

21 世纪科技兴农实用丛书

农作物配方施肥

金耀青 编著



第三辑

• 28 •



春风文艺出版社 ● 辽宁科学技术出版社

世纪科技兴农实用丛书

第三辑 · 28 ·

农作物配方施肥

金耀青 编著

春风文艺出版社 · 辽宁科学技术出版社

1999年 · 沈阳

丛书策划·张传珠 王庆昌

印刷总监·肖秉昌

二十一世纪科技兴农实用丛书编委会

主 编：刘长江

副主编：吕国忠

编 委：周宝利 刘国成 曹敏建 边连全

王秋兵 程玉来 张传珠 王庆昌

顾 问：白金铠 葛晓光

21 世纪科技兴农实用丛书(第三辑)

· 28 · 农作物配方施肥

金耀青 编著

春风文艺出版社 辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)

辽宁省北宁市印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/32 字数 40 千字 印张 2

印数 1—30,000 册

1999 年 5 月第 1 版

1999 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑 张传珠

责任校对 潘晓春

封面设计 杜 江 阿 昌

版式设计 阿 昌

ISBN7 5313 2116 5/S·3 定价(全 10 册)20.00 元

前

言

在即将迈入新世纪的时刻，我们向农民朋友献上一份实实在在又非常珍贵的礼物：注册商标为“金镰”的“二十一世纪科技兴农实用丛书”，介绍农业的新技术和新品种，帮助辛勤劳作的农民朋友发家致富。

为了实现农业现代化的宏伟目标，提高我国农业生产水平，我们邀请了沈阳农业大学及各地的农业科技战线上的专家教授和一批中青年农业科技骨干编选了这套丛书。丛书包括大田作物、蔬菜水果、病虫害防治、畜牧养殖、农业机械、土壤肥料几大类。这套丛书既广泛吸取了国内外最先进的农业科技成果和行之有效的丰产经验，又力求以通俗浅显的语言、简洁明晰的插图把复杂高深的科技知识讲得清清楚楚，明明白白。真正做到易懂易学，深入浅出，高水平低价格，实惠实用。

这套丛书有助于您解决在农牧业生产中遇到的各种难题，传授各种急需的农业科技知识，告诉您如何选择农业生产项目、如何管好大田、大棚；如何选择农作物、果木蔬菜优良品种；如何修剪嫁接果树；如何养猪、养兔、养牛、养羊、养鱼、养蟹、养虾；如何防治病虫害；如何选购使用维修农业机械；如何施肥保持土壤肥力……农民朋友根据自己的需要选购一两册就如同把一位农业技术员请到家里，可随时作为您的参谋。

本丛书是一个开放系列，我们将根据农业科技的新发展和农民的需要陆续编写下去，伴随农民朋友在二十一世纪的致富康庄大道上阔步前进。

编者

目 录

配方施肥的内容和功能	(1)
配方施肥的定义	(2)
配方施肥的理论依据	(3)
配方施肥的功能	(5)
配方施肥的方法	(10)
养分平衡法	(12)
农作物的计划产量指标	(13)
农作物需肥量	(19)
土壤供肥量	(23)
肥料利用率	(25)
肥料中有效养分含量	(31)
确定氮肥施肥量	(35)
土壤肥力指标法	(38)
土壤有效养分测定方法	(39)
土壤有效养分丰缺指标	(41)
根据测土值确定磷、钾肥配方施用量	(43)
计量施用有机肥料	(50)
土壤有机质培肥指标	(51)
土壤有机质年矿化率	(52)
有机物料的腐殖化系数	(54)
根茬有机物料残留量	(57)
计量施用有机肥料	(58)

配方施肥的 内容和功能

进入 80 年代以来,我国的现代化建设和人口增长对农业生产提出了更高的要求。如何合理施用现有肥料资源,以获得最大的增产效益,是我国广大农户所关心的问题之一。

建国之初至今的半个世纪中,我国的肥料工作在广辟肥源、增施肥料、培肥地力和改进施肥技术等方面均取得了很大成果,构成了合理施肥的基本因素。在合理施用化肥方面,虽有诸多创新,但不能不承认,与化肥的增长量和获得应有的增产效果还不相符合。施肥大多凭借经验,缺乏科学依据,或是盲目以高量取胜,或是不注意配合,肥料的浪费现象是相当普遍的,化肥的肥料利用率平均不到 30%。据此,我国广大土壤肥料工作者继全国第二次土壤普查外业工作结束之后,着眼于普查成果的应用,广泛开展了肥料田间试验和土壤有效养分测定,在合理施肥方面取得了突破性进展。这一工作首先在湖北、广东两省开展,针对农村偏施单一氮肥和投肥效益日趋下降等现象,根据土壤养分含量状况、作物种类及肥料效应特点,提出氮、磷、钾肥料配合施用和适时施用技术,成效显著。1983 年,原农牧渔业部农业局在广东湛江地区召集 14 个省、市、自治

2 农作物配方施肥

区和科研单位肥料工作的专家，就配方施肥的科学性和可行性进行了论证。一致认为，配方施肥路子对头，目标明确，办法可行，增产效果明显。农业局即组织在全国范围内开展配方施肥的试验、示范和推广。经各地肥料工作者的共同努力，配方施肥技术有了新的提高，形成了多种形式的技术方案，使配方施肥工作在全国范围内铺开，广大农户也从这一科学技术的应用中得到了实惠。1985年5月原农牧渔业部农业局又在山东沂水县召开全国配方施肥技术经验交流会，进一步肯定了配方施肥是施肥技术上一项富有成果的革新，并对当时已出台的几十项配方施肥技术方案进行了交流和评议，在此基础上制定了“配方施肥技术工作要点”，指导全国配方施肥工作。

配方施肥的定义

在讨论配方施肥定义之前，我们先对这一技术的名称进行考证。沂水会议以前，全国各地对类似的技术冠以不同的名称，诸如测土施肥、配方施肥、诊断施肥、计量施肥、平衡施肥、定量施肥、按需配肥、优化施肥乃至“电子计算机施肥”等等，这都是各地肥料工作者对自己提出的施肥技术方案确定的名词，究其内涵都是想告诉农户该施多少肥料，使肥料施用达到计量化和配方化。为便于理解和推广，农业部农业局将此统一定名为“配方施肥”。

根据“配方施肥技术工作要点”将“配方施肥”定义为“根据作物需肥规律、土壤供肥性能与肥料效应，在有机肥为基础的条件下，提出氮、磷、钾和微肥的适宜用量和比例，以及相应的施肥技术”。

由此可知，配方施肥的内容，包含着“配方”和“施肥”两个程序。“配方”的核心是各种肥料的计量，在农作

物播种之前，通过各种手段确定达到一定目标产量的肥料用量，回答“获得多少粮、棉、油，该施多少氮、磷、钾等”这一问题。“施肥”是肥料配方在生产中的执行，保证目标产量的实现。根据配方确定的肥料用量、品种和土壤、作物、肥料的特性、合理安排基肥、种肥和追肥比例，以及追肥的次数、时期和用量等具体措施。因此，我国的配方施肥较通常国外所推行的“推荐施肥”或“建议施肥”有更广泛的内涵。

配方施肥的理论依据

任何一项科学技术都有一定的科学理论作为依据，配方施肥技术亦不例外。

1. 肥料效应报酬递减律

“报酬递减律”是个经济定律，广泛适用于工业、农业及牧业生产等各个领域。一般的概念是，从一定土地上所得到的报酬随着向该土地投入的劳动和资本量的增大而有所增加，但随着投入的单位劳动和资本的增加，报酬的增加却在逐渐减少。著名的德国化学家米采利希（1912）深入地研究了施肥量与农作物产量的关系后发现：在其他技术条件相对稳定的前提下，随着施肥量的渐次增加，作物产量也随之提高，但作物的增产量都随施肥量的增加而呈递减趋势，与经济学上的报酬递减律相吻合。米采利希还用数学公式表达了这种肥料效应报酬递减律，这就是著名的“米氏方程”。

国内外几十年生产实践结果表明，作物产量与施肥量之间无不遵循报酬递减定律。50年代，我国化肥供应量极少，每公斤硫酸铵平均增产粮谷12~15公斤，60~70年代，随着化肥供应量增加，每公斤硫酸铵平均增产粮谷下

4 农作物配方施肥

降到 7~10 公斤，到 80 年代后期，化肥供应量相对丰足，但每公斤硫酸铵平均粮谷增产量不到 5 公斤。肥料用量增加，产量也增加，但单位肥量的增产量（报酬）却在减少：这是一种自然规律，我们在施肥实践中必须面对这一事实。

2. 土壤最小养分律

农业化学家李比希（1842）早在 150 年前就提出：“农作物产量受土壤中最小养分制约”。要提高农作物产量首先要掌握土壤中的最小养分，以便把握住施肥中的主要矛盾，进行合理施肥。这一著名论断，至今仍不失其重大意义。由于土壤本身性质的原因，或因生产实践中偏施单一肥料，造成土壤中各种营养成分的不均衡性。1949 年和 1958 年进行的地力测定结果表明，我国农田 80% 缺氮，50% 左右缺磷，30% 左右缺钾，说明了农田土壤养分的不平衡性。某一地区的各个田块也同样表现出养分之间的不平衡性。因此，配方施肥首先要发现农田土壤中的最小养分。测定土壤中的有效养分含量，判定各种养分的丰缺程度，择其缺乏者有针对性施以某种养分肥料，可获得理想的增产效果。

3. 养分归还（补偿）学说

土壤虽是个巨大的养分库，但并不是取之不尽的。为保持土壤有足够的养分供应容量和强度，保持土壤养分携出与输入间的平衡，必须通过施肥这一措施加以实现。目前我国每年以大量化肥投入农田，主要是以氮、磷两大营养元素为主，而钾肥供应及施用相对不足。事实表明，一向被认为不缺钾的北方农田土壤，近几年纷纷见有施用钾肥增产明显的报道，一些蔬菜大棚，钾肥已成为增加产量、抗御病害和改善蔬菜品质不可缺少的肥种。发生上述现象的根本原

因在于不注意向土壤归还被作物带走的养分,这也是一种自然报复。配方施肥就是要注意养分的归还,使农田土壤持续被我们利用。

4. 生产因子的综合作用

施肥不是一个孤立的行为,而是农业生产中的一个环节。若从农作物生长要素来看,产量的形成是养分、水分、温度、光照和 CO_2 浓度等五大生产因子综合作用的结果。要使肥料养分充分发挥应有的增产效果,必须考虑另外四个生产因子。比如,在干旱缺水地区,农作物所需水分,基本靠大气降水,遇干旱年份,施肥量不宜以最高量来实施,在肥料配方中应适当加大磷肥比例,因为磷素促进作物根系生长,有利于从土壤深层吸取水分。再有,现今各地蔬菜大棚里,肥料、温度、水分和光照均获得极大的满足,而 CO_2 浓度显得不足,于是有 CO_2 气体肥料的出现并获得惊人的增产效果。总之,配方施肥要有系统工程的观点。

配方施肥的功能

1. 增产增收效益明显

配方施肥推行 15 年来,首先表现出明显的增产增收作用。

(1) 调肥增产

在不增加化肥投资的前提下,调整化肥中氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)的比例,起到增产增收作用。我国化肥结构(即 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$)受资源限制而不很理想,呈“氮多、磷少、钾缺”状态,各省、市、县、乡亦不例外。60年代前单施氮肥,80年代前只施氮磷肥,造成农田土壤养分失衡,农作物产量受土壤最小养分钾、锌、硼、铁、锰、钼、硅限制而徘徊不前。通过配方施肥中的土壤养分测定

6 农作物配方施肥

和肥料田间试验结果，调整化肥施用比例，消除土壤最小养分，即使不增加化肥投资，也能获得增产效果。湖北省黄冈县农业局推行配方施肥，把化肥 $N : P_2O_5 : K_2O$ 从 1980 年的 $1 : 0.17 : 0.025$ 调整到 1982 年的 $1 : 0.57 : 0.7$ ，使该县化肥的稻谷生产率提高了 64%。辽宁昌图县通过测定土壤养分，将该县的化肥 $N : P_2O_5$ 从 1980 年的 $1 : 0.28$ 调整到 1983 年的 $1 : 0.56$ ，成了昌图县粮产飞跃发展的关键措施之一，千百万农户从中普遍受益。

调肥增产增收是配方施肥作用的主要方面。国家在开发紧缺肥源，增加磷钾肥进口量以改善我们的化肥结构，虽渐趋合理，但仍嫌不足，因此，调整化肥结构还是配方施肥的主要内容。

(2) 减肥增产增收

一些经济比较发达、农作物产量水平较高的地区，农户缺乏科学施肥知识，往往以高肥换取高产，经济效益很低。通过配方施肥，适当减少某一肥料的用量，以取得增产或平产的效果。例如，广东省农业科学院推出的水稻“氮调”施肥法，在珠江三角洲高产稻区示范推广结果，水稻氮肥用量比当地习惯减少 40% 左右，水稻单产还比传统施肥法提高 10% 以上，这是减肥增产增收的范例。又如，沈阳市东陵区城郊老菜田素以亩施标准氮、磷肥（硫酸铵和过磷酸钙）各百公斤，作为当地秋白菜的用量和配方。通过土壤有效养分测定方知，老菜田多年超量施磷，又经常灌溉人粪尿水，土壤有效磷（ P_2O_5 ）达到 82~115mg/kg，磷素肥力水平极高，经建议不施磷肥，秋白菜仍保持原有水平，每亩还减少了 18 元的磷肥投资，经济效益十分明显，这是减肥平产增收的典型。总的来看，大凡亩产粮谷 500~

600 公斤左右，亩施化肥氮（N）超过 25 公斤，磷（ P_2O_5 ）超过 20 公斤的地块，就应考虑减肥的问题。

（3）增肥增产

对化肥用量水平很低或单一施用某种养分肥料的地区或田块，农作物产量未达到最大利润额施肥点，或者土壤中某一养分已成为限制因子时，合理增加化肥投资，可使农作物大幅度增产。这方面往往表现在氮、磷、钾三要素化肥以外的中量元素（钙肥、硅肥）和微量元素（锌肥、硼肥、钼肥、锰肥、铁肥）方面，特别是微量元素肥料，用量亩施不过几公斤甚至只有几十克，增产效果却不亚于大量元素肥料。辽宁省东部的酸性棕壤农田亩施石灰 50~75 公斤，粮豆增产 15%~23%，这也是可归结为增肥增产的作用。

总之，配方施肥的增产增收作用是多方面的。据 20 个省（市、自治区）试验、示范资料统计，实行配方施肥，各种作物增产幅度一般在 8%~15%，高的可达 20% 以上，平均亩增产粮谷 25~50 公斤，棉花 5~10 公斤，花生、油菜籽 15~20 公斤，每亩可增加纯收入 10~15 元，高的达 30 元以上，并能节省化肥用量 10%。

2. 培肥地力保护生态

配方施肥不仅直接表现在农作物增产效应上，还体现在培肥土壤方面。平衡施肥结果，土壤养分障碍因子得以消除，也是土壤培肥标志之一。全国第二次土壤普查发现，辽宁省法库县大部分农田土壤有效磷（ P_2O_5 ）低于 5mg/kg，农作物产量始终徘徊在每亩 200~300 公斤之间。推行配方施肥技术，全县化肥 N： P_2O_5 始终保持在 1：0.5。多年实施结果，农田土壤有效磷普遍恢复到 15mg/kg 左右，农作

8 农作物配方施肥

物产量也很快提高。沈阳市新城子区大辛二队 4000 亩农田,连续 10 年坚持有机肥、化肥配合施用,化肥抓合理配方,农肥抓秸秆还田和城粪下乡,土壤有机质从 16.8g/kg 提高到 21.0g/kg,土壤肥力提高很快。1980 年前该村每年施用标准化肥 360 吨,玉米单产不超过 500 公斤,1990 年后每年化肥用量减少到 70 吨,节省化肥投资 18.7 万元,而玉米单产突破 600 公斤,这完全仰仗于土壤肥力的提高,寓生态效益于其中。

3. 协调养分提高品质

现行配方施肥一定程度上是调控氮素营养增强磷、钾与微量元素的合理的施肥措施。由于化肥肥源结构方面的缺陷和供销方面的原因,广大农村偏施氮肥的现象仍是相当普遍,久而久之,造成土壤养分失衡,不利于农作物营养要求,最终不仅表现在有损于产量,而且殃及产品质量。据报道,北京、沈阳等城郊秋白菜中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量有的竟超过 1250mg/kg,高于符合食品卫生标准 250mg/kg 的 4 倍,这是农户为追求产量,于收获前最后一茬水中加追氮肥的结果。现时有这样一种说法:“施用化肥的农产品不好吃”,这是很不公允的议论。由水培获得的农产品,其质量符合绿色食品标准,它们都是在各种化肥溶液里生长出来的,问题在于配施合理。据农业部农业局的汇总资料,配方施肥与单施氮肥比较,棉花衣分提高 1.3%~3.4%,绒长增加 0.4~1.6 毫米,单铃重增 0.1~0.4 克;西瓜糖度增加 2 度。

4. 调控营养防治病害

全国各地生产实践表明,许多生理病害是由于偏施肥料引起的,一些菌病和病毒病害往往是由于偏施氮肥而加

重的。近十几年来，北方水稻、玉米缺锌病十分严重，玉米“花白叶”、水稻矮化不发等都是缺锌的病症。这一现象很大程度上归咎于磷肥，特别是高浓度磷肥（磷酸二铵或三料磷肥）的施用。供磷强度过大虽有利于农作物伸根、结子，但因磷锌拮抗关系而引起作物锌素营养受阻，从而影响产量。在施磷肥的同时，每亩配施锌肥（硫酸锌）1000克，上述病态就迎刃而解。据报道，配施钾肥可减少棉花黄枯萎病的病情指数，施用硅可减轻水稻稻瘟病危害，硅、钾成了各种作物的“抗病”元素，其真实原因在于配方施肥使农作物体内营养协调，控制了多余的游离氮素，使病原菌得以抑制所致。

5. 有限肥源的合理分配

这是配方施肥另一效果。现在全国主要省、市、自治区的土壤肥料工作站或农业科学院（所），大多掌握了当地主要作物在不同土壤上的一元或二元肥料效应回归方程，使各地肥料效应有可比性，为区域间、作物间合理分配有限肥源提供了确切依据。由于地区间或农作物间的土壤养分与肥效的差异，化肥分配应遵循不均衡的原则。而现有的化肥分配不少是“一刀切”平均分配，使其不能发挥应有的增产潜力，于国于民均不利。配方施肥15年，各地积累了许多有用的数据，为区域间、农作物间的化肥分配提供了可能。

综上所述，配方施肥是我国施肥技术方面的重大革新，在生产实践中起到了为广大农户经营的农田科学施肥的微观指导作用；在我国有限化肥资源方面起到了宏观调控作用。据农业部农业局统计，仅就1989年全国已有1800个县配方施肥5.4亿亩次，直接经济效益50亿元左右。配方施

10 农作物配方施肥

肥已成为我国现时农业生产中一项必不可少的科学技术。

配方施肥的方法

据统计,1986年前全国各地推出的配方施肥方法就有63种之多。

若按科学基础分类大致可分为肥料效应函数法、测土施肥法、养分平衡法和农作物营养诊断法等四大方法系统。

肥料效应函数法:是建立在肥料田间试验和生物统计基础上的方法。把农作物产量视为肥料的生产函数,用数学方程式描述二者的关系,它可以计算出最高施肥量、最佳(经济)施肥量和最大利润率施肥量等配方施肥参数。这一方法源自著名的米采利希方程,具直观、准确的特点,往往为其他方法所不及。但效应函数法也有其局限性,肥料田间试验的周期长,投入财力物力多,年份间的重现性差,又不可能在每一块农田上进行。因此,这一方法都由中国农业科学院和省(市、自治区)级土肥工作站有重点地进行,用来指导区域间、农作物种类间肥料的合理分配和区域性肥料结构调整之用。

测土施肥法:是在土壤养分肥力化学基础上发展起来的配方施肥技术。通过对土壤有效养分的测定,判定地块土壤养分丰缺程度,提出施肥建议。建立在相关一校验研究基础上的测土施肥参数和指标,就可用于施肥实践。简易、快捷、价廉是 its 特点,并可以服务到每一农户和每一地块,因此,它成了国内外应用最广的方法。但是,测土施肥法也有自身的不足,区域间、农作物种类间的土壤有效养分丰缺指标无可比性,肥料计量的精确度亦不及效应函数法。

养分平衡法:是建立在农作物计划产量需肥量与土壤

供肥量之差值作为施肥量的基础,使养分“供”与“需”之间达到平衡,其配方施肥参数由曲劳一司坦福提出的养分平衡式计算而得:

$$\text{肥料施用量} = \frac{\text{计划产量} \times \text{农作物需肥量} - \text{土壤供肥量}}{\text{肥料中养分含量} \times \text{肥料当季利用率}}$$

由上式可知,欲用此法配方施肥,必须掌握五大参数。其中,计划产量、土壤供肥量和肥料利用率等三个参数是关键,必须通过田间试验取得。由于养分平衡法的直观性,易为基层农户理解和接受,故在我国配方施肥中占有重要地位。本书所介绍的配方施肥主要根据养分平衡式,再融入测土施肥参数,以期给广大读者在施肥实践中一些有用的参考。

农作物营养诊断法:是建立在植物营养化学和相应的分析化学基础上的一种诊断施肥技术。判定土壤中营养物质丰缺与否,最可靠的信息,莫过于农作物自身的反应。在农作物生长期,对植株组织进行养分分析,以了解其营养是否丰缺,并用肥料加以调整。前述三种方法都是在农作物播种前确定施肥量,而这种“产前定肥”的最大弊病在于农作物主育期如遇不测而失产,使肥料浪费。而营养诊断法则是在生长期诊断后提出分段施肥建议,显然,“产中定肥”比“产前定肥”要优越得多。广东省水稻“氮调”法就是在水稻生育期诊断3~5次,再提出氮肥分段施用量,其增产节肥效果往往是其他方法不可比拟的。农作物营养诊断法在我国南方诸省开展较为普遍。

事实结果表明,各地出台的配方施肥技术并不拘泥于上述四种方法,绝大多数是互相嫁接而成的混合方法,它显示出我国配方施肥工作者的聪明才智,既丰富了肥料科学的内涵也为农业生产做了贡献。

养分平衡法

二十一世纪科技兴农实用丛书

养分平衡法是国内外配方施肥（平衡施肥）中最基本和最重要的方法。

在施肥条件下农作物吸收的养分来自土壤和肥料。养分平衡法中“平衡”之意就在于土壤供应的养分满足不了农作物的需要，就用肥料补足。譬如，我们计划亩产粮谷 500 公斤，而某一农田只能供应农作物 300 公斤产量需要的养分，那么尚有 200 公斤产量所需养分必须通过施肥来解决。施肥量不足，达不到预期目的；施肥量过多，就会造成浪费，甚至发生肥害而减产。因为养分平衡法采用计划产量需肥量减去土壤供肥量得出施肥量的计算方法，故本法亦称“差减法”，有人也称此为“差值法”或“差数法”。

养分平衡法计量施肥原理是著名的土壤化学家曲劳 (Truog) 于 1960 年在第七届国际土壤学会上首次提出的，后为司坦福 (Stanford) 所发展并试用于生产实践。若用算式表达，即是

$$\text{某养分肥料} \text{的合理用量} = \frac{\text{一季作物的总吸收量} - \text{土壤供肥量}}{\text{肥料中有效养分含量} \times \text{肥料养分的当季利用率}}$$

式中，一季作物的总吸肥量 = 生物学产量 × 某养分在植株