

地肤对大棚菜田土壤重金属的修复效应研究

陈碧华, 郭卫丽, 王广印, 李新峥

(河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

摘要:为了探讨地肤对大棚菜田土壤重金属的植物修复效应,采集不同种植年限(0、5、10、15、20、25、30年)大棚菜田土壤样品,以地肤为研究对象,研究地肤种植对不同种植年限土壤中重金属 Zn、Cu、Mn、Pb、Cd 污染的修复效应以及吸收积累特性。结果表明:地肤对大棚菜田土壤重金属的修复效率大小顺序依次为 $Zn > Pb > Cu > Mn > Cd$,其修复效率分别为 25.66%、25.64%、21.11%、15.02%、9.78%。地肤对大棚菜田土壤重金属 Zn、Pb 积累特性表现为根<茎<叶,而对重金属 Cu、Mn、Cd 则表现为根>茎>叶。该试验为大棚菜田重金属污染土壤植物修复和可持续利用提供了理论依据和技术支持。

关键词:地肤;大棚菜田;土壤重金属

中图分类号:S 151.9⁺3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)07-0170-05

截至 2010 年底,我国设施蔬菜年种植面积约 466.7 万 hm^2 ,并且以每年 10%左右的速度在增长^[1]。

第一作者简介:陈碧华(1972-),女,博士研究生,副教授,现主要从事蔬菜栽培及生理生态等研究工作。E-mail:chenbihua2015@163.com.

责任作者:王广印(1962-),男,本科,教授,硕士生导师,现主要从事蔬菜栽培生理生态等研究工作。E-mail:wangguangyin@hist.edu.cn.

基金项目:河南省大宗蔬菜产业技术体系建设资助项目(S2010-01-G04);河南省高等学校重点科研资助项目(207020215003);河南省科技攻关资助项目(122102310352)。

收稿日期:2015-12-14

但是由于菜农大量投入肥料、水、农药等资源^[2]造成了集约化蔬菜产区土壤质量下降^[3]和环境质量恶化^[4-8]。比如设施土壤存在次生盐渍化^[9]、养分不均衡、土壤板结、土壤酸化等诸多生产问题^[10-11],研究显示,种植年限对大棚土壤盐渍化和酸化有极显著影响, K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 则是造成土壤盐渍化的重要原因^[12]。大棚菜田土壤中氮磷钾的比例严重失调,出现磷素过量而钾素供应严重不足^[13]。此外,重金属在环境中的释放严重污染了土壤、水体和大气,残存在土壤中的重金属导致土壤理化性质恶化^[14]。研究显示,大棚菜田土壤重金属 Cd 的污染等级达到了 6 级,Zn 和 Cu 的污

Abstract: To determine the effects of sod cultivation and mulching in the walnut orchard, the effects of planting alfalfa, mowing and mulching alfalfa on the row in walnut orchard on the contents of soil water, soil organic matter, soil total N, total P, available N, available P were studied. The results showed that after 1 year experiment, there were very significant differences of total phosphorus and available nitrogen contents in 0—20 cm soil layer, available phosphorus content in 20—40 cm soil layer among the different treatments. There were significant differences of soil total nitrogen contents in 0—20 cm and 20—40 cm soil layers and available phosphorus content in 0—20 cm soil layer. After 2 years experiment, there were very significant differences of soil organic matter content in 0—20 cm soil layer, soil total phosphorus, available phosphorus and available nitrogen contents in the three soil layers, soil total nitrogen contents in 0—20 cm and 20—40 cm soil layer. After two years alfalfa mulching, compared with the control, in alfalfa mulching area, the soil water contents in different soil layers increased by 2.22—4.08 percentage point. In alfalfa mulching area, the soil organic matter content in 0—20 cm layer was 14.67 g/kg, increased by 77.8, and that of total phosphorus content was 0.53 g/kg, increased by 55.9%. In alfalfa planting area, the soil available phosphorus content in 20—40 cm layer was 17.17 mg/kg, increased by 22.4%. This indicated that the soil water contents and nutrient contents could be increased by planting and mulching alfalfa and the soil nutrient supplying capacity could be improved effectively.

Keywords: walnut; alfalfa; mulching; soil; interplanting grass

染等级达到2级,Pb、Mn的污染等级达到1级^[15]。且随着种植年限的延长重金属Zn、Cu含量对多酚氧化酶、过氧化物酶活性有抑制作用^[16]。研究显示蔬菜生产环境中的重金属污染主要来自工业“三废”、污泥、城市生活垃圾及污水和含重金属的农药、化肥、农膜,此外,汽车尾气的排放使得沿公路两旁的菜地和蔬菜受到铅的污染^[17-18]。由于设施土壤环境质量的恶化,在生产过程中出现蔬菜植物生长不良、土传性病虫害(枯萎病、根结线虫病等)严重发生的土壤健康问题。

LEE^[19]首先提出利用植物来清除土壤重金属污染的设想。即通过植物的根系直接将大量的重金属从土壤中移去从而修复被污染的土壤,它是环境污染治理的重要手段。目前关于植物修复土壤中重金属的研究报道很多^[20],但是关于地肤对重金属的植物修复效应尚鲜见报道。该研究以地肤和不同种植年限大棚菜田土壤(0、5、10、15、20、25、30年)为研究对象,研究了地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属(Zn、Cu、Mn、Pb、Cd)的吸收特性与修复效应,以期为大棚菜田重金属污染土壤植物修复和可持续利用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为2014年采集的地肤(野生种),采集的地点位于河南省新乡市郊区,地理位置为北纬35°21′、东经113°50′附近。关于地肤对主要生态因子的适应范围已经有详细的报道^[21]。

供试土样于2010年3月26日采集新乡市牧野区无公害蔬菜生产基地^[12]。土样采集采用“S”型多点(20点)混合取样法^[22],取种植年限分别为0、5、10、15、20、25、30年的大棚菜田土壤,取样深度0~20 cm,土样充分混合后带回实验室,置于室内通风阴凉处风干,去掉植物根系、落叶、石块等,过2 mm土壤筛,用于种植地肤,另一部分用玛瑙研钵研磨后依次过1.0、0.2 mm土壤筛,分别保存于聚乙烯袋中,用于测定土壤中重金属含量。

1.2 试验方法

将处理过的7个土样分别放置于育苗穴盘(方形50穴)中,并播种。出苗后培养40 d,当苗高15~20 cm时将苗从穴盘拔出并清洗干净,晾干后将根、茎、叶分开,放入烘箱105℃杀青2 h,70℃烘干至恒重,在研钵中研磨至粉末状,装入聚乙烯袋中分别贴上标签测定地肤中重金属质量分数。种植过地肤的土壤置于室内通风阴凉处风干,用玛瑙研钵研磨后依次过1.0、0.2 mm土壤筛,分别保存于聚乙烯袋中,用于测定土壤中重金属质

量分数。

1.3 项目测定

1.3.1 重金属含量测定 采用微波消解-电感耦合等离子体发射光谱法。

1.3.2 土壤中重金属质量分数测定 将种植地肤前后的土壤样品(过0.2 mm土壤筛)分别称取0.5 g(精确至0.000 1)于聚四氟乙烯消解罐中,依次加入8 mL硝酸、2 mL高氯酸和2 mL氢氟酸,混合均匀加密封盖后至于MAS微波消解仪内,设置最佳微波消解程序进行消解。消解结束后消解液为无色澄清透明。待消解罐冷却后,把消解液转移到50 mL聚四氟乙烯烧杯中,置于电热板170℃赶酸至近干。以除去多余的氮氧化物,加入2 mL 0.2% HNO₃溶解残渣,之后转移到25 mL容量瓶中(GG-17玻璃),定容摇匀后转移到聚乙烯塑料瓶中,用Optima 2100 DV电感耦合等离子体发射光谱仪测定重金属Zn、Cu、Mn、Pb、Cd的质量分数。

1.3.3 地肤中重金属质量分数测定 分别称取地肤的根、茎、叶材料0.5 g置于微波消解罐中,向每个消解罐中依次加入5 mL浓硝酸(95%)、2 mL双氧水,混合均匀,设置最佳微波消解程序进行消解。消解结束后消解液为无色透明。把消解液转移到小烧杯中,然后用0.2%稀硝酸清洗消解罐3次,把小烧杯置于电热板170℃赶酸至近干。加入2 mL 0.2%硝酸溶解残渣,之后转移到25 mL容量瓶中,最后用0.2%的稀硝酸溶液定容。用电感耦合等离子体发射光谱仪进行重金属Zn、Cu、Mn、Pb、Cd的质量分数测定。

1.4 数据分析

采用Excel 2003和SPSS 13.0统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 地肤对土壤中重金属Zn、Cu、Mn、Pb、Cd的修复效果

由图1可知,种植地肤后大棚菜田土壤中重金属Zn、Cu、Mn、Pb有所下降,但是修复后仍然呈现随种植年限逐年增加。由表1可知,地肤对重金属Zn、Cu、Mn、Pb的修复效率有以下特点:1)修复效率随种植年限的增加而增加,陈碧华等^[15]研究显示大棚菜田土壤重金属Zn、Cu、Mn、Pb的含量与种植年限具有极显著正相关性,相关系数分别达到0.953 8、0.982 8、0.939 3、0.942 1,说明其修复效率随着其含量浓度的增加而增加;2)地肤对重金属的修复效率大小顺序依次为Zn>Pb>Cu>Mn>Cd,其修复效率分别为25.66%、25.64%、21.11%、15.02%、9.78%。

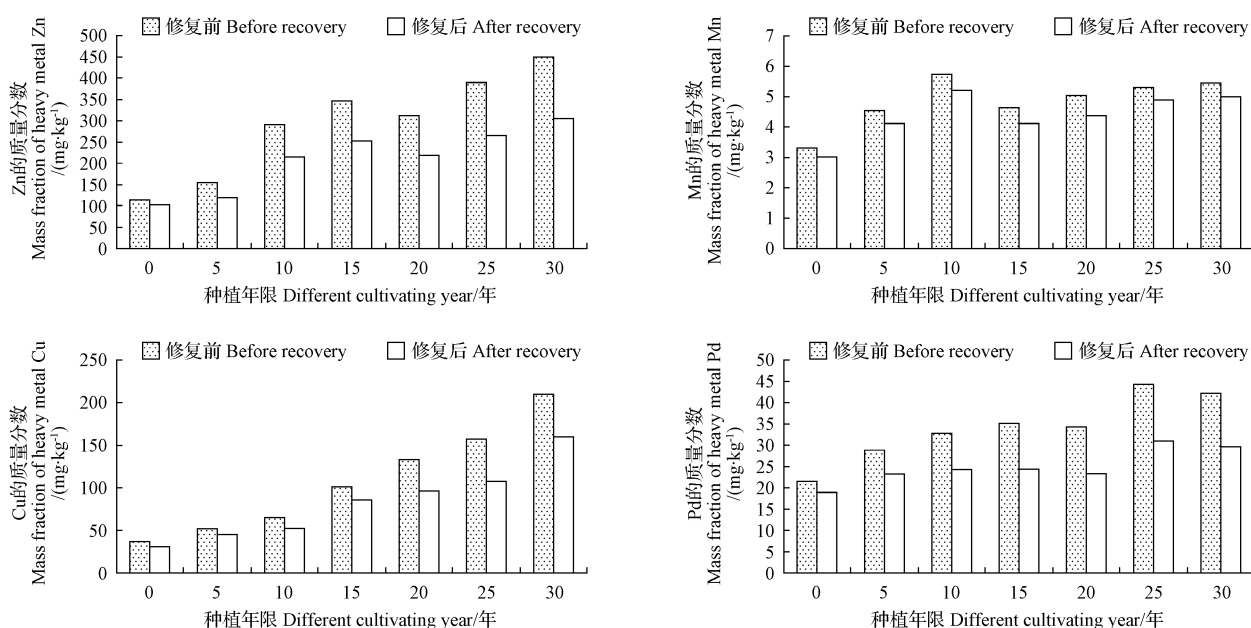


图1 地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属 Zn、Cu、Mn、Pb 的修复效应

Fig. 1 The remediation effect of *Kochia scoparia* on heavy metal Zn, Cu, Mn and Pb of vegetable field soil in plastic shed for different cultivating years

表1 地肤对重金属 Zn、Cu、Mn、Pb、Cd 的修复效率

Table 1 The remediation ratio of *Kochia scoparia* on heavy metal Zn, Cu, Mn, Pb and Cd

年限 Year	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd
0	9.00	16.24	9.14	12.07	8.79
5	23.40	13.28	11.13	19.35	9.69
10	25.96	19.88	12.30	25.87	9.08
15	27.04	15.28	10.89	30.64	11.42
20	29.98	27.71	14.91	31.84	13.49
25	32.11	31.52	20.28	30.10	7.74
30	32.13	23.85	26.48	29.61	8.26
平均值	25.66	21.11	15.02	25.64	9.78

由图2可知,地肤对重金属Cd有一定的修复效果,但是与种植年没有相关性。陈碧华等^[15]研究显示大棚菜田土壤重金属Cd的含量与种植年限无关,但是其含量均超过土壤背景值,并且污染等级达到6级。说明地肤对重金属Cd的吸收积累与其含量浓度有关。地肤对重金属Cd的修复效率与种植年限无关。

2.2 地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属 Zn、Cu、Mn、Pb、Cd 的吸收积累特性

由图3可知,地肤对重金属 Zn、Cu、Mn、Pb 的吸收积累有以下特点:1)地肤根、茎、叶对重金属 Zn、Pb 积累表现为根<茎<叶,而对重金属 Cu、Mn 则表现为根>茎>叶;2)地肤根、茎、叶中积累的重金属质量分数随着种植年限的增加逐年增加。说明地肤对重金属 Zn、Cu、Mn、Pb 的吸收积累随着其含量浓度的增加而增加。

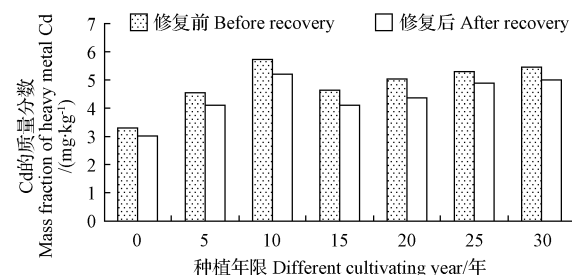


图2 地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属 Cd 的修复效应

Fig. 2 The remediation effect of *Kochia scoparia* on heavy metal Cd of vegetable field soil in plastic shed for different cultivating years

由图4可知,地肤根、茎、叶对重金属Cd积累表现为根>茎>叶,但是地肤根、茎、叶中积累的重金属Cd与种植年限相关不显著。说明地肤对重金属Cd的吸收积累与其含量浓度有关。

3 讨论与结论

植物修复技术是目前仅见的一种土壤重金属污染治理的环境友好技术^[23-24]。大面积种植植物并对地上部分进行处理,就可使土壤中重金属含量显著降低^[25]。熊愈辉^[26]通过大量试验研究发现矿山型东南景天是一种镉超积累植物。调查研究显示,矿山生态型的东南景天可在高浓度铜、锌、铅条件下生存,并能大量吸收转移锌元素,可用来修复锌污染的土壤^[27]。CONESA 等^[28]

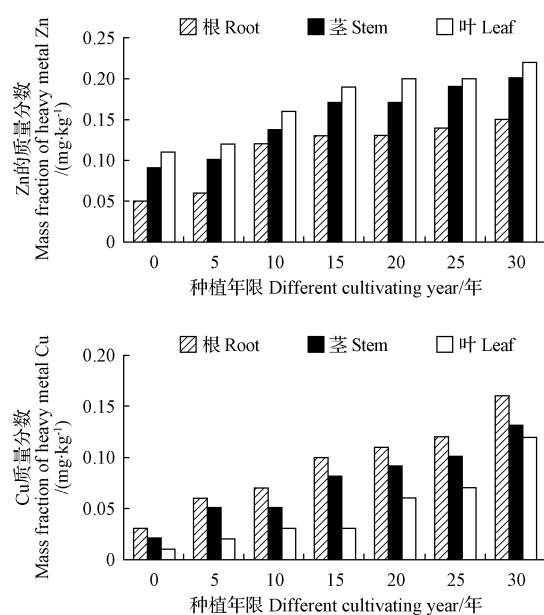


图3 地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属 Zn、Cu、Mn、Pb 的吸收积累特性

Fig. 3 The accumulation characteristics of *Kochia scoparia* on heavy metal Zn, Cu, Mn and Pb of vegetable field soil in plastic shed for different cultivating years

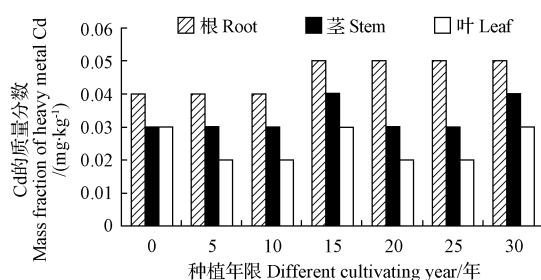


图4 地肤对不同种植年限大棚菜田土壤重金属 Cd 的吸收积累特性

Fig. 4 The accumulation characteristics of *Kochia scoparia* on heavy metal Cd of vegetable field soil in plastic shed for different cultivating years

研究发现,铅污染也可利用植物稳定来治理。在欧洲中西部发现了能富集镉高达 2 130 mg/kg FW 的十字花科植物天蓝褐菜(*T. caerulea*),它是已知的积累浓度最高且研究最深入的超富集植物之一^[29]。韦秀文等^[30]发现杨树对镉和汞有很好的消减和净化功能,可以用于镉和汞污染的土壤修复。该试验结果表明,野生地肤对重金属 Zn、Cu、Mn、Pb、Cd 有一定的修复效应,修复效率大小顺序依次为 Zn>Pb>Cu>Mn>Cd。地肤根、茎、叶中积累的重金属 Zn、Cu、Mn、Pb、Cd 的质量分数随着其含量浓度的增加而增加。重金属超富集植物由于具有修复重金属污染土壤的潜力而成为人们极为关注的修复技术研究对象。关于重金属和植物之间的转化机制有待于进一步研究。地肤对大棚菜田土壤重金属的修

复效率大小顺序依次为 Zn>Pb>Cu>Mn>Cd,其修复效率分别为 25.66%、25.64%、21.11%、15.02%、9.78%。地肤对大棚菜田土壤重金属 Zn、Pb 积累特性表现为根<茎<叶,而对重金属 Cu、Mn、Cd 则表现为根>茎>叶。

参考文献

- [1] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进步及其展望[J]. 中国蔬菜, 2011(2): 11-23.
- [2] ZHU J H, LI X L, CHRISTIE P, et al. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 111: 70-80.
- [3] GUO R Y, RAHN C, CHEN Q. Tracking nitrogen losses in a greenhouse crop rotation experiment in North China using the EU-Rotate N simulation model[J]. Environmental Pollution, 2010, 158(6): 2218-2229.
- [4] BOTHE H, FERGUSON S J, NEWTON W E. Biology of the nitrogen cycle[J]. Environmental Science and Technology, 1994, 28(7): 308-309.
- [5] KIM K R, CRAIG H. Nitrogen-15 and oxygen-18 characteristics of nitrous oxide: a global perspective[J]. Science, 1993, 262: 1855-1857.
- [6] PRATHER M, DERWENT R, EHRLICH D, et al. Other trace and atmospheric chemistry[M]. In: Houghton J T, et al. (eds) Climate change radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC 1992 emission scenarios. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 77-126.
- [7] ZHENG X, HAN S, HUANG Y, et al. Re-quantifying the emission factors based on field measurements and estimating the direct N₂O emission from Chinese croplands[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2004, 18(2): 102-110.
- [8] LI D J, WANG X M. Nitric oxide emission from a typical vegetable field in the Pearl River Delta, China[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(40): 9498-9505.
- [9] 夏立忠, 李忠佩, 杨林章. 大棚栽培番茄不同施肥条件下土壤养分和

盐分组成与含量的变化[J]. 土壤, 2005, 37(6): 620-625.

- [10] 曹晓燕, 张宝成, 张虹. 一种蔬菜保护地土壤调理剂的应用初报[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(2): 115-116.
- [11] 郑子成, 李廷轩, 何淑勤, 等. 保护地土壤生态问题及其防治措施的研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 18-20.
- [12] 陈碧华, 杨和连, 李亚灵, 等. 不同种植年限大棚菜田土壤水溶性盐分的变化特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 241-245.
- [13] 陈碧华, 孙丽, 李新峥, 等. 新乡市大棚菜田土壤养分及盐分的演变[J]. 农业工程学报, 2013, 29(15): 83-90.
- [14] ALLOWAY B J. Heavy metals in soils[M]. London: Blackie Academic and Professional, 1995.
- [15] 陈碧华, 杨和连, 李新峥, 等. 新乡市大棚菜田土壤重金属积累特征及污染评价[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 967-971.
- [16] 陈碧华, 杨和连, 周俊国, 等. 大棚菜田种植年限对土壤重金属含量及酶活性的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 213-218.
- [17] FOOTE R H. Cadmium affects tests and semen of rabbits exposed before and after puberty[J]. Reproduct Toxicol, 1999, 13(4): 269-277.
- [18] RITTER. The uptake of heavy metal from sewage applied to land by corn[J]. Soil Sci Plant Anal, 1978, 9(10): 799-811.
- [19] LEE J M. Cultivation of grafted vegetables i. current status, grafting methods and benefits[J]. Hortscience, 1994, 29(4): 235-239.
- [20] 田宇哲, 王莹, 王锐, 等. 土壤重金属污染植物修复的研究概况[J]. 哈

尔滨师范大学自然科学学报, 2014, 30(3): 166-169.

- [21] 郑慧莹, 沈全光. 碱地肤的生态、生理适应性及其群落特征[J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 1-7.
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1981: 17-22.
- [23] GRATH S P. Phytoextraction for soil remediation, In Plants that Hyperaccumulate Heavy Metal [A]. In: R. R. Brooks, CAB International, Wallingford, U K, 1998: 267-287.
- [24] CHANEY R L, MALIK M, LI Y M, et al. Phytoremediation of soil metals[J]. Current Opinion in Biotechnology, 1997, 8: 279-284.
- [25] 周乃元, 王仁武. 植物修复: 治理土壤重金属污染的新途径[J]. 中国生物工程杂志, 2002, 22(5): 53-56.
- [26] 熊愈辉. 东南景天对镉的耐性生理机制及其对土壤镉的提取与修复作用的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [27] 陈兴兰, 杨成波. 土壤重金属污染、生态效应及植物修复技术[J]. 国外农业环境保护, 2010(3): 58-62.
- [28] CONESA H M, EVANGELOU M W H, ROBINSON B, et al. A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: still a promising tool[J]. The Scientific World Journal, 2012(11): 1-10.
- [29] 廖晓勇, 陈同斌, 阎秀兰, 等. 提高植物修复效率的技术途径与强化措施[J]. 环境科学学报, 2007, 27(6): 881-893.
- [30] 韦秀文, 姚斌, 刘慧文, 等. 重金属及有机物污染土壤的树木修复研究进展[J]. 林业科学, 2011, 47(5): 124-130.

Research of Remediation Effect of *Kochia scoparia* on Heavy Metal Contaminated Vegetable Field Soil in Plastic Shed

CHEN Bihua, GUO Weili, WANG Guangyin, LI Xinzhen

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: In order to discuss phytoremediation effect of *Kochia scoparia* on heavy metal contamination in the plastic-protected vegetable fields, the soil samples were collected from plastic-protected vegetable fields of different cultivating years (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 years), and the remediation effect and accumulation characteristics of *Kochia scoparia* on Zn, Cu, Mn, Pb and Cd of these soil samples were studied. The results showed that the remediation efficiency of *Kochia scoparia* on heavy metal-contaminated soil from the plastic-protected vegetable field was $Zn > Pb > Cu > Mn > Cd$, and the remediation ratio was 25.66%, 25.64%, 21.11%, 15.02% and 9.78%, respectively. Meanwhile, the accumulation characteristics of Zn and Pb of *Kochia scoparia* was $root < stem < leaf$, and the accumulation characteristics of Cu, Mn and Cd was $root > stem > leaf$. The research conclusion would provide the theoretical basis and technical support for phytoremediation and sustainable utilization of heavy metal-contaminated vegetable field in plastic shed.

Keywords: *Kochia scoparia*; plastic-protected vegetable field; heavy metal in soil