

保护地蔬菜施肥 新技术

劳秀荣 张漱茗 编著



中国农业出版社

保护地蔬菜施肥新技术

劳秀荣 张漱茗 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

保护地蔬菜施肥新技术/劳秀荣, 张漱茗编著. -北京: 中国农业出版社, 1999

ISBN 7-109-05896-4

I. 保… II. ①劳…②张… III. 蔬菜-保护地栽培-施肥 IV. S626

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 12384 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 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm1/32 印张: 9.75

字数: 250 千字 印数: 1~8 000 册

定价: 14.80 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 介 绍

本书全面、系统地总结了近几十年来我国保护地蔬菜科研成果和生产经验。书中介绍了保护地蔬菜的营养特性与需肥规律、保护地蔬菜营养与环境、计量施肥、蔬菜营养诊断新技术，并分别介绍了保护地栽培的主要蔬菜施肥新技术，高产高效施肥新技术及保护地施肥与环境调控新技术等几个方面的内容。书中收集了国内外有关保护地施肥的最新资料，着重论述了菜地常用肥料种类、性质、营养生理及配方施肥原理、实用技术等，为保护地配方施肥，减少环境污染，提高肥水效应，增产优质提供诸多参考资料。

本书内容翔实、资料丰富、理论联系实际，是集我国数十年保护地蔬菜配方施肥科研成果和生产经验于一体的专著。可供从事设施园艺的科研人员、生产者及农业院校蔬菜学专业、植物营养与肥料学专业的师生参考。

序

由露地栽培到保护地栽培，是我国蔬菜生产由粗放型到集约型转变的必由之路。蔬菜保护地栽培是近年来迅速发展的、由传统农艺与现代技术相结合的种植方式，已成为商品蔬菜发展的重点，种植面积已达到蔬菜耕地面积的 14%，约 67 万 hm^2 ，2000 年可能达到 100 万 hm^2 。

保护地栽培主要是解决我国北方地区冬季蔬菜种类单一、蔬菜生产季节性与消费连续性发生矛盾的问题。保护地栽培包括多种方式，主要是根据当地气候条件、地理位置、人才情况、种菜技术水平和市场需求情况而选择适宜的种植方式。当前以冬暖式单坡面塑料大棚（简称冬暖式大棚）、春用单坡面塑料大棚、拱圆型大中小棚、阳畦、改良阳畦等形式较普遍。其中又以冬暖式大棚更为多见。据不完全统计，1995 年山东、河北、河南、辽宁等 4 省大棚面积已分别达到 2.3 万 hm^2 、1.9 万 hm^2 、1.0 万 hm^2 和 0.9 万 hm^2 。

随着棚室面积的扩大，蔬菜栽培技术、种植茬口和种类、品种都有很大变化。冬暖式大棚的推广使保护地生产由春提前、秋延后，进一步延伸到整个冬季。在北纬 $34^{\circ}\sim 43^{\circ}$ 之间，这一广大地区实现了严冬季节栽培黄瓜、番茄、辣椒、西葫芦等多种喜温蔬菜。反季节种植的现实，冲破了传统的耕作制度。随着保护地设置的发展和蔬菜新品种的培育、引种，栽培蔬菜的种类、品种日益增多；名菜、优菜、特产蔬菜、细菜的比重明显增加，丰富和改善了市场供应和人民生活水平提高的需要。

根据“九五”计划和 2010 年远景目标的要求，蔬菜工作的

基本任务是建立高效稳产的生产供应体系，实现多品种优质均衡上市，以满足市场的需求。今后蔬菜生产发展应该是稳定种植面积，加强科教兴菜，加快实现经济增长方式由粗放型向集约型的转变。

随着保护地种植面积的增加，除设备及原材料问题外，科学施肥、合理浇水是生产中的薄弱环节。在广大农区，蔬菜生产基本上沿用历史上流传下来的“粪大水勤、不用问人”的盲目施肥、浇水办法，造成肥水的浪费和菜田土壤恶化，如土壤酸化、盐渍化、土壤板结及有害菌大量繁殖等，既限制了蔬菜提高产量，又影响抗病性、品质和经济效益，已成为当前蔬菜生产必须解决的重大问题。

前 言

20 世纪 70 年代以来，我国保护地蔬菜生产发展突飞猛进，粮田改菜田，菜田改保护地或粮田直接改保护地的现象极为普遍。全国各地已建成众多相对稳定的保护地蔬菜专业化生产基地，相继出现了以山东省寿光市、河北、河南、辽宁等市场为代表的诸多蔬菜批发市场。山东省的保护地蔬菜面积、产量和出口量，在全国名列前茅，已成为全国闻名的蔬菜大省，为保证蔬菜周年均衡供应和数量充足、种类多样、品质鲜嫩做出了巨大贡献。

回顾保护地蔬菜的发展历程，科技进步发挥了重要作用。保护地蔬菜栽培技术的创新和发展，从根本上解决了我国“南菜北运”，北方地区冬季鲜细菜、名、优、特产菜的供需矛盾，丰富和改善了市场供应和人民生活水平提高的需要。

然而保护地蔬菜生产中还存在有机肥施用量少，质量下降，盲目偏施氮肥，重施磷肥的问题，导致棚室蔬菜盐害、气害的事例时有发生，不仅制约了保护地蔬菜生产的发展，而且还污染环境，破坏农业生态平衡。

面对我国“九五”发展规划和 21 世纪的远景目标，在认真总结农区专业化商品菜生产基地菜农创造的施肥新经验，较全面地引进众多蔬菜科技工作者的科研新成果、新技术的基础上，编写了一部反映保护地蔬菜施肥的科研新水平、新成果、新技术、新资料的书籍——《保护地蔬菜施肥新技术》，以奉献给常年从事蔬菜生产的广大读者。

本书在编写过程中，力求吸收众多蔬菜栽培的先进成果和经

验，以阐述蔬菜施肥的基本知识，大棚菜需肥规律和实用技术为突破点，即注意内容的丰富性和平衡施肥体系的完整性，又注意到菜农的可操作性和实用性。本书若能对众多从事保护地蔬菜栽培的生产者和科技工作者以指导和参考，作者将不胜欣慰。

本书由张漱茗（编写第一、二、三章）、劳秀荣（编写第四、五、六、七章）共同编写。

本书在编写过程中得到寿光市农业局土肥站、山东省农业高新技术开发区的大力协助，并得到吴子一、王琪祯、张福锁等教授的指导，谨此致谢。

由于我们的水平有限，在编写过程中难免有各种缺点甚至错误，诚恳希望各方人士提出批评指正。

编 者

1998.11.30

目 录

第一章 保护地蔬菜营养与环境	1
第一节 保护地蔬菜栽培的土壤条件	1
第二节 保护地蔬菜栽培的环境条件	8
第三节 影响保护地蔬菜养分吸收的因素	15
第四节 保护地土壤的培肥与改良	21
第二章 保护地蔬菜营养特性与需肥规律	27
第一节 蔬菜根系的吸收特性	27
第二节 保护地蔬菜营养特性	33
第三节 保护地蔬菜需肥规律	38
第三章 保护地常用肥料及施肥原理	55
第一节 保护地常用肥料及施用技术	55
第二节 保护地蔬菜施肥原理	114
第三节 保护地蔬菜配方(计量)施肥	120
第四节 保护地蔬菜施肥方法	128
第四章 保护地蔬菜营养诊断新技术	133
第一节 营养诊断的依据	134
第二节 保护地蔬菜营养诊断新技术	138
第三节 营养诊断的指标	162
第五章 保护地主要蔬菜施肥新技术	169
第一节 茄果类施肥新技术	169
第二节 瓜类施肥新技术	185
第三节 叶菜类施肥新技术	219
第四节 根菜类施肥新技术	234

第五节	葱蒜类施肥新技术	239
第六节	荚果豆类施肥新技术	246
第六章	保护地优化组合栽培施肥新技术	253
第一节	保护地蔬菜二种二收施肥新技术	254
第二节	保护地蔬菜三种三收施肥新技术	261
第三节	保护地蔬菜四种四收施肥新技术	270
第七章	保护地环境调控与施肥	281
第一节	施肥与温度调控	281
第二节	施肥与光照调控	286
第三节	施肥与湿度调控	289
第四节	施肥与气体调控	292
第五节	施肥与土壤生态环境调控	297

第一章 保护地蔬菜营养与环境

保护地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，所不同的主要是在塑料薄膜覆盖下，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，保护地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，并进而影响经济效益。

第一节 保护地蔬菜栽培的土壤条件

一、高产优质蔬菜栽培的土壤肥力

土壤肥力水平是保护地蔬菜取得高产、优质的物质基础。保护地种植的特点是产量高、需肥量大、土壤承载量大。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

部分吸自当季施用的化肥。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，更需具高肥力水平的土壤与之相适应。

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 9.0% 以下，作物产量与有机质含量之间均呈良好的统计学相关。大棚菜土壤有机质含量最佳状况应为 4% ~ 5%。据贾继文等在山东省泰安、德州、寿光、济南等地调查结果表明，寿光市 12 个大棚 0~20cm 土层有机质平均含量 2.86%，变幅 1.78% ~ 5.01%；泰安市 45 个大棚 0~20cm 土层有机质平均含量 2.23%，变幅 1.13% ~ 3.26%；德州市 10 个大棚 0~20cm 土层有机质平均含量 1.87%，变幅 1.06% ~ 2.82%；济南市 10 个大棚 0~20cm 土层有机质平均含量 2.06%，变幅 1.35% ~ 2.56%。土壤有机质含量与大棚种植年限（即棚龄）有关，说明虽然菜农在增施有机肥、培肥地力方面取得可喜的成绩，但距土壤有机质含量的最佳标准，还存在差距。

二、良好的保肥和供肥性能

施入肥料或土壤有机质分解过程中释放的矿质元素，被土壤中粘土矿物和腐殖质等胶体物质吸附并保持不被淋溶的能力，称为土壤的保肥能力。它对土壤的各种物理、化学变化有很大影响，也是影响土壤肥力的重要因素。

土壤胶体一般多带负电荷，其表面能吸附和代换一定量的带正电荷的矿质营养元素阳离子，称阳离子代换作用，其最大量称为该土壤的盐基代换量。以每千克干土能吸收代换的阳离子的厘摩尔数来表示（ cmol/kg 土 ）。各种土壤的阳离子代换量不同。砂土代换量为 1~5 cmol/kg 土 、砂壤土为 7~8 cmol/kg 土 、壤土为 15~18 cmol/kg 土 、粘土为 25~30 cmol/kg 土 或更高。相同质

地土壤阳离子代换量越高，土壤保肥性能越好。

被土壤胶体吸附保存的矿质营养元素，通过离子交换作用，转移到土壤溶液中供作物根系吸收利用的能力，称为土壤供肥性能，即指土壤供应农作物所必需的各种速效养分的能力，它直接影响农作物的生长发育、产量和品质。适宜于大棚菜种植的土壤，既要求有良好的保肥性能，也要求具有良好的供肥性能，以满足需肥量多且强度大的特点。但是，在生产实践中，客观上土壤保肥和供肥性能是一对矛盾，保肥性能强的土壤，往往表现为供肥迟缓，缺乏强度，而影响作物吸收利用，发老苗而不发小苗，延缓了生长发育。保肥性能弱的土壤，施肥后土壤供肥强度较大，作物根系来不及吸收而造成养分的流失。增施有机肥料、培肥地力，或采用客土、合理耕作等农业措施，都能相应提高土壤保肥、供肥能力。

三、均衡而充足的供肥强度

土壤供肥强度是土壤溶液中各种养分的供应强度、供应速度及供应时间长短的综合表现，是衡量土壤肥力的重要指标。土壤溶液中，可直接被作物根系吸收利用的营养元素称土壤速效养分。为满足大棚菜高产优质的需要，大棚土壤还应具备速效养分含量高、比例适宜和缓急相济的特点。即土壤溶液要有较强的缓冲能力，表现为施肥后不易出现肥害，施肥不及时也不出现脱肥现象。据贾继文等对山东省4个县（市）77个冬暖式蔬菜大棚0~20cm土层的碱解氮、速效磷、速效钾含量分析结果（表1-1）认为，这些土壤速效氮、磷的含量均已达到中等偏高水平，但钾不足。大多数大棚土壤速效氮、磷、钾的含量已超过100mg/kg，少数棚已达到300mg/kg，含量相当丰富。其中有的大棚20~40cm土层碱解氮含量平均值大于0~20cm土层的平均值，表明由于施氮肥过量而在土壤中积累，将导致污染的可能。

表 1-1 山东省部分蔬菜大棚土壤速效养分含量
(0~20cm 土层)

地点	大棚 数(个)	碱 解 氮 (mg/kg)		速 效 磷 (mg/kg)		速 效 钾 (mg/kg)	
		均值	变 幅	均值	变 幅	均值	变 幅
泰安	45	143.0	88.45~290.5	185.0	54.37~377.0	174.0	77.8~305.9
德州	10	127.5	78.45~168.4	75.15	55.89~86.40	153.4	86.7~182.6
寿光	12	151.4	95.33~325.4	156.38	89.46~279.0	160.7	115.0~318.6
济南	10	128.7	83.60~147.2	97.60	77.45~123.6	143.2	77.6~178.4

除氮、磷、钾大量营养元素外，高产优质蔬菜还需要中量和微量营养元素的供应，而且有适宜的比例关系。

四、适宜的土壤孔隙度

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，这些统属于土壤物理性质。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自由传导和伸展，均依赖于土壤的物理性状。

土壤孔隙度是指土壤孔隙的体积占土壤总体积的百分数。根据土壤孔隙的大小，可分为毛管孔隙和非毛管孔隙。直径小于 0.1mm 的是毛管孔隙，起保水保肥的作用。大于 0.1mm 的是非毛管孔隙，起通气透水作用。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%。当土壤含水量达到最大持水量时，土壤空气量也应在 15% 以上，这样才能满足蔬菜生长对氧气和水分的需要。结构性不良的粘土总孔隙度较高，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。

土壤孔隙度与土壤结构和土壤质地有关，主要涉及到土壤的三相组成。土壤的三相是由土粒构成的固相、颗粒之间空气构成的气相及水分构成的液相。菜田土壤要求固相为 40%、液相为 32%、气相为 28%。总孔隙度应为气、液相之和为 60%。孔隙度要大、容重要轻，容重要小于 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ 。土壤三相比适宜，通气状况良好的菜田，蔬菜根系分布广而深，根系颜色浅、活力高、根毛多。根菜类蔬菜、豆类蔬菜以及瓜类蔬菜中的甜瓜、西瓜喜通透性良好的砂壤土；而叶菜类蔬菜、茄果类蔬菜，喜保水保肥性能好但通透性较差的粘壤土或壤土。冬暖式大棚宜选择土壤升温快、透水性能好的砂壤土种植。不但便于水分和温度管理，蔬菜还具有早熟、外形美和品质好的特点。

五、良好的土壤稳温性

土壤温度直接影响土壤中各种化学过程，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；对土壤微生物区系分布及生长、繁殖以及土壤溶液中养分离子的活性等也有很大的影响。保护地种植的土壤稳温性要好，即土壤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。

土壤质地和结构不同，比热和传导度亦不同。砂土、砂壤土比热小，传导率大，白天升温快，夜间降温也快，土壤温度日变化剧烈，粘性土壤则相反。砂土比热为 $0.2\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，壤土为 $0.25\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、腐殖土为 $0.4\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，水的比热为 $1\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。质地相同的土壤含水量大，比热也大。粘土田间持水量 10% 时，比热为 $0.3\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，含水量 30% 时，比热为 $0.4\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，含水量 50% 时，比热为 $0.53\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，含水量 100% 时，比热高达 $0.83\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。生产中用浇水调节土壤温度的现象较为常见。

空气的热传导度低，只有 0.005%，因而非毛管孔隙多的土

壤热传导度低，升温也缓慢。总之，土壤容重大、孔隙度小、热传导率大的砂性土壤温度变化大，而孔隙度适中的粘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它栽培措施调节土壤温度变化。

六、适宜的土壤湿度

保护地冬季栽培蔬菜的品种，多为需肥量大、需水亦多的果菜类蔬菜，栽培过程中要按作物生长及施肥进行多次灌溉。而棚内土壤湿度又与空气湿度直接相关，棚内空气湿度过高，会影响温度并易感病害。因而对土壤水分的要求：既要保证蔬菜生长的需要，又要减轻土壤水分蒸发，降低空气湿度。在具体操作中，除讲究灌溉方式，应用新技术外，也要注意地面覆盖技术。

七、适宜的土壤酸碱度

菜田土壤溶液反应以中性偏酸为宜，各类蔬菜正常生长都要求相适宜的酸碱度（表 1-2）。土壤酸碱度常用 pH 表示，它取决于土壤溶液中 H^+ 和 OH^- 离子的数量。土壤酸碱度除是影响蔬菜生长的外界条件外，也是影响根系吸收养分的重要环境因素。

表 1-2 各类蔬菜对土壤 pH 适宜范围

（蒋名川等，1985）

pH6~6.8		pH5.5~6.8		pH5~6.8
洋葱	韭葱	萝卜	芥菜类	马铃薯
豌豆	豇豆	番茄	茄子	西瓜
菠菜	根甜菜	黄瓜	南瓜	芋
芹菜	叶用甜菜	甘蓝	花椰菜	黄花菜
莴苣	大白菜	大葱	菜豆	
茼蒿	甜瓜	大蒜	甜椒	
毛豆	石刁柏	胡萝卜		

在酸性 ($\text{pH} < 5$) 的土壤中, 磷酸与铁、铝离子结合为溶解度低的磷酸盐而降低有效性; 一价或二价阳离子如钾、钙、镁等被氢离子从土壤胶体上取代到土壤溶液中, 并因其流失而缺素; 同时铜、锌、锰、硼等微量元素的溶解度增大而引起毒害。在酸性土壤上, 豆科蔬菜因根瘤菌生长弱而发育不良, 十字花科蔬菜易生根肿病, 番茄、茄子易感青枯病。在碱性 ($\text{pH} > 7.5$) 土壤上, 水溶性磷酸又与钙结合成难溶性磷酸盐而被固定, 同时也降低铁、锌等微量元素的有效性, 引起相应的缺素症。土壤 pH 对各种营养元素溶解度的影响如图 1-1。由图可见只有在土壤溶液呈中性或近于中性的条件下, 才可能得到全面的营养。

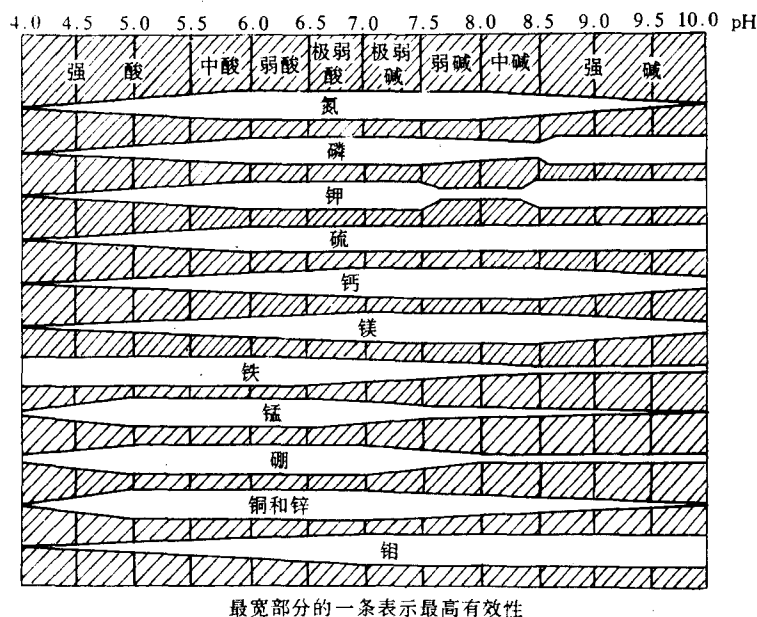


图 1-1 土壤反应对植物养分有效性的影响
(Truog, 1946)

菜田土壤应是质地疏松, 耕性好; 有良好的保肥蓄水能力;