

四川盆地紫色土的地球化学特征与 有效性微量元素的关系

孙德江

(中国科学院成都分院土壤研究室)

摘要

本文研究了四川省内6种紫色岩及其土壤中硅、铁、锰、铜、锌等几种元素的含量变化规律,阐明了上述元素在成岩与成土过程中分散与富集的特点,同时指出了上述元素全量及有效性含量的不一致性,提出了土壤地球化学分类指标及建议,可为合理施用微量元素肥料提供科学依据。

四川盆地是一个古老的农业区,过去作物所需要的微量营养元素主要来自土壤。70年代开始,在紫色土区推广了锌、硼等微量元素肥料,已取得明显增产效果。但是,不同土壤与母岩中微量元素含量差异很大,肥效各异。本文拟从地球化学观点研究微量元素(主要是铁、锰、铜、锌元素)的分散和富集情况。本文着重探索紫色土中有效态微量元素的分布状况,以达到合理施用微量元素肥料,提高农作物产量之目的。

一、供试样品与分析方法

选用四川盆地6种紫色土和相应母岩。夹关组(K₂i 简称夹组)母岩与土壤采自宜宾敬梓场;沙溪庙组(J₂S 简称沙组)母岩与土壤采自内江市交通乡;遂宁组(J₂Sn 简称遂组)母岩与土壤采自遂宁县上宁乡;蓬莱镇组(J₃P 简称蓬组)母岩与土壤采自蓬莱县河边乡;城墙岩群(K₁cg 简称城群)母岩与土壤采自梓潼县青龙乡;飞仙关组(T₁F 简称飞组)母岩与土壤采自长宁县龙头乡。

全量硅、铁用化学定量法测定;全量锰、锌、铜以酸溶样,有效铁、锰、铜、锌用DTPA提取液,均用原子吸收分光光度计测定。

二、紫色岩的地球化学特征

沉积作用是一种地球化学过程。在这个过程中硅和铁、锰等微量元素具有不同的沉积行径,硅首先沉积,形成了富含硅的石英岩、砂岩等。硅沉积后,泥质沉积物随之形成,铁、锰成氢氧化物也同时沉淀,并吸附其他微量元素共同沉积下来,形成泥质岩石^[1]。因此,成岩条件不同,微量元素的富集与分散程度也不同。

四川盆地紫色岩由3个不同地质时期沉积的砂岩、泥岩、泥灰岩和页岩构成。早三迭纪沉积物源以泥质为主,硅质较低,所成岩石系厚层页岩夹薄层泥灰岩,其硅量为

18.14%，铁、锰、铜、锌(以下简称四元素)总量 7.94%。上中侏罗纪蓬组、沙组、遂组和下白垩纪城群等四组之沉积物源中硅质与泥质物量差异不显著。蓬组、沙组均系厚泥岩厚砂岩互层组成。前者硅量为 23.16%，四元素总量为 3.41%；后者硅量为 23.30%，四元素总量 4.58%。遂组系厚泥岩夹薄层粉砂层，硅量 23.23%，四元素总量 3.62%。城群系泥岩与粉砂岩互层组成，硅量为 23.22%，四元素总量 2.67%。上白垩纪夹组沉积物源中以硅质物为主，泥质沉积物较少，由薄层砂岩夹薄层泥岩组成，其硅量为 23.60%，四元素总量为 1.67%。6 种紫色岩石硅平均值为 22.44%，铁平均值 3.88%，锰平均值 915 ppm。从世界沉积岩组成来看，含硅量为 20.8—27.09%，含铁量为 3.5—4.04%，含锰量 2323 ppm(表 1)。相比之下，四川省的紫色岩中上述元素含量有所不同，而且随岩性不同，含量有较大的变化。例如飞组硅量最低，而铁、锰量最高；但前者高于世界沉积岩含量水平，而后者则低于其含量水平。反之，夹组硅量较高，但铁、锰量则明显偏低。其余四组硅、铁、锰含量居中。材料表明除飞组含铁量较高外，其余与世界沉积岩含量水平相当或低些，而锰含量均低的多。6 种紫色土母岩中硅量与四元素总量呈负相关；铁、锰含量又与铜、锌含量呈正相关(表 2)。

表 1 世界沉积岩硅、铁、锰含量与紫色母岩比较

Table 1 Comparison between Si, Fe, Mn contents in purple parent rock and the mean values of those in sedimentary rocks of the world

岩石 Rock	Si (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe + Mn + Zn + Cu (%)
世界沉积岩平均值	20.8—27.04	3.5—4.04	2323	—	—	—
飞仙关组 T ₁ F	18.14	7.79	1176	128	157	7.94
蓬莱镇组 J ₃ P	23.16	3.30	1013	20	107	3.41
沙溪庙组 J ₂ S	23.30	4.47	895	25	175	4.58
遂宁组 J ₂ Sn	23.23	3.52	924	16	128	3.62
城墙岩群 K ₁ cg	23.22	2.55	869	12	86	2.67
夹关组 K ₂ i	23.60	1.60	613	16	59	1.67
六组平均值	22.44	3.88	915	36	119	3.98

注：世界沉积岩、硅、铁、锰平均值见参考文献[1]。

表 2 紫色母岩中各元素含量相关性

Table 2 Correlation for the content of each elements in purple parent rock

元素 Element	飞仙关组 T ₁ F	四组平均值 Average of four groups	夹关组 K ₂ i	相关系数(r) Correlation coefficient
Si(%)	18.14	23.23	23.60	-0.972
Fe + Mn + Zn + Cu(%)	7.94	3.57	1.67	
Fe + Mn(%)	7.91	3.55	1.66	0.999
Cu + Zn(ppm)	285	142	75	

三、紫色土中微量元素的迁移分散富集特征

(一) 紫色土中微量元素含量的类比 紫色土中锌比世界土壤、我国土壤平均值都高; 锰、铜量有的高, 有的低。只有飞组锰、铜、锌含量均最高(表 3)。

表 3 紫色土与世界和我国土壤中微量元素含量比较

Table 3 Comparison between microelement contents in purple soils and soils the mean values of those in Soils of China and the world

元 素 (ppm) Element	世界土壤平均值 The average of soils in the world	我国土壤平均值 The average of soils in China	飞 组 T ₁ F	遂 组 J ₂ Sn	城 群 K ₁ cg	夹 组 K ₂ i	沙 组 J ₂ S	蓬 组 J ₃ P
Mn	850	710	1489	1003	682	616	849	861
Zn	50	100	166	180	114	96	135	135
Cu	20	20	124	23	24	16	18	19

注: 世界土壤和我国土壤中锰、锌、铜平均值见参考文献 [2, 3]。

(二) 紫色土中微量元素的分散和富集 微量元素在土壤中的分散和富集是成土过程的反映。尽管在湿润亚热带气候条件下, 但由于不断侵蚀结果, 紫色岩上发育的土壤中, 微量元素的分散和富集仍是微弱的, 且受母岩影响。如夹组与蓬组土壤中铁含量虽高于母岩, 而飞组和遂组等都略低于母岩(表 4)。

表 4 紫色土剖面中铁、锰、铜、锌的分布

Table 4 Distribution of Fe, Mn, Cu, Zn in the profile of purple soils

层 次 Horizon		飞 组 T ₁ F	遂 组 J ₂ Sn	蓬 组 J ₃ P	沙 组 J ₂ S	夹 组 K ₂ i	城 群 K ₁ cg
表 土	Fe (%)	12.53	7.34	7.49	6.72	7.60	6.60
母 质	Fe (%)	12.25	7.54	7.05	6.52	7.23	6.58
	Mn (ppm)	1489	1003	863	849	616	682
	Cu (ppm)	124	23	19	18	19	24
	Zn (ppm)	166	180	135	135	96	114
岩 石	Fe (%)	13.40	7.60	7.09	6.99	6.21	6.65
	Mn (ppm)	1176	924	1013	895	613	869
	Cu (ppm)	128	16	20	25	16	12
	Zn (ppm)	157	128	107	175	59	86

至于其他微量元素在土壤中的富集和淋失状况也有类同规律, 即含硅量高的母岩, 土壤中含硅量也高, 相应地铁、锰、铜、锌四元素含量则低(表 5)。

表 5 紫色土壤和母岩中硅与微量元素含量比较

Table 5 Comparison between the contents of silicon and microelements in purple soils and their parents rock

岩石和土壤 Rock and soil		Si (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe + Mn + Zn + Cu (%)
飞仙关组 T ₁ F	岩石	18.14	7.79	1176	157	128	7.94
	土壤	18.18	7.79	1486	166	124	7.97
蓬莱镇组 J ₃ P	岩石	23.16	3.30	1013	107	20	3.41
	土壤	23.20	2.53	861	135	19	2.63
沙溪庙组 J ₂ S	岩石	23.30	4.47	895	175	25	4.58
	土壤	23.26	2.85	849	135	18	2.95
遂宁组 J ₂ Sn	岩石	23.23	3.52	924	128	16	3.63
	土壤	23.21	4.26	1003	180	23	4.38
城墙岩群 K ₁ cg	岩石	23.22	2.55	869	86	12	2.65
	土壤	22.60	3.14	682	114	24	3.22
夹关组 K ₂ i	岩石	23.60	1.60	613	59	16	1.67
	土壤	23.59	2.90	616	96	19	2.97
6组平均值	岩石	22.44	3.88	915	119	36	3.98
	土壤	22.34	3.91	917	138	38	4.02

表 6 紫色土壤和母岩的养分 (ppm)

Table 6 Some chemical properties of purple soils and parents rocks

岩石和土壤 Rock and soil		Fe		Mn		Cu		Zn		有效性微量元素总量 Total amount of available microelements	pH	CaCO ₃
		全量 Total	有效性 Available	全量 Total	有效性 Available	全量 Total	有效性 Available	全量 Total	有效性 Available			
夹关组 K ₂ i	土壤	29000	23.23	616	26.12	19	0.30	95	1.05	50.7	8.29	8.66
	岩石	16000		613		16		59			5.20	0
飞组 T ₁ F	土壤	77900	23.05	1489	12.76	124	0.50	166	0.95	37.26	7.74	0
	岩石	77900		1176		128		157			6.42	0
沙组 J ₂ S	土壤	28500	3.57	849	7.16	18	0.18	135	2.91	13.82	7.96	6.87
	岩石	44700		895		25		175			7.71	1.55
遂组 J ₂ Sn	土壤	42600	3.02	1003	8.55	23	0.14	180	0.75	12.46	8.28	14.51
	岩石	35200		924		16		128			8.01	14.11
蓬组 J ₃ P	土壤	25300	3.97	861	11.83	19	0.31	135	0.95	17.06	8.29	16.91
	岩石	33000		1013		20		107			8.07	10.16
城群 K ₁ cg	土壤	31400	3.55	682	10.31	14	0.13	114	0.49	14.48	8.29	8.72
	岩石	25700		869		12		86			8.28	7.30

(三) 紫色土壤微量元素的地球化学分类问题 基于上述按地球化学分类的一般原则, 是以元素全量组成的富集与分散程度作为依据。据此可将紫色土分为二类: 即一是贫硅富微量元素的, 如飞组; 二是中等含硅和微量元素的, 如沙组、遂组、蓬组、城群、夹组等 5 组。而全量组成不等于其有效性水平, 土壤中元素的有效性水平, 系指土壤地球化学次生可溶性元素的分散和富集程度, 因此, 土壤中可溶性微量元素丰缺的地球化学分类, 才是指导因土施肥的依据。

已如上述微量元素含量与母岩的关系是密切的。土壤中微量元素的有效性问题, 这不仅决定于微量元素的全量, 而且更主要的是取决于土壤的酸碱度。表 6 表明: 夹组 pH 为 5.20, 微量元素全量虽然低, 但有效性铁、锰、铜、锌总量较高达 50.7 ppm; 飞组其 pH 为 6.42, 微量元素全量虽然最高, 四种有效性元素总量却较低, 为 37.26 ppm。凡是 pH 值为 7.71—8.28 的紫色土, 四元素有效性总量则甚低, 仅为 12.46—17.06 ppm。盆地 6 种紫色土因化学性质不同, 其有效性含量分别为铜 0.13—0.50 ppm, 锌 0.49—2.91 ppm, 锰 7.16—26.12 ppm, 铁 3.02—26.23 ppm。根据四元素有效性含量丰缺, 为今后施用微量元素肥料提供依据, 将紫色土分成 4 种土壤地球化学元素分散和富集类型 (表 7)。实践证明在缺铁紫色土中, 施用尿素铁肥, 有明显效果, 水稻盆栽中增产 3.16—10.5%, 而在不缺铁, 且铁比锰过剩的紫色土中施用尿素铁肥, 引起水稻减产 17.75%。这充分说明因土施肥的重要性。

表 7 紫色土中有效铁、锰、铜、锌含量分级* (ppm)

Table 7 Gradation of contents of available Fe, Mn, Cu, Zn in purple soils

元 素 Element	缺 乏 Lacking			边缘值 Critical level	适 量 Moderate level			高 值 High level
	Cu	Zn	Fe	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn
	<0.2	0.5—1.0	2.5—4.5	5—9	>4.5	0.2—1.0	1.0—3.0	>9.2
土 壤 Soil	城群 K _{1cg}	城群 K _{1cg}	城群 K _{1cg}	沙 组 J _{2S}	夹组 K _{2i}	夹组 K _{2i}	夹组 K _{2i}	飞组 T _{1F}
	遂组 J _{2Sn}	遂组 J _{2Sn}	遂组 J _{2Sn}	遂 组 J _{2Sn}	飞组 T _{1F}	飞组 T _{1F}	沙组 J _{2S}	夹组 K _{2i}
	沙组 J _{2S}	蓬组 J _{3P}	蓬组 J _{3P}			蓬组 J _{3P}		蓬组 J _{3P}
		飞组 T _{1F}	沙组 J _{2S}					城群 K _{1cg}

* 胡恩农, 1981: 微量元素肥料。土壤通讯, 第 2 期, 76 页; 四川省土壤学会编。锰含量分级系参考文献[1]。

参 考 文 献

- [1] B. 马逊著(陈浩疏等译), 1963: 地球化学原理。140—180 页, 中国工业出版社。
 [2] 刘铮, 1978: 我国主要土壤中微量元素的含量与分布初步总结。土壤学报, 第 15 卷 2 期, 138—140 页。
 [3] 唐丽华等, 1983: 黄壤中微量元素的含量和分布。土壤学报, 第 20 卷, 2 期, 186—195 页。
 [4] 余存祖等, 1984: 土壤有效锰 (DTPA-Mn) 的应用、评价与临界值的讨论。土壤学报, 第 12 卷 3 期, 277 页。

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS THE AVAILABILITY OF TRACE ELEMENTS IN PURPLE SOILS OF SICHUAN

Sun Dejiang

(Department of Pedology, Academia Sinica Chengdu Branch)

Summary

Trace elements including Si, Fe, Mn, Cu, Zn, etc. in 6 purple rocks and soils derived from the rocks in Sichuan were studied. Data obtained revealed the dispersion and enrichment characteristics in the process of rock formation and soil genesis and the inconformity of the total content to the available contents of the elements. It is suggested that the geochemical gradation of these elements in the soils based on their available contents may be used as the indexes for trace element fertilization.

~~~~~

## 欢迎订阅《土壤学进展》

本刊为综合性科技刊物，着重介绍国外土壤、农化、环保等领域的研究动态，进展情况，重要科技成果，以及新技术，新方法，新学科等，此外还报道国外重要科技信息，国际学术活动等。可为各级业务领导和管理人员提供国际情况，了解发展趋势；为科技和教学人员提供重要资料；为研究生和在校学生提供学习材料。本刊每年出版6期，每期定价0.45元，全年订费2.70元。全国各地邮局发行，代号28-22。过期可以破季订阅，需要者，请向当地邮局(所)订阅。

《土壤学进展》编辑部