

新疆农林外来入侵生物的发生现状、趋势及其研究进展

郭文超^{1*}, 张祥林², 吴卫², 张伟², 付开赞³, 吐尔逊·阿合买提³, 丁新华³, 依米提·热苏力²

¹新疆农业科学院微生物应用研究所, 新疆乌鲁木齐 830091; ²新疆出入境检验检疫局, 新疆乌鲁木齐 830063; ³新疆农业科学院植物保护研究所/农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091

摘要: 新疆属于我国西北干旱和半干旱地区, 荒漠绿洲是其农林业发展的主要载体。由于特殊的地理生态和区位优势, 新疆成为我国遭受农林外来入侵生物危害最为严重的区域之一。研究表明, 近 66 年来新疆农林外来入侵生物多达 95 种。近些年, 生物入侵呈现间隔期越来越短、突发性疫情频率越来越高的特点; 特别是自 1990 年以来, 新疆农林外来入侵生物呈暴发式增长态势, 这一时期传入该地区的农林外来入侵生物有 75 种, 占农林外来入侵生物总量的 78.95%, 新入侵生物种类年平均 2.88 种。农林外来生物入侵不仅造成了严重的经济损失, 而且对新疆农业和林业生产安全构成了严重威胁。在“一带一路”战略实施和电子商务快速发展的背景下, 通过对新疆农业生产发展状况、地理生态特点和区位优势进行分析, 结合新疆农林外来入侵生物发生现状、趋势及其研究进展, 提出新疆乃至我国西北荒漠绿洲生态区未来农林外来生物研究的主要方向和目标, 以期有效遏制农林外来生物入侵和危害, 以及保障新疆乃至全国农业生产和生态安全提供服务。

关键词: 新疆; 西北荒漠绿洲; 一带一路; 外来入侵生物; 潜在风险; 综合防控

Current situation, trends and research progress of invasive alien species in agriculture and forestry in oases in Xinjiang, China

GUO Wenchao^{1*}, ZHANG Xianglin², WU Wei², ZHANG Wei², FU Kaiyun³,
TURSUN Ahmat³, DING Xinhua³, YIMIT Rusul²

¹Institute of Application of Microorganisms, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China; ²Xinjiang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Urumqi, Xinjiang 830063, China; ³Research Institute for Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Management of Harmful Crop Vermin of the North-western Oasis, Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang 830091, China

Abstract: Xinjiang is an important part of arid and semi-arid region in northwestern China, with agriculture and fruit production taking place in oases. Due to its geographical position, Xinjiang is one of the places which most seriously suffer from damage caused by invasive alien species. During the past 66 years, 95 such species have been reported from Xinjiang. Since 1990, the frequency of biological invasions has increased in Xinjiang, with 75 new invasive alien species, i.e. a rate of 2.88 species per year. Not only has this caused serious economic loss, but food production and ecological safety is also threatened. Under the newly announced developmental strategy of "One belt, one road", increased vigilance is needed, especially in the northwestern oases of China, in order to prevent alien species from invasion and damage.

Key words: Xinjiang; northwestern oasis; the Belt and Road; invasive alien species; potential risk; comprehensive control

新疆属于我国西北干旱和半干旱地区, 其自然条件独特, 农业资源丰富, 优势特色农作物种植业在区域经济发展和我国农业生产中占有重要地位。随着新疆优势特色农业的不断发展、规模效益的不

收稿日期(Received): 2016-09-02 接受日期(Accepted): 2016-10-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1202100)

作者简介: 郭文超, 男, 研究员, 博士。研究方向: 农林外来有害生物入侵生物学、生态学及综合防控和害虫生物防治

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: gwc1966@163.com

断显现,农业有害生物的发生和危害呈现上升趋势,严重威胁着新疆农业的持续健康发展。我国“西部大开发”战略的实施和中央“新疆工作座谈会”精神的全面贯彻,尤其是“一带一路”战略的实施,契合了沿线国家的共同需求,将推动我国和沿“一带一路”国家经济和贸易合作的全面升级,这意味着沿线国家“互联互通”将得到进一步加强。新疆迎来了新一轮大发展的历史机遇;但是,未来包括新疆在内的我国西北荒漠绿洲生态区农林外来生物入侵风险也将不断加剧。由于密切的地缘关系,新疆与中亚同属干旱和半干旱地区,生态地理条件接近,农作物种类、病虫害发生情况也十分相似。随着“丝绸之路经济带”建设的全面实施,如何加强外来入侵生物的防控研究和应用,保护我国西北干旱和半干旱生态区和中亚各国农业生态、生产安全是我国及中亚、西亚等“一带一路”沿线各国共同面临的重大课题。因此,在新形势下,高度重视我国西北荒漠绿洲生态区农林外来入侵生物的研究,加强与中亚各国在该领域的合作,对于守住我国西北大门,有效遏制外来生物入侵和危害,保障我国西北干旱和半干旱区域乃至全国农业和林业的持续健康发展具有重要意义。

1 新疆农业生产发展概况

新疆是我国西北地区的农业大省,耕地面积达 512.33 万 hm^2 。丰富的光热资源,独特的气候、地理等自然条件孕育了棉花、哈密瓜、加工番茄、葡萄等优势特色农业生产资源。“十五”以来,随着“西部大开发”战略的实施,特别是“新疆工作座谈会”精神的全面落实,新疆维吾尔自治区人民政府加大农业产业结构调整力度,实施优势资源转换,积极推进新疆现代农业的发展;截至“十二五”末,新疆棉花种植面积约 200 万 hm^2 ,总产约 300 万 t,超过全国棉花总产的 60%,并连续多年保持我国最大的优质商品棉生产基地的地位。同时,新疆是我国粮食生产重要战略阶梯区,小麦、玉米种植面积超过 166.67 万 hm^2 ,总产超过 930 万 t(其中,小麦超过 400 万 t,玉米达到 530 万 t)。截至 2014 年,新疆特色果树种植面积 132.29 万 hm^2 ,其中,红枣 48.36 万 hm^2 ,核桃 36.00 万 hm^2 ,杏 13.24 万 hm^2 ,葡萄 14.91 万 hm^2 ,苹果 5.83 万 hm^2 ,香梨 6.59 万 hm^2 ,仅环塔里木盆地特色林果面积就约 97.05 万 hm^2 。全疆特色农作

物加工番茄种植面积 6.67 万 hm^2 ,番茄酱产量占全国总产量的 90%以上。截至 2013 年底,全疆设施农业种植面积 6.09 万 hm^2 。此外,近年来,新疆各地结合各自优势发展适宜本地区的特色作物,如打瓜、红花和亚麻等。其中,打瓜面积超过 20 万 hm^2 ,种植面积和总产位居全国之首;新疆红花种植面积、产量和种籽产量均占全国总量的 80%左右;新疆亚麻种植面积超过 3.33 万 hm^2 ,是仅次于我国黑龙江的第二大纤维用亚麻主产区(新疆维吾尔自治区统计局,2013,2014)。

随着新疆优势特色农作物生产规模的不断扩大,到“十二五”末,新疆优势特色农产品种植业不仅已成为新疆区域经济发展的支柱性产业和新的经济增长点,而且在我国农业生产中占有举足轻重的地位。同处于我国西北干旱和半干旱地区的甘肃、宁夏等其他省份农业产业发展历程和在区域经济发展中所处的地理生态条件、农业模式与新疆基本相同,同时存在农林生态较为脆弱,作物种植结构单一等问题,农林生产面临的植保问题十分相似。因此,新疆农林生产状况在我国西北干旱和半干旱地区极具代表性和典型性。随着我国农业经济的发展,在我国农业供给侧结构性改革和 2020 年“农药化肥零增长计划”实施的大背景下,提质增效和提升农产品市场竞争力将成为农业生产发展的核心,农产品有效供给将更加市场化。因此,农产品多元化、无害化和精品化将是新疆农业未来发展的大趋势。

2 新疆地理生态特点和区位优势

新疆地域辽阔,地处欧亚大陆腹地,位于 $32^{\circ}22'N$ – $49^{\circ}33'N$ 、 $73^{\circ}21'E$ – $96^{\circ}21'E$,面积约 166.7 万 km^2 ,约占全国总面积的 1/6(尹嘉珉和乔俊军,2010)。高山环抱盆地,绿洲荒漠交错,森林、草原、湖泊相间,湿地沙漠并存等错综复杂的地理环境造就了新疆生态系统的多样性和特殊性,来源于多种生境的外来物种都可在新疆找到适宜的栖息地(郭文超等,2012)。作为耕地的主要载体,荒漠绿洲(包括人工绿洲和天然绿洲)主要呈串珠状分布于塔里木盆地和准噶尔盆地边缘沿河流有灌溉水源的地带。大小数千个绿洲,总面积 0.99 万 hm^2 ,仅占新疆国土总面积的 9.2%,却集中了新疆 90%以上的耕地、人口及国内生产总值(艾山·赛麦提等,2011)。依托

荒漠绿洲的农林生态系统总体上物种单一,结构简单,自我调节能力相对较差,加之气候变化和过度开荒、过度放牧等人为因素,生态环境十分脆弱。

此外,新疆位于我国西北边陲,周边与俄罗斯、哈萨克斯坦、蒙古、巴基斯坦、印度、阿富汗等8个国家接壤,边境线达5600 km,为我国边境线最长的省区。新疆自古以来就有“丝绸之路”之美称,是我国通往西亚、中亚、欧洲等地的主要通道和货物集散地,历史上我国很多外来农产品和种植资源就是通过新疆传入的。在东西方交流中,新疆曾发挥过重要的作用。改革开放以来,我国新疆已开放的陆路、航空口岸多达29个,同时“欧亚大陆桥”沿东西方向贯穿新疆北部地区,为我国进一步加强向西开放和对外交流奠定了良好基础(百度百科,2016)。

3 新疆农林外来入侵生物的发生、危害现状

长期以来,由于特殊地理生态条件和区位优势,新疆成为我国遭受农林外来入侵生物危害最为严重的区域之一。据报道,1950—2015年新疆农林外来入侵生物多达95种(图1),其中,害虫54种,病害22种,草害19种。1989年新疆农林外来入侵生物仅有20种;而进入1990以来,入侵生物呈暴发式增长态势。这一时期农林外来入侵生物有75种,占农林外来入侵生物总量的78.95%,新入侵生物种类年平均2.88种(图1);生物入侵呈现间隔期越来越短、突发性疫情频率越来越高的特点。除了2011年已报道的77种(郭文超等,2012),新增加的18种入侵物种分别为瓜实蝇 *Bactrocera* (*Zeugodacus*) *cucurbitae* (Coquillett)、橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、普通豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L.、三裂叶豚草 *Ambrosia trifida* L.、单柱菟丝子 *Cuscuta monogvara* Vahl、乌拉尔大戟 *Euphorbia uralensis*、欧洲千里光 *Senecio vulgaris* L.、滨州苍耳 *Xanthium pennsylvanicum* Wallr.、番茄黄化曲叶病毒 *Tomato yellow leaf curl virus*、五角菟丝子 *Cuscuta pentagona* Engelman、铺散矢车菊 *Centaurea diffusa* Lam.、黄瓜绿斑驳花叶病毒 *Cucumber green mottle mosaic virus*、沙棘绕实蝇 *Rhagoletis batava obscuriosa* Kol.、具节山羊草 *Aegilops cylindrica* Host.、毒莠苣 *Lactuca serriola* L.、甜菜线虫、梨枝枯病、葡萄食果蛾等。

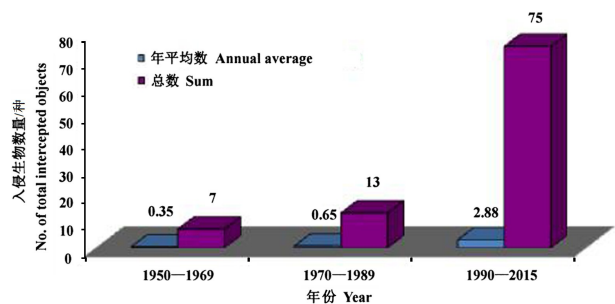


图1 各时期农林外来有害生物入侵频率及数量分布图(1950—2015年)

Fig.1 The intrusion frequency and total amount of intercepted exotic harmful agriculture and forestry creatures in each stages between 1950 and 2015

在新疆农林外来入侵生物中,烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say)、苹果蠹蛾 *Laspyresia pomoniella* (L.)、稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilu* Kuschel 等4种被列入“中国最具危险性的20种外来入侵物种”名单(万方浩等,2002)。列入《中华人民共和国进出境植物检疫有害生物名录》的435种(属)检疫性有害生物中新疆分布有38种(属),其中包括苹果蠹蛾、小麦黑森癭蚊 *Mayetiola destructor* (Say)、马铃薯甲虫、蔗扁蛾 *Opogona sacchari* (Bojer)、苹果绵蚜 *Eriosoma lanigerum* (Hausmann)、枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa、稻水象甲、小麦双尾蚜 *Diuraphis noxia* (Mordvilko)、葡萄食果蛾等检疫性害虫9种,棉花黄萎病 *Verticillium dahlia* Kleb.、苹果黑星病 *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint、葡萄黑痘病 *Sphaceloma ampelinum*、甜菜霜霉病 *Peronospora faronosa* f. sp. *betae* Byford、番茄溃疡病 *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganse*、苜蓿黄萎病 *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold、向日葵白锈病 *Albugo tragopogonis* (Pers.) S. F. Gray、大豆疫霉病 *Phytophthora sojae*、瓜类细菌性果斑病 *Acidovorax citrulli* (Schaad et al., 2009)、甜瓜根结线虫 *Meoidogyne incognita*、向日葵黑茎病 *Phoma macdonaldii* Boerma、黄瓜绿斑驳花叶病毒病、甜菜线虫、苹果枝枯病等检疫性病害14种,毒莠苣、列当属 *Orobancha* L.、菟丝子属 *Cuscuta* spp.、毒麦 *Lolium temulentum* L.、意大利苍耳 *Xanthium italicum* Moretti、刺萼龙葵 *Solanum rostratum* Dunal、刺苍耳 *Xanthium spinosum* L.、蒙古苍耳 *Xanthium mongolicum* Kitag.、普通豚草、三裂叶豚草、五角菟丝子、滨州苍耳、单柱菟丝子、铺散矢车

菊、具节山羊草等检疫性植物 15 种(中华人民共和国农业部,2009)。此外,列入《新疆维吾尔自治区检疫性有害生物补充名单》的有苹果小吉丁虫 *Agrilus mali* Matsumura、苹果绵蚜、向日葵黑茎病等 3 种(新疆农业厅,2010)。

近年来,新疆农林外来入侵生物危害日趋严重,不仅造成了巨大的经济损失,而且对新疆农业和林业生产安全构成了严重威胁。据报道,仅 2008—2010 年,新疆棉蚜 *Aphis gossypii* Golover、棉花枯萎病 *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*、棉花黄萎病、马铃薯甲虫、苹果蠹蛾、美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard、枣球蜡蚧 *Eulecanium giganteum* (Shinji)、黄刺蛾 *Monema flavescens* Walker 等主要农林外来入侵生物每年发生的总面积达 121.23~157.46 万 hm^2 。综合统计表明,2010 年整个新疆农林生态区因棉蚜、棉花枯萎病、棉花黄萎病、苹果小吉丁、苹果蠹蛾、马铃薯甲虫、烟粉虱、温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum*、枣球蜡蚧、枣瘿蚊 *Contarinia datifolia* Jiang、苹果绵蚜、小麦一号病、美洲斑潜蝇、橄榄片盾蚧 *Parlatoria oleae*、向日葵黑茎病、黄刺蛾等 16 种农林外来入侵生物的危害,造成的直接经济损失达 12.49 亿元,投入防治费用达到 3.38 亿元(郭文超等,2012)。

对近 26 年(1990—2015 年)来的相关数据统计分析表明,伊犁河谷地区、乌鲁木齐市、喀什地区、库尔勒市、石河子市、吐鲁番市等 6 个地(市)农林外来生物入侵发生率明显高于其他地区,分别为 26.67%、18.67%、16.00%、9.33%、5.33%、5.33%,总计占同期新疆农林外来入侵生物总量的 81.33%(图 2)。这表明新疆农林外来生物入侵发生区不均衡,中心城市和气候湿润的地区是新疆农林外来生物的主要入侵点和扩散源(郭文超等,2015d)。

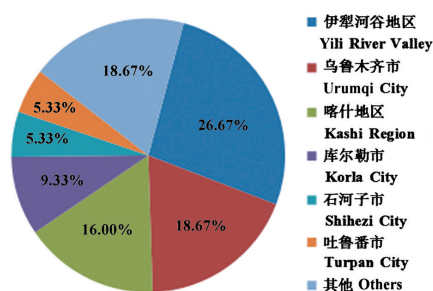


图 2 新疆农林外来生物入侵区域分布图(1990—2015 年)
Fig.2 The regional distributing graph of exotic harmful agriculture and forestry creatures in Xinjiang between 1990 and 2015

对新疆农林外来入侵生物来源的整体调查表明,1950—2015 年来源于国内其他省份的种类占同期发生总量的 76.85%;而马铃薯甲虫、枣实蝇、小麦黑森瘿蚊、小麦双尾蚜、苹果蠹蛾、玉米三点斑叶蝉 *Zygina salina* Mit、小麦一号病、苹果黑星病、甜菜线虫、欧洲千里光、铺散矢车菊、乌拉尔大戟、滨州苍耳、列当和菟丝子等重大农林外来入侵生物是直接由新疆毗邻的中亚、西亚等国家传入,刺萼龙葵、向日葵黑茎病等分别从澳大利亚和美国传入,由国外直接传入新疆的农林外来入侵生物种类占同期发生总量的 23.15%。这表明新疆农林外来入侵生物主要是从国内其他省区传入。另对过去 26 年新疆农林外来生物入侵方式进行分析表明,除水葫芦 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms 和加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* L.是通过有意引种传入,马铃薯甲虫和玉米三点斑叶蝉是通过自然传播传入外,其余 71 种农林外来入侵生物是通过种子、苗木、花卉等植物产品无意引种或人为携带、随农副产品和交通工具传入,占同期新疆农林外来生物入侵种数的 94.66%。由此可见,盲目引种或人为携带等人为因素是造成新疆近 26 年来农林外来生物入侵暴发式增长的主要诱因。

4 “一带一路”战略实施可能对新疆农林外来生物入侵产生的影响

改革开放以来,依托特殊地理位置及在国际和地区间交通和贸易的枢纽地位,以及“一带一路”战略构想的全面贯彻和实施,新疆的经济发展迎来了难得的历史机遇。作为“丝绸之路经济带的前沿核心区”,新疆在我国向西对外开放中发挥重要窗口和桥头堡的作用将日益突显。在此背景下,进出新疆的国内外各种动植物产品数量亦大幅度增多,从欧洲、中亚和西亚往来的旅游和商贸人数也将剧增,危险性农林外来生物从国内外入侵新疆,并造成严重危害的风险不断加大。

新疆已经发生的苹果黑星病、苹果蠹蛾、小麦一号病、马铃薯甲虫、玉米三点斑叶蝉、小麦双尾蚜、小麦黑森瘿蚊等多种我国对外检疫的重大外来入侵生物是直接由中亚各国传入我国新疆或其传入与中亚五国有关(郭文超等,2012)。2005 年统计的 183 种我国潜在的植物检疫性有害生物中,我国周边延“丝绸之路经济带”的 8 国至少有 48 种以上,主要包括瓜实蝇、玉米根萤叶甲 *Diabrotica virgifera virgifera*

LeConte、梨矮蚜 *Aphanostigma piri* (Cholodkovsky)、松唐盾蚧 *Carulaspis juniperi* (Bouche)、山楂小卷蛾 *Pammene crataegicola* Liu et Komai、苹果蠹蛾、梨白小卷蛾 *Spilonota pyrusicora* Meyrick、石榴螟 *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)、肾斑皮蠹 *Trogoderma inclusum* Leconte、澳洲蛛甲 *Ptinus tectus* Boieldieu、日本金龟子 *Popillia japonica* Newman、马铃薯甲虫、菜豆象 *Acanthoscelides obtectus* (Say)、欧洲栗象 *Curculio elephas* (Gyllenhal)、玫瑰短喙象 *Pantomorus cervinus* (Boheman)、木蠹象 *Pissodes punctatus*、欧洲大榆小蠹 *Scolytus multistriatus* (Marsham)、苹叶蜂 *Hoplocampa testudinea* (Klug)、李仁蜂 *Eurytoma schreineri* Schreiner、苹果瘿蚊 *Dasineura mali* (Kieffer)、小麦黑森瘿蚊等(全国农业技术推广中心,2005)。

目前,新疆与中亚五国贸易主要通过开放口岸的汽车货运方式等,加大了农林外来生物入侵风险(王钊英等,2009)。2015年5月1日通过了国内的通关一体化,“一地报关,多地通关”。未来在“一带一路”战略背景下,为了提高物流效率,“一带一路”沿线国家过境货物有可能实现“一国报关,多国通关”,这将在很大程度上助长农林外来入侵生物传播的风险。

5 新型业态——跨境电子商务高速发展引发外来生物入侵的潜在风险

全球经济一体化以及信息与互联网技术的迅猛发展,催生了新型商业模式——跨境电子商务。依托现代网络信息平台,跨境电子商务所把信息流、资金流和货物流高度结合,极大地提高了交易效率和社会生产率。与传统的国际贸易模式相比,这种全新国际商务模式具有对市场变化反应迅速、成本低、高效等优势,越来越受到企业和消费者的青睐,发展十分迅速。近年来,全球跨境电子商务每年以30%以上的速度增长,据ConScore(美国知名市场研究公司)和Euromonitor(欧洲透视)计算,2013年全球跨境电子商务市场规模为440万亿美元,占当年电子商务总体规模的14%。据统计,2013和2014年,我国跨境电子商务交易额分别为3.1万亿元和4万亿元,分别占当年进出口总额的12.1%和14.8%,增速超过30%以上,远超同期外贸增长水平。2014年我国海外直邮市场交易额达到1290亿元,2015年达到2478亿元(梁瑜等,2015a)。随着国内市场对海外商品需求的增长,跨

境电商进口占比将不断提升,到2017年有望达到16.2%。随着“一带一路”建设的不断推进,电子商务(互联网+)作为我国战略性新兴产业,将会得到国家更多的政策扶持,即将迎来10年的黄金发展期;以电子商务为代表的跨境贸易模式将成为未来国际贸易的主要发展方向。

但是,跨境电子商务高速发展也加大了外来生物入侵的潜在风险,必须给予高度重视。由于跨境电子商务以邮包、快件为主进行传递,总体占进出境邮、快件总量的70%~80%。跨境快递是在跨境邮件基础上发展起来的一种新的物流方式,相比跨境邮件具有门槛低、环节少、成本低、周期短等方面的优势。目前,跨境快递在全球范围内蓬勃发展,已经成为跨境电子商务的主要载体和物流方式。以沿海经济较为发达的广东省江门为例,2015年前5个月,跨境电商快件1145.95万件,与2014年同比增长446.56倍;在此过程中截获了600多批禁止进境物,其中包括多种对外检疫性有害生物(梁瑜等,2015b)。

近年来,随着我国新疆与周边贸易往来的日益频繁,贸易量大幅度增多。2000—2015年从新疆各口岸的进口植物及产品、邮寄物、进境旅客携带物中截获的外来有害生物种数、检疫性有害生物种数和疫情批次急剧上升。其中,2015年有害生物检出批次比2000年增加39.1倍,检疫性外来有害生物种(属)数和批次分别达21种和1779批次(表1)。首次截获的外来物种中有多种危险性有害生物,如谷斑皮蠹 *Trogoderma granarium* Everts、苜蓿黄萎病、桃果实蝇 *Bactrocera zonata* Saunders、芒果果肉象甲 *Sternonchus frigidus* (Fabricius)、苹果蠹蛾等。其中,国家一类检疫对象苹果蠹蛾、谷斑皮蠹检出率很高。

目前,我国尚无针对跨境快件检验检疫的监管法规和有效方法,必须积极引进和借鉴国际先进的跨境电子商务检验检疫方法和经验;尽快修订和制定具有中国特色跨境电商动植物产品风险监管的政策法规,建立符合中国国情的跨境电子商务的检验检疫监管模式,推动我国的跨境电子商务出入境检验检疫工作不断符合国际潮流。如实施“负面清单”管理,建立跨境电子商务企业 and 产品备案管理制度,完善跨境电子商务产品申报和放行制度,开展跨境电子商务信息化平台管理,强化跨境电子商务产品质量安全风险监控和监督检查管理等,将关口前移,管好准入动植物产品,降低检疫风险(李道远,2015;梁瑜等,2015a)。

表 1 2000—2015 年新疆截获外来有害生物种(属)及批次数量统计表

Table 1 The number of intercepted exotic harmful quarantine objects and batches between 2000 and 2015 in Xinjiang, China

年份 Year	截获数量/种 No. of intercepted		截获批次 Batches of intercepted	
	有害生物 Total harmful objects	检疫性有害生物 Harmful quarantine objects	有害生物 Total harmful objects	检疫性有害生物 Harmful quarantine objects
2000	22	—	650	—
2001	22	—	650	—
2002	22	—	650	—
2003	22	—	650	—
2004	22	—	650	—
2005	—	—	—	—
2006	—	—	—	—
2007	40	5	2160	38
2008	—	3	163	5
2009	41	3	5297	91
2010	82	5	4629	564
2011	—	3	1146	135
2012	170	10	32096	94
2013	172	10	4506	269
2014	296	17	18424	1481
2015	302	21	26090	1779

在国家“一带一路”战略实施的背景下,作为前沿核心区,新疆与中亚五国、西亚和欧洲等各国间的跨境电子商务将蓬勃发展,如何适应新的国家贸易发展,建立与之相匹配的检疫监管模式是未来新疆检疫工作面临的重大课题;而针对电子商务线下消费的传统商业模式逐步向线上消费的新型商业模式转型升级的变化趋势,提升公众对入境动植物产品的风险意识和生态安全意识的同时,进一步做好防范工作,建立更加完善和高效的农林外来生物入侵监测、检测和应急防控体系,以适应疫情突发和疫情数量激增等更为复杂的局面,也是未来农林外来生物入侵防控领域亟待解决的重大问题。

6 新疆农林外来入侵生物的研究现状

长期以来,新疆植保科技工作者在农林外来入侵生物生物学、生态学和防治学等领域开展了大量的研究。在全国率先开展了苹果蠹蛾、小麦一号病、马铃薯甲虫、枣实蝇、小麦黑森瘿蚊等多种对外重大检疫对象的系统研究和监测防控应用,有效地控制了这些外来入侵生物的发生、危害和传播,保障了新疆乃至我国农业生产的安全。“十一五”以来,在农林外来入侵生物领域的研究取得了一系列重要进展。

首先,基本摸清了新疆农林外来入侵生物的种类和分布、传播扩散的特点和趋势,以及主要农林外来入侵生物危害造成的损失等本底情况。

其次,在汲取国外已有技术成果的基础上,系统深入地开展了马铃薯甲虫入侵生物学、生态学、防治学等多个领域的研究。例如:分析了马铃薯甲虫的定殖风险(郭文超等, 2013, 2014, 2015a, 2015b, 2015c);基于 SSR、RAPD 分子标记,分析新疆及周边邻国不同地理种群马铃薯甲虫的遗传多样性,摸清了该虫的传播途径和限制因子(刘旻等, 2016);建立了覆盖全国马铃薯主产区的监测体系和预警信息平台,提出我国马铃薯甲虫的监测和防控策略,初步提出了遥感监测技术;建立了新疆马铃薯甲虫种群生命表,明确了温度及寄主作物等因子对马铃薯甲虫生长发育的影响,掌握了其发生规律、成灾关键因子和种群时空动态规律等;基本明确了马铃薯甲虫迁飞规律和起飞分子调节机制,探明了天敌(草蛉)—作物(马铃薯)—害虫(马铃薯甲虫)互作机制;明确了我国马铃薯甲虫发生区甲虫抗药性动态水平,探明了该虫对氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯、新烟碱和氯虫本甲酰胺等主要化学农药的抗药性机制,提出了马铃薯甲虫抗药性快速检测、监测及治理技术;研制出 300 亿个孢子·g⁻¹白僵菌可湿性粉剂和 100 亿个孢子·g⁻¹白僵菌油悬浮剂,提出了白僵菌高密度、节能固体发酵生产技术;研制出基于昆虫化学信息学的植物性引诱剂、聚集素引诱剂、天敌引诱剂,以及马铃薯甲虫驱避剂和高效悬浮种衣剂等(郭文超等, 2013, 2014,

2015a, 2015b); 发掘了包括保幼激素、蜕皮激素和类胰岛素合成、代谢和信号转导通路, 脯氨酸、丙氨酸、几丁质的合成和代谢通路的相关特异性致死基因数十个 (Fu *et al.*, 2014, 2015, 2016; Guo *et al.*, 2015a, 2015b, 2016a; Kong *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2014; Lü *et al.*, 2015; Meng *et al.*, 2015; Wan *et al.*, 2014a, 2014b, 2014c, 2015a, 2015b; Zhou *et al.*, 2013a, 2013b; Zhu *et al.*, 2015); 克隆了具有自主知识产权的相关基因, 构建了抗虫基因 *cry3A* 和抗涝基因 *vhb* 的双价植物表达载体和携带 *cry1Ba3* 单价基因的植物表达载体, 获得了高抗马铃薯甲虫的转单、双价基因马铃薯品系和无抗生素标记马铃薯转基因抗虫品系, 并完成了转基因马铃薯品系相关农艺性状的评价 (Guo *et al.*, 2016b; Yang *et al.*, 2011)。研究出了符合我国马铃薯甲虫发生区生产实际的监测、封锁防控技术, 与环境相容的化学防治、生物防治、物理防治、抗药性治理、生态调控和保健栽培等关键技术组成的马铃薯甲虫持续防控技术, 通过在我国马铃薯疫区大规模示范和应用, 取得了显著经济、社会和生态效益。23 年来成功地将马铃薯甲虫控制在新疆木垒县博斯塘乡以西, 有效遏制了该虫进一步向东扩散蔓延, 确保了我国西北马铃薯生产和生态安全。新疆在马铃薯甲虫生物学、生态学和防控研究与应用领域取得的成果丰富了我国外来入侵昆虫生物学、生态学和封锁防控技术领域研究内涵, 为重大外来入侵生物的防控积累了宝贵的经验, 成为我国有效防控外来入侵生物的成功案例之一 (郭文超等, 2013, 2014, 2015a, 2015b)。

再次, 在苹果蠹蛾、枣实蝇、小麦一号病、向日葵黑茎病、烟粉虱、稻水象甲等重大外来入侵生物的风险评估、生物学、生态学、防控技术和分子检测等领域开展了较为系统的研究, 提出了针对性强且符合新疆农林生产实际的综合防控技术, 经大规模应用取得了良好的效果, 有效控制了这些重大外来入侵生物的危害, 减少了损失, 遏制了其传播, 保障了新疆的农林生产和生态安全 (郭文超等, 2011, 2012)。

针对红枣重大检疫害虫——枣实蝇, 探明了其分布、主要生物学、生态学特性 (丁吉同等, 2014; 何善勇等, 2009; 胡隄生等, 2012, 2013), 明确了枣实蝇不同地理种群的遗传关系 (阿地力·沙塔尔等, 2012), 开展了风险评估, 提出枣实蝇在我国的潜在适生区 (何善勇等, 2011; 岳朝阳等, 2009); 提

出了枣实蝇监测、检疫、快速分子检测技术 (程晓甜等, 2013, 2014), 总结了其综合防治技术, 构建了枣实蝇防控技术体系 (阿地力·沙塔尔等, 2010)。

针对小麦一号病, 新疆已先后开展了相关病原鉴定 (张祥林等, 2000)、病菌检疫快速分子检测技术 (张桦等, 2007)、适生性及有害风险分析 (初孟林等, 1984; 周益林等, 2007)、防治技术 (王国平等, 2007; 夏正汉等, 2007) 等方面的研究。

对于重大检疫性病害——向日葵黑茎病, 新疆开展了该病菌分离鉴定及其 RFLP 分析 (张祥林等, 2011, 2012), 以及该病在新疆的风险评估 (张映合和陈卫民, 2011); 明确了向日葵黑茎病发生与气象因子的关系 (陈卫民等, 2011b), 开展了田间抗病性鉴定, 明确了不同向日葵品种抗病差异性 (陈卫民等, 2013); 探明了向日葵黑茎病暴发流行的原因及防治对策 (马福杰等, 2010), 提出了药剂拌种、药剂喷雾和覆膜结合药剂处理的防治技术 (陈卫民等, 2010, 2011a, 2016; 徐盼盼等, 2016)。

针对烟粉虱, 研究了新疆吐鲁番地区瓜套棉种植模式下烟粉虱的时空动态 (热孜万古丽·阿布都哈尼, 2016a), 开展了基于地统计学的新疆棉田烟粉虱危害动态与时空分布研究 (马宁远等, 2008); 通过新疆地区烟粉虱类群 mtDNA COI 基因序列分析, 明确了其遗传多样性 (段晓东等, 2011); 分析了 B 型烟粉虱对不同类型杀虫剂的抗性和 MEAM1 烟粉虱隐种对吡虫啉的抗性遗传力及交互抗性, 提出了 B 型烟粉虱治理策略 (李国志等, 2013; 马德英等, 2006, 2007); 明确了新疆地区烟粉虱生物型的区域分布情况, 对其携带的番茄黄化曲叶病毒进行了检测 (曹骞等, 2013); 研究了海氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus hayati* (Zolnerowich & Rose)、中华草蛉 *Chrysoperla sinica* Tjeder 对烟粉虱的控害作用, 以及黄板对烟粉虱的控制作用等 (陈丹等, 2012; 买合甫皮古丽·阿不力米提等, 2013; 热孜万古丽·阿布都哈尼等, 2016b), 对 MEAM1 烟粉虱隐种的药效进行了评价 (买热木古丽·克依木等, 2014)。

自 2010 年新疆发现稻水象甲 (郭文超等, 2011) 以来, 基于 MaxEnt 模型与 Arc GIS 方法, 研究了稻水象甲在新疆的潜在分布及适生性; 基于 RAPD 分子标记方法, 分析了新疆荒漠稻区稻水象甲的遗传多样性 (王小武等, 2016b), 探明了其传播路径。通过系统研究, 摸清了新疆荒漠绿洲生态区

稻水象甲的主要生物学特性及发生规律(关志坚等,2014a;王刚等,2015;王小武等,2016a),明确了温度、光照强度对稻水象甲飞行能力的影响(何江等,2014;王刚等,2014),明确了犁河谷稻水象甲种群扩张及迁飞影响因子(王刚,2014),以及其成虫、幼虫和蛹的空间分布型,提出了稻水象甲田间抽样技术。通过研究新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲危害与水稻产量损失的关系,提出了稻水象甲的防治阈值(丁新华等,2015);通过研究提出了稻水象甲绿色防控技术(班小莉等,2014;付文君等,2013,2014;关志坚等,2014b)。

在检疫性有害生物快速分子检测方面,新疆已开展了 ITS 片段作为轮枝菌 DNA 条形码的评价研究(段维军等,2013),建立了西瓜细菌性果斑病菌 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* 快速检测方法(张祥林等,2002),开展了新疆枣疯病植原体 *tuf* 基因的克隆与序列分析,建立了枣疯病植原体 TaqMan 探针实时荧光定量 PCR 检测方法和李属坏死环斑病毒(*Prunus necrotic ringspot virus*, PNRSV) RT-LAMP 检测方法(韩剑等,2013,2014a,2014b),以及基因、蛋白质谱带分析(韩剑等,2013)。

但是,整体而言,新疆在农林外来入侵生物领域的研究与我国其他先进省区相比仍存在一定差距,尤其对于新疆多数农林外来生物的入侵机制、传播途径等研究较少。除了马铃薯甲虫、枣实蝇、向日葵黑茎病、小麦一号病等部分农林重大外来入侵生物外,绝大多数农林外来入侵物种的风险评估、入侵生物学、生态学等基础研究工作仍十分薄弱,且缺乏快速检测、监测和科学防控技术,难以对产业发展提供有效的技术支撑。

7 未来新疆农林外来入侵生物研究的主要方向和目标

未来在新疆农林外来生物入侵风险不断加剧的新形势下,新疆植保科技工作者必须高度重视农林外来入侵生物研究和应用,进一步整合科技资源,加强区内合作、国内合作及与周边中亚和西亚国家相关研究机构合作,针对重大农林外来入侵生物和潜在危险性农林入侵生物积极开展入侵生物学、生态学、监测预警、风险评估、快速检测和扩散阻截及综合防治技术等方面的研究。重点着眼于以下几个方面:(1)继续研发新入侵生物和潜在入

侵生物的快速检测监测、远程诊断和扑灭根除技术;(2)基于西北荒漠绿洲生态的气候和作物种植特点,开展新入侵物种和潜在入侵物种的传入风险评估和早期预警技术研究;(3)开展边境边贸区和口岸的重大入侵有害生物的基础性、长期性监测,研发扩散阻截技术;(4)开展入侵物种的“物流”传播途径和“生态阻截屏障”影响扩散效率的研究,创新扩散阻截技术;(5)研究重大外来入侵生物的预警和控制技术;(6)研发外来入侵生物远程监测技术;(7)开展重大入侵生物种群形成与扩张机制(适应性机制)研究;(8)探索气候变化、耕作栽培技术革新等对重要外来入侵生物种群定殖、扩张的影响等;(9)加强与中亚相关国家在外来入侵生物监测预警、检测技术和防控技术的合作研究与应用,实现关口外移,源头治理(中国科学技术协会,2011)。

针对包括新疆在内的我国西北荒漠绿洲生态区及中亚五国外来入侵生物的扩散传播和发生危害,通过持续性基础研究、应用技术研究与应用,大幅度提升新疆在外来入侵生物研究和应用领域的整体水平,形成一支在国内具有影响力的综合研究实力较强的外来入侵生物研究团队。力争在新入侵生物快速检测、早期预警和阻截技术以及潜在危险性外来入侵生物的风险评估和监测预警技术、重大防控技术研发领域取得突破;在此基础上,建立符合西北荒漠绿洲生态特点的外来入侵生物监测预警和封锁防控技术体系,为有效遏制农林外来生物入侵和危害,确保新疆乃至全国农业生产和生态安全提供保障。

参考文献

- 阿地力·沙塔尔,田程明,骆有庆,陈梦,马合穆提,阿布都沙拉木,2010.枣实蝇药剂防治试验初报.新疆农业大学学报,33(3):206-209.
- 阿地力·沙塔尔,张伟,程晓甜,朱银飞,骆有庆,陈梦,2012.枣实蝇不同地理种群的亲缘关系.林业科学,48(6):136-140.
- 艾山·赛麦提,瓦哈甫·哈力克,布佐热,阿依努尔,海日古丽,2011.典型天然绿洲人工化过程及其驱动力分析.土壤与作物,27(1):102-107.
- 百度百科,2016.新疆口岸.[2016-07-10].<http://baike.baidu.com/view/1873734.htm>.
- 班小莉,吐尔逊,付文君,郭文超,何江,关志坚,丁新华,2014.多种药剂防治稻水象甲田间药效试验.农村科技(10):32-33.

- 曹骞,李晶,买热木古丽·克依木,王惠卿,李国志,马德英,2013. 新疆地区烟粉虱生物型的区域分布及其携带的番茄黄化曲叶病毒检测. 昆虫学报, 56(6): 652-664.
- 陈丹,张以和,热孜万古力,米日古丽,杨媚,潘卫萍,马德英,2012. 黄板诱杀对设施蔬菜烟粉虱控制作用研究. 新疆农业科学, 49(2): 255-260.
- 陈卫民,古丽,王华,吐尔逊,郭庆元,2011a. 3种杀菌剂拌种防治向日葵黑茎病药效试验研究. 现代农药, 10(3): 50-52.
- 陈卫民,廖国江,陈庆宽,张映合,管辉,马德成,郭庆元,2011b. 外来入侵有害生物——向日葵黑茎病发生与气象因子关系的研究. 植物检疫, 25(1): 16-21.
- 陈卫民,荆珺,王杰花,马福杰,梁月,2016. 覆膜加药剂处理对防治向日葵白锈病、黑茎病及对向日葵产量的影响. 作物杂志(3): 163-166.
- 陈卫民,张金霞,马福杰,张祥林,2013. 新疆新源县32个向日葵品种对黑茎病和白锈病抗性鉴定. 农业科技通讯(5): 105-108.
- 陈卫民,张新建,郭庆元,图尔巴特,2010. 4种杀菌剂对向日葵黑茎病的田间防治效果. 现代农药, 9(5): 51-53.
- 程晓甜,阿地力·沙塔尔,张伟,温俊宝,李新泉,陈梦,2013. 枣实蝇特异引物PCR鉴定技术. 林业科学, 49(11): 98-102.
- 程晓甜,阿地力·沙塔尔,张伟,李新泉,玛依拉,2014. SYBR Green 实时荧光PCR快速鉴定枣实蝇技术. 林业科学, 50(4): 60-65.
- 初孟林,贾玉龙,王文河,耿守光,1984. 冬小麦一号病在新疆境内适存性的研究. 新疆农业科技(3): 19-30.
- 丁吉同,阿地力·沙塔尔,程晓甜,黄雪原,阿米娜,2014. 枣实蝇不同发育阶段过冷却点及结冰点的测定. 西北农业学报, 23(11): 163-167.
- 丁新华,吐尔逊,何江,郭文超,付文君,班晓丽,关志坚,周俊,2015. 新疆荒漠绿洲生态区稻水象甲成虫空间分布型研究. 新疆农业科学, 52(5): 875-881.
- 段维军,郭立新,张祥林,夏侯阳,张慧丽,陈先锋,2013. 检疫性轮枝菌及其近似种的鉴定. 植物病理学报, 43(3): 274-275.
- 段晓东,马丽娟,姚正培,曹骞,冷春丽,马德英,2011. 新疆地区烟粉虱类群mtDNA COI基因序列分析. 生物安全学报, 20(1): 50-55.
- 付文君,关志坚,2013. 伊犁河谷地区稻水象甲的发生特点及综合防控措施. 现代农业科技(16): 120.
- 付文君,关志建,郭文超,班晓莉,2014. 药剂拌种和大田喷雾防治稻水象甲田间药效试验. 现代农业科技(7): 142-143.
- 关志坚,丁新华,付文君,吐尔逊,郭文超,魏振兴,2014a. 伊犁河谷地区稻水象甲生物学特性及其种群田间迁移规律的研究. 新疆农业科学, 51(7): 1312-1318.
- 关志坚,付文君,吐尔逊·阿合买提,王银方,夏振汉,班小莉,2014b. 白僵菌对稻水象甲防治效果. 农村科技(12): 38-39.
- 郭文超,2015a. 马铃薯甲虫//万方浩,侯有明,蒋明星. 入侵生物学. 北京: 科学出版社: 229-233.
- 郭文超,2015b. RNA干扰E75和HR3对马铃薯甲虫化蛹的影响. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学.
- 郭文超,吐尔逊,2015c. 马铃薯甲虫//中国农科院植保所,中国植保学会. 中国农作物病虫害(中册). 3版. 北京: 中国农业出版社: 390-397.
- 郭文超,吐尔逊,丁新华,许建军,何江,2015d. 新疆绿洲荒漠生态区苹果蠹蛾生物学、生态学和防治技术研究与应用进展. 生物安全学报, 24(4): 274-280.
- 郭文超,吐尔逊,程登发,2014. 我国马铃薯甲虫主要生物学、生态学技术研究进展及监测与防控对策. 植物保护, 40(1): 1-11.
- 郭文超,吐尔逊,周桂玲,刘忠军,2012. 新疆农林外来生物入侵现状、趋势及对策. 新疆农业科学, 49(1): 86-100.
- 郭文超,李晶,魏振兴,吐尔逊,吴静,阿利亚,王俊,2011. 新疆首次发现水稻重大外来有害生物稻水象甲. 新疆农业科学, 48(1): 70-74.
- 郭文超,谭万忠,张青文,2013. 重大外来入侵害虫马铃薯甲虫生物学、生态学与综合防控. 北京: 科学出版社.
- 韩剑,罗明,徐金虹,王同仁,张祥林,2014a. 枣疯病植原体TaqMan探针实时荧光定量PCR检测方法的建立. 植物保护, 40(5): 111-116.
- 韩剑,罗明,殷智婷,周国辉,张祥林,2014b. 李属坏死环斑病毒(PNRSV)RT-LAMP检测方法的建立. 新疆农业大学学报, 37(4): 327-332.
- 韩剑,徐金虹,王同仁,张祥林,罗明,2013. 新疆枣疯病植原体tuf基因的克隆与序列分析. 新疆农业科学, 50(3): 476-483.
- 何江,王刚,吐尔逊,丁新华,郭文超,2014. 光照强度对稻水象甲飞行能力的影响. 新疆农业科学, 51(11): 2014-2019.
- 何善勇,阿地力·沙塔尔,朱银飞,喻峰,温俊宝,田呈明,2009. 枣实蝇蛹发育起点温度和有效积温. 昆虫知识, 46(5): 791-794.
- 何善勇,朱银飞,阿地力·沙塔尔,温俊宝,陈梦,田呈明,2011. 枣实蝇在中国的风险评估. 林业科学, 47(3): 107-116.
- 胡陇生,朱银飞,田呈明,任玲,2012. 枣实蝇成虫饲养初报. 中国森林病虫, 31(4): 31-35.
- 胡陇生,田呈明,朱银飞,周忠赞,任玲,齐长江,2013. 枣实蝇生物学特性研究. 昆虫学报, 56(1): 69-78.
- 李道远,2015. 新兴业态出入境检疫研究——以跨境电子商务为例. 硕士学位论文. 苏州: 苏州大学.

- 李国志, 曹骞, 段晓东, 张鑫, 马德英, 2013. 新疆 MEAM1 烟粉虱隐种对吡虫啉的抗性遗传力分析及交互抗性测定. 农药学报, 15(1): 59-64.
- 梁瑜, 许卓然, 习清, 刘一波, 2015a. 跨境电商入境动植物产品检验检疫风险防控. 中国经贸导刊, 29(10): 67-68.
- 梁瑜, 许卓然, 习清, 刘一波, 2015b. 加强对邮寄入境的动植物产品检验检疫风险控制的策略研究. 江苏商论(27): 62-63.
- 刘旸, 付开赞, 吐尔逊, 何江, 郭文超, 2016. 不同地理种群马铃薯甲虫 SSR、RAPD 遗传多样性分析. 新疆农业科学, 53(9): 835-838.
- 马德英, IAN D, KEVIN G, 罗万春, 2007. 新疆 B 型烟粉虱对不同类型杀虫剂的抗性分析. 植物保护学报, 34(3): 311-315.
- 马德英, KEVIN G, IAN D, 罗万春, 2006. 新疆 B 型烟粉虱的抗药性及其治理策略 // 中国植物保护学会. 科技创新与绿色植保——中国植物保护学会 2006 学术年会论文集. 北京: 中国植物保护学会: 1.
- 马福杰, 陈卫民, 蔡吉伦, 马德成, 管辉, 2010. 新疆新源县向日葵黑茎病暴发流行的原因及防治对策. 农业科技通讯(9): 92-94.
- 马宁远, 王惠卿, 张伟, 依萨克·司马义, 罗亮, 马德英, 2008. 基于地统计学的新疆棉田烟粉虱 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 危害动态与时空分布. 生态学报, 28(6): 2654-2662.
- 买合甫皮古丽·阿不力米提, 热孜万古丽·阿布都哈尼, 李京, 热孜万古丽·加马力, 马德英, 2013. 中华草蛉对烟粉虱的捕食功能反应及捕食行为观察. 新疆农业大学学报, 36(2): 112-117.
- 买热木古丽·克依木, 徐好学, 鲜金花, 李晶, 王惠卿, 胡爱芝, 马德英, 2014. 5 种环境友好杀虫剂对 MEAM1 烟粉虱隐种的药效评价. 新疆农业科学, 51(6): 1137-1142.
- 全国农业技术推广中心, 2005. 潜在的植物检疫性有害生物图鉴. 北京: 中国农业出版社.
- 热孜万古丽·阿布都哈尼, 万方浩, 买合甫皮古丽·阿不力米提, 杨念婉, 努热娜木·马木提, 热孜万古丽·加马力, 马德英, 2016a. 吐鲁番瓜套棉种植模式下烟粉虱的时空动态. 植物保护, 42(1): 165-169.
- 热孜万古丽·阿布都哈尼, 王岩萍, 热孜万古丽·加马力, 陈丹, 马德英, 2016b. 海氏桨角蚜小蜂新疆种群形态特征及其与烟粉虱的时空动态比较. 植物保护学报, 43(1): 142-148.
- 万方浩, 郭建英, 王德辉, 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. 生物多样性, 10(1): 119-125.
- 王刚, 2014. 新疆伊犁河谷稻水象甲种群扩张及迁飞影响因素研究. 硕士学位论文. 石河子: 石河子大学.
- 王刚, 吐尔逊, 何江, 郭文超, 2014. 温度对稻水象甲飞行能力的影响. 新疆农业科学, 51(3): 464-470.
- 王刚, 吐尔逊, 何江, 郭文超, 付文君, 关志坚, 魏振兴, 2015. 新疆荒漠绿洲生态区稻水象甲主要生物学特性及发生规律研究. 植物保护, 41(1): 141-146.
- 王国平, 韩顺涛, 许建军, 郭文超, 2007. 塔城地区药剂拌种防治小麦一号病研究初报. 新疆农业科学, 44(S1): 161-163.
- 王小武, 丁新华, 吐尔逊, 关志坚, 何江, 郭文超, 2016a. 伊犁河谷地区越冬后稻水象甲种群田间扩散规律的研究. 新疆农业科学, 53(3): 488-495.
- 王小武, 付开赞, 丁新华, 吐尔逊, 何江, 郭文超, 2016b. 基于 RAPD 标记的新疆荒漠稻区稻水象甲遗传多样性分析. 新疆农业科学, 53(11): 834-838.
- 王钊英, 郭文超, 马小平, 戴俊生, 2009. 我国新疆与中亚五国的农业科技合作及其展望. 世界农业, 9(4): 14-17.
- 夏正汉, 付文君, 刘胜利, 许建军, 曹华, 汪贵山, 郭华, 2007. 伊犁河谷地区药剂拌种防治小麦一号病研究初报. 新疆农业科学, 44(S1): 143-145.
- 新疆农业厅, 2010. 新农植(字)2010183 号 关于发布《新疆维吾尔自治区农业植物检疫性有害生物补充名单》《应施检疫的植物及植物产品名单》的通知. 乌鲁木齐: 新疆农业厅.
- 新疆维吾尔自治区统计局, 2013. 2013 年新疆统计年鉴. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社.
- 新疆维吾尔自治区统计局, 2014. 2014 年新疆统计年鉴. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社.
- 徐盼盼, 陈卫民, 荆琚, 王杰花, 郭庆元, 2016. 几种药剂组合处理对向日葵黑茎病的防治增产效果. 现代农药, 15(2): 54-56.
- 尹嘉珉, 乔俊军, 2010. 新疆维吾尔自治区地图册. 北京: 中国地图出版社.
- 岳朝阳, 田呈明, 张新平, 阿地力·沙塔尔, 刘爱华, 2009. 枣实蝇入侵我国的风险分析. 防护林科技, 93(6): 32-34.
- 张桦, 黄炜, 邱焯, 石庆华, 王希东, 吴阳升, 2007. ELISA 和 PCR 检测在小麦矮腥黑穗病研究中的应用初探. 新疆农业大学学报, 30(4): 88-90.
- 张祥林, 桂花, 柴燕, 薛光华, 范伟功, 依米提, 王文正, 杨晓林, 翟刚, 努尔·买买提, 2000. 新疆塔什库尔干县小麦腥黑穗病的病原鉴定. 新疆农业科学(S1): 23-26.
- 张祥林, 刘彬, 王翀, 乾义柯, 罗明, 陈燕, 2011. 向日葵黑茎病菌分离鉴定及其 RFLP 分析. 新疆农业科学, 48(2): 204-209.
- 张祥林, 勿跃文, 张伟, 倪丽, 茹鲜古丽, 2002. 西瓜细菌性果斑病菌快速检测方法研究 // 中国植物病理学会. 中国植物病理学会第七届代表大会暨学术研讨会论文摘要集. 北京: 中国植物病理学会: 1.
- 张映合, 陈卫民, 2011. 向日葵黑茎病在新疆的风险评估 // 中国植物病理学会. 中国植物病理学会 2011 年学术年会论文集. 北京: 中国植物病理学会: 5.

- 中国科学技术协会, 2011. 2010~2011 植物保护学学科发展报告. 北京: 中国科学技术出版社.
- 中华人民共和国农业部, 2009. 公告第 1216 号 全国农业植物检疫性有害生物名单. 北京: 中华人民共和国农业部.
- 周益林, 段霞瑜, 贾文明, 陈万权, 邱焯, 2007. 小麦矮腥黑穗病(TCK)传入中国及其定殖的风险分析研究进展. 植物保护, 33(2): 6-10.
- FU K Y, GUO W C, LÜ F G, LIU X P and LI G Q, 2014. Response of the vacuolar ATPase subunit E to RNA interference and four chemical pesticides in *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114(1): 16-23.
- FU K Y, LÜ F G, GUO W C and LI G Q, 2015. Characterization and functional study of a putative juvenile hormone diol kinase in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 90: 154-167.
- FU K Y, LI Q, ZHOU L T, MENG Q W, LÜ F G, GUO W C and LI G Q, 2016. Knockdown of juvenile hormone acid methyl transferase severely affects the performance of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) larvae and adults. *Pest Management Science*, 72(6): 1231-1241.
- GUO W C, FU K Y, YANG S, LI X X and LI G Q, 2015a. Instar-dependent systemic RNA interference response in *Leptinotarsa decemlineata* larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 123: 64-73.
- GUO W C, LIU X P, FU K Y, SHI J F, LÜ F G and LI G Q, 2015b. Functions of nuclear receptor HR3 during larval-pupal molting in *Leptinotarsa decemlineata* (Say) revealed by in vivo RNA interference. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 63: 23-33.
- GUO W C, LIU X P, FU K Y, SHI J F, LÜ F G and LI G Q, 2016a. Nuclear receptor ecdysone-induced protein 75 is required for the larval-pupal metamorphosis in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Insect Molecular Biology*, 25(1): 44-57.
- GUO W C, WANG Z A, LUO X L, JIN X, CHANG J, HE J, TU E X, TIAN Y C, SI H J and WU J H, 2016b. Development of selectable marker-free transgenic potato plants expressing cry3A against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Pest Management Science*, 72(3): 497-504.
- KONG Y, LIU X P, WAN P J, SHI X Q, GUO W C and LI G Q, 2014. The P450 enzyme Shade mediates the hydroxylation of ecdysone to 20-hydroxyecdysone in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Insect Molecular Biology*, 23: 632-643.
- LIU X P, FU K Y, LÜ F G, MENG Q W, GUO W C and LI G Q, 2014. Involvement of FTZ-F1 in the regulation of pupation in *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 55: 51-60.
- LÜ F G, FU K Y, GUO W C and LI G Q, 2015. Characterization of two juvenile hormone epoxide hydrolases by RNA interference in the Colorado potato beetle. *Gene*, 570: 264-271.
- MENG Q W, LIU X P, LÜ F G, FU K Y, GUO W C and LI G Q, 2015. Involvement of a putative allatostatin in regulation of juvenile hormone titer and the larval development in *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Gene*, 554: 105-113.
- WAN P J, FU K Y, LÜ F G, GUO W C and LI G Q, 2014a. A putative $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase involved in the biosynthesis of proline and arginine in *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*, 71: 105-113.
- WAN P J, GUO W Y, YANG Y, LÜ F G, LU W P and LI G Q, 2014b. RNAi suppression of the ryanodine receptor gene results in decreased susceptibility to chlorantraniliprole in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*, 63: 48-55.
- WAN P J, LÜ D, GUO W C, AHMAT T, YANG L, MU L L and LI G Q, 2014c. Molecular cloning and characterization of a putative proline dehydrogenase gene in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Insect Science*, 21(2): 147-158.
- WAN P J, FU K Y, LÜ F G, GUO W C and LI G Q, 2015a. Knockdown of a putative alanine aminotransferase gene affects amino acid content and flight capacity in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Amino Acids*, 47: 1445-1454.
- WAN P J, FU K Y, LÜ F G, GUO W C and LI G Q, 2015b. Knocking down a putative $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase gene by RNA interference inhibits flight and causes adult lethality in the Colorado potato beetle. *Pest Management Science*, 71: 1387-1396.
- YANG X, ZHANG X R, ZHANG M J, GUO W C, TIAN Y C, XIA Q Z and WU J H, 2011. Transgenic potato overexpressing the *Amaranthus caudatus* agglutinin gene to confer aphid resistance. *Crop Science*, 51: 2119-2124.
- ZHOU L T, JIA S, WAN P J, KONG Y, GUO W C, AHMAT T and LI G Q, 2013a. RNA interference of a putative S-adenosyl-L-homocysteine hydrolase gene affects larval performance in *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Journal of Insect Physiology*, 59: 1049-1056.
- ZHU T T, MENG Q W, GUO W C and LI G Q, 2015. RNA interference suppression of the receptor tyrosine kinase Torso gene impaired pupation and adult emergence in *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*, 83: 53-64.