

海南岛琼山热带土壤中重金属分布和矿物特征的关系

应卫明 章申

(中国科学院地理研究所)

摘 要

本文探讨了海南岛玄武岩上发育的热带地球化学景观中土壤重金属与机械组成、矿物成分和矿物组合之间的关系。结果表明,砖红壤粘粒并不富集重金属元素,这与砖红壤各粒级矿物分布特征有关,在其粉粒级和砂粒级中有大量氧化铁矿物,而粘粒级中主要是高岭石和三水铝矿。此外,水稻土随粒径变大,重金属含量减少,这同水稻土随粒径增大,粘土矿物迅速减少,长石、石英增多有关。这和一般土壤重金属在不同粒级中分布规律相符合。

土壤中微量元素的生物有效性,它的地球化学行为是与其在土壤中的状态紧密相关的,探索它们与土壤机械组成和矿物成分的关系已在一些主要土类做过一定的研究^[4-8]。但对热带地球化学景观土壤中重金属和机械组成、矿物组合特征的关系尚未见报道。我们选择了海南岛玄武岩上发育的地球化学景观,开展了砖红壤和水稻土中重金属与机械组成、矿物成分和其组合之间关系的研究。

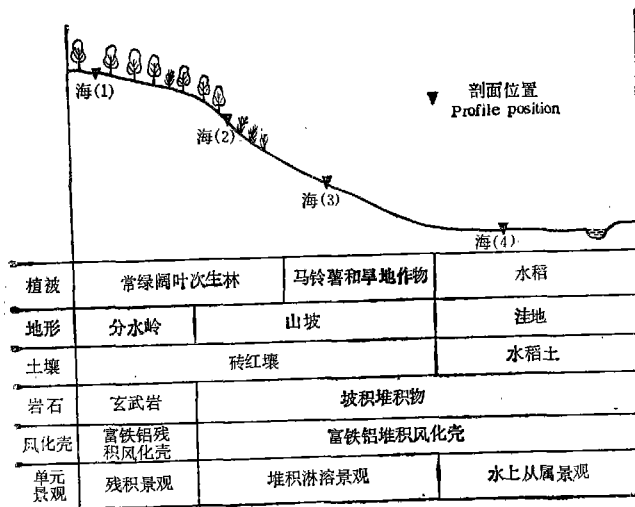


图1 琼山地区典型的地球化学景观剖面

Fig. 1 Typical profile of geochemical landscape in Qiongsan area

一、研究方法

根据海南岛琼山玄武岩上发育的砖红壤和水稻土的情况,选择了一典型的地球化学景观剖面(图1)开展工作。作者采集了岩石、风化壳、土壤样品。样品经自然风干后,用于室内化学分析。

土壤有机质含量用重铬酸钾法测定;机械组成分析用比重计法测定;土壤各不同粒径组的分散和提取采用非化学处理法^[8];重金属含量的分析按文献方法进行^[1,2,3,2]。

二、结果与讨论

(一) 砖红壤和水稻土的质地、矿物成份、重金属的一般特征

海南岛琼山地区地处热带,炎热多雨,年平均温度25℃,年降雨量可达1800mm。高温多雨使风化作用非常强烈。母岩玄武岩中的铁镁原生矿物基本上遭受彻底破坏,风化壳和土壤由于形成大量氧化铁而呈红色,土壤中出现由高岭石、三水铝矿以及针铁矿、赤铁矿构成的高度风化的矿物组合。土壤的富铁铝化作用日久又深,土壤质地十分粘重,<0.001mm粘粒含量可达70%以上(表1)。

由于母岩——玄武岩富含橄榄石、辉石等铁镁矿物,因此其重金属元素含量很高。在

表1 土壤的基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of soils

单元景观 Elementary landscape	土壤类型和 剖面号 Soil types and p.ofile No.	采样深度 Sampling depth	有机质 (%) O. M.	F ₂ O ₃ (%)	pH (H ₂ O)	机械组成(粒径: mm)(%) Mechanical composition			
						0.01—1	0.005—0.01	0.001—0.005	<0.001
残积景观	砖红壤海 (1)	0—20	4.99	22.0	5.20	20.7	10.4	20.4	48.5
		20—70	1.13	24.6	5.28	12.4	6.31	13.1	63.2
		150—160	0.38	22.3	—	11.9	3.89	12.4	71.8
堆积淋溶 景观	砖红壤海 (2)	0—20	4.55	21.0	4.90	—	—	—	—
		20—70	2.47	21.7	5.20	15.1	9.22	16.5	59.2
		70—160	0.66	22.4	5.38	11.9	3.20	13.5	71.4
	砖红壤海 (3)	0—20	2.91	18.9	6.35	35.9	7.9	14.6	41.6
		20—70	1.89	23.2	5.55	12.3	9.11	11.8	65.8
		70—90	1.09	21.9	5.68	13.0	6.51	10.7	69.8
90—160	0.48	22.4	5.82	10.4	4.41	8.04	77.2		
水上从属 景观	水稻土海 (4)	0—13	2.16	2.30	5.20	78.9	3.23	6.04	11.8
		13—22	0.88	2.52	6.30	78.0	3.01	3.05	15.9
		22—90	0.27	2.57	7.00	70.9	3.24	6.27	19.0

1) 章申,应卫明,于维新,1986: 土壤重金属和矿物组合的关系,环境中重金属论文集。待出版。

2) 应卫明,章申,1986: 土壤微量元素和土壤矿物的关系——湘西亚热带地球化学景观中重金属分布和矿物特征的关系,地理学报。待出版。

表2 岩石、风化壳、土壤(表层)重金属含量

Table 2 Concentrations of heavy metals in soils (topsoil), weathering crust and rocks

元素 Element	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
水稻土	33	85	1.61	10	17	12	47	0.32	30
砖红壤*	$\frac{152-227}{195}$	$\frac{1025-1512}{1254}$	$\frac{13.2-15.4}{14.4}$	$\frac{35-43}{38.7}$	$\frac{106-143}{129}$	$\frac{67-70}{68}$	$\frac{115-119}{117}$	$\frac{0.73-0.86}{0.78}$	$\frac{19-22}{21}$
风化壳	185	1180	14.2	40	122	69	196	0.83	15
基岩	142	825	7.46	32	114	47	112	0.58	12

* 分子为含量范围,分母为平均值。

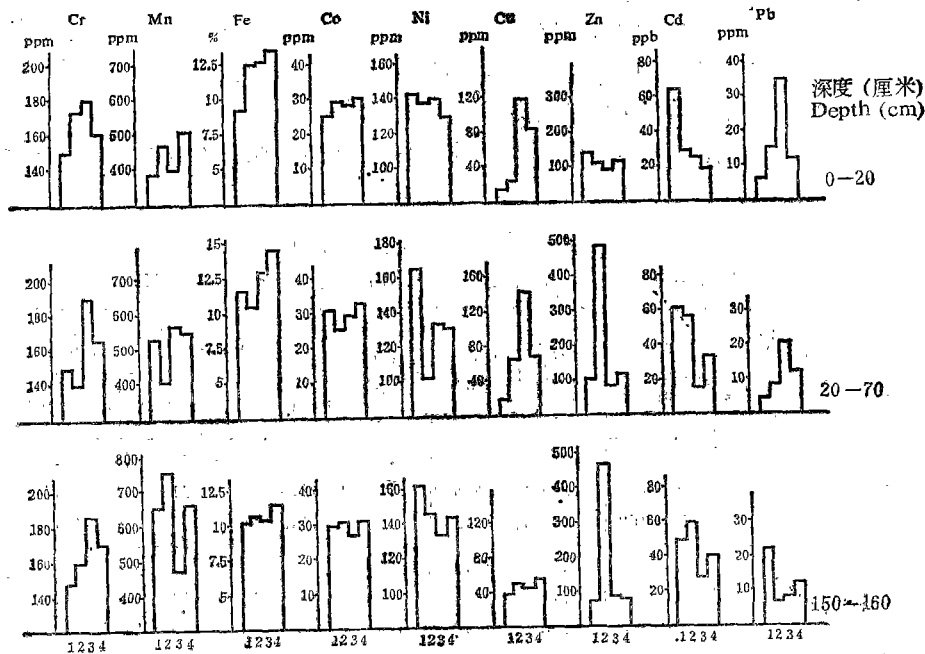


图2 砖红壤(海(1)剖面)各粒级中元素含量

Fig. 2 Concentrations of heavy metals in various fractions of particle-sizes of latosole (profile No. Hai (1))

其上面发育的风化壳和砖红壤中的重金属含量明显继承了母岩重金属含量高的特性(表2)。但是,处于山麓水上景观的水稻土,其成土母质为各种冲积物,经历了搬运和分选,土壤形成时间短,因而土壤的理化性质和重金属含量与砖红壤有较大的不同。

(二) 土壤重金属与机械组成的关系

根据前人研究,重金属在土壤中往往在粘粒部分富集^[4-8],但是热带砖红壤及水稻土是否有同样的现象?我们对其粘粒($< 0.001\text{mm}$)、细粉粒($0.001-0.005\text{mm}$)、中粉粒

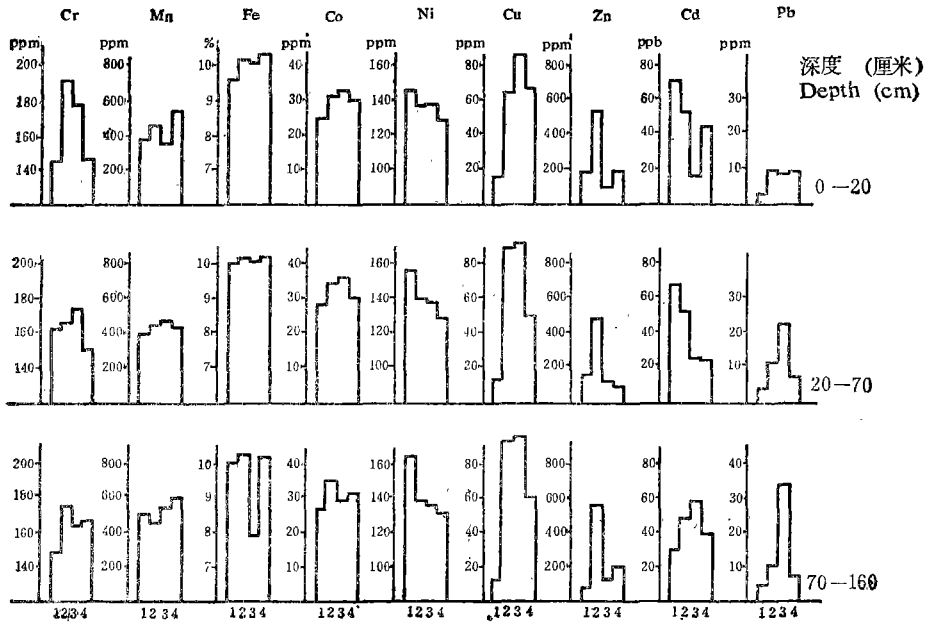


图3 砖红壤(海(2)剖面)各粒级中元素含量

Fig. 3 Concentrations of heavy metals in various fraction of particle-sizes of latosol (profile No. Hai (2))

表3 水稻土粘粒中重金属的富集系数*

Table 3 Enrichment coefficient of heavy metals in clay of paddy soil

层次 Depth (cm)	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
0—13	2.12	0.74	1.92	1.98	4.51	0.99	1.49	0.09	1.50
13—22	2.25	0.74	1.77	2.04	4.33	1.01	2.49	0.20	0.75
22—90	2.34	0.50	2.76	2.33	3.84	1.65	0.96	0.08	1.33

* 富集系数 = $\frac{\text{粘粒中重金属含量}}{\text{同一土层中该金属含量}}$

(0.005—0.01mm) 和砂粒 (> 0.01mm) 中的重金属进行了分析。结果表明, 砖红壤 < 0.001mm 粘粒中重金属 (除 Ni 外) 并不富集 (见图 2—4), 而在粉粒级部分含量较高。处于水上景观的热带水稻土, 重金属在土壤不同粒径组之间的分布特征则不同于砖红壤 (图 5), 除 Pb 外, 重金属元素含量随粒径增大而递减, 重金属元素趋向于在土壤粘粒和细颗粒部分富集。水稻土粘粒中重金属富集系数列于表 3。显然, 水稻土 Cr、Fe、Co、Ni 富集系数远大于 1, 表明粘粒中重金属对土壤重金属总量贡献能力大; Cu、Zn、Pb 富集系数常略大于 1, 有一定的贡献能力; Mn、Cd 小于 1, 贡献能力小。

土壤中重金属总量在各粒级中的分配受各粒级中重金属含量的影响, 同时也要受到各粒级组本身在土壤中的含量的影响。当然土壤有机质、土壤新生体等因素也有一定的

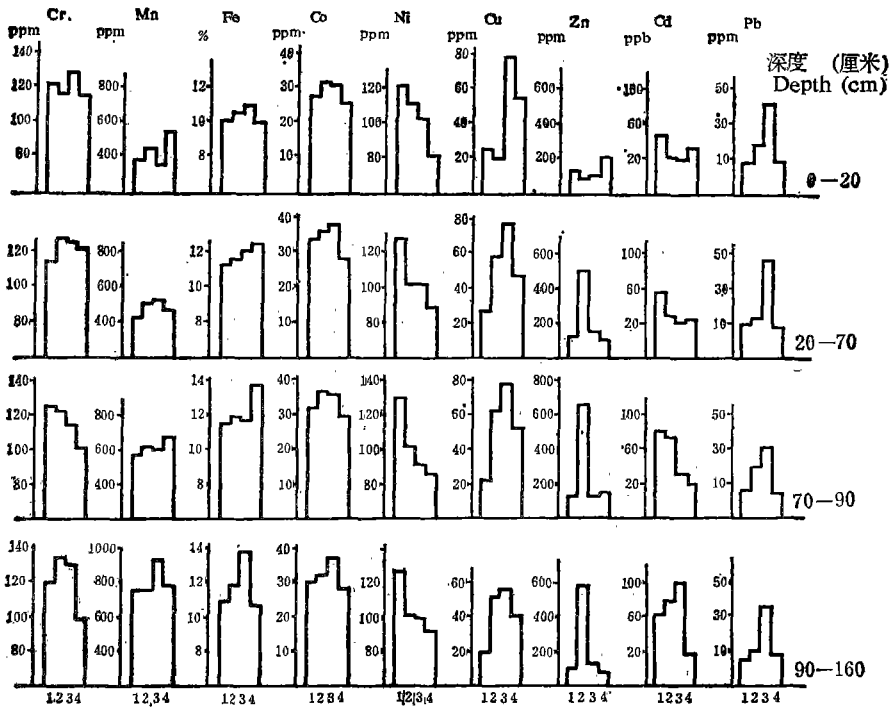


图 4 砖红壤(海(3)剖面)各粒级元素含量

Fig. 4 Concentrations of heavy metals in various fraction of particle-size of latosol (profile No. Hai(3))

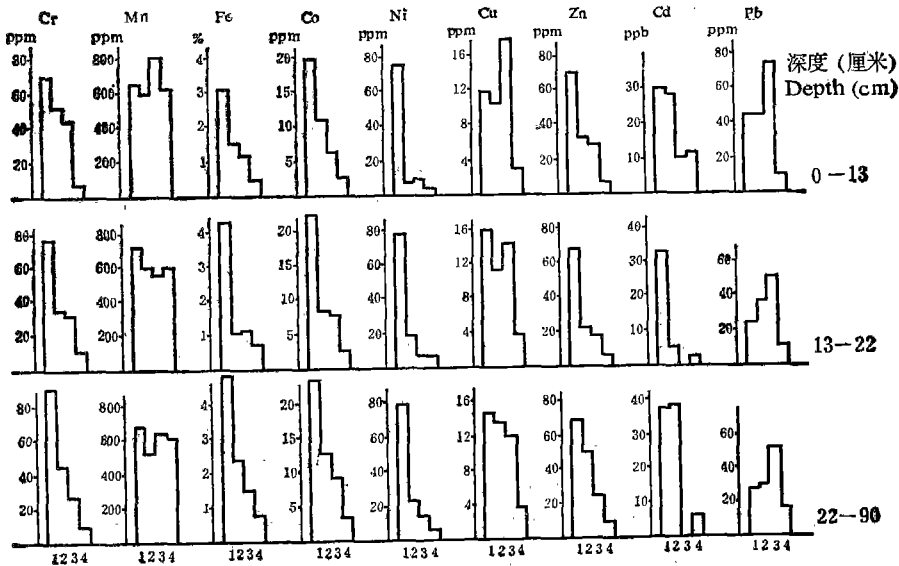


图 5 水稻土(海(3)剖面)各粒级中重金属含量

Fig. 5 Concentrations of heavy metals in various fractions of particle-sizes of paddy soil (profile No. Hai(3))

表 4 重金属总量在粘粒¹⁾和砂粒²⁾中的平均分配百分比

Table 4 Average percentage of total heavy metal contained in clay and sand of soil (%)

粒级 Particle	土壤类型 Soil types	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
粘粒	砖红壤	49.6	27.7	43.9	47.0	71.2	21.1	62.7	4.4	29.2
	水稻土	35.1	10.0	34.4	33.4	65.0	19.8	25.1	1.9	18.3
砂粒	砖红壤	11.8	7.2	12.9	11.6	13.4	14.9	19.5	0.5	9.1
	水稻土	19.4	46.4	26.3	22.9	23.9	23.1	13.0	1.7	35.1

1) 重金属总量在粘粒中的分配百分比 = $\frac{\text{粘粒中重金属含量} \times \text{粘粒含量}}{\text{同一土层该重金属的含量}}$;

2) 重金属总量在砂粒中的分配百分比计算类似上式。

制约。表 4 列出了重金属总量在粘粒和砂粒中的平均分配百分比(即粘粒和砂粒中重金属各自占土壤重金属总量的平均比例)。很清楚,虽然砖红壤粘粒中重金属含量不比其他粒级高,但粘粒的重金属占土壤重金属总量的百分比还是砖红壤 > 水稻土,这是砖红壤粘粒含量高之故。而砂粒的情况正好相反,是水稻土比砖红壤大,这是水稻土砂粒含量高(达 70% 以上)所致。

(三) 土壤重金属与矿物特征的关系

为了揭示砖红壤和水稻土中重金属的赋存特征,以及砖红壤中重金属并不随土壤粒径变细而其含量增加的原因,为此,对土壤各粒级矿物进行了 X 衍射分析。

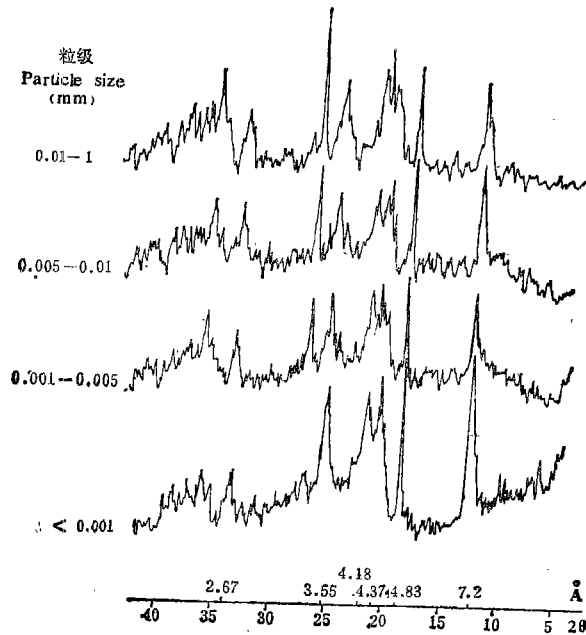


图 6 砖红壤不同粒级的 X 射线衍射图谱

Fig. 6 X-ray diffraction pattern of various fractions of particle-sizes in laterite

结果表明,砖红壤中的土壤矿物主要是高岭石,三水铝矿,赤铁矿,针铁矿以及石英。并且在粉粒级和砂粒级中有大量氧化铁矿物(图6)。而粘粒中主要是高岭石和三水铝矿。由此说明,砖红壤并不富集重金属,而在砖红壤的成土过程中,重金属被形成较大颗粒的氧化铁所吸附和共沉淀,包裹,从而相应地富集在这些粒级组中。熊毅、陈家坊^[3]在研究粘粒氧化物过程中曾发现发育在玄武岩上的砖红壤 $< 0.001\text{mm}$ 粘粒中铁并不富集,并推测可能是铁的化合物形成较大颗粒所致。这种推测与本文的工作结果是相吻合的。

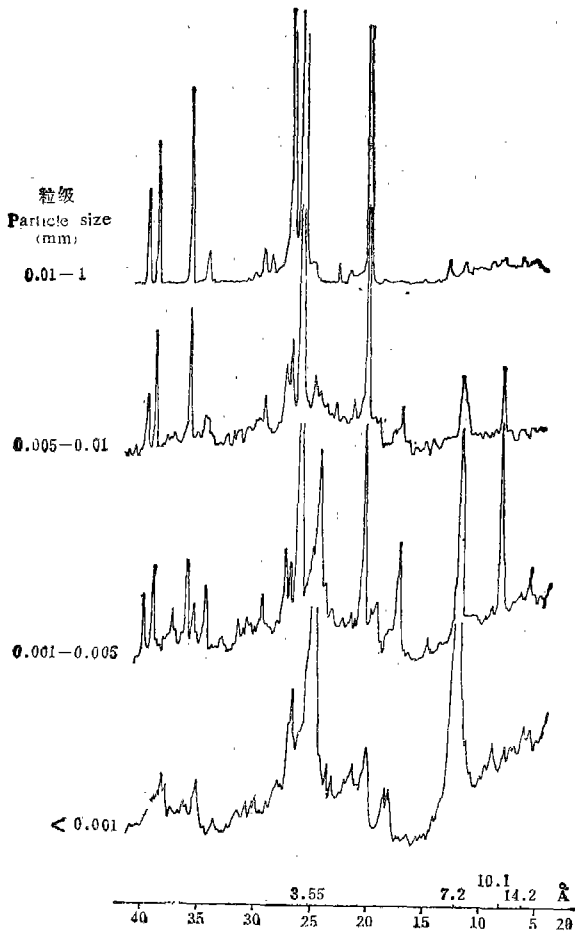


图7 水稻土不同粒级的X射线衍射谱

Fig. 7 X-ray diffraction pattern of various fraction of particle-sizes in paddy soil

然而,水稻土各粒级的矿物特征却明显不同于砖红壤(图7)。随粒径增大,高岭石、水云母等粘土矿物迅速减少,长石、石英迅速增加。由于重金属多属第一过渡系元素,阳离子半径小,很易以类质同象方式进入次生层状粘土矿物晶格中,而较难替代K, Na, Ca等大半径离子进入长石晶格以及紧密结构的石英晶格中。因此,随粒径增大,重金属含量下降是符合元素结晶化学和胶体化学行为,以及原生矿物和次生矿物化学成份差异的。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1979: 土壤和植物中微量元素分析方法。科学出版社。
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 1983: 土壤农业化学常规分析方法。科学出版社。
- [3] 熊毅等, 1983: 土壤胶体(第一册)。科学出版社。
- [4] B. A. 柯夫达(陆宝树等译), 1981: 土壤学原理下册, 科学出版社。
- [5] Schutz, L. and Rahn, K. A., 1982: Trace-element Concentrations in erodible Soil. *Atmospheric Environment*. 16(1): 171-176.
- [6] Айдиян Р. Х., 1947: Выделение почвенных коллоидов без химической обработки. *Колл. Жур.* м. 9, Вып. 1, с. 3-12.
- [7] Зырин Н. Г. и др., 1961: Содержание микроэлементов семейства железа в некоторых почвах СССР, *Вестник Московского университета, Биология, почвоведение*, Вып 5, стр. 59-71.
- [8] Чжан Шэн (章申), 1962: Содержание и миграция В, 1, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu и Zn в некоторых почвах, растениях и природных водах смешного ландшафта СССР и КНР (Автореф. Канд. дисс.). М.

RELATIONSHIP BETWEEN DISTRIBUTION AND MINERALOGICAL PROPERTIES OF HEAVY METALS IN TROPICAL SOILS OF QIONGSHAN, HAINAN ISLAND

Ying Weimin and Zhang Shen

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

Summary

Generally, heavy metal has a tendency to be enriched in the clay of soil, but from the preliminary study on the relationships between some heavy metals and the mechanical composition of soil, together with the composition of minerals in the soils of Hainan Island, it was found that the clay fraction of latosol was not enriched by heavy metals, whereas with decreasing particle size of paddy soil that was situated on the same tropical landscape as the latosol was, concentrations of the heavy metals increased and it was highest in the clay fraction (<0.001 mm).

In order to reveal the cause of the distribution of heavy metals, the different fractions of particle-sizes of the soils were identified by X-ray diffraction. The silt group and sand group of the latosol contained large amount of iron oxides, but its clay group mainly consisted of kaolinite and gibbsite. Therefore, the distribution characteristic of heavy metals in the latosol is closely relative to iron oxides adsorbing and containing heavy metal. However, X-ray diffraction analyses showed that with the increase of particle size of paddy soil, its heavy metal content decreased, which is related to quartz and feldspar increasing and clay minerals decreasing with the increasing of particle size of the soil. The distribution of heavy metals in the paddy soil conforms to that of other soils.