

山东省棕壤和褐土中的水合氧化物*

过 兴 度

(中国科学院南京土壤研究所)

山东省山地丘陵区的地带性土壤,既有棕壤,也有褐土,而以棕壤为主,两者交错分布^[1]。它们的划分指标,以往不够明确,因此容易混淆。鉴于水合氧化物在土壤分类上,越来越引起国内外土壤学者的重视^[2-5],我们特对棕壤和褐土的水合氧化物(包括活性铁、锰、铝、硅及游离铁、锰)^[6]特性进行了比较研究,为土壤分类提供依据。

一、棕壤和褐土的基本性质

从表1可知,山东省棕壤和褐土的基本理化性质具有明显的差异:(1)棕壤呈酸性至微酸性反应,有的接近中性, $pH < 7.0$ 。其中酸性棕壤偏酸,潮棕壤剖面下部接近中性,普通棕壤和白浆化棕壤则介于两者之间;而褐土呈碱性至微碱性反应,有的表层亦可呈中性, $pH > 7.0$ 。

表1 棕壤和褐土的基本理化性质比较*

土 类		棕 壤		褐 土	
成 土 母 质		花岗岩、片麻岩、片岩等		黄土、石灰岩、钙质紫色砂页岩等	
pH		4.96—7.00		7.80—8.30	
CaCO ₃	(%)	无		1.01—14.42 (3.87)	
MgCO ₃	(%)	无		0.55—1.48 (0.79)	
盐基组成 (毫克当量/100克土)	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	2.22—18.87	(10.52)	未 测	
	K ⁺ +Na ⁺	0.48—1.85	(1.03)	未 测	
交换性 H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ (毫克当量/100克土)		痕迹—4.25 (2.61)		无	
交 换 量 (毫克当量/100克土)		6.12—34.11 (14.49)		10.51—32.41 (19.48)	
盐基饱和度 (%)		30.75—98.40 (79.90)		高度饱和 (饱和)	
无机磷相对含量** (%)	Al—P	0.80—11.24	(4.67)	3.25—6.39	(4.40)
	Fe—P	2.71—13.41	(7.46)	0—9.67	(3.36)
	Ca—P	7.43—21.62	(15.63)	40.18—64.67	(52.23)
	O—P 总量	55.11—86.32	(72.24)	28.94—54.72	(40.01)
颗粒含量 (%)	<0.01毫米	23.9—66.94	(35.46)	28.6—41.54	(39.30)
	<0.001毫米	10.4—29.9	(13.75)	13.15—24.8	(19.96)

* 本表内数据用全剖面各层次统计得出,标本次因项目不同而异,大体上棕壤用40—70个,褐土用25—60个;括号内的数值为平均值。

** 无机磷由山东农业大学施洪云等同志分析。

* 本文承本所陈家坊、王振权、张俊民等同志指正,特此致谢。

其中普通褐土偏碱，而淋溶褐土的表层多呈中性。(2) 棕壤的盐基饱和度较低，一般为50—90%。其中酸性棕壤最低，潮棕壤最高，普通棕壤和白浆化棕壤则介于两者之间；褐土盐基过饱和，或多或少含有游离碳酸钙和碳酸镁。(3) 在无机磷含量中，棕壤Ca—P的相对含量显著低于褐土，Fe—P则显著高于褐土，至于Al—P，两类土壤却无显著的差异。

二、棕壤和褐土中水合氧化铁、锰的剖面分异

土壤中的水合氧化物，存在于粘粒与非粘粒两部分，但以粘粒部分为主(特别是铁、锰)；非粘粒部分有的存在于层状硅酸盐矿物中(特别是硅、铝)。它们具有随粘粒的移动而活动的特点，还具有较高的活性和各自的化学行为，易受土壤环境条件的变化而发生转化的特点。它们在土壤中常处于还原(络合)淋溶 \rightleftharpoons 氧化淀积的相互作用下，即处于活化 \rightleftharpoons 老化的变化中。因此，土壤中氧化物及其水合物的形态和性质，是成土过程和成土环境的产物和反映^[2]。

棕壤和褐土土体部分水合氧化物的绝对含量互有高低(表2、3)，这主要是受土壤质地的影响，因为它大部分存在于粘粒部分。为此，有人用水合氧化物的粘粒比值($Fe_a/Clay \times 10^2, \dots; Fe_o/Clay \times 10^2, \dots$)来表示，在土壤剖面中变化的函数图形，表示活动性元素在剖面中的分布规律，以揭示土壤风化成土作用的特征^[7]。我们将棕壤和褐土水合氧化物的绝对含量除以粘粒含量，发现两大土类有显著差异。

表2 棕壤和褐土的全量氧化物含量

土类	亚类	剖面号	成土母质	深度(厘米)	pH	全量氧化物(%)			
						Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
棕壤	普通棕壤	鲁23	花岗岩坡 积残积物	0—18	5.70	2.72	0.045	76.43	12.93
				18—38	5.85	2.81	0.047	77.86	12.28
				70—110	6.10	4.40	0.035	73.29	15.00
	白浆化棕壤	鲁22	花岗岩坡 积残积物	0—24	5.45	2.39	0.049	73.25	15.97
				24—50*	5.45	2.27	0.020	74.84	13.75
				72—82	5.01	4.58	0.020	67.81	19.44
酸性棕壤	鲁5	角闪片麻岩 残积物	0—17	5.10	9.01	0.090	55.50	18.13	
			40—68	4.96	9.99	0.119	54.04	18.88	
			68—100	5.06	10.53	0.099	54.58	19.10	
潮棕壤	鲁16	花岗岩洪 积物	0—21	5.96	3.34	0.050	75.76	12.89	
			28—42	6.60	4.65	0.052	71.67	15.47	
			95—110	7.00	4.34	0.051	72.26	15.87	
褐土	普通褐土	鲁2	黄土	0—15	8.20	4.51	0.067	72.48	13.56
				40—60	8.10	4.95	0.072	72.93	13.58
				140—180	7.90	5.14	0.080	71.99	14.75
	普通褐土	鲁8	石灰岩	0—20	8.10	4.69	0.062	65.56	13.83
				20—55	8.00	4.60	0.066	70.44	13.93
				93—145	8.20	4.81	0.066	66.64	13.19
普通褐土	鲁33	钙质 紫色砂页岩	0—25	7.80	4.88	0.120	67.14	15.65	
			25—74	8.05	6.24	0.101	63.31	15.29	
			100—120	8.15	6.92	0.080	44.61	18.07	

* 白浆层

表 3

棕壤与褐土的活性氧化物和游离氧化物含量

剖面号	深度 (厘米)	活性氧化物(%)				游离氧化物(%)		活化度(%)		游离度(%)		粘粒** (%) <0.001 毫米
		Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MnO	
鲁23	0—18	0.186	0.030	0.120	0.047	1.03	0.027	18.1	111.1	37.9	60.0	8.9
	18—38	0.180	0.027	0.075	0.036	1.06	0.027	17.0	100.0	37.7	57.4	7.0
	70—110	0.134	0.012	0.120	0.104	1.56	0.027	8.6	44.4	35.5	77.1	10.9
鲁22	0—24	0.185	0.041	0.044	0.199	1.20	0.046	15.4	89.1	50.2	93.9	6.9
	24—50*	0.208	0.017	0.080	0.421	1.16	0.017	17.9	100.0	51.1	85.0	6.3
	72—82	0.242	0.018	0.147	0.289	1.61	0.017	15.0	105.9	35.2	85.0	29.4
鲁5	0—17	0.201	0.015	0.047	0.190	1.34	0.013	15.0	115.4	14.9	14.4	4.5
	40—68	0.313	0.007	0.155	0.350	0.96	0.005	32.6	140.0	9.6	4.2	1.0
	68—100	0.206	0.008	0.055	0.326	0.46	0.007	44.8	114.2	4.4	7.1	1.4
鲁16	0—21	0.196	0.032	0.120	0.082	1.00	0.032	19.6	100.0	29.9	64.0	9.7
	28—42	0.196	0.017	0.115	0.137	1.23	0.022	15.9	77.3	26.5	42.3	9.2
	95—110	0.177	0.031	0.138	0.116	1.12	0.028	15.8	110.7	25.8	54.9	5.1
鲁2	0—15	0.148	0.025	0.088	0.156	1.01	0.024	14.7	104.2	22.4	35.8	17.9
	40—60	0.217	0.031	0.213	0.191	1.11	0.032	19.5	96.9	22.4	44.4	24.8
	140—180	0.224	0.042	0.085	0.184	1.07	0.036	20.9	116.7	20.8	45.0	22.3
鲁8	0—20	0.235	0.029	0.108	0.170	1.39	0.036	16.9	80.6	29.6	58.1	18.7
	20—55	0.224	0.036	0.101	0.227	1.49	0.041	15.0	87.8	32.4	62.1	20.1
	93—145	0.159	0.038	0.196	0.217	1.31	0.044	12.1	86.4	27.2	66.7	20.2
鲁33	0—25	0.317	0.048	0.189	0.275	2.31	0.073	13.7	65.8	47.3	60.8	26.75
	25—74	0.451	0.042	0.159	0.353	2.88	0.063	15.7	66.7	46.2	62.4	29.99
	100—120	0.086	0.006	0.103	0.129	0.53	0.020	16.2	30.0	7.7	25.0	9.08

* 白浆层; ** 粘粒含量由本所王伏雄同志分析。

从图 1 至图 4 可知,棕壤和褐土水合氧化铁、锰的粘粒比值,随剖面深度而变化的图形,差异甚为明显,反映了两土类的剖面分异特点,同时也反映了两大土类及其各自亚类的差异。这与野外观察的剖面形态特征相符合。

无论从游离铁、锰的粘粒比值,还是从活性铁、锰的粘粒比值来看,都是棕壤显著大于褐土,而且棕壤剖面的变幅也较褐土显著。锰的剖面分异尤为明显。这是由于锰的氧化还原电位较铁高,锰比铁更为活泼之故。而棕壤和褐土中锰的粘粒比值没有铁大,这可能是由于锰对酸碱反应的敏感性不如铁的缘故,使铁、锰在剖面深处发生分化^[8]。从而反映出棕壤剖面中铁、锰的淋淀作用较褐土为强,也即棕壤的近代成土作用较强。

1. 棕壤水合氧化铁、锰的剖面分异

棕壤各亚类之间水合氧化铁、锰的粘粒比值,及其剖面分异也各具特点。反映出棕壤各亚类除具有共同的成土过程外,还具有各自的不同附加成土条件,致使它们的淋溶强度在程度上有所不同。

酸性棕壤水合氧化铁、锰的粘粒比值及剖面变幅最大,说明其淋溶作用最强。其粘粒比值在心土层最大,到剖面下部才逐渐减弱。这是由于其分布坡度陡,侧渗水的径流作用较强,产生粘粒的侧向机械淋失,又由于心土层的有机质低,活性铁和铁的活化度较高,加速了铁(锰)从铝硅酸盐矿物中的释放→水化→还原→移动过程,从而遭受淋失。表层有机质与锰络

合,进一步加剧了锰的淋溶还原作用。由于粘粒被淋失,使全剖面质地变粗,透水性极好,加剧铁、锰元素及其盐基离子的淋失,使酸度增大和饱和度降低,从而减弱了铁、锰的老化,促进了铁、锰的还原淋溶,直至淋失。因此不会使全剖面形成明显的粘化层和铁、锰斑纹。应该指出,该亚类粘粒比值大的原因还与其粘粒少和心土层的活性铁含量高有关。

白浆化棕壤包括侧渗型和滞水型白浆化棕壤两种类型。前者水合氧化铁、锰的粘粒比值仅次于酸性棕壤。其中,水合氧化铁的粘粒比值从表层到白浆层显著增加,到淀积层又显著减小。水合氧化锰的粘粒比值,则从表层到淀积层急剧减小,说明锰在棕壤剖面中的分化比铁更为明显。这是由于该剖面分布较陡,剖面下部又有一个粘重不透水层。在季节性滞水还原条件下,表层和亚表层的铁、锰还原活化,使活性铁增高,并和粘粒随径流水侧渗淋失。但其粘粒未受破坏,这可从粘粒含量与交换量数值基本一致得到证实。表层交换量稍高于亚表层,是有机质稍多的缘故。某些分布于缓坡的滞水型白浆化棕壤,较上述侧渗型白浆化棕壤有所不同,其表层或亚表层除有部分还原态铁、锰侧渗淋失外,绝大部分的还原态铁、锰则就地于淀积层氧化淀积。由于淀积层的质地粘重,透水性弱,使铁、锰重新就地氧化(老化)而淀积,形成棕黑色的铁、锰结核。最后使表层或亚表层逐渐形成粗粉砂多、铁、铝、锰贫乏的白色淋溶层(白浆层)。白浆化棕壤铁、锰的淋淀作用仅次于酸性棕壤。

普通棕壤铁、锰的粘粒比值低于白浆化棕壤。其剖面变幅也不如白浆化棕壤明显。水合氧化铁、锰的粘粒比值从表层向下逐渐增加,到母质层又急剧减小。普通棕壤铁、锰淋淀作用较白浆化棕壤为弱。但有正常的剖面发育,为典型的A—B—C型土壤,淀积层中有明显的粘粒淀积,还有铁锰结核形成。

潮棕壤铁、锰的粘粒比值,较上述三个棕壤亚类均小,而且具有随剖面加深而显著增加的趋势,其铁、锰的淋淀作用最弱。这是由于该种土壤分布低而平坦,地下水位高,参与其成土作用,使铁、锰长期处于渍水还原(活化)条件下,还原作用又随剖面深度加深而不断增大的缘故。在剖面中看不出有明显的铁、锰淀积和粘粒淀积特征。在剖面下部仅见到少量的铁、锰锈斑。这种锈斑并非淋淀作用的结果,而是就地脱水老化(氧化)的产物。

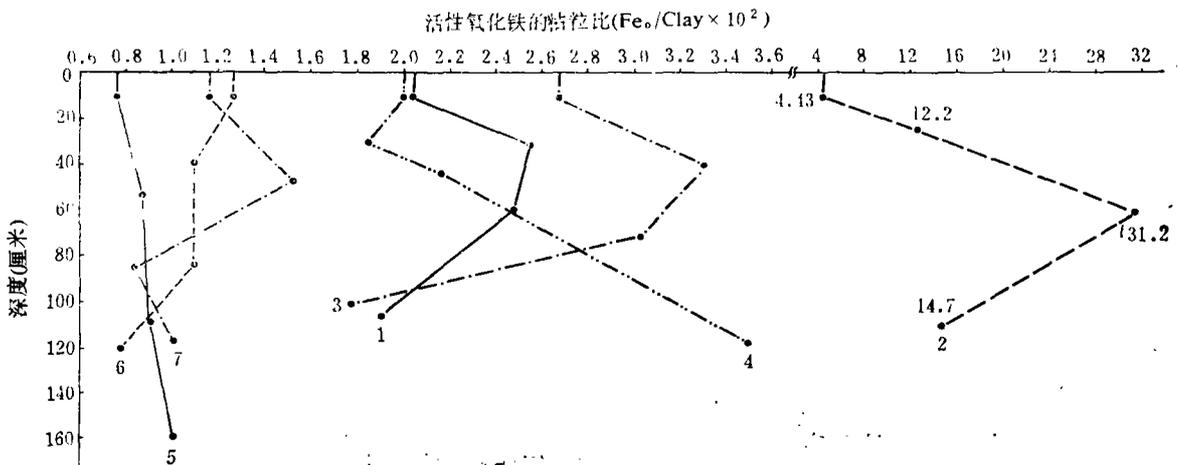


图1 棕壤、褐土活性氧化铁粘粒比值的剖面变化

图1—6的图例, 1—普通棕壤(鲁23), 2—酸性棕壤(鲁5), 3—白浆化棕壤(鲁22), 4—潮棕壤(鲁16), 5—黄土母质发育的普通褐土(鲁2), 6—石灰岩母质发育的普通褐土(鲁8), 7—钙质紫色砂页岩母质发育的普通褐土(鲁33)。

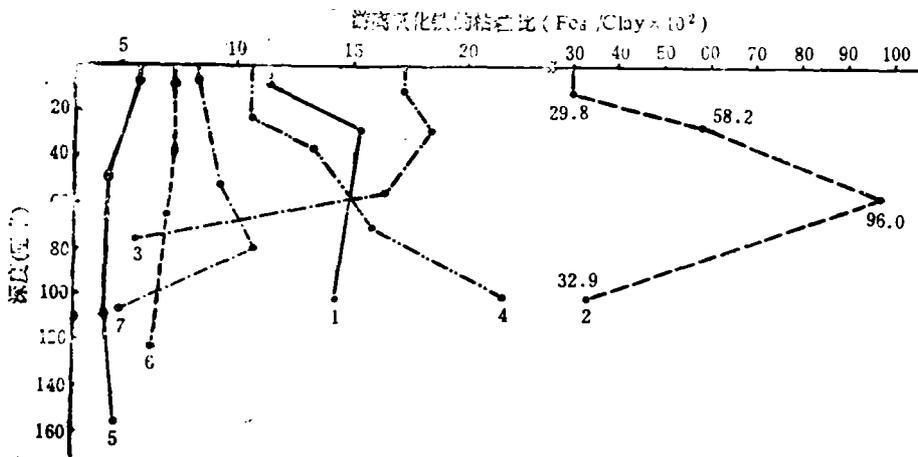


图2 棕壤、褐土游离氧化铁粘粒比值的剖面变化

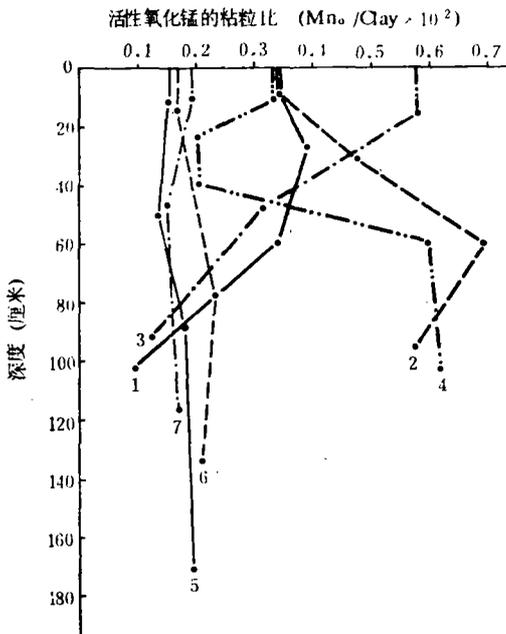


图3 棕壤、褐土活性氧化锰粘粒比值的剖面变化

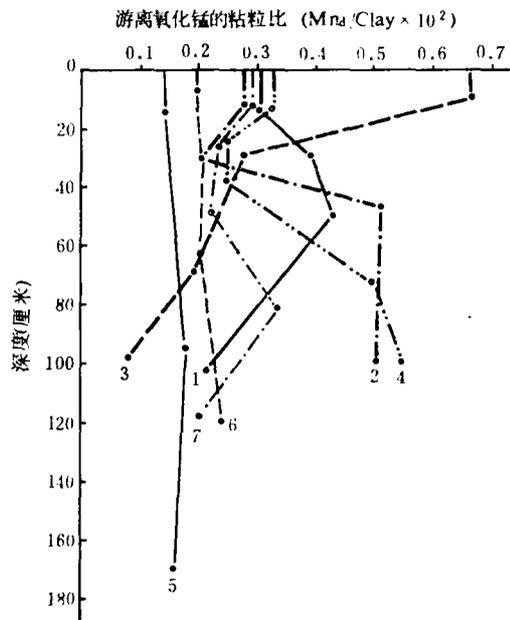


图4 棕壤、褐土游离氧化锰粘粒比值的剖面变化

2、褐土水合氧化铁、锰的剖面分异

褐土铁、锰的粘粒比值及其剖面变幅(分异)都较棕壤为小,在剖面下部看不到铁、锰淀积的痕迹,说明褐土中铁、锰的淋淀作用不如棕壤明显。就褐土而言,其中以钙质紫色砂页岩母质发育的褐土的水合氧化铁、锰的粘粒比值和剖面变幅最大,其次是石灰岩母质发育的褐土,黄土母质发育的褐土则最小,说明褐土铁、锰的淋淀作用与成土母质有关,其变化规律是:钙质紫色砂页岩母质发育的褐土>石灰岩母质发育的褐土>黄土母质发育的褐土。褐土由于富含游离碳酸盐,使呈碱性反应,使土壤呈凝聚状,故粘粒移动受到阻碍,加上碱性条件影响矿物中氧化物的释放及其在土壤中转化和移动。淋溶褐土水合氧化物的粘粒比值的特点,有待进一步研究。

三、棕壤和褐土中水合氧化铝、硅的剖面分异

硅和铝都是土壤中最丰富的元素，因无色不如铁、锰之易于被观察到它们在土壤剖面中的变化状况。但是，它们能随土壤酸度的变化，而溶出不同量的可溶性铝和硅，尽管溶出的绝对量较铁为低。铝为两性元素，它在pH5.2—8.9的介质中能溶出0.28—0.0152毫克的铝^[9]；而硅的溶出量，则随着土壤碱度的增大而增加^[10]。因此，在棕壤和褐土的酸度范围内，可随着土壤酸度的变化，而溶出不同量的铝和硅，同时，铝又能与有机质络合溶解。因此，硅和铝在土壤剖面中常随环境条件的变化而发生变化。为此，我们用与上述铁、锰相同的方法，测得了棕壤和褐土的活性氧化铝、硅的含量，计算活性铝、硅的粘粒比值，并绘制了二者的剖面变化图，以揭示铝和硅元素在两个土类中的活动规律。

从图 5、6 可知，棕壤和褐土活性铝、硅的粘粒比值，在土壤剖面中的变化规律与铁、锰

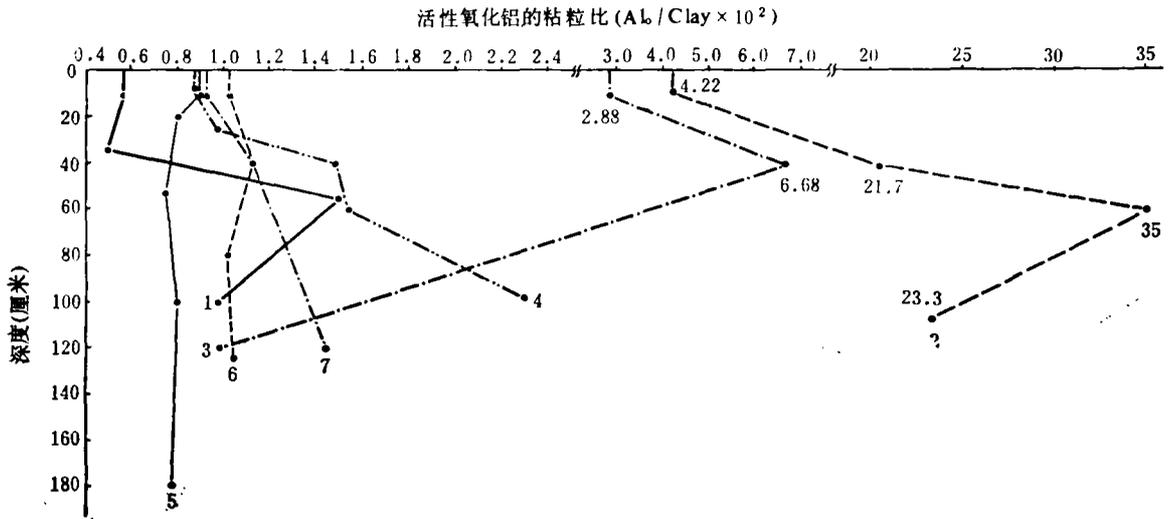


图5 棕壤、褐土活性氧化铝粘粒比值的剖面变化

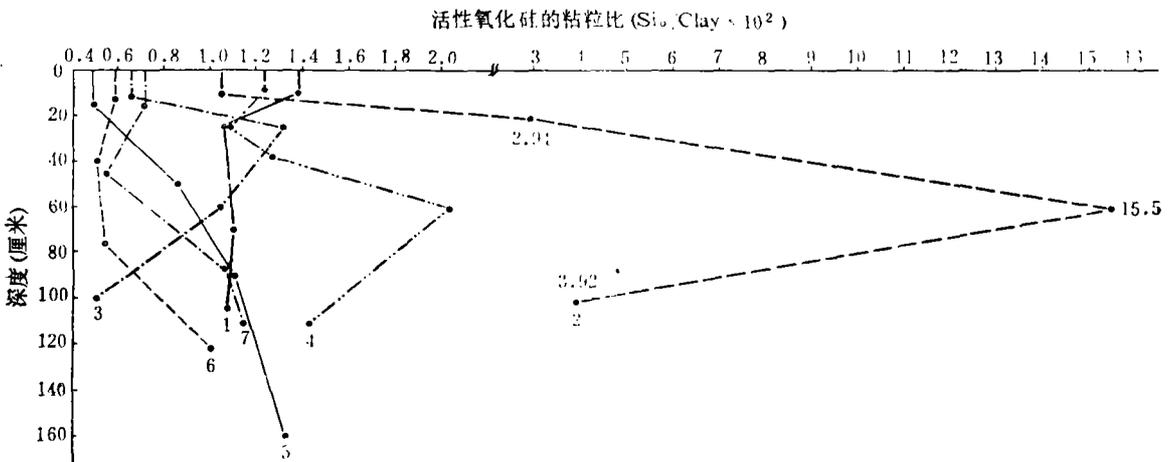


图6 棕壤、褐土活性氧化硅粘粒比值的剖面变化

大体相同。其中酸性棕壤和白浆化棕壤两亚类的活性铝、硅的粘粒比值,及其在剖面中的变幅都较褐土为大,而普通棕壤和潮棕壤活性铝、硅的粘粒比值,则与褐土互有高低,其剖面变幅却较褐土稍大。但是,如果都以B层作为诊断层来进行比较,则棕壤剖面中的活性铝、硅都较褐土分异明显。

四、结 语

山东省棕壤和褐土水合氧化物的初步研究表明:铁、锰、铝、硅四种水合氧化物的粘粒比值及其剖面分异,都是棕壤大于褐土,说明棕壤剖面中铁、锰、铝、硅的淋淀作用都较褐土为强,尤以锰和铁为突出。因此,可以将水合氧化物的粘粒比值及剖面变幅,作为棕壤和褐土的划分指标之一。若以B层作为诊断层,则分异更为明显。此外,棕壤各亚类中四种元素淋淀作用强度的变化规律是:酸性棕壤>白浆化棕壤>普通棕壤>潮棕壤;而褐土中四种元素淋淀作用的强弱与成土母质有关,其变化规律是:钙质紫色砂页岩母质发育的褐土>石灰岩母质发育的褐土>黄土母质发育的褐土。

棕壤和褐土的上述差异与成土母质有密切关系。棕壤发育于花岗岩、片麻岩等酸性母质,酸性条件有利于矿物中氧化物的释放、土壤中粘粒的移动,进而促进土壤中氧化物的转化和活动。而褐土发育于碳酸盐和基性岩母质,碱性条件阻滞了矿物中氧化物的释放、土壤中粘粒的移动及氧化物的转化和活动。因此,在同一地带内,出现两种性质不同的土壤类型。

参 考 文 献

- [1]张俊民、过兴度、张玉庚等,试论土壤的地带性和土壤分类——以棕壤、褐土为例。土壤, 18(1):38—43, 1986。
- [2]陈家坊,土壤胶体中的氧化物。土壤通报, 第2期,44—49, 1981。
- [3]徐琪、朱洪官,关于水稻土形成作用的特点。土壤, 14(2):46—52, 1982。
- [4]永塚镇男,西南日本の黄褐色森林土および赤色土の生成と分類に関する研究。農業技術研究所報告, B(土壤肥料),第26号, 133—257, 1975。
- [5]Fitz-Patrick, E. A., Soils, Longman, London and N. Y., p. 115, 1980。
- [6]熊毅等编著,土壤胶体(第二册), 241—282, 科学出版社, 1985。
- [7]Blume, H. P. and Schwertmann, U., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33 (2): 438—444, 1969。
- [8]于天仁等编著,土壤的电化学性质及其研究法, 第413页, 科学出版社, 1976。
- [9]中国科学院南京土壤研究所编著,土壤理化分析, 第552页, 上海科技出版社, 1978。
- [10]张俊民、过兴度,淮北平原白碱土的性态和分类。土壤专报, 第39号, 第26页, 1984。

《新疆农业科学》(汉文版和维吾尔文版)征订启事

本刊是普及与提高相结合的综合性农业科技刊物,主要报道新疆农林牧副渔科研成果和生产技术新经验,介绍国内外先进农业技术和科技新知识,除刊登科技论文、试验研究简报、调查考察报告、技术经验总结外,还辟有“科技讲座”、“实经技术”、“问题与建议”、“国外农业科技”、“科技文摘”等专栏,适合广大农业科技人员、农林牧院校师生、农村工作干部和有一定文化知识的农牧民、农牧场职工阅读。本刊为双月刊、逢双月出版、汉文版每期48页,每本定价0.35元,维文每期64页,每本定价0.30元,全国各地邮局均办理订阅手续,汉文版邮发代号为58—18,维文版为58—19。