

# 柑橘

## 健康管理

著 (美) 彼特·帝姆 (美) 拉里·邓肯  
译 叶彩云  
校 赖晓桦



***Citrus Health Management***

# 柑橘健康管理

编

著: L. W. Timmer (彼特·帝姆),

Larry W. Duncan (拉里·邓肯)

美国佛罗里达大学

莱克阿尔佛莱德柑橘研究和教育中心

顾

问: 吴至海, 赣州市果业局局长

翻


译: 叶彩云, 赣州市农业利用外资办公室高级牧医师

校

对: 赖晓桦, 赣州市果业局技术指导站站长, 高级农艺师

译

审: 易龙、卢占军, 江西省脐橙工程技术研究中心博士

 江西科学技术出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

柑橘健康管理/(美)彼特·帝姆(美)拉里·邓肯 编著

叶彩云译, 一南昌: 江西科学技术出版社, 2011.4

ISBN 978-7-5390-4325-8

I. ①柑… II. ①帝… ②邓… ③叶… III. ①柑橘类果树—果树园艺 IV. ①S666

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 044448 号

版权合同登记号: 14-2011-070

本书经美国植物病理学会出版社(The American Phytopathological Society)授权,

同意经由江西科学技术出版社出版中文简体字版本

国际互联网(Internet)地址: <http://www.jxkjcs.com>

选题序号: ZK2010607

图书代码: B11009-101

## 柑 橘 健 康 管 理

著(美) 彼特·帝姆 (美) 拉里·邓肯

译 叶彩云

责任编辑/ 邓玉琼 程宁宁

封面设计/ 苏 江

出版发行/ 江西科学技术出版社

社 址/ 南昌市蓼洲街2号附1号 邮编/ 330009 电话/ 0791-6623491 传真/ 0791-6639342

经销/ 各地新华书店

印刷/ 赣南教育发展中心印刷厂

开本/ 787×1092 1/16

印张/ 12.75

版次/ 2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

字数/ 300千字

书号/ ISBN 978-7-5390-4325-8

定价/ 60.00元

赣版权登字-03-2011-67 版权所有 侵权必究

(赣科版图书凡属印装错误, 可向承印厂调换)

# 序

我怀着非常欣喜的心情阅读了由叶彩云同志翻译的《柑橘健康管理》一书中文版译稿。今天这部译著得以出版问世，呈现给读者们，令人感到异常欣慰。这里，应译者的意愿在卷首写下几段话，简单介绍该书主要内容，并对译著在中国出版表示祝贺。

该书英文原著由美国佛罗里达大学柑橘研究与教育中心的教授编著，美国植物病理学会出版社出版。以柑橘健康管理为主线，系统介绍了从健康苗木生产至采收后保持果品质量的柑橘作物管理的各个方面，包括建园时砧木和接穗的认证和选择，柑橘生产中的土、水、肥管理，柑橘的系统疾病和果实、叶片及根部的节肢动物虫害，根部疾病、线虫病等。还专门介绍了产业经济决策（生产成本概算），这是国内现有出版著作所没有的。

本书编著者还将土壤学、杂草学、线虫学、植物病理学、昆虫学和作物学领域多名资深学者的研究成果收集在书中，资料丰富、信息量大，是商品化柑橘生产者、技术推广专家、研究人员等柑橘业各领域专业技术人员和农业院校师生学习、参考的一本非常好的工具书。柑橘生产者可从中学习如何采用经济上可行的环保技术生产更健康的果品，柑橘生产顾问可利用本书指导柑橘生产者运用最先进的柑橘生产与保护技术提高劳动效率、果品利润率和环保效益。该书中文版的出版发行必将对我市柑橘产业的持续、健康发展起到积极推动作用。

中共赣州市委常委，农村工作部部长 曾新方

2010年12月

# 致 谢

几年前，我应赣州市柑橘研究所邀请，为来访的美国佛罗里达大学柑橘研究与教育中心土壤微生物学教授 James H. Graham 先生做翻译。专家到赣州的第二天，我发现他带来了几本名为《柑橘健康管理》的书，就借来阅读，发现这本书资料丰富、信息量大、图文并茂，是一本很系统、全面的专业工具书。但向他提出赠送一本给我的要求时（我想用这本书学习柑橘栽培技术和专业术语的英语表达），他却不愿意，说是要专门送给专业技术人员。在短短一个多星期的共同工作过程中，James 教授对我专业、地道的翻译印象非常深刻，在他离开赣州的前夕，送了一本给我，说是为了感谢我灵活专业的翻译，并对我的好学钻研精神给予赞扬和鼓励。我如获至宝，抓紧一切空余时间阅读，并着手翻译成中文。翻译初稿完成之后，我把想在中国出版中文版的想法告诉他。他非常支持，帮助我与出版商—美国植物病理学会出版社联系，并说服出版商减免部分版税。在此，我要特别感谢 James 教授送给我这本书以及在本书翻译和出版准备过程中给予的帮助。

2009 年 12 月 23 日，我抱着试试看的心情，将申请资助出版译著《国外菇菌栽培技术大全》一书的报告呈示给中共赣州市委农村工作部曾新方部长。看了我的报告并听了关于《国外菇菌栽培技术大全》一书的介绍之后，部长表示可以资助出版。当在我的简历中看到我还翻译了《柑橘健康管理》一书时，部长问我有没有出版，我说没钱出版，他当即表示一并支持。这出乎我的意料，也为曾新方部长这种重视科学、尊重知识、珍惜劳动、爱惜人才的作风而感动，铭记终身。在此，我要特别感谢他，没有他的支持，我这两本翻译书稿就不可能付梓。

我要特别感谢我的丈夫苏州先生，在我为两本书洽谈合同、编写排版的繁重压力而烦恼时，他不断安慰、鼓励我，并主动承担了部分家务劳动。感谢我儿子苏江，帮我设计了漂亮的封面，并对一些图示和彩图进行处理。

特别感谢办公室同事钟同庆科长在图示文字处理上给予我的指导和帮助。

本书准备出版过程中，还得到江西省报业集团的王有国主任、江西省新华发行集团彭昌明书记和赣州市科技局胡勇明局长的指导和帮助，在此一并致谢。

叶彩云

2011 年 2 月

# 目 录

第一部分 简介 .....	1
第 1 章 柑橘健康管理的基础 .....	1
第二部分 果园的建立 .....	12
第 2 章 柑橘栽培 .....	12
第 3 章 砧木与接穗的选择 .....	17
第 4 章 苗圃技术及接穗和砧木的认证计划 .....	32
第三部分 作物生产 .....	44
第 5 章 柑橘健康的园艺技术 .....	44
第 6 章 土壤与柑橘营养 .....	56
第 7 章 水的管理 .....	70
第 8 章 柑橘生产中植被的综合管理 .....	81
第四部分 作物健康 .....	90
第 9 章 系统疾病 .....	90
第 10 章 果实及叶片疾病 .....	103
第 11 章 果实及叶片的节肢动物害虫 .....	113
第 12 章 根部疾病 .....	124
第 13 章 柑橘线虫病 .....	135
第 14 章 柑橘根部的节肢动物害虫 .....	147
第五部分 作物生产经济学 .....	155
第 15 章 柑橘生产者的经济决策：如何管理才能取得更大的效益 .....	155
第六部分 采收后的考虑 .....	169
第 16 章 保持采收后果品的品质 .....	169

# 第一部分 简介

## 第 1 章 柑橘健康管理的基础

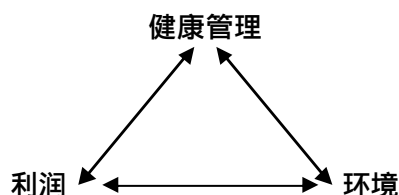
佛罗里达大学莱克阿尔佛莱德柑橘研究与教育中心 Larry W. Duncan (拉里·邓肯)

从广义上来说，柑橘健康管理这一术语并不仅仅意味着管理果园中果树的健康，还意味着在可预见的未来保护柑橘种植的利益。健康管理极其关注管理技术对柑橘产业的利润率及柑橘产业所依赖的环境质量的影响，本书目的之一就是加深人们对柑橘种植的各个不同方面之间相互关系的理解。

就像大家熟悉的疾病三角形中所代表的植物、病原与环境之间相互作用引起疾病一样，利润率、环境与管理技术之间也相互作用，决定农业生产活动如柑橘种植业（图示 1.1）的可持续性。利润率是柑橘生产者生产柑橘的基本动机，也使他们调整所使用的各种管理技术，从而反过来影响果园环境；环境质量调节柑橘生产者可用于健康管理的资源，反过来又影响果园利润率；管理技术是柑橘生产者能用于影响利润率的唯一手段，根据对利润及环境的影响，大致上来说是可持续的。

多数柑橘生产者都熟悉曾经有效、但因对环境产生负面影响、利润率低、甚至技术本身失去效果，而不可能持续的许多管理技术的实例。正如在农业生产中一样，为了减少对地下水的污染，在柑橘种植中也限制使用许多种化肥和农药。关于水果中农药残留的公众报道，会严重影响其销售。柑橘生产者与一些城市社区间，对不断减少的土地和水资源供应的竞争，使果品成本上升，以至于柑橘栽培的利润比其他产业低。从长期研究继发病虫害的经验中了解到，用农药抑制自然发生的生物防治媒介时，一个问题解决了，但另一个问题可能很快出现；农药的误用及对它们的过分依赖，也使害虫和病原对一系列农药产生耐药性。因而有必要认真考虑健康管理技术现在及将来造成的经济及环境后果，这就要求柑橘生产者处理前辈没有认识到的各种复杂问题。

在承认市场、环境及管理技术相互依赖的基础上，本书全面地处理柑橘健康管理问题，许多专题中都涉及不能独立起作用的一套制约因素。讨论土壤和水资源管理、挂果树和非挂果树的园艺需求及经济原则的那些章节，概括了生产果园的基本需求及满足这些需求的最可持续的技术，病虫害防治原则的成功应用，以良好的果园管理技术为基础。



图示 1.1 农业系统的主要组成部分，它们相互作用调节系统的可持续性

### 一、资料要求与健康管理的概念

#### （一）资料要求

柑橘树的健康管理需要精打细算及大量物理和生物因素的相关资料，这些因素不断相互作用，影响果树及果实的发育，最终影响果园的寿命。利用这些资料制定一个合理的综合管理计划，常因气候、土壤、接穗与砧木组合、树龄、常见害虫与病原、附近栖息地及过去管理历史的不同而变得复杂，因而使每一个果园都与其他果园有所不同。由于技术创新及不断增加的人口对资源的竞争，这类资料在管理决策中变得越来越重要。例如，现代化的运输系统及新的贸易协定，促进了地区及国际贸易的发展，为了保持竞争力，多数柑橘生产者主要通过降低管理成本来提高生产效率，许多人还学习根据不同类型的品质果品的预计市场需求来做管理决策。然而，重大经济成本都与确保现代农业技术对工作人员、消费者及环境的安全而增加的检查有关。今天的柑橘生产者必须处理大量资料，以便在有合理把握的基础上理解他们的管理决策如何影响企业的经济效益及自然环境。



## (二) 健康管理的概念

有没有一个系统的框架,既能理顺这种复杂性,确定维持生产和利润率所需的技术,同时又能减少对环境的非必要影响呢?近年来,在农业生产中为达此目的提出了几种相关方法。

### 1、可持续农业

可持续农业,强调在可预见的未来能将食品产量维持在必要水平的那些技术,可持续技术还暗指通过减少浪费和污染来保护将来生产作物所需资源的必要性。

### 2、病虫害综合防治(IPM)

病虫害综合防治或称 IPM,是与可持续农业相适宜的植物保护理念。实质上,IPM 就是合理综合各种防治策略,优化果品生产中涉及的产量与质量间的关系,直接防治成本与间接环境成本间的关系,达到利润最大化的目的。在理想形式下,IPM 是以作物与害虫、致病微生物及有益微生物种群之间发生的物理与生物相互作用为基础的。

### 3、最佳管理技术(BMP)

最佳管理技术或称 BMP,是指与可持续性最相适宜的园艺技术,包含 IPM 技术、降低果园管理成本和提高果品产量的所有其他技术。

设计 IPM 及 BMP 系统,一般都考虑目前的经济条件。然而,为了了解柑橘产业的获利年限,还可能考虑农业生产技术对其他行业 and 后代产生的间接成本。

正如图示 1.1 可能预见的那样,可持续农业、BMP 及 IPM 的管理理念,牢固地扎根于经济学及生态学原则中。为了维持某一地区的柑橘生产,必须保持某种生态平衡,以保护果树所需要的资源。同样,维持生态系统中生产平衡所需的技术,必须给柑橘生产者带来利润,否则他们就不会使用。为了更好地理解持续有效的柑橘健康管理原则,回顾它们所依据的生态、经济及 IPM 原则非常重要。

## 二、可持续柑橘栽培的生态学基础

生态学是对有机体及其环境间相互关系的科学研究。考虑的有机体范围比任何其他学科都更广泛,包括从分子和细胞生物学到有机体生物学及种群行为学。从广义上理解这一学科的必要性,来自于对“种群进化的基础是单个有机体的遗传变异性”这一说法的理解。生态研究在性质上更趋向于定量,因为要发现田间研究收集到的数据之间的真正趋势和关系,就必须采用数学和统计学方法。常使用数学模型,使支配有机体与环境间相互作用的一些基本原理更简化和更易于理解。下面从探索种群模型对植物与病虫害相互作用提出的问题及其意义开始,阐述一些重要的病虫害防治的生态学概念。

种群增长的最早模型是逻辑模型。从二十世纪二十年代开始的几十年间,曾被广泛地应用于研究昆虫种群。在所有植物保护学科中开发出来的不同逻辑模型,以指数增长公式为基础,  $N_t = N_0 e^{rt}$ 。  $N_t$  = 指定时间  $t$  的种群密度,  $N_0$  = 最初的种群密度,  $r$  = 内在增长率(出生数减去死亡数),  $e$  是自然对数底。当种群增加时,加入一个减少生长速度的术语,这些模型能代表对资源的竞争,就是调节种群大小的关键因素。逻辑方程的最简单例子是  $N_t = K / \{1 + [(K - N_0) / N_0] e^{-rt}\}$ , 或  $dN/dt = rN(K - N/K)$ ,  $K$  = 系统对正在讨论的有机体的承载能力。这一基本模型已被昆虫学家用于研究处理昆虫与螨类种群动态(图示 1.2)的许多问题,现在和一个纠正树冠温度的术语一起被实验室用作预测模型,用来对防治柑橘锈壁虱的喷药进行计划(见彩图 58)。

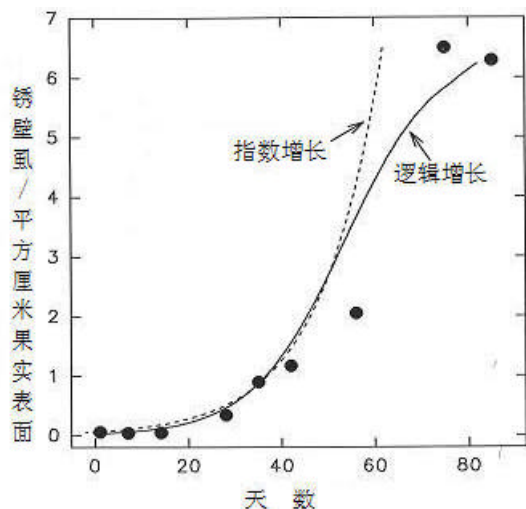
同样,植物病理学家已认识到疾病的传播、蔓延有两种形式。由风、雨或昆虫媒介传播的叶片和果实的疾病(柑橘溃疡病、花期炭疽病、衰退病等),一般都是多循环的,即植物在一个生长季节受连续几代致病微生物的感染。多循环疾病以与银行中复利相似的形式增加(图示 1.3),直至未感染植株数量变得非常有限(即逻辑增长)。由土壤传播病原引起的多数疾病(如柑橘脚腐病、柑橘枯萎病及线虫病)的传播、蔓延有时被描述为单循环性的,因为疾病繁殖体通过土壤传播要慢得多,从而限制了一个季节中受连续几代微生物感染的植株的数量。单循环疾病的增长率常常像简单的银行利率,即染病植株的最后数量基本上与最初数量成线性比例关系(图示 1.3)。

线虫学家用各种逻辑公式来描述从一个生长季节开始到结束期间柑橘线虫种群的增长情况(图示 1.4A)。公式  $P_t = rKP_i / [(r-1)P_i + K]$ , 把最后的种群密度  $P_t$  与最初的密度  $P_i$  相关联,而不是与时间相关联。与上面描述的能预测不同时间点种群密度的多点模型不同的是,图示 1.4A 中表示的净繁殖函数

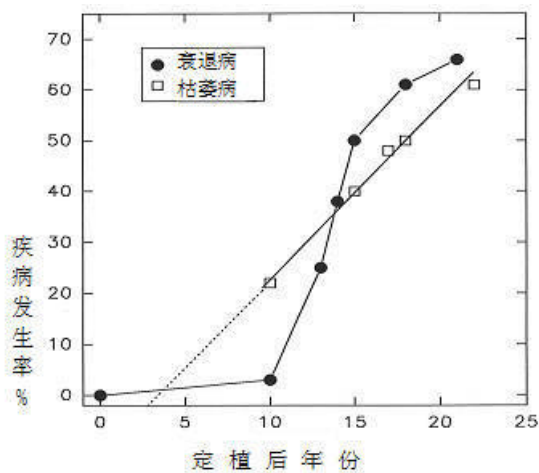


是单点模型，因为它只估计季节末的种群密度。单点模型对反复取样很困难及成本很高的微生物有用， $P_i$  与  $P_t$  及  $P_t$  与随后的作物产量间的关系（图示 1.4B）常用于进行种植制度分析。

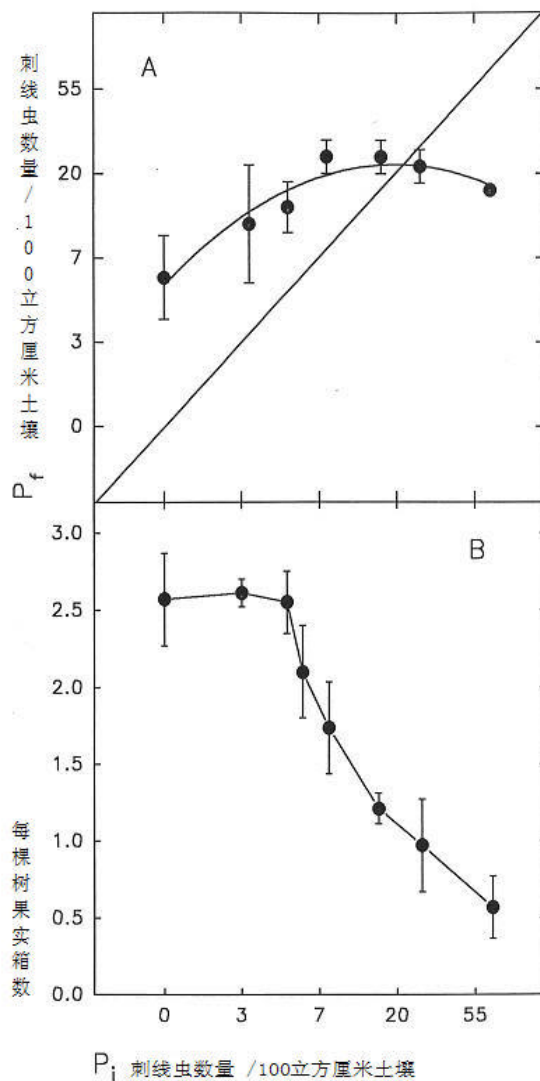
目前描述的模型在以下两个方面较简单：不包含描述害虫与其物理环境或与其他微生物相互作用的术语；它们是确定性的，即不提供关于获得预期结果概率的信息。由于计算机的使用越来越广泛，计算能力的提高足以使人们有能力开发出随机模型，用于预测某一特殊事件发生的可能性。



图示 1.2 柑橘锈壁虱种群发育的数学逻辑增长曲线，点线表示指数增长（Steven Rogers, Ecostat Inc.）



图示 1.3 柑橘枯萎病及衰退病分别以单循环及多循环疾病增长模型发展的数学代表曲线

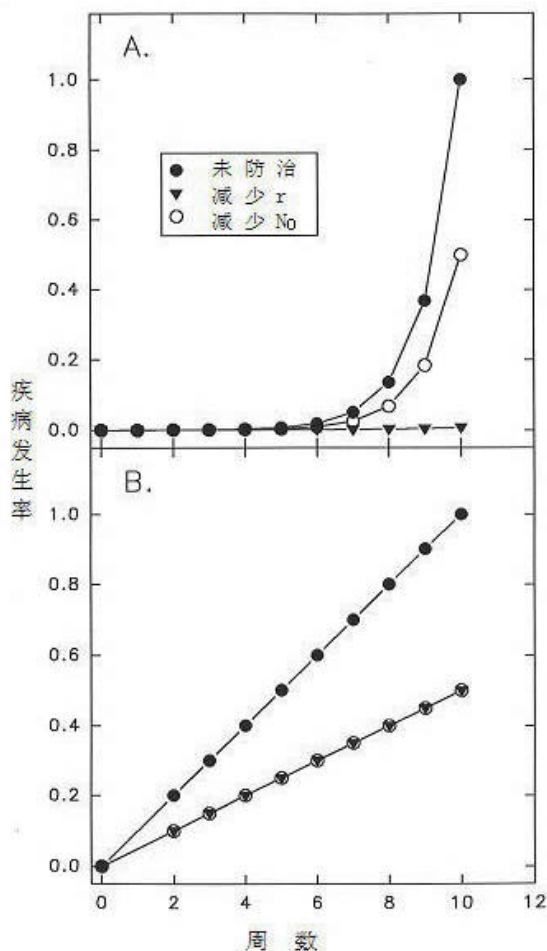


图示 1.4 描述柑橘树开花时 ( $P_i$ ) 与果实采收时 ( $P_t$ ) 刺线虫种群密度之间的关系 (A) 及柑橘树开花时间 ( $P_i$ ) 与果实产量之间关系 (B) 的线虫繁殖与损伤函数 A 中的直线表示种群没有发生净变化的维持水平

在一定的环境条件下，逻辑模型有两个参数：种群增长速率 ( $r$ ) 和这些条件将支持的最大种群密度 ( $K$ )，最初的种群密度和最后的种群密度，分别是独立性和依赖性变量。人们也许会问，柑橘种植者是否可以使用非持续性杀虫剂或消毒减少果园现有害虫种群 ( $N_0$ ) 的办法，或通过耕作技术，如改变灌溉制度降低害虫种群增长速率的方法，来更有效地减少某种传染病的传播。这种技术有很多意义，但从种群动态的角度来看，减少  $r$  是减少多循环传染性病虫害如叶螨及多数柑橘叶片疾病的最有效方法（图示 1.5A）。这是因为当呈指数生长时， $N_0$  对  $N_t$  几乎没有影响。相反，当生长速度与  $r$  和  $N_0$  呈线性关系时，如同由线虫及土壤传播真菌引起的单循环传染病一样，减少  $N_0$  与减少可比数量的  $r$  有同样的效果（图示

1.5B)。因此,有时建议采取种植前休耕及土壤烟熏的方法,防治某些土壤传播害虫与病原。而通过消毒来清除病原菌或存在的害虫,在防治迅速增长的地面上微生物方面却没那么重要。

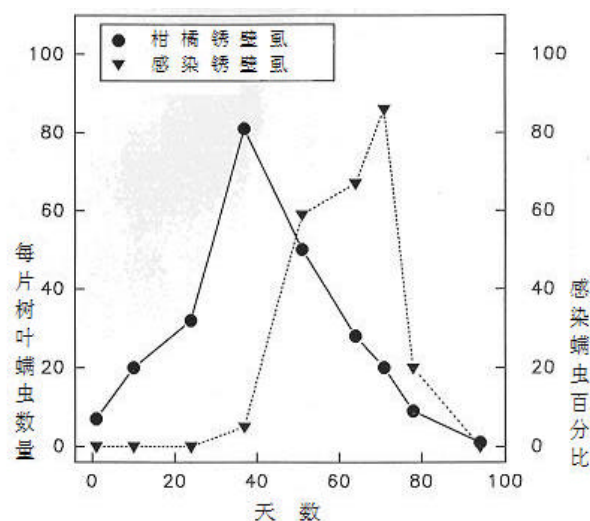
生物防治的研究也受确定性模型的强烈影响。害虫种群与其天敌种群之间的逻辑模型,已被用于预测害虫种群的周期性变化,预测的结果是它们的周期性变化相互不同步(见图示1.6),天敌种群因捕食害虫而增加,直到害虫种群下降到足于使天敌种群增长变缓最终逆转。天敌种群减少又使害虫种群增加,从而开始一个新的周期,这些天敌-捕食物模型是用来调查有益天敌特点的工具之一。



图示 1.5 在多循环传染病 (A) 与单循环传染病 (B) 中减少病原菌密度的病虫害防治方法及减少相当量的种群增长速度的病虫害防治方法的比较影响

昆虫学家在选择引进到新地区的潜在生物防治媒介时,会密切关注这些特点,因而在佛罗里达州就选择了一种特异性寄生蜂用于防治柑橘潜叶蛾。(1)当潜叶蛾种群增加时,寄生蜂种群也立即迅速增加;(2)寄生蜂具有合理的寄主特异性;(3)它在潜叶蛾密度大的地区搜捕率高、定位与聚集能力强;(4)它的寄生率取决于害虫密度,在潜叶蛾密度小时,有些捕食者就开始逃跑。所有这些特点使寄生蜂种群迅速增加到足于防止潜叶蛾种群增加时对柑橘造成危害,但又不会引起潜叶蛾的灭绝,潜叶蛾的灭绝会耗尽寄生蜂本身维持自己的能力。在这一计划中没有考虑使用许多其他潜在媒介(从而节省了时间和资源),因为它们缺少其中的某个或多个特点。

有关害虫防治的许多其他问题,通常也用模型法来解决,但没有一个问题比正确理解品种多样性与生态系统稳定性之间的关系更重要。证实天敌-捕食物模型的早期实验室试验表明:简单的系统本身就不稳定。例如,如果捕食物没有藏身之所,天敌与捕食物都会灭绝,许多其他的田间研究也证明了这一观察结果。使用农药产生继发性害虫这一点很好理解,因为它也杀死了不是防治目标的生物防治媒介,而这些媒介以前负责把那些害虫维持在不造成危害的水平。岛屿生物地理学是研究隔离的栖息地如何变



图示 1.6 柑橘锈壁虱及螨虫的一个天敌汤普生多毛菌随密度而变化的种群发育情况

成集群地的一个途径。如用溴甲烷消灭海边小岛上的昆虫，迁徙过来的昆虫品种最后重新占据了这些小岛，形成和原先存在于这些岛上的昆虫几乎一样的多样性种群（方框 1.1），种群多样性水平与各个岛上的地形多样性程度直接相关。

生态演替是指通过增加品种数量的方法，形成越来越复杂的环境，使简单的栖息地适于定居。栖息地演替中涉及的品种在逻辑参数方面已被特征化，以便描述它们的竞争策略。被称为“R~策略家”的品种一般把资源投资在许多小后代中，其中多数死亡。而不是投资在少数防御能力强的更大的个体上，它们寿命短、能迅速扩散，当机会降临时，趋向于成为能迅速定居的机会主义者。与其类别中其他品种相比较，“K~策略家”是较大的品种，趋向于产生少数更长寿的后代，它们按比例要比 R~策略家投入更多的精力用于防御机制。总的来说，K~策略家要求栖息地更稳定，因为它们对短暂的有利条件反应太慢。如果我们从海滩走到沙丘、田野，最后走到离海滩有一段距离的森林，考察动植物种群构成的演替变化，就会发现离海滩越远，种群多样性就越复杂。在演替阶段后期，种群的品种构成中包含相对较多的 K~策略家。这些趋势充分证明了品种多样性对种群稳定性的直接影响。

### 方框 1.1 品种多样性是如何测量的？

在演替变化期间，栖息地的物理条件趋向于变得更复杂，品种多样性增加，种群的品种就向“K~策略家”而不是“R~策略家”变化。为了调查品种多样性与生态系统属性（如物理复杂性、种群稳定性）之间的关系，就有必要确定一个可测量的多样性指数。在几个这样的指数中，最广泛使用的是 Shannon ~Weaver 指数， $H_1 = - \sum P_i \log p_i$ ，其中  $H_1$  = 多样性， $P_i$  是种群中第  $i$  个品种估计所占比例。

为了理解这一公式的性质，假设从柑橘叶片中取样获得 2,000 个锈壁虱及 10,000 个红蜘蛛，从 Shannon ~Weaver 公式中获得的估计数是  $H_1 = 0.45$ ；如果取而代之，发现 5,000 个锈壁虱及 7,000 个红蜘蛛，估计数将是  $H_1 = 0.68$ ；最后，如果发现 2,500 个锈壁虱、7,000 个红蜘蛛和 2,500 个蚜虫，估计数将是  $H_1 = 0.97$ 。每一样品中获得的昆虫总数是一样的。对前两个例子进行比较表明，多样性指数随着品种间的均匀性增加而增加。从直觉上来说这是可以接受的，因为如果一个种群中某一品种占主导多数，它的多样性似乎要比所有品种个体数量差不多（更均匀）的种群多样性差。对后两个例子进行比较表明，一个种群中品种数量增加，测得的多样性也增加。

如果品种多样性促进生态系统的稳定性，对害虫防治的意义就是天然林等多样化系统能养活大量品种的一级生产者（方框 1.2），还养活一级消费者（害虫）和二级消费者（天敌），因而森林中的植物相对来说更少感染传染病。与之对照的是，单一种植遗传性状一样的农作物，在种植和耕作期间栖息地经常容易受到大的干扰，能养活的动植物品种要少得多，因而减少了害虫及致病微生物受到天敌适当控制的机会，这样的农业耕作制度要求采取大量干预措施防治病虫害。与完全的自然栖息地及农作物田野相比，柑橘园在种群多样性中处于中间水平，因而从理论上来说，柑橘园中由天敌维持在不造成害水平及需要柑橘生产者采取干预措施的潜在害虫和病原的数量，也可能处于中等水平。

可通过观察生长在天然林底层的野生柑橘树，来理解品种复杂性及生态系统稳定性的动态。从这些树上可分离出粉虱、蚜虫、锈壁虱、介壳虫和黄斑病、黑点病真菌，但很少对植物造成明显的损害。同样，烟草根黑腐病菌（*Thielaviopsis basicola*）和烟草疫霉菌（*Phytophthora nicotianae*）引起柑橘苗圃严重的脚腐病和茎腐病，因为在苗圃中幼苗种在已消毒的土壤中。但烟草根黑腐病菌对大田中的柑橘来说却不是问题，烟草疫霉菌在大田中造成的问题比在苗圃中要轻得多。经消毒的土壤中柑橘线虫卵堆所含虫卵数量是大田中的两倍。对害虫和病原的生物学观察越密切，就会发现种群多样性对疾病及害虫流行病学的影响越明显。

为了制定合理的可持续防治办法，显然有必要理解害虫种群的自然调节原理，承认生态理论价值的一些警告也非常重要。首先，研究所揭示的原理包含广义的概括性，但有许多例外。在某些条件下以单循环方式进展的疾病，在其他条件下可能以多循环方式表现出来。割草而不用圆盘耙耙树行中间及减少使用农药，可以增加柑橘园中植物和昆虫品种的多样性，这种方法将加强一些微生物的生物防治效果，但可能会增加其他害虫及疾病的发生率。毫无疑问，减少农药的使用会提高有潜在为害的大量昆虫及螨类品种的自然防治水平。柑橘潜叶蛾已传播到世界各地的柑橘种植区，通过取食正在发育的叶片造成严重的经济为害，但在所有地区，潜叶蛾的寄生虫都在 1~2 年之内作出反应，它们从邻近的杂草中迁徙过来调节潜叶蛾的种群数量，使其不会造成损害。但是，要把果园中的植物多样性有利地提高到接近完全

自然环境下的水平却比较困难，因此很难预测它们对病虫害的影响。佛罗里达州中部的柑橘生产者近来开始在行间割草，而不是使用耕作或除草剂的办法来消灭杂草。因为人们发现，行间有杂草的果园中柑橘锈壁虱、柑橘红蜘蛛及德克萨斯柑橘螨的数量要比行间光秃的果园少。但人们还不知道微环境或天敌的变化是否就是螨类受到抑制的原因，而且在许多行间杂草中繁殖性强的刺线虫，能增加到对幼龄树造成严重为害的水平。

其次，研究是个持续的过程。数据需要解释，新的发现又改变了以前的想法，意味着生态理论常被修改，有时甚至要放弃。近来，有人提出可把地理位置上隔离的品种种群认为是区域性的流动超种群。超种群的概念为理解以下这一观点提供了依据，就是捕食物及其天敌的地方性灭绝，并不会自动地确保新的害虫或致病微生物的迁徙，引起单一种群模型所预测的流行病。相反，流行病的发生程度，部分取决于生物防治媒介在该地区重新集群的速度。同样，早期种群模型所支持的人们希望得到的生物防治有机体的特性，在寄生昆虫中比在天敌中描述得更详尽。因此，在寻找外来生物防治媒介推广到新的地区时，常选择寄生昆虫而不是天敌。实证研究及调整后的模型表明：杂食天敌在抑制害虫方面可能非常有效，而且在其喜欢的捕食物呈地方性灭绝时，能通过转向取食另一种捕食物来维持自己。这类发现可以扩大寻找潜在生物防治媒介时应考虑的特性范围。

最后，柑橘生产者必须提高工作效率，通过自然方法及人为干预的方法防治害虫。农业体系本身就不如自然体系稳定，因为农业的目的是为了增加所选择植物品种的数量。从定义上来说，为了生产出足于维持人类需求的柑橘数量，减少品种多样性是必要的。对于柑橘生产者的挑战，就是找到正确的技术组合，最大限度地提高系统中病虫害防治的自然过程，生产出足量的果品。

### 方框 1.2 栖息地中能量的流动

活的生物体所需能量从阳光中获得，以化学形式贮存。化学能通过食物链时，有些用于新陈代谢过程，其余的则以热量的形式散发。为了说明在这一能量交换过程中生物体的相对位置或营养级，有时根据营养对它们进行分类。植物构成了生物体的主要群组，由于它们起着把阳光和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）转化成碳水化合物化合物的作用，因而被称为初级生产者。食草动物（包括植物害虫）及植物寄生虫是初级消费者，因为它们接受生物体群组之间的第一次化学能转换。次级消费者包括以初级消费者为生的生物防治媒介和其他有机体。寄生在生物防治媒介上的生物体即重寄生生物和食肉动物是三级消费者。杂食性动物及食残屑者可根据其营养来源而分属为各级消费者。

营养级关系为研究能量与物质在群落间的流动提供了有用的范例。能量向一个方向流动，多数以热量的形式散发，但化学交换是循环式的，最明显的例子就是 CO<sub>2</sub> 在动植物间的交换。群落能量结构的定量指数（很像多样性指数）也被用于研究与农业可持续性有关的生态系统的特性，且各个能量级的有机体的特性有助于解释栖息地的重要特性。例如，森林是植物群落，其中产生的能够被其他有机体利用的一级能量要比在草地中少得多，这是因为和草不一样，树把大量的产物分配给了木质素，树木死亡时木质素变成了少数有机体的养分，结果森林中的多数一级产物慢慢地定期地变成了食物，从而稳定了栖息地。与之相比，草地中的一级产物能立即被消费，但根据环境的季节性变化也有很大的差别。

## 三、可持续柑橘栽培的经济基础

### （一）柑橘生产者的决定

经济阈值的概念是病虫害综合防治的核心，意味着根据足够的信息防治病虫害，使利润率最大化的合理途径。最简单形式的经济阈值就是防治成本与从中所获得的经济效益相等时的害虫密度，当某种害虫的种群密度低于经济阈值时，采取防治措施将导致经济损失、资源浪费，并对环境带来不必要的风险。

概念上，可以考虑作物损失是害虫密度的线性函数，并把与效益相等的成本表达为  $MPDV = C$ 。其中  $M$  = 某种害虫防治措施引起的死亡率， $P$  = 这种害虫的种群密度， $D$  = 由于这种害虫引起的损伤而损失的果品价值， $V$  = 果品价值， $C$  = 防治成本。这个公式可重新表达为  $P = C / MDV$ ，以求得经济阈值。因此，假设每个透镜视野中单个害虫使每亩柑橘产量减少 8.24 千克，果品价值预计为每千克 0.13 美元，以每亩 8.2 美元的成本喷施农药，使种群密度减少 90%，那么经济阈值就是每个透镜视野 8~9 个个体的害虫种群密度。

实际上，由于多种原因，通常有必要详尽地描述这个简单的定义。



首先，阈值种群密度。种群密度低于这一阈值的害虫，不会对果品造成严重损伤。超过这一阈值，果品损伤很少与害虫密度成线性相关，因为紧随其后的每一害虫能利用的完好植物组织会更少，按比例后面的害虫造成的损伤要比前面的少。

其次，采用不同的防治策略常常可能获得不同的防治效果。害虫防治成本与增加的产值之间的差异，随防治效果不同而变化，最好能使这一差异最大化。最大的差异被称为最佳阈值，描述了能提供最大利润的条件。

有数学方法可估计最佳阈值，一个简单的例子说明这一概念及风险评估的概念。我们前面指出随机预测比决定论的预测更可取，因为它们给柑橘生产者提供更多关于决策风险性方面的信息。假设我们已从大量试验中得出一定数量的柑橘锈壁虱造成的适宜包装柑橘损失概率的特征，表 1.1 表明这一害虫密度下假设能承受各种损伤程度的可能性及计算预计平均损伤程度的方法。我们设想已从大量试验中得出一定种群数量的柑橘锈壁虱，造成的柑橘商品价值损失可能性的特征，损伤程度的不确定性是由估计锈壁虱密度的误差、天气条件的变化、果园与果园间生物防治水平的差异以及我们可能还不知道的其他因素造成的。在本例中，在不采取防治措施的情况下，一个柑橘生产者将平均损失 25.65 美元。如果采取措施防治锈壁虱，使其不造成经济损失，防治成本少于 25.65 美元，那么他将从这一防治措施中获利。如果成本为每亩 1.65 美元，他在 96% 的时间里都将获利。这种方法为柑橘生产者决定是否实施某一措施提供了非常现实的依据，而且这种方法有助于使几种可能的防治方案的回报与成本最优化。正如表 1.2 所示，如果柑橘生产者采用防治效果能达到 95% 的方法防治这一特定密度的锈壁虱，平均来说锈壁虱造成的利润减少的可能性最小。

**表 1.1 一定密度的柑橘锈壁虱引起的各种经济损失的假设概率<sup>a</sup>**

损害 (每英亩)	概念	预计损失 (每英亩)
0	0.01	0.00
5	0.01	0.05
10	0.02	0.20
15	0.06	0.90
20	0.15	3.00
25	0.40	10.00
30	0.20	6.00
35	0.10	3.50
40	0.05	2.00
合计	1.00	25.65 <sup>b</sup> 美元

a 取样偏差和影响锈壁虱损害的各种条件产生不确定性。

b 预计平均损失。

c. 1 英亩 = 6.07 亩。表中数字单位为美元。

**表 1.2 采取各种方法防治特定密度的锈壁虱后引起的各种经济损失的假设概率**

损害 (每英亩)	% 防治	90% 防治	95% 防治	100% 防治
0	0.01	0.30	0.60	1.00
5	0.01	0.08	0.15	0.00
10	0.02	0.12	0.10	0.00
15	0.06	0.13	0.05	0.00
20	0.15	0.12	0.04	0.00
25	0.40	0.11	0.03	0.00
30	0.20	0.09	0.02	0.00
35	0.10	0.04	0.01	0.00
40	0.05	0.01	0.00	0.00
预计损失	25.65	13.20	5.00	0.00
防治成本	0.00	5.00	10.00	20.00
合计成本	25.65	18.20	15.00	20.00

经济阈值的第三个问题涉及不直接攻击果品的病虫害。如果不能预测植物反应的进展或原因，就很难估计这些害虫的经济阈值。植物反应开始时损伤营养组织，最后影响果品产量。例如，当高密度的土壤传播真菌或线虫种群，由于施用农药而减少时，柑橘树最初的反应是促进根系及叶片的生长，而不是果实生长。果树对红蜘蛛及叶片疾病的防治也产生类似的反应，因此必须有能力预测几个生长季节中植物的行为，才能估计产量对病虫害防治措施的反应。有些病虫害不直接攻击果实，果品产量对其防治措施的延迟反应，对我们在柑橘栽培中充分运用经济阈值这一概念的能力提出了严峻挑战。

最后需要一个更复杂的经济阈值定义，因为应对目前问题的防治措施会影响以后的防治方案，意味着在几年时间内能产生最大利润的一系列病虫害防治决策中，没有哪个决策会使目前的作物获得最大利润。在下一节耕作制度中，讨论如何预测现在的决策对将来决策的影响。因此，尽管经济阈值的概念是病虫害综合防治的核心，也应随着我们使用能力的提高而发展。

### （二）社会决策

近来的国际贸易协定及其他市场因素引起的竞争加剧，导致许多市场中果品价格下降。同时，州及联邦政府不断出台的环境法规也大大增加了柑橘种植业的成本。因此，多数柑橘生产者都强烈地意识到，要保持竞争力，就必须不断提高效率。因为柑橘生产者必须适应这些由社会决策引起的变化，从超出他们直接控制的角度来考虑病虫害防治的经济效益。第一，为了提高病虫害防治的效率，法规可以通过增加防治投入来支持提高产量，或以更少的投入来支持维持现有产量。这些方案的比较优势是什么？第二，这些法规目的是为了保护环境，成本主要由柑橘生产者还是由社会承担？

在为柑橘生产者制定新的计划提高利润时，研究人员及病虫害防治专家可以选择下面两种方法：增加投入减少害虫种群，或制定新的措施避免目前的防治措施使用不当。两种方法的预期经济效益间的差异很难预测，有时还会由于市场动态而出现惊人的差异。

假设柑橘线虫广泛分布于一个果园内，该果园每亩平均产 74 箱柑橘，每箱价值为 6.00 美元，同时假设大部分柑橘生产者采用常规杀线虫剂防治线虫种群。如果某位科学家发现了一种新的更有效的杀线虫剂，能以每亩增加 8.24 美元的成本使产量平均提高 10%，可以认为这对果园的效益是巨大的。然而由于柑橘果品供应量的增加，价格下降。更糟糕的是需求不增加而产量增加，几乎总是引起价格的按比例下降比供应量的增加更快。即使价格只下降 10%，即降至每箱 5.4 美元，柑橘生产者因采用新的防治措施使果品产量增加了 10%，每亩平均将损失 12.69 美元。此外，它们还将增加对工作人员及环境的风险。

另外一个策略试图提高柑橘生产者监测线虫种群的准确性和频率，有可能减少杀线虫剂的使用，并将其限制在产量的增加有可能获得更高利润的果园里。这样的方法对整个行业的果品产量无影响，但减少使用杀线虫剂将提高柑橘生产者的效率和利润率（取决于取样成本）。与第一种策略相对照，加强监测将减少杀线虫剂的使用对工作人员及环境造成的风险。这一实例清楚地说明了，把经济理论与完善目前的病虫害防治措施所必需的生物与技术信息相结合的必要性。

为了回答是柑橘生产者还是社会支付了政府法规的大部分成本这一问题，必须定义一些经济学术语。

消费者剩余是一个产品的社会效益（以货币表述）与消费者为这一产品支付的实际价格之间的差额，是通过把某一特定产品供求曲线各部分区域相结合得出的一个假定值。生产者剩余是在一定的供求状况下柑橘生产者所获得的利润。净社会效益是消费者剩余与生产者剩余两者的总和。

现在考虑柑橘生产经常为其他行业或社会带来隐性成本这一事实，如社区为了防止农药渗入地下水源而安装水过滤装置的费用。承认隐性成本非常重要，因为它们以消费者支出或税收形式增加其他行业生产者或社会的成本，从而减少净社会效益，相当于给产生这一成本的行业的一个隐性补贴。当某一行业产生隐性成本时，其市场供求关系就不平衡，对消费者的成本效益比就增加。

在本案例中，社会可通过评估柑橘生产者的水过滤装置或监管农药的使用，以减少对地下水的风险来解决隐性成本的问题。监管成本可以改变原来存在的供求关系，从而估计出新的消费者剩余、生产者剩余和净社会效益。解决隐性成本的方式不同，为柑橘生产者及社会带来的经济效益也不同。如果对柑橘生产者的水过滤装置成本进行评估，可以说价格将提高，而柑橘产量及从柑橘栽培中获得的净社会效益将下降，生产者剩余也会有所下降，但大部分的净社会效益的下降常常是由于消费者剩余减少而引起的。这样的分析表明：社会强加于柑橘生产者的法规成本，从来就不会仅由柑橘生产者以利润减少的形式来承担，而主要由消费者以保护环境费用的形式来支付。

### 四、可持续管理系统

病虫害综合防治及最佳防治措施的基础，是合理利用有关果园现状的资料。要求柑橘生产者监测果园状况，使作出的防治决策能提高利润率，改善环境质量。柑橘生产者可从全书插入的方框中强调的测量方法及取样程序中，获得必要的资料。为了充分发挥资料在决策过程中的作用，需要使用出版物、表格、模型、专家系统（指导柑橘生产者做决策的电脑软件），有时还需要用到常识。本节考虑决策的一些方面及目前柑橘病虫害综合防治能利用的一些手段。

#### （一）取样与监测

测定害虫与致病微生物数量的技术，通常要以最低的成本获得所需的准确度。一是做出错误决定时

的经济风险；二是取样的成本；三是接近经济阈值的病虫种群密度出现的频率。

许多取样计划的技术数据，都是从平均数的置信区间公式计算出来的：
$$\frac{\bar{x} \pm zs}{\sqrt{n}}$$

其中  $n$  是样本数量， $z$  是标准化正态变量， $\bar{x}$  是平均数， $s$  是样品的标准偏差。置信区间是在反复取样分析情况下，估计的平均数可能下降的范围，以概率术语表达，通常为 95%。通过提供标准偏差的估计数及规定所要的半置信区间作为平均数的比例，可以把这个公式写作

$$n = \frac{z^2 s^2}{d^2 \bar{x}^2}$$

这一新的公式使人们可以估计某一种群密度要达到某一精确度时，所需的样本数量。

为了获得样品所需的准确性及可靠性（可重复性），应该确定对样本量公式影响最大的因素。最重要的因素是影响与反复取样有关的易变性的那些因素，易变性大时要比易变性小时需要更多的样本。害虫的样本易变性常常很高，因为它们在果园内趋向于成堆聚集（图示 1.7）。一种害虫聚集程度越高，样本中计数为 0 及遇到一堆害虫时取得几个计数高的可能性就越大。在这种情况下，为了准确估计害虫种群密度，就需要大量的样本。当害虫聚集程度小、分布更均匀时，计数的易变性减少，所需样本量也更少。随着种群密度的增加，害虫占据更多的空间，聚集的程度会降低。

柑橘生产者可以利用这些关系，把取样限制在害虫最有可能出现的地方，并尽可能在害虫种群密度大时取样。柑橘线虫在秋末春初取样最好，在夏季却最容易检测到柑橘根部的烟草疫霉菌（图示 1.8）。在树冠下面须根密度最大的地方，大量出现这些害虫及其他土壤传播害虫。在嫩梢上取样监测蚜虫，刚成熟的叶片中取样监测红蜘蛛，因为多数个体聚集在这些地方。在花瓣已脱落的果实上最容易检测到疮痂病，应当检查幼龄树或衰弱树的花后落果情况。同样，根据地形、树势及土壤质地的差异，或已知会影响病虫种群密度的其他因素，把大片地区划分为小的取样区是明智的。了解这类基本原则有助于了解在适当时间及地点收集所需数量样本的必要性。

许多柑橘生产者都熟悉精准农业这一术语，随着研究人员发现这种新技术的使用方法，它在柑橘栽培中将变得越来越重要。它是指以不同方式进行日常管理的能力，目的是为了更准确地不同地块施用所需数量的化肥或农药。在电脑系统及全球定位系统（GPS）指导下操作的农业机械正在开发中，它采用卫星信号来确定设备在田间移动时的准确位置。采用全球定位系统画出土壤类型及病虫密度图，进行提前采样是机械化操作编程所必需的。精准农业的前景是人们可能利用环境变化对病虫密度及植物有效养分的影响方面的资料。例如，只要对果园中水位及土壤质地作一次图，就可预测烟草疫霉菌或线虫的数量，或植物有效养分的数量，这种预测以后可用于确定农药及化肥的不同施用量。

### （二）产量减少的评估

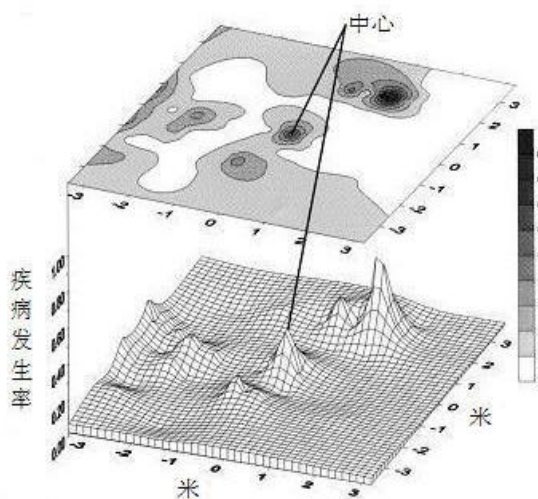
以柑橘作为寄主的多数寄生虫及节肢动物，在经济上都没什么重要性，对它们进行防治浪费金钱和资源，扰乱自然生物防治，还可能威胁环境。因此，为了识别真正有害的品种及其经济阈值种群密度，人们采用各种方法评估病虫害病原引起的减产。图示 1.4B 描述了佛罗里达州某个季节中，柑橘果实产量与刺线虫种群密度间的关系。数据都被表现在损失函数中，本例中是个模型，用于说明单个线虫引起的减产量。不管线虫数量多少，都可达到预计的最低产量，以及低于这一阈值就不会造成减产的耐受阈值的种群密度。

图示 1.4B 的资料表明刺线虫与产量减少有关。由线虫引起的根系损部表明，它们就是造成减产的原因。但仅有这些数据还不能估计某一具体防治措施的经济阈值，正如前面有关经济阈值中所提到的那样，很难预测为害根部或叶片的病虫害防治措施对果实产量的影响。要对刺线虫的经济阈值进行准确评估，就需要综合考虑几年时间内的此类数据，把防治线虫的试验田块的产量，与未防治的对比田块中的产量进行比较。但由于土壤、降雨及温度等不同环境因素的影响，在其他果园或不同年份测得的产量与种群密度间的关系肯定会有所不同。因此，反复测量这种关系，可使人们了解左右刺线虫引起的减产的环境因素，还可使人们评估具体减产数量出现的概率。

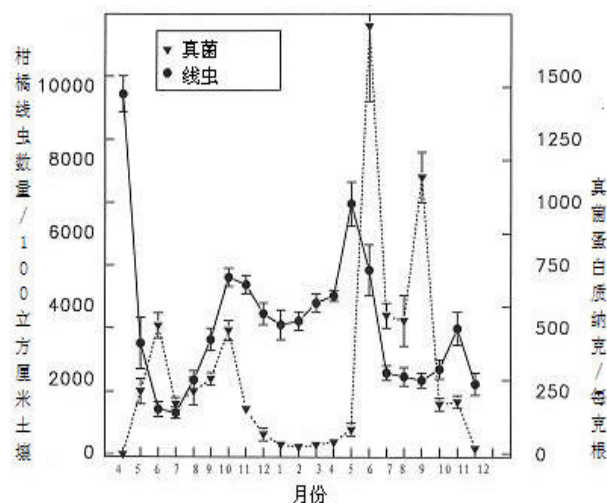
用上面所述方法或类似方法更容易评估柑橘果实因病虫害造成的减产，并确定经济阈值。许多损害



函数中都包含环境变量，如从种群密度及温度来预测锈壁虱引起的适宜鲜销果品数量的减少，因为温度对锈壁虱的种群发育很重要。在加利福尼亚州，对介壳虫的早期监测被用于预测年终产量，因而有助于做出防治决策。预测尖孢炭疽菌（*Colletotrichum acutatum*）的发育和花期炭疽病引起果品减产的模



图示 1.7 阿根廷柑橘苗圃中柑橘溃疡病的发生率，说明了害虫和致病菌的典型聚集方式



图示 1.8 佛罗里达州柑橘园中两年时间内柑橘半穿刺线虫及真菌病原烟草疫霉菌的季节性种群发育情况

型，考虑真菌传播与感染所需的病原菌密度和降雨量。这类模型在减少防治成本，提高果品回报方面的成功运用，充分说明开发类似的模型用于防治许多其他病虫害，特别是对环境变化反应迅速的那些病虫害非常有必要。

### （三）耕作制度

在讨论经济阈值时，提到只有把经济阈值看作是一个动态而不是静止的问题，才有可能长期获得最大的利润率。目前的防治措施会影响下半年及下一年的害虫密度，一个简单的实例可以说明当每一个决定都改变后面决定的性质时，预测最佳防治方案的复杂性。假设一个果园受刺线虫感染时，人们可以选择不防治或用两种杀线虫剂之一来减少种群密度。产品一每英亩成本为 150 美元（每亩成本为 24.71 美元），可使种群密度减少 50%；产品二每英亩成本为 230 美元（每亩成本为 37.89 美元），可使种群密度减少 99%。每英亩有 100 株幼年树，在没有线虫的情况下根据图示 1.4B 预计产量，扣除生产成本（不含线虫防治成本）后，每箱果品预计产生 3.00 美元的利润。如果我们每年都考虑防治线虫，两年时间内就有  $3^2 = 9$  种可能的防治结果。如果第一年的初始种群密度为每 100 立方厘米土壤含 9 条线虫，第一种杀线虫剂将使其降低至 4.5 条，此时预计不会减产，预计利润约为 2.5 箱果品  $\times$  100 株树  $\times$  3 美元 - 150 美元（杀线虫剂的成本）= 600 美元。第二种杀线虫剂将使线虫种群减少到每 100 立方厘米土壤少于 0.1 条，也低于为害阈值，但其成本为 230 美元，产生利润为每英亩 520 美元。如果不防治线虫，每英亩预计果品产量为 144 箱，利润为 432 美元。根据这些预测，使用第一种产品看起来是利润最高的选择，但从图示 1.4A 我们看到使用产品一后，种群密度可能在第二年初增加到每 100 立方厘米土壤约 15 条线虫。与此相比较，如果使用产品二，仅为 4~5 条。如果第一年使用产品一、第二年使用产品二，将产生利润。但如果第一年使用产品二，第二年将不需要进行防治。在这种情况下，为了使累积果品产量一样，如果开始选择产品一，两年的杀线虫剂成本总共为 300 或 380 美元（取决于第二年选择什么产品），而一开始就选择产品二的话，则成本总共只有 230 美元。而且，第一年使用产品二的话，由于减少了杀线虫剂的使用次数，将减少环境风险。在本案例中，预计最佳处理方案，因人们考虑的时间范围不同而明显不同。根据不同条件，如果三年时间内人们考虑 27（或  $3^3$ ）种方案，可能发现两年时间内最佳的防治方案在三年时间内却不一定是最佳方案。

这种分析方法有时被称为耕作制度方法，目的是为了为了使一年生作物的利润最大化，一年生作物在几

年时间内的管理方案（作物、栽培品种、抗性、休耕、病虫害防治等）常比果园管理方案多得多。当然，由于影响害虫、产量及利润而在模拟操作中没有考虑的许多因素的严重制约，使人们不能准确预测这些方案的结果，这些因素对人们预测结果可能带来的影响程度限制了值得考虑的时间框架。然而，如果预计在一个以上的管理期间内利润最高的管理制度及结果，考虑它们与最佳短期方案相比较的意义是有用的。

### （四）生产制度

本书从头到尾都特别提到柑橘栽培中涉及的各种生产制度，但对苗木、田间挂果树与非挂果树的经济、环境与健康管理方面所关注的东西不一样，正在旺盛生长的幼年树与幼嫩组织相对较少的成年树对病虫害的反应方式不一样。取食幼年树的新叶或根部的生物体，如柑橘潜叶蛾、蚜虫、粉虱及刺线虫，可能需要防治以防止树势减弱，但它们在成年树中却几乎不用担心。同样，鲜销的果品比加工果品需要更多的保护，以免受到甚至是外表的损伤，因此果品是鲜销还是加工果汁的决定就会极大地影响适宜的病虫害防治决策。如果柑橘生产者理解这些差异的本质，在能节省大量成本的几个经营领域中，只要在一个领域作出适宜的管理决定，他们就会受益。

### （五）病虫害防治方法

病虫害综合防治不仅需要利用从病虫害监测中所获得的信息，还需要知道有多少种防治方法可以利用。如果可用几种方法处理一个问题，各自的安全性、效率及成本不同，通常为了使用一个最适宜的方法可能需要许多先见之明。例如，如果砧木有抗性且令人满意，就必须在种植前而不是种植后知道果园中是否有土壤传播害虫。

多数防治方法可划分在以下几个类别之一，即消毒措施、寄主植物抗性、耕作管理、生物防治法及化学防治法。在很大程度上，以上列出类别的顺序代表了它们在病虫害综合防治中的相对重要性。消毒措施及寄主植物抗性使用最多，因为它们可以防止病虫害的发生或种群发育，而不必考虑更昂贵或更危险的方法。

对有些问题，可能需要符合最佳防治措施的耕作方法，才能为其他防治方法起作用创造条件，而没有这些耕作方法，其他防治方法可能就无效。其他营养素受到限制时，仅提供最大量的氮是不够的。同样，在非理想条件下生长的果树，仅仅防治许多慢性病虫害问题也不够。

柑橘生产在成功地使用外来生物防治媒介，长期自然防治害虫方面有着悠久、辉煌的历史，有些商品化生物防治媒介可用于防止害虫的周期性侵扰（如捕食螨、寄生蜂等）。通常，这些媒介成功活动的前提是负责任地使用农药，避免破坏天敌与捕食物之间的平衡。使用农药是柑橘生产者能利用的最容易产生问题的方法，尽管农药常常是必需的，且在多数情况下也有适度的安全性。但使用不当，却是最昂贵的方法，且会产生严重后果。柑橘生产者若采取适宜的方法及决策减少农药的使用，就可增加利润，并减轻对柑橘栽培环境的风险。