

棉露尾甲在不同饲料上的生长发育及繁殖力比较*

梁潇以** 黄青** 赵鹏 蔡万伦 华红霞 赵景***

(华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

摘要 【目的】棉露尾甲 *Haptoncus luteolus* Erichson 是棉花和番荔枝科等植物上重要的传粉昆虫, 研究其室内人工饲养技术对于开发其传粉价值和以其为对象进行转基因棉花安全性评价等方面具有重要意义。【方法】利用筛选的人工饲料和油菜花粉 2 种潜在的人工饲料, 同时以天然饲料丝瓜花为对照, 观察比较棉露尾甲初孵幼虫在 3 种饲料上的生长发育及羽化为成虫后的繁殖力差异。【结果】棉露尾甲初孵幼虫在 3 种饲料上发育至成虫的生存曲线无显著差异; 与丝瓜花和油菜花粉相比, 人工饲料饲养棉露尾甲的幼虫期缩短, 蛹期延长; 人工饲料饲养的雌成虫羽化后 20 d 内累计产卵量显著高于丝瓜花和油菜花粉处理, 且可以维持较长时间的单日高产卵量, 从而显著提高繁殖力。【结论】人工饲料饲养的棉露尾甲生物学特征与丝瓜花饲养的相似, 但繁殖力显著提高, 可以利用人工饲料结合配套的饲养技术进行棉露尾甲的室内长期大量饲养。

关键词 棉露尾甲; 人工饲料; 丝瓜花; 繁殖力

The development and reproduction of *Haptoncus luteolus* on three different diets

LIANG Xiao-Yi** HUANG Qing** ZHAO Peng CAI Wan-Lun
HUA Hong-Xia ZHAO Jing***

(College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract [Objectives] To develop an artificial feeding technology for *Haptoncus luteolus*, an important pollinator of cotton and annonaceous crops, in order will facilitate exploiting the pollination services of this species and assess its vulnerability to transgenic Bt cotton. [Methods] The growth, development of newly hatched larvae and adult fecundity of *H. luteolus* reared on artificial feed, rape pollen or luffa flower were measured and compared. [Results] Survival curves of *H. luteolus* on these three diets were essentially the same. Compared to those fed on rape pollen and luffa flower, *H. luteolus* reared on artificial feed had a shorter larval period and longer pupal period. The cumulative number of eggs laid over 20 days by females reared on the artificial feed was higher than that of females reared on the other two diets. Females reared on artificial feed also maintained higher fecundity for longer than those reared on the other foods. [Conclusion] With the exception of higher fecundity, the biological characteristics of *H. luteolus* reared on artificial feed are essentially the same as when these insects are reared on luffa flower. Using this artificial feed and related artificial breeding technology could allow the long-term and large-scale feeding *H. luteolus* under laboratory conditions.

Key words *Haptoncus luteolus*; artificial feed; luffa flower; fecundity

*资助项目 Supported projects: 转基因生物新品种培育科技重大专项 (2016ZX08011002); 中央高校基本科研业务费专项基金资助 (2662015PY115)

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail: 1247465811@qq.com; qh0528@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhao-jing@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-05-22; 接受日期 Accepted: 2019-07-29

棉露尾甲 *Haptoncus luteolus* Erichson 是一种广泛分布于热带和亚热带地区的访花果露尾甲科昆虫 (Kirejtshuk and Pakaluk, 1996)。在国外, 棉露尾甲是苹果、桃和草莓等水果上的重要害虫, 经常可以在腐败发酵的水果上采集到 (Audisio *et al.*, 1990; Ciampolini and Maiulini, 1991; Potter *et al.*, 2013); 而 Nedel 和 Pena (1994) 则报道棉露尾甲为番荔枝科植物上的重要传粉昆虫; 同时也发现其在意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 和一些无刺蜂类蜂巢中寄居的现象 (Atkinson and Ellis, 2011; Krishnan *et al.*, 2015)。在国内, 棉露尾甲主要记载为仓储害虫 (张生芳等, 1998) 和金银花害虫 (欧善生等, 2011), 同时也有该昆虫作为棉花和亚洲莲上传粉昆虫的报道 (李先金, 1981; Li and Huang, 2009)。

通过对棉露尾甲进行系统的生物学和生态学研究, 发现棉露尾甲在棉花上主要取食花粉及腐败的花瓣, 且在丝瓜、南瓜和豆角等上均有分布, 提出了其是一种极具利用前景的传粉昆虫; 同时室内利用丝瓜花饲养系统研究了温度、土壤含水量及光周期对其生长发育的影响 (罗峰, 2014a; 罗峰和雷朝亮, 2004b; 罗峰等, 2007)。自 1996 年商业化种植以来, 2016 年我国种植转基因作物-转基因抗虫棉花的面积已经占棉花总种植面积的 95% (ISAAA, 2016)。转基因抗虫棉花表达的 Bt 蛋白等对非靶标节肢动物的安全性是其环境安全评价的重要内容, 考虑到棉露尾甲在棉田生态系统的重要性, 可以利用其作为转基因棉花安全性评价的指示生物。Chen 等 (2011) 通过花粉饲喂法结合田间调查发现转 *Cry1Ac/CpTI* 双价棉花对棉露尾甲无负面影响。对棉露尾甲的大量研究, 需要稳定的室内饲养人工饲料和方法, 以提供大量的虫源, 但目前对棉露尾甲人工饲料的研究相对缺乏。

关于露尾甲科昆虫的人工饲料及室内饲养方法的研究, 国内外报道相对较多。Peng 和 Williams (1990) 以圆酵母、西红柿和西梅酱等为主要成分配制出的饲料, 可以适用于包括黄斑露尾甲 *Carpophilus hemipterus* Linnaeus 在内的

至少 9 种露尾甲科昆虫的人工饲养。曹东风和轩静渊 (1997) 以玉米快餐粉复配人工饲料成功地进行了黄斑露尾甲的室内饲养。为了配合棉露尾甲的相关研究, 本文在结合其它露尾甲人工饲料的成功报道及棉露尾甲的生物学习性基础上, 设计了 2 种棉露尾甲人工饲料并比较了棉露尾甲在 2 种饲料及丝瓜花上的生长发育和繁殖差别, 以期开发出成熟的棉露尾甲人工饲料和相关室内饲养技术。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

棉露尾甲成虫于 2017 年 8 月采自华中农业大学棉花试验田, 带回室内用丝瓜花饲养 1 代后进行在 3 种饲料上的饲养实验。所有试虫饲养及实验均在温度 (27 ± 0.5) °C, 光周期为 14L : 10D, 湿度为 75% 的光照培养箱中进行。

1.2 供试饲料

实验比较了人工饲料、油菜花粉和丝瓜花对棉露尾甲生长发育和繁殖的影响。人工饲料是基于酵母粉和蜂蜜配制的, 首先配置 50% 的油菜蜜 (购自武汉康思农生物科技有限公司), 加入等量的干酵母粉 (酿酒酵母 *Saccharomyces cerevisiae*, 购自安琪酵母股份有限公司) 后充分搅匀, 于室温下发酵 24 h 后, 搅匀放入 4 °C 冰箱备用; 将油菜蜂花粉 (购自武汉康思农生物科技有限公司) 放入研钵中充分磨碎后, 加入 30% 的单蒸水混匀制成油菜花粉膏, 放入 4 °C 冰箱备用; 将新采集的丝瓜雄花作为天然饲料, 放入 4 °C 冰箱保鲜备用。

1.3 饲养方法

1.3.1 成虫交配产卵装置 取刚羽化雌雄成虫配对后, 放入底部铺有一层厚度约 0.2 cm 的润湿脱脂棉的培养皿中 ($\phi=6$ cm), 脱脂棉上覆一层滤纸。根据棉露尾甲趋折缝产卵的习性, 将带底层纸片的 Parafilm 封口膜 (2 cm×2 cm) 四边折叠 0.5 cm 成船型作为饲喂和产卵装置, 并在中间涂上一定量的人工饲料或油菜花粉膏, 供成

虫取食。丝瓜花饲料试验不使用以上饲喂和产卵装置,而是将成虫释放在丝瓜花上直接取食和产卵。人工饲料和油菜花粉膏每皿每天放入 10 mg,丝瓜花每皿每天放入 1 朵。每天用吸虫器将成虫转入新盒中,同时收取 Parafilm 封口膜或丝瓜花上卵备用。

1.3.2 幼虫饲养及化蛹装置 在直径为 6 cm 的塑料培养皿中饲养幼虫。培养皿底部铺一层约 0.2 cm 的润湿脱脂棉,上覆一层滤纸,之后放置一块上面涂有人工饲料或油菜花粉膏的滤纸(2 cm×2 cm)于培养皿中间。丝瓜花直接放在贴棉花的滤纸上。挑取初孵幼虫于饲料旁边或丝瓜花上取食,每皿 10 头。培养皿盖上扎有 10 个小孔以透气,盖好的培养皿用 Parafilm 封口膜封口,防止幼虫逃逸。待幼虫长至 3 龄后直接将幼虫的滤纸或丝瓜花转入铺有厚 0.5 cm、湿度为 15% 土壤的塑料培养皿($\phi=6$ cm),以供老熟幼虫钻入土中化蛹。培养皿盖上扎有 10 个小孔以透气,盖好的培养皿用 Parafilm 封口膜封口,防止老熟幼虫逃逸。待成虫羽化破土后,用吸虫器将其吸入成虫产卵装置中。

1.4 3 种饲料饲养下棉露尾甲的生长发育与繁殖力比较

每个处理取 120 头刚孵化幼虫,10 头一组装入放有不同饲料的 6 cm 塑料培养皿中,按上述 1.3.2 的方法饲养,每 0.5 d 观察记录待测试虫的发育历期和存活率。幼虫期人工饲料和油菜花粉膏每皿每天放入 50 mg,丝瓜花每皿每天放入 1 朵。成虫羽化后每个处理雌雄虫各 15 头,记录 1 日龄雌雄虫的体重、体长。随后每个处理配对 10 组,配对后的单对按上述 1.3.1 中方法饲养。每天更换饲料和 Parafilm 封口膜,连续观察 20 d,记录单雌每日产卵量和卵孵化率。单对中若雌虫死亡则停止观察,若雄虫死亡则补同日龄的备用雄虫 1 只。

1.5 数据分析方法

采用单因素方差分析后,用 Tukey 多重比较分析 3 种饲料饲养的棉露尾甲各生命表指标间差异。卵孵化率数据经反正弦转换后进行方差分

析。成虫前期生存曲线分析采用 Kaplan-Meier procedure 和 log-rank test 进行比较。不同处理的棉露尾甲 20 日内单雌产卵量趋势利用重复测量方差分析进行比较。

2 结果与分析

2.1 3 种饲料处理下棉露尾甲成虫前期生命表指标分析

实验结果表明,棉露尾甲初孵幼虫均能在 3 种饲料完成生长发育并顺利羽化。以人工饲料、油菜花粉和丝瓜花饲养的初孵幼虫至成虫前期的最终存活率分别为 80.36%、83.65% 和 83.50%。通过 Kaplan-Meier 生存分析比较 3 种处理成虫前期的生存曲线,发现 3 种处理间成虫前期的生存曲线无显著差异,供试昆虫的死亡主要发生在 8 d 之后的羽化期(图 1)。如表 1 所示,3 种饲料处理中,取食人工饲料的幼虫期显著短于取食油菜花粉和丝瓜花的($F_{2,316}=467.28, P<0.001$),而取食人工饲料的蛹期则显著长于取食油菜花粉和丝瓜花的($F_{2,205}=263.93, P<0.001$)。

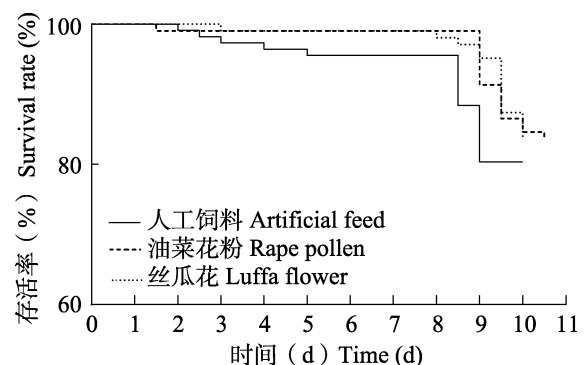


图 1 取食不同饲料的棉露尾甲成虫前期生存曲线

Fig. 1 Survival rate of *Haptoncus luteolus* fed on different diets

2.2 3 种饲料处理下棉露尾甲成虫期的生物学特征比较

成虫羽化后,通过比较一日龄雌雄个体体重和体长数据发现,3 种饲料饲养的雌雄成虫的体长和雄虫体重无显著差异,而雌虫体重依次为丝瓜花饲养>人工饲料饲养>油菜花粉饲养,且三者之间差异显著($F_{2,42}=18.54, P=0.000$)。3 种饲料饲养下的试虫产卵前期无明显差异,人工饲料

表 1 3 种饲料饲养的棉露尾甲成虫前期各阶段历期 (d)
Table 1 Development duration of *Haptoncus luteolus* reared on three diets for each stage in pre-adult period (d)

发育历期 (d) Developmental duration (d)	处理 Treatments		
	人工饲料 Artificial feed	油菜花粉 Rape pollen	丝瓜花 Luffa flower
幼虫期 Larvae period	2.26±0.02b	3.25±0.03a	3.30±0.03a
预蛹期 Pre-pupa period	3.03±0.02b	3.15±0.03a	3.02±0.04b
蛹期 Pupa period	2.99±0.03a	2.12±0.03b	2.14±0.04b

表中数据为平均数±标准误差, 同行数据后标有不同小写字母表示经 Tukey 检验后差异显著 ($P < 0.05$)。表 2 同。
Data are mean ±SE, and followed by the same lowercase letters in the same line are not significantly different based on a Tukey HSD post hoc test ($P < 0.05$) between three treatments. The same as Table 2.

表 2 3 种饲料饲养棉露尾甲成虫生物学特征比较
Table 2 Adult biological traits of *Haptoncus luteolus* reared on three diets

参数 Parameters	性别 Sex	处理 Treatments		
		人工饲料 Artificial feed	油菜花粉 Rape pollen	丝瓜花 Luffa flower
体重 (mg) Body weight (mg ± SE)	♂	0.79±0.04a	0.78±0.03a	0.85±0.04a
	♀	0.89±0.05b	0.69±0.04c	1.03±0.03a
体长 (mm) Body length (mm ± SE)	♂	2.60±0.04a	2.64±0.02a	2.67±0.02a
	♀	2.59±0.03a	2.51±0.02a	2.55±0.03a
产卵前期 (d) Pre-oviposition period (d)		2.80±0.20a	3.30±0.33a	3.20±0.25a
单雌产卵量 (20 d) Eggs per female (in 20 days)		89.60±17.02a	20.20±4.25c	36.90±2.15b
卵孵化率% (20 d) Hatching rate (in 20 days)		93.60±1.55a	76.35±5.59b	94.28±1.79a

喂食的单雌 20 d 累计产卵量显著高于油菜花粉和丝瓜花饲喂的, 丝瓜花饲喂的单雌产卵量高于油菜花粉的 ($F_{2,27}=12.60$, $P=0.000$)。同时, 油菜花粉饲喂的卵孵化率显著低于人工饲料和丝瓜花饲喂的 ($F_{2,27}=9.32$, $P=0.001$)。

通过观察比较 3 种处理的单雌 20 d 内日均产卵量趋势可以发现, 不同处理单雌在不同时间内的产卵量之间有显著差异 ($F_{5.65,152.63}=4.03$, $P=0.01$); 其中丝瓜花处理中不同天数间存在显著差异 ($F_{19,180}=6.16$, $P=0.000$), 而其它两个处理中均无显著差异。在经历 4-10 d 内的产卵高峰期后, 油菜花粉处理和丝瓜花处理的单雌产卵量呈下降趋势, 而人工饲料处理的单雌日均产卵量仍维持在较高水平。从各个时间点看, 人工饲料处理的单雌产卵量在第 3、8、9、15、16、17、19 和第 20 天均高于另外两个处理 (均 $P<0.05$)。具体单雌日均产卵量趋势见图 2。

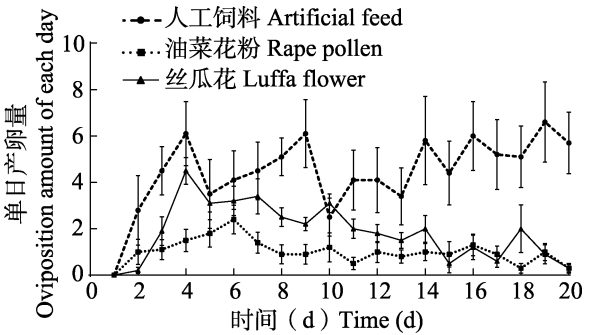


图 2 取食不同饲料的棉露尾甲单雌日均产卵量趋势图
Fig. 2 Each day's egg-mass in single female of *Haptoncus luteolus* reared on three diets

3 讨论

罗峰 (2004a) 的报道指出, 棉露尾甲除了棉花, 在丝瓜、南瓜、葫芦、豆角和黄瓜上均有分布。室内饲养条件下, 比较了取食丝瓜、南瓜和棉花 3 种花朵后棉露尾甲的生长发育。发现棉露尾甲在丝瓜、南瓜和棉花上均可以完成发育,

其中未成熟期在丝瓜花上存活率最高;在变温条件下,丝瓜花饲养的雌雄虫发育速度最快。因此本研究选取丝瓜花处理作为两种人工饲料的自然寄主食物对照。

由于棉露尾甲的成虫寿命平均约 145 d 天左右(李先金, 1981), 本试验中仅统计了成虫 20 d 内的繁殖力数据。尽管 3 种饲料饲养的棉露尾甲初孵幼虫至成虫羽化前的存活率均可以达到 80% 以上, 但人工饲料饲养的雌成虫 20 d 内单雌产卵量在 89.60 粒左右, 远高于丝瓜花(36.90 粒)和油菜花粉的(20.20 粒)。另外, 在经历了在第 4-10 天的产卵高峰后, 油菜花粉和丝瓜花饲养的棉露尾甲雌虫产卵量明显下降, 而人工饲料饲养个体仍保持较高的产卵量。同时, 油菜花粉饲养下的雌成虫卵孵化率相对较低。另外, 从饲养成本和原料获得难易度上考虑, 天然饲料丝瓜花或棉花因难以保存而无法实现周年性供应。而油菜花粉饲养的棉露尾甲雌成虫产卵量和卵孵化率较低, 且花粉价格较高, 因此, 限制了其在棉露尾甲饲料上的应用。配制人工饲料的 2 种成分蜂蜜和干酵母粉, 在市场上比较常见, 且价格相对较低。因此, 本研究的人工饲料在成虫繁殖力和原料获得上具有明显的优势。自 2017 年 8 月棉露尾甲初始种群采集之后, 室内在未补充田间虫源的情况下已利用该人工饲料饲养棉露尾甲至今, 超过 30 代, 证明本研究的人工饲料可以累代饲养棉露尾甲。

在露尾甲科昆虫的 10 个亚科中, 长鞘露尾甲亚科 Epuraeinae、露尾甲亚科 Nitidulinae、谷露尾甲亚科 Carpophilinae 和 Meligethinae 均具有典型的访花习性, 其中包括棉露尾甲在内的长鞘露尾甲属 *Epuraea*、*Mystrops* 和 *Haptoncognathus* 等属露尾甲仅成虫或成虫和幼虫均在植物花朵上取食花粉、花蜜和花瓣等(Dasgupta *et al.*, 2018)。这些露尾甲昆虫在花朵上取食的同时, 携带多种酵母菌散落在花朵中。在露尾甲科昆虫喜访问的旋花科、仙人掌科和棉花所属的锦葵科植物花朵上均可以发现多种露尾甲传播的酵母(Lachance *et al.*, 2001)。酵母对露尾甲的作用可能为发酵花粉、花蜜等食物或为幼虫提供营

养。包括棉露尾甲在内的许多露尾甲科昆虫同时喜食腐败发酵的水果(Audisio *et al.*, 1990; Ciampolini and Maiulini, 1991), 而水果的发酵多数由酵母完成。同时, 酵母发酵过的食物对露尾甲科昆虫具有明显的吸引作用(Nout and Bartelt, 1998), 发酵过的全麦面包团可以作为诱集棉露尾甲等露尾甲科昆虫的标准诱饵(Bartelt *et al.*, 1994; James *et al.*, 1998)。结合以上三点可以得出, 酵母在为棉露尾甲成幼虫提供营养和吸引成虫取食等方面具有重要作用。因此, 本研究中含有酵母的人工饲料是适合棉露尾甲取食并能提高其成虫的繁殖力。

本试验在开发棉露尾甲人工饲料的同时, 尝试了配套人工饲料的棉露尾甲饲养方法。通过调查田间棉花花朵发现, 棉露尾甲主要产卵在花瓣与花萼间以及其它缝隙间。根据棉露尾甲这一趋缝隙产卵的习性, 我们在成虫饲养中尝试了利用 Parafilm 膜改制的船型饲喂和产卵装置, 饲料直接放在 Parafilm 膜中间, 而四周折叠的缝隙供成虫产卵。经多代饲养发现, 90% 以上的卵均产在该船型装置上, 极大地节省了卵收集的工作量。由于棉露尾甲幼虫期仅 3 d 左右, 因此在人工饲料中未考虑加入相关防腐剂。但如果规模化饲养该昆虫, 在人工饲料中加入防腐剂是一个需要考虑的因素。综合而言, 本试验开发的棉露尾甲人工饲料及相应的饲养方法, 为棉露尾甲的室内常年性饲养技术提供理论基础, 以便开展棉露尾甲的室内相关研究。

参考文献 (References)

- Atkinson EB, Ellis JD, 2011. Adaptive behaviour of honeybees (*Apis mellifera*) toward beetle invaders exhibiting various levels of colony integration. *Physiological Entomology*, 36(3): 282–289.
- Audisio P, Capolupo P, Parisella R, Santorelli S, 1990. Nitidulidae (Coleoptera)—Rhizopus association: Probable scourge of fruit crops in the year '90. *Informatore Agrario*, 46(21): 69–71.
- Bartelt RJ, Vetter RS, Carlson DG, Baker T, 1994. Responses to aggregation pheromones for five *Carpophilus* species (Coleoptera: Nitidulidae) in a California date garden. *Environmental Entomology*, 23(6): 1534–1543.
- Cao DF, Xuan JY, 1997. The artificial feeding of *Carpophilus hemipterus*. *Entomological Knowledge*, 34(6): 335–336. [曹东风,

- 轩静渊, 1997. 黄斑露尾甲的室内饲养. 昆虫知识, 34(6): 335–336.]
- Chen LZ, Cui JJ, Ma WH, Niu CY, Lei CL, 2011. Pollen from Cry1Ac/CpTI-transgenic cotton does not affect the pollinating beetle *Haptoncus luteolus*. *Journal of Pest Science*, 84(1): 9–14.
- Ciampolini M, Maiolini C, 1991. Damage to apple trees caused by carophagous nitidulids. *Informatore Agrario*, 47(18): 89–92.
- Dasgupta J, Pal TK, Hegde VD, 2018. An appraisal of range and evolutionary significance of flower-beetle association, with special reference to sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae). *Proceedings of the Zoological Society*, 71(2): 170–177.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2016. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY.
- James DG, Moore CJ, Faulder RJ, Voge B, 1998. An improved coattractant for pheromone trapping of *Carpophilus* spp. (Coleoptera: Nitidulidae). *Australian Journal of Entomology*, 37(4): 357–361.
- Kirejtshuk AG, Pakaluk J, 1996. Notes on the Nearctic Epuraeinae (Coleoptera: Nitidulidae). *Zoosystematica Rossica*, 4(1): 139–152.
- Krishnan KT, Neumann P, Ahmad A, Pimid M, 2015. A scientific note on the association of *Haptoncus luteolus* (Coleoptera: Nitidulidae) with colonies of multiple stingless bee species. *Apidologie*, 46(2): 262–264.
- Lachance MA, Starmer WT, Rosa CA, Bowles JM, Barker JS, Janzen DH, 2001. Biogeography of the yeasts of ephemeral flowers and their insects. *FEMS Yeast Research*, 1(1): 1–8.
- Li JK, Huang SQ, 2009. Effective pollinators of Asian sacred lotus (*Nelumbo nucifera*): Contemporary pollinators may not reflect the historical pollination syndrome. *Annals of Botany*, 104(5): 845–851.
- Li XJ, 1981. The preliminary observations of pollinate effect from *Haptoncus luteolus*. *Entomological Knowledge*, 18(5): 202–203. [李先金, 1981. 棉花露尾甲传粉作用的初步观察. 昆虫知识, 18(5): 202–203.]
- Luo F, 2004a. Basic Research on one kind of pollination beetle in protected field agriculture- *Haptoncus luteolus*. Master dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [罗峰, 2004. 设施农业传粉昆虫-棉露尾甲的基础研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Luo F, Lei CL, 2004b. Threshold temperature and effective temperature sum of the pollen beetle *Haptoncus luteolus*. *Entomological Knowledge*, 41(3): 252–254. [罗峰, 雷朝亮, 2004. 棉露尾甲发育起点温度和有效积温的研究. 昆虫知识, 41(3): 252–254.]
- Luo F, Xu Y, Xiong Q, Lei CL, 2007. Effects of different combinations of temperature, soil humidity, and photoperiod on the development of *Haptoncus luteolus* (Erichson). *Acta Ecologica Sinica*, 27(8): 3348–3354. [罗峰, 徐艳, 熊强, 雷朝亮, 2007. 不同温度, 土壤含水量及日光照时数对棉露尾甲虫 (*Haptoncus luteolus* (Erichson)) 生长发育的影响. 生态学报, 27(8): 3348–3354.]
- Nadel H, Pena JE, 1994. Identity, behavior, and efficacy of Nitidulid beetles (Coleoptera, Nitidulidae) pollinating commercial annona species in Florida. *Environmental Entomology*, 23(4): 878–886.
- Nout MJR, Bartelt RJ, 1998. Attraction of a flying nitidulid (*Carpophilus humeralis*) to volatiles produced by yeasts grown on sweet corn and a corn-based medium. *Journal of Chemical Ecology*, 24(7): 1217–1239.
- Ou SS, Su GH, Xie EB, Huang XL, Shi HY, Huang FM, Jian F, Qin LH, Huang YH, 2011. Studies on integrated control of major diseases and pests of *Lonicerae japonica*. *Guangdong Agricultural Sciences*, 38(5): 90–94. [欧善生, 苏桂花, 谢恩倍, 黄雪兰, 石化玉, 黄奉茂, 简峰, 覃连红, 黄艳花, 2011. 金银花主要病虫害综合防治研究. 广东农业科学, 38(5): 90–94.]
- Peng CW, Williams RN, 1990. Multiple-species rearing diet for sap beetles (Coleoptera, Nitidulidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 83(6): 1155–1157.
- Potter MA, Price JF, Habeck DH, Schuster DJ, McCord E, 2013. A survey of sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) in strawberry fields in west central florida. *Florida Entomologist*, 96(3): 1188–1189.
- Zhang SF, Liu YP, Wu ZQ, 1998. Beetles Associated with Stored Products in China. Beijing: China Agricultural Science and Technology Publishing House Press. 168–170. [张生芳, 刘永平, 武增强, 1998. 中国储藏物甲虫. 北京: 中国农业技术出版社. 168–170.]