



九亿农民致富丛书

北方菜田科学施肥技术

李世清 田霄鸿 王朝辉 编著



中国农业出版社

九亿农民致富丛书

北方菜田科学施肥技术

李世清 田霄鸿 王朝辉 编著

* * *

责任编辑 贺志清

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路 2 号 100026)

新华书店北京发行所发行 北京东光印刷厂

787mm×1092mm32 开本 4.25 印张 90 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印数 1~60 000 册 定价 4.10 元

ISBN 7-109-05665-1/S·3660

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

S-49
NC-13



九亿农民致富丛书

北方 菜田科学施肥技术

+S630.62

李世清 田霄鸿 王朝辉 编著

中国农业出版社

出版说明

党的十五届三中全会通过的《中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定》指出：“农业的根本出路在科技、在教育。”兴农靠科技，致富也靠科技。实践证明，农业科技图书对于普及农业科学实用技术，提高农民科技素质，具有实际的指导作用。

为贯彻落实党的十五届三中全会精神，我社在1997年推出的大型科普丛书《中国农村书库》基础上，又组织编写了《九亿农民致富丛书》，为农业科技推广、农业教育、农民致富服务。这套丛书以具有一定文化程度的中青年农民和乡村干部为对象，内容涉及农作物、蔬菜、果树和花卉、食用菌栽培技术及病虫害防治，畜禽饲养技术及其疾病防治，水产养殖，农产品贮藏保鲜加工等。计划出版160余种，每种6万~8万字。以单一种植、养殖品种或单项技术立题，不求面面俱到和常规系统性，以文字叙述为主，语句通顺、技术内容通俗易懂、易操作、方便读者阅读为特色。作者均为具有推广实践经验和一定写作水平的专家、技术人员及教师。

《九亿农民致富丛书》是我社员工和农业
科教界专家奉献给广大农民朋友的又一科技
“星火”，衷心希望受到广大读者的喜爱！

中国农业出版社

1999年1月

前 言

蔬菜生产与广大人民群众的日常生活在有着十分密切的关系，蔬菜产量和品质直接关系到人民的生活和健康水平。在众多影响蔬菜生产的因素中，施肥技术直接影响着蔬菜个体的生长发育、群体产量的形成以及产品品质。我国是世界上应用有机肥进行蔬菜栽培的最早国家之一，在6世纪30年代的《齐民要术》中就有施用腐熟有机肥种植瓠瓜和冬瓜的记述。随着科学施肥技术的发展，近百年来蔬菜的施肥技术也有了迅速进步。我国学者在总结群众丰富施肥技术经验的基础上，吸收先进的科学技术，广泛地研究了各类蔬菜的需肥特点及其施肥技术。在肥料的施用上也从单一的有机肥发展到有机与无机肥相结合；从单一的氮肥施用到氮、磷、钾等多种肥料的配合施用，为提高蔬菜产量和改善品质做了大量工作。但也要看到在我国广大的北方地区，由于施肥缺乏实用性的科学指导，在蔬菜生产中，有机肥的施用逐年下降，化肥中氮、磷和钾肥施用比例失调，化肥用量不合理，由此给生产和环境带来严重后果，诸如菜田土壤肥力退化，蔬菜产量不稳，品质

下降，肥料利用率降低，增产效果不明显等，故我们组织编写此书，为广大菜农提供科学、合理、切实可行的施肥技术。

在我们对国内有关蔬菜科学施肥技术的资料进行了全面整理后，本书在介绍北方菜田土壤的特性及管理、养分在蔬菜中的营养功效、蔬菜对养分的吸收及其影响因素、蔬菜养分缺乏和过剩的症状及调控的基础上，着重阐明了北方主要蔬菜的营养特征及合理高效施肥技术。此书是广大菜农在蔬菜栽培中的有益参考资料。

在编写过程中，由于编者水平有限，时间仓促，缺点和错误一定不少，敬请广大读者批评指正。

编 者

1998年11月于杨凌

西北农业大学资源环境系

邮编：712100

目 录

出版说明

前言

一、北方菜田土壤的特性及管理	1
(一) 菜田土壤的肥力特征	1
(二) 蔬菜施肥特点	8
(三) 菜田土壤培肥	9
(四) 菜田的科学施肥	10
(五) 菜田施肥与蔬菜品质及环境	13
二、营养元素在蔬菜生长中的作用	15
(一) 大量养分	15
(二) 微量养分	21
三、蔬菜对养分的吸收及其影响因素	26
(一) 蔬菜根系对养分的吸收	26
(二) 蔬菜叶面对养分的吸收	32
四、蔬菜养分缺乏和过剩的症状及调控	35
(一) 蔬菜养分缺乏及矫正	35
(二) 蔬菜营养过剩及其防除	46

五、北方地区主要蔬菜作物营养特性及合理

高效施肥技术	52
(一) 白菜、甘蓝类蔬菜的施肥技术	53
(二) 根菜类蔬菜的施肥技术	60
(三) 葱蒜类蔬菜的施肥技术	66
(四) 绿叶菜类蔬菜的施肥技术	73
(五) 茄果类蔬菜的施肥技术	81
(六) 瓜类蔬菜的施肥技术	94
(七) 豆类蔬菜的施肥技术	104
(八) 薯芋类蔬菜的施肥技术	108
附表一 蔬菜缺乏营养元素检索表	113
附表二 蔬菜缺氮的主要症状	114
附表三 蔬菜缺磷的主要症状	115
附表四 蔬菜缺钾的主要症状	115
附表五 蔬菜缺钙的主要症状	116
附表六 蔬菜缺镁的主要症状	117
附表七 京郊各类蔬菜氮、磷、钾含量和每形成 1 000 千克商品菜所需养分数量	118
附表八 化肥施用量的计算举例	121
附表九 常用化肥的成分、性质和施用方法	122
附表十 养分缺乏与过剩的防除措施	125
主要参考文献	127

一、北方菜田土壤的特性及管理

(一) 菜田土壤的肥力特征

1. 蔬菜栽培对土壤条件的要求 蔬菜栽培一般集约化程度化，可谓精耕细作，茬次多，产量高，且要求产品外观鲜嫩，色泽诱人，品质上乘，因而对土壤有较高的要求。一般以地势平坦，能灌能排且高度熟化的砂壤土、中壤土或粘壤土为好。砂性强的土壤，春季地温上升快，土壤通透性好，适于蔬菜作物的早熟栽培，但保水保肥力差，一般生育前期生长良好，到了生育后期则往往出现脱肥现象。南瓜、西瓜等蔬菜的根系伸展力强、吸肥力也强，适于这种土质栽培。粘质土壤的通透性较差，春季地温上升缓慢，有机质矿化分解也较慢，不适于早熟栽培及速生蔬菜的栽培，但由于此类土壤含有丰富的天然养分，保水保肥力强，有较高的丰产潜力，因此适于栽培生长期较长，生长发育比较缓慢，要求产品品质致密的蔬菜，如贮藏用的结球白菜、马铃薯及洋葱等。至于壤土或粘壤土，一般蔬菜都较适宜。对于栽培蔬菜，各种质地的土壤都可选择利用，但必须采用合理的农业技术，使其得到改良，促进土壤熟化，才能获得更好的栽培效果。

不同蔬菜对土壤中盐类浓度的忍耐力不同，有的蔬菜(如叶甜菜)可忍耐 0.25% 的土壤溶液盐类浓度，而黄瓜则只

能忍耐 0.05% 的盐类土壤浓度 (表 1)。从实际栽培经验可以总结出：甜菜、菠菜、除黄瓜以外的瓜类、甘蓝类及芹菜等耐盐性较强；蚕豆、韭菜、葱、大蒜、小白菜、菊芋、芥菜、番茄等耐盐力中等；辣椒、大葱、胡萝卜、大白菜、萝卜、莴苣、黄瓜等耐盐性较弱，菜豆的耐盐性更弱。

表 1 几种蔬菜可允许的土壤溶液盐类浓度 (%)

蔬 菜	秧 苗	成 株
胡萝卜	0.017	—
葱	0.025	0.050
甘蓝	0.050	0.085
黄瓜	0.034	0.050
番茄	0.050	0.125
叶 菜	0.10	0.250

对大多数蔬菜来说，在中性或微酸碱性 (pH6.5~7.5) 的土壤条件下生长良好。耐盐性较强的蔬菜，对土壤溶液的酸碱反应比较敏感。胡萝卜、番茄、南瓜等能在弱酸性土壤上生长良好，马铃薯在中酸性土壤上生长良好。

2. 菜田土壤肥力特点 由于蔬菜生产是集约化的种植业生产，对养分的吸收量，养分吸收强度即单位时间从单位面积土壤中吸收的养分量远高于农作物。因此，蔬菜生产必须以肥沃的菜田土壤作基础。或者说必须有土层深厚，物理性状好，有机质含量高，养分丰富且平衡，保肥供肥能力强，无酸化、盐渍化等障碍性因素的肥沃菜田作基础。菜田土壤一般具有以下肥力特点：

(1) 土壤有机质丰富 一般来说菜田土壤应具有一层较厚的人工腐殖质积累层 (一般为 25~30 厘米，多的可达 40 厘

米以上), 有机质含量应在 3% 以上, 最好能达到 4%~5%。

(2) 土壤固液气三相比例和 pH 合适 菜田土壤的固液气三相比较大体上应为固相占 40%, 液相 32%, 气相 28%, 总孔隙度为 60%, 地下水位应低于 2.5 米。适耕期长, pH 值为微酸性到微碱性。作为菜田要求土壤质地均匀, 粗粉粒含量高, 物理性能好, 最理想的土质是壤土, 而砂土和粘土均需经过改良后才能作为菜田土壤。这种高度熟化的菜田土壤, 是在人工强烈干预下, 即人工栽培条件下形成的, 需要较长时间。所以维持菜田稳定而合理的栽培和施肥制度是至关重要的。

(3) 养分含量丰富 菜田土壤除需要有机质含量丰富外, 还需经常保持有效氮含量在 70 毫克/千克以上, 代换性钾 100~150 毫克/千克, 速效磷 60~80 毫克/千克以上, 氧化镁 150~240 毫克/千克, 氧化钙 1~1.4 克/千克, 以及含有一定量的可给态的硼、锰、锌、铜、铁、钼等微量元素。土壤含盐量不得高于 0.4%, 同时要求所含养分必须平衡。

(4) 土壤保水供水和供氧能力强 蔬菜作物根系的生长发育需氧量高, 土壤含氧量在 10% 以下时, 根系呼吸作用受阻, 生长不良, 尤其是甘蓝类、黄瓜等, 在含氧量达到 20%~24% 以上时, 才能生长良好。蔬菜作物供食器官含水量高, 要保证蔬菜产品鲜嫩多汁和蔬菜正常生长, 适宜的土壤含水量应为田间持水量的 60%~80%。土壤的供水和通气性能决定于土壤三相分布, 适于栽种蔬菜的孔隙度应达到 60% 左右。在土壤含水量达到田间最大持水量时, 土壤仍能保持 15% 以上的通气量, 土深 80 厘米处应保持 10% 以上通气量, 要求土壤渗水性好。这样才能保证根部的正常生长和代谢所需的氧气量。

(5) 土壤阳离子交换量高, 保肥供肥能力强 土壤吸附

阳离子的能力用吸附的阳离子总量表示,称为阳离子交换量,包括土壤阳离子交换量在内的土壤交换性能是土壤胶体的属性。

土壤的阳离子交换量高说明土壤吸附阳离子的能力强,土壤的保肥供肥性能强。菜田土壤有机肥用量大,有机质含量往往高于一般农田,故菜田土壤的有机质含量往往高于一般农田,保肥供肥能力较强,这是菜田土壤肥力的显著特征。

(6) 土壤稳温性能好 地温对蔬菜根部生长的活性和养分吸收会产生直接影响,对微生物繁殖和微生物种类影响也较大,另外对土壤养分的有效性以及土壤中传染性病害的发生均有很大影响,这是蔬菜栽培中值得重视的问题。

地温受太阳光辐射量、土壤比热、传热能力、土表颜色、土壤的坡向、土壤覆盖物性质和种类、土壤水分蒸发强度等多方面影响,但土壤的稳温性能是左右其它外界条件的最主要因素。

土壤的稳温性能是指土壤温度的升降特性,这种特性主要受土壤比热的影响。一般来说,比热小的土壤升温快,夜间降温也快;相反,比热大的土壤升温慢,降温亦慢。而土壤质地不同,含水量不同,土壤的比热也不同。

不同土壤质地比热不同:砂土<壤土<腐殖土<水。土壤中含水量高时比热大,因此,早春不宜灌大水,以防止土温过低;夏季灌大水,会起到降温作用,越冬期间进行冬灌,能防止冬季地温变化幅度过大。

另外,孔隙多的土壤传热能力小,升温慢。一般粘质土和有机质含量高、孔隙度适中、热容量大的土壤稳温性能好,升温降温速度都较慢。

多数蔬菜的适宜地温为 13~25℃。地温过低或过高都会

影响到根部吸收养分。因此，选择稳温性能好的土壤，使蔬菜吸收养分和土壤释放养分保持一个适宜比例，既能满足蔬菜养分需要，也能使土壤养分不至于过度淋溶损失。

(7) 耕性良好，土壤质地疏松 生长在土体中的根系，除了受土壤含水量、空气含量和土温影响外，土壤紧实度和土壤容重对根系生长影响也很大。

蔬菜地的土壤容重应为 $1.1 \sim 1.3$ 克/厘米³，而当容重达到 1.5 克/厘米³ 时，根系生长受到抑制。土壤容重很大，则意味着土壤板结，有机质含量少，耕性不良，易产生歧根现象和产品表面受损症状。

(8) 土壤中不存在有害物质 蔬菜根系生活在土壤中，其正常的生长发育必须以没有毒害物质的菜田土壤作保证。

菜田土壤中的有毒物质种类很多，来源各异，有些是由施用有机肥和化肥时带入土壤的，有些来源于工上产生的废水、废渣的排放，这些途径会造成土壤重金属、苯及其同系物、酸及其同系物、硝酸盐和病原菌等污染物及地下虫害对蔬菜作物生长的危害。

总之，高产菜田土壤的肥沃度一般都高于粮田，由于各类城市的规模在不断在不断扩大，大面积的近郊肥沃菜田被不断蚕食，而中远郊和农区的菜田面积发展很快。所以，在严格控制征占老菜田的同时，应重视中远郊和农区菜田的基本建设，重视和加强土壤培肥工作。

3. 露地和保护地菜田土壤肥力的差异 在我国三北地区（东北、华北、西北）约有 20 万公顷的蔬菜保护地生产面积，其中日光温室面积约 5.3 万公顷，约占保护地生产面积的 $1/4$ 。由于蔬菜保护地生产具有较高的经济效益、生态效益和社会效益，即可以使农民增收，可以充分利用天然能资源，

可以增加北方冬春淡季鲜菜的供应量及蔬菜的“花色品种”，因而发展势头很快，由于保护地生产条件下的蔬菜种类、蔬菜生长的环境条件施肥习惯和施肥水平等与露地生产存在较大的差别，导致保护地菜田土壤的肥力状况及动态变化与露地土壤明显不同。

(1) 保护地菜田土壤养分的分解速度快 土壤中的养分是以有机和无机形态存在的，蔬菜作物可以直接吸收的多是存在于土壤溶液或被土壤胶体吸附的无机的阴、阳离子。有机养分除部分小分子的化合物如氨基酸等可以被吸收利用外，大部分复杂有机化合物中的养分不能被蔬菜直接吸收利用。土壤有机养分占的比例很大，尤其是氮素营养的90%以上是以有机形态存在的，这部分养分只有在微生物的作用下分解释放出无机离子后才能被蔬菜吸收利用。土壤中有机养分释放快慢受土壤温度、湿度、通气条件、碳、氮比率等条件的影响和制约。保护地条件下提高了土壤温度，或延长了较高温度的持续时间，增强了土壤微生物活性，因而促进了土壤养分的转化，提高了土壤养分的有效性。

(2) 保护地菜田土壤的养分为积聚型 在保护地覆盖条件下，提高了温度，土壤表面水分的蒸发在加快，地下水分会沿毛管孔隙向地上部运输，同时也将下层土壤中养分特别是硝酸盐带到地表。又由于顶部的覆盖遮住了无自然降雨，减弱了土壤养分的淋溶作用，所以保护地土壤是养分积聚型的，致使大量养分聚积在表层土壤中。

(3) 保护地菜田土壤容易产生次生盐渍化 所谓土壤次生盐渍化是指本无盐分障碍的土壤由于施肥、灌溉等原因而造成盐分积累而产生盐分障碍的过程。在保护地蔬菜生产条件下，由于土壤养分积聚于地表，土壤养分的矿化速度加快，

加上保护地生产是高度集约化的高投入高产出的生产系统，施肥量又高，土壤速效养分的供应量高于作物吸收量，所以养分供大于求的局面，年复一年下去很易造成地表土壤养分浓度的提高，产生盐分障碍。

4. 保护地菜田土壤条件的调节

(1) 土壤盐类浓度及其调节 在保护地设施内，土壤盐类逐渐在土壤表层积聚，甚至会出现严重的次生盐渍化危害。这是保护地土壤演变中不可忽视的一个重要特点及其趋势。

保护地土壤盐类浓度随着使用年限的增加而增加，特别是长年施用硝态氮肥，如硝酸钾、硝酸钙、硝酸镁等，它们很易溶解，硝酸根又不被土壤胶体所吸附，易使土壤溶液浓度过高。

为了减轻或防止土壤盐类浓度过高，主要应以施用有机肥为主，有机肥肥效缓慢，但是能够改善土壤理化性质，与施用化肥比较，产生盐类聚积的过程缓慢；应深翻土壤，切断底层毛细管，防止盐类上升；合理灌溉可降低土壤溶液浓度；在建筑保护地设施时，应选排水良好的地块；施用化肥时，要避免长期施用单一化肥，防止单盐危害。

(2) 土壤生物条件及其调节 由于保护地设施固定化，并且多年连作，打破了土壤中生物的平衡，病原菌、地下害虫会日渐增多，危害日趋严重，而有益微生物如硝酸细菌、亚硝酸细菌、固氮菌等的繁殖却受到一定程度的抑制，为此，对保护地土壤进行更换和消毒处理具有重要作用。一般最好每隔 3~4 年更换 1 次土壤，或者采取合理的轮作措施。土壤消毒方法较多，其中生物学方法简便易行，可采用保护地土壤与新鲜厩肥分层堆积，进行高温发酵；也可采用化学方法，即用稀释 50~100 倍的甲醛溶液，结合翻地时喷入土壤，然后

覆以薄膜，两周后揭开薄膜，土壤就可以投入使用。

(二) 蔬菜施肥特点

蔬菜的种类和品种繁多，它们的单位面积产量高，复种指数大，对肥料的数量和质量以及施肥技术要求较严格。概括来讲，蔬菜作物对营养元素的吸收有如下特点：

1. 蔬菜是喜肥的作物 生产 1000 千克蔬菜，约需氮 (N) 2~4 千克，磷 (P_2O_5) 0.8~1.2 千克，钾 (K_2O) 3~5 千克，钙 (Ca) 1~1.8 千克，镁 (Mg) 0.18~0.42 千克，其比例大致为 10 : 3 : 13 : 5 : 1。与小麦相比，蔬菜的吸氮量高 0.4 倍，吸磷量高 0.2 倍，吸钾量高 1.92 倍，吸钙量高 4.3 倍，吸镁量高 0.54 倍。不同蔬菜种类对养分的需要量不相同，吸收量大的蔬菜有：甜椒、西葫芦、花椰菜、大蒜等。在蔬菜的不同生育时期，对氮、磷、钾的吸收量及其比例也各不相同，一般是在蔬菜发育初期氮的吸收量超过钾，但很快钾的吸收量也迅速增加，甚至超过氮的吸收量。钙在生育初期吸收量小而缓慢，在作物生育中、后期吸收量则迅速增长。而磷和镁的吸收量在全生育期中比较平稳，在中后期略有增加。

2. 蔬菜作物根系吸收能力强 一般来讲，根系阳离子交换量大的作物的养分吸收能力也强，许多蔬菜作物根系的阳离子交换量大于禾谷类作物，因而根系的吸收能力较一般农作物大。

3. 蔬菜为喜硝态氮作物，对铵态氮反应敏感 硝态氮是蔬菜作物的优良氮源，铵态氮不宜超过总氮量的 30%。铵态氮过量时，会抑制对钾与钙的吸收，影响根系的正常生理活动，减弱根组织对铵离子的同化能力，易使植物生长受害。但