

菠菜对酸雨胁迫的响应及稀土元素的作用*

严重玲¹** 洪业汤¹ 林鹏³ 杨先科² 付舜珍²

(¹ 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; ² 贵州省环境保护科学研究所, 贵阳 550002;
³ 厦门大学生物系, 厦门 361005)

提 要 盆栽试验结果表明: 酸雨胁迫下, 菠菜叶片中叶绿素含量逐渐减少, a/b 值逐渐减小, 与酸雨 pH 值呈显著正相关。SOD 活性变化呈单峰曲线, 总体水平下降。施用稀土元素后, 植株虽仍处在酸雨胁迫下, 但叶绿素总量增加, a/b 值增大, SOD 活性总体水平增加, 其变化曲线中的峰值向酸雨酸度增大的方向移动。稀土元素明显地表现出对酸雨影响菠菜的某些生理生态特征有一定的防护作用。

关键词 菠菜; 稀土元素; 酸雨胁迫; 生理生态响应; 防护作用

1 目的、材料与方法

针对稀土元素能提高作物抗逆性, 中国西南地区酸雨频繁的实际, 就稀土元素对酸雨影响作物生理生态特征的防护效应进行研究, 以探索减轻或消除酸雨对作物影响的途径。需要指明的是采用稀土元素防护酸雨胁迫对蔬菜的影响, 本文仅是学术上的探索, 作为一项成熟的农业措施的推广应用, 尚需进一步的稀土元素卫生毒理和环境毒理研究的支持。

供试土壤选择黄壤 (pH 4.83)。试材为对酸雨敏感的菠菜^[1] (*Spinacia oleracea*), 品种为华菠 1 号。稀土由河南商丘稀土微肥厂提供。酸雨配置及喷洒参照文献 [2] 进行。设置 pH 4.8、pH 4.0、pH 3.5、pH 3.0、pH 2.5 共 5 个处理, 设对照为 pH 6.5。在酸雨 5 个处理的基础上, 设置稀土 75、225、375 g/hm² 喷施和浓度用 3/10 000、5/10 000 浸种 (浸种 16 h, 阴干后播种) 5 个处理。在贵州省环保所花园内以 30 cm × 25 cm 的营养钵盆栽 (15 株/盆), 每处理 4 盆重复。以简易塑料棚遮盖, 使之不受自然酸雨的影响。播种后 45 d, 取各处理相同部位的叶片, 测定 SOD 活性、叶面积、叶绿素含量及 a/b 值^[2], 每处理 6 次重复。

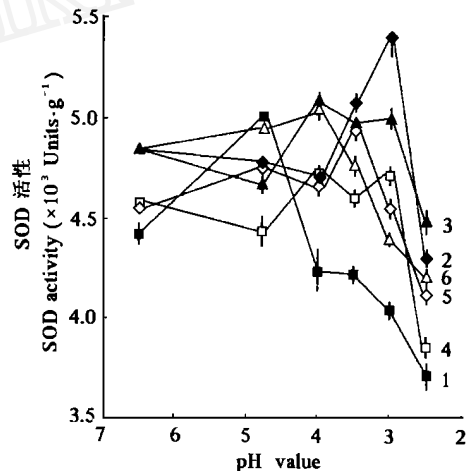


图 1 酸雨对菠菜 SOD 活性的影响及稀土元素的作用

1. 酸雨;
2. 酸雨 + 0.01 % 稀土叶喷;
3. 酸雨 + 0.03 % 稀土叶喷;
4. 酸雨 + 0.05 % 稀土叶喷;
5. 酸雨 + 0.03 % 稀土浸种;
6. 酸雨 + 0.05 % 稀土浸种。

Fig. 1 The effect of acid rain (AR) on SOD activity of spinach and the conservation of rare earth elements (REE)

1. AR;
2. AR + 0.01 % REE foliar spray;
3. AR + 0.03 % REE foliar spray;
4. AR + 0.05 % REE foliar spray;
5. AR + 0.03 % REE soaked seed;
6. AR + 0.05 % REE soaked seed.

收稿日期: 1998 - 03 - 03; 修回日期: 1998 - 07 - 23。

* 贵州省自然科学基金资助项目。本文作者还有贵州省环保所吴善绮、朱克勇同志。

** 通讯地址: 贵州省环境保护科学研究所, 贵阳 550002。

2 结果与分析

2.1 SOD 活性的变化 研究表明(图 1): 酸雨胁迫下, SOD 活性逐渐上升, 但随着酸雨 pH 的减小, SOD 活性转而降, 使得 SOD 活性变化曲线呈单峰曲线。施用稀土元素后, SOD 活性变化曲线虽仍呈单峰曲线, 但曲线中峰值向酸度增大的方向推移。

2.2 叶面积及叶绿素的变化 菠菜叶面积随着酸雨酸度增加而逐渐减少, pH 2.5 处理与对照相比其叶面积减少了 37%, 酸雨 pH 值与菠菜叶面积大小呈显著正相关 ($r = 0.96$)。当菠菜施用稀土元素后, 植株虽仍处在酸雨胁迫下, 但其叶面积明显高于相同酸雨 pH 处理而未施用稀土的植株。

酸雨对叶绿素含量的影响已得到充分证实^[1,2]。本研究也表明酸雨明显地影响叶片中叶绿素含量(表 1)。在酸雨处理中, 随着酸雨 pH 的下降, 叶绿素含量逐渐减少, 叶绿素含量与酸雨 pH 相关极显著 ($r = 0.97$)。施用稀土元素后, 植株虽然仍处在酸雨胁迫下, 但体内叶绿素含量受酸雨的影响明显减小。

随着酸雨酸度的增大, 叶绿素 a 的分解速度随之加快, 造成叶绿素总量逐渐减小。施用稀土元素后, 相同 pH 酸雨处理的植株叶绿素 a/b 值远远大于单一酸雨处理的 a/b 值。对照与处理间以及各处理之间的差异明显减小。说明稀土元素能在一定程度上减缓酸雨对植物叶绿素 a/b 值造成的影响。但是随着酸雨酸度的继续增大, 对照与处理之间的差别又有逐渐增大的趋势, 这似乎又说明稀土元素对酸雨影响着菠菜叶绿素 a/b 的防护能力受到一定的限制。

本研究中菠菜在酸雨胁迫下, SOD 活性增加, 可抵抗由于酸雨造成体内的 H_2O_2 的增加, 从而抑制脂膜的过氧化作用。但是随着酸雨胁迫强度的增加 (pH 进一步减小), 当这种胁迫强度超过菠菜自身“耐受”限度时, SOD 活性受到抑制, 转而下降。稀土元素施用后, 菠菜虽仍处在酸雨胁迫下, SOD 活性仍然被诱导而增加, 但是其“耐受限度”(SOD 活性变化曲线中的峰值)向酸雨酸度增大的方向移动。这说明酸雨对菠菜 SOD 活性造成的影响, 可因稀土元素的施用使菠菜对酸雨的敏感性减弱而增加了菠菜对酸雨 pH 的耐受范围。

表 1 酸雨对叶绿素含量及 a/b 值的影响
及稀土元素的作用

Table 1 The effect of acid rain (AR) on content and a/b values of spinach and conservation of rare earth elements (REE)

处 理 Treatment	pH	叶绿素含量 Chlorophyll content ($mg \cdot g^{-1} \text{FW}$)	叶绿素 a/b 值 Chlorophyll a/b value
酸雨 AR	6.5 (CK)	7.90	1.82
	4.8	7.39	1.80
	4.0	7.17	1.69
	3.5	7.05	1.69
	3.0	6.53	1.60
	2.5	6.42	0.75
	r	0.97	0.83
酸雨 + 0.01% 稀土 叶喷 AR + 0.01% REE foliar spray	6.5 (CK)	8.34	1.94
	4.8	8.44	1.92
	4.0	8.09	1.90
	3.5	8.14	1.90
	3.0	7.83	1.76
	2.5	7.44	1.90
	r	0.80	0.80
酸雨 + 0.03% 稀土 叶喷 AR + 0.03% REE foliar spray	6.5 (CK)	8.48	1.93
	4.8	8.43	1.91
	4.0	8.14	1.90
	3.5	8.14	1.90
	3.0	7.77	1.86
	2.5	7.67	1.77
	r	0.86	0.78
酸雨 + 0.05% 稀土 叶喷 AR + 0.05% REE foliar spray	6.5 (CK)	8.15	1.92
	4.8	8.17	1.91
	4.0	7.92	1.91
	3.5	7.92	1.91
	3.0	7.32	1.79
	2.5	7.41	1.72
	r	0.85	0.73
酸雨 + 0.03% 稀土 浸种 AR + 0.03% REE Soaked seed	6.5 (CK)	7.94	1.84
	4.8	7.83	1.77
	4.0	7.78	1.76
	3.5	7.78	1.76
	3.0	7.42	1.61
	2.5	7.31	1.32
	r	0.85	0.76
酸雨 + 0.05% 稀土 浸种 AR + 0.05% REE Soaked seed	6.5 (CK)	7.96	1.85
	4.8	7.83	1.81
	4.0	7.65	1.77
	3.5	7.65	1.77
	3.0	7.05	1.70
	2.5	6.96	1.47
	r	0.87	0.78

Huff^[1]认为活性氧在细胞中的增加,必然使更多的 O_2^- 、 H_2O_2 等扩散到叶绿体中,而参与叶绿素的降解。本研究中由于SOD活性总体水平下降,抗氧化酶系统(包括过氧化氢酶和过氧化物酶)^[2]中酶活性变化幅度增大。稀土元素施用后,菠菜虽仍处在酸雨胁迫下,但植株叶面积,叶绿素总量及叶绿素a/b值在酸度不大的情况下有明显的提高,SOD活性保持在一个相对稳定的水平上。这些均表现出稀土元素对酸雨影响菠菜的一些生理生态特征有一定的防护作用。

参 考 文 献

- 1 刘燕云,曹洪法. 酸雨和 SO_2 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, 4(2): 223~225
- 2 严重玲. 稀土元素对酸雨影响农作物的防护效应: [博士学位论文]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 1997. 72~102
- 3 Huff A. Peroxidase-catalysed oxidation of chlorophyll by hydrogen peroxide. Phytochemistry, 1982 (21): 261~265

Response of Spinach to Acid Rain and Conservation of Rare Earth Elements to the plant

Yan Chongling¹, Hong Yetang¹, Lin Peng³, Yang Xianke², and Fu Shunzhen²

(¹ The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Guiyang, 550002; ² Guizhou Institute of Environmental Protection, Guiyang 550002; ³ Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract Pbt experiments were made to study the conservation of rare earth elements on effect of acid rain on ecophysiological characteristics of spinach. The result showed: under the stress of acid rain, chlorophyll content, chlorophyll a/b values and SOD activity in spinach leaves were gradually decrease, and the curve changing of SOD activity showed in shape of “ ”. After applied rare earth elements, chlorophyll content and chlorophyll a/b values increased. SOD activity increased sharply and the peak value of variation curve of SOD activity was moved toward the direction of higher, although plants were treated by acid rain stress as a whole, rare earth elements can conserve spinach from being affected by acid rain, particular in $pH > 3.5$.

Key words Spinach; Rare earth elements; Acid rain stress; Ecophysiological characteristics; Conservation