

(様式第 1 3 号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 原田 陽子

題目: 分光特性を用いた植物制御と診断
(Plant Control and Diagnosis Using the Spectral Characteristic)

近年、分光技術の発展は目まぐるしく、その技術を応用した農業生産が求められている。特に、農業において期待される光放射応用は、「環境制御としての光応用」と「診断技術としての光応用」に大別される。「環境制御としての光応用」は、光に対する植物の反応を元に、人工的に制御した光強度、光周性、光質等を指し、特に光質に関わる発展が大きく、100 nm 程度の特定波長域の照射から、30~50 nm のより狭い波長域(分光)が照射可能な LED へと発展している。「診断技術としての光応用」は、特に可視・赤外放射を利用した植物体の光センシングを指し、より高品質で安全・安定供給を望む消費者のニーズに応えるべく、連続的な非破壊調査をケミカル・フリーで迅速に行う手法として、注目されている。これらをふまえて本研究では、近年発展している分光技術を用い、その応用として「分光特性を用いた植物制御と診断」を試みた。

分光特性を用いた植物制御では、光が原因として発生する農作物の光害(ひかりがい)に注目し、街路灯などの農地に隣接する照明からの漏れ光による被害が発生しているイネの出穂遅延程の事例を対象とした。植物の開花における分光特性については、栄養生長に影響を及ぼさない数 lx 程度の光強度で単色光を照射した場合でも、花芽の不形成や遅延、もしくは促進(早期開花)を起こすことが解明されつつある。つまり、植物に照射される光を制御することで、花成反応のタイミングを制御できる可能性がある。そこで本研究では、人々が安全に通行可能な夜間の光環境を形成しつつ光害を回避するため、水田に漏れ光が照射された場合でも光害が発生しない光質、発光制御等の光条件の探索を行った。

まず、人工気象器内で栽培したコシヒカリ (*Oryza sativa* L. cv. Koshihikari) に対する各色 LED 光源(近紫外・青・緑・黄緑・黄・赤色)の出穂遅延への影響を、開花誘導遺伝子 *Hd3a* の発現による推定から評価した。LED 光源を一般的な防犯灯の照度である 5 lx で照射した場合には、青、緑色光は影響が小さく、近紫外、黄緑、黄、赤色光では影響が大きかった。また、発光制御(パルス発光周波数・デューティ比)を行った場合は、青色光(700 Hz・60%)、緑色光(50 Hz・60%)で出穂促進傾向となり、黄緑色光(700 Hz・70%)では発光制御なしと比較して影響が小さくなった。そこで、イネ光害回避型の照明として、上記の光条件を持つ青、緑、黄緑色光の混合 LED 照明を作成し、移植以降の全生育期間において夜間照射し、人工気象器内で栽培したコシヒカリの収量・品質への影響を調査した。夜間照射を 10 lx とし、圃場環境をモデルとした

温度・日長制御下で生育させた場合は出穂遅延が発生せず、登熟歩合に低下を起こしたが、収量や等級に影響は認められなかった。そして、圃場に隣接してこの光条件を持つ照明を設置した場合は、最大で出穂遅延が約 2 日であり、対照区と比較して収量の低下もみられなかった。開発した青、緑、黄緑色光の混合 LED 照明は、従来の照明とは異なる分光分布であるため、白色 LED 照明と比較し視認性評価も行った。その結果、通行人の挙動およびその表情等の判断、個人の特定をすること、また路上の障害物等を認識することについて、十分な照明性能であった。しかし、白色 LED 照明と比較し、色認識が約 15～35 %低下し、照明の雰囲気評価では、やや不安・不満となった。このように、視認性に若干の課題があるものの、波長選択と発光制御を行った混合 LED 照明は、人々が安全に通行可能な夜間の光環境を形成しつつ光害回避型の照明として有効であると示唆された。

次に、分光特性を用いた植物診断では、高糖度な果実を、隔年結果が生じず安定生産を可能とすることが求められているカンキツ栽培において、課題となっている水分ストレス制御を対象とした。現在の樹体管理方法は、葉のしおれ、巻き、色といった観察が主であり、科学的に測定・分析し、後継者や新規就農者でも現地診断が可能な技術の開発が望まれている。そこで、非破壊・簡易で迅速な診断が可能な近赤外分光法に注目した。近赤外分光法は、それまで光源・分光装置、解析システムが大規模となるため、実験室レベルでの使用を余儀なくされていたが、装置が小型化し、さらにモバイル型パソコンでも作動可能となり、市販の解析ソフトが普及したことにより、フィールド調査においても十分にその利点を生かすことが可能となった。そこで本研究では、水分ストレスの診断について、葉内水分ポテンシャル (Leaf Water Potential, LWP) を指標とし、近赤外分光法による非破壊・簡易で迅速な診断を行った。

供試作物をウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marc.) とし、圃場にて近赤外分光法による波長域 1300 nm から 2400 nm の葉の反射スペクトル測定、および従来法であるプレッシャーチャンバーによる LWP 測定を行い、水分ストレスの診断として十分な測定範囲 (-0.20 から -3.20 MPa) を網羅したデータを収集した。スペクトルデータを反射率から吸光度に変換し、2 次微分処理を行った後、PLS 回帰分析を行うことで、LWP と相関関係のある検量モデルを求めた。その結果、求められた検量モデルは、年次間変動が推定範囲に対して約 1 %の誤差と小さく、予測の平均 2 乗誤差 (RMSEP) が 0.15 MPa と高精度であり、全栽培期間を通して診断に十分な LWP 範囲を推定することが可能であった。また、本推定手法を用いて特定の栽培期間や測定時期に応じた LWP の指標を個々に作成することで、RMSEP 0.01 MPa とさらに高精度な推定が可能であった。このように、近赤外分光法は、ウンシュウミカン葉の LWP 推定において、非破壊・簡易で迅速な診断技術であると示唆された。

以上のように、LED 光源の開発でより狭い波長域の光照射や発光制御が可能となったこと、つまり分光放射技術の発展は、イネ光害回避型照明の開発を可能とした。また、近赤外分光法における装置の小型化や解析ソフトの普及、つまり分光測定技術の発展は、カンキツ樹体の非破壊かつ迅速で簡易な水分ストレス診断を可能とした。