

# 褐飞虱短翅型雌虫延迟交配对其繁殖的影响

龙颖, 侯茂林\*, 杨晓, 石保坤

(植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

**摘要** 延迟交配往往影响昆虫的繁殖和寿命。本文研究了褐飞虱短翅型雌虫延迟交配对其寿命、产卵量及累计产卵率的影响。结果表明雌虫寿命在不同日龄交配雌虫之间存在明显差异。羽化后 2、4、6、8、10 d 交配的雌虫, 随着交配日龄的增加, 寿命延长。4 日龄后随着交配日龄的增加, 雌虫产卵量逐渐降低。其中 4 日龄交配雌虫的产卵量最高, 约 337 粒; 10 日龄产卵量最低, 约 168 粒。不同日龄交配雌虫的累计产卵率差异不明显。

**关键词** 褐飞虱; 延迟交配; 寿命; 产卵量

**中图分类号:** S 435.112.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2010.06.008

## Effects of delayed mating on reproduction in brachypterous females of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*

Long Ying, Hou Maolin, Yang Xiao, Shi Baokun

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract** Delayed mating usually affects insect's reproduction and longevity. Effects of delayed mating on longevity, fecundity and cumulative egg-laying rate were investigated for brachypterous females of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. The results showed that, when the females were paired with males at the ages of 2, 4, 6, 8 and 10 d after emergence, females mated at older ages lived longer than those mated at younger ages. Females mated at 4, 6, 8 and 10 d after emergence showed decreasing fecundity with the increase of the age at mating; females mated at 4 d after emergence oviposited the most (about 337 eggs per female) and females mated at 10 d after emergence, the lowest (about 168 eggs per female). There were no significant differences in cumulative egg-laying rates between females mated at different ages.

**Key words** *Nilaparvata lugens*; delayed mating; longevity; fecundity

褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål), 是水稻上重要的远距离迁飞性害虫, 为害水稻时, 不仅直接刺吸水稻汁液, 而且取食形成的伤口和产卵造成的伤痕可破坏稻株内水分和养分的输导; 此外, 它们还能传播病毒病, 造成水稻减产或绝收<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 60 年代以来, 随着东南亚国家推广有利于种群增长的品种和栽培措施, 褐飞虱逐渐发展成亚洲许多国家水稻上的头号害虫。自 20 世纪 70 年代初以来, 褐飞虱在我国为害程度也明显上升, 尤以 1991 年为害最甚。据全国统计, 当年褐飞虱的为害面积占全国水稻种植面积的 60%, 直接经济损失达 50 亿元<sup>[2]</sup>。

进入 21 世纪以来, 褐飞虱种群连年暴发<sup>[3-4]</sup>。

研究表明, 褐飞虱的种群消长与气候、食物及天敌因素密切相关, 特别是田间小气候直接影响成虫的繁殖和若虫的生长发育, 进而影响褐飞虱的发生为害程度<sup>[5]</sup>。在田间, 不利的环境因素影响褐飞虱的繁殖行为, 可能导致交配延迟。其中, 褐飞虱短翅型雌虫较长翅型雌虫对环境因子的敏感度更高, 且对生产造成的直接损失更大<sup>[6-7]</sup>。目前, 在对一些鳞翅目害虫的研究中发现, 延迟交配可明显降低雌虫产卵量、卵孵化率等, 而关于延迟交配对褐飞虱影响的研究, 却很少有报道<sup>[8]</sup>。为了综合评价延迟交配

对褐飞虱短翅型雌虫繁殖的作用,本文研究了褐飞虱短翅型雌虫交配时序对其寿命、总产卵量和产卵率的影响,以期对褐飞虱种群的预测和合理防治提供指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试虫源和稻苗

褐飞虱在 60 目笼罩内采用拔节期至孕穗期无虫水稻苗(‘II 优明 86’)群体饲养。初始种群采集于中国水稻研究所试验田,已在温室内连续饲养一年。本试验中,将温室 $[(30 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、L//D=16 h//8 h、RH60%~85%]群体饲养种群中的褐飞虱 5 龄若虫转移到新的笼罩稻株上,每隔 12 h 将初羽化的成虫分雌、雄移入到装有无虫苗的笼罩中单独饲养,分别标记羽化时间。由于雄虫在羽化后 24 h 内不能交配<sup>[7]</sup>,这样保证所用的雌雄虫均未交配。

### 1.2 试验设计

将温室培育的无虫苗稻茎(12 cm)装入有水稻培养液的玻璃试管(内径 2.5 cm,高 15 cm),每管接入褐飞虱单对雌雄虫,以纱布封口。试验中雌虫为短翅型,雄虫为 2~3 日龄长翅或短翅型,在配对 4 h 后移走。根据配对时雌虫日龄,设置 5 种处理,即雌虫 2、4、6、8、10 日龄。玻璃试管置于人工气候箱 $[(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、L//D=16 h//8 h、RH60%]内。

配对的雌虫用于观察不同交配时序状况下的寿命、产卵量和产卵率。交配次日更换稻茎,此后隔日更换稻茎,将更换下来的稻茎放入新玻璃管中,每 2 d 更换营养液,在上述条件下培养 6 d 后连续 7 d 逐日计数孵化出来的若虫数量,然后解剖产卵部位计数未孵化卵粒数。每天检查雌虫的存活状况,同时统计雌虫交配后 15 d 内产卵量(据作者试验观察,雌虫交配 15 d 后几乎不产卵)。如果雌虫死亡,试验结束,死亡当天解剖检查雌虫的精包数,以确定雌虫是否交配,未交配雌虫不计入数据分析。每个处理重复 20 次。

### 1.3 数据统计分析

采用 SPSS 13.0 进行 ANOVA 分析之后,用 LSD 多重比较法确定差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 延迟交配对褐飞虱短翅型雌虫寿命的影响

雌虫交配时序对其寿命的影响存在明显差异

( $F=5.813$ , $df=4,104$ , $p<0.001$ )(图 1)。雌虫 2、4、6、8、10 日龄交配时,其平均寿命分别为 17.0、17.9、19.3、21.3 d 和 22.0 d,即随着雌虫交配日龄的增加,其寿命延长。8 日龄交配雌虫的寿命显著长于 2 日龄和 4 日龄交配雌虫的寿命,10 日龄交配雌虫寿命显著长于 2 日龄、4 日龄和 6 日龄交配雌虫寿命。但 8 日龄和 10 日龄之间及 2 日龄、4 日龄和 6 日龄之间均没有显著差异。

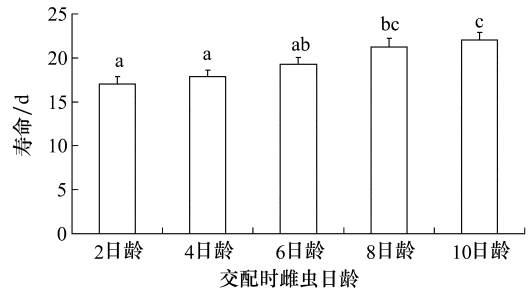


图 1 延迟交配对褐飞虱雌虫寿命的影响

### 2.2 延迟交配对褐飞虱短翅型雌虫产卵量的影响

雌虫交配时序对其产卵量的影响也存在显著差异( $F=7.505$ , $df=4,104$ , $p<0.001$ )(图 2)。羽化后 2、4、6、8、10 日龄交配雌虫的平均总产卵量分别为 262.4、337.5、266.7、232.8 粒和 168.5 粒。4 日龄后随着交配日龄的增加,雌虫产卵量逐渐减少。其中 4 日龄交配雌虫的产卵量显著高于其他日龄交配雌虫的产卵量,10 日龄交配雌虫的产卵量显著低于其他处理。而 2 日龄、4 日龄和 6 日龄处理之间产卵量均没有显著差异。

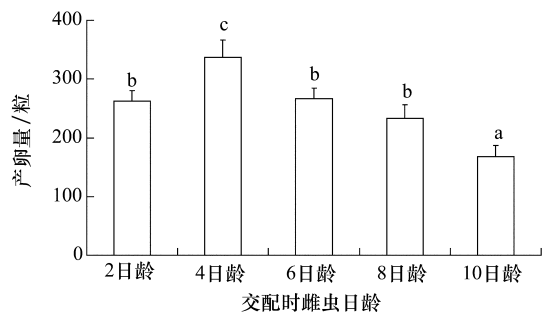


图 2 延迟交配对褐飞虱雌虫产卵量的影响

### 2.3 延迟交配对褐飞虱短翅型累计产卵率的影响

图 3 表明,在交配后 15 d 内,不同日龄交配雌虫的累计产卵率变化趋势基本一致。交配后第 1 天,2 日龄交配雌虫的产卵率显著低于 7 日龄交配雌虫的产卵率( $\chi^2$  检验, $p<0.05$ );交配后第 5、7、9

天,2日龄交配雌虫的累积产卵率最低,而10日龄交配雌虫的产卵率最高,差异分别为7.1%、7.3%、8.1%,但是不同日龄交配雌虫的累计产卵率之间没有显著差异。

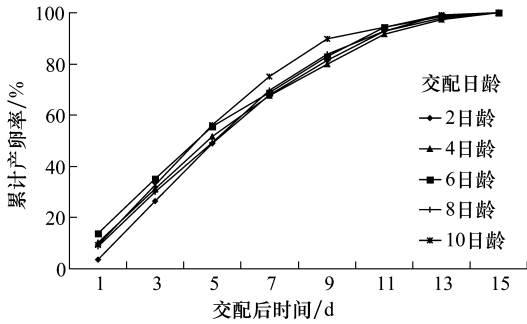


图3 延迟交配对不同日龄褐飞虱累计产卵量的影响

### 3 结论与讨论

延迟交配在动物界是一种非常普遍的行为,是指动物的交配行为在环境中可能受各种因素的影响,不能在正常时间进行而延迟。延迟交配昆虫交配行为及生殖行为都有显著影响,尤其是雌虫交配成功率、产卵前期、产卵时间、产卵期、产卵量、卵的孵化率以及雄虫精子接受能力等等都受延迟交配影响<sup>[6,8]</sup>。

本文以褐飞虱为研究对象,研究延迟交配褐飞虱短翅型雌虫寿命、产卵量及累计产卵率的影响,结果表明延迟交配不同日龄褐飞虱短翅型雌虫寿命、产卵量及累计产卵率都有一定影响。褐飞虱短翅型雌虫寿命在不同交配日龄条件下,存在明显差异。Torres-Vila 等人<sup>[9]</sup>认为延迟交配引起雌虫分配用于产卵的能量减少,使得多出来的能量被重新分配用于维持生命,还引起雌虫吸收部分来自卵的营养物质用于维持生命,所以雌虫寿命得以延长。本研究结果类似,随着雌虫交配日龄的增加,寿命延长。类似结果在玉米茎夜蛾<sup>[10]</sup> [*Busseola fusca* (Fuller)]、二化螟<sup>[11]</sup> [*Chilo suppressalis* (Walker)]和其他昆虫<sup>[12-14]</sup>中也有报道。但是在另一些昆虫中,如东方异丽金龟<sup>[15]</sup> (*Anomala orientalis* Waterhouse)和舞毒蛾<sup>[16]</sup> [*Lymantria dispar* (L.)],雌虫寿命不随交配日龄的增加而变化。Weninger 等人<sup>[15]</sup>由东方异丽金龟不同交配日龄处理间总产卵量差异不大,推断延迟交配不会导致该种雌虫利用卵的营养物延长寿命。这表明延迟交配不同昆

虫寿命的影响因昆虫种类不同有所差异。

本研究中,短翅型雌虫羽化4d后,随着交配日龄的增加,雌虫产卵量逐渐减少。其中4日龄交配雌虫的产卵量显著高于其他日龄交配雌虫的产卵量,约337粒,这可能是由于羽化后4d的雌虫交配最适宜种群的繁殖;10日龄交配雌虫产卵量显著低于其他处理,约168粒,这可能是延迟交配引起的。延迟交配导致产卵量下降通常是这样解释的:延迟交配可导致未交配雌虫卵母细胞的生成被阻断、减弱或卵细胞被虫体重吸收,从而引起产卵量下降<sup>[9]</sup>。延迟交配对其他昆虫<sup>[10-21]</sup>的影响也有很多类似的结果,雌虫繁殖能力均随着交配日龄增长而逐渐降低,如莘淡褐卷蛾<sup>[17]</sup> (*Epiplatys postvittana*)、角腹蠨<sup>[18]</sup> (*Nauphoeta cinerea*)、印度谷螟<sup>[21]</sup> [*Plodia interpunctella* (Hübner)]等。但在对宽边黄粉蝶<sup>[22]</sup> [*Eurema hecabe* (Linnaeus)]的研究中发现,交配日龄不影响雌虫总产卵量和雌虫寿命。本研究只测定了雌虫延迟交配对其本身一些生物学参数的影响,雌虫延迟交配对其后代有无影响,如卵孵化率、若虫生活力和发育等,还有待于进一步研究。

不同日龄交配短翅型雌虫的累计产卵率差异不明显。前人报道表明延迟交配会暂时改变产卵模式,同时会在交配后至第1次黄昏期间显著促进产卵,有时可达到2倍数量<sup>[9]</sup>。本研究中,雌虫累计产卵率在交配后前6d迅速上升,而后增长变缓,这可能是因为交配褐飞虱短翅型雌虫产卵有明显的促进作用,并且这种促进作用可以延续6d左右,这与棉铃虫<sup>[23]</sup> [*Helicoverpa armigera* (Hübner)]的报道结果相似。本试验中,10日龄交配雌虫的累计产卵率在交配后第5、7、9日均稍高于2、4、6、8日龄交配的雌虫,这表明交配日龄延迟会促使雌虫加快产卵。

褐飞虱雌雄虫均能振动腹部,发出由固体介质(寄主植株)传播的微弱声信号,用于交配前的个体间联系<sup>[24]</sup>。前人报道表明由于褐飞虱振动多发生在温度为26~28℃条件下,当温度高于33℃或低于20℃均不能正常求偶,声信号变得低沉无力,且鸣叫次数大大减少<sup>[25]</sup>,从而降低觅偶率,进一步引起延迟交配。因此,不适宜的温度可导致褐飞虱交配延迟。此外,其他气候因子也可能通过影响褐飞

虱个体间信号传播而导致交配延迟。综上所述,延迟交配降低褐飞虱雌虫生殖力,而田间不利的温度、湿度、风等因素可能导致交配延迟,所以在褐飞虱的预测预报中除考虑气候因子对褐飞虱发育的影响外,还应注意不利气候条件引起的延迟交配对其繁殖力的影响。

## 参考文献

- [1] 朱绍先, 邹楚中, 杜景祐. 褐飞虱及其防治[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984: 19 - 20.
- [2] 李汝铎, 丁锦华, 胡国文, 等. 褐飞虱及其种群管理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1996: 1 - 3.
- [3] 李金建. 大气背景对褐飞虱灾变性迁入影响的个案研究[D]. 江苏: 南京信息工程大学, 2008.
- [4] 刘爱红, 陈良娣, 陈良兴. 褐飞虱大发生特点与综合防治[J]. 现代农业科技, 2008(5): 107 - 108.
- [5] 戴华国. 高温对褐飞虱生长发育与繁殖的影响机制[J]. 科学技术与工程, 2002, 2(5): 75 - 76.
- [6] 张清泉, 张雪丽, 陆温, 等. 昆虫交配行为、繁殖适度和性信息素在国内的研究进展[J]. 广西农业科学, 2009, 40(2): 164 - 168.
- [7] 程遐年, 吴进才, 马飞, 等. 褐飞虱的研究与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 45 - 46.
- [8] 王香萍, 张钟宇. 延迟交配对昆虫生殖行为的影响以及与性信息素防治害虫的关系[J]. 昆虫知识, 2004, 41(4): 295 - 298.
- [9] Torres-Vila L M, Rodríguez-Molina M C, Stockel J. Delayed mating reduces reproductive output of female European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2002, 92: 241 - 249.
- [10] Unnithan G C, Paye S O. Factors involved in mating, longevity, fecundity and egg fertility in the maize stem-borer, *Busseola fusca* (Fuller) (Lep., Noctuidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 2009, 109(1-5): 295 - 301.
- [11] Jiao X, Xuan W, Sheng C. Effects of delayed mating and male mating history on longevity and reproductive performance of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lep., Pyralidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 2006, 130(2): 108 - 112.
- [12] Unnithan G C, Paye S O. Mating, longevity, fecundity, and egg fertility of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae): effects of delayed or successive matings and their relevance to pheromonal control methods [J]. Environmental Entomology, 1991, 20(1): 150 - 156.
- [13] Karalius V, Būda V. Mating delay effect on moths' reproduction: correlation between reproduction success and calling activity in females *Ephestia kuehniella*, *Cydia pomonella*, *Yponomeuta cognagellus* (Lepidoptera: Pyralidae, Tortricidae, Yponomeutidae) [J]. The Lithuanian Academy of Sciences, 1995, 5(3-4): 169 - 190.
- [14] Atanassov A, Shearer P W. Peach extrafloral nectar impacts life span and reproduction of adult *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 2005, 22(1): 41 - 47.
- [15] Wenninger E J, Averill A L. Effects of delayed mating on reproductive output of female oriental beetle *Anomala orientalis* (Coleoptera: Scarabaeidae) [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2006, 8(3): 221 - 231.
- [16] Proshold F I. Reproductive capacity of laboratory-reared gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae): effect of age of female at time of mating [J]. Journal of Economic Entomology, 1996, 89(2): 337 - 342.
- [17] Foster S P, Howard A J. The effects of mating, age at mating, and plant stimuli, on the lifetime fecundity and fertility of the generalist herbivore *Epiphyas postvittana* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 91(2): 287 - 295.
- [18] Moore P J, Moore A J. Reproductive aging and mating: the ticking of the biological clock in female cockroaches [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2001, 98(16): 9171 - 9176.
- [19] Jones V P, Aihara-Sasaki M. Demographic analysis of delayed mating in mating disruption: a case study with *Cryptophelbia illepida* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2001, 94(4): 785 - 792.
- [20] Chilton N B, Andrews R H, Bull C M. Delayed mating and the reproductive fitness of *Aponomma hydrosauri* (Acari: Ixodidae) [J]. International Journal for Parasitology, 1992, 22(8): 1197 - 1200.
- [21] Huang F, Subramanyam B. Effects of delayed mating on reproductive performance of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Journal of Stored Products Research, 2003, 39(1): 53 - 63.
- [22] Hiroki M, Obara Y. Delayed mating and its cost to female reproduction in the butterfly, *Eurema hecabe* [J]. Journal of Ethology, 1997, 15(2): 79 - 85.
- [23] 李国清, 慕莉莉, 韩召军. 交配对棉铃虫雌蛾生殖的调控[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(1): 27 - 30.
- [24] 张志涛, 殷柏涛, 陈伦裕. 褐稻虱发生机理模型和雌虫鸣声的人工模拟[J]. 中国水稻科学, 1991, 5(1): 29 - 36.
- [25] 姚青. 多功能昆虫鸣声信号采集与分析系统及其在褐飞虱声通讯研究中的应用[D]. 北京: 中国农业科学院, 2003.