

DAOMAIMIAN
GAOCHAN
SHIFEI

稻麦棉高产施肥



江苏科学技术出版社

稻麦棉高产施肥

周传槐 张名恢 潘国雄

江苏科学技术出版社

稻麦棉高产施肥

周传槐 张名恢 潘国雄

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：泰州人民印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 3.26 字数 70,000

1984年2月第1版 1984年2月第1次印刷

印数 1—36,000

书号 T6196·142 定价 0.33元

前 言

农作物的施肥问题是当前农业生产中较普遍存在的问题之一。这一问题突出地表现在偏重于施用化学氮肥如碳酸氢铵、硫酸铵等，并且在施用数量上没有节制，认为越多越好。结果往往出现这样的情况，即同样土质条件下，氮素化肥施用量多、花农本大的，不一定能够增产，有的反而减产，注意有机肥与无机肥搭配、氮素化肥适当配施磷钾肥，花农本小又能增产。这些实事，充分说明并不是氮素化肥越多越好，而是要根据作物的需要，在合理耕作，合理灌排的前提下，十分讲究施肥技术，或称高产施肥技术。

考虑到现在农业科学普及读物中，专谈稻、麦、棉等主要作物的高产施肥技术的尚不多见，为此，特根据近年来我省各地生产实践和科学实验中所创造出的宝贵的高产施肥经验和措施，编写成这本读物，以供读者，特别是广大农村的专业户、重点户、科技户参考。

限于编写者的水平，书中不足之处，尚希读者和有关农业工作者们批评指正，以便改正。最后必须提到的是，本书在素材收集中，曾得到周嘉槐等同志的大力支持，特此致谢。

编者

1983年9月

目 录

第一部分 作物高产施肥基础知识	(1)
一、植物生长必需的营养元素.....	(1)
二、植物吸收养分的方式.....	(3)
三、作物营养与施肥.....	(5)
(一) 作物营养成分.....	(6)
(二) 作物各生育期的营养特性.....	(7)
(三) 作物根的特性.....	(8)
四、气候条件与施肥.....	(11)
(一) 温度.....	(11)
(二) 光照.....	(12)
(三) 水分.....	(12)
五、土壤肥力与施肥.....	(13)
(一) 土壤的水、气、热状况.....	(13)
(二) 土壤供肥性和保肥性.....	(14)
(三) 土壤氧化还原状况.....	(16)
(四) 土壤反应.....	(17)
六、栽培技术与施肥.....	(18)
(一) 耕作制与土壤耕作.....	(18)
(二) 栽植方式.....	(19)
(三) 水分管理.....	(19)

(四) 病虫害防治·····	(20)
七、肥料种类与性质·····	(20)
(一) 氮肥·····	(20)
(二) 磷肥·····	(22)
(三) 钾肥·····	(23)
(四) 微量元素肥料·····	(23)
(五) 农家肥·····	(24)
第二部分 水稻高产施肥 ·····	(27)
一、水稻一生的需肥规律·····	(27)
(一) 水稻对氮、磷、钾三要素的吸收·····	(27)
(二) 水稻各生育期的需肥规律·····	(28)
二、水稻高产施肥技术·····	(31)
(一) 早稻高产施肥技术·····	(32)
(二) 中稻高产施肥技术·····	(35)
(三) 单季晚稻高产施肥技术·····	(45)
(四) 双季晚稻高产施肥技术·····	(49)
第三部分 三麦高产施肥 ·····	(53)
一、小麦高产施肥·····	(53)
(一) 小麦一生的需肥规律·····	(53)
(二) 小麦施肥原则·····	(54)
(三) 小麦高产施肥技术·····	(56)
二、大麦、元麦高产施肥·····	(62)
(一) 大麦、元麦的主要栽培特性·····	(63)
(二) 大麦、元麦高产施肥技术·····	(64)
三、晚茬麦及几种特殊栽培麦高产施肥·····	(66)
(一) 晚茬麦高产施肥技术·····	(66)

(二) 移栽麦高产施肥技术·····	(68)
(三) 套播麦高产施肥技术·····	(69)
(四) 板茬麦高产施肥技术·····	(71)
(五) “迎春麦” 高产施肥技术·····	(71)
第四部分 棉花高产施肥 ·····	(73)
一、棉花一生的需肥规律·····	(73)
二、棉花高产施肥技术·····	(76)
(一) 一熟直播棉高产施肥技术·····	(76)
(二) 麦套直播棉高产施肥技术·····	(78)
(三) 麦后直播棉高产施肥技术·····	(80)
(四) 麦套移栽棉高产施肥技术·····	(82)
(五) 麦后移栽棉高产施肥技术·····	(85)
第五部分 附录 ·····	(90)
一、肥料的混合·····	(90)
二、作物计划施肥量的估算·····	(92)

第一部分 作物高产施肥基础知识

高产施肥的目的是为了能够适时适量地满足作物一生的营养需要，从而达到高产优质低成本和使土壤越种越肥。为能做到这一步或接近做到这一步，首先必须懂得一些施肥的道理，具备一定的基础知识。为了叙述上的方便，我们将有关这方面的知识，分为八个问题来谈：(一)植物生长必需的营养元素，(二)植物吸收养分的方式，(三)外界条件对植物吸收养分所产生的影响，(四)作物营养与施肥，(五)气候条件与施肥，(六)土壤肥力与施肥，(七)栽培技术与施肥，(八)肥料的种类与性质。

一、植物生长必需的营养元素

高等植物生长发育过程中必需的营养元素有16种，即：碳(C)、氧(O)、氢(H)、氮(N)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、磷(P)、硫(S)、氯(Cl)、铁(Fe)、锰(Mn)、硼(B)、锌(Zn)、铜(Cu)和钼(Mo)。前9种需要量较多，称大量营养元素，其中N、P、K三种元素，作物需要量较多，而土壤中可提供的量又比较少，常须通过施肥才能满足作物生长的要求，故称作物营养三要素或肥料三要素；后7种需要量较少，称微量营

养元素。无论是大量还是微量，它们在作物体内都是同等重要的，任何一种元素的特殊功能都不能被其它元素所代替。这种情况农业化学上称为同等重要律和不可代替律。

16种营养元素在植物干组织中的含量和植物可利用的形态，见表1—1。

表1—1 高等植物必需的营养元素及其在植物体中所占的比重

营养元素		植物可利用的形态	在干组织中的含量	
			百分率(%)	百万分率(ppm)
大量营养元素	C	CO ₂	45	450,000
	O	O ₂ , H ₂ O	45	450,000
	H	H ₂ O	6	60,000
	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1.5	15,000
	K	K ⁺	1.0	10,000
	Ca	Ca ⁺⁺	0.5	5,000
	Mg	Mg ⁺⁺	0.2	2,000
	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	0.2	2,000
	S	SO ₄ ²⁻	0.1	1,000
微量营养元素	Cl	Cl ⁻	0.01	100
	Fe	Fe ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺	0.01	100
	Mn	Mn ⁺⁺	0.005	50
	B	BO ₃ ³⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻	0.002	20
	Zn	Zn ⁺⁺	0.002	20
	Cu	Cu ⁺⁺ , Cu ⁺	0.0006	6
	Mo	MoO ₄ ²⁻	0.00001	0.1

注: CO₂、O₂和H₂O为分子态养分，其余为离子态养分。

上表所列只是一个总的趋势，具体到某一作物，还存在一定的出入。例如对水稻来说，硅(Si)也是不可缺少的，水

稻培养液中如不供给硅，就不能正常生长发育；又如棉花，是以生产纤维为主的，钠盐对于纤维品质常有良好的作用，可使纤维排列紧密，提高纤维强度和拉力，因此棉花的必需营养元素还可包括钠（Na）。

二、植物吸收养分的方式

植物吸收养分，一是依靠叶部，二是依靠根部。叶部所吸收的养分来自大气圈，主要是二氧化碳、氧气和水，这些养分从叶片角质层和气孔进入，最后通过原生质膜进入细胞内。下面着重介绍根部是如何从土壤中吸收离子态养分的。

植物根部从土壤中吸收离子态养分，可分三个步骤：第一步，根借呼吸作用产生碳酸，碳酸离解为氢离子和重碳酸离子，这些离子吸附在根细胞原生质膜的表面，其中最多的是氢离子。氢离子和重碳酸离子都有一层水衣，带水衣的离子通过离子运动能向根外扩散，并能与土壤溶液中或土粒表面的吸附性离子产生交换（图1—1、1—2）。

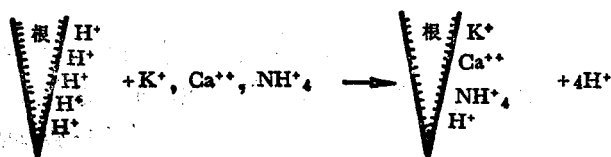


图1—1 根外 H^+ 离子和土壤溶液中阳离子的离子交换

第二步，被交换来的离子借扩散作用，可以扩散到根细胞壁内的自由空间（图1—3），这种扩散不需要代谢作用产生的能量，通常称为被动吸收。

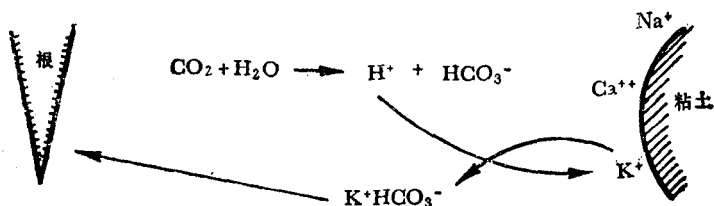


图1—2 根分泌的碳酸与粘土所吸附的离子进行离子交换

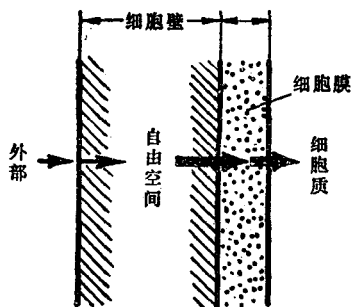


图1—3 离子进入根细胞的方式

- 离子由外部扩散进入自由空间。
- 离子有选择性地透过细胞膜，被吸收到细胞质里。

第三步，扩散到自由空间的各种离子，有选择性地透过细胞膜或原生质膜，被吸收到细胞质或原生质里。这一过程必须消耗植物本身代谢作用产生的能量，通常称为主动吸收。

植物根部不仅能吸收利用无机的离子态养分，而且能直接吸收利用有机态养分。过去一直认为土壤中有有机质必须经过矿质化后，植物才能吸收其中养分，实际并不全然如此，植物对土壤和肥料中的有机态养分也可以吸收。例如水稻幼苗

可以直接吸收各种氨基酸和酰胺，还能吸收核酸和各种核苷酸；大麦能吸收赖氨酸；大麦和小麦能吸收各种磷酸己糖和磷酸甘油酸等。这些有机态养分都是植物体生长发育过程中所需要的。因此，有机肥料非但能提高土壤肥力，而且也能直接营养植物，既能肥土，又能肥苗，这是有机肥料独有的特点。

根表土壤中无机、有机养分被植物根部吸收以后，新的养分又如何再补充进来继续供植物吸收呢？这主要靠以下两个途径：

(1) 离子扩散 植物根系从根表土壤中吸收养分，使这部分土壤的养分含量降低，在土体与根表土壤之间形成养分的浓度差，这时候土体中较高浓度的养分可以通过扩散作用，向根表土壤迁移。

(2) 质流 作物的蒸腾作用，消耗根表土壤大量水分，使其水分相对降低，因而促进了水分向根表移动，溶解在水中的养分也随之源源移至根表土壤，以补充消耗的养分。

在长距离内，后一途径是主要的，在很短的距离内，前一途径是主要的。

三、作物营养与施肥

作物营养的特性主要包括作物所需要的营养成分、各生育期的营养特性和根部特性，而这三方面特性都与施肥直接有关。

(一) 作物营养成分

不同作物对于养分的需要量是不同的。表1—2所列是稻、麦、棉三种主要作物的产量和氮、磷、钾的含量。

表1—2 稻、麦、棉产量和三要素需要量(斤/亩)

作物	产量	氮(N)	磷酸(P_2O_5)	氧化钾(K_2O)
水稻	1042	24.7	11.5	21.2
小麦	619.6	16.84	5.4	17.85**
棉花	422.9*	20.50	7.01	32.84

*籽棉产量

**开花期吸收量

同一作物,由于品种、气候、土壤及栽培技术的不同,同样产量所含的营养成分也不一样。表1—3是不同地区水稻收获物中氮、磷、钾含量的百分率。

表1—3 不同地区水稻收获物中三要素含量(干物重%)

栽培地区	稻别	氮(N)	磷酸(P_2O_5)	氧化钾(K_2O)
江南山区	双早	1.65	1.02	3.82
	双晚	1.91	0.91	2.66
华北老稻区	一季稻	1.82	0.82	2.31

(二) 作物各生育期的营养特性

作物营养期的长短与施肥数量和次数有关，而各生育期的营养特性又与肥料品种有关。

1. 植物生长期和植物营养期 植物生长期是从种子到种子的时期，但是植物从环境中吸收营养物质的时期并不是发生在整个生长期内，如在植物生长初期，是从种子胚乳中摄取养分，到了生长末期，许多作物都停止吸收养分，有时还从根部排出养分。就早、晚稻来讲，早稻生长期短，其营养期也短；晚稻生长期长，其营养期也较长。营养期短的应该提早施肥，营养期长的应提高追肥比例，分次施用。

2. 植物营养临界期 植物营养临界期是指营养元素过多、过少或营养元素间不平衡，对于植物生长发育起着显著不良作用的那段时间。多数作物生长初期对外界环境敏感性较强，如这时养分不足，即或以后施用大量肥料，也难以补救。氮的营养临界期，对水稻来说，除三叶期外，还有幼穗分化期；三麦一般为分蘖期和幼穗分化期；棉花为现蕾初期，缺氮易引起蕾、铃脱落。磷的营养临界期多出现在幼苗期，因为种子中贮存的磷，生根发芽初期很快就消耗掉，幼苗根系吸收能力弱，必须供给养料。钾的营养临界期，水稻在分蘖初期和幼穗形成期。

3. 植物营养最大效率期 在植物营养期中除营养临界期必须供给养料外，其它时期也须供给养料，但在不同时期所施用的养料对增产的效果有很大差别，其中有一个时期，肥料的营养效果最好，这个时期称为植物营养最大效率期。对于

棉花氮、磷的最大效率期均在花铃期，因为花铃期是棉花一生发育最旺盛和需要养分最多的时期。

作物各生育期虽然有它的阶段性，但也要看到它的连续性。例如晚稻分蘖期施了较多的氮肥，幼穗分化期可能就不需要或需要很少氮素，反之，如分蘖期氮肥用量少，幼穗分化期就会感到氮的不足而必须施用。

(三) 作物根的特性

1. 根阳离子交换量 作物吸收养料有主动吸收与被动吸收，而根的阳离子交换量(CEC)与被动吸收关系密切。影响根的CEC大小的，主要是植物根细胞壁中果胶的羧基含量，羧基含量高的CEC也大。不同土壤条件下，各种植物根的CEC与植物地上部阳离子($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$)总量呈高度正相关。从谷类作物来说，根的CEC与根的总磷量也呈正相关。作物根的CEC大，吸收矿物中养料和土壤中 Ca^{++} 、 Mg^{++} 等多价阳离子的能力也强。试验表明，水稻耐肥性与根的CEC关系密切，耐肥性强的品种，根的CEC较高，反之则较低(表1—4)。

表1—4 水稻各品种根的阳离子交换量
(毫克当量/100克干根)

品 种	生 育 期	
	分 蘖 期	幼穗分化期
矮脚南特(耐肥)	8.42	16.38
陆财号(中等)	7.79	12.71
503(不耐肥)	5.71	11.19

2. 根系代谢作用 水稻茎、叶中的氧可输入根部，尤其是水稻根本身可产生过氧化氢，在过氧化氢酶的作用下，可以产生氧，这是水稻根部产生氧化力的一条特殊代谢途径。所以水稻根群周围，自然形成一层氧化圈。水稻生长初期，新根多：氧化力强，根外氧化圈一般可达数毫米，土中亚铁就在根外被氧化而沉淀，新根是白色的。以后新根逐渐衰老，根的氧化力减弱，根外的氧化圈缩小，亚铁就在根表面被氧化而沉淀，这时根呈赤褐色。同一条根，顶部又比基部氧化力强。由于水稻根部能产生氧化力，所以它能在缺氧而又含有亚铁等还原物质的土壤中生长，从而保证了根的正常代谢。为提高水稻生育后期根系的氧化力，生产上多采取干干湿湿、施用钾肥等利于根系生长的措施。各种作物根的氧化力及其对土壤氧化还原电位的要求是很不相同的。水稻能在较低的氧化还原电位的土壤中生长，而旱地作物则要求土壤有较高的氧化还原电位。据测定，作物移植一周之后，小麦根际土壤氧化还原电位比10厘米处低74毫伏，而水稻根际土壤氧化还原电位反而比10厘米处高55毫伏，说明小麦根进行有氧呼吸时主要从根际土壤中吸取氧气。

3. 根际和根内微生物 各种作物在生长期间，根部常分泌各种代谢产物。由于作物种类不同，生育期不同，以及气候、土壤、栽培技术都要影响作物的生长发育，所以根的分泌物也必然不同。这样与根部相适应的微生物，在种类和数量上也必然会更替改变。一般情况下，根群附近的微生物比其它部分多许多倍。表1—5是小麦和棉花根际微生物的数量。

同一种作物的不同生育期，根际微生物也随之不同。小麦发芽时，根际/对照之比率为3.1，分蘖期为27.7，抽穗期

表 1—5 作物根际微生物的数量(南京,黄棕壤)

微生物	小 麦			棉 花		
	根际土	对 照	根际/对照	根际土	对 照	根际/对照
固氮菌	2600	1600	1.6	2800	1100	1.5
细菌总数	46,450,000	7,300,000	6.4	34,260,000	2,760,000	12.4

16.8,成熟期5.4。作物根际存在这样大量微生物,对作物生长起着很大作用,首先是微生物参与植物的营养作用,不少微生物能把有机质矿化,产生大量 CO_2 和无机养分。根际微生物中有大量氨化细菌,促使有机氮化物氨化,形成氨。根际微生物也能分解有机质,形成各种有机酸,后者均可与土中 Fe^{+++} 、 Al^{+++} 离子形成络合物,释放出土壤中被铁、铝固定的磷酸根,增加磷的有效性。此外,根系的有机代谢产物和根系残体的分解、转化,能够形成腐殖物质,参与土壤结构的形成。水稻根际常有固氮菌的生长,故可增加土壤中的氮素。

但是,在土壤中养分不足时,有限的养分大多为微生物所吸收,高等植物由于得不到足够的养分而影响生长。所以施肥不单是营养植物,还要营养土壤中微生物,使高等植物和微生物之间经常处在正常的共生共荣关系中。有机肥料和矿质肥料配合使用,既能供给微生物生命活动的能源,又能供给微生物发育所需要的无机营养,从而加强了微生物的活动。微生物分解有机质,产生大量 CO_2 ,供作物进行碳的同化,同时有机质的矿质化和微生物生活期中所合成的维生素、抗生素等物质,有利于植物的吸收利用。此外,接种根瘤菌剂、固氮菌剂、磷细菌剂以及各种产生菌根的菌剂,使细菌和真菌在根际占绝对优势,创造有利于作物生长的外界条件,也是很重要的施肥措施。