

成土年代系列土壤的铝硅氧化物变化特征

黄成敏 龚子同

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 对海南岛北部玄武岩上发育的不同成土年龄系列土壤研究表明, 随土壤年龄的增加, 土壤中 Al_{No} 和 Al_d 含量均增大, 但前者趋势更明显; Al_o/Al_{Na} 、 Si_o 均随成土年龄而出现有规律的变化, 能很好地指示土壤发育程度。

关键词 铝氧化物; 硅氧化物; 土壤发育; 土壤年龄

硅铝氧化物是反映湿热气候条件下成土过程特点和土壤发育的重要指标之一, 也是进行土壤系统分类划分的重要依据^[1]。在海南岛北部有较大面积的不同时代喷发的玄武岩, 发育其上的土壤因成土时间差异而构成一个年代土壤系列 (Soil chronosequence)^[1, 2]。本文探讨了该地区随土壤年龄增加、土壤发育程度增大, 硅铝氧化物的变化特征。

1 材料与方方法

1.1 样品采集

选择琼北第四纪以来不同时代喷发的玄武岩上发育的土壤, 成土年龄见表 1。由于海南岛中部山地高耸, 构成东北—西南走向的高山屏障, 岛内水分状况区域性变化较大。采于琼山县三门坡的 HE11 剖面则位于东部丘陵台地和沿海平原, 年均温 $24 \sim 24.5^\circ\text{C}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $8400 \sim 8600^\circ\text{C}$, 年降雨量 $1800 \sim 2000\text{mm}$; 其余 6 个剖面均属琼北沿海台地半湿润地区, 年均温 $23 \sim 24^\circ\text{C}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 $8500 \sim 8700^\circ\text{C}$, 年降雨量 $1400 \sim 1800\text{mm}$ ^[3]。

表 1 土壤类型与成土年龄

采样地点(剖面号)	土壤类型	成土年龄(万年)
琼山市十字路(HE09)	普通湿润正常新成土	$1^{[4]}$
儋州市洋浦(HW03)	普通铁质湿润雏形土	$9.0 \pm 2.0^{[4]}$
定安县石坡乡(HE05)	普通铁质湿润雏形土	$14.6 \pm 0.9^{[5]}$
儋州市德义岭(HW04)	盐基筒育湿润富铁土	$64^{[6]}$
琼山市云龙镇(HE10)	水化暗红湿润铁铝土	$133 \pm 18^{[4]}$
琼山市三门坡(HE11)	黄色筒育湿润铁铝土	$148 \pm 16^{[4]}$
儋州市新盈农场(HW02)	腐殖暗红湿润铁铝土	$181 \pm 8^{[4]}$

1.2 分析方法

土壤全量铝和连二亚硫酸钠—柠檬酸钠—重碳酸钠溶液(DCB)提取的铝含量和草酸铵缓冲溶液(OAA)提取的硅、铝, 0.5mol/L NaOH 提取的硅、铝以及焦磷酸钠提取的铝含量的分析方法见文献[7]和[8]。

2 结果与讨论

2.1 铝氧化物

将 NaOH 溶液和 DOB 溶液提取的铝均沿用游离铁的命名方法称为游离铝^[9]。总体上土壤中 DCB 提取的铝含量 (Al_d) 低于热碱溶液 (NaOH 溶液) 提取的铝含量 (Al_{Na}), 特别是在在

高度风化的土壤中。随土壤发育的加深,两者的含量均有增加的趋势(表 2)。但 DCB 溶液以还原作用方式提取土壤中的大部分羟基铝及其聚合物,几乎不能溶出土壤发生过程中形成的游离氧化铝,而热碱溶液却能提取出绝大多数游离氧化铝,如三水铝石、一水铝石、水铝英石等矿物中的铝⁹,所以后者更能反映出土壤发育过程的特点。Wada 同样认为 DCB 提取的铝不能代表土壤发生过程中形成的铝的数量^[10]。经分析,DCB 提取的铝与土壤全铝含量的相关性低于 NaOH 提取的铝(图 1)。

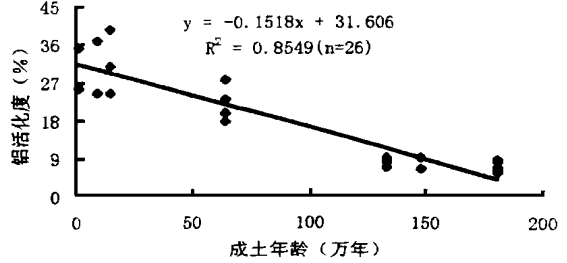
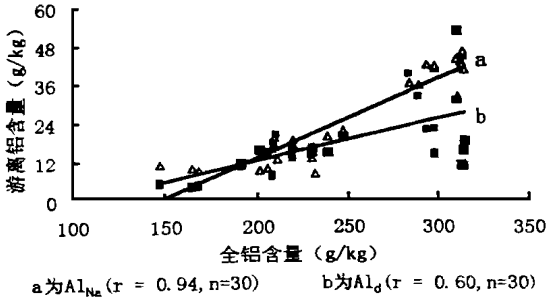


图 1 Al_{Na}、Al_D 含量与全铝含量的关系 图 2 铝活化度(Al₀/Al_{Na})与成土年龄的关系

有研究认为活性铝(Al₀, 酸性草酸铵溶液提取的铝, 沿用活性铁的定义)可反映土壤风化度^[9-11]。在研究区土壤中活性铝含量在 2.5~6.0g/kg 间, 土壤年龄大的土壤活性铝含量稍小于成土年龄低的土壤(表 2)。活性铝主要为无定形铝, 其与游离铝(Al_{Na})的比值可以表示土壤发生中晶质氧化铝的相对数量, 在此称为铝活化度。在三种成土年龄超过 100 万年的土壤剖面 HW02、HE11 和 HE10 中, 铝活化度分别在 5.8~8.9%、6.6~9.3%和 6.9~9.3%之间, 其它土壤剖面一般高于 20%, 与成土年龄有相反的趋势。土壤的铝活化度(Al₀/Al_{Na})与土壤年龄呈显著线性负相关(图 2), 很好地揭示出随土壤发育程度的提高, 土壤中晶质铝比例增加的现象。而 Al₀ 与 Al_D 构成的铝活化度无法反映土壤风化程度(表 2)。

土壤中焦磷酸钠提取的有机络合态铝(Al_p)含量较低, 与土壤有机碳含量普遍不高有关。但络合态铝含量的高低与土壤有机碳并不具相关关系, 可能是有机碳高的土壤中 pH 值相对较高, 降低有机络合物的数量^[12]。

2.2 硅氧化物

我们暂称酸性草酸铵提取的硅为活性硅(Si₀)。NaOH 溶液提取的土壤无定形硅(Si_{Na})溶出物不仅有晶形差的蛋白石、水铝英石等, 还包括其他形态的氧化硅水凝胶和干凝胶等^[11]。样品中 Si_{Na} 含量在 2.85 至 10.565g/kg 之间, 土壤发育度似与 Si_{Na} 含量的高低无关

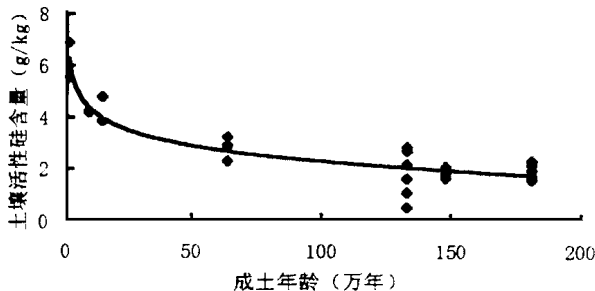


图 3 活性硅(Si₀)含量随土壤年龄增加的变化趋势

(表2)。不同土壤剖面间 Si_o 含量差异大,最低仅 0.542g/kg ,最高达 6.893g/kg 。作为 Si_{Na} 中活性较大部分的 Si_o 主要由凝胶态硅构成,其含量与土壤发育度则高度相关联,土壤中 Si_o 含量(Y)与土壤年龄(X)呈极显著的对数负相关, $Y = -0.868\ln X + 6.303$, $R^2 = 0.8565$ ($n=26$)(图3)。这说明随着土壤深入发育,活性较大部分的硅出现老化,导致 Si_o 含量降低。

随着土壤发育,游离铝(Al_{Na})含量增加,无定形硅(Si_{Na})虽与成土年龄的相关性不强,但有减少的趋势,导致土壤发生层 $NaOH$ 浸提的分子硅铝率(Si_{Na}/Al_{Na})由 HE09 剖面的 0.9 至 HW02 剖面的 $0.10 \sim 0.25$,不断降低(表2)。

表2 土壤中不同化学形态的铝、硅含量

采样地点	土壤深度 (cm)	游离铝 ¹ Al_{Na} (g/kg)	游离铝 ² Al_d (g/kg)	活性铝 Al_o (g/kg)	络合铝 Al_p (g/kg)	活化度 ¹ Al_o/Al_{Na} (%)	活化度 ² Al_o/Al_d (%)	无定形铝 Si_{Na} (g/kg)	活性硅 Si_o (g/kg)	硅铝率 Si_{Na}/Al_{Na}
琼山市 十字路 HE09	0~15	12.38	19.71	4.355	534.1	35.2	22.1	8.542	6.893	1.17
	15~30	19.61	14.61	5.037	348.3	25.7	34.5	10.384	5.551	0.90
	30~50	16.31	29.36	4.563	—	28.0	15.5	10.839	—	1.13
	50~80	15.79	7.67	4.568	43.8	28.9	59.6	9.461	—	1.02
儋州市 洋浦 HW03	0~12	9.15	15.4	3.378	178.3	36.9	21.9	4.709	4.205	0.87
	12~44	16.22	15.78	3.979	730.2	24.5	25.2	8.439	4.234	0.88
	44~100	16.86	13.15	3.679	146.0	21.8	28.0	9.468	5.254	0.95
定安县 石坡乡 HE05	0~15	10.81	15.02	3.333	534.1	30.8	22.2	5.28	4.79	0.83
	15~35	12.62	14.28	3.095	162.0	24.5	21.7	4.117	1.364	0.55
	35~50	7.88	14.55	3.121	108.0	39.6	21.5	4.126	3.856	0.89
	50~75	9.65	14.79	2.993	146.0	31.0	20.2	5.257	2.281	0.93
	75+	11.62	15.02	2.451	149.9	21.1	16.3	8.065	5.403	1.18
儋州市 德义岭 HW04	0~6	10.62	11.39	2.931	623.2	27.6	25.7	10.565	2.32	1.69
	6~22	19.00	17.42	3.390	101.8	17.8	19.5	8.034	2.94	0.72
	22~37	16.00	15.29	3.686	58.3	23.0	24.1	6.873	2.874	0.73
	37~65	18.55	15.65	3.673	451.1	19.8	23.5	7.596	3.241	0.70
	65~100	21.34	19.35	5.007	190.8	23.5	25.9	9.333	4.025	0.74
琼山市 云龙镇 HE10	0~25	35.08	31.48	3.257	—	9.3	10.3	5.062	1.115	0.25
	25~50	43.66	30.19	3.511	38.2	8.0	11.6	8.267	0.542	0.32
	50~70	40.54	14.17	2.781	248.3	6.9	19.6	4.147	2.869	0.17
	70~90	41.84	35.11	3.594	195.1	8.6	10.2	4.215	1.644	0.17
	90~120	41.70	21.50	3.781	281.6	9.1	17.6	3.174	2.698	0.13
	120~140	37.15	20.86	3.297	203.6	8.9	15.8	3.795	2.184	0.17
琼山市 三门坡 HE11	0~12	38.75	51.79	2.555	592.8	6.6	4.9	4.081	1.778	0.18
	12~30	35.89	38.79	3.341	505.8	9.3	8.6	9.887	1.665	0.47
	30~80	32.04	52.34	2.972	382.1	9.3	5.7	3.465	1.858	0.18
	80~120	42.33	43.79	2.808	—	6.6	6.4	4.471	2.115	0.18
儋州新 盈农场 HW02	0~25	41.08	21.90	2.895	212.3	7.0	13.2	4.336	1.776	0.18
	25~52	42.72	11.03	3.596	126.7	8.4	32.6	3.7	1.618	0.14
	52~88	41.77	10.45	2.783	89.8	6.7	26.6	3.47	1.973	0.14
	88~128	40.00	18.33	3.552	150.0	8.9	19.4	5.91	2.189	0.25
	128~150	46.17	15.36	2.67	48.2	5.8	17.4	2.85	2.336	0.10

综上所述, Al_{Na} 含量与全铝含量的相关性较 Al_d 的高,同时其随土壤年龄增加而增大的趋势也较 Al_d 明显。 Al_o/Al_{Na} 比值与成土年龄呈显著线性相关, Si_o 含量则随成土年龄增大而呈对数形式递减,两者均能很好地反映土壤发育程度。

(下转第53页)

