

誘電分光法を用いた植物の環境適応に関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科
小橋川 千晶

土壌中の水分の欠乏や塩類濃度の上昇によって、植物がストレスを受けると、植物は環境適応の過程で浸透圧調節物質（適合溶質）を誘導合成する。近年、このストレス適応によって植物が適合溶質を蓄積することを利用し、意図的に農作物に対してストレス処理を行なって品質を高めることが行なわれている。現在の農業生産現場では、ストレス処理は専門農家の豊かな経験に基づいて行われている。素人でも植物の生育状態を的確に把握し、生育環境の制御が可能であれば、農作物の形状や含有成分を制御でき、均質な野菜を大量に生産することが可能であると考えられる。さらに消費者が好むような機能性成分を多く含んだ作物の生産も期待できる。最近、様々なセンサーを用いて植物の生体情報を計測し、それに基づき生育環境を適切に制御する Speaking Plant Approach (SPA) の技術の施設栽培への導入が検討されている。誘電分光法による植物の生体計測は、環境適応の過程で植物体内に生じた物理化学的な変化をマイクロウェーブの透過性を利用して捉える方法であり、SPA の技術として応用が期待できる。

本研究では、誘電分光法による植物の生体計測の定量的評価、ストレス計測の応用範囲について検討した。また、それに基づき植物の環境適応により誘導合成された適合溶質の濃度変化や水分量の変化の推定式を構築することを目的とした。

第2章では、既往の研究で知られている植物の耐塩性評価に基づき、耐塩性の異なる植物の誘電特性を測定した。誘電分光法による新たな植物の耐塩性分類について検討した。また植物の塩環境適応の定量的評価可能性について検討を行い、その結果、植物の塩環境への適応を定量的に検出できる可能性を見出した。

第3章では、植物の光・温度環境への適応を誘電分光法を用いて計測し、その有効性について検証した。また、得られた結果とこれまで報告されている植物の水ストレスや塩ストレスへの適応の計測結果とを比較した。

その結果、誘電分光法を用いることで植物の光・温度環境への適応の定量的検出が可能であることが示された。

第4章では、植物の物理化学モデルを構築し、誘電分光法による植物の環境適応の検出メカニズムを解析した。また植物の誘電特性の測定結果から、環境適応により誘導合成された適合溶質の濃度変化や水分量の変化を求める推定式について検討した。植物の誘電緩和スペクトルのシミュレーションから、物理化学モデルに用いた溶質濃度は植物の種類やストレスの種類によって異なることが明らかになった。また誘電分光法を用いた植物の生体計測では、植物の環境適応による体内の溶質濃度の変化が検出可能であることを示した。さらに物理化学モデルにおいて水分量と複素誘電率の関係を分析することによって、溶質濃度の影響がほとんど見られない周波数 20 GHz の誘電損率の値から水分量を推定できた。水分量一定の条件下では、特定の周波数での複素誘電率から溶質濃度が推定できることが示唆された。

第2章、第3章で得られたことを応用した高付加価値作物の栽培技術について以下の章で論じた。

第5章では、NaClを添加し段階的に塩類含量を変化させた干拓土壌を用いてハウレンソウの栽培を行い、塩環境がハウレンソウのアミノ酸、ポリフェノール等の栄養成分、機能性成分への影響について検討した。また、品質と収量の増加が見込める適切な土壌塩類濃度について検討した。その結果、適度な塩類を有する干拓土壌でハウレンソウを栽培すると、収量の増加、栄養成分、うまみの成分や機能性成分が増加し、人間に好ましくない成分である硝酸、シュウ酸が減少することから、ハウレンソウの品質が向上することが示された。

第6章では、紫外線耐性の異なる4つの作物に紫外線 UV-C 照射を行い、紫外線照射が植物のアミノ酸、ポリフェノールといった栄養成分、機能性成分に与える影響について検討した。その結果、適度な量の UV-C 照射によって植物の成長の促進、栄養成分の増加が期待できるが、過度の照射では成長の抑制や栄養成分の低下などの影響があることが示された。

第7章では、本研究のまとめと今後の課題について論じた。

