

学位論文審査の結果の要旨

氏名	下元 耕太
審査委員	主査 仁科 弘重 副査 高山弘太郎 副査 羽藤 堅治 副査 石川 勝美 副査 奥田 延幸

論文名 太陽光植物工場に実装可能な光合成蒸散モニタリングシステムの開発

審査結果の要旨

農業就業人口の急速な低下に連動するかたちで施設生産面積も減少を見せるなか、わが国における次世代の農業生産形態として栽培面積が1 haを越える太陽光植物工場による企業の施設生産が注目されている。太陽光植物工場は、光・気温・湿度・CO₂濃度等の様々な環境要因を制御することで高い生産性を通年で維持する施設であり、栽培作物の純光合成の最大化は、太陽光植物工場における重要度の高い環境制御目的である。しかしこれまで、商業的太陽光植物工場に導入可能な光合成速度計測装置の開発例はなかった。そのため、本研究では、太陽光植物工場に実装可能な光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムの開発を行っている。

第1章では、本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、開放型同化箱法による作物個体を対象とした光合成蒸散速度計測に求められる仕様の検討を行っている。具体的には、太陽光植物工場で栽培されているトマト個体を対象とした光合成蒸散速度計測が可能な開放型同化箱法による計測システムを試作している。この計測システムは、トマト植物体の地上部全体を覆うチャンバを同化箱として用いる。チャンバの上面と側面は透明フィルムで密閉されているが、底面はチャンバ外の空気に対して開いている。内部の大きさは2.1 m [H] × 0.35 m [W] × 0.7 m [D]であり、トマト1個体を内包できる。チャンバ上部に設置されたファンを用いてチャンバ内の空気が排気され、一方でチャンバ底面からチャンバ外の空気が流入する。底面から流入する空気と上部から排気される空気をエアポンプで連続的にサンプリングし、両者のCO₂(H₂O)濃度差を計測する。試作した計測システムを用いてトマト1個体を対象とした光合成速度計測を行い、同システム

に求められる CO₂濃度差計測精度が 1 μmol mol⁻¹であることを確認した。

第3章では、低コスト光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムの開発を行っている。具体的には、商業的太陽光植物工場に導入する上で求められる低コスト化に対応するために、安価な拡散型 CO₂ センサの CO₂ 濃度差検知性能の検証を行った。安価な拡散型 CO₂ センサである CO₂ Engine® K30（以降：K30）を有する TR-76Ui-H と高精度のが高価な通気型 CO₂ センサを有する LI-6400 の CO₂ 濃度差検知性能を比較したところ、両者が同等の CO₂ 濃度差検知能力を有していることが確認された。さらに、K30 の外形に合わせた専用ケースを 3D プリンタで作製し、このケースに K30 を入れた状態で空気を通気することで、K30 の CO₂ 濃度変化への応答性を向上させることに成功した。次に、K30 を用いた光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムを作製し、これを用いて太陽光植物工場における長期間の光合成速度計測を行った。この間、K30 の CO₂ 濃度差検知性能が低下しないことが確認された。

第4章では、個体群光合成モデルによる光合成速度の推定値と光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムによる実測値の比較を行っている。まず、個体群光合成モデルを構築するために、個葉の光合成特性を把握するための標準計測プロトコルを定義し、日射量・外気温・CO₂ 施用能力に基づいて個体群の光合成速度を推定するモデルを作成した。2016年3月29～30日に、光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムで計測された光合成速度の実測値と個体群光合成モデルにより得られた光合成速度の推定値を比較したところ、両者が同様の日変化を示すものの、光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムでは、個体群光合成モデルが推定できない短時間（5分間）の光合成速度の変化を捉えられることを確認した。

第5章では、光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムの栽培現場における活用例を紹介している。具体的には、同システムを用いた床面敷布型光反射性シートの光合成促進効果の検証と根圏温度が個体群光合成に及ぼす影響の評価である。結果として、床面に光反射性シートを敷布することで個体群光合成量が有意に増大するが、その効果は直達日射の床面への入射角により変化することが確認された。また、養液温度を 30℃ に設定することで、冬季の個体群光合成速度を高く維持できる可能性が見出された。

以上、本研究から、安価な拡散型 CO₂ センサを用いていながらも十分な CO₂ 濃度差検知能力を有する光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムを開発するに至った。また、本システムを用いることで、太陽光植物工場の環境制御に必要な不可欠な光合成速度の情報をリアルタイムに取得できることが確認された。

本論文に関する公開審査会は平成30年2月3日に愛媛大学農学部で開催され、申請者の論文発表と質疑応答が行われた。引き続き開催された学位論文審査会で本論文の内容を慎重に審議した結果、審査委員全員一致して、本論文が博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定した。