



大豆食心虫成虫性比对寿命和生殖力的影响

李文敬^{1,2}, 李新畅¹, 李旋¹, 崔娟¹, 徐伟¹, 张金平², 史树森¹

(1. 吉林农业大学 植物保护学院, 吉林 长春 130118; 2. 中国农业科学院 植物保护研究所/农业农村部 - CABI 生物安全联合实验室, 北京 100193)

摘要:为明确大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella* (Mats) 成虫在田间自然条件下雌雄比例及其动态, 在大豆食心虫成虫发生期, 采用田间随机网捕法系统调查其成虫性比。在室内测定雌雄比例变化对其繁殖及寿命的影响, 系统观察记录成虫寿命及雌虫的产卵量, 并对成虫性比与其寿命和生殖力的相关性进行了分析。结果表明: 大豆食心虫田间自然种群雌雄性比随成虫发生时期延续而逐渐增大, 其动态规律符合指数函数模型 $y = 0.0321 \exp(0.2076x)$, 且雄虫羽化早于雌虫。室内试验结果显示: 大豆食心虫性比的变化显著影响成虫寿命、产卵期、产卵前期及产卵量。大豆食心虫成虫性比为 1:1 时成虫寿命最长, 雌虫、雄虫寿命分别为 15.6 和 15.7 d。成虫寿命随着性比的增加或减少呈显著缩短的趋势, 表现出明显的性比失衡寿命消耗现象。性比为 1:1 时产卵持续期最长为 8.1 d, 随着某性别所占比例的增加, 其产卵期逐渐缩短。性比小于 1 时雌虫的产卵前期和产卵量均显著长于和高于性比大于等于 1 时, 且当性比为 1:4 时产卵量最高, 为 82.4 粒。大豆食心虫雌雄比与雌虫产卵量之间关系符合指数函数模型 $y = 101.7407 \exp(-0.1742x)$ ($R^2 = 0.9348$; $F = 71.6947$; $P = 0.0004$)。上述研究结果能够为进一步开展该害虫预测预报和评价性诱剂防治效果等绿色综合防控技术研究提供科学依据。

关键词: 大豆食心虫; 性比; 产卵前期; 产卵期; 产卵量; 成虫寿命

Effect of Sex Ratio on Fecundity and Lifetime of *Leguminivora glycinivorella* Adults

LI Wen-jing^{1,2}, LI Xin-chang¹, LI Xuan¹, CUI Juan¹, XU Wei¹, ZHANG Jin-ping², SHI Shu-sen¹

(1. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Jilin 130118, China; 2. MARA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to find out the sex ratio and dynamics of *Leguminivora glycinivorella* (Mats) under natural conditions in the field, the sex ratio variation was surveyed by net sample method during *L. glycinivorella* adults emerged season in the soybean field. And the fecundity and lifetime of adult influenced by sex ratio variation were tested in the lab. The results of field survey showed that the sex ratio of natural population were increasing with the adult emerge season development and its variation tendency coincident with the exponential function model: $y = 0.0321 \exp(0.2076x)$. Laboratory test result showed that: The sex ratio of *L. glycinivorella* significantly affected the lifetime, preoviposition period, oviposition period, and fecundity. The longest lifetime was 15.6 d for female and 15.7 d for male when sex ratio was 1:1. The life span of adults decreased significantly with the increase or decrease of sex ratio. The life expectancy phenomenon was caused by sex imbalance. The longest oviposition period of female was 8.1 d at 1:1 sex ratio, the oviposition period decreased with the sex ration going down or up. When sex ratio was below 1, the pre-oviposition period was significantly longer than that when the sex ratio was above 1. The highest fecundity was 82.4 when the sex ratio was 1:4, and when the sex ratio was below 1, all the fecundity were significantly bigger than that when the sex ration was above 1. The relationship between sex ratio of *L. glycinivorella* and spawning amount of female insect was in accordance with exponential function model $y = 101.7407 \exp(-0.1742x)$ ($R^2 = 0.9348$, $F = 71.6947$, $P = 0.0004$). The above research results provide scientific theory for further monitor and control of *L. glycinivorella* by sex pheromone.

Keywords: *Leguminivora glycinivorella*; Sex ratio; Pre-spawning; Spawning stage; Fecundity; Lifetime of adult

收稿日期: 2019-10-20

基金项目: 吉林省科技发展规划(20180201015NY); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04)。

第一作者简介: 李文敬(1995-), 女, 硕士, 主要从事害虫综合治理研究。E-mail: 1328168733@qq.com。

通讯作者: 史树森(1963-), 男, 教授, 博导, 主要从事农业害虫综合治理及昆虫资源与利用研究。E-mail: sss-63@263.net。

大豆是中国最重要的粮食油料作物,大豆食心虫危害是影响大豆产量和品质的重要因素^[1]。大豆食心虫以幼虫蛀食豆荚及籽粒,虫食率一般为5%~10%,受害严重的年份和地块可高达30%~50%^[2],是中国北方大豆产区最重要的钻蛀害虫。在相同虫源基数条件下,大豆食心虫发生为害程度与其成虫的寿命和生殖力密切相关。而昆虫成虫的寿命和生殖力不仅与外界环境条件、营养条件以及其自身生理状况有关,还与其种群内雌雄间的性比密切相关^[3]。已有相关研究报道如草地螟 *Loxostege sticticalis* 产卵前期随雌蛾比例的增加而延长,性比1:1时产卵同步性最高,交配次数最多^[4];棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 随雄蛾比例的增加,产卵前期缩短、产卵期延长、寿命延长^[5-6];亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 随性比值的增加,产卵量呈先增加后降低的趋势^[7],这些研究结果均表明昆虫性比会影响其种群中雌雄虫寿命、交配行为、产卵量等生殖过程。

明确害虫种群中的雌雄性比对雌雄成虫的寿命及生殖力的影响,可以为应用昆虫性信息素防控害虫提供相应的理论基础^[8-10]。目前,关于大豆食心虫的研究报道主要涉及环境温度^[11]、生物防治^[12-14]、预测预报^[15-21]、防治技术^[22]及地理种群遗传分化^[23-24]等方面,关于大豆食心虫成虫性比对其寿命及种群生殖力研究未见报道。本研究通过田间大豆食心虫自然种群成虫性比动态调查,结合室内设置不同雌雄成虫比例进行饲养观察,分析明确性比因素在大豆食心虫种群发生发展中的作用,以期开展大豆食心虫发生为害预测预报和利用性诱剂诱杀雄成虫等绿色综合防治技术研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 试验地概况 试验在吉林农业大学大豆区域技术创新中心科研基地试验田(43°05′58.8″N, 124°18′43.19″E)进行,试验地全年不施药,以确保所监测大豆食心虫自然种群动态的客观性。

1.1.2 供试虫源 室内供试大豆食心虫虫源采集于2016年9月下旬田间自然发生的大豆食心虫老熟幼虫,将成熟收获的大豆植株放置于晾晒场地面,每日16:00左右于豆株下地面采集脱荚的老熟幼虫,每10头放入内含30 mL 无菌土的带孔离心管

内(50 mL),无菌土湿度控制在20%左右,将带有幼虫的离心管置于-10℃冰箱中越冬待用。

于2017年7月中旬,将上述越冬后幼虫单头置于内含5 mL 无菌土的带孔离心管内(10 mL),无菌土(干燥箱120℃高温灭菌2 h)湿度控制在20%左右(加纯净水搅拌至用手捏能成团,放下即散状态)。每天对大豆食心虫幼虫的状态和化蛹情况进行观察记录。待幼虫化蛹后,在解剖镜下鉴定蛹的性别^[25],并按雌雄分开饲养,连续观察至成虫羽化备用。

1.1.3 主要仪器设备 解剖镜(OLYMPUS SZ51,日本);人工气候箱(RXZ 智能人工气候箱,宁波江南仪器厂);干燥箱(ZXFD-A5250);冰箱(HX-30-80E);塑料养虫罐(高15 cm、直径6 cm);捕虫网(孔径60目);脱脂棉、镊子、培养皿、50 mL的带孔离心管、10 mL的带孔离心管;75%酒精等。

1.2 方法

1.2.1 田间自然种群成虫性比动态调查 2017年8月5-31日,隔日调查1次,共调查14次,于傍晚在大豆田中随机网捕采集大豆食心虫成虫30头,将所采集到的成虫标本浸于盛有75%酒精的50 mL离心管中,带回室内于解剖镜下鉴定性别^[26],记录统计大豆食心虫成虫田间自然种群的性比动态。

1.2.2 室内成虫不同性比对其寿命及产卵量研究 依据雌雄比例试验设置7个处理,雌雄比分别为1:4、1:3、1:2、1:1、2:1、3:1、4:1。从1.1.2虫源中,取同一天羽化的大豆食心虫雌、雄虫按不同性比处理放入养虫罐中,罐内预置带有3~4个豆荚的10 cm左右新鲜豆枝,并以10%蜂蜜水饲喂成虫。将养虫罐放置于25±1℃,光周期L:D=16 h:8 h,相对湿度60%±10%的人工气候箱内,每日观察其雌雄成虫的活动情况,适时更换养虫罐内豆枝。系统记录各处理养虫罐中雌虫产卵时间、产卵数量及雌雄成虫死亡时间,每个处理10次重复。

1.2.3 大豆食心虫不同性比与单雌产卵量之间关系模型的拟合 根据1.2.2调查结果中性比变化与平均单雌产卵量的对应关系,以性比 x 为自变量,雌虫产卵量 y 为因变量,采用DPS 9.0一元非线性回归模型的分析法,建立数学模型 $y=f(x)$ 。

1.3 数据分析

使用Excel 2010进行数据的统计与整理、采用DPS 9.0进行数据的差异显著性分析及模型拟合、利用Matelab 2016a作图。

2 结果与分析

2.1 大豆食心虫田间自然种群成虫性比动态

2.1.1 大豆食心虫田间自然种群雌雄成虫数量动态分析 成虫发生时间动态调查结果如图 1 所示: 8 月初始见成虫,雄虫所占比例明显高于雌虫,于 8 月 17 - 19 日左右雌、雄虫数量相近,此后,雌虫随

时间推移逐渐多于雄虫,而雄虫数量所占比例则随时间推移逐渐降低。田间自然种群雌雄虫数量所占比例动态分别符合一次函数模型: $y_{\text{♀}} = 6.1176 + 0.7110x$ ($R^2 = 0.9039$; $F = 112.8428$; $P = 0.0001$); $y_{\text{♂}} = 24.7374 - 0.8231x$ ($R^2 = 0.9450$; $F = 206.2251$; $P = 0.0001$)。

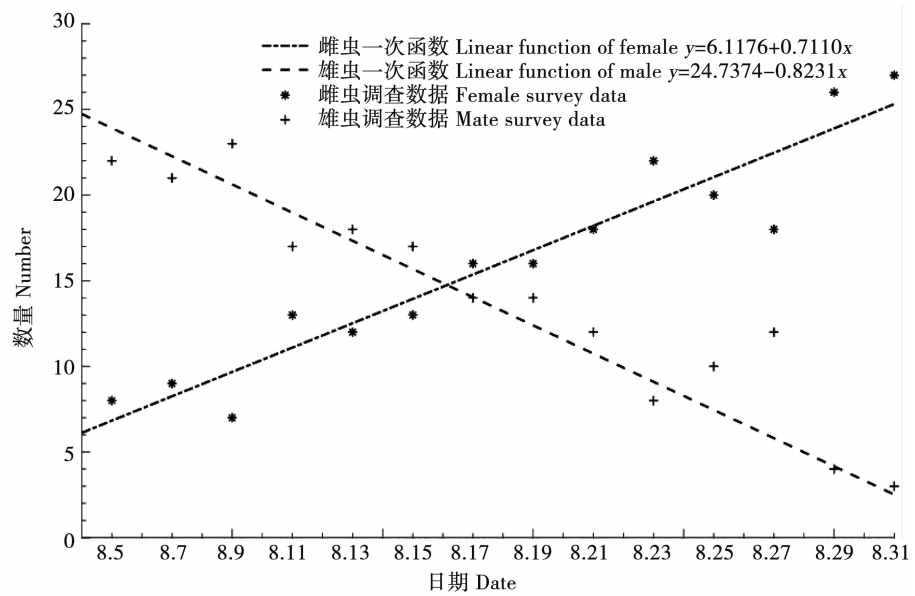


图 1 大豆食心虫田间雌雄虫发生相对数量动态

Fig.1 Relative quantitative dynamics of male and female *L. glycinivorella* in soybean

2.1.2 大豆食心虫田间自然种群成虫性比动态分析 由图 2 可知,大豆食心虫田间自然种群成虫性比随发生时间推移逐渐增加。于 8 月 20 日左右性

比达到 1:1,大豆食心虫田间自然种群成虫性比时间动态符合指数函数模型: $y_{\text{♀:♂}} = 0.0321 \exp(0.2076x)$ ($R^2 = 0.8905$; $F = 97.6331$; $P = 0.0001$)。

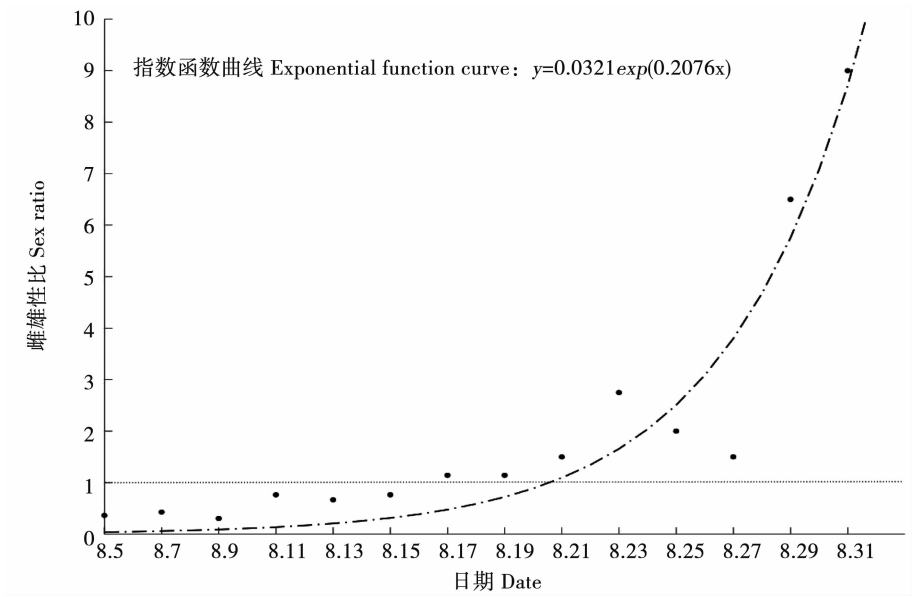


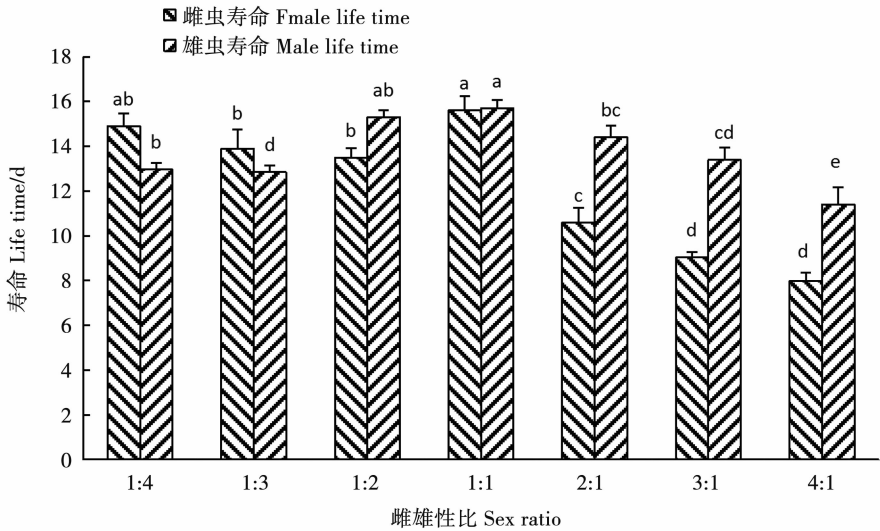
图 2 大豆食心虫田间成虫性比时间动态变化曲线

Fig.2 Time dynamic change curve of sex ratio of *L. glycinivorella* in field

2.2 性比对大豆食心虫成虫寿命的影响

由图 3 可知,大豆食心虫性比对其雌雄成虫寿命均有显著影响。当雌雄比为 1 时,雌雄成虫寿命均最长,分别为 15.6 和 15.7 d 当雌雄比小于 1 时,

雌性比例增加,大豆食心虫雄虫寿命延长,雌虫寿命则缩短;当雌雄比大于 1 时,雌性比例增加,大豆食心虫雌雄虫寿命均缩短。无论在偏雌或者偏雄状态,雌雄成虫寿命均显著降低。



不同小写字母表示不同性比间差异显著($P<0.05$)。下同。
Different lowercase mean there is significant difference between different sex ratios ($P<0.05$). The same below.

图 3 大豆食心虫成虫性比对其成虫寿命的影响

Fig. 3 Effect of sex ratio on adult lifetime of *L. glycinivorella*

2.3 雌雄性比对大豆食心虫雌虫生殖力的影响

2.3.1 对雌虫产卵前期与产卵期的影响 大豆食心虫不同性比对其雌虫产卵期和产卵前期均有显著影响。不同性比处理条件下,雌雄比小于 1 时,大豆食心虫雌虫产卵期随雌雄比值的增大而显著延长;雌雄比大于 1 时,雌虫产卵期随雌雄比的增大而

显著缩短;当雌雄比为 1 时,产卵期最高为 8.1 d,显著长于其它处理(图 4a)。产卵前期随雌雄比值的增加而缩短,雌雄比小于 1 时,各处理间无显著差异,但显著长于雌雄比大于等于 1 时的产卵前期(图 4b)。可见,当大豆食心虫种群成虫雌雄比为 1:1 时,其雌成虫的产卵期最长,且产卵前期较短。

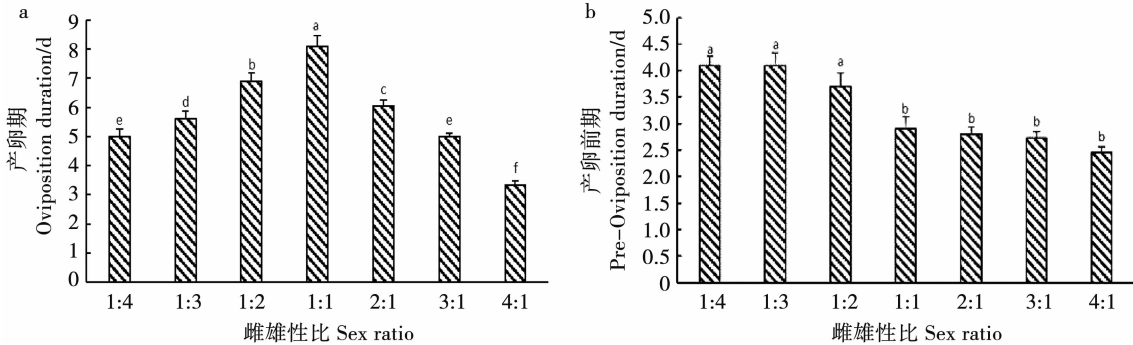


图 4 大豆食心虫成虫性比对其雌成虫产卵期(a)与产卵前期(b)的影响

Fig. 4 Effect of insect sex on spawning period (a) and pre-spawning period (b) of adult *L. glycinivorella*

2.3.2 对雌虫产卵量的影响 大豆食心虫不同性比对其雌虫产卵量亦有显著影响,雌虫产卵量随雌雄比值的增加而减少。当雌雄比为 1:4 时,雌虫的产卵量最高,为 82.4 粒,除与雌雄比为 1:3 时无显著差异外,显著高于其它性比处理;雌雄比为 1:3 与

1:2 之间亦无显著差异,但显著高于雌雄比大于等于 1 的处理;当雌雄比大于 1 时,各处理间无显著差异,但均显著低于雌雄比 1:1 处理(图 5)。可见,减少种群中雄虫比例有抑制雌虫产卵的效果。

将大豆食心虫种群成虫雌雄比值与对应其雌

虫产卵量结果进行一元非线性回归模型拟合,得到大豆食心虫雌雄比 x 与雌虫产卵量 y 之间符合指数函数模型: $y = 101.7407 \exp(-0.1742x)$ ($R^2 = 0.9348$; $F = 71.6947$; $P = 0.0004$)。该模型可用于田间利用性诱剂诱杀法防治大豆食心虫效果的评价。

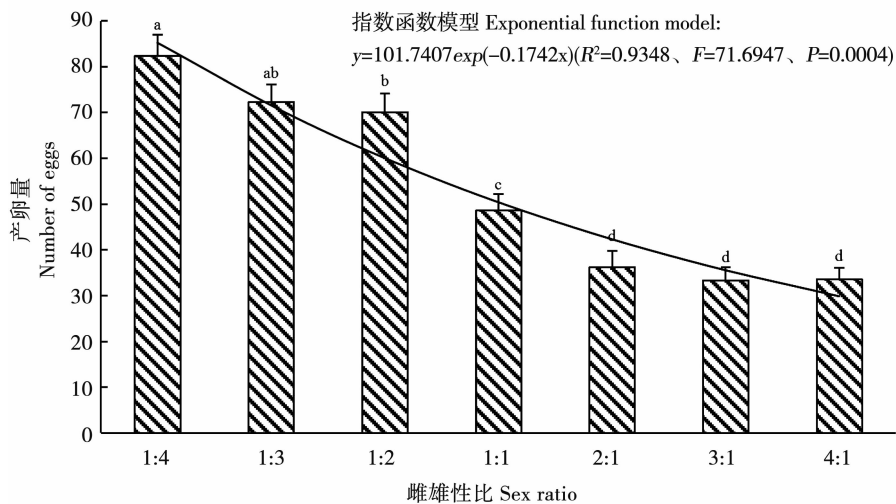


图5 大豆食心虫成虫性比对其雌虫产卵量的影响

Fig. 5 The effect of *L. glycinivorella* sex ratio on the number of eggs laid by females

3 讨论

昆虫成虫的寿命和生殖力,不仅与外界环境条件、营养条件以及其自身生理状况有关,还与其种群内雌雄间的性比密切相关^[3]。昆虫种群中的雌雄性比对雌雄成虫的寿命及生殖力的影响是导致其在生境中数量变动的主要影响因素之一,并且可以为应用昆虫性信息素防控害虫提供相应的理论基础^[8-10]。本研究结果表明,大豆食心虫田间种群成虫雌雄性比随着发生时期的延续而逐渐增大,即雌成虫比例随时间延续而逐渐增加,雄成虫则随时间延续而逐渐减少,其成虫性比的时间动态规律符合指数函数模型: $y = 0.0321 \exp(0.2076x)$ 。性比对大豆食心虫成虫寿命、产卵期、产卵前期及产卵量均可产生显著影响。

大豆食心虫成虫无论在偏雄或偏雌的条件下,随着雄虫或雌虫比例的增加,其雌雄虫寿命均表现出缩短的趋势,雌雄比为1时雌雄虫寿命最高,该结果与唐荣^[27]研究得出的眉斑并脊天牛雌雄比为1时雌雄虫寿命均最高和李敏敏等^[4]研究得出的草地螟成虫不同性比条件下随着雌虫数量的增加雌虫寿命呈降低趋势的研究结果类似。可见,这些昆虫种群成虫性比失衡均表现为明显的寿命消耗现象。此外,大豆食心虫雌成虫产卵期表现为雌雄比大于1时,随雌虫所占比例增加而缩短的趋势,而雌雄比小于1时,则为随雌虫所占比例增加而延长的

趋势,与何超等^[28]对井上蛀果斑螟的研究结果趋势相似。产卵前期则随着雄虫比例增加而有所延长,与李敏敏等^[4]研究草地螟和姚永生等^[5]研究棉铃虫随雄虫比例增加而缩短的结果相反。可见,性比失衡同时亦表现为产卵期和产卵前期的缩短或延长的现象。大豆食心虫不同性比对雌虫产卵量的影响表现为随着雌雄比的增加而下降的趋势,该结果与刘瑞林等^[7]研究亚洲玉米螟的结果相反。本研究进一步证明了昆虫种群的性比会影响到昆虫的生殖力和寿命,且性比值无论偏低或偏高均由于个体间的求偶竞争而影响了雌雄虫之间的交配生殖能力,并且缩短了雌雄成虫的寿命。

昆虫性信息素在害虫的防治过程中作为一种新型绿色防治技术,具有不污染环境、不伤害天敌、不产生抗性等特点。田间利用性信息素防治害虫主要利用性诱剂诱杀雄成虫,通过调节减少田间雄性成虫比例,干扰其成虫正常交尾、产卵等行为,进而达到有效降低其种群生殖力的目的。目前已在多种重要害虫的防治过程中应用,生产中常见的有梨小食心虫(*Grapholita molesta*)^[29]、桃小食心虫(*Carpocapsa sasakii*)^[30]和苹果蠹蛾(*Cydia pomonella*)^[31]等,在实际应用中取得了良好的防治效果。本研究也证实了降低大豆食心虫种群成虫雄虫比例可有效降低雌虫产卵量的结果,同时所获得的大豆食心虫成虫雌雄比与雌虫产卵量之间的指数函数模型 $y = 101.7407 \exp(-0.1742x)$ 可用于田间

利用性诱剂诱杀法防治大豆食心虫效果的评价。该结果为大豆食心虫的预测预报、田间综合防治,以及科学评价应用性信息素防治效果提供了理论依据。

本研究仅分析了大豆食心虫性比对其种群结构、寿命及生殖力等生物学特性的影响,未对所产卵的孵化率(受精率)进行检测,关于性比对雌雄交尾活动及产卵行为等的影响以及如何对生产实际中利用性信息素田间诱杀雄虫防治食心虫效果进行评价仍需进一步的深入探究。

4 结 论

大豆食心虫自然种群田间成虫雌雄性比动态表现为指数增长模型,雄虫羽化早于雌虫,雌雄性比表现为随时间的推移而增大的趋势。大豆食心虫性比变化显著影响成虫的寿命及生殖力。雌雄比为 1:1 时,雌雄虫寿命和产卵期均最长,以此为分界,随着雌雄比值的增加或减少,其寿命和产卵期均缩短。雌雄比小于 1 时雌虫的产卵量均显著高于雌雄比大于等于 1 时,大豆食心虫成虫性比与单雌产卵量之间的关系符合指数函数模型,随雌雄成虫比例增大产卵量降低。可见,通过性诱剂诱杀减少田间种群中雄虫比例可有效降低雌虫的产卵量。

参考文献

[1] 祝天天,王保君,徐浪,等. 大豆食心虫与大豆产量的关系研究[J]. 山西农业科学, 2013, 41(5): 485-487. (Zhu T T, Wang B J, Xu L, et al. The influence of soybean pod borer on soybean yield[J]. Shanxi Agricultural Science, 2013, 41(5): 485-487.)

[2] 王继安,罗秋香. 大豆食心虫抗性品种鉴定及抗性性状分析[J]. 中国油料作物学报, 2001(2): 58-60. (Wang J A, Luo Q X. Identification of resistant varieties of *Leguminivora glycinivorella* and analysis of resistance traits[J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2001(2): 58-60.)

[3] 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(S3): 8-13. (Zhang S M, Yang M X. Preliminary study on insect sex ratio[J]. Journal of Jiangxi Agricultural University, 1986(S3): 8-13.)

[4] 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. (Li M M, Cheng Y X, Xiao Y H, et al. Effects of sex ratio on reproductive potential and longevity of the *Laxostegesticialis* [J]. Chinese Journal of Applied Entomolog, 2014, 51(6): 1589-1596.)

[5] 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. (Yao Y

S, Zhang M, Pan C J, et al. Effects of different sex ratio structures of *Helicoverpa armingera* adults on fecundity[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(10): 4351-4353.)

[6] 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. (Liu D Z, Yang R M. Preliminary observation on the spawning habits of *Helicoverpa armingera* adults under different sex ratio structures [J]. Jiangxi Plant Protection, 2003, 26(4): 162-163.)

[7] 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(自然科学版), 1983(2): 93-96. (Liu R L, Wang X S, Fu M S, et al. The effect of different sex ratios on the fecundity of female *Ostrinianaubilalis*[J]. Journal of Shanxi University (Natural Science Edition), 1983(2): 93-96.)

[8] 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. (Gong Y J, Lu H, Shi B C, et al. Effects of different sex ratios on propagate of *plutellaxylostella* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47(1): 63-66.)

[9] 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. (Wang Y Q, Li L T, Liu L, et al. Mating behavior and fecundity of *Athetislepigone* [J]. Hebei Agricultural Science, 2011, 15(9): 4-6.)

[10] 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. (Ma Y F, Li Z Y, Xiao C, et al. Mating behavior of *Phthorimaea operculella* Zeller[J]. Chinese Journal of Applied Entomolog, 2011, 48(2): 355-358.)

[11] 史树森,崔娟,徐伟,等. 温度对大豆食心虫卵和幼虫生长发育的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(2): 250-255. (Shi S S, Cui J, Xu W, et al. Effects of temperature on growth of *Leguminivora glycinivorella* eggs and larva[J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2014, 36(2): 250-255.)

[12] 臧连生,宋丽威,原晓华,等. 四种本地赤眼蜂对不同日龄大豆食心虫卵的寄生反应[J]. 植物保护学报, 2012, 39(4): 381-382. (Zang L S, Song L W, Yuan X H, et al. Parasitism activity of four indigenous *Trichogramma* special on eggs of different ages of the soybean pod borer, *Leguminivora glycinivorella* [J]. Journal of Plant Protection, 2012, 39(4): 381-382.)

[13] 林英,宋丽威,臧连生,等. 三种本地赤眼蜂对大豆食心虫卵的寄生潜能[J]. 中国农业科学, 2014, 47(19): 3810-3816. (Lin Y, Song L W, Zang, L S, et al. The parasitic potential of three native *Trichogramma* on the eggs of *Leguminivora glycinivorella* [J]. Science Agricultural Sinica, 2014, 47(19): 3810-3816.)

[14] 罗宝君. 不同赤眼蜂蜂种对大豆食心虫的防治效果[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(12): 141-143. (Luo B J. Control effects of different species of *Trichogramma* on *Leguminivora glycinivorella* [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(12): 141-143.)

[15] 顾成玉,李长祥,梁艳春,等. 大豆食心虫发生数量预测预报技术的研究[J]. 大豆科学, 1983(3): 207-216. (Gu C Y, Li C X, Liang Y C, et al. Study on forecasting and forecasting techniques

of *Leguminivora glycinivorella* [J]. Soybean Science, 1983 (3): 207-216.)

[16] 高月波,卢宗志,孙雅杰,等. 大豆食心虫预测预报的研究与应用[J]. 吉林农业科学,2005(3): 18-20, 37. (Gao Y B, Lu Z Z, Sun Y J, et al. Research and application of prediction and prediction of *Leguminivora glycinivorella* [J]. Jilin Agricultural Science, 2005(3):18-20, 37.)

[17] 范遗恒,陈雅娟. 大豆食心虫发生量预测预报研究[J]. 大豆科学,1995(3):241-245. (Fan Y H, Chen Y J. Prediction and prediction of the incidence of *Leguminivora glycinivorella* [J]. Soybean Science,1995(3): 241-245.)

[18] 顾成玉,梁艳春,张广芝,等. 大豆食心虫发生规律及预测技术的研究[J]. 病虫测报, 1991(1): 9-10. (Gu C Y, Liang Y G, Zhang G Z, et al. Study on the occurrence regularity and prediction technology of *Leguminivora glycinivorella* [J]. Pest Test, 1991 (1):9-10.)

[19] 甄丽萍,邓华玲. 人工神经网络在大豆食心虫食率预测中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究,2011,27(3):263-267. (Zhen L P, Deng H L. Application of the artificial neural network in the prediction of the feeding rate of *Leguminivora glycinivorella* Mats [J]. Systems Science and Comprehensive Studies in Agricultural, 2011,27(3):263-267.)

[20] 祁雪莲,邓华玲,徐丹,等. 数量化理论模型在大豆食心虫食率的预测中的应用[J]. 国土与自然资源研究,2012(4): 95-96. (Qi X L, Deng H L, Xu D, et al. Application of quantitative theory in predicting moth-eaten ratio [J]. Territory and Natural Resources Study, 2012(4): 95-96.)

[21] 祁雪莲,邓华玲,徐丹,等. 数量化理论在预测大豆食心虫发生概率上的应用[J]. 大豆科学, 2012, 31(4): 640-644,648. (Qi X L, Deng H L, Xu D, et al. Application of quantitative theory in predicting occurrence of soybean pod borer [J]. Soybean Science, 2012, 31(4): 640-644, 648.)

[22] 孟祥海,梁嘉陵,时新瑞,等. 牡丹江丘陵区大豆食心虫发生规律及生物防治效果研究[J]. 大豆科学,2012,31(2):324-326. (Meng X H, Liang J L, Shi R X, et al. Biological control effect and occurrence regularity of *Leguminivora glycinivorella* in Mudanjiang hilly areas [J]. Soybean Science, 2012, 31(2): 324-326.)

[23] 史树森,崔娟,朱诗禹,等. 基于线粒体 COI 基因序列的大豆食心虫不同地理种群遗传分化[J]. 植物保护学报,2018,45(2): 214-222. (Shi S S, Cui J, Zhu S Y, et al. Genetic differentiation among geographic populations of *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Olethreutidae) based on mitochondrial COI gene sequences [J]. Journal of Plant Protection, 2018,45(2):214-222.)

[24] 朱诗禹,徐伟,高宇,等. 基于线粒体 CO II 基因的中国大豆食心虫不同地理种群遗传分化分析[J]. 昆虫学报,2017,60(4): 475-486. (Zhu S Y, Xu W, Gao Y, et al. Analysis of the genetic differentiation among geographic populations of *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Olethreutidae) in China based on mitochondrial CO II gene sequences [J]. Acta Entomologica Sinica, 2017,60(4):475-486.)

[25] 刘友樵,李广武. 中国动物志. 昆虫纲. 第二十七卷,鳞翅目,卷蛾科[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 380. (Liu Y Q, Li G W. Chinese zoology. Insecta. Vol. 27, Lepidoptera , Tortricidae [M]. Beijing: Science Press, 2002: 380.)

[26] 张军,杜茜,王振营,等. 一种快速鉴别亚洲玉米螟雌雄的方法[J]. 应用昆虫学报,2013,50(5):1484-1488. (Zhang J, Du Q, Wang Z Y, et al. A method for the rapid sex determination of pupae of the *Ostrinia furnacalis* [J]. Chinese Journal of Applied Entomolog, 2013, 50(5):1484-1488.)

[27] 唐荣. 眉斑并脊天牛的性冲突行为研究[D]. 南宁: 广西大学,2019. (Tang R. Study on sexual conflict behavior of *Glenea acantor Fabricius* [D]. Nanning: Guangxi University,2019.)

[28] 何超,沈登荣,尹立红,等. 不同性比对井上蛀果斑螟成虫寿命及生殖力的影响[J]. 植物保护,2017,43(5):62-66,118. (He C, Shen D R, Yin L H, et al. Effect of different sex ratios on longevity and fecundity of adults of *Assara inouei* Yamanaka [J]. Plant Protection, 2017,43(5):62-66,118.)

[29] 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(5):107-109. (He C, Tai Y Q, Zhou T C, et al. Experiment of mating disruption control *Grapholitha molesta* busck by using sex pheromone [J]. Northwest Agricultural Journal,2008(5):107-109.)

[30] 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. (Xue Y H, Ma R Y, Li X W, et al. Research and application of sex pheromone of *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2010, 26(2): 211-216.)

[31] 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. (Zhai X W, Liu W X, Zhang G F, et al. Advances in the research and application of sex pheromones of the *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2009, 52(8): 907-916.)