

# 晚更新世红土母质土壤的发生学 特征及其分类\*

张雪林

(浙江师范大学, 321004)

## 摘 要

晚更新世红土(又称  $Q_3$  红土),由于它与  $Q_2$  红土的某些特征:如分布规律、构成地貌形态、母质成因等方面都有类同之处,故长期以来人们习惯将它与  $Q_2$  红土(中更新世红土)上发育的土壤归并在同一个土类,只是在土属中加以区分<sup>1)</sup>。其实,  $Q_3$  红土与  $Q_2$  红土的土壤,在发生学特征及发育程度都存有明显差异,在这方面已有人作过一些研究报道<sup>1),2)</sup>。本文将从成土年龄、孢粉组合、发生学特征及理化性状等方面进行论述,并对其分类上的意义进行探讨。

**关键词**  $Q_3$  红土,活化度,风化淋溶系数

## 一、 $Q_3$ 红土和 $Q_2$ 红土特点比较

$Q_3$  红土在分布规律、构成地貌、母质成因等方面都与  $Q_2$  红土有着类同之处。在浙江,  $Q_3$  红土多分布于构造盆地内的河谷两侧。母质绝大部分是洪、冲积物的堆积物;经新构造运动轻微抬升常形成阶地。 $Q_3$  红土常与  $Q_2$  红土组合构成多级阶地; $Q_3$  红土为高阶地(二级或三、四级),  $Q_2$  红土为低阶地(一级或二级);在少数地区也有  $Q_3$  红土复盖在  $Q_2$  红土之上的。因此从阶地高低和沉积体层位结构上,也能直观地判别两类红土母质是两个不同时期形成的母质类型。至于浙江西北部的  $Q_3$  红土,其母质成因<sup>3)</sup>、地貌形态等特征都表明,与浙江其他地区的  $Q_3$  红土绝然不同,属于另一种类型,其内容不在本文讨论之列。

### (一) $Q_3$ 与 $Q_2$ 红土年龄特征比较

$Q_3$  红土成土绝对年龄比  $Q_2$  红土短。从  $Q_2$ 、 $Q_3$  两阶地的相对高差也可推测,两类红土其母质堆积形成不属于同一个地质时期。近年,从浙江三门街  $Q_3$  红土和汤溪  $Q_2$  剖面土样的古地磁断代测定结果证实:前者为  $2.96 \pm 0.83$  万年,后者为 360 万年<sup>2)</sup>。由于  $Q_3$  红土土壤较  $Q_2$  红土年轻,因而  $Q_3$  红土其种种土壤特征都反映出比  $Q_2$  红土土壤成土时间短、土壤发育年轻的特征。

### (二) 经受了不同生物气候条件的影响

\* 国家自然科学基金资助。

本文经南京土壤所龚子同教授斧正,特此致谢。

1) 浙江省第二次土壤普查工作分类方案,浙江省土办,1989.2。

2) 浙江省区域地质志(资料)浙江省地质局,1984。

由于两种红土属于不同时期的产物。因此随着地球气候的变迁,两种红土又经历过两种不同的生物气候条件下的成土过程:浙江  $Q_2$  红土更新世早期是湿热气候,到中期转为热而稍干,致使沉积物中泥质含量增加,多数剖面中粘粒含量在 10% 以上;而到晚更新世后,尤其是距今三万年始,温度较前期明显降低,雨量增加。这可从孢粉和微古测定中得到进一步佐证:  $Q_2$  红土中植物孢粉较为丰富,蕨类植物为 *Polypodiaceae*, 另外有 *Osmunda*, *Trisporites*, *Pteridium*, *Pteris*, *Microlepia* 和 *Gleichenia* 等;裸子植物有 *Pinus*, 另有 *Cupressaceae*, *Podocarpus*, *Taxodiaceae*, *Larix*, *Taxus*, *Cunninghamia* 等;被子植物木本花粉有 *Quercus*, *Juglans*, *Fagus* 和 *Ulmus* 为主,另有 *Pterocarya*, *Liquidambar*, *Quercuchentata*, *Morus* 和 *Ficus* 等;被子植物草本以 *Graminea* 为主, *Potamogetonaceae* 和 *Orchidaceae* 次之,另有 *Liliaceae*, *Compositae* 和 *Artemisia* 等。 $Q_3$  红土的植物孢粉中,蕨类植物孢粉以 *Polypodium* 为主,另有 *Adiantum*, *Polypodiaceae*, *Gleichenia*, *Alsophila* 和 *Pteris*。被子植物中木本孢粉有 *Salix*, *Quercus*, *Ficus*, *Lauraceae*, *Alnus* 和 *Magnolia*。被子植物草本花粉以 *Gramineae* 为主,另有 *Aster*, *Leguminosae*, *Labiatae*, *Rosaceae*, *Potamogeton* 等。从以上对比可看出, $Q_2$  时期,青冈栎、枫香、槭、榕等阔叶林树种占有一定优势,喜湿热的植被类型为优势种;而到  $Q_3$  时期,木本植被孢粉大大减少,而主要是以温凉型的灌木、草本植物为主。在温凉的生物气候条件下,土壤的淋溶和风化强度都不如  $Q_2$  时期。

### (三) 经历了不同的新构造运动影响

在早更新世中期,浙江的新构造运动以普遍抬升逐渐变为升降补偿,使侵蚀、堆积作用又趋活跃,以河流相堆积作用为主,并且持续时间相当长,因此  $Q_2$  堆积不但在全省分布广、堆积体大,而且沉积厚度大。到晚更新世,山地丘陵区经历了两个剥蚀、侵蚀期和两个堆积期。晚更新世初,雨量充沛,新构造运动由普遍抬升转为局部下降,致使部份河流、洼地开始沉积。尔后,新构造运动由局部下降进而普遍下降,降雨减少,在山麓小沟口形成洪积扇或冲积扇,在河谷、谷口则沉积了河流相沉积,该期沉积物在河流中上游多数组成一级阶地,而在下游地区则成为埋藏的带状冲积平原。因此  $Q_3$  期堆积在全省只有河谷局部地段形成,分布零星,面积也比  $Q_2$  小得多,沉积厚度也小得多;如在金华地区  $Q_2/Q_3$  面积比为 14.4:1;衢州地区为 30:1;湖州地区为 5:1;而且  $Q_3$  时期由于抬升量小,相对高度比  $Q_2$  也低得多:一般  $Q_2$  阶地相对高差在 20—50 m;而  $Q_3$  高差在 10m 以下,  $Q_3$  红土底部在某些地段还受到地下水的波及影响。

## 二、 $Q_3$ 红土土壤形成的特点

### (一) 具有比 $Q_2$ 红土弱的淋溶作用

$Q_3$  红土成土作用在温凉的生物气候条件下进行的,因而表现出明显比  $Q_2$  红土弱得多的淋溶脱盐基过程:首先,在矿物风化分解过程中,容易被风化、淋溶流失的碱金属和碱土金属元素含量比  $Q_2$  红土高,一般可高达 20—135%;其次,风化淋溶系数 (ba 值) 又比  $Q_2$  红土大,ba 值都在 0.20 以上,而  $Q_2$  红土 ba 值均小于 0.10;  $Q_3$  的  $\beta$  值(土壤淋溶系数)为 0.726,而  $Q_2$  为 0.29 (见表 1);  $Q_3$  的 ba 值、 $\beta$  值分别比  $Q_2$  的高 0.10

和 0.4; 土壤风化淋溶系数愈大, 说明它的风化淋溶作用愈弱, 也就说明该类土壤发育程度愈弱。

表 1 Q<sub>3</sub> 红土土壤的风化淋溶系数 (ba, β)

Table 1 Weathering eluvial indexes of Q<sub>3</sub>-red paleosol

土壤 Soil	样品数 Samples	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	ba 值 ba Value	β 值 β Value
Q <sub>3</sub> 红土	5	17.31	0.43	0.93	1.98	0.68	0.20	0.726
Q <sub>2</sub> 红土	8	20.42	0.02	0.58	1.14	0.29	0.099	0.290
增加	数量	-3.11	0.41	0.35	0.84	0.39	0.10	0.436
	%	-15.23	25.50	60.30	73.70	134.50	100	

ba: 风化淋溶系数; β: 土壤淋溶系数。

### (二) 具有比 Q<sub>2</sub> 红土弱的脱硅富铝化作用

在温凉生物气候条件下 Q<sub>3</sub> 红土也经历了脱硅、脱盐基和铁铝相对富集的成土作用, 但就其强度而言远不如 Q<sub>2</sub> 红土。从表 2 即可看出, Q<sub>3</sub> 红土的粘粒硅铝率与硅铁铝率都高于 Q<sub>2</sub> 红土的。

### (三) 具有以水云母、高岭石为主的粘粒矿物类型特征

表 2 Q<sub>3</sub> 红土与 Q<sub>2</sub> 红土氧化硅、铝、铁及比值

Table 2 Chemical composition of Q<sub>3</sub>-red paleosol and Q<sub>2</sub>-red paleosol

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> /R <sub>1</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Q <sub>3</sub> 红土	A 0—14	38.2	15.7	25.78	1.82	2.52
	[B] 14—50	36.9	12.4	22.04	2.09	2.79
	C 50—100	36.8	16.4	25.88	1.72	2.37
Q <sub>2</sub> 红土	A 0—12	/	/	/	/	/
	[B <sub>1</sub> ] 12—40	39.5	10.2	29.50	1.86	2.27
	[B <sub>2</sub> ] 40—75	40.8	10.1	33.20	1.75	2.09

表 3 Q<sub>3</sub> 红土铁的游离度和活化度

Table 3 Degrees of freeness and activation of iron in Q<sub>3</sub>-red paleosol

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	全铁(1) Total iron (%)	游离铁(2) Free iron (%)	活化铁(3) Active iron (%)	游离度(2/1) Degree of freeness (%)	活化度(3/2) Degree of activation (%)
Q <sub>3</sub> 红土	0—14	4.25	2.32	0.07	54.6	1.65
	14—50	4.43	2.58	0.06	58.2	1.35
	50—100	4.35	2.61	0.07	60.0	1.61
Q <sub>2</sub> 红土	0—12	4.31	2.59	0.03	60.1	0.69
	12—75	5.67	4.07	0.02	73.1	0.36
	75—100	5.43	4.13	0.03	76.1	0.55

注: (1) 铁盐, (2) 游离铁, (3) 活化铁。

据电镜扫描分析, Q<sub>3</sub> 红土的粘粒矿物类型以水云母、高岭石为主, 部分样品含有绿

泥石,少数的还见有蒙脱石等其它原生矿物,局部含少量蒙脱石或绿泥石;说明  $Q_3$  红土的粘粒矿物风化较弱,原生矿物脱钾不完全,发育强度较  $Q_2$  红土低。

#### (四) 铁的游离度比 $Q_2$ 低,活化度比 $Q_2$ 高

铁的游离度可以表征土壤脱硅富铁铝作用强弱的一项重要指标,铁的游离度愈高,土壤富铁特征愈显著。根据铁的形态分析结果计算,  $Q_3$  红土铁的游离度比  $Q_2$  红土要低(见表 3);表明  $Q_3$  红土脱硅富铁作用也不如  $Q_2$  红土。

铁的活化度则随成土时间的增长而减少,从上表也表明,  $Q_3$  红土铁的活化度大于  $Q_2$  红土,  $Q_2$  红土成土年龄长,铁的“老化”程度高这也是理所当然的。

### 三、 $Q_3$ 红土土壤的主要特性

#### (一) 剖面特性

$Q_3$  红土母质来源于疏松的洪、冲积物堆积物,因而风化层也较深厚,一般可达 3 m 左右,但与  $Q_2$  红土相比又不及,厚层  $Q_2$  红土厚度可达 20—30 m 以上。在土体颜色上  $Q_2$ 、 $Q_3$  之间差异明显(表 4)。 $Q_3$  红土为明黄褐(湿土时为 10 YR4/6,10YR6/6),而  $Q_2$  红土以赤褐为主(湿土时 5 YR4/4)。 $Q_3$  红土的红色率  $[R = (10 - H)C/V]$  为 1.34( $n = 15$ );  $Q_2$  红土为 9.35( $n = 15$ ) 比  $Q_3$  红土高出 8,反映出两种红土不同强度的红化过程。实质上红色率是反映土壤中铁的氧化物形态、类型和脱水程度。土壤颜色显现的红色愈深,说明赤铁矿化程度愈高,土壤红色也就愈加明显和稳定。晚更新世全球气候出现波动,气温下降,相对干旱,本区气候也由湿热转向温凉、干旱<sup>[3]</sup>。土壤中含水氧化铁脱水没有  $Q_2$  时期那么彻底,因此土体色泽呈现“黄化”征状。

表 4  $Q_3$  红土的红色率

Table 4 Red ratio of  $Q_3$ -red paleosol

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	有机质 O-M g/kg	湿土 颜色 Color	红色率 Red ratio
$Q_3$ 红土	0—14	13.2	10YR4/6	1.34 ( $n = 10$ )
	14—50	8.7	10YR6/6	
	50—100		10YR7/6	
$Q_2$ 红土	0—12	12.5	5YR4/4	9.34 ( $n = 15$ )
	12—40	9.5	5YR3/4	
	40—75		5YR3/4	
	75—100		5YR3/4	

#### (二) 机械组成和风化度

$Q_2$  红土绝对年龄大,成土时间长,又经历了强风化强淋溶的成土作用,粘粒矿物经脱盐基、脱钾后大部分形成次生层状矿物高岭石,因此  $Q_2$  红土的粘粒含量明显高于  $Q_3$  红土(见表 5);  $Q_2$  红土粘粒含量占 38.2%,  $Q_3$  红土则比  $Q_2$  少 18.31%; 而且  $Q_3$  红土中粗砂组分(2—0.2 mm)所占比例又高于  $Q_2$  红土,高达 60% 以上。

用诊断层 [B] 层的粉砂/粘粒之比(即 0.02—0.002/0.002)可反映土壤矿质土粒的风

化度, 即粉砂/粘粒比愈小说明风化度愈高, 土壤风化作用愈强烈。从表 5 的对比中表明:  $Q_3$  红土的粉/粘比为  $1.07 \pm 0.57$ , 比  $Q_2$  红土的高。从两者的容重、渗透系数等物理性指标也反映出,  $Q_2$  红土经长期的成土和重力镇压作用, 形成土体紧实, 通透性差的物理性状。

表 5  $Q_3$  红土机械组成及 Bt 值Table 5 Particle size distribution and Bt values of  $Q_3$ -red paleosol

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	粒径 (mm) Particle size (%)			Bt 值 Bt value $\left(\frac{0.02-0.002}{0.002}\right)$	容重 Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	渗透系数 Permeation coefficient (mm/min)
		2-0.02	0.02-0.002	<0.002			
$Q_3$ 红土	0-14	45.84	33.84	20.31	1.67	1.18	1.00
	14-50	44.19	28.36	24.45	1.16	1.23	0.76
	50-100	42.37	31.61	26.02	1.21		0.58
$Q_2$ 红土	0-12	30.54	40.95	28.51	1.14	1.54	0.75
	12-75	28.55	33.24	38.21	0.87	1.63	0.34
	75-100	45.53	11.76	42.71	0.28		0.06

### (三) 酸碱度和交换性酸

$Q_3$  红土的酸碱度无论是水浸或是盐浸的, 无论上层或是下层都高于  $Q_2$  红土。 $Q_2$  红土一般水浸 pH 在 5.0-5.2, 盐浸在 4.1-4.2; 而  $Q_3$  红土一般水浸 pH 在 6.0-6.2, 盐浸在 5.2-5.3; 一般都高于  $Q_2$  一个单位。 $Q_2$  红土的交换性酸总量大于  $Q_3$  红土(表 6), 其中主要是土壤富铝化结果, 形成了交换性铝离子占有绝对数量的缘故。

表 6  $Q_3$  红土交换性酸和阳离子交换量及组成Table 6 Exchangeable acidity, CEC and its components of  $Q_3$ -red paleosol

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	交换性酸 <sup>1)</sup> Exchangeable acidity (cmol(+)/kg)			交换量 CEC (cmol(+)/ kg)	交换性盐基 <sup>2)</sup> Exchangeable base (cmol(+)/kg)					盐基饱和度 Base saturation (%)
		H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Total		Ca	Mg	K	Na	Total	
$Q_3$ 红土	0-14	0.10	2.35	2.45	6.94	2.60	0.72	0.13	0.19	3.64	23.65
	14-50	0.12	2.09	2.21	6.79	5.58	3.05	0.12	8.90	17.65	21.70
	50-100	0.11	2.22	2.22	5.38						24.32
$Q_2$ 红土	0-12	0.10	6.93	7.03	5.27	1.10	0.44	0.23	0.21	1.98	13.28
	12-75	0.10	6.70	6.80	4.35	1.95	2.52	0.17	0.30	4.94	7.31
	75-100	0.10	7.46	7.56	3.74	3.10	3.33	0.20	0.35	6.98	5.07

注: 1) Al<sup>3+</sup> 为  $\text{cmol}\left(\frac{1}{3}+\right)/\text{kg}$ ; 2) Ca, Mg 为  $\text{cmol}\left(\frac{1}{2}+\right)/\text{kg}$ 。

### (四) 阳离子交换量与组成

阳离子交换量与土壤发育强度和土壤的粘粒矿物组合有着密切的关系。从测定结果表明,  $Q_2$  红土的阳离子交换量低于  $Q_3$  红土, 盐基饱和度也是  $Q_3$  红土高得多, 这与两种红土含有不同类型的粘粒矿物有关(表 6)。

### (五) 土壤的化学组成

Q<sub>3</sub> 红土中, SiO<sub>2</sub> 含量高于 Q<sub>2</sub> 红土, 一般占 50—58% (见表 7) 而 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量则低于 Q<sub>2</sub> 红土, MnO、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O 则又高于 Q<sub>2</sub> 红土。

表 7 Q<sub>3</sub> 红土剖面化学组成 (<2mm)Table 7 Chemical composition of Q<sub>3</sub>-red paleosol (<2mm)

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
		(%)								
Q <sub>3</sub> 红土	0—14	56.44	16.48	5.37	0.87	0.07	1.70	0.31	0.057	0.03
	14—50	53.35	17.53	6.21	0.70	0.08	2.83	0.57	0.051	0.13
	50—100	58.47	17.34	6.47	0.73	0.06	2.23	0.52	0.048	0.09
Q <sub>2</sub> 红土	0—12	48.21	19.37	7.23	0.92	0.14	2.31	0.23	0.047	—
	12—75	49.32	19.47	6.98	0.90	0.12	1.73	0.24	0.036	—
	75—100	49.76	20.32	7.13	0.97	0.10	1.69	0.31	0.035	—

#### 四、分类的探讨

过去, 由于对 Q<sub>3</sub> 红土缺乏系统的研究, 又深受地带性发生学派的影响, 因此一直笼统地将 Q<sub>3</sub> 红土将它划为红壤土类, 归属于黄红壤亚类。而且其地位实质上只是在土属中给予体现, 在浙江均划为“亚黄筋泥”或“棕亚黄筋泥”<sup>1)</sup>。

综上所述, Q<sub>2</sub> 和 Q<sub>3</sub> 红土并不是同一个地质年代的产物, 它们是两个地质时期形成的母质; 而且又经历了两个不同的生物气候条件下的成土作用过程, 因而两者无论是剖面形态, 土壤风化淋溶强度, 或是理化性状, 都有着明显的差异, 这种差异性正是不同成土年龄、不同成土作用过程的真实写照。

归纳起来, Q<sub>3</sub> 红土土壤具有下列特点: 1. 红色率在 1.34, 土壤颜色以明黄褐为主 (10YR4/6—10 YR7/6, 湿土); 2. 粘粒矿物类型组成以水云母及高岭石为主; 3. 氧化铁含结晶水, 水合系数在 30% 以上; 4. 粉粘比 (即 ba 值) 在 0.2 左右; 5. 粘粒矿物硅铝率在 2.30—2.80; 6. pH 值在 5.5 以上, 心土层在 6.0 以上, 剖面上至下层 pH 值呈递增趋势; 7. 盐基饱和度在 20—25%; 8. 铁的游离度在 55—60%, 活化度在 1.35—1.65。由此可见, 将 Q<sub>3</sub> 红土仅作为红壤土类中的一个土属加以对待, 显然是不合乎情理的。

按照《中国土壤系统分类(首次方案)》<sup>4,5)</sup> 是根据土壤本身性质为分类依据, 解决了过去依据传统的地理发生学派的模式划分。Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub> 红土虽然同处一个纬度的气候带内, 但是并不等于它们是在同一个时期内、同一种生物气候条件下进行着相同的成土过程。每一种古土壤类型形成都决定其特定的古地理环境, 其中也包括时间因素、气候因素等的综合作用的结果。用一个地带内只能有一个地带性土壤的假定式分类显然是偏面的。据此, 按《首次方案》中土类、亚类的检索, 与 Q<sub>3</sub> 红土土壤的剖面性态特征相对照, Q<sub>3</sub> 红土土壤特性更贴近黄棕壤, 因此作者认为, 将其划入黄棕壤土类更为合理。

1) 同前。

### 参 考 文 献

1. 陆景闻等, 1992: 从新构造运动论钱塘江阶地红土资源。自然资源学报第 2 期 161—169 页。
2. 张雪林, 1994: 晚更新世红土资源的特点与开发。土壤通报, 第 1 期, 4—6 页。
3. 严钦尚等著, 1987: 长江三角洲现代沉积研究, 85—90 页, 华东师范大学出版社。
4. 《中国土壤系统分类研究丛书》编委会, 1992: 中国土壤系统分类探讨。171—179 页, 科学出版社。
5. 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组等, 1993: 中国土壤系统分类(首次方案), 81 页, 科学出版社。

## GENETIC CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION OF LATE PLEISTOCENE RED PALEOSOL

Zhang Xuelin

(Zhejiang Normal University, 321004)

### Summary

Q<sub>3</sub>-red paleosol was studied by comparing with Q<sub>2</sub>-red paleosol from soil age, spore-pollen, ancient climate, genetic characteristics, etc. The results showed that the Q<sub>3</sub>-red paleosol and Q<sub>2</sub>-red paleosol were distinct types of parent materials of distinct geologic periods, their soils underwent different development processes and the clear difference existed not only in their genetic characteristic but also in their physical and chemical properties. According to the Chinese Soil Taxonomic Classification, Q<sub>3</sub>-red paleosol must belong to yellow-brown soil rather than red soil.

**Key words** Q<sub>3</sub>-red paleosol, Degree of activation, Weathering eluvial indexes