

作物生长的模拟研究

A Simulated Research on the Plant Growth

李保国

(中国农业大学资源和环境学院, 博士、教授 北京 100094)

郭焱

(中国农业大学资源和环境学院, 博士 北京 100094)

应用计算机模拟作物生长,对作物产量预测、土地生产力评价、资源环境分析、作物栽培指导、作物生长机理研究以及最新发展起来的精确农业技术应用等方面都有重要意义。自60年代中期以来,研究人员在作物生长计算机模拟领域进行了大量工作,所建的各类模型得到了广泛应用。作物生长模拟涉及到众多领域,包括植物生理学、作物栽培学、农业气象学和微气象学、土壤学、计算科学等学科。现今影响较大的作物生长模拟模型大多是70年代或80年代前期建立的,这些模型的设计必然受建模时期各学科的研究状况、计算机硬软件发展水平和数据采集能力所制约。近10年来各学科研究水平在不断提高,特别是计算机领域出现了超乎常人想象的飞速发展,为适应各应用领域的要求,作物模拟研究领域也正孕育着大的机遇与变化。

植物的生长发育是一个十分复杂的过程。受遗传因子控制,并受诸多环境条件和随机因素的影响,因而作物生长随时间和空间的改变呈现极复杂的变异。而在过去由于理论方法与研究手段的制约,对环境条件与作物生长关系的研究只能是定性或半定量化的,模型的机理性受到限制。80年代中后期起,高效的数据采集系统和全球定位卫星技术的应用,微机和图形工作站计算能力和图形能力的极大提高和价格的迅速下降,面向对象的程序设计思想和科学计算可视化概念的引入,网络技术的发展,使得研究人员可以采集足够多的数据,并应用更客观、更直观的手段分析事物之间的关系,构造机理性强的模拟模型。

数据采集手段的改进

为精确模拟不同农业环境条件下作物的生长发育,就必须明确环境条件对作物生长影响的量化关系。依靠传统的理论方法和数据采集手段,研究人员是无法快速、准确、动态地监测各农业环境

因素变化和作物生长发育状况的,因而也难以确定环境因素影响作物生长发育的定量关系。

随着遥感遥测技术、全球定位卫星技术、地理信息系统等数据采集和数据管理技术的发展,使我们有可能以足够高的精度对地球上某一地区的环境条件变化进行监测和预报。另一方面,影响农田物能流的主要因素之一是作物群体形态结构,如能明确不同环境条件下的作物形态结构特征,就能精确地计算作物群体的光合产量,以及分析农田微气象特征等。

作物的形态结构受太阳辐射、主风向、土壤水肥状况、种植密度和行向、杂草、病虫害等众多环境因素的影响,这方面的研究一直比较缺乏,因而作物形态结构模拟是作物生长模拟的薄弱环节。在模拟作物群体光分布时现有的模型大多基于一定的假设,如假定农田作物叶面积的空间分布为随机分布,这对于行播作物特别是在生长前期会带来较大的误差,尽管近年来对这一假设进行了各种修正,但能够精确模拟作物生长的机理模型仍不能满足要求。

近年来,基于机械、光学、声学原理,并利用计算机传输、存储数据的空间坐标采集系统,已使研究人员不仅可以动态地监测不同生育阶段作物群体三维结构变化,还可观测由向光性、叶水势变化造成的作物形态结构的日变化等。在不久的将来,微型雷达技术的发展与应用,将使我们可以象使用CT探测人体一样观察作物群体空间结构,甚至可观测风的影响所造成的作物群体结构的瞬时变化,研究因这种瞬时变化引起的闪光现象对作物光合作用的影响。

模拟新技术的应用

为描述客观事物及其相互作用关系,面向对象的程序设计思想20多年前就已提出,但只在很小

范围得到应用,随着 Smalltalk、C++ 到现在的 Java 等面向对象的程序设计语言的开发,到了 80 年代中后期已开始得到广泛应用。面向对象的程序设计语言具有的封装性、继承性和多态性,使得构造出的模型能很容易地被理解、维护和重新开发利用,节省大量的编程时间;同时,模型研究人员能够通过构造抽象的类并操纵其内部的属性和方法,客观地描述事物的特性及事物之间的关系。依照人类通常解决问题的推理方式建立模型。这无疑在生态系统模拟模型建立方面有巨大的优势。

到目前为止,研究人员已利用面向对象模型模拟了动物寻找栖息地的行为、寄生虫—寄主系统的种群动态等。在作物生长模拟模型中,利用面向对象程序设计方法,按模型不同的应用目的,可按不同层次、尺度构造农业环境因素对作物生长发育作用的关系,从而使模型能更系统、全面地描述作物生产系统。结合可视化技术,模型可以包含植株间和植株内部各器官的相互影响如叶片的相互规避,昆虫在作物群体中的迁移与作用等;而根据作物群体各器官的空间位置,判断其相互遮蔽情况,可准确地计算作物群体中任一位置的光分布,从而精确计算出作物任一光合器官的光合产量。

随着计算机软硬件的飞速发展,1987 年提出科学计算可视化的概念,此后短短的数年,就得到了极大的发展,在包括军事、医学、数学、地学、空间科学等的众多领域中得到广泛的应用。利用科学计算可视化技术,可将采集的数据和计算过程中和计算结果转换成几何图形及图像信息在屏幕上显示并可交互处理,帮助研究人员分析按传统方法难以分析的现象,为发现和理解科学规律提供了有力的工具。在农业研究领域,随着 L—系统、分形几何方法、迭代函数系统(IFS)、粒子系统等方法的提出,环境条件对作物形态结构作用关系研究的进展,部分国家已进行计算机虚拟作物生长的工作。

美国科研人员利用克雷巨型计算机模拟了不同土壤水分条件下玉米的生长与形态发育状况;新西兰研究人员对猕猴桃的生长进行的可视化模拟,可模拟不同土壤和气象条件下猕猴桃的生长过程,并能模拟果实的物理化学性质及产后属性;加拿大研究人员拓展了 L—系统的功能,使之能把太阳辐

射和水分等环境因素考虑进去,形成相应的虚拟植物;法国研究人员研制的植物形态描述、生成、生长系统,可逼真地在计算机上生成多种植物。在国内,中国农业大学在作物生长发育可视化模拟研究领域进行了初步探索,运用 L—系统方法,建立了不同土壤水分条件下小麦根系生长发育三维可视化模型;与北方工业大学 CAD 中心合作,实现了理想条件下冬小麦苗期生长的三维动画模拟;与中国科学院计算技术研究所 CAD 开放实验室合作,实现了不同生育期玉米形态三维重建(见封底彩图)。

应用前景分析

采用高效的数据采集系统监测农业环境因素变化与相应的作物生长发育动态,研究其定量化的作用规律,应用面向对象的程序设计思想和可视化技术建立作物生长模型。以此建立的模型在农业和其他领域中均具有广阔的应用前景。

在农业研究领域,可通过作物生育期内群体空间结构的动态模拟,寻找作物理想株型,使用计算机设计出作物,由此应用基因工程技术培育具有充分利用光能的高产作物品种;通过研究作物体内物质转移的空间规律,建立果实品质与着生部位的联系,从而获得具有理想品质的产品。通过分析害虫在作物群体三维空间中的藏匿和取食路径的规律,为培育降低病虫害的作物形态提供依据;还可为农田蒸腾、CO₂ 传输等农业微气象特征研究、遥感作物估产等众多领域的研究提供有力的工具。

在指导农业生产中,根据作物在不同环境条件下生长发育模拟结果和当地的资源情况,可确定特定地区的最优种植制度和栽培措施,提高资源的利用效率。特别是对环境可控的设施化农业,更具有现实的指导意义。可在计算机屏幕上对植物形态进行设计、指导果树修剪和城市园林设计。

在教学和科普教育方面,可利用模型建立虚拟农场,使学生和农民在计算机上种植虚拟作物,从任意角度甚至在作物冠层内漫游,观察植物生长状况和动态过程,并可通过改变环境条件,观察植物生长方式的变化。由此而获取传统方式无法企及的效果。

(责任编辑 王宏章)

(上接第 18 页)

科以内;鉴定的结论要统一口径,要统一按评价指标的要求进行,以提高鉴定结论的可比性。

3. 各类高校建立不同的科研成果“阈标准”

高校可根据自身的特点、条件,在不低于全国全省规定的科研成果“阈标准”的前提下,适当提高要求。同时,学校内部还可根据各学科的特点,分学科(一般掌握在一级学科范围内)建立校内职评科

研成果的“阈标准”,以进一步强化本校职评的科研导向功能。

建立高校职评的科研成果“阈标准”,并科学地进行评价,对增强职评的科研导向功能起着重要的作用。只要我们在实践中精心设计、精心组织,就会收到积极的调控效果。

(责任编辑 肖庆山)