

doi:10.11937/bfyy.20171730

模拟镉污染对小青菜生长、镉吸收累积和亚细胞分布的影响

韩 超^{1,2}, 申海玉¹, 张 浩¹

(1. 邯郸学院 生命科学与工程学院, 河北 邯郸 056005; 2. 邯郸市资源植物重点实验室, 河北 邯郸 056005)

摘 要:以小青菜品种“四月蔓”和“上海青”为试材,采用土培方法,研究模拟镉(Cd)污染对2个小青菜品种生长、Cd吸收累积和亚细胞分布的影响,以期探索2个小青菜品种对Cd的耐性及解毒机理以及其在Cd污染土壤的植物修复中的应用潜力。结果表明:模拟Cd污染下,小青菜品种“四月蔓”的生长受影响较小,且随Cd浓度增加这种趋势越明显,而“上海青”生长显著受抑($P<0.05$);在2个Cd污染水平下,“四月蔓”地上部和总Cd积累量均显著高于“上海青”($P<0.05$),此外,“四月蔓”对Cd的富集系数和转移系数均大于1,且显著高于“上海青”;2个小青菜品种吸收的Cd主要存在于细胞壁中,相比较而言,“四月蔓”吸收的Cd在细胞壁中的分配比率显著高于“上海青”,但在细胞器中的分配比率显著低于“上海青”,在2个Cd污染水平下,“四月蔓”地上部细胞器中Cd分配比率分别为12.84%和13.78%,而“上海青”为28.22%和26.40%。综合而言,在2个Cd污染下,“四月”蔓对Cd的富集能力和向上转运能力更强,其吸收的Cd更多地分配于细胞壁中,进入细胞器的较少,且其生长受Cd污染影响较小,因此,在土壤Cd污染的植物修复中具有一定的应用潜力。

关键词:小青菜;Cd;吸收累积;亚细胞;分布

中图分类号:S 634.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0006-06

Cd因其生物毒性大又极易被植物吸收而成为环境污染中最危险的物质之一,较低质量浓度就能对动植物产生毒害^[1]。在生物体内,Cd是非必需元素,不参与生物体内的结构组成及代谢活动,但是特别容易被植物体吸收,对植物有极强的毒害作用^[2]。近年来,由于化肥施用、污水灌溉、含Cd增肥物料使用(污泥、粉煤灰等)等原因,世界范围内农田Cd污染日趋严重。据不完全统计,中国大面积农田遭到Cd污染,威胁着农作物

和蔬菜尤其是叶菜类的安全^[3],因此,土壤Cd污染的治理显得日益紧迫,而植物修复技术是成本低、无二次污染的绿色修复技术,其中,富集能力和对Cd抗性能力强的植物的筛选是重中之重。

植物体自身对重金属的危害有一定的抗性,重金属元素被吸收后在植物各细胞、组织、器官中表现出选择性分布,如根部的滞留作用和吸收限制、细胞壁的固持作用及可溶组分的区隔化作用,是桉树耐受污染土壤中的铜和镉的主要机制^[4]。同样,植物不同部位吸收和累积Cd的量存在差异,从亚细胞水平上看,不同植物细胞吸收的Cd,在亚细胞组分中的分布情况不尽相同,有的主要累积于细胞壁中^[5],有的主要累积于细胞液中^[6],也有的主要累积于细胞壁和细胞质中,从而避免过多进入细胞器使其受损^[7],然而,已有研究缺乏

第一作者简介:韩超(1978-),女,博士,副教授,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail: chaohan@126.com.

基金项目:河北省自然科学基金青年基金资助项目(C2014109013)。

收稿日期:2017-07-14

系统性, 仅从 Cd 的亚细胞分布单方面考察植物对 Cd 污染的解毒作用。基于此, 该研究以主要的 Cd 富集叶菜-小青菜的 2 个栽培品种为试材, 通过土培法, 探讨不同土壤 Cd 污染水平下, 小青菜的生长、Cd 的吸收累积、转运和亚细胞分布情况之间的差异, 以期探索不同品种小青菜的耐性及解毒机理, 并为 Cd 污染土壤的植物修复提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试小青菜 (*Brasica chinensis* L.) 品种为“上海青”和“四月蔓”, 种子来源于河北省邯郸市农业科学院。供试土壤取自邯郸学院小树林林下

表层土壤, 土壤基本理化性质见表 1。土壤过 5 mm 筛, 装盆, 每盆 5 kg, 每 1 kg 土中施入底肥 N 0.30 g ((NH₄)₂SO₄)、P₂O₅ (KH₂PO₄) 0.20 g、K₂O (K₂SO₄) 0.30 g, 所有物料一次性施入, 与土壤混合均匀。

1.2 试验方法

试验设置 3 个 Cd 浓度, 分别 0 (对照)、1.0、5.0 mg · kg⁻¹, 每处理重复 6 盆。Cd 以 CdCl₂ 溶液形式施入, 混合均匀以后稳定 14 d。选取发育饱满一致的小青菜种子, 经过水选以后, 播种于各处理土壤中。幼苗长至 4 cm 高时间苗, 每盆留 8 株长势一致且健壮的植株。试验过程中, 按需浇去离子水, 试验处理周期为 50 d。

表 1

供试土壤基本理化性质

Table 1

Physical and chemical properties of testing soil

pH	全氮含量 Total nitrogen content /(g · kg ⁻¹)	全磷含量 Total phosphorus content /(g · kg ⁻¹)	全钾含量 Total potassium content /(g · kg ⁻¹)	有机质含量 Organic matter content /(g · kg ⁻¹)	有效 Cd 含量 Available Cd content /(mg · kg ⁻¹)
6.80	0.93	0.80	17.58	14.54	0.01

1.3 项目测定

1.3.1 生物量和植株 Cd 含量的测定

土壤 Cd 污染处理 50 d 后, 随机选取各处理小青菜 20 株, 拔出, 用直尺测定株高和根长, 自来水冲洗干净后再用去蒸馏水冲洗 3 次, 分为地上部和地下部, 105 °C 下杀青 30 min 后于 85 °C 下烘至恒重, 测定小青菜地上部与地下部干质量。将干样品磨碎, 过 100 目筛, 备测。将各处理地上部与地下部干样品用 HNO₃-HClO₄ 进行混合消化, 原子吸收分光光度计测定样品中 Cd 含量。

1.3.2 亚细胞组分中 Cd 含量的测定

土壤 Cd 污染处理 50 d 后, 随机选取各处理小青菜幼苗 10 株, 将幼苗拔出, 自来水冲洗干净后用去离子水冲洗 3 次, 吸干水分, 分为地上部和地下部, 分别进行亚细胞组分中 Cd 含量的测定。亚细胞提取参照周卫等^[8]和宋阿琳等^[9]方法, 称量新鲜样品加入预冷匀浆液 (匀浆液组成为: 蔗糖 250 mmol · L⁻¹、Tris-HCl 缓冲液 (pH 7.5) 50 mmol · L⁻¹ 和 DTT 1 mmol · L⁻¹), 叶片料液比 1 : 2 g · mL⁻¹, 根系料液比为 1 : 4 g · mL⁻¹,

在低温下 (0~4 °C) 研磨。将研磨充分的组织匀浆分别在 300 r · min⁻¹ 下离心 30 s, 底层碎片为细胞壁组分; 然后将上层悬浮液在 20 000 r · min⁻¹ 下离心 45 min, 底层碎片为细胞器组分, 上层悬浮液为细胞质组分 (含胞质及液泡内高分子和大分子有机物质及无机离子)。2 次离心后的底层碎片 (细胞壁和细胞器) 分别采用 HNO₃-HClO₄ 混合消化, 原子吸收分光光度计测定消解液中 Cd 含量; 细胞质悬浮液中 Cd 含量由原子吸收分光光度计直接测定。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 11.5 软件进行 *t* 检验或单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 模拟 Cd 污染对 2 个小青菜品种生长的影响

由表 2 可知, 模拟 Cd 污染抑制了“上海青”的生长, 表现为株高和总干质量随 Cd 浓度的增

加而降低,处理之间差异显著($P<0.05$),在 $1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量处理中“上海青”的株高和总干质量与对照相比分别降低了6.60%和30.86%,而 $5.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量处理中“上海青”的株高和总干质量与对照相比分别降低了23.99%和51.85%。相比较而言,“四月蔓”的生

长受Cd污染影响较小,在 $1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量下,“四月蔓”的株高、根长和总干质量与对照相比有所降低,但差异不显著,而在 $5.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量下,其株高显著降低,但根长、总干质量与对照相比无显著差异。

表2 不同Cd浓度对2个小青菜品种生长的影响

Table 2 Effects of different soil Cd levels on growth of two varieties of *Brasica chinensis* L.

项目 Item	品种 Variety	Cd水平 Cd levels/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
		0	1.0	5.0
株高	“上海青”	13.17±0.30aA	12.30±0.12bB	10.01±0.27bC
Shoot height/cm	“四月蔓”	14.18±0.25aA	13.98±0.26aA	12.56±0.20aB
根长	“上海青”	7.09±0.17aA	7.44±0.22aA	6.20±0.19bB
Root length/cm	“四月蔓”	7.67±0.26aA	7.50±0.23aA	7.28±0.20aA
总干质量	“上海青”	0.81±0.08aA	0.56±0.04bB	0.39±0.02bC
Total dry weight/g	“四月蔓”	0.90±0.05aA	0.88±0.03aA	0.81±0.04aA

注:同一列不同小写字母代表2个品种之间差异显著($P<0.05$),同一行不同大写字母代表同一品种不同Cd浓度之间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level between two varieties, Different capital letters in the same row mean significant difference at 0.05 level among different Cd level. The same as below.

2.2 模拟Cd污染对2个小青菜品种Cd吸收累积和转运的影响

由表3可知,随Cd施用量增加,“上海青”和“四月蔓”地上部、地下部及总Cd积累量均有所增加。相比较而言,“四月蔓”对Cd的吸收累积量显著高于“上海青”, $1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量下,其地上部和总Cd含量分别比对照增加29倍和13倍,在 $5.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cd施用量下,其地上部和总Cd含量与对照相比分别增加了64倍和30倍,在2个Cd污染水平下,“四月蔓”地上部和

总Cd积累量均显著高于“上海青”($P<0.05$)。此外,由图1、2可以看出,随Cd浓度增加,“上海青”和“四月蔓”对Cd的富集系数呈先增加后降低,而转移系数先增加后趋于稳定,但在2个外施Cd浓度下,“四月蔓”的富集系数和转移系数均显著高于“上海青”,且其富集系数和转移系数均大于1。综合而言,在2个Cd污染水平下,“四月蔓”对土壤Cd的吸收累积和向上运输能力均强于“上海青”。

表3 不同Cd浓度下2个小青菜品种不同部位Cd含量

Table 3 Cd content in edible part of the two varieties of *Brasica chinensis* L. seedlings

under different levels of soil Cd

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

项目 Item	品种 Variety	Cd水平 Cd levels/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
		0	1.0	5.0
地上部	“上海青”	0.06±0.00aC	1.44±0.01bB	3.29±0.06bA
Aboveground part	“四月蔓”	0.10±0.01aC	2.95±0.07aB	6.47±0.06aA
地下部	“上海青”	0.16±0.01bC	2.51±0.07aB	5.51±0.09bA
Underground part	“四月蔓”	0.30±0.00aC	2.84±0.03aB	5.84±0.05aA
总Cd含量	“上海青”	0.22±0.02bC	3.95±0.02bB	9.80±0.11bA
Total Cd content	“四月蔓”	0.40±0.03aC	5.79±0.06aB	12.31±0.10aA

2.3 模拟Cd污染对2个小青菜品种亚细胞中Cd含量和分配情况

表4、5表明,在3个Cd浓度下,2个小青菜

品种吸收的Cd主要存在于细胞壁中,无论地上部还是根部均如此。对于“上海青”而言,在2个外施Cd水平下,其吸收的Cd进入细胞器的较

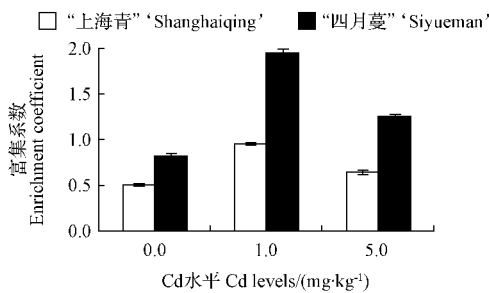


图 1 不同 Cd 浓度对 2 个小青菜品种 Cd 富集系数的影响

Fig. 1 Effects of different Cd levels on enrichment coefficients of two varieties of *Brassica chinensis* L.

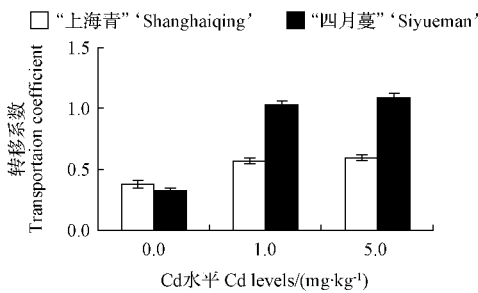


图 2 不同 Cd 浓度对 2 个小青菜品种 Cd 转移系数的影响

Fig. 2 Effects of different Cd levels on transportaion coefficients of two varieties of *Brassica chinensis* L.

表 4 不同 Cd 浓度下 2 个小青菜品种地上部各亚细胞组分 Cd 的分配(以鲜质量计)

Table 4 Subcellular distributions of Cd in shoot of the two varieties of *Brassica chinensis* L. seedlings under different levels of soil Cd (fresh weight)

Cd 水平 Cd levels/(mg · kg ⁻¹)	品种 Variety	部位 Part		
		细胞壁 Cell wall	细胞器 Organelles	细胞质 Cytoplasm
0	“上海青”	15.36±0.60a(68.09%)	4.43±0.20b(19.64%)	2.77±0.12b(12.28%)
	“四月蔓”	16.96±0.59a(64.46%)	3.94±0.10b(14.98%)	5.41±0.22b(20.56%)
1.0	“上海青”	49.67±1.52a(44.53%)	31.48±0.98b(28.22%)	30.39±0.67b(27.25%)
	“四月蔓”	132.03±2.02a(56.03%)	30.26±1.08c(12.84%)	73.36±1.57b(31.09%)
5.0	“上海青”	131.39±4.41a(49.08%)	70.67±3.01b(26.40%)	65.67±2.98b(24.53%)
	“四月蔓”	317.39±6.41a(62.68%)	69.77±4.04c(13.78%)	119.21±6.44b(23.54%)

注:括号中的数值表示 Cd 的分配率。同一行不同字母代表不同组分之间差异显著(P<0.05)。下同。

Note:Date in the bracket mean Cd distribution rates. Different letters in the same row represent significant differences at 0.05 level among different sub-cellular fraction. The same as below.

表 5 不同 Cd 浓度下 2 个小青菜品种根部各亚细胞组分 Cd 的分配(以鲜质量计)

Table 5 Subcellular distributions of Cd in root of the two varieties of *Brassica chinensis* L. seedlings under different levels of soil Cd (fresh weight)

Cd 水平 Cd levels/(mg · kg ⁻¹)	品种 Variety	部位 Part		
		细胞壁 Cell wall	细胞器 Organelles	细胞质 Cytoplasm
0	“上海青”	16.16±0.75a(69.18%)	3.43±0.25b(14.68%)	3.77±0.92b(16.14%)
	“四月蔓”	16.64±0.72a(71.88%)	3.17±0.39b(13.69%)	3.34±0.25b(14.43%)
1.0	“上海青”	149.67±2.09a(59.74%)	53.48±1.91b(21.35%)	47.39±1.47b(18.91%)
	“四月蔓”	189.85±2.12a(65.46%)	40.67±1.02c(13.74%)	65.52±1.15b(22.13%)
5.0	“上海青”	218.35±2.41a(63.35%)	70.67±1.01b(20.50%)	55.67±1.98c(16.15%)
	“四月蔓”	264.93±4.16a(67.27%)	50.98±1.032c(12.94%)	77.93±1.19b(19.79%)

多,地上部和根部细胞质和细胞器中 Cd 的分配比例相近,在 1.0 mg · kg⁻¹ Cd 水平下,其地上部细胞质和细胞器中 Cd 的比例分别为 27.25%和 28.22%,在 5.0 mg · kg⁻¹ Cd 水平下,其地上部细胞质和细胞器中 Cd 的比例分别为 24.53%和 26.40%。相比较而言,在模拟 Cd 污染下,“四月

蔓”吸收的 Cd 在地上部和根部细胞壁中的分配比率显著高于“上海青”,但在细胞器中的分配比率显著低于“上海青”,在 1.0 mg · kg⁻¹ Cd 水平下,其地上部细胞质和细胞器中 Cd 的比例分别为 31.09%和 12.84%,在 5.0 mg · kg⁻¹ Cd 水平下,其地上部细胞质和细胞器中 Cd 的比例分别

为 23.54% 和 13.78%。相对而言,品种“四月蔓”吸收的 Cd 更多被细胞壁拦截,而进入细胞器的较少,这在一定程度上可以减轻对细胞器的伤害,这说明在细胞水平上“四月蔓”对 Cd 的防御和抵抗能力较强。

3 讨论与结论

土壤 Cd 污染抑制植物生长,但不同植物对土壤 Cd 的耐受性不同^[10-11],另据报道,十字花科植物对土壤 Cd 具有较强的富集能力,但也存在种和品种之间的差异,已有研究多集中于白菜、油菜等种类上,对小青菜的相关研究相对较少^[12-14]。该研究结果表明,1.0、5.0 mg·kg⁻¹ 土壤 Cd 污染小青菜“上海青”的生长产生抑制作用,相比较而言,“四月蔓”生长对 Cd 污染浓度增加的耐受性较强,其生长受土壤 Cd 污染影响较小。同时,“四月蔓”对土壤 Cd 的富集能力和转运能力较强,其富集系数和转运系数均大于 1,而其生长对 Cd 污染的影响较小,因而可以作为土壤 Cd 污染植物修复的参考品种。

在土壤重金属污染的植物修复工作中,对富集植物而言,其对重金属的富集能力和耐受能力缺一不可。对于重金属胁迫,植物具有一定的耐性机制,其中,在亚细胞水平上,植物通过将所吸收的重金属结合到细胞壁或通过液泡区隔化,限制其在植物体内的移动,避免过多的重金属进入并危害细胞器,从而在一定程度上可以减轻对植物的毒害^[15-16]。有关 Cd 在植物体内的亚细胞水平分配比率的差异。在青菜、小麦^[17]研究中发现 Cd 大部分积累在细胞可溶部分即细胞质组分中,占总量的 55.7%~75.9%,其它亚细胞组分中含量很少。还有另一种说法,菜豆中有一小部分 Cd 存在于细胞壁和细胞器中,大量的 Cd 在细胞质中积累^[18];在白菜的研究中,表明 Cd²⁺ 在液泡中含量最多^[19]。与此相反,在研究玉米^[20]、豌豆^[21]中发现 Cd 主要积累在细胞壁中。这些结果的差异可能因为供试蔬菜种类不同,或不同的 Cd 浓度及不同作物耐 Cd 性的不同而致。该研究结果表明,在模拟 Cd 污染下,小青菜“上海青”吸收的 Cd 主要累积于根部,向上运输较少,而“四月蔓”根部吸收的 Cd 向上运输较多,其转移系数大于 1;从亚细胞水平来看,2 个小青菜品种吸收的 Cd

主要累积于细胞壁中,地上部和地下部均如此,但对于“上海青”而言,较多的 Cd 进入细胞器,1.0、5.0 mg·kg⁻¹ 土壤 Cd 污染下,其地上部细胞器中 Cd 的分配比达到了 28.22% 和 26.40%,而“四月蔓”为 12.84% 和 13.78%,相比较而言,“四月蔓”吸收的 Cd 更多被细胞壁拦截,而进入细胞器的较少,这在一定程度上可以减轻对细胞器的伤害,说明在细胞水平上“四月蔓”对 Cd 的防御和抵抗能力较强,这在一定程度上可以对“四月蔓”生长受 Cd 胁迫较小做出解释。

综合而言,在 1.0、5.0 mg·kg⁻¹ 土壤 Cd 污染下,小青菜“四月蔓”对 Cd 的富集能力和向上转运能力更强,但是,其吸收的 Cd 更多地分配于细胞壁中,进入细胞器的较少,从而在一定程度上缓解了 Cd 污染对小青菜细胞器的伤害,而且其生长受 Cd 污染影响较小。因此,“四月蔓”在土壤 Cd 污染的植物修复中具有一定的应用潜力。

参考文献

- [1] 黄秋蝉,李军. 硫、硅对水稻体内 NPT 含量及镉亚细胞分布的影响[J]. 土壤通报,2016,47(5):1253-1258.
- [2] 潘智立,黎晓峰,沈方科,等. 硅对水稻幼苗镉的解毒作用及其机制研究[J]. 农业环境科学学报,2007,26(4):1307-1311.
- [3] 周丽珍,罗璇,何宝燕,等. NaCl 胁迫下苋菜中镉的亚细胞分布及转运研究[J]. 生态环境学报,2015,24(1):139-145.
- [4] 韦月越,蒙敏,黄雪芬,等. 桉树对矿区污染土壤中 Cu 和 Cd 的耐受机制[J]. 基因组学与应用生物学,2016,35(1):227-234.
- [5] TAYLOR M D. Accumulation of cadmium derived from fertilizer in New Zealand soil[J]. Sci Total Environ,1997,208(1/2):123-126.
- [6] LIDIA G,de LÓPEZ C. Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina[J]. Sci Total Environ,1997,204(3):245-250.
- [7] 李德明,朱祝军. 镉在不同品种小白菜中的亚细胞分布[J]. 科技通报,2004(4):278-282.
- [8] 周卫,汪洪. Cd 胁迫下 Ca 对 Cd 在玉米细胞中分布及对叶绿体结构与酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(4):335-340.
- [9] 宋阿琳,李萍,李兆君,等. 镉胁迫下两种不同小白菜的生长、镉吸收及其亚细胞分布特征[J]. 环境化学,2011,30(6):1075-1080.
- [10] 李冰. 宽叶香蒲对重金属的累积与耐性机理研究[D]. 昆明:中南林业大学,2015.
- [11] 顾翠花,王懿祥,白尚斌,等. 四种园林植物对土壤镉污染的耐受性[J]. 生态学报,2015,35(8):2536-2544.
- [12] 吴志超. 高低镉积累油菜品种筛选及其生化机制研究[D].

武汉:华中农业大学,2015.

[13] BROWN S L, ANGLE J S, CHANEY R L, et al. Zinc and cadmium uptake by hyper accumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solutions[J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59(3):125-133.

[14] RU S, WANG J, SU D. Characteristics of Cd uptake and accumulation in two Cd accumulator oilseed rape species[J]. J Environ Sci, 2004(16):594-598.

[15] 袁祖丽,孙晓楠,刘秀敏. 植物耐受和解除重金属毒性研究进展[J]. 生态环境, 2008, 17(6):2494-2502.

[16] GALLEGOS M, PENA L B, BARCIA R A, et al. Unraveling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mechanisms[J]. Environmental and Experimental Botany, 2012, 83:33-46.

[17] 陈玉成,赵中金,孙彭寿,等. 重庆市土壤-蔬菜系统中重金

属的分布特征及其化学调控研究[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1):44-47.

[18] ZENK M H. Heavy metal detoxification in high plants: A review[J]. Gene, 1996, 179(1):21-30.

[19] WANG G, SU M Y, CHEN Y H, et al. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in south-eastern China[J]. Environmental Pollution, 2006, 144:127-135.

[20] KHAN D H, DUCKETT J G, FRANK L B, et al. An X-ray microanalytical study of the distribution of cadmium in roots of *Zea mays* L. [J]. Journal of Plant Physiology, 1984, 115:19-28.

[21] LOZANO R E, HERNANDEZ L E, BONAY P, et al. Distribution of cadmium in shoot and root tissues of maize and pea plants: physiological disturbances[J]. Journal of Experimental Botany, 1997, 306:123-128.

Effects of Simulated-Cd-pollution on Growth, Cadmium Accumulation and Its Subcellular Distribution in *Brasica chinensis* L.

HAN Chao^{1,2}, SHEN Haiyu¹, ZHANG Hao¹

(1. Department of Biological Science, Handan College, Handan, Hebei 056005; 2. Key Laboratory of Resource Plant in Handan, Handan, Hebei 056005)

Abstract: In order to explore the tolerance and detoxification mechanism of two varieties of *Brasica chinensis* L. ('Siyueman' and 'Shanghaiqing') and their potential application in phytoremediation of Cd contaminated in soil, taking two varieties of *Brasica chinensis* L. ('Siyueman' and 'Shanghaiqing') as materials, soil pot experiment was used to manipulate soil Cd pollution and to investigate the effects of soil Cd pollution on growth, Cd accumulation and its subcellular distribution in *Brasica chinensis* L. The results showed that Cd pollution had little influence on the growth of variety 'Siyueman' but significantly inhibited the growth of variety 'Shanghaiqing' ($P < 0.05$). Under the two Cd levels, the Cd accumulations either in shoot or in the whole plant of variety 'Siyueman' were significantly higher than those in variety 'Shanghaiqing' ($P < 0.05$). Furthermore, the enrichment coefficient and transfer coefficient in variety 'Siyueman' were greater than 1 and significantly higher than those in variety 'Shanghaiqing'. In addition, the absorbed Cd in the two varieties was mainly accumulated in ectoderm. However, more Cd was distributed in ectoderm and fewer Cd was distributed in organelle in variety 'Siyueman' compared with variety 'Shanghaiqing'. Under the two Cd pollution levels, the distribution fraction rates of Cd in organelle of variety 'Siyueman' were 12.84%, 13.78% and 28.22%, 26.40%, respectively. On the whole, the variety 'Siyueman' had a certain application potential in the phytoremediation of soil Cd pollution on account of its stronger abilities in absorbing and upward transporting Cd and lower Cd distribution fraction rate in organelle than those in variety 'Shanghaiqing'.

Keywords: *Brasica chinensis* L.; cadmium; accumulation; subcellular; distribution