

# 地膜中重金属对土壤—大豆系统污染的试验研究

于立红<sup>1</sup>, 王鹏<sup>1</sup>, 于立河<sup>1</sup>, 崔莉<sup>2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 大庆油田创业集团, 黑龙江 大庆 163412)

**摘要:** 采用盆栽和田间试验方法, 研究了大豆各生育时期, 不同地膜残留量处理土壤和植株中 Pb 和 Cd 的含量。结果表明, 大豆各生育时期, 高倍地膜残留量土壤和植株中 Pb 和 Cd 含量高于低倍残留量; 各生育时期各处理土壤中 Pb 含量为 49~188 mg/kg, 差异达显著水平; Cd 含量为 0.7~2.4 mg/kg。植株中 Pb 含量为 0.022~0.097 mg/kg, Cd 含量为 0.001~0.003 mg/kg。与国家《土壤环境质量标准》GB15618—1995 的 II 级标准进行比较分析, 土壤中 Pb 含量均未超标, Cd 含量值均超标; 与国家《食品中污染物限量》GB2762—2005 标准比较分析, 籽粒中 Pb, Cd 含量均未超过豆类食品限量标准, 且 Cd 含量远远低于该标准。

**关键词:** 地膜; 重金属; 土壤; 大豆

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0086-05

中图分类号: X53

## Experimental Study of Pollution by Heavy Metals of Plastic Film in Soil—Soybean System

YU Li-hong<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>1</sup>, YU Li-he<sup>1</sup>, CUI Li<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing,

Heilongjiang 163319, China; 2. Daqing Oilfield Triumph Group, Daqing, Heilongjiang 163412, China)

**Abstract:** Pot and filed experiments were conducted to study the Pb and Cd contents in soil and plants during soybean growth periods under the treatments of different residual amounts of mulching plastic film. Results showed that during soybean growth periods, the Pb and Cd contents in soil and the plants for high residual mulching film samples were higher than those for low. The Pb contents in soil were 49~188 mg/kg; the Cd contents in soil, 0.7~2.4 mg/kg; the Pb contents in plants, 0.022~0.097 mg/kg; and the Cd contents in plants, 0.001~0.0032 mg/kg. By the secondary limit of China Environmental Quality Standards for Soils (GB15618—1995), the Pb content in soil was less than the limit and the Cd content in soil was higher than the limit. By the China Maximum Levels of Contaminants in Foods (GB2762—2005), the Pb and Cd contents in seeds were less than the level and the Cd content in seeds was much less than the level.

**Keywords:** plastic film; heavy metal; soil; soybean

塑料地膜是农业上广泛使用的材料, 近年来, 随着地膜使用量和使用年限的不断增加, 大量残留地膜对农业环境安全与生态健康构成了严重的威胁。塑料热稳定剂中的镉和铅<sup>[1]</sup>, 在大量使用地膜过程中会造成土壤重金属镉、铅的污染, 进而产生明显的生物效应, 使植物生长受阻、花期延迟、抽穗期和成熟期推迟、籽实畸形、植物枯萎甚至死亡、产量降低等<sup>[2-3]</sup>, 而且极易通过食物链传递给人, 直接威胁人体健康<sup>[4]</sup>。因此, 人们对它们对土壤的污染和在作物体内的累积给予了极大的关注<sup>[5-7]</sup>。目前, 关于农业生产中重金属的污染研究主要集中在污水灌溉<sup>[8-11]</sup>, 污泥农

用<sup>[12-14]</sup>, 畜禽粪便资源化<sup>[15-16]</sup>等对土壤和作物的污染, 对于塑料大棚中土壤重金属的变化趋势也有一些研究。陈碧华等<sup>[17]</sup>采集不同种植年限大棚菜田土壤样品进行分析, 研究表明大棚菜田土壤重金属含量与种植年限均呈线性相关。有关地膜中重金属对土壤—作物体系的污染研究未见报道。

本文采用盆栽和田间试验方法, 研究大豆各生育时期不同地膜残留量及土壤和植株中重金属 Pb 和 Cd 含量。与国家《土壤环境质量标准》GB15618—1995 的 II 级标准和国家《食品中污染物限量》GB2762—2005 标准进行比较, 为农产品的安全生产及环境治理提供了科学的理论依据。

收稿日期: 2012-01-29

修回日期: 2012-09-07

资助项目: 黑龙江省农垦总局科技项目“地膜安全使用技术研究”(HNKXIVZD-018)

作者简介: 于立红(1978—), 女(汉族), 吉林省榆树市人, 硕士, 讲师, 主要从事环境污染化学研究。E-mail: ylh-303@163.com。

通信作者: 于立河(1960—), 男(汉族), 吉林省榆树市人, 硕士, 教授, 主要从事小麦栽培研究。E-mail: yulihe2002@yahoo.com.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在黑龙江八一农垦大学实验基地(大庆)进行,地理坐标为东经 $125^{\circ}11'$ ,北纬 $46^{\circ}37'$ 。大豆品种为绥农14,土壤类型为盐化草甸土。据对耕层(0—20 cm)土样测定结果,土壤基础肥力有机质 $3.15 \times 10^4$  mg/kg,碱解氮124.3 mg/kg,速效磷( $P_2O_5$ )11.5 mg/kg,速效钾( $K_2O$ )161.6 mg/kg,土壤pH值7.8。土壤中重金属含量Pb为41 mg/kg,Cd为0.8 mg/kg。供试地膜宽50 cm,厚0.008 mm,主要成分为聚乙烯、抗氧化剂、增塑剂等,由大庆市第五塑料厂提供。

### 1.2 试验设计

1.2.1 试验方法 盆栽试验将地膜剪成边长为0.05 m的正方形小块,先均匀搅拌于盆栽土壤中,然后人工逐个摆种,出苗后每盆定植5株,试验用盆为直径15 cm,高20 cm的瓦盆,装土10 kg。每盆施用尿素1.13 g,磷酸二铵0.05 g,硫酸钾0.02 g。人工除草,定期浇水,田间持水量保持在60%左右。

田间小区试验将边长0.05 m地膜小块先搅拌于大豆耕层土壤内0.2 m,然后播种大豆。大豆栽培密度 $190\ 570$ 株/ $hm^2$ ,行距0.7 m,株距0.05 m,人工逐个摆种。小区面积 $17.5\ m^2$ ( $3.5\ m \times 5\ m$ ),五行区。大豆施肥量按当地常规用量,田间管理按当地习惯进行。

1.2.2 试验设计 盆栽试验每个处理12次重复,田间小区试验3次重复,随机区组排列。试验设3个处理,分别为CK( $0\ kg/hm^2$ ),1倍( $65.9\ kg/hm^2$ ),3倍( $197.7\ kg/hm^2$ )地膜残留量。于大豆播种后30,60,90,120 d取样测定土壤和地上植株中Pb和Cd含量,其中120 d测定的是籽粒中含量。盆栽试验每次各取3个盆栽样品。取样及测定的所有过程均不接触金属制品。

1.2.3 数据处理 采用Excel 2003和DPS软件进行数据分析。

### 1.3 采样及检测

1.3.1 土壤与植株取样方法 盆栽试验将盆内土壤

全部倒出混合均匀后,采用四分法取样。田间小区试验取0—20 cm耕层土壤。土壤样品自然风干,研磨去除根系和杂质,过100目尼龙筛保存。植株样品于 $105\ ^{\circ}C$ 杀青30 min, $70\ ^{\circ}C$ 烘干称重粉碎。

1.3.2 重金属含量检测 样品在大庆市绿色食品检测中心测定。土壤样品用四分法缩分至约100 g,缩分后的土样经自然风干后,除去土样中石子和动植物残体等异物,用木棒研压,通过2 mm尼龙筛(除去2 mm以上的砂砾),混匀。用玛瑙研钵将通过2 mm尼龙筛的土样研磨至全部通过100目尼龙筛,采用盐酸—硝酸—氢氟酸—高氯酸全消解的方法。植株样品磨碎过20目筛,采用干灰化法。

土壤Pb和Cd含量测定按土壤质量铅、镉的测定石墨炉原子吸收分光光度法GB/T 17141—1997;植株Pb含量测定按食品中铅的测定标准GB/T 5009.12—2003,Cd含量测定按GB/T 5009.15—2003。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地膜残留量处理土壤中Pb含量

图1分别为盆栽和田间小区大豆各生育时期不同地膜残留量处理土壤中Pb含量比较。各生育时期各处理土壤中Pb含量在49~188 mg/kg,高倍地膜残留量处理Pb含量均高于低倍残留量,差异达显著水平( $p < 0.05$ ),增加地膜残留量土壤中Pb含量有增加趋势。与CK相比,盆栽大豆播种后30 d时1和3倍地膜残留量处理土壤中Pb含量分别提高了2.37和2.80倍,60 d土壤中Pb含量分别提高了2.05和2.38倍,90 d时3倍地膜处理Pb含量达最高值为156 mg/kg,120 d时收获期土壤中Pb含量有降低趋势。田间小区试验大豆播种后30 d时1倍和3倍地膜残留量土壤中Pb含量分别提高了2.63和4.48倍,60 d土壤中Pb含量分别提高了4.07和4.26倍,90 d分别提高了3.45和3.74倍,120 d收获期土壤中Pb含量达最高值为188 mg/kg。作物收获后,随着时间的推移土壤中重金属含量将如何变化有待于进一步研究。

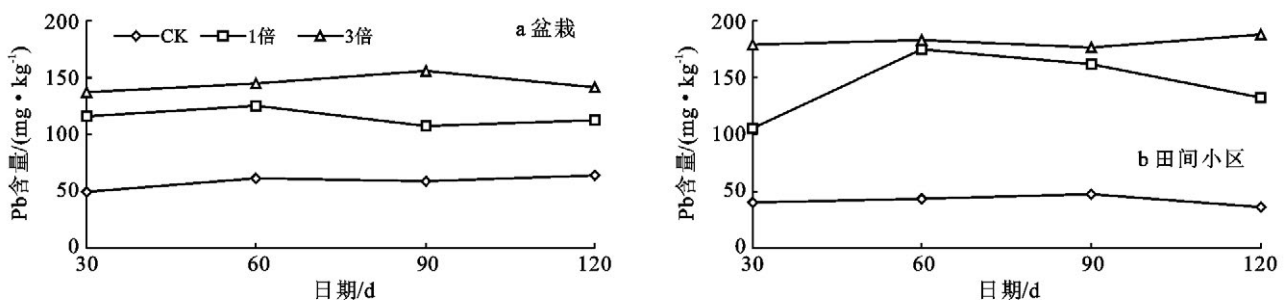


图1 大豆各生育时期各处理土壤中Pb含量比较

## 2.2 不同地膜残留量处理土壤中 Cd 含量

表 1 为盆栽和田间小区大豆各生育时期不同地膜残留量处理土壤中 Cd 含量比较。各生育时期各处理土壤中 Cd 含量在 0.7~2.4 mg/kg。盆栽试验各处理 Cd 含量差异显著,与 CK 相比,大豆生育期 30 d 时 1 倍和 3 倍地膜残留量土壤中 Cd 含量分别提高了 1.38 和 2.88 倍,生育期 60 d 时 Cd 含量分别提高了 1.63 和 2.75 倍,90 d 时 3 倍地膜处理土壤中 Cd 含量达最高值 2.4 mg/kg,120 d 收获期 3 倍地膜处理与 CK 相比提高倍数最高 3.29 倍。田间试验 60 和 90 d 各处理 Cd 含量差异显著,30 和 120 d 的 1 倍地膜残留量与 3 倍地膜残留量 Cd 含量差异显著,CK 和 1 倍地膜残留量处理土壤中 Cd 含量差异不显著。与 CK 相比,田间试验生育期 30 d 时 1 倍和 3 倍地膜残留量 Cd 含量分别提高了 1.38 和 2.38 倍,60 d 时 3 倍地膜处理 Cd 含量达最高值 2.4 mg/kg,90 d 时 Cd 含量分别提高了 1.78 和 2.44 倍,120 d 收获期 3 倍地膜处理与 CK 相比提高倍数最高 2.75 倍。

表 1 大豆各生育时期各处理土壤中 Cd 含量比较 mg/kg

试验方法	处理	30 d	60 d	90 d	120 d
盆栽	CK	0.8a	0.8a	0.9a	0.7a
	1 倍地膜量	1.1b	1.3b	1.2b	1.1b
	3 倍地膜量	2.3c	2.2c	2.4c	2.3c
大田	CK	0.8a	0.9a	0.9a	0.8a
	1 倍地膜量	1.1a	1.7b	1.6b	1.2a
	3 倍地膜量	1.9b	2.4c	2.2c	2.2b

注:不同小写字母表示相关性显著水平达 5%。

从图 1 和表 1 可以看出,使用地膜不同程度地增加了土壤中重金属的含量,使土壤环境质量变差。根据国家《土壤环境质量标准》GB15618—1995 中的适用于一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤的 II 级标准( $Cd \leq 0.6$  mg/kg,  $Pb \leq 350$  mg/kg)进行比较分析,盆栽和田间土壤中 Pb 含量均未超过土壤环境质量 II 级标准,Cd 含量值均超标,CK 处理超标 1.3 倍,其他处理最高超标 2.4 倍。土壤中 Cd 含量普遍

超标原因与试验土壤本身 Cd 含量值(0.8 mg/kg)高有关,试验地 Cd 含量较高可能与长期施用钙镁磷复合肥及农药有关。

土壤中重金属的农业污染源除与地膜使用有关外,还受肥料、农药的施用,污水灌溉,污泥农用,工业三废排放等其他人类活动的影响。解文艳等<sup>[9]</sup>对太原市污灌区土壤重金属分布特征进行了分析,结果表明,Pb,Cd 等 9 种重金属含量均未超过土壤环境质量标准,但显著高于太原市土壤环境背景值。吴光红等<sup>[8]</sup>对大沽排污河污灌区土壤重金属含量分析表明,重金属 Hg,Cd,Pb 和 Zn 含量达到土壤环境质量 II 级标准。刘树堂等<sup>[18]</sup>和陈芳等<sup>[19]</sup>研究表明,连续施用化肥和有机肥,随着施用年限的增加,土壤中重金属含量都有不同程度的富集。任顺荣等<sup>[15]</sup>和刘景等<sup>[16]</sup>研究表明,施用垃圾和禽畜粪便等有机肥显著增加土壤中重金属的含量,有机肥的质量对土壤重金属的累积起重要作用<sup>[20]</sup>。李姝娟等<sup>[12]</sup>研究发现污泥堆肥农用后,随着堆肥施用量的增加,土壤和小麦中的重金属含量有所增加。本研究发现,随着地膜残留量增加土壤中重金属含量有增加的趋势,这与以上报道接近。

## 2.3 不同地膜残留量处理植株体内 Pb 含量

图 2 为盆栽和田间小区大豆各生育时期,不同地膜残留量处理植株中 Pb 含量比较。各生育时期各处理植株中 Pb 含量在 0.022~0.097 mg/kg,盆栽试验 30 d 时 1 和 3 倍地膜残留量处理植株体内 Pb 含量分别提高了 1.84 和 2.52 倍,60 d 时 Pb 含量分别提高了 2.67 和 3.46 倍,90 d 时 3 倍地膜处理 Pb 含量增加倍数最高为 3.36 倍,120 d 收获时 3 倍地膜处理 Pb 含量达最大值为 0.097 mg/kg。大田试验 30 d 时 1 倍和 3 倍地膜残留量处理植株体内 Pb 含量分别提高了 2.47 和 2.67 倍,60 d 时 Pb 含量分别提高了 1.87 和 2.94 倍,90 d 时 3 倍地膜处理 Pb 含量增加倍数最高为 2.76 倍,120 d 时 3 倍地膜处理 Pb 含量达最高值为 0.091 mg/kg。

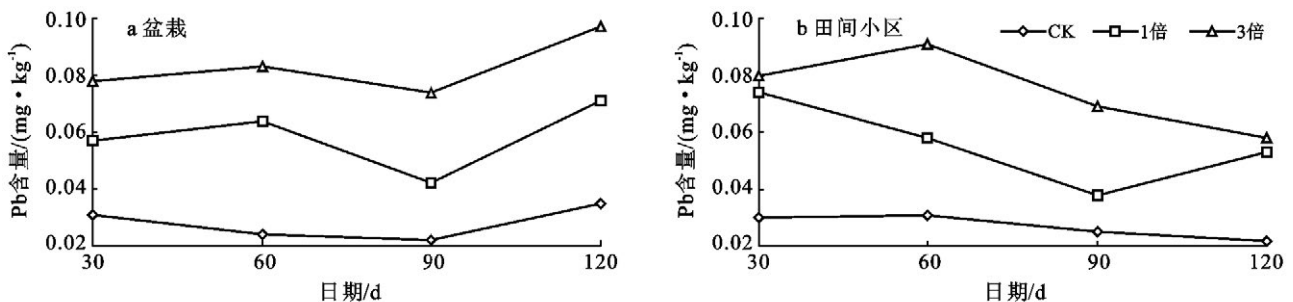


图 2 大豆各生育时期各处理植株中 Pb 含量比较

## 2.4 不同地膜残留量处理植株体内 Cd 含量

图3为盆栽和田间小区大豆各生育时期,不同地膜残留量处理植株中 Cd 含量比较。各生育时期各处理植株中 Cd 含量在 0.001~0.003 2 mg/kg,盆栽大豆生育期 30 d 时 1 倍和 3 倍地膜残留量植株体内 Cd 含量分别提高了 1.5 和 2.5 倍,60 d 时 Cd 含量提高倍数最高为 2.4 倍,3 倍地膜处理 90 d 时植株中 Cd 含量达最高值为 0.002 8 mg/kg,120 d 时 Cd 含量分别提高了 1.69 和 1.46 倍。大田大豆生育期 30 d 时 1 倍和 3 倍地膜残留量植株体内 Cd 含量分别提高了 1.50 和 1.88,3 倍地膜处理 60 d 时植株中 Cd 含量达最高值为 0.003 2 mg/kg,90 d 时 Cd 含量分别提高

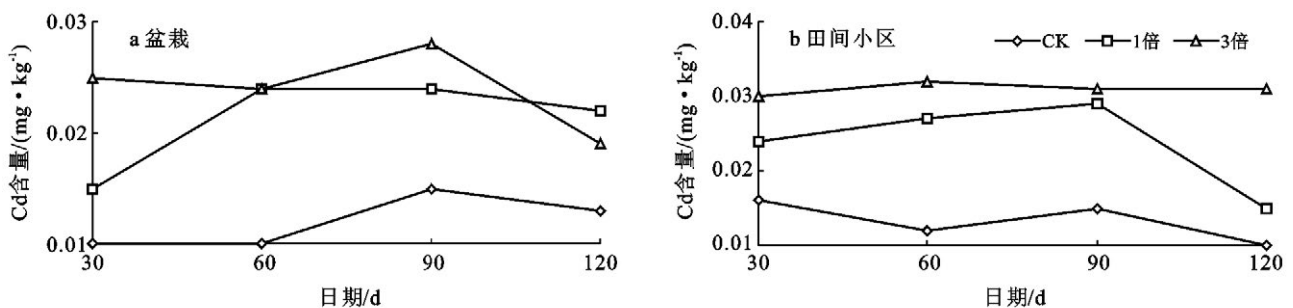


图3 大豆各生育时期各处理植株中 Cd 含量比较

从图2—3可以看出,由于土壤中重金属含量增加,土壤受到污染,致使农作物中 Pb 和 Cd 含量增加。根据国家《食品中污染物限量》GB2762—2005 标准( $Cd \leq 0.2$  mg/kg,  $Pb \leq 0.2$  mg/kg)比较分析,籽粒中 Pb, Cd 含量均未超过豆类食品限量标准,且 Cd 含量远低于此标准,说明短期覆膜种植下大豆中重金属含量是安全的。随着农田覆膜年限的增加,重金属在土壤中移动性差,很难降解、挥发、随水流失和被微生物分解而不断积累,甚至有可能转化成毒性更强的化合物,成为永久性潜在危害,因而地膜中重金属仍然对农产品存在潜在的污染风险,不能忽视。

## 3 结论

(1) 地膜残留量对土壤和植株中重金属含量影响较大,随着地膜残留量的增加土壤和植株中重金属含量表现出明显增加的趋势。相同生育时期土壤和植株中重金属含量最高值均为 3 倍地膜残留量处理。盆栽和大田试验各生育时期,高倍地膜残留量处理土壤中 Pb 含量均高于低倍残留量,差异达显著水平。盆栽试验各生育时期,高倍地膜残留量处理土壤中 Cd 含量均高于低倍残留量,差异达显著水平;田间实验生育期 60 和 90 d 各处理 Cd 含量差异显著,生育

了 1.93 和 2.07 倍,120 d 时 3 倍地膜处理 Cd 含量提高倍数最高为 3.10 倍。

高倍地膜残留量植株中 Pb 和 Cd 含量高于低倍残留量,这除了与不同处理土壤中重金属含量高低有关外,还可能是由于施用地膜改变了元素的生物有效性,使植株中 Pb 和 Cd 含量增加。植株中 Pb 含量明显高于 Cd,这与土壤中 2 种重金属含量高低有关。

在对土壤和植株中重金属含量分析中可以看出,随着生育周期延长,相同处理土壤中 Pb 和 Cd 含量总体变化不大,植株中重金属含量很低,这与土壤中的重金属降解能力和移动性差,植株对重金属的吸收数量少有关。

期 30 d 和 120 d 时 1 倍地膜残留量与 3 倍地膜残留量 Cd 含量差异显著,CK 和 1 倍地膜残留量处理土壤中 Cd 含量差异不显著。

(2) 随着生育周期延长,相同处理土壤中 Pb 和 Cd 含量变化均不显著,大豆对土壤中 Pb, Cd 吸收数量少,这与土壤中的重金属降解能力和移动性差有关。植株中 Pb 含量明显高于 Cd,与土壤中 2 种重金属含量高低有关。

(3) 根据国家《土壤环境质量标准》GB15618—1995 的 II 级标准进行比较,土壤中 Pb 含量均未超过土壤环境质量 II 级标准, Cd 含量值均超标,最高超标 2.4 倍。根据国家《食品中污染物限量》GB2762—2005 标准比较分析,籽粒中 Pb, Cd 含量均未超过豆类食品限量标准,且 Cd 含量远远低于此标准。

(4) 试验表明农田残膜量增加,土壤和植株中重金属含量会随之增加,在实际生产中应通过适时揭膜、选用优质农膜、采用机械清膜等方法减少农田残膜,实现我国农业的可持续发展。

(5) 至于地膜中重金属 Pb, Cd 对植物生长发育的影响,在非作物生长的其他时段的释放规律以及随着种植年限的增加土壤和作物中重金属的变化规律如何都有待于进一步研究。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 郑喜川,鲁安怀,高翔,等. 土壤中重金属污染现状与防治方法[J]. 土壤与环境,2002,1(1):79-84.
- [2] 陈怀满. 土壤—植物系统中的重金属污染[M]. 北京:科学出版社,1996:13-44.
- [3] 杨元根,Paterson E, Campbell C. 城市土壤中重金属元素的积累及其微生物效应[J]. 环境科学,2001,22(3):44-48.
- [4] Clementer R, Walker D J, Roig A, et al. Heavy metal bioavailability in a soil affected by mineral sulphides contamination following the mine spillage at aznalcollar (Spain) [J]. Biodegradation, 2003,14(3):199-205.
- [5] Rajesh K S, Madhoolika A, Fiona M. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2007,66(2):258-266.
- [6] Abollino O, Aceto M, Malandrino M, et al. Heavy metals in agricultural soils from Piedmont, Italy. Distribution, speciation and chemometric data treatment [J]. Chemosphere, 2002,49(6):545-557.
- [7] Esser K B. Reference concentrations for heavy metals in mineral soils, oat and orchard grass (*Dactylis glomerata*) from three agricultural regions in Norway [J]. Water Air Soil Poll., 1996,89(3/4):375-397.
- [8] 吴光红,苏睿先,李万庆,等. 大沽排污河污灌区土壤重金属富集特征和来源分析[J]. 环境科学,2008,29(6):1693-1698.
- [9] 解文艳,樊贵盛,周怀平,等. 太原市污灌区土壤重金属污染现状评价[J]. 农业环境科学学报,2011,30(8):1553-1560.
- [10] Munir J, Mohammad R, Sami H, et al. Long-term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters [J]. Desalination, 2007, 215(1/3):143-152.
- [11] Li Peijun, Wangxin, Allinson G, et al. Risk assessment of heavy metals in soil previously irrigated with industrial wastewater in Shenyang, China [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009,161(1):516-521.
- [12] 李姝娟,李向东,郝翠,等. 污泥堆肥对土壤环境和小麦重金属含量的影响[J]. 环境污染与防治,2010,32(8):40-44.
- [13] Veeresh H, Tripathy S, Chaudhuri D, et al. Changes in physical and chemical properties of three soil types in India as a result of amendment with fly ash and sewage sludge [J]. Environmental Geology, 2003,43(5):513-520.
- [14] Karami M, Afyuni M, Rezaiejad Y, et al. Heavy metal uptake by wheat from a sewage sludge-amended calcareous soil [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2009,83(1):51-61.
- [15] 任顺荣,邵玉翠,高宝岩,等. 长期定位施肥对土壤重金属含量的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(4):96-99.
- [16] 刘景,吕家珑,徐明岗,等. 长期不同施肥对红壤 Cu 和 Cd 含量及活化率的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(3):914-919.
- [17] 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.
- [18] 刘树堂,赵永厚,孙玉林,等. 25 年长期定位施肥对非石灰性潮土重金属状况的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(1):164-167.
- [19] 陈芳,董元华,安琼,等. 长期肥料定位实验条件下土壤中重金属的含量变化[J]. 土壤,2005,37(3):308-311.
- [20] 徐明岗,武海雯,刘景. 长期不同施肥下我国 3 种典型土壤重金属的累积特性[J]. 农业环境科学学报,2010,29(12):2319-2324.

(上接第 6 页)

- [18] 邓贤贵,华国春,黄川友. 李子河流域泥沙流失规律及工程效益分析[J]. 四川联合大学学报:工程科学版,1997,1(6):26-35.
- [19] 张荣群,宋乃平,王秀妮,等. 盐渍土时空变化信息的图谱可视化分析[J]. 农业工程学报,2012,28(9):230-235.
- [20] 四川省农牧厅,四川省土壤普查办公室. 四川土种志[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994.
- [21] 王光谦,王思远,陈志祥. 黄河流域的土地利用和土地覆盖变化[J]. 清华大学学报:自然科学版,2004,44(9):1218.
- [22] 张志强,王盛萍,孙阁,等. 黄土高原吕二沟流域侵蚀产沙对土地利用变化的响应[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1607-1612.
- [23] 陈月红,余新晓,谢崇宝. 黄土高原吕二沟流域土地利用及降雨强度对径流泥沙影响初探[J]. 中国水土保持科学,2009,7(1):8-12.
- [24] 刘淑燕,余新晓,信忠保,等. 黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用变化对水沙关系的影响[J]. 地理科学进展,2010,29(5):565-571.
- [25] 郝芳华,陈利群,刘昌明,等. 土地利用变化对产流和产沙的影响分析[J]. 水土保持学报,2004,18(3):5-8.
- [26] 绍武,黄光荣. 中国西部环境演变评估[M]. 北京:科学出版社,2002.