

研究
简报

铀尾沙胁迫对水稻幼苗叶绿素含量、MDA含量和SOD活性的影响

易 俗 王瑞兰 汪 琼 陈康贵 李 丹 邓 芳*

(湖南科技大学生命科学院,湖南湘潭 411201)

Effects of Uranium Tail Stress on Chlorophyll Content and MDA Content and Activity of SOD in Rice Seedlings

YI Su, WANG Rui-Lan, WANG Qiong, CHEN Kang-Gui, LI Dan, DENG Fang

(School of Life Science, Hunan Science and Technology University, Xiangtan 411201, Hunan, China)

铀尾沙是铀水冶厂将铀矿石经过水冶处理提取铀后排出的废渣,含少量铀和其他放射性核素,以及其他化学有毒、有害元素如锰、镉等,是一种复合污染物。尾矿库析出的氡、受污染的水和悬浮的尾矿尘等对周围的环境造成了一定程度的污染^[1,2]。作者在对铀尾矿库周围农田进行调查时发现水稻的生长受到了影响,主要表现在水稻生长茂盛但不开花,或者能开花结实但其米饭口感差。所以,有必要探讨铀尾沙影响水稻生长的机理。近年来,人们对逆境胁迫下植物体内的叶绿素含量的变化和植物体内活性氧的产生与膜脂过氧化作用的关系以及植物膜系统的结构和功能的变化等进行了逆境伤害和抗性生理的研究,对自由基诱导产生的膜脂过氧化作用及其对整体膜破坏的影响已引起人们的注意^[3]。本文采用室内培养法研究铀尾沙对杂交水稻幼苗叶绿素含量、丙二醛(MDA)含量、SOD活性的影响,旨在初步了解铀尾沙对水稻的早期毒害。

1 材料与方法

1.1 材料处理

培两优 288(杂交晚籼稻)购自湘潭市种子公司,种子经漂洗选种后,用 0.2% HgCl₂ 溶液消毒 10 min,再用清水冲洗干净,于 30 °C 浸种催芽 24 h^[3]。精选露白种子,分别播种在 5 种不同的培养沙基(100%砂基、75%砂基 + 25%铀尾沙、50%砂基 + 50%铀尾沙、25%砂基 + 75%铀尾沙、100%铀尾沙)中(铀尾沙取自衡阳某厂铀尾矿库,成分见表 1)于人工气候室中培养,光照强度为 1 700 lx,光照时间 10 h/d,温度 28 (昼)/22 (夜),相对湿度 80%,待幼苗长至二叶一心

期,开始进行水稻幼苗叶片叶绿素含量测定、丙二醛含量测定及 SOD 活性测定,每个实验均重复 3 次。

表 1 铀尾沙化学组成

Table 1 Chemical compositions of the uranium tail

项目 Item	含量 Content	项目 Item	含量 Content
铀(U)	106.7 mg·kg ⁻¹	铜(Cu)	0.02%
镭(Ra)	8390 Bq·kg ⁻¹	锌(Zn)	0.008%
硅(SiO ₂)	73.89%	镍(Ni)	0.016%
铁(Fe)	2.0%	镉(Cd)	0.0005%
铝(Al)	3.32%	氟(F)	0.135%
钙(Ca)	3.47%	总硫(SO ₄ ²⁻)	3.40%
镁(Mg)	0.16%	氯(Cl ⁻)	微
钼(Mo)	0.0066%	硝酸根(NO ₃ ⁻)	0.30%

注:表中数据由 272 厂安环处提供。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 叶绿素含量的测定 按张志良的方法进行^[12]。

1.2.2 MDA 含量测定 按白宝璋等的方法进行^[4]。

1.2.3 SOD 活性的测定 按白宝璋等的方法进行,以抑制氮蓝四唑(NBT)光化还原 50%时的酶液量作为一个酶活力单位(μmol g⁻¹FW)^[4]。

2 结果

2.1 水稻幼苗叶绿素含量的变化

由图 1 可看出,培养基中无铀尾沙含量时,叶绿素含量最低,铀尾沙含量为 50%时,叶绿素含量最高。在培养基中

*基金项目:湖南省教育厅资助项目(01C271)。

作者简介:易 俗(1965-),男,湖南洪江人,副教授,研究方向:植物生理生态。E-mail: yisuch@sohu.com

Received(收稿日期):2003-09-19, Accepted(接受日期):2003-12-01.

铀尾沙含量为 0~50% 的范围内,叶绿素含量随铀尾沙含量增加而增高。而在培养基中铀尾沙含量为 50%~100% 的范围内,叶绿素含量随铀尾沙含量增加而减少。如果将水稻幼苗叶绿素的含量按从低到高进行排序,则对应的培养基中铀尾沙含量为 0、25%、100%、75% 和 50%。

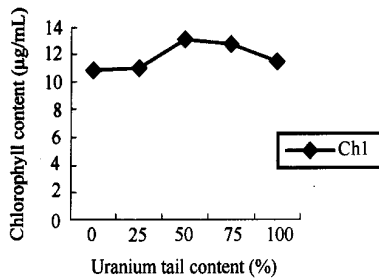


图1 铀尾沙对水稻幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 1 Chlorophyll contents in rice seedlings under uranium tail stress

2.2 水稻幼苗丙二醛(MDA)含量的变化

MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一,其含量可以表示脂质过氧化的程度^[6]。从图 2 可以看出,在 5 种不同的培养基中,水稻幼苗的 MDA 含量各不相同。其中,在 50% 的铀尾沙培养基中 MDA 含量最低,在 100% 铀尾沙培养基中,MDA 含量最高,在 0~50% 的范围内,随铀尾沙含量的增加而降低,而在 50%~100% 的范围内,随铀尾沙含量的增加而增高。这一变化趋势与叶绿素的变化趋势相反。

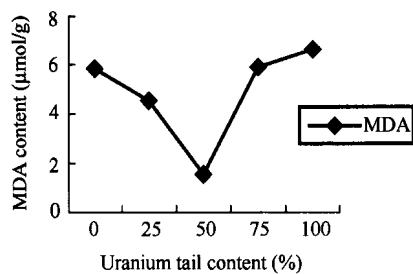


图2 铀尾沙对水稻幼苗 MDA 含量的影响

Fig. 2 Changes of MDA contents in rice seedlings under uranium tail stress

2.3 水稻幼苗 SOD 活性的变化

从图 3 可以看出,100% 铀尾沙培养的水稻幼苗 SOD 活性最高,无铀尾沙培养的水稻幼苗 SOD 活性最低,随培养基中铀尾沙含量的增多而增加,且在无铀尾沙和 25% 铀尾沙之间,增幅渐大,在 75% 铀尾沙和 100% 铀尾沙之间,增幅最大,达到 103.4%,而在 25% 铀尾沙和 50% 铀尾沙之间增幅最小,仅为 12.74%。

3 讨论

环境胁迫可使叶绿素含量降低^[13],Alberte 等^[14]认为,其

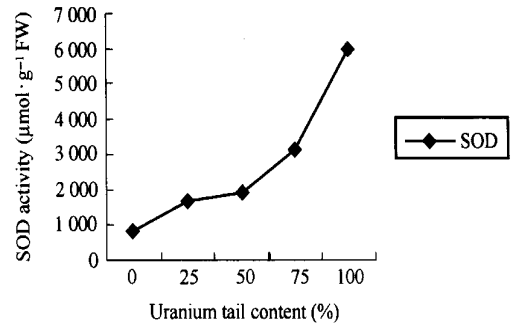


图3 铀尾沙对水稻幼苗 SOD 活性的影响

Fig. 3 Activity of SOD in rice seedlings under uranium tail stress

主要原因是叶绿体片层中捕光叶绿素 a/b_{pro} 复合体合成受到抑制。环境胁迫下水稻幼苗叶绿素含量的降低与 MDA 含量呈现一定的负相关性^[15],本次实验也得到了相同的结果。轻度胁迫下,水稻幼苗体内所产生的活性氧数量少,且足以诱导其体内 SOD、POD、CAT 等保护酶活性提高,足以清除这些活性氧,同时,叶中色蛋白络合物结合度维持在较高水平,可以抵御活性氧的攻击,故轻度胁迫不足以使其受伤害。严重环境胁迫可使水稻幼苗体内超氧化物阴离子自由基水平和 H₂O₂ 含量显著增加,脂质过氧化产物 MDA 大量增加,导致质膜的完整性严重破坏情况下,叶绿素含量也明显降低^[15],此时植物体内活性氧产生和清除的平衡遭到破坏,且水稻叶片中叶绿素-pro 络合物结合度明显松弛,叶绿素外露,为活性氧的攻击提供了有利条件,因而,导致植物细胞的氧化伤害。

铀尾沙中既有一些不利于植物生长的放射性元素和重金属元素,同时又比一般土壤中富含氮、磷、铁、镁等利于植物生长的矿质,因而当培养基中砂与铀尾沙的质量百分比控制在一个合适的比例时,植物的长势最好,叶绿素含量最丰富,同时,膜脂过氧化产物 MDA 的含量也最低。随着砂与铀尾沙质量百分比的减少,铀尾沙对植物的生长开始产生一定的危害,在这种环境胁迫下叶绿素含量逐渐降低,MDA 含量升高。另一方面,随着砂与铀尾沙质量百分比的升高,砂中因为缺乏一些铀尾矿中富含的氮、磷、铁、镁等矿质,叶绿素含量也会逐渐降低,MDA 含量升高。这也说明本次实验设计的不足。

环境胁迫因子通过影响植物抗氧化酶的活性,引起活性氧代谢失调,导致活性氧累积和膜脂过氧化损伤,可能是生物遭受逆境的重要特征^[8,9]。植物器官在逆境条件下,往往发生膜脂过氧化作用,MDA 是其产物之一。MDA 常被作为脂质过氧化指标,反映细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件下反应的强弱^[10],在铀尾沙逆境下,MDA 含量也显著增多。

SOD 是生物长期生存在有氧的大气中,逐渐进化形成的一种金属酶^[11],SOD 可以催化超氧化物阴离子自由基的歧

化作用,生成分子氧或过氧化氢,控制脂质氧化,减少膜系统的伤害^[10]。较高的 SOD 活性是植物抵抗逆境胁迫的生理基础,SOD 活性下降,膜脂过氧化加强,又导致 MDA 进一步积累^[11],本实验没有得到相似的结果,可能是因为铀尾沙的胁迫在水稻幼苗的耐受范围内,因而出现了 SOD 活性随铀尾沙含量增加而升高的现象,而 SOD 活性升高是水稻的应急响应,在镍毒害情况下也观察到这一现象^[9]。

本实验结果揭示出铀尾沙对水稻幼苗生长的影响。由于铀尾沙既有促进,又有抑制水稻幼苗生长的因素,所以其综合作用机理还需进一步研究。

致谢:本次工作得到张锡亭教授和 272 厂黄代富厂长、蔡振民处长、何文星高级工程师等同志的大力协助,在此表示感谢。

References

- [1] Nie YF(聂永丰). Engineering Manual for Disposal of Industrial Wastes (三废处理工程技术手册). Beijing: Chemical Industry Press(in Chinese)
- [2] Li X-T(李旭彤), Ma R-W(马如维), Guo Z-D(郭择得). Dose assessment of remedial action for uranium tailing impoundment of a nuclear factory. *Radiation Protection(辐射防护)*, 2000, (3): 159 - 165
- [3] Liu W(刘宛), Hu W-Y(胡文玉), Xie F-D(谢甫绋), Zou L-D(邹良栋). Effects of NaCl-stress and exogenous free radical on oxygen free radical and membrane lipid peroxidation of isolated wheat leaves. *Plant Physiology Communication(植物生理学通讯)*, 1995, 31(1): 26 - 29
- [4] Bai B-Z(白宝璋), Wang J-A(王景安), Sun Y-X(孙玉霞), Jin Z-Z(靳占忠). Test Technique for Plant Physiology(植物生理学测试技术). Beijing: China Technical Press, 1993(in Chinese)
- [5] Dhindsa R S, Wandekayi Matowe. Drought tolerance in two mosses: Cor-related enzymatic defence against lipid peroxidation. *J Exp Bot*, 1981, 32(126): 79
- [6] Chen G(陈贵), Hu W-Y(胡文玉), Xie F-T(谢甫绋), Zhang L-J(张立军). Solvent for extracting malondialdehyde in plant as an index of senescence. *Plant Physiology Communications(植物生理学通讯)*, 1991, 27(1): 44 - 46
- [7] Wu Z-Q(吴振球), Wu Y-X(吴岳轩). Effects of copper and zinc on groth and superoxide dismutase activity of rice seedlings. *Acta Phytophysiological Sinica(植物生理学报)*, 1990, 16(2): 140 - 142
- [8] Shi Y-L(史跃林), Luo Q-X(罗庆熙). Effects of CaCl₂ on contents of CaM and MDA and permeability of plasma membrane of cucumber seedling under NaCl stress. *Plant Physiology Communication(植物生理学通讯)*, 1995, 31(5): 347 - 349
- [9] Wang H-H(王海华), Kang J(康健), Zeng F-H(曾富华), Jiang M-Y(蒋明义). Effect of nickel at high concentrations on growth and activities of enzymes of rice seedlings. *Acta Agronomica Sinica(作物学报)*, 2001, 27(6): 953 - 957
- [10] Luo G-H(罗广华), Wang A-G(王爱国), Guo J-Y(郭俊颜). Effects of some exogenous factors on superoxide dismutase activity in soybean seedlings. *Acta Phytophysiological Sinica(植物生理学报)*, 1990, 16(3): 239 - 244
- [11] Wu Z-T(伍泽堂), Zhang G-Y(张刚元). Effects of acid, cytokinin and malonndehyde on superoxide dismutase activity. *Plant Physiology Communications(植物生理学通讯)*, 1990, (4): 30 - 32
- [12] Zhang Z-L(张志良). The Experiment Guide for Plant Physiology(植物生理学实验指导). Beijing: Higher Education Press, 1990(in Chinese)
- [13] Xue S(薛崧), Wang P-H(汪沛洪), Xu D-Q(许大全), Li L-R(李立人). Effects of water stress on CO₂ assimilation of two winter wheat cultivars with different drought resistance. *Acta Phytophysiological Sinica(植物生理学报)*, 1992, 18(1): 1 - 7
- [14] Alberte R S, Thornber J P, Fiscus EL. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplaste of maize. *Plant Physiol*, 1977, 59: 351 - 353
- [15] Jiang M-Y(蒋明义), Yang W-Y(杨文英), Xu J(徐江). Stress Physiology and Biochemistry in Hybrid Rice(杂交水稻抗性生理学与生物化学). Changsha: Hunan Science and Technical Press, 1996(in Chinese)