

荔枝异形小卷蛾的人工饲料配方及其效果分析*

赵志刚^{1**} 王晨彬² 王欢¹ 王春胜¹ 郭俊杰¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520; 2. 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘要 【目的】为开发一种适用于荔枝异形小卷蛾 *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) 的人工饲料, 探讨饲喂添加寄主格木 *Erythrophleum fordii* Oliver 枝粉和叶粉的人工饲料对荔枝异形小卷蛾生长发育的影响。【方法】以混合饲料为营养基础, 特别添加荔枝异形小卷蛾喜好寄主植物格木的枝粉和叶粉配置人工饲料, 并对饲养效果进行比较。【结果】5 种饲料配方饲养荔枝异形小卷蛾, 其均能完成世代发育。5 种饲料配方对荔枝异形小卷蛾的幼虫发育历期、幼虫存活率、化蛹率、蛹重、羽化率、成虫寿命和产卵量均有显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 影响, 对蛹历期影响不显著 ($P>0.05$)。相关分析表明, 幼虫发育历期越短越有利于其后各阶段发育, 且可提高存活率和产卵量、缩短世代发育历期。从配方组分比较饲养效果发现, 添加格木枝粉优于格木叶粉, 添加番茄酱优于荔枝酱。饲喂添加格木枝粉和番茄酱的成活率和产卵量显著高于饲喂添加格木叶粉和荔枝酱配方Ⅲ和饲喂添加荔枝酱的配方Ⅴ, 分别提高 107.58%和 27.21%、48.26%和 15.88%。【结论】添加格木枝粉的人工饲料对荔枝异形小卷蛾的饲养效果最佳, 且材料来源不受时间、地点限制, 有助于人工饲养并开展生物学和生态学研究。

关键词 荔枝异形小卷蛾; 人工饲料; 格木; 饲养效果

The effectiveness of different artificial diets for rearing *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae)

ZHAO Zhi-Gang^{1**} WANG Chen-Bin² WANG Huan¹ WANG Chun-Sheng¹ GUO Jun-Jie¹

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, China; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment of People's Republic of China, Nanjing 210042, China)

Abstract [Objectives] *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) (Lepidoptera: Tortricidae) is the main shoot borer of *Erythrophleum fordii* Oliver (Caesalpiniaceae), which a rare tree species. Artificial diets were manufactured to improve the artificial rearing of this pest and thereby facilitate biological and ecological research to develop more effective methods for its prevention and control. [Methods] Based on the nutritional composition of branches or leaves of *E. fordii*, the preferred host plant of *C. ombrodelta*, either branches or leaves of *E. fordii* were added to five specially formulated artificial diets and the effectiveness of rearing *C. ombrodelta* on each of these diets was measured and compared. [Results] *C. ombrodelta* completed an entire generation on all five artificial diets. Larvae fed on the five artificial diets differed significantly ($P<0.05$) in the duration of the larval period, survival rate, pupation rate, pupal weights, eclosion rate, adult longevity and fecundity, but not in the duration of the pupal period ($P>0.05$). Correlation analysis indicates that a shorter larval duration was more favorable for the development of subsequent stages, increased survival rate and fecundity, and shortened the duration of the whole generation. Artificial diets to which *E. fordii* branches were added were superior than those to which leaves were added, and those to which tomato juice were added were better than those to which lychee juice were added. The optimal artificial diet, Diet II with added *E. fordii* branches or tomato juice, significantly ($P<0.01$) improved the survival rate and fecundity of *C. ombrodelta* by 107.58% and 27.21%, 48.26% and 15.88% respectively, compared with Diet III to which *E. fordii* leaves and litchi juice were added, and Diet V to which only litchi juice was added. [Conclusion] The rearing of *C. ombrodelta* can be improved by adding *E. fordii* branches to artificial diets. These results facilitate the rearing of *C. ombrodelta* for biological and

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目 (31400534); 中央公益性科研院所基本专项 (CAFYBB2014QB039)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhaozhigang1979@126.com

收稿日期 Received: 2018-1-17; 接受日期 Accepted: 2018-06-26

ecological research.

Key words *Cryptophlebia ombrodelta* Lower; artificial diets; *Erythrophleum fordii* Oliver; rearing effect

通过昆虫饲养可以获得遗传背景、发育阶段较为一致的充足虫源(韩超等, 2012; 阎伟等, 2014), 在科学研究中, 对昆虫进行人工饲养, 了解其生物学、生态学及防治方法等均具有重要意义。(曹利军等, 2014; 王文辉等, 2017)。在饲养的过程中, 昆虫不仅对饲养环境条件具有一定要求, 饲料的质量直接影响着昆虫的饲养效果(何旭诺等, 2013)。例如, 舞毒蛾 *Lymantria dispar*、白眉野草螟 *Agriphila aeneociliella* (Eversmann)、*Cantheconidea furcellata* (Wolff) 等取食不同喜好程度的寄主或饲料对其发育和繁殖均有较大影响, 取食有些寄主甚至不能完成生活史(何旭诺等, 2013; 梁洪柱等, 2013; 张云慧等, 2015)。昆虫发育所需的营养成分大致相同, 与寡食性昆虫相比, 多食性昆虫因取食范围广而对饲料的要求较宽松, 而且多食性昆虫的饲料配方大多可以摆脱对寄主植物或其提取物的需求(曹利军等, 2014)。目前, 使用天然饲料人工饲养昆虫, 不但采集成本高、费时, 且易受保鲜、时间等方面的限制(韩超等, 2012; 周仙红等, 2015)。因此, 配置既能够保证完成世代发育和继代培养, 又能节约成本的饲料在昆虫相关的研究中具有重要意义(何旭诺等, 2013; 周仙红等, 2015; 朱阿秀等, 2015; 张健等, 2017)。

荔枝异形小卷蛾 *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower) 属鳞翅目 Lepidoptera 卷蛾科 Tortricidae 异形小卷蛾属, 寄主范围较广, 为害部位包括果实、种子和嫩梢或半木质化嫩梢等(赵志刚等, 2013)。研究其生活史发现, 1 年可发生 3 代或 4-5 代(Sinclair, 1979; 刘东明等, 2005; 何衍彪等, 2006; 黄雅志等, 2006)。造成这种差异可能与其寄主种类多、取食部位不同、存在寄主转换等现象有关(梁洪柱等, 2013)。因此, 研发荔枝异形小卷蛾人工饲料, 实现其稳定饲养, 对保证其相关生物学和生态学及防治技术等研究的顺利开展至关重要。

通过对华南多地人工林内的珍贵树种调查

发现, 荔枝异形小卷蛾对格木 *Erythrophleum fordii* Oliver 危害严重, 成为受该虫为害严重的代表性树种(赵志刚等, 2013)。该虫主要为害格木嫩梢和复叶基部, 初步推断受害部位可能存在引诱其产卵或取食的营养物质或激素类物质, 这是昆虫进化过程中形成的一种可遗传的定向行为(安新城等, 2006)。人工饲料添加昆虫喜食寄主成分显著影响饲养效果(阎伟等, 2014; 王文辉等, 2017)。因此, 本研究通过配置添加荔枝异形小卷蛾喜食寄主格木的枝粉和叶粉的人工饲料, 比较其饲养效果, 筛选适合的饲料配方, 为该虫的室内大量饲养提供保障, 促进其相关理论研究和防治技术的顺利开展。

1 材料与方法

1.1 饲料配方及制备方法

1.1.1 饲料配方 试验设计 5 种配方, 其中添加格木叶粉的 2 种(配方 I 和配方 III), 添加格木枝粉的 2 种(配方 II 和配方 IV), 不添加格木成分的 1 种(配方 V)。饲料成分具体为玉米粉、黄豆粉、酵母粉、白糖、山梨酸、干酪素、尼泊金甲酯、抗坏血酸、胆固醇、番茄酱、引诱添加剂、凝固剂、保鲜剂, 配制过程中需添加饲料总量 10-15 倍体积的超纯水, 其中, 引诱添加剂分别为格木叶粉和枝粉、凝固剂为琼脂、保鲜剂为甲醛, 详细配方见表 1。

1.1.2 饲料制备方法 按表 1 中各配方的成分及比例称取玉米面粉、黄豆粉、酵母粉、格木枝粉或叶粉, 混匀后加入 1/3 总量的超纯水搅拌均匀, 发酵 5-8 h; 另按比例取琼脂粉, 加入 2/3 总量的超纯水, 煮沸使之充分溶化, 冷却约 3 min 后, 按比例加入山梨酸、尼泊金甲酯、抗坏血酸、胆固醇、甲醛、白糖, 以及发酵完成的混合物并搅拌均匀, 可加少量超纯水调成糊状, 最后按比例加入番茄酱或荔枝酱, 迅速搅拌均匀后倒入塑料盒中, 待其冷却即制备完成, 置于冰箱冷藏(4℃)。

表 1 饲料配方成分及比例
Table 1 Composition and proportion of 5 artificial diets recipes for *Cryptophlebia ombrodelta*

成份 Composition	配方 Recipes				
	I	II	III	IV	V
玉米粉 Corn powder	18.95%	18.95%	18.95%	18.95%	25.80%
黄豆粉 Soybean powder	18.95%	18.95%	18.95%	18.95%	—
酵母粉 Yeast powder	7.58%	7.58%	7.58%	7.58%	10.32%
白糖 Sugar	3.79%	3.79%	3.79%	3.79%	5.16%
干酪素 Casein	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	—
抗坏血酸 Ascorbic acid	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%	1.03%
尼泊金甲酯 Methyl nipagin	0.51%	0.51%	0.51%	0.51%	0.69%
山梨酸 Sorbic acid	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.34%
胆固醇 Cholesterol	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.07%
番茄酱 Tomato ketchup	37.91%	37.91%	—	—	51.60%
荔枝酱 Litchi sauce	—	—	37.91%	37.91%	—
格木叶粉 <i>E. fordii</i> leaf powder	5.05%	—	5.05%	—	—
格木枝条 <i>E. fordii</i> branch powder	—	5.05%	—	5.05%	—
琼脂 Agar	3.54%	3.54%	3.54%	3.54%	4.82%
甲醛 Formaldehyde	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.17%

1.2 始祖虫源采集与饲养方法

1.2.1 始祖虫源采集 荔枝异形小卷蛾采自广东省肇庆市北岭山林场铁西工区 7 年生格木人工林 (东经 112°3′, 北纬 23°10′), 该林分虫害发生 100%。根据荔枝异形小卷蛾为害初期症状, 采集枝梢上具黄白色碎末状物质的格木枝条并带回实验室内, 置于保湿饲养盒放置在人工气候箱内培养, 培养条件为温度为 25 °C, 相对湿度为 80%, 光周期为 L15 : D9。利用格木枝条让荔枝异形小卷蛾完成发育。

1.2.2 荔枝异形小卷蛾的饲养方法 待成虫羽化后, 选取当日羽化的雌、雄成虫各 2 头, 同时放入 1 500 mL 透明养虫盒 (规格为下部直径 12.5 cm、上部直径 17.8 cm、高度 10 cm) 内, 底部放置硫酸纸, 每隔 1 d 收集 1 次卵纸, 卵和卵纸一同放入培养皿中。待卵孵化后, 将幼虫放入培养皿中, 并放入蘸有 5%蜂蜜水的棉球保湿。每个培养皿中放置 2 头幼虫, 并在养虫盒中放入配制好的饲料, 随机区组设计, 每个小区每个处理 10 个培养皿, 重复 5 次。

每天定时观察幼虫的存活与发育情况, 在幼

虫末龄时期, 观察末龄幼虫的蜕变情况, 使用电子天平测量蛹重, 并及时记录化蛹时间、羽化情况、成虫寿命。选取当日羽化的雌雄成虫各 2 头, 将成虫移入 1 500 mL 养虫盒内, 底部放置制好的硫酸纸 1 张供其产卵, 用蘸有 5%蜂蜜水的棉球作为补充营养源, 每天记录产卵量。

1.3 数据分析

采用 SPSS 11.5 软件进行处理间各发育指标的方差分析 (ANOVA)、多重比较 (Duncan’s 多重检验法, $P<0.05$) 及相关分析 (Pearson 法), 百分率数据统计分析前对先进行反正弦转换。

2 结果与分析

2.1 不同配方饲料对幼虫发育的影响

方差分析结果显示, 饲料配方对荔枝异形小卷蛾的幼虫发育历期有显著影响 ($P<0.05$), 对幼虫存活率和化蛹率均有极显著影响 ($P<0.01$)。幼虫平均发育历期 20.52 d, 其中, 配方 II 发育历期最短 19.12 d, 配方 IV 略长, 但与之差异不显著, 配方 I 和配方 V 次之, 配方 III 发育历期最

长, 为 22.3 d (图 1)。幼虫存活率和化蛹率变化规律一致 (图 1), 配方 II 的幼虫存活率和化蛹率最高, 平均分别为 68.27% 和 81.17%; 其次为配方 IV, 再次配方 I 和配方 V, 配方 III 最低, 仅为 52.47% 和 75.27%。总体来看, 幼虫发育历期与幼虫存活率和化蛹率变化规律相反, 发育历期短则幼虫存活率和化蛹率相对较高, 发育历期最短的配方 II 较发育历期长的配方 III 低 14.15%, 较未添加格木成分的配方 V 下降 7.72%, 幼虫存活率和化蛹率则高 19.80% 和 56.99%、12.47% 和 23.36%。

2.2 不同配方饲料对蛹发育的影响

不同饲料配方饲喂的荔枝异形小卷蛾蛹的发育历期变化规律与幼虫发育历期相似, 差异不显著 ($P>0.05$) (图 1, 图 2)。蛹历期平均为 8.61 d, 约为幼虫历期的 43.22%。不同配方间蛹的存活率差异亦不显著 ($P>0.05$), 平均为 78.83%, 高于幼虫平均成活率。蛹的重量配方间差异极显著 ($P<0.01$), 其中, 配方 II 蛹重最高, 配方 III 最低, 二者相差 25.30%, 配方 I、配方 IV 和配方 V 接近 (图 2)。

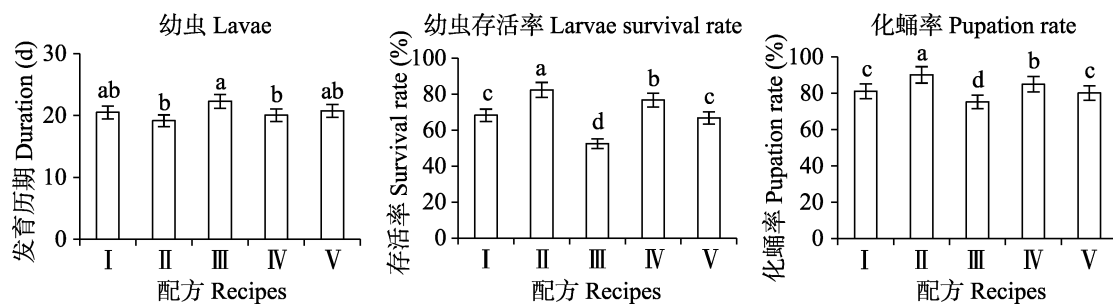


图 1 不同配方饲料对荔枝异形小卷蛾幼虫发育的影响

Fig. 1 Effects of 5 artificial diets recipes on larvae development of *Cryptophlebia ombrodelta*

配方间无相同字母表示其在 0.05 水平上差异显著 ($P<0.05$)。下图同。

Histograms with different letters indicate significant difference at the 0.05 level. The same below.

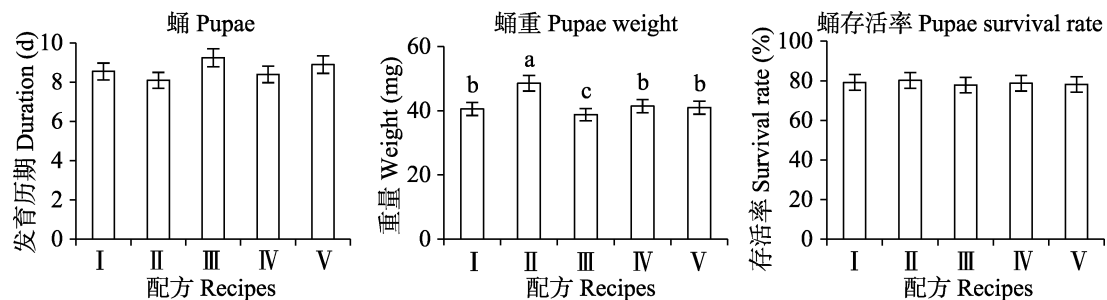


图 2 不同配方饲料对荔枝异形小卷蛾蛹发育的影响

Fig. 2 Effects of 5 artificial diets recipes on pupae development of *Cryptophlebia ombrodelta*

2.3 不同配方饲料对成虫的影响

荔枝异形小卷蛾蛹的羽化率、成虫寿命和产卵量在配方间均差异显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$), 3 个指标的配方间差异与蛹重一致。配方 II 的羽化率、成虫寿命和产卵量均最高, 分别为 91.77%、9.28 d、53.27 粒, 配方 III 最低, 分别为 85.57%、7.22 d、41.87 粒, 较前者分别

低 7.25%、28.55% 和 27.23%, 配方 I、配方 IV 和配方 V 接近, 平均分别为 89.23%、8.22 d、46.43 粒, 羽化率、成虫寿命和产卵量总体平均分别为 89.01%、8.23 d、46.89 粒 (图 3)。

2.4 饲养效果综合分析

5 个饲料配方均能使荔枝异形小卷蛾完成世代发育, 各配方虽然对完整发育历期影响不显著

($P>0.05$), 但对其累计存活率 (幼虫成活率 $\times$ 化蛹率 $\times$ 蛹存活率 $\times$ 羽化率) 的影响差异极显著 ($P<0.01$)。而且值得注意的是, 采用饲料配方 II 和配方 IV 喂养的个体不但幼虫发育阶段短, 其蛹期也较短, 且成虫寿命长, 产卵量高, 综合来看饲养效果较好。通过累计存活率综合比较, 配方 II (54.72%) > 配方 IV (46.39%) > 配方 I (39.27%)、配方 V (36.91%) > 配方 III (26.36%)。饲料针对的是荔枝异形小卷的幼虫阶段, 蛹

是幼虫阶段的发育结果, 成虫和产卵量受前期发育和营养储备的影响, 因此重点分析幼虫历期、幼虫存活率和蛹重与其他发育指标的相关关系。幼虫发育历期与蛹历期和累计历期呈显著正相关关系 ($P<0.01$), 与其他指标均呈显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 的负相关关系, 幼虫成活率和蛹重则表现显著的正相关关系 (表 2), 即幼虫发育历期缩短有利于其后各阶段的发育, 显著提高成活率和繁殖力。

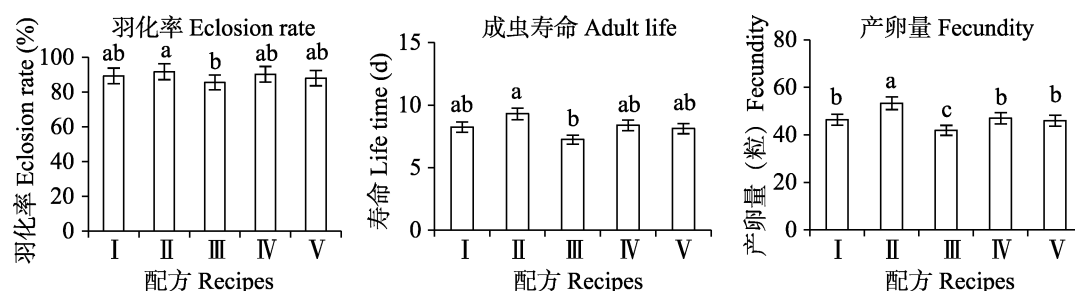


图 3 不同配方饲料对荔枝异形小卷蛾成虫的影响

Fig. 3 Effects of 5 artificial diets recipes on adults development of *Cryptophlebia ombrodelta*

表 2 各发育阶段参数相关关系分析

Table 2 Correlation analysis of developmental stage parameters of *Cryptophlebia ombrodelta*

	幼虫成活率 Larvae survival rate	化蛹率 Pupation rate	蛹成活率 Pupae survival rate	蛹重 Pupae weight	蛹历期 Pupae duration	羽化率 Eclosion rate	成虫寿命 Adult lifetime	产卵量 Fecundity	累计成活率 Cumulative survival rate	累计历期 Cumulative duration
幼虫历期 Larvae durations	- 0.991 0**	- 0.973 7**	- 0.881 2*	- 0.844 0*	0.971 7**	- 0.990 2**	- 0.983 0**	- 0.949 2**	- 0.985 6**	0.979 4**
幼虫成活率 Larvae survival rate		0.977 1**	0.840 9*	0.816 7*	- 0.969 5**	0.986 9**	0.960 0**	0.921 4**	0.990 2**	- 0.985 7**
蛹重 Pupae weight					- 0.818 3*	0.816 7*	0.922 5*	0.966 7**	0.879 9*	- 0.748 5

数据有标*表示相关显著 ($P<0.05$), **表示相关极显著 ($P<0.01$)。

Data with ** and * indicate significant correlation at the 0.01 and 0.05 level, respectively.

3 结论与讨论

单一依靠野外调查或采集虫源开展昆虫学相关研究会受到很多不确定因素的影响, 通过人工饲料饲养技术可以获得稳定的虫源, 有助于相关研究开展。人工饲料代替天然饲料 (鲜活植物) 是昆虫饲养中常见的方式, 其可以解决鲜活材料供应的时间、地点等限制问题 (韩超等, 2012 ;

周仙红等, 2015)。人工饲料必须保证昆虫发育所需的营养成分, 保证饲养的昆虫能够完成生活史 (朱阿秀等, 2015)。本研究中 5 种饲料配方饲养荔枝异形小卷蛾, 其均能完成世代发育, 5 种饲料配方对其幼虫发育历期和成虫寿命均有显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 影响, 仅对蛹历期影响不显著 ($P>0.05$), 而且对其完整发育历期影响不显著 ($P>0.05$), 这主要是由于幼

虫历期缩短或延长,而成虫寿命产生与之相反的变化(图 1-图 3),即幼虫期缩短使成虫寿命延长(程琪等, 2017),进而导致其整体发育历期趋于接近,但总体说明本研究所采用的饲料配方可以为荔枝异形小卷蛾发育提供充足的养分,而且配方间不同发育存在明显差异。

人工饲料不合理可产生幼虫发育历期长、存活率低、产卵量低等现象,分析各个指标参数之间的关系有助于科学评价人工饲料的饲养效果(张健等, 2017)。幼虫期与饲料关系最为密切,幼虫历期与多数指标呈显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)的负相关关系,即幼虫历期短对其后各阶段发育有利;而蛹重与羽化率相关关系不显著($P>0.05$),但与成虫寿命显著正相关($P<0.05$),与产卵量极显著正相关($P<0.01$),即蛹的重量越大对繁殖越有利,一般幼虫历期短,蛹重高其发育和繁殖效果越好(肖亮等, 2014; 庾琴等, 2016)。存活率和繁殖力对世代发育影响较大,是评判饲料的重要指标(朱阿秀等, 2015; 张健等, 2017)。除蛹成活率外,幼虫成活率、化蛹率、羽化率配方间差异均极显著($P<0.01$),其累计存活率和产卵量亦差异极显著($P<0.01$),有助于对人工饲料进行综合评价。另外,钻蛀性害虫可能因为天然寄主材料的腐败而影响正常发育,人工饲料可以有效避免这一现象(金佳鑫等, 2010)。

人工饲料除保证昆虫发育所需的营养成分,还要保持饲料的适口性,提高昆虫的喜食性(王文辉等, 2017),一般加入寄主植物或近缘种的材料可以提高饲养效果(周仙红等, 2015)。本研究中,4 种含格木枝粉或叶粉的配方中,除配方 III 外,含格木枝粉或叶粉的饲料配方(配方 II、配方 IV、配方 I)均优于不添加格木成分的饲料(配方 V),而且添加格木枝粉的配方(配方 II、配方 IV)优于添加格木叶粉的配方(配方 I、配方 III),这可能与荔枝异形小卷蛾主要取食部位为格木嫩梢,加入后改善了养分状况和适口性有关(王文辉等, 2017; 张健等, 2017),添加番茄酱的配方(配方 I、配方 II、配方 V)优于添加荔枝酱的配方(配方 III、配方 IV),综合比较

以添加格木枝粉、番茄酱的配方 II 对荔枝异形小卷蛾饲养效果最优。但添加格木叶粉和荔枝酱的配方 III 其各项指标均低于不添加格木材料的配方 V,但原因尚不明确,其配方尚有进一步改进的可能和需求。另外,由于未进行连续世代培养,饲料配方是否会造成后代种群退化亦未可知(阎伟等, 2014; 张健等, 2017)。研究筛选出的最优配方其主要添加成分来自于格木,其是华南地区广泛种植的常绿树种,来源不受时间、地点的限制,可进行全年饲养。本研究完善了荔枝异形小卷蛾的饲养方法,将有利的促进其生物学和生态学研究以及防治技术研究的开展。

参考文献 (References)

- An SC, Ren SX, Qiu BL, 2006. Orientation behavior of *Bemisa tabaci* to locate underside of host leaves. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(5): 631–635. [安新城, 任顺祥, 邱宝利, 2006. 烟粉虱对寄主植物叶背的定向行为. *昆虫知识*, 43(5): 631–635.]
- Cao LJ, Yang F, Tang SY, Chen M, 2014. Development of an artificial diet for three lepidopteran insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1376–1386. [曹利军, 杨帆, 唐思莹, 陈敏, 2014. 适合三种鳞翅目昆虫的一种人工饲料配方. *应用昆虫学报*, 51(5): 1376–1386.]
- Cheng Q, Su WW, Dan JG, 2017. Effects of host plants on the development and reproduction of *Henosepilachna pusillanima* (Mulsant). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(4): 602–608. [程琪, 苏文雯, 但建国, 2017. 寄主植物对锯叶裂臀瓢虫发育和繁殖的影响. *应用昆虫学报*, 54(4): 602–608.]
- Han C, Peng YF, Hou ML, Chen FJ, Zhai BP, Han LZ, 2012. A preliminary study on artificial rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 281–285. [韩超, 彭于发, 侯茂林, 陈法军, 翟保平, 韩兰芝, 2012. 大螟人工饲养技术的初步研究. *应用昆虫学报*, 49(1): 281–285.]
- He XN, Xian JD, Chen R, Zhang ZY, Zeng R, 2013. Effects of four insect feed on development and reproduction of *Cantheconidea furcellata* (Hemiptera: Asopinae). *Journal of Environmental Entomology*, 35(6): 799–803. [何旭诺, 冼继东, 陈然, 张拯研, 曾嵘, 2013. 4 种昆虫饲料对叉角厉蝽生长发育和繁殖的影响. *环境昆虫学报*, 35(6): 799–803.]
- He YB, Zhan RL, 2006. Occurrence and control on *Cryptophlebia ombrodelta* Lower in litchi. *Guangxi Agricultural Sciences*,

- 27(3): 280–281. [何衍彪, 詹儒林, 2006. 荔枝异形小卷蛾的发生及防治. 广西农业科学, 27(3): 280–281.]
- Huang YZ, A HC, 2006. The biological characteristics and control of primary pests on Macadamia in Yunnan. *Tropical Agricultural Science & Technology*, 29(1): 5–9. [黄雅志, 阿红昌, 2006. 云南省澳洲坚果主要害虫的生物学特性和防治. 热带农业科技, 29(1): 5–9.]
- Jin JX, Zhu F, Wang XP, Lei CL, 2010. Development and reproduction of *Maruca testulalis* on artificial diet. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(1): 59–62. [金佳鑫, 朱芬, 王小平, 雷朝亮, 2010. 豆野螟在人工饲料上的发育和繁殖情况. 昆虫知识, 47(1): 59–62.]
- Liang HZ, Chen Q, Tian HP, Liang XM, 2013. Influence *Lymantria dispar* of artificial diets on the development of larva. *Forest Pest and Disease*, 32(6): 33–35. [梁洪柱, 陈倩, 田会鹏, 梁晓梅, 2013. 不同人工饲料对舞毒蛾幼虫生长发育的影响. 中国森林病虫, 32(6): 33–35.]
- Liu DM, He J, Chen JS, Xing FW, 2005. Biology study of *Cryptophlebia ombrodelta*. *Forest Science & Technology*, 30(5): 27–29. [刘东明, 何军, 湛金锁, 邢福武, 2005. 荔枝异形小卷蛾生物学特性的研究. 林业科技, 30(5): 27–29.]
- Sinclair ER, 1979. Parasites of *Cryptophlebia* spp. (Lepidoptera: Tortricidae) in southeast Queensland. *Journal of Australia Entomology Society*, 18: 329–335, 329.
- Wang WH, Yan YY, Liu XH, Jin MX, Yu AL, 2017. Effects of artificial diets on growth and development of *Apriona swainsoni*. *Forest Pest and Disease*, 36(6): 26–28. [王文辉, 严员英, 刘晓华, 金明霞, 喻爱林, 谢谷艾, 2017. 人工饲料对锈色粒肩天牛生长发育的影响研究. 中国森林病虫, 36(6): 26–28.]
- Xiao L, Fu S, He HM, Xue FS, 2014. Sexual size dimorphism in the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* and the relationship between larval period and pupal weight. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(6): 1576–1581. [肖亮, 傅淑, 何海敏, 薛芳森, 2014. 亚洲玉米螟性体型二型性及幼虫发育历期与蛹重的关系. 应用昆虫学报, 51(6): 1576–1581.]
- Yan W, Li L, Li CX, Huang SC, Liu L, Qin ZW, Peng ZQ, Luo YQ, 2014. An artificial diet for the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliver. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1387–1392. [阎伟, 李磊, 李朝绪, 黄山春, 刘丽, 覃伟权, 彭正强, 骆有庆, 2014. 一种红棕象甲人工饲料及其效果. 应用昆虫学报, 51(5): 1387–1392.]
- Yu Q, Wang F, Zhang RX, Guo GM, Fan RJ, Hao C, 2016. Effects of pupal weight on the fecundity and longevity of adults and the larval development of the next generation in *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(9): 985–990. [庾琴, 王芳, 张润祥, 郭贵明, 范仁俊, 郝赤, 2016. 梨小食心虫蛹重对成虫繁殖力和寿命及下一代幼虫发育的影响. 昆虫学报, 59(9): 985–990.]
- Zhang J, Zhou YL, Sun SH, 2017. Rearing of *Arma chinensis* (Fallou) (Hemiptera: Pentatomidae) on an artificial diet. *Forest Pest and Disease*, 36(4): 37–40. [张健, 周毓麟, 孙守慧, 2017. 利用人工饲料连代饲养蝽蟊若虫效果评价. 中国森林病虫, 36(4): 37–40.]
- Zhang YH, Peng H, Zhang Z, Li XR, Liu Y, Wang HY, Yuan GH, Cheng DF, 2015. Effects of temperature and food on the growth and development of larvae of *Agriphila aeneociliella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(2): 169–174. [张云慧, 彭赫, 张智, 李祥瑞, 刘勇, 王海英, 原国辉, 程登发, 2015. 温度和食料对白眉草螟幼虫生长发育的影响. 昆虫学报, 58(2): 169–174.]
- Zhao ZG, Wang M, Zeng J, Mo HR, Guo JJ, Zeng J, 2013. Species identification and occurrence analysis for a shoot-borer of *Erythrophleum fordii*. *Journal of Environmental Entomology*, 35(4): 534–538. [赵志刚, 王敏, 曾冀, 莫洪荣, 郭俊杰, 曾杰, 2013. 珍稀树种格木蛀梢害虫的种类鉴定与发生规律初报. 环境昆虫学报, 35(4): 534–538.]
- Zhou XH, Zhang SC, Zhuang QY, Zhang AS, Li LL, Men XY, Zhai YF, Yu Y, 2015. Screening and evaluation of the artificial diets of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Sciaridae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(11): 1245–1252. [周仙红, 张思聪, 庄乾营, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 翟一凡, 于毅, 2015. 韭蛆人工饲料配方筛选及饲养效果比较. 昆虫学报, 58(11): 1245–1252.]
- Zhou ZS, Deng GR, 2005. Preliminary study on the host plants of leaf rollers on longan and litchi. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6): 639–642. [周忠实, 邓国荣, 2005. 龙眼荔枝卷叶蛾类寄主植物种类的初步研究. 昆虫知识, 42(6): 639–642.]
- Zhu AX, Qian Q, Liu XD, 2015. A method for rearing the rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis*) using wheat seedlings. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(4): 883–889. [朱阿秀, 钱秋, 刘向东, 2015. 利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟的方法. 应用昆虫学报, 52(4): 883–889.]