

中国白浆土研究*

II. 无定形铁、锰、铝氧化物特性及其元素地球化学分异

律兆松 徐琪

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

本文主要研究了白浆土中无定形态铁、锰、铝氧化物特性及其元素的地球化学特征。结果表明: (1)游离态、活性态及络合态的铁、锰、铝氧化物都向着粘粒中富集。其中游离态及活性态中, Al_2O_3 富集最强烈, Fe_2O_3 次之, MnO 最弱。(2)铁、锰、铝氧化物的活性是 MnO 高于 Fe_2O_3 , 而 Al_2O_3 主要取决于 pH 值, 同时也受其它因素的影响。 MnO 和 Fe_2O_3 在活性上的差异, 不仅取决于两者在标准氧化还原电位的差异上, 还与两者和有机质形成络合物的能力有关。(3)白浆土中有机质含量与络合态氧化物含量之间的相关关系特性, 以及络合物中金属原子与碳原子比值(M/C)的特点表明, 络合态淋溶作用在白浆土形成中不但存在, 而且还起着一定的作用。

关键词 白浆土, 无定形氧化物, 氧化物富集, 络合作用, 金属/碳原子比

土壤中铁、锰、铝元素主要以四种形态存在, 即离子态 \rightleftharpoons 无定形氧化物 \rightleftharpoons 隐晶质氧化物 \rightleftharpoons 结晶态氧化物矿物^[1-3]。这一过程中由离子态到结晶态的转化为老化过程, 反之则为活化过程。土壤中的各种形态的氧化物都处在同一的老化(或活化)系列中。老化和活化的强度和方向受到土壤的类型、pH、温度、水分状况及有机质等多种因素的影响。尤其是铁、锰这样的变价元素, 对土壤环境, 特别是土壤干湿交替过程非常敏感。因此, 土壤中无定形铁、锰、铝氧化物特性及其地球化学分异是在长期的土壤形成过程中, 土壤条件变化的综合结果, 也部分地反映了土壤形成的历史。在探讨土壤发生过程、形成环境与土壤性质变化均具有重要意义。

白浆土属于半水成土壤, 在干湿交替作用下, 氧化还原过程导致粘粒与铁、锰、铝氧化物在剖面中产生明显垂直分异, 对此已有不少文章进行了论述, 但对络合淋溶在形成白浆土中作用的研究较少。因此, 研究我国不同地区白浆土中无定形铁、锰与铝的氧化物的特征, 垂直分异状况及其与有机质形成络合物的金属与碳原子比值, 以期对阐明络合淋溶在白浆土形成中的作用有所助益。

* 国家自然科学基金资助项目。

一、供试土壤和测定方法

(一) 供试土壤

有关供试土壤的采集地点及基本性质见参考文献^[1]。

(二) 测定方法

游离态氧化物: 用连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠 (DCB 法) 提取, 等离子光谱仪测定。

活性氧化物: 用草酸铵缓冲液 (Tamm 法) 提取, 等离子光谱仪测定。

络合态氧化物: 用焦磷酸钠提取^[2], 等离子光谱仪测定或联合比色法测定^[6]。

二、结果与讨论

(一) 土体与胶体中无定形铁、锰、铝氧化物含量及其在粘粒中的富集

目前不同形态的铁、铝氧化物有了较统一和规范的提取方法^[3,5,10-14], 而锰的氧化物中除游离态外, 活性态和络合态锰还没有统一的测定方法。本文中的活性及络合态氧化锰是用测定铁、铝的同一提取液来测出的, 因而只能是暂冠以活性和络合态氧化锰, 所以这并非普遍应用的。

1. 不同形态的铁、锰、铝氧化物的含量 从土体和胶体中不同形态的铁、锰、铝氧化物在剖面中的变化规律看, 正如表 1 所表明的, 土体游离态铝、铁、活性铝与络合态铝均是白浆层低于淀积层, 而游离态和活性态锰与络合态铁、锰则反之, 白浆层中含量高于淀积层。胶体中唯三种形态的铝是淀积层高于白浆层, 而三种形态的铁、锰均是以白浆层高于淀积层为特征, 当然 A 层是例外, 表 2 表明, 不论土体还是胶体, 硅酸盐铁占一半或一半以上, 结晶态铁在白浆层中略低于淀积层, 而晶胶率(无定形铁/结晶铁)则反之, 结合铁和锰的游离度与活化度(表 1) 均是白浆土高于淀积层这一特点, 均足以证明在氧化还原交替作用下, 铁、锰淋溶淀积十分活跃, 且络合作用也不可忽视, 而且白浆土正在形成发育过程中, 不论森林下, 还是水稻栽培下的白浆土都是如此。

2. 不同形态铁、锰、铝氧化物在粘粒中的富集及其活性 氧化物在粘粒中的富集, 不但受土壤中该元素的矿物风化和成土过程中的原位富集的影响, 而且还取决于土壤遭受淋溶淀积的程度。同一剖面各层次的富集率的平均值能比较客观地反映出富集的相对程度, 其变异系数反映该氧化物在剖面中活动的相对强弱^[5]。白浆土三种形态铁、锰、铝氧化物都向粘粒中富集(表 4), 其中游离与活性态中以 Al_2O_3 的富集最强烈, Fe_2O_3 次之, MnO 最弱。络合态中以 MnO 富集最强烈, Al_2O_3 次之, Fe_2O_3 最弱。整个剖面中游离态和活性态的 Fe_2O_3 和 MnO 富集率的变异系数是, MnO 高于 Fe_2O_3 , 各种形态的 Al_2O_3 在剖面中的富集率, 不仅与粘粒移动, 而且也同土壤 pH 值有关系(表 3), 众所周知, 在白浆土发育的特定成土条件下, 最活跃的氧化物是 MnO , 其次是 Fe_2O_3 , 而 Al_2O_3 活性大小主要决定于土壤 pH。 MnO 的标准氧化还原电位比 Fe_2O_3 高, 在土壤由干变湿的季节氧化还原电位下降, 这时首先还原的是 MnO , 然后才是 Fe_2O_3 , 所以锰总是比铁先移动。铝离子在不同 pH 下可以为 Al^{3+} , $AlOH^{2+}$ 及 $Al(OH)_2^+$ 等不同的水合态, 这些不同形态水合离子的溶解性与移动性是不同的, 所以 Al_2O_3 活性大小主要受 pH 值的影响(表 3)。当

表 1 白浆土体中各种形态铁铝锰氧化物含量(占风干土%)
 Table 1 Contents of iron, manganese aluminum oxides in albic soils (% in air-dried soil)

土壤 样本 Sample	发生层 Horizon	游离态 Free			活性态 Active			络合态 Chelated			游离度 Free degree (%)		活化度 Activation degree (%)	
		Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MnO
土 体	A	0.392± 0.155	0.112± 0.107	2.036± 0.338	0.266± 6.255	0.085± 0.088	0.745± 0.308	0.146± 0.145	0.028± 0.031	0.242± 0.368	92.28± 13.32	54.4± 16.9	43.9± 15.0	68.4± 12.8
	W	0.262± 0.042	0.146± 0.076	2.634± 0.652	0.216± 0.042	0.113± 0.060	0.702± 0.614	0.039± 0.017	0.120± 0.009	0.613± 0.041	49.7± 9.0	73.8± 12.2	25.3± 18.4	74.2± 11.4
	B	0.400± 0.024	0.096± 0.095	3.226± 2.291	0.259± 0.147	0.066± 0.056	0.411± 0.294	0.061± 0.054	0.026± 0.016	0.052± 0.032	54.0± 28.7	60.7± 30.4	16.7± 12.7	71.6± 10.1
胶 体	C(Bg)	0.415± 0.244	0.064± 0.032	2.80± 0.935	0.308± 0.018	0.043± 0.026	0.356± 0.227	0.053± 0.022	0.022± 0.015	0.044± 0.059	42.6± 12.6	58.4± 13.8	15.6± 12.8	62.8± 15.2
	A	1.096± 0.349	0.130± 0.116	4.496± 1.003	0.600± 0.241	0.091± 0.094	1.901± 0.838	0.136± 0.114	0.050± 0.038	0.405± 0.204	40.1± 5.0	42.7± 15.1	54.4± 16.1	66.2± 10.1
	W	0.932± 0.398	0.199± 0.125	4.952± 0.596	0.574± 0.231	0.142± 0.107	1.504± 1.546	0.102± 0.062	0.070± 0.037	0.191± 0.164	43.7± 3.6	28.8± 26.2	66.4± 8.6	69.4± 11.8
土 体	B	1.157± 0.274	0.066± 0.043	4.494± 1.424	0.622± 0.054	0.042± 0.028	0.608± 0.448	0.120± 0.049	0.026± 0.018	0.105± 0.088	40.2± 7.9	15.2± 11.9	58.1± 19.8	63.8± 12.0
	C(Bg)	1.174± 0.261	0.064± 0.032	4.650± 1.542	0.584± 0.048	0.035± 0.022	0.596± 0.422	0.086± 0.041	0.022± 0.014	0.090± 0.083	40.0± 9.1	15.0± 12.8	35.9± 24.2	64.2± 15.8

表 2 白浆土中硅酸盐铁和结晶态铁含量(占全铁量%)

Table 2 content of silicate-iron and crystalline iron in albic soils (% in total iron)

剖面 Profile	发生层 Horizon	土体 Solum			胶体 Colloid		
		硅酸盐铁 Crystallin- Fe	结晶态铁 Silicate-Fe	晶胶率 R	硅酸盐铁 Crystalline- Fe	结晶态铁 Silicate-Fe	晶胶率 R
白浆土	A	57.8±13.3	27.2±13.6	3.0±1.1	61.1±4.0	23.9±6.4	2.8±0.80
	W	53.9±9.0	35.0±11.2	6.2±3.5	57.4±4.0	31.2±8.6	7.2±4.9
	B	49.5±26.1	43.0±29.0	11.6±14.4	59.84±7.9	33.0±10.2	11.7±12.6
	C(Bg)	57.4±12.6	37.0±15.8	13.0±11.2	60.0±9.1	34.5±11.5	13.6±11.2

注: 采用文献[17]的计算方法; 硅酸盐铁=全铁-游离铁; 结晶态铁=游离铁-活性铁; 晶胶率 $R = \frac{\text{活性铁}}{\text{结晶态铁}}$

然土壤有机质和无定形硅含量等其它因素也会影响到 Al_2O_3 的活性。

3. 不同形态氧化物含量之间的相关性 如前所述, 同一氧化物其不同形态均处在同一的老化和活化系列当中, 因而某些形态之间可能存着某些相互关系。分别对土体及胶体中三种氧化物的四种形态(含全量形态)含量之间进行相关分析, 发现一些有趣的相关关系。对 Fe_2O_3 而言, 土壤中铁全量(y)与游离态铁量(x)呈极显著相关关系($y = 4.40 + 0.44x$ $n = 27$ $r = 0.556^{**}$)。胶体中这一相关关系更强($y = 7.98 + 0.68x$ $n = 26$ $r = 0.783^{**}$)。这一结果表明, 在铁氧化物的老化活化系列中, 只有硅酸盐铁矿物与其风化后形成的游离铁之间具有直接的相互关系。游离铁、活性铁及络合态铁之间转化的关系比较复杂, 受多种因素的作用。并且铁形态转化对各个因素的作用有一定的缓冲作用。如活性态铁转化成络合态铁就受铁浓度的影响, 活性铁浓度在一定范围内增加不能使络合态铁增加, 对其它因素也是如此。因而游离态、活性态及络合态铁之间缺乏显著的相关性。与铁相反, 各种形态氧化锰之间都呈极显著相关关系(表 4)。这可能一方面是由于土壤中锰的含量低, 另一方面是 MnO 比 Fe_2O_3 更活跃, 因而对土壤干湿交替变化更敏感, 各形态之间的转化是处在频繁的动态之中。各形态的铝之间, 只有络合态与活性态含量之间呈显著相关性, 这表明络合态铝直接来源于活性态的铝。

(二) 有机质与络合态氧化物之间的关系

1. 有机质含量与络合态氧化物含量之间的相关性 为了与土壤有机质总量相区分, 把由焦磷酸钠提取出来的有机质称作为络合态有机质。通过对土体及胶体有机质总量、络合态有机质含量与土体和胶体中络合态铁、锰、铝氧化物含量进行相关分析, 得出以下结果: (1) 土体中无论是有机质总量还是络合态有机质含量同土体中络合态氧化铁无相关性。而胶体中络合态有机质(x)与胶体络合态氧化铁(y)呈极显著相关关系($y = 0.08 + 0.22x$ $n = 26$ $r = 0.890^{**}$); (2) 土体中不论是有机质总量还是络合态有机质含量都与土体中络合态氧化锰呈极显著的相关关系($r = 0.982$ $n = 27$)。胶体中络合态有机质与络合态氧化锰也呈极显著相关关系($r = 0.444$, $n = 26$)。 (3) 土体及胶体中有

表 3 各种形态的铁锰铝氧化物在粘粒中的富集率

Table 3 Enrichment of iron manganese aluminum oxides in clay of albic soils

土壤剖面 Profile	发生层 Horizon	游离态 Free			活性态 Active			络合态 Chelated			pH
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	
87-白-1	A	—	1.70	0.84	2.63	2.02	0.68	1.21	4.00	1.79	5.2
	AW	3.73	1.35	1.22	4.13	1.90	1.04	2.72	4.56	5.95	4.5
	W	2.72	1.48	1.20	1.93	1.79	0.98	2.31	4.75	7.50	4.7
	B ₁	2.50	1.44	0.89	1.82	1.28	0.69	2.08	2.75	5.10	4.2
	B ₂	3.65	1.58	0.96	1.93	1.29	0.91	2.33	2.48	3.40	4.1
	C	5.55	1.94	1.34	1.72	1.70	1.09	2.14	2.74	4.18	4.0
	平均±S ¹⁾	3.63± 1.20	1.58± 0.21	1.08± 0.21	2.36± 0.92	1.66± 0.31	0.90± 0.18	2.13± 0.50	3.55± 1.01	4.65± 2.00	4.5± 0.45
V. C. ²⁾	0.33	0.1352	0.19	0.39	0.19	0.1963	0.2360	0.2848	0.4290	0.088	
87-白-2	A ₁	2.59	1.46	0.76	1.37	1.36	0.71	1.42	2.67	1.56	5.2
	W	6.03	1.87	1.68	3.71	2.40	1.81	3.41	3.33	2.77	5.9
	WB	4.29	1.76	0.94	2.35	1.87	1.09	2.00	2.04	3.14	5.9
	B	5.21	1.72	0.93	1.65	1.63	0.84	1.30	2.28	3.57	6.0
	C	10.07	1.71	0.84	1.99	1.77	1.07	1.48	1.97	3.64	6.0
平均±S	5.64± 2.79	1.71± 0.15	1.03± 0.37	2.22± 0.91	1.81± 0.38	1.10± 0.43	1.92± 0.88	2.46± 0.56	2.94± 0.84	5.8± 0.33	
V. C.	0.4946	0.0880	0.3620	0.4121	0.2127	0.3865	0.4563	0.2276	0.2880	0.058	
87-白-3	A	—	2.89	1.65	3.85	2.69	1.34	1.59	0.34	1.96	4.8
	P	—	2.82	2.65	3.72	2.81	2.35	4.23	5.45	10.93	6.2
	W ₁	3.90	2.71	1.73	2.69	2.18	1.15	3.49	2.72	6.21	6.3
	W ₂	4.72	2.94	1.90	5.15	2.14	0.96	5.93	2.03	7.00	6.3
	B	7.24	2.59	1.55	7.66	2.07	1.06	8.04	3.58	7.30	6.1
	BG	2.47	1.70	1.17	2.10	1.78	0.68	1.59	2.06	8.09	6.2
	平均±S	—	2.61± 0.46	1.78± 0.49	4.20± 2.00	2.28± 0.39	1.26± 0.58	4.14± 2.52	2.70± 1.72	6.91± 2.92	5.9± 0.58
V. C.	—	0.1777	0.2777	0.4758	0.1719	0.4600	0.6090	0.6373	0.4228	0.098	
87-白-4	A	2.16	2.04	1.02	4.09	2.81	1.41	1.56	5.13	1.97	5.4
	P	2.54	2.30	1.14	3.51	2.59	1.39	2.72	4.23	2.70	6.0
	W	1.94	1.82	0.94	3.24	1.53	0.85	1.37	1.04	13.84	6.5
	B	1.25	1.01	0.46	2.79	1.11	0.53	1.73	0.34	14.21	6.8
	BG	1.25	1.37	0.65	1.77	1.17	0.58	1.24	1.09	14.20	6.9
	平均±S	1.83± 0.57	1.71± 0.52	0.84± 0.28	3.08± 0.87	1.84± 0.80	0.95± 0.43	1.72± 0.59	2.37± 2.16	9.38± 6.44	6.3± 0.62
V. C.	0.3106	0.3033	0.3301	0.2826	0.4360	0.4475	0.3413	0.9119	0.6860	0.098	

- 1) 标准差,
2) 变异系数,

$$\text{富集率} = \frac{\text{氧化物在粘粒中的含量\% (参见表2)}}{\text{土体中氧化物含量\% (参见表1)}}$$

表 4 各种形态氧化锰含量之差相关性分析

Table 4 Correlations between various forms of manganese oxides

土壤物质 Soil material	相关因素 Correlation factor	回归方程 Regression equation	n	r
土体 胶体	全量(y)与游离态(x)	$y = 0.0321 + 1.1759x$	27	0.8215**
		$y = 0.0264 + 1.3746x$	26	0.9764**
土体 胶体	全量(y)与活性态(x)	$y = 0.0285 + 1.7004x$	27	0.8552**
		$y = 0.0455 + 1.7900x$	26	0.9726**
土体 胶体	全量(y)与络合态(x)	$y = 0.0824 + 5.9634x$	27	0.8608**
		$y = 0.0624 + 2.9329x$	26	0.6459**
土体 胶体	游离态(y)与活性态(x)	$y = 0.0038 + 1.3554x$	27	0.9758**
		$y = 0.0145 + 1.2883x$	26	0.9948**
土体 胶体	游离态(y)与络合态(x)	$y = 0.0733 + 2.6332x$	27	0.5441**
		$y = 0.0239 + 2.1788x$	26	0.6780**
土体 胶体	活性态(y)与络合态(x)	$y = 0.0476 + 2.2353x$	27	0.6416**
		$y = 0.0384 + 1.4115x$	26	0.5707**

表 5 白浆土土体及胶体中络合态金属离子与碳原子的比值(n = 4)

Table 5 Ratios chelated metals to carbon in the solum and clay of albic soils

土壤剖面 Profile	发生层 Horizon	土体 Solum				胶体 Colloid	
		(Fe + Mn + Al)/C		(Fe + Al)/C		(Fe + Mn + Al)/C	(Fe + Al)/C
		1 ¹⁾	2 ²⁾	1	2	2	2
白浆土	A	0.0468± 0.0797	0.428± 0.776	0.0457± 0.0797	0.417± 0.776	0.185± 0.114	0.166± 0.091
	W	0.203± 0.168	0.195± 0.102	0.032± 0.015	0.182± 0.103	0.232± 0.028	0.191± 0.046
	B	0.056± 0.05	0.056± 0.05	0.062± 0.054	0.861± 0.851	0.372± 0.078	0.334± 0.086
	C(Bg)	0.068± 0.048	0.554± 0.380	0.066± 0.048	0.540± 0.378	0.443± 0.133	0.365± 0.182

1) 铁、锰、铝或铁、铝与土壤中碳含量的原子比值。

2) 铁、锰、铝或铁、铝与焦磷酸钠提取的碳原子比值。

机质总量与络合态有机质含量都同络合态氧化铝呈极显著相关关系 ($r = 0.547$ 、 0.724 、 0.722 、 0.666 $n = 27$)。这一结果可能与这三种元素形成络合物的性质及有机质总类有关^[7]。

以上结果表明,在白浆土形成过程中,铁、锰、铝氧化物是可以以络合形式移动,也就是说络合淋溶在白浆土形成中同样起着重要的作用^{[9][10]}。同时还表明铁、锰活性上的差异,不仅表现在氧化还原电位上的不同,而且还与有机质形成络合物的能力的不同而不

1) 张云一,1986: 黑龙江省白浆土形成机理及改良途径研究。

同^[6,17]。铁离子对有机质结构要求严格,不易形成络合物,但一旦形成则稳定性较大。而锰的络合谱比较宽,易形成络合物,但络合物稳定性小。

2. 白浆土有机-无机络合物中的金属/碳原子(M/C) 金属离子与有机质形成的络合物的可溶性及其移动性与 M/C 有关^[10,16]。Higsh 等人认为,只有 $M/C < 0.12$ 的络合物才是可溶的,如果 > 0.12 就会发生沉淀。计算的白浆土土体及胶体络合物的 M/C 表明(表 5),表层的土体中 M/C 最小,表明有足够的有机质来络合金属离子。剖面 87-白-3 表层例外,这可能与表层含有大量的“螯血”有关。淀积层比白浆层的 M/C 高。白浆层一般在 0.12 左右,淀积层 > 0.2 。用 Higsh 标准衡量,白浆层络合物已接近饱和,络合潜力不大,但络合物仍是可溶的,淀积层的络合物已经饱和了,无力再进一步络合金属离子并已呈沉积状态。因此,从剖面上部淋溶下移的络合物在此进一步络合金属离子并发生沉积。所以沉积层 M/C 比较大,这可能是淀积层含有较多的游离态的非络合金属离子,同时淀积层中微生物活动分解了络合物中的有机质,从而使 M/C 增大。

与土体相比,土壤胶体中 M/C 要高的多,这与游离态铁、锰、铝氧化物向粘粒富集有关。也可能由于提胶过程中的分散作用,焦磷酸钠提取了一部分活性态金属氧化物,或只将金属-有机复合物中的金属离子提取出,而有机质未完全提出来有关^[10]。因此,对于土壤胶体而言,络合物发生淀积的 M/C 的临界值要高于 0.12。从各个剖面情况来看,白浆层中 M/C 一般在 0.23 左右,淀积层一般在 0.3 左右。发生淀积时的 M/C 大概在 0.4—0.6 之间。

白浆土中络合物的 M/C 的特性进一步证明了铁、锰、铝氧化物之间与土壤有机质有着密切的联系,也就是进一步证明了络合淋溶作用在白浆土形成过程中起着一定的作用。

三、结 论

根据上述研究结果,可得出下列结论:

- (1) 铁、锰、铝氧化物的含量中,游离态含量最高,活性态次之,络合态最小。并且三种形态的氧化物都向粘粒中富集,其中游离态与活性态氧化物中, Al_2O_3 富集最强烈, Al_2O_3 次之, Fe_2O_3 最弱。
- (2) 三种氧化物在白浆土中的活性是 MnO 比 Fe_2O_3 活性大, Al_2O_3 主要取决于 pH 同时也受其它因素的影响。 MnO 与 Fe_2O_3 在活性的差异,不仅仅取决于两者在标准氧化还原电位上的不同,而且同两者与有机质形成络合物的能力不同有关。
- (3) 白浆土中有机质含量与络合态氧化物含量之间的相关关系,以及络合物中 M/C 的特性表明,络合淋溶作用在白浆土形成中不但存在,而且还起着一定的作用。

参 考 文 献

1. 陈家坊,1981: 土壤胶体中氧化物。土壤通报,第 2 期,44—49 页。
2. 陈家坊等,1983: 土壤中氧化铁的活化过程探讨。土壤学报,第 8 卷,1 期,22—30 页。
3. 陈家坊,1983: 氧化物,土壤胶体第一册(熊毅等编著)。132—275 页,科学出版社。
4. 律兆松,徐琪,1992: 中国白浆土研究 I. 白浆土机械组成及元素地球化学分异特征。土壤学报,第 30 卷,3 期,274

—288 页。

5. 陈家坊, 何群, 1985: 土壤中胶体中氧化物矿物的化学区分。土壤胶体第二册(熊毅等编著)。241—287 页, 科学出版社。
6. 何群, 1986: 用铁试剂和溴化十六烷基三甲基铵比色法联测土壤中铁和铝。土壤, 第 18 卷 5 期, 271—272。
7. 袁可能, 1990: 络合作用。土壤发生中的化学过程(于天仁等主编)。科学出版社, 67—96 页。
8. 保学明, 1987: 铁锰络合物的稳定常数与有机质络合剂分子量关系。土壤学报, 第 24 卷 4 期, 313—317 页。
9. 高子勤等, 1988: 白浆土形成过程中某些物理化学性质的研究。土壤学报, 第 25 卷 1 期, 13—21 页。
10. Higash, T., et al, 1981; characterization of some spodic horizons of the Campine (Belgium) with Dithionite-citrate, Prophosphate and Sodium Hadromidetetraborate. Geoderma, Vol. 25: 131—142.
11. Mckeage, J.A., et al, 1971: Differentiation of forms of extractable Iron and Aluminum in soils. Soil Sci. Soci. Proc., Vol. 35: 33—38.
12. Deb, B.C., 1950: The estimation of free iron oxides in soils and clays and their removal. J. Soil Sci., Vol. 1: 212—220.
13. Jackson, M.L., 1965: Free oxides, hydroxides, and amorphous aluminosilicates, In "Method of Soil Analysis" C. A. Black (Ed.), Vol. 1, pp 578—603. Am. Soc. Agron, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, U.S.A.
14. Mehra, O.P., et al, 1960: Iron oxides removed from soils and clays by a Dithionitecitrate system buffered with sodium bicarbonate. Clay and Clay Minerals, Vol. 7:317—329.
15. Schnitzer, M., et al, 1981: Reaction of fulvic acid with metal ions. Water, Air and Pollution. Vol. 15: 97—108
16. Buurman, P., 1985: Carbon/sesquioxide ratios in organic complexes and the transition albic-spic horizon. J. Soil Sci., 36(2): 255—260.
17. Vitt, V.S., 1985: Description of Loamy Gley-podzolic and Bog-podzolic soils in the Northern Taiga of the European USSR. Soviet Soil Science, 17(4): 1—13.

STUDY ON ALBIC SOILS IN CHINA

II. PROPERTIES AND GEOCHEMICAL VARIABILITY OF AMORPHOUS IRON, MANGANESE AND ALUMINIUM OXIDES

Lü Zhaosong and Xu Qi

(*Institute of Soil Science, Academy of Sciences Nanjing, 210008*)

Summary

Four typical profiles of albic soils in China were collected to study the properties and geochemical variability of amorphous oxides collected to study the properties and geochemical variability of amorphous oxides of iron, manganese and aluminum. The main results are summarized as follows:

1. The free, activated and chelated oxides of iron, manganese and aluminum were enriched in clay. Among the free and activated oxides enriched, Al_2O_3 was the highest, Fe_2O_3 the second, and MnO the lowest. Among the chelated oxides, MnO was the highest, Al_2O_3 the second, the Fe_2O_3 the lowest.

2. The activity of manganese oxide was greater than that of iron oxide which resulted from not only the difference of the standard redox potential of the two metals but also the capacity of chelation by the organic matter. The activity of aluminum oxide depends on the pH and some other factors of the soil.

3. The correlation between the content of organic matter and the content of chelated metals and the metal/carbon ratio of chelates proved that cheluviation existed and play a certain role in the formation of albic soils.

Key words Albic soil, Amorphous oxide, oxide enrichment, Cheluviation, Metal/Carbon ratio (M/C)