

Cu 胁迫对香豌豆生长及生理特性影响

刘蕊

(江西财经大学 艺术学院园林系 江西 南昌 330032)

摘要:通过土培试验研究重金属铜(Cu)胁迫对香豌豆幼苗生长及生理指标的影响。结果表明:当Cu浓度低于50 mg/kg时对香豌豆幼苗生长有促进作用,大于50 mg/kg时对香豌豆幼苗地下部生长有抑制作用,Cu处理浓度为100 mg/kg时,地下部干重较对照(CK)下降16%。当Cu浓度大于50 mg/kg时,植物光合色素含量随Cu浓度的升高而降低;当Cu浓度低于75 mg/kg时,香豌豆地下部分细胞膜脂过氧化程度上升,地上部分丙二醛的浓度随Cu浓度升高而下降;地上部和地下部过氧化物酶(POD)随着Cu浓度的上升而先升后降;脯氨酸和抗坏血酸的含量随Cu浓度的升高都表现出提高的趋势。可见POD、脯氨酸和抗坏血酸在提高香豌豆抗性方面起到重要的作用。

关键词:铜胁迫;香豌豆;生长指标;生理特性

中图分类号:S529.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)增刊-0193-05

Effects of Cu on the Growth and Physiological Response of *Lathyrus odoratus*

LIU Rui

(Jiangxi University of Finance and Economics Institute of Art Garden, Nanchang 330032, China)

Abstract: Effects of Cu (0–100 mg/kg) on growth and some physiological indexes of *Lathyrus odoratus* seedlings were studied by soil culture method. The results show that seedling growth of *odoratus* L. were promoted under 50 mg Cu treatments and inhibited as the Cu concentrations more than 50 mg/kg, and the dry weight of underground part under 100 mg/kg Cu treatment decreased to 84% of control. photosynthetic pigment contents in the leaves decreased as the Cu concentrations more than 50 mg/kg. The MDA concentrations in underground parts of *odoratus* L. enhanced under 75 mg/kg Cu treatments and MDA concentrations in aboveground parts decreased as the rise of Cu levels. The activities of peroxidase (POD) of aboveground and underground parts increased first and then dropped as Cu concentration increased. Proline and ascorbic acid contents of *L. odoratus* showed increase trend under Cu treatments. The results indicated that POD, proline and ascorbic acid in the *odoratus* L. played important role in the Cu resistance, defense reactive oxygen species is significant role.

Key words: Copper (Cu); *Lathyrus odoratus*; Growth parameter; Physiological characters

环境污染是目前全球最重视的环境问题之一,而重金属污染又是环境污染中的关键污染源。金属矿山的开采、农药化肥的大量使用与生活污水的排放及污泥的扩散等都导致土壤重金属含量增加^[1],其中铜(Cu)污染是常见的重金属污染之一^[2]。由于Cu矿石的化学成份多样,伴生、共生多种有益和有害元素,铜作为植物所必需的营养元素和许多重要酶的组成成分,广泛参与各种生命活动,但是当植物细胞中铜浓度超过一定范围,它们就会产生毒害^[3]。随着环保意识和生活水平的提高,人们对农

产品品质的要求越来越高,对重金属污染的控制与治理也越来越引起人们的关注^[4]。近年来,Cu胁迫对植物的生长及生理影响的报告很多,但对Cu胁迫下香豌豆(*Lathyrus odoratus*)的适应性、耐性能力以及积累能力等的研究未见报道。香豌豆为一、二年生蔓性攀援草本植物,属于豆科(*Leguminosae*)。香豌豆喜冬暖夏无酷暑的气候条件,宜作二年生花卉栽培,其花序长、花姿秀美具有较高观赏价值,本研究以香豌豆为试验材料,研究不同浓度Cu处理下香豌豆的生长及生理特性,探讨香豌豆对Cu的

收稿日期:2012-07-25

作者简介:刘蕊(1987-),女,山东聊城人,硕士,主要从事植物生理、观赏园艺研究。

耐性机制,为净化含 Cu 重金属污染的水体提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试植物香豌豆(*L. odoratus*)的实生苗,栽培于江西财经大学植物生理实验室。

1.2 试验方法

1.2.1 幼苗的培育及 Cu 处理 香豌豆的播种及幼苗培养按照韩玉林^[5]的方法。试验用土壤采自于江西财经大学校园内田园土,土壤 Cu 的处理浓度分别为:0(CK) 25 50 75 100 mg/kg,共 5 个处理,土壤处理后经 30 d 平衡。幼苗生长到约 5 cm,挑选生长一致的幼苗分别移栽到盆内用黑色塑料袋包裹 Cu 处理土壤花盆中,每盆 4 株,每个处理 3 次重复。自然光,光照强度约为 8 000 lx,温度 20 ~ 25℃。栽后每隔 4 d 浇一次等量水,30 d 后进行生长和生理指标的测定。

1.2.2 植物生长势及生理指标测定 植物生长势的测定:Cu 处理一个月后分别取出幼苗,用自来水把植株冲洗干净,用直尺测量根系的高度和长度。每个处理中取 4 株幼苗分为地上、地下(地下部分包括根茎及根系)两部分,在 80℃ 烘干至恒质量,再用千分之一电子天平测定地上部分(茎和叶片)和

地下部分(根系)的单株干质量。

生理指标测定:过氧化酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法,POD 的活性(以鲜质量计)用 $\Delta 470/(\text{min} \cdot \text{g})$ 表示;超氧歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑(NBT)法^[6],SOD 的活性用 NBT-还原法;抗坏血酸含量测定选用二联吡啶法;叶绿素含量测定选用丙酮提取法^[7];游离脯氨酸含量测定选用茚三酮法;植物抗逆性的测定用电导仪法;丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法。

2 结果与分析

2.1 Cu 胁迫对香豌豆植物生物量和耐性指数的影响

从表 1 中看出,香豌豆根和茎的长度呈先升后降的趋势。在 Cu 浓度为 50 mg/kg 处理时根最长,比对照(CK)增加了 13%,说明此浓度有利于植物根部的生长;Cu 浓度为 75 mg/kg 处理时,香豌豆的茎最长。与根长茎长相似,植物干质量与对照相比呈先升再降的趋势,在 Cu 浓度为 50 mg/kg 处理时,地下部干质量最大,较对照增长了 8%;在 100 mg/kg Cu 处理时最低,较对照减少了 16%。在 Cu 处理浓度为 50 mg/kg 时,地上部干质量最大,较对照增长了 40%,说明此浓度有利于地上部分植物的生长。

表 1 Cu 胁迫对香豌豆生长指标的影响

Tab.1 Effects of Cu treatment on the growth parameters of *L. odoratus*

处理/(mol/L) Treatments	长度/cm Length		干质量/g Dry weight	
	根 Root	茎 Shoot	地下部 Underground parts	地上部 Aboveground parts
0(CK)	21.50 ± 0.00b	19.17 ± 3.33a	0.12 ± 0.024a	0.10 ± 0.043a
25	21.17 ± 0.29c	20.67 ± 3.37a	0.11 ± 0.021a	0.10 ± 0.035a
50	24.33 ± 2.08a	22.33 ± 2.52a	0.13 ± 0.025a	0.14 ± 0.030a
75	22.17 ± 0.58b	23.00 ± 1.80a	0.11 ± 0.025a	0.12 ± 0.030a
100	21.83 ± 2.93b	21.80 ± 2.02a	0.10 ± 0.015a	0.11 ± 0.022a

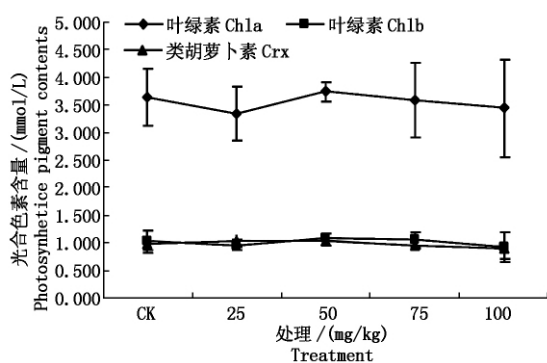


图 1 Cu 胁迫对香豌豆光和色素含量的影响

Fig.1 Effects of Cu treatment on the contents of photosynthetic pigments of *L. odoratus*

2.2 Cu 胁迫对香豌豆植物光和色素含量的影响

从图 1 中可见,在 Cu 胁迫下,植物光和色素含量与对照比均呈下降趋势。叶绿素 chl a 在 Cu 处理浓度为 25 mg/kg 胁迫时最低,较对照下降了 27.4%,在处理浓度为 50 mg/kg 胁迫值最大,较对照增加了 2.6%。叶绿素 chl b 和类胡萝卜素(Crx)光和色素含量均随着 Cu 处理浓度的增加下降趋势不显著,都在 100 mg/kg 时最低,分别较对照降低 9.6% 8.1%。

2.3 Cu 胁迫对香豌豆植物丙二醛(MDA)含量的影响

从图 2 可见,香豌豆地下部分 MDA 含量(以鲜质量计)随着 Cu 处理浓度升高呈先上升后下降的

趋势,在 Cu 浓度为 75 mg/kg 时达到最高,比对照增加了 69.6%。在 100 mg/kg 时植物抗性明显下降,较对照增加了 22.4%。植物地上部分 MDA 的含量随着 Cu 浓度的增加呈下降趋势,较对照分别下降了 4.6%、23.4%、18.3%、27.7%。

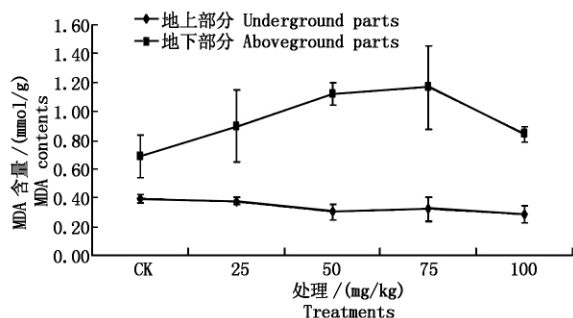


图2 Cu 胁迫对香豌豆植物丙二醛(MDA)含量的影响

Fig.2 Effects of Cu treatment on the contents of MDA of *L. odoratus*

2.4 Cu 胁迫对香豌豆植物 POD 活性的影响

从图3可以看出,在 Cu 胁迫影响下,地上部分 POD 的活性呈先升后降的趋势,当 Cu 处理浓度为 50 mg/kg 时,POD 的活性达到最高,较对照增加 33.5%,该浓度对香豌豆地上部的 POD 活性有较强的诱导能力;当 Cu 处理浓度为 75 mg/kg 时,POD 的活性较对照减少 24.1%。地下部分 POD 活性呈先升后降的趋势,在 Cu 处理浓度为 75 mg/kg 时达到最高,较对照增加 22%。

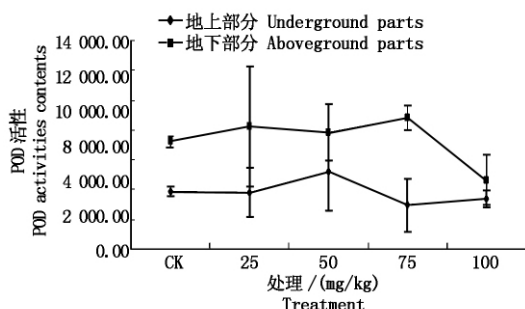


图3 Cu 胁迫对香豌豆植物 POD 活性的影响

Fig.3 Effects of Cu treatment on the contents of POD of *L. odoratus*

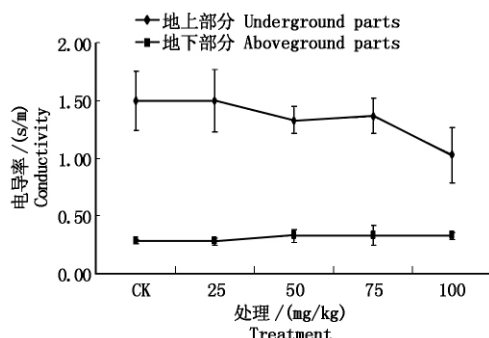


图4 Cu 胁迫对香豌豆植物细胞膜透性的影响

Fig.4 Effects of Cu treatment on the cell membrane permeability of *L. odoratus*

2.5 Cu 胁迫对香豌豆植物细胞膜透性的影响

从图4可见,地上部分电导率值与对照相比呈明显的下降趋势,分别下降了 0.1%、16.7%、11.3%、31.5%,Cu 胁迫浓度越高,电导率值越低,Cu 处理浓度在 100 mg/kg 胁迫最低。地下部分电导率随着土壤 Cu 胁迫浓度增加呈上升的趋势。

2.6 Cu 胁迫对香豌豆植物脯氨酸含量的影响

从图5中可见,地下部分 pro 含量变化呈先升后降的趋势,在土壤 Cu 处理浓度为 75 mg/kg 时达到最高,其地下部含量是对照的 1.34 倍,在 Cu 浓度为 100 mg/kg 胁迫下植物抗性明显下降,较对照下降了 17%。地上部分植物 pro 浓度随着 Cu 处理浓度的增高而逐渐升高,在 50 mg/kg Cu 胁迫后 pro 浓度增长的趋势趋于平缓。

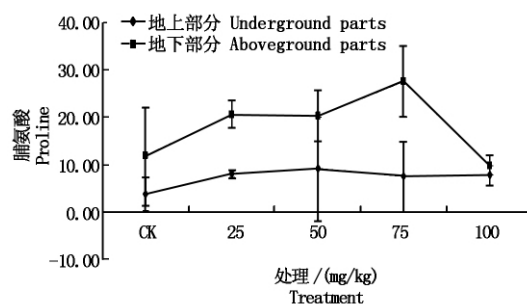


图5 Cu 胁迫对香豌豆植物脯氨酸含量的影响

Fig.5 Effects of Cu treatment on the contents of proline of *L. odoratus*

2.7 Cu 胁迫对香豌豆植物抗坏血酸(ASA)含量的影响

从图6可见,香豌豆地上部分随着土壤 Cu 处理浓度增加防御活性氧毒害呈先升后降趋势,在 Cu 处理浓度 50 mg/kg 胁迫抗坏血酸含量最高,较对照增加了 5 倍。地下部分抗坏血酸含量均比对照含量高,在 25 mg/kg Cu 处理时,植物地下部分抗坏血酸含量较对照增加 24.5%。

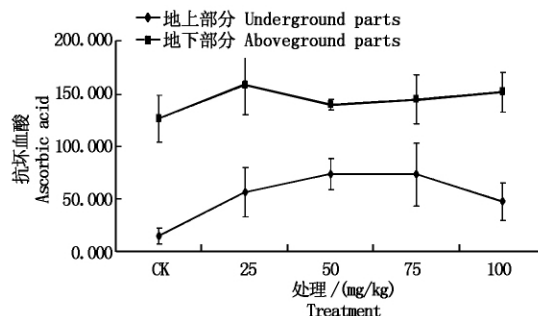


图6 Cu 胁迫对香豌豆植物抗坏血酸含量的影响

Fig.6 Effects of Cu treatment on the contents of ascorbic acid of *L. odoratus*

3 讨论

Cu 是植物体必须的微量元素,同样是污染环境

的主要重金属之一,不同的浓度将对植物生长及生理产生严重的影响。有研究表明 Cu 对紫背萍的生长有低浓度促进高浓度抑制的作用^[8]; Ali 等^[9]的研究表明,一定质量浓度的 Cu^{2+} 对植物新陈代谢和生长存在有害作用,主要表现为减少根的长度及叶的数量并产生较少的生物量^[10-11]。从表 1 可见,随着处理浓度的增加植物的干质量呈先升后降的趋势,Cu 处理浓度大于 50 mg/kg 对植物的生长有抑制作用,Cu 处理浓度为 50 mg/kg 时最有利于植物的生长。

光合作用是植物生长的重要能量来源和物质基础,叶绿素作为植物进行光合作用的主要元素,其含量的多少对光合速率有直接的影响^[12]。从图 1 可见,在 Cu 胁迫下,光合色素含量与对照相比呈下降趋势,这与赵艳^[13]、甄泉^[14]研究结果一致。低密度时,刺激叶绿素的合成,这可能是植物的一种自我保护现象,高浓度 Cu 与植物体内的相关酶作用,抑制了叶绿素的合成,破坏叶绿体结构,从而降低了香豌豆植物体内叶绿素的含量。

MDA 是脂质过氧化产物之一,脂质的过氧化会导致膜结构和功能的破坏,其含量高低可以反映植物遭受逆境伤害的程度。有研究证明,过量的 Cu 可引起植物体内 MDA 含量上升,且中毒程度与 MDA 含量成正比^[15]。从图 2 可见,地下部分 MDA 含量随着 Cu 浓度的增加而显著增长,膜脂过氧化减弱。然而香豌豆地上部分膜脂过氧化程度加剧 MDA 含量呈下降的趋势,这可能是由于幼苗地上部分受到 Cu 强烈污染,其细胞内积累了大量的 ROS,导致细胞失去了正常的代谢能力,开始出现枯萎。王艾萍^[16]的试验结果有相似之处。

过氧化物酶(POD)是重要的抗氧化酶之一,在植物抵抗逆境胁迫过程中起着重要的作用^[17]。从图 3 可见,随着重金属 Cu 处理浓度的增加,植物体内过氧化物酶含量变化增加,但是当胁迫浓度超过抗性所能承受后呈减少的趋势。王广林等^[18]的研究获得了类似的结果。

植物细胞膜对维持细胞的微环境和正常代谢起着重要的作用。有研究表明,在正常情况下,细胞膜对物质具有选择透性能力,当植物受到逆境影响时,细胞膜遭到破坏,膜透性增大,从而使细胞内的电解质外渗,以致植物细胞浸提液的电导率增大^[19]。从图 4 可见,地下部分电导率增加,其原因可能是 Cu 进入幼苗后,当累积达到毒害浓度时,便与细胞膜蛋白的-SH 或磷脂分子层的磷脂类物质反应,造成膜蛋白的磷脂结构改变,致使细胞膜结构改变,膜系统

遭受损坏,透性增大,使细胞内一些可溶性物质外渗,从而电导率增大。

脯氨酸(Pro)是细胞内重要的渗透调节物质,具有调节细胞渗透平衡、增强细胞结构稳定性及阻止超氧自由基产生的作用,它与植物体内活性氧自由基的清除以及膜脂过氧化作用的减轻密切相关^[20],然而也有研究认为,逆境条件下 Pro 含量提高对植物是一种伤害的表现^[21]。从图 5 可见,香豌豆对 Cu 胁迫比较敏感,Pro 含量显著增加,然而,黄苏珍等^[22]研究中不同有机酸加入导致 pro 合成被抑制的结论说明:有机酸对植物的影响不仅与有机酸性物质有关,也与环境条件和植物的种类有很大的关系。

抗坏血酸(ASA)作为活性氧清除剂,能清除超氧自由基、单线态氧和过氧化氢等活性氧的伤害,它在植物防御活性氧的毒害中起重要作用,是植物的抗性生理的重要指标。从图 6 可见,抗坏血酸值在 Cu 胁迫的影响下增加,植物体内防御活性氧的毒害加剧。

参考文献:

- [1] Han Y L, Yuan H Y, Huang S Z *et al.* Cadmium tolerance and accumulation by two species of *Iris*. *Ecotoxicology*, 2007, 16: 557-563.
- [2] 陈怀满, 郑春荣, 周东美, 等. 德兴铜矿尾矿库植被重建后的土壤肥力状况和重金属污染初探[J]. *土壤学报* 2005, 42(1): 30-36.
- [3] Polle A, Schützengüter A. Haevev metal signaling in plants: linking cellular and organismic responses [J]. *Top Curr Genet* 2003, 4: 187-202.
- [4] Zhou Y Q, Huang S Z, Yu S L *et al.* The physiological responses and Sub-cellular location of lead and cadmium in *Iris pseudacorus* L [J]. *Ecotoxicology* 2010, 19: 69-76.
- [5] 韩玉林. 铅与盐胁迫对喜盐鸢尾生长及生理抗性的影响[J]. *西北植物学报* 2008, 28(8): 1649-1653.
- [6] 李和生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社 2000: 167-169.
- [7] 李和生, 孙群, 赵世杰. 《植物生理生化试验原理和技术》[M]. 北京: 高等教育出版社 2000: 164-194.
- [8] 涂俊芳, 刘登义, 王兴明. Cu 胁迫对紫背萍的生长及活性氧清除系统的影响[J]. *生物学杂志* 2006, 23(3): 18-21.
- [9] 俞乐, 刘拥海, 蔡奕珊. 有机酸对 Cu 胁迫下水稻愈伤组织诱导和生长的缓解作用[J]. *种子* 2009, 28(7): 24-27.
- [10] Ali B M, Singh N, Shohael A M. Phenolics metabolism and lignin synthesis in root suspension cultures of *Panax ginseng* in response to copper stress[J]. *Plant Science*, 2006, 171: 147-154.

- [11] Xiong Z T, Liu C, Geng B. Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in *Brassica pekinensis* Rupr [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2006 64: 273 – 280.
- [12] 赵九洲, 陈洁敏, 陈松笔, 等. 无土基质与营养液 EC 值对切花菊生长发育的影响 [J]. *园艺学报*, 1999 26 (5): 327 – 330.
- [13] 赵艳, 徐迎春, 柴翠翠, 等. 铜胁迫对狭叶香蒲生长及生理特性的影响 [J]. *广西植物* 2010 30(3): 367 – 372.
- [14] 甄泉, 严密, 杨红飞. 铜污染对野艾蒿生长发育的胁迫及伤害 [J]. *应用生态学报* 2006 17(8): 1505 – 1510.
- [15] Xie M L, Ke W S, Wang W X. MDA accumulation and antioxidation capacity of two *Elsholtzia splendens* populations under copper stress [J]. *Chin J Ecol* 2005 24 (8): 935 – 938.
- [16] 王艾萍, 张小磊, 符燕, 等. 芝麻苗期生长和生理特性对铜胁迫的影响 [J]. *西北农业学报* 2011 20(2): 90 – 94.
- [17] Guo T R, Zhang G P, Zhou M X *et al.* Effects of aluminum and cadmium toxicity on growth and antioxidant enzyme activities of two barley genotypes with different Al resistance. *Plant Soil* 2004: 241 – 248.
- [18] 王广林, 张金迟, 王丽, 等. 铜、锌胁迫对丁香蓼生理指标的影响 [J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2009 33(4): 43 – 47.
- [19] 李和生, 孙群, 赵世杰. 《植物生理生化试验原理和技术》[M]. 北京: 高等教育出版社 2000 261 – 262.
- [20] 彭志红, 彭克勤, 胡家金. 渗透胁迫下植物脯氨酸积累的研究进展 [J]. *中国农学通报* 2002 18(4): 80 – 83.
- [21] 赵福庚, 刘友良. 胁迫条件下高等植物体内脯氨酸代谢及调节的研究进展 [J]. *植物学通报* 1999 16(5): 540 – 546.
- [22] 黄苏珍, 原海燕, 等. 有机酸对黄菖蒲镉、铜积累及生理特性的影响 [J]. *生态学杂志* 2008 27(7): 1181 – 1186.