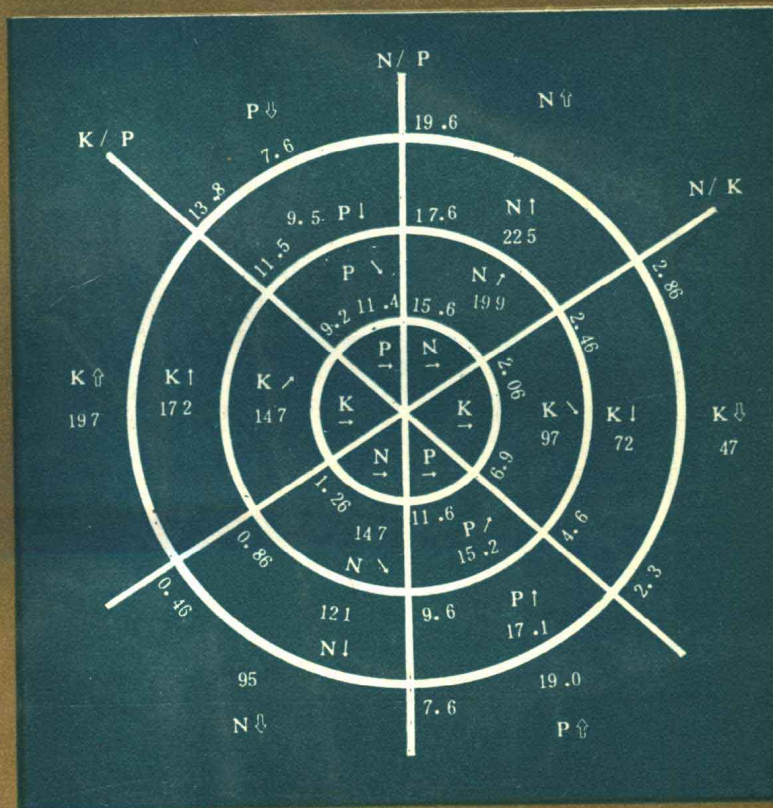


金耀青 张中原 编著

配方施肥方法及其应用



PEIFANGSHIFEIFANGFAJIQIYINGYONG

辽宁科学技术出版社

配方施肥方法及其应用

金耀青 张中原 编著

辽宁科学技术出版社

(辽)新登字4号

配方施肥方法及其应用

Peifang Shifei Fangfa Jiqi Yingyong

金耀青 张中原 编著

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)

辽宁省新华书店发行 沈阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15¹/₂ 字数: 342,000

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

责任编辑: 栾世禄 周文忠 版式设计: 李 夏

封面设计: 邹君文 责任校对: 周 文

印数: 1—3440

ISBN 7-5381-1600-1/S·224 定价: 11.50元

序

配方施肥是我国80年代形成的农业新技术。这一技术的推广应用，标志着我国农业生产中科学计量施肥的开始。

在全国第二次土壤普查工作基本完成之后，广大土壤肥料工作者把目光转向对普查成果的应用上，开展了肥料效应试验和土壤有效养分测定，并已获得了极为丰富的施肥参数和模型，用于生产，增产节肥效益十分明显，深受广大农民欢迎。农业部已将配方施肥列入今后农业生产中重点推广项目之一。配方施肥也为农业化学的教学和科研工作找到了立足点。

建立在田间试验、土壤测定和植物营养诊断三大分支学科基础上的配方施肥技术，在研究和应用中免不了带有学术观点上的倾向性，导致现有配方施肥方法的多样化。仅就1986年统计，全国各地出台的方法已达60余种之多。这一现象固然说明了土壤肥科学术界的繁荣局面，同时也给关心和从事这一工作的农业技术人员，在认识配方施肥和应用这一技术中带来一些困难。为使配方施肥深入发展，并在更广泛的范围内推广应用，需要有一本这方面的书籍以供参考。《配方施肥方法及其应用》一书将有助于解决上述问题。

本书共分九章。在概述里系统地介绍了配方施肥的定义和内容，作用和原理，方法和功能，使读者可以了解配方施肥的全貌。以后各章节里，分别介绍了我国配方施肥中常用的方法和参数，以及各种方法之间的相互联用，供从事这项工作的科技人员结合本地区具体情况选用。本书所引用的资料几乎全部是80年代全国各地的配方施肥研究和应用报告，增强了内容的新颖性。文后附有主要参考文献，以供读者追踪参考。本书将有机肥料计量施用专列一章，充分体现了肥料配方是以两大物质为基础的，使配方施肥不单为了增加农作物产量，而且可使农田土壤得以培肥。肥料效应函数配方施肥一章，以大量的肥料效应回归方程式为根据，说明试验设计和重复的必要性。从优化原理出发处理非典型式，使无用变有用。这里既反映了作者的学术观点，事实上有助于解决这一令配方施肥界深感困惑的问题。为普及微机在配方施肥中的应用，在本书的最后一章里专门介绍了各种参数和方程的计算程序，体现了本书内容的先进性和实用性。全书文笔流畅，深入浅出，可读性强。

本书的作者金耀青教授，从事“配方施肥”教学多年，并致力于这方面的科普工作，张中原高级农艺师，在配方施肥研究和推广中有诸多创见，成绩卓著。两位作者在配方施肥工作中密切合作十余年，并共同指导硕士研究生，值得称道。《配方施肥方法及其应用》一书是教学科研与生产实际相结合的结晶。谨识如上以代序言。

王方维于沈阳农业大学

前 言

配方施肥是我国施肥技术的一项重大改革。自80年代以来，农业部曾多次举行全国性工作经验交流会和技术研讨会，并制定了“配方施肥技术工作要点”，有力地推动了全国配方施肥技术的研究和应用，取得了明显的经济效益、社会效益和生态效益。

本书的作者沈阳农业大学土化系金耀青教授和沈阳市土肥工作站张中原高级农艺师，多年从事配方施肥技术的研究和推广工作，取得了不少重要成果，并多次在全国交流，成绩显著，在全国较有影响。他们编著的这本书，内容丰富，理论联系实际，深入浅出，具有较高的学术水平和实用价值。

本书的出版，将有助于在深度和广度上优化配方施肥技术，提高我国科学施肥水平。

农业部农业司

全国土肥总站

1993年5月

目 录

序	
第一章 概 述	1
一、配方施肥的定义	1
二、配方施肥的理论依据	2
(一) 肥料效应报酬递减律	2
(二) 土壤最小养分律	2
(三) 养分归还(补偿)学说	3
(四) 生产因子的综合作用	3
三、配方施肥的作用	4
(一) 增产增收效益明显	4
(二) 培肥地力保护生态	5
(三) 协调养分提高品质	5
(四) 调控营养, 防治病害	6
(五) 有限肥源的合理分配	6
四、配方施肥方法分类	6
(一) 按科学基础分类	7
(二) 按定量水平分类	9
第二章 养分平衡法配方施肥	11
一、农作物目标产量	11
(一) 以地定产	12
(二) 以水定产	16
(三) 以土壤有机质含量定产	17
二、农作物需肥量	19
三、土壤供肥量	21
四、肥料利用率	23
(一) 施肥量对肥料利用率的影响	25
(二) 土壤肥力对肥料利用率的影响	26
(三) 土壤水分对肥料利用率的影响	27
五、肥料中有效养分的含量	27
六、确定施肥量	31
七、养分平衡法在配方施肥实践中的应用	32
(一) 养分平衡—测土配方施肥	32
(二) 肥料效应函数—养分平衡配方施肥	32

(三) 养分平衡—农作物营养诊断配方施肥·····	33
(四) 养分平衡法在肥料规划中的应用·····	33
第三章 土壤肥力指标法 配方 施肥·····	35
一、土壤肥力指标法的由来·····	35
二、土壤有效养分存在的主要形态及其浸提剂·····	36
(一) 土壤有效氮测定目标及其浸提剂·····	37
(二) 土壤有效磷测定目标及其浸提剂·····	37
(三) 土壤有效钾测定目标及其浸提剂·····	39
三、土壤有效养分量与农作物产量效应的相关研究·····	40
(一) 生物法·····	40
(二) 同位素A值法·····	42
四、确定土壤肥力指标的校验研究·····	43
(一) 确定土壤肥力指标的步骤·····	43
(二) 确定土壤肥力指标的实例·····	44
(三) 土壤肥力指标的实质及其特点·····	45
五、根据肥料效应函数确定配方 施肥量·····	49
六、土壤有效养分校正系数法配方 施肥·····	52
(一) 土壤有效养分校正系数的由来·····	53
(二) 土壤有效养分校正系数的测定步骤·····	54
(三) 土壤有效养分校正系数法配方施肥实例·····	57
(四) 对土壤有效养分校正系数法的评价·····	59
第四章 土壤饱和吸附法配方 施肥·····	61
一、土壤吸附等温线法·····	62
(一) “标准浓度”与“标准需磷量”·····	62
(二) 土壤对磷吸附等温线与最大吸附量·····	62
(三) 以土壤的 $\alpha_{0.5}$ 值推算磷肥施用量·····	65
二、土壤的磷酸吸收系数法·····	65
(一) 土壤磷酸吸收系数的测定·····	66
(二) 物理性粘粒含量对土壤磷酸吸收系数的影响·····	66
(三) 关于磷肥施用计量的建议·····	66
三、磷肥指标法(临界值法)·····	67
(一) 磷肥指标法计量施磷公式·····	68
(二) 磷肥指标值的测定·····	68
(三) 确定磷肥施用量·····	69
(四) 指标法(临界值法)在配方施肥实践中的应用·····	69
四、氮肥分期定量补差用肥法·····	70
(一) 关键施氮时期·····	70

(二) 土壤速效氮与测土深度	71
(三) 土壤速效氮临界值	71
(四) 土壤速效氮诊断指标和测定方法	71
第五章 微量元素肥料配方施肥	72
一、农作物的大量元素与微量元素肥料肥效的特点	72
二、确定微量元素肥料用量和配方的方法	73
(一) 坐标法	73
(二) 抛物线法	73
(三) 田间试验—肥料效应函数法	74
三、土壤微量元素有效养分丰缺参考指标	75
四、地区性土壤有效态微量元素丰缺指标	76
五、关于施用微量元素肥料的建议	76
第六章 农作物营养诊断法配方施肥	78
一、营养诊断指标法	78
(一) 养分临界值	79
(二) 养分丰缺指标	79
(三) 营养诊断项目及方法	80
(四) 各种农作物氮、磷、钾营养诊断指标	80
二、营养诊断施肥综合法 (DRIS法)	85
(一) DRIS 法基本内容及诊断标准	85
(二) DRIS 法计算施肥次序	87
三、以调控土壤供氮指标为主体的水稻高产施肥法	90
(一) 水稻“氮调”法的理论基础	91
(二) 水稻“氮调”法参数	91
(三) 水稻“氮调”法测定举例	94
(四) 水稻“氮调”法效益及增产机理	94
(五) 对水稻“氮调”法评价	95
第七章 有机肥料的计量施用	97
一、土壤有机质培肥指标	98
二、土壤有机质矿化率	99
三、有机物料的腐殖化系数	102
四、根茬有机物料残留量	106
五、有机肥(物)料施用量计算	108
(一) 黄淮海地区农田土壤有机质平衡计算	108
(二) 辽宁省有机肥(物)料计量施用简易算式	109
(三) 广东省土壤有机质平衡式	110

六、加强有机肥料建设	111
第八章 肥料效应函数法配方施肥	114
一、肥料效应函数	114
(一) 肥料的增产效应	114
(二) 配方施肥参数	120
(三) 有限肥料的合理分配	124
二、肥料效应的试验设计	126
(一) 常规设计	126
(二) 试验的回归设计	127
三、肥料田间试验的重复	134
四、非典型肥料效应函数的判别与优化	136
(一) 非典型效应函数的类型	137
(二) 非典型效应函数的判别	140
(三) 非典型效应函数产生的原因	142
(四) 非典型效应函数的应用	142
(五) 非典型效应函数的优化方法	143
五、综合效应方程的配置及其应用	145
(一) 回归系数平均法	146
(二) 分类回归综合法	148
(三) 多因素聚类综合法	149
六、肥料效应回归方程在其它配方施肥方法中的作用	150
(一) 最佳施肥量与测土值的关系	151
(二) 最佳施肥量与基础产量和测土值的关系	155
(三) 肥料效应回归方程与养分平衡法诸参数的关系	156
第九章 配方施肥试验结果的数据处理	159
(附PC-1500计算机计算程序)	
一、简单的直线相关	159
二、非线性相关	163
(一) $y = a + bx^{0.5}$	163
(二) $y = x / (a + bx) + c$	165
(三) $y = (a + bx) / x$	167
(四) $y = a \cdot b^x$	169
(五) $y = a \cdot x^b$	171
(六) $y = a + b \cdot \lg x$	172
(七) $y = ax \cdot e^{bx}$	174
(八) $1/y = a + b/x$	176
(九) $y = 1/(a + bx)$	177

(十) $y = k/(1 + m \cdot e^{-ax})$	179
(十一) $y = a \cdot e^{bx}$	182
(十二) $y = a \cdot e^{b/x}$	183
(十三) $y = 1/(a + b \cdot e^{-x})$	185
(十四) $y = 1/(ax^b)$	186
(十五) $y = a \cdot e^{bx^2}$	188
(十六) $y = ax + bx^2$	189
(十七) 指数方程	191
三、二次多项式	197
(一) 一元二次三项式	197
(二) 二元二次多项式	201
(三) 三元二次多项式	210
四、非典型效应函数的优化	233
主要参考文献	235

第一章 概 述

进入80年代以来,我国的社会主义现代化建设和人口增长对农业生产提出了更高的要求。如何科学施用分配到每一地块上的肥料,以获得最大的增产效应,是我国广大农业科技工作者的重要任务之一。

建国40多年来,我国的肥料工作,在广辟肥源、增施肥料、培肥地力、改革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,虽有诸多创造,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,施肥太多凭借经验,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。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基本结束之后,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的进展。这一工作首先在湖北、广东两省展开,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、作物需肥规律以及肥料效应结果,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省、市、自治区和科研单位肥料工作的专家,就配方施肥的科学性、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。经过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,使配方施肥工作迅速发展。1986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当前施肥技术上一项富有成果的革新,并对已出台的63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。

一、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赋以不同的名称,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,使肥料施用上计量化和配方化。为便于理解和推行,原农牧渔业部农业局将此统一定名为“配方施肥”。

沂水会议上,由11位专家将“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”的任务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，以及施用追肥的次数、时期和用量等。因此，我国的“配方施肥”（Prescription-fertilization）较通常所说的“推荐施肥”（Recommendation fertilization）有更广泛的内涵。

二、配方施肥的理论依据

配方施肥是一项科学性很强的综合性施肥技术，它涉及到作物、土壤、肥料和环境条件，其理论依据主要有以下几方面：

（一）肥料效应报酬递减律

报酬递减律是个经济定律，广泛应用于工业、农业以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。著名的德国农业化学家米采利希(E. Mitscherlich)深入地研究了施肥量与产量的关系后发现：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，作物产量也随之增加，但作物的增产量却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。通过燕麦试验结果，“肥料报酬递减规律”可用数学公式表达： $y = A(1 - e^{-cx})$

这就是著名的米氏公式。式中： x ——肥料用量； y ——由一定施肥量所得到的产量； A ——足量肥料所得的极限产量； e ——自然对数； c ——肥料系数。这一公式概括了极限产量之前施肥量和产量之间的关系，经实践检验，证明它有普遍性。数学介入施肥科学，开创了计量施肥的新纪元。在米氏公式之后，尼克莱—缪勒提出了描述施肥过量时产量与施肥量之间的数学模型： $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$

式中： y ——产量； x ——施肥量； b_0 、 b_1 、 b_2 ——回归系数，其中 b_0 为不施肥时的产量， b_1 为施肥的增产趋势， b_2 为抛物线的曲率，正常情况下为负值，表示施肥过量，作物产量下降。

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上述公式规律。我国近几年来广泛应用的肥料效应函数配方施肥，就是根据报酬递减规律及其算式计算施肥量的。

（二）土壤最小养分律

农业化学的奠基人、德国著名的农业化学家李比希(J. V. Liebig)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最小

养分，以便把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平衡性。在1941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，判定各种养分的肥力等级，择其缺乏者施以某种养分肥料，或者是通过肥料效应试验，从肥料效应回归方程中的系数来判定哪一种养分肥料增产效果最明显，以便采取施肥对策。

（三）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，保持土壤养分的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，而钾养分元素和微量养分元素归还不足，需要依靠有机肥料来解决。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导，几乎全国各地均有缺乏某些微量营养元素的报导。这些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。配方施肥中的养分平衡法在一定程度上体现了这一原则。

（四）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。这里，我们可用函数式来表达作物产量与环境因子的关系： $y = f(N, W, T, G, L)$
式中： y ——农作物产量； f ——函数的符号； N ——养分； W ——水分； T ——温度； G —— CO_2 浓度； L ——光照。此式言意是农作物产量是养分、水分、温度、 CO_2 浓度和光照的函数。要使肥料发挥其增产潜力，必须考虑到其它四个主要因子。一个非常明显的例子是肥料与水分的关系，在无灌溉条件的旱作农业区，肥效往往取决于土壤水分，在一定的范围内，肥料利用率随着水分的增加而提高。配方施肥实践中即使肥料计量很准确，在水分不定的情况下亦难实现其目标产量。从另一个角度看，五大因子应保持一定的均衡性方能使肥料发挥应有的增产效果。五大因子遵循乘法法则，以决定作物产量的多寡。假设，各个因子都百分之百（等于1）地满足农作物要求，则农作物将会获得一个极限产量（百分之百的产量潜力）；如果诸因子只能满足农作物所要求的80%，则农作物的产量只能达到其极限产量的32.8%，这一参数是从下式计算而得：

$$y = \left(\frac{80}{100} \right)^5 = 32.8\%$$

式中： y ——农作物极限产量的百分率（即相对产量）， $\left(\frac{80}{100} \right)^5$ ——五大因子各自80%的乘积。

为此，配方施肥不单考虑肥料的计量和配方，还要考虑另外四个因子。可以说，配方施肥要有系统工程的观点。

三、配方施肥的作用

(一) 增产增收效益明显

配方施肥是一项先进的科学技术，在生产实践中推行后，首先表现有明显的增产增收作用。这里，具体又分几方面：

1. 调肥增产：在不增加化肥投资的前提下，调整化肥 $N:P_2O_5:K_2O$ 比例，起到增产增收作用。我国化肥结构失调，呈“氮多、磷少、钾缺”状态，各省、市、县、乡亦不例外。多年来偏施单一肥料的结果，使土壤养分失衡，农作物产量受土壤中“最小养分”制约，即使施用大量的氮肥或磷肥，增产效应甚微，肥料投资所获得的报酬日趋降低。通过配方施肥中的土壤养分测定和肥料效应试验结果，调整化肥施用比例，消除土壤养分障碍因子，就可获得明显的增产效果。例如，湖北省黄冈县农业局推行平衡施肥法，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，使该县的稻谷生产效率提高了64%。又如，辽宁省昌图县通过测土施肥，把该县化肥 $N:P_2O_5$ 从1980年的1:0.28调整到1983年后的1:0.56，是昌图县粮食产量连续三年稳步增长的主要措施之一。

因各省、市、县、乡化肥结构失调的面积最大，故调肥增产作用最为明显。80年代中、后期，国家对化肥结构虽作了些调整，但还有相当的地区化肥结构仍不尽合理，农田偏施某一化肥的习惯仍很普遍，故调肥增产的潜力很大。

2. 减肥增产：一些经济比较发达、农作物产量水平很高的地区，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。通过配方施肥技术，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用量减少40%左右，水稻单产比传统施肥法还提高10%以上，这是减肥增产的范例。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，大部分老菜田多年超量施磷，又经常浇灌人粪尿水，土壤有效磷(P_2O_5)达到82—115mgkg⁻¹，磷素肥力水平极高，经建议不施磷肥，秋白菜单产仍保持原有水平，每亩还减少了18元磷肥投资，经济效益十分明显，这是减肥平产的典型。

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施肥点，或者土壤最小养分已成为限制产量提高的因子时，合理增加肥料用量或配施某一养分元素肥料，可使农作物大幅度增产。国内各地施用某些微量元素肥料，增产效果十分明显，这就是增肥增产的实例。陕西省农业科学院土壤肥料研究所通过配方施肥试验，发现素称不缺钾的壤土农田施用钾肥，农作物有明显的增产效应。又如，近几年辽宁省酸性棕壤亩施石灰50—75公斤，粮豆增产15—23%，这也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、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%，高的达20%以上，平均亩增产粮食25—50公斤，棉花5—10公斤，花生、油菜籽15—30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10%。经济作物如麻类、瓜果、蔬菜等作物增产效果尤为明显。

（二）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，提高土壤肥力方面。平衡施肥结果，土壤养分障碍因子得以消除，也是培肥标志之一。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 $5mgkg^{-1}$ ，农作物产量始终徘徊在250—300公斤/亩之间。配方施肥技术推行以后，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 $15mgkg^{-1}$ 左右，农作物产量水平也很快提高。沈阳市新城子区大辛二村4000亩农田，连续10年坚持有机肥、化肥配合施用，化肥抓配方，农肥抓秸秆直接还田和城粪，土壤有机质从1.68%提高到2.10%，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，现在减少到每年施用化肥70吨，节省化肥投资18.7万元，而玉米单产突破600公斤。河南省博爱县界沟乡连续五年施行配方施肥，全乡土壤肥力有明显提高，土壤有机质增加0.21%，碱解氮增加 $14mgkg^{-1}$ ，有效磷增加 $5.2mgkg^{-1}$ ，有效钾增加 $18mgkg^{-1}$ ，土壤理化性状得到改善。

配方施肥中，不论采取肥料效应函数法还是采取测土施肥法或养分平衡法，都是以确保实现农作物一定的目标产量决定施肥量施于土壤，一部分供应农作物营养需要，一部分残留于土壤，使被农作物携出的养分得于补偿，而且还有多余。以磷肥为例，20%被农作物吸收，80%残留，肯定会使土壤有效磷和全磷逐渐提高。氮肥是很活泼的营养元素，40%被农作物吸收利用，25%残留，35%损失，其残留部分似不能补偿农作物携出的部分，但可在施用有机肥料的情况下得以解决。有机肥氮的利用率20%，余下大部分以有机态残留。由此也可得到启示，要提高土壤氮素肥力，必须以提高土壤有机质含量为前提。由此可知，配方施肥不仅能带来明显的经济效益，而且还可提高土壤肥力，寓生态效益于其中。

（三）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。由于肥源结构方面的原因，我国广大农村偏施氮肥的现象相当普遍，久而久之，造成土壤供应养分失衡，不利于农作物营养需要，最终不仅表现在有损于产量，而且还殃及产品质量。北京、沈阳等城郊秋白菜中 NO_3-N 的含量有的竟超过 $1250mgkg^{-1}$ ，高于符合食品卫生标准 $250mgkg^{-1}$ 的4倍，这是在秋白菜生育后期超量偏施氮肥造成的。其他作物亦有类似情况。配方施肥的作物，农艺性状得到改善，产品品质亦有提高。一般表现在稻、麦分蘖早、成熟早，有效穗和穗粒数多，千粒重增加；油菜植株挺拔不易倒伏，结荚满尖而饱满，单株角果数、角粒数、千粒重都有增加；棉花衣分、绒长和铃重显著提高，蕾铃脱落率降低。据农业部农业局的汇总资料，配方施肥与习惯单施氮肥比较，小麦早返青4—5天，早分蘖3—4天，早齐穗3—5天，早成熟3—4天，每亩增加有效穗4万到5万个，增加穗粒数5—7粒，增加千粒重1—3克。棉花

衣分提高1.3—3.4%，绒长0.4—1.6毫米，单铃重0.1—0.4克。北京市报导，配方施肥的西瓜甜度增加2度。

（四）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是由于偏施氮肥而加重的。近十年来，北方玉米、水稻缺锌症十分严重，玉米“花白叶”、水稻矮化等都是缺锌的表症。这一现象不能不归咎于磷肥的施用，尤其是磷酸二铵的施用，供磷强度过大虽有利于农作物，但因磷、锌拮抗的客观事实，引起作物缺锌症加剧。如果在施用磷肥的同时，配施少量锌肥，问题便迎刃而解。偏施氮肥，水稻胡麻叶斑病、褐色叶斑病及棉花枯萎病病情指数剧增，显然是由于缺钾所致。据湖北省黄冈、新洲等县调查，实行配方施肥的早稻“胡麻叶斑病”发病率由45.2%减少到2.9—9%，棉花枯萎病发病率由56%下降到5%左右。另外，在缺硼土壤上配施硼肥，对防治棉花蕾而不花、油菜花而不实、小麦“亮穗”等生理病症均有显著的效用。

（五）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各种土壤上的一元或二元肥料效应回归方程，致使各地的肥效有可比性，为区域间、作物间合理分配有限肥源提供了确切的依据。由于地区间或农作物种类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。这里不妨援引第二次世界大战时期英国本土的战时肥料分配制度，为使当时英伦三岛自产化肥取得最大增产潜力，英国当局以肥料效应回归方程进行分配肥料，获得了极为理想的效果。中国农业科学院土壤肥料研究所主持的化肥试验网，得到了几千个肥料试验结果，为我国的化肥生产、各大区肥料效应和八大主要作物的三要素肥料的最佳量配方提供了可靠的依据。吉林、辽宁等省农业科学院土肥研究所也已获得了不同地力上主要农作物二元肥料效应函数，对省内有限化肥资源合理分配的指导作用是不言而喻的。虽然，现时我国化肥资源分配机制尚不尽人意，有待改革，但是今后必将以肥料效应函数为依据进行分配，以取得最佳的宏观效果。

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，1989年我国已有1800个县配方施肥5.4亿亩次，直接经济效益50亿元左右。配方施肥已成为我国现时农业生产中一项必不可少的科学技术。

四、配方施肥方法分类

在1986年沂水会议上，全国各地推出的配方施肥方法有63种之多。然而，众多方法也给各地基层技术人员在方法择优上带来了困难，甚至造成了一些不应有的片面认识。为此有必要对几十种配方施肥方法的系统分类进行讨论。

（一）按科学基础分类

就国内外推行的配方施肥或推荐施肥诸法的科学基础而论，不外乎肥料效应函数、测土施肥和农作物营养诊断等三大方法系统。它们均有各自的出发点和基本原理，在学术上称为观点或学派。

1. 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。将农作物产量视为肥料的生产函数，在有代表性的地块上设置一元、二元或多元肥料效应试验，获得与各施肥量（或组合）相应的农作物产量，用回归统计方法配置出一元二次、二元二次或多元二次肥料回归方程式，然后用导数法算出最高产量施肥量、最佳施肥量和最大利润率施肥量等配方施肥参数。二元、多元二次回归方程式还可开发出肥料间的交互效应和肥料边际代替率等重要信息。本法具直观、准确的特点，往往是其他方法所不及的。区域间、作物间的肥料效应回归式具可比性，为主管部门进行有限化肥的合理分配提供了决策依据。上面已提到，由中国农业科学院土壤肥料研究所主持的全国化肥试验网(1983, 1987)结果，为我国化肥结构改革和肥料合理分配起到了难以估量的作用。吉林、辽宁、河北、山西、四川等省有关部门各自主持的肥料效应试验结果，业已成为各省配方施肥的主要依据。从全国范围看，肥料效应函数试验的设置北方多于南方，旱田多于水田，粮食作物多于其它作物。

肥料效应函数法也有其自身的局限性。试验周期长，耗用经费多，年份间重现性差，不可能在每一块农田上进行。肥料效应回归方程式本来具备对代表性农田指导配方施肥的微观功能，但被现实生产体制下高度分散经营的地块和肥力差异抵消。可以设想，一个县或一种农作物区只有几个或一个肥料配方模型，未免有些粗放。因此，肥料效应回归方程式主要是起着肥料宏观调控的功能，或对区域性施肥起决策作用。

世界上肥料效应函数研究要追溯到上个世纪初叶。德国农业化学家米采利希(1910)提出的“米氏方程”揭示了肥料效应遵循报酬递减规律之后，各国纷纷投入这一研究，并建立了用于指导施肥的肥料效应回归式。联合国粮农组织(FAO)至今仍将这些公式推荐给一些国家和地区，用于指导施肥。我国肥料效应函数研究起步较晚，1978年始见报告。到80年代，由于配方施肥的需要，我国肥料效应的研究与应用发展极其迅速，农业院校亦将这一内容纳入教学大纲。大量的肥料效应回归方程式当推中国农业科学院土壤肥料研究所系统，借助于现代试验设计和微机技术，加速并完善了这方面的研究与应用，这方面，陶勤南、张宁等提出的试验设计和微机程序为国内同行所采用，推动了这一技术的发展。此项研究，我们可用“起步晚，进展快，成果大，问题多”概括。问题之一是没有重复的试验设计，能否适用于田间条件下进行的农业生物试验？1983年中国土壤学会农化学术会议上就有人提出过这个问题。现代回归设计尽管对试验无重复进行了理论上的解释，但事实并非如此。沈阳市土肥工作站张中原等(1990)对二次多项式肥料试验中设置重复与小区排列进行了研究，证实设置重复是必要的，它可以提高试验精度，减少非典型式的出现率（见本书第八章）。问题之二是多元肥料效应回归方程出现了相当比例的非典型式。王兴仁(1986)对179个二元二次肥料效应回归方程式进行了研究，发现远外推值、负值、中间值的非典型式占60%，它何不能用于配