

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780241

研究課題名(和文)近赤外分光法を用いたトマト芯腐れの非破壊検出法の確立

研究課題名(英文)Non-destructive Detection of Heart Rot Tomato Fruit Using Spectrum Analysis

研究代表者

高橋 憲子(Takahashi, Noriko)

愛媛大学・農学部・助教

研究者番号：80533306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：太陽光利用型植物工場で栽培されるトマト果実を対象とし、生理障害である芯腐れが発生したトマト果実を選別するために、近赤外分光法を用いたトマト果実の芯腐れの非破壊検出法の確立を目的とする。また、近赤外カメラを用いて画像を用いた芯腐れ部位の検出を行った。その結果、正常なトマト果実と芯腐れトマト果実のスペクトルデータを取得し、吸光度の2次微分を行った波形で、正常なトマト果実では600～650nm付近にピークがあるのに対し、芯腐れ果実では、600nm付近にピークが見られる傾向がみられた。また、トマト果実内部の芯腐れを、非破壊で近赤外カメラを用いて取得した画像から検出することが可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：As physiological disorder of tomato fruits, heart rot tomato fruits were harvested at the first flower truss under high air temperature condition in high technology greenhouse. Since heart rot of tomato fruit is apparently same as normal fruit, non-destructive detection method for heart rot tomato fruit using spectrum analysis were developed in this study. The spectrum at the blossom end of fruit was detected with spectrophotometer. The detection wavelength was from 500 nm to 1010 nm with 2 nm sampling interval. Our results showed that heart rot tomato fruit had a peak around 600 nm in second derivative spectra and these were different with normal fruit (around 600 to 650 nm). These wavelengths may be used for detection of heart rot tomato fruits. Furthermore, tomato fruits with heart rot was detected with the image obtained by the infrared camera non-destructively.

研究分野：農業環境工学

キーワード：非破壊計測 トマト 芯腐れ 近赤外分光法

1. 研究開始当初の背景

太陽光利用型植物工場（以下、植物工場）は、環境制御可能な温室で、年間を通して植物が栽培できる。愛媛大学農学部に設置された植物工場では、トマトが栽培されており、定時、定量、定品質、定価格で植物を生産することが求められている。ここで、一般の圃場で栽培されるトマトではあまり問題とならなかった生理障害が、植物工場では多発する場合がある。

現在、植物工場で栽培されるトマトは年間を通じて、第一花房で収穫されるトマトに“芯腐れ”と呼ばれる生理障害が多く発生している。圃場でのトマトの芯腐れの発生時期は、7月中旬から9月上旬、10月中旬から11月上旬及び12月上中旬に発生し、夏場の高温や冬場の日照不足などの気象条件等が発生の要因となっている（岩本ら、1993）。この生理障害は、果実のガク（ヘタ）直下の芯の部分が黒褐色に変色するトマト内部の腐れで、外観は正常のトマトと同じで見分けが付きにくい。そのため、収穫後にトマト果実を切断して芯腐れの生理障害を発見することになる。芯腐れ果実は、食べても人体に影響はないが、消費者には腐っているものとして評価されるため、出荷時に正常なトマトと区別する必要がある。現状の植物工場では、トマト果実の糖度や重量を選別する機械は完備されているが、芯腐れが発生したトマト果実は選別できないまま出荷されているのが現状であり、一刻も早い芯腐れ果実を発見する非破壊計測装置の開発が切望されている。

果実内部の品質評価に関する既往の報告で、軟X線を用いた透過画像による果実内部の品質評価法や（小川ら、2005）、果皮色・近赤外分光分析法による果実の品質評価などがある（毛利、2003）。近赤外光は、およそ800～2500nmの波長域の光を指し、エネルギーが弱いため、試料を損傷することがほとんどなく、安全であること、また、物質を透過しやすい性質を持っていることから、果実内部の非破壊測定には適していると言える。近赤外光を用いたナシの芯腐れの検出法が提案されているもの（Inoue et al., 2002）、近赤外分析法を用いた糖度やリコペン等の成分分析を中心に報告されており（伊藤、2007、2009）、トマトを対象とした内部の傷などを非破壊で検出する装置は開発されていないのが現状である。

植物工場では、芯腐れの発生を抑制する環境制御技術が確立されていないことから、芯腐れ果実が収穫されてしまうのは、避けられない。ここで、収穫された芯腐れ果実は、外観からは正常なトマト果実と区別がつかず、選別できずに消費者に出荷される。

トマトの芯腐れを非破壊で検出する方法は確立されれば、消費者に定品質のトマトを出荷することが可能となる。これにより、植物工場のトマトの品質を一定にすることができ、植物工場で栽培される植物を安全安心なものを消費者に提供することに貢献できると考えられる。

以上のことから、本研究が実用化されれば、植物工場のトマトの生産現場で消費者に定品質な植物を提供するという点で即効果を発揮できる研究に位置づけられる。

2. 研究の目的

本申請の研究では、太陽光利用型植物工場で栽培されるトマト果実を対象とし、生理障害である“芯腐れ”が発生した収穫後のトマトを選別するために、近赤外分光法を用いたトマト果実の芯腐れの非破壊検出法の確立を目的とする。また、芯腐れ箇所を特定するため、近赤外カメラを用いて画像を用いた芯腐れ部位の検出を行う。

3. 研究の方法

愛媛大学農学部内に設置された知的太陽光利用型植物工場に設置された知的太陽光利用型植物工場に栽培されたトマト果実を対象とした。図1に本申請の実験の概要を示す。正常なトマト果実、様々な程度の芯腐れトマト果実のスペクトルデータを取得し、それぞれの果実におけるスペクトルの波形の特性を明らかにする。得られた波形の特性から、芯腐れトマトを検出するモデルを作成し、最終的には、自動で判別するシステムを構築する。

植物工場での芯腐れトマトの発生状況により、第一花房に多く芯腐れ果実が発生することから第一花房を対象に実験を行った。また、芯腐れは、夏の高温期、及び、日射量の少ない冬季にしばしば発生することから、夏季および冬季に実験を行った。

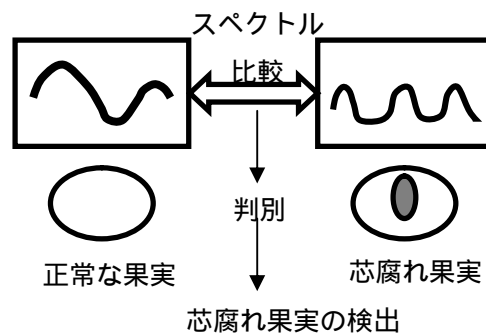


図1. 実験の概要

(1) 近赤外分光法を用いた芯腐れ果実の検出

トマト果実の近赤外分光は、分光測定機能を搭載したフルーツセクター（クボタ、K-BA100）を用いて測定した。計測波長は510nm～1010nmとし、サンプリングのイ

インターバルは2nmとした。トマト果実の着色程度によって、スペクトルが異なるか確認するため、着色程度が緑色の果実と赤色の果実を使用した。

また、芯腐れ部位のみを取り出し、分光光度計を用いてスペクトルを測定し、正常なトマト果実の部位との比較を行った。芯腐れ部位と正常なトマト果実の果肉をそれぞれガラスセルに注入し、スペクトルを測定した。測定波長は、190nm～1100nmとした。

(2) 近赤外カメラを用いたトマト果実の芯腐れ部位の検出

トマト果実の芯腐れ部位の検出を行うため、画像を用いた芯腐れ部位の検出を行った。光源にはハロゲンランプ（モリテックス，MHAB-150W-200V）を用い、近赤外カメラ（アートレイ，ARTCAM-130MI-NIR）でトマト果実の画像を取得した。

4. 研究成果

(1) 近赤外分光法を用いた芯腐れ果実の検出

トマト果実に近赤外光を照射すると、ある特定の波長のみが吸収され、吸光度はある物質の濃度に比例する。トマト果実の着色程度が異なる赤色と緑色のトマト果実で吸光度を比較した結果、550nm 付近の吸光度に大きな差が見られた。これは、トマト果実の赤色素であるリコピンの吸光度が550nm 付近であることからトマト果実の着色の違いによるものであると考えられる。以降、本研究では、赤色果実を使用し、芯腐れトマト果実と正常なトマト果実でスペクトルの比較を行った。図2に実験に用いた正常なトマト果実と芯腐れ果実の写真を示す。芯腐れ果実と正常な果実で近赤外分光法を用いて吸光度および波形を比較した結果、吸光度および波形に差は見られなかった。そこで、吸光度の2次微分を行った結果、正常なトマト果実では600～650nm 付近にピークがあるのに対し、芯腐れ果実では、600nm 付近にピークが見られる傾向がみられた（図3）。再現性を確認するためにサンプル数を増やして実験を行ったが、芯腐れの場所に個体差があり、果実表面付近に芯腐れがないもの（図4）は検出が困難であった。

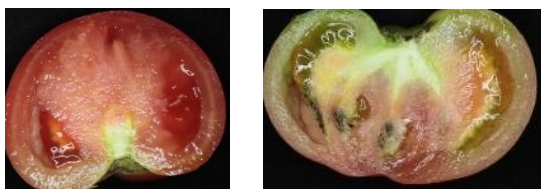


図2．実験に使用した正常果実（左）と芯腐れ果実(右)

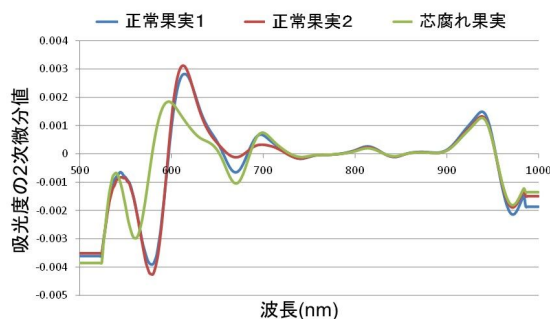


図3．正常果実と芯腐れ果実の吸光度の2次微分値の結果



図4．中心部に芯腐れのあるトマト果実

次に、芯腐れ部位のみを取り出し、分光光度計を用いてスペクトルを測定し、正常なトマト果実の部位との比較を行った（図5）。その結果、600nm 付近の波形で正常な果実部位と芯腐れ部位で異なる傾向が見られた。

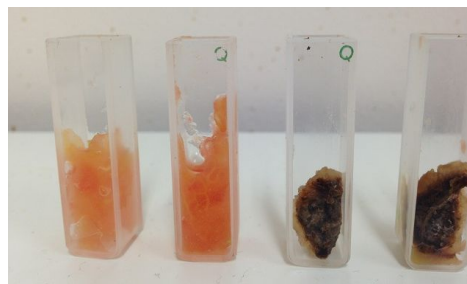


図5．正常なトマト果実の部位と芯腐れ部位との比較実験の様子

(2) 近赤外カメラを用いたトマト果実の芯腐れ部位の検出

芯腐れ箇所を特定するため、近赤外カメラを用いて画像を用いた芯腐れ部位の検出を行った。図6に、実験で使用したトマト果実のカラー画像、近赤外カメラを用いて取得したトマト果実の画像、トマト果実の内部の画像を示す。近赤外カメラで取得した画像の黒色部分が確認され、その後、果実内部を確認したところ、近赤外画像の黒色部分が芯腐れ部位であることが確認された。本研究により、トマト果実の外見だけでは検出不可能であ

ったトマト果実内部の芯腐れを、非破壊で近赤外カメラを用いて取得した画像から検出することが可能となった。

一方、果実内部の中心部にある芯腐れについては検出が困難であった。トマト果実の芯腐れの発生箇所や大きさには規則性がなく、様々なパターンの芯腐れ部位のあるトマト果実の検出には、トマト果実の内部まで光を透過させるための光源を開発などが必要であり、今後の課題である。

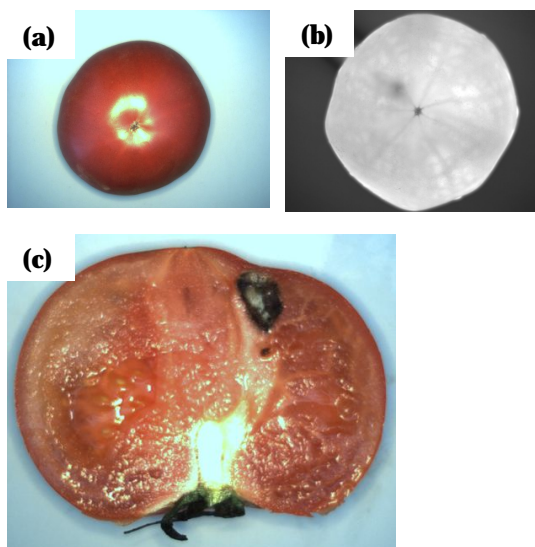


図6．実験に用いたトマト果実のカラー画像(a)、近赤外カメラを用いて測定したトマト果実の画像(b)、破壊計測で確認されたトマト果実の芯腐れ部位(c)

5．主な発表論文等

- 〔雑誌論文〕(計 0件)
- 〔学会発表〕(計 0件)
- 〔図書〕(計 0件)
- 〔産業財産権〕
 - 出願状況(計 0件)
 - 取得状況(計 0件)
- 〔その他〕なし

6．研究組織

(1)研究代表者

高橋 憲子 (TAKAHASHI NORIKO)
愛媛大学・農学部・助教
研究者番号：80533306