

## 前 言

“植物保护学”是高等农业院校非植物保护专业的一门主干专业课程，但多年来该课程缺少系统性教材，而采用农业昆虫学、植物病理学、杂草学、鼠害学等几本书，造成了不必要的重复和浪费，增加了学生的负担。为了教学需要和实现培养“厚基础、宽口径、高素质、强能力、广适应”的高等学校人才培养目标，由西北农林科技大学、宁夏大学、山东农业大学、山西农业大学、吉林农业大学、河北农业大学、甘肃农业大学、新疆农业大学、青岛农业大学、塔里木大学长期执教于该门课程的17名专家、教授共同承担了普通高等教育“十一五”规划教材“植物保护学”的编写任务。在广泛征求广大教学工作者意见的基础上，编委会将拟定的编写大纲分发给各个参编单位，反复对教材内容进行了修订和补充，形成了这本教材的编写模式。

本教材根据“植物保护学”课程教学的基本规律和特点，在编排方面既加强了基本理论和基础知识，又兼顾了农作物生态系统中有害物的完整性，对所选有害物种类打破了地域界限，力求做到南北兼顾、重点突出、内容先进、文字简炼、图文并茂，旨在提高学生自主学习的主观能动性及分析问题和解决问题的能力。

全教材共分五篇十九章。第一篇、第二篇分别介绍植物病理学和昆虫学基础知识，第三篇论述农作物病虫害的发生（流行）预测及防治策略，第四篇、第五篇分述粮食作物、经济作物等的病害、虫害及其综合防治。参与本教材编写的人员及分工如下：花蕾、李友莲（第四章、全书插图修饰制作及统稿）；贺达汉（第九章及全书初审）；张世泽（绪论、第六章及害虫部分初审）；商文静（第七章、第十章、第十一章及病害部分初审）；许永玉（第五章）；周洪旭（第八章）；白庆荣（第三章、第十二章）；于金凤、曹玉（第一章、第十三章）；赵洪海（第二章）；王勤英（第十四章）；孟昭军（第十五章、第十六章）；于江南（第十七章）；王森山、杨宝生（第十八章）；成为宁（第十九章）。

在本书编写期间得到了科学出版社及各编委所在单位教务处及植保学院的大力支持。承蒙西北农林科技大学商鸿生教授对全书进行了认真审定。本教材参考了大量的有关著作和文献，将其列于书后，以供参考。在此向所有提供帮助的单位和个人一并表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中存在的错漏和不足之处在所难免，真诚希望同行和读者不吝赐教，以便今后修订和不断完善。

《植物保护学》教材编委会

2008年6月



# 目 录

前言		二、植物保护学的研究内容	1
绪论	1	三、植物保护与人类的关系	2
一、植物保护学的概念	1	四、植物保护技术的发展和趋势	3
<b>第一篇 植物病害概述</b>			
<b>第一章 植物病害的概念</b>	11	三、植物病毒的主要类群	39
<b>第一节 植物病害的定义</b>	11	四、植物病毒所致病害特点	41
一、植物病害	11	<b>第四节 植物病原线虫</b>	41
二、病原	11	一、植物线虫的形态结构	41
<b>第二节 植物病害的症状</b>	12	二、植物线虫的生物学特性	42
一、植物病害的症状	12	三、植物线虫的重要类群	43
二、症状变化	15	四、植物线虫所致病害特点	44
三、植物病害对植物的影响	16	<b>第五节 寄生性种子植物</b>	45
<b>第三节 两种类型的植物病害</b>	17	一、寄生性种子植物的特点	45
一、非侵染性病害	17	二、寄生性种子植物所致病害特点	45
二、侵染性病害	17	复习思考题	45
复习思考题	18	<b>第三章 植物病害的发生发展规律</b>	47
<b>第二章 植物侵染性病害的病原</b>	19	<b>第一节 侵染过程</b>	47
<b>第一节 植物病原真菌</b>	19	一、接触期	47
一、病原真菌的一般形态	19	二、侵入期	48
二、病原真菌的生长	21	三、潜育期	49
三、真菌的生活史	22	四、发病期	50
四、病原真菌的分类	23	<b>第二节 病害循环</b>	50
五、植物病原真菌的主要类群	23	一、病原物的越冬和越夏	50
<b>第二节 植物病原原核生物</b>	34	二、病原物的传播	52
一、植物病原原核生物的一般性状	34	三、初侵染和再侵染	53
二、重要的植物病原原核生物	35	<b>第三节 植物病害的流行</b>	53
三、病原原核生物所致病害特点	37	一、影响植物病害流行的因子	54
<b>第三节 植物病原病毒</b>	37	二、植物病害的流行病学类型	55
一、植物病毒的一般性状	38	三、植物病害流行的变化	56
二、植物病毒的侵入、复制和传播	39	复习思考题	56

## 第二篇 昆虫学基础

<b>第四章 昆虫的形态结构与功能</b> .....	59	二、孤雌生殖 .....	69
<b>第一节 昆虫的头部</b> .....	59	三、胎生和幼体生殖 .....	69
一、头部的构造与分区 .....	59	四、多胚生殖 .....	70
二、昆虫的触角 .....	60	<b>第二节 昆虫的发育和变态</b> .....	70
三、昆虫的眼 .....	60	一、昆虫个体发育的阶段 .....	70
四、昆虫的口器 .....	60	二、昆虫的变态类型 .....	75
<b>第二节 昆虫的胸部</b> .....	61	三、昆虫激素对生长发育和变态的调控 机制及应用 .....	76
一、胸部的基本构造 .....	61	<b>第三节 昆虫的世代和年生活史</b> .....	77
二、胸足的构造和类型 .....	62	一、昆虫的世代和年生活史 .....	78
三、翅的构造和变异 .....	62	二、研究昆虫年生活史的方法 .....	78
<b>第三节 昆虫的腹部</b> .....	63	<b>第四节 昆虫的休眠和滞育</b> .....	79
一、腹部的基本构造 .....	63	一、休眠 .....	80
二、昆虫的外生殖器 .....	63	二、滞育 .....	80
<b>第四节 昆虫的体壁</b> .....	64	<b>第五节 昆虫的行为</b> .....	81
一、体壁的构造与功能 .....	65	一、趋性 .....	81
二、体壁的构造与化学防治的关系 .....	65	二、食性 .....	81
<b>第五节 昆虫的内部器官和功能</b> .....	66	三、群集性 .....	82
一、消化系统 .....	66	四、迁移性 .....	82
二、排泄系统 .....	66	五、假死性 .....	83
三、循环系统 .....	66	六、拟态和保护色 .....	83
四、呼吸系统 .....	67	复习思考题 .....	83
五、神经系统 .....	67	<b>第六章 昆虫的分类</b> .....	84
六、生殖系统 .....	67	<b>第一节 昆虫分类的基本原理</b> .....	84
<b>第六节 昆虫的激素</b> .....	67	一、物种 .....	84
一、内激素 .....	67	二、分类阶元 .....	84
二、外激素 .....	68	三、命名法 .....	84
复习思考题 .....	68	<b>第二节 农业昆虫及螨类重要目、       科概述</b> .....	85
<b>第五章 昆虫的发育和行为</b> .....	69	复习思考题 .....	115
<b>第一节 昆虫的繁殖方式</b> .....	69		
一、两性生殖 .....	69		

## 第三篇 农作物病虫害的发生预测与综合治理

<b>第七章 植物病害的预测预报</b> .....	119	一、植物病害调查 .....	119
<b>第一节 植物病害的田间诊断技术</b> .....	119	二、植物病害的诊断 .....	123
		<b>第二节 植物病害的预测</b> .....	128

一、预测的种类 .....	128	第二节 农业防治法 .....	152
二、预测的依据 .....	129	一、农业防治法的具体措施 .....	152
三、预测方法 .....	130	二、农业防治法的优缺点 .....	154
四、预测模型的建立 .....	132	第三节 生物防治法 .....	154
复习思考题 .....	136	一、生物防治的途径 .....	155
<b>第八章 昆虫种群动态与预测</b> .....	137	二、生物防治法的优点及局限性 .....	158
第一节 昆虫的种群动态 .....	137	第四节 物理防治法 .....	158
一、种群的概念 .....	137	第五节 化学防治法 .....	160
二、种群基数估测方法 .....	138	一、农药的主要类别 .....	160
三、种群的生态对策 .....	140	二、农药的主要剂型 .....	162
第二节 农业昆虫的调查统计 .....	142	三、农药的施用方法 .....	164
一、昆虫田间分布型和取样方法 .....	142	四、农药的合理使用 .....	165
二、田间虫情的表示方法 .....	143	五、化学防治法的优缺点 .....	167
第三节 农业害虫的预测预报 .....	144	第六节 有害生物综合治理 .....	167
一、预测预报的意义 .....	144	一、有害生物综合治理的概念 .....	167
二、预测预报的类型 .....	145	二、综合治理的特点 .....	167
复习思考题 .....	149	三、经济损失允许水平 .....	168
<b>第九章 农业有害生物防治技术与策略</b> .....	150	四、制订综合防治规划的原则和方法 .....	170
第一节 植物检疫法 .....	150	五、IPM的发展趋势 .....	171
一、植物检疫的范围 .....	150	复习思考题 .....	171
二、确定植物检疫对象的原则 .....	150		

## 第四篇 农作物病害

<b>第十章 麦类病害</b> .....	175	第四节 麦类赤霉病 .....	187
第一节 小麦锈病 .....	175	一、危害与诊断 .....	187
一、危害与诊断 .....	175	二、发生规律 .....	188
二、发生规律 .....	177	三、防治方法 .....	188
三、防治方法 .....	178	第五节 麦类病毒病 .....	189
第二节 麦类全蚀病 .....	180	麦类黄矮病 .....	189
一、危害与诊断 .....	180	一、危害与诊断 .....	189
二、发生规律 .....	181	二、发生规律 .....	190
三、防治方法 .....	182	三、防治方法 .....	191
第三节 麦类白粉病 .....	183	麦类丛矮病 .....	191
一、危害与诊断 .....	184	一、危害与诊断 .....	192
二、发生规律 .....	184	二、发生规律 .....	192
三、防治方法 .....	186	三、防治方法 .....	192

复习思考题·····	193	三、防治方法·····	214
<b>第十一章 水稻病害</b> ·····	194	玉米灰斑病·····	215
<b>第一节 稻瘟病</b> ·····	194	一、危害与诊断·····	215
一、危害与诊断·····	194	二、发生规律·····	215
二、发生规律·····	196	三、防治方法·····	216
三、防治方法·····	197	玉米茎基腐病·····	216
<b>第二节 水稻纹枯病</b> ·····	198	一、危害与诊断·····	216
一、危害和诊断·····	198	二、发生规律·····	217
二、发生规律·····	199	三、防治方法·····	217
三、防治方法·····	200	<b>第二节 高粱病害</b> ·····	218
<b>第三节 水稻白叶枯病</b> ·····	201	高粱散黑穗病·····	218
一、危害和诊断·····	201	一、症状·····	218
二、发生规律·····	202	二、病原·····	219
三、防治方法·····	202	三、病害循环·····	219
<b>第四节 水稻病毒病</b> ·····	203	四、发病条件·····	219
水稻条纹叶枯病·····	203	五、防治方法·····	220
一、危害和诊断·····	203	高粱炭疽病·····	220
二、病原·····	203	一、症状·····	220
三、侵染循环·····	204	二、病原·····	221
四、防治方法·····	204	三、发病规律·····	221
水稻普通矮缩病·····	205	四、防治方法·····	221
一、危害和诊断·····	205	<b>第三节 谷子病害</b> ·····	221
二、病原·····	205	谷子白发病·····	222
三、侵染循环·····	205	一、危害与诊断·····	222
四、防治方法·····	206	二、发生规律·····	223
复习思考题·····	206	三、防治方法·····	223
<b>第十二章 杂粮作物病害</b> ·····	207	粟黑穗病·····	223
<b>第一节 玉米病害</b> ·····	207	一、危害与诊断·····	223
玉米大斑病·····	207	二、发生规律·····	224
一、危害与诊断·····	207	三、防治方法·····	224
二、发生规律·····	208	复习思考题·····	224
三、防治方法·····	209	<b>第十三章 棉花病害</b> ·····	226
玉米小斑病·····	210	<b>第一节 棉花枯萎病</b> ·····	226
一、危害与诊断·····	210	一、危害与诊断·····	226
二、发生规律·····	211	二、发生规律·····	227
三、防治方法·····	212	三、防治方法·····	228
玉米丝黑穗病·····	213	<b>第二节 棉花黄萎病</b> ·····	229
一、危害与诊断·····	213	一、危害与诊断·····	229
二、发生规律·····	214	二、发生规律·····	230

三、防治方法 .....	230	四、防治方法 .....	234
第三节 棉花其他病害 .....	232	棉铃病害 .....	235
棉花苗期病害 .....	232	一、症状与病原 .....	235
一、分布与危害 .....	232	二、发病规律 .....	236
二、症状与病原 .....	232	三、防治方法 .....	237
三、发病规律 .....	233	复习思考题 .....	238
<b>第五篇 农作物虫害</b>			
<b>第十四章 麦类作物害虫</b> .....	241	五、防治方法 .....	261
第一节 麦蚜 .....	241	第二节 稻飞虱 .....	262
一、形态特征 .....	241	一、形态特征 .....	263
二、生活史与习性 .....	242	二、生活史与习性 .....	263
三、发生与环境的关系 .....	243	三、发生与环境的关系 .....	265
四、虫情调查与测报 .....	244	四、虫情调查方法 .....	266
五、防治方法 .....	244	五、防治方法 .....	267
第二节 小麦吸浆虫 .....	245	第三节 稻叶蝉 .....	268
一、形态特征 .....	245	一、形态特征 .....	268
二、生活史与习性 .....	246	二、生活史与习性 .....	268
三、发生与环境的关系 .....	247	三、发生与环境的关系 .....	269
四、虫情调查与测报 .....	249	四、虫情调查方法 .....	270
五、防治方法 .....	249	五、防治方法 .....	270
第三节 小麦害螨 .....	250	第四节 其他水稻害虫 .....	271
一、形态特征 .....	250	直纹稻弄蝶 .....	271
二、发生规律 .....	250	一、形态特征 .....	271
三、发生与环境的关系 .....	251	二、生活史与习性 .....	271
四、防治方法 .....	252	三、防治方法 .....	272
第四节 其他小麦害虫 .....	252	稻纵卷叶螟 .....	272
麦叶蜂 .....	252	一、形态特征 .....	272
麦秆蝇 .....	253	二、生活史与习性 .....	273
第五节 小麦害虫综合防治 .....	254	三、防治方法 .....	273
一、播种期和苗期 .....	254	中华稻蝗 .....	274
二、拔节到成熟前 .....	255	一、形态特征 .....	274
复习思考题 .....	255	二、生活史与习性 .....	274
<b>第十五章 水稻害虫</b> .....	257	三、防治方法 .....	274
第一节 稻蛀螟 .....	257	第五节 水稻害虫综合治理 .....	275
一、形态特征 .....	257	一、明确当地水稻的主要靶标害虫 .....	275
二、生活史与习性 .....	259	二、创造不利于害虫滋生的环境 .....	275
三、发生与环境的关系 .....	260	三、诱杀害虫和人工防治 .....	275
四、虫情调查方法 .....	261		

四、协调生物防治和化学防治的关系 .....	275	五、防治方法 .....	298
复习思考题.....	276	第二节 棉铃实夜蛾.....	299
<b>第十六章 杂谷类害虫</b> .....	277	一、形态特征 .....	299
第一节 玉米螟.....	277	二、生活史与习性 .....	300
一、形态特征 .....	278	三、发生与环境的关系 .....	300
二、生活史与习性 .....	278	四、虫情调查与测报 .....	301
三、发生与环境的关系 .....	279	五、防治方法 .....	302
四、虫情调查方法 .....	280	第三节 棉叶螨.....	303
五、防治方法 .....	281	一、形态特征 .....	303
第二节 黏虫.....	282	二、生活史与习性 .....	304
一、形态特征 .....	282	三、发生与环境的关系 .....	304
二、生活史与习性 .....	283	四、虫情调查与测报 .....	305
三、发生与环境的关系 .....	284	五、防治方法 .....	305
四、虫情调查与预测 .....	285	第四节 棉盲蝽.....	306
五、防治方法 .....	286	一、形态特征 .....	306
第三节 高粱条螟.....	286	二、生活史与习性 .....	307
一、形态特征 .....	286	三、发生与环境的关系 .....	308
二、生活史与习性 .....	287	四、虫情调查与测报 .....	308
三、发生与环境的关系 .....	288	五、防治方法 .....	308
四、防治方法 .....	288	第五节 其他棉花害虫.....	309
第四节 其他常见杂谷类害虫.....	289	棉红铃虫.....	309
玉米蚜.....	289	一、形态特征 .....	309
一、形态特征 .....	289	二、生活史与习性 .....	309
二、生活史与习性 .....	289	三、防治方法 .....	310
三、防治方法 .....	290	棉蓟马.....	310
粟茎跳甲.....	290	一、形态特征 .....	311
一、形态特征 .....	290	二、生活史与习性 .....	311
二、生活史与习性 .....	291	三、防治方法 .....	311
三、防治方法 .....	291	棉金刚钻.....	312
第五节 杂谷类害虫综合治理.....	292	一、形态特征 .....	312
一、玉米、高粱害虫综合治理 .....	292	二、生活史与习性 .....	313
二、谷子害虫综合防治 .....	293	三、防治方法 .....	313
复习思考题.....	294	棉大卷叶螟.....	313
<b>第十七章 棉花害虫</b> .....	295	一、形态特征 .....	313
第一节 棉花蚜虫.....	295	二、生活史与习性 .....	314
一、形态特征 .....	295	三、防治方法 .....	314
二、生活史与习性 .....	296	第六节 棉花害虫综合防治.....	315
三、发生与环境的关系 .....	297	一、综合防治策略 .....	315
四、虫情调查与测报 .....	298	二、防治方案设计 .....	315
		三、综合防治技术 .....	315

复习思考题·····	316	第八节 地下害虫综合防治·····	334
<b>第十八章 地下害虫</b> ·····	317	一、防治原则·····	334
第一节 蛴螬类·····	317	二、防治指标·····	334
一、种类、分布与为害·····	317	三、综合防治措施·····	335
二、形态特征·····	318	复习思考题·····	336
三、生活史与习性·····	320	<b>第十九章 仓储害虫</b> ·····	337
第二节 金针虫类·····	321	第一节 仓储害虫的特点·····	337
一、种类、分布与为害·····	321	一、主要类群及发生特点·····	337
二、形态特征·····	322	二、传播途径与为害方式·····	337
三、生活史与习性·····	323	三、仓储害虫的防治原理·····	337
第三节 蝼蛄类·····	324	第二节 玉米象·····	337
一、种类、分布与为害·····	324	一、形态特征·····	338
二、形态特征·····	325	二、生活史与习性·····	338
三、生活史与习性·····	325	三、发生与环境的关系·····	338
第四节 种蝇类·····	326	第三节 麦蛾·····	339
一、种类、分布与为害·····	326	一、形态特征·····	339
二、形态特征·····	327	二、生活史与习性·····	339
三、生活史与习性·····	328	三、发生与环境的关系·····	339
第五节 地老虎类·····	328	第四节 谷蠹·····	340
一、种类、分布与为害·····	328	一、形态特征·····	340
二、形态特征·····	329	二、生活史与习性·····	340
三、生活史与习性·····	331	三、发生与环境的关系·····	341
第六节 地下害虫的发生与环境的 关系·····	331	第五节 豆象类·····	341
一、寄主植被·····	332	一、形态特征·····	341
二、气候条件·····	332	二、生活史与习性·····	342
三、土壤因素·····	332	三、发生与环境的关系·····	343
四、栽培管理和农田环境·····	333	第六节 其他常见仓储害虫·····	343
五、天敌因素·····	333	第七节 仓储害虫的调查与综合防 治·····	346
第七节 地下害虫的调查与测报·····	333	一、调查方法·····	346
一、调查内容和方法·····	333	二、防治技术·····	346
二、地下害虫的预测预报·····	334	复习思考题·····	350
<b>主要参考文献</b> ·····	351		



# 绪 论

## 一、植物保护学的概念

植物不但为人类提供了必需的基本生活资料，为其他生物提供食物和居所，而且还具有改善大气环境，调节气候和观赏、审美价值，是人类文明和文化的载体。然而，植物在生长发育过程中经常会遭受多种不利因子的危害，造成植物产量、品质下降，森林草原被毁，甚至导致饥荒和社会动荡。

影响植物生长的不利因子大致分为非生物因子和生物因子两类。非生物因子主要指气候、土壤、水肥等，对植物造成诸如干旱、涝害、冻害和缺肥等伤害。生物因子包括各种有害生物（动物、植物、微生物等），即所谓病害、虫害、草害、鼠害。植物病害由各种病原微生物造成，包括病毒、真菌、细菌、线虫和寄生性种子植物等；植物虫害主要指昆虫和螨类；草害主要指农田杂草；鼠害指啮齿类动物。以植物为寄主和食物的生物，其数量巨大，种类繁多，它们都可能给植物造成伤害，并在适宜条件下大量繁殖，对人类目标植物的生产、运输和储藏造成经济上的损失。为了避免植物灾害，实现植物生产的高回报，人类在长期的农林牧业生产实践中，不断总结经验，创造和发展了植物保护学科。植物保护学是指综合利用多学科知识，以经济、科学的方法，保护人类目标植物免受生物危害，提高植物生产的回报，维护人类物质和环境利益的一门既具基础理论又具应用价值的科学。

## 二、植物保护学的研究内容

植物保护学的研究内容主要包括基础理论、应用技术、植保器械和技术推广四个方面。

植物保护基础理论研究涉及有害生物的形态解剖、系统分类、生物生态及生理生化等方面，遗传变异、结构功能、生长发育和生物生态学是其主要的研究内容。植物保护基础理论与相关学科相互渗透和结合，形成了植物病理学、农业昆虫学、农业螨类学、杂草学和农业鼠害学等分支学科。现代生物化学和分子生物学的发展为研究有害生物的生理生化、遗传变异机制提供了有力的技术支撑，有害生物的分子生物学和分子毒理学迅速崛起，成为现代农药分子设计和植物保护高新技术的重要组成部分。

根据有害生物的发生特点和规律，研究其防治策略及技术是植物保护应用技术研究的核心内容。影响有害生物大发生的因子很多，包括食物、寄主、天敌等生物因子和气候、土壤、肥料等非生物因子，因此植物保护研究还涉及气象学、生态学、作物学、土壤肥料学等学科。现代信息技术和计算机的应用，为环境信息的采集和处理提供了有力手段。数据库、专家系统、决策支持系统在植保上已有较广泛的使用，以“3S”系统为基础的植物灾害预测正在崛起。

研究植保器械的目的是提高防治有害生物的效果，减少环境污染，提高投入产出比。新型高效低毒化学农药、生物源农药、拒食或驱避性农药等的开发与利用是当前植保器械研究的核心，与之配套的喷雾、喷粉、注射、诱集等器械则是实施防治的保障。

植保技术推广是将植物保护新理论、新技术和新器材运用于生产的过程。植保技术有其自身的复杂性和推广上的特殊性。复杂性表现在生物因子的多样性、有害生物发生的时空跨度、农业技术的变革以及气候的影响等；特殊性表现在植保工作的风险性和防灾性、长期性和反复性、整体性和公益性以及社会性和法规性等。因而，植物保护工作是一项十分复杂的系统工程，既需要植保技术的支撑，又需要政府和必要的法律支持。

### 三、植物保护与人类的关系

农业生产为人类的基本生存提供了保障，而植物保护则是农业生产过程中一个非常重要的环节。

自人类开始从事农业生产活动以来，就遇到病害、虫害、草害、鼠害问题，与有害生物的斗争时刻伴随着人类的农业生产活动。历史上有许多关于植物病虫害大发生危及人类生活的记载。1845年，马铃薯晚疫病在北欧大流行，导致了举世震惊的爱尔兰饥荒；19世纪，葡萄根瘤蚜在法国暴发成灾，导致当时法国葡萄酒业几乎倒闭；1888年以前，柑橘吹绵蚧在美国加利福尼亚州柑橘园危害严重，几乎导致其柑橘产业毁于一旦；非洲历年遭受沙漠蝗灾而“赤壁千里，饥民载道”。我国自公元前707年到1935年共记载蝗灾796次，平均3年成灾1次，人们将蝗灾、旱灾和黄河水患并列为制约中华民族发展的三大自然灾害。

随着人类农业生产活动的发展，种植作物的种类和品种日益多样化，农产品交流贸易也日渐增多，同时也导致了现代农业生产中有害生物暴发率的提高，造成的绝对经济损失也更大。据FAO估计，全世界谷物产量因虫害常年损失14%，因病害损失10%，因草害损失11%；每年因受病虫害造成的农作物经济损失为700亿~900亿美元，其中虫害占40%、病害占33%、杂草占27%。我国每年防治病虫害鼠害总面积超过2亿 $\text{hm}^2$ /次，防治费用逐年增加，仅农药一项投资即达每年20亿元。

我国地域辽阔，气候复杂，病、虫、杂草种类繁多，危害极大。据统计，我国为害农作物的主要病虫害鼠害有1643种，其中，病害724种、害虫833种、恶性杂草64种、害鼠22种。每一种农作物从播种、出苗、开花、结果直至收获、储藏、运输，都有可能遭受病、虫、草、鼠危害，导致产量和质量损失。我国农作物每年因病虫为害粮食损失5%~10%，棉花损失约20%，蔬菜、水果损失为20%~30%，平均每年损失粮食约5000万吨、棉花100多万吨。草原和森林每年发生病虫害鼠害面积分别为2000万 $\text{hm}^2$ 和800万 $\text{hm}^2$ 。2003年，我国草原鼠害危害面积3000多万公顷，其中有90%的草地因鼠害破坏而出现不同程度的退化和沙化，导致牧草产量下降，畜牧业生产损失严重，仅牧草一项就造成直接经济损失35.4亿元，造成部分地区牧民失去生存环境，形成“生态移民”。从总体来看，世界各发达国家农产品的损失占总产量的25%左右。有害生物除造成农作物的直接损失外，还会降低其品质，食用后引起人畜中毒。例如，甜菜受害，含糖量降低；棉花受害，纤维变劣；将感染小麦赤霉病的麦粒加工成面粉，人食用后会出现恶

心、呕吐、抽风甚至导致死亡；甘薯黑斑病病薯被牲畜食后能诱发气喘病，严重时也会死亡；粮食和油料种子在储藏期如感染黄曲霉毒素，食用后有致癌作用等。

另外，近年来随着国家、地区间经济、文化交往的日益频繁，外来入侵生物造成的生态灾难正严重威胁着世界各国的经济发展及全球的生态安全。外来入侵物种是指生物由原来的生存地，经过自然的或者人为的途径侵入到另一个新环境，并对入侵地的生物多样性、农林牧渔业生产、人类健康造成损失或者引发生态灾难的物种。由于我国经济的快速发展，导致外来入侵生物种类较多，常见重要的种类有薇甘菊、水葫芦、飞机草、大米草、紫茎泽兰、松材线虫、湿地松粉蚧、美国白蛾、稻水象甲、美洲斑潜蝇等。外来有害生物侵入适宜新区后，其种群数量会迅速增加，并逐渐发展成为当地新的“优势种”，严重破坏当地的生态安全。国家环境保护部（原国家环境保护总局）公布的数据表明，我国由于生物入侵造成的直接经济损失高达 574 亿元，这还不包括由此造成的生态环境损失；仅对美洲斑潜蝇的防治费一项，就需 4.5 亿元。虽然我国采取了一系列防治措施并取得了不同程度的效果，但由于目前国家针对外来入侵种没有制定具体的预防、控制和管理条例，各地在防治这些入侵物种时缺乏必要的技术指导和统一协调，虽然投入了大量的人力和资金，但防治效果并不理想。已入侵的物种继续扩散，新的危险性入侵物种不断出现并构成潜在威胁。

总之，植物保护的功能是保护植物免受病虫杂草等有害生物的危害，保证食品供应和人类营养健康。相关资料表明，在现有的科技成果中，优良品种可以使农作物产量提高 8%~12%，增施化肥并改进施肥方法可使农作物产量提高约 16%，耕作方法和栽培技术的革新可使农作物增产 4%~8%，而对农作物实施病虫草鼠害等综合防治技术可挽回产量损失 10%~20%。20 世纪 90 年代以来，由于全球性气候异常和耕作制度改变等，导致我国进入了一个新的病虫草鼠害高发期，棉铃实夜蛾、小麦条锈病、赤霉病、稻瘟病、稻飞虱、棉花黄萎病等频繁大发生；小麦吸浆虫、麦蚜、水稻纹枯病、稻螟、玉米大小斑病、大豆孢囊线虫病以及农田鼠害等都有明显加重的趋势；暴发性害虫草地螟、黏虫和蝗虫等在一些地区再度猖獗。全国年平均病虫草鼠害发生面积扩大到 2.36 亿  $\text{hm}^2$ /次，比 80 年代增加了 26%。显然，植物保护对挽回农作物产量损失、改进品质、减少环境污染和农产品中的有害物质残留，提高经济、社会和生态效益，实现农业可持续发展等都有不可替代的作用。因此，为了确保农业生产的高产、优质、高效，促进农业生产的可持续发展，应当及时发现和有效控制农业有害生物，把握好农业生产中有害生物防治的关键环节，促进国民经济发展，这也就是植物保护学及其工作者的主要任务和目的。

#### 四、植物保护技术的发展和趋势

近年来随着科学技术的发展，许多新技术、新措施都在植物保护中得到了应用。例如，借助计算机模拟模型预测有害生物暴发，确定其最佳防治时间；应用生物技术选育抗病虫品种，鉴定有害生物，评价防治效果；将全球定位系统（global position system, GPS）、地理信息系统（geographic information system, GIS）、遥感遥测系统（remote sensing, RS）、决策支持系统（decision support system, DSS）和信息管理系

统 (IP multimedia subsystem, IMS) 相结合, 处理和分析有关数据, 绘制区域性有害生物发生危害图、害虫迁移路线图, 指导防治等。显然, 21 世纪的植物保护将是以前现代科技装备起来的崭新产业, 必将发生一系列重要的变革。

### 1. 植物基因工程技术在植物保护中的应用

选育和栽培抗性品种是控制农作物有害生物最根本有效的方法之一。使用基因工程手段培育抗虫作物品种是农业发展的一个方向, 它是将抗虫基因引入农作物的细胞并使其在寄主细胞内稳定表达, 从而形成抗虫新品系。从理论上讲, 转基因植物具有下述优点: 第一, 连续性, 可控制任何时期内发生的虫害; 第二, 选择性, 只杀死摄食害虫, 不影响其他生物; 第三, 系统性, 整株植物均可得到保护; 第四, 安全性, 抗虫物质只存在于植物体内, 对环境无污染, 也不易被环境因素破坏。

自 1983 年世界首例转基因植物问世以来, 就受到世界各国的关注并得以飞速发展, 培育成了一大批抗虫、抗病和耐除草剂的高产、优质农作物新品种和植物材料, 并开始在农业生产中大面积推广应用。据统计, 到目前为止, 转基因已在 120 种植物上获得成功, 有 3000 多例转基因植物进入田间试验, 在美国和加拿大有 50 多种转基因植物已进入商品化生产。全世界转基因作物的种植面积也在逐年增加, 1996 年为 174 万  $\text{hm}^2$ , 至 2005 年已达 9000 万  $\text{hm}^2$ , 约占全球农作物种植面积的 10%。基于转基因作物具有产量提高、化学制剂使用量减少、劳力节约的优点, 其产业化必定会带来巨大的经济效益和社会效益。事实证明, 近 10 年来, 全球转基因作物的市场价值成倍增长, 1995 年仅为 7500 万美元, 1996 年增加了 3 倍达到 2.35 亿美元, 以后几年持续增长, 到 2005 年达到 52.5 亿美元。除了获得转基因抗病虫植物以外, 人们利用基因工程技术, 在改良作物品质、提高作物抗逆性、调节植物次生代谢和生物固氮方面也都已取得了可喜成绩。

### 2. 生物工程技术在植物保护中的应用

非化学合成的、具有杀虫、防病作用的各种有益微生物因对人畜和生态环境安全, 已成为植物保护利用的重要方向。近年来, 生物技术特别是微生物重组技术带来了传统生产技术的重大突破和革命。高毒广谱抗逆性强的工程菌的构建和速效无公害生物农药的研制显示了强劲的生命力。自 20 世纪 80 年代以来, 重组农业微生物工程研究已取得了一系列突破性进展, 一些杀虫防病遗传工程微生物已进入田间试验或商品化生产, 如采用质粒修饰与交换技术开发的新型 Bt 杀虫剂 Foil Condor 和 Cutlss、利用基因体外重组技术开发的新型 Bt 杀虫剂 Raven OF 和 Crymux WDG 以及利用基因转移与生物微囊技术开发杀虫荧光假单胞菌剂 MVP、M-Trak 和 M-Peril 等均已显示出良好的控制效果, 显示出了巨大的应用潜力。通过酶切将放射性土壤杆菌 (*Agrobacterium radiobacter*) 菌株重组构建为工程菌株, 大大增强了其生物防治效果的稳定性, 并在澳大利亚和美国获准登记, 目前已在澳大利亚、美国、加拿大和西欧一些国家销售。Bt 菌剂 WG-001 是我国第一个获准商品化的基因工程微生物农药, 迄今我国已构建了 10 余种基因工程微生物农药产品, 它们将在病虫草害防治中占有越来越重要的地位。

### 3. 信息技术在植物保护中的应用

信息技术是研究信息的产生、采集、存储、变换、传递、处理过程及广泛利用的新兴科技领域。半个世纪以来,信息技术以其广泛的影响力和巨大的生命力,成为当代世界发展最为迅速的科技领域,信息技术的突破性进展为植保技术的飞跃发展带来了契机。目前计算机人工智能技术和系统分析技术已被广泛应用于农作物生物灾害的监测与预警研究之中,建立了一大批具有深远影响的病虫害发生危害、预测预报和综合防治决策模型和专家系统。下面较为详细地阐述数据库、专家系统、决策支持系统、地理信息系统等信息技术在植物保护学科中的研究和应用概况。

数据库技术已广泛应用于植保领域,构建了病虫害及农药数据库,实现了信息的查询、检索和管理。在发达国家,有很多有关病虫害信息及防治的数据库。美国建立的面向用户的杀虫剂数据库,用于指导用户选择和使用杀虫剂,以减少杀虫剂的负面影响,减少残留、降低抗药性、保护环境。澳大利亚植物病虫害数据库(APPD),采用分布式数据库技术,通过 Internet 连接分布在不同地方的多个不同的数据库,包含 17 种植物的有关病虫害的数百万条记录,用户可以同时在不同数据库中查询检索相关信息,系统能够对多源进行汇总,并以多种形式显示输出结果。我国近 5 年来在植保领域建立了很多相关的病虫害数据库,如植检害虫信息系统、森林病虫害检索系统等,已开始为广大用户服务。

专家系统是一个具有智能特点的计算机程序,它必须包含领域专家的大量知识,拥有类似人类专家思维的推理能力,并能用这些知识来解决实际问题,目前主要用于病虫害诊断,如中国农业大学研制的蔬菜害虫多媒体辅助鉴定专家系统(PestDiag)、植检害虫鉴定多媒体专家系统(PQ-PickBugs)等,可用于不同领域的害虫诊断。

决策支持系统(DSS)是从数据库中找出必要的数据,并利用数学模型生成用户所需信息的系统。为决策者提供分析问题、建立模型、模拟决策过程和方案的环境,调用各种信息资源和分析工具,帮助决策者提高决策水平和质量。瑞士建立了基于 Web 浏览器的决策支持系统,该系统支持在线病害发生发展的风险评价。系统根据内部的模型进行作物气候条件模拟,结合病害的潜伏期特征,预测病害侵染日期,向用户提供有关作物播种日期和自动气象站逐时的天气数据。系统可以有文本、数字和图形等多种输出形式。对比实际的微气候条件和模拟的微气候条件,对模型进行验证,精度达 80%。澳大利亚建立了基于 Web 浏览器的决策支持系统,用于草地蝗虫的管理。系统不是简单的知识库,可针对用户的具体问题,给出相应的答案,并且辅以图片、历史案例等辅助决策。

地理信息系统(GIS)是一个用于输入、存储、检索、分析处理和表达地理空间数据的计算机软件平台。地理信息系统与计算机技术相结合,对作物生长过程中出现的病虫害进行动态的预测和诊断,进而达到综合治理的目的。地理信息系统能够建立空间数据库,实现对空间数据的采集、查询检索、分析处理和决策支持等。20 世纪 80 年代末,国外已开始应用 GIS 和 RS 等技术对草地蝗虫的种群动态进行监测,并对其大面积发生的预测和报警进行研究。澳大利亚采用 Landsat 卫星的多光谱数据鉴别新南威尔士

省的蝗虫发生地。采用 NDVI (植被正态化差分指标) 和最大似然分类等方法, 发现三月的降雨量会导致 NDVI 值的变化, 由此可以预测蝗蝻滋生带的地点, 建立了基于 GIS 的草地蝗虫决策支持管理系统。国内该方面的研究刚刚起步, 但已取得一定成绩。南京师范大学以环青海湖地区这一蝗灾高频发生的生态脆弱区作为研究区, 用遥感、GIS 等现代技术手段, 对影响蝗虫发生的主要生境因子进行了动态监测, 并建立了多级模糊综合评价预测模型, 实现对草地蝗虫发生的预测。

应用遥感技术监测植物病虫害主要通过三条途径: 第一, 应用遥感手段探测病虫害对植物生长造成的影响, 跟踪其发生演变状况; 第二, 应用遥感手段监测病虫害生境, 即根据虫源或寄主基地的分布及环境要素变化来推断病虫害暴发的可能性; 第三, 应用遥感技术直接研究害虫的活动行为。前两种途径即探测植物生长和病虫害的生境, 应用的是可见光和红外遥感——航天、航空、地面遥感(被动遥感)。第三种途径直接监测害虫活动行为, 应用的是微波遥感——雷达遥感(主动遥感)。目前遥感技术在植保领域主要用于病虫害早期预报和灾情监测及评估, 早期预报就是通过遥感图像提取生境中与病虫害暴发有关的主要环境要素及其变化, 从而推断病虫害最有可能发生的区域; 灾情监测和评估就是当病虫害已经在局部区域造成危害时, 从遥感图像上提取与受害植被相关的信息, 从而快速、准确地判断出灾情(发生的分布、面积和程度等), 以便及时采取有针对性的点、片防治措施。微波遥感——雷达遥感就是对植物害虫活动行为进行遥感监测。应用雷达装置研究昆虫活动的实例很多, 如美国学者用雷达对蝗虫、飞蛾的夜间飞行进行了长期研究, 观察到这些昆虫在黄昏时成群起飞, 记录了它们的升空速度、分层情况, 并剖析了它们的飞行方向与地理方位及风向等的关系。英国应用 VLR 昆虫雷达, 结合诱捕设备监测风载昆虫的迁移, 取得了较好的效果。1998 年, 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室与无锡海星雷达有限公司合作, 组装了我国第二台昆虫雷达系统, 并利用计算机技术和电子技术, 自行设计和制作了扫描昆虫雷达数据采集、分析系统。利用该系统, 不仅解决了扫描昆虫雷达数据处理费时费力的难题, 而且, 对于实现扫描昆虫雷达数据处理的自动化和对迁徙性昆虫的实时监测、准确预测和有效治理, 组建我国的雷达监测网, 均具有非常重要的意义。

模型和模拟技术主要用于有害生物的预测预报。在 IPM 中, 模型与模拟是认识复杂有害生物生态系统本质及其动态发展规律、预测系统发展趋势、优化系统管理的重要方法。美国主要是应用 GIS 将不同年度、不同地域间的信息, 包括气象, 农作物品种抗性, 有益、有害生物, 生态变化等信息集合在一起分析处理, 建立模型对病虫害的发生做出预测。保加利亚根据日平均气温、相对湿度和日照时数以及当前和前一段时间烟蓟马的群体数量, 建立了烟蓟马的发生量和发展趋势的预测模型, 可用来预测和确定烟蓟马和番茄斑萎病毒病(TSWV)的最佳防治期。希腊与英国和意大利合作进行了“利用生态协调技术治理烟草害虫和病毒病研究”, 内容之一是对烟草蚜虫种群进行长期监测, 发现当地无翅蚜的种群密度高值与有翅蚜的迁飞高峰相吻合。国内河南农业大学对影响烟草花叶病(CMV)的主要气象因子进行了研究, 筛选出 10 个气象因子, 依据这些气象因子可以对烟草 CMV 的发生和发展进行短期和中长期测报。

#### 4. 网络技术将成为植保信息咨询的重要手段

由于计算机网络具有传播信息快速、价廉、方便等优点，为农作物有害生物等危害的实时监测、预测预报和防治决策提供了强有力的信息收集、传送和发布的手段。许多国家的大专院校、科研机构以及政府部门均设立了自己的 Web 站点，在 Internet 上进行信息发布。此外，还有众多的农业及植保方面的网络通信和杂志、电子出版物以及协会和学会主办的网页。许多农业图书馆和农业信息研究单位，如英国的国际农业与生物科技中心（CABI）、美国农业部的农业图书馆也提供了大量的农业与植保信息。

我国在农业和植保信息网建设方面虽然起步较晚，但已经得到了快速发展。目前，中国科学院建立的“中国生态系统研究网络”，用于对各种复杂的生态系统开展研究，其范围覆盖了我国大部分地区。农业部建立的中国农业信息网、中国农业科学院建立的中国农业科技信息网、中国植物保护学会和中国农业科学院植物保护研究所建立的中国植物保护网等，为实现我国农业信息化起到了积极的推动作用。在信息网络建设方面，农业部信息中心通过电话网与各省农业厅（局）实现了计算机联网。1997 年 10 月，中国农业科技信息网络中心建成，可以与全球的农业科技信息网联网，并实现了国内各农业网络的联网。

随着信息技术的网络化，以及网络化的生物信息采集、实时传送技术，网络化的自动预测决策与信息反馈技术和智能化的咨询应答技术的深入研究，21 世纪的植保信息咨询服 务将朝着产品商品化、服务社会化、手段现代化、经营企业化的方向发展。植保信息技术在植物保护科学发展中，将与生物技术一并发挥重大作用，成为 21 世纪植物保护的重要手段之一。



# 第一篇

## 植物病害概述

