



高职高专“十一五”规划教材

■ 王新民 金红 主编

药用植物

土壤 与 肥料

YAOYONG ZHIWU
TURANG YU
FEILIAO



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

■ 王新民 金红 主编

药用植物 土壤与肥料

YAOYONG ZHIWU
TURANG YU
FEILIAO



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

药用植物土壤与肥料/王新民, 金红主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 3
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03062-7

I. 药… II. ①王…②金… III. 药用植物-土壤肥力-
高等学校: 技术学校-教材 IV. S567.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 085341 号

责任编辑: 尤彩霞
责任校对: 凌亚男

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市前程装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 340 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

- 主 编** 王新民（郑州牧业工程高等专科学校）
金红（河南农业大学）
- 副 主 编** 李宇伟（郑州牧业工程高等专科学校）
连瑞丽（郑州牧业工程高等专科学校）
魏志华（郑州牧业工程高等专科学校）
- 编写人员**（按姓氏拼音排序）
程茂高（郑州牧业工程高等专科学校）
何金环（郑州牧业工程高等专科学校）
金红（河南农业大学）
李宇伟（郑州牧业工程高等专科学校）
连瑞丽（郑州牧业工程高等专科学校）
乔卿梅（郑州牧业工程高等专科学校）
孙 岩（河南省农业科学研究院）
王文静（郑州牧业工程高等专科学校）
王新民（郑州牧业工程高等专科学校）
魏志华（郑州牧业工程高等专科学校）
杨 军（郑州牧业工程高等专科学校）
- 主 审** 介晓磊（郑州牧业工程高等专科学校）

前 言

药用植物是中华民族优秀传统文化的传统瑰宝，数千年来为民族的繁衍昌盛和世界医药学的发展做出了巨大的贡献。近年来，随着“回归自然”的世界潮流日益高涨，发达国家医药市场逐渐开始接受大型复合药物，源于天然药物的新药也不断问世，这一趋势为药用植物的国际化发展提供了新的机遇。药用植物资源的生物多样性和可持续利用及其质量控制是中药产业的源头，科学地进行药用植物的栽培，则是保证“源头”处于良好状态的最佳途径。土壤肥料是农业生产的基本生产资料，亦是人类赖以生存的重要资源与环境。

本教材是为适应 21 世纪教学改革后调整的高职高专类专业教学计划对人才培养规格的要求而开设的主修课——“药用植物土壤肥料学”而编写的。在编写中，紧扣专业对土壤肥料知识和技能的要求，注重突现“加强基础，淡化专业，拓宽专业面，重视应用”的原则；力求体现药用植物土壤肥料科学中的新知识、新技术、新动向；尽可能加强有利于学生能力培养、可操作性强的内容，为各项药用植物生产提供必需的基础理论和专业技能。

为此，在教材体系上作了大胆的创新改革，将药用植物、土壤、肥料、植物营养有机地交互融合成一个整体，以“土”、“肥”的辩证关系为中心，建立了药用植物土壤肥料学新的课程体系；以整个药用植物生产的特点和需要为出发点，设置课程内容。基本上反映了本学科的前沿动向，有较强的时代特征，具有起点高、目的明确、应用性强的特点。本书编写得到了河南省杰出青年科学基金项目——“河南省道地（地产）药材 GAP 栽培及质量控制研究”（编号为 074100510018）项目的支持。

该书就药用植物栽培技术中的关键部分之一——药用植物土壤与施肥技术做了详细介绍，既可作为药用植物各专业的教材，也可作为农林院校其他专业师生及农技人员和从事药用植物土壤肥料科研、生产、管理人员的参考书，同时对指导农民在种植药用植物时，科学合理施肥，提高其栽培水平，也将会起到积极作用。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2009 年 2 月

目 录

第一篇 药用植物土壤基础理论

第一章 土壤的物质组成	2
第一节 土壤矿物质与岩石的风化	2
第二节 土壤有机质	4
第三节 土壤水分	9
第四节 土壤空气	12
第五节 土壤热量	13
第六节 土壤养分	15
【实验实训 1-1】 土壤农化样品的采集与制备	21
【实验实训 1-2】 土壤含水量的测定	24
【实验实训 1-3】 土壤质地的测定	27
【实验实训 1-4】 土壤速效养分的测定	31
【实验实训 1-5】 土壤有机质含量的测定（重铬酸钾容量法）	37
第二章 土壤的基本性质	40
第一节 土壤的孔性、结构性与耕性	40
第二节 土壤胶体与土壤保肥性、供肥性	49
第三节 土壤酸碱度	52
【实验实训 2-1】 土壤结构形状的观察及微团聚体分析	55
【实验实训 2-2】 土壤容重的测定及土壤空隙度的计算	57
【实验实训 2-3】 土壤 pH 的测定	58
第三章 主要土壤类型与利用改良	61
第一节 棕壤	61
第二节 黄棕壤和黄褐土	62
第三节 褐土与红黏土	63
第四节 潮土	64
第五节 沙姜黑土	65
第六节 盐土与碱土	66
第七节 风沙土	68

第二篇 药用植物营养与肥料基本原理

第四章 药用植物营养的基础知识	72
第一节 药用植物所必需的营养元素	72
第二节 药用植物获得养分的途径	74
第三节 药用植物吸收养分的主要特点	78

【实验实训 4-1】 药用植物缺素症状的外形诊断	80
第五章 药用植物科学施肥的基本原理	83
第一节 科学施肥的基本原理	83
第二节 施肥的生产经济学原理	85
第三节 药用植物营养与施肥	87
第四节 环境保护与施肥	90
第六章 常用肥料的特点	93
第一节 有机肥料	93
第二节 化学肥料	99
第三节 腐殖酸类肥料与微生物肥料	105
【实验实训 6-1】 常用化学肥料的定性鉴定	106
【实验实训 6-2】 堆肥的积制技术	111
【实验实训 6-3】 掺混肥料的配制技术	112
第七章 药用植物常用施肥技术	114
第一节 药用植物施肥特点	114
第二节 施肥技术的主要环节	117
第三节 施肥方式和方法	117
第四节 常用施肥技术	122

第三篇 常见药用植物营养与施肥技术

第八章 根、根茎类药用植物营养特点与施肥技术	128
第一节 人参	128
第二节 三七	131
第三节 大黄	132
第四节 贝母	132
第五节 丹参	134
第六节 甘草	136
第七节 白术	137
第八节 白芷	138
第九节 西洋参	139
第十节 地黄	141
第十一节 防风	144
第十二节 柴胡	144
第十三节 当归	145
第十四节 芍药	147
第十五节 麦冬	148
第十六节 远志	149
第十七节 附子(乌头)	150
第十八节 板蓝根	151
第十九节 知母	151
第二十节 桔梗	152
第二十一节 党参	153
第二十二节 黄芪	153

第二十三节	黄芩	154
第二十四节	黄连	155
第九章	花类药用植物营养特点与施肥技术	159
第一节	红花	159
第二节	金银花	161
第三节	菊花	162
第四节	款冬花	163
第十章	果实、种子类药用植物营养特点与施肥技术	165
第一节	山茱萸	165
第二节	决明(钝叶决明)	166
第三节	栝楼	167
第四节	枸杞	168
第五节	砂仁	169
第六节	栀子	171
第七节	薏苡	173
第十一章	全草类药用植物营养特点与施肥技术	176
第一节	香茅	176
第二节	绞股蓝	176
第三节	麻黄(草麻黄)	177
第四节	紫苏	178
第五节	薄荷	179
第十二章	皮类药用植物营养特点与施肥技术	182
第一节	杜仲	182
第二节	黄柏	183
第十三章	常见道地或地产药材的施肥技术	184
第一节	牛膝	184
第二节	白芍	185
第三节	何首乌	186
第四节	山药	187
第五节	半夏	189
第六节	天南星	190
第七节	白附子	190
第八节	辛夷	191
第九节	连翘	192
第十节	木瓜	193
第十一节	车前	193
第十二节	夏枯草	194
第十三节	酸枣仁	195
第十四节	丹皮	196
第十五节	荆芥	197
参考文献		198

第一篇 药用植物土壤基础理论

第一章 土壤的物质组成

超级链接：土壤、土壤肥力和土壤生产力

土壤学家和农学家传统地认为：土壤是“发育在地球陆地表面能生长绿色药用植物的疏松多孔结构的表层。”

土壤肥力：指土壤供给药用植物正常生长发育所需水、肥、气、热的能力。

土壤生产力：土壤肥力因素的各种性质和土壤的自然、人为环境条件构成了土壤生产力。

土壤是由裸露在地表的岩石矿物经过自然和人为因素作用，发生一系列的物理、化学及生物变化而形成的产物。由于地球各地的自然条件不同，所形成的土壤在物质组成、内部结构和土体构造等方面也都不同，就形成了具有地域特点的土壤性状和肥力特征。由于土壤是母岩、生物、气候、地形和陆地年龄（时间）自然因素综合作用的结果，而气候、生物植被在地球表面表现出一定规律性，所以使得土壤资源在地面空间分布也表现出相应的规律性，即覆盖地球表面各种不同类型的土壤，在地面空间位置上有相对的固定性。然而这种空间的相对固定性并不是永恒的，它除了随生物气候地带性规律更替外，还受区域性地形、母质、水文、地质等条件的影响，同时人类耕作活动也影响土壤的空间分布。

土壤物质按物理形态可分为固态、液态和气态三类物质。固态物质即是“土”，包括矿物质和有机质；液态物质是指土壤水分，严格地说是土壤溶液；气态物质即是土壤空气。液态和气态物质存在于土壤孔隙之中，在数量和物质组成上是经常变化的，而且变幅很大；而固态物质的变幅很小，可以看作是土壤中的基础物质。

第一节 土壤矿物质与岩石的风化

土壤矿物质是指土壤中所有无机物质的总和，几乎全部是岩石矿物的风化产物。矿物是地壳中具有—定物理性质、化学成分和内部构造的天然化合物或单质的集合体，前者如石英，它的化学成分是 SiO_2 ；后者如金刚石，其成分是C。岩石是由一种或两种以上矿物组成的天然集合体，是构成地壳的主要物质。

一、矿物岩石的风化

矿物岩石的风化是指在自然力作用下，逐渐发生崩解、破碎和分解的过程。按其作用因素和风化特点，可分为物理风化、化学风化和生物风化三种。

物理风化是指岩石矿物在自然力作用下发生崩解破碎，但不改变其成分和结构的过程。影响物理风化的因素主要为温度和水分。化学风化是指岩石矿物在水、二氧化碳等自然因素作用下发生化学变化的过程，包括溶解、水化、水解和氧化还原等。生物风化是指岩石矿物在生物及其分泌物或有机质分解产物的作用下，进行的机械破碎和化学分解过程。

上述的物理风化、化学风化和生物风化作用，绝不是单独进行的，而是相互联系、相互

促进，只是在不同条件下，各种因素作用强度不同而已。

二、土壤矿物质的组成与性质

1. 土壤矿物质的矿物组成

根据矿物的产生方式，可将矿物分成原生矿物和次生矿物两大类。在高温高压下经冷凝或减压后结晶形成的矿物是原生矿物，如云母、石英、长石等；原生矿物经过风化和变质作用后，改变了其形态、性质和成分，形成新的矿物叫次生矿物，如一般土壤中含量较丰富的蒙脱石、伊利石、高岭石等。它们以不同粗细和不同数量混存于土壤中，其成分和性质对土壤形成过程和理化性质有极大的影响。

2. 土壤矿物质的化学成分

土壤矿物质中含有许多种化学元素，包括氧、硅、铝、铁、钙、镁、钛、钾、钠、磷、硫大量元素以及锰、锌、铜、硼、钼等微量元素。在其含量中，以氧、硅、铝、铁四种元素所占的比例最多，它们都是以氧化物形式存在，如 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 。这些化学元素在矿物中的组成极为复杂，大多以无机复盐形式存在，在化学风化和生物作用中，可能溶解出部分成分，其中包括植物能够利用的一些无机养分。

三、土壤质地

1. 土壤质地分类

自然界的土壤不可能由单一粒级的土粒组成，而是由不同粒级的土粒按一定比例组合而成，这种反映土粒大小、比例、组合及其性质的土壤名称，称为土壤质地（常用各粒级土粒占土壤总质量的百分数表示），即土壤沙黏程度。它是土壤的一种较稳定的自然属性，在生产实践上常作为认土、用土、改土的重要依据。

2. 土壤质地与肥力的关系

土壤质地是土壤的基本性状之一，它直接影响土壤透水、保水、保肥、供肥、通气、导热等肥力特性，与植物生长的关系十分密切。了解土壤质地的生产特性，就能因土种植和因土施肥，可更好地发挥各类质地土壤的生产潜力。

(1) 沙土类 此类土壤沙粒含量多，比表面积小，大孔隙多，小孔隙少，毛管作用差，故透水通气性强，而保水保肥性差；沙土养分含量少，有机质分解快，养分易释放而不易积累，容易造成植物生长后期脱肥，施用速效肥料往往肥力猛而持续时间短，俗称“一烘头”；沙土因水少气多，土温春季回升速度快，昼夜温差大，称“热性土”。这些肥力特性在农业生产上的反映是：种子出苗快，前期生长健壮，后期由于脱肥而易衰老，故称“发小苗不发老苗”；易于耕作，但泡水后会淀浆板结，俗称“闭沙”，栽秧时要随耙随插；这类土壤宜种植生育期短、耐贫瘠、要求土壤疏松、排水良好的作物，如薯类、花生、芝麻、果树等作物。

(2) 黏土类 此类土壤黏粒含量较多，比表面积大，大孔隙少，小孔隙（包括无效孔隙）多，毛管作用强。其特点与沙土正相反，透水透气性差，但保水保肥性强；黏质土矿质养分丰富，加之通气不良，有机质分解缓慢，养分积累较多，肥效稳而长，后劲足；黏土水多气少，土温春季回升速度慢，称“冷性土”。这些肥力特性在农业生产上的反映是：湿时泥泞，“天晴一把刀，落雨一团糟”，耕后大坷垃多，作物不易达到全苗齐苗；土性冷，肥效稳长，对小苗生长不利但后期肥力充足，“不发小苗而发老苗”，作物结实率、千粒重均较高；这类土壤宜种稻、麦、玉米、高粱、豆类等生育期长、需肥量大的作物。因排水不良、土壤闭气、易积累 H_2S 、 CH_4 等有害物质，应注意降渍防涝。

(3) 壤土类 此类土壤沙黏适中，大小孔隙的比例适当，是介于沙土与黏土之间的一种

土壤质地类别，兼有沙土与黏土的优点，通气透水性良好，保水、保肥力强；有机质分解较快，供肥性能较好；土温较稳定，耕性良好。总之，水、肥、气、热状况比较协调，适宜种植各种作物，既发小苗，又发老苗，俗称“壮子送老”。它是农业生产上比较理想的土壤质地，但以粗粉粒占优势而又缺乏有机质的土壤，泡水后仍易淀浆板结，对作物根系发育不利，要注意改良。

3. 土壤质地的改良与利用

不同质地的土壤除了因土种植合理利用外，对于质地过沙或过黏的土壤，还应采取措施加以改良。

(1) 增施有机肥料 有机物质在土壤中经过微生物分解所生成的腐殖质即能增强沙土的黏性，又能降低黏土的黏性，还能促进团粒结构的形成，以调节水、肥、气、热状况，改善耕性，从而能弥补土质过黏、过沙的种种缺陷，全面提高土壤肥力。

(2) 客土 通过“泥入沙”或“沙掺泥”的方法改良质地，改善耕性，提高肥力。客土费时费力，难以一气呵成，但对面积小、集约经营的土壤可以采用此法，对于大面积的农田，可以有计划地逐年进行，果、茶、桑园中可先改良其树墩或树行间的土壤质地。沙滩和江河岸边的沙土，可引浊流灌淤或筑挡淤坝淀淤，亦可喷施塘泥，以增加黏粒。对“上沙下黏”或“上黏下沙”的土壤，通常采用“翻淤压沙”或“翻沙压淤”的办法改良质地。

(3) 因土种植，综合治理 不同质地的土壤在因土种植的同时，还要因土耕作、施肥、灌排，进行科学的田间管理。

沙土保水保肥性差，应及时灌溉，雨后及时中耕保墒；在重施有机肥的基础上，对于速效肥的施用，应掌握“少吃多餐”的原则，以防止养分过多流失和后期脱力，需要作垄栽培时，应宽垄平畦；播种深度宜稍深，播后并要镇压接墒；对于沙性极重特别是飞沙土，应从改善生态环境入手，注重植树造林，防风固沙，配合种草，增加地面覆盖，从根本上进行改良，方能较好地利用。

黏土通透性差，在地下水位较高的低洼田块，整作时要窄垄高畦深沟，以利排水、通气、增温；耕作时要掌握适耕期，精耕、细耙、勤锄，以提高耕作质量；黏质水田要尽量冬耕晒垡，以提高土温，协调水气矛盾；播种和插秧深度宜浅一些，以利齐苗壮苗；施肥技术上要求在施用有机肥的基础上，掌握“前促后控”的原则，防止贪青徒长；对地势低洼的田块，要特别注意排水通气，防止还原态有毒物质对作物的危害。

如果在离地表不深处有坚实硬盘或沙姜，阻碍植物根系（尤其是果树）下伸，则应深耕深刨予以破除。

第二节 土壤有机质

土壤有机质是土壤的重要组成部分，也是判断土壤肥力高低的重要指标。尽管土壤中有机的含量很少，但对土壤肥力的作用却很大，因此，以增施有机肥的方法来增加土壤有机质，是培肥和改良任何土壤所必不可少的一项措施。

一、土壤有机质的来源和组成

1. 土壤有机质的来源

土壤有机质是指存在于土壤中的各种含碳有机化合物，它包括各种动植物残体、微生物体及其分解合成的有机物质。自然土壤有机质的基本来源是动植物残体，当然还包括微生物及其代谢产物等有机物质；耕种条件下的农业土壤有机质的来源，除了农作物的枯枝落叶和

根茬外，更重要的是施用的各种有机肥料，以及在用地与养地过程中进行轮作换茬等，使有机质的来源不断扩大，还有各种微生物制品、有机农药、工农业生活废水、废渣等有机物质。

2. 土壤有机质的组成

土壤有机质的组成是极其复杂的，归纳起来可以分为两大类：第一类为非腐殖质有机物质，主要是新鲜的动植物残体经微生物群分解后，破坏了最初结构而变成的分散状暗黑色小块，一般可用机械方法把它们从土壤中完全分离出来，其总量约占土壤有机质的10%~15%。第二类为腐殖质，是有机物质经微生物分解再合成的一类特殊的高分子有机化合物。它与非腐殖物质在形态上的不同点是，与矿物质土粒结合成土壤有机-无机复合体，不能用机械方法分离出来。土壤腐殖质占土壤有机质总量的85%~90%，是土壤有机质的主体，通常所说的土壤有机质主要是指土壤腐殖质。

土壤有机质组成中的主要元素有C、H、O、N、P、S等，前四种元素质量分别占有机质的45%~58%、3.3%~4.1%、34%~40%和3.7%~4.1%，还含有K、Na、Ca、Mg及微量元素等。有机质中的C和N含量的比值(C/N)称为碳氮比，一般土壤有机质的C/N为10:1左右。

二、土壤中有有机质的转化

土壤有机质在微生物的作用下进行复杂的转化，这种转化可归纳为两个过程：一个是有机质的矿质化过程，即把复杂的有机质分解成为简单的物质，最后生成二氧化碳、水和矿质养分等；另一个是有机质的腐殖化过程，即有机质经分解再合成，生成更复杂的特殊有机质——腐殖质。

1. 土壤生物与有机质的关系

(1) 土壤小动物 土壤中的小动物种类很多，包括各种蠕虫、昆虫、蚯蚓、蚂蚁、蜈蚣、鼠类和某些鱼类（水田）等。据统计，在温暖的条件下，每公顷土壤中的小动物个体可达1200万至20亿个之多。它们在土壤中生活繁殖，把有机残体粉碎、搅动和搬运，增加残体表面积，使其与土壤充分混合，有利于被微生物分解；翻动和分解有机质残体促使土肥相隔；有的小动物以有机残体为食饵，经过肠道消化时发生生化反应，其粪便、分泌物和尸体又是土壤有机质的来源之一。

(2) 土壤微生物 土壤微生物种类包括细菌、真菌、放线菌，还有藻类和原生动物。其中细菌的数量最多，分布最广，特别是聚居在距绿色植物根系几毫米范围内的微生物群——根际微生物，与植物营养的关系最为密切。

土壤微生物摄取营养物质的方式及最初能量来源，可分为自养型和异养型微生物两大类。自养微生物（无机营养型）能直接利用空气中的CO₂或无机碳酸盐作为碳源。所需的能量一是利用日光，二是利用转化无机物时所释放的能量，如硝化细菌。异养微生物（有机营养型）是以有机碳为碳源，并以分解有机物放出的能量作为能源。大部分的细菌及全部放线菌和真菌都属此类型。异养微生物由于其生活方式不同，又可分为腐生菌和寄生菌。腐生菌以死的有机体为碳源，包括大多数细菌（如氨化细菌、磷细菌等）、放线菌、真菌，它们多数是有益的，对物质转化起着很大作用；寄生菌是以活的有机体为碳源，它们大多数是动、植物的病原菌。

不同微生物对O₂的要求不同，有的要在空气流通的环境下才能生活，称为好气性微生物，真菌、放线菌及大部分细菌是属于这类微生物。有的微生物不喜欢或不能在空气流通的条件下生活，称为嫌气性微生物，如甲烷细菌等。还有一些对空气要求并不严格，有无空气均能生活，称之为兼气性微生物，如氨化细菌。

土壤微生物能引起各种物质的转化，直接影响着土壤肥力。这种转化基本上遵循着两个相反的方向：一个是有有机物质通过微生物的作用，使其变成植物可直接利用的无机物；另一方面是中间产物又经过微生物的作用，合成新的腐殖质。

土壤微生物的某些代谢产物，如生长素、抗生素等，可以刺激作物生长，抑制某些病原菌的活动。微生物对某些有害物质的裂解作用还可增强土壤的自净能力。

2. 有机质的矿质化过程

(1) 不含氮有机物的分解 多糖化合物（淀粉、纤维素、半纤维素）首先在微生物分泌的水解酶的作用下，水解成单糖。单糖在通气良好的条件下分解迅速，乙醇、醋酸、草酸等中间产物不易积累，最终形成 CO_2 和 H_2O ，同时放出大量热能。如果通气不良，在嫌气微生物作用下，单糖分解缓慢，产生热量少，并积累一些中间产物——有机酸。在极嫌气条件下，还会生成 CH_4 、 H_2 等还原态物质。

(2) 含氮有机物的分解 土壤中的含氮有机物包括蛋白质、氨基酸、生物碱、腐殖质等。除腐殖质外，大部分容易被分解。如蛋白质，在微生物分泌的蛋白酶作用下，逐级降解，产生各种氨基酸，再经氨化作用、硝化作用而分别形成铵盐、硝酸盐，可以被植物吸收利用。

(3) 含磷有机物转化 土壤中的含磷有机化合物主要是核蛋白、核酸、磷脂、植素、腐殖质等，在通气良好的土壤中经多种微生物作用，水解形成磷酸，成为植物能够吸收利用的养分；在通气不良情况下，会产生亚磷酸、磷化氢等不利于植物生长的产物。

(4) 含硫有机物的转化 土壤中含硫有机物主要是包含胱氨酸的蛋白质等，经微生物的作用生成硫化氢。硫化氢在嫌气环境中易积累，对植物和微生物会发生毒害。但在通气良好条件下，硫化氢在硫细菌的作用下氧化成硫酸，并和土壤中的盐基作用形成硫酸盐，不仅消除了硫化氢的毒害，而且成为植物能吸收的硫素养料。农业生产上采取技术措施改善土壤的通气性，就能消除硫化氢的危害。

超级链接：土壤有机质的矿化率和腐殖化系数

矿化率：土壤每年因矿质化作用所消耗的有机质数量占土壤有机质总量的百分数。一般农业土壤有机质矿化率在 2%~5% 之间，自然土壤 < 1%。知道矿化率即可计算有机质的消耗。

腐殖化系数：进入土壤的有机物质经一年的分解转化后，所形成腐殖质的量占进入有机物质质量的百分数。耕作土壤一般在 0.2~0.4 之间。

综上所述，土壤有机质的矿质化，可为植物和微生物提供速效养分，为微生物活动提供能源，并为土壤有机质的腐殖化准备了基本原料。土壤以好气性微生物为主时，有机质迅速矿化，分解速度快而彻底，生成较多的 CO_2 、 H_2O 和其他养分的可溶性物质，并放出大量热能；以嫌气性微生物活动为主时，有机质的分解速度慢，且往往不彻底，释放热能少，其分解产物除植物养分外，尚易积累有机酸及 CH_4 、 H_2S 、 PH_3 、 H_2 等还原性物质，当其达到一定程度时，则对植物生长不利甚至有害。因此，对长期渍水的田块要进行排水搁田，转换微生物活动类型以消除有害物质。

3. 有机质的腐殖化过程

关于腐殖质的形成过程有多种说法，概括起来大体可分为两个阶段：第一阶段，有机残体分解提供了组成腐殖质分子的原始材料，如多元酚、含氮有机物（如氨基酸、肽等）；第二阶段，由微生物分泌的多酚氧化酶将多元酚氧化成醌，醌再与氨基酸或肽缩合而成腐殖质的基本结构单元，然后在微生物及其分泌酶作用下，与其他结构单元进一步缩合形成复杂而稳定的腐殖质。

三、土壤有机质的作用

1. 提高土壤肥力

(1) 提供植物养分，改善土壤养分状况 土壤有机质含有植物所需的各种营养元素，随着有机质的逐步矿化，所含营养元素便陆续释放出来，供植物吸收利用。植物吸收的氮素，大约三分之二是靠土壤有机质提供的；在有机质含量为 20~30g/kg 的耕作土壤中，有机磷含量可占全磷量的 20%~50%，这些有机磷很容易被微生物分解释放出来；土壤有机质在分解过程中产生的有机酸，可增加某些矿物质的溶解度，从而提高其有效性；土壤腐殖质分子的若干功能团，能与 Zn、Cu、Fe 等多价离子形成易溶的配位化合物，从而提高养分的有效性。另外，有机质矿化释放出大量的 CO₂，又是植物光合作用的原料。

(2) 促进团粒结构形成，改善物理性质 新鲜的腐殖质是形成团粒结构不可缺少的天然胶结剂。腐殖质胶体对土粒的黏结力介于黏粒与沙粒之间，增加土壤有机质含量，既有疏松黏土，改善耕性，又可改良沙土分散无结构状态。胡敏酸是一种暗褐色胶体，其钙盐不仅是水稳性团粒最理想的胶结剂，还能加深土色，提高土温。总之，增加有机质能够改善各种土壤的通透性、蓄水性和结持性等多种物理性能，协调肥力因素，有利于作物根系的伸展和微生物活动。

(3) 增强土壤保水保肥性与缓冲性 土壤有机质不仅本身含有丰富的养分，而且有强大的吸附能力，能吸附各种离子态养分和水分，阳离子代换量较高，有效地减少速效养分的流失，积蓄大量的土壤水分；同时还能增强土壤抵抗酸碱度剧烈变化的缓冲能力。

(4) 可以改善微生物的活性 土壤有机质不断地供给微生物生活所需要的养分和能量，同时又调节了土壤酸碱度，这都有利于微生物的正常繁殖和活动，因而促进了土壤物质与能量的转化。

2. 刺激植物生长

据报道，低浓度的胡敏酸能促进植物的呼吸作用，增加质膜的透性，从而提高植物吸收养分的能力，而且加速细胞分裂，促进根系发育；能促进过氧化氢酶的活性，加速种子的萌发和养分的吸收，从而可以刺激植物生长；还能改变植物体内糖类代谢，促进还原糖的累积，提高细胞的渗透压，从而提高其抗旱能力；腐殖质中含有的某些维生素和激素，能促进植物生长。

3. 减轻土壤污染

有机质还有净化土壤的作用，如腐殖质能够吸收、溶解某些农药。因为大部分农药是有机化合物，它们通常是一部分微生物的良好碳源或能源。有机质促进了微生物的活动，也提高了微生物对土壤中残留农药的降解，一般来讲，经微生物降解后的农药残留毒性降低。

四、土壤有机质的调节

由于有机质在提高土壤肥力方面发挥着重要的作用，因此，人们在对耕作土壤管理中经常采取各种措施调节有机质的转化和提高有机质含量。

1. 土壤有机质转化的影响因素与调控

(1) 有机残体的碳氮比 (C/N) 有机质的转化无论是矿质化作用还是腐殖化作用，都是受微生物所控制的。微生物分解有机物料时需要同化一定数量的碳和氮构成组织，同时要分解一定量有机碳化物作为能量的来源。一般每分解吸收 1 份氮需要 5 份碳构成自身机体，同时还需要 20 份碳作为分解有机质和形成细胞的能量。所以在微生物的生命活动过程中，总共需要有机物料的碳氮比约为 25 : 1。如果有机体的 C/N 比大于 25 : 1，则氮素含量相对不足；微生物分解有机物缓慢而不彻底，并夺取土壤中作物可利用的氮素，造成作物暂时缺

氮的饥饿状态。如果有机残体的碳氮比小于 25:1, 则有机质分解速度较快, 并有较多的氮素释放出来供作物吸收利用。故在生产实践中, 若将 C/N 过大的秸秆类有机肥直接下田, 则必须配合一些粪肥或速效氮肥, 以缩小碳氮比, 加快秸秆的腐熟, 防止微生物与作物暂时夺氮现象的发生。不论进入土壤的有机残体原有的碳氮比如何, 经微生物分解后, 相当一部分碳素以 CO₂ 形式逸散, 而氮素则在土壤中保存下来, 有机质的 C/N 相应降低, 最后稳定在 (8~12):1。

(2) 土壤水、气状况 水与气在土壤中是相互消长的, 水、气的多少直接影响到土壤有机质转化的方向和速度。水分过多通气不良, 以嫌气微生物活动为主, 有机质分解速度慢, 矿化率低, 易积累某些有机酸等中间产物, 还会产生 H₂S 等有毒物质, 对作物生长不利, 但有利于腐殖质的积累; 水分过少, 氧气供应固然充足, 但缺少必需的水分, 微生物的活动能力受到抑制, 也不利于有机物质的分解。对多数土壤微生物来说, 土壤水分占田间持水量的 60%~80% 是比较适宜的。

(3) 土壤温度 在适宜的土壤含水量配合下, 土壤微生物活动的最适宜温度大体在 25~35℃ 范围内。土温低于 0℃ 时, 微生物的活动趋于停滞; 土温在 0℃ 以上时, 微生物的活动随温度的升高而增强, 到 10℃ 以上活动强度则明显加速, 直到最适宜的温度为止。这种现象在有机质分解初期最为突出, 土温高于 45℃ 时, 大多数微生物的活动受到明显抑制。

(4) 土壤酸碱度 不同的微生物类群都有自己适宜的酸碱 (pH 值) 范围, 如真菌喜酸性环境, 细菌适宜中性或近中性, 而放线菌则喜中性至微碱性。土壤反应为强酸或强碱性时, 对大多数微生物都不利, 此时有机质分解缓慢, 腐殖质积累少且质量差。

(5) 有机物本身的物理状态和组成 有机物的物理状态会直接影响到转化速率, 新鲜、多汁的有机物比干枯老化的有机物易分解, 磨细粉碎的有机物因为增加了与外界因素的接触面积而比未磨细粉碎的有机物易分解; 各种有机残体有不同的化合物组成和性质, 这些化合物的分解难易程度不同, 一般来讲, 单糖、淀粉、水溶性蛋白质等属于易分解的有机化合物, 而纤维素、木质素、脂肪、脂质属于难分解的化合物, 半纤维素、果胶居于两者之间。

土壤有机质是土壤固相中最活跃的部分, 土壤有机质含量在一定条件下反映了土壤肥力水平, 保持和提高土壤有机质含量是培肥土壤的一项主要内容。土壤有机质并不是一个取之不尽的库, 必须不断补充, 否则它将逐渐枯竭, 不但释放的养分显著减少, 而且土壤的各种物理、化学、生物性质都将变劣。我国农业土壤的有机质普遍偏低, 特别是华北平原和黄土高原, 如果这些地区的土壤有机质得到明显的提高, 则该地区的土壤肥力会显著提高。

2. 增加土壤有机质的措施

土壤有机质含量受土壤性质、生物气候条件以及施肥、种植制度等诸因素的制约, 但主要的还是有机物质的投入量。我国耕地有机质含量普遍偏低, 必须不断添加有机物质才能使土壤有机质特别是活性有机质部分保持在适当水平。因此, 要采取各种有效措施, 增加有机物质对土壤的投入量。

(1) 增施有机肥 施用有机肥提高土壤肥力水平是长期生产实践中总结的宝贵经验。在生产中要积极开发有机肥资源, 除了大力发展畜牧业、广积粪肥外, 还要广泛收集人们生活中的所有可降解的废弃物, 通过腐熟发酵等工艺过程, 制成无污染的优质有机肥。此外, 还可以充分利用塘泥、污泥、沼气池残渣、河淤土等。废水处理剩余的污泥和工业废渣也可作为有机肥施用, 但要经过无害化处理, 避免造成环境污染。

(2) 种植绿肥作物 种植绿肥是我国农业生产中补充土壤有机质的一种传统方法。绿肥作物含有大量的蛋白质、脂肪和碳水化合物, 不仅能作肥料, 而且还是良好的饲料, 还有作为蔬菜、蜜源、水土保持等作用。绿肥翻压到土壤后很快腐解形成有机质和土壤养分, 但绿肥的碳氮比小, 矿化率大, 形成的腐殖质较少, 使用量通常较大。近年来由于农业生产水平

的提高、畜牧业的发展和农业生产方式的改变，绿肥作物种植面积有所下降，但在我国西部地区可结合水土保持适当发展绿肥作物，以达到生态效益和改土效益共同提高的目的。

(3) 秸秆还田 作物秸秆的用途通常是用作燃料、牲畜的饲料、堆制有机肥等。从目前我国的实际情况来看，秸秆作为有机肥料是一种较为科学的利用方式，特别是禾本科作物的秸秆，由于其硅含量太高，一般不适宜于作饲料。再加上部分地区农民也很少用作物秸秆作为燃料。因此，农业生产上推广秸秆还田是一种较好的提高土壤有机质的方式，即将秸秆直接耙碎翻压到土壤中，其翻压技术在第七章有机肥中介绍。

第三节 土壤水分

土壤水分是土壤的重要组成部分。它不仅供植物吸收利用，而且是土壤生物化学反应的媒介，对土壤养分、空气和热量状况及一切土壤性质都有深刻的影响。调节土壤水分状况，常使土壤的各种性质得到改善，水、肥、气、热能够协调发展，从而提高土壤肥力。

一、土壤水分形态及其有效性

土壤水分主要来源于大气降水和灌溉水，此外，还有地下水上升及大气中水蒸气的凝结。在土壤中，水分受到重力、毛管引力、水分子引力、土粒表面分子引力等各种力的作用，形成不同的水分类型，对植物的有效程度也各不同。

1. 土壤水分形态

(1) 吸湿水 吸湿水是指固体土粒借助其表面的分子引力从大气中吸收的气态水并保持在土粒表面的水分。吸湿水因受土粒表面吸附力很大，最低仍可达 3.14MPa，因而不能流动，无溶解能力，不能被植物吸收（植物根系的吸水力一般为 1.52MPa），属无效水分。

吸湿水的含量称为吸湿量，其大小与土壤比表面积、有机质含量及大气的相对湿度有关。土壤质地愈细，比表面积愈大，吸湿量愈大，有机质含量高的土壤，吸湿量也大。当大气的相对湿度达到饱和时，土壤的吸湿量达到最大值，此值称为土壤最大吸湿量或吸湿系数。

(2) 膜状水 土壤水分达到最大吸湿量时，土粒表面还有剩余的吸附力，可以吸收一部分液态水，在吸湿水外层形成连续水膜，称为膜状水。膜状水所受的吸力在 0.63~3.14MPa，具液态水的性质，能由水膜厚的地方往水膜薄的地方移动，但不能及时补充到植物根系附近，有效性低。膜状水达到最大量时的土壤含水量称为最大分子持水量。

随着土壤膜状水减少，植物出现因缺水而凋萎又不能复原的现象称为永久萎蔫，此时土壤含水量称为萎蔫系数或凋萎系数，一般是吸湿系数的 1.5~2 倍。

(3) 毛管水 土壤中粗细不等的毛管孔隙连通形成复杂的毛管体系，当土壤含水量达到最大分子持水量并继续增加时，水分开始填充毛管孔隙，靠毛管力保持在土壤毛管孔隙中，称之为毛管水。

毛管水所受力为 0.008~0.63MPa，比植物根的吸水力小得多，是植物吸水的主要来源，毛管水具有溶解能力，在一些毛管孔隙发达、水分含量丰富的壤质土壤中，毛管水运动速度快，水流量也较充足，可以源源不断供给植物所需要的水分。

根据毛管水与地下水有无关联，将它又分为毛管悬着水和毛管上升水。

① 毛管悬着水 指地下水位较深时，降水或灌溉水等地面水进入土壤，借助毛管力保持在上层毛管孔隙中的水分。它与地下水无联系，好象悬挂在土壤中一样，故称毛管悬着水。