

徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 2012-2016 年稻田农药科学减量试验分析[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(5): 1005-1012.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.05.006

2012-2016 年稻田农药科学减量试验分析

徐广春, 顾中言, 徐德进, 许小龙, 徐 鹿

(江苏省农业科学院植物保护研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 为了科学使用农药, 采用 Zisman 图法测定不同生育期稻叶的临界表面张力, 同时从喷洒次数、农药投入量、喷洒药液的表面张力、农药投入量毒性系数、病虫害的防治效果及水稻产量等角度比较了 2012-2016 年稻田喷施植物保护部门推荐的农药组(A)和实验室推荐的农药组(B)的差异性。结果表明, 分蘖期至乳熟期稻叶正面和反面临界表面张力的平均估值分别为 29.94 mN/m 和 31.01 mN/m, A 组药液的表面张力均大于稻叶的临界表面张力; B 组药液的表面张力均小于稻叶的临界表面张力。与 A 组相比, B 组每年用药次数减少 2~3 次; 总投入量每年减少 38.96%~81.30%; 有效成分用量减少 58.75%~87.10%; 投入量毒性系数总和减少 46.97%~93.77%。田间防治效果表明, B 组对稻纵卷叶螟、稻曲病和稻瘟病的防治效果相对较好, 2 种农药施用组对稻飞虱和纹枯病的防治效果相当; 除稻瘟病发生年份外, 2 种农药施用组间水稻产量无显著差异。

关键词: 稻田; 农药减量; 防治效果; 农药投入量毒性系数; 产量

中图分类号: S481 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)05-1005-08

Analysis on the scientific pesticide reduction trial in paddy field during 2012-2016

XU Guang-chun, GU Zhong-yan, XU De-jin, XU Xiao-long, XU Lu

(Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to use pesticides scientifically, the critical surface tension (CST) of rice leaf in different growth stage was determined by Zisman method. On the basis of spray times, total input of pesticides, surface tension of pesticides liquid sprayed in paddy field, acute toxicity coefficient of pesticide input, pest and disease control effect and rice yield, the differences between pesticide recommended by plant protection department (group A) and pesticide recommended by laboratory (group B) during 2012-2016 were compared. Results showed that the mean CST values of the abaxial and adaxial rice leaf surface from tillering stage to milk stage were 29.94 mN/m and 31.01 mN/m, respectively. The surface tension values of rice leaf in group A were more than the mean CST values of rice leaves. On the contrary, the surface tension values of rice leaf in group B were less than the mean CST values of rice leaves. Compared with those in group A, the spraying times in group B were reduced by two to three times per season in paddy field. At the same time, total input of pesticide formulations and pesticide active ingredient dosage in group B were decreased by 38.96%-81.30% and 58.75%-87.10%,

respectively. The total acute toxicity coefficient of group B was 46.97% - 93.77% less than that of group A. The control effect in group B against rice leaf folder, rice false smut and rice blast was relatively better than that in group A, and the two pesticide application groups had same effect on the control of rice planthoppers and rice sheath blight. Except for the year happened rice blast, there was no significant difference in rice yield between the two pes-

收稿日期: 2018-01-22

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0200305); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(16)1001]

作者简介: 徐广春(1982-), 男, 江苏海安人, 硕士, 副研究员, 主要从事农药应用与毒理学研究。(Tel) 025-84390403; (E-mail) xgc551@163.com

通讯作者: 顾中言, (Tel) 025-84390403; (E-mail) guzy@jaas.ac.cn

ticide application groups.

Key words: paddy field; pesticide reduction; control effect; total acute toxicity coefficient of pesticide input; yield

大容量喷雾是稻田病虫害防治的主要方法^[1],其农药有效利用率较低,喷洒的雾滴多从稻叶上滚落或流失,造成农药的浪费^[2];另一方面由于稻田病虫害交替发生、世代重叠导致农药的重复或过量使用,由此引发的环境问题和农药残留较为突出^[3-5]。农药药液在靶标植株上的持留能力、润湿性能与药液的表面张力、接触角等因素有关,并直接影响着农药药效的发挥^[6-9]。多数用于稻田喷雾的农药药液的表面张力均大于稻叶的临界表面张力,表现出较差的润湿性,从而影响对病虫害的防治效果^[2];而喷雾助剂的添加在一定程度上提高了农药利用率和药效^[10]。在喷施农药品种选择上,一方面要考虑到农药对病虫害的高效和低用量;另一方面也要考虑其毒理指标,急性有效浓度(AEC)、毒性与暴露比(TER)和风险商值(RQ)等指标是当前风险评估中常用的指标^[11-13],但都没有针对其施药的靶标作物,与施药的靶标作物相联系,中国学者提出了农药投入量毒性系数 K ^[14], K 值的大小一定程度上决定了应用风险。不同种类农药间的 K 值差异较大,有分析结果表明水稻杀菌剂和除草剂的 K 值要小于杀虫剂的 K 值,表明杀菌剂和除草剂对稻田环境及生物的风险要小于杀虫剂^[14]。随着农药投入量的加大,农药投入量毒性系数也越大。田间施药时,一次常包含多种农药,选择农药时更多的是从防治效果来考虑,忽视了其自身的毒性。如何筛选出低投入量,应用风险最低的农药组合是当前农药减量控害的关键任务。本研究以近年来服务的农场为例,从施药次数,农药投入量,农药投入毒性,药液表面张力与稻叶临界表面张力的关系,病虫害防治效果以及产量等角度比较2012-2016年植保部门推荐农药组合和实验室推荐农药组合的差异性,以期稻田农药的科学减量提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻品种苏05-1176。试验中使用的有机硅助剂Silwet408和烷基酚聚氧乙烯醚助剂TX-10分别由迈图有机硅材料有限公司和南京太化化工有

限公司提供。

1.2 试验仪器

试验中使用的仪器有上海中晨数字技术设备有限公司生产的接触角测量仪JC2000C1B,德国Data-physics公司生产的表面张力仪DCAT11EC,苏州农业药械有限公司生产的苏农3WH-36担架式机动喷雾机以及上海高鸽工贸有限公司生产的0~50 μl 微量注射器。

1.3 试验方法

1.3.1 水稻叶片临界表面张力的测定 将已知表面张力溶剂的液体5 μl 点滴在用双面胶固定的新鲜、无污染和无病虫害的稻叶正、反面,利用接触角测量仪摄下液滴形态,计算出接触角。根据各溶剂液滴的接触角余弦值与表面张力的回归直线计算稻叶的临界表面张力值,接触角为零时,对应的溶剂表面张力值即为稻叶的临界表面张力值^[15-16]。

1.3.2 喷雾药液表面张力的测定 取田间混合均匀待喷雾的药液各200 ml,量取50 ml药液装入表面张力仪的测试皿中,测定表面张力,每试样测3次,取其平均值。测定温度为 $(28\pm 2)^\circ\text{C}$ 。

1.3.3 稻田本田期农药减量对比试验 试验设A和B2组,A组按照当地农业部门发布的病虫情报进行用药,面积1.2 hm^2 ,采用担架式喷雾机,按每1 hm^2 兑水1 500 kg进行喷雾;B组根据试验田病虫的实际发生动态选择相应的农药配方进行喷雾,面积1.2 hm^2 ,采用担架式喷雾机,按1 hm^2 兑水750 kg进行喷雾,根据喷洒农药的种类选择有机硅助剂Silwet408(添加浓度为125.00 mg/L)或烷基酚聚氧乙烯醚类助剂TX-10(添加浓度为31.25 mg/L)^[10]调节混合药液的表面张力,使其小于或等于稻叶的临界表面张力值,避免因润湿性差而引起药液滚落。同时设不施药的空白对照组(即观测圃,0.07 hm^2)。

1.3.4 农药投入量毒性系数 K 计算 公式为 $K=M\times 1\,000/N^{[14]}$, M :农药有效成分投入量(g/hm^2), N :农药试验大鼠口服的 LD_{50} (mg/kg)。农药试验大鼠口服 LD_{50} 值按有效成分从Chemicalbook中查询获得,使用的混剂等同于单剂分别使用1次的原则计

算。将每次喷洒的农药组合 K 值进行计算并求和分析,按公式计算减少率 $R = (\sum K_{\text{total,A}} - \sum K_{\text{total,B}}) / \sum K_{\text{total,A}} \times 100\%$, 其中 $\sum K_{\text{total,A}}$ 和 $\sum K_{\text{total,B}}$ 分别表示每季稻田 A 组和 B 组农药投入量毒性系数总和。

1.3.5 田间实际用药效果评价 江苏苏南地区病虫害防治的主要对象为稻飞虱[前期为灰飞虱(*Laelodelphax striatellus*)和白背飞虱(*Sogatella furcifera*)],后期为褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)]、稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guénée)、水稻纹枯病、稻曲病和稻瘟病。防治效果评价参照相应的农药田间药效试验准则进行,稻飞虱的防治效果评价参照 GB/T17980.4–2000,稻纵卷叶螟的防治效果评价参照 GB/T17980.2–2000,水稻纹枯病的防治效果评价参照 GB/T17980.20–2000,水稻稻瘟病的防治效果评价参照 GB/T17980.19–2000,水稻稻曲病的防治效果评价参照 NY/T1464.54–2014。在每次施药后 7 d 调查防治效果(如果 2 次施药之间不足 7 d,按实际天数进行调查),并对最后一次调查的防治效果进行统计分析。

1.3.6 水稻产量及其构成因素 在水稻成熟期,选取每处理具有代表性的植株 10 穴,剪下稻穗脱粒后,用水漂法区分饱粒和空瘪粒^[17],测定穗粒数、千粒质量、结实率和水稻产量。

2 结果与分析

2.1 不同时期稻叶的临界表面张力值

将 $\cos\theta = 1$ (即接触角为 0) 代入获得的 γ VS $\cos\theta$ 的回归方程中,求得不同生育期稻叶正、反面的临界表面张力值(表 1)。稻叶正、反面的临界表面张力值,分蘖期分别为 31.30 mN/m 和 32.09 mN/m;拔节期分别为 30.04 mN/m 和 31.14 mN/m;孕穗期分别为 29.41 mN/m 和 30.65 mN/m;乳熟期分别为 29.02 mN/m 和 30.16 mN/m。综合来看不同时期稻叶正面临界表面张力的估值介于 29.02~31.30 mN/m,平均值为 29.94 mN/m;稻叶反面临界表面张力的估值介于 30.16~32.09 mN/m,平均值为 31.01 mN/m。

2.2 苏州望亭试验点 2012–2016 年病虫害实际发生情况

长江中下游稻区每年种植一季水稻,多在 6 月中旬左右移栽到大田。虫害以稻飞虱和稻纵卷叶螟为主,对其的防治主要集中在每年的 7 月上中旬至

9 月中下旬,这段时间内在观测圃中每 10 d 调查 1 次每穴稻飞虱的虫量和 25 穴水稻的卷叶率。从观测圃 2012–2016 年的数据来看,2012 年虫害发生较重,2015 年相对较轻(图 1)。病害以纹枯病为主,间歇性发生稻瘟病和稻曲病,同样在观测圃中每 10 d 调查 1 次水稻纹枯病的病情指数,水稻破口期开始调查稻瘟病、稻曲病的病穗率。从调查结果(图 2)来看,2014 年水稻纹枯病和稻曲病发生较重,2015 年稻瘟病发生较重,病穗率最高达到 29.8%。

表 1 不同时期稻叶临界表面张力

Table 1 The critical surface tension of rice in different stages

生育期	稻叶表面	回归方程	决定系数 (R^2)	临界表面张力的估值 (mN/m)
分蘖期	正面	$\cos\theta = -0.040\ 0\gamma + 2.251\ 9$	0.997\ 5	31.30
	反面	$\cos\theta = -0.038\ 8\gamma + 2.245\ 0$	0.998\ 9	32.09
拔节期	正面	$\cos\theta = -0.041\ 7\gamma + 2.252\ 6$	0.986\ 2	30.04
	反面	$\cos\theta = -0.039\ 0\gamma + 2.214\ 5$	0.994\ 5	31.14
孕穗期	正面	$\cos\theta = -0.041\ 3\gamma + 2.214\ 7$	0.984\ 3	29.41
	反面	$\cos\theta = -0.039\ 8\gamma + 2.219\ 8$	0.992\ 6	30.65
乳熟期	正面	$\cos\theta = -0.041\ 6\gamma + 2.207\ 4$	0.989\ 1	29.02
	反面	$\cos\theta = -0.038\ 9\gamma + 2.173\ 3$	0.991\ 2	30.16

2.3 稻田农药喷施时间

从图 3 可以看出,2012–2016 年稻田本田期植物保护部门推荐的农药喷洒次数为 5~7 次,实验室推荐的农药喷洒次数为 3~5 次。用药的时间主要集中在 7~9 月这 3 个月,这段时间覆盖水稻分蘖期至乳熟期,8 月底 9 月初是水稻破口期,也是用药防治病虫害最关键的一次。

2.4 稻田农药喷施量

图 4 显示,从植物保护部门推荐的农药组合用量来看,稻田本田期农药总投入量以 2013 年最多,每 1 hm² 稻田用量达到了 28 185.00 g;2016 年最少,每 1 hm² 稻田用量 12 735.00 g;农药有效成分用量(不含活体菌用量),2013 年最多,为 6 777.00 g;2016 年最少,为 3 078.00 g。从实验室推荐的农药组合用量(含助剂用量)来看,稻田本田期农药总投入量每年分别比植物保护部门推荐用量减少 72.62%、87.10%、73.90%、67.87% 和 58.75%;农药有效成分每年分别比植物保护部门推荐用量减少 69.73%、74.06%、38.96%、81.30% 和 67.54%。

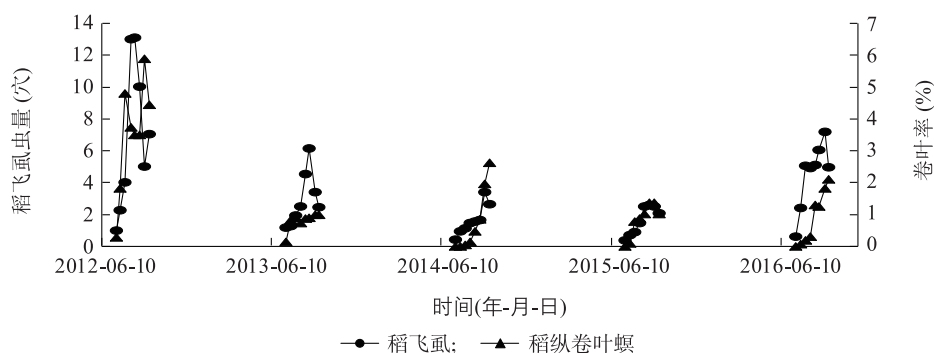


图 1 2012~2016 年观测圃水稻虫害实际发生情况

Fig.1 The occurrence condition of rice insect pests in 2012~2016

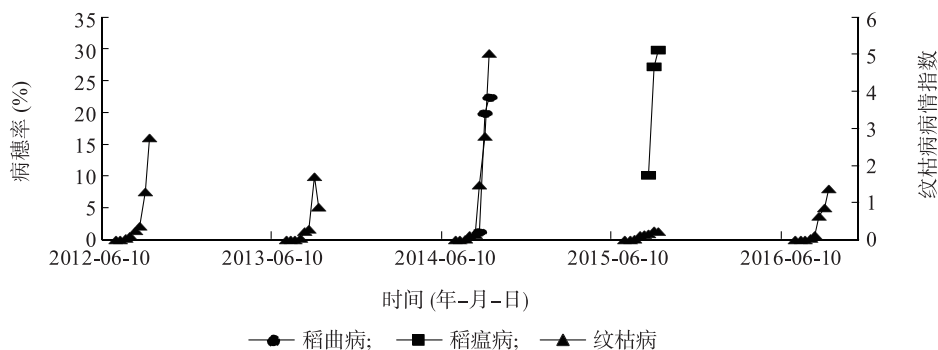


图 2 2012~2016 年观测圃水稻病害实际发生情况

Fig.2 The occurrence condition of rice disease in 2012~2016

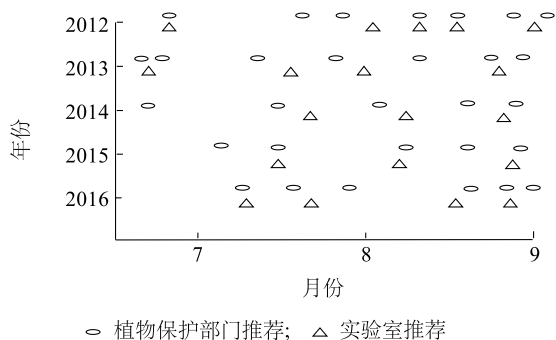


图 3 2012~2016 年稻田本田期农药喷施时间

Fig.3 Pesticide spraying time of rice paddy field during prime field period in 2012~2016

2.5 稻田喷洒药液的表面张力

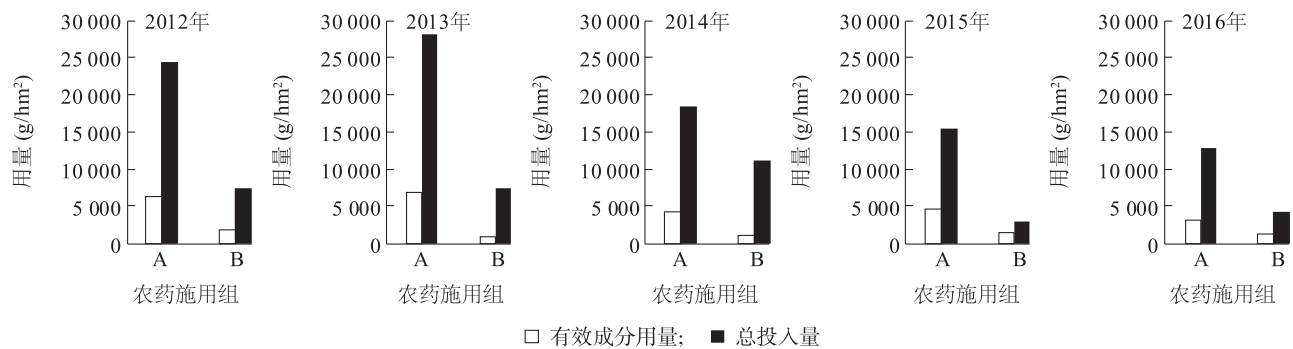
图 5 显示,不同时期水稻叶片正反面的临界表面张力平均值分别为 29.94 mN/m 和 31.01 mN/m。植物保护部门推荐的喷雾药液的表面张力介于 42.1~50.8 mN/m,均大于稻叶的临界表面张力;实验室推荐的喷雾药液由于添加了喷雾助剂,其药液的表面张力介于 23.2~28.8 mN/m,均小于稻叶的临界表面张力。

2.6 农药投入量毒性系数

农药田间防治病虫害时,通常为多种农药混合兑水喷雾,由于每次针对的防治对象不同,所使用的农药种类也不同,不同农药的急性毒性相差较大,导致单次农药使用时稻田单位面积上所承担的毒性值差异较大。从表 2 可以看出,稻田每次使用农药投入量毒性系数和差异较大,单次最大为 7 284.65,单次最小为 23.35。从每季稻田农药投入量毒性系数总和可以看出,实验室推荐喷雾组(B)的稻田农药投入量毒性系数总和均低于植物保护部门推荐农药组(A),这表明每季稻田单位面积上所承担的毒性值 B 组要低得多。从每季稻田农药投入量毒性系数总和的减少率来看, B 组与 A 组相比,减少 46.97%~93.77%。

2.7 田间防治效果

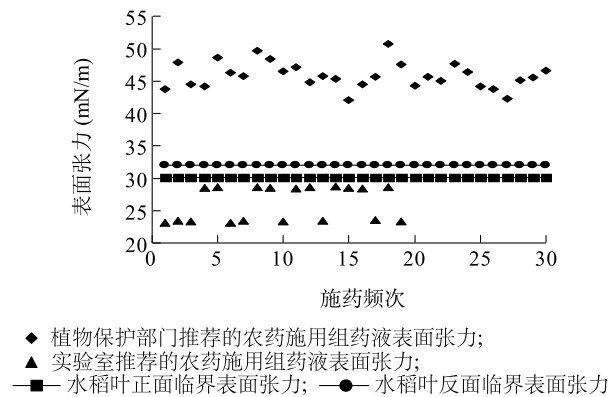
从 2012~2016 年的田间防治效果(表 3)来看,2 种农药施用组对不同时期稻纵卷叶螟的防治效果差异较大,其中植物保护部门推荐的农药施用组 A 对稻纵卷叶螟的防治效果为 67.11%~100.00%,实验室推荐的农药施用组 B 对稻纵卷叶螟的防治效果



A: 植物保护部门推荐的农药施用组; B: 实验室推荐的农药施用组。

图4 稻田本田期农药总投入量和有效成分用量分析

Fig.4 Analysis of total input of pesticide and the amount of active ingredient used in paddy field during prime field period



◆ 植物保护部门推荐的农药施用组药液表面张力;
▲ 实验室推荐的农药施用组药液表面张力;
—■— 水稻叶正面临界表面张力; —●— 水稻叶反面临界表面张力

图5 2012~2015 年稻田本田期每次用药的药液表面张力分析

Fig.5 The surface tension of pesticide solutions in paddy field during prime field period in 2012-2015

表2 农药投入量毒性分析

Table 2 Acute toxicity analysis of pesticide inputs

年份	处理	ΣK_{\max}	ΣK_{\min}	ΣK_{total}	减少率 (%)
2012	A	5 958.06	245.79	19 781.20	55.22
	B	7 284.65	91.83	8 857.67	
2013	A	5 423.32	1 006.14	17 627.50	81.68
	B	2 808.15	128.36	3 228.67	
2014	A	6 499.21	994.61	13 794.57	93.77
	B	686.62	68.76	859.93	
2015	A	2 359.56	64.86	8 427.68	54.36
	B	2 210.40	75.22	3 846.13	
2016	A	3 751.81	23.35	8 635.40	46.97
	B	1 638.89	81.32	4 579.20	

A: 植物保护部门推荐的农药施用组; B: 实验室推荐的农药施用组。
 ΣK_{\max} 、 ΣK_{\min} 和 ΣK_{total} 分别表示单次农药投入量毒性系数和最大、
单次农药投入量毒性系数和最小和每季稻田农药投入量毒性系数总和。
活体菌类毒性未纳入计算。

为 79.75%~100.00%。从最后一次防治效果的统计结果来看,2012 年和 2013 年 2 种农药组防治效果无显著差异;2014~2016 年,农药施用组 B 的防治效果要显著高于农药施用组 A。同样,2 种农药施用组对不同时期稻飞虱的防治效果差异较大,农药组 A 对稻飞虱的防治效果为 56.85%~100.00%;农药组 B 对稻飞虱的防治效果为 88.46%~100.00%,从最后一次防治效果的统计结果来看,2012~2015 年 2 种农药组防治效果无显著差异;2016 年,农药组 B 的防治效果显著高于农药组 A。水稻纹枯病的发生始于 8 月上中旬,2 种农药组对不同时期水稻纹枯病的防治效果存在差异,农药组 A 对水稻纹枯病的防治效果为 71.53%~100.00%,农药组 B 对水稻纹枯病的防治效果为 86.16%~100.00%,从最后一次防治效果的统计结果来看,2012~2015 年 2 种农药组防治效果无显著差异,2016 年,农药组 B 的防治效果显著高于农药组 A。稻曲病多发生在水稻穗期,从近 5 年的发生来看,主要在 2014 年大面积发生,农药组 B 对稻曲病的防治效果为 92.46%,显著高于农药组 A 的防治效果。水稻苗期至穗期都可以发生稻瘟病,从近 5 年的发生来看,主要在 2015 年发生穗颈瘟,农药组 B 对其的防治效果为 92.65%,显著高于农药组 A 的防治效果。

2.8 产量分析

2 种农药组对水稻产量的影响见表 4。总体来看,2 种农药组间水稻产量无明显差异,但在稻瘟病发生的年份,可以看出农药组 B 处理下获得水稻产量要显著高于农药组 A 处理。从水稻产量的组成因素看,2012 年、2013 年、2015 年农药组 A 处理的单位面积有效穗数要显著高于农药组 B 处理,2014 年和

2016 年 2 种农药组处理间无显著差异;农药组 A 处理的每穗粒数显著低于农药组 B 处理,2016 年 2 种农药组处理间无显著差异;2 种农药组处理的水稻结实率差异不显著(2013 年除外);千粒质量则是 2012

年和 2013 年 2 种农药组处理差异不显著,2014 年、2015 年、2016 年则是农药组 A 处理的千粒质量显著低于农药组 B 处理。

表 3 2012–2016 年稻田不同时期病虫害防治效果分析

Table 3 Analysis of pest and disease control effects in paddy field during different stages in 2012–2016

防治对象	年份	处理	每次施药的防治效果(%)						
			1	2	3	4	5	6	7
稻纵卷叶螟	2012	A	80.75	77.72	71.41	74.31	77.15	73.53	76.36
		B	90.76	87.16	84.67	83.26	80.71	/	/
	2013	A	84.66	77.40	76.41	77.31	77.31	78.95	75.95
		B	93.84	88.21	87.03	79.75	/	/	/
	2014	A	100.00	87.81	86.11	77.12	73.18	/	/
		B	91.67	92.16	94.09	/	/	/	/
	2015	A	90.62	76.88	67.11	74.07	72.17	/	/
		B	91.59	90.79	88.70	/	/	/	/
	2016	A	82.58	88.66	89.36	89.47	89.36	90.96	/
		B	94.33	98.94	98.58	100.00	/	/	/
纹枯病	2012	A	–	74.38	100.00	73.46	89.11	82.85a	–
		B	–	100.00	95.21	86.97	–	/	/
	2013	A	–	–	–	78.56	87.35	94.03	/
		B	–	100.00	88.42	96.77	/	/	/
	2014	A	–	85.41	77.07	81.16	80.20	/	/
		B	94.38	95.18	89.87	/	/	/	/
	2015	A	–	83.18	75.94	71.53	93.22	/	/
		B	93.53	86.16	94.52	/	/	/	/
	2016	A	–	90.74	82.38	78.94	80.06	82.61	/
		B	100.00	100.00	100.00	100.00	/	/	/
稻飞虱	2012	A	97.97	83.62	56.85	90.94	–	73.32	90.00
		B	98.48	92.37	100.00	–	95.42	/	/
	2013	A	89.09	85.29	89.83	80.28	88.90	–	–
		B	93.30	92.20	94.00	–	/	/	/
	2014	A	84.11	86.64	85.07	86.79	100.00	/	/
		B	93.55	94.61	100.00	/	/	/	/
	2015	A	84.44	80.67	81.00	78.09	100.00	/	/
		B	91.71	88.46	94.57	/	/	/	/
	2016	A	66.10	77.18	83.77	88.54	/	/	/
		B	92.01	100.00	100.00	/	/	/	/
稻曲病	2014	A	/	/	/	/	76.88	/	/
		B	/	/	92.46	/	/	/	/
稻瘟病	2015	A	/	/	/	/	79.41	/	/
		B	/	/	92.65	/	/	/	/

A: 植物保护部门推荐的农药施用组; B: 实验室推荐的农药施用组。“–”未调查到; “/”空白。

表 4 2 种农药施用组对水稻产量及其构成因素的影响

Table 4 Effects of pesticide application on rice yield and yield components

年份	农药组合	有效穗数 (个, 1 m ²)	每穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒质量 (g)	产量 (kg, 667 m ²)
2012	A	337±3a	128±1b	84.53±0.83a	28.9±0.2a	702.87±11.02a
	B	327±3b	131±1a	85.03±0.82a	29.1±0.1a	706.98±9.69a
2013	A	346±2a	128±1b	89.98±0.60a	29.1±0.1a	773.48±9.59a
	B	340±1b	134±1a	87.25±0.52b	29.5±0.2a	782.16±9.08a
2014	A	356±1a	129±1b	85.89±0.91a	29.1±0.1b	765.60±9.18a
	B	358±1a	132±1a	84.24±0.77a	29.6±0.2a	785.95±10.69a
2015	A	334±2a	118±1b	78.55±1.38a	28.6±0.2b	590.56±13.54b
	B	328±2b	129±1a	81.30±0.91a	29.6±0.2a	679.16±9.79a
2016	A	351±2a	133±1a	80.67±0.86a	29.4±0.1b	738.49±8.42a
	B	348±2a	134±1a	81.42±0.73a	29.9±0.2a	757.20±11.68a

A: 植物保护部门推荐的农药施用组; B: 实验室推荐的农药施用组。每一列数据后不同的小写字母表示差异显著性 ($P<0.05$)。

3 讨论

“农药减量”是当前研究的热点,但就其本身而言这是一个模糊的概念,没有明确定义,只是中国依据当前农药使用中的现状而提出的,农药减量应依据病虫害防治过程中发挥作用且对人类和环境负面影响尽可能低的单位面积农药使用量,其比较的对象主要是大面积生产上使用的农药用量。实施农药减量的关键主要在于中国农药利用率相对较低。2015 年农业部公布水稻、小麦等粮食作物上的农药利用率为 36.6%,与发达国家相比仍存在一定的差距。这种差距主要体现在施药人员的素质、植保机械、农药制剂、农药助剂以及靶标和对有害生物的行为特性认识等多方面^[18-22]。本试验选择苏南典型的生态农场,稻麦种植面积 20 hm²左右,施药器械为担架式喷雾机^[19],已经形成了低浓度大喷雾量的习惯,病虫害防治主要依据植保部门发布的病虫情报。由于是大水量喷雾,每次喷洒的混合药液的表面张力均大于稻叶的临界表面张力^[2],雾滴黏附力差,多数药液流失到田间水中,为了确保防治效果,喷洒农药的次数相对较多。从实际效果可以看出,增加农药使用次数可以达到有效控制病虫害的目的。实验室在每季稻田病虫害实时监测的基础上,在病虫发生的适期选择合理的药剂组合进行防治,同时科学合理添加助剂和降低水量,使喷洒的混合药液的表面张力低于稻叶的临界表面张力,药液更易粘附稻叶,从而达到较好的防治效果。从近 5 年

的试验结果来看,推荐稻田农药每季使用 3~4 次,农药有效成分用量控制在 1 500.00 g 以内是可以有效控制病虫害的发生并确保水稻高产。

农药减量控制病虫害的另一目的就是降低农药投入对环境的不良影响,这与农业面源污染控制的思路(即减源-控污-截留-修复)相一致^[23],关键是减少源头投入。减少农药源头投入量的有效方法较多。选择低用量高效低毒的药剂替代是减少农药源头投入的常见方法,如在防治稻飞虱时,选择吡蚜酮替代噻嗪酮,风险商值由 4.780 下降到 0.007,相差近 683 倍, K 值降低近 1.5 倍^[24];科学合理地使用喷雾助剂(喷雾助剂毒性很低且用量很少),从润湿持留、抗蒸发、耐冲刷等角度提高药效^[25-29],直接降低农药投入量 20%~30%^[1,10]。本研究通过这 2 种方法的结合,达到了农药减量控制病虫害的目的,同时降低了投入农药组合的毒性系数总和。科学评价农药使用风险是当前一项紧迫的任务,国内外的风险评估相对集中在毒理学范畴,并不针对田间用药的实际场景,对用药选择难以起到直观的指导作用。在实施农药科学减量试验过程中发现,5 年前在稻田难以发现的蜜蜂、蝌蚪等环境生物在实施的第四年更易被发现,同时在调查过程中发现稻田蜘蛛种类也变多了。因此,对农药科学减量控制病虫害的评价不应停留在病虫害防治效果和水稻产量的指标上,更多的应考虑到环境生物群落的变化、环境毒性、人体暴露风险等因素,进而建立农药典型施用场景下农药施用风险的评价体系,从而指导生产。

参考文献:

- [1] 袁会珠,杨代斌,闫晓静,等. 农药有效利用率与喷雾技术优化[J]. 植物保护,2011,37(5):14-20.
- [2] 徐广春,顾中言,徐德进,等. 常用农药在水稻叶片上的润湿能力分析[J]. 中国农业科学,2012,45(9):1731-1740.
- [3] 孙长花,于智勇,王 君,等. 基于 QuEChERS-气相色谱-串联质谱法检测大米中多农药残留[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):191-193.
- [4] ABDULLAH A R,BAJET C M,MATIN M A,et al. Ecotoxicology of pesticides in the tropical paddy field ecosystem[J]. Environmental Toxicology and Chemistry,1997,16(1):59-70.
- [5] HUANG S W,WANG L,LIU L M,et al. Nonchemical pest control in china rice: a review[J]. Agronomy for Sustainable Development,2014,34:275-291.
- [6] PEDIBHOTLA V K,HALL F R,HOLMSEN J. Deposit characteristics and toxicity of fipronil formulations for tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) control on cotton[J]. Crop Protection,1999,18:493-499.
- [7] ZHANG Y,ZHANG G Y,HAN F. The spreading and superspreading behavior of new glucosamide-based trisiloxane surfactants on hydrophobic foliage[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects,2006,276:100-106.
- [8] XU L Y,ZHU H P,OZKAN H E,et al. Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactant at different locations on waxy leaf surfaces[J]. Biosystems Engineering,2010,104:1-10.
- [9] 徐德进,顾中言,徐广春,等. 药液表面张力与喷雾方法对雾滴在水稻植株上沉积的影响[J]. 中国水稻科学,2011,25(2):213-218.
- [10] 徐广春,顾中言,徐德进,等. 促进稻田农药利用效率的表面活性剂筛选[J]. 中国农业科学,2013,46(7):1370-1379.
- [11] QU C S,CHEN W,HUANG L,et al. Ecological risk assessment of pesticide residues in Taihu Lake wetland, China[J]. Ecological Modeling,2011,222(2):287-292.
- [12] SALA S,MIGLIORATI S,MONTI G S,et al. SSD-based rating system for the classification of pesticide risk on biodiversity[J]. Ecotoxicology,2012,21:1050-1062.
- [13] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Pesticide risk assessment for the active substance pymetrozine in light of negligible exposure data submitted[J]. EFSA Journal,2017,15(1):1-12.
- [14] 孙海滨,郑永权,蒋红云,等. 农药投入量毒性系数及其在水稻安全生产中的应用[J]. 植物保护,2012,38(4):108-111.
- [15] 顾中言,许小龙,韩丽娟. 几种植物临界表面张力值的估测[J]. 现代农药,2002(2):18-20.
- [16] 屠豫钦,李秉礼. 农药应用工艺学导论[M]. 北京:化学工业出版社,2006:33-36.
- [17] 刘红江,郑建初,郭 智,等. 太湖地区氮肥减量对水稻氮素吸收利用的影响[J]. 生态学杂志,2016,35(1):2960-2965.
- [18] REMOR A P,TOTTI C C,MOREIRA D A,et al. Occupational exposure of farm worker to pesticides: biochemical parameters and evaluation of genotoxicity[J]. Environment International,2009,35:273-278.
- [19] QIN W C,QIU B J,XUE X Y,et al. Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers[J]. Crop Protection,2015,85:79-88.
- [20] ZHU L,GE J R,QI Y Y,et al. Droplet impingement behavior analysis on the leaf surface of Shu-ChaZao under different pesticide formulations[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2018,144:16-25.
- [21] KROGH K A,HALL-SORENSEN B,MOGENSEN B B,et al. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review[J]. Chemosphere,2003,50:871-901.
- [22] LOU Y G,ZHANG G R,ZHANG W Q,et al. Reprint of: biological control of rice insect pests in China[J]. Biological Control,2014,68:103-116.
- [23] 杨林章,冯彦房,施卫明,等. 我国农业面源污染治理技术研究进展[J]. 中国生态农业学报,2013,21(1):96-101.
- [24] 何 健,吴文铸,孔德洋,等. 农药风险评价技术在农药减量中的应用[J]. 生态与农村环境学报,2016,32(6):1008-1011.
- [25] TAYLOR P. The wetting of leaf surface[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science,2011,16(4):326-334.
- [26] XU L Y,ZHU H P,OZKAN H E,et al. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants[J]. Pest Management Science,2011,67:842-851.
- [27] YU Y,ZHU H,FRANTZ J M,et al. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves[J]. Biosystems Engineering,2009,104:324-334.
- [28] 周召路,曹 冲,曹立冬,等. 不同类型界面液滴蒸发特性与农药利用效果研究进展[J]. 农药学报,2017,19(1):9-17.
- [29] SYMONDS B L,LINDSAY C I,THOMSON N R,et al. Chitosan as a rainfastness adjuvant for agrochemicals[J]. RSC Advances,2016(6):102206-102213.

(责任编辑:陈海霞)