

Assess Vegetable Field Soil Heavy Metal Pollution in Dagu River Watershed

Jinheng ZHANG¹, Junqiang WANG², Dongmei CHEN¹, Dapeng LI¹

¹Institute of Eco-environment & Agriculture Information, Engineering Research Center of High Performance Polymer and Molding Technology, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao, China, 266042

²Qingdao Station for Popularizing Agricultural Techniques, Qingdao, China, 266000

Email: zjh-nhl@163.com

Abstract: Dagu river basin was selected as the studied region. pH values and heavy metal contents (Ni, Zn, harmful, Pb, Cu, Cr) were analyzed. According to agricultural environmental quality standard, single factor pollution index method and Nemer index of pollution were used to assess the soil environment. Research results showed that Ni had the largest single factor pollution index among the five kinds of heavy metals. Nemer indices of pollution didn't exceed 0.7 among these five kinds of heavy metals. The soil pollution degree of Dagu river watershed was safe, and the pollution level was clean.

Keywords: Vegetable Field Soil, heavy metal, single factor pollution index, Nemer index of pollution index

大沽河流域菜田土壤重金属污染评价

张金恒¹, 王军强², 陈冬梅¹, 李大鹏¹

¹青岛科技大学生态环境与农业信息化研究所, 高性能聚合物及成型技术教育部工程研究中心, 青岛, 中国, 266042

²青岛市农业技术推广站, 青岛, 中国, 266000

Email: zjh-nhl@163.com

摘要:以大沽河流域菜田土壤为研究对象, 经过野外布点调查采样和室内分析对蔬菜地土壤的 pH 含量和五种有害重金属 (Ni, Zn, Pb, Cu, Cr) 含量进行了分析测试。分别采用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法, 依据食用农产品产地环境质量标准对土壤中重金属的污染现状进行评价。研究结果表明上述五种重金属单因子污染指数最大的是 Ni, 菜田土壤五种重金属综合污染指数均未超过 0.7, 污染程度为安全, 污染等级为清洁。

关键词: 菜田土壤; 重金属; 单因子污染指数法; 内梅罗综合污染指数法

1 引言

我国北京、上海、杭州、成都、西安、南京、天津和南昌等大中城市对菜地土壤和蔬菜重金属污染情况都进行过较详细的调查研究, 基本上了解了重金属污染的情况。陈同斌等从 1999 年开始先后检测了北京市 1500 多个土壤和蔬菜样品中的重金属(As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn 等)含量, 发现与北京市土壤铅背景值相比, 北京市蔬菜基地的土壤铅平均积累指数为 1.21, As、Cd、Cr 的含量明显偏高, 积累现象明显。北京市各大类和各品种蔬菜 Pb、As、Cd、Cr 的平均值与相应的卫生标准相比, 铅的综合超标率为 9.2%,

As、Cd、Cr 也有个别样品含量较高, 蔬菜中的重金属对北京市居民的健康存在较大的威胁^[1-4]。姚春霞等对上海市浦东新区非污灌区的 4 个蔬菜园艺场和张江镇 2 个污灌区的土壤及其对应生长的蔬菜中 7 种重金属进行检测。结果表明, 4 个蔬菜园艺场符合无公害食品生产的园艺场环境要求, 而张江镇污灌区的土壤 Cd 污染严重, 其次是 Cu、Zn 和 Hg 污染, 其上生长的蔬菜中 Cr 和 Cd 100% 超标^[5]。

本文通过单项污染指数法和综合污染指数法, 对比评价大沽河流域露天菜田和大棚菜田采样点土壤的重金属污染状况, 对保护青岛蔬菜食品安全具有现实意义。

2 材料与方法

资助项目: 青岛市科技计划项目(08-2-1-36-nsh)和 (09-1-1-53-nsh)

2.1 研究区域概况

大沽河流域位于胶东半岛西部，约在东经 120°03'~120°25'，北纬 36°10'~37°12'之间。流域总面积 4631.3 km²，其中青岛市境内流域面积 3722.7km²，包括青岛市的莱西市以及平度、胶州、即墨、城阳 4 市（区）的一部分。多年平均降水量 685.3 mm，多年平均径流量 6.311×10 m³。其走向大致与干流走向相同。流域北部为山区和浅山丘陵区，南部为山麓平原和平原洼地，地势北高南低，地形坡度由北向南逐渐变缓^[6]。

2.2 样品采集

在研究区域内布置 32 个采样点（见图 1），于 2009 年 12 月份分别在采集点附近采集露天菜地和大棚菜地表层土壤（0-20cm）。将样本送至实验室进行分析测试。

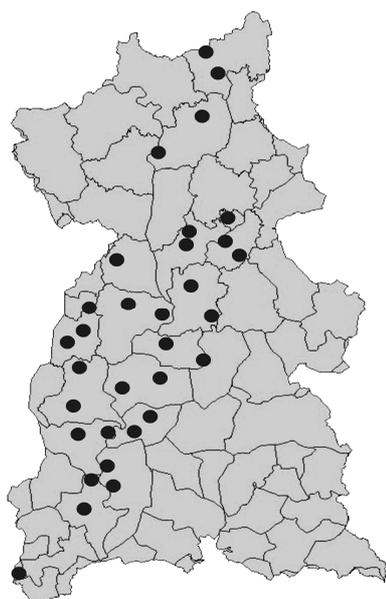


Figure1. Soil samples distribute
图 1. 土壤采样点分布图

2.3 样品的处理

样品采回后土壤样品进行自然风干、压碎，除去异物，再用木棒碾碎，将植物根系、砾石等侵入物挑出，然后对其进行研磨，过 200 目筛子，用来测定重金属总量。采用电位法测定土壤 pH，所需仪器包括酸度计，玻璃电极，饱和甘汞电极。土壤样本预处理（土壤热消解）后，采用电感耦合高频等离子体发射光谱仪（ICP-AES）测定重金属含量。

3 结果与讨论

3.1 土壤重金属含量分析

土壤环境质量指标针对不同 pH 值的土壤重金属的指标限制不同。研究流域所采集的菜田土壤大部分呈微酸性至中性 pH 在 6.0~7.0 范围之内，少部分呈酸性 pH 在 5.0~6.0 范围之内或微碱性至碱性 pH 在 7.0~7.5 范围之内（图 2）。

分别分析露天菜地土壤和大棚菜地土壤这五种重金属含量，这五种重金属平均含量露天菜地土壤均大于大棚菜地土壤（图 5），这五种重金属最大值含量露天菜地土壤均大于大棚菜地土壤（图 4）。仅有 Pb 含量最小值露天菜地土壤小于大棚菜地土壤（图 3）。

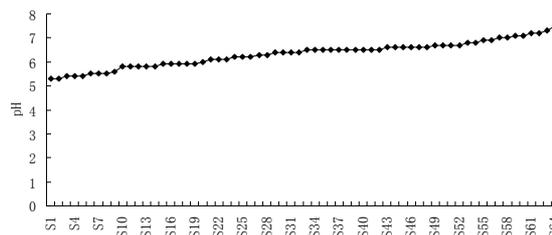


Figure 2 pH value of soils
图 2 菜地土壤 pH 值

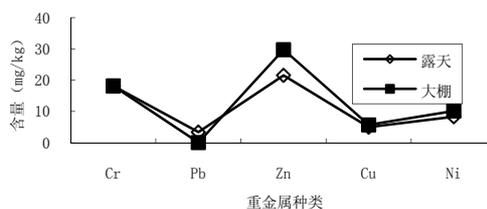


Figure3. The comparison of the minimum value of heavy metal content of soil between open vegetable fields and greenhouse vegetable fields

图 3 露天菜地和大棚菜地土壤重金属含量最小值比较

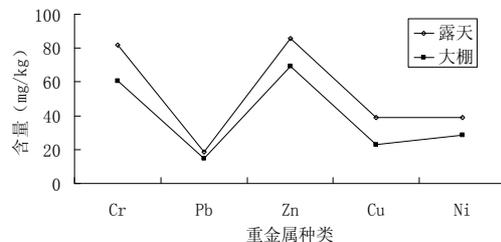


Figure4. The comparison of the maximum value of heavy metal between open vegetable fields and greenhouse vegetable soils

图 4. 露天菜地和大棚菜地土壤重金属含量最大值比较

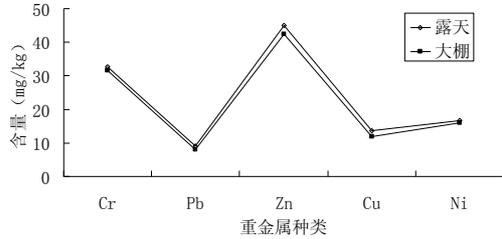


Figure 5. Comparison of the average value of heavy metal content of soil between open vegetable fields and greenhouse vegetable fields
图 5. 露天菜地和大棚菜地土壤重金属含量平均值比较

3.2 评价方法及评价标准

3.2.1 土壤重金属评价方法

土壤污染评价方法采用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法^[7]

(1) 单因子污染指数法。计算公式为:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中, P_i 为土壤中污染物 i 的环境质量指数; C_i 为污染物 i 的实测质量分数($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$); S_i 为污染物 i 的评价标准($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

(2) 内梅罗综合污染指数。计算公式为:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{(C_i/S_i)_{\text{max}}^2 + (C_i/S_i)_{\text{av}}^2}{2}} \quad (2)$$

式中, $P_{\text{综}}$ 为某地区的综合污染指数;
 $(C_i/S_i)_{\text{max}}$ 为土壤污染物中污染指数最大值;
 $(C_i/S_i)_{\text{av}}$ 为土壤污染物中污染指数平均值。

3.2.2 土壤重金属评价标准

采用中华人民共和国国家标准 HJ—332-2006 食用农产品产地环境质量评价标准中土壤环境质量评价标准限值(表 3-1)农产品产地环境质量分级划定(表 3-2)和农田土壤环境质量监测技术规范 NY / T395—2000 中的土壤污染分级标准(表 3-3)进行评价。

Table 3-1. Limits of soil environmental guideline index
表 3-1 土壤环境质量指标限值 (mg/kg)

项目	PH 值 < 6.5	PH 值 6.5-7.5	PH 值 > 7.5
土壤环境质量基本控制项目			
总锌	200	250	300
总镍	40	50	60
总铜	50	100	100
总铅	50	50	50
总铬	250	300	350

Table 3-2. The demarcation of quality classification in producing area
表 3-2 农产品产地环境质量分级划定

环境质量等级	土壤单项指数	等级名称
1	< 0.7	清洁
2	0.7-1.0	尚清洁
3	> 1.0	超标

Table 3-3. The quality grade of soil environment
表 3-3 土壤环境质量等级

等级划分	综合污染指数	污染等级	污染水平
1	$P \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P \leq 1.0$	警戒限	尚清洁
3	$1.0 < P \leq 2.0$	轻污染	土壤污染物超标
4	$2.0 < P \leq 3.0$	中污染	土壤受中度污染
5	$P > 3.0$	重污染	土壤受污染已相当严重

3.3 评价结果

3.3.1 单因子指数评价结果

分析大沽河流域大棚菜地土壤五种重金属 Ni, Zn, Pb, Cu, Cr 单项污染指数均小于 0.5。其中单项污染指数最大的是 Ni。露天菜地土壤五种重金属 Ni, Zn, Pb, Cu, Cr 单项污染指数除了 S45 样点之外均小于 0.7。其中单项污染指数最大的依然是 Ni。

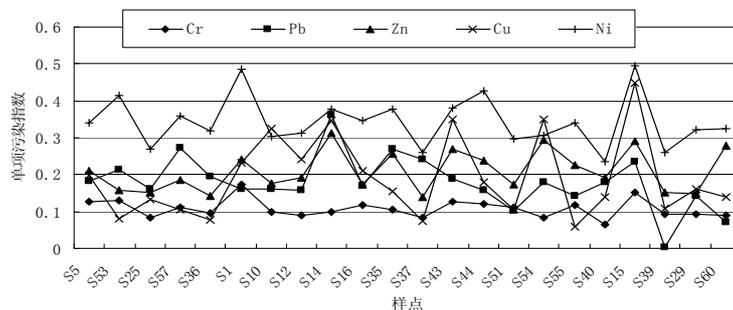


Figure 6. The single pollution index of five heavy metals in greenhouse vegetable soils
图 6. 大棚菜地土壤五种重金属单项污染指数

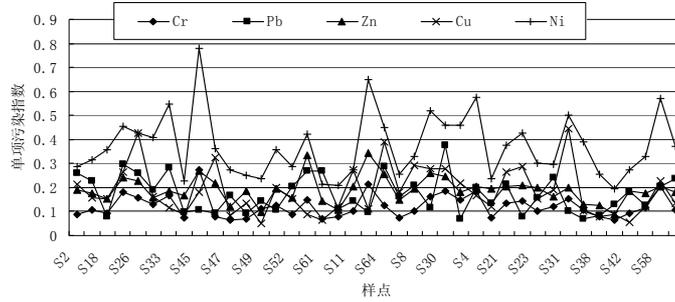


Figure7. The single pollution index of five heavy metals in open vegetable fields
图7. 露天菜地土壤五种重金属单项污染指数

从单项污染指数来看研究区域这五种重金属均处于安全水平，环境质量等级为 I。

3.3.2 内梅罗综合污染指数评价结果

综合指数评价结果见图 8。大沽河流域菜田土壤五种重金属综合指数均未超过 0.7，五种重金属污染程度为安全，污染等级为清洁。大沽河流域露天菜田土壤五种重金属总体综合指数变化范围（0.159-0.596）比大棚菜田土壤五种重金属总体综合指数变化范围（0.202-0.418）大。

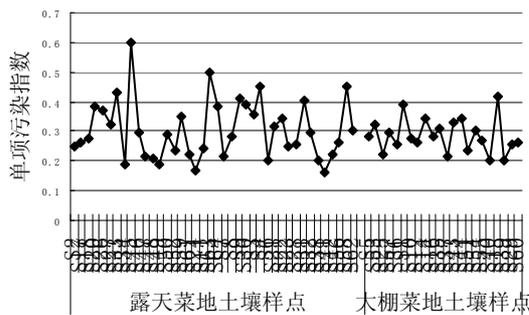


Figure8. The composite pollution index Nemrow of five heavy metals in vegetable soil
图8.菜地土壤五种重金属内梅罗综合污染指数

4 结论

大沽河流域菜田采样点土壤大部分土壤呈微酸性至中性，少部分呈酸性或微碱性至碱性。pH 值在 5.0~7.5 之间。从单项污染指数来看在大棚和露天菜地土壤有最大单项污染指数的重金属是 Ni。尽管露天菜田土壤五种重金属总体综合指数变化范围比大棚菜田土壤五种重金属总体综合指数变化范围大，但是总体上五种重金属综合污染指数均未超过安全等级（综合指数

$P \leq 0.7$) 污染水平为清洁，可以认为大沽河流域菜田土壤未受到 Ni, Zn, Pb, Cu, Cr 重金属污染。

References (参考文献)

- [1] Chen Tongbin, Song Bo, Zheng Yuanming et al. A Survey of Lead Concentrations in Vegetables and Soils in Beijing and their Health Risks [J], Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(8):1589-1597.
陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铅含量及其健康风险评估[J], 中国农业科学, 2006, 39(8): 1589-1597.
- [2] Song Bo, Gao Ding, Chen Tongbin, et al. A Survey of Chromium Concentrations in Vegetables and Soils in Beijing and the Potential Risks to Human Health [J], Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(10):1707-1715.
宋波, 高定, 陈同斌, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铬含量及其健康风险评估[J], 环境科学学报, 2006, 26(10): 1707-1715.
- [3] Song Bo, Chen Tongbin, Zheng Yuanming, et al. A Survey of Cadmium Concentrations in Vegetables and Soils in Beijing and the Potential Risks to Human Health [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(8):1343-1353.
宋波, 陈同斌, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜镉含量及其健康风险分析[J].环境科学学报, 2006, 26(4): 1343-1353.
- [4] Song Bo, Chen Tongbin, Zheng Yuanming, et al. A Survey of Arsenic Concentrations in Vegetables and Soils in Beijing and the Potential Risks to Human Health [J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(3):297-310.
陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市蔬菜和菜地土壤砷含量及其健康风险分析[J], 地理学报, 2006, 61(3): 297-310.
- [5] Yao Chenxia, Chen Zhenlou, Zhang Ju, et al. Heavy Metal Contents and Evaluation of Vegetable and Soil in Pudong, Shanghai city [J], Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(6):884-887.
姚春霞, 陈振楼, 张菊, 等. 上海市浦东新区土壤及蔬菜重金属现状调查及评价[J], 土壤通报, 2005, 36(6): 884-887.
- [6] Zhou Guizhong, Zhang Jinheng, Wang Junqiang, Li Jia, Application of the Fuzzy Mathematics in Evaluation Dagu River Water Quality [J], Journal of Agro-Environment Science, 2010, 29:191-195.
周贵忠, 张金恒, 王军强, 李佳, 利用模糊数学评价大沽河干流水质的研究, 农业环境科学学报, 2010, 29:191-195.
- [7] Xie Xiaojin, Kang Jiancheng, Li Weijiang, Zhang Jianping, Yao Fei, Analysis on differences of heavy metal concentrations in different types of industrial soil in Shanghai [J], Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(5):1777-1782.
谢小进, 康建成, 李卫江, 张建平, 姚飞, 上海市不同工业类型土壤重金属含量差异性分析[J], 生态环境学报, 2009, 18(5): 1777-1782.