

哈尔滨市蔬菜大棚土壤重金属污染评价

于彩莲¹, 李文霞², 杨莹¹, 李宏微³

(1. 哈尔滨理工大学 化学与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030;
3. 黑龙江省富锦市大兴农场气象站, 黑龙江 富锦 156303)

摘 要:为探索哈尔滨市东北农业大学和群力两点的大棚土壤中重金属 Cu、Zn、Cd 的污染状况,采用单因子与限值比较、综合因子指数法和相关系数法对污染情况进行综合评价。结果表明:除群力乡 6 a 棚龄的大棚已受 Zn 污染外,其它大棚土壤尚未发生 Cu、Zn 污染,而 7 个大棚土壤均受到 Cd 污染;7 个大棚土壤的综合污染情况均达到重污染的程度;东北农业大学大棚重金属 Zn 与棚龄、东北农业大学大棚重金属 Zn 和 Cd、群力大棚重金属 Cu 和 Zn、群力大棚重金属 Zn 和 Cd 之间的相关均达到显著水平。

关键词:蔬菜大棚;土壤;重金属;棚龄;污染评价

中图分类号:S 632. 6. 4 文献标识码:A 文章编号:1001—0009(2010)18—0061—03

蔬菜大棚具有较高的蔬菜产量和经济收益,在我国蔬菜生产中占据一定的重要地位。近年来,我国蔬菜种植面积一直呈上升趋势。据统计,1999 年我国各种类型棚室面积达 139. 5 万 hm²^[1],2001 年蔬菜种植面积占到农作物播种面积的 10%,大棚蔬菜面积一般占菜地总面积的 10%~30%^[2],2006 年已达 1 818 万 hm²,占农作物播种总面积的 17. 25%^[3]。由于大棚处于半封闭状态,具有室温高、湿度大、蒸发量高、无雨水淋洗、肥料投入量大等特点,与露地土壤生态环境有明显差异,极易造成重金属污染^[4],从而对大棚土壤生态环境造成一定的负面影响。蔬菜是最易“吸收”重金属元素的农作物,是人们生活中不可缺少的副食品,是重金属进入人体重要途径之一^[5]。该试验旨在通过测定大棚土壤重金属元素 Cu、Zn、Cd 含量,探索大棚土壤中重金属元素含量之间及与大棚使用年限间的相关性,为大棚蔬菜的可持续生产提供科学依据。

1 材料与方法

1. 1 样品采集和处理

采样地点:东北农业大学园艺试验站(以下简称农大)4 个大棚(棚龄为 7、10、18、21 a)、道里区群力乡 3 个大棚(棚龄为 6、14、24 a)。利用 S 形采样法采集 0~20 cm 表层土壤,风干后过 100 目筛,装袋保存以待测定。

第一作者简介:于彩莲(1975-),女,在读博士,讲师,现主要从事植物营养与土壤重金属污染修复方面的研究工作。E-mail: yucailian@yahoo. com. cn。

通讯作者:李文霞(1974-),女,博士,副教授,现主要从事植物分子生物学研究工作。E-mail: wxlee2006@yahoo. com. cn。

收稿日期:2010—06—07

1. 2 样品测定

根据采样点的具体情况,拟定土壤重金属污染指标为总铜(Cu)、总锌(Zn)、总镉(Cd)。准确称取 0. 5 g(准确到 0. 1 mg)风干土样于 25 mL 聚四氟乙烯坩埚中,加少许去离子水润湿,用 HCl-HNO₃-HF-HClO₄ 消解^[6],消煮液冷却后用去离子水定容至 25 mL,采用原子吸收分光光度法测定各重金属污染指标。

1. 3 土壤重金属污染评价

1. 3. 1 单因子评价标准 采用中国 1995 年颁布的《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)^[7]作为各项污染物的含量限值进行污染评价。评价标准见表 1。

表 1 土壤环境质量标准值					mg/ kg
级别	一级	二级		三级	
土壤 pH 值	自然背景	<6. 5	6. 5~7. 5	>7. 5	>6. 5
铜 ≤	35	50	100	100	400
锌 ≤	100	200	250	300	500
镉 ≤	0. 2	0. 3	0. 3	0. 6	1. 0

1. 3. 2 综合因子评价方法 综合因子评价模式采用内梅罗综合污染指数法。 $P_{\text{单}} = \{[(C_i/S_i)_{\text{max}}^2 + (C_i/S_i)_{\text{ave}}^2]/2\}^{1/2}$ 。式中: $(C_i/S_i)_{\text{max}}$ —土壤重金属元素中污染指数最大值; $(C_i/S_i)_{\text{ave}}$ —土壤各污染指数的平均值。

1. 3. 3 土壤重金属污染指数分级 土壤环境质量等级分级标准^[8]如表 2 所示。

表 2 土壤重金属污染分级标准			
污染指数	分级	污染等级	污染水平
$P \leq 0. 7$	I	安全	清洁
$0. 7 < P \leq 1. 0$	II	警戒线	尚清洁
$1 < P \leq 2$	III	轻污染	土壤污染物超过其背景值,轻污染,作物开始受污染
$2 < P \leq 3$	IV	中污染	土壤、作物受到中度污染
$P > 3$	V	重污染	土壤、作物受污染已相当严重

1.4 统计分析

相关系数采用 SAS 8.2 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤重金属含量与标准比较

从表 3 可看出,在农大的 4 个大棚中,21 a 棚龄的土壤中 Cu 含量最高,达到 51.675 mg/kg,其次为棚龄 10 a 的大棚,为 35.0755 mg/kg,这 2 个大棚 Cu 含量分别低于二级标准 48.33%和 64.92%,棚龄 18 a 和 7 a 的大棚 Cu 含量分别为 34.175 mg/kg 和 34.400 mg/kg,这 2 个大棚 Cu 含量分别低于一级标准 2.36%和 1.71%;群力乡的 3 个大棚中 Cu 含量则是以 6 a 棚龄的为最高,达到 43.275 mg/kg,低于二级标准 56.73%,棚龄为 24、14 a 的 2 个大棚土壤中 Cu 含量差异不大,分别为 29.075 mg/kg 和 28.650 mg/kg,分别低于一级标准 16.93%和 18.14%。说明当地土壤尚未发生 Cu 污染。

农大 4 个大棚中 Zn 含量最高为 21 a 棚龄,达到 230.000 mg/kg,其次为 18 a 棚龄,为 223.750 mg/kg,10、7 a 棚龄的大棚土壤中 Zn 含量相对较低,分别为 153.750 mg/kg 和 151.000 mg/kg,这 4 个大棚 Zn 含量低于二级标准 8.0%~39.6%;群力乡则是 6 a 棚龄的大棚中 Zn 含量最高,达到 268.750 mg/kg,该大棚未达到二级标准,棚龄为 14、24 a 的 2 个大棚土壤中 Zn 含量分别为 181.500 mg/kg 和 176.250 mg/kg,低于二级标准 27.4%~ 29.5%。说明群力乡 6 a 棚龄的大棚已受 Zn 污染,其它大棚土壤尚未发生 Zn 污染。

农大 4 个大棚中土壤 Cd 含量由高到低的顺序依次为:21 a>10 a>18 a>7 a,Cd 含量最高的 21 a 棚龄 Cd 含量达到 11.925 mg/kg,其它 Cd 含量分别为 7.250、5.300、3.725 mg/kg;群力乡 3 个大棚中土壤 Cd 含量由高到低的顺序依次为:24 a>14 a>6 a,分别为 6.075 mg/kg 和 5.900 mg/kg,6 a 棚龄的大棚土壤中 Cd 含量最低,为 4.525 mg/kg,可见,7 个大棚土壤均受到 Cd 污染。

表 3		大棚土壤 Cu、Zn、Cd 含量						
		mg/kg						
地点		农大				群力		
棚龄		7	10	18	21	6	14	24
重	Cu	34.400	35.075	34.175	51.675	43.275	28.650	29.075
金	Zn	151.000	153.750	223.750	230.000	268.750	181.500	176.250
属	Cd	3.725	7.250	5.300	11.925	4.525	5.900	6.075

2.2 大棚土壤综合污染程度的评价

事实上土壤一般为多项污染物所污染,为考察各大棚的综合污染情况,以综合因子污染指数为指标进行评价。从表 4 的各大棚综合因子污染指数看,各大棚的综合污染指数均大于 3,因此 7 个大棚的综合污染水平均达到了重度污染程度,说明土壤作物受污染已相当严重。其中,土壤综合污染最严重的是农大 21 a 的大棚, P_单达到 14.92,其次为农大 10 a 的大棚, P_单达到 9.07,

表 4 大棚土壤综合污染状况评价结果 mg/kg

地点	农大				群力		
棚龄	7	10	18	21	6	14	24
棚龄	7	10	18	21	6	14	24
P _单	4.70	9.07	6.67	14.92	5.73	7.40	7.62
分级	V	V	V	V	V	V	V
污染等级	重污染	重污染	重污染	重污染	重污染	重污染	重污染
污染水平	相当严重	相当严重	相当严重	相当严重	相当严重	相当严重	相当严重

7 个大棚中受重金属综合污染相对较轻的是农大 7 a 的大棚。

2.3 相关分析

2.3.1 土壤重金属与棚龄的相关分析 各大棚土壤 Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关分析见表 5,Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关系数均不显著,说明各元素与棚龄之间均不存在相关关系。表 6 进一步分析不同地点 Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关,可见,农大 Cu、Zn、Cd 三元素中只有 Zn 与棚龄之间相关系数显著,说明棚龄越长,大棚土壤中 Zn 的含量越高。而群力大棚土壤中 Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关系数均不显著,说明各元素与棚龄之间均不存在相关关系。

表 5 各大棚 Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关分析

相关元素	Cu-棚龄	Zn-棚龄	Cd-棚龄
相关系数/r	-0.03297	0.02698	0.54338

表 6 不同地点 Cu、Zn、Cd 与棚龄之间的相关分析

地点	Cu-棚龄	Zn-棚龄	Cd-棚龄
农大	0.69315	0.97860 *	0.70641
群力	-0.81781	-0.85919	0.88495

注:*代表 0.05 水平差异显著性。下同。

2.3.2 土壤重金属之间的相关分析 各重金属元素之间的相关分析见表 7,可见 Cu、Zn、Cd 三元素之间的相关系数均不显著,说明各元素之间均不存在相关关系。表 8 进一步分析不同地点 Cu、Zn、Cd 元素之间的相关,可见,农大三元素之间只有 Zn 和 Cd 之间的相关达到显著水平,说明农大的大棚土壤中 Zn 含量越高,Cd 含量越低。群力三元素之间 Cu 和 Zn 之间以及 Zn 和 Cd 之间的相关均达到显著水平,说明群力的大棚土壤中 Cu 含量越高,Zn 含量越高,而 Zn 含量越高,Cd 含量越低。

表 7 Cu、Zn、Cd 三元素之间的相关分析

相关元素	Cu-Zn	Cu-Cd	Zn-Cd
相关系数/r	0.62663	0.63664	0.16785

表 8 不同地点 Cu、Zn、Cd 三元素之间的相关分析

地点	Cu-Zn	Cu-Cd	Zn-Cd
农大	0.75042	-0.56790	-0.96794 *
群力	0.99711 *	-0.99712	-0.99861 *

3 讨论

我国蔬菜大棚土壤的主要耕作层次是在 0~40 cm^[9],环境条件、利用程度与方式也较为一致,这可能是导致蔬菜大棚土壤微量元素含量在 0~10、10~20、20~40 cm 之间差异很小的主要原因^[10]。因此,该研究

依据前人研究结果选取 0~20 cm 的表层土壤取样。

从重金属 Cu、Zn、Cd 单因子来看,哈尔滨市农大和群力两点的环境质量存在共同的污染方向,即除群力乡 6 a 棚龄的大棚已受 Zn 污染外,其它大棚土壤尚未发生 Cu、Zn 污染,7 个大棚土壤均受到 Cd 污染。从综合因子污染指数来看,7 个大棚土壤的综合污染情况均达到重污染的程度,这与 7 个大棚土壤均受到 Cd 污染有极大的关系。根据研究,我国蔬菜大棚的施肥量一般可达露天大田的 4~10 倍,但肥料利用率却很低,造成大部分肥料成分遗留在土壤中或流失^[11]。土壤中的 Cd 主要来源于农田施肥、污水灌溉以及农药施用,而蔬菜大棚生产对农药限制非常严格^[9]。因此,该研究 Cd 的严重超标,可能与大量施用的家禽粪便和含钙镁磷肥等成分的复合肥以及采样地长期污灌历史有关。镉在土壤中的分布集中在地表 20 cm 左右的耕作层内,尤其在几厘米内的土层中浓度最高^[12],这与该研究 0~20 cm 的表层土样受到 Cd 严重污染的研究结果一致。

由于肥料和除草剂中带有一定量的重金属^[13],长期的大棚种植可能导致重金属的积累^[14]。农大重金属 Zn 含量与棚龄呈显著正相关,说明棚龄长、Zn 含量增加,其主要原因与施用、灌溉混入含重金属物质的各类肥料诸如 P 肥、鸡粪等农畜肥有关^[15]。在对土壤重金属积累的研究中发现,农业土壤中重金属积累的主要来源是大气沉降、有机肥料以及污灌^[16],这与该研究大棚土壤中重金属随大棚使用年限增加的积累并不明显的研究结果一致。农大和群力重金属 Zn 和 Cd 之间均达到显著负相关,说明两地 Zn 含量越高,Cd 含量越低,根据两地 Cd 含量严重超标的事实,在 Zn 不超标的情况下增加含 Zn 肥料的投入在一定程度上有助于降低 Cd 的含量。群力重金属 Cu 和 Zn 呈显著正相关,说明在一定程度上群力所测土壤中 Cu、Zn 可能具有相似的来源。该研究的大

棚土壤在相关性方面存在着巨大的差异,可能与两点土壤形成的基础不同及利用不同都有关。

参考文献

- [1] 张志斌. 关于我国设施生产可持续发展的探讨[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 15-17.
- [2] 李德成, 李忠佩, 周祥, 等. 不同使用年限蔬菜大棚土壤重金属含量变化[J]. 农村生态环境, 2003, 19(5): 38-41.
- [3] 车玉泉, 刘井军. 国内蔬菜农药污染现状与防治措施[J]. 中国环境管理, 2007, 12(4): 41.
- [4] 程美庭. 温室土壤盐分积累盐害及防止[J]. 土壤肥料, 1990(1): 1-4.
- [5] 王春光, 张思冲, 辛蕊, 等. 哈尔滨市东郊菜地土壤重金属环境质量评价[J]. 中国农学通报 2010, 26(2): 262-266.
- [6] 国家环境保护总局. 土壤质量铅镉的测定 GB/T 17140-1997 [S]. 土壤质量铜锌的测定 GB/T 17138-1997 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [7] 土壤环境质量标准(GB15612-1995)[S].
- [8] 李其林, 黄郡, 骆东奇. 重庆市农作物基地土壤中重金属含量及其污染特征[J]. 土壤与环境, 2000, 9(34): 270-273.
- [9] 谢学东, 李加友. 蔬菜大棚土壤肥力状况调查[J]. 南京农专学报, 1999, 15(1): 26-29.
- [10] 李德成, 花建明, 李忠佩, 等. 不同利用年限蔬菜大棚土壤中微量元素含量的演变[J]. 土壤, 2003, 35(6): 495-499.
- [11] 马文奇. 山东省蔬菜大棚养分积累状况[J]. 磷肥与复肥, 2000, 15(3): 65-67.
- [12] 任仁, 张敦信. 化学与环境[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 321-322.
- [13] Mortvedt J J. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers [J]. Fertilizer Research, 1996, 43(1-3): 55-61.
- [14] 李德成, 花建明, 李忠佩, 等. 不同利用年限蔬菜大棚土壤中微量元素含量的演变[J]. 土壤, 2003, 35(6): 495-499.
- [15] Zhao G X, Li J, Li T, et al. Utilizing landsat TM imagery to map greenhouses in Qingzhou, Shandong province [J]. Pedosphere, 2004, 14 (3): 363-369.
- [16] Nicholson F A, Smith S R, Alloway B J, et al. An inventory of heavy-metals inputs to agricultural soils in England and Wales [J]. The Science of the Total Environment, 2003, 311: 205-219.

Evaluation on Pollution of Heavy Metal Concentrations in Vegetable Greenhouse Soils in Harbin City

YU Cai-lian¹, LI Wen-xia², YANG Ying¹, LI Hong-wei³

(1. Institute of Chemical and Environmental Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 3. Meteorological Station of Daxing Farm, Fujin, Heilongjiang 156303)

Abstract: Pollution of heavy metal Cu, Zn and Cd in vegetable greenhouse soils in Northeast Agricultural University and Qunli in Harbin were evaluated by single factor comparison with threshold, Nemerow integrated pollution index and correlation index. The results showed that greenhouse soils were not polluted by Cu and Zn except for Northeast Agricultural University greenhouse with 6 years was polluted by Zn. However, all greenhouse soils were polluted by Cd. And integrated pollution index of all greenhouse soils reached pollution in serenity. Correlation indexes of Northeast Agricultural University Zn and cultivated year, Northeast Agricultural University Zn and Cd, Qunli Cu and Zn, Qunli Zn and Cd reached significance level.

Key words: vegetable greenhouse; soil; heavy metal; cultivated year; pollution evaluation