

三种猎物对蝥蟥生长发育和繁殖的影响

李娇娇¹, 张长华², 易忠经², 冉贤传², 张礼生¹, 刘晨曦¹, 王孟卿¹, 陈红印^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所/中美联合生物防治实验室, 北京 100193; 2. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵阳 563000)

摘要: 为比较黏虫幼虫、米蛾幼虫、柞蚕蛹3种替代猎物对于饲喂蝥蟥的营养适合性, 在室内测定了3种猎物的营养组成以及蝥蟥取食3种猎物后的发育历期、体重、体长、繁殖力等生物学参数, 为扩繁蝥蟥提供依据。结果表明, 蝥蟥取食3种猎物均能正常完成世代发育。体重、体长、性比不受食物处理的影响。蝥蟥在取食黏虫和柞蚕蛹时, 其发育历期、存活率、产卵量、卵孵化率等指标无显著差异。蝥蟥取食米蛾时, 卵孵化至成虫的发育历期为29.88 d, 明显长于取食黏虫和柞蚕蛹的蝥蟥, 历期分别为25.57和26.15 d; 世代单雌平均产卵量为231.44粒, 显著低于取食黏虫与柞蚕的360.00和441.00粒; 成虫获得率为23.78%, 极显著低于取食黏虫与柞蚕的获得率60.00%和60.56%; 然而雌、雄虫寿命均较取食黏虫与柞蚕有所延长。综上所述, 黏虫幼虫可作为室内扩繁蝥蟥的猎物。

关键词: 蝥蟥; 黏虫; 米蛾; 柞蚕; 人工扩繁

中图分类号: S476.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2016)05-0553-09

Effects of Three Prey Species on Development and Fecundity of the Predaceous Stinkbug *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae)

LI Jiaojiao¹, ZHANG Changhua², YI Zhongjing², RAN Xianchuan², ZHANG Lisheng¹,
LIU Chenxi¹, WANG Mengqing¹, CHEN Hongyin^{1*}

(1. USDA-ARS Sino-American Biological Control Laboratory/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Guizhou Tobacco Company Zunyi Branch, Zunyi 563000, China)

Abstract: The generalist predaceous stinkbug *Arma chinensis* (Fallou) is a kind of valuable natural enemy for insect pest control. To find appropriate prey species to propagate *A. chinensis*, we investigated the suitability of nymphs of *Mythimna separata* (Walker), larvae of *Corcyra cephalonica* (Stainton), and pupae of *Antheraea pernyi* (Guerin-Meneville) as substitutive prey for *A. chinensis*. We examined development time, body size (weight and length), fecundity, oogenesis rate, longevity and other life history parameters of *A. chinensis* feeding on the three prey species. We also analyzed contents of main nutrients in the three prey species. The stinkbug was able to complete development on all the three prey species. Body size and sexual ratio of the stinkbug were not affected by the prey species. There were no significant differences in development time, survival rate, fecundity, and egg hatch rate between the stinkbug reared on *M. separata* and *A. pernyi*. However, the stinkbug reared on *C. cephalonica* had longer development time and lower survival rate and fecundity compared with those reared on *M. separata* and *A. pernyi*. The developmental duration from egg to adult of the stinkbug was 29.88 d when reared on *C. cephalonica*, in contrast to 25.57 d and 26.15 d of the stinkbug reared on *M. separata* and *A. pernyi*, respectively. Life-time fecundity of the stinkbug was 231.44 when reared on *C. cephalonica*, while it was 360.00 and 441.00 when the stinkbug were reared on *M. separata* and *A. pernyi*, respectively. Adult harvest rate was 23.78% for the stinkbug reared on *C. cephalonica*, significantly lower than those reared on *M. separata* (60.00%) and *A. pernyi* (60.56%).

收稿日期: 2016-03-30

基金项目: 国家自然科学基金(31572062); 国家“973”计划(2013CB127602); 公益性行业(农业)科研专项(201103002)

作者简介: 李娇娇, 女, 硕士研究生, E-mail: LJ20090909@126.com; *通信作者, 研究员, E-mail: hongyinc@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2016.05.001

However, the longevity of female adults of stinkbug reared on *C. cephalonica* was longer than those reared on *M. separata* and *A. pernyi*. The results suggest that *M. separata* can be a substitutive prey for mass rearing *A. chinensis* in biological control programs.

Key words: *Arma chinensis*; *Mythimna separata*; *Corcyra cephalonica*; *Antheraea pernyi*; artificial propagation

利用天敌昆虫防治害虫在有害生物综合治理过程中占据重要地位,因此要发挥天敌昆虫的生物防治作用需要生产大量高质量有害生物天敌^[1]。蝥蛄 *Arma chinensis* (Fallou), 又名蝥敌, 是农林业生物防治中一种优势天敌, 属半翅目 Hemiptera, 蝥蛄科 Pentatomidae, 益蝥蛄亚科 Asopinae, 蝥蛄属。蝥蛄对于榆紫叶甲 *Ambrostoma quadrimpressum* (Motschulsky)、扁刺蛾 *Thosesa sinensis* (Walker)、松毛虫、象鼻虫等害虫抑制作用明显, 捕食范围涵盖鳞翅目、鞘翅目、膜翅目及半翅目等多个目害虫^[2-10]。在实际应用中, 由于缺乏适合的扩繁食物, 限制了蝥蛄的大规模生产, 本试验着眼于此, 探究扩繁蝥蛄的适合猎物, 以推动蝥蛄的产业化发展, 为蝥蛄在实际生产中发挥生物防治作用提供依据, 也与国家所倡导的绿色环保发展理念相一致。

目前捕食性蝥蛄类的饲养主要集中于人工饲料和猎物两方面^[11]。国外用人工饲料饲养斑腹刺益蝥蛄 *Podisus maculiventris* (Say)^[12]和二斑佩蝥蛄 *Perillus bioculatus* (Fabricius)^[13]。国内, 用蚜虫 Aphididae、螨类 Acarina、蓟马 Thripidae、植物花粉、人工饲料饲养东亚小花蝥蛄 *Orius sauteri* (Poppius)^[14-17]; 液体人工饲料和代寄主腐食酪蝥蛄 *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) 饲喂南方小花蝥蛄 *Orius strigicollis* (Poppius)^[18,19]; 烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 和人工饲料饲喂大眼长蝥蛄 *Geocoris pallidipennis* (Costa)^[20]。对于蝥蛄, 若蝥蛄饲料以柞蚕 *Antheraea pernyi* (Guerin-Meneville) 蛹和人工半合成饲料效果好^[21]。利用不含昆虫成分的人工饲料能够成功扩繁蝥蛄世代^[22]。但在实际应用中, 人工饲料仍具有如下技术困难未攻破: 一是饲料容易变质, 易受微生物污染, 且液体人工饲料物理性状不稳定, 易风化; 二是半球状胶囊饲料制作工艺复杂, 饲喂方法操作不便; 三是液体人工饲料的加工成本高; 四是应用液体人工饲料饲喂的蝥蛄各代之间生态学指标波动大, 效果不稳定。因此, 人工饲料目前还未成为规模化饲养蝥蛄的适宜饲料。出于实际生产的迫切需要, 本试验考虑探究扩繁蝥蛄的合适猎物。

基于猎物营养对捕食者生长发育这一营养传递关系展开, 本试验猜想取食不同营养的猎物对蝥蛄生长发育具有不同影响, 这也能验证捕食者总是嗜好有利于其生长发育的食物这一行为生态学理论 (Preference-Performance-Hypothesis)^[23]。在替代猎物选择时既可利用自然界原有的猎物, 也可采用其他适宜的种类, 例如柞蚕卵繁殖松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* (Matsumura) 防治亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)^[24,25], 米蛾卵饲养大草蛉 *Chrysopa pallens* (Rambur) 防治蚜虫^[26-28]。在实验室现有条件下, 本试验选取黏虫 *Mythimna separata* (Walker) 幼虫、米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 幼虫、柞蚕蛹 3 种猎物作为探究对象。目前利用柞蚕蛹饲喂的蝥蛄各生长发育指标表现优异, 但是柞蚕蛹的季节性很强, 储藏技术要求高, 市场供应不稳定^[29], 且个体较大, 往往在蝥蛄未取食完全时已发生腐烂, 易导致蝥蛄死亡及自残现象的发生, 利用率较低, 难以满足长年饲养蝥蛄的需要。因此本研究以柞蚕蛹饲喂蝥蛄的生长发育指标作为对照。黏虫幼虫是半翅目蝥蛄科的天然猎物^[30,31], 取食玉米叶即可完成扩繁且繁殖力强, 无休眠和滞育习性, 无自残习性, 饲料来源广泛, 可以常年人工群体饲养繁殖。幼虫期取食禾本科植物发育快、虫体重, 成虫产卵量大^[32,33]。国内有研究利用米蛾饲喂半翅目蝥蛄科, 如米蛾卵成功饲养东亚小花蝥蛄^[34], 米蛾成虫和米蛾卵饲养天敌黄色仓花蝥蛄 *Xylocoris flavipes* (Reuter)^[35], 且米蛾室内饲养方法较为成熟^[36]。本试验探究黏虫幼虫、米蛾幼虫、柞蚕蛹 3 种猎物对蝥蛄生长发育及繁殖的影响, 同时对 3 种猎物的营养做了常规分析 (粗蛋白、粗脂肪、糖分析) 和精细分析 (18 种氨基酸分析和脂肪酸分析), 验证黏虫幼虫、米蛾幼虫作为室内饲喂蝥蛄猎物的可能性。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

本研究所用蝥蛄种群已于实验室扩繁 10 代成为稳定种群, 以柞蚕蛹饲喂。于江南 RXZ 型人工气候箱

内饲养蠋蝽，饲养条件如下，环境温度（ 27 ± 1 ）℃，相对湿度（ 70 ± 5 ）%，光周期 16L:8D。

黏虫幼虫于中国农业科学院植物保护研究所河北省廊坊基地获得。置于室内网笼，以玉米（二代伟科 702）幼叶饲养。在玉米苗株高约 10 cm 时剪下，以保证饲料的嫩度。每天清理一次饲料残渣以保证笼内卫生。成虫产卵期给予 10% 蜂蜜水。黏虫饲养条件为环境温度（ 25 ± 1 ）℃，相对湿度（ 80 ± 5 ）%，光周期 14L:10D。

米蛾幼虫于室内大盘饲养，饲料为 90% 麦麸和 10% 玉米面。饲养条件为环境温度（ 27 ± 1 ）℃，相对湿度（ 70 ± 5 ）%。

柞蚕蛹由北京家乐福商业有限公司超市购买获得，储存条件为 -4 ℃冷藏，在蠋蝽的饲喂过程中保持活体状态。

1.2 猎物对蠋蝽生长发育的影响

取建立稳定种群的蠋蝽（柞蚕蛹饲养）所产的卵开展试验。试验设 3 组，蠋蝽采取单头饲养的方式，分别以相同鲜重的黏虫幼虫、米蛾幼虫以及柞蚕蛹作为猎物进行饲喂，每组设置 50 个重复。饲养容器为 300 mL 圆筒形透明塑料杯。杯子底部利用双面胶粘有一高度为 4 cm、直径为 1.5 cm 的指形管，管中插有一根高度为 8 mm 带茎大豆苗，大豆苗的选取保持生长状态一致、2 片叶片以上，指形管中及时添水以保证大豆苗新鲜，视具体情况更换大豆苗。杯子顶部用纱网遮盖，用橡皮筋固定，以防止蠋蝽逃逸。考虑到蠋蝽刺吸性，同时为了方便猎物更换，将猎物置于杯子顶部纱网上供蠋蝽取食。黏虫幼虫与米蛾幼虫需用 2 层纱网，置于纱网中间固定，防止幼虫挣扎幅度太大影响蠋蝽取食，猎物每天更换 1 次。柞蚕蛹直接置于杯口纱网上，每 3~4 d 更换 1 次。文中取食黏虫幼虫的蠋蝽简称黏虫组，取食米蛾幼虫的蠋蝽简称米蛾组，取食柞蚕蛹的蠋蝽简称柞蚕组。

每 24 h 固定观察记录蠋蝽若虫的发育进度，记录蠋蝽的发育历期，每蜕皮至下一龄期 1~2 d 内测量新蜕皮若虫的体重及体长，直至成虫。体重测量指新蜕皮蠋蝽鲜重，不包含蜕皮重量，利用德国 Sartorius 十万分之一天平完成。体长测量指蠋蝽水平放置时，头背面观最前沿至翅最后端的长度，不包括触角长度，利用精度为 0.01 mm 电子游标卡尺完成。统计各虫态的死亡率以及成虫获得率。将新蜕皮成虫在组内及时配对，置于新杯中，将长为 15 cm，宽为 10.5 cm 的 A4 纸折叠为扇面，置于杯中，作为蠋蝽的产卵介质。观察记录蠋蝽的产卵情况，包括雌虫产卵前期、产卵量等，待蠋蝽产卵后及时取下，置于底部铺有润湿的棉花的培养皿中，持续观察，待卵孵化后及时记录孵化头数，计算孵化率。每 24 h 固定观察记录成虫的存活率、雌雄虫寿命等指标。试验至所有蠋蝽成虫死亡截止。

1.3 猎物营养成分的检测

分别选取发育状态一致的黏虫幼虫、米蛾幼虫及柞蚕蛹作为样本，多头混合测量。参照国家标准 GB/T 6432-1994，利用全自动定氮仪测定粗蛋白含量；参照国家标准 GB/T 6433-2006，按照索氏抽提法测定粗脂肪含量；参照国家标准 GB/T 6435-2014，检测水分含量；参照国家标准 GB/T 6438-2007，检测粗灰分含量；参照国家标准 GB/T 22221-2008，检测葡萄糖含量；参照国家标准 GB/T 18246-2000，自动氨基酸分析仪测定氨基酸组分；参照国家标准 GB/T 21514-2008，气相色谱仪测定脂肪酸组成。

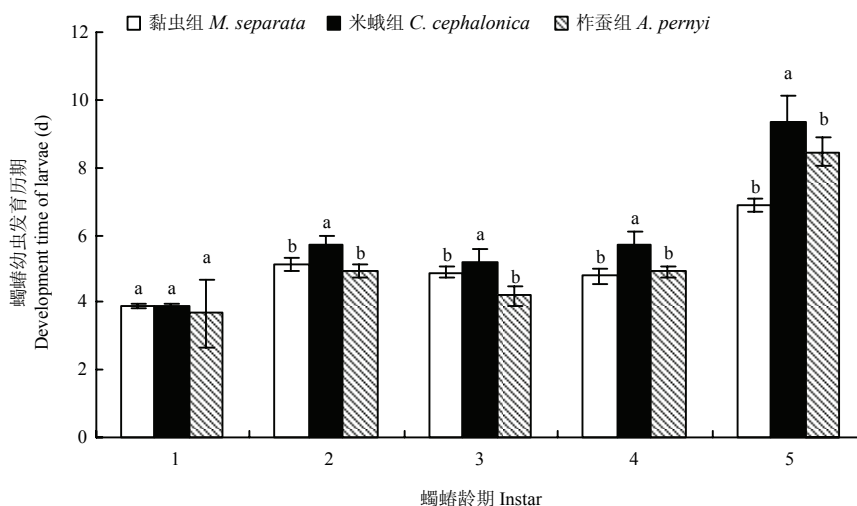
1.4 数据统计与分析

数据分析用统计分析软件 SAS 9.1 进行。单因素方差分析和 Duncan 氏多重比较测验，分析不同处理的发育历期（d）、体重（mg）、体长（mm）、成虫寿命（d）、产卵前期（d）、总产卵量（粒）、寿命（d），用卡方检验比较卵孵化率、各龄幼虫死亡率和性比。统计分析前预先进行正态分布检验和方差齐性检验。

2 结果与分析

2.1 猎物对蠋蝽生长发育的影响

2.1.1 猎物对蠋蝽发育历期的影响 不同猎物 1 龄若虫发育历期没有显著差异（ $P>0.05$ ）；然而，2~5 龄若虫，米蛾组的发育历期均显著高于黏虫组和柞蚕组（ $P<0.05$ ）；黏虫组与柞蚕组之间没有显著差异（ $P>0.05$ ）（图 1）。



注: 不同小写字母表示 3 种猎物之间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the bar indicated significant differences between prey species at 0.05 level. Notes in the following figures were same with Fig.1.

图 1 取食 3 种猎物的蠋蝽若虫发育历期

Fig. 1 The development duration of *A. chinensis* nymphs reared on 3 prey species

2.1.2 猎物对蠋蝽体重的影响 米蛾组与柞蚕组体重无显著差异 ($P>0.05$), 黏虫组 5 龄及成虫体重高于柞蚕组 (图 2)。

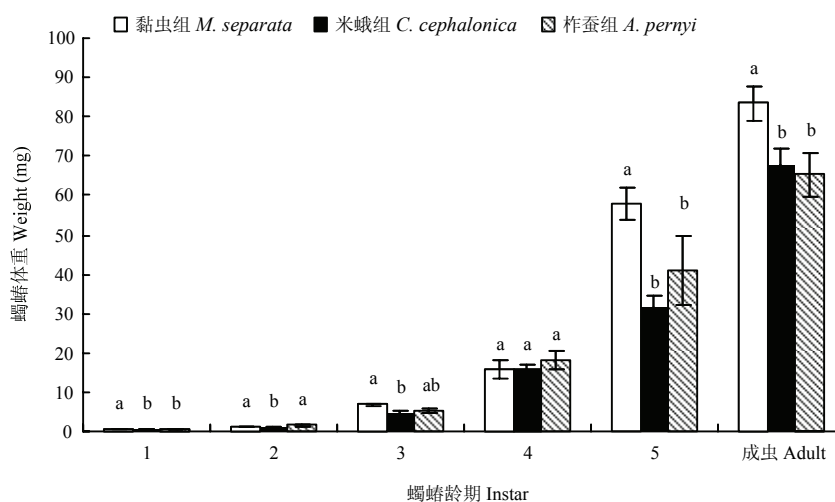


图 2 取食 3 种猎物的蠋蝽体重

Fig. 2 The weight of *A. chinensis* reared on 3 prey species

2.1.3 猎物对蠋蝽体长的影响 在 3 组处理中, 各组雌虫体长均大于雄虫。米蛾组与柞蚕组体长无显著差异 ($P>0.05$), 黏虫组 2、3 龄体长高于柞蚕组 (图 3)。

2.1.4 猎物对蠋蝽若虫存活率和成虫获得率的影响 黏虫组饲喂的蠋蝽若虫各龄死亡率与柞蚕组无显著差异 ($P>0.05$), 米蛾组 2、3、5 龄若虫死亡率显著高于柞蚕组 ($P<0.05$), 其中米蛾组 2 龄的死亡率极显著高于柞蚕组 ($P<0.01$) (图 4)。经死亡率换算得到成虫获得率, 黏虫组为 60.00%, 米蛾组为 23.78%, 柞蚕组为 60.56%。

2.2 猎物对蠋蝽生殖力和寿命的影响

饲喂米蛾处理的蠋蝽产卵前期较饲喂黏虫和柞蚕处理显著延长。从产卵量上看, 柞蚕组最高, 平均 441.00 粒/雌, 其次为黏虫组 360.00 粒/雌, 米蛾组最低 231.44 粒/雌。米蛾组卵孵化率最低, 仅为

57.37%。但米蛾组雌雄虫的寿命较其他两组高。3 组蠨螋均存在偏雌性现象，但性比无显著差异 ($P>0.05$) (表 1)。

2.3 猎物的营养成分

由于不同猎物所含营养及化学成分不同，因此取食不同猎物会导致蠨螋在生长发育和繁殖力等方面存在差异。3 种猎物营养成分的差异分析有助于探究造成蠨螋生长发育指标差异的营养原因，为探究不同营

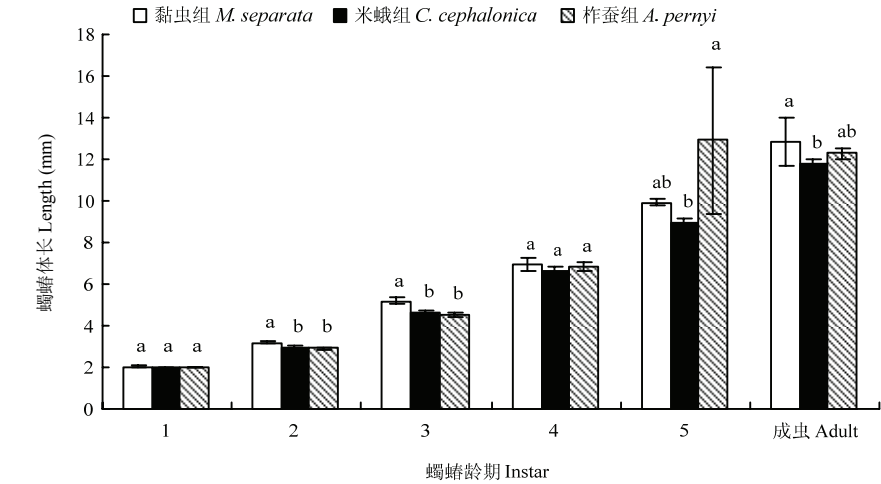


图 3 取食 3 种猎物的蠨螋体长

Fig. 3 The body length of *A. chinensis* reared on 3 prey species

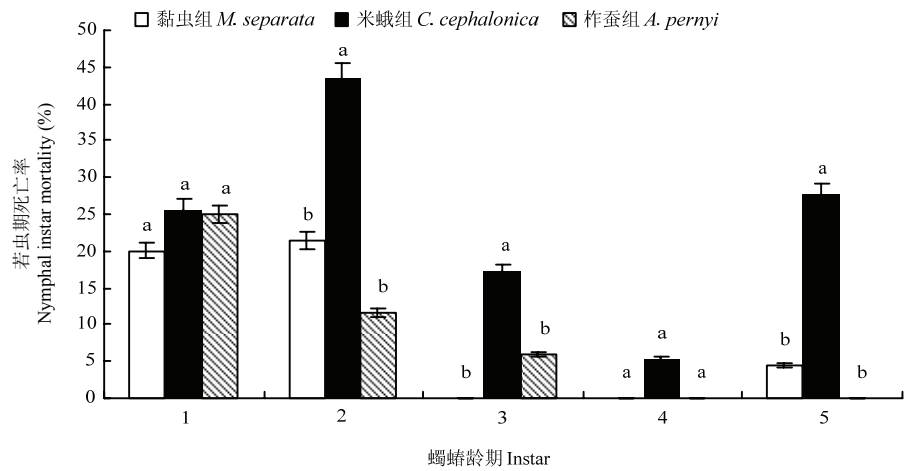


图 4 取食 3 种猎物的蠨螋若虫期死亡率

Fig. 4 Mortality at nymphal stages of *A. chinensis* reared on 3 prey species

表 1 取食 3 种猎物的蠨螋产卵前期、单雌平均产卵量、卵孵化率和寿命

Table 1 The pre-oviposition period, fecundity, egg hatching rate, longevity of <i>A. chinensis</i> reared on 3 prey species						
处理 Treatment	产卵前期* Pre-oviposition period (d)	单雌平均产卵量* Fecundity (eggs/female)	卵孵化率** Egg hatching rate (%)	性比** ♀:♂ Sexual ratio	寿命* Longevity (d)	
					雌虫 Female	雄虫 Male
黏虫组 <i>M. separata</i>	7.44±0.93 b	360.00±34.72 a	73.21 a	1:0.615 a	61.55±5.41 b	89.64±10.87 b
米蛾组 <i>C. cephalonica</i>	14.60±1.41 a	231.44±39.81 b	57.37 b	1:0.857 a	94.33±4.38 a	115.91±9.04 a
柞蚕组 <i>A. pernyi</i>	9.71±1.03 b	441.00±56.72 a	64.27 ab	1:0.600 a	74.00±8.89 b	121.45±8.59 a

注：数据为平均值±标准误，不同小写字母表示差异显著。*：0.05 水平单因素方差分析，；**：0.05 水平卡方检验。
Note: Values were mean±SE. Different lowercase letters meant significantly different. *: One-way ANOVA, Duncan's-D test at 0.05 level; **: χ^2 test at 0.05 level.

养对蠋蝽生长发育的影响提供借鉴，为扩繁蠋蝽提供营养参考。对 3 种猎物的营养成分进行粗成分分析，黏虫幼虫葡萄糖含量最高，为 1.04%，米蛾幼虫为 0.67%，柞蚕蛹为 0.64%；米蛾幼虫的粗脂肪含量较高，达到 140 g/kg，柞蚕蛹为 63 g/kg，黏虫幼虫仅 18 g/kg（表 2）。对 3 种猎物的营养成分进行精细分析，柞蚕蛹氨基酸总和最高，为 11.63 g/100 g，高于米蛾幼虫和黏虫幼虫（分别为 10.06 g/100 g 和 6.95 g/100 g）。8 种必需氨基酸含量与氨基酸总量呈现相同关系，都以柞蚕蛹的含量表现最高。在 3 种猎物中含量最高的 2 种氨基酸均为谷氨酸 GLU 和天冬氨酸 ASP（表 3）。黏虫幼虫、柞蚕蛹体内含量最高的脂肪酸均为 α -亚麻酸，米蛾幼虫棕榈油酸、油酸、亚油酸营养含量高于黏虫幼虫和柞蚕蛹， α -亚麻酸含量较低，其余各脂肪酸含量差异不大（表 4）。

表 2 猎物常规分析成分表
Table 2 Nutrient contents in 3 prey species

种类 Species	黏虫幼虫 <i>M. separata</i> larval	米蛾幼虫 <i>C. cephalonica</i> larval	柞蚕蛹 <i>A. pernyi</i> pupa
粗蛋白 Crude protein (%)	8.31	11.8	17.1
粗脂肪 Crude fat (g/kg)	18	140	63
水分 Water (%)	88.0	72.6	74.4
粗灰分 Crude ash (%)	0.9	0.8	1.2
葡萄糖 Glucose (%)	1.04	0.67	0.64

表 3 猎物中氨基酸及脂肪酸成分表
Table 3 Amino acid composition and fatty acid composition in 3 prey species

氨基酸 Amino acids	黏虫幼虫 <i>M. separata</i> larval (g/100 g)	米蛾幼虫 <i>C. cephalonica</i> larval (g/100 g)	柞蚕蛹 <i>A. pernyi</i> pupa (g/100g)
天冬氨酸 ASP	0.73	0.97	1.24
苏氨酸 THR*	0.32	0.43	0.60
丝氨酸 SER	0.32	0.52	0.65
谷氨酸 GLU	0.97	1.43	1.41
甘氨酸 GLY	0.35	0.50	0.52
丙氨酸 ALA	0.51	0.84	0.76
缬氨酸 VAL*	0.41	0.57	0.68
甲硫氨酸 MET*	0.14	0.15	0.20
异亮氨酸 ILE*	0.26	0.39	0.45
亮氨酸 LEU*	0.58	0.81	0.89
酪氨酸 TYR	0.23	0.50	0.77
苯丙氨酸 PHE*	0.37	0.43	0.55
赖氨酸 LYS*	0.55	0.70	0.87
组氨酸 HIS	0.23	0.30	0.39
精氨酸 ARG	0.47	0.65	0.66
脯氨酸 PRO	0.33	0.69	0.68
色氨酸 TRP*	0.07	0.08	0.11
半胱氨酸 CYS	0.10	0.12	0.20
总和 Total	6.95	10.06	11.63

注：*表示必需氨基酸。
Notes: * indicate essential amino acids.

表 4 猎物中脂肪酸成分表
Table 4 Fatty acid composition in 3 prey species

脂肪酸 Fatty acid	黏虫幼虫 <i>M. separata</i> larval (%)	米蛾幼虫 <i>C. cephalonica</i> larval (%)	柞蚕蛹 <i>A. pernyi</i> pupa (%)
十五碳酸 Pentadecylic acid	0.01	—	0.01
棕榈酸 Palmitic acid	0.35	3.82	0.68
棕榈油酸 Palmitoleic acid	0.01	0.36	0.14
珠光脂酸 Margaric acid	0.01	0.01	0.04
顺-10-十七碳-烯酸 cis-10-heptadecenoic acid	—	—	0.01
硬脂酸 Stearic acid	0.07	0.21	0.16
油酸 Oleic acid	0.13	3.93	1.09
亚油酸 Linoleic acid	0.23	1.57	0.44
γ -亚麻酸 γ -linolenic acid	—	—	0.01
α -亚麻酸 α -linolenic acid	0.92	0.10	2.38
花生酸 Arachidic acid	—	0.01	0.03
顺 11,14,17-二十碳三烯酸 all-cis-11,14,17-eicosatrienoic acid	—	0.01	0.01
山萘酸 Behenic acid	—	0.01	0.01

3 讨论

对于蠋蝽的人工繁殖技术，高卓等对于蠋蝽饲养的温度、寄主植物、饲养密度、冷藏期等进行过探究^[37]，宋丽文等^[38]研究过蠋蝽的宿主植物和饲养密度。通过本研究，我们认为黏虫幼虫可作为室内扩繁蠋蝽的猎物选择。

黏虫组的发育历期与柞蚕组无显著差异，而运用米蛾幼虫来饲喂蠋蝽，若虫发育历期显著延长，成虫获得率为 23.78%，相对于黏虫组与米蛾组显著下降。3 种猎物的营养成分检测结果显示米蛾幼虫多不饱和脂肪酸 α -亚麻酸含量显著低于黏虫组与柞蚕组，黏虫幼虫的葡萄糖含量高于米蛾组和柞蚕组，这两种营养成分可能在蠋蝽生长发育中发挥了重要作用。

黏虫组体重、体长与柞蚕组无显著差异，黏虫组体重（5 龄）及体长（2、3 龄）较柞蚕组高，这与蠋蝽取食量有关。黏虫为蠋蝽的天然猎物，个体较米蛾幼虫大，而米蛾属于仓储类害虫，米蛾幼虫较黏虫幼虫、柞蚕蛹个体小，且试验饲喂过程中观察到蠋蝽不喜取食米蛾现象，拒食作用可以抑制昆虫生长发育，减少取食量可导致昆虫幼虫历期延长、不能正常产卵或产卵量降低^[39]。

黏虫组雌虫生殖力方面，产卵量、卵孵化率、成虫获得率高于米蛾组，与柞蚕组无显著差异，这与黏虫的营养组分含量以及营养组分之间的平衡有关。试验中米蛾组产卵量低，平均寿命有所延长。营养组成上的区别可能是导致米蛾组产卵前期显著延长的原因。环境条件或猎物不适合，捕食性蝽类的产卵量会下降^[40]，在一定程度上减少产卵量，降低新陈代谢，减缓生长发育也是寿命延长的一个重要原因。

对于猎物优劣的评价方法，除了本试验所探究的蠋蝽生长发育指标外，还有雌虫卵巢的发育程度、蠋蝽的捕食功能反应等。昆虫捕食作用的研究方法有室内观察法、田间直接观察法、田间笼罩法、放射性同位素标记法、血清学分析法、酶联免疫吸附法、分子生物学技术等^[41]。

昆虫生长发育过程中所需的各营养成分不仅要有足够的量，而且还要有合适的比例，营养物质的平衡是食物发挥其营养价值的重要因素。黏虫幼虫为蠋蝽的天然猎物，各营养成分含量与蠋蝽营养需求相一致，因此，黏虫各营养成分的比例可为蠋蝽取食营养比例提供参考。黏虫幼虫基本可以满足蠋蝽营养需求，代谢旺盛，繁殖力高，生命周期与柞蚕组相比无显著差异，而米蛾幼虫仅部分满足蠋蝽生长需求，代谢缓慢、繁殖力降低，生命周期相应延长。

蠋蝽的人工饲养目前仍处于实验室饲养阶段，还未形成成熟的技术以便于工厂化生产。该研究结果明

确3种猎物对蝥蟥生长发育和繁殖的影响,能够为蝥蟥室内扩繁找到合适猎物提供借鉴,为蝥蟥的大规模饲养提供理论基础。猎物的生物学特性会影响到蝥蟥的生长发育。柞蚕蛹扩繁蝥蟥各生物学特性较好,但柞蚕蛹并不适合大量工厂化扩繁蝥蟥。因此以柞蚕蛹饲养效果作为对照,黏虫幼虫比米蛾幼虫更能满足蝥蟥的生长需求,更适合作为蝥蟥的饲养猎物。

参 考 文 献

- [1] Smith R A, Nordlund D A. Automation of insect rearing-a key to the development of competitive augmentative biological control[J]. *Natural Enemies of Insects*, 1999, 21(2): 70-81.
- [2] 郑友贤, 苏桂莲. 蝥敌的人工饲养和田间释放[J]. *河北林业科技*, 1983, (3): 36-37.
- [3] 陈静, 张建萍, 张建, 等. 蝥敌对双斑长跗蚱叶甲成虫的捕食功能研究[J]. *昆虫天敌*, 2007, 29(4): 149-154.
- [4] 陈力生, 朱家耐, 陈宏斌, 等. 蝥敌蜡象越冬场所的初步观察[J]. *森林病虫害通讯*, 1983, (3): 28.
- [5] 能乃扎布, 齐宝瑛, 苏亚. 中国半翅目昆虫研究论著目录[J]. *内蒙古师大学报*, 1998, 27(2): 146-164.
- [6] 王文亮, 刘芹, 闫家河, 等. 美国白蛾新天敌—蝥敌捕食能力的初步观察[J]. *山东林业科技*, 2012, (1): 11-14.
- [7] 潘淑琴, 杨显山, 苑荣发, 等. 蝥敌捕食柳毒蛾数量测定[J]. *吉林林业科技*, 1993, (1): 25-26.
- [8] 路红, 徐伟, 陈日翌, 等. 蝥敌生物学的初步探究[J]. *吉林农业大学学报*, 1999, 21(1): 33-34.
- [9] 高卓. 蝥蟥(*Arma chinensis* Fallou)生物学特性及其控制技术研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2010.
- [10] Zou D Y, Wang M Q, Zhang L S, *et al.* Taxonomic and bionomic notes on *Arma chinensis* (Fallou) (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae)[J]. *Zootaxa*, 2012, 3328: 41-52.
- [11] Riddick E W. Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: a mini-review[J]. *Biological Control*, 2009, 54(3): 325-339.
- [12] Coudron T A, Wittmeyer J, Kim Y. Life history and cost analysis for continuous rearing of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytophagous artificial diet[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2002, 95(6): 1159-1168.
- [13] Coudron T A, Kim Y. Life history and cost analysis for continuous rearing of *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytophagous artificial diet[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2004, 97(3): 807-812.
- [14] 周伟儒, 王韧. 用天然和人工饲料饲养小花蝥的研究[J]. *生物防治通报*, 1989, 5(1): 9-12.
- [15] 王广鹏. 东亚小花蝥人工大量饲养技术研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006.
- [16] 杨淑斐, 武予清, 段云, 等. 猎物种类对东亚小花蝥生长发育繁殖的影响[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(3): 900-905.
- [17] 刘文静, 张安盛, 门兴元, 等. 两种猎物饲养对东亚小花蝥捕食作用的影响[J]. *中国生物防治学报*, 2011, 27(3): 302-307.
- [18] 张昌容, 郅军锐, 莫利锋. 不同猎物饲喂对南方小花蝥捕食量和喜好性的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(9): 2728-2733.
- [19] 张士昶. 南方小花蝥人工规模化饲养技术的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [20] 刘丰姣. 食物对大眼长蝥 *Geocoris pallidipennis* 营养生理生化及行为影响的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [21] 高长启, 王志明, 余恩裕. 蝥蟥人工饲养技术的研究[J]. *吉林林业科技*, 1993, 2: 16-18.
- [22] 邹德玉. 取食无昆虫成分人工饲料蝥蟥的转录组研究及饲养成本分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [23] 尚玉昌. 行为生态学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1998, 20-57.
- [24] 张帆, 张芝利, 张君明. 利用柞蚕卵工厂化繁殖赤眼蜂生产技术[C]. 第五届生物多样性保护与利用高新技术国际研讨会暨昆虫保护、利用与产业化国际研讨会论文集, 2005, 53-59.
- [25] 徐春婷, 黄寿山, 刘文惠, 等. 柞蚕卵繁殖赤眼蜂实验种群生命表的编制与分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 1947-1950.
- [26] 叶正楚, 程登发. 用紫外线处理的米蛾卵饲养草蛉[J]. *生物防治通报*, 1986, 2(3): 132-134.
- [27] 党国瑞, 张莹, 陈红印, 等. 人工饲料对大草蛉生长发育和繁殖力的影响[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(23): 4818-4825.
- [28] 史光中, 周运宁, 赵俊生. 米蛾饲养及利用技术的研究[J]. *昆虫天敌*, 1982, 4(4): 1-8.
- [29] 赵双. 黑龙江省柞蚕产业发展问题及对策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.

- [30] 毛增华, 于凤兰. 吉林省粘虫天敌名录[J]. 吉林农业科学, 1986, (2): 29-38.
- [31] 辛肇军, 卓德干, 李照会. 夏玉米田害虫天敌种类调查[J]. 山东农业科学, 2011, (6): 85-89.
- [32] 路子云, 冉红凡, 刘文旭, 等. 粘虫室内饲养方法的改进[J]. 河北农业科学, 2014, 18(6): 57-61.
- [33] 余洋, 王高平. 粘虫的实验室饲养方法研究[J]. 河南农业, 2011, (11): 45-48.
- [34] 杨丽文, 王甦, 张志勇, 等. 米蛾卵饲养东亚小花蝽的关键点研究[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 971-977.
- [35] 周伟儒, 张淑芳, 张兆富, 等. 用米蛾成虫、米蛾卵和人工卵等饲养黄色花蝽[J]. 中国生物防治, 1986, 2(2): 63-66.
- [36] 邱式邦, 田毓起, 周伟儒, 等. 改进米蛾饲养技术的研究[J]. 植物保护学报, 1980, 7(8): 153-158.
- [37] 高卓, 王哲玮, 张李香, 等. 蠋蝽人工繁殖技术及田间释放控制研究[J]. 黑龙江大学工程学报, 2012, 3(1): 65-73.
- [38] 宋丽文, 陶万强, 关玲, 等. 不同宿主植物和饲养密度对蠋蝽生长发育和生殖力的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(3): 105-110.
- [39] 于飞, 曾鑫年, 张帅, 等. 取食量对昆虫生长发育影响的研究[J]. 广东农业科学, 2004, (1): 42-44.
- [40] Vivan L M, Torres J B, Veiga A F S L. Development and reproduction of a predatory stinkbug, *Podisus nigrispinus*, in relation to two different prey types and environmental conditions[J]. Biological Control, 2003, 48(2): 155-168.
- [41] 王丽丽. 绿盲蝽对棉田害虫的捕食作用及分子检测[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.

封面说明

蠋蝽 *Arma chinensis* (Fallou), 又名蠋敌, 是农林业生物防治中一种优势天敌, 蠋蝽对于榆紫叶甲 *Ambrostoma quadriimpressum* (Motschulsky)、扁刺蛾 *Thosea sinensis* (Walker)、松毛虫、象鼻虫等害虫抑制作用明显, 捕食范围涵盖鳞翅目、鞘翅目、膜翅目及半翅目等多个目害虫。人工饲料目前还未成为规模化饲养蠋蝽的适宜饲料。出于实际生产的迫切需要, 李娇娇等(正文见 553~561 页)选取黏虫 *Mythimna separata* (Walker) 幼虫、米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 幼虫、柞蚕蛹为对象以探究 3 种猎物对蠋蝽生长发育及繁殖的影响, 同时对 3 种猎物的营养做了常规分析(粗蛋白、粗脂肪、糖分析)和精细分析(18 种氨基酸分析和脂肪酸分析), 验证黏虫幼虫、米蛾幼虫作为室内饲喂蠋蝽猎物的可能性。