

麦田生态系统的 计算机模拟及最优控制

夏北成 著



麦田生态系统的 计算机模拟及最优控制

夏北成 著

内 容 简 介

本书采用系统动力学方法,以麦田生态系统为例,深入研究了农田生态系统的结构、功能及其特征,建立了麦田生态系各主要成分的计算机模拟模型,并进一步把它们藕联起来,成为麦田最优管理决策支持系统。广泛应用类似系统将不仅保证农业生产可取得最大效益,而且使农田管理决策过程逐步摆脱对执行者经验和能力的依赖,从而大大提高新技术推广时速度,因此这种方法代表着管理科学未来发展的方向。本书可供生态学领域的科研人员,大学师生以及农业战线的领导管理人员阅读。

麦田生态系统的计算机 模拟及最优控制

夏北成 著

责任编辑:李宝屏

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京大学印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

850×1168 毫米 32 开本 5.5 印张 100 千字

1990 年 5 月第 1 版 1990 年 5 月第一次印刷

印数: 0001—1,000 册

ISBN 7-301-01293-4/Q·44

定价: 3.10 元

目 录

第一章	绪论	(1)
第二章	麦田生态系统的结构、功能及其特征	(19)
第三章	麦田生态系统中各重要子系统模型	(31)
第四章	各子系统间的相互关系	(85)
第五章	模拟	(95)
第六章	华北冬麦区的生态分区及其模拟	(135)
第七章	问题与展望	(151)
参考文献		(159)
致谢		(170)

第一章 绪 论

科学的发展，需要多学科的交叉、协作；多学科的协作又导致科学的更进一步发展。如此往复，使得科学一步一步前进、上升。这一现象在科学发展史上，特别是在近百年的发展过程中，已经成了普遍规律。例如，孟德尔用统计学方法，分析豌豆表现遗传性状的分离，推论遗传因子的存在，导致了遗传学的产生；在遗传学的发展过程中，引入物理学和化学的方法，使人类更进一步地认识到了生命的微观现象和遗传的物质基础。此类事例，举不胜举。很显然，科学发展到今天，任何一个学科或领域，要想取得突破性的进展，就必须放弃“孤军作战”的指导思想，及早地与各有关学科携手并进。

人造心脏、人造血液、电脑、智能机器人等，使得物理系统与生命系统的分界越来越模糊，已经超过了前人所设定的鸿沟，又进一步地促使学科间的交融。

农业科学的研究也不再是孤军作战，物理、化学以及各种现代科学技术都被引入，使农业生产和科学研究都得到了飞跃的发展。数学和计算机科学的引入，使过去那种描述性研究进入定量研究和模拟研究的阶段。另一方面，在农业科学研究内部各部门之间也出现了交叉协作的趋势。这种内外协作预示着一个新的飞跃即将产生。

为了适应这种趋势，为以后更高层次的研究铺平道路，我们选择了麦田生态系统作为研究对象，以现代的系统理论与思想作为指导，借助现代科学工具——数学与电子计算机，进行一项综合性研究，试图探索一些新的研究方法与手段。

一、研究农业生态系统的重要性

资源问题、人口问题、环境问题——人类目前所面临的这三个大问题十分棘手。在短期内还不可能指望得到解决，这曾被罗马俱乐部称为“全球危机”。特别是在一些发展中国家，这些问题还会变得越来越突出。中国就是最典型的发展中国家之一。中国在地理上虽然称谓“地大物博”，但她承载着世界人口的五分之一以上，使得人均资源享有量很低，粮食问题及其他农产品，如肉、奶、蛋等，就显得很突出。人均耕地面积不足 0.1 公顷，况且由于工业、交通建设、人口增长和住宅建设使得耕地面积逐年减少，而人口仍然在以惊人的速度继续增长着。目前，我国人民的食物结构还是以植物性食物为主，随着人民生活水平的提高，逐步改善食物结构也就成了必然趋势。然而，由于食物链中能量与物质的损耗，生产动物性食品需要更多的粮食产品，所以我国的粮食问题是目前的一个极为突出的问题。

为了解决粮食问题，多少年来从政府到百姓都在思考和探索。即使是两千多年的封建社会的各个时期中，也都有各种不同的鼓励发展农业的政策。中华人民共和国成立以来，更是重视农业的发展，并在较短的时间内取得了很好的成效。新的政策使得生产力受到极大的刺激而爆发。为了使新中国在世界上占有更重要的位置，并试图在很短的时期内使一个落后的国家强盛起来，中央制定了一些急功近利、违背自然规律的政策，例如，鼓励生育（人多干劲大），开山围湖造良田（解决吃饭问题）及以粮为纲等。然而可悲的是，过分地将人类自己的意志强加给自然，导致自然不断地无情地给我们以惩罚。50 年代的鼓励生育导致 70 年代和 80 年代人口的爆炸性灾难；围湖造田，开山造平原，向荒山和草原要粮等等过激的作法，致使生态系统遭受严重破坏，最后不仅湖田、梯田不能生产粮食，就是原有的良田也失去了生产粮食的保障。水土流失严重，旱涝灾害频繁。再加上“割资本主义尾巴”，使得生产力受到极大的禁锢。十年前，由于社会的

大变革，又一次解放生产力，鼓励农民放手发展生产，使农业生产产生了飞跃，在短短的两三年内大部分农民靠自己的双手解决了温饱问题。然而，在解放生产力使得生产大飞跃以后，如何进一步发展农业生产，以满足经济发展和人民生活水平提高的需求，这就需要生产力的另一场革命——用科学技术来促使生产力水平提高。

依靠科学技术提高生产力水平，其途径可归纳为三个方面：

(1) 改善农业生产的种质资源（提供高产优质的优良品种）；

(2) 提高劳动生产率（机械化）；

(3) 科学地管理农业生产和经营系统，提高经济效益，注重生态效益，保证社会效益。

这样的科学技术的革命与解放生产力那样的政治性革命相比，要来得缓慢得多，它是人类科学知识与技术手段的不断积累。虽然有诸如“绿色革命”这样的典范，但这仍然是一个漫长的过程。

在农业生产方面进行不懈的科学研究，是进一步提高农业生产水平不可缺少的前提。我们选择华北冬麦区麦田生态系统工程这个综合性研究项目，就是试图为提高农业生产和经营系统的管理水平而作一些探索性研究，促进科学思想与技术知识转化为生产力的进程。

二、农作物生态学之桥梁作用

生态系统的研究在农业科学研究中出现较早，但其发展并不十分令人满意。另一方面，作为生态系统的概念的引入，在许多实际的研究中仍是片面的。当然，这与当时对生态系统的认识深度有关，也受到科学思想与技术条件的约束，即使到现在也仍处在被束缚之中。许多研究项目的开发，自觉或不自觉地放弃了系统思想，仍然走那种孤立研究的老路。固然，许多研究项目需要

单方面的不断深入，但系统思想作为宏观指导是必不可缺的。

怎样才能农业生态系统的各项研究中融合进系统思想？农业生态系统的研究以及其他的一些有关单项研究之最终目的无不是为了作物之优质、高产和低消耗，所以，我们可以设想以作物生态学作为系统的桥梁或纽带，把与作物生态有关的各项研究综合成一个整体系统，然后研究和模拟作物子系统和其他有关的子系统，以及子系统之间的相互关系。

荷兰学者 Rabbinge (1986) 提出了“作物生态学的桥梁作用” (The bridge function of crop ecology) 这一概念。在此之前，就已经有过许多的研究工作作出了一定的探索 (Poston 等, 1984)。Huffaker (1980) 在《害虫控制的新技术》一书中就较仔细地介绍了美国在研究害虫与作物相互关系方面的成果。对多种作物及其害虫的研究都是以作物的生长和对害虫危害的反应为主线，将作物与害虫置于同一系统中考虑 (Shoemaker, 1977; Norton, 1976); Stone 等 (1986) 介绍了美国棉花管理专家系统; Johnson 等 (1987) 把土豆叶甲食叶模型与土豆生长模型耦合在一起，模拟害虫食叶的影响; 董金琢 (1988) 将多种小麦病害与小麦的生长与产量同时考虑，根据病害的流行动态以及某些关键时刻的严重度预测产量损失。

许多模型虽称之为动态的，并有某些动态过程的描述，但实际所应用的仍然是某一时刻的特定状态与最终结果的经验关系，仍然属于静态型模型 (Mumford 等, 1984; Ruesink, 1976)。为了探讨作物子系统与其他子系统间更深一层的联系 (或相互关系)，我们以小麦的生长动态为主线，把小麦生长子模型与几种常见病虫害——粘虫、蚜虫、白粉病和条锈病等的各种子模型耦合起来，研究它们之间的动态相互关系，或者说研究它们各个子系统间的“瞬时”的相互作用，即它们在每一个最小模拟时间单位内都有特定的相互作用发生，且其作用与每一个子系统在该时刻的状态有关，而不是只考虑静止的某一时刻的状态与作用。就小

麦的生长而言，在任意一个模拟时间单位内都会对其他任何子系统的作用立即作出响应，而不是到最终给出一次性的响应。小麦生长与产量的最终结果是每个模拟时间单位内各个子系统间相互作用的总和。虽然有些子系统间并没有直接的相互作用表现出来，但小麦这个子系统作为桥梁或纽带，把它们的相互作用隐含地表现在整体效应中，这就使作物起到了联系各个子系统的桥梁作用。

三、麦田生态系统管理之现状

将农田作为一个系统来管理，这对于大多数个体农民来说，还是过于苛求。首先，他们缺乏系统思想和科学管理的知识；其次，他们在“管理”过程中所作的抉择都只是顾及眼前的或短期的局部的利益，很难让他们站到更高的高度去决策。另一方面，农户在管理农田时还会受到许多因素的制约，例如生产资料供应不足、缺少能源与机械、水利灌溉系统不健全等。然而，如何将专家的知识与思想通过一个中间环节直接让农民使用，则是可能的。计算机管理系统的研制是一条可能的途径。根据目前的状况，从实际出发，并不苛求于农户，但作为管理农业的政府部门（例如乡、县、省，甚至于国家），研究如何从宏观上进行科学管理，是十分必要的，且必须尽快地提高科学管理的水平。实际上，我国对于农田生态系统管理的科学化程度还很低，管理水平的提高需要借助于科学技术的进步以及不懈的科学研究工作，同时提高政府部门管理人员的科学素质。我们选择麦田生态系统进行模拟模型的研究，试图为此而作一些基础工作，以推动农田生态系统管理科学化的进程。

在我国的主产麦区河南省，从1974年开始，就组织了全省性的小麦高稳低优研究推广协作组，十多年来，河南省的小麦生产和研究取得了很大的成绩。从微观上，他们把先进的栽培技术和优良品种送到各农户；从宏观上，他们把全省麦区分成若干个

生态类型区，分别对各类型区施以相应的栽培管理措施，顺乎小麦生长的生态要求，以获得最高的经济效应。继而，河北省开展了“小麦模式化栽培技术”的研究，试图根据不同的生态环境提出不同的栽培模式，便于农民接受和政府的规范化管理。其他各地也都开展了类似的各种研究，并广泛地进行推广。在这些推广与研究中，作物生态学是研究的主要内容。

尽管有大量的研究工作作为其管理的后盾，但在常规的管理工作中仍然缺乏科学性。因为管理决策者们很难从那些基础研究中很快地提取有关信息进行综合判断，而更多的是凭借经验，很难准确地知道系统过去的一些行为与系统的现时状态有什么关系，它们对系统未来的状态有什么影响，以及在发生发展的过程中，万一遇到环境条件的异乎寻常的变化，系统未来状态会发生怎样的偏离。而利用计算机则使管理者们在很短的时间内就能将各种有关的知识与经验进行综合分析，从而弥补这种不足（Coulson 等，1987；Brown 等，1980；Tummala 等，1977）。

另一方面，农田生态系统的管理中，“头疼医头、脚疼医脚”的现象仍十分普遍，很少采取整体调控的措施。

我们进行麦田生态系统管理模型的研究，试图借用多年来广大科技工作者以及我们研究小组对于小麦及其他相关子系统的研究成果，构造一个能模拟整个麦田生态系统的计算机模型，使之成为管理和决策服务。构造这种整体模型，仍属探索性研究，还有许多地方需要进一步完善。

四、系统科学思想及其在生物学和生态学中的发展

从亚里斯多德的“整体大于各部分之和”的整体论和《黄帝内经》中医哲学思想的整体观到贝塔朗菲的一般系统理论（General system theory）的确立，经历了数十个世纪，这种观念的进化作为一种普遍的哲学，代表着进步的思想渗透到这个发展时期的每一个领域。生物学的发展也一直围绕着还原论与反还原论

(Reductionism anti-reductionism) 进行着不懈的斗争和辩论, 从拉马克和达尔文到贝塔朗菲、维纳、普里戈津、薛定谔、哈肯等都以系统思想为指导, 坚持认为生命的运动不能完全归结为物理和化学的运动, 虽然它们并不违背物理学和化学运动, 但作为生命系统, 它们还受到一种整体的力 (王雨田, 1986) 的支配, 这就是整体大于部分之和的奥秘所在。这就导致了一股宏大势力的产生——用进化的综合的观点来探索生命系统的特性。当然, 人类文明和科学技术发展到一定的程度, 不得不用分析的方法去分析和探讨系统组成成分的微小部分, 这就保持了在分子, 甚至量子水平上对生命现象进行研究的各研究领域的活跃。本世纪 40 年代、50 年代以来, 控制论、信息论、系统论以及计算机科学的出现和蓬勃发展, 为系统科学思想在各个领域的定量化研究提供了坚实的科学基础。

宏观生物学和微观生物学代表着生物学研究领域的全部, 生态学代表着宏观生物学的一个分支。生态学, 特别是系统生态学, 着重研究生命、甚至群体的整体行为, 试图用系统科学的思想和方法来探讨那种使整体大于部分之和的“生命力”的奥秘——系统或子系统之间的相互关系。正如贝塔朗菲所说的, 系统——这个表面上看来平淡、抽象而空洞的概念, 其实充满了隐秘、内涵和爆炸的潜力 (Bertalanffy, 1968)。正是因为这种爆炸性潜力的存在, 致使系统思想和理论具有如此大的吸引力和活力, 并对科学的发展产生了如此强大的推动作用。

我们从认识个体开始, 慢慢地由于分析方法的引导, 而进入微观世界, 想去探求更深层的奥秘。当你愈是进到微观 (分子或量子水平), 再回首观察你原来所认识的生命系统, 就愈感到生命模糊, 并笼罩着一种“魔力”。这就说明微观上的单向深入是不可能解决所有问题的, 需要研究者们既深入微观世界, 同时又探索宏观世界。生命整体或群体中就蕴藏着这种难解的“魔力”。

系统科学认为, 或者说系统科学的研究表明, 生物系统或者

生态系统中所蕴藏着的这种魔力，可望借助现代科学技术手段，分别从微观和宏观两方面进行探索，在了解子系统及其组分的功能作用以后，再着重探索子系统间的相互关系，用系统工程的方法构造对象系统的模拟模型，并通过模拟来揭示其奥秘。例如宇航系统是在并不了解外层空间的情况下，凭借对外层空间系统的观察和研究资料，通过模拟外层空间系统而得到有关的知识的信息，再根据模拟结果来建造宇航系统，并能付诸实现。同理，生命系统或生态系统中的奥秘也是可以通过仿真模拟而得到部分揭示的。我们对麦田生态系统的研究是试图从小麦的生长发育和麦田生态系统中的其他有关生物的生长发育的基本生物学规律出发，考虑各种重要环境因子的影响，对其构造出定量描述的模拟模型，来探讨小麦生态系统的一些整体行为，以及各子系统行为与整体系统行为之间的关系。

五、系统生态学研究之进展

生态学，自从这个概念在一百多年前被提出来以后，经过较长的时间，慢慢地形成了一个学科，一个颇具横向联系效应的学科。随着科学与技术的不断进步，特别是自第二次世界大战以来，人类越来越严重地受到资源、人口与环境等问题的困扰，使人类不得不重新考虑文明与科学的进步方式。于是，生态学便成为了人类企图摆脱这种困扰的热门学科而得到了极大的发展。例如，用生态学原理与原则指导资源的开发与利用，研究人与环境、生物与环境的相互关系，研究人口爆炸所带来的社会问题与生态问题，研究环境保护问题等。近几十年来，随着系统科学、系统工程以及控制论、信息论等新学科和理论的兴起和发展，生态学也紧跟着进入了更加崭新的时代。用系统科学思想和系统工程的方法，借助电子计算机技术，使得研究和求解更加复杂的系统成为可能。正是这种可能性又将生态学推进了一步。在大量地研究各种生态系统的基础上，系统生态学便应运而生。随着系

统生态学的发展，便成为研究各种类型的自然生态系统和人工生态系统的有力工具。例如农田、森林生态系统等。

由于生态系统之复杂性，系统生态学的研究方法必须突破传统的研究模式。罗马俱乐部的世界系统模型的研究便是成功的实例，它不仅在方法上是成功的，它的研究结果对世界系统的发展也起了巨大的作用。它警告人们应该更加理智地去发展和开发我们所居住的这个大系统，绝不可肆无忌惮。就更小的系统而言，其成功的实例就不胜枚举了。在此，以美国南方松甲虫的研究(Rykiel等，1984)为例，从而窥见这一领域的进展。南方松甲虫(Southern Pine Beetle)是美国南方松树林中的一种重要经济害虫，它为害严重而普遍，特别是它的为害对造纸业造成巨大的经济损失。为此，他们组织了一个庞大的科研协作组。该项研究也是起步于害虫综合管理(IPM)，但没有停留在这个水平上，而是突破了IPM概念的局限性，借助当代系统信息与控制的新方法——决策支持系统(Decision support system)，构造了关于松树及南方松甲虫的知识库、信息库和模型库(Saunders等，1985; Turnbow等，1983)。除了分别对松树的生长动态以及南方松甲虫的生长动态和为害动态分别构造模拟模型以外，还构造了关于经济和市场动态的模型，为了扩大模型的适应范围，还组建了大量的地区模型。其整体模型可以就不同层次的用户的使用而运转，系统经运行后给用户提出管理南方松树林生态系统的有关信息，并给出一种有利于管理决策的算法(而不是直接为用户决策)，是用户很容易掌握和运用的决策工具。

近年来，迅速发展的人工智能的研究为生态系统提供了又一种十分优越的方法。除上述决策支持系统以外，专家系统的研究又异军突起，成为十分活跃而有意义的分支领域(Brown等，1986; Stone等，1986)。更可喜的是我国在这些方面也已起步。如中国科学院动物研究所的棉花害虫管理系统正在研究中(李典谟，1986，1988)，中山大学昆虫研究所研究的水稻纵卷叶

螟管理系统已具初步成果（张润杰，1988），北京农业大学对小麦三种病害的综合预测模型已组装（董金琢，1987），农牧渔业部病虫测报总站关于农作物病虫测报系统也已起步（胡伯海，1988），我们对麦田生态系统综合管理的研究已经形成一个雏形。这样活跃的研究领域，很有希望在不太长的时间内取得成效，并付诸实践。

六、从 IPM 到系统工程

自从人工合成有机杀虫剂以来，特别是第二次世界大战以后，杀虫剂为满足人类的食物需求以及对卫生害虫的防除起了巨大的作用。由于这一巨大的成功，使人们暂时地形成了一种错觉：杀虫剂是万能的。于是，人们在害虫（农业的、卫生的和森林的）防治方面便处处依赖于杀虫剂，在对付害虫的为害时，人们也觉得轻松多了，并没有过多地去考虑施用杀虫剂以后的其他有关问题，大概当时也很难想象到那些随之而起的副作用。可悲的是随着杀虫剂使用的日益增加，环境受到污染，害虫的天敌被杀死，害虫形成再增猖獗，抗性产生，食物中残留有大量的有害物质，并在食物链中不断富集，使得生态系统的平衡严重失调。正如《寂静的春天》所描述的那样，世界的春天完全失去了它应有的生机。于是，这些现象引起了人们的思索和研究，对害虫防治问题作进一步的认识。人们意识到单纯依靠杀虫剂来治理害虫是行不通的，必须采取多种途径来控制害虫，经过大量研究与思考，便形成了综合防治的概念。1967 年联合国粮农组织正式给害虫综合防治（Integrated Pest Control, IPC）下了定义。定义中强调了三点：（1）把环境与害虫种群动态联系起来考虑；（2）采用多种适当的技术和方法；（3）把害虫控制在引起经济损失的水平以下（Huffaker, 1980）。在 IPC 的实践过程中，逐步发展，形成了现在的 IPM 的概念（Luckmann 等，1975）。在这个发展过程中，害虫综合管理仍然是在技术和方法上的综合，

有时虽然采用一些新的科学技术和方法，但仍然只是注意目标生物——害虫 (Welch, 1984)。这种状况一直持续到 70 年代中期 (Ruesink, 1975; Huffaker, 1980)，从我国的情况看，到 80 年代初期学术界才有所醒悟。直到现代系统思想和理论被生态学家和植物保护学家所接受，才开始用系统的观念来指导害虫的管理，借鉴当代系统工程研究的伟大成果以及技术方法，把农田生态系统作为一个复杂的整体来研究：视害虫为这个系统中的一个组分，研究害虫种群动态与系统动态的相互关系，从复杂的关系中来调控害虫种群 (Shoemaker, 1980; Croft 等, 1976)，充分地利用自然的力量，这就使得害虫管理在观念上得到了升华。不是为控制害虫而去研究害虫，而是研究生态系统中各成员间的相互关系。于是，农田生态系统中一个更重要的成分——作物——受到了生态学家和植物保护学家们的重视，也就是说管理的目标从过去的有害生物扩充到了整个生态系统。

对复杂系统进行研究需要更复杂的方法和技术，从工业和国防科学等领域兴起的系统工程的方法成为生态学和植物保护学的仿效对象。虽然系统工程这一名词的诞生还是近几十年的事情，但从实际意义上，在我国至少可以追溯到二千多年前“都江堰”水利工程的建造。近代随着运筹学的发展，系统工程的运用就越来越普遍，例如二次世界大战期间的许多军事工程，60 年代的阿波罗登月计划，70 年代墨西哥的“绿色计划”（改造农业的计划），不仅取得了巨大的经济效益，而且大大地促进了科学技术的发展。农业生态系统是一个结构和功能都极为复杂的大系统，可望借助系统工程的方法使农田生态系统的研究工作获得成就与进展。顺应科学技术的发展潮流，相应地出现了“农业系统工程”，“农业生物系统工程”和“植物保护系统工程”等探索性研究领域。在我国，已有不少关于农业系统工程研究的实例。例如，中国国防科技大学系统工程研究所所作的关于浏阳县农业、经济和社会发展的综合系统工程研究（汪浩等，1984），为该县的发展

与规划提供了科学的依据。在农业科学研究的许多不同领域也都分别有了系统工程的提法。1988年，我国植物保护学界在北京举办了全国首届植物保护系统工程座谈会，在这次会议上都已经明确地提出植物保护工作不再仅仅是防治病虫草鼠等有害生物的机械拼接，也不是几门植物保护分支学科的简单集合，而是从系统的高度来研究系统的行为与响应，然后对系统进行综合管理和优化的研究。这表明在植物保护这个研究领域内系统工程的方法已经受到青睐，也说明我国植物保护工作在思想、理论和技术上又向前跨进了一步，并将在不久的将来得到蓬勃发展（曾士迈，1988，林昌善等，1988）。我们此项关于麦田生态系统的研究，就是以系统科学思想为指导，以决策支持系统为蓝本，以系统工程的方法和技术为工具，进行设计和实施，并得到国际科学基金（International Foundation for Science (Sweden)）的资助。

七、农田生态系统管理的新思考——人与自然的关系

虽然很多人认为自然的力量不可抗拒，但也有不少人真的信奉“人定胜天”。究竟应该怎样看待和认识人与自然的关系呢？似乎不能通过罗列一些简单的事实来佐证，因为历史上不乏正反事例，即人类战胜自然，自然惩罚人类之事同时存在。然而，我们从农田生态系统管理的进步过程去剖析这一辩证关系，又该有怎样的结论呢？

自然赐给人类丰富的作物种类，但人类仍不满足，不断地选育新的品种，筛选和改良了优良的基因组合，获得了大量的优良品种，使粮食生产不断增长，为世界人口的增长提供物质基础。但是，由于自然与社会系统的复杂性，尽管粮食产量不断地增长，仍然难以满足人口的增长对粮食的需求。

人类虽然具有改造自然的能力，但控制自我（也属于自然的一组分）的能力却显得有些不够。

人类在粮食生产过程中受到病虫害的威胁很大。有时，灾害

(害虫或病害) 降临, 足以使农民颗粒无收; 但人类又发明了化学农药, 开始时, 几乎可以杀死一切害虫, 人们又觉得有了希望。有了化学农药就可以高枕无忧了, 试图用化学农药去防治一切害虫。然而, 自然又使人类的这一梦幻破灭了。化学农药并不能完全控制害虫, 反而会导致许多其他问题, 如害虫的再增猖獗, 害虫抗性的产生, 环境污染, 生态平衡被破坏等。至此, 人们认识到完全控制自然是不可可能的, 开始探索妥协的方案。IPM 便是妥协的方案之一。

从无敌的消灭哲学发展到妥协的容忍哲学 (允许经济损失水平), 实际上是人类认识自然的一大进步。这也表明了人类既是自然系统中的一个实体, 又是干扰自然的一个最重要的因子。所以, 人与自然的关系不完全是主体与客体的关系, 他们仍然需要服从自然规律, 人类主宰自然的能力与人类对自然的认识程度有关, 人类离真正主宰自然的时期还比较遥远。目前人类对自然虽然只具有有限的主宰能力, 但人类作为自然系统中的一个最特殊的、具有创造能力的实体, 具有发展自己的能力的潜在可能性, 随着对自然的认识的深化, 这种能力就会不断地增强。

从农田生态系统中有害生物的管理这一领域来看, 人们不会、也不愿意停留在容忍哲学的基点上。如何突破这一点, 希望之光仍在于新的科学思想与技术的发展与引入。采用新的科学方法更为可靠地去模拟生态系统 (应该包括农田及农田以外的各有关系统, 如森林、水域、社会和经济等系统), 这是获得真正有效的害虫防治策略与技术的基础。

从发展的角度来看, 可以将害虫防治思想的发展分为这样三个阶段:

1. 无敌的消灭哲学阶段: 包括化学农药发明之前的漫长的时期。在没有化学农药以前, 人们虽然不能象使用化学农药那样强烈地消灭害虫, 但人们在思想意识上还是想彻底地消灭害虫, 只是受到技术手段的限制。当发现并能大量生产化学农药以后,