

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2012.01.008

## 交配持续时间对茄 28 星瓢虫生殖适应性的影响

周康念, 张爵龙, 邓礼, 孙计拓, 刘兴平\*

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

**摘要:** 茄 28 星瓢虫 (*Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius) 是我国茄科植物上的重要的害虫种类。本文以此虫为材料, 研究了该虫的交配起始时间与交配持续时间, 以及不同的交配持续时间其产卵量和孵化率的影响。结果表明, 该虫的交配起始时间和交配持续时间变化幅度较大, 平均分别为(36.61±3.24) min 和(49.87±1.06) min, 且两者间并不存在明显的相关性。雌虫的产卵量和卵的孵化率与交配持续时间之间呈明显的正相关, 表明延长交配时间与雌虫贮存的精子数量相适应。同时, 结果还表明, 该种类至少需要 10 min 以上的交配才能导致卵的孵化。

**关键词:** 茄 28 星瓢虫; 交配起始时间; 交配持续时间; 产卵量; 孵化率

中图分类号: S436.36

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2012) 01-0040-05

### Effects of Copulation Duration on Fitness Consequences of Lady Beetles, *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius

ZHOU Kang-nian, ZHANG Jue-long, DENG Li, SUN Ji-tuo, LIU Xing-ping\*

(College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** The lady beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius, is a serious phytophagous pest of Solanaceae in China. This paper analyzed the mating latency, copulation duration and the effect of copulation duration on fitness consequences of the lady beetles. The results showed that the latency to copulation and the copulation duration changed to a larger extent and their average values were 36.61±3.24min and 49.87±1.06min, respectively. While there was no correlation between the latency to copulation and the copulation duration. The egg production and the hatching rate of eggs laid by females of *H. vigintioctopunctata* significantly increased with the increase in mating duration, suggesting prolonged mating duration in response to the volume of sperm stored by females. This result also suggested that a minimum duration of 10 min of mating was probably essential for the fertilization of the eggs of this species.

**Key words:** *Henosepilachna vigintioctopunctata*; latency to copulation; copulation duration; fecundity; fertility

在昆虫种类中, 交配起始时间 (mating latency) 与交配持续时间 (copulation duration) 被作为是影响昆虫交配行为的二个重要指标<sup>[1-3]</sup>。交配起始时间是从雌雄虫相遇到雄虫将交尾器插入雌虫生殖器之间的时间, 交配持续时间是指雄虫的交尾器插入到移

开雌虫的生殖器为止的时间。大量的研究表明, 交配起始时间对配偶的接受性产生影响, 即交配起始时间越长表明配偶不愿意交配, 反之亦然<sup>[3]</sup>。而交配持续时间则对昆虫的生殖起着重要的作用, 其中, 雌虫通过延长交配持续时间可以获得大量的精子以

收稿日期: 2012-02-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31000173) 和江西农业大学博士启动基金项目 (3140)

作者简介: 周康念, 男, 硕士生, 主要从事昆虫行为生态学研究; \* 通信作者: 刘兴平, 副教授, 博士, E-mail: jxaulxp@163.com。

及随精液转移的营养物质, 保证后代较高的孵化率, 从而增加在自然条件下的生殖适应性; 而雌虫通过延长交配持续时间不仅可以转移更多的精子和营养, 而且还可以作为一种“配偶保卫”的行为用以阻止其它的雄虫的交配, 避免精子竞争, 从而保证其生殖成功<sup>[4-5]</sup>。然而, 延长交配持续时间也带来一系列的生殖上的代价, 延长交配持续时间不仅要消耗大量的能量, 增加被天敌捕食和感染疾病的风险, 而且交配时间的延长使得其它的生命活动如觅食、产卵、警戒行为等分配的时间减少, 从而对昆虫的生殖成功造成一定的影响<sup>[5-6]</sup>。因此认为雌雄虫在交配持续时间上存在一定的差异, 即雄虫趋向延长交配时间; 雌虫如果获得了足够的精子, 则趋向结束交配<sup>[7]</sup>。然而, 由于研究的昆虫种类不多, 当前有关于交配起始时间与交配持续时间对昆虫生殖适应性的影响方面的研究仍然较少且缺乏系统性<sup>[1]</sup>。

茄 28 星瓢虫 (*Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius) 属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae, 又名酸浆瓢虫。该虫在我国大部分地区均有分布, 是我国茄科植物上的一种重要的食叶性害虫种类, 其中对茄子、番茄、马铃薯蔬菜植物以及枸杞、酸浆、曼陀罗等药用植物有较大的危害<sup>[8]</sup>。对该虫生活史及其生物学特性的研究表明, 该虫一年发生 4~5 代, 以成虫越冬。该虫以成虫和幼虫取食植物叶片, 喜群集于叶背、取食下表皮和叶肉, 残留上表皮呈网状, 致使叶片变褐枯萎, 发生严重时全叶食尽<sup>[8-9]</sup>。试验过程中, 笔者发现, 该虫属明显的多次交配的昆虫种类。本文以该虫为研究材料, 探讨了性成熟后的成虫的交配持续时间, 以及不同的交配持续时间对雌虫生殖的影响。通过本试验明确 2 个问题: (1) 延长交配持续期是否能增加雌虫的产卵量或卵的孵化率; (2) 该虫能产生后代的最短的交配持续时间是多久。以期为今后对于该虫的生殖行为和害虫管理策略与防治适期等方面的研究提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验昆虫

试验所用茄 28 星瓢虫于 2010 年 8 月下旬采自江西农业大学校园。在野生龙葵中采集老龄幼虫, 将采回的老龄幼虫用透明的塑料养虫盒 (7.5 cm × 7.5 cm × 6 cm) 盛放并一同放入恒定条件 ( $T: (25 \pm$

1) °C;  $RH: (65 \pm 5)\%$ ;  $LD=14:10$ ) 的光照培养箱 (LRH-250-G 型) 中进行群养。养虫盒的底部和顶部各垫一层吸水纸, 用新鲜的龙葵叶作为饲料并每日更换新鲜饲料和保湿纸直到幼虫化蛹。待成虫羽化后, 将新羽化的成虫单头放入垫有吸水纸和新鲜龙葵叶片的培养皿 ( $d=9$  cm) 中进行饲养, 选择羽化后 8 日龄 (此时达到性成熟, 观察数据) 的成虫作为供试材料。

### 1.2 试验设计

1.2.1 交配起始时间与持续时间测定 配对时, 首先将 8 日龄且未交配的雄虫放入垫有保湿滤纸和新鲜饲料的培养皿 (规格同上) 中, 10~15 s 后, 将 8 日龄且未交配的雌虫引入, 配对后开始记录配对时间。每 5 min 观察雌雄虫的交配情况, 当雄虫的生殖器插入雌虫的产卵器时, 记录交配开始时间, 当雄虫的生殖器从雌虫产卵器中抽出时记录交配结束时间, 交配结束后, 将雄虫移走并结束观察。所有的试验个体均交配 1 次, 交配试验均在  $(25 \pm 1)$  °C 的恒温养虫室内进行。试验后, 统计交配起始时间 (从配对至交配开始的时间) 和交配持续时间 (从交配开始至结束的时间)。

1.2.2 交配持续期对雌虫生殖的影响 上述 2.2.1 中交配 1 次之后的雌虫根据交配持续时间的长短, 将持续 1~10 min 的雌虫作为交配 10 min 处理组, 将持续 11~20 min 的雌虫作为 20 min 处理组, 依此类推。当时间超过 1 h 以上的交配作为 60 min 处理组, 以未交配 (0 min) 的雌虫作为对照组。由此, 本试验设 0 min、10 min、20 min、30 min、50 min、60 min 共 6 个处理, 每个处理重复 15 次。将上述处理的雌虫单个放入垫有保湿滤纸和新鲜饲料的培养皿中并移入  $(25 \pm 1)$  °C 的光照培养箱中进行饲养, 每日更换保湿滤纸和新鲜饲料。统计雌虫的产卵量并从各处理中收集一定量的卵, 放入  $(25 \pm 1)$  °C 的光照培养箱中进行观察直到幼虫孵出, 统计各处理中的卵的孵化率。本试验持续观察 1 周的时间。

### 1.3 数据统计

试验中的数据均采用 SPSS 17.0 数据处理系统进行统计分析。成虫的交配起始时间和交配持续时间采用基本统计描述来估计其均值和标准误, 交配持续期对雌虫产卵量, 卵的孵化率的影响均采用单因素方差分析 (ANOVA), Tukey 法比较差异显著性, 显著水平  $P=0.05$ 。孵化率经反正弦平方根转换后再进行统计分析。

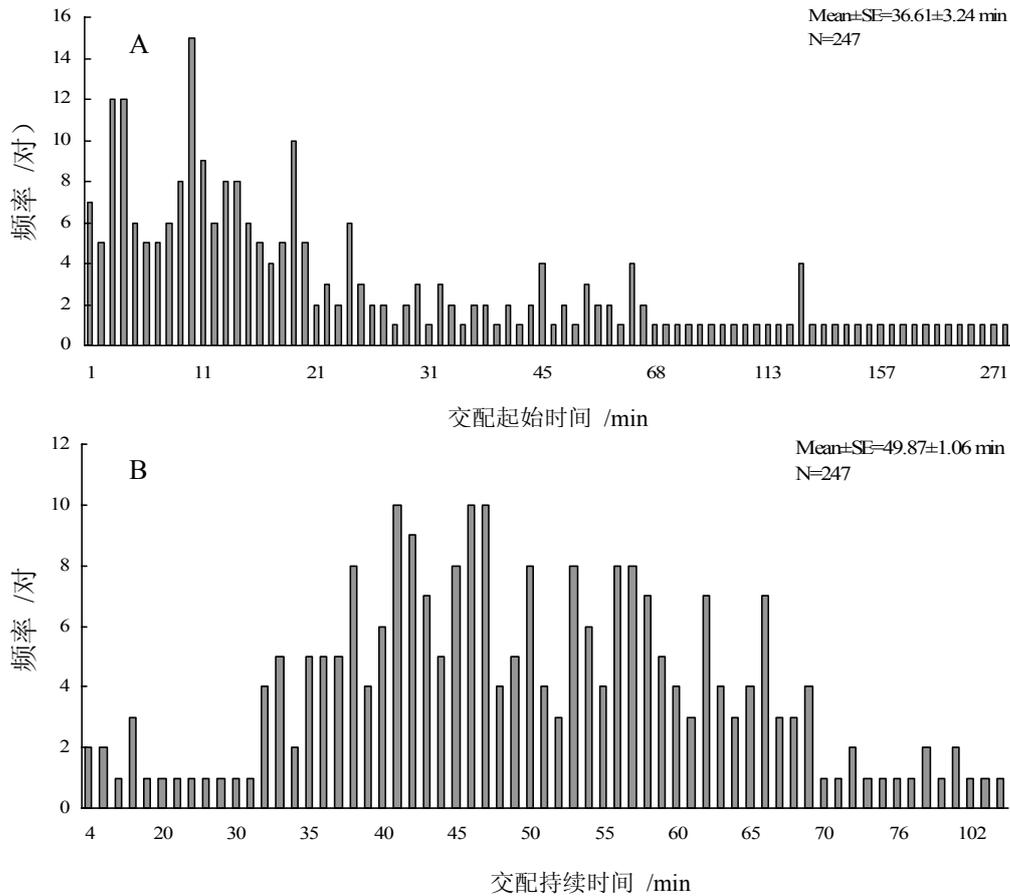


图1 茄28星瓢虫的交配起始时间和交配持续时间

## 2 结果与分析

### 2.1 交配起始时间与交配持续时间

将 8 日龄的雌雄成虫进行配对后至交配开始所需的时间即交配起始时间如图 1 所示, 从图 1 可以看出, 最短的交配起始时间为 1 min, 最长为 279 min。其中, 交配起始时间主要集中在 30 min 以内, 占总数的 70.04%。从 247 对发生交配的情况来分析, 其平均交配起始时间为(36.61±3.24) min (图 1A)。从交配开始至结束所需的时间变化也较大, 其中, 最短的交配持续时间为 4 min, 最长的为 150 min, 主要集中在 32~69 min, 占交配总数的 87.05%, 平均交配持续时间为(49.87±1.06) min (图 1B)。如果以交配起始时间作为自变量, 以交配持续时间作为因变量, 比较两者的相关性发现两者间并无相关(图 2,  $F=1.34$ ,  $df=1,245$ ,  $P=0.248$ )。

### 2.2 产卵量

将交配过 1 次的雌虫进一步饲养后统计其一周的产卵量和平均每日产卵量。结果发现, 不同的交配持续时间对产卵量具有明显的影响(图 3)。就一周的产卵量而言, 未交配的雌虫产卵量最低, 只有(85.56±17.46)粒/雌, 而交配持续 50 min 以后, 产卵量增加至(272.86±11.35)粒/雌。进一步统计分析表明, 交配时间在 20 min 以内的产卵量没有差异, 交配时间超过 50 min 以上的雌虫产卵量也不存在差异, 其它各处理间的产卵量均存在明显的差异(图 3A,  $F=29.02$ ,  $df=5,58$ ,  $P<0.01$ )。这一结果说明, 随着交配持续时间的延长, 其产卵量有增加的趋势。从图 3B 也可以看出, 平均每日产卵量也随着交配持续时间的延长而增加。其中未交配的雌虫每日产卵量最低, 只有(12.22±1.47)粒/雌, 而交配 60 min 及以上的雌虫每日产卵量最高, 达到(38.94±3.72)

收稿日期: 2012-02-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(31000173)和江西农业大学博士启动基金项目(3140)

作者简介: 周康念, 男, 硕士生, 主要从事昆虫行为生态学研究; \* 通信作者: 刘兴平, 副教授, 博士, E-mail: jxaulxp@163.com。

粒/雌，是未交配的雌虫的3.19倍。方差分析表明，差异（图3B， $F=43.66$ ， $df=5,36$ ， $P<0.01$ ）。不同交配持续时间的雌虫的每日产卵量存在明显的

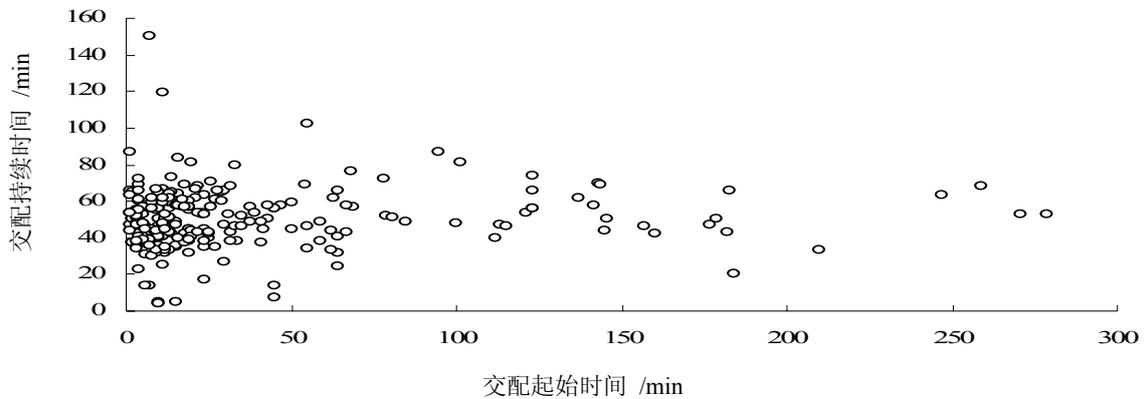
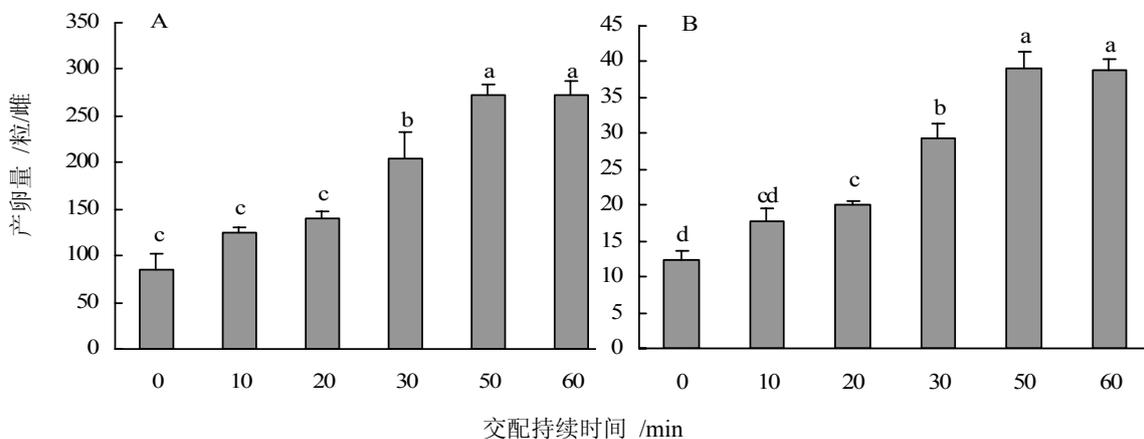


图2 茄28星瓢虫的交配起始时间与交配持续时间的关系



（柱状图中数据为平均值±标准误，图中相同小写字母表示差异不显著（Tukey HSD检验， $P=0.05$ ，ANOVA）

图3 不同交配持续时间对茄28星瓢虫一周卵量（A）和平均每日产卵量（B）的影响，下同

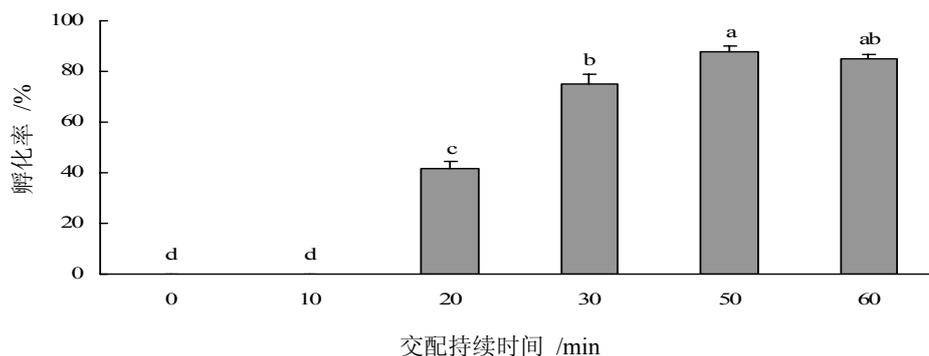


图4 不同交配持续时间对茄28星瓢虫卵孵化率的影响

### 2.3 孵化率

不同的交配持续时间对于后代卵的孵化率具有明显的影响（图4）。其中，交配10 min以内的卵不孵化，当交配时间持续20 min后，卵的孵化率达到 $(41.86\pm 7.11)\%$ ，此后，随着交配时间的延长，卵

的孵化率呈增长的趋势，至交配50 min后，卵的孵化率可以达到 $(87.81\pm 2.33)\%$ 。进一步统计分析，不同交配持续时间的雌虫所产的卵的孵化率存在极显著差异（ $F=304.46$ ， $df=5,36$ ， $P<0.01$ ）。由此说明，能够繁衍后代的最短交配时间必须超过10 min以上。

### 3 结论与讨论

笔者对 247 对 8 日龄的茄二十八星瓢虫进行配对试验表明, 该虫的交配起始时间和交配持续时间变化幅度较大, 平均分别为(36.61±3.24) min 和(49.87±1.06) min。研究表明, 交配起始时间与交配持续时间存在负相关性, 即交配起始时间越短, 表明昆虫越愿意交配, 导致交配持续时间越长<sup>[10]</sup>。然而, 在笔者的实验中并未发现这种相关性的存在, 其原因还有待于进一步探讨。

交配持续期对产卵量的影响已在许多昆虫中有报道。本文的研究结果表明, 雌虫所产的卵量与交配持续时间呈正相关, 这一结果在两种食蚜瓢虫 *Coelophora sexmaculata* 和 *C. saucia*<sup>[11]</sup> 中相似, 即交配持续时间更长的雌虫比持续时间更短的雌虫能够产下更多的卵。这一结果表明雌虫从雄虫的精液中获得大量的营养物质或能刺激产卵的物质, 从而提高了产卵量和雌虫的适应性<sup>[7]</sup>。

精子转移与昆虫交配活动直接相关。大多数研究表明, 昆虫的交配持续期与转移的精子数量呈正相关。本文对茄二十八星瓢虫的研究表明, 更长的交配导致更高的卵孵化率而更短的交配导致较低的孵化率甚至没有卵孵化。这一结果在其它的昆虫种类如小长蝽 *Nysius huttoni*<sup>[10]</sup>、大猿叶甲 *Colaphellus bowringi*<sup>[12]</sup> 中相似。另外, 对于昆虫卵受精所需的最短交配持续期的研究中, 瓢虫 *Harmonia axyridis* 至少需要 30 min 的交配才能产下可育的卵<sup>[13]</sup>, 瓜实蝇 *D. cucurbitae* 在交配 10~20 min 时所产的卵也根本不能孵化<sup>[14]</sup>。本文的研究表明, 茄二十八星瓢虫的卵的孵化率随交配持续期的延长而增加, 说明延长交配可能提高雄虫转移的精液量, 以促使更多的卵受精, 提高孵化率。当交配持续期低于 10min 时, 雌虫所产下的卵均不能孵化, 这一结果说明, 在交配的早期阶段(低于 10 min), 雄虫可能没有转移精子, 或者说该种类至少需要 10 min 以上的交配时间才能产下可孵育的卵。

#### 参考文献:

[1] 刘兴平, 何海敏, 匡先钜, 等. 影响大猿叶虫交配持续时间的因素[J]. 昆虫学报, 2010, 53(5): 549-554.  
[2] Herberstein M E., Schneider J M, Harmer A M T, et al.

Sperm storage and copulation duration in a sexually cannibalistic spider[J]. *Journal of ethology*, 2011, 29(1): 9-15.  
[3] Pavković-Lučić S, Kekić V. Influence of mating experience on mating latency and copulation duration in *Drosophila melanogaster* females[J]. *Russian Journal of Genetics*, 2009, 45(7): 875-877.  
[4] Arnqvist G, Nilsson T. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects [J]. *Animal Behaviour*, 2000, 60 (2): 145-164.  
[5] Simmons L W. Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects [M]. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2001.  
[6] Andrés J A, Cordero R A, Copulation duration and fertilization success in a damselfly: an example of cryptic female choice[J]. *Animal Behaviour*, 2000, 59 (4): 695-703.  
[7] Edvardsson M, Canal D. The effects of copulation duration in the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*[J]. *Behavioral Ecology*, 2006, 17(3): 430-434.  
[8] 郑振涛. 茄二十八星瓢虫的生物学特性及防治方法[J]. *安徽农学通报*, 2008, 14 (5): 154.  
[9] 陈丽芳, 陆自强, 祝树德. 茄二十八星瓢虫的生物学及有效积温[J]. *植物保护*, 1989, 15(1): 7-8.  
[10] Wang Q, Shi G L. Mating frequency, duration, and circadian mating rhythm of New Zealand wheat bug *Nysius huttoni* White (Heteroptera: Lygaeidae) [J]. *New Zealand Entomologist*, 2004, 27(1): 113-117.  
[11] Omkar, Singh K, Pervez A. Influence of mating duration on fecundity and fertility in two aphidophagous ladybirds[J]. *Journal of Applied Entomology*, 2006, 130(2): 103-107.  
[12] Liu X P, He H M, Kuang X J, et al. Mating behavior of the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. *Insect Science*, 2010, 17(1): 61-66.  
[13] Obata S. Mating behaviour and sperm transfer in the ladybird beetle, *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 1987, 22(4): 434-442.  
[14] Tsubaki Y, Sokei Y. Prolonged mating in the melon fly, *Dacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): competition for fertilization by sperm-loading[J]. *Research on Population Ecology*, 1988, 30(2): 343-352.