

现代 化学肥料学

增订版

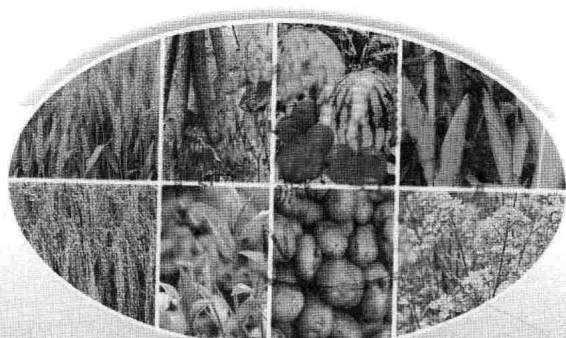
奚振邦 黄培钊 段继贤 编著

 中国农业出版社

现代化学肥料学

增订版

奚振邦 黄培钊 段继贤 编著



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代化学肥料学：增订本/奚振邦，黄培钊，段继贤编著．—2 版．—北京：中国农业出版社，2013. 3

ISBN 978 - 7 - 109 - 17584 - 6

I. ①现… II. ①奚…②黄…③段… III. ①化学肥料—施肥 IV. ①S143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 008781 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2013 年 5 月第 2 版 2013 年 5 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本：850mm×1168mm 1/32 印张：19.375

字数：485 千字

定价：60.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

编写顾问

在本书征询调研和增订版编写过程中，得到我国多位专家学者的鼓励、支持和帮助，特别是下列 12 位资深学者能作为本书的编写顾问，作者由衷感谢！

朱兆良院士（以下以姓名笔画为序）

王运华教授 许秀成教授 李家康研究员

沈其荣教授 张福锁教授 杨玉爱教授

林葆研究员 徐建民教授 曹一平教授

谢建昌研究员 廖宗文教授

序

1840 年德国李比希 (J. V. Liebig) 提出了“植物矿质营养”学说, 奠定了世界化学肥料生产发展与应用的理论基础。1843 年英国鲁茨和吉尔伯特 (Lawes and Gilbert) 首次用兽骨添加硫酸制成过磷酸钙后, 取得世界第一个化肥专利, 并在他们建立的世界第一个长期肥料试验站即英国洛桑试验站 (Rothamsted) 布置了田间磷肥肥效试验, 一直延续至今, 已有 159 年之久。与此同时, 李比希首次发现钾盐可作为一种化肥加以利用, 1861 年在德国斯塔斯富特 (Stassfurt) 建立了世界上第一座钾碱工厂, 生产氯化钾 (KCl)。随后在法国阿尔萨斯 (Alsace)、美国卡尔斯巴德 (Carlsbad)、前苏联索里卡姆斯克 (Соликамск)、加拿大萨斯喀斯温 (Saskatchewan) 等地先后发现巨大的钾盐矿床, 推动了世界钾盐生产的迅速发展。1908 年哈伯 (F. Haber) 第一个获得专利, 建立了合成氨实验室装置, 1913 年德国 BASF 公司正式建成了世界第一套日产 30t 氨的合成氨装置, 为世界氮肥生产与发展奠定了基础。

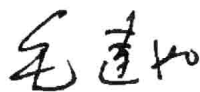
近一个世纪以来, 世界氮、磷、钾化肥在生产上的应用, 推动了 20 世纪世界农业特别是谷物生产的发展。据 FAO 估计, 化肥对农业生产的贡献率达 40%。因此, 化肥对世界农业发展的贡献是无可置疑的事实。

1949 年中华人民共和国成立后, 党和政府特别重视发

展化肥生产，增加谷物产量，发展农业生产，消除贫困和饥饿，取得了重大的成就。其中化肥的贡献是功不可没的。目前我国已是世界化肥生产、使用最多的国家之一。

《现代化学肥料学》是上海农业科学院奚振邦研究员和芭田生态工程股份有限公司黄培钊博士、段继贤总农艺师共同编写的一部介绍现代农业生产中化肥生产、施用理论和技术的著作，也是他们投身土壤农业化学事业数十年，在化学肥料科学的科研、教学、生产、推广服务中长期试验和成果的总结。本书既继承了1994年由科学出版社出版的《化学肥料学》一书中的理论与实用技术，同时又拓展了化肥与生态环境、化肥与土壤肥力、化肥与农产品质量，以及当代节水和设施农业中的喷（滴）灌溉施肥技术等内容。本书将会给读者增加不少全新的视野。深信本书的出版将为全面建设农村小康社会和推进农业现代化进程，在化学肥料科学的概念、理论、方法、技术等方面全方位、多视角地提供新的知识和新的技术服务。

中国农业大学植物营养学教授
中国植物营养与肥料学会副理事长



2013年1月25日

增订版前言

农谚“有收无收在于水，收多收少在于肥”深刻地道出了水、肥对农作物生产的绝对重要性。化肥作为现代农业的肥料主体和极为关键的物质技术因素，在我国粮食的连年增产和农牧业的全面发展中，发挥了无可替代的重要作用。2011年，我国生产了约6 000万t化肥养分($N+P_2O_5+K_2O$ ，下同)，使用了约5 500万t。预计未来几年，化肥的产能、产量和实际使用量还会有一定增长。面对化肥生产和使用量的持续增长，人们会从传统观念和不同角度给予更多关注，提出不同的评价和议论。诸如长期使用化肥真的会破坏土质、降低土壤肥力吗？化肥会降低农产品的质量、甚至影响其安全吗？化肥进入生态环境并与其相互作用、特别是作为一类面源污染源，是对生态环境的威胁吗？人们还有更多的关注或担心。显然，只有较全面地了解有关化肥的科学知识，才有可能较为客观地认识甚至澄清有关问题。随着科学研究和生产实践的发展，现有对化肥的认识也将不断得到修正和完善。

化肥作为一项重要的农业生产资料，在我国计划经济时期，其生产、流通和使用分属于化工、商业和农业部门；但有关化肥的科学与实践知识，则是相互关联，相互影响的整体，需要系统全面地了解和掌握。随着化肥学科内涵和外延的不断扩展，其知识结构已远远超出传统的农业化

学范畴。需要多学科交叉与互补,以便能适应日新月异的化肥新工艺、新品种和现代施肥技术的不断发展。作者将本书的内容和知识结构,尽量与化肥生产、使用和农化服务相结合,希望这是一次有意义的尝试。鉴于此,这次本书的增订,是在我国化肥生产的龙头企业之一深圳市芭田生态工程股份有限公司大力支持下,由分别来自长期从事化肥生产、农业化学研究、行政管理和推广服务的奚振邦研究员、黄培钊博士和段继贤总农艺师合作,对本书内容作了较大的修正扩展,重点充实了化肥与水分、化肥在农业生产中的作用、叶面肥料与灌水肥料等章节;对化肥使用量的统计表达和评价,化肥与农产品质量及生态环境、化肥与有机肥及有机农业,化肥与土壤肥力等人们关注的问题,也从不同角度作了较深入的阐述。书名仍沿用《现代化学肥料科学》。作者同时深切体会到,化肥知识固然需要提高与创新,但更需要的则是普及和用于实践,以使更多基层农技人员和农民直接从中受益,解决其生产实际问题。本书如能在这方面发挥一定作用,作者将深感荣幸。

化肥学科和其他科学技术一样在日新月异地发展,仅靠几个作者的努力是很难全面把握的;加之本书在内容和文字上还可能存在不少偏颇和错误,因此,我们衷心希望能得到广大读者和有关专家的批评指正。

我们尊敬的老师,前中国农业大学校长,我国植物营养与肥料学科的权威学者毛达如教授为本书作序,使本书增光,我们深感荣幸并衷心感谢!

朱兆良院士等我国 12 位著名资深农化学者能作为编写

顾问，为本书编写提供宝贵的意见和建议，使我们受益殊多，特致以诚挚的谢意！

本书的写作，还得到全国农业技术推广服务中心肥料处提供的有关我国测土推荐施肥进展的资料；国家化肥质量监督检验中心（北京、上海）提供最新的化肥产品技术标准；本书的出版工作更得到中国农业出版社的大力支持；书稿的打印和光盘制作由许蔚文同志完成，对此我们一并致以深切谢忱！

本书增订版由我们耗时一年有余共同完成，大家深感合作愉快，获益良多。本书如能在我国宏伟的现代农业发展中发挥螺丝钉般作用，我们将深感欣慰。

奚振邦 黄培钊 段继贤

2013年元月

第一版前言

我国是当今世界上化肥使用量最多的国家。化肥在我国农业生产中发挥着无法替代的巨大作用。作者为有幸编写这本结合化肥生产、销售和使用的学术专著而深感欣慰。

本书的基础是 1994 年科学出版社出版的《化学肥料学》一书，该书在农业、化工和农资系统方面有较广泛的影响，也是高等农业院校有关专业师生的较好参考书。10 年来，随着化肥使用量的不断增长，我国在化肥科研、农化服务与平衡施肥等方面又跨进了一大步。为此，作者听从多位关注本书的师友建议，对本书内容作相应的修正扩展，增加了化肥与水分、化肥与农产品质量、叶面肥料与灌水肥料等章节，对化肥与生态环境、化肥与土壤肥力等人们关注的问题，也从不同角度作了较深入的阐述，并将书名改为《现代化学肥料学》。我们清醒地认识到，化肥及其边缘学科的迅速发展，信息量的迅速增大，作者个人是很难全面把握的。作者谨希望本书仍能保持其特色，以化肥的农业化学性质与合理施肥为主线，结合化肥产、销、使用的基本原理和个人的实践经验撰写，以对读者有所助益。

本书的成稿恰逢作者投身土壤农化事业 50 年（1952—

2002年)。作者在生产、教学和科研部门的长期服务中,深切体会到化肥知识固然需要提高与创新,但更需要普及和实践。本书如能在这方面发挥一定的作用,作者将深感荣幸。

科学技术和生产方式的发展,将我们带入到一个全新的现代社会。化肥学科虽较“古老”,主要为农业服务,但同样在日新月异地变化。有关化肥的无论新概念、新工艺,还是新品种和新技术,都要求我们迅速了解、判断和应对。书籍作为传统的传媒,往往一出版即有落后之感,加之本书在内容和文字上还可能存在不少偏颇和错误,因此,作者衷心希望能得到广大读者和有关专家的批评指正。

本书的出版,得到中国农业出版社的大力支持,作者深表感谢!

作者崇敬的恩师,前中国农业大学校长,我国植物营养与肥料学科的权威学者毛达如教授为本书作序,使本书增光,作者深感荣幸并由衷感谢。

本书的编写出版还得到以下单位的资助和支持:

上海市农业科学院及其土壤肥料研究所;

上海市蔬菜领导小组办公室;

上海长征化工厂;

上海天源生物工程有限公司;

中国—阿拉伯化肥有限公司(秦皇岛市);

芭田生态工程股份有限公司(深圳市);

山东省沂水县烟草公司;

第一版前言

云南省文山县烟草公司；

贵州省湄潭县烟草公司。

本书的打印和光盘制作由许蔚文和励惠华同志完成。
作者深切感谢上述有关单位和有关同志的支持。

奚振邦

2003年3月

目 录

序

增订版前言

第一版前言

第一章 化肥在农业生产中的作用	1
一、化肥与现代农业的发展	2
二、全面认识化肥的作用	5
(一) 增加作物产量	6
(二) 培肥土壤, 提高土壤肥力	9
(三) 发挥良种的增产潜力	16
(四) 补偿耕地不足	17
(五) 增加有机肥量	18
(六) 发展经济作物、森林和草原的物质基础	19
三、化肥在农业物质和能量循环中的作用	20
四、化肥使用量的表达与化肥的作用	26
第二章 作物营养元素	33
一、作物必需的营养元素	33
二、营养元素的生理作用	39
(一) 氮	39
(二) 磷	49
(三) 钾	53
(四) 硫	58
(五) 钙	59

(六) 镁	60
(七) 微量营养元素	61
三、作物对养分的吸收	70
(一) 作物根系对养分的吸收	71
(二) 作物吸收养分的特性	77
第三章 氮素化肥	84
一、概述	84
二、化学氮肥的生产	87
三、主要氮肥品种	91
(一) 液氨	93
(二) 氨水	95
(三) 氮溶液	98
(四) 硫酸铵	100
(五) 氯化铵	105
(六) 碳酸氢铵	109
(七) 硝酸铵	118
(八) 硝酸钠	122
(九) 硝酸钙	122
(十) 尿素	123
(十一) 石灰氮	133
(十二) 缓释氮肥	134
四、氮肥增效助剂	148
(一) 硝化抑制剂	148
(二) 脲酶抑制剂	150
五、土壤的氮素供应	154
(一) 土壤的氮素含量	154
(二) 土壤氮素的形态	157
(三) 土壤氮素的转化	158

(四) 土壤的氮素供应	161
(五) 农田生态系统中的氮素	164
六、氮肥利用率	167
(一) 氮肥利用率及其影响因素	167
(二) 氮肥利用率的测定	170
七、氮肥的合理施用	177
(一) 氮肥的肥效	177
(二) 适量施氮	178
(三) 氮肥深施	180
(四) 氮肥配施	181
第四章 磷素化肥	185
一、化学磷肥的生产	185
二、主要磷肥品种	188
(一) 磷酸	189
(二) 普通过磷酸钙	191
(三) 重过磷酸钙	196
(四) 半过磷酸钙和富过磷酸钙	198
(五) 偏磷酸钙	200
(六) 沉淀磷酸钙	201
(七) 钙镁磷肥	202
(八) 钢渣磷肥	206
(九) 脱氟磷肥	207
(十) 骨粉	208
(十一) 磷矿粉	209
三、土壤的磷素供应	212
(一) 土壤的磷素含量	213
(二) 土壤磷素的形态	215
(三) 土壤磷素的转化与供应	218

四、磷肥的合理施用	220
(一) 土壤肥力与磷肥施用	222
(二) 作物的需磷特性	226
(三) 磷肥品种与合理施用	227
(四) 磷肥与氮肥的配合施用	228
第五章 钾素肥料	231
一、化学钾肥的生产	232
二、主要钾肥品种	235
(一) 氯化钾	235
(二) 硫酸钾	238
(三) 碳酸钾	240
(四) 副产品钾肥	240
(五) 草木灰	241
三、土壤的钾素供应	242
(一) 土壤的钾素含量	243
(二) 土壤钾素的形态	244
(三) 土壤钾素的转化与供应	247
四、钾肥的合理施用	253
(一) 土壤的供钾能力	255
(二) 作物的需钾特性	257
(三) 钾肥施用水平	258
(四) 钾素与其他养分的交互作用	259
(五) 钾肥施用方法	263
第六章 复合肥料	265
一、复合肥料的发展	266
二、复合肥料的生产	269
三、复合肥料的商品质量	277

四、复合肥料的品种型号	280
(一) 磷酸铵	283
(二) 聚磷酸铵	287
(三) 偏磷酸铵	289
(四) 正磷酸铵系复合肥	289
(五) 硝酸磷肥	290
(六) 磷酸二氢钾	293
(七) 硝酸钾	295
(八) 氮磷钾三元复合肥料	297
(九) 掺合肥料	302
(十) 流体复合肥料	305
五、专用复合肥料	312
(一) 专用复合肥料的配方设计	314
(二) 复合肥料的施用技术	323
(三) 复合肥料的肥效	326
第七章 硫、钙、镁及微量元素肥料	333
一、硫肥	333
(一) 土壤中的硫	334
(二) 含硫肥料	337
二、钙肥	340
(一) 土壤中的钙	340
(二) 含钙肥料	342
三、镁肥	344
(一) 土壤中的镁	345
(二) 含镁肥料	346
四、微量元素肥料	347
(一) 合理应用微量元素肥料	350
(二) 微量元素肥料及其施用	360