农业环境科学学报 2009,28(8):1636-1639
Journal of Agro-Environment Science

镧对酸雨胁迫下大豆萌发种子能量动态变化的影响

王丽君[1], 周 青[1,2]

(1.江南大学环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122; 2.江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘 要:为了探索La(Ⅲ)对酸雨胁迫下大豆种子萌发时能量动态变化的影响,以pH 2.5、4.0模拟酸雨和La(Ⅲ)(25 mg·L^{-1})处理大豆种子,采用培养皿恒温培养箱培养方法,测定了La(Ⅲ)对不同酸雨强度胁迫下大豆种子萌发时ATP含量、能荷、过氧化氢酶活性、线粒体活性及呼吸速率的影响。结果表明,随着酸雨胁迫强度的增加,大豆种子萌发ATP含量、EC含量、CAT活性、线粒体活性和呼吸速率均降低;La(Ⅲ)预处理可缓解酸雨胁迫对大豆种子萌发ATP含量、EC含量、CAT活性、线粒体活性和呼吸速率的影响,增强种子抗酸雨胁迫能力。说明La(Ⅲ)可通过增强能量代谢来缓解酸雨对大豆萌发种子的伤害,增强种子抗酸雨能力。

关键词:大豆;酸雨胁迫;镧;种子萌发;能量代谢
中图分类号:X503.231 **文献标志码**:A **文章编号**:1672-2043(2009)08-1636-04

Dynamic Effects of La Energy Metabolism of Soybean Seed Germination Under Acid Rain Stress

WANG LI-jun[1], ZHOU Qing[1,2]

(1.School of Environment and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2.The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to explore the dynamic effects of La(Ⅲ) on energy metabolism of soybean seed germination under different acid rain intensity stress. Two simulated acid rain(SAR) solutions with pH 2.5, 4.0, respectively, and neutral solution(pH 7.0) as control were designed. Seeds were treated with $LaCl_3$(25 mg·L^{-1}) and placed in culture dishes with filter sheets to germinate in a culture container kept at a constant temperature of 20 ℃. Each treated group involved three dishes and each dish received 30 seeds. During germination, seeds were exposed to simulated acid rain with pH 2.5, 4.0 for 7 d respectively, until the germination was over. The effects of La(Ⅲ) on the ATP content, energy charge(EC), catalase(CAT) activity, mitochondrial activity, respiratory rate were investigated during seed germination under acid rain stress. The results showed that with the enhancing strength of acid rain stress, the energy metabolism indexes of ATP content, energy charge, CAT activity, mitochondrial activity and respiratory rate were decreased. Compared with the treatment with only acid rain stress, the ATP content, energy charge, the CAT activity, mitochondrial activity and respiratory rate in seeds under acid rain stress when seed were pretreated with La(Ⅲ) were increased. These results showed that La(Ⅲ) could alleviate the damage of acid rain to seed germination by enhancing the energy metabolism, and then increase the ability of seed germination to resist acid rain.

Keywords: soybean; acid rain stress; lanthanum; seed germination; energy metabolism

酸雨(Acid rain, AR)为国际社会最为关注的全球大气环境问题之一,引起国内外学者的广泛关注。目前,我国AR正呈蔓延之势,集中表现为AR降水面积占国土总面积的比例不断扩大,降水等值线也从长江以南地区大幅度向西北移动,越过了长江和黄河[1]。种子萌发是作物生命进程的起点,其萌发率的高低、萌发参数改变、萌发生理进程等皆影响作物后期生育状况。众多研究报道发现,AR可抑制作物种子萌发[2-3]。稀土(RE)农用为中国科学家首创、居世界领先水平的技术。稀土元素具有促进作物种子萌发,提高作物产量、品质,增强植物抗性等效用[4-5],因而被用于缓解酸雨对植物的伤害[6]。鉴于种子萌发时,种子内有机物的分解、合成与转变以及营养物质的运输均需要能量,研究能量代谢这一过程实有必要。

收稿日期:2009-01-05
基金项目:江南大学质量工程建设项目(20081218);江苏省教育厅"高等学校大学生实践创新训练"项目(20070730)
作者简介:王丽君(1987—),女,山东德州人,生物工程学士,研究方向为环境科学。
通讯作者:周 青 E-mail:zhouqeco@yahoo.com.cn

本实验在前期研究基础上[7],以大豆为试材,研究镧[La(Ⅲ)]对 AR 胁迫下大豆萌发种子能量代谢的影响，进一步揭示酸雨对作物伤害效应和稀土增强大豆抗御酸雨能力的作用机理,为寻求减轻 AR 伤害的措施提供借鉴。

1　材料与方法

1.1 材料处理

模拟酸雨(AR)配制参考文献[8],先配制好 pH 为 1.0 模拟酸雨母液，硫酸和硝酸的体积比为 4.7:1,将母液分别调配成 pH 2.5、4.0 的 AR 溶液，并经 pHS-29A 酸度计（上海精密科学仪器有限公司)校准。选取大豆(台湾 292)种子 144 份,每份 30 粒,0.1%$HgCl_2$ 溶液消毒 15 min，去离子水冲洗 3 次,自然晾干至恒重,称每份种子重量。常温下,将 72 份大豆于浓度为 25 mg·L^{-1} $LaCl_3$ 溶液中浸种，另 72 份大豆于蒸馏水中浸种,浸种时间均为 24 h。浸种结束后,每个处理大豆种子均匀排列在直径 12 cm 垫有两层滤纸的培养皿中，每皿 30 粒，进行酸雨胁迫处理,(20±1)℃恒温培养箱培养,每日更换相应强度的溶液(20 mL),萌发 7 d 结束,从萌发第 1 d 开始隔天测定呼吸速率、CAT 活性、ATP 含量及能荷 EC。对实验数据进行统计处理。本实验设置 2 个 AR 处理组(pH 2.5,4.0)和一个对照组(CK,pH 7.0),每处理 3 皿(即 3 个平行样)。

1.2 指标测定

呼吸速率和过氧化氢酶(CAT)活性测定参照文献[10];线粒体提取参照文献[11];ATP 含量测定与能荷(EC)=([ATP]+1/2 [ADP])/([ATP]+[ADP]+[AMP])计算参照文献[12]。

2　实验结果

2.1 La(Ⅲ)对不同强度 AR 胁迫下大豆萌发种子 ATP 和 EC 含量的影响

图 1 显示,与 CK 相比,La(Ⅲ)组种子 ATP 和EC 含量均高于 CK;AR 组和 La(Ⅲ)+AR 组大豆萌发种子 ATP 和 EC 含量随 AR 胁迫时间先升后降,且整个胁迫期内(1~7 d),ATP 和 EC 含量均低于 CK。与 CK 相比，各处理组 ATP 和 EC 含量增幅均遵循下面规律:La(Ⅲ)组>AR(pH4.0)+La(Ⅲ)组>AR4.0 组>AR(pH2.5)+La(Ⅲ)组>AR2.5 组。这表明:①随着 AR 胁迫强度增加，大豆种子萌发 ATP 和 EC 含量降低;②La(Ⅲ)预处理可缓解 AR 对大豆种子萌发 ATP 和 EC 含量的降低。

2.2 La(Ⅲ)对不同强度 AR 胁迫下大豆萌发种子CAT 与线粒体活性及呼吸速率的影响

图 2 显示,La(Ⅲ)组种子 CAT 活性、线粒体活性和呼吸速率均高于 CK,整个胁迫期内(1~7 d),AR 组和 La(Ⅲ)+AR 组种子 CAT 活性、线粒体活性和呼吸速率均低于 CK。与 CK 相比,CAT 活性、线粒体活性和呼吸速率增幅均遵循下面规律:La(Ⅲ)组>CK 组>AR(pH4.0)+ La(Ⅲ)组>AR(pH4.0)组> AR(pH2.5)+La(Ⅲ)组> AR(pH2.5)组。这表明:①随着 AR 胁迫强度的增加,大豆种子萌发 CAT 活性、线粒体活性和呼

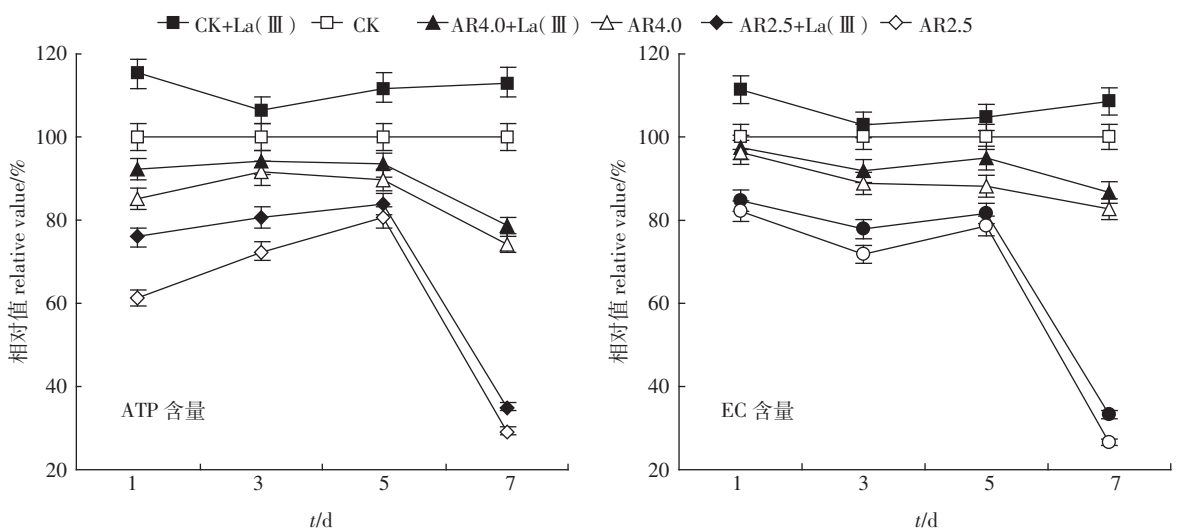

图 1 镧对酸雨胁迫下大豆种子 ATP 与 EC 含量的动态影响

Figure 1 Dynamic effects of La(Ⅲ) on content of germination ATP and EC in soybean seed under acid rain stress

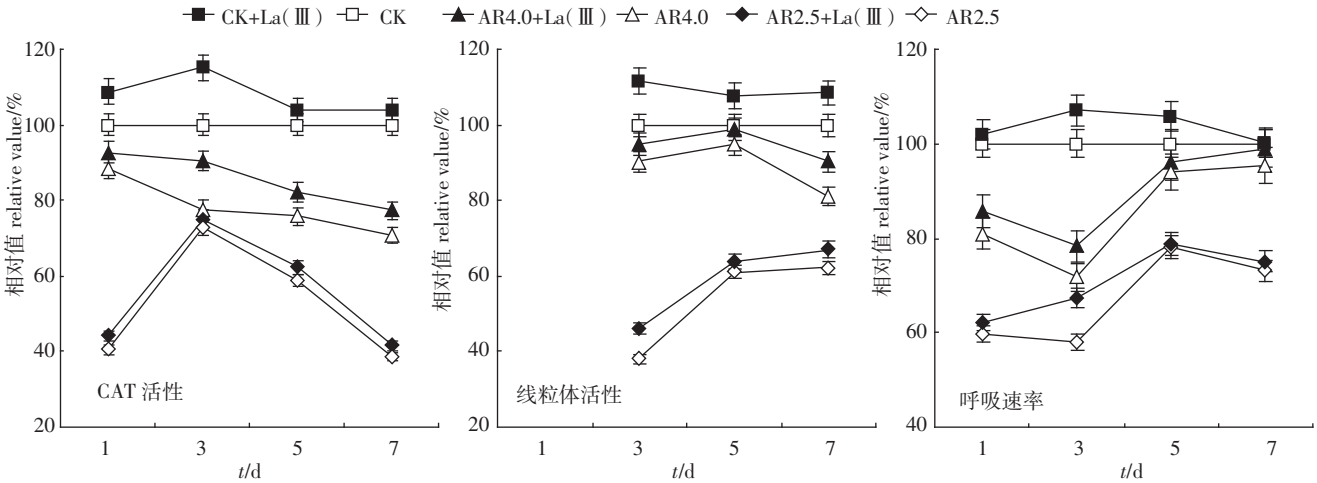

图 2 镧对酸雨胁迫下大豆种子 CAT 活性、线粒体活性和呼吸速率的动态影响

Figure 2 Dynamic effects of La(Ⅲ)on the CAT activity, mitochondrial activity and respiration rate in soybean seed under acid rain stress

吸速率降低;②La(Ⅲ)预处理可缓解 AR 胁迫对大豆种子萌发 CAT 活性、线粒体活性和呼吸速率的影响,增强种子抗 AR 胁迫能力。

3 讨论

本实验结果表明,AR 胁迫(pH 2.5,4.0)抑制大豆种子呼吸和能量代谢,表现为 ATP 含量、能荷、CAT 活性与线粒体活性及呼吸速率均低于 CK, 且降低程度与 AR 胁迫强度正相关。已有报道[7,12]和本文研究结果显示,AR 胁迫对大豆萌发种子的可能伤害机理是:①AR 胁迫条件下,H^+大量进入细胞,破坏种子内环境酸度平衡,改变与呼吸有关的酶活性,使呼吸功能受抑,ATP 与 EC 合成、转换受阻;②在 AR(pH 2.5,4.0)胁迫下,CAT 活性降低,清除自由基能力下降,引起自由基积累,过量自由基攻击线粒体膜结构,触发膜脂过氧化反应,引发线粒体结构受损,呼吸作用受抑制,使得 ATP 合成受阻,EC 含量降低。

La(Ⅲ)处理后大豆萌发种子 ATP 含量、能荷、CAT 与线粒体活性及呼吸速率均高于单一酸雨处理组,表明在 pH 2.5、4.0 的 AR 胁迫下,La(Ⅲ)处理大豆种子虽未完全避免 AR 胁迫引起伤害,但危害程度已得到缓解,反映出 La(Ⅲ)可以通过促进萌发种子呼吸和能量代谢来缓解 AR 胁迫对萌发种子伤害。推测其防护机理可能是:①La(Ⅲ)直接提高种子呼吸速率,增加糖类呼吸基质比例,动员能量物质流向胚根细胞而促进了其早期生长, 提高了种子活力及对 AR 胁迫的耐受力;②La(Ⅲ)缓解 AR 胁迫导致的细胞 CAT 活性降低,有效抑制 AR 诱发的自由基积累对种子线粒体造成的损伤,促进细胞呼吸作用,提高种子 ATP 合成速率,为抵抗 AR 胁迫提供更多能量,最终提高种子萌发对 AR 胁迫的耐受能力。本实验提示在农业生产中,可以采用 La(Ⅲ)溶液浸种减轻 AR 对大豆萌发种子损伤,从而一定程度上减轻农业损失。

综合上述得知:①AR 能够明显抑制大豆萌发种子能量代谢, 且抑制强度与 AR 胁迫强度呈正相关;②La(Ⅲ)预处理可缓解 AR 胁迫对大豆萌发种子能量代谢的伤害,增强种子抗 AR 胁迫能力。

参考文献:

[1] 牛建刚, 牛荻涛, 周浩爽, 等. 酸雨的危害及其防治综述[J]. 灾害学, 2008, 23(12):110–116.
NIU J G, NIU D T, ZHOU H S, et al. Review on damage and control measures of acid rain[J]. *Journal of Catastrophology*, 2008, 23(12):110–116.

[2] 倪寿清, 宋晓东, 崔清洁, 等. 模拟酸雨胁迫下中国北方小麦生理特性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2008, 39(1):19–22.
NI S Q, SONG X D, CUI Q J, et al. Physiological changes of northern wheat under stress effect of simulated acid rain in China [J]. *Journal of Shandong Agricultural University* (*Natural Science*), 2008, 39(1): 19–22.

[3] 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[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(5):921–925.
ZENG Q L, ZHANG G S, SHEN D X, et al. Effect of acid on germination of rice and rape[J]. *Journal of Agro-environmental Science*, 2004, 23(5):921–925.

[4] Zhou Q, Huang XH, Zhang GS, et a1. Advances of recent research on rare earth in the field of pollution ecology[J]. *Journal of Rare Earth*, 2004, 22(2):177 181.

[5] 陈远孟, 白厚义, 李杨瑞. 镧在主要农作物上的应用及生理生化作用[J]. 广西农业科学, 2003(6):14–17.

CHEN Y M, BAI H Y, LI Y R. Application of lanthanum in major crops and its physiological and biochemical roles[J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2003 (6): 14–17.

[6] 高利利, 张　晨, 邱　琳, 等. 酸雨胁迫下镧对冬小麦种子萌发的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 129–133.
GAO L L, ZHANG C, QIU L, et al. Effects of lanthanum on germination of winter wheat seeds under acid rain stress[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2008, 28(1): 129–133.

[7] 徐凌翔, 丁　爽, 周　青. 大豆种子萌发过程中呼吸作用对酸雨胁迫的响应[J]. 大豆科学, 2008, 27 (2): 255–258, 266.
XU L X, DING S, ZHOU Q. Reponses of respiration in seed germination of soybean to acid rain stress[J]. *Soybean Science*, 2008, 27(2): 255–258, 266.

[8] 张耀民, 吴丽英, 王晓霞, 等. 酸雨对农作物的叶片伤害及生理特性的影响[J]. 农业环境保护, 1996, 15(5): 197–208.
ZHANG Y M, WU L Y, WANG X X, et al. Effects of acid rain on leaf injury and physiological characteristics of crops[J]. *Agro-environmental Protection*, 1996, 15(5): 197–208.

[9] 方能虎, 洪法水, 赵贵文. 稀土元素对水稻种子萌发初期的酶活性和内源激素含量的动态影响[J]. 稀土, 2001, 22(1): 31–33.
FANG N H, HONG F S, ZHAO G W. Effect of rare earth on dynamic change of enzyme activity and hormone contents of rice during its early germination[J]. *Rare Earth*, 2001, 22(1): 31–33.

[10] 郝建军, 康宗利, 于　洋, 等. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 12.
HAO J J, KANG Z L, YU Y, et al. Plant physiology experimental technology[M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2006: 12.

[11] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72(1): 248–254.

[12] 刘　冰, 梁婵娟. 生物过氧化氢酶研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 223–225.
LIU B, LIANG C J. Recent advances of catalase in organism[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(5): 223–225.