



河西走廊棉田主要害虫发生动态 及植物源杀虫剂防治技术

张 宣¹ 刘雪莹¹ 胡 迪¹ 袁向群¹ 冯克云² 康 波³ 张 军³
罗进仓⁴ 南宏宇^{2*} 李怡萍^{1*}

(1. 西北农林科技大学植物保护学院, 农业农村部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 甘肃省农业科学院作物研究所, 兰州 730070; 3. 甘肃省酒泉市瓜州县农业技术服务中心, 瓜州 736100;

4. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070)

摘要: 为了解甘肃省河西走廊棉区5种常见害虫的田间种群消长动态,明确防治适期并提出以植物源药剂为主的棉花害虫绿色防控技术,于甘肃省敦煌市和瓜州县棉田连续3年采用人工调查和性诱剂诱捕器监测棉蚜 *Aphis gossypii*、棉叶螨、棉蓟马 *Thrips tabaci*、烟粉虱 *Bemisia tabaci* 及棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的发生动态,同时开展以植物源农药为主的不同类型杀虫剂的田间药效筛选试验,建立科学防控用药技术流程。结果表明,棉蚜全年有6月中旬和7月中下旬2个发生高峰期,建议防治适期为7月上中旬;棉叶螨全年有7月上旬和7月下旬(2017年除外)2个发生高峰期,建议防治适期为6月下旬和7月中旬;烟粉虱全年只有8月中旬至9月中下旬1个高峰期,建议防治适期为8月上中旬;棉蓟马全年只有7月上旬至8月上旬1个高峰期,建议防治适期为7月上旬;棉铃虫1年发生3代,幼虫在7月下旬、9月上旬和9月中旬各有1个发生高峰期,成虫在7月上中旬、8月中下旬和9月中旬各有1个高峰期,建议防治适期应为7月上旬。软皂水剂、藜芦碱、苦参碱、啶虫脒和吡虫啉可用于防控棉蚜,药后14 d防效达76.93%~91.25%;藜芦碱、苦参碱、矿物油、软皂水剂、松油、阿维菌素、阿维·啞螨灵、螺螨酯和硅藻土+有机硅助剂可用于防控棉叶螨,药后10 d防效达72.39%~92.81%;软皂水剂、藜芦碱、印楝素、硅藻土+有机硅助剂、阿维菌素和噻虫嗪可用于防控烟粉虱,药后7 d防效达65.84%~84.29%;除虫菊素、苦参碱、多杀霉素、噻虫嗪和吡虫啉可用于防控棉蓟马,药后14 d防效达72.92%~90.93%。表明在该地区棉田主要害虫防治适期,建立以植物源农药替代传统化学药剂的防控技术,可用于我国河西走廊棉区棉花害虫的绿色防控。

关键词: 河西走廊棉区; 棉花害虫; 发生动态; 植物源农药; 绿色防控

Occurrence dynamics of major pests in cotton areas and the control techniques with botanical pesticides in the Hexi Corridor, China

Zhang Xuan¹ Liu Xueying¹ Hu Di¹ Yuan Xiangqun¹ Feng Keyun² Kang Bo³ Zhang Jun³
Luo Jincang⁴ Nan Hongyu^{2*} Li Yiping^{1*}

(1. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northwestern Loess Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2. Crop Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu Province, China;

3. Agricultural Technical Service Center of Guazhou County, Guazhou 736100, Gansu Province, China;

4. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences,

Lanzhou 730070, Gansu Province, China)

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201900), 国家自然科学基金(31871971, 31772503)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: greendream2@126.com, liyiping@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2021-07-19

Abstract: In order to clarify the field population dynamics of five common cotton pests in the cotton area of the Hexi Corridor in Gansu Province, screen high-efficiency and low-toxicity botanical pesticides, provide a reference for the green prevention and control of regional cotton pests and reduce the use of chemical pesticides, the research was conducted in Dunhuang City and Guazhou County, Gansu Province for three consecutive years in 2017—2019. The pest population dynamics of *Aphis gossypii*, cotton spider mites, *Thrips tabaci*, *Bemisia tabaci* and *Helicoverpa armigera* were investigated by manual survey and sexual attractant entrapment in the field. Meanwhile, the field efficacy screening tests of different insecticides (*e.g.*, botanical pesticides) were carried out to establish a scientific insecticide control technical process. The results showed that there were two peak periods for *A. gossypii* in a year, *i.e.*, mid-June and mid-to-late July, respectively, and thus the suitable period for controlling *A. gossypii* might be early and mid-July. There were two peak periods for cotton spider mites in a year, *i.e.*, early and late July, and it was recommended to control cotton spider mites in late June and mid-July. *B. tabaci* and *T. tabaci* had only one peak throughout the year, occurring from mid-August to mid-to-late September and early-July to early-August, respectively, and it was recommended to control these two pests in early-mid August and early July, respectively. Three generations of *H. armigera* occurred a year, and the larvae have three peaks in late July, early September and middle September, respectively, while the adults had three peaks in early and mid-July, mid-to-late August and middle September, respectively. It was recommended to control *H. armigera* in early July, focusing on the second generation of larvae. Veratrine, matrine, soft soap, acetamiprid and imidacloprid could be used for the control of *A. gossypii* with a control effect from 76.93% to 91.25% on the 14th day after spraying; veratrine, matrine, mineral oil, soft soap, pine oil, abamectin, abamectin·pyridaben, spiroticlofen, diatomite+silicone additives could be used for the prevention of cotton spider mites with a control effect from 72.39% to 92.81% on the 10th day after spraying; soft soap, veratrine, azadirachtin, abamectin, thiamethoxam, diatomite+silicone additives could be used for the prevention of *B. tabaci* with a control effect from 65.84% to 84.29% on the 7th day after spraying, and pyrethrin, matrine, spinosyn, thiamethoxam and imidacloprid could be used for the prevention of *T. tabaci* with a control effect from 72.92% to 90.93% on the 14th day after spraying. The results indicated that the technology of replacing traditional chemical agents with botanical pesticides is applicable for the green control of cotton pests in the Hexi Corridor of China.

Key words: cotton areas in the Hexi Corridor; cotton pest; occurrence dynamics; botanical pesticides; green control

甘肃省河西走廊棉区具有悠久的种植历史,是我国西北内陆棉区的重要组成部分,其中敦煌市和瓜州县是全国优质棉花生产基地,该地区在自然条件、效率优势和效益优势等方面优于国内多数产棉省,综合优势仅次于新疆维吾尔自治区(简称新疆)和山东省(宋福等,2012;石建国等,2014)。河西走廊棉区土层深厚肥沃,毗邻众多水系,利于灌溉,光热资源充足,昼夜温差大,年降水量少,这些特殊的自然条件为棉花种植提供了得天独厚的条件,生产的棉花色泽纯白,含糖量少,水分少,品质上乘,在国内市场上享有一定声誉(杨涛等,2010)。近年来,随着国家棉花产业的调整以及科技投入的增加,棉花产业已经成为当地的支柱产业,是地方财政和农民

收入的重要来源之一(王宁等,2016)。然而,棉花生育期较长,常常受到多种害虫为害,防治上因化学农药的不合理使用,常对环境造成污染,严重影响本地区棉花产业绿色、持续、稳定的发展(郭纪萍,2019)。

棉蚜 *Aphis gossypii*、棉叶螨(主要包括敦煌叶螨 *Tetranychus dunhuangensis*、截形叶螨 *Tetranychus truncatus*)、棉蓟马 *Thrips tabaci* 和棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 是河西走廊棉区的常见害虫(庄生仁等,2009;姜伟丽等,2018;胡迪等,2019)。同时随着棉田周围温室逐渐扩展,棉田烟粉虱 *Bemisia tabaci* 的发生也日趋严重,该虫作为一种全球范围内重要的入侵害虫,不仅可以刺吸植物汁液,还可传播多种植物病毒(张晓明等,2018;陈中琴等,2020)。这些

虫害严重制约着当地棉花产业的发展,急需探寻适合本地区棉花害虫的绿色防控技术。有关棉花害虫发生动态及绿色防控的报道多集中在新疆,如沙帅帅(2019)调查了新疆麦盖提垦区棉田主要害虫棉蓟马、棉叶螨和棉蚜的发生规律,对P20植保无人机防治棉花不同生长期3种害虫的效果进行了评价,筛选出了相应的无人机优选作业参数;丁茜等(2018)通过2014—2016年连续3年的调查,确定了吐鲁番市高昌区棉田棉蚜、棉铃虫和烟粉虱的种群动态及发生规律;张谦等(2020)通过田间防效试验测定了苦参碱、藜芦碱、印楝素、鱼藤酮和除虫菊素5种常用植物源杀虫剂对棉花苗蚜的防效及对天敌的安全性。近些年有关河西走廊棉区棉花害虫的研究报道较少,张新瑞等(2002)调查了1994—1995年敦煌市棉田蚜虫及天敌的田间消长动态;之后本课题组胡迪等(2019)调查了2017—2018年河西走廊敦煌市棉蚜的发生动态,明确了该地区棉蚜1年有2个发生高峰期,筛选出了2种防效较好的植物源农药0.3%印楝素乳油和0.5%苦参碱水剂。

由于河西走廊荒漠绿洲农业地理位置相对隔离,生物多样性偏低,生态调节功能较弱,加之连作面积的逐年增加,田间管理粗放,农药市场的“多、乱、杂”以及缺乏科学的绿色防控理念和先进技术,导致近年来棉花虫害发生日益加重,严重威胁棉花产量及品质。由于缺乏对害虫发生动态的了解,盲目滥用化学农药且使用量和使用频次不断增加,致使环境受到污染,害虫抗药性增强(张璇等,2012;曹巍等,2020)。因此,急需探明河西走廊地区棉花常见害虫发生动态,确定最佳防治时期,筛选对天敌、人畜安全,杀虫效果好的高效低毒农药,并制定相应的防治方案。本研究于2017—2019年连续3年在河西走廊敦煌市和瓜州县棉区,通过人工调查和性诱剂监测调查棉蚜、棉叶螨、棉蓟马、烟粉虱及棉铃虫5种棉花常见害虫的种群消长动态,同时开展以植物源农药为主的田间害虫防治药效筛选试验,提出以植物源农药为主的化学药剂替代技术,以期为我国河西走廊棉区棉花害虫绿色防控和减肥减药策略提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

供试棉田:于甘肃省敦煌市肃州镇肃州庙村甘肃省农业科学院敦煌棉花试验站棉田进行棉花害虫发生动态调查,总面积约4.7 hm²,该地区海拔1 138 m,

年平均气温10.5℃,年均降雨量39 mm;棉花品种主要为陇棉3号,并有少量彩棉,均由甘肃省农业科学院作物研究所选育。同时分别于上述棉田和肃州镇杨家堡村棉田以及甘肃省酒泉市瓜州县南岔镇十工村棉田开展棉花害虫防治药剂筛选,其中十工村海拔1 207 m,年均降水量45.3 mm,年平均气温8.8℃,总面积约2.0 hm²,棉花品种为当地主栽品种新陆55号。3个棉花试验田土壤类型均为灌淤土,肥力均匀,每年均在4月中旬利用机械播种,行距0.4 m,株距0.15 m。试验地块周围种植有少量玉米和向日葵,前茬作物为棉花,整个生育期除药剂试验外,无任何其他化学防虫措施,田间管理措施统一,土壤质地及水肥管理等栽培措施一致。

供试药剂及仪器:植物源农药有9种,包括6%鱼藤酮(rotenone)微乳剂(microemulsion, ME),北京三浦百草绿色植物制剂有限公司;0.5%藜芦碱(veratrine)可溶液剂(soluble liquid, SL)、0.5%苦参碱(matrine)水剂(aqueous solution, AS),杨凌馥稷生物科技有限公司;0.3%印楝素(azadirachtin)乳油(emulsifiable concentrate, EC),成都绿金生物科技有限公司;78%松油(pine oil)EC,深圳百乐宝生物农业科技有限公司;5%除虫菊素(pyrethrin)EC,云南创森实业有限公司;1.5%除虫菊素水乳剂(emulsion in water, EW)、7.5%鱼藤酮EC,内蒙古清源保生物科技有限公司;0.3%苦参碱AS,河北馥稷生物科技有限公司。生物源农药有2种,包括5%多杀霉素(spinosyn)悬浮剂(suspension concentrate, SC),山东国润生物农药有限公司;1.8%阿维菌素(abamectin)EC,北京中保绿农业科技集团有限公司。矿物源药剂有3种,包括99%矿物油(mineral oil)EC,杨凌馥稷生物科技有限公司;硅藻土+有机硅助剂(diatomite+silicone additives),益瑞石(上海)投资管理有限公司;49%软皂(soft soap)AS,深圳百乐宝生物农业科技有限公司。化学农药有5种,包括20%啉虫脒(acetamiprid)可湿性粉剂(wettable powder, WP),河北凯斯特农化有限公司;10%吡虫啉(imidacloprid)WP,浙江海正化工股份有限公司;24%螺螨酯(spirodiclofen)SC、8%阿维·啞螨灵(abamectin·pyridaben)EC、30%噻虫嗪(thiamethoxam)SC,北京中保绿农业科技集团有限公司。农药助剂1种,高效农用有机硅增效助剂(silicone additives),北京中保绿农业科技集团有限公司。棉铃虫性诱剂诱捕器及诱芯,北京中捷四方生物科技股份有限公司;鲁丰牌背负式电动高压喷雾器,山东莘县鲁丰植保器械厂。

1.2 方法

1.2.1 棉田害虫发生动态调查方法

于2017—2019年连续3年在甘肃省敦煌市肃州镇肃州庙村甘肃省农业科学院敦煌棉花试验站棉田,选择有代表性的3块棉田进行调查,每块田的面积约0.2 hm²,调查时间为2017—2019年每年5月13日至10月14日,每7 d调查1次。调查时间覆盖棉花苗期、蕾期、花铃期及吐絮期。每块棉田采用对角线五点取样法,每点调查5株棉苗,其中棉蚜、棉叶螨、烟粉虱在苗期(5月13日至6月30日)需调查整株虫量,后期每株棉花分别取上、中、下部叶片各1片,分别调查叶片正反两面棉蚜、棉叶螨及烟粉虱的数量(热孜万古丽·阿布都哈尼等,2016;买合甫皮古丽·阿不力米提等,2017;姜玉英等,2018),计算百株3叶虫量,烟粉虱只在2018—2019年进行了调查。棉蓟马于苗期(5月13日至6月30日)需调查全株虫量,方法同上,后期调查全株花内的棉蓟马数量,并计算百株虫量(唐良德等,2015)。棉铃虫幼虫在棉花整个生育期内均需全株调查,幼虫种群动态只在2017—2018年进行了调查,并计算百株虫量,方法同上;而棉铃虫成虫调查使用性诱剂诱集,每块调查田放置3个诱捕器,诱捕器距地面高度1.2 m,相邻诱捕器之间相距30 m,呈品字形排列,诱芯每15 d更换1次,调查时间为上午10:00时前或下午16:00时后。

1.2.2 防治棉田害虫植物源药剂筛选试验

防治棉蚜药剂筛选试验于2019年7月在瓜州县南岔镇十工村棉田进行,棉花生育期为蕾期,所用9种药剂浓度分别为6%鱼藤酮ME 600 mL/hm²、0.5%藜芦碱SL 4 000 mL/hm²、0.3%印楝素EC 800 mL/hm²、0.5%苦参碱AS 1 500 mL/hm²、5%除虫菊素EC 750 mL/hm²、49%软皂AS 6 000 mL/hm²、20%啉虫脒WP 600 g/hm²、10%吡虫啉WP 600 g/hm²和1.8%阿维菌素EC 600 mL/hm²。

防治棉叶螨药剂筛选试验于2019年8月在瓜州县南岔镇十工村棉田进行,棉花生育期为花铃期,所用11种药剂浓度分别为6%鱼藤酮ME 400 mL/hm²、0.5%藜芦碱SL 1 500 mL/hm²、0.5%苦参碱AS 1 500 mL/hm²、49%软皂AS 6 000 mL/hm²、99%矿物油EC 3 000 mL/hm²、78%松油EC 600 mL/hm²、硅藻土+有机硅助剂12 000 g/hm²+200 mL/hm²、8%阿维·哒螨灵EC 300 mL/hm²、24%螺螨酯SC 150 mL/hm²、1.8%阿维菌素EC 600 mL/hm²和20%啉虫脒WP 600 mL/hm²。

防治烟粉虱药剂筛选试验于2019年8月在敦煌市肃州镇杨家堡村棉田进行,棉花生育期为花铃期,所用8种药剂浓度分别为6%鱼藤酮ME 600 mL/hm²、0.5%藜芦碱SL 1 500 mL/hm²、0.3%印楝素EC 800 mL/hm²、99%矿物油EC 6 000 mL/hm²、49%软皂AS 12 000 mL/hm²、硅藻土+有机硅助剂12 000 g/hm²+200 mL/hm²、30%噻虫嗪SC 600 mL/hm²和1.8%阿维菌素EC 600 mL/hm²。

防治棉蓟马药剂筛选试验于2018年8月在敦煌市肃州镇肃州庙村棉田进行,棉花生育期为花铃期,所用9种药剂浓度分别为30%噻虫嗪SC 300 mL/hm²、0.5%苦参碱AS 800 mL/hm²、0.3%苦参碱AS 1 500 mL/hm²、7.5%鱼藤酮ME 6 000 mL/hm²、0.3%印楝素EC 800 mL/hm²、5%多杀霉素SC 300 mL/hm²、1.5%除虫菊素EW 6 000 mL/hm²、20%啉虫脒WP 300 g/hm²和10%吡虫啉WP 600 g/hm²。

每种药剂处理设置3个重复小区,每个小区长5 m、宽3 m,小区随机排列,相邻小区间隔1 m,以清水处理为对照。防治4种害虫的每种药剂均只喷药1次,均于1 d内完成,喷药时间为当天下午17:00后。所有药剂均使用背负式电动高压喷雾器进行喷雾,用水量600 L/hm²,全株喷药,确保施药均匀。每个小区采用对角线五点取样法进行害虫数量调查,每点固定调查3株棉花。其中,在调查棉蚜、棉叶螨、烟粉虱时每株选取上、中、下部各1片叶片挂牌标记,于施药前统计叶片正反两面虫口基数,施药后1、3、5、7、10、14 d后分别调查标记3片叶上正反两面的存活虫数(王伟等,2007;高有华等,2011;郑曰英等,2019);在调查棉蓟马时仅调查整株的花,于施药前统计整株花内虫口基数,施药后1、3、5、7、10、14 d后调查整株花内存活虫数(唐良德等,2015)。基于调查数据计算虫口减退率和防效。虫口减退率=(药前虫口数-药后虫口数)/药前虫口数×100%;防效=(防治区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(1-对照区虫口减退率)×100%。

1.3 数据分析

利用SPSS 26.0软件对试验数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA),采用最小显著差数(LSD)法进行差异显著性检验,选择95%的置信区间。

2 结果与分析

2.1 棉田5种常见害虫发生动态的分析

2.1.1 棉蚜发生动态分析

2017—2019年的棉蚜发生动态基本相似,在6月

中旬和7月中下旬有2个发生高峰期,且第1次高峰虫量均低于第2次高峰虫量,每年百株3叶虫量最大值分别为8 713、1 880和1 761头(图1)。2019年由于7月12日敦煌市出现少量降雨,导致棉蚜数量在7月15日突然下降。从棉蚜发生时间来看,2017年棉蚜始见期为5月13日,而2018年和2019年始见期均为5月27日,比2017年晚了14 d。2017年棉蚜发生时间较长,直到10月14日棉花收获后仍有少量存在,而2018年和2019年棉蚜于9月下旬即未见,比2017年分别提前14 d和21 d。2017年与2019年的最大高峰

虫量出现时间一致,均为7月22日,比2018年的7月29日早7 d。2017年和2018年棉蚜发生高峰期时间相近,第1次高峰期为6月10日至6月24日,持续14 d,第2次高峰期为7月15日至8月5日,持续21 d;但2019年第1次高峰期出现在6月10日至7月1日,持续21 d,第2次高峰期为7月8日至7月22日,持续14 d。

根据敦煌市棉蚜3年的发生动态分析,棉蚜全年有2个发生高峰期,分别出现在6月中旬和7月中下旬。建议棉蚜防治适期应在7月上中旬,此时防治可抑制棉蚜种群增长,避免大暴发。

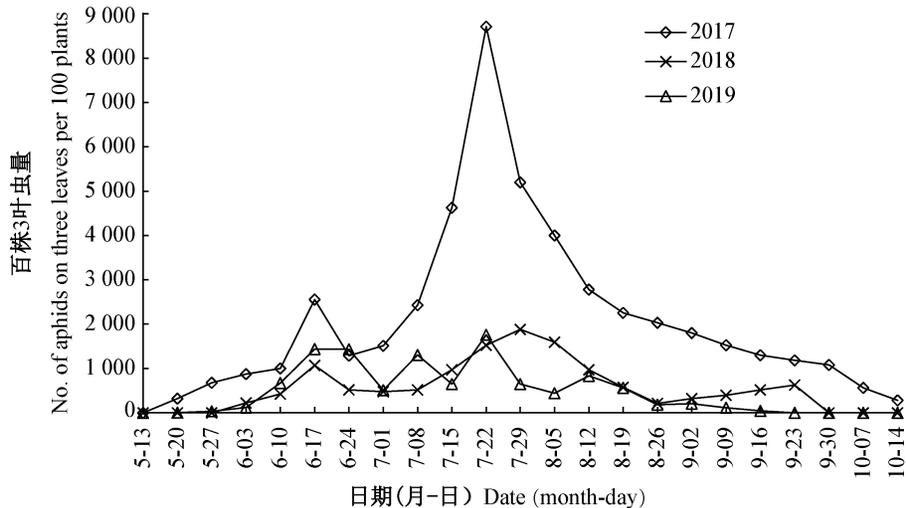


图1 2017—2019年甘肃省敦煌市棉田棉蚜种群的发生动态

Fig. 1 The occurrence dynamics of *Aphis gossypii* populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2017—2019

2.1.2 棉叶螨发生动态分析

棉叶螨在2017—2019年的发生动态相似,均有2个明显的高峰期,且第1次高峰虫量低于第2次高峰虫量(图2)。2017年的2个高峰期分别出现在7月中旬和9月中旬,2018年和2019年的2个高峰期发生时间相似,分别在7月上旬和7月下旬。3年间最大百株3叶虫量差异明显,在2018年最低,为1 300头,在2017年最高,为25 100头,2019年次之,为19 301头。从发生时间来看,2017年和2018年棉叶螨始见期为6月上中旬,2019年棉叶螨始见期为5月中下旬,比2018年早21 d。2018年棉叶螨于9月2日前后消亡,2019年于9月23日前后消亡,2017年棉叶螨持续发生时间较长,一直持续到棉花收获后。2018年和2019年棉叶螨最大高峰虫量发生时间分别为7月22日和7月29日,2017年最大高峰虫量发生时间为9月16日,比2018年和2019年晚50 d左右。对3年间调查数据进行比较,发现2018年棉叶螨发生较轻,2017年发生较重,且为害时间较长,可能因为2017年9月气温较2018年和2019年同期

气温高,且干旱少雨,9月16日前后棉花进入收获期,棉叶枯萎,棉叶螨数量迅速降低。

根据敦煌市棉叶螨3年的发生动态分析,棉叶螨全年有2个发生高峰期,建议防治适期应在2个高峰期来临前,即分别于6月下旬和7月中旬进行防治,如遇棉叶螨发生期推迟,则防治适期应相应推迟。

2.1.3 烟粉虱发生动态分析

2018年和2019年烟粉虱的发生情况相似,全年均只出现了1个发生高峰期,为8月中旬至9月中下旬,2018年百株3叶虫量最高为4 700头,明显高于2019年的576头(图3)。从烟粉虱发生时间看,2018年棉田烟粉虱从7月8日开始发生,种群数量一直在增长,到9月16日达到最高峰,之后由于天气变冷,棉花叶片枯萎,烟粉虱数量迅速下降,全年发生时间长达98 d。2019年烟粉虱于7月22日开始发生,比2018年晚了14 d,最大高峰虫量出现在8月12日,比2018年早了35 d。从2年间发生情况来看,2019年烟粉虱发生较轻,且持续时间短,从7月22日开始发生到9月30日消亡,持续时间约70 d,比2018年减少

了28 d,且最大高峰虫量明显低于2018年。

根据敦煌市烟粉虱2年的发生动态分析,建议

防治适期应在高峰期来临前,即在8月上中旬及时进行防治。

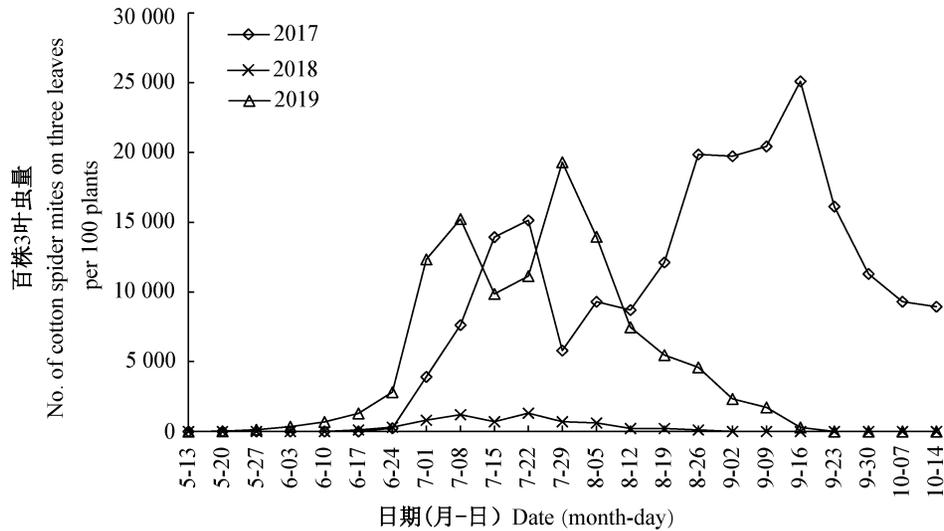


图2 2017—2019年甘肃省敦煌市棉田棉叶螨种群的发生动态

Fig. 2 The occurrence dynamics of cotton spider mites populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2017—2019

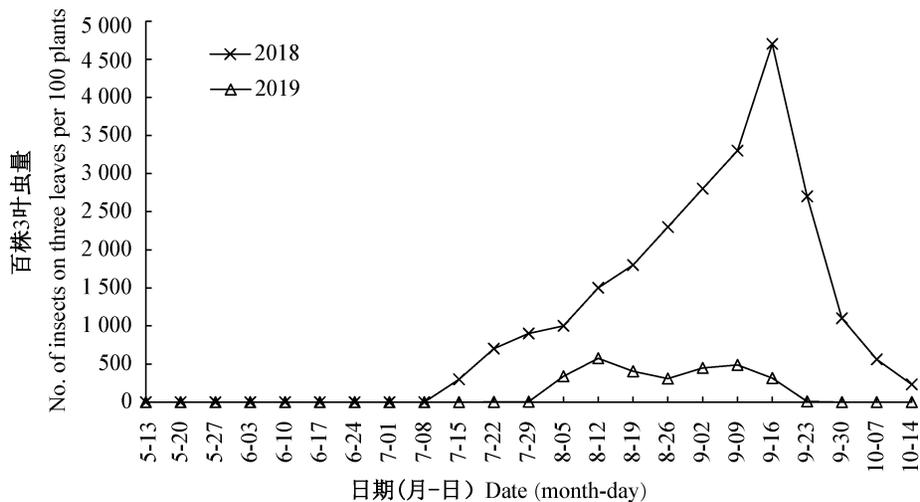


图3 2018—2019年甘肃省敦煌市棉田烟粉虱种群的发生动态

Fig. 3 The occurrence dynamics of *Bemisia tabaci* populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2018—2019

2.1.4 棉蓟马发生动态分析

2017—2019年棉蓟马种群发生动态基本相似,在7月上旬至8月上旬有1个明显的高峰期(图4)。2017年和2018年高峰期持续时间均为21 d,但2018年高峰期比2017年推迟7 d;而2019年高峰期持续28 d,比前2年长7 d。3年间百株虫量最高依次为927、2 429和757头。从棉蓟马发生时间来看,2017—2019年始见期相同,都在5月下旬开始发生;在2017年棉蓟马从9月23日开始消亡,到10月7日前后完全消亡,持续14 d;在2018年棉蓟马从9月2日开始消亡,到9月9日前后完全消亡,比2017年提前了1个月左右;在2019年棉蓟马从9月16日开始消

亡,到9月23日完全消亡,整体消亡时间比2018年推迟了14 d。

根据敦煌市棉蓟马3年的发生动态分析,防治适期应在高峰期来临前,即于7月上旬进行防治。

2.1.5 棉铃虫发生动态分析

2017—2018年敦煌市棉铃虫幼虫于6月中旬开始发生,9月中下旬逐渐减少直至完全消失,全年有3个发生高峰期,2017年分别在7月下旬、9月上旬、9月中旬出现,最大百株虫量分别为10、17和12头,第1个发生高峰期的持续时间较长,达14 d(图5)。敦煌市2018年7月突降暴雨导致棉铃虫幼虫发生高峰期较2017年有所提前,分别为7月中旬、8月上

旬、8月下旬,并于9月中旬完全消失。根据敦煌市棉铃虫幼虫的发生动态,建议幼虫防治适期应在3个

高峰期来临前,即分别于7月上旬、8月中旬和9月上旬进行防治。

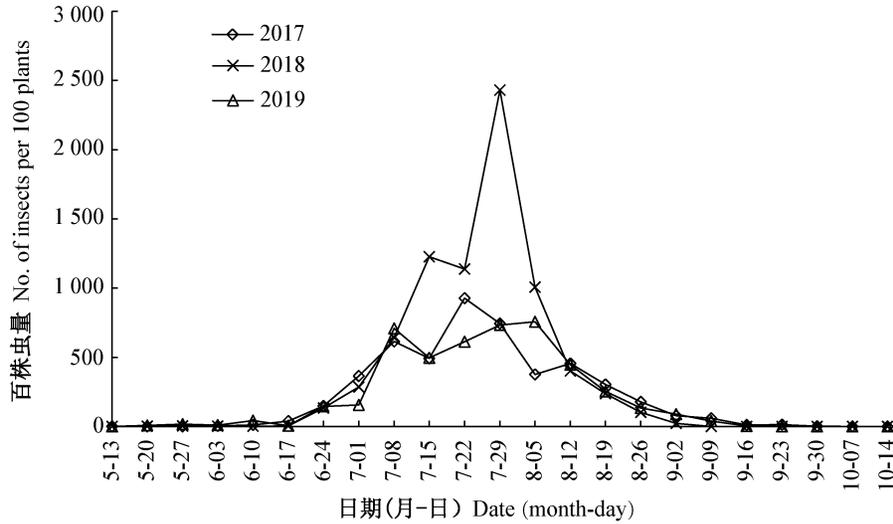


图4 2017—2019年甘肃省敦煌市棉田棉蓟马种群的发生动态

Fig. 4 The occurrence dynamics of *Thrips tabaci* populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2017—2019

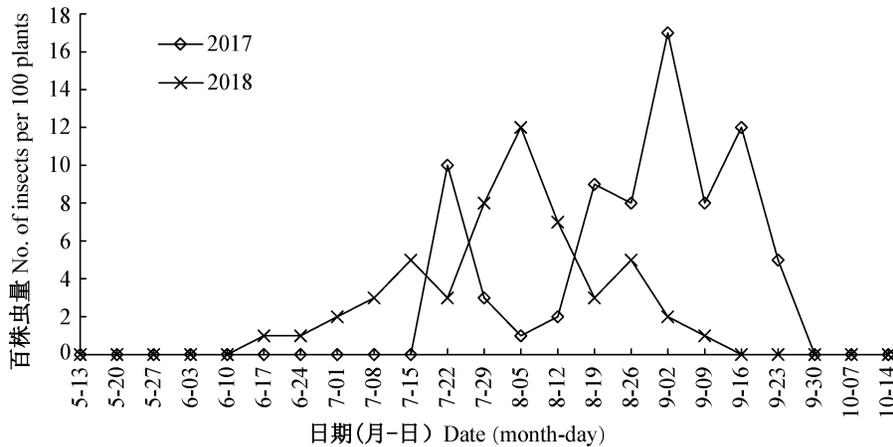


图5 2017—2018年甘肃省敦煌市棉田棉铃虫幼虫种群的发生动态

Fig. 5 The occurrence dynamics of *Helicoverpa armigera* larva populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2017—2018

2017—2019年敦煌市棉铃虫成虫始见于5月中下旬,于10月初完全消失。棉铃虫成虫全年有3个发生高峰期,2017年和2019年发生动态基本一致,分别在7月上中旬、8月中下旬和9月中旬,2017年3个高峰期单个诱捕器诱集雄成虫量最高分别为8、10和6头,2019年分别为43、26和6头(图6)。敦煌市2018年突降暴雨导致棉铃虫成虫发生高峰期较2017年及2019年早,3个高峰期分别出现在6月下旬、7月中下旬和8月中下旬,单个诱捕器诱集雄成虫量分别为7、25和6头。2019年棉铃虫成虫发生数量较前2年明显升高,单个诱捕器诱集雄成虫量最高达43头。根据敦煌市棉铃虫成虫的发生情况,建议成虫防治适期应在3个高峰期来临前,即分别

于7月上旬、8月上旬和9月上旬进行防治。

2.2 田间药剂防治试验筛选结果

2.2.1 不同药剂对棉蚜的防效

药后1 d,植物源农药0.5%藜芦碱SL对棉蚜的防效最高,为51.29%,化学药剂20%啶虫脒WP次之,防效为37.58%,植物源农药0.5%苦参碱AS和矿物源药剂49%软皂AS防效分别为36.74%和32.92%;药后3 d,0.5%藜芦碱SL的防效最高,为76.47%,49%软皂AS的防效也比较好,达48.99%;药后5 d,49%软皂AS和0.5%藜芦碱SL的防效最高,分别为78.65%和61.66%,化学农药20%啶虫脒WP和10%吡虫啉WP的防效分别为51.35%和50.72%;药后10 d,49%软皂AS的防效最高,为

84.83%,其次是20%啶虫脒WP和10%吡虫啉WP,防效达73.34%和72.29%,0.5%苦参碱AS的防效相对较好,达70.51%,0.5%藜芦碱SL和5%除虫菊素EC也表现出较好的防效,为61.69%和62.79%;药后14 d,20%啶虫脒WP和10%吡虫啉WP的防效最高,达到91.25%和88.03%,49%软皂AS和0.5%藜芦碱SL的防效较好,分别为87.38%和83.02%,0.5%苦参

碱AS和5%除虫菊素EC的防效为76.93%和75.10%,6%鱼藤酮ME的防效相对较低,为65.74%(表1)。综合分析发现,植物源药剂具有缓效性,建议在棉蚜发生较轻时优先使用矿物源药剂49%软皂AS、植物源药剂0.5%藜芦碱SL和0.5%苦参碱AS进行防治,在棉蚜大发生时喷施化学农药20%啶虫脒WP和10%吡虫啉WP迅速压低棉蚜种群数量。

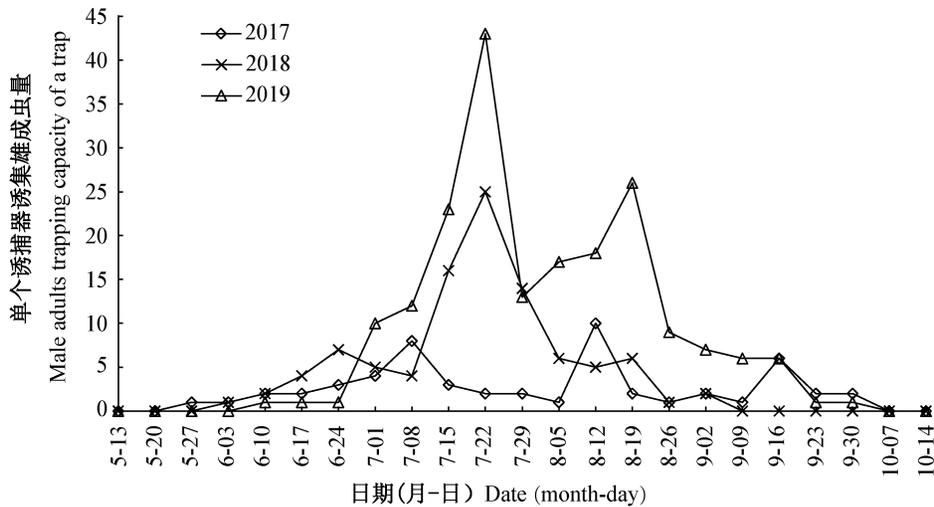


图6 2017—2019年甘肃省敦煌市棉田棉铃虫成虫种群的发生动态

Fig. 6 The occurrence dynamics of *Helicoverpa armigera* adult populations in cotton fields of Dunhuang, Gansu Province during 2017—2019

表1 9种不同类型药剂对棉蚜的田间防效

Table 1 Control effects of nine pesticides against *Aphis gossypii* in the field

药剂 Pesticide	施药量 Dosage	药后1 d 1st day after spraying	药后3 d 3rd day after spraying	药后5 d 5th day after spraying	药后10 d 10th day after spraying	药后14 d 14th day after spraying
6% 鱼藤酮微乳剂 6% rotenone ME	600 mL/hm ²	18.69±1.20 d	35.13±7.07 bc	31.77±3.81 c	48.19±2.30 de	65.74±1.80 c
0.5% 藜芦碱可溶液剂 0.5% veratrine SL	4 000 mL/hm ²	51.29±2.81 a	76.47±2.18 a	61.66±3.84 ab	61.69±5.62 bcd	83.02±2.30 ab
0.3% 印楝素乳油 0.3% azadirachtin EC	800 mL/hm ²	25.58±3.22 cd	38.23±0.53 bc	31.99±5.17 c	40.30±6.94 e	47.92±4.18 d
0.5% 苦参碱水剂 0.5% matrine AS	1 500 mL/hm ²	36.74±5.20 b	32.74±5.97 bc	43.26±5.21 bc	70.51±5.53 abc	76.93±3.51 b
49% 软皂水剂 49% soft soap AS	6 000 mL/hm ²	32.92±2.91 bc	48.99±3.97 b	78.65±1.92 a	84.83±2.36 a	87.38±0.70 a
5% 除虫菊素乳油 5% pyrethrins EC	750 mL/hm ²	25.69±0.20 cd	33.67±9.61 bc	46.13±11.88 bc	62.79±3.86 bcd	75.10±3.72 b
20% 啶虫脒可湿性粉剂 20% acetamiprid WP	600 g/hm ²	37.58±1.78 b	36.95±4.53 bc	51.35±9.55 bc	73.34±5.59 ab	91.25±2.42 a
10% 吡虫啉可湿性粉剂 10% imidacloprid WP	600 g/hm ²	24.84±6.68 cd	28.04±6.63 c	50.72±1.05 bc	72.29±3.35 ab	88.03±3.04 a
1.8% 阿维菌素乳油 1.8% abamectin EC	600 mL/hm ²	16.84±1.03 d	27.75±2.61 c	31.92±3.71 c	55.52±5.35 cd	60.60±2.41 c

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验在P<0.05水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by LSD test.

2.2.2 不同药剂对棉叶螨的防效

药后 1 d, 化学农药 8% 阿维·哒螨灵 EC 对棉叶螨的防效最高, 达 56.91%, 其次是矿物源药剂 49% 软皂 AS, 防效为 51.96%; 药后 3 d, 仍是 8% 阿维·哒螨灵 EC 的防效最高, 为 79.16%, 生物源农药 1.8% 阿维菌素 EC 和植物源农药 0.5% 藜芦碱 SL 的防效相对较好, 分别为 71.25% 和 70.25%, 植物源农药 0.5% 苦参碱 AS、矿物源药剂硅藻土+有机硅助剂和 49% 软皂 AS 的防效也较好, 分别为 66.58%、66.40% 和 65.91%; 药后 7 d, 1.8% 阿维菌素 EC 的防效最佳, 为 91.21%, 8% 阿维·哒螨灵 EC 和硅藻土+有机硅助剂的防效较好, 分别为 86.64% 和 82.13%, 0.5% 藜芦碱 SL 和 49% 软皂 AS 的防效相对较好, 分别为 75.56% 和 75.25%, 化学农药 24% 螺螨酯 SC、矿物源农药 99% 矿物油 EC、植物源药剂 78% 松油 EC 和 0.5% 苦参碱 AS 的防效均达 63.81% 以上, 表现出一

定防效; 药后 10 d, 1.8% 阿维菌素 EC 和硅藻土+有机硅助剂的防效最高, 分别为 92.81% 和 90.39%, 8% 阿维·哒螨灵 EC 和 99% 矿物油 EC 的防效相对较好, 分别为 85.00% 和 81.21%, 49% 软皂 AS、0.5% 藜芦碱 SL、78% 松油 EC、0.5% 苦参碱 AS 和 24% 螺螨酯 SC 的防效均达到 72.39% 以上, 具有一定缓效性; 药后 14 d, 大部分药剂防效下降, 其中 1.8% 阿维菌素 EC、8% 阿维·哒螨灵 EC 和硅藻土+有机硅助剂的防效仍较好, 均在 83.96% 以上, 24% 螺螨酯 SC、0.5% 苦参碱 AS、49% 软皂 AS 和 0.5% 藜芦碱 SL 的防效均在 70.41% 以上(表 2)。综合考虑, 建议防治棉叶螨优先使用植物源农药 0.5% 藜芦碱 SL、0.5% 苦参碱 AS、78% 松油 EC、矿物源药剂 49% 软皂 AS、99% 矿物油 EC、硅藻土+有机硅助剂, 防效不佳时使用生物源农药 1.8% 阿维菌素 EC、化学农药 8% 阿维·哒螨灵 EC 和 24% 螺螨酯 SC。

表 2 11 种不同类型药剂对棉叶螨的田间防效

Table 2 Control effects of 11 pesticides against cotton spider mites in the field

药剂 Pesticide	施药量 Dosage	药后 1 d 1st day after spraying	药后 3 d 3rd day after spraying	药后 7 d 7th day after spraying	药后 10 d 10th day after spraying	药后 14 d 14th day after spraying
6% 鱼藤酮微乳剂 6% rotenone ME	400 mL/hm ²	40.28±8.59 abcd	42.51±4.52 cd	44.60±8.08 de	35.99±1.12 c	41.61±4.29 d
0.5% 藜芦碱可溶液剂 0.5% veratrine SL	1 500 mL/hm ²	44.91±4.07 abc	70.25±5.87 ab	75.56±6.43 abc	77.45±4.60 ab	70.41±8.13 bc
0.5% 苦参碱水剂 0.5% matrine AS	1 500 mL/hm ²	31.33±7.82 cd	66.58±8.21 ab	63.81±8.88 cd	74.51±5.71 b	78.48±5.51 abc
24% 螺螨酯悬浮剂 24% spiroadiclofen SC	150 mL/hm ²	23.08±5.69 d	58.43±4.77 bc	67.23±7.10 bc	72.39±3.46 b	79.22±5.68 abc
99% 矿物油乳油 99% mineral oil EC	3 000 mL/hm ²	26.84±1.48 d	52.59±4.48 bcd	65.41±4.81 c	81.21±6.73 ab	62.68±8.25 c
8% 阿维·哒螨灵乳油 8% abamectin·pyridaben EC	300 mL/hm ²	56.91±6.17 a	79.16±4.66 a	86.64±4.61 ab	85.00±5.76 ab	86.00±4.26 ab
1.8% 阿维菌素乳油 1.8% abamectin EC	600 mL/hm ²	22.55±3.68 d	71.25±5.25 ab	91.21±2.31 a	92.81±1.51 a	93.62±2.13 a
49% 软皂水剂 49% soft soap AS	6 000 mL/hm ²	51.96±3.94 ab	65.91±7.17 ab	75.25±7.67 abc	78.92±2.55 ab	76.23±7.96 abc
78% 松油乳油 78% pine oil EC	600 mL/hm ²	36.57±6.67 bcd	59.78±7.57 bc	64.34±9.22 cd	77.39±7.91 ab	60.53±2.34 c
20% 啶虫脒可湿性粉剂 20% acetamiprid WP	600 g/hm ²	45.21±4.10 abc	39.79±3.95 d	37.49±4.86 e	45.60±5.34 c	23.18±6.52 e
硅藻土+有机硅助剂 Diatomite+silicone additives	12 000 g/hm ² + 200 mL/hm ²	47.51±2.44 abc	66.40±4.55 ab	82.13±1.51 abc	90.39±0.85 a	83.96±3.07 ab

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经 LSD 法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level by LSD test.

2.2.3 不同药剂对烟粉虱的防效

药后 1 d, 植物源农药 0.5% 藜芦碱 SL 和矿物源药剂硅藻土+有机硅助剂防效最高, 分别为 43.22% 和 41.19%, 具有一定速效性; 药后 3 d, 0.5% 藜芦碱

SL 和矿物源药剂 49% 软皂 AS 的防效较好, 分别为 62.17% 和 58.12%, 硅藻土+有机硅助剂的防效为 54.80%; 药后 5 d, 化学农药 30% 噻虫嗪 SC、49% 软皂 AS 和硅藻土+有机硅助剂的防效较好, 分别为

72.88%、70.60%和69.30%，0.5%藜芦碱SL、植物源农药0.3%印楝素EC和生物源农药1.8%阿维菌素EC的防效均在60.02%以上；药后7 d，1.8%阿维菌素EC、49%软皂AS、30%噻虫嗪SC和硅藻土+有机硅助剂的防效分别为84.29%、81.95%、80.79%和78.24%，防效较好，植物源农药0.5%藜芦碱SL和0.3%印楝素EC的防效分别为65.84%和70.58%，具

有一定防效和持效性(表3)。总之，植物源药剂0.5%藜芦碱SL、0.3%印楝素EC和矿物源药剂49%软皂AS及硅藻土+有机硅助剂对烟粉虱防效好，持效性较强，都可用于棉田烟粉虱的防治。生物农药1.8%阿维菌素EC和化学农药30%噻虫嗪SC均具有稳定的防效，能有效抑制棉田烟粉虱的增长，可作为植物源药剂防效不佳时的备选药剂。

表3 8种不同类型药剂对烟粉虱的田间防效

Table 3 Control effects of eight pesticides against *Bemisia tabaci* in the field

药剂 Pesticide	施药量 Dosage	药后1 d 1st day after spraying	药后3 d 3rd day after spraying	药后5 d 5th day after spraying	药后7 d 7th day after spraying
6% 鱼藤酮微乳剂 6% rotenone ME	600 mL/hm ²	24.76±3.82 c	35.51±4.50 d	43.30±5.29 b	53.90±4.82 c
0.5% 藜芦碱可溶液剂 0.5% veratrine SL	1 500 mL/hm ²	43.22±3.22 a	62.17±5.87 a	60.48±1.36 ab	65.84±3.63 bc
0.3% 印楝素乳油 0.3% azadirachtin EC	800 mL/hm ²	27.46±1.25 bc	38.60±0.60 d	60.92±7.21 ab	70.58±0.69 ab
99% 矿物油乳油 99% mineral oil EC	6 000 mL/hm ²	23.95±1.91 c	40.54±4.02 cd	49.21±3.16 b	53.43±4.16 c
49% 软皂水剂 49% soft soap AS	12 000 mL/hm ²	34.87±5.81 abc	58.12±5.78 ab	70.60±5.75 a	81.95±1.73 a
30% 噻虫嗪悬浮剂 30% Thiamethoxam SC	600 mL/hm ²	24.60±4.98 c	48.52±4.63 abcd	72.88±7.08 a	80.79±6.25 ab
1.8% 阿维菌素乳油 1.8% abamectin EC	600 mL/hm ²	23.99±8.23 c	44.66±4.85 bcd	60.02±4.14 ab	84.29±4.29 a
硅藻土+有机硅助剂 Diatomite+silicone additives	12 000 g/hm ² + 200 mL/hm ²	41.19±5.11 ab	54.80±5.52 abc	69.30±7.55 a	78.24±8.72 ab

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by LSD test.

2.2.4 不同药剂对棉蓟马的防效

药后1 d，生物源农药5%多杀霉素SC对棉蓟马的防效最高，为42.51%，显著高于其他药剂；药后3 d，5%多杀霉素SC的防效最高，为51.01%，化学农药10%吡虫啉WP的防效为48.47%；药后5 d，植物源农药1.5%除虫菊素EW和化学农药30%噻虫嗪SC的防效迅速升高，分别达到67.52%和64.29%，5%多杀霉素SC和10%吡虫啉WP的防效均在56.16%以上，防效稳定；药后10 d，30%噻虫嗪SC和1.5%除虫菊素EW的防效最高，分别为74.47%和73.03%，5%多杀霉素SC和10%吡虫啉WP的防效分别为62.82%和61.90%；药后14 d，1.5%除虫菊素EW和30%噻虫嗪SC的防效分别为90.93%和88.73%，10%吡虫啉WP和植物源农药0.5%苦参碱AS的防效分别为84.96%和81.24%，5%多杀霉素SC的防效为72.92%，此外，0.3%苦参碱AS和植物源农药0.3%印楝素EC对棉蓟马也有一定的持效性，防效均达67.35%以上(表4)。总之，考虑到敦煌市棉田

中棉蓟马发生较轻，推荐植物源药剂1.5%除虫菊素EW和0.5%苦参碱AS作为首选药剂。生物源农药5%多杀霉素SC和化学药剂30%噻虫嗪SC及10%吡虫啉WP在植物源药剂防效不佳时使用。

3 讨论

本研究通过对敦煌市棉蚜发生动态的调查发现，2017—2019年河西走廊棉区棉蚜发生规律基本相似，于5月上旬出现，均有2个高峰期，分别出现在6月中旬和7月中下旬，与张新瑞等(2002)于1994年在敦煌市对棉蚜发生动态的研究结果一致，说明近年来敦煌市棉区棉蚜发生时间未有明显变化。但2017年棉蚜最大高峰虫量明显高于2018年和2019年，可能原因主要有2点，一是2018年苗蚜发生期内温度较低，苗蚜发育速度减慢，种群数量上升缓慢；二是2018年6月中旬敦煌市出现罕见暴雨，降雨量超过25.8 mm，而敦煌市长年干旱少雨，年均降水量仅39 mm，低温高湿的自然环境不利于棉蚜生长发育，

导致伏蚜高峰期延迟,降低伏蚜种群数量,因此越冬虫源基数减少,2019年总体发生量较小。徐遥等(2004)发现在南疆莎车县荒地镇种植转基因抗虫棉 GK-19、SGK-321 以及其亲本泗棉 3 号和石远 321 号的自控田蚜虫类百株 3 叶虫量分别为 23 576.67、22 058.34、5 325.70 和 26 133.30 头;江海澜等(2017)研究发现 2016 年新疆库尔勒市百株苗蚜量为 13 058 头,单株苗蚜量最高达 283 头。本研究调查结果显示,百株 3 叶虫量最高为 8 713 头,低于 1995 年调查的最大百株 3 叶虫量 9 398 头(张新瑞等,2002),未达到百株 3 叶虫量 15 000~20 000 头的防治指标(仵均祥,2016),说明河西走廊棉区近年来棉

蚜发生较轻。因此,敦煌市棉蚜可不用化学农药防治,遇刮风或降雨等天气,种群数量自然减少,同时还应注重对棉花害虫天敌的保护,以生态自然调控将棉蚜控制在经济损害允许水平以下(郭建英等,2007)。本研究药剂筛选试验结果表明,0.5% 藜芦碱 SL 速效性较好,49% 软皂 AS 持效性较强,与前人研究结果基本一致(沈平等,2014;范巧兰等,2015;张谦等,2020)。因此,建议棉蚜防治应从苗期开始利用黄板做好田间监测,根据本研究建议的防治时间,若达到防治指标时先喷施植物源农药进行控制,防效不佳时建议立即选用高效低毒的化学农药进行防治,避免种群继续增长,造成经济损失。

表 4 9 种不同类型药剂对棉蓟马的田间防效

Table 4 Control efficacy of nine pesticides against *Thrips tabaci* in the field

%

药剂 Pesticide	施药量 Dosage	药后 1 d 1st day after spraying	药后 3 d 3rd day after spraying	药后 5 d 5th day after spraying	药后 10 d 10th day after spraying	药后 14 d 14th day after spraying
30% 噻虫嗪悬浮剂 30% thiamethoxam SC	300 mL/hm ²	20.58±5.90 d	38.16±1.01 abc	64.29±3.20 a	74.47±3.36 a	88.73±3.65 a
0.3% 苦参碱水剂 0.3% matrine AS	1 500 mL/hm ²	23.20±1.56 cd	24.85±6.74 cd	27.44±0.34 f	51.96±3.84 c	67.52±3.10 cd
7.5% 鱼藤酮乳油 7.5% rotenone EC	6 000 mL/hm ²	24.55±1.89 bcd	29.84±6.25 bcd	40.31±2.08 d	45.96±3.32 c	54.82±3.35 e
0.3% 印楝素乳油 0.3% azadirachtin EC	800 mL/hm ²	33.68±4.98 abc	42.25±1.03 ab	48.77±0.50 c	52.65±2.55 c	67.35±4.73 cd
0.5% 苦参碱水剂 0.5% matrine AS	800 mL/hm ²	20.88±0.88 d	23.72±6.80 d	33.64±2.81 e	47.56±3.33 c	81.24±0.59 ab
5% 多杀霉素悬浮剂 5% spinosyn SC	300 mL/hm ²	42.51±2.03 a	51.01±2.38 a	56.74±1.14 b	62.82±1.10 b	72.92±7.21 bc
20% 啉虫脒可湿性粉剂 20% acetamiprid WP	300 g/hm ²	33.59±5.49 abc	47.97±3.37 a	51.29±2.56 bc	46.28±2.62 c	58.77±3.41 de
1.5% 除虫菊素水乳剂 1.5% pyrethrin EW	6 000 mL/hm ²	35.63±2.55 ab	45.21±2.95 a	67.52±0.91 a	73.03±2.52 a	90.93±2.44 a
10% 吡虫啉可湿性粉剂 10% imidacloprid WP	600 g/hm ²	39.74±2.40 a	48.47±4.73 a	56.16±2.63 b	61.90±3.08 b	84.96±3.13 ab

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经 LSD 法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by LSD test.

本研究调查发现,2017—2019 年敦煌市棉叶螨有 2 个发生高峰期,2018 年棉叶螨最大高峰虫量明显比 2017 年和 2019 年低,原因可能是 2018 年温度较低,且降雨量大,不利于棉叶螨大发生。另外,常年连作、水肥管理不当也会导致田间棉叶螨大发生(郭纪萍,2019)。瓦热斯·为力等(2019)研究发现,阿克苏地区棉叶螨第 1 次高峰出现在 7 月 29 日,第 2 次高峰出现在 9 月 2 日,与本研究结果存在差异,可能是因为两地气候条件不同。根据本研究结果及南宏宇(2010)报道,建议敦煌市棉区棉叶螨最佳防治时期应在 2 个高峰期来临前,即分别于 6 月下旬和

7 月中旬选用植物源农药进行防治,如遇大发生年份,应结合高效低毒的化学农药及时进行控制。本研究药剂筛选试验结果表明,化学药剂 8% 阿维·哒螨灵 EC 和生物源农药 1.8% 阿维菌素 EC 对棉叶螨持效性较好,这与阿布都克尤木·卡德尔等(2014)防治枣园土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* 的结论相似;而 0.5% 苦参碱 AS 与李鉴鉴等(2020)对二斑叶螨的田间药效测定结果基本一致。因此建议应从棉花苗期开始做好虫情监测,在苗期有螨株率达 3%~5% 时,喷施植物源农药 0.5% 藜芦碱 SL、0.5% 苦参碱 AS、49% 软皂 AS、78% 松油 EC、99% 矿物油

EC或硅藻土+有机硅助剂进行点片防治,后期有蚜株率达15%~20%时(仵均祥,2016),选用化学农药8%阿维·哒螨灵EC和24%螺螨酯SC或生物源农药1.8%阿维菌素EC进行全田防治。同时棉叶螨主要在棉田周围杂草或枯枝落叶中越冬,应在早春及时清除田边杂草及落叶,减少进入棉田的虫口基数(南宏宇,2010)。此外,在7月中下旬,棉叶螨和棉蚜达到高峰后,棉蚜种群减退幅度快,因此后期防治应以棉叶螨为主。

本研究调查发现敦煌市烟粉虱的种群动态呈先增加后减少的趋势,7月上旬开始在棉田出现,只有1个发生高峰期,与刘珍等(2015)在山西省棉区、丁茜等(2018)在吐鲁番市棉区的研究结果相似。王伟等(2007)调查发现敦煌市棉田烟粉虱同样也只有1个发生高峰期,但较本研究结果整体发生时间前移30 d左右。本研究调查发现2018年敦煌市棉田烟粉虱大暴发是因为棉田附近的温室蔬菜收获后没有进行闷棚处理,导致温室虫源转移到棉田猖獗为害;而2019年做好了温室内烟粉虱的管理与防治,棉田烟粉虱得到有效控制。另外,敦煌市烟粉虱越冬的主要场所为温室大棚,因此做好温室大棚烟粉虱的防治工作十分重要。或者通过在棉田周围的大棚种植烟粉虱非嗜好性作物,降低来年烟粉虱迁入棉田的数量(王伟等,2007)。根据烟粉虱的发生动态,建议敦煌市烟粉虱防治适期为8月上旬。在前期发生较轻时,建议用黄板等物理防治方法进行监测和控制,达到1.9头若虫/cm²的防治指标(顾爱祥等,2019)或数量急剧上升时喷施农药进行防治,建议选用本研究筛选推荐的植物源农药0.5%藜芦碱SL、0.3%印楝素EC和49%软皂AS进行防治,防效不佳时选用化学农药1.8%阿维菌素EC及30%噻虫嗪SC即能有效抑制棉田烟粉虱种群增长。同时,同一棉区内应同时施药,结合植保无人机等现代施药设备,做好区域内的统防统治(王元桃等,2017;沙帅帅,2019)。

2017—2019年敦煌市棉蓟马种群发生动态基本相似,为5月下旬开始出现,9月开始消亡,在7月上旬至8月上旬有1个明显的高峰期。由于棉蓟马主要为害花,所以棉蓟马种群高峰期主要集中在棉花花期,花期过后其种群数量迅速减少。因此,建议棉蓟马最佳防治时期应在开花初期,即7月上旬,当有虫株率达到10%时进行防治。根据本研究药剂筛选结果,推荐植物源药剂1.5%除虫菊素EW和0.5%苦参碱AS作为棉蓟马防治的首选药剂,生物

源农药5%多杀霉素SC、化学药剂30%噻虫嗪SC和10%吡虫啉WP在防效不佳时使用。

敦煌市棉田棉铃虫幼虫1年发生3代,全年有3个发生高峰期,分别在7月下旬、9月上旬和9月中旬,2018年7月突降暴雨导致高峰期较2017年有所提前,第2代和第3代出现世代重叠现象,但均未达到36头/百株的防治指标(仵均祥,2016)。这与该地区2004年棉铃虫发生趋势存在一定差异,但高峰期的百株虫量相近(魏玉红等,2007),可能是因为气候变化导致棉铃虫发生时间推迟。棉铃虫成虫全年有3个发生高峰期,分别在7月上中旬、8月中下旬和9月中旬。2019年敦煌市棉铃虫成虫自出现后数量就迅速升高,且在7月中旬诱捕量达到该年的最高峰,所以推测2019年棉铃虫成虫在敦煌市可能发生4代,但第1代由于天气原因导致在自然界中的存活率较低而未被监测到。建议成虫防治适期为7月上旬、8月上旬及9月上旬。根据棉铃虫幼虫与成虫发生动态,建议最佳防治时期应为7月上旬,从棉花苗期开始做好田间监测,第1代成虫期使用诱捕器和性诱剂诱芯即可起到较好的防效。也有研究表明在棉铃虫发生不严重的年份第2代幼虫是防治环节中的重点,幼虫达到36头/百株的防治指标时可喷施植物源农药0.5%藜芦碱和0.3%苦参碱进行防治(魏玉红等,2007;魏周秀和刘小侠,2020)。

庄生仁等(2009)调查发现河西走廊棉区整体化学农药使用次数相对其他棉区较少,但由于棉农缺乏科学的绿色防控技术指导,个别地区化学药剂使用次数过于频繁。为防患于未然,保护好该地区棉花的绿色安全生产,减少环境污染,维持生态平衡,建议应本着“预防为主,综合防治”的指导思想,最大限度地利用本地区自然调控因素(刮风、降雨等),综合运用农业防治技术如调整棉花种植结构,选择最佳的轮作或套作方式,棉花收获后,棉田做好秋耕冬灌,清除田边枯枝败叶,减少越冬虫源,早春要及时清理田边杂草,减少进入棉田的虫口基数;物理防治技术如从苗期开始利用黄板、蓝板以及诱捕器做好棉田虫情监测,准确掌握害虫发生趋势,确定防治适期和防治方法;生物防治技术如利用植物源农药或保护利用天敌等防治措施。其次,对烟粉虱这样的害虫应做好棉田附近温室大棚内越冬虫源的消杀,揭棚前做好棚内烟粉虱的集中防治,阻断温室内害虫向棉田的迁飞。同时,一定要做到统防统治,如利用无人机大面积高效施药,这样才能有效控制其大发生,达到减肥减药增效的目的。

参 考 文 献 (References)

- Abudukeyim·Kader, Zhu XF, Xu BQ, Song B, Tuerxunayi·Tulake, Yang S. 2014. Control efficacy trial of several acaricides to jujube trees. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 51(1): 54-57 (in Chinese) [阿布都克尤木·卡德尔, 朱晓锋, 徐兵强, 宋博, 图尔荪阿依·图拉克, 杨森. 2014. 几种杀螨剂防治枣树土耳其斯坦螨药效研究. *新疆农业科学*, 51(1): 54-57]
- Cao W, Sawula·Tewuhetamaiti, Rehanguli·Shataer, Xiong RC, Yao YS. 2020. Synergistic effects of different auxiliaries on the control of cotton aphid by matriline. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 57(4): 623-629 (in Chinese) [曹巍, 沙吾拉·特吾合塔买提, 热汗古丽·沙塔尔, 熊仁次, 姚永生. 2020. 不同助剂对苦参碱防治棉蚜的增效作用. *新疆农业科学*, 57(4): 623-629]
- Chen ZQ, Liang WL, Huang LP, Shen BB. 2020. Identification of 29 strains of entomogenous fungi and their toxicity to *Bemisia tabaci*. *Journal of South China Agricultural University*, 41(4): 57-67 (in Chinese) [陈中琴, 梁文龙, 黄丽萍, 沈斌斌. 2020. 29株虫生真菌的鉴定及对烟粉虱的毒力. *华南农业大学学报*, 41(4): 57-67]
- Ding Q, Zeng AP, Wang YP. 2018. Occurring dynamics of main insect pests in cotton field and efficiency of different insecticides on main pests in Turpan. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 46(4): 134-137 (in Chinese) [丁茜, 曾爱平, 王岩萍. 2018. 吐鲁番市棉田主要害虫发生动态及防治药剂筛选. *安徽农业科学*, 46(4): 134-137]
- Fan QL, Liu Z, Zhang LP, Zhang GY, Wei MF. 2015. Effects of 0.5% veratridine soluble liquid on aphids (*Aphis gossypii*) in cotton field. *China Cotton*, 42(1): 27-29 (in Chinese) [范巧兰, 刘珍, 张丽萍, 张贵云, 魏明峰. 2015. 0.5% 藜芦碱可溶液防治棉蚜试验. *中国棉花*, 42(1): 27-29]
- Gao YH, Yu JN, Wang H. 2011. Determination of toxicity to *Aphis gossypii* by organic pesticide and test of pesticide effects in field. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 48(2): 344-347 (in Chinese) [高有华, 于江南, 王华. 2011. 有机农药对棉蚜的毒力测定及田间药效试验. *新疆农业科学*, 48(2): 344-347]
- Gu AX, Zhou FC, Yang YZ, Su HH. 2019. Study on the damage of *Bemisia tabaci* to cotton and the economic threshold in cotton fields. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 56(1): 67-73 (in Chinese) [顾爱祥, 周福才, 杨益众, 苏宏华. 2019. 棉田烟粉虱的为害及其经济阈值分析. *新疆农业科学*, 56(1): 67-73]
- Guo JP. 2019. Occurrence characteristics and comprehensive control of mite in cotton field. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology*, 42(6): 29-30 (in Chinese) [郭纪萍. 2019. 棉田棉叶螨的发生特点与综合防治. *新疆农垦科技*, 42(6): 29-30]
- Guo JY, He H, Wan FH, Zhang GF, Han ZJ. 2007. Key factors affecting the population dynamics of *Aphis gossypii* in transgenic insect-resistant cotton fields. *Journal of Plant Protection*, 34(3): 229-234 (in Chinese) [郭建英, 何华, 万方浩, 张桂芬, 韩召军. 2007. 转基因抗虫棉田棉蚜种群消长关键因素分析. *植物保护学报*, 34(3): 229-234]
- Hu D, Zhang X, Luo JC, Nan HY, Li YP. 2019. Study on occurrence dynamics of *Aphis gossypii* and botanical pesticide control technology in Hexi Corridor region. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 56(1): 38-45 (in Chinese) [胡迪, 张宣, 罗进仓, 南宏宇, 李怡萍. 2019. 河西走廊地区棉蚜发生动态及植物源农药药效分析. *新疆农业科学*, 56(1): 38-45]
- Jiang HL, Deng XX, Avaguli·Tuoheti, Guan JZ. 2017. Occurrence and cause analysis of major cotton pests in Korla, Xinjiang from 2014 to 2016. *China Cotton*, 44(9): 40, 45 (in Chinese) [江海澜, 邓小霞, 阿瓦古丽·托合提, 管吉钊. 2017. 新疆库尔勒2014—2016年棉花主要害虫发生概况及原因分析. *中国棉花*, 44(9): 40, 45]
- Jiang WL, Ma XY, Ren XL, Hu HY, Ma YJ, Wang D, Ma Y. 2018. Efficacy of six kinds of insecticides to control cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover) under different application methods. *China Cotton*, 45(6): 12-14, 30 (in Chinese) [姜伟丽, 马小艳, 任相亮, 胡红岩, 马亚杰, 王丹, 马艳. 2018. 不同施药方式下6种药剂对棉蚜的防治效果研究. *中国棉花*, 45(6): 12-14, 30]
- Jiang YY, Liu J, Zeng J, Yang QP, Lu YH. 2018. Investigation and forecasting techniques for the cotton bollworm. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(1): 132-137 (in Chinese) [姜玉英, 刘杰, 曾娟, 杨清坡, 陆宴辉. 2018. 棉铃虫种群调查及测报技术应用昆虫学报, 55(1): 132-137]
- Li JJ, Hu TY, Wang GB, Nie PC, Xiao HC, Shang SQ. 2020. Virulence and field control efficacy of nine acaricides against two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in strawberry. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 29(6): 921-927 (in Chinese) [李鉴鉴, 胡铁源, 王冠博, 聂鹏成, 肖慧昌, 尚素琴. 2020. 9种杀螨剂对草莓二斑叶螨的室内毒力及田间药效试验. *西北农业学报*, 29(6): 921-927]
- Liu Z, Fan QL, Zhang LP, Zhang GY, Wei MF, Zhao YH. 2015. The population dynamics of Q-biotype *Bemisia tabaci* and usage of yellow board in transgenic bt cotton field. *China Cotton*, 42(3): 14-16 (in Chinese) [刘珍, 范巧兰, 张丽萍, 张贵云, 魏明峰, 赵玉红. 2015. 转Bt棉田Q型烟粉虱消长动态及黄板诱杀技术. *中国棉花*, 42(3): 14-16]
- Maihefupiguli·Abulimiti, Wang YP, Li J, Dilinuer·Abudureheman, Reziwanguli·Jiamali, Ma DY. 2017. Population dynamics and competitive interference behaviors of *Bemisia tabaci* and *Aphis gossypii* in field of melon intercropping with cotton. *Journal of Biosafety*, 26(1): 39-46 (in Chinese) [买合甫皮古丽·阿不力米提, 王岩平, 李京, 迪丽努尔·阿布杜热合曼, 热孜万古丽·加马力, 马德英. 2017. 瓜套棉田烟粉虱与棉蚜种群动态及竞争干扰行为研究. *生物安全学报*, 26(1): 39-46]
- Nan HY. 2010. Analysis on the control technology of cotton aphid and cotton leaf mite in Hexi Corridor cotton area. *Jiangxi Cotton*, 32(6): 41-42 (in Chinese) [南宏宇. 2010. 河西走廊棉区棉蚜和棉叶螨防治技术探析. *江西棉花*, 32(6): 41-42]
- Reziwanguli·Abuduhani, Wan FH, Maihefupiguli·Abulimiti, Yang NW, Nurenamu·Mamuti, Reziwanguli·Jamali, Ma DY. 2016. Temporal and spatial dynamics of *Bemisia tabaci* in cropping pattern of melon intercropping with cotton. *Plant Protection*, 42(1): 165-169 (in Chinese) [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. 2016. 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]
- Sha SS. 2019. Occurrence regularity of pests in cotton fields and evaluation of UVA operation effect in Maigaiti Reclamation Area. Master thesis. Alaer: Tarim University (in Chinese) [沙帅帅. 2019. 棉田害虫发生规律及UVA作业效果评价. 硕士学位论文. 阿拉善: 塔里木大学 (in Chinese)]

- 麦盖提垦区棉田害虫发生规律及无人机作业效果评价. 硕士学位论文. 阿拉尔: 塔里木大学
- Shen P, Wu JH, Liu P, Yang XY, Zhu HY, Zhang YQ, Deng G. 2014. Screening of insecticides for the control of *Aphis gossypii* and the effect on *Harmonia axyridis* larvae. Journal of Gansu Agricultural University, 49(6): 96-101 (in Chinese) [沈平, 吴建华, 刘萍, 杨学毅, 朱惠英, 张永强, 邓刚. 2014. 棉蚜防治药剂筛选及对异色瓢虫幼虫的影响. 甘肃农业大学学报, 49(6): 96-101]
- Shi JG, Zhuang SR, Zhan YJ. 2014. Natural characteristics, production zoning, and development strategy of cotton industry in Gansu Province. Research of Agricultural Modernization, 35(5): 536-542 (in Chinese) [石建国, 庄生仁, 詹有俊. 2014. 甘肃省棉花生产的自然特点和区域划分及发展思路. 农业现代化研究, 35(5): 536-542]
- Song F, Zhuang SR, Zhao GB, Li H. 2012. Strengthen the high yield integrated technology application, promote quality and benefits in Gansu cotton industry. China Cotton, 39(7): 7-9 (in Chinese) [宋福, 庄生仁, 赵贵宾, 李虹. 2012. 加强高产集成技术应用, 推动甘肃棉花产业提质增效. 中国棉花, 39(7): 7-9]
- Tang LD, Liang YP, Han Y, Fu BL, Qiu HY, Zhang RM, Wu JH, Liu K. 2015. Investigation on the occurrence of pests in Hainan cowpea thrips and the technology of blue plate monitoring. China Plant Protection, 35(3): 53-57, 93 (in Chinese) [唐良德, 梁延坡, 韩云, 付步礼, 邱海燕, 张瑞敏, 吴建辉, 刘奎. 2015. 海南豇豆蓟马发生为害调查及蓝板监测技术研究. 中国植保导刊, 35(3): 53-57, 93]
- Wang N, Nan HY, Feng KY. 2016. Occurrence dynamics of cotton leaf mites of different cotton varieties. Gansu Agricultural Science and Technology, (3): 23-26 (in Chinese) [王宁, 南宏宇, 冯克云. 2016. 10个棉花品种在河西走廊棉区的耐盐性评价. 甘肃农业科技, (3): 23-26]
- Wang W, Liu CZ, Ma F. 2007. Population dynamics and its control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton fields in Dunhuang. Agricultural Research in the Arid Areas, 25(6): 102-105 (in Chinese) [王伟, 刘长仲, 马峰. 2007. 敦煌市棉田烟粉虱的种群数量动态及防治. 干旱地区农业研究, 25(6): 102-105]
- Wang YT, Jiang W, Kuang XH, Xia ZB, Wang XT, Wu AM, Ke CQ. 2017. Discussion on the application of plant protection drones to prevent and control cotton pests of a unified. Cotton Sciences, 39(5): 42-44, 47 (in Chinese) [王元桃, 江武, 匡小红, 夏志保, 王仙桃, 吴爱民, 柯长青. 2017. 植保无人机统防统治棉花虫害的应用探讨. 棉花科学, 39(5): 42-44, 47]
- Waresi·Weli, Aikebar·Ilahong, Abudusaimaiti, Nahemaiti, Mulatijiang. 2019. Occurrence dynamics of cotton leaf mites of different cotton varieties. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 47(8): 1463-1466 (in Chinese) [瓦热斯·为力, 艾克拜尔·伊拉洪, 佐合热古丽, 木拉提江, 玛依热木. 2019. 不同棉花品种棉叶螨的发生动态. 山西农业科学, 47(8): 1463-1466]
- Wei YH, Luo JC, Jiang SL. 2007. Biological characteristics and population dynamics of cotton boll worm in Dunhuang region. China Plant Protection, 27(4): 10-13 (in Chinese) [魏玉红, 罗进仓, 姜生林. 2007. 敦煌棉区棉铃虫生物学特性和消长规律研究. 中国植保导刊, 27(4): 10-13]
- Wei ZX, Liu XX. 2020. Effects of five biological pesticides on the control of cotton bollworm in corn field. Agricultural Science-Technology and Information, (12): 10-11, 13 (in Chinese) [魏周秀, 刘小侠. 2020. 5种生物农药防治制种玉米田棉铃虫的效果试验. 农业科技与信息, (12): 10-11, 13]
- Wu JX. 2016. Agricultural entomology. 3rd edition. Beijing: China Agriculture Press, pp. 226-248 (in Chinese) [作均祥. 2016. 农业昆虫学. 第3版. 北京: 中国农业出版社, pp. 226-248]
- Xu Y, Wu KM, Li HB, Wang F, Sun SL, Li XY. 2004. Effects of transgenic Bt cotton on main pests and community of natural enemies in cotton fields. Xinjiang Agricultural Sciences, 41(5): 345-347 (in Chinese) [徐遥, 吴孔明, 李号宾, 汪飞, 孙世龙, 李祥焯. 2004. 转基因抗虫棉对新疆棉田主要害虫及天敌群落的影响. 新疆农业科学, 41(5): 345-347]
- Yang T, Zhuang SR, Zhan YJ, Ren FC, Sun JC, Yang J, Zhang X, Li Y. 2010. Current situation, problems and countermeasures of cotton production in Hexi Corridor of Gansu Province. //Proceedings of 2010 Annual Meeting of China Cotton Society. Anyang: China Cotton Magazine House, pp. 121-123 (in Chinese) [杨涛, 庄生仁, 詹有俊, 任福成, 孙建船, 杨军, 张璇, 李渊. 2010. 甘肃省河西走廊棉花生产现状、问题及对策. //中国棉花学会2010年年会论文汇编. 安阳: 中国棉花杂志社, pp. 121-123]
- Zhang Q, Qi H, Wang Y, Feng GY, Lin YZ, Liang QL, Lei XP, Wang SL. 2020. Comparison of control effects of botanical insecticides on cotton seeding aphids. Agrochemicals, 59(3): 223-225, 230 (in Chinese) [张谦, 祁虹, 王燕, 冯国艺, 林永增, 梁青龙, 雷晓鹏, 王树林. 2020. 植物源杀虫剂对棉花苗蚜防治效果比较. 农药, 59(3): 223-225, 230]
- Zhang X, Ren FC, Yang T, Zhan YJ, Sun JC, Yang J, Li Y. 2012. Damage characteristics and control methods of several common insect pests in cotton area of Hexi Corridor. Agricultural Science-Technology and Information, (12): 32-33 (in Chinese) [张璇, 任福成, 杨涛, 詹有俊, 孙建船, 杨军, 李渊. 2012. 河西走廊棉区几种常见虫害的为害特点及防治方法. 农业科技与信息, (12): 32-33]
- Zhang XM, Xu HY, Yang NW, Wan FH. 2018. Field cage evaluation of the biocontrol effect of two aphelinid parasitoids on *Bemisia tabaci* Mediterranean (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Plant Protection, 45(6): 1281-1288 (in Chinese) [张晓明, 徐海云, 杨念婉, 万方浩. 2018. 两种蚜小蜂对烟粉虱MED隐种的田间笼罩控效评价. 植物保护学报, 45(6): 1281-1288]
- Zhang XR, Chen M, Hu GF, Luo JC, Guo ZJ. 2002. Study on population dynamics of aphid and natural enemy in cotton field. Gansu Agricultural Science and Technology, (5): 42-44 (in Chinese) [张新瑞, 陈明, 胡冠芳, 罗进仓, 郭致杰. 2002. 敦煌市棉田蚜虫及天敌种群消长动态研究. 甘肃农业科技, (5): 42-44]
- Zheng YY, Chen SJ, Pan GM, Yu DP, Li QS. 2019. Control effects of 30% SYP-9625 suspension concentrate against cotton spider mites in field. China Cotton, 46(6): 33-34 (in Chinese) [郑曰英, 陈善军, 潘光明, 于佃平, 李庆锁. 2019. 30%乙唑螨腈悬浮剂防治棉叶螨田间药效. 中国棉花, 46(6): 33-34]
- Zhuang SR, Zhan YJ, Ren FC, Yang T, Sun JC, Ma D. 2009. Distribution, damage and control countermeasures of main diseases and insect pests of cotton in Hexi Corridor. China Cotton, 36(11): 4-7 (in Chinese) [庄生仁, 詹有俊, 任福成, 杨涛, 孙建船, 马栋. 2009. 河西走廊棉花主要病虫害分布、危害与防治对策. 中国棉花, 36(11): 4-7]

(责任编辑:李美娟)