

七种果蔬辅料对洋虫生长发育和繁殖的影响*

张 帅** 李彦萍 张广杰 马志燕 简亚廷 马德英***

(新疆农业大学农学院, 农林有害生物监测与安全防护重点实验室, 乌鲁木齐 830052)

摘 要 【目的】洋虫 *Palembusder mestoides* 是一种药食兼用昆虫, 应用潜力巨大, 但产量低, 规模小, 产能不足。本研究旨在探究洋虫的最佳果蔬辅料方案, 提高其繁殖能力。【方法】开展 7 种果蔬辅料 (橘皮、甜瓜、苹果、白菜、胡萝卜、南瓜和梨) 全生命周期饲喂洋虫的研究, 统计洋虫成虫产卵量、育成幼虫数量和化蛹数量等, 分析洋虫不同虫态生长发育和全生命周期育成率。【结果】甜瓜、苹果、胡萝卜和饲喂白菜 (CK2) 处理与不饲喂辅料 (CK1) 相比, 均能有效缩短洋虫雌成虫的产卵前期、延长产卵期及提高单雌产卵量。甜瓜处理的产卵前期最短 [(5.33±0.33) d] 且产卵期最长 [(133.00±4.04) d], 相比 CK1 处理产卵前期缩短 3.34 d, 产卵期延长 24.00 d。甜瓜处理的单雌产卵量最多, 达 (231.98±15.19) 粒, 多于苹果处理 74.00 粒。取食苹果的处理 20 d 内 (20 头) 幼虫总增重最大, 达 (103.34±19.85) mg, 有效化蛹率和有效羽化率最高, 分别达 88.89%±2.94% 和 83.33%±1.93%, 甜瓜处理表现次之。苹果和甜瓜的全生命周期育成率分别为 54.64%±0.92% 和 52.05%±1.98%, 显著高于其他处理 ($P<0.05$), 南瓜和胡萝卜处理的全生命周期育成率分别为 41.54%±1.27% 和 37.42%±2.67%, 橘皮处理的全生命周期育成率仅为 16.27%±1.94%。【结论】成虫期最佳辅料为甜瓜, 幼虫期最佳辅料为苹果。按各虫期最佳果蔬饲喂, 一对洋虫可产卵 (305.80±10.82) 粒, 育成幼虫 (259.05±13.69) 头, 繁育成虫 (170.32±20.19) 头。

关键词 洋虫; 果蔬辅料; 生长发育; 繁殖力; 育成率

Effects of seven fruit and vegetable additives on the growth of *Palembus dermestoides*

ZHANG Shuai** LI Yan-Ping ZHANG Guang-Jie MA Zhi-Yan
JIAN Ya-Ting MA De-Ying***

(Key Laboratory of Monitoring and Safety Prevention and Control of Agriculture and Forest Pests
Xinjiang Agricultural University, Wulumuqi 830052, China)

Abstract [Aim] *Palembus dermestoides* is an insect with great potential for use as both medicine and food. However, it is currently underutilized due to low, modest-scale production with limited outputs. This study aims to determine the optimal fruit and vegetable supplementation regime for *P. dermestoides* and enhance its reproductive capacity. [Methods] *P. dermestoides* were fed 7 different fruit and vegetable supplements (orange peel, cantaloupe, apple, cabbage, carrot, pumpkin, and pear) for one entire life cycle. Adult laying quantity, larval development quantity, and pupal quantity were measured to determine the growth and development of *P. mestoides* at different developmental stages and the overall life cycle breeding rate. [Results] Compared to the CK1 control group (no supplemental feeding), *P. dermestoides* fed cantaloupe, apple, carrot, CK2 treatments (Feeding cabbage) had a shorter female pre-oviposition period, an extended oviposition period, and an increase in the quantity of eggs laid. The cantaloupe treatment group had the shortest pre-oviposition period [(5.33 ± 0.33) d], but the longest oviposition period [(133.00 ± 4.04) d]. The pre-oviposition period and oviposition period were 3.34 d shorter and 24 d longer, respectively, compared to the CK1. The cantaloupe treatment group had the highest single female laying quantity, with (231.98 ± 15.19) grains, compared to the apple treatment group which laid 74.00 grains. Larvae fed with apples exhibited the largest total weight gain within 20 days (20 individuals), reaching (103.34 ± 19.85) mg. Additionally, the apple treatment group

*资助项目 Supported projects: 新疆科技厅创新团队项目 (2020D14036); 新疆农业大学校级创业项目 (XJCY202227)

**第一作者 First author, E-mail: zsqbx@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: mdyxnd@163.com

收稿日期 Received: 2023-02-05; 接受日期 Accepted: 2023-03-31

had the highest effective pupation rate and effective eclosion rate, reaching $88.89\% \pm 2.94\%$ and $83.33\% \pm 1.93\%$, respectively, followed by the cantaloupe treatment group. The overall life cycle breeding rates for the apple and cantaloupe groups were significantly higher than the other groups with rates of $54.64\% \pm 0.92\%$ and $52.05\% \pm 1.98\%$, respectively. The overall life cycle breeding rates for the pumpkin and carrot treatment groups were $41.54\% \pm 1.27\%$ and $37.42\% \pm 2.67\%$, respectively ($P < 0.05$). The overall life cycle breeding rate of the orange peel treatment was the lowest at $16.27\% \pm 1.94\%$. **[Conclusion]** The results of this study indicate that cantaloupe and apple are the most effective supplements during the adult and larval stages, respectively. Feed with the best fruits and vegetables for each insect stage, a single pair of *P. dermestoides* can lay (305.8 ± 10.82) eggs, hatch (259.05 ± 13.69) larvae, and ultimately produce (170.32 ± 20.19) high-quality adults.

Key words *Palembusder mestoides*; fruit and vegetable additive; fecundity; growth and development; rearing rate

洋虫 *Palembusder mestoides*, 又名九龙虫, 属鞘翅目 Coleoptera, 拟步甲科 Tenebrionidae, 自明代末年就作为药用昆虫传入我国, 许多古籍医书对洋虫有详细记载, 有“行血分、暖脾胃、和五脏、健筋骨、去湿搜风、壮阳道、治怯弱”等广泛功效(周蕊, 2006)。国内学者对洋虫进行深入研究, 发现其在抗衰老、抗炎、抗肿瘤以及治疗生殖系统疾病等多个领域均有广泛用途和显著药效, 如何钱(2014)研究表明, 洋虫对重症肌无力疗效显著。因此, 洋虫在医疗保健方面具有巨大的应用潜力(邵宏敏等, 2015; 朱昌国和潘朝旺, 2015; 潘朝旺和张义, 2017)。洋虫的必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)达 85%以上, 必须氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)为 46%左右, 是一种优质蛋白质保健食品, 常用的食用方法为吞服、陈酒冲服和捣碎外敷(王文凡, 2009)。因其营养丰富, 人们也将其用作优质活体饵料, 饲喂牛蛙 *Rana catesbeiana*、蝎子 *Mesobuthus martensii*、甲鱼 *Amyda sinensis*、观赏鸟和观赏鱼等特种经济动物, 用洋虫饲喂的蝎子胚胎发育、产仔数量和生长状态等指标都显著优于传统饲料(Halstead, 1974; 魏永平, 2003; 周蕊, 2006)。

洋虫对饲养条件要求苛刻, 最初只分布于斐济等南太平洋地区(赵养昌, 1963), 传入我国后只在气候湿润的东南沿海地区饲养。近年来, 随着信息交流的增加和科学技术的进步, 全国范围内洋虫养殖的趋势逐渐增强。目前洋虫饲料主要分为中药饲料[灵芝 *Ganoderma lucidum*、大枣 *Ziziphus jujuba* 和莲子 *Nelumbo nucifera* 等]和谷物饲料[花生 *Arachis hypogaea*、麦麸、小麦粉、豆粉和玉米粉等]两大类, 偶尔辅加苹果、白菜

等果蔬饲料, 饲养方法主要以散养和混养为主(王文帆, 2008; 王建华等, 2009; 张其芳等, 2015)。

瓜果蔬菜营养丰富(葛晓光, 1993), 常用作昆虫饲养的鲜饲料。研究表明, 饲喂南瓜和甜瓜可以显著提高黄粉虫 *Tenebrio molitor* 成虫的产卵量和育成率(张连俊等, 2020), 白星花金龟 *Protaetia (Liocola) brevitarsis* 成虫通过食用甜瓜、西瓜等果品补充营养, 也可显著提高成虫产卵量和延长成虫寿命(杨诚等, 2014)。目前, 未有果蔬辅料对洋虫生长发育和繁殖的系统研究, 本研究综合新疆地区果蔬资源、果蔬营养和洋虫生活习性等因素, 选择苹果 *Malus pumila*、甜瓜 *Cucumis melo*、梨 *Pyrus spp.*、橘皮 *Peer of Citrus reticulata* 4 种水果和胡萝卜 *Daucus carota* var. *sativa*、南瓜 *Cucurbita moschata* 和大白菜 *Brassica rapa* var. *Glabra* 3 种蔬菜作为果蔬辅料, 开展不同果蔬对洋虫全生命周期生长发育的影响, 探究洋虫繁育的最佳果蔬辅料方案, 为洋虫的系统化繁育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验时间与地点

实验于 2022 年 2-7 月在新疆农业大学玛纳斯县昆虫资源开发与应用研究基地($44^{\circ}13'49''N$, $86^{\circ}23'3''E$)。

1.2 实验材料来源

1.2.1 供试材料 供试虫源来自新疆农业大学玛纳斯县昆虫资源开发与应用研究基地自繁自育的种群, 饲养条件为: 温度(26 ± 3) $^{\circ}C$, 相对

湿度 50%-70%，自然光照。干饲料为等量的麸皮和枣粉混合饲料。供试果蔬均采购于石河子市绿珠九鼎综合批发市场。

1.2.2 仪器及设备 体式显微镜 (SZN45, 宁波舜宇仪器有限公司); 杯形塑料饲养盒 (直径=10 mm, 高=25 mm, 益好塑料产品); 放大镜; 镊子; 挑虫盘; 勾线毛笔等。

1.3 实验方法

1.3.1 自然状态下成虫性比调查 实验以自然状态下洋虫种群中个体的性别比为参照, 故需调查自然状态的洋虫性比。随机挑选常规饲养的健康虫蛹 100 头, 以平均值作为常规饲养下洋虫的性别比例, 调查结果由表 1 所示, 故下文实验雌雄比定为 1 : 1。

表 1 常规饲养状态下洋虫成虫性比
Table 1 Adult sex ratio of *Palembus dermestoides* under conventional rearing condition

调查时间 (年-月-日) Survey time (year-month-day)	雌性 Female	雄性 Male	性比 Sex ratio	平均性比 Average sex ratio
2021-08-30	53	47	1.127	♀ : ♂ = 1 : 0.995
2021-09-01	45	55	0.818	
2021-09-03	51	49	1.041	

产卵量调查: 洋虫雌成虫产卵隐蔽, 虫卵微小, 相互粘连, 频繁统计会致卵损伤, 影响实验效果, 为解决上述问题, 实验以生产为参照, 在洋虫雌成虫产卵前中后期分别调查 3 次产卵量, 通过 3 次产卵量和幼虫育成数量推算洋虫整个周期的平均产卵量。

1.3.2 成虫产卵和幼虫育成数量观察 选取 24 h 内羽化的洋虫 3 对置于直径为 3 cm 的杯形试验盒中, 盒内添加厚度为 10 mm 的混合饲料, 根据果蔬种类 (苹果、橘皮、甜瓜、梨、南瓜、白菜和胡萝卜) 不同共设置 7 个处理, 每个处理重复 4 次, 每 2 d 饲喂 1 次规格为 0.5 cm × 0.5 cm × 0.5 cm 的不同果蔬辅料 1 块, 将白菜辅料设置为果蔬组对照 (CK2), 用不饲喂果蔬辅料的空白对照 (CK1) 模拟常规饲养。前 3 d 死亡的成虫视为非正常死亡, 需及时挑出并更换同期同性别成虫。每 7 d 更换一次新的产卵盒, 使成虫重新产卵, 更换下来的产卵盒置于养虫室待卵自然孵化, 20 d 后统计幼虫育成数量, 每天观察成虫产卵情况和死亡情况, 试验进行至无成虫产卵且无幼虫育成为止, 待试验结束后记录成虫产卵前期、产卵期、和幼虫育成数量等指标。

产卵前期: 成虫羽化至初次卵的时间 (d) (为便于调查洋虫产卵情况, 成虫产卵前实验盒

底部仅放入少量混合饲料);
产卵期: 从初次产卵至末次产卵之间的时间 (d);

幼虫育成率=幼虫数/产卵量 × 100%。
1.3.3 洋虫幼虫生长发育及化蛹、羽化观察 洋虫化蛹和羽化过程中会出现残蛹、畸形成虫等现象, 其部分器官功能残缺, 生命力不旺盛, 群体竞争中极高概率被残食淘汰。本研究将具有正常繁殖潜力的蛹和成虫按有效化蛹和有效羽化数量调查。

挑选生命力旺盛幼虫 (长度约 5 mm) 100 头, 用小毛刷轻轻的扫入装有厚度为 10 mm 混合饲料的试验盒中。根据果蔬种类 (苹果、橘皮、甜瓜、梨、南瓜、白菜和胡萝卜) 不同共设置 7 个处理, 每个处理重复 3 次, 辅料饲喂方法及对照同上文一致, 每 2 d 随机在试验盒中挑选出 20 头幼虫记录虫重。每天观察幼虫死亡情况, 并作记录, 连续调查 20 d, 20 d 后继续饲养至化蛹羽化。

分别从以上 7 个处理饲喂的幼虫中挑选出 30 头生命力旺盛的老熟幼虫用于观察化蛹情况, 每个处理重复 3 次, 每 2 d 观察幼虫生长情况, 并记录幼虫死亡数、有效化蛹数量及蛹重。

分别从以上 7 个处理中挑选 30 头大小相近,

体型完整的蛹 30 头于平铺卫生纸的试验盒中, 观察蛹羽化情况, 每个处理重复 3 次, 每 2 d 观察蛹羽化情况, 并记录蛹死亡数量、有效羽化数量及成虫重。

全生命周期育成率=幼虫育成率×幼虫存活率×有效化蛹率×有效羽化率。

1.4 数据分析

调查数据使用 Office365-excel 统计录入, 采用 SPSS 26.0 软件, LSD 新复极差法方差分析, 用 Origin 2021 作图。

2 结果与分析

2.1 不同果蔬辅料对洋虫成虫繁殖力的影响

2.1.1 不同果蔬辅料饲喂下的洋虫产卵动态

图 1 表明, 洋虫产卵动态的变化趋势中出现多个高峰, 总体表现第一高峰期在第 14-35 天之间, 第二高峰期出现在第 42-56 天之间, 第三高峰期在第 77-91 天之间。饲喂不同果蔬的洋虫产卵高峰期的时间和数量略有差异, 取食甜瓜处理在第 98-112 天之间出现第四个产卵高峰期。取食苹果

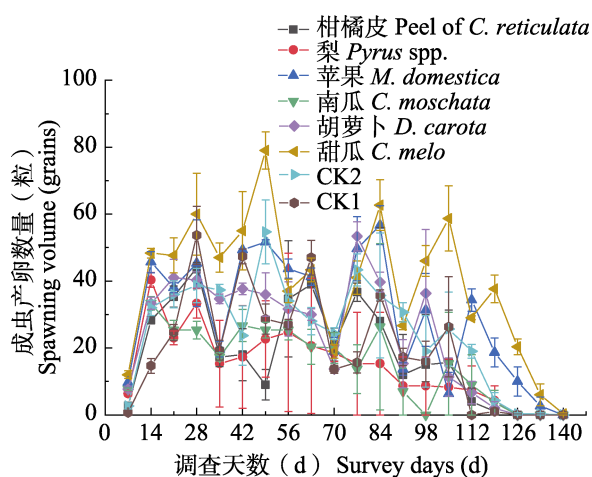


图 1 不同果蔬辅料下洋虫产卵动态

Fig. 1 Number of larva of *Palearctic dermestoides* reared with different additives

图中 CK1 为不饲喂果蔬组对照, CK2 为饲喂白菜组对照。下图同。

CK1 in the figure represents the control group without feeding fruits and vegetables, while CK2 represents the control group fed with cabbage. The same below.

处理产卵动态变化趋势与甜瓜处理相似, 整体略低于甜瓜, 在第 112 天出现一个小高峰后急剧下降。取食南瓜和梨处理产卵动态持续处于低位。取食橘皮和胡萝卜处理在第 30 天左右出现小高峰后在第 77 天又出现大高峰, 自此产卵数量骤降。CK 的产卵数量在第 28 天左右出现第一个高峰后, 在第 42 天和第 86 天两个时间段分别出现两个小高峰, 但均随着时间的推移, 产卵数量变低。

2.1.2 不同果蔬对洋虫成虫产卵、产卵前期和产卵期的影响 图 2 表明, 取食甜瓜处理的成虫产卵前期时间最短, 为 (5.33 ± 0.33) d, 与取食橘皮和 CK2 处理相比差异显著 ($P < 0.05$)。CK1 的产卵前期最长, 为 (8.67 ± 0.88) d, 均长于其他果蔬辅料, 与除 CK2 处理的其他组均有显著差异 ($P < 0.05$)。果蔬中 CK2 处理产卵前期最长, 为 (6.33 ± 0.33) d, 与取食苹果、甜瓜的处理差异显著 ($P < 0.05$)。

取食甜瓜处理产卵期最长, 为 (133.00 ± 4.04) d, 与取食苹果及 CK2 处理相比没有显著差异 ($P > 0.05$), 取食梨处理产卵期最短, 为 (77.00 ± 24.25) d, 和其他组相比差异显著 ($P < 0.05$), CK1 处理的产卵期为 (109.66 ± 6.17) d, 与取食梨和南瓜处理相比差异显著 ($P < 0.05$), 与其他处理差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.1.3 不同果蔬辅料对洋虫成虫产卵和育成幼虫的影响 表 2 表明, 单雌产卵量由高到低依次是甜瓜、苹果、CK2、胡萝卜、CK1、橘皮、梨和南瓜, 取食甜瓜处理单雌产卵量最高, 为 (917.40 ± 32.46) 粒, 与取食橘皮、梨和南瓜辅料处理相比差异显著 ($P < 0.05$)。

从单雌产卵量比较, 取食苹果、胡萝卜、CK2 和 CK1 处理的单雌产卵量都在 200 粒以上, 各处理之间差异均不显著。取食甜瓜处理日均产卵量达到了 (2.30 ± 0.07) 粒, 和取食南瓜、梨和 CK1 处理相比差异显著 ($P < 0.05$), 取食甜瓜处理比白菜处理日均产卵量高 0.43 粒。

从日均产卵量比较, 取食苹果处理日均产卵量为 (1.80 ± 0.10) 粒, 低于 CK2 处理 $(1.87 \pm$

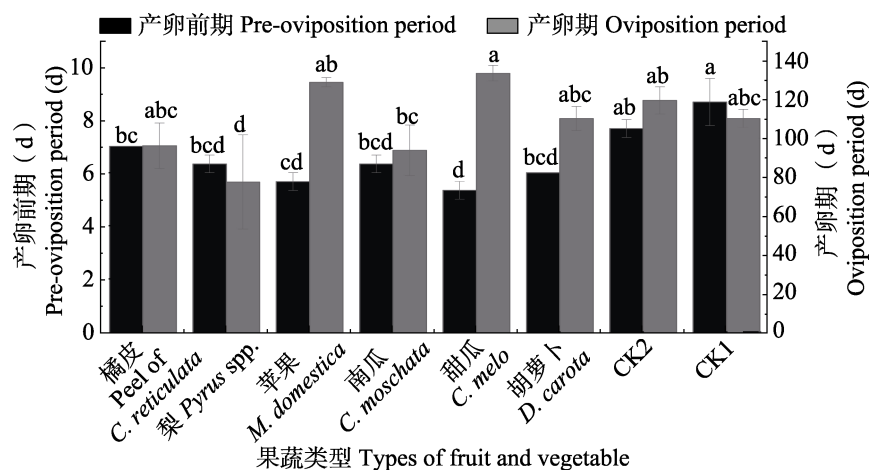


图 2 不同类型辅料对洋虫产卵前期和产卵期的影响
Fig. 2 Pre-oviposition period and oviposition period of *Palembus dermestoides* reared with different additives

柱上标有不同小写字母表示在相同饲养时间不同处理组间差异显著
($P<0.05$, Duncan's 多重比较检验)。下图同。

Histograms with different letters indicate significantly different for the different groups at the same cultural time
($P<0.05$, Duncan's multiple range test). The same below.

表 2 不同果蔬对洋虫成虫产卵和死亡率的影响
Table 2 Effects of different additives on oviposition and mortality of *Palembus dermestoides*

处理 Treatment	单雌产卵量 (粒) Number of fecundity (grain)	幼虫育成率 (%) Larval breeding rate (%)	日均产卵量 (粒) Daily fecundity (grain)	120 d 成虫死亡率 (%) 120 d adult mortality (%)
橘皮 Peel of <i>C. reticulata</i>	173.98±48.44 b	69.29±0.98 d	1.76±0.26 ab	72.00±11.00 ab
梨 <i>Pyrus spp.</i>	138.32±66.38 b	68.44±3.85 d	1.65±0.31 b	89.00±11.00 a
苹果 <i>M. domestica</i>	231.98±15.19 ab	84.30±1.22 a	1.80±0.10 ab	16.67±9.53 cd
南瓜 <i>C. moschata</i>	126.99±29.72 b	79.18±0.97 ab	1.33±0.12 b	50.00±9.82 bc
甜瓜 <i>C. melo</i>	305.80±10.82 a	84.66±1.48 a	2.30±0.07 a	11.33±5.67 d
胡萝卜 <i>D. carota</i>	200.88±18.57 ab	77.77±0.85 ab	1.82±0.07 ab	44.33±5.67 bcd
CK2	219.86±19.51 ab	74.24±4.91 bc	1.87±0.23 ab	27.67±5.33 cd
CK1	206.05±0.19 ab	70.16±0.43 cd	1.68±0.07 b	50.00±0.00 bc

表中数据为平均数±标准误，同一列数据后标有不同字母代表差异显著 ($P<0.05$, LSD 检验)。表中 CK1 为不饲喂果蔬对照, CK2 为饲喂白菜对照, 下表同。

Data in the table are mean±SE, and followed by the different letters within a column indicate significant difference ($P<0.05$, LSD test). CK1 in the table represents the control group without feeding fruits and vegetables, while CK2 represents the control group fed with cabbage. The same below.

0.23) 粒], 和其他处理相比差异均不显著 ($P>0.05$)。120 d 后取食甜瓜辅料死亡率最低, 为(11.33%±5.67%), 和取食苹果辅料[(16.67%±9.53%)]相比差异不显著 ($P>0.05$), 和其他处
理差异均显著 ($P<0.05$)。取食橘皮和梨辅料死亡率均大于 70.00%, 取食梨辅料死亡率达到 (89.00%±11.00%), 除橘皮辅料外与其他处理均差异显著 ($P<0.05$)。

2.2 不同果蔬辅料对洋虫幼虫生长发育、化蛹和羽化的影响

2.2.1 不同果蔬辅料饲喂下的洋虫幼虫虫重增长动态 图 3 表明, 饲喂果蔬辅料后洋虫幼虫的生长发育有所不同, 其中取食苹果处理幼虫生长发育最好, 第 12 天生长速度加快, 其次是取食甜瓜处理。CK1 处理虫体增重最慢, 饲喂果蔬辅料处理中取食胡萝卜处理虫体增重趋势最慢。

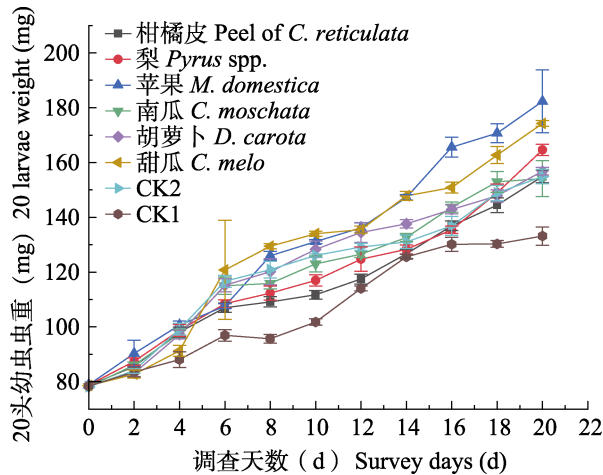


图 3 不同辅料饲喂洋虫幼虫虫重动态

Fig. 3 Weight of larva of *Palembus dermestoides* reared with different additives

2.2.2 不同果蔬对洋虫幼虫增长量的影响 图 4 可知, 不同果蔬辅料饲喂洋虫 20 d 后虫体增重量由大到小分别为苹果、甜瓜、梨、CK2、胡

萝卜、橘皮、南瓜和 CK1 处理, 其中取食苹果处理虫体增重量最大, 达 (103.34 ± 19.85) mg, 与取食甜瓜处理 (95.67 ± 1.04) mg 相比差异不显著 ($P > 0.05$)。CK1 处理的增长量最小, 为 (54.76 ± 5.87) mg, 和其它组相比均差异显著 ($P < 0.05$)。饲喂果蔬辅料处理中取食南瓜处理虫重增长量最小, 为 (75.89 ± 11.37) mg, 与取食苹果、甜瓜的处理相比差异显著 ($P < 0.05$)。

前 10 d 取食甜瓜增长量最大, 为 (55.44 ± 1.59) mg, CK1 处理长势最慢, 为 (23.43 ± 2.09) mg, 与其余处理均差异显著 ($P < 0.05$), 除 CK1 处理外取食橘皮处理前 10 d 长势最慢, 为 (33.14 ± 2.63) mg, 除取食梨处理外和其他处理均有显著差异 ($P < 0.05$)。后 10 d 取食苹果处理虫体增重量最大, 达到了 (51.17 ± 19.82) mg, 与取食梨、橘皮及甜瓜处理相比差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.3 不同果蔬对洋虫幼虫存活率的影响 取食甜瓜处理 $(88.33\% \pm 0.88\%)$ 与取食苹果处理 $(87.67\% \pm 0.67\%)$ 的幼虫存活率最高, 与其他处理差异显著 ($P < 0.05$), 取食橘皮、胡萝卜、CK2 和南瓜处理存活率分别为 $79.00\% \pm 1.53\%$ 、 $78.00\% \pm 1.00\%$ 、 $77.33\% \pm 0.33\%$ 和 $77.00\% \pm 1.00\%$, 各处理之间无显著差异 ($P < 0.05$)。CK1 处理幼虫存活率为 $65.67\% \pm 1.86\%$, 与取食梨处理差异不显著 ($P > 0.05$)。

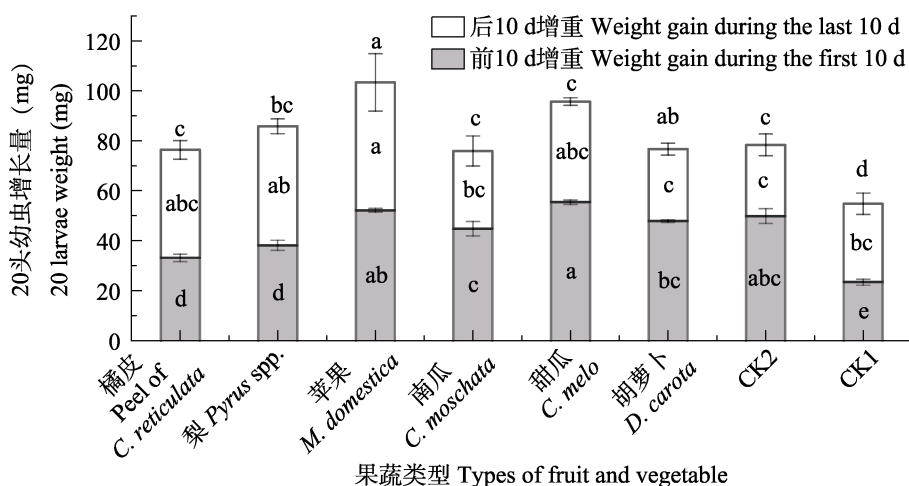


图 4 不同果蔬辅料饲喂 20 d 后洋虫的增重量

Fig. 4 Weight of larva of *Palembus dermestoides* reared 20 d with different additives

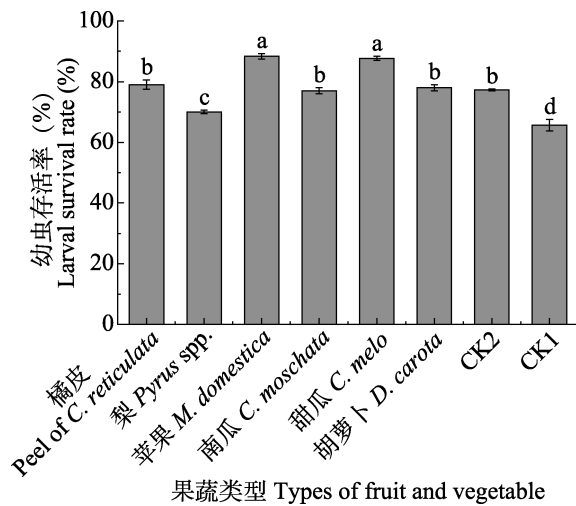


图 5 不同果蔬辅料饲喂 20 d 后洋虫的幼虫存活率
Fig. 5 Cycle period breeding rate of *Palembus dermestoides* reared 20 d with different additives

2.2.4 不同果蔬辅料对洋虫化蛹和羽化的影响

表 3 可得, 果蔬辅料种类对洋虫蛹重、有效化蛹

率、化蛹死亡率、成虫重、有效羽化率和羽化死亡率等指标都有不同程度的影响, 蛹重最重的为取食苹果处理, 为 (232.27±4.42) mg, 其次为取食甜瓜处理, 为 (214.03±2.37) mg, 两者之间相比差异显著 ($P<0.05$), CK2 处理的蛹重最低, 为 (179.8±9.26) mg, 略高于 CK1 处理的 (176.8±3.24) mg。

取食苹果处理有效化蛹率最高, 为 88.89%±2.94%, 其次为取食甜瓜的处理, 为 85.56%±4.44%。取食橘皮处理有效化蛹率最低 (45.56%±2.94%), 和所有处理相比均有显著差异 ($P<0.05$)。CK2 处理 (70.00%±5.09%) 有效化蛹率略高于 CK1 处理。化蛹死亡率最低的为取食苹果处理, 为 6.67%±1.93%, 其次为取食甜瓜 (10.00%±3.33%) 和胡萝卜 (11.11%±1.11%) 处理。

表 3 不同果蔬辅料对洋虫幼虫化蛹的影响

Table 3 Effects of different additives on pupation and eclosion of *Palembus dermestoides*

处理 Treatment	蛹重 (mg) Pupal weight (mg)	有效化蛹率 (%) Effective pupation rate (%)	化蛹死亡率 (%) Pupation mortality rate (%)	成虫重 (mg) Larval weight (mg)	有效羽化率 (%) Effective eclosion rate (%)	羽化死亡率 (%) Eclosion mortality rate (%)
橘皮 Peel of <i>C. reticulata</i>	204.57±3.15 b	45.56±2.94 c	38.89±2.94 a	178.57±7.56 c	65.56±2.94 c	27.78±2.94 a
苹果 <i>M. domestica</i>	232.27±4.42 a	88.89±2.94 a	6.67±1.93 e	228.00±14.18 a	83.33±1.93 a	12.22±1.11 bc
南瓜 <i>C. moschata</i>	202.27±4.47 b	76.67±3.85 ab	15.56±2.94 bcd	191.23±5.16 bc	80.00±0.00 a	14.44±1.11 bc
甜瓜 <i>C. melo</i>	214.03±2.37 b	85.56±4.44 a	10.00±3.33 de	224.93±4.93 a	82.22±2.94 a	8.89±2.94 c
胡萝卜 <i>D. carota</i>	210.27±1.62 b	84.45±2.22 a	11.11±1.11 cde	201.43±0.43 b	81.11±1.11 a	15.56±1.11 bc
CK2	179.80±9.26 c	70.00±5.09 b	18.89±2.94 b c	176.00±6.32 c	84.44±1.11 a	15.56±1.11 bc
CK1	176.80±3.24 c	68.89±4.01 b	20.00±1.92 b	171.83±1.27 c	73.33±1.93 b	17.78±2.94 a

成虫羽化后, 体重最小的为取食苹果的处理 [(228±14.18) mg], 取食甜瓜处理 [(224.93±4.93) mg] 次之, 且两者之间差异不显著 ($P>0.05$)。CK1 处理的成虫体重最小, 为 (171.83±1.27) mg, 与橘皮处理外的所有处理均差异显著 ($P<0.05$)。有效羽化率最高的为 CK2 处理 (84.44%±1.11%), 取食橘皮处理的有效羽化率最低, 为 65.56%±2.94%, 和其他处理相比均有显著差异 ($P<0.05$)。

由图 5 所示, 除橘皮处理外其他处理对洋虫的羽化影响不显著。羽化死亡率最低的为取食

甜瓜处理 (8.89%±2.94%), 与取食橘皮处理和 CK1 处理差异显著 ($P<0.05$)。取食橘皮处理羽化死亡率最高, 为 (27.78%±2.94%), 和 CK1 处理相比差异不显著 ($P>0.05$)。

2.3 不同果蔬辅料对洋虫全周期育成率的影响

全生命周期育成率可以较准确反应实际生产中洋虫育成情况, 对生产有着重要的参考依据, 由图 6 表明, 果蔬类型对洋虫全生命周期育成率有显著的影响, 育成率由高到底分别为苹果、甜瓜、胡萝卜、南瓜、白菜、CK1 和橘皮。

取食甜瓜和苹果处理全周期育成率都超过了 50.00%，且取食苹果处理 ($54.64\% \pm 0.92\%$) 略高于取食甜瓜处理 ($52.05\% \pm 1.98\%$)，两者之间相比差异不显著 ($P > 0.05$)。取食胡萝卜处理全生命周期育成率为 ($41.54\% \pm 1.27\%$)，略大于取食南瓜处理 ($31.39\% \pm 0.81\%$)，两者之间差异不显著 ($P > 0.05$)，与取食苹果、甜瓜等处理差异显著 ($P < 0.05$)。CK2 处理的全生命周期育成率为 ($31.39\% \pm 0.81\%$)，与所有处理相比差异显著 ($P < 0.05$)，取食橘皮处理的全生命周期育成效率最低 ($16.27\% \pm 1.94\%$)，其次为 CK1 处理 ($23.44\% \pm 2.53\%$)，两者之间有显著差异 ($P < 0.05$)。

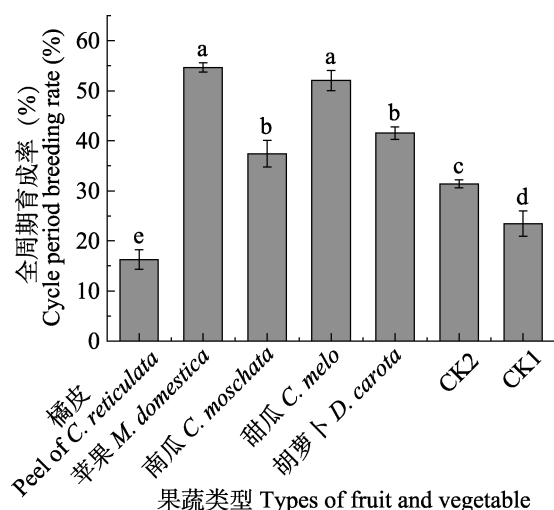


图 6 不同果蔬对洋虫全周期育成率的影响

Fig. 6 The complete period breeding rate of *Palembus dermestoides* with different additives

3 讨论与结论

多数昆虫在成虫期都有为了繁殖补充营养的行为，而食物的营养对昆虫的繁殖能力有重要的影响作用（曹雅忠等，1990；康琳等，2011；王建红等，2019）。洋虫在全生命周期中除卵期、蛹期外都需从外界取食食物补充营养。前人的研究也证明了食物种类及其微量元素含量的不同，对洋虫生长发育和繁殖有着显著影响（周蕊等，2005）。甜瓜可以显著缩短洋虫的产卵前期、延长产卵期、提高产卵数量和幼虫育成率，结果和

赵玉婉等（2017）证实的糖类物质摄入可以提高细点扁股小蜂 *Elasmus punctulatus*、粘虫 *Mythimna separata*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 和螟蛉绒茧蜂 *Cotesia ruficrus* 等昆虫产卵量的结果一致。取食苹果和取食甜瓜处理的有效羽化率和有效化蛹率位居前两位，这可能与苹果和甜瓜富含的糖类物质对洋虫的化蛹和羽化有显著提升作用有关，此结果与徐世才等（2017）的葡萄糖对黄粉虫羽化和产卵等有显著提高作用结果一致。和对照相比，胡萝卜也能显著提高成虫的产卵量、延长成虫产卵期。

在幼虫阶段苹果辅料饲喂效果表现最佳，苹果辅料饲喂的幼虫生长速度更快、死亡率最低，甜瓜处理次之，前两者表现与其他处理差异显著，王蕊蕊等（2018）也证明了与马铃薯相比苹果能加快黄粉虫幼虫的生长。苹果处理的幼虫有效化蛹率和蛹有效羽化率也最高，但和甜瓜处理差异不显著。据观察可知，梨的细胞紧实度较差，表面含有较多的糖水，成虫易被黏住口器，影响取食，致使死亡率高。在饲喂幼虫过程中发现过大的水分会导致产卵基质、幼虫物料等黏结，对洋虫的产卵和幼虫孵化产生不利影响。因此梨不宜作为洋虫规模化养殖过程中的果蔬辅料。生产中亦考虑甜瓜作为幼虫阶段的饲喂果蔬。需要注意甜瓜因品种差异，含糖量和含水量也随之不同，在果蔬切块过程中务必将明水过滤。

橘皮处理的洋虫成虫死亡率最高，幼虫化蛹率最低，全周期表现较差，可能与橘皮中含有某种影响洋虫发育的物质，刘品华等（2010）研究表明，橘皮精油能杀灭酪蝇。李前泰和宋永成（2001）及付复华等（2010）研究也发现橘皮中有较高含量的挥发油成份，而挥发油普遍有较强的杀虫活性，另一方面，柑橘种植会使用多种农药（Blasco *et al.*, 2006；刘旭凌等，2015），因此橘皮对洋虫生长发育的影响还需要进一步研究。因此，实际生产中不建议用橘皮作为洋虫的果蔬辅料。取食苹果、甜瓜、胡萝卜和南瓜等果蔬辅料的处理在成虫产卵时长、幼虫育成率和幼虫生长等关键指标均优于 CK1 处理，说明多数果蔬辅料对洋虫的繁殖能力和生长发育都有显

著的提升作用。

综上所述, 洋虫标准化繁育过程中, 成虫期首选甜瓜作为果蔬辅料, 幼虫期首选苹果作为果蔬辅料, 此饲喂方案可最大程度挖掘洋虫繁殖潜力, 提高洋虫的全周期育成率。理论上一对洋虫可产卵 (305.8 ± 10.82) 粒, 育成幼虫 (259.05 ± 13.69) 头, 繁育成虫 (170.32 ± 20.19) 头, 本研究可为洋虫的标准化繁育提供重要技术参考。

参考文献 (References)

- Blasco C, Font G, Picó Y, 2006. Evaluation of 10 pesticide residues in oranges and tangerines from Valencia (Spain). *Food Control*, 17(11): 841–846.
- Halstead DGH, 1974. *Palembus casey* a senior synonym of *Martianus fairmaire* (Coleoptera, Tenebrionidae). *Entomologist's Mag*, 110: 241–243.
- Cao YZ, Cheng DF, Li GB, 1990. Study of the effect of supplementation on the flight of *Mythimna separata* (Walker). Beijing Entomological Society 40th Anniversary Symposium. Beijing: 48–49. [曹雅忠, 程登发, 李光博, 1990. 补充营养对粘虫飞翔效应的研究. 北京昆虫学会成立四十周年学术讨论会. 北京: 48–49.]
- Fu FH, Li ZH, Shan Y, Shang XB, Pan ZP, 2010. Component analysis on essential oils from three citrus species peels by GC-MS. *Food & Machinery*, 26(3): 30–34. [付复华, 李忠海, 单杨, 尚雪波, 潘兆平, 2010. GC-MS 法分析三种柑橘皮精油成分. 食品与机械, 26(3): 30–34.]
- Ge XG, 1993. Study on the nutritional output of vegetables and its evaluation index. *Acta Horticulturae Sinica*, 20(3): 261–266. [葛晓光, 1993. 蔬菜的营养产出及其评价指标的研究. 园艺学报, 20(3): 261–266.]
- He Q, 2014. The *Martianus Fairmaire* (Coleoptera, Tenebrionidae) heal myasthenia gravis. *China Net of Traditional Chinese Medicine*, 2014(5): 1–2. [何钱, 2014. 一味洋虫治愈重症肌无力. 中国中医药报, 2014(5): 1–2.]
- Kang L, Zhang YJ, Wen LZ, 2011. The Effect of Different Nutrition on Adult Longevity and Fecundity of *Microplitis mediator* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). Beijing: China Agricultural University Press. 69–75. [康琳, 张永军, 文礼章, 2011. 补充不同营养物质对中红侧沟茧蜂生长发育的影响. 北京: 中国农业大学出版社. 69–75.]
- Li QT, Song YC, 2001. The study on the insecticidal effect of volatile oils of several plants. *Grain Storage*, 30(1): 19–22. [李前泰, 宋永成, 2001. 几种植物挥发油杀虫效果的试验研究. 粮食储藏, 30(1): 19–22.]
- Liu PH, Yan S, Tian XL, Liu MY, 2010. Study on the killing of Piophilidae by the essential oil of orange peel. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 38(1): 146–148. [刘品华, 颜嵩, 田雪莲, 刘明研, 2010. 柑橘皮精油杀灭酪蝇的研究. 江苏农业科学, 38(1): 146–148.]
- Liu XL, Li Y, Xiong XH, 2015. Determination of multi-residues for 10 carbamate pesticides by HPLC coupled with mass spectrometry. *Science Technology and Engineering*, 15(9): 10–14, 38. [刘旭凌, 李壹, 熊晓辉, 2015. 高效液相色谱-串联质谱法检测橘子中 10 种氨基甲酸酯类农药残留. 科学技术与工程, 15(9): 10–14, 38.]
- Pan CW, Zhang Y, 2017. Effect of *Palembusder mestoides* on the immune function of rats with chronic bronchitis. *Journal of Ezhou University*, 24(1): 110–112. [潘朝旺, 张义, 2017. 九龙虫对慢性支气管炎大鼠免疫功能的影响. 鄂州大学学报, 24(1): 110–112.]
- Shao HM, Si WT, Hu RR, Dai LL, 2015. Clinical observation of Yangchong fuzheng decoction combined with chemotherapy on metaphase or advanced malignant tumor. *Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy*, 32(7): 870–873. [邵宏敏, 司文涛, 胡蓉蓉, 戴玲玲, 2015. 洋虫扶正汤联合化疗治疗中晚期恶性肿瘤的疗效观察. 中国现代应用药学, 32(7): 870–873.]
- Wang JH, Li G, Chou FL, Ren BB, Che SC, Shao JL, Zhong L, 2019. Research on adult natural enemy insects supplementing nutrient ground cover plants. *Beijing Garden Journal*, 35(1): 42–49. [王建红, 李广, 仇兰芬, 任斌斌, 车少臣, 邵金丽, 仲丽, 2019. 天敌昆虫成虫补充营养地被植物研究. 北京园林, 35(1): 42–49.]
- Wang JH, Li XC, Chi DF, Li Y, Wang CP, Wang SH, Wang XL, Liu WJ, 2009. Effects of five feed composition on the growth and development of *Martianus dermestoides* Chevrolat. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(21): 5–8. [王建华, 李晓灿, 迟德富, 李永, 王丛鹏, 王绍洪, 王雪丽, 刘婉菁, 2009. 5 种饲料对洋虫生长发育的影响. 中国农学通报, 25(21): 5–8.]
- Wang WF, 2008. The effect of feed on nutritional components and anti-senile function of *Palembus dermestoides*. Master dissertation. Haerbin: Northeast Forestry University. [王文帆, 2008. 饲料对洋虫主要营养成分及抗衰老作用的影响. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北林业大学]
- Wei YP, 2003. Medicinal Insects Breeding and Utilization Technology Guide. Beijing: China Agriculture Press. 199–205. [魏永平, 2003. 药用昆虫养殖与利用技术大全. 北京: 中国农业出版社. 199–205.]
- Xu SC, Pan XH, Xi ZJ, Wang L, 2017. Effect of different periods of supplementation on *Tenebrio molitor* Linnaeus fertility.

- Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2017(11): 158–161. [徐世才, 潘小花, 奚增军, 王莉, 2017. 不同时期补充营养对黄粉虫繁殖力的影响. 黑龙江畜牧兽医, 2017(11): 158–161.]
- Yang C, Zhang Q, Liu YS, 2014. Effect of nourishment and humidity on the reproduction of *Potosia brevitarsis* Lewis. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 45(4): 498–501. [杨诚, 张倩, 刘玉升, 2014. 营养和湿度对白星花金龟成虫生殖的影响. 山东农业大学学报(自然科学版), 45(4): 498–501.]
- Zhang LJ, Zhang GJ, Tan B, Zhang S, Meng Z, Ma DY, Liu YS, 2020. Effects of different types of fruits and vegetables on the fecundity and larval surviving rate of adult *Tenebrio molitor*. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 43(5): 330–335. [张连俊, 张广杰, 谭冰, 张帅, 孟卓, 马德英, 刘玉升, 2020. 不同种类果蔬对黄粉虫成虫繁殖力和幼虫育成率的影响. 新疆农业大学学报, 43(5): 330–335.]
- Zhang QF, Jiang Y, Zhou F, Wang YH, Liu X, 2015. Influence of different feeds and stocking densities on *Palembus dermestoides* (fairmaire) population. *Journal of Guizhou Normal College*, 31(3): 29–31. [张其芳, 姜赢, 周芳, 王镒宏, 刘讯, 2015. 不同物料和饲养密度对洋虫种群的影响. 贵州师范学院学报, 31(3): 29–31.]
- Zhao CY, 1963. Chinese Economic Insects. Beijing: Science Press. 42–43. [赵养昌. 中国经济昆虫志: 鞘翅目拟步行虫科, 第四册. 北京: 科学出版社. 42–43.]
- Zhao YW, Cheng WN, Wu JX, 2017. Effects of supplementary nutrients and the background color of oviposition sites on the reproduction of *Mythimna separata* (Walker). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(4): 609–614. [赵玉婉, 成卫宁, 仵均祥, 2017. 补充营养及产卵底物颜色对粘虫生殖的影响. 应用昆虫学报, 54(4): 609–614.]
- Zhou R, 2006. Studies on bioecology and nutritional value of *Palembus dermestoides*. Master dissertation. Chongqing: Southwest University. [周蕊, 2006. 洋虫生物生态学特性及营养价值的研究. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]
- Zhou R, Chen L, Zhou Q, Yang YX, 2005. Effect of different feeds on the growth and development of *Palembus dermestoides* larvae. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 27(6): 861–863. [周蕊, 陈力, 周琴, 杨颖雪, 2005. 不同饲料对洋虫幼虫生长发育的影响. 西南农业大学学报(自然科学版), 27(6): 861–863.]
- Zhu CG, Pan CW, 2015. Effects of Jiulong insect on oxygen free radicals and apoptosis-associated protein of ovary in natural-aging rats. *Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy*, 24(5): 17–18. [朱昌国, 潘朝旺, 2015. 九龙虫对自然衰老大鼠卵巢氧自由基及凋亡相关蛋白的影响. 中国民族民间医药, 24(5): 17–18.]