

Analysis of Soil Heavy Metal Pollution Investigation in Agricultural Producing Areas of Qiongzong, Hainan

Huiyan Zhong¹, Qiaoming Huang^{2,3}

¹Hainan Natural Rubber Quality Inspection Station, Haikou Hainan

²Artificial Weather Center, Hainan Weather Bureau, Haikou Hainan

³Hainan Key Laboratory for South China Sea Meteorology and Disaster Mitigation, Haikou Hainan

Email: Huangqiaoming@sina.com

Received: Aug. 2nd, 2018; accepted: Aug. 14th, 2018; published: Aug. 21st, 2018

Abstract

The contents and correlation of soil heavy metals, including Cr (chromium), Pb (lead), Cd (cadmium), As (arsenic) and Hg (mercury) in Qiongzong the agro-producing areas in the middle of Hainan province, were analyzed. The environmental qualities of soil heavy metal pollution were evaluated by using 3 methods of Nemerov pollution index, geoaccumulation pollution index and potential ecological hazard index. The results showed that the average contents of 30 samples of Cr, Pb, Cd, As and Hg were 39.26 mg/kg, 30.89 mg/kg, 0.08 mg/kg, 2.49 mg/kg and 0.04 mg/kg, respectively. The correlation coefficient between Pb and Cd in contents was 0.6, and secondly, the correlation coefficient between Hg and Cd in contents was 0.26. And there was little correlation among the rest of soil heavy metals. Taking the background value of surface soil in Hainan as the reference standard, the Nemerov single factor pollution index was less than or equal to 20.34, the pollution rate was above 50%, and the Nemerov complex pollution index was 2.23, which showed the fourth class belonging to moderate pollution level. Taking the background value of the secondary standard of national soil environmental quality as the reference standard, the Nemerov single factor pollution index was less than or equal to 0.8, the pollution rate was 3%, and the Nemerov complex pollution index was 0.22, which showed the first class belonging to clean level. The geoaccumulation pollution index of Pb was 0.04, which belonged to the non to moderate pollution level, and the geoaccumulation pollution index of Cr, Cd, As and Hg was less than 0, which belonged to the non pollution level. The potential ecological hazard index of soil heavy metals in Qiongzong soil was 138.21, which belonged to light ecological hazard on the whole.

Keywords

Soil Heavy Metal, Agricultural Producing Areas, Environmental Quality, Pollution, Evaluation

海南省琼中农产品产地土壤重金属污染普查分析

钟惠颜¹, 黄巧明^{2,3}

¹海南省天然橡胶质量检验站, 海南 海口

²海南省气象局人工影响天气中心, 海南 海口

³海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口

Email: Huangqiaoming@sina.com

收稿日期: 2018年8月2日; 录用日期: 2018年8月14日; 发布日期: 2018年8月21日

摘要

采用内梅罗污染指数法、地积累污染指数法和潜在生态危害指数法等3种方法, 对海南省中部的琼中农产品产地土壤的5种重金属Cr (铬)、Pb (铅)、Cd (镉)、As (砷)、Hg (汞)的普查样品含量及其相关性进行分析, 并对重金属污染程度及土壤环境质量现状进行评估。结果表明: 30个样品的重金属Cr、Pb、Cd、As和Hg平均含量分别为39.26 mg/kg、30.89 mg/kg、0.08 mg/kg、2.49 mg/kg和0.04 mg/kg; Pb与Cd含量之间的相关系数0.60, 其次, Hg与Cd之间的相关系数0.26, 其余的相关系数很小; 以海南省表层土壤背景值为标准, 重金属的内梅罗单项污染指数均 ≤ 20.34 , 污染率均在50%以上, 内梅罗综合污染指数为2.23, 污染等级为中度污染, 4级; 以国家环境质量二级评价标准, 内梅罗单项污染指数均 ≤ 0.8 , 污染率3%, 内梅罗综合污染指数为0.22, 污染等级为清洁, 1级; Pb的地积累污染指数为0.04, 属于无污染~中污染, 其余的Cr、Cd、As、Hg地积累污染指数 < 0 , 属于无污染状态; 琼中土壤重金属潜在生态危害指数为138.21, 整体上表现为轻微生态危害。

关键词

土壤重金属, 农产品产地, 环境质量, 污染, 评价

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤重金属污染已经成为土壤污染中关注的问题之一[1] [2] [3]。进入土壤的重金属, 在低浓度时可能是植物生存所必需的元素而被动吸收, 但在高浓度时, 就对植物产生毒害。Cr (铬)、Pb (铅)、Cd (镉)、As (砷)、Hg (汞)具有很强的毒性, 与土壤结合, 不易被微生物降解而长久保存在土壤中, 引起土壤的组成、结构和功能的变化, 具有不可逆性和长期性; 且重金属元素还可以通过产品链迁移到动物和人, 在人体内的积存, 危害人的身体健康。2012年, 农业部、财政部印发了《农产品产地重金属污染防治实施方案》, 要求全面开展全国农产品产地土壤重金属污染防治普查。同年, 海南省开始启动农产品产地土壤重金属Cr、Pb、Cd、As、Hg的污染防治普查工作[4] [5]。海南省中部的琼中县具有典型的海南土壤特

征, 地形条件和土壤母质类型多样, 且是中国黎族、苗族的聚集区, 对其农产品产地土壤金属污染现状特征进行分析, 可为海南岛农产品土壤重金属污染研究和防治提供科学依据, 这对海南农业生产和布局有重要意义。

2. 样品环境采集和检测

2.1. 样品环境

海南省中部的琼中县, 位于 $N18^{\circ}43'45''\sim 19^{\circ}25'20''$, $E109^{\circ}31'37''\sim 110^{\circ}09'08''$ 之间, 境内东西宽 66.7 km, 南北长 76.8 km, 总面积 2693.1 km^2 。琼中具有典型的海南土壤特征, 地形条件和土壤母质类型多样, 是海南重要的农业县, 辖区 10 个乡镇, 耕地面积为 8673.7 hm^2 。琼中年平均降雨量达 2388.2 毫米, 是海南岛的多雨中心, 年平均气温为 23.1°C , 年平均相对湿度为 85%, 年日照时数 1900 小时, 年平均蒸发量 1641.3 毫米。

2.2. 样品采集

样品采集参照《农田土壤环境质量监测技术规范》(NY/T 395-2012) [6], 结合种植区种植面积大小、土壤分布状况及区域土地利用类型特征等因素。2017 年 3 月, 对海南省中部的琼中县主要农产品产地的土壤进行取样, 按照“S”形法, 每个土样由 10~20 个分点(0~40 cm)构成。采回的土样均放在木盘中或塑料布上, 摊成薄薄的一层, 置于室内通风阴干, 然后倒入钢玻璃底的木盘上, 用木棍研细, 拣出杂质, 根据检测指标相应过筛, 装瓶贴标签备用, 采集土壤样品 30 个。调查主要对农产品土壤质量安全影响大的重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 含量情况。

2.3. 样品检测

检测指标主要是对农产品的土壤中 5 种重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的含量值, 同时检测土壤 pH 值, 检测依据:

pH (NY/T 1377-2007), 土壤 pH 的测定[7];

Cr (HJ 491-2009), 土壤 总铬的测定火焰原子吸收分光光度法[8];

Pb、Cd (GB/T 17141-1997), 土壤质量铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法[9];

As (GB/T 22105.2-2008), 土壤质量总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法第 2 部分: 土壤中总砷的测定[10];

Hg (GB/T 22105.1-2008), 土壤质量总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法第 1 部分: 土壤中总汞的测定[11]。

3. 方法

目前评价重金属污染的主要方法: 内梅罗污染指数法、地积累污染指数法、潜在生态危害指数法、污染负荷指数法、沉积物富集系数法等。本研究主要用内梅罗污染指数法、地积累污染指数法、潜在生态危害指数法等对采集的样品进行研究, 且用 Excel 和 SPSS 等基本统计分析法对样品数据进行统计特征值分析。

3.1. 内梅罗污染指数法

内梅罗污染指数法同时兼顾单因子污染指数平均值和最高值, 严重的污染物给以较大的权值, 突出污染重的污染物, 对土壤环境质量进行更客观的评价[12] [13], 从而较全面反应土壤环境的总体质量。

单因子指数公式:

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

其中, P_i 为土壤的单因子污染指数, C_i 为土壤样品的实测浓度(mg/kg); S_i 为《土壤环境质量标准》[14]中规定的二级标准值(mg/kg); 或海南省表层土壤重金属背景值(以 2009 年全国第二次土壤普查海南省生态地球化学调查之《海南岛 1:25 万多目标区域地球化学调查报告》为背景值)。

内梅罗污染指数公式:

$$P = \sqrt{\frac{P_{ia}^2 + P_{imax}^2}{2}} \quad (2)$$

其中, P 为内梅罗污染指数, P_{ia} 为所有污染物单因子指数的平均值, P_{imax} 为所有污染物单因子指数的最大值。依据内梅罗污染指数将土壤重金属污染划分为 5 个等级(表 1)。

样本污染率:

$$c = \frac{n}{m} \times 100\% \quad (3)$$

式中 c 为土壤样本污染率(%), n 为土壤污染样本总数, m 为土壤样本总数。

3.2. 地积累污染指数法

地积累污染指数法不仅考虑到人为污染因素、环境地球化学背景值, 还考虑到由于自然成岩作用可能会引起背景值变动的因素, 计算结果按照地积累指数评价标准划分污染等级(表 2) [15]。该方法最初应用于研究水环境沉积物中重金属污染程度的定量指标, 近年来引入土壤重金属污染评价。

地积累指数公式:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{K \times B_n} \right) \quad (4)$$

式中, C_n 为重金属样品的实测含量(mg/kg), B_n 为重金属元素的地球化学背景值(mg/kg), 一般选择普通页岩的平均值作为其背景值, K 为考虑各岩石差异可能会引起背景值的变动而取的系数(一般取值为 1.5)。

3.3. 潜在生态危害指数法

瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数法[16] [17], 常用于土壤或沉积物中重金属污染程度及潜在生态危害的评价, 该法不仅考虑土壤重金属含量, 而且将重金属的生态环境效应与毒理学联系在一起。

潜在生态危害系数公式:

$$E_r^i = T_r^i \times \frac{C_i}{C_f} \quad (5)$$

潜在生态危害指数公式:

$$RI = \sum_1^n E_r^i \quad (6)$$

其中, C_i 是环境中重金属样品的实测含量(mg/kg); C_f 是土壤背景值(mg/kg), 本研究取为海南省表层土壤背景值; T_r^i 是单个污染物的毒性响应系数, 用 Hakanson 制定的标准化重金属毒性响应系数(表 3)。

Table 1. Grading standards of soil heavy metal Nemeró pollution index**表 1.** 土壤重金属内梅罗污染指数分级标准

等级	污染指数	污染等级
1	I $P \leq 0.7$	清洁(安全)
2	II $0.7 < P \leq 1.0$	尚清洁(警戒线)
3	III $1.0 < P \leq 2.0$	轻度污染
4	IV $2.0 < P \leq 3.0$	中度污染
5	V $P > 3.0$	重度污染

Table 2. Grading standards and pollution level of soil heavy metal geoaccumulation pollution index**表 2.** 土壤重金属地积累指数分级及污染程度

地积累指数	地积累指数分级	污染程度
$I_{geo} < 0$	0	无污染
$0 \leq I_{geo} < 1$	1	无污染~中污染
$1 \leq I_{geo} < 2$	2	中污染
$2 \leq I_{geo} < 3$	3	中污染~重污染
$3 \leq I_{geo} < 4$	4	重污染
$4 \leq I_{geo} < 5$	5	重污染~极重污染
$I_{geo} \geq 5$	6	极重污染

Table 3. Grading standards and pollution level of soil heavy metal potential ecological hazard index**表 3.** 土壤重金属潜在生态危害指标及分级

潜在生态危害系数 E_i^p	潜在生态危害指数 RI	污染程度
$E_i^p < 40$	$RI < 150$	轻微生态危害
$40 \leq E_i^p < 80$	$150 \leq RI < 300$	中等生态危害
$80 \leq E_i^p < 160$	$300 \leq RI < 600$	强生态危害
$160 \leq E_i^p < 320$	$600 \leq RI < 1200$	很强生态危害
$E_i^p \geq 320$	$RI \geq 1200$	极强生态危害

4. 数据分析

4.1. 样品分析

4.1.1. 含量

由表 4 可知,海南省中部的琼中农产品产地土壤 30 个样品含量的 pH 均值为 4.91, 范围为 4.30~6.20, 为酸性。农产品产地土壤的重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 含量的均值依次为 39.26 mg/kg、30.89 mg/kg、0.08 mg/kg、2.49 mg/kg 和 0.04 mg/kg; 重金属的变异系数均在 50%以上, 说明研究区土壤差异较大; 其中, As 的变异系数 230%, 其次 Cr 达 87%, 说明 As, Cr 受外界干扰较大, 在空间上分布不均匀, 存在明显的局部聚集和点源污染现象。

4.1.2. 含量的相关分析

对海南省中部的琼中农产品产地土壤重金属含量进行相关分析, 从表 5 中可知, 重金属 Pb 与 Cd 之间的相关系数 0.60, 达到了显著水平; 其次, Hg 与 Cd 之间的相关系数 0.26, 其余的重金属之间在含量相关性不大。pH 值与重金属之间的相关系数也很小。

Table 4. Contents and pH value of soil heavy metal
表 4. 土壤重金属的含量和 pH 值

	Cr	Pb	Cd	As	Hg	pH
样品数(个)	30	30	30	30	30	30
范围值(mg/kg)	4.23~165	5.92~116	0.02~0.21	0.39~32.70	0.02~0.10	4.30~6.20
均值(mg/kg)	39.26	30.89	0.08	2.49	0.04	4.91
标准差(mg/kg)	34.21	20.11	0.04	5.72	0.02	0.46
变异系数(%)	87	65	55	230	53	9

Table 5. Correlation analysis of soil heavy metal contents
表 5. 土壤重金属含量相关分析

相关系数	Cr	Pb	Cd	As	Hg	pH
Cr	1.00					
Pb	-0.07	1.00				
Cd	0.15	0.60	1.00			
As	-0.11	0.16	0.09	1.00		
Hg	0.02	0.02	0.26	-0.05	1.00	
pH	-0.13	0.03	0.03	-0.21	-0.18	1.00

4.2. 内梅罗污染指数

以海南省表层土壤重金属背景值计算,由表 6 可见,海南省中部的琼中农产品产地土壤的重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的内梅罗单项污染指数为: 7.87、3.80、3.17、20.34、2.65,除 Hg 为 2.65 小于 3.0,为中度污染外,污染等级 4;其余的均大于 3.0,重度污染,污染等级 5。As 的污染指数最高 20.34,其次 Cr 为 7.87;污染率均在 50%以上,其中, Cr 的污染率 78%,其次 Cd 和 Hg 均达 72%。

根据国家环境质量二级评价标准为背景计算,由表 7 可见,海南省中部的琼中农产品产地土壤的重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的内梅罗单项污染指数为: 0.80、0.34、0.53、0.58、0.27,除 Cr 为 0.80 大于 0.7 为尚清洁,污染等级为 2,污染率 3%外;其余的均小于 0.7,为清洁(安全),污染等级为 1。

由表 8 可见,内梅罗综合污染指数为 2.23 (海南表层土壤重金属背景值),污染等级为中度污染,4 级,内梅罗综合污染指数为 0.22 (国家环境质量二级评价标准),污染等级为清洁(安全),1 级。不同背景为标准得到的评价结果的污染等级不同。

4.3. 地积累污染

用地积累污染指数法分析琼中农产品产地土壤重金属的污染程度,从表 9 可见,除 Pb 地积累污染指数为 0.04,大于 0,土壤大体上属于无污染~中污染,1 级外,其余的 Cr、Cd、As、Hg 地积累污染指数均小于 0,土壤属于无污染状态,0 级。

4.4. 潜在生态危害

用潜在生态危害系数来表征单项重金属的潜在生态危害,而用潜在生态危害指数来表征多项重金属潜在生态危害的累积效应。

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i^1 = 138.21, \text{ 污染程度为轻微生态危害。}$$

Table 6. Nemero single factor pollution index of soil heavy metal under heavy metal background values of surface in Hainan Province**表 6.** 海南省表层土壤重金属背景值下土壤重金属内梅罗单项污染指数

	Cr	Pb	Cd	As	Hg
海南表层土壤重金属背景值(mg/kg)	15.24	22.34	0.05	1.14	0.03
样品数(个)	30	30	30	30	30
最大值(mg/kg)	10.83	5.19	4.20	28.68	3.47
最小值(mg/kg)	0.28	0.26	0.40	0.34	0.53
均值(mg/kg)	2.58	1.38	1.57	2.18	1.43
内梅罗污染指数	7.87	3.80	3.17	20.34	2.65
污染率(%)	78	69	72	50	72
污染程度	重度污染	重度污染	重度污染	重度污染	中度污染
污染等级	5	5	5	5	4

Table 7. Nemero pollution single factor index of soil heavy metal under background value of the secondary standard of national soil environmental quality**表 7.** 国家环境质量二级评价标准下土壤重金属内梅罗单项污染指数

	Cr	Pb	Cd	As	Hg
国家环境质量二级评价标准(PH < 6.5) (mg/kg)	150	250	0.3	40	0.3
样品数(个)	30	30	30	30	30
最大值(mg/kg)	1.10	0.46	0.70	0.82	0.35
最小值(mg/kg)	0.03	0.02	0.07	0.01	0.05
均值(mg/kg)	0.26	0.12	0.26	0.06	0.14
内梅罗污染指数	0.80	0.34	0.53	0.58	0.27
污染率	3	0	0	0	0
污染程度	尚清洁	清洁	清洁	清洁	清洁
污染等级	2	1	1	1	1

Table 8. Nemero complex pollution index of soil heavy metal in different backgrounds**表 8.** 不同背景土壤重金属综合内梅罗污染

	Cr	Pb	Cd	As	Hg	内梅罗综合 污染指数	污染等级
	均值(mg/kg)						
海南表层土壤重金属背景值	2.58	1.38	1.57	2.18	1.43	2.23	中度污染, 4 级
国家环境质量二级评价标准	0.26	0.12	0.26	0.06	0.14	0.22	清洁, 1 级

Table 9. Geoaccumulation pollution index and pollution level of soil heavy metal**表 9.** 土壤重金属地积累污染指数及程度评价

	Cr	Pb	Cd	As	Hg
K = 1.5, 背景值 B _n (mg/kg)	90	20	0.3	13	0.35
含量均值(30 个样品) (mg/kg)	39.26	30.89	0.08	2.49	0.04
地积累污染指数 I _{geo}	-1.78	0.04	-2.52	-2.97	-3.61
污染程度	无污染	无污染~中污染	无污染	无污染	无污染
污染等级	0	1	0	0	0

Table 10. Potential ecological hazard coefficient and pollution level of soil heavy metal
表 10. 土壤重金属潜在生态危害系数及程度评价

潜在生态危害	Cr	Pb	Cd	As	Hg
重金属毒性响应系数 T	2	5	30	10	40
海南表层土壤重金属背景值 (mg/kg)	15.24	22.34	0.05	1.14	0.03
含量均值(30 个样品) (mg/kg)	39.26	30.89	0.08	2.49	0.04
潜在生态危害系数	5.15	6.91	47.16	21.82	57.16
污染程度	轻微生态危害	轻微生态危害	中等生态危害	轻微生态危害	中等生态危害

从表 10 中可知: 土壤中 Cr、Pb、As 含量平均值的潜在生态危害系数均小于 40.00, 属于轻微生态危害; Cd、Hg 的潜在生态危害系数均小于 80.00, 属于中等生态危害。琼中土壤重金属潜在生态危害指数为 138.21, 整体上表现为轻微生态危害。

5. 结论

本文用 3 种方法, 内梅罗污染指数法、地积累污染指数法、潜在生态危害指数法, 对海南省中部的琼中县农产品产地土壤 30 个重金属样品的含量、相关性进行分析, 并对重金属污染程度及土壤环境质量现状进行评估。结果如下:

1) 样品含量的 pH 均值为 4.91, 范围为 4.30~6.20, 为酸性; 重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的含量均值分别为 39.26 mg/kg、30.89 mg/kg、0.08 mg/kg、2.49 mg/kg 和 0.04 mg/kg, 其变异系数均在 50%以上, 说明研究区土壤重金属含量差异较大。其中, As 的变异系数达 230%, Cr 达 87%, 说明 As、Cr 受外界干扰较大, 在空间上的分布不均匀, 存在明显的局部聚集和点源污染现象。

2) 土壤重金属含量的相关分析发现, 重金属 Pb 与 Cd 之间的相关系数 0.60, 达到了显著水平; 其次, Hg 与 Cd 之间的相关系数 0.26, 其余的重金属之间相关系数不大。pH 值与重金属之间的相关系数也很小。

3) 以海南省表层土壤重金属背景值计算, 重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的内梅罗单项污染指数分别为: 7.87、3.80、3.17、20.34、2.65, 除 Hg 为 2.65 小于 3.0, 为中度污染, 等级 4 级外, 其余的均大于 3.0, 为重度污染, 等级 5 级, 污染率均在 50%以上; 内梅罗综合污染指数为 2.23, 污染等级为中度污染, 4 级。

根据国家土壤环境质量二级评价标准为背景计算, 重金属 Cr、Pb、Cd、As、Hg 的内梅罗单项污染指数分别为: 0.80、0.34、0.53、0.58、0.27, 除 Cr 为 0.80 大于 0.7 为尚清洁, 等级 2 级, 污染率 3%外; 其余的均小于 0.7, 为清洁(安全), 等级 1 级; 内梅罗综合污染指数为 0.22, 污染等级为清洁(安全), 等级 1 级。

4) 不同背景(海南省表层土壤重金属背景值, 国家土壤环境质量二级评价标准)为标准评价, 得到的污染等级各不同。

5) 样品中重金属 Pb 地积累污染指数为 0.04, 属于无污染~中污染外, 1 级, 其余的 Cr、Cd、As、Hg 地积累污染指数均小于 0, 属于无污染状态, 0 级。

6) 样品中 Cr、Pb、As 潜在生态危害系数均小于 40.00, 属于轻微生态危害水平; Cd、Hg 的潜在生态危害系数均小于 80.00, 属于中等生态危害水平, 琼中土壤重金属潜在生态危害指数为 138.21, 整体上表现为轻微生态危害。

参考文献

- [1] 李福燕, 李许明, 吴鹏飞, 等. 海南省三亚市部分果蔬重金属含量与污染评价[J]. 中国农业科技导报, 2009, 11(2): 133-137.
- [2] 吕烈武, 郭彬, 漆智平. 海南省万宁市水稻土重金属污染的初步研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(7): 1023-1027.
- [3] 肖智. 海南岛砖红壤中 Mn、Zn、Cu、Ni 含量、分布及污染评价研究[D]: [硕士学位论文]. 海口: 海南师范大学, 2011.
- [4] 谢茵. 海南省水果产地土壤环境质量评价[J]. 热带农业科学, 2017, 37(11): 39-47.
- [5] 张永发, 邝继云, 谢茵, 等. 海南省农产品产地灌溉水环境质量评价[J]. 广东农业科学, 2015(14): 149-154.
- [6] NY/T 395-2012 农田土壤环境质量监测技术规范[S]. 2012.
- [7] NY/T 1377-2007 土壤 pH 的测定[S]. 2007.
- [8] HJ 491-2009 土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法[S]. 2009.
- [9] GB/T 17141-1997 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法[S]. 1997.
- [10] GB/T 22105.2-2008 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第2部分: 土壤中总砷的测定[S]. 2008.
- [11] GB/T 22105.1-2008 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第1部分: 土壤中总汞的测定[S]. 2008.
- [12] 郭跃品, 吴国爱, 付杨荣, 等. 海南省胡椒种植基地土壤中重金属元素污染评价[J]. 地质科技情报, 2007, 26(4): 91-96.
- [13] 张永发, 邝继云, 谢茵, 等. 海南省农产品产地土壤环境质量评价[J]. 亚热带资源与环境学报, 2014, 9(3): 75-81.
- [14] GB15618-1995 土壤环境质量标准[S]. 1995.
- [15] 刘月, 林运萍, 黄世清, 等. 海南岛热带作物产地土壤重金属含量特征及地积累污染评价[J]. 广东农业科学, 2017, 44(7): 59-64.
- [16] 刘月, 林运萍, 黄世清, 等. 海南农垦农产品产地土壤重金属污染分布特征及评价[J]. 热带农业科学, 2017, 37(7): 10-16.
- [17] 李敏. 东寨港红树林湿地生态系统健康压力诊断[D]: [硕士学位论文]. 海口: 海南师范大学, 2015.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org