

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.28

天敌昆虫蝥蟥的研究进展与展望

邹德玉, 徐维红, 刘佰明, 白义川, 刘晓琳, 许静杨, 胡霞, 谷希树*

(天津市植物保护研究所, 天津 300381)

摘要: 蝥蟥是农林业上一种重要的捕食性天敌昆虫, 可以捕食美国白蛾、马铃薯甲虫、棉铃虫、盲椿象等多种害虫。本文对近些年来蝥蟥的形态学、生物学、人工饲养、营养基因组学、储存技术、控害能力等作一阐述, 并对蝥蟥应用前景进行了展望。

关键词: 蝥蟥; 美国白蛾; 马铃薯甲虫; 棉铃虫; 盲椿象; 研究进展; 展望

中图分类号: Q969.35⁺1.6; S476 文献标识码: A 文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0857-09

Research progress and prospects of *Arma chinensis* Fallou (Hemiptera: Pentatomidae)

ZOU De-Yu, XU Wei-Hong, LIU Bai-Ming, BAI Yi-Chuan, LIU Xiao-Lin, XU Jing-Yang, HU Xia, GU Xi-Shu* (Tianjin Institute of Plant Protection, Tianjin 300381, China)

Abstract: *Arma chinensis* Fallou has received attention because of its ability to effectively suppress a wide range of agricultural and forest pests, including *Hyphantria cunea* Drury, *Leptinotarsa decemlineata* Say, *Helicoverpa armigera* Hübner, and mirid bug. Morphology, biological characteristics, mass rearing, nutrigenomics, storage technology, ability of pest control and prospects for application of *A. chinensis* were discussed.

Key words: *Arma chinensis*; *Hyphantria cunea*; *Leptinotarsa decemlineata*; *Helicoverpa armigera*; mirid bug; progress; prospects

蝥蟥 *Arma chinensis* Fallou, 又名蝥敌, 异名 *Arma discors* (Jakovlev, 1902); *Auriga peipingensis* (Yang, 1933), 属半翅目 Hemiptera 蝥蟥科 Pentatomidae 益蝥亚科 Asopinae 蝥蟥属 *Arma*。该蝥蟥分布于我国北京、天津、甘肃、贵州、河北、黑龙江、湖北、湖南、江苏、江西、吉林、辽宁、内蒙古、山西、山东、陕西、四川、新疆、云南、浙江及蒙古和朝鲜半岛 (刘海清和高作安, 1992; Rider and Zheng, 2002)。蝥蟥是农林业上一种重要的捕食性天敌昆虫, 可以捕食鳞翅目、鞘翅目、膜翅目及半翅目等多个目的害虫 (郑友贤和苏桂莲, 1983; 高长启等, 1993; 柴希民等, 2000; 梁振普等, 2006; 闫家河等, 2006a, 2006b; 陈静

等, 2007; 高卓, 2010; Zou *et al.*, 2012) (图 1), 最喜食叶甲科和刺蛾科的幼虫 (高长启等, 1993)。由于转 Bt 基因棉的种植, 棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 的种群被有效地抑制, 但是 Lu 等 (2010) 发现, 盲椿象由次要害虫上升为主要害虫。蝥蟥除可以捕食棉铃虫外, 还可以捕食三点盲蝥 *Adelphocoris fasciaticollis* Reuter 和绿盲蝥 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Zou *et al.*, 2012)。因此蝥蟥能结合转基因作物共同控制害虫, 有效延缓害虫对杀虫蛋白产生的抗性, 达到对害虫可持续治理的目的。此外, 蝥蟥还可捕食马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* Say (郭文超等, 2011; Zou *et al.*, 2013b) 和美国白蛾 *Hyphantria cunea*

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31401806); 天津市自然科学基金重点项目 (16JCZDJC33600)

作者简介: 邹德玉, 男, 1981 年生, 吉林公主岭市人, 博士, 助理研究员, E-mail: zdyqiuzhen@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: 13752345430@163.com

收稿日期 Received: 2015-07-28; 接受日期 Accepted: 2016-04-14

Drury (王文亮等, 2012; 邹德玉等, 2012) 等检疫性害虫。

1981 年, 美国农业部国际合作与发展办公室科考队访问中国, 进行了为期 28 天的科学考察与学术交流, 对中国应用赤眼蜂、蠋蝽及螳螂等天敌昆虫进行害虫生物防治给予了高度评价 (McFadden *et al.*, 1981)。此后, 中国学者陆续对蠋蝽进行了多方面的研究, 包括形态学、生物学、人工饲料、营养基因组学、储存技术及控害能力等。



图 1 蠋蝽若虫捕食菜青虫幼虫

Fig. 1 Nymph of *Arma chinensis* is sucking the larva of *Pieris rapae*

1 形态学与生物学特性

1.1 形态学

成虫: 体色斑驳, 盾形, 体较宽, 臭腺沟缘有黑斑, 腹基无突起, 抱器略呈三角形 (郑乐怡, 1981)。头部侧叶长于中叶, 但在其前方不会合; 前胸背板侧角伸出不远 (柴希民等, 2000)。雌虫体长 12.60–14.02 mm, 腹宽 6.73–7.30 mm; 雄虫体长 11.05–11.70 mm, 腹宽 5.90–6.12 mm, 体黄褐或黑褐色, 腹面白色或淡黄色 (Zou *et al.*, 2012)。触角 5 节, 第三、四节为黑色或部分黑色。头的中叶与侧叶末端平齐, 喙第一节粗壮, 只在基部被小颊包围, 一般不紧贴于头部腹面, 可活动; 第二节长度几乎等于第三、四节的总长, 前胸背板侧缘前端色淡, 不呈黑带状, 侧角略短, 不尖锐, 也不上翘 (高卓, 2010)。

卵: 圆筒状, 鼓形, 高 1–1.2 mm, 宽 0.8–0.9 mm。侧面中央稍鼓起。上部 1/3 处及卵盖上有长短不等的深色突起, 组成网状斑纹。卵盖周

围有 11–17 根白色纤毛。初产卵为乳白色, 渐变淡黄色, 直至桔红色 (高卓, 2010)。

若虫: 初孵若虫为淡黄色, 复眼红色, 孵化约 10 min 后头部、前胸背板和足的颜色由白变黑, 腹部背面黄色, 中央有 4 个大小不等的黑斑, 侧接缘的节缝具赭色斑点, 4 龄后可明显看到 1 对黑色翅芽。若虫龄期共 5 龄, 其各龄平均体长为 1.6、2.9、4.2、5.9、9.6 mm; 体宽为 1.0、1.2、2.3、2.7、4.6 mm (高卓, 2010)。

1.2 触角感器

触角是昆虫感受外界环境、实现信息交流的重要器官。为进一步了解蠋蝽与外界环境的信息交流, Zhang 等 (2014) 利用扫描电镜对蠋蝽触角上感器的形态、超微结构及分布进行了研究, 并对感器的功能进行了推测。结果发现, 2 种毛型感器 (sensilla trichodea, ST1–2)、4 种锥型感器 (sensilla basiconica, SB1–4)、1 种刺型感器 (sensilla chaetica, SCH)、1 种腔型感器 (sensilla cavity, SCA) 及 1 种腔锥型感器 (sensilla coeloconica, SCO) 在雌雄成虫的触角上均有分布。ST1 和 ST2 分布于触角柄节及梗节。SB1 分布于柄节, SB2 在整个触角上均有分布, SB3 分布于第二梗节及 2 个鞭小节上, SB4 分布于第二鞭小节上。SCH 分布于第二梗节及 2 个鞭小节上。SCA 及 SCO 仅分布于第二鞭小节上。

蠋蝽触角鞭节由 2 个鞭小节组成, 与其他节相比, 这 2 个鞭小节上分布的感器数量最多。这种情况在其他蝽类的触角上也有发生。Gonzaga–Segura 等 (2013) 推测这种结构很可能是对改进嗅觉的一种适应。毛型感器传统地被认为是一种化学感器。刺型感器被认为是一种机械感器。SB1 表皮上具很多小孔, 据此, Zhang 等 (2014) 推测其为嗅觉感器。SB2 很可能用于感受温度和化学物质, 用于寻找食物和合适的栖境。蠋蝽触角 SB3 由于不具有其他昆虫触角 SB3 上的小孔, 因此蠋蝽触角上 SB3 的功能有待于用单细胞记录研究来确定。由于 SB4 不具小孔, 因此, Zhang 等 (2014) 推测其可能是机械感器, 也可能是温度/湿度感器。腔型感器可能是化学、温度或湿度感器, 用于获得昆虫接触的植物适宜性的相关信息。腔锥型感器可能是一种湿度感器, 用于防止触角的干燥。

1.3 生物学特性

在北京蠋蝽每年发生 2–3 代 (徐崇华等,

1981)。在河北沧州每年发生 2 代, 以第二代成虫越冬, 翌年 4 月中旬开始出蛻, 4 月底交尾, 5 月上旬开始产卵, 中旬出现第一代若虫, 6 月中旬出现第一代成虫, 7 月上旬第一代成虫交尾产卵, 7 月中旬出现第二代若虫, 7 月底出现第二代成虫 (姜秀华等, 2003)。该蝽在新疆每年发生 2 - 3 代, 翌年 4 月中旬出蛻, 10 月上旬开始越冬 (王爱静, 1992)。在甘肃兰州蠋蝽每年发生 2 代, 以成虫在枯枝落叶下、向阳的土块下, 以及树皮、墙缝等处越冬; 每年 4 月上旬越冬成虫开始在刺柏上活动, 5 月上旬开始交尾产卵, 产卵盛期为 5 月下旬; 5 月下旬第一代若虫陆续孵化, 孵化可持续到 6 月下旬, 5 月下旬到 6 月上旬为孵化盛期; 第一代成虫始发期为 6 月下旬; 7 月上旬第二代卵孵化, 第二代若虫发生期是从 8 月上旬至 9 月中旬, 成虫始发期为 9 月中旬, 成虫到 10 月上旬开始进入越冬场所 (上官斌, 2009)。而在浙江省, 每年可发生 3 代 (柴希民等, 2000)。在黑龙江省每年发生 2 代, 该蝽以成虫于树叶、枯草下、石缝或树皮裂缝中越冬。越冬成虫在次年 5 月初开始活动, 5 月底开始产卵。若虫 6 月中旬孵化。7 月初第一代成虫开始羽化, 7 月末开始产卵。第二代若虫在 8 月初开始孵化, 成虫 8 月底开始羽化。10 月初至次年 4 月成虫处于越冬状态 (高卓, 2010)。蠋蝽世代重叠现象较明显。路红等 (1999) 经室内观察发现, 成虫多次交尾, 交尾时间最长 195 min, 最短的 10 - 20 min。成虫将卵多数产在叶片上, 几十粒或十几粒为一个卵块。高卓 (2010) 认为蠋蝽取食时是进行口外消化, 可以取食比自己大的猎物。雌性个体间产卵差异较大, 平均 409 粒/雌左右。

2 人工饲养、营养基因组学及储存技术

2.1 人工饲养

蠋蝽喜食榆紫叶甲 *Ambrostoma quadriopressum* Motschulsky 及松毛虫 *Dendrolimus* spp. 等鞘翅目和鳞翅目害虫。但是室内很难长期饲养这两种猎物, 因此需要找到一种简便易得, 且相对经济的猎物。高长启等 (1993) 通过饲喂蠋蝽 4 种昆虫来筛选蠋蝽的较优猎物, 其中从成虫获得率上看, 饲喂柞蚕 *Antheraea pernyi* Guérin - Méneville 蛹的最高, 为 67%, 其次为黄粉虫

Tenebrio molitor Linnaeus 38%, 再次为柞蚕低龄幼虫 5% 和粘虫 *Mythimna separate* Walker 幼虫 3.3%。从产卵量上看, 饲喂柞蚕蛹的最高, 平均为 299.1 粒/雌, 其次为黄粉虫 155.3 粒/雌, 再次为柞蚕低龄幼虫 54 粒/雌和粘虫幼虫 36 粒/雌。国内多位学者试验证明, 柞蚕蛹是室内大量繁殖蠋蝽的较优猎物 (徐崇华等, 1984; 高长启等, 1993; 宋丽文等, 2010; 高卓, 2010; Zou *et al.*, 2012)。Zou 等 (2013b) 研究发现在 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 16:8 (L:D) 及 $75\% \pm 5\%$ RH 条件下, 取食柞蚕蛹的蠋蝽产卵量平均为 460.0 粒/雌, 卵孵化率达 96.3%, 卵期平均为 6.4 d, 若虫发育历期平均为 20.6 d, 产卵前期平均为 5.9 d, 雌雄成虫平均寿命分别为 32.9 d 和 41.3 d。

在应用天敌昆虫控制害虫的生物防治方法中, 首要任务就是释放大量高品质的昆虫天敌。而天敌昆虫大范围应用的限制因子就是生产天敌昆虫的费用高昂, 远远超过化学防治的费用。采用传统方法大量繁殖天敌昆虫经济成本高而且浪费时间, 而一种理想的人工饲料则可以大大减少生产天敌昆虫的费用。柞蚕蛹个体较大, 在未被取食之前就已死亡, 不仅造成食物的大量浪费, 而且取食腐烂的柞蚕蛹会造成一部分蠋蝽的死亡。此外, 由于蠋蝽不愿取食腐烂的柞蚕蛹, 在饥饿胁迫下, 群体饲养的蠋蝽会发生种内自残, 大大增加了饲养的费用。因此研制蠋蝽人工饲料, 并将其进行小剂量包装, 可大大减少食物的浪费。高长启等 (1993) 用以柞蚕蛹为主要成分的半合成人工饲料饲喂蠋蝽, 结果表明第三组人工饲料饲喂蠋蝽的效果较好, 成虫获得率达 83.3%, 比取食柞蚕蛹的成虫获得率 70% 还要高, 但是若虫发育历期比饲喂柞蚕蛹的延长了 9 d, 性比 ($\text{♀}:\text{♂}$) 由饲喂柞蚕蛹的 0.9:1 变为 0.85:1, 雄性所占比例增加。但解决了饲料腐败变质和柞蚕蛹利用率低的问题。

Zou 等 (2013b) 研制的一种由猪肝、鸡蛋和金枪鱼为主要成分且无昆虫成分的人工饲料可以连续多代饲喂蠋蝽。通过连续 6 代的测试发现, 取食人工饲料的蠋蝽卵重、产卵量及卵孵化率等生物学特性均与取食柞蚕蛹的蠋蝽存在显著差异。从 2 龄若虫到成虫的发育历期和产卵前期都显著地延长, 自残比例较高。成虫寿命、2 龄到成虫的存活率及可育率随代数的增加有所改善, 但是性比 ($\text{♂}:\text{♀}$) 有所下降。这些变化可能表明蠋蝽对

人工饲料有了一定的适应, 饲料也对蠨螋种群进行了选择。取食两种食物的蠨螋卵和一龄若虫发育历期、1 龄到 2 龄的存活率之间都没有显著差异, 雄虫平均寿命都比雌虫平均寿命偏长。

蠨螋除取食多种害虫外, 也有刺吸植物汁液的特性, 目前尚无其传毒的文献记载。高卓等 (2009) 认为蠨螋对植物的刺吸不会对植物造成危害。在食物充足的条件下, 蠨螋也会刺吸植物的汁液, 因此在室内大量繁育蠨螋时最好提供给栖息植物 (宿主植物) 供其栖息及刺吸。栖息植物除了可以供其刺吸, 还可为其提供休憩场所, 更重要的是在群体饲养时可提供躲避空间, 大大减少自残的比率。以往栖息植物往往选择水培新鲜杨树枝叶, 但是需每周更换 1-2 次, 否则蠨螋若虫死亡率显著上升。但是更换工作量较大而且对若虫造成一定的损失, 增加了饲养费用 (高长启等, 1993)。高长启等 (1993) 通过喷施蔗糖水 (5% 及 10%)、蜂蜜水 (5% 及 10%) 及杨树鲜叶水浸液等方法对栖息植物进行了改良。结果表明, 喷雾 5% 蔗糖水和杨树鲜叶水浸液都可以起到与使用水培杨树枝叶一样好的效果, 3 种处理的若虫存活率分别为 68%、73% 和 73%。宋丽文等 (2010) 通过研究榆树 *Ulmus pumila* Linnaeus、山杨 *Populus davidiana* Dode、大豆 *Glycine max* Linnaeus 等不同宿主植物和饲养密度, 对蠨螋若虫存活率、发育历期、产卵量、产卵前期等生物学特性的影响, 对室内大量繁殖蠨螋的工艺进行了改良。榆树叶较易获得, 效果较佳, 但榆树为木本植物, 生长周期很长, 在室内容易落叶枯萎, 栽植成本较高。而大豆幼苗培养的蠨螋虽然存活率和生殖力略低于榆树, 但大豆苗生长周期较短, 易栽培, 成本较低。因此, 宋丽文等 (2010) 认为在大量饲养蠨螋时可选用大豆苗作为宿主植物。此外, 为了获得较多的蠨螋, 室内饲养密度控制在每头蠨螋占有约 26.17 cm² 的面积较为合适。

2.2 营养基因组学

天敌昆虫饲料配方改良方法的相对滞后是限制人工饲料发展的主要因素。目前, 一些学者通过测量一些预选的生物学参数或生理生化参数来评价饲料变化对昆虫性能的影响 (Wittmeyer *et al.*, 2001; Adams *et al.*, 2002; Coudron *et al.*, 2002; Coudron *et al.*, 2004), 还有一些学者通过 *n* 维混合设计 (Lapointe *et al.*, 2008)、几何设计结合响应面模型 (Lapointe *et al.*, 2010) 或正交试

验设计 (Tan *et al.*, 2013) 来优化人工饲料。但到目前为止, 尚未见有应用营养基因组学 (nutrigenomics) 方法来改良天敌昆虫人工饲料配方的报道。营养基因组学是检测营养是如何影响基因表达模式的一种科学, 它不仅能提供一种衡量昆虫对饲料配方反应的方法, 而且还可以提供饲料缺陷的相关信息。

目前, 营养基因组学主要应用于人类健康和疾病的研究中, 如糖尿病和肥胖病。而营养基因组学在昆虫中的研究起步较晚, 尤其天敌昆虫的营养基因组学研究才刚刚兴起。Coudron 等 (2011) 用不添加和添加小麦胚芽油的饲料分别饲养桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel, 发现一个编码活化蛋白激酶 C 受体 1 (receptor for activated C kinase 1) 基因的表达量在取食添加小麦胚芽油饲料的雌蝇所产卵中增加了 6.8 倍。蛋白激酶 C 受体 1 至少是 3 个细胞内信号转导途径中一个很重要的元件, 这使得它很可能被作为检测桔小实蝇或其他昆虫体内脂类缺乏的候选分子标记。Alaux 等 (2011) 比较了取食花粉和糖的蜜蜂 *Apis mellifera* Linnaeus 及取食缺少糖的饲料的蜜蜂转录组的差异, 发现花粉激活了对营养敏感的代谢通路。此外, 这些营养对影响寿命及与抗菌肽生成相关的基因有积极的影响。Coudron 等 (2012) 发现斑腹刺益蝽 *Podisus maculiventris* Say 体内微量元素的水平实质上是受食物来源影响的, 并且取食不同的食物, 体内微量元素水平会有显著的不同。这些研究都表明营养基因组学完全可以被用来改良昆虫的人工饲料。

为了加速蠨螋人工饲料的改良, Zou 等 (2013a) 对取食人工饲料和柞蚕蛹的蠨螋转录组进行了高通量测序, 经分析发现, 在 13872 个差异表达基因中, 10261 个基因在取食人工饲料的蠨螋中发生了上调。通过分析参与 VC、VB₁、VB₂、VB₃、VB₅、VB₇、VB₉ 等维生素代谢通路中富集并表现上调或下调表达的基因, 阐明饲料中维生素比例需进行调整; 通过分析参与糖类、脂类、氨基酸代谢中营养调控的糖-酯酶-3、葡萄糖载体、胰岛素受体、脂肪酸合酶、乙酰辅酶 A 羧酶等基因的表达情况, 及胰岛素和 mTOR 信号通路, 阐明饲料中糖类和脂类需要减少; 挖掘出与差异生理特性显著相关的差异表达基因, 如热激蛋白 90 (参与孕酮介导的卵母细胞成熟, 与产卵量减少有关)、精液蛋白 (与卵孵化率降低有关)、保

幼激素酯酶(与若虫发育历期延长有关)、SOD(与成虫寿命延长有关)、触角酯酶 CXE19 和气味结合蛋白 15(与自残率上升有关)。研究表明,用营养基因组学方法有望破译饲料变化对昆虫的影响及如何改良人工饲料。更为重要的是转录组分析能够解释饲料对雄虫性能的影响(即精液蛋白的表达),这个通过生活史分析是很难做到的。

2.3 储存技术

对蠋蝽进行大量扩繁,首先需采集到足够的种蝽。高卓(2010)对于种蝽的采集和保存进行了较为详细的研究。种蝽的采集可在春秋两季进行,即在秋季蠋蝽成虫进入越冬场所之后,或在春季蠋蝽离开越冬场所之前,一般选择在 11 月份大雪封地之前或春季的 4 月初田间雪化以后。采集地点一般选在蠋蝽发生地的落叶层下,以鱼鳞坑或者树根的落叶层下为主。将采集到的蠋蝽成虫,暂时放于保湿捕虫盒中,带回室内后放于含有 10-15 cm 厚湿沙的养虫盒内。先将蠋蝽虫体平放,然后将其上覆盖树叶,于 4℃-6℃ 低温保藏 4-5 个月,其存活率仍可达 90% 左右。也可将采回的蠋蝽放在室外土坑中保藏。保藏方法为:在室外向阳避光处挖一深度为 20-30 cm 土坑,坑的大小可根据储藏的蠋蝽数量而定。在挖好的土坑内先填 15-20 cm 潮湿的细沙,将蠋蝽放于其上,再覆盖些落叶,然后将坑面用纱网罩好以防止其他生物的危害。用此种方法保存的蠋蝽 3-5 个月后其存活率也可达 90% 左右。复苏时采用逐步升温法,先将越冬的蠋蝽取出在 15℃ 下慢慢复苏。1-2 d 后再将其放于养虫室内。养虫室的温度控制在 23℃-28℃ 较好,相对湿度控制在 70% 较宜。

快速冷驯化可以提高某些昆虫的耐寒性。为了研究不同冷驯化诱导温度对蠋蝽抗寒性的影响,以期为以后延长蠋蝽货架期奠定稳固的技术基础,李兴鹏等(2012)以室内人工饲养的第三代蠋蝽成虫为研究对象,利用热电偶、液相色谱分析等技术,测定了经 15℃、10℃、4℃ 冷驯化 4 h 和梯度降温(依次在 15℃、10℃、4℃ 各驯化 4 h)冷驯化后,蠋蝽成虫过冷却点、虫体含水率及小分子碳水化合物、甘油和氨基酸含量,及其在不同暴露温度(0℃、-5℃、-10℃)下的耐寒性。结果表明,处理后暴露在 -10℃ 时,梯度处理组和 4℃ 冷驯化处理组的蠋蝽成虫存活率为 58.3%,其他处理组及对照(室温饲养)的存活率显著降低,平均为 8.9%;梯度处理组与 4℃ 冷驯化处理

组成虫过冷却点平均为 -15.6℃,比其他处理平均降低 1.3℃;各处理虫体含水率无显著差异,平均为 61.8%;与其他各组相比,梯度处理组和 4℃ 冷驯化组成虫的葡萄糖、山梨醇和甘油含量分别增加了 2.82、2.65 和 3.49 倍,丙氨酸和谷氨酸含量分别增加了 51.3% 和 80.2%,海藻糖、甘露糖和脯氨酸含量分别下降了 68.4%、52.2% 和 30.2%,而果糖含量在各组间无显著差异。快速冷驯化对蠋蝽成虫具有临界诱导温度值,梯度降温驯化不能在快速冷驯化的基础上提高蠋蝽成虫的抗寒性。

3 控害能力

早在 20 世纪 70 年代开始,吉林省林科所(现吉林省林业科学研究院)就开始将室内人工大量饲养的蠋蝽老龄若虫以 1:18 的比例进行野外释放防治榆紫叶甲幼虫,13 d 捕食率可达 61.9%,并可以在林间定殖,有效地控制了榆紫叶甲的危害(高长启等,1993)。此后,江苏、安徽、内蒙古、河北、北京等地的林业科研单位,应用蠋蝽对侧柏毒蛾 *Parocneria furva* Leech、松毛虫、杨毒蛾 *Stilpnotia candida* Staudinger、杨扇舟蛾 *Clostera anachoreta* Fabricius 和黄刺蛾 *Cnidocampa flavescens* Walker 等害虫进行了测试,都取得了良好防效(徐崇华等,1984)。

为进一步了解蠋蝽对害虫的捕食能力,徐崇华等(1981)在室内对 3 种林业害虫侧柏毒蛾、油松毛虫 *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu 及杨扇舟蛾进行了捕食量测定,结果显示,蠋蝽捕食害虫的数量随着龄期的增长而增加,老龄若虫和成虫的捕食量最大。同龄期蠋蝽对害虫的捕食量因害虫龄期不同而异,害虫虫龄小,被捕食的量就大。此外,徐崇华等(1981)还进行了野外释放蠋蝽来防控这 3 种林业害虫的试验,结果显示,释放蠋蝽的树木被害率都比对照低,因此,释放蠋蝽能有效地减少害虫对树木的危害。

郑志英等(1992)对蠋蝽平均日捕食量及林间释放防治几种林业害虫进行了调查。在蠋蝽平均日捕食量试验中,蠋蝽对榆紫叶甲幼虫、黄刺蛾低龄幼虫、黄刺蛾老龄幼虫、杨红叶甲 *Melasoma populi* Linnaeus 成虫、杨毒蛾老龄幼虫、杨扇舟蛾老龄幼虫和榆紫叶甲成虫的平均日捕食量分别为 0.82、0.72、0.52、0.51、0.34、0.31

和 0.17 头。对榆紫叶甲幼虫 (0.82 头/d) 和黄刺蛾低龄幼虫 (0.72 头/d) 取食最多; 但蠋蝽不喜食虫体多毛的杨扇舟蛾老龄幼虫 (0.31 头/d)、杨毒蛾老龄幼虫 (0.34 头/d) 以及榆紫叶甲成虫 (0.17 头/d)。3 龄蠋蝽若虫对杨扇舟蛾卵有较高取食量 (10.8 粒/d)。在林间防治几种林业害虫的调查中, 放蝽治虫 15 d 后, 蠋蝽对榆紫叶甲幼虫、黄刺蛾低龄幼虫和杨扇舟蛾幼虫的防治效果分别达 69.2%、65.4% 和 41.6%, 但对榆紫叶甲成虫的防治效果仅为 39.9%, 此结果与室内蠋蝽对害虫的日捕食量研究结果相一致。

为了比较化学防治与生物防治的效果, 上官斌 (2009) 在兰州垒洼山林场将化学防治和利用蠋蝽控制侧柏毒蛾进行了对比。上官斌认为化学防治效果明显迅速, 但是同时会杀伤多种天敌昆虫, 不利于生态的良性发展, 也会污染环境, 因此, 只有在侧柏毒蛾发生严重时, 在 4 月上旬以前进行 1 次化学防治, 既可快速控制侧柏毒蛾, 又可减轻对蠋蝽的危害。尽管蠋蝽控制侧柏毒蛾存在滞后性, 但从可持续发展角度考虑, 蠋蝽有很大的优势, 可有效控制侧柏毒蛾为害, 经济环保, 值得推行。

榆兰叶甲 *Pyrrhalta aenescens* Fairmaire 是林业上, 尤其是城市园林绿化树木上的一种重要害虫。刘海清等 (1992) 研究了蠋蝽对榆兰叶甲的捕食量, 结果显示, 蠋蝽若虫期平均捕食时间约为 18 d。整个若虫期平均每头蠋蝽可捕食 20.7 头榆兰叶甲的幼虫或蛹, 平均每天每头蠋蝽若虫可捕食 1.15 头榆兰叶甲。而对于蠋蝽成虫, 平均捕食天数为 25.5 d。在整个成虫期, 平均每头蠋蝽成虫可捕食 89.2 头榆兰叶甲。平均每天每头蠋蝽成虫可捕食 3.5 头榆兰叶甲。1 头蠋蝽一生可捕食 110 头榆兰叶甲。姜秀华等 (2003) 对罩养在网内的单头蠋蝽成虫的捕食量进行了研究, 结果显示蠋蝽成虫日均捕食榆兰叶甲卵 11.8 粒, 老熟幼虫 3.7 头, 蛹 4.7 头, 成虫 2.3 头。因此, 应用蠋蝽防治榆兰叶甲可以起到很好的防效。

双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* Motschulsky 现已成为新疆棉田的主要害虫之一 (王少山等, 2004; 张建华等, 2005)。陈静等 (2007) 首次在新疆棉田发现蠋蝽可捕食双斑长跗萤叶甲, 因此针对蠋蝽对双斑长跗萤叶甲成虫的捕食功能进行了研究。结果表明, 蠋蝽对双斑长跗萤叶甲成虫的捕食功能符合 Holling II 模型, 捕

食量随猎物密度的增加而增大。当猎物密度达到一定程度时, 捕食量增加缓慢, 蠋蝽成虫一昼夜可捕食双斑长跗萤叶甲成虫 20.4 头。捕食 1 头双斑长跗萤叶甲成虫需要 2.94 min; 随着蠋蝽数量的增加, 个体间易相互干扰, 使捕食率明显降低。在猎物密度固定的情况下, 随着蠋蝽若虫密度的增加, 个体间相互干扰增加, 捕食率下降。这说明在评价蠋蝽对双斑长跗萤叶甲成虫的控制作用时, 不能仅从蠋蝽的数量和捕食量来衡量, 必须考虑蠋蝽的密度和猎物密度。尽管室内环境和田间环境差异很大, 但该结果为以后田间释放蠋蝽防治双斑长跗萤叶甲奠定了很好的基础。

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 是一种世界性分布的、以危害蔬菜为主的顽固性害虫, 对多地蔬菜造成了很大的经济损失。高卓 (2010) 于室内研究了蠋蝽对甜菜夜蛾幼虫的捕食量, 结果表明, 蠋蝽成虫和 4-5 龄若虫对甜菜夜蛾 1-2 龄幼虫的捕食量最高, 平均每日可达 2.1 头和 2 头, 而对 5 龄幼虫捕食量最低, 只有 0.37 头和 0.25 头。而在田间甜菜罩网试验中, 蠋蝽成虫和 4-5 龄若虫对 1-2 龄甜菜夜蛾幼虫日平均捕食量最大, 分别为 1.9 头和 1.1 头, 而对 5 龄幼虫的捕食量只有 0.16 头和 0.13 头。室内捕食量几乎为田间捕食量的 2 倍, 原因很可能是田间干扰因素很多且环境复杂。随后, 高卓 (2010) 按益害比为 1:15 的比例在甜菜地释放室内饲养的第三代 2 龄蠋蝽若虫进行田间防效试验, 结果表明, 13 d 后蠋蝽对甜菜夜蛾幼虫的防效达 63.88%, 30 d 后虫口减退率达 38.52%。可见, 释放蠋蝽可以有效地防治甜菜夜蛾。

闫家河等 (2011) 经过多年观察发现蠋蝽、马蜂等天敌可以很好地控制美国白蛾。蠋蝽若虫和成虫均可进入美国白蛾幼虫网幕内取食幼虫, 控制作用较强, 1 头蠋蝽仅在若虫期就可取食 30-40 头美国白蛾幼虫, 对大龄幼虫的捕食能力也很强。纪纯阳等 (2012) 研究发现蠋蝽可以很好地控制 3-7 龄美国白蛾幼虫。王文亮等 (2012) 研究发现, 在山东商河县, 蠋蝽在美国白蛾幼虫网幕枝中的分布率为 2.33% - 17.86%, 经室内饲养, 统计出各龄若虫和成虫的捕食量, 从若虫到成虫, 最大捕食量为 2 头 3 龄、7 头 4 龄、5 头 5 龄、23 头 6 龄共 37 头美国白蛾幼虫; 最小取食量为 4 头 2 龄、8 头 3 龄、1 头 4 龄、1 头 5 龄、2 头 6 龄共 16 头美国白蛾幼虫。可见蠋蝽对美国白

蝥蛄具有较强的控制能力,是自然界中影响美国白蛾种群密度的重要因子。因此室内大规模扩繁蝥

蛄来防治美国白蛾对于绿色防控重大外来入侵害虫将起到很大的推动作用(图2)。



图2 蝥蛄成虫捕食美国白蛾幼虫

Fig. 2 Adults of *Arma chinensis* are sucking the larva of *Hyphantria cunea*

4 问题与展望

蝥蛄在将目标害虫种群数量压低之后或目标害虫进入不易被捕食虫态时,蝥蛄可转而捕食其他猎物,或者人工施放辐射不育柞蚕蛹或人工饲料,进而维持蝥蛄必要的种群数量,一旦目标害虫再度发生,又可转而捕食目标害虫,达到对目标害虫长期而有效的控制效果。尽管蝥蛄可以捕食多种农林业害虫,但是对于个体很小的害虫(或害螨),如蚜虫、蓟马、叶螨、粉虱等,蝥蛄不喜好捕食,因此不能用蝥蛄防治较小的害虫(或害螨)。此外,由于蝥蛄可以取食蚕蛹,因此在养蚕地(如柞蚕和家蚕 *Bombyx mori* Linnaeus 等)及其周边不适于释放蝥蛄来防治目标害虫(高志军等,1980)。

尽管很多学者经过室内试验或田(林)间试验证明蝥蛄可以控制多种农林害虫,但是目前为止,尚没有人工大量扩繁并释放的成功案例。其主要原因是与化学农药相比,蝥蛄饲养成本相对较高、防效相对较低、公众环保意识较薄弱。只有政府和公众改变观念,注重环保和健康,才能推进害虫生物防治向前发展。例如,可以释放蝥蛄防治花卉上的棉铃虫,减少室内摆花的农药残留;释放蝥蛄防治十字花科蔬菜上的菜青虫等鳞翅目害虫,减少蔬菜上的农药残留;释放蝥蛄防治桑树、板栗树、核桃树上的美国白蛾,减少桑

椹、板栗及核桃上的农药残留,提升人们生活品质。此外,生物防治作为一种单一的防治措施往往难以达到较高且持久的防效。因此,以生物防治为主的综合防治更能体现绿色植保、持续植保、和谐植保的理念。

普通草蛉 *Chrysoperla carnea* Stephens 和红通草蛉 *Chrysoperla rufilabris* Burmeister 人工饲料研制的成功,使得每头草蛉的费用由 0.3587 美元降到了 0.00025 美元 (Tauber *et al.*, 2000)。这使我们更加相信天敌昆虫人工饲料研制的成功会极大地推动害虫生物防治的进程。尽管 Zou 等 (2013b) 研究的蝥蛄无昆虫成分人工饲料可以连续多代饲喂蝥蛄,但是与取食柞蚕蛹的蝥蛄相比,取食人工饲料的蝥蛄生物学特性还有待于改良。此外, Zou 等 (2015) 通过经济学分析发现,取食人工饲料蝥蛄的饲养成本是取食柞蚕蛹蝥蛄的饲养成本的两倍。但是,相信随着人工饲料的进一步改良,理想的人工饲料不久将会问世。

在园林、森林、果园等地大量释放蝥蛄来防控目标害虫所取得的生态效益和社会效益要远远超出经济效益。在当今中国,许多经济的进步是以牺牲环境为代价的。因此在经济取得迅猛发展之后,需要用经济来反哺环境。这需要政府和公众的大力支持和理解。害虫生物防治的大力推进将更有助于提升城市宜居指数,更有利于建设“美丽中国”、“生态城市”、“美丽乡村”。

参考文献 (References)

- Adams TS, Filipi PA, Yi SX. Effect of age, diet, diapause and juvenile hormone on oogenesis and the amount of vitellogenin and vitellin in the twospotted stink bug, *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2002, 48: 477-486.
- Alaux C, Dantec C, Parrinello H, et al. Nutrigenomics in honey bees: Digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on health and varroa-parasitized bees [J]. *BMC Genomics*, 2011, 12: 496-508.
- Chai XM, He ZH, Jiang P, et al. Studies on natural enemies of *Dendrolimus punctatus* in Zhejiang province [J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 2000, 20 (4): 1-56, 61. [柴希民, 何志华, 蒋平, 等. 浙江省马尾松毛虫天敌研究 [J]. 浙江林业科技, 2000, 20 (4): 1-56, 61]
- Chen J, Zhang JP, Zhang J, et al. Study on functional response of *Arma chinensis* to the adults of *Monolepta hieroglyphica* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2007, 29 (4): 149-154. [陈静, 张建萍, 张建, 等. 蝽敌对双斑长跗萤叶甲成虫的捕食功能研究 [J]. 昆虫天敌, 2007, 29 (4): 149-154]
- Coudron TA, Chang CL, Goodman CL, et al. Dietary wheat germ oil influences gene expression in larvae and eggs of the oriental fruit fly [J]. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 2011, 76: 67-82.
- Coudron TA, Kim Y. Life history and cost analysis for continuous rearing of *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytogenous artificial diet [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2004, 97: 807-812.
- Coudron TA, Mitchell LC, Sun R, et al. Dietary composition affects levels of trace elements in the predator *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. *Biological Control*, 2012, 61: 141-146.
- Coudron TA, 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: 1159-1168.
- Gao CQ, Wang ZM, Yu EY. Studies on mass rearing technologies of *Arma chinensis* [J]. *Jilin Forestry Science and Technology*, 1993, 2: 16-18. [高长启, 王志明, 于恩裕. 蝽蟊人工饲养技术的研究 [J]. 吉林林业科技, 1993, 2: 16-18]
- Gao Z, Zhang LX, Wang GQ. *Arma chinensis* Fallou protection and utilization as a control agent of sugarbeet insect-pests [J]. *Sugar Crops of China*, 2009, 1: 70-72. [高卓, 张季香, 王贵强. 保护利用蝽蟊防治甜菜害虫 [J]. 中国糖料, 2009, 1: 70-72]
- Gao Z. Biological Characteristics and Releasing Techniques of *Arma chinensis* [M]. Harbin: Heilongjiang University Press, 2010, 1-37. [高卓. 蝽蟊 (*Arma chinensis* Fallou) 生物学特性及其控制技术研究 [M]. 哈尔滨: 黑龙江大学出版社, 2010, 1-37]
- Gao ZJ, Liu YL, Zhi BZ. Rearing technologies and control effect on forest pest insects of *Arma chinensis* [J]. *Inner Mongolia Forestry Science and Technology*, 1980, 4: 35-40. [高志军, 刘雅兰, 智宝珍. 蝽蟊饲养技术及防治林木害虫效果 [J]. 内蒙古林业科技, 1980, 4: 35-40]
- Gonzaga-Segura J, Valdéz-Carrasco J, Castrejón-Gómez VR. Sense organs on the antennal flagellum of *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera: Coreidae) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2013, 106 (4): 511-517.
- Guo WC, Tu EX, Xu YM, et al. Study and application on sustained and integrated control techniques of Colorado Potato Beetle [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (2): 197-203. [郭文超, 吐尔逊, 许咏梅, 等. 马铃薯甲虫持续防控技术研究与应用 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48 (2): 197-203]
- Jakovlev BE. Hémiptères - Hétiptères nouveaux de la faune paléarctique II [J]. *Revue Russe d'Entomologie*, 1902, 2: 63-70.
- Ji CY, Peng RS, Qing SJ, et al. Damage and control measures of *Hyphantria cunea* [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2012, 2: 115-117, 119. [纪纯阳, 彭儒胜, 尚胜军, 等. 美国白蛾的危害与防治措施 [J]. 防护林科技, 2012, 2: 115-117, 119]
- Jiang XH, Wang JH, Li ZG. Studies on biological characteristics and predating quantity of *Arma chinensis* [J]. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 2003, 3: 7-8. [姜秀华, 王金红, 李振刚. 蝽敌生物学特性及其捕食量的试验研究 [J]. 河北林业科技, 2003, 3: 7-8]
- Lapointe SL, Evens TJ, Niedz RP, et al. Artificial diet optimized to produce normative adults of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) [J]. *Environmental Entomology*, 2010, 39 (2): 670-677.
- Lapointe SL, Evens TJ, Niedz RP. Insect diets as mixtures: Optimization for a polyphagous weevil [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2008, 54: 1157-1167.
- Li XP, Song LW, Zhang HH, et al. Responses of *Arma chinensis* cold tolerance to rapid cold hardening and underlying physiological mechanisms [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23 (3): 791-797. [李兴鹏, 宋丽文, 张宏浩, 等. 蝽蟊抗寒性对快速冷驯化的响应及其生理机制 [J]. 应用生态学报, 2012, 23 (3): 791-797]
- Liang ZP, Zhang XX, Song AD, et al. Biology of *Clostera anachoreta* and its control methods [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43 (2): 147-152. [梁振普, 张小霞, 宋安东, 等. 杨扇舟蛾的生物学特性及其防治方法 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (2): 147-152]
- Liu HQ, Gao ZA. Utilization value of *Arma chinensis* [J]. *Tianjin Agriculture and Forestry Science and Technology*, 1992, 2: 14-16. [刘海清, 高作安. 蝽敌及其利用价值 [J]. 天津农林科技, 1992, 2: 14-16]
- Lu H, Xu W, Chen RZ, et al. Studies on biology of *Arma custos* [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 1999, 21 (1): 33-34. [路红, 徐伟, 陈日盟, 等. 蝽敌生物学的初步研究 [J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21 (1): 33-34]
- Lu YH, Wu KM, Jiang YY, et al. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China [J]. *Science*, 2010, 328: 1151-1154.
- McFadden MW, Dahlsten DL, Berisford CW, et al. Integrated pest management in China's forests [J]. *Journal of Forestry*, 1981, 79:

- 715–726.
- Rider DA, Zheng LY. Checklist and nomenclatural notes on the Chinese Pentatomidae (Heteroptera) I, Asopinae [J]. *Entomotaxonomia*, 2002, 24: 107–115.
- Shang GB. Preliminary studies on *Arma custos* [J]. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 2009, 34 (4): 27–30. [上官斌. 蠨蛛研究初报 [J]. 甘肃林业科技, 2009, 34 (4): 27–30]
- Song LW, Tao WQ, Guan L, et al. Influence of host plants and rearing density on growth, development and fecundity of *Arma chinensis* [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, 46 (3): 105–110. [宋丽文, 陶万强, 关玲, 等. 不同宿主植物和饲养密度对蠨蛛生长发育和生殖力的影响 [J]. 林业科学, 2010, 46 (3): 105–110]
- Tan XL, Wang S, Zhang F. Optimization an optimal artificial diet for the predatory bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) [J]. *PLoS ONE*, 2013, 8 (4): e61129.
- Tauber MJ, Tauber CA, Daane KM, et al. Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrosoperla) [J]. *American Entomologist*, 2000, 46 (1): 26–38.
- Wang AJ. More attention and protection should be paid to *Arma chinensis* [J]. *Forestry of Xinjiang*, 1992, 1: 25. [王爱静. 应重视保护利用—蠨蛛 [J]. 新疆林业, 1992, 1: 25]
- Wang SS, He FD, Feng ZC, et al. Attention should be paid to the damage of ‘new pest insects’ on cotton in Xinjiang [J]. *China Cotton*, 2004, 31 (6): 34–35. [王少山, 贺福德, 冯志超, 等. 警惕“新害虫”对新疆棉花的为害 [J]. 中国棉花, 2004, 31 (6): 34–35]
- Wang WL, Liu Q, Yan JH, et al. Preliminary observation of preyed ability of *Arma chinensis* (Fallou), a new natural enemy of *Hyphantria cunea* (Drury) [J]. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2012, 1: 1–14. [王文亮, 刘芹, 闫家河, 等. 美国白蛾新天敌—蠨蛛捕食能力的初步观察 [J]. 山东林业科技, 2012, 1: 1–14]
- Wittmeyer JL, Coudron TA, Adams TS. Ovarian development, fertility and fecundity in *Podisus maculiventris* Say (Heteroptera: Pentatomidae): An analysis of the impact of nymphal adult, male and female nutritional source on production [J]. *Invertebrate Reproduction and Development*, 2001, 39: 9–20.
- Xu CH, Yan JJ, Yao DF. The relation between the development of *Arma chinensis* and temperature [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 1984, 20 (1): 96–99. [徐崇华, 严静君, 姚德富. 温度与蠨蛛 (*Arma chinensis* Fallou) 发育的关系 [J]. 林业科学, 1984, 20 (1): 96–99]
- Xu CH, Yao DF, Li YM, et al. Preliminary studies on predator, *Arma chinensis* [J]. *Forest Science and Technology*, 1981, 04: 24–27. [徐崇华, 姚德富, 李英梅, 等. 捕食性天敌—蠨蛛的初步研究 [J]. 林业实用技术, 1981, 04: 24–27]
- Yan JH, Li HJ, Peng HY, et al. Bionomics of *Batrachomorphus dentatus* and its control [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006a, 43 (4): 562–566. [闫家河, 李洪敬, 彭红英, 等. 齿茎长突叶蝉的生物学特性和防治 [J]. 昆虫知识, 2006a, 43 (4): 562–566]
- Yan JH, Tang WY, Zhang H, et al. Bionomics of the leafhopper *Macropsis matsudani* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006b, 43 (2): 245–248. [闫家河, 唐文煜, 张辉, 等. 旱柳广头叶蝉的生物学特性及防治 [J]. 昆虫知识, 2006b, 43 (2): 245–248]
- Yan JH, Wang WL, Liu Q, et al. Preliminary observation of occurrence rules of *Hyphantria cunea* (Drury) in northwest of Shandong [J]. *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, 2011, 2: 1–8. [闫家河, 王文亮, 刘芹, 等. 鲁西北地区美国白蛾主要发生规律的观察研究 [J]. 山东林业科技, 2011, 2: 1–8]
- Yang WL. Notes on some species of Pentatomidae from China [J]. *Bulletin of the Fan Memorial Institute of Biology*, 1933, 4 (2): 9–46.
- Zhang J, Zhang XJ, Liu CY, et al. Fine structure and distribution of antennal sensilla of stink bug *Arma chinensis* (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. *Entomologica Fennica*, 2014, 25: 186–198.
- Zhang JH, Zhang JP, Wang PL, et al. New dynamic and control strategy of cotton pest insects in Xinjiang [J]. *China Cotton*, 2005, 32 (7): 4–6. [张建华, 张建萍, 王佩玲, 等. 新疆棉花害虫新动态及其防治对策 [J]. 中国棉花, 2005, 32 (7): 4–6]
- Zheng LY. *Arma* Hahn (Hemiptera: Pentatomidae) of China [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1981, 3 (4): 28–32. [郑乐怡. 中国的蠨蛛属 *Arma* Hahn (半翅目: 蜡科) [J]. 昆虫天敌, 1981, 3 (4): 28–32]
- Zheng YX, Su GL. Artificial rearing and field release of *Arma chinensis* [J]. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 1983, 3: 36–37. [郑友贤, 苏桂莲. 蠨蛛的人工饲养和田间释放 [J]. 河北林业科技, 1983, 3: 36–37]
- Zheng ZY, Chen YW, Wen YG. Experiments on the use of *Arma custos* (Fabricius) [Hem.: Pentatomidae] to control forest pests [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1992, 8 (4): 155–156. [郑志英, 陈瑜伟, 温宇光. 利用蠨蛛防治几种林业害虫的试验 [J]. 生物防治通报, 1992, 8 (4): 155–156]
- Zou DY, Chen HY, Zhang LS, et al. Studies on artificial diet of *Arma chinensis*. In: Wu KM, Wen LP, eds. *Science and Technology Innovation of Plant Protection and the Construction of Modern Agriculture* [C]. Beijing: China Agriculture Press, 2012, 560. [邹德玉, 陈红印, 张礼生, 等. 蠨蛛人工饲料研究. 见: 吴孔明, 文丽萍主编. 植保科技创新与现代农业建设 [C]. 北京: 中国农业出版社, 2012, 560]
- Zou DY, Coudron TA, Wu HH, et al. Performance and cost comparisons for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) on a zoophylogenous artificial diet and a secondary prey [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2015, 108 (2): 454–461.
- Zou DY, Coudron TA, Zhang LS, et al. Nutrigenomics in *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae): Transcriptomes analysis of *Arma chinensis* fed on artificial diet and Chinese oak silk moth pupae [J]. *PLoS ONE*, 2013a, 8 (4): e60881.
- Zou DY, Wang MQ, Zhang LS, et al. Taxonomic and bionomic notes on *Arma chinensis* (Fallou) (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) [J]. *Zootaxa*, 2012, 3328: 41–52.
- Zou DY, Wu HH, Coudron TA, et al. A meridic diet for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) [J]. *Biological Control*, 2013b, 67 (3): 491–497.