

令和元年6月18日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（海外学術調査）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05800

研究課題名（和文）生産環境・流通環境の影響を考慮した果実品質向上のための包括的品質評価モデルの構築

研究課題名（英文）Construction of a comprehensive quality evaluation model for quality improvement of fruits with consideration for the influence of production environment and distribution environment

研究代表者

安永 円理子（Yasunaga, Eriko）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・准教授

研究者番号：00380543

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：東南アジアから日本へ輸入される果実の品質向上を目指し、流通環境条件をモニタリングし、その問題点を見出すとともに、適切な追熟が行われるような流通環境条件を提案した。また、果実品質の点から、提案した流通環境条件が妥当であるかの検証を行い、追熟が適切に推進されることを確認した。生産環境における果樹の乾燥耐性について、樹液流センサーを用い、検証可能であることを明らかにした。さらに、機械学習によって、根圏のCO<sub>2</sub>濃度と水分含量の関係をモデリングできることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低温感受性が高く低温で貯蔵した場合追熟不良が発生する熱帯産果実を対象にし、果実品質に影響を及ぼす流通環境条件を見出し、その条件を改善するような流通条件を提案することで、消費者が入手する際の果実品質の改善に貢献する。また、収穫時の果実品質を向上するための生産環境条件についても、環境モニタリングとモデリングにて可能なことを示した。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the quality of fruits imported from Southeast Asia into Japan, we monitored the distribution environment conditions, found out the problems, and proposed the distribution environment conditions that would enable appropriate post-ripening. In addition, from the point of fruit quality, we verified whether the proposed distribution environment conditions were appropriate and confirmed that post-ripening was properly promoted. It was clarified that the drought tolerance of fruit trees in the production environment can be verified using sap flow sensor. Furthermore, we show that machine learning can model the relationship between the concentration of CO<sub>2</sub> in the rhizosphere and the water content.

研究分野：ポストハーベスト工学

キーワード：追熟過程 果実品質 積算呼吸量 乾燥耐性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

一般に、日本国民の食の安全に対する意識は非常に高く、輸出入に関する基準も高い。これに対し、東南アジア諸国では、高収量を重視する傾向があるため、過度な農薬の利用や粗放的な水管理などが行われることがあり、圃場管理が不適切なケースが見られる。また、青果物の輸送は、コールドチェーンシステムの発達・整備により高品質輸送が可能な日本国内と異なり、東南アジアから輸入する場合、低温感受性作物であるため低温輸送が適用できないことに加え、輸送時間、現地のインフラ整備等の問題により、青果物の鮮度を高度に維持したまま輸送することは困難である。しかしながら、生産・流通の両面において、コストや技術レベルの問題により、日本の国内技術を直接応用することは難しい上、国内技術を適用するだけでは対処できないケースも多い。

### 2. 研究の目的

これまでの研究では、現行の生産環境に関しては、水管理と果実収量との関係を明らかにするに留まっており、最適化には至っていない。一方、現行の流通環境に関しても、船舶輸送を行った場合の果実品質が流通期間中にどの程度劣化するののかについての現状把握と低温を回避した数段階の定温条件下での品質変化の把握に留まっており、実際の流通環境条件における品質変化のシミュレーションには至っていない。しかしながら、生産環境・流通環境の最適化を行うためには、収量に最も影響を及ぼす種々の水管理条件の下での生産環境と、流通温度ならびに鮮度保持剤を組み合わせた流通環境条件の下で流通環境、それぞれにおける果実品質の最適化モデルの構築が必須となり、圃場試験および室内実験を併用したさらなる基礎データの収集・蓄積が極めて重要であり、本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) フラッシングの有無によるマンゴー若木の乾燥耐性とその期間の樹幹流量の変化

マンゴー‘ナムドクマイ’の3年生実生苗(未結実)に対して、異なる時期に乾燥処理を行った。フラッシングを開始した個体に対する乾燥処理は、6月30日より5樹に対して灌水を停止することで行った(第1図)。また、別個体を用いて8月24日より同様の乾燥処理を行った。フラッシングが終了し、葉が完全に展葉状態となった個体に対する乾燥処理を7月28日より行った。測定には、樹内流量の測定はサップフローメータ(SFM-1、ICT International社製)を用いた。また、土壌深度10cmの位置の土壌含水率を求めた。また、処理時期ごとに、乾燥処理開始日から2日間の樹内流量低下率を求めた。低下率は流量が安定に達した9:00-14:00の無処理樹に対する乾燥処理樹の割合とした。なお、この期間はいずれも晴天日であった。

#### (2) マンゴー果実の追熟過程における品質変化

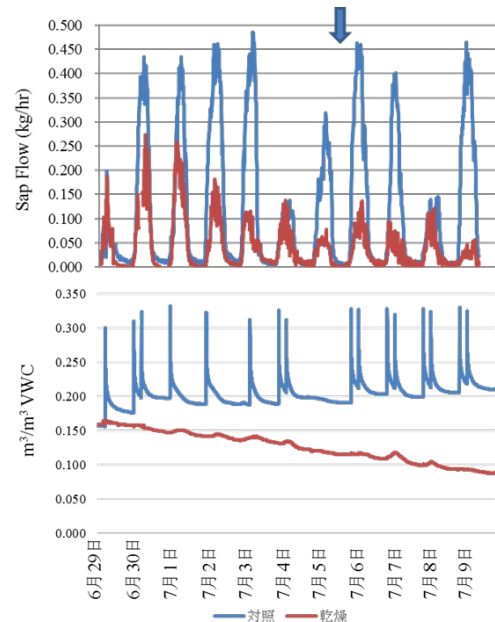
未熟なマンゴー果実‘ナムドクマイ’を使用して、果実の追熟時の呼吸速度と品質変化について測定した。果実の品質指標として全糖含量ならびに有機酸含量を計測した。呼吸速度は、通気式測定法を用い、通気量は100 ml/minとし、10と25で貯蔵した果実の呼吸速度を測定した。CO<sub>2</sub>濃度は、GM70ハンディタイプCO<sub>2</sub>計(Vaisala)を用いた。全糖含量ならびに有機酸含量は、液体クロマトグラムで計測した。

### 4. 研究成果

#### (1) フラッシングの有無によるマンゴー若木の乾燥耐性とその期間の樹幹流量の変化

フラッシング期より乾燥を開始した6月30日処理(第1図)と8月24日処理では、それぞれ5日後、6日後までにすべての樹体の新梢の枯死が確認できた。一方で、フラッシング休止期に乾燥処理を行った7月28日処理(図省略)では、新梢の枯死は見られず、処理期間終了後に灌水を再開したところ、おおむね2週間程度の後よりフラッシングを開始した。

休止期に乾燥処理を行った7月処理の樹体では、乾燥日より速やかに樹内流量の著しい低下が確認できた。一方で、フラッシング時に乾燥処理を行った6月と8月の処理では、乾燥処理開始後の樹内流量の対照区に対する低下は限定的であった。これは、フラッシング期では、葉の展葉に伴い水分要求量が高くなっているため、能動的に水分を吸収しているためと考えられる。そのため、数日経過した後、土壌水分の低下に伴い急激な乾燥ストレスが生じやすくなり結果となる。その一方で、乾燥耐性のある時期では、積極的な水分吸収が行われず、土壌の乾燥に速やかに反応し、水分吸収が抑制されている可能性が考えられる。そのため、樹内流量の低下率が高く、水分の吸収量自体が抑制されているため、土壌が乾燥状態となっても、樹体が



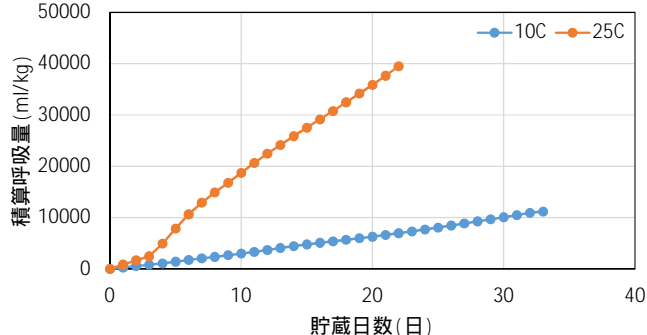
第1図 3年生マンゴー‘ナムドクマイ’実生苗に対するフラッシング期の乾燥処理による樹内流量(上)と土壌水分含量(下)の変化(は乾燥処理によりすべての個体の新梢の枯死日を示す)

一種休眠状態となっており、乾燥に強い状態にあると考えられる。

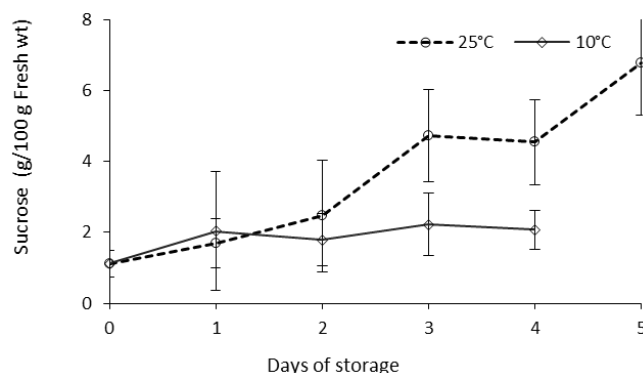
マンゴー‘ナムドクマイ’実生苗では、フラッシング期であるか休止期であるかによって、乾燥耐性が異なり、フラッシング期では土壌の乾燥に弱く、休止期では強いことが確認できた(図表無し、枯死日を図に記入)。乾燥耐性の無い時期では、乾燥耐性のある時期に比べて、乾燥開始初期の樹内流量の低下が大きかった。

## (2) マンゴー果実の追熟過程における品質変化

未熟なマンゴー果実の呼吸速度は、25 貯蔵区において貯蔵 2 日目以降 5 日目まで、徐々に増大し、クライマクテリックライズが確認された。一方、10 貯蔵区において、33 日目まで貯蔵したがクライマクテリックライズは確認されなかった(図省略)。積算呼吸量でみると、25 貯蔵区においては、クライマクテリックライズのピークが確認された 2 日目から徐々に増大し、3 日目以降顕著に増大した。一方、クライマクテリックライズの確認されなかった 10 貯蔵区においては、顕著な増大は認められず、一定速度での増加にとどまった。積算呼吸量 10000 ml/kg となるのに必要な日数は、25 貯蔵区において 6 日なのに対し、10 貯蔵区においては 31 日であった(第 2 図)。全糖含量として、グルコース、フルクトース、シュクロースを計測しているが、いずれの成分も 5 日目までにおいて、10 貯蔵区では、変化が認められなかった。一方、25 貯蔵区においては、呼吸のクライマクテリックラ



第 2 図 マンゴー果実の積算呼吸量の経時変化



第 3 図 マンゴー果実のシュクロース含量の経時変化

イズとともにシュクロースが顕著に増大し(第 3 図)、全糖含量も増大傾向となった。しかしながら、グルコースのみは、時間経過とともに減少することが示された。したがって、追熟過程のモデリングを行う際には、全糖含量の成分ごとに考慮する必要があることが示された。有機酸含量としては、クエン酸を測定したが、10 貯蔵区においては、含有量の変化が認められないのに対し、25 貯蔵区においては、貯蔵期間に伴い減少することが示された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 7 件)

Shinji FUKUDA, Wolfram SPREER, Marcus MNAGLE, Eriko YASUNAGA, Sensors and Monitoring for Production and Distribution of a Tropical Fruit, Environmental Control in Biology, 査読有, Vol. 56, No. 2, 2018, 23-24

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.23>

Shinji Fukuda, Wolfram Spreer, Winai Wiriya-Alongkorn, Klaus Spohrer, Eriko Yasunaga, Chantalak Tiyyon. Random forests as a tool for analyzing partial drought stress based on CO2 concentrations in the rootzone of longan trees. Environmental Control in Biology, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 25-31.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.25>

Marcus Nagle, Eriko Yasunaga, Busarakorn Mahayothee, Joachim Müller. Potential for sensor systems to monitor fruit physiology of mango during long-distance transport. Environmental Control in Biology, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 32-38.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.33>

Eriko Yasunaga, Shinji Fukuda, Marcus Nagle, Wolfram Spreer. Effect of storage conditions on the postharvest quality changes of fresh mango fruits for export during transportation. Environmental

Control in Biology, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 39-44.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.39>

Eriko Yasunaga, Shinji Fukuda, Daisuke Takata, Wolfram Spreer, Vicha Sardud, Kohei Nakano.

Quality changes in fresh mango fruits (*Mangifera indica* L. 'Nam Dok Mai') under actual distribution temperature profile from Thai land to Japan. Environmental Control in Biology, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 45-49.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.45>

Yasunaga Eriko, Fukuda Shinji, Spreer Wolfram, Takata Daisuke. Online monitoring system on controlled irrigation experiment for export quality mango in Thailand. Springer International Publishing Switzerland 2016. ICIRA 2016, Part II, LNAI9835, 328-334. 2016.

DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-43518-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43518-3_32)

Khandra Fahmy, Kohei Nakano. Effective transport and storage condition for preserving the quality of 'Jiro' persimmon in export market. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 査読有, Vol.9, 2016, 279-290.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.115>

〔学会発表〕(計 2 件)

安永円理子, 福田信二, 高田大輔, Wolfram SPREER, Vicha SARSDUD, 中野浩平, タイからの輸入マンゴー果実の流通時の品質変化, 日本生物環境工学会 2018 年東京大会, 東京農工大学府中キャンパス, 府中市. 2018

Yasunaga Eriko, Fukuda Shinji, Spreer Wolfram, Takata Daisuke. Online monitoring system on controlled irrigation experiment for export quality mango in Thailand. The 9th International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA2016), 首都大学東京, 八王子市. 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：中野 浩平

ローマ字氏名：NAKANO, Kohei  
所属研究機関名：岐阜大学  
部局名：大学院連合農学研究科  
職名：教授  
研究者番号（8桁）：20303513

研究分担者氏名：福田 信二  
ローマ字氏名：FUKUDA, Shinji  
所属研究機関名：東京農工大学  
部局名：農学研究科  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：70437771

研究分担者氏名：高田 大輔  
ローマ字氏名：TAKATA, Daisuke  
所属研究機関名：福島大学  
部局名：農学系教育研究組織設置準備室  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：80456178

(2)研究協力者

研究協力者氏名：SPREER, Wolfram  
ローマ字氏名：スプリアー ウルフラム  
所属研究機関：Chiang Mai University, Thailand

研究協力者氏名：SARDSUD, Vicha  
ローマ字氏名：サルドサッド ビチャ  
所属研究機関：Chiang Mai University, Thailand

研究協力者氏名：TIYAYON, Chantalak  
ローマ字氏名：ティヤヨン チャンタラカ  
所属研究機関：Chiang Mai University, Thailand

研究協力者氏名：BUSARAKORN, Mahayothee  
ローマ字氏名：ブサラコーン マハヨティー  
所属研究機関：Silpakorn University, Thailand

研究協力者氏名：PRAMOTE, Khuwijitjaru  
ローマ字氏名：プロモート クウィジジャー  
所属研究機関：Silpakorn University, Thailand

研究協力者氏名：NAGLE, Marcus  
ローマ字氏名：ネイグル マーカス  
所属研究機関：Hohemhim Univeristy, Germany

研究協力者氏名：Müller, Joachim  
ローマ字氏名：ミュラー ホアヒム  
所属研究機関：Hohemhim Univeristy, Germany

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。