

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 9 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06311

研究課題名（和文）光センシングに基づく非破壊的計測技術のスマート農業への応用研究

研究課題名（英文）Application of non-destructive spectroscopy technology for smart agriculture

研究代表者

張 樹槐 (zhang, shuhuai)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：90261429

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、温室栽培されたメロンを対象に、果実の糖度や質量などを非破壊的に経時測定し、そのデータを統計解析することで、高品質なメロンの栽培管理技術の構築を目的とした。主な結果は以下の通りである。

市販のメロン糖度測定機器を改良し、果実の糖度を長期間連続測定することを可能にした。また、メロン生育中の果実質量を測定するために、ロードセルを活用した測定装置を開発し、その測定にも成功した。収集したメロンの糖度や質量データでは、昼夜で異なる増減傾向が観察され、今後の栽培管理技術の向上や果実品質制御への応用が期待できる。また、灌水タイミングによっても、メロンの品質向上が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経済発展や健康意識の高まりに伴って、農産物の栄養価値や健康促進効果などに対する消費者の期待も多様化し、それに応える技術の一つは、スマート農業に代表される情報通信技術を駆使した各種の栽培環境管理技術である。

本研究で長期間の連続測定用に改良した糖度測定器やロードセルを応用した質量測定方法は、測定対象のメロンだけでなく、その他の農産物生産技術にも応用可能である。また、昼夜において異なる増減傾向が観察された糖度や質量の変化は、栽培技術の向上と果実品質制御にも応用可能で、その他の農産物栽培を含め、今後のメカニズム解明とともに、その活用を詳細に検討していきたい。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to establish cultivation management techniques for high-quality melons in the greenhouse by means of non-destructively measuring fruit sugar content and mass over a long period of time and statistically analyzing the data obtained. The main results are as follows:

By modifying a commercially available melon sugar content measuring device, we measured the sugar content of melon fruits continuously over a long period of time. In addition, a measuring device utilizing load cells was developed to measure fruit mass during melon growth. Different increasing/decreasing trends were observed in the melon sugar content and mass data collected during the day and at night, and they are expected to be applied to improving cultivation management techniques and determining the optimum time for harvesting in the future. The results also suggest that melon quality can be improved by proper irrigation scheduling.

研究分野：農業機械学

キーワード：光センシング 非破壊品質測定 スマート農業 篤農家の知恵・勘 可視化 連続測定 栽培管理

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

経済発展や健康意識の高まりに伴って、消費者が農産物についておいしさを求めるだけでなく、その栄養価値や健康促進効果への関心も強くなっている。その期待に応えるために、最新の育種や栽培・管理技術、特に最近ではスマート農業に代表される情報通信技術を駆使した各種の栽培環境管理技術が開発・提案されている。現在の栽培・管理技術に利用されているデータは、主に温湿度、日射量、CO₂、ECなどで、ポストハーベスト技術として発展してきた光センシングに基づく非破壊的計測技術との融合が世界的にも始まったばかりである。

近年のIoT情報通信技術の飛躍的発展に伴って、測定対象となる農産物を非破壊的にセンシングしながら、肥料や農薬などを必要な時に必要な量だけ施与する精密農業に代表されるスマート農業の考え方が、研究者だけでなく、一般生産者にも広く認知され、日常的に実行されているものもある。その一方で、その際に利用しているデータは、現在伝統的な温湿度や日射量、CO₂やECなどの環境情報が主である。

2. 研究の目的

本研究は、農産物の非破壊的内部品質評価分野において成熟してきた分光計測のような光センシング技術を上記環境情報と有機的に融合して、より正確、精密に最終収穫物の内部品質までも常時計測・監視を行い、それに関わる生産環境データの影響や効果、栽培・管理プロセスを可視化し、それらを変数解析などの統計処理によって栽培・管理モデルを構築し、農業への新規参入者でも篤農家のような最高品質の農産物を生産できる栽培管理手法を提案することを目的としている。

3. 研究の方法

初年度の2020年度に各地で実施しているメロンなどの養液栽培手法を詳細に検討し、青森県産業技術センター農林総合研究所内においてメロンの礫耕栽培を行い、その温湿度・日照などの生育環境及び新提案の連続光センシング計測方法を検討する。

また収穫物であるメロンの品質測定は、栽培後期での数回しか実施できない慣行の糖度・酸度・硬度・官能評価に加え、近赤外分光計測によるデータ収集を常時に非破壊的に行う。

上記の生育環境・生育中の分光データ及び収穫時の果実品質データなどを多変数統計解析手法で解析し、生育環境による果実品質への影響や生育中の分光データの変化特徴などを可視化する。これらの結果を基に、篤農家の見えない「知恵」と「勘」のポイントを探求する。

2年目の2021年度には、主に前年度の成果を踏まえ、メロンの礫耕栽培と光センシング方法の改良及び把握できた篤農家の「知恵」と「勘」のポイントを基にした栽培管理方法の実践である。同時に諸測定を行い、そのデータの解析を行う。

研究課題最終年度の2022年度には、可視化できた篤農家の「知恵」と「勘」を参考に栽培管理方法を再検討して、同時に諸測定を行い、栽培管理方法のモデル化を行う。

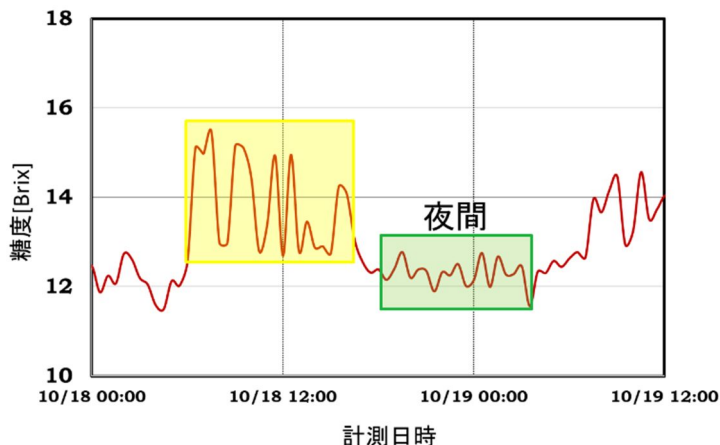
4. 研究成果

(1) 2020年度の成果

2020年度は、青森県産業技術センター農林総合研究所内においてメロンの礫耕栽培を行い、その温湿度・日照などの生育環境及び改良した糖度センサー、質量測定センサーを用いて、長時間連続測定できるようにシステム全体を構築して、測定などを行った。得られた主な結果は以下に示す。

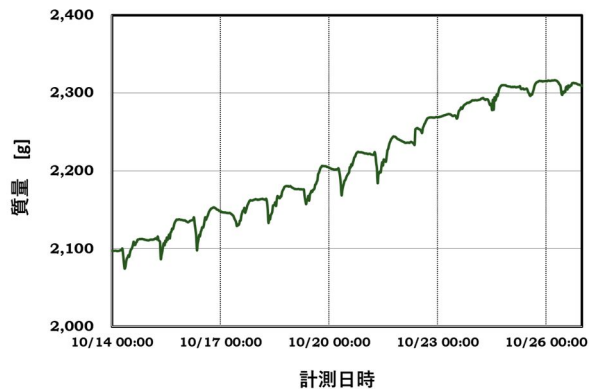
糖度の連続測定結果

メロンの糖度は生育期間において継続的に増加していくことが自明であるが、昼夜においてある程度変動していることを強く示唆したデータが得られた。これは、栽培管理作業などへの応用、収穫タイミングの決定などにも利用可能で、次年度は、これらの検証実験を含め再度計測などを実施する予定である。



質量の連続測定結果

メロンの質量も生育期間において継続的に増加していくことが自明であるが、昼夜においてかなり変動していることを強く示唆したデータが得られた。この変動は、糖度の変動、気温などの栽培条件との関連性もかなり強く示唆された。糖度同様、栽培管理作業などへの応用、収穫タイミングの決定などにも利用可能で、次年度は、これらの検証実験を含め再度計測などを実施する予定である。



(2) 2021 年度の成果

2021 年度は、2020 年度に得られた実験対象メロンの主な実験結果の検証及び光合成に関連した呼吸特性の測定及び解析を行った。

灌水時間帯の違いによる収穫時の果実重量及び糖度

灌水方法	果実重量(g)	標準偏差 (n=)	糖度(Brix%)	標準偏差 (n=)
夕	1637.1	275.2 9	16.2	0.6 9
朝	1766.9	195.5 9	15.6	1.0 9
朝・夕	1919.2	262.0 13	15.4	0.9 12

地域資源である十和田砂を用いたプランター方式礫耕栽培では、灌水の時間帯を 朝、夕および 朝・夕を比較したところ、生育中期以降に 夕の時間帯とすることで、果実糖度は高く、かつ果実間のばらつきが少なかった。

メロンの呼吸量測定では、光強度と深く関係していることが確認でき、これらの結果は今後栽培管理にどのように活用可能かをさらに検討する必要がある。

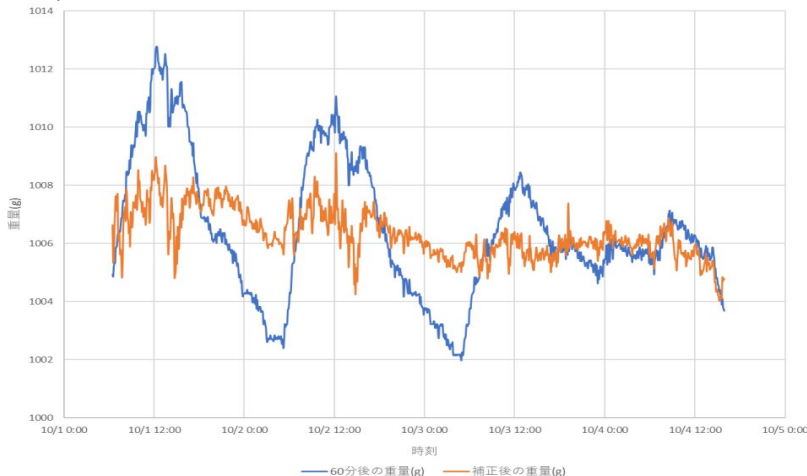
糖度や質量の連続測定では、昨年度と同様、生育期間において継続的に増加していくことが問題なく確認できると同時に、昼夜において大きく変動している結果も得られた。ただ、昼夜の変動は測定装置の温度特性に由来することも考えられ、得られたデータを詳細に解析したが、原因の究明に至っていない。

(3) 2022 年度の成果

2022 年度は、前年度に得られた糖度や質量の長期間連続測定などに係る主な実験結果の検証に加え、土壌水分センサーの設置方法や栽培時期(普通作型、抑制作型)やそれらに対する灌水方法の影響、さらに質量測定データに対する温度補正方法についても検討を行った。

礫耕栽培における土壌水分センサーの設置方法について、底面灌水用不織布と防根用不織布の間に工夫することで十和田砂の水分量を推定することが可能であった。普通作型での果重は 1900g 以上、糖度は 15%Brix 超、抑制作型での果重は 1700g 以上、糖度は 15%Brix であった。二つの作型において、灌水の時間帯を 朝、夕で比較したところ、果重の差は判然としなかったが、糖度は、2021 年度の結果と同様に 夕の時間帯で高くなった。

本研究で改良した糖度計及び考案したロードセルによる質量計を用いて、糖度や質量の連続測定の結果では、昨年度と同様、生育期間において継続的に増加していくことが問題なく取得できると同時に、昼夜において大きく変動している結果も再確認した。ただ、これらの昼夜変動の一部は測定装置の温度特性に由来していると推測され、得られた温度と質量のデータを基に、温度の影響を補正するための回帰統計解析を行った。その結果、温度の影響が約 1 時間遅れること、温度変化の速度によって影響の大きさが異なることがわかった。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 上田 翔, 張 樹槐, 叶 旭君
2. 発表標題 IoTを活用したトマトの肥培管理システムの開発
3. 学会等名 第 80 回農業食料工学会年次大会（オンライン開催）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田 翔, 叶 旭君, 遠藤 明, 張 樹槐
2. 発表標題 低コスト分光センサによるトマトの葉中窒素栄養状態の非破壊推定
3. 学会等名 令和4年度（2022年度）農業食料工学会東北支部研究発表会（ハイブリット）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白川夏穂, 叶 旭君, 張 樹槐, 上田 翔
2. 発表標題 トマト栽培のための土壌水分の監視・制御 IoT システムの構築
3. 学会等名 令和4年度（2022年度）農業食料工学会東北支部研究発表会（ハイブリット）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田 翔, 叶 旭君, 張 樹槐
2. 発表標題 植物生育管理のための低コスト肥料管理システムの開発
3. 学会等名 令和3年度（2021年度）農業食料工学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田 翔, 張 樹槐, 叶 旭君
2. 発表標題 植物生育管理のための低コストIoTシステムの構築
3. 学会等名 第 79 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 樹槐, 伊藤 篤史, 上田 翔, 叶 旭君
2. 発表標題 IoT機器による生育中メロン品質のリアルタイム計測
3. 学会等名 第 79 回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	叶 旭君 (ye xujun) (10708168)	弘前大学・農学生命科学部・教授 (11101)	
研究 分担者	伊藤 篤史 (ito atsushi) (40582333)	地方独立行政法人青森県産業技術センター・農林部門・主任 研究員 (81101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------