

琉球大学農学部 ○鹿内健志, 上野正実

〔キーワード〕 シミュレーション, 光合成, LAI, 収量予測

## I はじめに

農業生産者や加工業者が意志決定する際に、生育診断や収量予測などの情報は重要である。例えば、サトウキビでは、農家は生育状態を把握し、収益性が向上し環境負荷が低減するような栽培管理を行う。また、製糖工場はサトウキビから粗糖を作る際に多大な熱エネルギーを利用するため、その年の原料生産量を予測し効率的な操業計画を立案する。

サトウキビは夏を過ぎた頃、枯葉が生じ葉重量の現象を示すが、数多く提案されているロジスティック関数を用いたモデルは重量の減少を表現できない。農家や製糖工場の生産管理者が精度の良いサトウキビ収量予測のために利用することを前提に、本研究では植物生長の複雑な変化をできるだけ単純な方程式で記述した枯葉の影響を含むサトウキビ生長モデルを提案する。

## II モデル

サトウキビの生産速度は群落内部の光条件の垂直的な変化と、個葉の光—光合成曲線から群落全体の生産速度を求める次のモデルを用いた。

$$\frac{dF}{dt} = \frac{F_m}{k_i} \ln \left( \frac{\alpha k_i I_0 + F_m}{\alpha k_i I_0 e^{-k_i L} + F_m} \right) - R_c \quad (1)$$

( $I$ : 葉面到達日射量,  $F$ : 光合成量,  $F_m$ : 光合成飽和量,  $t$ : 時間,  $\alpha$ : 光利用効率,  $R_c$ : 呼吸量,  $I_0$ : 群落上面の入射光の強さ,  $L$ : 葉面積指数(LAI),  $k_i$ : 吸光係数)

植物の呼吸量には光合成速度に比例する部分と植物の重量に比例する部分の和に分けられることが知られているので次式を導入する。

$$R_c = a \frac{dF}{dt} + bF \quad (2)$$

( $a$ : 構成呼吸係数,  $b$ : 維持呼吸係数)

(2)を(1)に代入すると、単位土地面積あたりの光合成速度を表す次式を得る。

$$\frac{dF}{dt} = \frac{1}{1+a} \left\{ \frac{F_m}{k_i} \ln \left( \frac{\alpha k_i I_0 + F_m}{\alpha k_i I_0 e^{-k_i L} + F_m} \right) - bF \right\} \quad (3)$$

葉は個々の細胞の集合体から構成されるので、個体群の成長解析の際に用いられるロジスティック関数を葉の成長に応用し、葉面積指数(LAI)の増加を次式で表現する。

$$\frac{dL}{dt} = k_i L \left( 1 - \frac{L}{L_{\max}} \right) \quad (4)$$

( $L_{\max}$ : LAI の最大値,  $k_1$ : 定数)

しかし、上記の式は葉の成長が単調増加する現象しか表現し得ない。実際は老化により枯れていく葉が発生し、LAIは減少していく。従って老化により、LAIの増加速度が減少すると仮定し、以下の修正を加える。

$$\frac{dL}{dt} = k_1 L \left\{ \left( 1 - \frac{L}{L_{\max}} \right) - k_d L_d \right\} \quad (5)$$

但し、 $L_d$ は枯葉の単位土地面積あたりの葉面積を表し、時間に依存する関数として次のように仮定した。

$$L_d = \int_0^t e^{-c(t-s)} L(s) ds \quad (6)$$

上式を変形し、 $\frac{dL_d}{dt} = -cL_d + L$ を得る。

葉、枯葉、根、葉鞘の乾燥重量は以下の式で計算されるとする。

$$L_m = \alpha L, L_{dm} = \alpha_d L_d, R_m = \beta L_m, Sh_m = \gamma L_m \quad (7)$$

( $\alpha, \alpha_d, \beta, \gamma$ : 定数,  $L_m$ : 葉の乾燥重量,  $L_{dm}$ : 枯葉の乾燥重量,  $R_m$ : 根の乾燥重量,  $Sh_m$ : 葉鞘の乾燥重量)

光合成による生産物は植物体各部へ全てが分配されることを考慮し以下のように表現できる。

$$k_p F = R_m + S_m + L_m + Sh_m + L_{dm} \quad (8)$$

( $k_p$ : 乾燥重量への換算係数,  $S_m$ : 茎の乾燥重量)

### III 計算結果

1980年春植のサトウキビ (NC0310) の計算結果と実測値を比較し、モデルの精度について検討した。図に各器官の計算結果を示す。器官毎の生長パターンの複雑な違いが、定量的にも精度よい結果を与えている。茎重の計算結果から単位面積あたりのサトウキビ収量を予測することができる。実際の生育では生育後期は低温の冬季になり成熟(葉で合成された同化産物の内、呼吸や体構成物質の素材として利用された残余が蔗糖の形で茎中に蓄積される過程)が促進され、葉や根などの器官の生長が抑制される。本解析モデルでは、光合成生産物の分配比率は生育期間を通し一定値であり、このことが生育後期に葉や根の計算値が実測より大きくなる理由である。

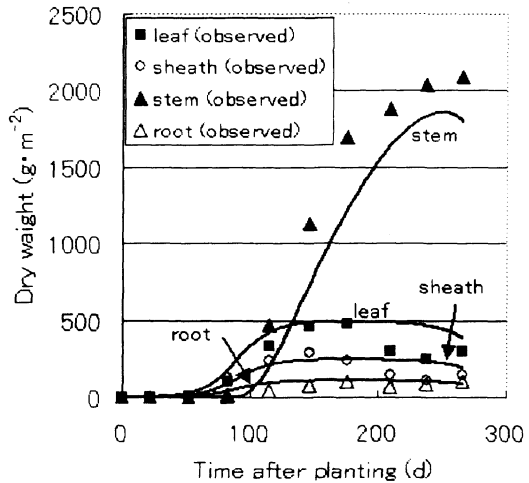


図 計算結果 (NC0310 1980年春植)