

李 洋,游少鸿,林子雨,等. 菖蒲对 5 种重金属富集能力的比较[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):383-385.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.136

菖蒲对 5 种重金属富集能力的比较

李 洋,游少鸿,林子雨,金 旭,张 笛

(桂林理工大学环境与科学工程学院,广西桂林 541004)

摘要:通过盆栽试验,分析菖蒲对土壤中锌、铅、铬、镉、铜 5 种重金属的胁迫反应及富集能力。结果表明,随重金属浓度的增加,菖蒲生物量和株高会有明显变化,当土壤中铬处理浓度超过 700 mg/kg 和铜处理浓度超过 500 mg/kg 时,菖蒲死亡;5 种重金属在菖蒲体内地下部分含量均明显大于地上部分,菖蒲对 5 种重金属有非常强的滞留效应;重金属处理浓度为 1 000 mg/kg 时,菖蒲对锌富集量最大,达到 18 142.5 mg/kg,其中地上部分为 3 973.33 mg/kg,地下部分为 14 169.17 mg/kg。

关键词:菖蒲;盆栽;重金属;滞留效应;富集作用

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)11-0383-03

重金属污染已成为目前越来越需要重视的环境问题之一,重金属污染植物修复技术也随着环境亟需改善的现状而愈发成熟^[1-2]。通常所说的植物修复,是指利用植物除去受污染土壤和废水中重金属的技术,也可以称为生物修复或者是绿色修复^[3-4]。超富集植物及一些对重金属有较强富集能力的植物在植物修复技术中起到关键作用^[5]。因此,寻找对重金属有较强富集能力的植物也便成为解决重金属污染问题重要的环节。菖蒲(*Acorus calamus*)是天南星科多年生草本植物,广泛分布在世界温带、亚热带,生长在湖泊岸边浅水区、池塘和沼泽地中^[6]。菖蒲去除水体中氮、磷、钾的研究已有很大进展,周守标等发现菖蒲对几种重金属复合污染的土壤具有一定的处理效果^[7-8],但菖蒲对土壤中单一重金属的富集能力却鲜见报道。本试验通过盆栽方法,分析菖蒲对 5 种重金属的胁迫反应及富集能力,以期对菖蒲修复重金属污染土壤或水体提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验植物菖蒲采自广西桂林雁山镇某池塘,剪去枯叶、烂叶、烂根,选幼苗用去离子水冲洗,置于提前采用 Hoagland 配方^[9]配制好的营养液中培养。供试土壤采自菖蒲生长的池塘周边,风干后备用。采集土样镉、锌、铜、铬、铅含量分别为 0.12、57.85、18.23、18.23、18.37 mg/kg,符合 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》中的一级标准。

1.2 试验方法

取容积为 3 L 的清洁塑料桶 78 个,每桶内分别装入风干的土壤 2 kg;取分析纯 $K_2Cr_2O_7$ 、 $CuSO_4$ 、 $Pb(NO_3)_2$ 、 $CdCl_2$ 、

$ZnSO_4$,分别单独以不同浓度投加到塑料桶内,再分别向桶中加入去离子水 1 L,用玻璃棒搅拌桶内土壤,使土壤与重金属溶液混匀,使塑料桶内土壤分别含 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 浓度梯度为 100、300、500、700、1 000 mg/kg,含 Cd^{2+} 浓度梯度为 1、3、5、7、10 mg/kg。每种处理浓度 3 个重复,以 3 个不投加重金属溶液的土样为空白对照。

2013 年 7 月 1 日,选取提前置于营养液中长势良好、株体健硕、大小一致的菖蒲植株,分别移栽至 78 个塑料桶内,每桶 1 株;向桶内灌水,保持水面高出土面 2 cm,置于通风透光的塑料网棚内,持续生长 45 d;2013 年 8 月 15 日,将菖蒲从桶内取出,用去离子水小心冲洗,去除菖蒲叶片及根部残留土壤,测定菖蒲生长指标。将菖蒲地上和地下部分分开,置于 105 ℃烘箱中烘干 30 min 杀青,80 ℃烘干 48 h,取出称重,用研钵研碎,分别测定植株体内重金属含量。

1.3 测定方法

烘干研碎后的植物样品过 100 目筛,每份样品取 0.3 g,用 $HNO_3-H_2O_2$ 消解,定容至 25 mL,用火焰原子吸收光谱仪检测相应的重金属含量。

1.4 数据分析方法

计算公式:耐性指数 TI(tolerance index) = 重金属处理中植物的生物量/对照中的生物量 $\times 100\%$;富集系数 BCF(bioconcentration factors) = 地上或地下部分重金属含量/土壤中重金属含量;根系对重金属的滞留率(tetention rate) = (植株地下部分重金属含量 - 植株地上部分重金属含量)/植株地下部分重金属含量 $\times 100\%$ 。试验数据用 SPSS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 菖蒲在不同种类及浓度重金属胁迫条件下的生长状况

试验结果表明,试验后 4 d,1 000 mg/kg 浓度铜处理的菖蒲植株全部死亡;试验后 6 d,700 mg/kg 浓度铜和铬处理的菖蒲全部死亡;培养 45 d,随着重金属处理浓度增加,各处理菖蒲的生物量与生长高度有明显不同,详见图 1。由表 1、图 1 可见,当铅、锌、铜处理浓度为 300 mg/kg 时,菖蒲株高最高,

收稿日期:2014-01-03

基金项目:国家自然科学基金(编号:41273142、41063004);广西自然科学基金(编号:2011GXNSFF018003、2013GXNSFBA019210)。

作者简介:李 洋(1990—),男,吉林松原人,硕士研究生,研究方向为水污染控制。E-mail:angeryantelope@163.com。

通信作者:游少鸿,博士,副教授,主要从事重金属植物修复、水污染控制、环境影响评价研究。E-mail:646761963@qq.com。

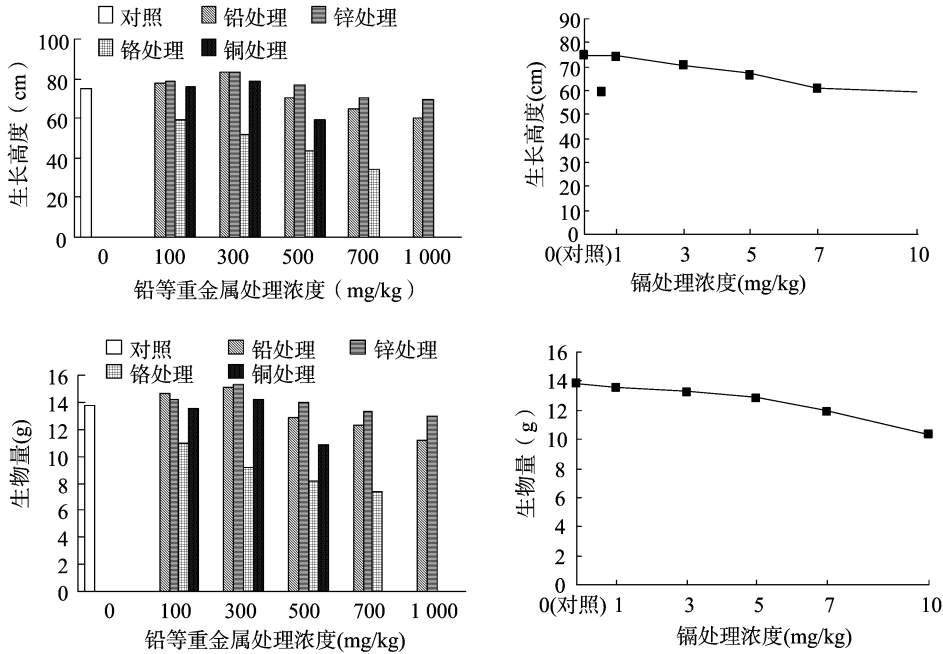


图1 菖蒲在不同重金属胁迫下的生长状况

表 1 菖蒲在不同重金属胁迫条件下的耐性指数

镉处理浓度 (mg/kg)	镉耐性指数	处理浓度 (mg/kg)	耐性指数 (%)			
			铜	铅	锌	铬
1	97	100	98	107	103	80
3	95	300	103	109	111	67
5	93	500	79	93	101	59
7	86	700	0	89	96	54
10	75	1 000	0	81	94	0

生物量最大,生长状况最好,耐性指数也最大,并随浓度增加,株高越来越低;低浓度镉和铬胁迫时,菖蒲株高低于对照;随浓度增加,植株高度与生物量进一步递减,菖蒲生长受到明显抑制,造成毒害作用。

2.2 菖蒲对重金属的富集能力比较

由表 2 可见,菖蒲对重金属的富集量随着土壤中重金属浓度的增加而增加,呈正相关关系,对 5 种重金属的富集能力却有明显差异;菖蒲对锌的富集能力最强,当锌浓度为 1 000 mg/kg 时,菖蒲地下部分富集浓度达到 14 169.17 mg/kg,地上部分达到 3 973.33 mg/kg;菖蒲地下部分对 5 种重金属的富集系数大多数都大于 1,地上部分对铜、铬的富集系数均小于 1;菖蒲对于镉的平均富集系数最大,当镉浓度为 10.00 mg/kg 时,菖蒲地下部分富集系数达到 33.9,地上部分富集系数达到 3.00;5 种重金属在菖蒲地下部分含量均大于地上部分,菖蒲对 5 种重金属有非常强的滞留效应,其中,菖蒲对铬的平均滞留率最大。

3 结论与讨论

重金属能够进入大气、土壤和水体直接造成各类环境要素的污染,也能够在大 气、土壤和水体中相互迁移,间接造成各类环境要素的污染^[10]。当土壤中重金属含量超出植物对

重金属自净作用的时候,重金属离子将对植物的代谢、生长发育产生影响^[11-13]。使土壤受到污染的重金属主要有砷、镉、钴、铬、铜、汞、锰、镍、铅、锌等其中的一种或几种复合污染。陈本良等研究表明,镉污染可导致农作物幼苗受损减产,对人体也有严重影响^[14]。锌污染的土壤对植物生长也有严重的抑制作用^[15]。当本试验 5 种重金属在土壤或水体中过量存在时,均对植物的生长有不同程度的抑制和毒害作用^[16-17]。从试验结果看,菖蒲对于镉、锌、铜、铬、铅 5 种元素均有一定的富集作用,因此,菖蒲作为植物修复的筛选植物具有一定意义。

当铅、锌、铜浓度达到 300 mg/kg 时,菖蒲的生长状况最好,过量的铜元素会严重损伤植物的根部,使主根无法伸长,根尖硬化,抑制生长点细胞的分裂^[12],当铜浓度高于 500 mg/kg 时,菖蒲死亡。在铬、镉低浓度条件下,菖蒲株高低于对照,随着重金属浓度的增加,株高越来越低,铬、镉对菖蒲已产生毒害作用,当铬浓度高于 700 mg/kg 时,菖蒲无法存活。

无论是地上还是地下部分,菖蒲对锌的富集能力都是最大的,当锌浓度为 1 000 mg/kg 时,菖蒲地下部分的富集量可达到 14 169.17 mg/kg,地上部分可达到 3 973.33 mg/kg,这与任珏等研究结果^[18]一致。菖蒲对高浓度镉的富集系数最大,其次分别是锌、铜、铬、铅。比较 5 种重金属,可选择菖蒲作为重金属污染土壤或水体修复的植物。

参考文献:

[1] Salt D E, Blaylock M, Kumar N P, et al. Phytoremediation; a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants[J]. Biotechnology, 1995, 13(5): 468-474.
[2] Zayed A, Gowthaman S, Terry N. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed[J]. Journal of Environmental Quality, 1998, 27(3): 715-721.

表 2 不同处理条件下菖蒲体内的重金属浓度

元素	处理浓度 (mg/kg)	浓度 (mg/kg)		富集系数		滞留率 (%)
		地上部分	地下部分	地上部分	地下部分	
镉	1.00	2.70 ± 0.60	77.83 ± 10.32	2.70	77.8	96.5
	3.0	5.50 ± 0.90	102.25 ± 14.50	1.80	34.1	94.6
	5.0	10.20 ± 2.90	112.33 ± 12.67	2.00	22.5	90.9
	7.0	17.17 ± 4.60	208.42 ± 57.28	2.50	29.8	91.8
	10.00	29.75 ± 9.62	339.25 ± 103.50	3.00	33.9	91.2
	0.12(对照)	0.70 ± 0.33	3.88 ± 1.18	5.80	32.3	82.0
锌	100.00	332.92 ± 52.43	1 072.50 ± 144.24	3.30	3.7	70.0
	300.00	427.50 ± 70.61	2 522.50 ± 722.50	1.40	8.4	83.0
	500.00	675.42 ± 36.33	3 945.00 ± 1 022.83	1.40	7.9	82.9
	700.00	1 535.22 ± 205.30	7 169.70 ± 177.60	2.20	10.2	78.6
	1 000.00	3 973.33 ± 828.34	14 169.17 ± 389.50	4.00	14.2	71.9
	57.85(对照)	122.33 ± 39.76	342.50 ± 64.88	2.10	5.6	64.3
铜	100.00	19.58 ± 3.50	450.83 ± 155.39	0.20	4.5	95.7
	300.00	119.75 ± 34.63	1 145.80 ± 475.33	0.40	3.8	89.6
	500.00	178.67 ± 32.50	2 057.92 ± 579.30	0.40	4.1	91.3
	18.23(对照)	3.25 ± 0.15	18.33 ± 3.63	0.20	1.0	82.2
铬	100.00	16.83 ± 4.78	552.92 ± 97.30	0.20	5.5	97.1
	300.00	58.00 ± 9.50	687.75 ± 195.86	0.20	2.3	91.6
	500.00	73.83 ± 10.88	1 257.82 ± 466.90	0.10	2.5	94.2
	700.00	160.00 ± 58.39	2 840.00 ± 394.20	0.20	4.0	94.4
	53.24(对照)	3.43 ± 0.98	43.50 ± 4.51	0.06	0.8	91.7
铅	100.00	259.67 ± 74.32	455.75 ± 173.74	2.60	4.5	43.1
	300.00	315.75 ± 104.66	655.00 ± 184.33	1.00	2.2	51.9
	500.00	378.83 ± 92.50	1 329.17 ± 195.40	0.80	2.7	71.6
	700.00	410.75 ± 133.20	2 462.50 ± 474.23	0.60	3.5	83.3
	1 000.00	460.83 ± 176.33	3 515.00 ± 676.33	0.50	3.5	86.9
	18.37(对照)	2.33 ± 1.12	17.55 ± 5.43	0.10	1.0	86.7

注:表中数值为 3 个重复的平均值 ± 标准差。

- [3] 韦朝阳, 陈同斌. 重金属超富集植物及植物修复技术研究进展[J]. 生态学报, 2001, 21(7): 1196 – 1203.
- [4] Meagher R B. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2000, 3(2): 153 – 162.
- [5] 陈同斌, 韦朝阳, 黄泽春, 等. 砷超富集植物蜈蚣草及其对砷的富集特征[J]. 科学通报, 2002, 47(3): 207 – 210.
- [6] 张维昊, 周连凤, 吴小刚, 等. 菖蒲对铜绿微囊藻的化感作用[J]. 中国环境科学, 2006, 26(3): 355 – 358.
- [7] 周守标, 王春景, 杨海军, 等. 菖蒲对重金属的胁迫反应及其富集能力[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 281 – 287.
- [8] 吴月燕, 刘秀莲, 洪丰. 3 种植物对重金属富集能力的比较[J]. 科技通报, 2008, 24(2): 266 – 271.
- [9] Qian J H, Zayed A, Zhu Y L, et al. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: III. Uptake and accumulation of ten trace elements by twelve plant species[J]. Journal of Environmental Quality, 1999, 28(5): 1448 – 1455.
- [10] Ye Z H, Baker A J M, Wong M H, et al. Zinc, lead and cadmium accumulation and tolerance in *Typha latifolia* as affected by iron plaque on the root surface[J]. Aquatic Botany, 1998, 61(1): 55 – 67.
- [11] 张义贤. 重金属对大麦(*Hordeum vulgare*)毒性的研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(2): 70 – 76.
- [12] 杨世勇, 王方, 谢建春. 重金属对植物的毒害及植物的耐性机制[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2004, 27(1): 71 – 74, 90.
- [13] 王瀚, 何九军, 杨小录. 重金属对植物的胁迫作用及其与信号转导的关系[J]. 生物学教学, 2012, 37(2): 7 – 9.
- [14] 陈志良, 莫大伦, 仇荣亮. 镉污染对生物有机体的危害及防治对策[J]. 环境保护科学, 2001, 27(4): 37 – 39.
- [15] 李福燕, 张黎明, 李许明, 等. 土壤 – 植物系统锌污染与修复技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(22): 5920 – 5921, 5979.
- [16] Anderson T A, Guthrie E A, Walton B T. Bioremediation in the rhizosphere[J]. Environ Sci Technol, 1993, 27(13): 2630 – 2636.
- [17] Pence N S, Larsen P B, Ebbs S D, et al. The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*[J]. Proc Natl Acad Sci, 2000, 97(9): 4956 – 4960.
- [18] 任珺, 付朝文, 陶玲, 等. 芦苇、菖蒲和水葱对水体中 Zn^{2+} 的富集效应研究[J]. 湿地科学, 2011, 9(4): 322 – 327.