

不同寄主植物对三条橙灯蛾生长发育和繁殖的影响^{*}

苏超^{1,2**} 景军^{1,2} 王猛猛¹ 方燕^{1,2} 李恺^{1,2***}

(1. 华东师范大学生命科学学院 上海 200241; 2. 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室 上海 200062)

摘要 在室内条件(温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 80%, 光周期 12L: 12D)下研究了天仙果(*Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. et Arn.) King)、大青(*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.)、华东油柿(*Diospyros oleiera* Cheng)、喜树(*Camptotheca acuminata* Decne)和杨梅(*Myrica rubra* (Lour.) Sieb. et Zucc) 5 种不同科的寄主植物对三条橙灯蛾 *Lemyra alikangensis* (Strand) 取食偏好、生长发育、繁殖及营养效应的影响。结果表明, 三条橙灯蛾对不同寄主植物表现出明显的取食选择差异; 不同寄主植物对三条橙灯蛾的幼虫发育历期、累计存活率、产卵量及营养效应等指标均有显著影响。三条橙灯蛾 4 龄幼虫偏好取食大青, 对杨梅和喜树的选择率很低。幼虫历期以大青饲喂组最短为 (39.20 ± 1.79) d, 杨梅饲喂组最长为 (48.25 ± 2.22) d; 累计存活率以大青饲喂组最高(45.71%), 杨梅饲喂组最低(28.57%); 大青饲喂组产卵量最多为 (553.75 ± 61.69) 粒/雌, 杨梅饲喂组最少为 (386.25 ± 51.05) 粒/雌。大青饲喂组三条橙灯蛾的相对生长率 $(0.30 \pm 0.03) \text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、食物利用率 $(13.46 \pm 1.84)\%$ 、近似消化率 $(62.04 \pm 6.29)\%$ 在各组中均最高, 但食物转化率 $(21.65 \pm 0.95)\%$ 很低; 杨梅饲喂组三条橙灯蛾的相对生长率 $(0.12 \pm 0.03) \text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、近似消化率 $(14.75 \pm 1.48)\%$ 很低, 但是食物利用率 $(5.41 \pm 0.61)\%$ 较高, 食物转化率 $(36.79 \pm 4.07)\%$ 最高。综合各指标认为: 在 5 种供试植物中大青是三条橙灯蛾的最适寄主植物, 杨梅则最不利于其生长发育和种群繁衍。

关键词 三条橙灯蛾, 寄主植物, 生长发育, 营养效应, 取食选择

Effects of different host plants on the development and fecundity of *Lemyra alikangensis* (Strand) (Lepidoptera: Arctiidae)

SU Chao^{1,2**} JING Jun^{1,2} WANG Meng-Meng¹ FANG Yan^{1,2} LI Kai^{1,2***}

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Shanghai Key Laboratory for Urban Ecology Processes and Eco-Restoration, Shanghai 200062, China)

Abstract The effects of five host plants (*Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. et Arn.) King, *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz., *Diospyros oleiera* Cheng, *Camptotheca acuminata* Decne, *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. et Zucc) on the development and fecundity of *Lemyra alikangensis* (Strand) (Lepidoptera: Arctiidae) were studied under laboratory conditions ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, 80% RH and a photoperiod of 12L: 12D). The results show that there were significant differences in feeding preferences, larval period, total survival rate, egg number laid per female and nutrition effects among the larvae feeding on these different host plants. 4th instar larvae preferred *Cl. cyrtophyllum*, and did not like *Ca. acuminata* and *M. rubra*. Larvae that fed on *Cl. cyrtophyllum* had the shortest larval period (39.20 ± 1.79) d, the highest larvae survival rate (45.71%) and the largest egg number laid per female (553.75 ± 61.69) . The longest larval period (48.25 ± 2.22) d, lowest total survival rate (28.57%) and egg number per female (386.25 ± 51.05) was observed in larvae feeding on *M. rubra*. In addition, the relative growth rate (*RGR*) $(0.30 \pm 0.03) \text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, efficiency of conversion of ingested food (*ECI*) $(13.46 \pm 1.84)\%$ and approximate digestibility (*AD*) $(62.04 \pm 6.29)\%$ were all highest in larvae feeding on *Cl. cyrtophyllum*, but the efficiency of conversion of digested food (*ECD*) $(21.65 \pm 0.95)\%$ was quite low. Larvae feeding on *M. rubra* had the lowest *RGR* $(0.12 \pm 0.03) \text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ and *AD* $(14.75 \pm 1.48)\%$, but a relatively high

^{*} 资助项目:上海市启明星跟踪计划项目(10QH1400700)。

^{**}E-mail: suchao19890329@126.com

^{***} 通讯作者, E-mail: kaili@bio.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2013-06-20, 接受日期: 2013-08-10

ECI (5.41 ± 0.61)%, and the highest *ECD* (36.79 ± 4.07)%. In conclusion, *Cl. cyrtophyllum* is the most suitable host plant for *L. alikangensis* and *M. rubra* the least suitable.

Key words *Lemyra alikangensis*, host plant, development, nutrition effects, feeding choice

三条橙灯蛾 *Lemyra alikangensis* (Strand) 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 灯蛾科 Arctiidae, 分布广泛, 是一种广食性昆虫。幼虫在 1、2 龄时群聚生活, 取食叶肉, 受害叶片呈透明纱网状; 3 龄后逐渐分散, 取食整片叶, 食量大, 危害严重的甚至将整棵树的叶片吃光, 转而危害附近其它植物, 是重要的林业和农业害虫。

近年来关于灯蛾灾害的报道频繁。2008 年, 在江苏省海安地区桑园虫害调查中, 红腹灯蛾 *Spilarctia subcarnea* (Walker) 是首要害虫 (顾森林等, 2009); 2008 年以来, 花布灯蛾 *Camptoloma interiorata* (Walker) 在辽宁省东部山区大面积发生, 连年危害, 对林木生长、森林生态和森林景观造成很大破坏 (赵瑞兴等, 2011); 2011 年, 美国白蛾 *Hyphantria cunea* (Drury) 在我国北方大部分地区扩散, 对我国林业和园林绿化造成极大危害 (武海卫等, 2012)。作者在浙江天童国家森林公园进行长时间野外实验的过程中观察到许多树木受到灯蛾不同程度的危害, 通过野外观测和灯诱诱捕发现三条橙灯蛾为主要危害类群之一。

植食性昆虫与其寄主植物之间的相互作用关系一直是近十几年来生态研究的热点问题之一 (Coley and Barone, 1996; Kursar and Coley, 2003; Howe and Jander, 2008)。由于寄主植物水分、营养物质的差异及各种次生代谢物质的存在, 使得植食性昆虫对不同寄主植物有不同的取食反应, 从而影响昆虫的生长发育 (Sandstrom, 2000; Awmack and Leather, 2002; Hisashi and Keiichi, 2003; Wheeler and Ordung, 2005; Coley *et al.*, 2006; Raymond and Constabel, 2011)。关于寄主植物对植食性昆虫的取食、生长发育、繁殖等方面的影响, 近年来国内外对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 和美国白蛾等类群的报道较多 (阮永明和吴坤君, 2001; 李子玲等, 2005; 陈素伟等, 2010; Farahani *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2011; 董钧锋等, 2012; 武海卫等, 2012), 目前还没有关于三条橙灯蛾的相关研究报道。

为有效防治三条橙灯蛾虫害, 首先需了解三

条橙灯蛾与寄主植物的关系。本研究选取浙江天童国家森林公园中 5 种不同科的常见植物, 通过研究三条橙灯蛾与不同寄主植物的取食关系, 分析了不同寄主植物对三条橙灯蛾的取食偏好、生长发育、繁殖以及营养效应的影响, 丰富人们对昆虫与植物关系的认识, 为三条橙灯蛾虫害的预测和防治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

本研究于 2011—2012 年在建于浙江天童国家森林公园的华东师范大学浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站进行。利用低龄幼虫群集生活和吐丝结网的特性, 于浙江天童国家森林公园采集三条橙灯蛾幼虫, 连同叶片和网幕带回实验室, 在室内用天仙果 (*Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. et Arn.) King) 叶片喂养至羽化并交配产卵, 把同一天孵化的幼虫作为供试虫源。

1.2 供试寄主植物

供试寄主植物分别为天仙果、大青 (*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.)、华东油柿 (*Diospyros oleiera* Cheng)、喜树 (*Camptotheca acuminata* Decne) 和杨梅 (*Myrica rubra* (Lour.) Sieb. et Zucc)。根据野外观察选取这几种植物作为供试植物, 作者在野外调查和实验过程中, 观察到天仙果、大青、华东油柿和喜树叶片上均有三条橙灯蛾, 且它们的叶片都受到不同程度的危害, 同时在浙江天童国家森林公园广泛分布的杨梅在三条橙灯蛾发生时正处于持续展叶期, 考虑到三条橙灯蛾危害严重时会转移寄主, 并且植物在展叶阶段最容易遭受昆虫取食 (刘志国, 2011), 所以最终选定了这 5 种植物开展后续研究。试验所用的叶片均为试验当天早晨采摘, 以保证新鲜。

1.3 试验方法

1.3.1 三条橙灯蛾对寄主植物的取食选择 低龄幼虫运动能力弱, 不能显著表现出对不同寄主植物的取食选择偏好 (Barros and Zucoloto, 1999)。根据

野外观察和饲养经验,三条橙灯蛾 1、2 龄幼虫群聚生活,3 龄逐渐分散,幼虫进入 4 龄可以完全单独生活,每头幼虫有独立觅食能力,因而在取食选择试验中以 4 龄幼虫作为试验对象。试验在直径为 20 cm 的大培养皿中进行,将 5 种植物叶片剪成规格为 4 cm × 5 cm 的长方形,叶片较小的可多片平铺成以上规格,等距离放置 5 种叶片于大培养皿中;取饥饿 24 h 的 4 龄幼虫 100 头,接入大培养皿的中央,用保鲜膜封口,并扎孔以保证透气。2 h 后观察并记录在各种叶片上取食的幼虫数量。重复 3 次,每次各寄主植物叶片的排列顺序随机(阮永明和吴坤君, 2001; 王少丽等, 2011)。

1.3.2 三条橙灯蛾的饲养及生活史观察 幼虫饲养:采用叶片离体饲养,试验设置 5 个处理,分别饲以 5 种供试寄主植物新鲜叶片。每处理 70 头幼虫,1、2 龄幼虫每 10 头集体饲养于直径 9 cm 的玻璃培养皿中,3 龄后分皿编号单头饲养,以保鲜膜封口,扎孔以保证透气。每天上午 8:00 投喂新鲜叶片,观察各组幼虫的生长发育情况,记录存活情况、化蛹日期、羽化日期。每头幼虫化蛹后的第 4 天称其蛹重,并移至养虫盒中以便顺利羽化。成虫羽化后进行雌雄配对,在养虫盒中用 10% 蜂蜜水饲养,并在盒内放入对应的寄主植物叶片,以便雌成虫产卵。记录每雌产卵量及成虫寿命。每处理收集同一天产的卵 200 粒左右,置于铺有湿润滤纸的培养皿(直径 9 cm)中,观察并记录卵孵化所需的时间。以上过程均在恒温光照培养箱中进行,试验条件设置为温度(26 ± 1)℃,相对湿度 80%,光周期 12L:12D。

三条橙灯蛾生活史观察:通过野外观察结合室内饲养的方法,观察记录三条橙灯蛾发生的世代数、各虫态出现的时间和历期。室内饲养仍采用叶片离体饲养,1、2 龄幼虫集体饲养,3 龄以后单头饲养,饲养条件为室温。

1.3.3 三条橙灯蛾营养指标的测定 参照王琛柱(1997)的方法,并结合 Waldbauer(1968)对近似消化率、食物利用率及食物转化率的定义。从取食不同寄主植物的幼虫中各取 10 头刚蜕皮的 6 龄三条橙灯蛾幼虫,称其饲前体重,各组幼虫均单头饲养,分别饲以过量的供试寄主植物新鲜叶片,饲前称量叶片质量。24 h 后取出剩余植物叶片,饥饿 12 h 使幼虫排空粪便,称量幼虫鲜重作为饲后体重。然后将幼虫、粪便、剩余叶片放入烘箱,

80℃ 下烘干至恒重,分别称量其干重。同时采集各寄主植物新鲜叶片 30 片,编号,称量鲜重,再烘干至恒重,称量干重。根据叶片含水量和幼虫含水量推算饲前幼虫干重以及投喂叶片干重。依照下列公式计算各营养指标:

幼虫相对生长率

$$RGR(\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) = G/(B \times T),$$

幼虫相对取食量

$$RCR(\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) = I/(B \times T),$$

食物利用率 $ECI(\%) = G/I \times 100$,

食物转化率 $ECD(\%) = G/(I - F) \times 100$,

近似消化率 $AD(\%) = (I - F)/I \times 100$ 。

公式中, G 为虫体增重($G = \text{饲后幼虫干重} - \text{饲前幼虫干重}$); B 为实验期间幼虫的平均体重($B = (\text{饲前幼虫干重} + \text{饲后幼虫干重})/2$); I 为幼虫的取食量($I = \text{饲前食物干重} - \text{饲后食物干重}$); F 为粪便干重; T 为实验天数。

1.4 数据分析

用 Excel 2007 记录、整理数据,运用 SPSS16.0 for Windows 进行数据分析,Excel 2007 作图。为满足正态分布,对百分数进行了反正弦转换。

2 结果与分析

2.1 三条橙灯蛾生活史

三条橙灯蛾在浙江天童国家森林公园一年发生 3 代,有一定的世代重叠,幼虫 7 个龄期。第 3 代幼虫发育至 6 龄后(10 月中旬至 11 月上旬)栖息在树缝中或者枯枝落叶、树干及建筑下方,以老熟幼虫越冬。来年 3 月下旬开始活动,经历一次蜕皮,于 4 月上、中旬化蛹,羽化开始出现在 4 月中、下旬,可以延续至 5 月上旬,成虫寿命 4 ~ 9 d。卵期为 4 d,卵孵化出的幼虫即为第 1 代幼虫,4 月下旬开始出现,至 6 月中、下旬化蛹,6 月下旬至 7 月上旬羽化出成虫,第 1 世代完成。成虫产卵孵化出第 2 代幼虫,幼虫危害期为 6 月下旬至 8 月下旬,幼虫在 8 月中旬至下旬化蛹,羽化发生在 8 月下旬到 9 月上旬,至此完成第 2 世代。第 3 世代始于 9 月上旬,幼虫发育至高龄期滞育越冬。其中,第 2 世代因种群数量多、食物资源丰富而危害最严重。幼虫危害盛期为 6 至 8 月。

2.2 三条橙灯蛾幼虫对寄主植物的取食选择

三条橙灯蛾幼虫对供试寄主植物表现出明显

的取食选择偏好,三条橙灯蛾幼虫偏好选择大青叶片,在大青叶片上取食的幼虫数占总数的 45.00%;天仙果、华东油柿叶片次之,分别占 18.67% 和 17.00%;选食喜树和杨梅叶片的幼虫数量很少,分别占 4.67% 和 4.33% (图 1)。

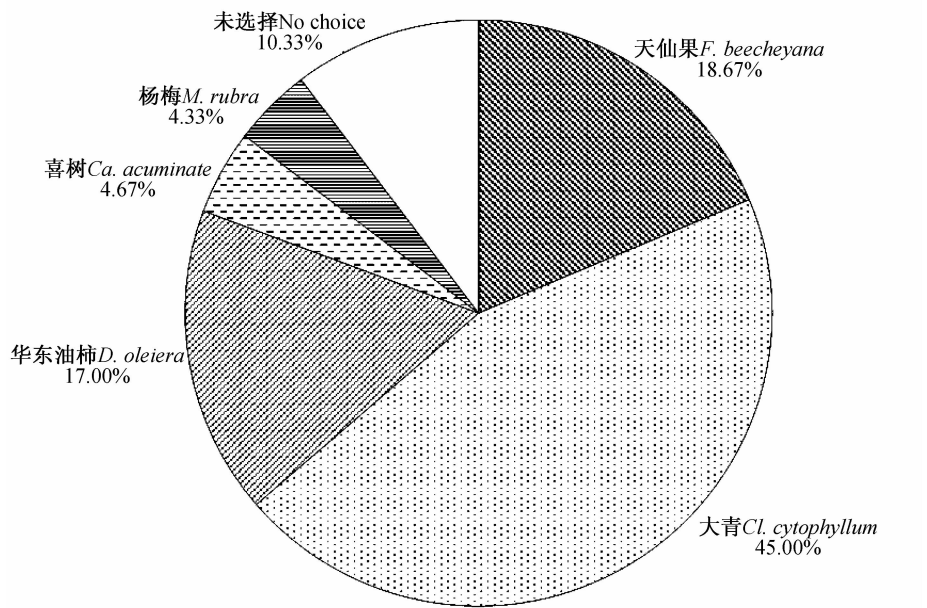


图 1 三条橙灯蛾 4 龄幼虫对寄主植物的取食选择

Fig.1 Feeding choice of 4th instar *Lemyra alikangensis* larvae on different host plants

2.3 寄主植物对三条橙灯蛾各虫态历期的影响

取食 5 种供试寄主植物,三条橙灯蛾均能完成整个生命周期,但其幼虫历期有显著差异。其中,大青饲喂组幼虫发育历期最短,为 39.20 d,杨梅饲喂组最长,为 48.25 d,两组相差 9.05 d。各组幼虫历期的长短顺序为:杨梅饲喂组 > 喜树饲

喂组 > 天仙果饲喂组 > 华东油柿饲喂组 > 大青饲喂组。除了大青饲喂组的蛹历期显著长于其他组之外,其他组之间并无显著差异。各组羽化成虫的寿命也无显著差异。卵历期不受寄主植物的影响,各组孵化整齐(表 1)。

表 1 取食不同寄主植物的三条橙灯蛾各虫态历期

Table 1 Duration of various stages of *Lemyra alikangensis* feeding on different host plants

寄主植物 Host plant	卵历期 (d) Egg duration	幼虫历期 (d) Larval duration	蛹历期 (d) Pupal duration	成虫寿命 (d) Adult age
天仙果 <i>F. beecheyana</i>	4	43.33 ± 3.67b	12.60 ± 0.89b	6.20 ± 0.84a
大青 <i>Cl. cyrtophyllum</i>	4	39.20 ± 1.79c	14.60 ± 1.67a	6.33 ± 0.58a
华东油柿 <i>D. oleiera</i>	4	43.12 ± 0.99b	13.13 ± 0.84b	6.63 ± 0.52a
喜树 <i>Ca. acuminata</i>	4	47.20 ± 3.70a	13.20 ± 0.84b	5.80 ± 0.84a
杨梅 <i>M. rubra</i>	4	48.25 ± 2.22a	12.40 ± 0.55b	6.25 ± 0.96a

注:表中数值表示为平均值 ± 标准误。同一列数据后的小写字母不同者表示差异显著 $P < 0.05$ (Duncan's 新复极差法检验),下表同。

Data in the table are presented as mean ± SE, and followed by different letters in the same column indicate significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

2.4 寄主植物对三条橙灯蛾发育状况的影响

不同寄主植物对三条橙灯蛾各虫态发育状况的影响也有显著差异。大青饲喂组与华东油柿饲喂组的幼虫存活率较高,喜树饲喂组与杨梅饲喂组则较低,天仙果饲喂组处于中间状态。蛹羽化率除了杨梅饲喂组较低(86.96%)外,其它各组均在90%以上。各组幼虫从初孵化至羽化为正常成虫的累计存活率差异情况与幼虫存活率相似,具体顺序为:大青饲喂组>华东油柿饲喂组>天仙果饲喂组>喜树饲喂组>杨梅饲喂组。在雌蛹重方面,大青饲喂组显著高于其他各组,其他各组之间差异不显著。各饲喂组三条橙灯蛾成虫的繁殖力次序与雌蛹重相同,大青饲喂组的成虫产卵量

最多,平均为553.8粒/雌,其次是华东油柿饲喂组、天仙果饲喂组和喜树饲喂组;杨梅饲喂组的成虫产卵量最少,平均为386.3粒/雌(表2)。

相关性分析结果显示幼虫历期与幼虫存活率、累计存活率、雌蛹重、产卵量均呈显著负相关,相关系数分别为-0.930、-0.891、-0.975、-0.958。即取食不同寄主植物的三条橙灯蛾幼虫,幼虫历期越短、存活率越高、雌蛹越重、雌成虫产卵量越多;反之,幼虫历期越长、存活率越低、雌蛹越轻、雌成虫产卵量越少。此外,蛹历期与雌蛹重也具有显著相关性。其它各指标之间并无显著相关性(表3)。

表 2 取食不同寄主植物的三条橙灯蛾的发育状况

Table 2 Development states of *Lemyra alikangensis* feeding on different host plants

寄主植物 Host plant	幼虫存活率(%) Larval survival rate	雌蛹重(mg) Female pupal weight	产卵量(粒/雌) Fecundity	羽化率(%) Eclosion rate	累计存活率(%) Total survival rate
天仙果 <i>F. beecheyana</i>	41.43	102.20 ± 14.95b	492.50 ± 60.07ab	93.10	38.57
大青 <i>Cl. cyrtophyllum</i>	48.57	153.43 ± 47.38a	553.75 ± 61.69a	94.12	45.71
华东油柿 <i>D. oleiera</i>	47.14	109.70 ± 21.32b	532.50 ± 73.09a	100.00	47.14
喜树 <i>Ca. acuminata</i>	31.43	84.32 ± 5.30b	407.50 ± 53.62bc	100.00	31.43
杨梅 <i>M. rubra</i>	32.86	73.57 ± 15.18b	386.25 ± 51.05c	86.96	28.57

表 3 三条橙灯蛾各生长指标的相关性分析

Table 3 Correlation analysis among the growth indicators of *Lemyra alikangensis*

	幼虫历期 Larval duration	蛹历期 Pupal duration	成虫寿命 Adult age
幼虫存活率 Larval survival rate	-0.930 *	0.601	0.763
雌蛹重 Female pupal weight	-0.975 **	0.889 *	0.411
产卵量 Fecundity	-0.958 *	0.649	0.648
羽化率 Eclosion rate	-0.214	0.318	-0.051
累计存活率 Total survival rate	-0.891 *	0.609	0.711

注: * 表示在 0.05 水平差异显著(双尾检验); ** 表示在 0.01 水平差异显著(双尾检验)。

* means correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); ** means correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

2.5 寄主植物对三条橙灯蛾幼虫营养效应的影响

对三条橙灯蛾6龄幼虫营养指标的分析结果表明,不同寄主植物对三条橙灯蛾6龄幼虫营养

效应的影响差异显著。三条橙灯蛾6龄幼虫嗜食华东油柿叶片,相对取食量(3.55 mg·mg⁻¹·d⁻¹)最高,显著高于其他各组,相对生长率(0.17 mg·mg⁻¹·d⁻¹)和近似消化率(48.25%)也较高,但是

食物转化率(10.21%)最低,食物利用率(4.91%)也很低。取食大青叶片的三条橙灯蛾6龄幼虫,其相对生长率($0.30\text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)、近似消化率(62.04%)、食物利用率(13.46%)均最高,但食物转化率(21.65%)较低,仅高于华东油柿饲喂组。天仙果饲喂组的相对生长率($0.17\text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)与华东油柿饲喂组的相同,相对取食量($2.48\text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)、近似消化率(20.94%)均显著低于华

东油柿饲喂组,但是食物利用率(6.78%)、食物转化率(32.43%)均显著高于华东油柿饲喂组。三条橙灯蛾6龄幼虫最不喜食喜树叶片,所有指标均处于较低值。杨梅饲喂组三条橙灯蛾6龄幼虫的相对取食量($2.23\text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)、相对生长率($0.12\text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)仅高于喜树饲喂组,近似消化率(14.75%)最低,但是食物转化率(36.79%)最高(表4)。

表 4 取食不同寄主植物的三条橙灯蛾 6 龄幼虫的营养效应
Table 4 Nutrition effects of 6th instar *Lemyra alikangensis* larvae feeding on different host plants

寄主植物 Host plant	RGR ($\text{mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)	RCR ($\text{mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)	ECD (%)	ECI (%)	AD (%)
天仙果 <i>F. beecheyana</i>	0.17 ± 0.01b	2.48 ± 0.18b	6.78 ± 0.28b	32.43 ± 1.72b	20.94 ± 1.10c
大青 <i>Cl. cyrtophyllum</i>	0.30 ± 0.03a	2.27 ± 0.11bc	13.46 ± 1.84a	21.65 ± 0.95c	62.04 ± 6.29a
华东油柿 <i>D. oleiera</i>	0.17 ± 0.02b	3.55 ± 0.32a	4.91 ± 0.47c	10.21 ± 0.82d	48.25 ± 5.53b
喜树 <i>Ca. acuminata</i>	0.08 ± 0.01d	1.95 ± 0.16c	4.39 ± 0.78c	21.81 ± 1.40c	20.20 ± 3.96c
杨梅 <i>M. rubra</i>	0.12 ± 0.03c	2.23 ± 0.40bc	5.41 ± 0.61b	36.79 ± 4.07a	14.75 ± 1.48c

注:表中 RGR 表示相对生长率,RCR 表示相对取食量,ECD 表示食物转化率,ECI 表示食物利用率,AD 表示近似消化率。
RGR represents relative growth rate, RCR represents relative consumption rate, ECD represents efficiency conversion of digested food, ECI represents efficiency conversion of ingested food and AD represents approximate digestibility.

3 讨论与结论

昆虫是动物界种类最多的类群,其中约有 1/2 的种类以植物为食。植物长期面临来自植食性昆虫巨大的取食压力,逐渐演化出丰富多样的防御机制;同时,面对植物的防御,植食性昆虫也演化出相应的适应性策略(王琛柱和钦俊德,2007)。两者相互促进又相互制约,形成了错综复杂的相互作用关系。在复杂的关系中,植食性昆虫与植物之间的取食与防御关系是两者最为原始、最基本,同时也是相互作用最为直接的一组种间关系(钦俊德,1987;钦俊德和王琛柱,2001;徐汝梅和成新跃,2005)。

植食性昆虫中的广食性昆虫面临着营养成分不均衡、次生物质抑制其取食以及含水量差异等问题,因而面对不够理想的食物,广食性昆虫具有不同的取食偏好(钦俊德,1987;Chen *et al.*, 2011)。本研究中三条橙灯蛾取食不同寄主植物,其幼虫发育历期、蛹重、产卵量均有显著差异,而且幼虫存活率、羽化率、累计存活率都受到明显的

影响,但是三条橙灯蛾均能够完成整个生活周期,这是广食性昆虫为应对不理想食物条件,身体内部进行生理生化调节的结果(Awmack and Leather, 2002; Behmer *et al.*, 2002; Raubenheimer and Simpson, 2003)。相关性分析结果显示,幼虫历期与存活率呈负相关,即幼虫历期越短,存活率越高;反之,幼虫历期越长,存活率越低。这与陈永兵等(1999)、李子玲等(2006)、张娜等(2009)、Zhang 等(2011)对甜菜夜蛾的研究,以及武海卫等(2012)对美国白蛾的研究结果一致。此外,本研究结果还显示幼虫历期与产卵量呈显著负相关(李子玲等,2006;Farahani *et al.*, 2011);幼虫历期与雌蛹重有明显的负相关性,王丽珍等(2006)对舞毒蛾 *Lymantria dispar* (Linnaeus)的研究也支持了这一结果。由此可见,面对适合度不高的寄主植物,延长发育历期并不利于三条橙灯蛾的营养积累和繁殖,推测可能是有些寄主植物叶片中含有某种次生物质,抑制了三条橙灯蛾消化酶的活性。

值得一提的是,在本研究中各组蛹历期有显

著差异,大青饲喂组的蛹历期显著长于其余各组。很多研究表明寄主植物对蛹历期的影响不显著 (Berdegué *et al.*, 1998; Idris and Emelia, 2001; 阮永明和吴坤君, 2001),但也有一些研究表明取食不同寄主植物的昆虫的蛹历期存在显著差异 (Azidah and Sofian-Azirun, 2006; Zhang *et al.*, 2011)。这可能是寄主植物选择上的问题,不同研究所选的寄主植物不同,而且广食性昆虫的寄主选择范围广,因此有可能出现蛹历期差异显著的情况 (Zhang *et al.*, 2011)。

测定植食性昆虫的营养指标能直观地反映出植食性昆虫对食物的利用情况,是研究植食性昆虫与植物关系的常用方法 (Scriber and Slansky, 1981)。从不同寄主植物对三条橙灯蛾 6 龄幼虫的营养效应结果中可以看出,取食同一种植物叶片的三条橙灯蛾,其食物利用率、近似消化率和食物转化率的高低顺序总是不一致,其中近似消化率与食物转化率成反比关系。最明显的是大青饲喂组和杨梅饲喂组,取食大青叶片的三条橙灯蛾,其相对生长率、食物利用率、近似消化率在各组中均是最高值,而食物转化率却很低;取食杨梅叶片的三条橙灯蛾的相对生长率、近似消化率很低,但是食物利用率较高,食物转化率最高。许多学者对鳞翅目其它昆虫的研究也得出了同样的结果 (许纲和钦俊德, 1987; 阮永明和吴坤君, 2001; 董钧锋等, 2002; 朱俊洪等, 2005; Hwang *et al.*, 2008)。朱俊洪等 (2005) 认为这种食物的低转化率可能是对相对取食量高的一种生理平衡,是机体内部生理调节的结果;而高食物转化率则可能是对低消化率的一种生理补偿。因此,在昆虫的营养效应研究中仅以近似消化率、食物利用率和食物转化率来衡量食物的适宜程度可能不够全面。

综上所述,不同寄主植物对三条橙灯蛾生长发育的影响显著,三条橙灯蛾取食适宜的寄主植物,幼虫发育速度快,存活率高,繁殖力强;反之,取食不适宜的寄主植物,则发育速度慢,存活率低,繁殖力差。Greenberg 等 (2002) 提出可以把高存活率、短发育历期作为评判昆虫最适寄主植物的标准。按照这个标准,本研究的 5 种供试寄主植物中大青是三条橙灯蛾的最适寄主,杨梅则最不适合其生长发育和种群繁衍。

参考文献 (References)

- Awmack CS, Leather SR, 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 47: 817 – 844.
- Azidah AA, Sofian-Azirun M, 2006. Life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *Bull. Entomol. Res.*, 96:613 – 618.
- Barros HCH, Zucoloto FS, 1999. Performance and host preference of *Ascia monuste* (Lepidoptera, Pieridae). *J. Insect Physiol.*, 45:7 – 14.
- Behmer ST, Simpson SJ, Raubenheimer D, 2002. Herbivore foraging in chemically heterogeneous environments: nutrients and secondary metabolites. *Ecology*, 83:2489 – 2501.
- Berdegué M, Reitz SR, Trumble JT, 1998. Host plant selection and development in *Spodoptera exigua*: do mother and offspring know best? *Entomol. Exp. Appl.*, 89:57 – 64.
- Chen YG, Ciaramitaro T, Poland TM, 2011. Moisture content and nutrition as selection forces for emerald ash borer larval feeding behavior. *Ecol. Entomol.*, 36:344 – 354.
- Coley PD, Barone JA, 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 27:305 – 335.
- Coley PD, Bateman ML, Kursar TA, 2006. The effects of plant quality on caterpillar growth and defence against natural enemies. *Oikos*, 115(2):219 – 228.
- Farahani S, Naseri B, Talebi AA, 2011. Comparative life table parameters of the beet armyworm, *Spodoptea exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on five host plants. *J. Entomol. Res. Soc.*, 13:91 – 101.
- Greenberg SM, Sappington TW, Sétamon M, Liu TX, 2002. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host plant preferences for oviposition. *Environ. Entomol.*, 31:142 – 148.
- Hisashi O, Keiichi H, 2003. Feeding responses of adult butterflies, *Nymphalis xanthomelas*, *Kaniska canace* and *Vanessa indica*, to components in tree sap and rotting fruits: synergistic effects of ethanol and acetic acid on sugar responsiveness. *J. Insect Physiol.*, 49:1031 – 1038.
- Howe GA, Jander G, 2008. Plant immunity to insect herbivores. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 59:41 – 66.
- Hwang SY, Liu CH, Shen TC, 2008. Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Biochem. Syst. Ecol.*, 36:505 – 513.
- Idris AB, Emelia O, 2001. Development and feeding behavior

- of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different food plants. *Online J. Biol. Sci.*, 1:1161–1164.
- Kursar TA, Coley PD, 2003. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. *Biochem. Syst. Ecol.*, 31:929–949.
- Raubenheimer D, Simpson SJ, 2003. Nutrient balancing in grasshoppers: behavioural and physiological correlates of dietary breadth. *J. Exp. Biol.*, 206:1669–1681.
- Raymond VB, Constabel CP, 2011. Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*, 72:1551–1565.
- Sandstrom J, 2000. Nutritional quality of phloem sap relation to host plant alternation in the bird cherry-oat aphid. *Chemoecology*, 10(1):17–24.
- Scriber JM, Slansky FJ, 1981. The nutritional ecology of insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 26:183–211.
- Waldbauer GP, 1968. The consumption and utilization of food by insects. *Adv. Insect Physiol.*, 5:229–288.
- Wheeler GS, Ordung KM, 2005. Secondary metabolite variation affects the oviposition preference but has little effect on the performance of *Boreioglycaspis melaleucae*: A biological control agent of *Melaleucaquin quenervia*. *Biol. Control*, 35:115–123.
- Zhang B, Liu H, Sanders HH, Wang JJ, 2011. Effect of host plants on development, fecundity and enzyme activity of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agric. Sci. Chin.*, 10(8):1232–1240.
- 陈索伟, 陈汝敏, 陈庆道, 黄谊青, 高群, 王道臣, 2010. 不同杨树品种对美国白蛾生长发育和存活的影响. 中国森林病虫, 29(6):14–16.
- 陈永兵, 张纯胃, 胡丽秋, 1999. 寄主植物对甜菜夜蛾生长发育的影响. 昆虫知识, 36(6):332–334.
- 董钧锋, 张继红, 王琛柱, 2002. 植物次生物质对烟青虫和棉铃虫食物利用及中肠解毒酶活性的影响. 昆虫学报, 45(3):296–300.
- 董钧锋, 张友军, 朱国仁, 王少丽, 2012. 甜菜夜蛾在四种寄主植物上的生命表参数比较研究. 应用昆虫学报, 49(6):1468–1473.
- 顾森林, 许应明, 张英龙, 2009. 海安地区桑园害虫情况的调查. 江苏蚕业, (1):39–40.
- 李子玲, 韦绥概, 覃爱枝, 贤振华, 2006. 寄主营养成分含量与甜菜夜蛾生长繁殖的关系. 西南农业大学学报(自然科学版), 28(6):986–989.
- 李子玲, 韦绥概, 韦飏, 梁忠毅, 杨海菊, 王仕红, 2005. 寄主植物对甜菜夜蛾的发育和繁殖及体内酯酶活性的影响. 昆虫知识, 42(3):284–289.
- 刘志国, 2011. 亚热带常绿阔叶林植物幼叶虫食防御对策研究. 博士学位论文. 上海:华东师范大学.
- 钦俊德, 1987. 昆虫与植物的关系. 北京:科学出版社. 12–20.
- 钦俊德, 王琛柱, 2001. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系. 昆虫学报, 44(3):360–365.
- 阮永明, 吴坤君, 2001. 不同食料植物对棉铃虫生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 44(2):205–212.
- 王琛柱, 钦俊德, 2007. 昆虫与植物的协同进化:寄主植物–铃夜蛾–寄生蜂相互作用. 昆虫知识, 44(3):311–319.
- 王琛柱, 1997. 棉酚和单宁酸对棉铃虫幼虫生长和消化生理的影响. 植物保护学报, 24(1):13–18.
- 王丽珍, 段立清, 特木钦, 谢明玉, 2006. 寄主植物对舞毒蛾生长发育的影响. 中国森林病虫, 25:21–13.
- 王少丽, 张友军, 徐宝云, 吴青君, 2011. 朱砂叶螨对不同蔬菜寄主的取食选择性. 环境昆虫学报, 33(3):315–320.
- 武海卫, 康智, 信善林, 秦绪兵, 张秋梅, 刘焕秀, 2012. 不同食料植物对美国白蛾生长发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报. 49(4):963–968.
- 徐汝梅, 成新跃, 2005. 昆虫种群生态学:基础与前言. 北京:科学出版社. 291–306.
- 许纲, 钦俊德, 1987. 实夜蛾属二近缘种对寄主植物次生物质的反应:次生物质对幼虫生长和食物利用的影响. 昆虫学报, 30(4):359–366.
- 张娜, 郭建英, 万方浩, 吴刚, 2009. 寄主植物对甜菜夜蛾生长发育和消化酶活性的影响. 植物保护学报, 36(2):146–150.
- 赵瑞兴, 邢礼国, 李素梅, 2011. 辽宁省花布灯蛾发生的原因分析和防治对策. 辽宁林业科技, (6):32–33.
- 朱俊洪, 张方平, 任洪刚, 2005. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响. 昆虫知识, 42(6):643–646.