

无公害 设施蔬菜 配方施肥

宋志伟 杨首乐 编著



WUGONGHAI SHESHI SHUCAI PEIFANG SHIFEI



化学工业出版社

无公害 设施蔬菜配方施肥

宋志伟 杨首乐 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

无公害设施蔬菜配方施肥/宋志伟, 杨首乐编著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-122-28343-6

I. ①无… II. ①宋…②杨… III. ①蔬菜园艺-施肥-配方②蔬菜园艺-施肥-无污染技术 IV. ①S630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 253663 号

责任编辑: 邵桂林
责任校对: 王素芹

装帧设计: 张 辉

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 278 千字

2017 年 1 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: 35.00 元

版权所有 违者必究



前言

我国地域广阔，种植的蔬菜种类繁多，南北方差距较大，主要种类有白菜类蔬菜、绿叶类蔬菜、茄果类蔬菜、瓜类蔬菜、豆类蔬菜、根菜类蔬菜、薯芋类蔬菜、葱蒜类蔬菜、多年生蔬菜、水生蔬菜等。蔬菜已成为人们生活中重要的食品，其安全性对人类健康至关重要。施用安全环保肥料，采用科学施肥技术，是我国蔬菜生产的重要措施之一。随着现代农业的发展，无公害、绿色、有机农产品需求越来越多，蔬菜施肥也应进入注重施肥安全的时期。

我国是化肥生产和使用大国。据国家统计局数据，2013年化肥生产量7037万吨（折纯，下同），农用化肥施用量5912万吨。专家分析，我国耕地基础地力偏低，化肥施用对粮食增产的贡献较大，大体在40%以上。当前我国化肥施用存在四个方面问题：一是亩均施用量偏高，我国农作物亩均化肥用量21.9千克，远高于世界平均水平（每亩8千克），是美国的2.6倍，欧盟的2.5倍；二是施肥不均衡现象突出，东部经济发达地区、长江下游地区和城市郊区施肥量偏高，附加值较高的经济作物过量施肥比较普遍；三是有机肥资源利用率低，目前，我国有机肥资源总养分约7000多万吨，实际利用不足40%，其中，畜禽粪便养分还田率为50%左右，农作物秸秆养分还田率为35%左右；四是施肥结构不平衡，重化肥、轻有机肥，重大量元素肥料、轻中微量元素肥料，重氮肥、轻磷钾肥“三重三轻”问题突出。传统人工施肥方式仍然占主导地位，化肥撒施、表施现象比较普遍，机械施肥仅占主要农作物种植面积30%左右。

为此,2015年农业部制定了《到2020年化肥使用量零增长行动方案》,力争到2020年,主要农作物化肥使用量实现零增长。力求做到以下几个方面:一是施肥结构优化。到2020年,氮、磷、钾和中微量元素等养分结构趋于合理,有机肥资源得到合理利用。测土配方施肥技术覆盖率达到90%以上;畜禽粪便养分还田率达到60%,提高10个百分点;农作物秸秆养分还田率达到60%,提高25个百分点。二是施肥方式改进。到2020年,盲目施肥和过量施肥现象基本得到遏制,传统施肥方式得到改变。机械施肥占主要农作物种植面积的40%以上,提高10个百分点;水肥一体化技术推广面积1.5亿亩,增加8000万亩。三是肥料利用率稳步提高。从2015年起,主要农作物肥料利用率平均每年提升1个百分点以上,力争到2020年,主要农作物肥料利用率达到40%以上。

基于以上现状,我们编写了《无公害设施蔬菜配方施肥》一书,旨在目前推广的测土配方施肥技术基础上,适应农业部2015年“化肥零增长行动方案”,主要从蔬菜营养特征及营养诊断、蔬菜测土配方施肥技术、无公害设施蔬菜生产常用肥料等内容,并从设施蔬菜营养需求特点、设施蔬菜测土施肥配方及肥料组合、无公害设施蔬菜施肥技术规程等方面,介绍了芹菜、菠菜、茼蒿、莴笋、番茄、樱桃番茄、茄子、辣椒、甜椒、彩椒、黄瓜、西葫芦、丝瓜、苦瓜、菜豆、豇豆、荷兰豆、大白菜、结球甘蓝、花椰菜、萝卜、生姜、韭菜、芦笋24种主要设施蔬菜的无公害测土配方施肥技术,希望能为广大菜农科学合理施肥提供参考,为现代农业的可持续发展做出相应的贡献。

本书具有针对性强、实用价值高、适宜操作等特点。考虑到栽培茬口(春提早、夏避雨、秋延迟、越冬长季)、灌溉方式(常规灌溉、滴灌等)、品种类型(如辣椒、甜椒、彩椒,番茄和樱桃番茄等)等方面阐述24种主要设施蔬菜“无公害,减化肥,增有机,改土壤,善品质,组合化”的施肥技术,方便菜农选用。

本书由宋志伟、杨首乐编著,由宋志伟统稿。本书在编写过程中得到化学工业出版社、河南农业职业学院、河南科技学院以及众多农业及肥料企业等单位 and 有关人员的大力支持,在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大专家、同行和读者批评指正。

编著者

2016 年 11 月

目录

第一章 设施蔬菜营养特征及营养诊断 001

第一节 蔬菜生长与营养元素	001
一、蔬菜必需营养元素	001
二、蔬菜有益营养元素	003
三、蔬菜有害营养元素	005
第二节 设施蔬菜营养与施肥特点	006
一、设施蔬菜栽培对土壤要求与土壤保育	006
二、设施蔬菜的需肥特点	008
三、设施蔬菜施肥问题	010
第三节 设施蔬菜营养缺素诊断与补救	011
一、设施蔬菜营养缺素症的诊断	011
二、主要设施白菜类蔬菜营养缺素症识别与补救	013
三、主要设施绿叶菜类蔬菜营养缺素症识别与补救	016
四、主要设施茄果类蔬菜营养缺素症识别与补救	019
五、主要设施瓜类蔬菜营养缺素症识别与补救	023
六、主要设施豆类蔬菜营养缺素症识别与补救	028
七、其他设施蔬菜营养缺素症识别与补救	031

第二章 设施蔬菜测土配方施肥技术 035

第一节	设施蔬菜测土配方施肥技术理论	035
一、	设施蔬菜测土配方施肥技术的作用	035
二、	设施蔬菜测土配方施肥技术的理论依据	038
三、	设施蔬菜测土配方施肥的技术要点	041
第二节	设施蔬菜测土配方施肥技术实施	044
一、	设施蔬菜肥效试验	044
二、	设施蔬菜样品采集、制备与测试	048
三、	田间基本情况调查	054
四、	设施蔬菜测土施肥配方确定	058
第三节	设施蔬菜施肥新技术	064
一、	设施蔬菜测土配方施肥配套新技术	064
二、	无公害设施蔬菜产地环境条件及其调控技术	068

第三章

无公害设施蔬菜生产常用肥料

076

第一节	设施蔬菜生产的常用肥料	076
一、	化学肥料	076
二、	有机肥料	102
三、	腐殖酸肥料	112
四、	氨基酸肥料	116
五、	生物肥料	118
六、	复合（混）肥料	124
第二节	露地蔬菜生产的新型肥料	132
一、	缓控释肥料	132
二、	新型水溶肥料	135
三、	新型复混肥料	140
四、	土壤调理剂	144
第三节	无公害设施蔬菜生产施用的肥料组合	145
一、	无公害设施蔬菜生产施肥内涵	145
二、	无公害设施蔬菜生产施用的肥料组合	150

第四章

设施无公害绿叶类蔬菜测土配方施肥技术

161

第一节	设施无公害芹菜测土配方施肥技术	161
一、	设施芹菜营养需求特点	161
二、	设施芹菜测土施肥配方及肥料组合	162
三、	设施无公害芹菜施肥技术规程	164
第二节	设施无公害菠菜测土配方施肥技术	166
一、	设施菠菜营养需求特点	166
二、	设施菠菜测土施肥配方及肥料组合	167
三、	设施无公害菠菜施肥技术规程	169
第三节	设施无公害茼蒿测土配方施肥技术	171
一、	设施茼蒿营养需求特点	172
二、	设施茼蒿测土施肥配方及肥料组合	172
三、	设施无公害茼蒿施肥技术规程	174
第四节	设施无公害蕹菜测土配方施肥技术	177
一、	设施蕹菜营养需求特点	178
二、	设施蕹菜测土施肥配方及肥料组合	178
三、	设施无公害蕹菜施肥技术规程	180

第五章

设施无公害茄果类蔬菜测土配方施肥技术

182

第一节	设施无公害番茄测土配方施肥技术	182
一、	设施番茄营养需求特点	182
二、	设施番茄测土施肥配方及肥料组合	183
三、	设施无公害番茄施肥技术规程	188
四、	无公害设施樱桃番茄施肥技术规程	193
第二节	设施无公害茄子测土配方施肥技术	195
一、	设施茄子营养需求特点	195
二、	设施茄子测土施肥配方及肥料组合	196
三、	设施无公害茄子施肥技术规程	197

第三节	设施无公害辣(甜)椒测土配方施肥技术	202
一、	设施辣(甜)椒营养需求特点	202
二、	设施辣(甜)椒测土施肥配方及肥料组合	202
三、	设施无公害辣椒施肥技术规程	205
四、	无公害设施甜椒施肥技术规程	210
五、	无公害设施彩椒施肥技术规程	213

第六章

设施无公害瓜类蔬菜测土配方施肥技术

215

第一节	设施无公害黄瓜测土配方施肥技术	215
一、	设施黄瓜营养需求特点	215
二、	设施黄瓜测土施肥配方及肥料组合	216
三、	设施无公害黄瓜施肥技术规程	221
第二节	设施无公害西葫芦测土配方施肥技术	226
一、	设施西葫芦营养需求特点	226
二、	设施西葫芦测土施肥配方及肥料组合	227
三、	设施无公害西葫芦施肥技术规程	229
第三节	设施无公害丝瓜测土配方施肥技术	233
一、	设施丝瓜营养需求特点	233
二、	设施丝瓜测土施肥配方及肥料组合	233
三、	设施无公害丝瓜施肥技术规程	235
第四节	设施无公害苦瓜测土配方施肥技术	238
一、	设施苦瓜营养需求特点	239
二、	设施苦瓜测土施肥配方及肥料组合	239
三、	设施无公害苦瓜施肥技术规程	241

第七章

设施无公害豆类蔬菜测土配方施肥技术

244

第一节	设施无公害菜豆测土配方施肥技术	244
一、	设施菜豆营养需求特点	244

二、设施菜豆测土施肥配方及肥料组合	245
三、设施无公害菜豆施肥技术规程	247
第二节 设施无公害豇豆测土配方施肥技术	251
一、设施豇豆营养需求特点	251
二、设施豇豆测土施肥配方及肥料组合	252
三、设施无公害豇豆施肥技术规程	254
第三节 设施无公害荷兰豆测土配方施肥技术	258
一、设施荷兰豆营养需求特点	258
二、设施荷兰豆测土施肥配方及肥料组合	258
三、设施无公害荷兰豆施肥技术规程	260

第八章

设施无公害白菜类蔬菜测土配方施肥技术

262

第一节 设施无公害结球甘蓝测土配方施肥技术	262
一、设施结球甘蓝营养需求特点	262
二、设施结球甘蓝测土施肥配方及肥料组合	263
三、设施无公害结球甘蓝施肥技术规程	265
第二节 设施无公害花椰菜测土配方施肥技术	267
一、设施花椰菜营养需求特点	267
二、设施花椰菜测土施肥配方及肥料组合	267
三、设施无公害花椰菜施肥技术规程	270
第三节 设施无公害大白菜测土配方施肥技术	272
一、设施大白菜营养需求特点	272
二、设施大白菜测土施肥配方及肥料组合	273
三、设施无公害大白菜施肥技术规程	275

第九章

设施无公害其他蔬菜测土配方施肥技术

278

第一节 设施无公害萝卜测土配方施肥技术	278
一、设施萝卜营养需求特点	278

二、设施萝卜测土施肥配方及肥料组合	279
三、设施无公害萝卜施肥技术规程	281
第二节 设施无公害韭菜测土配方施肥技术	285
一、设施韭菜营养需求特点	285
二、设施韭菜测土施肥配方及肥料组合	285
三、设施无公害韭菜施肥技术规程	287
第三节 设施无公害生姜测土配方施肥技术	289
一、设施生姜营养需求特点	290
二、设施生姜测土施肥配方及肥料组合	290
三、设施无公害生姜施肥技术规程	292
第四节 设施无公害芦笋测土配方施肥技术	294
一、设施芦笋营养需求特点	294
二、设施芦笋测土施肥配方及肥料组合	294
三、设施无公害芦笋施肥技术规程	296
参考文献	299

第一章

设施蔬菜营养特征及营养诊断

第一节 蔬菜生长与营养元素

蔬菜生长需要的营养元素被吸收进入体内后，还需要经过一系列的转化和运输过程才能被作物利用。但并不是每种营养元素对蔬菜都是必需的，一般可分为必需营养元素、有益营养元素、有害营养元素等。

一、蔬菜必需营养元素

蔬菜体内的各种元素含量差异很大，蔬菜对营养元素的吸收，一方面受蔬菜的基因所决定，另一方面受环境条件所制约。蔬菜体内现有的几十种元素，只有一部分是其必需的。

1. 蔬菜必需营养元素的种类

到目前为止，已经确定为蔬菜生长发育所必需的营养元素有 16 种，即碳 (C)、氢 (H)、氧 (O)、氮 (N)、磷 (P)、钾 (K)、钙 (Ca)、镁 (Mg)、硫 (S)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、锌 (Zn)、铜 (Cu)、钼 (Mo)、硼 (B)、氯 (Cl)。这 16 种蔬菜必需元素都是用培养试验的方法确定下来的。

通常根据蔬菜对 16 种必需营养元素的需要量不同，可以分为大量营养元素、中量营养元素和微量营养元素。大量营养元素主要

有碳、氢、氧、氮、磷、钾 6 种；中量营养元素主要有钙、镁、硫 3 种；微量营养元素有铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯 7 种。

氮、磷、钾是蔬菜需要量和收获时带走较多的营养元素，而它们通过残茬和根的形式归还给土壤的数量却不多，常常表现为土壤中有效含量较少，需要通过施肥加以调节，以供蔬菜吸收利用，因此，氮、磷、钾被称为“肥料三要素”。

2. 蔬菜必需营养元素的主要生理功能

各种必需营养元素在蔬菜体内有着各自独特的作用，不同的蔬菜必需营养元素在作物体内具有独特的生理作用（表 1-1）。

表 1-1 蔬菜必需营养元素的生理作用

元素名称	生理作用
氮	是构成蛋白质和核酸的主要成分；是叶绿素的组成成分，增强蔬菜光合作用；是蔬菜体内许多酶的组成成分，参与蔬菜体内各种代谢活动；蔬菜体内许多维生素、激素等成分，调控蔬菜的生命活动
磷	是蔬菜许多重要物质（核酸、核蛋白、磷脂、酶等）的成分；在糖代谢、氮素代谢和脂肪代谢中有重要作用；能提高蔬菜抗寒、抗旱等抗逆性
钾	是蔬菜体内 60 多种酶的活化剂，参与蔬菜代谢过程；能促进叶绿素合成，促进光合作用；是呼吸作用过程中酶的活化剂，能促进呼吸作用；增强蔬菜的抗旱性、抗高温、抗寒性、抗盐、抗病性、抗倒伏、抗早衰等能力
钙	是构成细胞壁的重要元素，参与形成细胞壁；能稳定生物膜的结构，调节膜的渗透性；能促进细胞伸长，对细胞代谢起调节作用；能调节养分离子的生理平衡，消除某些离子的毒害作用
镁	是叶绿素的组成成分，并参与光合磷酸化和磷酸化作用；是许多酶的活化剂，具有催化作用；参与脂肪、蛋白质和核酸代谢；是染色体的组成成分，参与遗传信息的传递
硫	是构成蛋白质和许多酶不可缺少的组分；参与合成其他生物活性物质，如维生素、谷胱甘肽、铁氧还蛋白、辅酶 A 等；与叶绿素形成有关，参与固氮作用；合成作物体内挥发性含硫物质，如大蒜油等
铁	是许多酶和蛋白质组分；影响叶绿素的形成，参与光合作用和呼吸作用的电子传递；促进根瘤菌作用
锰	是多种酶的组分和活化剂；是叶绿体的结构成分；参与脂肪、蛋白质合成，参与呼吸过程中的氧化还原反应；促进光合作用和硝酸还原作用；促进胡萝卜素、维生素、核黄素的形成
铜	是多种氧化酶的成分；是叶绿体蛋白——质体蓝素的成分；参与蛋白质和糖代谢；影响作物繁殖器官的发育

续表

元素名称	生理作用
锌	是许多酶的成分;参与生长素合成;参与蛋白质代谢和碳水化合物运转;参与作物繁殖器官的发育
钼	是固氮酶和硝酸还原酶的组成成分;参与蛋白质代谢;影响生物固氮作用;影响光合作用;对蔬菜受精和胚胎发育有特殊作用
硼	能促进碳水化合物运转;影响酚类化合物和木质素的生物合成;促进花粉萌发和花粉管生长,影响细胞分裂、分化和成熟;参与蔬菜生长素类激素代谢;影响光合作用
氯	能维持细胞膨压,保持电荷平衡;能促进光合作用;对蔬菜气孔有调节作用;能抑制蔬菜病害发生

二、蔬菜有益营养元素

某些元素并非是所有蔬菜都必需的,但能促进某些蔬菜的生长发育,这些元素被称为蔬菜有益营养元素。常见的主要有钠、硅、钴、硒、钒、镍、钛、稀土元素等。

1. 钠

艾伦(Allen, 1995)研究固氮蓝藻时发现柱状鱼腥藻是需钠的作物;布劳内尔(Brownell, 1975)用藜科作物作试验,证明钠是该作物生长的必需营养元素,作物缺钠后出现黄化病。此外,许多实验证明,苋科、矾松科等盐生作物及甜菜、芜菁、芹菜、大麦、棉花、亚麻、胡萝卜、番茄等作物缺钾时,如果土壤有钠存在,则这些作物的生长发育仍可正常进行。

钠在作物生命活动中的作用,目前还不十分清楚。盐生作物中钠可调节渗透势,降低细胞水势,促进细胞吸水,因此高盐条件下促进细胞伸长,使作物叶片面积、厚度、储水量和肉质性都有所增加,出现多汁性。某些作物(如糖用甜菜、萝卜、芜菁等)供钾不足时,钠可有限度替代钾的功能。

2. 硅

硅在土壤中含最多,通常以二氧化硅(SiO_2)形式存在,而作物能够吸收的硅形态是单硅酸 $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ 。硅在木贼科、禾本科作物中含量很高,特别是水稻。

硅多集中在表皮细胞内，使细胞壁硅质化，增强作物各种组织的机械强度和稳固性，提高作物（如水稻）对病虫害的抵抗力和抗倒伏的能力。硅有助于叶片直立，使植株保持良好的受光姿态，间接增强群体的光合作用。硅可以减少作物的蒸腾，提高作物对水的利用率。硅有助于水稻等作物抵抗盐害、铁毒、锰毒的能力。硅对水稻的生殖器官的形成有促进作用，如对水稻穗数、小穗数和籽粒重都是有益的。

3. 钴

许多作物都需要钴，作物一般含钴 0.05~0.5 毫克/千克，豆科作物含量较高，禾本科作物含量较低。钴是维生素 B₁₂ 的成分，在豆科作物共生固氮中起重要作用。钴是黄素激酶、葡萄糖磷酸变位酶、焦磷酸酶、酸性磷酸酶、异柠檬酸脱氢酶、草酰乙酸脱羧酶、肽酶、精氨酸酶等酶的活化剂，可以调节这些酶催化的代谢反应。

4. 硒

大多数情况下土壤含硒量很低，平均为 0.2 毫克/千克。硒在土壤中以 Se^{6+} 、 Se^{4+} 、 Se^0 、 Se^{2-} 等存在，形成硒盐、亚硒酸盐、元素硒、硒化物及有机态硒。硒与人体和动物的健康密切有关。硒可以增强作物体的抗氧化作用，提高谷胱甘肽过氧化物酶活性，从而消除氧自由基。低浓度硒可促进百合科、十字花科、豆科、禾本科作物种子萌发和幼苗生长。

5. 钼

钼是动物的必需元素，钼对高等作物是否必需，至今尚无确切证据，但对删列藻的生长是必需的。适量的钼可以促进番茄、甘蓝、玉米、水稻等作物的生长，并增加产量和改进品质。钼能促进大麦、松树种子的萌芽，促进其生长发育。钼对生物固氮有利，提高光合效率，促进叶绿素的合成，促进铁的吸收和利用。钼可提高某些酶的活性，以及种子发芽。

6. 镍

作物干物质正常含镍 0.1~5 毫克/千克。镍在作物体内可移动，作物种子和果实中含量较高。镍是脲酶的金属辅基，是脲酶的结构和催化功能所必需的。在作物的氮代谢中起重要作用，能催化

尿素降解；有利于种子发芽和幼苗生长。

7. 钛

作物体内普遍含有钛元素，不同作物含量也不同。玉米含量一般在 20 毫克/千克左右，豆科作物一般在 25 毫克/千克以上。钛主要与光合作用和豆科作物固氮有关。钛能促进作物对某些养分的吸收和运转，促进作物体内多种酶的活性，提高作物叶片中叶绿素的含量，提高作物产量，并能明显改善作物品质。

8. 稀土元素

稀土元素是元素周期表中原子序数为 57~71 的镧系元素——镧 (La)、铈 (Ce)、镨 (Pr)、钕 (Nd)、钷 (Pm)、钐 (Sm)、铕 (Eu)、钆 (Gd)、铽 (Tb)、镝 (Dy)、钬 (Ho)、铒 (Er)、铥 (Tm)、镱 (Yb)、镱 (Lu)，以及与镧系的 15 个元素密切相关的元素——钇 (Y) 和钪 (Sc) 共 17 种元素的统称。作物中稀土元素的含量一般在 25~570 毫克/千克。

低浓度稀土元素可促进种子萌发和幼苗生长，如用稀土元素拌种小麦，种子发芽率可提高 8%~19%。稀土元素对作物扦插生根有特殊作用，同时还可提高作物叶绿素含量和光合速率。稀土元素可促进大豆根系生长，增加结瘤数，提高根瘤的固氮活性，增加结荚数和粒荚数。稀土元素已广泛应用与农作物、蔬菜、林业、花卉、畜牧和养殖等方面。

三、蔬菜有害营养元素

1. 必需营养元素过量施用

必需营养元素施用过量会对蔬菜产生有害作用。常见症状有叶片黄白化、褐斑；茎叶畸形、扭曲；根弯曲、变粗或尖端死亡；出现狮尾、鸡爪等畸形根。其中微量元素与大量元素不同，由于最适需要量与中毒水平比较接近，过量会导致作物中毒，甚至引起人畜的某些疾病发生。如硼过剩，叶缘大多成黄或褐色镶边；饲料作物含钼>10 毫克/千克，长期饲喂可引起家畜钼毒症。由于元素之间会互相抗衡，有些元素的缺素症是因某一元素的过剩吸收产生的，如磷过多，常以缺铁、锌、镁等失绿症表现；酸性土壤锰过多可引起缺钼。