

マルチスペクトルセンサーを用いた低コスト葉緑素計の開発 Development of a Low-Cost Chlorophyll Meter Using a Multispectral Sensor

○吉岡尚寛*・矢島和佳**・富吉啓太**・青木伸輔**

YOSHIOKA Takahiro, YAJIMA Waka, TOMIYOSHI Keita, and AOKI Shinsuke

1. はじめに

窒素は植物の生育に重要な要素の 1 つであり、その欠乏は葉緑素含量の低下を引き起こす (Lemaire et al., 2008)。持続的な農業生産を行うためには、植物体内の窒素栄養状態を適切に評価することが重要である。従来、植物体内の窒素栄養状態を評価する手法として、破壊を伴う化学分析や市販の葉緑素計による非破壊測定が行われてきた。しかし、労力や導入コストの観点から、圃場条件下での多点・高頻度測定には適さない。本研究では、マルチスペクトルセンサーを用いた低コスト葉緑素計を開発し、市販葉緑素計との比較を通じて本装置による SPAD 値の推定可能性を評価した。

2. 方法

マルチスペクトルセンサー (AS7265x, SparkFun Electronics Inc., USA)を用いて葉の反射スペクトルを測定した。本センサーは 410~940 nm の 18 波長バンドの分光情報を取得可能であり、市販の葉緑素計で用いられる波長帯を含む。装置は 3D プリンターで作製した遮光箱内にセンサーを下向きに配置し、Arduino R4 Minima で制御した (図 1)。データは 1 秒間隔で取得し、MicroSD カードに保存した。

測定対象はイチゴおよびキウイの葉それぞれ 21 葉とした。まず、市販の葉緑素計により各葉 5 点の SPAD 値を測定し、その平均値を実測 SPAD 値とした。次に、同一葉を対象として反射スペ



図 1 低コスト葉緑素計

Fig. 1 Low-Cost Chlorophyll Meter

クトルを 5 回取得した。得られた反射スペクトルデータは白色板を用いて正規化し、相対反射率に変換した。SPAD 値への換算では、相対反射率から、全波長ペアから相対反射率の正規化比指数 (Normalized Ratio Index: NRI)を算出し、これを説明変数とする線形回帰モデル (NRI モデル)を構築した。さらに、全 18 波長の相対反射率を説明変数とする部分最小二乗回帰 (Partial Least Squares Regression: PLSR)モデルを三分割交差検証により構築した。これらのモデルから SPAD 値を推定し、実測 SPAD 値と比較した。

* 香川大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Kagawa University)

** 香川大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kagawa University)

キーワード：SPAD、マルチスペクトルセンサー、環境保全

3. 結果と考察

イチゴの実測 SPAD 値は 35.9～59.9 であった。図 2a にイチゴの葉における実測 SPAD 値と NRI モデルによる予測 SPAD 値の比較を示す。このとき、435 nm と 510 nm の波長ペアが最適であり、決定係数 R^2 は 0.672、二乗平均平方根誤差(Root Mean Square Error: RMSE)は 4.73 であった。図 2b に実測 SPAD 値と PLSR モデルによる予測 SPAD 値の比較を示す。 R^2 は 0.922、RMSE は 2.311 であり、NRI モデルを上回る予測精度が得られた。

キウイの実測 SPAD 値は 10.8～28.7 であった。図 3a にキウイの葉における実測 SPAD 値と NRI モデルによる予測 SPAD 値の比較を示す。このとき、705 nm と 730 nm の波長ペアが最適であり、 R^2 は 0.763、RMSE は 2.42 であった。図 3b に実測 SPAD 値と PLSR モデルによる予測 SPAD 値の比較を示す。 R^2 は 0.949、RMSE は 2.038 となり、イチゴの葉と同様に NRI モデルを上回る予測精度が得られた。

以上の結果から、NRI モデルによる実測 SPAD の予測に最適な波長の組み合わせは作物種によって異なり、イチゴでは可視域 (435～510 nm)、キウイでは近赤外域 (705～730 nm) であった。一方で、最適な波長を用いた NRI モデルであっても必ずしも市販の葉緑素計の再現性が得られるわけではなかった。これに対し、PLSR モデルは、いずれの葉種においても NRI モデルより高精度に SPAD 値を予測可能であった。これは、NRI モデルが特定の 2 波長の情報のみに基づくのに対し、PLSR モデルでは全波長の情報を統合的に利用できるためであると考えられる。今後はさまざまな植物種を対象に本装置を用いた測定を行い、本装置の汎用性を明らかにする必要がある。

参考文献

Lamaire et al. (2008): Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management.

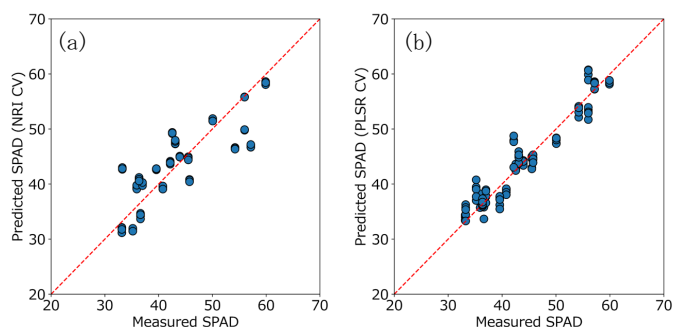


図2 イチゴの葉における実測 SPAD 値 vs 予測 SPAD 値
(a)NRI モデル、(b)PLSR モデル

Fig. 2 Measured SPAD Value vs Predicted SPAD Value for Strawberry Leaves (a)NRI model, (b)PLSR model

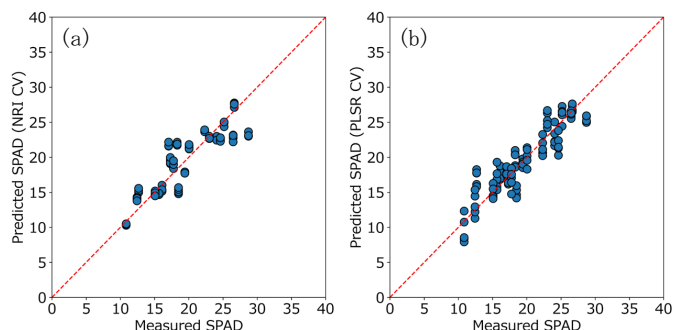


図3 キウイの葉における実測 SPAD 値 vs 予測 SPAD 値
(a)NRI モデル、(b)PLSR モデル

Fig. 3 Measured SPAD Value vs Predicted SPAD Value for Kiwi Leaves (a)NRI model, (b)PLSR model