

# 镉硫交互对菜豆植物络合素及 DNA 增色效应的影响

邸丽俊<sup>1</sup>, 吕金印<sup>2</sup>, 宋相帝<sup>2</sup>, 刘晓婷<sup>2</sup>, 李鹰翔<sup>1</sup>, 齐 君<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以地王 2 号菜豆为试材, 采用盆栽试验, 测定了不同镉硫交互处理下菜豆幼苗叶片中谷胱甘肽、络合素含量等生理指标及 DNA 增色效应。结果表明: 随着镉处理浓度的增加, 菜豆幼苗叶片中丙二醛含量和 DNA 增色效应呈上升趋势, 而 100 mg/kg 硫水平处理下显著下降 ( $P < 0.05$ ); 与无硫对照相比, 100 mg/kg 硫水平处理下菜豆生物量增幅较大; 随着硫处理浓度增大, 菜豆幼苗叶片中酸溶性硫醇、谷胱甘肽、络合素含量呈增加趋势; 在轻度镉污染土壤中, 添加硫元素在一定程度上可改善镉对菜豆的伤害。

**关键词:**菜豆; 镉硫交互; 植物络合素; 增色效应; 谷胱甘肽

**中图分类号:** Q 945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)10-0014-05

镉是对人体毒害较大的重金属元素之一, 土壤中镉污染不但会导致农作物减产和品质下降, 而且可通过植物迁移进入食物链<sup>[1]</sup>。重金属胁迫下植物启动各种策略来应对毒害<sup>[2]</sup>, 重金属进入植物后, 主要是以不具生物活性的解毒形态存在, 如结合到细胞壁、进入液泡、与有机酸或蛋白质络合等<sup>[3]</sup>。植物络合素(PCs)是重金属离子在植物体内诱导、并合成的一类小分子多肽, PCs 能够螯合重金属, 从而起到解毒作用。镉胁迫能高效的诱导植物合成络合素<sup>[4]</sup>。已有文献表明, 对拟南芥、烟草、酵母等材料中适度添加硫可促进络合素的合成<sup>[5-9]</sup>。提高植物中硫的含量, 可增强植物对重金属胁迫的抗性或耐性。但也有报道低浓度硫具有促进水稻吸收累积镉的作用<sup>[10]</sup>, 似乎又对植物造成了伤害, 文献说法不一。

菜豆(*Phaseolus vulgaris* Linn.), 又名四季豆、芸豆等, 是我国北方栽培的大宗蔬菜之一。目前, 有关硫对降低蔬菜作物中镉等重金属伤害作用的研究报道较少<sup>[11]</sup>。现采用盆栽试验, 测定不同浓度镉硫交互处理下菜豆幼苗叶片中络合素含量等生理指标及 DNA 增色效应的变化, 探讨镉处理下外源硫对菜豆幼苗生长及生理

特性的影响, 以期对蔬菜无害化栽培提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

菜豆种子选用地豆王 2 号(购自陕西省西安市华星种苗公司); 供试盆栽土壤养分含量见表 1。

### 1.2 试验方法

盆栽土壤选用关中大田耕层(0~20 cm)土垫早耕人为土, 基础养分含量如表 1。播种前每千克干土施尿素 0.324 g、施磷酸二氢钾 1.25 g、施硫酸钾 0.185 g, 盆土中同时拌入  $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。每盆装土 2.0 kg  $\text{Cd}^{2+}$  处理浓度为 0、1、10、50、100 mg/kg,  $\text{S}^{6+}$  处理浓度为 0、100、200、400 mg/kg, 镉硫交互处理, 同一硫水平为 1 组, 共设 4 组 20 个处理(表 2), 搅拌均匀, 平衡 4 周, 挑选籽粒饱满菜豆种子, 播入直径 7 cm、高 15 cm 的盆中, 每盆播入 10 粒种子, 置于光合培养室中, 正常水分管理。光合培养室温度为昼/夜:  $(27 \pm 3)/(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ ; 湿度为:  $(65 \pm 5)\%$ ; 光照条件为昼/夜: 14/10 h; 光强为  $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。待植株长至 3 叶期挑选生长一致植株定植 5 株, 培养 30 d 后采样。每个浓度 6 次重复, 共 120 盆。

### 1.3 指标测定

**1.3.1 生物量测定** 各处理分别采 5 株菜豆幼苗, 用自来水反复冲洗干净, 吸水纸吸干表面水分, 在  $105^\circ\text{C}$  下杀青 15 min, 于  $80^\circ\text{C}$  烘干至恒重, 称量根部、茎、叶各器官干重。

**第一作者简介:**邸丽俊(1981-), 女, 山西吕梁人, 在读硕士, 现主要从事植物微量元素吸收与代谢机理等研究工作。

**责任作者:**吕金印(1960-), 男, 陕西岐山人, 博士, 教授, 硕士生导师, 现主要从事植物抗逆生理及核农学等研究工作。E-mail: jinyinlu@163.com。

**基金项目:**农业部公益性行业科研专项资助项目(201103007)。

**收稿日期:**2011-03-25

表 1  
Table 1  
盆栽供试土壤基础养分及镉含量  
Basic nutrition and Cd content of the potted soil

pH	有机质 Organic/%	速效氮 Available nitrogen /mg·kg <sup>-1</sup>	速效磷 Available phosphorus /%	速效钾 Available potassium /mg·kg <sup>-1</sup>	全磷 Holophosphate /mg·kg <sup>-1</sup>	总镉 Total cadmium /mg·kg <sup>-1</sup>
8.34	1.13	86.94	39.17	81.56	1.73	0.15

1.3.2 络合素含量(PCs)测定 参考 Huang 等方法<sup>[12-14]</sup>,并略加改进。采用差减法测定菜豆叶片中 PCs 的诱导合成量,即 PCs = 酸溶性硫醇 (TAST) - 还原性谷胱甘肽含量 (GSH)。TAST 含量测定:取液氮保存的叶片 1.00 g,加 2.0 mL 5% (V/V) 磺基水杨酸,冰浴研磨 30 min,4℃ 8 000 r/min 离心 15 min。取上清液 200.0 μL,加 2.0 mL 0.2 mmol/L Tris-HCl (pH 8.2) 和 0.15 mL 10 mmol/L 的二硫代双硝基苯甲酸(DTNB),显色 20 min,412 nm 波长比色。GSH 含量测定:采用 5 mmol/L EDTA-TCA 试剂研磨提取,定容至 25 mL,取 2 mL 提取液,用 1 mol/L NaOH 试剂将 pH 调至 6.5~7.0,再加入磷酸缓冲液和 0.1 mL DTNB 试剂,空白以磷酸缓冲液代替 DTNB,显色 5 min,412 nm 波长比色。

1.3.3 丙二醛(MDA)含量测定 采用 TBA 比色法<sup>[15]</sup>。

1.3.4 DNA 增色效应测定 参考葛才林等方法<sup>[16]</sup>。采用 CTAB 法提取菜豆幼苗叶片中的 DNA。将沉淀 DNA 溶于 100 μL TE 中,-20℃ 保存备用。各取 2 份 DNA 样品,每份 20 μL,溶于 1 mL 0.08 mol/L 的 NaCl 溶液中。1 份在 70℃ 的水浴上加热,另 1 份置于室温(24.5℃),静置 30 min,260 nm 波长比色,以(A260,70℃-A260,24.5℃)/

(A260,70℃)计算 DNA 增色效应,用以表示镉引起的 DNA 损伤。

#### 1.4 数据处理

耐性指数 TI (Tolerance index, %) = 镉处理植物的生物量/对照生物量 × 100%<sup>[17]</sup>。数据用 SPSS 16.0 软件进行方差分析(ANOVA)和 LSD 检验,数值结果表示用 3 次重复的平均值 ± 标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 镉硫交互对菜豆幼苗生物量的影响

生物量是衡量植物生长发育的重要指标。该试验中,随着镉处理浓度的增加,生物量呈先增加后下降趋势( $P < 0.05$ ) (表 2),低浓度(1、10 mg/kg)处理下生物量略增,中、高浓度处理(50、100 mg/kg)下降,并表现为:叶 > 根 > 茎。100 mg/kg 硫水平处理下生物量增幅较大( $P < 0.05$ ),Cd × S = (10 × 100) mg/kg 下菜豆各器官生物量达最大值。耐性指数是指与对照相比,受毒害植株对镉的忍耐程度,补充说明生物量的变化。该试验耐性指数与生物量变化一致。

表 2  
镉硫交互对菜豆各器官生物量的影响

Table 2		Effect of Cd×S interaction on the dry weight of potted <i>Phaseolus vulgaris</i> Linn.					g/10 plants
硫处理	镉处理	生物量				耐性指数	
S treatment	Cd treatment	Dry weight				TI	
/mg·kg <sup>-1</sup>	/mg·kg <sup>-1</sup>	根 Root/g	茎 Stem/g	叶 Leave/g	总重 Total weight/g	整株 Total/%	
0	0	0.74±0.09b	0.19±0.10a	0.87±0.04bc	1.80±0.25bc	1	
	1	0.81±0.10bc	0.21±0.06a	1.09±0.12d	2.12±0.14cd	1.18	
	10	0.87±0.11cd	0.20±0.09a	1.18±0.19d	2.25±0.19d	1.25	
	50	0.74±0.04b	0.19±0.09a	0.79±0.09b	1.71±0.26b	0.95	
	100	0.55±0.07a	0.18±0.09a	0.59±0.04a	1.32±0.13a	0.73	
100	0	0.72±0.10b	0.18±0.01a	0.86±0.10ab	1.76±0.32ab	0.98	
	1	0.75±0.05b	0.24±0.05b	1.19±0.24c	2.18±0.10c	1.21	
	10	0.88±0.07bc	0.24±0.12bc	1.29±0.09cd	2.42±0.28cd	1.34	
	50	0.75±0.11b	0.20±0.02b	0.84±0.07ab	1.79±0.33ab	0.99	
	100	0.57±0.05c	0.17±0.02a	0.74±0.11a	1.48±0.07a	0.82	
200	0	0.70±0.13bc	0.18±0.08ab	0.78±0.07b	1.66±0.19b	0.92	
	1	0.72±0.03c	0.23±0.12bc	1.26±0.23d	2.20±0.11d	1.22	
	10	0.74±0.09c	0.24±0.03b	1.23±0.06d	2.21±0.25de	1.23	
	50	0.57±0.03b	0.21±0.07ab	0.88±0.10bc	1.66±0.27bc	0.92	
	100	0.50±0.06a	0.15±0.03a	0.58±0.03a	1.24±0.14a	0.69	
400	0	0.52±0.08b	0.18±0.06bc	0.52±0.07c	1.22±0.16bcd	0.68	
	1	0.56±0.06b	0.18±0.01c	0.55±0.08c	1.28±0.16bcd	0.71	
	10	0.57±0.04bc	0.16±0.04bc	0.51±0.03bc	1.24±0.07c	0.69	
	50	0.46±0.06ab	0.14±0.02b	0.43±0.04b	1.04±0.13b	0.57	
	100	0.37±0.07a	0.11±0.02a	0.38±0.06a	0.86±0.12a	0.48	

注:同列数据不同字母表示差异具有显著性(LSD 检验,  $P \leq 0.05$ )。下表同。

Note: Values with different letter in the same column indicate a significant difference at  $P \leq 0.05$  level according to LSD test. The same below.

## 2.2 镉硫交互对菜豆幼苗络合素含量的影响

随着镉处理浓度增加,菜豆幼苗叶片中 TAST、GSH 及 PCs 含量均呈增加趋势(表 3),与无硫对照相比,加硫后 TAST 与 GSH 差值即 PCs 增幅显著( $P < 0.05$ ),400 mg/kg 硫水平时在中、高浓度  $Cd^{2+}$  处理下,菜

豆幼苗叶片中 PCs 含量值最大,硫代谢产物 GSH 和 PCs 等对减缓菜豆幼苗镉毒性起着重要作用,TAST、GSH 及 PCs 含量的增加表明,加硫有缓解镉胁迫对菜豆幼苗的毒害作用。

表 3

镉硫交互对菜豆幼苗叶片中络合素含量的影响

Table 3 Effects of Cd×S interaction on the acid soluble SH,GSH and PCs content in leaves of *Phaseolus vulgaris* Linn.

硫处理 S treatment /mg·kg <sup>-1</sup>	镉处理 Cd treatment /mg·kg <sup>-1</sup>	酸性硫醇含量 TAST content /nmol·g <sup>-1</sup> ·FW	谷胱甘肽含量 GSH content /nmol·g <sup>-1</sup> ·FW	络合素含量 PCs content /nmol·g <sup>-1</sup> ·FW
0	0	7.00±1.29ab	2.66±1.28abc	4.33±0.41ab
	1	10.19±0.49c	2.88±0.23a	7.31±1.34c
	10	11.08±1.28cd	4.22±0.81b	6.87±0.33c
	50	13.07±0.67d	3.44±1.72bc	9.63±1.11d
	100	6.77±0.75a	3.32±0.35abc	3.46±0.64a
100	0	9.79±1.59a	3.53±0.44b	6.26±0.72a
	1	12.89±1.46b	3.53±1.60abc	9.35±1.72b
	10	15.63±1.05c	2.84±1.42abc	12.79±0.61c
	50	18.56±1.87d	2.40±0.27a	16.16±1.87e
	100	17.01±2.13cd	4.11±1.40bcd	12.91±0.66cd
200	0	17.23±1.17a	3.20±0.40b	14.03±1.91a
	1	20.05±1.70b	2.39±1.08a	17.65±1.20bc
	10	21.41±3.20abc	3.18±1.59ab	18.23±1.55dc
	50	21.38±2.02bc	3.44±0.38b	17.94±2.68cd
	100	22.08±4.06abcd	5.11±1.74bc	16.96±0.82b
400	0	12.00±1.79a	4.00±0.77bc	8.00±0.92a
	1	15.03±1.42b	2.39±0.80a	12.64±0.64b
	10	17.70±3.26bc	2.86±0.20a	14.84±1.65bc
	50	25.48±1.23d	2.50±0.83ab	22.98±3.73d
	100	28.12±3.25de	2.99±0.75abc	25.13±2.84d

## 2.3 镉硫交互对菜豆幼苗叶片中丙二醛含量及 DNA 增色效应的影响

丙二醛(MDA)通常作为植物对逆境条件反应强弱及细胞膜脂过氧化程度的指标。随着镉处理浓度的增加,菜豆幼苗叶片中 MDA 含量增幅显著( $P < 0.05$ ) (图 1)。与无硫对照相比,100 mg/kg 硫水平处理显著下降( $P < 0.05$ ),表明低浓度硫水平处理对膜的伤害有缓解作用,从而减轻镉对菜豆幼苗生长的毒害。

DNA 增色效应是 DNA 变性引起的吸光值增加的现象。增色效应与 DNA 解链程度有一定的比例关系,是观察 DNA 损伤的一个重要指标。试验中随着镉处理浓度的增加,菜豆幼苗叶片 DNA 增色效应上升(图 2),与无硫对照相比,100 mg/kg 硫水平处理 DNA 增色效应显著下降( $P < 0.05$ ),表明低硫水平能有效缓解镉胁迫对菜豆 DNA 的损伤。

## 3 讨论

秦丽<sup>[18]</sup>等研究表明,随着镉处理浓度的增加,续断菊株高呈先增后降趋势,高浓度镉处理 30 d 植株的株高、叶面积和生物量与对照相比显著下降。试验中,低浓度镉处理下,菜豆生物量略增,高浓度处理则下降,可

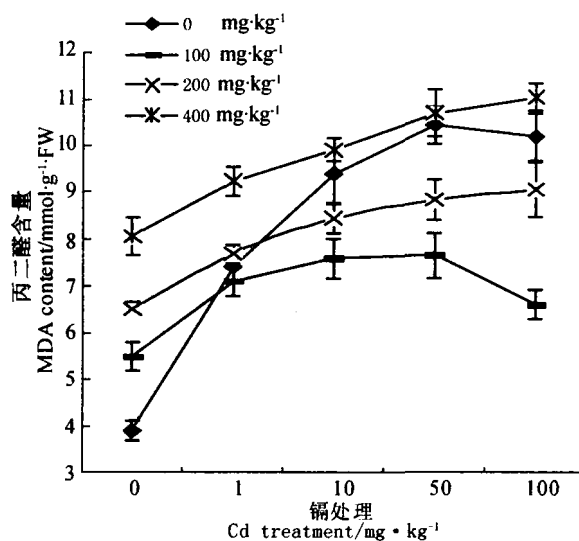


图 1 镉硫交互对菜豆幼苗丙二醛含量的影响

Fig. 1 Effects of Cd×S interaction on MDA content in leaves of *Phaseolus vulgaris*

能是由于镉胁迫下植物激活自身的解毒系统,能螯合和转运有害离子进入液泡等器官,从而降低伤害<sup>[19]</sup>。丁海东<sup>[20]</sup>和宋勤飞<sup>[21]</sup>等类似的研究也证实高浓度镉等重金属胁迫下明显抑制番茄植株生长,降低各器官生长量。

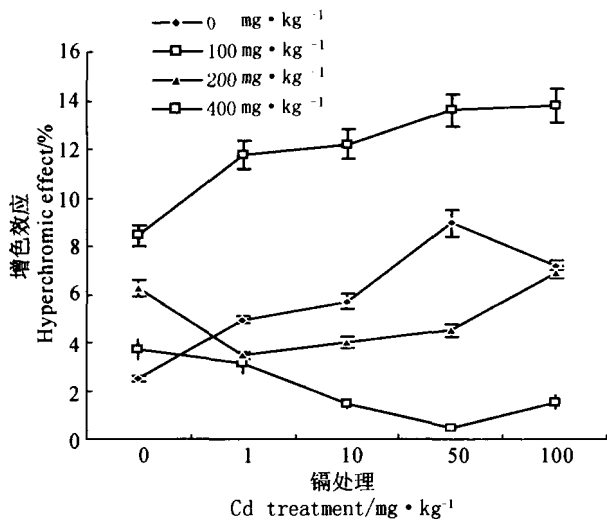


图2 镉硫交互对菜豆幼苗增色效应的影响

Fig 2 Effects of Cd×S interaction on the hyperchromic effect in *Phaseolus vulgaris* Linn.

重金属胁迫导致植物生理代谢紊乱,损伤组织细胞的DNA。镉能诱导DNA序列发生改变,且DNA损伤程度与镉处理浓度之间存在剂量-效应关系<sup>[22]</sup>。该研究中,随着镉处理浓度的增加,DNA增色效应升高,尤其高浓度镉处理增幅显著,此时镉对植物造成的伤害已经超出所能防御的极限,因而对DNA造成的损伤较为严重,与Zayed等<sup>[23]</sup>的观点一致。

胞内离子络合对植物重金属的解毒起着重要作用,硫代谢产物(如GSH、PCs)是衡量植物防御重金属伤害程度的指标<sup>[24]</sup>,它们能与金属离子结合形成硫胺复合物,通过一些转运蛋白,将这些复合物转运到胞外,或者将其储存在液泡等细胞器内,以降低金属离子对植物的毒害作用<sup>[25]</sup>。已有文献报道硫能控制镉污染<sup>[26]</sup>,添加0.5 mmol/L硫,能明显缓解低水平镉对小麦幼苗的毒害<sup>[27]</sup>,另外,低浓度硫处理能促进印度芥菜中GSH含量增加<sup>[11]</sup>。试验中100 mg/kg硫水平处理下TAST、GSH及PCs含量增加幅度明显高于无硫对照组,尤其是PCs的增幅最为明显;并且100 mg/kg硫水平处理下,在不同镉浓度处理下,菜豆幼苗生物量均有所增加,而MDA含量及增色效应均下降。表明提高土壤的硫含量,可为菜豆防御镉伤害起到积极的作用。但在高浓度硫(400 mg/kg)水平处理下,菜豆幼苗生物量显著下降;MDA含量及增色效应在不同镉浓度处理均高于无硫对照,这可能是由于过度的硫供给也影响植物的正常生长发育<sup>[11]</sup>。因此,适度硫在改善镉毒性和促进植物生长发育中扮演着重要角色。

低硫水平处理(<100 mg/kg)可缓解镉对菜豆幼苗的毒害作用。有关镉硫交互下GSH、TAST及PCs合成

与调控的机制有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] DalCorso G, Farinati S, Maistri S, et al. How plants cope with cadmium: Staking all on metabolism and gene expression[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2008, 50(10): 1268-1280.
- [2] Paradiso A, Berardino R, de Pinto M C, et al. Increase in ascorbate-glutathione metabolism as local and precocious systemic responses induced by cadmium in durum wheat plants[J]. Plant and Cell Physiology, 2008, 49(3): 362-374.
- [3] Padmavathamma P K, Li L Y. Phytoremediation technology: Hyperaccumulation metals in plants[J]. Water Air and Soil Pollution, 2007, 184(1-4): 105-126.
- [4] Vogel-Mikus K, Arcon I, Kodre A. Complexation of cadmium in seeds and vegetative tissues of the cadmium hyperaccumulator *Thlaspi praecox* as studied by X-ray absorption spectroscopy[J]. Plant and Soil, 2010, 331(1-2): 439-451.
- [5] Wojas S, Clemens S, Hennig J, et al. Overexpression of phytochelatin synthase in tobacco: distinctive effects of AtPCS1 and CePCS genes on plant response to cadmium[J]. Journal of Experimental Botany, 2008, 59(8): 2205-2219.
- [6] Kim J H, Lee S. Overexpression of Arabidopsis phytochelatin synthase (AtPCS1) does not change the maximum capacity for non-protein thiol production induced by cadmium[J]. Journal of Plant Biology, 2007, 50(2): 220-223.
- [7] Vatamaniuk O K, Mari S, Lu Y P, et al. AtPCS1, a phytochelatin synthase from Arabidopsis: Isolation and in vitro reconstitution[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1999, 96(12): 7110-7115.
- [8] Ha S B, Smith A P, Howden R, et al. Phytochelatin synthase genes from Arabidopsis and the yeast *Schizosaccharomyces pombe*[J]. Plant Cell, 1999, 11(6): 1153-1163.
- [9] Alvarez C, Calo L, Romero L C, et al. An O-Acetylserine (thiol) lyase Homolog with L-Cysteine Desulfhydrase Activity Regulates Cysteine Homeostasis in Arabidopsis[J]. Plant Physiology, 2010, 152(2): 656-669.
- [10] Gao Y, Zhou P, Mao L A, et al. Effects of plant species coexistence on soil enzyme activities and soil microbial community structure under Cd and Pb combined pollution[J]. Journal of Environmental Sciences-China, 2010, 22(7): 1040-1048.
- [11] Anjum N A, Umar S, Ahmad A, et al. Sulphur protects mustard (*Brassica campestris* L.) from cadmium toxicity by improving leaf ascorbate and glutathione[J]. Plant Growth Regulation, 2008, 54(3): 271-279.
- [12] Huang G Y, Wang Y S. Physiological and biochemical responses in the leaves of two mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*) exposed to multiple heavy metals[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 182(1-3): 848-854.
- [13] Zhang W H, Cai Y, Downum K R, et al. Thiol synthesis and arsenic hyperaccumulation in *Pteris vittata* (Chinese brake fern) [J]. Environmental Pollution, 2004, 131(3): 337-345.
- [14] 张宗申, 利容千, 王建波. 草酸处理对热胁迫下辣椒叶片膜透性和钙分布的影响[J]. 植物生理学报, 2001, 27(2): 109-113.
- [15] 柳玲, 吕金印, 张微. 不同浓度  $\text{Ca}^{2+}$  处理下芹菜的铬累积量及生理特性[J]. 核农学报, 2010, 24(3): 639-644.

- [16] 葛才林,杨小勇,孙锦荷,等. 重金属胁迫引起的水稻和小麦幼苗DNA损伤[J]. 植物生理与分子生物学报,2002,28(6): 419-424.
- [17] Mun H W, Hoe A L, Koo L D. Assessment of Pb uptake, translocation and immobilization in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) for phytoremediation of sand tailings[J]. Journal of Environmental Sciences-China, 2008, 20(11):1341-1347.
- [18] 秦丽,祖艳群,李元. Cd对超累积植物续断菊生长生理的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(S1):048-052.
- [19] Baralkiewicz D, Kozka M, Kachlicki P, et al. Analysis of oxidised and reduced phytochelatins in pea and lupin plants using HPLC/MSn[J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2008, 88(13): 979-988.
- [20] 丁海东,齐乃敏,朱为民,等. 镉、锌胁迫对番茄幼苗生长及其脯氨酸与谷胱甘肽含量的影响[J]. 中国生态农业学报,2006,14(2):53-55.
- [21] 宋勤飞,樊卫国,刘国琴. 铅在番茄中的积累及其对生长和生理的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,25(S1):87-91.
- [22] Aina R, Labra M, Fumagalli P, et al. Thiol-peptide level and proteomic changes in response to cadmium toxicity in *Oryza sativa* L. roots[J]. Environmental and Experimental Botany, 2007, 59(3): 381-392.
- [23] Zayed A M, Terry N. Chromium in the environment: factors affecting biological remediation[J]. Plant and Soil, 2003, 249(1): 139-156.
- [24] Wang C, Sun Q, Wang L Y. Cadmium Toxicity and Phytochelatin Production in a Rooted-Submerged Macrophyte *Vallisneria spiralis* Exposed to Low Concentrations of Cadmium[J]. Environmental Toxicology, 2009, 24(3): 271-278.
- [25] Cobbett C S. Phytochelatins and their roles in heavy metal detoxification[J]. Plant Physiology, 2000, 123(3): 825-832.
- [26] 李会合,胡绵好,李廷强,等. 硫对超累积植物东南景天生长和镉累积的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(6):71-74.
- [27] 王云,张海军,唐为忠,等. 硫对镉胁迫下小麦幼苗生长和一些生理特性的影响[J]. 农业环境科学学报,2008, 27(3):1029-1032.

## Influence of Interaction between Cadmium and Sulfur on Phytochelatin and Hyperchromic of *Phaseolus vulgaris* Linn.

DI Li-jun<sup>1</sup>, LV Jin-yin<sup>2</sup>, SONG Xiang-di<sup>2</sup>, LIU Xiao-ting<sup>2</sup>, LI Ying-xiang<sup>1</sup>, QI Jun<sup>1</sup>

(1. College of Science, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Life Science, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Physiological indexes such as glutathione (GSH), the phytochelatins (PCs), et al and hyperchromic effect of DNA were studied under the interactive treatment of cadmium and sulfur on seedling leaves of *Phaseolus vulgaris* Linn. in pot-soil culture. The results showed that the contents of MDA and hyperchromic exhibited a significant increase with the rise of treatment concentration of cadmium, but they decreased significantly after treatment simultaneously with sulfur of 100 mg/kg. Biomass of *Phaseolus vulgaris* Linn. treated with sulfur of 100 mg/kg ascended up more greatly than control. After more sulfur added in, acid-soluble thiols (TAST), glutathione (GSH), the phytochelatins (PCs) showed an ascending trend. It is suggested that addition of sulfur in soil of light Cd pollution ameliorate Cd toxicity on *Phaseolus vulgaris*.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* Linn.; cadmium sulfur interaction; phytochelatin; hyperchromic effect; glutathione

## 种子活力、生活力和发芽率的区别及关系

种子活力就是指高发芽率种子批间在田间表现的差异、表现良好的为高活力种子,表现差的为低活力种子。

种子生活力是指种子发芽的潜在能力或胚具有的生命力,它反映的是种子发芽率和休眠种子百分率的总和。所以种子生活力测定能提供给种子使用者和生产者重要的质量信息,反映的是种子批的最大发芽潜力。

种子发芽率是在规定的条件和时间内长成的正常幼苗数占供检种子数的百分率。它受条件限制如水分、温度、光照、氧气。有些情况下,生活力测定和发芽率测定的结果基本是一致的,即种子生活力和发芽百分率没有明显的差异。如无休眠、无硬实或通过适宜的预处理破除了休眠和硬实;未受有害化学药品处理。但是在种子有休眠时测定的结果不一致。虽然发芽率已作为世界各国制定种子质量标准的主要指标,在种子认证和种子检验中得到广泛应用,但由于生活力快速,有时可用来代替来不及发芽的发芽率,但是最后结果还是要用发芽率作为正式的依据。