

電気化学インピーダンス法を用いた 生育環境が植物に与える影響の直接モニタリング

in situ observations to directly monitoring of plants under various conditions
using electrochemical impedance spectroscopy (EIS)

東京理科大学 理工¹/総研²

岡嶋 真由¹, 中川 陽菜¹, ◯杉山 睦^{1,2}

1. Faculty of Science and Technology / 2. RIST, Tokyo Univ. of Science

M. Okajima¹, H. Nakagawa¹ and ◯M. Sugiyama^{1,2} E-mail: optoelec@rs.tus.ac.jp

【はじめに】 農業や植物育成は、生物学や化学など理学的見地から扱うことが多いものの、それらの知見がダイレクトに工学的な農業機器に反映されることが難しい。例えば、カメラやセンサを用いて植物の育成状況をモニタリングしても、植物に与える栄養のうち具体的に何が過不足なのか？など、植物の育成環境へのフィードバックは、経験者の感覚や経験を蓄積した機械学習などに頼っているのが現状である。また、ハイテク機器は農家への金銭的負担が大きく、農作物の価格にも反映されてしまう。

植物の育成状況を直接 *in situ* モニタリングする手法の一つとして、植物の葉表面から測定される表面電位を測定する事が古くから取り組まれているが、直流電圧計測のみでは、複雑な植物の育成情報を把握するには限界がある。本研究では、電気化学分野や応用物理学分野で普及している電気化学インピーダンス法(EIS)に着目した。植物の葉表面からの EIS 測定は、周波数を変化させた微弱な交流信号を印加した時に得られるインピーダンス情報に対し、各細胞組織の構造を反映した等価回路を設定してフィッティングすることで、非侵襲で簡便に *in situ* 評価可能である[1]が、報告例が皆無である。本研究では、光や気温など、植物の育成環境の変化が *in situ* 測定した葉の EIS 特性に与える影響を検討した。

【実験方法】 試料にゼニゴケや一般的な観賞用植物・野菜を用いて、一枚の葉面葉脈上の任意の2か所に導電性接着ゲルを塗り電極と葉との接触とした。交流印加電圧の振幅を 20 mV、周波数を 10Hz–10MHz と変化させながら EIS 測定を室温で行った。

【結果及び考察】 一例として、光合成有効光量子束密度(PPFD)値が異なる光を照射したときの、ゼニゴケの CPE-p 値 (細胞膜付近で形成された界面分極の均一性を反映する値[1]) の時間変動を、光照射前の値で規格化して図1に示す。生長に適切な PPFD 値 (100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)の光を照射したときは、CPE-p 値が照射時間に対して正の相関傾向を、ストレスになるような大きい PPFD 値(1900 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)の光を照射したときは、負の相関傾向を示した。葉の表面からの EIS 測定によって、光環境が植物に与える影響を *in situ* 観察できることを示唆した。

【謝辞】 本研究の一部は、東京都葛飾区、JA 東京スマイル、科研費(基盤 C)21K04696、東京理科大学学長特別研究推進費、JST 共創の場形成支援プログラム、東京理科大学農理工学際連携コースの援助を受けた。また、本研究を遂行するにあたりご助言頂いた、東京理科大学理工学部応用生物科学科 朽津和幸教授および橋本研志助教に感謝致します。

【参考文献】 [1] Sugiyama & Okajima, Theor. Exp. Plant Physiol. **34** (2022) 501.

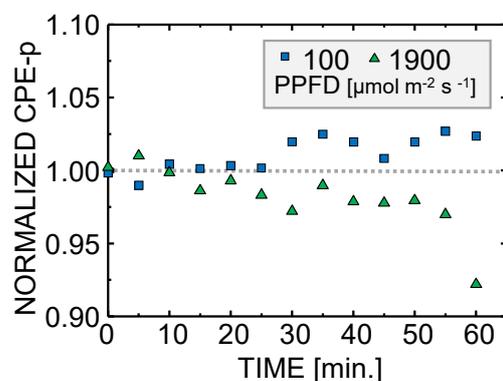


図1 規格化した CPE-p 値の光強度・時間特性