

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 40 号

科 学 出 版 社

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 40 号

科 学 出 版 社

1 9 8 6

内 容 简 介

本论文集对我国红壤的微形态特征、我国南方的土壤区划、土壤遥感非监督分类、南方丘陵山区中比例尺土壤遥感制图的方法与效果、土壤波谱反射特性测试及其数据处理方法等问题进行了较深入的讨论；同时还对北京西北部山丘地区土壤的基本性质和长江宜昌谷段土壤的性质及其归属作了较全面的阐述。

本书可供土壤工作者、农业资源区划工作者参考。

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 40 号

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986 年 3 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1986 年 3 月第一次印刷 印张：8 1/8 插页：6

印数：0001—1,150 字数：187,000

统一书号：13031·3119

本社书号：4879·13—12

定价：2.45 元

目 录

我国红壤的微形态特征·····	曹升庚 (1)
我国南方山区用土被结构方法作地带以下土壤区划的尝试——以广东博罗 县、海南岛和云南保山地区、德宏傣族景颇族自治州土壤区划为例·····	刘朝端 (29)
北京西北部山丘地区土壤的基本性质·····	徐礼煜 周明枏 席承藩 (69)
土壤遥感非监督分类中的几个问题·····	曾志远 (91)
土壤波谱反射特性测试及其数据处理方法的实验研究——以南京地区为例·· ·····	卜兆宏 (109)
南方丘陵山区中比例尺土壤遥感制图的方法与效果·····	刘兴文 曹锦铎 邓斯捷 卢升奎 王天恩 (119)
长江宜昌谷段土壤的性质及其归属·····	王明珠 (129)

我国红壤的微形态特征¹⁾

曹升赓

我国土壤工作者曾对红壤²⁾的发生、分类,物理、化学、农业化学、矿物学和微生物学性质以及土壤改良利用等进行了大量研究和系统总结^[2,3,4],无疑对丰富和发展我国土壤学,特别是红壤系列土壤的理论和实践具有重要意义。但在土壤微形态方面,除了在六十年代初曾对红壤的结构状况作过一些初步研究外^[7,8],关于红壤微形态特征的研究尚属空白。

笔者近年来通过对我国南方地区(广东、江西、浙江、湖南、云南、广西等省、自治区)红壤系列土壤共70余剖面、200多个土层的土壤薄片在偏光显微镜下的研究,基本上查明了我国红壤的主要微形态特征及其与成土作用、土层分化和土壤类型的关系。为研究红壤的发生、分类提供了微形态证据。

一、微形态特征

(一) 土壤基质

基质一词来自岩相学,是指岩石组构(即垒结)中填充于较大碎屑颗粒或斑晶之间相对较细的颗粒部分,其大小因岩石而异,并无绝对标准。在土壤微形态学中,传统上把土壤物质(soil material)分为两大类,即骨骼颗粒(skeleton grain)和细粒物质(plasma)^[9,25],并以2微米作为区分界限^[9]。笔者通过大量观察和研究,注意到在低倍镜和单偏光下观察时,唯 ≥ 10 微米的颗粒才清晰可辨,形貌(feature)突出;而习惯上也作为骨骼颗粒的 $2 < 10$ 微米者由于与 < 2 微米的细粒物质结合成连续相而不易被清楚识别。具有重要意义的是,这种以整体形貌出现在观察者眼前的连续相在不同土壤类型或土层中往往具有不同的特征,表现在物质组成、垒结状况、颜色特征、所含颗粒的大小、比例和排列等分异上;因此有必要把它作为一种独立的微形态特征或土壤垒结(soil fabric)单元进行命名、定义、描述和研究。为此,本文明确地把土壤物质中由 < 10 微米的颗粒组成的连续相定义为土壤基质并进行了较为仔细的研究。它是在不同风化-成土作用下形成的土壤物

1) 土壤薄片由金光同志制备,赵其国、龚子同、史德明同志提供有关薄片的一些分析资料,显微照片由马晓东同志印放,插图由绘图室清绘,谨此致谢。

2) “红壤”在此系泛指我国现行土壤分类中归纳为红壤系列^[2,3]或红壤土纲^[1]的一些土壤,包括砖红壤、砖红壤性红壤、红壤、黄壤等土类。但在文内并列列举砖红壤、砖红壤性红壤、红壤等土壤或提及发育于某某母岩的红壤时则指具体的土类。

质;与 ≥ 10 微米的骨骼颗粒一起,构成土壤物质的两大组成部分。在高倍镜下可见土壤基质由细粒物质(< 2 微米)、细基质颗粒($2- < 5$ 微米)和粗基质颗粒($5- < 10$ 微米)组成。土壤基质在风化-成土作用的进一步影响下,其内部某种或某些成分可发生移动、淋失、聚积和再组配,由一种基质类型变为另一种基质类型或两者之间的过渡类型,也可仅发生局部变化而形成一些亚型。

1. 红壤的基质类型

常见的有下列五种。

(1) 胶凝基质

胶凝基质是热带、亚热带地区铁铝化作用下形成的红壤系列土壤中最常见、最主要的土壤基质类型。粘粒、三氧化物和粗、细基质颗粒等风化产物在均质化作用¹⁾影响下重新组配并较均匀地“混合”在一起,形成了在显微镜下所观察到的致密、平整而比较光滑的胶凝基质(照片1)。骨骼颗粒在胶凝基质中的分布一般呈嵌埋状,即构成一种胶凝基质斑晶骨骼嵌埋状垒结²⁾。

具胶凝基质的土壤在大形态上表现为质地粘重、结持度较坚实、结构体一般较大并具棱角形。

(2) 高度胶凝基质

高度胶凝基质是玄武岩、蛇纹岩等基性、超基性岩上砖红壤所特有的一种土壤基质。形貌十分致密、光滑(照片2),常呈暗红色,可能与土壤物质组成中有较高含量的粘粒和三氧化物(表1),而且粘粒的矿物组成主要是颗粒细和结晶差的高岭^[3]有关。对几个砖红壤剖面的土壤薄片,自下而上逐层观察发现,随着成土作用的进行,土壤基质逐渐凝聚;最初在基质内部形成大小为 $0.01-0.02$ 毫米、隐约可见的微凝聚体,这种微凝聚体的形成常使高度胶凝基质表面因有许多光滑的微突起而不如胶凝基质那么平整;继而,随着孔隙的发育而形成不同发育程度的凝聚性团聚体(照片3),除直接由微凝聚体“游离”形成的团聚体外,较大的凝聚性团聚体内部仍或多或少含有微凝聚体。这种特征构成了玄武岩、蛇纹岩等发育的砖红壤所特有的高度胶凝基质凝聚状垒结(凝聚性团聚体发育良好,多孔隙)和高度胶凝基质准凝聚状垒结(凝聚性团聚体发育较差,主要为雏形团聚体,孔隙也相对较少);多见于剖面上、中部。Eswaran曾将这种特征称为凝聚性特定相关分布型式(agglutinic SRDP)^[4],并认为可能是某些氧化土,特别是强风化半干润氧化土(Acrustox)所特有的微形态特征^[5]。我们的研究表明,在我国的红壤系列土壤中这种特征仅见于由基性、超基性母岩发育的、具有高度胶凝基质的砖红壤中,而由其他母岩发育的、具胶凝基质的砖红壤中则无此特征。至于在某些具胶凝基质的红壤或黄壤中,有时也可见有类似的凝聚性团聚体,但多半呈棱角形,基质内也无微凝聚体,其成因尚有待研究。

1) 均质化作用(homogenization)是指红壤形成过程中土壤物质的重新组配,并达到在分布上“均匀”的一种重要成土作用。其机制可能主要与土体中频繁的干湿交替和膨胀收缩作用有关,生物活动也有一定影响。

2) 笔者把土壤垒结简单定义为“土壤基质、骨骼颗粒和孔隙的空间排列”。

表 1 不同类型土壤基质的化学性质和粘粒性质*

序号	土 壤	深度 (厘米)	薄片号	基 质 类 型	土体化学组成(%)			土体分子率		粘粒化学组成 (%)			粘粒分子率		粘 粒 (<0.001 毫米) (%)
					SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ 铁化系数	Al ₂ O ₃ /SiO ₂ 铝化系数	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃	
1	玄武岩古风化壳 (有浅海沉积物影响) 发育的砖红壤 (广东海南岛临高, 海西 3 号)	20—40	1224a	高度胶凝基质	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		40—80	1224-2	高度胶凝基质	44.35	17.47	25.43	0.15	0.38	—	—	—	1.58	1.08	48.6
		80—120	1225	高度胶凝基质	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	玄武岩古风化壳 (有浅海沉积物影响) 发育的砖红壤 (广东徐闻, 粤 23 号)	0—15	615	高度胶凝基质	29.05	18.31	13.87	0.24	0.28	—	—	—	—	—	63.1
		35—60	616	高度胶凝基质	30.58	20.07	31.68	0.25	0.61	—	—	—	1.48	1.06	56.8
		100—120	617	高度胶凝基质	30.38	18.99	31.62	0.24	0.61	—	—	—	1.41	1.06	63.2
3	蛇纹岩发育的砖红壤 (云南西双版纳, 滇 8 号)	65—120	1291	高度胶凝基质	45.51	20.16	20.54	0.17	0.27	—	—	—	—	—	—
4	花岗岩发育的砖红壤 (广东海南岛屯昌, 海东 55 号)	22—45	1220	胶凝基质	53.92	10.26	23.35	0.07	0.25	—	—	—	—	—	33.6
		67—170	1222	铁质絮凝基质	45.34	13.40	27.31	0.11	0.35	—	—	—	1.87	1.27	16.8
5	花岗岩发育的黄壤 (广东海南岛尖峰岭 900 米, 海西 27 号)	10—25	1333	胶凝基质	63.56	4.01	19.45	0.02	0.12	—	—	—	—	—	32.0
		25—43	1334	胶凝基质	61.29	4.85	22.13	0.03	0.21	—	—	—	1.85	1.59	33.2
		43—70	1335	胶凝基质	—	—	—	—	—	—	—	—	1.82	1.55	—
		70—100	1404	胶凝基质	55.64	5.24	26.62	0.04	0.28	—	—	—	1.82	1.61	35.6
6	千枚岩发育的红壤 (江西兴国, SC 7 号)	27—55	1150	铁质絮凝基质	64.53	8.06	13.71	0.05	0.13	—	—	—	—	—	25.4
		55—100	1151	铁质絮凝基质	64.8	7.86	12.2	0.06	0.11	—	—	—	1.86	1.31	22.4
7	第四纪红色粘土发育的红壤 (江西兴国, SC11 号)	75—105	1142	胶凝基质	77.68	3.66	—	0.02	—	—	—	—	2.13	1.73	25.2

* 1、4、5号土壤,2、3号土壤和6、7号土壤的硅、铁、铝和粘粒含量分别由赵其国、龚子同和史德明同志提供

高度胶凝基质的凝聚特性,使土壤在大形态上表现为具有明显的水稳性粒状或核粒状结构,结持松散。

在有骨骼颗粒的情况下,基质与之接触部分不像胶凝基质那样具有截然的界面,而是逐渐变薄、变淡,似将骨骼颗粒包埋,从而构成高度胶凝基质斑晶骨骼包埋状垒结(照片4)。

在江西地区第四纪红色粘土发育的红壤中多具有胶凝基质与高度胶凝基质之间的过渡性基质类型。其致密、光滑程度介于两者之间,有不太明显的微凝聚体;较大的骨骼颗粒在这种基质内多呈嵌埋状分布,而较小者则多呈包埋状分布。可称为胶凝-高度胶凝基质,其形成可能与粘粒含量较高有关。

(3) 铁质絮凝基质

铁质絮凝基质在红壤中较为少见,主要见于有较多铁质化矿物或岩屑的发育较年轻的土层中。基质在整体上较为毛糙,仔细观察可见基质多成为密集的不规则形粘粒-氧化铁絮凝体(照片5)。在斜反射光下絮凝体泛浓艳的红色,非絮凝或絮凝不明显部分则呈稍淡的红色,说明前者含有更多的氧化铁。由表1可见,在同一剖面中(序号4,花岗岩发育的砖红壤),具铁质絮凝基质的土层(67—170厘米)中 Fe_2O_3 含量为13.40%(在薄片则可见有多量铁质化黑云母,并有铁质浸染物渗入土壤基质),而在非铁质絮凝基质的土层(22—45厘米)中则为10.26%;粘粒含量则相反,前者为16.8%,后者达33.6%。因此,相对多量的游离氧化铁与相对较少的粘粒的絮凝作用可能是形成铁质絮凝基质的原因。再比较同一地区不同土壤基质的土壤,一个千枚岩发育的红壤(序号6),在薄片可见全剖面含有较多不同铁质化程度的千枚岩岩屑,剖面中、下部为具铁质絮凝基质的土层,其氧化铁含量和铁化系数均高于附近第四纪红色粘土发育的红壤(序号7)中具胶凝基质的土层。可以认为,铁质絮凝基质可能是红壤土层发育初期阶段的一种特征,随着土层的进一步发育便会向胶凝基质演变。

骨骼颗粒在铁质絮凝基质中的分布常呈包埋状,构成铁质絮凝基质斑晶骨骼包埋状垒结(照片5)。

(4) 普通基质,或称密实基质

普通基质常见于其他土壤类型,但在红壤系列土壤中较为少见。当土壤基质的颗粒组成中粗、细基质颗粒占优势,而 <2 微米的细粒物质含量相对较低时,某些红、黄壤的基质便呈现密实、平整但不光滑的形貌;例如在江西庐山石英砂岩发育的红壤和黄壤(薄片1487和1484号)中,其基质含有约30%的3—8微米的白云母和约30%的2—8微米的石英(一般合计达50—70%),故不能形成胶凝基质。另外,正如下面将提及的,在有的红、黄壤表层中,原来的胶凝基质或高度胶凝基质在腐殖化作用影响下,有相当一部分的腐殖质参与土壤基质的组成,改变了基质的胶凝状态(即产生脱胶凝现象),也可形成普通基质。

上述四种类型的土壤基质在离铁-聚铁作用影响下还可以形成下列一些亚型:

(a) 正常基质。实际上就是红壤某土层中原来赋存的、并且在形貌上未发生变化的基质。是为了微形态对比研究的需要,针对在形貌上发生了变化的下述的退色基质、离铁

基质、聚铁基质而言的相对术语,并无其他实质性意义。

(b) 退色基质。是原来的基质受水影响后,基质内氧化铁发生轻微水化或轻微还原淋失的结果。与正常基质相比,颜色偏淡。以不同大小的块状连片分布。见于新开水田的红壤新表层(新耕作层)和中度—高度熟化的旱地红壤耕作层以下的土层中。具有退色基质的土体称为退色土体。

退色基质按其门赛尔颜色三要素值对正常基质中三要素值的变化可以分为三级(表2)。

退色基质对于划分耕种红壤发生层和研究耕种红壤分类具有重要意义。

红壤经耕垦种植水稻1—2年后,新耕作层土壤基质的颜色在色调(hue)、亮度(value)和彩度(chroma)上便发生一些变化。除少数色调不变,仅呈弱度退色外,一般色调增加1个单位,彩度不变或减少1个单位而成为中度退色基质,但仍保留一些大小不等(0.07—10毫米),边界明显或模糊的红壤生土块,它可视为残留的正常基质供对比研究用。例如浙江金华一新垦红壤的水耕耕作层土壤薄片(1090号)在镜下测得其基质颜色为亮红棕(2.5YR 5/7),生土块为红色(10R 4.5/8),按表2标准,前者属中度退色基质。在这种中度退色土体内可进一步发生局部退色,形成斑块状强度退色基质,例如与上述土壤相邻的田块中(薄片1092号),红壤生土块的基质为红色(10R 5/8),大部分土壤基质呈橙—亮红棕色(2.5YR 5.5/8),属中度退色,其中夹杂有后来形成的强度退色基质斑块,呈橙(5YR 6.5/6),色调增加了1个单位。最后,全部变成强度退色基质,例如另一相邻田块的土壤耕作层(薄片号1093)的基质颜色为亮红棕—亮棕色(6.25YR 5/8),色调比红壤生土块的10R增加了2.5个单位。

红壤经长期种植旱作物后,耕作层以下的一定深度内的土壤基质颜色也有这种变化趋势。由薄片观察可见,那些分布于丘陵中、下坡,田面较平整,耕作层较疏松的中—高度熟化的耕种红壤中,由于水分条件较好和施用有机肥的影响,使耕层下面一定厚度的土层中原正常基质变成不同程度的退色基质。随着熟化程度的增加,这种土层的厚度和退色程度愈益明显。一般在中度熟化的耕种红壤剖面中,其厚度为10—20厘米,弱度退色;例如江西进贤云桥13号中度熟化耕种红壤(黄土地)耕作层以下12—35厘米处土层的土壤基质颜色与剖面下部未发生变化的土层相比,色调虽无变化,但亮度增加0.5个单位,彩度降低1个单位,即由2.5YR 5/9变成2.5YR 5.5/8,属弱度退色基质。至于高度熟化的耕种红壤剖面中,具退色基质的土层厚度常可超过50厘米,并多为中度退色;例如江西进贤云桥16号高度熟化耕种红壤(乌土地)耕作层以下17—32厘米处土层中,土壤基质颜色为橙—亮红棕色(5YR 5.5/8),与原红壤B层相比,色调增加1个单位,属中度退色基质。

(c) 离铁基质。是孔隙、裂隙附近的土壤基质受水流影响后,氧化铁还原淋失或就地移动——离铁作用的结果。离铁部分颜色变淡,甚至变灰(照片6)。它是红壤剖面中网

表2 红壤退色基质的分级及其划分标准*

级 别	门赛尔颜色三要素值对正常基质中三要素值的变化		
	色调** H	亮 度 V	彩度 C
1. 弱度退色基质	0	+1	0—-1
2. 中度退色基质	+1	+(0.5—1)	0—-1
3. 强度退色基质	+(1.5—2.5)	+(0.5—1)	0—-1

* 根据23个微区的测定资料获得的经验值

** 色调值变化以正常基质的色调值为基准,当色调沿色调分布图顺时针方向发生变化时作为增值(+),逆时针方向变化时作为减值(-)

纹层 M¹ 和 雏形层 Bcm² 的一种特征性基质。与退色基质之不同在于其分布型式非连片状,而与孔隙有关,常依孔隙或裂隙附近呈斑块状或条带状。有时离铁基质还伴随粘粒的淋失,残留较多粉砂粒和砂粒(照片 7a、b)。具有离铁基质的土体称为离铁土体。

表 3 红壤离铁基质的分级及其划分标准*

级 别	门赛尔颜色三要素值对正常基质中三要素值的变化		
	色 调 H	亮 度 V	彩 度 C
1. 轻微离铁基质	0—+1	0—+2	—(2—4)
2. 弱度离铁基质	{+(1.5—2) +(2.5—3)}	+(1—3) 0	—(2—4) 0
3. 中度离铁基质	{+3 >+3}	+(1—3) +(0.5—1)	—(2—4) —(2—4)
4. 较强度离铁基质	+(3.5—4.5)	+(1—3)	—(2—4)
5. 强度离铁基质	{+5 >+5}	+3 +(1—2)	—(2—4) —(2—6)

* 根据 44 个微区测定资料获得的经验值

棕红色的聚铁基质(照片 6)。其在雏形层中除了见于离铁基质附近外,有一部分则是由原生矿物风化释放出的游离铁浓聚于基质而成(照片 8)。具有聚铁基质的土体称为聚铁土体。

聚铁基质的分级和划分标准列于表 4。

薄片中间铁基质和聚铁基质级别的划分可以作为该土层离铁-聚铁作用强度的质的指标。而进一步研究离铁基质加聚铁基质面积之和对正常基质面积的比例则是鉴别该土层离铁-聚铁作用强度的量的指标。这两种指标的综合,有助于认识网纹层或雏形层的发育程度。由表 5 可见,普通网纹层中间铁基质加聚铁基质的面积约占整个薄片面积的 50% 左右(1117 号和 1123 号薄片),强度发育的网纹层(620 号薄片)中可大于 80%,而网纹发育不明显者(准网纹层)仅占 10—20% (1114 号和 1122 号薄片)。又,从表 5 可见,这两种基质在一般和强度发育网纹层中多属中一强度级,而在网纹不明显的土层中则多为弱一中度级。以上均表明前两种网纹层中间铁-聚铁作用较为强烈。至于在雏形层中,虽然以两种基质面积之和来判断雏形层的发育程度的情况与网纹层类似,但是两种基质的各自发育强度与网纹层中相比却恰好表现为相反的趋势。即在网纹

离铁基质按其门赛尔三要素值

对正常基质中三要素值的变化可分为五级(表 3)。表 3 中轻微离铁基质的标准虽然与表 2 的弱、中度退色基质的变化相似,但可根据其出现于何种土壤类型和层次以及在薄片中的分布型式予以识别。

(d) 聚铁基质。在形成离铁基质的附近往往又发生铁的氧化和浓聚作用而形成聚铁基质。例如在网纹层中,其“白色”土体部分(离铁土体)附近的红色土体部分在镜下可见除了正常基质外还存在有暗红和

表 4 红壤聚铁基质的分级及其划分标准*

级 别	门赛尔颜色三要素值对正常基质中三要素值的变化		
	色 调 H	亮 度 V	彩度** C
1. 弱度聚铁基质	0 或 -0.5	0 或 -1	—
2. 中度聚铁基质	—(1—1.5)	0 或 -1	—
3. 强度聚铁基质	>-2	>-2	—

* 根据 31 个微区测定资料获得的经验值

** 一般地说,铁质浓聚量越高,彩度应越低。但当正常基质的彩度较低(<6)时,聚铁后其彩度却有不同程度的升高(见表 5, 1288 号薄片)

- 1) 鉴于网纹层是受水流影响而形成的特点,不宜归入 B 层或 C 层,应视为一种独立的基本发生层,故这里以字母 M 作为其土层符号(mottling 之意);在剖面示意图中其土层序列的位置大致处于与潜育层 G 相并列的地位。
- 2) 是风化层向红壤形成过程中剖面分化发育的一个过渡性土层,是红壤形成的初始阶段。在大形态上似网纹层。也存在有较明显的离铁基质和聚铁基质。在土层发育上属 B 层, cm 是 cambic (雏形的)之意。

层中离铁作用强度大于聚铁作用,而雏形层中则相反。其原因可能是网纹层属水流作用成因,有一部分铁随水流失;而雏形层则是剖面正常分化发育形成的过渡性土层,铁流失较少,相反,矿物风化释放的铁却较多地就地浓聚。笔者认为,离铁基质和聚铁基质的存在首先可考虑作为鉴定网纹层和雏形层的一个微形态依据¹⁾。而其面积之和的比例则可作为进一步划分土层发育程度(即土壤亚层)的标准之一;就现有资料,似可以 20% 作为界限。按此标准,把网纹层分为网纹层和准网纹层两个亚层(后者指发育不明显的网纹层),把雏形层分为雏形层和残余雏形层两个亚层(后者指雏形层特征在成土过程中逐渐消失的过渡性土层)。

(5) 含腐殖质基质

含腐殖质基质是原土壤基质在腐殖化作用下形成的含有不同形态和数量腐殖物质的一种基质。一般见于红壤表层。基于对 30 余个表层土壤薄片的微形态研究,将红壤系列土壤的含腐殖质基质进行了如下的分类。

(a) 含腐殖质胶凝基质。见于已有一定腐殖化作用的土壤表层,但由于细分散腐殖质含量较低,主要是一些腐殖化植物残体碎屑,故未能改变原胶凝基质的形貌。在镜下可见在胶凝基质中混有不同数量、大小主要在 0.005—0.015 毫米(或更大些)的棕黑、黑棕色(有时也有棕、红棕色)的腐殖化植物残体碎屑(照片 9)。可按其数量多少进一步细分²⁾。

(b) 含腐殖质普通基质。原胶凝基质或高度胶凝基质在腐殖化作用影响下,一定量的细粒腐殖质参与了基质的组成,改变了原基质中各种组成成分的比例和结合状态,使之失去胶凝状态,由原来的致密、平整和光滑的形貌转变成平整而不光滑,并带不同程度的棕色。由于这种基质还含有一定量的腐殖化植物残体碎屑,故也可按其数量进行细分。

(c) 腐殖质絮凝基质。当含腐殖质普通基质中细粒腐殖质含量进一步增加时,基质便成为絮凝状态。在低倍镜下这种基质在整体上呈毛茸状,而在高倍镜下则可见在基质内或基质本身形成不同形状的絮凝体。轻度絮凝基质中絮凝体发育不明显,大小不一,形状不规则,边界弥散;中度絮凝基质中絮凝体较明显,但形状大多仍不规则,边界也呈弥散状(照片 10),局部可趋于形成球粒状絮凝体;至高度絮凝时,则几乎全形成球粒状絮凝体,称为球粒状絮凝基质(照片 11)。后者见于腐殖质层发育良好的土壤中,一般具暗棕或黑棕色型式。

2. 基质的颜色型式

土壤基质颜色是土壤的重要微形态特征。从其在单偏光和斜反射光下的表现可以判别土壤基质类型以及成土作用和土壤物质组成与基质类型的关系。常可用来区分土层甚至土壤类型。

Парфенова 和 Ярилова^[34]、FitzPatrick^[23] 等曾按颜色特征对细粒物质(plasma)或土壤基质作过细分的尝试,但未制定划分标准。笔者首先借助门赛尔土色卡在镜下测定绝

1) 当然,对这两种土层的鉴定和划分尚需结合其他指标进行考虑,特别是关于雏形层还应当考虑非岩石结构部分的比例和可风化石物的含量。

2) 暂定标准为:(1)少量:2—5%;(2)中量:5—10%;(3)多量:10—15%;(4)大量:>15%。含量<2%的不属含腐殖质胶凝基质。

表5 红壤网纹层和雏形层中高铁、聚铁作用强度的对比

发 生 层	土 壤	薄片号	基 质 亚 型	面 积 比 例* (%)	颜 色	门塞尔颜色三要素 值的变化	基 质 发 育 程 度	可 风 化 矿 物** (%)
准网纹层	红壤, 40—60 厘米, 紫红色粘质风化物母 质, 江西泰和(三都1号)	1122	聚铁基质	13	暗红 (7.5R 3/4) 暗红 (7.5R 3/6) “暗红” (7.5R 3/8) *** “红” (7.5R 4/8) “红” (7.5R 4/10)	-1 -1 -6 -1 -1 -4 -1 -1 -2 -1 0 -2 -1 0 0	中 度 中 度 中 度	无
			正常基质	81	“红” (10R 4/10)	H V G		
			离铁基质	6	“亮橙” (3.75YR 7/10) 橙 (5YR 6/7) 橙 (7.5YR 7/6) 亮黄棕 (10YR 7/6)	+1.5 +3 0 +2 +2 -3 +3 +3 -4 +4 +3 -4	弱 度 弱 度 中 度 较强度	
			聚铁基质	19	未测	—	—	
			正常基质	45	未测	—	—	
网 纹 层	同上, 60—100 厘米	1123	离铁基质	36	未测	—	—	无
			聚铁基质	7	“红” (1.25YR 4/10) “亮红橙-红” (1.25YR 4.5/10) “亮红橙” (1.25YR 5/10)	0 -1.5 0 0 -1 0 0 -0.5 0	弱 度 弱 度 弱 度	
			正常基质	90	“亮红橙” (1.25YR 5.5/10)	H V C		
			离铁基质	3	亮黄棕 (10YR 6/8) 亮黄棕 (10YR 7/6) 黄 (2.5Y 7/8) 亮黄棕 (2.5Y 7/6)	+3.5 +0.5 -2 +3.5 +1.5 -4 +4.5 +1.5 -2 +4.5 +1.5 -4	中 度 较强度 较强度 较强度	
			聚铁基质	28	暗红 (7.5R 3/6) 红 (7.5R 4/8) “红” (7.5R 4.5/10) “暗红” (10R 3/7)	-1.5 -1 -1 -1.5 0 +1 -1.5 +0.5 +3 -0.5 -1 0	中 度 中 度 中 度 弱 度	
准网纹层	红壤, 20—52厘米, 第 四纪红色粘土母质, 江 西泰和(相1号)	1114	聚铁基质	7	“红” (1.25YR 4/10) “亮红橙-红” (1.25YR 4.5/10) “亮红橙” (1.25YR 5/10)	0 -1.5 0 0 -1 0 0 -0.5 0	弱 度 弱 度 弱 度	无
网 纹 层	红壤, 45厘米以下, 第 四纪红色粘土母质, 江	1117	聚铁基质	28	暗红 (7.5R 3/6) 红 (7.5R 4/8) “红” (7.5R 4.5/10) “暗红” (10R 3/7)	-1.5 -1 -1 -1.5 0 +1 -1.5 +0.5 +3 -0.5 -1 0	中 度 中 度 中 度 弱 度	无

西泰和(相4号)	正常基质	60	红-红棕 ⁷ (1.25YR 4/7)	H	V	C	较强度 较强度 强度
	离铁基质	12	浊黄棕 (10YR 5/3) 灰黄棕 (2.5Y 5/3) 灰橄榄 (5Y 5/3)	+3.5 +4.5 +5.5	+1 +1 +1	-4 -4 -4	较强度 较强度 强度
	聚铁基质	33	暗红 (7.5R 3/4) 暗红 (7.5R 3/6) 红 (10R 4/6) 红 (10R 4/8) 红 (10R 5/8) 亮红棕 (2.5YR 5/8)	-2 -2 -1 -1 -1 0	-3 -3 -2 -2 -1 -1	-4 -2 -2 0 0 0	强度 强度 中度 中度 中度 弱度
网纹层	正常基质	18	橙 (2.5YR 6/8)	H	V	C	
	离铁基质	49	淡黄 (5Y 7/3) 淡黄 (7.5Y 8/3) 灰白 (7.5Y 8/2)	+5 +6 +6	+1 +2 +2	-5 -5 -6	强度 强度 强度
	聚铁基质	3	“暗红” (10R 3/8) 红 (10R 4/8) “红” (10R 4/10)	-2 -2 -2	-3 -2 -2	0 0 +2	强度 强度 强度
残余锥形层	正常基质	93	橙 (5YR 6/8)	H	V	C	
	离铁基质	4	橙 (5YR 6/6) 浊橙 (5YR 6/4) 橙 (7.5YR 7/6)	0 0 +1	0 0 +1	-2 -4 -2	轻度 轻度 轻度
	聚铁基质	8	“暗红” (10R 3/8) 红 (10R 4/8) “亮红棕” (2.5YR 5/10)	-2 -2 -1	-3 -2 -1	-2 -2 0	强度 强度 中度
锥形层1	正常基质	85	“亮橙” (5YR 6/10)	H	V	C	
	离铁基质	7	淡黄橙-黄橙 (7.5YR 8/7)	+1	+2	-3	轻度

无

未蚀变的和未
完全铁质化的黑
云母共约1%同上类型的黑
云母共约4%

续表 5

发生层	土 壤	薄片号	基质亚型	面积比例* (%)	颜 色	门赛尔颜色三要素 值的变化	基质发育 程度	可风化物** (%)
维形层 2	同上, 67—170 厘米	1222	聚铁基质	23	“暗红” (10R 3/8) 红 (10R 4/8)	-1 -1.5 0 -1 -0.5 0	中 度 中 度	同上类型的黑 云母共约 6.5%
			正常基质	57	亮红棕-红棕 (2.5YR 4.5/8)	H V C		
			离铁基质	20	橙-黄橙 (7.5YR 7/7) 淡黄橙-黄橙 (10YR 8/5)	+2 +2.5 -1 +3 +3.5 -3	弱 度 中 度	
			聚铁基质	6	暗红 (10R 3/6) “暗红” (10R 3/8) 红 (10R 4/8) “红” (10R 4/10)	-4 -3 +2 -4 -3 +4 -4 -2 +4 -4 -2 +6	强 度 强 度 强 度 强 度	
残余维形层	山地红壤, 95—120厘米, 花岗岩, 广东海南岛保亭 (G14号)	1288	正常基质	91	油黄橙 (10YR 6/4)	H V C		长石约 2.9%
			离铁基质	3	亮黄棕 (2.5Y 7/6)	+1 +1 +2	轻 微	
			聚铁基质	25	“暗红” (10R 3/8) 红 (10R 4/8)	-3.5 -3 0 -3.5 -2 0	强 度 强 度	
			正常基质	69	橙-亮黄棕 (8.75YR 6/8)	H V C		
维 形 层	同上, 120 厘米以下	1289	离铁基质	6	亮黄棕 (10YR 7/7) 淡黄-亮黄棕 (2.5Y 7/5)	+0.5 +1 -1 +1.5 +1 -3	轻 微 弱 度	长石约 13.3%

* 在投影仪下放大后用方格法计算

** 对照日本《新版标准土色帖》所附的面积比例图测定 10 个视野, 取平均数

*** 见第 12 页脚注 1)

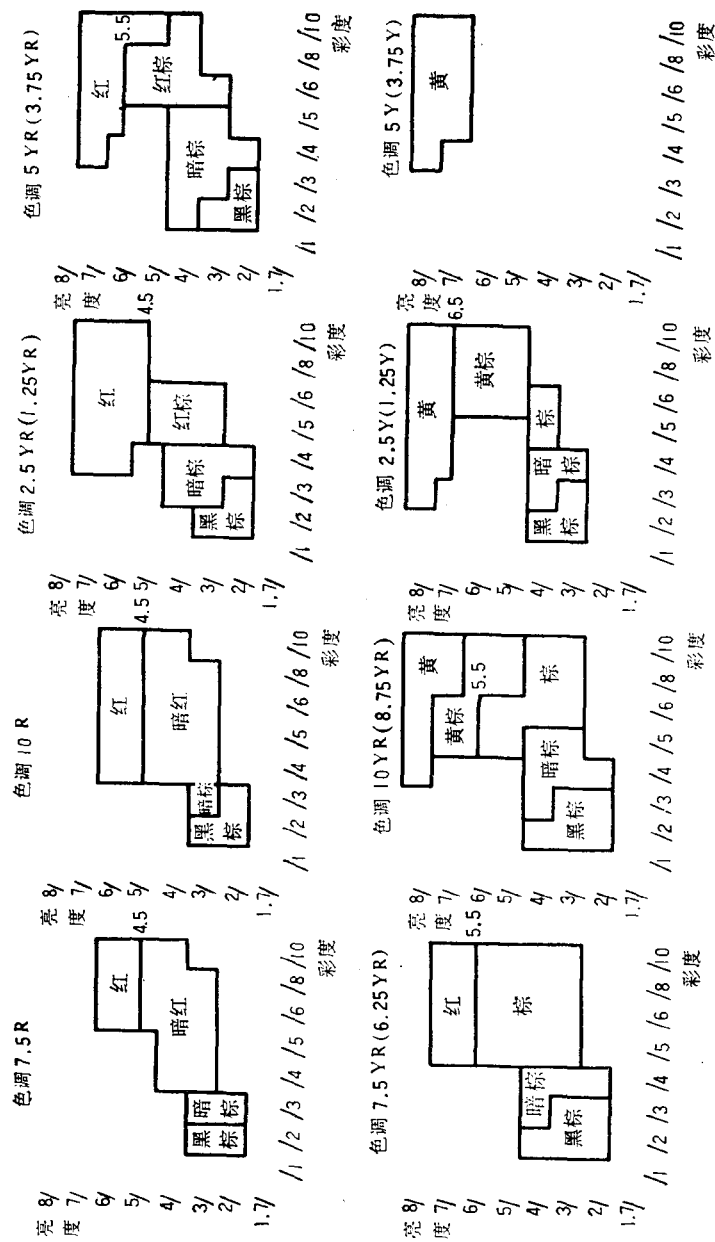


图 1 红壤的基质颜色型式的门赛尔值标准(各小图右方标明亮度值处系指该线下颜色型式的V值上限)

大部分供试土样基质的颜色特征¹⁾。然后在获得大量观察资料的基础上把那些在直感色觉上比较接近(往往在成因上也比较一致)的土壤基质颜色予以归并和分类,称之为土壤基质的颜色型式;规定了它们的门赛尔值标准(图 1),并分别给予一定的颜色命名。

(1) 红色型式的土壤基质

本基质简称红色基质。是红壤、砖红壤性红壤和砖红壤中最常见的一种基质颜色型式,是红化作用(rubefication)²⁾的结果。色调范围较宽,从 7.5R—7.5YR,亮度在 4.5—6 以上(一般色调越红,亮度越低)。在单偏光下有红、红棕、红橙、浊红橙、淡红橙、橙、浊橙、黄橙等色³⁾。在斜反射光下泛红或橙色³⁾(色调为 10R—5YR)。红色基质中氧化铁脱水程度和含量越高,可能是基质颜色越红的原因,这在斜反射光下表现尤为明显。另外,若在斜反射光下颜色不红(偏橙),而且色调落在 6.25R—7.5 YR 上,则属红壤至黄壤的过渡类型的可能性较大。

(2) 暗红色型式的土壤基质

本基质简称暗红色基质。是强烈红化作用的产物。色调更红,为 7.5R—10R,在单偏光下呈暗红色和较暗的红色,亮度较低,为 3—4。斜反射光下泛较浓艳的红色,门赛尔值一般为 7.5R 4/10, 5/10。主要见于玄武岩、蛇纹岩等基性、超基性岩上的砖红壤中。与土壤的高度铁铝化作用(表 1)和含有多量赤铁矿^[23]有关。

表 6 红棕色基质的颜色特征及其与氧化铁、有机质含量的关系*

薄片号	土 壤	颜 色		Fe ₂ O ₃ (%)	有机质 (%)
		单 偏 光 下	斜 反 射 光 下		
1151	红壤(SC7) 55—100 厘米,干枚岩,江西兴国	亮红棕-红棕(5YR 4.5/8)	红(10R 5/8)	7.86	0.38
1071	砖红壤性红壤(B226), 100—250厘米,洪积物,广东博罗	红棕(2.5YR 4/8)	红(10R 5/8)	7.64	0.25
1064	砖红壤性红壤(B80), 35—50 厘米,砂岩,广东博罗	红棕(2.5YR 3/8)	红(10R 4.5/8)	11.96	1.01
1054	砖红壤(滇 8), 130—150 厘米,花岗岩,云南勐海	亮红棕-红棕(2.5YR 4.5/8)	红(10R 4.5/8)	6.67	0.44
1050	砖红壤(粤 43), 35—70 厘米,花岗片麻岩,广东海南岛	红棕(3.75YR 5/7)	红(10R 5/8)	6.43	1.12
1049	同上, 0—15 厘米	红棕(3.75YR 4/7)	亮红棕(2.5YR 5/8)	6.16	3.43

* 氧化铁与有机质的分析资料由赵其国、龚子同、史德明同志提供

- 1) 测定颜色均在一致的放大倍数(低倍)和光源亮度(正常观察时所用的灯光亮度)下对照日本《新版标准土色帖》进行。对门赛尔值超出该土色帖范围者,参照日本《标准染色帖》作辅助测定,颜色名称则按土色帖推定,并加上引号。
- 2) 按库比纳的定义,是指非晶形氢氧化铁的消散并形成针铁矿和赤铁矿细晶,充分分散于致密的土壤基质内而产生鲜艳红色的过程。
- 3) 均系日本《新版标准土色帖》所用的颜色名称。

(3) 红棕色型式的土壤基质

本基质简称红棕色基质。也是红化作用下的产物,但可能与存在有非水化的针铁矿有关^[23]。在单偏光下呈暗红棕、红棕和亮红棕等色;色调较红,为 2.5YR—5YR。亮度为 3—5.5 之间。在斜反射光下泛红色(门赛尔值多为 10R 4/8, 5/8)。见于某些砖红壤性红壤、砖红壤和红色石灰土的心土层中,其氧化铁含量稍高,一般为 6—12% (表 6)。有的红壤表层存在有较多有机质时也具有红棕色基质,但可从其反射色偏红棕,色调落在 2.5YR 上予以识别(表 6, 1049 号薄片)。

(4) 黄色型式的土壤基质

本基质简称黄色基质。是黄壤和水化土壤所具有的特征性土壤基质。由于土壤存在大量高度水化的针铁矿,基质乃带黄色色调。在单偏光下呈黄、淡黄、带白淡黄、亮黄棕、黄橙等色;色调 10YR—5Y,彩度 3—10,亮度为 8 或 7。特别是由于这类针铁矿的光学特性,使基质在斜反射光下显示比单偏光下更为明显的黄色色调。典型的黄壤在斜反射光下应呈鲜艳的黄色(2.5Y 8/8, 7/8 和 5Y 8/8)。因此在鉴别黄色基质时更主要地是依据其在斜反射光下的颜色特征,而在单偏光下的颜色仅仅是一种表观颜色特征。

(5) 黄棕色型式的土壤基质

本基质简称黄棕色基质。色调为 10YR—2.5Y,亮度为 5—6 (或 7),彩度 >5 或 6。在斜反射光下主要呈橙或黄橙色。砖红壤性红壤、红壤或黄壤心土层存在有这种基质时,表明其所含氧化铁处于一定程度的水化状态;一般地说,属于过渡类型土壤的可能性较大。此外,红壤系列土壤表层的含腐殖质基质也常见有这种颜色型式。

(6) 棕色型式的土壤基质

本基质简称棕色基质。色调主要为 7.5YR 和 10YR,少数为 2.5Y;亮度较低,为 3—5;彩度 >6。在红壤中仅见于表层的含腐殖质基质中,其有机质含量比黄棕色者为高(表略)。

(7) 暗棕和(8) 黑棕型式的土壤基质

这两种基质又简称暗棕色和黑棕色基质。见于腐殖质层发育良好、有机质含量高的土壤中。色调范围广,为 7.5R—2.5Y。但亮度和彩度很低。其带“黑”的程度与有机质含量,特别是碳化植物残体碎屑含量成正相关。

(二) 骨骼颗粒

在高度风化的红壤系列土壤中,除了在雏形层和受近期坡积影响的土层中可见有一定数量的可风化矿物外,其骨骼颗粒主要是抗风化的石英和一些铁质化矿物或岩屑,有时还有少量白云母和钛铁矿、磁铁矿等。

石英虽然是一种抗风化矿物,但在热带、亚热带条件下,其物理风化相当明显,并有着特征性的形貌。由于剧烈的增温,使石英内部产生裂纹,甚至裂脱。这种由于石英的热裂