

# 我 国 灰 土 的 分 类

高以信

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

讨论了灰土的成土条件、成土特点、形态特征及灰土的分类。

灰土(Spodosols)为一发育在世界冷凉、温暖而湿润地区和砂质、壤质物质中的主要土纲。它在各大陆均有发现，在苏联、北欧和加拿大占有广大面积。灰土在我国的分布面积较少，仅大兴安岭北端、长白山北坡及青藏高原东南缘和南缘山地垂直带中有少量的分布。

中国灰土的研究始于30年代，梭颇等人(1936)根据形态特征最先分出灰壤这一类型，并且指出，中国灰壤多见于东北的湿润山地，开创了中国灰土分类的研究。建国以后，在全国广大林区进行了相当普遍的综合调查和考察，为灰土的形成、分类和利用改良积累了大量资料。但由于灰化概念不断发展、转变，又缺少明确分类指标，从而导致灰壤分类名称不统一，给生产、科研和教学工作带来困难。为此，80年代以来，我们吸取美国诊断层的概念，引用了灰化淀积层的标准，使灰土的分类有所进展。

本文仅对中国灰土的形成特点和分类作一概略的介绍。

## 一、灰土的形成特点

### (一) 成土条件

位于青藏高原南缘西藏察隅县、东南缘云南中甸县的灰土常处于高山深谷区和高原湖盆上的山地上部，其海拔高度为3200—4000m，母质以花岗岩、片岩等的坡积物或残积物为主。位于长白山北坡吉林安图县、大兴安岭呼中区大白山的灰土常处于倾斜玄武岩高原和中山阴坡，其海拔高度为800—1700m，母质为火山灰或安山岩残积—坡积物<sup>①</sup>。这些地区的成土母质质地粗，酸度高，有利于物质的淋移，构成灰土发育的基础。

灰土的气候特点是寒冷湿润，但处于不同地区的灰土其水热状况存在一定差异。青藏高原南缘、东南缘受暖湿季风强烈影响的灰土带冬季温和，夏季凉爽，一月均温-5—-9℃，七月均温9—12℃。有季节性冻层，冻结期仅四、五个月。年降水量600—1500mm，集中降于夏季。长白山北坡、大兴安岭北段受大陆性季风气候影响的灰土带冬季漫长而严寒，夏季短促而温湿，一月均温-17—-30℃，七月均温14℃左右。有季节性冻层，冻结期达7个月。年降水量400—900mm，且多集中于夏季。这种高温同雨季一致，有利于生物质的大量累积，以及风化和成土作用的进行。尤其是青藏高原边缘山地的冰冻时间较短和年降水量较多的特点更有利于物质的迁移和灰土的发育。

植被主要为苔藓—杜鹃—冷杉林(青藏高原南缘、东南缘)，或杜香—落叶松林(长白山北坡)和杜香、杜鹃—落叶松林(大兴安岭北部)。通常认为，灰土的形成同一定的森林植被

<sup>①</sup> 张金：长白山北坡针叶林下土壤淋洗液的化学性质及土壤特性，研究生学位论文，1988年。

有密切关系，但这并不是说在森林植被（即使在针叶林）下一定就形成灰土。因为灰化作用的发生与否既同林相有关，也同母质和气候有关，而灰化作用强度则更与成土年龄有关。

## （二）成土特点

灰土形成假说归纳起来大致有土壤胶体的物理化学破坏假说；生物质循环假说；酸性络合淋溶假说；还原离铁假说和酸性淋溶假说等。其中赞成酸性络合淋溶假说的人越来越多。

酸性络合淋溶是指“在针叶林下，真菌分解凋落物产生可溶性腐殖质（如富里酸）与土壤矿物表面风化出的Al和Fe发生强烈的络合作用。可溶性络合物随沉降水下渗，并聚积在B层，变为不溶性金属-有机络合物”。Schnitzer和Khan(1972)认为，金属离子和碳的比率低时是可溶的，高时是不可溶的。因为富里酸每克碳约含16mmol的羧基和6 mmol酚羟基，在完全水溶性的络合物中，金属离子只占羧基1/5的位置，所以每克富里酸若含不到3 mmol的Al或Fe时，它和有机碳的比率低，是可溶性的，若>3 mmol则比率变高，成为不可溶的。土壤中的络合物是否沉淀是随有效三氧化物的多少而定。

如果非络合态腐殖质加入的速度大于矿物的风化速度和Fe、Al的释放速度，则 Fe + Al / 有机 C 的比率会逐渐变窄，逐渐变为可溶性的。低比率的络合物可能随水排出。此外非络合态可溶性的有机质能使在灰化淀积层中已经淀积的金属-有机络合物中的 Fe、Al重新移动，迫使灰化淀积层下移或消失。这一特点表明，铁镁矿物含量低，气候寒冷湿润，腐殖质含量高，酸性强的土壤，三氧化物的淋溶作用大于它们的生物积累作用，腐殖质虽和 Fe、Al发生络合，但 Fe + Al / 有机 C 比率低，所以没有灰化淀积层形成，或有灰化淀积的迹象，但不符合灰化淀积层的规定条件。这样的土壤在美国归入始成土纲，我们归入硅铝土纲，称灰棕壤。

## （三）形态特征

在剖面形态上一般有如下的发生层：1. O层（森林凋、残落物和苔藓残体），厚约2—6cm，松软有弹性，具大量白色真菌菌丝体；2. E层（漂白层），灰白色(2.5Y7/1)，或淡红灰色(10R 7 / 1)，厚3—10cm，硅酸盐粘粒、铁铝等物质淋失，石英或其它抗风化矿物的砂粒或粉粒相对富集，但在有的剖面中该层粘粒含量并没有明显下降；3. Bs层（灰化淀积层），自上而下为暗褐色(7.5YR 3 / 4)至明褐色(7.5YR 5 / 6)或赤褐色(5 YR 4 / 6)至明褐色(7.5YR 5 / 6)，厚20—30cm。有的剖面在O层与E层间还有粗有机质及土体掺合而成的A1层，具多量真菌菌丝体。

# 二、灰土的分类

## （一）诊断层

原来作为灰壤基本特征的灰烬状层(E, A2 或 Ae)已停止作为灰土的诊断层，其理由是：

1. 在许多森林地区，由于树木吹倒和其他扰动，灰土E层是不连续的。
2. 耕作可以完全消灭灰土的E层。
3. 许多棕色灰化土的B层(无E层)有着和具E层的灰土相同的Bir(Bs)层性质。

由于美国土壤系统分类 (Soil Survey Staff, 1975) 已在硅酸盐粘粒聚积的淀积层和活性无定形有机-三二氧化物聚积的淀积层之间提出了明确的区别。前者称为淀积粘化层，而后者称为灰化淀积层(Spodic horizon)。为了适应世界各国以灰化淀积层作为灰土的诊断层

的现状并有利于国际学术交流，我们主要引用美国的灰化淀积层（其中增加了部分我们和法国提出的指标）作为划分灰土土纲的依据。

我们是根据野外和实验室标准来定义灰化淀积层。在野外，淋溶层和灰化淀积层之间的界线常是突变的，尤其是在排水良好的灰土内。在灰化淀积层中最红的（色调），最暗的（最低的亮度）或最鲜艳的（最高的彩度）颜色必须在该层的上部。除此条件外，相对强的灰化淀积特征的表现——或胶结层次（薄铁磐）或无定形物质的球粒——要符合灰化淀积定义。这些条件是以淀积物质的化学成分和活性为依据的。焦磷酸盐提取液主要提取和有机化合物结合的Fe和Al，而柠檬酸-连二亚硫酸盐提取液提取未与有机质结合的游离氧化物及其水合物。为了强调有机-三二氧化物的络合物，定义要求，焦磷酸盐提取的Fe和Al的总量要相对高于柠檬酸-连二亚硫酸盐提取的Fe、Al总量。同样为了排除以硅酸盐粘粒为主的发生层，焦磷酸盐提取的Al加Fe或Al加C百分数必须相对高于在该层中粘粒的百分数。此外，为了排除弱发育的土壤，该层必须有一由非硅酸盐粘粒来的相对大的阳离子交换量（CEC）。

下面将灰化淀积层定义和所需条件简述如下：

灰化淀积层：是螯合淋溶作用而形成的一种淀积层。其符合以下条件：

1. 有机质与铁或铝或与铁铝结合并完全胶结厚度超过2.5cm的亚层，颜色或随深度加深是均一的，或在顶部附近有最红色调或最高彩度的亚层；
2. 有一个或若干符合下列条件的亚层（表1）：(1)如可提取的Fep% $\geqslant$ 0.1%，用焦磷酸盐在pH10时提取的(Fep% + Alp%) ÷ 粘粒% $\geqslant$ 0.2；如可提取的Fep<0.1%，则焦磷酸盐在pH10时提取的(Al% + C%) ÷ 粘粒% $\geqslant$ 0.2；(2) 焦磷酸盐提取的(Fep% + Alp%) ÷ 柠檬酸-连二亚硫酸盐提取的(Fedc% + Aldc%) $\geqslant$ 0.5；(3) 无定形物质积累综合指数(pH8.2时阳离子交换量 - 1/2粘粒%) × 厚度cm数 $\geqslant$ 65；
3. 土壤基质部分主要由棕—红棕色腐殖质组成，并以腐殖质球粒集合体状态存在，也有一些游离的腐殖质球粒。在有的矿物颗粒或岩屑周围有断裂的腐殖质胶膜；
4. 有机质含量高于上伏和下垫土层，碳氮比一般 $>$ 14。

## （二）土壤分类

灰土纲的分出主要是根据反映或控制主导成土过程的关键诊断层（灰化淀积层）加以划分。

土纲以下根据对现在成土过程起控制作用的性质划分亚纲，针对我国灰土的实际材料，按灰土中灰化淀积层各亚层的游离铁含量以及它和碳元素之比分出一个正常灰土亚纲。

土类按反映主要成土过程或次要控制因素的综合强度性质分出一个灰壤土类。

## （三）分类检索

灰土中灰化淀积层各亚层的游离铁含量 $>$ 0.1%，它和碳元素之比 $<$ 6，但 $>$ 0.2的………

……………E<sub>1</sub> 正常灰土

正常灰土中有厚达2cm以上，连续的漂白E层，它和灰化淀积层中富含有机碳的亚层能明显分开的……………E<sub>1.1</sub> 灰壤

灰壤中有泥炭表层和在漂白E层中或灰化淀积层上部出现灰斑或锈斑的……………

……………E<sub>1.12</sub> 滞水灰壤

其他灰壤……………E<sub>1.11</sub> 普通灰壤

表1 土壤的某些化学性质

土壤名称	发生层	深度 (cm)	全C %	全N %	C/N	Fed	Ald	Fep	Alp	Fep + Alp	Fep + Alp	无定形物	Fed
						%	%	%	%	粘粒	Fed + Ald	质积累指数	全C
灰壤	A	6—15	21.56	1.109	19.4	1.51	0.74	0.92	0.87	0.13	0.80	870	0.07
T <sub>3-068</sub> ,	E	15—25	3.85	0.138	27.9	0.55	0.14	0.13	0.03	0.01	0.23	166	0.14
察隅甲草	Bhs <sub>1</sub>	25—36	11.52	0.443	26.0	4.00	1.04	2.97	0.67	0.39	0.72	638	0.35
拉甫, 海	Bhs <sub>2</sub>	36—51	6.83	0.191	35.7	2.07	1.72	0.46	0.53	0.06	0.26	923	0.30
拔3780m, 花岗	Bhs <sub>3</sub>	51—79	1.25	0.104	12.0	0.92	0.53	0.22	0.34	0.09	0.39	553	0.74
岩坡积物	BC	79—100	0.56	0.026	21.6	1.45	0.45	0.09	0.20	0.03	0.15	286	2.59
	C	100—110	0.44	0.024	18.4	1.27	0.60	0.06	0.15	0.03	0.11	1315	2.89
灰壤	E	6—15	7.00	0.319	21.8	0.80	0.15	0.29	0.11	0.02	0.42	214	0.11
HD-091	Bhs <sub>1</sub>	15—22	8.13	0.351	19.9	5.32	0.53	2.55	0.31	0.16	0.49	377	0.65
中甸林业	Bhs <sub>2</sub>	22—38	5.94	0.300	19.8	5.11	0.82	2.58	0.56	0.24	0.53	725	0.86
局吉沙林	Bhs <sub>3</sub>	38—47	5.61	0.194	28.9	4.60	1.46	2.42	1.12	0.27	0.58	335	0.82
场山顶,	BC	47—65	1.44	0.066	21.8	2.81	1.00	0.29	0.66	0.07	0.29	232	1.60
海拔3850m, 片岩													
残积物													
灰化灰棕壤珠-023	E	13—20	4.14	0.220	18.8	0.32	0.16	0.75	0.10	0.01	0.31	97	0.08
珠珠-023	B <sub>1</sub>	20—28	11.88	0.509	23.4	6.57	2.44	7.46	0.87	0.12	0.17	894	0.55
聂拉木德	B <sub>2</sub>	28—48	6.98	0.256	27.3	3.03	2.96	4.98	0.43	0.18	0.25	1428	0.43
青塘南	BC	48—75	2.16	0.109	19.8	0.79	0.92	1.14	0.15	0.05	0.38	492	0.37
山, 海拔3740m,	C	75—85				1.22	1.37	1.57	0.18	0.20	0.38	344	
二云母片岩为主的冰碛物													
灰壤	E	0—3	3.45	0.10	34.5	0.21	0.03	0.11	0.06	0.02	0.71		0.06
87-长-4,	Bhs <sub>1</sub>	3—8	2.23	0.08	27.9	0.54	0.23	0.38	0.34	0.25	0.95		0.24
长白山杜	Bhs <sub>2</sub>	8—13	2.45	0.10	24.5	0.48	0.35	0.43	0.49	0.19	1.11		0.20
香落叶松林	Bhs <sub>3</sub>	13—37	2.86	0.10	23.6	0.52	0.41	0.42	0.49	0.18	0.99		0.22
标准地, 海拔1380m,													
火山灰、浮石													
灰化寒棕壤	A	0—6	3.97	0.15	26.5	0.88	0.15	0.14	0.10	0.02	0.23		0.22
87-长-2, 长白山红松云冷杉林标	B <sub>1</sub>	6—13	1.85	0.08	23.1	1.12	0.34	0.14	0.22	0.17	0.25		0.61
准地, 海拔1250m	B <sub>2</sub>	13—41	0.48	0.02	24.0	0.66	0.17	0.03	0.14	0.08	0.20		1.38

### 三、两点说明

#### (一) 灰化淀积层化学指标的限定范围

为了使灰土和灰化淀积层的定义规定得严格, 灰化淀积层的指标明确具体, 中国土壤系

(下转第88页)

化特征极为明显，理当确定为淀积粘化层。按照美国的指标，只有No. 3不具有粘化层。可见，美国系统分类中有关淀积粘化层所确定的标准可以全部为我们所用。

基岩风化发育的土壤形成的粘化层与黄土中粘磐层，在粘粒来源上，有较大差异。前者来源于母岩直接风化，后者则大部分来自母质。为了区分淀积粘化层和粘磐层，淀积粘化层的确定标准，只要在美国的标准前，附加“淀积层粘粒直接来源于母岩风化”这一条件即可。

4. 粘粒阳离子交换量测定值与计算值的比较 “二稿”指出：土壤粘粒有效阳离子交换量和粘粒阳离子交换量，分别是从土壤有效阳离子交换量和阳离子交换量换算而来。这种做法值得商榷。粘粒CEC的测定值是用 $1\text{NNH}_4\text{OAc}$ (pH7.0)法测定氢饱和粘粒而得。由表4可知，测定值普遍低于计算值，其原因可能是粉粒带有部分电荷，对土壤阳离子交换量有一定的贡献。粉粘比越大，粘粒CEC计算值与测定值相距越远。对高度风化的土壤(即粉粘比低的土壤)而言，粘粒CEC的计算值与测定值较接近。看来，应当研究其适用范围。但为了统一标准起见，最好全部采用测定值。

根据以上的讨论和建议以及“二稿”中的其他标准，对前述在分类中找不到合适位置的10个供试土壤，则可做如下归类：(1)粘淀黄棕壤亚类(No. 1、No. 2、No. 5、No. 6、No. 7和No. 9)；(2)贫盐基黄棕壤亚类(No. 4)；(3)粘淀红褐土亚类(No. 10)和(4)土质初育土亚纲(No. 3和No. 8)。

#### 参 考 文 献

- [1] 张俊民，大别山北部地区之土壤。土壤专报，第37号，1980。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类基金课题组，中国土壤系统分类(二稿)，土壤学进展土壤系统分类研讨会特刊，1987。
- [3] (美)康奈尔大学农学系编(赵其国等译)，美国土壤系统分类检索，科学出版社，1985。

(上接第74页)

统分类表中所列出的灰土纲不包括其他分类系统中许多分为灰壤的土壤。例如加拿大许多分为灰化的土壤，其焦磷酸盐与柠檬酸-连二亚硫酸盐提取的 $\text{Al} + \text{Fe}$ 比率 $< 0.5$  (美国 $\geq 0.5$ )，或焦磷酸盐提取的 $\text{Fe} + \text{Al}$ 与粘粒之比 $< 0.2$  (美国 $\geq 0.2$ )。如按加拿大标准划分灰土，就会把灰土界限扩大，把具有灰化淀积层和具有淀积粘化层或硅铝层的土壤混淆，造成灰土界限不清，类型庞杂。为避免此弊病，我们采用了美国灰化淀积层的化学指标。

#### (二) 有关土类中灰化亚类的诊断指标

硅铝土纲内的灰棕壤、酸性棕壤和寒棕壤三个土类中，它们的亚类都分出了一个灰化亚类，主要根据未达灰化淀积层规定标准的弱发育灰化淀积层的特性加以划分，我们把弱发育灰化淀积层的特性称为灰化淀积特性，反映该特性的指标是焦磷酸盐提取的 $\text{Al} + \text{Fe}$ 与粘粒( $< 0.002\text{mm}$ )之比为 $0.19 - 0.05$ 。 (参考文献略)