

五种类型农药不同剂量与施药时期对麦蚜防治效果及麦粒农药残留的影响^{*}

来有鹏¹ 张登峰¹ 尹 姣² 武予清³ 段 云³ 蒋月丽³ 曹雅忠^{2**}

(1. 青海省农林科学院植物保护研究所 西宁 810016; 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. 河南省农业科学院植物保护研究所 郑州 450002)

摘 要 采用喷雾法,研究了辛硫磷、高效氯氟菊酯、抗蚜威、阿维菌素和吡虫啉 5 种类型农药的 3 种剂量在不同施药时期对麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius) 和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) 的防治效果、防后对小麦千粒重的影响和籽粒中农药残留分析。结果表明,不同剂量的各种药剂,第 1 次施药后 1 d 对麦长管蚜与禾谷缢管蚜的防治效果均在 80% 以上,药后 3 d 防效分别在 90% 和 84% 以上,药后 5 d 防效分别在 95% 和 92% 以上;不同种类或不同剂量处理的防治效果之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。第 2 次施药后 1~5 d 对麦长管蚜的防效均在 90% 以上。与对照比较,施药 1 次小麦千粒重增加率为 2.02%~11.93%;施药 2 次,千粒重增加率为 8.01%~15.87%。农药残留检测结果显示,不同种类不同剂量浓度下在冬小麦扬花末期喷施 1 次农药和间隔 5 d 的灌浆中期第 2 次农药,以及春小麦田相似农药处理,其籽粒中农药残留均有一定程度的检出,但均未超出限定标准;而在小麦乳熟期(与第 1 次施药间隔 10 d,距离成熟收获 15 d)喷施第 2 次农药,其中高效氯氟菊酯和吡虫啉已经达到或超出残留限量标准。

关键词 麦长管蚜, 禾谷缢管蚜, 防治效果, 千粒重, 农药残留

Evaluation of the toxicity of five types of pesticides to wheat aphids and pesticide residue on seeds

LAI You-Peng¹ ZHANG Deng-Feng¹ YIN Jiao² WU Yu-Qing³ DUAN Yun³
JIANG Yue-Li³ CAO Ya-Zhong^{2**}

(1. Institute of Plant Protection, Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining 810016, China;
2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pest, Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
3. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agriculture Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract Three dosages of five kinds of pesticides, phoxim, beta-cypermethrin, pirimicarb, avermectins and imidacloprid, were sprayed in different periods to study their effectiveness in controlling *Sitobion avenae* (Fabricius) and *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus). Pesticide residue analysis was also conducted. The results show that the control effect of different doses of all five pesticides after the first spraying were > 80% on day 1, 90% and 84% on day 3, 95% and 92% on day 5, respectively. There were significant differences ($P < 0.05$) between different kinds and doses of pesticides. The control effect of all pesticides on *S. avenae* was > 90% from day 1 to day 5 after the second spraying. Compared with the control, the growth rate per 1000 grains was 2.02%–11.93% after the first spraying and 8.01%–15.87% after the second. Pesticide residues did not exceed the threshold for human consumption after the first spraying, which occurred at the end of the winter wheat flowering stage, and after the second spraying, which occurred after a 5 d interval in the middle of winter wheat filling stage. Spring wheat showed similar results. However, when the second spraying occurred during the milky stage rather than the middle of the wheat filling stage, residues of beta-cypermethrin

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

^{**} 通讯作者, E-mail: yzcao@ippcaas.cn

收稿日期:2011-09-15,接受日期:2011-10-25

and imidacloprid reached or exceeded national threshold limits for these chemicals.

Key words *Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*, control effect, 1 000 – grain weight, pesticide residue

小麦蚜虫分布极广,几乎遍及世界各产麦国,我国为害小麦的蚜虫有多种,通常发生较普遍而重要的有:麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (L.)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rondani)、麦无网长管蚜 *Metopolophium dirhodum* (Walker)。麦蚜以孤雌胎生繁殖为主,具有迁飞扩散特性;几种麦蚜常混合发生,但麦长管蚜在各麦区的小麦穗期均为优势种(曹雅忠和李世功,1990;杨素钦和杨逸兰,1991)。麦蚜在为害小麦的同时,还能传播小麦病毒病,其中以传播小麦黄矮病为主。麦蚜发生为害呈不断上升趋势,已成为我国小麦作物的重大害虫。据不完全统计,在20世纪90年代中后期,从发生面积、防治后的实际损失方面来看,小麦蚜虫已上升为我国农作物重大病虫害中的第3位(陈生斗和胡伯海,2003)。进入21世纪后,麦蚜在各麦区仍呈中等偏重发生态势,发生面积一直居高不下(曹雅忠等,2006)。

在生产上,长期以来防治麦蚜主要采用化学药剂防治方法。随着麦蚜发生和为害的日趋严重,不仅化学农药用量大幅度增加,而且农民滥用农药的现象非常普遍,主要表现在施用的农药品种杂乱、施药次数多、浓度高、施药时机把握不当等方面(曹雅忠等,2006)。滥用农药不仅造成麦蚜对化学农药的敏感性有所降低、破坏田间生态环境,而且农产品中农药超标问题也非常突出。据赵瑛等(2001)报道,1999年对包头市30份粮食的监测中,有机磷农药检出率为26.7%,超标率为20.0%。苏中地区农药残留现象比较普遍,在2003年的检测结果显示:小麦籽粒和土壤有机磷农药检出率分别为95.2%和100%,而且在沿海麦区和丘陵麦区小麦籽粒中乐果的平均残留浓度、里下河麦区毒死蜱的平均残留浓度均已超出国家标准(沈燕等,2004)。由此可见,在生产中如何科学合理地使用农药,建立无公害粮食生产体系显得极为重要。为此,作者针对农民滥用农药的生产实际问题,就常用农药的不同种类、不同剂量、不同施药时期研究了对麦长管蚜、禾谷缢管蚜的防效和防后对小麦千粒重影响。同时,开展了供试农药的残留检测,旨在为防治麦蚜常用农药

的科学使用及建立麦蚜防控的食品安全评价技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试农药

选择生产上防治麦蚜常用的辛硫磷(有机磷类)、高效氯氰菊酯(拟除虫菊酯类)、抗蚜威(氨基甲酸酯类)、阿维菌素(抗生素类)、吡虫啉(氯代烟碱类)5种类型农药作为试验药剂。其中90.1%辛硫磷原药由红太阳集团提供,94%高效氯氰菊酯原药由中国农业科学院植物保护研究所农药厂提供,95%抗蚜威原药由江苏无锡禾美化工集团提供,96%阿维菌素原药由华北制药集团爱诺有限公司提供,95.6%吡虫啉原药由江苏景宏化工有限公司提供。

将以上原药用99.5%丙酮溶液均配成5%的母液,供试验用。

1.2 试验方法

1.2.1 试验剂量设计 每种供试农药选用3个剂量:常规剂量(即企业推荐剂量)、偏高剂量(推荐剂量的1.5倍)和高剂量(推荐剂量的2倍)。辛硫磷、高效氯氰菊酯、抗蚜威、阿维菌素和吡虫啉防治麦蚜的推荐剂量(有效成分)分别是0.03、0.0036、0.015、0.003和0.003 g/m²(马奇祥等,2001;徐汉虹,2006)。其中,药剂的常规剂量、偏高剂量和高剂量在下面的表格中以简化表示,如辛硫磷分别用辛常规、辛偏高、辛高量代表;其它药剂类同。

1.2.2 施药方法及时期 采用喷雾法小区喷雾。根据麦蚜混合种群对小麦的危害和防治指标(郭予元等,1988),确定在小麦扬花末期至灌浆中期为施药时期,即在扬花末期、灌浆中期(或乳熟初期)分别施第1次药和施第2次药。其中5种农药的常规剂量、偏高剂量和高剂量3种剂量(15个处理)在扬花末期各喷施第1次。5种农药的常规剂量和抗蚜威、阿维菌素、吡虫啉的偏高剂量(8个处理),于灌浆初中期(或乳熟初期)喷施第2次药剂,2次施药间隔5 d或10 d。

1.2.3 小麦品种及试验小区设置 试验主要在

河南省驻马店市农科所试验基地冬小麦田进行,小麦品种为西农 979,成熟期为 6 月 1 日左右。其中试验共设 23 个药剂处理(见 1.2.2),1 个空白对照,每个处理 3 次重复。另外,安排了仅观测 5 种农药偏高剂量和高剂量药剂残留情况的在小麦乳熟期 2 次施药(与第 1 次施药间隔 10 d)的 10 个处理。试验小区面积 12 m²,随机区组排列。每个小区喷药液量 540 mL。对照喷施等量清水。同时,在青海省农林科学院植保所试验田(西宁市郊)春小麦田开展了相似的试验,小麦品种为青春 40 号,成熟期为 8 月 10 日左右。此试验目的仅是检测(或比较)上述农药处理后在相应地区冬、春小麦籽粒中的农药残留情况。小区设置与河南相同;其中第 1 次施药设了上述 5 种农药的常规剂量和偏高剂量 2 种剂量浓度(10 个处理);第 2 次施药,设了抗蚜威、阿维菌素、吡虫啉的常规剂量和偏高剂量 6 个处理。

1.2.4 调查和计算方法 喷药前各小区 5 点取样,每点 20 株调查麦长管蚜和禾谷缢管蚜的基数并做好挂牌标记。施药后残虫数调查,在样点标记的麦株上,分别于第 1 次施药后和第 2 次施药后的 1、3、5 d 进行调查。按下面公式计算虫口减退率和校正防效。小麦成熟后,各小区随机选取 100 穗脱粒计数,考察千粒重,计算千粒重增加率。

$$\text{虫口减退}(\%) = \frac{\text{药前基数} - \text{药后残虫数}}{\text{药前基数}} \times 100,$$

$$\text{校正防效}(\%) =$$

$$\frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{100 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100,$$

$$\text{千粒重增加率}(\%) = \frac{\text{处理千粒重} - \text{对照千粒重}}{\text{对照千粒重}}$$

$$\times 100。$$

1.2.5 农药残留检测方法 小麦成熟后不同药剂处理分别采收,置于 -20℃ 条件下冷冻储存。辛硫磷和高效氯氰菊酯的残留检测方法,分别按照行业标准 NY/T 761-2008(蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定)相应分析检测方法进行。

阿维菌素、吡虫啉和抗蚜威残留的检测方法:3 种农药分别准确称取均质化过的样品 10 g 于 50 mL 离心管中,加 20 mL 乙腈提取,涡旋 5 min,加入 4 g 无水 MgSO₄ 和 1 g NaCl 后,涡旋 2 min,并以

5 000 r/min 速度离心 5 min。取上清液 1 mL 加入装有 0.025 g PSA 和 0.125 g 无水 MgSO₄ 的 EP 管中,涡旋 1 min,以 3 000 r/min 离心 5 min,取上清液过 0.22 μm 滤膜后液质联用进样。分析条件:Waters-UPLC-TQD 型液相色谱-质谱联用仪;色谱柱:Acquity UPLC BEH C18,2.1 mm × 100 mm (1.7 μm);柱温箱 45℃;进样量 3 μL。流动相为 VA(甲醇):VB(0.2% 甲酸水溶液);流速 0.3 mL · min⁻¹。二元梯度洗脱分离:0 ~ 2.0 min,10% A;2.0 ~ 3.0 min,90% A;3.0 ~ 4.1 min,10% A;4.1 ~ 6.0 min,10% A。

吡虫啉、阿维菌素和抗蚜威的质谱条件:电喷雾离子源,正离子电离(ESI⁺),采用 MRM 多反应离子检测模式,驻留时间均为 0.1 min,毛细管电压 3.0 kV;离子源温度 120℃;去溶剂温度 350℃;去溶剂气流量 N₂ = 500 L · h⁻¹;锥孔反吹气 N₂ = 50 L · h⁻¹;碰撞气为氩气。吡虫啉、阿维菌素和抗蚜威的定性离子对分别为 256 > 175、895.8 > 751.3 和 239 > 722;锥孔电压分别为 36、100 和 30 V;碰撞能量分别为 22、44 和 18 V。定量离子对分别为 256 > 209、895.8 > 182.9 和 239 > 182;锥孔电压分别为 36、100 和 30 V;碰撞能量分别为 14、50 和 18 V。

1.2.6 统计分析方法 试验数据的统计分析采用 SPSS13.0 版本软件进行分析。不同处理间差异显著性检验的统计分析,采用 One-Way ANOVA/Duncan 方法分析。确定差异显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 施药 1 次对麦长管蚜和禾谷缢管蚜的防治效果

由表 1 可以看出,5 种农药的不同浓度对麦长管蚜的防治效果,药后 1 d 达到 80.83% ~ 98.41% (没有进行反正弦转换的数值,下同),药后 3 d 达到 90.55% ~ 100%,药后 5 d 可达到 95.05% ~ 100%。不同种类(或类型)药剂相同剂量之间的防治效果存在显著差异($P < 0.05$);其中抗蚜威高剂量药后 3 d 对麦长管蚜的防效为 100%,辛硫磷、高效氯氰菊酯高剂量药后 5 d 对麦长管蚜的防效为 100%。同一处理随着作用时间的增加,麦长管蚜的平均虫口减退率增加,防治效果提高;同一药剂不同剂量处理,随着剂量的提

表 1 第 1 次喷药处理后对麦长管蚜的防治效果

Table 1 Control effect of *Sitobion avenae* after the first period of pesticide application

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)
	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)
辛常规 Phoxim recommended dose	95.60	77.63 ± 1.34ab	96.88	76.18 ± 2.05bc	97.92	77.64 ± 1.87bc
辛偏高 Phoxim 1.5 times recommended dose	95.71	77.79 ± 1.31ab	98.94	82.01 ± 0.65ab	99.02	81.57 ± 0.74ab
辛高量 Phoxim 2.0 times recommended dose	97.58	80.87 ± 0.36a	99.56	84.88 ± 0.24a	100.00	90.05 ± 0.0a
高常规 Beta-cypermethrin recommended dose	90.29	71.42 ± 2.33b	98.39	80.13 ± 1.24ab	99.37	83.25 ± 0.66ab
高偏高 Beta-cypermethrin 1.5 times recommended dose	91.05	72.18 ± 1.39b	98.88	81.79 ± 0.92ab	99.74	85.68 ± 0.38a
高高量 Beta-cypermethrin 2.0 times recommended dose	97.00	79.82 ± 1.43ab	98.93	81.97 ± 0.59ab	100.00	90.05 ± 0.00a
抗常规 Pirimicarb recommended dose	93.04	74.35 ± 3.19ab	98.42	80.22 ± 1.08ab	99.65	84.98 ± 0.37ab
抗偏高 Pirimicarb 1.5 times recommended dose	95.95	78.14 ± 1.73ab	99.31	83.57 ± 1.05ab	99.59	84.57 ± 0.42ab
抗高量 Pirimicarb 2.0 times recommended dose	98.49	82.80 ± 0.97a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
阿常规 Avermectin recommended dose	81.74	64.07 ± 0.14c	94.86	72.13 ± 1.46c	97.77	77.18 ± 0.54c
阿偏高 Avermectin 1.5 times recommended dose	86.14	67.61 ± 2.51bc	95.90	74.10 ± 2.60bc	97.99	77.85 ± 2.20bc
阿高量 Avermectin 2.0 times recommended dose	90.51	71.64 ± 1.90bc	96.08	74.46 ± 2.98bc	98.62	79.97 ± 0.60b
吡常规 Imidacloprid recommended dose	82.68	64.79 ± 1.31c	96.14	74.58 ± 2.82bc	98.67	80.15 ± 1.39ab
吡偏高 Imidacloprid 1.5 times recommended dose	90.88	72.02 ± 5.07ab	96.48	75.30 ± 3.37bc	98.83	80.76 ± 0.61b

续表 1

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)
	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)
吡高量 Imidacloprid 2.0 times recommended dose	93.13	74.46 ± 3.13ab	98.27	79.77 ± 0.29b	99.48	83.89 ± 0.53ab
对照 CK	4.74	—	45.62	—	54.93	—

注:表中数据为平均值 ± 标准误;同列防治效果后面的小写字母相同者表示在 0.05 水平上差异不显著。表中防治效果数据为反正弦转换值。下表同。

Data in table are mean ± SE, and followed by the same lower-case letters in the same column indicate no significant difference at 0.05 level. The data of control effect in table are arcsine transformation value. The same below.

高,麦长管蚜的平均虫口减退率增加,防治效果也随之提高;这 2 种趋势表现明显。

5 种农药的不同剂量对禾谷缢管蚜的防治效果见表 2,药后 1 d 达到 80.31% ~ 100%,药后 3 d 为 84.20% ~ 100%,药后 5 d 为 92.91% ~ 100%。其中,辛硫磷 3 种剂量药后 5 d 内的防治效果为 91.15% ~ 100%,高效氯氰菊酯为 82.41% ~ 100%,抗蚜威为 80.31% ~ 100%,阿维菌素为 85.57% ~ 97.55%,吡虫啉为 87.81% ~ 100%。

从药后 1 d 来看,常规剂量辛硫磷对禾谷缢管蚜的防效显著高于高效氯氰菊酯和抗蚜威 ($P < 0.05$),与阿维菌素和吡虫啉相当;偏高剂量处理间无显著差异 ($P \geq 0.05$);而高剂量处理间阿维菌素的防效显著低于辛硫磷、抗蚜威和吡虫啉高剂量处理的防效。从药后 3 d 和 5 d 来看,不同农药或不同剂量处理之间防效的差异显著性与药后 1 d 基本类似。另外,也存在着同一药剂随着剂量的提高,禾谷缢管蚜的平均虫口减退率增加,防治效果随

表 2 第 1 次喷药处理后对禾谷缢管蚜的防治效果

Table 2 Control effect of *Rhopalosiphum padi* after the first period of pesticide application

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)
	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)
辛常规 Phoxim recommended dose	91.29	72.73 ± 2.20b	95.88	74.00 ± 2.15b	96.30	76.81 ± 3.85ab
辛偏高 Phoxim 1.5 times recommended dose	95.83	78.19 ± 3.15ab	99.37	83.83 ± 1.79ab	99.53	85.35 ± 0.65a
辛高量 Phoxim 2.0 times recommended dose	98.85	83.86 ± 1.19a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
高常规 Beta-cypermethrin recommended dose	82.63	65.24 ± 2.66c	91.47	66.61 ± 2.24c	95.78	75.88 ± 1.25b
高偏高 Beta-cypermethrin 1.5 times recommended dose	89.39	70.90 ± 1.00bc	94.25	70.99 ± 3.79bc	97.44	79.06 ± 2.66ab

续表 2

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)
	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)
高剂量 Beta-cypermethrin 2.0 times recommended dose	97.92	81.69 ± 2.17ab	98.96	82.06 ± 1.19ab	100.00	90.05 ± 0.00a
抗常规 Pirimicarb recommended dose	80.56	63.69 ± 2.00c	93.33	69.46 ± 4.29bc	97.86	80.02 ± 2.66ab
抗偏高 Pirimicarb 1.5 times recommended dose	93.24	74.87 ± 3.67ab	97.22	76.92 ± 3.49ab	100.00	90.05 ± 0.00a
抗高剂量 Pirimicarb 2.0 times recommended dose	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
阿常规 Avermectin recommended dose	85.79	67.71 ± 2.18bc	93.36	69.50 ± 2.77bc	95.00	74.60 ± 2.05b
阿偏高 Avermectin 1.5 times recommended dose	89.25	70.77 ± 1.88bc	96.58	75.47 ± 1.30b	96.67	77.49 ± 3.46ab
阿高剂量 Avermectin 2.0 times recommended dose	90.70	72.16 ± 2.30b	97.22	76.92 ± 3.52ab	98.27	81.04 ± 1.49ab
吡常规 Imidacloprid recommended dose	87.96	69.60 ± 0.98bc	93.76	70.16 ± 2.06bc	95.73	75.80 ± 0.80b
吡偏高 Imidacloprid 1.5 times recommended dose	93.33	74.97 ± 3.34ab	97.84	78.50 ± 2.51ab	98.72	82.31 ± 1.33a
吡高剂量 Imidacloprid 2.0 times recommended dose	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
对照 CK	1.27	—	46.00	—	29.43	—

之提高;并随着处理时间的延长而防治效果相应提高的趋势。

2.2 施药 2 次对麦长管蚜和禾谷缢管蚜防治效果

试验在小麦扬花末期、灌浆中期(第 1 次施药后 5 d 调查结束后喷施第 2 次药)喷施 2 次药的 8 种处理,第 2 次喷雾处理,对麦长管蚜的防治效果见表 3,药后 1 d 为 95.44%~99.72%,药后 3 d 为 96.71%~99.95%,药后 5 d 为 98.42~100.0%;

而不同种类农药和不同剂量各处理的防治效果之间无显著差异($P\geq 0.05$)。总体来看,喷施 2 次药剂与喷药 1 次处理相比,5 种农药的常规剂量对麦长管蚜的防治效果较高;药后 5 d,其中辛硫磷常规剂量、抗蚜威偏高量和吡虫啉偏高剂量对麦长管蚜的防效均达到 100%,其他处理的防治效果接近 100%。从药后 1 d 来看,各农药的不同处理对麦长管蚜的防治效果均在 98% 以上,而且各处理之间不存在显著差异($P\geq 0.05$)。

表 3 第 2 次喷药处理后对麦长管蚜的防治效果
Table 3 Control effect of *Sitobion avenae* after the second period of pesticide application

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%) Decrease rate (%)	防治效果 (%) Control effect (%)	虫口减退率 (%) Decrease rate (%)	防治效果 (%) Control effect (%)	虫口减退率 (%) Decrease rate (%)	防治效果 (%) Control effect (%)
辛常规 Phoxim recommended dose	99.14	81.97 ± 0.91a	99.74	84.13 ± 0.26a	100.00	90.05 ± 0.00a
高常规 Beta-cypermethrin recommended dose	99.23	82.42 ± 0.80a	99.80	84.88 ± 0.21a	99.99	88.76 ± 0.37a
抗常规 Pirimicarb recommended dose	97.98	77.61 ± 1.68a	99.78	84.63 ± 0.23a	99.87	85.31 ± 0.45a
抗偏高 Pirimicarb 1.5 times recommended dose	98.01	77.71 ± 1.82a	99.86	85.71 ± 0.15a	100.00	90.05 ± 0.00a
阿常规 Avermectin recommended dose	98.43	79.10 ± 1.25a	99.19	79.59 ± 1.07a	99.70	82.82 ± 1.58a
阿偏高 Avermectin 1.5 times recommended dose	99.85	86.70 ± 0.76a	99.95	87.42 ± 0.46a	100.00	90.05 ± 0.00a
吡常规 Imidacloprid recommended dose	99.72	85.45 ± 0.56a	99.86	85.71 ± 0.14a	99.95	87.12 ± 0.19a
吡偏高 Imidacloprid 1.5 times recommended dose	99.88	87.01 ± 0.73a	99.86	85.71 ± 0.15a	100.00	90.05 ± 0.00a
对照 CK	56.37	—	75.41	—	80.99	—

表 4 为喷施 2 次农药 8 种处理对禾谷缢管蚜的防治效果。总体防效为,药后 1 d 为 89.51% ~ 99.19%,药后 3 d 为 93.35% ~ 100%,药后 5 d 为 98.49% ~ 100%。与第 1 次施药的防效相比较:5 种农药常规剂量处理药后 1 d 的防治效果,除辛硫磷之外其他 4 种农药的防效均呈明显提高,其中高效氯氰菊酯提高了 11.7%、抗蚜威提高了 14.5%、阿维菌素提高了 3.9%、吡虫啉提高了 9.2%;常规剂量处理药后 3 d,上述 5 种农药分别提高了 4.4%、12.0%、9.4%、5.7% 和 9.6%;常规剂量处理药后 5 d,上述 5 种农药的防效也一定程度的提高(3.0% ~ 5.9%)。由此可见,对于禾谷缢管蚜第 2 次施药的防治效果较第 1 次施药均有

明显提高。

2.3 防治麦蚜对小麦千粒重的影响

由表 5 可以看出,采用不同药剂、不同剂量的农药防治小麦蚜虫后,呈现随处理剂量的增加小麦千粒重提高的趋势,但不同药剂相同剂量处理之间的小麦千粒重没有显著差异。与对照相比,对小麦千粒重均有增加效果;施药 1 次,辛硫磷千粒重增加率为 2.55% ~ 7.62%,高效氯氰菊酯为 2.32% ~ 9.51%,抗蚜威为 3.21% ~ 9.70%,阿维菌素为 2.02% ~ 8.59%,吡虫啉为 8.75% ~ 11.93%;各处理农药随着用药剂量的提高小麦千粒重增加率随之升高,这与防治效果随处理剂量增加而提高的趋势一致。施药 2 次与对照比较,

常规剂量下 5 种药剂处理的千粒重增加率提高到 8.01% ~ 13.58% (相当于施药 1 次的高剂量);偏高剂量下抗蚜威、阿维菌素和吡虫啉施药 2 次处理的小麦千粒重增加率分别为 13.61%、11.17%、

15.87%,较施药 1 次的相同药剂不同剂量处理均有明显提高。总体来看,吡虫啉药剂防治麦蚜后的小麦千粒重增加较为明显。

表 4 第 2 次喷药处理后对禾谷缢管蚜的防治效果

Table 4 Control effect of *Rhopalosiphum padi* after the second period of pesticide application

处理 Treatments	药后 1 d 1 d after spraying		药后 3 d 3 d after spraying		药后 5 d 5 d after spraying	
	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)	虫口减退率 (%)	防治效果 (%)
	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)	Decrease rate (%)	Control effect (%)
辛常规 Phoxim recommended dose	91.89	72.14 ± 1.99b	97.43	79.60 ± 2.66ab	100.00	90.05 ± 0.00a
高常规 Beta-cypermethrin recommended dose	94.90	75.93 ± 3.20ab	96.98	78.76 ± 3.14ab	99.95	87.90 ± 2.62a
抗常规 Pirimicarb recommended dose	95.56	76.90 ± 3.22ab	97.66	80.10 ± 2.00ab	100.00	90.05 ± 0.00a
抗偏高 Pirimicarb 1.5 times recommended dose	99.19	84.48 ± 0.85a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
阿常规 Avermectin recommended dose	91.66	71.88 ± 2.47b	94.79	75.09 ± 2.74b	99.46	82.98 ± 2.92a
阿偏高 Avermectin 1.5 times recommended dose	93.95	74.65 ± 1.95b	98.67	82.55 ± 4.10ab	100.00	90.05 ± 0.00a
吡常规 Imidacloprid recommended dose	97.43	80.10 ± 1.42ab	98.44	81.93 ± 2.53ab	99.93	87.48 ± 1.40a
吡偏高 Imidacloprid 1.5 times recommended dose	98.77	83.17 ± 0.94a	100.00	90.05 ± 0.00a	100.00	90.05 ± 0.00a
对照 CK	14.10	—	21.6	—	64.34	—

2.4 不同农药处理后小麦籽粒的残留检测

在冬小麦田(河南)进行不同种类或类型农药防治麦蚜试验,其籽粒中残留检测结果(表 6)显示,在常规剂量、偏高剂量和高剂量浓度下小麦扬花期喷施 1 次农药,小麦籽粒中农药残留有不同程度的检出率,但均未达到残留限定标准。在小麦灌浆初中期(与第 1 次施药间隔 5 d)喷施第 2 次农药,不同农药处理也有不同程度的检出,其中

吡虫啉农药的检出量有明显提高,但所有处理均未达到残留限量标准。

而在小麦乳熟期(与第 1 次施药间隔 10 d,距离收获 15 d)喷施第 2 次农药,检测结果显示,其中偏高剂量的辛硫磷有 1 个样品和高效氯氰菊酯、吡虫啉全部样品已接近其残留限量标准,而高剂量的吡虫啉和高效氯氰菊酯已经达到或超出残留限量标准(分别为 0.05 mg/kg、0.204 mg/kg)。

表 5 不同农药不同浓度处理后对小麦千粒重的影响

Table 5 Effect of different pesticide and concentration treatments on 1 000 – grain weight of wheat

农药 Pesticides	施药 1 次 One time spraying			施药 2 次 Two times spraying		
	常规剂量处理 小麦千粒重(g) 1000 – grain weight of wheat with recommended dose(g) / 增加率(%) Increasing rate(%)	偏高剂量处理 小麦千粒重(g) 1000 – grain weight of wheat with 1.5 times recommended dose(g) / 增加率(%) Increasing rate(%)	高剂量处理 小麦千粒重(g) 1000 – grain weight of wheat with 2.0 times recommended dose(g) / 增加率(%) Increasing rate(%)	常规剂量处理 小麦千粒重(g) 1000 – grain weight of wheat with recommended dose(g) / 增加率(%) Increasing rate(%)	偏高剂量处理 小麦千粒重(g) 1000 – grain weight of wheat with 1.5 times recommended dose(g) / 增加率(%) Increasing rate(%)	
辛硫磷 Phoxim	39.03 ± 1.65a/ 2.55	39.33 ± 4.23a/ 3.34	40.96 ± 5.38a/ 7.62	41.11 ± 1.71a/ 8.01	—	
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	38.94 ± 4.48a/ 2.32	40.01 ± 3.52a/ 5.12	41.68 ± 4.67a/ 9.51	41.96 ± 1.74a/ 10.24	—	
抗蚜威 Pirimicarb	39.28 ± 2.61a/ 3.21	40.27 ± 3.61a/ 5.81	41.75 ± 1.17a/ 9.70	42.58 ± 2.85a/ 11.88	43.24 ± 3.01a/ 13.61	
阿维菌素 Avermectin	38.83 ± 2.32a/ 2.02	39.80 ± 4.30a/ 4.57	41.33 ± 5.92a/ 8.59	41.39 ± 2.14a/ 8.75	42.31 ± 2.61a/ 11.17	
吡虫啉 Imidacloprid	41.39 ± 2.93a/ 8.75	42.52 ± 2.27a/ 11.72	42.6 ± 2.86a/ 11.93	43.23 ± 4.79a/ 13.58	44.10 ± 3.04a/ 15.87	
对照 CK			38.06 ± 1.32 / -			

表 6 不同农药不同浓度处理后冬小麦籽粒农药残留检测结果

Table 6 Detection results of pesticide residue on winter wheat grain after different pesticide and concentration treatments

农药 Pesticides	残留限量 (mg/kg) Residue limit (mg/kg)	施药 1 次的检出量(mg/kg) Detectable amount of one-time spraying(mg/kg)			施药 2 次的检出量(mg/kg) Detectable amount of two-times spraying(mg/kg)	
		常规剂量 Recommended dose	偏高剂量 1.5 times recommended dose	高剂量 2.0 times recommended dose	常规剂量 Recommended dose	偏高剂量 1.5 times recommended dose
辛硫磷 Phoxim	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	—
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	0.20	0.042 – 0.046	0.051 – 0.087	0.058 – 0.101	0.045 – 0.055	—
抗蚜威 Pirimicarb	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
阿维菌素 Avermectin	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
吡虫啉 Imidacloprid	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01 – 0.016	0.01 – 0.013	0.021
对照 CK		ND(未检出)(Not detected)				

注:阿维菌素在我国粮食作物尚没有其残留限量标准,日本或欧盟的粮食中残留限量为 0.01 mg/kg。下表同。
There has not been any residue limit standard of avermectin for food crops in China. The residue limit of grain in Japan or the European Union is 0.01 mg/kg. The same below.

在春小麦田(青海)进行了上述 5 种农药不同相似处理的药剂试验,其残留检测结果(表 7)表明,在春小麦籽粒中也有一定的农药残留检出,但所有处理均未有达到其农药残留限量标准。

表 7 不同农药不同浓度处理后春小麦籽粒农药残留检测结果
Table 7 Detection results of pesticide residue on spring wheat grain after different pesticide and concentration treatments

农药 Pesticides	残留限量 (mg/kg) Residue limit (mg/kg)	施药 1 次的检出量(mg/kg) Detectable amount of one-time spraying(mg/kg)		施药 2 次的检出量(mg/kg) Detectable amount of two-times spraying(mg/kg)	
		常规剂量 Recommended dose	偏高剂量 1.5 times recommended dose	常规剂量 Recommended dose	偏高剂量 1.5 times recommended dose
辛硫磷 Phoxim	0.05	< 0.01	< 0.01	—	—
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	0.20	< 0.001	< 0.001	—	—
抗蚜威 Pirimicarb	0.05	0.0004	0.0005 ~ 0.0006	0.0007 ~ 0.0009	0.0012 ~ 0.0014
阿维菌素 Avermectin	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
吡虫啉 Imidacloprid	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
对照 CK		ND(未检出)(Not detected)			

3 讨论

本试验选用辛硫磷、高效氯氰菊酯、抗蚜威、阿维菌素和吡虫啉进行对麦长管蚜与禾谷缢管蚜的防治试验,并对各种药剂的常规剂量(企业推荐剂量)、偏高剂量(1.5 倍的推荐剂量)、高剂量(2 倍的推荐剂量)和 2 次施药时期进行比较研究。结果表明参试的各种药剂和剂量在 2 次施药期对小麦 2 种蚜虫防治效果均较理想,在小麦扬花末期施药 1 次的药后 5 d 防治效果均达到 92% 以上,在小麦灌浆中期喷施第 2 次药剂对 2 种麦蚜的防治效果有所提高(药后 5 d 防效可达到 98% 以上)。由此可见,生产上可以继续选用这几种药剂防治麦蚜。另外,从不同药剂对 2 种麦蚜的防治效果来看,5 种参试农药的常规(推荐)剂量对禾谷益管蚜的防治效果略低于对麦长管蚜的防效,这可能与禾谷缢管蚜主要分布在麦株中部、叶片背面或叶鞘等难以防治有关。

李君等(2009)对唐山市的小麦、花生、玉米中

有机磷和氨基甲酸酯类农药残留量进行过快速检测分析,结果显示 3 种粮食中均可检出有机磷和氨基甲酸酯类农药,但两类农药残留均未超标;而赵瑛等(2001)、沈燕等(2004)对粮食(含小麦籽粒)和土壤有机磷农药的检测结果均有残留超标现象。夏晓明等(2005)试验表明,氧乐果在小麦中的最终残留量随着施药量和施药次数的增加而明显增加;尤其是在麦穗中,其最高可达 2.1028 mg/kg。例如:按照推荐剂量 30 a.i. g/hm² 施药 2 次和 3 次,采样距末次施药后 14 d 时,氧乐果的总残留量在麦穗中为 0.0608 和 0.0691 mg/kg。当处理剂量为 60 a.i. g/hm² (推荐剂量的 2 倍)时,距末次施药后 14 d 麦穗中总残留量则分别提高到 0.2680 和 0.4005 mg/kg。孙红炜等(2007)观测了几种不同农药(施药的有效成分为常规推荐剂量)对麦蚜的防治作用并检测了农药残留情况,发现各农药处理小麦籽粒中的农药残留量均在国家安全标准之内。作者的试验表明,在冬小麦田小麦杨花末期施药 1 次的不同剂量处理(包括在成

熟期长的春小麦田施药 2 次), 其小麦籽粒中农药残留也在安全标准之内; 但是在小麦乳熟期(与第 1 次施药间隔 10 d, 距离成熟收获 15 d) 喷施第 2 次农药时, 其中偏高剂量的辛硫磷、高效氯氰菊酯和吡虫啉均有样品其农药残留接近了限量标准, 而高剂量的吡虫啉和高效氯氰菊酯已经达到或超出残留限量标准。由此可见, 农药的残留量不仅与施药剂量大小和施药次数多少密切相关, 也与施药期有关, 即用药安全期有关。

从保产的角度来看, 采用上述药剂防治麦蚜, 可有效控制蚜虫种群发展, 减轻麦蚜为害, 保障或提高小麦产量。施药 1 次千粒重增加率在 2.02% ~ 11.93%, 施药 2 次, 千粒重增加率在 8.75% ~ 15.87%。由此可见, 随着施药次数的增加和用药剂量的提高可明显增加小麦千粒重, 但是却导致了防治成本的增加, 更重要地是农药残留污染的风险性将随之提高。因此, 在保障小麦安全生产的前提下, 必须注重农产品(小麦)和生态环境的安全性。综合本项研究的结果, 使用上述参试农药的常规剂量在小麦杨花末期(或灌浆初期)施药 1 次, 既可实现对 2 种主要麦蚜的有效控制, 又能获得良好的经济与生态效益。

致谢: 感谢河南省驻马店市农科所试验基地高新国同志的大力支持。青海大学农牧学院 2010 届学生刘剑锋、蔡伟同学参加田间调查和试验工作, 特此感谢。

参考文献 (References)

- 曹雅忠, 李克斌, 尹姣, 张克诚, 李贤庆, 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.
- 曹雅忠, 李世功, 1990. 麦蚜及其综合治理//李光博等, 编. 小麦病虫草鼠害综合治理. 北京: 中国农业科技出版社. 316—339.
- 陈生斗, 胡伯海, 2003. 中国植物保护五十年. 北京: 科学出版社. 18—37, 278—364.
- 郭予元, 曹雅忠, 李世功, 武予清, 刘爱芝, 胡毅, 1988. 麦蚜混合种群对小麦穗期的危害和动态防治指标初步研究. *植物保护*, 14(3): 1—5.
- 李君, 佟俊旺, 张健, 方安, 2009. 唐山市产粮食中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留现状调查. *现代预防医学*, 36(23): 4452—4455.
- 马奇祥, 常中先, 戴小枫, 吕印谱, 2001. 常用农药使用简明手册. 北京: 中国农业出版社. 65, 90—91, 110—111.
- 沈燕, 封超年, 范琦, 郭文善, 朱新开, 彭永欣, 2004. 苏中地区小麦籽粒和土壤中有机磷农药残留分析. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 25(4): 30—34.
- 孙红炜, 尚佑芬, 赵玖华, 路兴波, 王升吉, 杨崇良, 2007. 不同药剂对麦蚜的防治作用及对麦田天敌昆虫的影响. *麦类作物学报*, 27(3): 543—547.
- 夏晓明, 王开运, 崔淑华, 刘振龙, 仪美芹, 2005. 氧乐果在小麦上的消解动态及最终残留量研究. *农业环境科学学报*, 24(增刊): 291—294.
- 徐汉虹, 2006. 植物化学保护学(第四版). 北京: 中国农业出版社. 100—108.
- 杨素钦, 杨逸兰, 1991. 北方冬麦区麦长管蚜远距离迁飞与气流运动的关系初探. *病虫测报*, (2): 11—16.
- 赵瑛, 郭志成, 昭日格图, 2001. 粮食蔬菜中有机磷农药的监测. *中国卫生检验杂志*, 11(2): 160—161.