# 雌虫单头饲养对蠋蝽寿命和繁殖力的影响

廖 平， 殷艳芳， 李玉艳， 王孟卿， 毛建军，
陈红印， 刘晨曦*， 张礼生*

（中国农业科学院植物保护研究所，中美合作生物防治实验室，北京 100193）

**摘要** 本研究分别对有效交配后，单头饲养和配对饲养的蠋蝽雌虫寿命和繁殖力参数进行统计分析。试验结果表明：有效交配后，单头饲养的蠋蝽雌虫平均产卵量为 343.80 粒、平均产卵次数 14.83 次、平均寿命为 53.13 d，分别显著高于对照组（配对饲养）的平均产卵量（258.20 粒）、平均产卵次数（10.63 次）和平均寿命（45.30 d）；蠋蝽的单次产卵量、卵孵化率、卵直径均随产卵次数增加而减小，其中单头饲养组的减小趋势显著；单头饲养组蠋蝽的卵孵化率为 59.58%，显著低于对照组的 68.89%，而单头饲养组蠋蝽单雌所产卵的孵化数 192.95 头较对照组的 177.87 头更高。蠋蝽雌虫有效交配后进行单头饲养有利于延长蠋蝽寿命、提高其繁殖力。

**关键词** 蠋蝽； 雌虫； 单头饲养； 繁殖能力

**中图分类号：** S 476.2 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2020254

# Effects of individually reared female *Arma chinensis* Fallou (Hemiptera: Pentatomidae) on its longevity and reproductive potential

LIAO Ping， YIN Yanfang， LI Yuyan， WANG Mengqing， MAO Jianjun，
CHEN Hongyin， LIU Chenxi*， ZHANG Lisheng*

(*USDA-ARS Sino-American Biological Control Laboratory*, *Institute of Plant Protection*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*)

**Abstract** The parameters of longevity and reproductive capacity of female *Arma chinensis* raised individually were analyzed. The results showed that, after valid mating, every female in individually rearing group laid 343.80 eggs in 14.83 times, with a longevity of 53.13 d, which were significantly higher than in the control group (258.20 eggs in 10.63 times and 45.30 d, respectively). The fecundity, egg hatching rate and egg diameter all decreased with the spawning times, and the decreasing trend in individually rearing group was more pronounced. The egg hatching rate in individually rearing group was 59.58%, which was significantly lower than 68.89% in control group, but the number of eggs hatched in individually rearing group (192.95) was higher than that in control group (177.87). The individually reared females tended to prolong their longevity and improve their reproductive capacity.

**Key words** *Arma chinensis*； female； individually rearing； reproductive capacity

蠋蝽 *Arma chinensis* 属半翅目蝽科，是一种重要的本地捕食性天敌昆虫。蠋蝽对常见蔬菜害虫斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*、小菜蛾 *Plutella xylostella*，重要经济作物害虫烟青虫 *Helicoverpa assulta*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、二化螟 *Chilo suppressalis*，重要入侵性害虫美国白蛾 *Hyphantria cunea*、马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 等具有一定的捕食和控害能力[1-8]。迄今，学者对蠋蝽的控害能力、饲养的环境条件、营养机制等方面做了大量研究[3, 7-13]；而蠋蝽的繁殖问题一直是其人工养殖所关注的焦点，其繁殖能力决定了其应用于农林生产的能力。

自然界中，一些昆虫雌虫多次交配终生产受精卵，也有少数昆虫的雌虫可一次交配后终生产卵，如浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia Sophia*、矢尖蚧 *Unaspis*

**收稿日期：** 2020-05-18 **修订日期：** 2020-07-04
**基金项目：** 国家重点研发计划(2017YFD0200400，2017YFE0104900，2017YFD0201000)
* 通信作者 E-mail：刘晨曦 liuchenxi@caas.cn；张礼生 zhangleesheng@163.com

yanonensis、梨小食心虫 *Grapholita molesta*、瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* 等昆虫[14-16]。蠋蝽雌虫可多次交配终生产卵[17]，在饲养蠋蝽的过程中，我们观察到蠋蝽雌虫亦能在未交配前提下产出无效卵（图 1），且其产卵次数和产卵量远大于正常配对饲养的蠋蝽雌虫；配对的雌雄虫在产有效卵（图 1）之后，若雄虫死亡、单头雌虫仍能继续产有效卵，且单头饲养的雌、雄虫寿命较配对成虫更长；作为捕食性天敌昆虫，蠋蝽在食物欠缺、种群密度过大等劣势环境下存在不同程度的自残行为。雌雄虫交配授精时，雄虫会将精液注入雌虫的受精囊内，雌虫排卵经过受精囊口受精成受精卵[17-19]；异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、不纯伊绥螨 *Iphiseius degenerans*、阿里波小盲走螨 *Typhlodromalus aripo*、草蛉 *Chrysopa perla*、橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*、番石榴实蝇 *Bactrocera correcta* 等昆虫都具有明显的种内自残现象[20-24]，这种现象也导致室内小群体饲养时种群死亡率上升、寿命缩短等问题。在天敌昆虫扩繁过程中，了解天敌昆虫交配过程，掌握其繁殖习性和生殖能力是做好天敌昆虫扩繁工作的基础，可为蠋蝽的室内扩繁和野外保护提供进一步的理论和数据支持。

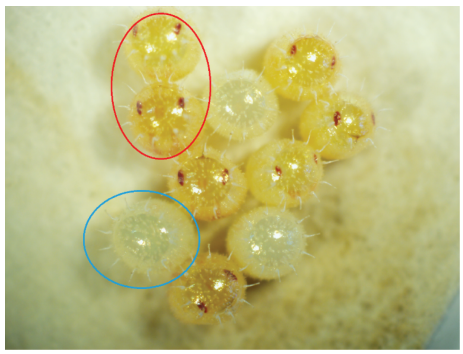


**图 1 蠋蝽有效卵（红色）和无效卵（蓝色）**

**Fig. 1 Effective (red) and ineffective (blue) eggs of *Arma chinensis***

基于以上问题，本研究对有效交配且产有效卵后单头饲养的蠋蝽雌虫进行研究，以期掌握其繁殖机制和生殖能力，为优化蠋蝽规模化扩繁技术提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

蠋蝽：实验室内在温度（26±1）℃，RH（65±5）%，光周期 L//D=16 h//8 h，用柞蚕 *Antheraea pernyi* 蛹连续饲养多代，每年春秋两季采集野外种群对其种群及进行复壮；供试蠋蝽为复壮种群第一代，即室内种群和野外种群杂交的子代。

柞蚕蛹：购于辽宁省铁岭市西丰县农丰生防专业合作社，4℃储存。

蠋蝽饲养方法参考李娇娇等[10]，用 360 mL 硬质航空塑料杯饲养蠋蝽若虫及成虫，杯口用橡皮筋固定纱网防止蠋蝽逃逸，纱网上放置柞蚕蛹和湿脱脂棉为蠋蝽提供食物和水，其中若虫采用每杯 10～20 头进行小群体饲养。

### 1.2 试验方法

设置江南 RXZ 型人工气候箱条件为：温度（26±1）℃，RH（65±5）%，光周期 L//D=16 h//8 h。取羽化后 1 d 的蠋蝽成虫 1 雌 1 雄配对于 360 mL 硬质塑料航空杯中，杯中放置折叠瓦楞纸条为蠋蝽提供栖息场所和产卵介质，用纱网罩住杯口、并用橡皮筋固定纱网防止蠋蝽逃逸；在纱网上放置柞蚕蛹和脱脂棉块为蠋蝽提供食物和水，每 3 d 更换 1 次柞蚕蛹，每天添加 1 次蒸馏水。每天观察记录蠋蝽交配产卵情况，雌虫第 1 次产卵、撤去配对雄虫，卵产出后第 4 天将卵块置于显微镜下观察，卵上有两个红点的为有效卵（图 1），随机选取 30 头有效卵对应的雌虫按照 1～30 编号，设为单头饲养组。设正常交配雌雄蠋蝽为对照组，雄虫死亡则补充同日龄蠋蝽雄虫，卵产出后第 4 天将卵块置于显微镜下观察，随机选取 30 对有效卵对应的蠋蝽按照 1～30 编号，卵孵化环境条件与若虫、成虫饲养条件相同。记录两个组蠋蝽的产卵量、卵孵化率、产卵次数、雌虫寿命（雌虫死亡便停止记录）等数据。分别随机取羽化后 1～15 d、16～30 d、31～45 d、46～60 d 4 个时间段内蠋蝽所产卵块置于超景深显微成像仪（OLYMPUS SEX10）中测量卵直径，每个卵块随机测量 10 粒卵的直径算平均值作为该卵块卵的直径（$n$=30）。

### 1.3 数据统计与分析

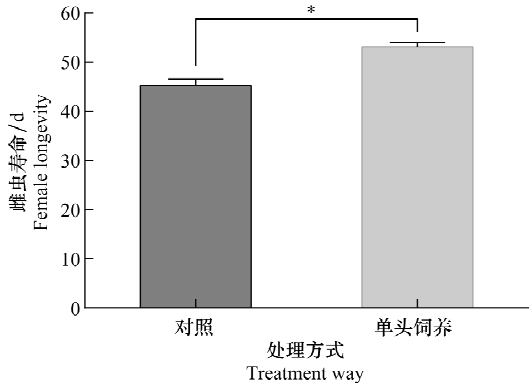
用 Excel 对试验数据进行初步整理，用 GraphPad Prism 7 进行统计分析与作图。用 $t$ 测验或单因素方差分析对蠋蝽产卵量、产卵次数、雌虫寿命、孵化率等数据进行分析，分析前进行正态分布检验和方差齐性检验，不符合正态分布的使用 Wilcoxon 符号秩检验，方差不齐时进行 Welch 校正；用 Survival 绘制生存曲线图，采用 Log Rank 检验和 Wilcoxon 检验进行数据分析。

蠋蝽有效产卵后雌虫单头饲养对繁育能力影响的计算公式：单雌蠋蝽卵孵化数＝单雌产卵量×卵孵化率。

## 2　结果与分析

### 2.1　蠋蝽有效产卵后雌虫单头饲养对寿命的影响

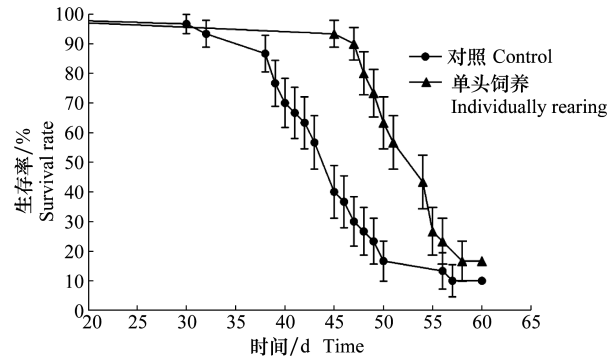
如图 2、3 所示,单头饲养组雌虫寿命为 53.13 d,显著长于对照组的 45.30 d($t$=3.79, $df$=58.00, $P$=0.000 4);单头饲养组雌虫寿命均在 45 d 以上,而对照组雌虫在羽化后 30 d 时开始出现死亡,单头饲养组雌虫的寿命普遍长于对照组(Log Rank $P$=0.002; Wilcoxon $P$<0.000 1)。




*表示在0.05水平差异显著($t$测验)
* indicates significant difference at 0.05 level ($t$ test)

**图 2　不同饲养方式下蠋蝽雌虫寿命($n$=30)**

**Fig. 2　Longevity of female *Arma chinensis* under different feeding modes($n$=30)**




Log Rank和Wilcoxon检验, $P$<0.05
Log Rank test and Wilcoxon test, $P$<0.05

**图 3　不同饲养方式下蠋蝽雌虫生命曲线图($n$=30)**

**Fig. 3　Survival curves of female *Arma chinensis* under different feeding modes($n$=30)**

### 2.2　有效产卵后雌虫单头饲养对蠋蝽繁育能力的影响

如表 1 所示,单头饲养组蠋蝽单雌产卵量为 343.80 粒,显著高于对照组的 258.20 粒($t$=3.16, $df$=58.00, $P$=0.002 5);平均产卵 14.83 次,显著高于对照组的 10.63 次($t$=3.79, $df$=58.00, $P$=0.000 4);单次产卵量 23.51 粒,低于对照组的 25.22 粒,但无显著差异($t$=1.72, $df$=50.58, $P$=0.092 4);卵孵化前期也无显著差异($t$=1.26, $df$=198.00, $P$=0.209 8)。

**表 1　蠋蝽有效产卵后雌虫单头饲养对繁育能力的影响[1)]**

**Table 1　Effects of individually reared females on their reproductive ability after effective spawning**

| 处理 Treatment | 单雌产卵量/粒 Fecundity per female | 产卵次数/次 Times of egg laying | 单次产卵量/粒 Fecundity per times | 卵孵化前期/d Prophase of egg hatching |
|---|---|---|---|---|
| 对照 Control | 258.20±18.82 | 10.63±0.72 | 25.22±0.56 | 8.27±0.12 |
| 单头饲养 Individually rearing | 343.80±19.46* | 14.83±0.84* | 23.51±0.83 | 8.49±0.13 |
| $t$ | 3.16 | 3.79 | 1.72 | 1.26 |
| $df$ | 58.00 | 58.00 | 50.58 | 198.00 |
| $P$ | 0.002 5 | 0.000 4 | 0.092 4 | 0.209 8 |

1) 数据为平均值±标准误,同列数据后 * 表示经 $t$ 测验在 0.05 水平上差异显著。
Data are mean±SE. Data followed by * in the same column are significant difference at 0.05 level ($t$ test).

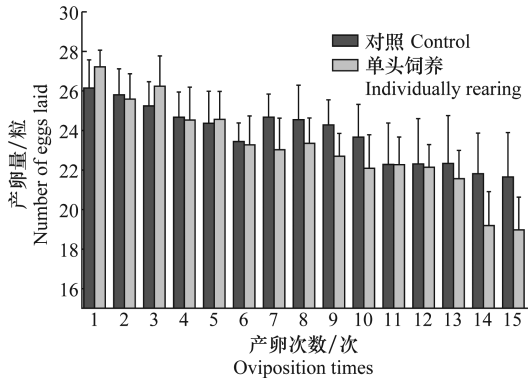



**图 4　不同饲养方式下蠋蝽单次产卵量($n$=30)**

**Fig. 4　Fecundity of *Arma chinensis* per time under different feeding modes ($n$=30)**

由图 4 可知,蠋蝽的单次产卵量随着产卵次数的增加呈现下降趋势,其中单头饲养组蠋蝽各次产卵量呈现出整体低于对照组的趋势,但与对照之间均无显著差异。

蠋蝽的卵孵化率随着产卵次数增加呈现下降趋势,从第 5 次产卵开始,单头饲养组蠋蝽卵孵化率呈逐渐下降的趋势,且各次的卵孵化率均显著低于对照组(表 2)。

对不同产卵阶段蠋蝽所产卵直径进行测量,经统计学分析发现,随着产卵次数增加(产卵阶段延后),卵直径呈现减小的趋势,单头饲养组蠋蝽卵直径减小具有显著的统计学差异(表 3,$F_{3,116}$=60.18,

$P<0.000\ 1$)；从产卵第二阶段(16～30 d)开始，单头饲养组蠋蝽卵的直径显著小于同时期对照组蠋蝽卵的直径(图 5)(16～30 d：$t=4.44$，$df=58.00$，$P<0.000\ 1$；31～45 d：$t=7.32$，$df=58.00$，$P<0.000\ 1$；46～60 d：$t=12.21$，$df=58.00$，$P<0.000\ 1$)。

**表 2 不同饲养方式下蠋蝽卵孵化率($n=30$)[1)]**

**Table 2 Egg hatchability under different feeding modes ($n=30$)**

| 次数 Time | 卵孵化率/% Egg hatchability 对照 Control | 单头饲养 Individually rearing | $t$ | $df$ | $P$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 72.63±1.59 | 72.83±1.44 | 0.09 | 58.00 | 0.928 0 |
| 2 | 71.67±1.91 | 72.07±1.86 | 0.15 | 58.00 | 0.880 0 |
| 3 | 70.64±2.02 | 65.36±2.85 | 1.51 | 58.00 | 0.136 1 |
| 4 | 68.87±2.35 | 65.78±1.85 | 1.04 | 58.00 | 0.302 9 |
| 5 | 68.71±1.86 | 60.30±2.75* | 2.54 | 50.61 | 0.014 3 |
| 6 | 69.16±1.74 | 57.71±2.44* | 3.82 | 50.80 | 0.000 4 |
| 7 | 68.84±2.43 | 56.97±2.45* | 3.39 | 52.00 | 0.001 3 |
| 8 | 69.50±2.40 | 57.15±2.24* | 3.72 | 50.00 | 0.000 5 |
| 9 | 69.87±3.09 | 56.10±2.31* | 3.64 | 48.00 | 0.000 7 |
| 10 | 70.20±1.78 | 54.80±2.49* | 5.03 | 46.42 | <0.000 1 |
| 11 | 67.47±2.74 | 53.00±1.87* | 4.48 | 41.00 | <0.000 1 |
| 12 | 69.79±2.53 | 51.52±2.71* | 4.66 | 28.00 | <0.000 1 |
| 13 | 69.31±3.58 | 52.05±2.64* | 3.96 | 26.00 | 0.000 5 |
| 14 | 70.74±3.96 | 50.16±3.73* | 3.49 | 21.00 | 0.002 2 |
| 15 | 68.78±2.01 | 51.58±3.45* | 2.97 | 16.00 | <0.000 1 |

1) 数据为平均值±标准误，同行数据后 * 表示经 $t$ 测验在 0.05 水平差异显著。
Data are mean±SE. Data followed by * in the same row are significant difference at 0.05 level ($t$ test).

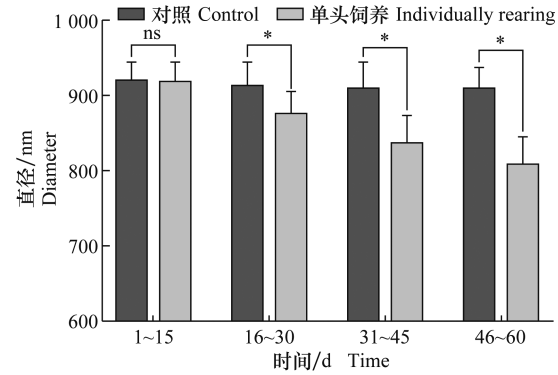
**表 3 蠋蝽不同产卵阶段卵粒直径的变化($n=30$)[1)]**

**Table 3 Change in the egg diameters at different egg-laying stages ($n=30$)**

| 产卵阶段 Egg-laying stage | 卵直径/nm Egg diameter 对照组 Control | 单头饲养 Individually rearing |
|---|---|---|
| 1～15 d | (919.40±4.84)a | (917.40±4.94)a |
| 16～30 d | (913.10±6.21)a | (875.90±5.62)b |
| 31～45 d | (908.36±6.72)a | (836.30±7.23)c |
| 46～60 d | (908.80±5.10)a | (808.30±6.46)d |
| 统计结果 Statistical result | $F_{3,116}=0.76$，$P=0.517\ 1$ | $F_{3,116}=60.18$，$P<0.000\ 1$ |

1) 数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示经单因素方差分析在 0.05 水平差异显著。
Data are mean±SE. Data with different lowercase letters in the same column are significant difference at 0.05 level (One-way ANOVA).

以单雌产卵量和蠋蝽卵整体孵化率为基础计算单雌蠋蝽卵孵化数，其中对照组为 177.87 头、单头饲养组为 192.95 头(表 4)。




* 表示经$t$测验在0.05水平差异显著
* indicates significant difference at 0.05 level ($t$ test)

**图 5 不同饲养方式下单头饲养与对照蠋蝽卵直径的比较($n=30$)**

**Fig. 5 Comparison of *Arma chinensis* egg diameters between individually rearing and control ($n=30$)**

**表 4 蠋蝽有效产卵后雌虫单头饲养对繁育能力的影响[1)]**

**Table 4 Effects of individually reared females on their reproductive ability after effective oviposition**

| 处理 Treatment | 单雌产卵量/粒 Number of eggs laid per female | 卵孵化率/% Egg hatching rate | 单雌蠋蝽卵孵化数/头 Number of hatched eggs per female |
|---|---|---|---|
| 对照组 Control | 258.20±18.82 | 68.89±0.60 | 177.87 |
| 单头饲养 Individually rearing | 343.80±19.46* | 59.58±0.71* | 192.95 |
| $t$ | 3.16 | 11.09 | |
| $df$ | 58.00 | 697.50 | |
| $P$ | 0.002 5 | <0.000 1 | |

1) 数据为平均值±标准误，同列数据后 * 表示经 $t$ 测验在 0.05 水平上差异显著。
Data are mean±SE. Data followed by * in the same column are significant difference at 0.05 level ($t$ test).

## 3 讨论

野外采集时发现，采集到的雌虫数量远多于雄虫数量，在此情况下，若环境条件适宜，蠋蝽依旧能维持种群；而室内饲养的蠋蝽雌雄比接近为 1，且配对饲养蠋蝽的雄虫寿命较雌虫更长[25-26]。蠋蝽室内饲养过程中雌雄比改变，配对成虫自残，雌虫寿命显著短于雄虫等问题值得探讨，因为雌雄比和雌虫寿命都影响着种群扩繁的能力。

试验结果显示，蠋蝽产有效卵后对雌虫进行单头饲养会显著影响其寿命、产卵量、卵孵化率及卵粒大小。单头饲养蠋蝽雌虫逐次产卵量、卵孵化率、卵直径随着产卵次数增加而减小，这与焦晓国等对二化螟 *Chilo suppressalis* 交配行为的研究结果类

似[27]。昆虫雄虫生殖腺分泌物可以通过交配转移到雌虫生殖道,为雌虫生殖提供营养、影响雌虫的生殖发育[17],单头饲养螨蝽雌虫仅在第一次产卵之前有少数几次交配受精行为,随着产卵次数增加,雌虫储精囊内雄虫精液量减少、雌虫生殖道内的雄虫生殖腺分泌物浓度降低,这些可能是导致单头饲养螨蝽雌虫逐次产卵量、卵孵化率、卵直径随着产卵次数增加而减小的主要原因。卵直径减小属于卵畸形[28-29]的一种,卵畸形也可能影响卵孵化,从而造成单头饲养螨蝽所产卵的孵化率较低。综合计算得出单雌螨蝽卵孵化数高于对照组,说明雌虫单头饲养条件下螨蝽的繁殖能力不受交配次数影响,甚至优于正常配对饲养螨蝽成虫的繁殖力。

肖红对雌性异色瓢虫多次交配及其适合度研究中,发现交配次数越多雌性异色瓢虫的寿命越短[30],其结果与本试验结果类似;本研究中,对螨蝽雌虫单头饲养,减少其种内自残情况和交配次数,这可能是单头雌虫饲养的螨蝽寿命延长的潜在原因。浅黄恩蚜小蜂、矢尖蚧、梨小食心虫、瓜实蝇等昆虫的雌虫可以一次交配终生产受精卵,西方蜜蜂输卵管里精液大大多于 1 头雄蜂的精液[31],说明雌虫的受精囊在许多两性生殖昆虫的生殖繁育过程中扮演着更为重要的角色,它可以保证雌虫在有效交配之后很长一段时间即使不交配也能生产可育后代,从而维持种群的动态平衡。单头饲养螨蝽雌虫后期所产卵仍能孵化,但孵化率显著低于对照组、且其卵孵化率随产卵次数增加呈下降趋势,说明螨蝽雌虫不仅可多次交配终生产卵,也可以一次交配终生产有效卵,螨蝽成虫有效交配之后,雌虫贮精囊内可能储存有大量精液使后期产生的卵受精,随着产卵次数增加、储存精液量减小,卵受精的概率也随之减小、导致单头饲养螨蝽雌虫所产卵的孵化率随着产卵次数增加而减小,相关原理和机制还需要通过生理生化试验和分子生物学手段进一步探讨。

综上所述,减少螨蝽雌虫的交配次数对其产卵和寿命都是有利的,当配对螨蝽中雄虫死亡时、不用立即增补雄虫,可一定程度减小饲养螨蝽成虫的时间成本投入,在螨蝽室内扩繁中,可通过适当控制螨蝽的交配次数来延长雌虫寿命、增加雌虫产卵量。螨蝽飞行能力较弱,释放后会迅速消灭释放地的目标害虫,为了避免高密度释放螨蝽后其食物源紧缺引起螨蝽自残而导致天敌昆虫资源浪费,也为减少雌雄虫交配次数、增加雌虫产卵量以提高螨蝽的定殖能力,延长螨蝽寿命以延长其控害时间,在螨蝽室外释放过程中,应控制螨蝽的单位空间释放量,以减少防治成本。

## 参考文献


[1] 杨志浩,孟玲,李保平. 虫龄对螨蝽捕食斜纹夜蛾幼虫行为参数的影响[J]. 生态学杂志,2019,38(11):3376-3381.

[2] 吴钜文,陈红印. 蔬菜害虫及其天敌昆虫名录[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013.

[3] 高卓,张李香,王贵强. 保护利用螨蝽防治甜菜害虫[J]. 中国糖料,2009(1):70-72.

[4] 邹德玉,徐维红,刘伯明,等. 天敌昆虫螨蝽的研究进展与展望[J]. 环境昆虫学报,2016,38(4):857-865.

[5] 闫家河,王文亮,刘芹,等. 鲁西北地区美国白蛾主要发生规律的观察研究[J]. 山东林业科技,2011(2):1-8.

[6] RIDER D A, ZHENG Leyi. Checklist and nomenclatural notes on the Chinese Pentatomidae (Heteroptera) I, Asopinae [J]. Entomotaxonomia, 2002, 107(1): 90-98.

[7] 王燕,张红梅,尹艳琼,等. 螨蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力[J]. 植物保护,2019,45(5):42-46.

[8] 唐艺婷,李玉艳,刘晨曦,等. 螨蝽对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察[J]. 植物保护,2019,45(4):65-68.

[9] 徐崇华,严静君,姚德富. 温度与螨蝽(*Arma chinensis* Fallou)发育的关系[J]. 林业科学,1984,20(1):96-99.

[10] 李娇娇,张长华,易忠经,等. 三种猎物对螨蝽生长发育及繁殖的影响[J]. 中国生物防治学报,2016,32(5):553-561.

[11] 张晓军,张健,孙守慧. 螨蝽对榆紫叶甲的捕食作用[J]. 中国森林病虫,2016,35(1):13-15.

[12] 宋丽文,陶万强,关玲,等. 不同宿主植物和饲养密度对螨蝽生长发育和生殖能力的影响[J]. 林业科学,2010,46(3):105-110.

[13] 郑志英,陈瑜伟,温宇光. 利用螨蝽防治几种林业害虫的试验[J]. 中国生物防治学报,1992,8(4):155-156.

[14] 周长青. 浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia sophia* (Girault & Dodd)的生物学特性研究[D]. 重庆:西南大学,2008.

[15] 孔维娜. 基于交配行为的梨小食心虫干扰机制与诱源筛选研究[D]. 晋中:山西农业大学,2014.

[16] 任顺祥,郭振中,熊继文,等. 矢尖蚧的重要天敌二双斑唇瓢虫的研究[J]. 生物防治通报,1990,6(2):71-73.

[17] 穆兰芳,董双林. 昆虫雄性生殖腺分泌物的功能[J]. 生物技术通报,2006(12):151-157.

[18] 《视觉天下. 百科知识丛书》编委会. 生物界里的大家族——昆虫[M]. 北京:中国画报出版社,2012.

[19] 刘微芬,廖怀建,石雷,等. 青斑蝶雌成虫内生殖器官形态与发育[J]. 林业科学研究,2017,30(1):125-131.

[20] 杜迎刚,季清娥,陈家骅,等. 异色瓢虫幼虫对卵的种内自残和种间捕食[J]. 环境昆虫学报,2014,36(6):874-878.

[21] 赵静,肖达,张帆,等. 三种捕食性瓢虫成虫对卵的种内自残及其集团内捕食作用[J]. 环境昆虫学报,2016,38(2):299-304.

[22] VIRK J S, SHERA P S. Behaviour modifying chemicals to enhance the effectiveness of natural enemies [M]// DHAWAN A K, SINGH B, BHULLAR M B, et al. Insect pest management. Jodhpur: Scientific Publishers (India), 2013: 224-229.


(下转 95 页)

节数影响显著,从而对后期棉花结铃数有显著影响。扁秆荆三棱种群密度对棉花产量也有很大影响,主要体现在棉花结铃数和单铃重的减少,且扁秆荆三棱种群密度对棉花第 6 节果枝以上结铃数和单铃重的影响最大,对棉花第 1～3 节果枝结铃数和单铃重的影响最小。可见扁秆荆三棱对棉花株高的影响是影响棉花结铃数的重要因素之一。扁秆荆三棱种群密度为 20 株/$m^2$ 时对棉花产量影响不显著,因此应使扁秆荆三棱种群密度控制在 20 株/$m^2$ 以下。扁秆荆三棱对棉花纤维品质的影响主要体现对棉花纤维马克隆值和纤维成熟度的影响。对棉花的纤维整齐度、短纤维指数和纤维强度影响不大。

## 参考文献


[1] 李志军,徐雅丽,于军,等. 扁秆藨草生长与繁殖特性研究[J]. 塔里木农垦大学学报,2001,13(4):21-24.

[2] 郝彦俊,李广阔,王剑,等. 新疆棉田杂草调查[J]. 植物保护,2003,29(4):42-44.

[3] 罗巨海,张勇,何海芬,等. 北疆棉田杂草消长调查及综合治理[J]. 新疆农业大学学报,2004,27(S1):75-76.

[4] 王新玲,马小艳,姜伟丽,等. 杂草与棉花的竞争作用[J]. 棉花学报,2015,27(5):474-480.

[5] ROGERS J B, MURRAY D S, VERHALEN L M, et al. Ivyleaf morningglory (*Ipomoea hederacea*) interference with cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Weed Technology, 1996, 10(1): 107-114.

[6] SNIPES C E, BUCHANAN G A, STREET J E, et al. Competition of common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) with cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Weed Science, 1982, 30(5): 553-556.

[7] BARNETT K A, STECKEL L E. Giant ragweed (*Ambrosia trifida*) competition in cotton [J]. Weed Science, 2013, 61(4): 543-548.

[8] 彭俊. 棉花与藨草竞争机制及化除的研究[D]. 石河子:石河子大学,2013.

[9] 李淑英,朱加保,路献勇,等. 反枝苋对棉花的密度竞争作用[J]. 中国农业科学,2017,50(2):286-298.

[10] WALKER S R, TAYLOR I N, MILNE G, et al. A survey of management and economic impact of weeds in dryland cotton cropping systems of subtropical Australia [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2005, 45(1): 79-91.

[11] WILLIAM A B, SHAWN D A, SUNDAR D, et al. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production dynamics in cotton [J]. Weed Science, 2003, 51(1): 94-101.

[12] ASKEW S D, WILCUT J W. Pennsylvania smartweed interference and achene production in cotton [J]. Weed Science, 2002, 50(3): 350-356.

[13] BUCHANAN G A, BURNS E R. Weed competition in cotton. II. cocklebur and redroot pigweed [J]. Weed Science, 1971, 19(5): 580-582.

[14] 彭军,马艳,李香菊,等. 外来入侵杂草黄顶菊与棉花的竞争作用[J]. 棉花学报,2012,24(3):272-278.

[15] TINGLE C H, STEELE G L. Competition and control of smellmelon (*Cucumis melo* L. var. *dudaim* Naud.) in cotton [J]. Weed Science, 2003, 51(4): 586-591.

[16] BARNETT K A, STECKEL L E. Giant ragweed (*Ambrosia trifida*) competition in cotton [J]. Weed Science, 2013, 61(4): 543-548.

[17] WOOD M L, MURRAY D S, BANKS J C, et al. Johnsongrass (*Sorghum halepense*) density effects on cotton (*Gossypium hirsutum*) harvest and economic value [J]. Weed Technology, 2002, 16(3): 495-501.

[18] 张新新,陈吉,刘敬然,等. 温光互作对棉花不同空间部位纤维品质的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(5):861-871.


(责任编辑:杨明丽)

(上接 89 页)


[23] 刘慧,陈泽铭,侯柏华,等. 桔小实蝇和番石榴实蝇幼虫取食阶段的种内竞争[J]. 环境昆虫学报,2015,37(6):1163-1169.

[24] 徐学农,吕佳乐,王恩东. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示[J]. 中国生物防治学报,2013,29(2):163-174.

[25] 邹德玉. 取食无昆虫成分人工饲料蠋蝽的转录组研究及饲养成本分析[D]. 北京:中国农业科学院,2013.

[26] 廖平,苗少明,许若男,等. 新型蠋蝽若虫液体人工饲料效果评价[J]. 中国生物防治学报,2019,35(1):9-14.

[27] 焦晓国,宣维健,盛承发. 水稻二化螟的交配行为[J]. 生态学报,2006,26(4):1110-1115.

[28] SAEED N, MANGURI A, ABDULKARIM S, et al. Shape restoration of deformed egg-shaped single layer space frames [C]// 2019 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE). IEEE, 2019: 220-225.

[29] FRASER T W K, HANSEN T, FLEMING M S, et al. The prevalence of vertebral deformities is increased with higher egg incubation temperatures and triploidy in Atlantic salmon *Salmo salar* L. [J]. Journal of Fish Diseases, 2015, 38(1): 75-89.

[30] 肖红. 雌性异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)多次交配及其适合度研究[D]. 西安:陕西师范大学,2010.

[31] VERMA L R. Biology of honeybee (*Apis mellifera*) spermatozoa: l. Effect of different oiluentson motility and survival [J]. Apidologie, 1978, 9(3): 167-174.


(责任编辑:杨明丽)