

建模背景

作物的生长速率受到多种环境因素的综合影响，其中光照强度、温度、土壤水分含量以及大气中CO₂浓度是决定光合作用效率和生物量积累的关键变量。为了定量分析这些因素对作物生长动态的影响，建立一个简化的数学模型来描述单位时间内的生物量变化速率，有助于理解作物在不同环境条件下的生理响应机制，并为农业管理决策提供理论支持。

本模型以一阶常微分方程的形式构建，模拟作物生物量随时间的变化率（dB/dt），综合考虑了四个主要环境变量的交互作用。该模型适用于短期生长过程的模拟，且假设各环境因子在一定范围内呈连续和平滑变化，忽略极端胁迫条件下的非线性抑制效应。

建模公式

模型表达式如下：

$$\frac{dB}{dt} = \alpha \cdot \text{light} \cdot (1 - e^{-\beta \cdot \text{temp}}) \cdot \left(\frac{\text{water}}{100}\right) \cdot \left(\frac{\text{co2}}{400}\right)$$

该模型中各项的物理意义如下：

- **光照强度 (light)**：影响光合作用速率的核心驱动因子，数值越高，光合潜力越大；
- **温度 (temp)**：通过指数函数形式反映温度对酶促反应速率的影响，温度升高初期促进反应，但超过一定阈值后可能产生抑制作用；

- **土壤水分 (water)** : 以百分比形式表示土壤含水量, 作为水分可利用性的调节因子;

- **CO₂浓度 (co2)** : 大气中CO₂浓度影响光合作用的底物供给, 浓度升高通常促进光合速率;

- **α (光合效率系数)** : 将光照强度转化为实际生长速率的比例因子;

- **β (温度敏感系数)** : 控制温度对生长速率影响的非线性响应程度。

该模型结构简洁, 便于参数校准和敏感性分析, 适用于初步模拟作物在不同环境条件下的生长响应趋势。