

陕西省南部地区土壤粘粒特性研究

常庆瑞 冯立孝 安韶山 阎 湘

(西北农业大学资源与环境科学系,陕西杨凌 712100)

摘 要 陕西南部土壤粘粒特性的研究发现,陕西省南部北亚热带湿润地区,发育在第四纪下蜀黄土母质上的土壤粘粒含量高,粘化层不明显,粘土矿物以伊利石和蒙脱石为主,粘粒铁富集明显;发育在基岩风化物母质上的土壤粘化层明显,粘土矿物以蒙脱石、蛭石为主,且有一定量的高岭石,粘粒中铝富集强烈。中山区暖温带湿润地区的土壤,粘粒含量较低,粘土矿物以伊利石、绿泥石为主,粘粒中铁、铝富集均不明显,元素的淋溶迁移较弱。

关键词 土壤粘粒,粘土矿物,化学成分,富集迁移

分类号 S151.92

土壤粘粒是风化成土过程的主要产物,土壤形成发育在一定程度上就表现为粘粒的形成与转化^[1,2];同时,粘粒对土壤的物理、化学、物理化学性质都有显著的影响和作用,进而对养分和水分的保蓄和供给能力产生影响。因此,研究土壤的粘粒特性具有重要的理论意义和一定的生产实用价值。本文就陕西省南部地区发育在不同环境的土壤粘粒进行论述,以期对陕西南部土壤的开发利用提供參考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

选择陕西省汉中地区发育在北亚热带湿润气候第四纪下蜀黄土母质上的土壤——铁质湿润淋溶土(H-01, H-02)、花岗岩残积坡积物母质上的土壤(H-03)、砂岩残积坡积物母质上的土壤——粘化湿润富铁土(H-04),以及中山区暖温带湿润气候条件的土壤——简育湿润淋溶土(H-05)等 5 个土壤剖面,按发生学特征划分层次采集土样,作为供试材料,用于化学测试和其他分析鉴定。

1.2 测试项目与方法

粘粒制备 HCl 除去 CaCO_3 , H_2O_2 除去有机质后,用 Na_2CO_3 分散、沉降,吸取 $< 0.002 \text{ mm}$ 的悬液,经稀盐酸絮凝、水洗, 50°C 红外灯下烘干,研磨过 100 目筛备用。

机械组成 Na_2CO_3 分散、吸管法测定。

粘粒化学成分 Na_2CO_3 熔融;等离子体发射光谱测定 Al, Fe, Mg, Ca, Ti, Mn;原子吸收法测定 K;容量法测 Si。

粘土矿物类型 用除去游离氧化铁的粘粒在 χ 射线衍射仪上采取定向片(N)、乙二醇饱和(EG)、KCl 饱和, 550°C 加热 2 h (550°C) 三种处理进行鉴定^[3,4]。

收稿日期 1997-10-27

课题来源 校青年教师专项科研基金资助项目“秦巴山区土地开发利用研究”

作者简介 常庆瑞,男,1959 年生,教授,硕士

2 结果与分析

2.1 粘粒含量

供试土壤机械组成如表 1,不同剖面 and 层次之间粘粒含量差异较大

H-01, 02土壤颗粒构成为粘粒≈粉粒> 砂粒,粉粘比 1. 0左右;粘粒含量很高,土体平均 > 355 g/kg, Bt 层≥ 385 g/kg,不同层次之间差异较小, Bt-BC 层粘粒差 > 43. 5 g/kg, B/A层粘粒比 1. 06~ 1. 27, A/B层粉 粘粒比 0. 88~ 1. 56.表明该类土壤粘粒丰富,但是现代粘化作用较弱,土壤粘粒主要继承母质而来

H-03号土壤颗粒构成是砂粒> 粉粒> 粘粒,粘粒含量土体平均 207. 6 g/kg,粉粘比 1. 30~ 2. 12; H-04号土壤颗粒构成为粉粒> 砂粒≈粘粒,粘粒含量土体平均 271. 2 g/kg,粉粘比 1. 19~ 2. 17.二者的共同特征是:粘粒含量低于 H-01 02,粉粒较高; Bt-Bc层粘粒差≥ 118 g/kg,远远高于 H-01 号剖面; Bt /A和 Bt /C层粘粒比 1. 51~ 2. 16, A/Bt层粉 粘粒比 1. 63~ 1. 82.表明粘粒在 B层聚积明显,粘化作用强烈,且以淋溶淀积为主,粘粒主要由现代成土过程产生.

表 1 土壤机械组成

剖面号	层次: 深度 /cm	砂 粒 /g· kg ⁻¹			粉 粒 /g· kg ⁻¹			粘 粒 /g· kg ⁻¹			粉粒 粘粒	B粘粒 A粘粒	A粉 粘 B粉 粘
		> 0. 05	0. 05~ 0. 02	总量	0. 02~ 0. 01	0. 01~ 0. 002	总量	0. 002~ 0. 001	< 0. 001	总量			
H-01	A 0~ 16	81. 1	151. 7	232. 8	227. 6	203. 2	430. 8	86. 9	249. 5	336. 4	1. 28	—	—
	AB 16~ 40	101. 3	125. 4	226. 7	188. 1	180. 0	368. 1	88. 3	316. 9	405. 2	0. 91	—	—
	B ₁ 40~ 82	100. 9	119. 7	220. 6	179. 5	171. 1	350. 6	98. 4	330. 4	428. 8	0. 82	1. 27	1. 56
	B ₂ 82~ 110	86. 9	108. 8	195. 7	163. 1	241. 8	404. 9	91. 5	327. 9	419. 4	0. 97	1. 25	1. 32
	B ₃ 110~ 180	106. 8	112. 6	219. 4	168. 9	212. 7	381. 6	83. 7	315. 3	399. 0	0. 97	1. 19	1. 32
	BG 180~ 250	96. 1	136. 4	232. 5	204. 7	177. 5	382. 2	88. 8	296. 5	385. 3	0. 99	—	—
HY-02	A 0~ 20	89. 6	128. 1	217. 7	192. 1	224. 1	416. 2	76. 8	289. 3	366. 1	1. 14	—	—
	AB 20~ 43	93. 4	126. 0	219. 4	189. 0	226. 8	415. 8	82. 6	282. 2	364. 8	1. 14	—	—
	B ₁ 43~ 80	98. 8	120. 8	219. 6	181. 6	213. 0	394. 6	84. 3	301. 5	385. 8	1. 03	1. 06	1. 11
	B ₂ 80~ 125	82. 1	120. 4	202. 5	180. 7	262. 6	443. 3	67. 8	275. 4	343. 2	1. 29	0. 94	0. 88
	B ₃ 125~ 180	121. 0	108. 5	229. 5	162. 7	264. 4	427. 1	69. 8	274. 6	344. 4	1. 24	0. 94	0. 92
	BG 180~ 200	119. 0	142. 9	261. 9	184. 4	220. 8	405. 2	72. 1	260. 8	332. 9	1. 22	—	—
H-03	A 0~ 20	390. 3	126. 3	517. 6	69. 5	258. 5	328. 0	100. 0	54. 4	154. 4	2. 12	—	—
	AB 20~ 45	306. 0	151. 0	457. 0	126. 6	227. 6	354. 2	60. 4	128. 4	188. 8	1. 88	—	—
	B ₁ 45~ 80	267. 1	133. 6	400. 7	145. 3	233. 4	378. 7	79. 0	141. 6	220. 6	1. 72	1. 43	1. 23
	B ₂ 80~ 116	191. 9	146. 3	338. 3	158. 4	216. 0	374. 4	78. 5	208. 9	287. 4	1. 30	1. 86	1. 63
	BG 116~ 140	477. 3	110. 4	587. 7	154. 8	124. 2	279. 0	51. 0	82. 3	132. 3	2. 03	—	—
H-04	A 0~ 23	107. 0	197. 6	304. 6	182. 4	293. 4	475. 8	80. 7	138. 9	219. 6	2. 17	—	—
	AB 23~ 50	103. 9	179. 3	283. 2	165. 6	298. 1	463. 7	50. 4	202. 7	253. 1	1. 83	—	—
	B ₁ 50~ 82	121. 9	162. 7	284. 6	150. 1	279. 9	430. 0	64. 0	221. 4	285. 4	1. 51	1. 30	1. 43
	B ₂ 82~ 130	97. 4	175. 6	273. 0	162. 1	233. 1	395. 2	62. 0	269. 8	331. 8	1. 19	1. 51	1. 82
	B ₃ 130~ 182	140. 2	151. 9	292. 1	140. 2	246. 5	386. 7	89. 8	231. 4	321. 2	1. 20	1. 46	1. 81
	BG 182~ 200	209. 0	145. 3	354. 3	124. 8	307. 4	432. 2	79. 2	134. 3	213. 5	2. 02	—	—
H-05	A ₁ 0~ 7	94. 9	202. 6	297. 5	253. 5	277. 1	530. 6	51. 1	120. 8	171. 9	3. 09	—	—
	A ₂ 7~ 20	82. 7	209. 1	291. 8	211. 0	347. 2	548. 2	61. 8	98. 2	160. 0	3. 43	—	—
	AB 20~ 36	88. 8	223. 9	312. 7	215. 1	310. 4	525. 5	63. 9	97. 9	161. 8	3. 25	—	—
	B ₁ 36~ 62	86. 9	194. 5	281. 4	199. 9	310. 4	510. 3	102. 6	105. 7	208. 3	2. 45	1. 28	1. 35
	B ₂ 62~ 125	81. 1	208. 4	289. 5	200. 4	288. 5	488. 9	71. 8	149. 8	221. 6	2. 21	1. 35	1. 50
	BG 125~ 150	84. 6	255. 6	340. 2	237. 7	271. 2	508. 9	48. 1	102. 8	150. 9	3. 37	—	—

H-05号土壤颗粒构成为粉粒>砂粒>粘粒,粉 粘比大于 2. 0,粘粒含量平均 196. 2 g /kg,是供试土壤剖面中最低的。 Bt- Bc层粘粒差 70. 7 g /kg, Bt /A和 Bt /C层粘粒比 1. 35~ 1. 47, A /Bt 层粉 粘比 1. 50,反映出该土壤有较强的粘化作用 ,形成了明显的粘化 B层,且有一定程度的淋淀粘粒

2.2 粘土矿物类型

经过对粘粒 X 衍射图谱定量分析计算 ,供试土壤粘土矿物类型及其含量如表 2.土壤粘土矿物以伊利石为主 (22% ~ 49%);蒙脱石次之 (13% ~ 35%);它们在不同土壤和剖面层次的变化较大 ,B层与 C层相比 ,各剖面均表现出蒙脱石增加 ,伊利石减少的趋势。蛭石 20% ~ 32% ,变化较小;高岭石和绿泥石除个别剖面外 ,含量很低 ,且 B层高岭石略有增加。具体表现是: H-01,02土壤粘土矿物为伊利石+ 蒙脱石+ 蛭石 ,其中伊利石≥ 40% ,高岭石和绿泥石极少; H-03,04土壤粘土矿物为蒙脱石+ 蛭石+ 伊利石 ,B层蒙脱石、蛭石的含量超过了伊利石 ,且有一定量的高岭石; H-05土壤粘土矿物为伊利石+ 绿泥石+ 蛭石+ 蒙脱石 ,绿泥石的含量明显增高 (≥ 26%),大大超过了其他剖面

表 2 粘土矿物含量 (扣除石英后相对量) %

剖面编号	层次	绿泥石	伊利石	蛭石	蒙脱石	高岭石
H-01	B ₁	2	40	21	35	2
	BC	2	46	20	30	2
	C	2	48	20	28	2
H-02	B ₁	3	43	20	30	4
	BC	4	49	22	22	3
H-03	B ₂	4	27	29	35	5
	BC	7	38	25	27	3
H-04	B ₁	10	22	28	30	10
	B ₂	5	24	30	39	2
	BC	8	32	32	22	4
H-05	B ₁	26	30	20	19	5
	BC	29	36	20	13	2

2.3 粘粒元素组成

供试土壤粘粒化学成分如表 3.各剖面均以硅为主 ,SiO₂≥ 473. 4 g /kg;铝次之 ,Al₂O₃ 263. 5~ 315. 7 g /kg;再次为铁 ,Fe₂O₃ 91. 7~ 127. 7 g /kg;其他元素含量很低 ,均在 50 g /kg 以下。 其中 SiO₂ H-04< 03< 02< 01< 05, Al₂O₃ H-04> 03> 02> 01> 05, Fe₂O₃ H-02> 01> 04> 03> 05, CaO H-02> 01> 05> 03> 04, MgO和 K₂O: H-05> 01> 02> 03> 04.各剖面都表现出 Al, Fe, Mn, K, B层高于 C层; Si, Ca, B层低于 C层

反映风化强度的指标粘粒元素分子比率为硅铝率 2. 55~ 3. 23,硅铁率 10. 06~ 14. 19,硅铝铁率 2. 05~ 2. 56,盐基指数 0. 33~ 0. 63,铝铁率 3. 47~ 4. 68.其中硅铝率、硅铝铁率和盐基指数: H-05> 01> 02> 03> 04;硅铁率和铝铁率: H-05> 03> 04> 01, 02.表明 H-03, 04土壤风化发育程度较高, H-01, 02次之, H-05最低

2.4 粘粒元素的地球化学特征

粘粒元素与土体元素含量之比(富集率)和 B层与 C层粘粒元素含量之差(聚积量) ,以及 B层与 C层粘粒元素含量之比(富集系数)反映粘粒对元素的富集作用 ,进而表明土

壤风化发育阶段和土壤形成的本质^[5,6]。供试土壤元素富集迁移状况如表 4。

表 3 粘土矿物化学元素组成

剖面号	层次	元素成分 (占灼烧重) /g· kg ⁻¹								硅铝率	硅铁率	硅铝铁率	盐基指数	铝铁率
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	MnO					
H-01	B ₁	487.1	280.3	126.6	9.50	5.41	32.48	49.85	0.96	2.95	10.26	2.29	0.52	3.47
	BC	497.8	266.8	114.2	9.44	5.74	33.38	49.28	0.57	3.17	11.62	2.49	0.56	3.66
	C	501.2	263.5	111.2	9.90	9.56	27.55	42.78	0.38	3.23	12.02	2.55	0.51	3.71
H-02	B ₁	481.7	290.1	127.7	10.71	7.05	30.71	44.50	0.65	2.82	10.06	2.20	0.48	3.56
	BC	493.1	275.9	111.9	10.88	8.65	25.16	38.17	0.39	3.04	11.75	2.41	0.44	3.87
H-03	B ₂	474.6	306.4	114.7	11.17	2.89	27.36	44.52	0.53	2.63	11.03	2.12	0.40	4.19
	BC	496.2	283.2	107.1	11.61	4.16	23.88	36.29	0.60	2.98	12.35	2.39	0.38	4.15
H-04	B ₁	473.3	315.7	121.5	11.95	2.16	24.71	38.93	0.72	2.55	10.38	2.05	0.35	4.08
	B ₂	473.4	310.0	120.9	11.80	2.67	21.53	38.75	0.36	2.60	10.44	2.08	0.33	4.02
	BC	491.8	289.9	117.2	11.57	3.57	19.36	37.94	0.42	2.88	11.18	2.30	0.33	3.88
H-05	B	498.5	279.7	93.7	14.14	3.89	46.13	45.52	0.57	3.03	14.19	2.50	0.62	4.68
	BC	498.8	267.2	100.7	13.89	3.43	42.64	49.04	0.66	3.17	13.21	2.56	0.63	4.16

表 4 土壤元素富集与迁移状况

剖面号	指标类型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	K ₂ O
H-01	富集率	0.75	1.32	1.75	1.30	0.46	1.62	0.91	1.20
	聚积量	- 14.1	16.8	15.4	- 0.40	- 4.15	4.93	0.58	7.07
	富集系数	0.97	1.06	1.14	0.96	0.56	1.18	2.52	1.16
H-02	富集率	0.73	1.94	1.92	1.32	0.63	1.81	0.72	1.19
	聚积量	- 11.4	14.2	15.8	- 0.17	- 1.58	5.55	0.26	6.33
	富集系数	0.98	1.05	1.14	0.98	0.82	1.22	1.66	1.16
H-03	富集率	0.73	1.73	2.00	1.77	0.44	2.06	0.55	1.40
	聚积量	- 21.6	23.2	7.6	- 0.44	3.48	- 0.07	8.23	
	富集系数	0.96	1.08	1.07	0.98	0.69	1.15	0.88	1.33
H-04	富集率	0.73	1.91	1.97	1.35	0.62	2.13	0.83	1.16
	聚积量	- 18.5	25.8	4.3	0.38	- 1.41	5.35	0.30	0.99
	富集系数	0.96	1.09	1.04	1.03	0.61	1.28	1.71	1.03
H-05	富集率	0.74	1.79	1.70	1.75	0.52	2.06	0.61	1.43
	聚积量	- 0.3	12.5	2.0	0.25	0.46	3.49	- 0.09	- 3.52
	富集系数	1.00	1.05	1.02	1.02	1.03	1.08	0.86	0.93

注: 富集率= B层粘粒元素含量 /B层土体元素含量;聚积量= B层粘粒元素含量 - BC层粘粒元素含量 (g /kg);
富集系数= B层粘粒元素含量 /BC层粘粒元素含量

Al, Fe, Mg 和 K等元素富集率> 1,在粘粒形成过程中是富集性元素; Si, Mn, Ca等元素富集率 < 1,是淋失性元素 从不同剖面来看, H-03, 04富集淋溶明显, H-05表现不显著。由聚积量和富集系数分析: H-03, 04土壤 Al聚积明显,富集系数较高,其次是 Fe, K, Mg; H-01, 02土壤 Fe, Al聚积量相当, K, Mg较少,富集系数则 Fe大于 Al; H-05土壤 Al, Fe有少量聚积,其他元素则很弱; Si在各剖面都表现为明显的淋溶减少, Ca在 H-01, 02, 03, 04为淋溶迁移, H-05为富集,供试土壤中各剖面均有一定程度的脱硅富铝化作用,富铝化的强度 H-03, 04较高, H-01, 02中等, H-05相当微弱

3 讨 论

3.1 粘粒特性与土壤性质的关系

对土壤粘粒与理化性质进行统计分析,结果如表 5.

表 5 土壤粘粒与理化性质之间相关系数

项 目	Bt-C层粘粒差	Bt /C层粘粒比	粘粒 Al ₂ O ₃	项 目	伊利石	高岭石
Bt层铝聚积量	0.98 *	0.92	0.88	盐基饱和度	0.98 *	- 0.79
Fed /Fet	0.80	0.61	0.97 *	阳离子交换量	0.88	- 0.76
Feo/Fed	- 0.55	- 0.36	- 0.88	代换性酸	- 0.96	0.88

注: * α= 0.05显著水平; * * α= 0.01显著水平.

由表 5可见, Bt-C层粘粒差, Bt /C层粘粒比与 B层土体 Al 聚积量呈显著或极显著相关,表明在目前环境条件下,粘化作用越强的土壤,化学风化过程中原生矿物遭受水解破坏越严重,产生明显的脱硅富铝化作用,形成的粘粒富含 Al₂O₃;粘化愈弱的土壤,脱硅富铝化愈不明显,铝聚积量愈少. 而母质粘粒则主要与 Fe₂O₃相关性较高,表明当时环境条件与现在不同,原生矿物风化水解处于富铁化阶段,形成的粘粒以铁为主.

伊利石与土体的盐基饱和度、阳离子交换量呈显著正相关,与代换性酸呈显著负相关,高岭石与代换性酸呈正相关. 表明强烈的吸附作用和胶体上吸附的盐基离子阻碍了矿物的进一步水解破坏,使风化处于脱盐基阶段,形成以伊利石为主的粘土矿物. 随着淋溶作用的加强,胶体上吸附的盐基离子逐渐被 H⁺, Al³⁺ 所交换代替,原生矿物的水解破坏增强,土壤风化进入脱硅富铝化阶段,高岭石含量增高.

粘粒铝含量与土体铝聚积量之间呈显著正相关,说明土壤中铝的增加主要是粘化过程中形成的粘土矿物对铝的富集作用较强,形成了含铝量高的粘土矿物所致,而不是土体中的铝在剖面中发生迁移,进行重新分配的结果. 同时,粘粒铝与土体铝聚积量都与游离铁呈正相关,与活性铁呈负相关,而游离铁增高和活性铁降低是土壤发育强烈的标志之一. 这就是说 Al 的富积是随着土壤风化发育的加强进行的,土壤风化发育越成熟,粘粒中的铝聚积越明显,土体的铝量就越高.

3.2 风化发育阶段及其影响因素

第四纪下蜀黄土母质上的土壤,成土母质粘粒含量本身较高,且富含 Ca²⁺, Mg²⁺. 这些离子与粘粒胶结形成质地粘重、孔隙细小的土层,不利于粘粒的分散移动,从而阻碍粘粒的进一步形成,并导致淋溶作用强度减弱,使得胶体上吸附的盐基离子较少被 H⁺, Al³⁺ 离子替代,进入土体遭受淋洗;同时,母质能源源不断地释放盐基补充到溶液中,而交换性 H⁺, Al³⁺ 则很少^[7,8]. 土壤虽然处在温热的环境中,但是矿物的水解破坏较弱,风化始终处于脱盐基与富铝化的过渡时期,形成了以伊利石、蒙脱石为主的粘土矿物,铁富集明显,铝则较弱,表现出明显的富铁化特征.

砂页岩和花岗岩等基岩风化物母质上的土壤,母质机械组成较粗,且 Ca²⁺, Mg²⁺ 等盐基离子含量相对较低,结构松散,疏松多孔,有利于粘粒的分散下移,使得粘粒能不断形成、聚积. 在湿润条件下,淋溶作用强烈,胶体上吸附的盐基离子被 H⁺, Al³⁺ 交换替代,遭受淋失,土壤潜在酸度高^[7,8]. 矿物水解破坏很强,形成以蒙脱石、蛭石为主的粘土矿物,脱

硅和铁铝富集明显,土壤风化发育进入到富铝化阶段。

中山区土壤,由于温度降低,湿度增大,粘化作用减弱,粘粒形成较少,但淋溶作用强烈,胶体上的盐基离子被 H^+ , Al^{3+} 大量交换代替,饱和度很低^[9]。岩石风化过程缓慢,矿物的水解破坏较差,形成以伊利石、绿泥石为主的粘土矿物,粘粒化学成分以硅为主,铁铝含量都较少,元素富集不明显,土壤发育处于脱盐基阶段

参 考 文 献

- 1 俞震豫.粘化作用及其在土壤分类中的意义.土壤通报,1985,16(4): 164~ 168
- 2 朱祖祥主编.土壤学(上、下册).北京:农业出版社,1985
- 3 贵阳地球化学研究所.矿物 χ 射线粉晶鉴定手册.北京:科学出版社,1979
- 4 李承先.关于粘土矿物的 χ 射线衍射定量分析技术.石油实验地质,1981(3): 131~ 137
- 5 龚子同,韦启番,龚高石.石灰化水稻土的形成.土壤学报,1988,25(1): 1~ 12
- 6 窦贻俭,彭补拙.南迦巴瓦峰地区微量元素景观地球化学迁移特征.地理科学,1987,7(2): 8~ 13
- 7 常庆瑞,冯立孝.汉中盆地成土母质对土壤理化性质的影响.西北农业学报,1995(增刊): 15~ 18
- 8 常庆瑞,冯立孝,阎湘.陕西汉中盆地成土母质与土壤发生特性.见:陆景冈主编.土壤地质(四).北京:农业出版社,1997. 107~ 112
- 9 常庆瑞,冯立孝.米仓山北坡基带与中山区土壤发生特性研究.见:全国青年土壤科学工作者委员会编.迈向 21 世纪的土壤与植物营养科学.北京:中国农业出版社,1997. 12~ 16

Soil Clay Characteristics in Hanzhong Area of Shaanxi Province

Chang Qingrui Feng Lixiao Lei Mei Yan Xiang

(Department of Natural Resources and Environment Protection, Northwestern
Agricultural University, YangLing, Shaanxi 712100)

Abstract The humid climate area of north subtropics in Hanzhong Basin, the soils developed in the parent materials of argic-loess are with high clay, unobvious argic-horizon. The clay minerals are mainly illite and montmorillonite. With the enrichment of iron element, the soils developed in weathering product of basement rock are with clear argic-horizon. The clay minerals are mainly montmorillonite and vermiculite, certain amount of kaolinite, enrichment of aluminium is strong in the clay minerals. The soils developed in the humid climate area of warm temperate-zone in medium mountain are with low clay. The clay minerals are dominated by illite and chlorite while enrichment of aluminium and iron are not strong, and leaching and movement of elements are weak and small.

Key Words soil clay, clay minerals, chemical composition, enrichment and movement