

トウモロコシの草高と葉面積密度を指標とした作物係数の評価

Theoretical Approach to Evaluate the Crop Coefficient Considering with Leaf Area and Plant Height of Maize

鈴木 純 (信州大学農学部), 北野 晶子 (オリエンタル白石株式会社)

キーワード: 蒸発・蒸発散, 畑地灌漑, 用水管理

1. はじめに

トウモロコシの作物係数 α , すなわち実蒸発散量と基準蒸発散量の比は 1.2 が採用されている. トウモロコシは, 草高 h が高く 2.5~5.0m, 葉面積指数 LAI は 5.0 を超えることもある. このように「 h と LAI が大きい作物」の α は 1.0 を超えると考えて, 草高 h と LAI の群落高さ別の微分値である葉面積密度 LAD を指標として, 作物係数を評価した.

2. 方法

2.1. 気象観測 観測は, 信州大学農学部附属 AFC 構内ステーション農場のトウモロコシ畑で行った. トウモロコシの栽培面積は 40m×120m で, 主風向に 60m 程度のフェッチを確保して気象観測機器を設置した. 気象観測項目は, 0.5~4.5m の 0.5m ごとの通風乾湿球温度と風速, 正味放射 (4 成分), 風向, 地中熱流量である. データは, 温度系は CR3000X で 30 秒ごと, それ以外は CR23X で 10 秒ごとに測定して, 10 分間平均値を記録した. 葉の表面温度 (以下葉温) は, トウモロコシ畑の中で, 高さ 0.5m ごとの 8 方位を, 放射温度計を水平に向けて層別に測定した. これを, 午前 7 時から午後 7 時までの 1 時間ごとに行った. トウモロコシの葉面積, 草高は約 2 週間に一度測定した. また, 正味放射計素子を, 高さ 1.0m と 2.0m に設置して群落内の正味放射を測定した.

2.2. 計算過程 計算過程は次のとおりである.

【群落内外の風速プロファイル】群落上の高さ z の風速 $U(z)$ と, 群落内の風速 $U(z)$ を求めた. は摩擦速度 u^* , カルマン定数 $k = 0.41$, 地面修正量 d , 粗度長 z_0 m, 群落上端の風速 $U(h)$ を与えた.

【群落内の放射プロファイル】群落内の短波放射を, 群落内の高さ z の散乱成分 $Rs_{dif1(z)}$ と, 直達成分 $Rs_{dir(z)}$, 直達成分が葉を透過することによって生じた散乱成分 Rs_{dif2} から求めた. なお, トウモロコシの葉の正射影の重なり程度 f は

0.5, トウモロコシの吸光係数 $K0.46$, 葉の傾きのファクター F は 0.5, a は各層の LAD を示す. これらすべてを加算して, 群落内の正味短波放射 $Rs(z)$ とした. 次いで, 下向き長波放射 RI_{\downarrow} , 上向き長波放射 RI_{\uparrow} は, 高さ z の葉温 $T_s(z)$ から $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, 射出率 $\epsilon = 0.98$ で高さ z の純放射 $Rn(z)$ を求めた.

【潜熱の多層モデル】群落内の高さ z の顕熱 $H_{ML(z)}$ はバルク式を用い, 潜熱 $\lambda E_{ML(z)}$ は有効エネルギー $\Delta(Rn(z)-G)$ と顕熱の残差として求めた. G は地中熱流量, C_p は空気の定圧比熱(=1005J/kgK), ρ は空気の密度, C_H はバルク輸送係数, $T_{a(z)}$ は高さ z の乾球温度を充てた. 実蒸発散 IE_{actual} は, $IE_{ML(z)}$ の合計を充てた.

【作物係数 α 】FAO の基準蒸発散量である Penman-Monteith 法(以下

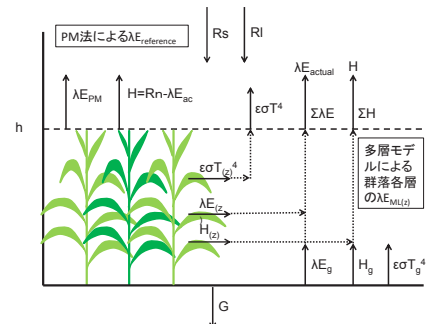


図1 多層モデルの計算過程

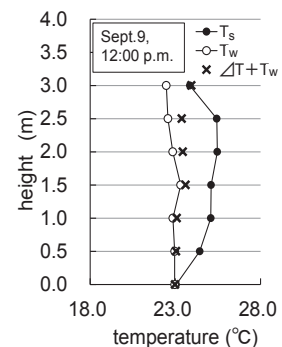


図2 葉温の実測値 T_s と湿球温度 T_w と葉温の予測値 $\Delta T + T_w$

PM法)の潜熱相当量を基準蒸発 $\lambda E_{reference}$ として作物

係数 $\alpha = \frac{\lambda E_{T_{actual}}}{\lambda E_{reference}}$ を評価する。

【作物係数と h, LAI の関係】実測した h と LAI を変化させて評価する。

3. 結果と考察

3.1. トウモロコシ群落の葉温の予測

トウモロコシ群落の葉温のプロファイルは、湿球温度 $T_w(z)$ (°C) に群落の各層で吸収された正味放射 ΔR_n を加えて、 $T_{Lp}(z) = T_w(z) + \Delta R_n$ で予測した。

3.2. 放射の予測

放射の予測結果は図2のとおりである。群落内の下向き、上向き長波放射は、若干上向きが大きく、正味の短波放射は群落内で $493W/m^2$ から $80W/m^2$ まで減衰した。これらを加算して求めた正味放射 R_n のプロファイルは、ほぼ正味の短波放射に近似した。なお、群落内に置いた正味放射計素子の出力と予測値はほぼ同値を示している。

3.3. 作物係数 α のトウモロコシの生長に伴う推移

トウモロコシが生殖生長～登熟期にあたる9月の基準蒸発散の α は、図4の $h=1$ の時、1.2 となった。そこで、 h を 0.5 と 0.25 に設定して計算すると、 α はそれぞれ 1.15 と 1.0 が得られた。この場合 LAI は変化していないので、トウモロコシの LAI をそのままに h を小さくすると、 α は小さくなり、 $0.25h$ で実蒸発散は基準蒸発散と等しくなる。また、 h は実際の草高のまま、LAI または LAD を 1.5, 0.5, 0.25 にすると、図5(上)のとおり、LAI または LAD が大きくなるほど α が大きくなること示された。また図5(下)のとおり、LAI または LAD と h を同時に変化させた場合、 h が実際の値より小さくなるにしたがって α は低下することがわかった。以上をまとめた表

1によれば、トウモロコシの蒸発散が最も旺盛な時期は、作物係数 α は 1.2 となるが、LAI をそのままに h を圧縮することで α が 1.0~1.1 に減少することを確認した。

4. まとめ

多層モデルの詳細な解析によって、トウモロコシの大きな α は、粗な群落を風が通り抜けることが蒸散を活発にすること、逆に草高を圧縮すると実蒸発散が減ることがわかった。

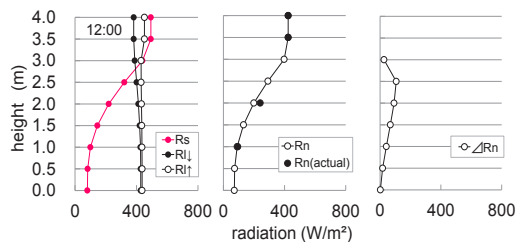


図3 放射の計算結果(左から放射要素, 正味放射, 吸収された正味放射のプロファイル)

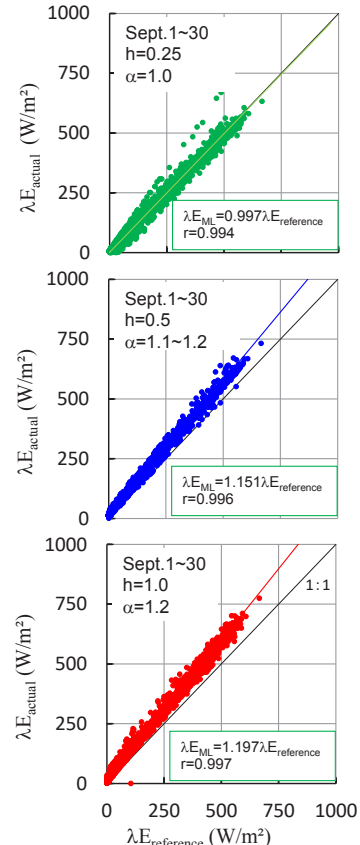


図4 h を 0.5 または 0.25 に設定した場合の基準蒸発と実蒸発散の比較

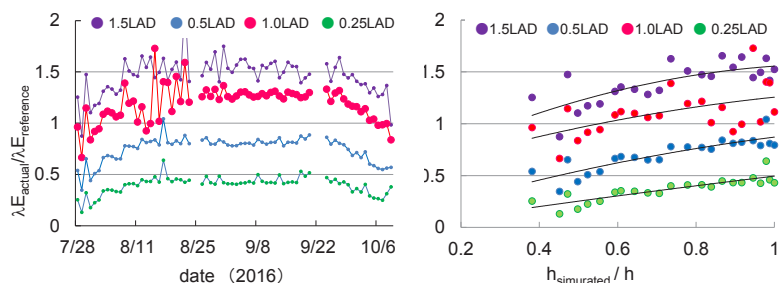


図5 LAD を変化させた場合の α の推移とさらに h を変化させた場合の α

表1 h または LAI, LAD を変化させた場合の α の

season	mean LAI	crop coefficient α		
		normal	0.5h	0.25h
late July	3.9	0.8	0.8	0.8
early ~ mid Aug	5.6	1	1.1	0.9
mid Aug ~ late Sept	5.9	1.2	1.1	1.0
early Oct	4	1	0.9	0.8

h: Plant height