

土壤发生中的化学过程

于天仁 陈志诚 主编

科学出版社

土壤发生中的化学过程

于天仁 陈志诚 主编

科学出版社

1990

内 容 简 介

本书是由中国土壤学会土壤化学专业委员会和全国土壤分类协作组邀请我国有关的优秀学者编写而成,内容反映了国内外有关土壤发生中的化学过程方面的研究现状和最新观点。书中深入地论述了溶解-沉淀、络合作用、酸化作用、氧化还原反应、离子吸附和交换等过程的基本原理;阐述了土壤发生过程中原生矿物的分解和粘粒矿物的形成、有机质的形成和分解、物质迁移等普遍现象的机理;阐明了盐化、碱化、钙化、粘化、富铁铝化和潜育化等主要成土过程的本质。

本书可供土壤学、地理学、环境科学、农业科学等有关专业的科技工作者参考。

土壤发生中的化学过程

于天仁 陈志诚 主编

责任编辑 洪庆文

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

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

*

1990年2月第一版	开本:787×1092 1/32
1990年2月第一次印刷	印张:16 1/4
印数:0001—163	字数:363 000

ISBN 7-03-001439-1/S·47

定价:16.20元

序

土壤是地壳的最外层部分,与人类生活的关系极为密切。土壤作为一种自然体,正如其他的许多自然体一样,具有其本身特有的发生和发展规律。由于土壤所处的环境千差万别,所以在不同的自然条件下,土壤的发育方式和程度各有特点,因此,我们现在所看到的是各种不同的土壤类型。土壤发生学就是研究土壤的发生和发展的规律及其与环境条件的关系的科学。它是土壤分类学的基础。

在土壤中所进行的各种过程有物理的、化学的和生物的。许多物理过程如温度的变化和水分的进入等为化学过程的进行提供了有利的条件,许多生物过程如微生物的生命活动等为化学过程提供了动力。但是土壤发生的实质是各种元素的重新组合及其迁移,这些变化服从化学作用的基本规律。土壤所处的各种环境条件对土壤发生和土壤类型的影响,归根到底是通过土壤中所发生的各种化学作用的影响来体现的。

因此,随着近代土壤学的发展,学者一改过去仅凭环境条件和形态特征去推断土壤的发展史的表观研究方法,而愈来愈着重研究土壤发生过程的化学本质。特别是自本世纪30年代以来,随着现代化学方法在土壤研究中的广泛应用和土壤化学基本规律的逐渐阐明,愈来愈清楚地了解了土壤发生中的各种化学过程。这也使现代土壤分类学得以建立在较坚实的科学基础之上。现在在国际上影响较大的美国系统土壤分类制,就是这方面的一个明显例子。

中国地跨寒温带至热带,包括湿润地区和干旱地区,高度自海平面至世界屋脊,土壤类型极为繁多,可以说世界上几乎所有的主要土壤类型在中国都有分布。另一方面,我国土壤工作者人数最多(中国土壤学会 1986 年有会员 7800 人,而苏联和美国则分别为 5986 人和 5800 人,澳大利亚和加拿大则分别为 782 和 390 人)。长期来,特别是在解放以后,在土壤调查方面已进行了大量的工作。从这些条件看,我国的土壤发生和分类学应该有一个较好的基础,并在国际上占有一定的地位。

但是纵观我国的现状,应该说,我国的土壤发生和分类的现有水平还不高,与国际先进水平相比还有相当大的差距。这方面的一个具体表现是,至今还没有一个较合适的全国土壤分类系统,这也使在国际交流时发生了一些困难。

造成这一现象的主要原因之一是,我国对土壤发生的研究基础甚为薄弱。因为土壤分类应是建立在对各类土壤的特点的充分认识的基础上,这种认识应是来源于对土壤中的发生过程的认识,而这正是中国的薄弱环节。

造成这种情况是有历史原因的。在 30 年代中国近代土壤学初创时期,着重于土壤调查,这在当时是必要的,但以后没有开展相应的土壤发生学研究,以致未能跟上世界土壤学的发展。而且,30 年代时期的某些传统和观念在解放后一个相当长的期间内还有颇大的影响,这对中国土壤发生学的开展不能不起一定的阻滞作用。另一方面,在 50 年代,一边倒地、片面地学习苏联土壤地理发生学,因为苏联的土壤发生学强调自然条件,从而使中国土壤发生学的发展受到了更大的阻碍。此外,长期来中国土壤化学的基础极为薄弱,很少有人从土壤发生的角度研究土壤化学问题。这些因素结合起来的后果是,近二三十年来,在西方土壤发生分类学是长足进步

了,而我国却进展迟缓。

近年来我国有许多土壤学者深感我国土壤发生分类学的现状不能适应客观的需要,有些学者并已在土壤发生中的化学过程方面进行了一些研究。但总的说,这方面的工作还太少,而且化学过程在土壤发生中的重要意义还没有被普遍认识。

中国土壤学会土壤化学专业委员会和全国土壤系统分类协作组考虑到这种情况,组织了一次“土壤发生中的化学过程研讨会”。本书就是在这个研讨会的讲义的基础上修改而成的。

本书的目的是综述关于土壤发生中的化学过程的国内外研究现状,使读者对有关的问题有个概括的了解,并起一种抛砖引玉的作用,使更多的土壤工作者进一步开展这方面的研究,以便与土壤发生中的物理过程和生物过程的研究(我国这方面的研究也是很少的)结合起来,更深入地从土壤本身特性的角度去认识我国的土壤类型。

但是读者从本书的内容可以看到,由于多种原因,本书在许多方面还不能令人满意。特别是我国长期来形成的土壤化学学科分支和土壤发生分类学科分支之间的“泾渭分明”的传统一时不易克服,因而本书还缺乏其应有的系统性。对于这些缺点,只能期望将来有一本代替本书的更系统、更充实的专著来消除。

于天仁 龚子同

1987年4月

前 言

为了提高我国土壤地理工作者对土壤发生中的各种过程特别是化学过程的认识水平,以促进我国土壤发生和分类的研究,中国土壤学会土壤化学专业委员会和全国土壤系统分类协作组于1986年12月在南京联合举办了“土壤发生中的化学过程研讨会”。会上邀请国内的有关学者进行了专题主讲,随后以讲义为基础,经过讨论和修改,编写成此书。

土壤发生在很大程度上是土壤中各种化学过程的综合表现,土壤发生与土壤化学过程密切相关。书中第一章对土壤发生与化学过程的关系作了历史的、概括的论述,以说明对土壤中化学过程的认识在阐明土壤发生时的重要意义。

虽然土壤是由有机和无机物质组成的、包括固相、液相和气相的不均匀体,但其中进行的化学过程仍然是由各个基本的化学作用所组成,并且服从化学基本规律。因此,书中首先用五章的篇幅讨论有关的基本化学作用,即溶解-沉淀,络合作用,酸化作用,氧化还原作用及离子吸附和交换。这些章是讨论土壤发生中的化学过程时的基础。特别是近年来化学基本理论和方法的许多新进展在土壤化学研究中得到广泛的应用,土壤地理工作者如能掌握土壤中进行的这些基本化学作用的原理,就可以有助于进一步认识土壤发生中的种种现象的实质。

矿物的化学风化作用始终贯穿于所有的土壤形成过程。风化作用不仅使原来的矿物受到破坏和分解,而且又产生新的矿物。地表疏松的风化物只有在生物的参与下进行有机质

的累积和养分的小循环，才能变成为土壤。土壤中各种物质的移动，包括沿垂直方向的淋溶和淀积，是导致土壤具有层次的分异和剖面发育的主要原因。因此，在讨论了基本化学作用之后，又用三章的篇幅讨论土壤发生中普遍存在的一些复合的化学作用——基本的成土作用，即原生矿物的分解和粘粒矿物的形成、有机质的形成和分解及物质的迁移。

土壤的形成过程可以看做是成土因素的函数。在一定的环境条件下，土壤发生中有其特定的基本化学作用的组合和占优势的基本化学作用，使普遍存在的基本成土作用具有特殊的表现，因而构成有特征的成土过程。书中后一部分用六章的篇幅讨论主要的成土过程及其所发生的化学作用，即盐化和碱化、钙积、粘化、灰化、富铁铝化及潜育化。反映这些成土过程的特点的诊断土层和诊断特征是划分土壤类型的根据。因此，认识这些成土过程的实质，是进行土壤分类的基础。

本书的插图系由中国科学院南京土壤研究所土壤地理研究室绘图室绘制。

由于编者的水平所限，书中可能有许多错误，希望读者指正。

陈志诚

1987年4月

目 录

序.....	xiii
前言.....	xvii
第一章 土壤发生和化学过程.....陈家坊 (1)	
1.1 研究简史	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 矿物学观点	2
1.1.3 地球化学观点	3
1.1.4 内力观点	4
1.1.5 特征观点	6
1.2 成土过程与风化过程的关系	7
1.2.1 成土过程	7
1.2.2 风化过程与成土过程	8
1.3 化学风化作用	10
1.3.1 概述	10
1.3.2 矿物中元素的活化	11
1.3.3 物质的转化和迁移	15
1.4 化学风化的影响因素	17
1.4.1 成土条件对化学风化的影响	17
1.4.2 化学平衡与土壤类型	20
1.4.3 化学过程的阶段性与土壤类型	21
1.5 结语	24
第二章 溶解-沉淀	薛家骅(28)
2.1 引言	28
2.2 化学平衡	29
2.2.1 化学势和平衡常数	30

2.2.2	标准状态和平衡常数的值	31
2.2.3	溶解-沉淀平衡和溶度积	34
2.3	与土壤有关的平衡体系	36
2.3.1	碳酸盐平衡	36
2.3.2	氧化铝和氢氧化铝的溶解度	42
2.3.3	二氧化硅的溶解度	45
2.3.4	铝硅酸盐的溶解度	47
2.3.5	氧化铁的溶解度	51
2.4	土壤中的平衡问题	57
2.4.1	不完全溶解及局部平衡	57
2.4.2	石灰质母质上成土过程中的化学平衡	58
2.4.3	硅酸盐母质上的平衡图	60
2.4.4	固相的共沉淀	64
第三章	络合作用.....袁可能(67)	
3.1	引言	67
3.2	络合作用的原理	68
3.2.1	络合物的基本概念	68
3.2.2	络合物的类型	70
3.2.3	络合物的稳定常数	72
3.2.4	影响络合-离解平衡的因素	74
3.3	络合风化	77
3.3.1	一般概念	77
3.3.2	硅酸盐矿物的络合风化	80
3.3.3	非硅酸盐矿物的络合风化	82
3.4	络合淋溶作用	84
3.4.1	络合淋溶过程	84
3.4.2	络合物的沉淀与饱和度的关系	86
3.5	络合作用与剖面层次分化	89
3.5.1	一般概念	89
3.5.2	灰化过程	89
3.5.3	潜育化过程	92

第四章 酸化作用.....于天仁(96)

4.1 引言	96
4.2 土壤酸度的指标	97
4.2.1 酸的定义	97
4.2.2 质子转移反应	97
4.2.3 酸性强度	98
4.2.4 土壤酸的酸性强度	99
4.2.5 酸饱和度和盐基饱和度	100
4.2.6 石灰位	101
4.3 土壤中的质子转移反应	102
4.3.1 概述	102
4.3.2 溶液与生物相之间的转移反应	102
4.3.3 溶液内或溶液与大气之间的转移反应	105
4.3.4 溶液与固相之间的转移反应	106
4.4 土壤的缓冲性能	108
4.4.1 意义	108
4.4.2 碳酸钙缓冲范围	108
4.4.3 硅酸盐缓冲范围	109
4.4.4 阳离子交换缓冲范围	111
4.4.5 铝缓冲范围	112
4.4.6 氧化铁与缓冲作用	113
4.4.7 缓冲曲线	113
4.5 酸中和容量和碱中和容量	115
4.5.1 定义	115
4.5.2 参比 pH	117
4.5.3 氧化还原条件的影响	118
4.5.4 ANC 与 pH 的区别	119
4.6 土壤酸化和碱化的定量估计	120
4.7 不同生态条件下土壤的酸化作用	124
4.7.1 排水良好的淋溶型土壤	125
4.7.2 氧化和还原条件交替的土壤	125

4.7.3	长期渍水的土壤	126
4.7.4	干旱和半干旱地区的土壤	126
4.8	土壤酸化在土壤发生中的意义	127
4.8.1	概述	127
4.8.2	氢离子的作用	127
4.8.3	铝离子的作用	129
4.8.4	土壤颗粒的胶结作用	130
第五章	氧化还原.....刘志光 (133)	
5.1	引言	133
5.2	氧化还原的基本原理	133
5.2.1	氧化还原反应	133
5.2.2	氧化还原电位	135
5.2.3	E_h 与 pH 的关系	137
5.2.4	氧化还原缓冲性	139
5.3	土壤中的氧化还原体系及其化学行为	140
5.3.1	氧	140
5.3.2	铁	141
5.3.3	锰	142
5.3.4	硫	144
5.3.5	有机还原性物质	145
5.4	土壤中氧化还原状况的影响因素	146
5.4.1	通气状况	146
5.4.2	易分解的有机物质的状况	146
5.4.3	易氧化或易还原的无机物质的状况	149
5.4.4	植物根系的活动	149
5.5	土壤氧化还原状况与元素迁移、矿物分解及粘粒移动 的关系	151
5.5.1	元素的迁移	151
5.5.2	矿物的分解	151
5.5.3	粘粒的移动	152
5.6	氧化还原状况与土壤发育	152

5.6.1	土壤氧化还原状况的季节性变化	152
5.6.2	氧化还原状况与剖面层次的发育	154
5.6.3	氧化还原状况的微域变异	156
5.6.4	氧化还原状况与土壤分类	157
第六章	离子吸附与交换.....李学垣 (159)	
6.1	土壤的表面电荷与双电层	159
6.1.1	土粒表面的类型	159
6.1.2	土壤电荷	161
6.1.3	土壤胶体的双电层	162
6.2	阳离子交换	167
6.2.1	阳离子交换反应的特点	167
6.2.2	阳离子交换的选择性	169
6.2.3	阳离子交换量	173
6.3	土壤对阴离子的吸附	176
6.3.1	阴离子的非专性吸附	176
6.3.2	阴离子的专性吸附	178
6.4	离子的吸附、交换与土壤发生和分类	180
6.4.1	土壤发生过程中阳离子吸附量的变化	180
6.4.2	交换性阳离子组成与土壤发生分类	184
第七章	原生矿物的风化和次生矿物的形成...许冀泉 (189)	
7.1	引言	189
7.2	岩石和土壤中的矿物	191
7.2.1	原生矿物和次生矿物	191
7.2.2	岩石中的原生矿物	192
✓ 7.3	原生矿物的风化	195
7.3.1	物理风化和化学风化	195
7.3.2	原生矿物的稳定性	196
7.3.3	风化指示矿物	198
7.3.4	化学风化作用	200
7.3.5	生物在化学风化中的作用	203
✓ 7.4	次生矿物的形成	205

7.4.1	形成方式	205
7.4.2	形成条件	206
7.4.3	铁铝氧化物矿物的形成	209
7.5	原生矿物风化形成的次生矿物	212
7.5.1	石英和方英石的风化	212
7.5.2	长石的风化	213
7.5.3	云母的风化	218
7.5.4	铁镁矿物的风化	221
7.5.5	火山玻璃的风化	223
7.6	粘粒矿物的风化顺序	224
第八章	土壤有机质的形成和分解.....夏荣基 (230)	
8.1	引言	230
8.2	土壤有机质形成和分解过程中的生物作用	233
8.2.1	高等植物	233
8.2.2	微生物	235
8.2.3	土壤动物	236
8.3	土壤中有机物质的转化	237
8.3.1	土壤有机物质的成分和转化	237
8.3.2	不含氮的碳水化合物的转化	238
8.3.3	含氮的有机物质的转化	240
8.4	土壤腐殖质的形成	242
8.4.1	木质素的转化	242
8.4.2	腐殖质的形成	246
8.4.3	腐殖化系数	249
8.4.4	土壤腐殖质的分解	250
8.4.5	土壤腐殖质的平均存留时间	253
8.4.6	土壤腐殖质的组成	254
8.4.7	土壤和腐殖质中氨基酸的组成	256
8.5	我国土壤中的腐殖质	258
8.5.1	胡敏酸和富啡酸的组成和性质	258
8.5.2	不同土壤中腐殖质组成的变异	259

8.5.3	不同地带中土壤有机质循环的特点	261
第九章	物质迁移	龚子同 (265)
9.1	引言	265
9.2	溶解迁移	266
9.2.1	概述	266
9.2.2	水迁移系数	267
9.2.3	元素水迁移的地球化学区分	270
9.2.4	不同风化成土阶段的元素迁移	274
9.3	还原迁移	276
9.3.1	定义	276
9.3.2	还原过程中的元素迁移	276
9.3.3	还原迁移和剖面发育	278
9.4	螯合迁移	279
9.4.1	定义	279
9.4.2	土壤中螯合物的特点	280
9.4.3	螯合物在剖面中的迁移	282
9.4.4	还原性土壤中的螯合迁移	283
9.5	悬粒迁移	284
9.5.1	定义	284
9.5.2	各类粘粒的悬迁	285
9.5.3	剖面中的悬迁	286
9.6	生物迁移	287
9.6.1	元素的生物地球化学分类	288
9.6.2	元素的生物迁移	290
9.6.3	生物迁移对土壤的影响	291
9.7	结语	293
第十章	盐化和碱化	俞仁培 (297)
10.1	引言	297
10.2	土壤盐分的来源	297
10.2.1	矿物的风化	298
10.2.2	降雨	300

10.2.3	盐岩	302
10.2.4	灌溉水	302
10.2.5	地下水	305
10.2.6	人为活动	306
10.3	土壤中盐分的迁移和累积	307
10.3.1	主要的可溶性盐	307
10.3.2	盐类的溶解度	309
10.3.3	盐分的迁移	311
10.3.4	盐分的累积	316
10.4	土壤中的固体盐和结壳	317
10.5	土壤的碱化	318
10.5.1	苏打形成的机理	318
10.5.2	土壤的碱化过程	323
10.5.3	环境条件的影响	325
10.6	土壤碱化的指标和分级	326
10.6.1	ESP	327
10.6.2	SAR	329
10.6.3	pH	332
第十一章 钙积		雷文进 (338)
11.1	引言	338
11.2	碳酸盐的来源	341
11.2.1	母质	341
11.2.2	空气运送的含石灰灰尘	341
11.2.3	地下水	343
11.2.4	植物残体	344
11.2.5	其他来源	345
11.3	碳酸盐的溶解	345
11.3.1	与组成元素的化学性质的关系	345
11.3.2	与碳酸的关系	346
11.3.3	温度的影响	347
11.3.4	共存钠盐的影响	348

11.4	碳酸盐的移动	349
11.4.1	碳酸盐的淋溶	349
11.4.2	碳酸盐的返回	350
11.4.3	碳酸盐的淋溶深度	352
11.5	碳酸盐的淀积和钙积层的发育	352
11.5.1	概述	352
11.5.2	砾质物质中钙积层的发育阶段	354
11.5.3	非砾质物质中钙积层的发育阶段	355
11.5.4	发生序列的会聚	356
11.6	碳酸盐聚积层的种类和鉴定	359
11.6.1	钙积层	360
11.6.2	石化钙积层	361
第十二章 粘化作用.....曹升赓 (366)		
✓ 12.1	引言	366
12.2	残积粘化作用	368
12.2.1	定义	368
12.2.2	粘粒的生成	368
12.2.3	影响土壤中粘粒生成的因素	374
12.2.4	不同气候地区残积粘化作用的特点	378
12.2.5	残积粘化层的演变	380
12.2.6	残积粘化的估算	380
12.3	次生粘化作用	382
12.3.1	定义	382
12.3.2	次生粘化的发生	382
12.3.3	次生粘化层的特征	383
12.4	淀积粘化作用	384
12.4.1	概述	384
12.4.2	粘粒的分散	384
12.4.3	粘粒的迁移	391
12.4.4	粘粒的淀积	394
12.4.5	淀积粘化层的特征	397