

RGB 画像を用いた SPAD 値推定時の

精度向上に必要な光条件と撮影条件の検討

○妹尾 脩平¹⁾, 岩片 秀汰²⁾, Islam Md Parvez¹⁾, 羽藤 堅治¹⁾

1)国立大学法人愛媛大学大学院農学研究科, 〒790-8566 愛媛県松山市樽味3丁目5番7号

2)国立大学法人愛媛大学農学部, 〒790-8566 愛媛県松山市樽味3丁目5番7号

要旨

近年, 植物工場では様々な作物が栽培されており, その中でもトマト類は太陽光利用型植物工場において主要栽培作物である. しかし, 環境制御が施された植物工場での生産においても完全に生産を安定させることは難しく, 生育不良を引き起こす様々な要因が残っている. 本研究室でもスピーキング・プラント・アプローチ(SPA)に基づき画像診断技術を用いた生体情報計測に力を注いでいる. そこで本研究では, ミニトマトの RGB 画像から推定 SPAD 値画像を作成する実験を行った. まず RGB 表色系, XYZ 表色系などの各表色系と SPAD 値から関連の高い回帰式を算出した. その結果, 決定係数と空気中の水分子の影響を考慮して RGB 表色系の B-G を説明変数とした回帰式を採用した. この回帰式を用いた推定 SPAD 値の処理プログラムを作成し, RGB 画像の対象区と C-PL フィルターを用いた C-PL 区における推定 SPAD 値の比較を行った. その結果, 対象区と比較して C-PL 区では RMSE が小さく示された.

キーワード

植物工場, ミニトマト, SPAD 値, RGB 画像, C-PL フィルター

緒言

近年, 計画的な栽培が可能な施設として太陽光利用型植物工場での栽培が注目されており, トマトやパプリカなどの作物が栽培されている. しかし, 環境制御が施された植物工場においても完全に生産を安定させることは難しく, 生育不良を引き起こす要因が多く存在する. この問題を解決するために, 本研究室ではスピーキング・プラント・アプローチ(SPA)に基づく研究を行っており, 中でも画像診断技術を用いた非破壊非接触での生体情報計測に力を注いでいる. その1つとして SPAD 値を RGB 画像から推定するシステムの開発を行っている. その中で, RGB 画像撮影時に太陽光の影響を受けることによる, 推定 SPAD 値の誤差が問題として生じた.

本研究では, 計測対象をミニトマトとして, SPAD 値を推定する際の回帰式の作成と C-PL フィルターを用いた誤差の補正について検討を行った.

材料および方法

回帰式の作成と植生指標の決定

計測対象は, 愛媛大学植物工場 B 棟第 4 室において 2022 年 7 月に定植した穂木が小鈴クイーン, 台木がキングバリアのミニトマト(*Solanum lycopersicum*)を計測対象とした. 光条件の影響を排した XYZ 表色系や L*a*b*表色系などの色情報計測は色彩色差計(Konica Minolta CR-400)を, SPAD 値計測は SPAD 計(Konica Minolta SPAD-502Plus)を用いて行った. 計測は 2022 年の 10 月の午前 9 時から午後 3 時の間で行った. 色彩色差計では 1 か所につき 1 回計測を行い, その値を実測値とした. SPAD 値計測は 1 か所につき 5 回計測を行い, その平均値を実測値とした. これらの値を用いて, SPAD 値を目的変数とした推定式を求めるために, 各表色系を組み合わせた植生指標を説明変数として回帰分析を行った.

C-PL フィルターを用いた画像補正方法の検討

RGB 画像撮影は一眼レフカメラ(Nikon D7000)を用いて、12月に撮影を行った。撮影に際しては、カメラの設定を、フラッシュは使用せず、ISOを100、ホワイトバランスはオート、Pモードとした。RGB画像の撮影時に、そのままの撮影を行う対象区と画像撮影時の光の反射を抑えるためにC-PLフィルターを用いたC-PL区を設けた。また、推定SPAD値の精度を検証するために、SPAD値の計測点にシールを用いてマーキングを行った。撮影した対象区とC-PL区のRGB画像に作成した回帰式を用いて計測点の推定SPAD値を算出した。その後、それぞれの区の実測SPAD値と推定SPAD値とで二乗平均平方根誤差(RMSE)を算出し、評価を行った。

結果および考察

回帰式の作成結果および植生指標の決定

計測を行った色彩色差計の値とSPAD値を元に、植生指標を説明変数としてExcelを用いて解析を行った。単回帰式の算出には近似曲線作成機能を、重回帰式には分析ツールの重回帰分析機能を利用した。その結果、決定係数と空気中の水分子の影響を考慮して単回帰式B-Gを説明変数とした回帰式(式1)を採用した。

$$\text{SPAD 値} = -0.7488 \times (\text{B-G}) + 68.927 \quad (\text{式 1})$$

C-PL フィルターを用いた際の精度検証結果

図1に対象区の推定SPAD値画像とC-PL区の推定SPAD値画像を示す。図1の点1と点2はSPAD値の計測点の例を示す。表1に図1の対象区とC-PL区との推定SPAD値と実測値のSPAD値の比較を示す。その結果、図1よりC-PLフィルターを用いた方がより実測値に近い値を推定している。また、実測SPAD値と推定SPAD値の関係を検討するために散布図を用いた。図2に対象区とC-PL区における実測SPAD値と推定SPAD値の散布図を示す。本研究においては実測SPAD値と推定SPAD値が等しくなることが望ましい。よってyが推定SPAD値、xが実測SPAD値とした近似曲線が $y=x$ (傾きが1, 切片が0)となるのが望ましい。近似式は対象区では $y=2.3131x+69.726$ となっており、C-PL区では $y=0.9467x-2.2041$ と示された。この結果、対象区よりもC-PL区の方が実測値への近似が出来ており、C-PLフィルターにより推定SPAD値が改善されたと考えられる。同様にRMSEにおいても対象区では14.17だったのに対してC-PL区では8.83となった。

これらの結果より、RGB画像撮影時にC-PLフィルターを用いることで推定SPAD値画像作成時の誤差が小さくなると考えられる。

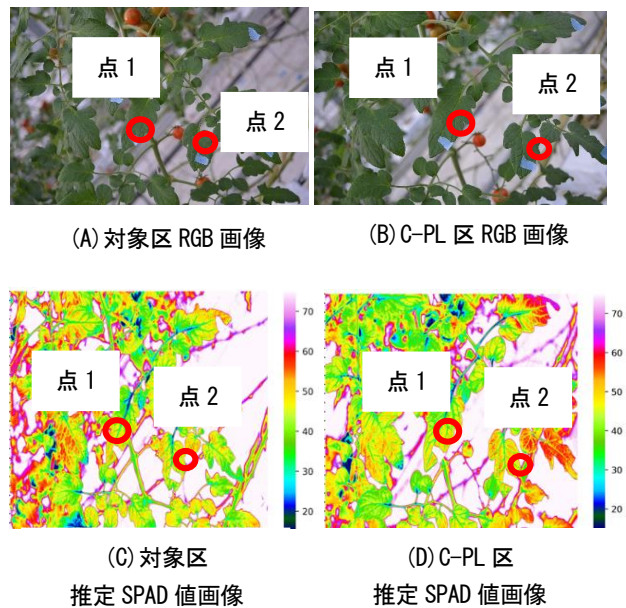


図1 対象区とC-PL区のRGB画像と推定SPAD値画像例

表1 図1の推定SPAD値画像における実測SPAD値との比較

計測点	実測SPAD値	対象区	C-PL区
点1	48.9	59.1	50.2
点2	49.4	48.7	49.4

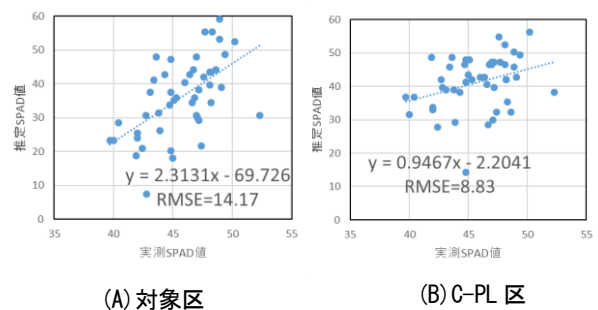


図2 対象区とC-PL区における実測SPAD値と推定SPAD値の散布図

参考文献

- Yu Liu, et al., (2021) Assessment of naked barley leaf SPAD values using RGB values under different growth stages at both the leaf and canopy levels, *Eco-Engineering*, 33(2),31-38
- Yu Liu, et al., (2021) A Robust Vegetation Index Based on Different UAV RGB Images to Estimate SPAD Values of Naked Barley Leaves, *Remote Sens*, 13(4), 686