

王晓雪 付亚文 金巨胜 编著

蔬菜合理施肥

菜园丰产新技术丛书



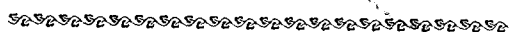
中国农业出版社

菜园丰产新技术丛书



蔬菜合理施肥

王晓雪 付亚文 金巨胜 编著



中国农业出版社

菜园丰产新技术丛书

蔬菜合理施肥

王晓雪 付亚文 金巨胜 编著

* * *

责任编辑 杨金妹

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 北京忠信诚胶印厂印刷

850mm×1168mm 32开本 5.75印张 141千字

1997年9月第1版 1999年2月北京第2次印刷

印数 10 001~20 000册 定价 8.90元

ISBN 7-109-04707-5/S·2918

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

一般来说，蔬菜作物生长速度快，产量高，产品柔嫩，对栽培条件及栽培技术要求较高。为了获得丰产优质的蔬菜产品，应在保证较高投入的基础上实行集约化栽培及精细的管理。我国蔬菜栽培历史悠久，在长期的蔬菜生产实践中，我国菜农及科技工作者探索、积累与总结了丰富的经验，针对不同蔬菜（品种）及各地气候及生产条件，挖掘生产潜力，低成本高成效地进行蔬菜生产，形成了具有我国特色的比较完整的蔬菜栽培技术体系：不少农家蔬菜优良品种享誉于国内外；以提高土地利用率的间、套种技术普遍推广应用于生产，发挥很好的生产效果；通过提高采光保温性能而建造的日光温室可以在北方严寒地区冬春季节不加温（或少加温）生产出成本较低的优质新鲜蔬菜；以人工精细管理为特色的保护地育苗技术为春季早熟丰产栽培提供可靠的保证；我国西北地区的瓜类砂田栽培，韭菜、蒜苗的软化栽培以及各地的名、优、特产蔬菜栽培技术等各具特色，丰富多彩。

但是，随着蔬菜商品性生产的发展，特别是近十多年来蔬菜产业化生产的迅速发展，以经验为主的传统蔬菜栽培技术已经不能完全适应专业化、商品化现代大生产的要求。如何尽快地应用现代科学技术武装与改造传统栽培技术已成为我国蔬菜生产尽快上个新台阶，逐步实现生产现代化的迫切任务。对待这项技术改造任务有三种不同态度和做法。一种态度是墨守成规，完全按老一套经验去干，对现代科学技术接受很慢甚至不接受，其结果必然会在激烈的市场竞争中处于被动地位或被淘汰；另一种态度是不顾我国国情，照搬国外的生产经验，往往难以在生产上推广应

用，即使有的项目在一定程度上开发于生产，但效益不好；正确的态度应该是根据我国国情，将传统蔬菜栽培经验的精华与现代科学技术相结合，形成既符合国情，又能逐步提高到现代先进水平的蔬菜栽培技术体系。

基于以上的指导思想，我们组织编写了一套《菜园丰产新技术》丛书，目的是想通过总结与推广现有成功经验的同时，抓住蔬菜生产的关键环节介绍一些比较成熟、实用的新技术、新经验及新方法，以推动蔬菜生产的发展与提高。丛书共分6册，《蔬菜优良品种与使用》、《日光温室和大棚蔬菜栽培》、《蔬菜合理施肥》、《蔬菜嫁接栽培》、《绿色蔬菜生产》、《蔬菜病虫害综合防治》。这套丛书除主要用于指导并提高农民的生产水平外，还可供蔬菜科技工作者及专业教学人员参考。

由于涉及内容较广，时间又很紧迫，错误与不妥之处在所难免；特别是在普及与提高的关系处理上可能有不当之处，敬请读者批评指正。

葛晓光

1996年秋

前 言

施肥既可以提高蔬菜产量、培肥土壤,也可以导致蔬菜减产、土壤肥力退化。随着工业的发展和蔬菜生产经济效益的提高,农民的施肥意识逐渐增强。但是,由于对施肥缺乏科学指导,并因此造成的土壤肥力退化、保护地土壤盐分浓度障碍和蔬菜减产等事例屡见不鲜,给生产造成很大损失。故编写此书,旨在推动科学、合理、切实可行的施肥制度的建立。

施肥的目的是为了营养蔬菜,达到为人们提供高营养价值、无污染的新鲜蔬菜的目的。所以,施肥必须利于营养蔬菜、利于提高蔬菜产量、利于培肥菜田、利于改善生态环境。本书力求理论与实践相结合,借鉴粮食作物的施肥技术,深入浅出地介绍了蔬菜营养特性、菜田土壤肥力特征和目前科学可行的四种确定蔬菜施肥量的方法。本书还在各种蔬菜的生育特性和营养特性的基础上着重介绍了二十余种蔬菜的施肥技术和各种养分供应障碍的防治技术。此书是蔬菜教学、科研和生产的科技工作者的有益的参考书。

敬请广大读者对书中不当之处批评指正。

本书在编写过程中曾得到葛晓光教授的指导,谨此致谢。

编 者

1996 年秋

目 录

序

前言

一、蔬菜合理施肥的原则	1
(一) 蔬菜施肥与经济产量	1
1. 最小养分定律	1
2. 最大养分定律	4
3. 报酬递减学说	4
(二) 蔬菜施肥与土壤肥力	5
1. 地力恢复学说	5
2. 养分归还学说	7
3. 菜田土壤肥力特点	8
4. 露地和保护地菜田土壤肥力的差异	11
(三) 施肥与蔬菜营养	13
1. 蔬菜生长发育必需的营养元素	13
2. 各种必需营养元素的主要生理功能	14
3. 蔬菜营养的两大定律	24
4. 蔬菜吸收土壤养分的特点	25
(四) 蔬菜施肥与生态环境	28
1. 氮肥污染	29
2. 磷肥污染	30
3. 有机肥污染	31
二、蔬菜配方施肥的方法	36
(一) 蔬菜施肥中存在的问题及后果	36
1. 我国土壤肥料工作的发展历史	36
2. 蔬菜施肥中存在的问题	37

3. 不合理的蔬菜施肥制度产生的后果	37
(二) 确定合理施肥量的方法	41
1. 养分平衡法	41
2. 有效养分系数法	48
3. 肥料效应函数法	51
4. 土壤肥力指标法	53
(三) 确定有机肥用量的方法	58
1. 有机肥的作用	58
2. 确定有机肥用量的方法	61
(四) 蔬菜配方施肥的实施	65
1. 确定技术路线	65
2. 加强基础研究	66
3. 同时进行开发研究	66
4. 加强配方施肥对土壤肥力影响的动态监测	66
三、各种蔬菜的施肥技术	67
(一) 茄果类蔬菜的施肥技术	67
1. 番茄的施肥技术	67
2. 茄子的施肥技术	72
3. 辣椒的施肥技术	75
(二) 瓜类蔬菜的施肥技术	78
1. 黄瓜的施肥技术	78
2. 南瓜的施肥技术	83
(三) 白菜类蔬菜的施肥技术	85
1. 大白菜的施肥技术	85
2. 结球甘蓝的施肥技术	87
3. 花椰菜的施肥技术	88
(四) 根菜类蔬菜的施肥技术	90
1. 萝卜的施肥技术	90
2. 胡萝卜的施肥技术	92
(五) 豆类蔬菜的施肥技术	94
1. 菜豆的施肥技术	94

2. 豇豆的施肥技术	97
3. 豌豆的施肥技术	97
(六) 绿叶菜类蔬菜的施肥技术	99
1. 菠菜的施肥技术	99
2. 芹菜的施肥技术	102
3. 叶用莴苣的施肥技术	104
(七) 葱蒜类蔬菜的施肥技术	106
1. 韭菜的施肥技术	106
2. 洋葱的施肥技术	107
3. 大蒜的施肥技术	109
(八) 薯芋类蔬菜的施肥技术	110
1. 马铃薯的施肥技术	111
2. 生姜的施肥技术	112
四、蔬菜营养缺乏和过利的危害与防除	114
(一) 蔬菜营养缺乏及防除	114
1. 氮素不足的表现及防除	115
2. 磷素不足的表现及防除	116
3. 钾素不足的表现及防除	118
4. 钙素不足的表现及其防除	119
5. 镁素不足的表现及防除	122
6. 硫素不足的表现及防除	123
7. 微量元素不足的表现及防除	124
(二) 蔬菜营养过剩及其防除	128
1. 氮素过剩及其防除	129
2. 磷素过剩及其防除	131
3. 微量元素过剩及其防除	133
(三) 土壤酸化对蔬菜的危害	137
1. 菜田土壤酸化的危害	137
2. 菜田土壤酸化的原因	141
3. 防止菜田土壤酸化的有效措施	143
(四) 土壤溶液盐分浓度过高对蔬菜的危害	145

1. 土壤溶液高浓度对蔬菜的危害	145
2. 土壤中盐分积累的原因	146
3. 防止菜田土壤盐分积累的措施	147
附表	150
附表 1 农田灌溉用水水质标准	150
附表 2 农用污泥中污染物控制标准值	152
附表 3 国外农用污泥中有害物质控制标准	152
附表 4 城镇垃圾农用控制标准值	153
附表 5 京郊各类蔬菜氮、磷、钾含量和每形成千公斤商品菜 所需养分数量	153
附表 6 化学肥料的成分及主要理化性状——三要素肥料	157
附表 7 化学肥料的成分及主要理化性状——微量元素肥料	160
附表 8 土壤速效氮、磷、钾含量的测定方法	162
附表 9 有机肥料的有机质和养分含量	169
附表 10 蔬菜缺乏营养元素检索表	169
附表 11 养分缺乏与过剩的防除措施	171
附表 12 石灰需要量的测定方法	172
主要参考文献	173

一、蔬菜合理施肥的原则

近代高产农作制是以讲求经济效益为目的的。它要求一切农业技术措施更加经济、易行。传统的“粪大水勤不用问人”的施肥制度和观念是不科学的，它错误地认为多施肥可以夺取高产，生产实际中往往事与愿违。过多施用肥料不仅不能提高蔬菜产量，还会使地越种越“瘦”即退化，造成土壤、产品和环境的污染。因此，打破传统的观念，学一点科学施肥的理论是十分有益的。这一章里介绍一些合理施肥中必须遵循的原则。

（一）蔬菜施肥与经济产量

蔬菜施肥必须有利于蔬菜经济产量的提高，这是蔬菜施肥中必须首先遵循的原则。我国的蔬菜生产具有悠久的历史，生产实践早已指出，合理施用有机肥料和化学肥料能提高蔬菜产量。但是，有机和化学肥料并非在任何情况下都能提高蔬菜等农作物的产量，这里介绍与经济产量提高有关的最小养分定律、最大养分定律和报酬递减定律等理论，以指导蔬菜等农作物生产的施肥实际。

1. 最小养分定律 蔬菜生产中常提以最小（或最少）的肥料量，获得最大的经济效益。有什么根据呢？最小养分定律就是其基础。

最小养分定律是德国农业化学家李比希 1840 年提出的科学施肥原则。该定律认为：“农作物产量的高低是由土壤中含最低的一种养分决定的。”因为，农作物的正常生长需要各种营养元素，而它们之间又是相互促进相互制约的，假如某一种养分缺乏，即

使其他养分再多也不能发挥作用,农作物的产量也不会再提高,只有补偿缺少的最小养分后,产量才能大幅度增加。

李比希用土壤养分木桶作形象化比喻(图 1-1)以加深对最小养分定律的理解。从图 1-1 可知,土壤好比一个盛水的木桶,构成木桶的每一块木板代表土壤中一种营养元素,从左至右分别为硅(Si)、硫(S)、镁(Mg)、钾(K)、磷(P)、钙(Ca)、硼(B)、锌(Zn)、铁(Fe),如果土壤中缺氮时,氮素就是最小养分,代表氮素的木板比其他木板低一层。木桶的盛水量好比农作物产量一样,它决定氮素

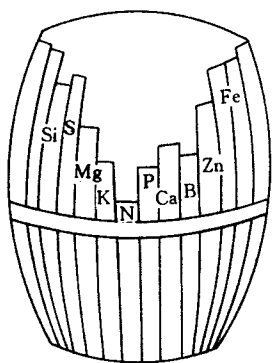


图 1-1 最小养分桶

木板位置的高低,因为木桶的盛水量只有当超过氮素木板高度后,才会自然地流出桶外。所以,若提高木桶的盛水量,必须提高氮素木板的高度,其他养分也是如此。

我国蔬菜生产有着数千年的历史。在生产中,菜农特别重视施用传统的有机肥料。有机肥料养分含量较全且均衡,而且是土壤有机质的重要来源。但是,由于我国地域辽阔,各地土壤的成土母质、耕作制度、施肥制度差异较大,加上不同的有机肥料来源和沤制方法,有机肥料的养分含量也会差异很大。因此,各种类型菜田土壤的养分含量不仅差异大,各种养分之间的比例也不平衡。由于土壤中的氮来源于成土母质之外,而且蔬菜从土壤中吸收的氮素较多,只靠有机肥料中氮素远不能补偿蔬菜对土壤氮素的消耗,因此,50年代我国菜田土壤普遍缺氮,氮素就是最小养分,菜田施用氮肥增产效果明显(表 1-1),而磷、钾肥料则反应较差。到了60年代随着我国化肥工业的发展,菜田氮素化肥施用量急剧增加,氮得到初步满足,加之有机肥用量逐年减少,土壤中养分比例发生了变化,磷成了最小养分,60年代在我国菜田

中，施用磷肥增产效果显著。70年代以来，由于氮、磷营养的初步满足，钾又成为最小养分，这在长江以南地区表现特别明显，在北方成土母质中长石含量比较高的地区也出现钾素不足的问题，所以，在氮、磷肥料的基础上再增施钾肥就可以获得高产。现在不少地区又出现了土壤中微量元素的缺乏问题，微量元素又成为土壤中的最小养分。

表 1-1 氮磷钾化肥的增产效果 (1958—1962 年)

作物	每公斤养分的增产效果 (公斤)		
	氮 (N)	磷 (P_2O_5)	钾 (K_2O)
水稻	15—20	8—12	2—4
小麦	10—15	5—10	多数不增产
玉米	20—30	5—10	2—4
棉花 (籽棉)	8—10	—	—
油菜 (菜籽)	5—6	5—8	—
薯类 (薯块)	40—60	—	—
花生 (荚果)	7	—	—
烤烟	大于 10	—	—
大白菜	48—190	—	—

注：氮、磷、钾施用量以营养成分计算，一般每公顷 (15 亩) 45—60 公斤。

由此分析可见，土壤中的最小养分不是固定不变的，它将根据土壤类型、种植制度、施肥制度和蔬菜种类、产量而发生变化。如露地蔬菜生产的施肥量少，且以氮、磷化肥为主，有机肥的用量少。保护地蔬菜生产中施肥量大，有机肥用量高，氮、磷化肥用量也高，造成保护地菜田土壤氮素过剩、磷素富集，钾素相对不足。所以，在最小养分定律的指导下，蔬菜施肥应把握住关键，通过土壤采样、分析测定，确定土壤中的最小养分，制定最佳的施肥方案就可以实现以最小的施肥量换取最高的经济产量。

需要指出的是，最小养分定律原来只用在土壤养分上，但自然界中影响农作物正常生长的因素不仅限于养分，土壤物理性状、气候等因素都影响农作物正常生长。1905 年布莱克曼 (Black-

man)把最小养分定律扩大到其他生态因子,并正式提出“限制因子定律”或叫“最低因子定律”。最低因子定律的涵义是:增加一个因子的供应,可以增加农作物的生长,直到这个最低因子得到补足时,蔬菜的生长发育才能正常进行,产量才能继续提高。最低因子定律实质上是最小养分律的扩展与引伸。

2. 最大养分定律 与“最小养分定律”相对应的是“最大养分定律”。所谓“最大养分定律”就是养分过多而限制了蔬菜产量的提高,甚至减少。例如:土壤缺氮,如果不断增施氮肥,产量不断增加;但产量增加到某种程度,再施氮肥,产量非但不能增加,反而下降。又如土壤中镁的含量不一定是不足的,然而由于多施钾肥而出现缺镁的现象,这就是最大养分钾通过影响镁的供应而对产量产生的抑制。在有拮抗作用的养分间,如钾和镁,铵和钾常出现这种最大养分限制,铵还会产生铵中毒。另外,蔬菜保护地生产中的盐害也是由于过度施肥而使土壤溶液中的离子浓度提高而对蔬菜养分吸收和产量提高的限制。所以,施肥可以提高产量,但盲目大量施肥往往事与愿违。

3. 报酬递减学说 当缺氮成为蔬菜产量提高的限制因子时,施用氮肥蔬菜产量增加;但是施用氮肥后,蔬菜产量并不呈直线增加,而是呈曲线增加,就是施用单位肥料增加的蔬菜产量,随施肥量的增加而减少,这就是报酬递减规律。这个学说将施肥后增加的产量作为施肥的“报酬”,这一“报酬”是随施肥量的增加而减少的。

在全国范围内的蔬菜施肥中,不同程度地存在着多施肥多增加产量的观点。所以,蔬菜生产,尤其是保护地蔬菜生产中往往大量施用肥料,增加的产量很少,有时增产不增收,这是由于施肥增加的产量少,施肥量大,成本增高,经济效益不明显。所以,蔬菜生产中不能不考虑生产成本而片面强调增加施肥,要从经济合理的角度出发追求经济最佳的施肥量,这样才能使肥料效应的报酬递减变成经济效益的递增。

以上介绍了蔬菜合理施肥以提高产量的原则。这里需要指出的是，施肥只是单一的技术措施，而蔬菜高产则要靠温度、光照、水分和二氧化碳共同作用。所以，只有把单一的施肥技术与综合的农业技术措施相结合，才能发挥肥料的增产效果，如果温度、光照、水分和二氧化碳条件不好，即使蔬菜养分供应充足，也不能期望获得高产。

(二) 蔬菜施肥与土壤肥力

蔬菜施肥从眼前利益看是为了提高当季蔬菜作物的产量，然而施肥不仅影响当季蔬菜产量，还有后效，施肥还通过影响菜田土壤肥力的变化进而影响以后蔬菜的产量。所以，施肥的长远利益必须有利于菜田土壤肥力的保持与提高。这是蔬菜施肥中必须遵循的第二条原则。

简单地讲土壤肥力是指土壤能协调地供给其上生长的作物以水、肥、气、热的能力。水是指土壤含水量、供水能力和保水能力；肥是指土壤中的养分含量、比例、土壤的供肥能力和保肥能力；气是指土壤的通气条件；热是指土壤升温 and 降温的特性。所以施肥不单纯要提高土壤中养分含量，增强土壤的养分供应能力，满足作物对养分的需要，还要改善土壤结构，以利于提高保水、保肥、协调水气矛盾和调节温度的能力。当然不合理的施肥制度还会导致土壤肥力退化，要保持和提高菜田土壤肥力必须靠合理施肥。

1. 地力恢复学说 蔬菜等农作物在生长发育和产量形成的过程中，不单纯从土壤中吸收养分，由于根系在土壤中的活动，由于灌水、耕作等农事操作，由于降水、风、高温等自然力的作用，使土壤的理化特性变坏，土壤保肥、保水及供肥、供水能力下降，土壤易板结，缓冲能力下降，西欧一些学者认为土壤会越种越瘦。因此，提出地力恢复学说。

地力恢复学说认为：由于作物的生长，人类的耕作和降水、风等自然力的作用，使土壤养分含量、保水、保肥和供水、供肥能力及协调水、气矛盾的能力下降，必须采取合理的土壤管理措施才能使土壤肥力得以恢复。

恢复地力的措施有多种。

(1) 可以靠休闲轮作 如在西欧中世纪曾实行“二圃制”(即两年休闲一次)，“三圃制”(即三年休闲一次)，采用休闲和轮作的方法恢复地力。因为菜田等农田土壤在微生物的作用下，土壤养分的分解与合成是处在一个动态平衡过程中。耕种过程中，土壤养分分解(即矿化)过程占优势，以补充被作物吸收利用的养分；而休闲过程中则在使土壤速效养分得到补足的同时，腐殖质化(即合成)过程也在进行，使土壤的结构得到改良，地力得以恢复。

(2) 种绿肥也是恢复地力的有效措施 绿肥是有机物循环的一种特殊形式。施用绿肥的方法第一种是收集各种青草、嫩树枝、树叶运到田中作覆盖物；第二种是在作物种植前或收获后直接在田中种植某些作物；第三种是在蔬菜作物行间种植绿肥，好像作物活的覆盖层；第四种是营造绿肥林或灌木绿肥带，或者在作物收获后条状种植绿肥作物。种植绿肥后的利用形式也有多种，有的覆盖，有的翻入土中，有的混合堆沤。需要注意的是，不是所有的植物都可以作绿肥，要考虑作物和绿肥之间的竞争问题。旱地一般用豆科作物如苜蓿作绿肥，水田一般用红萍作绿肥。不能把绿肥简单地理解为是“绿色的有机物”，更重要的是绿肥植物含有丰富的氮，而且绿肥植物生长要迅速，易被分解。但是，由于蔬菜集约耕作制度的发展，导致绿肥面积逐渐减少。

(3) 施用各种有机粪肥，以恢复地力 我国人多地少，人均占有的可耕地面积尤其是菜田面积很少，1987年我国40大城市人均占有菜田播种面积仅为0.16亩(0.01公顷)，靠休闲轮作恢复地力可以说难以做到，而施用有机肥是有效的措施。我国祖先

在漫长的农业生产实践中，正是通过多种途径精心地积制肥料和施肥来培养土壤肥力，保持“地力常新”，永续利用，从而保证蔬菜高产稳产的。目前世界能源危机，以及无机农业或石油农业给蔬菜生产带来土壤退化、产品污染等种种弊端，有机肥的作用愈来愈受到重视，但是我国有机肥的施用多是凭经验，如何将有机肥的施用进一步科学化，既不浪费肥料，还能培肥地力是非常重要的。

2. 养分归还学说 蔬菜生长必须不断地从土壤中吸收氮、磷、钾等无机营养，长此以往会使土壤中的养分变得越来越少，为了保持土壤的肥沃度，应当向土壤中施入被农作物带走的各种养分，以保持土壤养分的平衡。因此，德国农业化学家李比希(J. V. Liebig)根据他多年分析土壤养分的结果正式提出了“养分归还学说”。他认为：植物仅从土壤中摄取其生活所必需的矿物质。每次收获都从土壤中带走某些物质而使之贫乏，任何植物也不能为其他植物增加养料元素，而只能使土壤衰竭。由于各种作物从土壤中吸收的养分不同，因而土壤贫化的方向也不一致。因此，轮作能减缓土壤贫竭和更协调地利用土壤中现存的养料，如果我们不能正确地归还植物从土壤中所摄取的东西，土壤迟早会衰竭的。

李比希养分归还学说的实质就是养分的补偿，以保持“土壤—作物”体系的养分平衡。蔬菜从土壤中吸收的养分需要通过施肥来补偿，但是，往土壤里归还什么，还回多少，在我国蔬菜生产中仍凭经验。白纲义(1985)对北京郊区菜田养分收支状况的调查表明，1980年海淀区四季青公社每公顷(15亩)年产90 000公斤蔬菜，约自土壤中携出氮278.25公斤，五氧化二磷141公斤，氧化钾346.5公斤，而当年施入肥料的养分含量分别为氮946.5公斤，五氧化二磷303.75公斤，氧化钾298.35公斤，可见氮和磷的施入量是携出量的3.4倍和2.15倍，而钾的施入量少于携出量。长此以往，就会造成菜田土壤氮素过剩，磷素富集而钾素不足。这不仅增加生产成本，同时也不利于土壤培肥和蔬菜产量的