



蚜虫新型预警网络的构建及其绿色防控技术研究^{*}

乔格侠^{1**} 秦启联¹ 梁红斌¹ 曹雅忠² 许国庆³ 高占林⁴ 徐伟钧⁵
武予清⁶ 李学军⁷ 赵章武⁸ 成新跃⁹

- (1. 中国科学院动物研究所动物进化与系统学国家重点实验室 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101;
2. 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;
3. 辽宁省农业科学院植物保护研究所 沈阳 110161; 4. 河北省农林科学院植物保护研究所 河北省农业有害生物综合治理工程技术研究中心 保定 071000; 5. 黑龙江省农业科学院植物保护研究所 哈尔滨 150086;
6. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室, 农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室 郑州 450002; 7. 沈阳师范大学 辽宁省生物进化与生物多样性重点实验室 沈阳 110034;
8. 中国农业大学农学与生物技术学院 北京 100193; 9. 北京师范大学生命科学学院 北京 100875)

摘要 在公益性行业(农业)科研专项的支持下,项目组在我国大豆和小麦主产区进行了蚜虫监测预警及绿色防控技术的研究。构建了基于吸虫塔的蚜虫监测预警网络系统,在蚜虫基础生物学研究、天敌资源普查及其控蚜作用研究的基础上,研发了多项以生物防治为主体的蚜虫绿色防控技术,包括天敌人工助迁、人工饲养天敌释放、作物邻间作措施、物理防控、隐蔽性施药等。相关技术措施在我国的东北、华北等大豆蚜、麦蚜为害严重的大豆产区和小麦主产区共建立了4个规模较大的试验示范区,取得了较好的综合效益。

关键词 蚜虫, 吸虫塔, 预警, 绿色防控

A new aphid-monitoring network system based on suction trapping and development of “green techniques” for aphid management

QIAO Ge-Xia^{1**} QIN Qi-Lian¹ LIANG Hong-Bin¹ CAO Ya-Zhong²
XU Guo-Qing³ GAO Zhan-Lin⁴ XU Wei-Jun⁵ WU Yu-Qing⁶
LI Xue-Jun⁷ ZHAO Zhang-Wu⁸ CHENG Xin-Yue⁹

- (1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pest, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
3. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China;
4. Plant Protection Institute of Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, IPM Center of Hebei Province, Baoding 071000, China; 5. Plant Protection Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China;
6. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Henan Key Laboratory for Control of Crop Diseases and Insect Pests, IPM Key Laboratory in Southern Part of North China for Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China;
7. Liaoning Key Laboratory of Biodiversity and Evolution, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China;
8. College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 9 College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract Supported by the National Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest, a new aphid-monitor network system based on suction trapping has been constructed around the main production areas of soybean and wheat in China and several green techniques developed to control aphid infestations in soybean and wheat crops. Some

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803002、201103022)。

^{**}项目首席科学家, E-mail: qiaogx@ioz.ac.cn

收稿日期:2011-10-27,接受日期:2011-11-01

basic biological aspects of the soybean aphid *Aphis glycines* Matsumura were clarified and the potential of its natural enemies to suppress aphid populations was investigated. The green techniques developed to control aphids are based on biological control principles and include artificially moving natural enemies to crop fields, artificial mass rearing lady beetles to control aphids, intercropping or adjacent cropping, measurements of physical control and applying chemicals in concealment. All these techniques had demonstrated benefits in a total of 4 demonstration plots where aphids had previously been causing severe crop losses.

Key words aphid, suction trap, early warning, green management

蚜虫是多种农作物上的重大害虫,由于具有个体较小、生活周期短、生活史复杂、繁殖力强(孤雌胎生)、刺吸为害等生物学和生态学的特征,造成其发生隐蔽、蔓延扩散迅速、难于防控,严重影响受害作物的品质和产量。建立有效的蚜虫监测和控制的技术体系,用安全环保的绿色技术手段将蚜虫的蔓延危害尽早、尽快地控制在其发生的萌芽阶段,是成就绿色农业的必要保障。

大豆是我国重要的油料作物,而危害大豆生产的最主要害虫是大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura。大豆蚜在大豆植株的嫩叶和嫩茎上刺吸汁液,侵害嫩荚,造成植株矮小,果枝和豆荚数减少,千粒重降低,严重时可使整株死亡。大发年份轻则减产 20% ~ 30%,重则减产 50% 以上,甚至绝收(刘国地和曹晓冬,2011)。此外,大豆蚜虫还能传播大豆花叶病毒病,影响植株生长,严重时大豆减产 80%。近年来该种蚜虫在东北大豆产区频繁暴发危害,给当地大豆生产造成巨大损失。如 2004 年黑龙江省大豆蚜暴发,危害面积 139.3 万公顷次,占种植面积的 40% 以上(王春荣等,2005)。小麦是我国的三大主要粮食作物之一,小麦蚜虫是各小麦产区的猖獗性重大害虫。20 世纪 90 年代以来,麦蚜年发生面积迅速上升,由 1972 年的 342 万 hm^2 上升到 1999 年的 1 838 万 hm^2 。虽经大力防治,每年仍然损失小麦 50 万吨以上;其中在 1995 年和 1999 年分别损失 83.2 万吨和 82.7 万吨,占小麦病虫害造成损失总量的 1/3。21 世纪后,麦蚜在各麦区仍呈中等偏重发生态势,据不完全统计,全国麦蚜年发生面积持续保持在 1 000 万公顷次以上(曹雅忠等,2006)。2001 年小麦蚜虫在山东、河北、河南、陕西、山西和京津等地发生严重,辽宁和甘肃陇东亦为大发生,局部地区偏重发生,全国发生面积为 1 196 万公顷次,比 2002 年减少 360.6 万公顷次(傅玉祥和梁书升,2004)。2004 年麦蚜发生危害又有所上升,全国发

生面积为 1 400 万公顷次以上,其中山西、河北、山东、江苏、甘肃、四川、河南、安徽、陕西等省发生较重(曹雅忠等,2006)。

当前蚜虫防治中存在的主要问题有:(1)缺乏有效监测,错过防治最佳时期。(2)大豆或者小麦都是单一连片种植,高产、抗蚜力弱的品种大面积推广,都加重了蚜虫的危害程度。(3)大量频繁使用广谱高毒化学农药,致使蚜虫抗药性增强、天敌数量锐减,破坏了田间生态平衡,严重削弱了天敌的田间抑制作用,造成了蚜虫种群猖獗,为害加重。针对上述问题,在公益性行业(农业)科研专项《蚜虫防控技术与示范(200803002)》和《作物蚜虫综合防控体系研究与推广(201103022)》的支持下,项目组初步构建了蚜虫动态监测网络体系,集成了生物学、生态学、植物保护、天敌人工饲养等理论和技术,挖掘自然界天敌多样性的潜力,初步形成了蚜虫绿色防控技术体系,并在一定范围内进行示范推广,服务于我国的绿色农业和生态安全。本文简要介绍了项目实施 3 年以来所取得的主要成果。

1 吸虫塔的研发及其预警网络的构建

吸虫塔(suction trap)是当前欧美等国用于蚜虫动态监控和预警的大型植保测报设备,已经在欧洲和北美形成成熟的蚜虫监控预警网络系统,为蚜虫的防控提供依据(Allison and Pike, 1988; Macaulay *et al.*, 1988; Cullen, 2006)。吸虫塔的工作原理是,由设备基部的轴流风机的抽吸,在塔顶管口(欧洲吸虫塔高 12 m,美国吸虫塔高 8 m)附近产生抽吸力,将途经的蚜虫等昆虫吸入样品收集瓶,监测人员定时收集样品,统计目标昆虫的数量,以此获得蚜虫迁移的种群动态。

中国科学院动物研究所和河南省济源白云实业有限公司联合,借鉴英国和美国的吸虫塔工作原理,经过半年多的摸索试验,成功研发出国产第

一台吸虫塔。同国外产品相比较,国产吸虫塔具有成本低廉,材料轻便、坚固耐用等特点。此外,根据实际需要,吸虫塔还增加了一些新功能,如定时开关器,温湿度记录仪等。设备高 8.3 m(加上顶部 0.5 m 的防鸟网,总高 8.8 m),主要由 6 m 高的吸虫管和下部的机箱,以及相应的控制部件组成。自 2008 年开始陆续在我国的东北、华北、华中、华东、西北等地布局,共安装了 21 台吸虫塔,初步构建成功覆盖我国小麦和大豆主要产区的基于吸虫塔的蚜虫迁移动态的监测预警系统,为其综合防控提供重要的监测数据。

吸虫塔从 2009 年 3 月开始在各地平稳运行,监测期内每天 24 h 运转,定时收集捕获的蚜虫,进行分类、统计数量。用吸虫塔在河南小麦项目区共诱集昆虫 8 目 41 科 69 种,蚜虫和天敌蚜茧蜂诱集量大,双翅目的瘿蚊和摇蚊诱集量也较大。不同吸虫塔监测点的蚜虫数量存在较明显的迁入高峰,河南迁入高峰比河北廊坊早半个月。数据表明,麦蚜春季随气流自南向北迁飞,南部地点的数量可以对北部地点起早期预警的作用。黑龙江省哈尔滨吸虫塔监测数据表明,2009 年和 2010 年春季分别于 6 月 3 日和 5 月 25 日开始捕捉到迁飞蚜,而大豆田始见大豆蚜分别为 6 月 23 日和 6 月 10 日。牡丹江吸虫塔分别于 6 月 9 日(2009 年,第 1 次开机收集)和 5 月 24 日(2010 年)采集到迁飞蚜,田间始见大豆蚜分别为 6 月 9 日(2009 年)和 6 月 14 日(2010 年)。从监测数据可以看出,吸虫塔至少可以提前半月掌握大豆蚜虫的迁飞动态,同时也可以实时监测蚜虫的数量高峰期,用以指导田间的调查和防治工作。

初步建成的基于吸虫塔蚜虫预警网络及其试运行结果表明,该网络所获得的数据不仅可以作为蚜虫发生为害预警的重要依据,为早期制定和布置防控措施提供依据,而且同时也可以作为其它小型迁飞性害虫的测报预警的重要手段。相信随着吸虫塔网络在更广地域的布局 and 不断完善,以及各监测点数据的统筹分析,该网络系统必将为我国包括蚜虫在内的小型迁飞性昆虫的预警和防控做出重要贡献。

2 大豆蚜基础生物学研究

已有研究表明,鼠李属(*Rhamnus*)植物是大豆蚜的越冬寄主,然而东北平原鼠李很少,大豆蚜频

繁暴发的虫源很可能不完全来自当地。为此我们研究了大豆蚜在我国及邻国发生区不同地理种群的变异,试图推断其是否具有迁飞性,并在东北当地开展了大规模的越冬寄主调查工作。

2.1 大豆蚜地理种群变异研究

利用微卫星和线粒体 COI 这 2 种具有不同遗传模式和进化速率的分子标记,研究了大豆蚜在中国各大豆种植区的 23 个地理种群,以及韩国种群在空间和时间上的遗传结构,并对其生殖模式、迁飞特征、种群分布格局及其演化历史等进行了探讨。

大豆蚜生殖模式研究结果表明,基因型多样性在南方和北方种群中都非常高,两者之间没有显著差异。南方种群的杂合度过剩不显著,暗示其可能不营孤雌生殖。大豆蚜各种群营包括有性世代的全周期生活(数据另文发表)。

大豆蚜种群的遗传格局及种群演化历史研究结果表明,大豆蚜可能只经历了较短的进化历史,基因型多样性极高。各大豆种植区之间进行比较时发现,遗传分化随地理距离的增大而增大,区与区之间符合 Isolation by distance 模型。大豆蚜经历过近期种群扩张,种群扩张时间平均为 0.236 百万年(数据另文发表)。

通过上述研究,揭示出不同大豆蚜种群遗传背景较为相似,不同种群的为害程度多与当地的气候因子等生态因素有关。不同大豆品系上遗传结构并没有特别差异,在大豆蚜的防控上可以采用较为相近的策略。对于基因型较高且分化特殊的地区(比如辽宁岫岩,吉林公主岭等),大豆蚜种群的天敌种类和数量较高,并存在特异的天敌种类,因此,在这些地区合理保护大豆蚜种群遗传多样性、保护野生大豆、保育天敌、增加植物种类的多样性都将有利于大豆蚜的绿色防控。

2.2 越冬寄主调查

大豆蚜的生活型为异寄主全周期型,以鼠李属植物为原生寄主(越冬寄主),以大豆为次生寄主,没有发现大豆蚜在其它寄主植物上越冬。大豆蚜主要取食人工栽培大豆,偶尔发现取食野生型大豆。通过对哈尔滨、齐齐哈尔、五大连池、牡丹江、镜泊湖、佳木斯、绥棱、辽宁(海城、岫岩、大连)、河北(沧州、秦皇岛)、山东(烟台、潍坊、滨州)、北京等地大豆蚜越冬寄主植物的调查,仅在

鼠李上发现少量大豆蚜,其它调查的植物,如野大豆、紫穗槐、丁香、枫树类、桦树类、柳树类、野刺梅、山楂、梨树、山丁子、珍珠梅、悬钩子、蒲公英、忍冬、野山枣等,均未发现大豆蚜。

综合 3 年调查结果,黑龙江省大豆蚜的越冬地点还不很清楚,需要做进一步的调查。在辽宁,春季在鼠李上发现了大豆蚜,虽然蚜量不多,但能够形成稳定的种群,可能是大豆蚜的重要越冬地。山东、河北、北京也可能是大豆蚜的重要越冬地。

3 蚜虫天敌资源调查及优势天敌分析

自然界中蚜虫的天敌极为丰富,包括捕食性、寄生性和病原性三大类群。利用天敌昆虫对大豆蚜进行生物防治,是蚜虫综合治理的一个重要方面。因此,明确蚜虫天敌资源、天敌控蚜能力,以及农业措施对天敌的影响,对保护、利用和发挥天敌的控制作用,实现持续控灾减灾具有十分重要的意义。

3.1 天敌资源的调查

在黑龙江调查发现,大豆田蕴藏着大量的大豆蚜捕食性天敌,共有 5 个目、12 个科、20 余种。有些种类(如小花蝽、龟纹瓢虫等)在大豆蚜发生初期即在田间活动,对大豆蚜的生长繁殖具有一定的控制作用,限制了大豆蚜的虫口基数,在一定程度上避免了大豆蚜的大量发生。大多数天敌,包括寄生性天敌,如异色瓢虫、叶色草蛉、中华草蛉、黑食蚜盲蝽、食蚜蝇、猎蝽、蚜茧蜂等,在大豆蚜发生数量较多时才在田间活动,减轻了大豆蚜在高峰期时对大豆的危害。大豆蚜天敌数量从 6 月末开始增加,8 月上旬达到高峰,之后开始下降,此时草蛉为大豆田中数量最大的天敌昆虫。另外,对食蚜蝇的调查结果,将黑龙江大豆田食蚜蝇科昆虫仅有黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* 一种的报道(刘健和赵奎军, 2007),增加到了 15 种。

辽宁省大豆蚜虫天敌约有 40 多种,主要包括瓢虫、草蛉、食蚜蝇、捕食蝽、食蚜瘿蚊、寄生蜂、蜘蛛、绒螨类等。筛选出大豆蚜优势天敌有,异色瓢虫、七星瓢虫、龟纹瓢虫、黑背毛瓢虫、黑带食蚜蝇、细腹食蚜蝇、中华草蛉、小花蝽、豆柄瘤蚜茧蜂、草皮逍遥蛛等种类。

3.2 天敌对大豆蚜的控制作用

哈尔滨罩笼实验结果表明,人工释放不同数

量的捕食性天敌瓢虫或草蛉,均对蚜虫种群的发展有一定的抑制作用。按蚜量与天敌之比 700:1,即每网人工释放 30 头瓢虫或草蛉处理,对大豆蚜的种群数量的控制作用明显,释放瓢虫和草蛉 7 d 后,蚜量分别比对照减少了 54.78% 和 78.79%。利用工厂化生产的异色瓢虫进行罩笼实验,益害比为 1:300,接虫 7 d 后蚜量比对照减少了 54%,11 d 后蚜量减少了 56.7%。表明人工生产的天敌对大豆蚜也具有明显的控制作用。

辽宁岫岩田间罩笼实验结果表明,异色瓢虫成虫对大豆蚜具有明显的控制作用,当释放的瓢虫成虫与蚜虫在 1:250 ~ 300 时,可达到 90% ~ 95% 的控害效果,依此确定田间释放瓢虫成虫按 1:250 ~ 300(含小型蚜)的比例释放。

4 蚜虫绿色防控技术研究

4.1 自然天敌保护和利用

保护利用田边自然植被内的天敌,在辽宁地区,瓢虫、草蛉、食蚜蝇类等天敌昆虫对鼠李上的越冬蚜虫(包括大豆蚜)具有明显的控制作用,对压低虫源基数具有重要意义。越冬天敌出蛰后,迁移到环境植物如枫杨树、榆树、柳树及杂草上取食、繁殖一代后,转移到大豆田。保护大豆田周围生态环境中的植被,培育天敌。早春环境中的树木、杂草等植物萌发早,其蚜虫出现早。蚜虫天敌越冬出蛰后,就近转移到环境植物上,繁殖 1 代后,恰好是大豆蚜田间发生初期(6 月中旬),这些天敌可迅速转移到大豆田。因此保留大豆田周围生态环境中的植被,吸引天敌,豆田天敌出现早、数量大,以实现大豆蚜的早期控制。此外,杂草上蚜虫出现早,可涵养天敌,因此,保留大豆田周围生态环境中的杂草植被,也有利于天敌的保护利用。

大豆田边人工种植紫花苜蓿带,可以为大豆田提供一定数量的天敌。辽宁地区,紫花苜蓿一般 4 月发芽,天敌从越冬场所出蛰后陆续迁入到苜蓿上寻找食物,随着气温的回升,苜蓿蚜虫繁殖加快,为蚜虫天敌提供了丰富的食物来源。在时相上,苜蓿蚜虫天敌转移高峰与大豆蚜上升期吻合,因此苜蓿带成了天然的蚜虫天敌涵养库,起到很好的自然控制作用。

天敌的人工助迁。调查表面,早春在枫杨、榆树、柳树、凤苞菊等植物上大量发生异色瓢虫,通过人工采集异色瓢虫的蛹,低温下存储,在大豆蚜

发生的早期释放到田间,对大豆蚜起到较好的防控效果。释放异色瓢虫蛹数为 200 头/667m² 的处理,释放 2 d 内瓢虫蛹陆续羽化,扩散 1~3 m,5 d 后扩散 10~20 m,7 d 扩散 30 m,逐步散步全田。此时处理区异色瓢虫成虫 223 头/667m²,对照区为 88.2 头/667m²。

4.2 天敌的人工饲养和释放

人工饲养天敌进行田间释放是生物防治的重要内容,项目组研制出以甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 低龄幼虫为替代饲料的异色瓢虫饲养技术,实现了异色瓢虫的规模化人工饲养,突破了“瓢虫天敌工厂”产业化的技术瓶颈。该项技术可以不受自然条件的影响,周年全天候室内生产异色瓢虫。目前异色瓢虫产能可达到每年 300 万头(包括卵、幼虫、蛹、成虫),并在 2009 年和 2010 年进行了田间释放试验。瓢虫工厂化生产技术已申报了发明专利。

异色瓢虫释放试验结果表明,卵和幼虫都不宜作为释放虫态。室内饲养的瓢虫卵释放到田间后孵化可能会受影响,初孵幼虫生活力较弱,受蚂蚁干扰大;释放的幼虫在田间也受到蚂蚁很大的干扰和攻击。另外,卵块和幼虫活动力弱,必须定点、定株释放到有蚜植株上,劳动强度大,基本没有可操作性。异色瓢虫成虫和蛹抗逆性强,可以自主扩散,释放的可操作性强,劳动强度小,基本不受蚂蚁干扰。在 2009 年小区试验(6.67 hm²)的基础上,2010 年分别在辽宁东部、西部、北部地区扩大释放面积。2010 年 6 月 25 日至 29 日,使用人工饲养瓢虫 2 万头,从枫杨树和杂草上采集自然异色瓢虫蛹 4.5 万头,合计 6.5 万头,根据田间蚜量、瓢虫基数和气象因子补充释放不同数量的瓢虫。2010 年 7 月 9 日释放异色瓢虫蛹 26.67 hm²,释放成虫 17.33 hm²,释放前百株蚜量 450 头,每 667 m² 补充释放 65 头瓢虫蛹。7 月 24 日大豆蚜峰期调查,百株蚜量 615 头,不需其它防治措施。需要指出,由于 2010 年是 60 年一遇的极端气候特殊年,在蚜虫发生的上升期(6 月下旬至 7 月中旬)该地区连降大雨,有效地抑制了大豆蚜种群数量的增长,8 月 7 日调查,释放区百株蚜量 339 头,而对照区也只有 1 943 头,也未达到防治指标。

4.3 利用作物邻作或间作增加天敌的措施

利用不同作物生育期时相上的差异,涵养天

敌,结合栽培措施,使天敌种群在不同作物间迁移,达到自然控制的目的。以下是几种行之有效的邻间作控蚜措施。

4.3.1 小麦与油菜邻作 随着油菜的成熟,瓢虫逐渐向油菜邻近的小麦田转移,小麦田的瓢虫、蚜茧蜂种群数量显著增加,对麦蚜起到了明显的控制作用,小麦与油菜邻作比单作的产量显著提高。

4.3.2 小麦与豌豆间作 小麦单作时麦蚜的总量最高,同豌豆间作时,麦田的麦长管蚜有翅蚜显著小于单作田,同时也显著降低麦长管蚜无翅蚜的种群数量,主要原因是瓢虫和蚜茧蜂等天敌种群数量显著高于单作麦田。

4.3.3 小麦与油菜和大麦邻作 该邻作模式对麦田的麦蚜起到了明显控制作用,不仅小麦田,而且大麦田的麦蚜种群密度也比单作显著下降。

4.3.4 大豆与玉米带状间作 以 8 行大豆间作 2 行玉米或 8 行玉米的模式间作,结果自然天敌的控制作用强,蚜虫的种群数量在天敌的作用下开始下降,以后一直维持较低水平,不构成受害。

4.3.5 大豆和超早熟马铃薯间作 利用大豆与极早熟马铃薯间作种植模式,对大豆蚜的生物控害作用 2 年平均达到 63.2%。

4.4 蚜虫物理防治措施研究

4.4.1 人工喷水对麦长管蚜种群发展的影响

在调查分析风雨对麦蚜种群发展干扰作用的基础上,针对麦蚜的生态学特性和不同种类的生态位,开展了人工吹风、喷水为主体的麦长管蚜无害化防控技术研究。机动喷雾机喷水防治小麦蚜虫的田间实验表明,灌浆初期是小麦受蚜害的敏感阶段。麦蚜与天敌动态结果显示,小麦灌浆初期优势种麦蚜已进入盛发期,而天敌的盛发期滞后约 5 d,需要人为压低虫口数量来控害保产。因此,确定人工喷水处理的最佳时期为小麦灌浆初期,即在该阶段进行一次喷水处理,可以获得最佳的防治效果和保产作用。有目标地对靶标喷施处理,不仅节约用水,而且防治效果明显高于全部小麦植株普遍喷水的非目标喷施处理。

4.4.2 人工吹风对麦长管蚜种群发展的影响

不同吹风器具(也包括机载式大型机动喷粉机或喷雾机)产生的风力存在差异,其中测试的背负式机动喷粉机(东方红 WFB-18G)的风力较大且可调控范围较广,风速也较均匀;另外,综合考虑经

济学和适应性等方面,确定背负式机动喷粉机作为实施本技术的理想吹风器具之一,可在生产上广泛应用。不同动力档位的测试结果表明,在田间人工实施吹风措施,可产生显著的压低麦蚜数量的即时效果,而且明显提高“益害比”,即人为将天敌的滞后控害作用相应提前,充分发挥了天敌的自然控蚜能力,在小麦收获前可不再实施其它防治措施。小麦扬花末期(灌浆初期)进行吹风处理的防治效果显著高于拔节期、抽穗期、灌浆中期和乳熟后期的处理。从不同阶段吹风处理的测产结果来看,“扬花末期”处理的小麦千粒重显著高于其它4个处理及不吹风的对照(39.67 g)。因此,确定吹风处理的最佳时期为小麦扬花末期(或灌浆初期),即在该阶段进行一次吹风处理,可以获得良好的抑蚜保产效果。

4.5 以隐蔽施药为主的关键控制技术

项目组开发了吡虫啉拌种等隐蔽施药技术,既保护了天敌和生物多样性,又能对小麦蚜虫有很好的防控效果。分别采用药剂喷雾法、药剂根施法和拌种法进行了小麦蚜虫防治技术的试验和示范工作。结果表明,吡虫啉沟施法中,每100 kg小麦种子分别用10%吡虫啉WP有效成分300、400、500 g,对小麦的出苗及成株均没有影响,在2010年4月15日至5月23日期间,3个处理的相对防效均在84.88%~100%之间,能够有效地控制麦蚜的危害。药剂拌种法中,70%吡虫啉湿拌种剂有效成份420 g/100 kg种子的剂量进行小麦拌种,对小麦的出苗率和苗期生长没有影响,且对小麦蚜虫的防治效果达到了98%以上。这2种方法均可达到药剂喷雾使用时的防治效果,但2种方法均为隐蔽施药,对天敌和其他生物相对安全,具有较好的生态效益。相比沟施法,吡虫啉拌种法可更经济、更有效的防治小麦蚜虫。因此,研究结果表明,采用70%吡虫啉湿拌种剂有效成份420 g/100 kg种子的剂量进行小麦拌种为防治小麦蚜虫最佳的施药方式。

5 示范区建设

通过本项目实施,基于已有蚜虫防治技术,构建了比较完善的蚜虫绿色防控体系,并在各个蚜虫防控示范区(点)进行技术集成和试验示范,其中成熟的组装技术得到了大面积推广应用。项目

在我国的东北、华北等大豆蚜、麦蚜为害严重的大豆产区和小麦主产区共建立了4个规模较大的试验示范区,取得了较好的综合效益。

在河南省驻马店、新乡等地区,完成麦蚜防控技术集成与示范面积0.5万 hm^2 ,在示范区取得超过1 000万元(增加产值)的效益。在河北省赵县、高阳县等地区建立了核心技术示范区计0.07万 hm^2 以上,技术辐射面积达到了1.07万 hm^2 以上,示范区内小麦蚜虫的防治效果达到95%以上,小麦中的化学农药残留量在国家安全标准以下。在河北省赵县累计推广示范面积0.73万 hm^2 ,高阳县累积示范推广0.33万 hm^2 ,累积经济效益在384万元。

在佳木斯和牡丹江大豆蚜防控示范区,累计推广示范面积2.07万 hm^2 ,挽回产量损失477.5万kg,新增经济效益1 719万元。在辽宁省大豆蚜防控示范区,累计示范推广面积0.39万 hm^2 ,累计增加产量155.17万kg,累计新增产值636.21万元。

致谢:感谢公益性行业(农业)科研专项(编号:201103022,200803002)所有参加单位的支持,以及项目组所有成员的辛勤工作。

参考文献(References)

- Allison D, Pike KS, 1988. An inexpensive suction trap and its use in the aphid monitoring network. *J. Agric. Entomol.*, 5:103—107.
- 曹雅忠,尹姣,李克斌,张克诚,李贤,2006. 小麦蚜虫不断猖獗原因及控制对策的探讨. *植物保护*, 32(5):72—75.
- Cullen E, 2006. Soybean aphid suction trapping. *Proc. of the 2006 Wisconsin Fertilizer. Aglime & Pest Management Conference.* 45:108—114.
- 傅玉祥,梁书升,2004. 中国农业年鉴. 北京:中国农业出版社. 333.
- 刘国地,曹晓冬,2011. 大豆蚜虫病的防治措施. *农民致富之友*, 4:20—20.
- 刘健,赵奎军,2007. 大豆蚜的生物学防治技术. *昆虫知识*, 44(2):179—185.
- Macaulay EDM, Tatchell GM, Taylor LR, 1988. The Rothamsted insect survey '12-metre' suction trap. *Bull. Ent. Res.*, 78:121—129.
- 王春荣,邓秀成,殷立娟,宋玉华,张冬英,沈海波,2005. 2004年黑龙江省大豆蚜虫暴发因素. *大豆通报*, 3:19—20.