

董印丽 主 编
张彦萍 陈敬谊 副主编

棚室蔬菜

安全科学施肥技术

PENGSHI
SHUCAI ANQUAN
KEXUE SHIFEI
JISHU



化学工业出版社

棚室蔬菜

安全科学施肥技术

PENGSHI
SHUCAI ANQUAN
KEXUE SHIFEI
JISHU

董印丽 主 编
张彦萍 陈敬谊 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

棚室蔬菜安全科学施肥技术/董印丽主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-122-22477-4

I. ①棚… II. ①董… III. ①蔬菜园艺-温室栽培-
施肥-基本知识 IV. ①S626.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 287533 号

责任编辑: 邵桂林

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 边 涛

装帧设计: 孙远博

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6½ 字数 178 千字

2015 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: 20.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编 董印丽

副 主 编 张彦萍 陈敬谊

编写人员 董印丽 张彦萍 陈敬谊 尹会兰

贾兵国 高会东 庞占军

前言

PREFACE

蔬菜是城乡居民生活必不可少的重要农产品，保障蔬菜供给是重大民生问题，2010年，国务院下发了《关于统筹推进新一轮菜篮子工程建设的意见》《关于进一步促进蔬菜生产保障市场供应和价格基本稳定的通知》。近些年，随着农业结构的调整和农业科技水平的不断提升，设施园艺在我国发展迅速。据统计，我国设施园艺总面积已占世界的80%，其中设施蔬菜面积近200万公顷。具有中国特色的设施主要体现为塑料大棚、日光温室、中小拱棚及少量玻璃温室。保护地生产在我国发展迅速，尤其是蔬菜保护地，其产品附加值明显高于传统农业，在发展农村经济、解决农村劳动力就业、丰富城乡人民的菜篮子等方面发挥了重大作用，使蔬菜保护地面积急剧扩大。随着市场经济的发展，生产上出现了为了片面追求产量和经济收入，菜农们过量施用肥料和施肥配比不合理的现象，一方面增加了蔬菜的生产成本；另一方面易于引起蔬菜生理障碍，造成保护地土壤次生盐渍化，硝酸盐和亚硝酸盐超标，影响蔬菜产量和品质，并造成土壤退化。由此可见，保护地生产中如何对肥料进行科学的管理已成为当今蔬菜生产中亟待解决的问题。针对设施蔬菜的需肥特点，系统地根据其营养特点提出对应的施肥方案，解决蔬菜生产中施肥不合理、蔬菜营养失衡、土壤及地下水污染严重、蔬菜产量及品质不高，尤其是蔬菜中硝酸盐污染严重危害人体健康等问题，是实现设施农业可持续发展、提高设施蔬菜生产经济效益、促进农民增收、保障食品安全的关键技术，帮助广大专业户和专业技术人员解决一些棚室蔬菜生产中的实际问题，可在提高菜农收益的同时确保蔬菜质量安全。

为了促进棚室蔬菜安全、优质、高效的发展，河北工程大学的

多名教师根据科学实验结果和生产实践经验，参考国内外有关科技文献，特编写了本书，希望能为我国蔬菜生产的发展和产品品质的提高尽微薄之力。编写力求可操作性强，以实用技术为主，内容全面系统，技术先进，语言简洁，通俗易懂，适合广大菜农、基层农业技术人员和农业院校有关专业师生阅读参考。

由于笔者水平所限，书中难免出现疏漏或不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录 CONTENTS

第一章 概述	1
第二章 棚室蔬菜对土壤的要求和需肥特点	3
第一节 棚室蔬菜栽培对土壤的要求	3
一、棚室蔬菜栽培对土壤的要求	4
二、棚室蔬菜栽培土壤养分含量状况	5
第二节 棚室蔬菜需肥特点	7
一、棚室蔬菜的需肥规律	7
二、棚室蔬菜的需肥特点	8
第三章 棚室蔬菜栽培营养与环境	20
第一节 环境条件对蔬菜吸收养分的影响	20
一、土壤湿度对蔬菜吸收养分的影响	20
二、光照对蔬菜吸收养分的影响	20
三、温度对蔬菜吸收养分的影响	21
四、蔬菜种类和品种与养分吸收	21
第二节 棚室环境调控	22
一、温度调控	22
二、光照强度调控	22
三、湿度调控	23
四、气体调控	23
五、雾霾天气调控	24
第三节 施肥对棚室土壤质量及蔬菜品质的影响	25
一、棚室土壤次生盐渍化调控	25
二、棚室土壤酸化调控	28
三、棚室蔬菜肥害调控	30
第四章 棚室蔬菜常见营养失调症及其防治	35
第一节 棚室蔬菜养分缺乏和过剩的症状及调控	35
一、蔬菜养分缺乏及调控	35

二、蔬菜养分过剩及调控	43
第二节 常见茄果类棚室蔬菜的营养失调症及其防治	47
一、番茄营养失调症状	47
二、辣椒营养失调症状	50
三、茄子营养失调症状	54
第三节 常见瓜果类棚室蔬菜的营养失调症及其防治	58
一、黄瓜营养失调症	58
二、西葫芦营养失调症	60
三、西瓜营养失调症	63
四、甜瓜营养失调症	65
第四节 常见叶菜类棚室蔬菜的营养失调症及其防治	68
一、甘蓝营养失调症	68
二、芹菜营养失调症及防治	69
三、油菜营养失调症及防治	71
四、菠菜营养失调症及防治	74
五、莴苣营养失调症及防治	75
六、花菜营养失调症及防治	76
第五节 常见豆类棚室蔬菜的营养失调症及其防治	79
一、菜豆营养失调症及防治	79
二、豇豆营养失调症及防治	83
三、豌豆营养失调症及防治	84
第六节 常见葱蒜类棚室蔬菜的营养失调症及其防治	85
一、洋葱营养失调症及防治	85
二、韭菜营养失调症及防治	87
三、大蒜营养失调症及防治	87
第五章 棚室蔬菜栽培施肥原则及常用的肥料	90
第一节 棚室蔬菜生产施肥原则	90
一、施肥的基本原理	90
二、施肥量的确定	93
三、棚室蔬菜施肥方法	100
第二节 棚室蔬菜常用的肥料	102

一、有机肥的种类及施用	102
二、大量元素肥料的种类及施用	109
三、微量元素肥料的种类及施用	121
四、复合肥料的种类及施用	127
五、叶面肥料的种类及施用	129
六、二氧化碳肥料及施用	133
第六章 棚室常见蔬菜施肥技术	137
第一节 常见茄果类棚室蔬菜的施肥	137
一、番茄施肥	137
二、茄子施肥	144
三、辣椒施肥	150
第二节 常见瓜果类棚室蔬菜的施肥	154
一、黄瓜施肥	154
二、西葫芦施肥	160
三、西瓜施肥	162
四、甜瓜施肥	166
第三节 常见叶类棚室蔬菜的施肥	170
一、甘蓝施肥	170
二、芹菜施肥	173
三、菠菜施肥	178
四、油菜施肥	180
五、叶用莴苣施肥	181
六、莴笋施肥	182
七、韭菜施肥	184
八、花椰菜施肥	187
第五节 常见豆类棚室蔬菜的施肥	190
一、菜豆施肥	190
二、豌豆施肥	193
三、豇豆施肥	195
参考文献	198

第一章 概述

随着我国农业结构的调整，蔬菜在我国农业生产中所占的比例越来越大，产品附加值也大幅度提高，取得了显著的经济效益和社会效益。设施栽培特别是大棚蔬菜栽培的面积不断扩大。据全国农业推广中心不完全统计，我国从 20 世纪 70 年代初开始引进设施栽培技术，70 年代中期塑料大棚为 0.53 万公顷，1996 年为 69.8 万公顷，1999 年发展到 133 万公顷，到目前设施蔬菜（包括西甜瓜）栽培面积达 200 多万公顷，占世界设施蔬菜面积的 80% 以上，我国棚室蔬菜用 20% 的菜地面积，提供了 40% 的蔬菜产量和 60% 的产值。实践证明，棚室蔬菜产业在我国一些区域已成为农业的支柱产业。

棚室栽培人为地改变了传统露天种植的土壤环境，具有常年的高温、高湿、无降水淋洗及高施肥、高产出、超强度利用等特点，是一种高度集约化的工厂式农业利用方式；同时，棚室种植还是一种农业生产措施和种植环境相对稳定的栽培方式，随着种植年限的增长，土壤的养分状况必然会发生相应的变化。

由于种植习惯、技术限制和市场等原因，长期以来我国蔬菜生产以追求产量最大化为目标，忽视蔬菜产品质量及其安全性。过量施用有机肥和化肥、大水漫灌问题十分突出。菜田过量养分投入与蔬菜喜肥、根系发育弱有着密切的关系，从而造成肥料资源浪费、蔬菜生产成本增加、土壤肥力下降，造成蔬菜品质下降和产生环境污染等不良后果。

总之，棚室栽培蔬菜土壤存在的问题很多，一是由粮田转改为菜田的，土壤肥力不高，土壤有机质、全氮、速效磷、速效氮等含量偏低，不能满足蔬菜生长发育的需要。二是老棚室土壤还面临着盲目施肥、土壤盐渍化和连作障碍等问题，我国在棚室蔬菜生产

中通过养分管理进行可持续生产的研究和技术推广方面远远不够。

棚室蔬菜安全科学施肥对提高蔬菜产量、改善蔬菜品质、增加菜农收入、节省肥料资源、减轻环境污染、培肥地力和保证蔬菜作物安全具有重要意义。

第一，节约增产。提高肥料利用率，增加蔬菜产量，在合理施用有机肥的前提下，不增加化肥投入量，调整养分比例，可以使蔬菜生产在原有的基础上，最大限度地发挥其增产潜能。

第二，改善蔬菜品质。科学调控蔬菜作物生长中的养分，达到均衡营养供应，能有效降低蔬菜中硝酸盐的含量，还能提高蔬菜中的维生素、矿物质、氨基酸等营养成分的含量，实现改善蔬菜品质的目标。

第三，提高施肥效益。在掌握棚室蔬菜种植地土壤供肥能力、蔬菜作物需肥规律和肥料利用率的基础上，合理确定肥料的养分配比和用量。指导菜农正确施用，从而达到提高施肥效益的目的。

第四，重视生物肥料施用。棚室蔬菜地适量施用生物肥料，不断改善蔬菜种植地土壤的理化性状，以达到提高蔬菜种植地土壤肥力和综合生产能力的目的，是科学施肥的重要内容之一。

第五，保护生态环境。蔬菜生产中施用的化肥，如果不能被作物吸收利用，则会经过系列转化，被淋渗到土壤深层，造成环境污染，危害人类的健康。科学施肥可有效控制化肥的投入量，基本上达到养分供应与蔬菜作物生长需求的一致性，提高肥料的利用率，减少肥料的面源污染。蔬菜安全科学施肥，是协调棚室蔬菜高产与生态环境保护的有效措施。

第二章

棚室蔬菜对土壤的要求和需肥特点

第一节 棚室蔬菜栽培对土壤的要求

棚室栽培是在密闭的人工环境条件下，受强烈人为作用的土地利用方式。塑料大棚内的土壤，与露地栽培土壤没有什么本质的区别，所不同的主要是在覆盖条件下，没有雨水直接冲刷，容易发生盐类聚积过多等问题，使得种植前对土壤基本条件的要求以及种植过程中对土壤性质的影响与露地栽培均有区别。生产实践证明，棚室蔬菜栽培要求比露地栽培更高标准的土壤肥力水平、良好的物理性状、丰富而平衡供应养分的能力和强度、清洁无污染的土壤环境。如果不具备或不完全具备这些条件，将影响蔬菜产品的产量和品质，进而影响经济收益。

土壤肥力水平是棚室蔬菜取得高产、优质的物质基础。蔬菜生长在土壤中，必须通过土壤吸收养分并制造生物物质。随着高产品种的引进，光合效能及生物产量提高对土壤肥力水平、养分供应能力的要求也随之提高。但土壤不是一个被动的养分贮存库，它具有自己的肥力特性，即水、肥、气、热互相协调的土壤环境，就是在一定的自然环境条件下，土壤稳、匀、足、适供给作物水分和养分的能力。应用示踪技术研究结果表明，作物吸收的氮约有 $2/3$ 、吸收的磷与钾约有一半以上来自土壤中的速效养分，其余部分来自当季施用的化肥。由此说明作物吸收养分对土壤肥力的依赖关系：土壤肥力水平高，速效养分含量亦丰富，可供作物吸收的养分种类、数量亦丰富。大棚菜吸收养分强度大，更需高肥力水平的土壤与之相适应。

一、棚室蔬菜栽培对土壤的要求

棚室蔬菜栽培品种比较单一，重茬多，土地复种指数高，蔬菜产量高，因此，对土壤条件要求较高。

1. 土壤要高度熟化

土壤有机质含量是评价土壤肥力水平的重要指标之一。据中国科学院南京土壤研究所调查研究，我国北方旱地土壤有机质含量在90克/千克以下，作物产量与有机质含量之间均呈良好的统计学相关。棚室菜田土壤有机质含量不低于20~30克/千克，最好能达到40~50克/千克。熟土层厚度要大于30厘米。

2. 土壤结构要疏松

菜田土壤应是质地疏松，固、液、气三相比例适当，固相占50%左右，液相占20%~30%，气相占20%~30%，总孔隙度在55%以上，这样才能有较好的保水保肥和供肥供氧能力。

土壤孔隙度的大小和比例，决定着土壤的通气性，土壤的通气性能还受土壤质地、土壤结构和土壤肥力水平的影响，这些都属于土壤物理性质。作物生长过程中所需要的水分、养分、空气、热量以及根系在土体中的伸展，均依赖于土壤的物理性状。

蔬菜根系需氧量大、食用部分含水量高（90%以上），经常需要大量氧气和水分。当土壤空气中含氧量低于10%，根系呼吸作用受阻，植株生长不良。适于蔬菜正常生长的土壤含水量为60%~80%、土壤空气含量15%以上。这样才能满足蔬菜生长对氧气和水分的需要。结构性不良的黏土总孔隙度较高，但多为毛管孔隙，虽具有较好的保肥保水性能，但通透性很差，不能满足蔬菜根系对氧气的需求。

3. 土壤的酸碱度要适宜

土壤pH为6.0~7.5时，大多数蔬菜生长良好。有些蔬菜却适应性很广，如马铃薯在pH4~8范围内都可以生长。

4. 土壤的稳温性能要好

要求土壤有较大的热容量和热导率，这样土壤温度变化较稳定。土壤温度直接影响土壤中的各种化学过程，温度稳定性对蔬菜

种子萌发、出苗、根系生长和吸收养分等有极大的影响；对土壤微生物生长、繁殖以及土壤溶液中养分离子的活性等也有很大的影响。保护地种植受外界温度变化的影响要小，以保证蔬菜根系的正常生长发育。影响地温变化的因素有太阳辐射、土壤比热和热传导率、土壤颜色、大棚的方向、地面覆盖及土壤水分蒸发强度等。

土壤容重大、孔隙度小、热传导率大的沙性土壤温度变化大，而孔隙度适中的黏壤土或有机质含量高、结构性好、颜色相对较深的土壤传导率低，比热容大，稳温性好。土壤胶体的稳温性很好，因此，在实际生产中，可以通过增施有机肥料、培肥土壤、提高土壤胶体含量及其他栽培措施调节土壤温度变化。

5. 土壤养分含量高

要求土壤肥沃，养分齐全，含量高，土壤含碱解氮在 150 毫克/千克以上，速效磷 110 毫克/千克，速效钾 170 毫克/千克以上，氧化钙 1.0~1.4 克/千克，氧化镁 150~240 毫克/千克，并含有一定量的有效硼、钼、锌、锰、铁、铜等微量元素。

6. 土壤要符合无公害农产品生产的土壤环境质量标准

要求土壤中无病菌，无害虫，无寄生虫卵，无有害、污染性物质积累。

二、棚室蔬菜栽培土壤养分含量状况

棚室栽培作为一种终年可以种植作物的栽培形式，能够形成蔬菜的反季节生产，冬季、早春蔬菜价格高，效益好。在利益的驱动下，菜农盲目追求高产。但棚室保护地栽培的关键时期 12 月至次年 3 月，温度低，光照常常不足，作物吸收养分的能力低，为使作物速生、高产，菜农施用大量的肥料以弥补作物吸收能力的不足，从而造成肥料资源浪费、蔬菜生产成本增加、蔬菜品质下降和产生环境污染等不良后果。

虽然各地设施蔬菜地土壤的肥力特征有许多相似之处，例如耕作层盐分积累、土壤酸化、速效氮和速效磷成倍增加、硝态氮积累、细菌和真菌数量增加等，但由于生态条件、耕作制度、施肥等方面的差异，各地棚室蔬菜地肥力状况并不完全一致。

1. 棚室蔬菜地土壤氮素状况

据调查各地塑料大棚和日光温室氮用量分别是蔬菜需求量的 2 倍左右和 7 倍左右。可见,菜地氮用量远远高于其需求量,从而导致菜地土壤氮素大量积累。土壤积累的氮素以硝酸盐为主,土壤硝态氮的大量积累对生态环境构成严重威胁。与硝态氮相比,菜地碱解氮的增加量较少,其原因可能是因为土壤碱解氮主要包括土壤溶液中的 NH_4^+ 、胶粒吸附的 NH_4^+ 和易分解的有机态氮,土壤溶液中的 NH_4^+ 很容易吸附在带负电荷的土壤胶粒表面,而土壤胶粒的吸附位点有限,其含量较低。因此,菜地土壤碱解氮的增加幅度远远小于土壤硝态氮的增加幅度。土壤全氮的增加幅度与土壤有机质的增加幅度相近,主要是因为菜地土壤积累的全氮主要源于有机质,土壤全氮的积累速率远远低于硝态氮的积累速率,部分菜地硝态氮比周围粮田增加近 10 倍。

2. 棚室蔬菜地土壤磷素状况

塑料大棚和日光温室五氧化二磷的平均用量是蔬菜需求量的 5 倍左右和 10 倍左右。可见,菜地土壤磷素施入量远远高于蔬菜需求量,导致菜地磷素大量积累。从菜地土壤不同形态磷素积累状况看,土壤积累磷素表现为速效磷的大量增加。施入土壤的磷肥很快被固定,土壤的固磷方式为化学固定和吸附固定。因此,菜地土壤有效磷积累量远远高于土壤全磷的积累量。

3. 棚室蔬菜地土壤微量元素状况

据调查各地塑料大棚和日光温室菜地土壤有效锌、铁、锰、铜和硼的平均含量分别比相邻粮田略有增加。菜地微量元素的积累主要源于蔬菜生产中大量施用的有机肥,而菜地土壤微量元素积累量远远低于大量元素的积累量,表现为菜地土壤大量元素和微量元素养分间的严重失衡。

4. 棚室蔬菜地土壤有效钾状况

从不同类型菜地土壤有效钾的收支状况看,塑料大棚土壤钾收支基本平衡,略有增加,日光温室钾用量远远高于蔬菜需求量,从而导致土壤钾的积累。

由于日光温室肥料用量远远超过蔬菜需求量,土壤养分大量积

累,导致部分菜地不同程度的次生盐渍化。土壤养分以硝态氮、速效磷的积累量最高。可见,菜地土壤氮和磷的大量积累对生态环境已构成严重威胁。

第二节 棚室蔬菜需肥特点

一、棚室蔬菜的需肥规律

棚室蔬菜安全科学施肥是提高产量和改善品质的重要技术措施,而科学施肥必须根据蔬菜的需肥规律进行,才能使肥料发挥最大的增产效果。蔬菜在各个生长期对营养元素的种类和数量都有不同的要求。蔬菜在生长期吸收养分的特性是:生长初期吸收量较少、强度较低,随后逐渐增强,到成熟阶段又逐渐减弱,这就是蔬菜的需肥规律。作物在吸收营养上有两个关键时期,即作物营养的临界期和最大效率期。

(一) 作物营养的临界期

作物在生长过程中,常有一个时期,对其中养分需求在绝对数量上并不多,但需要的程度却很迫切,如果此时缺少这种养分,作物生长发育就会受到影响,而且由此所造成的危害即便以后补施这种养分也很难弥补,这个时期称为作物营养的临界期。作物营养临界期多出现在作物的转折时期,同一种作物,对不同种类的养分,其临界期也不完全相同。大多数作物生长初期是磷的临界期。从磷元素的作用和特点来看,磷对促进作物根系发育有明显的作用,作物苗期需磷迫切是因根系生长发育的需要。作物幼苗期是作物的生长初期,正是由种子营养转向土壤营养的转折时期,这个时候种子中所贮存的磷已近于用完,它的根系很弱小,在土壤中吸收能力差。土壤中的速效磷一般含量不高,移动性差,因此,作物苗期需磷很迫切。在蔬菜种植时,采用少量速效性磷肥作种肥,会有明显的增产效果。

氮的临界期比磷晚一些,一般是在营养生长转向生殖生长的时期。有关钾的临界期,因试验很少,不作定论。

（二）作物营养的最大效率期

在作物生长过程中有一个时期，需要的养分绝对数量最大，吸收速率最快，所吸收的养分能发挥最大增产效率，这一时期叫做作物营养的最大效率期。

作物营养最大效率期一般是在作物生长的中期，在这一时期，作物生长快，吸收养分能力最强，采用适时追肥的方式满足作物对养分的最大需要，其增产效率非常显著。

在蔬菜种植中，应根据不同蔬菜作物的需肥规律将其分两类：一类是对矿质养分的吸收量随生长而增加的蔬菜，如茄果类、瓜类和豆类蔬菜，果实形成期需肥最多，所吸收的养分有50%左右利用在果实上；另一类主要是根菜类和薯类等蔬菜，当地上部旺盛生长时期是吸收营养最多的时期。

蔬菜生长过程中，应重视营养临界期和最大效率期，但还需注意吸收养分的连续性，忽视了这一点，蔬菜的生长发育及产量也会受到影响。

二、棚室蔬菜的需肥特点

蔬菜种类和品种繁多，栽培模式也多种多样，对养分的需求各有差别，在营养需肥方面存在以下几个共同特点。

（一）棚室蔬菜需肥的特点

棚室蔬菜生产是高度集约化栽培，是一种高投入、高产出、高效益的蔬菜产业。由于受到棚室空间小气候的影响，其施肥的种类、数量、方法不同于露地栽培，有以下几个特点。

1. 需肥量大

棚室蔬菜为密植作物，产量高，较露地栽培需要的养分多，不仅需要大量的氮、磷、钾等大量元素，而且需要多种微量元素。

2. 对氮肥的施用要求严格，蔬菜多是喜硝态氮作物

氮肥对植物的生长发育、产量形成与品质优劣起着极为重要的作用，氮肥的需要量在各元素之首，同时氮肥的使用直接影响蔬菜体内亚硝酸盐的含量，因此必须合理使用氮肥。