

土壤

与

人类健康

闵九康 主编

中国农业科学技术出版社

土壤与人类健康

闵九康 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤与人类健康 / 闵九康主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2013. 9
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1382 - 0

I. ①土… II. ①闵… III. ①土壤 - 关系 - 健康 - 研究②土壤环境 - 研究
IV. ①S15②X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 221434 号

责任编辑 徐 毅 张志花

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106636 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 22.5

字 数 520 千字

版 次 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定 价 88.00 元

《土壤与人类健康》

编委会

主 编 闵九康

副主 编 钱敏仁 沈育芝

编 委	王玉珍	李 莉	李美琼	张桂兰
	沈育芝	陈通权	闵九康	吴玉卫
	吴永铁	吴德耀	林荣新	洪顺山
	贺焕亮	胡喜娜	徐巧娣	夏 兰
	莫文英	莫慧明	钱敏仁	储祥云
	陶天申	蒋式洪	詹长庚	魏文华

内容简介

本书主要论述了土壤在人类生存和发展以及环境安全中的战略地位。

全书共 15 章，主要讨论了土壤和生物质生产，土壤和温室效应，土壤发射温室气体（ CO_2 、 CH_4 和 N_2O ）的数量和全球平衡账，土壤对 CO_2 的吸收和缓冲作用，土壤生物物质与黏土矿物的复合作用，土壤污染及其生物修复，微生物对重金属的超积聚能力以及渍水土壤特性及其生态效应等。

本书可供大专院校师生、科学研究单位的专家和学者、有关企业领导和工程技术人员等阅读和参考。

献 词

土壤是一位慈祥的母亲，她为其所有的孩子提供了舒适的环境和丰富多彩的食物。

—— Bourke Cockran

在举国上下为实现中国梦而努力奋斗的大潮中，将《土壤与人类健康》一书奉献给伟大的土壤科学家朱祖祥教授是最适宜和最富有历史意义的盛事。

朱祖祥教授，1916年10月5日出生于浙江省宁波市。1938年毕业于浙江大学，后留校任教。1945~1948年，就读于美国密执安州立大学研究生院，前后获硕士和博士学位。

朱祖祥教授是我国农业科技与教育领域的一代大师。他是我国土壤化学的奠基人。他历任浙江大学农业化学系主任，浙江农业大学土壤农业化学系主任、浙江农业大学校长、名誉校长、中国水稻研究所首任所长、名誉所长、浙江省科协副主席、名誉主席、浙江省人大副主任、中国土壤学会副理事长、浙江省农学会理事长、名誉理事长等职。1980年当选为中国科学院学部委员（现为中国科学院院士）。他一生致力于教育、科技事业，为我国土壤学、农业和环境科学的发展作出了重大贡献。

朱祖祥教授创立的土壤多介质离子交换和陪补离子等理论、绿肥起爆效应和有机质激发效应、土壤水分和养分能量位以及磷位等概念、土壤pH值指示剂、土壤分析方法和速测诊断技术（现称测土施肥技术）等，都是土壤科学领域中具有里程碑意义的重大成果，对提高我国农业科技水平、发展农业生产力起到了极其重要的作用。

1952年全国院系调整，浙江大学农学院从浙江大学独立出来，创建浙江农学院（1960年改名浙江农业大学，1998年合并成浙江大学）。1956年朱祖祥教授筹建的浙江农学院土壤及农业化学系（简称土壤农化系）招生。从恢复招生至今，凭着朱祖祥教授对事业的执着追求，在他的精心培育下，土壤农化系早已成为全国农学院中的一流系科。本书正副主编和许多编委都是首批招收的1956级学生，他（她）们在读书及以后的工作期间，深受受益于朱先生的淳淳教诲，也结下了深厚的师生情谊。

1962年朱祖祥教授和我国著名农业化学家、农业教育家、中国农业化学的奠基者孙羲教授在全国率先招收土壤化学和农业化学研究生。本书编委洪顺山、副主编沈育芝和主编闵九康就是二位教授精心指导和培养出的我国第一代博士生。后来，他（她）们都在各自的工作岗位上取得了巨大的成就。

朱祖祥教授还高瞻远瞩，将土壤-环境-人类健康紧密地、有机地联系在一起，积极组建了全国高等农业院校中第一个环境保护系，并成为新的浙江大学“211”工程的主要学科之一。

朱祖祥教授学识渊博，才思敏捷，严谨治学，勇于创新。对待学生既满腔热忱循循

善诱，又严格要求，更是真诚关怀和爱护，始终激励着他的每一名学生，桃李满天下。作为浙江农学院土壤农化系首届的 1956 级学生，分布在全国各地的教学、科研、基层等岗位，都取得很大成绩，为国家和人民作出了贡献。

朱祖祥教授是我们尊敬的师长，他永远活在我们的心中。

《土壤与人类健康》编委会

浙江大学土壤和农业化学系 56 级全体同学

敬献

2013 年 8 月

序

土壤是处在地球表层的岩石圈、大气圈和生物圈的接触面上，并在多种自然因素和人为因素的综合作用下，不断演变的自然客体。土壤是构成人类生存环境的重要组成部分，更是人类赖以生存的不可替代的有限的重要自然资源。因此，古希腊哲学家亚里士多德曾说：土壤是无限生命之源。我国劳动人民则赋予“有土斯有粮”和“万物土壤中生”的格言。闵九康教授将其英译为“The soil is the mother of all things（土壤是万物之母）”，从而流传于世界各国。根据国际粮食政策研究所的计划预测：在1993~2020年，全球谷物的需求量应增加41%（ $2.49 \times 10^9 \text{t}$ ）；薯类的需求量应增加40%（ $8.55 \times 10^8 \text{t}$ ），其中土壤的贡献率为55%~65%。可见土壤工作者对解决全球粮食安全问题负有很重的责任。随着工业化和城市化的发展，全球因气候变化产生温室气体而变暖，增加了多种自然灾害，特别是大气、水体和土壤等人类赖以生存的环境因素受到了污染，给人类身体健康带来了严重威胁。土壤科技工作者特别关注土壤污染，这是因为土壤对各种污染物质具有一定的容量或消解作用，存在污染潜伏期，容易被人们所忽视。但是，污染物质一旦超过土壤容量负荷与消解能力时就很危险了。因为土壤污染后是很难在短期内恢复的，对人类健康损害是严重而持久的。这已经引起了领导部门和科技工作者的关注。

闵九康教授一生勤奋好学、努力钻研、坚持不懈，学识广博、学业勤耕、著作等身，已经出版科技著作的文字总量超过1200万字，是我国农业、环境学界的杰出科学家。特别是较长时期来，他潜心研究气候变化、资源环境与人类健康之间的关系，撰写出版了一系列科技著作，提出了很多新的见解。仅近4年来，已经出版了《农业生态生物化学和环境健康展望》（2010年）、《全球气候变化和低碳农业研究》（2011年）、《低碳农业——全球环境安全和人类健康必由之路》（2011年）、《楝树——全球环境安全和人类健康之保护神》（2012年）、《土壤生态毒理学和环境生物修复工程》（2012年）、《植物克生素的生产与应用——全球环境安全和人类健康之本》（2013年）、《生物物质在现代农业中的重要作用》（2013年）、《植物抗氧化剂及其应用》（2013年）等科技著作。他是我国低碳农业的先驱创导者。最近，闵九康教授又专题研究了气候变化、土壤污染和人类健康的关系，并撰写出版《土壤与人类健康》新著作。该新作是以土壤性质为基础，详细论述了气候变化在土壤中产生温室气体、污染物在土壤中形成有害物质的演变过程与机理，及其对人类健康的影响，还系统地介绍了污染土壤的生物修复等。这是一部融理论性、资料性和生产性于一体的、很有特色的国际水平的科技著作。该书的及时出版将对广大从事土壤学、农业化学以及环境科学和生产管理等方面的读者都会有所裨益，并起到积极的推动作用。

闵九康教授是浙江农业大学，新中国成立后的首届土壤农化专业学生（56级），又

是首届博士研究生。由他牵头组织土壤农化 56 级同学，撰写出版《土壤与人类健康》新著作，奉献给敬爱的导师朱祖祥教授和母校土化系。我为他热爱母校的精神深受感动。闵九康教授是我的学生、同事和挚友，更是农业资源环境学科领域的战友。我欣然为新著《土壤与人类健康》作序，并祝闵九康教授申报科技著作文字总量的吉尼斯世界纪录早日成功。

王人潮

* 于浙江大学

2013 年 8 月 9 日

* 王人潮教授曾任浙江农业大学校务委员会副主任、土壤农化系系主任

前 言

不久前，我和同事们编著出版了《低碳农业——全球环境安全和人类健康必由之路》和《土壤生态毒理学和环境生物修复工程》等 5 部著作。这些著作全面论述了环境安全和人类健康的密切关系。

众所周知，土壤是最重要的自然环境资源。全球 90% 以上的粮食、纤维、糖料和建筑材料等都源自土壤。这充分印证了古希腊哲学家亚里士多德（Aristotle）的格言。他赋予了“土壤是无限生命之源”的美誉。勤劳和智慧的中国人民则给土壤以更高的评价，即“土壤是万物之母”（被国际上广泛引用的格言）。由于人类的生存和发展，土壤又成为人类抛弃大量废弃物的容库，从而掩盖了人类的一些错误和疏忽。因此，人类应当正确地管理土壤，以保护人类的生存环境，确保人类健康长寿。

对土壤的所有实际用途，高度的可变性以及复杂性而言，特别是从化学和生物学观点出发，它也是不可更新的。因此，如果人类要最有效地利用它，为人类生产粮食和纤维，同时也要为人类的子孙后代造福而保护它，那么人类就需要最大可能地了解土壤的本质和特性。这种了解在过去因使用新的和改进的分析方法而有了巨大的增长。以使用现代化技术和由过去的经验所获得的见解为基础的新方法，正在不断涌现。据此，土壤与人类健康便成为人们所关注的一门新兴的学科，并得到了迅速的发展。

本书对土壤与人类健康的关系进行了深入和全面的论述。全书共分 15 章，第一章至第七章论及了土壤对人类生存和发展的重要作用，土壤和生物质生产，土壤代谢和温室效应，土壤发射的温室气体（ CO_2 、 CH_4 和 N_2O ）的数量和全球平衡账，土壤对二氧化碳（ CO_2 ）的吸收和缓冲作用；第八章至第九章讨论了土壤有机质和生物分子与黏土矿物的复合作用；第十章至第十四章叙述了土壤污染及其生物修复工程的理论与实践。最后一章讨论了极其重要的土壤资源，即渍水土壤，特别是水稻田的土壤特性及其生态效应。

本书能及时出版，完全得益于中国农业科学技术出版社编辑及其领导的关心和支持，得益于中国农业科学院、浙江大学和武汉大学以及江苏晴兰生态农业有限公司的教授、专家和学者们的撰稿和审阅。在此，对他们的辛勤劳动和巨大的付出表示衷心的感谢。

最后，十分感谢我国著名的农业遥感与信息专家、著名土壤学家王人潮老师不顾八秩高龄为这部新作《土壤与人类健康》一书作序。掩卷长思，感慨万千，但愿这部新作能为环境安全和人类健康作出一点有益的贡献。谢谢！

闵九康（中国农业科学院）

2013 年 8 月

目 录

第一章 土壤和生物质生产	(1)
一、导言	(1)
二、全球碳循环和生物质生产	(2)
三、生物质的结构化合物	(5)
四、微生物的细胞壁	(13)
五、植物可溶性物质、根系及其分泌物	(15)
六、土壤有机质的形成	(16)
七、土壤有机质的组分	(19)
八、土壤有机质的数量和分布	(23)
第二章 土壤代谢和温室效应	(28)
一、导言	(28)
二、温室效应和全球变暖	(28)
三、温室气体 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和 NH_3) 的大气化学特性和臭氧层的破坏 ...	(30)
四、温室气体对全球变暖潜力的影响	(38)
五、温室效应对农业和环境的影响	(40)
六、温室气体的发射量	(42)
七、温室气体在陆地和大气之间的交换作用	(44)
八、 CO_2 的起源和全球平衡账	(45)
九、不同湿地的碳平衡账	(47)
十、全球甲烷 (CH_4) 的平衡账	(50)
十一、控制水稻田发射 CH_4 的过程	(52)
十二、全球氧化亚氮 (N_2O) 的平衡账	(55)
十三、氨 (NH_3) 的全球平衡账	(61)
十四、硫化合物的全球平衡账	(63)
第三章 土壤发射的二氧化碳 (CO_2) 及其调控	(65)
一、导言	(65)
二、光合作用是 CO_2 转移的第一过程	(68)
三、土壤发射的 CO_2	(69)
四、二氧化碳可视为是一种天然气体	(70)
五、土壤发射 CO_2 的机制	(71)
六、影响土壤发射 CO_2 的因子及其调控	(72)

第四章 土壤发射的甲烷 (CH_4) 及其平衡账	(73)
一、导言	(73)
二、甲烷是天然气体	(75)
三、大气中甲烷的源与汇	(75)
四、水田和湿地是甲烷的主源	(78)
五、甲烷生成过程	(78)
六、甲烷的发射量及其消耗	(80)
七、调节甲烷发射量的因子	(82)
八、水稻田的全球分布	(83)
九、水稻田的 CH_4 通量	(84)
十、食草动物产生的 CH_4	(86)
十一、生物质燃烧和填埋场的 CH_4 发射量	(86)
第五章 土壤发射的氧化亚氮 (N_2O) 及其平衡账	(87)
一、导言	(87)
二、氧化亚氮 (N_2O) 可视为一种天然气体	(89)
三、土壤中 N_2O 的形成机制	(89)
四、影响 N_2O 发射的因子	(91)
五、土壤向大气转移 N_2O 的调节过程	(91)
六、土壤发射 N_2O 的数量	(92)
七、降低土壤发射 N_2O 的战略	(95)
八、防止气态氮 (N) 损失的重要意义	(97)
第六章 土壤微生物群落和碳 (C) 通量	(98)
一、导言	(98)
二、细胞水平上的碳流 (通量)	(100)
三、碳代谢速率对土壤碳流过程的影响	(101)
四、碳流: 种群和群落	(102)
五、土壤水平的碳流 (通量)	(105)
六、农业生态系统与其他生态系统的比较	(112)
七、土壤碳 - 微生物相互作用对农业生态系统的影响	(113)
八、结论	(115)
第七章 土壤对二氧化碳 (CO_2) 的吸收和缓冲作用	(116)
一、导言	(116)
二、 CO_2 的起源与发生	(116)
三、光合作用对 CO_2 的固定效率	(119)
四、植物的光合作用器及其特征	(119)
五、增加大气中 CO_2 浓度对光合作用的影响	(122)
六、光合作用对 CO_2 浓度的适应性	(123)

七、Rubisco 酶与光合作用效率	(123)
八、土壤中二氧化碳的缓冲作用 (Sequestration)	(130)
九、土地变换和恢复	(133)
第八章 土壤生物分子和黏土矿物的复合作用	(136)
一、导言	(136)
二、土壤环境中的有机化合物	(137)
三、生物化合物和黏土矿物之间的化学作用	(139)
四、生物分子对近程有序矿物和有机无机复合体的形成及其物化性质的影响	(142)
五、羟基-Al (Fe)-有机层状硅酸复合体	(150)
六、低分子量有机酸对可变电荷矿物吸附营养物的影响	(153)
七、有机矿物复合体上营养元素的吸附作用	(158)
八、水解 Al 或 Fe 化合物对蛋白质-黏土矿物复合体形成的影响	(162)
九、低分子量有机配位体和营养元素对酶吸附作用的影响	(166)
十、可变电荷矿物和有机矿物复合体上固定酶的活性	(168)
第九章 土壤生物质对微量营养元素有效性的影响	(176)
一、导言	(176)
二、Fe、Mn、Zn 和 Cu 与腐殖质络合物对农作物的重要意义	(176)
三、土壤中有有机络合物的性质	(180)
四、增富微量营养元素的有机物和有机无机络合物 (土壤改良剂) 的应用 ...	(187)
五、金属-腐殖酸和富啡酸络合物的稳定性常数	(190)
六、小结	(199)
第十章 土壤有毒化合物的迁移和归宿	(200)
一、导言	(200)
二、污染物的分布	(200)
三、孔隙中污染物转移的基本概念	(203)
四、影响污染物转移的因子	(206)
五、结语	(211)
第十一章 土壤重金属及其向食物链的转移	(212)
一、导言	(212)
二、影响中重金属元素植物有效性的因子	(213)
三、植物对重金属的吸收作用	(219)
四、植物中重金属的功能与作用	(224)
五、重金属元素的植物有效性检测	(228)
六、结论	(230)

第十二章 土壤污染的生物修复工程	(231)
一、导言	(231)
二、土壤污染物及其分解的微生物	(233)
三、主要有毒污染物降解过程及速度	(237)
四、土壤中重要污染物及其生物修复作用	(239)
五、生物修复作用及有关酶系统	(243)
六、生物修复技术和产品的应用前景	(249)
第十三章 土壤和水体生态系统中重金属的生物修复工程	(250)
一、导言	(250)
二、微生物对环境中重金属污染的生物修复	(251)
三、微生物作用机理	(252)
四、土壤和固体废物的生物修复作用	(271)
五、微生物表面活性剂及其应用	(276)
六、结语和展望	(284)
第十四章 真菌在土壤生物修复工程中的应用	(285)
一、导言	(285)
二、真菌对有机污染物的降解作用	(289)
三、难分解有机物的转化作用	(302)
第十五章 渍水土壤及其生态效应	(307)
一、导言	(307)
二、水稻田的微生物区系	(308)
三、渍水土壤的生态环境	(309)
四、渍水土壤的好气呼吸作用	(310)
五、渍水土壤的厌气呼吸作用	(311)
六、渍水土壤的发酵作用	(313)
七、渍水土壤中杀虫剂的降解作用	(315)
八、渍水土壤中的水稻根际	(316)
九、水稻田中的蓝细菌及其重要作用	(320)
附录 I 美国科学院院士发表的气候问题公开信《气候变化与科学整合性》 ..	(335)
附录 II 名词解释	(337)
附录 III 国际制单位换算表	(339)
参考文献	(341)

第一章 土壤和生物质生产

土壤是万物之母。

——中国古训

一、导言

土壤是一种自然资源。古希腊哲学家亚里士多德（Aristotle）赋予了“土壤是无限生命之源”的美誉。勤劳和智慧的中国人民则给土壤以更高的评价，即“土壤是万物之母”古训则称“万物土中生”（闵九康等将其英译为“The soil is the mother of all things”——“土壤是万物之母”，并被国际上广泛引用）。

据权威机构的研究和统计，全球 90% 以上的粮食源于土壤，小于 10% 的粮食则由人烟稀少的内陆水系和海洋所提供。因此，研究者普遍地提出了依赖土壤可以发展低碳农业和可持续农业，并确保粮食安全和环境健康的观点。国际有关组织评价认为，土壤在粮食生产中的战略地位为 55% ~ 65%。因此，我国应从战略高度加强土壤和肥料的研究工作。

据统计，陆地每年由光合作用所产生的生物质以有机碳计，其量约为 6×10^{10} t。成熟橡树的生物质为 $0.5 \times 10^2 \text{ m}^3$ ；一个细菌为 $0.5 \times 10^{-18} \text{ m}^3$ 。

科学家于 1995 年估测了一系列非常有意义的数据用来表达光合作用所产生的巨大的有机产物。他们的估计值是，全球每年光合作用过程产生的糖约为 4×10^{11} t（400 billion t）。

全球由光合作用产生的净初级生产量（NPP）是单位时间内植被所获得的净生物质数量。热带雨林具有最高的生物量和生产率，因为温暖湿润的条件有利于植物群落的生长和发展。沙漠和冻土带（tundra）生产的生物质量最低，因为较低温度和较少降雨严重地影响了植被的发展。表 1-1 列出了全球净初级生产量（NPP）和生物量的测定数值（以碳为标准的计算值）。

表 1-1 全球碳净初级生产量（NPP）（schlesinger, 1991）

生态类型	面积 (10^6 km^2)	平均生物量 (kgC/m^2)	总生物量 (10^9 tC)	平均 NPPgC/ ($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)	NPP 总量 (GtC/a) ^a	RGR ($/\text{a}$)
热带雨林	17.0	20	340	900	15.3	0.045
热带季节林	7.5	16	120	675	5.1	0.042
温带常绿林	5.0	16	80	585	2.9	0.037
温带落叶林	7.0	13.5	95	540	3.8	0.040

(续表)

生态类型	面积 (10^6 km^2)	平均生物量 (kgC/m^2)	总生物量 (10^9 tC)	平均 NPP _{gC} / ($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)	NPP 总量 (GtC/a) ^a	RGR ($/\text{a}$)
北极区域林	12.0	9.0	108	360	4.3	0.040
乔木和灌木地	8.0	2.7	22	270	2.2	0.100
热带大草原	15.0	1.8	27	315	4.7	0.175
温带草地	9.0	0.7	6.3	225	2.0	0.321
苔原和高山草地	8.0	0.3	2.4	65	0.5	0.217
沙漠灌木	18.0	0.3	5.4	32	0.6	0.107
岩石、冰和沙	24.0	0.01	0.2	1.5	0.04	—
耕地	14.0	0.5	7.0	290	4.1	0.580
沼泽和沼泽地	2.0	6.8	13.6	1 125	2.2	0.615
湖泊和河流	2.5	0.01	0.02	225	0.6	22.5
陆地总量	149	5.5	827	324	48.3	0.058
海洋总量	361	0.005	1.8	69	24.9	14.1
全球总量	510	1.63	829	144	73.2	0.088

a: Gigation (Gt) 为 10^{15} g , 全书同

RGR = 相对生长速率 (relative growth rate)

科学家预计,世界人口在 2050 年将达 109 亿,而且,增长的人口主要集中于发展中国家。国际粮食政策研究所 (IFPRI) (International Food Policy Research Institute) 的计划表明,在 1993 ~ 2020 年,全球对谷物的需求应增加 41% 而达到 $2.49 \times 10^9 \text{ t}$,薯类需求增加 40% 达到 $8.55 \times 10^8 \text{ t}$ 。至 2020 年,全球人口会增加 40%,因此,平均每年会以 4.3% 的速率增长。在此期间,人口和谷物需求的增长以发展中国家较大。在未来几十年,人们还需考虑畜牧业的发展,因此,要求饲料快速增长,特别是发展中国家,它们对饲料的需求量约增加 1 倍。人类对谷物直接需求量增加 47%。因而,发展低碳农业是解决全球粮食安全的必由之路。

二、全球碳循环和生物质生产

全球碳循环的模型可用 CO_2 转化为有机质及其经由矿化作用,而将最初固定的碳分解成矿质形态的碳化物来表示 (图 1-1)。

已研究过的土壤有机质库包括活着和死亡的微生物生物物质、动物和植物碎片、植物根系分泌物以及腐殖酸和富啡酸。土壤是 CO_2 的一种源与汇 (source and sink),所以,土壤生态系统既是温室气体的生产者,又是温室气体的消费者,特别是碳化合物矿化作

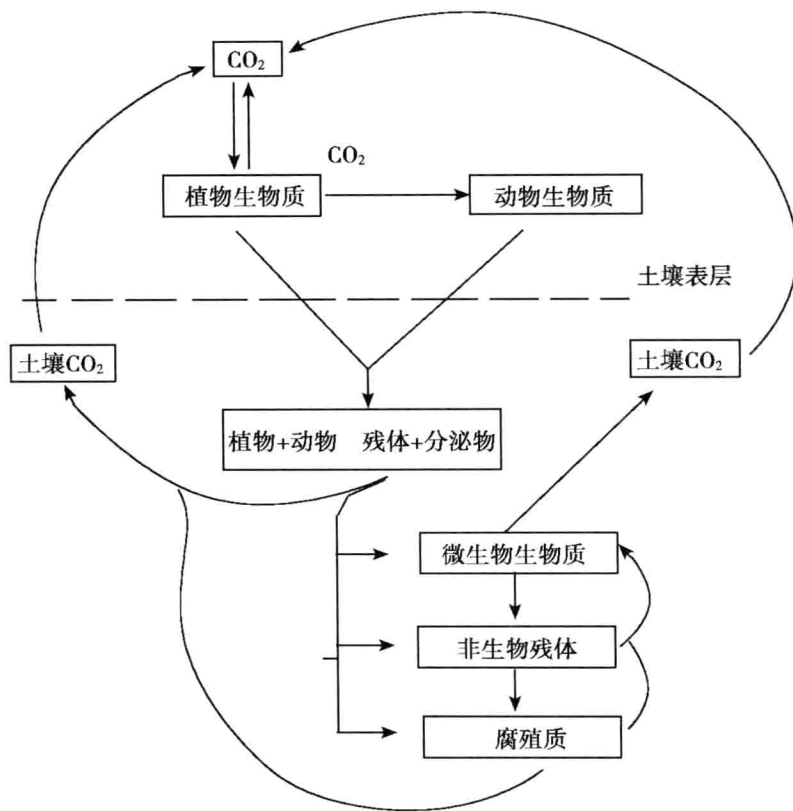


图 1-1 碳循环和土壤有机质之间的转化模型
(Bolin, et al, 1992)

用的产物，如 CO_2 和 CH_4 。土壤有机质水平的提高有助于过量的 CO_2 结合而进入土壤腐殖质，因此，土壤是 CO_2 的净储库。

有机质的分解作用在土壤发育过程和生物地球化学中具有重要意义，因此，在论及碳循环时会首先考虑到碳 (C) 库的大小及碳的转移和转化作用。碳元素是所有生命形态的主要结构化合物——碳水化合物的主要组成元素。在光合作用过程中，太阳辐射能使 CO_2 还原为不可缺少的一类烷基化合物，然后即转化为高分子细胞组分。分解作用可被定义为原材料被分裂为各个部分的化合物。同时，分解作用也代表了有机物质的生物降解过程，并完成生命的世代交替。在土壤和细胞水平上的碳转化过程都会直接或间接地表达出大部分其他营养物质如氮 (N)、硫 (S) 和磷 (P) 的归宿。

有机质的分解作用与生态过程和土壤肥力有着紧密的联系。有机废物的处理、人造化学品的分解以及全球气候变化等都与大气中 CO_2 和 CH_4 的增加有关，而且也与分解作用和土壤有机质 (SOM) 的周转紧密相连。矿物燃料的应用、耕地的扩大及人为和自然造成的森林失火都会在一定程度上增加大气中的 CO_2 浓度，从而干扰全球碳循环，并影响到气候的变化。因此，土壤中的碳循环与全球气候变化有着密切的联系。