

海南槟榔园土壤重金属含量分布与评价

谭业华^{1*}, 魏建和², 陈 珍¹, 高微微² (1. 中国医学科学院药用植物研究所海南分所, 海南 万宁 571533; 2. 中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193)

摘要: 运用常规分析方法, 测定海南不同地区和不同种植年限槟榔园土壤铜、铅、总砷和总汞含量。采用污染指数分析法, 评价槟榔园土壤重金属环境污染状况。结果表明, 除翰林样区槟榔园土壤列为Ⅱ级“警戒”土壤质量等级外, 其他土壤铜 $[(18.68 \pm 14.25) \text{mg/kg}]$ 、铅 $[(25.27 \pm 7.83) \text{mg/kg}]$ 、总砷 $[(2.89 \pm 2.43) \text{mg/kg}]$ 和总汞 $[(0.08 \pm 0.07) \text{mg/kg}]$ 含量均未超出国家一级土壤环境质量标准。不同地区间, 槟榔土壤铜、铅和总砷含量差异显著; 不同种植年限间, 槟榔土壤铜、铅、总砷和总汞含量差异十分显著。

关键词: 海南; 槟榔; 土壤; 重金属元素; 土壤环境质量

中图分类号: X825 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2011)05-0815-05

Distribution and evaluation of heavy metal contents in the soil of *Areca catechu* plantations in Hainan. TAN Ye-hua^{1*}, WEI Jian-he², CHEN Zhen¹, GAO Wei-wei² (1. Hainan Branch of Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical science, Wanning 571533, China; 2. Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical Science, Beijing 100193, China). *China Environmental Science*, 2011, 31(5): 815~819

Abstract: The soil copper, lead, total arsenic, and total mercury of *Areca catechu* plantations in Hainan between the different regions and different years of cultivation was measured by conventional analysis methods. Soil heavy metal pollution of *Areca catechu* plantations was evaluated using pollution index analysis. Soil Cu $[(18.68 \pm 14.25) \text{mg/kg}]$, lead $[(25.27 \pm 7.83) \text{mg/kg}]$, total arsenic $[(2.89 \pm 2.43) \text{mg/kg}]$ and total mercury $[(0.08 \pm 0.07) \text{mg/kg}]$ content was within the standards, listed as the first level of soil environmental quality standards, but garden soil of *Areca catechu* in Hanlin sample plot were listed as grade II "alert" level of soil quality. The soil copper, lead, and total arsenic in *Areca catechu* plantations were very significant difference between different regions. The soil copper, lead, total arsenic and total mercury in *Areca catechu* plantations were very significant difference between different years of cultivation.

Key words: Hainan; *Areca catechu*; soil; heavy metal; the soil quality

铜、铅、砷和汞是土壤中较普遍的污染物^[1-2], 也是农业生产中化肥和农药等化工产品所造成的次生污染物。这类重金属可通过地表水系及土壤-植物系统, 直接危及人类健康, 因此被列为我国食品质量安全的重要卫生指标^[3]。槟榔(*Areca catechu* L.)系我国四大“南药”之首, 2008年度海南槟榔种植面积已达 6.28 万 hm^2 ^[4], 槟榔土壤重金属元素分布状况值得关注。本试验将考察海南四大自然区的五大槟榔主产区不同种植年限的槟榔种植地土壤重金属元素分布状况, 如变异度、不同土壤类型的差异性、不同地区的差异性和不同种植年限的差异性, 并以此对该区土壤环境质量、污染状况进行评价。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

选择海南槟榔主产地一定安县翰林、屯昌县中坤、万宁市兴隆、三亚市南田和三亚市南滨作为研究样区, 各区基本概况详见表 1。

1.2 样品采集

在研究区中, 选择土壤类型、槟榔生产管理和槟榔植株生态势等具有代表性的槟榔园, 供试土壤分别设置根区土壤(距树头 30cm 的土壤)、

收稿日期: 2010-09-06

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BA109B03-2, 2007BA-127B03)

* 责任作者, 副研究员, tyh13078950896@yahoo.com.cn

园区土壤和对照区土壤(槟榔园周边相邻的空置露地).土壤采样深度为耕层下 0~20cm,采样方法为 S 形多点取样组成混合土样.

平均每个样区采集 3~4 个混合土样,每个混合土样由 9 个采样点的混合土壤组成,用四分法删除多余部分,只保留 1kg 土样供前处理及测样.

表 1 各研究区概况

Table 1 Overview of research areas

自然区	样区及编号	种植年限(a)	海拔高度(m)	年均温(℃)	年雨量(mm)	土壤类型
东北自然区	定安县翰林(L)	10	143.4	25.5	2300	黏质砾土、火山灰土
	定安县翰林(J)	18	143.3	25.5	2300	
	定安县翰林(I)	32	151	25.5	2300	
中北自然区	屯昌县中坤(H)	13	143	23.2	2350	砾质黏壤、黄色砖红
	屯昌县中坤(F)	20	128	23.2	2350	
	屯昌县中坤(G)	32	125	23.2	2350	
东部自然区	万宁市兴隆(N)	12	32.1	24.2	2400	黄色砖红壤
	万宁市兴隆(M)	24	36.5	24.2	2400	
东南沿海	三亚市南田(D)	13	36.6	24.6	1600	砖红砂壤土
藤桥区	三亚市南田(E)	25	13.1	24.6	1600	
东南沿海	三亚市南滨(A)	15	53	24.7	1253.7	黄色砂壤土、积潮砂土
崖城区	三亚市南滨(C)	21	7.9	24.7	1253.7	
	三亚市南滨(B)	22	13.4	24.7	1253.7	

1.3 测定方法

土壤重金属铜采用火焰原子吸收分光光度法测定(GB/T17138-1997)^[5],铅采用 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法测定(GB/T17140-1997)^[6],总砷采用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法测定(NY/T1121.11-2006)^[7],总汞采用氢化物发生原子荧光法测定(NY/T1121.10-2006)^[8].具体分析测试工作委托海南省农垦中心测试站承担.

1.4 评估方法与标准

土壤变异系数(CV)可用以表示土壤各肥力指标的离散程度,其大小受随机性因素如施肥、耕作措施和土地利用方式等的影响.CV<15%为弱变异性,CV 10%~75%为中等变异性,CV>75%为强变异性^[9].

本试验采用国家土壤环境质量标准(GB15618-1995)中的二级标准^[10](表 2)和中国绿色食品发展中心推荐的土壤污染分级标准^[11](表 3),运用污染指数评价法^[12],对槟榔土壤重金属元素含量测定结果进行统计分析和评估.单因子污染指数计算公式:

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

式中: I_i 为污染物单项污染指数; C_i 为污染物实测值; S_i 为污染物评估标准值.

多因子综合污染指数计算公式:

$$P^2 = (I_a^2 + I_{\max}^2) / 2 \tag{2}$$

式中: P 为综合污染指数; I_a 为各单项污染指数(I_i)的平均值; $I_{\max}$ 为各单项污染指数中的最大值.

表 2 土壤环境质量标准

Table 2 Soil Environmental Quality Standard

级别	铜(mg/kg)	铅(mg/kg)	砷(mg/kg)	汞(mg/kg)
一级	≤35	≤35	≤15	≤0.15
二级	≤50	≤250	≤30	≤0.30
三级	≤400	≤500	≤30	≤1.5

表 3 土壤质量等级划分标准

Table 3 Classification of soil quality standards

等级序号	污染指数(P)	质量等级	污染水平
I	[0,0.7]	安全	清洁
II	[0.7,1.0]	警戒	尚清洁
III	[1.0,2.0]	轻度污染	土壤轻度污染,作物开始污染
IV	[2.0,3.0]	中度污染	土壤、作物均已受到中度污染
V	[3.0,∞]	重度污染	土壤、作物受到严重污染

2 结果与分析

2.1 不同类型槟榔土壤重金属元素的特性

由表 4 可知,无论何种类型的槟榔土壤,总体上重金属元素铜、铅、总砷和总汞含量都不超一级土壤环境质量标准.根区和园区土壤的铅及园区土壤的总

汞属于中等程度变异,变异系数相对较小,根区和园区土壤的铜和总砷及其根区土壤的总汞属于强变异性,变异系数较大,分布不均匀.特别是根区土壤的总汞,个别地区采样点的槟榔根区土壤中总汞含量(0.4mg/kg)超出了国家二级标准值(汞≤0.30mg/kg),即超出了保障农业生产,维护人体健康的土壤限制值.

表 4 不同类型土壤重金属元素的统计分析
Table 4 Statistical analysis of heavy metal elements between different types of soil

重金属	根区土壤 ^a		园区土壤 ^b		槟榔土壤 ^c	
	平均值±标准差(mg/kg)	CV(%)	平均值±标准差(mg/kg)	CV(%)	平均值±标准差(mg/kg)	CV(%)
铜	18.19±13.94	76.6	19.21±15.04	78.3	18.68±14.25	76.3
铅	26.7±8.04	30.1	23.73±7.6	32.0	25.27±7.83	30.9
总砷	2.72±2.37	87.1	3.09±2.57	83.2	2.89±2.43	84.1
总汞	0.08±0.09	112.5	0.07±0.02	28.6	0.08±0.07	87.5

注: a.采样点铜为144个,混样16个;铅、总砷、总汞分别为99个,11个; b.采样点铜为135个,混样15个;铅、总砷、总汞分别为90个,10个; c. 槟榔土壤数据是根区土壤数据和园区土壤数据的统计值

2.2 不同地区的槟榔土壤重金属元素的差异性

不同地区的槟榔土壤重金属元素的方差分析见表 5.由表 5 可知,槟榔土壤铜含量地区比较:翰林样区极显著地大于中坤、南滨、兴隆和南田样区.槟榔土壤铅含量地区比较,兴隆样区极显著地大于南滨、翰林、南田和中坤样区.槟榔土壤总砷含量地区比较:南滨样区显著地大于南田样区,极显著地大于兴隆和中坤样区.翰林样区显著地大于南田样区和兴隆样区,极显著地大于中坤样区.槟榔土壤中的总汞含量地区差异不显著.

2.3 不同种植年限的槟榔土壤重金属元素的差异性

不同种植年限的槟榔土壤重金属元素的方差分析见表 6.由表 6 可知,重金属铜、铅、总砷和总汞不同种植年限间的含量变化都呈现出波浪状,铜的峰值依高到低分别为 10a、18a 和 32a; 铅分别为 21a、10a 和 13a;总砷分别为 21a、10a 和 18a;总汞分别为 15a、21a 和 25a.

2.4 槟榔土壤重金属元素的质量评价

依据国家土壤环境质量标准(GB15618-1995)中的二级标准,分别计算槟榔土壤重金属元素的单因子污染指数和多因子综合污染指数.具体环境质量污染指数见表 7.

表 5 不同地区的槟榔土壤重金属元素的方差分析
(mg/kg)

Table 5 Variance analysis of soil heavy metals in *Areca catechu* plantations between different regions(mg/kg)

重金属	地区	样品均值	差异			
铜	翰林	46	31.94**	32.13**	35.38**	36.13**
	中坤	14.06	0.19	3.43	4.18	
	南滨	13.87	3.24	3.99		
	兴隆	10.63	0.75			
	南田	9.88				
铅	兴隆	37.93	12.88**	13.64**	14.28**	17.93**
	南滨	25.05	0.77	1.4	5.05	
	翰林	24.28	0.63	4.28		
	南田	23.65	3.65			
	中坤	20				
总砷	南滨	5.25	0.667	3.345*	3.75**	4.46**
	翰林	4.58	2.678*	3.083*	3.79**	
	南田	1.905	0.405	1.112		
	兴隆	1.5	0.707			
	中坤	0.793				
总汞	南滨	0.138	0.063	0.078	0.083	0.088
	南田	0.075	0.016	0.019	0.025	
	翰林	0.059	0.004	0.009		
	兴隆	0.055	0.006			
	中坤	0.049				

注:*-0.05显著水平;**-0.01显著水平

表 6 不同种植年限的槟榔土壤重金属元素的方差分析(mg/kg)
Table 6 Variance analysis of soil heavy metals in *Areca catechu* plantations between different years of cultivation (mg/kg)

重金属	年限(a)	样品均值		差异				
铜	10	49.45	5.95	18.1**	28.2**	37.35**	39.64**	43.32**
	18	43.5	12.2*	22.25**	31.4**	33.69**	37.37**	
	32	31.35	10.1	19.25**	21.54**	25.22**		
	21	21.25	9.15	11.44*	15.12*			
	13	12.1	2.29	5.97				
	15	9.81	3.68					
	25	6.13						
铅	21	31.35	3.9	8.45*	9.15*	9.25*	10.92**	12.25**
	10	27.45	4.55	5.25	5.35	7.02	8.35*	
	13	22.9	0.7	0.8	2.47	3.8		
	25	22.2	0.1	1.77	3.1			
	18	22.1	1.67	3				
	32	20.43	1.33					
	15	19.1						
总砷	21	9.31	4.3**	5.505**	6.455**	6.51**	7.66**	8.46**
	10	4.995	1.19	2.14	2.195	3.345**	4.145**	
	18	3.805	0.95	1.005	2.155	2.955*		
	32	2.855	0.06	1.205	2.005			
	15	2.8	1.15	1.95				
	13	1.65	0.8					
	25	0.85						
总汞	15	0.25	0.1**	0.168**	0.187**	0.189**	0.196**	0.197**
	21	0.102	0.02	0.039	0.041	0.048	0.049	
	25	0.082	0.02	0.021	0.028	0.029		
	18	0.063	0.002	0.009	0.01			
	10	0.061	0.007	0.008				
	32	0.054	0.001					
	13	0.053						

注: *-0.05显著水平; ** -0.01显著水平

表 7 槟榔土壤重金属元素环境质量污染指数
Table 7 Pollution index of environment quality of soil heavy metal in *Areca catechu* plantations

地区	不同区域 土壤	单因子污染指数(I_i)				综合污染指数(P)
		铜	铅	总砷	总汞	
翰林	根区平均值	0.903	0.103	0.143	0.186	0.68
中坤	根区平均值	0.293	0.087	0.023	0.163	0.233
兴隆	根区平均值	0.22	0.165	0.045	0.185	0.19
南田	根区平均值	0.195	0.11	0.075	0.265	0.225
南滨	根区平均值	0.27	0.1	0.167	0.58	0.503
根区总平均		0.376	0.113	0.091	0.276	0.366
翰林	园区平均值	0.937	0.093	0.163	0.207	0.707
中坤	园区平均值	0.29	0.07	0.033	0.163	0.227
兴隆	园区平均值	0.205	0.135	0.06	0.185	0.18
南田	园区平均值	0.205	0.08	0.055	0.235	0.22
南滨	园区平均值	0.287	0.103	0.18	0.333	0.293
园区总平均		0.385	0.096	0.098	0.225	0.325
总平均值		0.381	0.105	0.094	0.25	0.346

由表 7 可知,从海南总体上分析:无论何种区域的槟榔土壤重金属元素铜、铅、总砷和总汞的单因子污染指数和综合污染指数都 <0.7 ,均属于 I 级“安全”土壤质量等级,处于“清洁”环境水平.但从地区分类上分析,地处海南东北自然区的翰林样区槟榔园区土壤的综合污染指数为 0.707,被列为 II 级“警戒”土壤质量等级,处于“尚清洁”环境水平.翰林样区槟榔根区和园区土壤重金属元素铜的单因子污染指数分别为 0.903 和 0.937,属于 II 级“警戒”土壤质量等级,处于“尚清洁”环境水平.说明铜是槟榔土壤主要的环境安全隐患.

槟榔根区土壤总汞的变异系数 112.5%与园区土壤总汞的变异系数 28.6%相差太大,在一定程度上反映了槟榔土壤中汞元素的迁移流动性不强,根区土壤总汞含量中有较大比例的外源“总汞”.槟榔根区土壤总汞最大值 0.4mg/kg(超出国家土壤环境质量二级标准值 $<0.3\text{mg/kg}$)可能是由于槟榔生产管理中长期定位在槟榔树头根区施用化肥所造成的.应引起高度重视:一方面规范槟榔栽培技术措施,增施有机肥和农家肥,少施化肥.另一方面研发高效低残留槟榔“专用肥”.

3 结论

3.1 海南槟榔土壤铜 $[(18.68\pm 14.25)\text{mg/kg}]$ 、铅 $[(25.27\pm 7.83)\text{mg/kg}]$ 、总砷 $[(2.89\pm 2.43)\text{mg/kg}]$ 和总汞 $[(0.08\pm 0.07)\text{mg/kg}]$ 含量均属于一级土壤环境质量标准.

3.2 根区和园区土壤的铅及园区土壤的总汞属于中等程度变异,变异系数相对较小,但根区和园区土壤的铜和总砷及其根区土壤的总汞属于强变异性,变异系数较大,分布不均匀.

3.3 翰林样区槟榔土壤铜含量最高(46mg/kg),并极显著地高于其他地区.铜是槟榔土壤主要环境安全隐患.

参考文献:

- [1] 谢小进,康建成,闫国东,等.黄浦江中上游地区农用土壤重金属含量特征分析 [J]. 中国环境科学, 2010,30(8):1110-1117.
- [2] 朱文转,夏北成,江学顶,等.惠州市土壤重金属污染景观空间格

局特征研究 [J]. 中国环境科学, 2009,29(8):885-894.

- [3] 张冲,王纪阳,赵小虎,等.土壤改良剂对南方酸性菜园土壤重金属汞、砷有效态含量的影响 [J]. 广东农业科学, 2007,11: 52-54.
- [4] 海南省统计局.海南统计年鉴-2009 [M]. 北京:中国统计出版社, 2009:258-271.
- [5] GB/T17138-1997 土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 [S].
- [6] GB/T17140-1997 土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 [S].
- [7] NY/T 1121.11-2006 土壤检测 第 11 部分:土壤总砷的测定 [S].
- [8] NY/T1121.10-2006 土壤检测 第 10 部分:土壤总汞的测定 [S].
- [9] 张定煌,林森馨,万国富,等.中山民众镇菜园土壤肥力调查与评价 [J]. 广东农业科学, 2009,7:97-100.
- [10] 国家环境保护总局环境工程评估中心.环境影响评价技术导则与标准汇编 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2005:716-718.
- [11] 中国农业大学资源和环境学院.NY/T391-2000 绿色食品产地环境技术条件 [M]. 北京:中国标准出版社, 2001.
- [12] 梁玉清,刘平,程炯,等.粤东北典型山地茶园土壤质量评价 [J]. 广东农业科学, 2009,(6):65-68.

作者简介: 谭业华(1959-),男,海南琼海人,副研究员,药用植物栽培研究.发表论文 20 余篇.