

系统分析在害虫管理中的应用

I. 系统分析及其在玉米、小麦、棉花害虫管理中的应用

马春森 陈玉文

(吉林省农科院植保所,公主岭 136100)

提 要 本文描述了害虫管理中系统分析的概念,基本假设及应用范围,分析了害虫——作物系统的组成及复杂性,系统分析用于解决这种复杂问题的适合性,回顾了系统分析和模拟技术用于害虫动态描述和最优防治措施选择的主要发展历史,综述了玉米、小麦、棉花三大作物及其主要害虫的系统分析和模拟模型在国内外的研究成就和进展。系统分析和种群动态模拟研究对象包括:亚洲玉米螟、欧洲玉米螟、小地老虎和草地小爪螨等玉米害虫和玉米作物生长发育;麦长管蚜、无网长管蚜、东方粘虫、橙足负泥虫等小麦害虫及小麦生长发育;棉花生长发育,蕾铃动态和棉铃虫、金刚钻、棉铃象甲、棉红铃虫、食叶性棉花害虫、木薯白粉虱、棉蚜象等棉花害虫。

关键词 系统分析;模型;害虫管理

1 系统分析在害虫管理中应用的意义

害虫作为农田生态系统中重要的物种,它们与系统中其它物种和非生物因子不断进行能量、物质和信息交换,从而构成农田生态系统的—一个重要子系统。因此害虫管理的目标必须与整个系统的管理目标相一致。总的来说是使系统产生最佳行为:取得最大的种植经济效益,提高或保护环境质量,保护自然资源,节约不可更新资源等。要实现这些目标,必须搞清楚农田生态系统的结构:即系统的组成成员(生物的,非生物的),各成员之间的相互作用过程。然后研究各种管理措施实施后,系统中的各成员及整个系统会产生何种变化。最后,根据这些研究的结果,选择最优的控制方案,使系统的行为达到预期的目标。

对这样复杂的系统作如此巨大的工作,必须借助一种方法工具,而系统分析法正适于解决这些复杂问题。

在农业生态系统中,系统分析(System Approach)可定义为应用定性的和定量的分析技术,以增加人们对作物——害虫系统的组成成员间的相互作用以及各成员与环境间关系的认识。对于农业上的问题来说,一个生物种群生长模型,一个系统内能流途径的描述,一种农产品的收获,加工和市场的经济分析均在系统分析的范畴内(Getz等1982)。系统分析法的基本假设是:复杂的系统是可以由层次结构的复合体来描述的,系统中每个过程或子系统是由一系列更简单的过程或子系统相互作用或结合而形成,没有一个系统是独立的,每个系统都与其它系统(同一等级,高层等级或低层等级的系统)相互作用,系统的边界可以因研究需要主观确定。一个系统的输入或输出(物质、能量、信息)构成了与其它系统相互作用的基础,一个系统的内部特征可以用其输入——输出的数学形式或其它形式(如模拟程序)来表达。

系统分析是运用数学的方法来研究复杂系统的一种方法。对研究对象进行等级划分,然后建立数学模型,按这种模型进行数学分析,然后将分析的结果运用于原来的系统。它是从系统的观点出发,始终着眼于整体与部分以及整体与外部环境的相互作用,相互制约,综合地、定量地考察研究对象,以达到系统的最佳决策。

农田生态系统及其害虫——作物子系统符合系统分析的基本假设:农田生态系统是由农作物、害虫、害虫天敌、微生物等生物成员和土壤、天气等非生物因子所组成,而这些成员又由更小的子系统组成。如害虫是多种昆虫的复合体,每种昆虫又由各个发育阶段的虫态组成。各发育阶段的虫态又分为若干年龄等级等等,而且害虫系统与作物系统和天敌系统都相互作用,其作用方式多为捕食与被捕食作用。这些相互作用在种群数学生态学中已有不少数学模型描述,这就为系统分析在害虫管理中的应用提供了方便。

正是害虫管理问题的复杂性,要求采用系统分析,而系统分析又能解决这种复杂性,而且二者在时间上结合,使害虫管理进入一个定量化、科学化的新时期。

系统分析在害虫管理中的应用有两个方面:一是应用于害虫管理研究计划的制定;另一方面是应用于害虫系统的研究。这种研究又分为以基础科学研究为目的的系统分析,其注重对系统的阐明和以管理决策为目的的系统分析,其更注重各防治措施的组合和使用时间的决策。

系统分析在害虫管理及生态学上的应用近年来文献很多。本文仅就该领域在主要农作物——害虫系统的研究进展作一粗浅的综合。

2 系统分析在害虫管理中应用研究进展

系统分析应用于害虫管理的研究始于 60 年代。Watt 首先提出作物生态系统可用于计算机的生态系统模型来表述。这种表述可以提高对作物——昆虫系统的生态学的理解,从而揭开了将系统的计算机模拟用于害虫管理的第一页。随后 Watt 和 Holling 又各自做了理论和应用上的研究(Watt1964)。Watt 分别于 1966,1968 年编辑出版了《生态学中和系统分析》和《生态学和资源管理》两本著作,第一次涉及生态学中系统模化原理,建模技术和模型使用的著作,并提出了“分室模型”技术,这种方法为以后的在生态系统水平上系统建模研究奠定了基础。这些早期的研究吸引了大批的生态学家把注意力转移到生态系统的分析、计算机模拟及优化控制上来。

进入 70 年代以后,随着人类对环境保护和资源利用认识的提高,生态学和环境科学得到长足的发展,害虫管理中有害生物综合管理的概念(IPM)正式被人们所接受。IPM 要求害虫管理要建立在作物——害虫系统辨识的基础上,选择最优的控制方法,因而该领域得以迅速发展。

由美国国家科学基金会、环保署、农业部和 18 所大学及其农业试验站资助的美国国际生物学规划(IBP)始于 1971 年,项目结束后,继续由科学基金会和环保署资助的研究项目——全国害虫综合管理,把害虫管理的重点由针对害虫转移到针对作物——害虫系统上,研究的结果都用系统分析法和计算机模型技术进行综合分析。该项目选择了苜蓿、棉花、大豆、柑桔、仁果和核果类果树以及云杉系统为研究对象。250 名各个学科的科学家经过 5 年的研究,得出了大量结果。70 年代,特别是 1975 年以后,大量的害虫——作物系统分析和优化控制的报道来自这个项目,使这一领域成为植物生产和植物保护的研究热点。这个项目的具体内容在 Huffaker(1980)编辑的《害虫防治新技术》一书中作了详细的论述。

各种主要作物及其重要害虫的多年生物学、生态学研究,为建立它们的生长发育和种群动态模拟模型奠定了基础。因而从70年代起建立了大量的作物生长发育和害虫种群动态的系统模拟模型,各种防治方法的研究结果也使害虫控制模型层出不穷。本文仅涉及玉米、小麦、棉花作物及其主要害虫的系统分析及模型和最优化控制模型,水稻、大豆、苜蓿等作物及主要害虫的类似研究将在另文综述(马春森等1995)。

2.1 玉米害虫管理模型

玉米是世界性的重要粮食和饲料作物,主要害虫是玉米螟。玉米害虫的系统分析和建模主要集中在对欧洲玉米螟(ECB)的研究上。Moore(1975)就建立了一个ECB种群模拟模型,他以上一年秋季幼虫为初值模拟下年秋季幼虫量。他用了包括存活、繁殖和滞育在内的种群趋势指数,比较了Indiana 10个县的7年秋季平均幼虫密度的观察数据和模拟数据。Loewer(1974,1976)基于降雨,露水,湿度,风和温度对玉米螟生态过程作用的假设,建立了ECB夏季种群模型并进行了模型有效性检验。Pontius等(1984),Calvin(1985)描述了ECB管理模型软件,该模型包括玉米螟的种群动态,玉米植株生育期,危害损失估计和经济分析四个部分。在玉米螟的种群动态模型中,以产卵初期,峰期和末期的日期,卵量检查抽样时间和每株平均卵块数作为初始输入变量,将每卵块卵粒数(23粒)和存活率(20%)作为参数(常数),从而计算出有危害能力的三龄以上幼虫的数量。此模型的计算结果与其它三个模型组合起来。Calvin等(1988)评价了这个模型的优缺点,并用田间数据进行了灵敏度分析和有效性检验。Onstad等(1988)也建立了详细的模拟模型,以预测ECB长期的种群动态和存活率。模型包括发育率、滞育率、产卵率、产卵雌蛾率和存活率等子模型。模拟中强调了天敌,温度和光周期对种群动态的重要性。Onstad等(1989)描述并分析检验了ECB在微粒子虫影响下的长期种群动态的综合生态模型。

法国近年来对ECB也做了一系列的建模研究。Got(1985)就组建了ECB幼虫死亡率动态模型。其后又报道了ECB的温度依赖性发育模型(Got & Rodolphe 1989),幼虫钻蛀活动模型(Labatte & Got 1991)以及ECB危害和玉米生理过程间相互作用模型(Labatte 1990)。Labatte等(1992)针对ECB钻蛀危害特点,用X射线对危害模型做了有效性检验。

Retta等(1991)在他的玉米生长模型中考虑了玉米螟和杂草(*Sorghum bicolor*)的危害对玉米叶面积系数、营养体、子粒重量、总生物量和产量的影响。Ma Chunsen等(1994)对亚洲玉米螟种群系统进行了生态过程系统分析。

此外,Troester等(1982)建立了小地老虎对玉米的产量损失计算机模拟模型,并对其进行模拟研究。Toole等(1984)将美国半干旱高原上玉米、高粱、小麦的重要害虫,草地小爪螨用一个分布延迟模型来描述,并将此模型接入一个综合的植物冠层微环境模型,以此来表示草地小爪螨的种群动态。

2.2 小麦害虫管理系统及模型

小麦是欧美及亚洲许多国家的主要作物之一,因而对小麦——害虫系统研究报道甚多。主要的小麦与小麦害虫的系统模型集中于小麦蚜虫、橙足负泥虫和粘虫等几种害虫的研究上,其中以小麦蚜虫研究最多。Carter(1978)和 Rabbinge等(1979)分别在英国和荷兰建立了小麦上麦长管蚜的种群动态模拟模型。后来在荷兰将其模拟模型纳入了一个小麦病虫害监测控制系统(EPIPPE: Epidemic Prevention),此系统包括4种病害和3种虫害:长管、无网长管和禾谷溢管蚜,以解释性的模拟模型为工具,预测这些病虫害,然后计算出预期的危

害和产量损失,并将其用于决策系统(Rabbinge 等 1983)。后来做了大量的实验以验证和改进这个系统(Reinink 1986)。Zhou & Carter (1989)建立了英国无网长管蚜的种群动态和危害能力的模拟模型。

Mann 等(1986)组建了一个小麦蚜虫控制的计算机咨询系统。该系统使用了英国 50 个地点 10 年观察数据的平均值,组建了小麦生育期模型和麦长管蚜及无网长管蚜的种群动态模型及其产量损失模型。又从 1985 年至 1988 年做了该系统的田间检验(Mann & Watten 1991)。Rossing(1991a, 1991b)在荷兰研究了蚜虫密露对小麦叶片气体交换和蚜虫种群大小对小麦生长的数量影响,组建并评价了详细的麦长管蚜对小麦危害的模拟模型,并在各个可能的产量水平上作了模拟计算。Roermund 等(1986)也作过麦蚜引起危害的模拟研究。

1980 年原东德农科院组织了土壤、麦类作物、计算机和数学及植物保护等方面的专家共同研制以小麦生态系统为样板的“农业生态系统模型”。该项目分为模型理论和模拟器、作物模型、害虫模型、土壤模型等子项目,建立了包括橙足负泥虫和麦蚜的种群动态模拟模型和包括白粉病的流行模型,并将各子模型组装于一个名为 SONCHES 的系统内(Simulation of Nonlinear Complex Hierarchical Ecological System),以表述整个小麦生态系统的动态行为(Bellmann 等 1986)。以后对这个系统进行了修改发展,对其中的小麦、麦蚜、橙足负泥虫和白粉病子模型进行修正,并加入了土壤水分和颖枯病病害模型(Schultz & Heyter 1991)。张文军等(1990)在陕西则对小麦——天敌——农药——麦蚜复合系统的多目标最优化进行了研究。此外, Tummala 等(1975)在美国组建了橙足负泥虫生态系统的离散组份模型,为以后组建昆虫的系统模型提供了一个有效的方法。李典谟、Tummala(1987)和 Tummala 等(1984)也对麦类作物上的橙足负泥虫组建了模拟模型并做了灵敏度分析。

苏祥瑞、林昌善(1986, 1987)组建了小麦的生长发育模型,粘虫的种群动态模拟模型,中华星步甲捕食粘虫模型和粘虫对小麦的动态经济阈值模型。北京农业大学则在 1990 年对小麦条锈病等小麦病害的建模和分析方面做了大量报道。夏北成(1989)建立了华北地区冬小麦生态系统模拟模型。

2.3 棉花害虫管理模型

棉花是一经济价值很高的作物。害虫一直是棉花生产的主要问题之一,特别是近年来在中国的广大棉区,棉铃虫的连年暴发已成为棉花生产的主要限制因子。应用系统分析管理棉花害虫在美国和澳大利亚的研究较为广泛深入。

70 年代初,许多作者在美国对棉花的生长发育与天气,各种农业因子的关系建立了一系列的确定性模拟模型。Mckinion 等(1974)建立了棉花模型 SIMCOT I,可成功地在美国东南部用于估计天气,农业因子对棉花干物质产生,形态发生,落果的严重度及落果时间的影响。以 SIMCOT I 为基础, Gutierrez 等(1975)建立了一个能精确地模拟棉花生长,且易与昆虫模型耦联的棉花作物模型 SIMCOT-UC,并考察了两种食叶性昆虫:甜菜夜蛾和粉纹夜蛾的发生时间和发生程度对棉花受害的影响。Wang 等(1977)将 SIMCOT 组入 von Foerster(1959)形式的偏微分方程中,从而产生了一个既在数学描述上简单明了,又保持了棉花生理学特点的模型。该模型极大地便利了棉花生长与昆虫危害模型的联接,并建立了棉铃象甲的种群动态模型。Gutierrez 等(1975)和 Wang 等(1977)的模型方法为其它作物——害虫系统的模型研究提供了一个有用的参考。Gutierrez 等(1984)又提出了一个通用的时滞可变生命表棉花种群模型(A general distributed delay time varying life table)。吴国伟等

(1988)也发表了我国的棉花生长发育模拟模型。

Curry(1980)则组建了一个只包含7个参数的简化棉花结果模型,使其在表达棉铃象甲的种群与棉花的相互作用上十分方便。他还组建了棉铃象甲的种群动态模型,其中包括含有随机变量的温度依赖性发育,繁殖,存活过程。Tones等(1974)也对棉铃象甲做过模拟模型研究。Talpez等(1978)对棉铃象甲的优化控制模型做了探索。

Gutierrez等(1977)就建立了棉红铃虫——棉花系统的种群动态偏微分方程模拟模型。刘斌章等(1984)用他的棉花果实动态模型研究了棉红铃虫与棉花的相互作用。吴孔明(1990)也研究了棉红铃虫和棉花的种群动态模型。关于棉铃虫的模型研究,早期的工作包括Stinner等(1974)的棉铃虫和烟芽夜蛾在北卡州的模拟模型。随后Logan(1979)建立了北卡棉铃虫春季出现的预测模型。Gutierrez等(1981)对棉铃虫的经济阈值模型进行了研究。

木薯白粉虱是Sudan Gezira棉花上的重要害虫。Von Arx等(1983)应用系统分析原理考察了棉花与各产量形成影响因子间的关系,并建立了棉花上木薯白粉虱的种群动态模拟模型。Baumgärtner等(1986)用统计学方法建立了基于年龄特征可变时间生命表的棉花器官动态模型和木薯白粉虱种群动态模型,并模拟分析了天气,食物品质,棉铃虫的危害程度等因子对其种群动态的影响。

Room(1979)组建了澳大利亚新南威尔士 Namoi 流域棉花害虫管理的实时系统雏形,对棉铃虫 *Heliothis armigera*, *H. punctigera*, 澳洲金刚钻和棉红蜘蛛 *Tetranychus ludeni*, *T. urtica* 进行综合管理。Hearn(1981)发展了这个系统(SIRATAC)。Ives等(1984)在田间使用这一系统并与正常管理的商业棉田进行了比较研究。

柏立新等(1989,1990,1991)对江苏等地棉田生态系统进行了系统分析,并组建了棉花生育模型,棉花不同生育阶段的耐害模型,时间序列上的害虫复合危害反应模型和棉花果实动态保护指标及棉虫防治指标模型。

对棉铃虫与其捕食性天敌——草间小黑蛛系统以及棉红蜘蛛和捕食性螨——智利小绥螨系统的模拟和系统分析也有不少报道(李超等 1982 a,b; Nachman 1987 a,b)。

此外对棉盲蝽也做了建模分析研究(Gutierrez等 1977,柏立新等 1990)。

参 考 文 献

- 1 刘斌章. 岱字-15号棉花果实动态模型及其与棉红铃虫相互关系的初步研究. 昆虫学研究集刊. 第四集:1984. 85-96
- 2 张文军等. 小麦——天敌——农药——麦蚜复合系统的多目标最优化研究. 西北农业大学学报. 1990,18(4):43-50
- 3 吴孔明,刘芹轩. 棉花红铃虫的预报及管理模型研究. 首届全国青年昆虫工作者学术讨论会论文摘要集. 1990,8:P118
- 4 吴国伟等. 棉花生长发育模拟模型的研究. 生态学报. 1988,8:201-209
- 5 李典谟, Tummalala. 橙足负泥虫种群系统的灵敏度分析. 生态学报. 1987,7:129-137
- 6 李超等. 草间小黑蛛对棉铃虫幼虫的捕食作用及其模拟模型的研究. I. 捕食者——单种猎物系统的研究. II. 捕食者——多种猎物系统的研究. 生态学报. 1982,2:239-254;363-373
- 7 苏祥瑶,林昌善. 粘虫种群动态模拟的研究. 生态学报. 1986,6:65-73
- 8 苏祥瑶,林昌善. 粘虫危害小麦的动态经济阈值的研究. 生态学报,1987,7:322-330
- 9 柏立新等. 沿海棉区棉株生育动态及其在害虫管理中应用的初步研究. 中国农业科学. 1989,22(2):7-14
- 10 柏立新等. 棉花病虫害综合防治及研究进展. 中国农业科技出版社. 1990. 118-125
- 11 柏立新等. 棉盲蝽几种危害模型的比较. 昆虫知识. 1990,27(5):266-269

- 12 柏立新等. 首届全国中青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集. 中国科学技术出版社. 1991, 259—264
- 13 Baumgartner, J. et al. 1986. whitefly (*Bemisia tabaci*) infestation patterns as influenced by cotton, weather and *Heliothis*, hypotheses testing by using simulation models. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 17, 49—59
- 14 Bellman, K. et al. 1986. Agroecosystem modelling and simulation; The winter wheat agroecosystem model A-GROSIM-W. Tagungsbericht Nr. 242, 5—28
- 15 Calvin, D. D. et al. 1988. Evaluation of a management model for second generation ECB for use in Kansas. *J. Econ. Ent.* 81, 335—343
- 16 Carter, N. et al. 1982. Cereal aphid populations; biology, simulation and prediction. Wageningen Pudoc. ISBN 90-220-0804—5
- 17 Curry, G. L. et al. 1980. Towards a management model of the cottonboll weevil ecosystem. *J. Environ. Management*. 11, 187—223
- 18 Getz, W. M. & Gutierrez, A. P. 1982. A perspective on system analysis in crop production and insect management. *Ann. Rev. Ent.*, 27, 447—466
- 19 Got, B. 1985. Approche de la modelisation de la dynamique de population de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) dans le bassin parisien. These de 3eme cycle, Paris VII.
- 20 Got B. & Rodolphe, F. 1989 Temperature-dependent model for ECB development. *Environ. Ent.*, 18, 85—93
- 21 Gutierrez, A. P. et al. 1975. An analysis of cotton production in California; A model for Acala cotton and the effects of defoliators on its yields. *Environ. Ent.* 4, 125—136
- 22 Gutierrez, A. P. 1977. A model for pink bollworm in Arizona and California. *Can. Ent.* 109, 1457—1468
- 23 Gutierrez, A. P. et al. 1979. An optimization model for *Lygus hesperus* damage in cotton; The economic threshold revisited. *Can. Ent.* 111, 41—54
- 24 Gutierrez, A. P. et al. 1981. Estimating economic thresholds for bollworm, *Heliothis zea* and boll weevil, *Anthonomus grandis* damage in Nicaraguan cotton. *Environ. Ent.* 10, 872—879
- 25 Gutierrez, A. P. et al. 1984. A general distributed delay time varying life table plant population model; Cotton Growth and development as an example. *Ecol. Model.* 26, 231—249
- 26 Hearn, A. B. et al. 1981. Computer based cotton pest management in Australia. *Field Crops Research*. 4, 321—332
- 27 Huffaker, C. B. (ED.) 1980. New technology of pest control. Wiley-Interscience publication ISBN-0471-05336-8
- 28 Ives, P. M. et al. 1984. Field use of SIRATAC; An Australia computer based pest management system for cotton. *Protection Ecol.* 6, 1—21
- 29 Jones, J. W. 1974. A simulation model of boll weevil population dynamics as influenced by the cotton crop status. ph. D. thesis, North Carolina State University, Raleigh.
- 30 Labatte, J. M. 1991. Model for the within-plant vertical distribution of ECB larvae. *J. Appl. Ent.* 111, 120—136
- 31 Labatte, J. M. & Got, B. 1991. Modelling damage on maize by the ECB. *Ann. appl. Biol.* 119, 401—413
- 32 Labatte, J. M. 1992. Validation of the ECB damage model on maize using X rays. *Ann. Appl. Biol.* 121, 483—491
- 33 Loewer O. J. 1976. Insect management through weather based computer simulations. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 19, 539—549.
- 34 Loewer O. J. 1976. Simulation of the effects of weather on an insect population. *Simulation* 22, 113—118
- 35 Logan, J. A. et al. 1979. A descriptive model for predicting spring emergence of *Heliothis zea* populations in North Carolina. *Environ. Ent.* 8, 141—146
- 36 Ma Chunsen et al. 1994. Biological control in corn ecosystem. In "Integrated resource management for sustainable agriculture" Shi Yuanchun (ed.) Beijing Agric. Univ. Press. ISBN 7-81002-666-6. PP. 441—449
- 37 Mann, B. P. et al. 1986. A computer based adversary system for cereal aphid control. *Comp. Elec. Agric.* 1, 263—270
- 38 Mann, B. P. & Wratten, S. D. 1991. A computer-based adversary system for cereal aphids—field testing the model. *Ann. appl. Biol.* 118, 503—512
- 39 Mckinion, J. M. 1974. Analysis of SIMCOT; photosynthesis and growth. *Proc. Beltwide Cotton Prod Res. Conf.* pp. 117—124

- 40 Moore, P. J. 1975. A computer simulation model of ECB population. ph. D. dissertation, Purdue Univ. West Lafayette, Ind.
- 41 Nachman G. 1987. System analysis of Acarine predator-prey interactions I, A stochastic simulation model of spatial processes. II. The role of spatial processes in system stability. J. Anim. Ecol. 56, 247—281.
- 42 Onstad, D. W. 1988. Simulation model of the population dynamics of *Ostrinia nubilalis* in maize. Environ. Ent. 17: 969—976
- 43 Onstad, D. W. & Maddox, J. V. 1989. Modeling the effect of the microsporidium *Nosema Pyrausta*, on the population dynamics of the insect, *Ostrinia nubilalis*. J. Invertebrate pathology 53(3): 410—421
- 44 Pontius, J. S. 1984. Software for a ECB management model in yellow field corn. North Central Computer Institute software Journal, 1, 1—104
- 45 Rabbinge, R. et al. 1979. Epidemiology and simulation of population development of *Sitobion avenae* in winter wheat. Netherlands J. Plant Pathol. 85, 197—220
- 46 Rabbinge, R. & Rijdsdijk, F. H. 1983. EPIPPE, a disease and pest management system for winter wheat, taking account of micrometeorological factors. EPPO Bull. 13(2): 297—305
- 47 Reinink, K. 1986. Experimental verification and development of EPIPPE, a supervised and pest management system for wheat. Neth. J. Pl. Path. 92, 3—14
- 48 Retta, A. et al. 1991. Suitability of corn growth models for incorporation of weed and insect stresses, Agronomy J. 83, 757—765
- 49 Room, P. M. 1979. A prototype "on line" system for management of cotton pest in the Namoi Valley, New South Wales. Protec. Ecol. 1, 245—264
- 50 Rossing, W. A. H. 1991. Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid, *Sitobion avenae*. 2. Construction and evaluation of a simulation model. 3. Calculation of damage at various attainable yield levels. Neth. J. Pl. Path. 97, 25—54, 87—103
- 51 Schultz, A. & Heyter, F. 1990. Simulation experiments with the agroecosystem model AGRO 90-W. Thesis for a symposium of the UN Economic Commission for Europe held in Leipzig.
- 52 Stinner, R. E. et al. 1974. Population dynamics of *Heliothis zea* and *H. virescens* in North Carolina, A simulation model. Environ. Ent. 3, 163—168
- 53 Talpaz, H. et al. 1978. Optimal pesticide application for controlling the boll weevil on cotton. Amer. J. Agr. Econ. 60, 469—475
- 54 Tool, J. I. et al. 1984. Simulating Banks grass mite population dynamics as a subsystem of a crop canopy-microenvironment model. Environ. Ent. 13, 329—337
- 55 Troester, S. J. 1982. Damage and yield reduction in field corn due to black cutworm feeding; results of a computer simulation study. J. Econ. Entomol. 75, 1125—1131
- 56 Tummala R. L. et al. 1975. A discrete component approach to the management of the cereal leaf beetle ecosystem. Environ. Ent. 4, 175—186
- 57 Tummala, R. L. et al. 1984. General models for simulating population growth in insects grouped both by stages and age classes. IEEE Tran. on Systems, Man and Cybernetics. March 1984.
- 58 Van Roermund, H. J. W. et al. 1986. Simulation of aphid damage in winter wheat. Neth. J. Agric. Sci. 34, 489—493
- 59 Von Arx, R. et al. 1983. A model to simulate the population dynamics of *Bemisia tabaci* on cotton in the Sudan Gezira. Z. Angew. Ent. 96, 341—363
- 60 Wang Y. et al. 1977. A population model for plant growth and development; Coupling cotton-herbivore interaction. Can. Entomol. 109, 1359—1374
- 61 Watt, K. E. F. 1964. The use of mathematics and computers to determine optimal strategy and tactics for a given insect pest control problem. Can. Ent. 96, 202—220
- 62 Zhou X. et al. 1989. A simulation model describing the population dynamics and damage potential of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* in UK. Bull. of Ent. Res. 79, 373—380

SYSTEM APPROACH IN PEST MANAGEMENT.

I. SYSTEM APPROACH IN CORN, WHEAT AND COTTON PEST MANAGEMENT; A SURVEY

MA Chunsen and CHEN Yuwen

(Institute of plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, 136100)

ABSTRACT

The concept, basic assumption and application range of system approach for pest management are described. Based on an analysis of components and their interaction of a crop-pest ecosystem, it is concluded that system approach is suitable to solve the problem of pest management. The history in this area is briefly reviewed. A survey for application of system analysis and simulation model in following ecosystem both in China and overseas is presented. The ecosystems include corn plant and *Ostrinia furnacalis*, *O. nubilalis*, *Agrotis ypsilon*, Banks grass mite; wheat plant and *Sitobion avenae*, *Metopolophium dirhodum*, *Oulema melanopus*, *Mythimna separata*; Cotton plant, boll and *Heliothis zea*, *H. virescens*, *Anthonomus grandis*, *platyedra gossypiella*, *Lygus hesperus*, *Bemisia tabaci*.

Key words: System approach, Pest management