

# 农药对不同水稻品种 SOD 活性的影响

吴进才<sup>1</sup>, 刘井兰<sup>1</sup>, 沈迎春<sup>2</sup>, 徐建祥<sup>1</sup>, 姜永厚<sup>1</sup>, 徐素霞<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 扬州大学农学院植物保护系, 扬州 225009; <sup>2</sup> 江苏省植物保护站, 南京 210000)

**摘要:** 研究了几种农药处理后对不同水稻品种 SOD 活性的影响。结果表明, 第一次施用除草剂后大部分处理 5~15d 内水稻 SOD 活性上升, 而 10d 左右则显著提高 SOD 的活性, 15d 开始下降, 21d 左右 SOD 活性与对照基本相一致; 第二次再用杀虫双、井冈霉素处理后 2d SOD 活性比对照上升, 6d SOD 活性则下降, 这表明 2 次施药对水稻的影响更大。水稻叶鞘中 SOD 活性的上升及下降反映了水稻植株的抵御能力。

**关键词:** 农药; 水稻; SOD

## Effect of Several Pesticides on SOD Activity in Different Rice Varieties

WU Jin-cai<sup>1</sup>, LIU Jing-lan<sup>1</sup>, SHEN Ying-chun<sup>2</sup>, XU Jian-xiang<sup>1</sup>, JIANG Yong-hou<sup>1</sup>, XU Su-xia<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009;

<sup>2</sup> Jiangsu Provincial Plant Protection Station, Nanjing 210000)

**Abstract:** The effects of several pesticides on SOD activity in different rice varieties were studied. The results showed that almost all the herbicide treatments on different rice varieties increased the SOD activity during 15 days after first treatment (DAT). SOD activity of rice plant reached maximum at 10 DAT and began to decline at 15 DAT, and then recovered to control level at 21 DAT. SOD activity of rice plant after two applications of pesticides (using insecticide-bisultap or fungicide-jinggang mycin at 22 days after herbicide treatments) increased in comparison with that of the control at 2 days after second application and declined at 6 days, indicating that two applications of pesticides had more serious impact on rice plant compared with once application of pesticides. SOD activity of rice plant may be an index of rice plant against the stress.

**Key words:** Pesticide; Rice; SOD activity

自从 Mccord 和 Fridovich 在 1969 年提出生物自由基伤害学说以来<sup>[1]</sup>, 人们已广泛应用自由基伤害学说观点来研究逆境对植物代谢调节的影响。植株在生长过程中, 体内的生物氧化反应不断产生超氧自由基<sup>[2]</sup>, 这种自由基是分子氧得到一个电子后的还原产物, 它可以引起细胞膜的过氧化而导致生物的氧化损伤<sup>[3]</sup>。超氧化物歧化酶(SOD)可以催化超氧自由基的歧化反应, 通过对它的清除而对生物机体起到保护作用。近几年的研究表明, 它与高等植物的抗逆性和植株的衰老有密切关系<sup>[4,5]</sup>。

在水稻生长发育过程中, 往往需要多次使用农药, 这对水稻是一种环境胁迫。水稻接触了农药或农药进入了水稻体内, 可能会引起氧自由基的增加, 导致对水稻的阶段性伤害, 使水稻的抗性减弱。本课题研究了农药对水稻植株体内 SOD 的影响与水稻抗虫性的关系, 对深入认识农药的负效应, 干扰因子对田间抗性的影响及协调 IPM 3 大要素(农药, 抗性, 天敌)具有重要意义。本文将报道农药对水稻 SOD 活性的影响。

收稿日期: 2000-12-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070122)和国际水稻研究所资助项目

作者简介: 吴进才(1952-), 男, 江苏宜兴人, 教授, 博士, 主要从事稻田生物群落及农药对环境生物影响的研究工作。Tel: 0514-7979246; E-

mail: jc.wu@public.yz.js.cn

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试农药、用量及来源

12%农思它(恶草灵) EC(法国罗纳普朗克公司)180 ml/ 667 m<sup>2</sup>;48%苯达松水剂(昆山化工厂)200 ml/ 667 m<sup>2</sup>;60%丁草胺 EC(昆山化工厂)180 ml/ 667 m<sup>2</sup>;50%神锄(二氯喹啉酸) WP(昆山化工厂)40g/ 667 m<sup>2</sup>;20%井冈霉素(锡山生物化工厂)50 g/ 667 m<sup>2</sup>;18%杀虫双水剂(盐城龙冈农药厂)200 ml/ 667 m<sup>2</sup>。

### 1.2 水稻品种

秀水 63,IR36,IR26 3 个品种,秀水 63 作为单季晚梗感虫品种;IR26 原来抗褐飞虱生物型 I,现基本失去抗性;IR36 仍抗褐飞虱生物型 I、II。

### 1.3 水稻苗的培育

水稻苗大约 5 叶时,移栽至有浅水的小盆(直径约 18cm,高 20cm),盆中的土质来源均一致。每盆 3 穴,每穴 5~6 株,5d 后,施用第一次农药(除草剂)。除草剂采用土壤表面施药法,按实际面积吸取药液稀释后加入至小盆中,5 次重复,并用网罩罩住,避免害虫危害。另外设计模拟大田农药使用情况,在第一次施用除草剂 22d 后,用喷雾法施用杀虫双和井冈霉素,测定多次使用农药后的水稻 SOD 的变化。

### 1.4 酶源获取

取对照和农药处理的水稻叶鞘鲜样,从离根基部约 1.5cm 开始剪取水稻叶鞘约 4cm 长,用清水洗净供测试用,称取样品 3g 加入预冷的 0.05 mol/L pH=7.8 的磷酸盐缓冲液中,研磨,用粗纱布过滤定容至 10ml,然后低温离心(12 × 10<sup>4</sup>r/min,0~4℃)15 min 后取上清液置于低温冰箱中备用。

### 1.5 SOD 活性的测定

参考张宪政<sup>[6]</sup>,沈文飏<sup>[7]</sup>,Giannopolitis 和 Ries(1977)<sup>[8]</sup>方法,并根据预备试验结果加以改进。在盛 3ml 反应混合液(在 3ml 14.5 mmol/L dL-甲硫氨酸溶液中分别加入均以 0.05 mol/L,pH=7.8 磷酸盐缓冲液配制的 3 × 10<sup>-3</sup> mmol/L 乙二胺四乙酸,2.25 mmol/L 氯化硝基四氮唑蓝,60 × 10<sup>-3</sup> mol/L 核黄素各 2 ml,各个溶液均在用前配制,避光放置)的试管中,加入 0.1 ml 粗酶液混合后放在透明的试管架上,在 25℃生化培养箱中,2 支 18 W 日光灯光照反应 15 min,取出试管,立即在 560 nm 处比色,计算出酶的活性。整个试验结果进行了重复验证。

### 1.6 统计分析

统计分析采用 PLSD 法,计算 PLSD 值并作显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 除草剂处理后对水稻不同品种 SOD 活性的影响

**2.1.1 除草剂对秀水 63 SOD 活性的影响** 除草剂处理后 5 d,各处理 SOD 值与对照相比无显著差异(表 1);处理后 10 d,各处理 SOD 活性均比对照极显著增加,10 d 与 5 d 相比,农思它、苯达松、丁草胺、神锄处理 SOD 活性值增加百分率较大(图 1),而对照却下降;处理后 15 d,农思它处理 SOD 活性极显著低于对照,其它处理与对照相比无显著差异,但与 10 d 时的活性比较,各处理 SOD 活性(除苯达松外)均有显著的下降,而此期间对照却上升 134.71%,也就是说除草剂处理后的 SOD 与对照的 SOD 的变动方向相反。直至 21 d,除草剂处理的 SOD 活性又复回升,与对照相同步。从整个变动趋势来看,除草剂处理后水稻叶鞘 SOD 活性呈现先上升后下降再复上升的过程,对照呈逐步上升趋势。

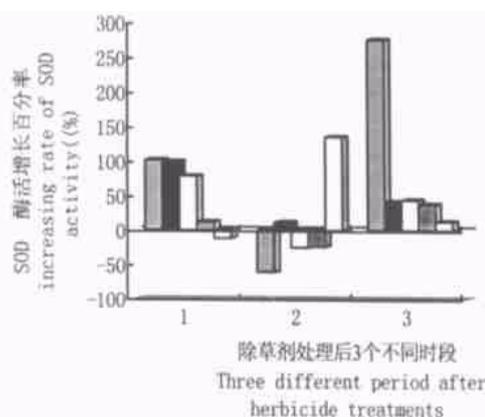


图 1 除草剂对秀水 63 SOD 酶活增长百分率的影响

Fig. 1 Effects of herbicide treatments of increasing rate of SOD activity of rice- Xiushui 63

### 2.1.2 除草剂处理后对 IR36 SOD 活性的影响

除草剂处理后 5 d,与秀水 63 相似,各处理与对照相比无显著差异(表 1);10d 除丁草胺处理水稻 SOD 活性极显著高于对照外,其余处理与对照无显著差异;10d 与 5d 相比,农思它、苯达松、神锄处理 SOD 活性均有所下降,但下降幅度不大,对照下降幅度最大(图 2);处理后 15 d,除苯达松处理 SOD 活性与对照相差不显著外,其余 3 个处理均显著低于对照,15 d 与 10 d 相比,各处理变动不大,而对照则显著上升;至 21 d,各处理与对照又趋同。

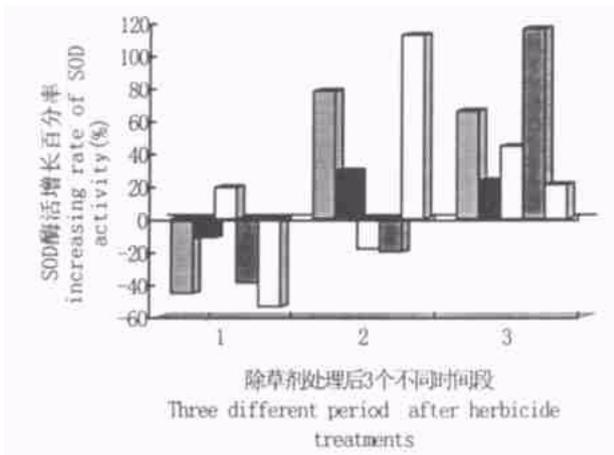


图 2 除草剂对 IR36 SOD 酶活增长百分率的影响  
Fig. 2 Effects of herbicide treatments on increasing rate of SOD activity in rice -IR36

2.1.3 除草剂处理后对 IR26 SOD 活性的影响

除草剂处理后 5 d,农思它处理 SOD 活性显著高于对照,丁草胺处理则显著低于对照,其它与对照无显著差异(表 1);处理后 10 d,各处理 SOD 活性显著高于对照,10 d 与 5 d 相比,处理组 SOD 活性上升幅度较大(图 3),对照上升较小;15 d 时农思它和苯达松处理 SOD 活性均显著低于对照,丁草胺,神锄处理与对照无显著差异,但 15 d 与 10 d 相比,各处理区均有不同程度下降,下降幅度最大的是苯达松处理,神锄次之,在此期间对照仍有所上升;至 21 d,农思它处理 SOD 活性显著高于对照,而神锄处理 SOD 活性显著低于对照,21 d 与 15 d 相比,各处理

组活性表现不一,农思它、苯达松处理 SOD 活性上升,丁草胺、神锄处理则下降。整体来看对照表现稳定上升趋势,处理组活性仍是先上升后下降再上升趋势。

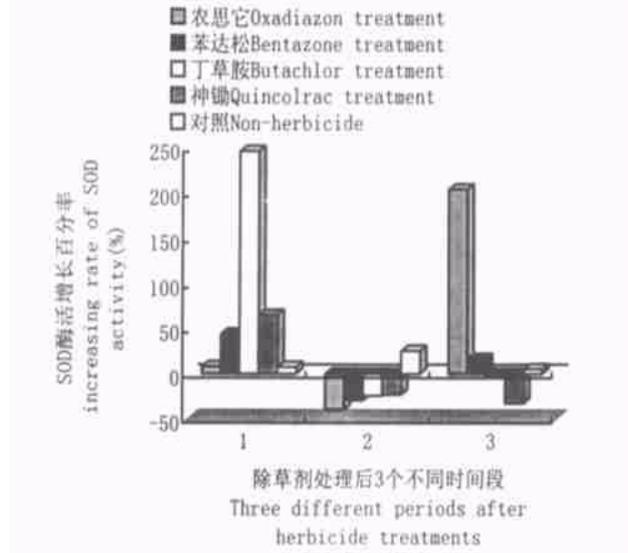


图 3 除草剂对 IR26 SOD 酶活增长百分率的影响  
Fig. 3 Effect of increasing rate of SOD activity of rice -IR26 after herbicide treatments

综合上述 3 个品种,除草剂处理后 5 ~ 15 d 内 SOD 活性短暂上升,15 d 则下降,至 21 d 多数处理又复上升。这些结果表明,水稻植株体内的 SOD 的活性明显受到除草剂的影响,且不同品种回复的快慢稍有所不同。总体来看,抗虫品种对环境(农药)胁迫反应比感虫品种更敏感(图 1 ~ 3)。

表 1 除草剂对水稻 SOD 活性的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effects of herbicide treatments on SOD activity in rice plant

品种 Variety	除草剂 Herbicide	处理后的天数 Days after treatments			
		5d	10d	15d	21d
秀水 63 Xiushui63	农思它 Oxadiazon	14.70 ± 7.725	29.64 ± 0.933**	11.39 ± 7.538**	42.70 ± 1.803
	苯达松 Bentazone	13.94 ± 0.912	27.77 ± 3.168**	30.93 ± 4.179	43.67 ± 0.042
	丁草胺 Butachlor	23.06 ± 1.675	41.13 ± 3.302**	30.69 ± 1.577	44.02 ± 4.250
	神锄 Quinclorac	33.26 ± 10.684	37.24 ± 4.525**	28.15 ± 4.978	38.78 ± 4.221
	对照 CK (non-herbicide)	16.66 ± 2.666	14.72 ± 0.735	34.55 ± 3.076	38.84 ± 1.640
IR36	农思它 Oxadiazon	19.99 ± 1.485	10.89 ± 1.817	19.36 ± 1.252**	32.06 ± 4.474
	苯达松 Bentazone	23.82 ± 1.669	21.15 ± 1.937	27.25 ± 4.766	33.57 ± 1.612
	丁草胺 Butachlor	23.21 ± 5.784	27.63 ± 2.341**	22.67 ± 1.442*	32.48 ± 3.698
	神锄 Quinclorac	33.37 ± 0.079	20.39 ± 2.998	16.31 ± 4.377**	35.23 ± 3.069
	对照 CK (non-herbicide)	31.91 ± 4.547	14.72 ± 3.387	31.24 ± 1.336	37.70 ± 0.445
IR26	农思它 Oxadiazon	26.25 ± 0.028*	28.40 ± 2.659*	17.02 ± 2.199**	51.75 ± 0.255**
	苯达松 Bentazone	21.32 ± 1.167	30.77 ± 1.655**	21.66 ± 2.192*	25.35 ± 2.404
	丁草胺 Butachlor	9.62 ± 3.493*	33.30 ± 4.667**	25.34 ± 1.153	25.03 ± 0.417
	神锄 Quinclorac	20.03 ± 0.283	33.15 ± 1.626**	25.58 ± 1.230	17.24 ± 3.932**
	对照 CK (non-herbicide)	19.83 ± 0.219	21.34 ± 0.318	26.83 ± 0.856	28.25 ± 0.445

<sup>1)</sup>表中数值是平均值 ± 标准差,\*表示与对照相比有显著差异,\*\*表示与对照相比有极显著差异。下同

Figures in the table are mean ± SD,\* and \*\* show that there are significant differences in comparison with control at 5% and 1% levels, respectively. The same as below

表 2 2 次农药处理后对水稻 SOD 活性的影响<sup>1)</sup>

Table 2 Effects of pesticide treatments on SOD activity in rice plant for the second time

品种 Variety	第一次农药处理 Pesticide treatment for the first time (A)	第二次农药处理 Pesticide treatment for the second time (B)	处理组合 Treatment combination	药后天数 Days after treatment	
				2d	6d
秀水 63 Xiushui 63	丁草胺 (Butachlor) A <sub>1</sub>	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	34.74 ± 3.833 *	29.12 ± 4.617 (-16.18%)
		杀虫双 Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	28.32 ± 0.00	11.84 ± 0.481 ** (-58.19%)
	农思它 (Oxadiazon) A <sub>2</sub>	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	34.13 ± 0.445 *	20.68 ± 2.588 (-39.4%)
		杀虫双 Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	34.44 ± 3.175 *	12.81 ± 0.389 ** (-62.8%)
	苯达松 Bentazone (A <sub>3</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	32.74 ± 3.833 *	18.17 ± 3.019* (-44.50%)
		杀虫双 Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	24.98 ± 3.833 *	9.145 ± 1.930 ** (-63.39%)
	神锄 Quinclorac (A <sub>4</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	33.38 ± 0.177 *	26.64 ± 5.218 (-20.19%)
		杀虫双 Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	22.07 ± 0.361	22.41 ± 2.058(15.4%)
	CK Non-herbicide (A <sub>5</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	28.15 ± 7.212	13.5 ± 1.329 ** (-52.04%)
		杀虫双 Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>5</sub> B <sub>2</sub>	28.75 ± 1.209	30.52 ± 0.0707(6.16%)
CK Non-herbicide (A <sub>6</sub> )			22.74 ± 2.397	27.87 ± 2.574(22.56%)	
IR36	丁草胺 Butachlor (A <sub>1</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	36.03 ± 0.707 **	32.32 ± 0.064 ** (-10.30%)
		杀虫双 B <sub>2</sub> Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	9.84 ± 3.288 **	13.81 ± 2.242(40.42%)
	农思它 Oxadiazon (A <sub>2</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	20.41 ± 0.000	7.22 ± 0.325B ** (-64.59%)
		杀虫双 B <sub>2</sub> Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	39.75 ± 2.044 **	13.08 ± 0.290(-67.09%)
	苯达松 Bentazone (A <sub>3</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	16.41 ± 0.453 **	25.08 ± 1.308*(52.83%)
		杀虫双 B <sub>2</sub> Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	38.26 ± 2.772 **	15.31 ± 2.758(-59.98%)
	神锄 Quinclorac (A <sub>4</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	23.93 ± 1.096	5.35 ± 1.541 ** (-77.64%)
		杀虫双 B <sub>2</sub> Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	38.85 ± 2.878 **	20.80 ± 1.308(-46.46%)
	CK Non-herbicide (A <sub>5</sub> )	井冈霉素 B <sub>1</sub> Jinggong mycin (B <sub>1</sub> )	A <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	35.26 ± 0.905 **	4.68 ± 1.563 ** (-86.73%)
		杀虫双 B <sub>2</sub> Bisultap (B <sub>2</sub> )	A <sub>5</sub> B <sub>2</sub>	28.81 ± 1.414 *	23.97 ± 2.468* (-16.80%)
CK Non-herbicide (A <sub>6</sub> )			23.60 ± 0.120	17.05 ± 3.528(-27.75%)	

<sup>1)</sup>括号内的数字表示农药处理后 6d SOD 活性与 2d 相比的增长百分率。下同

The figures in the brackets show the increasing rate of SOD activity at 6d after pesticide treatments, compared to that at 2d. The same as below

## 2.2 2 次用药后对水稻 SOD 活性的影响

**2.2.1 井冈霉素和杀虫双处理后对秀水63 SOD 活性的影响** 第一次施用除草剂,过一定时间再施用井冈霉素和杀虫双,药后 2d,除了神-杀(A<sub>4</sub>B<sub>2</sub>)处理 SOD 活性与对照相比下降外,其余处理均有所上升(表 2),且部分达到了显著差异;6d 时除丁-井(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>),CK-杀(A<sub>5</sub>B<sub>2</sub>)处理 SOD 活性上升,但未达显著差异外,绝大多数处理 SOD 活性均比对照下降。2 次农药处理后与 CK-井相比 2d 活性上升,6d 活性继续上升;与 CK-杀(A<sub>5</sub>B<sub>2</sub>)相比,2 次农药处理从 2d 至 6d SOD 活性一直较低。

**2.2.2 井冈霉素和杀虫双处理后对 IR36 SOD 活性的影响** 第一次施用除草剂,过一定时间再施用井冈霉素和杀虫双,药后 2d,除了丁-杀(A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>),苯-井(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>)处理 SOD 活性比对照下降外,其余处理均比对照上升(表 2),部分处理达到了显著差异;6d 多数处理 SOD 活性比对照下降,有些处理达到了显著差异。而 2 次处理与 CK-井(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>)相比,2d 活性上升,6d 活性仍上升;与 CK-杀(A<sub>5</sub>B<sub>2</sub>)相比,2d 活性上升,6d 后活性则开始下降。

从上述可以看出 2 次农药处理后,与对照相比大部分处理 2d SOD 活性上升,6d 下降,比 1 次用药 SOD 活性提早 10d 下降。用井冈霉素和杀虫双处理后对不同的水稻品种 SOD 的活性的影响稍有不同。1 次施用井冈霉素(A<sub>5</sub>B<sub>1</sub>)与 1 次施用杀虫双(A<sub>5</sub>B<sub>2</sub>)相比,井冈霉素引起 SOD 活性的变动大于杀虫双处理。例如 6d 与 2d 相比,井冈霉素处理 SOD 活性极显著下降,而杀虫双处理 SOD 相对平稳。但杀虫双引起 SOD 的变动与第一次施用除草剂有关,第一次施用除草剂,第二次再施用杀虫双,SOD 在药后 6d 明显比药后 2d 显著下降。这表明多次施用农药对植株的伤害较大。

## 3 讨论

正常情况下,生物体总是不断地产生少量超氧阴离子,但其中的 SOD 也在不断地将其清除, O<sub>2</sub><sup>-1</sup> 和 SOD 维持在较为稳定的水平对生物体危害不大。外界因子诱导 SOD 合成量增加的现象已有过许多报道,张玉琼等<sup>[9]</sup>在大麦拔节期追施氮肥,后期旗叶 SOD 活性和叶绿素含量均高于对照,李付广等报

道<sup>[10]</sup>在盐胁迫条件下棉花 2 个不同品种 POD、SOD 活性在胚根部位均有所增强,文言等<sup>[11]</sup>用不同浓度 S<sub>3307</sub>浸种使冬小麦的 SOD 活性上升。当除草剂进入到水稻植株组织后,短期内产生较多的超氧自由基并威胁到细胞安全时,就会诱导植物细胞合成更多的 SOD,引起水稻叶鞘 SOD 活性上升,且不同品种间存在着一定的差异。逆境条件下保护酶活性增强,才能清除活性氧自由基使之维持在较低水平。但是随着时间的推移,由于生物体合成 SOD 的能力有限,当不足以将几种除草剂刺激产生的超氧阴离子清除时,就会导致 SOD 活性下降。刘支前等<sup>[12]</sup>报道当处理部位遭到氧化损伤,正常的代谢过程受到影响时,就会导致 SOD 活性下降。试验表明除草剂处理 15d 左右,3 个水稻品种叶鞘部位 SOD 的活性比对照有所下降,21d 各处理 SOD 的活性与对照又基本一致,这表明除草剂对水稻的影响期为 20d 左右。只有农思它与神锄处理稍有不同。另外从柱形图可以看出,不同除草剂处理后 SOD 活性增长百分率是由一开始上升而后下降。第二次施用井冈霉素、杀虫双后 2 d,2 个水稻品种几乎所有处理 SOD 活性均比对照上升,而 6 d 比对照下降,不同水稻品种上升与下降的幅度稍有不同。在 3 类农药中,不同的农药品种对目标生物的作用机制有所不同。神锄是激素型除草剂,在杂草体内诱导产生氨基环丙烷羧酸,使氰化物选择性累积<sup>[13]</sup>,丁草胺抑制蛋白质合成,苯达松抑制光合作用和水分代谢,农思它抑制旺盛部位生长。这些机制主要是对目标生物(杂草),而对非目标生物(水稻)的作用机制不十分清楚。但有一点是可以肯定的,即农药的代谢物对水稻是一种外来胁迫物。这就会引起体内 SOD 的变化。除草剂具有作用期较长,作用较慢的特点,而杀虫双和井冈霉素则相反,作用期较短,作用较快。除草剂施用后,有利于褐飞虱取食的效应期为 15d 左右,井冈霉素和杀虫双约为 10 d<sup>[14,15]</sup>,显然与本试验 SOD 变化趋势基本吻合。所以在第二次施用井冈霉素和杀虫双后,第 6 天与第 2 天相比,SOD 就已明显下降,除草剂要在第 10 天后下降。另外从 A<sub>5</sub>B<sub>1</sub> 和 A<sub>5</sub>B<sub>2</sub> 的比较可以看出(表 2),杀虫双施用后,植株的 SOD 变动小于井冈霉素。表明井冈霉素诱导水稻超氧阴离子更明显。

本试验表明无论是 1 次除草剂处理还是在此基础上的 2 次用药,短期内均使其水稻体内 SOD 活性上升,长期达到与对照一致。施用农药后,对水稻造成了一定的逆境条件,为适应外界环境的改变而其

体内 SOD 活性产生一些变化。我们另文报道了除草剂施用后在相同的褐飞虱虫量下水稻受害加重<sup>[15]</sup>,说明受到农药影响后水稻 SOD 的短暂上升是抗性下降的应激反应。无论是 1 次施药还是 2 次施药均造成了水稻抗性的 1 个“洼地”,如果害虫(如褐飞虱等)的繁殖期在抗性“洼地”发生时,将会起到促进发生的作用。其中 2 次施药比 1 次施药 SOD 活性提早 10d 左右下降,显示多次施药对水稻生理生化、抗性的影响更大。在 IPM 技术策略上,应尽量减少农药施用次数。但 SOD 的变化与抗性的对应关系及用 SOD 作为水稻阶段性抗性的一个指标仍需进一步深入研究。

#### References :

- [ 1 ] Mccord J M. Superoxide dismutase: An enzymic function for erythrocyte (hemocytin) J. Biol. Chem. 1969, 244:6049 - 6055.
- [ 2 ] Wang B S. Biological free radicals and membrane damage of plants. Plant Physiology Communications, 1988, (2):12 - 16. (in Chinese)  
王宝山. 生物自由基与植物膜伤害. 植物生理学通讯, 1988, (2):12 - 16.
- [ 3 ] Wang W J. Superoxide free radical and superoxide dismutase. Progress in Physiological Sciences, 1985, 16(3):196 - 202. (in Chinese)  
王文杰. 超氧自由基和超氧化物歧化酶. 生理科学进展, 1985, 16(3):196 - 202.
- [ 4 ] Kalur A. Changes in activity of malate dehydrogenase, catalase, peroxidase and superoxide dismutase in leaves of *Halimione portulacoides* L. exposed to high sodium chloride concentration. Ann. Bot. 1981, 47(1):75 - 85.
- [ 5 ] Steward R C, et al. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology, 1980, 65(3):245 - 248.
- [ 6 ] Zhang X Z. Experimental Method of Crop Physiology. Beijing: Agricultural Press, 1992:208 - 209. (in Chinese)  
张宪政. 作物生理研究法. 北京:农业出版社, 1992:208 - 209.
- [ 7 ] Shen W B, et al. The suitable conditions for determining SOD activity by nitro blue tetrazolium (NBT) photoreduction method. Journal of Nanjing Agricultural University, 1996, 19(2):101 - 102. (in Chinese)  
沈文飏, 等. 氮蓝四唑光还原法测定超氧化物歧化酶的适宜条件. 南京农业大学学报, 1996, 19(2):101 - 102.
- [ 8 ] Giannopolitis C N, et al. Superoxide dismutase II, purification and quantitative relationship with water soluble protein in seedlings. Plant Physiology, 1977, 59:315 - 318.
- [ 9 ] Zhang Y Q, et al. Effects of nitrogen fertilizer rates at the elongating stage on the activities of superoxide dismutase and peroxidase and grain yield of barley. Plant Physiology Communica-

- tions, 1998, 34(6):423 - 426. (in Chinese)
- 张玉琼, 等. 拔节期氮肥用量对大麦开花后超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性以及产量的影响. 植物生理学通讯, 1998, 34(6):423 - 426.
- [10] Li F G, et al. Effects of salt stress on the activity of protective enzymes in cotton seedling. Journal of Hebei Agricultural University, 1994, 17(3):52 - 55. (in Chinese)
- 李付广, 等. 盐胁迫对棉花幼苗保护酶系统活性的影响. 河北农业大学学报, 1994, 17(3):52 - 55.
- [11] Wen Y, et al. Effect of S<sub>3307</sub> seed soaking on some physiological characteristics and yield of winter wheat. Tritical Crops, 1999, 19(4):54 - 56. (in Chinese)
- 文 言, 等. S<sub>3307</sub>浸种对冬小麦生理特性及产量的影响. 麦类作物, 1999, 19(4):54 - 56.
- [12] Liu Z Q, et al. The effect of photodependent herbicides on plant SOD activity. Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis, 1994, 20(2):157 - 159. (in Chinese)
- 刘支前, 等. 需光型除草剂对植物 SOD 的活性的影响. 北京农业大学学报, 1994, 20(2):157 - 159.
- [13] Grossmann K, et al. Selective induction of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase activity is involved in the selectivity of the auxin herbicide quinclorac between barnyard grass and rice. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1997, 58(2):145 - 153.
- [14] Wu J C, et al. Pesticide-induced susceptibility of rice to brown planthopper *Nilaparvata lugens*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2001, 100:119 - 126.
- [15] Wu J C, et al. Effect of herbicides on susceptibility of rice resistance and on multiplication and feeding of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). International Journal of Pest Management, 2001, 47(2):153 - 159.

## · 书 讯 ·

# 《作物改良理论与方法》一书出版

刘秉华研究员的专著《作物改良理论与方法》已由中国农业科技出版社正式出版。全书以作物非整倍体、细胞核雄性不育及其在遗传育种研究中的应用的总体论述为前导,先后引入减数分裂、非整倍体、雄性不育、轮回选择、基因定位、等基因系、性状标记、分子标记、种质创新、育种方法、杂优利用和良种良法十二专题,既包括深化传统育种方法的介绍,又含有品种改良新策略的研究,将作物遗传育种知识的广度与深度、实用性与新颖性有机地结合于一体,构成一个比较完整而系统的知识体系。全书 32 万字,图 50 幅,文字精炼,问题论述深入浅出,图文并茂,是作物育种工作者、农业院校有关专业师生必备的参考书。每本定价 32 元,欲购者请直接与作者联系。

地址:北京市中关村南大街 12 号中国农业科学院作物育种栽培研究所

邮编:100081

电话:(010)68918628