应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2020, 57(3): 491–548. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2020.055

中国寄生蜂研究及其在害虫生物防治中的应用*

时 敏** 唐 璞 王知知 黄健华 陈学新***

（浙江大学昆虫科学研究所，水稻生物学国家重点实验室，农业部作物病虫分子生物学重点实验室，
浙江省作物病虫生物学重点实验室，杭州 310058）

摘 要 寄生蜂是一类重要的寄生性天敌昆虫，种类繁多、习性复杂，在害虫生物防治和综合治理中发挥着极其重要的作用。在产卵时，寄生蜂携带的毒液、多DNA病毒等寄生因子就会随之进入寄主体内，发挥调控寄主生长、发育、免疫、代谢、行为的作用，从而保障了寄生蜂后代的发育。本文主要针对我国寄生蜂的系统分类、资源普查、生物学、生态学、寄主调控、人工繁殖、释放应用、田间保护和助增等方面的基础研究和应用进行了概述和整理。

关键词 生物防治；寄生蜂；资源多样性；寄生因子；寄主互作；人工繁殖；释放应用

Review of research on parasitoids and their use in biological control in China

SHI Min** TANG Pu WANG Zhi-Zhi HUANG Jian-Hua CHEN Xue-Xin***

(State Key Laboratory of Rice Biology, Ministry of Agriculture Key Laboratory of Molecular Biology of
Crop Pathogens and Insects, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Biology of Crop Pathogens and Insects,
Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract Parasitoids are among the most important natural enemies of insect pests and are widely used as biological control agents in integrated pest management. In addition to their eggs, parasitoids inject several parasitoid-associated factors, such as venom and polydnavirus, into their hosts which alter the hosts development, immunity, metabolism and behavior. This paper reviews progress in research on the taxonomy, ecology, host regulation, mass rearing, field release, conservation and augmentation, of parasitoids in China over the past several decades.

Key words biological control; natural enemy; parasitoid; species diversity; biology; ecology; parasitoid-associated factor; host regulation; mass rearing; release; conservation; augementation

我国利用天敌昆虫开展生物防治害虫的历史悠久，早在公元前304年我国南方就有应用捕食性天敌黄猄蚁 *Ocecophylla smaragdina* Fabr.防治柑橘害虫的记录，这是国际上“以虫治虫”最早记录。1932-1933年祝汝佐率先在杭州田间释放桑蟥卵寄生蜂控制桑蟥危害，这是我国首次释放寄生蜂控制害虫的试验（祝汝佐，1934）。20世纪50年代初，蒲蛰龙等成功利用赤眼蜂控制了甘蔗螟虫的为害（朱涤芳等，1992）。寄生蜂，即寄生性膜翅目昆虫，作为一类重要的天敌昆虫，在我国害虫防治过程中发挥了重要的作用，近几十年无论在基础研究，还是在田间应用方面都取得了较大的发展，本文就此进行简要的总结和回顾。

---

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2017YFD0200100，2017YFD0200400，2019YFD0300100）；国家自然科学基金重点项目（31630060）；面上项目（31672079，31702035）；浙江省杰青项目（LR18C140001）

**第一作者 First author，E-mail：shimin0623@zju.edu.cn

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：xxchen@zju.edu.cn

收稿日期 Received：2020-02-28；接受日期 Accepted：2020-03-25

1　寄生蜂的分类和资源发掘

1.1　寄生蜂的分类研究

早在 20 世纪 30 年代，我国最早从事寄生蜂分类研究的祝汝佐先生就发表了一系列寄生蜂资源调查的论文，如《杭州稻苞虫寄生蜂之考察》、《中国松毛虫寄生蜂志》等（赵修复，1991）。随后，胡经甫、赵修复、何俊华等分类学家对我国寄生蜂物种多样性进行了阶段性的记录和整理，如在《中国昆虫目录》（1941）中第一次对我国寄生蜂种类进行了汇总，《天敌昆虫图册》（1978）是常见天敌识别的工具书，在很大程度上促进了我国天敌昆虫特别是寄生蜂资源的调查（赵修复，1991）。20 世纪 80 年代后，我国的寄生蜂分类研究工作得到了很好的发展，表现为研究学者数量增多、涉及类群增多，研究生将寄生蜂的分类作为的论文选题内容。

建国以来寄生蜂分类工作就发现和记述的寄生蜂物种多样性可以简单概括如下。姬蜂总科 Ichneumonoidea 中记述姬蜂科 Ichneumonidae 489 属 2 125 种、茧蜂科 321 属 2 124 种（Yu *et al*.，2016）。小蜂总科 Chalcidoidea 中记述蚜小蜂科 Aphelinidae 16 属 242 种、小蜂科 Chalcididae 16 属 70 种、跳小蜂科 Encyrtidae 126 属 483 种、姬小蜂科 Eulophidae 63 属 388 种、旋小蜂科 Eupelmidae 9 属 56 种、金小蜂科 Pteromalidae 114 属 452 种、棒小蜂科 Signiphoridae 2 属 4 种以及赤眼蜂科 Trichogrammatidae 38 属 173 种（Noyes，2019）。在细蜂总科 Proctotrupoidea 中记述 5 科 24 属 407 种，包括细蜂科 19 属 365 种；柄腹细蜂科 1 属 9 种；窄腹细蜂科 2 属 30 种；离颚细蜂科和修复细蜂科均为 1 属 1 种（何俊华和许再福，2015）。在钩腹蜂总科 Trigonaloidea 中记述 8 属 45 种（Chen *et al*.，2014；Tan *et al*.，2017）。在旗腹蜂总科 Evanioidea 中记述旗腹蜂科 Evanioidae 5 属 18 种（Deans *et al*.，2018）、举腹蜂科 Aulacidae 2 属 25 种（Chen *et al*.，2016a）、褶翅蜂科 Gasteruptiidae 1 属 32 种（Zhao *et al*.，2012；Tan *et al*.，2016a）、冠蜂总科 Stephanioidea 6 属 27 种（Tan *et al*.，2018）。在青蜂总科 Chrysidoidea 中记述短节蜂科 Sclerogibbidae 2 属 3 种（Liu and Xu，2013）、犁头蜂科 Embolemidae 2 属 8 种（Xu *et al*.，2012）、肿腿蜂科 Bethylidae 10 属 104 种（Azevedo *et al*.，2018）和螯蜂科 Dryinidae 16 属 190 种（Olmi and Xu，2015）。

1.2　寄生蜂的资源发掘

以分类研究为基础，有针对性地开展不同农业生态体系中寄生蜂物种资源多样性的调查，为保护和利用本地寄生蜂天敌资源以及开展害虫生物防治和综合治理提供了基础资料。

重要害虫全国范围内寄生蜂资源多样性：小菜蛾 *Plutella xylostella*（Linnaeus）的寄生性天敌（包括引进的在内）有 109 种，其中卵期寄生蜂 5 种、幼虫期寄生蜂 81 种、蛹期寄生蜂 23 种（陈宗麒等，2001）；斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*（Fabricius）的寄生蜂有 40 种，其中原寄生蜂 29 种、重寄生蜂 11 种（何俊华等，2002）；烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）的寄生蜂共计 74 种，其中恩蚜小蜂属 *Encarsia* 47 种、桨角蚜小蜂属 *Eretmocerus* 24 种、埃宓细蜂属 *Amitus* 2 种及新姬小蜂属 *Neochrysocharis* 1 种（王继红等，2011）；竹林主要害虫竹瘿广肩小蜂 *Aiolomorphus rhopaloides* Walker 的寄生蜂有 9 种（何孙强等，2016）。

重要害虫地区性寄生蜂资源多样性：北京地区舞毒蛾的寄生性天敌共计 17 种，其中卵期的天敌大蛾卵跳小蜂 *Ooencyrtus kuwanae*（Howard）、舞毒蛾卵平腹小蜂 *Anastatus disparis*（Ruschka），幼虫期的绒茧蜂、斑痣悬茧蜂 *Meteorus pulchricornis*（Wesmael）、寄蝇类等，蛹期的寄蝇、广大腿小蜂 *Brachymeria lasus* Walker、舞毒蛾黑瘤姬蜂 *Coccygomimus disparis*（Viereck）、脊腿囊爪姬蜂 *Theronia atalantae*（Thunberg）等（冯继华等，1999）；福建省柑桔矢尖蚧 *Unaspis yanonensis*（Kuwana）的寄生性天敌有 6 种，其中矢尖蚧蚜小蜂 *Aphytis yanonensis* DeBach *et* Rosen 和镞盾蚧黄蚜小蜂 *Aphytis unaspidis* Rose *et* Rosen 为优势种（龚建军等，1999）；粉虱的寄生蜂有 22 种，其中蚜小蜂科 Apheinidae 的恩蚜小蜂属 *Encarsia* 19 种和桨角蚜小蜂属

Eretmocerus 2 种、广腹细蜂科 Platygasteridae 的 *Amitus* 属 1 种（黄建等，2000）；广东地区稻田生态系统中褐飞虱 *Nilaparvata lugens*（Stål）卵寄生蜂有 20 种，其中缨小蜂科 11 种、赤眼蜂科 9 种（毛润乾等，1999）；青海省云杉母树林害虫的寄生性天敌有 54 种，其中云杉球果小卷蛾 *Pseudotomoides strobilellus* Linnaeus 上的曲姬蜂 *Scambus* sp.、马尾姬蜂 *Megarhyssa* sp.和球果平胸姬小蜂 *Hyssopus nigritulus*（Zetterstedt）为 3 种主要种（汪有奎等，2000）；浙江省茶树害虫黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus*（Quaintance）上的寄生蜂有 8 种（王义平等，2001）；昆明地区瘤大球坚蚧 *Eulecaium gigantea*（Shinji）的寄生有 6 种，即球蚧花角跳小蜂 *Blastothrix sericea*（Dalman）、绵蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus pulvinariae*（Howard）、夏威夷食蚧蚜小蜂 *Coccophagus hawaiiensis* Timberlake、白蜡虫花翅跳小蜂 *Microtery sericeri* Ishii、食蚧蚜小蜂 *Coccophagus* sp.等（陶玫等，2002）。类似同样进行过寄生蜂调查的还有昆明的桔绵蜡蚧 *Chloropulvinaria aurantii*（Cockerell）（陈国华等，2003）、红蜡蚧 *Ceroplastes rubens* Maskell（陶玫等，2003b）、白生盘蚧 *Crescoccus candidus* Wang（陶玫等，2003a）、分瓣臀凹盾蚧 *Phenacaspis kentiae* Kuwama（黄燕辉等，2004）、浙江杭州地区的潜叶蝇（Chen *et al.*，2003）、烟粉虱（杨帆等，2016）、竹镂舟蛾 *Loudonta dispar* Kiriakof 和竹卵圆蝽 *Hippotiscus dorsalis*（Stål）（郭瑞等，2016）、宁波地区的小菜蛾（皇甫伟国等，2010）；江淮棉区的棉大卷叶螟 *Sylepta derogata* Fabricius（康晓霞等，2006）、新疆的温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum*（Westwood）（柳斌等，2009）、东疆玉米地叶蝉科害虫（伊龙等，2013）、玛纳斯国家湿地公园大青叶蝉 *Tettigella viridis* Linnaeus（林思雨等，2016）、福建省的烟粉虱（黄建等，2010）、冀西北农牧交错区草地螟 *Loxostege sticticalis* L.（康爱国等，2015）、宁夏的麦蚜（刘军和等，2014）、北方麦田的蚜虫（Yang *et al.*，2017a）和棉蚜 *Aphis gossypii* Glover（Yang *et al.*，2017b）等。

作物生态系统中寄生蜂资源多样性：稻田系统中有 16 科 67 种以上寄生蜂、毗邻杂草中有 19 科 96 种（毛润乾等，2000；李志胜等，2002；徐敦明等，2004），基本上是稻田害虫的初寄生蜂、少数为重寄生蜂；新疆棉田茧蜂种类有 9 种，其中麦蛾柔茧蜂 *Habrobracon hebetor* Say、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday、地老虎长体茧蜂 *Macrocentrus collaris* Spinola、瓢虫茧蜂 *Dinocampus coccinellae* Schrenk、燕麦蚜茧蜂 *Aphidius evenae* Haliday 为优势种（吐尔逊·阿合买提等，2006）。进行过类似调查的作物生态系统还有云南的酸甜石榴园（吴海波等，2009）、北京地区的梨园（张学昌等，2014）、湖北柑橘园（郑文艳等，2016）等。

2　寄生蜂的生物学

2.1　幼蜂发育

对寄生蜂幼蜂的发育研究主要集中于卵（胚胎发育过程中形态特征变化描述）和幼虫龄期划分上。黄腹潜蝇茧蜂 *Opius caricivorae* Fischer 整个幼期在 25 ℃条件下约需 327 h，卵在产后 46-52 h 孵化，幼蜂发育可分成 5 个龄期（1 龄 22-23 h、2 龄 24 h、3 龄 10-14 h、4 龄 4-6 h 和 5 龄 20-26 h）；其中 1 龄幼蜂孵化后体外仍有卵膜包裹并具较发达的上颚、5 龄幼蜂口器下颚须之间出现了一个新的结构“Transverse sclerite”（Xu *et al.*，2007）。产入亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）幼虫体内的腰带长体茧蜂 *Macrocentrus cingulum* Brischke 卵的发育历程为 10 min 开始卵裂、1 d 从卵壳中释放初级胚胎并分裂产生能形成桑葚胚的二级胚胎、3 d 从胚外膜中释放出来的二级胚胎进入胚胎发育阶段、6 d 胚胎发育进入胚带期、8 d 头尾形成、9 d 分节，之后幼蜂出胚外膜（即孵化）、13 d 后幼蜂从寄主体内钻出（胡建等，2008）。类似研究还有川硬皮肿腿蜂 *Scleroderma sichuanensis* Xiao（申莉莉和周祖基，2002）、日本柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus japonicus*（Ashmead）（Gan *et al.*，2003）、双斑侧沟茧蜂 *Microplitis bicoloratus* Xu *et* He（Luo *et al.*，2007）、管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* Xiao *et* Wu（代平礼和徐志强，2007）、菜

蛾盘绒茧蜂 *Cotesia vestalis*（Haliday）（Yu *et al.*，2008；原建强等，2008）、半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclauseum*（Hellén）（原建强等，2008；Huang *et al.*，2009a）、菜蛾啮小蜂 *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov)（王春艳等，2011）、颈双缘姬蜂 *Diadromus collaris*（Gravenhorst）（Zhao *et al.*，2014）、东方蝗卵蜂 *Scelio orientalis* Dodd（刘婷等，2009）、长尾全裂茧蜂 *Diachasmimorpha longicaudata*（Ashmead）（邵屯等，2008）、平腹小蜂 *Anastatus* sp.（陈业林和利翠英，1985）、中红侧沟茧蜂（秦启联等，2000a）。在把握寄生蜂胚胎期和幼蜂期发育动态的同时，对在体外条件下培养寄生蜂胚胎以及幼蜂进行了探索（胡建和刘峰，2008），发现了如整合素 β 亚基等能参与寄生蜂（腰带长体茧蜂）幼期发育调控（胚胎增殖能力呈正相关）的功能基因（颜曦等，2013）。

2.2　寄主选择

容性内寄生蜂（Koinobiont endoparasitoid）为了保证后代发育，母代雌蜂会依据简单食性理论，选择产卵于营养质量较高的寄主，并决定产何种性别的卵，同时雌蜂产卵时还考虑了子代蜂的繁殖力。菜蛾啮小蜂寄生小菜蛾幼虫时并没有对寄主发育龄期表现出明显的偏好性，子代雌蜂体内怀卵量不随寄主个体的大小变化，只随着产卵次数的增加而呈线性下降趋势（晁云飞等，2009；Li *et al.*，2017c），但是雌蜂会根据寄生时的寄主幼虫状态调整其产卵时子代性别的分配策略（Li *et al.*，2019）。当菜蛾盘绒茧蜂起始寄生 3 龄小菜蛾幼虫时，具有最高繁殖力的子代雌蜂不是育自个体最大的寄主幼虫（Shi *et al.*，2002）。颈双缘姬蜂偏好产卵于处在发育早期阶段的小菜蛾蛹，子代幼蜂的存活率、大小和寄生能力随着寄生时寄主蛹龄的增加而显著降低（汪信庚等，1997；Wang and Liu，2002）。中红侧沟茧蜂虽然能寄生各个龄期的棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）和粘虫 *Mythimna seperata*（Walker）的幼虫，但初始寄生寄主龄期为 1-2 龄幼虫体内发育的子代蜂茧轻于初始寄生寄主龄期为 3-4 龄的，同时子代幼蜂成功发育的概率随着寄主幼虫龄期增大而下降，所以母蜂最终表现为偏好寄生于 2-3 龄的寄主幼虫（李建成等，2005；郦卫弟等，2006）。斑痣悬茧蜂对其寄主棉铃虫、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*（Hübner）幼虫寄生选择可能不是根据寄主龄期而是根据寄主体型大小来评价，寄生时寄主大小（发育龄期）与寄生蜂子代的大小之间呈现“圆顶型”关系，在个体较大的寄主体内产的寄生蜂卵成功完成发育的概率较低，同时从卵到成虫的发育时间也会明显延长（刘亚慧和李保平，2006；Liu and Li，2006，2008；陈雯等，2011）。

抑性寄生蜂（Idiobiont parasitoid）产卵选择则完全符合“寄主大小-质量假说”，正如“棉铃虫-棉铃虫齿唇姬蜂 *Campaletis chlorideae* Uchida”（王琛柱，2001）、“白蜡窄吉丁 *Agrilus planipennis* Fairmaire-白蜡吉丁柄腹茧蜂 *Spathius agrili* Yang”（Wang *et al.*，2008b）、“菜粉蝶 *Pieris rapar*（Linnaeus）-蝶蛹金小蜂 *Pteromalus puparum*（L.）、广大腿小蜂”（张晓岚等，2009；高珏晓等，2010；夏诗洋等，2012）、“哈氏肿腿蜂 *Sclerodermus harmandi*（Buysson）-松褐天牛 *Monochamus alternatus* Hope”（Liu *et al.*，2011）、“管氏肿腿蜂-青杨天牛 *Saperda populnea* L.”等寄生系统。周冰颖等（2016）的研究表明，子代成蜂的大小随母代雌蜂初始寄生时寄主个体的大小增加呈线性增加，母代雌蜂寄生时也会排除个体过小的寄主（Liu *et al.*，2011；周冰颖等，2016）。在寄生过程中，寄生蜂雌蜂经常会权衡“trade-off”出最适合的寄主去产卵，这是因为寄主的个体大小会对寄生蜂寄生用时以及后代发育的多种适应性指数产生影响（Li and Sun，2011；Liu *et al.*，2011；Wei *et al.*，2014）。但是有一些容性寄生蜂对寄主幼虫的产卵选择也符合也这一假说，如中红侧沟茧蜂（刘小侠等，2004）、蚜茧蜂 *Aphidius transcaspicus* Telenga、可疑柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus ambiguus* Haliday 等（Li and Mills，2004；Xu *et al.*，2008）。

卵寄生蜂的发育完全依赖于寄主卵的营养物质，除了寄主卵的质量（包括大小、卵龄和种类）会显著影响寄生蜂母蜂的产卵偏好性，寄主卵受精与否也是也是影响因素之一。稻螟赤眼蜂 *T. japonicum*（Ashmead）、松毛虫赤眼蜂 *T.*

dendrolimi Matsumura、螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* Ishii 通过区别受精卵和未受精卵，偏好产卵于二化螟 *Chilo suppressalis*（Walker）未受精卵（Yang *et al.*，2016）和米蛾 *Corcyra cephalonica* Stainton 受精卵（Du *et al.*，2018）。茶翅蝽沟卵蜂 *Trissolcus japonicus*（Ashmead）在茶翅蝽 *Halyomorpha halys*（Stål）未受精卵内发育的子代幼蜂发育时间较短、雌性后代比高、繁殖力强（Zhang *et al.*，2017b；Yang *et al.*，2018b）。类似研究和分析还涉及日本柄瘤蚜茧蜂-黑豆蚜（甘明等，2003a）、中红侧沟茧蜂-黏虫（Li *et al.*，2006）、麦蛾柔茧蜂-印度谷螟 *Plodia interpunctella*（Hübner）（Akinkurolere *et al.*，2009）、海氏桨角蚜小蜂 *Eretmolerus hayati* Zolnerouich *et* Rose-“B 型”烟粉虱（Yang and Wan，2011）、蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae*（Rondani）-橘小实蝇（Zhao *et al.*，2013a）、马尼拉侧沟茧蜂 *Microplitis manilae* Ashmead-甜菜夜蛾（Qiu *et al.*，2013）、蝇蛹金小蜂-瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae*（Coquillett）（Zhao *et al.*，2013b）、管侧沟茧蜂 *Microplitis tuberculifer*（Wesmael）-黏虫（Chu *et al.*，2014）、椰心叶甲啮小蜂 *Tetrastichus brontispae* Ferrière-水椰八角铁甲 *Octodonta nipae*（Maulik）（Tang *et al.*，2014）等寄生体系。

2.3　寄主适合度

经过长期协同进化，寄生蜂和寄主之间的适合程度（即寄生蜂对寄主的寄生效能）很高。生命表参数能反映寄主范围较广的寄生蜂和不同寄主之间的配适程度、相应寄生（控害）效能和影响种群波动的因素。不同羽化日龄甘蓝夜蛾赤眼蜂 *Trichogramma maidis* Pint. *et* Voeg 分别用地中海粉斑螟 *Ephestia kuehniella* Zeller 卵繁殖一代后，其子代蜂对 5 种不同寄主卵的实验种群生命表表明地中海粉斑螟卵可以作为培育优良（寄主适合度和寄生效能高）子代蜂的寄主（邱鸿贵等，1992；黄寿山等，1996）。同样用生命表研究发现，适合用寄主饲养的还有“荔蝽平腹小蜂 *Anastatus japonicus* Ashmead 与不同地理种群的柞蚕 *Antherea pernyi* Guerin-Meneville 卵”（吕欣等，2009）。通过对 24 个不同时期放蜂的放蜂区和对照区内松突圆蚧 *Hemiberlesia pitysophila* Takagi 自然种群生命表参数的分析发现，影响放蜂区松突圆蚧种群数量变动的关键因子是花角蚜小蜂 *Coccobius azumai* Tachikawa 的寄生，而对照区内则是其他捕食性天敌的捕食（古德祥和陈永革，1998）。影响小菜蛾自然春季种群趋势的是菜蛾啮小蜂（排除作用控制指数 EIPC=8.28）和菜蛾盘绒茧蜂（EIPC=4.85），影响秋季种群则是 4 龄幼虫被捕食性天敌捕食及其它作用死亡（何余容等，2000）。由于豆柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus fabarum* Marshall 的 r_m 和 R_0 值均明显大于黑豆蚜，所以豆柄瘤蚜茧蜂对黑豆蚜有较强的控害潜能（王秀梅等，2014）。不同日龄蝇蛹俑小蜂 *Spalangia endius* Walker 对在不同土壤类型及深度化蛹的橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*（Hendel）的寄生率随着寄主化蛹土壤深度的增加而减少（唐良德等，2015）。通过类似分析后明确寄生蜂对既定寄主寄生控制方式和控制效能的还有“异角釉小蜂 *Hemiptarsenus varicornis*（Girault）-三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii*（Burgess）”（Cheng *et al.*，2017）。

2.4　寄生效率

寄生蜂和专性捕食者一样，以一种特定的猎物为食/寄主，寄生率随着寄主密度的增加而增加，但最终由于寄生蜂对寄主的处理时间而进入平台期（Holling Ⅱ型）。目前已发现的寄生蜂功能反应曲线均符合 Holling Ⅱ模型，如花角蚜小蜂对松突圆蚧雌成蚧（王竹红等，2007）、海氏桨角蚜小蜂对 B 型和 Q 型烟粉虱（邵家斌等，2010）、松褐天牛肿腿蜂 *Sclerodermus* sp.对寄主松褐天牛 3 龄幼虫（张彦龙等，2012）、烟蚜茧蜂对桃蚜 *Myzus persicae*（Sulzer）（毕章宝和季正端，1996；Khan *et al.*，2016a，2016b）、横带折脉茧蜂 *Cardiochiles philippinensis* Ashmead 对稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee（Zhang *et al.*，1996）、甘蓝潜蝇茧蜂 *Opius dimidiatus*（Ashmead）对美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae*（Blanchard）幼虫（吴启松等，2002）、冈崎姬小蜂对美洲斑潜蝇（陈艳，2005）、啊氏

啮小蜂 *Tetrastichus hagenowii*（Ratzeburg）对美洲大蠊 *Periplaneta americana* Linnaeus 卵（张李香和吴珍泉，2005）、椰心叶甲啮小蜂对椰心叶甲 *Brontispa longissima* Gestro（周祥等，2006）、菜蛾啮小蜂对小菜蛾幼虫（Chen *et al.*，2008）、马尼拉陡胸茧蜂 *Snellenius manila*（Ashmead）对甜菜夜蛾（孙君帅和黄寿山，2010）、白蜡吉丁肿腿蜂 *Sclerodermus pupariae* Yang *et* Yao 对栗山天牛 *Massicus raddei* Blessig（王小艺等，2010）、蝇蛹俑小蜂对桔小实蝇蛹（章玉苹等，2010）、班氏跳小蜂 *Aenasius bambawalei* Hayat 对扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley（黄俊等，2012）、哥德恩蚜小蜂对螺旋粉虱 *Aleurodicus dispersus* Russell（陈俊谕等，2013）、稻虱缨小蜂对白背飞虱 *Sogatella furcifera*（Horvath）卵和褐飞虱卵（Ma *et al.*，2012）等。

2.5　行为学特性

2.5.1　母代雌蜂的照料行为　寄生蜂雌蜂对子代的照料行为，不仅有利于子代寄生蜂的生长发育，还能通过降低子代寄生蜂幼蜂的感病率来提高子代幼蜂存活率，这对寄生蜂种群的维持和繁衍来讲具有正面的影响（黄维亚和李莉，2017）。雌性管氏肿腿蜂对高龄子代幼蜂具有节律性的抚育和转移行为（伍绍龙等，2013）；缺乏母蜂照料的子代幼蜂感染球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 的比例显著增高（黄维亚和李莉，2017）。

2.5.2　母蜂的学习经历　雌蜂的学习经历能显著提高其对寄主搜索效率。寄生桑虎天牛 *Xylotrechus chinensis* Chevrolat 的管氏肿腿蜂，有产卵经验的雌蜂从接蜂到产卵所需的时间显著短于无产卵经验的雌蜂（张卫光等，2004）。类似寄生蜂还有川硬皮肿腿蜂（谢正华等，2006）、荔蝽平腹小蜂（王建武等，2003）、棉铃虫齿唇姬蜂（Zhang *et al.*，2010a）、松毛虫赤眼蜂（欧海英等，2011）等。寄生蜂的学习行为受寄生蜂自身生理状态的影响。当中红侧沟茧蜂雌蜂同时被给予食物和寄主相关的气味时，虽然在一般情况下饥饿的雌蜂更喜欢食物的气味、饱腹的雌蜂更喜欢寄主的气味，但是已有的产卵经历会提高饥饿雌蜂对寄主气味的偏好性（Luo *et al.*，2013a）。对于多寄主型且学习能力强的寄生蜂，其适应性的学习能够明显提高其对新寄主的寄生作用，正如白蜡吉丁肿腿蜂对新寄主-栗山天牛的寄生能力在进行适应性学习后显著提高（Wei *et al.*，2013；唐艳龙等，2015）。

2.5.3　雄性蜂的争斗行为　雄性寄生蜂之间会为了获得更高的与雌蜂交配的机会而发生较为激烈的争斗行为，这种争斗行为激烈程度和种群中雄性个体的密度以及雌蜂存在与否相关。如舞毒蛾卵平腹小蜂的雄性个体之间争斗行为的强度会随着雄性竞争者的密度和雌蜂的出现而增加，同时在争斗过程中受伤雄蜂和未受伤的雄蜂相比，前者更容易受到攻击（Liu *et al.*，2017b）；由于增加雄蜂的争斗强度会降低其与雌蜂的交配频率，雄蜂也会依据雌蜂个体的情况适当调整它们的争斗频率）（Yi *et al.*，2018）。

2.5.4　寄生蜂的视觉和嗅觉　寄生蜂主要是通过触角嗅觉（气味线索）接受寄主（Zhou *et al.*，2015c），而视觉在寄生蜂接受寄主的过程中仅起到辅助作用。寄主幼虫的振动和气味线索在白蜡吉丁柄腹茧蜂定位寄主生境和寄主的各个阶段过程中起着重要作用（Wang *et al.*，2010），而寄主蛹动在啮小蜂 *Tetrastichus* sp.和椰心叶甲啮小蜂雌蜂接受寄主的过程中作用明显（陆剑锋等，2005；周祥等，2006）。

2.6　飞行和扩散

在田间应用寄生蜂的进行生物防治的过程中，寄生蜂控制害虫的效力在很大程度上取决于它们的移动性，即是否能迅速到达寄主害虫身边。利用微型昆虫飞行磨计算机联用装置发现不论何种环境条件，各日龄的雌、雄中红侧沟茧蜂成蜂都能表现出很强的飞行意愿和飞行能力（Yu *et al.*，2009）。被寄生的有翅蚜可以携带寄生卵或幼虫进行长途飞行，由此协助寄生蜂的迁徙和扩散（Yu *et al.*，2009；郭近等，2010）。虽然寄生后大豆蚜的飞行距离长短对其体内幼蜂的发育时间以及僵蚜率无明显的影响（Yu *et al.*，2009），但是寄生后大豆蚜本身的飞行能力则与寄生发生的时间点和起飞时间之间的间隔长短有关（Zhang *et al.*，2012b）。寄生蜂飞行能力和

田间扩散行为与寄生蜂的寄生效率之间具有相关性，如斑痣悬茧蜂对斜纹夜蛾幼虫（黄露等，2011）、花角蚜小蜂对松突圆蚧（陈顺立等，2011）、丽蚜小蜂对烟粉虱的寄生率（赵静等，2018）均随释放后飞行和扩散距离的增大而显著降低。

3　寄生蜂的生态学

和其他生物一样，寄生蜂在生态系统中也受到生物和非生物因子的影响，从而影响它们对寄主昆虫的控制效果。

3.1　生物因素

3.1.1　种间竞争　在自然界中，当不同物种利用相似的生态位时，就会发生竞争性的相互作用。寄生蜂（寄生蜂）的寄主范围往往很窄，需要与竞争对手合作，利用相同的寄主物种来发育后代。当不同寄生物种的幼虫在同一宿主中发育时，这就导致了固有的竞争。

不同的寄生蜂携带的寄生因子不同，能寄生于同一寄主的不同寄生蜂所携带的寄生因子情况决定了寄生蜂的竞争能力。携带不同寄生因子的半闭弯尾姬蜂、菜蛾啮小峰、菜蛾盘绒茧蜂在寄主体内的种间竞争研究表明这 3 种寄生蜂都不能识别寄主是否已被产卵，始终处于优势的是菜蛾盘绒茧蜂，而半闭弯尾姬蜂和菜蛾啮小峰之间的优势程度由前后产卵顺序和间隔所决定（施祖华等，2003；Shi *et al.*，2004；Bai *et al.*，2011；Li *et al.*，2019）。

若是寄生蜂携带的寄生因子种类没有区别，则寄生蜂本身适应度（卵孵化较早、寄主选择标准宽松、能识别不同状态的寄主等）或者抗逆性较强的，在对寄主的控制上就处于优势地位。如本地寄生蜂拟澳洲赤眼蜂和引进的短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley 相比，单独接蜂时短管赤眼蜂对小菜蛾卵卵龄的要求较为宽松，对各龄小菜蛾卵的寄生率、子代羽化率、子代雌蜂百分率均较拟澳洲赤眼蜂高，而子代蜂的发育死亡率则较拟澳洲赤眼蜂低；当 2 种蜂混接时短管赤眼蜂始终占据优势，说明短管赤眼蜂对小菜蛾卵有更强的寄生能力和竞争能力（何余容等，2005）；若扩大试验区的面积则发现拟澳洲赤眼蜂可以通过增加搜索区域和寻找更多的寄主来提高它们的竞争能力（何余容等，2004）。丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan 和浅黄恩蚜小蜂相比时，前者对烟粉虱的寄生程度始终要较高（Pang *et al.*，2011）。斑痣悬茧蜂和中红侧沟茧蜂相比，不论是何种不同寄生顺序和间隔时间组合，前者在黏虫低龄幼虫体内与中红侧沟茧蜂的竞争中占有优势（徐宇航等，2016）。花角蚜小蜂和友恩蚜小蜂 *Encarsia amicula* Viggiani *et* Ren 相比，因其具有种内寄生识别能力而避免过寄生（袁伟等，2007）。切割潜蝇茧蜂和长尾潜蝇茧蜂相比，后者在 30 ℃或者更高的温度条件下对寄主害虫的寄生力明显要高（杨建全等，2008）。类似的种间竞争的研究体系还有“枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang *et* Li-外寄生蜂枸杞木虱啮小蜂 *Tamarixia lyciumi* Yang（膜翅目：姬小蜂科）和内寄生蜂枸杞木虱跳小蜂 *Psyllaephagus arenarius* Trjapitzin”（Wu *et al.*，2018）、“美洲斑潜蝇-豌豆潜蝇姬小蜂和芙新姬小蜂”（Xuan *et al.*，2018）、“斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* Matsumura-反颚茧蜂 *Asobara japonica* Belokobylskij、丽盾瘿蜂 *Ganaspis brasiliensis* Ihering 和细毛瘿蜂 *Leptopilina japonica* Novkovic *et* Kimura”（Wang *et al.*，2019b）、“绿盲蝽 *Apolygus lucorum* MeyerDurin-红颈常室茧蜂 *Peristenus spretus* Chen *et* van Achterberg 和遗常室茧蜂 *Peristenus relictus* Loan”（Luo *et al.*，2018）、“东方果蝇 *Bactrocera dorsalis*（Hendel）-阿里山潜蝇茧蜂与切割潜蝇茧蜂”（Yang *et al.*，2018a）、“橘小实蝇-布氏潜蝇茧蜂 *Fopius vandenboschi*（Fullaway）和长尾全裂茧蜂”（吕增印等，2008）。以重寄生蜂之间同样也会发生竞争，如聚寄生的弯沟啮小蜂 *Baryscapus galactopus*（Ratzeburg）和单寄生的双菱室姬蜂 *Mesochorus gemellus* Holmgren 相比，前者更具竞争优势（Zhu *et al.*，2016）。

但是，若同时释放的 2 种寄生蜂之中有一种可以识别和回避已经被寄生的寄主，那么两者之

间不存在竞争效应，如新引进的抑性外寄生蜂加琳娜柄腹茧蜂 *Spathius galinae* Belokobylskij *et* Strazenac 雌蜂能识别健康的寄主白蜡窄吉丁虫幼虫和被白蜡吉丁啮小蜂寄生了的寄主幼虫，所以如果 2 种寄生蜂联合释放则两种寄生蜂对寄主的相互竞争作用可能极小（Yang *et al.*, 2012）。

3.1.2　植物次生代谢物质与挥发物　植食性昆虫对植物的取食行为会改变植物的次生代谢过程，因此植物的挥发性物质的组成和比例也会发生变化，而这一变化则对寄生蜂搜索起到了正向的引导作用。同时，正在取食或为害的寄主幼虫释放出来的可挥发物对寄生蜂的搜索也起到了正向的引导作用，这在对“甘蓝-小菜蛾-半闭弯尾姬蜂”（李欣和刘树生，2002）、“Bt 棉、非 Bt 棉-甜菜夜蛾-管侧沟茧蜂（Zhang *et al.*, 2010b）”、“水稻-褐飞虱-稻虱缨小蜂（Lou *et al.*, 2005）”、“蓖麻-绿盲蝽-红颈常室茧蜂（Xiu *et al.*, 2019）”的三营养级系统的研究过程中都得到了验证。进一步对寄生蜂搜索能起正向引导作用的挥发物进行了鉴定，发现在“蓖麻-绿盲蝽-红颈常室茧蜂”系统中为间甲苯和 4′-乙基苯乙酮（Xiu *et al.*，2019）、在“水稻-褐飞虱-稻虱缨小蜂”体系中则是乙烯（Lu *et al.*，2006）、在“玉米-黏虫-棉铃虫齿唇姬蜂”系统中则是（Z）-3-己烯基乙酸和芳樟醇（Yan and Wang，2006）。

与昆虫取食一样，喷施某些外源化合物也可诱导植物发生防御反应组成的改变，进而影响了寄生蜂的行为反应（尹姣等，2005）。如施用外源茉莉酸 JA 可诱导植物产生各种防御反应，在对害虫产生负影响的基础上，提高寄生蜂的搜索和寄生效率（吕要斌和刘树生，2004；尹姣等，2005；冯会藏等，2009；Meng *et al.*，2011；Qiu *et al.*，2012；Li *et al.*，2013，2014b）。当然，具体被喷施的植物器官不同则对寄生蜂的影响不同，芽施 JA 比根施 JA 更能促进寄生蜂的寄生率和搜索频率（Qiu *et al.*，2012；Li *et al.*，2013）。能与茉莉酸一样对寄主蜂起诱集作用的发挥类外源施用物还包括茉莉酸甲酯（MeJA）（Cheng *et al.*，2007；黄娟娟等，2015）、水杨酸甲酯（MeSA）（苗进和韩宝瑜，2011）、果胶酶（郭光喜等，2006）、β-葡萄糖苷酶（Wang *et al.*, 2008a）、2,4-Dichlorophenoxyacetic acid（2.4-D）（Xin *et al.*，2012）、β-1,3-葡聚糖海带多糖（Xin *et al.*，2019）等。

在作物-害虫-天敌三营养级系统中，过量施用氮素一类的肥料能改变作物的营养成分和次生代谢物质的含量从而对天敌的控害能力产生负面影响（吕仲贤等，2006）。正如田间氮肥的过量输入对谷类作物上蚜虫的好处大于寄生蜂（Hao *et al.*，2015）。

3.1.3　微生物　在自然界中，寄生蜂和寄主组成的系统会与多种微生物接触，这些微生物有致病性的，也有非致病性，所产生的影响有正面的也有负面的。如斜纹夜蛾核多角体病毒 *Spodoptera litura* multicapsid nucleopolyhedrovirus（SpltMNPV）就抑制干扰了双斑侧沟茧蜂病毒寄主细胞免疫功能（Luo and Pang，2006b）。甜菜夜蛾核型多角体病毒-甜菜夜蛾-双斑侧沟茧蜂、核型多角体病毒（NVP）-斜纹夜蛾-淡足侧沟茧蜂的研究表明寄生蜂是可以区别选择健康的、而非被昆虫病毒感染的寄主产卵，若寄生蜂已产卵于被昆虫病毒侵染的寄主，则昆虫病毒就借助寄生蜂产卵管进行传播，所以两者在控制寄主的过程中存在协同性（Jiang *et al.*, 2011, 2014；Cai *et al.*, 2012）。感染烟粉虱的玫烟色拟青霉 *Isaria fumosoroseus*、蜡蚧轮枝菌 *Lecanicillium muscarium* 等昆虫病原真菌对寄生于烟粉虱的桨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp. *nr*. *furuhashii* 产生了负面性间接影响，即病原菌浓度与寄主体内幼蜂的死亡率呈正相关，但这一间接影响只发生在寄生蜂幼蜂发育的当代（Lazreg *et al.*，2009；Huang *et al.*，2010b）。蚜虫体内所携带内共生菌与子代幼蜂的发育关系是内共生菌存在即寄主龄期与幼蜂发育相关。若去除内共生菌则明显降低寄主体内营养物质含量，从而间接影响寄生蜂子蜂的发育（Miao *et al.*，2004；Cheng *et al.*，2010）。又如番茄黄化曲叶病毒（TYLCV）通过影响丽蚜小蜂对其传播媒介烟粉虱（B 型、Q 型）的适合度来影响发育的成蜂寿命（Liu *et al.*，2014b）。

内共生菌 *Wolbachia* 可以影响寄主蜂的生殖

行为（刘宏岳等，2009）。田间 *Wolbachia* 在害虫和相应寄生蜂种群之间进行水平相互传播，正如稻田中灰飞虱 *Laodelphax striatellus* Fallén、褐飞虱、白背飞虱由于被同一种寄生蜂寄生而同时感染同一种 *Wolbachia*（甘波谊等，2000）。不同生物型烟粉虱所携带的 *Wolbachia* 和它们相应寄生蜂所携带的 *Wolbachia* 在 DNA 序列上的高度相似性支持了 *Wolbachia* 能在害虫和寄生蜂之间进行水平相互传播（Ahmed *et al.*，2010）。利用抗生素和高温处理可以降低母蜂感染 *Wolbachia* 的频率（Wang *et al.*，2016a，2016b），从而影响子代寄生蜂的性比。特别是对于丽蚜小蜂而言，持续短期高温冲击对母代雌蜂能产生积累效应并降低子代丽蚜小蜂的雌雄性比（周淑香等，2009）。虽然使用被 *Wolbachia* 感染的寄生蜂被认为是一种提高生物防治效果的方法，但在对松毛虫赤眼蜂产雌孤雌品系和两性生殖品系的比较中发现，*Wolbachia* 会对赤眼蜂的适应性产生负面影响（刘泉泉等，2018 ；Liu *et al.*，2018）。

3.1.4　中性昆虫　刺吸式口器的害虫对于蚂蚁来讲是蜜源昆虫，蚂蚁对蜜源昆虫的照料行为降低了寄生蜂对寄主的控制效能（程寿杰等，2013）。如红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 或黑头荒蚁 *Tapinoma melanocephalum* Fabricius 对扶桑绵粉蚧的照料行为不仅能显著降低班氏跳小蜂的寄生率和种群数量，还能抑制与粉蚧处于竞争性关系的美棘蓟马 *Echinothrips americanus* Morgan 的种群数量，从而显著促进了粉蚧种群的扩增和繁殖（程寿杰等，2013；Zhou *et al.*，2015a，2015b）。

3.1.5　转 Bt 基因抗虫作物　随着转基因抗虫作物的研发和应用，抗虫转基因作物对非靶标生物（寄生蜂）的潜在影响也是其在商业化种植之前必须进行评估内容。评估结果均表明转基因杀虫植物对寄生蜂的负面影响是经由寄主的品质降低介导，最终影响寄生蜂种群，正如直接取食 Cry1Ac 蛋白对寄生蜂无明显影响，而在取食转 Cry1Ac 基因植物的寄主体内寄生蜂幼蜂的各项发育指标都受到了显著的影响（Liu *et al.*，2005a）。相关的研究体系有“转 Cry1Ac 基因棉花-棉铃虫-中红侧沟茧蜂”（任璐等，2004；Liu *et al.*，2005b；Ding *et al.*，2009）、“表达 Cry1Ac 蛋白的 Bt 玉米-亚洲玉米螟-腰带长体茧蜂”（Wang *et al.*，2017）。若寄主不受转基因杀虫植物的影响，其体内发育的寄生蜂则不受影响。正如，“转 Bt 基因水稻-褐飞虱-稻虱缨小蜂/黑肩绿盲蝽”、“转 Bt 基因水稻-谷蠹 *Rhyzopertha dominica* Fabrieius、玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky -谷象金小蜂 *Anisopteromalus calandrae*（Howard）-雅脊金小蜂”体系中的寄主体内能检测到 Bt Cry1Ac 蛋白，但在寄生蜂幼蜂中都检测不到。所以只要寄主昆虫不是转 Bt 基因作物的靶标害虫，其体内发育的寄生蜂各项指标均正常（刘志诚等，2003；姜永厚等，2005；Wei *et al.*，2008；Han *et al.*，2014；梁玉勇等，2014；王文晶等，2014；Chen *et al.*，2015；Liu *et al.*，2015；Sun *et al.*，2015；Tang *et al.*，2019）。而转 Bt 基因作物的花粉和花蜜、刺吸式害虫产生的蜜露则可以作为寄生蜂成蜂存活的很好补充营养物质（耿金虎等，2005；Geng *et al.*，2006；白树雄等，2011；Tian *et al.*，2018）

3.2　非生物因素

3.2.1　温湿度　温度不仅影响到寄生蜂的发育、繁殖和抗逆性，还对寄生蜂的行为和活动也有显著的影响。不同温度条件下寄生蜂的发育速率不同，一般情况是温度上升发育速率加快，但是成蜂的寿命会随着温度的上升而逐渐缩短。寄生蜂只有在最适宜的温度条件下才能发挥最大的寄生能力。在实验室恒温条件下，发现副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang *et* Huang 世代发育起点温度和有效积温分别为 13.10 ℃和 215.00 度·日，雌蜂在 27-30 ℃的最适条件下具有最大产卵量，可达 25.77 粒/雌蜂（温丽娜等，2010）；烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis*（Ashmead）发育起点温度为 3.3 ℃，有效积温为 2 660 度·日，雌蜂的寿命、性比、生殖力及僵蚜的体重和羽化率均在 20 ℃时达到最大值，温度高于 25 ℃时即对烟蚜茧蜂雌蜂各项生物学指标以及寄生习性指标造成显著的负影响（吴兴富等，2000）；莫氏蚜茧蜂 *Lysiphlebia mirzai*

Shuja-Uddin 的发育起点温度和有效积温分别为 3.7 ℃和 142.7 度·日，理论幼蜂、蛹和整个幼期阶段的最适宜发育温度分别是 30.3、33.3 和 31.1 ℃，整个寄生蜂种群增长的最适合温度常在 15-25 ℃之间波动（Liu and Tsai，2002）。类似的研究还有颈双缘姬蜂（汪信庚和刘树生，1998；Liu *et al.*，2001）、花角蚜小峰 *Coccobius azumai* Tachikawa（丁德诚等，1995）、中华长尾小蜂 *Torymus sinensis* Kamijo（Piao and Moriya，1992）、菜蛾啮小蜂（Wang *et al.*，1999）、白蜡虫啮小蜂 *Tetrastichus kodaikanalensis* Saraswat（焦懿和赵苹，2000）、冈崎姬小蜂 *Neochrysocharis okazakii* Kamijo（陈艳和叶强，2002）、底比斯釉姬小蜂 *Chrysocharis pentheus* Walker（詹根祥等，2002）、玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae* Pang *et* Chen（Saljoqi and He，2004；代晓彦等，2016）、卷蛾分索赤眼蜂 *T. bactrae* Nagaraja（陈科伟等，2005）、桨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp nr. *furuhashii*（Qiu *et al.*，2007）、歌德恩蚜小蜂 *Encarsia guadeloupae* Viggiani（Chen *et al.*，2015）、切割潜蝇茧蜂 *Opius incisi* Silvestri（梁光红等，2007b）、雅脊金小蜂 *Theocolax elegans* Westwood（高燕等，2006）、椰甲截脉姬小蜂 *Asecodes hispinarum* Bouek（唐超等，2007）、白蜡吉丁柄腹茧蜂（田军等，2009）、马尼拉侧沟茧蜂（Qiu *et al.*，2012）、大蛾卵跳小蜂（王建军等，2012）、斑痣悬茧蜂（Liu *et al.*，2013）、红颈常室茧蜂（Luo *et al.*，2015）、绿眼赛茧蜂 *Zele chlorophthalmus*（Spinola）（李倩等，2017）、白蜡吉丁啮小蜂（Duan *et al.*，2018）、亮腹釉小蜂 *Tamarixia radiata* Waterston（Li *et al.*，2018）、褐带卷蛾茧蜂 *Bracon adoxophyesi* Mimanikawa（林玉英等，2018）、丽蝇蛹集金小蜂 *Nasonia vitripennis* Walker（Zhang *et al.*，2019c）等。田间调查发现稻虱缨小蜂 *Anagrus nilaparvatae* Pang *et* wang 和拟稻虱缨小蜂 *A. paranilaprvatae* Pang *et* Wang 的种群增长的理论最适温度分别为 27.41 ℃和 31.87 ℃，所以稻虱缨小蜂较拟稻虱缨小蜂相比耐高温能力较弱，不适合在夏季 30 ℃以上条件下释放防治飞虱类害虫（程遐年和徐国民，1991）。

寄生蜂种群内部的遗传变异会造成不同地理种群之间对发育温度要求会有所不同。来自于辽宁朝阳等 5 个地区的松毛虫赤眼蜂不同种群虽然在平均单雌寄生卵量、后代数、后代雌雄比等方面不存在显著差异，但在 30 ℃条件下，河北丰宁种群的有效产卵量最高、净生殖力（R_0）及内禀增长率（r_m）分别在 129.0-192.1 和 0.269 7-0.446 6 之间波动，周限增长率（λ）和平均世代历期分别在 1.309-1.545 d 和 11.2-18.99 d 范围内波动（李莹等，2013）。

寄生蜂与温度相关的抗逆性可以通过热激蛋白种类、基因的表达水平来体现。蝶蛹金小蜂有分属于 5 个热激蛋白（HSP）家族 6 种热激蛋白，高温和低温诱导、饥饿短期处理、低浓度的重金属离子（Cd^{2+}、Cu^{2+}）的短期胁迫处理后 *HSPs* 表达水平的升高说明它们在寄生蜂的抗逆过程中能发挥了作用（Wang *et al.*，2012）。菜蛾盘绒茧蜂的多个种热激蛋白基因的转录不仅受到高温和低温的诱导，而且在幼蜂的不同发育阶段转录水平不同，但是它们的最低转录丰度均出现在 27 ℃，说明了 27 ℃是幼蜂发育的最适宜温度（Shi *et al.*，2013b）。同样，美国白蛾 *Hyphantria cunea*（Drury）的优势内寄生蜂白蛾周氏啮小蜂 *Chouioia cunea* Yang 的 5 个 HSP 基因表达丰度会因温度（高温或低温）处理、农药处理和紫外线辐射处理显著的上升（Pan *et al.*，2018）。螟黄赤眼蜂的 6 个 HSP 基因表达丰度在 32 ℃和 40 ℃处理 1 h 全部能显著上升，但在相对低温 10 ℃和 17 ℃的处理（时长为 1 h）却没有任何相应，说明螟黄赤眼蜂对冷、热处理的敏感度不同（Yi *et al.*，2018）。

全球变化的主要驱动因素之一是气温升高，作物、植食性害虫和它们的天敌（寄生蜂）之间的三营养层之间互作过程中发挥重要作用。用红外加热装置在我国北方常规和免耕麦田模拟气候变暖，发现作物的生物量以及物候从返绿期到成熟期延长了 6-11 d，若寄生蜂的种群动态和寄主麦长管蚜错开，则寄主麦长管蚜的数量会显著增加，即寄生蜂的控制效果下降，但若 2 种种群动态相一致，则寄生蜂的寄生率会显著增加

（Dong *et al.*，2013），所以寄生蜂对气候变暖的反应是与自身种群波动与寄主种群波动的配适度相关。35 ℃温度冲击松毛虫赤眼蜂处于发育中、后期的蛹仅 6 h 就可降低羽化出蜂率、单卵出蜂数，而 40 ℃的单次冲击 6 h 则幼蜂不能继续发育（耿金虎等，2005）。用人工模拟高温暴露处理发现对花角蚜小蜂雌成虫造成热伤害的高温累积下限（LLSEHIT）随着季节性平均气温、极端高温的升高表现出明显的升高趋势，所以花角蚜小蜂季节耐热性大小次序为夏季>秋季>春季（钟景辉，2010）。类似高温胁迫研究的对象体系还有卷蛾分索赤眼蜂-鳞翅目害虫（Wang *et al.*，2014）、短翅蚜小蜂 *Aphelinus asychis* Walker-桃蚜（Wang *et al.*，2016a）、斑痣悬茧蜂-斜纹夜蛾（孟倩等，2017）、白翅金小蜂 *Pteromalus albipennis* Walker（Pteromalidae）-股花翅实蝇 *Tephritis femoralis* Chen（Xi *et al.*，2017）、沃氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus warrae* Naumann *et* Schmidt 或丽蚜小蜂-温室白粉虱（Wang *et al.*，2019a）、海氏桨角蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂-烟粉虱（段敏等，2016；Zhang *et al.*，2019b）、可疑柄瘤蚜茧蜂-黑豆蚜（徐清华等，2007）、淡足侧沟茧蜂-甜菜夜蛾（Jiang *et al.*，2018）。

除了温度这一气候变化因素外，湿度（干旱与否）也对生态系统中的各级营养系统有较强的影响。如随着水分亏缺水平的增加，麦长管蚜 *Sitobion avenae*（Fabricius）无性系的发育速度趋于缓慢、烟蚜茧蜂对麦长管蚜的寄生率也逐渐下降，说明干旱对寄生蜂具有负面影响（Ahmed *et al.*，2017）。

3.2.2　光照和颜色　光被认为是影响昆虫生物学、生理学和行为特征的关键环境线索。不同的寄生蜂对不同波长和强度的趋性不同，如低光强的蓝光和绿光引起管氏肿腿蜂的正向趋光性反应（Luo and Chen，2016）。丽蚜小蜂对短波长的光比长波的光更敏感，低强度紫光或紫外光就能引发其趋光性反应（Chen *et al.*，2016b）；长日照光周期和高光强度还能促进白蜡吉丁肿腿蜂产生更多的雌性子代（Hu *et al.*，2019）。所以通过调控光照条件提高寄生蜂田间释放和控害的效率。

颜色和光线一样，也是影响寄生蜂行为的环境因素之一，即不同的寄生蜂对颜色也表现出的不同的趋性。对六盘山、大兴沟和新宾地区研究姬蜂成蜂对颜色的反应发现，黄色和绿色捕集器比其他颜色能诱集更多的姬蜂，不同地区姬蜂对颜色的喜欢存在差异（Li *et al.*，2012）；螟黄赤眼蜂趋向于选择亮度高（白色和粉红色）的颜色（汪庚伟等，2015）。所以筛选合适的蜜源植物（花的颜色）也能有效诱集寄生蜂，从而提高寄生蜂释放后控害的效果。

3.2.3　化学农药　在自然界中，寄生蜂和寄主相互依存，使用杀虫剂会对两者同时产生影响。天敌对农药的敏感性是生物防治过程中天敌与化学农药协调使用的科学依据。通常，施用过高剂量的杀虫剂会在防治寄主的同时杀死寄生蜂，即在寄主体内发育的幼蜂和自由生活的成蜂，由此使用杀虫剂后害虫种群数量反弹较快（Yang *et al.*，2015；Zhu *et al.*，2018a）正如“茚虫威 Indoxacarb 和多杀菌素 Spinosad 对短管赤眼蜂”（Liu and Zhang，2012）、“三唑磷、溴氰菊酯、氯虫酰胺和吡蚜酮对稻虱缨小蜂”（Liu *et al.*，2012）的致死作用。三氟唑嘧啶与其它杀虫剂相比对稻虱缨小蜂、黑肩绿盲蝽和赤眼蜂等褐飞虱天敌则无影响（Zhu *et al.*，2018b）。

寄主与寄生蜂在抗药性的产生和发展上存在协同性，即寄主的抗药性既能减少杀虫剂对体内发育着的幼蜂的影响，还能培育出具有类似耐药性的后代寄生蜂。如用抗性小菜蛾幼虫连续多代饲养和培育寄生蜂，则可以筛选出具有抗性的寄生蜂（李元喜等，2002a，2002b；Liu *et al.*，2003，2004，2007）；存在于萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*（Kaltenbach）体内的甲胺磷能诱导在萝卜蚜体内发育的菜蚜茧蜂 *Diaeretilla rapae*（Mcintosh）幼蜂对甲胺磷产生抗性（Wu *et al.*，2009）。由于寄主的发育历期会因使用了亚致死剂量的杀虫剂而延长，即寄主最适被寄生期延长，所以寄生蜂寄生率上升（Cai *et al.*，2009；Qian *et al.*，2012），因此施用亚致死剂量的杀虫

剂对于寄生和寄生蜂体系产生了正影响。

3.2.4　其他因素　环境中的重金属污染、CO_2浓度也会对寄生蜂寄生能力产生影响。如寄主棕尾别麻蝇体内的营养水平由于Cu^{2+}胁迫而下降，在其体内发育的丽蝇蛹集金小蜂子蜂就受到了负面影响，表现在生长和发育延缓、繁殖力（卵黄原蛋白的合成）的下降（Ye *et al.*，2009），但是耐Cu^{2+}棕尾别麻蝇品系培育出来的丽蝇蛹集金小蜂在Cu^{2+}的胁迫下有较高的寄生率和后代产出量（董卉等，2008）。同样，连续取食添加Zn^{2+}饲料的斜纹夜蛾幼虫对其体内的双斑侧沟茧蜂的生存与发育也会产生负影响，即随着斜纹夜蛾幼虫血淋巴中Zn^{2+}浓度的增加，双斑侧沟茧蜂的寄生率和子代蜂羽化率降低（夏嫱等，2006）。寄主昆虫对寄生蜂的防御能力会因为环境中CO_2浓度或食物质量的变化而变化，具体为随着CO_2浓度的升高和食物质量变好，寄主昆虫的防御能力增强（Yin *et al.*，2014）。

4　寄生蜂对寄主生理、发育、生殖、行为的调控

4.1　寄生因子及功能

寄生蜂携带的寄生因子是成功寄生的关键因素，这些因子有在主动防御中发挥抑制作用毒液、多DNA病毒（Polydnavirus，PDV）、畸形细胞和在被动逃避中发挥作用的卵巢蛋白、幼蜂胚胎分泌物等。

4.1.1　毒液　毒液是所有寄生蜂携带的寄生因子，是由寄生蜂毒腺分泌并储存在毒囊中、在寄生时注射到寄主体内的蛋白混合物。根据寄生蜂的寄生习性，不同寄生蜂毒液对寄主的作用可以分成抑性寄生蜂的毒液和容性寄生蜂的毒液；根据寄生蜂是否还具有不同的寄生因子则可以分单毒液作用和毒液与其它因子的复合作用。

寄生蜂体内产生和分泌毒液的器官具有相对稳定的特征，正如对菜蛾盘绒茧蜂和半闭弯尾姬蜂（潘健和陈学新，2003）、黄腹潜蝇茧蜂（万志伟等，2005；Wan *et al.*，2006）、腰带长体茧蜂（陆剑锋等，2006）、蝶蛹金小蜂（Zhu *et al.*，2008c）和管氏肿腿蜂（朱家颖等，2011）的毒液器官超微机构观察发现：（1）毒腺形态有单条的、二叉的和多分枝的，分泌细胞层、退化的外胚层细胞和环腔的内膜层这3层细胞构成了细胞层，其中分泌细胞层细胞内有发达的内质网、分泌囊泡、分泌颗粒、液泡、末端附器等细胞器；（2）毒囊可分成外鞘肌肉层、中间层和细胞核较大的上皮细胞层；（3）毒腺中还存在类病毒颗粒（Virus-like particle，VLP）和小RNA病毒。

寄生蜂毒液的主要成份是蛋白及多肽。聚丙烯酰胺凝胶电泳（SDS-PAGE）分析表明，黄腹潜蝇茧蜂（万志伟等，2005）、颈双缘姬蜂（郦卫弟等，2006）、菜蛾盘绒茧蜂（Yu *et al.*，2007）和腰带长体茧蜂（李永等，2007）等寄生蜂毒液蛋白的分子量大多都在100 kD以下。而进一步质谱鉴定表明，其中除了钙调蛋白、丝氨酸蛋白酶、精氨酸激酶等多种蛋白质和酶外（Zhu *et al.*，2010a），还存在抑菌物质，如蝶蛹金小蜂毒液中的抗菌肽PP13、PP102和PP113（Shen *et al.*，2010）、丽蝇蛹集金小蜂和菜蛾盘绒茧蜂毒液中的defensin类抗菌肽（Tian *et al.*，2010；Ye *et al.*，2010；Wang *et al.*，2013b）和川硬皮肿腿蜂毒液中对金黄葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* 生长具有抑制作用的短肽（卓志航等，2013a）。

寄生蜂毒液在寄生蜂产卵时注入寄主体内并发挥对寄主免疫和行为的调控作用。就抑性寄生蜂而言，寄生蜂毒液可以使寄主的免疫完全受到抑制并停止发育（神经毒性），而容性寄生蜂的毒液虽然也能部分抑制寄主的免疫，但是鲜有神经毒性，所以对寄主的发育几乎没有影响（严智超等，2017）。如管氏肿腿蜂对寄主双条杉天牛幼虫的蜇刺或者寄生（注射毒液）可以导致寄主完全麻痹并在长时间内保持新鲜的柔软、不变质、不腐烂状态（张卫光等，2004），而川硬皮肿腿蜂毒液对寄主黄粉甲的麻痹作用是可逆的、具剂量效应的（卓志航等，2013b）。

对于只携带毒液的寄生蜂而言，毒液在调控寄主的过程中发挥了关键作用。毒液既能影响寄主的细胞免疫反应，包括降低寄主血细胞数量，抑制血细胞粘附及包囊能力等，又能抑制寄主的

体液免疫，包括血淋巴黑化反应等。如黄腹潜蝇茧蜂毒液抑制寄主血细胞的包囊作用（Wan *et al.*，2005）以及蝶蛹金小蜂毒液显著减少寄主菜粉蝶蛹血细胞总数、抑制其血细胞延展、降低其包囊和吞噬能力和黑化能力（Cai *et al.*，2004；张忠等，2004；Tian *et al.*，2010；Fang *et al.*，2011a；张倩倩等，2011；Zhang *et al.*，2012a）。同样抑制作用的出现在寄主为亚洲玉米螟的蛹啮小蜂 *Tetrastichus* sp.毒液（任丹青等，2004）和腰带长体茧蜂毒液（冯从经等，2004；Li *et al.*，2007）、寄主为黄粉虫的川硬皮肿腿蜂毒液（卓志航等，2013b）、寄主杨小舟蛾蛹的白蛾黑基啮小蜂毒液（于艳华等，2015）、寄主为美国白蛾蛹的白蛾周氏啮小蜂毒液（辛蓓等，2016）。而这种细胞免疫抑制作用的发挥多为寄生蜂毒液抑制寄主多种免疫调控通路组成基因的表达和直接参与抑制寄主细胞免疫。如蝶蛹金小蜂毒液可抑制寄主菜粉蝶蛹内细胞免疫识别关联基因（革兰氏阴性菌结合蛋白、肽聚糖识别蛋白、β-1,3-葡聚糖识别蛋白基因、清道夫受体 Scavenger receptor）的表达（Fang *et al.*，2010，2011b；朱家颖等，2010），进而还会抑制寄主血细胞和脂肪体中 C-type lectin、cecropin、lysozyme、attacin 和 lebocin 等多种免疫效能基因的表达（Fang *et al.*，2010，2011a，2016）；后者如毒液钙网蛋白（Wang *et al.*，2013a）。在独立发挥作用的毒液影响寄主的血淋巴黑化反应的过程中，毒液蛋白一般是直接与寄主酚氧化酶原激级联反应组分结合形成复合物进而削弱寄主体液免疫水平，如丽蝇蛹集金小蜂毒液中含有的 Pacifastin 蛋白酶抑制剂 NVPP-1、NVPP-2 及 NvSPPI（钱岑等，2013；Qian *et al.*，2017）和蝶蛹金小蜂毒液 serpin 蛋白的一个活性剪接体与寄主血淋巴中酚氧化酶原激活蛋白能直接形成复合物（Yan *et al.*，2016；严智超等，2017）；或者引发寄主酚氧化酶原激级联反应中负调控因素的表达上调，如蝶蛹金小蜂毒液导致寄主菜粉蝶蛹 serpin 基因的表达量显著上调（Zhu *et al.*，2015b）。

对于还携带其他因子如 PDVs 的寄生蜂而言，毒液往往无明显作用、有作用但只能维持较短的时间或者仅是对其他因子起到辅助增效作用。携带 CvBV 的菜蛾盘绒茧蜂毒液仅在寄生后 4 h 内对寄主小菜蛾浆血细胞延展和活力具有暂时的抑制作用，但它可协同和强化萼液（含 CvBV）对寄主血细胞的作用，抑制血细胞延展，导致血细胞降解和死亡（Yu *et al.*，2007）。携带 DsIV 的半闭弯尾姬蜂毒液抑制寄主血细胞延展的作用则在处理后 24 h 内，随后寄主小菜蛾血细胞延展能力和颗粒血细胞吞噬作用都恢复正常（Huang *et al.*，2010a；黄芳等，2011a）。携带 CgBV 的粉蝶盘绒茧蜂 *Cotesia glomeratus*（Linnaeus）对寄主菜粉蝶幼虫的血淋巴黑化反应无显著影响（Zhu *et al.*，2011b）。二化螟盘绒茧蜂毒液虽不影响寄主二化螟的血细胞免疫功能，但它可协同萼液降低寄主幼虫血淋巴中血细胞总数、抑制血细胞粘附、包囊和血淋巴黑化能力（Teng *et al.*，2016）。

在明确毒液综合作用后，研究人员开始着手分离毒液中的活性蛋白成分并开展功能研究。滤膜截留法（不同分子量）与 75%硫酸铵盐析法的组合是现今已知的、对毒液蛋白活性影响最低、分离速度最快的纯化方法（吴玛莉等，2008），由此获得了能对寄主菜粉蝶血细胞延展和包囊起抑制作用的蝶蛹金小蜂毒液活性蛋白 Vn11，该蛋白大小为为 24.1 ku（Wu *et al.*，2008）和川硬皮肿腿蜂毒液中分子量为 51.17 ku 的蛋白能对寄主黄粉虫起麻痹作用（卓志航等，2013a）。高通量毒腺转录组测序的介入使菜蛾盘绒茧蜂、颈双缘姬蜂、蝶蛹金小蜂等寄生蜂毒液蛋白的研究得到发展，在明确酸性磷酸酶等的活性蛋白及酶的基因编码序列后，对这些基因的转录动态、重组蛋白制备、抗体制备、组织定位等开展研究，阐明了在寄生蜂寄生寄主后，它们所发挥的作用（Zhu *et al.*，2008b，2010b，2011b；Wang *et al.*，2013a；Yan *et al.*，2016；Yang *et al.*，2017c；Zhao *et al.*，2017）。

4.1.2　多 DNA 病毒　多 DNA 病毒（Polydnavirus，PDV）是一类与茧蜂科和姬蜂科寄生蜂有专性共生关系的、仅在雌蜂卵巢中复制、具有独特的分

段 DNA 基因组的特殊病毒，随寄生蜂卵进入寄主体内。在借助电子显微镜技术手段等对中红侧沟茧蜂病毒（*Microplitis mediator* bracovirus，MmBV）（李馨等，2001）、菜蛾盘绒茧蜂病毒（*Cotesia vestalis* bracovirus，CvBV）（白素芬等，2003）和棉铃虫齿唇姬蜂病毒（*Campoletis chlorideae* ichnovirus，CcIV）（Yin *et al*.，2003）核衣壳的数量、大小和直径以及采用电泳法检测了基因组的片段化等的基础上，对棉铃虫齿唇姬蜂病毒（Tian *et al*.，2007）、双斑侧沟茧蜂病毒（*Microplitis bicoloratus* bracovirus，MbBV）（Luo and Pang，2006a）和菜蛾盘绒茧蜂病毒（Chen *et al*.，2007，2008；刘鹏程等，2008；Shi *et al*.，2008a，2008b）等多 DNA 病毒在寄主体内的转录种类（Vankyrin、PTP、EP-like、Cys-motif 和 cysteine-rich motif 等）、时空动态进行分析，还克隆了其中一些基因并对产物进了分布定位。同时，通过观察处于各个蛹日龄的半闭弯尾姬蜂卵巢的发育进程后发现其萼区有病毒颗粒的存在，这些病毒颗粒的特征与典型姬蜂病毒相一致所以命名为半闭弯尾姬蜂病毒（*Diadegma semiclauseum* ichnovirus，DsIV）（Huang *et al*.，2008b）。为了进一步了解 PDVs，利用转录组和基因组研究技术研究了 PDVs 编码的基因，如 CvBV 的全基因组序列的直接测定和注释（Chen *et al*.，2011c），又如通过测定寄生后寄主组织转录组鉴定了部分二化螟盘绒茧蜂病毒（*Cotesia chilonis* bracovirus，CchBV）（Wu *et al*.，2013；Qi *et al*.，2015）、双斑侧沟茧蜂病毒（Li *et al*.，2014a）的基因家族（编码序列）。

进入寄主体内后，整合到寄主基因组上的 PDVs 启动相关基因表达并合成产物来影响寄主免疫、发育和代谢过程，从而保障寄生蜂幼蜂发育。PDVs 对寄主免疫抑制表现为降低血淋巴酚氧化酶 PO 活性（Yin *et al*.，2001）、抑制寄主血细胞的延展并由此影响对凝胶珠和寄生蜂卵的包囊作用（Yin *et al*.，2003；Zhang and Wang，2003；Yu *et al*.，2007）、引起寄主血细胞凋亡（Luo and Pang，2006b）、降低寄主酚氧化酶原基因 PPO 的转录丰度（Zhu *et al*.，2011b）来抑制寄主体液黑化反应（Zhu *et al*.，2011b；刘君等，2014）。最近研究发现，PDVs 的环状基因组中还编码了多个 miRNA 种子序列，在整合到寄主基因组后会在组织细胞内持续转录产生活性 miRNAs，从而在基因转录水平上对寄主的免疫和发育发挥调控作用（Wang *et al*.，2018）。

4.1.3 畸形细胞 通常，被称之为畸形细胞的一类细胞是寄生蜂胚胎发育过程中自浆膜层解离并释放到寄主血腔中的巨型细胞。对中红侧沟茧蜂、菜蛾盘绒茧蜂、烟蚜茧蜂畸形细胞的研究发现，活力旺盛的细胞表面微绒毛丰富、内部细胞器（高尔基体、内质网）众多、细胞核分多叉、细胞器和细胞膜附近分泌小泡众多，能合成大小在 40.98-94.64 kD 的多种蛋白，而处于寄生后期的畸形细胞胞内细胞器数量减少、出现大量空腔、表面微绒毛联合、变大，细胞内容物外溢，最终会因凋亡而分解；寄生后寄主的取食情况会对体内畸形细胞的数量、活性产生负面影响（秦启联等，2000a；白素芬等，2002，2005a，2008；白素芬和陈学新，2009；刘金文等，2008，2011）。菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞 TATA 结合蛋白基因是我国克隆的第一个寄生蜂畸形细胞编码基因（潘璟等，2014），随后对菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞转录组的测定和分析发现，畸形细胞既可以通过产生毒液类似蛋白抑制寄主血淋巴的黑化，也可以合成分泌活性抗菌肽来补充寄主由于寄生被抑制的体液免疫，以提高被寄生的寄主抵抗病原物侵染的能力，起到了双向免疫调控功能（Gao *et al*.，2016）。通过进一步深入分析和比较菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞与寄主组织的转录组数据发现了有畸形细胞产生的菜蛾盘绒茧蜂特异性 miRNAs 出现在寄主组织中，由此通过进一步的体内定量检测比较和体外转运的研究证明了寄生蜂畸形细胞可以产生 miRNAs 并通过外泌体跨膜转运到寄主组织细胞中、在基因转录后水平调控寄主的各项生理过程（Wang *et al*.，2018）。

4.1.4 其他因子 除了毒液、PDVs 和畸形细胞这些典型的寄生因子之外，寄生蜂还携带有病毒样纤丝（VLFs）、小 RNA 病毒等。在中红侧沟茧蜂雌蜂侧输卵管中（秦启联等，2001）、黄腹

潜蝇茧蜂毒腺内（Wan *et al.*，2006）存在的类病毒颗粒（VLPs）和菜蛾盘绒茧蜂卵表面存在的类病毒纤丝（VLFs）和纤丝层能干扰寄主血细胞对蜂卵的识别从而抑制了随后的包囊作用（白素芬等，2009）。通过测定存在于蝶蛹金小蜂毒腺的小 RNA、双顺返子病毒（PpSRV）的基因组序列并进行注释后发现，其核糖体进入位点和核衣壳蛋白基因的编码序列分别为 3 个主肽（28、31、38 ku）和 1 个小肽（9.6 ku）（Zhu *et al.*，2008a），对其功能研究表明 PpSRV 并不改变寄主的生理，但能通过减少子代雌性个体对寄生蜂自身种群的性比起调控作用（Wang *et al.*，2017）。

4.2　寄生蜂对寄主免疫、代谢、发育、生殖、行为的影响

通过长期协同演化，寄生蜂及其寄主间已经形成了一套稳定的互作体系。寄生蜂为了确保其后代能够在寄主害虫体内顺利完成发育对寄主的生理过程或多或少均产生影响，这也导致寄主在行为、免疫、营养代谢、内分泌与生长发育等水平上产生显著变化。寄生蜂对寄主的调控作用是寄生蜂应用于生物防治的理论基础，而寄生蜂对寄主行为、免疫系统、营养代谢、内分泌与生长发育等的调控作用的类型和作用强度决定了其应用于生物防治的潜力。

4.2.1　对寄主免疫的影响　昆虫的免疫系统包括细胞免疫和体液免疫。在寄生蜂和寄主相互作用的过程中，寄主的免疫系统是寄生蜂子代成功发育首先要克服的第一个屏障，经过两者的长期协同进化，寄生蜂利用自身携带的寄生因子（毒液、PDVs 以及畸形细胞等）在寄生过程中形成了有效克服寄主免疫系统的多种策略。根据应对寄主免疫防御的方式，寄生蜂可以被称之为主动抑制型和被动逃避型。

（1）抑制寄主细胞免疫

寄生蜂对寄主细胞免疫的抑制首先是引起寄主血细胞数目的变化（变多或减少）、细胞死亡增多以及细胞延展和包囊的抑制。正如二化螟盘绒茧蜂 *Cotesia chilonis* Munakata 寄生后的二化螟幼虫血细胞数量上升 1.53-2.79 倍、包囊能力下降（杭三保和陆自强，1991）、蝶蛹金小蜂寄生导致寄主菜粉蝶、柑橘凤蝶 *Papilio xuthus* Linnaeus 血细胞数降低（血细胞因细胞器被破坏和减少而死亡），由此浆血细胞的延展受到抑制（蔡峻等，2001，2002；Cai *et al.*，2004；张忠等，2005；Zhang *et al.*，2005，2012a）、颈双缘姬蜂寄生虽能导致寄主小菜蛾蛹血细胞（浆血细胞和颗粒血细胞）总数上升，但浆血细胞和颗粒血细胞会发生破裂和死亡以及浆血细胞的延展受限（郦卫弟等，2006）、半闭弯尾姬蜂的寄生降低小菜蛾血细胞总数（Huang *et al.*，2009b）、椰心叶甲啮小蜂寄生后的寄主椰心叶甲蛹内血细胞的数目、浆血细胞延展能力表现为先低后高的情况（刘奎等，2008）、棉铃虫齿唇姬蜂的寄生明显减少了棉铃虫、粘虫血细胞的数目（Han *et al.*，2013；Wang *et al.*，2015）。寄主血细胞数目由于寄生蜂而变多的机制目前还不清楚，但是由寄生蜂导致寄主血细胞数量减少的机制，通过比较两种不同类型寄生蜂（菜蛾盘绒茧蜂和半闭弯尾姬蜂）同时寄生小菜蛾的过程发现，可能存在两种情况：一是寄生蜂寄生造成寄生成熟血细胞死亡（Yu *et al.*，2007），或是寄生后造血器官的坏死造成新生血细胞的减少（Huang *et al.*，2009b）。而寄生蜂寄生导致寄主成熟血细胞死亡的可能原因之一则可能是寄主细胞线粒体膜通透性受到寄生的影响为发生改变，以及与细胞存活相关连的基因转录发生了变化（Li *et al.*，2014a）。属于免疫逃避型的腰带长体茧蜂的寄生不影响亚洲玉米螟和欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis*（Hubner）的细胞免疫，但在蜂卵和胚胎表面分布的纤维层和 Hemomucin 蛋白是帮助蜂卵/胚胎避免被寄主血细胞包囊的主要因素（Hu *et al.*，2003，2014）。

（2）抑制寄主体液免疫

昆虫体液免疫最主要是血淋巴的黑化反应（酚氧化酶激活级联反应）和抗菌肽两个方面。寄生蜂寄生降低了寄主血淋巴酚氧化酶 PO 活性的研究报道于棉铃虫齿唇姬蜂-棉铃虫/黏虫（Yin *et al.*，2001；Han *et al.*，2013）、颈双缘姬蜂-小菜蛾（郦卫弟等，2006；黄芳等，2011b）、椰甲

截脉姬小蜂/椰心叶甲啮小蜂-椰心叶甲（刘奎等，2009；宋晓君等，2009）等体系。寄生蜂的寄生还抑制寄主防御素 defensin、天蚕素 cecropin 等抗菌肽基因以及溶菌酶、溶血素抗菌活性蛋白基因的转录（Gao and Zhu，2010；王颖颖等，2015；Fang *et al.*，2016），以减少寄主体内总活性抗菌物质产生的形式抑制了寄主的体液免疫，以至于离体培养寄生后的寄主血淋巴感菌率提高（黄芳等，2011b）。有趣的是，从寄生蜂（菜蛾盘绒茧蜂）幼蜂胚胎分离、协同发育的畸形细胞中同时分泌黑化抑制因子以及抗菌肽到寄主血腔内，在抑制寄主免疫的同时又有针对性的增强抵抗外源病原物的能力，这样对寄主的免疫就起到了抑制和补充的双向调节作用（Gao *et al.*，2016）。双斑侧沟茧蜂幼蜂还会分泌超氧化物歧化酶（SOD）来降低寄主体内局部微环境的活性氧水平，从另一个方面降低了寄主体液免疫防御并保障自身的发育（Zhang *et al.*，2019a）。

4.2.2　对寄主营养代谢的影响　寄生蜂的幼期通过取食寄主血淋巴中的物质获得营养和能量已获得维持生长和发育的必需物质，那么寄主昆虫的代谢过程也在寄生蜂的影响下向有利于寄生蜂子代获取营养的方向转向，同时寄主储存在自身脂肪体等组织中的营养物质也会因为寄生蜂的作用释放到血淋巴循环系统中以供发育中的幼蜂获取。

（1）对寄主营养器官的影响

昆虫的营养代谢系统是由多个器官协调运作的复杂系统，其中消化道和脂肪体是这一系统中参与食物同化、储存和代谢的最重要的两个器官。寄主被寄生蜂寄生后，其体内的与营养代谢相关的脂肪体的组织受到不同程度的影响，表现为整体结构松散、细胞内营养物质显著减少，而脂肪体细胞内则是细胞器结构被破坏并趋于解体、数量锐减、细胞核内染色质异常等状态，而造成这样情况的原因首先是寄生蜂的畸形细胞能附着在寄主脂肪体表面将脂肪体分解成颗粒状，其次是多 DNA 病毒和毒液使脂肪体细胞内的脂质体变得小而密集、线粒体和内质网等细胞器变化、糖原积累（白素芬等，2003，2005b，2006；谭毅和周祖基，2003；狄蕊等，2006；汪海燕等，2006；郦卫弟等，2007）。而这些变化都是促进寄主营养从脂肪体中释放有利于幼蜂获取有关。寄生蜂寄生所造成寄主中肠颜色由正常发育时的绿色变为黄色并出现红色斑点则反映了寄主消化道功能的异常，而此时寄主体壁红斑的出现、气管组织颜色变暗（呈棕黑色）乃至无韧性或萎缩、丝腺细胞不发育膨大就发生凋亡以及由于肌肉组织高度解体暴露内骨骼等的出现（谭毅和周祖基，2003；万志伟等，2005；狄蕊等，2006；黄芳等，2014）则说明这些组织可能由于得不到维持发育或者功能所必需的营养物质而发生了病变或者退化，进一步表明寄主的营养代谢已经转向到为寄生蜂幼蜂提供营养的方向。

（2）对寄主营养代谢过程的影响

子代寄生蜂发育所需要的营养都是由寄主供给，寄生会改变寄主体内脂类、糖类、氨基酸以及蛋白质等营养物质的合成、种类、含量和浓度，寄主细胞内营养物质积累转向被动消耗以满足寄主体内幼蜂发育时营养的需求（白素芬等，2006）。寄生蜂以及寄生因子借助改变营养物质代谢关联功能酶转录丰度来改变相关酶总含量或总酶活，如菜蛾盘绒茧蜂寄生就降低了小菜蛾中肠消化酶（胰蛋白酶和类凝乳蛋白酶）基因的转录丰度，相应的降低了产物酶的活性（Shi *et al.*，2009，2013b）、蝶蛹金小蜂通过降低一些如 masquerade-like serine proteinase 在内基因的转录水平显著降低了对应蛋白含量（Zhu *et al.*，2011a），从而造成排泄、呼吸、消化和同化作用等营养、代谢过程的改变（Huang *et al.*，2008a）。

寄主血淋巴游离氨基酸：寄主血淋巴内游离氨基酸总浓度因寄生蜂的寄生而上升，但具体各种氨基酸浓度变大则因不同的寄生蜂和寄主体系而不同。二化螟盘绒茧蜂寄生导致二化螟幼虫血淋巴中含量变化最大的 4 种氨基酸是苏氨酸、丝氨酸、赖氨酸、精氨酸（杭三保和陆自强，1991）；日本柄瘤蚜茧蜂寄生引起黑豆蚜中 3 种主要氨基酸中的苏氨酸含量上升（甘明等，2003b）；川硬皮肿腿蜂寄生导致松褐天牛幼虫血

淋巴中丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸等 10 种游离氨基酸含量或者与蛋白新生合成相关的组成氨基酸（半胱氨酸、组氨酸、谷氨酸和丝氨酸）呈现上升趋势（谭毅等，2003）。

寄主血淋巴蛋白质：寄主血淋巴内总蛋白浓度因寄生蜂的寄生而下降，正如被二化螟盘绒茧蜂寄生的二化螟（杭三保和陆自强，1991）、被中红侧沟茧蜂寄生的粘虫（秦启联等，2000b）、被蝶蛹金小蜂寄生的菜粉蝶蛹（吕慧平等，2000）、被日本柄瘤蚜茧蜂寄生的黑豆蚜（甘明等，2003b）、被川硬皮肿腿蜂寄生的替代寄主（谭毅等，2003）、被淡足侧沟茧蜂寄生的甜菜夜蛾（季香云等，2013）。同时，寄主血淋巴中涉及体液、细胞免疫和解毒等各方面蛋白的组成和丰度也会因寄生蜂的寄生而改变，如被椰心叶甲啮小蜂寄生 0.5 d 的椰心叶甲血淋巴蛋白质中出现了 313 个与寄生相关的蛋白斑点的改变（刘奎等，2009）、被蝶蛹金小蜂寄生柑橘凤蝶蛹血淋巴中 16 种蛋白的含量发生变化（Zhu *et al.*，2009b）、被蝶蛹金小蜂寄生（24 h）的菜粉蝶蛹血淋巴蛋白中 masquerade-like serine proteinase、enolase、bilin-binding protein、imaginal disc growth factor、ornithine decarboxylase 和 cellular retinoic acid binding protein 等 7 个蛋白含量改变（Zhu *et al.*，2011a）、被管氏肿腿蜂寄生黄粉甲体内 32 个蛋白的含量上调、9 个下降（Zhu *et al.*，2013b，2014a）。

血淋巴糖类物质：寄主血淋巴内糖类物质含量因寄生蜂的寄生而上升或者下降，其中呈现上升趋势的是：在被蝶蛹金小蜂寄生的越冬代菜粉蝶蛹中血淋巴中总糖和海藻糖（吕慧平等，2000）、被中红侧沟茧蜂寄生的棉铃虫幼虫糖原（李文香等，2011）、被淡足侧沟茧蜂寄生的甜菜夜蛾血淋巴总糖（季香云等，2013）。而呈现下降趋势的是：被川硬皮肿腿蜂寄生的寄主体内糖原、海藻糖（谭毅等，2003）、被日本柄瘤蚜茧蜂寄生黑豆蚜体内血淋巴海藻糖（甘明等，2003b）。而被浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia Sophia*（Girault-Dodd）寄生的烟粉虱若虫体内海藻糖含量是先升高后降低，相应的海藻糖酶活性水先降低后升高（王颖颖等，2015）。

脂类物质：寄主脂肪体的可溶性蛋白含量和脂浓度因寄生蜂的寄生而下降，正如被菜蛾盘绒茧蜂寄生小菜蛾（汪海燕等，2006）、被丽蝇蛹集金小蜂寄生的棕尾别麻蝇 *Boettcherisca peregrina*（Robineau-Desvoidy）蛹（韩成香等，2008）、被淡足侧沟茧蜂寄生的甜菜夜蛾（季香云等，2013）。但是甘油三酯（TAG）和其他脂类的合成酶的变化却与蛋白和脂浓度不同，如被棉蚜茧蜂 *Lysiphlebia japonica*（Asheak）寄生的棉蚜体内甘油三酯和其他脂类的合成酶的表达水平显著上升，特别是甘油脂合成增加、由蔗糖代谢合成而来的柠檬酸酯减少（Zhang *et al.*，2015；Gao *et al.*，2017）。

4.2.3　对寄主内分泌和生长发育的影响　寄生蜂对寄主生长发育的影响，第一是抑制寄主体重增长，如中红侧沟茧蜂寄生对黏虫（Qin *et al.*，2000b）、淡足侧沟茧蜂对甜菜夜蛾（印杨毅等，2013）、管侧沟茧蜂对黏虫（Chu *et al.*，2014）。第二是延长发育历期，如被菜蛾盘绒茧蜂寄生的小菜蛾（白素芬等，2005c；李欣等，2005）、被日本柄瘤蚜茧蜂寄生黑豆蚜（Gan *et al.*，2003）。再次表现在影响寄主的变态过程，如被菜蛾盘绒茧蜂假寄生的小菜蛾幼虫不能化蛹死亡、不能化蛹的则成为超重幼虫、能正常化蛹但不能羽化（白素芬等，2005c），美洲斑潜蝇幼虫被黄腹潜蝇茧蜂假寄生后虽能化蛹但无法羽化（Wan *et al.*，2005）。如果寄生后的寄主仍然存活，则其羽化后寿命和生殖力则受到明显的负面影响，正如被绣线菊蚜蚜小蜂 *Aphelinus spiraecolae* Evans *et* Schauff 寄生的绣线菊蚜 *Aphis spiraecola* Patch 寿命和生殖力下降（Tang and Yokomi，1996）、被日本柄瘤蚜茧蜂寄生的豆蚜成蚜的寿命缩短（甘明等，2003a）。

寄生蜂对寄主生长发育和变态发育的影响归根结底是由于寄主内分泌系统受到了影响，即保幼激素浓度由于寄生提高或蜕皮激素浓度由于寄生降低或两者皆是，还有就是蜕皮激素受体基因转录丰度由于寄生而降低。如亚洲玉米螟卵内保幼激素酯酶 JHE 活力和蜕皮激素浓度由于

亚洲玉米螟赤眼蜂的寄生而发生改变，由此亚洲玉米螟卵的发育受到了抑制（戴华国等，2002），类似的作用还有双斑恩蚜小蜂 *Encarsia bimaculata* Heraty *et* Polaszek 寄生的烟粉虱（钱明惠等，2006）、蝶蛹金小蜂寄生的菜粉蝶蛹（Zhu *et al*.，2009a）。引起内分泌激素水平发生变化的原因是寄生蜂的寄生造成内分泌腺体的结构破坏或与激素合成和释放相关的神经肽丰度发生变化。前者如注射 3-4 个寄生蜂当量的棉铃虫齿唇姬蜂病毒即可造成棉铃虫幼虫体内前胸腺退化（Zhang *et al*.，2003），后者如菜蛾盘绒茧蜂寄生以及菜蛾盘绒茧蜂病毒则是抑制或者推后小菜蛾中枢神经内神经肽基因转录丰度（Shi *et al*.，2015）。特别值得一提的是，菜蛾盘绒茧蜂病毒和畸形细胞能产生 miRNAs，分别通过在组织特异性转录和通过外泌体跨膜转运进入寄主组织细胞，在转录后水平上降低寄主蜕皮激素受体的含量，造成寄主幼期发育时间延长和寄主幼虫化蛹的推迟，实现了 miRNAs 跨物种的发育调控（Wang *et al*.，2018）。

4.2.4 对寄主生殖的影响 对寄主生殖系统的影响目前报道于雄性寄主精巢（生殖系统）中。菜蛾盘绒茧蜂和半闭弯尾姬蜂寄生都能抑制雄性寄主幼虫精巢的增大、对精巢中精母细胞的结构产生破坏作用以至于无正常精子出现，还能降低精巢总蛋白含量，但前者造成寄主精子束畸形，后者造成精巢畸形，且前者的抑制作用强于后者（蔡东章等，2006；何璠等，2009；Bai *et al*.，2009）。

4.2.5 对寄主抗逆性的影响 寄主生理内环境由于寄生发生课明显的变化，相应的多种与抗逆相关的酶也发生了改变，主要是活力上升为多。如切割潜蝇茧蜂的寄生提高橘小实蝇幼虫体内过氧化物酶（POD）的活性（梁光红等，2007c）；椰甲截脉姬小蜂对椰心叶甲的寄生可以提高寄主幼虫体内过氧化氢酶（CAT）、过氧化物酶、酯酶（EST）活性（宋晓君等，2009）。这些抗逆性相关酶活力上升是由于相关基因转录丰度的升高，如管氏肿腿蜂寄生后的黄粉甲体内超氧化物歧化酶（SOD）基因转录丰度的升高（Zhu *et al*.，2014b）。与之相反的情况也存在，正如菜粉蝶蛹的 *hsp75* 和 *hsp90* 转录丰度由于蝶蛹金小蜂的寄生而下降，相应的抗逆性也会下降（Zhu *et al*.，2013a）。

4.2.6 对寄主行为的影响 国内外对寄生蜂寄生导致寄主行为发生改变的研究报道并不常见，总结国内已有研究发现寄生蜂寄生对寄主行为的影响主要在取食和栖境的选择上。正如小菜蛾幼虫的取食行为由于菜蛾盘绒茧蜂和半闭弯尾姬蜂的寄生而受到抑制（Shi *et al*.，2002；Huang *et al*.，2008a）；又如滞育中红侧沟茧蜂的寄生能驱使寄主幼虫移动到接近土壤的低处植物叶片背面而非滞育的中红侧沟茧蜂的寄生则驱使寄主幼虫攀爬到寄主植物高处的叶片背面（Luo *et al*.，2013b），这也说明寄生蜂对寄主行为的影响也受到自身生理状态的影响。

5 寄生蜂的人工繁殖

5.1 替代寄主

寄生蜂的人工繁殖首先需要解决的问题是找到易于生产并接近原有寄主适宜程度的替代寄主。我国成功的实践就是赤眼蜂的人工繁育。最初的实践是 1936 年祝汝佐和胡永锡筛选出 14 种、蒲蛰龙等则筛选出 16 种鳞翅目昆虫的卵可被赤眼蜂寄生（张俊杰等，2015）。在不断的实践过程中，首先获得成功的是利用柞蚕卵繁殖赤眼蜂（即“大卵繁蜂”）。从柞蚕卵中培育出的玉米螟赤眼蜂寄生亚洲玉米螟卵的能力是从米蛾卵中培育出来的 2 倍（Liu *et al*.，1998）；跳小蜂雌蜂个体显著大于从自然寄主舞毒蛾卵繁育出的雌蜂个体（王建军等，2012）。但是长期人工大量繁殖赤眼蜂的过程中发现，除了松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂等少数种类外，多数赤眼蜂不能在柞蚕等体积较大卵中产卵，只能在如米蛾、小菜蛾、甜菜夜蛾这些体积较小的卵中产卵（邸宁等，2018），所以，小卵作为替代寄主进行赤眼蜂的大量繁育这一新的模式随之就发展起来；但因小菜蛾等昆虫卵因不易收集、育出赤眼蜂后代雌性比率低和种性退化严重等各种问题，米蛾

卵成为了第一选择（张俊杰等，2015）。因此，米蛾的人工饲养技术、卵的保存技术和利用米蛾卵繁育各类赤眼蜂以及子代的品质的研究、工厂化繁育配套设备和技术流程在很大程度上就广泛开展起来。目前，利用螟黄赤眼蜂、稻螟赤眼蜂、玉米螟赤眼蜂、松毛虫赤眼蜂等各种人工繁育获得的赤眼蜂防治松毛虫、甘蔗螟虫、玉米螟、棉铃虫、烟青虫 *Helicoverpa assulta* Guenée、二化螟、稻纵卷叶螟等多种农林害虫（张俊杰等，2015；徐红星等，2017）。

除了赤眼蜂之外，其它较为成功寄生蜂替代寄主繁育的还有利用意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 雄蛹繁殖管氏肿腿蜂（姚万军和杨忠歧，2008）、黄粉甲 *Tenebrio molitor* Linnaeus 蛹繁育管氏肿腿蜂（代平礼等，2005）、粘虫繁殖棉铃虫齿唇姬蜂（Zhang *et al.*，2010a）、柞蚕卵繁育大蛾卵跳小蜂 *Ooencyrtw kuwanae*（Howard）（王建军等，2012）、柞蚕卵繁育白蛾黑基啮小蜂 Tetrastichus nigricoxae Yang（郭同斌等，2012）、黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* Meigen 繁殖家蝇 *Musca domestica* L.的蛹寄生蜂（周和锋等，2014）、杨十斑吉丁虫 *Melanophila picta* Fabricius 幼虫繁育落叶松吉丁肿腿蜂 *Sclerodermus* sp.、白蜡吉丁肿腿蜂和管氏肿腿蜂这 3 种寄生蜂（牛春林等，2015）、柞蚕卵繁育舞毒蛾卵平腹小蜂（刘鹏程等，2015）、大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 繁育白足蚜小蜂 *Aphelinus albipodus* Hayat *et* Fatima（Song *et al.*，2017）、柞蚕卵繁育白蛾周氏啮小蜂（孙静，2019）等等。

不同寄主/寄生蜂比率对寄生蜂的繁育具有显著影响。以黄粉虫为替代寄主繁殖管氏肿腿蜂人工扩繁时，寄主和雌蜂比为 2∶1 较适宜（代平礼等，2005），而以青杨天牛繁育管氏肿腿蜂时则是 4-5∶5（周娜等，2006）。由于对单寄生蜂生长发育不利的过寄生现象普遍存在于单寄生蜂寄生过程中（李元喜等，2001；江化琴等，2014），所以在大量繁殖如菜蛾盘绒茧蜂和螟蛉盘绒茧蜂 *Cotesia ruficrus*（Haliday）等的单寄生蜂时，应减少接蜂密度和接蜂时间。寄生蜂还会通过生殖调整来应对缺乏寄主的情况，如羽化后 4 日内的卷蛾分索赤眼蜂对于短期缺乏寄主适应性较强，在恢复供寄主卵首日会提高寄生卵量，且这种调整对成蜂自身的繁殖力和成虫寿命没有明显影响（陈科伟等，2002）。

5.2　补充营养

寄生蜂成蜂搜索、交配、寄生等活动所消耗的能量需要由取食营养物质（主要是碳水化合物）来补充，所以碳水化合物对寄生蜂成蜂的存活、繁殖力（寄生力）和后代性比有直接影响（宋南等，2006）。取食蜂蜜、玉米花粉、褐飞虱蜜露和大豆花粉均能明显延长稻虱缨小蜂成蜂的寿命和提高对褐飞虱卵的寄生能力（郑许松等，2003）。取食 20%蜂蜜水+酵母粉的切割潜蝇茧蜂雌蜂能产更多的卵（梁光红等，2007a）。无补充营养（饥饿）的蝶蛹金小蜂雌蜂总体产卵量减少（Dong *et al.*，2008）。类似补充营养显著延长雌蜂寿命和提高产卵量的研究还涉及豌豆潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea* Walker（Zhang *et al.*，2011）、蝇蛹金小蜂（Hu *et al.*，2012）、芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa*（Westwood）、（Wang *et al.*，2014）、海氏桨角蚜小蜂（Zhang *et al.*，2014）等。

5.3　低温贮藏

长期保存而不降低寄生蜂活力是规模化繁殖寄生蜂的重要技术之一，也是高效利用寄生蜂进行生物防治的前提和保障。虽然较低的温度可以延长寄生蜂的贮藏时间，但对适合度会产生不利影响（Shi *et al.*，2013a），因此研究和筛选最佳贮存低温度和时间对于寄生蜂的规模化生产和随后的运输和应用至关重要。目前利用低温处理寄主、低温处理已被寄生蜂寄生的寄主和低温处理寄生蜂，随后进行评估，获得了最佳保存温度和时间的寄生蜂有：寄生黄粉虫蛹的管氏肿腿蜂（陈倩等，2006，2007，2008a，2008b；胡镇杰等，2017）、椰心叶甲啮小蜂（Liu *et al.*，2014a；Tang *et al.*，2014）、冷冻蝇蛹与丽蝇蛹集金小蜂和蝶蛹金小蜂繁育（张忠等，2009a，2009b；贺张等，2013）、米蛾卵与赤眼蜂（Huang *et al.*，2017）、僵蚜与烟蚜茧蜂（唐文颖等，2011；宋

修超等，2012；夏诗洋等，2013）。也可以在保证有充足补充营养、相对低温的条件下，通过短时间内降低成蜂的活动而延长成蜂寿命的方式直接保存寄生蜂成虫，如丽蝇蛹集金小蜂（任倩等，2011）、麦蛾柔茧蜂（Chen *et al.*，2011b，2013）等。

5.4 滞育调控

滞育状态的寄生蜂可以比非滞育状态的在冷库中存活的时间更长，诱导寄生蜂进入滞育，在延长贮存时间和货架期、调节释放羽化时间以适时防治、加强和促进抗逆性和繁殖力等方面具有积极意义。滞育的寄生蜂不仅存活久且对不良环境适应性强所以更容易保存。如在 5 ℃条件下保存不同周数的麦蛾柔茧蜂雌蜂，其滞育的雌蜂存活率、寿命、产卵量、卵的孵化率等各类指数都明显高于未滞育（Chen *et al.*，2013）。据统计，近 70 年来全世界共有 128 种寄生蜂做过滞育特性研究（张礼生等，2014a），其中我国研究人员研究的寄生蜂有 16 种，即寄生松毛虫属 *Dendrolimus* 害虫的枯叶蛾平腹小蜂 *Anastatus ramakrishnai*（Mani）和松毛虫赤眼蜂、寄生棉蚜的异足蚜小蜂 *Aphelinus varipes*（Foerster）、寄生美国白蛾的白蛾周氏啮小蜂、寄生白蜡窄吉丁的白蜡吉丁柄腹茧蜂、寄生三化螟 *Scirpophaga incertulas*（Walker）的螟卵啮小蜂 *Tetrastichus schoenobii* Ferriere、寄生细蛾科 Gracilariidae 的细蛾多胚跳小蜂 *Holcothorax testaceipes*（Ratzeburg）、寄生玉米螟 *Pyrausta nubilalis*（Hubern）的亚洲玉米螟赤眼蜂、寄生双色泉蝇 *Pegomya bicolor*（Wiedemann）的双色泉蝇茧蜂 *Biosteves* sp.、寄生夜蛾科低龄幼虫的中红侧沟茧蜂、寄生烟蚜的烟蚜茧蜂、寄生麦蛾 *Sitotroga cerealella*（Olivier）的麦蛾柔茧蜂、寄生丽蝇科 Calliphoridae 和麻蝇科 Sarcophagidae 的丽蝇蛹集金小蜂、寄生小菜蛾的菜蛾盘绒茧蜂、寄生甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和粘虫的管测沟茧蜂、寄生草地螟的草地螟阿格姬蜂 *Agrypon flexorium*（Thunberg）（张礼生等，2014a；张洪志等，2018）。上述研究表明，寄生蜂的滞育虫态有老熟幼虫、预蛹、蛹和成虫，其中以老熟幼虫和预蛹滞育为多（各分别有 7 种和 8 种）。由于滞育的敏感阶段常为滞育虫态的前一虫期，即对其进行诱导滞育的最佳时期，就可以获得进入滞育的种群。如：将柞蚕卵中松毛虫赤眼蜂新产的卵在 26 ℃保存 40 h 后转入 10 ℃诱导 4 周是诱导松毛虫赤眼蜂滞育的最佳方法（Ma and Chen，2006）；用低温和短日照处理发育阶段为卵或者 1 龄幼虫的草地螟阿格姬蜂就能诱导其在老熟幼虫阶段进入滞育（徐忠宝等，2013），而用低温和短日照处理发育阶段为 2 龄幼虫的中红侧沟茧蜂则诱导其在预蛹阶段进入滞育（浑之英等，2005；Li *et al.*，2008）；白蛾周氏啮小蜂属长日照型昆虫，以老熟幼虫进入滞育状态，在幼虫阶段诱导其进入滞育的临界光周期会因为饲养的温度上升而缩短（孙守慧等，2009）；对麦蛾柔茧蜂来讲，在 20 ℃或者 17.5 ℃这两个温度、光照周期分别为 16、13 或 10 h 的条件下生长的幼蜂发育至成虫后，在光照时间为 10 h 条件下育出的雌蜂都能进入生殖滞育（Chen *et al.*，2012）。

除了温度和光周期外，影响寄生蜂滞育的因素还主要有亲代情况（即亲代效应）以及所处的地理环境。亲代的滞育特征会影响子代的表现型即为滞育的亲代效应，一般昆虫的滞育亲代效应多为母代对子代滞育的影响，寄生蜂也不例外；同时，寄生蜂的滞育的亲代效应除了受亲代自身因素等的影响外，也还受滞育持续时间、光周期、温度等环境条件的影响（张礼生等，2014a）。母代经历的光周期对子代的滞育有显著影响，甚至完全决定其子代的滞育，亲代会根据自身经历的光周期而决定其子代是否进入滞育或者进入滞育的条件和滞育比例。如在长日照条件下饲养亲代菜蛾盘绒茧蜂可降低子代滞育诱导的临界温度（郭玉玲等，2007）；滞育亲代烟蚜茧蜂所产下的子蜂滞育率和非滞育亲代所产下的子峰相比，由对照的 44.75%提高至 74.01%（张礼生等，2014b）。处于不同地理环境的寄生蜂种群可能发生遗传分化，而分化的寄生蜂种群之间的滞育诱导条件和滞育率之间存在显著差异，如在中国

3 个不同地区的松毛虫赤眼蜂种群（黑龙江、辽宁和江苏）中，来自于黑龙江和辽宁种群的滞育诱导临界温度和滞育率要显著高于来自于江苏的（Zhang *et al.*，2017a）。

需要注意的是处于滞育状态的寄生蜂仍需进行代谢和消耗，所以过长的滞育期会对寄生蜂产生不利影响，这从滞育寄生蜂体内的代谢组与非滞育的不同看出。如滞育的丽蝇蛹集金小蜂体内的有包括三羧酸循环和糖异生在内的 22 条代谢通路发现改变和富集，特别是糖酵解产物增多与滞育蜂耐寒性的提高相吻合（Li *et al.*, 2015）；处于滞育期的烟蚜茧蜂体内有 278 个蛋白质的含量显著上升（黄凤霞等，2015），其中很多是在非滞育阶段不表达或者微量表达的滞育关联蛋白（张礼生等，2015）。菜蛾盘绒茧蜂滞育蛹中的氧化物歧化酶活性上升而过氧化氢酶活性下降，其子代卵的过氧化物酶和过氧化氢酶活性均明显上升说明滞育亲代效应能延伸到子代的抗逆特性上（Hao *et al.*，2012）此外，寄主的营养状态也间接影响寄生蜂的滞育，如寄主饲料中某些氨基酸浓度过高会导致滞育蜂体内必需氨基酸浓度升高、代谢物与能源利用率减少、脂质和氨基酸代谢紊乱的现象（Li *et al.*，2015）。

一般昆虫滞育的解除是光周期和温度的变化，寄生蜂也是如此，但是喷施适宜浓度的有机溶剂可以有效促进寄生蜂滞育的解除，并显著缩短滞育解除蜂羽化历期、提高羽化整齐度（侯艳红等，2011），利于在生物防治中的释放应用（Zhang *et al.*，2014）

5.5　其他因素

依据寄生蜂产卵具有明显偏好性和选择性的特性，在人工繁殖寄生蜂的过程中可以通过使用产卵增效剂或者改变物理或生物因素促进寄生蜂雌蜂在替代寄主上产卵。在利用人工卵繁殖赤眼蜂时，可使用的产卵增效剂有聚乙烯醇、明胶、白乳胶、琼脂、木薯粉、米粉和淀粉等去刺激松毛虫赤眼蜂、拟澳洲赤眼蜂 *T. confusum* Viggiani 及广赤眼蜂 *T. euanescens* Westwood 产卵（Han *et al.*，1994），或者使用与寄主幼虫血淋巴卵液中的同类、浓度接近的钾离子、镁离子和钠离子等阳离子溶液人工卵刺激雌蜂产卵（Nettles *et al.*，1985）。阿里山潜蝇茧蜂 *Fopius arisanus*（Sonan）对生长在琼脂含量为 2%的产卵盘中寄主有最大的寄生率（耿军灵等，2009）。辐射处理寄主卵（改变寄主卵的适合度）或者寄生蜂雌蜂（刺激生殖）都可以刺激寄生蜂雌蜂的产卵，正如用 300 Gy Co^{60} 处理新产（<8 h）寄主棉铃虫卵或者 250 Gy 处理雌蜂都可以提高玉米螟赤眼蜂的繁殖率（Wang *et al.*，2009a），在分别用 20Gy 辐射 6 h 和 30-36 h 的桔小实蝇卵中培育出来的长尾全裂茧蜂（Cai *et al.*，2018）和阿里山潜蝇茧蜂（Cai *et al.*，2017）综合表现都较好。

6　生物防治技术与策略

6.1　寄生蜂的人工释放

6.1.1　单种天敌释放　田间寄生蜂释放是天敌在生物防治应用过程中核心环节，在我国已有的利用多种赤眼蜂防治螟虫类害虫、平腹小蜂 *Anastatus japonicus* 防治荔枝蝽象 *Tessaratoma papillosa* (Drury)、中红测沟茧蜂防治棉铃虫、周氏啮小蜂防治美国白蛾、肿腿蜂防治天牛、啮小蜂防治椰心叶甲的生物防治实践过程中，对单种寄生蜂释放过程中的关键技术进行了研究，有效提高了寄生蜂应用的效率，并为寄生蜂在相关害虫可持续的生物防治过程中的长期应用提供了保障。

平腹小蜂是荔枝蝽象的优势卵寄生蜂，我国广东、福建等荔枝产区一直利用平腹小蜂防治荔枝蝽蝽象，现今平腹小蜂的释放已形成了完整的田间释放技术体系，先于荔枝蝽的产卵始盛期进行第 1 次放蜂，再于 10-12 d 后释放第 2 次，即能达到防治荔枝蝽的最佳效果，且整个荔枝花期无需再使用杀虫剂，对虫媒昆虫的活动和荔枝园的生境起到良好的保护作用（佘春仁等，1997）。中红侧沟茧蜂能寄生棉铃虫、粘虫、小地老虎等鳞翅目夜蛾科 5 个属的低龄幼虫，自 1979 年被河北省农林科学院植物保护研究所发现以来，在开展其生物学特性、发生消长规律、人工饲养、化学生态学等方面的研究基础上进行大规模释

放技术探索，最终在新疆棉田的释放量为 7 500-15 000 头／hm^2，从棉铃虫卵孵化盛期开始释放 1-2 次即可有效控制棉铃虫为害，减少为害损失 80%以上，而在玉米和露地蔬菜地中分别释放 1 次和 2 次对玉米田 3 代棉铃虫幼虫寄生率分别达到 51.22%和 60.35%以及防治效果分别为 68.42%和 77.63%（李建成等，2010）。

针对入侵性林业重大害虫松突圆蚧，本地天敌调查和筛选后发现 3 种本地优势寄生蜂-长缨盾蚧丽蚜小蜂 *Encarsia citrina* Craw、爱友丽蚜小蜂 *E. amicula* Viggiani *et* Hui 和范氏黄小蜂 *Aphytis vandenboschi* DeBach *et* Rosen，在室内利用马铃薯、南瓜和柠檬等果实饲养的茶铗盾蚧 *Abgrallaspis cyanophylli*（Signoret）、夹竹桃蚧 *Aspidiotus nerii*（Signoret）和红圆蚧 *Aonidiella aurantii*（Maskell）作为替代寄主，进行了大量繁殖后，分别在广东番禺南沙、增城林场白水工区、阳东县合水镇等地的松突圆蚧发生区进行放蜂试验，结果表明这 3 种寄生蜂均可在林间定殖，其中范氏黄小蜂是所释放 3 种寄生蜂中对松突圆蚧雌蚧的寄生率最高，可达到 10.92%（比对照提高 5.62%），能在生物防治松突圆蚧过程中发挥重要作用（何国锋等，1995）。花角蚜小蜂是从原产地引入的控制松突圆蚧为害的寄生蜂，在福建地区释放后取得了一定的效果，该蜂的释放在时空间上应多点（间隔 100-200 m）放蜂，在时间上应周期性（间隔 4-5 年）（陈顺立等，2011）。白蛾周氏啮小蜂是入侵昆虫美国白蛾在我国本地优势寄生蜂种类，围绕白蛾周氏啮小蜂应用的研究已较为深入，目前已形成了一套相对成体系的林间释放技术，即一般采用直接挂树法或直接利用茧孔悬挂在树杈上进行林间释放，放蜂量则根据美国白蛾的数量确定，发生严重地区的蜂虫比 3∶1 为宜，气温在 25 ℃以上释放比较容易达到理想的防治效果，同时由于美国白蛾世代不整齐、化蛹持续时间较长，每年需放蜂 4 次（郑雅楠等，2012）。最近，在沈阳市美国白蛾发生区，蒙古栎、刺槐、黄波罗等树种较多的林地进行释放的研究结果表明，各试验区 7 月份和 9 月份的有虫株率分别比对照下降了 32.1%和 40.0%，平均网幕密度分别比对照每株降低 3.5 网和 5.4 网，9 月份有虫株率和网目密度均比 7 月份有所减少，说明仅单次独立释放白蛾周氏啮小蜂就能有效地防治美国白蛾的为害，但是连续 2 次放蜂效果会更好（郝常华，2019）。烟粉虱在我国的天敌资源也很丰富，研究和探索其优势寄生蜂天敌释放和防治效果，一直都是烟粉虱综合防治的研究热点。桨角蚜小蜂是烟粉虱的优势寄生蜂之一，在黄瓜大棚探讨了不同放蜂密度的控制效果，获得了按作物植株树为基础的最佳放蜂密度（3-5 头雌蜂/植株）（邱宝利等，2004）；丽蚜小蜂自引入我国后，结合我国现有日光温室-保护地的特点，形成了在设施蔬菜环境下释放丽蚜小蜂控制害虫烟粉虱的技术，即在设施蔬菜上烟粉虱发育至 2-3 龄若虫时即可释放丽蚜小蜂（益害比为 1∶30-50，每 667 m^2一般释放 5 000-10 000 头），每隔 7-10 d 释放 1 次、连续释放 3-4 次即可（张君明等，2010）。

6.1.2　多种天敌联合释放　为了提高对某一种害虫的防控效率，在寄生蜂的实际应用过程中也会进行“多种天敌组合释放”，包括不同种寄生蜂的组合释放、寄生蜂与捕食性天敌的混合释放以及寄生蜂与微生物的联合应用。如在烟粉虱的防治过程中按 3∶1 的比例释放海氏桨角蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂这两种寄生蜂能获得对烟粉虱防治的最佳效果（Xu *et al.*，2015；张晓明等，2018）；捕食性天敌东亚小花蝽 *Orius sauteri*（Poppius）、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*（Pallas）分别与丽蚜小蜂、浅黄恩蚜小蜂一起释放时，和单独释放或仅寄生蜂混合释放相比，寄生蜂均能寄生更多的烟粉虱（李姝等，2014；Tan *et al.*，2016b）；同时释放丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂时，虽然每一种寄生蜂对烟粉虱若虫的寄生率都比单独释放的低，但烟粉虱的总死亡率增加（Pang *et al.*，2011）。在桑天牛 *Apriona germari*（Hope）的防治过程中进行了将虫生真菌与寄生蜂联合施用，发现接种过球孢白僵菌 *Beauveria bassian* 的管氏肿腿蜂对桑天牛的寄生效率更高（Li *et al.*，2017a）。在利用微生物农药防治印度谷螟的同时释放的麦蛾茧蜂会对 Bt 制剂对印度谷螟

的致死作用起叠加效应（Oluwafemi *et al.*，2009）。结合雄性不育技术、性诱剂和阿里山潜蝇茧蜂防治橘小实蝇研究发现，先利用性引诱剂降低田间橘小实蝇雄虫数，随后释放不育橘小实蝇雄虫以进一步降低种群数量，最后在前两者基础上释放阿里山潜蝇茧蜂寄生橘小实蝇以对种群数量起到持续控制作用，最终总体防治效果可达 90%左右（郑思宁等，2013）。在我国海南岛田间自然条件下，虽然在单独释放椰甲截脉姬小蜂和椰心叶甲啮小蜂这两种寄生蜂都可以降低椰心叶甲的虫口密度，但是效果明显低于混合释放的，所以，目前按“保持椰甲截脉姬小蜂的释放数量是椰心叶甲啮小蜂的 3 倍且蜂总量是椰心叶甲数量的 10 倍，连续释放 4-5、每次放蜂间隔期为 1 个月”的技术要点释放寄生蜂能完全有效控制椰心叶甲的为害（金涛等，2012）。

值得注意的是，不同种寄生蜂的组合释放防治同一种害虫的时候，在考虑到不同寄生蜂的寄生特点情况下也能显著提高总寄生率，正如同时释放寄生蜂 *Psyttalia incis* 和阿里山潜蝇茧蜂防治橘小实蝇总出蜂率略高于单独释放其中任何一种寄生蜂（Yang *et al.*，2018a）、同时释放稻螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂防治水稻二化螟（卵）（杜文梅等，2016）。

6.2　寄生蜂的保护和助增

农田生态系统是以农作物为核心人为地改造而建立起来的生态系统，通常是大面积种植单一品种的作物，所以系统中植被较单纯、生物多样性也较低，而农田生态系统生物多样性的下降与害虫的频繁暴发直接相关。昆虫学家和生态学家根据他们的研究工作提出采用合理的耕作制度和栽培措施可以保护和强化农田生物多样性，从而有利于充分发挥寄生蜂等自然天敌的生物控害作用（尤民生等，2004）。

6.2.1　作物间作　作物间作和轮作是害虫防治过程中农业生境管理常用的手段，不同功能类型作物的合理配置而非单一的、强调植物的多样化是目前保护性生物防治的研究重点之一。科学种植不同功能植物是提高生物控害作用、增加农业生态系统的服务价值的重要方法（赵紫华等，2013）。

小麦是我国重要的粮食作物，占我国粮食产量的五分之一，而蚜虫是小麦上最主要的害虫，繁殖速度快、直接取食植物汁液并传播多种植物病毒，造成小麦产量和品质的重大损失，所以我国科研人员在各个小麦产区围绕生物防控小麦蚜虫进行了间套种作物研究。目前筛选获得有效的间套作植物种类有油菜、蚕豆、豌豆和荷兰豆，和小麦单作相比，随着系统中物种多样性的增加，蚜虫寄生蜂天敌种群得到了保护，最终僵蚜率和蜂/蚜比也显著升高（王万磊等，2008；Wang *et al.*，2009b；李川等，2011；费晓东等，2012；Xie，2012；Zhou *et al.*，2013）。同一作物不同抗性品种的混作具有类似的天敌保护功能，正如北京 837 单作或与另外 4 个小麦品种间作后，其蚜茧蜂（燕麦蚜茧蜂 *Aphidiu savenae* Haliday、烟蚜茧蜂）的平均数量增加（周海波等，2009）。与小麦相似，大田作物类似玉米、棉花都可以进行不同作物的间套作，通过间套作增加天敌数量以防治主作物上的害虫。如在广西壮族自治区增城市进行玉米田间套作绿豆通过提高玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟卵的数量和寄生率以防治玉米螟（周大荣等，1997a，1997b; 田耀加等，2012）。在云南滇西南地区，玉米田间套作甘蔗可显著增加亚洲玉米螟的 3 种主要寄生蜂-螟蛉绒茧蜂 *Apanteles ruficrus* Haliday、黄眶离缘姬蜂 *Trathala flavoorbitalis* Cameron 和大螟钝唇姬蜂 *Eriborus terebrans* Gravenhorst 的种群密度，显著降低亚洲玉米螟卵块密度与卵粒密度、蛀孔密度与百秆虫量（陈斌等，2015）。在云南普洱轮作小麦、萝卜等作物以及邻作茶叶的玉米田中寄生蜂群落的比例显著高于单种玉米的，同时寄生蜂群落上升成为主导整个生态体系内总节肢动物群落的变化的因子之一（柴正群等，2016）。在河北邯郸地区转基因棉田中，间作不论是抗或者感麦长管蚜的冬小麦品种都可以比单种棉花更保存和增强寄生蜂种群从而减少棉蚜的虫口数量（Ma *et al.*，2006）。在大豆田间作甜葫芦、香瓜、烟草和玉米等经济作物，与单作大豆田相比，

大豆蚜虫种群数量降低了 40.7%以上，由此大豆田中寄生蜂与蚜虫的益害比明显提高（李新民等，2014）。

在蔬菜生态系统中，间套种不同蔬菜种类和品种，也起到趋避或诱集作用，增强寄生蜂等天敌昆虫的控害功能。在福建省琅岐岛的小白菜田间/套作大蒜，发现间作大蒜可以提高田间寄生蜂的丰盛度和数量（蔡鸿娇和尤民生，2007）。在花椰菜田间作番茄（株数占花椰菜总株数比 10%、30%、50%）不仅提高了菜蛾盘绒茧蜂的个体数量和蜂/蛾比，还降低了另外两种害虫-菜蚜、黄曲条跳甲的数量（夏咛等，2015）。在辣椒田地间种甘蔗能显著提高南美斑潜蝇的几种优势寄生蜂-豌豆潜蝇姬小蜂、潜蝇茧蜂 *Opius* sp.、异角短胸潜蝇姬小蜂 *Hemiptarsenus varicornis*（Girault）的个体数量和它们对南美斑潜蝇的寄生率（Chen *et al.*，2011a）。近年来随着温室（保护地）蔬菜栽培面积逐步增加且生态环境趋于稳定、有利于各种害虫的增殖，所以在温室（保护地）蔬菜害虫的防治过程中特别重视对植物的挥发性气味的研究并由此进行间套种作物种类的筛选。如依据气相色谱法对芹菜气体挥发物主要成分的分析结果，在保护地番茄或保护地黄瓜种植区间作芹菜，发现对温室白粉虱和烟粉虱的驱避效果分别达到 98.0%和 84.5%（朱培祥等，2011）。

水稻生态系统相对较为特殊，其他粮食作物或者经济作物的间作和轮作主要在稻田区外（即邻作）也会对稻田内寄生蜂产生影响。在稻田边的设置茭白田，利用茭白 *Zizania latifolia* 上长绿飞虱 *Saccharosydne procerus* Matsumura 繁殖稻虱缨小蜂进而达到控制水稻田中稻飞虱的目的（俞晓平等，1999；郑许松等，1999）。在水稻田边埂堤坝种植大豆则可以丰富水稻生态系统的生物多样性，不仅降低了褐飞虱的种群丰度还能促进寄生蜂向稻田中的迁移由此提高了天敌寄生蜂和害虫的比例，最终稻田中螟虫和飞虱各个阶段的寄生率都显著上升（Yao *et al.*，2012；戈林泉等，2013）。

果园生态系统与其他作物生态系统相比，表现为单一果树的生长期长，园内科学种植非果树类植物则更利于有天敌昆虫的繁殖。比如，有目的地套种以豆科牧草为主的绿肥作物为寄生蜂提供繁衍、活动和化学防治害虫时的躲避场所，有利于果园寄生蜂繁衍和形成稳定的种群。如在北京门头沟苹果园内的果树行间混种种植紫花苜蓿和/或黑麦草，和对照清耕区相比，蚜小蜂、跳小蜂 *Aphidencyrtus aphidivorus*（Mayr.）等寄生蜂的发生期显著提高，且总量和密度显著增长（迟全元等，2011）。若结合绿肥作物，进一步在果园设置种有有益杂草的生草园，则可以进一步显著增加寄生蜂的数量。正如行间种植有紫花苜蓿的苹果树搭配引入夏至草、泥胡菜等有益杂草的生草园后，苹果园中主要害虫之一的金纹细蛾 *Lithocolletis rignoniella* Mats.被金纹细蛾跳小蜂 *Ageniaspis pestacsipes* Rate.、金纹细蛾姬小蜂 *Sympiesis laevifrons* Kamijo 和金纹细蛾绒茧蜂 *Apanteles theivorae* Mina.这 3 种寄生蜂寄生的联合寄生率分别是免耕园、清耕稀植园和清耕密植园的 1.34 倍、16.9 倍和 17.9 倍（于毅和严毓骅，1998；张金钰等，2012）。在苹果树行间作芳香植物（紫花藿香蓟 *Ageratum houstonianum*、孔雀草 *Tagetes patula* 和夏香薄荷 *Satureja hortensis*）可以增加果园内赤眼蜂科、姬蜂科、茧蜂科天敌的密度，由此降低了卷蛾科害虫（苹果小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* Fisher、芽白小卷蛾 *Spilonota lechriaspis* Meyrick 和黄斑卷蛾 *Acleris fimbriana* Thunberg）种群的增长速度和密度（Song *et al.*，2014）。在梨园中间作同样的芳香植物也能得到类似的效果（Song *et al.*，2010）。目前，茶叶的无公害生产和有机生产已成为茶园发展的重要方向，而茶园虫害防治是有机茶生产的关键环节之一，目前间作在茶园生态系统中发挥着和在其他农业生态系统一样作用。在茶树间间作罗勒 *Ocimum basilicum* 或紫苏 *Perilla frutescens* 可以显著增加寄生蜂的总量和密度（张正群等，2016）；间作铺地木兰 *Indigofera endecaphylla*+罗顿豆 *Lotononis bainesii*、圆叶决明 *Chamaecrista rotundifolia* +白三叶 *Trifolium repens*、白三叶+平托花生 *Arachis pintoi* 这 3 种

不同组合绿肥，不仅能提高茶园寄生蜂在茶园冠层群落的比率，而且寄生蜂对害虫的空间数量跟随效应强（李慧玲等，2016）。

6.2.2　种植蜜源植物　补充营养是促进寄生蜂雌蜂的生殖系统，特别是卵巢发育成熟的重要营养物质，可以提高寄生蜂的生殖力、存活率、搜索能力和寄生能力，而显花植物的花蜜和花粉则是田间寄生蜂补充营养的主要来源，所以种植蜜源植物是一种提高生物防治效果的有效手段，近年来在我国生物防治过程中开始广泛应用（陈学新等，2014）。不同的显花植物由于其花蜜营养成份不同对寄生蜂的影响也不同（朱平阳等，2012）。对 23 种植物的筛选和测试表明，芝麻 *Sesamum indicum* 是一种有效的蜜源植物，稻虱缨小蜂取食芝麻花蜜后寿命延长约 30%，对寄主卵寄生率显著上升，且平均处置时间从 31.29 min 降低到 18.36 min（Zhu *et al.*，2013c）。在浙江省金华市水稻田边种植芝麻可以提高稻飞虱和稻纵卷叶螟寄生蜂的数量，田间调查表明在田埂种植芝麻的生态控制区（不使用化学杀虫剂）的稻飞虱寄生蜂数量是农民自防田的 4-10 倍，稻飞虱数量显著降低 12 倍（吕仲贤等，2008；朱平阳等，2012，2015；Gurr *et al.*，2012；Zhu *et al.*，2015a，2018b），且在中、泰、越三国水稻种植区长达 4 年的应用结果进一步说明了该技术体系对寄生蜂群落功能和控害效果有促进作用（Gurr *et al.*，2016）。车轴草（又称三叶草）和酢浆草 *Oxalis corniculate* 花期最长可达 200 d，花蜜中含有丰富的碳水化合物（葡萄糖、果糖以及少量蔗糖），水稻田埂种植这 2 种显花植物能显著延长和提高螟虫卵寄生蜂-螟黄赤眼蜂的寿命和寄生力，是优良的蜜源植物（赵燕燕等，2017）。除花蜜碳水化合物组成外，显花植物的花色对寄生蜂也有影响。螟黄赤眼蜂对不同颜色的瓜叶菊 *Senecio cruentus* 花的选择性研究表明，螟黄赤眼蜂趋向于亮度高颜色（白色和粉红色）的花（汪庚伟等，2015）。

在蔬菜生态系统中种植蜜源植物也取得了同样的效果。以甘蓝产区中小菜蛾、棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、粘虫、亚洲玉米螟、草地螟 7 种重要的蔬菜害虫和中红侧沟茧蜂、浅黄恩蚜小蜂、瘤侧沟茧蜂和蝶蛹金小蜂 4 种寄生蜂为对象进行了实验测试，结果表明芝麻蜜源对蝶蛹金小蜂和浅黄恩蚜小蜂这 2 种寄生蜂的雌蜂寿命有显著的延长作用，对小菜蛾成虫有一定的正向作用，但对其余 6 种主要害虫成虫的寿命和生殖没有影响（Liu *et al.*，2017a）。

近年来，在中国多个地区相继建造了大批具有人工调控环境能力的永久性现代化玻璃温室用于花卉的生产，引种培育非本地栽培品种的花卉并实现全年生产供应，而目前寄生蜂在温室花卉害虫防治过程中的占有重要地位。花卉植物可分成观花植物和观叶植物两大类，其中观花植物能够提供花粉及花蜜作为寄生蜂的食物或者捕食性天敌的替代食物，有利于建立天敌群落，起到了类似于“蜜源植物”的作用，所以同一温室内栽种花卉种类及配比不同也会影响温室内寄生蜂群落的结构与丰度（赵紫华等，2013；付雪等，2014）。

6.2.3　植物支持系统和生态调控　现代农业的大面积单一化种植改变了原本多物种和谐共存的生态环境，使得多种虫害频繁发生甚至无法控制。因此，从增加生物多样性、提高生态系统的稳定性着手的改善生态环境以利于天敌种群增殖或定居，恢复和提高天敌昆虫的自然控害作用是一直以来指导包括寄生蜂在内的天敌昆虫研究和应用的生态原则（赵修复，2003）。随着生物防治基础和应用研究的深入，植物在保护性生物防治、维持和促进天敌控制害虫中的重要性和作用日益凸显和收到关注，目前除了蜜源植物，其他一些功能植物，如储蓄植物、栖境植物、诱集植物、指示植物、护卫植物等都在支持天敌困生存和繁殖方面发挥了重要的作用（陈学新等，2014）。生长在田头、地埂、路边、沟渠、果园内树行间的功能植物为寄生蜂提供了食物、繁殖场所、越冬或夏眠场所等，改善了寄生蜂生存的微环境，在作物收获或施药等农事操作干扰时为寄生蜂提供了庇护所，有利于寄生蜂种群的增长，维护农业生态系统的平衡，是保护型生物防治的重要组成部分（陈学新等，2014；Zou *et al.*， 2020）。

通过作物生态系统内的植物种类和布局的管理，改善天敌昆虫生存环境，恢复或者提高原有寄生蜂对寄主害虫的控制作用，而合理管理措施的提出是需要以对不同作物系统内生境复合程度对寄生蜂的影响为基础的。在稻田生态系统中，稻田、田埂和毗邻杂草地的天敌昆虫种类和动态差异明显。如广东省四会市大沙镇稻田中褐飞虱卵期寄生蜂群落结构和动态研究表明，共获得19种卵寄生蜂，其中稻虱缨小蜂、长管稻虱缨小蜂和拟稻虱缨小蜂是群落中的优势种群，它们对控制褐飞虱卵期的存活率起主要作用，在水稻生长前期、中期和后期，寄生蜂对褐飞虱卵的平均寄生率分别达到76%、70%和50%（毛润乾等，1999，2000）。如在福建古田稻田及其毗邻杂草地的系统调查发现稻田中有隶属16科的67种寄生蜂，而毗邻杂草地中有隶属19科96种寄生蜂（李志胜等，2002；徐敦明等，2004）。如在江西省万载县国家有机食品（稻米）生产基地的有机水稻生产区调查到2目8科28种寄生性昆虫（梁朝巍，2011）。分析表明，田埂和稻田周围杂草地的寄生蜂群落的均匀性指数比稻田低，但物种丰度、多样性、优势集中度指数均比稻田高，因此，稻田周围的田埂及杂草地生境是稻田寄生蜂的种库，对稻田寄生蜂群落的重建和种群保存有重要影响。适当保留田埂杂草和稻田周围的杂草地，种植功能植物，增强农业景观的异质性，从而提高寄生蜂的多样性和控害效能（郑云开等，2014）。所以，针对稻田飞虱类害虫，首先可以保留具有寄生蜂保育能力的栖境植物，比如能吸引多种飞虱产卵的稗草，越冬期的马唐 *Digitaria sanguinalis* 和牛筋草 *Eleusine indica*，水稻种植前期的看麦娘 *Alopecurus aequalis* 和李氏禾 *Leersia hexandra*，然后种植提供替代寄主的储蓄植物，如茭白（茭白-长绿飞虱-缨小蜂）、秕谷草 *Leersia sayanuka*（秕谷草-伪褐飞虱 *Nilaparvata muiri* -稻虱缨小蜂），再是种植花期较长的蜜源植物（芝麻、大豆或者莎草类和阔叶类杂草）、诱集植物（香根草 *Vetiveria zizanioides*）等，由此促进水稻生态系统中稻飞虱卵寄生蜂的大量繁殖，提高稻田附近寄生蜂的数量，降低稻田稻飞虱的种群数量（张纯胄和金行模，1980；林拥军等，2011；郑许松等，2013；朱平阳等，2015，2017）。单季晚稻区也可以采用同样的策略。冬季稻田种植绿肥紫云英 *Astragalus sinicus*，为天敌提供越冬场所及花粉花蜜等食料；稻田田埂全年保留杂草，尤其是禾本科杂草，为天敌提供替代寄主、猎物、庇护所及越冬场所；稻田中部分别设置种植茭白和芝麻的区域，作为天敌库繁殖并持续释放稻飞虱卵寄生蜂和为之提供补充营养蜜源；为了进一步加强效果，田埂种植红花酢酱草、波斯菊 *Cosmos bipinnata*、硫华菊 *Cosmos sulphureus* 等显花植物和撒种显花植物以及在稻区机耕路两边及较宽的田埂上种植诱集植物香根草，利用其对水稻螟虫的诱集效应诱杀螟虫，结果表明，自2009年实施以来到2014年为止，原有稻田生态功能得到良好修复，稻纵卷叶螟被持续控制在较低的水平，杀虫剂的使用减少了 93.75%（郑许松等，2017）。

在山东省日照的花生产区，虽然蛴螬寄生蜂天敌资源比较丰富，但因生存环境的恶化造成种群密度过低所以不能发挥控害作用。研究人员针对性地在花生田周边种植红麻、蓖麻等各种蜜源植物，采取花生与玉米、甘薯、大豆等不同作物间作措施，改善花生田间的生态环境，以保护利用暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* Motschulsky 的优势寄生性天敌-弧丽金龟钩土蜂 *Tiphia popilliavora* Rohwer 的栖息环境。通过多年的连续努力，寄生蜂与蛴螬的益害比连年增大，最终暗黑鳃金龟幼虫在起始危害期就被有效抑制，目前该花生产区对蛴螬已不再进行化学防治（陈红印等，2003）。

在广州对两种不同生境的荔枝园系统（林下植被为稀疏的南亚热带常见杂草及零星灌木的单一园，近百种南亚热带常绿阔叶高大乔木、丛生灌木和繁茂杂草片状混合种植的复合系统）的寄生蜂群落调查发现，虽然姬小蜂和跳小蜂这两类寄生蜂在两种生境中都占据重要地位，但是复合园中寄生性天敌种类较丰富、数量较多、均匀

性程度高于单一园，但是优势集中度低（刘德广等，1999）。在辽宁昌图按 5 个非耕作生境比例（0-10%、10%-20%、20%-30%、30%-40%和 40%50%）分别评估不同非耕作生境组成对包括寄生蜂在内的玉米螟天敌数量的影响，发现玉米螟天敌数量随着非耕作生境比例呈先增后减，其中以林地为主或村落、草地为主的非耕作生境的比例为 20%-30%时天敌数量达最大值（边振兴等，2019）。作为我国棉花重点产区的新疆具有独特的生态环境和光热资源，且农田都是位于荒漠绿洲交界地带，与荒滩、荒山、戈壁、沙漠、沙丘相交错，那么与荒漠、盐碱地等的过渡带以及棉田周边杂草（红柳、盐爪爪等植物）能保有明显多于单一棉田、分属于蚜茧蜂、金小蜂等 14 个科的寄生蜂，所以为棉田寄生蜂提供了丰富的种库资源（武维霞等，2009）。所有对作物田块周边生境植被组成对寄生蜂保育作用，都为利用合理制定生态调控策略促进寄生蜂的害虫控制功能提供了理论和实践的依据。

7　总结和展望

寄生蜂在生物防治过程中的应用研究在过去和现在仍然主要是以针对一种寄生蜂、一种寄主（重大害虫）或者一个作物生态系统开展，个性化的特色很突出。研究内容从早期以分类和资源多样性调查、种群动态调查、生命表组建为主，发展到利用大分子、全基因组、转录组测定技术通过基因、蛋白的鉴定和转录水平变化分析解析寄生蜂生物学、生理学、营养学、繁殖学和生态学的特征以及对寄主的调控作用，为更好地在生物防治中应用寄生蜂并高效的发挥它们的控害作用提供了科学依据、奠定了理论基础，而且也为我国重大农业害虫的可持续控制提供了技术支撑和条件，保障了我国绿色、安全的农业生产。

参考文献 (References)

Ahmed MZ, Ren SX, Mandour NS, Greeff JM, Qiu BL, 2010. Prevalence of wolbachia supergroups A and B in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and some of its natural enemies. *Journal of Economic Entomology*, 103(5): 1848–1859.

Ahmed SS, Liu DG, Simon JC, 2017. Impact of water-deficit stress on tritrophic interactions in a wheat-aphid-parasitoid system. *PLoS ONE*, 12: e0186599.

Akinkurolere RO, Boyer S, Chen H, Zhang H, 2009. Parasitism and host-location preference in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae): Role of refuge, choice, and host instar. *Journal of Economic Entomology*, 102(2): 610–615.

Azevedo CO, Alencar IDCC, Ramos MS, Barbosa DN, Colombo WD, Vargas RJM, Lim J, 2018. Global guide of the flat wasps (Hymenoptera, Bethylidae). *Zootaxa*, 4489(1): 1–249.

Bai SF, Cai DZ, Li X, Chen XX, 2009. Parasitic castration of *Plutella xylostella* larvae induced by polydnaviruses and venom of *Cotesia vestalis* and *Diadegma semiclausum*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 70(1): 30–43.

Bai SF, Chen XX, 2009. Characterization of parasitoid teratocytes and their interactions with the development of the endoparasitoid larvae. *Journal of Environmental Entomology*, 31(1): 29–34. [白素芬, 陈学新, 2009. 菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞蛋白质的合成和分泌及细胞超微结构的变化. 环境昆虫学报, 31(1): 29–34.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2002. Development and ultrastructure of *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) teratocytes. *Journal of Zhejiang Agricultural University* (*Agric. & Life Sci.*), 28(6): 635–645. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2002. 菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞发育及其超微形态结构. 浙江大学学报(农业与生物技术版), 28(6): 635–645.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2003. Characterization of *Cotesia plutellae* polydnavirus and its physiological effects on the diamondback moth, *Plutella xylostella* larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 46(4): 401–408. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2003. 菜蛾盘绒茧蜂多分DNA病毒的特性及其对小菜蛾幼虫的生理效应. 昆虫学报, 46(4): 401–408.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2005a. Effects of host age at the time of oviposition, superparasitism and host starvation after parasitism on the growth of *Cotesia plutellae* larvae and their teratocytes. *Acta Entomologica Sinica*, 48(3): 331–336. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2005a. 寄主龄期、过寄生和寄主饥饿处理对菜蛾盘脉茧蜂幼蜂及畸形细胞发育的影响. 昆虫学报, 48(3): 331–336.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2005b. Effects of parasitism factors of the parasitoid *Cotesia plutellae* on fat body structure of the host *Plutella xylostella* larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 48(2): 166-171. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2005b. 菜蛾盘绒茧蜂主要寄生因子导致的寄主小菜蛾幼虫脂肪体结构的变化. 昆虫学报, 48(2): 166–171.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2005c. Effects of wasps-associated factors of *Cotesia plutella* on growth and development of *Plutella xylostella* larvae. *Journal of Plant Protection*, 32(3): 235–240. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2005c. 菜蛾盘绒茧蜂主要寄生因子对寄主小菜蛾生长发育的调控. 植物保护学报, 32(3): 235–240.]

Bai SF, Chen XX, Cheng JA, Fu WJ, He JH, 2006. Effect of parasitism by *Cotesia plutella* (Kurdjumov) on fat body metamorphism of the host *Plutella xylostella* L. *Journal of Henan Agricultural University*, 40(6): 630–634. [白素芬, 陈学新, 程家安, 符文俊, 何俊华, 2006. 菜蛾盘绒茧蜂寄生对寄主小菜蛾脂肪体细胞变态的影响. 河南农业大学学报, 40(6): 630–634.]

Bai SF, Li X, Chen XX, Cheng JA, He JH, 2011. Interspecific competition between two endoparasitoids *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 76(3): 156–167.

Bai SF, LI X, Chen XX, Yan FM, 2008. Characterization of parasitoid teratocytes and their interactions with the development of the endoparasitoid larvae. *Journal of Environmental Entomology*, 30(4): 370–376. [白素芬, 李欣, 陈学新, 闫凤鸣, 2008. 寄生蜂畸形细胞特性及与蜂幼虫生长发育的关系. 环境昆虫学报, 30(4): 370–376.]

Bai SF, Li X, Tang LQ, Chen XX, 2009. Immunosuppressive factors carried by eggs of the parasitoid wasp *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(5): 487–494. [白素芬, 李欣, 唐柳青, 陈学新, 2009. 菜蛾盘绒茧蜂卵携带的免疫抑制因子. 昆虫学报, 52(5): 487–494.]

Bai SX, Zhang HG, Ge X, Wang ZY, 2011. Effects of Bt-corn expressing Cry1F on the survival and fecundity of the parasitoid *Macrocentrus cingulum*. *Plant Protection*, 37(6): 82–85. [白树雄, 张洪刚, 葛星, 王振营, 2011. 转 cry1F 基因玉米花粉对腰带长体茧蜂存活和繁殖的影响. 植物保护, 37(6): 82–85.]

Bi ZB, Ji ZD, 1996. Bionomics of *Aphidius gifuensis* IV. Fecunidty, intrinsic rate of increase, functional response and population suppression of peach green aphids. *Journal of Hebei Agricultural University*, 19(3): 1–6. [毕章宝, 季正端, 1996. 烟蚜茧蜂生物学研究Ⅳ-繁殖力、内禀增长力、功能反应及对桃蚜的抑制作用. 河北农业大学学报, 19(3):1–6.]

Bian ZX, Gong LC, Guo XY, Yu M, 2019. Effect of agricultural landscape composition on natural enemy population of corn borer. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 27(1): 30–41. [边振兴, 龚玲春, 果晓玉, 于淼, 2019. 农业景观组成对玉米螟天敌数量的影响. 中国生态农业学报(中英文), 27(1): 30–41.]

Cai DZ, Bai SF, Li X, Chen XX, 2006. Effects of parasitization by three endoparasitoids on spermatogenesis in their hosts, *Plutella xylostella* larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 49(6): 908–917. [蔡东章, 白素芬, 李欣, 陈学新, 2006. 三种内寄生蜂寄生对小菜蛾幼虫精子发生的影响. 昆虫学报, 49(6): 908–917.]

Cai HJ, You MS, 2007. Effects of garlic-Chinese cabbage intercropping systems on the guilds of arthropod communities in vegetable fields. *Entomological Journal of East China*, 16(1):1–7. [蔡鸿娇, 尤民生, 2007. 大蒜-小白菜间作套种对菜田节肢动物功能团的影响. 华东昆虫学报, 16(1): 1–7.]

Cai J, Lü HP, Ye GY, Hu C, 2001. Effects of pseudoparasitism on total hemocyte count and celluar encapsulation of *Pieris rapae* pupae. *Journal of Zhejiang Agricultural University (Agric.& Life Sci.)*, 27(1): 17–20. [蔡峻, 吕慧平, 叶恭银, 胡萃, 2001. 假寄生对菜粉蝶蛹血细胞总数和包囊能力的影响. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 27(1): 17–20.]

Cai J, Lü HP, Ye GY, Hu C, 2002. A simple easy method for rapidly evaluating the physiological activities of some causal factors from adult females of endoparasitoids. *Journal of Plant Protection*, 29(1): 25–30. [蔡峻, 吕慧平, 叶恭银, 胡萃, 2002. 快速评价内寄生蜂雌蜂携带因子生理活性的简易方法. 植物保护学报, 29(1): 25–30.]

Cai J, Ye G, Hu C, 2004. Parasitism of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) by a pupal endoparasitod, *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae): Effects of parasitization and venom on host hemocytes. *Journal of Insect Physiology*, 50(4): 315–322.

Cai PM, Gu XH, Yao MY, Zhang HH, Huang J, Idress A, Ji QG, Chen JH, Yang JQ, 2017. The optimal age and radiation dose for *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) eggs as hosts for mass-reared *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 108: 89–97.

Cai PM, Hong JF, Wang C, Yang YC, Zhang QW, Ji QG, Chen JH, 2018. Radiation of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) eggs to improve the mass rearing of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(3): 1157–1164.

Cai QN, Ma XM, Zhao X, Can YZ, Yang XQ, 2009. Effects of host plant resistance on insect pests and its parasitoid: A case study of wheat-aphid-parasitoid system. *Biological Control*, 49(2): 134–138.

Cai Y, Fan J, Sun S, Wang F, Yang K, Li G, Pang Y, 2012. Interspecific interaction between *Spodoptera exigua* multiple nucleopolyhedrovirus and *Microplitis bicoloratus* (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrina) in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 105(5): 1503–1508.

Chai ZQ, Ke SJ, Huang J, Huang YM, Jia YC, Tao M, Li Q, Chen GH, 2016. Arthropod community characteristics and stability in summer maize fields with different planting environments.

Chinese Journal of Ecology, 35(12): 3306–3314. [柴正群, 可胜杰, 黄吉, 黄钰森, 贾永超, 陶玫, 李强, 陈国华, 2016. 不同种植环境夏玉米田节肢动物群落特征及稳定性. 生态学杂志, 35(12): 3306–3314.]

Chao YF, Bai SF, Li X, He P, 2009. Effects of host instar on biological characters of *Oomyzus sokolowskii*, a larval-pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *Journal of Henan Agricultural University*, 43(6): 647–651. [晁云飞, 白素芬, 李欣, 何璠, 2009. 寄生不同虫龄小菜蛾对菜蛾啮小蜂生物学特性的影响. 河南农业大学学报, 43(6): 647–651.]

Chen B, He SQ, Zhang LM, Yang JC, Yan NS, Li ZY, 2015. Control efficacy of maize-sugarcane intercropping against the occurrence and the damage of *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Plant Protection*, 42(4): 591–597. [陈斌, 和淑琪, 张立敏, 杨进成, 严乃胜, 李正跃. 2015. 甘蔗间作玉米对亚洲玉米螟发生为害的控制作用. 植物保护学报, 42(4): 591–597.]

Chen B, Wang JJ, Zhang LM, Li ZY, Xiao GL, 2011a. Effect of intercropping pepper with sugarcane on populations of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids. *Crop Protection*, 30(3): 253–258.]

Chen GH, Tao M, Yang LB, Gu Y, 2003. Study on natural enemies of *Pulvinaria citricola* Kuwana in Kunming. J*ournal of Yunnan Agricultural University*, 18(4): 416–418. [陈国华, 陶玫, 杨本立, 谷勇, 2003. 昆明地区桔绵蜡蚧天敌昆虫种类研究初报. 云南农业大学学报, 18(4): 416–418.]

Chen H, Opit GP, Sheng P, Zhang H, 2011b. Maternal and progeny quality of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage. *Biological Control*, 58(3): 255–261.

Chen H, Zhang H, Zhu KY, Throne JE, 2012. Induction of reproductive diapause in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) when reared at different photoperiods at low temperatures. *Environmental Entomology*, 41(3): 697–705.

Chen H, Zhang H, Zhu KY, Throne J, 2013. Performance of diapausing parasitoid wasps, *Habrobracon hebetor*, after cold storage. *Biological Control*, 64(3): 186–194.

Chen HY, Chen CF, Wang SY, Liu CL, Song WP, Jiang ZC, Luo YZ, McDonald RC, 2003. Controlling white grubs by setting up natural reserve regions of Tiphiid wasps resources. *Plant Protection Technology and Extension*, 23(7): 3–7. [陈红印, 陈长风, 王树英, 刘崇林, 宋文鹏, 姜祖诚, 罗益镇, McDonald RC, 2003. 建立土蜂资源保护区控制蛴螬为害. 植保技术与推广, 23(7): 3–7.]

Chen HY, Turrisi GF, Xu ZF, 2016a. A revision of the Chinese Aulacidae (Hymenoptera, Evanioidea). *Zookeys*, 587: 77–124.

Chen HY, van Achterberg C, He JH, Xu ZF, 2014. A revision of the Chinese Trigonalyidae (Hymenoptera, Trigonalyoidea). *Zookeys*, 385: 1–207.

Chen JY, Chen TY, Fu YG, Zhang FP, Han DY, Niu LM, 2013. Functional response of *Encarsia guadeloupae* Viggiani on *Aleurodicus dispersus* Russell. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 175–180. [陈俊谕, 陈泰运, 符悦冠, 张方平, 韩冬银, 牛黎明, 2013, 哥德恩蚜小蜂对螺旋粉虱的功能反应研究. 中国生物防治学报, 29(2): 175–180.]

Chen JY, Niu LM, Li L, Han DY, Fu YG, 2015. Influence of constant temperature on development and reproduction of *Encarsia guadeloupae* Viggiani (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of the spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology*, 44(2): 160–165.

Chen KW, Huang SS, Wu WJ, 2002. The reproduction strategy of *Trichogrammatoidea bactrae* in hosts suspending. *Journal of South China Agricultural University*, 23(1): 35–37. [陈科伟, 黄寿山, 吴伟坚, 2002. 推迟供卵条件下卷蛾分索赤眼蜂的生殖对策. 华南农业大学学报, 23(1): 35–37.]

Chen KW, He YR, Lü YQ, Lü X, Huang SS, 2005. Effect of temperature on the population parameters of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja. *Acta Ecologica Sinica*, 19(1): 73–77. [陈科伟, 何余容, 吕燕青, 吕欣, 黄寿山, 2005. 温度对卷蛾分索赤眼蜂种群参数的影响. 生态学报, 19(1): 73–77.]

Chen Q, Liang HZ, Gao LW, Shen ZR, 2008a. Influence of storage time of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupa at low temperature on parasitoid or reproduction of maternal and offspring of *Scleroderma guani* (Hymenoptera: Bethylidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 44: 65–69. [陈倩, 梁洪柱, 高灵旺, 沈佐锐, 2008a. 黄粉甲蛹低温贮存时间对管氏硬皮肿腿蜂母代和子代寄生与繁育的影响. 林业科学, 44: 65–69.]

Chen Q, Liang HZ, Gao LW, Shen ZR, Tian HP, 2008b. Influence of host storage temperature and duration on the reproduction of *Scleroderma guani*. *Chinese Journal of Biological Control*, 24(1): 7–11. [陈倩, 梁洪柱, 高灵旺, 沈佐锐, 田会, 2008b. 中间寄主贮存温度和时间对管氏肿腿蜂繁殖的影响. 中国生物防治, 24(1): 7–11.]

Chen Q, Liang HZ, Hou ZR, Hou YJ, 2006. Effect of different treatments of *Tenebrio molitor* on the breeding of *Scleroderma guani*. *Forest Pest and Disease*, 25(1): 39–41. [陈倩, 梁洪柱, 侯峥嵘, 胡雅君, 2006. 黄粉虫蛹不同处理对繁育管氏肿腿蜂的影响. 中国森林病虫, 25(1): 39–41.]

Chen Q, Liu B, Gao LW, Shen ZR, 2007. Influence of cold storage of *Tenebrio molitor* on the development and reproduction of *Scleroderma guani*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 877–881. [陈倩, 刘冰, 高灵旺, 沈佐锐, 2007. 黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂发育和繁殖的影响. 昆虫知识, 44(6): 877–881.]

Chen RX, Zhang F, Huangfu WG, Yao HY, Zhou JB, Kuhlmann U, 2008. Reproductive attributes of the eulophid *Oomyzus sokolowskii*, a biological control agent of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 18(7/8): 753–765.

Chen SL, Zhang FP, Hong BH, 2011. Population dispersal of parasitoid *Coccobius azumai* (Hymenoptera: Aphelinidae) introduced from Japan in Fujian pine forest of China. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 19(4): 918–924. [陈顺立, 张飞萍, 洪炳煌, 2011. 引进天敌花角蚜小蜂林间扩散的研究. 中国生态农业学报, 19(4): 918–924.]

Chen W, Li BP, Meng L, 2011. Host selection and offspring developmental performances of *Meteorus pulchricornis* on *Spodoptera litura* larval instars. *Chinese Journal of Ecology*, 30(7): 1317–1321. [陈雯, 李保平, 孟玲, 2011. 斑痣悬茧蜂对斜纹夜蛾不同虫龄幼虫的选择及后代发育表现. 生态学杂志, 30(7): 1317–1321.]

Chen XX, Lang FY, Xu ZH, He JH, Ma Y, 2003. The occurrence of leafminers and their parasitoids on vegetables and weeds in Hangzhou area, Southeast China. *Biocontrol*, 48(5): 515–527.

Chen XX, Liu YQ, Ren SX, Zhang F, Zhang WQ, Ge F, 2014. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 1−12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰, 2014. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 51(1): 1−12.]

Chen Y, 2005. The functional response of parasitic *Neochrysocharis okazaki* Kamijo on the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 20(2): 80–83. [陈艳, 2005. 冈崎姬小蜂对美洲斑潜蝇功能反应研究. 福建农业学报, 20(2): 80–83.]

Chen Y, lai FX, Sun YQ, Hong LY, Tian JC, Zhang ZT, Fu Q, 2015. CrylAb rice does not impact biological characters and functional response of *Cyrtorhinus lividipennis* preying on *Nilaparvata lugens* eggs. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(10): 2011–2018.

Chen Y, Ye Q, 2002. Studes on the biological characteristics of *Neochrysocharis okazaki* Kamijo (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 45(S1): 128–131. [陈艳, 叶强, 2002. 冈崎姬小蜂生物学特性的研究. 昆虫学报, 45 (增刊): 128–131.]

Chen YF, Gao F, Ye XQ, Wei SJ, Shi M, Zheng HJ, Chen XX, 2011c. Deep sequencing of *Cotesia vestalis* bracovirus reveals the complexity of a polydnavirus genome. *Virology*, 414(1): 42–50.

Chen YF, Shi M, Huang F, Chen XX, 2007. Characterization of two genes of *Cotesia vestalis* polydnavirus and their expression patterns in the host *Plutella xylostella*. *Journal of General Virology*, 88(12): 3317–3322.

Chen YF, Shi M, Liu PC, Huang F, Chen XX, 2008. Characterization of an I-kappa B-like gene in *Cotesia vestalis* polydnavirus. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 68(2): 71–78.

Chen YL, Li CY, 1985. The parasite-host interaction between *Anastatus* sp. and *Dendrolimus punctatus* Walker in relevant phases of their development. *Acta Entomologica Sinica*, 28(3): 266–270, 355. [陈业林, 利翠英, 1985. 平腹小蜂 *Anastatus* sp. 个体发育与马尾松毛虫胚胎发育的相互影响. 昆虫学报, 28(3): 266–270, 355.]

Chen Z, Xu R, Kuang RP, Sun R, 2016b. Phototactic behaviour of the parasitoid *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology*, 26(2): 250–262.

Chen ZQ, Zhan AD, Liao S, Luo KJ, Liang Y, 2001. Progress in the research of parasitoids species of *Plutella xylostella* (L.) and their introduction and utilization in China. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 16(4): 308–312. [陈宗麒, 谌爱东, 缪森, 罗开珺, 梁谊, 2001. 小菜蛾寄生性天敌研究及引进利用进展. 云南农业大学学报, 16(4): 308–312.]

Cheng AX, Xiang CY, Li JX, Yang CQ, Hu WL, Wang LJ, Lou YG, Chen XY, 2007. The rice (E)-beta-caryophyllene synthase (OsTPS3) accounts for the major inducible volatile sesquiterpenes. *Phytochemistry*, 68(12): 1632–1641.

Cheng R, Meng L, Li B, 2010. Effects of aposymbiotic and symbiotic aphids on parasitoid progeny development and adult oviposition behavior within aphid instars. *Environmental Entomology*, 39(2): 389–395.

Cheng SJ, Zeng L, Xu YJ, 2013. Effect of the mutualism between *Solenopsis invicta* (Hymmenoptera: Formicidae) and *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on *Aenasius bambawalei* Hayat and *Echinothrips americanus* Morgan. *Journal of Environmental Entomology*, 35(5): 555–559. [程寿杰, 曾玲, 许益镌, 2013. 红火蚁与扶桑绵粉蚧互惠关系对松粉蚧抑虱跳小蜂和美棘蓟马的影响. 环境昆虫学报, 35(5): 555–559.]

Cheng XN, Xu GM, 1991. Comparison of population ecology between two mymarid egg parasitoid of rice plant hoppers. *Acta Entomologica Sinic*, 34(4): 405–412. [程遐年, 徐国民, 1991. 两种稻虱缨小蜂种群生态的比较. 昆虫学报, 34(4): 405–412.]

Cheng XQ, Can FQ, Zhang YB, Guy JY, Wan FH, Liu WX, 2017. Life history and life table of the host-feeding parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Applied Entomology and Zoology*, 52(2): 287–293.

Chi QY,Wang XM,Wu XY, Zhang YN, Han ZQ, Wang Y, 2011. Impact of orchard intercropped with different ground covers on natural enemies and pests, *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 20(7): 155–161. [迟全元, 王晓梅, 吴晓云, 张翌楠, 韩振芹, 王颖, 2011. 果树行间套种地被植物对天敌及害虫的影响, 西北农业学报, 20(7): 155–161.]

Chu Y, Michaud JP, Zhang J, Li Z, Wang Y, Chen H, Li J, Lu Z, Zhang Q, Liu X, 2014. Performance of *Microplitis tuberculifer* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) in different larval instars. *Biological Control*, 69(1): 18–20.

Dai HG, Jiang JL, Li YX, Fu WJ, 2002. Changes of JHE activity and MH titer in *Ostrinia furnacalis* eggs parasitized by *Trichogramma ostriniae*. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 25(1): 31–34. [戴华国, 姜金林, 李元喜, 符文俊, 2002. 赤眼蜂寄生后亚洲玉米螟卵内保幼激素酯酶活力与蜕皮激素滴度的变化. 南京农业大学学报, 25(1): 31–34.]

Dai PL, Xu ZQ, 2007. Embryonic development of mass rearing *Scleroderma guani*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(3): 431–433. [代平礼, 徐志强, 2007. 管氏肿腿蜂的胚胎发育观察. 昆虫知识, 44(3): 431–433.]

Dai PL, Xu ZQ, Tian SP, 2005. The optimal parasitoid-host ratio of rearing *Scleroderma guani* using *Tenebrio molitor*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(3): 308–311. [代平礼, 徐志强, 田慎鹏, 2005. 利用黄粉甲繁育管氏肿腿蜂:不同蜂虫比对繁育效果的影响. 昆虫知识, 42(3): 308–311.]

Dai XY, Chen H, Zhai YF, Gao ZJ, YU Y, Zheng L, 2016. Effects of temperature on the development and fecundity of *Trichogramma ostriniae* reared on *Sitotroga cerealella* eggs. *Journal of Environmental Entomology*, 38(3): 463–467. [代晓彦, 陈浩, 翟一凡, 高宗军, 于毅, 郑礼, 2016. 温度对麦蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂发育和生殖的影响. 环境昆虫学报, 38(3): 463–467.]

Deans AR, Yoder MJ, Dole K, 2018. Evanioidea online-catalog of information about evanioid wasps (Hymenoptera). 2019. http://evanioidea.info.

Di N, Wei YL, Wang S, Guo XJ, Zhang F, 2018. Optimization of artificial rearing technology for *Corcya cephalonica* Stainton. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(6): 831–837. [邸宁, 魏瑜岭, 王甦, 郭晓军, 张帆, 2018. 米蛾人工饲养技术优化. 中国生物防治学报, 34(6): 831–837.]

Di R, Chen YF, Bai SF, Chen XX, 2006. Effects of *Cotesia plutella* polydnavirus on partial tissues of host *Plutella xylostella* larvae. *Chinese Journal of Biological Control*, 22(4): 268–274. [狄蕊, 陈亚锋, 白素芬, 陈学新, 2006. 菜蛾盘绒茧蜂多分DNA病毒对寄主小菜蛾幼虫体内部分组织的影响. 中国生物防治, 22(4): 268–274.]

Ding DC, Pan WY, Tang ZY, Xie GL, Lian JH, 1995. Biology of *Coccobius azumai* Tachikawa (Hymenoptera: Aphelinidae). *Acta Entomologica Sinica*, 38(1): 46–53. [丁德诚, 潘务耀, 唐子颖, 谢国林, 连俊和, 1995. 松突圆蚧花角蚜小蜂的生物学. 昆虫学报, 38(1): 46–53.]

Ding J, Li J, Liu X, Zhang Q, 2009. The life parameters of a parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae), reared on cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hubner) with Cry1Ac diet. *Biocontrol Science and Technology*, 19(9): 931–941.

Dong H, Ye GY, Dong SZ, Hu C, Cheng JA, 2008. Effect of copper stress on the development and reproduction of *Nasonia vitripennis*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 20(2): 79–83. [董卉, 叶恭银, 董胜张, 胡萃, 程家安, 2008. Cu^{2+}胁迫对丽蝇蛹集金小蜂生长发育与繁殖的影响. 浙江农业学报, 20(2): 79–83.]

Dong SZ, Ye GY, Yao P, Liang Huang YY, Chen XX, Shen Z, Hu C, 2008. Effects of starvation on the vitellogenesis, ovarian development and fecundity in the ectoparasitoid, *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Insect Science*, 15(5): 429–440.

Dong Z, Hou R, Ouyang Z, Zhang R, 2013. Tritrophic interaction influenced by warming and tillage: A field study on winter wheat, aphids and parasitoids. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 181: 144–148.

Du WM, Xu J, Hou YY, Lin Y, Zang LS, Yang XB, Zhang JJ, Ruan CC, Desneux N, 2018. *Trichogramma* parasitoids can distinguish between fertilized and unfertilized host eggs. *Journal of Pest Science*, 91(2): 771–780.

Du WM, Lin Y, Zang LS, Zhang C, Liu XJ, Ruan CC, 2016. Interspecific interference of *Trichogramma japonicum* with other two *Trichogramma* species on eggs of the rice stripped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker). *Journal of Environmental Entomology*, 38(3): 488–493. [杜文梅, 林英, 臧连生, 张晨, 刘显娇, 阮长春, 2016. 稻螟赤眼蜂与二种赤眼蜂对水稻二化螟卵寄生竞争作用. 环境昆虫学报, 38(3): 488–493.]

Duan JJ, Schmude JM, Wang XY, Watt TJ, Bauer LS, 2018. Host utilization, reproductive biology, and development of the larval parasitoid *Tetrastichus planipennisi* as influenced by temperature: Implications for biological control of the emerald ash borer in North America. *Biological Control*, 125: 50–56.

Duan M, Yang NW, Wan FH, 2016. Influence of high developmental temperatures on body size and egg load of female adults of *Eretmocerus hayati* (Zolnerowich & Rose) and *Encarsia sophia* (Girault & Dodd). *Chinese Journal of Biological Control*, 32(1): 13–18. [段敏, 杨念婉, 万方浩, 2016. 发育高温对烟粉虱寄生蜂雌蜂个体大小及抱卵量的影响. 中国生物防治学报, 32(1): 13–18.]

Fang Q, Wang BB, Ye XH, Wang F, Ye GY, 2016. Venom of parasitoid *Pteromalus puparum* impairs host humoral antimicrobial activity by decreasing host cecropin and lysozyme gene expression. *Toxins*, 8(2): 52.

Fang Q, Wang F, Gatehous JA, Gatehouse AMR, Chen XX, Hu C, Ye GY, 2011a. Venom of parasitoid, *Pteromalus puparum*, suppresses host, *Pieris rapae*, immune promotion by decreasing host C-Type Lectin gene expression. *PLoS ONE*, 6(10): e26888.

Fang Q, Wang L, Zhu JY, Song QS, Stanley DW, Akhtar Z, Ye GY, 2010. Expression of immune-response genes in lepidopteran host is suppressed by venom from an endoparasitoid, *Pteromalus puparum*. *BMC Genomics*, 11: 484.

Fang Q, Wang L, Zhu YK, Stanley DW, Chen XX, Hu C, Ye GY, 2011b. *Pteromalus puparum* venom impairs host cellular immune responses by decreasing expression of its scavenger receptor gene. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(11): 852–862.

Fei XD, Li C, Zhang QW, Zhao ZW, 2012. The effects of wheat planted adjacent to rape and wheat momoculture on the functional group of arthropods in wheat filed. *Plant Protection*, 38(1): 44–49. [费晓东, 李川, 张青文, 赵章武, 2012. 油菜-小麦邻作与小麦单作对小麦田节肢动物功能团的影响. 植物保护, 38(1): 44–49.]

Feng CJ, Xiu HG, Xue ZL, Fu WJ, 2004. Effects of parasitism by *Macrocentrus cingulum* Brischke (Hymenoptera: Braconidae) on the activity of phenoloxidase in larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 47(3): 298–304. [冯从经, 邱鸿贵, 邱中良, 符文俊, 2004. 腰带长体茧蜂寄生对亚洲玉米螟幼虫体内酚氧化酶活性的影响. 昆虫学报, 47(3): 298–304.]

Feng HC, Li JQ, Po ZG, Wen YJ, Wang Y, Jin YJ, Guo ZL, 2009. Effects of *Apriona germari* feeding-infestation and exogenous Jasmonic Acid on induced defensive response of *Morus* L. *Acta Sericologica Sinica*, 35(2): 223–228. [冯会藏, 李继泉, 卜志国, 温艳菊, 王宇, 金幼菊, 郭子良, 2009. 桑天牛危害和外源茉莉酸诱导桑树防御反应的研究. 蚕业科学, 35(2): 223–228.]

Feng JH, Yan GZ, Yao DF, Li GB, Zhao ZL, 1999. Studies on insect natural enemy diversity of gypsy month and their role in natural control of the pest (Lepidoptera: Lymantriidae) in Beijing area. *Scientia Silvae Sinicae*, 35(2): 53–59. [冯继华, 闫国增, 姚德富, 李广武, 赵仲苓, 1999. 北京地区舞毒蛾天敌昆虫及其自然控制研究. 林业科学, 35(2):53–59.]

Fu X, Ye LF, Han XH, Shao HT, Lü J, 2014. Impacts of mass-flowering plants on the abundance of natural enemies of arthropod pests in greenhouses in Northern China. *Chinese Journal of Applied Entomolog*, 51(1): 114–126. [付雪, 叶乐夫, 韩新华, 邵红涛, 吕军, 2014. 温室内大花植物对天敌丰度及其控害功能的影响. 应用昆虫学报, 51(1): 114–126.]

Gan BY, Zhou WG, Feng LB, Li CB, Zhao XY, 2000. Infection and transmission of *Wolbachia* in Chinese planthopper species. *Journal of Fudan University Natural Science*, 39(3): 331–333, 337. [甘波谊, 周伟国, 赵新燕, 冯丽冰, 李昌本, 2000. *Wolbachia* 在中国稻田飞虱中的感染和传播. 复旦学报(自然科学版), 39(3): 331–333, 337.]

Gan M, Miao XX, Ding DC, 2003a. Interactions between the parasitoid *Lysiphlebus japonicus* Ashmead and its host *Aphis craccivora* Koch: Host-stage selection and its effect on development. *Acta Entomologica Sinica*, 46(5): 598–604. [甘明, 苗雪霞, 丁德诚, 2003a. 日本柄瘤蚜茧蜂与其寄主豆蚜的相互作用: 寄主龄期选择及其对发育的影响. 昆虫学报, 46(5): 598–604.]

Gan M, Miao XX, Ding DC, 2003b. Biochemical and metabolic alterations in *Aphis craccivora* Koch parasitized by *Lysiphlebus japonicas* Ashmead. *Journal of Plant Protection*, 30(3): 255–260. [甘明, 苗雪霞, 丁德诚, 2003b. 日本柄瘤蚜茧蜂的寄生对黑豆蚜生化代谢的影响. 植物保护学报, 30(3): 255–260.]

Gan M, Xia MX, Zhu XX, Ding DC, 2003. Developmental stages of *Lysiphlebus japonicus* Ashmead (Hymenoptera: Aphidiidae), a bean aphid parasitoid. *Journal of Entomological Science*, 38(4): 519–524.

Gao B, Zhu S, 2010. Identification and characterization of the parasitic wasp *Nasonia* defensins: Positive selection targeting the functional region? *Developmental and Comparative Immunology*, 34(6): 659–668.

Gao F, Gu QJ, Pan J, Wang ZH, Yin CL, Li F, Song QS, Strand MR, Chen XX, Shi M, 2016. *Cotesia vestalis* teratocytes express a diversity of genes and exhibit novel immune functions in parasitism. *Scientific Reports*, 6: 26967.

Gao JX, Meng L, Li BP, 2010. Oviposition preference for *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) pupae body size and developmental performance of progeny in *Brachymeria lasus* (Hymenoptera: Chalcididae). *Chinese Journal of Ecology*, 29(2): 339–343. [高珏晓, 孟玲, 李保平, 2010. 广大腿小蜂对菜粉蝶蛹体型大小的产卵选择及后代发育表现. 生态学杂志, 29(2): 339–343.]

Gao XK, Zhang S, Luo JY, Lu LM, Zhang LJ, Cui JJ, 2017. Lipidomics and RNA-Seq study of lipid regulation in *Aphis gossypii* parasitized by *Lysiphlebia japonica*. *Scientific Reports*, 7: 1364.

Gao Y, Zhang ZR, Xu ZF, 2006. Effects of temperature and host density on parasitizing and host-feeding of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to *Sitophius oryzae* (Coleoptera:

Curculionidae) in stored wheat. *Acta Entomologica Sinica*, 49(4): 636–642. [高燕, 张中润, 许再福, 2006. 温度和寄主密度对雅脊金小蜂寄生和刺死米象幼虫的影响. 昆虫学报, 49(4): 636–642.]

Ge LQ, Hu ZW, Wu JC, 2013. Effect of soybeans, corn and rice configurations on the biological control of pest insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 921–927. [戈林泉, 胡中卫, 吴进才, 2013. 大豆、玉米与水稻配置对稻田寄生蜂的影响. 应用昆虫学报, 50(4): 921–927.]

Geng JH, Shen ZR, Li ZX, Zhang F, 2005. Effects of high temperature shocks on *Trichogramma dendrolomi* reared on *Antheraea pernyi* eggs. *Chinese Journal of Biological Control*, 21(4): 222–226. [耿金虎, 沈佐锐, 李正西, 张帆, 2005. 高温冲击对柞蚕卵繁殖赤眼蜂的影响. 中国生物防治, 21(4): 16–20.]

Geng JH, Shen ZR, Li ZX, Zheng L, 2005. Effect of pollen of conventional cotton and transgenic Cry1Ac+CpTI cotton on reproduction and survival of the parasitoid wasp *Trichogramma confusum* Viggiani (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Acta Ecologica Sinica*, 25(7): 1575–1582. [耿金虎, 沈佐锐, 李正西, 郑礼, 2005. 常规棉花粉和转 Cry1Ac+CpTI 棉花粉对拟澳洲赤眼蜂繁殖和存活的影响. 生态学报, 25(7): 1575–1582.]

Geng JH, Shen ZR, Song K, Zheng L, 2006. Effect of pollen of regular cotton and transgenic Bt plus CpTI cotton on the survival and reproduction of the parasitoid wasp *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the laboratory. *Environmental Entomology*, 35(6): 1661–1668.

Geng JL, Yang JQ, Zheng ML, Huang JC, Ji QE, Chen JH, 2009. Effects of agar to water ratio on the parasite efficiency of *Fopius arisanus*. *Journal of Fujian College of Forestry*, 29(2): 166–168. [耿军灵, 杨建全, 郑敏琳, 黄居昌, 季清娥, 陈家骅, 2009. 不同琼脂配比对阿里山潜蝇茧蜂寄生效果的影响. 福建林学院学报, 29(2): 166–168.]

Gong JJ, Chen ZH, Liu CM, 1999. Investigation on natural enemies of the arrowhead scale (*Unaspis yanonensis* Kuwana) and their field fluctuations in Fujian. *Wuyi Science Journal*, 15: 95–99. [龚建军, 陈兆华, 刘长明, 1999. 福建柑桔矢尖蚧天敌种类调查及田间消长研究. 武夷科学, 15: 95–99.]

Gu DX, Chen YG, 1998. Life tables of *Hemiberlesia pitysophila* Takagi and its parasitism rate by *Coccobius azumai* Tachikawa. *Natural Enemies of Insects*, 20(4): 12–19. [古德祥, 陈永革, 1998. 松突圆蚧种群生命表与花角蚜小蜂的寄生作用的研究. 昆虫天敌, 20(4): 12–19.]

Guo GX, Liu Y, Yang JJ, Ma XZ, 2006. Identification, activity and function deterndnation of several salivary enzymes secreted by *Macrosiphum avenae*. *Acta Entomologica Sinica*, 49(5): 768–774. [郭光喜, 刘勇, 杨景娟, 马向真, 2006. 麦长管蚜唾液中几种酶的鉴定、活力测定与功能分析. 昆虫学报, 49(5): 768–774.]

Guo J, Feng MG, Chen XX, 2010. Experimental simulation of transmission of an obligate aphid parasitoid *Aphidius gifuensis* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) with flight dispersal of alates of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(2): 175–182. [郭近, 冯明光, 陈学新, 2010. 烟蚜茧蜂随寄主有翅桃蚜迁飞而被携带扩散的模拟实验. 昆虫学报, 53(2): 175–182.]

Guo R, He SQ, Wang YP, 2016. Parasitoids of *Loudonta dispar* (Kiriakoff) and *Hippotiscus dorsalis* (Stål) from Zhejiang. *Natural Enemies of Insects*, 38(3): 476–481. [郭瑞, 何孙强, 王义平, 2016. 浙江省竹林害虫竹镂舟蛾和竹卵圆蝽的寄生蜂. 环境昆虫学报, 38(3): 476–481.]

Guo TB, Liang B, Yang ZL, Song MH, Du W, Wang HC, 2012. Choice of the optimum period of mating and exposure in artificial production of *Tetrastichus nigricoxae* Yang. *Journal of Nanjing Forestry University* (*Natural Sciences*), 36(2):73–76. [郭同斌, 梁波, 杨中林, 宋明辉,杜伟, 王虎诚, 2012. 人工繁殖白蛾黑基啮小蜂最适交配期和暴露期的选择. 南京林业大学学报: 自然科学版, 36(2): 73–76.]

Guo YL, Pang ST, Ahmed UAE, Hao, ZP, Shi ZH, 2007. Effect of maternal photoperiod experience on diapause incidence of *Cotesia plutellae*. *Chinese Journal of Biological Control*, 23(1): 1–4. [郭玉玲, 庞淑婷, Umsalama A.E. Ahmed, 郝仲萍, 施祖华 2007. 母代光照经历对菜蛾盘绒茧蜂滞育发生的影响. 中国生物防治, 23(1): 1–4.]

Gurr GM, Lu Z, Zheng XS. Xu HX, Zhu PY, Chen GH, Yao XM, Cheng JA, Zhu ZR, Catindig JL, Villareal S, Chien HV, Cuong LQ, Channoo C, Chengwattana N, Lan LP, Hai LH, Chaiwong J, Nicol HI, Perovic DJ, Wratten SD, Heong KL, 2016. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants*, 2(3): 16014.

Gurr GM, Read DMY, Catindig JLA, Cheng JA, Liu J, Lan LP, Heong KL, 2012. Parasitoids of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* and prospects for enhancing biological control with nectar plants. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(1): 1–12.

Han CX, Fang Q, Li K, Hu C, Ye GY, 2008. Effects of parasitization by *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) on the compositions and contents of soluble proteins and arylphorin in host *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) pupae. *Acta Entomologica Sinica*, 51(10): 1003–1010. [韩成香, 方琦, 李凯, 胡萃, 叶恭银, 2008. 丽蝇蛹集金小蜂寄生对寄主蛹可溶性蛋白与芳基蛋白组成与含量的影响. 昆虫学报, 51(10): 1003–1010.]

Han LB, Huang LQ, Wang CZ, 2013. Host preference and suitability in the endoparasitoid *Campoletis chlorideae* is associated with its ability to suppress host immune responses. *Ecological Entomology*, 38(2): 173–182.

Han SC, Chen QX, Li LY, 1994. A study on the oviposition synergists for in vitro rearing *Trichogramma* spp. *Insect Science*, 1(4): 333–338.

Han Y, Meng JR, Chen J, Cai WL, Wang Y, Zhao J, He YP, Feng YN, Hua HX, 2014. Bt rice expressing Cry2Aa does not harm *Cyrtorhinus lividipennis*, a main predator of the nontarget herbivore *Nilapavarta lugens*. *PLoS ONE*, 9: e0112315.

Hang SB, Lu ZQ, 1991. Physiological and biochemical changes in the hemolymph of *Chilo suppressants* larvae parasitized by *Apanteiles chilonis*. *Acta Entomologica Sinica*, 34(4): 427–432. [杭三保, 陆自强, 1991. 二化螟幼虫被二化螟绒茧蜂寄生后血淋巴的生理生化变化. 昆虫学报, 34(4): 427–432.]

Hao CH, 2019. Control effects of *Chouioia cunea* on *Hyphantria cunea* in forest. *Liaoning Forestry Science and Technology*, 6(1): 29–31. [郝常华, 2019. 白蛾周氏啮小蜂对美国白蛾的林间控制效果. 辽宁林业科技, 6(1): 29–31.]

Hao ZH, Hui C, He DH, Li BL, 2015. Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. *Scientific Reports*, 5: 46806.

Hao ZP, Zhao JR, Yuan ZQ, Zhao YQ, Zhang J, Shi ZH, 2012. Influence of photoperiod on hydrogen peroxide metabolism during diapause induction in *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 85(3): 206–218.

He GF, Bao WM, Lü AP, 1995. Mass rearing and releasing parasitoids of the pine armored scale *Hemiberlesia pitysophila*. *Chinese Journal of Biological Control*, 11(3): 101–105. [何国锋, 包为民, 卢爱平, 1995, 松突圆蚧寄生蜂室内大量繁殖和林间释放研究. 中国生物防治, 11(3): 101–105.]

He JH, Liu YQ, Shi ZH, 2002. List of hymenopterous parasitoid OF *Spodoptera litura* Fabricius from China. *Natural Enemies of Insects*, 24(3): 128–137. [何俊华, 刘银泉, 施祖华, 2002. 中国斜纹夜蛾寄生蜂名录. 昆虫天敌, 24(3): 128–137.]

He JH, Xu ZF, 2015. Fauna Sinica Insecta. Vol. 56. Hymenoptera Proctotrupoidea (I). Beijing: Science Press. 1080. [何俊华, 许再福, 2015. 中国动物志: 细蜂总科(I). 北京: 科学出版社. 1080.]

He P, Bai SF, Li X, Cai DZ, 2009. Comparative study of the inhibition of testicular growth and the formation of sperm bundles in host *Plutella xylostella* larvae by parasitization of two endoparasitoids. *Acta Entomologica Sinica*, 52(11): 1183–1190. [何璠, 白素芬, 李欣, 蔡东章, 2009. 二种寄生蜂寄生抑制小菜蛾精巢生长和精子束形成的比较研究. 昆虫学报, 52(11): 1183–1190.]

He SQ, Jiang CY, Guo R, Wang YP, 2016. Parasitoids of *Aiolomorphus rhopaloides* Walker. *Forest Pest and Disease*, 35(2):1–3, 8. [何孙强, 姜朝阳, 郭瑞, 王义平, 2016. 竹林害虫竹瘿广肩小蜂的寄生蜂. 中国森林病虫, 35(2):1–3, 8.]

He YR, Lü LH, Chen KW, 2004. Interspecific competition between *Trichogramma confusum* and *T. pretiosum* on *Corcyra cephaloica* factitious eggs. *Chinese Journal of Applied Entomolgy*, 15(12): 2401–2404. [何余容, 吕利华, 陈科伟, 2004. 拟澳洲赤眼蜂和短管赤眼蜂在米蛾卵上的种间竞争. 应用生态学报, 15(12): 2401–2404.]

He YR, Lü LH, Chen KW, 2005. Parasitizing ability and interspecific competition of *Trichogramma confusum* Viggiani and *T. pretiosum* Riley on the eggs of *Plutella xylostella* (L.) in the laboratory. *Acta Ecologica Sinica*, 25(4): 837–841. [何余容, 吕利华, 陈科伟, 2005. 两种赤眼蜂对小菜蛾卵的寄生能力和种间竞争. 生态学报, 25(4): 837–841.]

He YR, Lu LH, Pang XF, 2000, Construction and analysis of the natural population life table for continuous generation of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. *Journal of South China Agricultural University*, 21(1): 34–37. [何余容, 吕利华, 庞雄飞, 2000. 小菜蛾自然种群连续世代生命表的组建与分析. 华南农业大学学报, 21(1): 34–37.]

He Z, Liu JB, Chen YL, Chen ZZ, Dean BS, Hu HY, 2013. Effects of different treatment methods of housefly pupae for the reproduction of *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 24(3): 795–800. [贺张, 刘继兵, 陈永玲, 陈中正, 段毕升, 胡好远, 2013. 不同方法处理的家蝇蛹对蝇蛹金小蜂繁殖的影响. 应用生态学报, 24(3): 795–800.]

Hou YH, Shi ZH, Tang QY, 2011. Effect of n-hexane on larval diapause termination of *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae) under different temperatures. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(4): 441–447. [侯艳红, 施祖华, 唐启义, 2011. 不同温度下正己烷蒸气对菜蛾盘绒茧蜂滞育解除的影响. 中国生物防治学报, 27(4): 441–447.]

Hu HY, Chen ZZ, Duan BS, Zheng JT, Zhang TX, 2012. Effects of female diet and age on offspring sex ratio of the solitary parasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera, Pteromalidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 56(2): 259–262.

Hu J, Liu F, 2008. Preliminary studies on the development of eggs and early embryos of *Macrocentrus cingulum* in vitro. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 47(1): 83–87. [胡建, 刘峰, 2008. 腰带长体茧蜂卵和早期胚胎体外发育的初步研究. 中山大学学报(自然科学版), 47(1): 83–87.]

Hu J, Liu F, Zhang WQ, 2008. Embryonic development of polyembryonic *Macrocentrus cingulum* (Hymenoptera: Braconidae) in the hemocoel of host *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) larva. *Acta Entomologica Sinica*, 51(2): 126–131. [胡建, 刘峰, 张文庆, 2008. 多胚发育寄生蜂腰带长体茧蜂在寄主亚洲玉米螟幼虫体内的发育. 昆虫学报, 51(2): 126–131.]

Hu J, Xu QY, Hu SF, Yu XQ, Liang ZK, Zhang WQ, 2014. Hemomucin, an O-Glycosylated protein on embryos of the wasp *Macrocentrus cingulum* that protects it against encapsulation by hemocytes of the host *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Innate Immunity*, 6(5): 663–675.

Hu J, Zhu XX, Fu WJ, 2003. Passive evasion of encapsulation in *Macrocentrus cingulum* Brischke (Hymenoptera: Braconidae), a polyembryonic parasitoid of *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Insect Physiology*, 49(4): 367–375.

Hu S, Wang XY, Yang ZQ, Duan JJ, 2019. Effects of photoperiod and light intensity on wing dimorphism and development in the parasitoid *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethylidae). *Biological Control*, 133: 117–122.

Hu ZJ, Yang HB, Lin XM, Zhang QW, Dong JF, 2017. Effects of low temperature storage of substituted host on the reproduction of *Sclerodermus guani*. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(2): 165–170. [胡镇杰, 杨海博, 林晓民, 张青文, 董钧锋, 2017. 低温处理替代寄主对管氏肿腿蜂繁殖的影响. 中国生物防治学报, 33(2): 165–170.]

Huang F, Cao TT, Shi M, Chen YF, Chen XX, 2008a. Parasitism-induced effects on host growth and metabolic efficiency in *Plutella xylostella* larvae parasitized by *Cotesia vestalis* or *Diadegma semiclausum*. *Insect Science*, 15(3): 237–243.

Huang F, Li WD, Shi M, Lu YB, Chen XX, 2014. Effects of parasitism by *Cotesia vestalis* on the silk gland of diamondback moth, *Plutella xylostella* larvae. *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 928–932. [黄芳, 郦卫弟, 时敏, 吕要斌, 陈学新, 2014. 菜蛾盘绒茧蜂寄生对寄主小菜蛾幼虫丝腺的影响. 环境昆虫学报, 36(6): 928–932.]

Huang F, Shi M, Chen XX, Ye GY, He JH, 2009a. External morphology and development of immature stages of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an important endoparasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 102(3): 532–538.

Huang F, Shi M, Chen XX, Zhang JM, 2011a. Effect of parasitism by *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its venom on the phagocytic ability of hemocytes from *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 54(9): 989–996. [黄芳, 时敏, 陈学新, 章金明, 2011a. 半闭弯尾姬蜂寄生及其毒液对小菜蛾幼虫血细胞吞噬作用的影响. 昆虫学报, 54(9): 989–996.]

Huang F, Shi M, Chen XX, Zhang JM, 2011b. Effect of parasitism by *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its venom on the phagocytic ability of hemocytes from *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae. *Journal of Environmental Entomology*, 33(2): 154–158. [黄芳, 时敏, 陈学新, 章金明, 2011b. 半闭弯尾姬蜂寄生对寄主小菜蛾幼虫体液免疫的影响. 环境昆虫学报, 33(2): 154–158.]

Huang F, Shi M, Chen YF, Cao TT, Chen XX, 2008b. Oogenesis of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its associated polydnavirus. *Microscopy Research and Technique*, 71(9): 676–683.

Huang F, Shi M, Yang YY, Li JY, Chen XX, 2009b. Changes in hemocytes of *Plutella xylostella* after parasitism by *Diadegma semiclausum*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 70(3): 177–187.

Huang F, Yang YY, Shi M, Li JY, Chen ZQ, Chen FS, Chen XX, 2010a. Ultrastructural and functional characterization of circulating hemocytes from *Plutella xylostella* larva: Cell types and their role in phagocytosis. *Tissue and Cell*, 42(6): 360–364.

Huang FX, Jiang S, Ren XY, An T, Chen HY, Zhang LS, 2015. Differential expression of proteins associated with lipid metabolism in diapausing *Aphidius gifuensis* Ashmaed. *Chinese Journal Biological Control*, 31(6): 811–820. [黄凤霞, 蒋莎, 任小云, 安涛, 陈红印, 张礼生, 2015. 烟蚜茧蜂脂代谢相关的滞育相关蛋白差异表达分析. 中国生物防治学报, 31(6)：811–820.]

Huang J, Lü YB, Zhang J, Huang F, Bei WY, 2012. Parasitic functional response of *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) to *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(12): 1418–1423. [黄俊, 吕要斌, 张娟, 黄芳, 贝亚维, 2012. 班氏跳小蜂对扶桑绵粉蚧的寄生功能反应. 昆虫学报, 55(12): 1418–1423.]

Huang J, Wang ZH, Pan DM, Que ZW, Huang PY, 2010. Investigation of *Bemisia tabaci* parasitoids and identification of their common species in Fujian province of China. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 31(8): 1377–1384. [黄建, 王竹红, 潘东明, 阙振炜, 黄蓬英, 2010. 福建省烟粉虱寄生蜂的调查与常见种类鉴别. 热带作物学报, 31(8): 1377–1384.]

Huang J, Zheng QH, Fu JW, Huang PY, Gu DX, 2000. Investigation and identification of the whitefly parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae, Platygasteridae). *Entomological Journal of East China*, 30(2): 29–33. [黄建, 郑琼华, 傅建炜, 黄蓬英, 古德祥, 2000. 粉虱寄生蜂种类的调查与鉴定. 华东昆虫学报, 30(2): 29–33.]

Huang JJ, Zhang QW, Shu XH, Liu YH, 2015. Effects of differently induced plant resistance on the developmental performances of larval *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoid *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(12): 1300–1306. [黄娟娟, 张钦威, 舒晓晗, 刘亚慧, 2015. 不同方式诱导植物抗性对甜菜夜蛾幼虫及其寄生蜂斑痣悬茧蜂发育表现的影响. 昆虫学报, 58(12): 1300–1306.]

Huang L, Yang DS, Li BP, Meng L, 2011. Flight capability and field dispersal behavior of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Chinese Journal of Ecology*, 30(7): 1327–1331. [黄露, 杨德松, 李保平, 孟玲, 2011. 斑痣悬茧蜂的飞行能力和野外扩散行为. 生态学杂志, 30(7): 1327–1331.]

Huang SS, Dai ZY, Wu DZ, 1996. The establishment and application of the experimental population life tables of *Trichogramma* spp. on different hosts. *Acta Phytophylacica Sinica*, 23(3): 209–212. [黄寿山, 戴志一, 吴达璋, 1996. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用. 植物保护学报, 23(3): 209–212.]

Huang WY, Li L, 2017. Maternal care improves offspring developmental performance in *Scleroderma guani* (Hymenoptera: Bethylidae). *Acta Entomologica Sinica*, 60(4): 441–449. [黄维亚, 李莉, 2017. 管氏肿腿蜂抚育行为有利于子代生长发育. 昆虫学报, 60(4): 441–449.]

Huang YC, Wu H, Song ZW, Li DS, Zhang GR, 2017. Effects of cold storage on the chemical composition of *Corcyra cephalonica* eggs by H-1 NMR spectroscopy. *Biological Control*, 110: 25–32.

Huang YH, Nie YP, Tao M, Chen GH, Yang LB, 2004. Study on *Phenacaspis kentiae* Kuwana's natural enemies in Kunming. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 19(3): 357–359. [黄燕辉, 聂雅萍, 陶玫, 陈国华, 杨本立, 2004. 昆明地区分瓣臀凹盾蚧天敌种类研究初报. 云南农业大学学报, 19(3): 357–359.]

Huang Z, Sahar F, Ren SX, Ali S, 2010b. Effect of *Isaria fumosoroseus* on *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashii* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 42(2): 121–127.

Huangpu WG, Gao MQ, WuQ, Wei SJ, Cai WG, Chen RX, Chen XX, 2010. Hymenopteran parasitoids from larvae and pupae of the diamondback moth, *Plutella xylostella* in Ningbo, China. *Chinese Journal of Biological Control*, 26(3): 254–259. [皇甫伟国, 高明清, 吴琼, 魏书军, 柴伟纲, 陈若霞, 陈学新, 2010. 宁波地区小菜蛾幼虫期和蛹期寄生蜂调查. 中国生物防治, 26(3): 254–259.]

Hun ZY, Wang DA, Lu ZY, Pan WL, 2005. Diapause induction and cold storage of diapause cocoons in *Microplitis mediator* (Haliday). *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 655–659. [浑之英, 王德安, 路子云, 潘文亮, 2005. 中红侧沟茧蜂滞育诱导和滞育茧的冷藏. 昆虫学报, 48(5): 655–659.]

Ji XY, Yin YY, Wan NF, Tan JC, Jiang JX, 2013. The effect of parasitization by *Microplitis pallidipes* Szepligeti (Hymenoptera: Braconidae) on the total protein and sugar and lipid content of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1637–1642. [季香云, 印杨毅, 万年峰, 谭继才, 蒋杰贤, 2013. 淡足侧沟茧蜂寄生对甜菜夜蛾幼虫血淋巴总糖、蛋白质及虫体脂质含量的影响. 应用昆虫学报, 50(6): 1637–1642.]

Jiang HQ, Chen Y, Liu YH, 2014. Superparasitism of *Cotesia ruficrus* (Hymenoptera: Braconidae) and its effects on the offspring growth and development. *Acta Entomologica Sinica*, 57(10): 1213–1218. [江化琴, 陈媛, 刘映红, 2014. 螟蛉盘绒茧蜂的过寄生行为及其对子代生长发育的影响. 昆虫学报, 57(10): 1213–1218.]

Jiang JX, Bao YB, Ji XY, Wan NF, 2014. Effect of nucleopolyhedrovirus infection of *Spodoptera litura* larvae on host discrimination by *Microplitis pallidipes*. *Biocontrol Science and Technology*, 24(5): 561–573.

Jiang JX, Yang JH, Ji XY, Zhang H, Wan NF, 2018. Experimental temperature elevation promotes the cooperative ability of two natural enemies in the control of insect herbivores. *Biological Control*, 117: 52–62.

Jiang JX, Zeng AP, Ji XY, Wan NF, Chen XQ, 2011. Combined effect of nucleopolyhedrovirus and *Microplitis pallidipes* for the control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. *Pest Management Science*, 67(6): 705–713.

Jiang YH, Fu Q, Cheng JA, Zhu ZR, Jiang MX, Zhang ZT, 2005. Effect of transgenic sck plus cry1Ac rice on the survival and growth of *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) and its parasitoid *Apanteles chilonis* (Munakata) (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 48(4): 554–560. [姜永厚, 傅强, 程家安, 祝增荣, 蒋明星, 张志涛, 2005. 转sck+cry1Ac 基因水稻对二化螟及二化螟绒茧蜂存活和生长发育的影响. 昆虫学报, 48(4): 554–560.]

Jiao Y, Zhao P, 2000. The effectiveness of *Tetrastichus kodaikanalensis* Saraswat on population of *Microterys ericeri* Ishii. *Zoological Research*, 21(4): 291–296. [焦懿, 赵苹, 2000. 白蜡虫啮小蜂对白蜡虫花翅跳小蜂种群控制作用的研究. 动物学研究, 21(4): 291–296.]

Jin T, Jin Q, Wen HB, Lu BQ, Lin YY, Peng ZQ, 2012. Research progress and perspective outlook of using parasitic wasps to control *Brontispa longissimi*. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 32(7): 67–74. [金涛, 金启安, 温海波, 吕宝乾, 林玉英, 彭正强, 2012. 利用寄生蜂防治椰心叶甲的概况及研究展望. 热带农业科学, 32(7): 67–74.]

Kang AG, Yang LJ, Zhang YH, Liu DJ, Zhao ZY, Zhang FY, Feng LR, 2015. Species of wasp parasitioids and their roles in regulating meadow moth, *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae) populations in the agro-pastoral ecotone of northwestern Hebei. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(1): 215–222. [康爱国, 杨立军, 张玉慧, 刘栋军, 赵志英, 张凤英, 冯丽荣, 2015. 冀西北农牧交错区草地螟寄生蜂及其控害作用. 应用昆虫学报, 52(1): 215–222.]

Kang XX, Chen J, Wang CC, Yang YZ, 2006. Identification and behaviors of parasitoids of *Sylepta derogata* in the Yangtze River and Huihe Valley. *Chinese Bulltin of Entomology*, 43(5): 663–666. [康晓霞, 陈建, 王常春, 杨益众, 2006. 江淮棉区棉大卷叶螟主要寄生性天敌的寄生作用. 昆虫知识, 43(5): 663–666.]

Khan MAZ, Liang QF, Liu TX, 2016a. Effect of cage size on functional response of the parasitoid *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) against *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2): 373–377.

Khan MAZ, Liang QF, Liu TX, 2016b. Effect of plant canopy on functional response of the parasitoid *Aphelinus asychis* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae) against *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(3): 527–531.

Lazreg F, Huang Z, Ali S, Ren SX, 2009. Effect of *Lecanicillium muscarium* on *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashii* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Pest Science*, 82(1): 27–32.

Li BP, Mills N, 2004. The influence of temperature on size as an indicator of host quality for the development of a solitary koinobiont parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110(3): 249–256.

Li C, Wu WQ, Zhu L, Zhang QW, Liu XX, 2011. Effects of wheat planted adjacent to rape on the major pests and their natural enemies in wheat field. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(12): 3371–3376. [李川, 武文卿, 朱亮, 张青文, 刘小侠, 2011. 小麦-油菜邻作对麦田主要害虫和天敌的影响. 应用生态学报, 22(12): 3371–3376.]

Li HL, Guo JX, Zhang H, Wang DF, Wang QS, Zeng MS, Lin NQ, Wu GY, 2016. The effects of intercropping different green manure plants on the structure and diversity of arthropod communities in tea plantations. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(3): 545–553. [李慧玲, 郭剑雄, 张辉, 王定锋, 王庆森, 曾明森, 林乃铨, 吴光远, 2016. 茶园间作不同绿肥对节肢动物群落结构和多样性的影响. 应用昆虫学报, 53(3): 545–553.]

Li HP, Han X, Zhao YQ, 2017a. Potential use of *Beauveria bassiana* in combination with *Scleroderma guani* for improved control of *Apriona germari*. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(1): 10–15.

Li JC, Coudron TA, Pan WL, Liu XX, Lu ZY, Zhang WQ, 2006. Host age preference of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control*, 39: 257–261.

Li JC, Lu ZY, Qu ZG, Liu WX, 2010. Research progress of *Microplitis mediator* and its application. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 14(8)：4–11. [李建成, 路子云, 屈振刚, 刘文旭, 2010. 中红侧沟茧蜂研究及应用进展, 河北农业科学, 14(8): 4–11.]

Li JC, Zhang QW, Liu XX, Pan WL, 2005. Effects of parasitoid age and host age on the parasitism of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Leucania separata*. *Chinese Journal of Biological Control*, 21(1): 14–17. [李建成, 张青文, 刘小侠, 潘文亮, 2005. 中红侧沟茧蜂成虫日龄及粘虫幼虫龄期对寄生效果的影响. 中国生物防治, 21(1): 14–17.]

Li L, Sun J, 2011. Host suitability of a gregarious parasitoid on beetle hosts: Flexibility between fitness of adult and offspring. *PLoS ONE*, 6(4): e18563.

Li M, Pang ZY, Xiao W, Liu XY, Zhang Y, Yu DS, Yang MJ, Yang Y, Hu JS, Luo KJ, 2014a. A transcriptome analysis suggests apoptosis-related signaling pathways in hemocytes of *Spodoptera litura* after parasitization by *Microplitis bicoloratus*. *PLoS ONE*, 9(10): e110967.

Li Q, Chen YX, Luo LZ, Lei CL, Jiang XF, Zhang L, 2017. Effect of temperature on parasitism rate and life history parameters of a solitary endoparasitoid, *Zele chlorophthalmus* (Hymenoptera: Brachonidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 33(5): 575–583. [李倩, 程云霞, 罗礼智, 雷朝亮, 江幸福, 张蕾, 2017b. 温度对绿眼赛茧蜂寄生率及生长发育的影响. 中国生物防治学报, 33(5): 575–583.]

Li S, Lao SB, Wang S, Guo XJ, Zhang F, 2014. Control effect of *Orius sauteri* collaborated with *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci* in the greenhouse. *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 978–982. [李姝, 劳水兵, 王甦, 郭晓军, 张帆, 2014. 东亚小花蝽和丽蚜小蜂对烟粉虱的协同控制效果研究. 环境昆虫学报, 36(6): 978–982.]

Li SJ, Li S, Xue X, Ren SX, Cuthbertson AGS, van Dam NM, Qiu BL, 2014b. Efficiency of plant induced volatiles in attracting *Encarsia formosa* and *Serangium japonicum*, two dominant natural enemies of whitefly *Bemisia tabaci* in China. *Pest Management Science*, 70(10): 1604–1610.

Li SJ, Xue X, Sen SX, Cuthbertson AGS, van Dam NM, Qiu BL, 2013. Root and shoot jasmonic acid induced plants differently affect the performance of *Bemisia tabaci* and its parasitoid *Encarsia formosa*. *Basic and Applied Ecology*, 14(8): 670–679.

Li T, Sheng ML, Sun SP, Chen GF, Guo ZH, 2012. Effect of the trap color on the capture of ichneumonids wasps (Hymenoptera). *Revista Colombiana de Entomologia*, 38(2): 338–342.

Li W, Li J, Coudron TA, Lu Z, Zhang Q, 2008. Role of photoperiod and temperature in diapause induction of endoparasitoid wasp *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(3): 613–618.

Li WD, Huang F, Chen YF, Chen XX, 2006. Immunosuppression effects of venom of pupal endoparasitoid wasp, *Diadromus collaris* (Gravenhorst) on its host, *Plutella xylostella* pupae. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 206–212. [郦卫弟, 黄芳, 陈亚锋, 陈学新, 2006. 颈双缘姬蜂毒液对寄主小菜蛾的免疫抑制作用. 昆虫学报, 49(2): 206–212.]

Li WD, Shi M, Chen XX, 2007. Effects of parasitism by *Diadromus collaris* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on morphology and ultrastructure of fat body and adipocytes of host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) pupae. *Acta Entomologica Sinica*, 50(7): 662–666. [郦卫弟, 时敏, 陈学新, 2007. 颈双缘姬蜂寄生引起小菜蛾蛹脂肪体形态和超微结构的变化. 昆虫学报, 50(7): 662–666.]

Li WX, Wang SJ, Lu ZY, Guo HJ, Li JC, Liu XX, Zhang QW, 2011. Effects of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) parasitization on levels of sugars, lipids and proteins in the haemolymph of *Mythimna separate* (Lepidoptra: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(1): 34–40. [李文香, 王士军, 路子云, 郭会婧, 李建成, 刘小侠, 张青文, 2011. 中红侧沟茧蜂寄生对寄主粘虫血淋巴糖类、脂类和蛋白质含量的影响. 昆虫学报, 54(1): 34–40.]

Li X, Cui L, Bai SF, Yuan GH, 2005. The capacity of regulation on development of host diamondback moth, *Plutella xylostella*, by endoparasitoids. *Journal of Henan Agricultural University*, 39(3): 308–311, 316. [李欣, 崔莉, 白素芬, 原国辉, 2005. 内寄生蜂对寄主小菜蛾发育的调控能力研究. 河南农业大学学报, 39(3): 308–311, 316.]

Li X, Li B, Meng L, 2019. Oviposition strategy for superparasitism in the gregarious parasitoid *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research*, 109(2): 221–228.

Li X, Liu SS, 2002. The role of plant volatiles and oviposition experience in the foraging behaviour of *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 28(3): 293–297. [李欣, 刘树生, 2002. 植物挥发物及寄生经历在半闭弯尾姬蜂寄主搜索行为中的作用. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 28(3): 60–64.]

Li X, Qin QL, Ding C, Liu HH , 2001. Characterization of *Microplitis mediator* Polydnavirus. *Virologica Sinica*, 16(4): 373–376. [李馨, 秦启联, 丁翠, 刘海虹, 2001. 中红侧沟茧蜂多分 DNA 病毒基本特征研究. 中国病毒学, 16(4): 373–376.]

Li XJ, Dong GP, Fang JM, Liu HJ, Guo WL, 2018. Parasitic behaviour of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) induced changes in free animo acid pools in hemolymph of host *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *Oriental Insects*, 52: 329–341.

Li XM, Liu CL, Liu XL, Wang KQ, Wang S, Xia JX, Liu Y, Yang F, Shao TY, Sing JJ, Shi XR, Xu WJ, 2014. Crop diversification as a method of managing the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(2): 406–411. [李新民, 刘春来, 刘兴龙, 王克勤, 王爽, 夏吉星, 刘宇, 杨帆, 邵天玉, 丁俊杰, 时新瑞, 徐伟钧, 2014. 作物多样性对大豆蚜的控蚜效应. 应用昆虫学报, 51(2): 406–411.]

Li XW, Zhu LT, Meng L, Li BP, 2017c. Brood size and sex ratio in response to host quality and wasp traits in the gregarious parasitoid *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Peer J.*, 5: e2919.

Li Y, Dong H, Cong B, Qian HT, Yang HX, Zhang ZT, Sun W, 2013. Effect of temperature on reproductive potential and population parameters of different *Triehogramma dendrolimi* geographic populations. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(1): 11–16. [李莹, 董辉, 丛斌, 钱海涛, 杨海霞, 张柱亭, 孙巍, 2013. 温度对松毛虫赤眼蜂不同地理种群寄生潜能及种群参数的影响. 中国生物防治学报, 29(1): 11–16.]

Li Y, Lu JF, Feng CL, Ke X, Fu WJ, 2007. Role of venom and ovarian proteins in immune suppression of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae parasitized by *Macrocentrus cingulum* (Hymenoptera: Braconidae), a polyembryonic parasitoid. *Insect Science*, 14(2): 93–100.

Li Y, Lu JF, Ke X, Fu WJ, 2007. The SDS-PAGE analysis of venom and ovarian proteins from *Macrocentrus cingulum*. *Natural Enemies of Insects*, 29(3): 103–107, 144. [李永, 陆剑锋, 柯欣, 符文俊, 2007. 腰带长体茧蜂 *Macrocentrus cingulum* 毒液和卵巢蛋白的电泳分析. 昆虫天敌, 29(3): 103–107, 144.]

Li YH, Zhou YD, Duo CF, Ou D, Qureshi JA, Sang W, Qiu BL, 2018. Temperature and host age effects on the life history of *Tamarixia radiata*, a dominant parasitoid of citrus psyllid *Diaphorina citri*. *Crop Protection*, 114: 32–38.

Li YX, Liu SS, Liu YQ, 2002a. Effects of host insecticide resistance on the biological characteristics of *Cotesia plutellae*. *Acta Entomologica Sinica*, 45(4): 459–464. [李元喜, 刘树生, 刘银

泉, 2002a. 寄主抗药性对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响. 昆虫学报, 45(4): 459–464.]

Li YX, Liu SS, Tang ZH, 2002b. The effect of host insecticide resistance on the development of resistance to fenvalerate in *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 45(5): 597–602. [李元喜, 刘树生, 唐振华, 2002b. 寄主抗药性对菜蛾绒茧蜂抗药性发展的影响. 昆虫学报, 45(5): 597–602.]

Li YX, Liu YQ, Liu SS, 2001. Effect of superparasitism on bionomics of *Cotesia plutellae*. *Chinese Journal of Biological Control*, 17(4): 151–154. [李元喜, 刘银泉, 刘树生, 2001. 过寄生对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响. 中国生物防治, 17(4): 151–154.]

Li YY, Zhang LS, Chen HY, Kostal V, Simek P, Moos M, Denlinger DL, 2015. Shifts in metabolomic profiles of the parasitoid *Nasonia vitripennis* associated with elevated cold tolerance induced by the parasitoid's diapause, host diapause and host diet augmented with proline. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 63: 34–46.

Li ZS, Xu DM, Zang JX, Wei GR, Huang YY, Liu YF, You MS, 2002. Investigation on parasitoid resource on weeds around paddy field. *Wuyi Science Journal*, 18(1): 19–23. [李志胜, 徐敦明, 庄家祥, 魏观如, 黄永耀, 刘雨芳, 尤民生, 2002, 稻田周围杂草上寄生蜂资源初步调查. 武夷科学, 18(1): 19–23.]

Liang CW, 2011. Investigation on resources of natural enemies in organic rice fields of Jiangxi province. *Shandong Agricultural Sciences*, (9): 94–98. [梁朝巍, 2011. 江西省有机稻米生产基地天敌昆虫资源调查. 山东农业科学, (9): 94–98.]

Liang GH, Chen JH, Huang JC, 2007a. Effects of nutrition supplementary on the development, survival and reproduction of *Psyttalia incisi*. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (*Natural Science Edition*), 36(1): 12–15. [梁光红, 陈家骅, 黄居昌, 2007a. 补充营养对切割潜蝇茧蜂的生长发育与繁殖的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 36(1): 12–15.]

Liang GH, Chen JY, Huang JC, He RB, 2007b. Influence of temperature on the development, reproduction and survival of *Psyttalia incise*. *Acta Agriculturae Universitis Jiangxiensis*, 29(2): 190–193, 202. [梁光红, 陈家骅, 黄居昌, 何榕宾, 2007b. 温度对切割潜蝇茧蜂发育、生殖和存活的影响. 江西农业大学学报, 29(2): 190–193, 202.]

Liang GH, Chen YR, Huang JC, 2007c. Effects of parasitism on the activity of peroxidase in the larvae of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2: 48–51. [梁光红, 陈友荣, 黄居昌, 2007c. 寄生对橘小实蝇幼虫体内过氧化物酶活性的影响. 中南林业科技大学学报, 2: 48–51.]

Liang YY, Cheng ZX, Cheng SD, Qin HG, Xiong HB, Chen NP, Hu SX, 2014. Effect of transgenic Bt rice on the population dynamics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and two of its natural enemies. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1163–1163. [梁玉勇, 程正新, 程森弟, 秦厚国, 熊焕保, 陈南萍, 胡水秀, 2014. Bt 水稻对褐飞虱及其二种天敌种群动态的影响. 应用昆虫学报, 51(5): 1163–1172.]

Lin SY, Cao WQ, Wang YQ, Hu HY, 2016. Primary investigation and study of chalcidoid wasps resources in xinjiang manas national wetland park where *Cicadella viridis* breaks out. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 53(10): 1850–1857. [林思雨, 曹文秋, 王雨晴, 胡红英, 2016. 新疆玛纳斯国家湿地公园大青叶蝉及小蜂资源调查研究. 新疆农业科学, 53(10): 1850–1857.]

Lin YJ, Hua HX, He YQ, Yang CJ, Zhai BP, Shen JL, Zhang KJ, Xue XF, Fu Q, Luo J, Lou YG, Zhu ZR, Tang QY, Lü ZX, Xu HX, Zheng XS, Huang FK, Peng ZP, He GC, Chen RZ, Guo HF, Chen QZ, Wan BL, Lü L, Lin HF, Liu F, Xiao HX, Hou ML, Yao YJ, 2011. Progress in research on the integrated management of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1194–1201. [林拥军, 华红霞, 何予卿, 杨长举, 翟保平, 沈晋良, 张开军, 薛晓峰, 傅强, 罗举, 娄永根, 祝增荣, 唐启义, 吕仲贤, 徐红星, 郑许松, 黄凤宽, 彭兆谱, 何光存, 陈荣智, 郭慧芳, 陈其志, 万丙良, 吕亮, 林华峰, 刘芳, 肖汉祥, 侯茂林, 姚英娟, 2011. 水稻褐飞虱综合治理研究与示范——农业公益性行业专项“水稻褐飞虱综合防控技术研究”进展. 应用昆虫学报, 48(5): 1194–1201.]

Lin YY, Jin T, Jin QA, Wen HB, Peng ZQ, 2018. Life table of the experimental population of *Bracon adoxophyesi* Minamikawa at different temperatures. *Plant Protection*, 44(1):105–109. [林玉英, 金涛, 金启安, 温海波, 彭正强, 2018. 不同温度下褐带卷蛾茧蜂实验种群生命表. 植物保护, 44(1): 105–109.]

Liu B, Guo WQ, Tuerxun, He J, Xu JJ, Li TX, 2009. Investigation on parasitoids of *Trialeurodes vaporariorum* in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences,* 46(2): 317–320. [柳斌, 郭文超, 吐尔逊, 何江, 许建军, 李新唐, 2009. 新疆温室白粉虱自然寄生蜂研究初报. 新疆农业科学, 46(2): 317–320.]

Liu DG, Luo YC, Liang WG, Huang MD, 1999. Studies on parasitoid community in complex litchi orchard. *Natural Enemies of Insects*, 21(3): 134–139. [刘德广, 罗玉钏, 梁伟光, 黄明度, 1999. 复合荔枝园寄生性天敌群落的研究. 昆虫天敌, 21(3): 134–139.]

Liu F, Zhang X, Gui QQ, Xu QJ, 2012. Sublethal effects of four insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae), an important egg parasitoid of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Crop Protection*, 37(1): 13–19.

Liu HY, Song Y, Wang Z, Shen ZR, 2009. Distribution of *Wolbachia* in different geographical populations of *Trichogramma ostriniae* in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(2): 266–271. [刘宏岳, 宋月, 王哲, 沈佐锐, 2009. *Wolbachia* 在我国不同地理种群的玉米螟赤眼蜂中的分布. 昆虫知识, 46(2): 266–271.]

Liu J, Wan NF, Ji XY, Zhou JY, Jiang JX, 2014. Effects of *Microplitis pallidipes* calyx fluid on the hemolymph melanization and phenoloxidase activity of larval *Spodoptera exigua*. *Acta Agriculturae Shanghai*, 30(5): 56–59. [刘君, 万年峰, 季香云, 周今一, 蒋杰贤, 2014. 淡足侧沟茧蜂萼液对甜菜夜蛾幼虫血淋巴黑化反应和酚氧化酶活性的影响. 上海农业学报, 30(5): 56–59.]

Liu JH, He DH, Zhao ZH, 2014. Diversity and interspecific relationship of wheat aphid and natural enemy system in Ningxia. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(6): 739–746. [刘军和, 贺达汉, 赵紫华, 2014. 宁夏麦蚜天敌多样性及种间关系. 植物保护学报, 41(6): 739–746.]

Liu JW, Li JP, Cong B, Li MH, Yang GH, Hou YL, Qu WL, 2008. Occurrence and development of the teratocytes in *Aphidius gifuensis*. *Plant Protection*, 34(1): 62–66. [刘金文, 李建平, 丛斌, 李茂海, 杨桂华, 侯云龙, 曲文莉, 2008. 烟蚜茧蜂畸形细胞发生及发育. 植物保护, 34(1): 62–66.]

Liu JW, Yan XJ, Cong B, 2011. Regulation of *Aphidius* teratocyte to physiological metabolism of aphids. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(9): 368–371. [刘金文, 颜秀娟, 丛斌, 2011. 烟蚜茧蜂畸形细胞对寄主生理代谢的调控. 中国农学通报, 27(9): 368–371.]

Liu JX, Xu ZF, 2013. A newly recorded species of the genus *Sclerogibba* Riggo et De Stefaniperez from China (Hymenoptera, Sclerogibbidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 38(3): 675–677.

Liu K, Fu BL, Lin JR, Fu YG, Jin QA, 2014a. Effect of temperatures and cold storage on performance of *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Brontispa longissima* (Coleptera: Chrysomelidae). *Journal of Insect Science*, 14: 257.

Liu K, Li JR, Fu YG, Peng ZQ, Jin QA, 2008. Effects of parasitization by *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae) on immunoreaction of the coconut hispine beetle, *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Entomologica Sinica*, 51(10): 1011–1016. [刘奎, 林健荣, 符悦冠, 彭正强, 金启安, 2008. 椰扁甲啮小蜂寄生对椰心叶甲蛹免疫反应的影响. 昆虫学报, 51(10): 1011–1016.]

Liu K, Lin JR, Fu YG, Peng ZQ, Jin QA, 2009. Analysis of hemolymph protein patterns from *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) pupae parasitized by *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(5): 588–594. [刘奎, 林健荣, 符悦冠, 彭正强, 金启安, 2009. 椰扁甲啮小蜂寄生后椰心叶甲蛹血淋巴蛋白质双向电泳图谱分析. 昆虫学报, 52(5): 588–594.]

Liu K, Zhu PY, Lu ZX, Chen GH, Zhang JM, Lu YB, Lu YH, 2017a. Effects of sesame nectar on longevity and fecundity of seven Lepidoptera and survival of four parasitoid species commonly found in agricultural ecosystems. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11): 2534–2546.

Liu PC, Shi M, Chen YF, Huang F, Meng XF, Chen XX, 2008. Cloning, prokaryotic expression and polyclonal antibody preparation of *Cotesia vestalis* polydnavirus (CvBV) EP-1-like gene. *Journal of Environmental Entomology*, 30(1): 33–38. [刘鹏程, 时敏, 陈亚锋, 黄芳, 孟祥锋, 陈学新, 2008. 菜蛾盘绒茧蜂多分 DNA 病毒 EP-1-like 基因克隆、原核表达与多克隆抗体制备方法. 环境昆虫学报, 30(1): 33–38.]

Liu PC, Wei JR, Tian S, Hao DJ, 2017b. Male-male lethal combat in the quasi-gregarious parasitoid *Anastatus disparis* (Hymenoptera: Eupelmidae). *Scientific Reports*, 7: e11875.

Liu PC, Wei JR, Wang JJ, Liu JX, Dong LJ, 2015. Relationship between the environmental temperatures and development of *Anastatus disparis* (Ruschka) (Hymenoptera: Eupelmidae) and the sex ratio control of the offspring. *Forest Pest and Disease*, 34(2): 9–14. [刘鹏程, 魏建荣, 王建军, 刘金祥, 董丽君, 2015, 舞毒蛾卵平腹小蜂发育与温度的关系及子代性比控制. 中国森林病虫, 34(2): 9–14.]

Liu Q, Lin JR, Fu YG, Peng ZQ, Jin QA, 2009. Analysis of hemolymph protein patterns from *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) pupae parasitized by *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(5): 588–594. [刘奎, 林健荣, 符悦冠, 彭正强, 金启安, 2009. 椰扁甲啮小蜂寄生后椰心叶甲蛹血淋巴蛋白质双向电泳图谱分析. 昆虫学报, 52(5): 588–594.]

Liu QQ, Zhuan LJ, Dong QJ, Li YY, Dong H, Cong B, Zhang Q, 2018. Effects of PI-*Wolbachia* on mating behavior and biological characteristics in *Trichogramma dendrolimi* Matsumura. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 49(4): 393–401. [刘泉泉, 段立佳, 董前进, 李媛媛, 董辉, 丛斌, 张琪. PI-*Wolbachia* 对松毛虫赤眼蜂交配行为和生物学特性的影响. 沈阳农业大学学报, 49(4): 393–401.]

Liu QQ, Zhang TS, Li CX, Gu JW, Hou JB, Dong H, 2018. Decision-making in a bisexual line and a thelytokous *Wolbachia*-infected line of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura (Hymenoptera: Trichogrammatidae) regarding behavior toward their hosts. *Pest Management Science*, 74(7): 1720–1727.

Liu QS, Romeis J, Yu HL, Zhang YJ, Li YH, Peng YF, 2015. Bt rice does not disrupt the host-searching behavior of the parasitoid *Cotesia chilonis*. *Scientific Reports*, 5: e15295.

Liu SS, Li YX, Tang ZH, 2003. Host resistance to an insecticide favors selection of resistance in the parasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 28(1): 137–143.

Liu SS, Li YX, Tang ZH, 2004. Host resistance to an insecticide and selection at larval stage favour development of resistance in the parasitoid, *Cotesia plutellae*. Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. 227–233.

Liu SS, Li ZM, Liu YQ, Feng MG, Tang ZH, 2007. Promoting selection of resistance to spinosad in the parasitoid *Cotesia plutellae* by integrating resistance of hosts to the insecticide into the selection process. *Biological Control*, 41(2): 246–255.

Liu SS, Wang XG, Shi ZH, Gebremeskel FB, 2001. The biology of *Diadromus collaris* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a pupal parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), and its interactions with *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research*, 91(6): 461–469.

Liu SS, Zhang GM, Zhang F, 1998. Factors influencing parasitism of *Trichogramma dendrolimi* on eggs of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Biocontrol*, 43(3): 273–287.

Liu T, Wu JW, Li MH, Chen YT, 2009. Parasitism of *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. eggs by *Scelio orientalis* Dodd (Hymenoptera: Scelionidae). *Natural Enemies of Insects*, 31(1): 63–67. [刘婷, 吴伟坚, 李梅辉, 陈玉托, 2009. 越北腹露蝗卵寄生蜂: 东方蝗卵蜂. 环境昆虫学报, 31(1): 63–67.]

Liu T, Zhang Y, 2012. Side effects of two reduced-risk insecticides, indoxacarb and spinosad, on two species of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on cabbage. *Ecotoxicology*, 21(8): 2254–2263.

Liu XX, Zhang QW, Li JC, Xu J, 2004. Effects of host size on oviposition and development of the endoparasitoid, *Microplitis mediator* Haliday. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(2): 110–113. [刘小侠, 张青文, 李建成, 徐静, 2004. 寄主大小对中红侧沟茧蜂产卵和发育的影响. 中国生物防治, 20(2): 110–113.]

Liu XX, Zhang QW, Zhao JZ, Cai QN, Xu H, Li JC, 2005a. Effects of the Cry1Ac toxin of *Bacillus thuringiensis* on *Microplitis mediator*, a parasitoid of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 114(3): 205–213.

Liu XX, Zhang QW, Zhao JZ, Li HC, Xu B, Ma XM, 2005b. Effects of Bt transgenic cotton lines on the cotton bollworm parasitoid *Microplitis mediator* in the laboratory. *Biological Control*, 35(2): 134–141.

Liu XY, Xiang WS, Jiao XG, Zhang YJ, Xie W, Wu QJ, Zhou XG, Wang SL, 2014b. Effects of plant virus and its insect vector on *Encarsia formosa*, a biocontrol agent of whiteflies. *Scientific Reports*, 4: 5926.

Liu YH, Li BP, Xu ZH, 2013. Effect of host instar and temperature on fitness-related traits in the solitary endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis*. *Phytoparasitica*, 41: 1–7.

Liu YH, Li BP, 2006. Developmental interactions between *Spodoptera exigua* (Noctuidae: Lepidoptera) and its uniparental endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis* (Braconidae: Hymenoptera). *Biological Control*, 38: 264–269.

Liu YH, Li BP, 2006. Host-stage selection for *Spodoptera exigua* larvae and the effect on developmental parameters of solitary endoparasitoid in *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 29(2): 66–70. [刘亚慧, 李保平, 2006. 斑痔悬茧蜂对甜菜夜蛾幼虫龄期的选择及其生长发育的研究. 南京农业大学学报, 29(2): 66–70.]

Liu YH, Li BP, 2008. Effects of *Helicoverpa armigera* (Noctuidae, Lepidoptera) host stages on some developmental parameters of the uniparental endoparasitoid *Meteorus pulchricornis* (Braconidae, Hymenoptera). *Bulletin of Entomological Research*, 98(2): 109–114.

Liu YH, Tsai JH, 2002. Effect of temperature on development, survivorship, and fecundity of *Lysiphlebia mirzai* (Hymenoptera: Aphidiidae), a parasitoid of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 31(2): 418–424.

Liu Z, Xu B, Li L, Sun J, 2011. Host-size mediated trade-off in a parasitoid *Sclerodermus harmandi*. *PLoS ONE*, 6(8): e23260.

Liu ZC, Ye GY, Hu C, Datta SK, 2003. Impact of transgenic indica rice with a fused gene of cry1 Ab/cry1 Ac on the rice paddy arthropod community. *Acta Entomologica Sinica*, 46(4): 454–465. [刘志诚, 叶恭银, 胡萃, Swapan KD, 2003. 转 cry1 Ab/cry1 Ac 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响. 昆虫学报, 46(4): 454–465.]

Lou YG, Ma B, Cheng JA, 2005. Attraction of the parasitoid *Anagrus nilaparvatae* to rice volatiles induced by the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Journal of Chemical Ecology*, 31(10): 2357–2372.

Lü HP, Cai J, Ye GY, Xu HX, Hu C, 2000. Effects of parasitism by *Pteromalus puparum* on hemolymph protein and carbohydrate metabolism in overwintering pupae of *Pieris rapae*. *Journal of Zhejiang Agricultural University* (*Agric.& Life Sci.*), 26(6): 31–35. [吕慧平, 蔡峻, 叶恭银, 徐红星, 胡萃, 2000. 寄生对越冬代菜粉蝶蛹血淋巴中蛋白质和糖类代谢的影响. 浙江大

学学报(农业与生命科学版), 26(6): 31–35.]

Lu JF, Li Y, Chen XX, Fu WJ, 2006. Morphology and ultrastructure of venom apparatus and ovary of the endoparasitoid, *Macrocentrus cingulum*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 818–821. [陆剑锋, 李永, 陈学新, 符文俊, 2006. 腰带长体茧蜂毒液器官和卵巢的形态学及其超微结构. 昆虫知识, 43(6): 818–821.]

Lu JF, Qiu HG, Shen BJ, Fu WJ, 2005. Cues in host acceptance of *Tetrastichus* sp. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6): 669–672. [陆剑锋, 邱鸿贵, 沈伯钧, 符文俊, 2005. 啮小蜂雌蜂接受寄主线索的探讨. 昆虫知识, 42(6): 669–672.]

Lü X, Han SC, Dai JQ, Cao X, 2009. Rearing quality of different geographic populations of *Anastatus japonicus* Ashmead. *Natural Enemies of Insects*, 31(4): 340–347. [吕欣, 韩诗畴, 戴建青, 曹欣, 2009. 不同地理种群荔蝽平腹小蜂的繁殖品质比较. 环境昆虫学报, 31(4): 340–347.]

Lu YJ, Wang X, Lou YG, Cheng JA, 2006. Role of ethylene signaling in the production of rice volatiles induced by the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Chinese Science Bulletin*, 51(20): 2457–2465.

Lü YB, Liu SS, 2004. Effects of plant responses induced by exogenous jasmonic acid on host-selection behavior of *Cotesia plutellae* (Hymenopter: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 47(2): 206–212. [吕要斌, 刘树生, 2004. 外源茉莉酸诱导植物反应对菜蛾绒茧蜂寄生选择行为的影响. 昆虫学报, 47(2): 206–212.]

Lü ZX, Chen GH, Heong KL, Zheng XS, Xu HX, Sheng XQ, Zhang FC, 2008. A method for enhancing parasitic capacity of wasps to control rice planthoppers and leaf folder. China Patent. ZL200810059842.9. [吕仲贤, 陈桂华, 香广伦, 郑许松, 徐红星, 盛仙俏, 张发成, 2008. 提高稻田寄生蜂控制稻飞虱、稻纵卷叶螟能力的方法. 中国发明专利. ZL200810059842.9.]

Lü ZX, Yu XP, Heong KL, Hu C, 2006. Impact of nitrogen fertilier on natural control capacities of invertebrate predators and parasitoids and its demonstration in rice-based ecosystem. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 18(2): 128–132. [吕仲贤, 俞晓平, Heong KL, 胡萃, 2006. 氮肥对天敌自然控制作用的影响及其在稻田生态系统中的例证. 浙江农业学报, 18(2): 128–132.]

Lü ZY, Yang JQ, Chen JH, Huang JC, Ji QE, Du YG, 2008. Interspecific competition between *Fopius vandenboschi* and *Diachasmimorpha longicaudata* in *Bactrocera dorsalis* larvae. *Journal of Fujian College of Forestry*, 28(1): 81–84. [吕增印, 杨建全, 陈家骅, 黄居昌, 季清娥, 杜迎刚, 2008. 布氏潜蝇茧蜂与长尾潜蝇茧蜂的种间竞争. 福建林学院学报, 28(1): 81–84.]

Luo CW, Chen Y, 2016. Phototactic Behavior of *Scleroderma guani* (Hymenoptera: Bethylidae)-Parasitoid of *Pissodes punctatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Insect Behavior*, 29(6): 605–614.

Luo K, Trumble JT, Pang Y, 2007. Development of *Microplitis bicoloratus* on *Spodoptera litura* and implications for biological control. *Biocontrol*, 52(3): 309–321.

Luo KJ, Pang Y, 2006a. Disruption effect of *Microplitis bicoloratus* polydnavirus EGF-like protein, MbCRP, on actin cytoskeleton in lepidopteran insect hemocytes. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 38(8): 577–585.

Luo KJ, Pang Y, 2006b. *Spodoptera litura* multicapsid nucleopolyhedrovirus inhibits *Microplitis bicoloratus* polydnavirus-induced host granulocytes apoptosis. *Journal of Insect Physiology*, 52(8): 795–806.

Luo S, Michaud JP, Li J, Liu X, Zhang Q, 2013a. Odor learning in *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) is mediated by sugar type and physiological state. *Biological Control*, 65(2): 207–211.

Luo S, Zhang F, Wu K, 2015. Effect of temperature on the reproductive biology of *Peristenus spretus* (Hymenoptera: Braconidae), a biological control agent of the plant bug *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae). *Biocontrol Science and Technology*, 25(12): 1410–1425.

Luo SP, Michaud JP, Li JC, Zhang J, Liu XX, Zhang QW, 2013b. Seasonal cues mediate host behaviour modification and cocoon polymorphism in *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae). *European Journal of Entomology*, 110(2): 271–276.

Luo SP, Zhang F, Wu KM, 2018. Interspecific competition between *Peristenus spretus* and *Peristenus relictus* (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae). *Biological Control*, 117: 115–122.

Ma CS, Chen YW, 2006. Effects of constant temperature, exposure period, and age on diapause induction in *Trichogramma dendrolimi*. *Biological Control*, 36(3): 267–273.

Ma MY, Peng ZP, He Y, 2012. Effects of temperature on functional response of *Anagrus nilaparvatae* Pang *et* Wang (Hymenoptera: Mymaridae) on the eggs of whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath and brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(8): 1313–1320.

Ma XM, Liu XX, Zhang QW, Jian ZZ, Qing NC, Yong AM, Dong MC, 2006. Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat cotton relay intercropping system. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(3): 235–241.

Mao RQ, Gu DX, Zhang WQ, 1999. Egg parasitoids of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Natural Enemies of Insects*, 21(1): 45–47. [毛润乾, 古德祥, 张文庆, 张古忍, 1999.

稻田生态系统中褐飞虱卵寄生蜂的种类. 昆虫天敌, 21(1): 45–47.]

Mao RQ, Zhang WQ, Zhang WQ, Gu DX, 2000. Studies on the structure of egg-parasitoid community of rice planthopper in non-rice habitat. *Natural Enemies of Insects*, 21(6): 171–176. [毛润乾, 张文庆, 张古忍, 古德祥, 2000. 非稻田生境中稻飞虱卵寄生蜂群落结构研究. 昆虫天敌, 21(6): 171–176.]

Meng Q, Meng L, Li B, 2017. Effects of short-term heat stress on developmental parameters of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Ecologica Sinica*, 37(8): 2838–2843. [孟倩, 孟玲, 李保平, 2017. 短时高温胁迫对斑痣悬茧蜂发育指标的影响. 生态学报, 37(8): 2838–2843.]

Meng ZJ, Yan SC, Yang CP, Jin H, Hu X, 2011. Behavioural responses of *Dendrolimus superans* and *Anastatus japonicus* to chemical defences induced by application of jasmonic acid on larch seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26(1): 53–60.

Miao J, Han BY, 2011. Effects of treating tea plants with exogenous methyl salicylate (MeSA) on the main pests and their natural enemies in tea garden. *Chinese Journal of Ecology*, 30(3): 564–568. [苗进, 韩宝瑜, 2011. 外源水杨酸甲酯(MeSA)处理茶树对茶园主要害虫及其天敌的影响. 生态学杂志, 30(3): 564–568.]

Miao XX, Huang YP, Zhu XX, Ding DC, 2004. A comparative study on development and reproduction of the parasitoid *Lysiphlebus japonicus* (Hymenoptera: Aphidiidae) in symbiotic and aposymbiotic host aphids. *Applied Entomology and Zoology*, 39(2): 243–248.

Nettles WC, Morrison RK, Xie ZN, Ball D, Shenkir CA, Vinson SB, 1985. Effect of artificial diet media, glucose, protein hydrolyzates, and other factors on oviposition in wax eggs by *Trichogramma pretiosum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 38(2): 121–129.

Niu CL, Zhang FH, Chen LS, 2015. Reproductive effects of *Melanophila picta* (Coleoptera：Buprestidae) on three kinds of Bethyloideas. *Hubei Agricultural Sciences*, 54(1): 78–81. [牛春林, 张福海, 陈刘生, 2015. 杨十斑吉丁幼虫繁殖三种肿腿蜂能力的研究. 湖北农业科学, 54(1): 78–81.]

Noyes JS, 2019. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. (http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids).

Olmi M, Xu Z, 2015. Dryinidae of the eastern Palaearctic region (Hymenoptera: Chrysidoidea). *Zootaxa*, 3996(1): 1–244.

Oluwafemi AR, Rao Q, Wang XQ, Zhang HY, 2009. Effect of *Bacillus thuringiensis* on *Habrobracon hebetor* during combined biological control of *Plodia interpunctella. Insect Science*, 16(5): 409–416.

Ou HY, Tian MY, Xie MQ, He YR, 2011. The searching capacity of two *Trichogrammas* species for *Ocinara vrians* in semi-field. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 350–354. [欧海英, 田明义, 谢梅琼, 何余容, 2011. 两种赤眼蜂在半自然条件下对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力. 应用昆虫学报, 48(2): 350–354.]

Pan J, Chen XX, 2003. A comparative ultrastructure of the venom apparatus from two species of parasitic wasps (Hymenoptera) of *Plutella xylostella* (Lepidoptera). *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 22(4): 298–303. [潘健, 陈学新, 2003. 两种小菜蛾寄生蜂毒液器官超微结构的比较. 电子显微学报, 22(4): 298–303.]

Pan J, Gu QJ, Shi M, Chen XX, 2014. Cloning and sequence analysis of TATA-binding protein from the teratocytes of *Cotesia vestalis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 30(3): 420–426. [潘璟, 谷启娟, 时敏, 陈学新, 2014. 菜蛾盘绒茧蜂畸形细胞 TATA 结合蛋白基因的克隆与序列分析. 中国生物防治学报, 30(3): 420–426.]

Pan LN, Wang FZ, Zhang XY, Zhao YN, Zhu G, Li M, 2018. Identification and characterization of heat shock proteins in a parasitic wasp *Chouioia cuneae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomological Research*, 48(3): 145–155.

Pang ST, Wang L, Hou YH, Shi ZH, 2011. Interspecific interference competition between *Encarsia formosa* and *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) in parasitizing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on five tomato varieties. *Insect Science*, 18(1): 92–100.

Piao CS, Moriya S, 1992. Longevity and oviposition of *Torymus sinensis* Kamijo and two strains of *T. beneficus* Yasumatsu *et* Kamijo (Hymenoptera, Torymidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 36(2): 113–118.

Qi YX, Teng ZW, Gao LF, Wu SF, Huang J, Ye GY, Fang Q, 2015. Transcriptome analysis of an endoparasitoid wasp *Cotesia chilonis* (Hymenoptera: Braconidae) reveals genes involved in successful parasitism. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 88(4): 203–221.

Qian C, Fang Q, Wang L, Ye GY, 2013. Functional studies of pacifastin proteinase inhibitor genes, nvpp-1 and nvpp-2, in *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(8): 841–853. [钱岑, 方琦, 王磊, 叶恭银, 2013. 丽蝇蛹集金小蜂 Pacifastin 蛋白酶抑制剂基因 nvpp-1 和 nvpp-2 的功能研究. 昆虫学报, 56(8): 841–853.]

Qian C, Liang D, Liu Y, Wang P, Kausar S, Wei G, Zhu B, Wang L, Liu C, 2017. Identification of a small pacifastin protease inhibitor from *Nasonia vitripennis* venom that inhibits humoral immunity of host (*Musca domestica*). *Toxicon*, 131: 54–62.

Qian MH, Hu QB, Ren SX, Mandour NS, Qiu BL, Stansly PA, 2012. Delayed development of the whitefly (*Bemisia tabaci*) and increased parasitism by *Encarsia bimaculata* in response to sublethal doses of piperonyl butoxide. *Insect Science*, 19(3): 403–411.

Qian MH, Ren SX, Hu QB, 2006. Effects of endoparasitism by *Encarsia bimaculata* on the titers of juvenile hormones and 20-hydroxyecdysone in *Bemisia tabaci* nymphs. *Acta Entomologica Sinica*, 49(4): 568–573. [钱明惠, 任顺祥, 胡琼波, 2006. 双斑恩蚜小蜂寄生对烟粉虱体内保幼激素和 20-羟基蜕皮酮含量的影响. 昆虫学报, 49(4): 568–573.]

Qin QL, Gong H, Ding C, Qi YM, Gan YL, Li SW, 2001. Property and function of virus-like filaments in calyx region of the endoparasitoid *Microplitis mediator*. *Acta Entomologica Sinica*, 44(2): 170–175. [秦启联, 龚和, 丁翠, 齐跃敏, 甘雅玲, 李世文, 2001. 中红侧沟茧蜂雌蜂输卵管萼中病毒样纤丝的特征和功能. 昆虫学报, 44(2): 170–175.]

Qin QL, Gong H, Ding C, Wang FH, 2000a. Embryogenesis and larval development of *Microplitis mediator* parasitizing *Mythimna separata* and occurrence of teratocytes. *Acta Entomologica Sinica*, 43(3): 280–284. [秦启联, 龚和, 丁翠, 王方海, 2000a. 中红侧沟茧蜂在粘虫体内的发育及畸形细胞发生. 昆虫学报, 43(3): 280–284.]

Qin QL, Li X, Ding C, Gong H, 2000b. Physiological alterations in *Pseudaletia separata* parasitized by endoparasitoid wasp *Microplitis mediator*. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 6(6): 5540–559. [秦启联, 李馨, 丁翠, 龚和, 2000b. 粘虫受中红侧沟茧蜂寄生后的生理变化. 应用与环境生物学报, 6(6): 5540–559.]

Qiu B, Zhou ZS, Luo SP, Xu ZF, 2012. Effect of temperature on development, survival, and fecundity of *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 41(3): 657–664.

Qiu B, Zhou ZS, Xu ZF, 2013. Age preference and fitness of *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 96(2): 602–609.

Qiu BL, De Barro PJ, Ren SX, Xu CX, 2007. Effect of temperature on the life history of *Eretmocerus* sp nr. *furuhashii*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*. *Biocontrol*, 52(6): 733–746.

Qiu BL, Ren SX, Lin Li, Wang XM, 2004. Effects of release density of *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) on the control effectiveness of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomological Journal of East China*, 13(2): 27–30. [邱宝利, 任顺祥, 林莉, 王兴民, 2004. 放蜂密度对桨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp. 控制烟粉虱效果的影响. 华东昆虫学报, 13(2): 27–30.]

Qiu BL, van Dam NM, Harvey JA, Vet LEM, 2012. Root and shoot jasmonic acid induction differently affects the foraging behavior of *Cotesia glomerata* under semi-field conditions. *Biocontrol*, 57(3): 387–395.

Qiu HG, Bigler, FV, Bergeijk KE, Bosshart S, Waldburger M, 1992. Quality comparison of *Trichogramma maidis* emerged on subsequent days. *Acta Entomologica Sinica*, 35(4): 449–455. [邱鸿贵, Bigler F. van, Bergeijk KE, Bosshart S, Waldburger M, 1992. 逐日羽化的赤眼蜂品质的比较. 昆虫学报, 35(4): 449–455.]

Ren DQ, Qiu HG, Mao HX, Wang GP, Fu WJ, 2004. The effect of parasitism of *Tetrastichus* sp. on the encapsulation response of its host, *Ostrinia furnacalis* Guenée pupae and toxicity of its venom to pupal host. *Journal of Henan Agricultural University*, 38(4): 427–431. [任丹青, 邱鸿贵, 茅洪新, 王高平, 符文俊, 2004. 啮小蜂寄生对亚洲玉米螟蛹血细胞包囊反应的影响及毒液对蛹的毒性研究. 河南农业大学学报, 38(4): 427–431.]

Ren L, Yang YZ, Li X, Miao L, You YS, Qin QL, 2004. Impact of transgenic Cry1A plus CpTI cotton on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and its two endoparasitoid wasps *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) and *Campoletis chlorideae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Acta Entomologica Sinica*, 47(1): 1–7. [任璐, 杨益众, 李瑄, 苗麟, 余月书, 秦启联, 2004. 转基因抗虫棉对棉铃虫及其内寄生蜂的双重效应. 昆虫学报, 47(1): 1–7.]

Ren Q, Wang RS, Shen C, You AL, Shi WF, Wang WJ, Li XX, Zhang Z, 2011. Effect of adult cold storage on the longevity and reproductive capacity of female *Nasonia vitripennis*. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 22(1): 16–18. [任倩, 王瑞松, 沈忱, 于爱莲, 史卫峰, 万文菊, 李晓霞, 张忠, 2011. 成虫期冷藏对丽蝇蛹集金小蜂雌蜂寿命和繁殖的影响. 中国媒介生物学及控制杂志, 22(1): 16–18.]

Saljoqi AUR, He YR, 2004. Effect of temperature on the development of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of South China Agricultural University*, 25(4): 43–46.

Shao JB, Liu SS, Yu YZ, Liu YQ, 2010. Functional response of *Eretmocerus hayati* to two biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci*. *Natural Enemies of Insects*, 32(1): 73–77. [邵家斌, 刘树生, 余元钊, 刘银泉, 2010. 海氏桨角蚜小蜂对两种生物型烟粉虱的功能反应研究. 环境昆虫学报, 32(1): 73–77.]

Shao T, Liu CY, Chen KW, Zeng L, 2008. Ontogenesis of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Natural Enemies of Insects*, 30(2): 147–152. [邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 曾玲, 2008. 前裂长管茧蜂个体发育研究. 环境昆虫学报, 30(2): 147–152.]

She CR, Pan RY, Gu DX, Chen HD, 1997. Several technological problems of applying *Anastatus* sp. to control *Tessaratoma papilloma*. *Journal of Fujisn Agricultural University*, 26(4): 441–445. [佘春仁, 潘蓉英, 古德祥, 陈海东, 1997. 利用平腹小蜂防治荔枝蝽若干技术问题探讨. 福建农业大学学报, 26(4): 441–445.]

Shen LL, Zhou ZJ, 2002. Characteristics of embryonic development of *Scleroderma sichuanensis. Chinese Bulletin of Entomology*, 39(6): 453–455. [申莉莉, 周祖基, 2002. 川硬皮肿腿蜂的胚胎发育. 昆虫知识, 39(6): 453–455.]

Shen XJ, Ye GY, Cheng XY, You CY, Yao HW, Hu C, 2010. Novel antimicrobial peptides identified from an endoparasitic wasp cDNA library. *Journal of Peptide Science*, 16(1): 58–64.

Shi M, Chen YF, Huang F, Liu PC, Zhou XP, Chen XX, 2008a. Characterization of a novel gene encoding ankyrin repeat domain from *Cotesia vestalis* polydnavirus (CvBV). *Virology*, 375(2): 374–382.

Shi M, Chen YF, Yao Y, Huang F, Chen XX, 2008b. Characterization of a protein tyrosine phosphatase gene CvBV202 from *Cotesia vestalis* polydnavirus (CvBV). *Virus Genes*, 36(3): 595–601.

Shi M, Dong S, Li MT, Yang YY, Stanley D, Chen XX, 2015. The endoparasitoid, *Cotesia vestalis*, regulates host physiology by reprogramming the neuropeptide transcriptional network. *Scientific Reports*, 5: 8173.

Shi M, Huang F, Chen YF, Meng XF, Chen XX, 2009. Characterization of midgut trypsinogen-like cDNA and enzymatic activity in *Plutella xylostella* parasitized by *Cotesia vestalis* or *Diadegma semiclausum*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 70(1): 3–17.

Shi M, Wang YN, Zhu N, Chen XX, 2013a. Four heat shock protein genes of the endoparasitoid wasp, *Cotesia vestalis*, and their transcriptional profiles in relation to developmental stages and temperature. *PLoS ONE*, 8(3): e59721.

Shi M, Zhu N, Yin Y, Chen XX, 2013b. Four serine protease cDNAs from the midgut of *Plutella xylostella* and their proteinase activity are influenced by the endoparasitoid, *Cotesia vestalis*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 83(2): 101–114.

Shi ZH, Li QB, Li X, 2004. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* Hellen (Hym., Ichneumonidae) and *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hym., Braconidae) in parasitizing *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidea). *Journal of Applied Entomology*, 128(6): 437–444.

Shi ZH, Li QB, Li X, Liu SS, 2003. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* and *Oomyzus sokolowskii*, parasitoids of diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Chinese Journal of Biological Control*, 19(3): 97–102. [施祖华, 李庆宝, 李欣, 刘树生, 2003. 弯尾姬蜂与菜蛾啮小蜂的种间竞争关系. 中国生物防治, 19(3): 97–102.]

Shi ZH, Liu SS, Li YX, 2002. *Cotesia plutellae* parasitizing *Plutella xylostella*: Host-age dependent parasitism and its effect on host development and food consumption. *Biocontrol*, 47(5): 499–511.

Song BZ, Jiao H, Tang GB, Yao YC, 2014. Combining repellent and attractive aromatic plants to enhance biological control of three tortricid species (Lepidoptera: Tortricidae) in an apple orchard. *Florida Entomologist*, 97(4): 1679–1689.

Song BZ, Wu HY, Kong Y, Zhang J, Du YL, Hu JH, Yao YC, 2010. Effects of intercropping with aromatic plants on the diversity and structure of an arthropod community in a pear orchard. *BioControl*, 55(6): 741–751.

Song N, Luo M, Yuan G, 2006. The effects of feeding on parasitoids. *Natural Enemies of Insects*, 28(3): 132–138. [宋南, 罗梅浩, 原国辉, 2006. 取食对寄生蜂的影响. 昆虫天敌, 28(3): 132–138.]

Song XC, Cui NN, Zheng FQ, Mo TL, Liu TX, Xu YY, 2012. Effects of fluctuating thermal regime on cold tolerance of parasitoid wasp *Aphidius gifuensis*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 23(9): 2515–2520. [宋修超, 崔宁宁, 郑方强, 墨铁路, 刘同先, 许永玉, 2012. 变温贮藏僵蚜对烟蚜茧蜂耐寒能力的影响. 应用生态学报, 23(9): 2515–2520.]

Song XJ, Chen Q, Tan WQ, Tang C, Jin QA, Wen HB, Peng ZQ, 2009. Effect of parasitism by *Asecodes hispinarum* on the activity of some enzymes in larvae of *Brontispa longissima*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 52(5): 699–703. [宋晓君, 陈青, 覃伟权, 唐超, 金启安, 温海波, 彭正强, 2009. 椰甲截脉姬小蜂寄生对椰心叶甲幼虫体内几种酶活性的影响. 热带作物学报, 52(5): 699–703.]

Song YQ, Sun HZ, Du J, Wang XD, Cheng ZJ, 2017. Evaluation of *Aphis glycines* as an alternative host for supporting *Aphelinus albipodus* against *Myzus persicae* on *Capsicum annuum* cv. Ox Horn and Hejiao 13. *Neotropical Entomology*, 46(2): 193–202.

Sun J, 2019. Artificial propagation of *Chouioia cunea* by oak silkworm. *Liaoning Forestry Science and Technology*, (3): 71–72. [孙静, 2019. 利用柞蚕蛹人工繁育白蛾周氏啮小蜂. 辽宁林业科技, (3): 71–72.]

Sun JS, Huang SS, 2010. Evaluation of potential control ability of *Snellenius manilae* (Ashmead) against *Spodoptera exigua* (Hübner). *Acta Ecologica Sinica*, 30(6): 1494–1499. [孙君帅, 黄寿山, 2010. 马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾的控害潜能. 生态学报, 30(6): 1494–1499.]

Sun SH, Zhao LW, Qi JY, 2009. Diapause induction and post-diapause development in *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera:

Eulophidae). *Acta Entomologica Sinica*, 62(12): 1307–1311. [孙守慧, 赵利伟, 祁金玉, 2009. 白蛾周氏啮小蜂滞育诱导及滞育后发育. 昆虫学报, 62(12): 1307–1311.]

Sun X, Yan MJ, Zhang AJ, Wang MQ, 2015. Transgenic *cry1C* gene* rough rice line T1C-19 does not change the host preferences of the non-target stored product pest, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), and its parasitoid wasp, *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120: 449–456.

Tan JL, van Achterberg C, Tan Q, Zhao LP, 2017. New species of Trigonalyidae (Hymenoptera) from NW China. *ZooKeys*, 698: 17–58.

Tan JL, van Achterberg C, Tan QQ, Chen XX, 2016a. Four new species of *Gasteruption latreille* from NW China, with an illustrated key to the species from Palaearctic China (Hymenoptera, Gasteruptiidae). *Zookeys*, 612: 51–112.

Tan JL, Van Achterberg C, Tan QQ, Zhou T, Li T, 2018. *Parastephanellus* Enderlein (Hymenoptera: Stephanidae) revisited, with description of two new species from China. *Zootaxa*, 4459(3): 327–349.

Tan XL, Hu NN, Zhang F, Ramirez-Romero R, Desneux N, Wang S, Ge F, 2016b. Mixed release of two parasitoids and a polyphagous ladybird as a potential strategy to control the tobacco whitefly *Bemisia tabaci*. *Scientific Reports*, 6: 28245.

Tan Y, Zhou ZJ, 2003. Structural and major physiological & biological changes of substitute host parasitized by *Scleroderma sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethylidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 39(3): 76–84, 178–179. [谭毅, 周祖基, 2003. 替代寄主被川硬皮肿腿蜂寄生后组织结构及主要生理生化变化. 林业科学, 39(3): 76–84, 178–179.]

Tan Y, Zhou ZJ, Hiang Q, Yang W, 2003. Content of sugar and activity of α-amylase & trehalase changes of substitute host parasitized by *Scleroderma sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethylidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 39(4): 73–77. [谭毅, 周祖基, 黄琼, 杨伟, 2003. 替代寄主被川硬皮肿腿蜂寄生后主要糖类含量及水解酶系活力的变化. 林业科学, 39(4): 73–77.]

Tang B, Xu L, Hou Y, 2014. Effects of rearing conditions on the parasitism of *Tetrastichus brontispae* on its pupal host *Octodonta nipae*. *Biocontrol*, 59(6): 647–657.

Tang C, Peng ZQ, Jin QA, Fu YG, Wang FH, 2007. Effects of variable temperature on development of *Asecodes hispinarum* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 34(1): 1–4. [唐超, 彭正强, 金启安, 符悦冠, 万方浩, 2007. 变温对椰甲截脉姬小蜂生长发育的影响. 植物保护学报, 34(1): 1–4.]

Tang LD, Zhao HY, Qin S, Han Y, Ji XC, 2015. Effects of variable temperature on development of *Asecodes hispinarum* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 31(4): 467–472. [唐良德, 赵海燕, 秦双, 韩云, 吉训聪, 2015. 蝇蛹俑小蜂生物学特性及土壤因子对其寄生的影响. 中国生物防治学报, 31(4): 467–472.]

Tang QF, Yang ZP, Han RR, Zhang Y, Shen C, Wang J, 2019. No effect of Bt-transgenic rice on the tritrophic interaction of the stored rice, the maize weevil *Sitophilus zeamais* and the parasitoid wasp *Theocolax elegans*. *Scientific Reports*, 9: 4306.

Tang WY, Zhang Y, Zheng FQ, Mo TL, Liu TX, Xu YY, 2011. Effects of fluctuating thermal regimes on the survival of cold-exposed parasitoid wasps *Aphidius gifuensis* Ashmead. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(3): 493–499. [唐文颖, 张燕, 郑方强, 墨铁路, 刘同先, 许永玉, 2011. 变温对烟蚜茧蜂低温贮藏存活特性的影响. 中国农业科学, 44(3): 493–499.]

Tang Y, Yokomi RK, 1996. Effect of parasitism by *Aphelinus spiraecolae* (Hymenoptera: Aphelinidae) on development and reproduction of Spirea aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 25(3): 703–707.

Tang YL, Wei K, Wang XY, Yang ZQ, Jiang J, Lü J, 2015. Study on learning behavior of *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera Bethylidae). *Journal of Environmental Entomology*, 37(5): 1064–1069. [唐艳龙, 魏可, 王小艺, 杨忠岐, 姜静, 吕军, 2015. 白蜡吉丁肿腿蜂学习行为的研究. 环境昆虫学报, 37(5): 1064–1069.]

Tao M, Chen GH, Yang LB, 2002. Research of parasitoid of *Elulecaium gigantean* (Shinji) in Kunming. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 17(3): 225–227. [陶玫, 陈国华, 杨本立, 2002. 昆明地区瘤大球坚蚧寄生蜂初步研究. 云南农业大学学报, 17(3): 225–227.]

Tao M, Chen GH, Yang LB, 2003a. Investigation of parasitoid species of *Crescoccus candidus* Wang. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 18(4): 413–415. [陶玫, 陈国华, 杨本立, 2003a. 白生盘蚧寄生蜂研究初报. 云南农业大学学报, 18(4): 413–415.]

Tao M, Chen GH, Yang LB, Huang JH, 2003b. Studies on life history of *Ceroplastes rubens* Maskell and its natural enemies in Kunming. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 16(3): 38–41. [陶玫, 陈国华, 杨本立, 黄家华, 2003b. 昆明地区红蜡蚧的生活史及其天敌昆虫种类研究. 西南农业学报, 16(3): 38–41.]

Teng ZW, Xu G, Gan SY, Chen X, Fang Q, Ye GY, 2016. Effects of the endoparasitoid *Cotesia chilonis* (Hymenoptera: Braconidae) parasitism, venom, and calyx fluid on cellular and humoral immunity of its host *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae. *Journal of Insect Physiology*, 85: 46–56.

Tian CH, Wang L, Ye GY, Zhu SY, 2010. Inhibition of melanization by a *Nasonia* defensin-like peptide Implications for host immune suppression. *Journal of Insect Physiology*, 56(12): 1857–1862.

Tian J, Wang XY, Yang ZQ, Ma L, Lang J, Zeng FX, He GP, 2009. Effects of temperature on development and reproduction of parasitic wasp *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae), an effective parastoid of emerald ash borer. *Acta Entomologica Sinica*, 52(11): 1223–1228. [田军, 王小艺, 杨忠岐, 马玲, 郎瑾, 曾繁喜, 何国萍, 2009. 温度对白蜡吉丁柄腹茧蜂发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 52(11): 1223–1228.]

Tian JC, Wang GW, Han HL, Romeis J, Zhang FC, Ye GY, Xie MC, Wang GY, Lu ZX, 2018. The rice planthopper parasitoid *Anagrus nilaparvatae* is not at risk when feeding on honeydew derived from *Bacillus thuringiensis* (Bt) rice. *Pest Management Science*, 74(8): 1854–1860.

Tian SP, Zhang JH, Wang CZ, 2007. Cloning and characterization of two *Campoletis chlorideae* ichnovirus vankyrin genes expressed in parasitized host *Helicoverpa armigera. Journal of Insect Physiology*, 53(7): 699–707.

Tian YJ, Liang GW, Zeng L, Lu YY, 2012. Influence of intercropping on dynamics of insect pests, natural enemies and the damage of *Ostrinia furnacalis* in sweet corn field. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(1): 1–6. [田耀加, 梁广文, 曾玲, 陆永跃, 2012. 间作对甜玉米田主要害虫与天敌动态的影响. 植物保护学报, 39(1): 1–6].

Tuerxun A, Guo WC, Akedan, Li HB, Xu JJ, He J, 2006. Descriptions of frequent species of braconid in cotton field in Xinjiang, China. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 43(6): 503–506. [吐尔逊·阿合买提, 郭文超, 阿克旦, 李号宾, 许建军, 何江, 2006. 新疆棉田茧蜂常见种类记述. 新疆农业科学, 43(6): 503–506.]

Wan ZW, Chen XX, Yu H, He JH, 2005. The parasitoid-associated factors of *Opius caricivorae* Fischer and their physiological effects on host. *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 660–666. [万志伟, 陈学新, 余虹, 何俊华, 2005. 黄腹潜蝇茧蜂寄生因子的特性及其对寄主的生理效应. 昆虫学报, 48(5): 660–666.]

Wan ZW, Wang HY, Chen XX, 2006. Venom apparatus of the endoparasitoid wasp *Opius caricivorae* Fischer (Hymenoptera: Braconidae): Morphology and ultrastructure. *Microscopy Research and Technique*, 69(10): 820–825.

Wang CY, Bai SF, Cao YF, Li X, 2011. Ontogenetic characteristics of *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae), an important gregarious endoparasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Henan Agricultural University*, 45(2): 204–209. [王春艳, 白素芬, 晁云飞, 李欣, 2011. 小菜蛾聚寄生蜂——菜蛾啮小蜂的个体发育特征. 河南农业大学学报, 45(2): 204–209.]

Wang CZ, 2001. Effects of host size on oviposition and development of the endoparasitoid, *Campoletis chlorideae* Uchida. *Chinese Journal of Biological Control*, 17(3): 107–111. [王琛柱, 2001. 寄主大小与棉铃虫齿唇姬蜂产卵和发育的关系. 中国生物防治, 17(3): 107–111.]

Wang DS, He YR, Zhang W, Nian XG, Lin T, Zhao R, 2014. Effects of heat stress on the quality of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Bulletin of Entomological Research*, 104(5): 543–551.

Wang E, Lu D, Liu X, Li Y, 2009a. Evaluating the use of nuclear techniques for colonization and production of *Trichogramma chilonis* in combination with releasing irradiated moths for control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera. Biocontrol Science and Technology*, 19(Suppl.1): 235–242.

Wang F, Fang Q, Wang BB, Yan ZC, Hong J, Bao YM, Kuhn JH, Werren JH, Song QS, Ye GY, 2017. A novel negative-stranded RNA virus mediates sex ratio in its parasitoid host. *PLoS Pathogens*, 13(3): e1006201.

Wang GW, Tian JC, Zhu PY, Zheng XS, Xu HX, Yang YJ, Zang LS, Lu ZX, 2015. Preference of *Trichogramma chilonis* females for different colored flowers of *Senecio cruentus*. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(4): 473–480. [汪庚伟, 田俊策, 朱平阳, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 臧连生, 吕仲贤, 2015. 螟黄赤眼蜂雌成虫对不同颜色瓜叶菊花的选择性. 中国生物防治学报, 31(4): 473–480.]

Wang H, Li K, Zhu JY, Fang Q, Ye GY, 2012. Cloning and expression pattern of heat shock protein genes from the endoparasitoid wasp, *Pteromalus puparum* in response to environmental stresses. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 79(4/5): 247–263.

Wang HY, You H, Wang ZW, Xu P, Chen XX, 2006. Regulation and utilization of the host (*Plutella xylostella*) nutrients by the endoparasitoid *Cotesia plutellae. Acta Entomologica Sinica*, 49(4): 574–581. [汪海燕, 余虹, 万志伟, 徐鹏, 陈学新, 2006. 菜蛾盘绒茧蜂对寄主小菜蛾幼虫营养的调节和利用. 昆虫学报, 49(4): 574–581.]

Wang JH, Zhang F, Li YX, 2011. Diversity of species and reproductive mode of *Bemisia tabaci* parasitoids. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(1): 115–123. [王继红, 张帆, 李元喜, 2011. 烟粉虱寄生蜂种类及繁殖方式多样性. 中国生物防治学报, 27(1): 115–123.]

Wang JJ, Wei JR, Wang YZ, Zhang YC, 2012. Relationship between temperature and development of *Ooencyrtus kuwanae* (Hymenoptera: Encyrtidae), the egg parasitoid of *Lymantria* *dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), with an evaluation of its offspring quality reared from eggs of the substitute host *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 570–574. [王建军, 魏建荣, 王玉珠, 张永超, 2012. 舞毒蛾卵寄生蜂大蛾卵跳小蜂发育与温度的关系及利用替代寄主柞蚕卵繁育的子代品质评价. 昆虫学报, 55(5): 570–574.]

Wang JW, Zhou Q, Xu T, Luo SM, 2003. Roles on volatile infochemicals and learning behavior in the host selection process of *Anastatus japonicus*. *Acta Ecologica Sinica*, 23(9): 1791–1797. [王建武, 周强, 徐涛, 骆世明, 2003. 挥发性信息化合物与学习行为在平腹小蜂寄主选择过程中的作用. 生态学报, 23(9): 1791–1797.]

Wang L, Fang Q, Qian C, Wang F, You XQ, Ye GY, 2013a. Inhibition of host cell encapsulation through inhibiting immune gene expression by the parasitic wasp venom calreticulin. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 43(10): 936–946.

Wang L, Fang Q, Zhu JY, Wang F, Akhtar ZR, Ye GY, 2012. Molecular cloning and functional study of calreticulin from a lepidopteran pest, *Pieris rapae*. *Developmental and Comparative Immunology*, 38(1): 55–65.

Wang SY, Liang NN, Tang R, Liu YH, Liu TX, 2016a. Brief heat stress negatively affects the population fitness and host feeding of *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 45(3): 719–725.

Wang T, Keller MA, Hogendoorn K, 2019a. The effects of temperature on the development, fecundity and mortality of Eretmocerus warrae: Is Eretmocerus warrae better adapted to high temperatures than *Encarsia formosa*? *Pest Management Science*, 75(3): 702–707.

Wang W, Lu SL, Liu WX, Cheng LS, Zhang YB, Wan FH, 2014. Effects of five naturally occurring sugars on the longevity, oogenesis, and nutrient accumulation pattern in adult females of the synovigenic parasitoid *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Neotropical Entomology*, 43(6): 564–573.

Wang WJ, Wang RL, Yu FL, Han LZ, Chen FJ, 2014. Population dynamics of the predator, *Cyrtorhinus lividipennis* in transgenic Bt rice fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1173–1173. [王文晶, 王瑞林, 于福兰, 韩兰芝, 陈法军, 2014. 转 Bt 水稻对捕食性天敌黑肩绿盲蝽种群动态的影响. 应用昆虫学报, 51(5): 1173–1183.]

Wang WL, Liu Y, Chen JL, Ji XL, Zhou HB, Wang G, 2009b. Impact of intercropping aphid-resistant wheat cultivars with oilseed rape on wheat aphid (*Sitobion avenae*) and its natural enemies. *Acta Ecologica Sinica*, 29(3): 186–191.

Wang WL, Liu Y, Ji XL, Wang G, Zhou HB, 2008. Effects of wheat-oilseed rape or wheat-garlic intercropping on the population dynamics of *Sitobion avenae* and its main natural enemies. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19(6): 1331–1336. [王万磊, 刘勇, 纪祥龙, 王光, 周海波, 2008. 小麦间作大蒜或油菜对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响. 应用生态学报, 19(6): 1331–1336.]

Wang X, Xu HX, Liu SP, Tang JW, Zheng XS, Lu ZX, 2016b. Influence of temperature on symbiotic bacterium composition in successive generations of egg parasitoid, *Anagrus nilaparvatae*. *Rice Science*, 23(4): 203–210.

Wang X, Zhou GX, Xiang CY, Du MH, Cheng JA, Liu SS, Lou YG, 2008a. Beta-Glucosidase treatment and infestation by the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* elicit similar signaling pathways in rice plants. *Chinese Science Bulletin*, 53(1): 53–57.

Wang XG, Hogg BN, Hougardy E, Nance AH, Daane KM, 2019b. Potential competitive outcomes among three solitary larval endoparasitoids as candidate agents for classical biological control of *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 130: 18–26.

Wang XG, Liu SS, 1998. Bionomics of *Diadromus collaris* (Hymenoptera: Ichneumomonidae), a major pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *Acta Entomologica Sinica*, 41(4): 389–395. [汪信庚, 刘树生, 1998. 小菜蛾蛹主要天敌颈双缘姬蜂的生物学. 昆虫学报, 41(4): 389–395.]

Wang XG, Liu SS, 2002. Effects of host age on the performance of *Diadromus collaris*, a pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *Biocontrol*, 47: 293–307.

Wang XG, Liu SS, Cheng XB, 1997. Host age preference and suitability of *Diadromus collaris*, a major pupal parasite of *Plutella xylostella*. *Chinese Journal of Biological Control*, 13(3): 7–11. [汪信庚, 刘树生, 程晓波, 1997. 小菜蛾主要天敌颈双缘姬蜂对寄主蛹龄的选择性和适合性. 中国生物防治, 13(3): 7–11.]

Wang XG, Liu SS, Guo SJ, Lin WC, 1999. Effects of host stages and temperature on population parameters of *Oomyzus sokolowskii*, a larval-pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *Biocontrol*, 44(4): 391–402.

Wang XM, Chen P, Zang LS, Qu SX, Ruan CC, 2014. Efficacy estimation of aphid parasitoid *Lysiphlebus fabarum* against cowpea aphid *Aphis craccivora* with life table technique. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(6): 687–691. [王秀梅, 陈鹏, 臧连生, 曲淑贤, 阮长春, 2014. 基于生命表技术评价豆柄瘤蚜茧蜂对豆蚜的控害潜能. 植物保护学报, 41(6): 687–691.]

Wang XY, Bai SF, Li X, Yin XM, Li XC, 2015. The endoparasitoid *Campoletis chlorideae* induces a hemolytic factor in the herbivorous insect *Helicoverpa armigera*. *Archives of Insect*

Biochemistry and Physiology, 90(1): 14–27.

Wang XY, Yang ZQ, Gould JR, Wu H, Ma JH, 2010. Host-seeking behavior and parasitism by *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the emerald ash borer. *Biological Control*, 52(1): 24–29.

Wang XY, Yang ZQ, Tang YL, Jiang J, Gao C, Liu YC, Zhang XW, 2010. Parasitism of *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethylidae) on the young larvae of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(6): 675–682. [王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 高纯, 刘云程, 张显文, 2010. 白蜡吉丁肿腿蜂对栗山天牛低龄幼虫的寄生作用. 昆虫学报, 53(6): 675–682.]

Wang XY, Yang ZQ, Wu H, Gould JR, 2008b. Effects of host size on the sex ratio, clutch size, and size of adult *Spathius agrili*, an ectoparasitoid of emerald ash borer. *Biological Control*, 44: 7–12.

Wang YK, Yin CL, Bai ZQ, Zhang RY, Li JJ, Yang JQ, 2000. A preliminary study on the use and protection of the natural enemies of insect pests in the seed stands of *Picea crassifolia*. *Forest Research*, 13(4): 416–422. [汪有奎, 尹承陇, 白志强, 张耀荣, 李进军, 杨全生, 2000. 青海云杉母树林害虫天敌资源保护利用的研究. 林业科学研究, 13(4): 416–422.]

Wang YP, Chen XX, He JH, 2001. Studies on natural enemies of *Aleurocanthus spiniferus* on tea garden in Zhejiang. *Natural Enemies of Insects*, 23(4): 162–165. [王义平, 陈学新, 何俊华, 2001. 浙江茶树黑刺粉虱的发生危害及天敌的研究. 昆虫天敌 23(4): 162–165.]

Wang YY, Wang S, Zhang F, Li F, 2015. The effect of parasitization by *Encarsia sophia* on the content of trehalose, the activity of trehalase and expression of heat shock protein genes of *Bemisia tabaci* nymph. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(3): 297–304. [王颖颖, 王甦, 张帆, 李飞, 2015. 浅黄恩蚜小蜂寄生对烟粉虱海藻糖含量、酶活和热激蛋白表达水平的影响. 中国生物防治学报, 31(3): 297–304.]

Wang ZH, Huang J, Chen QQ, Guo X, 2007. Parasitic functional response of *Coccobius azumai* Tachikawa (Hymenoptera: Aphelinidae) to *Hemiberlesia pitysophila* Takagi (Homoptera. Diaspididae). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18(10): 2326–2330. [王竹红, 黄建, 陈倩倩, 郭祥, 2007. 花角蚜小蜂对松突圆蚧的寄生功能反应. 应用生态学报, 18(10): 2326–2330.]

Wang ZX, Li YH, He KL, Bai SX, Zhang TT, Cai WZ, Wang ZY, 2017. Does Bt maize expressing Cry1Ac protein have adverse effects on the parasitoid *Macrocentrus cingulum* (Hymenoptera: Braconidae). *Insect Science*, 24(4): 599–612.

Wang ZZ, Shi M, Zhao W, Bian QL, Chen xx, 2013b. Identification and characterization of defensin genes from the endoparasitoid wasp *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Physiology*, 59(11): 1095–1103.

Wang ZZ, Ye XQ, Shi M, Li F, Wang ZH, Zhou YN, Gu QJ, Wu XT, Yin CL, Guo DH, Hu RM, Hu NN, Chen T, Zheng BY, Zou JN, Zhan LQ, Wei SJ, Wang YP, Huang JH, Fang XD, Strand MR, Chen XX, 2018. Parasitic insect-derived miRNAs modulate host development. *Nature Communications*, 9: 2205.

Wei K, Tang YL, Wang XY, Can LM, Yang ZQ, 2014. The developmental strategies and related profitability of an idiobiont ectoparasitoid *Sclerodermus pupariae* vary with host size. *Ecological Entomology*, 39(1): 101–108.

Wei K, Tang YL, Wang XY, Yang ZQ, Cao LM, Lu JF, 2013. Effects of learning experience on behaviour of the generalist parasitoid *Sclerodermus pupariae* to novel hosts. *Journal of Applied Entomology*, 137: 469–475.

Wei W, Schuler TH, Clark SJ, Stewart CNJ, Poppy GM, 2008. Movement of transgenic plant-expressed Bt Cry1Ac proteins through high trophic levels. *Journal of Applied Entomology*, 132(1): 1–11.

Wen LN, Fu YG, Zhang FJ, Jin QA, Zhang JB, 2010. Influence of temperature on the development and reproduction of *Metaphycus parasaissetia*, an adult parasitoid of *Parasaissetia nigra. Chinese Bulletin of Entomoloyg*, 47(1): 151–155. [温丽娜, 符悦冠, 张方平, 金启安, 张敬宝, 2010. 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育和繁殖的影响. 昆虫知识, 47(1): 151–155.]

Wu G, Lin YW, Miyata T, Jiang SR, Xie LH, 2009. Positive correlation of methamidophos resistance between *Lipaphis erysimi* and *Diaeretilla rapae* and effects of methamidophos ingested by host insect on the parasitoid. *Insect Science*, 16(2): 165–173.

Wu HB, Chen B, Li ZY, Zhang YS, Yang SW, Sun W, 2009. Seasonal structure and dynamics of insect communities trapped by malaise trap in Pomegranate orchard. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 24(5): 635–640. [吴海波, 陈斌, 李正跃, 张永胜, 杨仕生, 孙文, 2009. 云南酸甜石榴园 Malaise 网诱捕昆虫群落及其季节性动态. 云南农业大学学报, 24(5): 635–640.]

Wu ML, Ye GY, Zhu JY, Chen XX, Hu C, 2008. Isolation and characterization of an immunosuppressive protein from venom of the pupa-specific endoparasitoid *Pteromalus puparum. Journal of Invertebrate Pathology*, 99(2): 186–191.

Wu ML, Zhu JY, Hu C, Ye GY, 2008. Comparison of different methods for extraction and isolation of venom proteins from *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Entomologica Sinica*, 51(11): 1144–1150. [吴玛莉, 朱家颖, 胡

萃, 叶恭银, 2008. 蝶蛹金小蜂毒液蛋白不同提取分离方法的比较. 昆虫学报, 51(11): 1144–1150.]

Wu PX, Ma BX, Yan S, Xu J, Zhang RZ, 2018. The hyperparasitoid *Marietta picta* (Hymenoptera: Aphelinidae) mediates competitive interactions between two parasitoids of *Paratrioza sinica* (Hemiptera: Psyllidae): *Tamarixia lyciumi* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Psyllaephagus arenarius* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Biological Control*, 126: 169–176.

Wu QS, Zeng L, Liang GW, 2002. Effect of the parasitoid *Opius dimidiatus* on *Liriomyza sativae* Blanchard. *Journal of South China Agricultural University*, 23(3): 40–42. [吴启松, 曾玲, 梁广文, 2002. 甘蓝潜蝇茧蜂对美洲斑潜蝇幼虫寄生作用的研究. 华南农业大学学报, 23(3): 40–42.]

Wu SF, Sun FD, Qi YX, Yao Y, Fang Q, Huang J, Stanley D, Ye GY, 2013. Parasitization by *Cotesia chilonis* influences gene expression in fatbody and hemocytes of *Chilo suppressalis*. *PLoS ONE*, 8(9): e74309.

Wu SL, Xu FY, Li BP, Meng L, 2013. Initiation and rhythm of larva-translocation behavior during maternal care in an ectoparasitoid *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethylidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(4): 392–397. [伍绍龙, 徐福元, 李保平, 孟玲, 2013. 管氏肿腿蜂雌性抚育中幼虫转移行为的启动和节律. 昆虫学报, 56(4): 392–397.]

Wu WX, Ma Q, Yao J, Wu YF, 2009. Primary study on community character of the parasitic natural enemy insects in desert transition zone and its adjoining cotton field. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 46(4): 706–710. [武维霞, 马祁, 姚举, 吴一飞, 2009. 荒漠过渡带与相邻棉田寄生性天敌昆虫群落特征研究初报. 新疆农业科学, 46(4): 706–710.]

Wu XF, Li TF, Wei JN, Wang Y, Deng JH, Gao JH, Zhao LH, 2000. Temperature effects on development and fecundity of *Aphidius gifuensis* Ashmead. *Zoological Research*, 21(3): 192–198. [吴兴富, 李天飞, 魏佳宁, 王毅, 邓建华, 高家合, 赵立恒, 2000. 温度对烟蚜茧蜂发育、生殖的影响. 动物学研究, 21(3): 192–198.]

Xia N, Yang G, You MS, 2015. Regulation of dominant insect pests and natural enemies by intercropping tomato in cauliflower-based fields. *Acta Entomologica Sinica*, 58(4): 391–399. [夏咛, 杨广, 尤民生, 2015. 间作番茄对花椰菜田主要害虫和天敌的调控作用. 昆虫学报, 58(4): 391–399.]

Xi XQ, Yang YHS, Yang XC, Nylin S, Eisenhauer N, Sun SC, 2017. Differential responses of body growth to artificial warming between parasitoids and hosts and the consequences for plant seed damage. *Scientific Reports*, 7: 15472.

Xia Q, Hu XJ, Shu YH, Sui HX, Zhang GR, Gu DX, 2006. Survival and development of *Microplitis bicoloratus* Chen on larvae of *Spodoptera litura* Fabricius stressed by heavy metal zinc. *Acta Entomologica Sinica*, 49(3): 387–392. [夏嫱, 胡新军, 舒迎花, 孙虹霞, 张古忍, 古德祥, 2006. 在受重金属 Zn^{2+}胁迫的斜纹夜蛾幼虫寄主上双斑侧沟茧蜂的生存与发育. 昆虫学报, 49(3): 387–392.]

Xia SY, Meng L, Li BP, 2012. Effects of female body size on oviposition strategy in the gregarious parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenopera: Pteromalidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(9): 1069–1074. [夏诗洋, 孟玲, 李保平, 2012. 聚寄生性蝶蛹金小蜂雌蜂体型大小对产卵策略的影响. 昆虫学报, 55(9): 1069–1074.]

Xia SY, Meng L, Li BP, 2013. Effects of the low temperature treatment on egg maturation and its numerical dynamics in the parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Ecologica Sinica*, 33(4): 1118–1125. [夏诗洋, 孟玲, 李保平, 2013. 低温对蝶蛹金小蜂卵成熟及其数量动态的影响. 生态学报, 33(4): 1118–1125.]

Xie HC, 2012. Impact of wheat-mung bean intercropping on english grain aphid (Hemiptera: Aphididae) populations and its natural enemy. *Journal of Economic Entomology*, 105(3): 854–859.

Xie ZH, Zhou ZJ, Yang W, Zhan HJ, 2006. Influence of parasitical experience on host foraging behavior by *Scleroderma sichuanensis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(4): 520–523. [谢正华, 周祖基, 杨伟, 詹红菊, 2006. 寄生经历对川硬皮肿腿蜂寄主搜索行为的影响. 昆虫知识, 43(4): 520–523.]

Xin B, Zhang SB, Liu PX, Zheng YN, 2016. Effects of venom of *Chouioia cunea* (Hymenoptera: Eulophidae) on the hemocyte immunity of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) pupae. *Acta Entomologica Sinica*, 59(7): 699–706. [辛蓓, 张少斌, 刘佩旋, 郑雅楠, 2016. 白蛾周氏啮小蜂毒液对美国白蛾蛹血细胞免疫的影响. 昆虫学报, 59(7): 699–706.]

Xin Z, Yu ZN, Erb M, Turlings TCJ, Wang BH, Qi JF, Liu SN, Lou YG, 2012. The broad-leaf herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid turns rice into a living trap for a major insect pest and a parasitic wasp. *New Phytologist*, 194(2): 498–510.

Xin ZJ, Cai XM, Chen SL, Luo ZX, Bian L, Li ZQ, Ge LG, Chen ZM, 2019. A disease resistance elicitor laminarin enhances tea defense against a piercing herbivore *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda. *Scientific Reports*, 9: 814.

Xiu CL, Dai WJ, Pan HS, Zhang W, Luo SP, Wyckhuys KAG, Yang YH, Lu YH, 2019. Herbivore-induced plant volatiles enhance field-level parasitism of the mirid bug *Apolygus lucorum*. *Biological Control*, 135: 41–47.

Xu DM, Li ZG, Liu YF, You MS, 2004. Structure and characteristics of parasitoid communities in a rice field and adjacent weed habitat. *Biodiversity Science*, 12(3): 312–318. [徐

敦明, 李志胜, 刘雨芳, 尤民生, 2004. 稻田及其毗邻杂草地寄生蜂群落结构与特征. 生物多样性, 12(3): 312–318.]

Xu HY, Yang NW, Wan FH, 2015. Field cage evaluation of interspecific interaction of two aphelinid parasitoids and biocontrol effect on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Middle East-Asia Minor 1. *Entomological Science*, 18(2): 237–244.

Xu HX, Zheng XS, Tian JC, Lai FX, He JC, Lü ZX, 2017. Advances in the development and application of control technologies for insect pest management in paddy fields in China. *Acta Phytophylacica Sinica*, 44(6): 925–939. [徐红星, 郑许松, 田俊策, 赖凤香, 何佳春, 吕仲贤, 2017. 我国水稻害虫绿色防控技术的研究进展与应用现状. 植物保护学报, 44(6): 925–939.]

Xu P, Wan Z, Chen X, Liu SS, Feng MG, 2007. Immature morphology and development of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100(3): 425–432.

Xu Q, Meng L, Li B, Mills N, 2008. Influence of host size variation on the development of a koinobiont aphid parasitoid, *Lysiphlebus ambiguus* Haliday (Braconidae, Hymenoptera). *Bulletin of Entomological Research*, 98(4): 389–395.

Xu QH, Meng L, Li BP, 2007. Parasitism and fitness-related performances of *Lysiphlebus ambiguus* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) in different instars of the host *Aphis fabae* reared at high temperature. *Acta Entomologica Sinica*, 50(5): 488–493. [徐清华, 孟玲, 李保平, 2007. 可疑柄瘤蚜茧蜂对高温下不同龄期黑豆蚜的寄生及其适合度表现. 昆虫学报, 50(5): 488–493.]

Xu YH, Zhou JC, Li BP, Meng L, 2016. Survival and developmental performance of *Meteorus pulchricornis* in intrinsic competition with *Microplitis mediator* within the shared host *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(3): 322–327. [徐宇航, 周金成, 李保平, 孟玲, 2016. 斑痣悬茧蜂在黏虫寄主体内与中红侧沟茧蜂竞争下的存活和发育表现. 昆虫学报, 59(3): 322–327.]

Xu Z, Olmi M, Guglielmino A, 2012. A new species of *Ampulicomorpha* (Hymenoptera: Embolemidae) from China. *Florida Entomologist*, 95(4): 1187–1191.

Xu ZB, Liu AP, Xu LB, Gao SJ, Wang JM, Su CF, Kang AG, Zhang HY, 2013. Diapause induction and cold storage of diapause cocoons in *Agrypon flexorium* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(10): 1160–1165. [徐忠宝, 刘爱萍, 徐林波, 高书晶, 王建梅, 苏春芳, 康爱国, 张玉慧, 2013. 草地螟阿格姬蜂的滞育诱导和滞育茧的低温贮藏. 昆虫学报, 56(10): 1160–1165.]

Xuan JL, Liu WX, Zhang YB, Cheng XQ, Guo JY, Wan FH, 2018. Interactions between *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae), two parasitoids of agromyzid leafminers. *Biological Control*, 126: 45–52.

Yan X, Wang P, Hu J, 2013. Integrin β is involved in regulating embryonic proliferation in the polyembryonic wasp *Macrocentrus cingulum* (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(7): 715–723. [颜曦, 王鹏, 胡建, 2013. 整合素 β 亚基参与调节腰带长体茧蜂多胎增殖过程. 昆虫学报, 56(7): 715–723.]

Yan ZC, Fang Q, Liu Y, Xiao S, Yang L, Wang F, An CJ, Werren JH, Ye GY, 2016. A venom serpin splicing isoform of the endoparasitoid wasp *Pteromalus puparum* suppresses host prophenoloxidase cascade by forming complexes with host hemolymph proteinases. *Journal of Biological Chemistry*, 292(3): 1038–1051.

Yan ZC, Ye XH, Wang BB, Fang Q, Ye GY, 2017. Research advances on composition, function and evolution of venom proteins in parasitoid wasps. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(1): 1–10. [严智超, 叶昕海, 王蓓蓓, 方琦, 叶恭银, 2017. 寄生蜂毒液蛋白组成、功能及进化的研究进展. 中国生物防治学报, 33(1): 1–10.]

Yan ZG, Wang CZ, 2006. Identification of *Mythmna separata*-induced maize volatile synomones that attract the parasitoid *Campoletis chlorideae*. *Journal of Applied Entomology*, 130(4): 213–219.

Yang F, Wu Q, Tan H, Ren SP, Gao MQ, Chen XX, 2016. An investigation on parasitoid wasps reared from the invasive whitefly *Bemisia tabaci* on different host plants in Zhejiang. *Acta Phytophylacica Sinica*, 43(3): 412–418. [杨帆, 吴琼, 谭辉, 任少鹏, 高明清, 陈学新, 2016. 浙江省不同寄主植物上烟粉虱寄生蜂之调查. 植物保护学报, 43(3): 412–418.]

Yang F, Wu YK, Xu L, Wang Q, Yao ZW, Žikić V, Tomanović Ž, Ferrer-Suay M, Selfa J, Pujade-Villar J, Lu YH, Guy YY, 2017a. Species composition and richness of aphid parasitoid wasps in cotton fields in northern China. *Scientific Reports*, 7: 9799.

Yang F, Xu L, Wu YK, Wang Q, Yao ZW, Žikić V, Tomanović Ž, Ferrer-Suay M, Selfa J, Pujade-Villar J, Traugott M, Desneux N, Lu YH, Guo YY, 2017b. Species composition and seasonal dynamics of aphid parasitoids and hyperparasitoids in wheat fields in northern China. *Scientific Reports*, 7: 13989.

Yang JQ, Cai PM, Chen J, Zhang HH, Wang C, Xiang HJ, Wu J, Yang YC, Chen JH, Ji QG, Song DB, 2018a. Interspecific competition between *Fopius arisanus* and *Psyttalia incisi* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 121: 183–189.

Yang JQ, Lu ZY, Chen JH, Huang JC, Ji QE, He RB, 2008. Effects of host age and temperature on the interspecific competition between *Diachasmimorpha longicaudata* (Shmead) and *Psyttlia incise* (Silvestri). *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (*Natural Science Edition*), 37(5): 453–455. [杨建全, 吕增印, 陈家骅, 黄居昌, 季清娥, 何榕宾, 2008. 寄主龄期和温度对长尾潜蝇茧蜂和切割潜蝇茧蜂种间竞争的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 37(5): 453–455.]

Yang QY, Liu CZ, Zhang YX, 2015. Mowing versus insecticide for control of alfalfa aphids and their differential impacts on natural enemies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(2): 285–289.

Yang L, Mei YT, Fang Q, Wang JL, Yan ZC, Song QS, Lin Z, Ye GY, 2017c. Identification and characterization of serine protease inhibitors in a parasitic wasp, *Pteromalus puparum. Scientific Reports*, 7: 15755.

Yang NW, Wan FH, 2011. Host suitability of different instars of *Bemisia tabaci* biotype B for the parasitoid *Eretmocerus hayati. Biological Control*, 59(2): 313–317.

Yang S, Duan JJ, Watt T, Abell KJ, Van Driesche RG, 2012. Responses of an idiobiont ectoparasitoid, *Spathius galinae* (Hymenoptera: Braconidae), to host larvae parasitized by the koinobiont endoparasitoid *Tetrastichus planipennisi* (Hymenoptera: Eulophidae): implications for biological control of emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Environmental Entomology*, 41(4): 925–932

Yang SY, Zhang HX, Zhang F, Babendreier D, Zhong YZ, Lou QZ, Zhong Y, Zhang JP, 2018b. Development and fecundity of *Trissolcus japonicus* on fertilized and unfertilized eggs of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*, 91(4): 1335–1343.

Yang X, Qu YL, Wu ZY, Lin Y, Ruan CC, Desneux N, Zhang LS, 2016. Parasitism and suitability of fertilized and nonfertilized eggs of the rice striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae), for *Trichogramma* parasitoids. *Journal of Economic Entomology*, 109(4): 1524–1528.

Yao FL, You MS, Vasseur L, Yang G, Zheng YK, 2012. Polycultural manipulation for better regulation of planthopper populations in irrigated rice-based ecosystems. *Crop Protection*, 34: 104–111.

Yao WJ, Yang ZQ, 2008. Mass-rearing of *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethylidae) with substitute host. *Chinese Journal of Biological Control*, 24(3): 220–226. [姚万军, 杨忠岐, 2008. 人工繁殖管氏肿腿蜂的替代寄主研究. 中国生物防治, 24(3): 220–226.]

Ye GY, Dong SZ, Dong H, Hu C, Shen ZC, Cheng JA, 2009. Effects of host (*Boettcherisca peregrina*) copper exposure on development, reproduction and vitellogenesis of the ectoparasitic wasp, *Nasonia vitripennis. Insect Science*, 16(1): 43–50.

Ye JL, Zhao HW, Wang HJ, Zheng RQ, 2010. A defensin antimicrobial peptide from the venoms of *Nasonia vitripennis*. *Toxicon*, 56(1): 101–106.

Yi JQ, Wu H, Liu JB, Lai XH, Guo JX, Li DS, Zhang GR, 2018. Molecular characterization and expression of six heat shock protein genes in relation to development and temperature in *Trichogramma chilonis*. *PLoS ONE*, 13: e0203904.

Yi L, Aishan Z, Li Q, Wang C, Hu HY, 2013. Resource investigation of leafhoppers and their egg parasitoids in maize field in eastern Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 50(2): 325–333. [伊龙, 朱丽得孜·艾山, 李勤, 王朝, 胡红英, 2013. 新疆东疆玉米地叶蝉及其卵寄生蜂资源调查. 新疆农业科学, 50(2): 325–333.]

Yin J, Chen JL, Can YZ, Li KB, Hu Y, Sun JR, 2005. Wheat resistance induced by exogenous chemicals to the wheat aphid, *Sitobion avenae* (F.) and the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 718–724. [尹姣, 陈巨莲, 曹雅忠, 李克斌, 胡毅, 孙京瑞, 2005. 外源化合物诱导后小麦对麦长管蚜和粘虫的抗虫性研究. 昆虫学报, 48(5): 718–724.]

Yin J, Sun Y, Ge F, 2014. Reduced plant nutrition under elevated CO_2 depresses the immunocompetence of cotton bollworm against its endoparasite. *Scientific Reports*, 4: 4538.

Yin L, Wang C, Qin J, 2001. Effect of the endoparasitoid *Campoletis chlorideae* on phenoloxidase activity in *Helicoverpa armigera* hemolymph. *Chinese Science Bulletin*, 46(21): 1797–1800.

Yin LH, Zhang C, Qin JD, Wang CZ, 2003, Polydnavirus of *Campoletis chlorideae*: Characterization and temporal effect on host *Helicoverpa armigera* cellular immune response. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 52(2): 104–113.

Yin YY, Jiang JX, Ji XY, Wan NF, 2013. Development of *Spodoptera exigua* larvae as influenced by *Microplitis pallidipes* and nuclear polyhedrosis virus. *Acta Agriculturae Shanghai*, 29(3): 29–31. [印杨毅, 蒋杰贤, 季香云, 万年峰, 2013. 侧沟茧蜂与核型多角体病毒对寄主甜菜夜蛾幼虫生长的影响. 上海农业学报, 29(3): 29–31.]

You MS, Liu YF, Hou YM, 2004. Biodiversity and integrated pest management in agroecosystems. *Acta Ecolog ica Sinica*, 24(1): 117–122. [尤民生, 刘雨芳, 侯有明, 2004. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报, 24(1): 117–122.]

Yu DS, van Achterberg C, Horstmann K, 2016. Taxapad 2016, Ichneumonoidea 2015. Taxapad database on flashdrive. www.Taxapad.com, Ottawa, Canada.

Yu H, Zhang Y, Wu K, Wyckhuys KAG, Guo Y, 2009. Flight potential of *Microplitis mediator*, a parasitoid of various lepidopteran pests. *Biocontrol*, 54(2): 183–193.

Yu RX, Chen YF, Chen XX, Huang F, Lou YG, Liu SS, 2007. Effects of venom/calyx fluid from the endoparasitic wasp *Cotesia plutellae* on the hemocytes of its host *Plutella xylostella in vitro*. *Journal of Insect Physiology*, 53(1): 22–29.

Yu RX, Shi M, Huang F, Chen XX, 2008. Immature development of *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(1): 189–196.

Yu XP, Zheng XS, Chen JM, Lu ZX, Hu JC, 1999. A study on the relationship between egg parasitoid, *Anagrus nilaparvatae* and green slender planthopper, *Saccharosydne procerus*, a species of insect pest of wild rice, *Zizania caduciflora*. *Acta Entomologica Sinica*, 42(4): 387–393. [俞晓平, 郑许松, 陈建明, 吕仲贤, 胡继承, 1999. 茭白害虫长绿飞虱与稻田缨小蜂关系的研究. 昆虫学报, 42(4): 387–393.]

Yu Y, Yan YH, 1998. A study on the plant diversity in apple orchards toward sustainable pest management. *Acta Entomologica Sinica*, 41(Suppl.): 84–92. [于毅, 严毓骅, 1998. 苹果园植被多样化在果树害虫持续治理中的作用. 昆虫学报, 41(增刊): 84–92.]

Yu YH, Guo JZ, Guo TB, Song MH, Yan XW, 2015. Effect of parasitism of *Tetrastichus nigricoxae* Yang on the encapsulation response of its host, *Micromelalopha troglodyta* Graeser pupae and toxicity of its venom to pupal host. *Journal of Jiangsu Forestry Science and Technology*, 42(3): 1–5. [于艳华, 郭加忠, 郭同斌, 宋明辉, 严学武, 2015. 白蛾黑基啮小蜂寄生对杨小舟蛾蛹血细胞包囊反应的影响及其毒液对蛹的毒性研究. 江苏林业科技, 42(3): 1–5.]

Yuan JQ, Bai SF, Li C, 2008. Embryonic development of *Cotesia vestalis* (Haliday) and *Diadegma semiclausum* Hellén. *Journal of Henan Agricultural University*, 42(6): 638–642. [原建强, 白素芬, 李欣, 2008. 菜蛾盘绒茧峰和半闭弯尾姬蜂的胚胎发育. 河南农业大学学报, 42(6): 638–642.]

Yuan W, He F, Zhu YQ, Huang SS, 2007. Research outline on egg parasitoid of *Tryporyza incertulas* (Walker) - *Tetrastichus schoenobii* Ferriere. *Natural Enemies of Insects*, 29(2): 69–75. [袁伟, 何飞, 朱友清, 黄寿山, 2007. 三化螟卵块寄生蜂-螟卵啮小蜂研究概况. 昆虫天敌, 29(2): 69–75.]

Zhan GX, Liang GW, Zeng L, 2002. Effects of temperature on *Chrysocharis pentheus* of vegetable leafminer. *Journal of South China Agricultural University*, 23(4): 15–17. [詹根祥, 梁广文, 曾玲, 2002. 温度对底比斯釉姬小蜂的影响. 华南农业大学学报, 23(4): 15–17.]

Zhang C, Wang C, 2003. cDNA cloning and molecular characterization of a cysteine-rich gene from *Campoletis chlorideae* polydnavirus. *DNA Sequence*, 14(6): 413–419.

Zhang C, Yan YH, Wang CZ, 2003. Degeneration of host prothoracic glands caused by *Campoletis chlorideae* polydnavirus. *Progress in Natural Science*, 13(9): 690–695.

Zhang CZ, Jin XM, 1980. Preliminary study on mymarid of rice planthoppers. *Wenzhou Agricultural Science and Technology*, 2: 16–20. [张纯胄, 金行模, 1980. 飞虱缨小蜂保护利用初步研究. 温州农业科技, (2): 16–20.]

Zhang HZ，Gao F, Liu MY, Wang MZ, Han YH，Kong L, Chen HY，Liu CX，Wang MQ，Zhang LS, 2018. Research advances in diapause in small parasitic wasps in all the world in the last ten years. *Journal of Environmental Entomology*, 40(1): 82–91. [张洪志, 高飞, 刘梦姚, 王曼姿, 韩艳华, 孔琳, 陈红印, 刘晨曦, 王孟卿, 张礼生, 2018. 近十年全球小型寄生蜂滞育研究的新进展. 环境昆虫学报, 40(1): 82–91.]

Zhang JY, Li X, Wu SR, Li R, 2012. Influence of habitats on occurrence and spatial distribution of parasitoids of *Lithocolletis ringoniella* in apple orchard. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(3): 326–333. [张金钰, 李鑫, 吴素蓉, 李蓉, 2012. 果园生境对金纹细蛾寄生蜂发生影响及优势寄生蜂空间分布研究. 中国生物防治学报, 28(3): 326–333.]

Zhang JH, Gu LQ, Wang CZ, 2010a. Superparasitism behavior and host discrimination of *Campoletis chlorideae* (Ichneumonidae: Hymenoptera) toward *Mythimna separata* (Noctuidae: Lepidoptera). *Environmental Entomology*, 39(4): 1249–1254.

Zhang JJ, Desneux N, Benelli G, Zang LS, Du WM, Ruan CC, 2017a. Geographic variation of diapause induction rates in *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in China. *Journal of Economic Entomology*, 110(2): 386–391.

Zhang JJ, Ruan CC, Zang LS, Shao XW, Shi SS, 2015. Technological improvements for mass production of *Trichogramma* and current status of their applications for biological control on agricultural pests in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(5): 638–646. [张俊杰, 阮长春, 臧连生, 邵玺文, 史树森, 2015. 我国赤眼蜂工厂化繁育技术改进及防治农业害虫应用现状. 中国生物防治学报, 31(5): 638–646.]

Zhang JM, Zhang F, Wang B, 2010. Control effects of releasing density and time of *Encarsia formosa* on *Trialeurodes vaporariorum*. *Vegetables*, (7): 34–35. [张君明, 张帆, 王兵, 2010. 以释放丽蚜小蜂为主的保护地番茄温室粉虱的控制技术. 蔬菜, (7): 34–35.]

Zhang JP, Zhang F, Gariepy T, Mason P, Gillespie D, Talamas E, Haye T, 2017b. Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1127–1141.

Zhang LD, Cai QC, Cui JH, Zhang W, Dong SM, Xiao W, Li J, Kou TC, Zhang XW, He HJ, Ding L, Yang Y, Lai JH, Li M, Zhu QS, Luo KJ, 2019a. A secreted-Cu/Zn superoxide dismutase from *Microplitis bicoloratus* reduces reactive oxygen species triggered by symbiotic bracovirus. *Developmental and Comparative Immunology*, 92: 129–139.

Zhang LS, Chen HY, Wang MQ, Liu CX, Zhang Y, Chen CF, Wang SY, 2014a. Research prospects in diapause of parasitoid wasp. *Chinese Journal of Biological Control*, 30(2): 149–164, 193. [张礼生，陈红印，王孟卿，刘晨曦，张莹，陈长风，王树英，2014a. 寄生蜂的滞育研究进展. 中国生物防治学报，30(2): 149–164, 193.]

Zhang LS, Chen HY, Zhang J, Li YY, 2014b. Maternal effect of diapause in *Aphidius gifuensis* Ashmead. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 35–44. [张礼生，陈红印，张洁，李玉艳，2014b. 滞育烟蚜茧蜂的亲代效应评价. 应用昆虫学报，51(1): 35–44.]

Zhang LS, Ren XY, Qi XY, An T, Chen HY, 2015. Advances in diapause associated protein of natural enemies of insects//Chen WQ(ed.). Proceedings of control of pests and diseases and quality safety of agricultural products . Beijing : China Agracultural Science and Technology Press. 627. [张礼生，任小云，齐晓阳，安涛，陈红印，2015. 天敌昆虫滞育关联蛋白的研究进展//陈万全(主编). 病虫害绿色防控与农产品质量安全. 北京：中国农业科技出版社. 627.]

Zhang LX, Wu ZQ, 2005. Effect of egg age of american cockroach on descendants of the parasitoid, *Tetrastichus hagenowii*. *Journal of Fujian Agricultural and Forestry University*, 34(4): 438–440. [张李香，吴珍泉，2005. 寄主日龄对啊氏啮小蜂寄生后代的影响. 福建农业大学学报，34(4): 438–440.]

Zhang N, Ren Q, Liu XX, Zhao ZW, Zhang QW, 2010b. Behavioral responses of female *Microplitis tuberculifer* to volatiles from cotton plants induced by herbivores (Hymenoptera: Braconidae). *Entomologia Generalis*, 32(3): 201–210.

Zhang QQ, Huang J, Zhu JY, Ye GY, 2012a. Parasitism of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) by the endoparasitic wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae): Effects of parasitism on differential hemocyte counts, micro-and ultra-structures of host hemocytes. *Insect Science*, 19(4): 485–497.

Zhang QQ, Wang F, Fang Q, Ye GY, 2011. In *vitro* cellular responses of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) hemocytes and the effects of *Pteromalus puparum* venom. *Acta Entomologica Sinica*, 54(11): 1264–1273. [张倩倩，王飞，方琦，叶恭银，2011. 菜粉蝶蛹血细胞体外细胞免疫反应及蝶蛹金小蜂毒液的影响. 昆虫学报，54(11): 1264–1273.]

Zhang RJ, Heong KL, Domingo IT, 1996. Relationship between temperature and functional response in *Cardiochiles philippinensis* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology*, 25(6): 1321–1324.

Zhang S, Luo JY, Lu LM, Wang CY, Li CH, Zhu XZ, Cui JJ, 2015. Effects of *Lysiphlebia japonica* (Ashmead) on cotton-melon aphid *Aphis gossypii* Glover lipid synthesis. *Insect Molecular Biology*, 24(3): 348–357

Zhang WG, Sun XG, Qu AJ, Liu YL, 2004. The oviposition behaviour of *Scleroderma guani* Xiao *et* Wu. *Natural Enemies of Insects*, 26(1): 28–33. [张卫光，孙绪艮，曲爱军，刘亚利，2006. 管氏肿腿蜂的寄生与产卵行为研究. 昆虫天敌，26(1): 28–33.]

Zhang XC, An Z, Guo YY, Feng YJ, Shi WP, 2014. Biodiversity of natural enemies in pear orchards as affected by pest management methods. *Chinese Journal of Biological Control*, 30(2): 188–193. [张学昌，安钊，郭艳艳，冯艳杰，石旺鹏，2014. 不同害虫管理措施梨园的天敌群落多样性. 中国生物防治学报，30(2): 188–193.]

Zhang XL, Meng L, Li BP, 2009. Effects of *Pieris rapae* pupa mass on offspring number, sex ratio, and body size of gregarious parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Chinese Journal of Ecology*, 28(4): 677–680. [张晓岚，孟玲，李保平，2009. 菜粉蝶蛹体型大小对蝶蛹金小蜂后代数量、性比及体型大小的影响. 生态学杂志，28(4): 677–680.]

Zhang XM, Xu HY, Yang NW, Wan FH, 2018. Field cage evaluation of the biocontrol effect of two aphelinid parasitoids on *Bemisia tabaci* Mediterranean (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 45(6): 1281–1288. [张晓明，徐海云，杨念婉，万方浩，2018. 两种蚜小蜂对烟粉虱 MED 隐种的田间笼罩控效评价. 植物保护学报，45(6): 1281–1288.]

Zhang Y, Wyckhuys KAG, Asplen MK, Heimpel GE, Wu K, 2012b. Effect of *Binodoxys communis* parasitism on flight behavior of the soybean aphid, *Aphis glycines*. *Biological Control*, 62(1): 10–15.

Zhang YB, Liu WX, Wang W, Wan FH, Li Q, 2011. Lifetime gains and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in females of the synovigenic parasitoid, *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), as a function of diet. *Journal of Insect Physiology*, 57(7): 1045–1052.

Zhang YB, Zhang GF, Liu WX, Wan FH, 2019b. Continuous heat waves change the life history of a host-feeding parasitoid. *Biological Control*, 135: 57–65.

Zhang YB, Zhang HL, Yang NW, Wan JJ, Wan FH, 2014. Income resources and reproductive opportunities change life history traits and the egg/time limitation trade-off in a synovigenic parasitoid. *Ecological Entomology*, 39(6): 723–731.

Zhang YL, Yang ZQ, Wang XY, Zhang SN, Wu CJ, Ma SF, Lu ZG, 2012. Functional response of the parasitoid *Sclerodermus* sp. (Hymenoptera: Bethylidae) to the third instar larvae of host *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(4): 426–434. [张彦龙, 杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 吴成进, 马生福, 陆之贵, 2012. 松褐天牛肿腿蜂对寄主松褐天牛三龄幼虫的功能反应. 昆虫学报, 55(4): 426–434.]

Zhang YN, Wang Y, Liu C, Wang JF, Hu GL, Wang M, Yang LJ, Chu J, 2019c. Development of *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) at constant temperatures in China. *Journal of Medical Entomology*, 56(2): 368–377.

Zhang YP, Li DS, Zhang BX, Chen MY, Zhong J, Song Y, 2010. Functional response of *Spalangia endius* Walker to pupae of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and influence of temperature and relative humidity on longevity of adult *S. endius*. *Chinese Journal of Biological Control*, 26(4): 385–390. [章玉苹, 李敦松, 张宝鑫, 陈明洋, 钟娟, 宋月, 2010. 蝇蛹俑小蜂对桔小实蝇蛹的功能反应及温湿度对蜂成虫寿命的影响. 中国生物防治, 26(4): 385–390.]

Zhang Z, Shi WF, Ye GY, Hu C, Yu AL, 2009a. Discussions of breeding *Nasonia vitripennis* using frozen fly pupae (II): Effect on the development and quality of *Nasonia vitripennis* progeny. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 20(2): 116–118. [张忠, 史卫峰, 叶恭银, 胡萃, 于爱莲, 2009a. 冷冻蝇蛹用于丽蝇蛹集金小蜂繁育的探讨Ⅱ. 对丽蝇蛹集金小蜂后代发育和品质的影响. 中国媒介生物学及控制杂志, 20(2): 116–118.]

Zhang Z, Shi Wf, Ye GY, Hu C, Yu AL, 2009b. Effects of fly pupae cold storage on the parasitization and reproduction of *Nasonia vitripennis*. *Chinese Journal of Zoonoses*, 25(8): 824–826, 829. [张忠, 史卫峰, 叶恭银, 胡萃, 于爱莲, 2009b. 蝇蛹冷藏对丽蝇蛹集金小蜂寄生和繁殖的影响. 中国人兽共患病学报, 25(8): 824–826, 829.]

Zhang Z, Ye G, Cai J, Hu C, 2005. Comparative venom toxicity between *Pteromalus puparum* and *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) toward the hemocytes of their natural hosts, non-target insects and cultured insect cells. *Toxicon*, 46(3): 337–349.

Zhang Z, Ye GY, Hu C, 2004. Effects of venom from two pteromalid wasps *Pteromalus puparum* and *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) on the spreading, viability and encapsulation capacity of *Pieris rapae* hemocytes. *Acta Entomologica Sinica*, 47(5): 551–561. [张忠, 叶恭银, 胡萃, 2004. 两种金小蜂毒液对菜粉蝶蛹血细胞延展、存活及包囊作用的影响. 昆虫学报, 47(5): 551–561.]

Zhang Z, Ye GY, Wang HX, Cai J, Hu C, 2005. Change of total number and composition of hemocyte from *Pieris rapae* and *Papllio polities* after parasitism by *Pteromalus puparium* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Plant Protection*, 32(2): 158–162. [张忠, 叶恭银, 王洪祥, 蔡峻, 胡萃, 2005. 蝶蛹金小蜂寄生对菜粉蝶和玉带凤蝶蛹血细胞数量和组成的影响. 植物保护学报, 32(2): 158–162.]

Zhang ZQ, Tian YY, Gao SW, Xu YY, Huang XQ, Zhang LX, 2016. Ecological effects of intercropping tea with aromatic plant basil and perill in young tea plantation, *Journal of Tea Science*, 36(4): 389–395. [张正群, 田月月, 高树文, 许永玉, 黄晓琴, 张丽霞, 2016. 茶园间作芳香植物罗勒和紫苏对茶园生态系统影响的研究. 茶叶科学, 36(4): 389–395.]

Zhao HF, 2003. My scientific viewpoint on research of parasitoid wasps. *Wuyi Science Journal*, 13(1): 1–4. [赵修复, 2003. 我在寄生蜂研究上的学术观点. 武夷科学, 13(1): 1–4.]

Zhao HY, Liu K, Ali S, Lu YY, Zeng L, Liang GW, 2013a. Host Suitability of different pupal ages of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, for the parasitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae*. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(3): 673–678.

Zhao HY, Zeng L, Xu YJ, Liang GW, 2013b. Effects of host age on the parasitism of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitic pupal parasitoid of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 96(2): 451–457.

Zhao J, Li YY, Wang L, Zhang F, Cao H, Wang S, 2018. Dispersal behaviors of *Encarsia formosa* in the greenhouse. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(6): 813–817. [赵静, 李媛媛, 王蕾, 张帆, 曹慧, 王甦, 2018. 温室条件下丽蚜小蜂的扩散行为. 中国生物防治学报, 34(6): 813–817.]

Zhao KX, van Achterberg C, Xu ZF, 2012. A revision of the Chinese Gasteruptiidae (Hymenoptera, Evanioidea). *Zookeys*, 237: 1–123.

Zhao W, Dong S, Shi M, Chen XX, 2014. Morphology and development of immature stage of *Diadromus collaris* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an important endoparasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 107(1): 234–241.

Zhao W, Shi M, Ye XQ, Li F, Wang XW, Chen XX, 2017. Comparative transcriptome analysis of venom glands from cotesia vestalis and diadromus collaris, two endoparasitoids of the host *Plutella xylostella*. *Scientific Reports*, 7: e1298.

Zhao XF, 1991. An overview on taxonomic studies of parasitic Hymenoptera in China. Proceeding of the 1991 National Symposium on Biological Control. 北京. 26–27. [赵修复, 1991. 我国寄生蜂分类研究概要. 全国生物防治学术讨论会论文集. Beijing. 26–27.]

Zhao YY, Tian JC, Zheng XS, Xu HX, Lu YH, Yang YJ, Zang LS, Lü ZX, 2017. Feasibility of *Trifolium repens* and *Oxalis corniculata* as the nectar resource plant to *Trichogramma chilonis*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 29(1): 16–112. [赵燕燕, 田俊策, 郑许松, 徐红星, 鲁艳辉, 杨亚军, 臧连生, 吕仲贤. 2017. 酢浆草和车轴草作为螟黄赤眼蜂田间蜜源植物的可行性分析. 浙江农业学报, 29(1): 106–112.]

Zhao ZH, Ouyang F, Men XY, Liu JH, He DH, Ge F, 2013. Habitat management in biological control. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 879–889. [赵紫华, 欧阳芳, 门兴元, 刘军和, 贺达汉, 戈峰, 2013. 生境管理——保护性生物防治的发展方向. 应用昆虫学报, 50(4): 879–889.]

Zheng SN, Huang JC, Ye GL, Chen JH, 2013. The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male. *Acta Ecologica Sinica*, 33(6): 1784–1790. [郑思宁, 黄居昌, 叶光禄, 陈家骅, 2013. 应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇. 生态学报, 33(6): 1784–1790.]

Zheng XS, Liu GL, Chen YB, Tian JC, Lü ZX. 2017. Application of ecological engineering technology to control major insect pests in single-cropping late rice ecosystem. *Journal of Plant Protection*.44(6): 950–957. [郑许松, 刘桂良, 陈宇博, 田俊策, 吕仲贤, 2017. 单季晚稻区应用生态工程技术控制水稻主要害虫的实践. 植物保护学报, 44(6): 950–957.]

Zheng XS, Lü ZX, Zhu PY, Xu HX, Liu GL, Wang GR, Zhang FC, Chen GH, Yang YJ, Tian JC, 2013. A banker plant system for protection and improvement of parasitoids of rice planthoppers: CN103609373A. 2014-03-05. [郑许松, 吕仲贤, 朱平阳, 徐红星, 刘桂良, 王国荣, 张发成, 陈桂华, 杨亚军, 田俊策, 2013. 一种保护和提高稻田稻飞虱寄生蜂的载体植物系统. CN103609373A. 2014-03-05.]

Zheng XS, Lu YH, Zhu PY, Zhang FC, Tian JC, Xu HX, Chen GH, Nansen C, Lü ZX, 2017. Use of banker plant system for sustainable management of the most important insect pest in rice fields in China. *Scientific Reports*, 7: 45581.

Zheng XS, Yu XP, Lü ZX, Chen JM, 1999. Dispersal patterns of natural enemies of rice planthoppers between Zizania and rice fields. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 11(6): 339–343. [郑许松, 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 1999. 稻飞虱天敌在茭白田与水稻田之间的迁移规律. 浙江农业学报, 11(6): 339–343.]

Zheng XS, Yu XP, Lu ZX, Chen JM, Xu HX, 2003. Effects of different nutritional resources on the longevity and parasitic ability of egg parasitoid *Anagrus nilaparvatae*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 14(10): 1751–1755. [郑许松, 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 徐红星, 2003. 不同营养源对稻虱缨小蜂寿命及寄生能力的影响. 应用生态学报, 14(10): 1751–1755.]

Zheng YK, Li JY, Yao FL, You MS, 2014. Diversity of parasitic wasps in different habitats of agricultural landscape. *Journal of Fujian Agricultural and Forestry University*, 43(3): 230–234. [郑云开, 李金玉, 姚凤銮, 尤民生, 2014. 寄生蜂在不同农业景观生境中的多样性. 福建农林大学学报：自然科学版, 43(3): 230–234.]

Zheng YN, Qi JY, Sun SH, Yang CC, 2012. Advance in research of *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidade) and its biocontrol application in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(2): 275–281. [郑雅楠, 祁金玉, 孙守慧, 杨长成, 2012. 白蛾周氏啮小蜂 *Chouioia cunea* Yang 的研究和生物防治应用进展. 中国生物防治学报, 28(2): 275–281.

Zheng YW, Liu KM, Desneux N, Niu CY, 2016, Population dynamics of aphids and natural enemies in citrus orchards in Hubei Province. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 35(6): 74–78. [郑文艳, 刘克敏, Nicolas Desneux,牛长缨, 2016. 湖北柑橘园蚜虫及其天敌发生动态. 华中农业大学学报, 35(6): 74–78.]

Zhong JH, 2010. Heat tolerance of *Coccobius azumai* Tachikawa adult. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 39(5): 465–470. [钟景辉, 2010. 松突圆蚧花角蚜小蜂成虫的耐热性. 福建农林大学学报(自然科学版). 39(5): 465–470.]

Zhou AM, Kuang BQ, Gao YR, 2015a. Does the host plant affect the benefits from mutualisms? The invasive mealybug and ghost ant association. *Ecological Entomology*, 40(6): 782–786.

Zhou AM, Kuang BQ, Gao YR, Liang GW, 2015b. Density-dependent benefits in ant-hemipteran mutualism? The case of the ghost ant *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae) and the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). *PLoS ONE*, 10: e0123885.

Zhou BY, Li BP, Lin FF, Meng L, 2016. Influence of host body size on potential reproductive capability of *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethylidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(3): 316–321. [周冰颖, 李保平, 林芳芳, 孟玲, 2016. 寄主体型大小对管氏肿腿蜂生殖潜力的影响. 昆虫学报, 59(3): 316–321.]

Zhou CX, Min SF, Yan L, Wang MQ, 2015c. Analysis of antennal transcriptome and odorant binding protein expression profiles of the recently identified parasitoid wasp, *Sclerodermus* sp. *Comparative Biochemistry and Physiology D-Genomics & Proteomics*, 16: 10–19.

Zhou DR, Song YY, Wang ZY, He KL, Wen LP, Gao YX, 1997a. Study on the preference habitat of *Trichogramma ostriniae*：III. The attraction and augmentation function of summer corn interplanted with creeping type mungbean for the parasoitoid and its application in asian corn borer control at ear stage of corn. *Chinese Journal of Biological Control*, 13(3): 3–6. [周大荣, 宋彦英, 王振营, 何康来, 文丽萍, 高云霞, 郑礼, 张广义, 1997. 玉米螟赤眼蜂适宜生境的研究与利用: Ⅲ. 夏玉米间作匍匐型绿豆对赤眼蜂的增诱作用及其在穗期玉米螟防治中的利用.

中国生物防治, 13(3): 3–6.]

Zhou DR, Song YY, Wang ZY, He KL, Zheng L, Zhang GY, 1997b. Study on the preference habitat of *Trichogramma ostriniae*：II．Effect of summer corn interplanted with creeping type mungbean on the parasitic rate. *Chinese Journal of Biological Control*, 13(2): 49–52. [周大荣, 宋彦英, 王振营, 何康来, 郑礼, 张广义, 1997. 玉米螟赤眼蜂适宜生境的研究与利用Ⅱ: 夏玉米间作匍匐型绿豆对玉米螟赤眼蜂寄生率的影响. 中国生物防治, 13(2): 49–52.]

Zhou HB, Chen JL, Liu Y, Cheng DF, Chen L, Sun JR, 2009. Using genetic diversity of wheat varieties for ecological regulation on *Sitobion avenae. Acta Phytophylacica Sinica,* 36(2): 151–156. [周海波, 陈巨莲, 刘勇, 程登发, 陈林, 孙京瑞, 2009. 小麦品种多样性对麦长管蚜的生态调控作用. 植物保护学报, 36(2): 151–156.]

Zhou HB, Chen JL, Liu Y, Liu Y, Francis F, Haubruge E, Bragard C, Sun JR, Cheng DF, 2013. Influence of garlic intercropping or active emitted volatiles in releasers on aphid and related beneficial in wheat fields in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(3): 467–473.

Zhou HF, Zheng JT, Zhang TX, Xu YJ, Chen ZM, Dean BS, Hu HY, 2014. Comparative studies on parasitism of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) reared on housefly and fruit fly pupae. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 194–199. [周和锋, 郑金土, 张同心, 徐永江, 陈忠梅, 段毕升, 胡好远, 2014. 家蝇蛹和果蝇蛹繁育的蝇蛹金小蜂对果蝇蛹的寄生比较. 应用昆虫学报, 51(1): 194–199.]

Zhou N, Hu D, Yao S，Cui Y，2006. The effect of different parasitoid - host quantity on *Scleroderma guani* breeding. *Natural Enemies of Insects*, 28(3): 97–102. [周娜, 胡德夫, 姚圣忠, 崔媛媛, 宋淑霞, 2006. 不同虫蜂量对管氏肿腿蜂繁育效果的影响. 昆虫天敌, 28 (3): 97–102.]

Zhou SX, Li Y, Zhang F, 2009. Influences of high temperature shock on the reproduction and development of the *Wolbachia*-induced parthenogenetic parasitoid wasp, *Encarsia formosa* (Gahan). *Acta Ecologica Sinica*, 29(9): 4732–4737. [周淑香, 李玉, 张帆, 2009. 高温冲击对沃尔巴克氏体（*Wolbachia*）诱导孤雌产雌的丽蚜小蜂（*Encarsia formosa*）生殖和发育的影响. 生态学报, 29(9): 4732–4737.]

Zhou X, Huang GD, Ma ZL, Zhao SL, Zhou HQ, 2006. Host preference, suitability and functional response of *Tetrastichus brontispae* Fer. (Hymenoptera: Eulophidae). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 27(2): 74–77. [周祥, 黄光斗, 马子龙, 赵松林, 周焕起, 2006. 椰心叶甲啮小蜂对寄主的选择性、适宜性和功能反应. 热带作物学报, 27(2): 74–77.]

Zhu DF, Chen QX, Liu WH, Han SC, Zhang ML, Li LY, 1992. A preliminary report on the effect of diapaused and long-term cold-stored *Trichogramma* to control sugarcane borers in the field. *Natural Enemies of Insects*, 14(3): 130–132. [朱涤芳, 陈歹丁, 刘文惠, 韩诗畴, 张敏玲, 李丽英, 1992. 田间释放经滞育冷藏的赤眼蜂防治甘蔗螟虫效果初报. 昆虫天敌, 14(3): 130–132.]

Zhu F, Lammers M, Harvey JA, Poelman EH, 2016. Intrinsic competition between primary hyperparasitoids of the solitary endoparasitoid *Cotesia rubecula. Ecological Entomology*, 41(3): 292–300.

Zhu J, Li Y, Jiang H, Liu C, Lu WW, Dai W, Xu JX, Liu F, 2018a. Selective toxicity of the mesoionic insecticide, triflumezopyrim, to rice planthoppers and beneficial arthropods. *Ecotoxicology*, 27(4): 411–419.

Zhu JT, 1934. Investigation of egg parasitoids of *Rondotina menciana* Moore and their rearing and releasing in Hangzhou. *Yearbook of Zhejiang Entomological Bureau*, (3): 163–170. [祝汝佐, 1934. 白蚕（桑螨）卵寄生蜂之考查及其在杭州之放饲试验. 浙江省昆虫局年刊, (3): 163–170.]

Zhu JY, Fang Q, Wang L, Hu C, Ye GY, 2010a. Proteomic analysis of the venom from the endoparasitoid wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 75(1): 28–44.

Zhu JY, Fang Q, Ye GY, Hu C, 2011a. Proteome changes in the plasma of *Pieris rapae* parasitized by the endoparasitoid wasp *Pteromalus puparum. Journal of Zhejiang University-Science B*, 12(2): 93–102.

Zhu JY, Wu GX, Ye GY, Hu C, 2013a. Heat shock protein genes (hsp20, hsp75 and hsp90) from *Pieris rapae*: molecular cloning and transcription in response to parasitization by *Pteromalus puparum*. *Insect Science*, 20(2): 183–193.

Zhu JY, Wu GX, Ze SZ, Stanley DW, Yang B, 2014a. Parasitization by *Scleroderma guani* influences protein expression in *Tenebrio molitor* pupae. *Journal of Insect Physiology*, 66: 37–44.

Zhu JY, Yang P, Wu GX, 2011b. Prophenoloxidase from *Pieris rapae*: gene cloning, activity, and transcription in response to venom/calyx fluid from the endoparasitoid wasp *Cotesia glomerata*. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 12(2): 103–115.

Zhu JY, Yang P, Wu GX, Liu L, 2011. Ultrastructure of the venom apparatus of *Scleroderma guani* (Hynenomptera: Bethylidae). *Sichuan Journal of Zoology*, 30(3): 404–408. [朱家颖, 杨璞, 吴国星, 刘丽, 2011. 管氏肿腿蜂毒液器官超微结构观察. 四川动物, 30(3): 404–408.]

Zhu JY, Yang P, Zhang Z, Wu GX, Yang B, 2013b. Transcriptomic immune response of *Tenebrio molitor* pupae to parasitization by *Scleroderma guani*. *PLoS ONE*, 8(1): e54411.

Zhu JY, Ye GY, Dong SZ, Fang Q, Hu C, 2009a. Venom of

Pteromalus puparum (HymenopterA: Pteromalidae) induced endocrine changes in the hemolymph of its host, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 71(1): 45–53.

Zhu JY, Ye GY, Fang Q, Hu C, 2009b. Proteome changes in the plasma of *Papilio xuthus* (Lepidoptera: Papilionidae): Effect of parasitization by the endoparasitic wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Zhejiang University-Science B*, 10(6): 445–453.

Zhu JY, Ye GY, Fang Q, Hu C, 2010b. Alkaline phosphatase from venom of the endoparasitoid wasp, *Pteromalus puparum*. *Journal of Insect Science*, 10: 14.

Zhu JY, Ye GY, Fang Q, Li YM, Hu C, 2010. Transcriptional changes of cytoskeleton related proteins of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) after parasitization by the endoparasitoid wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(8): 831–840. [朱家颖, 叶恭银, 方琦, 李艳敏, 胡萃, 2010. 蝶蛹金小蜂寄生对菜粉蝶血细胞骨架相关蛋白基因的转录调控. 昆虫学报, 53(8): 831–840.]

Zhu JY, Ye GY, Fang Q, Wu ML, Hu C, 2008a. A pathogenic picorna-like virus from the endoparasitoid wasp, *Pteromalus puparum*: Initial discovery and partial genomic characterization. *Virus Research*, 138(1/2): 144–149.

Zhu JY, Ye GY, Hu C, 2008b. Molecular cloning and characterization of acid phosphatase in venom of the endoparasitoid wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Toxicon*, 51(8): 1391–1399.

Zhu JY, Ye GY, Hu C, 2008c. Morphology and ultrastructure of the venom apparatus in the endoparasitic wasp *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Micron*, 39(7): 926–933.

Zhu JY, Ze SZ, Stanley DW, Yang B, 2014b. Parasitization by *Scleroderma Guani* Influences expression of superoxide dismutase genes in *Tenebrio Molitor*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 87(1): 40–52.

Zhu PX, Liu MC, Qin YC, Xie JJ, Liu YH, 2011. Control effects of whitefly by intercropping celery in greenhouse. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 375–378. [朱培祥, 刘美昌, 秦玉川, 谢建军, 刘云虹, 2011. 保护地间作芹菜对温室粉虱的防治作用. 应用昆虫学报, 48(2): 375–378.]

Zhu PY, Gurr GM, Lu ZX, Heong KL, Chen GH, Zheng XS, Xu HX, Yang YJ, 2013c. Laboratory screening supports the selection of sesame (*Sesamum indicum*) to enhance *Anagrus* spp. parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) of rice planthoppers. *Biological Control*, 64(1): 83–89.

Zhu PY, Lü ZX, Geoff G, Zheng XS, Donna R, Yang YJ, Xu HX, 2012. Ecological functions of flowering plants on conservation of the arthropod natural enemies of insect pests in agroecosystem. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(4): 583–588. [朱平阳, 吕仲贤, 郑许松, 杨亚军, 徐红星, 2012. 显花植物在提高节肢动物天敌控制害虫中的生态功能. 中国生物防治学报, 28(4): 583–588.]

Zhu PY, Wang GW, Zheng, XS, Tian JC, Lu ZX, Heong KL, Xu HX, Chen GH, Yang YJ, Gurr GM, 2015a. Selective enhancement of parasitoids of rice lepidoptera pests by sesame (*sesamum indicum*) flowers. *BioControl*, 60(2): 157–167.

Zhu PY, Zheng XS, Yao XM, Xu HX, Zhang FC, Chen GH, Lü ZX, 2015. Ecological engineering technology for enhancement of biological control capacity of egg parasitoids against rice planthoppers in paddy fields. *China Plant Protection*, 35(7): 27–32, 56. [朱平阳, 郑许松, 姚晓明, 徐红星, 张发成, 陈桂华, 吕仲贤, 2015. 提高稻飞虱卵期天敌控害能力的稻田生态工程技术, 中国植保导刊, 35(7): 27–32, 56.]

Zhu PY, Zheng XS, Zhang FC, Barrion AT, Xu HX, Yang YJ, Chen GH, Lü ZX, 2017. Natural enemy functional guilds of rice leaf folder (*Cnaphalocrocis mendinalis*) enhanced in paddy field with sustainable pest management by ecological engineering. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(3): 351–363. [朱平阳, 郑许松, 张发成, Alberto T Barrion, 徐红星, 杨亚军, 陈桂华, 吕仲贤, 2017. 生态工程控害技术提高稻纵卷叶螟天敌功能团的种群数量. 中国生物防治学报, 33(3): 351–363.]

Zhu PY, Zheng XS, Zhang FC, Xu HX, Yang YJ, Chen GH, Lu ZX, Johnson AC, Gurr GM, 2018b. Quantifying the respective and additive effects of nectar plant crop borders and withholding insecticides on biological control of pests in subtropical rice. *Journal of Pest Science*, 91(2): 575–584

Zhu Y, Fang Q, Liu Y, Gao LF, Yan ZC, Ye GY, 2015b. The endoparasitoid, *Pteromalus puparum* influences host gene expression within first hour of parasitization. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 90(3): 140–153.

Zhuo ZH, Yang W, Tan H, Yang CP, Yang Y, 2013a. Isolation and purification of the venom proteins in *Sclerodermus sichuanensis*. *Scientia Silvae Sinicae*, 49(10): 106–112. [卓志航, 杨伟, 覃欢, 杨春平, 杨桦, 2013. 川硬皮肿腿蜂毒液蛋白的分离纯化. 林业科学, 49(10): 106–112.]

Zhuo ZH, Yang W, Xun H, Yang CP, Yang Y, Xu DP, 2013b. Effects of venom from *Sclerodermus sichuanensis* Xiao on pupa of *Tenebrio molitor*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 24(11): 3273–3279. [卓志航, 杨伟, 覃欢, 杨春平, 杨桦, 徐丹萍, 2013. 川硬皮肿腿蜂毒液对寄主黄粉虫蛹的影响. 应用生态学报, 24(11): 3273–3279.]

Zou Y, De Kraker J, Bianchi FJJA, Xiao HJ, Huang JK, Deng XZ, Hou LL, Van der Werf W, 2020. Do diverse landscapes provide for effective natural pest control in subtropical rice? *Journal of Applied Ecology*, 57(1): 170–180.