

Cd胁迫对绿豆幼苗生长、光合作用及微量元素代谢的影响

张媛华

(陕西省河流湿地生态与环境重点实验室/渭南师范学院化学与生命科学学院, 陕西 渭南 714099)

摘要: 本文测定了 $1\mu\text{mol/L}$ Cd胁迫下绿豆幼苗生长初期的发育指标、光合速率的时间变化以及微量元素Zn、Mn、Fe和Cu的积累情况。结果表明: Cd显著降低了绿豆幼苗的株高、根长、根数及生物量, 降低植物的光合速率(Pn), 降低幼苗茎叶中微量矿质元素Zn、Mn、Fe和Cu的含量, 促进根中Zn、Fe、Cu含量的积累, 说明Cd通过改变植物对微量元素的积累进而影响植物的生长发育和光合作用。

关键词: Cd胁迫; 生长发育; 光合作用; 微量元素; 绿豆幼苗

中图分类号: S522

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)01-0035-03

Effect of Cd on the Development, Photosynthesis and Micronutrients Allocation in Mung Beans Seedlings

ZHANG Yuanhua

(Key Laboratory for Eco-Environment of River Wetland in Shanxi Province/College of Chemistry and Life Science, Weinan Normal University, Weinan 714099, China)

Abstract: The changes of development and photosynthetic rate of mung beans seedling under $1\mu\text{mol/L}$ Cd stress and accumulation of Zn, Fe, Mn, Cu were determined in the test. Results showed that under Cd stress, the plant height, root length, root numbers and biomass decreased, leaf photosynthetic rate and the accumulation of Zn, Fe, Mn, Cu in stem and leaves were also decreased, while Zn, Fe and Cu concentration in roots increased. This indicated that Cd stress influenced plant development and photosynthesis through the changes of accumulation of micronutrient in plant.

Key words: Cd stress; Plant growth and development; Photosynthesis; Micronutrients; Mung beans seedling

随着我国城市化进程的加快, 采矿冶炼等工业活动造成土壤Cd污染日益严重。资料显示, Cd污染耕地面积由20世纪80年代的 $1.3\times 10^4\text{ hm}^2$ 增长到 $2\times 10^4\text{ hm}^2$, 且还有继续增加的趋势^[1]。环境中离子状态的Cd极易被植物吸收。当Cd在植物体内积累到一定程度后, 植物就会表现出一系列受害症状, 通常为生长迟缓、植株矮小、褪绿、产量下降等^[2-4]。

研究表明, Cd对植物毒害的机理之一与干扰植物体内矿质离子的吸收有关^[5-7]。植物在生长

发育过程中对微量元素的需求甚微, 但它们却是植物正常生长必不可少的元素。缺乏任何一种微量元素, 都有可能引起植物生长发育、品质下降^[3-4]。尽管关于Cd对植物矿质元素含量影响的报道相对较多, 但关于Cd对植物幼苗阶段微量矿质元素代谢与光合作用之间关系的研究相对较少。因此本文拟用 $1\mu\text{mol/L}$ Cd²⁺模拟Cd污染, 研究Cd²⁺胁迫下绿豆幼苗生长初期的发育指标、微量元素积累与光合能力的时间变化, 试图探讨Cd胁迫对微量矿质元素积累的影响以及与发育和光合之间的相互关系, 以为为农业生产实践提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料培养与处理

绿豆(*Phaseolus raditus* L.)种子购置于西安市雁塔区种子公司。把精选均匀一致饱满的绿豆种子用5%的次氯酸钠消毒3 min后置于温箱内, 在

收稿日期: 2015-08-26

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2011JQ4014); 陕西省教育厅专项科研计划项目(2013JK0717); 渭南师范学院科研资助项目(11YKZ005); 渭南师范学院特色学科建设项目(14TSXK05)

作者简介: 张媛华(1978-), 女, 副教授, 博士, 主要从事植物逆境胁迫和信号转导方面的研究。

25℃预萌发24 h。在盛有湿润石英砂的瓷盘中均匀播种萌发一致的种子,在温箱中继续培养,为了保持砂子的湿润于每日早晚用去离子水喷洒。48 h后,将材料置于可见光下连续培养3 d后,再将幼苗移至培养皿中进行溶液培养。对照组用1/2 Hoagland 营养液培养;Cd处理组用加1 $\mu\text{mol/L}$ Cd²⁺的1/2Hoagland 营养液培养。每皿60株,培养液400 mL,3个重复,每天更换一次营养液。光照强度为300~350 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$,每日光照14 h(8:00~22:00),昼/夜温度30℃/20℃,相对湿度70%。

1.2 测定方法

1.2.1 生长指标的测定

于处理第8天进行各项生长指标测定。株高、主根长、侧根数以直尺测量或记数。测量鲜、干重时,先取各处理材料称鲜重,然后将称完鲜重的材料于80℃下烘至恒重并称干重。每指标测定时的取样量均为20株,并重复3次。

1.2.2 矿质元素测定

矿质元素的测定参照刘立云等的方法^[8]并略作修改。简言之,收集对照组和Cd处理组处理8 d的幼苗,置80℃恒温箱烘干至恒重,粉碎后过40目筛,然后灰化,所得灰烬经过消解、蒸干、溶解、过滤后,其溶液定容于25 mL容量瓶中待测。利用原子吸收分光光度法(FAAS)测定样品中Zn、Fe、Cu、Mn含量。各元素回归方程的线性相关系数为0.998~1.000。

1.2.3 光合参数的测定

净光合速率(Pn)用光合测定仪测定,分别于处理的第2、4、6、8天测定绿豆幼苗的第一对真叶。光强为900~1000 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ 。

1.3 数据统计与分析

数据采用Excel分析,所有数据均为3次重复平均值,并采用最小显著差异法(LSD)进行植物样品差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 Cd对绿豆幼苗生长发育的影响

由表1可知,与对照组相比,Cd²⁺处理8 d后绿豆幼苗的株高为对照组的79.6%;主根长及侧根数明显缩短和减少,分别为对照组的70.1%和73.5%;含水量也发生很大变化,鲜重为对照组的49.4%,减少了50.6%;干重减少了22.6%。分析结果表明,重金属Cd对绿豆幼苗的生长发育具有显著的抑制作用。

2.2 Cd对植物光合作用的影响

由图1可见,在整个处理期间,Cd胁迫显著降低植物的净光合速率。在2~4 d内,绿豆幼苗第一对真叶的净光合速率逐渐升高,于第4 d达到最高,表现出与对照类似的趋势,而在4 d后,Cd组的净光合速率迅速降低(图1),虽然对照组的也在降低,但处理组的下降幅度更大。

表1 Cd对绿豆幼苗生长发育的影响

测量指标	处 理	
	对照	Cd
株高(cm)	16.14±0.4**	12.84±0.23**
主根长(cm)	13.14±0.34**	9.21±0.25**
侧根数	34.18±0.8**	25.11±0.72**
鲜重	9.94±0.09*	4.91±0.1*
干重	0.53±0.014*	0.41±0.013*

注:*为P<0.05;**为P<0.01,下同

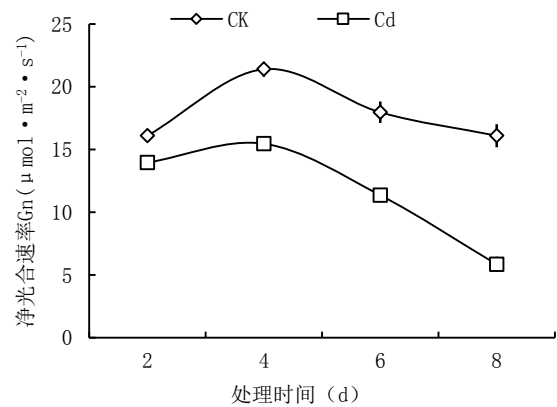


图1 Cd对绿豆幼苗净光合速率(Pn)的影响

表2 Cd对绿豆幼苗不同部位微量元素含量的影响

微量元素		处 理	
		对照	Cd
Zn	叶	63.08±0.25*	55.17±0.08*
	茎	66.75±0.17*	62.75±0.13*
	根	130.21±0.16**	168.75±0.27**
Fe	叶	142.42±0.21*	120.16±0.20*
	茎	36.22±0.28*	32.88±0.22*
	根	88.29±0.61*	102.33±0.23*
Mn	叶	81.67±0.43*	51.75±0.32*
	茎	39.48±0.29*	33.05±0.29*
	根	253.54±0.64**	22.06±0.21**
Cu	叶	24.32±0.17	20.62±0.35
	茎	14.56±0.26	13.01±0.13
	根	10.82±0.74*	19.63±0.26*

2.3 Cd对植物体内微量元素含量的影响

与对照相比,Cd处理不同程度降低叶中Zn、

Fe、Mn、Cu的含量,分别为对照的87.3%、84.4%、63.4%、84.8%。与对叶的影响类似,Cd也降低了茎中4种微量元素的含量,Zn、Fe、Mn、Cu分别为对照的94.0%、90.8%、83.7%、89.4%,相比而言,对Zn的影响不显著。而在根中,只有Mn元素的含量显著降低,仅为对照的8.7%;其他三种元素Zn、Fe、Cu的含量相比对照均有不同程度升高,Zn元素比对照增加29.6%,Fe元素增加量为15.9%,Cu元素增加量为81.4%。

3 讨论和结论

重金属Cd对植物的毒害主要包括影响植物的水分代谢,抑制光合作用、矿质元素失调和生长发育等^[9-10]。本研究结果表明,1 μ mol/L Cd²⁺显著抑制绿豆幼苗的株高,降低植物的根长、主根长度及侧根数目,与前人的研究结果一致^[11-12],结果再次证明Cd抑制植物的正常发育。此外,还发现Cd胁迫降低绿豆幼苗的鲜重,表明Cd能够显著降低植物细胞的含水量。含水量在植物细胞代谢过程中具有非常重要的作用。包括光合作用在内的一切代谢过程都需要通过水介质完成,因此含水量的改变必然影响植物的正常生长发育。

影响光合速率的因素较多,包括光照强度、温度、CO₂浓度、湿度等。本文的研究结果显示,在2~4 d内,Cd胁迫显著降低绿豆幼苗的光合速率。除了含水量这个因素之外,Cd还可能通过降低光合色素含量来抑制植物光合作用^[13-14]。研究表明,叶绿素的含量与光合速率呈正相关关系,一定范围内光合作用随叶绿素含量的增加而升高^[15]。目前关于Cd抑制光合作用的机制还不太清楚,但通常认为Cd破坏叶绿素的机制包括(1)干扰Fe代谢,降低植物体内Fe的有效性^[16];(2)干扰叶绿素合成酶的活性,使叶绿素合成受阻,同时增加叶绿素酶活性,促使叶绿素分解;(3)在叶内局部积累过多,与酶蛋白的-SH结合或取代Fe、Zn、Mg等,破坏叶绿体结构及功能;(4)通过拮抗作用干扰植物对Mn、Zn、Mg等元素的吸收、迁移,阻断营养元素向叶部输送,使叶绿素合成能力受到干扰^[17]。而本文的结果显示,Cd胁迫下,光合速率被抑制的同时,叶、茎中Zn、Fe、Mn、Cu元素的含量也不同程度的被抑制,进一步证实引起绿豆幼苗光合速率下降的原因是由Zn、Fe、Mn、Cu 4种微量元素含量的改变引起的。而根作为植物的主要吸收器官,Zn、Fe、Mn、Cu元素含量的变化也必然对植物的光合作用产生影响。

综上所述,本文结论如下:(1)Cd胁迫抑制绿豆幼苗株高、根长、根数及干、鲜重;(2)Cd胁迫抑制植物的光合速率;(3)Cd胁迫干扰植物对Zn、Fe、Mn、Cu等矿质元素的积累是抑制植物光合作用的主要因素。

参考文献:

- [1] 柳絮,范仲学,张斌,等.我国土壤镉污染及其修复研究[J].山东农业科学,2007(6):94-97.
- [2] Zhang G P, Fukami M, Sekimoto H. Influence of cadmium on mineral concentrations and components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage[J].Field Crops Research, 2002(77): 93-98.
- [3] 李德明.白菜(*Brassica chinensis* L.)镉积累及生理的研究[D].杭州:浙江大学,2003.
- [4] 郭智,黄苏珍,原海燕.Cd胁迫对马蔺和鸢尾幼苗生长、Cd积累及微量元素吸收的影响[J].生态环境,2008,17(2):651-656.
- [5] Katterman F. Environment injury to plant[M].New York: Academic Press, 1990: 235-255.
- [6] Burzynski M. The influence of lead and cadmium on the absorption and distribution of potassium, calcium, magnesium and iron in cucumber seedlings[J].Acta Physiologiae Plantarum, 1987, 9(4): 229-238.
- [7] 李虹颖,苏彦华.镉对籽粒苋耐性生理及营养元素吸收积累的影响[J].生态环境学报,2012,21(2):308-313.
- [8] 刘立云,王萍,冯美利,等.火焰原子吸收法测定汉南槟榔叶片中金属元素的研究[J].光谱学与光谱分析,2008,28(2):2989-2992.
- [9] Andrei AB, Vera IS, Viktor ET, et al. Genetic variability in tolerance to cadmium and accumulation of heavy metals in pea (*Pisum sativum* L.)[J]. Euphytica, 2003(131): 25-35.
- [10] 梁烜赫,曹铁华,张磊,等.吉林省农田重金属含量及其在作物中的累积[J].吉林农业科学,2011,36(6):59-62.
- [11] 江海东,周琴,李娜,等.Cd对油菜幼苗生长发育及生理特性的影响[J].中国油料作物学报,2006,28(1):39-43.
- [12] 刘鑫,张世熔,朱荣,等.镉铜胁迫下紫苏的生长响应和富集特征研究[J].农业环境科学学报,2009,28(1):2264-2269.
- [13] Siedlecka A, Krupa Z. Interaction between cadmium and iron and its effects on photosynthetic capacity of primary leaves of *Phaseolus vulgaris*[J].Plant Physiol Biochem, 1996(34): 833-841.
- [14] 王春春,沈振国.镉在植物体内的积累及其对绿豆幼苗生长的影响[J].南京农业大学学报,2001,24(4):9-13.
- [15] 孟军,陈温福,徐正进,等.水稻剑叶净光合速率与叶绿素含量的研究初报[J].沈阳农业大学学报,2001,32(4):247-249.
- [16] Smith G C, Brennan E G, Grenhalgh B J. Cadmium sensitivity of soybean related to efficiency in iron utilization[J].Environ Exper Bot, 1985, 25(2): 99-106.
- [17] Walker W M, Miller J E, Hassett J J. Effects of Pb and Cd upon the Ca, Mg, K and P concentration in young corn Plant[J].Soil science, 1977(124): 145-151.

(责任编辑:王昱)