

S218
2
南京林业大学交流讲义

土 壤 学

(下 册)

张献义 编

南京林业大学

森林土壤教研组

一九八六年九月

目 录

第十二章	土壤形成和分类	12—1
第一节	土壤形成因素	12—1
一、	土壤形成因素学说及其发展现状	12—1
二、	五大自然成土因素	12—4
三、	人类活动在土壤形成中的作用	12—15
第二节	土壤形成过程和土壤剖面	12—16
一、	土壤形成过程的一般概念	12—16
二、	土壤剖面构造	12—18
三、	土壤剖面的形态特征	12—23
第三节	土壤分类	12—36
第四节	土壤分布与区划	12—47
一、	土壤分布	12—47
二、	土壤区划	12—69
第十三章	温带草原和荒漠土壤	13—1
第一节	地理位置和自然条件	13—1
第二节	各类土壤的概述	13—2
一、	黑钙土	13—2
二、	栗钙土、棕钙土和灰钙土	13—3
三、	漠土	13—4
四、	黑垆土和绵土	13—5

五、黑土	13—6
六、草甸土和沼泽土	13—7
七、盐土	13—8
八、碱土	13—9
九、沙土	13—10
十、山地草甸土和山地草原土	13—11
第三节 一些土类的林业利用	13—12

第十四章 温带森林土壤 14—1

第一节 地理位置和自然条件	14—1
第二节 各类土壤的概述	14—2
一、漂灰土	14—2
二、棕色针叶林土	14—3
三、暗棕壤	14—4
四、棕壤	14—5
五、褐土	14—5
六、灰色森林土和灰褐土	14—6

第三节 各类土壤的利用改良

第十五章 亚热带和热带森林土壤 15—1

第一节 地理位置和自然条件	15—1
第二节 各类土壤的概述	15—3
一、红壤	15—6
二、黄壤	15—15
三、砖红壤	15—21

四、赤红壤.....	15—26
五、燥红土.....	15—31
六、黄棕壤.....	15—35
七、紫色土.....	15—41
八、石灰(岩)土.....	15—49
九、滨海盐土.....	15—59
十、滨海沙土.....	15—65
第三节 各类土壤的林业利用和改良.....	15—69

第十二章 土壤形成和分类

第一节 土壤形成因素

一、土壤形成因素学说及其发展现状

前已指出，土壤在自然界不是孤立存在的，而是与大气圈、岩石圈、生物圈处在经常相互作用之中，这种相互作用是表现在它们之间不断地进行着物质和能量的转化和交换。因此，要认识土壤的发生发展规律，必先研究土壤发生发展的条件及其所进行的物质和能量的转化和交换。土壤形成因素学说就是研究各种条件在土壤形成过程中所起的作用的学说，也就是研究土壤与其所处的环境条件之间发生学关系的学说。这个学说能揭示土壤与环境的辩证统一性，并能比较全面、正确地解释土壤的形成性态和分布规律，预测或控制土壤的发展方向。因此，这个学说不仅是土壤学的重要理论基础，而且，对林业生产实践也具有重要的作用。

早在1860年，美国土壤学家赫尔加德（E. W. Hilgard）已经发现，并提醒人们注意研究气候、植被、岩石物质与所发育的土壤类型之间的关系。十九世纪七十至八十年代，俄国土壤学家道库恰耶夫完整地提出了土壤形成因素学说。后来经过其他土壤学者的工作，此学说又有了进一步的发展。

道库恰耶夫在长期土壤调查工作中发现了土壤的形成、性态、类型和分布是与其所处的自然条件有着密切的关系。他在工作总结

中确定：“土壤正如任何植物、任何动物、任何矿物一样，同是独立的自然体。它是以下成土因子：当地气候、植物和动物、地区的地形和年龄以及母质等相互作用的结果。所有这些成土因子实际上都是同等重要的因素，同等地参予正常土，即原地发育的土壤的形成。”（道库恰耶夫全集，六卷，四〇六页）他还应用数学分析法来研究土壤与成土因素之间的关系，提出如下的函数式：

$$\Pi = f(K, O, \Gamma) B$$

式中 Π 代表土壤， K 、 O 、 Γ 、 B 依次代表气候、生物、母岩、时间， f 指函数。

由于他认为地形只对泛域土有重要意义，而未列入公式之内。这个公式在认识上虽是初步的，但基本观点是正确的。道库恰耶夫所说的成土因素的同等重要性，应理解为各成土因素是互相同时地影响着土壤的形成，而不是指每个因素对土壤形成的影响，处处都起着相等的作用。道库恰耶夫的土壤形成因素学说辩证地说明了世界事物普遍联系的基本法则，说明了土壤有它自己的发生发展规律，从而抛弃了当时流行的，土壤是地质的或化学作用产物的片面观点，使土壤学成为一门独立的自然科学研究的对象。这一伟大贡献，得到世界各国土壤学者的公认。但是，他对生物因素在土壤形成中的作用，认识和研究不够彻底。

柯斯特切夫（П. А. Костычев），特别是威廉斯对此有明确的认识和阐明。威廉斯认为土壤的本质特性是具有肥力，而土壤肥力是生物在岩石或母质表层进行生命活动的结果。所以，他从此角度认为土壤是在以生物为主导的各种成土因素的综合作用下形

成和发展的。同时，他还认为，自从土壤成为人类的劳动对象和生产资料时起，人类的生产活动也是一个重要的成土因素。

美国土壤学者京尼 (Hens Jenny)，对道库恰耶夫的成土因素公式作了补充和发展，他的公式是：

$$S = f (Cl, O, r, P, t, \dots)$$

式中 S 代表土壤性状，Cl、O、r、p、t 依次代表气候、生物、地形、母质、时间。点号为其它因素。

同时，他认为在土壤形成过程中，生物起主导作用也不是千篇一律的现象。不同地区，不同类型的土壤的形成中，往往有某个因素所起的作用超过其它因素的综合作用。这样，五种成土因素就有相应的以某个因素占优势的五大组函数式：

$$S = f (Cl, O, r, p, t \dots) \text{ 气候函数式}$$

$$S = f (O, Cl, r, p, t \dots) \text{ 生物函数式}$$

$$S = f (r, Cl, O, p, t \dots) \text{ 地形函数式}$$

$$S = f (P, Cl, O, r, t \dots) \text{ 岩石函数式}$$

$$S = f (t, Cl, O, r, p \dots) \text{ 时间函数式}$$

式中优势因素放在右侧括弧内首位。在研究某一成土因素对土壤性状的作用时，可利用上式进行数学分析，最后得出成土因素相对作用的大小，作为土壤分类的依据，或根据已知条件，预测土壤性质及其可能的变化。

近年来，国内外一些土壤学者，根据最新研究成就，提出了土壤形成过程中还存在地球内部的深层因素。这是指土壤形成受到内生性地质现象（如火山、地震、新构造运动、地球化学的物质富集

和深层地下水上升等)的影响。这些地质作用产生于地表下数百米和数千米处。它们虽然不是经常普遍地对所有土壤的形成都起作用。但有时对某些地区土壤却起着特殊的作用。例如,能将大量物质抛向地表的火山作用,中断原来的成土作用,影响到现代土壤的形成和性质。一般来说,受火山作用影响新形成的土壤,其肥力都是比较高的。地震带上的土壤由于地震而遭到不断地破坏,正常发育的土层常被搅乱。有时,咸地下水位的急剧上升而使土壤发生盐渍化。新构造运动对现代土壤的形成过程有很大的影响。强烈上升区会增强侵蚀和淋溶过程,严重侵蚀区土壤可一直保持幼年状态。在下沉区则引起机械的、化学的和生物成因的沉积物的聚积,使原生土壤被掩埋,甚至改变其成土方向。地球化学的物质富集对土壤形成的影响表现为埋藏于深层的某种矿床有关。例如,在铜矿中央部分的土壤含铜量可比周围地区土壤高出数倍。在石油矿床的地下水上升,可引起土壤的盐渍化等。

二、五大自然成土因素

既然,土壤的形成、性态类型、和分布与成土因素有密切关系,因此,我们不论在野外观察土壤剖面形态特征或在室内分析土壤的组成和性质时所得到的现象和数字,都应该与作用于土壤形成过程的因素联系起来。只有这样,才能正确阐明土壤形成的特点及拟定合理利用和改良土壤的正确措施。上述各种因素对于土壤形成、性质和分布的作用是互相联系,互相依赖,互相制约的。下面分开单独说明,只是为了方便而已。

(一) 母质

母质是岩石的风化产物，它在土壤形成过程中提供矿物质。矿物质一方面是土壤的“骨架”，另一方面是植物矿质营养元素的最初来源。所以母质的机械组成和化学成份对于土壤形成的影响最大。例如长江流域及其以南地区石英砂岩与石^岩母质对于土壤的形成和性质就有不同的影响。在相似的其它成土因素影响下，由于石灰岩的矿物颗粒一般多细小，主要成分是碳酸钙，在其成土初期，就形成盐基含量多，活性铝少，呈中性至弱碱性反应的偏粘质土壤；而石英砂岩，多砂粒，富氧化硅，少盐类，就形成盐基含量少，活性铝多，呈酸性反应的偏砂壤质土壤。

母质对于土壤化学成分和机械组成的影响是相当普遍的，因而一个地方或一个山区的土壤形成，性质和分布往往是由于岩石和母质的差异而引起的。但是，母质对于土壤的形成，性质和分布的影响也会随着其它因素的影响而改变。例如：在广西融县石灰岩地区，石灰岩发育的土壤虽然都是粘质土，但在山顶及岩隙间发育的是中性的红色石灰土；而在排水良好的地形部位上却是酸性的红壤了。这是石灰岩母质中的碳酸钙在时间、地形、水分等因素影响下，淋溶作用不同的结果。

从以上所述表明：母质在其它因素制约下，可以直接影响土壤形成的方向和速度。成土过程愈久，土壤性质与原来母质性质差异就越大。但是母质的某些性质仍将长期保留于土壤性质中，而不致完全消失。例如，含磷高的石灰岩母质在土壤形成过程中，虽然碳酸钙遭受淋溶，土壤变为酸性，但仍保留其含磷量高和机械组成粘重的性质。一般情形，母质在干旱地区较湿润地区易于保存其固有性质；陡坡上冲刷剧烈，母质性质直接决定浅薄土壤的性质。由于我国山区母质复杂，历史上土壤遭受过严重冲刷，土壤发育时间短，

因此，我们应该多注意母质对于土壤和林木生长的影响，以便因地制宜地选择造林树种和合理利用改良土壤。

(二) 生物

生物是影响土壤形成和发展的积极而主要的因素。它的影响主要表现在有机物质的合成和分解的物质生物循环方面。微生物和绿色植物自参加土壤形成时起，就积极而广泛地影响土壤的形成和性质。绿色植物不但以它合成的有机物质丰富了土壤，使土壤养分、水分因素得到根本的改变和发展；而且它的根部还经常与土壤进行气体、矿物质和有机质的交换，同时也产生机械力量，促进岩石风化和土壤结构的形成等。土壤微生物在分解矿物、有机质以及合成腐殖质和积累氮素等养分方面都起着极重要的作用。土壤动物区系在有机残余物的分解和掺混土壤、促进结构形成等方面也起着很大的作用。

众所周知，绝大多数土壤的表层肥力都比底层高些，其原因就是生物作用的结果。但是，不同绿色植物加入土壤的有机质成分、性质不同，不同微生物分解有机物的特点不同，因而在不同绿色植物和微生物作用下，物质的生物循环特点和类型不同，于是就形成了不同的土壤类型。例如温带湿润地区，在草本植物群社影响下，就形成具有中性反应的深厚腐殖质层的土壤。在木本植物群社，特别是针叶林影响下，就形成具有酸性反应的枯枝落叶和较薄腐殖质层的土壤。

由于亚热带、热带的植物四季常绿，生长繁茂，生物累积过程长而强烈，因此对于土壤形成和性质的影响既大且快。例如南方农民解放前常选择阔叶林土壤开垦为农田或杉木、毛竹的造林地，利用数年至数十年后就抛荒，然后经过几十年，随着草本或灌木到杂

木林的自然演变影响后，又可开垦利用。在这个过程中随着植被的变化，土壤的形成和性质也相应地发生变化。（表12—1）

由表可见，在人为影响下次生植被对于土壤化学性质的影响是不同的。一般来讲，森林植被下的土壤肥力较高，灌木林下次之，草地又次之。这完全证实了群众识土，用土的实际经验的正确性。

从以上叙述中表明：生物是影响土壤形成、性质和分布的积极而主要的因素，它直接影响土壤形成的方向和速度。但是，生物因素也不是土壤形成的唯一因素，同时也不能脱离其它因素孤立的进行作用。例如气候、母质、地形、时间等因素以及人类生产活动都影响物质的生物累积过程，从而也影响它对土壤作用的速度和强度。特别是在亚热带和热带的风化、淋溶和侵蚀作用强烈进行的情况下更是如此。也正因如此，深入查明不同植被类型的生物累积过程的特点，就更具有科学和实践意义。

（三）气候

气候也是参与土壤形成过程的因素。它直接提供土壤形成过程中的水分、空气、光和热等，但其中以水分和热量最为重要。因为水热条件决定原生岩风化和次生矿物的形成，影响有机质的合成和分解，也就是影响土壤形成过程中物质和能量转化与移动的方向和速度。例如寒冷干旱地带，岩石化学风化速度慢，绿色植物每年合成有机质的总量较少，有机残余物分解也慢，于是物质与能量转化作用慢，土壤形成过程中的盐基不易淋失，土壤就成盐基饱和状态。反之，高温湿润地带，岩石化学风化速度快，绿色植物合成有机质总量多，有机残体分解也快，于是物质和能量转化作用快，土壤形成过程中的盐基容易淋失，土壤就成盐基不饱和状态。不仅不同气

表 12-1 不同植物群落下土壤肥力的比较 (何金海等)

植物群落 深度 (cm)	采集地点	土壤类型	有机质 (%)	N (%)	C/N	pH (H ₂ O)	代换性阳离子 (m.e./100克土)				盐基饱和度 (%)
							Ca ⁺⁺	H ⁺	A ⁺⁺	总量	
森林地	0—30	海南岛澄	39.4	0.212	10.9	5.01	1.05	0.12	0.21	6.32	16.6
	30—50	迈县福山	1.02	0.052	10.9	5.00	0.26	0.06	0.37	3.18	8.27
	50—80	国营农场	0.68	0.038	10.8	5.17	0.81	0.06	0.24	2.82	23.83
中地	80以下	东北八华里	0.64	0.036	10.0	5.00	0.35	0.05	0.22	2.82	12.5
	0—20	海南岛临	2.45	0.117	11.9	4.70	0.34	0.09	0.47	7.10	47.9
	20—40	高县多文	1.37	0.066	12.0	4.80	—	0.14	0.24	4.27	—
地	40—80	国营农场	0.60	0.039	—	4.81	—	—	—	—	—

表 12-2 苏南丹阳、溧阳黄土母质上形成的土壤性质比较*

采样地点	层 次 深 度 (cm)	分 析 项 目					
		pH (H ₂ O)	有机质 (%)	全 氮 (%)	C/N	活 性 铝 ($\frac{mg}{100克土}$)	总 酸 度 ($\frac{mg}{100克土}$)
丹阳建山乡 玻璃岗 茅草	0—9	5.88	2.55	0.13	10.7	0.021	0.095
	9—25	6.00	1.20	0.07	9.6	0.016	0.062
	25—40	6.65	0.43	0.03	6.4	0.003	0.041
溧阳社诸乡 前峰山低丘 管草、茅草 有侵蚀现象	0—10	5.6	0.57	0.11	3.09	0.278	0.306
	10—34	5.4	0.27	0.06	1.62	0.426	0.452
	34—45	5.5	—	—	—	1.353	1.381

* 江苏省农林厅：苏南土壤调查报告

候带影响着广大地区的土壤发生明显的差异，而且一个气候带甚至一个地方的小气候也会导致土壤的差异（表 1 2—2）。

表中两地同属北亚热带气候，但是由于溧阳偏南，降水、温度稍多于丹阳，因此，土壤富铝化作用就稍强，土壤活性铝和酸度也就略有增加。

山区地形和植被的变化影响降水和太阳辐射能在地面上的重新分配。水热状况发生差异，土壤形成和性质也发生差异。例如四川邛崃山 3000 米高度主要为云杉、冷杉林，但当它们砍伐或被破坏后，就出现高山栎林。随着森林类型的改变，温度增高，土壤较干，从周围淋洗下来的碳酸盐，随水分蒸发上升而聚积于土壤上层，于是发生次生碳酸盐化的现象。所以在该地区的云杉、冷杉林下形成棕色森林土，而在高山栎林下就形成次生碳酸盐的褐色森林土。土壤碳酸盐化严重阻碍了云杉确生长和更新。

从以上叙述中表明：气候因素影响土壤形成，性质和分布很为显著，但是它也是与其它因素互相联系共同作用的。例如地形、植被就积极影响大气降水和太阳辐射能在地面上的重新分配，从而影响和改变它的作用。所以气候因素虽然直接参与土壤形成，但是作为绿色植物和微生物的生活条件，从而间接影响土壤形成的作用更为重要。

（四）地形

地形虽然在土壤形成过程中没有直接提供物质，但是它对土壤的形成、性质和分布仍有很大的影响。地形使得参加土壤形成的物质（水分、矿物质颗粒和植物养料）和热量发生再分配作用，从而影响土壤的形成、性质和分布，因此它是影响土壤形成过程的重要

条件。

山区地形起伏很大，雨况复杂。在它的影响下，不仅生物气候因素多样化，而且母质移动和分布也多样化。因此在不同海拔高度，地形部位，甚至不同坡向上经常可看到形成和分布着形态和性质皆不相同的土壤。

我们知道：海拔高度相差悬殊时，山麓和山顶的降水和温度差别极大，而可形成垂直的气候带和植物带，生物气候因素的明显差别，就引起物质转化和移动的差别，于是在不同海拔高度上就形成和分布着质上不同的土壤。即使在同一坡地的不同部位，母质性质也有差别。在山脊或山坡上部，由于水分携带物质经常往坡下或低洼处流动，所以上坡比下坡的粗大颗粒多，而富含灰分元素的细小土粒少。母质水分和营养元素不同，就影响生物作用，因此一般来讲，山脊陡坡地带土壤经常保持薄层粗骨状态，肥力较低，而坡的下部平缓地带土壤得到正常发育，肥力较高。

不仅起伏较大的地形影响的土壤形成、性质和分布，而且小地形也有同样的作用。在山区南坡和北坡，在平原小丘和洼地，也都会因水热条件不同，生物土壤随之而发生差异。例如，我国华北、西北山地相似的母质，同一海拔的高度，北坡温度低，湿度大，就可形成森林土壤，而南坡温度高，干旱就形成草原土壤。平原地区起伏几公尺距离几公里范围内，由于小洼地地下水位高，可溶性盐随水蒸发上升聚积而形成盐渍土。南方虽然很少发生这样大的差异，但南坡和北坡水热条件的差异，也会影响耐旱、喜湿植物的生长和发育以及土壤有机质分解和积累的情况不同等。

总起来讲：地形对于山地土壤形成、性质和分布的影响最为明显而易于觉察。也因此山地土壤具有与平地土壤不同的特征。例如，

山地土壤易受侵蚀，很难得到正常发育。粗骨性状明显，土层浅薄有随坡度降低而增厚的趋势，坡的下部土壤与底层基岩常缺少发生上的联系等。所有这些都与土壤性质与林木生长好坏有密切关系。因此我们应该多加注意。在这方面我国林农积累极其丰富的经验，他们常根据不同地形部位和坡向，因地制宜的进行育林。例如在南方常把能耐干旱瘠薄环境的松类作为先锋树种栽植在山脊和阳坡，而把杉木、毛竹培植在山坡的中下部或山洼土层深厚，肥力较高的土壤上。但是，正如以上例举的例子表明，地形对于土壤形成、性质和分布的影响是与气候、植被、母质等因素互相联系而共同进行的。事实上它是通过其它因素而影响土壤的，所以不应把它从互相联系的整体中孤立并绝对化起来。

(五) 地区年龄

地区年龄意指陆地年龄和土壤形成的时间。时间和空间一样是一切事物存在的基本形式。只有研究土壤的过去、现在和将来的整个演变过程，才不致于孤立地、静止地、片面地去认识土壤。土壤形成过程中物质和能量的转化与移动是随着时间的增长而加强的，故时间影响土壤的发育程度和年龄。在其它成土因素相同条件下，具有不同年龄、不同发生历史的土壤，应属于不同类型的土壤。

威廉斯曾以土壤的绝对年龄与相对年龄来说明成土作用的时间早晚和速度快慢。绝对年龄是指某一地区的土壤在当地母质上开始形成时起，直至现在的这段时间。相对年龄是指土壤发育的程度，即处于幼年或成熟阶段。

目前，测定土壤绝对年龄常用的放射性碳法，只能测定10万年以内。热发光技术也只能测到150—200万年，相当于第四纪。地球上的土壤是多种多样的，最年轻的冲积物和新鲜岩石露头

上形成的土壤，其绝对年龄只有若干年。位于高原和低纬度剥蚀平原上的最古老土壤，可能自第三纪以来就已存在，其绝对年龄达数千万年。绝大多数现代土壤的绝对年龄为数千年。土壤相对年龄，一般是根据土壤剖面的分异程度及粘粒含量等来判断。土壤剖面发生层次明显和层次厚度较大的，或粘粒含量高并显著下移淀积的，说明土壤发育程度高，即相对年龄大；反之，剖面分异不明显和厚度较薄的，或粘粒含量低的，则为发育程度低，即相对年龄小。一般来说，土壤的绝对年龄愈大，则其相对年龄也愈大。然而，由于土壤形成的空间因素经常有很大变动，绝对年龄虽然相同，但土壤发育程度可有很大变化，即相对年龄不一定相同。所以，只有把空间和时间因素结合起来研究，才能正确揭示土壤发生发展的规律，说明土壤形态和性质的多样性。

由于土壤位于地壳表层，在漫长的地质历史时期内，地表受到地壳的升降运动，冰川作用，剥蚀和堆积作用等的影响，地理环境和气候条件不断变化，从而对岩石风化和成土作用产生不可忽视的影响。根据研究，在第三纪早期，我国除西藏、台湾有海侵外，其余皆为陆地。至中、末期喜马拉雅造山运动和玄武岩喷发，我国近代地貌轮廓即已成型。至第四纪初期至中期，我国西北、西南、东北和东部的中、高山地曾发生过山地冰川。计经历了四次冰期和三次间冰期（表1 2—3）。

冰期气候寒冷，间冰期气候暖热。其中以第二次（ Q_2 ）间冰期气候最热，一直扩展到华北至东北地区（北纬 45° ）形成大面积红色风化壳。现在这些风化壳或古土壤，有的仍埋藏在地层中，有的则因受侵蚀而暴露于地表，成为现阶段土壤发育的母质。我国广大冲积平原在第四纪末才成为陆地（一万年左右），开始土壤形