

镉污染土壤中不同芥菜品种镉富集能力研究

陈院华, 吕贵芬, 杨涛, 谢杰, 魏林根, 李建国* (江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 江西南昌 330200)

摘要 通过镉污染土壤地块实地试验, 研究9个不同芥菜品种地上部分生物量、镉富集系数、镉转运系数和镉富集能力的差异。筛选出广西大肉甜芥菜、精品棒菜2个镉超富集芥菜品种和镉富集量最大的嫩香白皮棒菜品种。

关键词 镉污染; 芥菜; 镉富集; 差异

中图分类号 X53 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0125-03

Cadmium Enrichment Ability of Different Mustard Varieties in Cadmium Contaminated Soil

CHEN Yuan-hua, LÜ Gui-fen, YANG Tao et al (Institute of Soil and Fertilizer & Resource and Environment, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, Jiangxi 330200)

Abstract The differences in biomass, cadmium enrichment coefficient, cadmium transport coefficient and cadmium enrichment ability of 9 different mustard varieties were studied through field experiments of cadmium contaminated soil. The study showed that 2 cadmium enriched mustard varieties of Guangxi mustard and boutique were screened, and the variety of tennus alba with the highest concentration of cadmium enriched was selected.

Key words Cadmium pollution; Mustard; Cadmium enrichment; Difference

随着经济社会和工业化的高速发展, 土壤重金属污染问题日趋突显, 已成为影响农业与经济发展的重大制约因素。目前, 国内外采用不同的方法对土壤重金属污染及修复机理^[1-26]进行了大量研究, 并取得了不少研究成果。应用植物修复技术对植物富集及转运重金属的能力进行研究, 筛选出适合的植物进行污染土壤的修复。笔者以不同芥菜品种为对象, 研究受镉污染土壤中不同芥菜品种镉富集及转运的差

异性, 从而筛选出镉超富集芥菜品种和镉富集量最大的品种。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于江西省贵溪市某 Cd 田块污染区, 土壤基本理化性质见表 1, 具体测定方法参见土壤农业化学分析方法^[27]。

表 1 土壤基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the study soil

项目 Item	pH	有机质 Organic matter g/kg	ECE cmol/kg	有效养分 Available nutrients//mg/kg			Cd Total Cd mg/kg
				速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	
检测值 Detection value	5.10	33.3	12.2	1.56	84.4	74.4	0.60
CNEQS	<6.50	—	—	—	—	—	0.30

注: CNEQS 为国家土壤环境质量标准(GB 15618—1995)

Note: CNEQS is the national soil environmental quality standard (GB 15618—1995)

土壤中 Cd 含量测定采用硝酸-高氯酸消解法, 测定值为 0.60 mg/kg, 是国家土壤环境质量标准(GB 15618—1995)^[28] 0.30 mg/kg (pH 小于 6.5) 的 2.0 倍。

1.2 试验材料 选用 9 个不同芥菜品种进行试验, 分别为四季甜客家芥、嫩香白皮棒菜、特选大坪埔大肉包心芥菜、优选益丰芥菜、特大棒菜、特大宽邦全包青菜、嫩香榨菜、精品棒菜、广西大肉甜芥菜, 品种均为市场购买。

1.3 试验设计 根据收集的芥菜品种进行种植, 种植密度为 13.2 cm×23.1 cm, 蔬菜栽培管理按常规栽培措施进行。供试品种于 2016 年 10 月 8 日播种, 11 月 11 日进行芥菜苗移栽, 于 2017 年 3 月 8 日进行成熟期收割采样。

1.4 植物样品分析 收获的芥菜样分为地上和地下 2 部分, 分别用自来水充分冲洗以去除黏附于植物样品上的泥土和污物, 然后再用去离子水冲洗, 沥去水分后在烘干前先在 105 ℃ 下杀青 30 min, 然后在 70 ℃ 下于烘箱中烘至恒重, 烘干后的植物样品粉碎备用, 土壤样品风干后过 100 目筛备用。植物及土壤样品均采用 HNO₃-HClO₄ 法消化(二者体积比为 87%:13%)、原子吸收分光光度计法测定其中的重金属含量, 土壤有机质含量等基本理化性质的测定采用常规的测定方法^[29]。pH 用 PHS-3B 型 pH 计测定, 土水比为 1.0:2.5。

富集系数 = 地上部器官中重金属含量 / 土壤中重金属含量

转运系数 = 茎叶中重金属含量 / 根部重金属含量

一般认为, 超积累植物其富集系数和转运系数均应大于 1^[30]。

1.5 数据处理 采用 Excel 2010 和 SPSS 16.0 统计分析软件进行数据处理。

基金项目 江西省重点研发计划项目(20161ACF60023); 江西省农业科学院创新基金资助项目(2016CQN009); 江西省科研院所基础设施配套项目(20151BBA13033)。

作者简介 陈院华(1981—), 男, 江西修水人, 助理研究员, 从事农业环境修复研究。* 通讯作者, 研究员, 从事农业环境修复研究。

收稿日期 2018-08-06

2 结果与分析

2.1 不同芥菜品种生物量 由表2可知,成熟期9个不同芥菜品种地上部分生物量存在显著差异,地上部生物量最大为嫩香白皮棒菜,生物量为7.050 kg/株,地上部生物量最小的为广西大肉甜芥菜,生物量为1.685 kg/株,相差4.2倍。

表2 成熟期不同芥菜品种生物量

Table 2 The biomass of different mustard varieties at mature stage

序号 No.	品种 Varieties	地上部生物量 Aboveground biomass//kg/株
1	四季甜客家芥	4.585
2	嫩香白皮棒菜	7.050
3	特选大坪埔大肉包心芥菜	4.805
4	优选益丰芥菜	3.620
5	特大棒菜	3.965
6	特大宽邦全包青菜	5.895
7	嫩香榨菜	3.905
8	精品棒菜	2.675
9	广西大肉甜芥菜	1.685

表3 不同芥菜品种对镉富集系数及转运系数

Table 3 The accumulation coefficient and translocation coefficient of different mustard varieties on cadmium

序号 No.	品种 Varieties	地下部含量 Underground content//mg/kg	地上部含量 Aboveground content//mg/kg	地上部富集系数 Overground accumulation coefficient	转运系数 Transfer coefficient
1	四季甜客家芥	0.05	0.48	0.79	9.34
2	嫩香白皮棒菜	0.04	0.37	0.61	8.33
3	特选大坪埔大肉包心芥菜	0.07	0.52	0.85	7.50
4	优选益丰芥菜	0.04	0.39	0.64	9.12
5	特大棒菜	0.42	0.47	0.78	1.12
6	特大宽邦全包青菜	0.40	0.38	0.64	0.95
7	嫩香榨菜	0.48	0.59	0.99	1.25
8	精品棒菜	0.38	0.64	1.07	1.68
9	广西大肉甜芥菜	0.83	0.89	1.49	1.07

2.2 不同芥菜品种吸收镉能力 植物体吸收重金属镉的量与植株的生物量和土壤中镉浓度有密切联系。植株生物量越大,吸收重金属镉的量越多,植株生物量越小,吸收重金属镉的量越少;重金属镉浓度越高,植物体内重金属镉的量也越多,反之,则越少。不同芥菜品种富集镉能力见表4。由表4可知,镉富集量最大的是特选大坪埔大肉包心芥菜,富集量为2.663 mg/株,镉富集量最小的为广西大肉甜芥菜,富集量为1.501 mg/株。虽然广西大肉甜芥菜、精品棒菜为镉超富集植物,但镉吸收量均较少,因为生物量太小;虽然嫩香白皮棒菜生物量最大,镉富集量为2.596 mg/株,镉富集量也低于特选大坪埔大肉包心芥菜。由此可知,芥菜生物量和土壤中镉浓度低是影响芥菜吸收镉的重要因素。

因此,只有生物量大且吸收重金属能力强的植物才对重金属有较强的富集作用。在进行植物修复重金属污染土壤时,植物生物量和地上部重金属含量的大小是选取修复植物

的重要指标。

2.2 不同芥菜品种富集及转运镉能力 植物富集重金属能力可用富集系数来衡量。富集系数是植物体内重金属与土壤中重金属含量的比值,在超积累植物筛选时一般以地上部分的富集系数作为标准,因为地上部分生物量较容易收获,且对土壤表层的扰动小。地上部分富集系数大于1,意味着植物地上部某种重金属含量大于所生长土壤中该种重金属的浓度,是超富集植物区别于普通植物对重金属积累的一个重要特征^[27]。植物对土壤中重金属不仅有富集的作用,也有转运的能力。植物根部从土壤中吸收重金属,借助新陈代谢作用将重金属转移至植物其他部位。植物对重金属转移的能力可用转运系数来衡量。

不同芥菜品种对镉富集系数及转运系数见表3。由表3可知,不同芥菜品种对镉富集系数和转运系数差异较大,广西大肉甜芥菜镉富集系数最大为1.49,嫩香白皮棒菜镉富集系数最小为0.61,9个不同芥菜品种中只有特大宽邦全包青菜镉转运系数小于1.00,为0.95,其他8个芥菜品种对镉转运系数均大于1.00,四季甜客家芥菜镉转运系数最大为9.34。9个不同芥菜品种中广西大肉甜芥菜、精品棒菜镉富集系数及转运系数均大于1.00,属于镉超积累植物。

表4 不同芥菜品种镉富集能力

Table 4 The cadmium accumulation ability of different mustard varieties

序号 No.	品种 Varieties	地上部 生物量 Aboveground biomass kg/株	地上部含量 Aboveground content mg/kg	镉富集量 Amount of cadmium enrichment mg/株
1	四季甜客家芥	4.585	0.48	2.186
2	嫩香白皮棒菜	7.050	0.37	2.596
3	特选大坪埔大肉包心芥菜	5.205	0.52	2.663
4	优选益丰芥菜	3.620	0.39	1.399
5	特大棒菜	3.965	0.47	1.865
6	特大宽邦全包青菜	5.895	0.38	2.253
7	嫩香榨菜	3.905	0.59	2.320
8	精品棒菜	2.675	0.64	1.713
9	广西大肉甜芥菜	1.685	0.89	1.501

3 结论

(1) 不同芥菜品种对镉的富集和转运能力差异显著, 广西大肉甜芥菜、精品棒菜 2 个芥菜品种镉富集系数和转运系数均大于 1.00, 为镉超富集芥菜品种。

(2) 不同芥菜品种镉富集能力显著差异, 芥菜生物量和土壤中镉浓度是影响芥菜吸收镉的重要因素, 特选大坪埔大肉包心芥菜镉富集量最大。

参考文献

- [1] CHEN Q Y, TYRER M, HILLS C D, et al. Immobilization of heavy metal in cement-based solidification/stabilization: A review [J]. *Waste management*, 2009, 29(1): 390-403.
- [2] 孔春燕. 化学淋洗法修复重金属污染土壤效果研究[J]. *德州学院学报*, 2008, 24(6): 50-54.
- [3] 可欣, 张响, 李培军, 等. 利用酒石酸柱淋洗法修复重金属污染土壤[J]. *深圳大学学报(理工版)*, 2009, 26(3): 240-245.
- [4] PICHTEL J, PICHTEL T M. Comparison of solvents for *ex situ* removal of chromium and lead from contaminated soil [J]. *Environment engineering and science*, 1997, 14(2): 97-104.
- [5] ZENG M, LIAO B H, LEI M, et al. Arsenic removal from contaminated soil using phosphoric acid and phosphate [J]. *Journal of environmental sciences*, 2008, 20(1): 75-79.
- [6] 陈宗英, 张焕斌. 汞污染土壤的萃取修复技术研究[J]. *地学前缘*, 2012, 19(6): 230-235.
- [7] LAGEMAN R. Electroreclamation. Application in the Netherlands [J]. *Environmental science & technology*, 1993, 27(13): 2648-2650.
- [8] REDDY K R, CHINTHAMREDDY S. Electrokinetic remediation of heavy metal-contaminated soils under reducing environments [J]. *Waste management*, 1999, 19(4): 269-282.
- [9] COX C D, SHOESMITH M A, GHOSH M M. Electrokinetic remediation of mercury-contaminated soils using iodine/iodide lixiviant [J]. *Environmental science & technology*, 1996, 30: 1933-1938.
- [10] 郑燊荣, 申哲民, 陈学军, 等. 逼近阳极法电动力学修复重金属污染土壤[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(1): 240-245.
- [11] CHANG T C, YEN J H. On-site mercury-contaminated soils remediation by using thermal desorption technology [J]. *Journal of hazardous materials*, 2006, 128(2/3): 208-217.
- [12] NAVARRO A, CAÑADAS I, MARTINEZ D, et al. Application of solar thermal desorption to remediation of mercury-contaminated soils [J]. *Soil*

energy, 2009, 83(8): 1405-1414.

- [13] 顾继光, 周启星, 王新. 土壤重金属污染的治理途径及其研究进展 [J]. *应用基础与工程科学学报*, 2003, 11(2): 143-151.
- [14] 谢云. 高效石油烷烃降解菌及原油降解基因工程菌构建研究 [D]. 西安: 西北大学, 2014.
- [15] HU F, WU X Q, LI H X, et al. Effect of earthworm and antactivity on red soil properties [M]//HE Q, YANG Y S. *Research on red soil ecosystem*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1998: 276-285.
- [16] 石扬, 陈沅江. 我国污染土壤生物修复技术现状及发展展望 [J]. *世界科技研究与发展*, 2017, 39(1): 24-32.
- [17] 常学秀, 施晓东, 王煥校. 利用生物固定土壤重金属的机理及在农产品安全中的应用 [J]. *生态学杂志*, 2003, 22(5): 88-93.
- [18] 郭维君, 蒋孝文, 陈学军, 等. 金属矿山重金属污染废弃地土壤修复技术研究 [J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(22): 11954-11956.
- [19] COTTER-HOWELLS J, CAPORN S. Remediation of contaminated land by formation of heavy metal phosphates [J]. *Applied geochemistry*, 1996, 11(1/2): 335-342.
- [20] 王庆仁, 崔岩山, 董艺婷. 植物修复——重金属污染土壤整治有效途径 [J]. *生态学报*, 2001, 21(2): 326-331.
- [21] CHANEY R L. *Plantup take of inorganic waste* [M]//PARR J F, MARSH P B, KLA J M. *Land treatment of hazardous wastes*. Park Ridge, New Jersey, USA: Noyes Data Corporation, 1983: 50-76.
- [22] 沈振国, 刘友良. 重金属超量积累植物研究进展 [J]. *植物生理学通讯*, 1998, 34(2): 133-139.
- [23] TURGUT C, KATIE PAPE M, CUTRIGHT T J. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus* [J]. *Environmental pollution*, 2004, 131(1): 147-154.
- [24] 郑茂波. 钙离子对烟草富集镉量的影响研究 [J]. *黑龙江水专学报*, 2005, 32(2): 86-88.
- [25] 王华, 曹启民, 桑爱云, 等. 超积累植物修复重金属污染土壤的机理 [J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(22): 5948-5950, 6023.
- [26] 黄明, 林华, 张学洪, 等. 施肥对大白菜吸收电镀污染土壤中重金属的影响 [J]. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(3): 104-108.
- [27] 魏树和, 周启星, 王新. 18 种杂草对重金属的超积累特性研究 [J]. *应用基础与工程科学学报*, 2003, 11(2): 152-160.
- [28] 国家环境保护局, 国家技术监督局. 土壤环境质量标准: GB 15618—1995 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [29] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [30] 董林林, 赵先贵, 张素娟, 等. 污染土壤中植物富集重金属的差异性研究 [J]. *土壤通报*, 2009, 40(2): 374-377.

(上接第 121 页)

9 结语

杨巷休闲农业园区的概念性旅游规划项目估价, 包括工程费用、硬件设施费用、地下管线工程费用及不可预见费用等, 在此不做详细介绍。园区将蒙德里安红黄蓝三原色构图的几何理念, 融入稻作景观设计中, 实属首创。园区注重与同质景观的异质化设计规划, 在地方特色农耕文化的挖掘、各功能区的建筑形式设计、游步道的形式等方面, 均凸显特色, 特色民宿的开发主要集中在园区周边的闲置民房区域, 后期将重点打造。园区结合杨巷镇核心产业, 探索“70%的农业”+“30%的旅游业”的农旅融合发展创新模式, 打造出农旅深度融合、文化内涵丰富、景观特色鲜明的现代休闲农业产业园。

参考文献

- [1] 张建国, 孟明浩, 崔会平, 等. 基于古村落保护与发展的休闲农业规划研

究: 以诸葛村休闲农业带规划为例 [J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(9): 1925-1929.

- [2] 陈红武. 杨庄休闲农业园规划设计 [J]. *陕西农业科学*, 2011, 57(4): 169-171.
- [3] 潘丽, 张天柱, 刘伟, 等. 宁武县域休闲农业规划方案和思路 [J]. *中国农业大学学报*, 2014, 19(1): 225-230.
- [4] 文友华, 范俊芳. 现代休闲农业园规划探讨: 以长沙县金井水库休闲农庄规划为例 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2008, 34(4): 454-457.
- [5] 徐勤, 魏艺. 休闲农业旅游体系构建: 以磐安县休闲农业总体规划为例 [J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(24): 8248-8249, 8261.
- [6] 刘军. 关于湖南休闲农业与乡村旅游建设规划的思考 [J]. *中国农业资源与区划*, 2010, 31(5): 62-65.
- [7] 马思捷, 严世东. 我国休闲农业发展态势、问题与对策研究 [J]. *中国农业资源与区划*, 2016, 37(9): 160-164.
- [8] 唐书转. 基于产业融合视角的河南休闲农业旅游资源开发 [J]. *中国农业资源与区划*, 2016, 37(3): 221-224.
- [9] 林国华, 曾玉荣, 林卿. 从传统农业到现代休闲与旅游农业: 提升海西休闲农业产业发展层次的战略思考 [J]. *福建论坛(人文社会科学版)*, 2010(3): 129-132.
- [10] 周颖悟. 结合国外经验论中国乡村休闲农业旅游产业的发展策略 [J]. *世界农业*, 2016(2): 33-36.