

# 水稻种子萌发对酸雨胁迫的响应\*

王丽红<sup>1</sup> 周青<sup>1\*\*</sup> 曾庆玲<sup>2</sup>

(1. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室 无锡 214036; 2. 同济大学环境科学与工程学院 上海 200092)

**Response of rice seed germination to acid rain.** WANG Li-Hong<sup>1</sup>, ZHOU Qing<sup>1</sup>, ZENG Qing-Ling<sup>2</sup> (1. The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214036, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China), *CJEA*, 2007, 15(6): 204~205

(Received Jan. 13, 2006; revised April 22, 2006)

大量研究表明<sup>[1,2,9]</sup>, 一定 pH 酸雨能够抑制花生、水稻、小麦及油菜种子的萌发, 且酸雨胁迫下, 水稻 (*Oryza sativa*) 种子的发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数及异状发芽率等萌发指标皆随酸雨胁迫强度与胁迫时间的改变而变化, 但引发上述萌发指标变化的内在原因尚不明晰。为此研究了水稻种子萌发生理生化反应对酸雨胁迫的响应, 为诠释酸雨胁迫影响水稻种子萌发的深层原因提供依据。

## 1 试验材料与方法

模拟酸雨(含离子构成, 以下简称酸雨)配制时先配制 pH 1.0 酸雨母液, 其中硫酸根和硝酸根体积比为 4.7:1。用蒸馏水将母液调制成 pH 2.5、3.0、3.5、4.0、5.0 酸雨, 并经 PHS-29A 酸度计(上海精密科学仪器有限公司)校准<sup>[1]</sup>。将水稻(新品种“5356”)种子用 0.1% 升汞消毒 8min, 去离子水冲洗数次, 从中取 50 粒种子均匀排列在直径 12cm、垫有 2 层滤纸的培养皿中, 以 pH 2.5、3.0、3.5、4.0、5.0 酸雨进行胁迫处理, 对照(CK)是与母液离子成分相同的中性溶液(pH6.5)。置恒温培养箱中(25±0.5℃)萌发, 每个处理 3 皿, 每天更换 1 次溶液。种子吸水值、呼吸速率、储藏物质消耗率和运转效率、胚根与胚芽抑制指数的测定见文献[3~7], POD 与 CAT 活性测定按文献[7,8]方法进行, α-淀粉酶活性、可溶性糖和还原糖的测定参照文献[8]。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻种子萌发生理对酸雨胁迫的响应

表 1 显示, 不同 pH 酸雨处理水稻种子, 其吸水值、呼吸强度、储藏物质消耗和运输均随 pH(2.5~5.0)降低而减小, 且与 pH 呈显著正相关( $r=0.9597, 0.9865, 0.9815, 0.9934$ )。而根(芽)长抑制指数与 pH 呈显著负相关( $r=-0.9794, -0.9768$ )。根长抑制指数大于芽长抑制指数, 其原因或与酸雨对根系直接胁迫、对芽生长造成间接伤害有关。上述生理指标的改变, 或许是酸雨胁迫下水稻种子各项萌发指标趋劣<sup>[1]</sup>的重要原因。

表 1 酸雨对水稻种子生理活动的影响\*

Tab.1 The effects of acid rain on physiological activities of rice seed

处理(pH) Treatment	吸水值/% Water absorption rate	呼吸速率 Respiratory rate	储藏物质消耗率/% Storage reserve loss rate	储藏物质运转率/% Storage reserve transform rate	芽长抑制指数/% Inhibition index of shoot	根长抑制指数/% Inhibition index of root
2.5	33.64c	0.10(38.46)d	25.07c	6.14c	86.11d	100.00d
3.0	34.43bc	0.12(46.15)d	28.56b	25.21b	12.84c	78.66c
4.0	35.11ab	0.22(84.62)b	30.41ab	31.17ae	0.84a	0.92a
5.0	35.24ab	0.25(96.15)a	31.95a	34.42a	-1.61a	-2.30a
CK	36.14a	0.26(100.00)a	31.46a	33.65a	0.00a	0.00a

\* 表中所列数据均为平均值, 括号内为相对百分含量; 同一列中不同字母表示不同处理间差异达显著水平( $P<0.05$ ), 下同。

\* 国家发改委(GJX01100626)与江苏省科技厅项目(BG2001045)资助

\*\* 通讯作者

收稿日期: 2006-01-13 改回日期: 2006-04-22

## 2.2 水稻种子保护酶对酸雨胁迫的响应

酸雨胁迫诱发种子自由基(ROS)产生与保护酶应激清除反应。表2显示,水稻种子萌发时,CAT与POD活性随酸雨胁迫强度(胁强)增强而改变,酶活性与胁强呈显著相关( $r = 0.8949, 0.7633$ )。与CK相比,

CAT和POD变化趋势分别为“低→高→低”与“高→低”。其变化走势反映出2种保护酶响应酸雨胁迫机理上的共性与差异:随酸雨胁迫减轻,两者酶活趋近对照,视为ROS减少,胁迫减轻之表现;在高胁强下(pH2.5),CAT、POD受抑,酶活降低,参与清除自由基的能力减弱;在相同胁强下,POD应激变化幅度基本大于CAT,说明前者对酸雨胁迫敏感性大于后者。

表3 酸雨胁迫对水稻种子 $\alpha$ -淀粉酶活性、可溶性糖与还原糖的影响

Tab.3 Effects of acid rain on  $\alpha$ -amylase activity, contents of soluble sugar and reducing sugar

处理(pH)	$\alpha$ -淀粉酶/ mg·g <sup>-1</sup> · (5 min) <sup>-1</sup>	相对值/%	可溶性 糖/g·g <sup>-1</sup>	相对值/%	还原糖/mg·g <sup>-1</sup>	相对值/%
Treatment	$\alpha$ -amylase activity	Relative value	Soluble sugar	Relative value	Reducing sugar	Relative value
2.5	1.65b	48.39	5.59c	47.57	5.32d	40.18
3.0	2.12b	62.17	7.86b	66.89	7.27c	54.91
3.5	2.14b	62.76	11.08a	94.30	11.53b	87.08
4.0	2.76a	80.94	11.30a	96.17	12.64a	95.47
5.0	3.33a	97.65	11.68a	99.40	13.20a	99.70
CK	3.41a	100.00	11.75a	100.00	13.24a	100.00

雨胁迫的敏感性强于后者。

## 3 小结

研究表明,在高强度酸雨胁迫下,水稻种子萌发时的吸水值、呼吸强度、储藏物质消耗与运输速率下降;CAT活性受抑、POD酶活升高; $\alpha$ -淀粉酶活性降低,葡萄糖与还原糖生成量减少等。由此导致水稻种子水分与能量代谢异常,储藏物质水解与能量合成受抑,使胚的生长失去了物质和能量基础;保护酶活性的异常变化,又使其清除ROS能力下降,细胞膜脂过氧化加剧,膜选择通透功能丧失,直至细胞死亡。上述微观生理代谢的变化,或许正是酸雨胁迫下水稻种子萌发受阻、多项萌发指标趋劣的内在原因。

## 参 考 文 献

- 1 曾庆玲,张光生,沈东兴,等.水稻与油菜种子萌发对酸雨的胁迫反应.农业环境科学学报,2004,23(5):921~925
- 2 聂呈荣,陈思果,温玉辉,等.模拟酸雨对花生种子萌芽及幼苗生长的影响.中国油料作物学报,2003,25(1):35~36
- 3 方能虎,洪法水,赵贵文.稀土元素对水稻种子萌发活力、吸水量和膜透性的影响.稀土,2000,21(4):52~54
- 4 刘华山,李玉玲,王德勤,等.不同S<sub>22</sub>基因型玉米种子萌发过程中的生理生化特性变化.植物生理学通讯,1999,35(1):15~17
- 5 任安芝,高玉葆.铅、镉、铬单一和复合污染对青菜种子萌发的生物学效应.生态学杂志,2000,19(1):19~22
- 6 贺润喜,王玉国,张石城.用电导仪测定植物组织呼吸速率.山西农业大学学报(自然科学版),1997,17(2):165~167
- 7 张志良.植物生理学实验指导(第2版).北京:高等教育出版社,1990.154
- 8 邹琪.植物生理生化实验指导.北京:中国农业出版社,1995.76~77,53~59
- 9 Bosley A., Petersen R., Rebbeck J. The resistance of the moss *Polytrichum commune* to acute exposure of simulated acid rain or ozone compared to two fern species: Spore germination. The Bryologist, 1998, 101(4): 512~518

表2 酸雨对水稻种子萌发过程中CAT与POD活性的影响

Tab.2 Effects of acid rain on the activities of POD and CAT during rice seed germination

处理(pH)	过氧化氢 酶/mg(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )·g <sup>-1</sup>	相对值/%	过氧化物 酶/ $\Delta A_{470}$ ·min <sup>-1</sup> ·g <sup>-1</sup>	相对值/%
Treatment	CTA	Relative value	POD	Relative value
2.5	202.6c	71.2	0.11b	68.8
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
5.0	285.9a	100.4	0.17a	106.2
CK	284.7a	100.0	0.16a	100.0

## 2.3 水稻种子糖代谢对酸雨胁迫的响应

表3表明,不同酸雨处理水稻种子 $\alpha$ -淀粉酶活性、可溶性糖和还原糖含量均随pH(2.5~5.0)降低而减小,且与pH呈显著正相关( $r = 0.9761, 0.8882, 0.9205$ )。与CK相比,还原糖含量的变幅大于可溶性糖,表明前者对酸