

我国主要农作物蚜虫生物防治的研究进展、应用与展望



潘明真 张毅 曹贺贺 王杏杏 刘同先*

(青岛农业大学植物医学学院, 山东省植物病虫害绿色防控工程研究中心, 青岛 266109)

摘要: 蚜虫是农业生产上的重大害虫, 不仅通过取食韧皮部直接为害植物, 还会传播很多植物病毒病, 严重影响农作物产量和品质。目前防治蚜虫仍以化学农药为主, 然而生物防治作为绿色环保、可持续的防治策略在这几十年中也得到了长足发展。该文对我国近60年关于主要农作物蚜虫生物防治的研究进展进行概述, 包括主要农作物蚜虫的天敌资源(主要寄生性天敌196种, 主要捕食性天敌16种, 主要病原微生物6种)、蚜虫主要天敌生物学和生态学研究、人工扩繁及应用技术及植物抗蚜机制和抗蚜种质资源挖掘, 并对目前蚜虫生物防治中存在的问题及未来的研究方向进行展望, 以期为蚜虫生物防治技术的发展和推广应用提供参考。

关键词: 寄生蜂; 捕食性天敌; 蚜虫病原菌; 抗蚜品种

Research progresses, application, and prospects in aphid biological control on main crops in China

Pan Mingzhen Zhang Yi Cao Hehe Wang Xingxing Liu Tongxian*

(Shandong Engineering Research Center for Environment Friendly Agricultural Pest Management, College of Plant Health and Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong Province, China)

Abstract: Aphids are important agricultural pests, which not only directly damage plants by feeding on the phloem, but also transmit numerous plant viruses, causing great damage to the yield and quality of crops. At present, the control of aphids mainly relies on chemical pesticides. However, biological control of aphids as a green and sustainable control strategy has also developed in the past few decades in China. In this review, the progresses in aphid biological control in China in the past 60 years were reviewed. The natural enemy resources of aphids in China, including 196 species of important parasitoids, 16 species of important predatory insects, and six species of insect pathogens was also summarized; meanwhile, the biological and ecological research, as well as artificial propagation and application technology of the main natural enemies of aphids were also reviewed. In addition, the plant resistance mechanisms and the aphid-resistant germplasm resources were outlined; the current problems in aphid biological control were discussed, and suggestions for future research were made. This review provides a reference for the development and application of aphid biological control technology.

Key words: parasitoid; predatory natural enemy; aphid pathogens; aphid resistant cultivar

蚜虫是重要的农业害虫。目前,世界上已有记录的蚜虫超过4 700种,我国记录的已知种类有

1 000余种(黄晓磊和乔格侠,2006),能够对农业造成经济损失的大约有100种,其中桃蚜 *Myzus persi-*

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2020QC139,ZR2021MC109),国家自然科学基金(32102201)

*通信作者 (Author for correspondence), E-mail: txliu@qau.edu.cn

收稿日期: 2022-01-16

cae 和棉蚜 *Aphis gossypii* 位居世界十大害虫之列。蚜虫生活周期短,繁殖速率快,寄主范围广(Goggin, 2007; Carletto et al., 2009)。蚜虫不仅直接为害农林作物,给农林生产造成巨大的经济损失,还能通过传播病毒病对农林作物进行间接为害,目前已知的600种植物病毒中有将近50%以蚜虫作为传播媒介(Hooks & Fereres, 2006),仅桃蚜就能传播100多种植物病毒(van Emden et al., 1969),对我国农林业生产构成巨大的威胁。

建国以来,化学防治一直是防治蚜虫的主要措施,蚜虫的生物防治发展缓慢。20世纪50年代,龙承德等(1960)从苏联引进日光蜂 *Aphelinus mali* 防治苹果绵蚜 *Eriosoma lanigerum*,这是我国首次利用天敌成功防治蚜虫。但20世纪50—70年代,我国生物防治工作停滞不前。1979年《中共中央加快农业发展若干问题的决定》发布,指出要积极推广生物防治,我国的生物防治事业又逐渐发展起来。20世纪80年代—21世纪初期,我国科研工作者对蚜虫天敌资源进行了大量调查,并对重要的天敌进行了基础生物学和生态学研究。随着化学防治带来的问题日益突显,国家对农业生态治理高度重视。2014年以来,中央一号文件中连续提出“促进生态友好型农业发展,开展病虫害绿色防控”,“十三五”期间,科技部和农业部成立了“化学肥料和农药减施增效综合技术研发”专项,我国生物防治事业进入繁盛期,蚜虫的生物防治也得到迅速发展。科研工作者在蚜虫天敌的扩繁和应用中做了大量工作,烟蚜茧蜂 *Aphydias gifuensis*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、东亚小花蝽 *Orius sauteri* 和食蚜瘿蚊 *Aphidoletes aphidimyza* 等多种天敌已商品化。此外,我国研究者在培育抗蚜作物品种方面进行了许多研究工作,尤其针对小麦、玉米和大豆等作物进行了大量抗蚜性评价和筛选。本文对蚜虫天敌资源挖掘、主要天敌的生物学和生态学研究、优势天敌的扩繁与应用以及蚜虫抗性品种的筛选等研究进展进行综述,并对目前蚜虫生物防治中存在的问题及未来的研究方向进行展望,以期为蚜虫生物防治技术的发展和推广应用提供参考。

1 寄生蜂在蚜虫生物防治中的应用

1.1 蚜虫寄生蜂资源挖掘

建国以来,我国科研工作者对不同地区不同作物上蚜虫寄生蜂资源进行了大量调查。目前记载的蚜虫寄生蜂包括蚜茧蜂科26属173种和蚜小蜂科2属

23种(表1)。蚜茧蜂科主要包括蚜茧蜂属 *Aphydias* 共27种、蚜外茧蜂属 *Praon* 共35种、三叉蚜茧蜂属 *Trioxys* 共18种、全脉蚜茧蜂属 *Ephedrus* 共19种、少毛蚜茧蜂属 *Pauesia* 共14种、柄瘤蚜茧蜂属 *Lysiphlebus* 共9种、双瘤蚜茧蜂属 *Binodoxys* 共8种、平突蚜茧蜂属 *Lysiphlebia* 和孔蚜茧蜂属 *Foveaphedrus* 各7种,侧蚜外茧蜂属 *Parapraon* 共5种、长径蚜茧蜂属 *Lipolexis* 共4种、弓外蚜茧蜂属 *Toxares* 和前突蚜茧蜂属 *Lysaphidus* 各3种,基突蚜茧蜂属 *Fissicaudus* 共2种,以及少脉蚜茧蜂属 *Diaegetiella*、角蚜茧蜂属 *Prolaphidius*、乳瘤蚜茧蜂属 *Papilloma*、腺溶蚜茧蜂属 *Adialytus*、指胸蚜茧蜂属 *Dactylonotum*、奇脉茧蜂属 *Mirax*、网脊蚜外茧蜂属 *Areopraon*、柄痣蚜外茧蜂属 *Astigmapraon*、近蚜外茧蜂属 *Pseudopraon*、光盾蚜茧蜂属 *Diaegetus*、单刺蚜茧蜂属 *Biaxys* 和短蚜外茧蜂属 *Brevipraon* 各1种。蚜小蜂科主要包括蚜小蜂属 *Aphelinus* 共21种、花翅蚜小蜂属 *Marietta* 和原蚜小蜂属 *Protaphelinus* 各1种。调查结果为天敌的保护利用和害虫的生物防治奠定了坚实基础。

我国科研工作者还对不同地区的蚜虫寄生蜂资源进行了调查。云南省蚜茧蜂资源为9属23种,其中柏蚜茧蜂 *Aphydias cupressi*、滇蚜茧蜂 *Aphydias dianensis*、江川平突蚜茧蜂 *Lysiphlebia jiangchuanensis*、马龙少毛蚜茧蜂 *Pauesia malongensis*、昆明前突蚜茧蜂 *Lysaphidus kunmingensis* 和莲全脉蚜茧蜂 *Ephedrus nelumbus* 为云南省特有种类(李骏等,2015)。山东省包括蔬菜和小麦蚜虫寄生蜂25种,隶属于12属,其中烟蚜茧蜂、菜蚜茧蜂 *Diaegetiella rapae* 和乌兹别克蚜茧蜂 *Aphydias uzbekistanicus* 等对蚜虫有显著的控制作用(吕楠和季正端,1993)。谷希树等(1995)对山西省不同生态地理特征(雁北干草原区、晋西北灌丛草原区、晋中针叶林、落叶阔叶林区、晋东南针阔叶混交林区以及晋南落阔叶、针阔叶混交林区5种生态环境)的蚜茧蜂资源进行调查,报道蚜虫寄生蜂为11属32种。刘宏泉(2013)报道新疆维吾尔自治区(简称新疆)有4种蚜小蜂,包括日光蜂、白足蚜小蜂 *Aphelinus albipodus*、黄腹蚜小蜂 *Aphelinus flaviventris* 和短距蚜小蜂 *Aphelinus abdominalis* 等。赵琼(2009)调查了西北5省的蚜茧蜂分布情况,结果显示陕西省蚜茧蜂为蚜茧蜂属、少脉蚜茧蜂属、全脉蚜茧蜂属、基突蚜茧蜂属和蚜外茧蜂属5属;青海省和甘肃省的蚜茧蜂科包括蚜茧蜂属、少脉蚜茧蜂属、全脉蚜茧蜂属、基突蚜茧蜂属、长径蚜茧蜂属、平突蚜茧蜂属和蚜外茧蜂属7个属;宁

夏回族自治区只有蚜茧蜂属、全脉蚜茧蜂属和蚜外茧蜂属3个属,新疆只有蚜茧蜂属、少脉蚜茧蜂属、全脉蚜茧蜂属、基突蚜茧蜂属、长径蚜茧蜂属和蚜外茧蜂属6个属。

通过对我国不同农业生态体系中蚜虫寄生蜂资源调查发现,棉田及粮棉夹种地区常见的蚜虫寄生蜂有棉蚜茧蜂 *Lysiphlebia japonica*、印三叉蚜茧蜂 *Trioxyx indicus*、燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae* 和细长径蚜茧蜂 *Lipolexis gracilis* 四种(田立新等,1981);麦田常见的蚜茧蜂种类有燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂、阿维蚜茧蜂 *Aphidius ervi*、乌兹别克斯坦蚜茧蜂 *Aphidius uzbekistanicus*、麦蚜茧蜂 *Ephedrus plagiator*、黍蚜茧蜂 *Ephedrus nacheri*、桃瘤蚜茧蜂 *Ephedrus persicae*、翼蚜外茧蜂 *Praon volucre*、瘿蚜茧蜂 *Praon gallicum*、有须蚜外茧蜂 *Praon barbatum* 和菜少脉蚜茧蜂 *Diaeletiella rapea* 共11种(郑永善等,1987)。稻田周围杂草上的寄生蜂主要有燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂、少脉蚜茧蜂 *Diaeletiella* sp.、桃瘤蚜茧蜂、麦蚜茧蜂、细长径蚜茧蜂 *Lipolexis gracilis*、翼外蚜茧蜂和蚜外茧蜂 *Praon* sp.共9种(李志胜等,2002)。

1.2 蚜虫寄生蜂的生物学和生态学研究

1.2.1 蚜虫寄生蜂的生物学研究

蚜虫寄生蜂均为容性寄生蜂,雌成虫将卵产在寄主体内,幼虫在寄主体内取食发育至蛹,形成僵蚜;成虫羽化后在寄主体外自由活动,蚜茧蜂成虫仅取食花蜜、蚜虫蜜露等,部分蚜小蜂成虫有取食寄主的行为。由于蚜虫寄生蜂幼虫在寄主体内发育,大多数研究主要集中在其成虫前期(从产卵到羽化)的发育时间和成虫的寿命及繁殖力等方面,仅有少数研究记录其幼虫各龄期的形态和发育历期。蚜茧蜂初孵幼虫半透明,头部到尾部逐渐变细;随着发育,身体不断变大,略弯曲呈C型,中肠显著增大,后期几乎充满体腔。待蚜虫体内物质取食完毕,寄生蜂进入蛹期,僵蚜为黄白色,呈膨大圆球形。目前仅蚜茧蜂卵、1~4龄幼虫、预蛹和蛹各阶段的形态特征和发育时间有详细描述(毕章宝和季正端,1993)。此外,黄海广等(2011)描述了茶足柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus testaceipes* 幼虫阶段的形态变化及卵、幼虫和蛹3个阶段的发育历期。蚜小蜂初孵化时身体透明,两端稍尖呈蛆状;随着发育,各结间分界明显,体长和体宽的比例逐渐缩小,老熟幼虫体长与体宽基本相等;僵蚜呈黑色,形状与寄主蚜虫相似(Christiansen-Weniger, 1994)。目前仅描述了目光蜂的幼虫形态(龙承德等,1960)。

1.2.2 影响蚜虫寄生蜂适合度的生态因素

影响寄生蜂适合度的因素包括植物、寄主等生物因素和温度、湿度等非生物因素。寄主植物为寄生蜂提供栖息环境,其挥发物可影响寄生蜂对寄主的搜寻效率;此外,寄主植物可通过影响寄主的质量间接影响寄生蜂的适合度。寄主植物的种类和品种均显著影响烟蚜茧蜂的适合度,进而影响其控害效果。与西农979和小偃22小麦品种相比,烟蚜茧蜂在用AK58小麦品种饲养的麦长管蚜 *Sitobion avenae* 上的寄生率高,发育快,个体大(Pan et al., 2014);烟蚜茧蜂对辣椒上寄生桃蚜 *Myzus persicae* 的适合度最高,而对甘蓝上寄生桃蚜的适合度最低(Pan et al., 2020)。菜蚜茧蜂对萝卜、白菜、菜心、芥菜和芥兰不同植物饲养的桃蚜寄生时,其适合度也存在显著差异,对萝卜上桃蚜的寄生率和羽化率最高,分别为50.0%和93.0%,在菜心上桃蚜寄生后其后代雌性比例最高,为82.81%,在芥兰上桃蚜寄生后其后代雌性比例最低,为45.3%(明珂等,2010)。

寄生蜂整个幼虫期仅生活在一个寄主蚜虫内,寄主蚜虫是寄生蜂生长发育的唯一营养来源,所以成虫产卵时选择的寄主种类和龄期直接决定其营养的质和量,进而影响寄生蜂的适合度。阿尔蚜茧蜂 *Aphidius ervi* 寄生豌豆蚜 *Acyrthosiphon pisum* 时,随着寄主龄期增大,其幼虫发育历期缩短,后代个体变大,但是其对2龄蚜虫寄生率最高(张廷伟等,2015)。寄生不同龄期桃蚜时,菜蚜茧蜂发育速率存在显著差异,寄生3龄蚜虫时发育最快,寄生1龄蚜虫时发育最慢(刘树生,1989)。烟蚜茧蜂可寄生桃蚜、麦长管蚜和棉蚜 *Aphis gossypii*,但是寄生桃蚜和麦长管蚜的烟蚜茧蜂种群适合度显著高于寄生棉蚜的烟蚜茧蜂种群(Pan & Liu, 2014)。

寄主密度决定寄生蜂成虫的斑块搜寻时间和产卵决策,进而影响其寄生效率。寄生蜂对蚜虫的寄生功能反应基本符合 Holling II 方程(刘爱萍等,2012;王圣印等,2016)。寄主密度同样影响寄生蜂的生殖特性,随着寄主密度的增加,烟蚜茧蜂产卵量和后代性比均发生变化,当蚜虫密度为100头/d时,每头雌性寄生蜂比例达到60%,其单雌生殖力达352.5头(王文夕和李巧丝,1996);过寄生率随着寄主密度增加而降低(Pan et al., 2018)。

温度是影响昆虫生长发育的最主要因子之一,很大程度上寄生蜂对温度的适应能力影响其生物防治效果。烟蚜茧蜂发育速率与温度的关系符合逻辑斯蒂曲线,25℃时发育历期最短;烟蚜茧蜂寿命、生

殖力、羽化率和后代个体大小均在20℃达到最佳,超过25℃其适合度显著降低(吴兴富等,2000)。茶足柄瘤蚜茧蜂在28℃时发育最快,温度低于28℃或超过32℃时,发育速率均受到抑制(孙程鹏等,2017a)。温度影响寄生蜂的寄生效率,在23℃时菜蚜茧蜂搜索能力和产卵效率均显著高于15℃和18℃时(余明恩等,1993);在20℃和25℃时烟蚜茧蜂寄生效率显著高于15℃和30℃时(Khan et al., 2016)。除了以上几种生态因素,其他生态因子也直接或间接影响蚜虫寄生蜂的适合度,比如随着CO₂浓度升高,棉蚜茧蜂发育历期缩短,但是寄生率、羽化率和后代性比等指标因棉花中酚含量的不同而不同(冯利,2008);此外,棉蚜茧蜂对棉蚜的控制效果也会随CO₂浓度升高而提高(李娇等,2013)。如何宁(2019)研究结果显示随着CO₂浓度升高烟蚜茧蜂繁殖力、寄生率和羽化率降低,而雌性后代比例升高,发育速率加快。然而燕麦蚜茧蜂发育速率、寄生率、羽化率和雌性后代比例均随CO₂浓度升高而降低(Yan et al., 2020)。湿度(闫玉芳等,2014)、植物生长调节剂(Zhao et al., 2017)和杀虫剂(古德就,1988;古德就等,1991; Kang et al., 2018)等因素同样影响蚜虫寄生蜂的适合度和控害效果。

1.3 寄生蜂的人工扩繁

1.3.1 饲养技术

蚜虫寄生蜂主要依靠自然寄主进行饲养。关于寄生蜂饲养植物和寄主种类筛选的研究较多。成功的案例就是烟蚜茧蜂的人工繁育。忻亦芬等(2001)最初建立了萝卜苗饲养桃蚜繁殖烟蚜茧蜂技术,每盆苗有50头桃蚜,按照200:1的蚜蜂比接入寄生蜂,在16 m²繁蜂室可得僵蚜30余万头。随着烟蚜茧蜂在烟田的推广应用,邓建华等(2006)建立了田间小棚繁殖烟蚜茧蜂技术,每盆烟苗有2 000~3 000头桃蚜,按照100:1的蚜蜂比接入寄生蜂,僵蚜数量可达8 000头/株。王树会和魏佳宁(2006)针对不同规模温室(大玻璃温室、塑料温室和简易大棚)建立了烟蚜茧蜂周年扩繁技术,每个大玻璃温室25 d产生僵蚜250万头左右;每50 m²塑料温室,可放500盆烟苗,8~10 d可产僵蚜12.5万头,每9 m²简易大棚可产僵蚜4.5万头。为了克服冬季和早春低温对烟蚜茧蜂繁殖效率的影响,目前基本采用漂浮育苗技术繁殖烟蚜茧蜂(陈杰等,2018);李宏光等(2016a,b)通过筛选烟苗密度、生长期、接蚜量和繁蜂方式等建立了漂浮烟苗扩繁烟蚜茧蜂技术。除了烟蚜茧蜂之外,关于其他蚜虫寄生蜂饲养的研究也较多。比如

利用苜蓿蚜 *Aphis craccivora* 繁殖茶足柄瘤蚜茧蜂(孙程鹏等,2017b)、利用桃蚜繁殖菜蚜茧蜂(沈嘉炜等,2015)、利用麦长管蚜繁殖短翅蚜小蜂 *Aphelinus asychis*(王圣印,2016)、利用大豆蚜 *Aphis glycines* 繁殖白足蚜小蜂(Song et al., 2017)等。

载体植物系统是天敌饲养和释放的新方法,该系统集合了增补式生物防治和保护式生物防治的优点。近年来,我国建立了多个蚜虫寄生蜂的载体植物系统,包括小麦-麦长管蚜-烟蚜茧蜂系统(Pan et al., 2014)、小麦-麦长管蚜-短翅蚜小蜂系统(王圣印,2016)、甘蓝-甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae*-烟蚜茧蜂系统(Song et al., 2017)和大豆-大豆蚜-白足蚜小蜂系统(Song et al., 2017)。建立的载体植物系统提高了寄生蜂的饲养效率和释放后的环境适应性,从而促进寄生蜂更好的发挥控害效果。

1.3.2 包装贮藏技术

成熟的包装和贮藏技术是天敌昆虫商品化的必要条件,也是利用天敌成功控害的保障。低温冷藏是寄生蜂常用的贮藏方法。烟蚜茧蜂的耐冷藏性率先被研究(陈茂华等,2005)。目前,烟蚜茧蜂多以僵化2~3 d的僵蚜进行贮藏(阙劲松等,2018a),其包装多采用僵蚜叶片盒和僵蚜盒,这种包装能够保证僵蚜羽化率和成蜂活性(阙劲松等,2018b)。蔺忠龙等(2019)研究表明采用变温冷藏技术并用蒸馏水加荞麦壳基质进行保湿可显著提高僵蚜中烟蚜茧蜂的羽化率。菜蚜茧蜂适宜以僵化4~5 d的僵蚜进行冷藏,冷藏温度为4~5℃(闫玉芳和陈文龙,2012)。

诱导寄生蜂滞育可显著延长其货架期,在促进天敌商品化和生物防治应用中具有重要意义。温度、光照和诱导虫态是诱导昆虫进入滞育状态的关键因素。光照8 h、温度8℃下,烟蚜茧蜂滞育率高达54.35%(李玉艳,2011);在8℃、光周期8 L:16 D条件下,茶足柄瘤蚜茧蜂滞育率高达73.58%,在4℃下将滞育僵蚜冷藏120 d后,其羽化率仍达69.64%(刘敏等,2020)。此外,针对滞育过程中的寄生蜂营养代谢和能量利用也进行了相关研究(安涛等,2017; Zhang et al., 2018; 刘敏等,2020),研究结果将为明确适宜的滞育期和保障寄生蜂滞育解除后的活性提供依据。

1.4 寄生蜂的应用

1.4.1 人工释放

人工释放天敌昆虫,即增补式生物防治,是利用天敌昆虫的重要手段。我国对烟蚜茧蜂、棉蚜茧蜂、菜蚜茧蜂等蚜虫寄生蜂的释放技术进行了研究。烟

蚜茧蜂是我国应用面积最大的蚜虫寄生蜂,在烟草和蔬菜桃蚜的生物防治中发挥着重要作用。2018年在烟草上烟蚜茧蜂释放面积达89.6万hm²,覆盖全国烟草种植面积的99.64%(http://www.gov.cn/xinwen/2018-12/26/content_5352242.htm)。在烟田烟蚜茧蜂的释放分3个阶段,即烟苗定植后15~20、30和40~60 d;释放蜂蚜比为1:30~1:100,释放60 d后蚜虫寄生率高达95%(Yang et al., 2011)。控制蔬菜桃蚜时,烟蚜茧蜂蜂蚜释放比为1:200,每5 d释放1次,连续释放7次,可有效控制桃蚜50 d(李学荣等,2002)。潘明真(2015)研究表明释放烟蚜茧蜂载体植物系统对桃蚜的控制效果显著高于多次释放寄生蜂成虫。在菜蚜茧蜂中也得到了相同的结果,当菜蚜茧蜂蜂蚜释放比为1:250时,释放21 d时蚜虫寄生率达到26.06%(杨海林等,2106);释放菜蚜茧蜂

载体植物系统7 d和14 d时,菜蚜减退率分别为83.11%和95.80%(沈嘉炜等,2015)。

1.4.2 蚜虫寄生蜂的保护利用

单一作物的大面积种植导致农田生态系统的生物多样性急剧下降,进而引起害虫暴发成灾。基于天敌作用和资源集中假说,提高生态系统中的生物多样性是增强天敌控害效果、减少害虫暴发的重要手段。间作套种是增加农田植物多样性的主要措施。麦田间作/套种油菜、蚕豆、豌豆和荷兰豆等可有效保护蚜茧蜂,提高其对蚜虫的寄生率(费晓东等,2012; Xie et al., 2012; Zhou et al., 2013)。棉田间作冬小麦可显著提高寄生蜂对棉蚜的控制效果(Ma et al., 2006)。在大豆田间作葫芦、香瓜和玉米等作物可显著提高大豆田的蜂蚜比,使大豆蚜种群数量降低40%(李新民等,2014)。

表1 我国记录的蚜虫寄生蜂种类
Table 1 List of aphid parasitoids in China

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
蚜茧蜂科 Aphidiidae	蚜茧蜂属 <i>Aphidius</i>	平滑腹柄蚜茧蜂 <i>A. laevipetiolus</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		母菊蚜茧蜂 <i>A. matricariae</i>	黍蚜 Aphids on millet	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		乌兹别克斯坦蚜茧蜂 <i>A. uzbekistanicus</i>	麦蚜 Aphids on wheat	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	桃蚜、棉蚜、菜蚜、麦长管蚜等 <i>Myzus persicae, Aphis gossypii, Lipaphis erysimi, Sitobion avenae</i> et al.	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		腰带蚜茧蜂 <i>A. cingulatus</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		柳蚜茧蜂 <i>A. salicis</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		缢管蚜茧蜂 <i>A. rhopalosiphii</i>	麦长管蚜、麦二叉蚜 <i>Sitobion avenae, Schizaphis graminum</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		粗脊蚜茧蜂 <i>A. colemani</i>	玉米蚜 <i>Rhopalosiphum maidis</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		阿维蚜茧蜂 <i>A. ervi</i>	豌豆蚜、麦无网长管蚜 <i>Acyrthosiphon pisum, Metopolophium dirhodum</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		豆长管蚜茧蜂 <i>A. eadyi</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		长角蚜茧蜂 <i>A. longiantennatus</i>	豌豆蚜 <i>Acyrthosiphon pisum</i>	周尧和向龙成, 1982 Chou & Xiang, 1982
		燕麦蚜茧蜂 <i>A. avenae</i>	麦蚜 Aphids on wheat	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		柏蚜茧蜂 <i>A. cupressi</i>	柏树上的蚜虫 <i>Aphis</i> sp. on cypress	董大志和王云珍, 1996 Dong & Wang, 1996
		滇蚜茧蜂 <i>A. dianensis</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	董大志和王云珍, 1996 Dong & Wang, 1996
		芦苇蚜茧蜂 <i>A. phragmitei</i>	桃粉蚜 <i>Hyalopterus arundinis</i>	吕楠和季正端, 1993 Lü & Ji, 1993
		多脊蚜茧蜂 <i>A. uzbekistanicus</i>	麦长管蚜、麦二叉蚜 <i>Sitobion avenae, Schizaphis graminum</i>	杨海峰等, 1985 Yang et al., 1985
		史密斯蚜茧蜂 <i>A. smithi</i>	豌豆蚜、棉长管蚜 <i>Acyrthosiphon pisum, Acyrthosiphon gossypii</i>	杨海峰等, 1985 Yang et al., 1985
		隐瘤蚜茧蜂 <i>A. ribis</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
	苦艾蚜茧蜂 <i>A. absinthii</i>	麦长管蚜、桃蚜、豆蚜、苦艾姬长管蚜等 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Macrosiphoniella absinthii</i> et al.		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
	隐蚜茧蜂 <i>A. funebris</i>	桃蚜、豆蚜 <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis craccivora</i>		李峰等, 2011 Li et al., 2011
	苦苣蚜茧蜂 <i>A. sonchi</i>	超瘤蚜 <i>Hyperomyzus</i>		李峰等, 2011 Li et al., 2011
	枯木蚜茧蜂 <i>A. picipes</i>	不详 Unkown		李峰等, 2011 Li et al., 2011
	另蚜茧蜂 <i>A. alius</i>	不详 Unkown		石全秀, 1999 Shi, 1999
	艾蚜茧蜂 <i>A. kurosawai</i>	艾蚜 <i>Aphis karosawai</i>		石全秀, 1999 Shi, 1999
	广蚜茧蜂 <i>A. matricariae</i>	棉蚜、豆蚜等 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis fabae</i> et al.		石全秀, 1999 Shi, 1999
	玫瑰蚜茧蜂 <i>A. rosae</i>	月季长管蚜 <i>Macrosiphum rosae</i>		石全秀, 1999 Shi, 1999
	黄斑蚜茧蜂 <i>A. urticae</i>	不详 Unkown		石全秀, 1999 Shi, 1999
侧蚜外茧蜂属 <i>Parapraon</i>	毁灭侧蚜外茧蜂 <i>P. necans</i>	不详 Unkown		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	保定侧蚜外茧蜂 <i>P. baodingense</i>	黄花蒿上的蚜虫 Aphids on <i>Artemisia annua</i>		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	缢管侧蚜外茧蜂 <i>P. rhopalsiphum</i>	不详 Unknown		季正端和张万玉, 1992 Ji & Zhang, 1992
	优曼侧蚜外茧蜂 <i>P. yomenae</i>	不详 Unknown		季正端和张万玉, 1992 Ji & Zhang, 1992
	短角侧蚜外茧蜂 <i>P. brachycerum</i>	黄花蒿上的蚜虫 Aphids on <i>Artemisia annua</i>		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
蚜外茧蜂属 <i>Praon</i>	排遗蚜外茧蜂 <i>P. abjetum</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	翼蚜外茧蜂 <i>P. volucre</i>	麦长管蚜、桃蚜、棉蚜等 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> et al.		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	嬖蚜茧蜂 <i>P. gallicum</i>	麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i>		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	湖北蚜外茧蜂 <i>P. hubeiensis</i>	不详 Unknown		陈家骅等, 1999 Chen et al., 1999
	法蚜外茧蜂 <i>P. gallicum</i>	麦长管蚜、麦二叉蚜 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Schizaphis graminum</i>		杨海峰等, 1985 Yang et al., 1985
	有须蚜外茧蜂 <i>P. barbatum</i>	不详 Unknown		谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	豆长管蚜外茧蜂 <i>P. pisiaphis</i>	豌豆蚜 <i>Acyrtosiphon pisum</i>		周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
	杏蚜外茧蜂 <i>P. prunaaphis</i>	杏树上的蚜虫 Aphis on apricot		周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
	东方蚜外茧蜂 <i>P. orientale</i>	豆蚜、豌豆蚜、麦长管蚜、桃蚜等 <i>Aphis craccivora</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i> , <i>Sitobion avenae</i> , <i>Myzus persicae</i> et al.		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
	黄蚜外茧蜂 <i>P. flavidode</i>	豆蚜 <i>Aphis craccivora</i>		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
	缢管蚜外茧蜂 <i>P. rhopalosiphum</i>	禾谷缢管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i>		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
	背侧蚜外茧蜂 <i>P. dorsale</i>	豌豆蚜、豆蚜 <i>Acyrtosiphon pisum</i> , <i>Aphis craccivora</i>		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
	小隙蚜茧蜂 <i>P. areolatus</i>	小长管蚜 <i>Macrosiphoniella</i> sp.		刘丽娟, 1996 Liu, 1996
	苜蓿斑蚜外茧蜂 <i>P. exoletum</i>	棉蚜、棉长管蚜 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Acyrtosiphon gossypii</i>		郑永善等, 1985 Zheng et al., 1985
	光滑蚜外茧蜂 <i>P. glabrum</i>	麦长管蚜、豆蚜 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Aphis craccivora</i>		董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
		厚蚜外茧蜂 <i>P. grossum</i>	果树蚜虫 Aphids on fruit trees	李峰等, 2011 Li et al., 2011
		苦艾蚜外茧蜂 <i>P. abjectum</i>	苦艾小长管蚜、蒿小长管蚜等 <i>Macrosiphoniella absinthii</i> , <i>Macrosiphoniella leucanthem</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		小痣蚜外茧蜂 <i>P. acarostigma</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		反鞘蚜外茧蜂 <i>P. anocaudatum</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		蒿蚜外茧蜂 <i>P. artemisaphis</i>	<i>Flabellomicrosiphum knowltoni</i> , <i>Obtusicauda coweni</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		保定蚜外茧蜂 <i>P. baodingense</i>	黄花蒿上的蚜虫 Aphids on <i>Artemisia annua</i>	田红伟, 2017 Tian, 2017
		须蚜外茧蜂 <i>P. barbatum</i>	棉长管蚜、豌豆蚜等 <i>Acyrthosiphon gossypii</i> , <i>Acyrthosiphon pisum</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		短角蚜外茧蜂 <i>P. brachycerum</i>	黄花蒿上的蚜虫 Aphids on <i>Artemisia annua</i>	田红伟, 2017 Tian, 2017
		阔腿蚜外茧蜂 <i>P. brevifemorale</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		短径蚜外茧蜂 <i>P. breviradiale</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		成熟蚜外茧蜂 <i>P. exsoletum</i>	棉长管蚜、豌豆蚜等 <i>Acyrthosiphon gossypii</i> , <i>Acyrthosiphon pisum</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		叉脊蚜外茧蜂 <i>P. furcatus</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		湖北蚜外茧蜂 <i>P. hubeiense</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		狭痣蚜外茧蜂 <i>P. leptostigma</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		长径蚜外茧蜂 <i>P. longiradiale</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		毁灭蚜外茧蜂 <i>P. necans</i>	禾谷缢管蚜等 <i>Rhopalosiphum padi</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		黑蚜外茧蜂 <i>P. nigrum</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		近光滑蚜外茧蜂 <i>P. paraglabrum</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		横脊蚜外茧蜂 <i>P. pequodorum</i>	桃蚜、豌豆蚜等 <i>Myzus persicae</i> , <i>Acyrthosiphon pium</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		新疆蚜外茧蜂 <i>P. xinjiangense</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
三叉蚜茧蜂属 <i>Trioxytus</i>		榆三叉蚜茧蜂 <i>T. pallidus</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		刺人草三叉蚜茧蜂 <i>T. acalephae</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		黄三叉蚜茧蜂 <i>T. flavus</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		杨三叉蚜茧蜂 <i>T. populi</i>	白杨毛蚜 <i>Chaitophorus populeti</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		黄色三叉蚜茧蜂 <i>T. flavus</i>	不详 Unknown	周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
		瘤瘤三叉蚜茧蜂 <i>T. struma</i>	大豆蚜、桃蚜 <i>Aphis glycines</i> , <i>Myzus persicae</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		东方三叉蚜茧蜂 <i>T. orientalia</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		广三叉蚜茧蜂 <i>T. communis</i>	大豆蚜、棉蚜 <i>Aphis glycines</i> , <i>Aphis gossypii</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		中华三叉蚜茧蜂 <i>T. sinensis</i>	豆蚜 <i>Aphis craccivora</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
		印度三叉蚜茧蜂 <i>T. indicus</i>	棉蚜、豆蚜 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i>	田立新等, 1981 Tian et al., 1981
		浅黄三叉蚜茧蜂 <i>T. luteolus</i>	不详 Unknown	李骏等, 2015 Li et al., 2015
		亚洲三叉蚜茧蜂 <i>T. asiaticus</i>	棉长管蚜 <i>Acyrthosiphon gossypii</i>	杨海峰等, 1985 Yang et al., 1985
		增加三叉蚜茧蜂 <i>T. auctus</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	郑永善等, 1985 Zheng et al., 1985
		棉短瘤蚜茧蜂 <i>T. rietscheli</i>	棉蚜、豆蚜 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i>	郑永善等, 1985 Zheng et al., 1985
		大豆三叉蚜茧蜂 <i>T. glycines</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	刘丽娟, 1996 Liu, 1996
		缢管三叉蚜茧蜂 <i>T. rhopalosiphum</i>	禾谷纷管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		洋槐三叉蚜茧蜂 <i>T. robiniae</i>	洋槐蚜 <i>Aphis rohiniæ</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		瘦三叉蚜茧蜂 <i>T. tenuicaudus</i>	椴树蚜、榛角斑蚜等 <i>Eucallipterus tiliae</i> , <i>Myzocallis coryli</i> et al.	石全秀, 1999 Shi, 1999
少毛蚜茧蜂属 <i>Paelesia</i>		落叶松少毛蚜茧蜂 <i>P. laricis</i>	大蚜亚科 Lachninae	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		松少毛蚜茧蜂 <i>P. pini</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		虾夷少毛蚜茧蜂 <i>P. jezoensis</i>	长足大蚜 <i>Cinara</i> sp.	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		侧柏少毛蚜茧蜂 <i>P. platyclaudi</i>	长足大蚜 <i>Cinara</i> sp.	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		泰安少毛蚜茧蜂 <i>P. taianensis</i>	柏大蚜 <i>Cinara tujaefilina</i>	吕楠和季正端, 1992 Lü & Ji, 1992
		北海道少毛蚜茧蜂 <i>P. japonica</i>	不详 Unknown	张万玉和季正端, 1992 Zhang & Ji, 1992
		马龙少毛蚜茧蜂 <i>P. malongensis</i>	不详 Unknown	李骏等, 2015 Li et al., 2015
		空沼少毛蚜茧蜂 <i>P. soranmmensis</i>	长足大蚜属 <i>Cinara</i> sp.	张万玉和季正端, 1992 Zhang & Ji, 1992
		冷杉少毛蚜茧蜂 <i>P. abietis</i>	长足大蚜属 <i>Cinara</i> sp.	石全秀, 1999 Shi, 1999
		昆明少毛蚜茧蜂 <i>P. kunmingensis</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
		辽宁少毛蚜茧蜂 <i>P. liaoningensis</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
		粗糙少毛蚜茧蜂 <i>P. rugosus</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
孔蚜茧蜂属 <i>Fovephedrus</i>		柳少毛蚜茧蜂 <i>P. salignae</i>	柳蚜 <i>Tuberolacbnus salignus</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		长足大蚜茧蜂 <i>P. unilachni</i>	柏大蚜 <i>Cinara tujaefilina</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		长鞘蚜茧蜂 <i>F. longus</i>	瘤蚜 <i>Myzus</i> sp.	董大志和王云珍, 1996 Dong & Wang, 1996
		皱蚜茧蜂 <i>F. rugosus</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	陈家骅, 1986 Chen, 1986
		辐脊蚜茧蜂 <i>F. radiates</i>	榆蚜 <i>Myzus lignstri</i> Mosley	陈家骅, 1986 Chen, 1986
		横脊蚜茧蜂 <i>F. transversus</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	陈家骅, 1986 Chen, 1986
		钝鞘蚜茧蜂 <i>F. palaestinensis</i>	瘤蚜、玉米蚜、禾谷缢管蚜 <i>Myzus</i> sp., <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i>	陈家骅, 1986 Chen, 1986
		桃蚜茧蜂 <i>F. persicae</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
		长痣蚜茧蜂 <i>F. longistigmus</i>	瘤蚜 <i>Myzus</i> sp.	田红伟, 2017 Tian, 2017
柄瘤蚜茧蜂属	<i>Lysiphlebus</i>	茶足柄瘤蚜茧蜂 <i>L. testaceipes</i>	禾谷缢管蚜、棉蚜、豆蚜、玉米蚜、麦长管蚜、甘蓝蚜、菊小长管蚜等 <i>Rhopalosiphum padi</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Sitobion avenae</i> , <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Macrosiphoniella sanborni</i> et al.	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		日本柄瘤蚜茧蜂 <i>L. japonica</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	甘明等, 2002 Gan et al., 2002
		豆柄瘤蚜茧蜂 <i>L. fabarum</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		陕西柄瘤蚜茧蜂 <i>L. shaanxiensis</i>	棉蚜、豆蚜 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i>	周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
		松山前突蚜茧蜂 <i>L. matsuyamensis</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		可疑柄瘤蚜茧蜂 <i>L. ambiguus</i>	苦艾姬长管蚜、豆蚜 <i>Macrosiphoniella absinthii</i> , <i>Aphis craccivora</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		沙漠柄瘤蚜茧蜂 <i>L. desertorum</i>	艾蒿蚜 Aphids on mugwort	李峰等, 2011 Li et al., 2011
		混乱柄瘤蚜茧蜂 <i>L. confusus</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
平突蚜茧蜂属	<i>Lysiphlebia</i>	光滑平突蚜茧蜂 <i>L. mirazi</i>	高粱蚜 <i>Macrosiphoniella sacchari</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		棉平突蚜茧蜂 <i>L. japonica</i>	棉蚜、豆蚜等 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i> et al.	田立新等, 1981 Tian et al., 1981
		高粱蚜茧蜂 <i>L. sacchari</i>	高粱蚜 <i>Macrosiphoniella sacchari</i>	陈家骅, 1980 Chen, 1980
		江川平突蚜茧蜂 <i>L. jiangchuannensis</i>	蒲公英蚜 <i>Aphis taraxacicola</i>	董大志和王云珍, 1996 Dong & Wang, 1996
		菊平突蚜茧蜂 <i>L. chrysanthemum</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
		皱纹蚜茧蜂 <i>L. rugose</i>	蚜属蚜虫 <i>Aphis</i> sp.	石全秀, 1999 Shi, 1999
		酉阳平突蚜茧蜂 <i>L. youyangensis</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
全脉蚜茧蜂属	<i>Ephedrus</i>	桃瘤蚜茧蜂 <i>E. persicae</i>	桃粉蚜、桃蚜、麦长管蚜 <i>Hyalopterus arundinis</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Sitobion avenae</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		云杉全脉蚜茧蜂 <i>E. piceae</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		麦蚜茧蜂 <i>E. plagiator</i>	麦长管蚜、豆蚜、桃蚜等 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Myzus persicae</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		强臂蚜茧蜂 <i>E. lacertosus</i>	麦长管蚜、苦艾姬长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Macrosiphoniella absinthii</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		莲全脉蚜茧蜂 <i>E. nelumbus</i>	缢管蚜、茴香明蚜 <i>Rhopalosiphum</i> sp., <i>Hyadaphis foeniculi</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
		原野全脉蚜茧蜂 <i>E. campestris</i>	菊小长管蚜 <i>Macrosiphoniella sanborni</i>	刘丽娟, 1996 Liu, 1996
		黍蚜茧蜂 <i>E. naeneri</i>	棉蚜、桃蚜、麦长管蚜 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Sitobion avenae</i>	李峰等, 2011 Li et al., 2011
		黑全脉蚜茧蜂 <i>E. niger</i>	红花指管蚜、果树蚜虫等 <i>Uroleucon gobonis</i> , aphids on fruit trees et al.	李峰等, 2011 Li et al., 2011
		粗角全脉蚜茧蜂 <i>E. antennalis</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
		小室全脉蚜茧蜂 <i>E. areolaris</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		陈氏全脉蚜茧蜂 <i>E. Cheni</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		橘全脉蚜茧蜂 <i>E. curtus</i>	柑橘蚜虫 Aphids on citrus	田红伟, 2017 Tian, 2017
		褐全脉蚜茧蜂 <i>E. fumeus</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		江苏全脉蚜茧蜂 <i>E. jiangsuense</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		东方全脉蚜茧蜂 <i>E. orientalis</i>	李大尾蚜, 苦艾苜超瘤蚜等 <i>Hyalopterus pruni, Hyperomyzus lactucae</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		方柄全脉蚜茧蜂 <i>E. quadratum</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		钝鞘全脉蚜茧蜂 <i>E. robusus</i>	绣线菊蚜、高粱蚜等 <i>Aphis spiraecola, Longgiunguis sacchari</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
		长鞘全脉蚜茧蜂 <i>E. tanycoleosus</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		毛长管全脉蚜茧蜂 <i>E. trichosiphoniella</i>	<i>Eumyzus impatiensae</i>	田红伟, 2017 Tian, 2017
少脉蚜茧蜂属 <i>Diaeretiella</i>		菜少脉蚜茧蜂 <i>D. rapaea</i>	菜蚜、麦二叉蚜、桃蚜 <i>Lipaphis erysimi, Schizaphis graminum, Myzus persicae</i>	董大志和王云珍, 1985 Dong & Wang, 1985
双瘤蚜茧蜂属 <i>Binodoxys</i>		棉蚜双瘤蚜茧蜂 <i>B. gossypiaphis</i>	棉蚜、豆蚜 <i>Aphis gossypii, Aphis craccivora</i>	周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
		广双瘤蚜茧蜂 <i>B. communis</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
		当归双瘤蚜茧蜂 <i>B. angelicae</i>	蚜属蚜虫 <i>Aphis</i> sp.	石全秀, 1999 Shi, 1999
		复合双瘤蚜茧蜂 <i>B. centaureae</i>	酸模蚜、指管蚜等 <i>Aphis rumicis, Dactynotus</i> sp. et al.	石全秀, 1999 Shi, 1999
		木槿双瘤蚜茧蜂 <i>B. hirsutus</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
		印度双瘤蚜茧蜂 <i>B. indicus</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		绣线菊双瘤蚜茧蜂 <i>B. spiraea</i>	不详 Unknown	石全秀, 1999 Shi, 1999
		肿瘤双瘤蚜茧蜂 <i>B. struma</i>	樟修尾蚜 <i>Sinomegoura citricola</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
		中华双瘤蚜茧蜂 <i>B. sinesis</i>	茶蚜 <i>Toxoptera aurantii</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
长径蚜茧蜂属 <i>Lipolexis</i>		细长径蚜茧蜂 <i>L. gracilis</i>	黍蚜 Aphids on millet	田立新等, 1981 Tian et al., 1981
		黄芩长径蚜茧蜂 <i>L. scutellaris</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	郑永善等, 1985 Zheng et al., 1985
		华长径蚜茧蜂 <i>L. chinensis</i>	不详 Unknown	陈家骅, 1980 Chen, 1980
		甘蔗绵蚜茧蜂 <i>L. wuyiensis</i>	甘蔗绵蚜 <i>Oregma lanigera</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
角蚜茧蜂属 <i>Prolaphidius</i>		那坝珠角蚜茧蜂 <i>P. nawai</i>	柳长喙大蚜 <i>Stomaphis sinisalia</i>	季正端等, 1992 Ji et al., 1992
基突蚜茧蜂属 <i>Fissicaudus</i>		汉中基突蚜茧蜂 <i>F. hanzhongensis</i>	不详 Unknown	周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
		基突蚜茧蜂 <i>F. confucius</i>	台湾毛管蚜 <i>Greemdea formoson</i>	石全秀, 1999 Shi, 1999
前突蚜茧蜂属 <i>Lysaphidus</i>		昆明前突蚜茧蜂 <i>L. kunmingensis</i>	不详 Unknown	李骏等, 2015 Li et al., 2015
		前突蚜茧蜂 <i>L. platesis</i>	棉蚜、豆蚜 <i>Aphis gossypii, Aphis craccivora</i>	习学和朱子龙, 1984 Xi & Zhu, 1984
		松山前突蚜茧蜂 <i>L. matsuyamensis</i>	蚜属蚜虫 <i>Aphis</i> sp.	
乳瘤蚜茧蜂属 <i>Papilloma</i>		黄乳瘤蚜茧蜂 <i>P. luteum</i>	麻栎刻蚜 <i>Kurisaka querciphila</i>	王家儒, 1989 Wang, 1989

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
	腺溶蚜茧蜂属 <i>Adialytus</i>	杨腺溶蚜茧蜂 <i>A. salicaphis</i>	不详 Unknown	谷希树等, 1995 Gu et al., 1995
	指胸蚜茧蜂属 <i>Dactylonotum</i>	指胸蚜茧蜂 <i>D. shaanxiensis</i>	不详 Unknown	周尧和向龙成, 1982 Zhou & Xiang, 1982
	奇脉茧蜂属 <i>Mirax</i>	共和奇脉茧蜂 <i>M. gonghenensis</i>	不详 Unknown	Chen et al., 2001
	弓外茧蜂属 <i>Toxares</i>	前叉弓外茧蜂 <i>T. furcatus</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		皱弓外茧蜂 <i>T. rugosus</i>	不详 Unknown	田红伟, 2017 Tian, 2017
		史氏弓外茧蜂 <i>T. shigai</i>	柳蚜、桃蚜等 <i>Aphis farinose, Myzus persicae</i> et al.	田红伟, 2017 Tian, 2017
网脊蚜外茧蜂属 <i>Areopraon</i>	祝氏网脊蚜外茧蜂 <i>A. chui</i>	不详 Unknown		田红伟, 2017 Tian, 2017
柄痣蚜外茧蜂属 <i>Astigmpraon</i>	何氏柄痣蚜外茧蜂 <i>A. hei</i>	不详 Unknown		田红伟, 2017 Tian, 2017
近蚜外茧蜂属 <i>Pseudopraon</i>	何氏近蚜外茧蜂 <i>P. hei</i>	不详 Unknown		田红伟, 2017 Tian, 2017
光盾蚜茧蜂属 <i>Diaeetus</i>	白吟光盾蚜茧蜂 <i>D. leucopterus</i>	长大蚜 <i>Eulachnus</i> sp.		石全秀, 1999 Shi, 1999
单刺蚜茧蜂属 <i>Biaxys</i>	松柏单刺蚜茧蜂 <i>B. songbaiensis</i>	不详 Unknown		石全秀, 1999 Shi, 1999
短蚜外茧蜂属 <i>Brevipraon</i>	华短蚜外茧蜂 <i>B. chinensis</i>	不详 Unknown		石全秀, 1999 Shi, 1999
蚜小蜂科 Aphelinidae	蚜小蜂属 <i>Aphelinus</i>	日光蜂 <i>A. mali</i>	苹果绵蚜 <i>Eriosoma lanigerum</i>	钟宁等, 1988 Zhong et al., 1988
		黄腹蚜小蜂 <i>A. flaviventris</i>	梅大尾蚜 <i>Hyalopterus pruni</i>	刘宏泉, 2013 Liu, 2013
		文山蚜小蜂 <i>A. wensanus</i>	红腹溢管蚜 <i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i>	杨集昆和陈昱君, 1995 Yang & Chen, 1995
		溢管蚜小蜂 <i>A. rhopalosiphiphagus</i>	红腹溢管蚜 <i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i>	杨集昆和陈昱君, 1995 Yang & Chen, 1995
		椴斑蚜小蜂 <i>A. tiliaphidis</i>	椴斑蚜 <i>Tiliaphis</i> sp.	李成德和赵绥林, 1998 Li & Zhao, 1998
		桃粉蚜小蜂 <i>A. hyalopteraphidis</i>	桃粉蚜 <i>Hyalopterus arundinis</i>	潘孟祥, 1992 Pan, 1992
		黄体黑盾蚜小蜂 <i>A. japonicus</i>	不详 Unknown	陈业和李成德, 2016 Chen & Li, 2016
		黄头黑胸蚜小蜂 <i>A. humilis</i>	李短尾蚜、桃粉蚜等 <i>Brachycaudus helichrysi, Hyalopterus arundinis</i> et al.	陈业和李成德, 2016 Chen & Li, 2016
		黄足蚜小蜂 <i>A. flavipes</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	席玉强等, 2011 Xi et al., 2011
		K 斑蚜小蜂 <i>A. meghalayanus</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017
		横带蚜小蜂 <i>A. maculatus</i>	桃蚜、苹果瘤蚜 <i>Myzus persicae, Myzus malisuctus</i>	陈业, 2017 Chen, 2017
		斑腹蚜小蜂 <i>A. maculigaster</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017
		白足蚜小蜂 <i>A. albipodus</i>	大豆蚜、甜菜蚜、棉蚜、绣线菊蚜、 菜蚜、桃蚜、麦长管蚜 <i>Aphis glycines, Aphis fabae, Aphis gossypii, Aphis citricola, Lippophis erysimi, Myzus persicae, Sitobion avenae</i>	陈业, 2017 Chen, 2017
		东方蚜小蜂 <i>A. sharpaee</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017

续表 1 Continued

科 Family	属 Genus	种 Species	寄主 Host	参考文献 Reference
		异足蚜小蜂 <i>A. varipes</i>	桃蚜、棉蚜、豌豆蚜、甜菜蚜、禾谷缢管蚜等 <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i> et al.	陈业, 2017 Chen, 2017
		棉蚜蚜小蜂 <i>A. gossypii</i>	棉蚜、夹竹桃蚜、绣线菊蚜、菜蚜、高粱蚜、玉米蚜、禾谷缢管蚜等 <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis nerii</i> , <i>Aphis citricolavander</i> , <i>Lipaphis erysimi</i> , <i>Melanaphis sacchari</i> , <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i> et al.	陈业, 2017 Chen, 2017
		长腹蚜小蜂 <i>A. pseudonepalensis</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017
		截棒蚜小蜂 <i>A. truncaticlavus</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017
		短翅蚜小蜂 <i>A. asychis</i>	桃蚜、麦长管蚜、甘蓝蚜、菜蚜、豌豆蚜、绣线菊蚜、玉米蚜、月季冠蚜等 <i>Myzus persicae</i> , <i>Sitobion avenae</i> , <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Lipaphis erysimi</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i> , <i>Aphis citricolavander</i> , <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Myzaphis rosarum</i> et al.	陈业, 2017 Chen, 2017
		短距蚜小蜂 <i>A. abdominalis</i>	麦长管蚜、豆蚜、桃蚜、棉蚜、绣线菊蚜等 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis citricolavander</i> et al.	刘宏泉, 2013 Liu, 2013
		胡氏蚜小蜂 <i>A. huberi</i>	不详 Unknown	陈业, 2017 Chen, 2017
花翅蚜小蜂属 <i>Marietta</i>		豹纹花翅蚜小蜂 <i>M. picta</i>	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	席玉强, 2010 Xi, 2010
原蚜小蜂属 <i>Protaphelinus</i>		尼氏原蚜小蜂 <i>P. nikolskajae</i>	瘿绵蚜属 <i>Pemphigus</i>	Wang et al., 2014

2 蚜虫的捕食性天敌

利用捕食性天敌是进行蚜虫生物防治的重要方法。蚜虫捕食性天敌的种类繁多, 分布在多个科属, 其中研究应用较多的有瓢虫、草蛉、小花蝽、食蚜蝇以及食蚜瘿蚊等, 它们对各种蚜虫均有较好的防治效果, 很多已经实现商品化生产(刘雨芳等, 2020)。相关天敌的应用和防治理论在国内具有广泛的研究基础(表2)。其中瓢虫类天敌是应用相对广泛的一种捕食性天敌(虞国跃, 2010; 王甦等, 2012; 段盼等, 2021)。蚜虫捕食性天敌的优点和存在的问题具有一定的共性。经统计, 在我国捕食性害虫防治研究中, 瓢虫类是国内研究最多、文献报道最早、应用最广泛的一类捕食性天敌昆虫; 异色瓢虫、七星瓢虫和龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* 的相关研究文献数目在所有捕食性昆虫研究文献中位居前3位(刘雨芳等, 2020); 因此本文将瓢虫类作为首选对象总结捕食性天敌的一些共性问题。

2.1 捕食性瓢虫生物学及生防应用

2.1.1 基本生物学特征

瓢虫一般指鞘翅目瓢甲科昆虫, 全变态, 按食性基本可分为植食性瓢虫和捕食性瓢虫(含杂食), 其中捕食性瓢虫常被用于农林业害虫的防治(虞国跃, 2010; 刘雨芳等, 2020)。捕食性瓢虫可以取食蚜虫、粉虱和介壳虫等多种农林业害虫(庞雄飞和毛金龙, 1979)。因此在我国多种瓢虫已经被报道用于田间蚜虫的防治实践中, 如异色瓢虫、七星瓢虫、龟纹瓢虫、多异瓢虫 *Hippodamia variegata*、六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata*、黄斑盘瓢虫 *Coelophora saucia* 和十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata* 等(庞虹, 1996)。与其他鞘翅目昆虫相比, 瓢虫具有以下4个特征: 1)身体一般呈半卵形或半球形, 但并非所有呈此形状的鞘翅目昆虫都属于瓢甲科; 2)下颚须端节为斧形; 3)足跗节隐四节式; 4)第1腹板两侧有后基线(袁锋, 1996)。多数瓢虫成虫鞘翅上有色斑, 而且很多种类的名称与其色斑数目相关。

表2 国内蚜虫的常见捕食性天敌
Table 2 Predators used/studied for aphids in China

天敌 Natural enemy	防治对象 Target	参考文献 Reference	
科 Family	种 Species		
瓢甲科 Coccinellidae	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> 棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	虞国跃 2010 Yu, 2012 孙丽娟等, 2012 Sun et al., 2012 王倩倩等, 2019 Wang et al., 2019 刘思琪等, 2020 Liu et al., 2020
	龟纹瓢虫 <i>Propylaea japonica</i>	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> 棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	李林懋等, 2012 Li et al., 2012 任向辉等, 2014 Ren et al., 2014 陈洁等, 2015 Chen et al., 2015
	七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> 棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	任向辉等, 2014 Ren et al., 2014 王庆森等, 2014 Wang et al., 2014 刘思琪等, 2020 Liu et al., 2020
	黄斑盘瓢虫 <i>Coelophora saucia</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	顾洪根, 1989 Gu, 1989
	多异瓢虫 <i>Hippodamia variegata</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i> 桃蚜 <i>Myzus persicae</i> 豌豆蚜 <i>Acyrthosiphon pisum</i>	戴志一, 1990 Dai, 1990 杜军利等, 2015 Du et al., 2015 文霞等, 2019 Wen et al., 2019 潘洪生等, 2020 Pan et al., 2020
	六斑月瓢虫 <i>Menochilus sexmaculata</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i> 棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 萝卜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i>	段金花和张润杰, 2004 Duan & Zhang, 2004 陈文胜等, 2005 Chen et al., 2005 杨鹤和郑发科, 2007 Yang & Zheng, 2007
	中华草蛉 <i>Chrysoperla sinica</i>	玉米蚜 <i>Rhopa losighum</i> 绣线菊蚜 <i>Aphis citricola</i> 茶蚜 <i>Toxoptera aurantii</i>	辛肇军等, 2007 Xin et al., 2007 郑书文等, 2008 Zheng et al., 2008 李鹤鹏, 2014 Li, 2014
	大草蛉 <i>Chrysopa pallens</i>	绣线菊蚜 <i>Aphis citricola</i> 茶蚜 <i>Toxoptera aurantii</i> 豌豆修尾蚜 <i>Megoura japonica</i>	孙丽娟等, 2013 Sun et al., 2013 程丽媛等, 2014 Cheng et al., 2014 唐良德等, 2017 Tang et al., 2017
	南方小花蝽 <i>Orius similis</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 高粱蚜 <i>Melanaphis sacchari</i> 蚕豆蚜 <i>Aphis craccivora</i>	苗春生和孙玉英, 1987 Miao & Sun, 1987 王香萍等, 1999 Wang et al., 1999 刘梅等, 2021 Liu et al., 2021
	东亚小花蝽 <i>Orius sauteri</i>	高粱蚜 <i>Melanaphis sacchari</i> 甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i> 豆蚜 <i>Aphis craccivora</i>	武予清等, 2010 Wu et al., 2010 刘文静等, 2011 Liu et al., 2011 韩岚岚等, 2015 Han et al., 2015
瘿蚊科 Cecidomyiidae	食蚜瘿蚊 <i>Aphidoletes aphidimyzza</i>	苹果瘤蚜 <i>Myzus malisuctus</i> 桃蚜 <i>Myzus persicae</i> 甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i>	张洁和杨茂发, 2007 Zhang & Yang, 2007 宋新元等, 2005 Song et al., 2005 陈朝阳等, 2003 Chen et al., 2003
	大灰食蚜蝇 <i>Syrphus corollae</i>	豌豆修尾蚜 <i>Megoura japonica</i> 豌豆蚜 <i>Acyrthosiphon pisum</i> 甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i>	何继龙等, 1990 He et al., 1990 杜予州和陈学忠, 1993 Du & Chen, 1993 孙兴全等, 1995 Sun et al., 1995
食蚜蝇科 Syrphidae	黑带食蚜蝇 <i>Epistrophe balteata</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i> 茶蚜 <i>Toxoptera aurantii</i>	董坤等, 2004 Dong et al., 2004 范文红, 2015 Fan, 2015 樊吉君等, 2021 Fan et al., 2021
	狭带贝食蚜蝇 <i>Betasyrphus serarius</i>	茶蚜 <i>Toxoptera aurantii</i>	程予奇等, 2019 Cheng et al., 2019
	狭带食蚜蝇 <i>Syrphus serarius</i>	桃蚜 <i>Myzus persicae</i>	戴轩, 1993 Dai, 1993
	月斑鼓额食蚜蝇 <i>Scaeva selenitica</i>	落叶松球蚜 <i>Adelges laricis</i>	罗佑珍等, 2001 Luo et al., 2001
	四条小食蚜蝇 <i>Paragus quadrifasciatus</i>	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	陆文敏等, 1994 Lu et al., 1994
			黄春梅等, 2012 Huang et al., 2012

2.1.2 防治相关研究的成功模式

作为全变态昆虫,瓢虫生活史分为卵、幼虫、蛹和成虫4个阶段。对于捕食性瓢虫来说,生活史占比最大的幼虫和成虫阶段食性变化不大,除卵和蛹

之外均可用于害虫防治;其中高龄幼虫和成虫阶段是捕食能力最强的阶段,雌雄成虫之间捕食能力会有些许差异,雌成虫捕食能力一般更强,多数瓢虫对蚜虫的捕食功能反应符合 Holling II型功能反应类

型(郭佩佩等,2020;段宇杰等,2021)。直至近一两年,捕食性瓢虫对不同害虫的防控依然是研究热点,如多异瓢虫对棉黑蚜 *Aphis atrata*、桃蚜及豆蚜的防治效果试验证实雌成虫捕食能力最强(郭佩佩等,2020;潘洪生等,2020);异色瓢虫成虫对豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* 的捕杀防治效果较好(王海诺等,2020);异色瓢虫和七星瓢虫对核桃黑斑蚜 *Chromaphis juglandicola* 均有较强的捕食能力,且异色瓢虫捕食能力强于七星瓢虫(刘恩琪等,2020)。

然而,多种捕食性瓢虫的混合释放方式未必能使防治效果达到最大。因为捕食性瓢虫之间生态位存在重叠,多个种之间存在空间和食物的竞争、干扰甚至直接的捕杀关系(王甦等,2012;赵静等,2016)。例如王甦等(2012)对异色瓢虫、龟纹瓢虫及多异瓢虫3种瓢虫混合释放的研究结果证实在田间释放时异色瓢虫与其他捕食性瓢虫表现出很强的竞争作用。异色瓢虫可以通过较高的种间互残及攻击防御能力提高自身在营养水平低下时的生存概率;异色瓢虫的生态位宽度高,且与其他瓢虫的生态位重叠程度大。因此异色瓢虫的存在会严重影响同生态位其他捕食性瓢虫的种群增长(王甦等,2012)。分子生物学技术近些年也被用于瓢虫混合释放的相关研究中,试图从取食对象消化道的检出情况来解释相关问题(杨帆,2014)。

寄生性天敌和捕食性天敌可以互补,协同对蚜虫进行防治以增强捕食能率和持续性。捕食性瓢虫和寄生性寄生蜂可以协同释放,比如异色瓢虫与烟蚜茧蜂是2种常见的桃蚜天敌。协同释放研究结果显示虽然2种天敌间发生了集团内捕食作用,但共同使用2种天敌对桃蚜的控制效果优于单独使用一种天敌的控制效果,并且2种天敌间的集团内捕食作用并未显著干扰共同使用2种天敌的生物防治效果(于兴林,2020),因此,异色瓢虫与烟蚜茧蜂具有协同防控蚜虫的潜力。

2.1.3 捕食性天敌应用的研究热点

捕食性天敌在生物防治实践中的优缺点和研究方向与其他捕食性天敌相同,主要包括人工养殖和储存运输技术、养殖使用成本降低、行为控制和生态风险评价等几个主要方面以及背后的机制研究,具体介绍如下。

滞育的应用:研究滞育调控机理可以有效控制瓢虫及相关生防产品大量繁殖、储藏和运输的成本,降低不必要的养殖和食物原料消耗。瓢虫滞育研究历史悠久,国内外自20世纪初就有相关研究报道,

至今已有近30种瓢虫的滞育被报道(王伟等,2011)。瓢虫既存在冬滞育也存在夏滞育,多数瓢虫均在成虫阶段滞育,光周期是诱导其产生滞育的主要因子,此外温度和食物也是引起瓢虫滞育的关键因素(Reznik & Vaghina, 2013; 张晓燕等, 2015; Ovchinnikova et al., 2016)。除了行为特征之外,生殖系统和脂肪体发育程度、咽侧体大小等也是判断瓢虫滞育状态的关键生理指标(Ovchinnikova et al., 2016)。根据瓢虫滞育机制的研究成果,可以通过人工改变温度、光周期等使瓢虫进入滞育状态,并在适宜的时机解除滞育(张伟等,2014);同时,保幼激素在生理层面与瓢虫滞育相关,因此保幼激素或其类似物也可用于瓢虫滞育调控(刘梦姚,2019)。

扩散:在田间或保护地栽培环境内释放天敌后,希望它们能够扩散到有害虫的植物上,不希望它们“远走高飞”,离开害虫发生的作物,发挥不了防治害虫的目的。捕食性瓢虫成虫较强的扩散能力是影响防治效率的重要原因之一。瓢虫成虫在阳光下喜起飞扩散,因此开放环境下释放的瓢虫难以在目标环境中维持足够的时间,导致释放的天敌有效捕食时间减少,变相增加了释放成本;在温室内部释放也会因为瓢虫趋光、趋上(负重力趋性)习性导致释放的天敌聚集在棚顶或角落,无法达到最大防治效果(Dixon, 1959; Ferran et al., 1998)。针对这些问题,国外相关研究者和机构进行了数十年的无翅及不善飞行的瓢虫培育,并获取到了不同的“不飞”异色瓢虫种群(Ohde et al., 2009)。这类人工繁育的飞行缺陷种群在交配行为、繁殖力和取食效率等很多方面存在缺陷,距完美使用以及商业化应用还有一定的距离(Ferran et al., 1998)。

种内自残现象:瓢虫养殖过程中的种内自残现象会严重影响种群数量增长效率。种内自残现象在多种捕食性瓢虫中都存在,比较典型的是异色瓢虫和七星瓢虫。瓢虫种内的自残行为在食物匮乏、种群密度较大时更容易发生(赵静等,2016)。典型的自残行为就是龄期较大的个体捕食龄期较小的个体;第2种,日龄大小类似的个体之间也会发生争斗取食;第3种,新化蛹的个体可能会被4龄幼虫取食;还有一种较常见的情况就是成虫会对卵进行取食(Gagné et al., 2002; 杜迎刚等, 2014; 赵静等, 2016)。这些不同种类的种内自残行为都会对养殖过程中的种群规模产生负面影响,解决瓢虫养殖过程中的种内自残是商业化养殖需要解决的重要问题之一。

生态风险:非本地种瓢虫的引入有可能会带来

一定的生态风险,比如异色瓢虫的全球引进就是典型例证,但我国作为异色瓢虫原产地,生态风险较小,主要作为益虫对待。异色瓢虫是当前应用较广泛的天敌昆虫,本地释放使用具有很多优势和成功的实例(Koch, 2003; Koch & Galvan, 2007; Roy et al., 2016)。20世纪初作为生防天敌被引进到北美洲,20世纪末引进到欧洲,于20世纪90年代其在北美洲和欧洲大规模扩散暴发,目前异色瓢虫广泛分布于除大洋洲、南极洲之外的其他所有大洲,除取食害虫之外,还会影响农业生产,如降低葡萄品质、干扰人类生活环境(居所聚集、引起过敏等原因),成为重要的入侵性害虫(Roy et al., 2016; Camacho-Cervantes et al., 2017)。异色瓢虫在其他地区造成的生态问题也提醒我们在引进非本地天敌昆虫之前,需提前做好足够的前期研究,评估包括生态风险在内的多种因素;同时,异色瓢虫的全球扩散也反映了此虫极强的环境适应性。

2.2 其他捕食性天敌

2.2.1 草蛉

除瓢虫以外,草蛉、小花蝽和食蚜蝇等也是用于防治蚜虫的常见捕食性天敌。全球现约有草蛉100属2 000种左右;中国记录有27属184种(范仁俊和杨星科,1995);如大草蛉 *Chrysopa pallens* 和中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 等草蛉类都是常见的蚜虫捕食性天敌(许永玉等,1999;李姝等,2019;赖艳和刘星月,2020)。草蛉多个龄期均可以对包括桃蚜、豆蚜和绣线菊蚜 *Aphis citricloa* 等多种害虫进行有效防治(赖艳和刘星月,2020)。草蛉商品化生产相关研究,如滞育特性、人工饲料使用和配方优化也正在开展(党国瑞等,2012;陈珍珍等,2013;李姝等,2019)。

2.2.2 小花蝽

国内常见东亚小花蝽 *Orius sauteri* 和南方小花蝽 *O. similis* 被用于蔬菜田间包括蚜虫在内的多种农业害虫防治。小花蝽对多种蚜虫,包括桃蚜、甘蓝蚜和豌豆蚜等多种蚜虫均有较好的防治效果(段盼等,2021)。小花蝽低龄时期可以用鳞翅目卵进行喂养,适合规模化养殖(杨丽文等,2014;郭培等,2020)。小花蝽的人工扩繁技术、释放技术、农药抗性和联合应用等贴近生产应用的研究是目前的主要研究方向(刘文静等,2010;尹哲等,2014)。

2.2.3 食蚜蝇

食蚜蝇也是蚜虫的常见天敌,隶属于双翅目、环裂亚目、无缝组,食蚜蝇总科(张宏杰和霍科科2005;黄春梅等,2012),常见的大灰食蚜蝇 *Syrphus*

corollae、黑带食蚜蝇 *Episyrrhus balteatus* 以及狭带贝食蚜蝇 *Betasyrphus serarius* 等对蚜虫均有很好的控制效果(何继龙等,1990;程予奇等,2019;樊吉君等,2021);食蚜蝇还可以与其他捕食性天敌(如瓢虫)协同使用,提高捕食效率(孙兴全等,1995;程予奇等,2019;樊吉君等,2021)。但相对于其他捕食性天敌,食蚜蝇的应用还不够广泛,当前更集中于野外食蚜蝇的诱集、直接利用环境中的种群,以及部分食蚜蝇养殖技术的相关探索研究(田径和任炳忠,2019)。

2.2.4 食蚜瘿蚊

食蚜瘿蚊是蚜虫专一性的捕食性天敌,可以取食多种不同作物上的蚜虫(Harris, 1973),其幼虫阶段是主要的捕食阶段,吸取蚜虫体液;该虫存在种内相残的现象。食蚜瘿蚊分布较广,在我国南北方均有分布;相较于其他蚜虫天敌,其具有生长周期短、繁殖力强和生长周期短等特点,并且易于大批量工厂化繁殖(刘细群等,2007;于晓飞等,2018)。因此该虫作为蚜虫的捕食性天敌具有广阔的应用前景。

3 蚜虫病原微生物的研究与应用

我国对蚜虫病原微生物的研究与应用起步较晚。现已挖掘的蚜虫病原微生物主要有白僵菌 *Beauveria*、蜡蚧轮枝菌 *Verticillium lecanii*、毒力虫霉 *Entomophthoar viurlenta*、黄绿绿僵菌 *Metarrhizium skavoviride*、耳霉菌 *Conidiobolus*(刘明晖等,1991)和金龟子绿僵菌 *Metarrhizium anisopliae*(张秀霞等,2020)等;防治的蚜虫包括麦蚜(冯明光等,1996)、烟蚜(李林吉等,2015)、甘蓝蚜(张亚平等,2006)、枸杞蚜虫 *Aphis* sp.(刘浩等,2015)、茄无网蚜 *Acyrthosiphon solani*(桂富荣等,2005)和茶蚜 *Toxoptera aurantii*(王雪芹等,2008)等多种蚜虫。目前的研究主要集中在不同菌株对蚜虫毒力的测定以及施用浓度的筛选。已经登记售卖的只有球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*(安徽黑包公有害生物防控有限公司)、耳霉菌(山东省长清农药厂有限公司)和金龟子绿僵菌 CQMa421(重庆聚立信生物工程有限公司)3种。

4 植物抗性在蚜虫防治中的应用

植物抗虫机制分为抗生性、不选择性(排趋性)和耐害性3种(胡想顺和赵惠燕,2014)。而蚜虫发育周期短,繁殖能力强,且现代农业多为大规模连片种植,所以作物的抗生性和耐害性在植物抗蚜中起主导作用,而实际研究中又以抗生性为主(陈超权

等, 2018; Douglas, 2018; 范元兰等, 2020)。蚜虫以植物韧皮部汁液为食, 取食时将其口针穿刺植物组织, 因而植物细胞壁增厚等物理障碍及细胞内拒食性物质均可对蚜虫产生抗生性, 降低蚜虫为害(Züst & Agrawal, 2016)。虽然蚜虫的口针柔软细长, 可避免引起较大的植物组织损伤, 但是蚜虫在取食过程中仍会激发植物水杨酸和茉莉酸等防御信号途径, 但外源喷施植物茉莉酸和水杨酸对蚜虫防治并不是很有效(曹贺贺, 2014)。此外, 蚜虫取食时分泌到植物中的唾液包含许多蛋白, 具有类似效应蛋白的功效, 被植物相应模式识别受体识别并激活特定的抗蚜机制(Züst & Agrawal, 2016)。*Mi-1.2*是鉴定的第1个植物抗蚜基因, 含*Mi-1.2*基因的番茄对马铃薯长管蚜*Macrosiphum euphorbiae*、番茄木虱*Bactericera cockerelli*和烟粉虱*Bemisia tabaci*均有抗性, 但具体抗性机理并不一致(Milligan et al., 1998; Rossi et al., 1998; Nombela et al., 2003)。另外, 甜瓜中*Vat*基因、苜蓿中*AKR*基因、生菜中*Nr*基因、大豆中*RAG2*基因等都是植物抗蚜基因(陈超权等, 2018; Douglas, 2018)。但是多数抗蚜品种的抗性中等且抗性不稳定(陈超权等, 2018; 范元兰等, 2020); 缺乏高效抗蚜基因或种质资源, 没有结合作物育种培育成可推广的抗蚜品种(范元兰等, 2020)。

目前蚜虫防治以化学防治为主, 但是培育和种植抗蚜作物品种对于蚜虫绿色防控具有长期和深远的经济和环保意义, 并可与以天敌为主的生物防治相互配合, 从而减少化学农药的使用。尽管近年来植物分子遗传育种技术快速发展, 但植物抗虫性尤其是抗蚜性仍不是主要的育种关注方向, 需要大规模筛选和鉴定农艺性状较好的、高效的抗蚜基因或品种(范元兰等, 2020)。以下介绍我国主要作物的抗蚜性研究进展。

4.1 作物抗蚜性研究

在我国作物抗蚜性的研究较多, 其中以小麦等主要作物的抗蚜性研究为主。小麦上主要蚜虫有麦长管蚜、禾谷缢管蚜*Rhopalosiphum padi* 和麦二叉蚜*Schizaphis graminum*三种(曹贺贺, 2014; 胡想顺和赵惠燕, 2014)。其中麦长管蚜为优势种群, 对小麦产量影响最大。我国主要从20世纪50—60年代就开始对小麦抗蚜品种进行大规模筛选和鉴定, 先后筛选了几千份小麦品系, 发现了几十个抗蚜性相对较高的品系(胡想顺和赵惠燕, 2014)。然而在蚜虫为害最严重的灌浆期, 多数抗蚜小麦品种多表现为中等抗性, 且受气候、年份和小麦发育期等的影

响, 防治仍然不能完全离开化学防治, 但可减少农药使用次数(Hu et al., 2016)。未来小麦抗蚜研究方向应为筛选农艺性状较好的中等抗蚜品系, 而不是一味寻找能脱离化学防治的高抗蚜品系。

我国玉米上蚜虫主要为玉米蚜*Rhopalosiphum maidis* 和禾谷缢管蚜, 以玉米蚜为害为主(韩春燕等, 2020)。我国玉米抗蚜性研究比较少, 大多数研究为初步筛选鉴定抗蚜玉米品种、品系。但目前为止, 尚未发现对蚜虫完全免疫的玉米品系或抗蚜基因(韩春燕等, 2020)。国外 Meihls et al.(2013)调查了26个玉米品系, 发现玉米对玉米蚜的抗性与其叶片中丁布类物质DIMBOA-Glc(2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one glucoside)含量负相关, 而与HDMBOA-Glc(2-hydroxy-4,7-dimethoxy-1,4-benzoxazin-3-one glucoside)含量正相关, 原因是HDMBOA-Glc导致植物胼胝质形成, 进而增加其抗蚜性。玉米*Bx10c*基因控制DIMBOA-Glc向HDMBOA-Glc转化, 因而是玉米抗蚜的主要基因(Meihls et al., 2013)。我国玉米抗蚜性品系鉴定也可通过测定HDMBOA-Glc含量和*Bx10c*基因表达来进行初步筛选。我国对棉花、大豆、马铃薯和蔬菜等作物的抗蚜性研究还处于初步阶段, 缺乏系统和深入研究, 其他作物抗蚜性种质资源也有待大规模筛选鉴定。

4.2 转基因抗蚜育种

通过转入植物外源毒性基因可提高植物对蚜虫的抗性。我国研究最多的外源基因为植物凝集素类基因(邓青等, 2013)。植物凝集素蛋白可与昆虫肠道上皮细胞结合, 破坏肠道细胞功能并抑制蚜虫取食, 降低蚜虫生长发育速度和存活率(邓青等, 2013; 陈劲等, 2014)。同时转雪花莲凝集素和苋菜凝集素2种基因的棉花可抑制36%~56%棉蚜(赵亚楠等, 2021)。小麦转雪花莲凝集素基因和中国水仙凝集素基因可减少蚜虫数量达50%(段晓亮, 2013)。虽然近年来的报道均表明凝集素类物质可以增加植物抗蚜性, 但需要韧皮部积累较高浓度的凝集素蛋白, 且最多只能降低50%左右的蚜虫种群, 因而相关转基因作物并没有推广种植(陈劲等, 2014)。此外, 凝集素可能会改变植物代谢和农艺性状, 是否对非靶标动物和哺乳动物产生危害尚不清楚(邓青等, 2013)。

通过植物介导的RNA干扰(RNA interference, RNAi)技术可沉默蚜虫关键基因。但由于蚜虫RNAi效率较低, 目前仍未筛选出能高效致死或完

全抑制蚜虫生长发育的基因(许兰杰,2013;陈劲等,2014)。例如取食转羧酸酯酶基因小麦株系,导致麦长管蚜相应基因下调,并降低其繁殖量,但麦长管蚜取食转脂蛋白脂肪酶基因小麦株系对其生长发育无显著影响(许兰杰,2013)。此外,国内对大多数作物转基因育种及种植政策还不明确,目前也没出现转基因抗蚜植物在田间大面积推广的情况。因此利用非转基因种质资源库筛选培育抗蚜品种仍是目前最主要和根本的途径。

目前植物抗蚜研究大多局限于少量作物品种,缺乏大规模种质资源的调查及后续抗蚜机制及抗蚜基因鉴定。因此,未来抗蚜性研究需要与遗传育种进行合作,大规模筛选抗蚜作物品种,研究其抗蚜机制,定位抗蚜基因,通过杂交育种方式培育稳定遗传且有优良农艺性状的抗蚜作物品种(胡想顺等,2022),具体可参照我国水稻对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 的抗虫机制和抗虫基因研究,采用基因组或转录组学进行分子辅助筛选(李晓雪等,2021)。此外,在植物抗蚜筛选及育种中为保证植物抗蚜性的一致性和稳定性,需综合考虑以下因素:植物不同生育期和不同组织的抗蚜性可能差异巨大,田间连片种植与实验室和田间小块地试验结果可能不一致,单个抗性基因容易导致蚜虫适应性(胡想顺等,2022)。

5 展望

尽管当前生物防治技术还存在见效慢、受环境影响大、成本高等诸多缺点,但是,在过去的60多年中,我国蚜虫生物防治取得了显著成果。目前已经发现主要农作物蚜虫寄生性天敌196种,主要捕食性天敌多达16种,主要病原微生物6种;其中烟蚜茧蜂、异色瓢虫、食蚜瘿蚊、球孢白僵菌、耳霉菌和金龟子绿僵菌等蚜虫天敌已实现商品化生产。蚜虫天敌的真正应用仅限于一些价值较高的作物。利用烟蚜茧蜂防治蚜虫技术在我国烟草生产中基本实现全覆盖,而其他天敌在温室蚜虫的防治中也得到广泛应用。但是在蚜虫生物防治中仍存在许多问题:(1)蚜虫种类的准确鉴定、发生规律、种群变动及生物防治指标,这关系到天敌的释放种类、时间与数量。(2)保护天敌。在不同的虫害管理策略下,让种植者理解天敌复合体对蚜虫种群的影响,以及对作物产量、品质与价值增长的影响。(3)大力推广简单易行效果持久的载体生物防治系统。(4)提高天敌人工饲养技术。目前,能够规模化生产的天敌种类少,生产效率

低;所以今后在继续挖掘优质的天敌资源,并重点研究天敌的高效扩繁技术和保护利用技术,针对天敌人工繁育、保存运输、释放以及释放后行为调控等方面进行研究和优化,以适应田间释放的需求。(5)利用蚜虫与寄主植物及天敌的三级营养关系,利用抗性植物调控蚜虫与天敌的行为学,达到有效防治蚜虫的目的。同时,更好地了解寄主植物和生态环境对蚜虫种群的调节作用,可能会提高蚜虫生物防治的能力。(6)抗蚜虫品种仍然稀缺。在植物抗性研究与利用方面,将分子技术与遗传育种方向资源进行合作,大规模筛选抗蚜品种,加强抗蚜基因标记与定位及抗蚜机制研究,为抗蚜作物与品种资源的筛选提供一种快速、有效、准确的方法,为抗蚜育种奠定基础,再通过各种新育种技术培育具有稳定遗传且有优良农艺性状的抗蚜作物品种。最终,以保护利用天敌为主导作用的蚜虫生物防治,要因地制宜,尽可能协调各种蚜虫防治技术措施,使其进行最优化配合,建立以农业防治为基础、生物防治为主导的蚜虫防治新策略。

参考文献 (References)

- An T, Zhang HZ, Han YH, Chen HY, Zhang LS. 2017. Transcriptome analysis of diapause-associated genes of *Aphidius gifuensis* Ashmead. Chinese Journal of Biological Control, 33(5): 604–611 (in Chinese) [安涛, 张洪志, 韩艳华, 陈红印, 张礼生. 2017. 烟蚜茧蜂滞育关联基因的转录组学分析. 中国生物防治学报, 33 (5): 604–611]
- Bi ZB, Ji ZD. 1993. Bionomics of *Aphidius gifuensis* Ashmead 1: development stages and morphology of larval stage. Journal of Agricultural University of Hebei, 16(2): 1–8 (in Chinese) [毕章宝, 季正端. 1993. 烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead 生物学研究I: 发育过程和幼期形态. 河北农业大学学报, 16(2): 1–8]
- Camacho-Cervantes M, Ortega-Iturriaga A, Del-Val E. 2017. From effective biocontrol agent to successful invader: the harlequin ladybird (*Harmonia axyridis*) as an example of good ideas that could go wrong. PeerJ, 5: e3296
- Cao HH. 2014. Constitutive and induced defenses of wheat against *Sitobion avenae*. PhD thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [曹贺贺. 2014. 小麦对麦长管蚜的组成抗性和诱导抗性研究. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Carletto J, Lombaert E, Chavigny P, Brévault T, Lapchin L, Vanlerberghe-Masutti F. 2009. Ecological specialization of the aphid *Aphis gossypii* Glover on cultivated host plants. Molecular Ecology, 18(10): 2198–2212
- Chen CQ, Liu SLJ, Kong LJ, Miao LM, Deng H, Zhao K, Wang SY, Li JB, Yu XL. 2018. Advances in physiological and molecular mechanisms of plant resistance to aphids. Plant Protection, 44 (2): 11–21 (in Chinese) [陈超权, 刘盛兰嘉, 孔李俊, 缪黎明, 邓

- 航, 赵坤, 王神云, 李建斌, 余小林. 2018. 植物抗蚜生理及分子机制的研究进展. 植物保护, 44(2): 11–21]
- Chen CY, Zeng Q, Chen QJ, Zhang YZ. 2003. Investigations on the natural enemies of *Myzus persicae* Sulzer in tobacco field in Fujian Province. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 25(S1): 81–84 (in Chinese) [陈朝阳, 曾强, 陈乾锦, 张玉珍. 2003. 福建省烟田烟蚜的天敌调查. 江西农业大学学报, 25(S1): 81–84]
- Chen J, Jiao HY, Zhang H, Song YT, Sun HK. 2015. Study on predatory function of *Propylea japonica* on *Rhopalosiphum padi*. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 19(2): 41–43, 50 (in Chinese) [陈洁, 焦宏业, 张恒, 宋玉田, 孙海昆. 2015. 龟纹瓢虫对禾谷缢管蚜捕食功能反应的研究. 河北农业科学, 19(2): 41–43, 50]
- Chen J, Liu Z, Zhu SW. 2014. Progress in aphid-resistant genes and transgenic crop research. *Biotechnology Bulletin*, (10): 1–7 (in Chinese) [陈劲, 刘志, 朱生伟. 2014. 抗蚜基因及其转基因作物研究进展. 生物技术通报, (10): 1–7]
- Chen J, Qiu MW, Chen YM, Deng HB, Yi L. 2018. Rapid breeding of *Aphidius gifuensis* with white radish floating seedling system and simultaneous inoculation of *Myzus persicae* and *A. gifuensis*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 34(15): 135–139 (in Chinese) [陈杰, 邱妙文, 陈永明, 邓海滨, 易龙. 2018. 利用萝卜漂浮育苗及蜂蚜同接法快速扩繁烟蚜茧蜂效果研究. 中国农学通报, 34(15): 135–139]
- Chen JH. 1980. Description of a new species of the genus *Lipolexis* Forster (Hymenoptera: Aphidiidae). *Entomotaxonomia*, 2(3): 169–172 (in Chinese) [陈家骅. 1980. 长径蚜茧蜂属一新种记述. 昆虫分类学报, 2(3): 169–172]
- Chen JH. 1986. *Fovephedrus*, a new genus with four new species (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Fujian Agricultural College* 15(2): 91–100 (in Chinese) [陈家骅. 1986. 中国蚜茧蜂的研究 IV. 孔蚜茧蜂 *Fovephedrus* 新属与四新种记述(膜翅目: 蚜茧蜂科). 福建农学院学报, 15(2): 91–100]
- Chen JH, Shi QX, Yang JQ. 1999. A new species of *Praon* Haliday from China (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Fujian Agricultural University (Natural Science)*, 28(2): 167–170 (in Chinese) [陈家骅, 石全秀, 杨建全. 1999. 中国蚜外茧蜂属 *Praon* Haliday一新种记述(膜翅目: 蚜茧蜂科). 福建农业大学学报(自然科学版), 28(2): 167–170]
- Chen JH, Wu ZS, Chen QJ. 2001. One new species of the genus *Mirax* Haliday from China (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 26(4): 548–550
- Chen MH, Han ZJ, Wang R. 2005. A preliminary study on the effects of cold storage on the pupae of *Aphidius gifuensis* Ashmead. *Plant Protection*, 31(2): 41–43 (in Chinese) [陈茂华, 韩召军, 王瑞. 2005. 烟蚜茧蜂蛹期耐冷藏性研究. 植物保护, 31(2): 41–43]
- Chen WS, Cui ZX, Yang CJ. 2005. Study on the functional responses of *Menochilus sexmaculatus* Fab. to *Lipaphis erysimi* (Davis). *Journal of Huazhong Agricultural University*, 24(4): 348–350 (in Chinese) [陈文胜, 崔志新, 杨长举. 2005. 六斑月瓢虫捕食萝
- 卜蚜的功能反应. 华中农业大学学报, 24(4): 348–350]
- Chen Y. 2017. A taxonomic study on several genera of Aphelinidae (Hymenoptera: chalcidoidea) from China. PhD thesis. Harbin: Northeast Forestry University (in Chinese) [陈业. 2017. 中国蚜小蜂科部分属的分类研究(膜翅目: 小蜂总科). 博士学位论文. 哈尔滨: 东北林业大学]
- Chen Y, Li CD. 2016. Descriptions of two new record species of *Aphelinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) from China. *Journal of Northeast Forestry University*, 44(11): 100–103 (in Chinese) [陈业, 李成德. 2016. 中国蚜小蜂属2新记录种记述(膜翅目: 蚜小蜂科). 东北林业大学学报, 44(11): 100–103]
- Chen ZZ, Li MG, Guo YN, Yin XC, Zhang F, Xu YY. 2013. Effects of photoperiod and temperature on the post-diapause biology of *Chrysoperla sinica* (Tjeder) adults in different overwintering periods. *Scientia Agricultura Sinica*, 46(8): 1610–1618 (in Chinese) [陈珍珍, 李明贵, 郭亚楠, 印象初, 张帆, 许永玉. 2013. 光周期和温度对中华通草蛉不同越冬时期成虫滞育后生物学特性的影响. 中国农业科学, 46(8): 1610–1618]
- Cheng LY, Liao XJ, Xu LX, Sun L, Chen ZZ, Xu YY. 2014. Two-sex life table and predation of *Chrysopa pallens* (Rambur) feeding on *Megoura japonica* (Matsumura). *Journal of Plant Protection*, 41(6): 680–686 (in Chinese) [程丽媛, 廖先骏, 徐龙祥, 孙蕾, 陈珍珍, 许永玉. 2014. 以豌豆修尾蚜为猎物的大草蛉两性生命表和捕食率. 植物保护学报, 41(6): 680–686]
- Cheng YQ, Fan JJ, Shi ZH, Yang ZX, Hu QL, Tan L. 2019. Morphological and biological studies of *Betasyrphus serarius* Wiedemann: the natural enemy of *Toxoptera aurantii* Boyer. *Journal of Tea Communication*, 46(2): 177–184 (in Chinese) [程予奇, 樊吉君, 史子涵, 杨中侠, 胡秋龙, 谭琳. 2019. 茶蚜天敌: 狹帶貝食蚜蝇形态及生物学特性研究. 茶叶通讯, 46(2): 177–184]
- Christiansen-Weniger P. 1994. Morphological observations on the preimaginal stages of *Aphelinus varipes* (Hym., Aphelinidae) and the effects of this parasitoid on the aphid *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae). *Entomophaga*, 39(3/4): 267–274
- Dai X. 1993. A preliminary study on rearing of *Syrphus serarius* (Diptera: Syrphidae). *Natural Enemies of Insects*, 15(2): 68–72 (in Chinese) [戴轩. 1993. 狹帶食蚜蝇的饲养研究初报. 昆虫天敌, 15(2): 68–72]
- Dai ZY. 1990. Seasonal occurrence of *Coelophore saucia* and its predation rate on aphids. *Chinese Journal of Biological Control*, 6(3): 113–115 (in Chinese) [戴志一. 1990. 黄斑盘瓢虫发生规律和捕食效应的研究. 生物防治通报, 6(3): 113–115]
- Dang GR, Zhang Y, Chen HY, Zhang LS, Wang MQ, Liu CX. 2012. Effect of different artificial diets on the development and fecundity of the green lacewing *Chrysopa pallens* (Rambur). *Scientia Agricultura Sinica*, 45(23): 4818–4825 (in Chinese) [党国瑞, 张莹, 陈红印, 张礼生, 王孟卿, 刘晨曦. 2012. 人工饲料对大草蛉生长发育和繁殖力的影响. 中国农业科学, 45(23): 4818–4825]
- Deng JH, Wu XF, Song CM, Huang JM, Liu GH, Yang SY. 2006. Rearing effect of *Aphidius gifuensis* with a nylon-net covered cages in tobacco fields. *Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science)*, 28(1): 66–69, 73 (in Chinese) [邓建华, 吴兴

- 富,宋春满,黄江梅,刘光辉,杨硕媛.2006.田间小棚繁殖烟蚜茧蜂的繁蜂效果研究.西南农业大学学报(自然科学版),28(1): 66-69, 73]
- Deng Q, Chen JL, Cheng DF, Sun JR. 2013. Research progress on plant lectin and its application in anti-aphid. Chinese Journal of Applied Entomology, 50(1): 268-275 (in Chinese) [邓青, 陈巨莲, 程登发, 孙京瑞. 2013. 植物凝集素及其抗蚜作用研究进展. 应用昆虫学报, 50(1): 268-275]
- Dixon AFG. 1959. An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). The Journal of Animal Ecology, 28(2): 259
- Dong DZ, Wang YZ. 1985. A preliminary report of aphid parasites on the crops of Yunnan, China. Natural Enemies of Insects, 7(3): 172-180 (in Chinese) [董大志, 王云珍. 1985. 云南农作物蚜虫蚜茧蜂初记. 昆虫天敌, 7(3): 172-180]
- Dong DZ, Wang YZ. 1996. Four new species of Aphidiidae from Yunnan, China (Hymenoptera). Acta Entomologica Sinica, 39(2): 196-202 (in Chinese) [董大志, 王云珍. 1996. 云南蚜茧蜂科四新种(膜翅目). 昆虫学报, 39(2): 196-202]
- Dong K, Dong Y, Li XY, Luo YZ. 2004. Influence of different aphids as prey on the development of *Episyrphus balteatus*. Chinese Journal of Biological Control, 20(2): 134-135 (in Chinese) [董坤, 董艳, 李学燕, 罗佑珍. 2004. 用三种蚜虫饲养黑带食蚜蝇对其生长发育的影响. 中国生物防治, 20(2): 134-135]
- Douglas AE. 2018. Strategies for enhanced crop resistance to insect pests. Annual Review of Plant Biology, 69: 637-660
- Du JL, Wu DG, Liu CZ. 2015. Study on predation preference of *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adonia variegata* (Goeze) on red and green color morph pea aphids. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 23(1): 102-109 (in Chinese) [杜军利, 武德功, 刘长仲. 2015. 异色瓢虫和多异瓢虫对两种色型豌豆蚜的捕食偏好研究. 中国生态农业学报, 23(1): 102-109]
- Du YG, Ji QG, Chen JH, Lai ZX. 2014. Cannibalism and predation on eggs by larval lady beetles *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Environmental Entomology, 36(6): 874-878 (in Chinese) [杜迎刚, 季清娥, 陈家骅, 赖钟雄. 2014. 异色瓢虫幼虫对卵的种内自残和种间捕食. 环境昆虫学报, 36(6): 874-878]
- Du YZ, Chen XZ. 1993. Effects of various prey and prey densities on the predation growth and development of *Syrrhus corollae* F. Journal of Guizhou Agriculture College, 12(1): 48-52 (in Chinese) [杜予州, 陈学忠. 1993. 不同猎物及猎物密度对大灰食蚜蝇捕食效应及生长发育的影响. 贵州农学院学报, 12(1): 48-52]
- Duan JH, Zhang RJ. 2004. Predation of *Menochilus sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Macrosiphoniella sanborni* (Homoptera: Aphididae). Acta Entomologica Sinica, 47(2): 213-218 (in Chinese) [段金花, 张润杰. 2004. 六斑月瓢虫对菊小长管蚜的捕食作用. 昆虫学报, 47(2): 213-218]
- Duan P, Wu DH, Hu XC, He ML, Shen ZX, Chen GH, Yin HH, Xu TY, Yang JB, Zhang XM. 2021. Predation capacity and prey preferences of the predator *Orius similis* Zheng to three different aphid species. Chinese Journal of Biological Control, <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.05.006> (in Chinese) [段盼, 吴道慧, 胡昌雄, 何孟兰, 沈子娴, 陈国华, 殷红慧, 徐天养, 杨进波, 张晓明. 2021. 南方小花蝽对三种蚜虫的捕食能力和喜好性. 中国生物防治学报, <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.05.006>]
- Duan XL. 2013. Expression of three lectin genes (*sGNA*, *sNTL*, *pta*) in transgenic wheat lines enhanced resistance to aphids. PhD thesis. Beijing: China Agricultural University (in Chinese) [段晓亮. 2013. 三种植物凝集素基因在转基因小麦中的表达及其抗蚜效果分析. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学]
- Duan YJ, He HG, Pu DQ, Yang H, Chen Q, Lu QC. 2021. Basic research status of *Coccinella septempunctata*. Journal of Bio-safety, 30(1): 20-28 (in Chinese) [段宇杰, 何恒果, 蒲德强, 杨慧, 陈琪, 陆秋成. 2021. 七星瓢虫基础研究现状. 生物安全学报, 30(1): 20-28]
- Fan JJ, Hu QL, Jia SP, Shi ZH, Zhang C, Li QH, Li M, Tan L. 2021. Predation of *Toxopterna aurantii* by *Episyrphus balteatus*. Journal of Tea Communication, 48(3): 443-447, 506 (in Chinese) [樊吉君, 胡秋龙, 贾世平, 史子涵, 张晨, 李清昊, 李密, 谭琳. 2021. 黑带食蚜蝇对茶蚜的捕食作用研究. 茶叶通讯, 48(3): 443-447, 506]
- Fan RJ, Yang XK. 1995. The geographical distribution of Chrysopidae (Neuroptera) in China. Entomotaxonomia, 17(S1): 39-57 (in Chinese) [范仁俊, 杨星科. 1995. 中国的草蛉及其地理分布(脉翅目: 草蛉科). 昆虫分类学报, 17(S1): 39-57]
- Fan WH. 2015. The development differences of *Episyrphus balteata* by feeding different aphid species. Yunnan Agricultural Science and Technology, (3): 16-17 (in Chinese) [范文红. 2015. 不同蚜虫种类对黑带食蚜蝇生长发育的影响. 云南农业科技, (3): 16-17]
- Fan YL, Chen M, Wang QG, Zhang H, Qiu XQ. 2020. Research progress on plant aphids and their resistance. Jiangsu Agricultural Sciences, 48(14): 33-44 (in Chinese) [范元兰, 陈敏, 王其刚, 张颖, 邱显钦. 2020. 植物蚜虫及其抗性研究进展. 江苏农业科学, 48(14): 33-44]
- Fei XD, Li C, Zhang QW, Zhao ZW. 2012. The effects of wheat planted adjacent to rape and wheat monoculture on the functional group of arthropods in wheat fields. Plant Protection, 38(1): 44-49 (in Chinese) [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 L. 2008. Impacts of elevated CO₂ on the interaction among trophic system: cotton, *Aphis gossypii* Glover and *Lysiphlebia japonica* Ashmead. Master thesis. Changsha: Hunan Agricultural University (in Chinese) [冯利. 2008. 大气CO₂浓度升高对“棉花-棉蚜-棉蚜茧蜂”系统的影响. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学]
- Feng MG, Tang QY, Hu GC, Huang SW. 1996. Susceptibility of seven species of aphids to a *Beauveria bassiana* isolate: analysis of time-dose-mortality model. Journal of Basic Science and Engineering, 4(1): 22-33 (in Chinese) [冯明光, 唐启义, 胡国成, 黄

- 世文. 1996. 球孢白僵菌对七种蚜虫的感染反应: 时间-剂量-死亡率模型分析. 应用基础与工程科学学报, 4(1): 22-33]
- Ferran A, Giuge L, Tournaire R, Gambier J, Fournier D. 1998. An artificial non-flying mutation to improve the efficiency of the ladybird *Harmonia axyridis* in biological control of aphids. BioControl, 43(1): 53-64
- Gagné I, Coderre D, Mauffette Y. 2002. Egg cannibalism by *Coleomegilla maculata lengi* neonates: preference even in the presence of essential prey. Ecological Entomology, 27(3): 285-291
- Gan M, Miao XX, Ding DC. 2002. Effects of some factors on parasitism of *Aphis craccivora* by the aphid parasitoid *Lysiphlebus japonicas*. Chinese Journal of Biological Control, 18(3): 141-143 (in Chinese) [甘明, 苗雪霞, 丁德诚. 2002. 日本柄瘤蚜茧蜂寄生影响因子的研究. 中国生物防治, 18(3): 141-143]
- Goggin FL. 2007. Plant-aphid interactions: molecular and ecological perspectives. Current Opinion in Plant Biology, 10(4): 399-408
- Gu DJ. 1988. Effects of pirimicarb sprays on the foraging behaviour and abundance of the aphid parasitoid *Diaearetiella rapae* Mintosh. Natural Enemies of Insects, 10(1): 1-5 (in Chinese) [古德就. 1988. 田间施用抗蚜威对菜蚜茧蜂搜索行为和数量的影响. 昆虫天敌, 10(1): 1-5]
- Gu DJ, Yu MG, Hou RH, Li ZH. 1991. The effects of sublethal doses of insecticides on the foraging behaviour of parasitoid, *Diaearetiella rapae* (Hym., Braconidae). Acta Ecologica Sinica, 11(4): 324-330 (in Chinese) [古德就, 余明恩, 侯任环, 李哲怀. 1991. 农药亚致死剂量对菜蚜茧蜂搜索行为影响的研究. 生态学报, 11(4): 324-330]
- Gu HG. 1989. Natural enemy of aphid *Macrosiphoniella sanborni*, ladybird *Coelophora saucia*. Journal of Chinese Landscape Architecture, 5(4): 32-33 (in Chinese) [顾洪根. 1989. 菊小长管蚜的天敌: 黄斑盘瓢虫. 中国园林, 5(4): 32-33]
- Gu XS, Zhao QH, Bai YC. 1995. The natural distribution centres and the geo-geography characteristics of the aphid parasitoids in Shanxi Province. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 10(4): 95-98 (in Chinese) [谷希树, 赵庆贺, 白义川. 1995. 山西省蚜茧蜂自然分布中心及生态地理特征. 华北农学报, 10(4): 95-98]
- Gui FR, Li ZY, Chen B, Wu HY. 2005. Virulence of entomopathogenic funfus, *Cladosporium apidis* against 3 aphid species. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science), 27(2): 184-187 (in Chinese) [桂富荣, 李正跃, 陈斌, 吴华英. 2005. 蚜虫枝孢菌对3种蚜虫的毒力测定. 西南农业大学学报(自然科学版), 27(2): 184-187]
- Guo P, Ji SC, Li HL, Lu RJ, Kang DM, Qiu R, Li SJ, Wu YQ. 2020. Preliminary researches in mass rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on eggs of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Chinese Journal of Biological Control, 36(1): 145-149 (in Chinese) [郭培, 姬素娟, 李慧玲, 鲁瑞杰, 康冬梅, 邱睿, 李淑君, 武予清. 2020. 粘虫卵饲养东亚小花蝽的初步研究. 中国生物防治学报, 36(1): 145-149]
- Guo PP, Li YB, Guo XH, Rukeya A, Luo JH, Patima W, Ma DY. 2020. Study on the functional responses and predation preference of *Hippodamia variegata* (Goeze) to two aphids. Journal of Xinjiang Agricultural University, 43(6): 398-404 (in Chinese) [郭佩佩, 李艳兵, 郭小虎, 茹克亚·阿力木, 罗佳航, 帕提玛·乌木尔汗, 马德英. 2020. 多异瓢虫对两种设施蔬菜蚜虫的捕食功能反应及捕食偏好研究. 新疆农业大学学报, 43(6): 398-404]
- Han CY, Ye WC, Li H, Zhou ZJ, Chen JF, Wu JY. 2020. Progress in genetic research of aphid resistance in maize. Molecular Plant Breeding, 18(14): 4702-4708 (in Chinese) [韩春燕, 叶文超, 李欢, 周子键, 陈甲法, 吴建宇. 2020. 玉米对蚜虫的抗性遗传研究进展. 分子植物育种, 18(14): 4702-4708]
- Han LL, Dong TY, Zhao KJ, Zhu MH, Sun WP, Xu ZX, Shi L. 2015. Predation of *Aphis glycines* by *Orius sauteri* nymphs. Chinese Journal of Biological Control, 31(3): 322-326 (in Chinese) [韩岚岚, 董天宇, 赵奎军, 朱明贺, 孙文鹏, 徐忠新, 石磊. 2015. 东亚小花蝽若虫对大豆蚜捕食功能的研究. 中国生物防治学报, 31(3): 322-326]
- Harris KM. 1973. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): taxonomy, biology and assessments of field populations. Bulletin of Entomological Research, 63(2): 305-325
- He JL, Sun XQ, Gui LM, Ye WJ. 1990. A preliminary study of the bionomics of a flower fly, *Eupeodes corolla* (Fabricius) (Diptera: Syrphidae) in Shanghai. Acta Agricultural Shanghai, 8(3): 221-228, 234 (in Chinese) [何继龙, 孙兴全, 桂龙妹, 叶文娟. 1990. 上海地区大灰食蚜蝇生物学的初步研究. 上海农学院学报, 8(3): 221-228, 234]
- He N. 2019. Effects of elevated CO₂ on the interaction of *Sitobion avenae*-*Aphidius gifuensis*. Master thesis. Shenyang: Shenyang Agricultural University (in Chinese) [何宁. 2019. CO₂升高对“麦长管蚜-烟蚜茧蜂”互作关系的影响. 硕士学位论文. 沈阳农业大学]
- Hooks CRR, Fereres A. 2006. Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: a review on the use of barrier plants as a management tool. Virus Research, 120(1/2): 1-16
- Hu XS, Liu YJ, Wang YH, Wang Z, Yu XL, Wang B, Zhang GS, Liu XF, Hu ZQ, Zhao HY, et al. 2016. Resistance of wheat accessions to the English grain aphid *Sitobion avenae*. PLoS ONE, 11(6): e0156158
- Hu XS, Zhao HY. 2014. The reviews of wheat resistant mechanism to cereal aphid in China. Chinese Journal of Applied Entomology, 51(6): 1459-1469 (in Chinese) [胡想顺, 赵惠燕. 2014. 我国小麦抗蚜机理研究进展. 应用昆虫学报, 51(6): 1459-1469]
- Huang CM, Cheng XY. 2012. Fauna Sinica, Insecta, Vol. 50: Diptera Syrphidae. Beijing: Science Press (in Chinese) [黄春梅, 成新跃. 2012. 中国动物志, 昆虫纲, 第五十卷: 双翅目食蚜蝇科. 北京: 科学出版社]
- Huang HG, Liu AP, Lan AQ, Zhang GS, Wang LH, Xu LB. 2011. Preliminary study on the bionomics of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson. Journal of Environmental Entomology, 33(3): 372-377 (in Chinese) [黄海广, 刘爱萍, 兰爱琴, 张国盛, 王林和, 徐林波. 2011. 茶足柄瘤蚜茧蜂生物学特性初步研究. 环境昆虫学报, 33(3): 372-377]
- Huang XL, Qiao GX. 2006. Research status and trends in Aphidology. Acta Entomologica Sinica, 49(6): 1017-1026 (in Chinese) [黄晓

- 磊, 乔格侠. 2006. 蚜虫学研究现状与学科发展趋势. 昆虫学报, 49(6): 1017–1026]
- Ji ZD, Lü N, Tian SB. 1992. *Protaphidius nawaii* Ashmead, a new record from China. Journal of Hebei Forestry College, (4): 273–274 (in Chinese) [季正端, 吕楠, 田士波. 1992. 那坝珠角蚜茧蜂: 中国新纪录. 河北林学院学报, (4): 273–274]
- Ji ZD, Zhang WY. 1992. A study on *Parapraon* Stary, 1983 and descriptions of two new species (Hymenoptera: Aphidiidae). Acta Entomologica Sinica, 35(1): 99–104 (in Chinese) [季正端, 张万玉. 1992. 侧蚜外茧蜂属的分类研究及二新种记述(膜翅目: 蚜茧蜂科). 昆虫学报, 35(1): 99–104]
- Kang ZW, Liu FH, Pang RP, Tian HG, Liu TX. 2018. Effect of sub-lethal doses of imidacloprid on the biological performance of aphid endoparasitoid *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Aphidiidae) and influence on its related gene expression. Frontiers in Physiology, 9: 1729
- Khan MAZ, Liang QF, Maria MSM, Liu TX. 2016. Effect of temperature on functional response of *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Florida Entomologist, 99(4): 696–702
- Koch RL. 2003. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. Journal of Insect Science, 3(1): 32
- Koch RL, Galvan TL. 2007. Bad side of a good beetle: the North American experience with *Harmonia axyridis*.//Roy H, Wajenberg E. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. Dordrecht: Springer, pp. 23–35
- Lai Y, Liu XY. 2020. The natural enemy species of Chrysopidae from China and their applications in biological control: a review. Journal of Plant Protection, 47(6): 1169–1187 (in Chinese) [赖艳, 刘星月. 2020. 中国草蛉科天敌昆虫及其生防应用研究进展. 植物保护学报, 47(6): 1169–1187]
- Li CD, Zhao SL. 1998. A new species of *Aphelinus* Dalmon (Hymenoptera: Aphelinidae) from northeastern China. Entomotaxonomia, 20(2): 150–151 (in Chinese) [李成德, 赵绥林. 1998. 蚜小蜂属一新种(膜翅目: 蚜小蜂科). 昆虫分类学报, 20(2): 150–151]
- Li F, Lu JX, Xie XS, Fan SQ, Zheng WY. 2011. Research on resources, population dynamics and conservation and utilization of Aphidiinae in Shanxi Province. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 57(3): 47–49 (in Chinese) [李峰, 鲁晋秀, 谢咸升, 范绍强, 郑玉义. 2011. 山西省蚜茧蜂资源、种群动态及保护利用研究. 陕西农业科学, 57(3): 47–49]
- Li HG, Liu CM, Liang B, Que JS, Huang K, Lv YW, Wang C, Wu W. 2016a. Investigation into reproduction of *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis* by floating tobacco seedling technology I: effects of tobacco seedling density on numbers of *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis*, environment of tobacco seedling. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 29(7): 1617–1622 (in Chinese) [李宏光, 刘春明, 梁兵, 阙劲松, 黄坤, 吕娅维, 王超, 吴伟. 2016a. 漂浮烟苗饲养烟蚜及烟蚜茧蜂技术研究(I): 烟苗密度对苗间环境与繁蚜繁蜂效果的影响. 西南农业学报, 29(7): 1617–1622]
- Li HG, Liu CM, Liang B, Que JS, Huang K, Lü YW, Wang C, Wu W. 2016b. Using floating tobacco seedling technology to reproduce *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis* (II): effect of tobacco seedling developing period during inoculating aphid and inoculating aphid numbers on rearing aphid. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 29(8): 1899–1902 (in Chinese) [李宏光, 刘春明, 梁兵, 阙劲松, 黄坤, 吕娅维, 王超, 吴伟. 2016b. 漂浮烟苗饲养烟蚜及烟蚜茧蜂研究(II): 烟苗生长时期与接蚜量对繁蚜量的影响. 西南农业学报, 29(8): 1899–1902]
- Li HP. 2014. Predation of 3-instar *Chrysopa sinica* Tjeder larvae functional response on *Aphis glycines*. Heilongjiang Agricultural Sciences, (2): 59–61 (in Chinese) [李鹤鹏. 2014. 中华草蛉三龄幼虫对大豆蚜的功能反应. 黑龙江农业科学, (2): 59–61]
- Li J, Chen JH, Song DB. 2015. Analysis of species diversity of Bracnidae and Aphidiidae from Yunnan. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 44(6): 576–580 (in Chinese) [李骏, 陈家骅, 宋东宝. 2015. 云南茧蜂科及蚜茧蜂科物种多样性分析. 福建农林大学学报(自然科学版), 44(6): 576–580]
- Li J, Long DB, Xiao TG. 2013. Response of three successive generations of aphids to stress from *Lysiphlebia japonica* Ashmead under ambient CO₂ and elevated CO₂. Chinese Journal of Applied Entomology, 50(4): 959–966 (in Chinese) [李娇, 龙大彬, 肖铁光. 2013. CO₂浓度变化下蚜茧蜂胁迫作用对多世代棉蚜适合度的影响. 应用昆虫学报, 50(4): 959–966]
- Li LJ, Kuang CF, Liu X. 2015. Research on the prevention and control of tobacco aphid by yellow *Metarhizium*. Crop Research, 29(S2): 884–887 (in Chinese) [李林吉, 匡传富, 刘鑫. 2015. 黄绿僵菌对烟草蚜虫的防治研究. 作物研究, 29(S2): 884–887]
- Li LM, Ye BH, Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, Zhou XH. 2012. Predation of adult *Propylaea japonica* Thunberg on *Aphis sacchari* Zehntner. Shandong Agricultural Sciences, 44(5): 89–91 (in Chinese) [李林懋, 叶保华, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 周仙红. 2012. 龟纹瓢虫成虫对高粱蚜的捕食作用. 山东农业科学, 44(5): 89–91]
- Li S, Wang J, Guo XJ, Tian RB, Wang S, Zhang F. 2019. Research progress and prospects of *Chrysopa pallens* (Rambur) (Hemiptera: Chrysopidae). Journal of Environmental Entomology, 41(2): 241–252 (in Chinese) [李姝, 王杰, 郭晓军, 田仁斌, 王甦, 张帆. 2019. 天敌昆虫大草蛉的研究进展与展望. 环境昆虫学报, 41(2): 241–252]
- Li XM, Liu CL, Liu XL, Wang KQ, Wang S, Xia JX, Liu Y, Yang F, Shao TY, Ding JJ, et al. 2014. Crop diversification as a method of managing the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura. Chinese Journal of Applied Entomology, 51(2): 406–411 (in Chinese) [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, 等. 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 XR, Xin YF, Zhang MW, Cong B. 2002. Study on industrialized vegetable peach aphid control by *Aphidius gifuensis*. Journal of Shenyang Agricultural University, 33(4): 262–265 (in Chinese) [李学荣, 忻亦芬, 张明伟, 丛斌. 2002. 烟蚜茧蜂控制工厂化蔬

- 菜桃蚜的研究. 沈阳农业大学学报, 33(4): 262–265]
- Li XX, Yan WD, Peng TW, Ouyang ZP, Lei DY. 2021. Pyramiding multiple resistance genes to brown planthopper by marker-assisted selection to improve brown planthopper resistance of rice PTGMS line Chuang 5S. Hybrid Rice, 36(6): 84–88 (in Chinese) [李晓雪, 鄢卫东, 彭田伟, 欧阳兆彭, 雷东阳. 2021. 利用分子标记辅助选择技术聚合多基因改良两系不育系创5S的褐飞虱抗性. 杂交水稻, 36(6): 84–88]
- Li YY. 2011. Temperature and photoperiodic response of diapause induction and diapause physiology in *Aphidius gifuensis* Ashmead. Master thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [李玉艳. 2011. 烟蚜茧蜂滞育诱导的温光周期反应及滞育生理研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院]
- Li ZS, Xu DM, Zhuang JX, Wei GR, Huang YY, Liu YF, You MS. 2002. Investigation on parasitoid resource on weeds around paddy field. Wuyi Science Journal, 18: 19–23 (in Chinese) [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: 19–23]
- Lin ZL, Xie YH, Ouyang J, Wu DQ, Zhan YG. 2019. Research of cold storage techniques of mummified *Aphidius gifuensis*. South China Agriculture, 13(26): 188–191 (in Chinese) [蔺忠龙, 谢永辉, 欧阳进, 吴道琴, 詹筱国. 2019. 烟蚜茧蜂僵蚜产品低温储存方法研究. 南方农业, 13(26): 188–191]
- Liu AP, Huang HG, Xu LB, Gao SJ, Zhang YH, Kang AG. 2012. Parasitic functional response of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) to *Aphis craccivora* (Koch). Journal of Environmental Entomology, 34(1): 69–74 (in Chinese) [刘爱萍, 黄海广, 徐林波, 高书晶, 张玉慧, 康爱国. 2012. 茶足柄瘤蚜茧蜂对苜蓿蚜的寄生功能反应. 环境昆虫学报, 34(1): 69–74]
- Liu H, Liang XLngli, Zhang ZS. 2015. Control effect of *Beauveria bassiana* against *Aphis* sp. on *Lycium chinense*. Forest Pest and Disease, 34(4): 42–44, 46 (in Chinese) [刘浩, 梁香丽, 张宗山. 2015. 宁夏本地球孢白僵菌对枸杞蚜虫控制作用. 中国森林病虫, 34(4): 42–44, 46]
- Liu HQ. 2013. Systematic study on Aphelinidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) of Xinjiang in China. Master thesis. Urumqi: Xinjing Agricultural University (in Chinese) [刘宏泉. 2013. 新疆地区蚜虫科系统分类研究(膜翅目: 小蜂总科). 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆农业大学]
- Liu LJ. 1996. Investigation on the genus of Aphidinae. Liaoning Agricultural Science, (2): 42–44 (in Chinese) [刘丽娟. 1996. 蚜虫种类调查初报. 辽宁农业科学, (2): 42–44]
- Liu M, Han HB, Liu AP, Gao SJ, Xu LB, Yue FZ, Huang HG. 2020. Differentially expressed proteins associated with energy metabolism in diapause and non-diapause pupae of *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae). Acta Entomologica Sinica, 63(6): 708–716 (in Chinese) [刘敏, 韩海斌, 刘爱萍, 高书晶, 徐林波, 岳方正, 黄海广. 2020. 茶足柄瘤蚜茧蜂滞育和非滞育蛹中与能量代谢相关的差异表达蛋白. 昆虫学报, 63(6): 708–716]
- Liu M, Zhang CR, Ban FX, Liu SL, Ran QJ, Shang XL, Zeng G, Cao Y, Sun YH. 2021. Control of tea pests by the banker plant system of *Orius strigicollis*-*Vicia faba*-*Aphis fabae*. Chinese Journal of Biological Control, 37(5): 936–945 (in Chinese) [刘梅, 张昌容, 班菲雪, 刘少兰, 冉乾军, 尚小丽, 曾广, 曹宇, 孙月华. 2021. 南方小花蝽-蚕豆-蚕豆蚜载体植物系统对茶叶害虫的控制效果. 中国生物防治学报, 37(5): 936–945]
- Liu MH, Chen JH, Zhang YZ, Li F. 1991. The conidial toxicity to the tobacco aphid of the *Conidiobolus*. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University, 20(2): 150–152 (in Chinese) [刘明晖, 陈家骅, 张玉珍, 李芳. 1991. 耳霉菌分生孢子对烟草蚜虫的毒力研究. 福建农学院学报, 20(2): 150–152]
- Liu MY. 2019. Studies on the function of juvenile hormone epoxide hydrolase and juvenile hormone esterase on diapause ladybug, *Coccinella septempunctata* L. Master thesis. Changchun: Jilin Agricultural University (in Chinese) [刘梦姚. 2019. 保幼激素环氧水解酶和保幼激素酯酶在七星瓢虫滞育中的功能研究. 硕士学位论文. 长春: 吉林农业大学]
- Liu SQ, Wang Q, Gao GZ. 2020. *Harmonia axyridis* and *Coccinella septempunctata*: predation comparison to *Chromaphis juglandicola*. Chinese Agricultural Science Bulletin, 36(17): 118–122 (in Chinese) [刘思琪, 王强, 高桂珍. 2020. 异色瓢虫和七星瓢虫对核桃黑斑蚜捕食能力比较. 中国农学通报, 36(17): 118–122]
- Liu SS. 1989. The effect of temperature and host instars on the development rates of *Diaeletiella rapae*. Natural Enemies of Insects, 11(4): 169–173 (in Chinese) [刘树生. 1989. 菜小脉蚜茧蜂发育速率与温度及寄主龄期关系研究. 昆虫天敌, 11(4): 169–173]
- Liu WJ, Yu Y, Xu HF, Zhang AS, Men XY, Li LL, Zhang SC. 2010. Research progress of *Orius* sp. rearing. Shandong Agricultural Sciences, 42(9): 83–88 (in Chinese) [刘文静, 于毅, 徐洪富, 张安盛, 门兴元, 李丽莉, 张思聪. 2010. 小花蝽人工繁殖研究进展. 山东农业科学, 42(9): 83–88]
- Liu WJ, Zhang AS, Men XY, Zhou XH, Li LL, Zhang SC, Yu Y, Xu HF. 2011. Effect of two different preys on predation of *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). Chinese Journal of Biological Control, 27(3): 302–307 (in Chinese) [刘文静, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 李丽莉, 张思聪, 于毅, 徐洪富. 2011. 两种猎物饲养对东亚小花蝽捕食作用的影响. 中国生物防治学报, 27(3): 302–307]
- Liu XQ. 2007. Advances in research on *Aphidoletes phidimyza* (Rondani). Anhui Agricultural Science Bulletin, 13(6): 136–137 (in Chinese) [刘细群. 2007. 食蚜瘦蚊研究进展. 安徽农学通报, 13(6): 136–137]
- Liu YF, Zhao WH, Yang F, Xie MQ, Chen SY. 2020. An analysis of predatory insects in farmlands in China based on the CNKI database: future potential and current application. Chinese Journal of Applied Entomology, 57(1): 70–79 (in Chinese) [刘雨芳, 赵文华, 阳菲, 谢美琦, 陈思源. 2020. 基于CNKI分析的我国农田捕食性昆虫资源与应用. 应用昆虫学报, 57(1): 70–79]
- Long CT, Wang YP, Tang PG. 1960. Investigations on the biology and utilization of *Aphelinus mali* Hald., the specific parasitoid of the woolly apple aphids, *Eriosoma lanigerum* Hausm. Acta Entomologica Sinica, 10(1): 1–39 (in Chinese) [龙承德, 王永佩, 唐品

- 志. 1960. 苹果绵蚜寄生蜂(*Aphelinus mali* Haldeman)的生物学特性和其利用研究. 昆虫学报, 10(1): 1-39]
- Lu WM, Bi XH, Zhang RS, Tian F, Shen GT, Shao XZ, Luo RC, Ren Z. 1994. Predatory functional responses of *Lasiopticus selenitica* larvae to larch aphids. Forest Pest and Disease, 13(4): 24-35 (in Chinese) [陆文敏, 毕湘虹, 张润生, 田丰, 申国涛, 邵显珍, 罗瑞聪, 任祯. 1994. 月斑鼓额食蚜蝇幼虫捕食落叶松球蚜的功能反应. 森林病虫通讯, 13(4): 24-25]
- Lü N, Ji ZD. 1992. Aphid parasitoids from Shandong Province, with description of a new species (Hym.: Aphidiidae). Entomological Journal of East China, 1(1): 4-9 (in Chinese) [吕楠, 季正端. 1992. 山东省蚜茧蜂科初记及一新种描述. 华东昆虫学报, 1(1): 4-9]
- Lü N, Ji ZD. 1993. A new species and a new record of Aphidiidae (Hymenoptera) from China. Journal of Agricultural University of Hebei, 16(1): 63-65 (in Chinese) [吕楠, 季正端. 1993. 中国蚜茧蜂科一新种及一新记录种记述. 河北农业大学学报, 16(1): 63-65]
- Luo YZ, Li XY, Qiu YH, Zuo JF. 2001. Predation of *Syrphus serarius* to *Myzus persicae* and its insecticide susceptibility. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 14(2): 49-51 (in Chinese) [罗佑珍, 李学燕, 邱云红, 左继富. 2001. 狹带食蚜蝇对烟蚜的捕食作用及对药剂的敏感性. 西南农业学报, 14(2): 49-51]
- Ma XM, Liu XX, Zhang QW, Zhao JZ, Cai QN, Ma Yongan, Chen DM. 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
- Meihls LN, Handrick V, Glauser G, Barbier H, Kaur H, Haribal MM, Lipka AE, Gershenzon J, Buckler ES, Erb M, et al. 2013. Natural variation in maize aphid resistance is associated with 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one glucoside methyltransferase activity. The Plant Cell, 25(6): 2341-2355
- Miao CS, Sun YY. 1987. The predacious amount of *Orius* to different preys. Entomological Knowledge, 24(3): 174-176 (in Chinese) [苗春生, 孙玉英. 1987. 小花蝽对几种主要害虫的捕食量观察. 昆虫知识, 24(3): 174-176]
- Milligan SB, Bodeau J, Yaghoobi J, Kaloshian I, Zabel P, Williamson VM. 1998. The root knot nematode resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine-rich repeat family of plant genes. The Plant Cell, 10(8): 1307-1319
- Ming K, Gu DJ, Wei GD. 2010. Selectivity of *Diaeretiella rapae* M'Intosh on *Myzus persicae* eating different vegetables. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 38(35): 20081-20082 (in Chinese) [明珂, 古德就, 韦国栋. 2010. 菜蚜茧蜂对取食不同蔬菜桃蚜的选择性. 安徽农业科学, 38(35): 20081-20082]
- Nombela G, Williamson VM, Muñiz M. 2003. The root-knot nematode resistance gene *Mi-1.2* of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. Molecular Plant-Microbe Interactions, 16(7): 645-649
- Ohde T, Masumoto M, Morita-Miwa M, Matsuura H, Yoshioka H, Yaginuma T, Niimi T. 2009. Vestigial and scalloped in the ladybird beetle: a conserved function in wing development and a novel function in pupal ecdysis. Insect Molecular Biology, 18(5): 571-581
- Ovchinnikova AA, Ovchinnikov AN, Dolgovskaya MY, Reznik SY, Beleyakova NA. 2016. Trophic induction of diapause in native and invasive populations of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology, 113: 469-475
- Pan HS, Li HB, Ding RF, Li HQ, Wang DM, Akedan W, Liu J. 2020. Predation capacity of *adonia variegata* to *Aphis atrata*. Chinese Journal of Biological Control, 36(4): 628-631 (in Chinese) [潘洪生, 李号宾, 丁瑞丰, 李海强, 王冬梅, 阿克旦·吾外士, 刘建. 2020. 多异瓢虫对棉黑蚜的捕食能力. 中国生物防治学报, 36(4): 628-631]
- Pan MX. 1992. A new species of *Aphelinus* Dalman from Zhejiang Province, China (Hymenoptera: Aphelinidae). Acta Zootaxonomica Sinica, 17(1): 75-77 (in Chinese) [潘孟祥. 1992. 浙江蚜小蜂属一新种(膜翅目: 蚜小蜂科). 动物分类学报, 17(1): 75-77]
- Pan MZ. 2015. Establishment of winter wheat banker plant system for parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Aphelinidae) aphids on greenhouse-grown vegetables. PhD thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [潘明真. 2015. 利用‘小麦-蚜虫-烟蚜茧蜂’载体植物系统防治蔬菜蚜虫的研究. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Pan MZ, Cao HH, Liu TX. 2014. Effects of winter wheat cultivars on the life history traits and olfactory response of *Aphidius gifuensis*. BioControl, 59(5): 539-546
- Pan MZ, Liu TX. 2014. Suitability of three aphid species for *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae): parasitoid performance varies with hosts of origin. Biological Control, 69: 90-96
- Pan MZ, Liu TX, Nansen C. 2018. Avoidance of parasitized host by female wasps of *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae): the role of natal rearing effects and host availability? Insect Science, 25(6): 1035-1044
- Pan MZ, Wei YY, Wang FR, Liu TX. 2020. Influence of plant species on biological control effectiveness of *Myzus persicae* by *Aphidius gifuensis*. Crop Protection, 135: 105223
- Pang H. 1996. The use of predaceous coccinellids. Natural Enemies of Insects, 18(S4): 32-38, 44 (in Chinese) [庞虹. 1996. 捕食性瓢虫的利用. 昆虫天敌, 18(S4): 32-38, 44]
- Pang XF, Mao JL. 1979. A taxonomic summary of Coccinellidae in China. Natural Enemies of Insects, 1(2): 13-27 (in Chinese) [庞雄飞, 毛金龙. 1979. 中国瓢虫科的分类概要. 昆虫天敌, 1(2): 13-27]
- Que JS, Bai CL, Huang K, Chen HX, Li HG, Zhao T, Jiang JH, Xiong ZL, Guan QR, Chen L, et al. 2018b. Products production and application technology of *Aphidius gifuensis* (II): collection and packaging technology for mummified aphid. Journal of Southern Agriculture, 49(6): 1125-1129 (in Chinese) [阙劲松, 白崇禄, 黄坤, 陈华祥, 李宏光, 赵涛, 蒋继红, 熊正林, 官群荣, 陈乐, 等.

- 2018b. 烟蚜茧蜂产品生产及应用技术研究(II): 僵蚜收集与包装技术. 南方农业学报, 49(6): 1125–1129]
- Que JS, Bai CL, Huang K, Chen HX, Zhou HY, Yong RJ, Li QW, Shen XZ, Peng Y, Shang GP, et al. 2018a. Products production and application technology of *Aphidius gifuensis* (III): techniques of cold storage in mummified *A. gifuensis* products. Journal of Southern Agriculture, 49(9): 1782–1786 (in Chinese) [阙劲松, 白崇禄, 黄坤, 陈华祥, 周红雁, 雍容婧, 李庆伟, 沈小智, 彭跃, 尚官鹏, 等. 2018a. 烟蚜茧蜂产品生产及应用技术研究(III): 僵蚜产品低温冷藏技术. 南方农业学报, 49(9): 1782–1786]
- Ren XH, Yang M, Cheng H, Deng FC. 2014. Predatory functional responses of three species of ladybirds to *Macrosiphum rosirorum* and *Sitobion avenae*. Journal of Agricultural Catastrophology, 4(7): 16–17, 56 (in Chinese) [任向辉, 杨萌, 程辉, 邓方超. 2014. 3种瓢虫对月季长管蚜与麦长管蚜的捕食功能反应. 农业灾害研究, 4(7): 16–17, 56]
- Reznik SY, Vaghina NP. 2013. Effects of photoperiod and diet on dia-pause tendency, maturation and fecundity in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Applied Entomology, 137 (6): 452–461
- Rossi M, Goggin FL, Milligan SB, Kaloshian I, Ullman DE, Williamson VM. 1998. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95 (17): 9750–9754
- Roy HE, Brown PMJ, Adriaens T, Berkvens N, Borges I, Clusella-Trullas S, Comont RF, Clercq P, Eschen R, Estoup A, et al. 2016. The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. Biological Invasions, 18(4): 997–1044
- She ME, Gu DJ, Zhang WQ. 1993. The effects of temperatures on the foraging behaviour of parasitoid *Diaearetiella rapae* (Hym., Braconidae). Journal of South China Agricultural University, 14 (4): 20–25 (in Chinese) [余明恩, 古德就, 张维球. 1993. 温度对菜蚜茧蜂行为功能反应影响的研究. 华南农业大学学报, 14 (4): 20–25]
- Shen JW, Cai YJ, Zhang WQ. 2015. Construction of a banker plant system for *Diaearetiella rapae* and its control efficiency. Journal of Environmental Entomology, 37(2): 334–342 (in Chinese) [沈嘉炜, 蔡尤俊, 张文庆. 2015. 菜蚜茧蜂载体植物系统的构建及其控害效果. 环境昆虫学报, 37(2): 334–342]
- Shi XQ. 1999. A taxonomy study of Aphidinae from China (Hymenoptera: Ichneumonoidea). Master thesis. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University (in Chinese) [石全秀. 1999. 中国全脉蚜茧蜂和蚜外茧蜂族分类研究. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学]
- Song XY, Li XJ, Zheng G. 2005. Investigation on occurrence of *Myzus malisutus* and its natural enemies in Xiuyan region. Liaoning Agricultural Science, (2): 51–52 (in Chinese) [宋新元, 李学军, 郑国. 2005. 岫岩地区苹果瘤蚜及其天敌发生情况调查. 辽宁农业科学, (2): 51–52]
- Song YQ, Sun HZ, Du J, Wang XD, Cheng ZJ. 2017. Evaluation of *Aphis glycines* as an alternative host for supporting *Aphelinus albibodus* against *Myzus persicae* on *Capsicum annuum* cv. Ox Horn and Hejiao 13. Neotropical Entomology, 46(2): 193–202
- Sun CP, Li GT, Liu AP. 2017a. Studies on developmental temperature threshold and effective accumulated temperature of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson. China Plant Protection, 37(2): 34–39 (in Chinese) [孙程鹏, 李钢铁, 刘爱萍. 2017a. 茶足柄瘤蚜茧蜂的发育起点温度和有效积温研究. 中国植保导刊, 37(2): 34–39]
- Sun CP, Li GT, Liu AP. 2017b. Study on artificial propagation techniques of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson. China Plant Protection, 37(7): 46–49 (in Chinese) [孙程鹏, 李钢铁, 刘爱萍. 2017b. 茶足柄瘤蚜茧蜂人工繁殖技术研究. 中国植保导刊, 37 (7): 46–49]
- Sun LJ, Yi WX, Dong XL, Xia SC. 2013. Effects of feeding on three species of aphid on development and fecundity of *Chrysopa septempunctata* Wesmael. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 22(7): 30–34 (in Chinese) [孙丽娟, 衣维贤, 董向丽, 夏淑春. 2013. 大草蛉取食3种蚜虫对其生长发育和繁殖的影响. 西北农业学报, 22(7): 30–34]
- Sun LJ, Yi WX, Gu Y, Dong XL. 2012. Predatory functional response of *Harmonia axyridis* Pallas to two kinds of aphids damaging apple trees. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 21 (7): 39–43 (in Chinese) [孙丽娟, 衣维贤, 顾耘, 董向丽. 2012. 异色瓢虫对两种苹果蚜虫的捕食作用. 西北农业学报, 21(7): 39–43]
- Sun XQ, Chen WL, Chen ZB, Zhao J, He JL. 1995. Preliminary test of controlling together aphids on strawberry and pot marigold with *Eupeodes corollae* (Fabricius) and *Harmonia axyridis* (Pallas). Journal of Shanghai Agricultural College, 13(3): 232–233 (in Chinese) [孙兴全, 陈文龙, 陈志兵, 赵娟, 河继龙. 1995. 利用大灰食蚜蝇和异色瓢虫幼虫共同防治草莓和金盏菊蚜虫的初步试验. 上海农学院学报, 13(3): 232–233]
- Tang LD, Wang XS, Zhao HY, Fu BL, Qiu HY, Liu K. 2017. The predation function response and development of *Chrysopa pallens* larva on *Megalurothrips usitatus* and *Aphis craccivora*. Chinese Journal of Biological Control, 33(1): 49–55 (in Chinese) [唐良德, 王晓双, 赵海燕, 付步礼, 邱海燕, 刘奎. 2017. 大草蛉幼虫捕食豆大薺马和豆蚜的功能反应及生长发育. 中国生物防治学报, 33(1): 49–55]
- Tian HW. 2017. A taxonomic study on the tribes Ephedrini and Praini (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) from China. Master thesis. Hangzhou: Zhejiang University (in Chinese) [田红伟. 2017. 中国全脉蚜茧蜂族和蚜外茧蜂族分类研究. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学]
- Tian J, Ren BZ. 2019. A conspectus of Syrphidae. Journal of Jilin Agricultural University, 41(1): 1–10 (in Chinese) [田径, 任炳忠. 2019. 食蚜蝇研究概述. 吉林农业大学学报, 41(1): 1–10]
- Tian LX, Yang LF, Wang RM, Gao SG. 1981. A preliminary study on aphid parasitoids in the cotton field (Hymenoptera: Aphidiidae). Entomological Knowledge, 18(4): 158–160 (in Chinese) [田立新, 杨莲芳, 王瑞明, 高申桂. 1981. 棉田蚜茧蜂的初步观察. 昆虫知识, 18(4): 158–160]

- van Emden HF, Eastop VF, Hughes RD, Way MJ. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Annual Review of Entomology, 14: 197–270
- Wang HN, Geng S, Yi CQ, Chen JJ, Wu YL, Liu TH. 2020. Predation of *Harmonia axyridis* Pallas adults to *Megoura japonica* Matsumura. *Hubei Agricultural Sciences*, 59(10): 81–83 (in Chinese) [王海诺, 耿硕, 翁超群, 陈佳杰, 吴雨伦, 刘廷辉. 2020. 异色瓢虫成虫对豌豆修尾蚜的捕食作用. 湖北农业科学, 59(10): 81–83]
- Wang JR. 1989. Description of a new genus and species of Aphididae from Shaanxi Province, China (Hymenoptera). *Entomotaxonomia*, 11(S1): 111–113 (in Chinese) [王家儒. 1989. 陕西蚜茧蜂—新属—新种记述(膜翅目: 蚜茧蜂科). 昆虫分类学报, 11(S1): 111–113]
- Wang QQ, Zhang WG, Tian T, Wang XY, Zhou CG, Yin SY. 2019. Predation of *Cinara cedri* by *Harmonia axyridis*. *Journal of Plant Protection*, 46(2): 458–464 (in Chinese) [王倩倩, 张卫光, 田恬, 王晓艺, 周成刚, 尹淑艳. 2019. 异色瓢虫对雪松长足大蚜的捕食作用. 植物保护学报, 46(2): 458–464]
- Wang QS, Ju XL, Huang J. 2014. Predation functional responses of *Coccinella septempunctata* Linnaeus to *Toxoptera aurantii* (Boyer) and security evaluation of several botanical biopesticides. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 36(6): 1247–1252 (in Chinese) [王庆森, 鞠晓蕾, 黄建. 2014. 七星瓢虫对茶蚜的捕食功能反应及生物农药的安全性评价. 江西农业大学学报, 36(6): 1247–1252]
- Wang S, Tan XL, Xu HX, Zhang F. 2012. Interspecific competition among three predacious ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae). *Scientia Agricultura Sinica*, 45(19): 3980–3987 (in Chinese) [王甦, 谭晓玲, 徐红星, 张帆. 2012. 三种捕食性瓢虫的种间竞争作用. 中国农业科学, 45(19): 3980–3987]
- Wang SH, Wei JN. 2006. Mass rearing and releasing of *Aphidius gifuensis* (Ashmead). *Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition)*, 28(S1): 377–382, 386 (in Chinese) [王树会, 魏佳宁. 2006. 烟蚜茧蜂规模化繁殖和释放技术研究. 云南大学学报(自然科学版), 28(S1): 377–382, 386]
- Wang SY. 2016. Research of *Sitobion avenae* as an alternative host for *Aphelinus asychis* in a banker plant system. PhD thesis. Yanjing: Northwest A&F University (in Chinese) [王圣印. 2016. 以麦长管蚜为替代寄主饲养短翅蚜小蜂载体植物系统的研究. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Wang SY, Niu YJ, Tang R, Liang NN, Liu TX. 2016. Feeding and parasitic functional responses of the parasitoid *Aphelinus asychis* Walker to green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Journal of Plant Protection*, 43(2): 267–274 (in Chinese) [王圣印, 牛雨佳, 唐睿, 梁宁宁, 刘同先. 2016. 短翅蚜小蜂对桃蚜的取食和寄生功能反应. 植物保护学报, 43(2): 267–274]
- Wang W, Zhang LS, Chen HY, Li YY, Zhang J. 2011. Research progress in diapause of the lady beetles. *Plant Protection*, 37(5): 27–33 (in Chinese) [王伟, 张礼生, 陈红印, 李玉艳, 张洁. 2011. 蚜虫滞育的研究进展. 植物保护, 37(5): 27–33]
- Wang WX, Li QS. 1996. Effect of host density on reproductive rate of *Aphidius gifuensis*. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 11(4): 52–57 (in Chinese) [王文夕, 李巧丝. 1996. 寄主密度对烟蚜茧蜂生殖特性的影响. 华北农学报, 11(4): 52–57]
- Wang XP, Lei CL, Jiang Y, Niu CY, Deng JH, Li TF, Song CM. 1999. Studies on the functional response of a predator *Orius similis* to its prey. *Natural Enemies of Insects*, 21(3): 117–120 (in Chinese) [王香萍, 雷朝亮, 姜勇, 牛长缨, 邓建华, 李天飞, 宋春满. 1999. 南方小花蝽对烟蚜捕食功能反应的研究. 昆虫天敌, 21(3): 117–120]
- Wang XQ, Jiang RL, Lin DL, Wang LD. 2008. Epizootiology for four strains of *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* against tea aphid *Toxoptera aurantii*. *Chinese Journal of Biological Control*, 24(S1): 32–35 (in Chinese) [王雪芹, 姜荣良, 林栋梁, 王联德. 2008. 蜡蚧轮枝菌对茶蚜的侵染动态. 中国生物防治, 24(S1): 32–35]
- Wang ZH, Huang J, Li CD. 2014. *Protaphelinus*, a newly recorded genus of Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from China. *Entomotaxonomia*, 36(3): 216–222
- Wen X, Chen F, Cheng L, Gao GZ. 2019. Predation function response of adonia variegata to *Chaitophorus populiniae*. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 42(4): 272–275 (in Chinese) [文霞, 陈凤, 程令, 高桂珍. 2019. 多异瓢虫对白毛蚜的捕食功能反应. 新疆农业大学学报, 42(4): 272–275]
- 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 (in Chinese) [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]
- Wu YQ, Zhao MQ, Yang SF, Duan Y, Jiang YL. 2010. Predations of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on four insect pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 26(1): 13–17 (in Chinese) [武予清, 赵明茜, 杨淑斐, 段云, 蒋月丽. 2010. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用. 中国生物防治, 26(1): 13–17]
- Xi X, Zhu ZL. 1984. The preliminary study on the aphidiid wasps species of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover. *Natural Enemies of Insects*, 6(1): 49–52 (in Chinese) [习学, 朱子龙. 1984. 棉蚜茧蜂研究初报. 昆虫天敌, 6(1): 49–52]
- Xi YQ. 2010. The occurrence of *Lysiphlebus fabarum* Marshall in soybean field and its feeding technology. Master thesis. Zhengzhou: Henan Agricultural University (in Chinese) [席玉强. 2010. 豆柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus fabarum* Marshall 田间发生动态及繁育技术研究. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学]
- Xi YQ, Yin XM, Li XJ, Xu B, Zhang YZ. 2011. The temporal distribution of the aphid parasites, *Lysiphlebus fabarum* and *Binodoxys communis*, in soybean fields in Liaoning, China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1631–1637 (in Chinese) [席玉强, 尹新明, 李学军, 许彪, 张彦周. 2011. 豆柄瘤蚜茧蜂和广双瘤蚜茧蜂田间发生动态及田间繁育. 应用昆虫学报, 48(6): 1631–1637]
- Xie HC, Chen JL, Cheng DF, Zhou HB, Sun JR, Liu Y, Francis F. 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
- Xin YF, Li XR, Wang HP, Wang GQ, Tang YH. 2001. Studies on the use radish seedling to propagate peach aphid for mass rearing *Aphidius gifuensis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 17(2): 49–52 (in Chinese) [忻亦芬, 李学荣, 王洪平, 王桂清, 唐永红. 2001. 用萝卜苗作桃蚜植物寄主繁殖烟蚜茧蜂. 中国生物防治, 17(2): 49–52]
- Xin ZJ, Zheng XH, Chen M, Wu Q, Li ZH. 2007. Predation pattern of *Chrysoperla sinica* on *Rhopalosiphum maidis*. *Shandong Agricultural Sciences*, 21(3): 64–66 (in Chinese) [辛肇军, 郑效虎, 陈梅, 武强, 李照会. 2007. 中华通草蛉幼虫对玉米蚜捕食作用的研究. 山东农业科学, 21(3): 64–66]
- Xu LJ. 2013. Studies on biochemical mechanism of resistance to aphid and plant-mediated RNAi to control aphids. PhD thesis. Beijing: China Agricultural University (in Chinese) [许兰杰. 2013. 小麦抗蚜机制研究及利用植物介导的RNAi创制小麦抗蚜新种质. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学]
- Xu YY, Mou JY, Hu C. 1999. Reasearches and applications of *Chrysoperla sinica*. *Entomological Knowledge*, 36(5): 313–315 (in Chinese) [许永玉, 牟吉元, 胡萃. 1999. 中华通草蛉的研究与应用. 昆虫知识, 36(5): 313–315]
- Yan HY, Guo HG, Sun YC, Ge F. 2020. Plant phenolics mediated bottom-up effects of elevated CO₂ on *Acyrthosiphon pisum* and its parasitoid *Aphidius avenae*. *Insect Science*, 27(1): 170–184
- Yan YF, Chen WL. 2012. The impact of refrigeration on the emergence rate and life of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 28(30): 249–253 (in Chinese) [闫玉芳, 陈文龙. 2012. 冷藏对菜蚜茧蜂羽化率及寿命的影响研究. 中国农学通报, 28(30): 249–253]
- Yan YF, Chen WL, Dong DW. 2014. The effect of humidity on emergence rate and longevity of two aphid parasitoids, *Aphidius gifuensis* (Ashmaed) and *Diaeretiella rapae* M'Intosh. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 33(4): 6–9 (in Chinese) [闫玉芳, 陈文龙, 董代文. 2014. 湿度对烟蚜茧蜂和菜蚜茧蜂羽化率及寿命的影响. 山地农业生物学报, 33(4): 6–9]
- Yang F. 2014. The intraguild predation among *Propylea japonica* (Thunberg), *Coccinella septempunctata* L. and *Harmonia axyridis* (Pallas). Master thesis. Yangzhou: Yangzhou University (in Chinese) [杨帆. 2014. 龟纹瓢虫、七星瓢虫与异色瓢虫之间的集团内捕食作用. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学]
- Yang H, Zheng FK. 2007. Study on functional response of *Menochilus sexmaculata* Fab. adults to *Aphis robiniae* Macchiati. *Sichuan Journal of Zoology*, 26(4): 907–909 (in Chinese) [杨鹤, 郑发科. 2007. 六斑月瓢虫成虫捕食洋槐蚜的功能反应研究. 四川动物, 26(4): 907–909]
- Yang HF, Ma D, Ma Q. 1985. Record of ten species of *Aphidius* in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 22(1): 23–25 (in Chinese) [杨海峰, 马盾, 马祁. 1985. 新疆玛纳斯十种主要蚜茧蜂记述. 新疆农业科学, 22(1): 23–25]
- Yang HL, Gu XH, Luo XL, Yang YH, Zhang LM. 2016. Control *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) with *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae), an important parasitoid of aphids. *Journal of Environmental Entomology*, 38(5): 1018–1022 (in Chinese) [杨海林, 谷星慧, 罗秀莲, 杨曜华, 张立猛. 2016. 菜蚜茧蜂对萝卜蚜的控制作用研究. 环境昆虫学报, 38(5): 1018–1022]
- Yang JK, Chen YJ. 1995. Two new species of *Aphelinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing the rice root aphids. *Entomotaxonomia*, 17(4): 296–302 (in Chinese) [杨集昆, 陈昱君. 1995. 寄生于红腹缢管蚜的蚜小蜂属二新种(膜翅目: 蚜小蜂科). 昆虫分类学报, 17(4): 296–302]
- Yang LW, Wang S, Zhang ZY, Zhang F. 2014. Preliminary researches in mass rearing of predatory natural enemy insect *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 971–977 (in Chinese) [杨丽文, 王甦, 张志勇, 张帆. 2014. 米蛾卵饲养东亚小花蝽的关键点研究. 环境昆虫学报, 36(6): 971–977]
- Yang S, Wei JN, Yang SY, Kuang RP. 2011. Current status and future trends of augmentative release of *Aphidius gifuensis* for control of *Myzus persicae* in China's Yunnan Province. *Journal of the Entomological Research Society*, 13(3): 87–99
- Yin Z, Li ZC, Cao ZW, Wang YP, Zhu JL, Wang L, Guo XH. 2014. Progress of artificial propagation of *Orius sauteri* (Poppius) and its utilization. *China Plant Protection*, 34(6): 19–22 (in Chinese) [尹哲, 李兆春, 曹泽文, 王燕萍, 朱娟利, 王璐, 郭喜红. 2014. 东亚小花蝽人工繁育与利用进展. 中国植保导刊, 34(6): 19–22]
- Yu GY. 2010. Chinese lady beetles (the subfamily Coccinellinae). Beijing: Chemical Industry Press (in Chinese) [虞国跃. 2010. 中国瓢虫科亚科图志. 北京: 化学工业出版社]
- Yu XF, Han XB, Song DM, Wang XQ, Chen TZ, Tian TA, Yang MF. 2018. Technical regulations for industrialized propagation of *Aphidoletes aphidimyza*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 46(5): 38–40, 2 (in Chinese) [于晓飞, 韩小斌, 宋冬梅, 王秀琴, 陈廷智, 田太安, 杨茂发. 2018. 食蚜瘿蚊工厂化繁殖技术规程. 贵州农业科学, 46(5): 38–40, 2]
- Yu XL. 2020. Intraguild predation between *Harmonia axyridis* and *Aphidius gifuensis* and their potential effect on the management of *Myzus persicae*. PhD thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [于兴林. 2020. 异色瓢虫与烟蚜茧蜂集团内捕食作用及协同防控桃蚜潜能评价. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Yuan F. 1996. Taxonomy of Hexapoda. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese) [袁锋. 1996. 昆虫分类学. 北京: 农业出版社]
- Zhang HJ, Huo KK. 2005. The classification systems of Syrphidae and advance in the related researches. *Entomological Knowledge*, 42(2): 132–138 (in Chinese) [张宏杰, 霍科科. 2005. 食蚜蝇科的分类系统及其研究进展. 昆虫知识, 42(2): 132–138]
- Zhang HZ, Li YY, An T, Huang FX, Wang MQ, Liu CX, Mao JJ, Zhang LS. 2018. Comparative transcriptome and iTRAQ proteome analyses reveal the mechanisms of diapause in *Aphidius gifuensis* Ashmead (Hymenoptera: Aphidiidae). *Frontiers in Physiology*, 9: 1697

- Zhang J, Yang MF. 2007. Study on the predation function of *Aphidoletes aphidimyza* on three species of aphids. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 35(36): 11897–11898 (in Chinese) [张洁, 杨茂发. 2007. 食蚜瘿蚊对3种蚜虫捕食作用的研究. 安徽农业科学, 35(36): 11897–11898]
- Zhang TW, Huang CQ, Du JL, Liu CZ. 2015. Parasitism and offspring fitness of *Aphidius ervi* Haliday in relation to its host *Acyrthosiphon pisum* Harris at different stages. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 23(7): 914–918 (in Chinese) [张廷伟, 黄纯倩, 杜军利, 刘长仲. 2015. 阿尔蚜茧蜂对不同龄期豌豆蚜的寄生及后代适合度研究. 中国生态农业学报, 23(7): 914–918]
- Zhang W, Liu S, Li N, Chen J, He YZ, Qin QJ. 2014. Effects of photoperiods on adult diapause of *Harmonia axyridis* (Pallas). *Journal of Plant Protection*, 41(4): 495–500 (in Chinese) [张伟, 刘顺, 李娜, 陈洁, 何运转, 秦秋菊. 2014. 光周期对异色瓢虫生殖滞育的影响. 植物保护学报, 41(4): 495–500]
- Zhang WY, Ji ZD. 1992. A new species and four new records of *Paeusia* Quilis from China (Hymenoptera: Aphidiidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 17(2): 231–234 (in Chinese) [张万玉, 季正端. 1992. 少毛蚜茧蜂属一新种及四新纪录种记述(膜翅目: 蚜茧蜂科). 动物分类学报, 17(2): 231–234]
- Zhang XX, Zhao ZF, Mao XH, Bai TT, Zhang AS. 2020. Co-toxicity of *Metarhizium anisopliae* CQM421 with three other insecticides against the *Aphis gossypii* Glover. *Agrochemicals*, 59(1): 74–78 (in Chinese) [张秀霞, 赵忠范, 毛晓红, 白婷婷, 张安盛. 2020. 金龟子绿僵菌CQM421与3种杀虫剂对瓜蚜的联合毒力. 农药, 59(1): 74–78]
- Zhang XY, Zhai YF, Zhuang QY, Lin QC, Wu WH, Tao M, Yu Y. 2015. Research advance of insect diapause. *Shandong Agricultural Sciences*, 47(2): 143–148, 156 (in Chinese) [张晓燕, 翟一凡, 庄乾营, 林清彩, 吴文虎, 陶玲, 于毅. 2015. 昆虫滞育研究进展. 山东农业科学, 47(2): 143–148, 156]
- Zhang YP, Wu ZJ, Zhou TX, Yang ML. 2006. Toxicity test of *Verticillium lecanii* and its monospore, ultravioletly and chemically mutated isolates to *Brevicoryne brassicae* in room. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 19(4): 653–655 (in Chinese) [张亚平, 吴卓晶, 周天雄, 杨美林. 2006. 蜡蚧轮枝菌单孢分离菌株和诱变菌株对甘蓝蚜的室内毒力测定. 西南农业学报, 19(4): 653–655]
- Zhao H, Cao HH, Pan MZ, Sun YX, Liu TX. 2017. The role of plant growth regulators in a plant-aphid-parasitoid tritrophic system. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(4): 868–876
- Zhao J, Xiao D, Zhang F, Wang S. 2016. The intraspecific cannibalism and intraguild predation on eggs among three predacious ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) adults. *Journal of Environmental Entomology*, 38(2): 299–304 (in Chinese) [赵静, 肖达, 张帆, 王甦. 2016. 三种捕食性瓢虫成虫对卵的种内残及其集团内捕食作用. 环境昆虫学报, 38(2): 299–304]
- Zhao Q. 2009. Studies on Braconidae and Aphidiidae from five provinces in Northwest of China. Master thesis. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University (in Chinese) [赵琼. 2009. 中国西北五省区茧蜂资源调查及属的分类(昆虫纲: 膜翅目). 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学]
- Zhao YN, Li GQ, Wang N, Yang CF, Guo WF, Liu DH. 2021. Transgenic cotton with GNA and ACA resistant to cotton aphids. *Molecular Plant Breeding*, 19(20): 6731–6740 (in Chinese) [赵亚楠, 李刚强, 王楠, 杨彩峰, 郭文芳, 刘德虎. 2021. 转GNA和ACA双基因抗蚜虫棉花新材料的创制. 分子植物育种, 19(20): 6731–6740]
- Zheng SW, Liu XQ, Li MG, Xu YY. 2008. Predaceous function of *Chrysoperla sinica* larvae to *Aphis citricola*. *Shandong Agricultural Sciences*, 40(6): 50–52 (in Chinese) [郑书文, 刘学谦, 李明贵, 许永玉. 2008. 中华通草蛉幼虫对绣线菊蚜捕食作用的研究. 山东农业科学, 40(6): 50–52]
- Zheng YS, Dong DZ, Yang HF. 1987. Aphidiidae species of wheat aphids in China. *Natural Enemies of Insects*, 9(2): 94–99 (in Chinese) [郑永善, 董大志, 杨海峰. 1987. 麦蚜蚜茧蜂种类. 昆虫天敌, 9(2): 94–99]
- Zheng YS, Zhang XY, Wang ZH. 1985. Aphidiidae species of cotton in China. *Entomological Knowledge*, 22(4): 175–180 (in Chinese) [郑永善, 张秀谊, 王志怀. 1985. 棉花蚜茧蜂种类. 昆虫知识, 22(4): 175–180]
- Zhong N, Kuang RP, Shan F, Tang YZ, Yu B. 1988. Effect of mean density and aggregation of the woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) on parasitism percentage of *Aphelinus mali* Halde man. *Zoological Research*, 9(4): 395–400 (in Chinese) [钟宁, 况荣平, 单访, 唐业忠, 余波. 1988. 苹果绵蚜密度及聚集度对日光蜂寄生作用的影响. 动物学研究, 9(4): 395–400]
- Zhou HB, Chen JL, 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 Y, Xiang LC. 1982. Sep novaj specioj de aphidiedoj el Shaanxi Provinco (Hymenoptera: Aphidiidae). *Entomotaxonomia*, IV(1/2): 39–47 (in Chinese) [周尧, 向龙成. 1982. 陕西省蚜茧蜂七新种. 昆虫分类学报, IV(1/2): 39–47]
- Züst T, Agrawal AA. 2016. Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. *Nature Plants*, 2: 15206

(责任编辑:张俊芳)