

干旱胁迫对三种藓类植物生理特性的影响

国春晖, 沙伟, 李孝凯

(齐齐哈尔大学 生命科学与农林学院, 遗传工程重点实验室, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:以东亚砂藓、毛尖紫萼藓和山墙藓 3 种藓类植物为试材, 选取不同的时间梯度, 对其进行 3 个月的硅胶干燥处理, 研究了干旱胁迫对 3 种藓类植物相对水分含量(RWC)、丙二醛(MDA)含量、过氧化物酶(POD)活性、游离脯氨酸(Pro)含量、可溶性蛋白质(SP)含量、可溶性糖(SS)含量等 6 项生理指标的影响。结果表明: 经硅胶干旱胁迫处理的 3 种藓类, 随着相对水分含量的逐渐降低, 3 种藓类植物体内的丙二醛含量均呈现先降低后升高再下降再升高的趋势; 山墙藓 POD 活性较另外 2 种藓类低, 且变化不明显, 而东亚砂藓和毛尖紫萼藓在不同时期 POD 活性有较大变化; 3 种藓类的渗透调节物中, 游离脯氨酸含量变化与可溶性糖含量变化呈反相关, 可溶性蛋白质含量变化与 POD 活性呈正相关; 6 种生理指标的变化从一定程度上反映出 3 种藓类具有不同于其它植物的特殊抗旱生理机制。

关键词:硅胶干旱胁迫; 东亚砂藓; 毛尖紫萼藓; 山墙藓; 生理特性

中图分类号:Q 945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0078-05

植物在生长的不同阶段经常会遇到干旱胁迫的危害, 因此植物的正常生长会受到严重影响^[1]。植物抗旱性的研究对农作物的生产和耐旱作物的筛选有重大意义^[2]。诸多植物抗旱生理特性的研究表明, 丙二醛含量、游离脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、过氧化物酶活性等生理指标与植物的抗旱特性密切相关^[3-5]。凭借特殊的人工试验方法, 能使试验材料在较短的时间达到超过自然干旱水平($RWC \leq 20\%$)的极度干旱水平($RWC \leq 5\%$)^[6-7]。该试验使用硅胶快速干燥处理, 对东亚砂藓、毛尖紫萼藓和山墙藓 3 种藓类进行干旱胁迫, 研究其抗旱生理特征的变化, 并综合评价这 3 种藓类的抗旱能力。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试东亚砂藓(*Racomitrium japonicum* Dozy & Molk)、毛尖紫萼藓(*Grimmia pilifera* P. Beauv.)和山墙藓(*Tortula ruralis* Gaertn.) 3 种苔藓材料同时采集于黑龙江省五大连池(东经 $126^{\circ}00'$ ~ $126^{\circ}26'$, 北纬 $48^{\circ}34'$ ~

$48^{\circ}48'$)老黑山石龙岩石上和内蒙古白音敖包(东经 $117^{\circ}05'$ ~ $117^{\circ}20'$, 北纬 $43^{\circ}29'18''$ ~ $43^{\circ}36'42''$)沙地云杉下, 标本保存于齐齐哈尔大学生命科学与农林学院遗传工程重点实验室。

1.2 试验方法

野外采回的东亚砂藓、毛尖紫萼藓和山墙藓去除杂物后用去离子水清洗干净, 保留部分基质, 选取长势一致的材料进行处理。用滤纸吸干表面水分, 分别放入 3 组放有变色硅胶干燥剂的玻璃干燥器中, 形成相对密闭的微环境, 进行快速干燥处理。当硅胶由深蓝变为粉红色时, 及时的更换干燥的变色硅胶, 已变色的硅胶放入 110°C 的烘干箱烘干 4 h, 放入干燥密闭容器以备循环使用。

在干燥处理第 0、1、3、5、7、14、30、60、90 天分别选取每组材料中长势一致的茎叶材料 3 份, 每份 0.3 g 进行生理指标的测定, 3 次重复, 选取相应数据取平均值。

1.3 项目测定

相对水分含量(RWC)的测定用水势测定仪; 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[8]; 过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法^[9]; 游离脯氨酸(Pro)含量的测定采用磺基水杨酸法^[10]; 可溶性蛋白质(SP)含量的测定采用考马斯亮蓝(Bradford)G-250 结合法^[11]; 可溶性总糖(SS)含量的测定采用蒽酮比色法^[12]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 进行数据分析及单因素方差分析, 用 Microsoft Excel 2007 作图。

第一作者简介:国春晖(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物生理生化。E-mail:343061426@qq.com.

责任作者:沙伟(1963-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事植物学与植物遗传学等教学与科研工作。E-mail:shw1129@263.net.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31070180, 31270254)。

收稿日期:2014-01-21

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对3种藓类相对水分含量的影响

相对水分含量(RWC)常被用来指示植物在受到水分胁迫的伤害程度,是植物抗旱性的生理指标之一。从图1可以看出,随着胁迫时间的延长,山墙藓在7 d时达到自然干旱水平($RWC \leq 20\%$),而东亚砂藓和毛尖紫萼藓则在14 d时达到自然干旱水平。在达到自然干旱水平后继续进行胁迫处理,山墙藓在60 d时达到极度干旱水平($RWC \leq 5\%$),东亚砂藓和毛尖紫萼藓则在90 d时达到极度干旱水平。

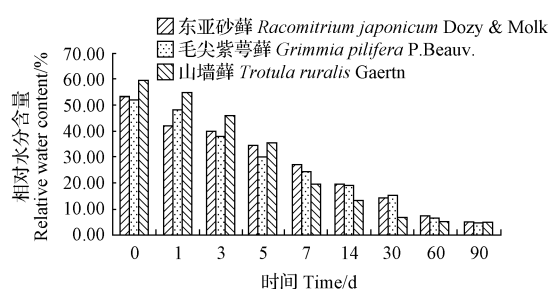


图1 干旱胁迫对3种藓类相对水分含量(RWC)的影响

Fig. 1 Effects of drought stress on relative water content (RWC) of three moss species

2.2 干旱胁迫对3种藓类丙二醛(MDA)含量的影响

丙二醛(MDA)是检测植物在逆境环境下膜系统受损程度的重要指标,其含量变化反映细胞膜过氧化反应的程度。从图2可以看出,3种藓类植物体中的丙二醛含量(MDA)均呈现先降低后升高,再下降再升高的趋势,东亚砂藓MDA含量在第7天达到最大值 $0.9602 \mu\text{mol/g}$,是第3天最低值 $0.1130 \mu\text{mol/g}$ 的8.5倍;毛尖紫萼藓MDA含量在第30天达到最大值 $1.8393 \mu\text{mol/g}$;而山墙藓MDA含量在第90天达到最大值 $1.9293 \mu\text{mol/g}$ 。方差分析表明,东亚砂藓处理之间差异极显著($F=19.703, P<0.01$),毛尖紫萼藓处理之间差异显著($F=2.648, P<0.05$),山墙藓处理之间差异显著($F=3.605, P<0.05$)。

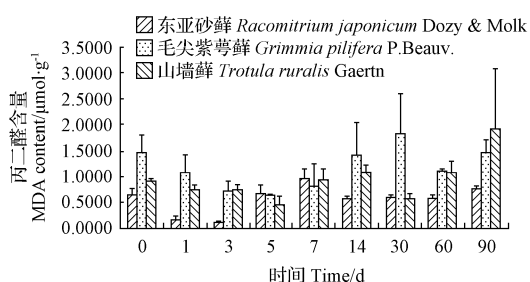


图2 干旱胁迫对3种藓类丙二醛(MDA)含量的影响

Fig. 2 Effects of drought stress on MDA content of three moss species

2.3 干旱胁迫对3种藓类过氧化物酶(POD)活性的影响

POD是重要的生物活性酶之一,它与植物的呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等都有所相关。在植物遭受到干旱胁迫时,它的活性将不断的发生变化。其活性变化与植物其内氧离子自由基含量呈正相关,POD可以催化细胞内过氧化物脱去氧离子自由基,从而对细胞起到保护作用。从图3可以看出,经不同天数的硅胶干旱胁迫,东亚砂藓在处理60~90 d时酶单位降低到最低水平 $10 \text{ U}(\Delta A_{470} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1})$;毛尖紫萼藓在90 d时酶单位达到 41.37 U ,达到最高水平;山墙藓的酶活性始终不高,一直在 5 U 以内,并且在60 d时最低,为 1 U 。方差分析表明,东亚砂藓处理之间差异极显著($F=4.034, P<0.01$),毛尖紫萼藓处理之间差异极显著($F=11.684, P<0.01$),山墙藓处理之间差异极显著($F=9.133, P<0.01$)。

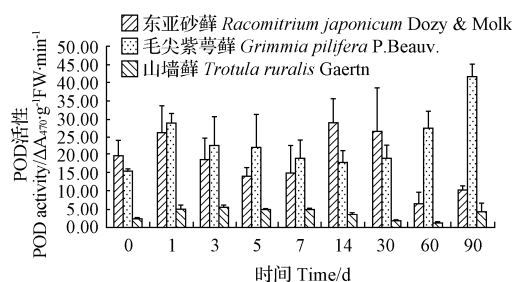


图3 干旱胁迫对3种藓类过氧化物酶(POD)活性的影响

Fig. 3 Effects of drought stress on POD activity of three moss species

2.4 干旱胁迫对3种藓类游离脯氨酸(Pro)含量的影响

游离脯氨酸是衡量植物在受到干旱胁迫时不断适应过程的重要生理指标,通过游离脯氨酸的积累与消耗,可以反映植物对环境改变的适应能力。从图4可以看出,东亚砂藓在第3天时($RWC=40\%$)有一个较高脯氨酸含量 $71.77 \mu\text{g/g}$,而在第30天($RWC \leq 20\%$)的节点,出现了最高值 $86.29 \mu\text{g/g}$;毛尖紫萼藓只在30 d ($RWC \leq 20\%$)的节点,出现了最高值 $105.33 \mu\text{g/g}$;山墙藓在处理的当日就表现出较高的脯氨酸含量 $53.45 \mu\text{g/g}$,

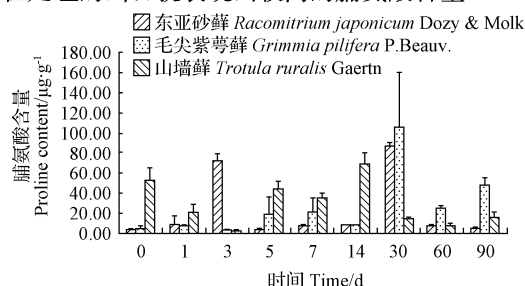


图4 干旱胁迫对3种藓类的脯氨酸(Pro)含量的影响

Fig. 4 Effects of drought stress on free proline content of three moss species

同样在第 14 天($RWC \leq 20\%$)的节点,出现了最高值 $69.49 \mu\text{g/g}$ 。方差分析表明,东亚砂藓处理之间差异极显著($F=175.995, P<0.01$),毛尖紫萼藓处理之间差异极显著($F=15.084, P<0.01$),山墙藓处理之间也差异极显著($F=31.916, P<0.01$)。

2.5 干旱胁迫对 3 种藓类可溶性蛋白质(SP)含量的影响

可溶性蛋白质大多是与膜系统的多种特异性结合酶有关,其含量越高,说明新陈代谢越旺盛,有利于植物抵御干旱等不良的环境胁迫。由图 5 可知,东亚砂藓和毛尖紫萼藓在第 30 天($RWC \leq 20\%$)时可溶性蛋白质含量最高,分别为 37.42 mg/g 和 43.72 mg/g ;山墙藓在第 1 天($RWC > 50\%$)和第 90 天($RWC \leq 5\%$)有较高含量,分别为 63.57 mg/g 和 61.14 mg/g 。方差分析表明,东亚砂藓处理之间差异极显著($F=6.893, P<0.01$),毛尖紫萼藓处理之间差异极显著($F=4.554, P<0.01$),山墙藓处理之间差异极显著($F=10.492, P<0.01$)。

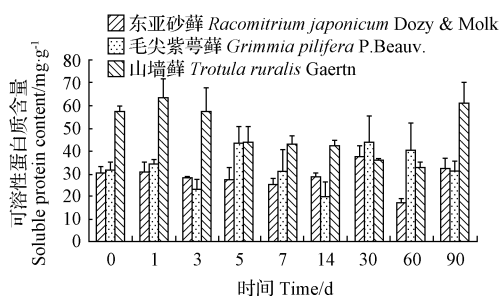


图 5 干旱胁迫对 3 种藓类可溶性蛋白质(SP)含量的影响

Fig. 5 Effects of drought stress on soluble protein (SP) content of three moss species

2.6 干旱胁迫对 3 种藓类的可溶性总糖(SS)含量的影响

可溶性糖是膜系统的重要渗透调节物质。植物在受到干旱胁迫的影响时,通过降低渗透势和维持细胞一定的膨压来稳定细胞质膜结构,以抵御逆境胁迫。从图 6 可以看出,东亚砂藓在第 60 天出现 $611.33 \mu\text{g/g}$ 的最高值,毛尖紫萼藓在第 3 天出现 $698.66 \mu\text{g/g}$ 的最高值,

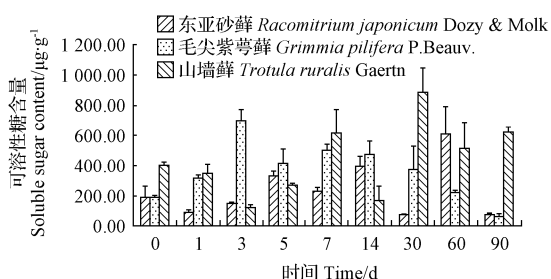


图 6 干旱胁迫对 3 种藓类可溶性总糖(SS)含量的影响

Fig. 6 Effects of drought stress on soluble sugar (SS) content of three moss species

山墙藓则在第 30 天出现 $887.51 \mu\text{g/g}$ 的最高值。方差分析表明,东亚砂藓处理之间差异极显著($F=19.703, P<0.01$),毛尖紫萼藓处理之间差异极显著($F=20.491, P<0.01$),山墙藓处理之间差异极显著($F=18.686, P<0.01$)。

3 讨论

在多种植物与水分关系的研究中,无论是以干旱和复水为目的,还是以研究植物体内水分含量与其它物质的关系为目的,植物体内的相对水分含量(RWC)都是一个重要的生理指标,相对水分含量亦可用来评价植物的抗旱条件与植物的耐胁迫问题^[13-15]。该研究表明,在硅胶干旱胁迫处理下的 3 种藓类表现出相似的变化趋势,总的趋势是随着时间的延长逐渐降低,山墙藓的变化较快,其在第 0~5 天的时期,相对水分含量高于另外 2 种藓类。而在第 7 天时山墙藓就达到自然环境干旱水平($RWC \leq 20\%$),比另外 2 种藓类提前 1 周达到自然干旱水平。这说明山墙藓的保水以及失水能力比另外 2 种藓类强,能更好的适应环境的改变,而东亚砂藓和毛尖紫萼藓的差异不大。

在逆境胁迫条件下,植物细胞内活性氧自由基产生和清除的平衡遭到破坏,使活性氧大量富集,引起细胞内膜脂肪酸中的不饱和键被过氧化,而 MDA 是膜脂过氧化作用的最终分解产物,其含量的高低可以反映植物遭受逆境时的受伤害程度^[16]。该研究表明,东亚砂藓的 MDA 含量在第 0~7 天,随着干旱胁迫程度的加深而呈先降低而后不断上升的趋势,而在第 14~90 天,MDA 含量则趋于平稳;毛尖紫萼藓的 MDA 含量在第 0~1 天明显下降,而第 3~7 天趋于平稳,在第 14~30 天则随着干旱胁迫程度的加深而呈不断上升的趋势,在第 60~90 天又恢复平稳趋势;山墙藓的 MDA 含量在第 0~3 天略有下降波动,第 5~14 天和第 30~90 天,分别出现 2 次由较低水平上升到较高水平的趋势,其中第 90 天的 MDA 含量最大。这与干旱胁迫时植物体内的 POD 活性的改变有关。随着干旱胁迫的持续进行,体内自由基生成和酶保护反应之间出现失衡,细胞膜遭到破坏,MDA 含量持续上升。此外,胁迫产生的 MDA 会被处于代谢恢复状态的植物逐渐代谢掉,所以在 MDA 含量上,会出现急剧下降和趋于平稳的状态^[17]。

POD 是植物对膜脂过氧化的酶促防御体系中重要的保护酶。当植物面临逆境胁迫时,其含量会升高。其含量的高低与胁迫程度和持续时间有很大关系。该研究表明,东亚砂藓和山墙藓的 POD 活性在受到干旱胁迫后呈上升趋势,但随着干旱胁迫的加剧会降低,这与白娟等^[18]、魏娟等^[19]研究结果相似,而毛尖紫萼藓,在干旱胁迫处理的中期则呈现略微下降的趋势,但随着干旱胁迫的加剧会升高。毛尖紫萼藓的保护酶机制与东

亚砂藓和山墙藓的保护酶机制存在差异。潘东明等^[20]研究认为 POD 活性上升是因为干旱胁迫使植物体细胞内氧离子自由基数量增加,而植物体为了维护细胞膜质的稳定性,防止植物受到严重的伤害,保护酶活性迅速上升以清除过多的氧离子自由基。该研究的干旱时间延续到 30~90 d 时,随着胁迫程度的加深,这可能已经超过了东亚砂藓和山墙藓植物体内清除活性氧方面的阈值,致使酶蛋白结构遭到破坏而表现出保护酶活性下降;而毛尖紫萼藓则未表现出此种现象,其保护酶活性持续上升。

游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质都是植物体内主要的渗透调节物质。其含量的增加可以降低细胞内的渗透势,以利于植物体在干旱逆境中,维持体内正常代谢活动所需的水分,从而增强植物的抗逆性。脯氨酸在抗逆中的主要作用除了作为渗透调节物质保持渗透平衡,防止水分散失外,还能通过蛋白质之间相互作用,保持细胞膜结构的完整性^[21]。这 3 种藓类在干旱胁迫下,其体内可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量呈先上升后下降的趋势,这与李晓清等^[22]研究结果相似。同时表明苔藓植物在干旱胁迫下,可以通过积累可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量来降低细胞的渗透势,以提高细胞的渗透调节能力,维持膨压,从而使体内的代谢活动正常进行。而对于可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量增加的原因,一般被认为是逆境下大分子碳水化合物和蛋白质的分解加强,合成受到抑制所致。但近些年随着研究的深入,有人认为,植物体内可溶性蛋白质增加的原因还有可能是在干旱条件下,植物体内可以诱导产生新的水分胁迫蛋白,或者细胞内一些不溶性蛋白质转变为可溶性蛋白质,以抵抗缺水的威胁,使细胞内正常的新陈代谢得以维持^[23]。干旱胁迫后的某些时期可溶性糖急剧下降,其原因可能是由于代谢受阻,体内有机物分解大于合成所致。而对此也有学者认为,在胁迫的前期,植物表现以抗性为主。在胁迫中后期,则会逐渐表现出一定的适应性^[24]。此外,有研究表明,植物在逆境胁迫条件下,可溶性糖含量与游离脯氨酸含量呈负相关,这是由于逆境下植物体内可溶性糖和可溶性蛋白质等大分子碳水化合物的分解加速,而合成受到抑制,在代谢产物形成过程中直接转向单糖和氨基酸等低分子量的物质^[25]。该研究表明,3 种藓类的脯氨酸含量出现峰值时,都同时出现了较低的可溶性糖含量。而 3 种藓类的可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量随着干旱胁迫时间的加长,总体呈现先上升后下降的趋势。从硅胶持续胁迫 90 d 的条件看,在对 6 个不同生理指标的综合评价中,发现 3 种藓类均具有极强的耐旱能力和显著的生理响应,山墙藓的耐旱能力要强于东亚砂藓和毛尖紫萼藓,而东亚砂藓和毛尖紫萼藓的耐旱水平相当。

参考文献

- [1] 关周博,郑磊,李殿荣,等. 干旱半干旱地区甘蓝型油菜产量与相关经济性状灰色关联度分析[J]. 陕西农业科学, 2012(6):19-22.
- [2] 蒲伟凤,纪展波,李桂兰,等. 作物抗旱性鉴定方法研究进展(综述)[J]. 河北科技师范学院学报, 2011(2):34-39.
- [3] Yong R Q, Yan C N, Jiang B H, et al. The comparison of contents of malondialdehyde and proline in the area of Karst in northwestern Guangxi Province[J]. Agricultural Science Technology, 2011, 12(4):469-473, 575.
- [4] 丁玉梅,马龙海,周晓昱,等. 干旱胁迫下马铃薯叶片脯氨酸、丙二醛含量变化及与耐旱性的相关性分析[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1):106-110.
- [5] 史玉伟,王燕凌,李文兵,等. 水分胁迫对刚毛柞柳可溶性蛋白、可溶性糖和脯氨酸含量变化的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30(2):5-8.
- [6] 杨保义,张杰. 变色硅胶干燥剂吸湿性能研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(2):32-35.
- [7] Shu C M, Xiu Q L, Lian P M, et al. Comparison of methods for ultra-drying of Chinese chive seeds[J]. Agricultural Science and Technology, 2013, 14(4):598-601.
- [8] 上海植生所. 现代植物生理实验指南[M]. 北京:中国科技出版社, 1998:128-145.
- [9] 李忠光. 愈创木酚法测定植物过氧化物酶活性的改进[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(2):323-324.
- [10] 高峻凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版社, 2000:11-26.
- [11] 张志良,瞿伟菁,李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2009.
- [12] 张蕾. 生物化学实验指导[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2011.
- [13] 刘奉觉,郑世锴,臧道群. 杨树几个水分关系指标的主分量分析[J]. 植物生理学报, 1986(3):13-16.
- [14] Gholz H L, Ewel K C, Teskey R O. Water and forest productivity[J]. Forest Ecology and Management, 1990, 30:1-18.
- [15] 张慧,汪沛洪. 叶片相对含水量的活体测定[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(3):17-19.
- [16] 周智彬,徐新文,杨兰英. 3 种固沙植物对高温胁迫的生理响应及其抗热性研究[J]. 干旱区地理, 2005, 28(6):824-830.
- [17] 冉飞,包苏科,石丽娜,等. 干旱胁迫和复水对锡金微孔草抗氧化酶系统的影响(简报)[J]. 草业学报, 2008, 17(5):156-160.
- [18] 白娟,龚春梅,王刚. 干旱胁迫下荒漠植物红砂叶片抗氧化特性[J]. 西北植物学报, 2010, 30(12):2444-2450.
- [19] 魏娟,谢福春,王华田,等. 水分胁迫对海州常山抗逆生理特性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2009, 40(3):371-376.
- [20] 潘东明,郑国华,徐开生,等. 水分胁迫对枇杷 SOD、POD 及脂质过氧化的影响[C]//园艺学论文集. 北京:北京农业大学出版社, 1995:149-154.
- [21] 刘世鹏,刘济明,陈宗礼,等. 模拟干旱胁迫对枣树幼苗的抗氧化系统和渗透调的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(9):1781-1787.
- [22] 李晓清,曹小军,王启和,等. 希蒙得木幼苗对干旱胁迫的响应[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5):268-273.
- [23] 康俊梅,杨青川,樊奋成. 干旱对苜蓿叶片可溶性蛋白的影响[J]. 草地学报, 2005, 13(3):199-202.
- [24] 吉增宝,王进鑫. 干旱胁迫对侧柏幼树某些生理特性的影响[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(6):6-9.
- [25] 钱永生,王慧中. 渗透调节物质在作物干旱逆境中的作用[J]. 杭州师范学院学报(自然科学版), 2006, 5(6):476-481.

铅胁迫下德国鸢尾生长特征和分布的研究

朱旭东^{1,2}, 田松青¹, 原海燕², 黄苏珍²

(1. 苏州农业职业技术学院, 江苏 苏州 215008; 2. 江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

摘要:以德国鸢尾为试材, 采用液体培养方法研究了不同浓度铅胁迫对其分株苗生长的影响和分布等规律。结果表明: 随着 Pb^{2+} 浓度的升高, 植株的株高、新发不定芽数、存活叶片数、根长、根数、鲜重及干重均随 Pb^{2+} 浓度的增加呈下降的趋势。电镜超微结构显示铅主要富集在根中的细胞内外壁上, 引起根和叶细胞破坏, 铅影响德国鸢尾体内正常的物质代谢活动, 抑制了植物生长。

关键词:德国鸢尾; 铅(Pb); 生长; 分布

中图分类号:Q 945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0082-05

重金属污染是指由重金属或其化合物造成的环境污染, 我国耕地重金属污染面积在 16% 以上, 矿山开采、工业活动、农药使用和不断频发的污染事件都会增加环

境中重金属污染^[1-2]。铅(Pb)是生物毒性最强的重金属元素之一, 由于用途广泛, 已成为污染范围较广的金属元素, 通过食物链在动物和人体内富集, 会损伤肠胃、毒害肾脏、损害神经、致铅性贫血、致高血压、致不孕不育症以及影响儿童智能发育, 对人类健康造成潜在的危害, 铅污染受到了越来越广泛的关注^[3-7]。近期发生的上海康桥、广东仁化、陕西凤翔、安徽怀宁、云南鹤庆和江苏大丰儿童血铅超标事件社会反映强烈, 加快环境中铅污染的修复工作刻不容缓。植物修复是一种绿色廉价、被人们所广泛认可的有效的治理措施, 其核心技术在于利用极少数超富集植物来去除土壤或水体中的铅以达到修复和治理环境的目的^[8-9]。目前国内外报道的

第一作者简介:朱旭东(1972-), 男, 博士研究生, 副教授, 现主要从事观赏植物逆境生理生态研究工作。E-mail: 13862130525@163.com.

责任作者:黄苏珍(1959-), 女, 博士生导师, 研究员, 现主要从事观赏植物种质资源研究工作。E-mail: hsz1959@163.com.

基金项目:江苏省教育厅 2012 年“青蓝工程”资助项目; 江苏省“农业三星工程”资助项目(SXGC[2013]088); 苏州市科技支撑计划资助项目(SNG201209)。

收稿日期:2014-01-14

Effect of Drought Stress on Physiological Characteristics of Three Moss Species

GUO Chun-hui, SHA Wei, LI Xiao-kai

(Key Laboratory of Genetic Engineering, College of Life Science and Forestry, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

Abstract: Taking three kinds of mosses including *Racomitrium japonicum* Dozy & Molke, *Grimmia piliifera* P. Beauv. and *Tortula ruralis* Gaertn as materials, three kinds of mosses were subjected to drought treatment by silica gel for three months of different time gradients, and the effect of drought stress on six physiological indexes of them including relative water content (RWC), malondialdehyde (MDA) content, POD activity, free proline (Pro) content, soluble protein (SP) content and soluble sugar (SS) content were studied. The results showed that the malondialdehyde content in the three mosses treated with silica drought stress was gradually decreased and then increased and reveals the same trend once again along with the relative water content reduced. POD activity of *Tortula ruralis* was lower than those of the other two mosses, and changes inconspicuously, while the POD activity of *Racomitrium japonicum* and *Grimmia piliifera* in different periods showed great changes. Among osmoregulation substances of the three moss species, the change of free proline content and soluble sugar (SS) content were inversely related, however, change of soluble protein (SP) content and POD activity was positively related. To some extent, the six physiological indexes indicated that the three mosses may have some special physiological mechanisms those were different from other plants.

Key words: silica gel drought stress; *Racomitrium japonicum*; *Grimmia piliifera*; *Tortula ruralis*; physiological characteristics