

短 報

完熟期水稻群落における穂量の違いが
分光反射特性に及ぼす影響*

大川 浩 史・井上 吉 雄**・森 永 慎 介**

(広島県立農業技術センター, **農業環境技術研究所)

Spectral Reflectance of Full-Ripening Rice Canopies as Affected by Amount of Ears

Hirofumi OKAWA, Yoshio INOUE** and Shinsuke MORINAGA**

(Hiroshima Agric. Res. Cent., Higashi-hiroshima, Hiroshima 739-01, Japan ;

**National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaragi 305, Japan)

1995年1月31日受理

Key words: Remote sensing, Rice, Spectral reflectance, Yield.

キーワード: 収量, 水稻, 分光反射率, リモートセンシング.

圃場, 地域ごとの生産量や気象災害時の減収程度などを迅速に評価するには, 分光計測に基づいた非破壊的・遠隔的な方法が有効と考えられる。これまでに, 品種, 施肥量や栽植密度の異なる群落単位^{1,2)}, および衛星データによる行政区域単位³⁾で穀実収量と分光反射特性との回帰分析による収量推定が試みられている。しかし, これらの研究は, 主に総バイオマスと穀実収量の相関関係に基づいているものと推察され, 高い精度で収量を推定するためには, さらに有効な波長や指数を策定することの必要性が指摘されている^{1,2,3)}。

本研究では, 分光反射測定による収量推定法の精度向上のため, 施肥量および栽植密度の異なる収穫期群落を対象に, さらに人為的に穂と株の量を変動させ, 収穫期の群落における穀実(穂)自体の量の違いが分光反射特性に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

水稻品種「日本晴」を供試し, 1993年6月8日に農業環境技術研究所実験水田(つくば市)へ移植した。処理は基肥・追肥I・追肥IIの窒素施用量(kg/10a)がそれぞれ5・3・3の多肥と3・0・0の少肥, 栽植密度が25cm×15cmの密植と25cm×30cmの疎植とし, これらの組み合わせにより多肥密植, 少肥密植, 多肥疎植, 少肥疎植の4処理区(125m²/区)を設けた。10月26日~27日に各区4.5~4.8m²の群落の穂と株を段階的に切除し, それぞれの段階で分光測定を行った。測定群落は各処理区とも穂軸の上部まで黄化が進んだ完熟期で, 地上部生体重が1.5~2.5kg/m², 生穂重が0.4~0.7kg/m²であった。

切除は各株1~2穂ずつ4回繰り返す, つぎに株を1条おきに地際から刈取り群落の密度を半分にし,

再び各株1~2穂ずつ2~3回繰り返す, 残った穂をすべて切除して茎葉のみ, さらに株を全て刈取り裸地の順に行い, 生穂重および地上部生体重を順次変化させた。切除した穂や茎葉は直ちに重量を測定し, 穂は風乾, 脱穀後, 粗玄米重を測定した。

分光測定には高分解能連続型分光反射測定装置(波長範囲450~1,800nm, 分解能3nm, 波長スキャン時間約20秒, 視野角22°)を使用し, 約5mの光ファイバーにより群落の真上約1.5mの高さから直径約0.6mの円内を測定した。測定は晴天の日中に行い, 各段階ごとにBaSO₄を塗布した標準拡散白板を測定後, 群落内で上記の測定範囲を順次移動させながら5回反復測定した。

対象群落と標準拡散白板との放射強度の比を反射係数(R_λ; λnmの反射係数)とし, 反射係数, 反射係数の微分値, およびこれまで水稻群落の生体情報の推定に有効であると報告されている2波長の反射係数の演算値(比, 差, 和と差の比)と生穂重および地上部生体重との関係について検討した。

結果と考察

第1図に多肥疎植区の測定群落の状態と反射係数の変化を示した。可視から近赤外域では, 穂および株の切除に伴い順次小さくなる傾向があり, その変動は可視域よりも近赤外域で大きい傾向が認められたが, 中間赤外域では穂や株の切除による変動は小さく, 特定の傾向は認められなかった。多肥疎植区での反射係数の微分値は, 可視の550nm付近, 近赤外では700~850nmならびに1,200nmや1,400nmの付近で, 穂および株の切除に伴って大きく変動したが, 中間赤外域では変動は小さかった。その他の区においても, 反射係数および反射係数の微分値ともに, ほぼ同様の傾向を示した。

各処理区から切除した穂の生重と粗玄米重との間には高い正の相関(r=0.999)があり, 両者の関係は安定していると推察され, 生穂重から収量を推定することが可能であると考えられた。

* 大要は198回講演会(1994年8月)において発表。

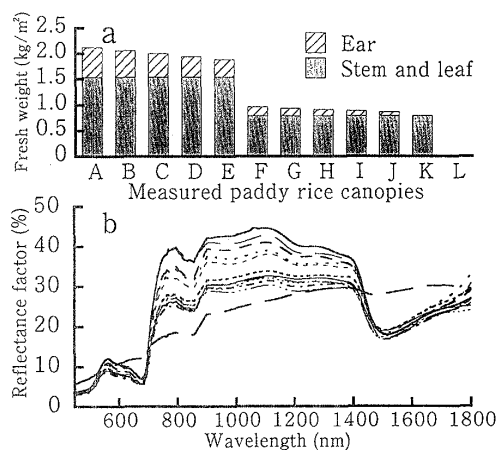


Fig.1. Fresh weight of ear and other parts of measured paddy rice canopies(a) and reflectance spectra for each canopy(b), where ears and/or hills were trimmed away successively from A to L. Data from a plot of increased fertilization/sparse population are shown as example.

— A — B — C — D — E — F
 - - - G - - - H - - - I - - - J - - - K - - - L

生穂重との間に高い相関を示した反射係数は、切除処理による反射スペクトルの変動が大きかった近赤外域の789, 864, 948 nmで、相関係数はそれぞれ0.903, 0.897, 0.902であった。反射係数の微分値では、変動が大きかった可視域の537 nmや近赤外域の702, 1,167 nmで、相関係数がそれぞれ0.852, 0.886, -0.941の高い相関を示した。2波長の反射係数の演算値は可視(552, 660 nm)と近赤外(831 nm), 近赤外(1,101, 1,200 nm)どうし, 近赤外(1,101 nm)と中間赤外(1,650 nm)の反射係数の4組み合わせとの関係を検討し、特に近赤外の1,101 nmと中間赤外の1,650 nmの差($R_{1101} - R_{1650}$)との間に高い正の相関があることがわかった(第2図)。

品種や施肥量が異なる群落の粗玄米重を推定するには近赤外の1,200 nm付近の反射係数が有効であり¹⁾、反射係数の微分値を重回帰式の説明変数に使用すると推定精度が向上する²⁾ことは既に報告されている。本実験でも反射係数の微分値と生穂重の間に高い相関が示されたが、上記の結果から、収量の推定には $R_{1101} - R_{1650}$ が特に有効であると考えられた。なお、本実験では、施肥量、栽植密度の処理によって穂重や群落構造は既にかなり異なっており、しかも、これらの群落と切除処理をした群落における反射特性と生穂重の関係が同一線上にあるとみなされたことから、切除による影や群落構造の変化の影響は相対的に小さいものと推察された。

一方、生穂重との間に高い相関を示した $R_{1101} - R_{1650}$ は、全処理区を込みにすると地上部生体重の変化に対しても高い相関があった(第2図)。また、生穂重との間に高い相関を示したそのほかの分光反

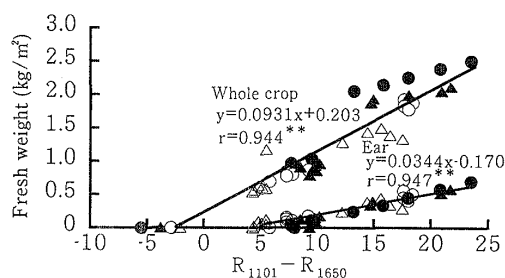


Fig.2. Relationship between ear and whole crop fresh weights and a spectral index $[R_{1101} - R_{1650}]$ in paddy rice canopies.

● : Increased fertilization/dense population
 ○ : Decreased fertilization/dense population
 ▲ : Increased fertilization/sparse population
 △ : Decreased fertilization/sparse population
 ** Significant at 1% level

射特性値も地上部生体重に対して高い相関関係 ($|r| = 0.862 \sim 0.933$) を示し、穂重と反射特性値との高い相関が単に地上部生体重と反射特性値との密接な関係に由来している可能性が示唆された。しかし、 $R_{1101} - R_{1650}$ の場合には、第2図に明らかなように、地上部生体重および穂重との間の回帰式の傾きが明らかに異なっており、 $R_{1101} - R_{1650}$ と穂重の関係は茎葉重が大きく異なる場合を含めても同一線上に分布するのに対して、地上部生体重の場合には茎葉重の違いによる変化と穂重の減少による変化とが質的に異なっていると推察される。このことから、 $R_{1101} - R_{1650}$ は茎葉重よりも穂重の変化に対してより直接的に関係していると考えられた。なお、これまで分光反射計測による登熟期地上部生体重の推定については明瞭な結果が得られていなかったが、本試験の結果から、各種の反射特性値を登熟期の地上部生体重の推定にも応用できる可能性が示された。ただし、これらの特性値は一般に穂の量、緑葉と黄化部の比率、水分含有量などの違いも反映したものであると考えられるため、推定式は栄養生長期とは異なったものになると推察される。

以上、収穫期における近赤外と中間赤外の反射係数の差 ($R_{1101} - R_{1650}$) を測定することにより収量推定の可能性が示された。収穫指数等の異なる多様な群落を対象として高い精度で収量評価を行うには、さらに波長分解能を高めることによって、穂やデンブンのみに関係する波長を探索し、より直接的に収量を推定する手法を開発することが期待される。

引用文献

1. Shibayama et al. 1986. Jpn. J. Crop Sci. 55: 53-59.
2. Shibayama et al. 1991. Remote Sens. Environ. 36: 45-51.
3. 渡辺利通 1988. 農環研資料 4: 21-35.