

经除草剂处理的水稻对褐飞虱体内几种酶及水稻受褐飞虱为害程度的影响

刘井兰 吴进才 袁树忠 徐建祥 姜永厚 (扬州大学 农学院 植物保护系, 江苏 扬州 225009)

Effects of the Rice Treated with Herbicides on Several Enzymes of Brown Planthopper, and on Incidence of Rice Injury by Brown Planthopper

LIU Jing-lan, WU Jin-cai, YUAN Shu-zhong, XU Jian-xiang, JIANG Yong-hou

(Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Metabolization enzymes activity, including carboxylesterase (CarE) and acetylcholinesterase (AchE) and protective enzymes activity including superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) after 5th instar nymph short-term feeding (1 d) and long-term feeding (third to fifth instar, 7 days) of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* on the rice plant treated with different herbicides and rates were tested. The results indicated that activities of CarE and AchE of BPH feeding on herbicide-treated rice were significantly higher than those of control. SOD activities of BPH feeding for 1 h and 7 days were higher than those of control under metolachlor (300 mL/hm²), bentazone low dosage and butachlor high dosage treatments. POD activities of other treatments were also higher than those of control, except short-term feeding of BPH under metolachlor (300 mL/hm²) and bentazone (1500 mL/hm²) treatments. Honeydew excretion amount of BPH feeding on the rice with herbicide treatments significantly increased. Damage scale of rice plant of all treatments was higher than that of control under the same BPH density and same environmental condition. One of causes of benefit to BPH feeding was increased in free amino acids and decreased in sucrose or ratio of C/N. It is suggested that there was two-way effect of herbicide application on both rice and BPH.

Key words: brown planthopper; herbicide; metabolization enzyme; protective enzyme; rice; resistance to insect

摘要: 褐飞虱 5 龄若虫在不同除草剂不同剂量处理的水稻上短期取食(取食 1 h)和长期取食(3 龄若虫取食至 5 龄, 约 7 d), 然后测定其体内代谢酶、保护酶的变化。褐飞虱取食除草剂处理的水稻后其体内羧酸酯酶活性不论是短期取食还是长期取食均极显著高于对照(未施用除草剂); 乙酰胆碱酯酶活性明显高于对照; 稻乐思、苯达松低剂量、丁草胺高剂量处理短期取食后超氧化物歧化酶活性显著低于对照, 所有处理长期取食明显高于对照; 过氧化物酶活性除了稻乐思 300 mL/hm² 和苯达松 1500 mL/hm² 处理短期取食低于对照外(但没有达显著差异), 也不同程度地高于对照。褐飞虱在除草剂处理的水稻上蜜露排泄量显著增加, 水稻受害程度与对照相比极显著加重。除草剂处理后的水稻游离氨基酸的含量增加而蔗糖含量下降, 由此表明除草剂施用后对水稻和褐飞虱具有双向效应。

关键词: 褐飞虱; 除草剂; 代谢酶; 保护酶; 水稻; 抗性

中图分类号: Q966; S435.112⁺.3; S482.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2001)04-0303-06

褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 是威胁我国和其他许多亚洲国家水稻生产的主要害虫之一。化学农药的使用引起褐飞虱再猖獗被认为是由于杀伤天敌, 亚致死剂量刺激褐飞虱生殖等^[1]。除草剂大量使用对水稻植株生理生化及抗性和对褐飞虱的直接间接效应很少有人研究。而昆虫体内的代谢酶系被认为与昆虫的抗药性有关, 寄主植物本身也会影响

取食寄主植物的昆虫体内酶系的变化^[2]。如果除草剂对水稻有影响, 除草剂的使用会间接影响褐飞虱体内的代谢酶系统, 不过这方面的研究不多; 昆虫体

收稿日期: 2000-10-30; 修改稿收到日期: 2001-02-12。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770128); 国际水稻研究所资助项目。

第一作者简介: 刘井兰(1974—), 女, 研究生, 助教。

内的保护酶是当昆虫受到胁迫(包括不良环境、抗性品种等)时产生的适应性酶系。本文研究除草剂通过水稻而间接影响取食水稻的褐飞虱的酶系变化,并与其致害性的变化看作一个系统来探索除草剂对褐飞虱的效应。

1 材料与方 法

1.1 供试除草剂、用量、来源

12%农思它(恶草灵)EC(法国罗纳普朗克公司)用量 1350 mL/hm²、2700 mL/hm²;60%丁草胺 EC(昆山化工厂)用量 1350 mL/hm²、2700 mL/hm²;72%稻乐思(异丙甲草胺)EC(瑞士诺华公司)用量 300 mL/hm²;48%苯达松水剂(昆山化工厂)用量 1500 mL/hm²、3000 mL/hm²;10%农得时 WP(江苏如东农药厂)用量 150 g/hm²、300 g/hm²;10%艾割 EC(美国氰胺公司)用量 150 mL/hm²、300 mL/hm²;20%乙草胺 WP(昆山化工厂)用量 300 g/hm²、600 g/hm²;50%神锄(二氯喹啉酸)WP(昆山化工厂)用量 300 g/hm²、600 g/hm²。

1.2 水稻品种和虫源

供试品种为镇稻 88(粳稻)。

褐飞虱为生物型 II(中国水稻研究所提供),在养虫圃内饲养一代后备用。

1.3 褐飞虱的饲养

水稻育苗至 5 叶龄,移栽至小盆(直径约 18 cm,高 20 cm)内,每盆栽 7~8 株苗,保持 1~2 cm 浅水层,5 d 后施用除草剂,采用土壤表面施药法,按实际面积吸取药液稀释后加入小盆中,4 次重复,7 d 后每盆接种大小一致的 5 龄褐飞虱若虫 30 头,让飞虱取食 1 h 后移下,即获得短期取食虫源;另外除草剂处理 7 d 后接种 3 龄褐飞虱若虫,让其发育至 5 龄后再取下褐飞虱,获得长期取食虫源。以无除草剂处理为对照。

1.4 酶源的获取

代谢酶:取 20 头大小一致的褐飞虱 5 龄若虫,加入预冷的 pH 7.2、0.04 mol/L 的磷酸盐缓冲液 4 mL,冰浴匀浆,以 4000 r/min 速度离心 10 min,取上清液为酶源。

保护酶:取 20 头 5 龄褐飞虱若虫,加入 4 mL 预冷的 1%聚乙烯吡咯烷酮(pH 7.0、0.05 mol/L 的磷酸盐缓冲液配制)冰浴匀浆,以 12000 r/min 离心 10 min,取上清液为酶源。

1.5 代谢酶、保护酶活性的测定

羧酸酯酶、乙酰胆碱酯酶:参考陈长琨等^[3]方法测定,并根据预备试验结果加以改进。获取的长期取食虫源处理后的酶液,稀释 10 倍后,再进行测定,而 1.3 中方法获取短期取食虫源处理后的酶液,稀释 5 倍后,再进行测定,以 OD₅₆₀ 值表示羧酸酯酶的活性;以 OD₄₇₀ 值表示乙酰胆碱酯酶的活性。

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD):参考李周直等^[4]方法,并根据预备试验结果和褐飞虱的具体情况略加改进。

SOD:3 mL 反应液中(含 13 mmol/L 蛋氨酸,750 μmol/L 氯化硝基四氮唑蓝,0.1 mmol/L 乙二醇四乙酸)加 0.1 mL 酶液,最后加 250 mmol/L 核黄素 0.1 mL,在 25℃生化培养箱中,2 支 18 W 日光灯光照反应 15 min,立即在 560 nm 处比色,以 OD₅₆₀ 变化百分率表示酶的活性。

POD:每试管加入 pH 7.0、0.05 mol/L 的磷酸盐缓冲液 3 mL,0.1% 愈伤木酚 1 mL,0.08% H₂O₂ 1 mL 及酶液 0.1 mL 于 30℃培养箱中反应 15 min 后在 470 nm 处比色,以 OD₄₇₀ 表示酶的活性。

以上测定均在 1999 年进行,2000 年进行了部分重复验证。

1.6 褐飞虱取食经除草剂处理的水稻后的蜜露排泄量

在盆栽水稻上施用除草剂,过一定时间后测定褐飞虱取食后的蜜露排泄量。用 parafilm 折成的小袋,套在水稻叶鞘上,各处理小袋的位置基本一致,接虫前飞虱饥饿 2 h,每袋接入 1 头飞虱,过 24 h 拆开小袋,移去飞虱,然后用滤纸吸取蜜露直接在 Mettler-toledo 电子天平(精确到万分之一)上称重,每处理大约测定 20 头虫。另用 20 个小袋不接褐飞虱套在叶鞘上,24 h 后称空袋内的水汽重量,以校正滤纸吸取的蜜露量。

1.7 褐飞虱取食水稻后的致害性

试验在水泥池中进行,供试水稻品种为粳稻 9520,每处理移栽 10 株单株水稻(6 叶期),3 次重复(总计 30 株),移栽后 5 d 用除草剂处理,处理后 7 d 每株接 30 头 3 龄若虫,接虫前用投影胶片做成顶端开口的圆筒形罩罩住,确保飞虱不逃脱。直至成虫羽化后(约接虫后 10 d),检查每株苗的受害等级。受害等级按以下标准分成 9 级。

1 级 轻微受害,叶鞘几乎没有变黄;

- 3级 叶鞘略黄;
- 5级 叶鞘明显变黄,分蘖减少;
- 7级 叶鞘严重变黄,植株变矮,几乎没有分蘖;
- 9级 植株枯萎或死亡。

$$\text{受害指数} = \frac{\sum(\text{各级受害株数} \times \text{各级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高受害级代表值}}$$

由于本研究属成株期抗性,以上分级标准与国际水稻研究所的苗期筛选法(SSST)的分级标准略有不同。

1.8 经除草剂处理的水稻植株体内蔗糖和氨基酸含量的测定

用上述除草剂进行土壤处理的水稻,在药后 10 d 采用改进的间苯二酚法测定蔗糖的含量。将样品在 80℃ 下烘至恒重,剪碎后称取 0.2 g,用 80% 的乙醇在 80℃ 水浴中抽提 30 min,重复抽提 3 次,合并抽提液并定容至 100 mL,材料的处理(抽提液的抽提、澄清)用 Somogyi^[5]法,抽提液的后续处理和测定与间苯二酚法相同,用紫外分光光度计测定 OD₄₈₀ 值,以蔗糖系列浓度作标准线^[6]。

用 60% 丁草胺 2700 mL/hm²,50% 神锄 600 g/hm² 进行土壤处理,重复 3 次,在药后 15 d 测定游离氨基酸的含量,采用张宪政^[7]方法。在万分之一的电子天平上称取鲜组织 0.5 g 并剪碎置于研钵中,加 5 mL 10% 乙酸研磨至糊状,转入 100 mL 容量瓶中用无氨蒸馏水定容,过滤,然后取 1 mL 滤液用于比色测定。所有取样部位为叶鞘上部,重复 3 次,用紫外分光光度计 OD₅₇₀ 测定值,同时以谷氨酸为标准

氨基酸制作标准方程。

1.9 统计分析

统计分析采用 *t* 检验方法,把各处理分别与对照相比,计算 *t* 值作显著性检验。

2 结果与分析

2.1 两种不同方法处理后褐飞虱代谢酶活性的测定

从表 1 可看出不论是短期取食还是长期取食,褐飞虱体内羧酸酯酶活性均比对照极显著增大,即施用除草剂后,褐飞虱体内代谢酶的活性明显上升,并且短期取食的活性远高于长期取食的活性,说明褐飞虱在水稻上停留时期过长产生了一定的适应性,导致酶的活性相应下降。乙酰胆碱酯酶活性处理组比对照高,其中苯达松 3000 mL/hm²,农思它 2700 mL/hm² 短期取食比对照极显著增加,丁草胺比对照显著增加,其余处理比对照有所增加,但不显著。苯达松高剂量处理的长期取食活性比对照极显著增加,苯达松 1500 mL/hm²、丁草胺 1350 mL/hm² 处理比对照显著增加,其余处理差异不显著。两种酶活性相比较,褐飞虱体内羧酸酯酶的活性要比乙酰胆碱酯酶活性高得多,可见羧酸酯酶在代谢酶中占有重要的地位。另外,除草剂两倍用量时,褐飞虱体内的代谢酶的含量相对较多。

2.2 褐飞虱体内保护酶活性的测定

从表 2 可看出,SOD 的活性随除草剂及使用剂

表 1 经除草剂处理的水稻对褐飞虱体内酯酶活性(OD 值)的效应

Table 1. Esterase activity (OD value) of brown planthopper feeding on the rice treated with herbicides.

除草剂处理及用量 Herbicide treatment and dosage	羧酸酯酶活性 Carboxylesterase activity		乙酰胆碱酯酶活性 Acetylcholinesterase activity	
	平均短期活性 (取食 1 h)	平均长期活性 (取食 7 d)	平均短期活性 (取食 1 h)	平均长期活性 (取食 7 d)
	Short-term	Long-term	Short-term	Long-term
	feeding about 1 hour	feeding about 7 days	feeding about 1 hour	feeding about 7 days
稻乐思 Metolachlor (300 mL/hm ²)	0.871±0.084 A	0.004±0.002 B	0.396±0.021 b	0.316±0.023 b
苯达松 Bentazone (1500 mL/hm ²)	0.844±0.054 A	0.164±0.011 A	0.507±0.054 b	0.496±0.031 a
苯达松 Bentazone (3000 mL/hm ²)	0.927±0.393 A	0.628±0.045 A	0.762±0.038 A	0.689±0.023 A
农思它 Oxadiazon (1350 mL/hm ²)	0.745±0.016 A	0.415±0.172 A	0.574±0.111 b	0.370±0.036 b
农思它 Oxadiazon (2700 mL/hm ²)	1.149±0.179 A	0.535±0.142 A	0.780±0.014 A	0.379±0.040 b
丁草胺 Butachlor (1350 mL/hm ²)	1.133±0.110 A	0.087±0.001 A	0.594±0.109 b	0.422±0.023 a
丁草胺 Butachlor (2700 mL/hm ²)	1.446±0.535 A	0.237±0.007 A	0.686±0.069 a	0.349±0.046 b
对照(不用药) CK(Non-herbicide)	0.023±0.013 B	0.006±0.000 B	0.365±0.028 b	0.239±0.030 bB

表中数值是平均值±标准差,平均值后不同的大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平下与对照相比差异显著,以下各表同。

Figures in the table are mean±SD and with different small and capital letters within a column show significant difference compared to CK at 5% and 1% levels, respectively. The same for the following tables.

表 2 经除草剂处理水稻对褐飞虱保护酶活性的效应

Table 2. Protective enzymes activity of brown planthopper feeding on the rice treated with herbicides.

除草剂处理及用量 Herbicide treatment and dosage	SOD 活性 SOD activity /%		POD 活性(OD 值) POD activity (OD value)	
	平均短期活性(取食 1 h,酶活性抑制率) Short-term feeding about 1 hour (Enzyme activity inhibition)	平均长期活性(取食 7 d,酶活性抑制率) Long-term feeding about 7 days (Enzyme activity inhibition)	平均短期活性 (取食 1 h) Short-term feeding about 1 hour	平均长期活性 (取食 7 d) Long-term feeding about 7 days
稻乐思 Metolachlor (300 mL/hm ²)	1.0±1.4 b	1.3±0.2 b	0.005±0.004	0.005±0.001
苯达松 Bentazone (1500 mL/hm ²)	2.3±3.2 b	4.4±2.1 a	0.007±0.005	0.003±0.002
苯达松 Bentazone (3000 mL/hm ²)	23.5±12.0 a	23.4±9.2 A	0.011±0.013	0.003±0.002
农思它 Oxadiazon (1350 mL/hm ²)	1.0±0.7 b	1.0±0.6 b	0.035±0.024	0.015±0.007
农思它 Oxadiazon (2700 mL/hm ²)	16.0±12.0 a	15.6±4.0 A	0.042±0.002	—
丁草胺 Butachlor (1350 mL/hm ²)	23.5±12.0 a	2.6±0.1 b	0.016±0.011	0.010±0.004
丁草胺 Butachlor (2700 mL/hm ²)	1.0±0.7 b	3.9±0.9 a	—	0.003±0.002
对照(不用药) CK(Non-herbicide)	16.0±12.0 a	0.8±2.0 b	0.010±0.001	0.001±0.001

表 3 褐飞虱 3 龄若虫取食除草剂处理的水稻后蜜露排泄量

Table 3. Honeydew excretion amount of BPH third instar nymph feeding on rice treated with herbicides.

除草剂处理及用量 Herbicide treatment and dosage	蜜露排泄量 Honeydew excretion amount/mg	
	处理后 5 d 5 days after treatment	处理后 10 d 10 days after treatment
丁草胺 Butachlor (1350 mL/hm ²)	6.70±3.28(20)	13.55±7.92(20) A
丁草胺 Butachlor (2700 mL/hm ²)	6.22±4.92(19)	11.95±8.74(20) a
神锄 Quinclorac (300 g/hm ²)	6.67±3.38(20)	12.84±10.79(20) a
神锄 Quinclorac (600 g/hm ²)	8.42±7.67(20)	10.52±6.76(18) a
苯达松 Bentazone (1500 mL/hm ²)	7.67±3.75(19)	10.44±5.56(19) a
苯达松 Bentazone (3000 mL/hm ²)	3.73±3.70(17)	10.92±7.26(20) a
对照(不用除草剂) CK(Non-herbicide)	5.09±4.71(20)	5.47±4.77(19) bB

量而变,各处理短期取食均没有显著高于对照,稻乐思、苯达松、农思它低剂量处理均显著低于对照,丁草胺高剂量低于对照;而长期取食均不同程度高于对照,其中苯达松低剂量显著高于对照,苯达松、农思它高剂量极显著高于对照。总体来看,对短期取食的影响较小,长期取食使褐飞虱体内 SOD 活性升高。无论是短期取食还是长期取食,除了丁草胺高剂量外,其他高剂量除草剂处理的 SOD 活性均高于低剂量处理。SOD 是生物体内的一种适应性酶系,当遇到环境胁迫时,SOD 活性会升高。过氧化物酶(POD)在各处理间与对照相比差异不大。由此表明 SOD 在克服逆境中的作用比 POD 大,或 SOD 对环境变化更敏感。2000 年的测定结果与 1999 年的趋势基本一致。

2.3 取食经除草剂处理的水稻后褐飞虱的蜜露排泄量

褐飞虱 3 龄若虫在除草剂处理的水稻上蜜露排泄量均有不同程度的增加(表 3),其中在除草剂处

理后 5 d 的水稻上蜜露排泄量比对照略有增加(除苯达松外);处理 10 d 后,各处理的褐飞虱蜜露排泄量均比对照显著增加,由此表明经除草剂处理的水稻有利于褐飞虱取食。

2.4 除草剂处理后水稻受褐飞虱为害的程度

由表 4 可见除草剂处理的水稻在相同虫量、相同环境条件下,受褐飞虱为害的严重度极显著增加。其中神锄 300 g/hm² 处理受害等级比对照增加 5.49,受害指数增加 45.55。不同剂量处理受害程度差异不大。水稻受害程度加重一方面表明除草剂使用后可能由于植株营养的改变有利于褐飞虱的取食为害,另一方面可能是植株本身的抗性下降所造成的。

2.5 除草剂处理对水稻植株体内蔗糖和游离氨基酸含量的影响

测定结果表明(表 5),除草剂处理后,水稻植株体内蔗糖含量均比对照明显下降,而游离氨基酸含量正好相反,均有一定程度的增加。

表 4 除草剂处理对水稻受褐飞虱为害程度的影响

Table 4. Effects of herbicide treatments on change of rice resistance to brown planthopper.

除草剂处理和剂量 Herbicide treatment and dosage	平均受害级别 Average injured score	平均受害指数 Average injured index
丁草胺 Butachlor (1350 mL/hm ²)	4.27±0.12 A	47.40
丁草胺 Butachlor (2700 mL/hm ²)	3.80±0.92 A	42.20
苯达松 Bentazone (1500 mL/hm ²)	4.77±1.23 A	53.30
苯达松 Bentazone (3000 mL/hm ²)	4.80±0.80 A	50.00
稻乐思 Metolachlor (300 mL/hm ²)	5.40±0.31 A	53.30
农得时 Bensulfuron-methyl (150 g/hm ²)	2.60±1.43 a	37.14
农得时 Bensulfuron-methyl (300 g/hm ²)	4.00±2.29 A	44.44
艾割 Cinmethylin (150 g/hm ²)	3.34±1.42 A	47.78
艾割 Cinmethylin (300 g/hm ²)	3.52±1.42 A	39.09
乙草胺 Acetochlor (300 g/hm ²)	4.45±2.13 A	53.26
乙草胺 Acetochlor (600 g/hm ²)	4.04±1.95 A	44.86
神锄 Quinclorac (300 g/hm ²)	7.22±2.17 A	80.25
神锄 Quinclorac (600 g/hm ²)	3.64±1.20 A	51.95
对照(不用除草剂) CK(Non-herbicide)	1.73±0.50 bB	34.70

表 5 除草剂处理 10 d 后水稻植株体内蔗糖和游离氨基酸的含量

Table 5. Content of sucrose and free amino acids in rice plant 10 days after herbicides treatments.

除草剂处理和剂量 Herbicide treatment and dosage	蔗糖含量(干组织) Amount of sucrose per dry issue/(mg·g ⁻¹)	与对照相比 Comparing with CK/%	游离氨基酸含量 Amount of free amino acids/(μg·g ⁻¹)	与对照相比 Comparing with CK/%
神锄 Quinclorac (600 g/hm ²)	6.7535	-43.28	0.6700±0.1742	43.59
丁草胺 Butachlor (2700 mL/hm ²)	8.0757	-32.18	0.5303±0.1267	81.42
对照(不用除草剂) CK(Non-herbicide)	11.9062	0.00	0.3693±0.2565	0.00

3 讨论

除草剂之所以能够除草是由于杂草和作物的代谢机理不同,有的除草剂本身就是植物生长调节剂,除草剂的特点是能够改变植物生理代谢、有较长的残效期。不同的除草剂施用后对于水稻生理生化的影响有很大差异,有关除草剂的作用机理多数是在防除对象(杂草)上的研究结果。在耐性作物(水稻)上有些还不太清楚。水稻之所以具有耐性,主要是除草剂进入水稻体内能很快被代谢分解。如艾割被代谢成羟基衍生物,苯达松被代谢为活性弱的糖甙合物而解毒。需要指出的是水稻耐除草剂不等于除草剂对水稻生理生化没有影响。这些代谢物有可能对取食水稻的褐飞虱产生影响。本研究表明除草剂使用后,水稻游离氨基酸含量增加而蔗糖含量下降,碳氮比下降。植株的这些生理生化的改变必然会影响到取食这些水稻的褐飞虱的生理生化。植株生物物质的改变对褐飞虱来说需要有个调节过程。变动的环境可以诱导褐飞虱体内一些酶的变化。褐飞虱在处

理过的植株上取食 1 h,羧酸酯酶、乙酰胆碱酯酶活性显著增加;取食 7 d 时 SOD 活性等均有不同程度的上升。这可能是在环境胁迫下的一种诱导反应。

昆虫受到外界环境(包括接触农药)影响后,体内一些酶迅速作出反应,在其他研究中也得到证实。李周直等测定了昆虫接触杀虫剂体内一些酶的变化,在处理 10 min 保护酶就明显增加^[4];高希武用阿特拉津点滴棉铃虫,对羧酸酯酶活性的诱导作用相当明显,点滴处理后 24 h,酶活性增加 21.1%;48 h 达到高峰,增加约 41%。用含 20 mg/kg 阿特拉津的人工饲料饲养棉铃虫初孵幼虫,测定 3 龄幼虫的羧酸酯酶活性,处理组活性增加 146.4%^[8]。除草剂处理对植株体内的 SOD 诱导作用也很快,如用百草枯处理向日葵叶片 1 h 后,酶活性比对照明显升高,说明百草枯进入活细胞后首先对其植株 SOD 活性具有诱导作用^[9]。

昆虫较长时间在逆境条件下其体内一些酶的变化也很明显。吕仲贤等报道,把感虫品种上的褐飞虱转移到抗性品种上,研究褐飞虱对抗虫品种的适应

过程和体内酶的变化,结果表明,褐飞虱在适应抗性品种过程中,第2代的SOD和CAT活性均比其他代高,而POD在各代均较小^[10],说明SOD和CAT在克服逆境中的作用比POD大,本试验结果与其基本一致。高希武等研究了植物次生物质对棉铃虫谷胱甘肽转移酶和乙酰胆碱酯酶的影响^[11],用0.01%芸香苷素饲养棉铃虫1~4代后活性提高4~18倍。董向丽等证明用芸香苷素饲养棉铃虫,F₁代谷胱甘肽转移酶活性是对照的57倍^[12]。所有这些结果均表明昆虫在环境胁迫下体内一些酶的适应性变化是很快的,但不同酶的反应有所不同,正如本文所述羧酸酯酶活性比乙酰胆碱酯酶更敏感,SOD比POD更敏感。

由于除草剂的使用改变了水稻植株体内的营养物质,从而对取食水稻的褐飞虱产生影响。已有许多研究表明游离氨基酸的含量增加,蔗糖含量下降有利于褐飞虱的取食。在抗褐飞虱品种研究中发现游离氨基酸的含量增加和碳氮比显著下降是刺激褐飞虱取食的重要因子,抗性品种中游离氨基酸比感虫品种明显低^[13~15],高抗品种中总可溶性糖比感虫品种低^[16]。本试验表明除草剂使用后水稻抗性显著下降,抗性下降的原因之一是游离氨基酸的含量增加和蔗糖含量下降,由此可以假设由于除草剂使用后的效应,水稻抗性存在一个低谷期,这相当于由抗虫品种变成中抗品种,或由中抗品种变成感虫品种。另外除草剂的使用对褐飞虱和水稻抗性具有两方面的影响,这里不妨称为农药的双向效应。农药双向效应的研究对害虫可持续控制和组建新的IPM技术体系可能有重要意义。当然这种双向效应还有一些问题需进一步研究,如水稻体内与昆虫体内保护酶系变化及与昆虫致害性的对应关系,农药使用后对水稻体内特定氨基酸变化的测定,昆虫体内保护酶系变化的生态意义(如种群增长、抗药性等)。

参考文献:

- 1 Dyck V A, Thomas B. The brown planthopper problem[A]. In: Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia [C]. Manila: International Rice Research Institute, 1979. 3~17
- 2 高希武. 寄主植物对棉蚜羧酸酯酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 1992, 35(3): 267~272
- 3 陈长琨. 昆虫生理生化实验[M]. 北京: 农业出版社, 1993. 24~26
- 4 李周直, 沈惠娟, 蒋巧根, 等. 几种昆虫体内保护酶系统活力的研究[J]. 昆虫学报, 1994, 37(4): 39~403
- 5 Somogyi M. Notes on sugar determination [J]. *J Biol Chem*, 1952, 195: 19
- 6 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 138
- 7 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992. 154~155
- 8 高希武, 梁同庭. 阿特拉津和敌敌畏对棉铃虫和家蝇羧酸酯酶以及GSH-S-转移酶的诱导作用[J]. 昆虫学报, 1993, 36(2): 167~171
- 9 刘支前, 杨艳华, 申继忠. 需光型除草剂对植物SOD活力的影响[J]. 北京农业大学学报, 1994, 20(2): 157~159
- 10 吕仲贤, 俞晓平, 郑许松, 等. 褐飞虱致害性变异过程及其体内酶的变化[J]. 昆虫学报, 1997, 40(增刊): 122~127
- 11 高希武, 董向丽, 郑炳宗, 等. 棉铃虫的谷胱甘肽-S-转移酶(GSH-S-转移酶): 杀虫药剂和植物次生物质的诱导与GSH-S对杀虫药剂的代谢[J]. 昆虫学报, 1997, 40(2): 122~127
- 12 董向丽, 高希武, 郑炳宗. 植物次生物质对棉铃虫谷胱甘肽-S-转移酶和乙酰胆碱酯酶的影响[J]. 植物保护学报, 1998, 25(1): 72~77
- 13 Sogawa K. Effects of feeding of brown planthopper on the components in the leaf blade of rice plant [J]. *Jap J Appl Entomol Zool*, 1971, 15: 175~179
- 14 张增全, 顾金炎. 褐飞虱与氮素营养关系[J]. 上海农业学报, 1992, 8(3): 51~56
- 15 Sogawa K. Studies on the feeding habit of the brown planthopper: honeydew excretion [J]. *Jap J Appl Entomol Zool*, 1970, 14: 134~139
- 16 罗泽民, 唐明远, 彭忠魁. 杂交水稻抗稻褐飞虱的机制[J]. 湖南农业科学, 1992, 1(1): 9~12