

红黄壤的轻矿物和重矿物*

罗家贤

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了玄武岩发育的红壤,花岗岩发育的红壤和山地黄壤中的轻、重矿物。轻矿物的主要成份是石英和长石,石英/长石的比率是玄武岩发育的红壤 > 花岗岩发育的红壤 > 花岗岩发育的山地黄壤。重矿物的主要成份是各种含铁矿物及铁氧化物裹着的石英粒,此外还有少量的角闪石、锆石、云母和电气石等。锆石与土壤的风化强度变化有密切关系,作为土壤风化演变过程的指示矿物是很合适的。

在土壤的形成和演变过程中,土壤矿物至少起着下面几方面的作用:(1)作为土壤的骨架部份,对土壤质地有重要影响;(2)控制和支配土壤物质的许多化学行为,如离子交换,比表面性质,电荷性质,吸附和解吸性能,专性吸附特点等;(3)影响着土壤的生物化学特性;(4)明显地影响着植物营养元素的有效性;(5)土壤矿物的分解和演变使土壤组成发生变化。对土壤矿物的研究,自 30 年代始由于 X 射线衍射技术的应用,使粘土矿物的研究一直不衰,而对土壤轻、重矿物的研究,从 40—50 年代,在 Haseman 和 Marshall 等人^[1,2]的推动下,开始活跃起来,后来由于对粘土矿物的研究手段不断改进和发展,而对原生矿物的研究仍停留在岩石显微镜的观察阶段,所以土壤轻、重矿物的研究有所冷落。从 Mitchell^[3]的研究表明,研究土壤重矿物对认识土壤的发生演变及与土壤肥力的关系都有重要意义。轻矿物在土壤中大量存在,是构成土壤骨架的主要成份,对土壤的物理性状有直接和间接影响。本文就我国一些红黄壤的轻、重矿物研究结果介绍如下。

一、研究材料及方法

分析的样本是玄武岩、花岗岩发育的红壤和花岗岩发育的山地黄壤。以相对比较而言,从下列地区采集风化强、中、弱的红壤和山地黄壤:玄武岩发育的红壤采自广东徐闻、福建漳浦和浙江嵊县;花岗岩发育的红壤采自广东广州、福建崇安、江西铅山和安徽黄山;花岗岩发育的山地黄壤采自广东阳春、江西铅山和安徽黄山。样本经稀 HCl 去钙、30% H₂O₂ 去除有机质后分离出粘粒。用 10% 的沸 HCl 去除非粘粒部份的颗粒铁包膜,然后用沉降法分离出粉砂以上的各粒级。用比重 2.9 的三溴甲烷分离出轻重矿物。石英和长石等矿物由焦硫酸钠溶液法^[4]测定。重矿物用磁选法分离及偏光显微镜鉴定,其含量以颗粒百分数表示。

* 本文是国家自然科学基金课题的研究成果之一,在整个研究过程中得到国家自然科学基金委员会的大力资助,在此谨表致谢。

二、结果与讨论

土壤中的原生矿物有石英、长石、角闪石、辉石、石榴石、绿帘石、电气石、锆石、金红石、云母及各种铁矿物等数十种之多^[3]。本研究的土壤含原生矿物不太复杂,除石英和长石外,有相当量的铁矿物和很少量的锆石、电气石、角闪石和云母等,而且它们的出现与母质来源有密切关系,也明显地受到土壤风化的影响。土壤原生矿物有轻、重矿物之分,把它们分离开来,并测定其在土壤中的分布,可以反映其所在土壤的特性。

表 1 玄武岩发育的土壤的轻、重矿物含量(%)

Table 1 The contents of light and heavy mineral in red soils derived from basalt (%)

地址 Locality	土壤 Soil	深度 Depth (cm)	10—50 微米 (μ)		50—100 微米 (μ)		100—250 微米 (μ)	
			轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral	轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral	轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral
广东 徐闻	砖红壤	0—10	10.8	89.2	35.0	65.0	94.1	5.9
		10—20	11.4	88.6	42.3	57.7	85.7	14.3
		25—45	13.2	86.8	50.0	50.0	75.0	25.0
		60—80	7.8	92.2	47.3	52.7	66.7	33.3
		110—120	10.6	89.4	65.1	34.9	66.7	33.3
福建 漳浦	赤红壤	0—21	100.0	0	91.0	9.0	90.0	10.0
		21—55	99.9	0.1	93.9	7.1	83.3	16.7
		55—75	99.0	1.0	98.8	1.2	80.0	20.0
		75—115	99.9	0.1	100.0	0	80.0	20.0
浙江 嵊县	红壤	0—11	99.0	1.0	98.9	1.1	80.0	20.0
		11—36	100.0	0	98.3	1.7	85.0	15.0
		36—82	100.0	0	100.0	0	85.0	15.0

按比重 2.9 的重液分离出土壤中的轻、重矿物,结果表明(表 1),玄武岩发育的土壤中,福建漳浦和浙江嵊县的轻矿物,无论在哪一个粒级都占主要地位,但随着颗粒的增大,重矿物的比例增加;广东徐闻的砖红壤在 10—50 微米的粒级中,重矿物的含量大大超过轻矿物,50—100 微米的粒级中,表层的重矿物仍高于轻矿物,底层的重矿物则低于轻矿物,而中间各层的轻、重矿物几乎对等。这种土壤中的重矿物经过 X 光粉末薄片鉴定,证明有相当量的石英存在,所以它们实际上是以细粒石英为核心、外包厚层氧化铁的包裹体,或者是由氧化铁胶结着的石英连体,而这种包体或连体的铁不能用 10% 的沸 HCl 去除,使石英粒的比重增大,当比重超过 2.9 时,便增加了土壤的重矿物部份的比例。事实上,这种重矿物是假重矿物。从不同粒级的重矿物含量变化看,徐闻砖红壤的重矿物分配是,10—50 微米的粒级含 90% 左右,50—100 微米的粒级含 35—65%,100—250 微米的粒级含 6—33%。在漳浦赤红壤和嵊县红壤中,重矿物主要分布在 100—250 微米的粒级中,含 10—20% 之间。因为重矿物的含量变化,在一定程度上受氧化铁对石英的包裹和胶结的影响,所以各个粒级的重矿物分布与氧化铁和石英含量也有关系。徐闻砖红壤

表 2 花岗岩发育的红壤和黄壤的轻、重矿物含量(%)

Table 2 The contents of light and heavy mineral in red soils and yellow soils derived from granite (%)

地址 Locality	土壤 Soil	深度 Depth (cm)	10—50 微米 (μ)		50—100 微米 (μ)		100—250 微米 (μ)	
			轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral	轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral	轻矿物 Light mineral	重矿物 Heavy mineral
广东广州	赤红壤	0—15	100.0	0	99.2	0.8	99.3	0.7
		15—35	100.0	0	98.8	1.2	99.0	1.0
		35—200	99.2	0.8	98.5	1.5	99.6	0.4
		>200	100.0	0	98.3	1.7	98.6	1.4
广东阳春	山地黄壤	0—10	100.0	0	100.0	0	100.0	0
		13—22	100.0	0	100.0	0	100.0	0
		45—60	100.0	0	100.0	0	100.0	0
		70—80	100.0	0	100.0	0	100.0	0
江西 铅山	红壤	0—10	100.0	0	95.9	4.1	94.4	5.6
		10—35	100.0	0	96.6	3.4	94.7	5.3
		35—200	100.0	0	95.6	4.4	93.7	6.3
	山地黄壤	0—50	100.0	0	99.6	0.4	99.2	0.8
		50—100	100.0	0	99.0	1.0	99.2	0.8
		100—200	100.0	0	99.3	0.7	99.2	0.8
安徽 黄山	红壤	0—12	100.0	0	85.4	14.6	52.9	47.1
		12—50	100.0	0	86.5	13.5	62.7	37.3
	山地黄壤	0—14	100.0	0	99.6	0.4	99.1	0.9
		14—29	100.0	0	99.5	0.5	98.2	1.8
		29—56	100.0	0	99.4	0.6	98.3	1.7
		56—75	100.0	0	99.8	0.2	96.7	3.3

的全铁量为 15.99%，游离铁 12.94%，石英含量在 10—50 微米中为 5.4%，50—100 微米中为 3.9%，100—250 微米为 3.1%，在漳浦赤红壤中，全铁量为 14.33%，游离铁 9.78%，石英含量在 10—50 微米中为 2%，50—100 微米为 5%，100—250 微米为 11.2%，嵯县红壤中，全铁量为 5.1%，游离铁 4.1%，石英含量在 10—50 微米为 3%，50—100 微米为 6%，100—250 微米为 14.7%。由此可看出，在成土较早的玄武岩发育土壤中，氧化铁和石英含量较多时，因有可能造成较多的假重矿物，从而使整个重矿物的比例增加。

从表 2 可见，花岗岩发育的红壤中，轻矿物占绝对优势。在颗粒较粗部份，重矿物含量增加，但广州赤红壤增加不太明显，铅山红壤增加较明显，黄山红壤增加极明显，表明受气候风化因素的影响。花岗岩发育的黄壤含轻、重矿物的量与花岗岩发育的红壤基本相似，但轻矿物的含量更高，尤其细的粒级和风化较强的阳春黄壤，轻矿物几乎是 100%。

石英和长石的比重在 2.65 以下，土壤中的轻矿物实际上是以它们为主。石英、钾长石和钠长石是抗风化能力强的矿物，有人曾用它们来作指示矿物，计算土壤剖面中的粘粒形成和移动^[5]。土壤中石英和长石的含量受成土母质的影响很深，由表 3 可见，在 <2、2—10 和 10—50 微米的三个粒级中，玄武岩发育的红壤含石英/长石比率高于花岗岩发育的红壤和黄壤。除铁镁矿物外，玄武岩主要由钙长石、培长石和部份石英组成，花岗岩主要由石英、钾长石、钠长石和奥长石组成。各种长石的抗风化能力是很不同的，钙长石和培长石等基性长石是较易风化的矿物，而钾长石、钠长石和奥长石等是较难风化的矿物，

表 3 土壤中石英和长石的含量(%)

Table 3 The contents of quartz and feldspar in soils (%)

采集地 Locality	土壤 Soil	<2 微米 (μ)			2—10 微米 (μ)			10—50 微米 (μ)		
		石英 Qr	长石 Fel	石英/ 长石 Qr/Fel	石英 Qr	长石 Fel	石英/ 长石 Qr/Fel	石英 Qr	长石 Fel	石英/ 长石 Qr/Fel
广东徐闻 福建漳浦 浙江嵊县	玄武岩发育的 红壤	0.01— 4.1 (1.7)	0.03— 0.7 (0.2)	8.5	5.8— 16.6 (12.4)	0.2— 9.8 (2.0)	6.2	4.7— 20.4 (15.9)	0.2— 13.3 (3.1)	5.1
广东广州 福建崇安 江西铅山 安徽黄山	花岗岩发育的 红壤	0.1— 5.2 (2.0)	0.03— 1.2 (0.5)	4.0	7.8— 40.8 (22.6)	0.1— 16.2 (5.7)	4.0	6.5— 48.9 (26.1)	0.1— 24.7 (7.2)	3.6
广东阳春 江西铅山 安徽黄山	花岗岩发育的 山地 黄壤	4.8— 7.0 (6.0)	0.1 2.3 (1.8)	3.3	13.8— 60.9 (34.6)	5.3— 18.9 (10.5)	3.3	6.8— 58.2 (38.3)	5.9— 24.9 (17.3)	2.2

Qr: Quartz; Fel: Feldspar.

括号内的数字为平均值。

表 4 玄武岩发育的红壤的铁矿物含量(%*, 50—100 微米)

Table 4 The contents of iron minerals in red soils derived from basalt (%*, 50—100 μ)

采集地 Locality	土壤 Soil	深度 Depth (cm)	磁铁矿 Magnetite 磁赤铁矿 Maghemite 磁钛铁矿 Magilmenite	赤铁矿 Hematite 钛铁矿 Ilmenite	褐铁矿 Limonite	各铁矿占重 矿物的% % of iron minerals in heavy mineral
广东徐闻	砖红壤	0—10	15.8	25.6	13.6	85.0
		10—20	13.3	18.5	16.8	84.2
		25—45	8.2	16.2	17.6	84.0
		60—80	11.5	15.6	18.1	85.8
		110—120	6.5	10.5	10.6	79.1
福建漳浦	赤红壤	0—21	4.3	3.0	1.2	94.4
		21—55	4.2	1.8	0.4	90.1
		55—75	0.6	0.3	0.1	83.3
浙江嵊县	红壤	0—11	0.5	0.3	0.1	81.8
		11—36	1.1	0.2	0.1	82.3

* 颗粒%。

所以在上述各个粒级中,玄武岩发育的红壤含石英量虽然较花岗岩发育的红壤和山地黄壤明显低,但由于基性长石风化更严重,石英/长石的比率便高于花岗岩发育的土壤。表3中所示的花岗岩发育的红壤含石英/长石率高于花岗岩发育的黄壤,表明这些山地黄壤的风化程度较红壤弱。

发育于不同母质的土壤,含不同种的重矿物量也有明显差异。在本研究中,因考虑到各种重矿物的分布情况又顾及到用显微镜鉴定的可行性,便选取50—100微米的粒级进行测定。从表4看出,在玄武岩发育的红壤中,各种铁矿的含量占重矿物的79—94%,余

下的 6—21% 则是由氧化铁包裹或胶结着的石英粒构成的假重矿物以及含量极少的其它重矿物组成。各种铁矿物在三个地区的土壤分布很不同,徐闻砖红壤含赤铁矿、钛铁矿和褐铁矿较多,在 11—26% 之间,含强磁性的磁铁矿等矿物相对较少,约 7—16%,漳浦赤红壤含褐铁矿很低,在 1% 以下,其它铁矿在 0.3—4% 之间,嵊县红壤含各种铁矿都很低,褐铁矿 0.1%,其它铁矿也在 1% 以下。从气象资料可知,徐闻的年降雨量为 1986mm,年均温 23.3°C,漳浦的年降雨量为 1350mm,年均温 21.0°C,嵊县的年降雨量为 1215mm,年均温 16.6°C。由此可见,这三种土壤的铁矿含量与气候因素有明显关系,高温多雨地区,玄武岩发育土壤的铁矿物含量较高,随着温度和雨量的下降,含量也减少。褐铁矿本身是一种不稳定的氧化铁矿集合体,受土壤的温度和湿度影响很大,因此在徐闻砖红壤特别多,而在其它土壤显著减少。赤铁矿和钛铁矿的含量有随剖面深度增加而减少的趋向,这可能是剖面上部温度较高且疏水,下部温度降低而潮湿,造成它们形成的有利条件。

从表 5 可见,花岗岩发育的红壤中,铁矿物含量占 78—96%,这些铁矿物主要是钛铁矿、赤铁矿和磁铁矿。其它重矿物有角闪石、云母、锆石和电气石等。在这些重矿物中,锆石的含量变化很有趣,风化强烈的广州赤红壤,含锆石比风化较弱的崇安和铅山红壤高得多,并且除在铅山剖面各层变化不明显外,其它两个剖面各层的锆石含量变化是从剖面上层向下层减少。锆石是一种很难风化的原生矿物,常用来作为土壤风化的见证者,即指示矿物^[2]。广州赤红壤中,因较易风化的物质迁移,而难风化的锆石残留于土中的量就相对

表 5 花岗岩发育的红壤的主要重矿物含量(%*, 50—100 微米)

Table 5 The contents of main heavy minerals in red soils derived from granite (%*, 50—100 μ)

采集地 Locality	土壤 Soil	深度 Depth (cm)	各种铁 矿物 Various iron minerals	角闪石 Hornblende	云母 Mica	锆石 Zircon	电气石 Tourmaline
广东广州	赤红壤	0—15	77.6	0.1	2.2	19.0	0.1
		15—35	77.7	3.0	3.1	12.0	0.2
		35—200	78.0	6.2	5.5	9.0	0.7
		>200	89.0	0.4	1.2	8.9	0.1
福建崇安	红壤	0—30	92.5	0.1	2.0	3.1	0.1
		30—100	93.0	0.1	1.8	3.0	0.1
		100—200	94.3	0.1	1.3	2.3	0.1
江西铅山	红壤	0—10	90.3	0.1	6.3	1.2	0.1
		10—35	96.1	0.1	3.2	1.1	0.1
		35—200	96.3	0.1	1.9	1.3	0.1

* 颗粒%。

变高,崇安红壤因风化较广州赤红壤弱,有些风化物在广州赤红壤可以风化和迁移,而在崇安红壤中则可不风化并留在土壤中,作为土壤物质一部份的锆石,占的比率相应下降。铅山红壤比崇安红壤的风化程度又弱些,所以同样道理,锆石含量较崇安红壤低。在同一剖面中,上层土壤较下层风化强,受淋溶也强,因此锆石含量是随剖面的深度增加而减少。铅山红壤剖面中各层的锆石含量变化不明显,可能是风化和淋溶都较弱所致。

三、结 论

根据上述研究结果,可得出下列结论:(1)玄武岩发育的红壤含重矿物比花岗岩发育的红壤和山地黄壤高得多。玄武岩发育的红壤中,有相当部份的重矿物是不能被 10% 沸 HCl 去除的氧化铁包裹或胶结着的细石英粒,成了假重矿物。(2)在玄武岩发育的红壤中,风化强烈的砖红壤含重矿物主要集中在 10—50 和 50—100 微米的粒级中,达 35—92%,风化较弱的红壤含重矿物主要在 100—250 微米的粒级中,达 10—20%。(3)在 <50 微米的粒级中,玄武岩发育的红壤含长石比花岗岩发育的红壤和山地黄壤低,前者为 5.3%,后二者为 13.4% 和 29.6%。(4)石英/长石的比率是:玄武岩发育的红壤 > 花岗岩发育的红壤和山地黄壤,这是因为玄武岩发育的红壤主要含较易风化的钙长石和培长石,而花岗岩发育的土壤主要含较难风化的钾长石、钠长石和奥长石等所造成。(5)含铁矿物在玄武岩和花岗岩发育的红壤中占重矿物的比率很高,在 78% 以上。但各种铁矿物的分布不同,在高温多雨的徐闻地区,赤铁矿、针铁矿和褐铁矿等含量较高,在漳浦和藤县地区,因年降雨量和年均温分别下降,各种铁矿物也随之减少,尤其褐铁矿,减少到不足 1%。赤铁矿和针铁矿在玄武岩发育的红壤中有随剖面的深度增加而减少的趋向,这与剖面上下的温度和湿度不同有关。(6)锆石的含量在风化较强的花岗岩发育的红壤较高,在风化较弱的土壤降低,并且在剖面内也反映出与风化强度的密切关系,说明利用它作指示矿物来分析土壤的风化过程是合适的。

参 考 文 献

- [1] Haseman, J. F., and Marshall, C. E., 1945: The use of heavy minerals in studies of the origin and development of soils. Missouri Univ. Agr. Expt. Sta. Res. Bull., 387.
- [2] Marshall, C. E., 1943: The quantitative evaluation of soil formation and development by heavy mineral studies. A. Orundy silt loam profile. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 7: 448.
- [3] Mitchell, W. A., 1975: Heavy minerals, pp. 449—480 in "Soil Components Vol. 2 Inorganic Components" (Giesecking, J. E. ed.) Springer-Verlag, New York.
- [4] Kiely, P. V., and Jackson, M. L., 1965: Quartz, feldspar, and mica determination for soil by sodium pyrosulfate fusion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29: 159—163.
- [5] Barshad, I., 1964: Chemistry of soil development, pp. 1—70 in "Chemistry of the Soil" (Bear, F. E. ed.) Second edition. Reinhold Publishing Co. New York.

LIGHT AND HEAVY MINERALS IN RED SOILS AND YELLOW SOILS

Luo Jiaxian

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

Study on light and heavy minerals in red soils developed from basalt, and in red soils and mountain yellow soils developed from granite showed that (1) the contents of heavy minerals in red soils, derived from basalt were much higher than that in other red soils, especially Xuwen laterite in which the contents of heavy minerals were about 90% in 10—50 μ fraction, 35—65% in 50—100 μ fraction, and 6—33% in 100—250 μ fraction, as compared to less 6% in most of soils such as red soil derived from granite. In fact, many heavy mineral grains in red soils derived from basalt consisted of quartz coated or cemented with ferric oxide which could not be removed by boiling 10% HCl. As is known to all, the specific gravity of quartz is 2.65, while that of quartz grains enveloped or cemented by ferric oxide raised to over 2.9, thus the quartz became "heavy mineral", and resulted in the increase of heavy mineral content in this soil. (2) In <50 μ fraction, content of feldspar in red soils derived from basalt was lower than that in other soils, being only 5.3%, as compared to over 13.4% in other soils. The ratio of quartz to feldspar in red soils derived from basalt was higher than that in red soils and mountain yellow soils derived from granite. The reason is that the red soils derived from basalt mainly contained anorthite and bytownite which were liable to weather, while the red soils and mountain yellow soils derived from granite mainly contained K-feldspar, albite, and oligoclase which resisted to weathering. (3) There was a high proportion of iron minerals in the heavy mineral. The results studied on the 10—50 μ fraction indicated that the content of iron minerals in red soils derived from basalt and granite accounted for 78% of the heavy mineral. Distribution of iron minerals was affected by temperature and moisture. In red soils derived from basalt, more limonite, hematite and ilmenite formed under high temperature and humid conditions, and the content of iron minerals decreased as temperature and moisture dropped, especially limonite, it was very obvious to decrease. (4) The content of zircon in intensely weathered red soils derived from granite was higher, making up 9—19% of the heavy mineral. However, in weakly weathered red soils it reduced obviously, only making up about 1% of the heavy mineral. Distribution of zircon in profile trends towards decrease with increasing depth. Consequently, the quantitative change of zircon could be used to reflect the process of soil weathering.