

作物生产系统及其管理系统

董占山

(中国农业科学院棉花研究所 安阳 455112)

摘要 概述了作物生产系统概念、特点、结构与组成,指出现代作物生产管理系统是计算机科学、农业科学和自动化科学相互交叉的产物,其理论基础是系统论(作物模拟模型或称为人工作物)、控制论(作物管理专家系统)和优化决策论(作物管理优化决策模型),其未来发展方向是高度集成化和自动化等,要综合运用作物模拟技术、知识工程技术、地理信息系统、全球定位系统和遥感技术等现代技术,建立集成的作物生产管理系统。

关键词 作物 生产管理系统 专家系统 模拟模型

Crop production system and its management system. Dong Zhanshan (Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455112), *EAR*, 1998, 6(1): 64~68.

Abstract The definition, properties, structure and components of crop production system and the definition of crop production management system are explained. It was pointed out that crop production management system (CROPMAN) was an overlapping science of computer science, agricultural sciences and automation science, and its essential principles consist of crop simulation, crop management expert system and models for optimizing cultural measurements. The further development of CROPMAN would lead to high automation management of crop production. It was needed to integrate Geographic Information System, Global Positioning System, Remote Sensing, crop simulation and knowledge engineering into CROPMAN.

Key words Crop, Production management system, Expert system, Simulation model

耕地、粮食、人口、环境是当今世人关注的几大热点。在耕地减少、人口骤增的发展中国家,各种矛盾尤为突出。解决问题的关键在于充分利用并维护有限的自然资源,发展作物生产,提高单位面积产量,走农业可持续发展之路。要达到这些目标,必须用系统论观点,把作物生产过程视为作物生产系统,深入研究作物生产过程中各因素相互作用的规律,探求“两高一优”的作物生产管理措施,为国家的稳定、发展提供粮油等最基本的物质保障。

1 作物生产系统

随着科学技术的发展,现代农业逐步取代靠天吃饭的传统农业,农业(作物)科学也逐步由经验科学变为精密科学。人们开始用系统论的基本思想来重新认识作物生产,把作物

收稿日期:1996-08-05 改回日期:1997-03-01

生产过程视为一个系统,具有系统输入,经过系统内部功能结构(作物有机体)加工处理,最后以农产品形式输出系统外。

1.1 定义与特点

作物生产系统是以农业生物、气候、土壤和社会经济为物质基础,由人类采取多种生产管理措施来调控,以作物有机体为生产主体,以获取作物有机体的某一部分(产品)为目的,同时兼顾经济、社会和生态效益,有利于农业可持续发展的人工与自然的复合系统。作物生产系统由作物、环境、技术、经济四大要素所组成,其特点一是作物生产系统是一个人工和自然的复合系统。该系统首先是一个多层次、多序列、多结构自然生态系统,是系统内生物与生物、生物与环境、环境与环境以物质循环和能量交换建立起的纯自然部分,且具有一定生产能力。该系统又是一个人工系统,不断受到人类各种农艺措施的影响,其发展道路会偏离其自然生长轨道,沿着人类设计的轨道进行;二是作物生产系统是一个复杂系统。作物生产过程是一个复杂的系统过程,其复杂性既表现在地域性、季节性和生物性等方面,又表现在人为性、经济性和社会性等方面;既要按照生物自身固有的生命活动规律进行,又要按照人类活动所必须遵循的社会规律进行。作物生产活动是人类通过生态、社会经济、技术管理等诸要素间相互作用实现自然过程和人为过程的统一。系统内部各要素之间关系是复杂的非线性关系,所以作物生产系统是一个复杂的非线性系统;三是作物生产系统是一个开放系统。作物自身生长过程是一个内部结构、特性和机理都尚未完全搞清楚的“黑箱”,但其输入和输出是透明的,可以定量计算。作物品种、气候、土壤以及农艺措施作为输入,通过作物有机体,将这些输入的物质或能量转化为特定的有机物质,如蛋白质、糖、纤维素等,伴随作物的开花结果,生产出人类需要的那部分产品,形成系统输出,完成作物生产过程的一个周期。在这些过程中,输入系统的物质和能量可通过某种手段精确定量,系统输出的产品也可定量。

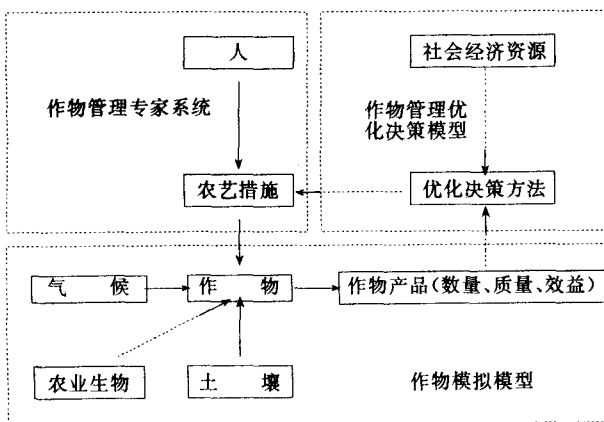


图 1 作物生产系统示意图 *

Fig. 1 Sketch map of crop production system

* 实线箭号为物质流,虚线箭号为信息流

1.2 结构、组成与功能

作物生产系统大体分为自然生态和社会经济两大部分,自然生态即作物生态系统,包括气候、土壤、农业生物、作物及其产品;社会经济属农业经济范畴,包括人、农艺措施、社会经济资源及优化决策方法等(见图 1)。

优化作物生产系统的各组成部分之间应协调平衡、相互促进、转化率高,总体功能越来越好,可为人类提供越来越丰富的农产品。现代作物生产是用现代科学技术和管理的

新思想、新方法、新技术以及现代工业提供的一系列新生产力要素(如农机具、化肥、农药和电力等)改造传统作物生产活动,使之合理、优化利用资源,不断提高土地生产率,实现作物生产高产、稳产和低耗。

2 作物生产管理系统

由于作物生产系统具有复合性、复杂性和开放性,其管理更加困难。在管理作物生产时,首先要了解作物的生长发育规律(建立作物模拟模型);然后根据这些规律性,对系统平衡人为进行调整(建立作物管理专家系统),以达到作物高产、稳产和优质、高效的目的(建立作物管理优化决策模型),将这 3 部分有机结合即形成作物生产管理系统的框架。

2.1 定义

目前,作物生产管理系统是指用计算机将作物模拟模型、作物管理专家系统、作物管理优化决策模型和其他辅助模型有机结合,充分利用人类专家有关作物生产的已有知识,依赖作物生产中作物自身生长的反馈信息,对作物生产日常管理及具体问题进行现场式的在线式管理决策,这是一种高度综合的计算机程序系统。

2.2 理论基础

作物生产系统主体(作物)的生长发育遵循其自然准则,即作物生态学原则。作物生产系统的基本理论是系统论,其主要控制者(人)通过对系统施加一定的外力(农艺措施)影响系统的行为,即人在某种程度上控制作物的行为,这是作物生产管理的基本依据,研究人如何控制系统行为的基本理论是控制论;但人对系统的控制均存在某种或多种目的,为使系统实现目标,应综合考虑外力的正负效应对其进行优化,协调各种目标,这需要优化决策论;因此,作物生产管理系统的理论基础是系统论、控制论和优化理论。在作物生产管理系统的研究中,作物模拟模型体现了系统论,作物管理专家系统体现了控制论,作物管理优化决策模型体现了优化决策论。此外,计算机科学基本理论亦必不可少。

2.2.1 系统论——作物模拟模型

系统主体(作物)对系统各组成部分和影响系统的各要素做出反应可用数学语言描述,并用计算机程序模拟作物自然生长。

作物模拟模型是利用计算机程序模拟作物在自然环境条件下利用光能资源把水和 CO_2 合成有机物的过程(包括光合作用、呼吸作用、作物生长、干物质积累与分配等生理生化过程)、作物组织及器官的建成与死亡过程和作物产品形成过程等,同时还包括作物需要的矿质元素在土壤中的分配、移动和被作物吸收的过程。这些过程既决定于作物本身特性,同时也受到外界环境条件制约,包括太阳辐射、温度、水分、 CO_2 等气候因子和土壤质地、肥力等土壤因子,还包括人类活动等人文经济、环境条件,其中对作物生产作用最大的是气候因子。

研制一个较完善的作物模拟模型需要多学科研究人员长期努力才能实现。作物模拟模型作为作物生产管理系统的核心组成部分,对作物生产管理决策系统的适用范围有较大的决定性。

2.2.2 控制论——作物管理专家系统

作物生产系统主体(作物)的生长发育过程是可以控制的,人通过对系统施加不同外力(农艺措施等)可控制系统主体(作物)沿不同道路发展,最后取得不同结果,故人对作物生产的控制切实可行且有现实意义。对系统施加何外力(措施)可使系统沿何方向发展是专家在作物生产中多年积累的经验。这种专家经验包含许多不确定因素,很难用数学方法表达出来,目前处理这种经验的主要手段是知识工程学中的专家系统技术。

作物管理专家系统是将作物管理专家的知识和经验规则化、具体化后用计算机程序表达出来,形成特定的知识库,通过具有推理功能的智能计算机程序操作管理,对具体作物生产领域的问题提出解决方案,辅助作物生产者实现对作物生产各个环节的管理。

2.2.3 优化决策论——作物管理优化决策模型

任何决策均存在优化问题。农业生产目的是多目标的,不仅要取得高产,还要求取得较好的经济、社会和生态效益,因此必须优化作物生产管理系统。

作物管理优化决策即综合运用各种优化理论,根据某地自然资源和社会经济资源等具体配置,在充分考虑作物产量和品质前提下,对作物生产过程的管理措施提出经济、生态和社会的优化决策,使作物生产活动最优化。作物管理优化决策模型在作物生产中起着辅助决策功能,帮助专家或专业人员处理实际问题,以达到最优的作物产品及最佳的经济和生态效益,并向用户推荐优化决策方案。

3 典型应用实例

“八五”期间,中国农业科学院棉花研究所研制的黄淮海地区棉花生产管理系统(COTMAS),就是运用上述理论建立的作物生产管理系统,该系统由棉花模拟模型(GOSSYM)、棉田管理专家系统(CMES)、图形用户界面(GUI)和数据库组成,可对棉花生产管理中的N肥、水和植物生长调节剂(缩节安)管理提供辅助决策。该系统主要功能如下:

灌溉日期与灌溉量决策 根据水分胁迫、灌溉对最终产量的效应和距成熟期的时间进行决策。棉花模拟模型预报由于缺水而引起的水分胁迫时间,然后根据棉花各时期的需水量初定灌溉基量,棉田管理专家系统通过多次执行棉花模拟模型制定出减轻或消除水分胁迫的灌溉方案。

施N肥时间与用量决策 根据N素胁迫、施N肥对最终产量的效应和对营养生长的作用来决策。棉花模拟模型预报由于缺N肥造成的N素胁迫时间,然后根据预期皮棉产量推算出作物需N肥量,再由棉田管理专家系统通过多次执行棉花模拟模型制定出减轻或消除N素胁迫的施N肥方案。

植物生长调节剂决策 植物生长调节剂能降低株高,促进光合产物向生殖部分分配,缓解营养生长过快带来的负效应。缩节安是当前我国最流行的植物生长调节剂,其使用时间和用量依棉花生育状况而不同,一般正常年型下蕾期喷施 $0\sim 15\text{g}/\text{hm}^2$,初花期喷施 $30\sim 60\text{g}/\text{hm}^2$,花铃期喷施 $45\sim 60\text{g}/\text{hm}^2$ 。棉花模拟模型能模拟缩节安的实际使用效果,然后由棉田管理专家系统对缩节安的使用日期和用量作出决策。

估算皮棉产量 利用棉花模拟模型可提前1个月左右估算棉田皮棉产量,但尚未能预测大面积棉田皮棉产量。

4 发展趋势

随着计算机科学、自动化工业、航空航天技术的发展以及智能机器人的不断涌现,部分或全部工业操作将被智能机器人所代替,作物生产中的某些过程也开始使用机器人,最终将以越来越多的机器人代替人类在田间进行作物生产管理。

作物生产管理系统的进一步发展将以计算机软件为基础,以智能机器人为支持硬件,

综合作物生产过程的各种知识、信息于一体,由计算机对作物生产全过程提供综合决策,通过智能机器人田间操作实现作物生产过程完全自动化的综合软件和硬件的组合系统。

作物生产管理系统的的发展趋势是高度智能化、综合化和自动化。高度智能化是指作物生产管理系统中的专家系统越来越成熟,逻辑推理功能逐步增强,决策准确率提高,同时增加自学功能,使系统在实例决策中积累知识。高度综合化是指作物生产管理系统不仅包括作物模拟模型、作物管理专家系统和作物管理优化决策模型,还将与地理信息系统、全球定位系统、遥感技术等高新技术结合,形成集成的作物生产管理系统。高度自动化是指集成的作物生产管理系统自身逐步具有控制田间作业机器的能力,实现田间作业自动化,最后充当作物生产自动化的主角。

5 小 结

作物生产管理系统是近年兴起的一门新技术,是多学科交叉发展的产物,计算机科学与农业科学的交叉在其发展过程中起着举足轻重的作用,自动化科学、航空航天技术、遥感技术在今后发展中也将成为其基本技术和理论依据。

作物生产管理系统的开发和研制需多学科科技工作者协作才能完成。如作物模拟模型研制需综合气象学、植物生理学、土壤学、农学知识和计算机编程技术;作物管理专家系统研制则需作物管理专家和人工智能工程师密切合作。该系统开发一方面需要在人工控制条件下进行精确试验研究,在不同生态环境条件下进行大量大田试验,以检验系统的有效性;另一方面需要进行大量计算机编程和调试工作。

随着计算机技术的飞速发展,超级微机和多媒体技术将使原来许多由微型机难以实现的算法以及大型软件系统得以实现,研制大型综合的、多作物的生产管理系统也将成为可能。今后将与地理信息系统和全球定位系统复合,通过智能机器人与高度集成化的计算机软件相结合,实现农业生产高度自动化,走向信息时代的现代农业。

参 考 文 献

- 1 董占山,韩湘玲.黄淮海地区棉花生产管理系统.自然资源学报,1996,11(2):164~169.
- 2 韩湘玲等编.作物生态学.北京:气象出版社,1991.189~197.
- 3 汪定淮,刘尚义,沈烈等.作物养分平衡与高产栽培——兼论作物栽培科学现代化.北京:北京大学出版社,1991.