

9.土地资源与土地系统：认知，感知与模拟

基于土壤视角的粮食产量模拟方法研究进展

牛佳程、张爱林、霍泽军、黄元仿、汤怀志

中国农业大学

摘要：粮食产量模拟对于农业生产管理和决策至关重要，对保障粮食安全尤为关键。粮食产量受到土壤属性、环境条件、管理措施等多种因素的影响具有较大的不确定性。现有的粮食产量模拟方法分为机理模型和经验统计模型两类。机理模型，基于作物内部生理机制，综合考虑了土壤-作物-大气系统之间的相互作用，通过将作物生长的各种生理过程转换为数据方程并结合环境因素来模拟粮食产量。相对而言，经验统计模型（主要是机器学习模型）通过构建数学模型来描述这些因素与粮食产量之间的关系，依赖于输入数据的质量与准确性。尽管多数研究关注气候等环境条件对粮食产量的影响，土壤属性作为粮食产量的决定性因素，其影响却常被忽视。本文从土壤视角出发，梳理和比较了现有粮食产量模拟方法，分析其在数据获取、模型拟合、泛化能力等方面的优势和局限。研究结果表明，作物模型、机器学习模型在实际应用中各有优势和问题。在数据获取方面，作物模型依赖长期实验和遥感数据，但精细的地块级数据获取不易；而机器学习模型虽能处理公共数据集、卫星和传感器数据，但面临数据的异构性和质量控制的挑战，需进行大量的数据清洗和预处理。在模型拟合方面，作物模型依赖对作物生长过程的深入理解，但可能无法考虑所有现实世界的影响因素，从而导致预测误差；机器学习模型则能处理复杂的非线性关系，但过度依赖数据的质量，若数据不足或质量差，预测精确性会受到影响。在泛化能力方面，作物模型在已验证和校准的环境下泛化能力强，但在新环境或对新作物的预测时性能可能下降；相反，机器学习模型在训练数据丰富且多样时泛化能力强，但容易过拟合。研究结果表明，这些模型在实际应用中显示出互补性，提示未来研究应探索如何整合这两种方法来克服各自的局限，从而提升模型的泛化能力和预测精度。

关键词：土壤属性，粮食产量模拟，作物模型，机器学习模型