

基于优化模型建立的农作物种植策略

乔 丹

青铜峡市农业技术和农机化推广服务中心 宁夏 吴忠 751100

摘要：摘要聚焦农作物种植策略的优化路径，以多维度影响因素为基础，整合运筹学、农业系统工程等多学科理论，构建涵盖目标函数、约束条件的优化模型，通过科学求解与验证，生成种植结构、生产要素投入等针对性策略，并结合主体规模差异实现差异化应用。核心在于通过量化分析整合资源配置、市场导向与生态约束，形成兼顾效益与可持续性的决策支撑，为农作物种植的精细化、科学化发展提供系统思路与实践框架。

关键词：农作物种植；优化模型；资源配置；决策框架；可持续发展

引言：农作物种植策略的合理性直接关系农业资源利用效率、生产效益与生态可持续性，当前种植过程中面临土地、气候等自然约束，投入要素配置不均，市场波动与生态保护矛盾等问题，制约种植质量提升。传统种植决策多依赖经验，缺乏系统性与科学性。基于此，需通过系统分析影响因素，依托多学科理论构建优化模型，将量化方法融入种植决策全过程，破解现有困境，为种植策略优化提供科学支撑，下文将围绕相关内容展开详细探讨。

1 农作物种植策略优化的关键影响因素

农作物种植策略的优化需以关键影响因素的系统分析为基础，这些因素相互作用、相互制约，共同决定种植方案的可行性与效益。首先，土地资源是基础约束条件，包括土地面积、土壤肥力、地形特征等，不同地块的生产潜力差异直接影响作物选择与布局。其次，气候条件如温度、降水、光照等自然因素具有时空波动性，对作物生长周期和产量形成显著影响，需在模型中体现其动态变化特征。再者，投入要素的配置效率是核心，涵盖种子、化肥、农药、灌溉用水等生产资料的成本与使用效率，以及劳动力、机械等资源的合理分配。此外，市场需求与价格波动是重要导向，作物的市场价值、供应链稳定性及消费趋势直接影响种植结构的调整方向。同时，生态因素如病虫害风险、土壤退化、水资源可持续性等，要求种植策略在经济效益与生态保护间实现平衡。这些因素的综合作用构成了种植策略优化的复杂系统，需通过量化模型进行系统性整合与分析^[1]。

2 农作物种植优化模型的理论基础与构建方法

2.1 模型构建的理论框架

优化模型的理论基础涵盖运筹学、农业系统工程、计量经济学等多学科领域。运筹学中的线性规划、整数规划为资源分配问题提供了基础方法，可用于解决在有限资源约束下的作物种植结构优化；非线性规划则适用于处理产量与投入要素间的非线性关系，如边际效益递减规律下的化肥施用量优化。动态规划理论能够应对种植过程的时序性特征，通过多阶段决策分析，实现不同生长周期内资源的动态调配。农业系统工程理论强调从整体视角出发，将作物生长、资源环境、市场流通等子系统进行整合，构建系统性的优化模型。计量经济学方法则用于对历史数据的统计分析，通过建立产量预测模型、价格波动模型等，为优化模型提供关键参数估计，增强模型的现实适用性。

2.2 目标函数的设定原则

目标函数是优化模型的核心，需明确种植策略的优化方向。常见的目标函数包括单一目标与多目标两类。单一目标优化通常以经济效益最大化为核心，如总利润最大化、生产成本最小化等，通过量化作物产量、市场价格、生产投入等变量，构建利润函数。多目标优化则兼顾经济、生态、社会等多重效益，例如在追求经济效益的同时，需考虑水资源节约、土壤有机质提升、碳排放减少等生态目标，以及保障粮食安全、稳定就业等社会目标。多目标函数的构建需通过权重赋值、目标优先级排序或帕累托最优分析等方法，处理不同目标间的冲突与协调，确保模型结果的综合性与可行性。目标函数的设定需基于具体种植场景的需求，避免目标模糊或过度复杂，以保证模型的可操作性。

2.3 约束条件的界定与量化

约束条件是优化模型的边界设定，反映实际种植系统中的限制因素。资源约束是最基本的约束类型，包括土地资源（如不同类型耕地的面积限制）、水资源（灌溉用水量上限）、劳动力（不同季节的可用工时）、生产资料（化肥、农药的最大使用量）等，需通过实际调研数据进行精确量化。技术约束涉及作物生长的生物学

特性，如作物的适宜种植区域、生长周期、温度湿度要求等，需基于农业科学研究成果，将定性描述转化为定量参数，例如设定某种作物在特定土壤pH值范围内的产量系数。市场约束包括产品的市场需求量、价格波动范围、销售渠道容量等，需结合市场调研与预测数据，设定合理的上下限。政策约束（注：此处指技术规范类要求，非政府政策）如绿色农业生产标准中对农药残留的限制要求，需转化为模型中的不等式约束。约束条件的量化需注重数据的准确性与时效性，避免因参数误差导致模型结果失真^[2]。

2.4 模型求解与验证方法

模型求解是将构建的数学模型转化为具体种植策略的关键步骤。根据模型的类型选择合适的求解算法，线性规划模型可采用单纯形法、内点法等经典算法；整数规划模型可使用分支定界法、割平面法；非线性规划模型则需借助梯度下降法、遗传算法等启发式算法。对于多目标优化模型，可通过加权求和法、目标规划法或非支配排序遗传算法（NSGA-II）等方法求解Pareto最优解集。模型验证是确保结果可靠性的重要环节，需通过历史数据回测、敏感性分析、情景模拟等方法进行。历史数据回测将模型优化结果与过去的实际种植情况进行对比，检验模型的预测精度；敏感性分析通过调整关键参数（如市场价格、资源约束值），观察目标函数的变化幅度，评估模型的稳定性；情景模拟则设定不同的外部条件（如气候变化、市场波动），分析模型在极端情况下的适应性，确保优化策略的鲁棒性。

3 基于优化模型的农作物种植策略生成与应用

3.1 数据采集与预处理技术

数据是优化模型构建与策略生成的基础，其质量直接影响模型结果的可靠性。数据采集需覆盖自然环境、生产要素、市场动态等多个维度。自然环境数据包括气象数据（如多年平均气温、降水、日照时数）、土壤数据（如土壤类型、有机质含量、pH值、氮磷钾含量）、地形数据（如海拔、坡度、坡向）等，可通过农业气象站、土壤采样分析、遥感技术等手段获取。生产要素数据涉及土地资源（不同地块的面积、权属）、劳动力（数量、技能水平、成本）、生产资料（种子、化肥、农药的种类、价格、用量）、农业机械（类型、作业效率、租赁成本）等，需通过实地调研、农户访谈、农资市场调查等方式收集。市场数据包括各类作物的历史价格、产量、需求量、销售渠道及运输成本等，可从农产品批发市场、电商平台、行业报告中获取。数据预处理阶段需进行数据清洗（处理缺失值、异常值）、标准化

（统一量纲）、时空匹配（如将气象数据与地块位置对应），以及特征工程（如通过土壤养分数据构建肥力指数），确保数据的准确性、一致性和可用性，为模型参数估计提供高质量输入^[3]。

3.2 种植结构优化策略

种植结构优化是基于优化模型的核心应用之一，旨在通过调整作物种类、种植面积与空间布局，实现资源的高效利用与效益最大化。在单目标优化框架下，以经济效益最大化为目标时，模型通过求解不同作物的最优种植面积，平衡投入成本与销售收入。例如，在有限的耕地资源约束下，根据各类作物的单位面积利润、生长周期、资源需求，确定粮食作物、经济作物、饲料作物的合理比例。多目标优化则需兼顾生态效益，如在干旱地区，模型可将水资源消耗量作为约束条件，优先选择耐旱作物，同时通过间作、套作模式提高土地利用效率；在生态脆弱区，可引入绿肥作物、豆科作物，通过轮作制度改善土壤肥力，减少化肥使用。空间布局优化需结合地块的异质性特征，将作物种植与土壤肥力、灌溉条件、光照分布等空间变量匹配，例如在肥力较高的地块种植高附加值作物，在灌溉便利区域种植需水量大的作物，实现“因地制宜”的精细化布局。此外，种植结构优化需考虑作物的轮作倒茬要求，避免连作障碍，通过模型设定轮作周期约束，确保农业生产的可持续性。

3.3 生产要素投入优化策略

生产要素投入优化旨在通过模型确定各类生产资料的最佳使用量与投入时机，以最小化成本或最大化投入产出比。化肥投入优化需考虑作物不同生长阶段的养分需求规律，结合土壤初始养分含量，通过模型计算氮、磷、钾等元素的最佳施用量及时期，避免过量施用导致的资源浪费与环境污染。灌溉用水优化基于作物需水规律与气象预测数据，通过动态规划模型制定分阶段灌溉方案，在保证作物生长需求的前提下，减少水资源消耗，例如在作物关键生育期（如灌浆期）增加灌溉量，在非关键期适当减少。农药使用优化需结合病虫害发生预测模型，根据病虫害发生概率与危害程度，确定农药的种类、用量及施用时间，实现精准防控，降低农药残留风险。劳动力与机械投入优化则需根据作物生长周期的农时要求，合理安排劳动力数量与机械作业时间，避免农忙时劳动力短缺或机械闲置，通过模型平衡不同生产环节的用工需求，提高劳动生产率。生产要素投入优化需特别关注边际效益递减规律，模型通过求解生产函数的一阶条件，确定要素投入的最优临界点，实现资源的高效配置^[4]。

3.4 动态调整与适应性策略

农业生产系统具有动态性与不确定性，基于优化模型的种植策略需具备动态调整能力，以适应外部环境的变化。气候变化适应性策略方面，模型可整合长期气象预测数据，分析温度、降水等气候因子的变化趋势，调整作物种类选择与种植周期，例如在气温升高的地区引种晚熟品种，或提前播种期以避免干旱季节。市场波动适应性策略需建立价格预警机制，通过实时市场数据更新模型参数，当某种作物价格出现显著波动时，模型可快速重新求解，调整种植面积或销售计划，降低市场风险。技术进步适应性策略则需将新品种、新技术的应用效果纳入模型，如引入抗病虫害品种后，模型需调整农药使用量参数；采用节水灌溉技术后，需更新水资源约束条件，确保策略与技术发展同步。动态调整机制的实现依赖于模型的模块化设计与实时数据接口，通过定期（如季度、月度）更新数据与重求解，使种植策略始终保持最优状态。

3.5 不同规模主体的策略差异化应用

优化模型生成的种植策略需根据农业生产主体的规模与特点进行差异化适配，以满足不同主体的实际需求。小农户（家庭农场）通常资源有限、技术水平相对较低，策略应侧重于简单易行、风险可控的方案，模型可简化目标函数（如以成本最小化为核心），减少复杂约束条件，提供直观的作物选择建议与简化的投入方案，同时注重与当地合作社、农资供应商的合作，降低市场交易成本。中型农业企业具备一定的技术与资金实力，策略可聚焦于适度规模经营与产业链延伸，模型可纳入加工、仓储、物流等环节的成本与收益分析，优化“种植-加工-销售”一体化方案，例如根据加工需求确定

专用品种的种植面积。大型农业集团拥有完善的产业链与数据采集能力，策略可实现全链条优化，模型需整合大数据分析、物联网监测等技术，进行精细化的资源配置与风险管控，如通过实时监测土壤墒情动态调整灌溉策略，利用区块链技术实现产品溯源以提升市场价值。差异化应用需考虑主体的决策能力与数据可获得性，为不同规模主体提供定制化的模型工具与策略建议，确保策略的可操作性与实用性^[5]。

结束语：综合来看，农作物种植策略优化是一个融合自然、生产、市场与生态多因素的复杂系统工程。通过梳理关键影响因素，搭建科学的优化模型，明确目标函数与约束条件，结合数据处理与求解验证方法，可生成适配实际需求的种植策略，实现种植结构、要素投入的精准优化，并通过动态调整与差异化适配，兼顾不同主体需求与可持续发展目标。该思路可有效弥补传统决策短板，为农业种植的科学化、高效化发展提供可靠支撑，助力实现经济效益与生态效益的协同提升。

参考文献

- [1]杨淑辉,安欣,刘樊锐.基于多目标优化的农作物种植策略模型[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2025,43(5):446-451.
- [2]范佳祺.基于多目标优化模型的农作物最优种植策略分析研究[J].应用数学进展,2025,14(5):510-523.
- [3]唐沈逸,王文杰,张琥.基于两阶段优化的农作物种植策略分析[J].智慧农业导刊,2025,5(5):68-74+79.
- [4]赵婉琪,章涛,叶梓望.农作物种植的优化模型[J].台州学院学报,2025,47(3):1-6+13.
- [5]石京浩,胡姿彤,包智慧.基于条件风险价值的农作物种植策略优化[J].数学建模及其应用,2025,14(2):37-44.