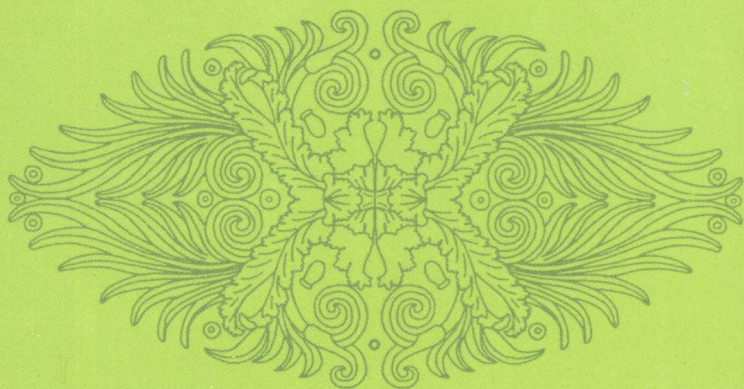


肥料使用技术手册

FEILIAO SHIYONG JISHU SHOUCHE

鲁剑巍 曹卫东 主编



金盾出版社

JINDUN CHUBANSHE

肥料使用技术手册

主 编

鲁剑巍 曹卫东

编著者

鲁剑巍	曹卫东	邹 娟	刘红芳
廖志文	黄元仿	贾小红	李小坤
崔伟超	乔红进	董伯林	姜存仓

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书分为基础知识、肥料的种类及施用方法、测土配方施肥、作物施肥技术共4篇21章,系统地介绍了肥料在现代农业生产中的应用概况、作物营养元素及土壤养分供应、作物营养诊断、各种肥料的基本知识和施用要点、肥料鉴定及标准、土壤和植物中养分的测定方法及相应丰缺指标、肥料配方技术要点及配方施肥技术、主要作物的营养特性和施肥技术要点。

本书内容全面丰富,侧重介绍使用技术和操作方法,表达通俗易懂、图文并茂,是一本土壤肥料方面的工具书,可供基层农业技术人员、种植户、肥料生产与经销人员、农业院校师生、农科院所技术人员及各级土壤肥料工作站技术管理工作人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

肥料使用技术手册/鲁剑巍,曹卫东主编. —北京:金盾出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-5082-6021-1

I. 肥… II. ①鲁…②曹… III. 施肥—技术手册 IV. S147-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 180853 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京精美彩色印刷有限公司

正文印刷:北京军迪印刷有限公司

装订:万龙印装有限公司

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:20.25 字数:505 千字

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~8 000 册 定价:45.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

养分是植物生长的基础,肥料是作物的粮食,科学合理施用肥料是农业生产活动中最重要的内容之一。随着现代化农业的发展,肥料在农业增产和农民增收中的作用越来越大,国内外经验证明,作物增产的各项措施中施肥所起的作用占40%~60%。有机肥的积造和施用在我国历史悠久,祖先们为我们留下了许多宝贵的经验。我国农业从20世纪70年代后,化肥使用量迅速增加,促进了粮食产量的增加,在解决我国人民温饱问题上起到了重要的作用,目前我国已经成为世界化肥生产与消费的第一大国。在当前种植业直接投入中,农民大约要花费一半甚至更多的直接成本用于购买肥料,因此用好肥料也是高效利用资源和节约种田成本的重要措施。近30年来,特别是20世纪90年代以来,随着农业种植结构调整,作物复种指数不断提高,农作物产出量的增加,我国农业基础设施条件、作物布局、种植制度、施肥结构、耕作等发生了较大改变,土壤养分和耕地质量亦发生了较大变化。由于科学研究推广的滞后及农业科技知识普及不力,目前养分施用不平衡、比例失调及盲目施肥等现象时常发生,由此导致农作物产量和品质降低,施肥效益下降,耕地质量退化,农作物病虫害普遍发生,大量氮、磷流失造成农业面源污染加剧,部分地区水体富营养化进程加快,生态环境恶化,农业综合生产能力降低,严重制约着农业生产的持续发展和提高。为此,党和国家对科学施肥工作给予了前所未有的重视,从政策上对肥料的科学研究和技术推广进行大力支持,要求加强对农民合理施肥的指导,提高肥料利用率,降低污染。这对推动我国科学施肥工作,加快农业科技进步,提高农业综合生产能力具有重大的意义。

为了更好地指导农民用好肥料、肥料企业生产好肥料、农业技

术推广人员和肥料经营人员当好施肥参谋,金盾出版社组织全国有关肥料科研、教学和技术推广部门土壤肥料专家编写了本手册。全书分为4篇共21章,基础知识篇介绍了肥料在现代农业生产中的应用概况及施肥中存在的问题、作物营养元素及土壤养分供应、作物营养诊断等基本的作物营养知识。肥料的种类及施用方法篇介绍了有机肥料、化学肥料、微生物肥料、复合肥料及新型肥料的种类、性质、施用方法,以及各种肥料中养分的检测方法、常见肥料的鉴别和我国主要肥料的标准。测土配方施肥篇介绍了用于养分诊断的土壤及植物样品的取样和测定方法、各种养分临界指标、测土配方施肥技术的基本方法和技术环节。作物施肥技术篇介绍了粮食、油料、纤维、糖料、果树、烟草、茶树、桑树、蔬菜、花卉、草坪、牧草等作物的施肥依据及技术。

编著本书的主要作者均是长期从事科学施肥技术研究和推广应用工作的学者。具体分工如下:鲁剑巍博士(华中农业大学教授)参加编写第一章、第二章、第三章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章、第二十章、第二十一章;曹卫东博士(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所副研究员)参加编写第一章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章;黄元仿博士(中国农业大学教授)参加编写第二章和第十一章;贾小红博士(北京市土壤肥料工作站研究员)参加编写第四章、第十一章和第十九章;董伯林高级农艺师(陕西省土壤肥料工作站)参加编写第五章和第二十章;崔伟超硕士(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所)参加编写第六章;乔红进高级农艺师(山西省土壤肥料工作站)参加编写第七章和第十四章;刘红芳硕士(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所)参加编写第九章和第十章;邹娟博士(华中农业大学)参加编写第十二章、第十五章和第十九章;廖志文硕士(华中农业大学)参加编写第十四章和第十七章;姜存仓博士(华中农业大学)参加编写第十六章和第二十

章;李小坤博士(华中农业大学)参加编写第十八章和第二十一章。各章节编写完后由鲁剑巍、曹卫东和邹娟进行统稿。

编著者近年主持和参加的相关施肥技术科研项目如国家十一五科技支撑重点课题“长江中下游水旱轮作区高效施肥关键技术研究及示范”(编号:2008BADA4B08)、“双低油菜丰产栽培技术研究及示范”(编号:2006BAD21B03)、“平衡施肥与养分管理技术”(编号:2006BAD25B01)、“基于分布式土水肥管理模型的资源高效利用系统研究与开发”(编号:2006BAD10A06),农业现代产业技术体系项目“油菜现代产业技术体系建设”(编号:nycytx-005),公益性行业(农业)科研专项“绿肥作物生产与利用技术集成研究及示范”(编号:200803029),教育部新世纪优秀人才支持计划项目“中国冬油菜推荐施肥指标体系的建立及应用”(编号:NCET-07-0345),国家测土配方施肥技术推广与应用专项,国际植物营养研究所(IPNI)国际合作项目“作物高产优质平衡施肥技术”等为本书提供了丰富的资料和素材。同时,本书也吸收和借鉴了国内外其他学者及专家的有关著作和论文中的相关内容,由于篇幅所限不一一注明出处,在此谨向他们表示深深的谢意。

本手册是一本面向农业技术人员的工具书,适合各级农业推广部门、肥料生产企业、土壤和肥料科研教学部门及从事测土配方施肥技术推广的各级技术人员、农业种植户阅读参考。也可作为相关大专院校教学参考书,还可作为县市、乡镇和村组科学施肥培训教材及肥料生产和经销人员的培训材料。

由于作物施肥技术内容广泛,涉及的知识面广,加之现代农业发展对科学施肥提出了更高的要求,而编著者受水平所限,错误和不当之处在所难免,热忱希望广大读者多提宝贵意见和建议。

鲁剑巍

目 录

第一篇 基础知识

第一章 肥料在现代农业生产中的应用概况.....	(1)
第一节 肥料的概念.....	(1)
第二节 肥料的应用状况.....	(1)
第三节 肥料在生产中的作用.....	(2)
第四节 我国目前施肥中存在的主要问题.....	(3)
第二章 作物营养元素及土壤养分供应.....	(5)
第一节 作物生长必需营养元素的种类和功能.....	(5)
第二节 土壤中的养分及其供应	(16)
第三章 作物营养诊断	(36)
第一节 作物营养诊断方法	(36)
第二节 作物缺素症状和肥害症状	(40)

第二篇 肥料的种类及施用方法

第四章 有机肥料及施用方法	(50)
第一节 有机肥料的种类、成分.....	(50)
第二节 粪尿肥的种类、性质和施用方法.....	(52)
第三节 堆沤肥的种类、性质和施用方法.....	(57)
第四节 秸秆的种类、性质和施用方法.....	(62)
第五节 绿肥的种类、性质和施用方法.....	(73)
第六节 其他种类有机肥	(84)
第七节 商品有机肥	(88)
第八节 有机肥施用原则	(90)

第五章 化学肥料及施用方法	(92)
第一节 化学肥料的种类与作用	(92)
第二节 氮肥的种类、性质及施用	(95)
第三节 磷肥的种类、性质及施用	(105)
第四节 钾肥的种类、性质及施用	(116)
第五节 含钙肥料的种类、性质及施用	(123)
第六节 含镁肥料的种类、性质及施用	(128)
第七节 含硫肥料的种类、性质及施用	(131)
第八节 硼肥的种类、性质及施用	(134)
第九节 锌肥的种类、性质及施用	(138)
第十节 铁肥的种类、性质及施用	(142)
第十一节 锰肥的种类、性质及施用	(145)
第十二节 铜肥的种类、性质及施用	(148)
第十三节 钼肥的种类、性质及施用	(152)
第十四节 硅肥的种类、性质及施用	(155)
第十五节 化肥施用方法	(158)
第十六节 真假化肥的简易识别方法	(165)
第十七节 常见肥料的简易鉴别方法	(168)
第六章 微生物肥料及施用方法	(175)
第一节 微生物肥料概述	(175)
第二节 微生物肥料的种类和性质	(177)
第三节 微生物肥料的生产	(185)
第四节 微生物肥料的有效施用	(191)
第七章 复合肥料及施用方法	(200)
第一节 复合(混)肥料的种类和成分	(200)
第二节 化学合成复合肥料	(202)
第三节 复混肥料	(206)
第四节 掺混肥料	(213)

目 录

第五节	有机-无机复混肥	(216)
第六节	复合肥料的施用方法	(220)
第七节	肥料的混合规则	(222)
第八章	新型肥料及施用方法	(226)
第一节	主要叶面肥分类及使用技术	(226)
第二节	缓释和控释肥料	(237)
第三节	二氧化碳肥料	(246)
第四节	土壤调理剂及农林保水剂的种类和施用方法	(255)
第九章	肥料中养分检测方法	(260)
第一节	复合(混)肥料中总氮、磷、钾的测定	(260)
第二节	有机-无机复混肥料中有机质及总氮、磷、 钾的检测方法	(267)
第三节	有机肥料中有机质及全氮、磷、钾的检测方法	(279)
第四节	水溶肥料中养分的检测方法	(285)
第十章	肥料标准	(299)
第一节	实施登记管理的常见肥种的标准	(299)
第二节	常见化学复合肥料标准	(309)
第三节	常见氮肥产品的标准	(313)
第四节	常见磷肥产品的标准	(317)
第五节	常见钾肥产品的标准	(319)

第三篇 测土配方施肥

第十一章	土壤取样及测试	(322)
第一节	土壤样品的采集与制备	(322)
第二节	土壤养分的测定及丰缺指标	(326)
第十二章	植物取样及测试	(344)
第一节	植物样品的采集与处理	(344)
第二节	植物样品的测试及丰缺指标	(347)

第十三章	配方施肥	(372)
第一节	肥料配方的基本方法.....	(372)
第二节	配方施肥的技术环节.....	(393)

第四篇 作物施肥技术

第十四章	粮食作物的施肥技术	(400)
第一节	水稻施肥技术.....	(400)
第二节	小麦施肥技术.....	(414)
第三节	玉米施肥技术.....	(425)
第四节	红薯施肥技术.....	(433)
第五节	马铃薯施肥技术.....	(440)
第十五章	油料作物的施肥技术	(447)
第一节	油菜施肥技术.....	(447)
第二节	花生施肥技术.....	(454)
第三节	大豆施肥技术.....	(456)
第四节	芝麻施肥技术.....	(460)
第五节	向日葵施肥技术.....	(462)
第十六章	纤维作物的施肥技术	(468)
第一节	棉花施肥技术.....	(468)
第二节	苧麻施肥技术.....	(474)
第三节	红麻施肥技术.....	(479)
第四节	黄麻施肥技术.....	(483)
第十七章	糖料作物的施肥技术	(486)
第一节	甘蔗施肥技术.....	(486)
第二节	甜菜施肥技术.....	(491)
第十八章	烟草、茶树、桑树的施肥技术	(498)
第一节	烟草施肥技术.....	(498)
第二节	茶树施肥技术.....	(505)

第三节	桑树施肥技术.....	(508)
第十九章	蔬菜的施肥技术.....	(513)
第一节	叶菜类蔬菜施肥技术.....	(513)
第二节	茄果类蔬菜施肥技术.....	(516)
第三节	瓜类蔬菜施肥技术.....	(524)
第四节	水果类蔬菜施肥技术.....	(533)
第五节	水生蔬菜施肥技术.....	(539)
第二十章	果树的施肥技术.....	(543)
第一节	果树科学施肥技术概论.....	(543)
第二节	苹果施肥技术.....	(557)
第三节	梨树施肥技术.....	(564)
第四节	桃树施肥技术.....	(571)
第五节	葡萄施肥技术.....	(582)
第六节	芒果施肥技术.....	(589)
第七节	柑橘施肥技术.....	(599)
第八节	香蕉施肥技术.....	(611)
第九节	荔枝施肥技术.....	(618)
第十节	菠萝施肥技术.....	(620)
第二十一章	花卉、草坪、牧草的施肥技术.....	(624)
第一节	花卉施肥技术.....	(624)
第二节	草坪施肥技术.....	(627)
第三节	牧草施肥技术.....	(632)

第一篇 基础知识

第一章 肥料在现代农业生产中的应用概况

第一节 肥料的概念

从定义上讲,凡以提供给植物生长所需养分为主要功效的物料都称为肥料。因此广义上讲,肥料是指用于提供、保持或改善植物营养和土壤物理、化学性能以及生物活性,能提高农产品产量,或改善农产品品质,或增强植物抗逆性的有机、无机、微生物及其混合物料。

第二节 肥料的应用状况

我国的农业已经有 1 万年左右的悠久历史,我们的祖先给我们留下了极其丰富和宝贵的农业遗产,其中积造、施用农家肥、土杂肥,改良土壤、培肥地力是我国传统农业的精华。长期以来,我国劳动人民在农业生产活动中,积累了相当丰富的肥料积造与施用的经验。

从肥料结构上来看,20 世纪 50 年代前我国农业发展靠的是有机肥,60 年代有机肥的比重占 80%,化肥的比重占 20%左右;70、80 年代有机肥的比重占 60%~70%,化肥比重占 30%~

40%；进入 90 年代，有机肥料的比重只占 40%，化肥的比重达到了 60% 以上；2003 年有机肥料的比重仅占 25%，化肥的比重高达 75%。

近年来我国化肥生产形势较好，2003 年总产量（纯养分）为 3.9×10^7 t，成为世界上最大的化肥生产国。同时我国也是世界化肥消费量最大的国家之一，化肥消费量占世界总量的 30% 左右，其中 2003 年全国氮肥消费量为 2.15×10^7 t，磷肥为 7.14×10^6 t，钾肥为 4.38×10^6 t，复合肥 1.11×10^7 t，年消费量（N + P_2O_5 + K_2O ）平均在 4.41×10^7 t 以上。

从肥料中养分元素含量结构变化看，20 世纪 50 年代使用的化肥几乎是单一的氮肥，60 年代开始使用磷肥，70 年代末才开始使用钾肥。近几年我国在化肥产量增长的同时，化肥产品结构也得到了进一步的调整和优化，养分资源向着多元化和高效化方向发展，高浓度化肥产量增幅高于低浓度化肥，复混肥产量增幅高于单质肥。

第三节 肥料在生产中的作用

土壤养分是土壤肥力最重要的物质基础，肥料则是土壤养分的主要来源，因而也是农业可持续发展的重要物质基础之一。著名的育种学家，诺贝尔奖获得者诺曼·博洛格（Norman E. Borlaug）在全面分析了 20 世纪全球农业发展的各相关因素之后断言，全世界产量增加的一半是来自肥料的施用。联合国粮农组织的统计也表明，在提高单产方面，肥料对增产的贡献额为 40%~60%。我国农业部门认为中国的这一比例在 40% 左右，从现代科学储备和生产条件出发可以预见，未来农业中，肥料在提高产量与品质方面仍继续会发挥积极作用。

肥料及其科学施用技术是农业生产发展的重要技术支撑。化

肥工业的发展和施肥技术的应用,对加快农业生产发展,确保农产品供给,促进农民增收,发挥了重要作用。推广应用科学施肥技术,不但有利于在耕地面积减少、水资源约束趋紧、化肥价格居高不下、粮价上涨空间有限的条件下,促进增粮增收目标的实现,而且有利于加强以耕地产出能力为核心的农业综合生产能力的建设。提高科学施肥水平,用好肥料,不仅是促进粮食稳定增产、农民持续增收的重大举措,也是节本增效、提高农产品质量的有力支撑,更是加强生态环境保护、促进农业持续发展的重要条件。

施肥对产量及品质形成具有重要作用,同时施肥不当造成的负面效应也不可忽视。尤其是氮肥的过量施用,不仅会导致水体的富营养化,而且对大气也产生污染。矿质营养的丰缺状况及比例对植物生长及其产量和品质的形成具有重要作用。施肥通过改变植物产品中碳水化合物、脂肪、蛋白质、核酸、有机酸、维生素及无机盐组成结构比例等营养品质,间接影响动物及人体营养状况。施肥措施的确定,不仅要根据土壤养分状况和植物营养特性,而且还要考虑到整个食物链的物质和能量循环。

第四节 我国目前施肥中存在的主要问题

在积极增加化肥投入并取得明显成效的同时,我们也要看到我国肥料的投入尚存在不合理性,科学施肥发展的空间还很大。近年来,随着农业种植结构调整,农业复种指数不断提高,农作物产出量的增加,我国农业基础设施条件、作物布局、种植制度、施肥结构、耕作等发生了较大改变,土壤养分和耕地质量亦发生了较大改变。由于土壤底子不清,盲目施肥导致农作物产量和品质降低,施肥效益下降,耕地质量退化,农作物病虫害普遍发生,大量氮、磷流失造成农业面源污染加剧,部分地区水体富营养化进程加快,生态环境恶化,农业综合生产能力降低,严重制约着农业生产的持续

发展和提高。

我国肥料施用仍然面临许多突出的问题,主要表现在:①平均数量不足。2002 年全国耕地化肥施用量平均为 $22.2 \text{ kg}/667\text{m}^2$, 计算复种指数平均为 $18.5 \text{ kg}/667\text{m}^2$, 在世界居中等水平。②分配不当。沿海和城郊发达地区化肥尤其是氮肥超量施用;蔬菜地等经济作物施肥量过大。③氮、磷、钾比例不合理。化肥氮、磷、钾比例为 $1:0.39:0.22$, 氮磷比例趋于合理, 但钾肥比例过低。④品种结构不合理。化肥使用量增加, 而有机肥施用量减少;化肥中单质肥料和低浓度复合肥比例大, 而高浓度复肥比例只有 15% 左右;普广性肥料多而专用性肥料少。⑤施肥技术不当。肥料表施和撒施现象较为普遍, 浪费较为严重。⑥肥料利用率低。我国化肥当季利用率氮 15%~35%, 磷 10%~20%, 钾 35%~50%, 其中氮的损失严重。⑦农田钾素亏缺严重。在农田养分收支上, 氮磷已由亏缺趋于平衡, 而钾素因投入不足仍严重亏缺。耕地缺钾面积不断扩大, 部分地区农田仍然缺氮缺磷。⑧中、微量元素养分缺乏。我国耕地缺镁、硫面积在扩大, 锌、硼、锰、钼缺乏面积较大。中、微量养分肥料施用不足。⑨环境问题。部分地区施肥不当已引起环境污染, 出现地表水富营养化、地下水和蔬菜中硝酸盐含量超标、农田氧化亚氮排放量增加等问题。这些问题, 不仅造成化肥利用率低下、生产成本增加、耕地地力下降, 而且还会产生环境污染问题, 影响农产品品质。⑩肥料生产、销售、供应存在不稳定性, 肥料的销售与指导部门配合不佳, 配方施肥、平衡施肥还有很大潜力可挖。

第二章 作物营养元素及土壤养分供应

第一节 作物生长必需营养元素的种类和功能

一、植物生长必需营养元素和有益矿质元素

(一)植物生长必需营养元素

1. 标准 1939年,阿农(Arnon)和斯托特(Stout)根据对高等植物所进行的精确的水培实验,提出了植物必需营养元素应符合以下3个标准。这就是:①若缺乏这个元素,植物就不能完成从营养生长到生殖生长的全过程。②这个元素的缺乏症状是特异的,只有给予这个元素后才能恢复,而其他元素不能代替。③该元素必须是对植物起直接营养作用,而不是起间接改善环境条件的作用。

在上述3个标准的认识基础上,经过许多科学家的反复研究与验证,目前各国科学家公认,高等植物所必需的营养元素共有16种。它们是:碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)和氯(Cl)等。

在这16种必需营养元素中,由于植物对它们的需要量不同,甚至差别悬殊,据此又可分为大量营养元素、中量营养元素和微量营养元素3类。

2. 种 类

(1)大量营养元素 大量营养元素一般植物对它们的需要量较多,约占植物干物重的百分之几十至千分之几。属于这一类的元素有:碳、氢、氧、氮、磷、钾6种。

第一篇 基础知识

(2)中量营养元素 中量营养元素一般植物对它们的需要量介于大量营养元素和微量营养元素之间,约占植物干物重的千分之几。属于这一类的元素有钙、镁、硫3种。

(3)微量营养元素 一般植物对微量营养元素的需要量很少,只占植物干物重的万分之几至百万分之几,甚至更少。属于这一类的元素有:铁、硼、锰、铜、锌、钼和氯7种。其中,钼在作物体内的含量一般小于百万分之一,因此,也被称为超微量营养元素。

3. 一般含量 高等植物体内必需营养元素的种类、可利用形态及在干组织中的含量见表2-1。

表 2-1 高等植物必需营养元素的种类、可利用形态及在干组织中的含量

营养元素		化学符号	植物可利用的形态	在干组织中的含量	
				%	mg/kg
大量营养元素	碳	C	CO ₂	45	450000
	氧	O	O ₂ , H ₂ O	45	450000
	氢	H	H ₂ O	6	60000
	氮	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1.5	15000
	磷	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	0.2	2000
	钾	K	K ⁺	1.0	10000
中量营养元素	钙	Ca	Ca ²⁺	0.5	5000
	镁	Mg	Mg ²⁺	0.2	2000
	硫	S	SO ₄ ²⁻	0.1	1000
微量营养元素	氯	Cl	Cl ⁻	0.01	100
	铁	Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	0.01	100
	锰	Mn	Mn ²⁺	0.005	50
	硼	B	H ₃ BO ₃ , B ₄ O ₇ ²⁻	0.002	20
	锌	Zn	Zn ²⁺	0.002	20
	铜	Cu	Cu ²⁺ , Cu ⁺	0.0006	6
	钼	Mo	MoO ₄ ²⁻	0.00001	0.1