应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1387—1393

褐飞虱侵害对水稻叶片、根 SOD 活性及丙二醛含量的影响*

刘井兰** 杨 霞 吴进才***

(扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009)

摘 要 以分蘖期水稻协优 963、TN1 为供试材料,研究褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 侵害后水稻叶片、根超氧化物歧化酶(SOD) 活性、丙二醛(MDA) 含量变化情况。结果表明:协优 963、TN1 叶片 SOD 活性变化不明显;15 和 30 头/株侵害协优 963 后 3、6、9 d 根 SOD 活性分别显著下降了 88.4% 和 77.2%、86.8% 和 70.5%、51.3% 和 19.7%;15 和 30 头/株侵害 TN1 后 3 d 根 SOD 活性显著下降了 71.4% 和 89.4%,30 头/株侵害 TN1 后 6、9 d 根 SOD 活性显著下降了 50.3% 和 70.1%。协优 963、TN1 叶片 MDA 含量变化不明显;30 头/株侵害协优 963 后 3 d 根 MDA 含量显著上升了 119.4%,9 d 15 头/株侵害后根 MDA 含量显著上升了 369.7%;15、30 头/株侵害 TN1 后 3、6、9 d 根 MDA 含量分别显著下降了 92.4% 和 87.9%、76.0% 和 54.0%、72.4% 和 98.2%。由此可见,褐飞虱侵害 2 水稻品种后根、叶片变化不同,叶片变化不明显,根 SOD 活性显著下降;2 水稻品种根 MDA 含量变化稍有不同,协优 963 根 MDA 含量显著上升,TN1 根 MDA 含量显著下降。

关键词 褐飞虱,水稻,SOD 活性,MDA 含量

Effects of *Nilaparvata lugens* (Stål) infestation on SOD activities and Malondialdehyde contents in leaves and roots of rice

LIU Jing-Lan** YANG Xia WU Jin-Cai***

(School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract Changes in SOD activity and Malondialdehyde (MDA) content in the leaves and roots of the rice varieties Xie you 963 and TN1 infested by *Nilaparvata lugens* (Stål) were investigated at the tillering stage. SOD activity in the leaves of Xie you 963 and TN1 did not significantly decrease at infestation levels of 15 and 30 nymphs / plant. However, SOD activities in the roots of Xie you 963 decreased significantly after 3, 6 and 9 d at infestation levels of 15 and 30 nymphs / plant SOD activity in the roots of TN1 infested by 15 and 30 nymphs / plant decreased significantly after 3 d. SOD activities in roots decreased significantly after 6 and 9 d when infested by 30 nymphs / plant. The MDA content of the leaves of Xie you 963 and TN1 showed no significant change at infestation level of 15 and 30 nymphs / plant. However, an infestation level of 30 nymphs / plant caused a 119.4% increase in the MDA content of the roots of Xie you 963 after 3 d, while an infestation level of 15 nymphs / plant caused an increase of 369.7% after 9d. The MDA content of the roots of TN1 plants infested by 15 and 30 nymphs / plant decreased after 3, 6 and 9 d. These results showed that changes in SOD activity and MDA content under different levels of *N. lugens* infestation varied with rice organ (roots or leaves). Roots were more sensitive than leaves; although SOD activity and MDA content of the leaves of both cultivars did not change significantly, SOD activity in the roots of both cultivars significantly decreased whereas MDA content in the roots of Xie you 963 significantly increased and that of TN1 significantly decreased.

Key words *Nilaparvata lugens*, rice, SOD activities, MDA contents

---

* 资助项目:国家 973 计划项目(2010CB126200)、国家自然科学基金(30470285)。

**E-mail: liujl@yzu.edu.cn

*** 通讯作者,E-mail: jc.wu@public.yz.js.cn

收稿日期:2011-08-07,接受日期:2011-08-27

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) 是长江流域水稻生产上重要的害虫之一，以刺吸稻株的韧皮部汁液为害水稻，严重影响了水稻的产量。目前，在害虫综合治理策略中，利用水稻品种自身的抗(耐)虫性是非常重要的控制策略。地上部及根作为水稻的 2 个不同器官，它们具有相互依赖、相互竞争的动态关系(Magnani *et al.*, 2000)，根系吸收水分、养分功能，叶具备光合功能，各自要向对方提供最低限度的物质(罗远培和李韵珠，1996; 冯广龙和罗远培，2000)。有研究表明，抗(耐)、感虫水稻品种在褐飞虱侵害后同化物(蔗糖与可溶性糖)根、叶片分配不同，干物质根、叶片分配不同(Liu *et al.*, 2008)，感虫水稻品种 TN1 根系吸收氮、磷、钾能力下降较其它水稻品种明显(刘井兰和吴进才，2010)，水稻根系氮、磷、钾元素含量下降较地上部明显，且感虫品种 TN1 体内氮、磷、钾元素含量下降较其它水稻品种明显(刘井兰等，2007)，以上这些生理生化变化与水稻抗(耐)虫性相关，同时也体现了根系功能在水稻抗(耐)虫性中的重要地位。

植物体内有复杂的抗氧化酶系统来应对外界环境(生物与非生物因素)的胁迫(Panda, 2007)，如超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)清除 $O_2^{\cdot -}$ 自由基形成 H_2O_2，过氧化氢酶(catalase, CAT)和过氧化物酶(peroxidase, POD)具有分解 H_2O_2 的能力，这 3 种酶协调作用，使生物体处于一种动态平衡状态，使细胞内的自由基维持在一个低水平，防止自由基的毒害，这是公认的生物体内的抗氧化酶系统(McCord and Fridovich, 1969)，其中 SOD 是研究较深入的一种抗氧化酶(Fridovich, 1995)。丙二醛(malondialdehyde, MDA)是细胞内膜脂过氧化的重要产物，使细胞的生物膜受到损伤，其含量的多少是脂质过氧化作用强弱的一个重要指标。非生物因素如干旱、重金属、营养缺乏、极限温度和紫外线等对植物 SOD 活性及 MDA 含量的影响方面前人做了大量的研究(Slesak *et al.*, 2008; Gill and Tuteja, 2010)，而生物胁迫后植物 SOD 活性及 MDA 变化方面研究报道不多，褐飞虱作为水稻生产上重要的一种害虫，研究其侵害不同抗(耐)、感虫水稻品种后根、叶片 SOD 活性及 MDA 含量变化，对阐明水稻根、叶片膜脂过氧化程度，为水稻虱烧发生及褐飞虱综合治理提供重要的理论与实践意义，为水稻育种工作提供思路，而且有可能把 SOD 活性及 MDA 含量水平作为水稻对褐飞虱抗(耐)虫性的一个生化指标。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 用协优 963(籼稻，中抗)，TN1(籼稻，感虫对照品种)作为供试材料。挑选饱满种子，清水浸种 12 h 后用次氯酸钠消毒 20 min 后，再用清水冲洗干净，放于 35℃ 阴处催芽，待露出胚根后播于筛子筛过的细土中，待 4 叶期(32 日龄)时用清水洗去根部泥土，将其插入预备好的泡沫板孔中，每孔 6 株，再将泡沫板放入充满 Espino 培养液(吉田昌一等，1975)的小桶(高 13.7 cm，直径为 10.4 cm)中水培。储备液制备：大量元素 914 g NH_4NO_3，403 g $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$，714 g K_2SO_4，3 240 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$，886 g $CaCl_2$，分别用 10 L 蒸馏水配制放在玻璃器皿中保存。微量元素 15.0 g $MnCl_2 \cdot 4H_2O$，0.74 g $(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$，9.34 g H_3BO_3，77.0 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$，0.35 g $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$，0.31 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$，119 g 柠檬酸，先各物质溶解后与 500 mL 浓 H_2SO_4 混在一起，加蒸馏水至 10 L 放在玻璃器皿中保存。培养液制备：4 L 培养液的每种大量元素及微量元素储备液的毫升数分别取 5 mL，每天用酸或碱调试使 pH 保持在 5.0 左右，5 d 更换一次营养液。2 周后(46 日龄)，将每穴的水稻苗分单株培养，2 周后(60 日龄)主茎长到 6 叶期，选生长一致的水稻(每株水稻 1 主茎 2 分蘖)作为试验材料。

1.1.2 供试虫源 试验中所用褐飞虱来自于中国水稻研究所(杭州)，接虫试验前，褐飞虱在养虫圃中繁殖 2 个世代。

1.2 实验设计

1.2.1 接虫安排 每株分别接上 2 个褐飞虱密度(3~4 龄若虫)：15 和 30 头/株。接虫后 24 h，检查一次每个处理褐飞虱数量，如有死亡，补足至所设计的密度。对照不接虫。

1.2.2　褐飞虱侵害后不同水稻品种 SOD 活性的测定　接虫后 3、6 和 9 d 分别取样一次。SOD 活性测定方法参考 Srivalli 等(2003)方法,取 0.5 g 根及叶片作为待测样。

1.2.3　褐飞虱侵害后不同水稻品种 MDA 含量的测定　接虫后 3、6 和 9 d 分别取样一次。MDA 含量测定方法参照 Buege 和 Aust (1978)方法,取 0.5 g 根及叶片作为待测样。

1.3　数据分析

数据均采用 DPS 软件分析系统(唐启义和冯明光,2002)。采用 3 因素统计分析方法分析水稻品种、褐飞虱侵害时间、褐飞虱密度对水稻 SOD 活性、MDA 含量的影响。

2　结果与分析

2.1　褐飞虱侵害 2 水稻品种后叶片、根 SOD 活性的变化

统计分析结果表明,水稻品种(A)、褐飞虱侵害时间(B)、褐飞虱密度(C)对水稻叶片 SOD 活性的影响均有显著差异($F=613.4$, $df=1,36$, $P=0.0001$; $F=202.7$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=15.3$, $df=2,36$, $P=0.0001$),品种 × 时间、品种 × 密度、时间 × 密度、品种 × 时间 × 密度均有显著交互作用($F=306.9$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=8.6$, $df=2,36$, $P=0.0009$; $F=5.5$, $df=4,36$, $P=0.0015$; $F=4.0$, $df=4,36$, $P=0.0093$)(表 1,图 1)。品种、时间、密度对水稻根 SOD 活性的影响均有显著差异($F=61.6$, $df=1,36$, $P<0.0001$; $F=12.6$, $df=2,36$, $P<0.0001$; $F=56.2$, $df=2,36$, $P=0.0093$),品种 × 密度、品种 × 时间 × 密度均有显著交互作用($F=11.7$, $df=2,36$, $P=0.0002$; $F=9.5$, $df=4,36$, $P=0.0002$),品种 × 时间、时间 × 密度无显著交互作用($F=3.1$, $df=2,36$, $P=0.0558$; $F=0.9$, $df=4,36$, $P=0.4717$)(表 1,图 1)。

表 1　褐飞虱侵害后水稻叶片及根 SOD 活性变化方差分析

Table 1　Analysis of variance for SOD activities in leaves and roots for rice under BPH infestation

变异来源 Variance source	叶片 Leaves		根 Roots	
	F 值 *F* value	*P* 值 *P* value	*F* 值 *F* value	*P* 值 *P* value
A	613.4	0.0001	61.6	$P<0.0001$
B	202.7	0.0001	12.6	$P<0.0001$
C	15.3	0.0001	56.2	0.0093
A × B	306.9	0.0001	3.1	0.0558
A × C	8.6	0.0009	11.7	0.0002
B × C	5.5	0.0015	0.9	0.4717
A × B × C	4.0	0.0093	9.5	$P<0.0001$

注: A: 水稻品种; B: 褐飞虱侵害时间; C: 褐飞虱密度。下表同。

A: rice varieties; B: days after BPH infestation; C: BPH density. The same below.

2.2　褐飞虱侵害 2 水稻品种后叶片、根 MDA 含量的变化

水稻品种(A)、褐飞虱侵害时间(B)对叶片 MDA 含量的影响均有显著差异($F=223.9$, $df=1,36$, $P=0.0001$; $F=13.8$, $df=2,36$, $P=0.0001$),品种 × 时间、时间 × 密度(C)均有显著交互作用($F=24.7$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=2.87$, $df=4,36$, $P=0.0397$),密度对叶片 MDA 含量的影响无显著差异($F=1.2$, $df=2,36$, $P=0.3230$),品种 × 密度、品种 × 时间 × 密度无显著交互作用($F=0.87$, $df=2,36$, $P=0.4562$; $F=1.4$, $df=4,36$, $P=0.2673$)(表 2,图 2)。品种、时间、密度对根 MDA 含量的影响均有显著差异($F=80.0$, $df=1,36$, $P=0.0001$; $F=47.2$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=8.8$, $df=2,36$, $P=0.0008$),品种 × 时间、品种 × 密度、品种 × 时间 × 密度均有显著交互作用($F=43.7$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=23.1$, $df=2,36$, $P=0.0001$; $F=3.6$, $df=4,36$, $P=0.0145$),时间 × 密度无显著交互作用($F=2.5$, $df=4,36$, $P=0.0594$)(表 2,图 2)。

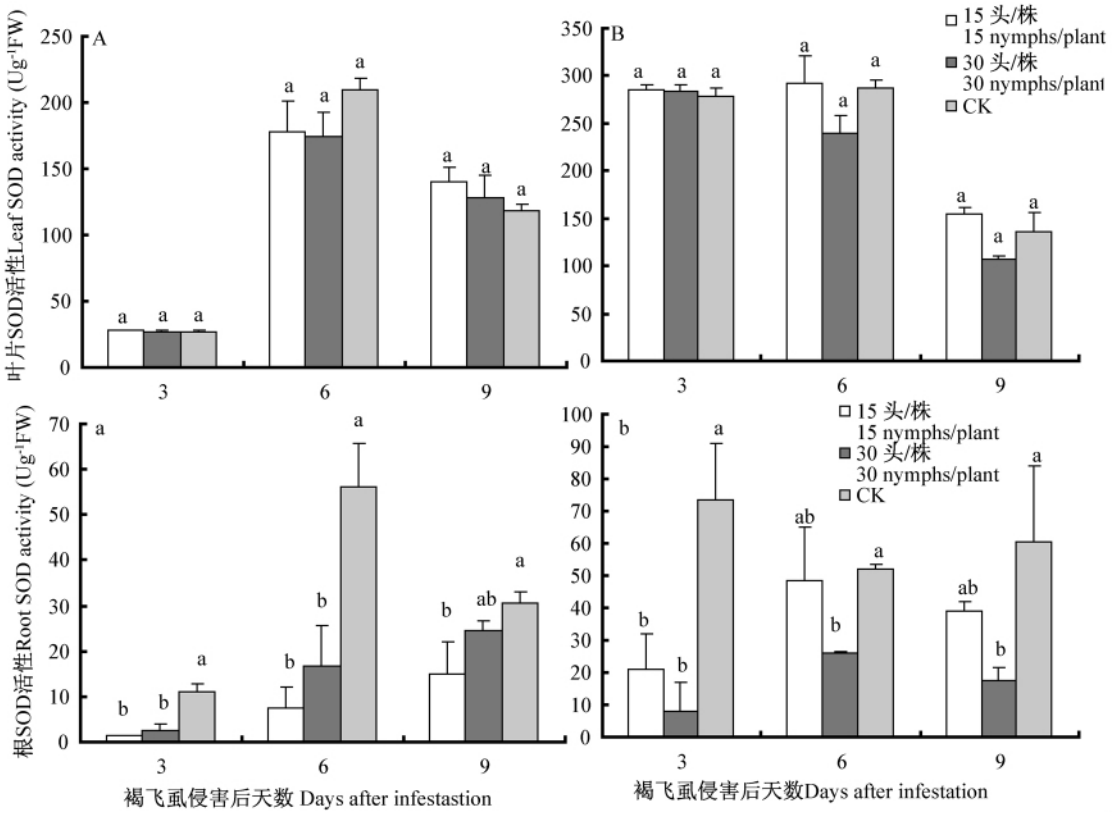

图 1 褐飞虱侵害对协优 963(A,a) 及 TN1(B,b) 叶片、根 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effects of BPH infestation on SOD activities in leaves and roots for Xie you 963(A, a) and TN1 (B, b)

注:数据为平均值 ± 标准差,不同小写字母表示同一品种、同一侵害时间内、同一器官(根或叶)内差异显著($P < 0.05$)。下图同。

The values are means ± SD. For the same time of BPH infestation, at the same organ of the same rice variety, significant difference was found among the data with the different lowercase letters at 0.05 level. The same below.

表 2 褐飞虱侵害后水稻叶片及根 MDA 含量变化方差分析

Table 2 Analysis of variance for MDA contents in leaves and roots for rice under BPH infestation

变异来源 Variance source	叶片 Leaves		根 Roots	
	F 值 *F* value	*P* 值 *P* value	*F* 值 *F* value	*P* 值 *P* value
A	223.9	0.0001	80.0	0.0001
B	13.8	0.0001	47.2	0.0001
C	1.2	0.3230	8.8	0.0008
A × B	24.7	0.0001	43.7	0.0001
A × C	0.87	0.4562	23.1	0.0001
B × C	2.87	0.0397	2.5	0.0594
A × B × C	1.4	0.2673	3.6	0.0145

2.3 褐飞虱侵害 2 水稻品种后叶片、根 SOD 活性变化趋势分析

多重比较后发现,TN1 叶片 SOD 活性显著高于协优 963,较协优 963 高 103.5%;褐飞虱侵害后 6 d 叶片 SOD 活性最高达 230.1 U g^{-1}FW,9 d 最低为 123.3 Ug^{-1} FW;30 头/株侵害后水稻叶片 SOD 活性最低为 152.1 Ug^{-1}FW。褐飞虱侵害后叶片 SOD 活性在同一品种、同一侵害时间内与对照(未接虫)比变化不明显。TN1 根 SOD 活性显著高于协优 963,较协优 963 高 110.0%;褐飞虱侵

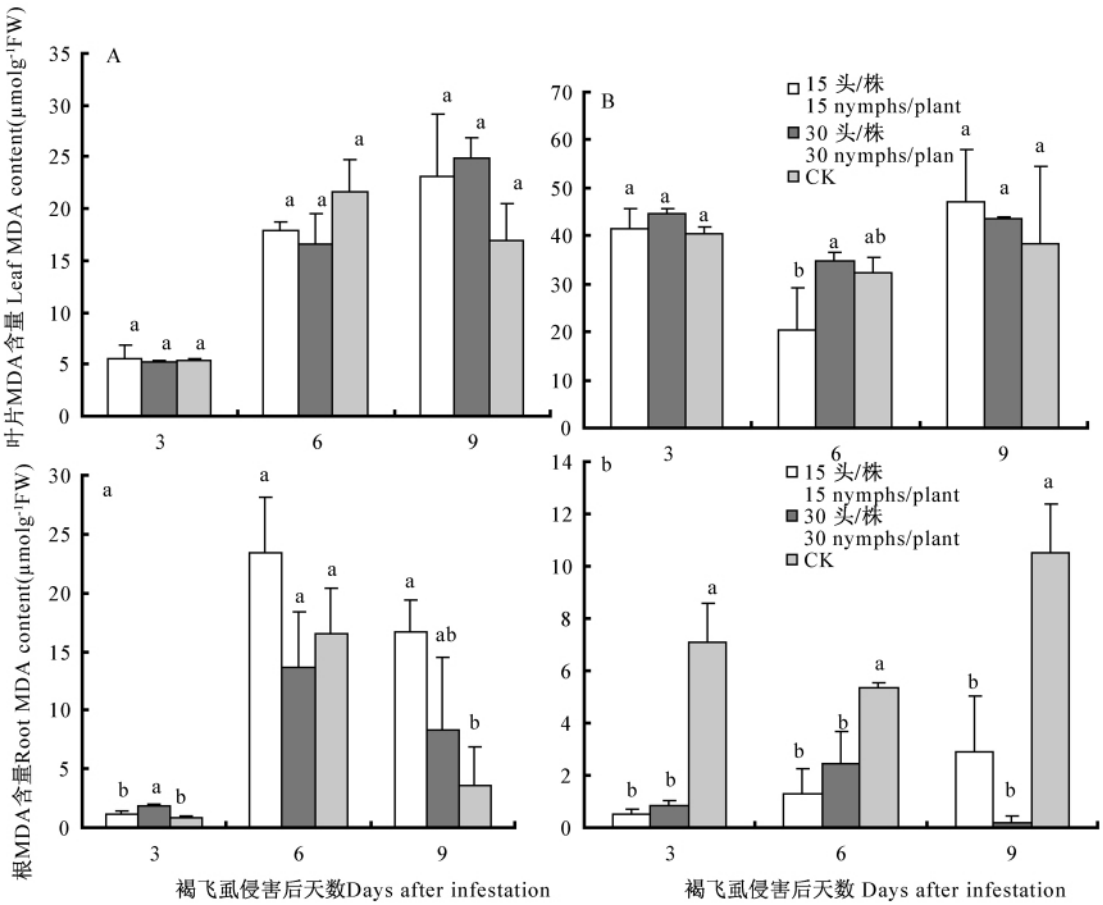

图 2　褐飞虱侵害对协优 963(A,a) 及 TN1(B,b) 叶片及根 MDA 含量的影响

Fig. 2　Effects of BPH infestation on MDA contents in leaves and roots for Xie you 963(A, a) and TN1 (B, b)

害后 3 d 根 SOD 活性最低为 19.5 $Ug^{-1}FW$,6 d 根 SOD 活性最高达 34.4 U $g^{-1}FW$; 30 头/株侵害后水稻根 SOD 活性最低为 15.8 $Ug^{-1}FW$。15 和 30 头/株侵害协优 963 后 3、6 和 9 d 根 SOD 活性分别显著下降了 88.4% 和 77.2%、86.8% 和 70.5%、51.3% 和 19.7%; 15 和 30 头/株侵害 TN1 后 3 d 根 SOD 活性显著下降了 71.4% 和 89.4%, 30 头/株侵害 TN1 后 6 和 9 d 根 SOD 活性显著下降了 50.3% 和 70.1%。褐飞虱侵害对 2 水稻品种根影响较叶片明显,同一水稻品种、相同侵害时间叶片与对照(未接虫)比无显著差异,而根几乎均显著下降。

2.4　褐飞虱侵害 2 水稻品种后叶片、根 MDA 含量变化趋势分析

TN1 叶片 MDA 含量显著高于协优 963,较协优 963 高 150.1%。褐飞虱侵害 2 水稻品种后叶片 MDA 含量在同一品种、同一侵害时间内与对照比(未接虫)变化不明显。协优 963 根 MDA 含量显著高于 TN1,较 TN1 高 184.0%; 6 d 根 MDA 含量最高达 10.5 $\mu molg^{-1}FW$; 30 头/株侵害后水稻根 MDA 含量最低为 4.6 $\mu molg^{-1}FW$。30 头/株侵害协优 963 后 3 d 根 MDA 含量显著上升了 119.4%,15 头/株侵害协优 963 后 9 d 根 MDA 含量显著上升了 369.7%。15 和 30 头/株侵害 TN1 后 3、6 和 9 d 根 MDA 含量分别显著下降了 92.4% 和 87.9%、76.0% 和 54.0%、72.4% 和 98.2%。褐飞虱侵害后,水稻根变化较叶片明显; 同一水稻品种、相同侵害时间叶片与对照(未接虫)比无显著差异,TN1 根均显著下降,协优 963 与 TN1 变化稍有不同,褐飞虱侵害后 3 和 6 d 时稍有上升。

3 结论与讨论

本实验表明:褐飞虱侵害后,协优 963、TN1 叶片 SOD 活性变化不明显,根 SOD 活性显著下降;2 水稻品种叶片 MDA 含量变化不明显,协优 963 根 MDA 含量稍有上升,TN1 根 MDA 含量显著下降。褐飞虱侵害对根的不利影响较叶片明显,这与刘井兰等(2006)和 Liu 等(2008)的研究结果一致,水稻体抵抗活性氧的能力下降,造成植株损伤,根 SOD 活性下降显著;本实验中褐飞虱侵害协优 963 后根 MDA 含量稍有上升,这可能是因为褐飞虱取食中抗水稻品种后短暂激活根系防御系统,但从 SOD 活性变化看,这种激活未产生作用。

SOD 作为一种主要的清除自由基的酶,研究生物侵害后植株体酶活性变化具有重要意义。目前研究植株 SOD 活性及 MDA 含量变化的文章较多,但大多为外界非生物因素对植物影响方面(Gill and Tuteja, 2010),如镉胁迫后大麦芽(Guo *et al.*, 2004)、盐胁迫后桑叶(Harinasut *et al.*, 2003)及番茄叶片(Gapinska *et al.*, 2008)、机械损伤松叶菊叶片(Slesaka *et al.*, 2008)后 SOD 活性均显著上升。而对生物侵害后 SOD 活性变化研究不多。黄伟等(2007)研究认为敏感品种 MDA 含量高,抗虫品种 SOD 活性高于感虫品种;陈建明等(2003)研究发现水稻植株遭受白背飞虱的取食为害后,抗、感虫水稻品种体内 SOD 活性均增加;魏书艳等(2010)研究表明,绿盲蝽取食后,大豆体内 SOD 活性下降。本实验与前人研究结果并不完全相同,这可能是水稻品种、褐飞虱密度及侵害时间不同所致。MDA 是植物膜脂过氧化的最终产物,是膜系统受害的重要标志之一,因而许多研究中常以 MDA 含量作为植物膜脂过氧化水平的指标(王爱国, 1986)。MDA 含量与 SOD 活性结合更好的说明了褐飞虱侵害后造成的膜脂过氧化损伤程度。在水培条件下,褐飞虱侵害对根的不利影响较明显,抗性水平不同的水稻品种 SOD 活性、MDA 含量在褐飞虱侵害后未见明显区别,与之前刘井兰等(2006, 2010a,2010b)研究的不同抗性水平水稻品种间内源激素(脱落酸、赤霉素、玉米素核苷)含量有差异不同,这可能是不同生化指标间的差异造成的,或者是因为褐飞虱侵害在短期内(1、2 d)对水稻膜脂过氧化影响与 3 d 后不同(本实验选择褐飞虱侵害后 3、6 和 9 d),这还有待于进一步研究证实。

参考文献(References)

Buege JA, Aust SD, 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52(1): 302—310.

陈建明,俞晓平,程家安,吕仲贤,徐红星,2003. 不同水稻品种受褐飞虱危害后体内生理指标的变化. 植物保护学报,30(3): 225—231.

冯广龙,罗远培,1999. 土壤水分与冬小麦根、地上部功能均衡关系的模拟研究. 生态学报, 19(1): 96—103.

Fridovich I, 1995. Superoxide radical and superoxide dismutases. *Annual Review of Biochemistry*, 64(1): 97—112.

Gapinska M, Sklodowska M, Gabara B, 2008. Effect of short-and long-term salinity on the activities of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in tomato roots. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(1): 11—18.

Gill SS, Tuteja N, 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12): 909—930.

Guo TR, Zhang GP, Zhou MX, Wu FB, Chen JX, 2004. Effects of aluminum and cadmium toxicity on growth and antioxidant enzyme activities of two barley genotypes with different Al resistance. *Plant and Soil*, 258(1): 241—248.

Harinasut P, Poonsopa D, Roengmongkol K, Charoensataporn R, 2003. Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. *Science Asia*, 29(1): 109—113.

黄伟,贾志宽,韩清芳,2007. 蚜虫(*Aphis medicaginis* Koch)危害胁迫对不同苜蓿品种体内丙二醛含量及防御酶活性的影响. 生态学报,27(5): 2176—2183.

吉田昌一,福尔诺 DA,科克 JH,戈梅斯 KA,1975. 稻株水培的常规方法//水稻生理学实验手册(2 版). 北京市农业科学院资料情报组译. 北京:科学出版社. 57—63.

刘井兰,仇正华,吴进才,王鹏,于建飞,王芳,2006. 褐飞虱胁迫下两种水稻不同生育期玉米素核苷含量动态. 昆虫学报,49(1): 86—92.

刘井兰,吴进才,2010. 褐飞虱侵害对不同抗性水平水稻根部吸收氮、磷、钾的影响. 昆虫学报,53(4): 411—419.

刘井兰,吴进才,杨霞,于建飞,2010a. 褐飞虱侵害对不同水稻品种根及叶片赤霉素含量的影响. 植物保护学报,37(4): 353—358.

刘井兰,吴进才,于建飞,杨国庆,2010b. 褐飞虱侵害后不同水稻品种根及叶片脱落酸含量的变化. 昆虫学报,53(5): 531—539.

刘井兰,于建飞,吴进才,吴东浩,王丽萍,2007. 褐飞虱侵害后不同水稻品种根及地上部氮、磷、钾含量的变化. 昆虫学报,50(10):1034—1041.

Liu JL, Yu JF, Wu JC, Yin JL, Gu HN, 2008. Physiological responses to *Nilaparvata lugens* in susceptible and resistant rice varieties: allocation of assimilates between shoots and roots. *Journal of Economical Entomology*, 101 (2): 384—390.

罗远培,李韵珠,1996. 根土系统与作物水氮资源利用效率. 北京: 中国农业科技出版社. 115—121.

Magnani F, Mencuccini M, Grace J, 2000. Age-related decline in stand productivity: the role of structural acclimation under hydraulic constraints. *Plant Cell and Environment*, 23(3):251—263.

McCord JM, Fridovich I, 1969. Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocuprein (hemocuprein). *The Journal of Biological Chemistry*, 244(22):6049—6055.

Panda SK, 2007. Chromium-mediated oxidative stress and ultrastructural changes in root cells of developing rice seedlings, *Journal of Plant Physiology*, 164 (11): 1419—1428.

Slesak I, Slesak H, Libik M, Miszalski Z, 2008. Antioxidant response system in the short-term post-wounding effect in *Mesembryanthemum crystallinum* leaves. *Journal of Plant Physiology*, 165(2):127—137.

Srivalli B, Sharma G, Khanna-Chopra R, 2003. Antioxidative defence system in an upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery. *Plant Physiology*, 119(4):503—512.

唐启义,冯明光,2002. DPS 实用统计分析. 北京: 科学出版社. 65—70.

王爱国,1986. 丙二醛作为植物膜脂过氧化指标的探讨. 植物生理学通讯,22(2):55—57.

魏书艳,肖留斌,谭永安,赵洪霞,柏立新,2010. 不同寄主受绿盲蝽危害后生理代谢指标的变化. 植物保护学报,37(4):359—364.

应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1394—1400

褐飞虱卵巢发育的形态变化过程及分级标准*

芦 芳[1] 齐国君[2] 秦冉冉[1] 胡 高[1] 王 政[3] 张孝羲[1] 程遐年[1] 翟保平[1]**

(1. 南京农业大学植物保护学院 农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室 南京 210095;
2. 广东省农业科学院植物保护研究所 广州 510640; 3. 华南农业大学资源与环境学院 广州 510642)

摘 要 卵巢解剖在褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的迁飞研究和预测预报中起着重要的作用,但由于卵巢解剖是一项精细化的技术,在实际的病虫测报工作中,解剖技巧和分级标准难以被基层植保工作者掌握。为了使卵巢解剖技术在病虫测报中发挥其应有的作用,本研究在前人工作的基础上,根据我国病虫测报工作中卵巢分级的实践性及基层站点的可操作性,通过对不同羽化时长的褐飞虱长翅型雌虫进行卵巢解剖,详细描述了褐飞虱卵巢发育的形态变化过程,进一步完善了褐飞虱的分级标准,解决了之前的分级难点,且操作简便易行,分级特征明确,可广泛适用于我国各基层植保部门的常规监测和预报工作。

关键词 褐飞虱,卵巢解剖,卵巢发育,分级标准

The processes of morphological change and grading criteria for ovarian development in the brown planthopper

LU Fang[1] QI Guo-Jun[2] QIN Ran-Ran[1] HU Gao[1] WANG Zheng[3]
ZHANG Xiao-Xi[1] CHENG Xia-Nian[1] ZHAI Bao-Ping[1]**

(1. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests, Nanjing Agricultural University, Ministry of Education Nanjing 210095, China;
2. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;
3. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Ovarian dissection plays an important role in the study of migration and outbreak prediction in the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål). However, the required dissecting techniques and grading criteria are difficult to master. In order to improve the techniques for ovarian dissection used for pest forecasting we here present a review of previous studies and identify aspects of morphological change and grading criteria with respect to ovarian development in the BPH that meet current best practice requirements for pest forecasting and are suitable for county-level research stations. Some key points regarding the grading criteria for BPH ovarian development that could be more widely used in regular monitoring and forecasting are proposed.

Key words *Nilaparvata lugens*, ovarian dissection, ovarian development, grading criteria

卵巢解剖是明确迁飞性昆虫虫源性质、研究害虫发生规律及预测预报的重要手段(陈若篪等,1989)。卵巢解剖时,通常根据卵巢小管内卵粒的成熟度、色泽及脂肪的消耗情况等内部结构特征将卵巢划分为不同的发育级别(郭郛,1979;张孝羲,1985)。作为研究昆虫生殖发育的一项重要实验技术,卵巢解剖已被广泛应用到多种农业害虫的发生规律研究、预测预报及防治工作中,取得了很好的效果(李汝铎等,1987)。

迁飞性昆虫的迁飞与卵巢发育之间有着密不可分的关系。一般而言,迁飞性昆虫的迁飞发生在卵巢发育幼期且尚未交配的时候,通过远距离迁飞,降落后卵巢发育并交配产卵(程遐年等,1979,2003;张孝羲,1980;姚青和张志涛,1999)。

* 资助项目:国家"973"项目(2010CB126200)、公益性行业(农业)科研专项(200803003)、现代农业产业技术体系建设专项资金(nycytx-01)。

**通讯作者,E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期:2011-12-23,接受日期:2011-05-31