

平衡施肥技术丛书

PINGHENG SHIFEI JISHU CONGSHU

平衡施肥技术

黄元仿 贾小红 编著



化学工业出版社

应用化学与“三农”读物出版中心

平衡施肥技术丛书

平衡施肥技术

黄元仿 贾小红 编著

化学工业出版社

应用化学与“三农”读物出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

平衡施肥技术/黄元仿, 贾小红编著. —北京:
化学工业出版社, 2001.10
(平衡施肥技术丛书)
ISBN 7-5025-3480-6

I. 平… II. ①黄…②贾… III. 施肥-技术
IV. S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 070259 号

平衡施肥技术丛书

平衡施肥技术

黄元仿 贾小红 编著

责任编辑: 王蔚霞 汪舵海

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

应用化学与“三农”读物出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市云浩印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 6 字数 126 千字
2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3480-6/S·100

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版者的话

科学合理的施肥是保证作物优质高产的基础。随着国家种植业结构的调整 and 人们环保意识的提高，平衡施肥技术在全国范围内得到进一步的重视。为此，我们组织了北京市农技推广站、北京市农林科学院、中国农业大学等单位具有丰富的理论和实践经验的专家、技术人员合作编写了这套《平衡施肥技术丛书》，旨在指导广大农村技术人员和农民推广平衡施肥技术，在追求作物高产的同时，提高作物品质，在追求最佳经济效益的同时，注意施肥中的环境保护问题。

本套丛书包括 5 个分册，涵盖平衡施肥中的几个热点领域，在编写过程中，力求技术先进，内容全面，图文并茂，通俗易懂。殷切希望使用本套丛书的读者随时向我们提出宝贵的修改意见，以便我们再版修订时使之臻于完善，使之真正成为广大农村技术人员和农民朋友的良师益友。

化学工业出版社

2001 年 3 月

序

中国人口众多，为满足人民日益增长的食物和纤维需求，开发耕地后备资源和提高单产是必由之路。由于我国的耕地后备资源有限或相对不足，单产的提高一直是农业科学家和广大农民的奋斗目标。纵观我国农业生产发展的历史和现状表明，施肥是一项最有效、最重要的增产措施。横观世界范围内现代农业发展的历程也是如此，根据联合国粮农组织（FAO）对41个国家18年的数据统计，化肥对农作物产量的增产作用占到40%~60%，最高可达到67%。

资源与环境是当今世界的两大主题，现代农业正在走向可持续发展的道路。不合理施肥不仅会造成资源的浪费，还会引起环境污染等负面效应，影响农业的可持续发展。随着农作物产量的大幅度提高，作物从土壤中带走更多的养分，不断地打破土壤的地力平衡。平衡施肥技术就是旨在弥补作物从土壤中带走的养分、平衡土壤养分的投入与产出，维持土壤系统的可持续生产能力。

现代农业不仅要求“高产”，同时，也追求“高效”和“优质”，达到广大农民增产增收的目的。随着我国加入世界贸易组织（WTO）的临近，面对即将来临的世界性挑战，农产品、化学肥料及农业生产的“优质”和“高效”更显重要。施肥既是农业生产管理中的重要环节，又与作物品种、耕作、灌溉等各项措施之间存在着相互配套和相互制约的关系，只有综合考虑与平衡施肥技术相适应的其他配套措施，才能实现农业

的“高产”、“高效”、“优质”。

本书全面阐述了平衡施肥技术的发展及其理论依据，也涉及了植物营养学基础及有关肥料学的基本知识。在介绍平衡施肥技术内涵的基础上，也阐述了主要农作物和不同种植类型的平衡施肥技术。书中最后一章是农业高新技术在平衡施肥中的应用展望，代表了当今科学施肥的主要发展方向。全书内容丰富，深入浅出，既有科学施肥的技术原理，也有生产实际中的实用技术。

我愿意将此书推荐给广大肥料工作者，尤其是广大农技推广人员和农民技术员。同时，它也可以作为我国农业大中专院校资源环境、农学、园艺和农经等专业师生的教学参考书。

曹一平

(中国农业大学资源环境学院)

2001年8月

前 言

肥料是农业生产中一项至关重要的生产资料，在粮食增产中起着重要的作用。据有关部门测算，在化肥、农电、农机和水利等农业技术进步因素中，化肥的贡献率高达 52%，是农业生产发展中重要的因素。从历史上看，我国粮食产量的增长与化肥使用量的增加紧密相关。但在我国的生产实践中，盲目施肥还比较普遍，有些农户施肥“四不分”：不分土壤类型、不分肥料品种、不分生育阶段、不分水旱田。轻重不平衡：重化肥轻有机肥；重用地轻养地；重产出轻投入，不施肥的“卫生田”依然存在；重氮、磷轻钾、微；重高产地轻中低产地，而生产实践中，1 千克纯养分在高产地上平均可能增产 4.5 千克粮食，在中低产地则可能增产 9.4 千克。随着市场经济的发展，不少农户对土壤有机肥的投入量明显减少，只靠“化肥飘飘、氨水浇浇”来维持作物产量。在有机肥的施用上存在以下问题：“黄的”（人粪尿）不要；“粗的”（土杂肥）不挑；“绿的”（绿肥）不种；乱烧秸秆。正因为如此，有机肥的施用面积和数量减少，城市粪肥很少利用，秸秆还田率低，土壤肥力下降，影响了农作物的持续增产。

科学实验与实践证明，化学肥料与有机肥料配合使用，氮、磷、钾、微肥同等重要，并注意与施肥配套的其他农艺措施（如土壤改良、灌水以及优良品种的选用等），这样既可增加作物产量，又能提高土壤肥力。

本书可为广大肥料工作者和农民技术人员在科学施肥实践中提供参考，共分为七章：第一章为概述，阐述平衡施肥产生的必然原因、平衡施肥的定义与内容、发展前景以及推广平衡施肥的重要意义；第二章简要介绍植物营养学基础，包括植物必需营养元素、营养元素的主要生理作用与营养诊断、营养元素间的相互作用以及植物吸收营养的途径，还介绍了平衡施肥技术的理论依据，包括养分归还学说、同等重要率和不可替代率、最小养分率、报酬递减率、综合因子率；第三章是有关肥料的基本知识，对有机肥、化肥、微生物肥料、新型肥料的类型与各自特点以及肥料的混合技术分别进行了详细介绍；第四章介绍了平衡施肥需要考虑的因素以及配套措施，包括确定肥料的种类、确定肥料的合理用量、制定合理的施肥时期、确定合理的施肥方法、综合配套措施；第五章为主要作物平衡施肥技术，主要针对单作制度，包括粮食作物、经济作物、蔬菜与瓜类、果树与花卉；第六章则介绍了复种制中的平衡施肥技术；第七章对各种平衡施肥高新技术进行了展望。

在本书编撰过程中，参阅了大量资料，主要参考文献已在书中列出，在此向相关作者表示感谢。书中部分内容也是作者所承担的中澳合作项目“保证农业持续发展和保护环境下的水氮管理”（LWR1/96/164）、国家重点基础研究发展规划项目（973）课题“提高作物抗逆和水分、养分利用效率调控途径的研究”（G1999011709）的阶段研究成果，谨向项目资助单位表示感谢。本书承我国著名植物营养与肥料学家曹一平教授作序，对曹教授的关心与支持深表感谢！此外，吴建繁、陈清、王克武、甄宝生等同志在百忙中抽出时间阅读书稿，并提出宝贵修改意见，在此一并致谢。

由于时间仓促及作者水平有限，书中错误难免，恳请读者批评指正。

黄元仿 贾小红

2001年7月

内 容 提 要

《平衡施肥技术丛书》共分 5 个分册，本书是全套丛书的基础，又是提纲挈领之作。

本书从平衡施肥的发展前景和推广意义入手，简要地介绍了平衡施肥的基础知识、理论和植物营养诊断方法，系统地介绍了肥料的基本类型、特点以及混用方法，平衡施肥需要考虑的因素以及配套措施，主要粮食作物、经济作物、蔬菜和瓜类、果树、花卉等的平衡施肥技术，以及复种制中的平衡施肥技术。最后，对平衡施肥高新技术进行了展望。

本书技术实用，内容全面，以广大基层农村科技工作者、农村干部为读者对象，也可供广大农业种植人员借鉴和参考。

目 录

第一章 概述	1
第一节 平衡施肥的定义与内容	1
第二节 平衡施肥的发展前景与推广意义	5
第二章 植物营养学基础知识与理论依据	10
第一节 植物生长必需的营养元素	10
一、植物生长必需的营养元素	10
二、营养元素的主要生理作用	11
第二节 植物营养诊断	22
一、营养诊断的含义	22
二、常用的营养诊断方法	23
三、养分缺乏症的鉴别	25
第三节 营养元素间的相互作用	26
第四节 植物吸收营养的途径	30
一、根部	30
二、叶面	32
第五节 平衡施肥技术的理论依据	33
一、养分归还学说	33
二、各种营养元素同等重要与不可替代律	33
三、最小养分律	34
四、报酬递减律	35
五、综合因子律	37
第三章 肥料	39
第一节 有机肥	40
一、人粪尿与禽畜粪便	40

二、堆肥	44
三、草炭	46
第二节 化学肥料	47
一、化学肥料的分类	47
二、常用氮、磷、钾肥及其复混肥	48
三、中量元素肥料	52
四、微量元素肥料	55
第三节 微生物制剂	57
一、定义与分类	57
二、作用	58
三、生产工艺	59
四、注意事项	60
第四节 新型肥料	61
一、养分缓释肥料	61
二、叶面肥	66
第五节 肥料的混合	71
一、肥料间的混合	71
二、肥料与农药的混合	72
第四章 平衡施肥需要考虑的因素以及配套措施	74
一、确定肥料的种类	74
二、确定肥料的合理用量	76
三、制定合理的施肥时期	84
四、确定合理的施肥方法	85
五、综合配套措施	86
第五章 主要作物平衡施肥技术	99
第一节 粮食作物平衡施肥技术	99
一、水稻平衡施肥技术	99
二、小麦平衡施肥技术	105
三、玉米平衡施肥技术	110
第二节 经济作物平衡施肥技术	113

- (2) 确定施肥量；
- (3) 根据作物营养特点，确定施肥时期，分配各期肥料用量；
- (4) 选择切实可行的施肥方法；
- (5) 制定与施肥相配套的农艺措施，实施施肥。

平衡施肥法的核心是确定施肥量。施肥量的确定应有一定的预见性，即在作物播种前定量确定作物施多少肥，但也应有一定的灵活性，在作物生长过程中可根据其生长状况和天气变化调整施肥量。平衡施肥就是要考虑农田系统中养分循环的输出和输入因子，使系统中的养分收支平衡，通过配套措施尽量减少对环境不利的支出，提高收获物的产量和品质，参见图 2。

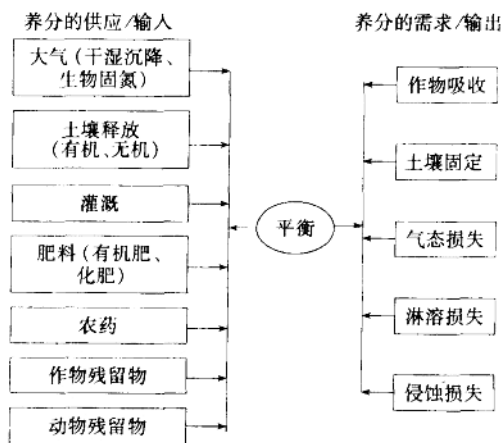


图 2 农田系统中的养分循环平衡控制示意图

平衡施肥是一项综合技术，是在植物营养理论指导下，在土壤科学发展基础上，总结土壤肥料试验资料和土壤调查成果

而建立的。平衡施肥技术发展到今天，并不是简单的施多少肥的问题，而是综合运用各项新技术、新成果，最大限度地发挥肥料的增产潜力。平衡施肥离不开肥料的田间试验和土壤、植株的化学分析。现代化分析、试验手段不仅采用了新的方法设计，而且采用现代化仪器，并运用计算机技术进行数据的采集与处理；为了保证平衡施肥技术及时准确地运用到生产中，也离不开现代化的通讯手段。

在平衡施肥中应充分考虑土壤、肥料和植物三者之间的关系。土壤是作物生长的基础，土壤有别于母质的特性就是其具有肥力。土壤肥力是土壤供给作物不同数量、不同比例的养分，适应作物生长的能力。它包括土壤有效养分供应量、土壤通气状况、土壤保水保肥能力、土壤微生物数量等。土壤肥力状况高低直接决定着作物产量的高低，作物所吸收的养分约60%来自于土壤。肥料是作物的粮食，肥料主要是靠施入土壤改善土壤有效养分供给状况来增加作物产量的，因此应充分考虑不同品种肥料在不同土壤中的反应，采取相应施肥措施，提高作物对肥料的利用率。不同作物种类、同一种类的不同品种对土壤理化性状的要求不同，对肥料的忍耐程度也不同。总之，土壤、植物和肥料三者之间，既是相互关联，又是相互影响、相互制约的。平衡施肥就是通过施肥改善土壤理化性状，最大程度地协调作物生长环境条件，充分发挥肥料增产作用。

平衡施肥不仅要协调和满足当季作物增产对养分的要求，获得较高产量和最大经济效益。从长远的目标出发，还应考虑通过施肥来改善土壤结构，培肥地力，为农业持续稳定发展奠定基础。历史上曾出现农场主进行掠夺式经营，只从土壤带走大量农产品，而不重视施肥来维持土壤养分平衡，致使土壤严重退化的情况，而我国大寨在20世纪50~60年代大兴农田基

本建设,改良土壤、培肥地力,虽然在 20 世纪 90 年代连续遭遇严重自然灾害,仍能维持较高产量。国家再次强调延长土地承包期,就是为了提高农民用地养地的积极性,加强农田基本建设,培肥地力,维持农业持续稳定的发展。增施有机肥,不仅供给作物生长所需要的养分,而且可通过调节土壤有机质含量,改善土壤微生物生长条件,促进土壤团粒结构的形成,增强土壤通气、透水、保肥、保水能力。为实现维持地力经久不衰的目标,平衡施肥仍坚持有机和无机相结合的方针,广开有机肥源,推广先进有机肥生产工艺与施用新方法,促进有机肥的施用。

随着人们生活水平的不断提高,人们已开始重视施肥对环境的影响。不施或少施化肥的绿色食品日益受到人们的欢迎。施肥对环境的污染最主要的有两个方面:一是不合理施用氮肥,使蔬菜和地下水中硝酸盐含量超标;二是个别肥料中重金属或其他有害物质超标,通过施肥使这些有害物质进入人类食物链中。以上两种污染从目前来看,对人类健康的影响并不明显,但从长远来讲,存在着潜在危害,因此,为了保证子孙后代有一个优良的生存环境,也应在施肥过程中重视对环境的保护。

第二节 平衡施肥的发展前景与推广意义

1. 发展前景

土壤肥科学者普遍认为,合理施肥是重要的增产措施。在各项增产措施中,肥料所起的作用占到 30%~50%。在解决当前人类面临的人口增长与粮食及其他农产品短缺这个巨大矛盾的问题上,平衡施肥(国内习惯称为配方施肥)无疑将做出贡献。将有机肥与化肥配合施用;在主要的种植制度中,开展

肥料当季效果、后效经济学和农艺学的评价，从宏观和微观上研究提高化肥利用率；建立和健全肥料示范、推广系统；建立和巩固一批长期定位试验点，进行土壤肥力、肥料效应和施肥对环境影响等方面和系统研究，作为今后的研究重点。

自从 FAO 推荐的斯坦福定肥公式和《肥料对农作物效应的统计学》引进我国后，引起了我国土肥界广泛的兴趣。为了把这个先进成果应用到生产中，我国广大土肥工作者从 1979 年开始，进行了大规模的肥料试验，为合理施肥进行了有益的探索。1983 年，农业部推荐配方施肥以来，全国的施肥便进入了规范化、科学化阶段。平衡施肥在推广应用中，面积逐年扩大，技术不断优化，效果日益明显。目前，已成为实现农业登上新台阶的一项重要增产措施。

目前，我国在平衡配套施肥技术上正朝着下面所述的发展方向努力。

(1) 建立长期的土壤肥力监测和田间肥料试验基地，不断修正平衡施肥的各种参数。参数的优化是不断提高平衡施肥技术的核心。

(2) 理论和实践相结合，试验和生产应用相结合，不断提高平衡施肥的科学性、实用性。就是说，平衡施肥的实践必须以土壤农化理论为依据，而土壤农化也必须在生产中得到检验和修正。比如建立某地、某种作物的施肥模式，必须先经田间试验和生产实践，所得结果经理论分析，求得最佳模式，而后将此模式在生产实践中检验和修正。因此，平衡施肥模式不应该是一个统一的、一成不变的公式。

(3) 运用现代技术手段，不断优化平衡施肥技术。逐步开展土壤、作物、肥效的动态监测，加强信息反馈与应用，进一步收集整理有关平衡施肥、土壤普查、田间试验、化肥区划、

磷面源污染，而在另外一些地区化肥的投入仍明显不足。

目前化肥在我国仍是一种短缺资源，尤其是磷、钾肥严重不足。1991年全国化肥进口量达945万吨，所用外汇达33.5亿美元。增加化肥产量需要巨大的投入，每吨养分按平均投资13000元计，如果再增加700万吨化肥生产能力，需投资1000亿元。因此，今后除应该增加化肥供应外，还需优化化肥资源的区域配置，以发挥有限化肥资源的最大生产潜力和经济效益。必须在分析我国不同区域化肥施用及其增产效果的基础上，研究并提出全国化肥资源区域优化配置方案。

2. 推广意义

我国是一个人口众多的国家，农业生产在国民经济中占有重要地位，是一切经济活动的基础。增加作物总产量，解决人民温饱问题，提高人民生活水平，一方面靠扩大耕种面积，另一方面靠提高单位面积作物产量。根据我国国情继续扩大耕地面积的潜力已不大，决定了我国农产品增产主要靠提高单位面积作物产量。施肥是提高单产主要途径之一，根据联合国粮农组织（FAO）资料，我国农作物增产份额中，施肥约占40%~60%的份额。从20世纪50年代初，我国化肥用量不足8万吨，到1995年已增加到约3600万吨，随着化肥用量增加，作物产量已大大提高，参见图3。

“土壤吃化肥的胃口越来越大”，对施肥技术提出了更高要求，具体体现在以下几个方面。

(1) 经过多年的努力，作物单位面积产量已达到很高水平，作物对养分需要数量加大，通过施肥要补充的元素种类也增多，肥料适用量范围变窄小。通过施肥使作物产量水平再上新台阶，考虑因素增多，难度加大。

(2) 我国已逐步进入市场经济，不仅要增加作物产量，更