

Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射下大豆幼苗叶片含水量的影响

张君玮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:采用水培法研究 Ce(Ⅲ)对紫外辐射(UV-B, 280~320 nm)胁迫下大豆“台湾 292”幼苗叶片含水量的影响。静态实验结果显示, 20 mg·L⁻¹ CeCl₃ 处理提高了大豆幼苗叶片自由水含量, Ce(Ⅲ)+UV-B 组自由水/束缚水值高于 UV-B 组。动态曲线显示 Ce(Ⅲ)缓解了 UV-B 辐射胁迫期大豆幼苗叶片含水量的下降, 促进恢复期含水量的提升。UV-B 辐射对大豆幼苗叶片两种渗透调节物质(游离脯氨酸、可溶性糖)含量的影响不同, 使得游离脯氨酸大量积累, 而可溶性糖含量急剧下降。Ce(Ⅲ)处理对 UV-B 辐射表现出拮抗效应, 即减弱了游离脯氨酸的积累, 同时促进可溶性糖含量的增加。相关性分析结果显示, Ce(Ⅲ)改善了游离脯氨酸及可溶性糖调节大豆幼苗叶片含水量的作用。试验结果表明, 20 mg·L⁻¹ CeCl₃ 处理有效防御了 UV-B 辐射对大豆幼苗水分代谢的胁迫作用。

关键词: Ce(Ⅲ); UV-B 辐射; 大豆幼苗; 叶片含水量

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2009)01-0040-04

Effect of Cerium on Water Content in Leaves of Soybean Seedlings Under Supplementary UV-B Radiation Stress

ZHANG Jun-wei¹, 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 understand effect of rare earth on water metabolism in soybean seedlings under UV-B radiation stress. Effect of cerium(Ⅲ) on water content in leaves of soybean seedlings exposed to ultraviolet-B radiation (UV-B, 280~320 nm) was studied with hydroponics under laboratory conditions. The levels of UV-B irradiation were 0.15 Wm⁻² (T1) and 0.45 Wm⁻² (T2), which were determined by ultraviolet radiac (made by photo-electricity instrument factory of Beijing Normal university), Irradiated six hours every day (9:00~15:00), lasted for five days, then entered recovery periods, totally ten days. There were 6 sample sets (CK, Ce, T1, Ce+T1, T2, Ce+T2) in the experiment. Static experimental results show that 20 mg·L⁻¹ CeCl₃ increased free water content in soybean leaves. The value of free water content/irreducible water content of Ce(Ⅲ)+UV-B treatments was higher than that of UV-B treatments. Dynamic curve showed Ce(Ⅲ) eased UV-B radiation stress on water content in soybean leaves, accelerated the recovery pace. UV-B radiation affected two osmolytes (proline, soluble sugar) in soybean leaves differently, promoted accumulation of free proline, and caused soluble sugar content dropping sharply. Ce(Ⅲ) demonstrated a tagonistic effect on UV-B radiation, weakened free proline' accumulation, while increasing the content of soluble sugar. Correlation analysis showed that Ce(Ⅲ) improved the role of free proline and soluble sugar in regulating water content in soybean leaves under UV-B radiation. The experimental results showed that Ce(Ⅲ) played an effective way to ease UV-B radiation stress on water metabolism of soybean seedlings.

Keywords: cerium(Ⅲ); UV-B radiation; soybean seedlings; water content in leaves

紫外辐射增强对地球生物(包括人类)的影响已到了不可避免的地步。UV-B 辐射所引起的环境生态

学效应及相关生物学机理仍将是今后国内外科学研究的热点之一。研究表明 UV-B 辐射导致植物组织含水量下降, 细胞渗透调节物质脯氨酸的积累, 与 UV-B 辐射诱导的膜脂过氧化作用密切相关^[1-2]。植物叶片含水量和水势的降低会影响到植物的光合作用, 引起生理代谢活动的紊乱。前期工作中, 本研究室证实稀土 La 在促进植物清除活性氧自由基, 防御细胞膜脂

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 国家发改委稀土专项基金(IFZ20051210)

作者简介: 张君玮(1984—), 男, 河南三门峡人, 硕士研究生, 主要研究方向环境生态学。

通讯作者: 周 青 E-mail: zhouqeco@yahoo.com.cn

过氧化,维持质膜透性方面的生物学价值^[3]。文献调研结果显示,氯化钼能缓解渗透胁迫下小麦幼苗叶片含水量的下降,改善了小麦叶片水分状况^[4];使用氯化钼能够减轻 UV-B 辐射引起的大豆幼苗叶片可溶性糖含量的下降^[5],但相关方面的研究未见系统报道。本文在此基础上探讨了 Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射下大豆幼苗叶片含水量的影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料

大豆(G.max)“台湾 292”种子用 0.1% HgCl₂ 消毒 10 min,去离子水冲洗 4 次后置铺有 3 层纱布的培养皿中,于恒温培养箱(25℃)中萌发。待胚根长至 1 cm 移入塑杯(口径 15 cm)中去离子水培养(每杯 3 株),每日换水 1 次。第 2 枚真叶出现时,改用 1/2 Hoagland 营养液,在室温(30℃/25℃)下培养,每日光照 12 h(光强 1.5 klx),早晚通气各 1 次,每 3 d 换 1 次营养液,至第 3 片真叶展开后,进行 Ce(Ⅲ)和 UV-B 辐射处理。

1.2 试验设计

以预试验筛选的最适浓度 CeCl₃(20 mg·L⁻¹)溶液处理大豆植株,喷雾器均匀喷布叶片,滴液为限,对照(CK)喷等量蒸馏水。24 h 后置特定剂量紫外灯下胁迫处理。

模拟紫外辐射的 40 W UV-B 灯管($\lambda=280\sim320$ nm)悬于植株上方,辐射强度定为 0.54 kJ·h⁻¹·m⁻² 和 1.62 kJ·h⁻¹·m⁻²,经双通道 UV-B 紫外辐照计(北京师范大学光电仪器厂)标定,每日照射 6 h(9:00~15:00),连续照射 5 d。为保持实验全程紫外辐射剂量不变,需不断调节灯管高度。

试验设置为:CK、Ce(Ⅲ)(喷 CeCl₃)、T1(UV-B / 0.54 kJ·h⁻¹·m⁻²)、T2(UV-B/1.62 kJ·h⁻¹·m⁻²)、Ce(Ⅲ)+T1(Ce(Ⅲ)+UV-B/0.54 kJ·h⁻¹·m⁻²)及 Ce(Ⅲ)+T2(Ce(Ⅲ)+UV-B / 1.62 kJ·h⁻¹·m⁻²)。以上各处理均 3 杯,3 次重复。

1.3 测定内容与方法

自由水、束缚水含量:用阿贝折射仪测定,方法参考植物生理学实验指导^[6];叶片含水量:采取快速烘干称重法测定;可溶性糖含量:蒽酮法测定,方法参考植物生理学实验指导^[7];脯氨酸含量:提取用磺基水杨酸法,显色采用酸性茚三酮法^[8-9]。

动态测定于紫外辐射第 1 d 开始,每隔 1 d 测定 1 次,连续测定 5 次。

2 结果与分析

2.1 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗叶片自由水、束缚水含量的影响

图 1 显示,较之 CK,Ce(Ⅲ)处理下大豆幼苗叶片自由水/束缚水值显著增加。UV-B(T1 与 T2)辐射导致大豆幼苗叶片自由水/束缚水值分别比 CK 下降了 20.79% 和 25.48%,降幅与辐射强度呈现剂量-效应关系。Ce(Ⅲ)+UV-B 处理缓解了大豆幼苗叶片自由水含量的下降。表明 Ce(Ⅲ)减轻了 UV-B 辐射对大豆幼苗的伤害作用。

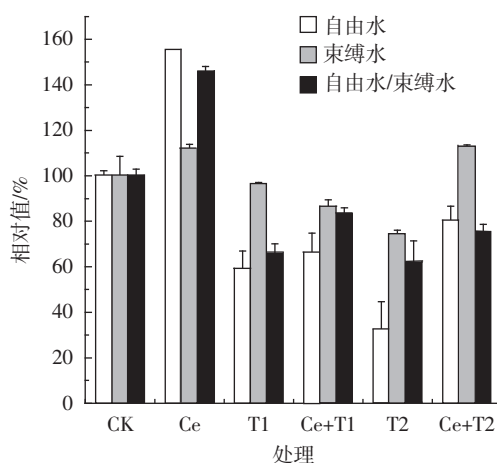


图 1 Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射下大豆幼苗叶片自由水、束缚水含量的影响

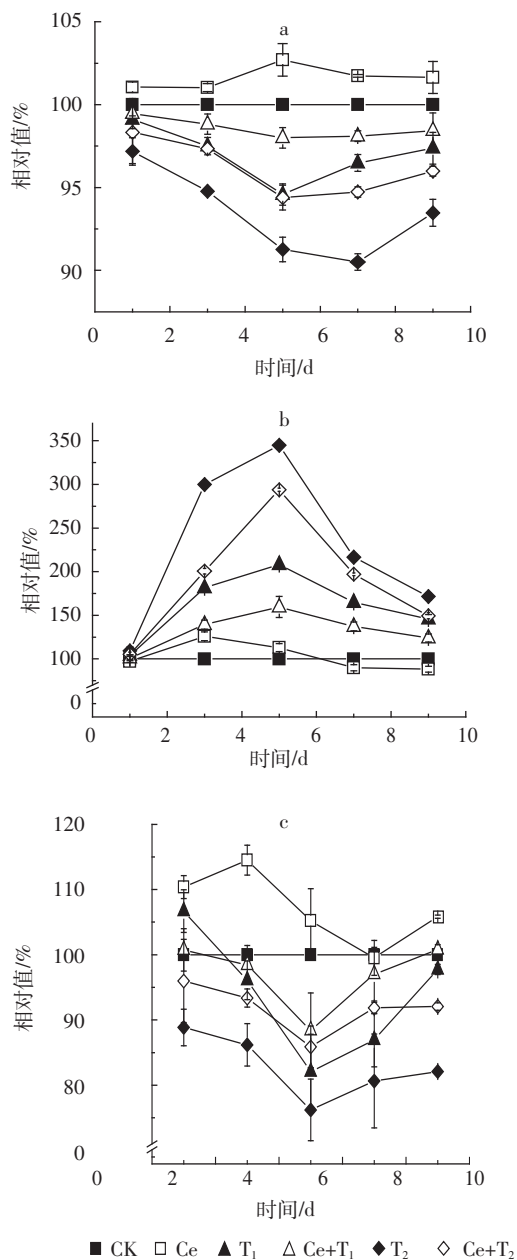
Figure 1 Effect of Ce(Ⅲ) on free and irreducible water content in soybean seedlings

2.2 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗叶片含水量的动态影响

图 2a 为大豆幼苗叶片含水量的动态变化。Ce(Ⅲ)组含水量在整个试验阶段均高于 CK。胁迫期(1~5 d),UV-B 组大豆幼苗叶片含水量迅速降低,且降幅与辐射剂量正相关,归因于 UV-B 辐射引起的膜脂过氧化作用。Ce(Ⅲ)+UV-B 组大豆幼苗叶片含水量降幅小于对应的 UV-B 组。恢复期(7~9 d),Ce(Ⅲ)促进了大豆幼苗叶片含水量的上升。

2.3 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗游离脯氨酸含量的动态影响

图 2b 是大豆幼苗叶片游离脯氨酸含量的动态变化曲线。第 1 d,各处理组间脯氨酸含量差异不大,表明大豆对 UV-B 辐射伤害的应激反应存在滞后效应。较之 CK,第 2~5 d UV-B 及 Ce(Ⅲ)+UV-B 组脯氨酸逐渐积累并增至最大,且 UV-B 组的增幅大于对应的



■ CK □ Ce ▲ T₁ △ Ce+T₁ ◆ T₂ ◇ Ce+T₂

a.叶片含水量;b.游离脯氨酸含量;c.可溶性糖含量

图2 Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射下大豆幼苗叶片含水量、游离脯氨酸及可溶性糖含量的影响

Figure 2 Effect of Ce(Ⅲ) on water content, free proline and soluble sugar content in soybean seedlings

Ce(Ⅲ)+UV-B 组。脯氨酸的积累一定程度上保护了大豆幼苗免受 UV-B 辐射的伤害。恢复期 (7~9 d), UV-B 及 Ce(Ⅲ)+UV-B 组脯氨酸含量逐渐降低,与大豆幼苗自身修复系统的启动,生理代谢逐渐恢复正常有关;并且,脯氨酸本身可作为能源物质加速植物的恢复。整个处理期间 Ce(Ⅲ)降低了大豆幼苗叶片脯氨酸的累积,体现出 Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射的防护

效应,促进大豆幼苗生理代谢活动趋于正常。

2.4 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗可溶性糖含量的动态影响

图 2c 为大豆幼苗叶片可溶性糖含量的动态变化趋势。Ce(Ⅲ)处理下可溶性糖含量高于 CK,源于 Ce(Ⅲ)对光合作用的促进作用。胁迫期 (1~5 d), 较之 CK, UV-B 组可溶性糖含量大幅下降,降幅与辐射强度呈现剂量-效应关系,可溶性糖含量的降低可能是 Chl 含量降低、Hill 反应活力降低、Rubisco 活性受抑制的结果。Ce(Ⅲ)+UV-B 组可溶性糖含量下降幅度明显小于对应的 UV-B 组。恢复期 (7~9 d), UV-B 组与 Ce(Ⅲ)+UV-B 组可溶性糖含量均得到提升,且 Ce(Ⅲ)+UV-B 组恢复效果优于 UV-B 组。

表 1 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗叶片含水量与游离脯氨酸及可溶性糖含量的相关关系

Table 1 Effect of Ce(Ⅲ) on correlationship between water content and free proline, soluble sugar content in soybean

seedlings' leaves under UV-B stress				
处理	T1	Ce(Ⅲ)+T1	T2	Ce(Ⅲ)+T2
叶片含水量-可溶性糖	0.806	0.807	0.776	0.789
叶片含水量-游离脯氨酸	0.807	0.824	0.549	0.779

2.5 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗叶片含水量与游离脯氨酸及可溶性糖含量的相关性分析

为了解 Ce(Ⅲ)对 UV-B 胁迫下大豆幼苗叶片含水量与游离脯氨酸及可溶性糖含量的联系,将含水量分别与脯氨酸、可溶性糖含量进行相关性分析。相关系数(r)列于表 1,从中可见,T1 组叶片含水量与游离脯氨酸及可溶性糖含量相关系数大于 T2 组,Ce(Ⅲ)+T1 组相关系数大于 Ce(Ⅲ)+T2 组,表明游离脯氨酸及可溶性糖在低剂量 UV-B 辐射下对维持叶片含水量作用更为明显,且 Ce(Ⅲ)在低剂量 UV-B 辐射下发挥出更好的促进作用。高剂量 UV-B 辐射下,细胞严重失水,脯氨酸和可溶性糖的渗透调节作用有限。Ce(Ⅲ)+T1 和 Ce(Ⅲ)+T2 组相关系数分别大于 T1 及 T2 组,表明 Ce(Ⅲ)改善了 UV-B 辐射下游离脯氨酸及可溶性糖调节大豆幼苗叶片含水量的作用。

3 讨论

自由水/束缚水值可作为衡量植物受逆境胁迫程度的指标之一。 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CeCl}_3$ 处理增加了大豆幼苗叶片自由水含量,促进大豆幼苗的生理代谢活动。Ce(Ⅲ)减缓了 UV-B 辐射下自由水/束缚水值的下降。叶片自

由水含量在维持叶片一定的气孔导度、保护光系统的功能,促进光合作用方面起着重要作用、表明 Ce(Ⅲ)有效防御了 UV-B 辐射对大豆幼苗的胁迫伤害效应。

Hu 等^[1]研究结果表明,UV-B 辐射会使春小麦叶片相对含水量和水势降低,且土壤干旱和 UV-B 辐射复合处理具有叠加效应。王霞等^[10]研究表明,逆境胁迫条件下,植物膜透性增加,组织相对含水量下降,植物细胞膜透性增加与组织相对含水量降低负相关。据此推测 UV-B 辐射导致大豆幼苗叶片含水量的降低与 UV-B 辐射伤害细胞膜,增加膜透性有关。另外,实验在 6 月份进行,此时大豆幼苗生理代谢旺盛,蒸腾作用强烈,是造成失水的原因之一。而 Ce(Ⅲ)+UV-B 组大豆幼苗叶片含水量的下降趋势得到缓解,可能是 Ce(Ⅲ)提高了 CAT、POD 的活性,促进了活性氧自由基的清除,起到了保护细胞膜、维持细胞渗透压的作用。

逆境胁迫下植物体内脯氨酸积累已得到证实^[11]。UV-B 辐射下脯氨酸积累与大豆幼苗叶片含水量降低具有相关性,并且低剂量时,两者相关性强一些。脯氨酸的积累是 UV-B 胁迫下植物生理代谢活动紊乱的结果,虽能够减轻 UV-B 辐射引起的渗透胁迫和膜脂过氧化作用^[12],但这种保护作用非常有限,主要是作为植物受逆境胁迫程度的一个衡量尺度。而 Ce(Ⅲ)+UV-B 组脯氨酸的积累低于相应的 UV-B 组,表明 Ce(Ⅲ)缓解 UV-B 辐射对大豆幼苗的胁迫伤害作用,一定程度上促进了大豆幼苗生理活动的正常进行。

可溶性糖可以调节细胞质的渗透势,同时对酶、蛋白质和生物膜起保护作用。UV-B 辐射对大豆幼苗叶片光合机构的损伤是导致可溶性糖含量降低的主要原因。Ce(Ⅲ)能够减轻这种伤害作用,缓解了 UV-B 辐射下可溶性糖含量的下降。综合 Ce(Ⅲ)对大豆幼苗叶片可溶性糖含量的动态影响,Ce(Ⅲ)对 UV-B 辐射下光合器官的保护,促进了可溶性糖的合成,有利于维持细胞渗透势,避免叶片含水量过度下降。

综合试验结果,Ce(Ⅲ)减轻了 UV-B 辐射对膜的损伤,维持了细胞的渗透势;促进生理代谢协调进行,改善渗透调节物质的渗透调节作用。有效缓解了 UV-B 辐射下大豆幼苗叶片含水量的下降。

参考文献:

- [1] Hu Y F, Shi W L, Ling X, et al. The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat[J]. *South African Journal of Botany*, 2007, 73:429-434.
- [2] 杨景宏,陈 拓,王勋陵. 增强 UV-B 辐射对小麦叶片内源 ABA 和游离脯氨酸的影响[J]. *生态学报*, 2000, 20(1):39-42.
- [3] 闫生荣,黄晓华,李春辉,等. 镧对 UV-B 辐射胁迫下大豆幼苗活性氧代谢的动态效应[J]. *中国油料作物学报*, 2006, 28(4):431-435.
- [4] 安建平,陈靠山,周 燮. 氯化镧对渗透胁迫引起的膜损伤和 ABA 含量的影响[J]. *中国稀土学报*, 1994, 12(4):348-351.
- [5] 薛 隽,刘 文,周 青,等. La 对 UV-B 辐射下大豆幼苗 NRA 和可溶性蛋白的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2006, 28(3):298-301.
- [6] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2003. 1-3.
- [7] 邹 琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:中国农业出版社, 2000. 111-112.
- [8] 杜希华,侯福林,杨培林. 人造沸石及浸提剂对植物脯氨酸含量测定的影响[J]. *山东师范大学学报*, 2000, 15(3):301-303.
- [9] 张殿忠,汪沛洪,赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J]. *植物生理学通讯*, 1990, (4):62-65.
- [10] 王 霞,侯 平,尹林克,等. 水分胁迫对柽柳组织含水量和膜透性的影响[J]. *干旱区研究*, 1999, 16(2):12-15.
- [11] Hare P D, Cress W A, Van S J. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1999, 50(22):413-434.
- [12] 邵艳军,山 仑. 植物耐旱机制研究进展 [J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(4):16-20.
- [13] YANG Jing-Hong, CHEN Tuo, WANG Xun-Ling. Effect of enhanced UV-B radiation on endogenous ABA and free proline contents in wheat leaves[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1):39-42.
- [14] YAN Sheng-rong, HUANG Xiao-hua, LI Chun-hui, et al. Dynamic effect of La on reactive oxygen metabolism of soybean seedlings under supplemental UV-B irradiation[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2006, 28(4):431-435.
- [15] AN Jian-ping, CHEN Kao-shan, ZHOU Xie. Effect of La^{3+} on membrane damage induced by osmotic stress and ABA content[J]. *Journal of Rare Earths*, 1994, 12(4):348-351.
- [16] XUE Juan, LIU Wen, ZHOU Qing, et al. Effect of La^{3+} on soybean seedling nitrate reductase activity and soluble protein content under supplemental UV-B radiation[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2006, 28(3):298-301.
- [17] ZHANG Zhi-liang, QU Wei-jing. The experimental guide for plant Physiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2003. 1-3.
- [18] ZOU Qi. The experimental guide for plant physiology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 111-112.
- [19] DU Xi-hua, HOU Fu-lin, YANG Pei-lin. Effects of permutet and extractants on the content determination of free proline in plant leaves[J]. *Journal of Shandong Normal University*, 2000, 15(3):301-303.
- [20] ZHANG Dian-zhong, WANG Pei-hong, ZHAO Hui-xian. Determination of the content of free proline in wheat leaves[J]. *Plant Physiology Communications*, 1990, 4:62-65.
- [21] WANG Xia, HOU Ping, YIN Lin-ke, et al. Effect of tissue relative water content and membrane permeation of tamarix under soil-water stress slowly[J]. *Arid Zone Research*, 1999, 16(2):12-15.
- [22] SHAO Yan-Jun, SHAN Lun. Advances in the studies on drought tolerance mechanism of plants[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(4):16-20.