



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

区域土壤学

(南方本)

● 刘树基 主编
● 土壤农化专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

区域土壤学

(南方本)

刘树基 主编

土壤农化专业用

中国农业出版社

主 编 刘树基 (华南农业大学)
副主编 刘腾辉 (华南农业大学)
编写者 熊德祥 (南京农业大学)
王庆云 (华中农业大学)
庞邦城 (西南农业大学)
温志平 (华南农业大学)
主审人 林 培 (北京农业大学)

前 言

本书是为高等农业院校土壤农化系所用教材，系根据农业部教育司“八五”高等农业院校教材建设精神制订的《区域土壤学》（南方本）教学大纲编写的。教材主要内容是阐明我国热带、亚热带地区土壤的形成发育、特性、分布和利用改良。其中土壤特性和利用，一般以土类为主，必要时才涉及土属，个别提到土种；新增加滨海盐土和土壤资源评价两章；适当编入了一些土壤图表等。

本教材特点是：具有我国热带、亚热带的特色，理论与实际紧密结合，自然土壤与农业土壤并重。在编写过程中，注意到高等农业院校土壤农化系的特点，充实了区域土壤类型的篇幅。除阐明土壤与环境之间的关系外，着重讨论了土壤的农业化学特性、生产性能和合理利用改良措施。并提出高产农田的肥力标准和培肥措施、不同类型低产田的改良措施，以及作出了土壤资源评价与土壤农业分区等。

本书是由集体负责编写而成，其中刘树基负责绪论、第一、四、十一章，王庆云负责第二、三、六章，庞邦域负责第五、八章，熊德祥负责第七、十二、十五、十六章，温志平负责第九、十章，王庆云、庞邦域负责第十四章，刘腾辉负责第十三章及统稿、定稿。

本书在初审稿会上，邓邦权、李华兴副研究员，陆发熹、连兆煌教授，欧沃恒、游直彝副教授等提出了宝贵意见。北京农业大学林培教授对该书第二稿主审提出了宝贵的修改意见，在此一并表示深切的谢意。

由于编者水平有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

1992.9

目 录

前 言	
绪 论	1
一、区域土壤的科学意义	1
二、区域土壤研究的目的、任务和内容	1
三、区域土壤研究的指导思想与方法	2
第一章 土壤的发生发育	4
第一节 土壤形成因素	4
第二节 土壤的形成过程	11
第三节 土壤发育和土壤类型分化	16
第四节 土壤的剖面发育	18
第二章 土壤分类	22
第一节 土壤分类的目的和内容	22
第二节 土壤分类的发展历史	23
第三节 世界土壤分类概要	25
第四节 我国现行土壤分类	33
第三章 土壤分布	41
第一节 土壤的水平分布规律	41
第二节 土壤的垂直分布规律	44
第三节 土壤区域性分布规律	48
第四章 铁铝土(砖红壤、赤红壤、红壤)	51
第一节 铁铝土的生态环境条件	51
第二节 铁铝土的形成过程	54
第三节 铁铝土的基本性状	59
第四节 铁铝土的分类	64
第五节 砖红壤	65
第六节 赤红壤	71
第七节 红壤	74
第八节 铁铝土的利用改良途径	78
第五章 黄壤	81
第一节 黄壤的生态环境条件	81
第二节 黄壤的形成过程及其特性	82
第三节 黄壤的亚类及其特征	83
第四节 黄壤的利用改良途径	86

第六章	黄棕壤和黄褐土	88
第一节	黄棕壤	88
第二节	黄褐土	95
第七章	潮土、砂姜黑土、泥炭土	101
第一节	潮土	101
第二节	砂姜黑土	106
第三节	泥炭土	112
第八章	紫色土	115
第一节	紫色土的形成条件	115
第二节	紫色土的形成特点及基本性状	116
第三节	紫色土的类型	118
第四节	紫色土的利用改良	119
第九章	石灰(岩)土和磷质石灰土	121
第一节	石灰(岩)土	121
第二节	磷质石灰土	125
第十章	火山灰土和燥红土	129
第一节	火山灰土	129
第二节	燥红土	131
第十一章	水稻土	134
第一节	水稻土的分布与形成条件	134
第二节	水稻土的形成过程	136
第三节	水稻土的基本形态和性质	143
第四节	水稻土的分类、类型和演变	149
第五节	低产水稻土的改良	152
第六节	高产水稻土的肥力标志和培育途径	154
第十二章	盐土和碱土	158
第一节	概述	158
第二节	盐土	160
第三节	碱土	164
第四节	盐碱土的利用改良	166
第十三章	滨海盐土	168
第一节	滨海盐土的形成条件	168
第二节	滨海盐土的形成	170
第三节	滨海盐土的基本性状	171
第四节	滨海盐土的类型及特性	173
第五节	滨海盐土的开发利用	175
第十四章	山地和青藏高原的土壤	178
第一节	山地土壤	178
第二节	青藏高原土壤	189
第十五章	我国北方的主要土壤	195
第一节	黑土和白浆土	195

第二节 棕壤和褐土	198
第三节 瘠土、黑垆土、黄绵土	202
第四节 栗钙土、棕钙土、漠土、灌淤土	206
第十六章 土壤资源评价与利用	212
第一节 我国土壤资源的特点	212
第二节 土壤资源评价	213
第三节 土壤农业分区	218
第四节 土壤资源的退化和防治	221
主要参考文献	227

绪 论

一、区域土壤的科学意义

区域土壤是属于土壤地理学的范畴，土壤地理学是自然地理学与土壤学之间的边缘科学，它是研究土壤与地理环境之间的相互关系为对象的科学，是以土壤类型与环境相关性为基础，因地制宜地发展农业生产为目的的科学。其具体内容有：土壤发生分类学的研究，土壤调查和制图，土壤资源及其综合利用，土壤环境保护的研究等。近几年来，土壤地理学对土壤生物地球化学、土壤环境保护学、土壤生态学等方面的研究，已有向分支学科发展的趋势。可见，土壤地理学的范围是很广阔的。区域土壤只是土壤地理学内容的一部分，着重研究土壤发生、分类和分布规律，以及某一区域的土壤资源特性，开发利用和改良的科学，为某一区域因地制宜发展农业生产的科学。在自然科学领域中和区域农业生产、社会主义现代化建设中占有重要地位，同时具有重大的科学意义。

土壤生物地球化学是土壤形成过程的组成部分，也是指示土壤中化学元素在环境中迁移转化规律的分支学科。土壤中生物活动和有机质的合成与分解，对环境中的地球化学作用产生直接和间接的作用。研究主要土类的生物地球化学过程，可以为土壤地理学的基础理论研究，土壤资源合理利用和土壤环境保护等的研究提供科学依据。

土壤环境保护是针对土壤污染而言。由于大工业、大农业、大城市的发展，带来了相应土壤环境的污染。例如工业“三废”的排放，农业生产过程中农药的施用，化肥及其衍生物，利用污水灌溉农田，城市生活污水、有害微生物和放射性物质对土壤造成的污染，必须加以综合性的防治和保护。因此，查明土壤中污染物质的来源、成分、性质、贮存状态、持续作用的时间和危害程度，以及污染物质的分布范围等，为保护土壤资源和土壤环境，保护人体健康，在理论和实践上都有重要的意义。

土壤生态学是现代生态学的分支学科，属生物地理学范畴，是研究生物群落与自然环境之间相互关系的一门科学。在自然界中，植物、动物、微生物和土壤等，都是陆生生态系统的重要组成部分。土壤生态系统是土壤生物群落和自然环境相互作用的功能系统，土壤与环境间物质、能量的交换和转化对环境系统中的生态平衡起着重要的作用。土壤生态学的基本任务在于研究土壤生态系统的结构、功能和生产力，为合理利用土壤资源、保护人类环境和保障人体健康提供科学依据。

二、区域土壤研究的目的、任务和内容

区域土壤研究的任务主要是研究某一区域的土壤发生、分类、分布规律以及土壤资源的特性及其综合利用，以发展区域性持续农业生产为目的。所谓持续农业是由高额农业产量、合理的环境保护和生物多样性三者共同组成。这就是说，在获得农业高产的同时，必

须保护环境与生态系统的优化发展。区域土壤研究的任务就要为发展区域持续农业服务,实现低投入,高产出,土壤肥力持续提高和满足人们需要三大“效益”的目标。我国地域辽阔,总面积达960万平方公里,生物气候复杂,土壤类型繁多,各地区农业生产差异非常明显。因此,区域土壤如果面向全国各地,内容必然十分庞杂,篇幅很大,在有限的教学时间内不可能深入研究。为了在较短时间内能更好地紧密结合本地区的生产实际,高等农业院校土化系的教学,必需将我国区域土壤分为南方和北方本。南方本主要内容包

1. 土壤的发生、分类和分布规律。
2. 我国南方主要土壤的类型、特性及其利用改良途径。为了更全面地反映我国南方的土壤资源及其合理利用问题,特别重视南方土壤利用改良方面的科研成果及群众经验;特别注意从农业生产条件角度分析成土条件、土壤特性,以达到因地制宜为生产服务的目的。
3. 简要介绍我国北方的主要土壤,使读者对全国土壤有一个最基本的认识。
4. 土壤分区的原则和方法。根据土壤类型的特性以及环境条件的异同,进行土壤分区,以便分类指导农业生产。

三、区域土壤研究的指导思想与方法

(一) 研究区域土壤的指导思想 区域土壤的研究必须运用辩证唯物主义观点,理论联系实际,自然土壤与农业土壤并重,以及重视当地科研成果和农民的生产经验。

1. 土壤是类生物体,具有活、动、变的特点,不能以固定的观点看土壤。随着土壤科学不断发展,对土壤认识不断深化,把土壤只看成独立的历史自然体是不够的,应进一步认识到它是类生物体,具活、动、变的特点,它与生物既有相似之处,又有不同之点。
2. 农业生态系统的观点 在耕作利用土壤过程中,充分发挥人的因素,通过耕作管理协调好气候、土壤、作物三者的关系,在不同的区域内气候、土壤和作物三者都能高度协调,实现少投入,高产出,高效益的持续农业。
3. 区域性的水热条件是土壤肥力的重要因素 不同的地貌和地势条件下,水热的再分配不同,从而影响土壤形成、性质和分布的不同。因此,区域农业生产必须与当地的土壤和气候条件相适应,才能取得预期目标。
4. 改造土壤,实现作物高产是最根本的任务 区域土壤的研究不能停留在自然描述,因为了解自然,描述自然只能达到认识自然的目的。从改造土壤的任务来看,认识自然仅完成了任务的一半,还必须进一步找出影响土壤肥力提高和妨害农业生产发展的主导因素,深入认识土壤类型,区域生产特点和生产问题,从农业生产实际出发把改土、用土、培肥放在首位,提出明确的方向和有效措施,实现低产变高产,高产更高产的目标。

区域土壤强调以上四个观点,是因为目前农业科学和土壤学中,严重存在地理观念薄弱现象,表现在研究高产技术或总结高产经验时,只考虑品种和栽培措施,忽视了农业生产的区域性,尤其是区域性生产条件和土壤类型的差异;认识土壤只看养分和质地差异,不考虑水热条件与养分、质地的内在联系,这都往往达不到高产的目的。学习区域土壤必须认真研究农业生产区域特点及其产生的原因,针对不同地区的水热条件和土壤类型,采

取相应措施，才能充分发挥土壤的生产潜力，为实现持续高产稳产作贡献而奋斗。

(二) 区域土壤的研究方法 区域土壤的研究方法目前是采用土壤地理学的传统研究方法为基础，并应用一些新技术。包括：土壤野外调查研究；土壤定位观察或定点试验研究；室内研究，如土壤样品的分析化验，图表、照片的绘制和整理，野外调查文字记载的整理和总结等。

除上述传统方法外，还应积极采用新技术、新方法研究。如在土壤调查、制图、分类中，开展土壤分析化验的自动化，土壤制图的电子计算机化，充分应用遥感技术，在大范围内监视土壤动态变化，在大量数据的基础上，应用电子计算机处理，实现土壤分类的数据化等，使人们对动态变化的土壤和环境的认识有可能从感性描述和经验推论，逐步提高到理性认识和科学论断水平，摸清其发展变化规律，以便更好地为生产实践服务。

关于研究区域土壤的具体方法详见土壤调查和制图学。

本书的主要特点是反映我国南方热带、亚热带的土壤特性，及其利用改良的成功经验和科研成果，理论联系实际，自然土壤与农业土壤并重，以达到因地制宜，为建设社会主义农业现代化服务。

思 考 题

1. 区域土壤的科学意义如何？
2. 研究区域土壤的指导思想是什么？
3. 区域土壤的研究方法有哪些？

第一章 土壤的发生发育

第一节 土壤形成因素

土壤形成因素学说的产生是在19世纪末叶，俄国土壤学家B. B. 道库恰耶夫(B. B. Докучаев)，根据他在欧亚大陆范围内勘察工作中的发现，就正确指出：“土壤既是地理景观的一部分，又是地理景观的一面镜子，这面镜子清晰地反映出水分、热量、空气、动植物对母质长时间综合作用的结果。”在此基础上，他又进一步提出：“母质、气候、生物、地形和时间是土壤形成的重要因素。”创立了土壤形成因素学说，并提出了 $\pi = f(K, O, T, B)$ 的数学式，用以表示土壤与成土因素之间的函数关系。式中的 π 表示土壤， K 表示气候， O 表示有机体(生物)， T 表示母岩， B 表示时间。从而奠定了土壤发生学的理论基础。这一理论不断为后继者所发展，使土壤学形成一门独立的自然科学。成土因素学说的基本论点是：土壤是成土因素综合作用的产物；成土因素的同等重要性和相互不可代替性；成土因素的发展变化制约着土壤的形成和演化。

V. P. 威廉斯(V. P. Вильямс)在B. B. 道库恰耶夫创立的土壤形成因素学说的基础上补充指出：生物因素在成土过程中起主导作用；土壤是人类劳动的对象和产物。

H. 叶尼(H. Jenny)对成土因素公式和生物因素起主导作用学说亦作了补充，即：

$S = f(cl, o, r, p, t \dots)$ ，式中 S 表示土壤； cl 表示气候； o 表示生物； r 表示地形； p 表示母质； t 表示时间； \dots 表示其它未发现因素。

H. 叶尼认为生物因素起主导作用并不是千篇一律的现象，不同地区，不同土壤类型往往有某一因素占有优势。

由上可见，土壤形成因素包括气候、母质、生物、地形和时间等五大自然因素。另外，人为因素具有特别重要的作用和意义。现将各成土因素的作用简述如下：

一、母质因素

土壤是以母质为基础，不断地在动植物界和大气因素(光、热、水、气)作用下进行物质和能量交换的过程中产生的。以生态系统的观点从理论上讲：土壤是一个开放系统，即土壤是接受移出物质和能量的开放系统，母质就是这个接受移出物质和能量开放系统的载体和基质。故母质在成土过程中具有十分重要的作用。这主要表现在如下几方面：

(一) 母质与土壤之间存在“血缘”关系，母质是土壤骨架 即是建造土体的基本材料；又是植物的矿物质养分元素(氮素不在内)的最初来源。

(二) 母质影响土壤的物理性状和化学组成 母质的组成和性状，在其它成土因素的

制约下，直接影响着成土过程的速度。有时还影响成土过程的性质或方向。

(三) 母质释放的元素在成土过程中有各种不同的作用 如①硅、铝、氧元素是形成土壤粘土矿物的骨架；②铁、锰元素是土壤中主要有色变价元素，在土壤氧化还原过程中起作用。如在氧化条件下铁呈红、黄色，锰呈褐、黑色，在还原条件下铁呈青色，锰呈无色或粉红色，如硫酸锰。其余元素的作用在此不作详述。

(四) 火山岩母质的酸、基性不同，形成土类不同 如北欧土壤发育类型，在相同气候、地形条件下，在富含碱土金属离子 (Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 的基性火山岩上，往往形成中性至微酸性的棕壤土，而在富含碱金属离子 (K^+ 、 Na^+) 的酸性火山岩上，则容易形成强度淋溶的酸性灰化土。因为 K^+ 、 Na^+ 等离子影响，土壤中的粘粒可分散于水中，形成悬胶，容易随土壤渗漏水向下层迁移，有利于土壤灰化过程的发展。相反，在基性火山岩母质中，由于 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的凝聚作用，粘粒不易分散，土壤灰化过程受到一定抑制，以致形成棕壤。同样，在我国辽宁丘陵的黄土母质上，形成了典型棕壤；而在酸性铝硅酸盐母质上，因淋溶作用较强，则形成暗棕壤（酸性棕壤）。

母质及土壤中的盐基状况，可用 ba 值来表示。 b 代表盐基，即 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 的分子数之和； a 代表氧化铝的分子数； ba 值代表它们的分子比。即 $ba = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 。

ba 值也称淋溶因子，因为在母质或土壤的风化、淋溶过程中， Al_2O_3 是比较稳定而不易被淋溶的成分，而 K 、 Na 、 Ca 的盐类则易受淋失。以 Al_2O_3 为基数的 ba 值，可见母质和土壤中盐基的变动情况， ba 值愈大，盐基淋溶愈弱；反之， ba 值愈小，表示风化体或土壤中保存的盐基含量愈低，淋溶作用愈强。

(五) 母岩的化学组成对土壤腐殖质组成有深刻的影响 如石灰岩上发育的土壤腐殖质，富含 CaO ，而火山岩上发育的土壤腐殖质，含 P_2O_5 及 K_2O 较丰富。石灰岩中的钙，对腐殖质起凝聚作用，形成腐殖质钙而大量保存于腐殖质中。

石灰岩母质对土壤形成还有一些特殊的现象和影响。如：

(1) 深厚的石灰岩层，只形成薄层土体。石灰岩的基本化学组成是 CaCO_3 ，它在湿润气候下易被彻底淋失，而岩石中含量一般不到 10% 的铁、铝、锰氧化物及硅铝酸盐类则被残留下来，成为主要的成土物质。故石灰岩层只形成薄层土体。

(2) 石灰岩风化释放的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，对风化物中铁、铝、锰的氧化物可起强烈的凝聚作用，降低他们的活性。

(3) 石灰岩母质形成的土壤，钾、钠含量往往很低。这是因为石灰岩风化液中高浓度的 Ca^{2+} 对 K^+ 、 Na^+ 进行离子交换，使 K^+ 、 Na^+ 从粘粒或胶粘上解吸下来流失所致。

母质和土壤中 K 、 Na 元素的淋溶状况，可用 β 值来表示。 β 值即钾、钠氧化物和氧化铝的分子比 ($\beta = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$)。 β 值愈小，表示 K 、 Na 淋溶愈强烈。

(六) 母质的透水性对成土作用有显著影响 水分在土体中的移动是促进剖面层次分化的重要因子。在粗质母质中，水分可自上而下迅速穿过，不易引起母质中的化学风化作用，故成土作用进行很慢，土壤剖面不易发育。反之，在粘实的沉积物母质中，土壤内排水不良，往往引起潜育化特征的发展，粘粒的垂直移动极少。在壤质母质中透水率适中，有利于各成土因素的作用，土壤的地带性定向发育也很明显。

七、母质的层次性往往可长期保存于土壤的剖面构造中 如河流冲积物发育的土壤，质地的层次性明显，这是母质先天性的残迹。

二、气候因素

气候决定着成土过程的水热条件。水分和热量不仅直接参与母质的风化过程和物质的地质淋溶过程，而更为重要的是在很大程度上控制着植物和微生物的生长、繁殖，影响土壤有机质的积累和分解，决定着养料的物质小循环的速度和范围。故气候是土壤形成和发展的重要因素。现着重讨论气候因素的湿度和温度对土壤形成的影响。

(一) 湿度

1. 湿度类型 根据降水量和蒸发量的相互关系，地球表面气候带内常被划分如下四个类型：

(1) 湿润型。降水大于蒸发，干燥度 <1 。

(2) 半湿润型。降水小于蒸发，干燥度 $1-1.5$ 。

(3) 半干旱型。降水小于蒸发，干燥度 $1.5-3.5$ 。

(4) 干旱型。降水小于蒸发，干燥度 >3.5 。

干燥度是大气降水和水分蒸发关系的反映，是水热平衡的指数，也是气候湿润程度的指标之一。干燥度按下列经验公式计算：

$$k = 0.16 \sum \frac{t}{r}$$

式中 $\sum t$ 代表日平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间的积温乘以经验系数 0.16 ，表示最大可能的蒸发量。亦即在土壤经常保持湿润状态下，土壤最大蒸发量与最大蒸腾量之和。 r 表示日平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间降水量(mm)。

大气的干湿度和土壤形成发育有密切关系。如我国温带土壤由东向西大气水分变化由湿润到干旱，土壤有棕壤 \rightarrow 褐土 \rightarrow 栗钙土 \rightarrow 棕钙土 \rightarrow 漠土。这些土壤随大气变干旱的形成过程和发育程度都有很大不同。

2. 大气湿度同土壤有机质、全氮量和无机组成的关系

(1) 大气湿度与土壤有机质、全氮含量之间存在一定的相关性。一般说来，表土有机质及氮素含量随大气湿度增高而增加，这在未开垦的草本植被下的土壤中尤为明显。

关于土壤有机质及全氮量同降水量成正相关的原因，一般认为降水多少，对绿色植物生长量的大小以及微生物好氧分解有关。

(2) 土壤矿物质组成与所在地区降水量或大气湿度有关。在干旱区，土壤淋溶作用较弱，保留在土壤中的易溶性矿物质成分及植物养料均较丰富。

(3) 湿度同土壤中K、Na、Ca的淋溶迁移作用的关系。在温带，碳酸盐沉积物上发育的各类土壤，由于气候湿度的差异，土壤中K、Na的淋溶度随气候的湿润度的增大而增高(即 β 值变小)。在干旱区，土壤K、Na的移动远比湿润地区为小，故干旱区土壤富于K、Na盐类的积累，呈现盐碱化现象，土壤 β 值很高。

(4) 年降水量对土壤某些属性的影响。其影响强度可分强变化和弱变化两组。强变化包括土壤氢离子浓度(pH值)及土壤钙积层深度，弱变化包括全氮、有机质、胶粒含

量及阳离子代换量 (pH = 7时)。上述各种性质随降水量而变化的相对量, 可用图1-1表示之。

(二) 温度因素

(1) 温度与土壤风化作用的关系, 主要表现在温度对水解离度的影响, 从而影响硅酸盐类风化过程的水解作用。水的解离度随温度升高而增大 (表1-1)。

在 0 °C 以下时, 土壤中的化学风化作用实际上趋于停顿。只在 0 °C 以上的温度才能促进土壤风化。因此, 可根据日平均温度在 0 °C 以上的天数, 作为全年有效的风化天数。故土壤学家拉曼 (Raman) 根据这种见解, 提出“风化因子”的概念。即 风化因子 = 风化天数 × 水解离度。这种风化因子的论点, 提出了不同温度对风化强度影响的概念, 有利于研究土壤的发育问题。

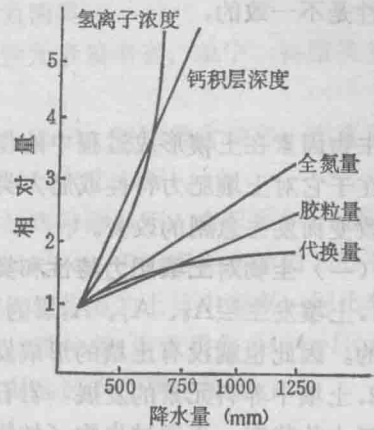


图 1-1 某些土壤属性随降雨量而变化的相对趋势

表 1-1 水在不同温度下的相对解离度

温 度 °C	0	10	18	34	50
°F	32	50	64.4	93.3	122
水的相对解离度	1	1.7	2.4	4.5	9.0

(2) 母质与土壤风化层的厚度, 随土温与湿度的增高而加厚。如在我国南方湿气候条件下, 花岗岩风化壳厚度可达三四十米以上, 在干旱寒冷的西北高山区, 岩石风化壳很薄, 常形成粗骨性土壤, 母质风化度和土壤发育程度都很低。

(3) 土壤颜色亦随土壤或气候带的温差而有所不同。在冷湿地带, 土色以灰色为主; 在暖热的半湿润带, 常呈棕色至褐色; 在湿热地带, 常呈赤色、棕红色或黄色。

(4) 土温或气温与土壤有机质、全氮量并没有一定的相关性。但在半湿润温带, 不论湿草原土壤或森林土壤的表土含氮量, 有随气温增高而明显下降的趋势。

三、地形因素

地形在成土过程中的主要作用有两方面: 一是地形引起母质在地表进行再分配, 二是地形引起光、热、水在母质和土壤中的再分配。

(一) 土壤接受水分与地形的关系 在相同降水条件下平原、丘陵、洼地等不同地形接受降水的状况不同。

(二) 土壤接受太阳辐射能量与地形的关系 在北半球, 南坡接受光热比北坡多。因此, 南坡土温高而湿度较小, 北坡则常较阴湿, 平均土温比南坡低 (3—8 °C), 因而影响土壤中生物和物理化学过程的速度。故南北坡土壤发育和类型都有所不同。

(三) 母质重新分配与地形关系 不论基岩风化物或其它地表沉积物, 均因地形条件不同而有不同的搬运、冲刷和堆积状况。因此, 在这些不同地形部位的土壤发育程度及具

体属性是不一致的。

四、生物因素

生物因素在土壤形成过程中的作用和影响，既有其独立性，又有其从属性。所谓独立性是在于它对土壤肥力特性或肥力类型具有独特的创新作用。所谓从属性表现在它因其它因素改变而发生急剧的改变。

(一) 生物对土壤肥力特性和类型具有独特的创造作用 这主要表现在：

1. 土壤发生层 A_0 、 A_1 、 A_2 层的形成 如无生物，特别是无高等植物的作用是不可能形成的。因此也就没有土壤的形成发育。

2. 土壤中养料元素的发展 岩石经过风化作用释放出的养料元素，由不溶解状态变成可溶于水的状态，再通过生物（植物）的吸收，把分散的养料元素集中于表土，并增加了氮素营养，循环往复，使有限的养料元素发挥无限的作用。

以上两点只有生物才能完成。故说它在成土过程中有创新作用。

(二) 绿色植物对土壤形成的影响 绿色植物出现后能直接利用太阳能，分解 CO_2 ，释放出 O_2 ，合成碳水化合物，同时还能和氮、磷、钾、硫等元素的化合物相作用产生蛋白质等，使有机质的化学组成和结构更加复杂，有机质的生成量也有很大提高，并为动物的发展和繁殖提供了食料来源，促进生物进一步发展。

绿色植物释放出 CO_2 是母质、大气和生物界之间进行物质和能量交换或交流的动力，故绿色植物对土壤形成的作用极为重要，但因植物类型不同而有差异。现以木本和草本植物两大类进行讨论：

1. 木本植物在成土作用中的主要特点及特殊性

(1) 木本植物在成土过程中的主要特点。

① 木本植物形成表层覆盖层，厚度小，含碳量高。木本植物是多年生植物，在生长过程中每年仅一小部分枝叶、凋落的花、果死亡，根系虽伸展很深、很广，但不是每年都死亡而更新残存为土壤有机质。故在自然条件下，木本植物每年残留于土壤中的有机体，主要形成土表覆盖层，其有机碳含量相当高，但厚度不大。

② 残落物质层形成强酸性腐殖质，并防止土壤侵蚀。残落物层是含木质素多而且富于弹性的疏松多孔的有机堆积物，少数有机体堆积物几乎不含矿物质土粒，降水容易下渗，有利于自然淋洗作用的进行；水的渗透使空气流通，适于好气性微生物活动；有机残体吸水力强，有利于真菌类生长，形成强酸性腐殖质；同时残落物覆盖于地表，还能防止土壤侵蚀。

③ 促进土壤产生“灰化”过程。残落物层有机质中含单宁、木质素、脂类物质较多，在真菌类微生物分解下，产生较强的酸性物质，一方面可抑制细菌活动，另一方面较强的有机酸对矿物土粒进行酸性溶提，使表层土壤K、Na、Ca、Mg等盐基物质发生淋失而缺乏，使土壤酸化；同时有机残体产生的草酸、酒石酸以及多酚类有机物质，能使土粒中铁、铝、锰等元素产生螯合作用，并移至心土、底土层。故在木本植物长期影响下，表土中出现碱金属、碱土金属以及铁、铝、锰等元素的化合物受到强烈溶提作用而淋失，形成酸性或强酸性、养分贫乏的灰白色土层，这称之为土壤形成的“灰化”过程。

(2) 木本植物的灰分组成差异很大。大体可分为两类:

①阔叶林类,其残落物的灰分组成中钙、镁等基性元素较丰富,单宁、树脂类含量较少。故在阔叶林的影响下,土壤酸性淋溶过程较弱。

②针叶林类,其残落物的灰分中钙、镁元素贫乏,单宁、树脂类含量高,在真菌作用下易导致酸性淋溶过程的强烈发展,形成强酸性土壤(如灰化土等)。

总的说来,木本植物每年增长的有机质总量大。如热带雨林下,有机质年产量高达100—200t/ha,季雨林30t/ha,温带针叶、阔叶林3—6t/ha;但残留在土体内部的有机质不多,总的厚度不大。其次,多数木本植物通过真菌从较贫瘠的土体中吸收、同化养料元素,因对土壤养料条件要求不严格,其有机残落物的品质较差,腐殖质化(Humification)及腐殖质的品质也较差,在生长期对土壤肥力的提高远远不及草本植物。

2. 草本植物在成土过程中的作用

(1) 草本植物形成较深厚的土壤有机质层。草本植物大多是一年生,其地上或地下部分的有机体每年都死亡。一部分多年生草本植物的有机体大部分每年也死亡,仅少数地下茎或潜根芽可以越冬。草类的茎叶枯死积存于土壤表面,庞大根系死亡则积存于土体内部,形成土壤的腐殖质层。其厚度一般为30—50cm(木本则为10—20cm)。可见,草本植物形成的有机质层比木本植物形成的有机质层深厚。

(2) 草本植物有机质含单宁、木质素、树脂较少,含纤维素较多,堆积在地面的有机残体在细菌为主的分解过程中形成的有机质或腐殖质品质较好,盐基饱和度较高。

(3) 草本植物的须根比较发达。这些根系每年死亡腐解在土壤内部,形成有机胶体。活的须根在根际还分泌多糖类化合物与土壤结合,再加上众多须根生长时产生机械的挤压作用,可使根层形成良好的土壤结构,促进肥力的提高。

(4) 草本植物按生长环境条件不同,常分有草甸和草原草本植物两大类型,并对土壤形成的作用也各不相同。

①草甸草本植物的基本特点有二:

第一,生长在较湿润的气候环境和受地下或临时地下水影响的土壤上,绝大部分生长极为繁茂,植物有机质的生成量相当大。

第二,在一年内的生长期较长,一般自春季到秋末(初冬)为其生命周期。在秋末冬初枯死时气温和土温偏低,微生物活动受到抑制,枯死的有机体在当年不能进行分解,待翌年春季气温和土温回升,微生物活动开始而进行分解。但因土壤受地下水补给而较湿润,或因冬季土壤冻结而在春季融化时,土壤往往泞湿不堪,草甸植物有机体只能在嫌气性条件或半嫌气性条件下分解,不可能彻底矿化,这是草甸植物易于土壤有机质积累,利于提高土壤肥力的重要原因。

②草原草本植物的基本特点是:生长在较干旱的气候区,全年降水量少而且不均匀,暴雨多,土壤不受地下水影响,土壤湿度随气候干湿迅变。草原草本植物生长期短,以一年生植物居多。每年夏末秋初,降水锐减,土壤变干,因水分不足而枯死。但这时土温、气温仍相当高,土壤微生物活动仍较强烈,枯死的有机体在当年就受到好气性微生物分解,而且大部分矿化。因此,所积累的土壤有机质远不及草甸植物多。这是草原植物导致土壤矿物质养料含量丰富,但无深厚的土壤有机质层的原因。

3. 微生物在成土过程中的作用及其意义 微生物对土壤形成发展的作用可概括为:

(1) 分解有机质, 释放各种养料。

(2) 合成土壤腐殖质, 增加土壤胶体。

(3) 有些微生物能固定大气中游离氮素, 创造了土壤中氮素化合物, 使土壤或母质中增添氮素营养物质。

(4) 转化矿物质养料, 使某些矿物质养料元素, 如钾、硫、磷等能被植物吸收利用。在此特别要指出的是: 种类繁多、数量极大的土壤微生物, 尤其是植物区系中的微生物, 在养料的生物小循环中有其重要的意义。

4. 土壤动物对土壤形成的作用 土壤动物区系中为数最多的是微小的、单细胞的原生动物(protozoan), 参与土壤的生物学过程。土壤动物中的线虫类, 有一部分能分解土壤有机质; 轮转虫对有机质的分解能力相当强。

土壤中的无脊椎动物种类很多, 数量很大, 每公顷土地有数千到几十万个。其中各种昆虫及其幼虫、蚯蚓、蚁类、蜘蛛等对翻动土壤及分解土壤有机质的作用很大。脊椎动物中的蜥蜴、鳝鱼、蛇、鼯鼠等翻动土壤的能力强。

土壤动物一方面以其遗体增加土壤有机质, 另一方面在其生活过程中搬动和消化别的动物和植物有机体, 使之拌和于土壤中, 并分解其有机质, 引起土壤有机质的深刻变化。如蚯蚓每年生长量大, 将吃进的有机质和矿物质混合后, 形成粘结化的土壤结构, 提高土壤的肥沃性。

五、时间因素

土壤的发生、发展是在时间意义上进展的, 经常以土壤发育年龄称之。土壤发育年龄分相对年龄和绝对年龄两种。

(一) 土壤相对年龄的概念 土壤相对年龄是指相同成土条件下土壤个体的发育程度。是以土壤发生层的分化程度来判断成土年龄大小的尺度。即发育程度好, 发生层分化愈显著, 相对年龄愈大。反之, 分化程度较弱, 相对年龄较小。如紫色母岩分化发育的石膏子土, 剖面发育为A—C型, 进一步发育为紫色土, 剖面为A—B—C型。前者相对年龄小, 后者相对年龄较大。又如河谷中存在各种阶地, 其中一级阶地多是近代冲积物堆积发育的土壤, 土壤发育处于初期阶段, 剖面分化不明显; 但在二级以上各阶地, 由于形成时间较一级阶地为早, 土壤剖面分化明显, 具有特定发生层(淋溶层和淀积层)。就一级与二级以上的阶地上的土壤, 其发育条件和方向基本是一致的, 所不同的就在于成土时间的长短而反映出土壤构型上有所不同。时间因素在土壤个体发育中的意义, 并根据成土时间长短来划分土壤种类, 不仅反映了土壤发生意义, 而在生产实践上, 对不同土壤种类和作物的土宜、时宜、肥宜、种宜、水宜均不相同。因此, 在安排耕作制度和生产布局上有其重要的参考价值。

(二) 土壤绝对年龄的概念 土壤绝对年龄系指土壤发育从当地岩石风化层或新的母质层上开始发育的时候算起直到目前状态真实土壤的具体时间。绝对年龄是用若干年来计算。

确定土壤绝对年龄可借助于地层学、孢子粉分析、放射性碳测定年代等各种手段。