



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



植保系统工程导论

● 曾士迈 主编

● 植保、植病、昆虫专业用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

植保系统工程导论

曾士迈 主编

植保、植病、昆虫专业用

北京农业大学出版社

(京)新登字164号

图书在版编目(CIP)数据

植保系统工程导论/曾士迈主编.-北京:北京农业大学出版社,
1994.10

ISBN 7-81002-607-0

I.植… II.曾… III.植物保护-系统工程 IV.S4

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第02158号

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路2号)

北京农业大学印刷厂印刷 新华书店经销

1994年10月第1版 1994年10月第1次印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:19

字数:468千字 印数:0~3 000册

定价:10.75元

主 编: 曾士迈 (北京农业大学)

编 著 者: 曾士迈 (北京农业大学)

赵美琦 (北京农业大学)

肖长林 (北京农业大学)

主 审 人: 张孝羲 (南京农业大学)

责任编辑: 吴肖菊

版式设计: 吴肖菊

INTRODUCTION TO

PLANT-PROTECTION-SYSTEMS-ENGINEERING

SHI MAI ZENG

Professor, Plant Pathology
Department of Plant Protection
Beijing Agricultural University

MEI QI ZHAO

Associate Professor, Plant Pathology
Department of Plant Protection, B.A.U.

CHANG LIN XIAO

Formerly Lecturer, Ph.D.Plant Pathology
Department of Plant Protection, B.A.U.
Presently Visiting Postdoctoral Scholar
Department of Plant Pathology
U.C.Davis, California, USA

Beijing Agricultural University Press

Beijing, 100094, P.R. China.

1994

内 容 简 介

本书把植保事物（包括植保工作、综合防治和有害生物生态系）看做是系统，采用系统工程的方法，探讨如何认识和如何管理其中的复杂问题。全书15章，即：绪论；系统科学和植保科学；植保工作的系统观；农田有害生物生态系的系统分析；农田有害生物的系统监测；系统预测；植保管理和有害生物系统管理；系统管理中的决策；田间综防管理中的阈值原理和技术组装；田间有害生物综合防治的效益评估；植保系统基层设计 and 应用前景；系统动力学方法；决策方法；植保系统工程中计算机辅助决策技术和层次分析方法。书末附有参考文献。可作为农业院校植保专业和相关专业师生的试用教材，亦可供植保科学研究者和植保推广工作者参考。

Introduction to Plant-Protection- Systems-Engineering

Contents

Preface

- 1 Introduction
 - 2 System Sciences and Plant Protection Science
 - 3 System Outlook on Plant Protection
 - 4 Systems Analysis of Pest-ecosystem
 - 5 System Monitoring on Pest-ecosystem
 - 6 System Prediction of Pest-ecosystem
 - 7 System Management of Plant Protection Work and that of IPM
 - 8 Decision-making in System Management
 - 9 Threshold Theorem and Coordination of Control Measures
in IPM Implementation on Farm
 - 10 Comprehensive Benefit Evaluation of IPM Implementation on Farm
 - 11 Design and Prospect of Plant-Protection-Systems-Engineering on Farm
 - 12 System Dynamics in Plant-Protection-Systems-Engineering
 - 13 Methods of Decision-making in PPSE
 - 14 Computerization of Decision-Aid and Management in PPSE
 - 15 Analytic Hierarchy Process in PPSE
- References
Index

0 前 言

大约10年前起，在我和一些同行的学术交往中，开始探讨一个共同感兴趣的问题：植保系统工程这个新概念。这些同行，按开始早晚和次数多少，有：鲁光球（内蒙古农业科学院）、庞雄飞（华南农业大学）、林昌善（北京大学）、李绍石（湖南省植保站）等。虽然各家在一些具体问题上看法不尽相同，但是都使我得到很多启发和鼓励。中国植物保护学会在1988和1991年两次召开了植保系统工程座谈会，中国农业部植保总站1986年曾委托北京农业大学植物保护系举办了省市植保站长植保系统工程研讨班。在这种背景下，1988年起，我试开了这门新课，植保系统工程。本书就是以该课讲稿为基础而写成的。

多年在植保系教书，常感到需要一本类似此书的读物，以帮助 学生扩大思路，提高对植保科学总体的认识，培养其用系统方法解决植保问题的能力。现代科学发展迅速，学科分支越分越细，微观机制越探越深，这方面孕育着新的科技突破，也吸引了学子们走向单科深入，索理探微，这是可喜的。但是，在这种情况下，人们就越须注意知识领域的横向扩展和解决问题的综合能力，否则就很容易流于“见树不见林”。比如研究一个植保问题时，植病、昆虫、农药、育种、栽培、土壤、气象等专家因侧重角度有所不同而各有己见，这种情况本是正常的，甚至是需要的，它有利于集思广益，互补短长。但如有人固执一己之见，以为全部真理都只在自己手里，那就会成为知识局限性和主观片面性的俘虏了。不能要求专家十八般武艺样样精通，但应有个共同要求：即思想方法较高，知识领域有一定广度，以便于和别人相互学习和交流，达成共识。

大学中植保系学生同样如此。长期以来，植保主要是分别进行植物病理学、昆虫学、化学保护等单科课程的原理教学，而且，主要是生物学原理和技术原理的教学，当然这是重要和必要的基础。但从生物学原理一旦进入农田实际和社会实践，问题就复杂了。解决复杂的实践问题还需要更高一层的能力，即专业知识、系统思维和科学管理相结合的能力。过去教学计划中没有相应的课程，去训练学生把病虫草鼠各课内容综合起来用于解决实际问题，只有在生产实习中学生可能会取得一些这方面的体会。固然，社会需要各式各样的植保人才，包括精深于与某一特定领域的专家，如昆虫分类学、昆虫行为学、植物药理学和分子植物病理学等，但是，需要更多的还是专长于植物保护科学的大学生和研究生。植保科学内部多学科以及外部相关学科的综合运用，对植保专家无疑是非常重要的。即便对基础分支学科的专家，较宽的知识面也有利于其专门的深入。现在，由于植保各单一学科、相关学科以及交叉研究领域的发展，特别是系统科学向各学科的渗透，开设一门训练上述能力的课程——植保系统工程，已可进行尝试了。这种课程虽然还是原理教学为主，但它会帮助学生不论在校期间还是毕业以后，都能自觉地进行这方面自我修养，指导其实践。以上，就是写作此书的目的。

本书的内容和指导思想是：把植保事物看作是系统，采用系统工程的方法解决植保事物

中复杂问题。本书和病虫草鼠各科之书在一些节目名称上不免有相似相同，但各科之书重点在病虫草鼠知识本身，而本书意在高层次综合概括，在于其共性和差异，不再一一论其个性和细节。本书以植保事物（包括植保工作、综合防治、农田有害生物生态系）为整体对象，探讨如何认识和如何管理这些事物。

作者认为：植保系统工程是植保科学发展的必然产物，第1章简短地阐述了这一观点。植保事物非常复杂，需要采用系统科学的理论和方法来处理，第2，第3两章分别从系统科学和植保工作两方面来看这种必要性和可能性。认识某系统是管理该系统的基础，管理系统是认识系统的目的，第4至第6章（系统分析、系统监测和系统预测）是讲如何认识系统，第7至第11章（系统管理、决策、阈值原理、效益评估和基层植保系统工程的设计）是讲如何管理系统。实际上，管理过程和认识过程是交叠并进的，系统监测和系统预测既是认识过程，又是管理过程的必要环节。第7章讲系统管理的概念和全过程，从而引出它所包含的第8至第11章的内容。所以可以说，第7章是全书中心，承前启后，把第4到第11章贯穿成一体。最后，第12至第15章是植保系统工程中常用方法的具体简介，是第4至第11章涉及的方法问题的充实和展开。初学者和尚不拟专攻此道者可只通读前11章，后4章只供作个别问题的查阅。感兴趣的读者可通读全书，对某些问题欲知其详还须查阅有关文献。近20年来，用系统科学的理论和方法研究农田有害生物，已有很多报道，本书不可能也不必巨细无遗，且作者等学习所及亦颇有限，这里只列出一些重要文献，供读者选读。

本书由曾士迈（第1，3，4，5，6，7，8，11章），赵美琦（第2，9，10，12，15章），和肖长林（第13，14章）分工执笔。执笔前，肖悦岩对第9章，张忠军对第4，6章和骆勇对第10章，曾分别提供了部分初稿或素材。作者等对他们的支持表示感谢。

特别要感谢南京农业大学张孝羲教授，他审阅了全部书稿，提出了很好的修改意见。

本书是个新的尝试，笔者等均出身植物病理学，对植保科学的其它基础学科和系统科学所知都颇有限，消化熔炼上也尚感功力不足。缺点错误在所难免，恳望读者批评指正，更盼同行先进另行写出佳作。

北京农业大学植物保护系 曾士迈

1994年3月

目 录

1	绪 论	
	——植物保护科学的发展和植保系统工程·····	1
1.1	成就和问题·····	1
1.2	学科分工和综合应用·····	2
1.3	技术和管理,硬科学和软科学·····	2
1.4	植保系统工程·····	3
2	系统科学和植保科学·····	6
2.1	系统科学的发展·····	6
2.1.1	朴素的系统思想和自发的应用·····	6
2.1.2	机械论和还原主义·····	6
2.1.3	系统时代·····	7
2.2	系统科学简介及其与植保的关系·····	8
2.2.1	系统的定义和属性·····	8
2.2.2	系统的分类·····	10
2.2.3	系统科学、系统科学群及其与植保的关系·····	11
3	植物保护工作的系统观·····	21
3.1	植保工作的复杂性·····	22
3.1.1	多元的生物学组分·····	22
3.1.2	气象因素的强大影响·····	23
3.1.3	某些病虫害发生规律的时空跨度很大·····	25
3.1.4	农业技术变革的深刻影响·····	25
3.1.5	植保技术及其推广上的特殊性·····	26
3.2	植保工作的生态观、经济观和社会观·····	28
3.2.1	植保工作是农田生态系统系统工程的组成部分·····	28
3.2.2	植保工作经济效益的长期观点和风险性·····	29
3.2.3	植保工作和社会因素相互作用的深刻性·····	29
3.3	植保系统工程的逻辑结构和理想功能·····	31
4	农田有害生物生态系的系统分析·····	34
4.1	农田有害生物生态系的系统分析概说·····	34

4.1.1	农田有害生物生态系的组分	34
4.1.2	有害生物生态系的结构	36
4.1.3	动态分析	37
4.1.4	种群动态分析	38
4.1.5	有害生物生态系系统分析的多种做法	40
4.2	生物性组分的相互关系	41
4.2.1	种内个体间相互作用	41
4.2.2	作物-有害生物	42
4.2.3	品种-有害生物	46
4.2.4	其它的生物间关系	47
4.3	非生物组分和生物组分的关系	50
4.3.1	耕作栽培措施和有害生物	50
4.3.2	植保措施和有害生物	51
4.3.3	一措施与其它措施之间的关系	52
4.4	对农田有害生物的自然控制因素	53
4.4.1	对害虫的自然控制因素和害虫的生物防治	54
4.4.2	对病害的自然控制因素和病害生防	54
4.4.3	杂草的天敌和杂草生防	55
4.4.4	生物防治和与其有关的群落生态学研究	55
4.5	有害生物生态系的稳定性	57
4.5.1	稳定性	57
4.5.2	多样性和稳定性	58
4.5.3	农田生态系结构和植保风险性	59
5	农田有害生物的系统监测	61
5.1	几个基本概念	62
5.1.1	真值、测量值和估计值	62
5.1.2	可信度、准确度、精细度和可重复性	63
5.1.3	取样技术	64
5.2	病害和病原物监测	68
5.2.1	普遍率、严重度和病情指数	68
5.2.2	病情分级	69
5.2.3	韦伯-费赫纳定律	69
5.2.4	普遍率和严重度的关系	70
5.2.5	病原物监测	70
5.2.6	病原物生理小种的监测	71
5.3	害虫的监测	71
5.3.1	发育进度	71

5.3.2	害虫种群数量监测	72
5.3.3	传毒介体的监测	72
5.4	杂草的监测	73
5.4.1	发生程度	73
5.4.2	危害程度	73
5.4.3	优势种消长和杂草群落演变	73
5.5	农田害鼠种群数量调查方法	74
5.6	“新”病虫害杂草和检疫性病虫害杂草的监测	75
5.7	有害生物抗药性的监测	76
5.8	有益生物的监测	76
5.9	作物监测	77
5.10	环境监测	77
6	农田有害生物生态系的系统预测	79
6.1	系统预测的目的和意义	79
6.2	预测方法的一般概述	79
6.2.1	经验法和模型法	80
6.2.2	统计模型、系统模型和专家系统	81
6.3	多种病虫害混生时的综合预测	82
6.4	损失估计和损失预测	83
6.4.1	损失测定、损失估计和损失预测	83
6.4.2	疫情和损失的关系	84
6.4.3	损失估计模型	84
6.4.4	品种、栽培和气候对疫情-损失关系的影响	86
6.4.5	多病虫害损失估计模型	87
6.4.6	草害损失估计	87
6.4.7	损失预测	88
6.5	防治效果预测	89
6.5.1	疫情控制效果和保产效果	89
6.5.2	疫情控制效果的计算方法	89
6.5.3	保产效果的计算方法	90
6.6	品种抗病性寿命和新小种流行的预测	91
6.7	抗药性发展的预测	93
6.8	超长期预测	94
6.9	预测预报的经济效益	95
7	植保系统工程中的系统管理	97
7.1	防治、管理和系统管理	97

7.2	植保系统工程中的系统管理	99
7.2.1	管理的作用和类别	99
7.2.2	植保系统工程中系统管理的三大层次	100
7.2.3	植保系统工程中四级管理的设想	101
7.3	综合防治的系统管理	103
7.3.1	综合防治的外部关系和内部关系	103
7.3.2	综防管理的内容和过程	105
7.3.3	管理目标	106
7.3.4	管理信息系统	107
7.4	有害生物系统管理的概念模式	108
8	植保工作系统管理中的决策	110
8.1	决策行为	110
8.1.1	决策行为三要素	110
8.1.2	进行决策的基础	110
8.1.3	系统的复杂性和决策	112
8.2	决策类型和层次	112
8.2.1	程序决策和非程序决策	112
8.2.2	单目标决策和多目标决策	113
8.2.3	确定性决策、不确定性决策和风险性决策	113
8.2.4	战略决策、战术决策和技术决策	113
8.3	决策过程	115
8.3.1	决策的外部过程	115
8.3.2	决策的内部过程	115
8.4	决策模型	117
8.4.1	决策模型的概念	117
8.4.2	决策模型的要素	117
8.4.3	模型求解	118
8.4.4	知识模型	120
8.4.5	德尔菲技术	120
8.5	技术决策	120
8.6	战术决策	121
8.7	战略决策	123
9	田间综防管理中的经济阈值原理和技术组装	126
9.1	有害生物综合防治管理的经济阈值原理	126
9.1.1	基本概念	127

9.1.2	经济损害水平、经济阈值的计算和模型组建	130
9.2	复合防治指标	135
9.3	综合防治技术的协调组装	137
9.3.1	综合防治中的硬技术	138
9.3.2	综合防治中的软技术	138
9.3.3	技术的协调组装	139
9.4	综合防治效果模拟模型	140
10	田间有害生物综合防治的效益评估	142
10.1	系统评估的几个基本问题	142
10.1.1	评估中相关的名词概念	142
10.1.2	系统评估的目的和内容	142
10.1.3	效益评估的步骤和原则	143
10.1.4	效益评估的复杂性	143
10.2	综防系统效益评估的指标体系及其分析	144
10.2.1	评估的总目标分析	144
10.2.2	成本核算和经济效益评估	144
10.2.3	生态效益评估	146
10.2.4	社会效益评估	149
10.3	层次分析方法在综防效益评估上的试用	149
10.3.1	层次结构模型	150
10.3.2	权重值的确定	150
10.3.3	基层指标的评分方法	152
10.3.4	指标综合的方法	154
10.4	麦田综防管理系统的效益评估	154
10.4.1	层次分析方法评估实例	155
10.4.2	模糊综合评判方法评估实例	157
10.5	效益评估中注意的问题	159
10.5.1	各层指标权值评定的复杂性	159
10.5.2	系统分析、系统评价与决策的关系	159
10.5.3	管理决策中的风险分析	160
11	植保系统工程基层设计和应用前景	161
11.1	用系统方法进行植保系统工程的研究和设计	161
11.1.1	植保工作系统和植保系统工程	161
11.1.2	植保系统工程的三元系统和三个观念	161

11.2	基层植保系统工程的设计	163
11.2.1	第一层次设计: 标的、环境和管理	163
11.2.2	第二层次设计: 管理系统的建立	164
11.3	植保系统工程应用上的困难和前景	166
11.3.1	有害生物综合治理推广上的困难	166
11.3.2	实现植保系统工程所需要的条件	166
11.3.3	植保系统工程研究和应用所面临的困难和前景	167
12	系统分析方法——系统动力学	169
12.1	系统分析方法概论	169
12.1.1	系统分析的基本概念	169
12.1.2	系统分析的基本原理	170
12.1.3	系统分析的基本方法——模型和模拟	170
12.1.4	系统模拟工作的基本步骤	174
12.2	明确目的和划定边界	175
12.3	总体设计和框架设计	177
12.4	变量定义、数据采集和函数方程建立	179
12.4.1	变量定义	179
12.4.2	数据采集、熔炼和规格化	181
12.4.3	函数方程的建立	182
12.4.4	参数估计	184
12.5	模型组装、编程和调试	184
12.5.1	模型复杂性及其结构选择	184
12.5.2	总体模型组装	184
12.5.3	编制电算程序	187
12.5.4	上机调试	188
12.6	模型检验	188
12.6.1	合理性检验	188
12.6.2	可靠性检验	189
12.6.3	灵敏度检验	189
12.6.4	检验方法	189
12.7	模型的试用和模拟	190
12.7.1	因子、处理和重复	191
12.7.2	模拟试验的设计	191
12.7.3	系统的优化和满意化	193
12.8	系统分析的多环反馈和反复改进	194

13	决策方法	195
13.1	决策方法概述.....	195
13.2	线性规划.....	196
13.3	动态规划.....	197
13.3.1	多阶段决策.....	197
13.3.2	动态规划的基本思想.....	198
13.3.3	应用实例.....	199
13.4	决策论方法.....	201
13.4.1	益损期望值决策表.....	201
13.4.2	决策树.....	203
13.4.3	贝叶斯决策.....	204
13.4.4	效用理论.....	207
13.5	不确定性问题的决策方法.....	208
13.5.1	乐观准则决策 (max-max 准则).....	208
13.5.2	悲观准则 (max-min 准则) 决策.....	209
13.5.3	等可能性准则决策.....	209
13.6	模型模拟方法.....	210
13.6.1	模型模拟方法的特点.....	210
13.6.2	应用实例——小麦品种布局决策.....	210
13.7	专家系统方法.....	212
13.7.1	专家系统方法的特点.....	212
13.7.2	应用实例.....	213
13.8	模糊决策.....	215
14	植保系统工程中计算机辅助决策技术	217
14.1	计算机辅助决策技术概况.....	217
14.2	数据库管理系统.....	218
14.2.1	数据库及数据库管理系统.....	218
14.2.2	数据库管理系统应用实例.....	219
14.3	决策支持系统.....	219
14.3.1	决策支持系统的概念.....	219
14.3.2	决策支持系统应用实例.....	220
14.4	地理信息系统.....	223
14.4.1	地理信息系统的概念.....	223
14.4.2	地理信息系统的应用.....	224
14.5	专家系统.....	226
14.5.1	专家系统的有关概念.....	226

14.5.2	设计和建造专家系统的有关技术环节	229
14.5.3	专家系统在植保中的应用	237
14.6	应用前景和发展方向	244
14.6.1	专家模拟系统	245
14.6.2	智能决策支持系统	246
14.6.3	有害生物综合治理的知识系统环境	246
15	层次分析方法	248
15.1	引言	248
15.2	层次分析方法的基本原理	248
15.3	层次分析方法的基本步骤	250
15.3.1	明确问题、建立层次结构模型	250
15.3.2	构建判断矩阵	251
15.3.3	判断矩阵的特征根和特征向量——权值的计算	252
15.3.4	一致性检验	253
15.3.5	层次总权重及其一致性检验	254
15.3.6	层次单排序和总排序	256
15.4	运用层次分析方法的一般原则	256
15.5	层次分析方法在植物保护研究中的应用	257
15.5.1	例1：病虫测报体系的评估分析	257
15.5.2	例2：有害生物综合管理系统的效益评估	260
15.5.3	例3：多目标管理方案决策	260
15.6	层次分析方法的改进	261
15.6.1	利用最优传递矩阵概念，使之自然满足一致性要求	261
15.6.2	对大规模层次分析中的“残缺”评判矩阵的权值计算方法的改进	262
15.6.3	组群评判	262
	中英对照索引	263
	参考文献	270