

我国酸性土壤地区土壤环境质量标准实践中的修改建议^①

——以铅、镍和镉的标准研究为例

万洪富, 周建民, 陈能场, 杨国义

(广东省生态环境与土壤研究所, 广州 510650)

摘要: 通过 Pb、Ni 和 Cd 的盆栽试验, 并结合广东省 9 市的土壤污染现状分析表明, 目前我国以上 3 个元素在 pH<6.5 的情况下的土壤环境质量二级标准 (分别为 250、40 和 0.3 mg/kg) 并不适应实际情况。在试验结果的基础上, 认为可以将目前我国酸性土壤地区的土壤环境质量标准 (GB15618-1995) 二级标准中的 Pb、Ni 分别调整为 100 mg/kg 和 60 mg/kg, Cd 的标准保持 0.3 mg/kg 不变; 依照建议标准, 对广东省土壤的以上 3 个元素污染状况重新评价, 结果表明, 土壤中 Pb 的超标率从 0.13% 上升为 5.25%, Ni 超标率从 23.23% 下降为 7.21%, 与作物中 Pb 和 Ni 的超标率分别为 3.90% 和 0.00% 情况相对一致。

关键词: 土壤; 环境质量标准; 重金属污染

中图分类号: X53

我国于 1995 年 7 月 13 日正式发布了中华人民共和国国家《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)^[1]。该标准的制定反映了当时的土壤科研成果, 统一了全国土壤环境质量标准, 使土壤环境污染研究、土壤环境质量评价、预测等有法可依, 促进了土壤资源的保护、管理与监督, 从而对提高土壤环境质量起到积极的作用^[2-4]。但是我国地域辽阔、自然条件复杂、土壤类型繁多、利用方式多种多样, 而土壤环境质量标准却只有一个, 大量的实践证明, 现行的标准不能满足实际应用的需要, 各地区应根据本地区的实际情况, 制定相应的土壤环境质量标准指标体系^[5-8]。本文从广

东省的土壤污染现状出发, 结合盆栽试验结果, 探讨现行标准的不合理性, 为率先在广东酸性土壤地区建立新的土壤环境质量标准提供具体案例和依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤和作物

供试土壤采自珠海市斗门区, 基本理化性质及主要元素含量如表 1 所示。供试植物包括水稻 (*Oryza sativa* Linn), 品种名为丰优 428; 小白菜 (*Brassica chinensis* L.), 品种名为香港赤叶白菜种 (特选种 326)。

表 1 供试土壤基本理化性质及重金属含量

Table 1 Basic physical and chemical properties and heavy metal concentrations of soil

土壤类型	pH	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	有机质 (g/kg)	CEC (cmol(+)/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)
水稻土	5.82 ± 0.04	1.4 ± 0.0	0.87 ± 0.1	16.3 ± 1.3	26.4 ± 0.4	7.63 ± 0.21	52.6 ± 5.58	0.11 ± 0.06	18.2 ± 2.92

1.2 试验处理

于 2005 年 7 月 12 日采集土壤, 土壤经风干过 2 mm 筛后进行基肥添加, 基肥添加量为: N 0.2 g/kg 土; K₂O 0.1 g/kg 土; P₂O₅ 0.15 g/kg 土, 分别以 CO(NH₂)₂ 和 KH₂PO₄ 形式加入。1 周后进行外源重金属添加, Pb 添

加浓度为 0、50、100、150、200、250、300 mg/kg 土, Ni 添加浓度为 0、20、40、60、80、100、120 mg/kg 土, Cd 添加浓度为 0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mg/kg 土。平衡 1 个月后进行 Pb 和 Ni 处理的水稻盆栽试验, 风干土 5 kg/盆, 试验设 4 个重复。实验过程中进行常

①项目基金: 广东省科技计划项目 (2003C20414) 和珠海市科技计划项目 (PC200320027, PC20041121, PC20051049) 资助。

作者简介: 万洪富 (1944—), 男, 四川成都人, 研究员, 主要从事土壤污染调查及修复方面的研究。E-mail: hfwan@soil.gd.cn

规的水稻盆栽管理，9月13日和10月3日进行追肥，11月8日收割稻谷。Cd处理的水稻盆栽试验于2007年4月进行，处理同前。

Pb和Ni处理小白菜盆栽试验于2006年3月进行，小白菜经过20天预培养后移栽到模拟盆栽土壤中，3株/盆，设4个重复。40天后收获地上部可食部位，分别称重（鲜重和干重）并计算含水率。Cd处理的小白菜盆栽试验于2006年12月25日进行，2007年2月28日收获，处理同前。

1.3 样品处理及含量分析

植物样品分别用自来水、去离子水各洗涤3次，清洗干净的植物样品在室温下风干后在65℃烘箱中烘干、植物粉碎机粉碎后过40目筛保存在干燥器皿中备分析。

植物样品采用混合酸 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 湿法消解，冷却，过滤，定容，然后用石墨炉原子吸收光谱法（FAAS）测Pb和Cd含量，用火焰原子吸收光谱法（AAS）测Ni含量。分别以稻米（GBW080684）和菠菜

（GBW10015）标准物质进行质量控制。

1.4 数据处理和分析

数据经Excel软件整理、统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 Pb处理对稻谷和小白菜中Pb含量的影响

由图1可以看出，随Pb添加量的增加，稻谷和小白菜中Pb含量也随之增加，两者之间呈显著线性相关，拟合方程分别为 $y = 0.0013x + 0.0588$ ($R^2 = 0.9938$)和 $y = 0.002x + 0.0669$ ($R^2 = 0.9915$)。从食品安全角度出发，以农产品可食部分中重金属含量不超过食品卫生标准为依据，来确定土壤重金属的毒性临界值。根据国家《粮食卫生标准》（GB2715-2005），稻谷Pb限量指标为0.2 mg/kg，根据国家《食品中污染物限量》（GB2762-2005），叶菜类Pb限量指标为0.3 mg/kg，由此可以反推出对于水稻和小白菜，土壤中Pb添加量限量分别为108.6 mg/kg和116.6 mg/kg，即土壤全Pb量限量分别为161.2 mg/kg和169.2 mg/kg。

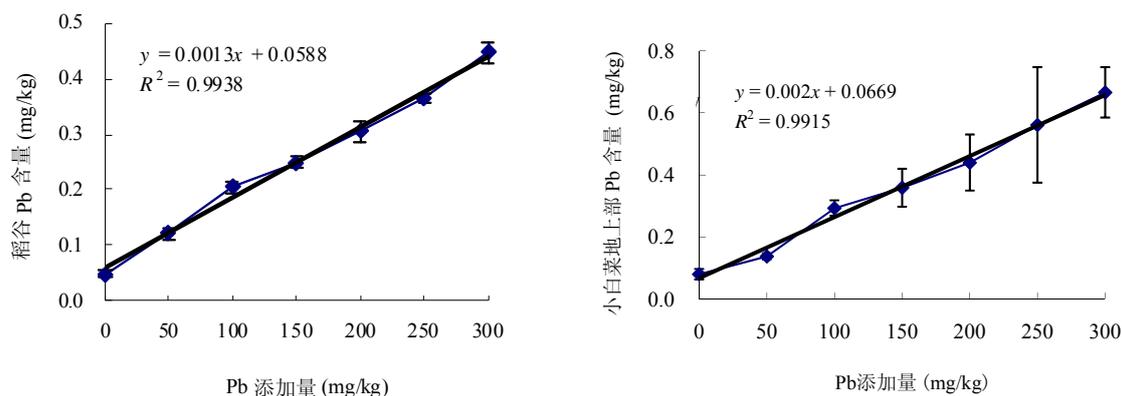


图1 不同Pb添加量对稻谷和小白菜中Pb含量的影响

Fig. 1 Effects on Pb contents of rice and vegetable with different Pb concentrations of soil

2.2 Ni处理对稻谷和小白菜中Ni含量的影响

由图2可以看出，随Ni添加量的增加，稻谷和小白菜中Ni含量也随之增加，两者之间呈显著线性关系，拟合方程分别为 $y = 0.0064x + 0.0168$ ($R^2 = 0.9646$)和 $y = 0.0073x + 0.0292$ ($R^2 = 0.9895$)。同上，从食品安全角度出发，根据食品卫生标准来确定土壤重金属的毒性临界值，但目前我国食品卫生标准还不完善，尚无Ni的标准可供引用。一些研究者根据样品调查和我国居民总膳食中Ni摄入量的比例以及国外对食品中Ni允许限量，建议粮食（成品粮）Ni的卫生限量标准为0.4 mg/kg，蔬菜中Ni的卫生限量标准为0.3 mg/kg^[9]，

由此可以反推出对于水稻和小白菜，土壤中Ni添加量限量分别为60 mg/kg和43.2 mg/kg，即土壤全Ni量限量分别为78.2 mg/kg和61.4 mg/kg。

2.3 Cd处理对稻谷和蔬菜中Cd含量的影响

由图3可以看出，随Cd添加量的增加，稻谷和小白菜中Cd含量也随之增加，两者之间呈线性关系，拟合方程分别为 $y = 0.3508x + 0.089$ ($R^2 = 0.9918$)和 $y = 0.5235x + 0.0295$ ($R^2 = 0.9865$)。同上，从食品安全角度出发，以食品卫生标准为依据来确定土壤重金属的毒性临界值。根据国家《粮食卫生标准》（GB2715-2005），稻谷Cd限量指标为0.2 mg/kg，根据国家《食

品中污染物限量》(GB2762-2005), 叶菜类Cd限量指标为 0.2 mg/kg, 由此可以反推出对于水稻和小白菜,

土壤中Cd添加量限量分别为 0.31 mg/kg和 0.32 mg/kg, 即土壤全Cd量限量分别为 0.42 mg/kg和 0.43 mg/kg。

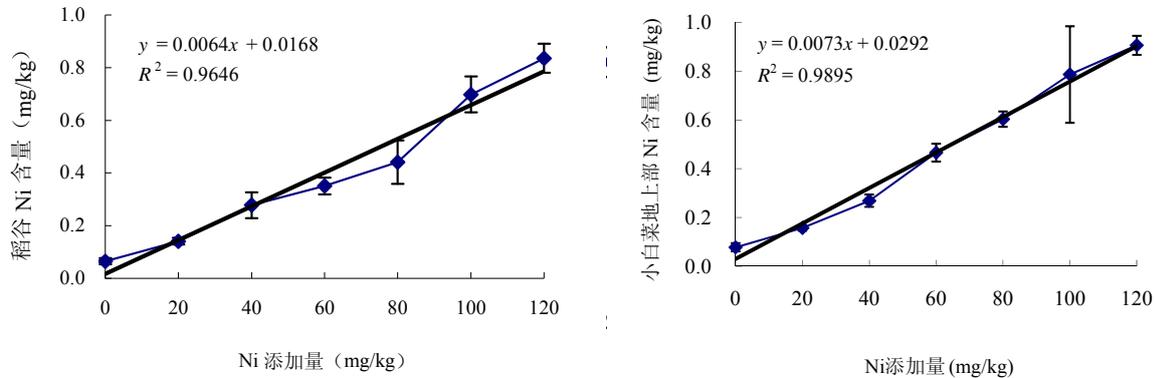


图 2 不同 Ni 添加量处理对稻谷和小白菜中 Ni 含量的影响

Fig.2 Effects on Ni contents of rice and vegetable with different Ni concentrations of soil

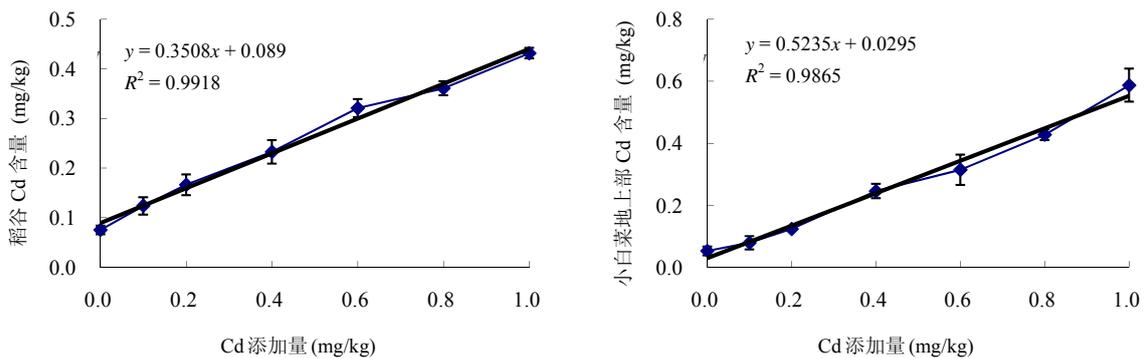


图 3 不同 Cd 添加量处理对稻谷和小白菜中 Cd 含量的影响

Fig. 3 Effects on Cd contents of rice and vegetable with different Cd concentrations of soil

3 讨论与结论

近 5 年来,我们在广东的典型地区(广州、深圳、珠海、东莞、中心、惠州、顺德、湛江、汕头等 9 个市)采集了 749 个土样、205 个农作物样和 102 个灌溉水样,分析了重金属元素(包括 Cu、Zn、Ni、Cr、Pb、Cd、As、Hg 等 8 个元素)、有机氯农药、多环芳烃、多氯联苯等共 71 个项目,取得了 8 万多个数据。分别以《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)二级标准和《食品中污染物限量》(GB2762-2005)作为土壤和作物污染状况评价标准时的结果表明,广东作物中 Pb 含量超标最严重,超标率达 3.90%(8 个元素总超标率为 7.32%),而土壤中 Pb 的含量超标率却仅为 0.13%(8 个元素的总超标率为 40.85%);土壤中 Ni 含量超标最严重,超标率高达 23.23%,但作物中的

Ni 却未有超标现象。由此可见,对于广东酸性土壤(pH 平均值为 5.71)中同一元素,土壤和作物两者之间超标率并不一致,甚至相互矛盾。

另外,近年来美国、荷兰、瑞典等国在研究 Pb 在土壤中的允许含量时,不是采用通常的以食物 Pb 的卫生标准作依据,而是以 Pb 对儿童的毒害、剂量-效应关系及血 Pb 和土 Pb 的关系作为基础^[10-12]。国内外许多研究也表明,土壤 Pb > 100 mg/kg 时,儿童血 Pb > 15 μg/100 ml,已对儿童健康产生了不良的影响。很多文献都指出目前我国土壤环境质量中的 Pb 标准过高,难以保障儿童的健康发展^[13-14]。我们的水稻和蔬菜盆栽试验也表明,根据食品卫生标准来确定土壤重金属 Pb 和 Ni 的临界值分别为 160 ~ 170 mg/kg 和 60 ~ 80 mg/kg,所以我国现有针对酸性土壤地区(pH < 6.5)

的土壤环境质量二级标准中Pb和Ni分别为 250 mg/kg 和 40 mg/kg是不合适的, Pb含量规定值过高, Ni含量规定值过低。对于广东土壤,目前的土壤环境质量二级标准中Pb含量为 250 mg/kg需要大大降低,建议降低到 100 mg/kg,将Ni的二级土壤质量标准也应提高到 60 mg/kg。

根据上述我们建议的土壤环境质量二级标准重新对广东土壤污染状况进行评价,土壤中 Pb 的超标率为 5.25%, Ni 为 7.21%,与作物中 Pb 和 Ni 的超标率情况基本一致。另外,对于 Cd,鉴于其高毒性以及植物的高吸收性,也鉴于目前珠三角土壤中高 Cd 含量的现状,建议不做调整,仍为 0.3 mg/kg,同时在实际生产过程中需要注意农业结构的调整。

参考文献:

- [1] 夏家淇主编. 土壤环境质量标准详解. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [2] 袁建新, 王云. 我国《土壤环境质量标准》现存问题与建议. 中国环境监测, 2000, 16(5): 41-43
- [3] 王绎辉, 陈凯, 马义兵, 刘洪. 对土壤环境质量标准的有关问题探讨. 山东农业科学, 2007(5): 131-134
- [4] 蔡彦明, 刘凤枝, 王跃华, 师荣光, 刘铭, 刘保峰. 我国土壤环境质量标准之探讨. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊): 403-406
- [5] 董文茂, 万洪富: 广东土壤环境质量标准的推动者. 环境杂志, 2006(4): 63-65
- [6] 何忠俊, 梁社往, 洪常青, 熊俊芬. 土壤环境质量标准研究现状及展望. 云南农业大学学报, 2004, 19(6): 700-704
- [7] 李志博, 骆永明, 宋静, 赵其国, 刘志全. 土壤环境质量指导值与标准研究 II. 污染土壤的健康风险评估. 土壤学报, 2006, 43(1): 142-151
- [8] 酃逸根, 董岩翔, 李琐. 浙江省无污染农产品产地土壤环境质量标准研究. 物探与化探, 2007, 31(1): 68-71
- [9] 酃逸根, 胡欣, 俞苏霞. 食品中镍限量卫生标准的研究. 浙江省医学科学院学报, 1999, 10(1): 9-11
- [10] USEPA (United States Environmental Protection Agency). Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels. Washington, DC: Office of Solid Waste and Emergency Response, 2003
- [11] Ministry of Housing Spatial Planning and The environment. Environment Quality Standards in the Netherlands. 1999: 627
- [12] Swedish Environmental Protection Agency. Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites: Swedish Guideline Values for Levels in Polluted Soils. 2002. <http://www.internat.Naturvardsverket/>
- [13] 夏家淇, 骆永明. 我国土壤环境质量研究几个值得探讨的问题. 生态与农村环境学报, 2007, 23 (1): 1-6
- [14] 王国庆, 骆永明, 宋静, 夏家淇. 土壤环境质量指导值与标准研究 I. 国际动态及中国的修订考虑. 土壤学报, 2005, 42(4): 666-673

Advice on Revision of Environmental Quality Standard for Acid Soils

——A Case of Pb, Ni and Cd

WAN Hong-fu, ZHOU Jian-min, CHEN Neng-chang, YANG Guo-yi

(Guangdong Institute of Eco-Environment and Soil Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Our pot experiment of heavy metals of Pb, Ni and Cd and soil investigation of nine cities in Guangdong Province indicated the thresholds of total Pb and Ni of the Environmental Quality Standard (GB15618-1995) unreasonable for the acid soils (grade II, pH<6.5), they should be decreased to 100 mg/kg from original 250 mg/kg for Pb and increased from 40 mg/kg to original 60 mg/kg for Ni. If according to the new thresholds, 5.25% and 7.21% of soils in Guangdong could be judged to be contaminated by Pb and Ni respectively which are consistent to the percentages of Pb and Ni in crops exceeding the Maximum Levels of Contaminants in Foods, which are 3.90% for Pb and no for Ni respectively.

Key words: Soils, Environmental Quality Standard, Heavy metal contamination