新疆棉花害虫发生演替与综合防治研究进展

潘洪生[1,2]， 姜玉英[3]， 王佩玲[4]， 刘 建[2]， 陆宴辉[1*]

(1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 新疆农业科学院植物保护研究所，农业部库尔勒作物有害生物科学观测实验站，乌鲁木齐 830091；
3. 全国农业技术推广服务中心，北京 100125；4. 石河子大学农学院，石河子 832003)

摘要 20 世纪 90 年代至今，随着棉花种植技术的不断革新以及棉花种植面积的逐步扩大，新疆棉花害虫的发生程度整体加重、种群组成和发生规律明显变化。本文系统总结了近 30 年来新疆棉花害虫发生演替机制、预测预报和综合防治技术的研究进展，并对今后的研究重点进行了展望，为新疆棉花害虫的深入研究和绿色防控提供重要的理论依据。

关键词 新疆； 棉花害虫； 种群消长； 影响因子； 监测预警； 综合防治

中图分类号： S 435.622 **文献标识码**： A **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2018308

Research progress in the status evolution and integrated control of cotton pests in Xinjiang

PAN Hongsheng[1,2]， JIANG Yuying[3]， WANG Peiling[4]， LIU Jian[2]， LU Yanhui[1]

(1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*, *Institute of Plant Protection*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*; 2. *Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Korla*, *Ministry of Agriculture*, *Institute of Plant Protection*, *Xinjiang Academy of Agricultural Sciences*, *Urumqi* 830091, *China*; 3. *National Agro-Technical Extension and Service Center*, *Beijing* 100125, *China*; 4. *College of Agronomy*, *Shihezi University*, *Shihezi* 832003, *China*)

Abstract Since 1990s, with the continuous innovation of cotton planting technology and the expansion of cotton plantation area, the infestation levels of cotton insect pests have greatly increased in Xinjiang, and their species composition and seasonal occurrence also changed. In this review, we systematically summarized the research progresses in the succession mechanisms of pests, forecast and integrated control technologies of cotton insect pests in Xinjiang during the recent 30 years. We also discussed the future research directions, which may provide an important theoretical guidance for the in-depth study and green control of cotton insect pests in Xinjiang.

Key words Xinjiang; cotton insect pest; population dynamics; influencing factor; monitoring and forecasting; integrated management

新疆位于欧亚大陆腹地，属于典型的大陆性气候，日照充足，降水稀少，空气干燥，昼夜温差大，自然环境条件非常适宜棉花的生长。新疆植棉历史悠久，但 20 世纪 50 年代以前种植面积一直较小，集中在东疆和南疆地区，20 世纪 60 年代初北疆开始种植棉花。20 世纪 80 年代，随着地膜植棉技术与“矮、密、早”种植模式的推广应用，新疆棉花种植开始快速发展，1985 年棉花种植面积和总产量为 25.4 万 hm^2 和 18.8 万 t，分别占全国的 4.9%和 4.5%。1995 年，新疆棉花面积和总产分别达到 74.3 万 hm^2 和 93.5 万 t，成为了全国最大的产棉(省)区。此后十多年间，全疆棉花面积基本稳定在 100 万 hm^2 以上，总产 150 万 t 左右，分别约占全国的 1/4 和 1/3。2010 年以后，随着国家棉花种植区域布局的调整，黄河流域、长江流域棉区棉花种植规模大幅度压缩，而新疆棉花种植业持续发展，在全国棉花产业中的地位与

收稿日期： 2018-07-13
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0201900)；国家棉花产业技术体系(CARS-15-19)
致 谢： 感谢中国科学院新疆生态与地理研究所吕昭智研究员、新疆维吾尔自治区植物保护站王惠卿推广研究员提供相关资料与宝贵建议。
* 通信作者 E-mail：yhlu@ippcaas.cn

重要性不断提升。2017 年,新疆棉花种植面积和总产分别为 196.3 万 hm^2 和 408.2 万 t,占全国的 60.8% 和 74.4%,同时约占全球棉花总产量的 1/6。

棉花生长期较长,是受害虫为害最严重的作物之一[1-2]。新疆常见的棉花害虫多达 50 余种,是导致棉花产量损失的主要原因之一[3-7]。20 世纪 90 年代以来,新疆棉花种植突飞猛进,棉花害虫发生程度逐渐加重[8]。新疆当地的科研、教学、推广单位以及国内其他一些单位对新疆棉花害虫的发生演替机制、预测预报和综合防治技术等开展了大量的科学研究与实践工作,对于保障新疆棉花安全生产以及促进棉花产业可持续发展发挥了重要作用。本文对近 30 年来新疆棉花害虫的研究进展进行总结与归纳,以期为新疆棉花害虫绿色防控科研与生产提供指导和技术支撑。

1　害虫发生演替机制

20 世纪 90 年代至今,影响新疆棉花生产的蚜虫、棉叶螨、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*(Hübner)三大害虫的发生危害呈此起彼伏、交替猖獗的态势,同时棉蓟马、棉盲蝽等次要类群发生明显加重,烟粉虱 *Bemisia tabaci*(Gennadius)、美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Banchard 等外来物种入侵危害,双斑萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica*(Motschulsky)、眩灯蛾 *Lacydes spectabilis*(Tauscher)等新发种类局部发生[8]。棉田害虫的发生变化与植棉技术变革、种植结构调整、农药不合理使用等生产因素密切相关[6-9],也有不少研究从气候、寄主、天敌等角度探讨了新疆棉花害虫发生演替机制。

1.1　气候因子

温度是影响棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 种群消长的一个关键因子[10-11]。通过室内试验结合模型拟合研究表明,棉蚜发育的最适温度和致死温度分别为 29.0℃和 35.5℃,棉蚜繁殖的最适温度为 28.8℃,当温度上升到 34.9℃时棉蚜不能继续繁殖[12]。高温胁迫显著降低棉蚜的存活和繁殖,38℃时棉蚜的存活率和繁殖率均显著降低[13-18]。田间持续多天的高温会导致棉蚜种群数量急剧下降,出现种群崩溃现象[19]。同样,温度和湿度显著影响着牧草盲蝽 *Lygus pratensis*(Linnaeus)、棉长管蚜 *Acyrthosiphon gossypii* Mordvilko 等害虫的生长发育与种群发生[20-21]。

研究发现,地面积雪可使土壤温度升高,有助于提高棉铃虫越冬蛹的存活率[22]。倒春寒(温度低于 10℃)的持续时间是影响春夏季棉铃虫种群的关键因子,随着早春变暖、倒春寒发生频率的降低和持续时间的变短,棉铃虫的种群数量就会增加[23]。

1.2　寄主因子

农作物种植结构调整将改变多食性害虫的食物组成,影响其种群发生。在以棉花为主的简单作物系统中,棉铃虫种群数量较低,而在小麦、玉米和番茄种植比例较高的复杂作物系统中棉铃虫发生量较高[24]。复杂作物系统中(棉花面积占比<50%),棉铃虫成虫密度明显高于简单作物系统(棉花面积占比>50%),棉铃虫成虫密度与景观多样性指数呈显著正相关关系[25]。此外,与棉花单作田相比,枣-棉、苹果-棉间作模式有利于棉花叶螨的发生加重[26]。但杏-棉间作系统中棉田牧草盲蝽和棉叶螨种群数量显著低于单作棉田,而对棉蓟马的发生量影响不大[27-28]。

研究表明,转 Bt 基因抗虫棉花(下称“Bt 棉花”)对棉铃虫生长发育的抑制作用显著,能明显降低田间棉铃虫虫口数量和危害程度[29]。Bt 棉花对棉蚜的生长发育和繁殖没有显著影响[30],对棉蚜、棉叶螨、棉盲蝽、棉蓟马和烟粉虱的田间种群数量均没有明显影响[31-32]。

对新疆 32 个棉花主栽品种进行了抗蚜性鉴定,发现品种间抗蚜性差异明显,叶片多毛、蜡质和游离棉酚含量高是抗蚜品种的主要特征[33-34]。2003 年北疆棉蚜大发生,种植品种对比观察表明,棉花的茎秆和叶片上如果绒毛多而长,则该品种的田间耐蚜效果较好[35]。

施肥水平将影响寄主植物的营养质量,从而可能影响棉花害虫的发生。研究发现,施氮量大的棉田更有利于棉蚜的发生;但施氮量高低对棉长管蚜、烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 的种群数量影响不明显[36]。在低氮水平下,棉叶螨的种群数量呈上升趋势;当施氮量超过正常水平时,随着施氮量的增加,棉叶螨的数量呈下降趋势[37]。

1.3　天敌因子

新疆棉田天敌种类较多,有瓢虫、草蛉、蜘蛛、捕食蝽等[38]。其中,瓢虫对棉蚜种群控制起主导作用,6 月下旬至 7 月中旬瓢蚜比为 1∶290 时对棉蚜的控制作用显著[39]。与草蛉、蜘蛛相比,棉田瓢虫数量与棉蚜数量的相关性最大,说明瓢虫对棉蚜的

控制作用最强[40]。棉田天敌对棉铃虫也具有较强的控制作用,其中捕食性天敌的作用最明显[41]。棉田烟粉虱的捕食性天敌种类较多,在其种群数量控制中起着重要作用[42]。

影响天敌控害功能的主要因素是化学农药使用[4,38]。棉田化学防治 1 次使害虫数量下降 50%情况下,天敌数量下降 60%以上,化学防治 3 次比 2 次的天敌数量少 84.5%[3]。同时,非化学防治棉田中的瓢虫、草蛉、食蚜蝇、蜘蛛的种群数量是常规化学防治棉田的 3 倍以上[43-44]。刘彩玲等[45]研究表明,不施药棉田中瓢虫和草蛉对棉蚜有着良好的自然控制能力;施药棉田中化学农药虽能短期控制棉蚜种群数量,但同时也严重杀伤了天敌,不能达到长期控制棉蚜的目的。

2 害虫预测预报技术

2.1 种群监测方法

利用性诱剂诱捕雄虫,是成虫监测的一种常用方法。研究发现,圆锥形笼罩诱捕器对棉铃虫雄性成虫的诱捕量是传统水盆诱捕器的 10 倍以上[46],后来被广泛应用。2015 年,一种带有双红外传感器捕虫自动计数系统的新型诱捕器被试用于棉铃虫性诱监测,自动计数准确,并具有数据自动存储和发送等功能,满足其成虫测报的技术要求[47]。近年来,绿盲蝽 *Apolygus lucorum*(Meyer-Dür)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus*(Goeze)等害虫的性诱剂及其使用技术也被相继成功研发[48-49],成为了盲蝽测报技术规范的重要内容[50]。

黑光灯对棉铃虫、黄地老虎 *Agrotis segetum*(Denis *et* Schiffermuller)等棉花害虫具有很好的诱集效果,能较好地反映成虫种群的消长动态[51-52]。姜玉英等[53]测试了 418 nm 灯、506 nm 灯、572 nm 灯和黑光灯对新疆不同棉花害虫的引诱效果,发现诱测盲蝽应首选 572 nm 灯,其次是 418 nm 灯和黑光灯;作为盲蝽、棉铃虫、地老虎等棉花害虫诱测的通用工具,应首选光谱更广的黑光灯。

选取 2~3 年生的杨树枝条,晾至半萎蔫,捆扎成枝把,能有效诱集棉铃虫成虫,是棉铃虫预测预报的一种重要手段[54]。苘麻是棉铃虫偏好的产卵寄主,棉铃虫在其上的落卵量明显高于棉花,通过对棉田周边苘麻上棉铃虫卵的系统调查,可以直接反映棉田棉铃虫的产卵动态以及卵孵化进度[55-56]。

2.2 数字化预警技术

以分布式数据库 Microsoft SQL Server 管理工具,构建了新疆棉蚜、棉铃虫监测预警网络数据库[57-58]。采用有效积温方法,确定了棉铃虫羽化预测的参数,以此为标准,建立了区域性棉铃虫发生期预测的模型及其技术[59-63]。此外,利用 DYMEX 软件建立了棉铃虫种群动态模型,较可靠地模拟、反映了室内控制条件和复杂生境下棉铃虫种群特征和动态[64]。上述系列工作显著提高了新疆棉铃虫监测预警的准确性和时效性。

3 害虫综合防治技术

3.1 农业防治技术

3.1.1 Bt 棉花种植利用

新疆 Bt 棉花的种植晚于内地。2001 年东疆开始种植 Bt 棉花,南疆、北疆分别于 2003 年、2005 年开始种植。2012 年,南疆、东疆、北疆 Bt 棉花种植比例分别为 57.8%、53.6%和 33.2%[65]。2016 年,南疆棉区 Bt 棉花种植比例上升至 79.7%[66]。2004—2010 年种群监测表明,Bt 棉花的大面积种植有效控制了田间棉铃虫的种群发生,特别是在 Bt 棉花种植比例高的棉区,棉铃虫成虫数量明显减少[67]。据统计数据,2010 年以来全疆棉铃虫总体发生呈明显下降趋势[8]。

庇护所策略是预防棉铃虫对 Bt 棉花产生抗性的一项重要措施。研究发现,鹰嘴豆、木豆、玉米上棉铃虫卵和幼虫的种群数量均显著高于棉花上的[68],其中玉米是新疆最有潜力的棉铃虫庇护所作物[69-70]。在集约化程度高的地区,通过条带种植、间套作和结构化庇护所的建立,增加农田系统中寄主作物以及棉铃虫敏感虫源的多样性,将能缓解棉铃虫 Bt 抗性的产生与发展[24-25]。棉铃虫成虫迁飞能力强,全疆不同地区种群之间的基因交流比较频繁,没有出现明显的遗传分化,因此可以从大区域考虑棉铃虫庇护所的建立利用与功能评估[71]。

3.1.2 农事操作

棉田秋耕不仅能破坏棉铃虫蛹室,又可将大部分蛹翻入深土层,使其不能羽化出土而死亡;冬灌使棉铃虫越冬蛹因湿度过大而死亡,有调查显示未冬灌棉田棉铃虫越冬蛹死亡率仅为 6.2%,冬灌棉田可达 59.6%,而秋耕加冬灌的棉田其死亡率在 80%以上[72]。同时,秋耕冬灌对越冬棉叶螨的防效在

85%以上[73]。此外,棉叶螨主要在渠埂和田边枯枝落叶等处越冬,早春消灭地边的杂草,可减少进入棉田的虫口基数[73]。

3.2　生物防治技术

3.2.1　天敌释放

在南疆试验,螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* Ishii 对棉铃虫卵具有明显的控制作用,田间放蜂量为每 667 m^2 6 万～8 万头、放蜂点为 3～6 个,螟黄赤眼蜂最高寄生率达 51.5%,棉铃虫虫口减退率 25.3%～64.2%,蕾铃被害减退率 46.8%～76.8%[74]。麦蛾柔茧蜂 *Habrobracon hebetor* (Say)是棉田棉铃虫幼虫优势寄生蜂,占棉田寄生蜂总量的 41%[75],对棉铃虫幼虫的防治效果达 43.9%[76]。在阿克苏,按每 667 m^2 700 头的量释放麦蛾柔茧蜂,对棉田棉铃虫幼虫的防效达 66.0%[77]。在棉田以每 667 m^2 1 000 头释放中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday,寄生率和防治效果分别达 60%和 80%以上,较好地控制了棉铃虫的危害[78]。

草蛉是新疆棉田常见的一类捕食性天敌。室内用麦蛾和人工饲料繁殖的普通草蛉 *Chrysoperla carnea* (Stephens)以 60 粒卵/株在棉田进行释放,13 d后对棉蚜的防效达 78.7%[79]。胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* (Oudemans)能有效控制棉叶螨[80],投放 30 d 后防效达 89.5%[81]。此外,新疆本地捕食螨—双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 对土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani* (Ugarovet *et* Nikolski)和截形叶螨 *T. truncatus* Ehara 也具有较强的控制能力[82]。

3.2.2　天敌保护

在棉田边缘种植苜蓿带,可以有效控制棉蚜发生[83]。在棉蚜刚进入棉田时,棉田周围的苜蓿带上已经滋养了瓢虫、草蛉、食蚜蝇等大量天敌,苜蓿上天敌密度是棉花上的 10 多倍[84]。苜蓿刈割迫使其上的捕食性天敌迁入棉田,发挥对棉蚜的控制作用,苜蓿刈割对棉蚜和天敌的影响可持续约 14 d[85]。在棉田周围林带内人工种植苜蓿,随着种植年限的增加,棉田内瓢虫等天敌数量逐年增加,而害虫种群数量逐年减少[86]。

棉花与小麦邻作,麦田麦蚜的优势天敌瓢虫、草蛉等也是棉蚜、棉铃虫等棉田害虫的优势天敌,麦收后大量天敌向棉田转移[87]。如塔里木棉区调查表明,6 月 15 日麦收开始时,棉田天敌仅 8.8 头/百株,一个月后达 160 头/百株以上[88]。在南疆棉区,棉-麦相邻的种植模式有利于棉蚜主要天敌瓢虫、草蛉、食蚜蝇较早地进入棉田控制蚜虫等害虫[89]。棉田距麦田远近直接影响棉田天敌的数量,与麦田相距较远的棉田天敌数量偏少[90]。麦棉间作种植布局中,麦-棉-麦-棉镶嵌式布局中棉田捕食性天敌的数量最高,麦棉比例 1∶1～1∶5对天敌的增益效果最好[91]。此外,油菜上的蚜虫等害虫也可吸引和繁殖自然天敌,种植油菜诱集带技术在南疆棉区被广泛应用,其中芥菜型油菜品种对棉田瓢虫等天敌的诱集效果最好[92]。

棉田害虫的天敌与周围非作物生境(野生植物、杂草或树林等)中天敌种类具有一定的相似性,棉花生长季大量天敌迁入棉田控制害虫[93-95]。调查发现,南疆棉田周围的榆树、芦苇以及杂草可为瓢虫、草蛉等天敌提供多样的栖息地和食物源[96-97],北疆棉田周边留种苦豆子、芦苇、骆驼刺、碱蓬、滨藜等植物有利于保护涵养瓢虫、草蛉、食蚜蝇等天敌[98]。

研究发现,常规化学防治棉田中的瓢虫、草蛉、食蚜蝇、蜘蛛的种群数量明显低于非化学防治棉田[43-44]。因此,提倡农药的科学使用,以降低对天敌的伤害。药剂拌种不仅可以有效防治地老虎、蓟马等害虫,而且可以保护天敌[99]。吡虫啉灌根处理对棉田天敌的安全性远好于其茎叶喷雾处理[100]。硫丹和 Bt 生物制剂对棉铃虫控制效果好且对天敌杀伤力小[101]。

3.2.3　微生物农药使用

苏云金杆菌(Bt)可湿性粉剂 16 000 IU /mg 和棉铃虫核型多角体病毒(NPV)水分散粒剂 600×10^8 PIB/g 对棉铃虫低龄幼虫具有明显的防治效果[102],棉铃虫 NPV 田间施用 7 d、10 d 后对棉铃虫的防效分别为 68.3%和 84.1%[103]。

3.3　诱集防治技术

3.3.1　杨树枝把

棉田摆放杨树枝把是一种诱杀棉铃虫成虫的有效手段[54]。杨树枝把上喷洒草酸和乙酸后显著提高其对棉铃虫的诱捕量,前 3 d 棉铃虫平均诱捕量比对照增加 43.9%,并可延长杨树枝把的使用时间[104]。

3.3.2　诱集植物

玉米对棉铃虫产卵的诱集效果十分显著,棉铃虫在玉米上的平均卵量是棉花上的近 25 倍,幼虫量是棉花上的 13.2 倍[105]。高粱诱集带对棉铃虫的诱集效果优于玉米,单株高粱穗平均幼虫量为 57 头,

最高达 86 头，明显减少了棉田棉铃虫落卵量[106]。苘麻对棉田第 2 代、第 3 代棉铃虫卵具有明显的诱集能力，且持续时间长[107]。

3.3.3 食诱剂

2013－2015 年伊犁地区试验表明，棉铃虫成虫食诱剂对棉铃虫、三叶草夜蛾 *Scotogramma trifolii* (Rottemberg)、地老虎等夜蛾科害虫具有很好的诱杀效果，明显降低棉铃虫对棉铃的为害率[108]。2016－2017 年在昌吉和石河子试验表明，棉铃虫食诱剂对棉田棉铃虫成虫同样表现出了明显诱捕作用，撒施诱杀法的诱虫量为诱盒诱杀法的 10 多倍，适用于田间棉铃虫成虫诱杀防治[109]。

3.3.4 杀虫灯

频振式杀虫灯对棉铃虫、地老虎等棉花害虫均具有诱杀作用，杀虫谱广，尤其对棉铃虫的控害作用非常明显[110]。1999 年尉犁县越冬代棉铃虫成虫密度高达 281 头/灯，2000 年大田统一安装频振式杀虫灯后，越冬代的诱蛾量减少到 31 头/灯，大幅度降低了田间的落卵量和虫量，减轻了棉铃虫的发生危害[111]。

3.4 化学防治技术

3.4.1 抗药性监测

目前，化学防治仍然是新疆棉花害虫防治的一个主要手段。化学农药的大量使用加速了棉花害虫抗药性的产生。如 1992－1998 年监测发现，莎车县棉蚜对溴氰菊酯的抗性从起初的 0.1 倍上升到 21.5 倍，玛纳斯棉蚜对氧乐果产生了中等抗性(22.5 倍)，石河子棉蚜对甲胺磷产生了中等抗性(10.4 倍)[112]。2011 年，新疆不同地区的棉蚜对啶虫脒产生了低水平抗性，最高达 8.3 倍[113]。2016 年，新疆阿克苏和奎屯棉蚜对吡虫啉的抗性倍数分别为 26.3 和 61.1 倍[114]。B 型烟粉虱对氯氰菊酯和联苯菊酯的抗性在 1 000 倍以上，对吡虫啉和吡丙醚已产生低至中等水平的抗药性，抗性分别为 4～15 倍和 22～37 倍[115]；B 型烟粉虱对毒死蜱、噻虫嗪及天然除虫菊酯产生了较高抗性，对吡虫啉、溴氰菊酯和氟虫腈已产生低至中等水平的抗药性[116]。新疆沙湾和莎车棉铃虫种群对氰戊菊酯表现低水平的抗性(3～10 倍)[117]。这些监测结果为棉花害虫抗性治理提供了重要依据。

3.4.2 农药科学使用

针对农药的使用种类及其方法，开展了大量的筛选与测定。如：新疆棉蚜对吡虫啉和啶虫脒已产生较高的交互抗性(大于 15 倍)，因此生产中最好使用与啶虫脒无交互抗性的吡蚜酮和甲基阿维菌素来治理对啶虫脒表现抗性的棉蚜种群[118]。棉花种子用 0.4%噻虫嗪和 0.4% Dynasty 进行包衣后能够有效地防治苗期蚜虫、蓟马和棉叶螨等害虫的发生，显著降低虫口密度[119]。

药械是影响害虫化学防治效果的一个主要因素，近年来对棉花植保机械进行了大量的试验示范和改造提升[120]。例如，在原有拖拉机悬挂牵引药械喷雾系统的基础上加装一套挂架式喷头，改造后的施药机械称为雪橇式(滑板式)施药器械，可以使棉叶正反面均匀着药，大大提高了施药效率和防治效果，解决了棉叶螨及棉蚜较难防治的问题[121]。无人机飞防技术已被广泛用于棉花植保试验和作业实践活动，取得了良好的防治效果[122]。应用四旋翼植保无人机低空喷洒 50%氟啶虫胺腈水分散粒剂对棉蚜具有较好的防治效果，加入占总药液量 15%的飞防专用喷雾助剂可明显提高其对棉蚜的防效，并减少 30%的农药使用量，防效明显[123-124]。同时，应用无人机低空喷雾 22%氟啶虫胺腈悬浮剂对棉蚜的防治效果显著，3 d 防效达 90%以上，15 d 防效在 80%左右[125]。

4 研究展望

基于国内外农业害虫防治科技的最新研究进展[126-127]、新疆棉花害虫防控与化学农药减施的实际科技需求以及国家种植业产业规划的技术保障，下一阶段应加强如下研究。

4.1 重视棉花害虫生物学前沿研究

新疆棉区的生态环境有别于我国黄河流域、长江流域棉区，土壤盐碱度高，干旱少雨，夏季气温高及昼夜温差大，生态脆弱，地区之间因戈壁滩等原因形成明显的地理隔离，等等。同时，南疆、北疆、东疆不同产区之间生态环境也存在着巨大差异，进而形成了有别于其他棉区、各自独特的棉花害虫种类组成结构与种群消长规律。有待应用现代生物学理论与技术，从宏观到微观综合解析不同害虫对新疆独特生态环境的适应策略和进化机制，从而阐明新疆棉花害虫种群灾变的生理、遗传和分子机制。

4.2 加强棉花害虫地位演替机制研究

新疆棉花种植主要存在集约栽培和传统分散经营两种模式，前者棉花种植规模大、管理精细、棉区

作物种植结构较单一,后者棉花种植比较零散、管理粗放、棉区作物种类与布局复杂多样。近年来,棉花膜下滴灌栽培技术全面推广,南疆果棉间作模式大量应用,棉区作物种植结构显著调整,这些因素导致新疆棉花害虫发生种类及其程度明显变化[7-8]。棉田系统中的不同昆虫之间存在着复杂的种间关系[128],有待系统解析新疆棉田节肢动物食物网的结构及其变化,阐明棉田群落演替的内在规律和调控机制。利用现代信息技术,从田块、景观、区域等不同尺度,系统分析棉花害虫与天敌种群消长、生物控害等生态学机制。新疆是我国遭受生物入侵危害最严重的区域之一,威胁着棉花的安全生产[129],需要探索研究重大外来有害生物的入侵机制,为其监测与防控提供科学依据。

4.3　推进棉花害虫防控核心技术创新

目前,新疆棉花害虫绿色防控核心技术产品相对缺乏,其中很大一部分由其他地区引进,适用性不强,亟须加强防控技术的创新研究。在监测预警方面,需研发适用于新疆棉花生产以及特殊气候条件的害虫性诱剂等产品、自动化监测工具与使用技术,制订形成测报技术标准体系。利用高光谱遥感等信息技术,研发适用于田块、大区等不同尺度的棉花蚜虫、叶螨等害虫发生程度监测技术,为实现棉花害虫的精准防治和化学农药的局部使用提供信息支持。在种群控制方面,重点加强新疆本地重要天敌的规模饲养与应用、棉田自然天敌资源的科学保育与利用,加强食诱剂、性诱剂、选择性诱虫灯等成虫行为调控技术产品的研发应用以及微生物农药等生物制剂的示范推广,开展各种害虫对常规化学农药抗性的系统监测,加强化学农药的科学使用技术及其配套装备的研究与应用,为棉花害虫绿色防控提供核心技术。

4.4　促进棉花害虫分区治理体系建设

针对南疆、北疆、东疆等不同优势产区,果棉间作、棉花单作等不同种植模式,集约栽培、分散经营等不同管理方式,集成相应的棉花害虫绿色防控技术体系。新疆的绿洲农业生态系统相对比较脆弱,应以自然天敌的种群保育和生物控害为主线,重视生态调控技术、化学农药减施技术的结合应用。新疆棉花生产已进入全程机械化的发展阶段,害虫防控技术同样需要适用于全程机械化标准要求,加强新疆棉田精准高效环保施药机械的研发。同时,针对棉铃虫、盲蝽、叶螨等多食性害虫在多种作物上发生为害的现状[26,130-131],需要探索发展区域性多作物的害虫系统防控技术体系。

参考文献

[1] WU K M, GUO Y Y. The evolution of cotton pest management practices in China[J]. Annual Review of Entomology, 2005, 50: 31-52.

[2] 陆宴辉,齐放军,张永军. 棉花病虫害综合防治技术[M]. 北京:金盾出版社,2010.

[3] 吕昭智. 新疆棉区主要有害生物与可持续发展[J]. 干旱区研究,1999(5):46-47.

[4] 王登元,于江南. 新疆棉花可持续发展与害虫综合治理[J]. 新疆农业科学,1999(6):257-260.

[5] 马祁,李号宾,汪飞,等. 新疆棉花害虫综合防治技术体系研究[J]. 新疆农业科学,2000(1):1-5.

[6] 李进步,吕昭智,王登元,等. 新疆棉区主要害虫的演替及其机理分析[J]. 生态学杂志,2005,24(3):261-264.

[7] 李国英. 新疆棉花病虫害及其防治[M]. 北京:中国农业出版社,2017.

[8] 姜玉英,陆宴辉,李晶,等. 新疆棉花病虫害演变动态及其影响因子分析[J]. 中国植保导刊,2015,35(11):43-48.

[9] 张建华,张建萍,王佩玲,等. 新疆棉花害虫新动态及其防治对策[J]. 中国棉花,2005,32(7):4-6.

[10] 高桂珍,吕昭智. 仲夏棉蚜种群崩溃机制研究进展[J]. 环境昆虫学报,2015,37(5):1101-1108.

[11] LU Z Z, GAO G Z, SUN P, et al. Population dynamics of *Aphis gossypii* Glov. on cotton: influence of temperature, initial density and predators[J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2015, 25(2): 415-419.

[12] 苗伟,吕昭智,于江南,等. 温度对棉蚜发育与繁殖力的影响[J]. 新疆农业科学,2008,45(6):1130-1135.

[13] 吕昭智,张江国,罗亮,等. 短时间高温处理对棉蚜存活的影响[J]. 昆虫知识,2010,47(4):685-689.

[14] 孙平,马吉宏,高桂珍,等. 模拟高温过程对棉蚜存活率的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(2):236-240.

[15] 高桂珍,吕昭智,夏德萍,等. 高温胁迫及其持续时间对棉蚜死亡和繁殖的影响[J]. 生态学报,2012,32(23):7568-7575.

[16] 高桂珍,吕昭智,孙平,等. 高温对共存种棉蚜与棉长管蚜死亡及繁殖的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(2):506-510.

[17] 高桂珍,张江国,吕昭智. 不同的高温模式对不同密度棉蚜存活和繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报,2012,49(4):895-899.

[18] 高桂珍,吕昭智,夏德萍,等. 高温和密度效应对棉蚜死亡和繁殖的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(5):1300-1304.

[19] 马吉宏,吕昭智,夏德萍,等. 干旱区田间高温与棉蚜种群动态的关系初探[J]. 新疆农业科学,2011,48(2):340-343.

[20] GAO G Z, PERKINS L E, ZALUCKI M P, et al. Effect of temperature on the biology of *Acyrthosiphon gossypii* Mordvilko (Homoptera: Aphididae) on cotton [J]. Journal of Pest

Science, 2013, 86: 167 - 172.

[21] LIU B, LI H Q, ALI A, et al. Effects of temperature and humidity on immature development of *Lygus pratensis* (L.) (Hemiptera: Miridae)[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2015, 18: 139 - 143.

[22] HUANG J. Effects of soil temperature and snow cover on the mortality of overwintering pupae of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. International Journal of Biometeorology, 2016, 60(7): 977 - 989.

[23] GU Shimin, HAN Peng, YE Zhengpei, et al. Climate change favours a destructive agricultural pest in temperate regions: late spring cold matters [J]. Journal of Pest Science, 2018, 91(4): 1191 - 1198.

[24] LU Z Z, BAKER G. Spatial and temporal dynamics of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in contrasting agricultural landscapes in northwestern China[J]. International Journal of Pest Management, 2013, 59(1): 25 - 34.

[25] 吕昭智,潘卫林,张鑫,等. 新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响[J]. 生态学报,2012,32(24):7925 - 7931.

[26] LI Haiqiang, PAN Hongsheng, WANG Dongmei, et al. Intercropping with fruit trees increases population abundance and alters species composition of spider mites on cotton [J]. Environmental Entomology, 2018, 47(4): 781 - 787.

[27] 王伟,姚举,李号宾,等. 杏棉间作对棉花害虫与捕食性天敌的影响[J]. 新疆农业科学,2010,47(9):1897 - 1901.

[28] 王伟,姚举,张瑜,等. 新疆南部棉区杏树对棉田主要害虫和自然天敌的影响[J]. 应用昆虫学报,2012,49(4):951 - 956.

[29] 徐遥,丁瑞丰,李号宾,等. 转 Bt 基因棉花国抗 62 对棉铃虫生长发育的影响及田间抗虫效果[J]. 昆虫学报,2008,51(2):222 - 226.

[30] 李海强,王冬梅,徐遥,等. 转 Bt 基因抗虫棉对棉蚜个体生长发育和繁殖能力的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(2):287 - 290.

[31] 李号宾,吴孔明,徐遥,等. 南疆棉田盲蝽类害虫种群数量动态[J]. 昆虫知识,2007,44(2):219 - 222.

[32] XU Y, WU K M, LI H B, et al. Effects of transgenic Bt+CpTI cotton on field abundance of non-target pests and predators in Xinjiang, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(9): 1493 - 1499.

[33] 孟玲,李保平,王文全,等. 新疆棉花栽培品种对棉蚜抗性及其机制的研究[J]. 中国棉花,1999,26(2):8 - 10.

[34] 芦屹,王佩玲,刘冰,等. 新疆棉花主栽品种的抗蚜性及其机制研究[J]. 棉花学报,2009,21(1):57 - 63.

[35] 汤晓红,杨景志,李丽. 石河子地区棉蚜大发生及防治的新认识[J]. 中国植保导刊,2004(4):32 - 33.

[36] 王春义,时增凯,崔金杰,等. 新疆棉田施氮肥对棉蚜及其它主要害虫种群数量的影响[J]. 中国棉花,2005(7):15 - 16.

[37] 党益春,张建萍,王力军. 不同氮肥条件下棉叶螨的发生动态[J]. 新疆农业科学,2008,45(S2):99 - 101.

[38] 李号宾,吴孔明,姚举,等. 新疆莎车县棉田自然天敌数量动态[J]. 中国生物防治,2007,23(4):297 - 305.

[39] 冯宏祖,王兰,熊仁慈. 棉田瓢虫对棉蚜种群控制作用的研究[M]//李典谟. 走向 21 世纪的中国昆虫学,北京:中国科学技术出版社,2000:1038 - 1040.

[40] 王林霞,田长彦,马英杰,等. 新疆棉田十一星瓢虫对棉蚜种群动态的影响[J]. 中国生物防治,2003,19(3):139 - 141.

[41] 王登元,郭慧琳,羌松,等. 天敌对棉铃虫种群控制作用的研究[J]. 新疆农业大学学报,1999,22(4):289 - 293.

[42] 吴刚,王登元,王希东. 分子标记检测棉田烟粉虱捕食性天敌种类的研究[J]. 新疆农业科学,2011,48(2):223 - 228.

[43] 吴文岳,吕昭智,王登元,等. 有机农业棉田中棉蚜及其捕食性天敌的种群动态[J]. 生态学杂志,2006,5(10):1173 - 1176.

[44] LU Z Z, PERKINS L E, LI J B, et al. Abundance of *Aphis gossypii* (Homoptera; Aphididae) and its main predators in organic and conventional cotton fields in north-west China [J]. Annals of Applied Biology, 2015, 166: 249 - 256.

[45] 刘彩玲,张大羽,苏岁全,等. 新疆吐鲁番棉区自然天敌对棉蚜的控制作用研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2001(2):84 - 88.

[46] 盛承发,王红托,苏建伟,等. 性信息素笼罩诱捕器和水盆诱捕器诱捕棉铃虫雄蛾效果比较[J]. 植物保护,2001,27(6):7 - 9.

[47] 姜玉英,曾娟,高永健,等. 新型诱捕器及其自动计数系统在棉铃虫监测中的应用[J]. 中国植保导刊,2015,35(4):56 - 59.

[48] 张涛. 绿盲蝽(*Apolygus lucorum*)性信息素的提取鉴定及应用研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.

[49] ZHANG T, MEI X D, LI Y F, et al. Sex pheromone of the alfalfa plant bug, *Adelphocoris lineolatus*[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2015, 156: 263 - 270.

[50] 姜玉英,陆宴辉,曾娟. 盲蝽分区监测与治理[M]. 北京:中国农业出版社,2015.

[51] 陈小飞. 新疆棉铃虫种群动态及测报方法的研究[J]. 江西棉花,2008,30(2):19 - 21.

[52] 王鑫. 新疆南部农业景观复杂性对灯下蛾类昆虫多样性的影响[D]. 石河子:石河子大学,2013.

[53] 姜玉英,刘杰,曾娟,等. 新疆棉区盲蝽等棉田昆虫灯诱效果研究[J]. 中国植保导刊,2017,37(4):50 - 56.

[54] 刘宁,刘小宁,李娜,等. 杨树枝把诱集棉铃虫作用与机理研究进展[J]. 中国植保导刊,2008,28(5):19 - 23.

[55] 杨晓红,康建华,黄永红. 野生苘麻对棉铃虫的诱集作用及其技术探讨[J]. 中国棉花,2007(6):31.

[56] 任晖,杨晓红. 苘麻在棉铃虫预测预报中的应用[J]. 中国棉花,2009(3):31.

[57] 吕昭智,田长彦,沈佐锐. 棉蚜预测预报网络数据库系统的设计与开发[J]. 植物保护学报,2003,30(3):237 - 242.

[58] 吕昭智,王涛,沈佐锐,等. 棉铃虫监测和预警网络数据库的设计与数据建设[J]. 新疆农业科学,2007,44(1):31 - 35.

[59] 吕昭智,马桂龙,李永龙,等. 新疆北部棉铃虫越冬代羽化物候学模型[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2004,22(6):461 - 464.

[60] 吕昭智,田建华,沈佐锐,等. 有效积温 Sine 函数拟合模型及其应用[J]. 生态学杂志,2005,24(12):1549 - 1552.

[61] 吕昭智,沈佐锐,田长彦,等. 改进型物候模型对越冬代棉铃虫羽化始期预测[J]. 干旱区研究,2006,23(1):46 - 49.

[62] 吕昭智,田长彦,沈佐锐,等. 基于 WebGIS 的新疆棉区棉铃虫发生期预测[J]. 干旱区地理,2006,29(4):582 - 587.

[63] 马吉宏,吕昭智,刘永建,等. 棉铃虫羽化高峰期有效积温预测法的校正[J]. 应用昆虫学报,2012,49(4):874 - 881.

[64] 顾世民,ZALUCKI M P,张豹,等. DYMEX 模型在棉铃虫种群动态中的应用[J]. 植物保护,2017,43(6):17 - 28.

[65] 李雪源,龚照龙,王俊铎,等. 新疆转基因抗虫棉种植意向调查及政策建议[J]. 棉花科学,2014,36(6):10 - 16.

[66] 姚永生. 新疆南部棉区棉蚜与棉长管蚜种间关系的格局变化及影响因素分析[D]. 北京:中国农业大学,2017.

[67] MA J H, LU Z Z, GAO G Z. Population patterns of *Helicoverpa armigera* (Hb.) on *Bacillus thuringiensis* transgenic cotton in Xinjiang, China [J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2012, 22(2): 131 - 139.

[68] 吴莉莉,王登元,吕昭智,等. 转基因抗虫棉田棉铃虫庇护所的建立和评价[J]. 新疆农业科学,2011,48(2):334 - 339.

[69] LU Z Z, ZALUCKI M P, PERKINS L E, et al. Towards a resistance management strategy for *Helicoverpa armigera* in Bt-cotton in northwestern China: an assessment of potential refuge crops [J]. Journal of Pest Science, 2013, 86: 695 - 703.

[70] 李娜,刘艳,冯丽凯,等. 新疆抗虫棉区域棉铃虫庇护所的评估[J]. 新疆农业科学,2015,52(2):263 - 267.

[71] WANG D M, YANG X M, LI H Q, et al. Genetic homogeneity between populations of cotton bollworm from Xinjiang, China [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2018, 21: 309 - 315.

[72] 李明才,张秀琴. 对新疆棉区棉铃虫综合治理几项关键技术的分析和建议[J]. 植保技术与推广,1999,19(4):19 - 20.

[73] 崔素云. 浅谈新疆奎屯垦区棉叶螨的防控技术[J]. 中国棉花,2008(5):28 - 29.

[74] 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.

[75] 阿克旦·吾外士,吐尔逊·阿合麦提,郭文超,等. 新疆农田麦蛾柔茧蜂分布及其发生规律研究初报[J]. 植物保护,2006,32(5):78 - 81.

[76] 阿克旦·吾外士,许建军,杨秀荣,等. 麦蛾柔茧蜂对田间棉铃虫和玉米螟的防治效果[J]. 中国生物防治,2006,22(2):155 - 157.

[77] 毛尼牙孜·依马木,阿克旦·吾外士,艾买尔·纳买提,等. 新疆南部棉区麦蛾柔茧蜂对田间棉铃虫的防治效果[J]. 昆虫天敌,2007,29(1):12 - 15.

[78] LI J C, YAN F M, COUDRON T A, et al. Field release of the parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) for control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton fields in northwestern China's Xinjiang province [J]. Environmental Entomology, 2006, 35(3): 694 - 699.

[79] 丁瑞丰,朱晓华,阿克旦·吾外士,等. 人工释放普通草蛉田间防治棉蚜效果研究[J]. 植物保护,2015,41(2):200 - 204.

[80] 周继军,潘生龙,赛志宏. 捕食螨防治棉叶螨应用初报[J]. 新疆农业科技,2005(3):29.

[81] 王江林,郭志强,孔祥华. 利用胡瓜钝绥螨生物技术防治棉花叶螨试验研究[J]. 现代农业科技,2008(17):142.

[82] 王振辉,李永涛,李婷,等. 双尾新小绥螨的形态特征及捕食性功能[J]. 应用昆虫学报,2015,52(3):580 - 586.

[83] 张润志,田长彦,王大生. 发展农区牧草产业实现棉花害虫生态治理[J]. 中国科学院院刊,2000(5):346 - 348.

[84] ZHANG R Z, LIANG H B, TIAN C Y, et al. Biological mechanism of controlling cotton aphid (Homoptera: Aphididae) by the marginal alfalfa zone surrounding cotton field [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(4): 355 - 358.

[85] ZHANG R Z, REN L, WANG C L, et al. Cotton aphid predators on alfalfa and their impact on cotton aphid abundance [J]. Applied Entomology and Zoology, 2004, 39(2): 235 - 241.

[86] 范宏迪,杨治明,付文进. 棉田生态带对主要害虫和天敌种群数量的动态影响[J]. 新疆农垦科技,2006(5):35 - 36.

[87] 邢虎田,粟素芬,刘建献,等. 利用生物消长规律建立棉田自控生态系[J]. 新疆农垦科技,1992(2):19 - 21.

[88] 王安源,王丽萍. 天敌控制棉花害虫的探索[J]. 中国棉花,1996,23(8):72 - 73.

[89] 冯宏祖,王兰,罗燕. 非棉田生境对棉蚜及其天敌的影响[J]. 中国农学通报,2008,23(3):308 - 312.

[90] 杨岫,吐尔逊·艾合买提,郭文超,等. 麦棉距离对棉田天敌数量的影响[J]. 中国棉花,1999,26(11):21 - 23.

[91] 王伟,姚举,李号宾,等. 新疆麦棉间作布局及麦棉比例与棉田捕食性天敌发生的关系[J]. 植物保护,2009,35(5):43 - 47.

[92] 王伟,姚举,李号宾,等. 棉田周缘种植不同品种油菜诱集带增益控害效果初步研究[J]. 植物保护,2011,37(3):142 - 145.

[93] 郭天凤,孙洪波,马野萍,等. 棉田周围植被对棉蚜及天敌的影响[J]. 新疆农垦科技,2005(4):21 - 22.

[94] 郭天凤,孙洪波,马野萍,等. 棉田棉蚜发生与周围生境作用关系的初步研究[J]. 新疆农业科技,2008(2):41.

[95] 李秀琴,马祁,姚举,等. 新疆荒漠过渡带及其相邻棉田中捕食性节肢动物的群落特征[J]. 棉花科学,2007,34(8):8 - 10.

[96] 吕昭智,田长彦,胡明芳,等. 棉田及其边缘杂草对天敌的影响[J]. 植物保护,2002,28(5):22 - 24.

[97] 木哈拜提·托克逊,吐尔逊江,努尔艳·斯迪克,等. 南疆地区以自然蚜虫饲养天敌控害的技术探讨[J]. 中国棉花,2013,40(11):34 - 35.

[98] 杨静. 北疆棉区非棉田生境对捕食性天敌的保育功能[D]. 石河子:石河子大学,2016.

[99] 杨海峰,薛承祥,王惠珍. 保护利用天敌控制棉花害虫[J]. 新疆农业科学,1983(3):29 - 30.

[100] 姜运涛. 吡虫啉不同剂型及施药方式对棉田蚜虫防效及对天敌和棉花的影响研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2009.

[101] 王星,王宏跃,杨德松,等. 新疆棉铃虫的寄生性天敌及利用前景[J]. 中国棉花,2004(2):40 - 41.

[102] 韩盛,杨渡,徐万里,等. 六种生物农药防治加工番茄棉铃虫试验[J]. 新疆农业科学,2010,47(10):2108 - 2111.

[103] 黄维兵,王玉莲,钟颖卓. 科云 600 亿 PIB/克 HaNPV 防治棉铃虫大田药效试验[J]. 农村科技,2008(9):25 - 26.

[104] 王利国,孟昭金,李玲. 用有机酸及杀虫剂处理的杨枝把诱集棉铃虫[J]. 中国生物防治,2003,19(1):31 - 33.

[105] 陈恒铨,詹岚. 棉田种植诱集带诱杀棉铃虫的效果[J]. 新疆农业科学,1989(6):26.
[106] 张明智. 高粱诱杀棉铃虫三代幼虫[J]. 新疆农业科技,1999(4):22.
[107] 阿克旦·吾外士,李号宾,马祁,等. 棉铃虫卵诱集植物选择试验[J]. 植物保护,2005,31(3):77-78.
[108] 李红平. 食诱剂诱杀棉铃虫成虫在伊犁地区的推广应用现状及建议[J]. 农业工程技术,2016,36(5):39.
[109] 修春丽,栗爱丽,路伟,等. 棉铃虫食诱剂的田间诱捕效果[J]. 应用昆虫学报,2018,55(1):44-48.
[110] 郁红霞,王孝法. 佳多频振式杀虫灯对棉田害虫的控害效果[J]. 新疆农垦科技,2006(4):33-34.
[111] 赵晓燕,曹健,李文林. 频振式杀虫灯诱杀棉铃虫效果显著[J]. 新疆农业科技,2003(S1):43.
[112] 徐遥,杨秀荣,苗昌辉,等. 新疆棉花主要害虫对几种杀虫剂的抗药性测定[J]. 西北农业学报,2004,13(2):74-78.
[113] 郭天凤,马野萍,丁荣荣,等. 新疆主要植棉区棉蚜对吡虫啉和啶虫脒的抗性评价[J]. 中国棉花,2012,39(12):4-5,10.
[114] 崔丽,张靖,齐浩亮,等. 我国棉花主产区棉蚜对吡虫啉的抗性监测及抗性机理[J]. 昆虫学报,2016,59(11):1246-1253.
[115] MA D Y, GORMAN K, DEVINE G, et al. The biotype and insecticide-resistance status of whiteflies, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), invading cropping systems in Xinjiang Uygur Autonomous region, northwestern China[J]. Crop Protection, 2007, 26: 612-617.
[116] 段晓东,张新,冯明星,等. 新疆 B 型烟粉虱对不同类型杀虫剂的敏感性测定与分析[J]. 新疆农业科学,2010,47(7):1343-1347.
[117] YANG Y H, LI Y P, WU Y D. Current status of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* after 15 years of Bt cotton planting in China[J]. Journal of Economical Entomology, 2013, 106(1): 375-381.
[118] 郭天凤,史雪岩,高希武,等. 棉蚜啶虫脒抗性种群交互抗性和增效剂增效作用的研究[J]. 应用昆虫学报,2014,51(3):819-826.
[119] 李海江,刘政. 不同种衣剂防治棉花苗期病虫害药效研究[J]. 现代农业科技,2013(6):120.
[120] 张超,唐文文. 新疆生产建设兵团棉花植保机械化技术试验推广现状、问题及对策[J]. 农垦农机化,2017(1):110,114.
[121] 赵冰梅. 棉田害虫防治中的科学用药实践[J]. 中国植保导刊,2012,32(11):33-35.
[122] 巩春源. 新疆棉区无人机植保分析及发展对策[J]. 农业开发与装备,2017(4):87,125-126.
[123] 赵冰梅,马江锋,何卫疆,等. 50%氟啶虫胺腈 WG 对棉蚜的田间防治效果[J]. 中国植保导刊,2013,33(6):56-58.
[124] 赵冰梅,张强,朱玉永,等. 多旋翼植保无人机在棉蚜防治中的应用效果[J]. 中国植保导刊,2017,37(2):61-63.
[125] 赵冰梅,张强,朱玉永. 无人机低空喷雾氟啶虫胺腈防治棉花蚜虫效果[J]. 农药科学与管理,2017,38(2):54-57.
[126] 吴孔明. 中国农业害虫绿色防控发展战略[M]. 北京:科学出版社,2016.
[127] 陆宴辉,赵紫华,蔡晓明,等. 我国农业害虫综合防治研究进展[J]. 应用昆虫学报,2017,54(3):349-363.
[128] 陆宴辉,梁革梅. Bt 作物系统害虫发生演替研究进展[J]. 植物保护,2016,42(1):7-11.
[129] 郭文超,张祥林,吴卫,等. 新疆农林外来入侵生物的发生现状、趋势及其研究进展[J]. 生物安全学报,2017,26(1):1-11.
[130] 陆宴辉,张建萍,王佩玲,等. 新疆地区首次发现绿盲蝽严重为害农作物[J]. 植物保护,2014,40(6):189-192.
[131] 李海强,李金花,杨龙,等. 棉铃虫为害核桃树调查初报[J]. 中国植保导刊,2017,37(9):44-45.

(责任编辑:田 喆)

(上接 25 页)

[160] 郭超,吴然,邵建柱,等. 四个苹果砧木和品种苹果潜隐性病毒的变温热处理脱毒效果分析[J]. 北方园艺,2014(17):130-134.
[161] 田世恩. 病毒特防治苹果病毒病的试验[J]. 落叶果树,2013,45(3):35-36.
[162] 田世恩,杨秀光,李富强,等. 抑毒星防治苹果病毒病药效试验[J]. 烟台果树,2014(3):18-19.
[163] 木生. 缺钙与苹果苦痘病发病机理的新观点[J]. 烟台果树,2013(2):1-3.
[164] 秦素洁,陈东明. 苹果缺铁性黄叶病成因分析及综合防治策略[J]. 安徽农学通报,2018,24(1):72-74.
[165] 姜远茂,顾曼如,束怀瑞. 山东省苹果园土壤营养成分分析[J]. 果树科学,1997,14(S1):35-37.
[166] 李敏,厉恩茂,李壮,等. 氨基酸钙叶面微肥对苹果缺素症的矫正及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):180-182.
[167] 聂佩显,余贤美,王兆顺,等. 不同钙制剂和喷施时间对苹果苦痘病发病率及果实品质的影响[J]. 河南农业科学,2017,21(4):47-49.
[168] 苏律,宋俊霞,胡同乐,等. 铁肥不同施用方式对苹果缺铁黄化病的矫正效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):188-189.
[169] 贾永华,牛锐敏,李晓龙,等. 我国苹果锌营养研究进展[J]. 安徽农业科学,2013,41(28):11261-11263.
[170] 刘铁铮,付雅丽,智福军,等. 红富士苹果果实裂纹的研究[J]. 天津农业科学,2011,17(1):71-74.
[171] 曹克强,王树桐,胡同乐. 苹果病虫害防控研究进展(第 6 卷)[M]. 北京:中国农业出版社,2017.
[172] 屈振江,周广胜,魏钦平. 苹果花期冻害气象指标和风险评估[J]. 应用气象学报,2016,27(4):385-395.
[173] 孙智辉,马远飞,高志斌,等. 洛川苹果花期冻害气候特征及人工防霜可行性探讨[J]. 农学学报,2015,5(11):109-112.

(责任编辑:田 喆)