

昆山市农产品产地环境质量监测与评价

姚振飞, 王少华, 张俊韬

(昆山市土壤肥料站, 江苏 昆山 215300)

摘要:为研究昆山市农产品产地环境质量,采用采样分析方法,对昆山市农产品产地的代表性土壤、灌溉水、渔业水质量进行了定点取样分析检测,在此基础上依据国家相关环境质量标准进行了单因子污染指数法和综合污染指数法评价。结果表明,该市58.1%的耕层土壤为安全、清洁,36.6%的耕层土壤处于警戒限,为尚清洁,3.8%的耕层土壤为轻污染,1.5%的耕层土壤为中污染;76.0%的灌溉水为安全、清洁,24.0%的灌溉水处于警戒限,为尚清洁;73.5%的渔业水为安全、清洁,23.5%的渔业水处于警戒限,为尚清洁,3%的渔业水为轻污染。

关键词:农产品;产地;环境质量;评价;昆山市

中图分类号:X820.2

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2013)06-0079-04

Environmental Quality Monitoring and Evaluation of Agricultural Areas in Kunshan City, China

YAO Zhen-fei, WANG Shao-hua, ZHANG Jun-tao

(Soil and Fertilizer Work Station of Kunshan City, Kunshan 215300, China)

Abstract: In order to study the environmental quality of the agricultural areas in Kunshan City, the soil, irrigation water and fishery water quality in the agricultural areas of Kunshan City were analyzed by sampling method and then evaluated by single factor pollution index and composite pollution index according to the three national environmental quality standards including GB 15618—1995, GB 5084—2005 and GB 11607—1989. The results showed that: (1) The areas of unpolluted plough horizon soil was 58.1% of the total fields, but 36.6% was of warning level, 3.8% was affected by light pollution, and 1.5% affected by medium pollution; (2) The areas of unpolluted irrigation water was 76.0% of the total, but 24.0% was of warning level; (3) The areas of unpolluted fishery water was 73.5%, but 23.5% was of warning level, and 3% affected by light pollution.

Keywords: agricultural products; producing area; environmental quality; evaluation; Kunshan City

农产品产地的环境状况直接影响着农产品产地的生产能力和农产品质量,进而影响着经济的发展和人民的身体健康。农产品产地环境质量评价是保证农产品产地安全的基础工作,开展农产品产地环境监测与评价是加快农产品质量建设进程的重要环节,也是我国发展无公害农产品和绿色、有机食品生产的重要抓手。以往研究多是基于单个指标、单点的产地环境质量评价,例如:Brus等^[1]对荷兰土壤重金属Cd污染的状况进行了分析和评价;李晓秀等^[2]基于土壤采样点进行了北京市基本农田土壤环境质量的分析与评价。

而农产品产地环境质量优劣是产地环境质量多个指标的综合体现。本文通过对昆山市农产品产地的土壤、灌溉水、渔业水等环境进行全面检测及综合评价,以期了解本市目前耕地土壤及水环境受污染的程度,摸清昆山市耕地土壤、灌溉水、渔业水的主要污染源、污染程度、污染区域分布等情况,为昆山市农产品安全生产和农产品产地环境整治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 布点原则

本次调查的布点遵循以下原则:一是土壤类型具有广泛的代表性;二是—般农区和工矿企业周边农区调查相结合;三是尽可能在第二次土壤普查的取样点

收稿日期:2013-06-13

作者简介:姚振飞(1965—),男,江苏昆山人,高级农艺师,从事土壤肥料和农业环境监测工作。E-mail:yzf110@sohu.com

取样。一般农区以昆山目前常规种植的水稻田、蔬菜地、果品地为主,工矿企业周边农区主要以化工、电子、印染、冶炼等行业可能对土壤环境造成污染的企业周边的水稻田进行取样。按照土样每 33.3~66.7 hm² 采集 1 个样点、灌溉水每 200 hm² 采集 1 个样点的要求,全市共采集土样 265 个,其中水稻田 217 个,蔬菜地 37 个,果品基地 11 个;水样 84 个,其中灌溉水 50 个,水产养殖水 34 个。在水稻田样点中,一般农区取样 132 个,工矿企业周边农区取样 85 个。水稻田中的一般农区原则上一个村采 1 个样,蔬菜地和果品地主要以各镇的蔬菜基地和果品基地为主。

1.2 样品采集

土壤样品的采集根据全市土壤类型和面积、种植作物的种类等,选择具有代表性的田块,用 GPS 对其进行准确定位后,采用“S”型取样法均匀随机多点采样。其中水稻田以一块田为取样单元,采集深度 0~15 cm;蔬菜地与果品地以一块地为取样单元,采样深度 0~20 cm。

水样的采集要求每个采样点用 500 mL 聚乙烯瓶采集 4 瓶,并根据测定项目加入保存剂后于当天送化验室化验及妥善保存。其中农田灌溉水由进入调查区的渠道或本地代表性的主要灌溉河道中取样;渔业水直接在鱼池、虾池、蟹池等精养塘中取样。

1.3 样品检测

土壤样品测试项目:铅、镉、汞、砷、铬、六六六、滴滴涕、pH 值。分析方法:土壤样品经风干、过 100 目筛后,用 HNO₃-HClO₄-HF 消化法制样,全量 Hg、As 采用原子荧光法,全量 Pb、Cr、Cd 采用原子吸收石墨炉法。六六六、滴滴涕采用丙酮-石油醚提取,浓硫酸净化,用带电子捕获检测器的气相色谱仪测定。pH 值采用玻璃电极法^[3]。

水样样品测试项目:汞、铅、砷、镉、铬、化学需氧量、氟化物、pH 值。分析方法:全量 Hg、As 采用原子荧光法,全量 Cr⁶⁺、Pb、Cd 采用原子吸收分光光度法,氟化物采用离子选择电极法,化学需氧量采用重铬酸盐法。pH 值采用玻璃电极法。

1.4 评价方法

农产品产地环境质量评价采用单项污染指数法和综合污染指数法。

1.4.1 单项污染指数法

$$P_i = C_i / S_i$$

式中: P_i 为单项污染指数, C_i 为污染物实测值, S_i 为污染物评价标准。

1.4.2 综合污染指数法

采用内梅罗污染指数法计算:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{P_{i_{\text{ave}}}^2 + P_{i_{\text{max}}}^2}{2}}$$

式中: $P_{\text{综}}$ 为土壤综合污染指数, $P_{i_{\text{ave}}}$ 为各单项污染指数的平均值; $P_{i_{\text{max}}}$ 为各单项污染指数中最大值。

1.4.3 土壤污染分级标准

按照国家《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)中二级标准进行评价,按综合污染指数法划定土壤质量等级,见表 1。

表 1 土壤污染分级标准

等级划定	综合污染指数	污染等级	污染程度描述
1	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1.0$	警戒限	尚清洁
3	$1.0 < P_{\text{综}} \leq 2.0$	轻污染	土壤污染物超标轻污染
4	$2.0 < P_{\text{综}} \leq 3.0$	中污染	土壤、作物受中度污染
5	$P_{\text{综}} > 3.0$	重污染	土壤、作物受严重污染

2 结果与分析

2.1 土壤环境质量评价

2.1.1 土壤污染物含量

265 个农产品产地土样检测结果平均值为:镉 0.11 mg·kg⁻¹、铬 34.92 mg·kg⁻¹、汞 0.35 mg·kg⁻¹、砷 15.61 mg·kg⁻¹、铅 14.86 mg·kg⁻¹、六六六 0.023 mg·kg⁻¹、滴滴涕 0.014 mg·kg⁻¹, 变幅范围分别为 0.02~0.78、10.27~106.07、0.06~1.29、2.88~46.39、3.18~53.2、未检出~1.85、未检出~1.20 mg·kg⁻¹(表 2)。其中汞和砷的平均含量高于太湖地区自然背景值^[4],分别超出该地区背景值的 114.7%和 77.4%。从变异系数来看,汞和砷的变异系数分别为 56.6%和 44.1%,显示其分析点差异性明显。检测结果表明,近 20 年来昆山市土壤重金属汞和砷的含量有所上升,可能存在不同程度的外源污染。

对不同农产品产地土壤污染物含量进行差异显著性分析表明,土壤 Pb、Cd 含量在不同土壤中无显著性差异,而土壤 Cr、Hg、As 含量存在显著性差异,具体表现为,果品地土壤 Cr 含量显著高于蔬菜地,蔬菜地显著高于水稻田;水稻田土壤 Hg 含量显著高于果品地;水稻田土壤 As 含量显著高于蔬菜地。六六六和滴滴涕在水稻田和蔬菜地中被检出,检出率分别为 6.3%和 4.3%,不同农产品产地之间无显著性差异。

2.1.2 工矿企业周边农区污染物的含量

本次在工矿企业周边农区共采集水稻田土样 85

个,其中化工企业周围取样33个,电子厂周围26个,冶炼厂周围取样16个,印染厂周围取样10个。85个土样检测结果平均值为:镉 $0.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、铬 $28.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、汞 $0.42\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、砷 $16.92\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、铅 $15.64\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、六六六 $0.025\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、滴滴涕 $0.014\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。有11个样点重金属的含量不合格,其中9个是汞元素超标,2个是砷元素超标。按企业类型进行分析,汞元素的含量冶炼企业>化工企业>印染企业>电子企业,化工企业周围砷元素含量较高,铬、铅和镉元素在不同企业周围的含量差异不明显。

2.1.3 土壤污染物安全评价

本次评价对照国家《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)中二级标准,分别计算各产地的平均单项污染指数和综合污染指数,见表3。结果表明,全市265个耕层土样,平均综合污染指数为0.61,属1级清洁水平。其中58.1%的耕层土壤综合污染指数 $P_{\text{土壤}} \leq 0.7$,土壤为安全、清洁,36.6%的耕层土壤综合污染指数 $0.7 < P_{\text{土壤}} \leq 1.0$,土壤处于警戒限,为尚清洁,3.8%的耕层土壤综合污染指数 $1.0 < P_{\text{土壤}} \leq 2.0$,土壤为轻污染,1.5%的耕层土壤综合污染指数 $2.0 < P_{\text{土壤}} \leq 3.0$,土壤为中污染。

从不同农产品产地来看,水稻田、蔬菜地、果品地的平均综合污染指数分别为0.57、0.39、0.45,均属一级清洁水平。按综合污染指数法评定,水稻田57.2%的面积达到安全、清洁,37.3%的面积处于警戒限,为

尚清洁,3.7%的面积为轻污染,1.8%的面积为中污染;蔬菜地54.1%的面积达到安全、清洁,40.5%面积处于警戒限,为尚清洁,5.4%的面积为轻污染;果品地90.9%的面积为安全、清洁,9.1%的面积处于警戒限,为尚清洁。

从所测样品中超标部分的地域分布来看,265个样品中,共有14个样品的重金属含量超标,其中11个样品、占比78.6%分布于工矿企业周边农区,3个样品、占比21.4%位于一般农区。从以上结果来看,工业“三废”排放可能是导致土壤重金属污染物含量增高的主要原因。同时,部分农田汞、砷含量超标可能与上世纪曾使用汞、砷制剂农药有关。

2.2 灌溉水水质评价

50个农田灌溉水样品检测结果平均值为:镉 $0.0002\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、铬(六价) $0.0043\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、汞 $0.0002\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、砷 $0.0002\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、铅 $0.0004\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,pH值7.5,化学需氧量 $82\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、氟化物 $0.007\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (表4)。按照国家农田灌溉水质标准(GB 5084—2005)单项指标评价,50个样点的灌溉水样全部达到标准。

按照国家《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)基本控制项目标准值计算各样点的综合污染指数,结果表明,全市50个灌溉水样平均综合污染指数为0.66,其中38个样点、占总数76.0%的灌溉水综合污染指数 $P_{\text{水}} \leq 0.7$,为安全、清洁;12个样点、占总数24.0%的灌溉水综合污染指数 $0.7 < P_{\text{水}} \leq 1.0$,处于警

表2 昆山市各农产品产地农田土壤污染物平均含量($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

污染物	水稻田	蔬菜地	果品地	全市平均	变幅范围	变异系数/%	太湖地区背景值
Cd	0.11a	0.09a	0.06a	0.11	0.02~0.78	24.8	0.116
Cr	25.9a	73.2b	84.07c	34.92	10.27~106.07	25.4	65.72
Hg	0.38b	0.25ab	0.24a	0.35	0.06~1.29	56.6	0.163
As	16.47b	11.04a	13.92ab	15.61	2.88~46.39	44.1	8.8
Pb	15.15a	14.14a	11.55a	14.86	3.18~53.2	32.0	20.3
六六六	0.028a	0.02a	未检出 a	0.023	未检出~1.85	29.3	
滴滴涕	0.017a	0.01a	未检出 a	0.014	未检出~1.20	25.8	

注:同一行中不同字母表示存在显著性差异($P < 0.05$)。

表3 昆山市农产品产地土壤污染指数及评价结果

产地类型	单项污染指数							$P_{\text{综}}$	评价等级	污染程度
	Cd	Cr	Hg	As	Pb	六六六	滴滴涕			
水稻田	0.37	0.08	0.76	0.66	0.05	0.028	0.017	0.57	1	清洁
蔬菜地	0.30	0.24	0.50	0.44	0.05	0.02	0.01	0.39	1	清洁
果品地	0.20	0.28	0.48	0.56	0.04	0	0	0.45	1	清洁
全市	0.37	0.12	0.70	0.62	0.05	0.05	0.03	0.61	1	清洁

注:评价依据采用国家土壤环境质量(二级)标准(GB 15618—1995)。

表 4 农田灌溉水质量检测结果(mg·L⁻¹)

项目	pH(无量纲)	Cd	Cr ⁶⁺	Hg	As	Pb	COD _{Cr}	氟化物
平均	7.5	0.000 2	0.004 3	0.000 2	0.000 2	0.000 4	82	0.007
<i>P</i> _单	0.88	0.2	0.043	0.2	0.04	0.02	0.55	0.003
<i>P</i> _综	0.66							

注:*P*_单表示单项污染指数,*P*_综表示综合污染指数。下同。

戒限,为尚清洁。经分析,检测的灌溉水全部达到了国家农田灌溉水质量标准。

2.3 渔业水质量评价

34 个渔业水样品检测结果平均值为:镉 0.000 2 mg·L⁻¹,铬(六价)0.004 mg·L⁻¹,汞 0.000 3 mg·L⁻¹,砷 0.000 7 mg·L⁻¹,铅 0.000 3 mg·L⁻¹,pH 值 7.7,氟化物 0.000 7 mg·L⁻¹(表 5)。根据国家渔业水质标准(GB 11607—1989),对 34 个渔业水样检测结果的水质情况进行分析,汞、镉、砷、铅、铬和氟化物含量全部达标,27 个样点的 pH 值、占总数 79.4%的渔业水样达标。

表 5 渔业水质量检测结果(mg·L⁻¹)

项目	pH(无量纲)	Cd	Cr ⁶⁺	Hg	As	Pb	氟化物
平均	7.7	0.0002	0.004	0.000 3	0.000 7	0.000 3	0.007
<i>P</i> _单	0.90	0.02	0.04	0.3	0.01	0.0015	0.003
<i>P</i> _综	0.68						

按照国家渔业水质标准(GB 11607—1989)计算各样点的综合污染指数,结果表明,全市 34 个渔业水样平均综合污染指数为 0.68,其中 25 个样点、占总数 73.5%的渔业水综合污染指数 $P_{水} \leq 0.7$,为安全、清洁;8 个样点、占总数 23.5%的渔业水综合污染指数 $0.7 < P_{水} \leq 1.0$,处于警戒限,为尚清洁;1 个样点、占总数 3%的渔业水综合污染指数 $1.0 < P_{水} \leq 2.0$,为轻污染。

3 结论

(1)昆山市耕地土壤中污染物的平均含量分别为镉 0.11 mg·kg⁻¹、铬 34.92 mg·kg⁻¹、汞 0.35 mg·kg⁻¹、砷 15.61 mg·kg⁻¹、铅 14.86 mg·kg⁻¹、六六六 0.023 mg·kg⁻¹、滴滴涕 0.014 mg·kg⁻¹。调查结果表明,该市 58.1%的耕层土壤为安全、清洁,36.6%的耕层土壤处于警戒限,为尚清洁,3.8%的耕层土壤为轻污染,

1.5%的耕层土壤为中污染。

(2)近 20 多年来,昆山市确有外源 Hg、As 污染物质进入,并有一定积累。从所测样品中超标部分的地域分布来看,78.6%样品分布于工矿企业周边农区,21.4%的样品位于一般农区。分析其原因,可能与工业“三废”排放和上世纪农业生产上使用汞、砷制剂农药有关。建议应严格控制工业“三废”排放,重点加强对印染纺织、电子、化工、电镀等主要污染的废水和固体废物治理,确实保护农产品产地环境。

(3)昆山市农田灌溉水检测结果平均值分别为 pH 值 7.5,镉 0.000 2 mg·L⁻¹,铬(六价)0.004 3 mg·L⁻¹,汞 0.000 2 mg·L⁻¹,砷 0.000 2 mg·L⁻¹,铅 0.000 4 mg·L⁻¹,化学需氧量 82 mg·L⁻¹,氟化物 0.007 mg·L⁻¹。经分析,全市 76.0%的灌溉水为安全、清洁,24.0%的灌溉水处于警戒限,为尚清洁。

(4)昆山市渔业水检测结果平均值分别为 pH 值 7.7,镉 0.000 2 mg·L⁻¹,铬 0.004 mg·L⁻¹,汞 0.000 3 mg·L⁻¹,砷 0.000 7 mg·L⁻¹,铅 0.000 3 mg·L⁻¹,氟化物 0.007 mg·L⁻¹。经分析,全市 73.5%的渔业水为安全、清洁,23.5%的渔业水处于警戒限,为尚清洁,3%的渔业水为轻污染,主要是 pH 值超标引起的。

参考文献:

- [1] Brus D J, De Gruuter J J, Romkens P Fam. Probabilistic quality standards for heavy metals in soil derived from quality standards in crops [J]. *Geoderma*, 2005,128:301-311.
- [2] 李晓秀,陆安祥,王纪华,等.北京地区基本农田土壤环境质量分析与评价[J]. *农业工程学报*, 2006,22(2):60-63.
- [3] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社, 1999:147-211.
- [4] 夏增禄.土壤元素背景值及其研究方法[M].北京:气象出版社,1987: 116-117.