

农业现代科学技术丛书

植物保护

北京农业大学 曾士迈主编

安徽科学技术出版社



农业现代科学技术丛书

植 物 保 护

曾士迈 主 编

周汝鸿 副主编

安徽科学技术出版社

责任编辑：徐根苗
封面设计：宋子龙

农业现代科学技术丛书

植 物 保 护

曾士迈主编

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

新华书店经销 六安新华印刷厂印刷

*

开本：850×1168 1/32 印张：9.25 字数：196,000

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数：00,001—1,600

统一书号：16200·135 定价：2.95元

序 言

为了适应我国农业的两个转化，满足基层农业科技人员知识更新的迫切需要，安徽科学技术出版社组织国内一百二十多位农业专家编写了这套“农业现代科学技术丛书”。这次出版的有《农业经济》、《土壤肥料》、《植物保护》、《作物育种》、《植物生理》、《畜禽饲养》、《畜病防治》、《果树》、《蔬菜》，共九个分册。

现代化的经济是信息化、系统化、科学化、人才化的经济，能否及时了解并善于运用新的科学技术成果，已成为经济兴衰浮沉的重要条件之一。因此，农业科技人员必须及时了解新的信息，更新知识，学习和运用新的技术成果。

这套“农业现代科学技术丛书”是对近年来农业科技领域中新理论、新技术、新方法较为系统的整理和总结，集中反映了突破性的新进展，有一定的深度和广度。各位专家在综述的同时还进行了适当的评论。广大读者通过学习这套丛书，一定可以大大开阔眼界，获得新的概念，新的启示，在知识上有一次较为系统的更新和增补。

希望我们的专家、学者和农业科技人员能在马列主义方法论的指导下，面向生产，面向国民经济建设，编写出更多更好的农业科技书，为农业现代化作出更大贡献。

中国农业科学院院长 卢良恕

一九八五年四月九日于北京

目 录

植保系统工程浅说

——有害生物综合治理和系统工程·····	曾士迈(1)
试论害虫综合防治·····	杜正文(40)
植物病害预测预报·····	曾士迈 周汝鸿(64)
害虫预测预报·····	马桂椿(97)
杀菌剂的回顾与前瞻·····	韩熹莱(113)
杀虫剂的回顾与前瞻·····	韩熹莱(122)
害虫的抗药性·····	韩熹莱(137)
植物病害的生物防治·····	鲁素芸(151)
害虫生物防治·····	李丽英(171)
植物抗虫性·····	杨奇华(199)
植物抗病育种·····	王守正(220)
环境污染与植物健康·····	鲁素芸(230)
杂草科学·····	李孙荣(241)
植物检疫·····	张志雍(266)

植保系统工程浅说

——有害生物综合治理和系统工程

曾士迈

一、综合治理要走系统工程之路

地球上最大的生态系是生物圈(biosphere)，人类既是这个生态系的最重要的成员，又是它的主人。大约一万年以前，人类还靠采集、渔猎为生，这种活动不会怎么触动生态平衡，那时的人类在这生态系中不过是天然食物链或物质循环链中的一员罢了。自从农业社会开始，辟林垦荒，修山造田，改造大自然的主人翁开始出现。经过年复一年的刻蚀穿凿，生物圈与其原始状态相比已大为改观。特别是二十世纪以来，农业得到了工业和农业科学的武装，发展愈加迅速，在许多发达国家和发达地区中，生物圈的许多部分已面貌全非，自然生态系已让位于农业生态系。随着科学技术的加速度发展，今天人类改造大自然的能力将愈来愈强，改造的强度和速度也愈来愈深、愈来愈快。人类真正要成为大自然的主人了。

然而，要做个聪明的主人谈何容易。大自然何等复杂，有多少奥秘，人类至今还远没有把它认清摸透。迄今为止，在改造自然中人们既取得了很大成功，也犯了不少无知的过失。水土流失、平川漠化、环境污染……这是众所周知的。总结成败经验得出一条：改造自然绝不能搞主观主义，绝不能一意孤行，绝不能随心所欲，必须先认识自然才能改造自然，必须掌握自然规律，因势利导，把自然的“意志”和人类的愿望和力量恰当地协调综合起

来，才能达到预期效果。再提高一步说：必须认识到人类既是生态系的主人、又是生态系的组分之一，而组分是永远不能逃脱整个系统的制约或影响的。只有较全面地认识了这种系统的关系，才能更好地改造和建成更适合人类繁荣的生态系。

上述这种观点当然同样适用于指导植物保护工作，因为植保工作乃是农业生态系管理的一个组成部分。在农业生态系中，环绕着栽培植物的多种生物中，有有益的，有有害的，也有中性或近乎中性的。有害生物包括通常所谓的病原物、害虫、杂草和鼠类等。把它们置于视野的中心，便有一个有害生物生态系(pests-ecosystem, PES)，它是农田生态系(agro-ecosystem, AES)的一个子系统。每一单一物种的有害生物(某一种病原物或某一种害虫……)便是PES的更低一级的子系统或组分。组分之间、子系统之间以及系统和它的组分之间存在着种种相互作用关系，从而使整个系统的动态相当复杂，以致当人们改变或控制某个单一组分，有时竟会牵一发而动全身，使整个系统出现出乎预料不良后果，这在植保工作中已屡见不鲜。例如：新品种推广和耕作栽培演变后新病虫害的流行成灾，防治某些病虫后另外一些病虫上升危害，以及品种抗病性“丧失”、病菌害虫抗药性形成、公害残毒、环境污染……。人们通过近几十年防治实践，逐渐认识到：植保工作不能脱离整个农田生态系的管理而各自为政孤立地进行。必须在更高水准上，兼顾主效应与副效应、当前效益和长远效益、局部效益和总体效益的关系，从全局出发，综合考虑，组成一个统一的防治技术系统，纳入农田生态系管理系统中去。而要做到这一点，就需要采用系统工程学的方法，研究系统的组分、结构和功能。这里，首先从已有经验来看看这一系统中组分间的复杂关系。

(一)植保措施与农艺(或园艺)措施的关系

专门为防治有害生物而采取的措施称之为植保措施,以区别于一般性的农艺(或园艺,以下简称农艺)措施。植保在农田生态系管理中一般居于从属地位。然而,农艺措施与植保措施的主次关系并非绝对,在某些具体情况下可能相互易位。

种植家的主要兴趣在于追求产量和品质,为此他们常常优先考虑的是品种、耕作、栽培等农艺措施,最后,仅当病虫害等威胁严重时,植保措施才被提到一定的重要地位。

作为商品生产,生产者的最终目的是通过高产、优质、低成本而达到高效益。植保措施必须有效、易行、经济,而且不与农艺措施有重大矛盾时,才易被接受。如有矛盾,往往要求换用或研制其他新的防治措施,以保证原有农艺措施的可行性和有效性。

但是,植保措施远非万能,从技术和经济观点看都颇多局限。更为重要的是,有害生物的猖獗在大多数情况下都是农业活动中人为造成的,是品种更换、耕作改制或栽培演进所导致的意外的不良后果。因此,“解铃还需系铃人”,最终还必须以合理的农艺措施为基础来清除这些不良后果。首先力求提高品种、耕作、栽培的防害潜能,然后再辅以必要的特殊防治措施。当遇有农艺-植保矛盾时,如果病虫害危害严重,植保措施显得举足轻重,则也不得不优先考虑植保要求,而令农艺措施与之协调。

当然,农田生态系各组分之间的相互作用,或者说农田管理各措施之间的关系,有很多是良性的关系,或相辅相成的关系,有些甚至是一举两得的措施,比如说既能增产又利防病,或既治虫又防病。但不少情况下都存在一定矛盾,或有利有弊,需要协调平衡。下面只谈各种矛盾情况。

(二) 农艺措施和有害生物

1. 品种

(1) 高产优质品种或特殊性状品种的选育和推广可能导致某种病虫害上升流行。生物进化往往会有所得也有所失，育种这种人工进化尤其如此。在专攻产量品质或某些特别性状的育种过程中，植物常常会丧失其某些抗逆性，包括对病菌、害虫的抗性。这种品种大面积推广后就会导致相应病虫害的逐年加重，终至流行成灾。例如：台中一号，第一个矮秆高产水稻品种于六十年代在印度大量推广后导致白叶枯病严重流行，叶蝉 (*Nephotettix cincticeps*) 也逐年加重。

其后不久，奇迹稻 IR8 在印度推广后，叶蝉、褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 和东格鲁病先后流行成灾。

国内，某些杂交水稻推广后，白叶枯病显著加重，稻曲病也逐年增加。近年，在杂交水稻上发现有加重迹象的病虫害还有：穗腐和鞘腐病、细菌性褐条病、云纹斑病、大螟……等。

黑麦某些品种对叶枯病 (*Septaria tritici*) 高度感病，在以色列已成重要问题。矮秆和半矮秆小麦品种上往往叶斑病类严重。

T 型胞质雄性不育系的大面积利用导致美国 1970 年玉米小斑病大流行。无独有偶，同年日本中野县凡用 T 型不育系组配的玉米杂交种也严重发生小斑病。两国均已证明病菌小种属 T 小种。

以上几例都是人们所熟知的。再举一个文献中较少提及的事例：珍珠粟在印度是主要粮食作物之一，过去只作为旱地低产栽培。六十年代以后，推广了耐肥高产的杂交种 HB-3 等。HB-3 是由胞质雄性不育系 Tift. 23A 配成的，而后者高度感染霜霉病。1971 年，印度珍珠粟霜霉病大流行，导致粮食不足。这和美国玉米小斑病流行事件何其相似？

值得深思的是：今后新型品种还将不断问世，类似上述的悲

剧会否重演？如何防止？

(2) 抗病虫害品种的推广有可能导致其他非目标有害生物的流行：所谓抗病虫害育种当然只是针对一种或几种目标病虫害而言的。在多抗性育种开展以前，抗性育种往往只以单一种类的病或虫为抗性目标。在这样的抗性育种过程中，对非目标有害生物的抗性如被忽略，就会发生抗性丧失现象，最后育成的品种虽对目标病虫害抗性颇强，而对非目标有害生物则十分脆弱。例如：北京地区六十年代末推广的一些小麦品种，如北京10号等，虽高抗条锈，但感染叶锈，因而促使叶锈病逐年加重。

华北地区玉米七十年代由于大、小斑病严重，选育推广了抗病杂交种群单105、白单4号等。但这些杂交种高度感染丝黑穗病，大面积推广连作两三年后，此病便造成严重减产，不少地区发病株率平均达70%以上。

燕麦维多利亚叶斑病是这方面的最早的典型事例之一，此病乃是抗病育种带来的后果。美国在四十年代以前，燕麦上主要病害是冠锈病，维多利亚叶斑病即便有所发生也从未被人注意，抗病育种工作只针对冠锈病进行。当选育出的抗锈品种大量推广后，由于它们对某种长蠕孢菌高度感染，因而这种新病害迅速上升，终于达到毁灭性程度。品种维多利亚对这一新病害特别敏感，所以这种新病害及其病原菌均以此命名 (Victoria leaf blight, *Helminthosporium victoriae*)。

国外在棉花抗性方面也发现不少这类事例。一些棉籽醇含量高的抗棉铃虫品种往往利于蓟马的繁殖，其上棉蓟马种群数量是普通品种上的四倍之多。一些多毛品种虽兼抗蓟马、叶蝉，却又特别吸引棉铃虫而招致受害。

(3) 抗病虫害品种的大面积单一化推广可能促成目标有害生物新小种的流行，而成为品种本身的掘墓人。例如：一些对小麦秆锈病、叶锈病、条锈病、白粉病、稻瘟病、马铃薯晚疫病、高粱丝

黑穗病、茭苳霜霉病、燕麦冠锈病、亚麻锈病、番茄 TMV 病毒病、小麦黑森麦秆蝇、水稻黑尾叶蝉、褐稻虱、大豆胞囊线虫……等最初具有抗性的品种，都曾发生或一再发生“抗性丧失”现象。

当然，“抗性丧失”问题的严重性不必过分夸张。也有许多抗病虫品种其抗性颇为持久。然而从总体上看，寄主群体遗传结构的单一化必然增加病虫流行的风险。面对着那些寄生性变异潜能很大的有害生物，如果寄主遗传结构愈来愈单一，则人们将处于愈来愈不利的战略地位。特别需要指出的是：一方面，商品化生产、加工和消费都要求加强标准化；另一方面，一些育种新技术如花药育种、组织培养、基因工程等形成的又多半是遗传同质性的产品，这就形成了一股强大的压力，使品种遗传单一化的发展趋势有增无已。在这种形势下，抗病虫育种不宜再完全拘泥于纯系育种、品种纯度等传统观念的约束，而应在理论和方法上闯出新路，并以系统论为指导，开展抗性育种和品种推广的战略研究。

2. 耕作栽培

(1) 种植制度的变革改变农田生态系的结构、组分与组分间的相互作用，从而可能导致某些病虫害的上升和流行。七十年代华北中北部推广粮粮间套、三种三收等种植制度，固然在提高当年总产和减轻某些病虫害上起了作用，但是小麦丛矮病却变得十分严重。其后，一些地方又改回为一年两种，麦收后种夏玉米，丛矮病又显著减轻。

南方稻区由绿肥双季稻改为稻—稻—麦三熟制后，华北稻区实行稻麦轮作后，由灰飞虱传播的稻黑条矮缩病(南)和条纹叶枯病(北)均明显加重。麦田为灰飞虱提供了更好的越冬条件，可能是主要原因之一。

水稻种植制度对大螟发生数量的影响尤为显著。川西地区过

去种一季中稻，大螟危害轻微。改制后，早稻栽早，又加有一季早玉米，均利于大螟第一代的繁殖，因而水稻螟害显著加重。

六十年代以来，华北玉米粗缩病逐渐成为问题，某些年份局部地块竟造成绝产。大面积调查可见：严重发病的几乎全部限于麦田套作的玉米，而很少出现于春玉米和麦茬夏玉米中。看来，小麦为套作玉米就近提供了传毒介体和毒源。

(2) 高产栽培和特殊栽培方式常导致某些病虫的上升和流行。在密植和高水肥条件下，一些原来微不足道的偶发病害由于得到了更好的发展条件而逐年加重。很早就有所谓“高产病害”，如稻瘟、谷瘟。近年来禾谷类作物的纹枯病有普遍加重之势，在这里，水、肥、密综合一起起着重要作用。不仅病害如此，飞虱、叶蝉之类的害虫也喜好这种郁蔽阴湿、寄主生物量稠密的生态条件。

温室大棚蔬菜栽培的兴起和发展导致白粉虱成灾。温室大棚和露地栽培连成一体、周年不断，使番茄晚疫病、黄瓜霜霉病、白粉病以及黄瓜枯萎病更易于周年发展，流行潜能增大。还有一些新近上升的蔬菜病害，如番茄黑霉病、番茄灰霉病、韭菜疫病，似乎均与这种栽培方式有关。

这类事例当然不可胜数。更重要的是在未来发展中，真正的新病害可能主要起源于新的栽培方式和环境。

(三) 植保措施和有害生物

植保措施对有害生物的作用往往不止一端，不只限于人们所期望的有利作用的这一方面。在设计和初步推行时，人们很容易只看其一、不见其二，只看其主效应而忽视其副作用，只强调其有利的一面而低估其有害的一面，只检测其当时效应而不查其延后效应和反馈作用，因而只注重局部效果而忽视其总体效益。只有在措施较长时期较大面积推广后，才逐渐发现原来主观片面估

计的不足。事例有多种多样。

(1) 垂直抗性品种的大面积单一化推广导致“抗性丧失”。已如前述。

(2) 作用位点特异性强的药剂连年施用，促成病菌、害虫乃至杂草抗药性的发展。迄今，据不完全统计，已发现的抗药性事例在杀虫剂中已过200例，杀菌剂中近100例。

以上两类事例表明，植保措施的对象是有害生物，而生物是具有强大的变异能力和适应能力的，以措施作用于它们，它们还会产生顽强的反作用。这是几十年前人们所始料不及的，在今后有害生物综合治理中，必须给以足够的估计。

(3) 广谱性药剂不免同时误伤天敌和有益生物，从而结果是有利有弊甚至是利少弊多。在害虫防治上，这已被公认；在病害防治上，这个问题似乎不如前者严重，其实不然，可能只是还没有被充分认识而已。扎道克等(Zadoks, et al, 1979年)指出，英国苹果黑星病用波尔多液防治，连年施用波尔多液后，效果明显降低。究其原因，并非病菌形成了抗药性，而是土壤中铜素积累太多，毒杀了自然防治因素——蚯蚓。原来，蚯蚓能把落到地面的病叶拖入土中将其啃食，从而帮助人们做了不少消灭越冬菌源的工作。近年美国有人发现：花生褐斑病菌上有一种半知菌(Hansfordia sp.)重复寄生，而成为褐斑病的一种自然防治因素。当连年施用苯菌灵防治褐斑病时，Hansfordia极为敏感地被大量杀伤，但花生褐斑病却易产生抗药性，结果药剂防治逐年降效。又如：连年施用苯来特后，土壤中腐霉菌、疫菌等菌量增长而苗病加重，这多半也是药剂误伤有益生物(上述病菌的竞争者或颢颡者)所致。

从近年生态病理学和植病生防研究进展来看，可以想见，植物生态环境中，微生物群落组成复杂，变化多端，对病虫害之影响，或促进、或中性、或抑制，其中可称为自然防治因素者恐怕

也大有文章。过去病虫害防治理论的缺陷之一，正在于此，正在于无视或低估了自然防治因素的无形而普遍的作用，单纯寄希望于人类强加于生态系的外来因素(如农药)，往往破坏了自然防治因素。在今后有害生物综合治理中，自然防治因素将受到应有的重视，这方面的研究，可能是个既广且深的新领域。

(4) 除草、治虫、灭鼠和防病措施之间的不良副作用也同样广泛存在、多有发现。如施用苯并咪唑类药剂防治大豆荚腐病 *Diaporthe sojae*，因同时杀伤了某些害虫的天敌，因而虽然防病有效而虫害上升。杀草剂克草猛等大面积施用后，*Rhizoctonia solani* 所致苗病加重。有人发现：甜菜地除草后，某种危害杂草的昆虫竟而转移危害甜菜。甚至有人推测：有些杀草剂会使原为益菌的木霉菌 *Trichoderma viride* 转变为致病菌。

从以上(一)、(二)、(三)三方面来看，农田生态系中各组分间、农田生态系统治理的各措施之间关系十分复杂，它远非单线联系、机械的关系，而是一种动态网络、辩证关系。过去的病虫害防治理论可以说是把寄主、病原物、害虫以及少数几个气象因素从这一复杂多变的网络中抽提出来、孤立起来、固定起来，然后进行机械的处理。其结果往往未能尽如人意，往往只能收到局部之效、一时之功，而终于导致整个生态系的失调、总体效益的受损。现代植保科学则必须从生态学观点出发，以整个农田生态系为整体背景，对有害生物进行全面性的不断的综合治理。

不仅如此，农田生态系之上还有农业生态系统。后者的边界更广，它已不仅限于生物现象和农业技术，而是个兼跨社会、经济、生物诸领域的更高一级的复杂系统。因而，有害生物综合治理这个系统所涉及的也就不仅是农田生态系的生物学和生态学规律，而且还是涉及损失、经济阈值、经济核算、经营管理以及人畜保健、环境保护等多方面经济的和社会的因素。植物保护不只是生物学和生态学原理指导下的单纯技术问题，它还同时要经

济、社会因素相互作用。所以，有害生物综合治理乃是一个生物学—生态学—经济学的复合系统，是一个多输入、多输出的系统，或者说是一个多手段、多目的的系统，其输入或手段包括气候、土壤、各种生物学生态因子、耕作制度、品种、栽培、药剂、生防、检疫……，其输出或目的则包括产量、品质、经济效益、生态效应、环境效应、人畜保健……。综合治理中的综合二字有双重意义：手段是综合的，目的也是综合的。

这是一个复杂的多维多变的系统。自然因素本来就已十分复杂，而社会因素有时也更是微妙。对这样一个纷繁难解的事物，如何能取得既能综览全局又能洞察入微的总体认识？如何能从它的过去、现在而预测它的将来？如何能在多种可能的治理方案中选出最优方案，做出决策？

唯一的出路，是采用系统论的方法，进行系统分析和系统治理，走植保系统工程之路。这条路尽管尚未修成，但是这条路必然会被人走出来的。

(四) 综合治理和植保系统工程

系统工程学(system engineering)、系统论(system theory)或系统科学(system science)，是人类认识和改造世界的有力工具，对于复杂动态系统，这种方法尤为必不可缺，植保科学的理论和技术体系的发展也将走上这条必由之路。

系统科学是一门高度综合的边缘科学，其理论基础主要是运筹学、控制论、信息论以及一些有关的数学。作为一种有普遍意义的方法，又被称为“系统方法”(system approach)或系统分析(system analysis)。系统分析并不是个具体处方，而首先是思维方法。它是一种整体研究方法(holistic approach)、动态研究方法、定量研究方法。它需要采用一些数学的概念和方法，但它并不是单纯的数学技术。它是把信息和数据井然有序、合乎客

观规律、合乎逻辑地组成能代表客观事物的模型,通过反复检验、不断改进,使之有实用价值,用于模拟、预测和决策,帮助人们更好地认识客观和改造客观。系统分析的目的是系统治理(system management),但广义的系统分析,已包含了治理在内,亦可总称之为系统研究(system research)。

系统研究首先要把所欲研究的事物分解成一个个组分,明确组分间的相互关系,明确系统的网络结构,然后再把各组分按其固有的结构关系综合成为整体,建立模型。由于对复杂的动态系统必须进行定量的分析和综合,要进行大量的计算,因此,数学模拟和电算技术便必不可缺。

利用模型进行试验,叫作模拟(simulation),用以查明系统的结构和功能及其种种变化规律,便于人们理解和预测事物的变化并进行最优管理。可用于模拟的模型叫作模拟模型或模拟器(simulation model, simulator)。借助电算机进行模拟叫作电算模型(computer simulation)。

系统分析和电算模拟常密不可分,系统分析是理论观点和方法论;组建模型和电算模拟则是其最常使用的实施技术。两者又常合称为系统模拟(system simulation)。

系统分析的方法与某一专业学科或某一工程事业相结合,就是系统工程,诸如农业系统工程、植保系统工程。在军事、航天、商业、金融等方面,系统工程早已作出巨大贡献。在生物科学中应用系统分析始于六十年代初,而在植保科学中又略迟于此。植保系统工程虽然目前还仅略具雏形,但今后发展将会很快。农田有害生物生态系的整体研究相应地出现了该系统的系统分析,而有害生物综合治理就是该系统的系统治理(或管理)。

二、系统分析的方法简介

系统分析的工作步骤可分为五个阶段：①明确目的和确定系统边界，②总体设计和数据收集，③模型组建，④模型检验，⑤模型使用。也可以分得更细些，但大体工作内容如此。它们并不是个不可逆转的顺序，而是个不断循环、前后互相促进的工作过程（如图1）。

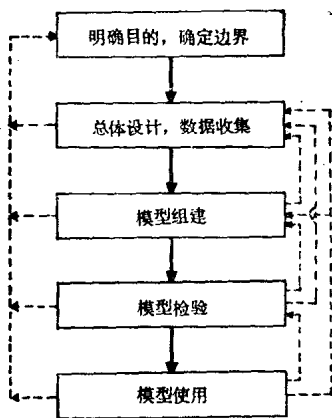


图1 系统分析的主要阶段和循环

（一）明确目的、确定系统边界

首先要明确建立模型的目的和要求，包括解决什么问题？解决到什么程度？模型的用途如何？要求精确度如何？

模型是真实事物的简化了的代表，但模型永远不能百分之百地反应出客观的全部细节。与研究目的有关的要点必须力求如实反映，而与之无关的细节则可以甚至必须略去。美术家和人体生理学家所要求的人体模型不会是同样的东西，因为两者目的不同。

根据目的要求，划定系统的边界，选定系统应包含的组分和酌定结构的层次度。系统是层次无穷、无限可分的，组分亦可多（细分之则多）可少（合并之则少）。既可进行种种程度的深化，又必须适可而止、采取适当的简化，以满足实用要求为度。

假设：最终目的要求是为华北地区小麦—水稻一年两熟制的农田提供植保技术方案，那么，总体系统便是这种类型的农田有害生物综合治理系统，它的主要组分便应包括小麦、水稻两者的