

萘胁迫对菖蒲生长和生理特性的影响

赖闻玲, 赖姝灵, 张晓媛, 方蕾 (赣南师范学院生命与环境科学学院, 江西赣州 341000)

摘要 [目的] 探寻菖蒲应用于多环芳烃污染修复的可行性。[方法] 用人工配制不同浓度的含萘废水培养菖蒲, 研究了萘胁迫对菖蒲生长和叶片叶绿素、脯氨酸、丙二醛含量的影响。[结果] 萘胁迫下, 菖蒲的株高和生物量增长均显著降低, 叶片叶绿素含量显著上升, 而脯氨酸含量和丙二醛含量在低浓度(5.0 和 10.0 mg/L)萘胁迫下变化不显著, 在高浓度(20.0 mg/L)萘胁迫下显著上升。[结论] 萘胁迫下菖蒲生长受到抑制, 但菖蒲能抵抗较高浓度的萘胁迫, 可以作为多环芳烃污染修复的植物种。

关键词 萘; 菖蒲; 生长; 叶绿素; 脯氨酸; 丙二醛

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)36-151-03

Effects of Naphthalene Stress on Growth and Physiological Properties of *Acorus calamus* L.

LAI Wen-ling, LAI Shu-ling, ZHANG Xiao-yuan et al (College of Life and Environmental Science, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi 341000)

Abstract [Objective] The aim was to discuss the feasibility of using *Acorus calamus* to restore PAHs pollution. [Method] *A. calamus* L. was cultured in synthetic wastewater containing different concentrations of naphthalene. The effects of naphthalene stress on growth, chlorophyll content, PRO content and MDA content in leaves of *A. calamus* were studied. [Result] The height and biomass growth of *A. calamus* decreased significantly under naphthalene stress, while chlorophyll content in the leaves increased significantly; PRO and MDA content did not change obviously under low-concentration naphthalene stress (5.0 and 10.0 mg/L) and increased significantly under high-concentration naphthalene stress (20.0 mg/L). [Conclusion] Naphthalene stress can inhibit the growth of *A. calamus*, but *A. calamus* can resist high-concentration naphthalene stress, so it can be used for biodegradation of PAHs.

Key words Naphthalene; *Acorus calamus* L.; Growth; Chlorophyll; PRO; MDA

多环芳烃(PAHs)作为一类持久性有机污染物,在环境中很难降解,其中一些种类具有强烈的致癌、致畸和致突变性,因此被很多国家列为优先控制污染物。其中,NAP(萘)及其衍生物是化工、农业、医药产业中重要的原料和中间体,这些产业的废水中含有较高浓度的NAP,排放进入环境会造成不同环境介质的污染,是最常见的PAHs污染物^[1-2]。已有大量的研究利用水生植物来净化污水中的重金属、各种有机污染物,但水生植物对水体中多环芳烃的净化研究还很少。菖蒲(*Acorus calamus* L.),天南星科菖蒲属多年生植物,常用作人工湿地植物和水生造景植物,具有形态美观适于观赏、生长适应性强、管理粗放的特点,并且对污染水体有较强的净化能力^[3-5]。为探寻菖蒲实际应用于含PAHs废水植物修复的可行性,笔者以萘为多环芳烃的代表物质,模拟含萘废水,研究了萘胁迫下菖蒲叶片叶绿素、脯氨酸和丙二醛3种生理指标的变化,以期含PAHs废水的植物修复提供理论依据和数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料和处理 菖蒲(*Acorus calamus* L.)取自试验储备池,洗净泥土,在自然光照下,经自来水、1/4和1/2浓度Hongland营养液预培养后,选择生长势较为一致的植株移入装有等量营养液(3 L)的塑料桶中,以打有孔洞的泡沫塑料板作为漂浮载体。溶液中萘浓度分别为0、5.0、10.0、20.0 mg/L(丙酮用作助溶剂),每个浓度设置3个重复。塑料桶外用黑色塑料袋包裹,以避免根系和溶液见光。分别在加萘

后的第2、第5、第10天取样,选取每株植物正常的叶片0.5 g,相同处理的样品混匀用于测定各项生理指标。

1.2 测定方法 植物的生长情况以试验结束时株高和生物量的增长量表示。试验开始和结束时用直尺测量株高,计算株高增长量。移栽时称量整株鲜重,另取同一批3株植物于80℃下烘至恒重后称其干重,计算含水量,以此换算植物的干重;试验结束时收获植物,于80℃下烘至恒重后称其干重,精确至0.001 g。叶绿素含量采用分光光度计法^[6]测定,单位mg/g FW;脯氨酸(PRO)含量采用酸性茚三酮法^[6]测定,单位μg/g FW;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸显色法^[6]测定,单位μmol/g FW。

1.3 数据处理 运用SPSS 16.0和EXCEL软件进行统计分析,其中不同浓度和时间之间的方差分析及差异性分析采用One-Way ANOVA和LSD检验(双尾)。

2 结果与分析

2.1 萘胁迫对菖蒲生长的影响 萘胁迫显著抑制了菖蒲的生长(图1)。从株高增长看,受不同浓度萘胁迫10 d,菖蒲株高增长都极显著低于对照($P < 0.01$),并且萘浓度越高,株高生长越受限制,其中较低浓度5.0和10.0 mg/L之间差异不显著,高浓度(20.0 mg/L)时的株高增长量最低,极显著低于其他浓度($P < 0.01$)。萘胁迫同样显著抑制了菖蒲生物量的积累,低浓度的萘胁迫就使得菖蒲的生物量增长极显著低于对照($P < 0.01$),并随萘胁迫的加剧生物量增长显著降低。相关性分析显示,株高和生物量的增长量都与萘浓度呈极显著负相关($P < 0.01$)。

2.2 萘胁迫对菖蒲叶片叶绿素含量的影响 萘胁迫快速引起菖蒲叶绿素含量的升高,随着时间的推移,萘胁迫的影响逐渐减弱(图2)。受萘胁迫的第2天,各浓度萘胁迫下的叶绿素含量极显著增加($P < 0.01$),并且胁迫越强,叶绿素含量

基金项目 国家自然科学基金(51309054);江西省自然科学基金项目(20112BAB204015;20122BAB204006);江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ12565)。

作者简介 赖闻玲(1973-),女,江西赣州人,副教授,博士,从事植物资源与水环境保护研究。

收稿日期 2015-11-23

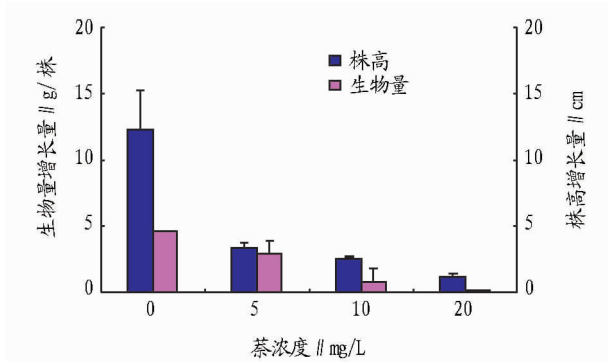


图1 茶对菖蒲生长的影响

越高,此时叶绿素含量与茶浓度呈极显著正相关($P < 0.01$),但不同茶浓度处理间差异不显著。随着胁迫时间延长,受胁迫菖蒲叶片的叶绿素含量逐渐降低接近对照,其中低浓度(5.0 mg/L)降低的最快,第5天时比第2天下降了44%;到第10天,所有浓度茶胁迫下菖蒲叶片叶绿素含量仍显著高于对照($P < 0.01$),但低浓度(5.0 mg/L)下的叶绿素含量仅比对照高9%。

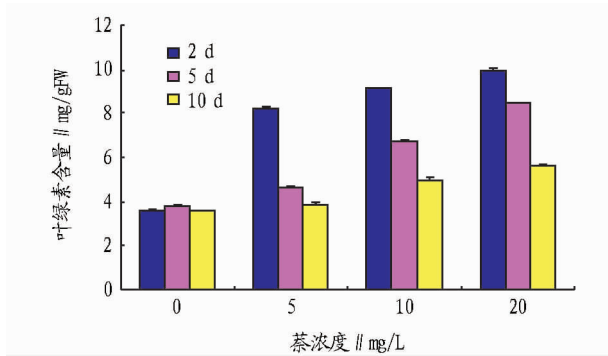


图2 茶对菖蒲叶片叶绿素的影响

2.3 茶胁迫对菖蒲叶片脯氨酸含量的影响 茶胁迫对菖蒲叶片中游离脯氨酸含量的影响与胁迫强度有关(图3)。低浓度(5.0 mg/L)茶胁迫下,短时间内游离脯氨酸含量上升,随着时间的推移,脯氨酸含量逐渐下降,但与对照的差异都不显著;较高浓度(10.0 mg/L)茶胁迫下,短时间内(2 d)脯氨酸含量略微下降,随着时间推移,脯氨酸含量缓慢上升,期间变化趋势和含量都接近对照;高浓度(20.0 mg/L)胁迫对脯氨酸含量的影响较明显,初期含量显著低于对照($P < 0.05$),随着时间推移,脯氨酸含量快速升高,不同时间处理间的差异极显著($P < 0.01$),到第10天已极显著高于对照($P < 0.01$),为对照的167%。

2.4 茶胁迫对菖蒲叶片丙二醛含量的影响 高浓度(20.0 mg/L)茶胁迫对菖蒲叶片丙二醛含量的影响较大,初期(2 d)丙二醛含量略高于对照,差异不显著($P > 0.05$),随着时间的推移影响逐渐显现,丙二醛含量在胁迫的中后期显著高于对照($P < 0.05$),而中、低浓度茶胁迫(10.0和5.0 mg/L)对菖蒲叶片中丙二醛含量影响不显著(图4)。

3 讨论

3.1 茶胁迫下菖蒲的生长状况 植物受胁迫最直接的表现就是生长受抑制、生理指标发生变化。该研究中,茶胁迫下

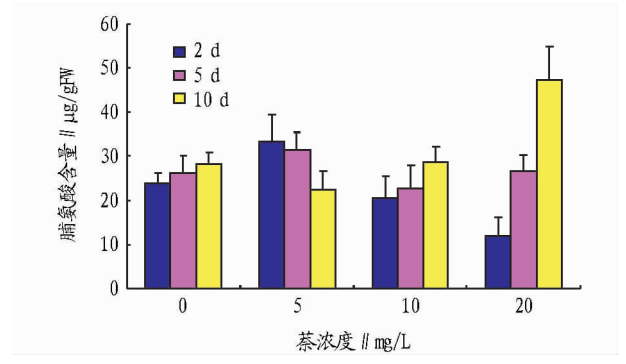


图3 茶对菖蒲叶片脯氨酸含量的影响

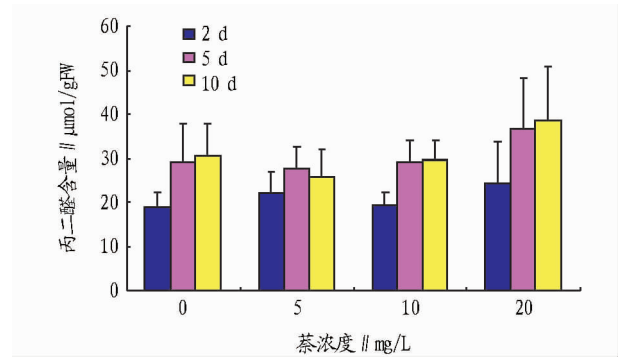


图4 茶对菖蒲叶片丙二醛含量的影响

菖蒲的株高和生物量的增长都受到抑制,并且抑制作用随胁迫强度而增强,这与其他受多环芳烃胁迫的植物表现一致^[7-10]。

3.2 茶胁迫下菖蒲叶片叶绿素含量的变化 叶绿素是叶绿体中主要的色素成分,在光能的吸收、传递和转换中起着重要的作用。叶绿素的含量是影响光合作用的物质基础,直接影响植物光合效率。叶绿素含量减少是衡量叶片衰老的重要生理指标。人们普遍认为外界胁迫会破坏叶绿素合成酶,或者激活叶绿素降解酶,从而导致叶绿素含量的下降。盐胁迫使大黄龙船花幼苗^[11]、沙棘幼苗^[12]和西瓜幼苗^[13]、木薯幼苗^[14]、咖啡叶^[15]等叶绿素含量下降,水分胁迫如淹水使得铺地木蓝^[16]、金桔^[17]叶绿素含量降低。有些植物在重金属和金属离子胁迫下叶绿素含量降低^[18-19],也有些品种在金属离子胁迫下叶绿素增加^[19]。关于多环芳烃胁迫的研究中,许多植物如拟南芥^[10]、水葫芦^[20]和狐尾藻^[9]等水生植物的叶绿素含量都因多环芳烃胁迫而降低,且降低程度随胁迫强度的增强而上升。但也有研究发现,玉米幼苗受茶胁迫的刺激,叶绿素含量显著增加^[21]。该研究中,菖蒲叶片受茶胁迫反应迅速,短期内叶绿素含量急剧上升,而后慢慢恢复,这可能是菖蒲对抗茶胁迫的反应。叶绿素含量增加,意味着植物的光合效率加强,累积生物量应增多,但试验结果却相反,意味着菖蒲受茶胁迫时,可能其他光合作用的因素如ATP受到抑制,或者植物生长过程的其他条件受到影响,从而导致生物量积累减少,还需通过试验进一步研究。

3.3 茶胁迫下菖蒲叶片脯氨酸含量的变化 植物的脯氨酸可以调节细胞渗透,并帮助清除多余氧自由基,许多植物在受到逆境胁迫时都能积累高水平的脯氨酸,如铝胁迫^[19]、盐

胁迫^[11]、茶胁迫^[20]都促使植物叶片中脯氨酸含量升高,因此脯氨酸积累常常作为植物受到胁迫的一种信号和抗胁迫的指标。该研究中,10.0 和 5.0 mg/L 的茶胁迫对菖蒲叶片中脯氨酸含量没有显著影响,只有高浓度 20.0 mg/L 且长时间胁迫时脯氨酸含量才显著增加,说明菖蒲可以较好地适应茶胁迫。

3.4 茶胁迫下菖蒲叶片丙二醛含量的变化 植物在逆境条件下容易产生大量活性氧,使植物细胞膜产生脂质过氧化,丙二醛是其产物。大多数研究都以 MDA 的积累来表征植物在胁迫因子作用下的损伤程度^[19-20]。该试验中,菖蒲叶片中 MDA 含量变化类似于脯氨酸,在 10.0 和 5.0 mg/L 的茶胁迫下,菖蒲叶片中 MDA 含量没有显著变化,只在高浓度 20.0 mg/L 且长时间胁迫时 MDA 含量才显著增加,说明菖蒲在茶胁迫下产生的活性氧较少、脂质过氧化程度低,可适应较高浓度的茶胁迫。

4 结论

茶胁迫下菖蒲生长受到抑制,但叶片叶绿素含量随胁迫强度的增强而增加;从脯氨酸和丙二醛含量的变化来看,菖蒲能够抵抗较高浓度的茶胁迫,可以作为多环芳烃污染修复的植物种。

参考文献

- [1] 段永红,陶澍,王学军,等. 天津表层土壤中多环芳烃的主要来源[J]. 环境科学,2006,27(3):524-527.
- [2] WILCKE W, KRAUSS M, SAFRONOV G, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of the moscow region-concentrations, temporal trends, and small-scale distribution[J]. Environmental quality, 2005, 34: 1581-1590.
- [3] LAI W L, WANG S Q, PENG C L, et al. Root characteristics related to

- plant growth and nutrient removal of 35 wetland plants[J]. Water research, 2011, 45: 3941-3950.
- [4] 李莎莎,田昆. 不同空间配置的湿地植物群落对生活污水的净化作用研究[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1951-1955.
- [5] MA B, WANG J J, XU M M, et al. Evaluation of dissipation gradients of Polycyclic aromatic hydro in rice rhizosphere utilizing a sequential extraction procedure[J]. Environmental pollution, 2012, 162: 413-421.
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [7] 蔡顺香,何盈,兰忠明,等. 小白菜叶内叶绿素和抗氧化系统对砒胁迫的动态响应[J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):460-465.
- [8] 刘建武,林逢凯,王郁,等. 多环芳烃(萘)污染对水生植物生理指标的影响[J]. 华东理工大学学报,2002,28(10):520-524.
- [9] 周晶,苑芳惠,刘春辰,等. 多环芳烃(萘)污染对南四湖狐尾藻生理指标的影响[J]. 曲阜师范大学学报,2013,39(2):86-90.
- [10] 叶媛蓓. 拟南芥对多环芳烃胁迫的生理响应[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [11] 陆鑫眉,吴福妹,张琼,等. NaCl 胁迫对大黄龙船花生长及生理生化的影响[J]. 热带亚热带植物学报,2015,23(3):262-267.
- [12] 秦景,董雯怡,贺康宁,等. 盐胁迫对沙棘幼苗生长与光合生理特征的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(3):1031-1036.
- [13] 朱红菊,刘文革,赵胜杰,等. NaCl 胁迫对不同倍性西瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响[J]. 中国瓜果,2015(9):75-78.
- [14] 安飞飞,简纯平,杨龙,等. 木薯幼苗叶绿素含量及光合特性对盐胁迫的响应[J]. 江苏农业学报,2015(3):500-504.
- [15] FRANCK N, VAAST P. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels[J]. Trees, 2009(4):978-982.
- [16] 黄白飞,辛俊亮,袁剑刚,等. 铺地木蓝对不同水质淹水胁迫的生理响应[J]. 生态科学,2014(4):267-273.
- [17] 钟娟,钟俊荣. 水分胁迫对金桔光合特性的影响[J]. 北方园艺,2015(6):112-116.
- [18] 代惠萍,赵群,曹婷,等. Zn²⁺ 胁迫对 4 种紫花苜蓿光合色素的影响[J]. 西北农业学报,2014(3):54-59.
- [19] 胡雪华,李强,邹天才. 车前对铝胁迫生理响应的研究[J]. 热带亚热带植物学报,2014,22(5):495-501.
- [20] 刘建武,林逢凯,王郁,等. 多环芳烃(萘)污染对水生植物生理指标的影响[J]. 华东理工大学学报,2002,28(5):520-536.
- [21] 孙成芬. 土壤茶污染对玉米生长发育的影响-污染途径和机理的初步研究[D]. 长春:东北师范大学,2007.

(上接第 148 页)

硒产品也是很必要的。

3 结论与讨论

试验得出,马铃薯淀粉加工中硒回收率仅为 13.91%,淀粉干基含硒量只有原料马铃薯块茎鲜基含硒量的 9%,所以通过传统的加工工艺不可能生产出富硒马铃薯淀粉产品,只有改进加工工艺,使水溶性硒能够存留在淀粉产品中才有可能生产出符合标准的富硒产品。

在薯片加工中,以蒸汽加热方式脱水加工马铃薯硒回收率较高,达到 39.63%,比水煮脱水加工高近 5 个百分点,其含硒量是原料马铃薯块茎鲜基含硒量的 1.66 倍。利用这种加工工艺也有超过 60% 的硒流失,只有原料马铃薯块茎含硒量较高的条件下才有可能生产出符合含硒标准的富硒产品,因此进一步改进薯片的加工工艺是很必要的。

该研究的材料取自高硒土壤中的马铃薯块茎,含硒量较

化需要进一步研究论证。开发生产马铃薯富硒产品是一个系统工程,要从生产和加工 2 个方面入手。有报道称,马铃薯不同品系对硒的吸收和富集能力差异很大^[6],在生产上应选择块茎富集硒的能力强的品种,采用富硒技术(如施硒肥),提高块茎含硒量;在加工中应改进加工工艺减少硒的流失,以提高加工产品含硒量。该研究为生产马铃薯富硒产品提供了一个初步的理论和实践依据。

参考文献

- [1] 陈伊里,屈冬玉. 马铃薯产业与冬作农业[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006:1-35.
- [2] 孙业强. 提高脱毒马铃薯产量与硒含量技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [3] 彭祚全,黄剑锋. 世界硒都恩施硒资源研究概述[M]. 北京:清华大学出版社,2012:3-13.
- [4] 彭祚全,张欣,牟敏,等. 富硒食品含硒量范围标准的研究[J]. 微量元素与健康研究,2013,30(1):41-43.
- [5] 张弛,吴尧尧,彭振坤. 植物系研究的进展[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2002,20(3):58-62.
- [6] 李瑜,张百忍,刘运华,等. 马铃薯对硒的吸收及生物富集规律[J]. 中国马铃薯,2013,27(6):358-361.