

蔬菜高新技术丛书

中国农业出版社

葛晓光 主编

菜田土壤与施肥

S C S J X G C S

蔬菜高新技术丛书

菜田土壤与施肥

葛晓光 主编



* A 0 4 6 2 7 3 7 *

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

菜田土壤与施肥/葛晓光主编. —北京: 中国农业出版社, 2001. 11

(蔬菜高新技术丛书)

ISBN 7-109-06801-3

I. 菜... II. 葛... III. ①菜园土-性质②蔬菜-施肥
IV. S630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 01620 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 杨金妹 舒 薇

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 11.125

字数: 278 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 26.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书以生态学原理为指导，将菜田土壤—蔬菜作物—人工调控作为菜田生态系统的组成部分，分别阐述了菜田土壤的特性及培肥、菜田土壤的退化及其防止、蔬菜温室土壤及其管理、菜田土壤的污染及其防治、蔬菜的营养吸收、不同类型蔬菜的需肥规律与施肥特点，以及蔬菜测土、平衡施肥等问题，特别是针对我国各地已经或将会出现的菜田土壤劣变及其所产生的生育障碍等问题进行了探讨，阐述了产生的原因，提出了防治对策及措施。该书对高等农业院校师生及农业科学研究单位人员均有重要参考价值，对广大蔬菜技术推广人员及生产者也有一定的指导意义。



“民以食为天，食以土为本”。土壤资源是人类生存最基本的自然宝库。提高土壤肥力，防止土壤退化，科学合理地利利用土壤资源，是改善人类生存环境及经济可持续发展的最紧迫而重要的任务之一。菜田是农田的组成部分，菜田土壤具有一般农田土壤的基本特性，但由于蔬菜栽培对土壤的一些特殊要求以及蔬菜生产本身的特殊性，无论在培肥的程度上或土壤肥力的变化上，以及与之相关的土壤施肥等土壤管理方面都存在较大的差异。“一亩园十亩田”是我国劳动人民对菜田土壤生产力的评价及高标准要求。在长期生产实践中，我国菜农主要是通过增施有机肥及精耕细作等手段，在菜田土壤培肥中积累了丰富而宝贵的经验，真可称为我国传统农业之精华。虽然这些精心培肥的菜田至今所存无几，几乎被城市的发展所占用或被城市的“三废”所污染，但积累的宝贵经验却是不可忽视的财富。

应该注意到，世界一些国家，在蔬菜生产大发展时期，特别在蔬菜产业化阶段，由于缺乏土壤施肥管理的科学性，加上市场利益的驱动，往往会造成较严重的菜田土壤劣变，如土壤酸化、土壤养分平衡失调、设施内土壤次生盐渍化、土壤微生物区系改变、形成严重的连作障碍等。20世纪五六十年

* 亩为非法定计量单位，1公顷=15亩。

代日本如此，到了八九十年代，中国也出现类似的问题。由于土壤生态系统变化的滞后现象，在缓慢地劣变过程中并没有被重视，甚至没有被察觉，一旦问题明显，则会给蔬菜生产带来严重的损失，且一时难以恢复。问题出现在土壤上，但主要根源是在施肥上，最终反映在蔬菜上。为了防患于未然，或拯救于当前，蔬菜科技工作者及生产者都应该了解与掌握菜田土壤肥力变化的规律及必要的防止土壤劣变的基本知识。这就是撰写这本书的主要动机。

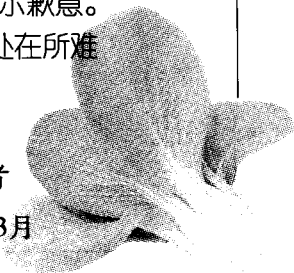
正因为出于以上的动机，本书撰写的指导思想是，从生态学的高度，以菜田土壤的变化为基础，将土壤—蔬菜—人工调控作为一个生态系统有机地联系在一起阐述其结构与功能的变化，目的在于防止孤立地从某一方面变化或某一项措施的作用来看问题的片面性。这种写法也是一种尝试，期望能得到预期的效果。

尽管本书编著者在近十多年来做了一些蔬菜施肥研究及菜田土壤调查工作，也收集和学习了一些有关的文献与资料，但仍感到撰写这本交叉学科的论著有些力不从心和知识的不足。为此，特请沈阳农业大学土化系须湘成教授审稿把关，在此深表谢意。

由于所引用的资料来源较多，故不列文献目录，仅在引述处注明著者和年份，以备查阅。在此向引文的编著者表示感谢，同时也对遗漏的作者表示歉意。限于本人的能力及水平，书中不当或错误之处在所难免，望读者批评指正。

编著者

- 2001年3月





前言

第一章 农田土壤的特性、利用及

保护.....1

第一节 农田土壤的特性.....2

一、系统结构的完整性及多样性3

二、系统的稳定性及难恢复性 7

三、系统功能的综合性及持续性..... 11

第二节 农田土壤的利用及保护.....13

一、我国土壤(土地)资源利用现状

及存在问题.....13

二、土壤资源的开发利用及保护..... 15

第二章 菜田土壤的特性及培肥..... 18

第一节 蔬菜作物对土壤条件

的要求18

一、蔬菜作物对土壤通气条件的要求..... 20

二、蔬菜作物对土壤酸碱度的反应21

三、蔬菜栽培对土质的要求23

第二节 菜田土壤的肥力特征及

其形成过程 24

一、菜田土壤的肥力特征..... 24

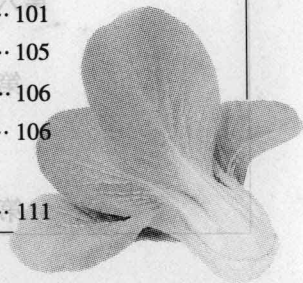
二、菜田土壤肥力的形成过程..... 31

第三节 菜田土壤的培肥35

一、长期施肥定位试验说明了什么? 36

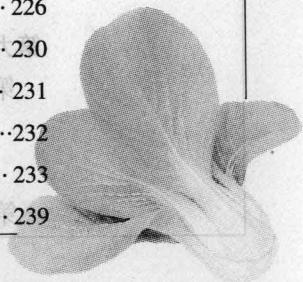
二、土壤培肥效果不好的主要原因

是什么?	40
第三章 菜田土壤的退化及其防止	43
第一节 菜田土壤退化的主要特征	43
及影响因素	43
一、土壤退化的主要特征	43
二、菜田土壤退化的影响因素	50
第二节 菜田土壤退化过程中土壤	52
理化性质的变化	52
一、菜田土退化的根源——盐基溶脱	52
二、菜田土物理性的恶化	57
第三节 露地菜田的土壤管理	60
一、菜田的基本建设	61
二、耕作方法的改进	61
三、土壤物理性的改良	62
四、盐基及微量元素的补给	65
五、中耕及覆盖	67
第四章 蔬菜温室土壤及其管理	69
第一节 蔬菜温室土壤的特性	70
一、温室土壤特性形成的基本原因	70
二、温室土壤的特性	73
第二节 蔬菜温室土壤可溶性盐的积累	94
与次生盐渍化的形成	94
一、温室土壤的含盐量及次生盐渍化	96
的形成	96
二、高浓度土壤对蔬菜的危害	101
三、温室土壤盐分的控制标准	105
第三节 蔬菜温室的土壤管理	106
一、温室蔬菜栽培的科学施肥	106
二、温室土壤肥力的良好调控剂	111
——作物秸秆	111



三、防止温室土壤盐害的其他措施	114
第五章 菜田土壤的污染及其防治	117
第一节 蔬菜的重金属污染	119
一、重金属污染的一般状况	119
二、蔬菜的镉污染	127
三、蔬菜的铅污染	134
四、蔬菜重金属污染的综合治理	142
第二节 蔬菜的硝酸盐污染	151
一、蔬菜硝酸盐污染的一般状况	151
二、菜田土壤及蔬菜中硝酸盐含量的变化	154
三、控制蔬菜硝酸盐含量的主要途径及技术	160
第三节 蔬菜的其他污染	170
一、农药污染	170
二、多环芳烃类物质的污染	172
三、塑料薄膜残留对蔬菜土壤的污染	175
第四节 蔬菜土壤—植物系统污染的宏观控制	176
一、蔬菜污染的生态环境控制	176
二、防止蔬菜污染的安全性监测及标准	178
第六章 蔬菜的养分吸收及其影响因素	186
第一节 蔬菜对营养的吸收	186
一、营养吸收机理	186
二、营养吸收与根系状况	191
第二节 蔬菜对养分要求的特点	193

一、蔬菜所需要的养分	193
二、蔬菜吸收养分的特点	196
三、蔬菜的养分吸收比例及吸收量	199
第三节 影响作物养分吸收的 外界条件	200
一、温度条件	201
二、通气条件	203
三、溶液反应	204
四、土壤溶液浓度	206
五、离子间的相互作用	208
第七章 蔬菜对各种营养元素的 吸收及利用	211
第一节 氮素	212
一、氮素形态与蔬菜生育	212
二、氮素浓度与蔬菜生育	215
三、氮素的施用量与时期	215
第二节 磷素	217
一、蔬菜对磷酸的利用与要求	218
二、蔬菜的磷酸吸收与施肥	220
第三节 钾素	221
一、蔬菜对钾素的吸收与利用	222
二、蔬菜的钾素施肥	225
第四节 钙素	226
一、影响钙素吸收的条件	226
二、蔬菜的钙素营养	230
第五节 镁素	231
第六节 微量元素	232
一、硼	233
二、钼	239



三、铜	242
四、锰	243
五、锌	244
第八章 不同种类蔬菜的需肥规律	
及施肥特点	245
第一节 果菜类蔬菜	248
一、果菜类蔬菜的一般营养特性	248
二、番茄的需肥规律及施肥特点	253
三、辣椒(甜椒)需肥规律	
及施肥特点	259
四、茄子需肥规律及施肥特点	268
五、黄瓜需肥规律及施肥特点	274
第二节 叶菜类蔬菜	278
一、绿叶菜类蔬菜	278
二、结球叶菜类蔬菜	281
第三节 根菜类蔬菜	291
一、根菜类蔬菜的一般营养特性	291
二、萝卜的需肥特性与施肥特点	294
第四节 地下茎类蔬菜	299
一、马铃薯	299
二、生姜	302
第五节 花菜类蔬菜	305
一、花椰菜与青花菜需肥特性	305
二、花椰菜及青花菜的施肥特点	307
第九章 蔬菜的测土平衡施肥	309
第一节 测土平衡施肥的重要意义	309
一、理论依据	309
二、生产问题	312
第二节 科学确定施肥量的方法	313

一、养分平衡法及有效养分系数法	313
二、肥料效应函数法	317
三、土壤肥力指标法	318
四、确定有机肥用量的方法	320
第三节 平衡施肥的实施	324
一、实施平衡施肥的基本要求	324
二、测土施肥方法研究及实施实例	326
附表1 京郊各类蔬菜氮、磷、钾 含量和每形成1t商品菜所 需养分数量	336
附表2-1 化学肥料的成分及主要理化 性状——三要素肥料	339
附表2-2 化学肥料的成分及主要理化 性状——微量元素肥料	341



第一章

农田土壤的特性、利用及保护

“民以食为天，食以土为本”。土地是国土资源中最重要的一部分，土壤资源是人类生存最基本的自然宝库。提高土壤肥力，防止土壤退化，充分合理地利用土地资源以及改善人类生存环境，是当今人类最紧迫的重大任务之一。因此，对土地资源利用的广度、深度及其合理程度是衡量一个地区乃至一个国家的农业生产规模、水平和效益的重要标准。

新中国成立以来，经过 50 年的努力，我国在农业生产上已经获得“以其占世界 7% 的耕地，养活占世界 22% 的人口”为世人所瞩目的伟大成就。但是，面临着土地资源的现状，形势仍是相当严峻的。我国现有耕地 0.948 亿 hm^2 （农业部农业司，1985），远远低于俄罗斯的 2.27 亿 hm^2 ，美国的 1.8 亿 hm^2 ，印度的 1.6 亿 hm^2 的水平。如果按人均占有的耕地面积计算，我国处于世界最低水平。由于耕地逐年减少，人口逐年增加，我国人均占有耕地面积从 1949 年的 0.18 hm^2 减少到 1994 年的 0.079 hm^2 ，全国有 1/3 的省、自治区，人均耕地面积还不足 0.067 hm^2 ，而世界人均占有耕地面积为 0.25 hm^2 。耕地面积少，宜农荒地不多，地区间分布很不均匀，且海拔 500m 以下的仅占 1/4 强是我国耕地的特点。

另外，还应注意，我国土地退化问题也不容忽视：水土流失面积不断增加，每年土壤流失量达 50 亿 t 以上，泥沙入库，由于淤积损失了 1/4 左右的库容；北方沙漠化土地平均每年以 2 100 km² 的速度在扩展，草场退化面积已达全国草场面积的 1/3；由于不适当灌溉等原因，不少地区盐渍化面积还在扩大；每年由于排放废污水及排放烟尘而在不同程度上受污染的耕地面积 0.067 亿 hm² 以上；耕地因自然灾害而每年减产三成以上者达 0.2 亿 hm² 左右，成灾率（成灾面积占受灾面积的比重）有的可达 40%~50%；在现有耕地中还存在着土壤养分失调与亏缺问题，土壤酸化等现象也在增加；由于涝洼、盐碱、干旱、风沙及冷侵等原因，致使中、低产田竟占耕地总面积的 2/3 左右。

以上情况表明，我国耕地资源相对不足，在开发利用上又存在不少问题，但也说明我国土地资源还有相当大的潜力，关键在于增强国土资源意识，在注意广度开发的同时，保护与利用好现有耕地资源是一项极其重要而紧迫的任务。

第一节 农田土壤的特性

农田土壤是在长期人工栽培与干预条件下形成的人工生态系统。自然界是由非生物因素（如气候、岩石、水、土、光、热等）与生物因素（动物、植物与微生物）组成的，彼此之间相互依存，相互制约，构成一个有机的生态系统。农田生态系统就是在人的主宰下，形成的土壤—植物系统，在这个系统中，土壤作为一个亚系统存在；但从农田土壤的结构与功能上看，它本身就是包括生物与非生物组分在内，且和栽培植物不可分割的完整生态系统（图 1-1）。因此，研究农田土壤的特性实质上就是分析该系统在结构与功能上的特点以及系统演变的规律。

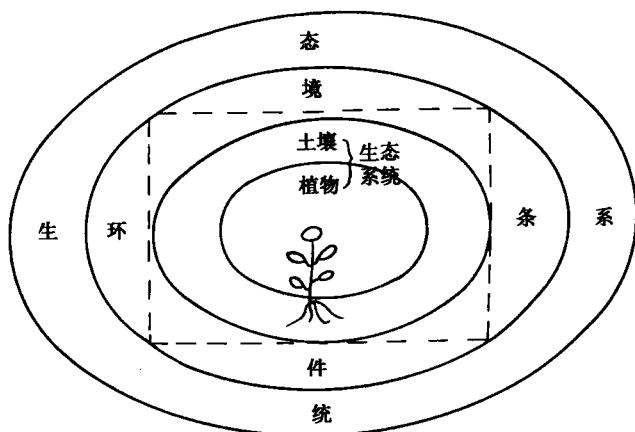


图 1-1 土壤—植物生态系统

一、系统结构的完整性及多样性

农田土壤的结构完整性正如图 1-1 所表示的那样，土壤内的生物组分，包括各种昆虫、原生动物、微生物群及植物根系，非生物组分，包含土体的各种成分、气体、水及各种矿物质元素，并与地上部的植物共同形成的开放性的生态系统，真可谓是一个活生生的完整“世界”。在这个“世界”中，各组分之间相互依存，相互制约，并在自然与人为的影响下不断变化与发展。

农田土壤是作物生长发育的场所，但在生态系统中，和作物一起都是人工经营的对象。构成土壤的主要成分固然是大小不同的矿物质颗粒，但是如果没有生活在土壤中的无数微生物和植物、动物遗体分解产生的有机质，就不能把它看做是土壤。吉良 (1959) 认为“土壤是通过作用、反作用系统所构成的、生物与非生物的不分割的结合体”，“是长期在同一地点，在同生物界的相互作用中，成为具有与该生态系统特性相适应的特定结构的

产物”。在这里不可能进一步阐述土壤与作物相互作用的关系，因为它涉及到更多方面或更多学科的理论和知识，仅就土壤中的非生物物理环境及其生物环境作简要介绍。

(一) 土壤中的物理环境 土壤有三态：

1. 固态 即由大小不等的岩石风化物和各种无机盐类以及生物遗体分解产生的土壤有机质等所组成的固体部分。固态的成分，按其颗粒大小，分为砾石、砂粒、粉砂和黏粒等，每种土壤各粒级颗粒的百分组成叫做机械组成或土壤质地，可分为砂土、壤土、黏土、砂质壤土、黏质壤土等，它是土壤最重要的物理性质。实际上土壤中的矿质颗粒常常是胶结而成的各种结构单元，叫做土壤结构，其大小形状各异，有片状、柱状、块状、粒状等。矿质颗粒由土壤有机质胶结而形成的结构叫做团粒结构，它是土壤肥力的基础。

2. 液态 在土壤孔隙中存在的土壤水分即土壤溶液。其中含有多种无机物和有机物质。根据土壤水分同土壤颗粒的结合力，可以分为结合水、吸湿水、毛管水和重力水。其中作物可以吸收利用的水分是毛管水和重力水，叫做有效水分。Scholfield (1935) 建议用对数值表示相当于吸着力的水柱高度 (cm) 即 P^F ，以此表达土壤水分在土壤颗粒上的吸着强度。图 1-2 表示了 P^F 、相应的气压、土壤水分的类别及土壤水分常数之间的关系，这些都是我们在研究土壤水分时常遇到的基本知识。其中几个主要水分常数为：

(1) 吸湿系数 在湿度饱和的空气中土壤能吸收气态水达大量时的土壤含水量。

(2) 萎蔫系数 使植物开始萎蔫的水分叫做初期萎蔫系数；萎蔫后不能恢复原状的水分叫做永久萎蔫系数。

(3) 水分当量 指对被水分饱和的土壤，加上相当于重力的 1 000 倍的离心力时，残留在土壤中的水分。大致相当于内部毛细管水。

(4) 田间持水量 降雨和灌溉的水分成为重力水而移动，其后则随毛细管作用而上升，当这种水分移动几乎停止时，土壤表层的水分就叫做田间持水量 (P^F 值约为 1.5~1.7)。介于田间持水量与初期萎蔫系数之间的，是有效水分。

P ^F	相应的气压	土壤水分类别	土壤水分常数及其他
0	0.001	悬浊液	← 悬浊
		重力水	← 沉淀容积
1.5	0.031		← 最大持水量
		← 塑性上限,粒着点	
2.7	0.5	毛管水	← 田间持水量
			← 最小持水量
4.2	15		← 水分当量(毛管难动点)
			← 收缩下限
4.5	31		← 塑性下限
			← 萎蔫点
6.0	1 000	吸湿水	← 肉眼可见的湿气
			← 吸湿系数(饱和湿度以下)
7.0	10 000	结合水	← 吸湿系数(RH=50%以下)
			← 105℃干燥脱水

图 1-2 土壤水分 P^F 、相应气压、水分类别及水分常数之间的关系

(根据川口, 1964; 小田, 1966 年的资料绘制)

3. 气态 指土壤孔隙中的空气。土壤空气的组成和大气相同，也是由氧、氮、二氧化碳* (CO_2) 和其他微量气体所构成，主要差异是 CO_2 含量不同。通常大气中 CO_2 含量约为 0.033%，而土壤表层空气中 CO_2 含量一般为 0.02%~0.1%。土壤空气的组成之所以和大气不同，是由于植物根和微生物的呼吸要消耗氧气、排出 CO_2 ，因而 CO_2 浓度往往显著增高，氧气含量减少。

* 本书中化学元素、化合物用汉字形式或符号形式表示。