

大猿叶虫交配行为的观察^{*}

匡先钜 刘兴平 徐 婧 肖海军 薛芳森^{**}

(江西农业大学昆虫研究所 南昌 330045)

Mating behavior of *Colaphellus bowringi*. KUANG Xian-Ju, LIU Xing-Ping, XU Jing, XIAO Hai-Jun, XUE Fang-Sen ^{**}(Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract The cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* Baly is a serious pest of crucifers. These beetles mate repeatedly within their lifespan. The mating behavior of the *C. bowringi* was systematically observed at a photophase of L: D = 12: 12 at 25°C for 7 consecutive days. The results were as follows: (1) Pairs mated on average (5.67 ± 0.26) times per day and the highest incidence of mating was 11. There were significant differences in mating frequency among different aged pairs. (2) Beetle spent an average of (238 ± 10) min mating per day, i. e. 33.5% of their total time. The longest recorded amount of time engaged in mating was 493 min per day; 68.5% of the total time. The total time spent mating per day was significantly different among different aged pairs. (3) Mating duration ranged from 8 to 289 min with a mean of (48 ± 2) min. In the course of one day, mating duration gradually shortened with increasing mating frequency. Mating duration was significantly different among different aged pairs. (4) The interval between two consecutive mating bouts ranged from 5 to 300 min with a mean of (75 ± 3) min. The interval between consecutive mating bouts significantly increased with age.

Key words *Colaphellus bowringi*, mating times, mating duration, mating interval

摘 要 大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是十字花科上的重要害虫, 一生能多次交配。本试验在 25°C, 光周期 L: D = 12: 12 条件下观察了大猿叶虫成虫连续 7 d 的交配行为。结果表明: (1) 每日平均交配 (5.67 ± 0.26) 次, 最高可达 11 次, 不同日龄间的交配次数存在显著差异。 (2) 平均每日用于交配的时间为 (238 ± 10) min, 占总时间的 33.5%, 最长可达 493 min, 占总时间的 68.5%, 不同日龄间的交配时间有极显著差异。 (3) 交配持续时间最短 8 min, 最长达 289 min, 平均为 (48 ± 2) min; 同一日内, 随着交配次数增加, 交配持续时间逐渐缩短; 不同日龄间的交配持续时间存在显著差异。 (4) 相邻两次交配之间的间隔时间最短 5 min, 最长 300 min, 平均交配间隔 (75 ± 3) min; 交配间隔时间随日龄的增加而明显延长。

关键词 大猿叶虫, 交配次数, 交配持续时间, 交配间隔时间

交配行为是两性生殖的昆虫繁殖后代的基本环节之一^[1], 也是昆虫选择最佳配偶以及产生后代的最重要最基本的过程, 也是具有重要进化意义的过程。目前, 对于昆虫的交配行为 (包括交配前, 交配期间和交配后的行为) 已引起了行为生态学家和进化生态学家的广泛兴趣, 因为交配行为的研究能够对昆虫交配系统的多样性与进化、性别选择和精子竞争甚至近缘种类的交配机制等提供合理的解释^[2~4]。在生殖季节中, 雌雄成虫通过不同的交配模式繁

育后代^[5,6], 多次交配 (multiple mating) 是昆虫繁衍后代所采取的一种典型的交配策略^[4]。昆虫的交配行为还受环境温度、光照, 食物等生态因子的影响^[7], 这些生态因子影响雄虫的求偶行为, 雌虫的接受性, 以及雌雄间的配偶选择

^{*} 资助项目: 国家自然科学基金 (30460074)、江西农业大学自然科学基金 (2949)。

^{**} 通讯作者, E-mail: xue_fangsen@hotmail.com

收稿日期: 2009-10-01, 修回日期: 2009-11-06

等^[2]。开展昆虫的交配行为的研究可以为今后开展昆虫交配系统的研究提供基础资料。

大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 在我国分布广泛^[8,9], 是白菜 (*Brassica chinensis*) 和萝卜 (*Raphanus sativus*) 等十字花科蔬菜的重要食叶性害虫, 以成虫在土中越夏和越冬。在田间, 该虫每年发生 2~4 代, 其中春季发生 1 代, 秋季发生 1~3 代。该虫具有分散繁殖的现象, 存在生活史的多样性^[10,11]。在田间和实验室条件下, 成虫一天中能多次交配, 交配发生在整个 24 h 的昼夜循环中但主要发生在白天, 有 2 个交配高峰, 分别出现在早晨 8 点和下午 4 点^[12]。

本试验系统观察了大猿叶虫的日交配时间、交配次数、交配持续时间和交配间隔时间等。目的在于探明它们之间的相互关系, 为进一步深入开展该虫的交配机制研究奠定基础, 也为该虫的生态管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试成虫来自江西农业大学昆虫研究所恒温养虫室 (25 ± 1) °C 连续繁殖的江西龙南种群第 7 代非滞育个体。

1.2 试验方法

成虫羽化后立即单个置于垫有保湿滤纸及新鲜白菜叶片的培养皿 ($d = 9$ cm, $h = 2$ cm) 中, 在 (25 ± 1) °C, 光周期 L:D = 12:12 的恒温养虫室内饲养。成虫以白菜叶片饲养, 每日更换新鲜饲料。雌雄成虫于羽化后的第 5 日 7:00 进行配对 (第 5 日龄成虫达到了性成熟, 配对成功率很高), 配对后立即观察成虫的交配情况, 每日观察从上午 7:00 开始至 19:00 结束, 连续观察 12 h。记录每次交配的起始时间和结束时间, 每日交配次数 (指每日 12 h 光期交配的次数, 下同), 交配持续时间 (指从雄虫阳茎插入雌虫生殖器至抽出的时间), 交配间隔时间 (指相邻两次交配的间隔时间)。试验共观察 50 对, 连续观察 7 d。如果成虫在观察期内不交配或死亡, 则在数据分析时将其排除。最

终进行分析的数据为 25 对。

1.3 数据处理

试验数据采用 SPSS12.0 数据处理系统进行统计分析。用 one-Way ANOVA 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 每日交配次数

根据室内观察, 大猿叶虫每日交配最少 1 次, 最高可达 11 次, 日平均交配 (5.67 ± 0.26) 次 (平均值 $\pm$ 标准误)。从图 1 看出, 大猿叶虫每日交配次数随日龄增大而减少。统计分析表明, 不同日龄间的交配次数存在显著差异 ($F_{(6, 168)} = 3.212$, $P = 0.005 < 0.01$)。

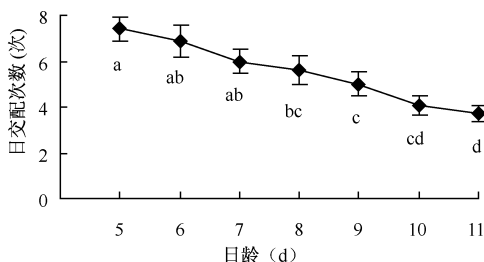


图 1 大猿叶虫每日交配次数的日龄变化 (25°C , L:D = 12:12)

注: 图中的误差线表示平均值 $\pm$ 标准误, 数据标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Duncan's 检测)。(下同)

2.2 每日总交配的时间

大猿叶虫每日用于交配的时间平均为 (238 ± 10) min, 占观察总时间 (720 min) 的 33.5%, 最长可达 493 min, 占总时间的 68.5%。从图 2 看出, 大猿叶虫每日用于交配的时间在前 4 d 随着日龄增大而减少, 而后略有上升。统计分析表明, 不同日龄间的交配时间有极显著差异 ($F_{(6, 168)} = 3.029$, $P = 0.008 < 0.01$)。

2.3 交配持续时间

大猿叶虫交配持续时间最短为 8 min, 最长可达 289 min, 平均交配持续时间为 (48 ± 2) min。从图 3 看出, 43.7% 的交配持续时间短于 30 min (430 次); 交配持续时间达 30~60 min, 占 32.6% (321 次); 61~90 min 占 11.5% (113

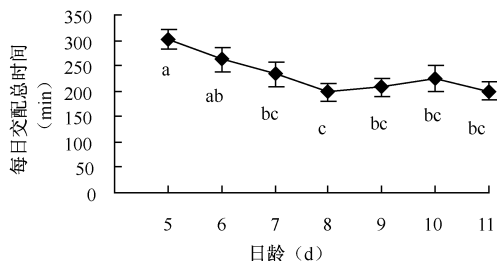


图2 大猿叶虫每日交配总时间的日龄变化 (25℃, L: D = 12: 12)

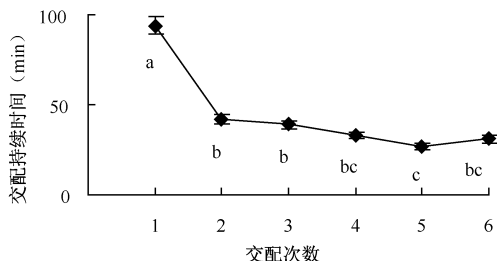


图5 大猿叶虫同一日内不同交配次数的交配持续时间 (25℃, L: D = 12: 12)

次); 91 ~ 120 min 占 6.2% (61 次); 120 min 以上的占 6.0% (59 次)。从图 4 看出, 交配持续时间随日龄增加而延长。统计分析表明, 不同日龄间的交配持续时间存在显著差异 ($F_{(6, 168)} = 2.563, P = 0.021 < 0.05$)。从图 5 看出, 在同一天中, 随着交配次数增加, 交配持续时间逐渐缩短, 其中第 1 次的交配持续时间显著长于第 2 ~ 6 次交配的持续时间 ($F_{(5, 144)} = 4.864, P = 0.000 < 0.01$)。

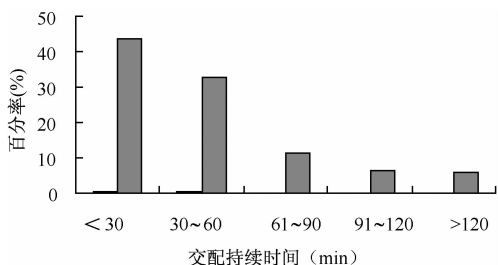


图3 大猿叶虫交配持续时间分布 (25℃, L: D = 12: 12)

而延长, 差异显著 ($F_{(6, 168)} = 3.243, P = 0.005 < 0.01$)。

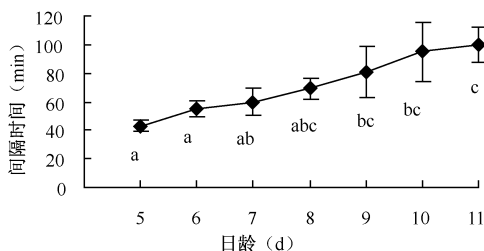


图6 交配间隔时间的日龄变化 (25℃, L: D = 12: 12)

3 讨论

多次交配行为对昆虫带来的利益已在一些昆虫中得到了证实, 并且提出了相应的物质利益和基因利益的 2 种假说^[13~16]。物质利益表现在, 通过多次交配, 可以获得营养以刺激其生殖生理及行为; 贮存足够的精子以繁殖更多的后代; 获得配偶的照顾等。基因利益表现在与不同的雄虫交配, 可以确保后代能遗传到优质基因, 增加后代的基因多样性, 以抵御不良环境。本试验结果揭示了大猿叶虫属于典型的多次交配的昆虫种类, 在一天中的光期平均能交配 6 次, 每日用于交配的时间占总时间的 33.5%, 且几乎每天如此。根据刘兴平的观察, 大猿叶虫只要每天交配 1 次连续 5 d, 就能使雌虫获得最大的生殖成功^[12]。显然, 大猿叶虫如此频繁交配不能给自身带来进一步的利益。那么, 如何解释这种现象呢? 最近对埋葬甲虫 *Nicrophorus vespilloides* 的多次交配行为的研究

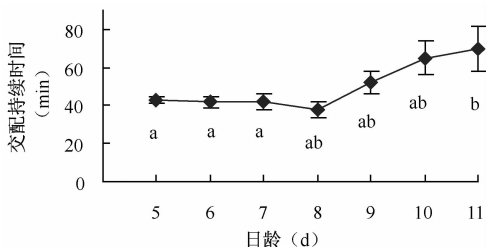


图4 大猿叶虫交配持续时间的日龄变化 (25℃, L: D = 12: 12)

2.4 交配间隔时间

大猿叶虫相邻两次交配之间的间隔时间最短 5 min, 最长 300 min, 平均交配间隔 (75 ± 3) min。从图 6 看出, 交配间隔时间随日龄的增加

结果发现埋葬甲虫雌虫的多次交配仅是对雄虫行为选择的一种进化反应,而与雌虫适应性利益无关^[17]。

在一天中,大猿叶虫随着交配次数的增加,交配持续时间缩短;在 7 d 的交配活动中,大猿叶虫交配间隔时间随日龄的增加而明显延长。这与云杉花墨天牛 *Monochamus saltuarius*^[18]、食蚜瓢虫 *Propylea dissecta*^[19] 的交配活动相似。大猿叶虫随着日龄增大交配持续时间延长,也与甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 的交配行为相似^[20]。

参 考 文 献

1 Miyatake T. Correlated responses to selection for developmental period in *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): Time of mating and daily activity rhythms. *Behav. Genet.*, 1997, **27** (5):489 ~ 498.

2 Thornhill R., Alcock J. The Evolution of Insect Mating Systems. Cambridge:Harvard University Press, 1983. 706 ~ 708.

3 Alcock J. Post-insemination associations between male and female insects: the mate guarding hypothesis. *Annu. Rev Entomol.*, 1994, **39**:1 ~ 21.

4 Arnqvist G., Nilsson T. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. *Anim. Behav.*, 2000, **60**(2):145 ~ 164.

5 Mbata G. N., Shu S. Q., Ramaswamy S. B. Rhythmicity of mating and oviposition in *Callosobruchus subinnotatus* (Pie) (Coleoptera:Bruchidae). *J. Insect Behav.*, 1997, **10** (3):409 ~ 423.

6 张永慧,郝德君,王焱,等. 松墨天牛成虫交配与产卵行为的观察. 昆虫知识, 2006, **43** (1):47 ~ 49.

7 韩桂彪,杜家纬,李捷. 枣粘虫交配行为生态学研究. 应用生态学报, 2000, **11** (1):99 ~ 102.

8 章士美,赵永祥. 中国农林昆虫地理分布. 北京:农业出版社, 1996. 168 ~ 169

9 赖锡婷,唐仁新,杨东,等. 大猿叶虫龙南种群的生物学特性. 昆虫知识,2009, **46**(5):710 ~ 713.

10 Xue F. S., Spieth H. R., Li A. Q., *et al.* The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Insect Physiol.*, 2002, **48** (3):279 ~ 286.

11 薛芳森,李爱青,朱杏芬,等. 大猿叶虫生活史的研究. 昆虫学报, 2002, **45** (4):494 ~ 498.

12 刘兴平. 大猿叶虫滞育与繁殖生物学的研究. 博士学位论文. 南昌:江西农业大学, 2009.

13 Newcomer S. D., Zeh J. A., Zeh D. W. Genetic benefits enhance the reproductive success of polyandrous females. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 1999, **96**:10 236 ~ 10 241.

14 Worden B. D., Parker, P. G. Polyandry in grain beetles, *Tenebrio molitor*, leads to greater reproductive success: material or genetic benefits? *Behav. Ecol.*, 2001. **12** (6): 761 ~ 767.

15 Ivy T. M., Sakaluk S. K. Polyandry promotes enhanced offspring survival in decorated crickets. *Evolution*, 2005, **59** (1):152 ~ 159.

16 Engqvist L. Females benefit from mating with different males in the scorpionfly *Panorpa cognata*. *Behav. Ecol.*, 2006, **17** (3):435 ~ 440.

17 House C. M., Evans G. M. V., Smiseth P. T., *et al.* The evolution of repeated mating in the burying beetle, *Nicrophorus vespilloides*. *Evolution*, 2008, **62** (8):2 004 ~ 2 014.

18 Kobayashi H., Yamane A., Iwata R. Mating behavior of the pine sawyer, *Monochamus saltuarius* (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 2003, **38** (1):141 ~ 148.

19 Omkar P. A. Mating behavior of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta* (Mulsant). *Insect Science*, 2005, **12** (1):37 ~ 44.

20 罗礼智,曹卫菊,钱坤,等. 甜菜夜蛾交配行为和能力. 昆虫学报, 2003, **46** (4):494 ~ 499.