

斜纹夜蛾的性选择行为*

曾昭华^{1**} 杨茂发^{1,2***} 武承旭¹

(1. 贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025; 2. 贵州大学烟草学院, 贵阳 550025)

摘要 【目的】为了解斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 体重、日龄、交配经历及形态特征对其性选择行为的影响。【方法】本实验通过标记成虫后, 采用观察记录的方法对其进行探究。【结果】斜纹夜蛾雌虫的体重对雄虫的性选择影响比较明显, 体重较大雄虫优先选择体重较小的雌虫 (71.43%), 而体重较小雄虫喜欢选择体重较大的雌虫 (72.00%)。体重较大和体重较小的雄虫都能获得体重较大雌虫的交配选择, 但是体重较大者被选择的机会更大 (70.00%), 体重较小的雄虫不能获得体重较小雌虫的选择。雄虫仅选择 1 日龄的雌虫, 而雌虫偏向选择 3 日龄和 5 日龄雄虫。交配经历影响斜纹夜蛾的性选择, 未交配的雄虫优先选择未交配的雌虫 (86.67%), 但未交配的雌虫则优先选择已交配的雄虫 (66.67%)。雄虫的形态特征 (体长、翅展、腹长、复眼间距和触角长) 对雌虫性选择有较明显的影响, 但雌虫的形态特征除翅展的大小外, 其体长、腹长、复眼间距和触角长等形态特征在雄虫选择进行交配中的作用不大。【结论】体重、日龄、交配经历及形态特征都能不同程度影响斜纹夜蛾的性选择行为。

关键词 斜纹夜蛾, 性选择, 体重, 形态特征, 日龄

Sexual selection in *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)

ZENG Zhao-Hua^{1**} YANG Mao-Fa^{1,2***} WU Cheng-Xu¹

(1. Institute of Entomology, Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Regions, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. College of Tobacco, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract 【Objectives】To understand the effect of body weight, age, mating experience and other morphological characteristics of *Spodoptera litura* Fabricius on mate choice and mating success. 【Methods】Adults were weighed and marked so that individual mating success could be observed and recorded. 【Results】The majority (71.43%) of heavier males preferred to mate with smaller females, and vice versa (72.00%). Females mated with both heavier and lighter males, but heavier males had a greater chance (70.00%) of mating. Male *S. litura* only mated with one-day-old females but females preferred to mate with three, or five-day old, males. Mating experience influences sexual selection in *S. litura*; most (86.67%) virgin males mated with virgin females, whereas most (66.67%) virgin females mated with non-virgin males. The morphological characteristics of males had a more obvious effect on female mate choice. However, females' morphological characteristics, including wing size, body length, abdomen length, eye spacing and antennae length, played a minor role in influencing male choice. 【Conclusion】Weight, age, mating experience, and morphological characteristics, of *S. litura* all influence mate choice in this species to different degrees.

Key words *Spodoptera litura*, sexual selection, body weight, morphology, age

*资助项目 Supported projects: 中国烟草总公司贵州省公司 2010 年度科学研究与技术开发项目 (201022); 贵州大学大学生 SRT 项目 (贵大 SRT 字 2013056); 贵州大学研究生创新基金 (研农 2014008)

**第一作者 First author, E-mail: zengzhaohuabave@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: ggdly@126.com; yangmaofa@sohu.com

收稿日期 Received: 2016-03-02, 接受日期 Accepted: 2016-05-06

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 隶属鳞翅目 (Lepidoptera), 夜蛾科 (Noctuidae)。俗名夜老虎、麻麻虫、五花虫等, 别名莲纹夜蛾 (秦厚国和叶正襄, 2007)。斜纹夜蛾所危害的寄主植物已知达 109 科 389 种 (变种) (秦厚国等, 2006), 国内广泛分布于各农区, 以长江中下游流域以及东部沿海各省如湖北、浙江、上海等地为常发区、重灾区。国外主要分布于东北亚、南太平洋、东南亚、美洲、南亚及非洲等地, 其中以地中海、北非地区以及日本的西南部发生为害最为严重。斜纹夜蛾具有很强的繁殖能力和适应能力, 通过降低该虫雌、雄虫交配的成功率, 以减少后代的虫口数量, 是防治斜纹夜蛾的有效方法, 但必须基于了解其性选择行为以及最大量繁殖的行为基础。

性选择 (Sexual selection) 一词首先出现于 1871 年达尔文所撰写的《物种起源》(杨林秀和和兆荣, 2013), 是指雌雄个体之间, 尤其是雄性之间, 为取得和异性交配的机会而不断进行竞争所产生的结果, 昆虫为获得优质的基因, 提高后代的遗传多样性, 保证种群的延续与繁盛, 其将会在繁殖时采用多种多样的性选择行为去选择最佳的异性进行交配 (刘兴平等, 2008)。性选择既是昆虫适应环境的结果, 又是加速昆虫进化速度的主要因素。性选择是自然选择的一个类型, 生物繁殖的成功率由性选择的成功与否所决定 (张月侠等, 2009)。性选择具有两种表现形式: 通过增加自身性吸引力特征方式的性间选择 (Intersexual selection) 和通过雄性间相互竞争得到配偶的性内选择 (Intrasexual selection) (Andersson and Simmons, 2006); 同时张建军和张知彬 (2003) 将性选择机制分为 3 种: 交配前的选择、交配后未受精前精子的选择以及受精后配偶的选择。影响交配前性选择的因素主要有形态差异和“婚礼食物”两个方面, 其中形态差异主要有: 个体大小、体色、外形特征三个要素。交配前性选择是交配的前提, 动物通过体型大小、模仿或者欺骗行为、向雌性提供“婚配礼物”等方式获取优质的基因, 使后代具有更大的存活率、生殖力以及竞争力。

现国内外有关昆虫性选择行为的研究报道较多, 他们分别对叶甲 *Galerucella nymphaeae* (L.)、沫蝉 *Cercopis sanguinolenta* (Scopoli)、黑角树蟋 *Oecanthus nigericorni* (Walker)、黑侧草螽 *Conocephalus nigropleurum* (Bruner) 等不同种类昆虫的性选择行为进行过研究 (毕明娟等, 2006)。有关斜纹夜蛾的生物学和繁殖行为等方面研究报道较多 (秦厚国等, 2006; 秦厚国和叶正襄, 2007; 武承旭等, 2012; 武承旭等, 2015), 但尚没有开展过对斜纹夜蛾性选择行为的研究, 鉴于此, 本实验拟从体重、形态特征 (体长、翅展、腹长、复眼间距和触角长)、交配经历和日龄 4 个方面来探究斜纹夜蛾的性选择行为, 以解释其各种繁殖行为发生的原因, 并在该研究结果的基础上寻求到绿色防控斜纹夜蛾的最佳方法。

1 材料与方法

1.1 虫源饲养

幼虫饲养于养虫盒中 (20 cm×14 cm×8 cm), 养虫盒底部铺一层厚约 3 cm 经 10 目过筛且紫外线灭菌后的土层, 作为化蛹的场所, 同时也有保湿的效果。每天定时喷水保持湿度, 并更换新鲜的烟叶, 清除粪便及腐烂叶片。幼虫化蛹 2 d 后, 将蛹集中于土层表面, 根据蛹外部形态将雌、雄蛹分开, 分置于两个养虫盒中确保用于实验的斜纹夜蛾成虫均未交配, 每天定时喷水保湿。新羽化的成虫饲养于 700 mL 一次性塑料杯中, 塑料杯底部放入蘸有 10% 蜂蜜水的脱脂棉球为成虫提供营养, 同时也有保湿的作用, 瓶口用 160 目纱布封住。假定成虫羽化当日为 0 日龄, 则之后 1 日为 1 日龄, 以此类推。

1.2 试验条件和仪器

实验所用的斜纹夜蛾均饲养于人工气候室中, 人工气候室条件: 光照周期 L:D=14:10 (下午 20:00 熄灯, 上午 06:00 开灯)、温度 (28±1) °C、RH 为 60%~80%, 气候室顶部悬挂 6 台 40 W 日光灯。实验在人工气候箱中进行, 实验环境与人工气候室相同, 观察记录均在红光灯下进行。

仪器：电子天平（FA1004N），上海菁海仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 成虫体重对斜纹夜蛾性选择的影响 取羽化后未交配的斜纹夜蛾成虫放入 700 mL 一次性塑料杯中用电子天平称体重，雄蛾体重以 0.1000 g 为界，雄蛾体重分为大小两种，分别为高于 0.1000 g 和低于 0.1000 g；雌蛾体重偏重，以 0.1300 g 为界，雌蛾体重也分为大小两种，分别为高于 0.1300 g 和低于 0.1300 g。试验用虫尽量选择体重远离中间界（雌蛾 0.1300 g 和雄蛾 0.1000 g）的个体。

用昆虫针蘸取绿色和红色荧光染料分别标记体重大的和体重小的雌虫（F）雄虫（M）。按照 1♂2♀和 1♀2♂的对比分别配对，配对后置于 1 000 mL 一次性塑料杯子中，内置饱蘸 10% 蜂蜜水的棉球供成虫补充营养以及保持湿度。在雌雄配对当晚，将其集中放置在人工气候箱中并在微弱红光下每隔 30 min 观察其选择交配情况，如正常交配，观察其交配的起始时间和持续时间。雌虫死后在解剖镜（Motic SMZ-168 series）下解剖，根据精包的有无判断其是否成功交配。每处理重复 20 次。

1.3.2 成虫日龄对斜纹夜蛾性选择的影响 选取羽化后 2 d 性成熟处女雌蛾和羽化后 1, 3, 5 d 的未交配雄蛾一同配对。各日龄的成虫分别用红色、黄色、绿色荧光染料标记，用昆虫针蘸取染料后在雄虫鳞翅上轻轻的画 1 mm×1 mm 的线。实验处理方式和观察记录同 1.3.1。试验重复 15 次。用同样处理方法观察雄蛾对雌蛾的选择性。

1.3.3 交配经历对斜纹夜蛾性选择的影响

A. 雄蛾交配经历对雌虫性选择的影响：将羽化后 2 d 性成熟处女雌蛾和羽化后 2 d 未交配雄蛾配对，待其交配结束后，将雌雄虫分开单独喂养备用。

(1) 取交配 1 次后的雄虫（用绿色染料标记）和另一头同日龄、体重和形态特征接近未交配雄蛾（用红色染料标记）为一组，再放入 1 头羽化后 2 d 性成熟处女雌蛾，观察处女雌蛾对不

同交配经历雄蛾的选择性，实验处理方式和观察记录同 1.3.1。试验重复 15 次。

(2) 同样方法，取交配 1 次后的雄蛾（用绿色染料标记）和另一头同日龄、体重和形态接近未交配雄蛾为一组（用黄色染料标记），再放入 1 头已交配过 1 次的雌蛾，观察已交配雌蛾对不同交配经历雄蛾的选择性，实验处理方式和观察记录同 1.3.1。试验重复 15 次。

B. 雌蛾交配经历对雄虫性选择的影响：操作方法类同 A，只是将雌雄互换。

1.3.4 形态特征对斜纹夜蛾性选择的影响

选取羽化后未交配的雌蛾和未交配的雄蛾备用。

A. 雄蛾形态特征对雌蛾性选择的影响：将 2 头体重接近的雄蛾为一组放入 1 000 mL 一次性塑料杯中，再放入 1 头未交配雌蛾进行配对，观察记录雌蛾交配选择的情况。待其完成此次交配后在体视镜下测量获得交配的雄蛾和未获得交配权的雄蛾的外部形态特征（体长、翅展、腹长、触角长、复眼间距），分析其差异程度。重复 30 次。

B. 雌蛾形态特征对雄蛾性选择的影响：操作方法类同 A，只是将雌雄互换。

1.4 数据处理方法

采用 SPSS 18.0 和 Excel 2003 对试验数据进行统计分析，两性间的选择用 *t*-测验检测差异显著性。

2 结果与分析

2.1 成虫体重对斜纹夜蛾性选择的影响

2.1.1 雄虫体重对雌虫性选择的影响 雄虫体重对雌虫性选择影响的实验结果表明（表 1）：体重较大和体重较小的雄虫都能获得体重较大雌虫的交配选择，但体重较大的雄虫接受选择的机会更大，占 70.00%；但体重较小的雄虫不能获得体重较小雌虫的选择。说明体重偏小的雌虫不愿意接受同样体重偏小雄虫的投资，其均选择体重较大的雄虫（30/30）以便生产具有竞争力的后代。经 *t*-测验表明体重对雌虫选择雄虫的交配持续时间影响差异不显著（*t*=0.739）。

2.1.2 雌虫体重对雄虫性选择的影响 雌虫体重对雄虫性选择的影响结果从(表 2)的数据可以看出,雌虫体重对斜纹夜蛾雄虫性选择的影响比较明显。当体重较大和体重较小的雌虫同时存在时,都有被雄虫选择的机会。但体重较大雄虫优先选择体重较小的雌虫(71.43%),而体重较小雄虫则偏向选择体重较大的雌虫(72.00%)。雄虫选择较小体重雌虫的交配持续时间相对延长,经 t -测验表明体重对雌虫选择雄虫的交配持续时间影响差异不显著($t > 0.05$)。

2.2 成虫日龄对斜纹夜蛾性选择的影响

研究结果表明(表 3):成虫日龄对斜纹夜蛾雌、雄虫性选择有明显的影响,尤其是对雄虫选择雌虫。当 1 日龄、3 日龄和 5 日龄斜纹夜蛾雌虫同时存在时,雄虫仅选择 1 日龄的雌虫,不会选择 3 日龄和 5 日龄的雌虫,这说明延迟雌虫日龄不利于雄虫选择;而雌虫则相反,各日龄雄虫均有被选择交配的机会,但雌虫偏向选择 3、5 日龄雄虫,分别为 40.00%和 53.33%。经单因素方差分析,雌虫选择各日龄雄虫的交配持续时

表 1 斜纹夜蛾雄虫体重对雌虫性选择的影响

Table 1 The effect of males' body weight on sexual selection of *Spodoptera litura* females

雌虫体重 Weight of females	雄虫(被选择) ¹ Male (chosen)		交配持续时间(min) ² Mating duration (min)				
	大 Large	小 Little	大 Large	小 Little	<i>F</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
0.1419±0.0017 (大 Large)	0.1356±0.0054 (21/30)	0.0927±0.0021 (9/30)	107.14±15.57	126.67±17.16	0.753	0.739	0.393
0.1211±0.0017 (小 Light)	0.1276±0.0020 (30/30)	—(0/30)	—	—	—	—	—

表中数据为平均数±标准误;¹表示括号内数字代表被选择的头数与观察总头数之比;²表示经 t -测验结果;—表示未观察相关数据。表 2~表 4 同。

Data are mean±SE. ¹ indicates figures in parentheses mean the ratio between the numbers chosen and observation. ² indicates the results by t -test. — indicates no research. The same as Fig.2-Fig.4.

表 2 斜纹夜蛾雌虫体重对雄虫性选择的影响

Table 2 The effect of females' body weight on sexual selection of *Spodoptera litura* males

雄虫体重 Weight of males	雌虫(被选择) ¹ Female (chosen)		交配持续时间(min) ² Mating duration (min)				
	大 Large	小 Little	大 Large	小 Little	<i>F</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
0.1293±0.0029 (大 Large)	0.1302±0.0040 (8/28)	0.1063±0.0021 (20/28)	93.75±6.80	100.50±5.36	1.060	- 0.811	0.313
0.0952±0.0022 (小 Light)	0.1489±0.0028 (18/25)	0.1085±0.0016 (7/25)	65.00±2.71	68.57±5.53	1.435	0.647	0.243

表 3 成虫日龄对斜纹夜蛾性选择的影响

Table 3 The effect of adults age on sexual selection of *Spodoptera litura*

选择 Chosen	初次选择交配百分数(%) Percentage of first mating (%)			交配持续时间(min) Mating duration (min)			<i>F</i>	<i>P</i>
	1 日龄	3 日龄	5 日龄	1 日龄	3 日龄	5 日龄		
	1 day age	3 days of age	5 days of age	1 day age	3 days of age	5 days of age		
雄虫(♂) Male	100.00	0.00	0.00	54.00±3.21	—	—	—	—
雌虫(♀) Female	6.67	40.00	53.33	80.00±6.32	75.00±5.67	60.00±5.33	0.720	0.507

间差异不显著 ($P=0.507$)。

2.3 交配经历对斜纹夜蛾性选择的影响

从表 4 的数据可知:未交配的雄虫和未交配的雌虫均可选择未交配或已交配的异性,仅是喜好性有所不同,未交配的雄虫优先选择未交配的雌虫 (86.67%),而未交配的雌虫则优先选择已交配的雄虫 (66.67%)。已经完成一次交配的雄虫仅选择未交配的雌虫,而已交配的雌虫不选择已交配的雄虫,仅选择未交配雄虫且交配率较低 (6.67%)。由此可知交配经历对斜纹夜蛾性选择的影响较明显,不同经历的雌、雄虫对异性的选择结果都不一样。

2.4 成虫形态特征对斜纹夜蛾性选择的影响

2.4.1 雄虫形态特征对雌虫性选择的影响 当

两头相似体重雄虫同时存在时,雌虫对雄虫的选择结果如表 5 所示,从表 5 中数据可以看出,被选择雄虫的体长、翅展、腹长、复眼间距和触角长与未被选择的雄虫的差异显著 ($P<0.05$),表明斜纹夜蛾雌虫更偏向选择体长较长,翅展较宽,腹长较长,复眼间距较小和触角相对较长的雄虫进行交配。

2.4.2 雌虫形态特征对雄虫性选择的影响 当两头相似体重雌虫同时存在时,雄虫对雌虫的选择结果如表 6 所示,从表 6 中数据可以看出,被选择雌虫的体长、腹长、复眼间距和触角长与未被选择的雌虫的差异不显著 ($P>0.05$),但是翅展大小差异显著 ($P<0.05$),表明雌虫的形态特征除翅展的大小外,其体长、腹长、复眼间距和触角长等形态特征在雄虫选择进行交配中的作用不大。

表 4 交配经历对斜纹夜蛾性选择的影响

Table 4 The effect of copulation experience on sexual selection of *Spodoptera litura*

选择 Chosen	初次选择交配百分数 (%) Percentage of first mating (%)		交配持续时间 (min) Mating duration (min)				
	交配 Mating	未交配 Non-mating	交配 Mating	未交配 Non-mating	<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>t</i>
未交配雄虫(♂) Non-chosen male	13.33	86.67	60.00±0.00	60.00±4.80	0.770	0.396	0.000
交配雄虫(♂) Chosen male	0.00	100.00	—	—	—	—	—
未交配雌虫(♀) Non-chosen female	66.67	33.33	108.00±4.90	114.00±6.00	2.889	0.113	0.736
交配雌虫(♀) Chosen female	0.00	6.67	—	—	—	—	—

表 5 斜纹夜蛾被选择和未被选择雄虫的形态特征

Table 5 Morphometric traits of chosen and non-chosen male of *Spodoptera litura*

特征 (mm) Morphological characteristics	被选择雄虫 Chosen male	未被选择雄虫 Non-chosen male	<i>t</i>	<i>P</i>
体长 Body length	18.60±0.22	18.09±0.04	2.269	<0.001*
翅展 Wing expanse	34.68±0.37	33.65±0.03	2.777	<0.001*
腹长 Abdomen length	10.25±0.22	9.63±0.08	2.661	<0.001*
复眼间距 Distance between compound eyes	1.14±0.10	1.19±0.01	- 2.528	0.003*
触角长 Antennal length	9.84±0.14	9.25±0.04	4.223	<0.001*

表中数据为 Mean±SE, *表示同一行两个数据差异显著 ($P<0.05$)。表 6 同。

Date are presented as mean±SE, means in the same column followed by * are significantly different ($P<0.05$) by *t*-test. The same as Fig.6.

表 6 斜纹夜蛾被选择和未被选择雌虫的形态特征
Table 6 Morphometric traits of chosen and non-chosen female of *Spodoptera litura*

特征 (mm) Morphological characteristics	被选择雌虫 Chosen female	未被选择雌虫 Non-chosen female	<i>t</i>	<i>P</i>
体长 Body length	18.70±0.16	18.41±0.18	1.187	0.878
翅展 Wing expanse	35.34±0.61	35.22±0.32	0.186	0.044*
腹长 Abdomen length	10.12±0.17	9.89±0.21	0.861	0.328
复眼间距 Distance between compound eyes	1.12±0.02	1.12±0.02	0.000	0.315
触角长 Antennal length	9.57±0.09	9.45±0.12	0.816	0.305

3 结论与讨论

性选择的结果可以使种群内个体间产生成功交配的分化, 形成同性成员间直接的受精竞争, 或某一性别对异性个体的吸引力。个体大小

(体重) 是性选择的重要标准, 根据个体大小来选择配偶是很多种类的雌性昆虫固有的选择方式。昆虫个体大小通常是与雌雄虫交配的成功率、所产生后代的质量以及进化形式密切相关的。本实验的结果表明斜纹夜蛾体重较大和体重较小的雄虫都能获得体重较大雌虫的交配选择, 体重较大的雄性接受选择的机会更大, 占 70.00%; 但体重较小的雄虫不能获得体重较小雌虫的选择。当体重较大和体重较小的雌虫同时存在时, 都有被雄虫选择的机会。但是体重较大雄虫优先选择体重较小的雌虫 (71.43%), 而体重较小雄虫喜欢选择体重较大的雌虫 (72.00%)。根据实验结果可知斜纹夜蛾与其他大多数种类昆虫一样, 体重较大的更容易获得与异性交配的机会。如雌性叶甲 *Galerucella nymphaeae* (L.) 比较喜欢与前胸背板较宽的雄性进行交配 (Parris *et al.*, 1998); 白斑星天牛 *Anoplophora malasiaca* (Thomson) 和黄斑星天牛 *Psacotha hilaris* (Pascoe) 的雌虫会拒绝与小型雄虫而选择与大型雄虫交配 (Fukaya, 2004); 黄斑黑蟋蟀 *Gryllus bimaculatus* (De Geer) 会选择个体较大且匀称的异性进行交配 (Bateman *et al.*, 2001); 沫蝉 *Cercopis sanguinolenta* (Scopoli) 个体较大、灵活性较强的雄性被雌性选择交配的成功率会更大 (Biedermann, 2002); Fox 等 (1995) 研究结果表明一种象皮虫个体大小对雌性的终身生

殖成功率有较大的影响。雄性昆虫在相互竞争中, 个体大的力量较大, 身体各个部位的灵活性相对较强。因此, 在寻找交配场所方面占较大优势以及获得交配的成功率也相对较高。同时, 个体较大的雄性可以为异性提供更多重要的资源 (Christy, 1983)。个体较大的雄性可能具有更高的优质基因, 与雌性交配后所产生的后代将会继承这些优质的基因, 其后代更能适应环境很好的生存 (Hunt *et al.*, 2005)。

成虫的年龄以及交配经历对雌、雄虫性选择的影响也很明显。本实验结果表明当 1 日龄、3 日龄和 5 日龄的斜纹夜蛾雌虫同时存在时, 雄虫仅选择 1 日龄的雌虫, 而雌虫则相反, 各日龄雄虫均有被选择交配的机会, 但雌虫偏向选择 3 日龄、5 日龄雄虫, 分别为 40.00% 和 53.33%。交配经历对斜纹夜蛾性选择的影响较明显, 未交配的雄虫优先选择未交配的雌虫 (86.67%), 而未交配的雌虫则优先选择已交配的雄虫 (66.67%)。已经完成一次交配的雄虫仅选择未交配的雌虫, 而已交配的雌虫不选择已交配的雄虫, 仅选择未交配雄虫且交配率较低 (6.67%)。由实验结果可知斜纹夜蛾的雌虫与大多数昆虫种类一样, 更喜欢选择日龄较大的雄虫交配, 例如覃红莲等 (2010) 研究发现红棕象甲雌虫较喜欢选择日龄大的雄虫为交配对象; 黄斑黑蟋蟀 *Gryllus bimaculatus* (De Geer) 也偏向选择日龄较大的异性交配 (毕明娟等, 2006)。交配经历影响斜纹夜蛾的性选择甚至不选择, 其原因还有待进一步研究。

昆虫是世界上种类和数量最多的生物, 昆虫为了优质的基因得以继承, 将会采取多种多样的

的性选择方式。昆虫性选择可以通过其行为、生理、形态等方面进行选择,例如昆虫通过鸣声来选择配偶也是比较常见的,如黑角树蟋 *Oecanthus nigericorni* (Walker) 雌性通过雄性鸣曲判断其个体大小,从而间接判断雄性身体质量的优劣 (Brown *et al.*, 1996)。对昆虫性选择不同行为方式的深入了解,可以使我们掌握昆虫的行为模式、交配体制演化、个体的进化趋势以及性器官的发育特点。从而为我们以后在生产中优选与培育优良基因、天敌昆虫的有效保护和大量繁殖、害虫的绿色防治提供极大的帮助。例如在有益昆虫如天敌等的保护和大规模人工饲养中,可以增加雌雄交配成功率、后代质量得到优化,增加经济效益。

本次研究结果表明:体重、日龄、交配经历以及形态特征 4 个方面对斜纹夜蛾性选择行为均有较明显的影响,减小斜纹夜蛾雌、雄虫体重可以明显降低其交配的成功率;延迟斜纹夜蛾雌虫的日龄有利于其不被雄虫选择交配,而雄虫则相反;增加斜纹夜蛾雄虫复眼间距、减小其体长、翅展宽度和触角长度可以明显降低其被雌虫选择交配的机会。以上研究结果可以为我们人工控制斜纹夜蛾雌雄虫交配降低其后代虫口基数、发现新的高效持久性诱激素或专一性致畸其雄虫的药剂、人工饲养其天敌昆虫等绿色防治斜纹夜蛾方面提供科学依据。本研究只从宏观方面对斜纹夜蛾的性选择行为进行探究,初步了解了其性选择行为模式,要摸清影响斜纹夜蛾产生性选择行为的真正内在因素(微观方面)还需进一步的探究。

参考文献 (References)

- Andersson M, Simmons LW, 2006. Sexual selection and mate choice. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(6): 296–302.
- Bateman PW, Gilson LN, Feguson JWH, 2001. Male size and sequential mate preference in the cricket *Gryllus bimaculatus*. *Animal Behaviour*, 61(3): 631–637.
- Bi MJ, Xu ZH, Zhai XW, Xu HF, 2006. The progresses in studies of insect sexual selection behaviors. *Entomological Journal of East China*, 15(20): 116–119.[毕明娟, 徐昭焕, 翟小伟, 徐洪富, 2006. 昆虫性选择行为研究进展. 华东昆虫学报, 15(20): 116–119.]
- Biedermann R, 2002. Mating success in the spittlebug *Cercopis sanguinolenta* (Scopoli, 1763) (Homoptera, Cercopidae): the role of body size and mobility. *Japan Ethological Society*, 20(1): 13–18.
- Brown WD, Wideman J, Andrade MCB, Mason AC, Gwynne DT, 1996. Female choice for an indicator of male size in the song of the black horned tree cricket, *Oecanthus nigricornis* (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Evolution*, 50(6): 2400–2411.
- Christy JH, 1983. Female choice in the resource-defense mating system of the sand fiddler crab, *Uca pugilator*. *Behavioral Ecology Sociobiol*, 12(2): 169–180.
- Fox CW, McLennan LA, Mousseau TA, 1995. Male body size affects female lifetime reproductive success in a seed beetle. *Animal Behaviour*, 50 (1): 1–284.
- Fukaya M, 2004. Effects of male body size on mating activity and female mate refusal in the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* (Pascoe) (Coleoptera: Cerambycidae): Are small males inferior in mating. *Applied Entomology and Zoology*, 39(4): 603–609.
- Hunt J, Brooks R, Jennions MD, 2005. Female mate choice as a condition-dependent life-history trait. *The American Naturalist*, 166(1): 79–92.
- Liu XP, Peng JH, He HM, Xiao HJ, Xue FS, 2008. The effect of multiple mating on fitness in insect. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 30(4): 592–600.[刘兴平, 彭接辉, 何海敏, 肖海军, 薛芳森, 2008. 多次交配对昆虫适应性的影响. 江西农业大学学报, 30(4): 592–600.]
- Parris S, Alatalo RV, Mappes J, 1998. Do female leaf beetles *Galerucella nymphaeae* choose their mates and does it matter. *Oecologia*, 114 (1): 127–132.
- Qin LH, Lu W, Tan ZQ, Tang JM, Liu JM, 2010. Study on the reproductive behavior of *Rhynchophorus ferrugineus*. *Guangxi Plant Protection*, 23(1): 4–6.[覃连红, 陆温, 檀志全, 唐景美, 刘吉敏, 2010. 红棕象甲的生殖行为研究. 广西植保, 23(1): 4–6.]
- Qin HG, Wang DD, Ding J, Huang RH, Ye ZX, 2006. Host plants of *Spodoptera litura*. *Acta Agricultural Jiangxi*, 18(5): 51–58.[秦厚国, 汪笃栋, 丁健, 黄荣华, 叶正襄, 2006. 斜纹夜蛾寄主植物名录. 江西农业学报, 18(5): 51–58.]
- Qin HG, Ye ZX, 2007. Occurrence regularity and control of *Spodoptera litura*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 1.[秦厚国, 叶正襄, 2007. 斜纹夜蛾灾变规律与控制. 北京: 中国农业科学技术出版社. 1.]
- Wu CX, Chen J, Huang K, Liao QR, 2012. Affecting factors of longevity and fecundity of *Prodenia litura* female. *Guangdong Agricultural Sciences*, 39(17): 68–70.[武承旭, 陈俊, 黄康, 廖后荣, 2012. 斜纹夜蛾雌虫寿命及产卵量的影响因子研究. 广东农业科学, 39(17): 68–70.]
- Wu CX, Yang MF, Zeng ZH, Yao MM, Liao QR, 2015. Diurnal rhythm of reproductive behavior of cotton leafworm *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on different hosts. *Journal of Plant Protection*, 42(2): 210–216.[武承旭, 杨茂发, 曾昭华, 姚苗苗, 廖后荣, 2015. 斜纹夜蛾成虫在不同寄主上的繁殖行为日节律. 植物保护学报, 42(2): 210–216.]
- Yang LX, He ZR, 2013. Sexual selection and speciation. *Journal of Yunnan University (Natural Science Edition)*, 35(S2): 364–367.[杨林秀, 和兆荣, 2013. 性选择与物种形成. 云南大学学报(自然科学版) 35(S2): 364–367.]
- Zhang JJ, Zhang ZB, 2003. The sexual selection in animals. *Chinese Journal of Ecology*, 22(4): 60–64.[张建军, 张知彬, 2003. 动物的性选择. 生态学杂志, 22(4): 60–64.]
- Zhang YX, Lv Y, Sai DJ, 2009. Study on the sexual selection of *Atractomorpha sinensis*. *Journal of Shandong Normal University*, 24(2): 128–130.[张月侠, 吕艳, 赛道建, 2009. 短额负蝗的性选择研究. 山东师范大学学报, 24(2): 128–130.]