

面向 21 世纪果树生产新技术丛书

李光晨 李绍华 主 编

果园土壤管理与节水栽培

李光晨 李绍华 编 著



中国农业大学出版社

果园土壤管理与节水栽培

李光晨 李绍华 编著

中国农业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

果园土壤管理与节水栽培/李光晨, 李绍华编著. —北京:
中国农业大学出版社, 1998. 9

(面向 21 世纪果树生产新技术丛书/李光晨, 李绍华主编)

ISBN 7-81002-957-6

I. 果… II. ①李…②李… III. ①果园-土壤-管理 ②果树
园艺-灌溉-节约用水 IV. S60

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 17522 号

丛书主编: 李光晨 李绍华

责任编辑: 赵玉琴

封面设计: 郑 川

出 版 中国农业大学出版社
发 行
经 销 新华书店
印 刷 涿州市星河印刷厂
版 次 1998 年 9 月第 1 版
印 次 1998 年 9 月第 1 次印刷
开 本 32 印张 5.125 千字 110
规 格 787×1 092
印 数 1~5 050
定 价: 7.00 元

总 序

我国是许多果树的原产地，而且有很悠久的果树栽培历史。早在4 000多年前就有关于梨、柿、柑橘、栗、桃、李、杏、梅、荔枝、龙眼等果树栽培的记载。公元前5世纪的《周书》中记有“秋食护梨橘油”。司马迁在《史记·货殖传》中记载：“蜀汉江陵千树橘，此其人与千户侯等。”湖南长沙马王堆西汉古墓中发现有桃、李种子。从湖北江陵古墓（公元前3世纪）中发现有柑橘果皮及枣、桃种子。从陕西半坡村遗址（约6 000年前）中发掘出了栗、枣化石。银杏是3亿年前古生代二迭纪遗留下来的裸子植物，在山东莒县尚存有树龄3 000年的老树。现在从沈阳到广州都有银杏栽培。猕猴桃原产于我国，系营养丰富的珍贵果品。公元前10世纪《诗经·桼风》中记载：“■有苳楚。”苳楚即猕猴桃。1906年新西兰从我国引种猕猴桃。现在产于新西兰的猕猴桃行销全世界。该国仅此一项年收入即可达3亿美元。桃、李、杏、梅原产于浙江、江苏、山东、河北，荔枝、龙眼原产于广东、福建。人们称荔枝、龙眼为果中皇后。苏东坡写道：“日啖荔枝三百粒，不辞长作岭南人。”

解放以后，特别是改革开放以来，我国的果树事业有了很大的发展。据统计，1978~1994年，我国果树的栽培面积从165万 hm^2 （约合2 475万亩）上升到726万 hm^2 （约合10 890万亩），产量从656万t上升到3 011万t。其中，苹果

种植面积由 69 万 hm^2 (约合 1 035 万亩) 上升到 269 万 hm^2 (约合 4 035 万亩), 总产量从 228 万 t 上升到 903 万 t; 柑橘种植面积由 15 万 hm^2 (约合 225 万亩) 上升到 112 万 hm^2 (约合 1 680 万亩), 总产量从 38 万 t 上升到 656 万 t。

我国有广阔的山区、丘陵、沙荒地, 发展果树事业的潜力很大。要想在广大的山区丘陵因地制宜地建立高标准、高质量、高科技、高效益的现代化商品生产基地, 必须投入必要的资金、设备和先进的科学技术。现代化的果园经营, 必须选择国内外市场需要的优良品种, 实行工厂化育苗, 建立排灌系统, 实施水土保持、病虫害防治、配方施肥等技术措施; 必须建立现代化的果品采收、选果、洗果、分级、打蜡、防腐保鲜、贮运、加工, 以及商业化经营的企业组织, 以提高在国内外市场的竞争力; 必须组织产供销、贸工农一体化的集体生产合作社或果农协会组织, 建立国内外市场信息网络, 发展市场经济, 扩大果品销路。

中国农业大学李光晨教授和李绍华教授主编的“面向 21 世纪果树生产新技术丛书”, 由高等教育出版社和中国农业大学出版社出版。这套丛书推陈出新, 洋洋大观, 实用性强, 必将为我国果树事业的发展起到一定的指导和促进作用。特此作序, 以表祝贺。

章文才(签字)

1996 年 11 月于武汉华中农业大学

目 录

1 对果园土壤条件的认识	(1)
1.1 土壤的形成	(1)
1.2 土壤的组成	(2)
1.3 土壤的基本性状	(12)
2 果园水土保持工程	(16)
2.1 山地果园的水土保持工程	(17)
2.2 平原地区果园的水土保持工程	(22)
3 几种主要不良土壤的改良	(26)
3.1 盐碱土	(26)
3.2 风沙土	(28)
3.3 坡地土	(30)
3.4 红壤土和粘土	(31)
4 果园土壤耕作管理方法	(33)
4.1 几种土壤耕作管理方法的应用情况	(34)
4.2 生草法	(35)
4.3 改良免耕法	(54)
4.4 覆盖法	(65)
5 果园土壤环境的保护	(82)
5.1 果园土壤环境污染的概念	(82)
5.2 土壤污染的植物症状和防治	(86)
6 水分营养与果树生长发育	(91)
6.1 果树地上部营养器官的生长发育与土壤水分营养的关系	(91)

6.2	果实生长、果树产量与土壤水分营养的关系	(93)
6.3	果实品质与土壤水分营养的关系	(96)
6.4	果树根系的生长发育与土壤水分营养的关系	(99)
6.5	水分营养水平与果树生产	(100)
7	果树节水栽培的基本知识	(104)
7.1	水分在土壤-植物-大气系统中的循环	(104)
7.2	土壤水分存在形式	(108)
7.3	土壤水分的可利用性	(109)
7.4	我国的水资源形势	(113)
7.5	果树节水栽培的主要途径	(113)
8	果树节水栽培采用的主要灌溉技术	(119)
8.1	地表灌溉	(119)
8.2	喷灌	(121)
8.3	定位灌溉	(129)
8.4	地下灌溉	(133)
8.5	果园确定合适灌溉方式的基本原则	(133)
9	果园灌溉时期及灌溉量的确定	(136)
9.1	果园灌溉时间的确定	(136)
9.2	果园灌溉量的确定	(139)
9.3	常用的果园灌溉指导技术	(140)
10	果树生产需水关键时期与果树节水栽培	(149)
10.1	果树生长、结果、品质对水分胁迫反应的敏感时期 ...	(149)
10.2	果树年生长周期中水分营养的关键时期	(153)
10.3	果树年生长周期中水分营养的非关键时期节水灌溉技术	(155)

1 对果园土壤条件的认识

土壤是农业的基本资料，是农作物以及果树得以固定和生长发育的基地，是农业生态系统结构中的重要组成部分。土壤是由矿物质、有机质、水分（溶液）、空气和生物等所组成的能够生长植物（包括果树）的陆地疏松表层。

土壤能够生长植物，是由土壤肥力决定的。土壤肥力就是土壤同时地、不断地满足和调节植物对水、肥、气、热等生长发育条件要求的能力。土壤肥力是土壤物理、化学、生物等性质的综合反映。土壤肥力的高低取决于诸肥力因素的消长、以及这些因素之间的协调关系。土壤因具备肥力而不同于自然界的其它物质。

果树生产者，特别是具有一定规模的果园管理人，应当既熟悉果树，又熟悉果园的土壤，因果树和土壤情况而采取科学的技术措施。不熟悉土壤、不能正确地利用土壤和提高土壤肥力的人，只对果树本身采取各种各样的技术措施，果树是管理不好的。果树生产者，应当掌握一定的土壤基本知识。

1.1 土壤的形成

土壤有发生和形成的过程，在自然界要经历相当长的时间。地球陆地表面原先都是坚硬的岩石，在长期的阳光、水分、空气等自然条件的影响下，产生了物理、化学等风化过

程，使岩石崩解、碎裂，在结构、成分和性质上都发生明显的变化，而形成疏松的岩石碎屑，即土壤的基本材料——成土母质。这种母质与岩石在许多性状上已完全不一样，它已具有通气、透水和保水的性能，风化释放出的一些矿质元素为生物繁殖和生长创造了条件。首先，是低等微生物吸收空气中的氮制造有机物质，使母质中开始积累氮素养料，继而出现绿色植物。绿色植物出现以后，有机物质的合成与分解，营养元素被吸收、固定和释放的循环时间短，加快了土壤的形成和发育。所以，生物是土壤形成中最重要的因素，是起主导作用的因素。

未经人类开垦耕作的土壤，称为自然土壤。经过人类开垦耕作，包括土壤改良、水土保持、耕作、施肥和灌溉等技术措施，水、肥、气、热诸项肥力因素变化，使土壤发育到一个新阶段，即农业土壤的形成阶段。农业土壤是在自然土壤的基础上发展起来的，是自然因素和人为因素共同作用的结果，其中人为因素起主导作用。人类可以有目的地对土壤进行利用、改造和定向培育，不断提高土壤的肥力；当然，人类的一些活动也破坏土壤的形成和发育，引起土壤的退化，如土壤的沙化、次生潜育化、次生盐渍化等，污染当然更在其内。

1.2 土壤的组成

土壤是由固体、液体和气体三部分物质组成的疏松多孔体，土壤学上称这三部分为“三相”。土壤的固相体积约占土壤总体积的 50%，其中包括 38% 的矿物质和 12% 的有机质构成(图 1-1)。液相体积约占 15%~30%，主要是土壤水分和

溶于水中的物质。气相体积约占15%~35%，包括氧气、二氧化碳、氮气等。土壤液相和气相共同存在于固相物质之间的孔隙中，形成一个互相联系、互相制约的统一整体，为植物提供必要的生长发育条件。土壤的三相，缺一不可，作为一个整体才是土壤肥力的物质基础。

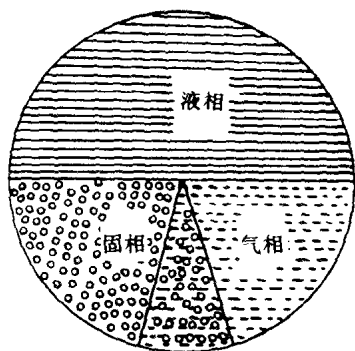


图 1-1 土壤三相组成示意图

1.2.1 土壤矿物质 土壤中矿物质约占土壤固相部分重量的95%，是土壤的“骨架”和植物养分的重要来源。

(1) 土壤矿物质的种类和化学组成 土壤矿物质包括原生矿物(如石英、长石、云母、辉石和角闪石等)、次生矿物(如高岭石、蒙脱石、伊利石等铝硅酸盐类矿物)和一些分解彻底的简单无机化合物。

土壤矿物的化学组成，以二氧化硅(SiO_2)最多；其次是三氧化二铝(Al_2O_3)、三氧化二铁(Fe_2O_3)，这三者之和常占化学组成总量的75%以上；还有少量的氧化铁(FeO)、氧化钙(CaO)、氧化镁(MgO)等。就元素来说，土壤中几乎能找到所有的元素，但主要是氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、镁(Mg)、钾(K)、钠(Na)、钛(Ti)、碳(C)等10种元素，它们约占矿物质总量的99%以上。这10种元素，以氧、硅、铝、铁最多。

我国地域辽阔，各地土壤的矿物种类和化学组成有很大变化，如北方土壤以蒙脱石和伊利石含量多，而南方土壤以

高岭石含量多;含长石或云母多的土壤中富含植物需要的钾、磷等营养物质。

(2) 土壤的机械组成 土壤的颗粒有大有小,大小不同的级别,称粒级。中国科学院南京土壤研究所等单位根据我国情况将土粒分为5级,各级土粒的名称和相应的粒径见表1-1。

表 1-1 我国土壤颗粒分级标准

颗粒	名 称	粒径 (mm)
石块		>10
石砾	粗砾	10~5
	中砾	5~3
	细砾	3~1
砂粒	粗砂粒	1~0.25
	细砂粒	0.25~0.05
粉粒	粗粉粒	0.05~0.01
	细粉粒	0.01~0.005
粘粒	粗粘粒	0.005~0.001
	粘粒	<0.001

不同粒级大小的土粒,其特性有明显的差异。一般土粒由粗到细,其矿物组成中的石英含量逐渐减少,云母含量逐渐增多;而在化学组成上则是二氧化硅逐渐减少,钙、镁、磷、钾等元素含量相应增加;在物理特性上,通气、透水性逐渐减弱,而吸湿性、膨胀性、可塑性、阳离子吸收性等则逐渐增强。

自然界的土壤,都是由大小不同的土粒、以不同的比例组合而成的。不同粒级组合的相对比例,即土壤机械组成。土壤质地是根据不同机械组成所产生的特性而划分的土壤类

别；在农业生产中，土壤质地经常是认土、用土和改土的重要依据。我国通用的土壤质地分类标准见表 1-2。

表 1-2 我国土壤质地分类标准

质地组	质地名称	颗粒组成 (粒径: mm) (%)		
		沙 粒 1~0.05	粗粉粒 0.05~0.01	粘 粒 <0.001
沙 土	粗沙土	>70		
	细沙土	60~70	—	<30
	面沙土	50~60		
壤 土	粉沙土	>20	>40	
	粉 土	<20		
	粘壤土	>20	<40	<30
	粘壤土	<20		
	沙壤土	>50		
粘 土	粉粘土			30~35
	壤粘土	—	—	35~40
	粘 土			>40

土壤质地不同，对土壤的水、肥、气、热状况及其它理化特性均有很大的影响，现将不同质地土壤的肥力特征综述如下：

①沙土类 物理性沙粒含量占 80%以上，粒间孔隙大，毛管孔隙少，渗透性强，不保水，透气性好，有机质分解快而累积少，不保肥、不耐肥，昼夜温差大。所以沙土地常呈现有气、缺水、养分不足、土温不稳的矛盾状态。我国北方大多数果园的土壤是十分贫瘠的沙土。

②粘土类 物理性粘粒含量占 60%以上，粒间孔隙小，毛管孔隙多，保水、保肥性强，而通气透水性差，易旱易涝，昼夜温差小，土性偏冷；粘性塑性强，所以耕性不良，适耕

期短。

③壤土类 沙粒与粘粒比例适中，因此兼有沙土类和粘土类的优点，既通气透水、又保水保肥，水、肥、气、热状况比较协调，具有良好的耕性，适耕期也长，是农业、包括果树业理想的土壤质地。我国果树多上山下滩，这样好的土壤很少，改土可以此为目标或标准。

1.2.2 土壤有机质 土壤中有机的重量，一般只占土壤固体部分的1%~5%，含量虽不多，但它对土壤肥力的高低却起着重大的作用。土壤有机质是作物养分的最重要来源，它使土壤具有和保持良好的结构，使土壤有保水、保肥的能力。土壤有机质也是土壤拥有大量微生物的主要因素。

(1) 土壤有机质的组成 土壤有机质，主要来源于人工施入的有机肥、杂草和果园间作物根茬、果园绿肥或生草。土壤有机质的组成，可分为三大类：

①各种形态的动植物残体，分解或未分解的有机肥料、人畜或其它动物粪便等，含有纤维素、半纤维素、氨基酸、蛋白质、有机酸等，碳、氢、氧、氮、磷、钾等植物必需的各种营养元素都应有尽有。

②腐殖质，是动植物残体经微生物分解后再合成的一种特殊有机质，它与土壤矿物质紧密结合，对土壤的肥力很有益。

③土壤微生物，是土壤中活的有机体，它们在土壤养分转化、特别是有机物质的转化中，起着决定性作用。微生物的种类很多，包括细菌、真菌、放线菌和各种原生动物，有适于通气良好条件下活动的好气性微生物，也有适于通气不良条件下活动的嫌气性微生物，数量之大，十分惊人。

(2) 土壤有机质的矿质化 土壤有机质，经过微生物的活动，分解为简单的无机化合物，这个过程叫土壤有机质的矿质化。一种情况是通气良好、含有淀粉、纤维素等碳水化合物的土壤，有机质分解彻底，最后产生二氧化碳和水，能提供植物或微生物营养和能量物质，并为腐殖质的形成提供原料；通气条件不好时，有机质进行嫌气分解，产生有机酸和一些还原物质，对果树和农作物生长不利；另一种情况是含氮化合物的分解和转化，主要是蛋白质的矿化过程，包括氨基化作用、氨化作用、硝化作用和土壤氮的还原作用。

氨基化作用是指蛋白质及其类似含氮化合物在水解酶的作用下，逐步分解成各种氨基酸的作用，其产物一般不能被植物直接利用，可为进一步的转化提供原料。氨化作用是指氨基酸在酶的作用下进一步水解或氧化或还原生成氨和铵离子的作用，这是对土壤氮素水平起决定性影响的作用。只要微生物活动旺盛，不管通气条件如何，土壤的氨化作用就有保证。

硝化作用是指氨或铵盐被氧化成为硝酸盐的作用，只能在土壤通气良好的条件下才能顺利进行。土壤中形成的硝酸盐易被植物吸收利用，也易随水流失。

土壤中氮的还原，是土壤中氮损失的重要因素。农业上应通过合理的耕作、排灌、土壤改良等措施，保持土壤的良好通气性，使之有利于硝化作用，并且抑制反硝化作用的进行。措施得当，犹如增施氮肥。

(3) 土壤有机质的腐殖质化 土壤有机质的腐殖质化，是指土壤有机质在微生物的作用下，先进行分解、再重新合成更复杂的有机物（腐殖质）的过程。土壤中的腐殖质，可概

括为胡敏酸和富啡酸两大类。胡敏酸是腐殖质中作用较大的一种，是良好的土壤结构胶结剂。

土壤中有机质的矿质化和腐殖质化是互相依存、同时进行的两个相反过程，矿质化促进养分的释放，也为腐质化提供原料，但如果矿质化太激烈，释放出来的养分作物还来不及吸收，将会造成养分的淋失；腐质化可以保蓄养分，减少养分的淋失，但腐质化太过分，又会削弱矿质化，造成土壤养分的供应不足。所以，正确的农业措施应当既保证适当的矿质化过程，又要维持较高水平的腐殖质化过程，后者可以使土壤养分的供应持续的时间长久，并有利于改善土壤的理化性状，提高土壤自身调节水、肥、气、热的能力。

1.2.3 土壤空气 土壤空气是土壤的重要组成部分，也是土壤肥力的一个重要因素。土壤空气的成分主要是氮（土壤空气总容积的78.80%~80.24%）、氧（18.00%~20.03%）和二氧化碳（0.15%~0.65%），土壤空气中的氮一般不能被植物吸收利用；氧很活跃，并对作物的生长发育能起重大作用。

通气良好的土壤，果树根系生长量大，吸收功能得以充分的发挥。土壤空气缺乏、氧气不足时，果树根系短而粗，根毛少，吸收功能低下。正常情况下，土壤空气中氧的含量（容积%）不应低于9%~10%。土壤空气状况，也影响土壤中微生物的种类和数量，影响土壤养分的分解速度。土壤通气性好，氧气充足，土壤有机质分解彻底，氨化作用和硝化作用旺盛，土壤有效态氮丰富；相反，土壤通气不好，缺氧时，有利于反硝化作用，易造成氮素的损失。

土壤通气状况不好，如水淹的情况下，还往往降低果树的抗病力。

土壤结构性能好和土壤含水量适宜，土壤的通气性有保证。在一般的情况下，随着土壤含水量的增加，土壤通气性会相应降低。

1.2.4 土壤水分和土壤溶液 土壤水分是土壤的最重要组成物质，是土壤肥力中不可缺少的因素，是任何植物、包括果树和所有农作物生长发育的基本条件。因此，了解和掌握土壤水分的特性，并采取正确的措施对土壤水分进行调控，是果树生产的重要课题。水在土壤中的存在，从来不是以纯水的形式，土壤中一些可溶性物质随时溶解其中，这种含有各种可溶性物质的土壤水分，即土壤溶液。

在土壤中，水分和空气是同时共存于土壤固体颗粒的孔隙间，土壤水分含量太高时空气的含量降低；长期水淹地，土壤中空气少、含氧量低，是作物涝害死亡的主要原因。土壤溶液是土壤中最活跃的组成部分，土壤的形成、作物的吸收水肥，都离不开土壤溶液的参与。

土壤中的水分，根据其在土壤中所受吸力的不同而分为三种基本类型，即受土粒分子引力所保持的吸湿水和膜状水，受毛管引力所保持的毛管水，受重力支配，不能为土壤所保持而下渗的重力水。近代土壤水分的研究成果表明，上述水分形态的分类难以如实地反映土壤水分本身的运动规律及其发挥的功能，尤其不能全面地反映土壤水分与作物吸水之间的关系。应用土壤水分的能态观点（即土壤水分的能量概念）认识土壤，有很多优点，可以用统一的观点和能量标准来研究土壤-植物-大气连续系统（简称 SPAC）中水分的运动及其相互关系；可以更充分地用热力学和数学的方法来处理 and 解决土壤水分的问题。

(1) 土壤水分能态观点的几个概念

水势 在土壤中各种力的作用下，土壤水分的势能（或称自由能）所发生的变化，即水势。土壤中水分的水势通常小于零，水势的负值越高，土壤水分的自由能水平就越低。土壤中，水总是从水势负值低的地方流向负值高的地方。

(2) 土壤含水量及土壤水分的有效性 土壤含水量，又称土壤湿度，常用以下几种方法表示：

①以土壤绝对含水量表示

a. 以占土壤重量的百分数表示 即土壤中实际所含的水重占烘干土重的百分数，这是最基本、最常用的土壤含水量表示法，用烘干法直接测定。

b. 以占土壤容积的百分数表示 即土壤水分的容积占单位土壤容积的百分数，这种表示方法能表明土壤水分填充土壤孔隙的程度。还能进一步推算出土壤三相物质（固、液、气）的容积比率。土壤水分的容积，可由测得的水分重量推知（水分重量与水分容积的数值相等）。

c. 以水的体积表示 农田灌溉水量常用 t/hm^2 或 m^3/hm^2 表示（每公顷=15 亩）。制定灌溉计划时常用这种表示方法。

②以土壤的相对含水量表示

a. 以占田间持水量的百分数表示 即将土壤的绝对含水量（重量%）换算成占该土壤的田间持水量的百分数。这种方法常用于旱地土壤水分含量的计算。

b. 以占全蓄水量的百分数表示 即将土壤的绝对含水量换算为占该土壤全蓄水量的百分数。

(3) 土壤水分常数