

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	Yayu Romdhonah
審査委員	主査 高山 弘太郎
	副査 仁科 弘重
	副査 羽藤 堅治
	副査 奥田 延幸
	副査 河野 俊夫

論文名 Studies on the high time-resolution net photosynthetic rates of cherry tomato plants: Empirical models and seasonal changes (高時間分解光合成速度計測データを用いたミニトマト個体群の光合成モデリング)

### 審査結果の要旨

わが国における持続的な農業生産の形態として太陽光植物工場による企業的施設生産の普及拡大が続いている。太陽光植物工場は、光・気温・湿度・CO<sub>2</sub>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るが、この環境制御の主目的の一つが培作物の純光合成の最大化である。これまでに、商業的太陽光植物工場に導入可能な光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステム（以降、光合成計測チャンバ）が開発されており、国内外の生産現場において試行的な活用が始まっている。本研究では、太陽光植物工場に導入された光合成計測チャンバで取得された高時間分解の光合成データを使用して高精度な光合成モデルを構築し、その精度評価を行っている。

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、光合成計測チャンバを商業的トマト生産太陽光植物工場（浅井農園、三重県）に設置し、ミニトマト植物体2株を対象とした光合成速度の長期計測を行った。春季（2018年5月7～12日）の計測結果は、飽差が光合成速度に影響を及ぼす可能性を示唆しており、夏季（2018年6月22～27日）の計測結果は、飽差は光合成速度を律速する可能性は低いものの、気温調節を目的とした換気のための天窓の開閉や遮光カーテンの開閉が光合成速度に影響を及ぼすことを示していた。他方、冬季（2019年1月30日～2月4日）の計測結果からは、暖房による気温調節の効果が顕著であることが確認された。また、これらのデータを用いて重回帰式による光合成速度予測モデルの試作を行い、異常値の削除等のノイズ処理プロ

セスを確立した。

第3章では、商業的トマト生産太陽光植物工場に設置した光合成計測チャンバで取得された高時間分解（5分間隔）の光合成データを用いて重回帰式による光合成速度予測モデルを構築する場合に想定されるデータセットの作成方法について検討した。具体的には、5分間隔で取得されたオリジナルデータを用いて、30分間の移動平均（30-min-MA）、1時間の移動平均（1-h-MA）、2時間の移動平均（2-h-MA）、および、30分間毎の単純平均（30-min-SA）、1時間毎の単純平均（1-h-SA）、2時間毎の単純平均（2-h-SA）といった合計7種類（オリジナルデータを含む）のデータセットを作成し、各データセットを使用して5変数モデル（日射量・気温・相対湿度・飽差・CO<sub>2</sub>濃度）と3変数モデル（日射量・飽差・CO<sub>2</sub>濃度）を作成して、各モデルの精度評価を行った。その結果、2時間毎の単純平均（2-h-SA）を使用したモデルの精度が最も高く、5変数モデルのR<sup>2</sup>は0.81、3変数モデルのR<sup>2</sup>は0.67であった。一方、30分間の移動平均（30-min-MA）、および、30分間毎の単純平均（30-min-SA）を用いて作成したモデルは、オリジナルデータを用いて作成したモデルと比較して明確な精度の向上が確認されたため、より高い時間分解での光合成速度予測モデル作成のためには、30分間の移動平均または単純平均による前処理が有効であることが示された。

第4章では、日射量・気温・飽差・CO<sub>2</sub>濃度といった4つの重要な環境要因データを用いた光合成速度予測モデルの高精度化について検討した。2018年6月13～27日に光合成計測チャンバで取得した5分間隔のデータを用い、第3章での検討結果に基づいて約30分間の移動平均をとることでデータセットを作成した。このうち、6月13～22日のデータ（ $n = 1,804$ ）をトレーニングデータ、6月23～27日（ $n = 909$ ）をテストデータとした。このデータセットを用いて、4種類のモデルを作成し、各モデルの精度評価を行った。具体的には、一般的モデル（General model; G-model）、変数間相互作用を加味したモデル（Interaction model; I-model）、各変数の2乗の項を加味したモデル（Quadratic model; Q-model）、変数間相互作用および各変数の2乗の項を加味したモデル（Interaction-quadratic model; IQ-model）の比較を行った。その結果、晴天日についてはQ-model、雨天日についてはI-modelが最も高い精度で光合成速度を予測したが、多くの変数を有するIQ-modelが天候に関わらず安定して高い精度での光合成速度予測が可能であることが確認された。

第5章では、第3章および第4章で得られた知見を踏まえて、太陽光植物工場における光合成速度予測モデルの活用方針について検討している。

以上、本研究から、光合成計測チャンバで取得された高時間分解の光合成速度データを用いることで、光合成速度の高精度予測が可能であることが示され、今後、この知見を活用することで、収量予測の高精度化や植物生育異常診断などが可能になると期待される。

本論文に関する公開審査会は令和2年8月1日にリモートシステムを利用して開催され、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。