

第一章 作物管理知识模型概述

进入 21 世纪,以信息技术和生物技术推动的农业新科技革命已在世界范围内全面展开,并已取得了重大进展。将信息技术与农业技术相结合,用信息技术改造传统农业,以农业的信息化带动农业的现代化,对于提升农业生产系统的管理水平、生产效益和产业竞争力,具有重大的现实意义和应用前景。农业信息技术的研究和应用正在对传统的农业科技和农业生产产生深刻而广泛的影响,被认为是一个国家和地区农业现代化及社会经济发达水平的重要标志。

作物系统模拟模型和作物管理专家系统是国内外农业信息技术研究与应用的核心和典范,通过结合与集成其他关键技术而建立的作物管理决策支持系统,已经在国内外获得广泛的应用,并产生了极大的社会、经济和生态效益;同时也为农业信息技术的持续发展奠定了良好的研究基础,提供了科学的方法体系。在此基础上发展起来的作物管理知识模型则集中体现了作物生长模拟模型和作物管理专家系统的优势与功能,是数字化作物生产设计与管理决策的核心技术与智能支撑,有助于开拓数字农作技术的新领域,提升作物栽培学与信息农学研究与应用的水平。

一、作物管理知识模型的 产生、特点与作用

(一) 作物管理知识模型的产生背景

随着信息科学和农业科学的不断发展和推动,农业信息技术

的研究和应用日益受到人们的重视和认可，正在现代农业的发展进程中发挥着极其显著的作用。目前，传统农业已逐步转入一个新的精确农业和信息农业时代。运用信息技术，可以对复杂的农业生产成分及其相互关系进行系统的分析和综合，通过建立农业生产管理决策支持系统，对农业生产系统实现科学的动态预测和管理决策，从而以生产管理的信息化带动农业产业的现代化。其中，作物管理专家系统和模拟模型的发展为作物生产管理的现代化和信息化提供了新的方法和手段，在此基础上形成的农业生产管理决策支持系统也得到了迅速发展和广泛的推广应用，并进一步促进了作物管理知识模型技术思想和应用系统的创立和研制。

1. 作物生长模拟模型的发展和特点

作物生长模拟是将作物及其影响作物生长发育的环境和技术因子作为一个整体，应用系统分析的原理和方法，综合大量的作物生理学、生态学、农学、气象学、土壤学、植物营养学、系统学、计算机科学、数理统计等学科的理论体系与研究成果，对作物的阶段发育、光合生产、器官建成、同化物积累与分配以及产量与品质形成等生理过程及其与环境和技术因子关系的试验数据加以整理概括和量化表达，建立相应的数学模型，然后在计算机上对作物生长系统进行量化的动态预测和模拟分析。因此，作物生长模型模拟的不仅仅是作物最后的产量与品质，而且是作物整个生育进程中不同生理生态过程的发生和演化动态；它以作物生育的内在规律为基础，综合作物遗传潜力、环境效应、技术调控之间的因果关系，是一种面向作物生育过程的生长模型或过程模型。

纵观作物生长模拟的发展历程，它经历了从定性的概念模型到定量的模拟模型的过程；从数量植物生理学中生理生态过程的模拟慢慢发展成为综合性的作物生长过程的模拟模型。20 世纪 60 年代以来，随着系统科学和计算机技术的发展及作物学知识的积累，作物模拟研究获得了很大的发展，作物生产系统的综合

分析和科学决策也成为现实。作物模型发展的动力主要来源于计算机技术的飞速发展，作物学知识的大量积累，管理决策技术的定量要求，农业推广中的技术转移，以及作物生产系统固有的独特性和变异性。

国际上有关作物生长模拟研究的发展可以概括为以下四个主要阶段。

(1) 幼年期：20 世纪 50~60 年代，生理生态过程的数量分析与模拟研究的诞生。这期间，作物生理生态研究取得了显著进展，计算机技术亦取得了快速进步，因此作物模拟研究的兴起是作物生理研究深化与计算机软硬件发展的共同产物。60 年代，荷兰和美国首先开始了作物生长模拟研究，荷兰的 de Wit (1965) 和美国的 Duncan (1967) 等人相继发表了冠层光能截获与群体光合作用的模型，成为作物生理生态过程模拟的经典之作。de Wit 和 Duncan 有关植物冠层光能截获和光合作用的数学模型，是国际上最早的两个用完整程序编写、能在计算机上模拟作物群体生产过程的模型。他们的开拓性工作在国际上产生了重大影响。在此之前，一些重要的作物生理过程及其与环境的数量关系已得到了阐明，其中较具代表性的有 Monsi 与 Saeki (1953) 有关作物群体内光分布规律的研究，Hesketh (1963) 有关不同植物或作物的光合作用与光强关系的研究。

(2) 少年期：70~80 年代中，作物模拟研究迅速发展，进一步趋向于系统化、机理化，从不同生育过程的模拟到完整的生长模型，作物模拟在深度与广度上同时得到了发展。科学家对一些重要作物生理过程的数量化研究日趋深入，如 Thornley (1970、1971、1977) 关于作物呼吸过程模拟的研究，Chanter (1976) 关于生长曲线的概括性研究，Charles-Edwards (1976) 关于作物干物重分配模型的研究，以及 Ritchie (1972) 关于蒸发模型的研究等。关于作物生长与产量模型的研究，以荷兰和美国为代表，特别是在 80 年代提出的 CERES、GOSSYM、SOY-

GRO、SUCROS 等作物模型都能完整地描述和预测作物生长及产量形成的全过程。

荷兰作物模拟研究的特点是强调作物生长的机理性和研究性。如 1970 年瓦赫宁根农业大学 de Wit 等人提出的作物模拟模型 ELCROS (Elementary Crop Growth Simulator), 可以根据作物的基本物理、生理、化学特性及常规气象资料来计算作物营养生长阶段的总生物量, 并首次模拟了作物的呼吸作用。1978 年, 他们提出了 BACROS (Basic Crop Growth Simulator) 模型, 加强了理论性和综合性。1982 年, van Keulen 在 BACROS 模型的基础上建立了 SUCROS (A Simple and Universal Crop Growth Simulator) 模型, 该模型以太阳辐射作为影响生长的主要因子, 以 CO_2 同化物向植株各器官的分配为基本生物学概念, 模拟了小麦叶、茎、根、粒的潜在干物质生产。此后 Penning de Vries 等 (1989) 又研制成 MACROS (Modules for Annual Crop Simulation)。荷兰的这些模拟模型多偏重于理论研究和假设模拟, 对生理生态过程具有较好的解释性和研究性。

美国研制的作物生长模型注重模型的综合性和预测性。例如, 由密西根州立大学 Ritchie 教授等在 80 年代初建立的 CERES (Crop - Environment - Resources Synthetic System) 系列模型, 在综合性与应用性方面都有所加强。它们不仅能模拟作物生长与发育的主要过程, 还能模拟土壤养分平衡 (矿化、硝化、反硝化、固氮、淋溶、吸收、利用等) 与水分平衡 (有效降水、径流、蒸发、蒸腾、土壤水分的垂直流动与渗漏等)。之后, CERES 模型在美国以外的许多国家, 特别是在发展中国家, 得到了广泛的验证, 并被用于农业技术推广和咨询指导, 成为目前世界上检验和应用最为广泛的作物模型之一。

在这一时期, 我国科学家也开始了作物模拟模型方面的研究工作, 虽然起步较晚, 但 80 年代以来进展很快, 在植物生理生态过程的模拟方面取得了可喜的成绩, 并初步提出了水稻等作物

的产量模型。

(3) 青春期：80 年代后期到 90 年代初，作物模拟进一步向机理性和应用性方向发展。随着模型数量的增加，一方面对系统进行不断的分解和细化，另一方面强调系统的通用性与可靠性，因此对系统的机理性与通用性之间的矛盾表现出一定的困惑和失望。虽然在美、荷、英、澳、日和前苏联等国家，已研制成许多种作物的模拟模型及特定作物的不同模拟模型，并开始应用于实践，但有些生长模型不断扩展和细化，过分偏重于理论上或假说上对生长发育和产量形成等生理过程的解释而缺少必要的测试和验证。

(4) 成熟期：90 年代中期始，模型被视为一种启发式的量化工具，因而对其应用价值和局限性有了比较客观的认识。同时出现了模型的持续改良与示范应用，在指导作物管理、育种、施肥、灌溉等方面获得了成功的实践。90 年代以来，许多研究还利用作物模型来探索全球气候变化的影响及农业生产可持续发展的策略等；目前，有些研究者开始在作物生长模拟模型的基础上进一步发展作物形态模型，并将其与虚拟显示模型相结合，试图构建可视化的虚拟作物生长系统。另外作物模型还开始与其他信息技术如专家系统、遥感、地理信息系统、网络技术等相结合，在信息农业的研究和应用中发挥了更大的作用。

尽管国际上的作物模拟研究存在着不同的学派，但近年来不同学派及不同国家的作物模拟研究逐步表现为相互合作、渗透、借鉴与综合的趋势。一般而言，比较理想的作物生长模拟模型应该具有以下几个特征，其中系统性和预测性是其最显著的两个方面。

(1) 系统性：对整个作物生长系统进行全面的定量描述和预测，包括作物阶段发育、器官建成、同化物积累与分配、产量和品质形成、土壤水分和养分动态及其与作物吸收和利用的关系。

(2) 动态性：系统应该包括受环境因子和品种遗传特性驱动的各个状态变量的时间变化及不同生育过程间的动态变化关系。

(3) 机理性：在经验性或描述性的基础上，通过进行深入的支持研究，模拟较为全面的系统等级水平，从而提供对主要生理生态过程的理解或解释。

(4) 预测性：通过正确建立系统的主要驱动变量及其与状态变量的动态关系，对不同系统提供可靠而准确的预测。

(5) 通用性：系统模型原则上适用于任何地点、时间和品种。

(6) 研究性：可利用作物生长模拟模型进行作物生理生态及管理调控方面的模拟研究，避免实物研究中干扰因素多、周期长、费用高等的不足。

由于作物模拟模型通过利用系统分析方法和计算机模拟技术，对作物生长发育过程及其与环境和技术动态关系进行定量的描述和预测，因而具有较强的系统综合和动态预测的功能，克服了传统作物栽培研究中较强的时空局限性，为作物生长预测和管理调控提供了有力的量化工具。然而，作物模拟模型主要是处理和提供“土壤—作物—大气”系统的深层信息，但难以表达作物栽培理论和技术方面的量化关系，因此难以直接进行生产系统的智能化管理决策。农业专家系统的发展恰好弥补了作物模拟模型在推理决策方面的不足。在欧美、日本等发达国家，基于作物模拟模型和专家系统的农业管理决策支持系统为农业生产布局和管理决策提供了现代化的管理手段和技术支持，进一步结合GIS、RS和GPS技术，可辅助进行不同时空条件下的农业资源环境监测、精确生产管理、生产力分析等，从而极大地提高了农业生产管理决策的科学性和定量化水平，取得了显著的经济、社会和生态效益。

2. 农业专家系统的发展和特点

专家系统是一种能模拟人类专家运用知识和推理解决某一特

定领域复杂问题思维过程的计算机软件系统。与传统的计算机应用程序不同，专家系统求解的是不良结构问题，既没有可资使用的数学模型，更没有现成的算法，惟有凭借经验的、尚未完全形成科学体系的知识，使用弱方法进行搜索求解。因此，专家系统强调的是专家知识的获取、表示和运用。专家系统的组成至今尚无统一的标准，但多数学者认为一个理想的专家系统通常由知识库、推理机、综合数据库、数据及知识获取系统、解释机制、人机接口等几部分组成。其结构如图 1-1 所示。

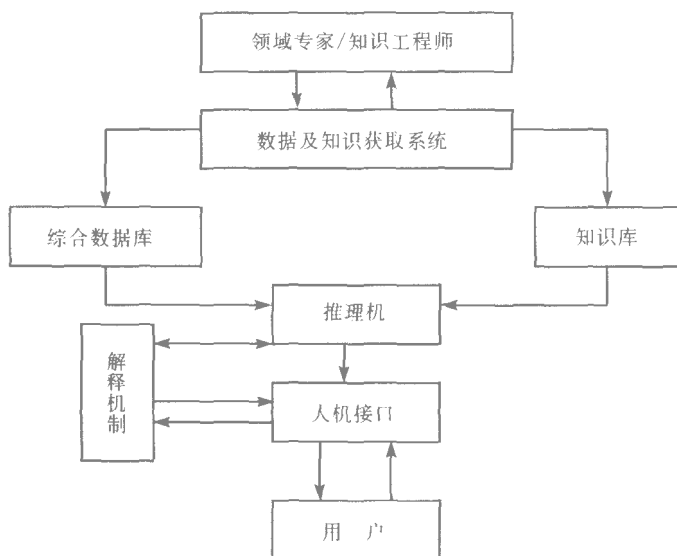


图 1-1 专家系统的结构图

(1) 知识库：专家系统的重要组成部分之一，是专业知识的存储器，存放以一定形式表示的专家知识、经验和书本知识及常识，以备系统推理判断之用。专家系统与一般计算机应用程序如数据库、检索系统等的最大区别是它有知识库，知识库的可用性、确定性和完善性决定着专家系统性能的高低。知识库的建立

需要知识工程师 (Knowledge Engineer) 和领域专家 (Domain Expert) 的相互合作, 把领域专家的知识整理出来, 并用系统表示方法存入知识库。

(2) 推理机: 推理机是用来控制、协调整个系统的运行。它根据当前输入的数据, 利用知识库中的知识, 按一定的推理策略, 去解决实际问题。推理机与知识库分离是专家系统的基本前提之一, 它是专家系统的透明性和灵活性的保证。

(3) 综合数据库: 用于存储该专业内初始数据和推理过程中得到的中间信息, 也就是存放用户回答的事实、已知的事实和推理而得到的事实。它是推理机赖以进行推理的事实库。

(4) 数据及知识获取系统: 主要用于建立和修改数据库和知识库中的数据和知识。

(5) 人机接口: 是连接用户与系统的桥梁, 用户通过它把一些基本事实输入到数据库中, 供推理机使用。在推理过程中, 系统通过智能接口进一步向用户提问; 同时, 系统通过这个接口将推理的结果与推理过程提供给用户。

1965 年美国斯坦福大学计算机系 Feigenbaum 等人研制了一个专家系统 (DENDRAL), 第一次展示了大规模的知识库。从此, 人工智能中的专家系统发展起来, 并迅速渗透到各个领域, 而农业是专家系统得以应用的具有很大潜力的领域。1978 年, 美国 Illinois 大学开发出世界上第一个农业专家系统——大豆病害诊断专家系统 PLANT/ds, 从此农业专家系统迅速发展起来。所开发出的农业专家系统中, 有专项性的 (施肥、病虫害诊治等), 如美国的棉花害虫管理专家系统 rbWHIMS、我国的“砂姜黑土小麦施肥专家系统”、“防御玉米低温冷害专家系统 (PMLTCD)”等; 也有综合性的, 如我国科学家提出的“冀北小麦专家系统”、“小麦栽培管理计算机专家系统 (ESWCM)”等。与专项性农业专家系统 (如施肥专家系统、病害诊断专家系统) 相比, 综合性农业专家系统的研究开展得稍晚, 始于 20 世

纪 80 年代中后期，但其发展速度较快，是国内“九五”期间农业管理系统研究，特别是信息农学的热点领域之一。目前，农业专家系统的研制开发和示范应用涉及种植业、养殖业等不同领域，但比较成功的主要是有关作物生产管理的专家系统，已经成为国内农业信息化、智能化技术研究和应用的典范。

专家系统的核心是专家知识的获取、表达和应用，因而从专家知识的特点出发，专家系统具有以下几个优点：

(1) 自然性：系统的知识多是叙述性句子，清晰、自然、明确。系统以接近自然语言的方式同用户对话，使用户感到亲切、自然、易于接受。

(2) 透明性：大部分系统具有解释功能，可以向用户解释系统的行为，使用户易于接受系统的决策，因而系统对用户来说是透明的。

(3) 灵活性：由于系统的推理机和知识库分开，因而系统的知识库可以在非编程状态下不断扩充、修改和完善，从而不断改善系统求解问题的能力和质量。

(4) 简单性：系统主要是对可观察的知识进行综合和应用，注重系统的输入与输出之间的表现关系，而非系统内部复杂的机理关系，因此容易理解和掌握。

农业专家系统较好地体现了计算机推理与解决问题的能力，具有较强的启发性，有助于农业生产管理的专家指导和智能决策。这种系统依据于生产系统中一些可观察的知识特征，特别是系统输入与输出之间的经验关系。因此，它的主要功能是对知识的综合和应用，提供一种专家推理与决策的工具，但它具有其自身的缺点，具体表现在如下几个方面：

(1) 无动态预测功能：系统仅仅利用了表现的浅层知识，因此它只能提供基本信息和推理决策，而不能表示系统成分及过程之间的内在关系，没有动态预测功能，难以超越人类专家的智能范围和决策能力。

(2) 适应性窄：知识库中往往包含了许多具有较强地域性和时间性的专家经验和知识规则，因此特定的系统只能用于特定的地点、特定的土壤和气候条件下，从而限制了不同条件下系统决策的广适性和准确性，降低了系统的通用性和灵活性。而农业生产系统具有结构复杂、影响因素多、时空性强等特点，单凭特定地区和领域专家的知识经验，难以完整客观地反映其动力学规律及在不同生态地区的表现特点。

(3) 知识库庞大：知识库中的知识规则越全面，其推理决策的效果就越好，这样就势必带来知识库复杂和庞大的问题。

(4) 使用不方便：目前，专家系统平台的出现为专家系统的二次开发提供了有效的工具，部分地解决了受地域性限制的问题。然而，要使用专家系统平台，新的用户必须按照平台的要求重新修改或替换知识库，而知识库的整理和填写是系统的关键技术，并非是件容易的事。

随着现代信息技术的快速发展，世界范围内农业专家系统的研究动态呈现出由简单到复杂、静态到动态、规则到模型、经验到机理、定性到定量的发展趋势。其中，知识规则的系统化和定量化表达成为农业专家系统发展的重要方向。因此，提高农业专家系统中知识规则的时空适应性和数字化水平，是智能化农业信息技术发展的必然要求。

3. 作物栽培学的发展和特点

作物栽培学是研究作物生长发育和产量、品质形成规律及其与环境条件和技术措施的关系，探索通过栽培管理、生长调控、优化决策等途径，实现作物高产、优质、高效、安全及其可持续性的理论、方法与技术的科学。近 50 年来，国内外许多学者围绕作物生长发育规律、光能利用和转化过程、产量与品质形成机理及其与环境因子和技术措施的关系，进行了深入系统的研究，确立了作物栽培学的原理与技术体系，促进了作物高产理论与区域栽培模式的不断拓展和完善。

20 世纪 50 年代，作物栽培学注重研究与作物生长发育有关的各种环境因子（光、温、水、肥、气等）及其变化规律，探索通过肥水运筹和其他调控措施来营造一个理想的作物生长发育环境，使作物能够实现合理的生育进程而取得丰产。国内作物栽培技术的研究和应用主要是总结和推广各地区域性和经验性的生产管理模式。

60 年代，日本学者松岛省三等从结构型栽培的角度探讨了水稻高产栽培的途径，提出了“最适粒数”、“最适叶面积”及高产稳产的群体和理想株型等一系列概念。作物栽培研究由对影响作物生长发育的环境因子拓展到了作物生长的外部形态指标特征。重点研究作物的株高、分蘖数、叶面积、叶色变化、穗数、穗粒数和千粒重等形态生理性状及其与栽培措施的关系，协调田间苗、株、粒和粒重的关系，以培育结构合理的群体，从植株空间结构上来提高光能利用率，从而达到高产。

70 年代，日本学者村田吉男提出了水稻“产量容器”和“产量物质”的概念，初步奠定了作物源库协调栽培的基础。以后，各国学者对源库在作物产量形成中的相对作用进行了深入研究，但结论不一。Enyi、村田、Yoshida 等认为源限制产量，增源增产；Venkates, Warlu 等认为，在热带或亚热带地区，产量似乎受源限制，而在温带地区，产量受库限制。曹显祖等提出还有一类品种介于两者之间，源库关系较为协调，称为源库互作型品种，同时他们还针对不同源库类型品种提出栽培对策，进一步发展了作物产量形成的源库理论。

80 年代后期，作物高产栽培研究逐渐从群体数量关系上转入群体质量关系。凌启鸿认为只有深入了解作物产量因素形成的规律，掌握产量因素形成的阶段性特征及其相应的群体数量与质量诊断指标，并因苗运用适宜的栽培调节措施，使各生育时期的各个体间和各器官间协调发展，才能使作物群体朝着高产的方向发展。高产群体质量指标体系及其优化栽培调控理论，使作物栽

培养研究工作的深度和广度都得到明显的提高。

90年代后期以来,作物栽培管理的目标已扩展到优质、高产、高效、安全、生态的综合生产体系;研究内容上更加突出器官、个体和群体质量指标及其与环境和技术之间的动态关系以及精确诊断和调控技术的综合运用;研究手段和方法上进一步借助系统科学和信息技术对作物生长和生产系统进行综合分析,通过研究和提炼定性或半定量的作物栽培理论与技术,实现作物栽培管理的精确化与指标化、规范化与标准化,改善作物栽培模式由于受气象、土壤、生产条件等多种因素的影响和制约而表现出的时空局限性。其中,基于作物模拟模型和专家系统的决策支持技术已经在国内外获得较深入的研究和广泛的应用,并产生了极大的社会、经济和生态效益。

当前,随着作物栽培学与新兴学科领域的交叉与融合,作物栽培管理不断向着精确化、定量化、智能化、普适性的方向迈进。因此,将信息技术应用于作物栽培学,研究、发展和集成作物信息技术中的关键技术,推进和实现作物信息栽培、智能栽培、精确栽培、数字栽培应是当今作物栽培学与农学研究和发展的重要方向。

4. 作物管理知识模型的诞生

综上所述,作物生长模拟模型、作物管理专家系统及作物栽培管理模式经过不断的发展和充实,已经形成了自身比较成熟的理论支撑和技术体系,各自表现出不同的内涵特点和应用价值。若能运用系统分析方法和数学建模技术来研究作物栽培管理中的知识表达体系,则可望兼得作物模拟模型、专家系统和栽培模式的优点,实现作物生产管理模式的动态化和数字化。这一技术思想的核心是解析和提炼作物生育及管理指标与环境因子及生产水平之间的基础性关系和定量化算法,创建具有时空规律的作物管理动态知识模型,具有较高的数字化程度和较广的适用范围,可用于生成不同条件下不同作物生产管理方案或作物栽培模式,例

如产量和品质目标的确定、品种选择、播期确定、移栽期确定、基本苗与播种量的设计、氮磷钾肥运筹、水分管理及生育调控的动态指标等。在确立这一技术思想的基础上，南京农业大学经过多年的研究和实践，系统地创立了主要农作物栽培管理的知识模型体系及决策支持系统，并取得了良好的应用示范效果。可以认为，作物管理知识模型的诞生和发展有助于解决传统农业生产管理专家系统和作物栽培模式地域性强、经验性强、定量化弱等难题以及作物生长模拟模型决策功能弱的缺点，为实现作物生产管理的精确化和数字化奠定基础；对于深化和推进作物信息技术及农业决策支持系统的研究和应用，提升作物栽培学和信息农学的发展水平，开拓数字农业和现代农业的新领域具有重大的学术意义和应用前景。

（二）作物管理知识模型的定义与特点

作物管理知识模型是在广泛收集及充分理解和分析作物生产管理专家知识和经验的基础上，利用作物生产理论与技术方面的已有研究资料，并结合必要的试验支持研究，借助系统分析原理和数学建模技术，对作物生育及栽培管理指标与品种类型、生态环境及生产水平之间的关系进行解析、提炼和综合而建立起来的定量化和系统化的动态模型。因此，作物管理知识模型是基于作物—环境—措施三者之间的关系而建立起来的定量描述作物生育及管理指标与环境因子动态关系的模型系统。模型主要包括播前栽培方案设计和产中动态调控指标设计两大部分。其中播前方案设计知识模型包括产量和品质目标的确定、适宜品种选择、播期确定、移栽期确定、基本苗和播种量的设计、肥料运筹和水分管理；产中动态调控指标设计知识模型包括适宜生育期、生殖发育（如穗分化）进程、群体茎蘖动态、叶龄动态、叶面积指数动态和干物质积累动态等生育指标动态，有效叶面积率、高效叶面积率和粒叶比等源库指标，以及植株适宜养分和水分状况的指标动

态等。

本质上讲，作物管理知识模型的研制需要综合作物模拟模型和农业专家系统的特色和优势，运用系统建模的方法来研究专家系统中的知识表达体系，创立具有动态决策功能的作物管理知识模型新体系。通过综合分析作物生育指标、环境因子、技术措施之间的定量化动态关系，突出模型的结构化途径、时空化规律、数字化算法和组件化设计，从而建立具有时空规律的作物管理动态知识模型，可用于生成不同条件下的作物生产管理方案，实现作物生产管理的动态化和数字化决策。因此，与传统的作物栽培管理专家系统和作物栽培模式相比，作物栽培管理知识模型应该具有以下几个显著的特点：

(1) 普适性强：知识模型定量描述了气象、土壤、品种、生产水平等与作物生长发育和管理技术指标之间的动态关系，克服了传统作物栽培模式及农业专家系统中经验性知识规则的时空适应性差等弱点，原则上能用于不同地点、土壤和生产条件下的作物生产管理决策。

(2) 高度精练性：知识模型用定量化的数学模型代替了传统专家系统中一条条经验性知识规则，实现了定性、半定量到定量化和数字化的升级，较好地解决了传统专家系统中知识库庞大的问题。

(3) 实用性好：知识模型的使用不需要用户添加任何专家知识规则，所要提供的只是当地的气候、品种、土壤和生产条件等基础数据，方便了用户的使用。

(4) 独立性好：系统中的各模块均可做成自动化软构件，可修改性强，能即插即用，从而便于系统的理解、维护、升级和推广。

(三) 作物管理知识模型的作用与意

作物生产系统的多因素性和随机性导致其显著的区域性和时

空变异性，从而使得作物生产管理专家难以综合考虑多因子互动、预测作物生长趋势并量化栽培技术措施。计算机和信息技术的快速发展为作物生产管理的现代化和信息化提供了新的方法和手段。近二十年来，作物系统模拟模型和作物管理专家系统成为国内外农业信息技术研究与应用的中心和典范，通过结合与集成其他关键技术而建立的农业生产管理决策支持系统，已经在国内外获得广泛的应用和认可。

然而，传统的农业专家系统存在动态预测功能弱、时空适应性窄、知识库庞大及使用不方便等弱点。目前，专家系统平台的出现为专家系统的二次开发提供了有效的工具，部分地解决了受地域性限制的问题，然而要使用专家系统平台，新的用户必须按照平台的要求重新替换或修改知识库，而知识库的整理和填写是系统的关键技术，需要一定的知识基础。另一方面，数学模型的发展和应用在一定程度上弥补了上述专家系统的不足，同时也使作物生产的定量化研究得到进一步发展。以往的作物模型研究大多偏重于机理性的作物生长模拟模型，强调土壤—作物—大气环境的深层知识信息。然而，机理性强的作物模拟模型其应用性比较弱，为此人们逐渐把注意力转向农业实用领域，希望用系统学方法辅助对作物生产系统进行定量研究和管理决策。国内外作物生产管理决策支持系统的研制表现为由局部性到整体化、由区域性到通用性、由经验性到机理性、由智能化到数字化的发展态势。如何提高系统的完整性和解释性，改善系统的决策性和适用性，开拓数字农业原理在现代作物生产管理上的应用是农业信息技术研究中面临的一个迫切需要解决的课题，也是数字农业发展的核心和基础。

运用系统分析原理和动态建模技术来研究作物生产系统的专家知识表达体系，以作物生育指标、环境因子、技术措施之间的定量化动态关系为主线，突出系统研究的结构化途径、时空化规律、数字化算法和组件化设计，从而建立具有动态决策功能的作

物管理知识模型，可用于生成不同条件下的作物生产管理方案，实现作物生产管理的数字化、信息化和科学化。因此，作物管理知识模型的创建，不仅有助于揭示生态环境和农艺栽培措施与作物生长发育及产量和品质形成的内在关系和机制，实现区域化和经验性作物栽培管理模式的系统化整合和科学化表达；同时实现了作物模拟模型的动态预测功能与专家系统管理决策功能的有效耦合与集成，形成了模型化的专家系统和决策性的系统模型，从而提升了作物信息技术的发展水平，开拓了数字化作物栽培管理决策的新领域，为数字农业和信息农业的发展奠定了良好的基础。

二、作物管理知识模型研制的基本原理

作物管理知识模型的研究涉及作物学、农艺学、气象学、土壤学、生态学、系统学、统计学、信息学与计算机科学等多学科原理和技术的综合运用，因此对研究者的专业领域和知识背景提出了较高的要求。对于一个广适性的作物管理知识模型而言，最重要的技术基础可能是作物生理学、作物生态学和作物管理学的原理、系统分析方法及计算机软件著作权技术。其中作物栽培学的理论与技术是建立概念化知识模型直至量化模型的关键，系统分析方法是作物管理知识模型研究的基础，而计算机软件著作权是知识模型研究的辅助工具。

（一）系统分析方法

总体上讲，系统是一组相关成分的集合。因此，系统既有结构性，又有整体性，可以分解成不同的结构成分，也可合成为一个整体系统。系统研究可分为两个主要的领域或阶段，即系统分析和系统合成。系统分析是将一个系统分解成主要成分，研究系统的成分及其间的关系，提供系统的定量描述（系统模型）来预

测系统的行为。系统合成主要研究如何运用从系统分析中获得的知识或系统模型来改良系统（系统控制或系统管理）或设计新系统（系统设计）。

描述系统组成的基本属性是系统的成分、系统的界面、系统的环境。其中，系统成分是构成系统的内在实体元素，系统环境是影响系统行为的外部因素，系统界面是系统的内在成分与系统环境之间的分界线。运用系统分析的原理和方法可以更好地解析作物生产系统中作物生育指标、环境因子、技术措施之间的定量化动态关系，从而建立基于环境和技术影响的作物管理系统的动态知识模型。

（二）机理性与经验性的关系

机理性和经验性是作物系统模型的两个重要的特征，任何一个模型都有一定的机理性和经验性，只是相对比例的变化，使得其功能和作用也不尽相同（图 1-2）。

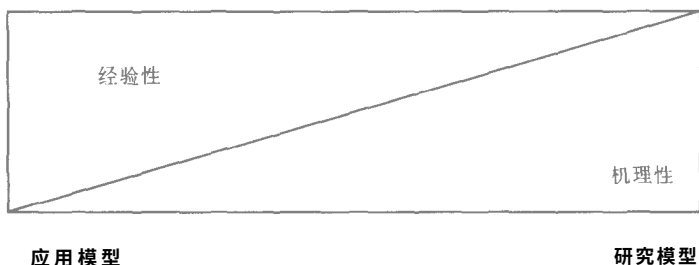


图 1-2 作物系统模型的机理性与经验性的关系

作物模型机理性或经验性的选择取决于以下 3 个因子：

- （1）应用与研究：应用性模型有较强的经验性，研究性模型则注重机理性。
- （2）资料的可用性：丰富的资料可深化对机理性过程的认识。