

# 白浆土形成过程中某些物理、化学性质的研究\*

高子勤 宋玉芳 关照铭

(中国科学院林业土壤研究所)

## 摘 要

白浆土发育在我国温带半湿润条件下,母质为第四纪河湖沉积物,土壤长期处于季节性干湿交替过程,使土壤剖面中铁、锰、铝等矿物元素被还原淋失,粘粒下移,在A及SB层中粘粒显著减少,淀积层中粘粒明显增加。整个剖面中硅铁率、硅铝率和硅铁铝率变化较小。土壤酸度稳定、盐饱和度在70—90%。没有明显的矿物分解与灰化淀积层,在白浆化过程中,呈现了粘粒非破坏性的机械淋移,或者侧向漂洗作用。

本世纪五十年代初,曾昭顺教授在黑龙江流域考察中,注意到白浆土剖面具有明显的分化特征和肥力性状,与灰化土的特征截然不同。后来,经过野外定位和室内分析研究,明确指出,这类土壤具有独特的性质,为避免与灰化土、脱碱土的混淆,他将这种土壤定名为白浆土<sup>[5,6]</sup>。

国内外学者对和白浆土相类似土壤的成土过程和土壤分类,曾发表了一些文章论述这类土壤剖面特征和成土过程。但是异名同土现象较为普遍。法国的拉西维土(Lessive sols)其特点是剖面中粘粒非破坏性垂直运动,出现层次中质地的差异。德国的假潜育土(Pseudogley)是由于季节性过湿,导致铁离子与粘粒的淋失移动,形成了漂白层与粘化层。美国土壤分类中对于冷湿气候条件下,具有排水不良滞水位,季节性表潜水的淋溶淀积土壤称为粘盘土(Planosols),并将具有淋溶特征的灰壤(Podzol)也列入此类土中。苏联将粘壤母质发育的假灰化土、生草灰化土及灰化脱碱土归入拉西维土和假潜育土中。我国长江中下游太湖流域的白土、江苏淮北地区丘陵低岗地的白浆土、湖北孝感地区丘陵岗地的白沙土和安徽的澄白土,皆与东北地区的白浆土在某些成土特点上有相类似之处,但完全不同于灰化土的特征。近年来 Brinkman<sup>[7-9]</sup>提出的离铁学说对阐明白浆化作用,在某种程度上提供了一定的理论依据。他的观点是土壤长期处于干湿交替氧化还原状态下,出现离铁现象。粘土矿物晶格遭受破坏,一部分铝离子迁移聚积,另一部分铝离子进入晶格中形成了过渡性粘土矿物绿泥石<sup>[1-4,10]</sup>。

本项工作是在曾昭顺教授指导下,继续研究不同地形部位上所发育的白浆土的某些物理化学性状,目的是进一步探讨他们的次生矿物、腐殖质酸以及矿物元素在土壤剖面中

\* 此项工作得到了巴逢辰同志的帮助,谨表谢意。

的迁移与转化规律,从而弄清成土过程。

## 一、供试样品与方法

供试样品采自黑龙江省穆稜—兴凯平原、完达山北麓以及饶河地区高阶地上发育的白浆土,各个样品均按发生层次取样。

各个分析项目的测定方法,均按常规法测定,X-ray 衍射分析采用飞利浦 X-荧光衍射仪。

## 二、结果与讨论

### (一) 白浆土的地理环境与基本性质

白浆土广泛分布在我国黑龙江省和吉林省东部地区,向南可延至辽宁省的沈—丹铁路附近。在黑龙江省内主要是分布在穆稜—兴凯平原,完达山麓和抚运三角洲地区,也就是通常所说的三江平原,即黑龙江、松花江、乌苏里江汇集的漫岗、平原地区。目前大部分的白浆土荒地已开垦利用,是该区主要耕地土壤。在低平地区,白浆土与草甸土、黑土成复区存在。

这个地区的气候属于半湿润温带,冬季寒冷,年平均温度为 2.3—4℃,1 月份平均温度为 -20—-25℃,土壤冻层厚度达 170—200 厘米,土壤冻结时间较长,约为 160—170 天左右,夏季短而温暖多雨,春季相对湿度小,蒸发快,秋季潮湿多雨,年降水量为 500—600 毫米。一般来说该区的东部、南部和山地降雨量较多,白浆土的分布亦较集中。由于母质粘重、透水不良,早春的冻融、返浆,以及夏秋多雨致使表土水分饱和,形成表层干湿

表 1 白浆土的机械组成 (1984)

Table 1 Mechanical composition of albic soils (1984)

土号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	各级颗粒含量(%,粒径: mm) Particle content (Particle size: mm)						<0.01	质地 Texture
			1—0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001		
83-白-6	A	0—25	6.01	7.15	26.94	18.66	22.79	18.45	59.90	轻粘土
	SB	25—43	4.12	7.25	26.13	20.90	28.22	13.38	62.50	轻粘土
	B	54—84	5.85	1.94	16.51	14.30	28.61	32.79	75.70	中粘土
	C	146→	0.48	4.06	28.27	15.22	30.44	21.53	67.19	中粘土
83-白-11	A	0—20	7.18	8.08	32.07	17.59	19.67	15.31	52.57	轻粘土
	A'	20—27	8.08	5.12	34.18	16.57	21.76	14.29	52.62	轻粘土
	SB	27—46	4.07	4.03	36.64	18.84	23.03	13.40	55.26	轻粘土
	B	62—104	2.36	8.28	24.53	15.99	24.53	24.31	64.83	轻粘土
C	104—135	1.19	6.25	25.56	18.16	26.58	23.46	68.20	中粘土	
83-白-18	A	0—22	12.27	11.44	25.85	14.47	22.74	13.23	50.44	轻粘土
	SB	22—40	9.44	2.62	31.04	18.62	28.56	9.72	56.90	轻粘土
	B	40—70	2.10	4.99	20.52	17.29	29.82	25.28	72.39	中粘土
	C	94—137	2.49	7.82	25.63	18.15	31.60	14.31	64.06	轻粘土

表 2 白浆土的基本化学性质 (1984)  
Table 2 Chemistry proportions of albic soils (1984)

土 号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	pH	有机质 (%) O. M.	代换量 (meq/100g) C.E.C.	代换性阳离子 (meq/100g) Exchangeable cation						代换性钠 (%) Exchangeable sodium	水解酸度 (meq/100g) Hydrolytic acidity	盐基饱和度 (%) Base saturation
						盐基总量 Base amount	Ca	Mg	K	Na	H			
83-白-6	A	0-25	5.45	4.14	20.02	15.71	11.08	3.90	0.19	0.54	0.12	0.03	3.26	78.47
	SB	25-43	6.50	0.83	18.60	13.56	9.52	3.12	0.27	0.65	0.07	0.16	1.24	72.90
	B	54-84	6.28	0.85	31.86	26.89	14.33	11.83	0.48	0.91	0.31	2.09	4.73	84.40
	C	146→	6.80	1.16	30.88	28.43	17.71	9.36	0.38	0.98	0.09	0.11	3.13	92.07
83-白-11	A	0-20	5.59	4.35	16.78	12.22	4.84	6.24	0.38	0.76	0.15	0.13	3.26	72.82
	A'	20-27	5.80	4.28	16.96	12.39	6.40	4.94	0.29	0.70	0.09	0.14	3.68	73.05
	SB	27-46	5.80	0.70	16.26	12.06	5.10	5.98	0.22	0.76	0.27	0.92	1.50	74.17
	B	62-104	6.30	0.95	29.52	22.88	6.92	14.30	0.36	1.30	0.56	1.66	4.28	77.35
83-白-18	C	104-135	6.58	—	26.13	21.15	12.12	7.80	0.32	0.91	0.19	0.46	2.70	80.94
	A	0-22	6.15	2.28	15.92	13.19	9.29	3.21	0.18	0.51	0.11	0.06	0.98	82.85
	SB	22-40	6.00	0.91	15.21	12.59	7.65	4.07	0.15	0.72	0.12	0.34	1.01	82.77
	B	40-70	6.10	0.86	33.87	26.10	13.80	10.92	0.55	0.83	0.17	1.45	2.63	77.06
C	94-137	6.60	0.67	29.31	24.00	15.45	7.70	0.46	0.39	0.08	0.33	1.20	81.88	

交替的潜育滞水现象<sup>[7,12]</sup>。

这类土壤的成土母质主要是第四纪河湖粘土沉积物。白浆土的土壤剖面可以分为 4 个发生层次,即 A, SB<sup>1)</sup>, B 和 C 层。A 层为腐殖质层, SB 层呈灰白色, 有锈斑和铁锰结核, 呈层状或块状结构, B 层呈暗棕色, 核状及稜柱状结构, 有胶膜, 粘紧不透水, C 层为棕色或黄棕色。表 1 结果表明各土层质地粘重, 表层多为轻粘土, 愈往下愈粘。表层 (A, SB) 和底层 (B, C) 粘粒含量相差较大, 几近一倍, 表层为 13—18%, 底层为 24—38%。因此, 粘粒在剖面中分配的差异, 表现了粘粒的移动现象。表 2 结果表明土壤 pH 呈微酸性反应 (5.5—6.0), 除 SB 层的水解性酸度和盐基饱和度较低, 代换性酸度稍高于 A 层外, 整个剖面的酸度和盐基饱和度分布较稳定。土壤腐殖质含量仅 A 层较高, 含量为 2—4%, 自 SB 层向下明显减少, 含量不足 1%, B 层略有增多。SB 层阳离子交换量和代换性盐基总量是稍低于 A 层, 随着剖面中粘粒含量的增多, 二者含量亦显著增多。代换性铝在 B 层中成倍的增多, 代换性钠含量在盐基总量中所占的比例亦较高, 尤以 SB 层突出, 含量在 5% 左右。

### (二) 剖面中矿物元素的分配与粘粒矿物组成

土壤矿物全量化学分析的结果(表 3), 呈现了剖面中较显著的分异, 表 4 表 5 结果说明 A 层、SB 层, 乃至 B 层的三、二氧化物在剖面中均有移动现象, 愈向下层淋淀的愈多,

表 3 白浆土的土体及胶体的化学组成 (1984, 占灼烧土%)

Table 3 Chemical composition of the colloid and solum of albic soils (1984, % ignited soil)

土号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	烧失量 Loss on ignition	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
83-白-6	A	0—25	12.96	60.37	9.22	25.25	0.18	1.45	1.18	0.05	1.49	0.47	4.06	4.29	3.29	胶体
	SB	25—43	8.33	57.55	10.43	27.19	0.17	1.40	1.16	0.01	1.71	0.28	3.59	4.08	2.89	
	B	58—84	7.67	57.49	10.80	27.40	0.21	1.39	0.94	0.00	1.46	0.21	3.56	3.97	2.84	
	C	146→	8.26	57.36	10.45	27.89	0.15	1.46	0.90	0.01	1.45	0.22	3.49	4.18	2.82	
	A	0—25	10.33	74.03	4.86	14.54	0.08	0.79	0.91	0.17	1.48	1.77	8.64	4.68	7.12	土体
	SB	25—43	8.43	72.09	6.12	20.78	0.31	1.04	0.91	0.15	1.54	1.62	5.89	5.32	4.96	
	B	58—84	12.71	67.27	7.81	16.62	0.53	1.42	0.89	0.01	1.40	1.21	6.69	3.33	5.28	
	CC	146→	11.09	69.34	6.22	19.30	0.33	1.28	0.87	0.09	1.42	1.61	6.10	4.86	5.06	
83-白-11	A	0—20	12.35	60.80	8.90	24.50	0.14	1.48	1.20	0.16	2.35	0.52	4.21	4.31	3.42	胶体
	A'	20—27	12.48	59.93	9.50	24.44	0.22	1.46	1.27	0.15	2.29	0.57	4.16	4.03	3.33	
	SB	27—46	7.93	58.18	9.93	26.41	0.00	1.42	1.21	0.01	2.15	0.54	3.74	4.17	3.01	
	B	62—104	7.01	56.27	11.31	27.67	0.13	1.54	0.94	0.04	1.69	0.24	3.45	3.83	2.74	
	C	104—135	7.12	56.99	11.32	27.40	0.00	1.41	0.92	0.14	1.78	0.26	3.53	3.79	2.79	
	A	0—20	9.41	74.79	4.49	18.47	0.31	0.73	0.81	0.19	1.57	2.00	9.08	4.88	7.53	土体
	A'	20—27	9.79	74.98	4.62	18.51	0.38	0.73	0.89	0.18	1.54	1.90	9.16	4.71	7.56	
	SB	27—46	6.82	72.50	5.63	21.11	0.21	0.91	0.89	0.10	1.60	1.96	7.95	4.31	6.45	
	B	62—104	11.04	68.34	7.23	26.67	0.39	1.28	0.82	0.10	1.52	1.44	5.97	4.21	4.82	
	C	104—135	9.96	69.80	7.23	25.51	0.24	1.27	0.90	0.06	1.63	1.69	6.48	3.96	5.17	

1) 按全国统一土壤名称划分。

表 4 白浆土的各个发生层在成土过程中粘粒的生成和移动\*

Table 4 Change in clay formation and clay migration in the horizons of albic soils\* in their formation process

土号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	< 1 $\mu$ (%)	f (g)	k	F (g)	N (g)	F+N (g)	每百克土中粘 粒增减量 (g) Loss or gain of clay per 100g of soil	O (g)	O+N (g)	粘粒相对 增减量 (g) Relative clay loss or gain
83-白-6	A	0-25	18.45	31.72	0.993	37.51	31.93	69.44	-50.99	118.25	187.69	-27.17
	SB	25-43	13.38	6.02	0.972	5.71	25.61	31.32	-17.94	94.85	120.46	-14.89
	B	54-84	32.79	44.48	0.977	-30.73	18.65	-12.08	+44.87	69.09	57.01	+78.70
	C	164→	21.53	0.00	1.000	0.00	21.53	21.53	0.00	78.47	100.00	0.00
83-白-11	A	0-20	15.31	57.90	1.100	105.86	56.68	162.54	-147.23	182.83	239.51	-61.47
	SB	27-46	13.40	46.16	0.870	85.34	57.31	142.65	-129.25	184.88	242.19	-53.39
	B	62-104	24.31	-2.92	1.020	-2.11	22.40	20.29	+4.02	72.26	94.66	+4.25
	C	104-135	23.46	0.00	1.000	0.00	23.46	23.46	0.00	76.54	100.00	0.00

\* Isaac Barshed 计算方法。

f: 表示由 100 克非粘粒母质所生成的粘粒量; k: 表示比例因素; F: 表示土层中每百克土所生成粘粒量; N: 表示原来在土层中存在的粘粒量; O: 表示土层中原有的非粘粒量。

氧化钙与氧化镁亦呈同样的趋势。在氧化物淋溶淀积的同时, 游离态的二氧化硅(表 6), 自 A 层向下层明显的聚积, 而游离态的三、二氧化物则主要富集在 A 层和 SB 层。虽然粘粒在剖面中呈现了明显的分异, 但是土壤与胶体的硅铝率基本上是均一的, 没有反映出由于比率上的差异, 而导致的分异现象。按照 Isaac Barshad 的计算方法<sup>[10,13]</sup>, 由表 4 的结果说明分布在完达山以北的岗平地白浆土 (83-白-6), 它的粘粒生成量与损失量是成正比的, B 层中的粘粒含量有一定的增多。而发育在河漫滩高阶地上的白浆土 (83-白-11) B 层中粘粒增加的较少, 这种粘粒的增多, 一种可能是非破坏性的淋溶淀积 (如 83-白-6), 另一种可能是侧向流失 (83-白-11)。当以抗风化稳定性的惰性元素  $TiO_2$  为基数, 计算这二个剖面的发育程度, 其结果是在 A, SB 层中  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  相对损失(表 5),  $SiO_2$  相对积聚, 在 B 层中硅、铁、铝氧化物亦相对积聚。而各个元素氧化物的富集系数, 也同样反映了外界环境因素对淋溶淀积的影响。当各个元素氧化物的富集系数  $>1$  时, 元素在剖面中的分布较稳定 (83-白-11)。铁、铝、锰、镁氧化物的富集系数  $<1$  时, 则呈现了元素的迁移与淋失。由于在 B 层中这些元素的富集系数皆  $>1$ , 故呈现了积聚现象。83-白-6 剖面中的 A, SB 层, 有碱金属与碱土金属元素积聚, 对粘粒的形成 (f) 极为有利。铁的游离度也证实了这点 (表 6)。氧化锰的富集系数  $<1$  时, 表明了氧化锰在季节性水饱和状态下, 一部分遭到淋溶, 一部分与铁形成铁锰结核<sup>[9,11,14]</sup>。

根据土壤中氧化钾、氧化镁的含量, 以及 X 射线衍射分析结果, 可以判定白浆土的粘粒矿物组成主要是水云母和绿泥石, 并伴有少量的高岭石和蒙脱石。当 A, SB 层中游离氧化铁含量高于 2% 时, 则有较多的高岭石和石英的存在。由于 B 层的土质粘重、不透水, 代换性钙、镁、钾、钠, 以及游离态的二氧化硅和氧化铝的富集, 更有利于 B 层中伊利石转化成为具有膨胀性的蒙脱石。随着风化和成土作用的加深, 母质中原有的绿泥石很快的消失。然而其它发生层的粘粒中有绿泥石的存在, 表明这类土壤的发育程度较差, 具有矿物风化较弱的特征。

表 5 白浆土成土过程中主要元素的氧化物在化学组成上的变化\*(%)

Table 5 Change in chemical composition of the major elemental oxides in the horizon of albic soils during development processes (%)

测定项目 Determination item	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>
83-白-6 A 层									
在 A 层应有的含量**	72.53	20.19	6.51	0.35	1.34	1.49	1.68	0.09	0.91
在 A 层积聚或损失相对量**	+2.07	-23.03	-23.35	-77.14	-41.04	-0.67	+5.36	+88.89	0.00
富集系数***	1.02	0.77	0.75	0.23	0.59	1.00	1.05	1.81	1.00
A 层富集序列	MnO>Na <sub>2</sub> O>SiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >MgO>CaO								
SB 层									
在 SB 层应有的含量**	72.53	20.19	6.51	0.35	1.34	1.49	1.68	0.09	0.91
在 SB 层积聚或损失相对量**	-0.61	+2.92	-5.99	-11.43	-22.39	+3.36	-3.57	-66.67	0.00
富集系数***	0.99	1.03	0.94	0.90	0.78	1.04	0.96	1.59	1.00
SB 层富集序列	MnO>K <sub>2</sub> O>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >TiO <sub>2</sub> >SiO <sub>2</sub> >Na <sub>2</sub> O>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >CaO>MgO								
B 层									
在 B 层应有的含量**	70.93	19.74	6.36	0.34	1.31	1.45	1.65	0.09	0.89
在 B 层积聚或损失相对量**	-5.16	+15.81	+22.80	-55.88	+8.40	-3.45	-26.67	-88.89	0.00
富集系数***	0.95	0.84	1.23	1.57	1.08	0.96	0.73	0.11	1.00
在 B 层富集序列	CaO>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >MgO>TiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>SiO <sub>2</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Na <sub>2</sub> O>MnO								
83-白-11 A 层									
A 层应有的含量**	62.82	16.45	6.51	0.22	1.14	1.47	1.52	0.05	0.81
在 A 层积聚或损失相对量**	+19.05	-15.02	-31.03	+40.91	-35.96	+6.80	+31.58	+280.00	0.00
富集系数***	1.19	0.85	0.69	1.44	0.64	1.07	1.31	3.52	1.00
A 层富集序列	MnO>CaO>Na <sub>2</sub> O>SiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>TiO <sub>2</sub> >Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >MgO								
SB 层									
SB 层应有的含量**	69.02	18.08	7.15	0.24	1.26	1.61	1.67	0.06	0.89
在 SB 层积聚或损失相对量**	+5.04	-14.38	-21.26	-12.50	-27.78	-0.62	+17.37	+66.67	0.00
富集系数	1.05	0.86	0.79	0.88	0.72	0.99	1.17	1.69	1.00
SB 层富集序列	MnO>Na <sub>2</sub> O>SiO <sub>2</sub> >TiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>CaO>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >MgO								
B 层									
B 层应有的含量**	63.60	16.66	6.59	0.22	1.16	1.49	1.54	0.05	0.82
在 B 层积聚或损失相对量**	+7.45	+16.69	+9.71	+77.27	+10.34	+2.01	-6.49	100.00	0.00
富集系数***	1.07	1.17	1.10	1.78	1.11	1.02	0.94	1.83	1.00
B 层富集序列	MnO>CaO>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >MgO>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >SiO <sub>2</sub> >K <sub>2</sub> O>TiO <sub>2</sub> >Na <sub>2</sub> O								

\* A, SB, B, C 各层全量组成见表 3; \*\* 应用 Mohor 计算方法; \*\*\* 应用 Mcseal 计算方法。

表 6 白浆土剖面中络合态与游离态氧化物(%)

Table 6 Chelate oxides and free oxides in profile of albic soils

土号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	有机质 (%) O. M.	络合态氧化硅 Chelate-SiO <sub>2</sub>	络合态氧化铁 Chelate-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	络合态氧化铝 Chelate-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	游离二氧化硅 Free SiO <sub>2</sub>	游离氧化铁 Free Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	游离氧化铝 Free Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	铁游离度 Free degree of iron oxides
83-白-6	A	0-25	4.14	0.099	0.045	0.057	0.197	2.090	0.234	43.00
	SB	25-43	0.83	0.206	0.064	0.103	0.388	1.938	0.321	31.67
	B	54-84	0.85	0.210	0.050	0.058	0.751	1.721	0.199	22.04
	C	146→	1.16	0.121	0.145	0.107	0.649	1.251	0.269	20.11
83-白-11	A	0-20	4.35	0.088	0.151	0.108	0.118	2.261	0.199	25.40
	A'	20-27	4.28	0.087	0.153	0.106	0.155	2.040	0.198	21.47
	SB	27-46	0.70	0.085	0.038	0.063	0.177	2.183	0.182	21.98
	B	62-104	0.95	0.176	0.074	0.095	0.579	2.356	0.297	20.83
83-白-18	A	0-22	2.28	0.177	0.083	0.068	0.256	2.267	0.122	
	SB	22-40	0.91	0.352	0.041	0.055	0.291	2.050	0.120	
	B	40-70	0.86	0.188	0.058	0.100	0.427	1.753	0.153	
	C	94-137	0.67	0.133	0.045	0.066	0.495	1.651	0.121	

## (三) 土壤的腐殖质组成及磷素形态

白浆土的腐殖质组成以富啡酸为主(表 7), 表层胡敏酸含量占腐殖质总量的 12—17%, 胡敏酸的分布是随土层深度增加而含量逐渐减少, 而富啡酸的积聚明显, 尤以 SB 层较为丰富。A 层胡敏酸与富啡酸比值接近于 1, 自 SB 层向下其比值明显下降, 在 0.3—0.6 之间。土壤剖面中与腐殖质络合的硅、铁、铝同游离态氧化物的分布规律相一致(表 6)。与有机质含量有一定的相关性。就 SB 层与 B 层相比较, B 层中络合态铁、铝略有

表 7 白浆土的腐殖质组成

Table 7 Humus composition of albic soils

土号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	有机质 (%) O. M.	胡敏酸 Humic acid		富啡酸 Fulvic acid		胡敏素 Humic		胡敏酸/富啡酸 Humic acid/Fulvic acid
				%	占总 C In total	%	占总 C In total	%	占总 C In total	
83-白-6	A	0-25	2.40	0.40	16.67	0.34	14.17	1.66	69.16	1.18
	SB	25-43	0.48	0.06	12.50	0.11	22.92	0.31	64.58	0.55
	B	54-84	0.49	0.07	14.29	0.07	14.29	0.35	71.42	1.0 <sup>3</sup>
	C	146→	0.67	0.09	13.04	0.07	10.45	0.51	76.51	1.29
83-白-11	A	0-20	2.53	0.36	14.23	0.50	19.76	1.67	66.01	0.72
	A'	20-27	2.48	0.33	13.31	0.60	24.19	1.55	62.50	0.55
	SB	27-46	0.41	0.03	7.32	0.10	24.39	0.28	68.29	0.36
	B	62-104	0.55	0.06	10.91	0.11	20.00	0.38	69.09	0.55
83-白-18	A	0-22	1.32	0.17	12.88	0.29	21.97	0.86	65.15	0.59
	SB	22-40	0.53	0.09	16.98	0.15	28.30	0.30	54.72	0.60
	B	40-90	0.50	0.06	12.00	0.07	14.00	0.37	64.00	0.86
	C	90-137	0.39	0.03	7.69	0.09	23.08	0.27	69.23	0.33

增加但不很明显。

白浆土中磷素形态的分布(表 8),进一步反映了白浆土的季节性的干湿交替过程,反复的氧化还原交替状况,在一定的酸度影响下,使土壤中的铁、锰等有色矿物,溶解成氧化态,形成有机矿质胶膜包被着矿质元素,如无机磷素等。因此,土壤中磷素形态是以闭蓄态磷酸盐为主,占总无机磷的 50—60%,其次为与铁、钙结合的磷酸铁盐和磷酸钙盐,磷酸铝盐较少。其中闭蓄态磷酸盐就是以氧化铁胶膜所包被的部分,在剖面中的分配与氧化铁的存在成正相关。

表 8 白浆土剖面中磷的形态 (mg/100g)

Table 8 Phosphate forms in profile of albic soils

土 号 Sample No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	全磷 Total P	Al-P	Fe-P	Ca-P	无机磷 Mineral P	有机磷 Organic P
83-白-6	A	0—25	0.232	5.52	18.81	3.92	61.43	33.18
	SB	25—43	0.100	1.01	10.09	4.22	41.27	25.95
	B	54—84	0.107	1.82	14.51	8.00	56.15	31.82
83-白-11	A	0—20	0.198	5.71	23.08	3.25	70.46	38.42
	A'	20—27	0.221	3.99	20.70	3.65	65.08	36.74
	SB	27—46	0.089	0.64	12.02	3.48	48.71	32.57
	B	62—104	0.103	2.59	23.26	8.09	79.85	45.91
83-白-18	A	0—22	0.127	1.78	12.16	4.36	50.05	31.75
	SB	22—40	0.082	0.45	6.59	3.87	32.62	21.71
	B	40—70	0.075	1.16	11.29	7.15	41.91	28.31

综上所述,白浆土的形成过程,主要是受其所处生物气候条件的制约,土壤长期处在潜育状况,土壤机械组成中的粘粒在重力水作用下,产生机械淋移,形成了质地较轻的白浆层和粘粒聚积的淀积层,出现了所谓机械组成的“二层性”。土壤处于季节性的干湿交替过程,在还原条件下,铁锰等有色矿物溶解为游离态,亚铁离子不断氧化,置换晶体表面的阳离子。土壤长期处于这种条件下,表层土壤逐渐脱色,代换性盐基及粘粒下移,形成了质地较轻的白浆层。在淀积层中腐殖质酸与活性铁、铝所形成的络合物,呈现了不明显的累积,这一特性说明了土壤中存在的酸度和腐殖质酸,虽然在某种程度上可促进白浆土的形成,但不是主导的因素。这类土壤区别于灰化土的特征是其淋溶层与淀积层中粘粒的比值为 1.81—2.60,均高出灰化土的比值。淀积层中络合态铁、铝活性物质与粘粒的比值均远远小于灰化土本身 0.15 的比值,仅为 0.003—0.006。全剖面中各层次的代换性钠含量仅有 5% 左右,故又区别于苏联的脱碱土。因此这类土壤与灰化土和脱碱土具有完全不同的特性。

### 参 考 文 献

- [1] 于天仁等, 1959: 太湖流域低产“白土”的成因及其改良。土壤学报, 第 7 卷, 1—2 期, 42—58 页。
- [2] 张俊民, 1978: 江苏淮北岗地的包浆土。土壤专报, 第 37 号, 199—216 页。
- [3] 徐 琪, 1962: 长江中下游白土的地理分布规律及其形成过程的特点。土壤学报, 第 10 卷 1 期, 44—54 页。
- [4] 黄瑞采, 1960: 江苏淮北地区的白浆土。土壤, 第 3 期, 1—4 页。

- [5] 曾昭顺, 1958: 关于白浆土的形成问题。中国科学院林业土壤研究所集刊, 第1号, 26—35页。
- [6] 曾昭顺等, 1963: 论白浆土形成和分类问题。土壤学报, 第11卷2期, 111—129页。
- [7] Brinkman, R., 1970: Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 3(3): 199—206.
- [8] Brinkman, R., et al., 1973: Clay decomposition in seasonally wet, acid soils: micromorphological, chemical and mineralogical evidence from individual argillans. *Geoderma*, 10: 259—270.
- [9] Brinkman, R., 1977: Problem hydromorphic soil in north-east Thailand. 2. Physical and chemical aspects, mineralogy and genesis. *Neth. J. agric. Sci.*, 25: 170—181.
- [10] Bear, F. E., 1964: Chemistry of the soil. Reinhold publ., Crop., 1—70.
- [11] Buol, S. W., 1980: Soil genesis and classification. Press. Ames., 268—279.
- [12] Oudal, R., 1973: "Pseudogley and Gley". Transactions of commission V and VI of the Int. Soc. Soil Sci., 275—285.
- [13] Mohr, E. C. J., and Baren, F. A. van., 1954: Tropic Soil. London.
- [14] Schuytenborgh J. V. et al., 1965: On soil genesis in temperate humid climate. V. The formation of the "albic" and "Spodic" horizon. *Neth. J. agric. Sci.*, 13(3): (August). 267—279.
- [15] Иванов, Г. И., 1976: Почвообразование на юге дальнего востока. Издательство «НАУКА» Москва.

## STUDY ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF ALBIC SOILS IN THE FORMING PROCESSES

Gao Ziqin, Shong Yufang and Guan Xirong

(*Institute of Forestry and Soil Science, Academia Sinica*)

### Summary

The albic soils (baijiantu) is development under semi-humid climate of temperate zone in this country. They are commonly derived from Quaternary deposits. Due to periodically stagnancy of water under conditions of alternate seasonal wetness and dryness, the iron and manganese are reduced and leached off, the clay fraction is also leached downward, its amount apparently decreases in A and SB horizon, but increases in the B horizon. Silicon-iron, silicon-aluminium, and silicon-iron-aluminium ratios change insignificantly in the entire soil profile. The soil acidity is stable, the base saturation is high generally around 70—90%.