

新疆小蜂总科资源及其在生物防治中的应用前景*

康宁, 胡红英[†], 黄增倩

(新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆生物资源基因工程重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 本文总结了新疆小蜂总科昆虫的研究现状, 从形态特征、物种多样性、区系成分、生物学特性等方面分析了新疆小蜂总科的物种资源情况及其在生物防治中的应用前景。经统计, 新疆目前已知小蜂总科16科145属289种, 其中金小蜂科Pteromalidae、缨小蜂科Mymaridae和赤眼蜂科Trichogrammatidae的物种数在新疆小蜂总科中占有较大的优势, 上述优势种群在全国小蜂总科中的物种丰度也较高。在区系成分方面, 新疆小蜂总科类群以古北区成分为主, 新北区和东洋区成分也较高。对于部分已初步查明生物学特性的小蜂进行了汇总分析, 为后续进一步研究小蜂人工扩繁、农田实际应用技术以及新疆农田害虫的生物防治提供参考。

关键词: 小蜂总科; 物种多样性; 区系成分; 分类; 保护利用

DOI: 10.13568/j.cnki.651094.651316.2020.05.31.0001

中图分类号: Q969.54⁺5.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-7675(2021)03-0300-013

引文格式: 康宁, 胡红英, 黄增倩. 新疆小蜂总科资源及其在生物防治中的应用前景[J]. 新疆大学学报(自然科学版)(中英文), 2021, 38(3): 300-312.

英文引文格式: KANG N, HU H Y, HUANG Z Q. The resources of the chalcidoidea in Xinjiang and its application prospects on pests biocontrol[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition in Chinese and English), 2021, 38(3): 300-312.

The Resources of the Chalcidoidea in Xinjiang and Its Application Prospects on Pests Biocontrol

KANG Ning, HU Hongying, HUANG Zengqian

(School of Life Science and Technology, Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830046, China)

Abstract: In this article, we summarized the research status of the Chalcidoidea in Xinjiang over the years, from the species diversity, fauna composition, biological characteristics and actual cases of parasitoids and pests. It will provide basic information for excavating the resources and indoor artificial propagation of important species. Statistics showed that a total of 16 families, 145 genera and 289 species were known in Xinjiang. Among them, Pteromalidae, Mymaridae, and Trichogrammatidae were the dominant group in Xinjiang. The species of dominant group in Xinjiang also have greater species abundance in the nation's total family. In terms of floristic composition, most of the chalcidoidea in Xinjiang were mainly from Palearctic region, and followed by Nearctic and oriental region. In terms of biological control, we listed some species which biological characteristics have been clarified primarily, which can be mass produced artificially, and applied in farmland, in order to make contributions to the biological control of farmland pests in Xinjiang.

Key words: Chalcidoidea; species diversity; palaeartic region; classification; conservation and utilization

0 引言

小蜂总科Chalcidoidea隶属于膜翅目Hymenoptera细腰亚目Apocrita寄生部Parsitica, 其大多种类体型微小,

* 收稿日期: 2020-05-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(30560019; 30860040; U1170305; 31360523); 科技部重点研发项目(2016YFC0501501); 新疆维吾尔自治区科技厅国际合作项目(20126005); 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2011211A004)。

作者简介: 康宁(1990-), 女, 博士生, 从事昆虫学研究, E-mail: 183043391@qq.com.

[†] 通讯作者: 胡红英(1969-), 女, 博士后, 教授, 博士生导师, 从事昆虫学研究, E-mail: hoohyi-69@163.com.

营寄生生活,寄生于昆虫的卵、幼虫、蛹、成虫以及蜘蛛的卵、幼蛛和成蛛,是非常重要的寄生性天敌昆虫.小蜂总科分布十分广泛,种类和数量也十分繁多,目前世界已知小蜂总科25科75亚科约2 188属26 014种,国内已记录22科435属2 129种^[1],其中新疆已记录16科145属289种^[2-10].

小蜂总科昆虫对于生态平衡以及人类的生产生活具有重要的经济意义^[11,12].其形态非常微小,成虫体长在0.5~10 mm左右,体色千差万别,蓝色、绿色及古铜色等,体表还有不同种类的刻纹,体壁由坚硬(金小蜂科、褶翅小蜂科Leucospidae等)到很柔软(赤眼蜂、缨小蜂等),多为下口式,咀嚼式口器,触角大多为膝状,柄节较长,梗节短小,具两对膜质的翅,中胸侧片前方常分化出胸腹侧片,雌性产卵器从腹部腹面末端前方伸出.有关小蜂总科分类研究,目前世界范围内被广泛接受的小蜂总科分类系统主要是由Bouček^[13]和Gibson^[14]编制的,国内最早是由廖定熹编著的《天敌昆虫图册》对小蜂总科进行了系统的描述^[12],1987年出版的《中国经济昆虫志第三十四册膜翅目小蜂总科(一)》共记述了17个科^[15],杨忠岐编著的《中国小蠹虫寄生蜂》共记述了5科45属141种2亚种^[16],其于2015年出版的《寄生林木食叶害虫的小蜂》共记述8科41属115种^[11].

小蜂总科昆虫也是害虫生物防治中寄生性天敌的主要类群,具有对害虫控制作用强、容易大量饲养等优点,除少数为植食性(榕小蜂科Agaonidae、广肩小蜂科Eurytomidae和长尾小蜂科Torymidae等)外,绝大多数营内寄生的容性寄生生活方式,完全变态发育,其一年内的发生世代数不同,一般情况下分布于温带地区的种类每年发生1~3代,而在气温偏高的亚热带地区世代较多.

新疆维吾尔自治区是中国面积最大的省级行政区,占中国国土总面积的六分之一,属温带大陆型气候.新疆农林牧可直接利用土地面积达10.28亿亩,占全国农林牧宜用土地面积的十分之一以上,后备耕地2.23亿亩,居全国首位^[17].近年来,随着新疆农业产业的迅速发展,各种优势特色的农业作物及林果(棉花、核桃、葡萄、香梨及番茄等)种植面积迅速扩张,同时伴随着农林虫害增加的现象,若单纯依靠施用有机杀虫剂,在治虫保产上确实能起到积极的作用,但同时也会引起环境污染、影响农产品质量、破坏生态平衡以及害虫抗药性增加等问题,并且大量使用化学农药所造成的环境污染、对天敌昆虫的伤害和害虫抗药性的产生等后果都是不可逆转的.而绿色发展是实现农业高质量发展的根本途径,为响应“绿色生产,绿色发展”的理念,我们应将害虫的生物防治策略作为主要的防治手段,即“以虫治虫”的绿色防控手段,害虫生物防治要充分发挥寄生性天敌的自然控制力量,维持生物链的相对稳定,以控制害虫的种群数量,避免害虫爆发危害.

然而,要利用害虫的寄生性天敌对其进行生物防治,必须建立在对当地天敌资源全面调查研究的基础之上.因此,首先需要对天敌寄生蜂的种类和区系进行调查及分类研究,这是利用寄生性天敌进行生物防治的最为重要的基础性工作.本文综合研究团队及我国其他研究团队历年对新疆各地小蜂总科资源调查的资料,对新疆小蜂总科的物种资源进行汇总,同时结合实际案例评估其应用前景.

1 材料与方法

1.1 材料

本研究团队历年来发表与小蜂总科昆虫相关的论文,以及近年来有关新疆小蜂总科资源研究与生物防治应用的文献资料.

1.2 方法

整理并汇总文献中新疆小蜂总科的物种数及区系划分的相关信息,同时结合小蜂数据库中的信息,与国内小蜂总科目前已知的物种数进行比较分析.

2 结果与分析

2.1 新疆小蜂总科的主要物种资源

通过汇总近年来有关新疆小蜂总科的研究(表1),发现新疆的小蜂总科主要包括16个科.其中,金小蜂科Pteromalidae、姬小蜂科Eulophidae、跳小蜂科Encyrtidae、缨小蜂科Mymaridae以及赤眼蜂科Trichogrammatidae是新疆小蜂总科的优势类群.而在世界范围内,以上主要类群也同样是优势类群,目前世界已知姬小蜂科326属6 054种,跳小蜂科497属4 741种,金小蜂科636属4 240种,缨小蜂科116属1 575种,赤眼蜂科97属1 030种.我们将分别对优势寄生蜂类群从物种分布特征及生物防治应用前景方面进行分析.

表 1 新疆小蜂总科各科已知种数及其占全国种数的比例

Tab 1 The number and proportion of known species of the Chalcidoidea in Xinjiang

科名	新疆各科种数	全国各科种数	新疆各科种数占全国种数比例(100%)
金小蜂科Pteromalidae	72	451	15.96%
缨小蜂科Mymaridae	55	93	59.14%
赤眼蜂科Trichogrammatidae	49	173	28.32%
姬小蜂科Eulophidae	40	387	10.34%
跳小蜂科Encyrtidae	38	483	7.87%
蚜小蜂科Aphelinidae	15	251	5.98%
长尾小蜂科Torymidae	5	54	9.26%
广肩小蜂科Eurytomidae	6	80	7.50%
四节金小蜂科Tetracampidae	2	2	100.00%
旋小蜂科Eupelmidae	2	56	3.57%
刻腹小蜂科Ormyridae	1	8	12.50%
蚁小蜂科Eucharitidae	1	9	11.11%
巨胸小蜂科Perilampidae	2	5	40.00%
棒小蜂科Signiplioridae	1	4	25.00%
褶翅小蜂科Leucospidae	1	11	9.09%
小蜂科Chalcididae	1	70	1.43%
榕小蜂科Agaonidae	—	14	—
长斑小蜂科Tanaostigmatidae	—	1	—
Cynipencyrtidae	—	1	—
Eriaporidae	—	1	—
Azotidae	—	11	—
总数	289	2 129	13.95%

2.1.1 金小蜂科资源

金小蜂科是小蜂总科中最大的一个科, 是许多实蝇、大型鳞翅目害虫(枯叶蛾科Lasiocampidae、毒蛾科Lymantriidae、螟蛾科Pyralidae等)的寄生性天敌。目前世界范围常用的金小蜂科分类系统主要是由Graham^[18]和Bouček^[19]编制的。在我国, 黄大卫和肖晖在《中国动物志昆虫纲第四十二卷膜翅目金小蜂科》中详细记述了中国金小蜂科12个亚科48属193种^[20], 刘丹对新疆金小蜂科11属进行了描述, 李勤记述了新疆金小蜂科7亚科35属72种, 其中包括1个中国新记录亚科: 短痣金小蜂亚科Colotrechninae, 7个中国新记录属以及28中国新记录种。新疆金小蜂科主要优势类群包括: 赘须金小蜂属*Halticoptera* Spinola (7种)、迈金小蜂属*Mesopolobus* Westwood (10种)、楔缘金小蜂属*Pachyneuron* Walker (5种)和金小蜂属*Pteromalus* Swederus (5种)。其主要分布于新疆北部的准噶尔盆地(43种, 占比59.7%), 生境大多为荒漠, 玉米、棉花等农田, 以上研究成果丰富了新疆的金小蜂资源。

虽然目前新疆金小蜂科已发现多种, 但在全国金小蜂科已知种中所占的比例仅为15.96%, 表明新疆金小蜂物种资源还有待进一步挖掘, 结合分子技术提升分类鉴定的水平, 可能发现更多新记录种或新种。新疆金小蜂科物种数相对国内较少, 也可能与当地特有的极端环境有关, 因此对当地特有种以及广布种对极端环境适应性的研究也尤为必要。再者, 对于已发现的本土优势种群还未有生物学、生态学和生理生化及分子水平等方面的深入研究, 而我国已对寄生于蝇蛹的丽蝇蛹集金小蜂^[21]、寄生于落叶松叶蜂的六盘山翠金小蜂^[22]的人工扩繁技术及农田实际应用有了比较深入的研究, 这些研究都能够为本地金小蜂的扩繁和应用提供理论参考。同时, 结合新疆目前农业产业的扩增和集约化的现状, 将来应重点关注能够应用于农业产业生物防治的金小蜂科物种以及人工扩繁实际应用相关技术的研究, 使该资源能够应用并服务于农业。

2.1.2 姬小蜂科资源

姬小蜂科Eulophidae也是小蜂总科中物种丰度较大的科, 是多种双翅目Diptera(主要是潜蝇科Agromyzinae)、鳞翅目Lepidoptera、鞘翅目Coleoptera害虫的寄生性天敌。我国已记录姬小蜂科61属387种, 其中新疆已记录23属40种。有关姬小蜂科分类研究, 国内主要由朱朝东和黄大卫对中国浙江和广西的姬小蜂科进行了系统的分类

研究^[23,24],张彦周等记述了甘肃南部及秦岭林区姬小蜂科25属73种^[25].王朝对新疆准噶尔盆地荒漠的姬小蜂科昆虫进行了分类鉴定,发现新疆新记录属5属、新记录种10种,丰富了新疆本土的姬小蜂资源库.同时准噶尔盆地荒漠中有大量防风固沙的重要植被如胡杨*Populus euphratica*、梭梭*Haloxylon ammodendron* Bunge和榆树*Ulmus pumila* L.等,该地姬小蜂的资源也能够为这类重要荒漠植被的保护提供基础数据.李照广对新疆灿姬小蜂亚科Entedontinae进行了分类研究,发现新疆新记录属6属、新记录种11种;从地理分布来看,柄腹姬小蜂属*Pediobius* Walker 在全疆均有分布,*Chrysocharis clarkae* Yoshimoto、*Chrysonotomyia auripunctata* (Ashmead)、*Entedon pumilae* Yang 和*Pediobopsis pellucidula* (Crosby) 仅在北疆分布,东疆灿姬小蜂亚科小蜂种类数低于南疆和北疆种类数;从不同的生境来看,灿姬小蜂亚科在农田植被类型(绿洲生态系统)中的种类最多,占比40.7%,而在湿地植被类型(湿地生态系统)种类最少,占比11.1%.以上成果能够为后期开发新疆本土姬小蜂科资源奠定基础,有助于因地制宜地防控本地的农林害虫.

目前,国外对于亮腹釉小蜂*Tamarixia radiata*^[26]、潜蝇姬小蜂*Diglyphus isaea*^[27]的大量扩繁与应用已有较为成熟的技术,国内也已对椰甲截脉姬小蜂*Asecodes hispinarum*^[28]及美国白蛾的天敌周氏啮小蜂*Chouioia cunea* Yang^[29]有较为成熟的人工扩繁和释放技术.新疆本地姬小蜂的种类与数量也十分繁多,部分物种是榆树及梭梭寄主害虫的寄生性天敌,但目前尚未对本地姬小蜂优势种群的发育历期、最适发育条件及生理生化特征等进行系统研究,人工扩繁相关技术研究方向也具有很大的发展空间.

2.1.3 跳小蜂科资源

跳小蜂科Encyrtidae是一类具有重要生态价值的寄生蜂类群,该科寄主范围十分广泛,大多是半翅目(蚧科Coccidae、盾蚧科Diaspididae和木虱科Psyllidae等)及鳞翅目(毒蛾科Lymantriidae、巢蛾科Yponomeutidae和尺蛾科Geometridae)害虫.目前国内已记录128属483种,其中新疆已记录23属38种,世界范围内广为接受的跳小蜂科分类系统主要是由Trjapitzin^[30]编制的,国内主要参考张彦周和黄大卫编写的《中国跳小蜂科(膜翅目:跳小蜂科)属的厘订及分属检索表》^[31].唐秀丽对新疆准噶尔盆地荒漠跳小蜂科进行了分类研究,记述了新疆新记录属14属、新记录种16种,研究结果表明新疆盆地荒漠跳小蜂科种类约占全国跳小蜂科的18%,种类非常丰富.其中优势类群为木虱跳小蜂属*Psyllaephagus*,其次是多胚跳小蜂属*Copidosoma*和长索跳小蜂属*Anagyrus*,它们的主要寄主半翅目(木虱科)及鳞翅目害虫也是主要的荒漠建群种梭梭和柽柳的造瘿害虫,因此以上寄生性天敌对于荒漠植被的害虫生物防治有重要作用.但目前对于跳小蜂本地资源的应用还缺乏大量基础数据,包括跳小蜂生物学特征、与重要寄主害虫的对应关系、寄生方式、跳小蜂的最适生长和繁殖条件以及其人工扩繁及田间释放技术等,因此具有深远的研究价值.

2.1.4 赤眼蜂科资源

赤眼蜂科Trichogrammatidae是重要农林害虫的卵寄生蜂,也是目前能够人工大量扩繁并实际应用于生物防治的寄生蜂,其寄主范围十分广泛,主要是鳞翅目的玉米螟*Ostrinia nubilalis*、棉铃虫*Helicoverpa armigera*和红铃虫*Pectinophora gossypiella*等.目前中国已记录37属173种,本研究团队发现并整理新疆19属49种.新疆地区赤眼蜂优势种类为暗黑赤眼蜂*Trichogramma pintoi* Voegelé 和弗氏宽翅赤眼蜂*Ufens foersteri* (Kryger),主要分布于新疆北部的棉田,前者对于棉铃虫的防治有明显的效果,后者广泛分布于新疆各地的荒漠及其周围农田,但生物学特性未知.新疆北部的寡索赤眼蜂属*Oligosita* Walker、赤眼蜂属*Trichogramma* Westwood及宽翅赤眼蜂属*Ufens* Girault分布非常广泛,种群丰富.研究团队首次利用扫描电镜技术对新疆赤眼蜂5属7种进行了详细的形态观测^[32-44],为该类资源的分类鉴定提供有力技术支撑.

目前新疆赤眼蜂的人工扩繁及农田应用技术已经较为成熟,郭文超科研团队在赤眼蜂的大规模生产及农田的实际应用中取得了重大的成果,他们成功从内地引进黄赤眼蜂*Trichogramma chilonis*、松毛虫赤眼蜂*Trichogramma dendrolimi*和玉米螟赤眼蜂*Trichogramma ostrini* Pang et Cheng等种类和品系,进行了大量生产并应用到农田生产实践中^[45-49],同时建立了赤眼蜂繁育研发和生产基地,为新疆农林害虫的生物防治提供了有力支撑.但迄今为止,还没有利用本土赤眼蜂种类进行扩繁和田间应用,因而挖掘本土赤眼蜂种类,研究其生物学特性,进一步进行人工扩繁和田间释放,在新疆农林害虫的生物防治实践中有着广阔前景.

2.1.5 缨小蜂科资源

缨小蜂科Mymaridae是农林害虫常见的一类重要的卵寄生蜂,同时又是其它许多潜在害虫(半翅目的叶蝉

科Cicadellidae和飞虱科Delphacidae)的寄生性天敌,对控制害虫的爆发、维护生态平衡发挥着重要作用。目前全国已记录缨小蜂科26属93种,本研究团队发现新疆缨小蜂科17属55种,包括1个中国新记录属,18个中国新记录种和22个新种,其中的优势属为缨翅缨小蜂属*Anagrus* Haliday和柄翅缨小蜂属*Gonatocerus* Nees. 从地理分布上来看,缨小蜂在准噶尔盆地的种类最多,有45种,占新疆已知种的86.5%. 刘俊红^[50]等在国内首次利用扫描电镜技术对新疆5属5种缨小蜂的触角超微形态结构进行了观测,为缨小蜂鉴定提供更加准确的形态依据. 由于缨小蜂个体极其微小,形态及习性变化多样,对于缨小蜂人工大量扩繁以及实际生物防治应用还未有深入研究.

对于新疆小蜂总科中较小的几个类群,我们也正在进行相关研究. 四节金小蜂科Tetracampidae在全世界共包括3亚科16属51种,在蒙古、俄罗斯及澳大利亚均有分布,国内仅有2种且都分布于新疆,该科主要生活于沙生植物白刺*Nitraria* spp.上,寄生于在白刺上形成虫瘿的双翅目Chiromyiidae科幼虫中,我国四节金小蜂科昆虫最早由宁夏的高兆宁研究员于1988年5月在白刺的虫瘿中养出,杨忠岐、刘丹等在新疆发现四节金小蜂科2新记录属2新记录种,并建立了四节金小蜂的下属检索表^[51,52],而白刺这种旱生植物主要分布于我国西北地区,是重要的固沙阻沙植被,因此对于其造瘿害虫的寄生性天敌四节金小蜂的研究十分重要. 榕小蜂科Agaonidae虽然种类较少但在我国分布十分广泛,是多种榕树和无花果的重要传粉昆虫,但在盛产无花果的新疆却未有榕小蜂相关记录,主要由于无花果的雄株成熟后口感不好,所以新疆的无花果树都为雌株且品种与内地不同,成熟后不能形成瘦花子房为榕小蜂幼虫提供发育场所,而榕小蜂无法在这样的环境下繁衍生存^[53,54],因此新疆无榕小蜂分布. 旋小蜂科Eupelmidae目前国内共记录9属56种^[55],新疆目前仅发现其中的旋小蜂属*Eupelmus* Dalman,其在新疆南北部均有分布,该科广泛寄生于半翅目、鳞翅目、鞘翅目、双翅目和直翅目农林重要害虫的卵、幼虫和蛹中,在生物防治中具有重要价值. 刻腹小蜂科Ormyridae是小蜂总科中较小的科,目前世界已知146种,而其中刻腹小蜂属*Ormyrus*是唯一分布于古北区的属,共有38种,本实验团队报道了吉尔吉斯斯坦该科1新记录种*Ormyrus yeschilirmaka* Doganlar^[56],该科在新疆主要分布在喀什地区,是寄生于膜翅目瘿蜂科Cynipidae和双翅目瘿蚊科Cecidomyiidae、实蝇科Tephritidae、潜蝇科Agromyzidae中的造瘿昆虫,在造瘿害虫的生物防治中有重要作用. 其它小蜂类群较小,在国内其它省份和新疆分布及相关研究都很少,不做详细介绍.

2.2 新疆小蜂总科地理分布及区系成分分析

新疆小蜂总科昆虫种类最丰富的区域是新疆北部的准噶尔盆地,其次是伊犁地区及东疆诸盆地,再次为塔里木盆地及天山山地区域,在阿尔金山及东昆仑山区域有少量分布,而帕米尔高原及西昆仑山区域暂无报道. 准噶尔盆地中小蜂总科的物种丰度占比高于80%,准噶尔盆地位于天山与阿尔泰山之间,其内有荒漠植被丰富的中国第二大沙漠—古尔班通古特沙漠,盆地周边有众多绿洲及旅游景点,因而人为活动较为频繁,同时该地也是东西方物种扩散及交流的重要通道,从而导致该地小蜂物种丰富且区系成分复杂;伊犁谷地区域位于天山山脉西部,是我国向西开放的重要门户,气候温和湿润,动植物多样性丰富,因此该地的小蜂物种丰富、种类多样;塔里木盆地是大型封闭的山间盆地,其内有世界第二大流动沙漠—塔克拉玛干沙漠,封闭的地势使该地物种难以与其它地区的物种进行交流,加之极端干旱的气候以及较为单一的动植物类型,导致该地的小蜂物种较少.

按照世界动物地理六大界划分,新疆分布的小蜂总科可划分为20个分布型(表2),古北种所占的比例最高,达199种,占68.85%;其次是广布种有22种,占7.3%;古北界—东洋界分布的有19种,占6.3%;古北界—东洋界—新北界分布的有17种,占5.7%;古北界—澳洲界和古北界—非洲界分布的各3种,分别占1%. 在新疆已知小蜂总科区系成分中,古北种占绝对优势,其次依次是东洋区、新北界及澳洲区成分,且多个区系成分相互重叠、交错. 新疆在地理区划中隶属古北界,因此本地的小蜂均有古北成分;由于冰期中有许多古北区的类群南移到东洋界,可以把东洋界看成是古北界的南延,因此东洋界成分的种类也较多^[57-60];由于白令海峡的路桥作用使得美洲与亚洲的物种能够交流,造成新北界成分的物种也较多;在第三纪与第四纪时,南美与北美大陆相连^[61-63],使得新北界和新热带界的物种能够交流;在第四纪冰期时,大量古北界动物南迁至非洲界,因此新疆地区有新热带界和非洲界及跨界分布的小蜂总科昆虫.

2.3 新疆小蜂总科在生物防治中的应用前景

新疆地处中国西部干旱半干旱区,远离海洋、降水稀少、地域广袤、植被类型单一且聚集,因此生境相对脆弱. 新疆总土地中31.68%为农用地,其中主要的农作物包括棉花、核桃、番茄、玉米和马铃薯等,这些重要的

表2 中国新疆小蜂总科在世界动物区系的分布型及其百分比

Tab 2 Types of zoogeographic region of Chalcidoidea from Xinjiang and its percentage

序号	区系型	种数	所占比例
1	古北界	199	68.85%
2	古北界-东洋界	19	6.40%
3	古北界-新北界	11	3.70%
4	古北界-澳洲界	3	1.01%
5	古北界-非洲界	3	1.01%
6	古北界-东洋界-新北界	17	5.72%
7	古北界-新北界-澳洲界	1	0.34%
8	古北界-东洋界-新热带界	1	0.34%
9	古北界-新北界-新热带界	1	0.34%
10	古北界-非洲界-新北界	1	0.34%
11	古北界-东洋界-新北界-澳洲界	2	0.67%
12	古北界-东洋界-新北界-非洲界	1	0.34%
13	古北界-东洋界-澳洲界-非洲界	1	0.34%
14	古北界-东洋界-新北界-新热带界	2	0.67%
15	古北界-新北界-澳洲界-新热带界	1	0.34%
16	古北界-东洋界-新北界-澳洲界-非洲界	2	0.67%
17	古北界-东洋界-澳洲界-非洲界-新热带界	1	0.34%
18	古北界-东洋界-新北界-非洲界-新热带界	1	0.34%
19	古北界-东洋界-新北界-非洲界-新热带界	1	0.34%
20	全世界分布	21	7.07%
	合计	289	100.00%

农作物中常有虫害发生,如棉花中的害虫棉铃虫、棉蚜和棉蓟马等,危害核桃的大青叶蝉、蚧壳虫、蝽和尺蠖等,危害番茄的害虫斑潜蝇、棉铃虫、红蜘蛛和马铃薯甲虫等,危害玉米的玉米螟和玉米旋心虫,以及危害马铃薯的马铃薯叶甲。目前对于以上害虫的防治主要还是以化学药物防治为主,生物防治技术已在较为重要的害虫如棉铃虫上实施,但还未广泛应用,因此对于新疆主要害虫生物防治技术的研究还大有空间。

结合历年新疆重要害虫及其寄生性天敌的调查情况,对新疆农作物的主要害虫及其寄生性天敌进行了汇总(表3),主要列出寄生性天敌为小蜂总科的农林害虫。我们发现不同农林树种的害虫种类十分多样化,如玉米、苹果和榆树等单种植被的害虫种类都超过三种以上,除寄生性的小蜂总科昆虫,其中部分害虫的主要天敌为茧蜂科或捕食性天敌昆虫,如棉花的害虫还包括棉蚜、棉叶螨及棉田玉米螟等,其主要天敌为茧蜂及瓢虫。同时一种害虫可危害多种农林植被,如马铃薯叶甲可危害马铃薯和番茄等多种茄科植物,斑潜蝇类害虫不仅危害多种蔬菜,对于花卉等观赏植被也有危害,瘿蚊能够危害荒漠植被梭梭和怪柳,这可能与农作物的间作及荒漠植被的集中生长有关。

上述研究虽然查明了农林作物害虫的主要小蜂总科寄生性天敌,但在生物防治的应用上还有很多不足之处。鲁佳雄^[64,65]等发现马铃薯叶甲的卵寄生蜂包括缘腹细蜂科Scelionidae的黑卵蜂 *Telenomus* sp.和姬小蜂科Eulophidae中的欧米啮小蜂 *Oomyzus* sp.,它们能够对害虫种群数量进行有效的控制,但对于其生物学特征还未有深入研究,同时发现天敌的野外寄生率较低,因此仅靠寄生蜂在自然状态下防治该害虫远远不够,所以对于优势寄生性天敌的最佳生长繁育条件及野外寄生率的提高还需进一步深入探索。

林思雨^[66]查明了新疆三种重要叶蝉害虫的卵寄生蜂7种,包括玉米三点斑叶蝉 *Zygina salina* Mit.的卵寄生蜂1种,玉米叶蝉缨翅小蜂 *Anagrus (Anagrus) dmitrievi* Triapitsyn & Hu,葡萄阿小叶蝉 *Arboridia kakogawana* (Matsumura)的卵寄生蜂共4种,其中吐鲁番缨翅小蜂 *Anagrus (Anagrus) turpanicus* 为1新种,以及大青叶蝉的卵寄生蜂2种,长角柄翅小蜂 *Gonatocerus longicornis* Nees和小斑邻赤眼蜂 *Paracentrobia exilimaculata* ^[67-72]。同时对于以上优势寄生蜂的生物学特性已有相关基础数据,如玉米三点斑叶蝉的卵寄生蜂玉米叶蝉缨翅小蜂,最适孵化条件为温度26℃,光照16L:8D,相对湿度为75%,这些具体参数能够为后期进行大规模人工扩繁提供参考,但具体如何进行大规模人工扩繁、应用于实际农田生物防治还有待进一步深入研究。

表 3 新疆主要农林作物害虫及其小蜂总科寄生性天敌
Tab 3 The main crop pests in Xinjiang and their parasitic natural enemies of Chalcidoidea

作物	害虫	寄生性天敌(小蜂总科)
马铃薯	马铃薯叶甲 <i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say)	欧米啮小蜂 <i>Oomyzus</i> sp.
	玉米三点斑叶蝉 <i>Zygina salina</i> Mit.	玉米叶蝉缨翅小蜂 <i>Anagrus (Anagrus) dmitrievi</i>
玉米	大青叶蝉 <i>Cicadella viridis (Linnaeus)</i>	Triapitsyn & Hu 小斑邻赤眼蜂 <i>Paracentrobia exilimaculata</i> Hu&Lin 和长角柄翅缨小蜂 <i>Gonatocerus longicornis</i> Nees
	玉米螟 <i>Pyrausta nubilalis (Hubern)</i>	螟黄赤眼蜂 <i>Trichogramma chilonis</i> 、松毛虫赤眼蜂 <i>Trichogramma dendrolimi</i> 和暗黑赤眼蜂 <i>Trichogramma euproclidis</i>
	葡萄阿小叶蝉 <i>Arboridia (Arboridia) kako-gawana (Matsumura)</i>	吐鲁番缨翅小蜂 <i>Anagrus (Anagrus) turpanicus</i> Triapitsyn&Hu、爱波赤眼蜂属 <i>Epoligosita</i> sp.、寡索赤眼蜂属 <i>Oligosita</i> sp.和赤眼蜂属 <i>Trichogramma</i> sp.
蔬菜 ^[80]	美洲斑潜蝇 <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard	圆形赘须金小蜂 <i>Halticoptera circulus (Walker)</i>
	苹果蠹蛾	凹腹双短刺金小蜂 <i>Dibrachys Cavus</i>
苹果	<i>Cydia pomonella</i> (Linnaeus)(伊犁) ^[81]	巢蛾多胚跳小蜂 <i>Ageniaspis fuscicollis</i> (Dalman)和黄柄齿腿
	苹果巢蛾	长尾小蜂 <i>Monodontomerus dentipes (Dalman)</i>
	<i>Ypohomeuta padella</i> Linnaeus(塔城) ^[82]	苹果小吉丁长尾啮小蜂 <i>Tetrastichus</i> sp.
杏树	苹果小吉 <i>Agrilus mali</i> Mats.(伊犁) ^[83]	果树四斑金小蜂 <i>Cheirapachus qucdrum</i> Fabricius
	多毛小蠹虫 <i>Scolytus seulensis</i> Murayama ^[84]	松毛虫赤眼蜂 <i>Trichogramma dendrolimi</i> Matsumura、螟黄赤眼蜂 <i>Trichogramma chilonis</i> Ishii ^[47]
棉花	棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	桑盾蚧黄金蚜小蜂 <i>Aphytis proclia</i> Walker
	梨园蚧	多异金小蜂 <i>Pteromalus varians</i> 、八斑榆跳象金小蜂
梨树	<i>Quadrastipidiotus Perniciosus</i> Comstok ^[85]	<i>Pteromalus steppensis</i> 、 <i>Pteromalus</i> sp.、 <i>Pnigalio</i> sp. <i>near tricuspis</i> 、 <i>Baryscapus servadeii</i> 、 <i>Chrysocharis pentheus</i> 和 <i>Aprostocetus (Aprostocetus)</i> sp.
	八斑榆跳象	榆毛蚧叶甲啮小蜂 <i>Oomyzus gallerucae</i> (Fonscolombe)
	榆黄毛蚧叶甲	等缘蚧金小蜂 <i>Eunotus aequalivena</i> 、宽缘金小蜂 <i>Pachyneuronih</i> sp.、球蚧蓝绿跳小蜂 <i>Blastothrix sericeae</i> Dalman、棒跳小蜂 <i>Pseudaphycus</i> sp.和啮小蜂 <i>Terastichus</i> sp.
	<i>Pyrrhalta luteola</i> (Müller)(吐鲁番)	姬小蜂科的 <i>Quadrastichus</i> sp.、金小蜂科的迈金小蜂 <i>Mesopolobus</i> sp.和 <i>Anthrolypus</i> sp.
榆树	枣大球蚧 <i>Eulecanium gigantea</i> (Shinji)(巴州)	四斑迈金小蜂
	齿腿怪柳蚊 <i>Psectrosema dentipes</i> 、毛尾怪柳蚊 <i>P. barbatus</i> 、土库曼怪柳蚊 <i>P. turkmanica</i> 和害怪柳蚊 <i>P. noxium</i>	<i>Mesopolobus quadrimaculatus</i> Dzhankomen
	旱瘿蚊 <i>Stefaniola</i> sp.	胖木虱跳小蜂 <i>Psyllaephagus caillardiae</i> Sugonjaev 和缺缘木虱跳小蜂 <i>Psyllaephagus ogazae</i> Sugonjaev 等
梭梭	异色胖木虱 <i>Caillardia robusta</i> Loginova	瑟姬小蜂 <i>Cirrospilus</i> sp.
	梭梭胖木虱 <i>Cazurea</i> Loginova	沟距姬小蜂 <i>Platyplectrus</i> sp.
	矮胖木虱 <i>C.nana</i> Loginova	
	和显赫胖木虱 <i>C.notata</i> Loginova	
	黄台毒蛾 <i>Teia dubia</i> (Tauscher)	
梭梭麦蛾 <i>Scrobipalpa</i> sp.		

榆树作为新疆重要的防风固沙和园林绿化树种,其受虫害威胁十分严重,但不同地方榆树种类不同其主要害虫也不同,在乌鲁木齐市周边榆树的主要害虫是八斑榆跳象 *Orchestes steppensis*^[73],该害虫在乌鲁木齐一年发生一代,取食幼嫩榆叶,其寄生蜂共有7种,包括三种金小蜂(多异金小蜂 *Pteromalus varians*,八斑榆跳象金小蜂 *Pteromalus steppensis* 和 *Pteromalus* sp.)以及四种姬小蜂(*Pnigalio* sp. *near tricuspis*, *Baryscapus servadeii*, *Chrysocharis pentheus* 和 *Aprostocetus (Aprostocetus)* sp.)。 *P. steppensis* 为优势寄生蜂,单寄生、外寄生、初寄生于榆跳象的三龄幼虫和蛹,同时已摸清这些寄生性天敌的生物学特性,为后期对天敌的人工扩繁提供了

基础数据。而吐鲁番榆树的主要害虫为榆黄毛萤叶甲^[74],其寄生性天敌为榆毛萤叶甲啮小蜂 *Oomyzus gallerucae* (Fonscolombe),但其生物学特性及最适生存条件等基础数据还未有相关研究。巴音郭楞蒙古自治州榆树的主要害虫为枣大球蚧 *Eulecanium gigantea* (Shinji)^[75],其优势寄生性天敌为等缘蚧金小蜂 *Eunotus aequalivena* Xiao et Huang,同时还发现该小蜂有被棒小蜂重寄生的现象^[76],且重寄生率最高达14.2%,具体重寄生蜂是否能对等缘蚧金小蜂及寄主害虫的数量引起显著变化,还有待进一步深入研究。

梭梭作为新疆荒漠地区最为重要的耐干旱、耐风蚀的优良防风固沙植物,也受到多种农林害虫的侵害,正常生长受到严重影响,进一步造成了脆弱的荒漠生态环境被破坏。李勤^[77]等对梭梭球果状虫瘿进行室内饲养,获得造瘿害虫早瘿蚊及其寄生性天敌四斑迈金小蜂 *Mesopolobus quadrimaculatus* Dzhanokmen,该种为中国新记录种,且单寄生、初寄生于造瘿昆虫。在饲养过程中还发现其它10种寄生蜂,但它们与早瘿蚊的具体关系还不明确,寄生性天敌的最适生长发育条件也未知,仍有待于进一步调查研究。同时梭梭花状虫瘿的造瘿害虫木虱^[78]以及主要鳞翅目食叶害虫种类^[79]都已查明,但其寄生性天敌种类繁多,还未明确寄主害虫与天敌的对应关系。

综上所述,部分寄生性天敌的生物学特征已摸清,相关基础数据能够为后续人工大量扩繁提供参考。但还有许多害虫的优势寄生性天敌以及害虫与天敌的对应关系还不明确,如蔬菜潜蝇类、梨树蚧类及桉柳蚜害虫都有多种寄生蜂,具体害虫与寄生性天敌种类的对应关系还未知,并且这些寄生性天敌是否存在种间及种内竞争、竞争情况如何都有待于进一步深入探究。另外,类似玉米、苹果和梭梭这类植物都有多种寄主害虫,且很多捕食性天敌对害虫的抑制更加有效,同时许多基础研究表明寄生性天敌的野外寄生率并不高,仅靠寄生性天敌在自然状态下防治害虫远远达不到预期效果,因此还需对如何进行综合生物防治进行探索,在实际生物防治中提高寄生性天敌的自然寄生率、多种寄生性天敌或寄生性天敌-捕食性天敌联合应用,这些技术还需进一步实践探索。最后,新疆目前已知的农林害虫及寄生性天敌非常多,但是对于“植物-害虫-天敌”的食物网结构还未有相关研究,在了解各营养级之间相互作用关系的基础上,能够更加精确地调控种群丰度并维持其物种的多样性及群落的稳定性。

3 讨论与结论

本研究以新疆小蜂总科历年的调查数据为基础,汇总了新疆地区小蜂总科的物种信息,并对其研究进展进行了总结。结果表明,新疆小蜂资源非常丰富,共包括16个科,其中金小蜂科Pteromalidae、姬小蜂科Eulophidae、跳小蜂科Encyrtidae、赤眼蜂科Trichogrammatidae及缨小蜂科Mymaridae在新疆范围内的物种丰度相对较高,而新疆优势种群中的赤眼蜂科Trichogrammatidae、缨小蜂科Mymaridae和蚜小蜂科Aphelinidae的已知种数在全国占比较高。同时探讨了新疆小蜂总科的地理分布格局,分析了其区系组成成分,新疆小蜂总科昆虫的地理区划种类多样,其中仅分布在古北界的有207种,占本研究种类的69.7%,这与新疆地理区划属于古北区的情况完全吻合。从地理分布情况来看,准噶尔盆地与伊犁地区的小蜂物种丰度最高,这与其地理位置、植物多样性和气候条件密不可分。同时对新疆小蜂资源与其寄主害虫的应用实例也进行了汇总,总结了危害粮食作物的害虫马铃薯叶甲、危害葡萄、玉米及梭梭的半翅目害虫叶蝉以及危害榆树的八斑榆跳象等新疆主要农林害虫的寄生性天敌资源和优势寄生蜂种类,为后期进一步生物防治相关害虫以及人工扩繁寄生性天敌提供理论参考。同时,新疆还有很多重要农林植被的害虫及其寄生性天敌还未进行全面系统的调查,例如核桃、西瓜和番茄等。

目前,新疆范围内有关小蜂总科的研究还存在许多不足。首先,新疆本地的小蜂资源及其优势种群已有较为全面的调查,但新疆地广人稀,还有许多未进行详细调查的有重要生态价值的区域和重要经济价值的农林作物,所以其资源有待进一步全面深入的挖掘;其次,有关标本的鉴定主要依赖于形态学的观测,对于隐存种及近缘种的鉴定还存在偏差,难以确保对这类标本鉴定的准确性,相关鉴定技术还有待于结合分子技术及高倍镜电子显微镜进一步完善;同时,由于采集方法(网扫、黄盘诱集及马氏网)的限制,也很难确定寄生蜂与寄主之间的关系,从而导致无法更好的开发和利用本地的寄生蜂资源,应进一步完善标本的采集及研究方法,明确本地寄生蜂与寄主的对应关系;另外,对于寄生蜂相关的生理生化特性(主要包括生理结构、抗冻耐寒能力、滞育特性及其环境胁迫产生的其它应激能力等)也未有相关研究,在了解其生理生化性质的基础上才能够更好的对其进行大量扩繁;最后,对于优势寄生蜂的人工大规模扩繁及其生物防治实际应用还未有全面系统的研究,

目前本地能够进行人工繁育的品种也过于单一,因此有关本地寄生蜂的人工扩繁及实际田间应用方面还有很大的研究空间,以上有关新疆小蜂研究的薄弱之处也将成为今后重点关注的研究领域。

参考文献:

- [1] NOYES J S. Universal Chalcidoidea Database[EB/OL]. (2019-01-01)[2019-04-25]. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoidea>.
- [2] 胡红英. 新疆赤眼蜂科及缨小蜂科分类研究(膜翅目: 小蜂总科)[D]. 福州: 福建农林大学, 2003.
HU H Y. Systematic studies on Trichogrammatidae and Mymaridae from Xinjiang (Hymenoptera: Chalcidoidea)[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2003. (in Chinese)
- [3] 刘丹. 新疆小蜂总科资源初步调查及分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2013.
LIU D. A Preliminary investigation and taxonomic study of Chalcidoidea resource from Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2013. (in Chinese)
- [4] 黄帅, 何小丹, 胡红英. 东疆部分地区寄生蜂资源的初步调查[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2006, 23(4): 441-445.
HUANG S, HE X D, HU H Y. Preliminary investigation of parasitic wasps' resources from eastern regions of Xinjiang[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition), 2006, 23(4): 441-445. (in Chinese)
- [5] 刘宏泉. 新疆地区蚜小蜂科系统分类研究(膜翅目: 小蜂总科)[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
LIU H Q. Systematic study on Aphelinidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) of Xinjiang in China[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- [6] 董福祥. 南疆农田赤眼蜂科资源调查及分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2014.
DONG F X. Resource investigation and taxonomic study of Trichogrammatidae from farmland in southern Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2014. (in Chinese)
- [7] 唐秀丽. 新疆准噶尔盆地荒漠跳小蜂科(膜翅目: 小蜂总科)分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2015.
TANG X L. Taxonomic study on Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from desert in Junggar Basin, Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2015. (in Chinese)
- [8] 王朝. 新疆准噶尔盆地荒漠姬小蜂科(膜翅目: 小蜂总科)分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2015.
WANG C. Taxonomic study on Eulophidae from desert in Junggar Basin, Xinjiang (Hymenoptera: Chalcidoidea)[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2015. (in Chinese)
- [9] 李照广. 新疆灿姬小蜂亚科(膜翅目: 姬小蜂科)资源调查与分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2017.
LI Z G. A resource survey and taxonomic study of Entedoninae (Hymenoptera: Eulophidae) in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2017. (in Chinese)
- [10] 李勤. 新疆金小蜂科分类及寄生生物学研究(膜翅目: 小蜂总科)[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2017.
LI Q. A study on taxonomy and parasitology of Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2017. (in Chinese)
- [11] 杨忠岐, 姚艳霞, 曹亮明. 寄生林木食叶害虫的小蜂[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-283.
YANG Z Q, YAO Y X, CAO L M. Chalcidoidea parasitizing forest defoliators (Hymenoptera)[M]. Beijing: Science Press, 2015: 1-283. (in Chinese)
- [12] 廖定熹. 天敌昆虫图册[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 1-300.
LIAO D X. Atlas of natural enemies[M]. Beijing: Science Press, 1978: 1-300. (in Chinese)
- [13] BOUČEK Z. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). A biosystematic revision of genera of fourteen families, with a reclassification of species[M]. Wallingford, UK: CAB International; Aberystwyth, Wales: The Cambrian News Ltd, 1988: 1-832.
- [14] GIBSON G A P, HUBER J T, WOOLLEY J B. Chapter 2. morphology and terminology. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)[M]. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press, 1997: 16-44.
- [15] 廖定熹, 李学骝, 庞雄飞, 等. 中国经济昆虫志第三十四册, 膜翅目: 小蜂总科(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1-241.
LIAO D X, LI X L, PANG X F, et al. Fauna Sinica Insecta Vol. 42, Hymenoptera: Chalcidoidea[M]. Beijing: Science Press, 1987: 1-241. (in Chinese)
- [16] 杨忠岐. 中国小蠹虫寄生蜂[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 70-100.
YANG Z Q. Parasitic wasps on bark beetles in China[M]. Beijing: Science Press, 1996: 70-100. (in Chinese)
- [17] 孙九胜, 单娜娜, 王新勇, 等. 新疆耕地变化的时间特征及耕地保护的SWOT分析[J]. 新疆农业科学, 2012(6): 153-160.
SUN J S, SHAN N N, WANG X Y, et al. The SWOT analysis of cultivated land protection and temporal characteristics of cultivated land area in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2012(6): 153-160. (in Chinese)
- [18] GRAHAM M W R. The Pteromalidae of North-western Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea)[J]. Bulletin of the British Museum

- (Natural History) (Entomology), 1969, 16(S): 1-908.
- [19] BOUČEK Z, RASPLUS J Y. Illustrated key to West-Paleartic genera of Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)[J]. Institut National de la Recherche Agronomique, 1991: 1-140
- [20] 黄大卫, 肖晖. 中国动物志, 昆虫纲, 第四十二卷, 膜翅目: 金小蜂科[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-388.
HUANG D W, XIAO H. Fauna Sinica Insecta Vol. 42, Hymenoptera, Pteromalidae[M]. Beijing: Science Press, 2005: 1-388. (in Chinese)
- [21] 薛瑞德, 陈仁兵, 张杰, 等. 丽蝇蛹集金小蜂的大量繁殖与释放方法[J]. 昆虫知识, 1988: 53-54.
XUE R D, CHEN R B, ZHANG J, et al. Mass reproduction and release method of *Nasonia vitripennis* Walker[J]. Insect knowledge, 1988: 53-54. (in Chinese)
- [22] 夏固成, 孙普, 安永平. 六盘山翠金小蜂人工繁殖及利用的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(10): 156-157.
XIA G C, SUN P, AN Y P. Artificial propagation and utilization of *Tritneptis liupanshanensis* Yang[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(10): 156-157. (in Chinese)
- [23] 朱朝东, 黄大卫. 浙江姬小蜂科分类学研究(膜翅目: 小蜂总科)(英文)[J]. 动物分类学报, 2001, 26(4): 533-547.
ZHU C D, HUANG D W. A taxonomic study on Eulophidae from Zhejiang, China (Hymenoptera: Chalcidoidea)[J]. Zoological Systematics, 2001, 26(4): 533-547. (in Chinese)
- [24] 朱朝东, 黄大卫. 广西姬小蜂科分类学研究(膜翅目: 小蜂总科)(英文)[J]. 动物分类学报, 2002, 27(3): 583-607.
ZHU C D, HUANG D W. A taxonomic study on Eulophidae from Guangxi, China (Hymenoptera: Chalcidoidea)[J]. Zoological Systematics, 2002, 27(3): 583-607. (in Chinese)
- [25] 张彦周, 丁亮, 黄海荣, 等. 甘肃南部及秦岭林区姬小蜂区系调查(膜翅目, 小蜂总科)(英文)[J]. 动物分类学报, 2007, 32(1): 6-16.
ZHANG Y Z, DING L, HUANG H R, et al. Eulophidae fauna (Hymenoptera: Chalcidoidea) from south Gansu and Qinling mountains areas, China[J]. Zoological Systematics, 2007, 32(1): 6-16. (in Chinese)
- [26] PARRA J R, ALVES G R, DINIZ A J F. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) *Diaphorina citri* (Hemiptera: Chermidae): Mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil[J]. Journal of Integrated Pest Management, 2016, 1: 1-11.
- [27] MAHARJAN R, KWON M, KIM J. Mass production of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae), a biological control agent of a Korean population of potato leaf miner *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae)[J]. Entomological Research, 2017, 47(2): 94-100.
- [28] 黄小青, 张先敏. 椰心叶甲引进天敌啮小蜂和姬小蜂规模繁殖及其田间释放技术研究[J]. 现代农业科技, 2007, 17: 87-88.
HUANG X Q, ZHANG X M. Studies on mass-reproduction and field release technology of the introduced natural enemies (*Tetrastichus* and Eulophidae) of *Brontispa longissima*[J]. Modern Agricultural Technology, 2007, 17: 87-88. (in Chinese)
- [29] 刘芹. 白氏周蛾啮小蜂大规模人工繁育技术与应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
LIU Q. Research on mass rearing and applying *Chouioia cunea* Yang[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [30] TRJAPITZIN V A. Parasitic Hymenoptera of the family Encyrtidae of Palaearctics[M]. Saint Petersburg: Nauka, 1989.
- [31] ZHANG Y Z, HUANG D W. A review and an illustrated key to genera of Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from China[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [32] 胡红英, 黄帅, 林乃铨, 等. 中国新记录属副赤眼蜂属及一新种记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 动物分类学报, 2007, 32(2): 315-317.
HU H Y, HUANG S, LIN N Q, et al. *Paratrichogramma* Girault, New record genus with description of a new species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from China[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2007, 32(2): 315-317. (in Chinese)
- [33] 胡红英, 林乃铨. 广翅赤眼蜂属一新种记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2005, 25(1): 61-64.
HU H Y, LIN N Q. A new species of the genus *Zagella* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from China[J]. Entomotaxonomia, 2005, 25(1): 61-64. (in Chinese)
- [34] 王慧琴, 何茜, 张晶晶, 等. 新疆光脉赤眼蜂属一新种记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2009, 31(4): 315-320.
WANG H Q, HE X, ZHANG J J, et al. Description of a new species of the genus *Aphelinoidea* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Xinjiang, China[J]. Entomotaxonomia, 2009, 31(4): 315-320. (in Chinese)
- [35] 胡红英, 林乃铨, 黄帅. 新疆爱波赤眼蜂属 *Epoligosita* 记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2006, 28(4): 286-292.
HU H Y, LIN N Q, HUANG S. The genus *Epoligosita* from Xinjiang, with descriptions of two new species (Hymenoptera: Trichogrammatidae)[J]. Entomotaxonomia, 2006, 28(4): 286-292. (in Chinese)
- [36] 胡红英, 林乃铨. 新疆赤眼蜂属种类记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2004, 26(4): 299-306.
HU H Y, LIN N Q. A taxonomic study on the genus *Paracentrobia* Howard (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Xinjiang, China[J]. Entomotaxonomia, 2004, 26(4): 299-306. (in Chinese)

- [37] 黄帅, 范兆田, 吴卫, 等. 新疆两种光脉赤眼蜂雌性触角超微结构比较(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2007, 29(4): 311-317.
HUANG S, FAN Z T, WU W, et al. Comparison on ultramicroscopic structure of female antenna of two species of the genus *Aphelinoidea*(Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Xinjiang[J]. Entomotaxonomia, 2007, 29(4): 311-317. (in Chinese)
- [38] 胡红英, 林乃铨, 金元. 中国新记录属副赤眼蜂属及一新种记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 动物分类学报, 2007, 32(4): 771-774.
HU H Y, LIN N Q, JIN Y. *Paratrachogramma* Girault, New record genus with description of a new species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from China[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2007, 32(4): 771-774. (in Chinese)
- [39] 何茜, 黄帅, 胡红英, 等. 斯赤眼蜂属研究及一新种记述[J]. 昆虫分类学报, 2009, 31(3): 233-235.
HE X, HUANG S, HU H Y, et al. Study on the genus *Soikiella*(Hymenoptera: Trichogrammatidae) with a new record species from China[J]. Entomotaxonomia, 2009, 31(3): 233-235. (in Chinese)
- [40] 胡红英, 林乃铨. 新疆光脉赤眼蜂属种类记述(膜翅目: 赤眼蜂科)[J]. 昆虫分类学报, 2005, 27(2): 156-160.
HU H Y, LIN N Q. The species of *Aphelinoidea* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Xinjiang [J]. Entomotaxonomia, 2005, 27(2): 156-160. (in Chinese)
- [41] 张志强, 郭君贞, 王慧琴. 新疆北部赤眼蜂生物多样性分析[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(6): 1152-1156.
ZHANG Z Q, GUO J Z, WANG H Q. Analysis on biodiversity of Trichogrammatidae in northern regions of Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(6): 1152-1156. (in Chinese)
- [42] 董福祥, 郭文超, 何江, 等. 新疆天山以南阿克苏及巴音郭楞州地区农田赤眼蜂科昆虫资源研究[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(1): 42-53.
DONG F X, GUO W C, HE J, et al. Insect resource investigation into Trichogrammatidae from farmland in Aksu and Bazhou regions in southern part of Tianshan Mountain[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2014, 51(1): 42-53. (in Chinese)
- [43] 张晶晶. 新疆塔城地区赤眼蜂科分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2009.
ZHANG J J. Systematic studies on Trichogrammatidae from the Tarbagatay region of Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2009. (in Chinese)
- [44] 刘俊红. 新疆伊犁河谷地区赤眼蜂科分类研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2008.
LIU J H. Systematic studies on Trichogrammatidae from the Yili region of Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2008. (in Chinese)
- [45] 郭文超, 吐尔逊·阿合买提, 何江, 等. 螟黄赤眼蜂繁蜂质量监测与评价[J]. 中国生物防治, 2005, 21(4): 227-230.
GUO W C, TURSUN, HE J, et al. Monitoring and evaluation on the quality of *Trichogramma chilonis* wasps reared with *Antheraea pernyi* eggs[J]. Chinese Journal Biological Control, 2005, 21(4): 227-230. (in Chinese)
- [46] 何江, 郭文超, 吐尔逊·阿合买提, 等. 新疆特殊农田生态赤眼蜂田间自然扩散的初步研究[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(2): 111-113.
HE J, GUO W C, TURXUN, et al. Preliminary study on dispersal distance of *Trichogramma Chilonis* in particular field of Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42(2): 111-113. (in Chinese)
- [47] 许建军, 郭文超, 姚举, 等. 新疆棉区利用赤眼蜂防治棉铃虫田间释放技术研究与应用[J]. 新疆农业科学, 2004, 41(5): 378-380.
XU J J, GUO W C, YAO J, et al. Study on using mass-release *Trichogramma Chilonis* to control *Helicoverpa Armigera* in cotton field in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2004, 41(5): 378-380. (in Chinese)
- [48] 王兰, 冯宏祖, 郭文超, 等. 苹果蠹蛾消长动态及果园中赤眼蜂释放技术的研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 261-265.
WANG L, FENG H Z, GUO W C, et al. Dynamic state of *Laspeyresia pomonella* and release techniques of *Trichogramma* in orchards[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(2): 261-265. (in Chinese)
- [49] 郭文超, 胡红英, 吐尔逊·阿合买提, 等. 新疆农林害虫主要寄生蜂资源研究与应用进展[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(1): 22-37.
GUN W C, HU H Y, TURSUN, et al. Research and application progress in major wasp resources of Xinjiang agriculture and forestry pests[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(1): 22-37. (in Chinese)
- [50] 刘俊红, 胡红英. 赤眼蜂和缨小蜂触角感受器与产卵器感受器的显微形态[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2008, 26(2): 204-210.
LIU J H, HU H Y. The morphology of Trichogrammatidae and Mymaridae antenna sensilla and ovipositor sensilla[J]. Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition), 2008, 26(2): 204-210. (in Chinese)
- [51] 杨忠岐. 四节金小蜂科在我国首次发现并记述一新种[J]. 昆虫分类学报, 1990, 12(2): 145-150.
YANG Z Q. The discovery of Tetracampidae (Hymenoptera) from China with description of a new species[J]. Entomotaxonomia, 1990, 12(2): 145-150. (in Chinese)
- [52] LIU D, XIAO H, HU H Y. Two newly recorded genera with two newly recorded species of Tetracampidae (Hymenoptera, Chalcidi-

- doidea) From China[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2013, 38(4): 917-921.
- [53] 艾沙江·阿不都沙拉木, 杨培, 买买提江·吐尔逊, 等. 无花果在阿图什维吾尔族民间的传统应用的调查研究[J]. 植物分类与资源学报, 2015, 37(2): 214-220.
- AYSAJAN ABDUSALAM, YANG P, MAMETJAN TURSUN, et al. Traditional use culture of *Ficus carica* among Uyghurs in Atux, Xinjiang[J]. Plant Diversity and Resources, 2015, 37(2): 214-220. (in Chinese)
- [54] 甄文全, 朱朝东, 杨大荣, 等. 传粉榕小蜂与榕树的繁衍[J]. 昆虫学报, 2004, 47(1): 99-105.
- ZHEN W Q, ZHU C D, YANG D R, et al. Pollinator fig wasp and fig propagation[J]. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(1): 99-105. (in Chinese)
- [55] 彭凌飞, 林乃铨. 旋小蜂的区系分类和系统发育研究现状与展望(膜翅目: 小蜂总科)[J]. 福建农业学报, 2012, 27(11): 1269-1273.
- PENG L F, LIN N Q. Recent advances in Eupelmidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) systematics[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University, 2012, 27(11): 1269-1273. (in Chinese)
- [56] 唐秀丽, 朱丽得孜·艾山, 王朝, 等. 吉尔吉斯斯坦刻腹小蜂科(膜翅目: 小蜂总科)一新记录属及一新记录种[J]. 干旱区研究, 2015, 32(5): 845-848.
- TANG X L, ZHULIDEZIAISHAN, WANG C, et al. A new record genus and one new record species of Ormyridae(Hymenoptera: Chalcidoidea) from Kyrgyzstan[J]. Arid Zone Research, 2015, 32(5): 845-848. (in Chinese)
- [57] 张荣祖. 动物地理分区(一)世界动物地理分区[J]. 生物学通报, 1987, 2(22): 1-2.
- ZHANG R Z. Zoogeographic division-World zoogeographic division[J]. The Biological Bulletin, 1987, 2(22): 1-2. (in Chinese)
- [58] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1-502.
- ZHANG R Z. Zoogeographic division of China[M]. Beijing: Science Press, 1999: 1-502. (in Chinese)
- [59] 黄人鑫, 胡红英, 吴卫, 等. 新疆及其毗邻地区荒漠昆虫区系的形成与演变[J]. 干旱区地理, 2005, 28(1): 38-44.
- HUANG R X, HU H Y, WU W, et al. Formation and evolution of the desert insect fauna in Xinjiang and adjacent areas[J]. Arid Lang Geography, 2005, 28(1): 38-44. (in Chinese)
- [60] 黄人鑫, 吴卫, 毛新芳, 等. 新疆荒漠昆虫区系及其形成与演变[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2005: 1-232.
- HUANG R X, WU W, MAO X F, et al. The fauna of the desert insects of Xinjiang and its formation and evolution[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Publishing House, 2005: 1-232. (in Chinese)
- [61] BEN G H, JEAN P L, MICHAEL K B, et al. An update of Wallace's zoogeographic regions of the World[J]. Science, 2013, 339(6115): 74-78.
- [62] WALLACE A R. The geographical distribution of animals[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1876.
- [63] 丁奕然. 世界陆地动物地理分区新观点[J]. 生物学通报, 2014, 49(9): 6-7.
- DING Y R. New view on the geographical division of terrestrial animals in the World[J]. The Biological Bulletin, 2014, 49(9): 6-7. (in Chinese)
- [64] 鲁佳雄, 郭文超, 朱丽得孜·艾山, 等. 新疆马铃薯叶甲发生地寄生蜂资源调查研究[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(2): 229-234.
- LU J X, GUO W C, ZHULIDEZIAISHAN, et al. Primary investigation of parasitoid wasps' resources in farmlands in Xinjiang where the *Leptinotarsa decemlineata* breaks out[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2015, 52(2): 229-234. (in Chinese)
- [65] 鲁佳雄. 马铃薯叶甲寄生性天敌资源调查研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2015.
- LU J X. Resource investigation and biology research of parasitoids of *Leptinotarsa decemlineata*[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2015. (in Chinese)
- [66] 林思雨. 新疆大青叶蝉卵寄生蜂资源调查及寄生生物学研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2016.
- LIN S Y. Resource investigation and biology research of egg parasitoids of *Cicadella viridis* in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2016. (in Chinese)
- [67] 曹文秋, 林思雨, 王雨晴, 等. 吐鲁番葡萄园葡萄阿小叶蝉发生规律及寄生蜂资源调查[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(2): 396-404.
- CAO W Q, LIN S Y, WANG Y Q, et al. A survey of population dynamics of leafhopper, *Arboridia kakogawana*(Matsumura) and parasitoids of vineyard in Turpan[J]. Journal of Environmental Entomology, 2017, 39(2): 396-404. (in Chinese)
- [68] 林思雨, 曹文秋, 王雨晴, 等. 新疆玛纳斯国家湿地公园大青叶蝉及小蜂资源调查研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(10): 1850-1857.
- LIN S Y, CAO W Q, WANG Y Q, et al. Primary investigation and study of Chalcidoid wasps' resources in Xinjiang Manas National Wetland Park where *Cicadella viridis* breaks out[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(10): 1850-1857. (in Chinese)
- [69] LI Q, HU H Y, TRIAPITSYN S V. *Anagrus dmitrievi* sp. n. (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of *Zyginidia eremita* (Hemiptera, Cicadellidae), a pest of maize in Xinjiang, China[J]. ZooKeys, 2018, 736(2): 43-57.
- [70] HU H Y, TRIAPITSYN S V. *Anagrus turpanicus* sp. n. (Hymenoptera: Mymaridae) from China, an egg parasitoid of *Arboridia*

- kakogwana* (Hemiptera: Cicadellidae)[J]. Zootaxa, 2016, 4161(4): 573-578.
- [71] ZHULIDEZIAISHAN, TRIAPITSYN S V, XU M. Review of Cosmocomoidea (Hymenoptera: Mymaridae) from China, with descriptions of two new species[J]. Zootaxa, 2016, 4085(4): 525-535.
- [72] 郭建伟, 何茜, 胡红英. 缨小蜂分类研究及在生物防治中的应用[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 215-222.
GUO J W, HE X, HU H Y. Taxonomic study of Mymaridae and its application in biological control[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(2): 215-222. (in Chinese)
- [73] LI Q, TRIAPITSYN S V, WANG C, et al. Biological traits and the complex of parasitoids of the elm pest *Orchestes steppensis* (Coleoptera: Curculionidae) in Xinjiang, China[J]. Bulletin of Entomological Research, 2017, 108(1): 1-10.
- [74] 王朝, 李勤, 唐秀丽, 等. 吐鲁番地区榆黄毛萤叶甲及卵寄生蜂记述[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(2): 283-287.
WANG C, LI Q, TANG X L, et al. Leaf eating pest of Elm *Pyrrhalta luteola* (Müller) and its egg parasitoid *Oomyzus gallerucae* (Fonscolombe) (Chalcidoidea: Eulophidae) from Turpan[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2015, 52(2): 283-287. (in Chinese)
- [75] 张萍, 肖晖, 李秋英, 等. 枣大球蚧中一种重要的寄生蜂—等缘蚧金小蜂[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(1): 125-128.
ZHANG P, XIAO H, LI Q Y, et al. *Eunotus aequalivena*, an important parasitoid of *Eulecanium gigantea*[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2016, 32(1): 125-128. (in Chinese)
- [76] 张萍, 李秋英, 王小兵, 等. 枣大球蚧寄生蜂等缘蚧金小蜂的研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(4): 673-678.
ZHANG P, LI Q Y, WANG X B, et al. Preliminary investigation on *Eunotus aequalivena*, a parasite wasp of *Eulecanium gigantea*[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(4): 673-678. (in Chinese)
- [77] LI Q, DZHANOKMEN K A, TRIAPITSYN S V. Parasitoids reared from galls of *Stefaniola* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) on *Haloxylon* spp. in China, with redescription of *Mesopolobus quadrimaculatus* Dzhankokmen (Chalcidoidea, Pteromalidae)[J]. Turkish Journal of Zoology, 2018, 42(5): 263-268.
- [78] 蒋玲玲. 梭梭林花状虫瘿造瘿害虫及其寄生蜂调查研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.
JIANG L L. Investigation of flower-like gall-making pests and their parasitoids in *Haloxylon* Forest[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2019. (in Chinese)
- [79] 郭婕. 新疆北部梭梭林食叶蛾类昆虫及其寄生性天敌调查研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.
GUO J. Investigation on leaf-eating moths and parasitic natural enemy insects in *Haloxylon* forest from northern Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2019. (in Chinese)
- [80] 杨华, 赵莉, 崔元珩, 等. 新疆蔬菜斑潜蝇发现两种寄生蜂[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(6): 389-391.
YANG H, ZHAO L, CUI Y Y, et al. Two parasitic wasps of vegetable leafminer(*Liriomyza* spp.) found in Xinjiang, China[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42(6): 389-391. (in Chinese)
- [81] 孟玲, 李保平, 陈舒方, 等. 新疆苹果蠹蛾幼虫期及蛹期的寄生蜂调查初报[J]. 植物检疫, 2001, 15(4): 211-212.
MENG L, LI B P, CHEN S F, et al. A preliminary survey on the parasitic bee of larval and pupal of the codling moth, *Laspyresiapomonella* from Xinjiang[J]. Plant Quarantine, 2001, 15(4): 211-212. (in Chinese)
- [82] 哈密提, 姚艳霞, 赵文霞, 等. 新疆额敏县野果林苹果巢蛾主要寄生蜂调查[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(1): 128-131.
HAMITI, YAO Y X, ZHAO W X, et al. Hymenoptera parasitoids of *Yponomeut apadella* attacking wild orchards in Emin county, Xinjiang[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2011, 27(1): 128-131. (in Chinese)
- [83] 刘爱华. 新疆野果林苹果小吉丁与优势天敌生物学、生态学研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
LIU A H. Biology and ecology of *Agrilus mail* Matsumura and its dominant natural enemies in wild fruit forests in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- [84] 张鲁豫, 赵莉, 范毅. 轮台县杏树小蠹虫天敌种类及小蠹蒲螨生物学特性研究初探[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34(6): 507-511.
ZHANG L Y, ZHAO L, FAN Y. A preliminary discussion on the natural enemy species of almond Bark Beetle and the biological characteristics of *Pyemotesscolyti* Oudemansin Luntai County[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2011, 34(6): 507-511. (in Chinese)
- [85] 梁铁, 艾红山, 张军, 等. 新疆梨树蚧类及优势天敌的生物学和蚧类防治[J]. 中国果树, 1999, 2: 1-30.
LIANG T, AI H S, ZHANG J, et al. Biology and control of Pyracididae and dominant natural enemies in Xinjiang[J]. China Fruits, 1999, 2: 1-30. (in Chinese)
- [86] 李保平, 马雪霞, DELOACH J, 等. 柽柳瘿蚊的生物学特性[J]. 中国生物防治, 2005, 21(1): 18-23.
LI B P, MA X X, DELOACH J, et al. Bionomics of gall-midges attacking the Chinese Tamarisk (*Tamarix*, Tamaricaceae) in Xinjiang, Western China[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2005, 21(1): 18-23. (in Chinese)

责任编辑: 赵新科