

西安郊区农耕地和大棚菜地土壤 重金属迁移的对比研究

李斌, 刘波, 方兰, 孙稷, 庞奖励

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要:以西安污灌区典型大棚菜地和附近农耕地土壤为研究对象,在不同土壤剖面上对重金属As、Cr、Cu、Pb、Zn和Ni的分布进行了测定和分析。结果表明:在0~20 cm土层农耕地土壤重金属Cr、Cu、Pb、Zn、Ni的含量均高于大棚菜地,分别高出53.1、16.7、20.5、151.2和3 mg/kg,同农耕地相比,温室大棚更有利于土壤表层重金属的迁移,且对Zn、Cr、Pb、Cu等元素的迁移程度较明显。认为在西安污灌区发展大棚花卉,可以有效减少污灌区土壤表层重金属的含量。

关键词:污灌;耕地;大棚地;重金属;西安

中图分类号: S153.6*1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)04-0223-05

土地利用方式和管理措施是影响土壤发育方向、土壤理化性质、土壤环境、土壤质量及土壤生态功能的重要因素^[1-4],这些问题的探讨已成为土壤学研究中的重要内容。重金属在土壤中的分布状况作为评价土壤健康质量的一个极其重要指标,其含量和分布形式对于土壤上植物的质量有直接影响^[2]。近些年来,人们从土地利用的角度来探讨土地利用方式对土壤重金属积累影响的研究已有了一定的进展(如在北京、南京、香港等地)^[3-5],但上述研究往往是在重金属污染较轻的地方进行的,而对于重金属污染严重区域(如污灌区),由于外源污染物的干扰,并不能阐明土地利用方式差异对土壤重金属积累的影响(如对污灌区研究多为评价土壤和农作物受污染状况)^[6-9]。

西安市是中国污水灌溉的重要地区之一,长期污灌对土壤组成,特别是对土壤重金属的分布产生了重要影响。当污灌停止以后,这些在土壤中积累的重金属对环境构成了潜在危害,其去向、迁移转化规律就成为该类土壤持续利用过程中最关注的问题之一^[1-3,7]。本文通过对典型蔬菜大棚地和农耕地土壤重金属含量的研究,以期了解污染严重区域重金属元素在两种土地利用方式下的迁移规律,为土地合理利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

研究区为西安污灌分布区,该区属温带大陆性

半湿润气候,四季分明,雨热同季。降雨集中在6~10月,年均降水量700 mm。年均气温13℃,极端温度分别为43.3℃和-17.4℃。 $\geq 0^\circ\text{C}$ 年积温4 854℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温4 241℃,无霜期212 d。光照资源丰富,年光照时数为2 372~2 920 h,农作物一年两熟^[9]。

作为我国重要的污灌区,其在20世纪70年代污灌达到最盛,面积超过2万 hm^2 ,主要集中在该区域地势较低的未央区一带^[10]。由于污水中往往含有一定量的作物养分,因而在缺水地区常常被用于农业灌溉。20世纪90年代以来,随着西安城市不断扩大,当地政府环保意识增强,人们对污水灌溉危害认识的不断加深和对环境质量要求的不断提高,西安市的主要污灌区逐渐放弃了污水灌溉,但原来的污灌土地仍继续作为农耕地或菜地使用。

供试土壤为典型的土垫旱耕人为土(或发生学分类中称为瘠土)。具覆盖熟化层、犁底层、垆土层和黄土母质等。覆盖熟化层一般较厚,约在50~80 cm,但有机质含量较低,仅约10~15 g/kg,质地较粘重。瘠土全氮含量0.8 g/kg左右,全磷含量0.7%~2.0 g/kg,含钾量较丰^[11,12]。选择典型的大棚地和典型传统农业耕作土壤为研究对象。为了保证研究土壤剖面的代表性,按下列原则进行剖面选择:①地形平坦,以保证所采样品具有作为该土种的代表剖面样,反映该地区土种的平均成土状况。②同一地区,两剖面相距不超过10 m,皆为瘠土^[11]。

收稿日期:2009-11-12

基金项目:陕西师范大学地理学国家特色专业项目;国家大学生创新性实验计划项目(081071815)

作者简介:李斌(1989-),男,甘肃礼县人,本科生,主要学习和研究方向为土地利用。E-mail:libin742200@yahoo.com.cn。

通讯作者:庞奖励,男,教授,博导,主要从事土地利用和土壤演变方向的研究。E-mail:jlpan@snnu.edu.cn。

③灌溉历史相同,两地停止污灌的时间都是在 2000 年,大棚地有 7 年种植历史,为在原来污灌土地上发展而成,而农耕地剖面是原来污灌土地的继续利用。这意味着在未发展温室大棚前,两剖面的发育过程完全相同、物质迁移转化过程一致,因污灌累积的重金属量相当。因此,如果大棚土壤和耕地土壤中重金属分布出现差异,应主要是由于土地利用方式的不同所致。

1.2 试验方法

在详细实地调研的基础上,选取研究剖面。在温室大棚地和农耕地的中央人工挖掘 100 cm × 100 cm × 150 cm 的样坑,从地表向下每 5 cm 连续采剖面样,样重约 1 kg,采样深度为 120 cm。样品测试工作在陕西师范大学环境演变实验室完成。样品在室内自然风干,利用磨样机对土壤样品磨至 200 目,称取 4 g 样品,放入模具内,拨平,用硼酸衬底镶边,于 30 t 压力下,压成圆形片状样品,使用荷兰帕纳科生产的 PW2403 型 X-RAY 荧光光谱仪,测定样品中各重金属的含量^[12]。采用国家标准土壤参比物质 GSS-1 和 GSD-12 标准物质同时进行质量控制,结果表明分析精度达到预期要求,完全满足本次研究要求。

2 结果与分析

2.1 土壤中重金属元素的分布

分析结果表明(表 1),大棚地与农耕地 As 含量范围分别为 8.2 ~ 15.7 mg/kg 和 8 ~ 10.8 mg/kg,整个剖面,大棚地土壤各层 As 平均含量均高于同深度农耕地土壤。在 20 ~ 40 cm 大棚地和农耕地 As 平均含量均达到最大值(分别为 10.8 和 9.9 mg/kg),40 cm 以下两者差值逐渐减小。大棚地土壤剖面 Cr 含量范围是 85.8 ~ 149.1 mg/kg,农耕地 Cr 含量是 89.5 ~ 217.1 mg/kg。两剖面相比,大棚地和农耕地 Cr 平均含量的最大值均出现在表层(0 ~ 20 cm),且大棚地土壤各层 Cr 的平均含量均高于农耕地。大棚地与农耕地 Cu 的含量范围是 47.7 ~ 135.3 mg/kg 和 51 ~ 79.3 mg/kg,在 0 ~ 20 cm 两者的差值较大,20 cm 以下(20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80 cm)差值逐渐减小,20 ~ 120 cm 差值又有增大。大棚地土壤剖面 Pb 含量范围是 33.3 ~ 53 mg/kg,农耕地 Pb 含量是 33.5 ~ 61.3 mg/kg,在 0 ~ 80 cm 大棚地 Pb 在各土层的平均含量均小于或等于农耕地各土层,而 80 ~ 120 cm 则相反。两者 Pb 平均含量在表层(0 ~ 20、20 ~ 40 cm)

差值较大,而 40 cm 以下其差值不大。大棚地与农耕地 Zn 含量为 73.6 ~ 126.9 mg/kg 和 77.9 ~ 305.3 mg/kg,农耕地 Zn 各层中最大平均含量(275 mg/kg)远大于大棚地(123.8 mg/kg),在 0 ~ 60 cm 大棚地 Zn 在各土层(0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm)平均含量均小于农耕地各土层,60 ~ 120 cm 则相反。两者 Pb 的平均含量在表层(0 ~ 20、20 ~ 40 cm)差值较大。大棚地土壤剖面 Ni 含量范围是 28.8 ~ 31.7 mg/kg,农耕地 Ni 含量是 28.4 ~ 34.9 mg/kg,表层(0 ~ 20、20 ~ 40 cm)大棚地 Ni 平均含量均小于农耕地,40 ~ 120 cm 则相反。

2.2 土壤中重金属元素的迁移

上述分析得出:相同土层大棚地和农耕地土壤中重金属含量差异明显,两者在表层(0 ~ 20、20 ~ 40 cm)重金属平均含量差值(表 1)较大,而 40 cm 以下两者平均含量差值逐渐变小。为了更清晰地表示大棚地和农耕地土壤剖面中各重金属元素的迁移特征,利用大棚地和农耕地在不同土层土壤重金属平均含量的比值(K)(表 2)来进行分析,大致将其分为三类: $K \leq 0.60$,即大棚地重金属元素迁移量明显高于农耕地; $0.60 \leq K \leq 0.90$,即大棚地重金属元素迁移量高于农耕地; $K \geq 0.90$ 即大棚地和农耕地重金属元素的迁移量基本相当。

在 0 ~ 20 cm 土层大棚地和农耕地土壤的元素含量差异对不同元素表现是不同的,表 2 显示: $Zn(K = 0.45) < Pb(K = 0.65) < Cr(K = 0.67) < Cu(K = 0.77) < Ni(K = 0.91) < As(K = 1.03)$ 。表明在 0 ~ 20 cm 土层大棚地相对耕地而言迁移量最大的元素是 Zn,其对 Zn 的迁移能力很明显;对 Pb、Cu 和 Cr 等元素迁移能力次之,大棚地对 Pb、Cu 和 Cr 等元素迁移能力大于农耕地;大棚地对 Ni 的迁移程度稍高于农耕地;而对 As 的迁移不明显。随着土层深度的增加,在 20 ~ 40 cm 上 K 变大,说明大棚地对重金属的迁移能力随着土层深度增加而下降。元素在土壤剖面上迁移为: $Zn(K = 0.58) < Cr(K = 0.78) < Pb(K = 0.82) < Cu(K = 0.87) < Ni(K = 0.95) < As(K = 1.09)$ 。表明在该土层与耕地相比大棚地迁移量最大的元素依旧是 Zn,而对 Pb、Cu 和 Cr 等元素,大棚地虽比耕地的迁移量高,但 K 都在 0.78 以上,表明大棚地和农耕地迁移程度的差距逐渐变小。在 40 ~ 120 cm, K 基本大于 0.9,说明大棚地和农耕地迁移程度大致相当,亦可证明两剖面的自然背景一致。

表 1 西安大棚菜地与农耕地土壤重金属元素含量 (mg/kg)

Table 1 The contents of soil heavy metals in the greenhouse land and the cultivated land in Xi'an

元素 Elements	土地利用 Land use	0~20 cm (均值) (Mean)	20~40 cm (均值) (Mean)	40~60 cm (均值) (Mean)	60~80 cm (均值) (Mean)	80~120 cm (均值) (Mean)
As	大棚地 Greenhouse land	9.1~9.8 (9.4)	8.9~15.7 (10.8)	9~9.5 (9.2)	8.5~9.5 (9.1)	8.2~9.6 (9.0)
	农耕地 Cultivated land	8.2~10.5 (9.1)	9.1~10.8 (9.9)	8.5~9.6 (8.9)	8~9.1 (8.6)	8.3~9.6 (8.8)
	差值* Difference	0.3	0.9	0.3	0.5	0.2
Cr	大棚地 Greenhouse land	106.9~116.3 (109.9)	90.4~127.9 (100.9)	89~121.9 (102.5)	91.4~119.9 (105.7)	85.8~149.1 (104.1)
	农耕地 Cultivated land	154.5~175.4 (163.0)	98~140.6 (129.9)	108.7~172.5 (121.7)	95.5~132.8 (115.2)	89.5~217.1 (114.0)
	差值 Difference	-53.1	-29	-19.2	-9.5	-9.9
Cu	大棚地 Greenhouse land	53.3~56.9 (55.2)	49.4~56.8 (52.8)	49.3~91.7 (60.9)	47.7~55.4 (50.6)	49.5~135.3 (73.4)
	农耕地 Cultivated land	63.5~79.3 (71.9)	51~76.8 (60.5)	51.7~59.2 (53.9)	53.3~59 (56.5)	56.4~63.4 (60.9)
	差值 Difference	-16.7	-7.7	-7	-5.9	12.5
Pb	大棚地 Greenhouse land	36.6~40.4 (38.2)	34.8~38.4 (36.6)	33.3~53 (39.2)	34~44.9 (37.3)	34.1~47.4 (41.0)
	农耕地 Cultivated land	55.1~61.3 (58.7)	38.6~56.2 (44.7)	33.5~44.5 (39.2)	38.8~50.9 (42.2)	38.5~42.7 (40.7)
	差值 Difference	-20.5	-8.1	0	-4.9	0.3
Zn	大棚地 Greenhouse land	121.1~126.9 (123.8)	83.7~113.8 (94.3)	79~83.1 (81.2)	74.3~77.7 (76.3)	73.6~77.9 (77.5)
	农耕地 Cultivated land	245.1~305.3 (275)	85.8~282.5 (161.2)	78.1~82.3 (80.8)	80.5~82.7 (82)	77.9~81.5 (79.5)
	差值 Difference	-151.2	-66.9	0.4	-5.7	-2
Ni	大棚地 Greenhouse land	28.9~31 (30.2)	28.8~31.6 (30)	29.9~31.7 (30.8)	30.9~31.7 (31.4)	30.1~31.3 (30.9)
	农耕地 Cultivated land	30.9~34.9 (33.2)	28.9~34.4 (31.6)	29.7~30.2 (30.0)	29.8~31 (30.3)	28.4~30.9 (30.2)
	差值 Difference	-3	-1.6	0.8	1.1	0.7

注: * 指大棚地土壤元素平均值与农耕地平均值的差值。

Note: The difference of soil heavy metals' mean value between the greenhouse land and the cultivated land.

表 2 大棚地和农耕地在不同土层土壤重金属平均含量的比值 (K)

Table 2 K value in heavy metals elements from the greenhouse land and the cultivated land in different horizon

元素 Elements	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~120 cm
As	1.03	1.09	1.03	1.05	1.02
Cr	0.67	0.78	0.84	0.92	0.91
Cu	0.77	0.87	1.13	0.90	1.21
Pb	0.65	0.82	1.00	0.88	1.01
Zn	0.45	0.58	1.01	0.93	0.98
Ni	0.91	0.95	1.03	1.04	1.02

注: K = 大棚地土壤重金属元素 i 平均含量 / 农耕地重金属元素 i 平均含量。

Note: K = The heavy metals' mean value of i element from the greenhouse soil / The heavy metals' mean value of i element from the cultivated soil.

3 讨 论

本文所选用的研究材料(7 龄大棚地和农耕地土壤剖面)是在相同土地上演变,其自然背景一致,两者的主要差别是土地利用方式,这说明两种土壤重金属分布的差异应该归因于土地利用方式之差别。同农耕地相比,温室大棚更有利于土壤表层(0~40 cm)重金属的迁移,特别是对于 Zn、Cr、Pb 和 Cu 等元素。上述差异除与两种耕作模式下水分条件、有机物质累积等不同之外,与农作物向土壤归还物质方式的不同有更为直接的关系。

耕地过程:对于该区耕地来讲,其农业经营制度是一年两熟,主要轮作模式为冬小麦→玉米或冬小麦→黄豆,因而农作物每年都会将土壤中的重金属通过一定的生物作用吸收到植物体内,使得土壤中的重金属含量减少,但毕竟农作物的吸收量有限,加之吸收积累重金属循环周期较长,尽管每年将土壤中的一部分重金属迁移到植物体内,可只有进入果实和种子(如小麦籽粒、玉米籽粒、黄豆等)中的重金属真正地离开了土壤,大量植物秸秆和根系固定的重金属并没有离开土壤,而是通过作物秸秆沤肥或就地焚烧等方式使得自身转化了的重金属又返还到了土壤中。

大棚过程:大棚地则不同,温室大棚因自身耕作模式的特点使得植物吸收固定重金属的一些器官(如块根、茎、叶、花、果实等)或因温室管理措施而被迅速清理出农田,或成为农产品进入人类食物链,从而使得由作物固定的大量重金属随植物器官而流向其他地方,仅有少量的以枯茎落叶返还到土壤中,绝大多数被作物固定的重金属永久地移出了原污染的土地,因而减短了农作物吸收积累重金属循环周期,提高了植物净化土壤的效率。另外温室大棚因其温度高、湿度大、复种指数高等特点使得一年中作物的生物活动量要大于农耕地,故其从土壤中吸取的重金属量亦高于农耕地,加之温室大棚土壤微生物总量高于农耕地和露天土壤,而土壤微生物对土壤改良亦有积极影响^[8],因而在农作物影响深刻的土壤表层(0~40 cm),温室大棚土壤重金属含量明显低于农耕地土壤。

上述分析表明,与农耕地相比,温室大棚对土壤表层重金属有更强迁移能力,但在另一个角度看,从土壤中迁移出来的重金属转移到了人类日常生活的必需食物——蔬菜中,含有过量重金属的蔬菜不仅品质低,而且过量重金属通过食物链进入人的正常生活中,威胁人类健康。另外重金属在蔬菜各器官

中的富集量与蔬菜种类及其各器官的形态有关,其中叶菜类>根茎类>瓜果类^[6,14]。西安市温室大棚主要生产菜花、芹菜、莴笋等食茎叶类蔬菜和番茄等蔬菜,尽管暂时没有相关因蔬菜重金属超标引起的安全事件的报道,但其潜在的危险性较高。

4 建 议

有限的土壤资源正不断遭受到不同程度污染,因此土壤环境保护以及污染土壤的修复、治理已引起有关方面的重视,也成为环境科学日益活跃的研究领域^[14]。经过近些年来不断探索,污染土壤的修复技术得到了较快的发展,如物理修复、化学修复、生物修复和工程技术等^[14,15]。这些修复手段对污染土壤的治理具有非常重要的实践意义,但其各自又有一定的局限,例如耗资过大,治理过程中可能会导致次生污染,引起土壤基本理化性质和相关生态过程的改变,处理效率低等^[14-16]。

本文显示:在有一定土壤重金属积累的地区,建造温室大棚可以有效减少土壤表层(0~40 cm)重金属的含量,但温室大棚多是蔬菜大棚,而从土壤中迁移出来的重金属经过蔬菜进入人类食物链,危害人类健康。那么如何既能利用温室大棚又不威胁到人类健康呢?本文提出一种将植物修复和工程技术相结合,既能增强修复效果又不危害人类健康的可能性,即发展温室花卉种植以修复污染土壤。物种繁多的花卉不仅可以从土壤中迁移出大量重金属以减轻土壤污染,而且其迁移的重金属不会通过食物链进入人体中,随着城市的发展,社会对花卉的需求亦有逐渐增大的趋势^[15,17],亦可保证农业的经济效益。

植物修复若能与工程技术手段相结合,一方面可以加强植物修复的效果,另一方面一定的温室设施也提高了当地农业现代化程度。近些年来有关温室大棚对污水灌溉的处理研究^[18]和从物种繁多的花卉资源选择出超积累植物的已有报道。相关研究表明,蜈蚣草(*Pteris vittata* L)对 As^[19]、东南景天(*Sedum alfredii* H)对 Zn^[20]、龙葵(*Solanum nigrum* L)对 Cd^[21]、金盏菊(*Calendula officinalis* L)和凤仙花(*Impatiens Balsamina* L)等对 Cd-Pb 复合污染的环境表现出超积累性和耐性等特征^[22]。结合一定的农业政策,建造温室大棚,发展温室花卉栽培以改良污灌区土壤质量。在栽培中还可运用转基因技术及在土壤中添加螯合剂或表面活性剂^[16],影响重金属在土壤环境中的行为,从而减少或增加花卉植物对重金属的吸收和积累,在不影响人类健康的前提下,

减少污灌区土壤重金属的含量,以实现农业的可持续发展。

5 结 论

1) 大棚地和农耕地土壤重金属含量存在明显差异。0~20 cm 农耕地土壤重金属 Cr、Cu、Pb、Zn、Ni 的含量均高于大棚菜地,分别高 53.1、16.7、20.5、151.2 和 3 mg/kg,但是大棚地土壤 As 的含量略高于农耕地。

2) 同农耕地相比,温室大棚对土壤重金属有更明显的迁移现象,其对土壤质量的改良有积极的影响。温室大棚对土壤重金属迁移程度是不同的,实验结果表明其对微量元素 Zn、Cr、Pb、Cu 等元素的迁移程度较明显,对 As 和 Ni 的影响不明显。

3) 城市对其近郊土地影响深刻,近郊土壤亦受到了不同程度的污染,对于土壤重金属含量较高的区域,从工程设施的角度来讲,发展温室蔬菜栽培要比种植传统的大田作物更有利于减少重金属的含量。

4) 西安市未央区有一定的污灌历史,造成了一定的土壤重金属污染,发展大棚蔬菜会对人类健康产生一定威胁,不适宜在此发展温室蔬菜,可以利用现有的温室大棚设施发展温室花卉栽培,以降低土壤中重金属的含量,实现农业可持续发展。

致谢:野外和室内工作得到张卫青、马闯、葛森、王利军等老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献:

[1] 刘梦云,安韶山,常庆瑞,等.不同土地利用方式下土壤化学性质特征研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(1):39—42.
 [2] 李天杰,赵 焯,张科利,等.土壤地理学(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2004.
 [3] 郑袁明,陈同斌,陈 煌,等.北京市不同土地利用方式下土壤铅的积累[J].地理学报,2005,60(5):791—797.

[4] 丁爱芳,潘根兴.南京城郊零散菜地土壤与蔬菜重金属含量及健康风险分析[J].生态环境,2003,12(4):409—411.
 [5] Chen T B, Wong J C, Zhou H Y, et al. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong Kong[J]. Environmental Pollution, 1997, 96:61—68.
 [6] 庞奖励,黄春长,孙根年.西安污灌土中重金属的含量及对蔬菜影响的研究[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2001,29(2):87—91.
 [7] 曾德付,朱维斌.我国污水灌溉存在问题和对策探讨[J].干旱地区农业研究,2004,12(4):221—224.
 [8] 陈 敏,梅凡民,朱海波.西安市郊区农业土壤中重金属污染状况研究[J].纺织高校基础科学学报,2007,20(1):88—91.
 [9] 袁树人.陕西自然地理[M].西安:陕西人民出版社,1981.
 [10] 顾 静.西安北郊污灌区土壤重金属时空分布特征及影响因素研究[D].西安:陕西师范大学,2007.
 [11] 郭兆元.陕西土壤[M].北京:科学出版社,1992.
 [12] 庞奖励,黄春长,查小春,等.关中地区壤土诊断层的形成过程及意义探讨[J].中国农业科学,2008,41(4):1064—1072.
 [13] 魏迎春,唐 琳.杨凌大棚土壤微生物区系变化研究[J].西藏农业科技,2008,30(3):14—18.
 [14] 周启星.污染土壤修复的技术再造与展望[J].环境污染治理技术与设备,2002,3(8):36—40.
 [15] 白向玉,刘汉湖,胡佳佳,等.重金属污染土壤的花卉植物修复技术研究进展及发展趋势[J].安徽农业科学,2009,37(18):8672—8674.
 [16] 丁竹红,胡 忻,尹大强.螯合剂在重金属污染土壤修复中应用研究进展[J].生态环境学报,2009,18(2):777—782.
 [17] 黄景梅,蓝福生,姚 军,等.我国花卉产业现状及其发展前景探讨[J].广西植物,2000,20(3):277—283.
 [18] 程先军,许 迪,刘培斌,等.温室大棚污水灌溉土地处理复合系统示范应用研究[J].灌溉排水学报,2008,29(1):21—24.
 [19] 陈同斌,韦朝阳,黄泽春,等.种超富集植物蜈蚣草及其对砷的富集特征[J].科学通报,2002,47(3):207—210.
 [20] 杨肖娥,龙新亮,倪晋钟,等.东南景天(*Sedum alfredii* H)一种新的锌超积累植物[J].科学通报,2002,47(13):1003—1006.
 [21] 王 涛,郭 智,奥岩松.镉对龙葵幼苗生长的影响及镉富集特性研究[J].上海交通大学学报(农业科学版),2009,27(3):200—205.
 [22] 刘家女,周启星,孙 挺.Cd—Pb 复合污染条件下 3 种花卉植物的生长反应及超积累特性研究[J].环境科学学报,2006,26(12):2039—2044.

(英文摘要下转第 242 页)

Study on spatial difference of safety threshold of agricultural water resources in Shaanxi Province

MA Juan-xia, XIAO Ling, GUAN Shuai-peng, WU Shu-dong, CHENG Dong-ge, ZHANG Jun
(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: On condition that food security is guaranteed in all cities of Shaanxi Province, this paper discusses the minimum standard of water resources needed for agricultural production in these cities. Rice, wheat, maize, bean and the consumption of meat, egg and milk are the main objects of study. The total volume of grain for these cities across the province can be got when the province's annual average consumption per person is provided. The volume of water for irrigation can be calculated in which the minimum value is safety threshold. The results showed that Shaanxi's agricultural water resources are not safe. By using GIS to analyze the safety threshold of agricultural water resources and the total water resource volume in each city within the province, this paper draws a conclusion that water resources in southern Shaanxi and Yulin city are safe, and the ratio is one, while the water resources of other cities are scarce, and situations in Tongchuan, Weinan and Baoji in Guanzhong area are the most serious, where the ratio is much larger than one and the local water resources are far from enough to meet the needs of safety of agricultural production.

Keywords: water resources; safety threshold; crops' water requirements; food security; Shaanxi Province

(上接第 227 页)

Comparative research on transport of soil heavy metals between field and greenhouse in Xi'an area, China

LI Bin, LIU Bo, FANG Lan, SUN Ji, PANG Jiang-li
(College of Tourism and Environmental Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: The contents of soil heavy metal in Xi'an area were investigated. The typical cultivated field soil profile and the typical greenhouse soil profile were chosen as the research objects and collected samples of soil. The total contents of As, Cr, Cu, Pb, Zn and Ni in soil samples collected from the area were analyzed. The results shown that the contents of Cr, Cu, Pb, Zn and Ni in the profile of field cultivated soil in 0~20 cm were higher than that of in the greenhouse soil, over 53.1, 16.7, 20.5, 151.2 and 3 mg/kg respectively. The greenhouse were more beneficial the heavy metals' transfer in horizon. It is obvious that the migration conversion degree to the soil heavy metals such as Zn, Cr, Cu and Pb. This paper reckons putting forward to develop the greenhouse flowers cultivation to control soil heavy metals pollution maybe is a profitable way for sustainable development of agriculture in the future.

Keywords: sewage irrigation; cultivated land; greenhouse soil; heavy metal; Xi'an