

水稻上吡蚜酮残留的空间差异及对灰飞虱防治效果的影响

沈燕, 卢飞, 余向阳, 梁颖, 高庆超, 张志勇

引用本文:

沈燕, 卢飞, 余向阳, 等. 水稻上吡蚜酮残留的空间差异及对灰飞虱防治效果的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(3): 501–507.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-1055>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

QuEChERS结合UPLC-ESI-MS/MS分析吡蚜酮和异丙威SC在稻田中的残留特征

王全胜, 曹梦超, 刘雅楠, 魏鹏, 朱国念, 王蒙岑

农业环境科学学报. 2015(3): 431–437 <https://doi.org/10.11654/jaes.2015.03.004>

常用农药对赤子爱胜蚓急性毒性和抗氧化酶系的影响

姜锦林, 单正军, 周军英, 卜元卿, 田丰

农业环境科学学报. 2017, 36(3): 466–473 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016-1095>

蚯蚓粪对镉在土壤-水稻系统中迁移转化影响

张晓绪, 张嘉伟, 孙星星, 徐轶群, 许健, 朱靖

农业环境科学学报. 2020, 39(8): 1723–1733 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0110>

氯虫苯甲酰胺在大豆和土壤中的残留及降解行为

陈国峰, 刘峰, 张晓波, 廖辉, 陶波

农业环境科学学报. 2016, 35(5): 894–900 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016.05.011>

钾硅肥施用对水稻吸收铅、镉的影响

贾倩, 胡敏, 张洋洋, 孟远夺, 李小坤, 丛日环, 任涛

农业环境科学学报. 2015(12): 2245–2251 <https://doi.org/10.11654/jaes.2015.12.001>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

沈燕, 卢飞, 余向阳, 等. 水稻上吡蚜酮残留的空间差异及对灰飞虱防治效果的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(3): 501–507.
SHEN Yan, LU Fei, YU Xiang-yang, et al. Effects of spatial differences of pymetrozine on control efficacy of *Laodelphax striatellus* in rice [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2021, 40(3): 501–507.



开放科学 OSID

水稻上吡蚜酮残留的空间差异及对灰飞虱防治效果的影响

沈燕, 卢飞, 余向阳, 梁颖, 高庆超, 张志勇*

(江苏省食品质量安全重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地, 南京 210014)

摘要:为研究吡蚜酮在水稻空间立体和不同种植区域间残留的差异以及对灰飞虱防治效果的影响,在全国不同农区布置试验点,采用液相色谱三重串联四级杆质谱联用仪检测吡蚜酮的残留量,分析吡蚜酮的残留特性。结果显示,在药后2 h,江苏、湖南、广西和黑龙江4地水稻植株上部沉积量所占比例均为整个植株沉积量的66.7%以上。水稻植株上部吡蚜酮沉积量,黑龙江大于其余3地。吡蚜酮在江苏、湖南、广西和黑龙江4个试验点水稻植株上部的半衰期分别为2.1、1.0、2.1 d和2.4 d,但在植株下部的半衰期分别为2.8、1.7、3.2 d和3.6 d。吡蚜酮在水稻植株上部的降解要快于植株下部。吡蚜酮在水稻上的沉积量与防治效果的研究表明,江苏和湖南地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药按标签推荐最大的75%用药即可满足防治需求($56\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,以有效成分计)。广西双季稻地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.5倍用量($112.5\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,以有效成分计)。黑龙江一季稻地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.0倍用量($75\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,以有效成分计)。试验表明,针对具体农药制剂,应根据实际水稻种植区域靶标有害生物防治效果,合理设置符合本区域的农药施用剂量,避免农药使用过量给环境造成压力,也避免农药使用不足而起不到应有的防治害虫的效果。

关键词:水稻;吡蚜酮;残留;防治效果;空间差异;灰飞虱

中图分类号:S481.8 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2021)03-0501-07 doi:10.11654/jaes.2020-1055

Effects of spatial differences of pymetrozine on control efficacy of *Laodelphax striatellus* in rice

SHEN Yan, LU Fei, YU Xiang-yang, LIANG Ying, GAO Qing-chao, ZHANG Zhi-yong*

(Jiangsu Key Laboratory for Food Quality and Safety, State Key Laboratory Cultivation Base, Ministry of Science and Technology, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to study the Effects of spatial differences of pymetrozine on control efficacy of *Laodelphax striatellus* in rice, the residues of pymetrozine in different agricultural areas of China were detected by liquid chromatography tandem triple quadrupole mass spectrometry (LC-MS/MS), and the characteristics of the pymetrozine residues were analyzed. The results showed that 2 h after treatment, the upper part of rice in Jiangsu, Hunan, Guangxi, and Heilongjiang accounted for more than 66.7% of the whole plant deposition. The pymetrozine deposition in the upper part of the rice plant in Heilongjiang Province was higher than in the other three regions. The half-life of pymetrozine in the upper part of rice plants in Jiangsu, Hunan, Guangxi, and Heilongjiang was 2.1, 1.0, 2.1, and 2.4 days, respectively, while that in the lower part was 2.8, 1.7, 3.2, and 3.6 days, respectively. The degradation of pymetrozine in the upper part of the rice plant was faster than that in the lower part of the plant. The results showed that 75% the recommended maximum amount of pymetrozine on rice ($56\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$, based on the active ingredients) could effect control in Jiangsu and Hunan Provinces. The dosage of pymetrozine should be 1.5

收稿日期:2020-09-12 录用日期:2021-02-01

作者简介:沈燕(1979—),女,江苏泰兴人,博士,副研究员,从事食品安全与环境研究。E-mail:529816626@qq.com;

卢飞与沈燕同等贡献。

*通信作者:张志勇 E-mail:4615741@qq.com

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0200203);国家自然科学基金项目(31772198)

Project supported: National Key R&D Program of China(2016YFD0200203); The National Natural Science Foundation of China(31772198)

times the recommended dosage ($112.5 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, based on active ingredients) in the Guangxi double-cropping rice area. The dosage of pymetrozine should be 100% the recommended dosage ($75 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, based on active ingredients) in Heilongjiang Province. The appropriate pesticide dosage should be set according to the target pest control in the rice planting area, so as to avoid the effect of the excessive use of pesticides on the environment, and the insufficient use of pesticides in the control of pests.

Keywords: rice; pymetrozine; residue; control efficacy; spatial difference; *Laodelphax striatellus*

自然环境下,一般农作物在其生长周期中,不可避免会受到各种病虫害的侵袭,农药作为农业生产上重要的投入品,对防治病虫害、保障农作物产量具有重要作用。当前,特定农药制剂在市场上流通时,针对全国范围各地区的目标作物靶标有害生物的药剂量是一致的。但我国幅员辽阔,不同农区之间距离甚远,一致的药剂施用量,忽略了很多关键因素的差异,比如没有考虑不同地区环境气候条件差异、农药沉积的立体区域差异及各地区农药防治效果的差异等。药剂量不足起不到应有的防治效果,而药剂过量施用会造成成本浪费、环境污染及增加害虫抗药性风险等一系列问题。

农药制剂施用后,在水稻单一体系的整体植株上的沉积残留规律研究,前人报道较多。绝大多数农药在水稻植株上的残留自最后一次施药后呈不断下降的趋势,符合一级动力学消解规律,并用农药半衰期的长短来衡量降解的快慢^[1-9]。吡蚜酮为目前水稻上广泛使用的吡啶类杀虫剂,对多种作物上的飞虱、叶蝉、蚜虫等刺吸式口器害虫防治效果显著,具有高效、广谱、内吸性和环境相容性好等特点。前人对吡蚜酮在水稻上残留的空间立体差异、不同农区水稻体系吡蚜酮残留的区域差异,以及农药在水稻上沉积量和防治效果之间关系的研究未见报道。本文旨在对吡蚜酮在不同种植区域水稻上沉积、降解立体和区域差异规律的基础上,对沉积量与防治效果之间的关系等进行深入研究,为指导不同区域农药施用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

97.8%吡蚜酮(Pymetrozine)标准品,德国 Dr. Ehrenstorfer 公司;乙腈(分析纯),天津科密欧化学试剂有限公司;甲醇(色谱级),德国默克化工技术有限公司;十八烷基键合硅胶吸附剂(C_{18}),上海安谱实验科技股份有限公司;50%吡蚜酮可湿性粉剂,山东丰禾立健生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

1290-6410B 液相色谱-串联质谱仪,美国 Agilent

公司;R10.v.v 食品切碎搅拌机,法国 Robot Coupe 公司;QL-901 涡流混合器(江苏海门市麒麟医用仪器厂;Talboys 数显型多管式旋涡混合器,上海安谱实验科技股份有限公司;AL204 十万分之一电子天平,瑞士梅特勒托利多仪器上海有限公司;JJ-200 百分之一电子天平,常州双杰电子有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 田间试验设计

按《农作物中农药残留试验准则》(NY/T 788—2018)和《农药田间药效试验准则(一)杀虫剂防治水稻飞虱》(GB/T 17980.4—2000)执行。

试验地选择:稻麦轮作,选择病虫害发生重田块。根据前期预试验,50%吡蚜酮可湿性粉剂按标签推荐($75 \sim 90 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)低剂量设置 50% ($37.5 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)、75% ($56 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)、1.0 倍 ($75 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)和 1.5 倍 ($112.5 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)处理。2018 年 8 月 5 日第一次施药,施药 2 次,间隔 7 d 施药 1 次。用水量 $675 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$,各小区面积 20 m^2 ,每个处理 4 次重复。最高剂量处理小区需在第一次施药后 2 h 和 7 d 采样,第二次施药后 2 h、1、3、5、7、14 d 采样用于沉积量消解研究,同时于各处理 7 d 和 14 d 调查防治效果。除最高剂量处理小区外只需在第一次施药后 2 h、7、14 d 和成熟时采样。

采样对象:作物植株区分为植株上部和植株下部(以水稻倒 3 叶分)。土壤采集 0~15 cm 土壤。每个处理随机取样 10 个点,将 10 个点样品混匀。作物样品和土壤样品每个重复取混匀后的样品不少于 200 g。样品采集后 $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。

防治效果调查:每小区采取平行跳跃法调查 12 个点,每点 2 丛,斜拍打稻 3 下,统计灰飞虱数。虫口减退率=[(施药前虫数-施药后虫数)/施药前虫数] $\times 100\%$;相对防治效果=[(处理虫口减退率-对照虫口减退率)/(100-对照虫口减退率)] $\times 100\%$

1.3.2 样品提取净化

称取 5.0 g 样品于 50 mL 离心管中,加入 20 mL 乙腈,数显型多管式旋涡混合器振荡 20 min,于 5 000 r

min^{-1} 下离心;取4 mL上清液转移至5 mL离心管中,氮吹至干,用色谱纯甲醇定容至2 mL,加入50 mg无水硫酸镁和50 mg C_{18} 填料,漩涡振荡,于5 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 下离心;取上清液于进样瓶中,待测。

1.3.3 HPLC-MS/MS检测条件

色谱条件:Agilent ZORBAX Eclipse Plus C_{18} 色谱柱(2.1 mm×50 mm, 1.8 μm);柱温35 $^{\circ}\text{C}$;进样体积2.0 μL ;流动相为80%甲醇和20%甲酸水(甲酸浓度0.1%),流速为0.35 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

质谱条件:电喷雾离子源;多反应监测正离子扫描模式;毛细管电压4 000 V;干燥气温度350 $^{\circ}\text{C}$;干燥气流速10 $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$;喷雾器压力172 kPa;采集参数见表1。

表1 吡蚜酮的质谱参数

Table 1 MS parameters for determination of pymetrozine

离子 ion(m/z)	传输电压 Transmission voltage/V	碰撞能量 Collision energy/eV
218.1/105.1*	130	20
218.1/79	130	35

注:*定量离子。

Note:* quantitative ion.

HPLC-MS/MS测定采用标准曲线法定量,组分含量按公式(1)计算:

$$X_i = C_i \times V_m \times V_2 / (V_1 \times M) \quad (1)$$

式中: X_i 为试样中被测组分含量, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; C_i 为从标准工作曲线得到的供试样品溶液中被测组分的质量浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; M 为被测样品质量,g; V_m 为供试样品提取液的总体积,mL; V_1 为供试样品移取提取液的体积,mL; V_2 为供试样品定容体积,mL。

1.3.4 检测条件的优化及方法的线性范围、定量限、精密度和准确度

采用QuEChERS净化方法^[10-11],经比较后,采用50 mg无水硫酸镁和50 mg C_{18} 作为吸附剂。

使用色谱纯甲醇配制标准工作溶液1、2、5、10、20、50、100 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和200 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,在1.3.3节液相色谱-质谱条件下测定,以吡蚜酮标准溶液的质量浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制标准工作曲线。吡蚜酮线性回归方程为 $y = 2\,423.3x + 1\,185.3$ ($R^2 = 0.999\,9$)。峰面积与溶液质量浓度间呈良好的线性关系。以信噪比3:1为仪器检出限,吡蚜酮的检出限为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ ng}$ 。

在0.01、0.05 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和0.25 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 3个添加水平下,吡蚜酮在水稻植株和籽粒中回收率分别为94%~101%和91%~96%,相对标准偏差分别为3.5%~

5.3%和7.1%~7.7%,植株和籽粒中的定量限均为0.01 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。各样本的添加回收率和变异系数在允许范围内,符合《农作物中农药残留试验准则》(NY/T 788—2018)的要求。

2 结果与分析

2.1 吡蚜酮的沉积规律

在水稻分蘖期,50%吡蚜酮可湿性粉剂按标签推荐(75~90 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)的50%(37.5 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)、75%(56 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)、1.0倍(75 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)和1.5倍(112.5 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)4个不同施药剂量施药1次后,于水稻倒3叶处将水稻植株分成上下两分部,并检测各部分残留量。吡蚜酮在水稻植株上部和下部的残留量见表2。结果表明,在药后2 h和江苏、湖南、广西和黑龙江4地水稻植株上部沉积量所占比例均为整个植株沉积量的66.7%以上。且吡蚜酮在水稻植株上部的降解要快于植株下部。若施药2次,间隔7 d施药,第1次施药后的水稻植株上部残留量占第2次施药后总残留量的24%~43%,但第1次施药后在水稻植株下部的残留量占第2次施药后的沉积量的18%~38%。水稻植株上部吡蚜酮沉积量,黑龙江大于其余3地。

2.2 消解规律

在水稻分蘖期,50%吡蚜酮可湿性粉剂按112.5 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ (以有效成分计)施药2次后(间隔7 d施药1次),于第2次施药后2 h和1、3、5、7、14 d后采样,并将水稻植株从倒3叶处分成上下两分部,检测各部分残留量后分别计算降解半衰期。结果表明,吡蚜酮在植株上的沉积残留呈不断下降的趋势,在植株上部 and 下部趋势一致(图1)。吡蚜酮在江苏、湖南、广西和黑龙江4个试验点水稻植株上部的半衰期分别为2.1、1.0、2.1 d和2.4 d,但在植株下部的半衰期分别为2.8、1.7、3.2 d和3.6 d(表3)。

2.3 吡蚜酮在不同种植区域水稻上的沉积量与对灰飞虱的防治效果

江苏稻麦轮作种植区吡蚜酮在水稻上的沉积量与防治效果结果表明,推荐剂量的50%对水稻飞虱防治效果较差,但在75%以上剂量时,防治效果可达91%以上。因此江苏地区水稻灰飞虱防治用吡蚜酮药按标签推荐剂量的75%(56 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)用药即可满足防治需求(图2)。

湖南结果表明,推荐剂量的50%对水稻灰飞虱

表2 吡蚜酮在水稻植株不同部分残留量(mg·kg⁻¹)
Table 2 Pymetrozine residue in different parts of rice plants(mg·kg⁻¹)

用药量 Dosage/(g· hm ⁻² ,以有 效成分计)	倍数 Times	采样间隔 时间 Sampling interval	江苏 Jiangsu			湖南 Hunan			广西 Guangxi			黑龙江 Heilongjiang		
			植株上部 Upper part	植株下部 Lower part	上部所占 比例 Ratio of upper part/%	植株上部 Upper part	植株下部 Lower part	上部所占 比例 Ratio of upper part/%	植株上部 Upper part	植株下部 Lower part	上部所占 比例 Ratio of upper part/%	植株上部 Upper part	植株下部 Lower part	上部所占 比例 Ratio of upper part/%
37.5	50%	2 h	0.43	0.05	89.6	0.66	0.08	89.2	0.42	0.21	66.7	0.76	0.17	81.7
		7 d	0.12	0.04	75.0	0.21	0.04	84	0.13	0.04	76.5	0.24	0.04	85.7
		14 d	0.04	0.02	66.7	0.02	0.01	66.7	0.03	0.01	75.0	0.06	0.04	60.0
56	75%	2 h	0.48	0.05	90.6	0.73	0.07	91.3	0.65	0.20	76.5	0.77	0.18	81.1
		7 d	0.18	0.01	94.7	0.21	0.03	87.5	0.15	0.03	83.3	0.43	0.14	75.4
		14 d	0.05	0.01	83.3	0.11	0.04	73.3	0.03	0.01	75.0	0.13	0.05	72.2
75	1	2 h	0.68	0.06	91.9	0.77	0.16	82.8	0.73	0.21	77.7	1.22	0.22	84.7
		7 d	0.21	0.02	91.3	0.14	0.03	82.4	0.36	0.03	92.3	0.72	0.12	85.7
		14 d	0.03	0.02	60.0	0.07	0.02	77.8	0.03	0.03	50.0	0.32	0.06	84.2
112.5	1.5	2 h	0.84	0.08	91.3	0.98	0.15	86.7	0.99	0.22	81.8	1.65	0.42	79.7
		7 d	0.24	0.02	92.3	0.32	0.07	82.1	0.32	0.06	84.2	0.87	0.16	84.5
		2 h	0.98	0.11	89.9	1.22	0.32	79.2	1.32	0.31	81.0	2.03	0.42	82.9
		1 d	0.48	0.08	85.7	0.32	0.04	88.9	0.32	0.13	71.1	1.32	0.13	91.0
		3 d	0.13	0.07	65.0	0.03	0.03	50.0	0.21	0.04	84.0	0.74	0.11	87.1
		5 d	0.03	0.03	50.0	0.02	0.02	50.0	0.03	0.04	42.9	0.32	0.07	82.1
		7 d	0.02	0.02	50.0	0.01	0.01	50.0	0.02	0.03	40.0	0.15	0.04	78.9
		14 d	0.01	<0.01		<0.01	<0.01		0.01	0.01	50.0	0.04	0.02	66.7

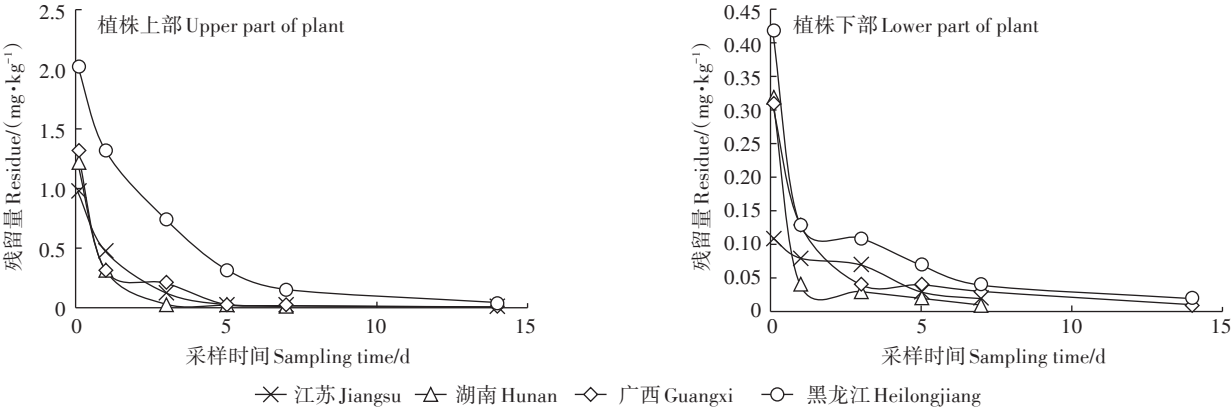


图1 吡蚜酮在水稻上的消解动态
Figure 1 Dissipation of pymetrozine in rice plant

防治效果较差,但在75%以上剂量时,防治效果可达87%以上。因此湖南地区水稻灰飞虱防治用吡蚜酮按标签推荐剂量的75%(56 g·hm⁻²,以有效成分计)用药即可满足防治需求(图2)。

广西结果表明,推荐剂量的50%、75%和1.0倍对水稻灰飞虱防治效果都较差,但1.5倍时,对灰飞虱防治效果可达到94%。因此广西双季稻地区水稻灰飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.5

倍(112.5 g·hm⁻²,以有效成分计)用量(图2)。

黑龙江结果表明,推荐剂量的50%和75%对水稻灰飞虱防治效果都较差,但1.0倍以上时,对灰飞虱防治效果可达到93%以上。因此黑龙江一季稻地区水稻灰飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.0倍(75 g·hm⁻²,以有效成分计)用量(图2)。

进一步分析图2数据,防治效果达到90%左右时,江苏、湖南、广西和黑龙江在水稻植株上部残留量

分别为0.48、0.73、0.99 mg·kg⁻¹和1.22 mg·kg⁻¹,说明江苏和湖南地区稻灰飞虱对吡蚜酮的抗性可能小于广西和黑龙江,但实际抗性程度需进一步抗性试验证明。施药为推荐剂量的1.5倍时,吡蚜酮江苏、湖南、广西和黑龙江在水稻植株上部残留量分别为0.84、0.98、0.99 mg·kg⁻¹和1.65 mg·kg⁻¹,江苏地区吡蚜酮在植株上的附着量仍然相对较低。

3 讨论

吡蚜酮施加入水稻农田体系中后,由于施药方式和水稻植株立体空间的特征,农药在水稻立体空间的分布会存在一定残留差异,而灰飞虱等害虫在水稻的

立体空间的分布也有其特征规律,灰飞虱主要在水稻的中下部为害,因此,分析农药残留的立体空间分布和靶标害虫立体空间分布的关系对农药的有效利用具有一定的意义。另外,农药在自然生态环境中降解会受到环境因素的影响,比如温度、光照和湿度等。我国幅员广阔,不同农区之间环境相差较大,农药残留规律存在不同程度的差异,因此分析农区间农药残留的差异及对靶标害虫的防治效果差异,对农药减施增效具有一定的理论指导意义。

3.1 水稻体系吡蚜酮流失的空间和区域差异

残留持久的农药都已经逐渐被淘汰,目前市场上流通的农药品种大多较易降解。前人对水稻体系

表3 吡蚜酮在水稻植株上的消解动态方程和半衰期
Table 3 Dynamic equation and half-life of pymetrozine in rice plants

地点 Sites	植株上部 Upper part of plant		植株下部 Lower part of plant	
	消解动态方程 Dynamic equation	半衰期 Half - life/d	消解动态方程 Dynamic equation	半衰期 Half - life/d
江苏 Jiangsu	$y=0.431e^{-0.325x}$ $R^2=0.806$	2.1	$y=0.114e^{-0.247x}$ $R^2=0.958$	2.8
湖南 Hunan	$y=0.653e^{-0.674x}$ $R^2=0.886$	1.0	$y=0.137e^{-0.401x}$ $R^2=0.763$	1.7
广西 Guangxi	$y=0.473e^{-0.331x}$ $R^2=0.793$	2.1	$y=0.153e^{-0.216x}$ $R^2=0.836$	3.2
黑龙江 Heilongjiang	$y=1.641e^{-0.284x}$ $R^2=0.968$	2.4	$y=0.217e^{-0.190x}$ $R^2=0.852$	3.6

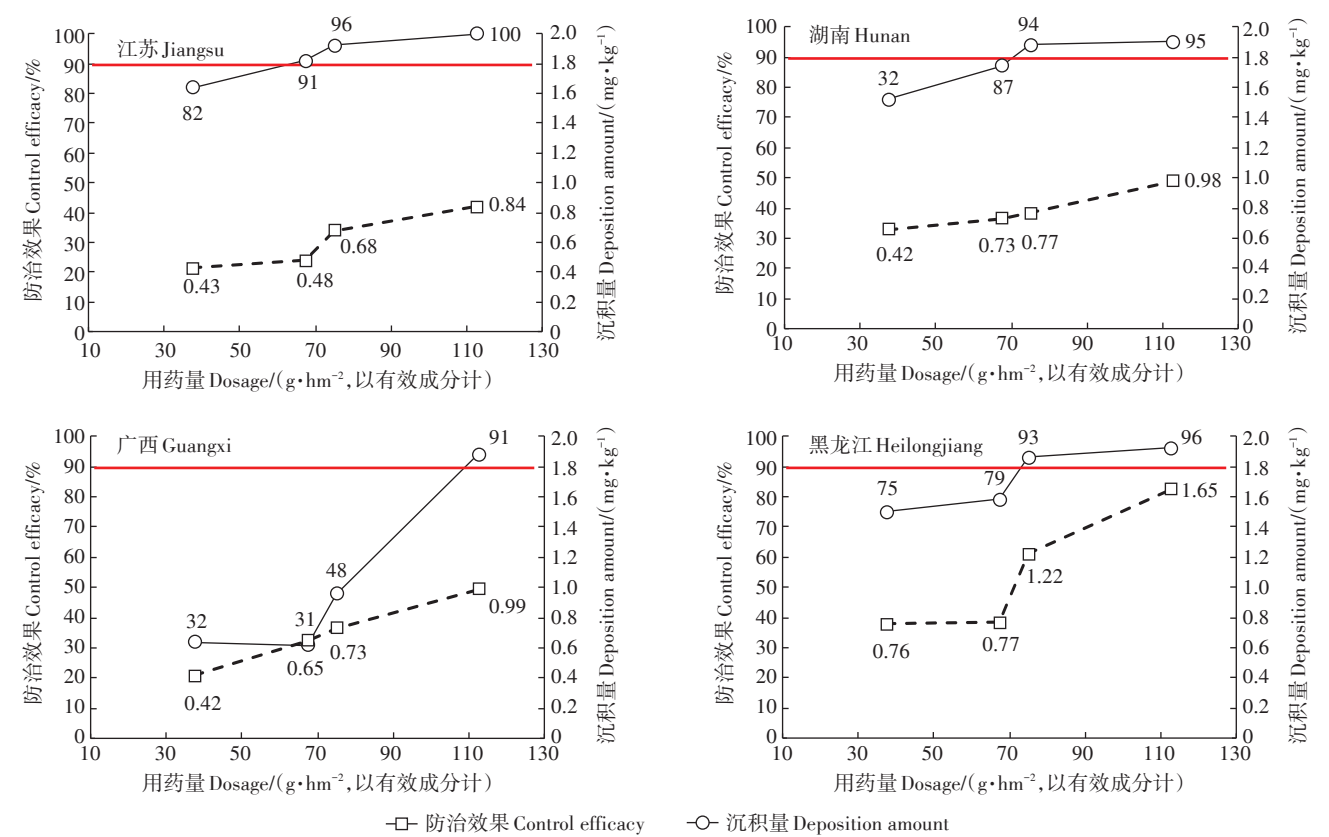


图2 吡蚜酮在水稻上沉积量与对灰飞虱的防治效果

Figure 2 Deposition amount of pymetrozine in rice and control efficacy to planthopper

吡蚜酮流失的空间和区域差异的研究未见报道。本文研究表明,水稻体系吡蚜酮残留的空间差异体现在农药喷施后主要沉积在水稻植株中上部位,上部的农药降解快于下部;区域差异主要体现黑龙江较其他3个农区的水稻农药沉积量大、降解慢,可能与黑龙江地理纬度最高,气候降雨等环境条件差异较大有关。

水稻植株上部的降解快于植株下部,这可能不仅与雨水的淋洗有关,而且与植株上部农药的光解也有很大的关系。牛大水等^[12]研究表明,农药在强光照下降解迅速,光的强度越强,农药降解越快。该结论一定程度上解释了本研究中植株上部农药降解快于下部的现象。张存政等^[13]研究表明,农药在不同环境条件下残留规律有显著差异,温度高和降雨多能促进农药残留的消解和流失。该结论与本研究结果一致,黑龙江地区由于纬度较高,昼夜温差大,夜间的低温延缓农药残留的降解,而且降雨量相对南方小,也是农药残留降解慢的原因之一。

农药喷雾一般从水稻上方向下喷,植株的上部首先接触农药,而下部农药可能来源主要是上部植株的空隙穿透直接喷洒农药、从上部植株流淌下的农药和部分农药雾滴喷洒上部植株后经过二次或更多次的弹跳后落下的农药等几种,但总体植株上部的农药受药量远大于下部,这是上部的空间优势决定的。灰飞虱一般在水稻中下部为害,因此为了农药液滴尽量向靶标部位附着,可以在使用喷雾器械时降低器械喷头高度,最好在水稻倒二叶以下。农药残留区域差异可能主要由雨水、风力和湿度等因素导致,农药使用剂量也应根据不同区域残留规律差异进行适当调整^[14-15]。

3.2 吡蚜酮沉积量与防治效果关系

水稻上使用吡蚜酮的目的主要是针对危害水稻的灰飞虱。农药对靶标害虫的防治效果主要与害虫的农药有效接触量和害虫对农药的抗性程度等因素有关。农药剂量确定后,最大限度地将农药沉积在水稻表面并发挥最佳生物效果,是农药田间应用追求的目标之一,同时期望害虫对农药的抗性越低越好。但前人多年的检测结果表明,部分稻区褐飞虱田间种群对吡蚜酮的抗性已下降至中等水平阶段(3.7~11.0倍),不同区域飞虱种群抗性不同^[16-20]。

本研究中,江苏和湖南水稻吡蚜酮75%推荐剂量、广西1.5倍推荐剂量、黑龙江1.0倍推荐剂量以上时分别可满足对灰飞虱防治需求。江苏和湖南地区

灰飞虱对吡蚜酮的抗性可能小于广西和黑龙江。尽管江苏地区吡蚜酮残留量最低,但灰飞虱对吡蚜酮的抗性也可能最小,因此较低剂量的农药即可达到较好的防治效果。

农药制剂产品在登记时存在两个问题,一是厂家在制剂的有效成分含量上有过大的自主设定权,只要能通过系列登记试验,就能获得登记;二是农药制剂销售时,一般全国范围采用统一的农药施用剂量,而各地区由于气候等条件以及害虫抗性的差异,会导致有些地区过量施用农药而有些地方施药剂量不足的情况。

4 结论

(1)在药后2 h,江苏、湖南、广西和黑龙江4地试验点水稻植株上部沉积量所占比例均为整个植株沉积量的66.7%以上,且吡蚜酮在水稻植株上部的降解要快于植株下部。水稻植株上部吡蚜酮沉积量,黑龙江大于其余3地。

(2)江苏和湖南地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药按标签推荐最大的75%用药($56 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)即可满足防治需求。广西双季稻地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.5倍用量($112.5 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)。黑龙江一季稻地区水稻飞虱防治用吡蚜酮药剂时,其用量应为标签推荐的1.0倍用量($75 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$,以有效成分计)。结果表明,针对具体农药制剂,应根据实际水稻种植区域靶标有害生物防治效果情况,合理设置符合本区域的农药使用剂量,避免农药施用过量给环境造成压力,也避免农药施用不足而起不到防治害虫的效果。

参考文献:

- [1] 钱允辉, 王志强, 张夕林, 等. 水稻中后期相关农药使用次数与农药残留量动态关系的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 2678-2685. QIAN Yun-hui, WANG Zhi-qiang, ZHANG Xi-lin, et al. Studies on the dynamics of pesticide residues and application frequency at the middle-late stage of rice[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(9): 2678-2685.
- [2] 侯志广, 赵晓峰, 刘建国, 等. 吡蚜酮在水稻中的残留动态研究[J]. 安徽农业科学, 2011(27): 16608-16609. HOU Zhi-guang, ZHAO Xiao-feng, LIU Jian-guo, et al. Studies on residual dynamics of pymetrozine in rice[J]. *Journal of Anhui Agriculture*, 2011(27): 16608-16609.
- [3] Chen H, Guo L, Li W, et al. Adsorption and desorption characteristics of pymetrozine in goji berry soils of China's Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Instrumentation Science & Technology*, 2019, 48(2): 1-12.

- [4] Jia G F, Zeng L R, Zhao S, et al. Monitoring residue levels and dietary risk assessment of pymetrozine for Chinese consumption of cauliflower [J]. *Biomedical Chromatograph*, 2019, 33(4):4455.
- [5] Binh Q A, Tungtakanpoung D, Kajitvichyanukul P. Similarities and differences in adsorption mechanism of dichlorvos and pymetrozine insecticides with coconut fiber biowaste sorbent[J]. *Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 2020, 55(1/3):103-114.
- [6] 黄永春, 彭伟, 庞晶晶, 等. 吡蚜酮在水稻和土壤中的残留动态研究[J]. *安全与环境学报*, 2011, 11(5):15-18. HUANG Yong-chun, PENG Yi, PANG Jing-jing, et al. Research of the residue dynamics of pymetrozine WDG in the plant rice and soil[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2011, 11(5):15-18.
- [7] 潘康标, 黄彧, 徐伟枫, 等. 25%吡蚜酮可湿性粉剂在水稻上残留量的研究[J]. *现代农药*, 2010, 9(5):48-51. PAN Kang-biao, HUANG Yu, XU Wei-feng, et al. Study on residue of pymetrozine 25% WP in paddy rice[J]. *Modern Agrochemicals*, 2010, 9(5):48-51.
- [8] 李佳, 龚道新. 吡蚜酮在水稻和稻田中的残留降解行为研究[J]. *农药科学与管理*, 2010, 31(11):24-28. LI Jia, GONG Dao-xin. Residue and degradation behavior of pymetrozine in paddy field[J]. *Pesticide Science and Administration*, 2010, 31(11):24-28.
- [9] 郑伟, 王彦辉, 李欣, 等. 72%吡蚜酮·异丙威 WG 在稻田环境中的残留动态[J]. *农药*, 2011, 50(10):50-52. ZHENG Wei, WANG Yan-hui, LI Xin, et al. Residual detection and dynamics of pymetrozine·isoprocarb 72% WG in rice[J]. *Agrochemicals*, 2011, 50(10):50-52.
- [10] Lehotay S J. Quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe approach for determining pesticide residues[M]//*Pesticide Protocols*. Totowa: Humana Press, 2006:239-261.
- [11] Lehotay S J. Supplemental information for: Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: Collaborative study[J]. *J Aoac International*, 2007, 90(2):1-35.
- [12] 牛大水, 花日茂, 唐俊, 等. 百菌清和毒死蜱在辣椒表面的光化学降解速率[J]. *安徽农业大学学报*, 2011, 38(1):91-94. NIU Da-shui, HUA Ri-mao, TANG Jun, et al. Photodegradation of chlorothalonil and chlorpyrifos on pepper surface[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2011, 38(1):91-94.
- [13] 张存政, 孙星, 张志勇, 等. 噻嗪酮在茶园环境中的残留行为研究[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(8):1483-1489. ZHANG Cun-zheng, SUN Xin, ZHANG Zhi-yong, et al. Dissipation behavior of pesticide buprofezin in tea garden under different climate conditions in China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(8):1483-1489.
- [14] 徐德进, 顾中言, 徐广春, 等. 喷雾器及施液量对水稻冠层农药雾滴沉积特性的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(20):4284-4292. XU De-jin, GU Zhong-yan, XU Guang-chun, et al. Influence of sprayer and application rate on pesticide deposit character on rice canopy[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(20):4284-4292.
- [15] 顾中言, 徐德进, 徐广春. 田间药液用量影响农药单位剂量防治效果的原因分析[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(13):2513-2523. GU Zhong-yan, XU De-jin, XU Guang-chun, et al. The cause of influence of spray volume on control effect of pesticide unit dose in rice fields[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(13):2513-2523.
- [16] 邓春林, 谢华伦, 张欧. 2010—2017年湖北省水稻褐飞虱抗性监测及综合治理措施[J]. *湖北植保*, 2018(1):26-29. DENG Chun-lin, XIE Hua-lun, ZHANG Ou. Resistance monitoring and integrated management measures of rice brown planthopper in Hubei Province, 2010—2017[J]. *Hubei Plant Protection*, 2018(1):26-29.
- [17] 张小磊, 廖逊, 毛凯凯, 等. 湖北稻区褐飞虱田间种群对常用杀虫剂抗性监测[J]. *昆虫学报*, 2016, 59(11):1222-1231. ZHANG Xiao-lei, LIAO Xun, MAO Kai-kai, et al. Resistance monitoring of the field populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) to common insecticides in rice production areas of Hubei Province, central China[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2016, 59(11):1222-1231.
- [18] 王鹏, 甯佐苹, 张帅, 等. 我国主要稻区褐飞虱对常用杀虫剂的抗性监测[J]. *中国水稻科学*, 2013, 27(2):191-197. WANG Peng, NING Zuo-ping, ZHANG Shuai, et al. Resistance monitoring to conventional insecticides in brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) in main rice growing regions in China[J]. *Chinese Rice Science*, 2013, 27(2):191-197.
- [19] 赵雪晴, 黎彬, 何洪平, 等. 5种杀虫剂对滇东白背飞虱种群的毒性及其田间药效[J]. *生物安全学报*, 2019, 28(1):38-42. ZHAO Xue-qing, LI Bin, HE Hong-ping, et al. The population sensitivity of white-back planthopper in eastern Yunnan to five insecticides and the field control effects[J]. *Journal of Biosafety*, 2019, 28(1):38-42.
- [20] 肖汉祥, 李燕芳, 凌善锋, 等. 广东褐飞虱种群对4种杀虫剂的抗性[J]. *华南农业大学学报*, 2018, 39(2):70-74. XIAO Han-xiang, LI Yan-fang, LING Shan-feng, et al. Resistance of *Nilaparvata lugens* (Stål) populations to four types of insecticides in Guangdong Province[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2018, 39(2):70-74.