

学位論文要旨 Dissertation Abstract

氏名：
Name 下元耕太

学位論文題目：
Title of Dissertation 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

学位論文要旨：
Dissertation Abstract

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を越える大規模施設による企業的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のひとつである。しかし、商業的太陽光植物工場において光合成速度を計測する装置の導入例はない。そこで本研究では、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た。

1. 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の検討

太陽光植物工場における光合成蒸散速度計測は、作物生産の基本単位である個体を対象として行うことが望ましい。本研究では、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作製した。本システムは、植物体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。上面のファンを用いてチャンバ内空気を排気し、チャンバ内に上向きの気流を生じさせている。底面から流入する空気とファンにより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。本システムを用いてトマト1個体を対象とした光合成蒸散速度計測を行ったところ、計測に必要なとされるCO₂濃度差計測精度は1 μmol mol⁻¹、H₂O濃度差計測精度は0.1 mmol mol⁻¹であることが確認された。

2. 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

商業的太陽光植物工場に導入可能な低コスト光合成蒸散リアルタイムモニタリ

ングシステムを開発するために、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と高性能な通気型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分かった。さらに、K30の外形に合わせた専用のケースを3Dプリンタで作製し、このケースに計測対象空気を導入することで応答性を向上させた。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、これを太陽光植物工場に導入して長期にわたってトマト個体群(2個体)の光合成蒸散速度を計測することに成功した。なお、この長期計測の間、K30のCO₂濃度差検知性能が維持されていたことも確認された。

3. 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

個体群光合成モデルによる光合成速度の推定値と、開発した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を比較した。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、個体群光合成モデルを用いて得られ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り計測される実測値を比較したところ、1時間毎の光合成速度の移動平均は両者とも同様の変化を見せたが、5分間毎の光合成速度の実測値は、個体群光合成モデルでは推定できない短時間の光合成速度の変化を捉えることができていた。

4. 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

光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムを用いて、①床面敷布型光反射性シートおよび②根圏温度がトマト個体群の光合成に及ぼす影響について検証した。①については、光反射性シートが個体群光合成量を有意に増大させるが、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を確認した。②については、養液温度を30℃に設定することで、冬季の光合成速度を高く維持できる可能性を見出した。2017年10月からは、本システムの商品化の第一段階となるプロトタイプを商業的イチゴ温室に導入し、実証試験を行っている。

まとめ

本研究では、安価な拡散型CO₂センサを用いながらも十分な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した。本システムを用いることで、光合成モデルでは推定できない短時間の光合成速度の変化を捉えることができた。本システムが提供するリアルタイムの光合成蒸散速度の情報は、太陽光植物工場の環境制御に必要な不可欠な情報であり、本システムの早期の社会実装が期待される。