

长沙“百里茶廊”茶园土壤重金属含量及环境质量特征

郭海彦¹, 周卫军^{1*}, 张杨珠¹, 黄运湘¹, 周清¹, 颜雄¹, 张建新², 陈强春², 毛昌明²

(1. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 2. 湖南省地质研究所, 长沙 410007)

摘要:采用野外调查采样和室内分析方法测定了长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤重金属含量, 研究了其分布特征及变化规律, 并用污染指数方法评价了其土壤环境质量. 结果表明, 土壤全铅、全汞、全镉、全铬、全砷和全镍含量值基本在土壤背景值范围内, 平均含量值分别为 42.7、0.068、0.074、92.2、12.4 和 19.5 mg/kg, 均低于无公害茶叶产地环境条件标准(NY 5020-2001)所要求的最低值. 根据国家《土壤环境质量标准》, 长沙“百里茶廊”茶叶基地的土壤环境质量全部符合国家二级标准, 且汞、镉、镍元素的含量达到国家一级标准. 除湘丰茶场土壤铬的单项污染指数为 0.837, 处于警戒级别土壤质量尚清洁外, 其它 5 种重金属的单项污染指数均小于 0.7, 处于安全级别土壤清洁无污染. 6 个茶叶基地的综合污染指数均小于 0.7, 表明长沙“百里茶廊”茶叶基地的土壤环境质量总体达到安全级别土壤清洁无污染, 适合无公害茶叶基地的建设.

关键词: 重金属; 土壤环境质量; 茶园; 污染指数; 长沙“百里茶廊”

中图分类号: X53; X825 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2008)08-2320-07

Content of Soil Heavy Metals and Characteristics of Environmental Quality in Tea Plantations of Changsha Baili Tea Zone

GUO Hai-yan¹, ZHOU Wei-jun¹, ZHANG Yang-zhu¹, HUANG Yun-xiang¹, ZHOU Qing¹, YAN Xiong¹, ZHANG Jian-xin², CHEN Qiang-chun², MAO Chang-ming²

(1. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Geological Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: The distributing and changing characteristics and content of soil heavy metals was studied using methods of field survey and sampling, indoor analysis, and pollution index were used to investigate the soil environmental quality in the tea plantations of Changsha Baili Tea Zone. The results showed that the content of soil total Pb, Hg, Cd, Cr, As, Ni basically was in the soil background value, their averages were 42.7, 0.068, 0.074, 92.2, 12.4 and 19.5 mg/kg respectively. The content of heavy metals was lower than the standard of Environmental Qualification of Nuisance Free Tea Producing Area (NY 5020-2001). Simultaneity, soil environmental quality in tea plantations of Baili Tea Zone, it answered for the second grade of State Environmental Quality Standard for Soils (GB 15618-1995), achieved safe class, and the content of soil Hg, Cd, Ni accorded to the first grade of GB 15618-1995, these results showed the Changsha Baili Tea Zone were propitious to develop nuisance free tea production. Besides the single pollution index of Cr was 0.837 and in warning class at the tea plantation of Xiangfeng, the others were all less than 0.7, and in the safe class. The integrated index of 6 tea bases was all less than 0.7, in the safe class, the soil environmental quality was cleanness on the whole at Changsha Baili Tea Zone, and the soils were suitable for non-polluted agricultural production.

Key words: heavy metals; soil environmental quality; tea plantations; pollution index; Changsha Baili Tea Zone

重金属元素与人体健康密切相关, 土壤重金属污染物可通过摄取、吸入、皮肤吸收等多种途径危害人体健康^[1,2]. 矿业活动往往造成严重的生态破坏和环境问题^[3], 同时它也是土壤重金属污染物的重要来源之一^[4,5]. 矿区内挖掘、研磨、浓缩、提炼等一系列矿石采集加工过程^[6], 运输^[7], 废弃矿渣的风化和淋洗^[8,9]都可能导致各种重金属元素的释放、迁移, 进而导致其在矿区及周围土壤和农田中累积. 近年来由矿业活动导致的土壤重金属污染和随之而来的环境及人体健康风险问题已引起国内外研究者的广泛关注^[4,10,11]. 随着城市化进程及工农业的迅速发展, 重金属、化学农药等污染物通过污水灌溉、大气烟尘沉降、垃圾填埋处理等各种途径进入土壤^[12,13].

土壤重金属及其土壤质量评价, 特别是农产品产地土壤重金属含量及其环境质量越来越引起人们的关注和重视. 近 10 年来, 人们围绕农田土壤重金属含量及土壤质量评价^[14~16]、蔬菜产地的土壤重金属及评价^[17~19]、其它经济作物产地土壤重金属及质量评价^[20,21]、污水灌溉对土壤质量的影响^[12,22]等方面均有较多的研究.

近年来, 随着人们对茶饮料作用和功效的认

收稿日期: 2007-08-20; 修订日期: 2007-10-07
基金项目: 国土资源部“十五”区域地质调查项目(12120310304)
作者简介: 郭海彦(1981~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为农业生态系统土壤环境质量, E-mail: guoliyan_001@163.com
* 通讯联系人, E-mail: wjzh0108@163.com

识^[23,24],茶园土壤环境质量亦引起人们的关注,但一直以来对茶园土壤的研究多集中在土壤肥力特征、理化性状和有益微量金属元素对茶叶品质的影响方面^[25,26],随着农业环境污染特别是土壤重金属污染问题的日益突出,茶园土壤重金属污染问题越来越受到重视^[27~29].鉴于此,本研究自 2005 年起以长沙“百里茶廊”4 种母质发育的茶叶基地为例,进行了土壤重金属含量调查与分析及其土壤环境质量的评价工作,以期为长沙“百里茶廊”无公害茶叶基地选址和茶叶安全生产提供依据.

1 研究区概况

长沙茶叶生产和加工历史悠久.据长沙县志记载,茶叶栽培至今已有1 300多年的历史,全县茶叶生产基础条件较好,发展较快.到 2003 年,全县共有茶园面积3 267 hm²,各类茶厂 24 个,年加工能力 1.5 万 t.全县茶叶生产逐步形成繁育、栽培、采摘、加工、销售一条龙配套服务体系,茶叶产业初步走上了规模化、专业化、集约化的经营道路.

“百里茶廊”是长沙县的四大优势产业带之一,

范围涉及到春华、开慧、高桥、金井等 9 个乡镇,呈南北展开,以丘陵、岗地为主.研究区茶叶基地包括长春茶场、金井茶场、湘丰茶场、开慧茶场、金华茶场、湖南省茶叶科学研究所实验茶场 6 个茶叶基地,土壤母质主要包括紫色砂砾岩、第四纪红土、板页岩、花岗岩.

该区属中亚热带季风湿润气候,气候温和,热量丰富,年平均气温 17.2℃,降水量 1 390 mm,日照 1 677 h,无霜期275 d.

2 材料与方法

2.1 土壤样品的采集

按相关标准^[30]中制定的土壤采样原则进行.于 2005 年 7~8 月采用全球定位仪(GPS)定位技术记录采样点经纬度,根据每个茶场地形地貌、土壤种类、土壤肥力及面积等因素,每个茶场每种母质类型采集耕层(0~20 cm)多点(5 点)混合土壤样品 8~23 个,共采集土壤耕层样品 86 个.采样点的基本情况见表 1.

2.2 分析方法和评价标准与方法

表 1 采样点的基本情况

Table 1 Basic status and properties of tea plantation basement							
茶场	样本数/个	母质类型	地貌类型	东经	北纬	海拔/m	坡度/(°)
长春	23	第四纪红土、紫红色砂砾岩风化物	丘陵谷地、岗地、坡地	113°14'87"~113°15'72.0"	28°18'08"~28°19'14"	60~86	2~20
金井	16	花岗岩风化物	丘陵台地和岗地	113°21'10"~113°21'14"	28°32'03"~28°32'16"	84~90	5~20
湘丰	15	花岗岩风化物	丘陵台地和坡地	113°18'27"~113°20'10"	28°32'57"~28°34'20"	93~97	5~20
开慧	12	花岗岩风化物	丘岗台地	113°14'03"~113°14'16"	28°36'58"~28°37'35"	81~91	5~20
金华	8	紫红色砂砾岩、板岩风化物	丘陵台地和坡地	113°15'48"~113°16'48"	28°22'55"~28°26'28"	70~76	2~15
试验	12	第四纪红土	丘陵台地和坡地	113°20'36"~113°21'09"	28°29'11"~28°28'45"	69~75	2~15

2.2.1 分析方法

根据国家标准^[30,31]的要求,确定土壤测定项目分别为 pH、汞、铅、铬、镉、砷、镍.样品分析采用国家标准^[31]中推荐的方法检测,土壤全汞采用冷原子吸收分光光度法;土壤全砷采用二乙基二硫代氨基甲酸银法;土壤全铬、镉、铅、镍采用原子吸收分光光度法,土壤 pH 采用水提(1:2.5)电位法.

2.2.2 评价标准

长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤的 pH 值在 4.0~5.3 范围内,因此评价标准采用国家标准^[31,32](表 2)中的环境质量分类标准值进行评价.

2.2.3 评价方法

按文献^[33,34]推荐的方法采用单项污染指数和综合污染指数法进行评价.

表 2 无公害茶园土壤环境质量标准/mg·kg⁻¹

Table 2 Standard of soil environmental qualification of hazard-free tea plantation/mg·kg ⁻¹							
项目	pH	Pb	Cr	Cd	Hg	As	Ni
浓度限值	4.0~6.5	250	150	0.30	0.30	40	40

单因子污染指数:适用于某一个特定污染源或某一种特定污染物.

$$P_i = \frac{c_i}{S_i}$$

式中, c_i 为第 i 种污染物在环境中的浓度; S_i 为第 i 种污染物在环境中的评价标准.

综合(内梅罗)污染指数:内梅罗指数法的计算公式中含有评价参数中最大的单项污染分指数,突出了污染指数最大的污染物对环境质量的影响和作

用,克服了平均值法中各个污染物分担的缺陷;内梅罗环境质量指数加权过程中避免了权系数中主观因素的影响,是目前仍然应用较多的一种多因子环境质量指数.

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{P_{\text{max}}^2 + P_{\text{ave}}^2}{2}}$$

式中, P_{max} 为参加评价的单项指数最大值, P_{ave} 为参评的单项指数的平均值. 根据评价指数评价分级标准见表 3.

表 3 土壤环境质量分级标准

Table 3 Criterion for the classification of soil environmental quality			
等级	综合污染指数	污染程度	污染水平
1	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1$	警戒级	尚清洁
3	$1 < P_{\text{综}} \leq 2$	轻污染	土壤污染物超过其背景值, 作物开始受污染
4	$2 < P_{\text{综}} \leq 3$	中污染	土壤、作物受到中度污染
5	$P_{\text{综}} > 3$	重污染	土壤、作物受污染已相当严重

3 结果与分析

3.1 茶叶基地土壤重金属元素含量的分布特征

3.1.1 土壤全铅

铅在地壳中的含量为 15 ~ 17 mg/kg, 低山丘陵区的土壤环境背景值为 15.4 mg/kg^[35]. 我国重金属背景值含量 95% 范围为 10.0 ~ 56.1 mg/kg. 铅主要富集于植物的根部和茎叶, 并主要影响植物的光合作用和蒸腾作用, 对植物生长发育会产生不良影响. 高浓度的铅除在作物可食部分产生残毒外, 还表现为幼苗萎缩、生长缓慢、产量下降. 土壤全铅含量高于 50 mg/kg, 作物根系就出现可观察到的影响^[36].

从图 1 可以看出, 长沙“百里茶廊”茶园基地土壤全铅含量是较低的, 低于 56.0 mg/kg 的占 75.6%, 其中在 20.1 ~ 38.0 mg/kg 之间的占 53.6%, 高于 56.0 mg/kg 的仅占 24.4%, 基本在我国土壤铅的背景值范围内. 虽然并未超过表 2 中所要求的最低含量, 但从对植物生长的影响来看, 有可能造成对茶叶生长的影响. 导致该区土壤铅含量有部分超过土壤背景值的原因主要是由于部分茶园临近公路, 汽车尾气的排放以及干湿沉降致使土壤铅含量偏高^[37]. 鉴于上述原因, 随着汽车工业的发展和汽油等化石燃料的大量使用, 要注意将茶园建在远离交通要道的地方.

3.1.2 土壤全铬

植物对重金属铬的吸收富集作用较强, 主要存

在于各种植物的根部. 铬对植物生长有刺激作用, 微量铬可提高植物收获量; 但浓度稍高, 又可抑制土壤内有机物质的硝化作用. 铬一方面是人体内糖和脂肪代谢的必需元素, 人体缺乏铬将使人患粥样动脉硬化症, 另一方面由于环境铬污染会导致消化系统紊乱、呼吸道疾病等, 将对人体和动物产生严重危害^[39]. 土壤中铬的含量因成土母质及生物、气候、土壤有机质含量等条件的不同而差异很大, 一般土壤中铬的背景值平均约为 90 mg/kg, 在 20 ~ 200 mg/kg 之间^[35].

图 1 显示出长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全铬含量主要分布在较低的区间内, 低于 125.0 mg/kg 的占 82.6%, 其中低于 90.0 mg/kg 的占 43.0%, 所有土壤全铬含量均在 195.0 mg/kg 内. 可见, 长沙“百里茶廊”茶园土壤铬含量均在土壤环境背景值范围内, 基本上未受到外源铬的污染, 对于茶叶生产是相对安全的.

3.1.3 土壤全镉

镉是生物毒性最强的重金属之一. 土壤中过量的镉易被植物吸收和积累, 影响植物的生长、细胞分裂及代谢活动, 造成农作物产量和品质下降. 在土壤重金属污染中, 土壤镉污染及其治理长期以来都是环境科学关注的热点问题之一^[40]. 一般土壤中镉的自然背景值约为 0.20 mg/kg. 低山丘陵区土壤镉环境背景值约为 0.125 mg/kg, 土壤重金属背景值 95% 的含量范围在 0.017 ~ 0.333 mg/kg 之间^[35]. 图 1 显示了长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全镉的分布特征. 总体来说, 土壤全镉含量较低, 低于 0.10 mg/kg 的占 82.3%, 低于 0.12 mg/kg 的占 93.0%, 且所有土壤样本的全镉含量均低于 0.2 mg/kg. 可见, 从长沙“百里茶廊”茶园基地土壤全镉含量来看, 依照国家标准^[32]土壤环境质量标准达到一级标准, 适宜于无公害、高产、优质茶园建设.

3.1.4 土壤全汞

汞在土壤-植物系统和陆生食物链中的传递呈数量级上升, 汞对植物的危害因作物种类和生育期而异, 土壤汞使水稻减产的浓度为 5 mg/kg, 高于 10 mg/kg 时可使秧苗死亡, 或使小麦生长不正常^[41]. 地壳中汞的平均含量为 0.08 mg/kg, 我国南方土壤汞含量较低, 一般非污染土壤表土含汞不超过 0.04 mg/kg, 但受污染的土壤中汞含量可能高得多. 低山丘陵区的土壤环境背景值为 0.033 mg/kg^[35].

图 1 显示了长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全汞含量的分布特征, 可见土壤全汞含量是很低的, 低于

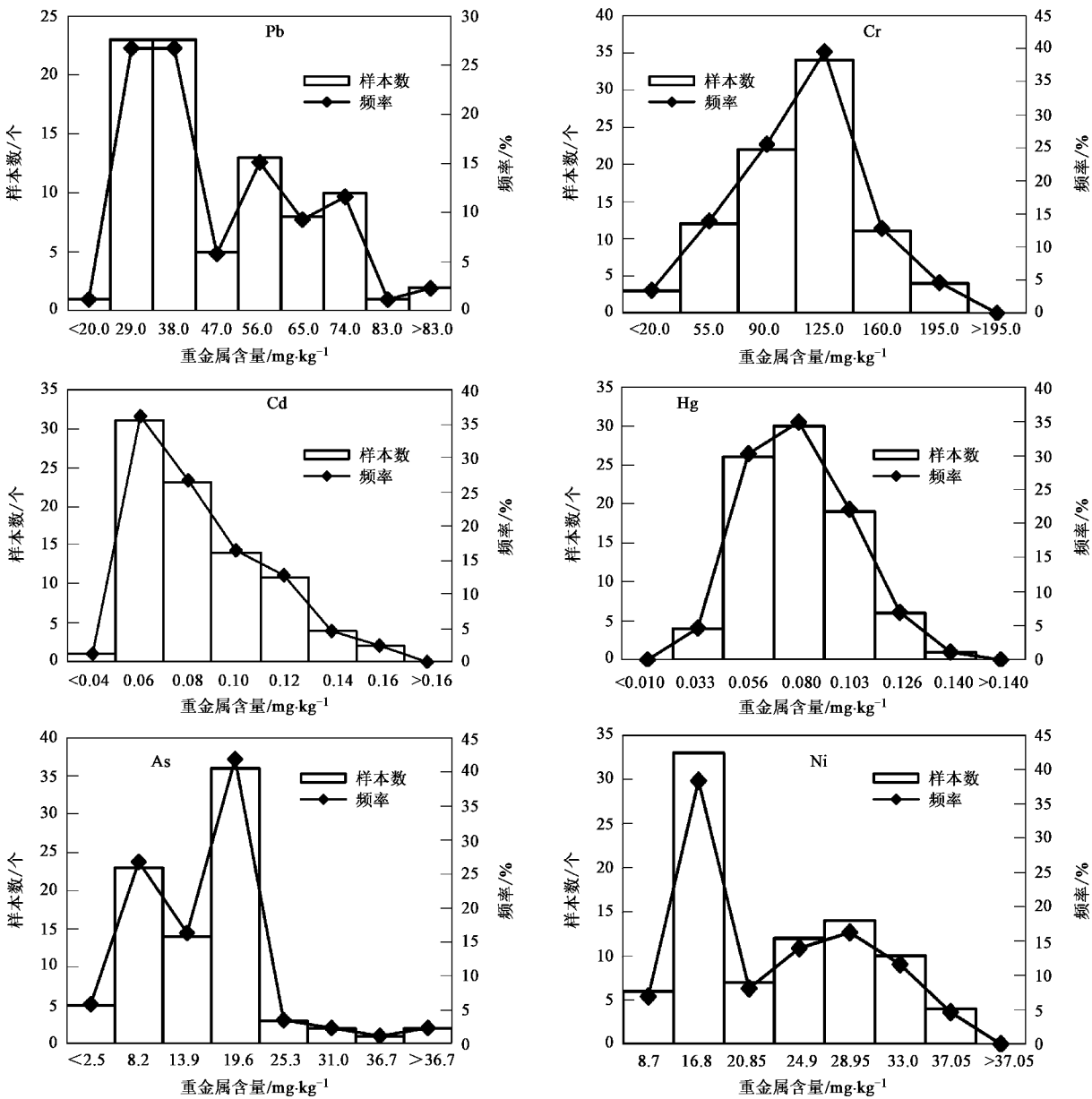


图 1 长沙“百里茶廊”土壤重金属元素含量分布特征

Fig.1 Distribution characteristics of soil heavy metals in Baili Tea Zone of Changsha County

0.103 mg/kg 占 91.9%，但低于 0.033 mg/kg 的仅占 4.7%，不过最高的也仅有 0.128 mg/kg，低于我国重金属背景值含量 95% 范围（0.006 ~ 0.272 mg/kg）^[35]。可见，长沙“百里茶廊”茶园土壤全汞含量均在我国背景值范围，未见有受外界污染源污染的情况，为生产无公害茶叶提供了很好的土壤环境条件。

3.1.5 土壤全砷

含砷农药的广泛使用和工业发展，致使土壤及作物受到砷污染，而砷是植物强烈吸收累积的元素，对作物毒害的外观症状十分明显，表现为根条数减

少，根系发褐、发黑，叶片失绿发黄，生长发育延迟，甚至死亡；砷还会引起叶面蒸腾下降、水分从根部向地上部的输送速度减缓^[40]。我国土壤含砷量为 0 ~ 38.7 mg/kg，全国土壤砷元素的背景值为 9.6 mg/kg，低山丘陵区土壤环境背景值为 8.2 mg/kg^[35]。

从图 1 可以看出，长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全砷含量总体是较低的，低于低山丘陵区土壤环境背景值 8.2 mg/kg 的占 32.6%，低于 19.6 mg/kg 的占 90.7%，低于 36.7 mg/kg 的占 97.7%。可见，长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤受外源砷污染的较少，基本在我国土壤环境背景值内，依照国家标准^[31]适宜

于建设无公害、高产、优质茶园。

3.1.6 土壤全镍

Ni 既是某些高等植物的必需营养元素,也是一种极毒元素,这 2 种状态都取决于 Ni 的生物有效性^[42]。地球中绝大部分岩石都含有 Ni,含量随岩石类型而变化,在超基性岩(蛇纹岩)中 Ni 含量最高(1 400~2 000 mg/kg),随着岩石酸度的增加,含 Ni 量降低,其中泥质沉积岩最高,砂岩最低。我国表层土壤中镍的平均含量为 24.9 mg/kg,全国土壤镍背景值的 95% 置信范围值为 21.5~46.1 mg/kg。长江中下游、黄河中下游和新疆、西藏等地区土壤 Ni 的含量在 24.9~33 mg/kg 之间^[35]。

从图 1 显示的长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全镍的分布情况来看,土壤全镍含量并不是很高,低于 33 mg/kg 的占 95.3%,在长江中下游地区土壤镍的背景值范围内,其中低于 8.7 mg/kg 的占 7.0%,通常被认为是施用镍肥有明显增产作用的范围,10.0~24.9 mg/kg 之间的占 83.7%,是对植物生长有明显作用的含量范围,高于 33.0 mg/kg 的占 4.7%。从图 1 中各茶场平均值来看,均满足植物生长 > 10 mg/kg 的要求,但各茶场的镍储量范围变化较大,有些样点的镍含量过低,为了茶树的正常生长,建议施用微量镍肥。

3.2 不同茶叶基地土壤重金属元素的含量

从表 4 可以看出,长沙“百里茶廊”不同茶叶基地同种重金属元素的含量差异较大。土壤全铅平均为 42.7 mg/kg,开慧茶场最高达到 67.7 mg/kg,最低的长春茶场仅 27.0 mg/kg,两者相差 1 倍多,结合表 1 可以看出,金井茶场、湘丰茶场、开慧茶场同为花岗岩母质发育的土壤,金井和湘丰茶场两者相差仅 4.3 mg/kg,而开慧茶场较高,这可能与开慧茶场离京珠高速公路较近,汽车尾气排放的铅对土壤影响较大有关。表 4 中土壤全铬平均含量为 92.2 mg/kg,含量最低的是开慧茶场仅 33.7 mg/kg,几乎只有平均

值的 1/3,最高的是湘丰茶场达到 125.6 mg/kg,是最低值的 3.7 倍。土壤全镉总体来说含量较低,平均为 0.074 mg/kg,且各茶场间相差并不很大,最高的是开慧茶场和金华茶场,均为 0.086 mg/kg,最低的是试验茶场为 0.054 mg/kg。土壤全汞含量各茶场之间有些差异,但除试验茶场为 0.09 mg/kg 较高外,其它 5 个茶场均与平均值比较接近。土壤全砷含量各茶场之间相差较大,最高的金华茶场达到 25.1 mg/kg,最低的仅 4.0 mg/kg,两者相差 5.3 倍,且最低值仅为平均值的 1/3。土壤全镍含量最高的是长春茶场(23.9 mg/kg),为含量最低的开慧茶场(10.5 mg/kg)的 2.3 倍。长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤重金属元素的含量相差较大的原因可能与土壤母质及耕作管理方式的差异有关。

从表 4 还可以看出,长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤重金属元素的除镉和镍外,其它 4 种元素的平均含量均超过了我国土壤环境背景值,但不同元素在不同茶叶基地的表现不一样。长春茶场和试验茶场土壤铅的含量虽然均在 30 mg/kg 以下,但也略高于我国土壤环境背景值(24.9 mg/kg),最高的开慧茶场(67.7 mg/kg),高了 1 倍多。土壤铬的平均值(92.2 mg/kg)略高于土壤背景值(90.0 mg/kg),其中开慧茶场和金华茶场土壤铬的平均含量均在土壤背景值内,其它 4 个茶场土壤铬的平均含量均高于土壤背景值。土壤汞含量均高于土壤背景值,最高的试验茶场(0.09 mg/kg)几乎比背景值(0.033 mg/kg)高了 2 倍。土壤砷的平均值达到 12.4 mg/kg,明显地高于低山丘陵区土壤背景值(8.2 mg/kg),而湘丰茶场和开慧茶场土壤砷含量均低于低山丘陵区土壤背景值。

长沙“百里茶廊”各茶叶基地土壤重金属元素含量超过背景值的原因,可能一是由于母质的缘故,二是由于外源污染源(大气沉降、施肥等)导致的,但是对照国家有关标准^[30,31]的要求来看,目前长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤重金属元素的含量均低于控制

表 4 土壤重金属元素的含量/mg·kg⁻¹

茶场	Pb		Cr		Cd		Hg		As		Ni	
	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围
长春	27.0	17.3~35.4	99.6	54.0~167.0	0.072	0.039~0.144	0.068	0.037~0.115	15.0	8.2~24.5	23.9	9.3~36.8
金井	45.0	25.6~71.6	98.9	67.0~133.0	0.076	0.040~0.102	0.074	0.032~0.111	11.7	1.8~19.1	20.8	8.9~33.8
湘丰	49.3	27.5~70.5	125.6	60.0~181.0	0.073	0.041~0.158	0.055	0.031~0.128	7.6	1.8~18.2	13.7	7.6~22.1
开慧	67.7	48.7~87.4	33.7	15.0~113.0	0.086	0.041~0.130	0.055	0.041~0.104	4.0	2.0~6.7	10.5	6.9~15.8
金华	52.5	28.9~91.5	83.4	22.0~127.0	0.086	0.051~0.129	0.063	0.033~0.101	25.1	2.9~52.3	18.2	9.4~27.6
试验	29.8	24.4~34.9	91.3	79.0~114.0	0.054	0.041~0.068	0.09	0.073~0.110	14.0	10.8~20	26.4	21.2~31
总体	42.7	17.3~91.5	92.2	15.0~181.0	0.074	0.039~0.158	0.068	0.031~0.128	12.4	1.8~52.3	19.5	6.9~36.8

标准,虽然有可能受到了外源的污染,但程度相对较轻,只要采取有效的控制措施,是适合于无公害茶叶基地建设的.

3.3 “百里茶廊”主要茶叶基地土壤环境质量评价

长沙“百里茶廊”茶叶基地耕层土壤的 6 个重金属元素的污染指数列于表 5. 可以看到,长沙“百里茶廊”各茶叶基地土壤综合污染指数均小于 0.7,从表 3 可知,长沙“百里茶廊”的土壤环境质量总体上处于清洁无污染的安全级别,其中最高的为湘丰茶场,达到 0.631,最小的为开慧茶场,仅 0.297. 从单项污染指数来看,除湘丰茶场的土壤铬元素的单项污染指数为 0.837,处于尚清洁警戒级别以外,其他元素的单项污染指数均小于 0.7,土壤环境质量为清洁安全级别.

从表 5 中可看出,长沙“百里茶廊”不同茶叶基地土壤单项污染指数有明显差异,反映出影响不同茶叶基地土壤质量的主要污染元素是有差异的. 土壤全铬的单项污染指数除开慧茶场外,相比其他 5 种元素均是最高,最大达到 0.837,处于尚清洁警戒级,可见在长沙“百里茶廊”土壤铬的污染问题应引起注意. 铅、汞和镉 3 种元素的单项污染指数均小于 0.3,波动性较小;而砷和镍 2 种元素的单项污染指数在各茶叶基地的波动性较大,土壤全砷以金华茶场最高,为 0.627,开慧茶场最低,仅 0.100,两者相差 5 倍多;土壤全镍以试验茶场最高,为 0.659,开慧茶场最低,仅 0.262,两者相差 1 倍多. 因此,长沙“百里茶廊”土壤环境质量总的来看是属于清洁安全级的,但是随着工业的发展和大量有机废弃物的施用,不同茶叶基地某种重金属元素的污染问题应引起重视,要注意加强土壤环境质量的监控和管理.

表 5 不同茶叶基地重金属土壤污染指数

茶场	单项污染指数						综合污染指数
	Pb	Hg	Cr	Cd	As	Ni	
总体	0.171	0.227	0.615	0.247	0.309	0.488	0.509
长春	0.108	0.227	0.664	0.240	0.375	0.597	0.527
金井	0.180	0.245	0.660	0.255	0.294	0.521	0.523
湘丰	0.197	0.183	0.837	0.242	0.191	0.343	0.631
开慧	0.271	0.184	0.224	0.287	0.100	0.262	0.297
金华	0.210	0.210	0.556	0.288	0.627	0.454	0.514
试验	0.119	0.299	0.609	0.180	0.350	0.659	0.527

4 结论

(1) 长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全铅含量低于 56.0 mg/kg 的占 75.6%,全铬均低于 195.0 mg/kg,

全镉低于 0.12 mg/kg 的占 93.0%,全汞低于 0.103 mg/kg 占 91.9%,全砷低于 19.6 mg/kg 的占 90.7%,全镍低于 33 mg/kg 的占 95.3%. 茶叶基地土壤重金属元素的含量基本满足无公害茶叶基地建设的要求.

(2) 长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤全铅、全汞、全铬和全砷的平均含量略高于全国土壤环境背景值,土壤全镉和全镍的平均含量略低于土壤环境背景值,但 6 种重金属元素的平均含量均低于国家标准要求的最低要求值,适宜于无公害茶叶基地的布局和建设.

(3) 长沙“百里茶廊”茶叶基地土壤单项污染指数除湘丰茶场的铬为 0.837,处于尚清洁警戒级别外,其它的均小于 0.7,为清洁安全级别;综合污染指数均小于 0.7,为清洁安全级别. 土壤环境质量总体处于清洁安全级别,适合于无公害茶叶的生产.

参考文献:

[1] Abrahams P W. Soils: their implications to human health [J]. Science of the Total Environment, 2002, 291(1-3): 1-32.

[2] Oliver M A. Soil and human health: a review [J]. European Journal of Soil Science. 1997, 48(4): 573-592.

[3] 普传杰,秦德先,黎应书. 矿业开发与生态环境问题思考[J]. 中国矿业,2004,13(6): 21-24.

[4] Da Silva E F, Zhang C S, Pinto L S, et al. Hazard assessment on arsenic and lead in soils of Castromil gold mining area, Portugal [J]. Applied Geochemistry, 2004, 19(6): 887-898.

[5] 王心义,杨建,郭慧霞. 矿区煤矸石堆放引起土壤重金属污染研究[J]. 煤炭学报,2006,31(6): 808-812.

[6] Vassilev S V, Eskenazy G M, Vassileva C G. Behaviour of elements and minerals during preparation and combustion of the Pernik coal, Bulgaria [J]. Fuel Processing Technology, 2001, 72(2-3): 103-129.

[7] 廖国礼,吴超. 矿山不同片区土壤中 Zn、Pb、Cd、Cu 和 As 的污染特征[J]. 环境科学,2005,26(3): 157-161.

[8] Dang Z, Liu C Q, Haigh M J. Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils [J]. Environmental Pollution, 2002, 118(3): 419-426.

[9] 毛竹,张世熔,李婷,等. 铅锌矿区土壤重金属空间变异及其污染风险评价——以四川汉源富泉铅锌矿山为例[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2): 617-621.

[10] 谢华,廖晓勇,陈同斌,等. 污染农田中植物的砷含量及其健康风险评估——以湖南郴州邓家塘为例[J]. 地理研究,2005,24(1): 151-159.

[11] 孙叶芳,谢正苗,徐建明,等. TCLP 法评价矿区土壤重金属的生态环境风险[J]. 环境科学,2005,26(3): 152-156.

[12] 赵庆良,张金娜,刘志刚,等. 再生回用水灌溉对作物品质及土壤质量的影响[J]. 环境科学,2007,28(2): 411-416.

[13] Singh K P, Mohan D, Sinha S, et al. Impact assessment of treated/

- untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the waste water disposal area [J]. *Chemosphere*, 2004, **55**: 227-255.
- [14] 付华, 吴雁华, 魏立华. 北京南部地区农业土壤重金属分布特征与评价[J]. *农业环境科学学报*, 2006, **25**(1): 182-185.
- [15] 钟晓兰, 周生路, 李江涛, 等. 长江三角洲地区土壤重金属污染的空间变异特征——以江苏省太仓市为例[J]. *土壤学报*, 2007, **44**(1): 33-40.
- [16] 臧宏伟, 史衍玺, 孔凡美. 鲁西北高产粮田土壤重金属环境质量评价[J]. *农业资源与环境科学*, 2002, **22**(9): 432-434.
- [17] 谢正苗, 李静, 徐建明, 等. 杭州市郊蔬菜基地土壤和蔬菜中 Pb、Zn 和 Cu 含量的环境质量评价[J]. *环境科学*, 2006, **27**(4): 742-747.
- [18] 田应兵, 陈锋, 雷明江, 等. 江汉平原城郊菜地土壤重金属的环境质量评价[J]. *环境科学与技术*, 2005, **28**(4): 79-80.
- [19] 赵勇, 李红娟, 孙治强. 郑州农区土壤重金属污染与蔬菜质量相关性探析[J]. *中国生态农业学报*, 2006, **14**(4): 126-130.
- [20] 张世娟, 张化平, 张滢. 宜昌市柑桔基地土壤重金属含量分析[J]. *中国土壤与肥料*, 2007, **2**: 79-80.
- [21] 郑媛, 魏成熙. 贵州中草药基地土壤重金属含量及评价[J]. *农业环境科学学报*, 2006, **25**(增刊): 570-574.
- [22] 杨军, 郑袁明, 陈同斌, 等. 北京市凉风灌区土壤重金属的积累及其变化趋势[J]. *环境科学学报*, 2005, **25**(9): 1175-1181.
- [23] 王效举. 土壤条件与茶叶品质关系的研究[J]. *茶叶通讯*, 1994, **2**: 6-9.
- [24] 张庆, 陈祥桂, 李晓霞, 等. 茶的保健作用研究进展[J]. *中国食品与营养*, 2005, **9**: 38-41.
- [25] 曹顺爱, 吕军. 土壤母质及其物理性状与茶叶品质关系[J]. *茶叶*, 2003, **29**(1): 13-16.
- [26] 刘义平. 福安市茶园土壤质量现状及改良措施[J]. *福建茶叶*, 2005, **3**: 29-30.
- [27] 谭和平, 陈能武, 黄苹, 等. 四川茶区土壤重金属元素背景值及其评价[J]. *西南农业学报*, 2005, **18**(6): 747-751.
- [28] 谭和平, 陈能武, 黄苹. 川东北茶区茶园土壤重金属现状分析[J]. *四川农业大学学报*, 2004, **22**(1): 37-40.
- [29] 徐志平, 黄功标. 基于 GIS 技术的福安市茶园土壤环境质量调查与评价[J]. *福建农业学报*, 2006, **21**(2): 164-167.
- [30] GB/T 18407.1, 农产品安全质量: 无公害茶叶产地环境质量[S].
- [31] NY 5020-2001, 无公害食品——茶叶产地环境条件[S].
- [32] GB 15618-1995, 土壤环境质量标准[S].
- [33] 刘凤枝. 农业环境监测实用手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [34] 李晓秀, 陆安祥, 王纪华, 等. 北京地区基本农田土壤环境质量分析与评价[J]. *农业工程学报*, 2006, **22**(2): 60-63.
- [35] 赵伦山, 张本仁. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [36] 杨刚, 伍钧, 唐亚. 铅胁迫下植物抗性机制的研究进展[J]. *生态学杂志*, 2005, **24**(12): 1507-1512.
- [37] 金崇伟, 郑绍建. 茶叶的铅污染问题及铅污染的来源[J]. *广东微量元素科学*, 2004, **11**(3): 12-16.
- [38] 郭琦. 土壤-植物系统中的铬[J]. *广州化工*, 2005, **33**(5): 38-40.
- [39] 王永芳. 铬与健康研究进展(综述)[J]. *中国食品卫生杂志*, 2001, **1**: 45-47.
- [40] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. 91-99, 119-123.
- [41] 鲁洪娟, 叶正钱, 杨肖娥, 等. 土壤-植物系统中的汞污染与农产品安全生产[J]. *广东微量元素科学*, 2005, **12**(6): 1-5.
- [42] 刘培桐. 环境学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 124-125.