

- 10 Means A R, Tash T S, Chafouelas T G. Physiological implications of the presence, distribution, and regulation of calmodulin in eukaryotic cells. *Physiol Rev*, 1982, 62(1): 1~39
- 11 Goddard R H, Wick S W, Silflow C D, et al. Microtubule components of the plant cell cytoskeleton. *Plant Physiol*, 1994, 104: 1~6
- 12 Fisher D D, Gilroy S, Cyr R J. Evidence for opposing effects of calmodulin on cortical microtubules. *Plant Physiol*, 1996, 112: 1 079~1 087
- 13 Knight M R, Smith S M, Trewavas A J. Wind-induced plant motion immediately increases cytosolic calcium. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992, 89: 4 967~4 972
- 14 Oh S A, Kwark J M, Kwun I C, et al. Rapid and transient induction of calmodulin-encoding gene(s) of *Brassica napus* by a touch stimulus. *Plant Cell Rep*, 1996, 15: 586~590
- 15 Dauwalder M, Roux S J, Hardison L. Distribution of calmodulin in pea seedlings: immunocytochemical localization in plumules and root apices. *Planta*, 1986, 168: 461~470
- 16 Lin C T, Sun D, Song G X, et al. Calmodulin: localization in plant tissue. *J Histochem Cytochem*, 1986, 34: 561~567

(1998-02-10 收稿, 1998-05-08 收修改稿)

## 稀土元素对酸雨胁迫小麦抗氧化酶的生物学效应

严重玲 洪业汤 杨先科 付舜珍 吴善绮

(中国科学院环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 贵州省环境保护科学研究所, 贵阳 550002)

**摘要** 利用盆栽实验,研究了稀土元素对酸雨胁迫小麦抗氧化酶的生物学效应。结果表明,酸雨和稀土元素均能不同程度地影响小麦抗氧化酶活性。酸雨胁迫使小麦抗氧化酶(CAT, SOD)活性随其pH值减小而呈单峰曲线,施用稀土元素后,抗氧化酶活性变化相对稳定,变化曲线峰值向酸度加大的方向后移。在酸雨酸度不大的条件下,稀土元素明显减弱了小麦抗氧化酶对酸雨胁迫的敏感性,增强了小麦抗酸雨的能力。

**关键词** 酸雨胁迫 稀土元素 小麦 抗氧化酶

活性氧等自由基能引起脂膜过氧化作用,破坏膜及细胞的正常生理过程。生物体内存在着一个防止自由基破坏的膜保护系统——抗氧化系统,SOD(超氧化物歧化酶)、CAT(过氧化氢酶)就是这个系统中的两种重要保护酶。SOD清除 $O_2^-$ 而形成 $H_2O_2$ ,CAT则是催化 $H_2O_2$ 形成 $H_2O$ ,有效地阻止 $O_2^-$ 和 $H_2O_2$ 在体内的积累,排除它们对细胞膜结构潜在伤害的可能性<sup>[1]</sup>。酸雨对作物的一些抗氧化酶的影响<sup>[2,3]</sup>以及稀土元素能提高作物的抗逆性<sup>[4]</sup>已有文献报道,但稀土元素对酸雨影响作物抗氧化酶的防护效应尚未见报道。本文首次报道稀土元素对酸雨胁迫下小麦抗氧化酶的生物学效应。

### 1 材料与方法

选择我国酸雨多发区常见并对酸雨敏感的植物——小麦<sup>[5]</sup>(*Triticum aestivum*, L)贵花一号为研究材料,种子由遵义龙坪农推站提供;供试稀土由河南商丘稀土微肥厂提供,其元素

组成见表 1. 酸雨配置和喷洒按文献[3]<sup>1)</sup>, 设置 5 个处理组 (pH = 4.8, pH = 4.0, pH = 3.5, pH = 3.0, pH = 2.5) 和一个对照组 (CK, pH = 6.5); 在 5 个酸雨处理组的基础上, 设置稀土 0.1%, 0.3% 拌种和 0.075% 浸种 3 个系列. 每处理 4 次重复, 进行盆栽. 测定方法: SOD 和 CAT 按文献[6]方法进行测定, 单位分别以酶活力单位/毫克鲜重 (U · mg<sup>-1</sup>) 和毫克鲜重小时所分解 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的微摩尔数 (μmol · h<sup>-1</sup> · mg<sup>-1</sup>) 表示.

表 1 稀土元素组成

元素	含量/ %	元素	含量/ %	元素	含量/ %	元素	含量/ %	元素	含量/ %
La	21.32 ~ 22.87	Nd	12.85 ~ 14.57	En	< 0.086	Er	< 0.087	Lu	< 0.089
Ce	39.08 ~ 41.51	Sm	< 0.258	Tb	< 0.081	Yb	< 0.087	Y	< 0.078
Pr	4.14 ~ 4.97	Dy	< 0.087	Ho	< 0.087				

## 2 结果与讨论

### 2.1 酸雨对小麦 SOD 活性的影响及稀土元素的作用

实验结果表明, 酸雨和稀土元素均能不同程度地影响 SOD 活性 (图 1). 酸雨出现时小麦体内 SOD 活性逐渐增加, 表明小麦在适度的酸雨胁迫下能启动 (激发) 体内自身抗逆体系. 诱导 SOD 活性增加以抵抗由于酸雨胁迫造成体内 O<sub>2</sub> 的增加, 从而抑制活性氧对脂膜的过氧化作用. 但随着胁迫强度的进一步增加 (pH 值减小), SOD 活性转而急剧或缓慢下降. 施用稀土元素后, 小麦虽仍处在酸雨胁迫下, 但其体内 SOD 活性变化曲线中的峰值后移, 各处理间变

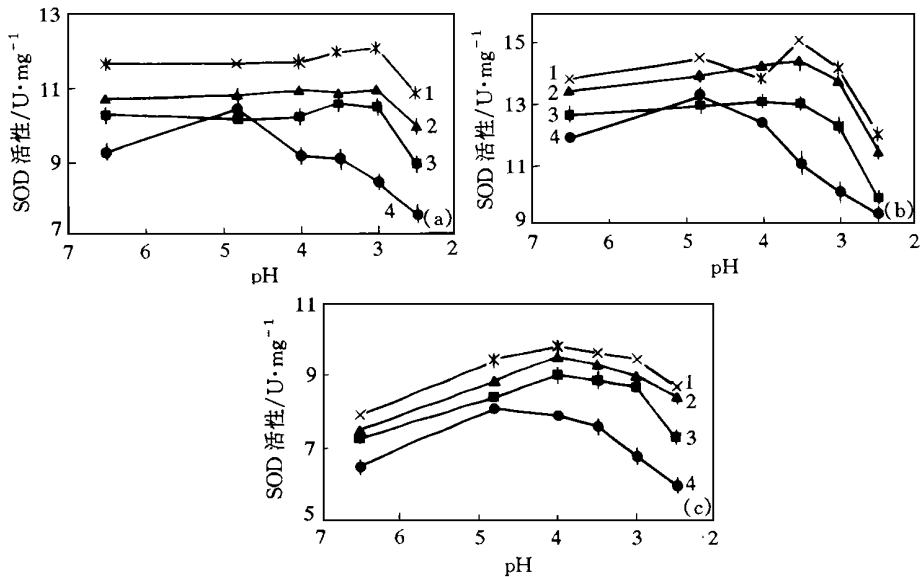


图 1 酸雨对小麦苗期 (a)、拔节期 (b)、成熟期 (c) SOD 活性的影响及稀土元素的作用

1 —— 酸雨 + 0.3% 稀土拌种, 2 —— 酸雨 + 0.075% 稀土浸种, 3 —— 酸雨 + 0.1% 稀土拌种, 4 —— 单一酸雨处理

1) 严重玲. 稀土元素对酸雨影响农作物的防护效应. 中国科学院地球化学研究所 (博士论文), 1997

化幅度减小,表明酸雨对小麦 SOD 活性的影响由于稀土元素的施用而减小. 研究还发现,随着小麦的生育期进程,从幼苗 分蘖 拔节 成熟,体内 SOD 活性也经历一个从低到高再到低的过程,这是由于其自身生理特性所决定的. 小麦拔节前后生理活动较强,光合作用处在整个生育期的高峰点上,为作物幼穗分化、成熟作物物质上的准备,因此其抗逆性最强. SOD 活性在这个时段表现出相对于整个生育期较高的水平,从幼穗到成熟,伴随着叶片的老化,SOD 活性减小,活性氧将逐渐积累从而引起对酶和膜的严重损伤.

## 2.2 酸雨对小麦 CAT 活性的影响及稀土元素的作用

实验表明(图 2): 由于酸雨胁迫激发了体内自身防御系统而诱导 CAT 活性增加,随着胁迫强度的进一步增加,CAT 活性受到抑制而出现逐渐减小的趋势. 施用稀土元素后,小麦虽仍处在酸雨胁迫下,CAT 活性变化则表现出一种相对稳定状态,实验还表明,凡施用稀土元素的处理,其 CAT 活性均高于同生育期的单一酸雨相同 pH 处理. 明显地表现出稀土元素提高了小麦的抗酸雨胁迫的能力. 随着小麦的生长发育,其 CAT 活性也出现一个低 高 低的变化,这是由于幼苗处在生长发育的早期阶段,抗逆能力弱,随着生长发育期的推移,CAT 活性增高,到抽穗后期,衰老速度加快,CAT 活性减弱.

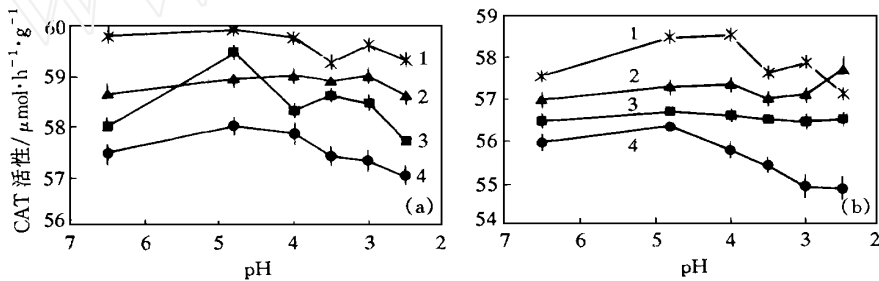


图 2 酸雨对小麦拔节期(a)、成熟期(b) CAT 活性的影响及稀土元素的作用

1——酸雨+0.3%稀土拌种,2——酸雨+0.075%稀土浸种,3——酸雨+0.1%稀土拌种,4——单一酸雨处理

酸雨胁迫下,植物体内自由基积累影响了植物体内活性氧代谢的平衡,破坏或降低了活性氧清除剂(抗氧化酶)的产量,增加了活性氧,导致膜脂过氧化<sup>[2]</sup>,同时由于 SOD,CAT 活性的下降,使更多的  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  扩散到叶绿体中参与叶绿素的降解<sup>[7,8]</sup>. 稀土元素施用后这 2 种酶活性保持在一种相对稳定的水平上,叶绿素含量及叶绿素 a/b 值增大,叶面积增加,千粒重增大<sup>1)</sup>. 明显地减弱了小麦对酸雨的敏感性,增大了对酸雨 pH 的耐受范围,亦可看成小麦由于稀土元素的施用而增强了对酸雨胁迫的抗性. 研究中也发现,酸雨酸度较大的几个处理 (pH3.5~2.5),稀土元素的这种作用有所减弱,这是因为酸雨的淋洗造成土壤中稀土元素的形态发生变化,较高的酸度提供了更多的  $\text{H}^+$  以置换稀土离子<sup>[9]</sup>,被置换的稀土离子随淋溶而流失,由于无论拌种和浸种,小麦植株中稀土元素仍然主要来自土壤并受其影响<sup>[10]</sup>,因此随着酸雨酸度增大而对土壤中可溶态稀土淋洗作用增强,作物可吸收利用的稀土元素含量减少,造成小麦体内的稀土总量也减少<sup>1)</sup>而未能明显表现出对酸雨的防护作用所致. 但是,在自然界

1) 同 2007 页脚注

中,酸雨 pH 小于 3.5 的概率非常小,因此利用稀土元素提高小麦抗酸雨胁迫的能力仍是可行的。  
致谢 感谢审稿人为本文提出有益的修改建议。本工作为贵州省自然科学基金(批准号:943029)资助项目。

## 参 考 文 献

- 1 严重玲,洪业汤,付舜珍,等. Cd, Pb 胁迫对烟草叶片中活性氧清除系统的影响. 生态学报,1997,17(5): 42~17
- 2 刘燕云,曹洪法. 酸雨和 SO<sub>2</sub> 作用下 SOD 酶活性与菠菜叶片损伤相关性研究. 应用生态学报,1993,2: 223~225
- 3 严重玲,李瑞智,钟章成. 模拟酸雨对绿豆、玉米生理生态特征的影响. 应用生态学报,1995,6(Supp): 124~131
- 4 倪嘉缙. 稀土生物无机化学. 北京:科学出版社,1995. 13~38
- 5 曹洪法,高映新,舒俭民,等. 模拟酸雨对农作物生产和产量影响的初步研究. 植物生态学与地植物学报,1989(13): 484~490
- 6 严重玲,钟章成,付舜珍,等. 土壤中 pH, Hg 及其相互作用对烟草叶片抗氧化酶的影响. 环境科学学报,1997,17(3): 58~64
- 7 Huff A. Peroxidase-catalysed oxidation of chlorophyll by hydrogen peroxide. Phytochemistry, 1982(21): 261~265
- 8 Brennan T, Frenkel C. Involvement of hydrogen peroxide in the regulation of senescence in pear. Plant Physiol, 1997(59): 411~416
- 9 陈照喜,王晓蓉,田笠卿. 模拟酸雨下,土壤中稀土元素的环境行为和植物可利用性研究. 环境科学学报,1995,15(1): 33
- 10 孙景信,赵航,王玉琦. 小麦与水稻植株中稀土元素的含量及其分布研究. 科学通报,1992,37(24): 2273~2276

(1998-02-20 收稿,1998-05-27 收修改稿)

# 人肝组织中新的 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 型锌指蛋白 编码序列的批量分离与克隆

吴国俊 余龙\* 孙喜元 吴梦楚 范玉新 姜春玲 郑其平  
张琪 许月芳 赵寿元

(遗传工程国家重点实验室,复旦大学遗传学研究所,上海 200433. \* 联系人)

**摘要** 为了探讨人肝组织中 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 型锌指蛋白基因的分布数目以及克隆新的锌指蛋白基因,设计了简并 PCR 引物,扩增基因组 DNA,以其中的 2 个扩增片段为探针筛选人肝 cDNA 文库,获得了近百个阳性克隆. 对其中的 20 个 cDNA 片段进行了末端测序和同源检索,证明 15 个为新的锌指基因片段. 对其中的 4 个 cDNA 片段进行了组织表达谱分析,Northern 杂交显示:L5-5 为肝、胰脏高度表达;其余为广谱表达. 利用 FISH 将其中的 2 个片段 L2-9 和 L5-5 分别定位于 19q13.3 和 18q12.1.

**关键词** C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 型锌指蛋白基因 人肝组织 同源性比较

锌指蛋白被视为一类重要而典型的反式作用因子. 目前的研究表明,它不仅与基因的表达、细胞分化、配子形成、胚胎发育等生命过程紧密相关<sup>[1,2]</sup>,而且它的分子结构变异还与多种疾病以及肿瘤相关<sup>[3,4]</sup>. 肝脏是人体的重要器官,具有造血、代谢、解毒以及参与消化等生理功能. 因此,从肝组织表达基因顺序中分离和克隆出新的锌指蛋白基因,特别是肝组织特异表