

研究快报

铽对辣根叶肉细胞内矿质元素含量的影响

Effects of Terbium on Mineral Elements Contents in Horseradish Mesophyll Cell

李泽然, 王丽红, 周 青*

(江南大学环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122)

关键词: 铽; 辣根; 叶肉细胞; 矿质元素

稀土(RE)在工业、农业、能源、军事、医药及环境等领域的广泛应用,使其进入生态系统,从而成为影响生命系统的重要元素。然而,近百年来,世界各国科学家对RE作用于生物体的机理,尤其是作用于细胞(生命体结构和功能单元)的机理,困惑已久。众所周知,细胞内矿质元素为细胞生长发育提供物质基础。鉴此,本文以RE元素铽(Tb)为探针,以辣根叶肉细胞(去壁原生质体)为研究对象,采用X-射线衍射能谱检测技术,研究了低($5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)、高浓度($60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)Tb³⁺叶喷辣根叶片48 h(叶对Tb³⁺吸收达最大)后,辣根叶肉细胞内矿质元素含量的变化规律。

由表1可见,低浓度Tb³⁺胁迫下,辣根叶肉细胞内N、P和K元素含量下降,Na、Mg、Fe和Ca含量上升;高浓度Tb³⁺胁迫下,辣根叶肉细胞内Fe含量稍有降低,但依然高于CK,而N、P、K、Na、Mg和Ca元素的升降变化同低剂量Tb³⁺胁迫,但幅度均高于低浓度Tb³⁺胁迫,尤其是Ca含量增幅达202.8%,与此同时,胞内出现大量Tb,表明高浓度Tb³⁺能够进入细胞。由此推测,低浓度Tb³⁺胁迫下,胞外钙进入细胞内,细胞器(如液泡、粗面内质网)钙库释放,致使胞质Ca²⁺浓度升高,进而促进K⁺通道开放,抑制K⁺通道开放,

致使K⁺沿电化学梯度从胞内扩散到胞外,细胞质中K⁺浓度降低,Na⁺吸收因与K⁺吸收存在竞争作用而增强,胞内Na⁺含量增加。胞内Ca²⁺升高亦促使阴离子通道打开,胞内大量N、P流失。因与Ca²⁺协同,胞内Fe²⁺吸收也增加。生物体也可通过增加胞内游离Mg²⁺含量来阻止Ca²⁺升高(通过Mg²⁺-Na⁺和Mg²⁺-Ca²⁺交换阻止钙内流和促进钙外流)。然而,胞质Ca²⁺浓度应激增加为植物对逆境的瞬时响应,只有胞质Ca²⁺浓度过度增高(即为Ca²⁺超载)才可导致细胞损伤甚至死亡。结合此时辣根叶肉细胞已受损的事实可得,低浓度Tb³⁺胁迫下,胞内Ca²⁺已超载。已有文献显示,导致Ca²⁺超载的因素主要有能量代谢障碍、胞内Na⁺升高、氧自由基损伤及pH值下降等。随着Tb³⁺浓度升高,高浓度Tb³⁺进入细胞,胞内痕量Tb³⁺,与其他过渡金属[Fe(Ⅱ)、Cr(Ⅱ)、Pb(Ⅱ)、Cd(Ⅱ)]一样,表现出氧化胁迫的负面效应,产生的自由基增多,膜上Ca²⁺-ATPase损伤加剧,能量代谢继续受损和胞内pH值降幅增加,最终使胞内Ca²⁺超载加剧,从而引发细胞内各种矿质元素含量的改变,最终造成细胞不可逆损伤。由上述分析可得,胞内Ca²⁺超载在Tb³⁺胁迫对细胞的损伤中起始动作用。

表1 Tb³⁺对辣根叶肉细胞内矿质元素含量的影响(Atom%)Table 1 Effects of Tb³⁺ on mineral elements contents in horseradish mesophyll cell(Atom%)

处理组	N	P	K	Na	Mg	Fe	Ca	Tb
0 μM Tb ³⁺	7.70±0.03a	4.33±0.21a	0.16±0.01a	1.03±0.08c	0.41±0.01c	0.93±0.01c	0.36±0.01c	0.00±0.00b
5 μM Tb ³⁺	7.42±0.02b	3.12±0.19b	0.13±0.01b	1.45±0.05b	0.44±0.01b	1.36±0.01a	0.63±0.01b	0.00±0.00b
60 μM Tb ³⁺	7.02±0.06c	2.27±0.09c	0.11±0.00c	2.89±0.07a	0.48±0.01a	1.21±0.01b	1.09±0.00a	2.71±0.00a

注:表中数据为平均数,同列中不同字母差异显著,显著水平为0.05 ($P<0.05$)。

收稿日期:2011-11-18

基金项目:国家自然科学基金(20471030,30570323)资助项目

作者简介:李泽然(1992—),男,辽宁彰武人,本硕连读。

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