贵州省修文县猕猴桃生态园区土壤重金属污染现状评价

杜启露[1], 程志飞[2], 刘品桢[3], 吴 迪[1], 沈乾杰[1], 刘晓媛[1]

(1. 贵州师范大学 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州 贵阳 550001;
2. 贵州农业职业学院, 贵州 贵阳 551400 ; 3. 黔南民族师范学院 化学化工学院, 贵州 都匀 558000)

摘 要: [目的] 探讨不同评价方法对贵州省修文县猕猴桃基地适用性,为猕猴桃栽培基地的选择和土壤健康风险研究提供科学依据。[方法] 采用单因子污染指数和内梅罗综合污染指数对基地土壤重金属污染程度进行了分析,同时应用 Hakanson 潜在生态风险指数法和模糊数学法对基地土壤重金属潜在生态风险进行了评价。[结果] A 基地中 Cu,Ni,Hg 分别超过国家土壤环境质量二级标准的 1.03,1.14,2.3 倍;B 基地中 Cu 和 Hg 分别超过国家土壤环境质量二级标准 1.03,2.0 倍;C 基地中 Cu,Ni 和 Hg 分别超过国家土壤环境质量二级标准 1.18,1.01,1.77 倍。用内梅罗综合指数法评价结果表明:A 基地的土壤属于轻度污染级别,B 基地和 C 基地属于尚清洁级别。3 个基地的土壤重金属综合污染指数大小为:A 基地(1.09)>C 基地(0.93)>B 基地(0.91);用潜在生态危害指数法评价结果则表明:A,B,C 这 3 个基地的环境风险综合指数均小于 150,表明 8 种重金属对环境的生态污染指数轻微。3 个基地的土壤重金属环境风险综合污染指数大小为:A 基地(83.61)>C 基地(78.89)>B 基地(75.46);用模糊数学法评价结果表明:A,B,C 基地土壤均属于清洁范围,3 个基地的评价分值大小为:B(97.16)>C(95.44)>A(94.31)。[结论] 修文县猕猴桃 3 个基地的土壤重金属的污染特征大体相同,主要以 Cu,Ni,Hg 为主,但基地土壤受污染程度轻微,土壤状况良好。

关键词: 猕猴桃园区; 土壤; 重金属; 模糊数学法

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2019)01-0264-07 **中图分类号**: X53

文献参数: 杜启露, 程志飞, 刘品桢, 等. 贵州省修文县猕猴桃生态园区土壤重金属污染现状评价[J]. 水土保持通报,2019,39(1):264-270. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.01.042; Du Qilu, Cheng Zhifei, Liu Pinzhen, et al. Evaluation of soil heavy metal pollution in kiwi fruit base of modern ecological park in Xiuwen County, Guizhou Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(1):264-270.

Evaluation of Soil Heavy Metal Pollution in Kiwi Fruit Base of Modern Ecological Park in Xiuwen County, Guizhou Province

Du Qilu[1], Cheng Zhifei[2], Liu Pinzhen[3], Wu Di[1], Shen Qianjie[1], Liu Xiaoyuan[1]

(1. *Guizhou Provincial Key Laboratory for Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou* 550001, *China*; 2. *Guizhou Vocational College of Agriculture, Guiyang, Guizhou* 551400, *China*; 3. *School of Chemistry and Chemical Engineering, Qiannan Normal University for Nationalities, Duyun, Guizhou* 558000, *China*)

Abstract: [Objective] To explore the applicability of different evaluation methods to kiwi fruit base in Xiuwen County, Guizhou Province, in order to provide scientific basis for selecting cultivation base of kiwi and soil health risk research. [Methods] The pollution situations of the heavy metals in soil were analyzed using the single factor pollution index and Nemero comprehensive index method. Moreover, the potential ecological risk of the heavy metals was evaluated using Hakanson potential ecological risk index and fuzzy mathematics method. [Results] The content of Cu, Ni and Hg in the base A were 1.03, 1.14 and 2.3 times higher than those of the national soil environment quality standard, respectively. The contents of Cu and Hg

收稿日期:2018-06-07 **修回日期**:2018-08-10
资助项目:贵州省科技计划项目"基于碳酸钙剂量对黔产红托竹荪富集重金属及产质的机制"黔科合 LH[2016]7204 号
第一作者:杜启露(1993—),女(仡佬族),贵州省铜仁石阡县人,在读硕士,研究方向为环境分析化学。E-mail:duludew@163.com。
通讯作者:吴迪(1977—),男(汉族),贵州省织金县人,正高级实验师,从事环境分析化学工作。E-mail:wudi77@126.com。

in the base B were 1.03 and 2.0 times higher and the content of Cu, Ni and Hg in the base C were 1.18, 1.01 and 1.77 times higher than those of the national soil environmental quality standard, respectively. The results by Nemero comprehensive index method showed that the soil of base A belonged to mild pollution, base B and C was non-pollution. The comprehensive pollution indexes of heavy metals in the soil of the three bases were ranked as: base A (1.09) > base C (0.93) > base B (0.91). The principle of potential ecological hazard index showed that the comprehensive index of environmental risk was less than 150 in all the three bases, indicating that the ecological pollution index of eight heavy metals to the environment was light. The comprehensive pollution indexes of soil heavy metal environmental risk in three bases were ranked as: base A (83.61) > base C (78.89) > base B (75.46). The soil in A, B and C base was clean evaluated by fuzzy mathematics method, and the evaluation value of three bases was ranked as : B (97.16)>C (95.44) >A (94.31). [Conclusion] Comprehensive analysis showed that the pollution characteristics of heavy metals in the soil of three bases of kiwi fruit were basically the same, and the main heavy metal pollution was from Cu, Ni, Hg, but the pollution was light, and the soil was in good condition.

Keywords: kiwi fruit base; soil; heavy metal; fuzzy mathematics method

贵州省昼夜温差大,地势高,被业界专家称之为“世界上最适合猕猴桃种植的地区之一”[1]。为响应国家脱贫攻坚战略,走大力发展绿色高附加值产业道路,开发栽培猕猴桃方案提上日程。修文县位于贵州省中部,距贵阳市 40 km,地处云贵高原腹地东侧梯状斜坡上,地跨东经 106°21′—106°53′,北纬 26°45′—27°12′[1]。冬无严寒,夏无酷暑,境内土壤以酸性或微酸性黄壤为主,十分适宜猕猴桃种植。猕猴桃,又名“奇异果”,富含钾、钙、磷、铁及十多种游离氨基酸,是目前消费量最大的水果之一[2-5]。相关猕猴桃产业的畅销发展给贵州农民带来了巨大的经济实惠,为进一步开拓国际市场,其质量把控非常重要。相关文献表明[5-6]猕猴桃质量与土壤重金属含量息息相关,另外,猕猴桃中重金属含量是其出口的重要指标之一。因此,要严格保障其产品的安全性在研究猕猴桃产业园区中土壤重金属的含量及其生态风险显得尤为重要。猕猴桃的畅销带了贵州经济的发展,而果园土壤中重金属的含量是影响农产品安全的一个重要因素,也是影响猕猴桃含量的主要因素[6-8]。

土壤既是城市污染物的来源也是人类生活系统的来源[9-11]。土壤重金属的研究是国内外学者比较关注的热点,特别是对农田、矿区等地区土壤的研究较多,如国内学者谷阳光等[9]对省会城市土壤、李春芳[10]对龙口市污水灌溉区农田、房增强[11]对铅锌矿区土壤、樊霆等[12]对农田土壤的重金属的分布特征及污染现状进行了分析,美国[13]、印度[14]等国家也对土壤重金属污染状况进行了分析。研究结果显示不同地区农田土壤、矿区土壤均受到不同重金属不同程度的污染。但不论国内国外其研究主要是针对矿区、农田土壤的重金属研究,而对猕猴桃果园土壤研究较少。李晓彤等[15]、杨玉等[16]、王仁才等[17]分别对陕西、湖南、湘西等地区猕猴桃基地土壤重金属的累积状况进行了研究,发现各基地都有少量的重金属超标。因此,本研究拟通过对贵州省修文县绿色产业猕猴桃种植基地土壤重金属进行分析检测和健康风险评价,并探讨不同评价方法对猕猴桃基地适用性,以期为猕猴桃栽培基地的选择和土壤健康风险研究提供科学依据,为打造贵州省“大健康、大生态、高附加值”生态产业链提供预警治理作用。

1　材料与方法

1.1　样品采集与分析方法

1.1.1　*样品采集*　土壤样品来自贵州省修文县猕猴桃种植基地。根据猕猴桃基地环境、土地面积以及土地形状等特征的分布现状,分别布设 5,5,4 个样点单元,为保证样品的代表性,每个样点单元按梅花形布点法进行采样,用 GPS 定位系统定位采集表层 0—20 cm 以下土壤。一个单元内采集四角和中心共 5 个土样,混匀后用四分法取约 1 kg 土壤作为该样点单元的土样。土样经自然风干后,用研磨机研磨至通过 100 目尼龙筛,用塑料自封袋装好并标记。

1.1.2　*分析方法*　土壤 pH 值采用 pH 计测定,重金属元素 Cd,Pb,Cr,Cu,Zn,Ni 运用三酸消解法[18]:准确称量处理后的样品 0.200 0 g 左右,用水润湿,加入三酸(高氯酸∶硝酸=1∶4)消解液 15 ml 和氢氟酸 2 ml,在电热板上进行消解后,用蒸馏水定容至 50 ml。分别用火焰原子吸收分光光度法测定 Cu,Zn,Ni,石墨炉原子吸收法测定 Cd,Pb,Cr。Hg,As 元素采用王水(50%)浸提法:准确称取 0.200 0 g 左右样品于 50 ml 具塞比色管,加超纯水润湿,加入

10 ml消解液(王水∶水=1∶1)于沸水浴中消解 2 h,取下塞子继续在沸水浴中赶酸 2 h 后,取出冷却,用超纯水定容至 50 ml 摇匀后静置,直至澄清。用双道原子荧光光谱法测定 Hg,取待测液 9 ml 加入 1 ml 10%的硫脲反应半小时后用双道原子荧光光谱法测定 As。

1.2 仪器与质量控制

1.2.1 仪器 AAnalyst 原子吸收光谱仪(美国 PerkinElmer 公司),AF-640 原子荧光光谱仪(AFS-933,吉天,中国),石墨炉原子吸收分光光度法(ZEEnit 700 P,Analytik Jena,德国),pHS-3C 精密酸度计,电热板。主要试剂有 HCl,HNO_3,$HClO_4$,HF 等,均为优级纯,其余试剂为分析纯。

1.2.2 质量控制 为保证试验数据的准确性和科学性,本研究以土壤标样(GBW 07408)进行质量控制,每个样品设 3 个重复,重复之间标准偏差均小于 10%,所得数据结果均用样品空白进行校正,质控样及平行样之间的标准偏差均小于 10%。试验中,所用器皿用 10% HNO_3 浸泡 24 h 后,用超声波清洗之后用去离子水润洗 3 次后备用,试验所用酸均为国药优级纯、所用试剂为分析纯,分析用水为超纯水。

1.3 评价标准及方法

1.3.1 评价标准 本文采用《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)二级标准值和贵州省土壤重金属背景值作为土壤污染的评价标准[19](见表 1)

表 1 土壤环境质量标准值(GB15618—1995) mg/kg

元素	一级自然背景	二级			三级
		pH<6.5	6.5<pH<7.5	pH>7.5	
Cr	90	150	200	250	300
Cd	0.2	0.3	0.3	0.6	1
Pb	35	250	300	350	500
Cu	35	50	100	100	400
Zn	100	200	250	300	500
Ni	40	40	50	60	200
Hg	0.15	0.3	0.5	1	1.5
As	15	40	30	25	40

1.3.2 单因子污染指数评价法 测定土壤中某一金属污染采用单因子污染[20-22]指数法,计算公式如下:

$$P_i = C_i / S_i \tag{1}$$

式中:P_i——重金属 i 的单项污染指数;C_i——元素 i 的实际测量值;S_i——元素 i 的标准值。当 $P_i \leqslant 1$ 表明土壤未污染;$1 < P_i \leqslant 2$ 表示轻污染;$2 < P_i \leqslant 3$ 表示中污染;$P_i > 3$ 表示重污染。P_i 值越大,则说明土壤污染越严重。

1.3.3 内梅罗综合污染指数法 对土壤中各项污染元素综合形成的对环境的影响采用内梅罗综合污染指数法[23-24],计算公式如下:

$$P_{int} = \sqrt{\frac{P_{i\max}^2 + P_{iave}^2}{2}} \tag{2}$$

式中:P_{int}——考虑所有金属元素污染后第 i 个点的综合污染指数;$P_{i\max}$——第 i 个点单因子污染指数的最大值;P_{iave}——第 i 个点单因子污染指数的平均值。内梅罗综合污染指数的评价分级见表 2。

表 2 内梅罗综合污染指数 P_{int} 等级划分

综合污染指数 P_{int}	污染等级	分级	污染水平
$P_{int} \leqslant 0.7$	安全	Ⅰ	清 洁
$0.7 < P_{int} \leqslant 1$	警戒	Ⅱ	尚清洁
$1 < P_{int} \leqslant 2$	轻度污染	Ⅲ	轻度污染
$2 < P_{int} \leqslant 3$	中度污染	Ⅳ	中度污染
$P_{int} > 3$	严重污染	Ⅴ	污染严重

1.3.4 潜在生态危害指数法 潜在生态危害指数法[24-25]是瑞典学者 Hakanson 在 1980 年根据沉淀学的原理形成了一套评价重金属污染以及生态危害的方法。该方法在考虑了土壤重金属含量的同时还将重金属的生态及环境效益与环境化学、毒理学等内容相结合,是当前最常用的一种评价方法。计算公式如下:

$$C_f^i = \frac{C_s^i}{C_n^i} \tag{3}$$

$$E_r^i = T_r^i C_f^i \tag{4}$$

$$R_I = \sum_{i=1}^{n} T_r^i E_r^i \tag{5}$$

式中:C_f^i——元素 i 的相对参比值污染系数;C_s^i——元素 i 的实际测量值;C_n^i——元素 i 的标准值;T_r^i——土壤中元素 i 的毒性响应系数;R_I——多种元素共同作用的环境风险综合指数;E_r^i——土壤中元素 i 的潜在生态危害系数。潜在环境风险指数评价分解标准见表 3。

表 3 土壤重金属潜在风险指数评价分级标准

E_r^i 值	单元素污染指数	R_I 值	多元素综合污染指数
$E_r^i \leqslant 40$	轻微	$R_I \leqslant 150$	轻微
$40 < E_r^i \leqslant 80$	中等	$150 < R_I \leqslant 300$	中等
$80 < E_r^i \leqslant 160$	强	$300 < R_I \leqslant 600$	强
$160 < E_r^i \leqslant 320$	很强	$R_I > 600$	极强
$E_r^i > 320$	极强		

1.3.5 模糊综合评价法 模糊数学分析方法是利用模糊集合将一些模糊性问题量化处理,是在选定参数因子后,用隶属度划分评级界限,通过不同评价因子

的权重分析来最终确定评价级别[26-27],综合前人的研究结果和使用经验,结合采样区的实际特征,构建模糊数学环境污染评价模型[27-30]。其各因子计算公式如下:

一级隶属度函数:

$$R(u_i)=\begin{cases}1 & (u_i\leqslant a_i)\\ (u_i-a_i)/(b_i-a_i) & (a_i<u_i<b_i)\\ 0 & (u_i\geqslant b_i)\end{cases} \quad (6)$$

二级隶属度函数:

$$R(u_i)=\begin{cases}0 & (u_i\leqslant a_i)\\ (u_i-a_i)/(b_i-a_i) & (a_i<u_i<b_i)\\ (c_i-u_i)/(c_i-b_i) & (b_i<u_i<c_i)\\ 0 & (u_i>c_i)\end{cases} \quad (7)$$

三级隶属度函数:

$$R(u_i)=\begin{cases}0 & (u_i\leqslant b_i)\\ (u_i-b_i)/(c_i-b_i) & (b_i<u_i<c_i)\\ 1 & (u_i\geqslant c_i)\end{cases} \quad (8)$$

$$W_i=\frac{u_i/s_i}{\sum_{i=1}^{n}u_i/s_i} \quad (9)$$

$$b_j=\sum_{i=1}^{n}W_iR_{i,j} \qquad (j=1,2,3,\cdots,n) \quad (10)$$

$$\delta_i=\frac{b_j^k}{\sum_{j=1}^{m}b_j^k} \quad (11)$$

$$c=\sum_{i=1}^{m}\delta_i c_j \quad (12)$$

式中:u_i——第 i 种重金属含量的实测值;a_i,b_i,c_i——第 i 种重金属对应于一、二、三级土壤重金属环境质量状况的标准值;W_i——第 i 个因子的权重;s_i——第 i 个因子对应的各土壤重金属一、二、三级质量级别总和的平均值〔$s_i=(s_1+s_2+s_3)/3$〕;b_j——加权后对应的第 j 个等级的隶属度;$R_{i,j}$——单因子评价矩阵 R 中元素各等级对应的隶属度;δ_i——第 j 级别的权重;k——选定的正实数($k=2$);c_j——第 j 等级环境质量水平的标准分值(土壤重金属环境质量一级水平的评价分值为 100,二级为 80,三级为 60)。

1.4　数据处理

采用 Origin 作图,并用 Excel,SPSS 软件对数据进行统计和分析。

2　结果与分析

2.1　土壤重金属描述性统计

根据 pH 值结果可知,3 个基地土壤的 pH 值均小于 6.5,土壤整体偏弱酸性。由表 4 可知,3 个猕猴桃基地中,土壤重金属的含量各不相同。以 A,B,C 3 个基地的重金属含量均值与土壤环境质量二级标准值进行比较发现,A 基地中 Cu,Ni,Hg 分别超过土壤环境质量二级标准值的 1.03,1.14,2.3 倍;B 基地中 Cu 和 Hg 分别超过土壤环境质量二级标准值的 1.03,2 倍;C 基地中 Cu,Ni 和 Hg 分别超过土壤环境质量二级标准值的 1.18,1.01,1.77 倍。对比 3 个基地受污染程度发现:3 个基地土壤中 Cu 和 Hg 都超标,且 A 和 C 基地中 Ni 含量也部分超标,说明不同基地受重金属污染程度和污染元素不同,研究区主要表现为以 Hg,Cu 为主的多种重金属混合污染。

表 4　修文县矿区周边农田土壤重金属元素的含量及超标率

	项目	Cr	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Hg	As
A区	重金属含量/(mg·kg^{-1})	49.99±7.75	0.17±0.02	25.20±7.11	51.60±10.03	66.84±35.24	45.69±21.60	0.69±0.11	11.77±3.33
	样点超标率/%	0	0	0	60	0	40	100	0
B区	重金属含量/(mg·kg^{-1})	48.18±17.75	0.17±0.02	27.28±6.99	51.33±12.38	63.77±32.77	29.80±9.20	0.60±0.09	13.97±2.06
	样点超标率/%	0	0	0	40	0	20	100	0
C区	重金属含量/(mg·kg^{-1})	53.72±10.34	0.26±0.16	23.17±1.28	59.22±24.33	63.19±33.82	40.22±15.79	0.53±0.05	12.93±1.11
	样点超标率/%	0	20	0	40	0	40	100	0

2.2　土壤重金属的内梅罗综合污染指数

根据公式(1)—(2)计算,得到不同基地土壤中重金属单因子污染指数如图 1 所示。Hg 的单因子污染指数最大,介于 1～2 之间,属于轻度污染,其大小顺序为:A 基地(1.39)>B 基地(1.20)>C 基地(1.06)。Ni,Cd 次之,单因子污染指数相差不大。不同基地土壤中 Pb 的单因子污染指数最小,潜在危害较小。综上可知,园区基地土壤受到不同程度的 Hg 污染,但污染程度不明显,在可控范围内。考虑 Cr,Cd,Pb,Cu,Zn,Ni,Hg,As 的综合效应,得到不同基地土壤的重金属综合污染指数见图 2。结果表明:A 基地属于轻度污染级别;B 基地和 C 基地属于尚清洁级别。3 个基地的土壤重金属综合污染指数大小为:A 基地(1.09)>C 基地(0.93)>B 基地(0.91),综合污染指数大小顺序与单因子污染指数顺序不同,表明不同基地中重金属的富集情况存在不同。

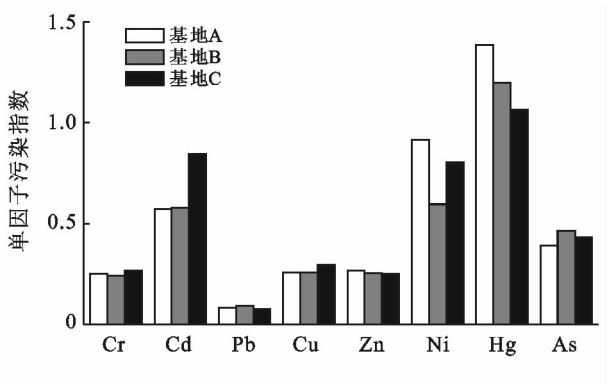


图 1 修文县猕猴桃基地土壤重金属单因子污染指数评价结果(以国家二级标准值评价)

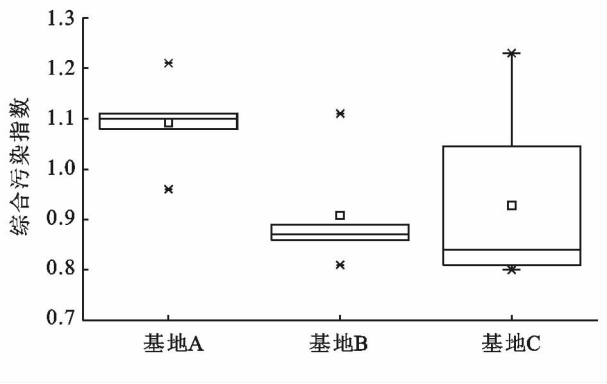


图 2 修文县猕猴桃不同基地土壤的重金属综合污染指数

2.3 土壤重金属的单因子潜在生态危害

根据公式(3)—(5)计算可得,不同基地土壤中重金属单因子潜在生态危害系数如图 3 所示。Hg 的单因子潜在生态危害系数最大,属于中等污染级别,其大小顺序为:A 基地(55.45)>B 基地(47.95)>C 基地(42.53)。Cd 次之,各基地潜在危害系数相差不大。不同基地土壤中 Zn 的单因素潜在生态危害系数最小,潜在危害较小。综上可知,园区基地土壤中 Hg 的单因素潜在危害属于中等级别,具有一定的潜在风险。考虑 Cr,Cd,Pb,Cu,Zn,Ni,Hg,As 的综合效应,得到不同基地土壤的重金属环境风险综合污染指数如图 4 所示。结果表明:A,B,C 这 3 个基地的环境风险综合指数均小于 150,表明 8 种重金属对环境的生态污染指数轻微。3 个基地的土壤重金属环境风险综合污染指数大小为:A 基地(83.61)>C 基地(78.89)>B 基地(75.46),环境风险综合指数大小顺序与单因素潜在生态风险指数顺序略有不同。

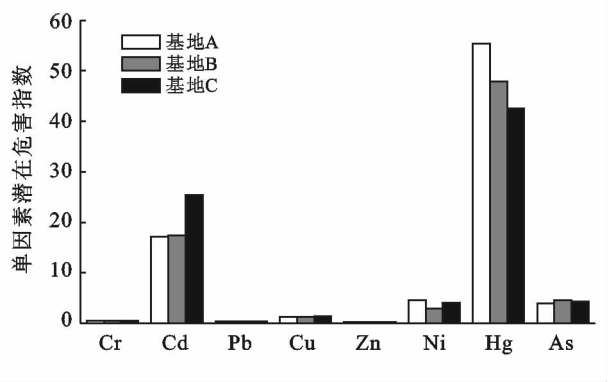


图 3 修文县猕猴桃基地土壤重金属的单因子潜在生态危害系数

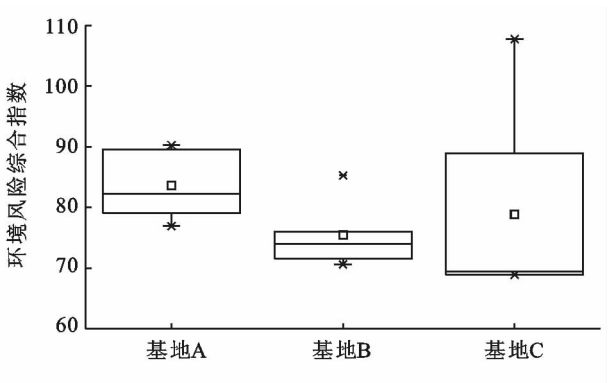


图 4 修文县猕猴桃不同基地土壤的环境风险综合指数

2.4 用模糊数学法的评价结果

选取 3 个猕猴桃基地的土样作为待评价对象,以 Pb,Cd,Cr,As,Zn,Ni,Hg,Cu 这 8 种重金属为单项评价因子进行分析,根据公式(6)—(8)建立各重金属元素对应于土壤重金属环境质量等级的隶属度函数,并按照关系模糊矩阵的建立方法及评价标准计算关系模糊矩阵。以 A 基地为例计算关系模糊矩阵,结果如表 5 所示。由表 5 可见,A 基地中 Cr,Cd,Pb,Zn 和 As 的一级隶属度均为 1,二、三级均为 0,说明 Cr,Cd,Pb,Zn 和 As 的污染程度为一级,污染最轻,其余重金属通过比较其一、二级隶属度的大小即可划分重金属的污染等级。

表 5 修文县猕猴桃 A 基地重金属污染评价的隶属度矩阵

隶属度	Cr	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Hg	As
一级	1	1	1	0.90	1	0.43	0	1
二级	0	0	0	0.10	0	0.57	0.81	0
三级	0	0	0	0	0	0	0.19	0

根据表 5 得到的隶属度,按照公式(9)计算基地各参评因子的权重,得到重金属的权重模糊矩阵。基地的重金属权重见图 5。由图 5 可知,在 A,B,C 基地中 Hg 的权重最高,分别为 31.66,29.91,24.88,Ni,

As,Cd,Cu,Zn 次之,Pb 的权重最低。在 A 基地中 8 种重金属权重大小为:Hg>Ni>As>Cd>Cr>Cu>Zn>Pb,B 基地为:Hg>As>Cd>Ni>Cr>Cu>Zn>Pb,C 基地为:Hg>Cd>As>Ni>Cu>Cr>Zn>Pb,A,B,C 基地前 4 种重金属占总权重的百分比分别为 72.73 %,71.01 %,71.18 %。3 个基地的重金属权重大小顺序相差不大,说明其污染来源可能相同,且 Hg,Ni,As,Cd 重金属在各基地中相对于其他重金属污染较重。

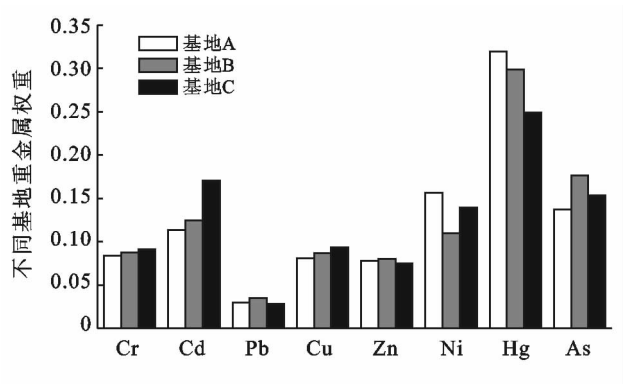


图 5　修文县猕猴桃各基地的重金属权重

采用加权平均模型进行综合评价,根据公式(10)—(12),得到 3 个基地的评价分值(表 6),从评价分值可以直观地看出 3 个基地土壤重金属环境质量的优异。由表 6 可得,B 基地的评价分值最高,C 基地次之,A 基地分值最低,即 B 基地的污染程度最轻,A 基地的污染程度最重;根据 3 个基地的评价分值和隶属度分布情况可得出基地重金属污染程度为 A>C>B,A,B,C 基地均为一级,说明 A,B,C 基地的重金属综合污染很轻,均属于清洁级别。

表 6　修文县猕猴桃各基地重金属污染模糊数学法评价结果

评价模型	评价指标	基地		
		A	B	C
加权平均模型	一级隶属度	0.72	0.86	0.77
	二级隶属度	0.27	0.14	0.23
	三级隶属度	0.01	0.00	0.00
	评价分值	94.31	97.16	95.44
	等 级	一级	一级	一级

2.5　评价分析

由表 7 可知,3 种评价结果稍有差异,内梅罗指数法表明:A 基地土壤存在轻微污染,B,C 基地的土壤重金属还在警戒范围之内;潜在生态危害指数法表明 3 个基地均处于轻微生态风险水平;模糊数学法表明 A,B,C 基地土壤属于清洁范围。内梅罗污染指数法作为美国法庭通用的评价生态环境风险的方法主要针对于固体废物毒性,潜在生态危害指数法则将环境生态效应与毒理学联系起来,模糊数学法是利用模糊集合将一些模糊性问题量化处理,通过不同评价因子的权重分析来最终确定评价级别。所以针对不同的土壤污染状况,选择合适的评价方法,需要继续深入研究。

表 7　修文县猕猴桃各基地重金属污染评价结果

基地	内梅罗综合污染指数法	潜在生态危害指数法	模糊综合评价法
A	轻度污染	轻 微	清 洁
B	警 戒	轻 微	清 洁
C	警 戒	轻 微	清 洁

3　结 论

(1) 重金属含量调查结果显示 3 个基地土壤中 Cu 和 Hg 的均值都超过国家土壤环境质量二级标准,A 和 C 基地中 Ni 含量也超标,说明 3 个基地土壤受到了重金属不同程度的污染。

(2) 采用评价方法对矿区周围土壤生态风险进行评价,3 种方法虽然侧重点不同,但结果差异不大。内梅罗综合指数法结果表明 B,C 基地的土壤重金属还在警戒范围之内,A 基地土壤存在轻微污染;潜在生态危害指数法则表明各采样点各元素均处于轻微生态风险水平;模糊数学法表明:A,B,C 基地土壤属于清洁范围。

(3) 本文对修文猕猴桃基地土壤重金属的污染状况及生态风险进行了研究,为猕猴桃栽培基地的选择和土壤健康风险提供了理论依据,但在研究内容上未将猕猴桃对重金属的富集情况联系起来,是本研究的不足。

[参 考 文 献]

[1] 刘晗. 贵州黄壤重金属赋存形态与猕猴桃品质的关系[D]. 贵阳:贵州大学,2017.

[2] Guo Jing, Yue Tianli, Li Xiaotong, et al. Heavy metal levels in kiwifruit orchard soils and trees and its potential health risk assessment in Shaanxi, China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2016,23(14):14560-14566.

[3] 张翼飞,王洋,任丹,等. 无公害猕猴桃生产基地土壤中重金属累积状况研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(3):219-223.

[4] Gu Chiming, Mohamed Ibrahim, Fang Chen, et al. Distribution and ecological assessment of heavy metals in irrigation channel sediments in a typical rural area of South China [J]. Ecological Engineering, 2016,90:466-472.

[5] 郭伟,孙文惠,赵仁鑫,等.呼和浩特市不同功能区土壤重金属污染特征及评价[J].环境科学,2013,34(4):1561-1567.

[6] 于振兴.土壤盐胁迫下植物之间的相互作用及根系和丛枝菌根的影响[D].杭州:浙江大学,2015.

[7] 黄诚,周长春,李伟.猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J].食品科技,2007,32(4):51-55.

[8] 崔莹.猕猴桃属植物化学成分及药理活性研究进展[J].西安文理学院学报:自然科学版,2011,14(4):21-25.

[9] 谷阳光,高富代.我国省会城市土壤重金属含量分布与健康风险评价[J].环境化学,2017,36(1):62-71.

[10] 李春芳,王菲,曹文涛,等.龙口市污水灌溉区农田重金属来源、空间分布及污染评价[J].环境科学,2017,38(3):1018-1027.

[11] 房增强.铅锌矿区土壤重金属污染特征及稳定化研究[D].北京:中国矿业大学,2016.

[12] 樊霆,叶文玲,陈海燕,等.农田土壤重金属污染状况及修复技术研究[J].生态环境学报,2013,22(10):1727-1736.

[13] Finkelman R B, Gross P M K. The types of data needed for assessing the environmental and human impacts of coal [J]. International Journal of Coal Geology, 1999, 40(2/3):91-101.

[14] Mishra V K, Upadhyaya A R, Pandey S K, et al. Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophytes [J]. Bioresource Technology, 2008,99(5):930-936.

[15] 李晓彤,岳田利,胡仲秋,等.陕西省猕猴桃园土壤重金属含量及污染风险评价[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2015,43(2):172-178.

[16] 杨玉,童雄才,王仁才,等.湖南猕猴桃园土壤重金属含量分析及污染评价[J].农业现代化研究,2017,38(6):1097-1105.

[17] 王仁才,石浩,庞立,等.湘西猕猴桃种植基地土壤和猕猴桃中重金属积累状况研究[J].农业资源与环境学报,2017,34(3):280-285.

[18] Mugoša B, Djurovi C D, Pirnat A, et al. Children's health risk assessment based on the content of toxic metals Pb, Cd, Cu and Zn in urban soil samples of Podgorica, Montenegro[J]. Vojnosanitetski Pregled, 2015,72(9):807-812.

[19] 国家环境保护局科技标准司. GB 15618-1995 土壤环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,1995.

[20] 方晓波,史坚,廖欣峰,等.临安市雷竹林土壤重金属污染特征及生态风险评价[J].应用生态学报,2015,26(6):1883-1891.

[21] 王斐,黄益宗,王小玲,等.江西钨矿周边土壤重金属生态风险评价:不同评价方法的比较[J].环境化学,2015,34(2):225-233.

[22] Zhao Renxin, Guo Wei, Sun Wenhui, et al. Distribution characteristic and assessment of soil heavy metal pollution around Baotou Tailings in Inner Mongolia, China[J]. Advanced Materials Research, 2012, 356-360:2730-2736.

[23] 李存雄,王晓莉,吴迪,等.黔西北红托竹荪种植区土壤重金属含量及污染特征分析[J].湖北农业科学,2011,50(18):3739-3742.

[24] Lin Wenjie, Chen Chulian, Xu Subiao. Heavy metal contamination and environmental concerns on orchard at abandoned Tungsten mine, Southern China[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 295-298: 1609-1614.

[25] 徐争启,倪师军,庹先国,等.潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J].环境科学与技术,2008,31(2):112-115.

[26] 谢志宜,张雅静,陈丹青,等.土壤重金属污染评价方法研究:以广州市为例[J].农业环境科学学报,2016,35(7):1329-1337.

[27] 范明毅,杨皓,黄先飞,等.喀斯特山区燃煤电厂土壤重金属污染评价[J].化工环保,2016,36(3):338-344.

[28] Onkal-Engin G, Demir I, Hiz H. Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation [J]. Atmospheric Environment, 2004,38(23):3809-3815.

[29] 朱青,周生路,孙兆金,等.两种模糊数学模型在土壤重金属综合污染评价中的应用与比较[J].环境保护科学,2004,30(3):53-57.

[30] Liu Li, Zhou Jianzhong, An Xueli, et al. Using fuzzy theory and information entropy for water quality assessment in Three Gorges region, China[J]. Expert Systems with Applications, 2010,37(3):2517-2521.