

烟蚜茧蜂的种群复壮技术

谢应强^{1,2}, 张洪志², 向梅¹, 张立猛³, 王德玲⁴, 李玉艳¹, 艾洪木^{2*}, 张礼生^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100039; 2. 福建农林大学植物保护学院, 福州 350002; 3. 云南省烟草公司玉溪市公司, 玉溪 653100; 4. 云南省大理州弥勒县红岩镇农业综合服务中心, 大理 675601)

摘要: 烟蚜茧蜂是防治烟蚜的优良天敌昆虫, 近 20 年, 我国烟蚜茧蜂大规模扩繁技术日臻成熟, 以其防控农作物蚜虫的生产应用也取得显著成效。然而在扩繁实践中发现饲养多代后, 烟蚜茧蜂的寄生力、生活力、体型、体质量都出现不同程度的下降, 降低了烟蚜茧蜂种群的生命力, 成为连续大规模扩繁烟蚜茧蜂的生产瓶颈。在实验室前期的烟蚜茧蜂退化试验中, 我们发现室内续代饲养的烟蚜茧蜂在第 7 代后种群出现了明显的衰退现象, 生产上需适时采取复壮措施。为探索烟蚜茧蜂的复壮技术, 对烟蚜茧蜂退化种群进行了饲喂清水、蔗糖、蜂蜜、葡萄糖的营养复壮和引入福建、云南、河北野生种群的杂交复壮, 测定了烟蚜茧蜂复壮后的寄生力、羽化率、成虫寿命、体型等特征。试验结果表明: 营养复壮对烟蚜茧蜂的寿命、寄生力有一定的复壮效果, 其中 10% 蜂蜜水的复壮效果最好, 但是均大幅低于杂交复壮效果; 杂交复壮对烟蚜茧蜂的寄生力、羽化率、成虫寿命、体型均有显著的复壮效果, 其中引入野生种群的雌蜂比引入野生种群的雄蜂的复壮效果好, 引入云南地区的野生种群比引入福建、河北的野生种群的复壮效果好, 引入云南野生种群雌蜂连续杂交两代后, 寄生力能恢复到退化种群 F₀ 代的 88.21%, 之后连续扩繁两代, 寄生力均能够保持在复壮后水平。试验证实河北地区的烟蚜茧蜂在室内扩繁退化后, 引入云南地区的野生雌蜂连续杂交两代, 能够有效地对退化种群进行复壮。

关键词: 烟蚜茧蜂; 人工扩繁; 种群复壮; 复壮技术

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2021)02-0201-08

Population Rejuvenation Technique for *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Aphidiidae)

XIE Yingqiang^{1,2}, ZHANG Hongzhi², XIANG Mei¹, ZHANG Limeng³, WANG Deling⁴, LI Yuyan¹,
AI Hongmu^{2*}, ZHANG Lisheng^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100039, China; 2. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Yuxi City Company of Yunnan Tobacco Company, Yuxi 653100, China; 4. Hongyan Town Agricultural Comprehensive Service Center, Dali 675601, China)

Abstract: *Aphidius gifuensis* is an excellent natural enemy of *Myzus persicae*. In the past 20 years, the technology of mass rearing of *A. gifuensis* in China has been ripening gradually, and great achievements have been made in its application in control of crop aphids. However, it is found in practice that, after several generations of mass rearing, the parasitism, viability and body size and weight of *A. gifuensis* decrease at varying degrees, which reduces the vitality of the population of mass-reared *A. gifuensis* and has become the bottleneck of continuous mass rearing of *A. gifuensis*. In previous experiments, it was found that degeneration of *A. gifuensis* occurred in the 7th generation since initiation of continuous rearing. To explore measures to rejuvenate the wasp population, attempts were made to feed the population with nutrients like fresh water, sucrose, honey, and glucose or to

收稿日期: 2019-01-16

基金项目: 国家烟草总公司重大专项 (110201901038-LS-01; 110202001032-LS-01); 国家重点研发计划 (2017YFD0201000); 国家自然科学基金 (31572062)

作者简介: 谢应强, 硕士研究生, E-mail: xyqxie@foxmail.com; *通信作者, 张礼生, 博士, 研究员, E-mail: zhangleisheng@163.com; 艾洪木, 博士, 副教授, E-mail: aihongmu@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.05.005

crossbreed the population with wild wasps collected from Fujian, Yunnan, and Hebei. Parasitism, emergence rate, adult longevity, and body size of the rejuvenated wasp population were measured. Results showed that nutrients had a certain rejuvenating effect on longevity and parasitism, and 10% honey solution achieved the best performance. However, crossbreeding outperformed any nutrients, with remarkable effects on parasitism, emergence rate, adult longevity, and body size. Crossbreeding was more effective with wild females than with wild males, and with wild populations from Yunnan than with those from Fujian and Hebei. Crossbreeding for two generations with wild female populations from Yunnan improved parasitism rate to 88.21% of Generation F_0 and the parasitism remained even with continuous mass rearing for two generations. The results show that crossbreeding for two generations with wild female populations of *A. gifuensis* collected from Yunnan can effectively rejuvenate the degenerated indoor populations in Hebei.

Key words: *Aphidius gifuensis*; artificial propagation; population rejuvenation; rejuvenation technique

烟蚜 *Myzus persicae* 又称桃蚜, 是世界上最具破坏性害虫之一, 除烟草外, 可寄生 400 余种寄主植物, 广泛分布于我国南北方烟植区, 具有发生数量大且为害时间长等特点, 在烟草的各个生长期均有发生。不仅能直接刺吸烟叶营养造成烟株发育畸形, 分泌蜜露诱发霉污病、病毒病等危害, 还能间接传播多种烟草病原体, 引发其他虫传病害和多种病毒病的流行和发生, 导致烟叶的质量和产量下降, 给烟叶生产造成巨大的经济损失^[1-4]。目前, 对烟蚜的防治多以化学防治为主, 但长期的化学用药导致了烟蚜的抗药性提高, 用药剂量也越来越大, 烟叶上的农药残留对烟民健康和生态环境的影响日益严重, 严重制约着烟叶生产的可持续发展^[5]。烟蚜的生物防治是应用天敌昆虫来降低烟蚜种群数量的一种方法, 天敌昆虫一般为捕食性天敌昆虫、寄生性天敌昆虫等^[6]。

烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* 是一种寄生性天敌昆虫, 对烟蚜的寄生力极强, 通过在烟蚜上产卵, 卵孵化后取食烟蚜的内部组织和器官导致烟蚜丧失营养而死亡, 以控制和降低烟蚜种群数量, 烟蚜茧蜂对烟蚜的自然寄生率一般可达 20.00%~60.00%, 最高可达 89.16%, 是烟蚜生物防治的优势天敌昆虫^[7,8]。黄继梅等^[9]通过对烟蚜茧蜂释放田、常规田、化学农药田的调查研究, 发现烟蚜茧蜂具有和化学农药相当的防治效果, 且能够有效地减少对生态环境的破坏。

目前烟蚜茧蜂的规模扩繁和释放技术在云南玉溪烟区已有一套较成熟的系统。规模扩繁具体分为 3 个过程, 即培育大量寄主植物(玉溪烟区主要为烟草)、烟蚜的扩繁、烟蚜茧蜂的扩繁。扩繁方式主要为大温棚繁蜂和小温棚繁蜂, 最终将收集的烟蚜茧蜂产品在恰当的时机释放到烟田中, 以取得最佳的防治效果^[10-12]。但是在规模扩繁的第三阶段, 在烟蚜茧蜂的扩繁中, 发现随着扩繁代数的增加, 烟蚜茧蜂种群出现了不同程度的衰退现象, 主要表现为成蜂体型变小、寿命下降、寄生力下降、僵蚜羽化率下降等, 甚至还会出现种群越养越小的情况, 严重制约着后期的扩繁规模。通过在实验室前期的烟蚜茧蜂退化试验中发现烟蚜茧蜂存在着种群的退化现象, 试验结果表明烟蚜茧蜂在室内连续扩繁 7 代后, 成蜂体型、寿命、寄生力、僵蚜羽化率等会显著下降。

对退化的烟蚜茧蜂进行复壮, 使烟蚜茧蜂种群的生殖力、生活力水平提升到健康水平并维持在一个健康的状态是烟蚜茧蜂人工扩繁中一个亟待解决的生产问题, 目前国内外对烟蚜茧蜂的复壮方法的研究鲜有报道, 实地调查发现烟蚜茧蜂繁育基地对烟蚜茧蜂的退化情况主要采用野外采集当地烟蚜茧蜂补充种群强度和野外采集寄主桃蚜来对烟蚜茧蜂退化种群进行复壮, 但是效果不理想, 当地的烟蚜茧蜂对本地区的烟蚜茧蜂退化种群复壮效果有限, 而用寄主桃蚜来对烟蚜茧蜂进行复壮仅仅能对烟蚜茧蜂的体型有一定的提升, 但是无法解决烟蚜茧蜂寄生力、羽化率下降的问题。本文通过采取改变营养物质和引入异地野外亲本与退化种群杂交等措施进行复壮, 评价两种复壮方法的复壮效果, 以期进一步提高烟蚜茧蜂对烟蚜的防治效果。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试的寄主植物为豆科的蚕豆 *Vicia faba* (临蚕 5 号), 在温室(温度 25 °C、相对湿度 40%、光周期

16L:8D) 中用塑料苗盆培育。豆苗长至 3~4 cm 时放入养虫笼中待用。烟蚜采自中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地, 并定期复壮; 从河北廊坊野外烟田采集的烟蚜茧蜂野生种群, 在实验室内扩繁 7 代以上且有显著退化特征的种群作为退化种群待用; 从云南、河北、福建野外采集的烟蚜茧蜂种群作为复壮种群待用。其中, 福建烟蚜茧蜂种群采自福建三明野外烟田, 云南野生种群采自云南玉溪野外烟田, 河北野生种群采自河北廊坊野外烟田。

1.2 烟蚜茧蜂的种群复壮试验

1.2.1 烟蚜茧蜂退化种群的营养复壮 从烟蚜茧蜂的退化种群中随机收取烟蚜茧蜂僵蚜于 2 mL 指形管中, 每个指形管放一头, 用脱脂棉塞住管口防止成蜂逃逸和保证管内气流通畅, 烟蚜茧蜂羽化后分组饲喂 10% 蜂蜜水、10% 蔗糖、10% 葡萄糖、清水和不饲喂任何营养物质的对照组。饲喂 12 h 后从各组中随机挑选 5 对成蜂, 按雌蜂:雄蜂=1:1 的比例放入一个 2 mL 的指形管中, 充分交配 2 h 后, 从实验室烟蚜种群中挑选 200 头 2~3 龄的烟蚜接入预先准备好的寄主植物中, 定殖 12 h 后按雌蜂:蚜虫=1:200 的比例接入各对交配完成的烟蚜茧蜂, 在人工气候箱(温度 25 °C、相对湿度 75 %、光周期 16L:8D) 内饲养, 待僵蚜形成后用毛刷取下僵蚜放入 2 mL 指形管中, 每个指形管放一头, 统计僵蚜数量、成蜂羽化率、成蜂寿命, 待烟蚜茧蜂死亡后将死亡的成蜂尸体按性别不同分装, 在体视解剖镜(Olympus SZX10) 下测量并记录其后足胫节的长度。

1.2.2 烟蚜茧蜂退化种群的异地杂交复壮 从烟蚜茧蜂退化种群中随机收取烟蚜茧蜂僵蚜单头置于 2 mL 指形管中, 异地野生种群中也随机收取烟蚜茧蜂僵蚜单独放置, 待僵蚜羽化后在异地野生种群的烟蚜茧蜂与实验室退化种群的烟蚜茧蜂中各挑选出 10 头雄蜂和 10 头雌蜂, 将每一对按野生组雌蜂:退化组雄蜂=1:1 和野生组雄蜂:退化组雌蜂=1:1 的比例放在指形管里, 充分交配 2 h 后, 按营养复壮的方法接入蚜虫并同等条件下饲养, 僵蚜形成后统计各个试验组的僵蚜数量、成蜂羽化率、成蜂寿命, 待烟蚜茧蜂死亡后将死亡的成蜂尸体按性别不同分装, 在体视解剖镜(Olympus SZX10) 下测量并记录其后足胫节的长度。

1.3 数据统计与分析

采用统计分析软件进行单因素方差分析, 不同处理间的差异显著性用 Tukey 多重比较进行检验。文中数据以平均值±标准误的形式表示。

2 结果与分析

2.1 营养复壮对烟蚜茧蜂寄生力的影响

不同营养条件对烟蚜茧蜂的寄生力有显著的复壮效果($F_{4,20}=6.077$, $P<0.05$), 饲喂蜂蜜、蔗糖、葡萄糖等糖类物质对烟蚜茧蜂的寄生力复壮效果较为明显, 饲喂蜂蜜的复壮效果最好, 寄生力相比对照组(无饲喂) 提高了 54.69%, 饲喂清水复壮效果不显著(图 1)。

2.2 异地杂交复壮对烟蚜茧蜂寄生力的影响

不同地域种群与实验室退化种群杂交对烟蚜茧蜂的寄生力有显著的复壮效果。野生种群雌蜂与退化种群雄蜂杂交组合与对照组差异显著($F_{3,16}=27.350$, $P<0.05$), 野生种群雄蜂与退化种群雌蜂杂交组合与对照组相比复壮效果差异显著($F_{3,16}=3.659$, $P<0.05$), 引入野生种群雌蜂的复壮效果明显高于引入野生种群雄蜂, 其中云南野生种群雌蜂与退化种群雄蜂杂交后的寄生力是所有组合里最好的, 寄生力相比对照组提高了 128.90%(图 2)。

2.3 营养复壮对烟蚜茧蜂羽化率的影响

不同营养条件对烟蚜茧蜂的羽化率没有显著的复壮效果($F_{4,20}=1.702$, $P>0.05$), 饲喂不同的营养物质不能显著地提高烟蚜茧蜂退化种群的羽化率(图 3)。

2.4 异地杂交复壮对烟蚜茧蜂羽化率的影响

不同地域种群与实验室退化种群杂交对烟蚜茧蜂的羽化率有显著的复壮效果, 野生种群雌蜂与退化种群雄蜂杂交组合与对照组差异显著($F_{3,16}=28.420$, $P<0.05$), 野生种群雄蜂与退化种群雌蜂杂交组合与对照组相比复壮效果差异显著($F_{3,16}=8.569$, $P<0.05$), 引入野生种群雌蜂的复壮效果明显高于引入野生种群雄蜂, 云南野生种群雌蜂与退化种群雄蜂杂交后的羽化率显著高于退化种群与河北、福建两地的野生

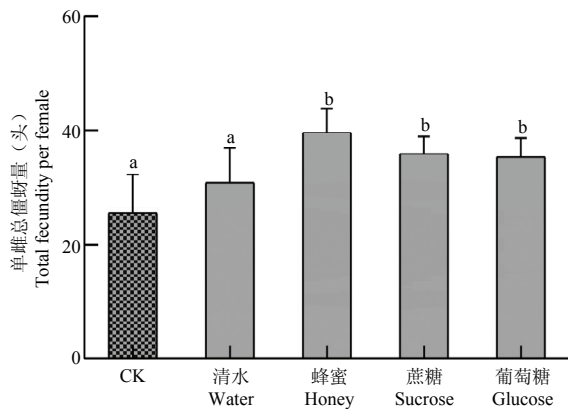
杂交种群，羽化率相比对照组提升了约 19.00% (图 4)。

2.5 营养复壮对烟蚜茧蜂寿命的影响

不同营养条件对烟蚜茧蜂的寿命有显著的复壮效果 ($F_{4,99}=22.75, P<0.05$)，其中，饲喂清水对寿命的提升很小，饲喂蜂蜜、蔗糖、葡萄糖对烟蚜茧蜂退化种群的寿命有显著提升，蜂蜜的复壮效果好于其他营养物质 (图 5)。

2.6 异地杂交复壮对烟蚜茧蜂寿命的影响

不同地域种群与实验室退化种群杂交对烟蚜茧蜂的寿命有显著影响，野生种群雌蜂与退化种群雄蜂组合与对照组差异显著 ($F_{3,76}=55.05, P<0.05$)，寿命约提升了 61.11%，野生种群雄蜂与退化种群雌蜂组合与对照组相比复壮效果差异显著 ($F_{3,76}=23.74, P<0.05$)，寿命约提升了 37.78%，引入野生种群雌蜂对寿命的提升效果明显高于引入野生种群雄蜂 (图 6)。

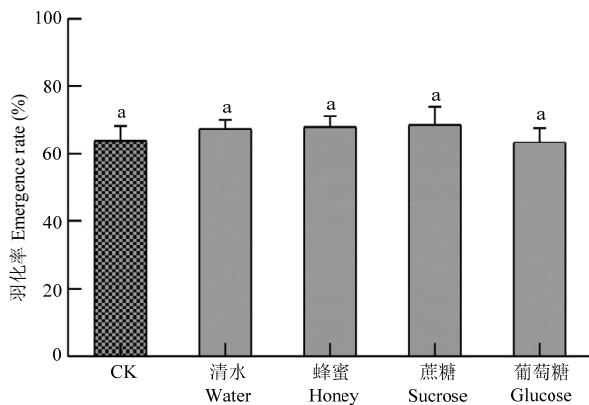


注：图中数据为平均值±标准误，图中的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different lowercase letters in the figure indicated significant difference ($P<0.05$).

图 1 不同营养条件对烟蚜茧蜂寄生力的复壮效果

Fig. 1 Rejuvenation effect of different nutritional conditions on parasitism of *A. gifuensis*

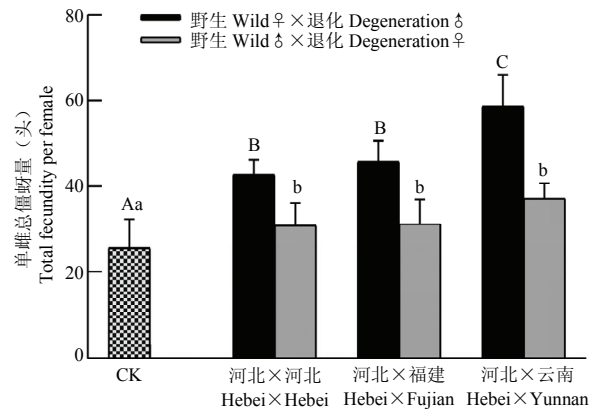


注：图中数据为平均值±标准误，图中不同营养条件间的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different lowercase letters in the figure indicated significant difference between nutritional conditions ($P<0.05$).

图 3 不同营养条件对烟蚜茧蜂羽化率的复壮效果

Fig. 3 Rejuvenation effect of different nutritional conditions on the emergence rate of *A. gifuensis*

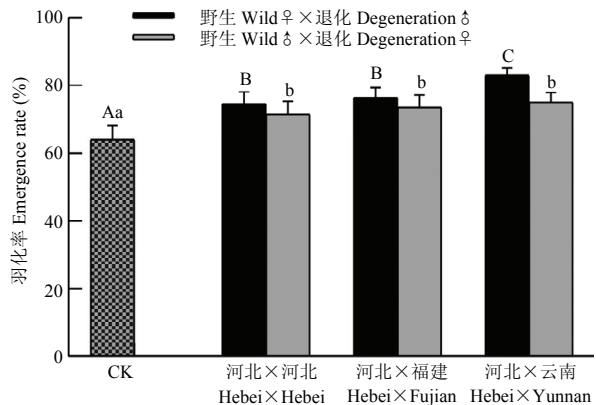


注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组合间的不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P<0.05$).

图 2 不同地域杂交对烟蚜茧蜂寄生力的复壮效果

Fig. 2 Rejuvenation effect of hybridization on parasitism of *A. gifuensis* in different regions

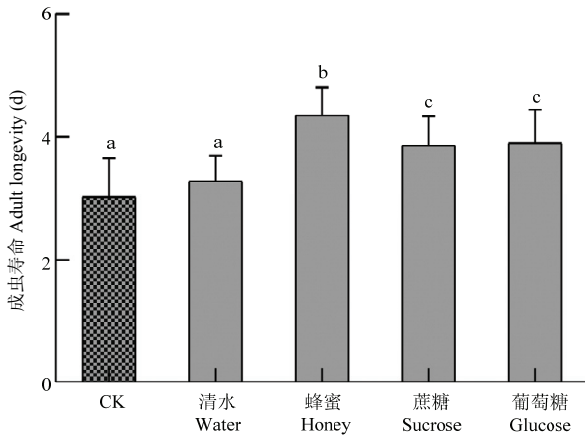


注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组合间的不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P<0.05$).

图 4 不同地域杂交对烟蚜茧蜂羽化率的复壮效果

Fig. 4 Rejuvenation effect of hybridization on the emergence rate of *A. gifuensis* in different regions

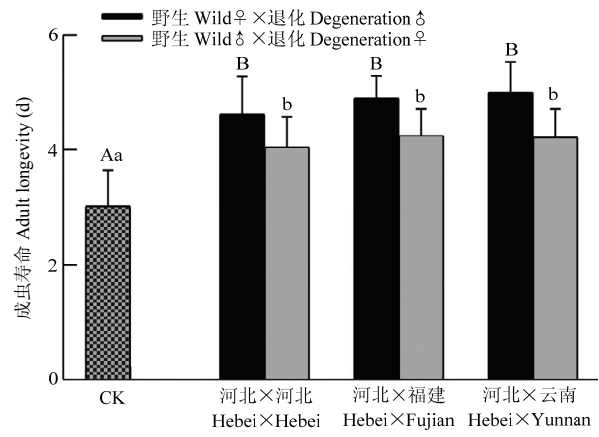


注：图中数据为平均值±标准误，图中不同营养条件间的不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different lowercase letters in the figure indicated significant difference between nutritional conditions ($P < 0.05$).

图 5 不同营养条件对烟蚜茧蜂成蜂寿命的复壮效果

Fig. 5 Rejuvenation effect of different nutritional conditions on adult longevity of *A. gifuensis*



注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组间的不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P < 0.05$).

图 6 不同地域杂交对烟蚜茧蜂成蜂寿命的复壮效果

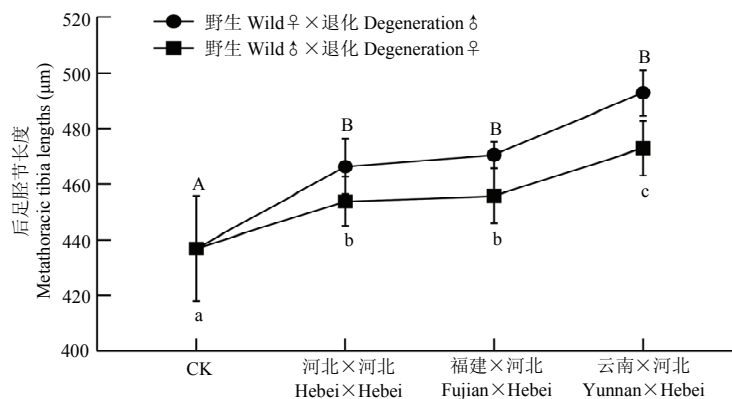
Fig. 6 Rejuvenation effect of hybridization on adult longevity of *A. gifuensis* in different regions

2.7 异地杂交复壮对烟蚜茧蜂雌蜂后足胫节的影响

不同地域的野生种群雌蜂与退化种群雄蜂的杂交组合与对照组均差异显著 ($F_{3,36} = 38.57, P < 0.05$)，野生种群雄蜂与退化种群雌蜂的杂交组合与对照组均差异显著 ($F_{3,36} = 13.64, P < 0.05$)，引入野生种群雌蜂的复壮效果明显高于引入野生种群雄蜂，云南地区野生种群的复壮效果都好于河北、福建两地，引入云南野生雌蜂后退化种群后代雌蜂后足胫节提升了 12.84%，引入云南野生雄蜂后退化种群后代雌蜂后足胫节提升了 4.50% (图 7)。

2.8 异地杂交复壮对烟蚜茧蜂雄蜂后足胫节的影响

不同地域的野生种群雌蜂与退化种群雄蜂的杂交组合对退化烟蚜茧蜂种群的雄蜂体型均有显著的影响 ($F_{3,36} = 52.26, P < 0.05$)，野生种群雄蜂与退化种群雌蜂的杂交组合对退化烟蚜茧蜂种群的雄蜂后足胫节仅云南地区的有显著影响 ($F_{3,36} = 15.08, P < 0.05$)，引入野生种群雌蜂的复壮效果明显高于引入野生种群雄蜂，引入云南野生雌蜂后，退化种群后代雄蜂后足胫节提升了 16.82%，引入云南野生雄蜂后，退化种群后代雄蜂后足胫节提升了 8.68% (图 8)。

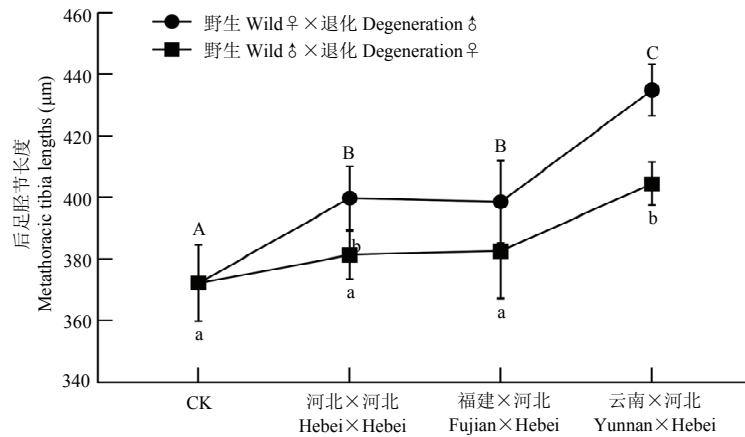


注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组间的不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Data were mean±SE, the different letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P < 0.05$).

图 7 不同地域杂交对雌性烟蚜茧蜂后足胫节长的复壮效果

Fig. 7 Rejuvenation effect of hybridization on metathoracic tibia lengths of female *A. gifuensis* in different regions



注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组合间的不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

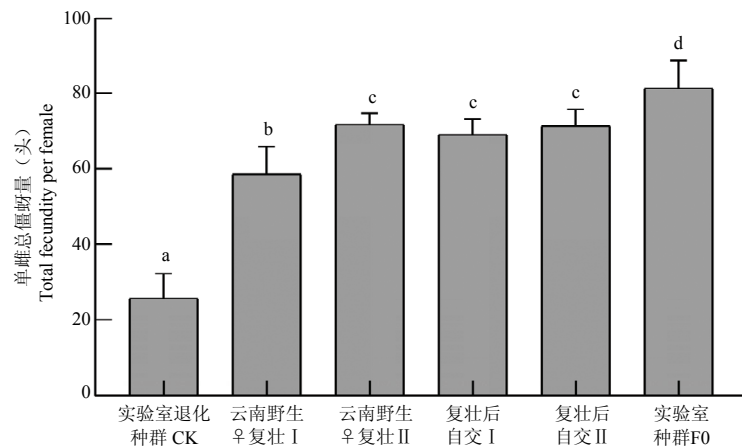
Note: Data were mean ± SE, the different letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P < 0.05$).

图 8 不同地域杂交对雄性烟蚜茧蜂后足胫节长的复壮效果

Fig. 8 Rejuvenation effect of hybridization on metathoracic tibia lengths of male *A. gifuensis* in different regions

2.9 引入云南野生雌蜂对烟蚜茧蜂退化种群寄生力的复壮效果

寄生力是烟蚜茧蜂是否复壮成功的重要指标，我们用之前试验复壮效果最好的云南野生种群雌蜂对退化种群连续复壮 2 代，第 1 次杂交后寄生力能够达到退化种群原 F_0 代的 71.99%，第 2 次杂交后寄生力能够恢复到退化种群原 F_0 代的 88.21%，之后连续自交 2 代，寄生力均能够保持与复壮两代后寄生力无显著差异（图 9）。



注：图中数据为平均值±标准误，图中不同杂交组合间的不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Data were mean ± SE, the different lowercase letters in the figure indicated significant difference between hybrid combinations ($P < 0.05$).

图 9 云南野生雌蜂对烟蚜茧蜂退化种群寄生力的复壮效果

Fig. 9 Rejuvenation effect of Yunnan wild female *A. gifuensis* on the parasitism of degeneration population

3 讨论

人工室内饲养的昆虫，几乎都不可避免地存在着种群退化现象^[13]。主要原因有以下几个方面：第一，遗传因素的退化，实验室内种群通常是由少量的野外个体繁殖来的，然后在恒定的温度、湿度、光照等条件下续代饲养，近亲繁殖，它的遗传特性就比较贫乏，导致体型、寿命、繁殖力的下降；第二，环境不当的退化，昆虫的种群优良性是在自然环境的不断变化中逐步形成的，这就要求我们的饲养技术与昆虫的生物学特性相匹配，但是人工模拟的环境还是有着一定的局限性和单一性，导致昆虫生物学的退化^[14]；第三，有的昆虫需要在特定的环境条件下才能保持原种的健康，如蜜蜂在 15 °C~16 °C 的低温下饲养能够较

好地保持原种的健康，但是低温也导致了它体内的各种机能发生了微妙的变化，可能导致基因突变，造成种群的退化^[15]；第四，对于寄生蜂等，寄生昆虫的体型退化可能导致寄生蜂的体型退化，在云南玉溪烟蚜茧蜂扩繁基地调查中发现，随着寄主烟蚜的体型退化，烟蚜茧蜂成蜂的体型也会受到影响。

昆虫复壮主要是通过适当改变饲养条件、定期加入野外亲本与实验室种群杂交、提纯复壮等，目前国内对昆虫退化后的复壮技术主要集中在经济昆虫蜜蜂和蚕的研究上，寄生蜂的复壮报道仅见于川硬皮肿腿蜂 *Scleroderma sichuanensis* Xiao 的复壮。刘守礼^[16]的研究表明在蜜蜂饲养中采取双王群同箱饲养或续箱饲养措施能够使两蜂群互相借暖，有利于增强强群的抗逆能力而迅速强大。吕纪增^[17]的研究表明，通过强弱蜂群合并复壮法，对不值得保留的弱势蜂群可通过与强群的组合或者合并来达到复壮效果，能够有效地防止蜜蜂的种性退化。吴克军等^[18]通过采用循环杂交法、回交法，系统育种等方法将云蚕 7、云蚕 8 进行循环杂交复壮，经过复壮后的家蚕在品种抗性、茧层率等方面也都优于复壮前系统。杨继芬^[19]通过将家蚕品种菁松和皓月循环杂交、自交后，发现复壮系在健康性上优于生产系，饲养复壮系能提高蚕产量。郭婉琳^[20]对花绒寄甲退化种群进行改变喂养内容、回接自然寄主、模拟自然条件三种方法进行复壮，结果表明，采用自然回接寄主的方法能够快速使退化种群复壮，而野外锻炼能够让花绒寄甲的体质得到显著的提高。胡霞等^[21]通过使用川硬皮肿腿蜂的原生寄主双条杉天牛进行连续几代的复壮，改变了实验室长期使用替代寄主黄粉虫作为替代寄主的环境，得到了大量搜索和寄生能力都显著提高的种蜂。烟蚜茧蜂对烟蚜具有寄生的专一性和喜好性，烟蚜是烟蚜茧蜂的原生寄主，前期研究发现烟蚜对烟蚜茧蜂的复壮更多仅体现在体型上，对寄生力的复壮效果较差。

本试验综合其他学者的复壮方法，通过改变营养物质和引入野外亲本对烟蚜茧蜂实验室内续代繁殖 10 代以上种群进行复壮，引入的野外亲本分别是位于中国西南的云南种群、东南的福建种群以及北方的河北本地种群。通过本研究，我们发现从云南引入烟蚜茧蜂野外亲本，与河北地区退化种群连续杂交两代后能够使烟蚜茧蜂的寄生力、寿命、体型都显著的提高，寄生力可以达到河北地区野生种群的 88.21%，对比其他两地引入的杂交复壮效果有着显著的优势，可以用作实验室大规模繁殖的种蜂，也将为烟蚜茧蜂扩繁后的退化现象提供一种有效的复壮方法。从云南地区引入烟蚜茧蜂的效果明显好于引入河北、福建地区的种群，这可能与两个因素有关，一是引入河北地区的烟蚜茧蜂复壮河北地区的烟蚜茧蜂退化种群，基因相对单一，复壮效果有限；二是引入的福建地区的野外烟蚜茧蜂体型比云南、河北的小很多，这可能会限制其复壮的能力。

在试验开展的过程中，也发现了一些新的问题，需深入探索。1) 在对试验结果分析中发现，野生♀×退化♂组合在寄生力、羽化率、体型、寿命等方面复壮效果都显著高于野生♂×退化♀组合，引入野外的雌蜂能够更加高效地对烟蚜茧蜂退化种群进行复壮。探讨烟蚜茧蜂种群退化是否由种群中雌蜂的退化引起，这对烟蚜茧蜂的退化研究有重要意义。后续将开展对实验室退化雌蜂与野生健康雌蜂进行解剖和生物学测定等方面的试验。2) 由于试验安排与各地野外采集时间不同等原因，本次复壮试验仅仅是在实验室内进行野生亲本与退化蜂群 1:1 复壮试验，但是在实际大棚扩繁中退化蜂群数量比较大，需要一个更科学的比例引入野外亲本来进行复壮，相关问题仍有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Zhang H Z, Li Y Y, An T, et al. Comparative transcriptome and iTRAQ proteome analyses reveal the mechanisms of diapause in *Aphidius gifuensis* Ashmead (Hymenoptera: Aphidiidae)[J]. *Frontiers in Physiology*, 2018, 9: 1697.
- [2] Mittler T E, Dadd R H. Artificial feeding and rearing of the aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), on a completely defined synthetic diet[J]. *Nature*, 1962, 195(4839): 404-404.
- [3] 李玉艳, 张礼生, 陈红印, 等. 烟蚜茧蜂滞育诱导的温光周期反应[J]. *应用昆虫学报*, 2013, 50(3): 718-726.
- [4] 张洪志, 谢应强, 李玉艳, 等. 豆科植物繁殖烟蚜及扩繁烟蚜茧蜂的潜力[J]. *中国生物防治学报*, 2019, 35(6): 821-828.
- [5] Iguchi M, Fukushima F, Miura K. Control of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) by a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on green pepper plants in open fields[J]. *Entomological Science*, 2011, 15(1): 127-132.
- [6] 谷星慧, 杨硕媛, 余砚碧, 等. 云南省烟蚜茧蜂防治桃蚜技术应用[J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(1): 1-7.

- [7] 安涛, 张洪志, 韩艳华, 等. 烟蚜茧蜂滞育关联基因的转录组学分析[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(5): 604-611.
- [8] 杨静, 邹光进, 杨颜, 等. 烟蚜茧蜂对烟蚜与蚜传病毒病的生物防控效果[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(7): 47-50.
- [9] 黄继梅, 邓建华, 龚道新, 等. 烟蚜茧蜂防治烟蚜的散放次数及其田间防治效果研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(10): 447-451.
- [10] 张洁, 张礼生, 陈红印, 等. 大规模扩繁烟蚜茧蜂的蚜类寄主筛选研究[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(1): 32-37.
- [11] 徐云, 李向东, 詹筱国, 等. 烟蚜茧蜂三级式规模化扩繁技术在昆明市烟区的应用[J]. 湖南农业科学, 2013(19): 77-80.
- [12] 高崇, 高歌农, 张贵峰, 等. 吉林省烟蚜茧蜂防治烟蚜技术操作流程[J]. 黑龙江农业科学, 2017(1): 51-54.
- [13] 张魁艳, 安淑文, 杨定. 双翅目昆虫翅的退化[J]. 应用昆虫学报, 2006, 43(2): 274-278.
- [14] 李全平, 贺媛, 刘杰明, 等. 冬虫夏草寄主昆虫选育及生殖退化研究[J]. 菌物学报, 2016, 35(4): 456-466.
- [15] 王秀琴. 长期实验室培养条件下果蝇复壮的初步研究[J]. 生物学通报, 2004, 39(7): 54.
- [16] 刘守礼. 谈蜜蜂授粉群的复壮技术[J]. 蜜蜂杂志, 2017, 37(12): 23-26.
- [17] 吕纪增. 蜂群种性退化原因及复壮措施[J]. 蜜蜂杂志, 2006, 26(2): 27.
- [18] 吴克军, 田梅慧, 陈松, 等. 家蚕品种“云蚕7”的复壮研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 377-381.
- [19] 杨继芬. 家蚕品种青松、皓月复壮效果的比较试验[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(15): 135-138.
- [20] 郭婉琳. 花绒寄甲的退化规律及复壮技术研究[D]. 合肥: 安徽农业大学.
- [21] 胡霞, 尹鹏, 周祖基, 等. 川硬皮肿腿蜂的复壮技术研究[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(5): 763-767.

(责任编辑: 张莹)