

# 稻田常用农药对水稻 3 个品种生理生化的影响

吴进才, 许俊峰, 冯绪猛, 刘井兰, 邱慧敏, 罗时石

(扬州大学农学院, 扬州 225009)

**摘要:**报道了稻田常用的 5 种农药(扑虱灵, 吡虫啉, 井冈霉素, 杀虫双, 三唑磷)对水稻 3 个品种(秀水 110, 秀水 63, 镇稻 2 号)生理生化的影响。结果表明, 在用药后 3 d 5 种农药处理均导致水稻体内草酸含量不同程度的下降, 多数农药对秀水 110、镇稻 2 号的影响大于秀水 63; 农药对还原糖的影响不明显, 对叶绿体含量的影响在不同品种间有差异, 5 种农药处理均引起镇稻 2 号叶绿素含量显著下降, 三唑磷、吡虫啉、井冈霉素对秀水 63 影响较大, 扑虱灵、杀虫双则不明显; 农药对谷胱甘肽-S-转移酶(GST)的影响也因品种和农药而异, 同样对秀水 63 的影响小于镇稻 2 号和秀水 110, 但对镇稻 2 号除三唑磷处理 GST 显著下降外, 吡虫啉、井冈霉素、杀虫双处理 GST 显著上升, 扑虱灵处理对 GST 影响不大; 5 种农药严重影响了 3 个水稻品种的光合速率, 几乎所有处理光合速率均显著受抑制, 最大抑制率可达 32%, 其中对镇稻 2 号和秀水 110 的影响大于对秀水 63 的。

**关键词:** 农药; 水稻; 生理学; 生物化学

## Impacts of Pesticides on Physiology and Biochemistry of Rice

WU Jin-cai, XU Jun-feng, FENG Xu-meng, LIU Jing-lan, QIU Hui-min, LUO Shi-shi

(Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

**Abstract:** Impacts of five pesticides (buprofezin, imidacloprid, jinggangmycin, bisultap and triazophos) on physiology and biochemistry of three rice varieties (Xiushui110, Xiushui63, Zhendao2) were studied. The result showed that all of the 5 pesticides caused decline of the amount of oxalic acid at the third day after treatments. The effect of pesticides on Xiushui110 and Zhendao2 was greater than that on Xiushui63. However, there was no obvious effect of the pesticides on reducing sugar in rice leaf sheath. The effects of pesticides on chlorophyll were different among rice varieties. All pesticides caused significant decline of chlorophyll content of Zhendao2. For Xiushui63, triazophos, imidacloprid and jinggangmycin had a serious effect, while buprofezin and bisultap had hardly effect. Among 5 pesticides, triazophos had more serious effect on rice plant. The effects of pesticides on glutathione-S-transferase (GST) were also different among pesticides and rice varieties. The effects of pesticides on Zhendao2 and Xiushui110 were greater than on Xiushui, but for Zhendao2, GSTs after treatment with imidacloprid, jinggangmycin, bisultap increased significantly, while inversely for triazophos treatment. Buprofezin treatment had hardly impact on GST of rice plant. All pesticide treatments resulted in serious impacts on photosynthetic rate of three rice varieties, and inhibited the photosynthetic rates significantly. The maximum of photosynthetic rate was decreased by 32% compared with control.

**Key words:** Pesticides; Rice; Physiology; Biochemistry

水稻是我国种植面积最大的重要农作物, 为达到一定的目标产量, 对稻田的投入越来越大。这易导致稻田有害生物猖獗。在害虫猖獗时有必要进行

化学防治, 但大量使用农药也引起了许多负效应。如杀伤天敌引起一些害虫的再猖獗, 已有过报道。一些农药还具有刺激害虫生殖的效应。滥用农药,

收稿日期: 2002-01-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070122)

作者简介: 吴进才(1952-), 男, 江苏宜兴人, 教授, 博士, 主要从事昆虫生态及农药对环境生物影响的研究。Tel: 0514-7979246, 7979344; Fax: 0514-7349817; E-mail: jc.wu@public.yz.js.cn

可使害虫抗药性不断增强,防治效果下降,从而加大单位面积农药的使用量及使用次数,形成恶性循环。除了农药的上述负效应之外,使用农药对水稻来说是一种胁迫,对水稻的抗性会产生明显的影响。吴进才等的最新研究表明,农药对水稻和褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)具有双向效应<sup>[1,2]</sup>,即在一些农药使用后导致水稻的抗虫性下降,褐飞虱取食农药处理过的水稻繁殖倍数增加。有关农药使用后对水稻生理生化影响的系统研究未见报道。笔者就稻田一些常用农药使用后对水稻不同生育期的几个重要生理生化指标进行了系统测定。这对于深入理解农药的负效应,协调害虫防治和有效的利用水稻本身的抗虫性,合理使用农药等方面有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试农药,用量及来源

有效成分:25%扑虱灵 WP 110 g·ha<sup>-1</sup>,江苏常州农药厂;10%吡虫啉 WP 30 g·ha<sup>-1</sup>,江苏扬州农药厂;20%井冈霉素 SP 150 g·ha<sup>-1</sup>,江苏锡山生物农药厂;18%杀虫双 AS 540 g·ha<sup>-1</sup>,江苏江浦农药厂;20%三唑磷 EC 500 g·ha<sup>-1</sup>,浙江温州农药厂。

### 1.2 水稻品种和施药方法

供试水稻品种为秀水 110、秀水 63(浙江嘉兴农业科学研究所提供)和对三化螟有抗性的镇稻 2 号<sup>[3]</sup>(江苏镇江农业科学研究所提供)。采用塑料盆栽法,将水稻幼苗移入塑料盆(直径 16 cm,高度 30 cm),每盆 3 穴。于 6 月 15 日移栽,分 2 个时期测定,一批于 6 月 29 日(分蘖期)施药,药后 3 d(7 月 2 日)测定;另一批于 7 月 22 日(分蘖后期)施药,药后 3 d(7 月 25 日)测定。按盆面积计算的药量,对水 75 g·m<sup>-2</sup>均匀喷雾。所有处理重复 3 次。

### 1.3 草酸含量的测定

采用张继民的三氯化钛显色法<sup>[4]</sup>。取水稻植株称重后用组织捣碎机破碎后过滤取汁,加入活性炭脱色后用离心机分离活性炭,一次脱色不完全,用同样方法进行二次脱色,待其溶液呈无色或略呈乳白色。取离心脱色过的水稻汁 3 ml 加入 1%三氯化钛溶液(分析纯)0.15 ml 显色,在分光光度计上于 400 nm 下测定吸光值,用草酸配制标准曲线,求出回归方程,由此计算草酸的含量。

### 1.4 还原糖含量的测定

采用蒽酮比色法,用 80%酒精水浴中提取,蒽酮试剂显色反应后在 620 nm 下比色。

### 1.5 谷胱甘肽-S-转移酶活性的测定

综合采用黄爱纛<sup>[5]</sup>的提取方法和 Scharf<sup>[6]</sup>等的测定方法。取新鲜水稻叶片 1 g,在 10 ml 含有还原谷胱甘肽(Sigma 公司)25 mmol 和 5%聚乙烯吡咯烷酮(PVP,上海试剂公司)Tris-HCl(上海试剂公司)缓冲液中匀浆。4 层纱布过滤,4 000 r/min 离心 10 min,取上清液于 12 000 r/min 离心 5 min,取上清液(以上操作均在 -4℃ 下进行),按如下配比:0.1 ml 酶液 + 3.0 ml Tris-HCl 缓冲液(0.1 mol·L<sup>-1</sup>,pH 8.0),25℃ 保温 10 min,加入 0.1 ml 乙醇配置的 13 mmol·L<sup>-1</sup>CDNB(2,4-二硝基氯苯,Sigma 公司),反应 10 min 后在 OD<sub>340</sub> 下测定。

### 1.6 叶绿素含量的测定

采用改进后热丙酮法<sup>[7]</sup>。

### 1.7 光合速率的测定

采用美国 CID 公司的 CID310PS 便携式光合速率测定仪,选择在晴朗无云天气自 10:30 到 11:30 光强相对比较稳定时测定,每穴标定 3 张功能叶,连续对比测定(测一个处理,迅速测平行的对照),以尽量减少光照等因素可能造成的误差。

### 1.8 统计方法

采用 t 检验法,每一处理均与同品种的对照相比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 农药对草酸的影响

5 种农药处理均导致水稻体内草酸含量不同程度的下降(表 1)。多数农药对秀水 110、镇稻 2 号的影响大于秀水 63,秀水 110 在分蘖期只有吡虫啉能显著减少草酸的含量,而在分蘖后期所有处理都能显著减少草酸的含量。总体来看,5 种农药对秀水 110 和秀水 63 分蘖后期的影响大于分蘖期。

### 2.2 农药对水稻还原糖的影响

水稻还原糖(主要是蔗糖)含量与稻飞虱抗性的关系有多种说法,大多数认为是有负效应,即当水稻体内还原糖的含量升高,则对稻飞虱的抗性下降<sup>[8]</sup>。从表 2 看出,各个处理对还原糖的含量有些影响,但并不显著,其中井冈霉素和吡虫啉处理均能增加还原糖的含量。

### 2.3 农药对水稻谷胱甘肽转移酶的影响

谷胱甘肽转移酶(GST)是一类胞质酶,它能催化谷胱甘肽(GST)经半胱氨酸的硫原子与多种疏水性化合物的亲电子基团的连接作用。而这种方式是生物体排毒解毒的重要方式,在植物抵抗不良的外

界因子中,谷胱甘肽起着重要作用。农药对于水稻是一种不良的外界因子,是一种胁迫,其 GST 的活性反映了水稻对农药的解毒能力。农药对 GST 的影响因品种和农药而异(表 3)。对秀水 110 除井冈霉素外,其余 4 种农药处理 GST 均有不同程度的下

降,对秀水 63,吡虫啉处理 GST 显著下降,其余 4 种农药影响不明显;与前 2 个水稻品种不同的是,各农药处理对镇稻 2 号的影响最明显,除扑虱灵外,均引起 GST 显著增加。综合 3 个水稻品种,三唑磷、吡虫啉的影响最明显。

表 1 农药对水稻植株草酸含量的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effects of pesticides on oxalic acid in rice plant

品种 Variety	处理 Treatment	草酸含量 Amount of oxalic acid (g·100 g <sup>-1</sup> FW)		与对照相比增加或减少的百分率 Increase or decrease rate compared with control (%)	
		分蘖期 Tillering stage	分蘖后期 Late tillering stage	分蘖期 Tillering stage	分蘖后期 Late tillering stage
		秀水 110 Xiushui110	对照 CK	0.9351 ± 0.74540	0.9653 ± 0.06465
	扑虱灵 Buprofezin	0.7913 ± 0.09430	0.8295 ± 0.06314	- 15.38	- 14.07*
	吡虫啉 Imidacloprid	0.7534 ± 0.06527	0.7616 ± 0.04324	- 19.43*	- 21.10*
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.8389 ± 0.04013	0.8516 ± 0.02065	- 10.29	- 11.78*
	杀虫双 Bisultap	0.9831 ± 0.05175	0.9242 ± 0.08729	5.13	- 4.25*
	三唑磷 Triazophos	0.8141 ± 0.05303	0.8398 ± 0.03587	- 12.94	- 13.00*
秀水 63 Xiushui63	对照 CK	0.8991 ± 0.02310	0.9412 ± 0.03840		
	扑虱灵 Buprofezin	0.8696 ± 0.05391	0.8975 ± 0.03615	- 3.28	- 4.64
	吡虫啉 Imidacloprid	0.9223 ± 0.01660	0.8797 ± 0.01196	- 4.43	- 10.69
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.9087 ± 0.01867	0.8791 ± 0.09650	- 2.49	- 10.14
	杀虫双 Bisultap	0.8534 ± 0.06256	0.8670 ± 0.03690	- 12.56	- 10.40
	三唑磷 Triazophos	0.8253 ± 0.02782	0.8465 ± 0.02967	- 8.02	- 10.06
镇稻 2 Zhendao2	对照 CK	1.0410 ± 0.12650	1.0640 ± 0.10400		
	扑虱灵 Buprofezin	0.9222 ± 0.07752	0.9607 ± 0.02640	- 11.41	- 9.70
	吡虫啉 Imidacloprid	0.9223 ± 0.01660	0.9503 ± 0.00650	- 11.40	- 10.69
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.9087 ± 0.01867	0.9561 ± 0.00947	- 12.71	- 10.14
	杀虫双 Bisultap	0.9103 ± 0.08524	0.9533 ± 0.02701	- 12.56	- 10.40*
	三唑磷 Triazophos	0.8491 ± 0.03529	0.8941 ± 0.02828	- 18.43	- 15.97*

<sup>1)</sup>\* 和 \*\* 为在 0.05 和 0.01 水平下显著。下同

\* and \*\* show significant differences at 5% and 1% levels as compared to control, respectively. The same as below

表 2 农药对分蘖后期水稻叶鞘还原糖含量的影响

Table 2 Effects of pesticides on reducing sugar of rice sheath at the late tillering stage

品种 Variety	处理 Treatment	还原糖含量 Amount of reducing sugar (g·100 g <sup>-1</sup> FW)	和对照相比增加或减少的百分率 Increase or decrease rate compared with control(%)
秀水 110 Xiushui110	对照 CK	0.1006 ± 0.01042	
	扑虱灵 Buprofezin	0.0763 ± 0.00511	- 24.14
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1163 ± 0.00716	15.61
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.1031 ± 0.00313	2.48
	杀虫双 Bisultap	0.0911 ± 0.01317	- 9.39
	三唑磷 Triazophos	0.1003 ± 0.00667	- 2.98
秀水 63 Xiushui63	对照 CK	0.0871 ± 0.01731	
	扑虱灵 Buprofezin	0.0709 ± 0.00414	- 18.66
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1080 ± 0.01545	23.91
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.0649 ± 0.00357	25.53
	杀虫双 Bisultap	0.0737 ± 0.00586	15.39
	三唑磷 Triazophos	0.0674 ± 0.00059	22.58
镇稻 2 Zhendao2	对照 CK	0.0871 ± 0.00876	
	扑虱灵 Buprofezin	0.1063 ± 0.00232	21.96
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1080 ± 0.00030	23.91
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.0971 ± 0.01581	11.45
	杀虫双 Bisultap	0.0791 ± 0.00099	- 9.16
	三唑磷 Triazophos	0.0917 ± 0.00641	5.53

表 3 农药对水稻叶片谷胱甘肽-S-转移酶(GST)活性的影响

Table 3 Effects of pesticides on the glutathione-S-transferase(GST) in rice leaf blades

品种 Variety	处理 Treatment	GST 活性 GST activity (OD <sub>340</sub> )		和对照相比增加或减少的百分率 Increase or decrease rate compared with control (%)	
		分蘖期	分蘖后期	分蘖期	分蘖后期
		Tillering stage	Late tillering stage	Tillering stage	Late tillering stage
秀水 110	对照 CK	0.509 ± 0.0102	0.473 ± 0.0084		
Xiushui110	扑虱灵 Buprofezin	0.467 ± 0.0563	0.468 ± 0.0676	- 8.25	- 1.06
	吡虫啉 Imidacloprid	0.398 ± 0.0025	0.395 ± 0.0165	- 21.80 *	- 16.50 *
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.503 ± 0.0121	0.477 ± 0.0359	- 1.18	0.84
	杀虫双 Bisultap	0.455 ± 0.0284	0.394 ± 0.0240	- 10.60	- 16.70 *
	三唑磷 Triazophos	0.421 ± 0.0265	0.414 ± 0.0373	- 17.30 *	- 12.50 *
秀水 63	对照 CK	0.549 ± 0.0127	0.522 ± 0.0554		
Xiushui63	扑虱灵 Buprofezin	0.563 ± 0.0349	0.551 ± 0.0362	- 2.55	5.56
	吡虫啉 Imidacloprid	0.444 ± 0.0277	0.457 ± 0.0661	- 19.10 *	- 12.50 *
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.502 ± 0.0115	0.495 ± 0.0225	- 8.56	- 5.17
	杀虫双 Bisultap	0.509 ± 0.0096	0.506 ± 0.0386	- 7.20	- 3.07
	三唑磷 Triazophos	0.505 ± 0.0097	0.506 ± 0.0178	- 8.01	3.07
镇稻 2	对照 CK	0.442 ± 0.0340	0.403 ± 0.0381		
Zhendao2	扑虱灵 Buprofezin	0.415 ± 0.0150	0.402 ± 0.0329	- 6.11	- 0.24
	吡虫啉 Imidacloprid	0.540 ± 0.0142	0.532 ± 0.0329	22.20 *	32.10 *
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.512 ± 0.0137	0.504 ± 0.0168	15.80	25.10 *
	杀虫双 Bisultap	0.586 ± 0.0104	0.582 ± 0.0275	32.60 *	44.40 *
	三唑磷 Triazophos	0.360 ± 0.0274	0.347 ± 0.0266	- 18.60 *	- 13.90 *

## 2.4 农药对水稻叶绿素含量的影响

绿色植物的叶绿素在光合作用中起着关键性的作用。与农药对 GST 的影响一样,农药对叶绿素的影响因农药和水稻品种而异(表 4)。同样,农药对镇稻 2 号的影响最明显,5 种农药处理均引起叶绿素含量的显著下降;对秀水 63,叶绿素含量也有一定程度下降;对秀水 110 的影响相对较小。但不同的农药对 3 个品种的影响程度不同。影响最大的是

三唑磷,其次为吡虫啉;扑虱灵对镇稻 2 号,井冈霉素对秀水 63、镇稻 2 号影响也很明显。2002 年重复了三唑磷对水稻叶片叶绿素含量的影响,结果虽然影响的绝对值略有差异,但趋势与 2001 年相一致(表 5)。三唑磷对叶绿素含量的影响随浓度增高而加重,低浓度(300 g a.i. ha<sup>-1</sup>)除镇稻 2 号药后 10 d 外,总体影响不大。

表 4 农药对水稻叶片叶绿素含量的影响

Table 4 Effects of pesticides on the chlorophyll of rice leaf blades

品种 Variety	处理 Treatment	叶绿素含量 Amount of chlorophyll (g·100 g <sup>-1</sup> FW)		和对照相比增加或减少的百分率 Increase or decrease rate compared with control (%)	
		分蘖期	分蘖后期	分蘖期	分蘖后期
		Tillering stage	Late tillering stage	Tillering stage	Late tillering stage
秀水 110	对照 CK	0.1515 ± 0.00545	0.1300 ± 0.00999		
Xiushui110	扑虱灵 Buprofezin	0.1351 ± 0.00947	0.1305 ± 0.00994	- 10.83	0.38
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1271 ± 0.17930	0.1175 ± 0.01910	- 16.11	- 9.61
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.1541 ± 0.00692	0.1491 ± 0.00117	1.71	14.69
	杀虫双 Bisultap	0.1468 ± 0.00153	0.1371 ± 0.00682	- 3.10	5.46
	三唑磷 Triazophos	0.1168 ± 0.00435	0.1028 ± 0.00395	- 22.90 *	- 20.92
秀水 63	对照 CK	0.1430 ± 0.01641	0.1418 ± 0.01446		
Xiushui63	扑虱灵 Buprofezin	0.1359 ± 0.01982	0.1340 ± 0.02575	- 4.96	- 5.50
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1217 ± 0.00905	0.1140 ± 0.01692	- 14.90	- 19.61
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.1258 ± 0.00913	0.1165 ± 0.01373	- 12.03	- 17.84
	杀虫双 Bisultap	0.1519 ± 0.00896	0.1406 ± 0.03365	6.22	- 0.84
	三唑磷 Triazophos	0.1320 ± 0.01630	0.1028 ± 0.01111	- 7.692	- 27.50 *
镇稻 2	对照 CK	0.2162 ± 0.01358	0.2155 ± 0.01166		
Zhendao2	扑虱灵 Buprofezin	0.1432 ± 0.00992	0.1373 ± 0.01541	- 33.76 *	- 36.29 *
	吡虫啉 Imidacloprid	0.1919 ± 0.00866	0.1742 ± 0.00179	- 11.24	- 19.16 *
	井冈霉素 Jingtangmycin	0.1600 ± 0.01941	0.1290 ± 0.02836	- 25.99 *	- 40.14 *
	杀虫双 Bisultap	0.1800 ± 0.01121	0.1600 ± 0.02474	- 16.74	- 25.75 *
	三唑磷 Triazophos	0.1511 ± 0.00116	0.1495 ± 0.00640	- 30.11 *	- 30.63 *

表 5 三唑磷处理对水稻叶片叶绿素含量的影响(2002)

Table 5 Effects of triazophos application on the chlorophyll of rice leaf blades

水稻品种 Rice variety	农药剂量 Application rate (g a.i·ha <sup>-1</sup> )	与对照相比叶绿素含量的百分比 Rate of chlorophyll content after the treatment in comparison with control (%)			
		5 d	10 d	15 d	20 d
		秀水 63 Xiushui63	0	100	100
	300	98.10	95.11**	97.89	99.80
	600	95.37	89.92**	94.01*	96.17
	1 200	88.96**	78.93**	87.67**	91.58**
镇稻 2 Zhendao2	0	100	100	100	100
	300	97.24	96.64	96.38	98.93
	600	96.51	93.51**	91.69**	96.17
	1 200	90.74**	86.43**	84.34**	91.24**

## 2.5 农药对水稻光合速率的影响

一般来说叶绿素含量下降,必然会影响到水稻光合速率。几乎所有农药对所有 3 个品种均引起光合速率的显著下降(表 6)。3 个水稻品种仍以镇稻 2 号和秀水 63 最明显,对秀水 110 的影响相对较小,5 种农药总体来看,杀虫双影响最小,三唑磷、吡虫啉

的影响最明显,但扑虱灵、井冈霉素对镇稻 2 号和秀水 63 的影响也很明显。农药的这种负效应有必要引起高度重视。从表 4 和表 6 的结果可见,农药对叶绿素和光合作用的影响基本一致,光合作用下降有可能是叶绿素下降所引起的。

表 6 农药对水稻光合速率的影响

Table 6 Effects of pesticides on photosynthesis rate in rice leaf blades

品种 Variety	处理 Treatment	光合速率 Increase or decrease rate ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )		和对照相比增加或减少的百分率 Photosynthesis rate compared with control (%)	
		分蘖期 Tillering stage	分蘖后期 Late tillering stage	分蘖期 Tillering stage	分蘖后期 Late tillering stage
		秀水 110 Xiushui110	对照 CK	29.4 ± 2.139	30.6 ± 1.323
	扑虱灵 Buprofezin	22.1 ± 1.861	24.5 ± 0.493	-24.83*	-19.93*
	吡虫啉 Imidacloprid	21.8 ± 2.055	22.9 ± 1.026	-25.85*	-25.16*
	井冈霉素 Jingtangmycin	25.2 ± 2.402	25.1 ± 0.945	-14.29	-17.97*
	杀虫双 Bisultap	24.4 ± 1.206	25.2 ± 0.556	-17.01	-17.65*
	三唑磷 Triazophos	19.8 ± 1.411	23.7 ± 0.556	-32.65	-22.55*
秀水 63 Xiushui63	对照 CK	30.63 ± 3.946	31.3 ± 2.765		
	扑虱灵 Buprofezin	23.4 ± 3.331	27.1 ± 1.050	-23.60*	-13.42*
	吡虫啉 Imidacloprid	24.0 ± 5.036	25.2 ± 2.667	-21.65*	-19.49*
	井冈霉素 Jingtangmycin	27.1 ± 1.500	27.6 ± 1.442	-11.52	-11.82
	杀虫双 Bisultap	29.1 ± 4.020	29.6 ± 0.625	-4.99	-0.05
	三唑磷 Triazophos	24.7 ± 4.464	26.7 ± 2.108	-19.36	-14.70
镇稻 2 Zhendao2	对照 CK	27.6 ± 3.029	29.6 ± 1.752		
	扑虱灵 Buprofezin	19.4 ± 2.610	21.3 ± 2.857	-29.71*	-28.04*
	吡虫啉 Imidacloprid	19.3 ± 2.805	21.5 ± 3.045	-30.07*	-27.36*
	井冈霉素 Jingtangmycin	19.9 ± 2.352	23.5 ± 1.150	-27.90*	-20.61*
	杀虫双 Bisultap	24.8 ± 4.994	27.9 ± 1.929	-10.14	-5.74
	三唑磷 Triazophos	22.2 ± 2.157	24.0 ± 0.702	-19.57	-18.24*

## 3 讨论

本试验表明,5 种农药使用后水稻体内草酸含量均有不同程度的下降。已有研究表明,草酸能抑制褐飞虱的取食,草酸含量高低与水稻对褐飞虱的抗性有关,抗虫品种体内草酸含量高于感虫品种<sup>[9]</sup>。而农药处理后草酸含量下降相当于使水稻

的抗性下降,或者说农药诱导了水稻的感虫性<sup>[10]</sup>。农药处理也引起 GST 的变化,GST 是水稻对外界环境因子变化的一种适应性酶,与解毒能力有关。一些农药(如除草剂、井冈霉素、杀虫双)使用后,水稻 SOD 在短期内明显上升而后下降<sup>[11]</sup>。SOD 上升表明水稻阶段性受到伤害,使水稻的抗性下降。此外,农药的使用还能使水稻叶绿素含量下

降 特别是水稻光合作用显著下降。光合作用是水稻生长发育最重要的驱动力,一切绿色植物的生命过程都是从光合作用开始的。光合作用下降可能与叶绿素含量的下降有关。农药处理引起叶绿素含量下降可能是农药为外来胁迫物,减小了水稻的气孔开度,也可能是抑制了电子传递链和一些参与光合作用的酶,如 Rubisco 酶, GAP 脱氢酶等一些关键酶的活性。这方面还需要深入研究。

农药对水稻生理生化影响的文献报道在国内外不多,但在其它作物上有一些报道。如甲基 1605 处理区均使棉花结铃数量显著减少,皮棉显著下降,还显著降低了叶肉传导率(mesophyll conductance)<sup>[12]</sup>;快螨特 NR440 油剂处理区柠檬的气孔传导率和叶肉传导率下降<sup>[13]</sup>;马拉硫磷下降 24%,西维因下降 20%;甲基 1605 和灭多威降低了莴笋的光合速率和叶肉传导率,根据产量减少量来计算,每个季节甲基 1605 的应用不超过 3 次<sup>[14]</sup>。

农药影响水稻生理生化从而诱导水稻对害虫的敏感性,是个新问题。特别是农药类群中一些目前被认为是安全、基本无负效应(对有益生物无杀伤作用)的一些品种(如扑虱灵,吡虫啉,井冈霉素)对水稻的生理生化有着严重的影响。这更应引起生产者重视,因为这类农药在生产上极易滥用。

本试验还表明,不同的农药对不同的水稻品种的影响程度有差异。这可能与农药品种的作用机制及水稻自身对不同农药的胁迫有不同反应所致。如能对生产上种植的各种水稻品种,各种农药进行系统研究,这对优化害虫综合治理策略,寻找新的 IPM 实践组合,提高害虫综合防治的理论和实践水平有重要的意义。

## References

- [ 1 ] Wu J C, Xu J X, Liu J L, Yuan S Z, Cheng J A, Heong K L. Effects of herbicides on rice resistance and on multiplication and feeding of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *International Journal of Pest Management*, 2001, 47(2): 153 - 159.
- [ 2 ] Wu J C, Xu J X, Yuan S Z, Liu J L, Jiang Y H, Xu J F. Pesticide-induced susceptibility of rice to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 100: 119 - 126.
- [ 3 ] 束兆林, 方继朝, 吴进才. 粳稻品种(系)对三化螟抗性的初步研究. *江苏农业研究*, 1999, 20(3): 37 - 40.
- Shu Z L, Fang J C, Wu J C. Preliminary study on the japonica varieties (Lines) resistant to *Tryporyza incertulas* (Walker). *Jiangsu Agriculture Research*, 1999, 20(3): 37 - 40. (in Chinese)
- [ 4 ] 张继民. 草酸的分光光度分析. *安徽机电学院学报*, 1997, 12(4): 31 - 35.
- Zhang J M. Spectrophotometric analysis on oxalic acid. *Journal of Anhui Institute of Mechanical and Electrical Engineering*, 1997, 12(4): 31 - 35. (in Chinese)
- [ 5 ] 黄爱纓, 吴珍龄. 水稻谷胱甘肽过氧化物酶的测定法. *西南大学学报*, 1999, 20(4): 324 - 327.
- Huang A Y, Wu Z L. Determination of glutathione peroxidase in rice seedlings. *Journal of Southwest Agriculture College*, 1999, 20(4): 324 - 327. (in Chinese)
- [ 6 ] Scharf M E, Neal J J, Bennett G W. Changes of insecticide resistance levels and detoxication enzymes following insecticide selection in the german cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pesticide Sciences*, 1998, 52: 127 - 132.
- [ 7 ] 王 忠. 植物生理生化实验. 扬州大学农学院, 1994: 29 - 30.
- Wang Z. *Handbook of Physiology and Biochemistry Experiment*. Agriculture College Yangzhou University, 1994: 29 - 30. (in Chinese)
- [ 8 ] 李汝铎, 丁锦华, 胡国文, 苏德明. 褐飞虱及其种群管理. 上海: 复旦大学出版社, 1996: 74 - 76.
- Li R D, Ding J H, Hu G W, Su D M. *The BPH and its Population Management*. Shanghai: Fudan University Press, 1996: 74 - 76. (in Chinese)
- [ 9 ] Yoshihara T, Sogawa K, Pathak M D, Juliano B O, Sakamura S. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 1980, 27: 149 - 155.
- [ 10 ] Heinrichs E A. Impacts of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthopper. In *Planthopper: Their Ecology and Management*, Chapman & Hall, 1994: 571 - 598.
- [ 11 ] 吴进才, 刘井兰, 沈迎春, 徐建祥, 姜永厚, 徐素霞. 农药对不同水稻品种 SOD 活力的影响. *中国农业科学*, 2002, 35(4): 451 - 456.
- Wu J C, Liu J L, Shen Y C, Xu J X, Jiang Y H, Xu S X. Effect of several pesticides on superoxide dismutase (SOD) activity of different rice varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(4): 451 - 456. (in Chinese)
- [ 12 ] Youngman R R, Leigh T F, Kerby T A, Toscano N C, Jackson C E. Pesticides and cotton: effect on photosynthesis, growth, and fruiting. *Journal of Economic Entomology*, 1990, 83(4): 1549 - 1557.
- [ 13 ] Sayed T A R, Belal M H, Gupta G. Photosynthesis inhibition of soybean leaves by insecticides. *Environmental Pollution*, 1991, 74: 245 - 250.
- [ 14 ] Johnson M W. Lettuce yield reductions correlated with methyl parathion use. *Journal of Economic Entomology*, 1983, 76(6): 1390 - 1394.