



$$Y = b_1 N + b_2 N^2 + b_3 P^2 + b_5 K + P_6 K^2 + b_7 NP + b_8 NK + b_9 PK$$

计算施肥学 与理性农业的探索

刘夏石 著
刘中柱 审校

东南大学出版社

计算施肥学与理性农业的探索

刘夏石 著
刘中柱 审校

东南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算施肥学与理性农业的探索/刘夏石著. —南京:
东南大学出版社, 2003. 11
ISBN 7-81089-371-8

I. 计... II. ①刘... ②刘... III. 施肥—数量—计
算方法 IV. S147.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 022175 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 宋增民

江苏省新华书店经销 南京工大印务有限公司印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 25.75 字数: 633 千字

2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 42.80 元

内 容 提 要

作为持续农业的核心“理性农业”是一项全球开发战略,已成为近年来国际农业界研究的热点领域。

所谓理性农业,是指提高生产者经济效益、满足消费者的需求、有利于环境保护与建设、充分发挥农业多功能性、具有竞争力的现代化农业。由于理性农业还是一个新生事物,为此本书作者根据我国基本国情,大胆进行技术融合,打破数、理、化、地、生的既定界线,针对农业面临的问题,使原先相互独立的学科能在持续发展上沟通、融合。建立以计算施肥学为基础的农业技术体系;形成生物多样性的人工生物圈模式;提出水回用战略,提高水资源利用效率;研制以生态、社会、经济为主线的“广谱自然肥”;发展特色产品加工业,推动农业产业化进程;阐述加入 WTO 与农业标准化建设;开展生态效能综合评估研究。从而,最大限度地利用技术融合带来新的发展机遇。

本书可作为农业研究工作者的参考书,也可作为生物与农业高年级学生、研究生的教材。

序

21 世纪人类面临着诸多挑战,其中生态环境问题就是一个主要挑战。生态环境问题正在由一种局部问题提升为国家安全和国际安全的大问题。

长期以来,人们只重视农业为提供粮食和生产原料的基本功能,而忽略了它在国土整治、保护环境、粮食安全、社会和谐、美化自然以及丰富文化内涵等多方面的作用。

1991 年全国人大会上,我们曾提出“农业要走高效、低耗、少污染”的路子。高效就是综合效益要高、质量要好;低耗即投入要少、农民收入要高;少污染就是不构成对环境的灾害和人们健康的危害,产品是安全可靠的。今天看来,是和当前引起广泛注意的理性农业是一脉相承的,也是当今农业发展的必然趋向。

当代高技术、新技术的发展特征日趋明显,人类的创造已经进入一个“融合”的时代,“融合就是创造”。航空航天技术是当今世界经济、科技和社会发展中最具活力的高技术,由它所代表的先进技术基础及其展示出的高技术时空观,必将率先给综合发展态势以高技术导向,使交叉学科不断产生与发展,推动技术融合,提高人类素质。

作者多年在进行航空研究的同时,还致力于多学科融合。努力使农业从追求高产向以提高综合效益为核心的转变。它与理性农业所追求目标是:“提高生产者经济利益、满足消费者的需求、保障食品质量和安全、有利于环境与农业多功能性”一致,这就是我们将多年的研究成果结合世界科技的发展趋势,进行“理性农业”的探索与实践的目的和追求,以期引起大家的共识,加速农业走上可持续发展的道路。

本书阐明了水分、空气、营养物质等在土壤中的输送和积累过程;进行农作物对物质、能量利用机制的研究;恢复和扩展农田生态系统中生物多样性,注意化肥的合理使用,减少环境污染、提高利用率,从而为实现理性农业创造了条件。

近年来作为信息农业重要组成部分的精确农业发展迅速,尤以在施肥上。即使发达国家也由于成本高,准确性不那么容易掌握,因而推广进展缓慢,在中国尤以南方地块小而分散,短时间内更难以推广应用。为此本书的一个目的就是在过去“土壤识别和优化施肥”研究成果基础上,进一步阐明建立植物生长的数学模型,介绍由简单到复杂的计算模型与方法,给出符合实际的农作物生长参数;形成适合农业特点的求解方法,详叙能不依赖任何小区试验和土壤测试数据,就可建立起适用的计算机系统,解决由计算给出土壤自然供应养分(常量、中量及微量营养元素)量、肥料利用率以及土壤有效养分量的方法。

- 建立了适用于大面积、大范围(至少能适合国内各省、市、自治区,甚至也能用于国外地区)农作物养分产量效应模型,提供土壤养分自然供应量、肥料利用率,即时计算出符合当地实际的最高产量、经济最佳产量及其相应的施肥量。

- 从理论上解决了有机肥折合率的难题,较好地反映出有机肥料与化学肥料配施时所涉及的平衡施肥问题。

- 研究存在于轮作制中施肥的种种难题,提出按效益最大化原则确定轮作种植方式,同时给出相应的施肥指导。

- 可实现在单位面积(每一平方米)上因土因农作物全面平衡施肥,即所谓自动变量施肥技术(Variable Rate Fertilization),因而提高了肥料利用率和施肥经济效益。

在论述方面,既反映单一品种,单养分,也讨论多品种、多养分综合效应问题。与以往多年各省、市大面积推广“土壤识别与优化施肥”应用成果相校正,证明其正确性和有效性。

当今世界关注营养危机与环境保护问题,在经济全球化的背景下,农业应该拓宽视野,走理性农业发展之路:

- 提高农作物光合效率、改善作物营养元素平衡。建立农田生态系统生态效能综合评价方法,实现经济与环境“双赢”。

- 提出以生态、社会和经济三条件为主线的“广谱自然肥”思想。

- 实施节水战略,提升水体功能,科学合理利用水资源。

- 通过人工生物圈建设,保护生物多样性,在优化环境的前提下,充分挖掘农田内在的潜力。

- 发展种植业与养殖业相结合的农田生态系统,最大限度实现圈内循环供给,发展农产品加工业。

- 推动农业标准化建设,强化标准化管理,加快与国际接轨。

- 结合区域建设,进行人工生物圈景观设计,使农业多功能性得以展现。

这些都为丰富和实践理性农业创造了有利条件和技术基础。

由于计算施肥学与理性农业还是一个新事物,我们概括的一些技术有的还不很完善,有待于实践不断充实与提高。因此本书的出版,是希望能引起广泛的共鸣、探索与发展,从而为建立中国式农业新体系而奋斗。

本书共分为四篇 20 章:第一篇(共 3 章),主要介绍了数学在现代农业中应用的若干基础知识;第二篇(共 7 章),主要介绍了土壤—肥料—植物的基本原理;第三篇(共 6 章),主要介绍计算施肥学的技术基础;第四篇(共 4 章),主要介绍农业可持续发展的形式。书中着重从理论与实践两方面进行综合论述。

本书的形成是 20 余年来作者应用航空动力学识别技术与结构优化理论引入农业领域中,进行多学科结合的尝试。作者长期和福建省农科院刘中柱研究员等合作,从“土壤识别与优化施肥”到“人工生物圈建立”等方面进行研究,开拓了真诚合作的范例,并由此推动了中国直升机研究所和福建省农科院广大同仁的长期亲密合作,出现了不少创新性成果,在此谨向他们表示衷心的感谢。

我们对中国直升机设计研究所、福建省农科院、江西省农业厅、云南省农科院、贵州省农科院、湖北省农科院、江西省九江市、广西壮族自治区等领导和同仁们对示范推广工作的直接领导、亲自组织实施表示感谢,没有他们的支持,这本书不会以目前的面貌写成。

我们还对国防科工委、农业部、中国航空工业总公司、江西省、福建省等党政领导表示由衷的谢意,感谢他们对“计算施肥学与理性农业”工作一贯的支持、关心和指导。

《计算施肥学与理性农业的探索》一书的出版,必将有利于发展土壤和植物营养科学,促进可持续农业科学的进一步发展,也将增强我国在这一领域的地位并带来深远的影响。

愿《计算施肥学与理性农业的探索》成为现代农业的一个基础,为世界农业科学技术的不断进步和发展做出微薄的贡献。

刘夏石

2003 年 1 月

目 录

第一篇 数学在现代农业中的应用	1
第 1 章 农业生产中的反问题	3
1.1 农业科学存在问题的实质	3
1.2 农业科学正面临一场大的变革	5
1.3 农业科学现代化要解决的理论技术问题	6
1.4 生态系统的基本概念	8
1.5 生态问题的数学模型	10
1.6 “黑箱”理论	13
1.7 农作物生长模型的意义	15
1.8 反问题简介	17
1.9 系统辨识的方法与步骤	20
1.10 农作物养分产量模型的建立	21
1.11 农作物养分产量模型的分析	22
1.12 常用的反求算法	24
第 2 章 优化设计的基本原理	27
2.1 实际技术问题及其数学模型抽象	27
2.2 有关优化技术的术语及概念	29
2.3 优化设计的一般数学模型	34
2.4 优化过程的形象化表达	37
2.5 将问题写成优化问题的一般步骤	40
2.6 非线性规划问题解法的分类	43
2.7 小结	47
第 3 章 基因算法的基础	48
3.1 基因算法的生物学基础	48
3.2 基因算法简介	49
3.3 基因算法的特点	53
3.4 基因规划简介	54
3.5 基因算法	55
3.6 混合基因算法	62
3.7 模拟退火算法	62
3.8 基因—退火混合算法	63

3.9 免疫基因算法	64
3.10 免疫基因综合算法	66
第二篇 土壤—肥料—植物的基本原理	67
第4章 农作物与环境	69
4.1 生态环境	69
4.2 气候因子	70
4.3 土壤因子	74
4.4 地形因子	75
4.5 生物因子	77
4.6 生态因子与农作物相互作用的特征	78
4.7 主要农作物分布与环境的关系	80
第5章 土壤肥力的物质基础	82
5.1 土壤营养环境	82
5.2 土壤矿物质	84
5.3 土壤微生物	86
5.4 土壤有机质	89
5.5 土壤腐殖质	91
5.6 土壤胶体	93
5.7 土壤酸碱度	95
第6章 农作物常量营养元素	101
6.1 农作物生长发育必需的营养元素	101
6.2 土壤养分形态与农作物对养分的吸收	103
6.3 碳、氢、氧	104
6.4 氮	104
6.5 磷	111
6.6 钾	117
第7章 农作物中量营养元素	121
7.1 钙	121
7.2 镁	123
7.3 硫	126
7.4 硅	129
第8章 农作物微量营养元素	132
8.1 微量营养元素对农作物营养的作用	132
8.2 影响土壤中微量元素有效性的因素	133
8.3 土壤微量营养元素丰缺诊断	135

8.4	锌	136
8.5	硼	138
8.6	钼	140
8.7	锰	141
8.8	铁	143
8.9	铜	145
8.10	氯	146
8.11	钛	147
8.12	微量元素肥料及合理应用	148
第9章 植物营养与施肥		151
9.1	平衡施肥	151
9.2	农作物对养分的吸收	151
9.3	施肥的作用	153
9.4	植物的根营养	154
9.5	叶面施肥	156
9.6	特殊条件下施肥	158
9.7	施肥技术概述	161
第10章 推荐施肥技术发展概况		164
10.1	土壤养分的供应能力	164
10.2	土壤测试推荐平衡施肥的技术基础	167
10.3	施肥量确定的一般方法	169
10.4	土壤养分变异与合理取样	170
10.5	土壤测试推荐平衡施肥技术国内外发展情况	172
10.6	常规土壤测试的局限性	172
10.7	植物营养诊断	174
10.8	变量管理模式	175
第三篇 计算施肥学的技术基础		177
第11章 计算施肥学的理论基础——生态系统的养分循环和平衡		179
11.1	计算施肥学面临的问题与特点	179
11.2	世界粮食问题的困境	180
11.3	农田生态系统中养分循环的基本参数	181
11.4	肥料与农业	182
11.5	施肥与环境	184
11.6	植物养分产量模型的建立	185
11.7	生长模型的表达方式	186
11.8	养分循环和植物营养的基本原理	188

11.9	因子综合作用律	189
11.10	养分产量效应方程	192
11.11	养分产量效应方程的若干性质	196
11.12	田间试验的设计及分析	200
11.13	关于识别数据的检验	201
11.14	方法评价	202
第 12 章	农作物常量养分产量效应方程	203
12.1	一元养分产量效应方程	203
12.2	一元养分产量效应方程的若干性质	210
12.3	二元养分产量效应方程	211
12.4	二元养分产量效应方程的若干性质	213
12.5	二元养分产量效应方程的算例	214
12.6	三元常量养分产量效应方程	217
12.7	三元养分产量效应方程的算例	219
12.8	三元养分产量效应方程的实际意义	221
第 13 章	包含中、微量元素的养分产量效应方程	224
13.1	中、微量元素的特点	224
13.2	我国土壤中、微量元素分布与影响因素	225
13.3	各养分间的交互作用	226
13.4	对农作物较为重要的中、微量元素	227
13.5	植物中、微量养分水平的临界值	228
13.6	我国中、微量元素缺乏面积	229
13.7	包含中、微量元素的养分产量效应方程	229
13.8	算例	234
第 14 章	有机肥料与化学肥料配合施时常量养分产量效应方程	239
14.1	有机肥料在土壤肥力中的意义	239
14.2	有机肥料与化学肥料特点的比较	241
14.3	有机肥料的结构	241
14.4	影响有机肥料的有效性因素	242
14.5	有机、无机肥料养分计算面临的困境	243
14.6	氮素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程	244
14.7	有机肥与氮素化肥配施时养分产量效应方程的若干性质	246
14.8	氮素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程的实际算例	247
14.9	氮、磷素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程	251
14.10	氮、磷素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程算例	252
14.11	氮、磷素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程的若干性质	254
14.12	氮、磷、钾素化肥与有机肥配施时养分产量效应方程	256

14.13 氮、磷、钾素化肥与有机肥配施肥时养分产量效应方程的实际算例	258
第 15 章 轮作周期中养分产量效应方程	261
15.1 合理轮作	261
15.2 利用生物学上的互补效应——间套作	261
15.3 水旱条件下的土壤状况	263
15.4 轮作中肥料的合理使用	263
15.5 农作物的轮换方式	264
15.6 制定轮作方式的基本原则	264
15.7 制定农作物轮作制度的科学依据	265
15.8 制定轮作制度的方法与步骤	267
15.9 确定最佳轮作方式的示例	271
15.10 区域农作物比较优势测算模型的选用	274
第 16 章 建立计算施肥学技术体系	276
16.1 建立计算技术体系的重要意义	276
16.2 计算施肥学技术体系设计思想	277
16.3 世界气候与农业生产	278
16.4 世界主要的土壤类型及其分布	280
16.5 “土宜”和“时宜”的研究	281
16.6 推荐施肥技术面临的困扰	283
16.7 养分产量效应方程的强大活力与面临的挑战	284
16.8 养分产量效应方程从理论到实用化的发展	285
16.9 农作物养分产量效应方程扩大推广应用的指导思想	287
16.10 为土壤分类提供一种定量化的手段	288
16.11 技术基础——五个基本引理	288
16.12 精确性的检验	291
第四篇 农业可持续发展形式	293
第 17 章 生态安全呼唤可持续发展	295
17.1 环境问题日益国际化	295
17.2 影响我国生态安全的一些环境问题	296
17.3 生态安全问题的特点	299
17.4 21 世纪中国农业面临的三大问题	300
17.5 可持续发展的生态学原理	302
17.6 走有特色的“可持续发展”之路	304
17.7 生态安全挑战及应对策略——农业标准化建设	306
17.8 生态效能综合评估	310
第 18 章 农作物与阳光	317

18.1	光合作用的重要意义	317
18.2	叶绿体的色素	318
18.3	叶绿体色素的吸收光谱	319
18.4	对光适应的植物	320
18.5	碳同化	321
18.6	植物对光能的利用	322
18.7	“选择性”与“多频适应性”	324
18.8	不同波段光的利用	325
18.9	呼吸作用	325
18.10	光呼吸	326
18.11	向性运动	327
18.12	向性运动的佳值	328
18.13	农作物有选择地混作或间种(群落)是接近向性佳值的途径	329
18.14	抗性运动	330
18.15	提高光能利用率	331
第 19 章	农田生态系统中生物多样性的设计——人工生物圈的概念及其发展	332
19.1	农田生态系统中生物多样性的概念	332
19.2	“人工生物圈”的提出与发展	333
19.3	农田生态系统中生物多样性的设计原则	334
19.4	“人工生物圈”的建设	334
19.5	稻田人工生物圈技术	335
19.6	丘陵(山地)人工生物圈	344
19.7	节水灌溉型人工生物圈	358
19.8	西部(沙漠)人工生物圈	360
19.9	实施走出去发展战略	367
19.10	人工生物圈中生态景观格局的考虑	368
19.11	“人工生物圈”模式对我国农业的重要意义	370
第 20 章	建立以生态、社会与经济为主线的“广谱自然肥”思路	372
20.1	化肥与农业	372
20.2	化肥应用中面临的问题	375
20.3	生产化肥引起的环境问题	376
20.4	使用化肥对环境的影响	377
20.5	“广谱自然肥”的提出	379
20.6	“广谱自然肥”的构成	380
20.7	超微化技术研究	385
20.8	“广谱自然肥”的研究	386
参考文献		388

第一篇 数学在现代农业中的应用

农业是研究农作物生命活动规律的科学,数学是研究自然界中数量关系和空间形式的科学。这两门学科间长期以来联系甚少,直到近二十年来由于科学技术的飞速发展,世界已经进入了一个新时代,那就是经济全球化和知识化的时代。

新时代使农业面临着诸多挑战,其中生态安全问题就是一个主要挑战。随着信息技术的发展,使精准农业(精确农业或精确农作)(Precision Agriculture 或 Precision Farming)成为近年来国际上农业科学研究的热点领域。由于精准农业的核心是土壤的空间变异,那么如何获得土壤性状的数据,其采集、测试、分析与计算技术却是精准农业的重要问题。

根据我国农业高度分散性的特点,迫切需要用数学手段,为农业的研究建立符合实际的数学模型,以揭示其生命现象的本质,为农业和数学之间的相互渗透提供良好的条件。

现代农业科学技术的发展,也势必要求从事农业研究领域的农学家尽快地了解 and 掌握有关的基本数学概念和方法,以便与渗透到这一领域的其他科技工作者开展密切协作,加速农业现代化。为此,将数学中有关反问题、优化理论与基因算法等必需知识引进现代农业研究中,将作为后面讨论计算施肥学与理性农业的基础知识。

第 1 章 农业生产中的反问题

我国农业生产水平已经发生了质的变化,进入某种程度供过于求的时代。农业的发展不仅受到资源的约束,还越来越受到需求的约束,随着市场状况的变化,价格低迷、产品滞销、仓库爆满。在新的形势下农业如何进一步发展?正当我国加入 WTO 之后,农业以及化肥生产企业将面临越来越严峻的挑战。我国是一个农业大国,农业是国家重点发展的基础产业,如何利用新技术改造我国的传统农业,提高农业的生产效益,改善农产品品质,使其在国际市场上具有一定的竞争能力,已成为农业科学研究的重点。

结构的优化设计,最优控制、参数识别,乃至医学中 CT 均为反问题。反问题技术是近三十多年来发展起来的一门新型技术科学,其应用远远超出了工程学及物理学的范畴。如从金属敲击声中确定金属的性质和成分;从鱼群回音图中判别鱼的种类、数量和分布;医生根据人的发音判断声带上是否长了瘤;从人工地震波中揭示有油的岩层结构;从遥感图片中判定农作物长势、收获量等等都是反问题。在其他许多学科领域内,例如生物学、医学和经济学中反问题是现代科技中非常重要的方法。

反问题是计算力学兴起的一个重要方向。历史上著名的反问题应当是牛顿(Newton)万有引力的提出。他根据卡普勒(Kapler)关于行星运动的三定律反过来求这些行星所受的力。

反问题已在生理学和生物医学中取得重大进展,从心电图的波形判断被检查者是否患有心脏病,从 X 光照片判断是否发生癌肿等。因而反问题的研究正引起农业、医学和生命科学工作者的广泛关注和日益增长的兴趣。

1.1 农业科学存在问题的实质

在过去 50 年,随着生物技术的进步、耕地面积的扩大、化学肥料及农药的大量使用,世界农业取得长足发展,但这种农业增长模式也带来一系列环境问题。在面临知识经济的新态势下,首先应当对过去的农业科学有一个全面正确的认识,进行客观评价,寻找应对可能的机遇与挑战。

1.1.1 受传统思维的束缚

钱学森院士在《论人体科学与现代科技》一书中指出:“15 世纪下半叶,近代科学开始兴起,力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目逐渐从混为一体的哲学中分离出来,获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界独特的分析方法,包括实验、解剖和观察,把自然界的细节从总的自然联系中抽出来,分门别类地加以研究。”这在当时是起了划时代的推动作用。但是,撇开总体的联系来考察事物和过程,在某种程度上也障碍了近代科学的发展。

传统农业科学技术的发展历史与上述情况相同,为了分门别类地深入研究,只好从总体

中分离出来,切断与周围事物的普遍联系,孤立地去研究某一事物的局部和细节,以求深入,从而逐渐形成并不断强化了划分专业、学科的传统。但是,农业本身却是一个“天—地—人—作物”相互交织在一起的十分复杂的大系统。因此,不同专业、不同学科都在各自狭窄知识领域里从事农业生产问题的研究,特别是一遇到综合问题就往往显得力不从心。

为了比较真实地研究事物的本来面目,科学探索的范围已从“纵向”探索进入“横向”拓展时代。它是从横向综合来进行研究的一门“横断科学”,它不是切断事物与整体的普遍联系,而恰恰着重于研究这种“普遍联系”,正如恩格斯称之为“伟大整体联系的科学”。农业是和活的有生命的动物、植物、微生物打交道,而一切生命现象都是经历诞生、发育、生长到死亡的运动过程。因此,农业是一门动态联系的科学,它不能静止地研究联系,而要在运动中把握联系,在联系中研究运动。由于研究对象的多学科性与复杂性,具有高度综合的性质,需要多学科的参与、学科之间加速杂交与融合,使当代农业科技发展获得了新的生命力。

1.1.2 弱势农业阻碍了农业科学的发展

为什么农业科学理论进展不大?为什么农业科学研究成果覆盖面不大?为什么农业问题一再成为广泛关注的焦点?究其原因不外乎两条:一是农业至关重要,“民以食为天”;二是农业又是弱势产业,以至于入世后在现今市场经济条件下发展乏力。而造成这一现象的原因有:

- 我国农业尚没有从根本上摆脱几千来自足自给的小农经济羁绊;
- 谈得多,落实得少,心有余而力不足;
- 原始创新能力弱,自主知识产权少,效益低,难以形成良性循环;
- 科研投入少,能力建设不够,基础研究条件差,技术储备不足;
- 农业研究又苦、又累、又清贫,难以吸引人才;
- 面对的是广大穷困的农民大众,农业研究成果难以见到效益。

因此,三农问题已成为制约我国等发展中国家进一步发展的首要问题。

1.1.3 投入所限,使研究对象受不可知论的束缚

受投入现实的制约,迫使人们不得不将农业问题归咎于受各种各样复杂因素的影响,如地区性、季节性等的影响,一时难以捉摸,难有所作为。其实,农业科学与医学、生命科学一样,都受到地区性和季节性等因素的制约。但是,同属于生物科学的医学却取得了辉煌的成就。虽然农业所面对的是动植物,医学所面对的是人,二者虽有差异,但是二者同属生物学、生命科学。研究对象在整个生命过程中都始终与环境保持着密切联系,而且生长发育都具有连续性、不可逆性和难控制性。相比之下,动植物的生命活动和生长过程与人类相似,在某种意义上比人却要简单些。人具有高度的思想、意识和感情,其心理与生理上的控制性比作物的难度要大得多。因此,医学可以做到的,农学也应该能做的到。

医生可超越地域、国度、人种、性别、年龄、职业、饮食结构以及生活习性的不同,迅速准确地对人体的病情做出诊断,并提出治疗方案。因此,只要对农业科学给予必要支持,也可以做到不受时间和空间的限制,不因天气或地域的变化甚至品种的不同,都可以取得像医学

那样的成就,甚至还可能超越其发展水平。可见农业科学落后并不是研究对象本身的不可知,也不是因为环境因素太复杂,而是农业一直处于弱势地位这一客观现实的制约。农业科学如何面对现实,走出一条有中国特色的发展之路是摆在我们面前一项急迫的任务。

1.2 农业科学正面临一场大的变革

农业生产系统由于投入所限,加上“环境—作物—人类社会”构成多层次的复杂系统。其中既有生物因素,又有非生物因素;既有确定因子,又有很多难以控制的随机因子,系统内的各种关系多呈强非线性关系。农业生产过程涉及许多生物学过程,其内部结构一时难以揭示清楚。

电子计算机的发明使人类社会进入一个新的历史时期。人们把计算机的发明称做人脑功能的延伸,借助于计算机,使科学技术日益综合化、精确化、定量化。随着信息技术的发展及农业新科技革命的兴起,计算机科学和信息技术为农作物栽培学的发展提供了新的方法和手段。美国从 1993 年就开始试行精准农业(Precision Agriculture 或 Precision Farming)模式。

精确农业或信息农业(Information Agriculture)是更广泛意义上的精准农业,是当前国际农业科学研究的热点领域。它以现代农业技术为基础,融合遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球卫星定位系统(GPS)等高新技术,构成一个数据信息采集、处理和可用于实时实地操作的农业变量管理技术体系。它以提高农业生产效益为中心,最大限度地优化农业各项投入,以获取在单位面积上最高产量或最大经济效益,同时保护农业生态环境,保护土地等农业自然资源,促进农业的持续稳定发展。

现代技术的发展为精确农业奠定了坚实的基础。人们对节约资源和保护环境的日益重视又进一步推动了精确农业的发展。进入 20 世纪 90 年代以来,精确农业在欧美等发达国家发展很快,已粗具规模。

现代农业生产技术体系是一种以农作物对环境条件所作出的内在反应为依据,通过“技术—环境—产量”的动态关系作为生长调控主线,达到高产、优质、高效为主要目标的栽培技术体系。它不仅注重作物优质高产理论与技术,同时也注重作物生产的高效管理与持续发展。

施用化学肥料是农业生产中投入资金最多的项目之一,但是,化肥的当季利用率还不足 50%,氮素化肥的利用率更低。其原因除施用方法不当外,也与土壤养分的空间变异密切相关。国内外对于测土推荐施肥都做了大量的研究,但是,大部分是基于大田平均值,或基于大田混合样品进行的。近年来,随着 GPS、GIS 和地统计学等方法应用于土壤领域,土壤特性间的变异越来越受到人们的重视,特别在土壤养分管理上,以精确农业为中心的养分管理正成为土壤养分管理的热点。

任何国家要实现现代化,都必须和本国的资源条件相符合。在我国目前以农户为单位的农业生产体制下,地块既小又不连片,每个地块面积仅 $0.05 \sim 0.18 \text{hm}^2$ 。再由于农业生产特别是粮食生产的比较效益低下,以每一农户地块为单位会大幅度提高单位面积测土推荐施肥的费用,难以有效推广。当以较大面积为测土施肥单元时,由于空间变异,测土施肥的推荐量又不具有较强的代表性。

随着全球加强环境管理,市场竞争的不断加剧,如何对付这一严峻形势。食物紧缺和国