

重庆市农业环境及农产品污染评价研究

刘光德¹, 王莉玮², 李其林¹, 陈玉成², 祝钦龙², 欧阳束³,
杨树海³, 刘红雨³

(1.重庆市农业环境保护监测站, 重庆 400020; 2.西南农业大学, 重庆 400716; 3.重庆市农业局, 重庆 400015)

摘要:根据现场采样及室内分析测试所得数据,对重庆市农业环境及农产品污染状况进行了评价研究。结果表明,农业环境与农产品质量呈现出多维特征,农区大气污染物 SO₂、NO_x、TSP、F⁻之间均无显著相关,呈非正态分布,表明不同大气污染物的性质和特征差异较大,关联性差,来源复杂。土壤污染物的区域分布特征:Hg 为城郊区>近郊区>远郊区,Cd、Pb 为城郊区>远郊区>近郊区,As、Cr 为远郊区>城郊区>近郊区。Hg、Cd、As、Cr 两两之间均显著相关,呈正态分布,Pb 无显著相关,呈非正态分布,表明土壤污染物的性质和特征具有共同性,关联性好,同源性高。农灌水污染物除 Cr⁶⁺达显著相关呈正态分布外,Hg、Cd、Pb、As 之间均无显著相关,呈非正态分布,表明农灌溉水污染物同水源关系密切。主要农产品水稻、玉米、蔬菜、茶叶、水果重金属赋存量因农产品种类、产地、重金属及含量不同差异较大。蔬菜对重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、Hg、As、Ni、Cr 的富集能力差异显著,重金属元素之间存在 Cr-Zn、Cd-Cr、Hg-Cr、Cu-As、Zn-As、Zn-Cd、Hg-Zn、Zn-Pb、As-Hg、As-Pb 和 Hg-Pb 等相关系数显著的元素对,表明蔬菜的重金属含量不仅与土壤重金属含量有关,而且与蔬菜对各类重金属富集能力有密切的关系。

关键词:农业环境; 农产品; 污染; 评价

中图分类号:X839.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0952-05

Assessment on Pollution of Agricultural Products and Agricultural Environment of Chongqing

LIU Guang-de¹, WANG Li-wei², LI Qi-lin¹, CHEN Yu-cheng², ZHU Qin-long², OUYANG Jian³, YANG Shu-hai³, LIU Hong-yu³
(1 Chongqing Monitoring Station of Agricultural Environmental Protection, Chongqing 400020, China; 2. Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China; 3. Chongqing Agricultural Bureau, Chongqing 400015, China)

Abstract: Agricultural environment, including soil and irrigation water, and farm products quality in Chongqing were monitored. The results showed that agricultural environment and farm products quality present multidimensional characteristics, and no significant correlations were found among the rural atmospheric pollutants, SO₂, NO_x, TSP and F⁻ that were abnormal distributed, indicating that the characters and traits of different atmospheric pollutants showed more diversities, less correlations and complex origins. The regional distribution characteristics of the soil pollutants were, Hg: suburb section>suburban area>outer suburban district; Cd and Pb: suburb section>outer suburban district>suburban area; As and Cr: outer suburban district>suburb section>suburban area. Hg, Cd, As, Cr showed normal distribution and there were significant correlations among them, but no significant correlation was existed between them and Pb that displayed abnormal distribution, indicating the characters of excellent correlations and high homologue of soil pollutants. Except Cr⁶⁺, Hg, Cd, As and Cr in agricultural irrigation water showed no significant correlations and abnormal distribution, indicating that the pollutants closely related the source of water. The heavy metal contents in main produces, rice, maize, vegetable, tea and fruit, differed with the kinds of crops, producing areas, heavy metals and their contents in soils. The enrichment ability of vegetable for Cu, Zn, Pb, Cd, Hg,

收稿日期:2005-04-13

基金项目:重庆市农业发展资金(2000-086)

作者简介:刘光德(1963—),男,重庆潼南县人,在读博士,研究员,主要从事农业环境与农产品质量安全研究。

联系电话:13908360510, (023)67867336

As, Ni and Cr differed significantly, and there existed significant correlations between Cr-Zn, Cd-Cr, Hg-Cr, Cu-As, Zn-As, Zn-Cd, Hg-Zn, Zn-Pb, As-Hg, As-Pb and Hg-Pb, indicating that the heavy metal content in vegetable related with not only that in soil, but the enrichment ability of the vegetable for all kinds of heavy metals.

Keywords: agricultural environment; agricultural products; pollution; assessment

随着全国各大城市倡导绿色 GDP, 作为其中重要的农业生态环境和农产品质量问题也引起各级政府和人们的高度关注。重庆市作为“大城市带动大农村”的典范, 其农业生态环境和农产品质量现状能直接反映工业城市化进程中的影响程度。评价工作作为一项基础工作, 在我国各类标准体系的不断健全下, 农业环境及农产品质量评价工作也在全国各地开展起来。本文结合重庆市特点, 通过大量的监测数据分析, 对重庆市农业环境及主要农产品污染物的分布特征、污染现状等进行了科学评价, 为农业的可持续发展提供了理论依据。

1 研究背景

重庆市土地总面积 8.24 万 km², 耕地 156 万 hm², 森林覆盖率 27.1%。主要土壤类型有水稻土、新积土、黄壤、黄棕壤、紫色土、石灰岩土等。地貌以山地、丘陵为主。属中亚热带湿润季风气候, 夏热冬暖, 春早秋迟, 无霜期长, 温润多阴, 年平均降雨量 1 020~1 370 mm, 年平均气温 14.8 ℃~18.80 ℃, 累年≥10 ℃的活动积温为 4 200 ℃~6 200 ℃。年平均无霜期达 280~350 d。平均日照时数 986~1 580 h。境内水资源总量在 5 000 亿 m³ 左右。主要农作物有水稻、玉米、小麦、蔬菜、红苕、土豆、茶叶、柑桔。本研究时间为 2000—2003 年, 根据重庆市自然地形地貌和农业生产分布特点, 共选取重庆市 39 个区县(渝中区除外)具有代表性监测点 1 183 个, 其中土壤监测点 739 个、农用水监测点 206 个、农产品监测占 117 个、大气监测点 215 个。

2 材料与方法

土壤、农用水均一次取样; 大气 1 d 取样 4 次, 连续 2 d。共采集土壤样品 739 个、农用水样品 206 个、农产品样品 991 个、大气样品 5 375 个。分析指标有 pH 值、Hg、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Ni、Cr、石油类、挥发酚、非离子氨、六六六、滴滴涕、甲胺磷、甲氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、三氟氯氰菊酯、SO₂、NO_x、TSP、F⁻、对硫磷、氧化乐果、水胺硫磷、Cr⁶⁺。分析方法有玻璃电极法、原子吸收分光光度法、原子荧光光度法、气相色谱

法、异烟酸-吡唑啉酮光度法、气相色谱法、二苯碳酰二肼分光光度法、离子选择电极法、4-氨基安替比林分光光度法、纳氏试剂光度法、盐酸萘乙二胺光度法、石灰滤纸-氟离子电极法、甲醛吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法、重量法。评价标准为农灌水 Cr⁶⁺ 0.10 mg·L⁻¹, 大气 SO₂、NO_x、TSP 和 F⁻ 分别为 0.15、0.12、0.3 mg·m⁻³ 和 3.0 μg·dm⁻²·d⁻¹(挂片法), 茶叶六六六、滴滴涕均为 0.2 mg·kg⁻¹, 蔬菜甲胺磷、对硫磷、氧化乐果、呋喃丹、三氯杀螨醇均为不得检出。

3 结果与分析

3.1 农业环境主要污染物的分布特征

3.1.1 大气污染物的分布特征

不同区域大气污染物平均含量, 见表 1, 研究发现城郊区 SO₂、NO_x、TSP 明显高于近郊区、远郊区, F⁻ 在各区域差异不大。表明城郊区受工业污染源影响明显。

3.1.2 土壤污染物的分布特征

不同区域土壤污染物平均含量表明(表 2), Hg 污染物为城郊区>近郊区>远郊区, Cd、Pb、As、Cr 污染物均为近郊区最小。

3.1.3 农灌水污染物的分布特征

不同区域农灌水污染物平均含量表明(表 3), Hg、Cd、Pb、As、Cr⁶⁺ 污染物在不同区域有一定差异, 由于其绝对含量较低, 差异同区域环境影响不明显。

3.2 农业环境质量评价

由单项污染指数的评价可知, 标准化农产品基地和绿色食品基地空气质量、农灌水质量、土壤质量单项污染指数均小于 1, 均符合相应的国家标准; 基本农田保护区和蔬菜基地环境质量(表 4、5、6)总体良好, 但空气中的 SO₂、TSP、NO_x 和 F⁻, 土壤中的 Hg、Cd 以及农灌水水中的 Hg 出现超标。

3.3 农产品主要污染物分布特征

3.3.1 重金属赋存量差异

农产品重金属赋存量统计表明, 不同农产品种类重金属含量差异较大, 同种类农产品不同重金属含量差异较大(表 7)。

3.3.2 农药残留量

表 1 不同区域大气污染物平均含量

Table 1 The average contents of atmospheric pollutants at different areas

不同区域	SO ₂ /mg·m ⁻³	NO _x /mg·m ⁻³	TSP/mg·m ⁻³	F/μg·dm ⁻² ·d ⁻¹
城郊区	0.117	0.039	0.199	1.258
近郊区	0.043	0.013	0.171	1.439
远郊区	0.051	0.007	0.137	1.321

表 2 不同区域土壤污染物平均含量(mg·kg⁻¹)

Table 2 The average contents of soil pollutants at different areas (mg·kg⁻¹)

监测区域	Hg	Cd	Pb	As	Cr
城郊区	0.177	0.243	24.933	9.053	52.453
近郊区	0.157	0.174	20.245	7.473	46.602
远郊区	0.086	0.211	22.279	9.149	57.702

表 3 不同区域农灌水污染物平均含量(mg·kg⁻¹)

Table 3 The average contents of pollutants in agricultural irrigation water at different areas(mg·kg⁻¹)

监测区域	Hg	Cd	Pb	As	Cr ⁶⁺
城郊区	0.000 1	0.000 8	0.005	0.003	0.012
近郊区	0.000 3	0.000 5	0.005	0.003	0.012
远郊区	0.000 0	0.000 9	0.010	0.002	0.014

表 4 空气质量单项污染指数统计

Table 4 The statistics of monomial pollution index for air quality

类别	项目	SO ₂	NO _x	TSP	F [*]
基本农田保护区	平均值	0.41	0.28	0.64	0.78
	范围值	0.07~1.27	0.02~0.76	0.48~1.13	0.34~1.12
蔬菜基地	平均值	0.51	0.32	0.62	0.52
	范围值	0.04~3.03	0.02~2.12	0.31~1.85	0.14~0.83

表 5 农灌水质量单项污染指数统计

Table 5 The statistics of monomial pollution index for agricultural irrigation water quality

类别	项目	Hg	Cd	Pb	As	Cr ⁶⁺
基本农田保护区	平均值	0.11	0.12	0.08	0.04	0.13
	范围值	0.00~0.60	0.00~0.40	0.00~0.31	0.00~0.14	0.04~0.27
蔬菜基地	平均值	0.08	0.04	0.06	0.05	0.13
	范围值	0.00~1.07	0.00~0.20	0.00~0.46	0.00~0.28	0.00~0.44

表 6 土壤质量单项污染指数统计

Table 6 The statistics of monomial pollution index for soil quality

类别	项目	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	As	Cr
基本农田保护区	平均值	0.22	0.39	0.09	0.52	0.28	0.22	0.31
	范围值	0.06~0.50	0.28~0.55	0.06~0.12	0.15~0.98	0.19~0.39	0.12~0.31	0.21~0.42
蔬菜基地	平均值	—	—	0.10	0.66	0.48	0.25	0.29
	范围值	—	—	0.03~0.59	0.06~2.73	0.06~1.77	0.04~0.62	0.12~0.51

注:表格中“—”符号标记的单元格,表示该项指标未予测定,下同。

农产品农药平均残留量统计表明,不同农产品种类农药残留量、同种类农产品不同农药残留量差异较大。市场蔬菜农药残留量较基地蔬菜高,蔬菜中的禁

用农药残留较为突出(表 8)。

3.4 农产品质量安全评价

3.4.1 粮食作物(表 9)

水稻监测区域为长寿区、万盛区、涪陵区、万州区、江津市和合川市,主要污染物是 Cd 和 Pb;玉米监测区域为石柱高油玉米基地、重庆市农副产品综合批发市场、垫江凤山北门市场、江北区观音桥市场和高新区粮食市场,主要污染物为 Pb、Cd 和 Hg。

3.4.2 蔬菜(表 10,仅列出超标指标)

由评价结果可知:蔬菜主要污染物为三氯杀螨醇、氧化乐果、呋喃丹和甲胺磷。

3.4.3 经济作物

茶叶卫生质量总体较好,样本超标率为 8.3%,主要污染物为 Pb;柑桔鲜果卫生质量达到绿色食品标准要求。

表 7 产地农产品重金属平均含量(mg·kg⁻¹)

Table 7 The average heavy metal contents of produces at different producing areas(mg·kg⁻¹)

类别	Pb	Cd	Hg	As	Cu	Zn
水稻	0.300	0.091	0.007	0.218	1.868	31.981
玉米	0.035	0.010	ND	0.477	—	—
蔬菜	0.041	0.024	0.003	0.021	—	—
茶叶	1.570	—	—	—	16.470	—
柑桔	0.016	0.001	0.001	0.011	—	—

表 8 基地农产品农药平均残留量(mg·kg⁻¹)

Table 8 The average contents of residual pesticides in produces in different districts(mg·kg⁻¹)

类别	甲胺磷	对硫磷	呋喃丹	六六六	滴滴涕	氧化乐果	三氯杀螨醇	甲氰菊酯	氯氰菊酯	氰戊菊酯	溴氰菊酯
水稻	ND	ND	0.008	—	—	—	—	—	—	—	—
蔬菜	0.018	0.005	0.028	—	—	0.007	ND	0.061	0.001	0.001	0.010
茶叶	—	—	—	0.026	0.009	—	—	—	—	—	—

表 9 粮食作物超标情况

Table 9 The heavy metals exceeding the criteria in foods and crops

作物类别	超标项目	超标地点及超标率
水稻	Pb	长寿区 25.0%、江津市 25.0%
	Cd	长寿区 50.0%、万州区 25.0%
玉米	Pb	垫江凤山北门市场 22.2%、江北区观音桥市场 66.7%、高新区粮食市场 33.3%
	Cd	重庆市农副产品综合批发市场 11.1%
	Hg	重庆市农副产品综合批发市场 11.1%、垫江凤山北门市场 11.1%

表 10 蔬菜超标率统计(%)

Table 10 The pesticides exceeding criteria in vegetables (%)

监测指标	叶菜类	茄果类	豆 类	瓜果类
甲胺磷	19.2	10.8	33.3	7.5
氧化乐果	25.3	21.6	33.3	20.0
对硫磷	18.9	20.8	13.3	10.0
水胺硫磷	5.3	4.5	—	0
呋喃丹	25.2	25.0	53.3	17.5
三氯杀螨醇	34.4	9.1	50.0	22.2

3.5 蔬菜对重金属富集能力分析

蔬菜富集系数的计算方法为:

富集系数=
$$\frac{\text{蔬菜重金属含量(干重)}}{\text{对应位点土壤重金属含量(干重)}}$$

对各类蔬菜重金属富集系数统计结果表明(表 11),各类蔬菜对重金属 Cr、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Hg 和 Pb 的富积系数的变异系数较大,均接近或大于 50%。对各类蔬菜重金属富集系数进行多元方差分析

的结果表明,各类蔬菜对重金属 Cr、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Hg 和 Pb 的富集能力存在显著差异。对各类蔬菜重金属富集系数进行一元方差分析的结果表明,各类蔬菜对重金属 Cr、Ni、Zn、As、Cd 和 Pb 的富集能力存在显著差异,对重金属 Cu 和 Hg 的富集能力不存在显著差异,表现为 Cr:叶菜类>根茎类、豆类、瓜果类;Ni:豆类>瓜果类、叶菜类、根茎类;Zn:根茎类、叶菜

表 11 各类蔬菜重金属富积系数统计

Table 11 The enrichment factors of heavy metals for all kinds of vegetables

蔬菜类别	项目	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
豆类	最小值	0.000 69	0.003 14	0.009 52	0.015 70	0.000 36	0.002 12	0.001 33	0.000 23
	最大值	0.003 98	0.045 00	0.114 20	0.072 88	0.003 19	0.034 94	0.027 27	0.007 20
	平均值	0.002 11	0.018 47	0.046 76	0.039 59	0.001 14	0.012 77	0.011 58	0.002 11
	标准差	0.001 02	0.015 99	0.026 45	0.017 28	0.000 72	0.008 58	0.007 09	0.001 94
根茎类	最小值	0.000 70	0.000 90	0.003 36	0.013 74	0.000 31	0.006 68	0.001 48	0.000 31
	最大值	0.005 60	0.025 03	0.066 82	0.108 75	0.016 73	0.294 00	0.122 39	0.011 57
	平均值	0.002 75	0.006 61	0.035 81	0.052 32	0.004 94	0.084 03	0.045 67	0.003 81
	标准差	0.001 39	0.006 01	0.019 24	0.030 66	0.004 06	0.089 11	0.038 46	0.002 96
瓜果类	最小值	0.000 48	0.000 92	0.005 79	0.011 99	0.000 20	0.006 39	0.001 48	0.000 35
	最大值	0.005 21	0.034 60	0.195 23	0.072 03	0.013 89	0.415 65	0.060 00	0.004 01
	平均值	0.001 72	0.006 75	0.048 81	0.028 53	0.001 76	0.069 49	0.012 93	0.001 57
	标准差	0.000 98	0.006 79	0.033 85	0.013 62	0.002 47	0.089 69	0.012 49	0.000 98
叶菜类	最小值	0.000 56	0.001 01	0.001 61	0.000 56	0.000 14	0.001 32	0.001 33	0.000 01
	最大值	0.023 51	0.028 12	0.119 22	0.173 99	0.066 01	1.436 67	1.123 53	0.020 98
	平均值	0.003 17	0.006 61	0.040 53	0.047 31	0.004 80	0.116 54	0.066 16	0.003 28
	标准差	0.002 76	0.005 64	0.026 31	0.026 08	0.007 43	0.175 73	0.122 56	0.003 12

类>豆类、瓜果类;As:根茎类、叶菜类>瓜果类、豆类;Cd:叶菜类>根茎类、瓜果类、豆类;Pb:根茎类>叶菜类>豆类、瓜果类。

4 结果与讨论

(1)重庆市 23 个区县农区大气污染物 SO₂、NO_x、TSP 的区域分布特征为城郊区明显高于近郊区、远郊区,F⁻在各区域差异不大;相关性和显著性检验 SO₂、NO_x、TSP、F⁻之间均无显著相关,成非正态分布,表明不同大气污染物的性质和特征差异较大,关联性差,来源复杂。土壤污染物区域分布特征,Hg 为城郊区>近郊区>远郊区,Cd、Pb 为城郊区>远郊区>近郊区,As、Cr 为远郊区>城郊区>近郊区,Cd、Pb、As、Cr 污染物均为近郊区最小;相关性和显著性检验 Hg、Cd、As、Cr 两两之间均显著相关,呈正态分布,Pb 无显著相关,成非正态分布,表明土壤污染物的性质和特征具有共同性,关联性好,同源性高。农灌水污染物在不同区域有一定差异,但都在正常范围内;相关性和显著性检验除 Cr⁶⁺达显著相关呈正态分布外,Hg、Cd、Pb、As 之间均无显著相关,呈非正态分布,表明农灌溉水污染物同水源关系密切。

(2)主要农产品水稻、玉米、蔬菜、茶叶、水果重金属赋存量因农产品种类、产地、重金属及含量不同差异较大。蔬菜重金属含量区域差异不大,局部环境影响较大。与蔬菜品种富集力有关。叶菜类蔬菜硝酸盐含量明显高于其他蔬菜。水稻、玉米优先控制污染物

主要是 Pb 和 Cd,无公害蔬菜优先控制污染物主要是农药残留,特别是禁用农药氧化乐果、甲胺磷、呋喃丹、三氯杀螨醇。蔬菜重金属超标率呈上升趋势。

(3)豆类、根茎类、瓜果类、叶菜类对重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、Hg、As、Ni、Cr 的富集能力差异显著,相关分析重金属元素之间存在 Cr-Zn、Cd-Cr、Hg-Cr、Cu-As、Zn-As、Zn-Cd、Hg-Zn、Zn-Pb、As-Hg、As-Pb 和 Hg-Pb 等相关系数显著的元素对,表明蔬菜的重金属含量不仅与土壤重金属含量有关,而且与蔬菜对各类重金属富集能力有密切的关系。

参考文献:

[1] 国家环保总局.环境监测方法[M].北京:中国环境科学出版社,1986.

[2] 皮广洁,等.农业环境监测原理与应用[M].成都:科技大学出版社,1998.

[3] 无公害食品(第一批)种植业部分[S].北京:中国标准出版社,2001.

[4] 无公害食品(第二批)种植业部分[S].北京:中国标准出版社,2002.

[5] 扬士建,等.环境质量评价中关键因子的确定方法[J].环境监测管理与技术,2002,14(2):20-23.

[6] 游植麟.土壤受镉铬铝复合污染的生物效应研究[J].农业环境保护,1997,16(3):131-132.

[7] 范小建.中国农产品质量安全的总体状况[J].农业质量标准,2003,(1):4-6.

[8] 刘光德,等.重庆市农产品环境与质量安全现状及对策[J].农业环境与发展 2003,19(1):23-25.

[9] 黄 昀,等.农产品对土壤中重金属的富集能力研究[J].中国农学通报,2004,20(6):285-289.

[10] 周泽义.中国蔬菜重金属污染控制[J].资源生态环境网络研究动态,1999,10(3):21-27.