

南京市郊区蔬菜地土壤环境质量评价^①

王 辉^{1,2,3} 董元华^{1,2,3*} 安 琼^{1,2}

(1 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008; 2 中国科学院南京土壤研究所-香港浸会大学土壤与
环境联合开放实验室 南京 210008; 3 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘 要 在南京市郊区选择了 3 片蔬菜地分布相对集中的区域, 按照国家无公害蔬菜产地环境要求进行了土壤环境质量评价。评价结果显示, 调查区域约 40 % 的蔬菜地土壤符合国家无公害蔬菜产地土壤环境要求, 约 30 % 的土壤在警戒线附近, 30 % 的土壤遭受了不同程度的污染, 不符合国家无公害蔬菜产地土壤环境要求。对土壤污染的贡献率主要为 Cd 污染, 部分地区的 Hg 污染也较重。

关键词 南京市某郊区; 蔬菜地; 土壤环境质量评价

中图分类号 X821

土壤环境质量是土壤容纳、吸收和降解各种环境污染物质并进而影响和促进人类和动植物健康的能力。近年来, 随着工业和农业的快速发展, 土壤环境质量下降及土壤遭受污染的问题日益突出, 严重影响到农产品的质量和人民群众的身体健康。例如, 有机氯农药已禁用 20 年, 但土壤中残留的六六六、滴滴涕仍可通过生物富集在蔬菜、茶叶等作物中累积而超标^[1]。我国各大城市郊区蔬菜均存在不同程度的重金属污染, Cd、Hg、Pb 的污染尤为严重^[2], 土壤重金属污染是蔬菜重金属超标的主要原因之一。为保证农产品质量安全, 国家和有关部委先后颁布实施了无公害、绿色食品、有机食品等相关标准, 包括其产地土壤环境质量标准。城市郊区由于其优越的地理位置往往是城市最重要的蔬菜与副食品供应基地, 同时, 城市郊区往往也是遭受工业和农业污染最严重的地区。因此, 我们对南京市某郊区蔬菜基地的土壤环境质量进行了调查和评价。

1 研究区概况

评价区为南京市最主要的蔬菜种植基地。近年来随着城市化的发展, 土地利用空间分布格局发生了较大的变化, 在空间上主要表现为星罗棋布的城镇交通工业用地之间夹杂着呈碎块状分布的农业用地。农业用地绝大部分为蔬菜地, 土壤类型主要为

长江冲积物上发育的菜园土。我们选取了 3 片蔬菜地分布相对集中的区域, 其面积分别为 A: 15 km²; B: 14 km²; C: 7.5 km²。采用网格法布置采样点, 网格间距根据采样点实际情况调整为 50 m ~ 300 m, 每个采样点用 GPS 定位。采样时间为 2002 年 5 月中旬, 采样时尽量采集前季蔬菜已收获、下季蔬菜尚未种植的裸露土壤。共采回有效样品 89 个。在每个样点的覆盖面积上, 多点(6 ~ 10 点)采集耕层(0 ~ 20 cm)土壤混合样带回实验室风干过筛后用于分析测试。

土壤样品的测试项目按照国家标准《农产品安全质量: 无公害蔬菜产地环境要求》(GB/T18407.1-2001)^[3], 监测项目为总 Hg、As、Pb、Cd、Cr 及六六六、滴滴涕 7 项指标, 分析方法参照相关的国家标准^[4]。

2 评价方法

土壤环境质量的评价标准按照《农产品安全质量: 无公害蔬菜产地环境要求》(GB/T18407.1-2001)推荐的污染物控制指标及控制值, 评价方法及分级标准参照国家农业行业标准《农田土壤环境质量监测技术规范》(NY/T 395-200)^[4]推荐的单项污染指数和综合污染指数法进行评价。

单项污染指数:

$P_{\text{单}} = \text{土壤污染物实测值} / \text{土壤污染物环境质量}$

①中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-417)和江苏省环境保护厅项目(2004020)资助。

* 通讯作者

标准

综合污染指数:

$$P_{\text{综合}} = \text{SQRT} \{ [(\text{平均单项污染指数})^2 + (\text{最大}$$

单项污染指数)²]/2\}

式中的 SQRT: 为平方根; 土壤综合污染指数分级标准见表 1。

表 1 土壤污染分级标准

Table 1 Standard for grading of polluted soils

等级划分	综合污染指数	污染等级	污染水平
1	$P_{\text{综合}} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{\text{综合}} \leq 1.0$	警戒线	尚清洁
3	$1.0 < P_{\text{综合}} \leq 2.0$	轻污染	土壤污染物超过背景值, 轻污染, 作物开始污染
4	$2.0 < P_{\text{综合}} \leq 3.0$	中污染	土壤、作物均受到中度污染
5	$P_{\text{综合}} > 3.0$	重污染	土壤、作物受污染已相当严重

3 土壤环境质量评价

综合污染指数包含国家土壤环境质量标准现有的 7 种主要的评价指标, 能够在一定程度上系统地反映土壤受 7 种污染物污染的总体状况。表 2 所列为 A、B、C 3 区的综合污染指数平均值, 其大小依次为 C 区 > B 区 > A 区。

按照综合污染指数的值可将土壤分为安全、警戒线、轻污染、中污染和重污染 5 个级别 (表 1), 分级的结果见表 3。供试区土壤约 40 % 为安全等级, 土壤处于清洁水平; 30 % 的土壤安全等级在警戒线附近, 处于尚清洁水平; 约 30 % 的土壤受到了不同

程度的污染; 污染土壤中, 轻污染占了 76 %, 中污染占 24%。

表 2 土壤综合污染指数

Table 2 Comprehensive pollution index of soil

区域	A (n = 32)	B (n = 30)	C (n = 27)
均值	0.8	1.0	1.1
标准差	0.3	0.4	0.5
最小值	0.4	0.4	0.4
最大值	1.5	1.4	2.5

表 3 土壤综合污染指数分级 (%)

Table 3 Grading of soil comprehensive pollution indexes

等级	指 标	A n=32	B n=30	C n=27	平均 n=89
安全	$P_{\text{综合}} \leq 0.7$	36.4	50.0	22.2	36.2
警戒线	$0.7 < P_{\text{综合}} \leq 1.0$	51.5	13.3	25.9	30.2
轻污染	$1.0 < P_{\text{综合}} \leq 2.0$	12.1	16.7	48.2	25.7
中污染	$2.0 < P_{\text{综合}} \leq 3.0$	0.0	20.0	3.7	7.9
重污染	$P_{\text{综合}} > 3.0$	0.0	0.0	0.0	0.0

A、B、C 3 区中, A 区的土壤污染程度最轻, 受污染的土壤约为 12 %, 但超过 50 % 的土壤在警戒线附近, 土壤污染有进一步加重的可能性; C 区土壤中, 安全土壤仅占 22.2 %, 污染土壤超过了 50 %, 另有 25 % 的土壤位于警戒线附近, 说明 C 区的土壤污染问题比较严重; B 区的安全土壤为 50 %, 在 A、B、C 3 区中为最高的, 但其受到中污染的土壤比例也是最高的, 说明 B 区的部分土壤受了较为严重的外来污染或附近有污染源。

为进一步探讨调查区土壤污染的主要影响因素, 表 4 列出了土壤各单因子污染指数对综合污染指数的分担率和超标率。A 区 Cd 的超标率为 6 %, 对综合污染指数分担率为 39 %, 而滴滴涕的超标率为 12 %, 对综合污染指数分担率为 12 %, 小于 Cd 的分担率, 说明 A 区虽然部分土壤中滴滴涕含量较高, 超过了国家规定的标准, 而土壤中 Cd 的超标率小于滴滴涕, 但其在大部分土壤中含量普遍偏高, 导致 Cd 对土壤综合污染指数的分担率高于滴滴涕;

B 区的超标率与分担率基本相一致, Cd 的超标率最高, 为 26.7 %, 其对土壤综合污染指数的分担率也最高, 为 39 %, 其次是 Hg, 超标率和分担率分别为 6.7 %、18 %; C 区 Hg 的超标率最高, 为 44 %, 但其对土壤综合污染指数的分担率小于 Cd, 而 Cd 的超标率小于 Hg, 其对土壤污染的分担率却高于

Hg, 反映 C 区部分土壤 Hg 的污染较重, 但 Cd 在大部分土壤中普遍偏高。因此, 3 个调查区土壤中的 Cd 污染和部分地区土壤中的 Hg 污染应引起足够的重视。

调查区域其他的污染因子无论是超标率或对土壤污染的分担率均较小。

表 4 各单项污染指数对综合污染指数的分担率和超标率* (%)

Table 4 Shares of individual pollution indexes in the comprehensive pollution index and their over-limit rates

	A (n=32)		B (n=30)		C (n=27)		平均 (n=89)	
	分担率	超标率	分担率	超标率	分担率	超标率	分担率	超标率
Hg	6	3	18	6.7	30	44	18	17.9
As	18	0	13	0	8	0	13	0
Pb	11	0	12	0	9	0	11	0
Cd	39	6	39	26.7	37	30	38	20.9
Cr	13	0	15	0	12	0	13	0
六六六	1	0	1	0	1	0	1	0
滴滴涕	12	12	2	0	4	0	6	4

*单因子污染指数>1 即为超标。

4 讨论与结论

城市郊区的土壤污染主要来自于城市、工业和农业的污染^[6], 全国有关城郊菜地遭受污染的报道不断见诸相关文献, 冯恭衍等^[7]调查了上海宝山区菜田土壤遭受了不同程度的 Cd、Hg 污染, 戴军等^[8]1995 年的研究结果显示了广州市约有 9.5 % 的菜区土壤遭受了 Cd、Pb、As 的污染, 沈阳市菜地土壤 Cd、Pb、Zn 分别是土壤背景值的 7.06、3.96 和 3.87 倍^[9]。江苏省农业环境监测站 1999、2001 两年监测了南京市郊区基本农田土壤重金属污染状况, 土壤中重金属也主要是 Cd、Hg 超标, 指出重点工矿区的重金属污染较重^[10]。本次调查的 A 区是长江中的一个沙洲, 相对与城市隔离, 所遭受的污染最轻, 但历史上可能滴滴涕农药使用量较大而导致土壤中残留的滴滴涕超标率在 3 个区中最高; B 区位于城市边缘, 离城市最近, 周边有众多的小工业企业, 同时可能还接受大量的城市垃圾作为堆肥, 导致局部土壤遭受了较严重的 Hg、Cd 污染; 而 C 区是南京市重要的钢铁、炼焦、采矿工业区, 土壤遭受的污染最重, 面积也最广; 调查区是南京市最重要的蔬菜种植基地, 部分土壤种植蔬菜历史已有几十年甚至上百年, 长期施用各种含 Cd 的 P 肥或复合肥^[5], 也有可能引起 3 个地区土壤中的 Cd 含量普遍偏高。此外, 土壤母质的影响也不容忽视。

土壤环境质量评价结果表明:

(1) 调查区蔬菜地土壤按照国家无公害农产品产地土壤环境标准来评判, 目前约 40 % 的土壤处于安全等级, 约 30 % 的土壤处于警戒线附近, 约 30 % 的土壤遭受了不同程度的污染而超过了国家无公害蔬菜对土壤环境质量的要求。

(2) 在所调查的 3 个区域中, A 区的污染最轻, B 区局部离污染源较近的土壤遭受了不同程度的污染, 而 C 区土壤污染较严重, 约 80 % 蔬菜地土壤超过了国家无公害蔬菜对土壤环境质量的要求。

(3) 调查的 3 个区域中均遭受了不同程度的 Cd 污染, 部分地区 Hg 的污染也较严重, 应引起足够的注意。

参考文献

- 董元华, 张桃林. 基于农产品质量安全的土壤资源管理与可持续利用. 土壤, 2003, 35 (3): 182 ~ 188
- 仲维科. 我国农作物的重金属污染及其防治对策. 农业环境保护, 2001, 20 (4): 270 ~ 272
- 中华人民共和国国家标准. 农产品安全质量: 无公害蔬菜产地环境要求 (GB/T18407.1-2001). 北京: 中国标准出版社, 2001
- 刘凤枝主编. 农业环境监测实用手册. 北京: 中国标准出版社, 2001

- 5 曹志洪. 施肥与土壤健康质量—论施肥对环境的影响(3). 土壤, 2003, 35 (6): 450 ~ 455
- 6 房世波, 潘剑君, 杨武年, 姜小三, 林健. 南京市土壤重金属污染调查评价. 城市环境与城市生态, 2003, 16 (4): 4 ~ 5
- 7 冯恭衍. 宝山区菜区土壤重金属污染的环境质量评价. 上海农学院学报, 1993, 11 (1): 35 ~ 42
- 8 戴军. 广州菜地生态环境的污染特征. 土壤通报, 1995, 26 (3): 102 ~ 104
- 9 马往校, 段敏, 李岚. 西安市郊区蔬菜中重金属污染分析与评价. 农业环境保护, 2000, 19 (2): 96 ~ 98
- 10 邱丹, 万晓红, 王崇圣. 南京市郊区基本农田保护区土壤重金属污染调查. 环境监测管理与技术, 2002, 14 (5): 18 ~ 20

EVALUATION OF SOIL ENVIRONMENT QUALITY OF VEGETABLE SOILS IN NANJING SUBURB

WANG Hui^{1, 2, 3} DONG Yuan-hua^{1, 2, 3} AN Qiong^{1, 2}

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing* 210008; 2 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences & Hongkong Baptist University Joint Open Laboratory of Soil and the Environment, Nanjing* 210008;

3 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049)

Abstract Soil samples were collected from three vegetable production bases in the suburbs of Nanjing for quality evaluation according to the national environmental requirements for hazard-free vegetable production bases (GB/T18407.1-2001). Results of the evaluation show that 40% of the soils are safe, 30% are bordering warning limit and 30% are polluted to a varying extent, mainly with Cd and Hg.

Key words Nanjing Suburb, Vegetable production base, Environmental quality evaluation of soil