [20] 赵建兴, 杨忠岐, Jean-Claude Gregoire. 红脂大小蠹 *Dendroctonus valens* (Coleoptera, Scolytidae) 和大喙蜡甲 *Rhizophagus grandis* (Coleoptera, Rhizophagidae) 的耐寒性[J]. 环境昆虫学报, 2009, 31(1):20-28.
- [21] Bouchard R W, Carrillo M A, Kells S A, et al. Freeze tolerance in larvae of the winter-active *Diamesa mendotae*, Muttowski (Diptera: Chironomidae); a contrast to adult strategy for survival at low temperatures [J]. Hydrobiologia, 2006, 568(1):403-416.
- [22] Ma Ruiyan, Hao Shugang, Kong Weina, et al. Cold hardiness as a factor for assessing the potential distribution of the Japanese pine sawyer *Monochamus alternates* (Coleoptera: Cerambycidae) in China [J]. Annals of Forest Science, 2006, 63:449-456.
- [23] 路常宽, 骆有庆, 许志春, 等. 沙棘木蠹蛾的人工饲养[J]. 应用昆虫学报, 2005, 42(2):211-214.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 61 页)

- [8] 刘慧敏, 张国安. 用正交试验法优选二化螟人工饲料配方[J]. 昆虫知识, 2007, 44(5):754-757.
- [9] 季清娥, 任真真, 黄居昌, 等. 橘小实蝇幼虫液体人工饲料正交设计优化[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2009, 38(6):567-572.
- [10] 宋国晶, 李国平, 封洪强, 等. 用正交试验法优选绿盲蝽若虫人工饲料配方[J]. 植物保护, 2010, 36(6):96-99.
- [11] 刘瑞江, 张业旺, 闻崇炜, 等. 正交试验设计和分析方法研究[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(9):52-55.
- [12] Fu Qiang, Zhang Zhitao, Hu Cui, et al. A chemically defined diet enables continuous rearing of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2001, 36(1):111-116.
- [13] 曾玲, 吴荣宗, 冯成, 等. 水稻品种游离氨基酸含量与抗褐稻虱的关系[J]. 华南农业大学学报, 1992, 13(4):69-76.
- [14] 朗志飞. 江淮稻区白背飞虱种群上升及灾变机制研究[D]. 南京:南京农业大学, 2001.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 66 页)

- [15] 邵淑霞, 李春艳, 杨仕生, 等. 井上蛀果斑螟幼虫和蛹的形态描述及生物学特性[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(1):22-24.
- [16] 白玲玲, 张祖兵, 杨仕生, 等. 云南石榴新记录害虫井上果斑螟的形态学及种群动态特征[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(2):183-187.
- [17] 秦卓, 蒋智林, 李正跃, 等. 石榴不同部位对井上蛀果斑螟 (*Assara inouei*) 产卵行为的影响[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S1):123-126.
- [18] 韩伟君, 肖春, 杨仕生, 等. 井上蛀果斑螟羽化及交配行为学特征研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S1):120-122.
- [19] 何超, 沈登荣, 尹立红, 等. 井上蛀果斑螟昼夜行为节律研究[J]. 植物保护, 2016, 42(3):137-140.
- [20] Leather S R. Sex ratio and reproductive success in the pine beauty moth, *Panolis flammea* (Den. & Schiff.) (Lep., Noctuidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 1990, 109(1-5):200-204.
- [21] 向玉勇, 杨茂发. 小地老虎的交配行为和能力的研究[J]. 昆虫知识, 2008, 45(1):50-53.
- [22] Sattar M, Hamed M, Nadeem S, et al. Effect of altering parent sex ratio on egg laying and subsequent development in *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2015, 47(5):1355-1360.

(责任编辑: 田 喆)