

烯丙苯噻唑对水稻主要防御酶活性的影响 及其对稻瘟病的防治效果

徐沛东^{1,2} 常冬冬^{1,2} 兰波² 杨迎青² 李湘民²

1. 江西农业大学生物科学与工程学院, 南昌 330045;

2. 江西省农业科学院植物保护研究所, 南昌 330200

摘要 通过温室水稻苗期接种稻瘟病菌,测定烯丙苯噻唑(Probenazol)对水稻植株内防御酶活性的影响及其对稻瘟病的防治效果。结果表明:经过8%烯丙苯噻唑颗粒剂处理的水稻幼苗,PAL、POD和PPO三种防御酶的活性均大于对照,且随着药剂浓度的增大,酶活性越大;接菌后高浓度药剂处理的水稻防御酶活性的增长速率和高活性维持时间显著大于空白对照;300 g/m²药剂(秧盘撒施剂量)对稻瘟病的防治效果为69.98%,对照药剂75%三环唑WP(每667 m²施用26.7 g,秧盘喷雾剂量)对稻瘟病的防效为76.73%。田间药效试验结果表明:300 g/m²(秧盘撒施剂量)药剂对水稻叶瘟和穗瘟的防效分别为75.74%、66.26%,对照药剂75%三环唑WP(每667 m²施用26.7 g,水稻分蘖期和破口初期喷雾剂量)对水稻叶瘟和穗瘟的防效分别为82.05%、71.64%。

关键词 烯丙苯噻唑; 稻瘟病; 防御酶; 防效

中图分类号 S 435.111.4⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)04-0060-06

稻瘟病是水稻上由真菌 *Magnaporthe oryzae* 引起的一种毁灭性病害,每年均有不同程度的发生,流行年份一般能使水稻减产10%~20%,严重时达40%~50%,局部田块甚至颗粒无收^[1-2]。目前,防治稻瘟病的主要方法是选育抗性品种、药剂防治和田间管理,其中抗病品种多是在“基因对基因”学说基础上的垂直抗性品种,这些品种容易丧失抗病性。化学防治具有经济、高效、方便、迅速等优点,一直是稻瘟病综合治理体系中不可缺少的部分。近年来,一些病菌对杀菌剂产生了抗性,而药剂又对环境造成污染,同时也会对有益微生物产生威胁^[3]。化学诱导剂具有诱导抗性的广泛性,对病原菌没有直接作用,对非病原菌也不产生直接或间接的影响,有利于保护植物有益微生物,故植物化学诱导剂的研究与开发应运而生^[4]。烯丙苯噻唑(Probenazol)是由日本明治制果药业株式会社研制的一种新型作物抗性诱导剂。该药剂通过激发植物本身对病害的免疫(抗性)反应达到防治目的,并能通过植物根部吸收,迅速渗透传导至植物体各部分^[5]。目前,烯丙苯噻

唑对水稻主要防御酶活性的影响在国内尚未见系统报道。为探索一种新型、高效、安全的防治稻瘟病方法,笔者测定了烯丙苯噻唑对水稻植株内防御酶活性的影响及其对稻瘟病的防治效果,并进行了大田的药效试验,旨在为其产品的开发与应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

药剂:8%烯丙苯噻唑颗粒剂(颗粒剂简称为G)由日本明治制果药业有限公司惠赠;对照药剂:75%三环唑可湿性粉剂(可湿性粉剂简称为WP)购自陶氏益农公司;40%稻瘟灵乳油(乳油简称为EC)购自四川化学工业研究院。水稻品种:丽江新团黑谷,属于高感品种。稻瘟病菌株:强致病力单孢菌株08Z106-2(ZA1小种)和09Z11-2(ZB13小种),由江西省农业科学院植物保护研究所分离与保存。

1.2 接种体制备

单孢菌株在含PDA培养基平板上培养7~

收稿日期:2013-12-27

基金项目:国家公益性行业(农业)科技专项(201203014)、江西省自然科学基金项目(2010GZN0102)和江西省农业科学院青年创新基金项目(2011-012)

徐沛东,硕士研究生。研究方向:微生物学。E-mail: xupeidongdyx@126.com

通信作者:李湘民,博士,研究员。研究方向:植物病原真菌学。E-mail: xmli1025@aliyun.com

10 d, 转接到玉米粉稻秆节培养基^[6]上扩大培养7~9 d, 然后在黑光灯下光照培养3~4 d。用无菌水洗下孢子, 将接种孢子液浓度调至 1×10^5 个/mL备用。菌株培养及产孢均在26~28℃下进行。

1.3 秧苗培育与接种

水稻种子经浸种、催芽后播种于育秧盘(54孔)内, 每孔播10粒种子^[7]。试验设7个处理(A1~A7), 即育秧盘施用8%烯丙苯噻唑G 75 g/m²(A1)、150 g/m²(A2)、200 g/m²(A3)、250 g/m²(A4)、300 g/m²(A5)和叶面喷施对照药剂75%三环唑WP(A6)(每667 m²施用26.7 g)及其空白对照组(A7), 每个处理3个重复, 共播种21盘。早育秧, 待秧苗长至3叶1心时, 在育秧盘内撒施8%烯丙苯噻唑G。水稻生长期进行日常管理, 接种前共施氮肥3次, 每次2.0 g^[8]。接种前1 d对处理A6进行叶面喷雾对照药剂75%三环唑WP。

待秧苗(室内培养)长至5叶龄时接种稻瘟病菌株。采用预配的08Z106-2(ZA1小种)和09Z11-2(ZB13小种)混合孢子悬浮液(孢子浓度为 1×10^5 个/mL), 进行高压喷雾接种^[7,9]。接种前在孢子悬浮液中加入0.1%吐温20。接种后将秧苗放进培养箱内(保湿), 在25℃下暗培养24 h后置于25~28℃的温室内进行保温保湿, 光照和黑暗交替培养, 每天喷雾浇水4~5次。

1.4 防御酶活性的测定

分别在水稻幼苗接种前和接种后2、4、6、8 d, 剪取幼苗叶片进行防御酶活性测定。

1) 苯丙氨酸解氨酶(PAL)。参照吴样孙等^[10]的方法进行测定, 称取水稻叶片1.0 g, 剪碎并加入2 mL 0.2 mol/L pH 8.8 硼酸缓冲液(提取缓冲液)、0.1 g(聚乙烯吡咯烷酮)和0.1 g石英砂, 冰浴研磨成匀浆, 再分3次加入3 mL 缓冲液冲洗研钵及钵棒合并入离心管, 4℃、10 000 r/min离心20 min, 上清液为酶粗提液。量取粗酶液体积, 立即用于测定酶活或-20℃下保存备用。

操作方法: 0.05 mol/L 硼酸缓冲液(pH 8.8) 1.0 mL、0.02 mol/L 苯丙氨酸缓冲液 1.0 mL、蒸馏水 1.0 mL 混合后加入0.2 mL 粗酶液, 空白用灭活的粗酶液。于30℃水浴锅中水浴30 min(每样品重复3次), 取出后立即加入6 mol/L的HCl溶液1.0 mL终止反应。以空白对照标定为0, 测定290 nm处的吸光值^[11]。以每克鲜样品在1 h内290 nm处吸光值变化0.1为1个PAL酶活单位(U₁)。

2) 过氧化物酶(POD)。参照Chance等^[12]和隋丽^[13]的方法进行测定。称取1.0 g水稻叶片, 剪碎后分次加入预冷的酶提取液10 mL(含1%PVP的0.05 mol/L、pH 6.0的PBS)和0.1 g石英砂冰浴匀浆; 10 000 r/min、4℃离心20 min, 上清为酶粗提液。量取粗酶液体积, -20℃下保存备用。

操作方法: 0.05 mol/L的磷酸缓冲液2.9 mL、2% H₂O₂ 1.0 mL、0.05 mol/L愈创木酚1.0 mL, 再加入0.1 mL粗酶液。空白用灭活酶液代替。混合均匀, 于37℃水浴锅中水浴15 min, 转入冰浴后迅速加入2.0 mL 20%三氯乙酸终止反应。以空白对照标定为0, 测定样品在470 nm的吸光值。以每克鲜样品在1 min内470 nm处吸光值变化0.01为1个POD酶活单位(U₂)。

3) 多酚氧化酶(PPO)。粗酶液提取同POD的提取方法。操作方法: 0.05 mol/L的磷酸缓冲液(pH 5.5) 3.8 mL、0.1 mol/L的邻苯二酚1 mL, 加入0.2 mL酶液, 空白对照以缓冲液代替粗酶液。在37℃水浴中反应30 min, 取出后立即加入2.0 mL 20%的三氯乙酸终止反应。以空白对照标定为0, 测定样品在525 nm的吸光值。以每克鲜样品在1 min内525 nm处吸光值变化0.01为1个酶活性单位(U₃)^[14-15]。

1.5 室内试验病情调查

接种后7 d调查病情, 测量叶片病斑长度, 每个处理测量最大病斑15株后取平均值, 根据病斑长度计算药剂对水稻稻瘟病的防效^[16-17]。

$$\text{防治效果} = \frac{\text{对照病斑长度} - \text{处理病斑长度}}{\text{对照病斑长度}} \times 100\%$$

1.6 大田药效试验

供试水稻品种为两优6326(一季稻)。试验地点设在江西省修水县山口镇火田村, 是稻瘟病的常发区和重发区。试验田块水源充足, 地势平坦, 为沙壤土, pH 6.0, 土壤肥力中等以上, 排灌方便。

1) 作物栽培与施药。5月25日浸种催芽, 27日播种于育秧盘中(28 cm×58 cm), 每667 m²用秧盘20盘, 水育秧。田间试验设7个处理(B1~B7), 即移栽前育秧盘施用8%烯丙苯噻唑G 150 g/m²(B1)、200 g/m²(B2)、250 g/m²(B3)、300 g/m²(B4)和移栽后叶面喷施对照药剂75%三环唑WP(B5, 每667 m²施用26.7 g)、40%稻瘟灵EC(B6, 每667 m²施用120 g)及其空白对照组(B7)。6月14日分别按照各处理在育秧盘中人工撒施8%烯丙苯

噻唑颗粒剂。6 月 18 日移栽,采用插秧机(东洋 480 型)进行机插。每个处理 4 次重复,各小区随机分布,机插小区面积为 66 m^2 ($6 \text{ m} \times 11 \text{ m}$),机插密度为 $17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ 。对照药剂 75%三环唑 WP 和 40%稻瘟灵 EC 分别在水稻分蘖期(7 月 10 日)和水稻破口初期(8 月 27 日)进行叶面喷雾,分别防治水稻叶瘟病和穗瘟病。田间灌溉、施肥等均按正常水平管理。

2) 叶瘟病的调查。田间调查在对照药剂叶面施药后 14 d 进行,每小区五点取样,每点取 50 株,每株调查旗叶及其以下 2 片叶。病情分级标准:0 级,无病;1 级,叶片病斑少于 5 个,长度小于 1.0 cm;3 级,叶片病斑 6~10 个,部分病斑长度大于 1.0 cm;5 级,叶片病斑 11~25 个,部分病斑连成片,占叶面积 10%~25%;7 级,叶片病斑 26 个以上,病斑连成片,占叶面积 26%~50%;9 级,病斑连成片,占叶面积 50%以上或全叶枯死。

3) 穗颈瘟病的调查。田间调查在最后 1 次施药后 3~4 周进行,每小区平行跳跃式调查 50 丛,调查总穗数和病穗数,统计病情指数并计算防效。调查分级标准:0 级,无病;1 级,每穗损失 5%以下(个别枝梗发病);3 级,每穗损失 6%~20%(1/3 枝梗发病);5 级,每穗损失 21%~50%(穗颈或主轴发病,谷粒半瘪);7 级,每穗损失 51%~70%(穗颈发病,大部分瘪谷);9 级,每穗损失 71%~100%(穗颈发病,造成白穗)。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum[\text{各级病穗(叶)数} \times \text{相对级值}]}{\text{调查总穗(叶)数} \times \text{最高级值}} \times 100$$

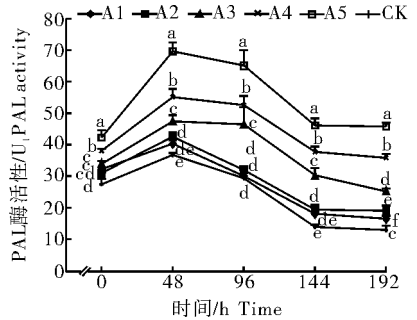
$$\text{防治效果} = \frac{\text{空白对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{空白对照病情指数}} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 烯丙苯噻唑对水稻 PAL 活性的影响

由图 1 可知,8%烯丙苯噻唑 G 药剂处理水稻幼苗后,处理 A1~A5 在接种前 PAL 的活性均高于空白对照,且随着药剂浓度的增加初始酶活性逐渐增大。处理 A5(300 g/m^2)的初始酶活性显著性高于其他处理,且水稻初始酶活性最大。接种后各处理水稻的 PAL 的活性随着时间快速升高,在接种 48 h 后各处理的酶活性均达到最大值,且酶活性的增长速率与药剂浓度呈正相关。接种 48 h 后,处理 A1、A2 和空白对照处理的水稻 PAL 活性迅速下降;而处理 A3、A4 和 A5 的 PAL 活性在接种 96 h 前缓慢下降,96 h 后迅速下降。处理 A1~A4 酶活

性最终低于初始值,处理 A5 酶活性最终高于初始值。在同一时间段所有药剂处理的 PAL 活性均高于空白对照,处理 A1 和 A2 诱导防御酶的效果相对于对照组增加不明显,处理 A3~A5 的水稻幼苗在接种后 PAL 的活性显著性高于其他处理。处理 A5 的酶活性在不同时间均为最大值,即 300 g/m^2 药剂对诱导 PAL 活性的效果最显著。结合稻瘟病的发病情况分析可知,水稻的抗瘟性与早期 PAL 活性的增长幅度和增长速率成正相关。



图中数据为 3 次重复的平均值(防效/%) \pm 标准误。同列数据(不同处理间)采用 Duncan 氏新复极差法(DMRT)进行差异显著性分析,不同字母表示在 5% 水平上差异显著(下同)。Data in the figure were the average of 3 times (control effect/%) \pm S. E. Data in the same column were analyzed for significant difference by using DMRT, the data with the different letters are significantly difference at 5% level (the same as following figures).

图 1 8%烯丙苯噻唑 G 处理后水稻 PAL 活性变化
Fig. 1 The result of PAL activity to rice after treatment with 8% Probenazol G

2.2 烯丙苯噻唑对水稻 POD 活性的影响

由图 2 可知,8%烯丙苯噻唑 G 药剂处理水稻幼苗后,处理 A3~A5 的 POD 初始酶活性均显著性高于空白对照,处理 A1 和 A2 与空白对照无显著差异,而处理 A4 和 A5 的初始酶活性均显著高于其他处理。接种后 96 h 内,所有处理水稻的 POD 活性均随时间逐渐增加,在 96 h 处达到最大值,之后酶活性迅速下降。接种 144 h 后,各处理的水稻酶活性均有小幅上升,最终所有处理水稻的酶活性均高于初始值。在同一时间段,随着 8%烯丙苯噻唑 G 药剂浓度的提高,水稻 POD 活性增加的幅度也逐渐增大,低剂量处理 A1 和 A2 的水稻 POD 活性与对照比增加不显著,处理 A3~A5 的水稻 POD 活性均比对照有显著增加,处理 A4 和 A5 的水稻 POD 酶活性显著高于其他处理。处理 A4 和 A5 之间无显著性差异,即 $250 \sim 300 \text{ g/m}^2$ 药剂处理对诱

导 POD 活性的效果最显著。这表明经烯丙苯噻唑诱导后,水稻 POD 活性变化的总体趋势是增加的。结合稻瘟病的发病情况分析可知,水稻的抗瘟性与 POD 活性大小成正相关。

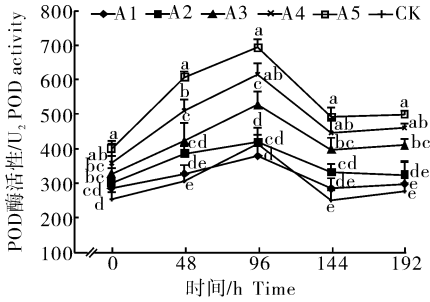


图 2 8% 烯丙苯噻唑 G 处理后水稻 POD 活性变化

Fig. 2 The result of POD activity to rice after treatment with 8% Probenazol G

2.3 烯丙苯噻唑对水稻 PPO 活性的影响

由图 3 可知,8% 烯丙苯噻唑 G 药剂处理水稻幼苗后,处理 A3~A5 在接种前 PPO 的活性明显高于空白对照,处理 A1 和 A2 与空白对照无显著差异。接种后 96 h 内,8% 烯丙苯噻唑 G 处理后幼苗 PPO 的活性均逐渐升高,96 h 处达到最大值,之后药剂处理的水稻 PPO 酶活性缓缓下降,最终高于初始值;空白对照的酶活性在接种 48 h 处达到最大值,之后快速下降,最终低于初始值。与处理 A5 相比,处理 A4 的 PPO 初始酶活性没有显著提高,直到接种 96 h 后才有显著增加。处理 A1 和 A2 与对照相比效果也不显著,且两者之间无显著差异。推测 8% 烯丙苯噻唑 G 处理水稻能延长 PPO 酶活性峰值出现时间。处理 A5 水稻酶活性在不同时间段均为最大值,即育秧盘撒施 300 g/m² 的 8% 烯丙苯噻唑 G 对诱导提高 PPO 活性的效果最显著。结合稻瘟病的发病情况分析可知,水稻的抗瘟性与 PPO 活性增长幅度和高活性维持时间成正相关。

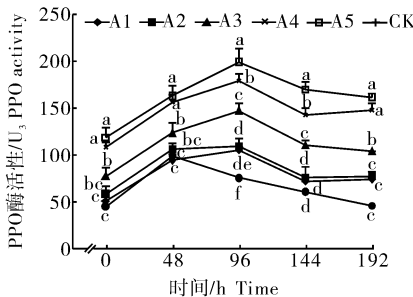


图 3 8% 烯丙苯噻唑 G 处理后水稻 PPO 活性变化

Fig. 3 The result of PPO activity to rice after treatment with 8% Probenazol G

2.4 烯丙苯噻唑对室内稻瘟病的防治效果

从表 1 可知,8% 烯丙苯噻唑 G 对水稻幼苗稻瘟病的防效为 23.43%~69.98%,对照药剂 75% 三环唑的防效为 76.73%。75 g/m² 和 150 g/m² 的防效较低,200 g/m²、250 g/m² 和 300 g/m² 的防效相比处理 A1、A2 有显著提高,但比对照药剂 75% 三环唑的防效略差。8% 烯丙苯噻唑 G 颗粒剂对诱导水稻抗稻瘟病效果随着其浓度的增加而增加,300 g/m² 的 8% 烯丙苯噻唑 G 的防效达到最大值 69.98%。250 g/m² 和 300 g/m² 的防效无显著性差异,即 250~300 g/m² 是 8% 烯丙苯噻唑 G 诱导水稻抗性的最佳使用剂量。

表 1 水稻叶片稻瘟病的病斑长度和防效¹⁾

Table 1 Rice blast leaf blade length of disease spot and the control effect

处理号 No. treatment	叶片病斑长度/cm Leaf blade length of disease spot	防效/% Control effect
A1	4.77±0.11	23.43 a
A2	3.96±0.12	36.44 b
A3	2.71±0.09	56.50 c
A4	2.01±0.09	67.74 d
A5	1.87±0.06	69.98 d
A6	1.45±0.07	76.73 e
A7(CK)	6.23±0.09	

1)表中数据为 15 次重复的平均值(防效%)。同列数据采用 Duncan 氏新复极差法(DMRT)进行差异显著性分析,数据后不同字母表示在 5% 水平上差异显著(表 2 同)。Data in the figure were the average of 15 times (control effect%). Data in the same column were analyzed for significant difference by using DMRT, the data with the different letters are significantly difference at 5% level (the same as Table 2).

2.5 烯丙苯噻唑对田间稻瘟病的防治效果

从表 2 可知,8% 烯丙苯噻唑 G 对水稻叶瘟的防效为 62.32%~75.74%,对穗颈瘟的防效为 48.59%~66.26%。对照药剂 75% 三环唑 WP 对水稻叶瘟和穗颈瘟的防效分别为 82.05%、71.64%,40% 稻瘟灵 EC 对水稻叶瘟和穗颈瘟的防效分别为 81.25%、67.64%。随着供试药剂剂量的增加,对叶瘟和穗颈瘟的防治效果均有显著性的提高,当剂量为 300 g/m² 时,对叶瘟和穗颈瘟的防效分别达到最大值 75.74%、66.26%,而 250 g/m² 和 300 g/m² 的药剂之间的防效无显著性差异。因此,烯丙苯噻唑作为新型的植物抗性诱导剂,250~300 g/m² 的 8% 烯丙苯噻唑 G 对诱导水稻抗瘟性的效果最佳。

表 2 8% 烯丙苯噻唑 G 对稻瘟病的防效¹⁾

Table 2 Control effect of 8% Probenazol G on rice blast

处理号 No. treatment	叶瘟 Leaf blasts		穗颈瘟 Panicle blasts	
	病指 Disease index	防效/% Control effect	病指 Disease index	防效/% Control effect
B1	2.05	62.32 d	7.23	48.59 e
B2	1.69	68.93 c	6.26	55.45 d
B3	1.45	73.35 b	5.31	62.25 c
B4	1.32	75.74 b	5.17	66.26 bc
B5	0.98	82.05 a	3.99	71.64 a
B6	1.02	81.25 a	4.55	67.64 ab
B7(CK)	5.44		14.06	

1)表中数据为 3 次重复的平均值(防效/%)。Data in the figure were the average of 3 times (control effect/%) .

3 讨论

苯丙氨酸解氨酶(PAL)是苯丙烷代谢途径的关键酶和限速酶。苯丙烷代谢途径能够产生植保素类物质(类黄酮)、木质素和水杨酸,植物体内 PAL 活性增加说明可能使植保素、木质素和水杨酸含量增加,从而能提高植株抗病性。过氧化物酶(POD)是植物体内重要的氧化酶,是防御酶系的重要组成部分,可以催化脂肪酸、芳香胺和酚类物质氧化成醌类物质,而醌类物质对病原菌具有很高的毒性,POD 同时也参与木质素的合成。多酚氧化酶(PPO)是植物体内普遍存在的一类末端氧化酶,通过催化木质素及醌类化合物形成,构成保护性屏蔽而使细胞免受病菌的侵害,也可以通过形成醌类物质直接发挥抗病作用,因此,PAL、POD 和 PPO 三种防御酶的活性是水稻抗稻瘟病的重要指标^[16-17]。

本试验结果表明,虽然 PAL、POD 和 PPO 都是植物体内的主要防御酶,但受烯丙苯噻唑诱导的影响,可能在活性增长速率和表达时间上存在差异。接菌后 PAL 在 48 h 到达峰值,POD 和 PPO 则在 96 h 达到峰值。推测在烯丙苯噻唑的抗性诱导过程中,PAL 在抗性表达的早期是关键防御酶,而 POD 和 PPO 则在整个抗性反应过程,特别是中后期参与防御反应,这与隋丽等^[11]的研究结果基本一致。结合药剂的防效和主要防御酶活性变化的趋势分析,低剂量的 8% 烯丙苯噻唑颗粒剂对诱导水稻稻瘟病抗性效果不显著,在育秧盘使用 250~300 g/m² 为 8% 烯丙苯噻唑 G 防治水稻苗瘟、叶瘟和穗颈瘟的最佳使用剂量,这与孙柏欣等^[5]的试验结果基本相符。

提高 PAL、POD 和 PPO 三种防御酶的活性能

够促进受病原菌侵染组织的木质化作用,阻止病原菌的进一步穿透和侵染,这种木质化反应是植物抵抗病原菌入侵最有效的手段,从而使植物表现抗病性。从生理生化方面分析,8% 烯丙苯噻唑 G 能够显著提高 PAL、POD 和 PPO 三种防御酶的活性,可大大增强水稻对稻瘟病菌的抗性,证明它是一种安全有效的化学诱导剂。

参 考 文 献

- [1] 孙国昌,杜新法,陶荣祥,等. 水稻稻瘟病防治策略和 21 世纪研究展望[J]. 植物病理学报,1998,28(4):289-292.
- [2] 袁筱萍,魏兴华,余汉勇,等. 部分中国栽培稻资源对稻瘟病的抗性分析[J]. 植物保护,2005,27(3):27-31.
- [3] 张传清,周明国,朱国念. 稻瘟病化学防治药剂的历史沿革与研究现状[J]. 农药学报,2009,11(1):72-80.
- [4] 李莉,刘振蛟,郭晓莉,等. β -氨基丁酸诱导水稻抗稻瘟病与植株防御酶活性的变化[J]. 江苏农业科学,2011,39(2):185-186.
- [5] 孙柏欣,王疏,刘晓舟,等. 新型杀菌剂 8% 烯丙苯噻唑颗粒剂防治水稻稻瘟病田间试验[J]. 辽宁农业科学,2013(3):71-72.
- [6] 刘永锋,陈志谊,胡明,等. 江苏省稻瘟病菌群体分布及优势小种的毒力研究[J]. 中国水稻科学,2004,18(4):351-356.
- [7] 赵志祥,刘二明,黄红梅,等. 防御酶在水稻抗瘟性中的作用[J]. 湖南农业大学学报,2007,33(6):744-746.
- [8] 刘晓梅,郭晓莉,刘明一,等. 吉林省稻瘟病菌的致病性分析[J]. 吉林农业科学,2011,36(5):47-49.
- [9] 梁曼玲. 水稻抗稻瘟病遗传与育种研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(7):341-345.
- [10] 吴样孙,陈一壮,蒙信满,等. 水稻纹枯病抗性反应中主要防御酶的活性变化[J]. 中国农学通报,2008,24(5):327-330.
- [11] 隋丽,徐文静,杜茜,等. 放线菌 769 发酵液对水稻体内主要防御酶活性的影响[J]. 吉林农业大学学报,2009,31(4):382-384,389.
- [12] CHANCE B, MEAHLY A C. Assays of catalase and peroxidase [M] // COLOWICK S P, KAPLAN N O. Methods of enzymology. Vol II. New York: Academic Press, 1995: 764-775.
- [13] 隋丽. 放线菌 769 对水稻抗稻瘟病的诱导抗性研究[D]. 长春: 吉林农业大学图书馆, 2008: 21-22.
- [14] ZHANG S, ZHAO Q H. The influence of Jinggangmycin A on the activities of resistance related enzymes in rice [J]. Journal of Plant Protection, 2003, 30(2): 177-179.
- [15] 李小娟, 刘二明, 谭小平, 等. 3 种防御酶在水稻抗稻曲病中的活性变化[J]. 植物保护, 2010, 36(1): 91-94.
- [16] 赵志祥, 刘二明, 黄红梅, 等. 防御酶在水稻抗瘟性中的作用[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(6): 744-746.
- [17] 乐美旺, 陈实, 潘庆华, 等. 水稻和稻瘟病菌互作中的信号传导及防御反应基因诱导表达的研究[J]. 植物病理学报, 2007, 37(1): 42-49.

Influence of Probenazol on main defense enzymes in rice plants and its control efficacy against rice blast

XU Pei-dong^{1,2} CHANG Dong-dong^{1,2} LAN Bo² YANG Ying-qing² LI Xiang-min²

1. *College of Biological Science and Engineering, Jiangxi Agricultural University,
Nanchang 330045, China;*

2. *Institute Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences,
Nanchang 330200, China*

Abstract This study determined the effects of Probenazol on the activities of the defensive enzymes in rice plants and control effect against rice blast. The enzyme activity of PAL, POD and PPO in rice was higher than that in the control, and the enzyme activity is greatly increased with the increase of drug concentration after the 8% Probenazol G dressing; the growth rate of the defense enzyme activities and the high activity duration for the treatment with high concentration Probenazol were significantly higher than those of the control after the inoculation of blast fungus. The control effect of 8% Probenazol with the concentration of 300 g/m² (the seedling disc dose) against rice leaf blast was 69.98%, that of fungicides 75% Tricyclazole (26.7 g per 667 m²) on the rice blast was 76.73%. Furthermore, the control effect of 8% Probenazol G with different doses against rice blast field trials was conducted, the results show that the control effect of 300 g/m² (the seedling disc dose) against rice leaf blast and panicle blast were 75.74% and 66.26% comparatively, those of fungicides 75% Tricyclazole (26.7 g per 667 m²) against rice leaf blast and panicle blast were 82.05% and 71.64% respectively.

Key words Probenazol; rice blast; defense enzymes; control effects

(责任编辑:陈红叶)