

镧对 UV - B 胁迫下大豆幼苗膜脂过氧化影响^{*}

闫生荣² 张 岚² 周 青^{1, 2}

(1. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 无锡 214036;

2. 江南大学环境生态研究室, 无锡 214036)

摘要 采用水培实验方法进行 LaCl_3 对大豆 (*Glycine max*) 幼苗最适喷施浓度的筛选, 并在此基础上初步研究了 La 对紫外辐射 (UV - B; $0.15\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $0.30\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$) 胁迫下大豆幼苗膜脂过氧化的影响. 实验结果表明, $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ La 能显著提高大豆叶片 CAT、POD 等抗氧化酶活性, 降低细胞质膜透性和 MDA 含量, 改善大豆幼苗抗氧化代谢功能. La+UV - B 和 UV - B 组细胞质膜透性和 MDA 含量的动态走势相近, 仅为前者的增幅低于后者, La+T₁ 组的增幅低于 La+T₂, 表明 La 能够缓解 UV - B 辐射造成的膜脂过氧化作用, 且 La 对 T₁ 的防护效果优于 T₂.

关键词 La; UV - B 辐射; 大豆幼苗; 膜脂过氧化

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A 文章编号 1000 - 9841(2006)02 - 0145 - 04

新近观察表明, 地球南、北极和中纬度地区上空的臭氧层仍处在消耗中, 这将使抵达地球表面的太阳 UV - B 辐射增强. 纵使各国严格遵守《蒙特利尔议定书》的大气污染物排放标准, 臭氧层延至 2050 年才可恢复到 1970 年前的水平^[1]. 作为生态系统缔造者的植物, 因其自身不能移动的特性, 承受紫外辐射增强所带来的生存胁迫程度倍于动物, 而植物兴衰所引发的震荡, 将对生态系统的结构、功能与稳定性产生难以估量的后果. 令人欣慰的是, 国内外已从调控植物代谢、提高植物自身抗性的原则出发, 运用 CO_2 ^[2~3]、外源抗氧化剂(抗坏血酸^[4]、 α -生育酚和苯醌等^[5])、 α -萘乙酸^[6]、硒^[7~9]、激光辐射^[10~12]等调节因子以增强植物抗 UV - B 辐射的耐性. 前期工作中, 本研究室发现稀土调节剂 Ce 具有缓解 UV - B 辐射伤害油菜幼苗的效应, 并证实该效应同 Ce 调节植物的光合作用有关^[13~14]. 于此, 本文中我们考察了 La 对 UV - B 辐射胁迫下大豆幼苗膜脂过氧化的影响, 以进一步诠释稀土减轻 UV - B 伤害植物的内在原因.

1 材料和方法

1.1 试材培养

大豆 (*Glycine max*) “垦农 18” 种子用 5% HgCl_2 消毒 5min, 去离子水冲洗 5 次, 放入铺有 3 层纱布的培养皿中, 于恒温培养箱 (25°C) 中萌发. 待胚根长至 1cm 移入塑杯 ($\Phi=8\text{cm}$) 中去离子水培养, 每杯 3 株, 每天换水 1 次. 当第二组三出复叶出现时, 改用 1/2 Hoagland 营养液、室温 ($30^\circ\text{C}/25^\circ\text{C}$) 下培养, 每天光照 12h, 光强 8klx, 早晚通气各 1 次, 并用去离子水维持溶液体积, 每 3d 换 1 次营养液, 至第三组三出复叶展开后进行 La 和 UV - B 辐射处理.

1.2 试材处理

配制 10 、 20 、 30 、 40 、 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ LaCl_3 梯度溶液. 用喷雾器均匀喷布大豆叶片, 以滴液为限, 对照 (CK) 植株喷等量的蒸馏水, 各处理与对照均 3 杯, 3 次重复. 48h 后, 以质膜透性、MDA、CAT 和 POD 为指标, 进行 La 效应浓度的筛选. La 预处理 48h 后, 放置于特定剂量的紫外灯下进行胁迫处理.

将 40W UV - B 灯管 ($\lambda=280 \sim 320\text{nm}$, 南京紫光电器厂) 悬挂于植株的上方, 辐射强度设定为: T₁ ($0.15\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) 和 T₂ ($0.30\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), 并经紫外辐射仪(双通道辐照计, 北京师范大学光电仪器厂) 验

* 收稿日期: 2005 - 10 - 08

基金项目: 国家发改委稀土专项基金 (GFZ040628) 与江苏省科技厅高新技术项目基金 (GB2005040) 资助

作者简介: 闫生荣 (1981 -), 男, 硕士研究生.

联系人: 周青, E-mail: zhouqeco@yahoo.com.cn.

证,每日照射 6h(10:00~16:00),连续处理 5d。为保持实验全程紫外辐射强度恒定不变,需不断调节灯管的高度。动态指标测定于紫外辐射第一天开始,每隔 24h 测定 1 次,连续测定 6 次。

1.3 指标测定

取同向、同叶位大豆幼苗叶片测定质膜透性、MDA、CAT 和 POD。质膜透性和 CAT 活性测定参照邹琦^[15]方法。POD 活性测定参考文献^[16~17]方法。丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定^[18]。

2 结果与分析

表 1 La 对大豆幼苗质膜透性、MDA、CAT 和 POD 的影响
Table 1 Effect of La on plasmolemma permeality, MDA content, CAT and POD activities of soybean seedlings

处理 Treatments	质膜透性% Plasmolemma pem eality	丙二醛含量/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ MDA content	过氧化氢酶/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ CAT activity	过氧化物酶/ $\triangle\text{A470}/\text{min}\cdot\text{g}^{-1}$ POD activity
CK	21.83±0.01e (0.00)	0.02395±0.00088c (100.00000)	346.28±14.24a (100.00)	0.436±0.001a (100.000)
10	17.25±0.23c (-4.57)	0.01460±0.00051b (60.94905)	394.51±17.29ab (113.93)	0.530±0.004b (121.593)
20	14.67±0.01a (-7.06)	0.01134±0.00001a (47.32533)	425.26±0.35b (122.81)	0.536±0.002b (122.975)
30	16.13±0.01b (-5.70)	0.01154±0.00001a (48.18952)	385.26±0.10ab (111.26)	0.518±0.044b (118.920)
40	17.41±0.24c (-4.41)	0.01282±0.00009a (53.51393)	358.05±15.83a (103.40)	0.515±0.008b (118.334)
50	18.43±0.49d (-3.40)	0.01499±0.00003b (62.59260)	353.94±17.83a (102.21)	0.501±0.010ab (114.941)

注:第 1 列括号内为差值,2~4 列为相对值,同一列中相同字母表示差异不显著($P<0.05$),
Note: The value in the bracket of 1st column was difference value while the others were relative values. The same letters of the same column indicated that the difference was not significant at 5% level.

2.2 LaCl₃ 对 UV-B 胁迫下大豆幼苗膜脂过氧化影响

2.2.1 LaCl₃ 对 UV-B 胁迫下大豆幼苗质膜透性的影响

细胞生物膜系统是紫外辐射胁迫伤害的靶位之一。质膜透性是反映植物逆境条件下伤害程度的指标。图 1a 为 6 种状况下大豆质膜透性的动态变化趋势。La 组质膜透性在整个实验时段(胁迫和恢复两阶段)始终低于 CK,表明 La 具有增强大豆抗氧化代谢水平,改善细胞膜透性的稳定效果。UV-B 与 La+UV-B 组质膜透性均呈先升(1~5d)后降(6~12d)态势,仅在各自对应时段的增幅上存在差异,即前者增幅>后者,La+T₂>La+T₁,表明 La 缓解了 UV-B 对膜系统造成的伤害,且 La 对 T₁ 的防护效

2.1 LaCl₃ 最适浓度的筛选

为了解 LaCl₃ 调节大豆幼苗生理功能的最佳浓度,实验中设置了 10、20、30、40、50mg·L⁻¹LaCl₃ 等差浓度的溶液,以质膜透性、MDA、CAT 和 POD 为指标,进行 LaCl₃ 最佳浓度的筛选。由表 1 可见,在所设定的 5 个浓度范围内,LaCl₃ 均有增加大豆幼苗 CAT 和 POD 活性及降低细胞质膜透性和 MDA 的作用。LaCl₃ 可通过提高 CAT、POD 等抗氧化酶的活性,增强清除活性氧的能力,降低其对细胞膜不饱和脂肪酸的攻击,进而改善大豆幼苗的抗氧化代谢功能。在不同的浓度处理和四个指标中,均以 20mg·L⁻¹ 的效果最佳。以下关于 La 对紫外辐射下大豆膜脂过氧化影响的实验,均采用此浓度。

果优于 T₂。

2.2.2 LaCl₃ 对 UV-B 胁迫下大豆幼苗 MDA 的影响

植物在逆境条件下,往往发生膜脂质过氧化反应。MDA 是植物过氧化的产物之一,通常作为膜脂质过氧化指标,用于表示细胞膜脂质过氧化程度和植物对逆境条件反映的强弱。图 1b 展现的是 UV-B 辐射胁迫下,大豆幼苗 MDA 含量的动态变化。La 组 MDA 含量变化趋势与质膜透性近同;UV-B 与 La+UV-B 组 MDA 含量的变化也与质膜透性相似。比较而言,T₂ 组的伤害效应>T₁ 组,符合剂量-效应规律;La+UV-B 组的曲线走势同 UV-B 组近同,只是曲线的位置均低于 UV-B 组(更接近 CK),且 La+T₁ 组的增幅<La+T₂,表明在整个

实验时段 La 均可能诱导抗氧化酶活性, 增强清除活性氧能力, 尽量维持活性氧代谢, 减少其对细胞膜系统中不饱和脂肪酸的攻击, 降低膜系统自氧化链式

反应发生相关, 且 La 对低剂量 UV-B 辐射的防护效果优于高剂量 UV-B 辐射。

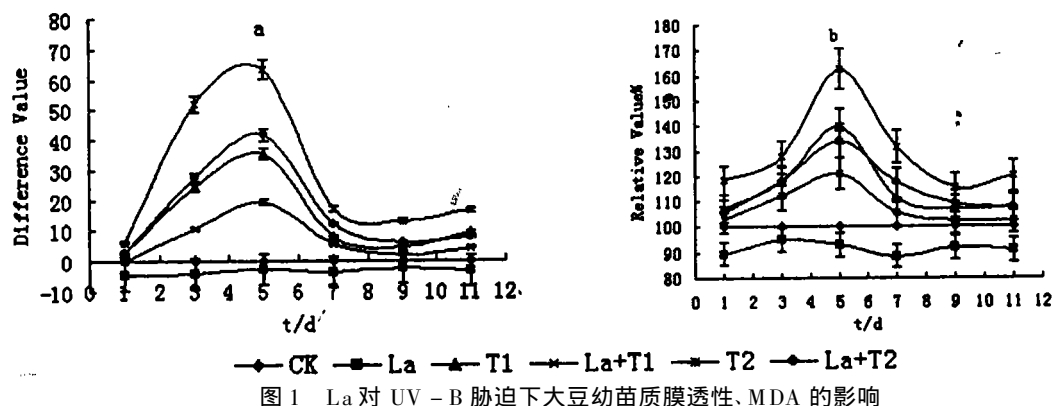


图 1 La 对 UV-B 胁迫下大豆幼苗质膜透性、MDA 的影响
Fig. 1 Effect of La on plasmolemma permeability and MDA content of soybean seedlings under UV-B stress
(a) 质膜透性; (b) MDA

3 结论

3.1 本实验研究结果表明, 适当浓度的稀土 LaCl₃ 能提高大豆叶片抗氧化酶 CAT 和 POD 活性, 降低细胞质膜透性和 MDA 含量, 改善了大豆幼苗的抗氧化代谢功能, 进而有利于其生长和发育。LaCl₃ 对大豆的最佳喷施浓度为 20mg · L⁻¹。本实验仅体现出 Hormesis 现象的低促效应。

3.2 20mg · L⁻¹ LaCl₃ 能降低大豆幼苗细胞质膜透性和 MDA 含量, 在一定程度上改善了大豆幼苗的抗氧化代谢功能, 减缓了 UV-B 辐射对细胞膜脂质的过氧化作用。

3.3 综合 La 对 UV-B 胁迫下大豆幼苗细胞质膜透性和 MDA 含量的动态影响结果可知, 由于 La 介导, 减缓了两项指标在胁迫期上升趋势, 而加快了在恢复期的下降速度, 缩短恢复历程, 最终呈现较优的恢复效果, 且低剂量的优于高剂量。

至于 La 对 UV-B 胁迫下大豆抗氧化系统(抗氧化酶系统和抗氧化物)和活性氧含量的影响, 以及如何对活性氧代谢途径进行多点调控等问题, 将在课题后续研究中给出答案。

参 考 文 献

- 1 UNEP, 2002. Executive Summary. Final of UNEP/WMO Scientific Assessment of Ozone Depletion; 2002. Prepared by the Scientific Assessment Panel of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer[R]. UNEP, Nairobi(released 23 August 2002)

- 2 Yu J, Tang X X, Zhang P Y, et al. Effects of CO₂ enrichment on photosynthesis, lipid peroxidation and activities of antioxidative enzymes of platyomonas subcordiformis subjected to UV-B radiation stress[J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46(6): 682- 690
- 3 王军, 李方民, 邹志荣, 等. CO₂ 浓度倍增减轻 UV-B 辐射对大棚番茄的抑制作用研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 817- 821.
- 4 Ervin E H, Zhang X, Fike J H, et al. Ultraviolet-B radiation damage on kentucky bluegrass. I. Antioxidant and colorant effects[J]. Hort Science, 2004, 39(6): 14650- 1470
- 5 Jain K, Kataria S, Guruprasad K N, et al. Effect of UV-B radiation on antioxidant enzymes and its modulation by benzoquinone and alpha tocopherol in cucumber cotyledons[J]. Current Science, 2004, 87(1): 87- 90.
- 6 刘芸. α-NAA 和 UV-B 辐射对柞楼幼苗光合色素及保护酶活性的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 80- 13.
- 7 AuXue T L, Hartikainen H. Association of antioxidative enzymes with the synergistic effect of selenium and UV irradiation in enhancing plant growth[J]. Agricultural and Food Science in Finland, 2000, 9(2): 177- 186.
- 8 Pennanen A, Xue T L, Hartikainen H, et al. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress[J]. Journal of Applied Botany, 2002, 76(1- 2): 66- 76.
- 9 Valkama E, Kivimaenpaa M, Hartikainen H, et al. The combined effects of enhanced UV-B radiation and selenium on growth, chlorophyll fluorescence and ultrastructure in strawberry (Fragaria x ananassa) and barley (Hordeum vulgare) treated in the field[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003, 120(1- 4): 267- 278.
- 10 齐智. 激光对蚕豆幼苗紫外线-B 辐射损伤的防护作用[J]. 中国激光, 2002, 29(1): 91- 94.
- 11 韩榕. He-Ne 激光对小麦幼苗增强 UV-B 辐射损伤的修复效应[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 263- 269.
- 12 Qi Z, Yue M, Han R, et al. The damage repair role of He-Ne laser on plants exposed to different intensities of ultraviolet-B radiation[J]. Photochemistry and Photobiology, 2002, 75(6): 680

- 686.
- 13 梁婵娟, 曾庆玲, 沈东兴, 等. 稀土对 UV-B 辐射伤害植物的影响 (I) - Ce 对 UV-B 辐射胁迫下油菜幼苗生长的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 22-25.
- 14 梁婵娟, 黄晓华, 陶文沂, 等. 稀土对 UV-B 辐射伤害植物的影响 (I). Ce(III) 对 UV-B 胁迫下油菜幼苗生长及光合作用影响 [J]. 中国稀土学报, 2005, 23(3): 351-356.
- 15 邹琦主编. 植物生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 95, 77.
- 16 Evans J J. The distribution of peroxidase in extreme dwarf and normal tomato [J]. Phytochemistry, 1965, 4: 499-503.
- 17 Wittenbach V A, Bukavac M J. Cherry fruit abscission: peroxidase zone in relation to separation [J]. J Amer Soc Sci, 1975, 100: 387-389.
- 18 张志良主编. 植物生理学实验指导 (第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. 274-277.

EFFECT OF LANTHANUM ON MEMBRANE LIPID PREOXIDATION OF SOYBEAN SEEDLINGS UNDES SUPPLEMENTAL UV-B IRRADIATION

Yan Shengrong² Zhang Lan² Zhou Qing^{1,2}

(1. *The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036; 2. Laboratory of Environmental Ecology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036*)

Abstract Effect of lanthanum (La^{3+}) on membrane lipid peroxidation of soybean seedlings under elevated ultraviolet-B radiation (UV-B; 280~330nm) at $15\mu\text{W}/\text{cm}^2$ and $30\mu\text{W}/\text{cm}^2$ level was studied with hydroponics under laboratory conditions. Firstly, such indexes of plasmalemma permeability, MDA content, CAT and POD activities were utilized to choose the best spraying concentration of rare earth to soybean seedlings. Our result showed that $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\text{La}$ significantly increased activities of CAT and POD, decreased plasmalemma permeability and MDA content and that improved antioxidant metabolism of soybean seedlings. The plasmalemma permeability and MDA content of soybean seedlings gradually increased during supplemental ultraviolet-B radiation and then decreased after ultraviolet-B stress. The dynamic trend of plasmalemma permeability and MDA content in soybean seedlings exposed to ultraviolet-B radiation with the pretreatment of lanthanum was similar to the above UV-B treatment. However, the range of variation of UV-B and La treatment was lower than only UV-B treatment; that of low dosage of UV-B and La treatment was also lower than high dosage of UV-B and La treatment. It could be concluded that La could mitigate membrane lipid peroxidation caused by UV-B stress and that its protective effects against low UV-B radiation was better than that of high UV-B radiation.

Key words Lanthanum; Ultraviolet-B radiation; Soybean seedlings; Membrane lipid peroxidation