

鲁如坤 等著

土壤—植物营养学

原理和施肥



化学工业出版社

土壤-植物营养学原理 和 施 肥

鲁如坤 等著

化 学 工 业 出 版 社
· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤-植物营养学原理和施肥/鲁如坤等著. —北京: 化学工业出版社, 1998. 8

ISBN 7-5025-2074-0

I. 土… I. 鲁… II. ①土壤有效养分-研究-施肥-基本知识②土壤-关系-植物-营养(生物) IV. S158.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 15870 号

土壤-植物营养学原理和施肥

鲁如坤 等著

责任编辑: 孙继中

责任校对: 洪雅琳

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
新华书店北京发行所经销
北京市密云云浩印制厂印刷
三河市东柳装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 28³/₄, 字数 712 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2074-0/S·19

定 价: 55.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

撰稿人及撰写篇章

- 鲁如坤 第一篇 1~2 章, 第 3 章 (合写); 第二篇 1~3 章、第 5 章、9~11 章; 第三篇 1~3 章; 第四篇 1~4 章; 第五篇 1~3 章
- 谢建昌 第二篇 第 6 章、第 8 章; 第四篇 第 5 章
- 蔡贵信 第二篇 第 4 章 (合写)
- 朱其清 第二篇 第 7 章
- 宣家祥 第一篇 第 5 章
- 范晓辉 第一篇 第 4 章, 第二篇 第 4 章 (合写)
- 施卫明 第一篇 第 6 章 (合写)
- 时正元 第一篇 第 3 章 (合写)
- 苏彦华 第一篇 第 6 章 (合写)

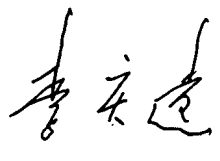
序

土壤是植物生长的基质。土壤所以作为国家重要的资源，其原因之一就是它能为植物（作物）提供其生长必须的物理环境、化学环境、生物环境和养分环境。

土壤在多数情况下并不能自然地植物提供最佳的生长环境。在农业上，人们必须根据植物营养的要求来调节土壤环境，以使之适合于植物营养的要求达到高产、优质的目的。这就是土壤-植物营养学产生的前提和基本任务。所以土壤-植物营养学不是简单的土壤学加上植物营养学，而是研究土壤环境和植物营养关系的交叉学科。

在一般情况下，人们总是通过调节土壤环境来适应植物营养的要求，但是，近年来人们开始寻求新的途径，即改变植物遗传特性使之适于土壤环境（参阅本书第一篇第六章）。这一新的途径，对植物本身来说早已有之。比如，大家都知道植物在磷、铁的逆境中，可以分泌某种物质来提高土壤中这些元素的有效性就是这种特性的一个表现。人们今天的目标是研究这类现象，并通过这种途径（包括遗传工程手段）来加强植物这一适应土壤环境的能力。由此可知，土壤环境和植物营养的关系是相互的，是双向的而不是单一方向的。这是本书的一个重要特点。

本书的作者力求能反映近 20 多年来国内外在这一领域的理论成就和施肥技术成果。我相信这本书的出版将对我国土壤-植物营养学的发展有所促进，并对我国合理施肥工作有所帮助。

 1997, 1月

中国科学院院士

前 言

土壤-植物营养学主要研究土壤和植物营养之间的相互关系，以施肥为主要手段，辅以现代生物工程技术来调节土壤环境和植物遗传性能，最大限度地发挥植物的遗传生产潜力，达到作物产品的高效、高产和优质。这门学科脱胎于肥料学和农业化学。其基本任务是为建立科学的持久农业系统贡献力量。

全书共分五篇，分别为：总论；土壤中养分转化机理和肥料管理；需肥诊断和推荐施肥；主要作物施肥要点及施肥与全球环境。力图理论与实践相结合，清楚地阐明土壤环境与植物营养间的相互关系，以使本书对我国土壤-植物营养学的发展和合理施肥工作有所帮助。

本书作者对我国土壤-植物营养学的奠基人之一——李庆逵院士表示衷心的感谢。感谢他为本书作序和一贯的关心与支持。

本书作者还对我国出版界资深编审王仁杰和孙绥中两位先生表示衷心的感谢，感谢他们对我国土壤-植物营养学发展的关心和支持，数十年来两位先生十分关心我国农业的发展，十分重视化肥使用在农业生产中的作用，特借本书出版之机向上述三位先生表示由衷的敬意。

作 者

1997. 1. 16

目 录

第一篇 总 论

第一章 中国农田生态系统的养分循环和平衡	1
第一节 我国农田生态系统中养分循环的基本参数.....	1
一、农田养分的支出.....	1
二、农田养分的收入.....	7
三、全国农田养分循环的参数.....	9
第二节 我国农田生态系统养分平衡的历史和现状	10
一、我国农田养分平衡演变的三个阶段	11
二、我国农田养分平衡的基本特征	11
三、农田养分平衡的评价方法和原则	13
四、我国农田生态系统的养分再循环	15
参考文献	16
第二章 土壤、作物、肥料——合理施肥的三大因素	17
第一节 土壤因素	17
一、土壤物理环境	17
二、土壤化学环境	23
三、土壤的养分环境	30
第二节 作物因素	31
一、植物必需的营养元素及其主要功能	31
二、作物的根系特征	35
三、主要作物的养分需要量	37
第三节 肥料因素（介绍农田肥料管理的某些方法）	38
一、综合植物养分管理系统（Integrated Plant Nutrient System 简称 IPNS）	38
二、平衡施肥	39
三、施肥方法的某些基本原则	40
四、施肥不当可能产生的有害作用	41
参考文献	43
第三章 中国土壤养分基本情况	45
第一节 土壤有机质和土壤全氮量	45
一、概况	45
二、各省土壤全氮含量	46
第二节 我国土壤有效磷水平	49
一、我国有效磷丰富的土壤	49

二、我国的缺磷土壤面积	50
三、我国严重缺磷的土壤	50
第三节 我国土壤交换性钾水平	52
一、我国钾素丰富的土壤	52
二、我国缺钾土壤	53
第四节 我国大量、中量和微量元素缺乏面积	53
一、我国中量和微量元素缺乏面积	56
二、我国土壤养分有效水平的发展趋向	56
参考文献	57
第四章 作物根际土壤环境和养分有效性	58
第一节 根际 pH 环境	58
第二节 根际氧化还原电位 (Eh) 环境	59
第三节 根际生物学环境	60
一、根系分泌物	60
二、根际酶	61
三、根际微生物	61
参考文献	62
第五章 土壤养分的向根运动过程和根系对养分的吸收	63
第一节 土壤中养分向根移动的机理	63
一、质流	63
二、扩散	63
第二节 影响养分移动的因素	64
一、土壤水分	64
二、根的生长和根的面积	65
第三节 植物根系对养分的吸收	65
一、对养分吸收的机制	65
二、主动和被动吸收	66
三、对养分吸收的模型	67
参考文献	69
第六章 生物工程技术在土壤—植物营养研究中的应用	70
第一节 概述	70
第二节 植物体细胞突变体的筛选	70
一、细胞培养与诱变处理	71
二、体细胞突变体的筛选程序	71
三、应用与进展	72
第三节 分子标记技术及应用	73
一、什么是 RFLP	73
二、RFLP 遗传图谱的构建	74
三、应用及研究进展	74
第四节 基因克隆与转导技术	75

一、植物基因的克隆	75
二、基因转导技术	76
第五节 结语	77
参考文献	77

第二篇 土壤中养分转化机理和肥料管理

第一章 中国和世界的化肥生产和消费	79
第一节 中国化肥工业的发展及其在世界上的地位	79
第二节 我国和世界氮磷钾肥的生产	84
一、我国和世界的氮肥生产	84
二、我国和世界的磷肥生产	85
三、我国和世界的钾肥生产	86
四、我国和世界的化肥消费	87
参考文献	89
第二章 施肥对作物产量和质量效应	90
第一节 施肥的产量效应	90
一、施肥和作物产量	90
二、我国化肥的增产效果	91
三、联合国粮农组织 (FAO) 和其他国家的试验结果	93
第二节 施肥对农产品的质量效应	98
一、氮肥对作物品质的影响	99
二、磷肥对作物品质的影响	100
三、钾肥对作物品质的影响	100
四、中量和微量元素肥料对作物品质的影响	100
参考文献	101
第三章 长期施肥对土壤性质的影响	102
第一节 长期施用无机氮肥对土壤氮素的影响	102
第二节 长期施肥对土壤有效磷钾水平的影响	103
一、土壤磷素在施肥过程中的变化	103
二、土壤钾素在施肥过程中的变化	106
第三节 长期施用化肥对土壤物理性质的影响	106
第四节 长期施用化学氮肥对土壤的酸化作用	107
第五节 施用有机肥对土壤性质的影响	107
第六节 关于肥料养分的利用率	107
第七节 长期施用微量元素肥料的影响	108
第八节 农田养分消耗对作物产量的影响	108
第九节 轮作、耕作等的影响	109
第十节 几点结论	110
参考文献	110
第四章 土壤氮素和氮肥的有效施用	112

第一节 中国土壤氮素基本状况	112
一、土壤氮素形态	112
二、土壤全氮含量	113
三、土壤氮素供应和土壤氮素有效性指标	114
四、农田生态系统中的氮素来源	115
五、中国农业生产中的氮素平衡	117
第二节 土壤中氮素的转化	118
一、氮素的矿化和生物固持作用	119
二、铵的粘土矿物固定-释放	120
三、硝化作用机理及其意义	121
四、反硝化作用	123
五、铵的吸附和解吸	125
六、铵-氮平衡和氮挥发	126
第三节 氮肥的性质、利用率和增产效果	127
一、中国主要氮肥的性质	127
二、氮肥的利用率	130
三、氮肥的增产效果	130
第四节 农田中氮肥的去向和损失	131
一、农田中氮肥的去向及影响因素	132
二、农田中氮肥的损失	136
三、氮素损失对环境的危害	139
第五节 氮肥施用的基本原则	140
一、确定氮肥的适宜施用量	140
二、氮肥施用时期	141
三、氮肥数量及品种的合理分配和施用	141
四、氮肥与其他肥料的配合	142
第六节 减少氮素损失、提高氮肥利用率的原则和措施	142
一、减少氮素损失的原则	142
二、减少氮素损失、提高氮肥利用率的措施	143
参考文献	146
第五章 土壤磷素和磷肥施用	152
第一节 中国土壤磷素的基本状况	152
一、土壤全磷含量	152
二、土壤溶液中的磷	153
三、土壤中的无机态磷	154
四、土壤中无机态磷的有效性	157
五、土壤中的有机态磷	162
第二节 磷肥在土壤中的转化	166
一、水溶性磷在旱地土壤中的转化	166
二、磷素和磷肥在水稻土中的转化及其有效性	169

第三节 土壤中磷的固定和释放	179
一、水溶性磷肥施入土壤后有效磷水平的下降	179
二、土壤的磷素固定量	180
三、土壤固定磷素的机理	182
四、土壤磷的释放作用	189
第四节 磷肥的性质和合理施用	190
一、磷肥的基本性质	190
二、磷肥的合理施用	195
三、磷肥利用率和积累利用率	199
四、提高磷肥利用率的途径	201
参考文献	203
第六章 土壤钾素和钾肥的有效施用	209
第一节 土壤含钾矿物和土壤钾素状况	209
一、土壤含钾矿物	209
二、不同土壤的钾素含量和供钾潜力	210
三、农田土壤钾素肥力的发展变化	215
第二节 土壤钾素形态及其转化	217
一、土壤钾素形态	217
二、土壤钾素转化	218
三、土壤钾素有效性的影响因素	221
第三节 钾与其他养分的交互作用	226
一、钾与氮	226
二、钾与磷	228
三、钾与钙	228
四、钾与镁	229
五、钾与钠	230
六、钾与硼	231
七、钾与锌	231
第四节 钾肥的效应	232
一、提高作物产量	232
二、改善产品品质	233
三、增强作物的抗逆能力	235
第五节 钾肥生产概况和主要钾肥的性质	239
一、钾肥生产概况	239
二、主要钾肥的性质	240
第六节 钾肥的有效施用条件	242
一、土壤的钾素供应水平	242
二、作物需钾特性	244
三、钾与其他养分的配合施用	245
四、轮作中钾肥的合理分配	245

五、气候与土壤环境条件·····	246
六、施用技术·····	246
参考文献·····	247
第七章 土壤微量营养元素及微量元素肥料·····	250
第一节 我国土壤微量元素基本状况·····	250
一、硼·····	250
二、钼·····	252
三、锰·····	252
四、锌·····	253
五、铜·····	254
第二节 土壤性质与微量元素的有效性·····	255
一、土壤性质与硼的有效性·····	255
二、土壤性质与钼的有效性·····	256
三、土壤性质与锰的有效性·····	257
四、土壤性质与锌的有效性·····	259
五、土壤性质与铜的有效性·····	259
六、土壤性质与铁的有效性·····	260
第三节 土壤和植物缺乏微量元素的诊断·····	261
一、植物对缺乏微量元素的敏感性·····	262
二、植物外部形态诊断法·····	263
三、叶片诊断法·····	269
四、植物化学分析·····	269
五、土壤化学分析·····	269
第四节 微量元素施肥各论·····	270
一、硼肥及其施用·····	270
二、钼肥及其施用·····	271
三、锰肥及其施用·····	273
四、锌肥及其施用·····	274
五、铜肥及其施用·····	276
六、铁肥及其施用·····	277
参考文献·····	278
第八章 土壤中量元素及中量元素肥料·····	281
第一节 钙·····	281
一、作物的钙素营养·····	281
二、土壤钙素状况·····	282
三、钙肥的使用·····	284
第二节 镁·····	287
一、作物的镁素营养·····	287
二、土壤镁素状况·····	288
三、镁肥的效应及其有效条件·····	292

四、镁肥品种	295
第三节 硫	296
一、作物的硫素营养	296
二、土壤硫素状况	297
三、硫肥的效应及其有效条件	300
参考文献	305
第九章 缓释肥料	307
第一节 氮素缓释(长效)肥料	307
一、氮素缓释肥料的主要作用和控制释放的机理	307
二、主要缓释性氮肥的性质和肥效	308
第二节 磷素缓释肥料	314
一、磷矿粉直接施用	314
二、部分酸化磷矿粉	314
三、热法磷肥	315
四、包膜缓释磷肥	315
第三节 展望	315
参考文献	316
第十章 复混肥料	317
第一节 复混肥的类型及其在化肥消费中的地位	317
第二节 混合肥料在施用方面的基本特点和生产中常遇到的问题	319
一、混合肥料在施用方面的基本特点	319
二、混合肥料生产中常遇到的问题	321
第三节 散装混肥(Bulk Blending)	324
一、理想的散混肥	324
二、散混肥料的优点	324
三、散混肥料的缺点	325
四、散装混肥的基础肥料选择	325
第四节 我国常用的混合肥系列	325
一、常见混合肥系列	325
二、混合肥料规范化中的几个问题	326
第五节 混合肥料养分比例配方的基本依据	326
一、作物需要的养分比例	326
二、土壤养分供应状况	326
三、几种主要作物适宜的养分比例	327
第六节 复混肥的肥效	328
一、复合肥的肥效(参考本篇第五章)	328
二、混合肥料的肥效	329
参考文献	330
第十一章 特殊条件下的施肥	331
第一节 叶面施肥	331

一、叶面施肥的基本特点	331
二、叶面对养分的吸收机理及其影响因素	332
三、大量和中量营养元素肥料的喷施	333
四、微量营养元素肥料的喷施	335
五、不同作物的喷施时期	336
六、多元素肥料混合喷施	337
第二节 免耕和灌溉条件下的肥料施用	337
一、免耕施肥	337
二、随水灌溉施肥技术	340
第三节 温室二氧化碳施肥	342
一、二氧化碳施肥的历史和现状	342
二、二氧化碳施肥的原理和效果	343
三、CO ₂ 的气源	344
四、用有机物料生产 CO ₂	345
参考文献	348

第三篇 需肥诊断和推荐施肥

第一章 需肥诊断	350
第一节 作物缺素可见症状诊断	350
一、可见症状类别	350
二、可见症状诊断时应注意的问题	350
三、作物地上部分可见症状检索	353
四、蔬菜的主要缺素症状	357
第二节 土壤养分水平诊断	359
一、土壤养分水平诊断的目的	359
二、土壤养分诊断的步骤和分级标准	359
第三节 植物养分含量水平诊断	366
一、植株诊断的特点和影响因素	366
二、植物养分水平诊断的临界值	368
三、综合诊断施肥法 (DRIS)	370
参考文献	374
第二章 推荐施肥技术	377
第一节 推荐施肥的基本内容	377
第二节 通过大田肥料试验确定肥料用量	378
第三节 通过大田试验和土壤测试来确定肥料用量	380
第四节 根据养分平衡的原理确定肥料用量	381
第五节 根据土壤养分水平分级确定肥料用量	383
第六节 根据土壤养分临界值来确定肥料用量 (以磷为例)	384
第七节 根据磷素吸附原理确定肥料用量	385
参考文献	386

第三章 电子计算机在推荐施肥中的应用	388
第一节 氮肥推荐施肥的专家系统.....	388
一、影响土壤中可被作物利用的无机氮量的诸因素，以及影响作物在采用土样时已经吸收的氮量诸因素	388
二、影响来自土壤本身的无机氮量的因素.....	389
三、氮素损失途径.....	389
第二节 综合推荐施肥专家系统.....	389
一、土壤养分最佳水平的确定.....	390
二、作物参数.....	391
三、肥料施用问题.....	391
参考文献.....	392

第四篇 主要作物施肥要点

第一章 水稻施肥	393
第一节 水稻的一生.....	393
第二节 水稻的养分需要特征.....	393
一、养分需要量.....	393
二、不同生育期养分吸收特点.....	394
第三节 水稻缺素诊断（并参阅本书第三篇）	394
一、植株诊断.....	394
二、土壤微量元素缺乏的诊断.....	395
第四节 水稻施肥.....	395
一、氮肥施肥.....	395
二、磷肥的施用.....	396
三、钾肥的施用.....	396
四、双季稻施肥要点.....	397
五、单季稻的施肥要点.....	397
六、杂交稻施肥.....	397
七、水稻有机肥施用.....	398
参考文献.....	398
第二章 小麦施肥	400
第一节 小麦养分吸收量和吸收特征.....	400
第二节 小麦施肥要点.....	401
一、氮肥用量.....	401
二、氮肥追肥.....	401
三、磷钾肥施用.....	401
四、小麦施肥合理用量举例.....	401
参考文献.....	402
第三章 玉米施肥	403
第一节 玉米养分吸收量和吸收特点.....	403

一、玉米养分吸收量	403
二、不同生育期的养分吸收特点	403
第二节 玉米施肥要点	404
一、基肥	404
二、追肥	405
三、化肥用量	405
参考文献	406
第四章 棉花施肥	407
第一节 棉花的养分吸收量和吸收特点	407
一、棉花养分吸收量	407
二、养分在棉株中的分布	407
三、棉花养分吸收特点	408
第二节 棉花施肥要点	408
一、NPK 对棉花生长发育的影响	408
二、氮肥施用	409
三、磷钾肥施用	410
四、微量营养元素施用	410
参考文献	410
第五章 蔬菜施肥	412
第一节 蔬菜的需肥特征	412
一、需肥量大	412
二、养分转移率低	413
三、对不同养分的需求状况	413
第二节 蔬菜的合理施肥	414
一、当前蔬菜施肥中存在的主要问题	414
二、适量施用氮肥	415
三、增加钾肥施用量	418
四、纠正保护地过量施肥现象，减少土壤盐分积累	419
五、控制施用含重金属污染物的肥料	420
参考文献	421

第五篇 施肥与全球环境

第一章 施肥与全球变暖	423
第一节 温室效应及其影响	423
第二节 施肥与全球变暖	424
第三节 我国温室气体排放量的估计	426
参考文献	427
第二章 氮肥施用与环境	428
第一节 径流中的氮	428
第二节 氮肥渗漏淋失	429

参考文献.....	431
第三章 磷肥施用与环境	433
第一节 磷肥施用与水体富营养化.....	433
第二节 磷肥施用中的重金属污染.....	436
一、镉.....	436
二、我国磷矿磷肥中锌、镍、铜、钴、铬的含量及其对土壤环境的影响.....	440
参考文献.....	443