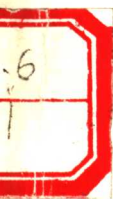
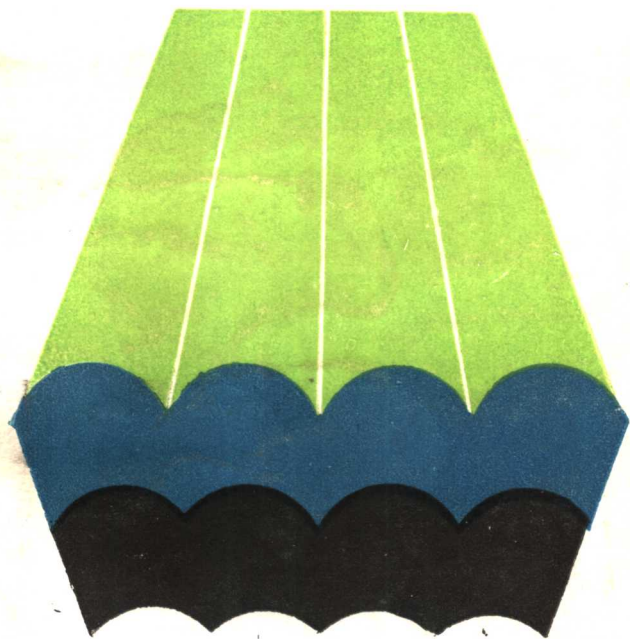


蔬菜施肥的 科学与实用技术

李冠平 编著



农业出版社

蔬 菜 施 肥 的 科 学
与
实 用 技 术

李冠平 编著

农 业 出 版 社

(京)新登字060号

蔬菜施肥的科学与实用技术

李冠平 编著

* * *

责任编辑 傅 壮

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 6印张 128千字

1993年5月第1版 1993年5月北京第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 3.50元

ISBN 7-109-02805-4/S·1789

目 录

蔬菜栽培与土壤

- 一、适于种植蔬菜的土壤 (1)
- 二、土壤中矿质营养元素的存在状况 (8)
- 三、当前我国菜园土壤存在的主要问题 (17)
- 四、菜园土壤的改良 (22)

蔬菜栽培与施肥

- 一、蔬菜的吸肥特点 (28)
- 二、蔬菜对肥料种类的要求 (30)
- 三、肥料利用率和作物吸肥量 (31)
- 四、肥料施用量的估算 (33)
- 五、蔬菜的施肥方法 (38)
- 六、有机肥与化肥的配合施用 (45)

蔬菜作物的营养诊断及营养缺乏症状

- 一、蔬菜作物营养诊断的意义及现况 (47)
- 二、营养诊断方法 (49)
- 三、蔬菜营养诊断 (51)

(一) 蔬菜植株的营养诊断	(51)
(二) 菜地土壤的营养诊断	(61)
(三) 样品的化学分析	(64)
四、蔬菜矿质营养缺乏症状	(64)

茄果类蔬菜施肥

一、番茄施肥	(73)
(一) 主要营养元素对番茄的生理作用	(73)
(二) 番茄生育过程及对氮、磷、钾的要求	(74)
(三) 番茄对三要素的吸收	(78)
(四) 番茄施肥技术	(79)
二、茄子施肥	(84)
(一) 主要营养元素对茄子的生理作用	(84)
(二) 茄子生育过程及对氮、磷、钾的要求	(85)
(三) 茄子施肥技术	(87)
三、辣椒施肥	(89)
(一) 主要营养元素对辣椒的生理作用	(90)
(二) 辣椒生育过程及对氮、磷、钾的要求	(90)
(三) 辣椒施肥技术	(92)

瓜类蔬菜施肥

一、黄瓜施肥	(96)
(一) 主要营养元素对黄瓜的生理作用	(96)
(二) 黄瓜生育过程及对氮、磷、钾的要求	(97)
(三) 黄瓜施肥技术	(100)

二、冬瓜施肥	03)
(一) 冬瓜的生育过程	(103)
(二) 冬瓜吸肥特性与施肥技术	(104)
三、西瓜施肥	(106)
(一) 主要营养元素对西瓜的生理作用	(107)
(二) 西瓜生育过程及对氮、磷、钾的要求	(107)
(三) 西瓜施肥技术	(108)
四、甜瓜施肥	(111)
(一) 主要营养元素对甜瓜的生理作用	(111)
(二) 甜瓜生育过程及对氮、磷、钾的要求	(112)
(三) 甜瓜施肥技术	(114)

菜 豆 施 肥

一、主要营养元素对菜豆的生理作用	(116)
二、菜豆生育过程及施肥技术	(117)

薯芋类蔬菜施肥

一、马铃薯施肥	(122)
(一) 主要营养元素对马铃薯的生理作用	(122)
(二) 马铃薯生育过程及对氮、磷、钾的要求	(123)
(三) 马铃薯施肥技术	(125)
二、姜的施肥	(127)
(一) 姜的生长过程及对氮、磷、钾的要求	(127)
(二) 姜的施肥技术	(129)
三、魔芋施肥	(130)

- (一) 主要营养元素对魔芋的生理作用 (130)
- (二) 魔芋的植物学特征 (131)
- (三) 魔芋生长过程及施肥技术 (132)

根菜类蔬菜施肥

- 一、萝卜施肥 (134)
 - (一) 主要营养元素对萝卜的生理作用 (134)
 - (二) 萝卜生育过程及对氮、磷、钾的要求 (135)
 - (三) 萝卜施肥技术 (137)
- 二、胡萝卜施肥 (139)
 - (一) 主要营养元素对胡萝卜的生理作用 (139)
 - (二) 胡萝卜生育过程及对氮、磷、钾的要求 (140)
 - (三) 胡萝卜施肥技术 (141)

叶菜类蔬菜施肥

- 一、大白菜施肥 (143)
 - (一) 主要营养元素对大白菜的生理作用 (143)
 - (二) 大白菜生育过程及对氮、磷、钾的要求 (144)
 - (三) 大白菜施肥技术 (146)
- 二、甘蓝施肥 (149)
 - (一) 主要营养元素对甘蓝的生理作用 (150)
 - (二) 甘蓝生育过程及对氮、磷、钾的要求 (151)
 - (三) 甘蓝施肥技术 (152)
- 三、芹菜施肥 (154)
 - (一) 主要营养元素对芹菜的生理作用 (155)

(二) 芹菜生育过程及施肥技术	(156)
-----------------	-------

葱蒜类蔬菜施肥

一、洋葱施肥	(159)
(一) 主要营养元素对洋葱的生理作用	(159)
(二) 洋葱生育过程及施肥技术	(160)
二、大葱施肥	(163)
(一) 主要营养元素对大葱的生理作用	(164)
(二) 大葱生育过程及施肥技术	(164)

多年生蔬菜施肥

一、石刁柏施肥	(168)
(一) 石刁柏的植物学特征	(168)
(二) 石刁柏生育过程及施肥技术	(170)
二、黄花菜施肥	(173)
(一) 主要营养元素对黄花菜的生理作用	(173)
(二) 黄花菜生育过程及施肥技术	(174)
三、百合施肥	(177)
(一) 百合的生育过程	(177)
(二) 百合施肥技术	(178)

附录：各种肥料三要素含量表	(180)
---------------	-------

蔬菜栽培与土壤

土壤是地球表层岩石风化后能够生长植物的疏松层，是供给植物矿质营养的基地。土壤中含有各种成分和数量不同的固体、液体和气体，其性状对植物的生长发育起着决定性的作用。

蔬菜的食用器官一般柔嫩多汁，比大田作物生长快，时间短。小型根菜、叶菜类蔬菜播种后20—30天即可采收，果菜类蔬菜和大型叶菜生长期最多也不超过100多天；蔬菜的栽培制度复杂多样，除轮作外，还有间作、套作、混作等，在同一块土地上，一年内可陆续多次栽培。我国南方一年内可在同一块土地上连续种植和收获5—7次以上，就是在北方，一年内也可种植和收获两次以上。单位面积产量高，比其他作物产量高出数倍或数十倍。土壤营养的消耗量也相应地大大超过其他作物。根据以上特点，必须选择适宜的土壤栽培蔬菜。

一、适于种植蔬菜的土壤

(一) 土壤的孔隙度

土壤结构对土壤肥力的影响，主要是通过它的孔隙状况体现出来。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及其在肥力上的作用和性能，可分为毛管孔隙（小孔隙）与非毛管孔隙（大孔隙）两种。

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，其作用是通气透水。蔬菜根系需氧量大，在较短时期内生长迅速；蔬菜含水量高，食用部分含有90%以上的水分，所以经常需要大量氧气和水分。在土壤含氧量10%以下时，根系呼吸作用受阻，生长不良。尤其是甘蓝、芜菁、黄瓜等蔬菜要求土壤的容气量最大。比如甘蓝田中的土壤容气量在24%以下、黄瓜在20%以下时，它们的根系生长不良，产量下降。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，土壤中应当仍然保持有15%以上的通气量，土深80cm处也应保持10%以上的通气量，这样才能满足蔬菜对氧气和水分的要求。结构差的粘土总孔隙度虽高，但多为小孔隙，具有较强的保水保肥能力，而通透性很差，不能解决根系对水分与空气要求的矛盾。因此，不能单纯从土壤的总孔隙度来确定土壤的透水性和持水性，还必须同时考虑大、小孔隙的配合比例。适于蔬菜生长的土壤三相分布大致是固相（土）40%，液相（水）32%，气相（空气）28%，总孔隙度是60%。如果土壤通气良好，则根系深、颜色浅、根毛多。反之，则根短、颜色暗、根毛少。根菜类蔬菜、瓜类蔬菜中的甜瓜、西瓜和豆类蔬菜，以沙壤土为宜。茄子、辣椒、黄瓜、洋葱、恭菜以及叶菜类蔬菜等，则适于在粘壤土种植。各地蔬菜因栽培季节、根系吸收能力、生长速度和环境条件总体中其他条件的不同，对土壤性质的要求与反应也各有差别。例如根茎类蔬菜、果菜、大型叶菜等在暖地或温暖季节栽培时，适于比较粘的壤土；而在寒冷地带和冷凉季节栽培时，适于比较疏松的沙壤土。沙壤土在春季土温上升快，透水性好，栽培的蔬菜一般表现早熟，且品质好。如根、茎、叶菜类蔬菜的食用部分肥大鲜

嫩，果菜蔬菜的果实外形光泽，品味浓厚，特别是甜瓜、西瓜的水分和糖含量高。我国西瓜和甜瓜的名产地区，都是选用这一类土壤种植。粘壤土春季土温增高较慢，持水性好，栽培的蔬菜一般较晚熟，食用部分坚实而耐贮藏，适于远运外销及加工。

（二）土壤的保肥和供肥性能

土壤中的粘土矿物和腐殖质都是胶体物质，具有吸收、保持各种矿质营养元素的能力，称为土壤的保肥性能。它对土壤的各种物理、化学变化有很大影响，因而是影响土壤肥力的重要因素。土壤胶体一般多带负电荷（也有带正电荷的），其表面能吸收一定量的阳离子，这些阳离子与土壤溶液中的阳离子可以互相交换而被代换出来，称为阳离子代换作用（或叫盐基代换作用）。其代换能力的大小，一般说来是高价离子代换力大于低价离子。价数相同的离子，其代换能力的大小与离子水化半径有关。水化半径愈大，代换能力愈小。因为水化程度大的阳离子有较厚的水膜存在，接近胶体粒子表面难，从胶体粒子表面分离则容易。但离子的水化半径是随离子半径的增大而减小的。

土壤胶体能代换吸收阳离子（除 H^+ ）的最大量称盐基代换量。以每千克干土能吸收代换的阳离子（一价的）的厘摩尔量来表示（ $cmol\ kg^{-1}\ 土$ ）。各种土壤的阳离子代换量是不同的，一般沙土代换量为 $1-5\ cmol\ kg^{-1}\ 土$ 、沙壤土为 $7-8$ 、壤土 $15-18$ 、粘土可达 $25-30$ 或更高。

被土壤胶体吸收保存的离子态养料通过离子代换作用，转移到土壤溶液中去后被作物吸收利用的能力，称土壤的供肥性能。适于蔬菜种植的土地既要具有良好的保肥性能，同时也要求具有良好的供肥性能。自然界土壤的保肥和供肥性

能常常存在矛盾，保肥性能强的土壤，往往表现供肥迟缓，影响作物对养料的吸收和利用，因而延缓了生长发育。保肥性能弱的土壤，一经施肥又往往表现土壤供肥过猛的现象，作物一时来不及吸收而造成养料的流失。因此，必须根据不同土壤特性，采取不同改进措施。如缺乏有机质的土壤，采用增施有机肥方法；沙性太重的土壤，采用客土（掺粘土）方法；酸性强的土壤施石灰等。此外，采用夏季烤土、冬季冻土、中耕等农业技术，也可提高菜地的保肥供肥性能。

（三）土壤酸碱度

土壤酸碱度（pH）取决于土壤溶液组成中酸类和碱类物质的含量，即土壤溶液中 H^+ 和 OH^- 离子的数量。它直接决定土壤中养分的有效性，因而是影响根系吸收养分的一个重要环境因素。例如磷酸在酸性（ $pH < 5$ ）土壤中容易与铁、铝离子结合，使磷素固定；在钙质碱性（ $pH > 7.5$ ）土壤中，水溶性磷又易与钙结合成为难溶解的磷酸盐，降低其有效性。如果土壤酸性过高，钾、钙等元素易被过多的氢离子代换出来而流失。我国南方的红壤多呈酸性，降雨量多时，常因淋溶而缺乏磷、钾、钙、镁等元素，同时铜、锌、锰、硼等微量元素的溶解度却增大，蔬菜又易受其毒害。碱性土壤往往会降低铁、锌等微量元素的有效性，使作物吸收困难，引起相应的缺素症。可见土壤pH对各种营养元素的溶解度有很大影响。只有在土壤溶液呈中性或近于中性的条件下，植物才有可能得到全面的营养。

在长期生产实践过程中，人们逐步认识到各种蔬菜适应土壤pH的能力不同。例如于酸性土壤种植豆科蔬菜，则根瘤菌生长不良，植株生育也受到影响；十字花科蔬菜在酸性土壤上容易发生根肿病；番茄、茄子在酸性土壤上容易感染青

枯病，在碱性土壤上马铃薯容易发生疮痂病和甘薯黑斑病。因此，选择适宜于不同蔬菜种类要求的土壤pH（表1）来种植蔬菜，是获得较好产量的重要保证。

表 1 各种蔬菜对土壤pH适应范围

6.8~6.0			6.8~5.5			6.8~5.0		
白		菜	萝	卜		南	瓜	
花	椰	菜	胡	萝		西	瓜	
芹		菜	甘	卜		莖	蓝	
莠		苣	芥	蓝		菜	豆	
藜		菜	黄	菜		番	茄	
洋		薹	辣	瓜		茄	子	
甜		瓜	大	椒		豌	豆	
毛		豆		蒜		甜	米	
甜		菜						
石	刁	柏						

（四）土壤温度的稳定性

土温对蔬菜种子的萌发、出苗，根系的生长和养料吸收影响极大，同时土温与土壤微生物的生长繁殖、土壤溶液中离子的活性关系也十分密切。土壤结构不同，其比热和热传导率也有差别。含水量低的土壤比热小，升温快，夜间降温也快；含水量高的土壤比热大，升温慢，降温也慢。热传导率与土壤空隙度和含水量有关，空气的热传导率低（0.005%），非毛管孔隙多的土壤传热率低，升温也缓慢。一般粘质土壤和有机质丰富、孔隙度适中、热容量大的土壤稳温性能好，升降温度都较平缓。因而土壤胶体经常处于较稳定的土壤热状况，使养分吸收和释放始终保持适当的比例，这样既能满足

蔬菜正常生长所需要的养分，又不至使土壤溶液中养分过多而淋溶流失。

(五) 菜园土壤养分分级指标

近40年来，我国曾进行过几次规模巨大的全国性土壤普查，制定了适于各地区一些作物的土壤营养元素含量判断指标，但对蔬菜地的营养元素含量指标研究得不多。1973年北京首先初步提出了京郊菜地养分分级指标（表2）。以后西安、重庆等市也相继开展了此项工作。

表2 北京市郊区土壤养分分级指标(1973)

分级标准	全氮(%)	水解氮(ppm)	速效磷(ppm)		速效钾(ppm)
			酸溶性浸提液	碱溶性浸提液	
一级	>0.2	>70	>100	>50	>300
二级	0.2~0.10	70~40	100~70	50~20	300~200
三级	0.10~0.05	40~20	70~30	20~10	200~100
四级	0.05~0.02	20~5	30~5	10~2	100~50
五级	<0.02	<5	<5	<2	<50

表2中一级是指肥力高的地（如高产菜园土），这种地要注意施肥的比例和技术，防止施肥过量引起植株倒伏，应掌握施肥量比一般地减少1/3；二级是指肥力较高的地，用肥量要比一般地减少1/5；三级地肥力中等，作高产田时，要按一般地同量施肥；四级地肥力水平低，施肥量比一般地增高1/5；五级地贫瘠（如薄沙地），获得一般产量，也需大量施肥。要求高产时，施肥量要比一般地用肥量增加1/3，特别是要多施优质基肥。

郑泽群等（1984）对西安市郊78个老菜园土样进行了分

析，并按全国土壤养分含量分级标准加以衡量。认为西安老菜园土有机质含量多数属3—4级，对蔬菜生产而言偏低。全氮含量以3级居多，蔬菜丰收的把握不大。水解氮含量也是3级居多，说明施用氮素化肥很有必要。速效磷虽多属1—2级，但在目前高氮施肥水平下，施磷的作用也不应忽视。

1984年北京市海淀区又提出菜园土壤营养元素诊断指标是：耕层土壤有机质含量2.5%、全氮量 $>0.10\%$ 、全磷量(P_2O_5) $>0.20\%$ 、速效磷(P_2O_5) $>30\text{ppm}$ 、速效钾(K_2O) $>100\text{ppm}$ 。如达不到以上标准，不能定为菜园土壤。

解淑贞(1985)报道，菜地土壤腐殖质含量应在3%以上，并经常保持水解氮70ppm以上，代换性钾100—150ppm，速效磷60—80ppm，氧化镁150—240ppm，氧化钙0.1—0.14%，而且还要有一定量可给态硼、锰、锌、铜、铁、钼等微量元素。土壤含盐量不得高于0.4%。

刘宜生等(1986)提出了大白菜土壤肥力的评级标准(表3)。

表3 大白菜土壤肥力评级标准

土壤肥力类型	有机质 (%)	全 量 (%)		速效成分 (ppm)	
		N	P_2O_5	P_2O_5	K_2O
高肥 (老菜地)	>3	>0.12	0.3~0.5	100~250	150~250
中肥 (一般菜地)	2.5	0.1~0.12	0.2~0.3	60~100	100~150
低肥 (新菜地)	1.5~2	0.08~0.1	0.1~0.2	30~60	80~100
极低肥 (新改低产地)	1	<0.08	<0.1	<30	<80

二、土壤中矿质营养元素的存在状况

在土壤的化学组成中，硅、氧、铝、铁四种元素所占比例最大。通常氧化硅、氧化铝和氧化铁的总和在75%以上，称为土壤的骨干成分。这四种元素在土壤中主要是以复杂的铝硅酸盐形态存在，多和腐殖质紧密结合在一起，成为土壤胶体的重要组成部分。作物营养所必需的氮、磷、钾、钙、镁、硫等元素在土壤中的数量不太多，特别是氮和磷常感不足，所以目前施肥多是氮肥和磷肥。钾在土壤中含量比较丰富，但存在于成土母质中，不易被作物利用。因此，氮、磷、钾在土壤内的数量和状态，对作物的生育影响最为显著。

(一) 氮素

土壤中氮素的来源，一是雷电时形成的硝酸随降雨进入土壤；二是土壤微生物的固氮作用，向土壤自然提供化合态氮；三是土壤内有机态氮化合物，如动、植物残体和向土壤施入的有机肥料；四是施入土壤的化学肥料等。

我国耕地土壤的氮素含量不高，全氮量一般为0.10—0.20%左右。无机态氮约占全氮的1—5%，主要是铵态氮($\text{NH}_4\text{-N}$)和硝态氮($\text{NO}_3\text{-N}$)，有时有少量亚硝酸存在。据对北京市郊区新老菜地土壤35个样品的分析(1979)，全氮含量为0.07—0.211%。一般老菜地和科研地含氮量高，新菜地偏低。

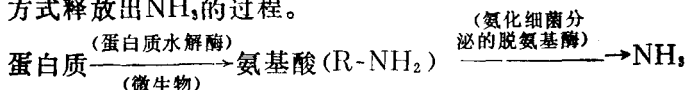
全氮含量(包括有机态氮和无机态氮)表示土壤中贮存氮素的数量，是反映土壤肥沃和贫瘠的重要标志。

无机态氮素分硝态氮和铵态氮，是作物能直接利用的氮素，在一定程度上能反映土壤近期的供氮水平。但由于无机

态氮的数量变化太大，而且含氮有机物中的易水解部分也能较快地分解和供应氮素，因此，单纯以无机态氮来反映供氮水平不够全面，而且不太稳定。现在多用水解氮（包括无机氮和易水解的有机氮）含量来反映土壤中氮素的供应状况。郑泽群等（1984）在研究土壤中几种氮素形态的关系时指出：菜园土有机质含量与全氮含量成明显正相关，全氮含量与水解氮含量成明显正相关。而有机质含量与水解氮含量相关系数太小，二者无线性关系。碱解氮是石灰性土壤中水解氮的一种反映方式，说明土壤在碱性条件下水解氮的含量，以此作为土壤供氮水平的参考指标。

土壤中的有机态氮化合物，植物不能直接利用，需经过水解、氧化、还原过程，以及微生物作用分解出氨，形成铵盐后才能吸收。氮在土壤中的转化步骤如下：

1. 氨化作用 即有机态氮化合物经水解、氧化、还原等方式释放出 NH_3 的过程。



所分解的氨在嫌气条件下不再继续分解，而是与土壤有机质分解时所形成的有机酸和无机酸化合形成相应的盐类。

$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。也可与相应的酸化合形成 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 NH_4Cl 等，或与水生成氨水 (NH_4OH) 。以上的 NH_3 、 NH_4 或铵盐均可被植物吸收。适合进行氨化作用的土壤pH在6.6—7.5之间。

2. 硝化作用 即 NH_3 在通气条件下由亚硝酸细菌和硝酸细菌进一步氧化为硝酸的过程。

