

文章编号: 1001—6996 (2009) 02—0061—09

西安地区土壤地球化学背景 及在农业方面的应用

罗乾周, 卢 婷, 王明霞, 任 蕊, 宋红香, 尹宗义, 王北颖

(陕西省地质调查院, 西安 710065)

摘 要: 西安市多目标区域地球化学调查工作自开展以来, 取得了丰硕的研究成果。本文在介绍西安地区土壤地球化学背景特征的基础上, 探讨了在农业方面的应用。

关 键 词: 地球化学背景; 农业; 西安地区

中图分类号: P632/S15 **文献标识码:** B

多目标区域地球化学调查以土壤地球化学测量为主要方法, 以网格化采样方式进行大规模、连续和系统的地球化学填图, 在农业领域形成农业地质调查系统, 为农业种植结构调整、特色优质农产品种植和农田合理施肥服务^{[1]、[2]}。西安地区开展的多目标区域地球化学调查, 获得了约 24 万调查分析数据, 编制了 200 余张地球化学图件, 为该区的农业地球化学研究提供了第一手资料。

本文通过对西安地区土壤地球化学背景特征的研究, 对农业种植和施肥进行了科学的规划和管理, 以期提高土地的持续生产能力和农产品品质。

1 西安地区多目标工作简介

西安地区多目标地球化学调查区分布于渭河盆地, 为著名的“八百里秦川”的核心部位。地貌相对单一, 北部为黄土塬的南缘, 主要出露黄土残塬; 南部为秦岭山脉的北缘, 分布山前冲洪积扇及少量黄土残塬; 中部为调查区渭河冲洪积平原及部分黄土塬。以往区域地球化学资料面积小、分析元素不全面, 且精度较差。因此在本地区开展多目标地球化学调查, 对尽快摸清本省生态环境“家底”, 查清地表主要生态介质的区域地球化学特征是十分必要的。

“西安市多目标区域地球化学调查项目”从 2006 年开始实施, 调查区涉及渭河流域西安市、咸阳市、渭南市等四市十九县 13510 km² 面积, 获得了大量的土壤地质生态环境地球化学信息, 初步取得了一系列较为重要的认识。

收稿日期: 2009—07—20

作者简介: 罗乾周, 男, 46 岁, 高级工程师, 长期从事区域地质矿产调查及研究工作。曾发表论文十余篇。

2 西安地区表层、深层元素地球化学背景特征

2.1 表层土壤地球化学背景特征

表层土壤是生态系统的最重要组成部分,是人类及绝大多数动植物生存必须依赖的基本生态环境条件之一,其功能被人类活动和生产充分利用的同时,亦遭受人类活动的扰动和污染。通过本次区域地球化学调查工作,了解和掌握了 54 项指标在区域内的分布特征及在不同生态单元间的分配特征。

根据西安地区表层土壤背景值特征,将其与陕西省、全国土壤背景值进行对比见表 1,依次分析西安地区土壤中各元素的含量特征,从而进一步了解西安地区土壤中各元素与其他地区相比的富集和贫化情况。

从表 1 可以看出,与全国表层土壤相比,西安地区含量较高的元素有: MgO 、 P 、 CaO 、 Cr 、 F 、 TFe 、 Sr 、 Sn 、 Cu 、 Ni 和 Cd , pH 也高于全国土壤水平,属于相对富集;含量较低的元素有: Br 、 Ag 、 U 、 Mo 、 Se 、 I 、 N 和 Corg ,这些元素的含量与全国土壤的含量比值小于 0.8,属于相对贫化。

与陕西表层土壤相比,元素含量总体偏高。测区突出偏高的元素有: Sn 、 MgO 、 Hg 、 Cd 、 CaO 、 Al_2O_3 、 Br 、 Se ;高出明显的有: K_2O 、 Mo 、 B 、 Co 、 Cu 、 V 、 Zr 、 Tl 、 Pb 、 I 、 Mn 、 Sr 、 Li 、 Cr ,属于相对富集;含量较低的的元素有: Sb 、 W 及有机碳 Corg 。

2.2 深层土壤地球化学背景特征

根据西安地区深层土壤基准值特征,将其与陕西全省土壤、全国土壤进行对比见表 2,分析西安地区土壤中各元素的含量特征,从而可进一步了解西安地区土壤中各元素与其它地区相比的富集和贫化情况。

从表 2 可见,与中国深层土壤背景值对比,西安地区大部分元素高于中国深层土壤背景值,尤其 Cd 、 Cr 相对富集,另外 F 也相对较高。 Zn 、 Pb 、 Hg 、 Se 低于中国深层土壤背景值,主要与成土母质有关。

与陕西深层土壤相比较,测区绝大部分元素都偏高,其中富集的元素有: Cr 、 Cu 、 V 、 Cd 、 Co 、 Hg 、 F 、 Se 。相对富集的元素有: Zn 、 Pb 、 Mn 、 Ni 、 As 等,充分反映了渭河盆地沉积区长期接受多相沉积、沉降的结果。

3 西安地区土壤肥力元素分布特征

土壤肥力是土壤的基本属性和本质特征,是土壤为植物生长供应和协调养分、水分、空气和热量的能力。本次研究仅涉及土壤养分因素。土壤养分元素按含量高低可划分为三类:

- (1) 必需大量元素: C 、 N 、 P 、 K 、有机质、 S 、 Ca 、 Mg
- (2) 必需微量元素: Fe 、 Mn 、 Zn 、 Cu 、 B 、 Mo 、 Cl
- (3) 有益元素: Si 、 Co 、 Ni 、 Na

根据农业部土壤养分元素及有益微量元素丰缺标准,绘制了西安地区养分丰缺分级图等系列图件。其含量及分布情况见表 3~5。

表 1 表层土壤地球化学背景特征
Tab. 1 Geochemical background of surface soil

分析项目	测区表层	中国表层	测区/中国	陕西表层	测区/陕西
* Na ₂ O	1.374	1.37	1.003	1.19	1.155
* MgO	2.353	1.3	1.810	1.00	2.353
* Al ₂ O ₃	12.673	12.5	1.014	6.83	1.855
* SiO ₂	58.729	63.34	0.927		
P	1039.047	670	1.551		
* K ₂ O	2.583	2.24	1.153	1.93	1.338
* CaO	5.973	2.16	2.765	2.95	2.025
Ba	532.603	460	1.158	516	1.032
Ti	4151.658	3800	1.093	3800	1.093
Cr	76.514	61	1.254	62.5	1.224
* TFe	4.924	4.1	1.201	3.15	1.563
Zn	78.008	72.4	1.077	69.4	1.124
Ga	16.096	17.5	0.920	20.0	0.805
Br	3.487	5.4	0.646	2.06	1.693
Pb	26.658	26	1.025	21.4	1.246
Rb	104.780	111	0.944	104	1.008
Sr	204.776	167	1.226	166	1.234
Y	24.438	22.9	1.067	24.2	1.010
Zr	222.949	256	0.871	174	1.281
△Ag	81.160	132	0.615	72	1.127
B	51.157	47.8	1.070	36.8	1.390
Sn	3.259	2.6	1.253	1.1	2.963
Be	2.266	1.95	1.162	2.27	0.998
Ce	73.139	68.4	1.069	65.1	1.123
Cu	28.406	22.6	1.257	21.4	1.327
La	37.311	39.7	0.940	36.6	1.019
Li	38.548	32.5	1.186	31.3	1.232
Mn	689.577	583	1.183	557	1.238
Ni	33.004	26.9	1.227	28.8	1.146
Sc	11.726	11.1	1.056	11.66	1.006
V	86.870	82.4	1.054	66.9	1.299
△Cd	197.577	97	2.037	0.094	2.102
Co	14.106	12.7	1.111	10.6	1.331
Tl	0.608	0.62	0.981	0.481	1.264
Th	12.351	13.75	0.898	12.6	0.980
U	2.292	3.03	0.756	2.72	0.843
As	12.685	11.2	1.133	11.1	1.143
Sb	1.044	1.21	0.863	1.34	0.779
Bi	0.374	0.37	1.011	0.33	1.133
△Hg	68.901	65	1.060	30	2.297
Ge	1.431	1.7	0.842	1.7	0.842
W	1.991	2.48	0.803	3.28	0.607
Mo	0.943	2	0.472	0.7	1.347
F	577.461	478	1.208	497	1.162
Se	0.194	0.29	0.669	0.115	1.687
I	2.114	3.76	0.562	1.70	1.244
N	887.513	1460	0.608		
* Corg	0.900	1.798	0.501	1.85	0.486
pH	8.182	6.7	1.221	8.3	0.985
△Au	1.781	2.03	0.877		

含量单位：带△的组分为 ng/g；带*的组分为 %；pH 无量纲；其他为 μg/g。

表 2 深层土壤地球化学背景特征
Tab. 2 Geochemical background of soil at depth

分析项目	测区深层	中国深层	测区/中国	陕西深层	测区/陕西
Cr	75.725	60.8	1.245	57.9	1.308
Zn	68.884	71.1	0.969	62.6	1.100
Pb	22.054	24.7	0.893	21.2	1.040
Cu	26.354	23.1	1.141	20.4	1.292
Mn	674.590	597	1.130	580	1.163
Ni	33.165	28.6	1.160	28.6	1.160
V	91.403	84.3	1.084	70.0	1.306
△Cd	128.296	84	1.527	86	1.492
Co	14.179	13.4	1.058	10.7	1.325
As	12.727	11.5	1.107	11.1	1.147
△Hg	28.606	44	0.650	23	1.244
F	599.221	507	1.182	470	1.275
Se	0.088	0.246	0.358	0.061	1.443

含量单位:带△的组分为 ng/g;其他为 mg/kg。

表 3 土壤必需大量元素含量统计表
Tab. 3 The statistics of major elements in soil

元素	很富足		富足		适度		相对缺乏		缺乏	
	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)
N	14.86	0.11	2997.87	22.19	7437.25	55.05	2280.49	16.88	779.53	5.77
P	303.98	2.25	7153.55	52.95	5085.16	37.64	936.24	6.93	31.07	0.23
K	194.54	1.44	13315.46	98.56	—	—	—	—	—	—
有机质	55.39	0.41	199.95	1.48	3389.66	25.09	8481.58	62.78	1383.42	10.24
C	5372.93	39.77	3940.87	29.17	1384.77	10.25	1152.4	8.53	1659.03	12.28
Ca	9458.35	70.01	1784.67	13.21	2195.38	16.25	71.6	0.53	—	—
Mg	13210.08	97.78	87.81	0.65	129.7	0.96	82.41	0.61	—	—
S	9026.03	66.81	3734.16	27.64	533.65	3.95	90.52	0.67	125.64	0.93

氮的分布以适度和富足为主,在官池及渭河沿河流域较为缺乏;磷的分布以富足为主,在蓝田一带含量较少;钾的富足区占总面积的 98.56%,很富足区分布在周至—户县一带;有机质在区内的含量较为缺乏,富足区主要分布在城区附近;碳在区内的含量以很富足区和富足区为主,缺乏区主要分布在大荔县官池镇一带及渭南市以西的秦岭北坡沿线;钙总体处于含量很富足的级别,从南到北具有从弱到强明显的分带性;镁的很富足占全区面积的 97.78%;硫在全区含量非常丰富,缺乏区主要分布在官池一带。

铜在区内以富足和适度为主,很富足区主要分布在周至、户县一带及潼关地区;硼总体表现为含量适中的级别,缺乏区主要分布在官池镇一带及华县—华阴山前地区,富足区主要分布在三官庙、崇凝镇一带,规模较小;铁高于中国表层背景值 1.2 倍,在全区含量非常丰富;锰在区内的分布以适度和富足为主,官池一带较为缺乏;钼总体处于含量相对缺乏的级别,很富足区主要分布在华县靠近秦岭一带;锌以适度含量区为主,缺乏区在研究区西部沿

渭河呈不连续带状断续分布，很富足区主要分布在西安市区及潼关。

表 4 土壤必需微量元素含量统计表
Tab. 4 The statistics of microelements in soil

元素	很富足		富足		适度		缺乏		很缺乏	
	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)
Cu	1034.87	7.66	6740.14	49.89	4693.37	34.74	707.92	5.24	333.70	2.47
B			351.26	2.60	11765.86	87.09	1271.29	9.41	121.59	0.90
Fe	11421.35	84.54	1599.59	11.84	174.28	1.29	70.25	0.52	244.53	1.81
Mn	48.64	0.36	4733.90	35.04	7735.83	57.26	748.45	5.54	243.18	1.80
Mo	93.22	0.69	212.11	1.57	2294.00	16.98	9870.40	73.06	1040.27	7.70
Zn	306.68	2.27	1141.60	8.45	10177.08	75.33	1476.64	10.93	408.00	3.02

硅在全区的分布为很富足；钴、镍、钠均以适度和富足为主，其中钴和镍在官池一带及渭河沿河流域含量较为缺乏，而钠在官池及渭河沿河流域含量较富足。

表 5 土壤有益元素含量统计表
Tab. 5 The statistics of beneficial elements in soil

元素	很富足		富足		适度		缺乏		很缺乏	
	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)
Si	13510	100								
Co			2777.7	20.56	8923.4	66.05	1475.3	10.92	333.7	2.47
Ni			6644.2	49.18	5867.4	43.43	718.7	5.32	279.7	2.07
Na			3389.7	25.09	9702.9	71.82	417.4	3.09		

4 土地环境质量状况

土壤中重金属元素的含量指示了土壤环境质量的差异，是保证农产品安全性的重要因素。本文采取内梅罗综合污染指数法对土壤的重金属污染进行了综合评价。其中重金属因子为 GB15618—95《土壤环境质量标准》中的 8 个元素：Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr、Zn、Ni。内梅罗综合污染指数法突出了环境要素中浓度最大的污染物对环境质量的影响，计算公式如下：

$$I = \sqrt{\frac{(P_{imax}^2 + P_e^2)}{2}}$$

式中：I 为内梅罗综合污染指数值；
P_e 为采用等权平均法计算的综合指数；
P_{imax} 为所有单因子污染指数中的最大值。

土壤的污染程度可分为清洁区、基本清洁区、初始污染区、轻度污染区、中度污染区和重度污染区六级。土壤污染综合指数分级表见表 6：

表 6 土壤污染综合指数分级表

Tab. 6 The classification of composite index of soil pollution

综合指数	<1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0~6.0	>6.0
分类代码	1	2	3	4	5	6
分类名称	清洁区	基本清洁区	初始污染区	轻度污染区	中度污染区	重度污染区

评价结果如图 1 所示：

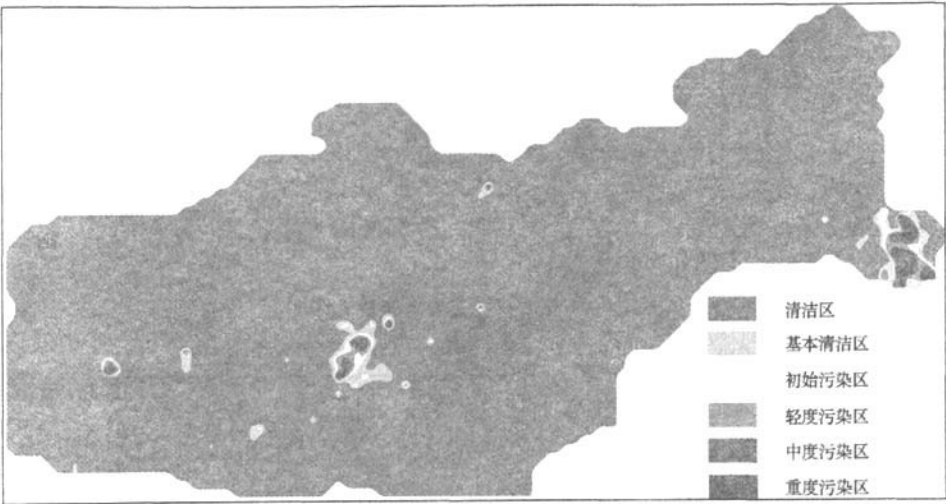


图 1 西安地区土壤环境质量综合评价图

Fig. 1 The assessment map of soil enviromental quality in Xi'an area

由图 1 可见，西安地区 98% 的土壤为清洁区和基本清洁区，污染区（包括初始污染区、轻度污染区、中度污染区和重度污染区）占研究区面积不到 2%，主要分布在西安市区西北部及潼关一带。

5 在农业方面的应用

根据以上调查成果，对区内农业生产基地的土壤质量、名特优稀农产品生态地球化学和特需元素特征进行调查评价。查明土壤中营养与有益元素全量与土壤分布的关系；重金属元素含量与分布特征。在此基础上，对土壤质量和肥力现状作出评价，从生态地球化学角度划分出各特色农作物种植的适宜区和限制区，从特需元素的角度提出增产和增质的施肥方案。

5.1 合理规划农业种植区

除西安市城区和潼关矿区外，综合土壤地球化学背景、农业营养元素丰缺、土壤环境质量，

按照农业适宜性划分标准,将测区划分为五个适宜种植区。即Ⅰ优质苹果、粮食适宜种植区,Ⅱ富硒农产品适宜种植区,Ⅲ绿色林果适宜种植区,Ⅳ猕猴桃特产适宜种植区,Ⅴ林地适宜种植区,见图 2。



图 2 西安地区农业适宜种植区划图

Fig. 2 Regional planning of agriculture land in Xi'an area

Ⅰ、优质苹果、粮食适宜种植区

该区位于乾县—礼泉—兴平一带。土壤类型主要为褐土。区内土壤特征为富钙,有益元素 C、N、P、K、S、Zn、Cu、TFe 等含量丰富。近年来,该区苹果生产成为一大优势,所产苹果个大、色艳、味浓,含糖量高,多次荣获农业部优质农产品称号。除生产优质苹果外,该区主要的农作物为小麦、玉米、油菜、大豆等,是全国优质粮食生产基地之一。

Ⅱ、富硒产品适宜种植区

该区位于关中平原北部泾阳—三原—高陵一带,泾河下游。土壤中有益元素 C、N、P、K、Ca、Mg、Mo、Co、Se 等含量丰富,硒做为一种微量营养元素,为人和动物的生长、发育和防止许多疾病所必需,并有抗衰老和防癌等功能,具有十分重要的生理学意义和广阔的应用前景。建议开发富硒优质农产品,以提高农民经济收入,促进当地经济发展。

Ⅲ、富锌产品适宜种植区

该区位于秦岭山前长安—蓝田一带,灞河一级阶地及山前冲洪积扇。土壤中有益元素 K、TFe、Zn、Mn、Ni、Co、Cu 为较高背景。主要农作物为小麦、玉米。此外,该区内的临潼石榴、火晶柿子名扬全国。研究表明^[3],优质石榴的空间分布与 P、Zn、Cu、Fe、B、K 元素的富集程度呈正相关,特别是 Zn 元素在临潼县一带比较富集,分布面积集中在石榴种植区,可见区内丰富的营养元素为优质石榴的生长提供了得天独厚的地球化学环境。

Ⅳ、绿色林果适宜种植区

位于渭河以北大荔—官池一带重金属元素 Zn、Pb、Cu、Cd、As、Hg、Ni、Cr 均为低背景,其

含量均在绿色食品产地环境标准中土壤污染限值之内,特别是在官池镇东西一带,风沙土相对集中地区,建议大量发展特色绿色食品基地,如:大枣、冬枣、柿子、花生、苹果等水果以及芦笋、黄花菜等蔬菜,以振兴当地经济发展。

V、富硒猕猴桃特产区

该区位于渭河以南周至—户县一带。猕猴桃在酸性或微酸性土壤中生长良好,且有效态 Zn、Cu、Fe、B、K、Mn 与猕猴桃产量正相关^[4]。本次调查表明,该区土壤偏酸性,Zn、Cu、Fe、B、K、Mn 含量丰富,特别是 Se 元素集中分布在周至县、户县一带,为优质猕猴桃生长提供了优质的地球化学环境。建议加大富硒猕猴桃的宣传力度。

VI、林地适宜种植区

该区位于秦岭山前华县—潼关一带,主要土壤类型为沼泽土、褐土、黄绵土。区内营养元素 C、P、Se、S、Co、Mo 含量较高,重金属元素 Cu、Zn、Hg、Pb 等含量也较高,建议大力发展林业,增加木材和其他林产品的生产。

5.2 指导农田科学施肥

长期以来,由于缺乏对耕地地球化学特征的调查研究和对农业的技术指导,很多农民盲目的施用化肥,导致耕地质量持续下降,农产品质量问题越来越突出。利用本次多目标地球化学调查成果,通过对农业区土壤环境质量进行评价,可对土壤施肥和改良进行科学指导,对土壤养分不平衡问题突出区,可根据土壤微量元素丰缺评价结果,按缺什么补什么的理念,科学施肥以提高农产品的产量和品质,使土壤资源得到科学持续发展更好的为人类服务。

根据农业部土壤养分元素及有益微量元素丰缺标准,西安地区表层土壤肥力元素(N、P、K)丰缺图(见图 3)。建议在肥力元素缺乏的地区相应增施有机肥及氮肥、磷肥,以保证农产品的产量和质量。



图 3 西安地区大量元素缺乏图

Fig. 3 Lack of macroelement in Xi'an area

6 结语

西安地区多目标地球化学调查所获得基础资料对陕西省生态环境建设、农业生产和有关科学研究具有重大而深远的意义,有关应用研究课题十分广泛,值得今后不断的开发应用。

本论文系《西安地区1:25万多目标区域地球化学调查》项目的阶段性研究认识,属集体成果,并受到王会锋等专家的指导,在此表示衷心的感谢!

[参考文献]

- [1] 奚小环.生态地球化学,从调查实践到应用理论的系统工程[J].地学前缘,2008.
- [2] 奚小环.多目标区域地球化学调查与生态地球化学—第四纪研究与应用的新方向[J].第四纪研究,2005.
- [3] 栾文楼,等.影响石榴品质的地球化学因素—以石家庄市元氏县变质岩系为例[J].地球与环境,2007.
- [4] 朱红春,等.基于GIS的猕猴桃土壤养分评价与施肥建议模型研究[J].农业工程学报,2007.

GEOCHEMICAL BACKGROUND OF SOIL IN XI'AN AREA AND THE APPLICATION IN AGRICULTURE

Luo Qian-zhou, Lu Ting, Wang Ming-xia, Ren Rui ,
Song Hong-xiang, Yin Zong-yi, Wang Bei-ying

(Shaanxi Geological Survey, Xi'an 710065)

Abstract: Great successes were achieved since the Multi-purpose regional geochemical survey in the Xi'an area. This paper discussed the application in agriculture based on the geochemical background characteristic of the Xi'an area.

Key words: geochemical background ; agriculture; Xi'an area