

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	クスミヤティ(Kusumiyati)
題 目	携帯用近赤外分光装置を用いた溶液栽培のトマトの多目的管理システムに関する研究 (A multipurpose management system using portable near infrared spectrometer for tomato production and its quality in soilless culture)
<p>養液栽培においてトマトの葉と培養液の濃度はトマトの品質に影響する。トマトの葉の成分分析、培養液の濃度と果実の品質は一般的に破壊法で分析されていた。今日、近赤外分光分析のような分光光学的な測定が発達し、迅速で多目的な測定に使われるようになってきている。しかし、非破壊試験法としての近赤外分光分析は、これまで大型の装置等を必要とするため、収穫後の果実の実験室での測定に限られており、樹上のトマト果実のように屋外で近赤外分光分析を用いた例はごく少なかった。しかし、最近、軽量小型の携帯用近赤外分光装置が開発され、この装置により、圃場等、屋外での近赤外分光分析が可能となった。この研究はトマトの葉の成分の評価、培養液の濃度と果実の品質の予測に携帯用近赤外分光装置を用いて、その予測の可能性を検討したものである。携帯用近赤外分光装置を用いて葉の成分と収穫後の果実の品質の測定の可能性を検討する研究を行い、良好な結果を得た。同様の結果は樹上の測定結果でも得られた。果実は一様に熟さないため、樹上での近赤外分光分析は最適な収穫時期と望まれる品質要素を基礎に果実を選別するための非破壊試験法として大変有効である。</p> <p>携帯用近赤外分光装置は異なった濃度の培養液と異なったトマトの栽培品種間でも樹上の葉と収穫後の葉の色、水分、クロロフィル a、クロロフィル b 含有量を予測することができた。PLS 解析では異なった熟度において、樹上のトマトの硬さ、色相、リコピン含有量を高い相関と低い予測誤差で示すことができた。収穫後のトマトについての可溶性固形分量、水分と色相の PLS 解析による校正式と実測値の相関係数と予測誤差それぞれ 0.95(0.26), 0.81(1.85), 0.94(3.32)であった。培養液の異なる濃度における成分測定はさらなる改良の余地はあるものの、良い結果を示した。近赤外分光分析は、各種の濃度の培養液のミネラル成分である K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn の成分分析値を求めることができた。樹上の果実の近赤外分光分析技術は非破壊試験法として大変有効で、農家が最適な収穫時期を決定することができ、選別損失を減少させることができる。言い換えれば、携帯用近赤外分光装置はトマトの葉と果実の品質と培養液の管理に有効な道具である。</p>	

学 位 論 文 要 旨

氏 名	Kusumiyati (クスマヤティ)
題 目	A multipurpose management system using portable near infrared spectrometer for tomato production and its quality in soilless culture (携帯用近赤外分光装置を用いた養液栽培のトマトの多目的管理システムに関する研究)

The leaf of the tomato plant and the concentration of the nutrient solution influence the quality of a tomato in soilless culture. Analyses of the leaf components, the concentration of the nutrient solution and fruit quality have been typically measured by a destructive method. Nowadays, a spectroscopic measurement, such as near infrared spectroscopy has been developed and adopted for multipurpose analyses as rapid and objective method.

The utilization of near infrared spectroscopy as a non-destructive method has been generally limited to laboratory conditions on harvested fruit. A few research studies have been conducted on the tomato stem using a portable near infrared spectrometer. The new type of portable near infrared spectrometer is convenient enough for practical use in the field. This study utilized the portable near infrared spectrometer to evaluate the leaf components, monitor the concentration of the nutrient solution and predict the tomato quality. Moreover, no study has been done on the use of the near infrared spectroscopy to analyze the tomato fruit while still attached to plant (on tree measurement).

A feasibility study on the use of a portable near infrared spectrometer for measuring the leaf content and the quality of the fruit after-picking has been examined and resulted in a good performance. A similar result was obtained for the on-tree measurement. The fruit dose not homogenously ripen, therefore, the near infrared spectroscopy on-tree measurement could be very useful as a non-destructive method for determining the appropriate harvesting time and for sorting fruit based on the desired quality attributes.

The portable near infrared spectrometer could predict the color value. Moisture content, chlorophyll-a, and chlorophyll-b of on-tree leaf and after-picking based on the different concentrations of the nutrient solution and tomato cultivars. The partial least square (PLS) analysis showed a high coefficient correlation (r) and low standard error calibration (SEC) for firmness, color parameters and lycopene contents of the on-tree fruit based on the different maturity stages. Similar results were obtained for fruit after picking. The r and SEC values for the calibration model, which were obtained using the PLS of the soluble solids content, moisture content, and hue color value of the tomato fruit after-picking based on different seasons are 0.95(0.26), 0.81(1.85), and 0.94(3.32), respectively. Even though the method needs improvement in order to develop a better performing measurement of the nutrient solution concentration, the near infrared spectroscopy was appropriate for detecting the mineral content and K, Ca, Mg, Zn, Fe and Mn at various concentrations.

The near infrared spectroscopy measurement using the fruit on-tree technique could be very practical as a non-destructive method, the farmers can determine the appropriate harvesting time based on the desired quality of the fruit and reduce the sorting lose. Otherwise, the portable near infrared spectrometer is a potential tool to monitor the condition of the tomato leaf and the concentration of the nutrient solution.

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏名	Kusumiyati
審査委員	主査 琉球大学 教授 秋永 孝義
	副査 琉球大学 准教授 川崎 聖司
	副査 佐賀大学 准教授 田中 宗浩
	副査 佐賀大学 教授 藤田 修二
	副査 琉球大学 教授 安谷屋 信一
審査協力者	
題目	<p>A multipurpose management system using portable near infrared spectrometer for tomato production and its quality in soilless culture</p> <p>(携帯用近赤外分光装置を用いた養液栽培のトマトの多目的管理システムに関する研究)</p>
<p>養液栽培において培養液の濃度はトマトの葉の生育に影響し最終生産物であるトマト果実の品質に影響する。これまで、培養液の濃度管理は電気伝導度や pH などの測定による間接的な測定や、採取した培養液の肥料成分の化学分析等で行われてきた。化学分析は時間と費用がかかることから、より簡便な方法が望まれている。また、トマトの葉の分析による栄養診断も一部で葉緑素計による非破壊測定が試みられているものの、非破壊測定法が確立していない。トマト果実の品質評価についても、収穫後の果実を破壊試験で分析して評価する方法が一般的で、生育中の果実の品質を継続して測定して収穫適期を判定することは困難であった。近年、研究室での利用に限られていた近赤外分光装置を小型化して屋外での使用が可能にする技術開発が進み、圃場で使用可能な携帯用近赤外分光装置が開発され、収穫後の果実の品質測定に用いられるようになってきた。</p> <p>本研究は、携帯用近赤外分光装置を用いた、養液栽培のトマトの葉の非破壊分析、果実の品質予測とさらに培養液の成分分析の多目的な管理システムの構築の可能性を検討したものである。</p> <p>① 携帯用近赤外分光装置を用いて測定した近赤外分光スペクトルから、異なる濃度</p>	

の培養液で栽培した異なる栽培品種のトマトの葉の色値、水分、SPAD 値、クロロフィル a 及びクロロフィル b 含有量を予測できた。樹上のトマトの葉の近赤外分光スペクトルと採取後の葉の近赤外分光スペクトルを元にした予測値の間には統計的な差が認められず、それぞれの PLS 分析による校正式は各測定成分を予測でき、樹上の葉の分析により、培養液の管理が可能なことを示唆した。

② 携帯用近赤外分光装置を用いて測定した近赤外分光スペクトルから、異なる濃度の培養液で栽培した異なる栽培品種のトマト果実の色値、硬度、水分、可溶性固形分量、リコピン含有量、ベータカロテン含有量を予測できた。また、樹上のトマト果実と収穫後のトマト果実の予測式と実測値の相関は同様な傾向を示した。

③ 携帯用近赤外分光装置を用いて測定した近赤外分光スペクトルから、異なる熟度のトマト果実の硬度、色値、リコピン含有量を予測できた。樹上のトマト果実で得られた予測モデルと、収穫後のトマト果実で得られた予測モデルは同様の値を示し、樹上のトマトの測定で収穫後のトマト果実の予測が可能なことを示した。

④ 携帯用近赤外分光装置を用いて、栽培時期が異なる樹上と収穫後のトマト果実の可溶性固形分量、水分量、色値のそれぞれの予測が可能であった。

⑤ 養液栽培時の培養液の日常的な管理のため、携帯用近赤外分光装置を用いて迅速かつ正確な成分分析を試み、原子吸光分析の結果と近赤外分光スペクトルの相関から、測定手法に改良の余地はあるものの、K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn の成分分析が可能であることを示した。

以上のように、本研究において、携帯用近赤外分光装置を養液栽培のトマトの多目的管理に用いる可能性を明らかにするとともに、樹上の果実、葉の近赤外分光スペクトルによる非破壊分析の有用性を明らかにしている。本研究の結果はトマトの養液栽培に近赤外分光技術を適用するための基礎的知見を提供するとともに、この研究の成果が養液栽培時の多目的管理システムの確立に寄与するところが大きく、経済性も高いと考えられることから、審査委員一同、本論文が博士(農学)の学位論文として十分価値があるものと判定した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	Kusumiyati
審査委員	主査 琉球大学 教授 秋永 孝義
	副査 琉球大学 准教授 川崎 聖司
	副査 佐賀大学 准教授 田中 宗浩
	副査 佐賀大学 教授 藤田 修二
	副査 琉球大学 教授 安谷屋 信一
審査協力者	
実施年月日	平成 21 年 12 月 28 日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) (口答)・筆答	
<p>主査及び副査は、平成21年12月28日の公開審査会において、学位申請者に対して学位審査論文の内容について説明を求め、その内容及び関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる解答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(農学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏名	Kusumiyati
<p>質問 1)</p> <p>植物に果実がついた状態を on-tree と表現してあるが、園芸学の分野では on-plant と書くのが一般的ですか？</p> <p>回答 1)</p> <p>雑誌に投稿したときに on-plant から on-tree に直されました。日本語は収穫前という表現から樹上に直しました。</p> <p>質問 2)</p> <p>スライドの 13 枚目の表の中に水分量がマイナスになっていた記述があったが、誤りではないのか？</p> <p>回答 2)</p> <p>理論的にマイナスはありませんのでゼロと書くのが一般的です。計算をし直して検算します。</p> <p>質問 3)</p> <p>論文名の和訳が水耕栽培になっているが、水耕栽培ならば hydroponics で soil-less culture なら養液栽培ではないか？</p> <p>回答 3)</p> <p>検討して見ます。</p> <p>質問 4)</p> <p>この実験で使った近赤外分光分析装置はどんな形式なのか？</p> <p>回答 4)</p> <p>透過反射型です。FT-20 はオプティカルチューブで光の送受信をします。</p> <p>質問 5)</p> <p>トマトの葉のハウス内の測定は難しくなかったか？どのようにして計測したのか？</p> <p>回答 5)</p> <p>下に黒い紙を敷いて測定部を当てて測定しました。</p> <p>質問 6)</p> <p>直接ですか？</p> <p>回答 6)</p> <p>NIR-GUN は直接葉の測定ができます。</p> <p>質問 7)</p> <p>培養液の濃度の表示が 0,100,200%とわかりにくいのですが？</p> <p>回答 7)</p> <p>大塚の A 液の標準が 100%です。水だけが 0%、2 倍濃度が 200%です。</p> <p>質問 8)</p> <p>原子吸光の方法が詳しく書いていないのですが？</p> <p>回答 8)</p> <p>標準液等も含めて書き加えます。</p> <p>その他、記述不足(実験法や測定条件などの)、書式等について指摘を受け、再提出版で訂正することとした。</p>	