

## ワサビの葉面電位応答特性と水耕栽培生育環境因子との関係

小山虹大・平間淳司・柳橋秀幸（金沢工業大学）・松井良雄（金沢学院大学）・坂寛（サカ・テクノサイエンス）

1. はじめに 植物工場は野菜や果実を中心とした作物を光、温湿度、二酸化炭素濃度、培養液などの環境条件を人工的にコントロールし、季節・場所に関係なく生産するシステムである。本研究では栽培が困難とされるワサビ工場に関して、従前から生育制御に IoT・ICT を利活用した SPA 方式を導入<sup>1)</sup>してきた。今回は更なる生育を促進させランニングコスト削減を目指し、ワサビの葉面から発生する微弱な電気信号である「葉面電位」を計測し、環境制御のパラメータとして、RMS 値と FFT 値を用いた環境制御を SPA 方式の中に新たに組込むことを検討している。すなわち、RMS 値はワサビの葉面電位のゆらぎの変動成分エネルギーを、FFT 値は約 1 日分の葉面電位の概周期変動成分からサーカディアンリズムのリズム性をそれぞれ定量化する。

2. 実験方法 図 1 に制御システムの構成を示す。図 1 に示すワサビ工場の 1,2 レーンの EC 値を 1.0、3,4 レーンの EC 値を 2.0 でそれぞれ常時一定で生育を行っている。なお、全レーンでの pH 値は 7.0 で一定に調整しているが EC 値や pH 値は日毎に変動するため、定期的に養液調整を行っている。また、日長制御は 16L8D とし LED 照明で生育を行っている。この養液調整前後の RMS 値と FFT 値の計算を行い、それぞれの計算データの変化傾向からワサビの健康状態を診断し、新たな SPA 方式の制御パラメータとしての有効利用のための基礎データとする。

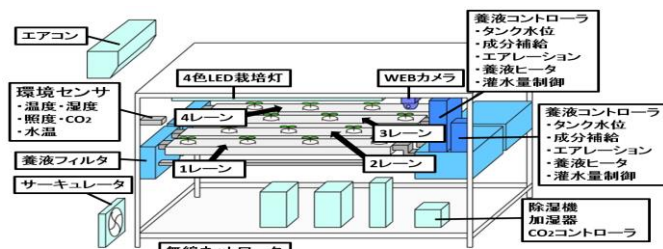


図 1 IoT・ICT 導入システムの構成

図 2 に葉面電位計測システムと電極を示す。図示のように、それぞれ 4 枚のワサビ葉に対して電極を貼り付け、連続して各レーンで全 4CH の葉面電位計測を行う。葉面電位は mV オーダと微小なので、差動増幅器の生体電位アンプで増幅する。

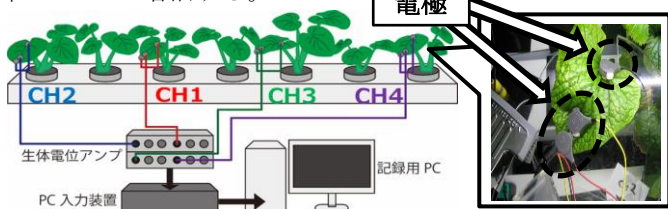


図 2 葉面電位計測システムと電極

RMS 値の計算は葉面電位に対して、1 回目の分析区

間(3h)として時系列データの変動エネルギーを計算する。その後、2 回目では分析区間長(3h)の半分を“ずらし区間(1.5h)”として、時系列解析を行う。なお、LED の点灯時と消灯時に生じる明反応と暗反応による RMS 値の大幅な変動部分は不要なデータと見なし、消灯と点灯の前後 30 分のデータを削除し、9:00~15:00 までの 6 時間分を分析区間長とした。一方、FFT 値の計算は 1 回目では 3 日間を分析区間とし、1.5 日をずらし区間とした。なお、今回は 1 日相当分の概周期性の強さを計算することから、分析区間長(3 日分:  $fn=1$ )に対しての基準化周波数  $fn=3$  のみを分析データとした。

3. 結果と考察 図 3 に代表的な 2 月 26 日から 3 月 4 日の生育期間において、CH1 の RMS 値の計算結果、図 4 に 3 月 1 日から 3 月 6 日の CH4 の FFT 値の結果を示す。なお、養液調整を行った日付を黒枠で囲った。

3 月 1 日の養液調整後に RMS 値が増大し、その 2 日後に FFT 値のリズム変動が強く現れている。

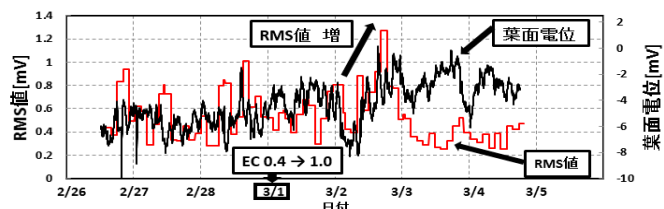


図 3 RMS 値の結果

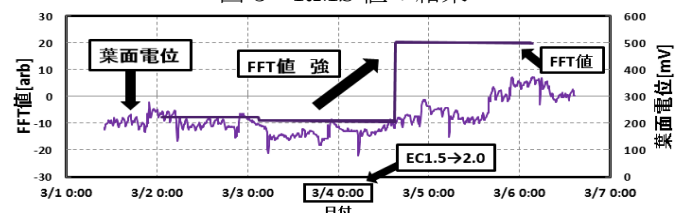


図 4 FFT 値の結果

葉面電位は気孔の開閉や根と維管束による栄養塩の吸収・輸送などに連動した、イオン輸送の過程から発生した膜電位の変動に起因した生理活性の状態を示している<sup>2)</sup>。このことからワサビの至適生育の養液に調整することで、栄養の吸収・輸送が活発化し、葉面電位の変動幅が増大し、RMS 値も増大したと考える。それに伴い、サーカディアンリズムの変動へも影響したと推測できる。このことから RMS 値や FFT 値を生育制御パラメータとしても有効性が高いと考える。

4. さいごに 本研究では、ワサビの至適生育の養液調整後に RMS 値と FFT 値を導出した。今後に向けて、この値は生育環境の制御パラメータとして SPA 方式への導入の有効性が高いことがわかった。

参考文献

- 平間淳司,坂寛,畠村幸長,柳橋秀幸,松本恵子:「IoT・ICT 利用による小規模ワサビ工場」,日本生物工学会 2019 年千葉大会講演要旨,p242-243,2019.
- 加藤潔,島崎研一郎,前島正義,三村徹郎 監修:「植物の膜輸送システム」,廣済堂,東京,pp9-15,2003.