

铈(Ⅲ)对盾叶薯蓣(*Dioscorea zingiberensis* C.H. Wright)组培苗生根及生理生化效应的研究

金春雁¹, 王建安¹, 徐增莱², 顾龚平³, 沙莎¹, 吴国荣^{1*}

(1. 南京师范大学生命科学学院, 江苏南京 210097; 2. 江苏省中科院植物研究所, 江苏南京 210014; 3. 南京野生植物综合利用研究所, 江苏南京 210042)

摘要:以盾叶薯蓣茎段为外植体, 在生根培养基中添加不同浓度的 Ce^{3+} , 观察其对盾叶薯蓣组培苗生根和抗氧化酶系统及活性氧代谢水平的影响。结果表明, $0.5 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Ce^{3+} 对盾叶薯蓣组培苗生根有明显的促进作用, 可显著提高外植体的生根率、单株发根数、根的鲜重等, $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Ce^{3+} 显示出最强的促进效应, 而高浓度的 Ce^{3+} 呈抑制效应。培养基中添加合适浓度的 Ce^{3+} 对组培苗叶片中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)等有显著的调节作用, 有效抑制 $\cdot O_2^-$ 的生成速率和丙二醛(MDA)的积累, 显示出 Ce^{3+} 对组培苗促进生根的效应与调节活性氧代谢水平的一致性。

关键词: 铈; 盾叶薯蓣; 生根效应; 活性氧代谢; 稀土

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4343(2006)03-0380-05

研究表明一定浓度的稀土元素有利于作物对营养元素的吸收和叶绿素的合成^[1, 2], 对植物生长具有一定的调节和刺激作用^[3-5]。近年来, 稀土元素在组织培养上的应用性研究也有一些报道^[6, 7]。盾叶薯蓣(*Dioscorea zingiberensis* C.H. Wright)是我国特有种, 其根状茎中富含薯蓣皂苷元(*Diosgenin*)。早在1943年Marker就已研究证明薯蓣皂苷元是合成甾体激素药物的前体。目前, 国内已可用薯蓣皂苷元合成黄体酮、强的松、可的松、性激素等50余种激素类药物^[8]。由于过去对盾叶薯蓣大量无节制地采挖, 致使野生资源遭到严重破坏, 濒临枯竭, 而人工栽培的盾叶薯蓣也面临着种质退化现象。应用植物组织培养技术进行药用植物的快速繁殖, 恢复其优良品质, 是当前人们关注的热点。

本试验在对盾叶薯蓣离体茎段进行生根培养的过程中添加一定浓度的 Ce^{3+} , 观察稀土元素对该外植体生根及其过程中生理生化的影响, 旨在筛选能加快盾叶薯蓣生根培养的最佳 Ce^{3+} 浓度, 并为稀土元素在珍稀植物组织培养技术中的进一步应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料 实验材料取自江苏省中国科学院植

物研究所自湖北武当地区引种栽培的盾叶薯蓣植株, 切取有顶芽的茎段。

1.2 外植体的生根培养 以 $1/2 \text{ MS} + 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 为基本培养基, 添加不同浓度的 $Ce(\text{NO}_3)_3$ 进行生根培养, 设置8个浓度梯度: 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, $30.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (以纯 Ce^{3+} 计), 每个浓度处理组各设10瓶, 每瓶接入3株外植体, 培养温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光照强度为 $1800 \sim 2000 \text{ lx}$, 光暗各为 $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 。接种后观察和记录各试验组外植体的生根时间, 培养20 d后分别统计各试验组组培苗的生根率、单株发根条数、新根均长、苗高等, 培养50 d后测定鲜根重及其中抗氧化酶系统的活性等, 试验重复3次。

1.3 生理生化指标的测定 超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定: 参照 Stewert 和 Bewley 的 NBT 方法^[9]; 过氧化物酶(POD)活性测定参照 Maehly 等^[10]的愈创木酚氧化法; 过氧化氢酶(CAT)活性的测定按南京建成生物公司研究所的试剂盒要求测定; 丙二醛(MDA)含量的测定参照 Heath 等^[11]的硫代巴比妥酸(TBA)比色法; 超氧阴离子($\cdot O_2^-$)含量的测定参照王爱国等^[12]的方法。

收稿日期: 2005-07-26; 修订日期: 2005-10-06

基金项目: 科技部项目(2003DEB6J074), 国家发改委项目(GJX01100626)和江苏省科技厅项目(BG2001045)

作者简介: 金春雁(1980-), 女, 江苏太仓人, 硕士研究生; 研究方向: 植物生理生化

* 通讯联系人(E-mail: jasmonic589@sohu.com)

1.4 数据处理 实验数据采用 SPSS11.5 软件包进行方差分析,以 $P < 0.05$ 表示显著性差异, $P < 0.01$ 表示极显著性差异。

2 结果与分析

2.1 Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗生根的影响 (1) Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗生根率的影响。盾叶薯蓣外植体在生根培养基上生长 20 d 后开始形成明显的根系,隔天一次测定根系生长量,直至第 40 d 结束。由表 1 可见,在 Ce^{3+} 浓度为 $0.5 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各试验组,试管苗生根率分别高出对照组 17% ~ 42%, Ce^{3+} 浓度 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的试验组,生根率最高,超过 90%。在该浓度范围内各试验浓度组与对照组以及不同试验浓度组之间生根率的差异达到显著水平,明显表现出培养基中合适浓度的 Ce^{3+} 促进试管苗生根的作用。 Ce^{3+} 浓度至 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时即表现为抑制作用,生根率较对照低 9% 左右。

Ce^{3+} 浓度为 $0.5 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各试验组中,单株发根均数分别较对照多出 1 ~ 3 条,其中 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 试验组单株发根均数超过 5,生根效果达到最佳($P < 0.001$),明显高于其他处理浓度,生根最多的苗可达到 11 ~ 12 条根,而且根系明显较对照粗壮。 Ce^{3+} 浓度 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的试验组试管苗生根极少,部分苗基部甚至有褐变现象,表现为明显的抑制作用。提示合适浓度的 Ce^{3+} 有助于外植体基部愈伤组织的形成和根系的分化。

(2) Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗根系生长的影响。由表 1 可见,培养基中添加 $0.5 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 后根系生长速度均好于对照, $1 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 浓度促进根系生长效果最明显,根系生长速度显著快于对照,也较其他浓度的 Ce^{3+} 试验组高。对根

系长度观察值进行方差分析, $1 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 试验组与对照相比均有显著差异。这表明适当浓度的 Ce^{3+} 处理能加快根组织细胞的分裂和伸长。

(3) Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗根鲜重的影响。 $1 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 浓度内各试验组的根鲜重显著高于对照(表 1),分别为对照的 2.1 ~ 3.2 倍,尤其 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 试验组的试管苗根鲜重明显高于其他浓度。 Ce^{3+} 高于 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各试验组,根鲜重均低于对照。

2.2 Ce^{3+} 对薯蓣组培苗 SOD, POD, CAT 活性的影响 SOD, POD, CAT 是植物细胞内重要的保护酶,前者歧化超氧阴离子($\cdot O_2^-$),而后两者则进一步分解 SOD 的产物 H_2O_2 ,其活性的高低在一定程度上反映着细胞活力的强弱。由图 1 可以看出,在试管苗的培养过程中添加一定浓度 Ce^{3+} ,会有助于提高试管苗的 SOD 活性。在 $0.5 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 各试验组 SOD 活性均较对照组高($1 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时 $P < 0.001$, $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时 $P < 0.05$),在 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 达到最高,为对照的 2.2 倍。 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Ce^{3+} 试验组 SOD 活性则低于对照组($P < 0.001$),可能是由于稀土过量,从而对植物产生毒害的缘故。

在培养基中加入 Ce^{3+} 对组培苗 POD 活性的影响与 SOD 有所不同,在 $0.5 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的各试验组,POD 的活性呈下降趋势,在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时降到最低,为对照的 83.0% ($P < 0.05$),当 Ce^{3+} 浓度大于 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 后,POD 活性逐渐上升,在 $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最高,为对照的 1.38 倍($P < 0.001$), Ce^{3+} 浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,再次低于对照组($P < 0.001$)。与相关报告称 POD 活性在受胁迫时应激性升高,受到实质性损伤时会下降的现象是一致的^[13]。

表 1 Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗生根的影响($X \pm S, n = 3$)^{*}

Ce^{3+} 浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	接种数量 (外植体数)	生根率/ %	单株发根均数/ 条	新根均长/ cm	根鲜重/ mg
0(ck)	90	49.00 ± 1.20ab	1.70 ± 0.10a	0.95 ± 0.08a	6.20 ± 0.52b
0.5	90	76.30 ± 2.31de	2.20 ± 0.21ab	1.01 ± 0.09a	7.60 ± 0.58b
1	90	82.40 ± 2.50de	3.70 ± 0.29c	1.65 ± 0.13c	13.20 ± 1.47c
5	90	91.00 ± 2.54e	5.21 ± 0.44e	1.71 ± 0.15c	20.13 ± 1.68d
10	90	87.06 ± 2.34e	4.80 ± 0.37de	1.60 ± 0.13c	17.10 ± 1.50d
15	90	67.40 ± 2.01cd	3.62 ± 0.35c	1.43 ± 0.11bc	12.90 ± 1.29c
20	90	58.00 ± 1.80bc	2.84 ± 0.28bc	1.24 ± 0.12ab	5.37 ± 0.23ab
30	90	40.20 ± 1.00a	1.40 ± 0.16a	1.10 ± 0.10ab	2.94 ± 0.10a

* 同一列中带相同字母表示处理间差异不显著($P < 0.05$)

添加铈后,浓度在 $0.5 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各试验组, CAT 活性均高于对照组 ($0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.01$; $1 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.001$), 在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最高, 为对照组的 1.6 倍。 $\text{Ce}^{3+} \geq 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 试验组的组培苗 CAT 活性显著低于对照 ($P < 0.001$), Ce^{3+} 对 CAT 活性的影响与 SOD 相似, 但 CAT 似乎较 SOD 对 Ce^{3+} 更为敏感。

2.3 Ce^{3+} 对薯蓣组培苗 $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率及 MDA 活性的影响 $\cdot\text{O}_2^-$ 是细胞代谢紊乱状态下的产物, 是导致脂质过氧化的主要启动因子之一^[14]。由图 4 可知, 随着培养基中 Ce^{3+} 浓度的增加, $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率呈现先下降后上升的变化趋势, 在 $0.5 \sim 10$

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 各试验组, $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率一个比一个低 ($1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.01$; $5 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.001$), 在 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最低, 为对照的 64.8%。与在该浓度范围内 Ce^{3+} 促进组培苗细胞内 SOD 活性增加的结果能互相印证。 Ce^{3+} 浓度 $> 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的试验组, $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率则高于对照组, Ce^{3+} 浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的试验组 $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率已高于同期对照组 36.3% ($P < 0.001$), 提示与该试验组生根少且有组织发生褐变的现象应当是相关联的。高浓度的 Ce^{3+} 对试管苗有毒害作用, 与其时 SOD 活性受到抑制也是一致的。

植物组织中 MDA 是膜脂质过氧化的产物, 其含量高低可以反映膜脂质过氧化水平的高低^[13]。本实验中, Ce^{3+} 对盾叶薯蓣试管苗的 MDA 含量的影响如图 5 所示, 表现为低浓度 Ce^{3+} 试验组细胞内 MDA 含量较对照组低 (1 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.01$; $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.001$), 在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最低, 仅为同期对照组的 60.4%; 在 Ce^{3+} 浓度 $\geq 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 细胞内 MDA 含量均高于对照组 ($30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $P < 0.05$), 表明在培养基中添加一定含量的 Ce^{3+} , 对组培苗有抗氧化保护作用。

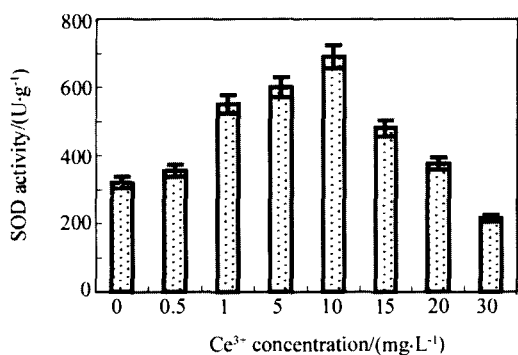


图 1 铈对盾叶薯蓣组培苗 SOD 活性的影响

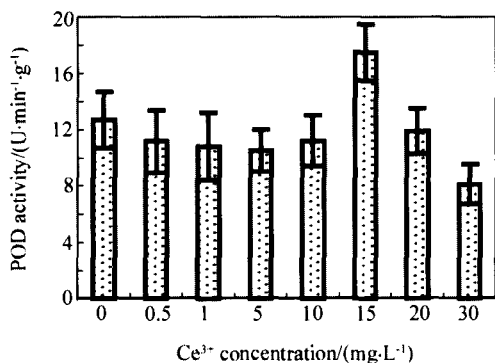


图 2 铈对盾叶薯蓣组培苗 POD 活性的影响

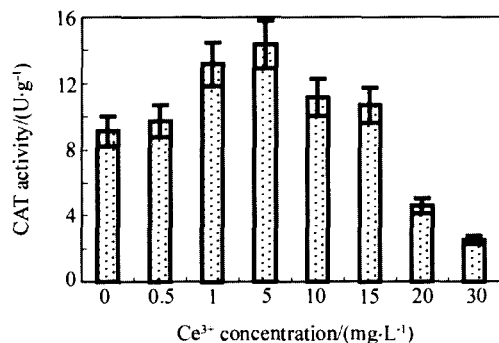


图 3 铈对盾叶薯蓣组培苗 CAT 活性的影响

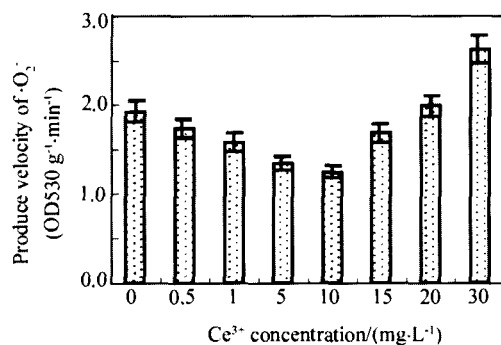


图 4 铈对盾叶薯蓣组培苗 $\cdot\text{O}_2^-$ 产生速率的影响

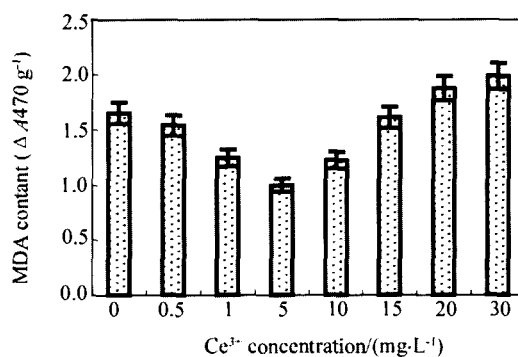


图 5 铈对盾叶薯蓣组培苗 MDA 含量的影响

3 讨论

实验结果表明,在培养基中添加 $0.5 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度的 Ce^{3+} 可明显促进盾叶薯蓣组培苗愈伤组织的形成,促进根的分化、生长和根系的生长发育, $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Ce^{3+} 表现出最高的促进效应。宋卫平等^[15]报道过 $10 \sim 30 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ 及 $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ 处理可明显加快白沙枇杷组培苗根愈伤组织的形成和不定根的分化。郑燕玲^[16]及宋卫平等^[17]还报道过镧对绿巨人和欧洲李试管苗有促进生根的作用。其原因有人认为可能是适量的稀土元素能增加植物体内源激素的含量,从而促进组培苗的分化生长^[7],而高浓度的稀土则会破坏 Ce^{3+} 在细胞膜上的作用,影响细胞膜的透性,使胞质中的 K^+ 等营养离子流失,阻碍了植株的正常营养代谢^[18]。现从组培苗活性氧代谢平衡的角度探讨培养基中的 Ce^{3+} 对组培苗生长的影响。就组培苗的生理状态看,组培苗处在一个由细胞分裂素、生长素类等植物激素诱导的旺盛分裂、分化和生长的时期,其活性氧的代谢必然也相对旺盛。正常情况下,植物细胞内的 $\cdot\text{O}_2^-$ 等活性氧、自由基的产生和清除处于动态平衡状态,组培苗细胞中旺盛的活性氧代谢必须有清除活性氧的酶系统和小分子非酶系统的活跃与之相互匹配,建立起在更高水平上的动态平衡。一旦平衡被破坏或不能建立新的平衡,机体就会受到 $\cdot\text{O}_2^-$, $\text{HO}\cdot$ 和 H_2O_2 等活性氧和自由基的攻击,首先表现在膜的损伤上^[19]。本文的实验证实,在培养基中加入一定浓度的 Ce^{3+} 有助于提高组培苗抗氧化保护酶的活性,特别是 SOD 和 CAT 对此非常敏感,它们抑制 $\cdot\text{O}_2^-$ 等产生的速率,抑制 MDA 的积累,显现出抑制膜脂过氧化反应的生物学效应。提示一定浓度的 Ce^{3+} 对组培苗细胞内更高水平的活性氧代谢平衡的建立起着重要作用。POD 的活性在 Ce^{3+} 低浓度试验组有下降趋势,至一定浓度时才会升高,继而再下降,表明细胞内 POD 活性变化与 SOD, CAT 活性变化及细胞内总抗氧化力变化的关系也是有规律可循的,它们既是一个统一体,又彼此区别,互相补充^[20]。这在另一侧面证实了一定浓度的 Ce^{3+} 具有增强细胞内抗氧化力的效应。郑燕玲等^[16]在阴生植物绿巨人(*Spathiphyllum mauna*)的组培实验中发现,将镧加入到生根培养基中,能提高分化试管

苗的多酚氧化酶等的活性。宋卫平等^[17]用氯化镧处理欧洲李组培苗,报告了相类似的研究工作,并提到高浓度的镧有促进衰老发生的作用。本实验中 Ce^{3+} 浓度过高对薯蓣组培苗生长及 SOD 等保互酶有抑制作用,其实质可能仍然是稀土元素作为重金属元素对细胞形成的胁迫性伤害。

有关 Ce^{3+} 等稀土元素在植巷组培过程中能抑制组培苗褐变等现象,其内在机制可能仍然与其提高机体内抗氧化代谢的水平,维护机体内活性氧代谢平衡的作用等相关。

参考文献:

- [1] 曹心得,赵贵文. 土壤中可给态稀土元素的研究进展 [J]. 稀土, 1997, 18(4): 66.
- [2] 廖铁军,黄云,苏彬彦,等. 稀土对作物的生物学效应研究 [J]. 稀土, 1994, 15(5): 26.
- [3] 郑海雷,张春光,赵中秋,等. 氯化镧对水稻幼根膜标准氧化还原系统的影响 [J]. 中国稀土学报, 2002, 19(5): 465.
- [4] 胡勤海,叶兆杰. 稀土元素的植物生理学效应 [J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(4): 296.
- [5] 汤锡珂. 稀土元素对白菜、黄瓜的生长及其活力的影响 [J]. 园艺学报, 1988, 15(3): 186.
- [6] 陈汝民,罗虹,叶庆生,等. La^{3+} 对墨兰根状茎的调节作用 [J]. 植物学报, 1997, 39(5): 483.
- [7] 杜红梅,张效平. 稀土元素对春菊组培苗增殖及其干物质分配的影响 [J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2001, 19(7): 102.
- [8] 聂凌涛,林淑英,宁正祥. 薯蓣属植物中薯蓣皂苷元的研究进展 [J]. 中国生化药物杂志, 2004, 25(5): 318.
- [9] Stewret R C, Bewby J D. Lipid peroxidation associated with Accelerated Aging of soybean axes [J]. Plant Physiol., 1980, 65: 245.
- [10] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. Annal. Biochem., 1976, 72: 248.
- [11] Heath R L, Pareker L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation [J]. Arch. Biophys., 1968, 25: 189.
- [12] 王爱国,罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺的定量关系 [J]. 植物生理学通讯, 1990, (6): 55.
- [13] 曾韶西,王以柔. 低温胁迫对黄瓜叶抗氧化酶活性和谷胱甘肽含量的影响 [J]. 植物生理学报, 1990, 16(1): 37.
- [14] 罗立新,孙铁珩,靳月华. 镧胁迫下小麦叶中超氧阴离子自由基的积累 [J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 495.
- [15] 宋卫平,洪法水,万志刚,等. 镧、铈对白沙枇杷试管苗生

- 根效应的研究 [J]. 中国稀土学报, 2002, 10(5): 458.
- [16] 郑燕玲, 肖洁凝, 郭培国, 等. 稀土镧对阴生植物绿巨人分化试管苗生根及生理特性的影响 [J]. 广东农业科学, 1996, 6: 30.
- [17] 宋卫平, 顾福根, 王纪军, 等. LaCl_3 对欧洲李 (*Prunus domestica*) GF43 试管苗根系生长及衰老作用的影响 [J]. 中国稀土学报, 2004, 5(10): 687.
- [18] 胡勒海, 叶兆杰. 稀土元素的植物生理效应 [J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(4): 296.
- [19] 潘瑞炽, 董愚等编著. 植物生理学(第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 319.
- [20] 刘湘陶, 李 榕, 陈景云, 等. 镧、铈、钇、铽离子对人红细胞膜自由基氧化的影响 [J]. 中国稀土学报, 2000, 18(1): 88.

Effects of Cerium on Rooting and Physiological-Biochemical Metabolism of Tissue Culture Plantlet from *Dioscorea Zingiberensis*

Jin Chunyan¹, Wang Jianan¹, Xu Zenglai², Gu Gongping², Sha Sha¹, Wu Guorong^{1*} (1. College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province & the Chinese Academy of Sciences, Nanjiang 210014, China; 3. Nanjing Institute of Comprehensive Utilization of Wild Plant, Nanjing 210042, China)

Abstract: Different concentrations of $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ were supplemented to the culture medium (1/2 MS + $0.5 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA) to study its effects on the rooting, antioxidative enzyme systems and the level of AOS metabolism of the tissue culture plantlet from *D. zingiberensis*. The results show that appropriate concentrations of Ce^{3+} ($0.5 \sim 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) obviously increase

the rooting rate, the root number of a single plantlet and roots' fresh weights, and $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{Ce}^{3+}$ have the most remarkable effect, while higher concentrations of Ce^{3+} ($20 \sim 30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) has the opposite effect. In addition, Ce^{3+} in suitable concentrations can regulate the activities of SOD and CAT, and control $\cdot\text{O}_2^-$ production and MDA accumulation at the same time.

Key words: cerium; *D. zingiberensis*; rooting; AOS metabolism; rare earths

* * * * *

长期喂饮钇对子代大鼠脑组织中基因表达的影响

杨维东, 张 萍, 刘洁生, 薛艳芳

(暨南大学生物工程学系, 广东 广州 510632)

摘要: 通过在饮水中加入钇 ($0, 53.4, 5340 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), 使大鼠长期摄入稀土。7 个月后, 采用基因芯片技术检测 F1 子代大脑组织中的基因表达情况。结果显示, 与对照组相比, 高浓度组有 787 个基因发生了差异表达, 其中 505 个上调表达, 282 个下调表达。差异表达基因与细胞受体、信号转导、离子通道有关; 低浓度组有 44 个基因发生了差异表达, 其中 32 个上调表达, 12 个下调表达。差异表达的基因与细胞骨架、细胞运动以及 DNA 结合蛋白密切相关。提示长期喂饮稀土钇能改变大鼠脑组织中某些基因的表达, 进一步造成机体某些生理功能如学习记忆能力的变化。

关键词: 基因表达; 大鼠; 基因芯片; 稀土

(全文见: Journal of Rare Earths, 2006, 24(3): 369)