

## 盆栽玉米和大豆对铅、镉的富集作用研究

王崇臣, 王鹏, 黄忠臣 (北京建筑工程学院环境与能源工程学院基础教学部, 北京 100044)

**摘要** [目的] 研究玉米和大豆对铅、镉等重金属的富集作用。[方法] 分别用自来水(CK)、0.1 ml/L 的  $Pb(NO_3)_2$  和 0.1 mol/L 的  $CdSO_4$  溶液浇灌盆栽玉米和大豆, 测定栽培前后土壤中铅、镉的含量, 以及玉米和大豆各部位铅、镉的含量。[结果] 玉米和大豆均能富集土壤中的铅和镉。空白试验中, 种植玉米后土壤中铅、镉分别从 106.07、2.21 ng/kg 降为 79.46、1.45 ng/kg, 种植大豆后土壤中铅、镉分别从 107.57、2.30 ng/kg 降为 85.10、1.01 ng/kg。玉米和大豆不同部位对铅和镉的吸收程度不同, 玉米和大豆各部位吸收铅、镉的能力表现为: 根部 > 秸秆 > 叶部 > 果实。用铅、镉溶液浇灌的玉米和大豆的长势与空白组没有明显区别。[结论] 玉米和大豆对受铅、镉等重金属污染的土壤具有良好的生物修复作用。

**关键词** 重金属污染; 土壤; 生物修复

中图分类号 S513 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)24-10383-01

**Research on Heavy Metal Lead and Cadmium Accumulation in Pot Maize and Soybean**

**WANG Chong-chen et al** (Basic Teaching Department of Environment and Energy Engineering College, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044)

**Abstract** [Objective] The aim was to study the enrichment effect of heavy metal Pb and Cd in maize and bean. [Method] The maize and bean in pot were irrigated by the tap water (CK) and the solutions with 0.1 mol/L  $Pb(NO_3)_2$  and 0.1 mol/L  $CdSO_4$  resp.. The contents of Pb and Cd in soil before and after the maize and bean were planted and in different parts of maize and bean were determined. [Result] Maize and bean all had the enrichment of Pb and Cd in soil. In blank test, the Pb and Cd contents in soil were decreased from 106.07, 2.21 ng/kg to 79.46, 1.45 ng/kg after maize being planted, while that decreased from 107.57, 2.30 ng/kg to 85.10, 1.01 ng/kg after bean being planted. Different parts of maize and bean had the various absorption ability for Pb and Cd, the absorption ability of different parts of maize and bean in order were root > stem > leaf > fruit. The growth vigor of maize and bean watered by pb and co solution had no significant difference with that of CK. [Conclusion] maize and bean had good effect of bioremediation on heavy metal pollution such as pb and co in soil.

**Key words** Heavy metal pollution; Soil; Biological repair

当土壤受到重金属污染后, 重金属元素会通过各种途径进入人体, 危害人类的健康。土壤受重金属污染后很难在短时间内消除, 并可在食物链中富集, 已经成为威胁人类健康的重大问题。许多研究表明, 重金属元素进入土壤后, 会产生明显的生物效应<sup>[1-4]</sup>, 可导致植物特别是其根部中毒、植株枯萎死亡、产量降低等, 而且植物的不同部位对重金属的吸收有效性也不一样。笔者通过盆栽玉米和大豆, 研究重金属对其生长的影响, 两种农作物对土壤中铅和镉的富集、修复, 以及两种农作物的各部位对铅、镉的富集程度。

**1 材料与方**

**1.1 化学试剂**  $Pb(NO_3)_2$ 、 $CdSO_4$ 、 $HNO_3$ 、 $H_2O_4$ 、HF 均为分析纯; 铅标准溶液和镉标准溶液。

**1.2 试验仪器** AA-6300 原子吸收分光光度计(日本岛津公司); 铅阴极灯(北京有色金属研究总院); EP4101C 电子天平(美国奥豪斯公司); YND-1 型远红外耐酸碱控温电热板(常州奥联科技有限公司); 50 ml 聚四氟乙烯坩埚。

**1.3 样品培植** 在道路旁取土, 去除大块石子后置于大型塑料花盆(直径 1.0 m, 高度 0.5 m)。选取饱满的玉米和大豆种子, 种植于花盆。玉米设 3 个处理: -1(空白)、-2(加铅)、-3(加镉); 大豆设 3 个处理: -1(空白)、-2(加铅)、-3(加镉)。-1 和 -1 每隔 1 d 分别浇 5.0 L 自来水, -2 和 -2 每隔 1 d 分别浇 5.0 L 0.1 mol/L 的  $Pb(NO_3)_2$  溶液, -3 和 -3 每隔 1 d 分别浇 5.0 L 0.1 mol/L 的  $CdSO_4$  溶液。

**1.4 土壤试样制备** 准确称取 0.500 0 g(精确至 0.000 2 g) 栽培前和收获后的干燥土壤样品于 50 ml 具盖聚四氟乙烯坩

埚中, 用盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸全消解法彻底破坏土壤的矿物晶格, 使试样中的待测元素全部进入试液。依据国标方法, 用石墨炉原子吸收分光光度法测定试样溶液中的铅、镉浓度。

**1.5 植物试样制备** 分别采集玉米、大豆的根(去除土壤)、茎、叶和果实, 用铝箔包裹直接在 70℃ 下鼓风干燥。用粉碎机把烘干的样品粉碎, 准确称取 0.500 0 g(精确至 0.000 2 g) 上述试样于 50 ml 具盖聚四氟乙烯坩埚中, 用硝酸-高氯酸湿灰化法消解, 消解完全后, 用石墨炉原子吸收分光光度法测定试样溶液中的铅、镉浓度。

**2 结果与分析**

**2.1 栽培前后土壤铅、镉含量** 对 -1 和 -2 栽培前后土壤中的铅、镉含量测定结果表明(表 1), 玉米和大豆均能富集土壤中的铅和镉, 可以起到修复受铅、镉污染的土壤。

表 1 空白试验栽培前后土壤铅、镉含量 ng/kg

**Table 1 Lead and cadmium contents in the soil before and after planting the blank group**

土壤	铅含量 Lead content		镉含量 Cadmium content	
	-1	-1	-1	-1
栽培前	106.07	107.57	2.21	2.30
Before cultivation				
栽培后	79.46	85.10	1.45	1.01
After cultivation				

**2.2 玉米、大豆各部位对铅、镉的吸收和蓄积** 表 2 表明, 植物各部位对铅和镉的吸收程度是不同的, 其含量分布为根部 > 秸秆 > 叶部 > 果实。但是用含铅和镉的溶液浇灌玉米和大豆各部位的铅、镉含量均高于空白组(-1 和 -1)。铅和镉都不是植物生长的必需元素。铅和镉进入植物的过程, 主

(下转第 10386 页)

基金项目 北京市属市管高等学校人才强教计划项目(BJE10016-200611); 北京建筑工程学院科学基金项目(100700502)。

作者简介 王崇臣(1974-), 男, 山东临沂人, 讲师, 从事环境化学和环境监测方面的研究。

收稿日期 2008-06-10

276 的要高,其产量也高。虽然 E057 千粒重、长宽积小于两优122,但是 E057 的每穗实粒数和结实率都比两优122 高,其群体库容大,产量高。两优122 穗粒数少,单粒库容大,千粒重也最大,但其群体库容少,导致产量提升乏力。两优122 可以通过提高每穗粒数和结实率来大幅提高产量,其产量潜力将会超过 E057。因此,在超级水稻的栽培上,促进颖花的发育,提高单粒的库容,在保证一定结实率的基础上,是实现高产的有效措施。

表6 粒长与千粒重

Table 6 Grain length and 1 000 grain weight

超级稻品种 Super rice variety	粒长 cm Grain length	粒宽 cm Grain width	粒长×粒宽 cm <sup>2</sup> Grain length ×Grain width	千粒重 g 1 000-grain weight
泗优422	0.75	0.33	0.247 5	27.47
Syou 422				
两优122	0.75	0.31	0.232 5	29.97
Liangyou 122				
两优276	0.72	0.29	0.208 8	20.83
Liangyou 276				
E057	0.76	0.28	0.212 8	23.99

**3.3 提高二次枝梗数是超级水稻多粒的基础,也是增产的重要因素** 由试验结果可以分析出,产量在9 750 kg/hm<sup>2</sup> 以上的2 个品种泗优422 和 E057,其二次枝梗数均超过30。在结实率相同的情况下,泗优422 二次枝梗数为33 个,E057 二次枝梗数为31 个,表现在产量上泗优422 高出E057 达265.35 kg/hm<sup>2</sup>。两优276 尽管二次枝梗数大于两优122,但基结实率低于两优122,表现为两优122 的产量高出两优276 的产量1 449.45 kg/hm<sup>2</sup>,差距较大。也说明结实率是实现超级稻高产的第一要素,二次枝梗数是实现超级水稻高产的第二

(上接第10383 页)

要是非代谢被动进入植物体内。这些重金属一旦进入根内,就通过木质部分转移到其他组织,一部分铅和镉可能被结合在木质部的导管上,其余的分别通过秸秆输送到叶子<sup>[5]</sup>。一般认为,铅和镉主要积累在根部,其次是秸秆,叶部量最少。

表2 玉米和大豆各部位铅、镉含量

Table 2 Lead and cadmium contents in different portions of maize and soybean

部位 Position	铅含量 Lead content				镉含量 Cadmium content			
	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-2
根部 Root	55.23	431.31	65.12	483.21	1.01	588.89	1.67	600.18
秸秆 Straw	25.15	115.41	24.98	116.29	0.49	99.31	0.98	101.22
叶部 Leaf	11.69	65.45	10.44	66.32	0.32	55.01	0.48	46.45
果实 Fruit	5.23	15.88	4.17	12.98	0.16	6.04	0.18	5.25

### 3 结论与讨论

玉米和大豆的各部位对土壤中铅和镉的吸收具有很强的分异特性,对铅和镉吸收最强的是根系,秸秆、叶部、果实中铅和镉含量依次减少。这一特征揭示,玉米和大豆根系可以作为一种屏障或过滤器,来阻止铅和镉进一步向秸秆和果实中迁移,从而减少其毒害效应。玉米和大豆秸秆中铅、镉

要素。

在高产栽培上应达到“促早穗、保早穗、促壮穗”的目标。首先要做到适时搁田,当田间苗数达到计划有效穗数的90%左右时开始搁田,最高苗数控制在420 万/hm<sup>2</sup> 以内,成穗率力争达到70%。有利于旺根深扎,壮秆大穗。其次是做好促花肥和保花肥的施用。促花肥在倒四叶时施用,保花肥在倒二叶时施,促花肥和保花肥的比例应控制在7:3。促进二次枝梗的分化和发育,从而提高二次枝梗的数量,为提高总粒数奠定基础。同时抓好好气灌溉水浆管理工作,除插秧期、孕穗期、抽穗扬花期和施肥、防治病虫害等环节保持一定的水层外,其他时期保持土壤湿润即可,以达到前中期“旺根促穗壮秆”、后期“养根保叶”防早衰的作用。

**3.4 对超级水稻育种的启示** 水稻的产量因素是单位面积穗数、每穗粒数和千粒重。超级水稻普遍属于植株高大,茎秆粗壮的类型。群体数量相对普通栽培稻而言扩展空间的限制较大,提高种植密度或扩大成穗率,容易导致群体过密,发生倒伏。每穗实粒数则由每穗总粒数和结实率决定,在合理的群体密度的基础上,通过栽培措施,实现大穗多粒,提高结实率,则能大幅提高产量。千粒重也是影响产量的另一个重要因素,该试验的灰色关联度分析的结果也说明了这一点。因此,在超级水稻的育种目标选择上可以将结实率、大库容和二次枝梗的数量作为选育的重要指标,选育出更具优势的品种,实现高产和超高产。

#### 参考文献

- [1] 刘录祥. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J]. 中国农业科学,1989(3):22-27.
- [2] 陈国秋. 灰色关联度分析法在谷子综合评判上的应用[J]. 杂粮作物,2001(2):16-17.
- [3] 郑根深,毛一剑,胡依君. 超级杂交水稻新两优6 号特征特性及高产栽培技术[J]. 中国稻米,2007(4):33-34.

含量比果实中的含量高,说明除根系外,秸秆也是阻碍铅进入果实的二次重要屏障。由于根系、秸秆和叶主要由植物纤维组成,而果实的主要成分是淀粉,玉米根系- 秸秆(叶)- 果实中铅含量依次大幅度降低,这表明玉米和大豆对铅的吸收主要残留在纤维中,而淀粉对铅、镉的蓄积作用较弱。

该试验用铅、镉溶液浇灌的玉米、大豆和用自来水浇灌的长势没有明显区别,这与匡少平等<sup>[5]</sup>的结果一致,说明植物对铅和镉的吸收表现出极强的隐蔽性。

综上,受铅、镉等重金属严重污染的土壤上生长的玉米和大豆根、秸秆、叶和果实中的铅、镉含量普遍偏高。同时,空白试验表明,玉米和大豆能够有效降低土壤中重金属的含量,因此对受重金属污染的土壤具有良好的生物修复作用。

#### 参考文献

- [1] 金海丽. 铅毒性的研究进展[J]. 广东微量元素科学,2004,11(10):8-14.
- [2] TODD A C, WEIMUR J G, MOINE J M, et al. Unraveling the chronic toxicity of lead: an essential priority for environmental health [J]. Environ Health Perspect, 1996,104:141-146.
- [3] 宋玉芳,许华夏,任丽萍,等. 土壤重金属污染对蔬菜生长的抑制作用及其生态毒性[J]. 农业环境科学学报,2003,22(1):13-1.
- [4] 陈燕,刘晚苟,郑小林,等. 玉米植株对重金属的富集与分布[J]. 玉米科学,2006,14(6):93-95.
- [5] 匡少平,徐仲,陈书圣. 玉米对土壤中重金属铅的吸收特性及污染防治[J]. 安全与环境学报,2002,2(1):28-31.