

铜胁迫对鸭跖草的生长及生理特性的影响

田胜尼¹, 彭少麟², 张玉琼¹, 何金铃¹, 周疆丽¹

(¹安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036; ²中山大学生命科学院, 广州 510275)

摘要:通过盆栽试验研究了不同浓度铜离子对鸭跖草的生长及生理特性的影响。处理用的铜离子浓度为20、50、100、200和400 mg/L,以去离子水作对照组。研究表明,在5种不同浓度的铜离子浇灌下,鸭跖草均能正常生长。随着铜离子浓度的增加,与对照组相比,铜离子浇灌的鸭跖草植株在前期生长较快,后期生长减慢。在前期各处理组的平均株高增加量随着浓度的升高而增加。经过不同浓度的铜离子浇灌处理后,各处理组鸭跖草叶片的超氧化物歧化酶(SOD)活性及脯氨酸含量逐渐增加。方差分析结果表明,不同浓度的铜离子处理对SOD酶的活性及脯氨酸的含量均没有产生显著的影响。不论地上部分还是地下部分,各处理组的生物量都表现为随铜离子浓度的升高而降低。由此可见,在重金属铜离子的胁迫下,鸭跖草对铜具有较强的耐性,通过体内提高SOD酶及脯氨酸的含量等生理响应来增加抵抗重金属铜胁迫的毒害作用。

关键词:鸭跖草;铜胁迫;生理响应;耐性机制

中图分类号: S184 文献标识码: A

The Effects of Copper Stresses on the Growth and Physiological Characteristics for *Commelina communis*

Tian Shengni¹, Peng Shaolin², Zhang Yuqiong¹, He Jinlin¹, Zhou Jiangli¹

(¹School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

²School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Abstract: The effects of different concentrations Cu^{2+} on the growth and physiological characteristics for *C. communis* were studied by pot trials in this article. Cu^{2+} concentration used for the trials was 20, 50, 100, 200, 400 mg/L, respectively, and the deionized water was control group. The results showed that *C. communis* watered by 5 different concentrations Cu^{2+} solution could grow normally. Comparing with the control group, *C. communis* grew quickly in the earlier stage, but slowed down in the later stage. With the increasing of Cu^{2+} concentration, the average height of *C. communis* was increasing gradually. After various concentrations of Cu^{2+} Stresses treatment, SOD enzyme activities and proline contents of *C. communis* leaves were promoted gradually. Variance analysis results showed that there were no significant difference among all treatments groups for SOD enzyme activities and proline contents. But the biomass of the upground and underground parts decreased with the increasing of Cu^{2+} concentration. This result indicated that *C. communis* presented strong resistance to Cu^{2+} stresses, which could resist heavy metal Cu^{2+} toxicity through promoting the proline contents and SOD enzyme activities and the physiological response in the body.

Key words: *Commelina communis*, Cu^{2+} stresses, physiological response, tolerance mechanism

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金“铜矿区植物金属耐性或超富集的机理研究”(KJ2007B120);安徽农业大学博士启动基金资助项目“植物对金属耐性的机理研究”(wd2006-12)。

第一作者简介:田胜尼,男,1971年出生,安徽枞阳县人,副教授,博士,主要从事植物生态学教学与科研工作,发表论文30余篇。通信地址:230036 合肥市长江西路130号安徽农业大学生命科学学院, Tel: 0551-5838548。Email: tiansn@scib.ac.cn。

收稿日期:2009-12-18,修回日期:2009-03-23。

随着金属矿山的大量开采和冶金工业的迅速发展,形成大量重金属废弃地^[1]。同时,也产生大量的重金属元素正通过各种途径进入土壤,并导致严重的土壤重金属污染。金属废弃地及重金属污染的土壤,给人类和人体健康造成许多问题^[2-3]。铜是高等植物生长发育必需的微量营养元素,参与了很多生理生化代谢过程,对植物的生长发育、品质、产量等有重要的影响^[1]。但是铜又是重要的环境污染物,过量的铜会导致环境污染,引发植物生理生化代谢过程紊乱,并最终抑制植物生长发育。

鸭跖草(*Commelina communis* L.)是鸭跖草科一年生草本植物。在安徽、湖北等铜矿废弃地或铜矿区,由于重金属铜等离子的胁迫等因素的影响,许多植物难以正常的定居,但鸭跖草等少量的植物能在铜矿区或铜污染土壤上正常生长^[3-4]。已有研究证明,鸭跖草能吸收和积累相当高浓度的Cu,被认为是一种铜的超富集植物,可应用于重金属污染土壤修复的植物^[4-7]。虽然对鸭跖草对铜的富集及铜污染土壤的修复作用有了一定的认识,但有关重金属铜对其生理响应过程的研究仍然较少^[8-9]。为了进一步了解鸭跖草对Cu²⁺的耐性大小及生理响应,笔者通过盆栽试验研究了在不同浓度Cu²⁺处理条件下,鸭跖草对Cu²⁺的生长及生理特性的变化,为鸭跖草用于铜矿区及铜污染地区的植物修复提供理论依据和实践经验。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试验用的鸭跖草幼苗,于2008年4月9日采集于安徽省合肥市安徽农业大学校园内,盆栽试验在安徽农业大学温室内进行。

1.2 试验方法

取长势高度相近的鸭跖草植株,在温室内将鸭跖草栽植于高17 cm,直径20 cm的装有土壤的塑料盆中,每盆5株,3盆为一组。共6组。盆栽第1周,用去离子水浇灌,保持盆中一定的湿度,以保证各植株成活。盆栽1周后,一直用铜离子浓度分别为20、50、100、200、400 mg/L的溶液,对相应的各组进行浇灌培养。试验于2008年4月开始,至2008年6月鸭跖草开花时实验结束。对照组一直用去离子水浇灌,即其铜离子的浓度为0 mg/L。并定期记录各组鸭跖草植株的生长状况,生长第到第50天时,盆中的部分植株开始开花,取茎顶部倒数第2片叶子,测定各组脯氨酸的含量和超氧化物歧化酶的活性。然后,将各盆植株取出,用自来水洗净叶片和根部的土壤,再用去离子水洗净。自然晾干后测定各单植株的鲜重,再放入105℃的烘

箱杀青30 min,85℃烘24 h后,测定各植株的干重。

1.3 生理指标的测定方法

超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑NBT光还原法测定^[10],脯氨酸含量采用磺基水杨酸法测定^[11]。

1.4 数据处理与分析

实验所得的数据均由Microsoft Office Excel 2003和SPSS 13.0进行分析处理。单因素方差分析中的Tukey检验用来进行多重比较($P<0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 不同浓度铜离子对鸭跖草生长及株高的影响

在金属矿区废弃地的复垦和植物修复中,定居的复垦或修复植物在重金属污染土壤生长的高度常作为选择指标之一。植物的高度越高,盖度越大,以便更好的控制重金属污染土壤给周边地区带来环境问题。通过5种不同浓度铜离子溶液对鸭跖草进行为期50天盆栽持续浇灌处理,随着时间的增加,各盆中铜离子浓度也会持续增高,在高浓度盆栽土表层可见铜盐的结晶体。栽培结果发现,不论是低浓度,还是高浓度的浇灌处理,各组处理盆中的鸭跖草均可正常生长,没有一株出现死亡。观察发现,用不同浓度的铜离子浇灌培养鸭跖草,实验的前期,鸭跖草在高浓度的铜离子的处理作用下,株高生长较快,但后期株高增长减缓或不再增加。

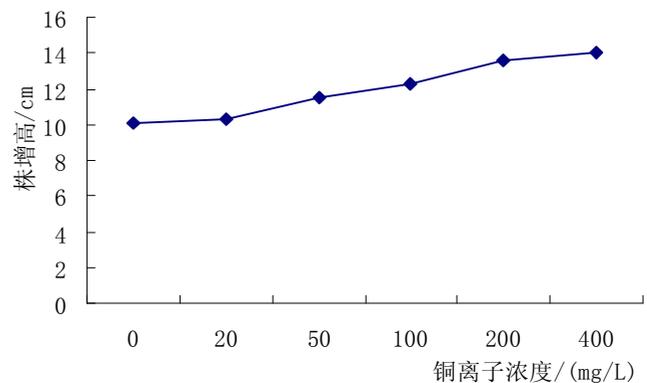


图1 不同铜离子浓度处理对鸭跖草株高增长的影响

图1为鸭跖草用铜离子浇灌培养生长30天时,在铜离子胁迫下各组植株的平均增高变化情况。从图1可以看出,经20~400 mg/L铜离子对鸭跖草进行处理后,鸭跖草的生长比对照组快,且植株平均增加量比均对照组高。且随着处理铜离子浓度的上升,各处理组鸭跖草的株高的增高量逐渐增加。这表明,鸭跖草能抵抗高铜离子的胁迫,对铜离子具有较强的耐性。采用铜离子低于400 mg/L浓度进行短期浇灌时,有利于鸭跖草茎的生长,株高生长加快。但持续长时间的浇灌后,高浓度处理组的植株生长减慢或停滞不再增高,而低浓度组仍能保持增高生长一段时间。

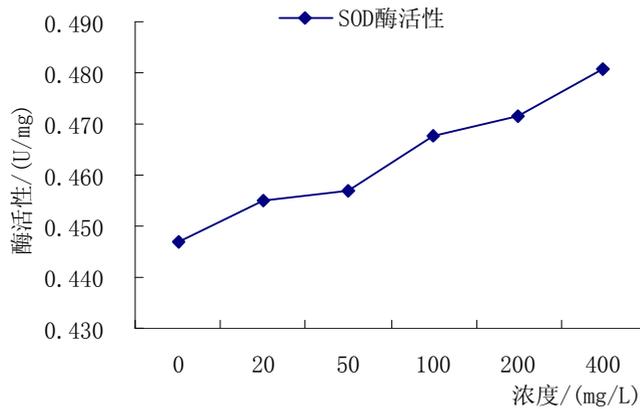


图2 不同铜离子浓度对鸭跖草SOD酶活性影响

2.2 不同浓度铜离子对鸭跖草叶片SOD酶活性的影响

SOD(超氧化物歧化酶)是生物体内重要的抗氧化酶,能通过歧化反应清除生物细胞中的超氧自由基,从而减少自由基对有机体的毒害^[10]。近来大量研究表明,植物在逆境胁迫中,细胞内自由基代谢平衡被破坏而有利于自由基的产生。过剩自由基的毒害之一是引发或加剧膜脂过氧化作用,造成细胞膜系统的损伤,严重时会导致植物细胞死亡^[12-16]。图2为不同铜离子浓度处理下鸭跖草的SOD酶活性大小。从图中可以看出,随着铜离子浓度增加,鸭跖草叶片的SOD酶含量逐渐上升。方差分析结果发现,各处理组之间均没有达到显著的水平。相关分析结果发现,铜离子浓度的增加,SOD酶的活性也在增加,但二者之间没达到显著的正相关关系。

李锋民等通过Cu²⁺处理条件下的海州香薷幼苗研究发现,随Cu处理浓度的增加,SOD酶活性先上升后下降。当处理浓度为200 mg/L时,海州香薷叶片的SOD酶活性开始降低^[16]。在高浓度Cu处理下,重金属参与植物体内的氧化还原循环,引起活性氧的变化,在一定浓度范围内活性氧作为信号分子可能促进SOD酶的活性。但随着Cu浓度的增大,当活性氧浓度达到一定临界值时,首先抑制SOD酶的活性^[16]。海州香薷和鸭跖草是铜矿废弃地上自然定居的主要优势植物。它们在长期高浓重金属铜的胁迫下,均能正常生长,其表现对重金属铜有较强耐性。鸭跖草能在高Cu浓度处理条件下继续生长,SOD酶在一定程度上有解毒作用,清除了鸭跖草体内由重金属引起的氧自由基。从而使重金属的毒性降低。海州香薷在铜离子浓度高于200 mg/L时,SOD酶活性下降^[16]。与海州香薷相比,鸭跖草在400 mg/L浓度处理下,SOD酶的活性还没有下降,表明鸭跖草比海州香薷对Cu具有更强的耐性。

2.3 不同浓度铜离子对鸭跖草叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸是最重要和有效的渗透调节物质。外源脯氨酸也可以减轻高等植物的渗透胁迫。在正常环境下,植物体内游离脯氨酸含量较低,但在逆境胁迫时,植物体内游离脯氨酸含量可增加10~100倍,并且游离脯氨酸积累量与逆境程度、植物的抗逆性有关^[10]。因此,测定植物体内游离脯氨酸的含量,在一定程度上可以判断逆境对植物的危害程度和植物对逆境的抵抗力。

在0~400 mg/L铜离子浇灌处理下,各处理组鸭跖草叶片的脯氨酸含量结果如图3所示。随着铜离子浓度增加,鸭跖草叶片的脯氨酸含量在逐渐上升。随着铜离子浓度的上升,鸭跖草抗逆性增强。方差分析及相关分析结果与SOD酶的活性相同,均没有达到显著的差异和显著相关的水平。

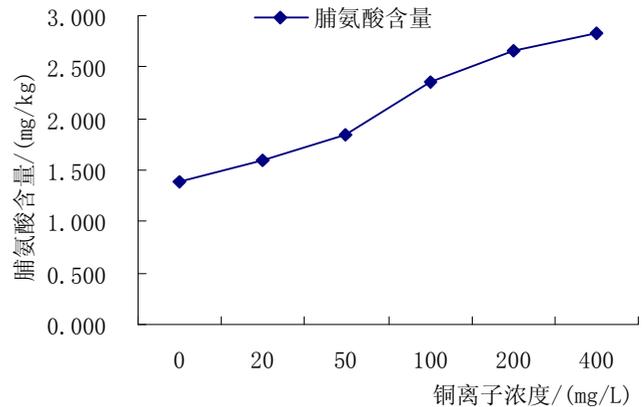


图3 不同铜离子浓度处理下鸭跖草脯氨酸含量

2.4 不同铜离子浓度处理对鸭跖草生物量的影响

将鸭跖草从盆中取出,用去离子水洗净根部的土壤,用剪刀将鸭跖草的茎叶部与根部剪断,待其表面水份自然风干后,分别称取茎鲜重和根鲜重,再计算出每株鸭跖草的茎鲜重和根鲜重的平均值。然后放入烘箱烘干测定各株的干重,再计算各处理组平均单株干重。表1为5种不同铜离子浓度及对照处理组鸭跖草地上部分和地下部分的生物量。

从表1可以看出,随着铜离子浓度的增加,鸭跖草地上部分和地下部分的单株重量逐渐下降。对于地上部分干重而言,对照组地上部分鸭跖草的平均单株为2.215 g,在400 mg/L浓度处理时,生物量为1.226 g,比对照组下降44.6%。地下部分的生物量也表现出与地上部分生物量相似的变化规律,400 mg/L处理组的鸭跖草比对照组低49.2%。在盆栽过程中观察发现,在实验前期,利用不同浓度的铜离子处理时,各处理组鸭跖草在前期生长较快。由于对盆中不停持续的浇灌,

基质中的铜离子含量逐渐增加,特别是400 mg/L处理组,塑料盆的土壤表面已有金属晶体出现,鸭跖草依然能保持成活状态,每盆中的各株均未出现死亡的现象,但生长基本处于停滞状态,生物量增加缓慢或基本不再增加。这表明,铜离子胁迫的后期,根系遭到高浓度的铜毒害作用,植株的生长受到一定的抑制作用,致使高浓度处理组比对照组或低浓度组的生物量下降。野外调查发现,在铜矿废弃地上,自然定居的鸭跖草植株非常矮小,生物量很低,生长期比非矿区的鸭跖草要短。实验结果发现,随着铜浓度的增加,鸭跖草生物量下降,这可能是由于重金属铜的含量过高,生长受到铜离子胁迫的缘故。

表1 不同铜离子处理对鸭跖草生物量的影响

Cu ²⁺ / (mg/kg)	地上部分干重/g	地下部分干重/g
0	2.215	0.262
20	1.832	0.271
50	1.363	0.178
100	1.271	0.136
200	1.252	0.147
400	1.226	0.133

3 结论

Cu是植物生长必需的微量元素,但在金属含量过高的环境下,许多植物往往难以定居或成活。在铜矿废弃地上,鸭跖草能自然定居其上,进行开花结果,完成个体生活史,表现出对铜的较强耐性和适应性。此实验通过不同浓度的重金属对鸭跖草的盆栽结果发现,在低于400 mg/L浓度铜离子进行持续浇灌处理,鸭跖草植株全部成活,无一株死亡。随铜离子浓度的增加,在实验的初期,植株生长加快,后期时高浓度的持续浇灌处理,其高浓度处理组植株生长减缓或基本处于停滞状态。各处理组叶片SOD酶活性及脯氨酸的含量随着铜离子浓度的增加而增加,但生物量随着铜离子含量的增加而降低。鸭跖草是一种很强的重金属Cu耐性植物,同时也被发现为铜的超富集植物,对

高浓度铜离子具有较强的耐性,可用作铜污染地区的复垦或修复植物,但如何提高其生物量,增强修复效果,有关此方面的研究还有待进一步的深入开展。

参考文献

- [1] 田胜尼.铜尾矿废弃地的植被恢复[D].北京:中国科学院,2006.
- [2] 王镜岩,朱圣庚,徐长法.生物化学[M].北京:高等教育出版社,2002:465-467.
- [3] 束文圣,杨开颜,张志权,等.湖北铜绿山古铜矿冶炼渣植被与优势植物的重金属含量研究[J].应用与环境生物学报,2001,7(1):7-12.
- [4] 刘小红,薛艳,周东美,等.矿区Cu耐性植物研究初探[J].农业环境科学学报,2005,24(1):50-54.
- [5] Tang Shirong, Huang Changyong, Zhu Zuxiang. *Commelina communis* L.: Copper hyperaccumulator found in Anhui province of China[J]. Pedosphere, 1997, 7(3):207-210.
- [6] Meagher R B. Phytoremediation of toxic element and organic pollutants [J]. *Current Opinion in Plant Biotechnol*, 2000, 3(2): 153-162.
- [7] Watanabe M E. Phytoremediation on the brink of commercialization [J]. *Environmental Science & Technoligy*, 1997, 31:182-186.
- [8] 廖斌,邓冬梅,杨兵,等.鸭跖草(*Commelina communis*)对铜的耐性和积累研究[J].环境科学学报,2003,23(6):797-801.
- [9] 杨兵,廖斌,邓冬梅,等.Cu²⁺对两种生态型鸭跖草Cu积累和抗氧化酶的影响[J].中国环境科学,2004,24(1):9-13.
- [10] 章家恩.生态学常用实验研究方法与技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [11] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:161-162.
- [12] 林植芳,李双顺,林桂珠.成熟叶片老化、SOD活性和脱脂氧化酶的相关性研究[J].植物学报,1984,26(6):605-615.
- [13] 孙赛初,王焕校,李启任.水生维管束植物受镉污染后的生理变化及受害机理初探[J].植物生理学报,1985,11(2):113-121.
- [14] 刘文彰,孙典兰.Cu浓度对黄瓜幼苗的生长和抗氧化酶的影响[J].植物生理学报,1985,3:22-24.
- [15] 周长芳,吴国荣,施国新,等.水生抗氧化系统在抵御Cu胁迫中的作用[J].植物学报,2001,43(4):389-394.
- [16] 李锋民,熊治廷,胡洪营.海州香薷对铜的蓄积及铜的毒性效应[J].环境科学,2003,24(3):30-34.