

Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻种子萌发及幼苗生理特性的影响

徐秋曼¹, 王修鲁¹, 程景胜²

(1.天津师范大学化学与生命科学学院, 细胞遗传与分子调控天津市重点实验室, 天津 300387; 2.天津大学化工学院, 天津 300072)

摘要:用不同浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻种子浸种, 探讨了外源 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对种子萌发及幼苗生理特性的影响。结果表明, 10~20 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 浸种 24 h, 可增强水稻种子在萌发时的 α-淀粉酶活性, 提高种子活力及萌发率, 根系活力增强, 幼苗叶绿素含量提高, 细胞膜相对透性及 MDA 含量降低。50~100 mg·L⁻¹ 的 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 浸种后, 种子活力及幼苗根系活力下降, 幼苗叶绿素含量降低, 细胞膜相对透性及 MDA 含量增加。

关键词: Ce(NH₄)₂(NO₃)₆; 水稻; 种子萌发; 生理特性

中图分类号: X503.231 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2008)02-0442-05

Effects of Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ on Seed Generation and Physiological Characteristics of Rice

XU Qiu-man¹, WANG Xiu-lu¹, CHENG Jing-sheng²

(1.College of Chemistry and Life Science, Tianjin Key Laboratory of Cyto-Genetical and Molecular Regulation, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China; 2.School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The effects of Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ on seed germination and physiological characteristics of rice seedlings were investigated. After treatment with the 10~20 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ for 24 h, the amylase activities in rice were enhanced during seed germination. At the same time, the seed vigor, germination percentage, chlorophyll content in seedlings and root activities were increased respectively, while membrane permeability and MDA contents in seedlings were obviously decreased. However, under the treatment of 50~100 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆, the vigor of rice seeds and the root activities of rice seedlings decreased remarkably, the chlorophyll content in rice seedlings was also reduced, while the membrane permeability and MDA contents were significantly increased.

Keywords: Ce(NH₄)₂(NO₃)₆; rice; seed generation; physiological characteristics

稀土在我国具有丰富的储量, 稀土元素对植物影响的研究在我国始于 20 世纪 70 年代初。据报道, 稀土元素在农业上的应用作物已有 100 个品种, 林木 30 余种、牧草 20 余种。大量研究表明, 稀土是具有生理活性的化学元素, 影响植物的外部形态和生长发育, 有利于植物生物量的增加, 改善果实品质和增强植物抗逆能力^[1,15]。

水稻种子经硝酸镧或硝酸铈处理后, 幼苗生长速

度、活力指数增加, 田间的生长速度、产量甚至品质提高, 收获的子粒中重金属 Hg、Cd、Cr、Pb 含量大幅降低^[2]。同时, 镧能提高水稻子粒产量, 增加茎秆产量, 有增加根干物质积累的趋势^[3]。幼苗叶绿素 a/b 含量与 POD 活性可作为反应土壤中镧含量的前期指标^[16]。有关 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻种子浸种, 研究 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻种子萌发及生理特性的影响尚未见报道。本文探讨 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻种子在萌发时的 α-淀粉酶活性、种子活力、种子萌发率的影响及稻苗叶绿素含量、根系活力、细胞膜相对透性、MDA 含量的变化, 为揭示 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对植物作用机制提供依据, 同时为进一步扩大稀土的应用范围和稀土农用提供理论上的帮助。

收稿日期: 2007-05-14

基金项目: 天津师大博士基金资助项目

作者简介: 徐秋曼 (1969—), 女, 重庆市人, 博士, 副教授, 研究方向为植物逆境生理。E-mail: qmxu0929@126.com

通讯作者: 程景胜, 博士 E-mail: jscheng2008@126.com

1 材料与方法

1.1 材料处理

水稻种子(汕优 63)经 0.1%升汞消毒 10 min 后,以蒸馏水冲洗、吸干,于 25 ℃下,分别用不同浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种 24 h,以蒸馏水为对照,再于 28 ℃催芽 24 h 后,选发芽一致的种子,播于放有湿润滤纸的培养皿($\Phi 10$ cm)中,每皿 100 粒,置 28 ℃/20 ℃,光照强度 3 000 lx,每天光照 12 h 的培养室中培养。定时取样分析测定。重复 5 次。

1.2 测定方法

种子萌发率、生长势、种子活力的测定,参考陶嘉龄^[4]的方法。28 ℃下萌发,第 3 d 统计萌发率和生长势,胚芽长度大于 1/2 种子长度者视为萌发。生长势为供试种子平均根长度。种子活力为萌发率与生长势之乘积。设对照处理的种子活力为 100%,其他处理的种子活力与对照处理的种子活力的比值叫活力比。3,5-二硝基水杨酸还原法测定淀粉酶活性^[5]。用无水丙酮提取法测定叶绿素 a、b 含量,以分光光度法在 663 nm、645 nm 处测定提取液的光密度^[6]。TTC 还原法测定根系活力^[7]。细胞膜相对透性采用电导法^[8]。参照 Shimazaki^[17]的方法测定 MDA 含量。

2 结果与讨论

2.1 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种对水稻种子萌发率、生长势、种子活力的影响

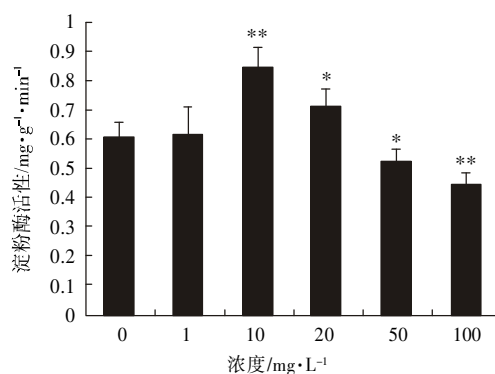
由表 1 可见,1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理对水稻种子的萌发率及种子活力影响不大。10~20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理,水稻种子的萌发率有不同程度的提高。其中 10 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组与对照相比差异达极显著水平(表 1)。用 50~100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理,种子的萌发率明显降低。10~20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理能提高生长势,这表明

$\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 可以加快种子的发芽速率。同样用 10~20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理的种子活力也高于对照。从表 1 可看出,用 10 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理,效果最佳,其次为 20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理。当用 50、100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理时,种子的萌发受到严重抑制,种子活力明显下降。说明 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种对水稻种子萌发呈低浓度促进和高浓度抑制的趋势。

适当浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种对水稻种子萌发起积极作用。稀土浸种对提高发芽速度已有报道^[9]。一般认为,稀土浸种对萌发率影响不大,但本实验说明,适当浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种不仅可以提高生长势,而且对提高萌发率也有明显效应。

2.2 不同浓度 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种对水稻种子淀粉酶活性的影响

在种子萌发第 3 d 测定不同浓度 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 浸种对水稻种子淀粉酶活性的影响(图 1),结果表明 1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理对水稻种子淀粉酶活性的影响不大。10、20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理,其水稻种子淀粉酶活性分别比对照提高 38%、16%,分别



**和 * 分别表示差异达到极显著和显著水平

图 1 不同浓度 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻种子淀粉酶活性的影响

Figure 1 Impact of $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ on amylase activities in rice seed

表 1 不同浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻种子萌发及活力的影响

Table 1 Effects of $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ on rice seed germination and vigor

处理浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	萌发率/%	效果	生长势/cm	效果	种子活力	活力比
CK	75	100.0	2.04	100.0	153	100
1	77	102.7	2.05	100.5	158	103
10	92**	122.7	2.10*	102.9	193**	126
20	81	108.0	2.06	101.0	167	109
50	69	92.0	1.90	93.1	131*	86
100	60*	80.0	1.73**	84.8	104**	68

注: *, ** 表示经 LSR 测验,各处理与对照相比达显著和极显著水平(下同)。

达极显著、显著水平。说明适当浓度的 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 浸种后,增加了水稻种子淀粉酶活性,加速了贮藏营养物质的分解,提高了种子的发芽速度。进一步增大处理浓度,水稻种子淀粉酶活性有所下降。50、100 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理,其淀粉酶活性分别比对照下降 15%、28%。

2.3 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗叶绿素含量的影响

叶绿素是光合作用的主要色素,在一定范围内,叶绿素含量与光合强度成正相关。表 2 是 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗叶绿素含量的影响,结果表明较低浓度(≤20 mg·L⁻¹)处理,水稻幼苗叶绿素 a 和叶绿素 b 含量有所上升,且叶绿素 a 增量大于叶绿素 b,而较高浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理,水稻幼苗叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均低于对照。对于 10 d 苗龄的水稻幼苗,1、10、20 mg·L⁻¹ 处理的稻苗,其叶绿素 a 和叶绿素 a + b 含量分别比对照增加 12.0%、21.2%、20.0%和 11.1%、19.6%、18.3%,50、100 mg·L⁻¹ 处理的稻苗,其叶绿素 a 和叶绿素 a+b 含量分别比对照减少 18.2%、26.7%和 17.6%、23.2%。表明低浓度 Ce (NH₄)₂(NO₃)₆ 处理对水稻幼苗叶绿素合成有刺激作用,且叶绿素 a 较叶绿素 b 敏感。这将有利于幼苗的光合作用,促进幼苗生长。但高浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理对水稻幼苗叶绿素合成表现出一定的抑制作用。

2.4 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗根系活力的影响

在发芽的第 8 d,测定不同浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 浸种对水稻幼苗根系活力的影响(图 2),结果表明 1 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理对水稻幼苗的根系活力几乎没有影响。10、20 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理,其水稻幼苗根系活力分别比对照提高 31%、25%,达显著水平。根系活力的提高,意味着根系吸水、吸肥功能的增强。50、100 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理,其水稻幼苗根系活力分别比对照下降 13%、17%。

适当浓度的 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理水稻种子,可促

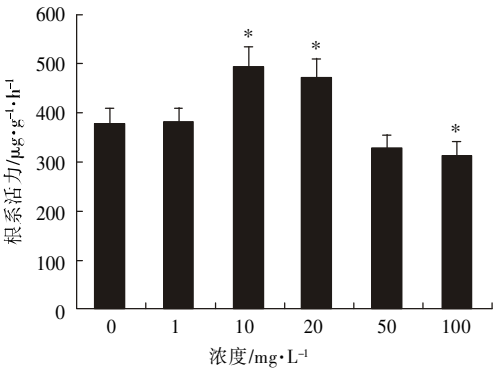


图 2 不同浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗根系活力的影响
Figure 2 Impact of Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ on root activities of rice

进根系生长,提高根系活力。发达的根系既是壮秧的标志,也是丰产的基础。没有发达的根系就不可能得到壮秆和大穗。这对前期壮秧,移栽后返青复壮是有益的。

2.5 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗细胞膜透性的影响

通常情况下,细胞生理条件和环境条件刺激会引起质膜离子通道的开闭和膜透性的改变,进而影响离子进出质膜^[11];当植物体受到毒害时,金属离子与细胞膜蛋白或磷脂分子层的磷脂类物质反应,造成膜蛋白的磷脂结构改变,致使细胞膜结构改变,膜系统受到损伤、透性增大,使细胞内一些可溶性物质外渗,从而电导率增大^[11、12]。

图 3 是不同浓度 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗细胞膜透性的影响。结果表明:1 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理对水稻幼苗细胞膜透性的影响与对照相比变化不大。10、20 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理,水稻幼苗相对电导率降低。10 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理的 7 d 苗龄的相对电导率比对照下降 16%。随着 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理浓度的增大,电导率逐渐增加。50、100 mg·L⁻¹ Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理的水稻幼苗,其电导率高于对照,表明细胞膜在较高浓度的 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 处理后,其

表 2 不同浓度的 Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ 对水稻幼苗叶绿素含量的影响
Table 2 Effects of Ce(NH₄)₂(NO₃)₆ on chlorophyll contents of rice seedlings

处理浓度/mg·g ⁻¹	叶绿素含量/mg·g ⁻¹ FW								
	a	b(5 d)	a+b	a	b(10 d)	a+b	a	b(15 d)	a+b
CK	10.37	2.85	13.22	11.71	3.28	14.99	7.58	2.28	9.86
1	13.08*	3.52	16.60*	13.12	3.53	16.65	8.12	2.34	10.46
10	14.01**	3.63	17.64**	14.19*	3.47	17.93*	8.20	2.37	10.57
20	13.53*	3.47	17.00**	14.05*	3.69	17.74*	8.18	2.38	10.56
50	9.46	2.84	12.30	9.58	2.77	12.35	7.35	2.03	9.36
100	8.45*	2.76	11.21*	8.58*	2.93	11.51*	7.29	2.01	9.30

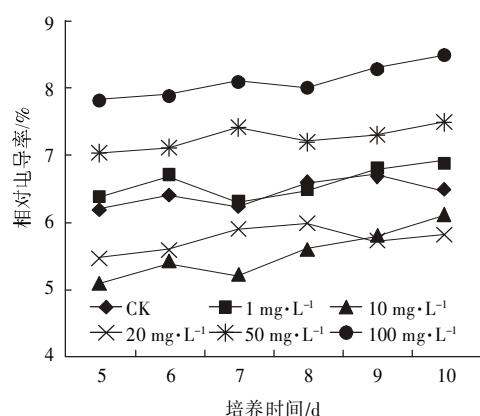


图 3 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻幼苗细胞膜透性 (相对电导率) 的影响

Figure 3 Effects of $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ on permeability of membrane of rice seedlings

通透性在逐渐增加。

2.6 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻幼苗细胞膜脂质过氧化水平的影响

图 4 是 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻作用后幼苗 MDA 含量变化情况, 结果表明, $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理后, 水稻幼苗 MDA 含量与对照相比变化不大。10、20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理, 水稻幼苗 MDA 含量降低。10、20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的 8 d 苗龄的 MDA 含量分别比对照下降 9.6%、6.9%。但是增大处理浓度和延长处理时间, MDA 含量增加。50、100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的 10 d 苗龄的 MDA 含量分别比对照增加了 31.7% 和 39.3%。

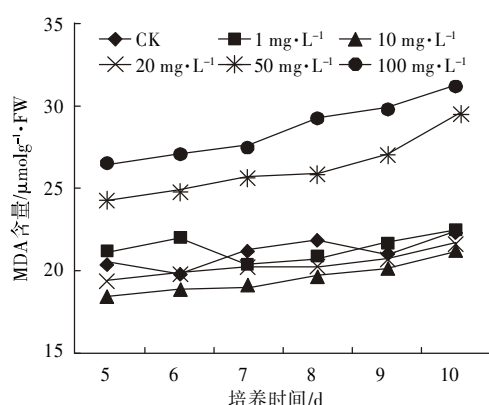


图 4 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻幼苗 MDA 含量的影响

Figure 4 Effects of $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ on contents of MDA in rice seedlings

丙二醛(MDA)是膜脂质氧化的主要产物, 在逆境条件下, 植物细胞产生的 $\cdot\text{O}_2$ 、 $\text{OH}^\cdot$ 、 $\text{O}_2^\cdot$ 等自由基增多, 自由基启动膜脂过氧化作用, 引起积累从而导致

膜的损伤和破坏, 增大细胞膜的通透性^[13]; 膜脂质过氧化程度与细胞膜透性的变化密切相关, 膜脂过氧化引起膜透性增加的直接原因可能是磷脂性质的改变, 间接的原因可能是蛋白在过氧化过程中受到伤害^[18]。细胞膜是细胞与环境之间物质交换的界面, 各种外界环境对细胞的影响首先作用于细胞膜, 而细胞膜的选择透性机制能调节和控制细胞内外物质的运输和交换, 研究结果显示较低浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 可保持水稻幼苗细胞膜的完整性。但高浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 可使水稻幼苗细胞膜选择透性机能受到一定程度的影响, MDA 含量增加, 导致细胞膜的损伤, 使细胞膜透性增大。

研究表明适当浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理对水稻种子萌发、促进幼苗生长和保持稻苗细胞膜的完整性起积极作用, 这对于幼苗生活力的提高具有一定意义。有研究认为, La^{3+} 可以通过对水稻幼根质膜电位与质子跨膜梯度的产生和维持的影响, 来促进营养元素和代谢物的跨膜运输, 从而影响到植物的生长、发育、品质和产量^[14]。 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 处理水稻种子后, 是如何影响水稻幼根质膜电位与质子跨膜梯度的产生和维持, 以及影响到植物的生长、发育、品质和产量, 还有待进一步研究。

3 结论

适宜浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 可促进水稻种子萌发、幼苗生长、保持细胞膜的完整性。较低浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ ($\leq 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 可提高种子及根系活力和幼苗叶绿素含量, 使细胞膜透性降低; 较高浓度的 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 使种子及幼苗根系活力下降, 叶绿素含量降低, 细胞膜透性明显增加。说明 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 对水稻种子萌发及幼苗生长的健壮度呈低浓度促进和高浓度抑制的趋势。

参考文献:

- [1] 何跃君, 薛立. 稀土元素对植物的生物效应及其作用机理[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1983-1989.
- [2] 邢勇, 贾稠, 周亚俊. 稀土对水稻种子活力及抗重金属污染的影响[J]. 稀土, 2004, 25(3): 46-48.
- [3] 谢祖彬, 朱建国, 褚海燕, 等. 镧对水稻磷吸收及其形态的影响[J]. 中国稀土学报, 2004, 22(1): 153-157.
- [4] 陶嘉龄, 郑光华. 种子活力[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 109.
- [5] 邹琦编. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [6] 西北农业大学植物生理生化教研组. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987: 47-48.
- [7] 山东农学院, 西北农学院编. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科

- 学技术出版社,1980.197.
- [8] 刘鸿先,曾韶西,王以柔,等.低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶细胞器的超氧化物歧化酶的影响[J].植物生理学报,1985,11:48-57.
- [9] 方能虎,何友昭.稀土元素的植物生理作用研究进展[J].稀土,1998,19(5):66-70.
- [10] 王友保,刘登义.Cu、As 及其复合污染对小麦生理生态指标的影响[J].应用生态学报,2001,12(5):773-776.
- [11] 张 燕,方 力,李天飞,等.钙对低温胁迫的烟草幼苗某些酶活性的影响[J].植物学通报,2002,19(3):342-347.
- [12] 徐秋曼,元英进,程景胜,等.稀土元素铈对红豆杉细胞膜透性的影响[J].稀土,2004,25(2):50-53.
- [13] 张 燕,方 力,李天飞,等.钙对低温胁迫的烟草幼苗某些酶活性的影响[J].植物学通报,2002,19(3):342-347.
- [14] 郑海雷,张春光.La³⁺对水稻幼苗 H⁺跨膜梯度和膜电位的影响[J].中国稀土学报,2002,20(2):164-165.
- [15] Chen H, He F. The effect of plant growth substances and rare earth elements on the yield of *Castanea henryi*[J]. *Forest Research*,2004,17(1):83-88.
- [16] Zeng Q, Zhu J G, Cheng H L, et al. Phytotoxicity of lanthanum in rice in haplic acrisols and cambisols [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2006,64(2):226-233.
- [17] Shimazaki K N, Sakaki K N, Sugahara K.Active oxygen participation in Chlorophyll destruction and lipid peroxidation in SO₂ fumigated leaves of spinach[J].*Plant Cell Physiol*, 1980, 21(7):1193-1204.
- [18] Chanvitayapongs S, Draczynska L B, Sun A Y. Amelioration of oxidative stress by antioxidants and resveratrol in PC₁₂ cell[J]. *Neuroreport*, 1997, 8: 1499-1502.