

Variation Characteristics of Soil Nutrients and Heavy Metals in Different Habitats

—Taking Shangzhou District as an Example

Liuqing He^{1*}, Duishu Li²

¹College of Tourism and Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

²College of Biomedical and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

Email: *372167652@qq.com

Received: Apr. 2nd, 2019; accepted: Apr. 17th, 2019; published: Apr. 24th, 2019

Abstract

In this paper, three soils (garden soil, forest soil, and wasteland soil) in Shangzhou District were used as research objects to determine soil nutrients (pH, conductivity, total nitrogen, total phosphorus) and heavy metal (Cu, Zn, Cd, Ni, Mn) content at different depths (5 - 10 cm and 10 - 20 cm), and the correlation between soil nutrients and heavy metals was analyzed. Through the study, we found that the soil of the three different habitats belonged to alkaline soil, the total nitrogen and total phosphorus content of garden soil were high, and the heavy metal content of wasteland soil was the highest. The content of heavy metal Cd in the soil of the three different habitats is all higher than the risk screening value (0.3 mg/kg) stipulated in the new national standard (GB 15618-2018). By analyzing the correlation between them, the results show that the conductivity is significantly correlated with pH and heavy metals, and there is a certain or extremely significant correlation between heavy metals and pH and other heavy metals. There was no significant correlation between total nitrogen or total phosphorus content with pH, electrical conductivity and heavy metal content.

Keywords

Shangzhou District, Soil, Nutrient, Heavy Metal Content

不同生境土壤养分与重金属的变异特征

——以商州区为例

贺柳青^{1*}, 李堆淑²

¹云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明

²商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

Email: *372167652@qq.com

*通讯作者。

收稿日期: 2019年4月2日; 录用日期: 2019年4月17日; 发布日期: 2019年4月24日

摘要

本文以商州区的三种土壤(花园土、林地土、荒地土)为研究对象, 测定其在不同深度(5~10 cm和10~20 cm)的土壤养分(pH值、电导率、全氮、全磷)和重金属(Cu、Zn、Cd、Ni、Mn)含量, 并分析土壤养分和各重金属之间的相关性。研究发现, 三种不同生境的土壤都属于偏碱性土, 花园土的全氮、全磷含量较高, 荒地土的重金属含量最高。重金属Cd含量在三种不同生境土壤中均高于新国标(GB 15618-2018)规定的风险筛选值(0.3 mg/kg)。相关性分析表明, 电导率与pH、重金属, 重金属与pH以及各重金属之间均有一定的显著或极显著相关性, 而全氮、全磷含量与pH、电导率、重金属含量之间的相关性不显著。

关键词

商州区, 土壤, 养分, 重金属含量

Copyright © 2019 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

土壤是发育于地球陆地表面具有生物活性和孔隙结构的介质, 是地球陆地表面的脆弱薄层, 是动植物赖以生存和发展的物质基础, 因此, 研究土壤的养分状况能够使我们更好地保护和利用土壤。在研究土壤的空间变异性方面, 地统计学方法成为很多学者的常用方法。法国学者 Matheron 提出和发展了区域化变量理论, 认为变量的结构性和随机性并存, 通过地统计学方法, 可以对变量进行插值和对相关变量值进行预测。从 20 世纪 70 年代开始, 大量学者应用地统计学方法研究土壤空间变异性。Webster [1]进行了较为成功的探索, 推动了土壤特性空间变异性的研究。Webster 和 Nortcliff [2]研究发现, 1 hm² 农田内的 Fe 和 Mn 有相当强的空间依赖性, 空间相关距离在 80~100 m, 但 Zn 和 Cu 则几乎没有。郭安延等[3]分析了滑县土壤养分的空间变异特征, 发现滑县土壤有机质、全氮、有效磷和速效钾等四种养分属于中等变异。张志坚等[4]运用地统计学和 GIS 技术对江西省的森林土壤养分进行研究, 发现 TP 和 TN 具有中等程度的变异, 有机质具有强变异性。王璐[5]对洪洞大槐树景区土壤的养分与重金属空间分布特征做了研究, 发现土壤的 pH 值为弱变异性, 其余的肥力指标为中等变异性, Cu、Pb、Zn 与另外两种重金属元素在空间上的分布差异较大。

诸多学者都对商洛市的土壤进行过研究, 如朱亚等[6]对商洛中药材种植区的土壤进行理化性质差异分析, 李堆淑[7]对商洛农田土的养分与重金属的变异特征做了分析, 高利峰[8]对商洛市不同功能区的土壤重金属污染状况做了分析。而对于商洛市不同生境土壤的养分与重金属变异特征的研究较少, 鉴于此, 本文分析了商洛市商州区三种不同生境的土壤(花园土、林地土、荒地土), 研究其养分与重金属含量的变异特征及其相关性。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

商州区是陕西省商洛市辖区的建制, 总面积 2672 km², 是商洛市经济、政治、文化中心, 位于秦岭

南坡, 是东秦岭山地地貌的组成部分, 山大、山多, 属于暖温带半湿润季风山地气候, 气候温和, 雨量充沛, 年平均气温 13.5℃, 年降水量 758 mm。全区宜林地 500 万亩, 林地覆盖面积 200 万亩, 草坡可利用面积 61 万亩, 境内生态环境优美, 生物资源丰富。

2.2. 土壤样品采集

于 2017 年 4 月份对商州区三种不同生境的土壤(花园土、林地土、荒地土)进行不同深度的采集(5~10 cm 和 10~20 cm), 在每个样点周围采用对角线法进行取样, 每个样点采集 5 个点, 将其充分混合后装入聚乙烯灭菌袋内, 编好号带回实验室。在采样过程中用 GPS 记录其海拔以及经纬度(见表 1)。将新鲜土样称取 10 g, 测定其理化性质, 剩余土样在室内自然风干, 去除杂志后研磨过筛。将制备好的土样放在干燥皿内, 用来测定其他指标。

Table 1. Sample points coordinates
表 1. 采样点坐标

样品编号及深度/cm	海拔/m	经纬度
花园土 1	696	33°51'32"N
		109°56'48"E
花园土 2	698	33°51'29"N
		109°56'53"E
花园土 3	700	33°51'33"N
		109°56'43"E
花园土 4	699	33°51'34"N
		109°56'35"E
林地土 1	782	33°52'38"N
		109°56'29"E
林地土 2	784	33°52'38"N
		109°56'30"E
林地土 3	800	33°52'40"N
		109°56'28"E
林地土 4	805	33°52'41"N
		109°56'27"E
荒地土 1	794	33°52'40"N
		109°56'29"E
荒地土 2	766	33°52'34"N
		109°56'28"E
荒地土 3	746	33°52'27"N
		109°56'21"E

2.3. 各指标的测定及数据分析

土壤 pH 采用 5:1 水土浸提法, 用 pH 仪测定[9]; 土壤电导率采用 5:1 水土浸提法, 用电导仪测定[10];

土壤全氮采用凯氏定氮法测定[11]; 土壤全磷采用高氯酸-硫酸法, 磷的测定采用钼锑抗比色法[12]; 土壤重金属用原子吸收光谱仪测定[13]。采用 SPSS22 进行数据处理与分析。

3. 结果与分析

3.1. 土壤养分状况分析

据表 2 可知, 花园土的平均 pH 值为 7.53, 平均电导率为 81.97, 平均全氮含量为 0.970 g/kg, 平均全磷含量为 0.572 g/kg; 林地土的平均 pH 值为 7.54, 平均电导率为 98.23, 平均全氮含量为 0.690 g/kg, 平均全磷含量为 0.288 g/kg; 荒地土的平均 pH 值为 7.52, 平均电导率为 69.20, 平均全氮含量为 0.442 g/kg, 平均全磷含量为 0.567 g/kg。

Table 2. Soil nutrient
表 2. 土壤养分

样品编号及深度/cm	pH	电导率/(μ s/cm)	全氮/(g/kg)	全磷/(g/kg)	
花园土 1	5~10	7.35	63.93	0.874	1.119
	10~20	7.50	73.32	0.596	0.598
花园土 2	5~10	7.10	59.95	1.156	0.451
	10~20	7.60	86.54	0.882	0.533
花园土 3	5~10	7.90	105.34	0.643	0.480
	10~20	7.80	101.24	2.691	0.462
花园土 4	5~10	7.75	94.45	0.022	0.382
	10~20	7.20	70.99	0.890	0.552
林地土 1	5~10	7.40	61.34	0.890	0.418
	10~20	7.60	54.49	0.218	0.354
林地土 2	5~10	8.00	95.72	0.806	0.297
	10~20	8.00	109.50	0.218	0.250
林地土 3	5~10	7.20	47.51	1.039	0.225
	10~20	7.30	50.55	1.039	0.201
林地土 4	5~10	7.30	193.94	0.176	0.256
	10~20	7.50	172.81	1.137	0.308
荒地土 1	5~10	7.74	83.11	0.743	0.392
	10~20	7.70	82.22	0.008	0.351
荒地土 2	5~10	7.40	64.44	0.428	0.881
	10~20	7.25	52.94	1.058	0.800
荒地土 3	5~10	7.50	67.95	0.202	0.489
	10~20	7.52	64.58	0.218	0.490

三种土壤都属于偏碱性土, 且都适宜作物生长, 三种土壤的平均 pH 值为林地土 > 花园土 > 荒地土; 平均电导率大小为林地土 > 花园土 > 荒地土, 土壤电导率与盐分含量有关, 由此可知, 其盐分含量为林地土 > 花园土 > 荒地土; 平均全氮含量为花园土 > 林地土 > 荒地土, 由此可知, 其肥力大小

为花园土 > 林地土 > 荒地土; 平均全磷含量为花园土 > 荒地土 > 林地土。

3.2. 土壤重金属含量分析

重金属一般是指比重大于 5.0 g/cm^3 的金属, 有些是植物生长必需的元素, 如铁、锰、铜、锌, 这些是植物生长所需的微量元素, 微量元素在作物体内含量虽少, 但它们对植物的生长发育起着至关重要的作用。值得注意的是所有的重金属元素含量过高均会对植物生长造成危害。当前最为人们所关注的主要是生物毒性显著的镉、铅、汞及毒性一般的镍、铜、锌等几种主要的重金属[14][15]。

Table 3. Soil heavy metal content

表 3. 土壤重金属含量

样品编号及深度/cm		Mg/kg				
		Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
花园土 1	5~10	25.702	22.574	1.373	18.426	459.248
	10~20	22.614	9.757	0.905	9.719	268.366
花园土 2	5~10	24.091	19.034	1.665	16.179	363.037
	10~20	22.643	51.271	1.274	15.753	441.645
花园土 3	5~10	17.255	8.517	0.813	7.412	270.983
	10~20	16.894	15.591	0.516	17.153	447.845
花园土 4	5~10	17.625	6.776	0.660	6.110	260.621
	10~20	27.853	33.843	1.764	22.081	462.388
林地土 1	5~10	26.956	19.936	1.816	20.778	393.877
	10~20	28.524	13.904	1.910	17.596	327.461
林地土 2	5~10	39.052	15.522	2.807	19.273	361.816
	10~20	37.602	22.568	2.802	23.630	460.623
林地土 3	5~10	27.624	50.873	2.271	25.298	443.350
	10~20	20.838	5.349	1.314	7.213	195.477
林地土 4	5~10	29.035	11.7485	2.172	13.079	304.736
	10~20	30.311	33.523	1.848	26.499	480.108
荒地土 1	5~10	29.357	16.827	2.174	18.675	290.915
	10~20	40.613	32.967	3.118	28.267	423.534
荒地土 2	5~10	31.495	38.260	2.517	18.607	396.904
	10~20	36.401	59.653	2.515	26.193	480.590
荒地土 3	5~10	29.687	35.351	1.710	21.418	435.797
	10~20	32.471	34.588	2.200	25.119	535.393

据表 3 可知, 花园土中, Cu 的平均含量为 21.835 mg/kg , Zn 的平均含量为 20.920 mg/kg , Cd 的平均含量为 1.121 mg/kg , Ni 的平均含量为 14.104 mg/kg , Mn 的平均含量为 371.767 mg/kg ; 林地土中, Cu 的平均含量为 29.992 mg/kg , Zn 的平均含量为 21.677 mg/kg , Cd 的平均含量为 2.117 mg/kg , Ni 的平均含量为 19.171 mg/kg , Mn 的平均含量为 370.931 mg/kg ; 荒地土中, Cu 的平均含量为 33.337 mg/kg , Zn

的平均含量为 36.274 mg/kg, Cd 的平均含量为 2.372 mg/kg, Ni 的平均含量为 23.046 mg/kg, Mn 的平均含量为 427.188 mg/kg。

三种土壤中, 荒地土的重金属含量最高, 并且三种土壤中 Cd 的平均含量均高于新国标(GB 15618-2018)规定的风险筛选值(0.3 mg/kg), 说明三种土壤都存在重金属 Cd 污染风险。宋伟等[16]分析表明, 在 8 种主要土壤重金属污染中, Cd 元素发生污染的概率高达 25.20%。重金属是具有潜在危害的重要污染物。土壤重金属污染会影响土壤性质, 抑制作物生长发育, 降低作物产量与品质[17][18]。

3.3. 土壤养分与重金属含量的相关性分析

据表 4 可知, 在花园土中, 电导率与 pH 呈高度显著正相关($R_{\text{电导率-pH}} = 0.952$); Cu 与 pH、电导率呈极显著负相关($R_{\text{Cu-pH}} = -0.898$, $R_{\text{Cu-电导率}} = -0.881$); Cd 与 pH、电导率、Cu 呈极显著负相关或极显著正相关($R_{\text{Cd-pH}} = -0.902$, $R_{\text{Cd-电导率}} = -0.809$, $R_{\text{Cd-Cu}} = 0.914$), Cd 与 Zn 呈显著正相关($R_{\text{Cd-Zn}} = 0.575$); Ni 与 pH、Cu、Zn、Cd 呈显著负相关或显著正相关($R_{\text{Ni-pH}} = -0.646$, $R_{\text{Ni-Cu}} = 0.705$, $R_{\text{Ni-Zn}} = 0.639$, $R_{\text{Ni-Cd}} = 0.672$); Mn 与 Zn 呈显著正相关($R_{\text{Mn-Zn}} = 0.718$), Mn 与 Ni 呈高度显著正相关($R_{\text{Mn-Ni}} = 0.936$)。

Table 4. Correlation between soil nutrient and heavy metal content in garden

表 4. 花园土壤养分与重金属含量的相关性

指标	pH	电导率	全氮	全磷	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
pH	1.000								
电导率	0.952 ^c	1.000							
全氮	0.066	0.161	1.000						
全磷	-0.317	-0.501	-0.407	1.000					
Cu	-0.898 ^b	-0.881 ^b	-0.170	0.518	1.000				
Zn	-0.339	-0.253	0.101	0.156	0.542	1.000			
Cd	-0.902 ^b	-0.809 ^b	-0.163	0.306	0.914 ^b	0.575 ^a	1.000		
Ni	-0.646 ^a	-0.527	0.516	0.389	0.705 ^a	0.639 ^a	0.672 ^a	1.000	
Mn	-0.400	-0.307	0.570	0.426	0.519	0.718 ^a	0.481	0.936 ^c	1.000

注: a 表示 $p < 0.05$ (显著), b 表示 $p < 0.01$ (极显著), c 表示 $p < 0.001$ (高度显著), 下同。

Table 5. Correlation between soil nutrient and heavy metal content in forest land

表 5. 林地土壤养分与重金属含量的相关性

指标	pH	电导率	全氮	全磷	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
pH	1.000								
电导率	0.075	1.000							
全氮	-0.350	-0.256	1.000						
全磷	0.139	-0.082	-0.063	1.000					
Cu	0.876 ^b	0.309	-0.342	0.096	1.000				
Zn	-0.214	-0.059	0.407	-0.096	0.103	1.000			
Cd	0.719 ^a	0.204	-0.392	-0.077	0.930 ^c	0.240	1.000		
Ni	0.263	0.108	0.177	0.286	0.506	0.812 ^b	0.482	1.000	
Mn	0.292	0.226	0.104	0.245	0.546	0.769 ^a	0.521	0.985 ^c	1.000

据表 5 可知, 在林地土中, Cu 与 pH 呈极显著正相关($R_{Cu-pH} = 0.876$); Cd 与 pH 呈显著正相关($R_{Cd-pH} = 0.719$), Cd 与 Cu 呈高度显著正相关($R_{Cd-Cu} = 0.930$); Ni 与 Zn 呈极显著正相关($R_{Ni-Zn} = 0.812$); Mn 与 Zn 呈显著正相关($R_{Mn-Zn} = 0.769$), Mn 与 Ni 呈高度显著正相关($R_{Mn-Ni} = 0.985$)。

Table 6. Correlation between soil nutrient and heavy metal content in wasteland

表 6. 荒地土壤养分与重金属含量的相关性

指标	pH	电导率	全氮	全磷	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
pH	1.000								
电导率	0.976 ^c	1.000							
全氮	-0.478	-0.444	1.000						
全磷	-0.873 ^b	-0.789 ^b	0.502	1.000					
Cu	-0.025	0.027	-0.160	-0.081	1.000				
Zn	-0.905 ^b	-0.871 ^b	0.393	0.687 ^a	0.420	1.000			
Cd	0.111	0.204	-0.109	0.033	0.871 ^b	0.183	1.000		
Ni	-0.082	-0.129	-0.208	-0.236	0.869 ^b	0.467	0.552	1.000	
Mn	-0.548	-0.663 ^a	-0.200	0.204	0.338	0.645	0.016	0.647	1.000

据表 6 可知, 在荒地土中, 电导率与 pH 呈高度显著正相关($R_{电导率-pH} = 0.976$); 全磷与 pH、电导率呈极显著负相关($R_{全磷-pH} = -0.873$, $R_{全磷-电导率} = -0.789$); Zn 与 pH、电导率呈极显著负相关($R_{Zn-pH} = -0.905$, $R_{Zn-电导率} = -0.871$), Zn 与全磷呈显著正相关($R_{Zn-全磷} = 0.687$); Cd 与 Cu 呈极显著正相关($R_{Cd-Cu} = 0.871$); Ni 与 Cu 呈极显著正相关($R_{Ni-Cu} = 0.869$); Mn 与电导率呈显著负相关($R_{Mn-电导率} = -0.663$)。

由此可见, pH 与电导率, 重金属与 pH, 重金属与电导率以及重金属之间都有一定的相关性, 而 pH、电导率、重金属与全氮、全磷之间的相关性不大。

4. 讨论与结论

1) 土壤溶液的 pH 值是反映土壤酸碱性的化学指标, 土壤 pH 值介于 5.5~8.5 之间适宜作物生长发育。本研究区的三种土壤都属于微碱性土, 都适宜作物生长。

2) 土壤中所含盐类的总量即土壤的总盐量, 在描述土壤盐分状况时, 常用的指标是土壤浸出液电导率。三种土壤中林地土的电导率较高, 表明其盐分含量较高。

3) 土壤中有机氮和无机氮之和称为全氮, 土壤氮素绝大部分来自有机质, 故有机质的含量与全氮成正相关。全氮含量表示土壤中所贮存的氮素以及土壤的供氮潜力, 因此, 全氮含量可以作为土壤肥力的指标。花园土的全氮含量较高, 表明其土壤肥力较好。土壤全磷量即磷的总贮量, 包括有机磷和无机磷两大类。由于大部分磷素以迟效性状态存在于土壤中, 因此土壤磷素供应的指标不能用全磷含量来表示。

4) 三种土壤的 Cd 含量都超过新国标规定的风险筛选值, 表明土壤 Cd 的生态危害严重, 尤其是荒地土中 5 种重金属含量都高于其他两种土壤。

5) pH 与电导率、重金属分别与 pH、电导率以及重金属之间的相关性均比较显著, 表明重金属富集的主要因素是 pH 和电导率。

参考文献

- [1] Webster, R. (1971) Soil Variability: A Review. Beckett PHT. *Soil and Fertilizers*, **8**, 88-93.

- [2] Webster, R. and Nortcliff, S. (1984) Improved Estimation of Micro-Nutrients in Hectare Plots of the Sonning Series. *Soil Science*, **10**, 112-116.
- [3] 郭安廷, 崔锦霞, 许鑫, 等. 基于 GIS 与地统计的土壤养分空间变异研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(23): 72-79.
- [4] 张志坚, 刘苑秋, 吴春生, 等. 基于地统计学和 GIS 的江西省森林土壤养分空间分布特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(01): 38-46.
- [5] 王璐. 洪洞大槐树景区土壤养分与重金属空间分布特征及评价研究[D]: [硕士学位论文]. 临汾: 山西师范大学, 2017.
- [6] 朱亚, 赵盟, 郑仕伟, 等. 商洛不同中药材种植区耕层土壤理化性质差异分析[J]. 山西农业科学, 2018, 46(12): 2057-2061.
- [7] 李堆淑. 商洛农田土壤养分和重金属的变异特征[J]. 河南科学, 2018, 36(5): 683-687.
- [8] 高利峰. 商洛市不同功能区土壤重金属污染状况研究[J]. 商洛学院学报, 2015, 29(4): 63-66.
- [9] 蒋实, 徐争启, 张成江. 四川省万源市土壤 pH 值测定及土壤酸碱度分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(25): 12105-12108.
- [10] 王艳, 王正祥, 廉晓娟, 肖辉, 王立艳, 贺宏达. 天津滨海地区土壤电导率的测定及其与含盐量的关系[J]. 天津农业科学, 2011, 17(02): 18-21.
- [11] 于晓青. 凯氏法测定土壤中全氮[C]//中国环境科学学会. 2015 年中国环境科学学会学术年会论文集(第一卷). 中国环境科学学会, 2015: 4.
- [12] 魏丽红. 土壤全磷测定中样品分解与比色方法的比较研究[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2009, 11(2): 1-3.
- [13] 张飞. 土壤中重金属测定方法探讨[J]. 上海环境科学, 2010(2): 74-77.
- [14] 丛艳国, 魏立华. 土壤环境重金属污染物来源的现状分析[J]. 现代化农业, 2002(1): 18-20.
- [15] 薛建龙. 污染场地周边农田土壤重金属的污染特征及 PMF 源解析研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [16] 宋伟, 陈百明, 刘琳. 中国耕地土壤重金属污染概况[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 293-298.
- [17] 黄霞, 李廷轩, 余海英. 典型设施栽培土壤重金属含量变化及其风险评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 833-839.
- [18] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 71-105.

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: 2329-7255, 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: hjss@hanspub.org