

隆安县不同地层岩石与土壤中的元素自然含量特征^{*}

Characteristics of Natural Contents of Soil- and rock-elements in Different Stratum of Long'an County

李先琨 黄玉清 邓庆焜 苏宗明 陆菱妹

Li Xiankun Huang Yuqing Den Qingkun Su Zongming Lu Lingmei

(广西植物研究所 桂林市雁山 541006)

(Guangxi Institute of Botany, Yanshan, Guilin, Guangxi, 541006)

摘要 对隆安县 21 个地层的 20 个岩石、21 个土壤 3 种元素含量分析, 结果表明, 该区土壤中 Fe Al Zn V Ni As Se 含量高于世界土壤元素背景值, Mn Cu B Mo Co Cr Ga 与世界土壤背景值接近, Si P K Na Ca Mg S 低于世界土壤背景值, F 和 Br 含量均小于 $15 \mu\text{g/g}$, Sn 小于 $0.09 \mu\text{g/g}$; 岩石元素变异系数较大, 土壤元素分布相对集中; 土壤元素含量与其母岩之间多数相关不显著; 多数元素在成土过程中富集; 土壤 Ni/Cr 比值与其母岩之间显著正相关。

关键词 地层 岩石 土壤 元素含量 相关性

Abstract The data of 31 elements of rocks and soils from 21 strata in Long'an county, southwest of Guangxi, were sorted out. The average contents of Fe, Al, Zn, V, Ni, As and Se were higher than the background values of elements in soils of the world; Mn, Cu, B, Mo, Co, Cr and Ga were similar; Si, P, K, Na, Ca, Mg, S were lower, F and Br were less than $15 \mu\text{g/g}$, Sn was less than $0.09 \mu\text{g/g}$. The contents of the elements in rocks were different greatly when expressed by coefficient of variation. There were no correlation for most rocks and soils in element contents. Most elements were relatively enriched in soil forming process. Significant positive correlation was found for the Ni/Cr between soils and rocks.

Key words stratum, rock, soil, natural contents of elements, correlation

中图法分类号 P584; S151.93

土壤与地质有着密切的联系, 岩石的化学成分与物理特性不仅影响着土壤的性状, 也影响着土壤元素的丰度, 而不同地层的岩石, 则因形成时间的不同, 即使母质基本雷同, 其发育而成的土壤也有较大差异。现代地质学理论和积累的地质资料对岩石类型的研究不仅在成因上, 而且也反映在时间和空间分布上^[1]。同一时代 岩性不同或不同时代 岩性相同的岩石, 其元素含量都不同。本文研究了桂西南地区隆安县 21 个地层岩石、土壤的元素含量特征及其相互关系, 揭示土壤的地质学特征, 并使之为生产服务。

1 研究区自然条件概况

研究区为广西西南部的隆安县, 位于 $22^{\circ}51' \sim 23^{\circ}$

$21'N$ 和 $107^{\circ}21' \sim 108^{\circ}08'E$ 之间; 岩溶地貌发育(占总面积的 32.8%), 地形为东北、西、西南部高、中部和东南低, 地势由东北、西、西南向中部、东南右江河谷倾斜; 全县地貌以丘陵为主, 洼地、谷地次之, 海拔均在 700 m 以下。年平均温 21.7°C, 日照 1596 h, 辐射总量 $4.23 \times 10^5 \text{ J/cm}^2 \text{ a}$, 降水量 1282.7 mm, 蒸发量 1653 mm。隆安县地层出露较齐全, 从古生界寒武系、泥盆系至中生界三迭系直至新生界第三系、第四系均有出露, 共 21 个地层, 其中以石炭系泥盆系分布最广。隆安县各地层岩性类型为: 页岩(F)、砂岩夹泥岩(D_{1b} D_{2y})、灰岩(P_{1q} P_{1m} P_3 D_{2l}^2 C_{1y} C_{1d} C_2 C_3 T_{1q} T_{1b} 等地层)、白云岩(D_{2d} T_{1b})、粉砂泥岩(T_{2-3p^2})、粉砂页岩(T_{2-3p^1} T_{2-3p^3})、砂泥岩夹煤层(N)、第四纪红土(Q_p Q_h)、硅质岩(D_3)。土壤类型为: 红壤及黄壤(F)、红壤(D_{1b} D_{2y})、棕色石灰土(D_{2d} D_{2g} D_3 C_{1y} C_{1d})。

1996-12-23 收稿

* 广西省科委资助项目。

C₃ C₃ P_{1q} P_{1m} P₂ T_{1k} T_{1b}等地层)、赤红壤
(B下部 T_{2-3p}¹ T_{2-3p}² T_{2-3p}³ N Q_p Q_h)

2 研究方法

2.1 野外取样

按研究区所出露的地层类型分别采集各地层岩石、土壤样品。岩石样均采自新鲜土壤母岩岩面，岩性单一的单源类土壤母岩采取单层样，岩性复杂的多源类土壤母岩则分层取样后以混合样进行测试分析，共采集21个地层的20个岩石样（其中Q_p地层为土壤母质）。土壤样品的采集根据地层、地形、土类选定取样点，挖掘土壤剖面，进行土层划分和野外记录，采集未采人为干扰、能如实反映地质特征的B层土壤进行分析，共采集21个地层土壤样品（其中Q_h地层未采母质）。岩石、土壤均按同位点采样。

表1 隆安县21个地层岩石与土壤元素含量及变异值

Table 1 Coefficients of variation and contents of elements in the rocks and soils of 21 strata from Long'an county

元素 Element	岩石 Rock					土壤 Soil					世界土壤元素背景值 Backg round value of elements in soils of the world
	最小值 Min. (μg/g)	最大值 Max. (μg/g)	平均值 Mean (μg/g)	标准差 S (μg/g)	变异系数 C. V. (%)	最小值 Min. (μg/g)	最大值 Max. (μg/g)	平均值 Mean (μg/g)	标准差 S (μg/g)	变异系数 C. V. (%)	
Fe	330	111000	24413	32045	131.26	40300	116600	76957	22665.4	29.45	39869 ^[2]
Al	1110	175400	38066	50873	133.64	58200	171200	119019	34019.8	28.58	70971 ^[2]
Si	1876	345847	117202.3	140104	119.54	143733	347713	227539	64733.5	28.45	329560 ^[2]
N	60	560	253.5	146.9	57.95	350	4300	1108.4	788.3	71.12	
P	30.7	3660	408.9	771.6	188.70	92.4	1973	608.3	420.6	69.14	800 ^[2]
K	130	33100	7548	9628.8	127.57	1550	23200	9271.6	5781.4	62.36	14110 ^[2]
Na	95.5	9610	1642.5	2603.4	158.50	281	3101	852.3	759.9	89.16	4970 ^[2]
Ca	1650	394200	210601.4	171551.4	81.46	156	26200	2167	5511.4	254.32	14994 ^[2]
Mg	250	114100	19852.8	34730.1	174.94	1101	7750	2934.9	1833.3	62.47	5005 ^[2]
Mn	11.7	983	186.4	282.4	151.50	61.8	2568	731.6	858.5	117.35	500~1000 ^[2~4]
Zn	10.5	229	55.7	56.0	100.54	43.9	336	159.7	90.3	56.54	50~100 ^[3,4]
Cu	0.131	64.8	24.4	25.2	103.28	18.9	98.4	38.5	17.6	45.71	15~40 ^[3,4]
S	14	820	216.7	277.8	128.20	14	490	162.1	188.3	116.16	700 ^[2]
B	0.488	67.4	17.7	19.7	111.30	21	68.5	36.7	13.0	35.42	20~50 ^[4]
M ₀	0.066	3.04	0.60	0.68	113.33	0.125	2.83	1.16	0.81	69.83	1~2 ^[4]
C ₀	1.13	24.5	10.5	5.6	53.33	8.19	27.5	14.3	5.8	40.56	10~15 ^[3,4]
Ni	7.44	109	28.3	25.4	89.75	36.6	156	68.5	37.9	55.33	40~50 ^[2,3]
Cr	6.34	139	49.0	43.5	88.78	16.9	284	106.0	66.0	62.26	100~300 ^[3,4]
Sr	7.08	616	89.8	127.6	142.09	8.37	120	52.4	29.0	55.34	
Ba	7.65	786	152.4	237.8	156.04	35.9	618	163.8	135.7	82.84	
V	3.8	246	62.1	77.8	125.28	90.7	302	205.4	67.2	32.72	90~100 ^[2,4]
As	1.62	56.8	11.9	12.9	108.40	4.84	128	55.7	36.2	64.99	5~6 ^[2,3]
Ge	1.3	864	103	202.6	196.70	0.86	1531	460.3	379.0	82.34	
Ga	0.05	42.3	5.09	10.2	200.39	0.4	47.4	28.6	13.8	48.25	30 ^[4]
Se	0.35	960	114.7	205.6	179.25	0.031	2.58	1.09	0.77	70.64	0.2 ^[4]
Cl	19.9	700	153.1	156.7	102.35	22.1	270	58.0	52.1	89.83	
I	<4.2	16.9				0.13	50.8	26.0	14.7	56.54	
W	<0.003	7.45				0.764	8.96	5.05	2.93	58.02	
F	<30	<30				<15	<15				
Br	<30	<30				<15	<15				
Sn	<0.09	<0.09				<0.09	<0.09				

2.2 元素分析

各地层岩石、土壤进行测试分析的项目为Fe、Al、Ca、Mg、Mn、Zn、K、Na等31种元素的全量，土壤还测定其阳离子交换量，全部分析项目由广西区测试分析研究中心完成。

2.3 数据的处理和分析

同一地层有两个以上岩石、土壤样品时，元素含量采用平均值。利用数理统计方法，计算岩石与土壤元素含量的平均值、变异程度、相关性以及土壤元素的富集程度等，以阐明土壤的地质学特征。

3 结果与讨论

3.1 元素含量水平及其变异

20个地层岩石（母质）、21个地层土壤样品元素含量的平均值、最大值、最小值及其变异程度见表1。

由表可知,本区岩石中元素平均值大于 $\times 10^5$ $\mu\text{g/g}$ 的有Si Ca; 大于 $\times 10^4$ 的有Mg Fe Al; 大于 $\times 10^3$ $\mu\text{g/g}$ 的有Na K; 大于 $\times 10^2\mu\text{g/g}$ 的有Ge Se Ba Cl Mn S N P; 大于 $\times 10^1\mu\text{g/g}$ 的有Co As B Cu Ni Cr Zn V Sr; 其余元素含量较低。土壤中元素平均含量在 $\times 10^5\mu\text{g/g}$ 以上的有Al Si; 大于 $\times 10^4\mu\text{g/g}$ 的有Fe; 大于 $\times 10^3\mu\text{g/g}$ 的有N Ca Mg K; 大于 $\times 10^2\mu\text{g/g}$ 的有Cr Zn S Ba V Ge P Mn Na; 大于 $\times 10^1\mu\text{g/g}$ 的有Co I Ga B Cu Sr As Cl Ni; 其余元素含量较低。与世界土壤元素背景值^[2-4]相比, 隆安土壤中的Fe Al Zn V As Se高于世界土壤平均含量; Mn Cu B Mo Co Cr处于世界土壤平均含量范围, Ga略低于世界土壤均值; Si P K Na Ca Mg S低于世界土壤元素背景值。与我国土壤平均值^[4]相比, Mn Zn略高, Cu接近, 而B Mo较低; As的土壤含量高于我国土壤临界含量, Cu平均值低于我国土壤临界含量, 但有部分地层高于临界含量^[5]。

各元素含量的变异状况, 从最大和最小值相差倍数看, 相差1000倍以上的有岩石中的W Se和土壤中的Ge; 相差500倍以上的有岩石中的Ge Ga; 相差100~500倍以上的有岩石中的Na Ba P B Al Si Ca K Fe Mg Cu和土壤的Ga Ca I等元素; 相表2 元素含量大于平均值的地层岩石元素组成

差10~100倍的有岩石中的Ni Co Zn Cr As Cl Mo S V Mn Sr和土壤中的Na W Cl N Sr K Cr Ba P Mo As S Mn Se等元素; 岩石中的N和土壤中的Si Fe Al B V Co Ni Cu Mg Zn等元素相差倍数较小。从变异系数看, 大于100%的有岩石中Fe Al Si等21个元素和土壤的Ca Mn S; 岩石中所有元素含量的变异系数均大于50%, 土壤中有20种元素含量变异系数大于50%。从以上二项结果看, 岩石元素含量的变化程度普遍大于土壤元素; Ge Ga Ca S等元素在岩石、土壤中的变化均较大; Fe Al Si等元素在岩石中变化大, 在土壤中的变化较小, B V Cu Mg等也表现类似的情况。

3.2 不同地层岩石、土壤的元素组成

在20个地层中, 元素含量水平大于平均值的地层岩石及元素组成见表2

由表可知, C D_{2y} P₃ T_{2-3p'} T_{2-3p''} Q_p等地层母岩(质)中元素含量相对丰富, 而D_{2d} D_{2d''} D₃ C_{1y} C_{1d} C₂ C₃ P_{1q} P_{1m} T_{1b}以及N等地层岩石元素含量相对贫乏。

21个地层的土壤中, 元素含量大于平均值的地层土壤元素组成见表3

Table 2 Elements in the rock of stratum in which the contents of elements are above the average

地层岩石 Rock of stratum		元素组成 Elements															
C	Fe	Al	Si	P	K	Na	Mg	Zn	Cu	S	B	Mo	Co	Cr	Ba	Ge	Se
D _{1l}	Fe	Al	Si	K	Zn	Cu	B	Co	Ni	Cr	Ba	V					
D _{2y}	Fe	Al	Si	N	K	Na	Mn	Zn	Cu	S	B	Mo	Co	Ni	Cr	Ba	V
D _{2d}	Ca	Mg	Co	Cl													As
D _{2d''}	Ca																
D ₃	Ca	Mg	S	As	Cl												
C _{1y}	Ca	Cl															
C _{1d}	Ca																
C ₂	Ca	Mo															
C ₃	Ca	Se															
P _{1q}	Ca	Sr	Ge	Ga													
P _{1m}	Ca	Se															
P ₂	Fe	Al	Si	N	P	Na	Mn	Zn	S	B	Mo	Ni	Cr	Sr	As	Ga	Se
T _{1l}	N	Ca	Mn	Zn	Cu	S	Sr	As	Cl								Cl
T _{1b}	Ca	Mg	Cl														
T _{2-3p'}	Fe	Al	Si	N	P	K	Na	Zn	Cu	B	Co	Ni	Cr	Ba	V	As	Ge
T _{2-3p''}	Fe	Al	Si	N	P	K	Na	Mn	Zn	Cu	S	B	Co	Ni	Cr	Ba	V
T _{2-3p''}	Fe	Al	Si	K	Na	Cu	B	Cr	Ba	V	Ge	Se	Cl				
N(第三系)	N	K	Ca	Sr													
Q _p	Fe	Al	Si	N	P	Zn	Cu	B	Mo	Co	Ni	Cr	V	As	Ge	Ga	

表3 元素含量大于平均值的地层土壤元素组成

Table 3 Elements in the soil of stratum in which the contents of elements are above the average

地层土壤 Soil of stratum	元素组 成 Elements												
	C	Si	N	K	Mg	Ba	Ga	Se	I				
D _{II}	Si	K	Ba	Ge	Ga	I							
D _{2y}	Si	N	K	B	Ba	Ga	Se	Cl					
D _{2d}	Fe	P	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Co	Ni	Cr	V
D _{2d2}	Fe	Al	P	Cu	Mo	Sr	V	As	Ge	Se	W		
D ₃	Fe	Al	N	P	Mn	Zn	B	Mo	V	As	Ge	Ga	I
C _{1y}	Fe	Al	P	Zn	B	Mo	V	As	I	W			
C _{1d}	Fe	Al	P	Zn	Cr	As	Se	W					
C ₂	Si	N	Ca	Mg	Mn	Zn	Co	Ni	I				
C ₃	Fe	Al	S	B	Mo	Cr	V	Ge	Ga	W			
P _{1q}	Al	N	P	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	S	Co	Ni	Cr	Sr
P _{1m}	Fe	Al	P	Na	Zn	Cu	S	Mo	Co	Ni	Sr	V	As
P ₂	Al	Na	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Sr	V	As	Ga	Cl	
T _{II}	Na	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	S	Mo	Co	Cr	Sr	V	Ga
T _{1b}	Fe	Al	Na	Zn	Cu	S	Co	Sr	Ba	V	As	Ge	Se
T _{2-3p'}	Fe	Si	K	Na	Mg	Cu	Ni	Sr	Cl	I			
T _{2-3p²}	Si	K	Na	Mn	B	Sr	Ge	Ga	Se	Cl	I		
T _{2-3p³}	Si	K	Na	Sr	Ba	Ge	Ga	Cl	I				
N (第三系)	Si												
Q _p	Fe	Al	P	Cu	B	Mo	V	As	Ga	Se	W		
Q _h	Fe	Al	Si	P	K	B	Ba	Ge	W				

21个地层的土壤中，元素含量相对丰富的有D_{2d}、D_{2d2}、D₃、P_{1q}、P_{1m}、T_{1b}、T_{2b}等7个地层；其余地层部分元素较高，部分元素含量较低；只有N地层元素含量偏低，除Si外，均低于平均值。

3.3 岩石与土壤元素含量的关系

表4为各地层岩石及相应土壤元素含量相关分析的结果。

由表4可以看出，各地层土壤中元素含量与岩石元素含量之间多数相关不显著，仅Si、K、Sr、Ba、Cl等元素达到0.05以上显著正相关，P、V为0.10水平显著负相关。在成土过程中，有的元素富集如Fe、Al、Si等，而有的元素淋失如Ca等。

3.4 土壤元素的富集特征

由表5可知，在成土过程中，绝大多数元素在成土过程中表现富集，尤以W、Ga、Ge、Fe、Al、Mn、Si、Cu富集程度高，仅有Ca、Se、Cl表现淋失，Sr、Mg、Co相对稳定。而不同地层元素的富集状况变化极大。

3.5 不同地层土壤化学特征

3.5.1 离子吸附能力及酸碱度

各地层母岩(质)发育的土壤粘土矿物组成不同，因而土壤的阳离子吸附能力也有差异。21个地层土壤CEC平均为16.90 cmol (+)/kg，其中P_{1q}最大，

表4 岩石与土壤元素含量相关系数

Table 4 Correlation coefficient of element between rock and soil

元素 Element	相关系数 Correlation coefficients	元素 Element	相关系数 Correlation coefficients
Fe	-0.3166	Ni	-0.1736
Al	-0.2659	Cr	-0.0595
Si	0.6814*	Sr	0.5511**
N	-0.3254	Ba	0.8834*
P	-0.4259△	V	-0.4292△
K	0.7499**	As	-0.0573
Na	0.2642	Ge	0.0669
Ca	0.2961	Ga	0.2346
Mg	0.2411	Se	-0.1514
Mn	0.0120	Cl	0.7570*
Zn	-0.2410	I	/
Cu	-0.3280	W	/
S	-0.0280	F	/
B	-0.0635	Br	/
Mo	-0.2029	Sn	/
Co	-0.2293		

* 显著, $P < 0.05$ Significant at $P < 0.05$; ** 显著, $P < 0.01$ Significant at $P < 0.01$; △显著 $P < 0.1$, Significant at $P < 0.1$

表 5 土壤元素的富集系数

Table 5 Accumulated coefficients of soil

地层 Stratum	元素富集系数 Accumulated coefficients of elements													
	Fe	Al	Si	N	P	K	Na	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	S	B
≤	1.453	1.8140	0.8807	5.2917	0.5151	0.8763	0.0336	0.0161	0.1278	0.5219	1.1949	0.3617	0.2	0.9936
D ₁₁	0.9804	0.8737	1.0751	3.2353	0.6908	0.5952	0.7126	0.0557	0.5643	0.9191	0.6280	0.3495	0.3546	0.9859
D _{2y}	1.3957	0.9649	0.8598	3.6111	1.5145	1.0892	0.1769	0.0907	0.2501	0.6340	0.6663	0.5614	0.1707	0.8873
D _{2d'}	77.0803	31.9375	27.7652	4.7917	3.2298	2.2190	0.5906	0.0106	0.0580	63.4727	13.0418	16.9072	1.0499	81.1475
D _{2d'2}	113.2039	94.5856	10.2323	7.5833	24.3902	8.0127	1.5169	0.0016	1.1228	6.5236	7.5595	12.2923	1.1152	13.7647
D ₃	26.4658	105	40.7071	5.0417	24.4951	28.2857	4.4712	0.0022	0.0260	20.1202	14.8305	306.1069	0.1362	13.3058
C _{ly}	173.0357	133.2759	99.3284	5.1053	22.2801	6.4741	3.2846	0.0012	1.5036	18.0526	17.3333	37.2043	4.8069	46.4865
C _{ld}	178	130.4651	69.3329	7.0833	16.4883	10.7234	1.3951	0.0016	1.0005	6.8878	8.5909	7.1359	0.1061	8.1208
C ₂	94.1892	57.4490	44.6484	10.0833	1.3117	5.0380	1.8387	0.0118	4.1005	208.7805	18.1503	6.2241	3.9793	23.1034
C ₃	289.6970	120.3361	35.3931	7.9167	22.8049	12.5429	3.4679	0.0001	0.7299	3.5930	5.2541	32.3944	9.7403	41.2727
P _{lq}	151.80	85.6849	31.5978	71.6667	24.6625	5.6418	1.9951	0.0687	2.1125	202.6496	26.25	8.7640	> 63	4.4714
P _{lm}	190.2	146.1261	33.2203	7.4167	28.5016	15.8542	3.0559	0.0011	0.5125	16.9194	8.5294	7.1915	> 12	11.9429
P ₂	0.6387	1.0087	1.0534				1.1472	1.3030	6.68	0.8778	1.3194	2.3462	0.4815	0.3116
T ₁₁	46.7516	65.0920	91.3333				7.1483	0.0102	1.8561	10.1852	3.5121	1.6901	1.1136	2.0508
T _{1b}	71.8182	102.1528	17.7256	5.7368	8.4638	20.4634	6.0675	0.0018	0.0263	3.2377	11.7901	53.9806	2.020	11.8148
T _{2-3p'}	1.3348	1.2280	0.8241	1.3393	0.3825	0.7956	0.5016	0.1367	0.4238	4.4946	1.5812	0.6682	0.8699	0.7706
T _{2-3p'2}	0.7379	0.8622	1.1931	1.7347	0.5607	0.6415	0.1833	0.0089	0.0910	0.9563	0.5	0.3981	0.2055	1.1467
T _{2-3p'3}	1.3020	1.3907	0.9527	6.5833	0.7787	1.0993	0.5219	0.0408	0.7020	4.4612	1.8097	0.4286	0.9859	0.8955
N	9.8293	12.4376	15.0854	1.1667	3.0098	0.0856	1.0181	0.0009	0.2830	1.8547	4.1302	4.7078	0.9034	8.5588
Q _p	1.3495	0.8005	0.8579	1.6122	1.1576	2.2545	3.55	1.0315	1.5785	1.5772	0.6157	0.7793	1.5351	2.7733
平均 Mean	71.5477	54.6743	26.2033	8.7222	10.2910	6.8162	2.1339	0.1397	1.1875	28.8360	7.3644	25.0246	5.2387	13.7402

地层 Stratum	元素富集系数 Accumulated coefficients of elements													
	Mo	Co	Ni	Cr	Sr	Ba	V	As	Ge	Ga	Se	Cl	I	W
≤	1.3820	0.7762	1.8685	1.4969	0.4244	0.7863	2.1241	2.6577	2.8276	658	0.0101	2.73	3.0059	2.9223
D ₁₁	0.5531	0.5092	0.8330	0.5396	1.1822	0.4643	0.6479	0.8996	283.52	135.4545	0.0429	0.6121	10.8085	9.75
D _{2y}	0.8929	0.5727	0.8133	1.0064	1.8095	0.8863	0.9583	1.1474	0.3173	> 656	0.0331	0.8127	> 6	> 820
D _{2d'}	4.7756	2.0833	7.8238	10.9434	1.5114	5.9444	19.2357	10.8559	97.7419	2.9060	0.0253	0.1328	> 3	> 25.75
D _{2d'2}	3.6798	1.1782	4.0333	1.8621	1.3793	9.8246	28.6822	24.2145	> 375	3.8462	0.0385	0.3557	> 3	> 3116
D ₃	4.9810	3.6591	6.9355	13.3041	0.9209	18.5621	77.6316	3.1131	> 410	> 780	0.0083	0.1323	> 9	> 2986
C _{ly}	9.7213	9.2035	5.7037	4.3143	0.7383	11.5648	33.3791	22.6141	> 315	> 244	0.0090	0.1752	> 7	> 2776
C _{ld}	14.9697	1.1665	4.7143	10	1.1498	12.1727	22.2222	19.4458	> 267	> 394	0.0463	0.1851	> 3	1.0322
C ₂	0.3920	2.5134	11.6923	7.5289	0.6977	11.1429	21.9149	30.5422	78.4748	16.1111	0.0023	0.5650	> 9	> 263
C ₃	5.8603	2.1821	4.6571	19.3856	0.5302	7.4694	61.5385	7.9399	260.9091	> 948	0.0073	0.6025	> 5	> 2456
P _{lq}	3.2751	2.7374	12.2835	7.05	0.5563	9.4790	20.8333	33.1183	1.1908	1.7551	0.0097	0.6371	2.0	> 1903
P _{lm}	4.1860	1.8057	7.5362	2.2788	0.8454	10.3106	26.3	76.5432	> 210	70.2632	0.0050	1.3201	> 4	> 2166
P ₂	0.0757	1.62	1.0490	2.6792	0.5952	0.6551	17.5	4.1860	0.8958	0.8794	0.0009	0.3857		1.4951
T ₁₁	21.6031	11.0280	6.0022	29.1798	0.1948	0.6439	5.5556	1.7115	40.75	30.3960	0.0408	0.155		9.2
T _{1b}	3.1172	3.3333	5.4564	8.0501	2.0180	16.6949	46.7227	24.8815	293.08	120.53	0.1630	0.1567	> 7	> 2220
T _{2-3p'}	3.1978	0.6517	1.6066	0.5143	1.5458	0.6696	0.7468	2.7771	0.9953	1.8814	0.0020	3.2161	3.6614	2.3701
T _{2-3p'2}	1.1908	0.5306	0.7662	0.8476	0.7827	0.6458	0.6753	1.5935	15.7683	> 810	0.0127	1.0785	> 10	> 766
T _{2-3p'3}	0.3247	0.9623	1.8927	0.757	1.8962	1.0044	0.8652	1.3619	0.9444	140.3333	0.0002	0.2461	2.2544	1.0
N	2.7979	0.8462	2.7172	4.0266	0.1297	1.8178	8.3871	1.9291	9.6154	> 428	0.0446	0.7795	> 5	> 1003
Q _p	1.4774	0.8214	0.5734	0.8689	0.4826	0.625	1.1260	1.3891	0.0428	2.7283	5.8974	0.4436	> 4	> 2853
平均 Mean	4.4227	2.4090	4.4479	6.3317	0.9695	6.0682	19.8523	13.6461	> 133	> 272	0.3200	0.7361	> 5.0	> 1170

富集系数 = 土壤元素全量 / 母岩 (质) 元素全量。Accumulated coefficient = full content of element in soil / full content of element in rock.

达 $38.5\text{ cmol}(+)/\text{kg}$, $T_{2-3p'}$ 、 C_3 、 D_{2d} 层的CEC值也较大, T_{2-3p^3} 、 N 、 T_{2-3p^2} 地层土壤的CEC值较小(表6)。本区各地层的土壤呈现酸性至碱性(pH 值为 $4.5\sim 8.5$), 而以微酸至中性土壤较多。

表6 土壤化学性状及岩石、土壤Ni/Co比值

Table 6 Chemical properties of soils and Ni/Co ratios of rocks and soils

地层 Stratum	阳离子代换量 CEC cmol(+)/kg	pH	Ni /Co	
			岩石 Rock	土壤 Soil
C	20.02	4.5~6.0	1.99	4.80
D _{ll}	12.66	6.5~7.5	3.24	5.29
D _{2y}	16.99	7.0~8.5	3.15	4.47
D _{2d}	21.96	6.5~8.0	1.46	5.49
D _{2l2}	11.04	6.5~8.5	1.49	5.08
D ₃	13.74	6.0~8.5	1.86	3.53
C _{1y}	13.85	7.0~8.0	5.92	9.56
C _{1d}	17.64	7.0~8.5	1.51	6.08
C ₂	24.13	6.5~8.5	1.41	6.47
C ₃	13.09	6.5~7.5	1.42	3.03
P _{lq}	38.5	6.5	1.42	6.37
P _{1m}	15.36	6.5	1.58	6.58
P ₂	9.59	7.0	3.70	5.72
T _{ll}	18.44	4.5~6.5	2.30	4.23
T _{1b}	19.47	5.0~6.0	1.73	2.83
T _{2-3p'}	26.15	6.0~8.5	2.71	6.67
T _{2-3p^2}	10.17	5.0~8.5	2.08	3.0
T _{2-3p^3}	8.44	6.0~8.0	2.20	4.32
N	9.85	7.5~8.5	1.39	4.48
Q _p	16.45	5.0~6.5	5.43	7.79
Q _h	17.31	6.0~6.5		4.49
平均 Mean	16.90		2.40	5.25

3.5.2 土壤与母岩 Ni/Co分异

Xing等^[6]指出土壤中Ni/Co主要由成土母质所决定。从本区域母岩(质)Ni/Co比值看,亦有与土壤相似的变化规律(表6),两者Ni/Co比值相关系数为0.6110,大于 $\alpha=0.0$ 的临界值,达到显著相关水平,回归方程为 $y=3.3969+0.7887x$ 。因此,可以认为,土壤Ni/Co比值与所处地层母岩有显著正相关关系。

4 结论

桂西南隆安县21个地层的20个岩石(母质)和21个土壤的3种元素的自然含量,分析结果表明,不同地层岩石、土壤的元素丰度差异较大;土壤元素含量与其母岩之间多数相关不显著,绝大多数元素在成土过程中表现富集,且不同地层元素富集状况差异很大,土壤阳离子交换量(CEC)差异明显,土壤Ni/Co分异与其母岩(质)之间存在显著正相关关系。

致谢

谢义林同志参加部分野外调查及采样工作,谨致谢忱!

参考文献

- 1 童潜明, 杨慧敏. 地质学对土壤学的影响. 见: 周恩湘等主编: 土壤地质. 北京: 地质出版社, 1994. 264~270.
- 2 童潜明, 张建新主编. 湖南农业地质概论. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1994. 5~15.
- 3 中国科学院土壤背景值协作组. 北京、南京地区土壤中若干元素的自然背景值. 土壤学报, 1979, 16 (4): 322.
- 4 唐丽华, 徐俊祥, 朱其清等. 黄壤中元素的含量和分布. 土壤学报, 1983, 20 (2): 186~196.
- 5 夏增禄. 中国主要类型土壤若干重金属临界含量和环境容量区域分异的影响. 土壤学报, 1994, 31 (2): 161~169.
- 6 Xing Guangxi, Hou Wenhua, Yang Wengxing. Ratios of Closely Related Elements in Soil and Their Implications. Pedosphere, 1991, 1 (4): 333~343.

(责任编辑: 蒋汉明)