

水稻、小麦和油菜种子萌发 POD 与 CAT 对酸雨胁迫的响应

王丽红¹, 黄晓华², 周青^{1*}

(1. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 无锡 214036; 2. 南京师范大学化学与环境科学学院, 南京 210097)

摘要:研究了 pH 2.5 ~ 5.0 模拟酸雨对水稻 (*O. sativa*)、小麦 (*T. aestivum*) 和油菜 (*B. chinensis* var. *oleifera*) 种子萌发过程中 POD、CAT 活性影响。静态与动态实验结果表明, 酸雨胁迫下, 3 类种子萌发时 CAT 与 POD 活性的变化幅度是水稻 (28.8%, 31.7%) < 小麦 (34.7%, 48.3%) < 油菜 (79.3%, 50.0%); CAT 与 POD 与 CK 达到差异显著水平 ($p < 0.05$) 的胁迫强度是水稻 (pH 3.5) > 小麦 (pH 4.0) > 油菜 (pH 5.0), 说明保护酶抗酸雨能力是水稻 > 小麦 > 油菜。相同胁迫强度下, 水稻、小麦和油菜种子 CAT 变幅 < POD, 说明前者对酸雨胁迫敏感性大于后者。保护酶应激清除自由基反应能力的差异是决定 3 类种子萌发指标趋异的又一深层原因。

关键词: 酸雨胁迫; 水稻; 小麦; 油菜; 萌发; POD; CAT

中图分类号: X173 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2005)06-0123-03

Response of POD and CAT During Seeds of Rice, Wheat and Rape Germination on Acid Rain Stress

WANG Li hong¹, HUANG Xiao hua², ZHOU Qing¹

(1. The Key Lab. of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China;

2. College of Chemistry and Environmental Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The effects of simulated acid rain (pH 2.5 ~ 5.0) on the activities of POD and CAT were investigated during germination of rice (*O. sativa*), wheat (*T. aestivum*) and rape (*B. chinensis* var. *oleifera*) seeds. Compared with the control (CK), the amplitude of the change in the activity of CAT and POD is that rice (28.8%, 31.7%) < wheat (34.7%, 48.3%), < rape (79.3%, 50.0%), respectively. The pH significantly different ($p < 0.05$) from CK follows the order: rice (3.5) > wheat (4.0) > rape (5.0). All of these revealed that the ability of resisting acid rain stress is that rice is stronger than wheat and rape is the worst. Under the same condition, the amplitude of the change in the activity of CAT is more sensitivity toward acid rain stress than that of POD. The difference in free radicals removed by these 3 species is one of the reasons why the germinating indexes behaved differently.

Key words: acid rain stress; rice; wheat; rape; germination; POD; CAT

无论是酸雨诱发的群落演替还是种群波动, 都与其宏观表象下隐藏的种子微观萌发过程相关。鉴于此, 国内外对酸雨胁迫下种子萌发过程进行了研究^[1-5]。有文献曾以 3 种作物种子为对象, 探讨了酸雨对其萌发指标与萌发过程影响, 但内容尚未触及导致 3 类种子萌发改变的深层原因^[1]。本文以水稻 (*O. sativa*)、小麦 (*T. aestivum*) 与油菜 (*B. chinensis* var. *oleifera*) 种子为对象, 考察酸雨胁迫下, 3 类种子萌发过程中过氧化氢酶 (CAT) 与过氧化物酶 (POD) 对酸雨胁迫的响应, 拟从保护酶对种子萌发影响的角度, 进一步寻求不同种子萌发抗酸雨能力分异的相关信息。

1 材料和方法

1.1 模拟酸雨配制

模拟酸雨配制参照文献^[1], 其 pH 值经 PHS-

29A 酸度计 (上海精密科学仪器有限公司) 校准。

1.2 材料处理方法

静态实验设计见文献^[1], 但省去 pH 2.0 处理, 动态实验设计是从萌发第 3 d 起, 每天每处理取样 3 皿, 测定 POD 与 CAT 活性, 直至萌发实验结束。

1.3 POD 与 CAT 活性测定

按文献^[6, 7]提供的方法测定。每一样品取 20 粒种子, 3 次重复, 数据做 LDS 组间差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 酸雨胁迫强度对 CAT 与 POD 影响

收稿日期: 2004-12-26; 修订日期: 2005-03-03

基金项目: 国家发展与改革委员会稀土项目 (GFZ040628); 国家自然科学基金项目 (20471030)

作者简介: 王丽红 (1975 ~) 女, 博士研究生, 主要从事环境生态学方面研究。

* 通讯联系人, E-mail: zhouqeco@yahoo.com.cn

酸雨胁迫诱发物体内自由基产生与保护酶应
激清除反应^[8].表 1 数据显示,3 类种子萌发时,
CAT 与 POD 活性随酸雨胁迫强度降低而改变,并
在走势与变幅上存异.与 CK 相比,3 者 CAT 变化
趋势为“低→高→低”,POD 是“低→高”(水稻与小麦)
和“高→低”(油菜);3 类种子 2 项指标的最大变
幅是水稻(28.8%,31.7%)<小麦(34.7%,48.3%)
<油菜(79.3%,50.0%).走势差异反映出 3 类种子
保护酶响应酸雨胁迫机理不同.CAT 参与自由基清
除过程,且应激反应强度随酸雨胁迫减轻接近 CK.
水稻与小麦 POD 在高胁迫强度下受抑,低胁迫强度
下参与清除自由基.油菜 POD 逆向变因,可从相同
条件下高(胁迫强度)劣,低(胁迫强度)优的萌发状
况得到启示^[1]:低胁迫强度时负责清除细胞内自由
基,高胁迫强度下则参与自由基诱导的细胞衰老过
程^[9];3 类种子保护酶变幅相异传达的信息是:①
CAT 变幅水稻<小麦<油菜,暗示此时细胞内自由
基含量存在同序变化,②同类种子在相同胁迫强度
下,CAT 应激变化幅度基本小于 POD,说明前者易
受伤害,对酸雨胁迫敏感性大于后者^[9],③2 项指标
变化序列证明抗酸雨能力水稻>小麦>油菜.差异
显著性分析表明,3 类种子保护酶与 CK 达到差异
显著的胁迫强度是水稻($pH3.5$)>小麦($pH4.0$)>
油菜($pH5.0$).相关分析显示,酶活与胁迫强度呈显
著相关($\alpha=0.05$, $R^2_{水稻}=0.8949,0.7633$; $R^2_{小麦}=$
 $0.8898,0.8219$; $R^2_{油菜}=0.9120,0.9837$).

2.2 酸雨胁迫时间对 CAT 与 POD 活性影响

2.2.1 胁迫时间对 CAT 的影响

保护酶随酸雨胁迫时间的变化,可反映种子萌
发过程中自修复信息.与 CK 相比,水稻 CAT 活性
呈渐降走势,至萌发结束时逼近 CK(酶活与胁迫时

表 1 酸雨对 3 种种子萌发过程中 CAT 与 POD 活性的影响
Table 1 Effect of acid rain on the activities of POD and CAT
in seed germination of three species

种子	pH	CAT/ H ₂ O ₂ / mg·g ⁻¹	相对值	POD/ ΔA_{470} / min·g ⁻¹	相对值
水稻	CK	284.7a	100.0	0.16a	100.0
	2.5	202.6c	71.2	0.11b	68.3
	3.0	314.8b	110.6	0.14b	87.5
	3.5	296.8ab	104.2	0.15a	93.8
	4.0	291.8a	102.5	0.16a	100.0
小麦	5.0	285.9a	100.4	0.17a	106.2
	CK	301.1a	100.0	0.82a	100.0
	2.5	127.4d	65.3	0.38f	51.7
	3.0	399.2c	132.6	0.52e	63.4
	3.5	353.6b	117.4	0.65d	79.3
油菜	4.0	315.8a	104.9	0.87a	106.1
	5.0	304.4a	101.1	0.89a	108.5
	CK	369.9a	100.0	0.14a	100.0
	2.5	30.7d	20.7	0.20f	150.0
	3.0	488.7c	132.1	0.19d	135.7
	3.5	445.7b	120.5	0.17cd	122.0
	4.0	393.9b	106.5	0.16c	118.6
	5.0	391.8a	105.5	0.14ab	105.9

间显著相关, $\alpha=0.05$, $r=-0.9667,-0.9652$ 和
-0.9409,下同),表明 CAT 对自由基清除效果明
显;小麦与油菜 CAT 为“降-升-降”变化($R^2_{小麦}=$
 $0.9751,0.9809$ 和 0.9415 , $R^2_{油菜}=0.9145,$
 0.9276 和 0.9922),这是酶活损后恢复的表现.由
各时段酶活变化幅度不难看出,油菜酶活起始恢复
时间虽短于小麦,但第 4d 起各时段变幅均>小麦,
说明此时细胞内的自由基水平表现出明显的油菜>
小麦>水稻的趋势.表明酸雨诱发的自由基损伤进
程是油菜>小麦>水稻,亦即 CAT 抗酸雨胁迫能力
是水稻>小麦>油菜(图 1),这与文献[1]报道的 3
类种子在相同条件下萌发的优劣程度相吻合.

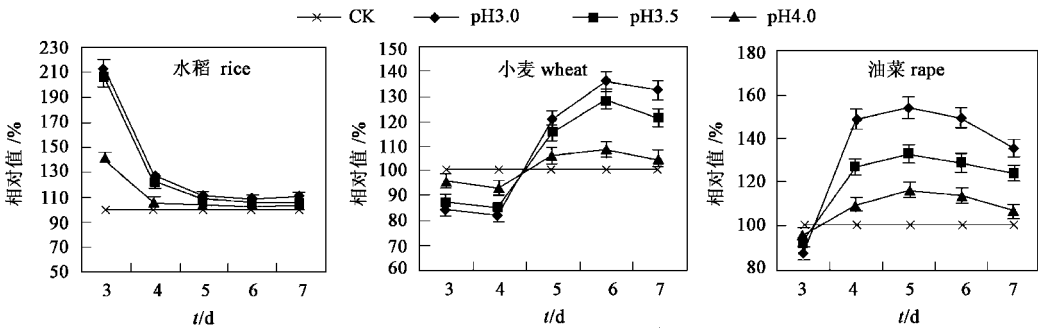


图 1 酸雨胁迫时间对过氧化氢酶活性影响
Fig.1 Effect of acid rain on CAT activity

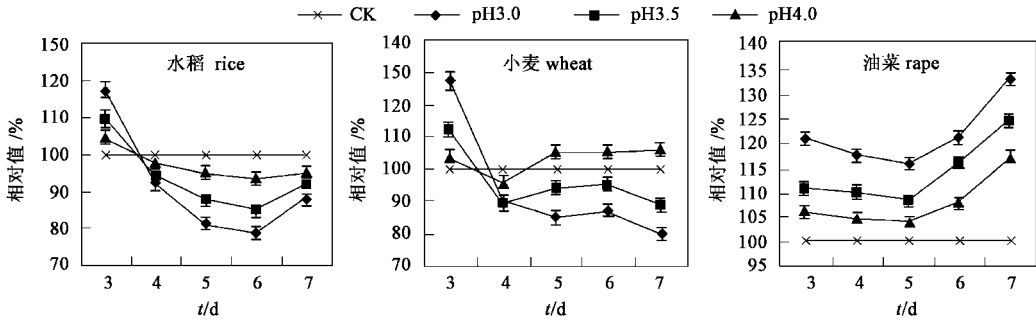


图2 酸雨胁迫时间对过氧化物酶活性影响

Fig.2 Effect of acid rain on POD activity

2.2.2 胁迫时间对 POD 的影响

酸雨胁迫下前 6d (图 2), 3 类种子 POD 走势相近, 呈“降→升”变化. 不同之处: ①油菜各胁迫强度与胁迫时间下 $POD > CK$, 水稻、小麦 (4d 后) $pH4.0$ 时 $POD > CK$, 然变幅明显 $<$ 油菜. 根据文献[1]研究中 3 类种子在相应酸雨胁迫强度下的萌发表现推测, 此时油菜 POD 高是其参与细胞衰老的表现^[9], 而水稻与小麦与 CK 接近 (尤其是水稻), 与酸雨诱发的自由基伤害较轻、POD 应激反应较弱相关; ②胁迫强度为 $pH3.0 \sim 3.5$ 时, 水稻与小麦各胁迫时间下 $POD < CK$, 但水稻第 7d 接近 CK, 而小麦则背离 CK, 说明小麦未能恢复酶活. 综合上述信息可知, 3 类种子 POD 对酸雨胁迫的反应强度 (第 7d 变幅) 是水稻 (12.5%, 6.2%, 0.0%) $<$ 小麦 (36.6%, 20.7%, 6.1%) $<$ 油菜 (35.7%, 22.0%, 18.6%), 表明 3 类种子抗酸雨胁迫能力是水稻 $>$ 小麦 $>$ 油菜.

3 结论

(1) 静态实验表明, 酸雨胁迫下, 3 类种子萌发时的 CAT 与 POD 变化幅度是水稻 (28.8%, 31.7%) $<$ 小麦 (34.7%, 48.3%) $<$ 油菜 (79.3%, 50.0%), 说明细胞内自由基含量存在同序变化. 3 者保护酶与 CK 达到差异显著的胁迫强度是水稻 ($pH3.5$) $>$ 小麦 ($pH4.0$) $>$ 油菜 ($pH5.0$), 暗示保护酶抗酸雨胁迫能力是水稻 $>$ 小麦 $>$ 油菜.

(2) 相同胁迫强度下, 3 类种子酶活变化幅度是 $CAT < POD$, 说明前者对酸雨胁迫敏感性大于后者, 后者催化方向因胁迫强度而变 (低胁迫强度清除, 高胁迫强度参与自由基诱发细胞衰老反应).

(3) 动态实验显示, 随胁迫时间延长, CAT 与 POD 抗酸雨胁迫能力是水稻 $>$ 小麦 $>$ 油菜, 推测由此而造成的细胞内自由基积累水平是油菜 $>$ 小麦 $>$ 水稻.

(4) 酸雨胁迫下, CAT 与 POD 应激清除自由基反应能力的差异是决定 3 类种子萌发指标趋异的又一深层原因.

参考文献:

- [1] 曾庆玲, 黄晓华, 周青. 酸雨对水稻、小麦和油菜种子萌发的影响[J]. 环境科学, 2005, 26(1): 181 ~ 184.
- [2] 彭彩霞, 彭长连, 林桂珠 等. 模拟酸雨对农作物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 400 ~ 404.
- [3] Anitha P C, Ramanujam M P. Impact of simulated acid rain on germination and seedling growth of groundnut [J]. Advances in Plant Science, 1992, 5(1): 180 ~ 186.
- [4] Fan Hou Bou, Wang Yi Hong. Effects of simulated acid rain on germination, foliar damage, chlorophyll contents and seedling growth of five hardwood species growing in China [J]. Forest Ecology and Management, 2000, 126: 321 ~ 329.
- [5] Lee Jae Seog, Lee Young Sun, Choi Myun Ja, Lee Kyoung Hee. Effects of simulated acid rain on seed germination and growth of China aster [J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1996, 37(3): 455 ~ 461.
- [6] 张志良. 植物生理学实验指导 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 154.
- [7] 邹琪. 植物生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 76 ~ 77.
- [8] 冯宗炜, 曹洪法, 周修萍. 酸沉降对生态环境的影响及其恢复技术 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. 125 ~ 130.
- [9] 周青, 黄晓华, 张光生, 等. 污染生态学领域的稀土应用研究进展 [J]. 中国稀土学报, 2004, 25(2): 504 ~ 507.