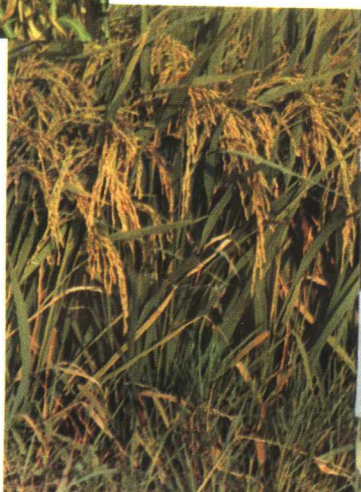


化肥实用手册

林继雄 李家康 编著



农业出版社

农业科学技术推广丛书

化 肥 实 用 手 册

林继雄 李家康 编著

农 业 出 版 社

(京)新登字060号

农业科学技术推广丛书
化 肥 实 用 手 册
林继雄 李家康 编著

* * *
责任编辑 毛志强

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 北京市双桥印刷厂印刷

787×1092mm32开本 6.375印张 136千字
1993年3月第1版 1993年3月北京第1次印刷
印数 1—7,400册 定价 3.35元

ISBN 7-109-02653-1/S·1708

出版说明

全国农村贯彻落实“科技兴农”的伟大战略决策，形成了农业生产蓬勃向上、迅速发展的新局面，给广大农民带来了新的希望，因而他们迫切需要用新的农业科学技术来武装自己。

为了更好地配合“科技兴农”，也为了满足广大农民的需要，将农业科学研究的新成果、新技术、新经验，及时送到农民手中，应用于农业生产，创造更高的经济效益，农业出版社组织全国农业战线上的专家和科技人员编写了一套《农业科学技术推广丛书》，内容涉及农作物、果树、蔬菜、植物保护、土壤肥料、畜牧兽医、水产养殖、农业气象、农业工程及农产品贮藏加工等各个方面。第一批共有30多种，有的介绍综合技术，有的介绍单项技术；技术先进，措施具体、实用，图文并茂，文字通俗。具有初、高中文化程度或具有一定农业生产经验的农民，都能看得懂、学得到、用得上。这套书主要是为广大农民和各类专业农户编写的，也可供农村基层农业技术推广人员阅读参考。

我们希望这套书的出版，能受到广大农村读者的欢迎，更希望他们能够真正从中得到有益的启示，走上一条致富的道路。衷心祝愿他们获得成功。

1992年元月

前 言

化肥在农业生产中占有重要位置，在其他生产因素不变的情况下，农作物产量的增加，化肥所起的作用占40—60%。由于我国农民施用化肥多停留在经验施肥的水平上，因此浪费和损失惊人，增加了农业的投入成本。

为了使农业科研成果尽快地转化为生产力。该书以近年来的试验结果和有关资料为依据，结合当前农业生产的实际进行编写。该书告诉读者常用化肥的合理施用，复混肥、微肥、叶面肥等新型肥料的性质和有效施用条件。另外，书中还介绍合理施肥的依据和原理，肥料田间试验的基本要求，并用例题进行化肥用量计算和试验结果的显著性测定。这些有利于读者对该书技术的掌握。

该书具有科学性、知识性、实用性的特点，条理清楚，技术方法简明，易学习掌握。但由于编者水平有限，缺点错误难免，敬请读者不吝指正。

编 者

1992年元月

目 录

出版说明

前言

一、合理施肥的依据和原理	1
(一) 化肥在农业生产中作用	1
(二) 作物对养分的需求	3
(三) 土壤条件对施肥的影响	10
(四) 合理施肥基本原理	16
(五) 有机肥与化肥配合施用	20
二、氮肥	23
(一) 氮素的功能与转化	23
(二) 氮肥的品种与性质	26
(三) 氮肥的合理施用	31
三、磷肥	46
(一) 磷素的功能与转化	46
(二) 磷肥的品种与性质	50
(三) 磷肥的合理施用	53
四、钾肥	63
(一) 钾素的功能与转化	63
(二) 钾肥的品种与性质	65
(三) 钾肥的合理施用	70
五、复混肥料	80
(一) 复混肥料的含义和养分量表示法	80

(二) 复混肥料生产工艺和分类	81
(三) 复混肥料专业标准	85
(四) 复混肥料的品种、性质和施用	85
(五) 混合肥料系列品种	91
(六) 复混肥料的肥效	93
(七) 复混肥料的合理施用	96
六、微量元素肥料	108
(一) 锌肥的功能和施用	108
(二) 硼肥的功能和施用	115
(三) 钼肥的功能和施用	121
(四) 锰肥的功能和施用	127
(五) 铁肥的功能和施用	133
(六) 铜肥的功能和施用	135
七、叶面肥料	138
(一) 叶面肥的营养机制和主要特点	138
(二) 叶面肥的种类和主要成分	141
(三) 叶面肥的有效施用和增产效果	143
(四) 叶面肥在几种作物上施用	148
八、其它矿质肥料	151
(一) 石灰肥料的施用	151
(二) 石膏的施用	155
(三) 硫肥的施用	157
(四) 镁肥的施用	160
(五) 硅肥的施用	164
九、化肥的混合、贮存和鉴定	167
(一) 化肥混合施用	167
(二) 化肥与农药混合施用	170
(三) 化肥的贮存	171
(四) 常用化肥的定性鉴别	172

十、肥料田间试验的基本要求	175
(一) 试验地的选择	175
(二) 试验方案设计	176
(三) 试验方法设计的基本要求	178
(四) 试验地的田间管理	180
(五) 试验观察记载与处理	181
(六) 试验结果的显著性测定	184
附录	191
(一) 常用氮肥的成分和主要性质	191
(二) 常用磷、钾肥的成分和主要性质	191
(三) 常用复肥、微肥的成分和主要性质	192
(四) 常用氮肥质量标准	192
(五) 常用磷肥质量标准	193
(六) 常用钾肥质量标准	193
(七) 我国 1981—1990 年农用化肥施用量	194
(八) 植物激素分类和生理作用(包括外源激素)	194
(九) 作物营养元素缺乏症检索简表	196

一、合理施肥的依据和原理

肥料是作物的粮食。在我国化肥用量不断增加的情况下，正确理解化肥在农业生产中作用和掌握合理施肥的基本原理，对促进农业的发展、提高肥效、培肥地力和防止污染起着很大的作用。

（一）化肥在农业生产中作用

我国化肥施用量不断增加，1981年为1335万吨（养分计、下同）， $N:P_2O_5:K_2O$ 为1:0.34:0.05；1990年增加到2600万吨左右， $N:P_2O_5:K_2O$ 为1:0.37:0.11。化肥施用量近10年期间约增加1倍，在农业生产中发挥了重大作用。

1. 提供大量优质农产品 据国外有关资料估计，农作物产量的增加，化肥所起的作用占40—60%。我国各地在1981—1990年期间对50多个五年以上定位试验统计结果：在施肥比较合理的情况下，连续施用NP或NPK化肥与对照比较，平均每公斤N增产粮食11—12公斤， P_2O_5 为7.5—8.8公斤， K_2O 为3—4公斤，NPK混合养分为8.5—9.5公斤。1990年我国化肥施用量约2600万吨，如果80%的化肥用在粮食作物上，按混合养分计算，可增产粮食17680—19760万吨，占1990年43500万吨粮食总产量的41—46%。

从能量观点来看：1克氮约增产生物产量24克，每克干物质的生物能为4.2千卡，即1克氮能转换能量100.8千卡。但合成1克氮的耗能仅24千卡，增加了三倍多。

我国农业生产对化肥的依赖性较大，原因是：①高产要求高投入。我国仅占世界耕地的7%，要养活占世界22%的人口，必须不断提高单位面积的农作物产量，就需要有更多的化肥投入。②用肥的范围扩大。我国有10亿多亩的牧草场和面积不断扩大的速生丰产林，以及迅速发展的养殖业。这些部门过去基本上不用或少用化肥，现在对化肥需求量十分旺盛，特别是尿素。③耕地潜在肥力低。长期以来，我国大部分耕地的养分主要靠有机肥负循环，来维持作物对养分的需求，往往是产出多，投入少，耕地肥力下降。④耕地中有机物循环和再利用率不高。所以，增加化肥的投入，我国才能提供更多优质农副产品，不断满足社会需求。

2. 增加有机肥返田 有机肥和化肥是可以互相转化的，不应该把两者的作用对立起来。施用化肥，特别是单施氮肥，确有加速有机质分解的作用。另外，施用化肥提高了产量，也增加了秸秆。1990年与1981年比较，化肥用量约增加1倍，多增产粮食9100万吨左右，谷粒与秸秆的重量比约1:1.2，即多出1亿多吨的秸秆，增加了秸秆返田的数量。

粮食和秸秆的增多，使饲料、燃料、肥料的紧张状况得到缓和，也有利于畜牧业的发展，不仅满足了社会对副食品需求，也增加了有机肥的肥源。

3. 改善土壤养分状况 据不同地区30个连续施肥5—10年的定位试验，在不施或少施有机肥的情况下，其结果：①每季亩施 P_2O_5 3—5公斤，土壤有效磷含量比试验前增加40—90%；而不施磷肥，则下降23—54%。②每季亩施 K_2O 5—10公斤，土壤有效钾比试验前平均增加20%左右。③增施NP或NPK化肥，土壤有机质含量升降幅度很小，影响不大。

黄淮海地区是我国土壤缺磷面积最大和最严重的。80年代初期,属于严重缺磷的土壤占耕地总面积50%以上,经过多年连续施磷,土壤中累积较多的磷素,现在已很难找到一片严重缺磷的土壤。以上表明,增施NP或NPK化肥不会造成土壤有机质下降,还可改善土壤养分状况,对土壤磷钾含量的提高尤其明显。

4. 用好化肥对土壤无害 随着化肥用量不断增加,有人担心施用化肥会破坏土壤结构。这是可以避免的。目前我国用量最多的碳酸氢铵、尿素和硝酸铵约占氮肥总量的96%,施用后在土壤中转化分解为能被作物吸收利用的氨、硝酸根、二氧化碳和水,不残留任何有害的物质。磷肥的品种主要是过磷酸钙和钙镁磷肥,可以增加土壤中磷的积累,肥料中硫、钙、镁等多种元素也是作物必需的营养元素,不会破坏土壤结构。

另外,我们也应该看到由于不合理用肥确实会给土壤造成不良影响。例如,在同一地块上长期单施氮肥,尤其硫酸铵,往往造成土壤板结,肥力下降;在酸性土壤上连续施用生理酸性肥料,会使土壤酸性加重,影响作物正常生长;施用较多的含氯化肥不仅会影响忌氯作物的产品质量,如果大量施在盐碱地上还会加深土壤的盐碱化;过量施用氮肥会造成环境污染等。这些问题通过合理用肥可以完全避免的,在后面有关的内容上会讲到,这里不再重复。

综上所述,化肥在我国农业生产中起很大作用,不仅给社会提供大量优质农副产品,而且有利于更多的有机肥返田,提高土壤肥力。同时,化肥施用合理也不会造成土壤结构的破坏。

(二) 作物对养分的需求

作物生长发育过程中，除了需要阳光、空气、水分和温度外，还需要多种营养元素。哪些营养元素是作物必需的，需要多少，何时需要以及如何被吸收。这些都是用好化肥的重要依据。

1. 作物必需的营养元素 一般作物鲜体含有75%以上水分，余下的干物质主要由碳、氢、氧、氮和灰分组成，平均占作物体干重分别为45%、42%、6.5%、1.5%、5.0%。在5.0%的灰分中含有几十种元素，其中多数元素并非每种作物生长都必需的。

(1) 作物必需营养元素有16种 碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、氯、铁、锰、锌、硼、铜、钼等16种元素是作物必需的营养元素。前9种占作物体干物重千分之几以上的营养元素叫大量元素，后7种占作物体干物重万分之几以下的叫微量元素。而氮、磷、钾三个元素作物需要量较多，但土壤中供应较少，往往需要以肥料形式加以补充，又通称为肥料三要素。

(2) 作物必需营养元素的条件 作物必需营养元素一般应符合三个条件：①所有作物都是不可缺少的；②其他元素不可代替的；③对作物起直接营养作用。有人研究发现硅(Si)、钠(Na)、钴(Co)、硒(Se)、钒(V)、镍(Ni)等元素，对某些作物的生长也有良好的作用，甚至是不可缺少的，但还不能证实每种作物都是必需的，因此不列为作物必需的营养元素。氯元素在80年代才被确定为作物必需的营养元素，随着科学研究的进一步深入，今后也可能发现新的作物必需营养元素。

(3) 作物必需营养元素是同等重要的 16种必需营养元素在作物体内有各自的生理功能。因此，它们是同等重要

的，也是不可相互代替的。例如锌元素一般占作物干物重的十万分之二，但是如果缺少了它，作物就表现为植株矮小、节间缩短、小叶丛生、叶色褪绿。其他营养元素施用再多也不能弥补损失。有些元素化学性质相近，如钠和钾，在生理功能上也表现出有相互代替的趋势，但这只是暂时的，部分的，最多也只能起到延缓危害的作用。

(4) 作物必需营养元素的含量 作物不同器官组织中各种营养元素含量都不同，就是同一部位，也受作物品种、发育阶段、栽培条件的影响。表 1 可以看作一般作物嫩芽和叶片中必需营养元素含量的趋势。

表 1 嫩芽和叶片中必需营养元素的一般含量

营养元素		原子量*	可利用的形态	占作物干重(%)
大量 营 养 元 素	碳 C	12.01	CO ₂	42.1
	氧 O	15.99	H ₂ O、O ₂	5.5
	氢 H	1.00	H ₂ O	37.9
	氮 N	14.00	NH ₄ ⁺ 、NO ₃ ⁻	4.3
	钾 K	39.09	K ⁺	5.5
	磷 P	32.06	H ₂ PO ₄ ⁻ 、HPO ₄ ²⁻	0.45
	钙 Ca	40.08	Ca ²⁺	0.6
	镁 Mg	24.30	Mg ²⁺	0.3
	硫 S	32.06	SO ₄ ²⁻ 、SO ₂	0.3
微量 营 养 元 素	氯 Cl	35.45	Cl ⁻	0.05
	铁 Fe	55.84	Fe ²⁺ 、Fe ³⁺	0.03
	锰 Mn	54.93	Mn ²⁺	0.01
	锌 Zn	65.37	Zn ²⁺	0.002
	硼 B	10.81	H ₂ BO ₃ ⁻ 、B ₂ O ₃ ²⁻	0.001
	铜 Cu	63.54	Cu ²⁺	0.001
	钼 Mo	95.94	MoO ₄ ²⁻	0.0002

* 均取小数点后二位

2. 作物需求氮磷钾养分的大致范围 大量化验分析表明, 一般氮和磷主要集中在籽粒中, 钾和钙在秸秆中较多。表2中各种作物对NPK养分的大致带走量, 包括百公斤产品及相应的地上茎叶所带走的养分总量。根茬物质残留于土层中, 年年季季参于养分循环, 故不再计算。事实上, 由于农作物品种、施肥、浇水、耕作和环境条件的差异, 同一作

表2 每100公斤产品对养分的大致带走量(公斤)

作物	氮(N)	磷(P ₂ O ₅)	钾(K ₂ O)
常规水稻	1.60—2.20	0.80—1.20	1.70—2.70
杂交水稻	1.90—2.60	0.90—1.30	2.20—3.20
小麦	2.80—3.20	1.00—1.30	2.00—3.00
春玉米	3.50—4.00	1.20—1.40	4.50—5.50
夏玉米	2.50—2.70	1.10—1.40	3.20—3.80
谷子	2.60—2.80	1.30—1.50	1.80—2.10
高粱	2.50—3.50	1.20—2.20	2.80—3.80
甘薯(鲜)	0.35—0.42	0.15—0.18	0.55—0.62
马铃薯	0.35—0.55	0.20—0.22	1.06—1.20
棉花(籽)	4.50—5.50	1.50—2.50	4.00—4.50
黄麻	1.50—2.50	0.65—0.95	3.80—4.80
红麻	2.50—3.50	0.80—1.20	4.50—5.50
大豆	5.00—5.55	1.50—1.80	2.00—2.50
花生(荚果)	4.90—6.40	0.90—1.10	2.00—3.40
油菜	6.80—7.80	2.40—2.80	5.50—7.00
芝麻	8.20—8.30	2.00—2.10	4.30—4.40
甘蔗	1.60—2.30	0.80—1.50	2.00—2.70
甜菜	0.40—0.45	0.14—0.16	0.55—0.69
西瓜	0.15—0.18	0.04—0.07	0.20—0.32
茶树(鲜茶叶)	1.20—1.40	0.20—0.23	0.33—0.43
烟草(干)	2.40—3.40	1.20—1.60	4.80—5.80
桑叶	1.70—2.10	0.70—0.85	0.90—1.22

注: 综合资料

物所需养分量并不是恒值，差异颇大，有的甚至相差一倍多。所以表中的数据，仅表示各种作物对 NPK 养分需求量的大致范围，可供半定量施肥参考，但不能作为定量施肥的计算数据，否则计算结果往往有很大的误差。

从表 2 中还可以看出各种作物不同的需肥特性，例如茶、麻、桑树以茎叶为收获对象的需氮素较多；禾谷类作物需氮、钾素较多，但也需要一定的磷素；根茎类作物，如甘薯、马铃薯应多施钾肥，以促进地下部分累积碳水化合物。豆科作物虽然需较多氮素，但由于根瘤有固氮作用，所以实际施氮量可以减少。以上各种作物的需肥特点，可供在合理施用氮、磷、钾化肥比例时参考。

3. 作物吸收养分的阶段性 不同作物各生长发育时期吸收养分的比例不同，见表 3。但有两个极其重要的时期：一是作物营养临界期，二是作物营养大量吸收期。

(1) 作物营养临界期 营养临界期多是作物生长发育的转折期，对养分的需求在绝对数量上并不多，但很迫切，如果缺乏此种营养元素，就会明显抑制作物正常的生长，此时造成的损失即使以后补施这种养分，也很难弥补。磷素营养临界期多在幼苗期，例如小麦在三叶期，玉米约在出苗后 7 天；大豆从幼苗到开花期间。这时种子中贮存的磷素已耗尽，根系弱而且多在土壤上层，吸收养分的能力较差，使幼苗期更易出现缺磷。所以，用磷肥作基肥或种肥是一项有效的增产措施。氮素营养临界期一般比磷素稍后一些，小麦多在分蘖到幼穗分化期；玉米在穗分化期；棉花在现蕾初期。

(2) 作物营养大量吸收期 一般在作物生长发育的最旺盛期，对养分的需求在绝对数量和吸收速率上都是最高的。这时施足肥料可发挥较大增产潜力，也叫营养最大效率期。

表 3 几种作物不同生育期吸收氮、磷、钾的数量

作物	生育期	占吸收总量的百分比(%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
冬 小 麦	返青	17.0	11.0	9.7
	拔节	23.8	18.0	30.3
	孕穗	17.2	25.7	36.0
	开花	14.0	37.9	24.0
	完熟	28.0	7.4	—
水 稻	秧苗	0.5	0.3	0.4
	分蘖	23.2	10.6	17.0
	圆秆	51.4	58.0	57.7
	抽穗	12.3	19.6	16.9
	成熟	12.6	11.5	8.0
玉 米	幼苗	5.0	5.0	5.0
	孕穗	38.0	18.0	22.0
	开花	20.0	21.0	37.0
	乳熟	11.0	35.0	15.0
	完熟	26.0	21.0	21.0
棉 花	现蕾	9.9	3.2	2.2
	开花	64.1	27.4	18.7
	成熟	26.0	69.4	79.1
春 烟	移栽	0.4	0.2	0.3
	30天	6.7	5.2	5.8
	60天	28.8	29.0	46.0
	90天	37.5	43.4	38.7
	收获	26.6	22.2	9.2

从表 3 看出, 有的作物 NPK 营养大量吸收期在同一个生育期, 有的不是。例如, 水稻一般在分蘖初期至圆秆期, 此时 NPK 养分吸收量均是最多的; 玉米营养大量吸收期, 氮素一般在孕穗期前后, 钾素在开花期前后, 磷素在乳熟期前后。

作物在营养大量吸收期时，吸收的养分往往占全生育期吸收量的45%以上。例如，夏烟移栽后40—70天（或春烟45—75天），吸收NPK养分分别占全生育期吸收量的45—50%、40—50%、45—60%；甘蔗伸长期分别占50—55%、65—70%、70—75%。

多年生果树比一年生作物的营养特点复杂。例如，苹果幼树期应控制氮肥，施足有机肥和磷肥，促根生长；结果初期要增施NPK化肥，加速树冠生长；结果盛期要满足果树对养分的需求，保持高产稳产；衰老期应加强氮素营养，有利树木更新。果树在一年不同季节对养分的要求也有所侧重，春季发芽主要依靠枝条里贮存的养分；生长前期要重施肥料；生长后期施肥要稳；生长停止后可增施磷钾肥，少施氮肥，以利于糖分积累，安全过冬。

作物营养虽有其关键时期和阶段性，但也不可忽视作物吸收养分的连续性。因此，在施肥实践中应施足基肥，重视种肥，并根据作物需肥特点和土壤供肥状况适时追肥。

4. 作物吸收养分的方式 作物主要通过根部吸收养分，也可以通过叶面的表皮和气孔吸收离子和某些简单的分子。作物根系吸收养分有被动吸收和主动吸收两种。被动吸收是养分由浓度高的根际土壤扩散进入作物体，养分一般只能在细胞间自由进出，对所吸收养分无选择性；主动吸收的特点是养分可以从浓度低的土壤溶液中进入浓度高的作物细胞内，按照作物代谢作用的需要有选择性地吸收各种养分。

作物根系无论通过什么方式吸收养分，首先养分必须到达根系表面。土壤中的养分如何到达根系表面并被吸收，主要有以下途径：

(1) 接触 根系本身的生长可以直接与土壤粒子表面的