

多次交配对异色瓢虫雌虫寿命及适合度的影响

肖红, 李金钢*

(陕西师范大学生命科学学院, 西安 710062)

摘要:异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) 为多次交配型昆虫, 通过设计不同的交配次数, 观察并记录不同交配组的雌虫产卵量、卵孵化率及成虫寿命等参数, 探究多次交配对异色瓢虫雌虫适合度的影响。结果表明多次交配对雌性异色瓢虫成虫的寿命有显著影响 ($P < 0.05$), 交配次数越多雌性瓢虫的寿命越短; 单次交配组在交配后第一周的产卵量明显低于多次交配组, 为 55.00 ± 17.90 枚, 而 4 次、7 次、14 次交配组产卵量分别为 102.29 ± 11.97 枚、 93.60 ± 13.09 枚和 93.36 ± 14.95 枚; 多次交配可以提高异色瓢虫卵的孵化率, 多次交配组卵的孵化率明显高于单次交配组, 其中 7 次交配组最高 ($88.71\% \pm 0.29\%$), 多次交配对异色瓢虫雌虫有直接利益, 多次交配可以提高雌性异色瓢虫的适合度。

关键词: 异色瓢虫; 多次交配; 产卵量; 孵化率; 适合度

中图分类号: Q969.48; Q958.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2010)06-0960-03

Effect of Multiple Matings on Longevity and Fitness of Female *Harmonia axyridis*

XIAO Hong, Li Jin-gang*

(College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: *Harmonia axyridis* is a polyandrous insect. We designed different numbers of matings and observed fecundity, hatchability and adult longevity of female of *H. axyridis*. The results showed that the longevity of female decreased with increasing number of matings. The fecundity and hatchability increased with increasing number of matings. Maximum fecundity occurred in the seven-mated group ($88.71\% \pm 0.29\%$). The single-mated group laid 55.00 ± 17.90 eggs, which is fewer than the multiple-mated groups in the first week after first mated. There were 102.29 ± 11.97 , 93.60 ± 13.09 and 93.38 ± 14.95 eggs respectively in the four-mated, seven-mated and fourteen-mated group. Multiple matings can increase the fitness of female *H. axyridis*.

Key words: *Harmonia axyridis*; multiple mating; fecundity; hatchability; fitness

研究显示, 多次交配 (multiple mating) 现象广泛存在于昆虫类群中 (Arnqvist & Nilsson, 2000)。多次交配对雄性昆虫是有利的, 它们可以通过多次交配产生大量的后代来增加适合度。但是对于雌性, 理论上只需交配一次或少量几次, 所获得的精子就足够它们一生繁殖所用 (Bateman, 1948), 而多次交配会让它们付出很多代价, 不仅会消耗大量的时间和能量 (Thornhill & Alcock, 1983), 而且还增加了被捕食的风险, 同时多次交配也会增加疾病的传染率 (Hurst *et al.*, 1995; Thrall & Antonovics, 1997; Knell & Webberley, 2004)。有些研究还发现雄性精液产物会导致雌性多种生活史的调整 (Baer *et al.*, 2001; Blanckenhorn *et al.*, 2002)。这会引发雌雄两性在进化上的利益冲突 (Arnqvist & Rowe, 2005; Andersson & Simmons, 2006)。但昆虫界中为何存在着大量多

次交配行为, 这表明多次交配会带给雌性一些直接或间接的利益。交配行为的本质就是刺激雌性产卵 (Opp & Prokopy, 1986), 另外大量不同来源精子的供给也能提高繁殖力 (Tregenza & Wedell, 1998)。多次交配也会带来间接利益, 如获得更好的基因或者得到充足的基因累积 (刘兴平等, 2008)。

很多报道指出多次交配能增加雌性的适合度 (Dunn *et al.*, 2005; Taylor & Wigmore, 2008)。目前关于多次交配对昆虫的适应性影响的研究很多 (刘新平等, 2008)。有关瓢虫科中的多次交配研究也有报道 (Omkar & Mishra, 2005; Omkar *et al.*, 2006; Perry & Rowe, 2008), 但有关于异色瓢虫多次交配适合度的研究未见报道。我们通过设计不同的交配组, 将异色瓢虫雌虫与不同雄虫进行交配, 研究多次交配对异色瓢虫雌虫适合度以及雌虫成虫寿命的影响。

收稿日期: 2010-01-28 接受日期: 2010-03-14

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: jingang@snnu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验动物

为了避免近亲交配,实验用异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 成虫于 2009 年 5 月分别采集自陕西省长安县郊区农田(S)和陕西师范大学校园内(U),室内分开饲养,各选健康雌虫产卵,分别选取来自(S)和(U)并且存活后代达到 80 只以上的两只雌性瓢虫的子代作为实验用虫,单独饲养于培养皿中(90 mm × 14 mm),每天更换干净培养皿,喂食足量蚜虫,以湿棉球提供水分。为避免食物影响,所有实验瓢虫都用采自无污染的加拿大蓬上蚜虫喂食。实验温度 25℃ ± 2℃,光照条件为 14 h 光照:10 h 黑暗,相对湿度 65% ± 5%。

1.2 实验方法

实验共设 4 个处理组:单次交配组、4 次交配组、7 次交配组、14 次交配组。每个组重复 10 次。

将羽化 10 d 以上的成虫按实验分组进行配对,每次配对雌、雄分别来自于(S)和(U)。多次交配处理组中,每次与雌性交配的雄性个体均不相同。交配时将雄虫引入雌虫所在的培养皿中,观察交配情况,如 30 min 后雄虫仍未交配成功,则放弃该雄虫重新引入。不干涉交配,至交配完全结束、雌雄两虫分开后立即将雄虫取出。每次交配间隔时间大于 24 h。

自第一次配对后,每天放入若干小滤纸条至培养皿中以便产卵,开始产卵后,于每天 10:00 和 18:00 观察产卵情况,及时收集卵块,记录产卵数。产下的卵放入培养皿中,观察孵化情况,记录孵化数。直至实验成虫自然死亡,记录死亡时间,计算成虫寿命(d)。

1.3 数据统计与分析

利用 SPSS 13.0 对实验数据进行统计分析,方差分析(ANOVA)及回归分析交配雌虫数对产卵数、卵孵化数、卵孵化率及雌虫成虫寿命的影响。数据均以平均值 ± 标准误差(M ± SE)表示。

2 结果和分析

2.1 产卵量

异色瓢虫雌虫在交配后第一周内,单次交配组平均每雌产卵量为 55.00 ± 17.90 枚,4 次、7 次、14 次交配组产卵量分别为 102.29 ± 11.97 枚、93.60 ± 13.09 枚、93.38 ± 14.95 枚。交配后第一周内多次交配产卵量明显比单次交配要高($P < 0.05$) (表 1)。

交配次数对单次产卵数有影响($P < 0.05$),单次交配组的产卵数明显比多次交配组的产卵数少。但单次交配组与多次交配组之间的总产卵数差异不显著($P > 0.05$),单次交配组的平均总产卵量为 1148.86 ± 123.89 枚,略比多次交配组高,其中 7 次交配组产卵量最低,为 949.00 ± 83.59 枚(表 1)。

表 1 异色瓢虫雌虫产卵量、卵孵化率及寿命(平均值 ± 标准误差)
Table 1 Variation of fecundity, hatchability, and longevity of female *Harmonia axyridis* (M ± SE)

交配次数 The numbers of mating	产卵数 Fecundity			卵孵化率(%) Hatchability(%)	雌虫成虫寿命(d) Longevity of female
	每次产卵量 Eggs laid per time	交配后一周内的产卵数 Eggs within a week after first mating	总产卵量 Total eggs		
单次交配组 Single mating	8.29 ± 0.95	55.00 ± 17.90	1148.86 ± 123.89	62.84 ± 9.39	79.86 ± 3.65
4 次交配组 Four mating	31.42 ± 0.99 *	102.29 ± 11.97 *	1095.29 ± 155.76	77.51 ± 2.64 **	56.71 ± 6.91 *
7 次交配组 Seven mating	29.18 ± 0.80 *	93.60 ± 13.09 *	949.00 ± 83.60	88.71 ± 0.29 **	44.00 ± 3.56 *
14 次交配组 Fourteen mating	31.21 ± 0.89 *	93.36 ± 14.95 *	1059.00 ± 139.17	82.27 ± 2.58 **	43.64 ± 3.96 *

* 为仅与单次交配组有显著差异($P < 0.05$)

** 为与单次交配组有差异且与其他多次交配组有显著差异($P < 0.05$)

2.2 卵孵化率

在异色瓢虫雌虫单次交配组的整个产卵历期中,前 30 天卵孵化率比较平稳,但 30 天后卵孵化率呈下降趋势并都低于 60%。而多次交配组始终维持在 65% 以上。

交配次数对异色瓢虫卵孵化率有显著影响(P

< 0.05),单次交配组同各多次交配组均有显著差异($P < 0.05$),其线性关系为 $y = 0.605 + 0.070x$ ($r = 0.585, P < 0.001$)。各实验组中,单次交配组平均卵孵化率最低,为 62.84%,7 次交配组的平均卵孵化率最高,为 88.71% (表 1)。

2.3 雌性成虫寿命

交配次数对异色瓢虫雌虫成虫寿命影响显著 ($P < 0.05$)。单次交配组与其他多次交配组雌性成虫的寿命有显著差异 ($P < 0.05$), 其线性关系为 $y = 80.32 - 9.51x$, ($r = 0.663, P < 0.001$), 其中单次交配组雌性平均寿命为 $79.86 \text{ d} \pm 3.65 \text{ d}$, 4 次、7 次、14 次交配组雌性平均寿命分别为 $56.71 \text{ d} \pm 6.91 \text{ d}$ 、 $44.00 \text{ d} \pm 3.56 \text{ d}$ 、 $43.64 \text{ d} \pm 3.96 \text{ d}$, 雌性成虫寿命明显随交配次数增加而减少 (表 1)。

3 讨论

Eberhard (1996) 研究结果显示, 随着交配次数的增加异色瓢虫雌虫的成虫寿命明显缩短, 这可能是交配行为的物理损伤和精液附带的其他物质等原因造成的, 这就是多次交配的直接代价。该结果与对六斑月唇瓢虫 *Cheilomenes sexmaculata* 和龟纹瓢虫 *Propylea dissecta* 的研究结果一致 (Omkar & Mishra, 2005)。异色瓢虫的总产卵量并未像其他研究报道的那样随着交配次数的增加而增加, 这可能和交配处理的时间太长、寿命缩短有关。但是多次交配的单次产卵量比单次交配的要高, 且孵化率也随交配次数的增加而增加, 这说明多次交配的生殖力大于单次交配, 且异色瓢虫雌虫多次交配可以提高第一周产卵量, 显示雌性异色瓢虫多次交配有明显的直接利益。单次交配组的卵孵化率比多次交配组的低, 单次交配组在产卵 30 天后, 卵孵化率明显下降, 这说明多次交配可以补充精子, 增加卵受精率, 从而提高雌性繁殖力, 提高异色瓢虫雌性适合度。

Arnqvist 和 Nilsson (2000) 认为昆虫多次交配中存在一个最佳交配次数。Omkar (2006) 也提出两种瓢虫 *Cheilomenes sexmaculata* 和 *Propylea dissecta* 的卵孵化率分别在 8.95 次和 11.25 次交配达到最高。本研究结果支持上述观点, 异色瓢虫单次和各交配组中, 7 次交配组卵的卵孵化率最高。

4 参考文献

刘兴平, 彭接辉. 2008. 多次交配对昆虫适应性的影响 [J]. 江西农业大学学报, 30 (4): 592 ~ 600.

Andersson M, Simmons LW. 2006. Sexual selection and mate choice [J]. Trends in Ecology and Evolution, 21 (6): 296 ~ 302.

Arnqvist G, Nilsson T. 2000. The evolution of polyandry: Multiple mating and female fitness in insects [J]. Animal Behavior, 60: 145 ~ 164.

Arnqvist G, Rowe L. 2005. Sexual Conflict [M]. Princeton Univ, Press,

Princeton, NJ.

Baer B, Morgan ED, Schmid-Hempel P. 2001. A nonspecific fatty acid within the bumblebee mating plug prevents females from remating [J]. Proc Natl Acad Sci, USA. 98: 3926 ~ 3928.

Bateman AJ. 1948. Intra-sexual selection in *Drosophila* [J]. Heredity, 2: 349 ~ 368.

Blanckenhorn WU, David JH, Oliver YM, et al. 2002. The costs of copulating in the dung fly *Sepsis cynipsea* [J]. Behav Ecol, 13: 353 ~ 358.

Dunn DW, Sumner JP, Goulson D. 2005. The benefits of multiple mating to female seaweed flies, *Coelopa frigida* (Diptera: Coelpidae) [J]. Behav Ecol Sociobiol, 58: 128 ~ 135.

Eberhard WG. 1996. Female Control: Sexual Selection by Cryptic Female Choice [M]. Princeton, New Jersey: Princeton University.

Hurst GDD, Sharpe G, Broomfield AH, et al. 1995. Sexually transmitted disease in a promiscuous insect, *Adalia bipunctata* [J]. Ecological Entomology, 20: 230 ~ 236.

Jennifer C, Perry R. 2008. Ingested spermatophores accelerate reproduction and increase mating resistance but are not a source of sexual conflict [J]. Animal Behavior, 76: 993 ~ 1000.

Jennifer C, Perry R. 2008. Neither Mating Rate Nor Spermatophore Feeding Influences Longevity in a Ladybird Beetle [J]. Ethology, 114: 504 ~ 511.

Knell RJ, Webberley KM. 2004. Sexually transmitted diseases of insects: distribution, evolution, ecology and host behavior [J]. Biol Rev, 79: 557 ~ 581.

Kokko H, Jennions MD, Brooks R. 2006. Unifying and testing models of sexual selection [J]. Annu Rev Ecol Syst, 37: 43 ~ 66.

Taylor M, Wigmore C. 2008. Multiple mating increases female fitness in *Drosophila simulans* [J]. Animal Behavior, 76: 963 ~ 970.

Omkar M. 2005. Mating in aphidophagous ladybirds: costs and benefits [J]. J Appl Entomol, 129: 432 ~ 436.

Omkar G, Mishra S. 2006. Optimal number of matings in two aphidophagous Ladybirds [J]. Ecological Entomology, 31: 1 ~ 4.

Opp SB, Prokopy RJ. 1986. Variation in laboratory oviposition by *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in relation to mating status [J]. Annals of the Entomological Society of America, 79: 705 ~ 710.

Schwartz SK, Peterson MA. 2006. Strong material benefits and no longevity costs of multiple mating in an extremely polyandrous leaf beetle, *Chrysochus cobaltinus* (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. Behav Ecol, 17: 1004 ~ 1010.

Thornhill RA. 1983. The Evolution of Insect Mating Systems [M]. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Thrall PH, Antonovics J, Bever JD. 1997. Sexual transmission of disease and host mating systems; within-season reproductive success [J]. Am Nat, 149: 485 ~ 506.

Tregenza, Wedell. 1998. Benefits of multiple mates in the cricket, *Gryllus bimaculatus* [J]. Evolution, 52: 1726 ~ 1730.