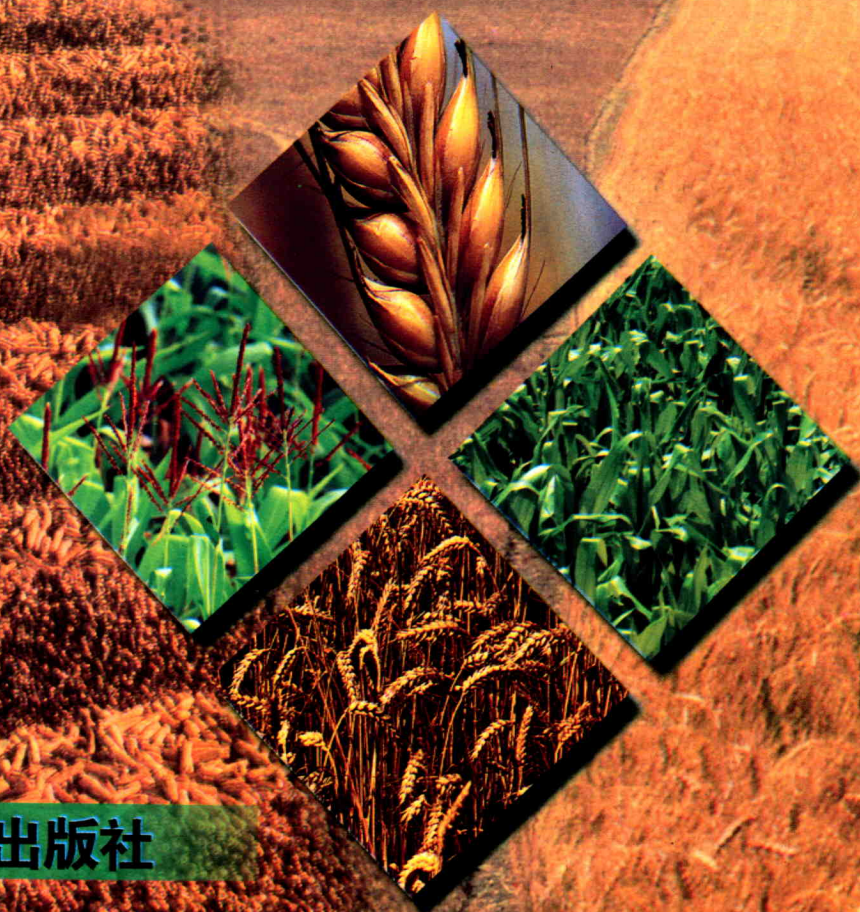


PLANTING

小麦玉米栽培 管理专家系统

肖明 章建新 蒋平安 著



新疆大学出版社

小麦玉米栽培管理专家系统

肖 明 章建新 蒋平安 著

捐赠

新疆大学出版社



新疆维吾尔自治区图书馆 XT0-0826876

内 容 提 要

本书系统地介绍了小麦玉米栽培管理专家系统(WMpmcES3.0)的总体设计、各子系统构建的原理、方法和模型、系统的操作和使用方法。系统由九个子系统组成,包括十三个功能模块,是以小麦和玉米生长规律统计模型及栽培管理专家经验为基础,面向生产全过程的多目标决策支持系统。通过运行该系统,可以帮助用户评价当地小麦和玉米的气候与土壤生产潜力,制订一套完整的整地播种、产量结构、配方施肥、合理灌溉方案,诊断病虫害类型,提出防治技术措施,并通过栽培管理子系统实施和动态调控,来达到目标产量。可以实现以地定产,以产定地;以产定水,以水定产的灵活生产管理。

书中内容丰富,可供计算机在农业中的应用、农业信息化、农学和土壤肥料等专业的科研、教学、生产管理、技术推广工作人员及大专院校有关专业师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

小麦玉米栽培管理专家系统/肖明,章建新,蒋平安著.

乌鲁木齐市:新疆大学出版社,2002.12

ISBN 7-5631-1636-2

I.小… II.①肖…②章… III.①小麦-栽培-专家系统②玉米-栽培-专家系统 IV.S51-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第105508号

小麦玉米栽培管理专家系统

肖明 章建新 蒋平安 著

新疆大学出版社出版发行

(乌鲁木齐市胜利路14号 邮编 830046)

新疆农业大学印刷厂印刷

787×1092 1/16 8.5印张 200千字

2002年12月第1版 2002年12月第1次印刷

印数:1—1 000

ISBN 7-5631-1636-2/S·19 定价:20.00元

前 言

信息技术与生物技术是 21 世纪农业发展的两大支柱，也是新的农业科技革命的重要突破口，农业信息化将是 21 世纪农业现代化的重要标志之一。国家在国民经济和社会发展第十个五年计划纲要中，重点提出了发展信息技术产业及利用高新技术改造传统产业，发展农业，提高农民收入的问题，这将会进一步推动农业信息化的发展。

目前，我国农业虽然取得了很大的成绩，但是相对劳动生产率仍然很低，农业仍然主要依靠土地资源的再开发和劳动力密集作业。在农业基础设施装备、农业技术操作以及农业经营管理等方面的信息化建设严重滞后于国民经济发展，也远远落后于发达国家，中外农业的数字鸿沟在拉大。必须大幅度提高我国农业智能化水平，增强农业创新能力，解放生产力，才能应对入世农业面临的严峻挑战。

信息化是制约农业快速发展的瓶颈之一，在新的历史条件下，没有农业和农村的信息化，就谈不上整个国民经济和社会的信息化。当前，我国信息技术的高速发展与信息基础设施的逐步完善，为实现农业的信息化奠定了基础，为农业的高速可持续发展，提供了良好的机遇。

农业信息化的实施，使得农产品市场供求动态信息服务能以订单方式确定，并能根据当地土壤特点、基础肥力状况、土壤水分和养分动态、品种特性、气象预测、病虫发生预测等指导作物布局、生产中的水肥管理和农药使用等，避免种植和管理上的盲目性，保护和节约资源，减少环境污染，提高效益，从而保证农业的可持续发展，确保农业经济和农民收入稳定增长。

农业信息化也是增强农业自我发展能力，增加农民收入的有效途径，是提高农业市场化程度和农民科学文化水平的有效途径。

以农业系统模型、农业专家系统为基础和核心所开发的农业生产管理决策支持系统，称智能化农业计算机信息系统。其内容包括提供智能化的作物（如小麦、玉米）生产管理咨询服务；提供作物综合的农业技术信息服务；提供新技术、新方法。它采用知识工程、人工智能和计算机技术集成农学领域的专家知识（规则性、描述性）、模型、科技成果、实践经验和有关信息数据，建立起根据作物、环境、生产过程、措施四者之间相互关系的综合性生产管理系统，推荐出优化生产方案，通过大面积推广，解决农民科技文化素质差、高水平领域专家和农业科技人员不足及农产品市场化弱等现实问题。同时，信息技术的应用将大大改变农业生产规模小、时空变异大、定量化程度差、稳定性和可控程度低等行业性弱点，对推动科技进步具有重要现实意义。

国家科技部、农业部和各省市对农业信息技术的发展极为重视。“九五”期间，通过国家科技攻关项目，863 计划等给予了大力支持，取得了可喜的成绩。各地相继开发了不同的农业决策支持系统，部分已在互联网上运行。

新疆是一个农业大区，也是小麦和玉米的高产区，土地面积连片规模大，管理机械化程

度高,急需性能稳定、方便实用、功能齐全的综合性生产管理专家系统。使整个农业生产和管理尽快走向信息化,实现大农业的战略。

本项目正是基于此背景和目标,由新疆维吾尔自治区科技厅支持立项的“九五”攻关项目。经过7年的工作,圆满地完成了项目计划任务,并将科研成果汇集成本专著奉献给读者,以便交流探讨,为促进农业信息化的发展尽绵薄之力。

本项目研究分为三个阶段:第一阶段(1996~1998年),在南北疆布置田间试验,研究小麦、玉米高产水肥需求规律,收集整理资料、建立配方施肥模型。第二阶段(1998~2001年),进行系统的设计、编程和各子系统田间验证。第三阶段(1999~2002年),完成系统的修改、调试和完善。

专家系统的成功与否,关键在小麦玉米栽培管理知识、经验的获取数量和质量及总体设计是否方便实用,符合大规模现代化的农业生产管理。因此,研究中突出高产区试验研究和生产资料的完整获取及已有成果的充分利用,有了高产的现实才有高产的系统。其次利用先进的工具软件突出模型的研究,如土壤潜力评价模型、配方施肥系列模型、小麦产量结构统计模型等,使系统的通用性和实用性大大提高。

项目开发的小麦玉米栽培管理专家系统 WMpmcES3.0,具有方法先进、功能齐全、通用性强、操作灵活方便的特点,适宜大面积推广应用。有经验、有资料和缺少经验与资料的用户都可以使用;种植者和管理者,大农场与小农场都可用于指导小麦和玉米生产。

WMpmcES3.0各子系统可以生成自己的文件,也可以整体一致运行形成系统的两张卡片文件,这两张卡片既是管理措施的量化指标,也是条田的档案记录,为耕地的科学化管理提供了方法和手段。同时,该系统也是一本非常好的教科书,通过浏览也可获得很多知识。

系统的主要功能是进行春麦、冬麦和玉米优化种植方案制定与动态栽培管理,即与气候、土壤、生产过程相结合,统筹分析确定目标产量,制定整地和播种方案、产量结构指标,配方施肥与灌溉方案及生长期动态调控措施。可以实现以地定产,以产定地;以产定水,以水定产。系统分为九个子系统,十三个功能模块,即气候潜力评价、土壤生产潜力评价、目标产量、播前整地、播种、播前品种推荐块、配方施肥、合理灌溉、调控栽培管理、病虫草害诊断与防治、系统维护、系统帮助和文件系统等功能模块。本书系统地介绍了小麦玉米栽培管理专家系统(WMpmcES3.0)的总体设计、各子系统的原理、方法和模型等,并介绍了系统操作和使用。

全书共分八章,各章撰写人:第一章(蒋平安,肖明),第二章(肖明),第三章(肖明,章建新),第四章(肖明,蒋平安),第五章(肖明),第六章(肖明,章建新),第七章(肖明),第八章(肖明,蒋平安)。由肖明、蒋平安统稿。

本项目由烟台大学与新疆农业大学共同主持完成。参加单位及人员有烟台大学(肖明、赵立伟、张瑶、张启宇),新疆农业大学(章建新、蒋平安、潘静娴、孙西铭、马林、陈暑晃、武红旗、盛建东),农二师21团(梁新元、程伟、刘艳萍、李兰珍、王少槐、王作山),昌吉市农业技术推广站(王嵩柏),农五师87团(王如欣、郑金梅、申健)及乌鲁木齐市气象局(梁云)等。6年来,得到新疆科学技术厅、新疆农业大学、烟台大学、新疆生产建设兵团农二师、农五师和昌吉市有关领导及部门的指导和支持。在此,我们谨对关心本课题研究 and 提供方便的各方面专家、工作人员表示衷心的感谢!

肖 明

2002年9月于烟台

目 录

第一章 农业专家系统概述

- 1.1 研制与推广农业专家系统的意义 (1)
- 1.2 农业专家系统发展概况 (1)
- 1.3 专家系统的基本技术 (2)
- 1.4 小麦玉米优质高产栽培技术专家系统 (3)

第二章 气候土壤潜力分析

- 2.1 问题的提出 (6)
- 2.2 模型的设计与实现 (6)
- 2.3 小麦生产潜力评价方法与知识 (7)
- 2.4 玉米生产潜力评价方法与知识 (13)
- 2.5 气候生产潜力评价子系统设计 (18)
- 2.6 土壤生产潜力评价 (19)

第三章 播前措施

- 3.1 播前整地措施 (23)
- 3.2 品种推荐子系统 (26)
- 3.3 播种 (31)

第四章 配方施肥

- 4.1 配方施肥模型 (44)
- 4.2 配方施肥方案 (51)
- 4.3 小麦玉米配方施肥子系统设计 (54)

第五章 灌溉决策系统

- 5.1 灌溉方案和灌水制度 (57)
- 5.2 灌溉方法与灌溉制度知识 (63)
- 5.3 灌溉子系统设计 (65)

第六章 调控栽培管理

- 6.1 田间栽培管理生育阶段划分 (67)
- 6.2 春小麦调控栽培管理 (68)
- 6.3 冬小麦调控栽培管理 (75)
- 6.4 春玉米调控栽培管理 (84)
- 6.5 调控栽培管理子系统设计 (91)

第七章 病虫草害诊断与防治

- 7.1 系统功能与结构组成 (95)
- 7.2 病害诊断与防治 (97)
- 7.3 虫害诊断与防治 (101)
- 7.4 草害防治 (104)
- 7.5 系统知识获取与维护模块 (104)

第八章 小麦玉米栽培管理专家系统使用方法

- 8.1 系统运行环境、安装和维护 (107)
- 8.2 系统操作 (108)

第一章 农业专家系统概述

农业专家系统是把人工智能的专家系统技术应用于农业领域的一项高新技术，它是农业领域内大量专门知识与经验的程序系统。目前，正成为我国农业信息技术应用发展的热点，国家科技部明确提出：以农业专家系统为突破口，发展我国农业信息技术。

1.1 研制与推广农业专家系统的意义

农业专家系统对我国农业发展产生的独特作用表现为：

(1) 我国农村土地分散，耕作习惯不一，而农业的区域性很强，受气候、土壤、品种、病虫害等多种环境条件的影响。农业专家系统能够帮助分析、推断，给出因地制宜，因时而宜的具体方案。

(2) 我国农村广大农民文化水平低，科学种田的基础差。农业专家系统能够根据当地的具体情况，给出直观、浅显和准确的意见，指导农民科学施肥、防治病虫害、田间管理等。

(3) 我国农业专家严重缺乏，很难深入农家进行指导。农业专家系统可以代替专家，尤其可以汇集专家群体的智慧，长期“蹲点”在农村，计算准确，反映速度快，“记忆力”强，绘声绘色地将农民难以买到的农业专家头脑中的先进技术，有效地传播给广大农民。

(4) 由于我国农业过去技术基础薄弱，数据收集和积累困难，优化建模、专业数据库建造和应用等方面存在不少问题。而农业专家系统对于处理专家的经验知识，以及包括数学模型在内的各种知识、信息、数据，尤其是它们之间的有机结合等十分有效。专家系统区别于一般电子科普书，它具有分析、推理、计算及多种综合功能。

(5) 农业专家系统能与数据库、地理信息系统、信息网络、优化模拟、决策支持系统、多媒体等许多高新技术有效结合，可以把生产管理和市场经济、宏观决策相互有机配合，达到农业信息技术的综合应用。

总之，根据我国国情，农业专家系统在指导农民科学种田，实现优质、高产、高效，提高广大农民和基层农业技术人员的技术水平，发展可持续农业等方面，将发挥重要作用。

1.2 农业专家系统发展概况

将专家知识和机理模型结合建立的智能化农业专家系统，是农业信息技术的重要关键技术。它起始于 20 世纪 70 年代后期，正式投入实用是 80 年代中期。具有代表性的是美国农业部农业研究中心和全国棉花委员会合作于 1986 年研制成功的棉花专家系统 COMAX/GOSSYM，它是基于模拟棉花生长发育过程和水分营养在土壤中传递过程模型 GOSSYM 建造的专家系统。它给出施肥、灌溉的日程表和脱叶剂的合理施用，给出棉花生产最佳管理方案，已在美国主要棉产区密西西比河三角洲和南卡罗林纳海滨应用成功。近年来又改进研制出新版本 Cottonplus。美国加州大学 Davis 分校研制的 CALEX 系统，是又一成功的例子，它后

来发展成为专用于农业生产管理的专家系统开发工具,开发了 CALEX/COTTON 和 CALEX/PEACH 等棉花、桃园管理的专家系统。另外 CERES、MACROS 等生产管理系统,均是基于生长发育模型的计算机智能系统。日本、欧洲建立了运用于牛奶生产和蔬菜花卉温室设施的生产管理专家系统。1992 年 8 月在我国黄山召开的农业专家系统国际会议和 1996 年在荷兰召开的国际计算机技术应用于农业的学术会议等,发表和介绍了上百个农业专家系统,应用于作物生产管理、肥料推荐、灌溉、品种选择、病虫害控制、温室管理、果园管理、牛奶生产管理、牲畜环境控制、土壤保持、食品加工、粮食储存、环境污染控制、市场分析、农机选择、农机故障检测等。

我国农业专家系统的研究始于 80 年代初期。在国家“863”计划、国家自然科学基金、国家科技攻关的资助与各级政府部门支持下,许多科研院所、高等院校开展了各种农业专家系统的研究、开发及推广应用。如中科院合肥智能所和安徽省农科院土肥所合作,于 1985 年完成了“砂姜黑土小麦施肥专家咨询系统”,并在淮北平原 10 多个县得到大规模推广应用。“七五”国家攻关项目专题“农业专家系统”,由合肥智能所牵头和中国农科院等单位承担了施肥、育种、虫害测报、园艺等 6 个专家系统课题。其中,合肥智能所的“施肥专家系统”被评为国家“七五”科技攻关重大成果,研究开发的 20 多个包括 10 多种作物的施肥专家系统,在 10 多个省近 200 个县推广应用。90 年代以来,“863”计划智能计算机主题支持合肥智能所开展“农业智能应用系统”的研究与应用,研制了棉花、水稻、芒果等多种作物的生育全程调控和农事管理专家系统,以及鱼病防治、苹果生产管理专家系统。1996 年开始,中科院合肥智能所、北京市农科院等单位,在北京、安徽、吉林、云南、新疆等地建立国家级智能化农业信息技术应用示范工程示范区。同时,国家自然科学基金委对合肥智能所资助了“农业知识工程应用基础研究”、“大型智能系统中多项技术集成研究”以及重点基金“基于数据库与知识库的知识发现及农业应用系统的研究”。另外,“八五”、“九五”期间国家科委、农业部和一些省市也安排了农业专家系统的科技攻关项目,例如中国农科院和有关省农科院承担了农业部下达的育种、畜禽等专家系统;中国农科院畜牧所承担国家“八五”攻关“猪鸡饲料营养参数及饲料配方新技术研究”;新疆农业大学在“九五”科技攻关中开发了棉花优质高效栽培技术专家系统、基于 GIS 平台的棉田土壤养分管理与推荐施肥系统、小麦玉米优质高产栽培技术专家系统等。1998 年 12 月,国家科技部召开全国农业信息化科技工作会议,提出以农业专家系统为突破口,发展我国农业信息技术。十多年来,各地在农业信息技术产业化方面均有重要进展,为下一步产业化奠定了良好基础。

1.3 专家系统的基本技术

农业专家系统的主要技术基础是人工智能学科的专家系统技术。人工智能是用计算机来模拟人的智能,它不同于通常的数据处理、算法设计和数学建模,主要用于解决不能用数学模型表示的、以经验性知识为主的不良结构问题。专家系统的技术基础是人工智能的知识表示技术和问题求解技术,知识和推理构成专家系统的两大要素。

1.3.1 知识获取与知识表示

专家系统是基于知识的系统(knowledge-based system)。如何从领域专家、书本资料或数据实例中抽取该专家系统所需要的知识,以及如何将领域知识和专家经验有效地表示成计算机能够工作和运行的形式是专家系统的主要“瓶颈”。目前,主要的知识表示形式有产生式规则、框架、语义网络等几种形式,用户可以根据所开发系统的特点选用一种或几种知

识表示形式。

1.3.2 知识运用

即如何对放在知识库中的知识进行控制与操作,实现问题求解。采用的主要方法是搜索和推理。推理机是整个专家系统的控制中心,整个系统依靠它去运行知识库和其他机构,解决用户提出的问题。目前,比较成熟的控制策略主要是推理策略,有正向推理、反向推理、混合推理和不确定性推理等四种推理方式。

(1) 反向推理

反向推理是一种“假设-测试”的思维模式,先假定一个目标,然后去测试,寻找以此目标为结论的规则集,检查规则集中各个规则的条件项是否为真,由上向下递归查找,直至选择到某一目标为真或无解为止。

(2) 正向推理

与反向推理相反,正向推理以事实或数据驱动,自下向上进行推理,逐一将用户提供的信息与各规则条件进行匹配,直至达到问题求解。

(3) 混合推理

即正向推理与反向推理配合进行,这样既可以克服反向推理中目标顺序选择造成的时间浪费,又可以克服正向推理漫无目标的盲目性。

(4) 不确定性推理

针对自然界中许多无法精确描述的事实和概念,不能采用上述精确性推理。为了表达这种不确定性,经常采用概率论、证据理论、模糊理论等数学方法来进行不精确计算,采用可信度因子进行不确定性推理。

1.3.3 专家系统的基本结构

专家系统是一个计算机软件系统。它由知识库、推理机构、人机交互接口和其他有关部分组成。

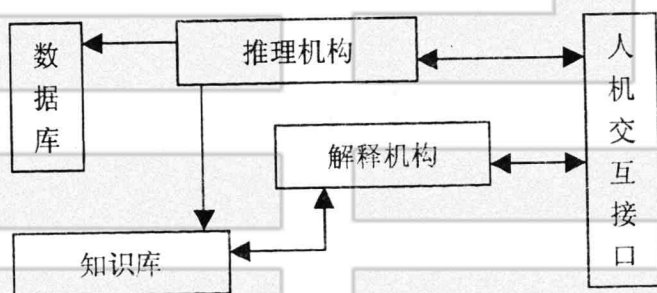


图 1-1 专家系统基本结构

1.4 小麦玉米优质高产栽培技术专家系统

1.4.1 系统的总体设计与功能模块

小麦与玉米栽培管理专家系统,是以小麦和玉米生长规律统计模型及栽培管理专家经验为基础的决策支持系统。它是一个多目标的决策体系。

小麦与玉米栽培管理专家系统包括:气候与土壤生产潜力评价、播前决策、配方施肥、灌溉决策、栽培管理动态调控、病虫害诊断与防治等功能模块。

气候生产潜力评价是从温度、降水、蒸发等水热条件出发,揭示土地的生产潜力。系统

中主要采用推测法、分区法和图像获取法确定小麦、玉米生长的适宜区域，并确定各区的产量范围；并根据当地的灾害性气候情况，对气候生产潜力进行修订。

土壤生产潜力是所利用的土地的土壤特性和质量对作物生长的综合满足程度，土壤生产潜力评价用于确定土壤作物生长潜在能力，作为目标产量的上限值，采用三种方式进行评价：综合生产潜力、养分生产潜力和环境生产潜力。

播前决策主要完成整地、品种选择和播种等咨询服务功能。

配方施肥部分根据平衡施肥原理和施肥模型确定经济合理的施肥量、施肥方式和施肥时期。

灌溉决策主要根据作物类型、生育期、土地类型、水资源状况和目标产量等因素，确定灌溉方案、灌水制度和灌溉方法。

栽培管理动态调控系统是各个子系统的田间实施部分，它将各子系统的运行方案与作物生长的实际情况和环境条件有机地结合起来，将系统的专家知识和种植者的实际经验有机结合起来，实现小麦和玉米的高产、稳产及生长监测。

病虫草害诊断和防治模块采用产生式规则知识表示方式及双向式推理搜索机制，完成未知病虫草害的诊断、已知病虫草的浏览与防治方法、知识库与数据库的维护等功能。

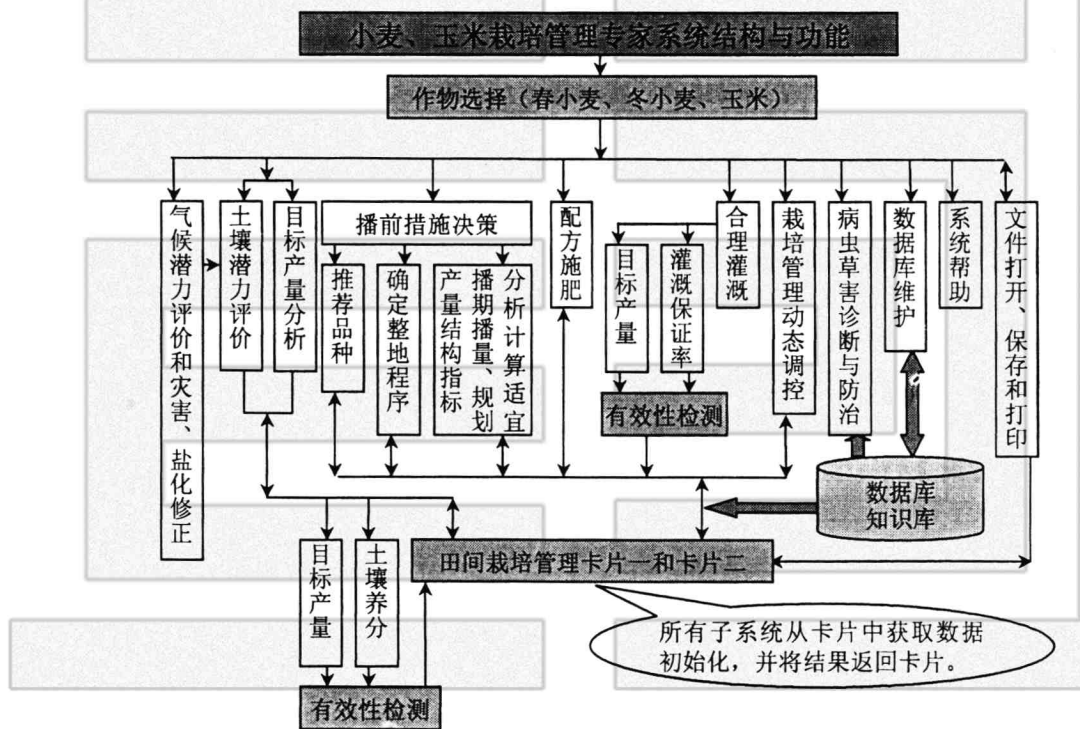


图 1-2 系统结构与功能图

1.4.2 系统的研制

系统的成功与否，关键在于小麦玉米栽培管理知识、经验的获取数量和质量及总体设计是否方便实用，是否符合大规模现代化农业生产管理的需要。因此，研究中突出高产区试验研究和生产过程资料的完整获取及已有成果的充分利用，有了高产的现实才有高产的系统。其次，利用先进的工具软件突出模型的研究，如土壤潜力评价模型、配方施肥系列模型、小麦产量结构统计模型等，使系统的通用性和实用性大大提高。第三，充分利用人工智能方法

和各种计算机技术,使得系统功能齐全、方便用户。

(1) 系统研制过程中遵循的原则

- 符合新疆小麦、玉米生长的自然规律;
- 有良好的数据背景,与农业生产实际过程相符合;
- 定性模型与定量模型结合使用,可将试验数据和专家的经验性知识相结合;
- 结构尽可能简单,方案多,功能明确,方便实用,满足不同层次、不同需求的用户要求;

- 技术先进可靠。

(2) 系统的研制阶段与步骤

本项目研究分为三个阶段:

●第一阶段(1996~1998年),在南北疆布置田间试验,研究小麦、玉米高产水肥需求规律,收集整理包括生态气候条件、环境条件、栽培技术和过程,品种特性、生长发育、产量结构指标、土壤水分和养分指标、土壤剖面物理水分参数等资料,建立作物潜力评价模型、配方施肥模型、灌溉模型。

- 第二阶段(1998~2001年),进行系统的设计、编程和各子系统田间验证。

- 第三阶段(1999~2002年),完成系统的修改、调试和完善。

系统研制的主要步骤:

●生产部门、专家、研究者和软件人员联合进行基本需求分析和总体设计。该系统涉及作物多、系统复杂庞大,如果缺乏全面的分析规划,构造的系统在实现中将会走向崩溃。为此,采用分步分层实现,将系统分为气候潜力和土壤潜力评价,播前准备、配方施肥、合理灌溉、调控管理、病虫草害、数据维护、系统帮助等九个功能子系统。从生命周期出发,软件是有寿命的,软件应能逐步升级和有较好的维护功能。

●依据系统要求安排田间试验研究、模型研究、数据知识的收集、整理、归纳和规则化。

●系统详细设计、标准化和应用技术确定。选择 PowerBuilder7.0 开发工具,开发效率高,功能全。

●系统编程分工和个子系统汇总合并及子系统田间验证。主要开发人员既懂软件设计、编程,又懂专业,使系统的实用性和技术水平大大提高。

- 系统的整体调试修改、田间验证和完善。

第二章 气候与土壤潜力分析

2.1 问题的提出

某种作物在某个地区的土地生产潜力，一般是由该地区的气候、土壤因素决定。土地生产潜力评价的传统方法是：首先调查该地区气候、土壤资源状况以及要评价的某种作物对气候、土壤条件的具体要求；然后将该地区气候、土壤资源条件与这种作物对气候、土壤条件的具体要求相匹配，如果条件能够满足要求，即这种作物不受该地区的气候、土壤条件的约束，作物就可能达到其最高产量。反之，该作物的产量就会在一定程度上受到约束。这个没有受到约束，或受到约束后的产量一般就是该作物在这一地区的生产潜力。基于以上原则，很多具体的评价方法被发展起来。最常见的方法就是首先计算一个地区的光合生产潜力，然后计算光温生产潜力、气候生物潜力和农业自然生产潜力。而且几乎所有的潜力评价方法都或多或少受到这一方法的影响。然而，这个方法有一个致命的缺陷，它有许多的计算公式，需要一系列参数来支持。尽管有许多参数已给出并作为参考，而这些别人经过长期试验得到的参数因受地域性的限制往往不能直接套用。必须经过试验对参数进行修正，这需要耗费大量的人力、物力、时间和经费，其结果就是它的应用范围往往受到限制。针对这一情况，期望能根据新疆的具体特点，并充分利用计算机专家系统的优点，建立一套灵活性、实用性强，易于应用的小麦、玉米生产潜力评价系统。

2.2 模型的设计与实现

模型设计结构要尽可能简单，功能明确；方案要尽可能多，增强适用性，满足不同用户；理论和实践经验相结合。

(1) 步骤

小麦、玉米的潜在生产力是由气候、土壤盐渍化和自然灾害等三大因素所决定的。建立小麦、玉米生产潜力预测模型时分三个步骤：

●第一步，采用推测法，分区评述法或图像获取法确定气候生产潜力。根据新疆的气候特点划分出小麦、玉米生长的适宜区、较适宜区、勉强适宜区和不适宜区；并确定每个区的产量范围。

●第二步，根据当地的灾害性气候情况，如干旱、冰雹、大风和干热风等，对气候潜力进行修订，得出修订的气候生产潜力。

●第三步，根据当地的土壤盐渍化情况，再对所得出的修订气候生产潜力进行二次修订，得出当地的小麦、玉米生产潜力。

(2) 建立模型的技术路线

●调查收集整理新疆当地小麦、玉米品种的特点及对土壤和气候的要求；

●作物生产潜力的决定因素是气候。根据新疆的气候特点划分出小麦、玉米生长的适宜

区、较适宜区、勉强适宜区和不适宜区；

●分选出引起小麦、玉米减产的各种灾害因素，并通过调查，归纳出各种灾害因素在不同水平上对作物产量的不同影响程度；

●根据土壤盐渍化情况对小麦、玉米产量的影响程度，划分出不同土壤盐渍化程度下的产量水平；

●通过田间试验对各限制性因素及影响程度做进一步的核实；

●综合气候、各种灾害因素、土壤盐渍化情况和小麦、玉米产量的关系，建立小麦、玉米专家系统潜力预测模型。

2.3 小麦生产潜力评价方法与知识

本系统通过三条途径确定小麦适宜区和产量：推测法，分区评述法和图像获取法。

2.3.1 推测法

推测法确定分区指标，以气候文件为基础进行推测分析。

(1) 确定冬春小麦区

采用冬季地表有无稳定积雪、1月份平均气温、多年极端最低气温平均值和越冬期长短(平均日气温<0℃的天数，农学上为小于2℃天数)12月中旬的积雪厚度等指标可分别来进行分区，以便适应多种用户(表2-1)。其中除积雪厚度外，均可从气候文件计算获得。

表 2-1 分区指标与分区

地表 无稳定积雪	1月平均气温(℃)	多年极端最低气温平均值(℃)	小麦区
	≤ -15	≤ -20	春麦区
	> -15 and ≤ -10	> -20 and ≤ -15	冬春麦区
	> -10	> -15	冬麦区
地表 有稳定积雪	越冬期(天数)	12月中旬的积雪厚度(cm)	
	> 150	≤5	春麦区
	110~150		冬春麦区
	< 110	> 5	冬麦区

表 2-2 适宜类型指标

0~15℃之间的 积温(Taa) ℃	6月平均 气温T6 ℃	最高气温大于30 ℃的天数 d30	取 值 id	指数和 sum = $id_a^* 0.4 + id_i^* 0.35$ $+ id_d^* 0.25$	冬春小麦适宜 类型与产量 Yw (kg/亩)
> 1000	> 18 and ≤22	≤4	4	≤4 and > 3.7	适宜区, 550~700
1000~850	< 18 and ≥16 > 22 and ≤24	> 4 and ≤8	3	≤3.7 and > 2.5	较适宜区, 450~650
850~750	< 16 and ≥14 > 24 and ≤26	> 8 and ≤12	2	≤2.5 and > 1.3	勉强适宜区, 250~470
≤750	< 14 or > 26	> 12	1	≤1.3 and > 1	不适宜区, < 250

(2) 确定冬春小麦适宜类型——指数和法

以积温 (T_{aa}) (用 $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的 $>0^{\circ}\text{C}$ 积温)、6 月平均气温 T_6 (开花 ~ 乳熟期) 和 5、6 月最高气温大于 30°C 的天数 d_{30} 为指标, 综合起来确定冬春小麦适宜类型, 采用指数和法, 权重分别为 0.4、0.35 和 0.25 (表 2-2)。以上三个指标需要从气候文件中计算获得。因千粒重与成熟期平均气温呈负相关, 6 月平均气温 (开花 ~ 乳熟期) 直接影响千粒重, 故其成为重要指标。

2.3.2 小麦生产潜力气候分区——分区评述法

小麦生产潜力气候分区是根据《新疆农业气候资源及其区划》报告的第三分册《农作物气候生态条件及其区划》(1984 年) 而制定。

(1) 分区的原则和指标

新疆哪些地方能种小麦, 主要根据热量条件来定。而热量条件与各山体的积温和海拔高度有密切的关系。由于高处小麦越冬条件较差, 所以冬小麦的种植高度界线略低于春小麦。

对于哪些地区的气候更适宜种小麦, 选择了与小麦关系较为密切的三个气候要素作为小麦生长期气候生态条件优劣的衡量指标:

1) $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温。该指标实际由两段组成: 冬小麦越冬前为第一段; 冬小麦返青至成熟或春小麦的整个生长期为第二段。在第一段, 15°C 大致与冬小麦最适播期的下限温度相近, 冬前 $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的积温越多, 表示播期受气候的制约较小, 有利于取得较多的冬前分蘖, 形成壮苗。对于第二段, $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 间的积温越多越有利于形成大穗。增加小穗数和穗粒数, 以及粒重的增加。

2) 用日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的天数表示越冬期的长短。秋季日平均气温稳定下降到 0°C , 表示冬小麦停止生长; 春季气温稳定通过 0°C , 表示积雪融化完毕, 冬小麦开始微弱的生命活动, 春小麦开始播种。所以该期间表示冬小麦生命活动与小麦农事活动的停止, 小麦进入越冬阶段。越冬期过长易感染雪腐、雪霉病, 并造成多种形式的死苗。

3) 拔节至乳熟期间的降水量。这段时间大致是北疆的 5~6 月, 南疆的 4 月下旬至 6 月中旬, 山区的 6~7 月。新疆虽大都是灌溉农业, 但北疆的 4~6 月, 南疆的 3~5 月, 大多是枯水期。该阶段又是小麦需水量最多的时期, 这期间的降水越多对调节干燥的小气候和补充小麦的用水都更为有利。

其他相关要素有: a. 1 月最低气温; b. 多年极端最低气温; c. 12 月中旬的积雪厚度; d. 6 月平均温度; e. 5、6 月 $> 30^{\circ}\text{C}$ 最高气温日数。

(2) 分区评述

1) 气候凉爽的春麦适宜种植区

本区指北疆、东疆种植海拔高度上限以下的中低山带, 海拔高度大致在 $1\,090 \sim 1\,200$ 米之间。实际种植的上限各地略有差异, 北疆北部达 $1\,499$ 米, 而哈密可达 $2\,590$ 米。

本区气候凉爽较湿润。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温又不足 $3\,000^{\circ}\text{C}$, 在海拔高处不能种植晚熟小麦品种。没有稳定 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的天数, 故小麦中后期温度适宜, 有利于小麦小穗数和穗粒数的增加, 粒重高, 千斤以上的小面积的高产田往往出现在本区。

不利条件: 无霜期短, 越冬期长, 多数地区冬季冻害及死苗严重, 故宜种春麦。该区虽适宜小麦创高产, 但由于耕作粗放, 实际生产水平很低。加之该区适宜牧草生长, 农田不宜过多发展, 应以提高单产为主。

2) 气候温凉的小麦适宜种植区

本区气候温凉,空气较湿润,小麦生长期有一定降水量补充,越冬期偏长。大于 0°C 积温在 $3\,000\sim 3\,800^{\circ}\text{C}$ 之间,属一年一熟制。可分三个亚区。

a. 额尔齐斯河、乌伦古河流域、博乐及南疆中山春麦亚区

本亚区的博乐县城以东地区冬季风吹雪严重,额尔齐斯河、乌伦古河流域因冬季寒冷、极端最低气温在 -40°C 以下,冬麦越冬期在150天以上,冻害严重,不宜种植冬麦。大部分地区约有一半年份无稳定 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 以上的高温期,除河谷、地势低洼处有轻微干热风危害外,一般无干热风危害。但是 $0^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的积温在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1\,000^{\circ}\text{C}$,降水量较少,而河水资源比较丰富,日照时间长。对种植春小麦的气候生态条件较为适宜。本亚区还包括南疆海拔高度2000米左右及以上的麦区。极端最低气温可达 -27°C 以下,无稳定积雪,种冬麦不能安全越冬。适温期长,无高温,干热风危害弱,生长季长短居中,辐射强,但降水稀少。在有水源的情况下,适宜春小麦的生长。

b. 伊宁、塔额盆地冬春麦兼种亚区

本区包括伊犁河谷的伊宁、霍城、新源地区及塔额盆地。本亚区适温期长,越冬期在110天以上,需水关键期约有 $50\sim 120\text{mm}$ 的降水可补充水源。且一般没有或仅有轻度的冻害和干热风,因此水、热、光条件对种植冬春麦都为适宜。在雪多年份,小麦易感染雪腐、雪霉病。在正常情况下,冬麦产量高于春麦。具有发展小麦的适宜气候生态条件。目前小麦生产水平不高,对创高产有较大潜力。

c. 春麦为主的冬、春麦兼种亚区

本亚区主要指奇台附近适温期较长,越冬期也偏长的地区。在地势较低的平原区有的年份积雪薄,冬季温度又低,易产生冬麦冻害,仅有轻度干热风。适宜种植春麦。地势稍高的地方,冻害不严重,可种冬麦。

3) 适温期较长的冬麦适宜种植区

本区包括南疆的喀什、和田一带及乌什、拜城地区。本区适温期和生长季都较长,气候干燥,小麦用水依靠灌溉解决。

a. 乌什冬麦适宜种植亚区

本亚区适温期长,夏季凉爽, 20°C 以上的高温很少,无干热风危害。冬季温度较高,极端最低气温 -26.6°C ,低温年份的严寒期有积雪覆盖,冬麦越冬条件良好。是南疆种植小麦最适宜的地区。本亚区大于 0°C 积温在 $3\,800^{\circ}\text{C}$ 左右,为一年一熟地区,宜种植中晚熟冬小麦品种。

b. 拜城盆地冬春麦兼种亚区

拜城盆地春夏季温度与乌什相近,适温期比乌什略短,冬季温度比乌什低,但大部分年份有积雪覆盖。在无积雪覆盖时,冬麦易受冻。在无冻害年份,冬小麦产量高于春小麦产量,所以该区目前实际上以种植冬小麦为主。本亚区大于 0°C 积温在 $3\,800^{\circ}\text{C}$ 左右,为一年一熟地区,宜种植中晚熟冬小麦品种。

c. 南疆塔里木盆地西南缘冬麦为主亚区

本亚区含喀什、莎车、和田一线。 0°C 积温 $4\,800^{\circ}\text{C}\sim 4\,900^{\circ}\text{C}$,生长季长。可一年两熟,对于两熟制的农田,可种植中早熟冬小麦品种。 $0^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的积温在 $1\,200^{\circ}\text{C}$ 以上,仅有轻度的干热风 and 轻度的冻害。冬、春小麦均适宜种植,但冬小麦可充分利用冬前水热条件,产量比春麦高,目前以种植冬小麦为主。

4) 气候温热的小麦较适宜种植区

本区有焉耆春麦区、准噶尔盆地南缘和塔里木盆地北缘冬麦为主的两个亚区。本区总的特点是适温期较 I、II、III 区短。生长期中等，灌溉设施较好。气候条件对小麦生育尚较适宜。

a. 焉耆春麦亚区

本亚区海拔高度 1900 多米，处于南、北通道上。冬季气温比南疆相同高度稍低，无稳定积雪期，种植冬小麦将遇严重冻害。而夏季则比较温凉，生长季降水量小，对种植春小麦尚较有利。

b. 准噶尔盆地南缘乌苏—昌吉一线以及塔里木盆地北缘以冬麦为主的冬春麦兼种亚区

本亚区包括米泉、昌吉、玛纳斯、石河子、沙湾、乌苏等地， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3900^{\circ}\text{C} \sim 4000^{\circ}\text{C}$ ，可偶然发生冻害，有轻度的干热风。农业用水一般由水库调节，小麦需水关键的五六月份遇降水较多的年份，可起到湿润空气、补偿水源不足等作用。种植冬、春麦均较适宜，冬麦可充分利用冬前水热光资源，以弥补春夏适温期不够长的缺点。除为便于作物倒茬可种部分春小麦外，可适当增加冬麦的种植比例。

本亚区的阿克苏、阿拉尔、库车、沙雅、新河一带，越冬期较短，冬季温度较高，冬麦越冬较安全。夏季较热、干燥， 0°C 积温在 $4200^{\circ}\text{C} \sim 4500^{\circ}\text{C}$ 。有轻度干热风，在塔里木地区较重。从气候条件看，较适宜种植冬麦，对于盐碱较重的麦田，春季死亡重，可适当加大春麦比重。

5) 气候炎热、干燥的小麦勉强适宜种植区 本区适宜小麦生长的 $0^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 积温少，气候干燥，越冬条件差，干热风也较严重，故种植小麦的不利因素较多。但在生长水平较高，灌溉用水较有保证时，该区仍出现有较大面积小麦高产记录。共分四个亚区。

a. 准噶尔盆地南缘腹地冬春麦兼种亚区

本区包括精河、车排子、莫索湾、梧桐窝子一线。这一线冬季无稳定积雪，积雪晚的年频率较高。冻害严重的年份常可造成毁灭性灾害。夏季温度高，干热风也较严重。目前精河一带及紧靠沙漠的麦田宜种春麦或以春麦为主。对于该亚区南部与 IV₂ 区即乌苏—昌吉一线之间的过渡地带，受冻害、干热风的影响程度介于两者之间。且在无冻害年份，冬小麦单产显著高于春小麦。在该地带需根据各地实际情况权衡利弊，确定适合的冬、春麦种植比例。一般来说，在冻害频率不甚高时，还可适当多种些冬小麦。

b. 塔里木盆地东部南北缘冬春麦兼种亚区

本亚区包括塔里木盆地南缘的若羌、且末，北缘的库尔勒、尉犁、铁干里克等地，热量丰富，生长季长， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温达 4500°C 以上，但适温期短，气候干燥。冬季气温较高，一般小麦可安全越冬，低温年份也可造成轻度冻害，尉犁的冬季温度更低一些。干热风可达中度以上，以若羌最为严重。所以在塔里木盆地南缘可多种一些冬麦，而北缘因盐碱较重，近年来增加了春麦的种植比例。

c. 哈密盆地春麦亚区

本亚区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 4400°C 多， $0^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的适温期短。因冻害和盐碱危害严重，不宜种冬麦。由于在盆地边缘，地势较高，气候炎热程度较轻，种春小麦仍可获得较高产量。

d. 吐鲁番盆地极炎热、干旱亚区

本亚区海拔高度 400 米以下，包括吐鲁番、鄯善、托克逊等地，哈密的淖毛湖一带也属此区。积温 $4500^{\circ}\text{C} \sim 5600^{\circ}\text{C}$ ，但 $0^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间的积温仅 700 多度。冬季无积雪，冻害常发生，且有盐碱害，冬麦常有死苗现象，无法安全越冬。目前仅种春麦。夏季高温和干热风对