

甘肃农业昆虫学研究回顾与展望

刘月英^{1,2}, 周昭旭^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省
农业害虫天敌工程研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 甘肃省地域辽阔, 自然景观和生态类型复杂多样, 昆虫资源极其丰富。新中国成立后, 甘肃省农业昆虫学研究事业得到迅速发展, 在害虫防治和昆虫资源的研究利用方面取得了较大成绩, 为促进甘肃农业发展作出了重大贡献。本文从甘肃昆虫资源调查研究及保存与利用、害虫发生规律及防控技术、昆虫分子调控机理研究等方面对甘肃农业昆虫学研究进展进行了综述, 以期对甘肃省昆虫学研究提供指导。

关键词: 农业昆虫学; 回顾; 展望; 甘肃省

中图分类号: S186

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)09-0785-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.09.001

Review and Prospect of Agricultural Entomology Research in Gansu Province

LIU Yueying^{1,2}, ZHOU Zhaoxu^{1,2}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Province
Agricultural Pest Natural Enemy Engineering Research Centre, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Gansu Province has a vast territory, complex and diverse natural landscapes and ecological types, and extremely rich insect resources. After the founding of P. R. China, agricultural entomology research in Gansu Province has been developing rapidly, and great achievements has been made in pest control and the protection and utilization of beneficial insects, which has made great contributions to the development of agriculture in Gansu Province. In this paper, the research progress of agricultural entomology in Gansu Province is reviewed from the aspects of conservation and utilization of insect resources, the regularity of pests occurrence and control technology, and molecular regulation mechanism of insects, so as to provide references for the research in Gansu agricultural entomology.

Key words: Agricultural entomology; Review; Prospect; Gansu Province

甘肃省地处中国西北地区, 位于黄土高原、内蒙古高原与青藏高原的交汇处, 幅员辽阔, 自然景观和生态类型复杂多样, 拥有除海洋和岛礁外所有的地貌类型, 山地、丘陵、高原、平川、荒漠、戈壁、森林、草原、绿洲、沼泽、冰川交错分布, 素有“生态奇观的博物馆”“自然风貌的大观园”之称。甘肃省不仅地跨世界动物地理区划的古北、东洋两界, 又是我国动物地理区划华北、华中、青藏、蒙新区的交汇处, 复杂的生态类型造就了甘肃生物物种的多样性和复杂性, 昆虫种类繁多、资源极其丰富, 甘肃昆虫学研究具有其独特和重要的学术及应用价值。

新中国成立以前, 有关甘肃省的昆虫学研究

鲜见报道和记载, 仅有个别研究人员或考察团队对甘肃境内的一些昆虫资源进行了采集或调查^[1-2]。新中国成立后, 甘肃省农业昆虫学研究得到迅速发展, 在重大害虫防治和昆虫资源的研究利用方面取得了较大成绩, 解决了不同时期农业生产中的重大问题, 为促进甘肃农业持续、稳定、向好发展作出了重大贡献。近年来, 甘肃省昆虫学研究紧随国际国内昆虫学研究的前沿和热点问题, 在坚持昆虫生物学、生态学等基础规律和理论研究的同时, 在重大外来入侵害虫的应对、利用天敌等生物学技术手段进行绿色防控方面不断加强力度, 同时随着分子生物学技术的蓬勃发展, 越来越多的研究工作倾向于从分子层面揭示昆虫生

收稿日期: 2024-06-11

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1400203-4); 甘肃省科技计划(重点研发计划-农业类)资助项目(23YFNA0004)。

作者简介: 刘月英(1973—), 女, 江苏新沂人, 副研究员, 主要从事害虫综合防治研究工作。Email: 1633218301@qq.com。

通信作者: 周昭旭(1977—), 男, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事害虫综合防治研究工作。Email: zhzhx111@126.com。

命活动的内在调控机理。

1 甘肃省经济昆虫资源调查研究及保存与利用

1.1 甘肃省经济昆虫资源调查研究

1.1.1 农业昆虫 甘肃省从 20 世纪 50 年代起组织开展了全省农作物病虫害普查, 20 世纪 70 年代末, 张掖、武威、兰州、临夏、庆阳等地又分别开展了农业昆虫系统调查, 在普查的基础上, 围绕甘肃省农业生产中的突出问题陆续开展了诸多专项调查和研究工作, 取得了一系列瞩目的成就。王长政等^[3-4]通过对全省地下害虫的普查, 鉴定出地下害虫共 16 类 366 种, 其中蛴螬、金针虫和根象蚰为优势种群, 甜菜害虫调查鉴定出 86 种, 以甜菜象分布广、数量大、危害重。邢佩芬等^[5]对庆阳地区果园害虫进行了调查, 收集鉴定果园害虫 143 种; 袁忠林^[6]采集鉴定陇南、天水、兰州等地果树介壳虫 44 种; 王金川等^[7]采集鉴定甘肃飞虱 51 种, 其中中国新记录 9 种, 新种 3 种; 孙智泰^[8]整理鉴定甘肃省叶蝉 105 种, 其中省内新记录 92 种; 章士美^[9]鉴定甘肃省蝽科昆虫 74 种; 殷梅生^[10]调查鉴定甘肃蝶类 157 种, 其中省内新记录 74 种; 王金川等^[11]对甘肃省麦类经济昆虫进行了调查, 鉴定出麦类害虫 184 种, 天敌昆虫 90 种, 其中省内新记录 59 种; 通过对全省农业害虫天敌资源调查, 鉴定出天敌昆虫 303 种、农田蜘蛛 118 种, 其中 1 个新种和 305 个省内新记录^[12]; 李兆华等^[13]通过对甘肃蚜蝇科昆虫的系统收集鉴定出甘肃食蚜蝇 67 种, 其中新种 2 种, 中国新记录 35 种, 省内新记录 14 种。

1.1.2 林业昆虫 20 世纪 80 年代初甘肃省组织开展了林木病虫害普查, 20 世纪 90 年代初开展了祁连山国家级自然保护区森林病、虫、鼠普查, 记录了林木害虫 988 种, 天敌昆虫 218 种, 害螨 3 种^[14-15]。

1.1.3 牧草昆虫 卫润屋等^[16]和张兴礼^[17]分别于 20 世纪 50 年代和 20 世纪 60 年代对甘肃省蝗虫和草原害虫作了初步调查; 20 世纪 80 年代初开展了全省蝗虫普查, 鉴定出蝗虫 120 种, 其中新种 5 种, 中国新记录 1 种, 省内新纪录 16 种^[18]; 鲁挺等^[19-21]鉴定出河西等地区牧草害虫 91 种, 天敌昆虫 62 种, 记载传粉昆虫 123 种。

在进行甘肃经济昆虫调查整理的同时, 科技工作者还就不同昆虫的地理区系结构进行了研究

分析, 报道了采自甘肃的昆虫新种和新亚种近 150 种^[15, 22-24]。通过对甘肃省昆虫资源的进一步调查、标本的采集鉴定及相关文献资料的系统整理, 查明我省已知昆虫资源达 24 目 303 科 6 166 种, 与农林业生产密切相关的蛛形纲蜘蛛、螨类共计 2 目 27 科 268 种, 发现省内新记录 386 种^[25]。以上研究为甘肃昆虫资源研究奠定了坚实广博的基础, 拿到了打开昆虫王国之门的“金钥匙”。

1.2 甘肃省经济昆虫资源保存与利用

进入 21 世纪后, 随着信息技术的发展, 甘肃省昆虫资源进行了进一步普查整理和数字化建设, 实现了昆虫资源的数字化及网络共享, 昆虫资源标本的保存条件也得到了极大改善。甘肃省农业科学院植物保护研究所新改扩建的标本馆库可容纳昆虫标本近 30 万号, 目前已收藏全省各地昆虫成虫标本约 3 000 余种、10 万号, 定名标本有 12 目 128 科 2 203 种 63 862 号, 是目前甘肃省收藏量最大、标本质量完好、种类最丰富的昆虫标本馆库, 已成为开展昆虫资源研究与科普教育的重要基地。

2 甘肃省重大害虫发生规律及综合防治

2.1 重大及突发性农业害虫发生规律及防治

从新中国成立至 20 世纪末, 科技工作者先后对影响全局或区域性农、林、牧业发展的众多害虫诸如夜蛾类害虫、麦蚜象、叶甲类害虫、象甲类害虫、金龟甲类害虫、果树食心虫类害虫、蝇蛆类害虫、蚱类害虫、叶螨类害虫等开展了发生规律和防治技术的研究工作。研究对象涉及粘虫、小地老虎、警纹地老虎、麦穗夜蛾、枣缢夜蛾、西北麦蚜、糜子钻心虫、谷叶甲、麦茎叶甲、油菜黑缝叶甲、蚕豆根瘤象、大麻龟象甲、油菜茎象甲、筒喙象甲、甜菜象甲、小云斑鳃金龟、黑绒金龟、粗绿黄丽金龟、梨大食心虫、苹小食心虫、桃小食心虫、小麦瘦腹种蝇、青稞穗蝇、麦鞘毛眼水蝇、麦绒蜡蚧、桑白蚧、杏球坚蚧、李始叶螨、苹果全爪螨、山楂螨、果苔螨、温室白粉虱、小麦吸浆虫、棉蚜、豌豆潜叶蝇、黄斑星天牛、雪毒蛾、草地螟及麦蚜、条沙叶蝉、灰飞虱等传毒介体昆虫等 60 余种。开展了诸如“地下害虫发生规律及其综合防治”“麦蚜远距离迁飞和传毒规律”“甘肃棉区棉铃虫灾变机理及治理对策”

等一系列研究。在掌握害虫田间发生规律及生态习性的同时, 在昆虫种群生命表、昆虫滞育诱导与解除、种群增长模型、昆虫群落的组成结构特征、昆虫种群空间分布型与抽样技术、植物营养成分及次生代谢物对昆虫的作用、捕食功能反应、捕食者与猎物关系、损失率测定、防治指标、防治技术等领域做了大量研究和探索, 并先后开展了小麦、豌豆、棉花、燕麦等农作物种质资源抗虫性鉴定、筛选与评价工作, 制定了抗性级别划分标准^[26-34]。

自 2000 年以来, 受全球一体化及国际贸易交流频繁等因素的影响, 威胁甘肃省农业生产的重大外来入侵害虫不断涌现, 主要害虫的演替也有了新的变化。针对斑潜蝇、马铃薯甲虫、苹果蠹蛾、草地贪夜蛾、番茄潜叶蛾等新兴害虫的相关研究陆续开展。罗进仓等^[35]、刘月英等^[36-37]对斑潜蝇、苹果蠹蛾等灾变机理与综合防控技术进行了研究; 周昭旭等^[38]和罗进仓等^[39-40]对马铃薯甲虫自然种群生命表等生物、生态学特性进行了研究; 张大为等^[41]对草地贪夜蛾监测预警与防控关键技术进行了研究。中药材方面, 已经明确了黄芪根瘤象(中国新记录种)是引起黄芪麻口病的重要原因, 关于其生物、生态学特性等的研究填补了国内外该领域的空白^[42-46]。

由于传统化学防治导致害虫的抗药性日益增强及药害残留等问题加重, 对梨小食心虫、棉蚜、棉叶螨、截形叶螨、桃蚜等重大害虫开展了抗药性监测、抗性治理研究、杀虫剂安全性评价等相关研究^[47-49]。通过对棉花、梨树、苹果等作物害虫开展农药减施增效技术集成研究与示范, 明确了小麦、玉米、棉花、蔬菜和果树等作物主要害虫的发生规律, 创新了一系列农业措施与防虫栽培技术、高效农药筛选与田间应用技术、生态调控、生物防治、物理防治、抗药性治理等技术, 构建了以重要作物生产过程和重大致灾害虫为对象的综合防治技术体系。

2.2 重要农业害虫的监测预警

甘肃省在 20 世纪 50 年代设立了测报站, 提出了 10 余种测报对象, 制定了测报条件; 20 世纪 70 年代末期, 测报工作在机构、人力、设备上得到加强, 测报对象增至 20 余种, 测报质量不断提

高。测报技术除采用综合经验分析外, 根据害虫发生规律、虫情、种群运动原理及气象资料等的综合研究, 结合关键因子筛选及相关性分析建立数学预测模型等方法被普遍应用于粘虫、条沙叶蝉、麦蚜、麦红蜘蛛等害虫的发生趋势预测。同时, 通过开展越冬迁飞与预测预报研究, 掌握了粘虫、小地老虎的越冬、迁飞及我省虫源问题, 为开展全国性异地测报提供了科学依据。除地面测报灯、高空测报灯、杨枝把诱蛾等诱测方法外, 利用性信息素对桃小食心虫、玉米螟、梨小食心虫、苹果蠹蛾等进行的诱测和防治, 也收到了显著的效果^[50]。另外, 利用同位素示踪、雌蛾卵巢解剖、种群遗传分化分析等技术对迁飞昆虫的迁飞行为、扩散路径、地理种群分化等进行了相关研究^[51]。随着现代信息技术、多时相光学遥感影像技术、人工智能技术、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等现代化技术和方法的发展及其在植保工作中的应用, 实现了害虫的精准自动识别, 使害虫监测预警的准确度不断提高, 害虫动态监测愈来愈自动化、智能化、信息化。害虫远程实时监测仪、甘肃植保监测网等现代化配套设施的建设和应用, 在棉铃虫、玉米螟、苹果蠹蛾、草地贪夜蛾、番茄潜叶蛾等重要农业害虫监测统计分析上发挥了重要作用, 极大节省了人力物力, 提高了测报效率^[52]。

2.3 生物防治研究

近年来, 甘肃省在害虫生物防治方面开展了利用微生物菌剂、天敌昆虫防治农林害虫的研究。张炳炎等^[53]分离出苏云金杆菌武汉变种甘肃品系, 经多点试验示范, 对梅白蝶、沙枣尺蠖、菜青虫、稻苞虫、银纹夜蛾、玉米螟、粉白灯蛾等 17 种害虫均有较好的防治效果; 并相继引进了菜青虫颗粒体病毒、杀螟杆菌、白僵菌、青虫菌等微生物菌剂用于害虫防治; 将天敌银川盲走螨应用于苹果园叶螨的防治; 开展了瓢虫的人工饲养、繁殖和释放技术的研究并用于防治麦蚜、矢尖蚧等; 利用北京举肢蛾防治皱大球蚧、瘤坚大球蚧等。尽管以上有些措施只进行了局部的尝试, 但都为害虫生防的进一步开展奠定了基础。

随着绿色防控理念的深入, 周昭旭团队对本土天敌资源开展了进一步挖掘、调查、收集和整

理工作, 依托于甘肃省农业害虫天敌工程研究中心, 开展了赤眼蜂、中红侧沟茧蜂、花绒寄甲、烟蚜茧蜂、丽蚜小蜂等天敌昆虫的驯化与扩繁工艺技术的熟化, 建立了赤眼蜂的大规模繁殖与田间应用技术体系, 利用赤眼蜂等进行生物防治的面积呈逐年上升趋势^[54-55]。通过对优良天敌引进、研发、规模化扩繁及大面积示范推广, 有效控制了农林有害生物的危害, 大幅减少了化学农药的使用量和农药残留, 保护了生态环境。在植物源杀虫剂研发方面, 胡冠芳等^[56-57]、郭致杰等^[58]发现红蓼、顶羽菊等多种植物提取物对昆虫具有毒杀作用, 部分产品已被开发并用于农林害虫防治。

2.4 重要外来入侵昆虫防控研究

随着经济全球一体化的加速发展, 生物入侵已经成为 21 世纪全球环境问题之一, 受到各国政府和学术界的高度重视。20 世纪 50 年代至 60 年代, 为防止棉红铃虫在西北保护区的传播及豌豆象、蚕豆象的扩散危害, 甘肃省对这些害虫的越冬、生存、分布及防治开展了系统研究, 控制了害虫的扩展危害。自 20 世纪 50 年代甘肃省病虫普查中最早提出检疫害虫 15 种, 到目前为止, 已知外来入侵昆虫涉及草地贪夜蛾、梨瘤蚜、马铃薯块茎蛾、麦扁盾蝽、美洲斑潜蝇、苜蓿叶象甲、苜蓿籽蜂、苹果蠹蛾、苹果绵蚜、豌豆象、西花蓟马、马铃薯甲虫等已有 44 种。2000 年左右开始陆续针对斑潜蝇、马铃薯甲虫、苹果蠹蛾、草地贪夜蛾、番茄潜叶蛾开展了一系列入侵扩散机制、监测预警及综合防控等方面的研究。近年来, 更是开展了跨区域智能监测与定量风险预警技术、扩散前沿侦检阻截与应急处置技术等相关研究, 试图从入侵物种的早期预警、种群的形成与发展、与本地种的互动与竞争、生态系统的响应、防控技术与方法等方面建立甘肃外来入侵昆虫的防控体系。

3 昆虫分子调控机理研究

随着分子生物学和基因组学在昆虫学领域的应用, 从分子层面揭示昆虫生命活动的内在调控机理等相关研究飞速发展。张大为等^[59]利用代谢组学对黄芪根瘤象取食胁迫下黄芪应答机制进行了研究; 袁伟宁等^[60]利用高通量测序等技术分析了番茄潜叶蛾肠内共生菌群落多样性、相对丰度

及其基因代谢途径差异; 郑成卓等^[61]将 DNA 条形码应用于甘肃省高山草原蝗虫物种的鉴定; 杨顺义等^[62]对二斑叶螨抗甲氧菊酯种群解毒酶基因表达进行了分析。虽然昆虫分子生物学层面已有大量研究和探索, 但对新发掘和有潜在应用价值的重要基因的研究工作还远远不够, 在基因功能的鉴定及一些目的基因上下游功能的研究方面仍比较薄弱, 因此昆虫分子生物学方面的研究尚需进一步创新。

4 小结与展望

甘肃省昆虫学发展的历史也是农业害虫防治技术的研究史, 新中国成立以来, 随着农业生产方式的不断变革和科技进步, 农业害虫的防治策略从 20 世纪 50 年代的农业防治转变为化学防治, 20 世纪 80 年代发展为综合防治和现阶段的绿色防控, 害虫防治整体越来越高效、科学、环保。近年来, 受生物入侵、全球气候变化、产业结构调整及耕作模式变更等因素的影响, 甘肃重要农业害虫的发生结构、发生规律也将产生变化, 害虫防治将不断面临新问题、新挑战, 防控策略也需要不断调整, 未来还有很多科学问题需要解决。一是加强甘肃昆虫资源的保护、开发和利用。甘肃昆虫资源极其丰富, 但开发利用鲜少, 部分领域几乎处于空白, 大量资源被闲置浪费。除了虫体及其产物的传统利用外, 随着近代生物防治研究的深入, 利用天敌昆虫和虫生性病原微生物防治农林害虫, 及以提取、合成、利用昆虫活性物质形成的相关产业包括昆虫信息素、激素生产以及昆虫保健食品、药品的开发和昆虫基因工程等产业都具有巨大的潜力。二是积极挖掘本土天敌资源, 控制外来入侵害虫, 加强外来天敌引进后的适应性与竞争性研究、天敌昆虫人工繁育技术、天敌昆虫与农药协调作用等方面的研究。三是积极开展以基因组、蛋白组、代谢组等现代组学为基础的害虫精准控制技术研究, 实现害虫的个性化治理, 精准地控制害虫的危害。四是加强对害虫生物学、生态学、农田生态系统“作物-害虫-天敌”关系、害虫生态调控技术等方面的研究, 发展并建立具有甘肃特色的害虫生态调控管理模式。五是加强外来入侵有害昆虫入侵机制与生态过程、应急防控和可持续控制等技术的研究。

甘肃农业昆虫学研究始终围绕解决农业生产中重大害虫成灾与控制的关键问题,随着一代代科技工作者的不断努力,甘肃农业昆虫学研究事业得到了长足发展,取得了可喜成绩,作出了重大贡献。根据国际昆虫学发展新趋势,结合我国的实际,未来昆虫学的发展将以掌握昆虫资源为基础,围绕害虫管理和有益昆虫保护为主线,以重要害虫、模式昆虫、主要资源昆虫为研究对象,高度重视多学科交叉与渗透,宏观与微观相结合,并将现代生命科学和生物技术及时运用到本专业领域^[63-64],与此目标相比,甘肃昆虫学研究的深度和广度还远远不够,昆虫学研究任重道远。在21世纪,随着以基因工程和信息技术为代表的第二次农业技术革命的到来,相信以甘肃丰富的昆虫资源,独特的地理条件,厚实的研究积累以及一代代科技工作者的薪火传递、继往开来,在中华民族伟大复兴的新时代,甘肃的农业昆虫学研究将更上一层楼,在中国昆虫学发展史上作出自己独特的、更大的贡献。

参考文献:

- [1] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理(动物地理)[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [2] 马世骏. 中国昆虫地理区划[M]. 北京: 科学出版社, 1959.
- [3] 王长政, 孟铁男, 罗进仓, 等. 甘肃地下害虫普查报告[J]. 甘肃农业科技(增刊), 1989: 24-27.
- [4] 王长政, 罗进仓, 朵向阳. 甘肃甜菜象虫名录[J]. 甘肃农业科技, 1990(10): 37.
- [5] 邢佩芬, 杨静, 孙耀胜. 黄土高原山地果园主要虫害防治试验成果[J]. 中国水土保持, 1988(12): 36-39.
- [6] 袁忠林. 甘肃省介壳虫种类初报[J]. 甘肃农业科技, 1998(7): 35-36.
- [7] 王金川, 丁锦华. 甘肃飞虱[M]. 兰州: 甘肃省科学技术出版社, 1996.
- [8] 孙智泰. 甘肃省叶蝉种类及其所传病害的初步研究[J]. 甘肃农业科技, 1988(7): 19-22; 29.
- [9] 章士美. 甘肃缘蝽科昆虫种类及其区系结构[J]. 江西农业大学学报, 1987(1): 1-6.
- [10] 殷梅生. 甘肃省昆虫区系研究(一) 甘肃省蝶类名录[J]. 甘肃农学报, 1978(2): 30-50.
- [11] 王金川, 贾巨才, 陈明, 等. 甘肃麦类害虫名录[J]. 甘肃农业科技, 1992(2): 30-35.
- [12] 孟铁男, 陈明. 甘肃省农业昆虫学研究进展[J]. 甘肃农业科技, 1998(10): 61-62.
- [13] 李兆华, 李亚哲. 甘肃蚜蝇科图志[M]. 北京: 中国展望出版社, 1990.
- [14] 甘肃省林业厅, 甘肃省林木病虫害防治站. 甘肃林木病虫害图志(第一集)[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1989.
- [15] 汪有奎. 祁连山自然保护区森林虫害及治理[J]. 甘肃林业科技, 1994(4): 71-77.
- [16] 卫润屋, 刘奉文, 王俊祥. 甘肃省蝗虫初步调查[J]. 西北农业科学, 1957(4): 232-236.
- [17] 张兴礼. 天祝草原虫害的初步调查[J]. 甘肃师范大学学报(自然科学版), 1964(1): 1-18.
- [18] 甘肃省蝗虫调查协作组. 甘肃省蝗虫图志[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1985.
- [19] 鲁挺. 栽培牧草昆虫名录(I. 害虫部分)[J]. 甘肃农学报, 1984(4): 18-25.
- [20] 鲁挺. 栽培牧草昆虫名录(II. 天敌昆虫部分)[J]. 甘肃农学报, 1985(4): 14-22.
- [21] 鲁挺, 罗文光, 马占海, 等. 豆科牧草传粉昆虫—野蜜蜂的研究[J]. 中国草原, 1988(2): 20-25.
- [22] 李昌廉. 甘肃农业昆虫地理分布及区系讨论[J]. 甘肃农业科技, 1985(4): 4-8.
- [23] 陈明. 河西走廊农业昆虫的区系分析及其生态分布[J]. 生态学杂志, 1989(5): 37-42.
- [24] 陈明. 甘肃省昆虫区系与分类研究四十年[J]. 甘肃科学学报(甘肃省科学院学报), 1990(3): 68-74.
- [25] 陈明, 罗进仓. 甘肃农林经济昆虫名录[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [26] 孙智泰. 甘肃植保科技的发展与成就[J]. 甘肃农业科技, 1989(11): 1-6.
- [27] 王长政. 甘肃金针虫的发生与防治研究报告[J]. 病虫测报, 1991(2): 1-5.
- [28] 张炳炎, 吕和平. 铜色花椒跳甲生物学特性及其防治研究[J]. 植物保护学报, 1989(3): 169-174.
- [29] 孟铁男, 王长政, 张跃东. 小云斑鳃金龟为害春小麦损失率测定[J]. 甘肃农业科技, 1989(3): 21-23.
- [30] 罗进仓, 陈明, 张新瑞, 等. 河西走廊夏型棉蚜为害损失与防治指标研究[J]. 棉花学报, 1999(1): 43-45.
- [31] 杜军利, 武德功, 刘长仲. 异色瓢虫和多异瓢虫对两种色型豌豆蚜的捕食偏好研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 102-109.
- [32] 王小强, 胡靖, 陈威, 等. 高山草原蝗虫空间格局及抽样技术研究[J]. 中国草地学报, 2013, 35(6):

- 92-97.
- [33] 刘月英, 郭建国, 袁伟宁, 等. MN 品系皮燕麦对 E 型麦二叉蚜的抗性评价[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(10): 1199-1206.
- [34] 郭建国, 袁伟宁, 周天旺, 等. E 型麦二叉蚜在不同抗性表型燕麦上的取食行为[J]. 昆虫学报, 2017, 60(11): 1315-1323.
- [35] 罗进仓, 刘月英, 魏玉红, 等. 南美斑潜蝇实验种群生命表的研究[J]. 西北农业学报, 2004(2): 52-55.
- [36] 刘月英, 罗进仓, 周昭旭, 等. 不同温度下苹果蠹蛾实验种群生命表[J]. 植物保护学报, 2012, 39(3): 205-210.
- [37] 刘月英, 罗进仓, 周昭旭, 等. 光周期和温度对苹果蠹蛾滞育诱导的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(1): 39-44.
- [38] 周昭旭, 罗进仓, 吕和平, 等. 温度对马铃薯甲虫生长发育的影响[J]. 昆虫学报, 2010, 53(8): 926-931.
- [39] 罗进仓, 周昭旭, 刘长仲. 马铃薯甲虫自然种群生命表的组建及影响因子[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1359-1364.
- [40] 罗进仓, 刘长仲, 周昭旭. 不同寄主植物上马铃薯甲虫种群生长发育的比较研究[J]. 昆虫学报, 2012, 55(1): 84-90.
- [41] 张大为, 魏玉红, 袁伟宁, 等. 杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的室内防效测定[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(9): 854-858.
- [42] 张新瑞, 李继平, 李建军, 等. 黄芪麻口病的成因及防治技术研究[J]. 植物保护, 2013, 39(6): 137-142; 152.
- [43] 刘月英, 张大为, 魏玉红, 等. 黄芪根瘤象甲发生规律及生物学特性[J]. 植物保护学报, 2021, 48(3): 577-584.
- [44] 刘月英, 罗进仓, 张大为, 等. 温度对黄芪根瘤象成虫繁殖与寿命的影响[J]. 植物保护, 2020, 46(6): 131-135.
- [45] 刘月英, 罗进仓, 张大为, 等. 温湿度对黄芪根瘤象甲卵发育历期及孵化率的影响[J]. 植物保护学报, 2019, 46(6): 1381-1382.
- [46] 魏玉红, 罗进仓, 刘月英, 等. 黄芪新害虫——黄芪根瘤象的鉴别特征[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 169-171.
- [47] 张新瑞, 胡冠芳, 张月莲, 等. 兰州市桃蚜抗药性监测及治理对策研究[J]. 植物保护, 2004(3): 52-55.
- [48] 胡冠芳, 刘敏艳, 张新瑞, 等. 桃蚜敏感种群的筛选及其抗药性演化的研究[J]. 植物保护, 2004(4): 50-53.
- [49] 刘月英, 周昭旭, 张美娇, 等. 浸卵法测定甘肃省梨小食心虫田间种群对 8 种杀虫剂的敏感性[J]. 农药学报, 2022, 24(4): 819-824.
- [50] 魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 等. 信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报[J]. 中国果树, 2010(3): 48-50.
- [51] 张大为, 罗进仓, 周昭旭, 等. 甘肃省苹果蠹蛾不同地理种群遗传多样性分析[J]. 植物保护, 2015, 41(5): 94-99.
- [52] 张大为, 陈靖, 魏玉红, 等. 西北地区草地贪夜蛾种群遗传多样性分析及治理策略[J]. 西北农业学报, 2024, 33(2): 312-320.
- [53] 张炳炎, 雷家瑶, 金秀琳, 等. 苏云金杆菌无鞭毛菌株 7805 的研究[J]. 生物防治通报, 1987(1): 30-32.
- [54] 张美娇, 周昭旭. 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生能力及适应性[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(10): 947-951; 880.
- [55] 周莉莉, 袁伟宁, 张美娇, 等. 耐低湿松毛虫赤眼蜂的筛选及在柞蚕卵内的发育过程[J]. 草原与草坪, 2022, 42(4): 115-120; 132.
- [56] 胡冠芳, 刘敏艳, 沈慧敏, 等. 红蓼提取物对 13 种农业害虫触杀活性的研究[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 229-235.
- [57] 胡冠芳, 刘敏艳, 李玉奇, 等. 甘肃天然草地 30 种有毒植物提取物对菜粉蝶幼虫的拒食和触杀作用研究[J]. 草业学报, 2011, 20(5): 169-176.
- [58] 郭致杰, 胡冠芳, 刘敏艳, 等. 顶羽菊提取物对蚜虫和朱砂叶螨的生物活性研究[J]. 草地学报, 2012, 20(5): 957-960.
- [59] 张大为, 惠娜娜, 袁伟宁, 等. 黄芪根瘤象取食胁迫对黄芪 3 种防御酶活性的影响[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(1): 59-62.
- [60] 袁伟宁, 魏玉红, 周昭旭, 等. 河西旱区番茄潜叶蛾中肠细菌群落结构多样性[J]. 环境昆虫学报, 2024, 46(1): 77-88.
- [61] 郑成卓, 钱秀娟, 张洁, 等. DNA 条形码应用于甘肃省高山草原蝗虫物种的鉴定研究[J]. 应用昆虫学报, 2023, 60(5): 1403-1411.
- [62] 杨顺义, 岳秀丽, 王进军, 等. 二斑叶螨抗甲氧菊酯种群解毒酶基因表达分析[J]. 草业学报, 2015, 24(8): 150-158.
- [63] 戈峰. 害虫管理: 从“综合”到“整合”[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(1): 1-9.
- [64] 戈峰. 中国昆虫学成就、问题及发展对策[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(5): 908-914.