

吉林省松花江流域稻米中镉污染风险评估

张振都, 郝丽珊, 张 奇, 郑妍婕, 李 刚, 魏春雁*

(吉林省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所/农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(长春), 长春 130033)

摘 要:通过多重比较法、单因子污染指数法、目标危害指数法对吉林省松花江流域稻米中镉污染进行评估。吉林省松花江流域稻米镉含量均低于限量值 0.2 mg/kg, 且整体趋于正态分布, 含量在 0.002 5~0.015 0 mg/kg, 占比 80%。饮马河、拉林河支流流域稻米中镉含量区间范围较大, 二松江流域次之, 辉发河、伊通河支流流域稻米中镉含量区间范围较小。吉林省松花江流域稻米镉的单因子污染指数均小于 0.7, 处于安全水平; 目标危害指数均小于 1, 对暴露人群没有健康风险。拉林河支流流域稻米中镉的污染程度、暴露健康风险均显著高于其他支流, 大小顺序为: 拉林河>辉发河>饮马河>二松江>伊通河。吉林省不同松花江支流流域稻米中镉的儿童暴露风险均高于成人。

关键词:松花江流域; 稻米; 风险评估

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)05-0124-04

Risk Assessment of Cadmium Pollution in Rice in Songhua River Basin of Jilin Province

ZHANG Zhendu, HAO Lishan, ZHANG Qi, ZHENG Yanjie, LI Gang, WEI Chunyan*

(*Institute of Quality Standard and Testing Technology for Agri-Products, Jilin Academy of Agricultural Sciences/Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agri-Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changchun 130033, China*)

Abstract: The methods of multiple comparisons, single factor pollution index and target hazard quotient methods were applied to evaluate the pollution levels of Cadmium(Cd) in rice in Songhua River basin of Jilin Province. The content of Cd in rice in the Songhua River basin of Jilin Province is lower than the limit value of 0.2 mg/kg, and the overall distribution tends to be normal, with the content of 0.002 5~0.015 0 mg/kg accounting for 80%. The Cd content in rice of Yinma and Lalin River tributary is relatively large, followed by the Ersong River tributary, and which in the Huifa and Yitong River tributary is relatively small. The single factor pollution index is all less than 0.7, which is at a safe level; the target hazard quotient is all less than 1, and there is no health risk to the exposed population. The level of Cd pollution and health risks in rice in the Lalin River tributary are significantly higher than those in others. The specific order is: Lalin River > Yinma River > Huifa River > Ersong River > Yitong River. Children's exposure risks to Cd in rice in different Songhua River tributaries in Jilin Province are significantly higher than adults.

Key words: Songhua River basin; Rice; Risk assessment

20 世纪 30 年代, 日本富山县镉污染引发“痛痛病”的公害事件, 至今让人谈之色变。近些年, 我国大米中镉含量超标情况也屡有发生。2002 年, 农

业农村部稻米及制品质量监督检验测试中心在市场抽检稻米样品镉超标率达 10.3%; 2007 年, 南京农业大学在市场抽检 170 份大米样品镉超标率达 10%; 2010 年, 中山大学抽检 21 个水稻品种, 镉和铅超标率分别达 100% 和 71%; 2011 年, 《新世纪》周刊在中国多地市场大米抽样调查, 约 10% 镉含量超标; 2013 年, 广州市食品药品监督管理局食品抽样检测, 其中米及米制品的合格率最低, 44.44% 镉含量超标^[1-4]。水稻是镉污染的主要农作物,

收稿日期: 2020-11-24

项目基金: 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2017TD011); 吉林省科技发展计划项目(20180414076GH)

作者简介: 张振都(1987-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事农产品质量安全检测及风险评估研究。

通讯作者: 魏春雁, 女, 博士, 研究员, E-mail: weichy@yeah.net

“镉大米”不仅严重危害人体健康,而且对稻米产业发展造成不良影响^[5]。

吉林省水稻种植面积约 15 万 hm^2 ,产量 120 亿斤,折合大米约 80 亿斤。2013 年,吉林省人民政府办公厅印发《关于推进吉林省大米品牌建设的指导意见》,计划用 3~5 年时间,在全省打造 12 个区域大米地理标志品牌:梅河大米、榆树大米、德惠大米、舒兰大米、公主岭大米、查干湖大米、万昌大米、饮马河大米、姜家店大米、辉南大米、白城大米、延边大米,重点培育具有吉林特色的名优大米品牌。为实现“吉林大米”的品牌化、优质化,保障“吉林大米”的质量安全极其重要。本研究运用单因子污染指数法及目标危害指数法对吉林省不同松花江流域稻米中镉污染进行风险评估,旨在为吉林省稻米质量安全及产业可持续发展提供科学支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

吉林省位于中国东北地区中部($121^{\circ}38' \sim 131^{\circ}19'E$, $40^{\circ}50' \sim 46^{\circ}19'N$),属于温带大陆性季风气候,雨热同季,是我国优质粳稻的主要产区^[6]。吉林省处于松辽平原腹地,土壤肥沃,河流众多,主要有松花江、图们江、鸭绿江、辽河、绥芬河五大水系,其中松花江水系在吉林省流域面积最大,约 73 229 km^2 ,占吉林省土地面积 71.8%^[7-8],主要支流有辉发河、伊通河、拉林河、饮马河等,流经白山、通化、吉林、长春、松原等地区。吉林省水稻种植呈现明显区域性,其中长春、吉林、通化是吉林省水稻优势主产区^[9-10]。

1.2 样品采集与分析

稻米样品采集主要位于吉林省松花江流域,分别在辉发河流域(梅河口市、柳河县)、二松江流域(吉林昌邑区、前郭县)、饮马河流域(万昌镇、德惠市、长春九台区)、伊通河流域(伊通县)、拉林河流域(舒兰市)采集稻米样品 120 份。稻米中镉含量测定采用微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定^[11]。电感耦合等离子质谱仪型号:Agilent 7 500cx,采用氦气碰撞模式,仪器主要参数:RF 功率 1 500 W,进样深度 8.0 mm,载气流量 0.85 L/min,辅助气流量 0.25 L/min,氦气流量 4.0 mL/min。

1.3 污染评价方法

1.3.1 单因子污染指数法

稻米中镉的污染程度采用单因子污染指数法

进行评价。计算公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中: P_i 为稻米样品中镉的单因子污染指数; C_i 为稻米样品中镉的实测浓度(mg/kg); S_i 为稻米中镉的限量值 0.2 mg/kg ^[12]。 $P_i \leq 0.7$,表示安全; $0.7 < P_i \leq 1.0$,表示达到警戒线; $1.0 < P_i \leq 2.0$,表示轻度污染; $2.0 < P_i \leq 3.0$,表示中度污染; $P_i > 3.0$,表示重度污染^[13]。

1.3.2 目标危害指数法

稻米对暴露人群健康风险评价方法采用美国国家环保局(US EPA)提出的目标危害指数法(Target Hazard Quotient, THQ)。稻米样品中镉的目标危害指数(THQ_i)计算公式如下:

$$THQ_i = \frac{C_i \times IR \times EF \times ED}{AT \times BW \times RfD_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中: C_i 为稻米样品中镉的实测浓度(mg/kg);IR 为稻米日摄入量,儿童取值 0.142 kg/d ,成人取值 0.289 kg/d ^[14-15];EF 为暴露频率,儿童与成人均取值 365 d/a;ED 为持续暴露时间,儿童取值 12 a,成人取值 70 a;AT 为平均作用时间,取值 $ED \times 365$ d;BW 为平均体重,儿童取值 20 kg ,成人取值 62 kg ^[16];RfD_i为镉的暴露参考剂量,取值 0.001 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。THQ < 1 说明暴露人群没有健康风险,THQ ≥ 1 说明暴露人群存在健康风险,THQ 值越大暴露人群健康风险越大^[17]。

1.4 数据统计

采用 WPS 2019 和 GraphPad Prism 8.0 对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 稻米镉含量特征

从总体看,吉林省松花江流域稻米中镉含量均低于限量值 0.2 mg/kg ,最大值为 0.066 5 mg/kg ,最小值为 0.002 3 mg/kg ,平均值为 0.011 4 mg/kg ,且稻米中镉含量趋于正态分布,含量在 0.002 5~0.015 0 mg/kg ,占比 80%,详见图 1。从不同流域看,饮马河、拉林河流域稻米镉含量区间范围较大,二松江流域次之,辉发河、伊通河流域稻米中镉含量区间范围较小;拉林河流域稻米镉含量整体较高,伊通河流域稻米镉含量整体较低。不同松花江流域稻米镉含量大小顺序为:拉林河>辉发河>饮马河>二松江>伊通河,详见图 2。

2.2 稻米镉污染程度评估

从总体看,吉林省松花江流域稻米镉的单因子污染指数均小于 0.7,处于安全水平。从不同松

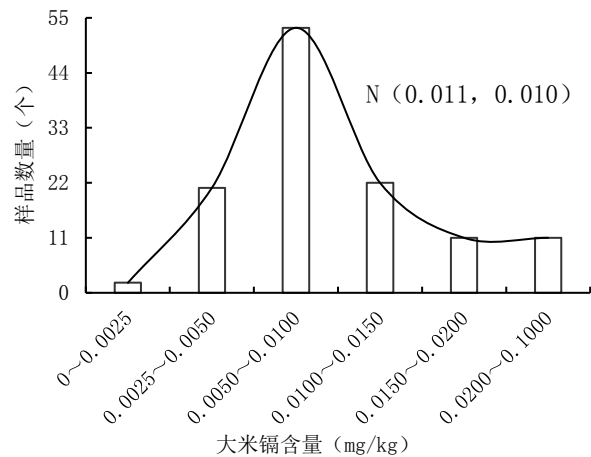


图1 吉林省松花江流域稻米中镉含量分布

花江支流看,拉林河支流稻米中镉的单因子污染指数平均值0.100,最大值0.316,镉污染程度显著高于其他支流,可能是由于拉林河水质及拉林河支流表层土壤受到工业排放、

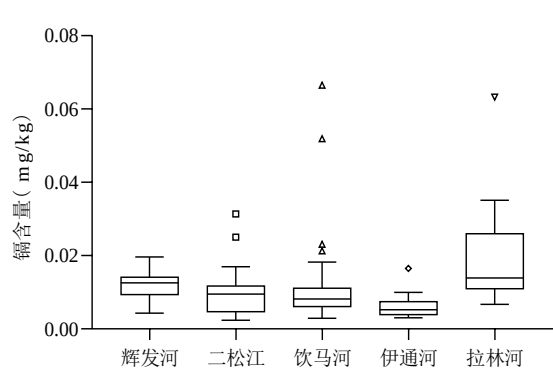


图2 吉林省不同松花江流域稻米中镉含量

生活垃圾、农药化肥流失等原因造成镉污染导致^[18-19];伊通河支流稻米镉的单因子污染指数平均值0.031,最大值0.082,镉污染程度最低。不同松花江支流稻米镉污染程度大小顺序为:拉林河>辉发河>饮马河>二松江>伊通河,详见表1。

表1 吉林省松花江流域稻米中镉的单因子污染指数

不同松花江支流	单因子污染指数频率(%)					平均值	最大值
	安全	警戒线	轻度	中度	重度		
辉发河	100	0	0	0	0	0.060	0.098
二松江	100	0	0	0	0	0.048	0.157
饮马河	100	0	0	0	0	0.056	0.332
伊通河	100	0	0	0	0	0.031	0.082
拉林河	100	0	0	0	0	0.100	0.316
总体	100	0	0	0	0	0.057	0.332

2.3 稻米镉健康风险评估

从总体看,吉林省松花江流域稻米镉的目标危害指数均小于1,对暴露人群没有健康风险。对于儿童暴露人群,拉林河支流稻米中镉的目标危害指数平均值0.142,最大值0.449,健康风险显著高于其他支流,伊通河支流稻米中镉的目标危害指数平均值0.045,最大值0.117,健康风

险最低;不同松花江支流稻米中镉的暴露健康风险大小顺序为:拉林河>辉发河>饮马河>二松江>伊通河。对于成人暴露人群,不同松花江支流稻米中镉的健康风险特征与儿童暴露人群表现一致,但是吉林省不同松花江支流稻米中镉的儿童暴露人群健康风险显著高于成人,详见表2。

表2 吉林省松花江流域稻米镉的目标危害指数

不同松花江支流	儿童		成人	
	平均值	最大值	平均值	最大值
辉发河	0.085	0.139	0.056	0.091
二松江	0.068	0.223	0.045	0.146
饮马河	0.080	0.472	0.052	0.310
伊通河	0.045	0.117	0.029	0.077
拉林河	0.142	0.449	0.093	0.295
总体	0.081	0.472	0.053	0.310

3 结 论

吉林省松花江流域稻米中镉含量均低于限量

值0.2 mg/kg,且整体趋于正态分布,含量在0.002 5~0.015 0 mg/kg,占比80%。饮马河、拉林河支流稻米中镉含量区间范围较大,二松江流域次

之,辉发河、伊通河支流流域稻米镉含量区间范围较小;拉林河支流流域稻米中镉含量整体较高,伊通河支流流域稻米中镉含量整体较低。

吉林省松花江流域稻米镉的单因子污染指数均小于0.7,处于安全水平;目标危害指数均小于1,对暴露人群没有健康风险。拉林河支流流域稻米镉的污染程度、暴露健康风险均显著高于其他支流流域,不同松花江支流流域稻米中镉的污染程度、暴露健康风险大小顺序均为:拉林河>辉发河>饮马河>二松江>伊通河。吉林省不同松花江支流流域稻米镉的儿童暴露风险均高于成人。

参考文献:

- [1] 陈能场.“镉米”背后的土壤污染[J]. 中国经济报告, 2013(7): 25-28.
- [2] 路子显. 粮食重金属污染对粮食安全、人体健康的影响[J]. 粮食科技与经济, 2011, 36(4): 14-17.
- [3] 甄燕红, 成颜君, 潘根兴, 等. 中国部分市售大米中Cd、Zn、Se的含量及其食品安全评价[J]. 安全与环境学报, 2008(1): 119-122.
- [4] 刘焕启. 镉米之痛[J]. 地球, 2013(6): 64-65.
- [5] 鲁思琴, 易江, 陈渠玲, 等. 稻米籽粒中镉的富集规律与分布及消减方法研究进展[J]. 东北农业科学, 2020, 45(1): 94-98.
- [6] 张三元, 张俊国, 金京德. 绿色优质水稻生产发展现状与对策[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(3): 13-16.
- [7] 李明才. 吉林省五大水系水污染现状及防治对策[J]. 吉林水利, 2012(12): 42-44.
- [8] 袁 懋, 董德明, 花修艺, 等. 吉林省不同水系的高锰酸盐指数、化学需氧量和总有机碳的相关关系比较[J]. 地理科学, 2008, 28(2): 286-290.
- [9] 侯立刚, 周广春, 严永峰, 等. 吉林省水稻产业发展现状与未来发展对策[J]. 北方水稻, 2015, 45(2): 73-75.
- [10] 代海涛, 王秀珠. 吉林省水稻产业发展现状及对策分析[J]. 农业科技通讯, 2019(4): 6-8.
- [11] GB 5009.268-2016. 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].
- [12] GB 2762-2017. 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
- [13] 赵 慧, 何 博, 孟 晶, 等. 典型城市化地区蔬菜重金属的累积特征与健康风险研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(12): 1892-1902.
- [14] 吴永宁, 赵云峰, 李敬光. 第五次中国总膳食研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 67.
- [15] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 155.
- [16] 国家卫生计生委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告(2015年)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 2.
- [17] 张 浩, 王 辉, 汤红妍, 等. 铅锌尾矿库土壤和蔬菜重金属污染特征及健康风险评价[J]. 环境科学学报, 2020, 40(3): 1085-1094.
- [18] 王中伟, 韩帮军, 韩雅红, 等. 拉林河水环境质量现状与污染源分析研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(4): 112-115.
- [19] 李 娇, 陈海洋, 滕彦国, 等. 拉林河流域土壤重金属污染特征及来源解析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(19): 226-233.

(责任编辑:王 昱)

(上接第92页)

- [10] 李冬梅, 魏 珉, 张海森, 等. 氮、磷、钾用量和配比对温室黄瓜叶片相关代谢酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 382-387, 393.
- [11] 周世恭. 植物的矿质营养与人类健康[J]. 植物杂志, 1992(5): 41-42.
- [12] 曹 恭, 梁鸣早. 镁-平衡栽培体系中植物必需的中量元素[J]. 土壤肥料, 2003(3): 47-50.
- [13] 许仙菊. 磷、钾与钙配合对保护地番茄钙吸收影响的研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2003.
- [14] 张典勇, 王秀峰, 魏 珉, 等. 氮磷钾浓度对番茄产量及番茄红素含量的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(1): 66-71, 75.
- [15] 张守才, 赵征宇, 孙永红, 等. 设施栽培番茄的氮磷钾肥料效应研究[J]. 中国土壤与肥料, 2016(2): 65-71.
- [16] 夏广清, 杨 金. 钙镁肥不同用量对番茄植株和果实矿质元素吸收的影响[J]. 北方园艺, 2005(2): 44-45.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 248-249.
- [18] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 34-35.
- [19] 马乐乐, 高 宁, 杨百良, 等. 全有机营养模式下番茄综合品质评价及其对有机肥水耦合的响应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(6): 63-72.
- [20] 王洪预, 崔正果, 伍舒悦, 等. 氮磷钾肥料配施对粒用高粱籽粒产量的影响[J]. 东北农业科学, 2018, 43(3): 1-4.
- [21] 廖育林, 郑圣先, 聂 军, 等. 长期施用化肥和稻草对红壤水稻土肥力和生产力持续性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(10): 3541-3550.
- [22] 薛仁凤, 丰 明, 赵 阳, 等. 不同生物有机肥对绿豆生长与生理特性的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(4): 9-12, 71.
- [23] 权宝全, 吕瑞洲, 王贵江. 不同施氮量对甘薯生长发育及产量的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(6): 14-17.
- [24] 李凌慧, 张小兰, 王丹丹, 等. 不同施肥水平对日光温室基质袋培番茄营养及栽培效果的影响[J]. 中国蔬菜, 2017(2): 45-50.
- [25] 杨苞梅, 李进权, 姚丽贤, 等. 钾钙镁营养对香蕉生长和叶片生理特性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2010(1): 29-32, 36.
- [26] 杜少平, 马忠明, 薛 亮. 氮磷钾配施对砂田西瓜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 468-475.
- [27] 马 晟, 陈 震, 杨凤娟, 等. 茄子无土栽培氮磷钾浓度优化施肥方案[J]. 应用生态学报, 2018, 29(9): 2935-2942.

(责任编辑:王丝语)