

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：15501
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2010～2012
課題番号：22380027
研究課題名（和文） 園芸作物の品質に及ぼすストレス処理の影響と新たな貯蔵技術の確立
研究課題名（英文） Quality maintenance in postharvest horticultural crops by stress treatments and development of novel storage methods
研究代表者 山内 直樹（YAMAUCHI NAOKI） 山口大学・農学部・教授 研究者番号：60166577

研究成果の概要（和文）：本研究はストレス処理（高温，エタノール，UV-B，過酸化水素）による園芸作物の貯蔵中における品質保持効果について，生理・生化学・分子生物学的側面から追究し，各作物に最適なストレス処理についての検討を行った。得られた結果から，ストレス処理による活性酸素生成と消去システム活性化，エチレン生成制御および内容成分保持が貯蔵中の品質保持効果につながっていることを解明するとともに，ストレス処理が新たな貯蔵技術の発展に寄与する可能性を持つものと推察した。

研究成果の概要（英文）：Effects of stress treatments such as heat, ethanol, UV-B and hydrogen peroxide application on quality maintenance in postharvest horticultural crops were determined by physiological, biochemical and molecular biological analyses. Appropriate conditions of each stress treatment for keeping quality during storage were also studied. These findings obtained suggest that stress treatments make it possible to maintain postharvest storage quality of horticultural crops due to the generation of active oxygen species and the activation of scavenging system, the control of ethylene production, and the maintenance of chemical components. Furthermore, stress treatments seem to lead to novel storage and transport technologies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2011年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2012年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：園芸科学

科研費の分科・細目：農学，園芸学・造園学

キーワード：園芸利用学，貯蔵技術，ストレス反応，品質保持

1. 研究開始当初の背景

園芸作物は収穫後急速に品質低下が生じる。園芸作物を高品質で保持するためには輸送・

貯蔵中に適切な鮮度保持手段が適用される。一般的な鮮度保持方法としては，収穫後，すぐに品温を低下させ，引き続き低温下で流

通・貯蔵することが行われている。しかしながら、0℃付近の低温貯蔵は、多大なエネルギー消費を必要とする貯蔵技術であり、エネルギー効率から考えると、常温下もしくは弱低温下で可能な、簡易で安全な輸送・貯蔵技術が確立できれば、多大なメリットが生じるものと思われる。また、低温での流通・貯蔵では障害発生が生じる熱帯・亜熱帯原産園芸作物は東南アジア地域を含めた多くの国での重要な輸出園芸作物であり、常温・弱低温下で利用可能な品質保持技術の確立は、これらの国々において多くの利益を生み出すものと思われる。以上を踏まえ、省エネルギーで簡易な処理により、弱低温・常温下でも品質保持を可能とする新たな品質保持技術の確立が急務である。

2. 研究の目的

本研究は高温、エタノール、紫外線および過酸化水素などの各種ストレスを園芸作物に施し、その反応について、生理・生化学的、分子生物的手法を用い解明し、各ストレスの特徴と処理後の園芸作物への影響を把握した。次に、得られた成果に基づき、より効率的な処理方法を組み立て、実際的な流通・貯蔵の場で実現すべく、低温を用いないか、もしくは弱低温下での品質保持方法の検討を試みた。

3. 研究の方法

(1) 高温処理：収穫後の青果物に40～50℃の短時間高温処理（温湯、温風）を行い、貯蔵を行う内容成分、酵素活性、遺伝子発現の変化を調べた。また、ブドウに関してはカルス培養を高温下で行ったもの、および果実果皮を用い、アントシアニン組成、色素生成関連の酵素遺伝子発現を調べた。

(2) エタノール処理：エタノールパッドを用いた蒸気処理および切り花についてはエタノール溶液茎部浸漬処理に加え、1-MCPならびにエチレン処理を行い、貯蔵に伴う内容成分、遺伝子発現の変化を調べた。

(3) UV-B 処理：収穫後青果物にUV-B 短時間処理を行い、貯蔵に伴う活性酸素種、抗酸化システムおよびクロロフィル分解に関わる酵素活性、酵素遺伝子発現の変化を調査した。

(4) 過酸化水素処理：ピーマン切片と果実を用い、過酸化水素の浸漬および通気処理を行い、アスコルビン酸含量とアスコルビン酸-グルタチオンサイクルに関わる酵素活性の変化について検討した。

4. 研究成果

(1) 高温処理：①緑色香酸カンキツの青ユズ、長門ユズキチに温湯処理を行い25℃で貯蔵したところ、青ユズでは40℃の5、10分処理で約10日、長門ユズキチでは45℃5分処理で約6日、コントロールに比べ脱緑抑制が可能になった。K⁺イオンリーケージ、総過酸化水素含量およびTBA値の変化から、この効果は脂質過酸化の抑制による生体膜変化の遅延によるものと思われた。ピーマンでは45℃1.5時間の温風処理により追熟抑制がみられ、これはカロテノイドの生成が抑制されていることによるものと推察された。コマツナでは50℃5分の温風処理によりクロロフィル分解の抑制が認められ、この分解にはクロロフィラーゼ、フェオフィチナーゼが強く関連していないものと思われた。②高温下で生育するエビヅル、リュウキュウブドウなどの野生ブドウでは高温処理下でもアントシアニンの組成変化はみられなかったが、キャンベルアーリーでは組成変化が認められた。アントシアニン生合成系遺伝子群と転写因子の発現解析から、栽培と野生ブドウにおける遺伝子の発現量に差がみられたが、すべての生合成遺伝子は発現しており顕著な相違はみられなかった。以上から、アントシアニン組成変化の要因は、糖付加もしくはメチル化に関わる酵素遺伝子の発現有無によっていることを認めた。高温で増大する野生ブドウのアントシアニンについて同定も試み、特異的に増大する色素としてデルフィニジンの3-モノガラクトシドと3-モノグルコシドが認められた。

(2) エタノール処理：エタノール処理によるブロッコリーおよび切り花（ニホンズイセン）の品質保持に及ぼす影響について調べた。エタノール蒸気処理（エタノールパッド使用）したブロッコリーを10～25℃で貯蔵を行ったところ、エタノール処理はブロッコリーの外観だけでなく、内部成分（アスコルビン酸、糖、タンパク質）の保持にも有効であることが明らかとなった。エタノール蒸気処理は簡便性に優れ、CA貯蔵や高温処理など厳密な設備や処理法が必要な処理に比べ低コストであり、環境への悪影響も少ない。そのため常温輸送での利用が期待される。本処理は輸送中の温度変動を補佐する処理法としても有効であると考えられる。ニホンズイセン（切り花）の品質保持へのエタノール処理（溶液浸漬処理）、1-MCP処理の影響について調べたところ、ニホンズイセンはエチレン感受性であり、その品質保持期間の延長には、エタノール処理及び1-MCP気体処理が効果があることが明らかとなった。しかし、1-MCP気体処理は小花

にのみ効果があり、花穂には効果がみとめられなかった。一方、エタノール処理はいずれにも効果がみとめられた。以上の結果及び処理の簡便性から、エタノール処理は切り花の品質保持期間の延長に有用であることが示唆された。さらに、トマト（マイクロトム）を用いエタノール処理による追熟抑制効果について、主にエチレン生成関連遺伝子発現について検討した。マイクロトムでは処理により、追熟は抑制されたがエチレン生成は増大することがわかった。エチレン生成関連遺伝子や追熟関連転写因子の発現を調べ、この要因はエチレン感受性が関与しているものと推察した。

(3) UV-B 処理：UV-B 処理（20分間処理、照射量 19 kJ/m²）によるライムの品質保持効果と活性酸素生成・消去に関する酵素、抗酸化成分に及ぼす影響について調べたところ、処理により貯蔵中の品質保持効果がみられ、その効果は過酸化水素などの活性酸素の生成が抗酸化システムを活性化させることによるものと推察した。次に、ブロッコリーの貯蔵中におけるクロロフィル分解酵素の遺伝子発現における UV-B 処理の影響を調べた。クロロフィラーゼ遺伝子は UV-B 処理により発現増大がみられ、フェオフィチナーゼ遺伝子およびフェオホルビド a オキシゲナーゼ遺伝子の発現増大は処理により抑制が認められた。同時にマイクロアレイ解析も行い、クロロフィル分解酵素関連遺伝子の網羅的解析を行った。さらに、バナナ（緑熟 - エチレン無処理、成熟 - エチレン処理）の UV-B 処理による低温貯蔵（4℃）中の低温障害（褐変）抑制について調べた。成熟果ではほとんど処理効果が見られなかったが、緑熟果では UV-B 短時間処理（1分間果実両面処理、照射量 0.45 kJ/m²）で低温障害抑制効果が認められた。果皮の総過酸化物質、アスコルビン酸およびドーパミン含量の変化から、活性酸素種の生成が抗酸化システムを活性化し、低温障害の抑制につながるものと推察した。

(4) 過酸化水素処理：ピーマンの過酸化水素処理によるアスコルビン酸の増大について、アスコルビン酸 - グルタチオンサイクルとの関連性の観点から検討した。果皮切片と果実を用い、処理方法としては浸漬減圧処理および連続通気処理を行い、アスコルビン酸含量の増加を調べたところ、切片浸漬では 0.025 ~ 0.25% で、果実浸漬では 2% で、および通気では 1 ~ 2% で効果が認められた。アスコルビン酸 - グルタチオンサイクルに関連する酵素ならびにカタラーゼについて検討したところ、アスコルビン酸ペルオキシダーゼなど関連酵素活性およびカタラーゼ活性は過酸化

水素処理により増大がみられ、アスコルビン酸 - グルタチオンサイクル関連酵素の活性増加がアスコルビン酸含量の増加につながっているものと推察した。

(5) まとめ

以上の結果をまとめ、第1図に示した。園芸作物にストレス処理を行うと、①活性酸素生成とアスコルビン酸 - グルタチオンサイクル活性化、②クロロフィル分解酵素およびその遺伝子発現の制御、③アントシアニン生成の制御、④エチレン生成制御および関連遺伝子発現の制御、⑤内容成分の保持などがみられ、このことが品質低下の抑制と貯蔵性の附与に貢献しているものと思われる。

今後は各ストレス処理の組み合わせによる園芸作物のさらなる品質保持の可能性を検討し、さらに、園芸作物の輸出入を念頭においた輸送試験の実施を試みることを課題と考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

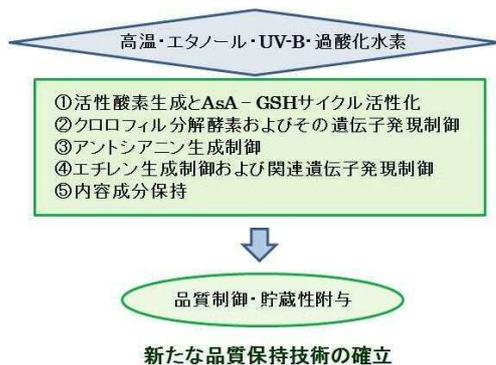
〔雑誌論文〕（計6件）

- ① Suzuki, Y., A. Miyata and H. Terai. Effects of storage temperature on efficacy of postharvest ethanol vapor treatment to suppress broccoli senescence. Food Preservation Science 査読有. (2013) (in press)
- ② Yamauchi, N. Quality maintenance of postharvest horticultural crops by stress treatments and approach for the elucidation of its mechanism. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 査読有. 82 (2013), 1-10.
- ③ Kaewsuksaeng, S., S. Aiamla-or, M. Shigyo and N. Yamauchi. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and postharvest physiology in stored lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. Acta Horticulturae 査読無. 945 (2012), 105-112.
- ④ Aiamla-or, S., T. Nakajima, M. Shigyo and N. Yamauchi. Pheophytinase activity and gene expression of chlorophyll-degrading enzymes relating to UV-B treatment in postharvest broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Postharvest Biology and Technology 査読有. 63 (2012), 60-66.

- ⑤ Kaewsuksaeng, S., Y. Urano, S. Aiamla-or, M. Shigyo and N. Yamauchi. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll-degrading enzyme activities and postharvest quality in stored lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 査読有. 61 (2011), 124-130.
- ⑥ 鈴木康生. 青果物の貯蔵性に及ぼすエタノール蒸気処理の効果に関する生理・化学的研究. *日本食品保蔵科学会誌* 査読無. 37 (2011), 75-83.

[学会発表] (計 12 件)

- ① 遠藤春奈・今堀義洋. ピーマン果実の抗酸化機構に及ぼす過酸化水素浸漬処理の影響. 園芸学会平成 25 年度春季大会. 2013 年 3 月 23~24 日. 東京農工大学. (小金井市)
- ② 遠藤春奈・今堀義洋. 過酸化水素処理がピーマン果実のアスコルビン酸 - グルタチオンサイクルに及ぼす影響. 園芸学会平成 24 年度秋季大会. 2012 年 9 月 22~24 日. 福井県立大学. (福井市)



第1図 ストレス処理による園芸作物の品質保持効果
AsA:アスコルビン酸, GSH:グルタチオン

- ③ 永田 優・鈴木康生. 収穫後のエタノール処理による, トマト果実追熟制御機構の解明 (第1報) トマト果実のエチレン合成に及ぼす影響. 園芸学会平成 24 年度秋季大会. 2012 年 9 月 22~24 日. 福井県立大学. (福井市)
- ④ Miyata, Y., Suzuki and H. Terai. Effects of ethanol vapor treatment on quality of harvested broccoli. *Southeast Asia Symposium on the Quality Management in Postharvest Systems*. Feb. 21~24, 2012. Bangkok, (Thailand).
- ⑤ Aiamla-or, S., M. Shigyo, S. Ito and N. Yamauchi. Involvement of chloroplast peroxidase on chlorophyll degradation in postharvest broccoli florets and its

- control by UV-B treatment. 園芸学会平成 23 年度秋季大会. 2011 年 9 月 24~26 日. 岡山大学. (岡山市)
- ⑥ 遠藤春奈・今堀義洋. 過酸化水素処理がピーマン果実組織切片のアスコルビン酸 - グルタチオンサイクルに及ぼす影響. 園芸学会平成 23 年度秋季大会. 2011 年 9 月 24~26 日. 岡山大学 (岡山市).
- ⑦ Aiamla-or, S., T. Nakajima, M. Shigyo and N. Yamauchi. Gene expression of chlorophyll-degrading enzymes in stored broccoli florets and its control by UV-B treatment. 園芸学会平成 23 年度春季大会. 2011 年 3 月 20~21 日. 宇都宮大学. (宇都宮市)
- ⑧ 裏野義幸・キャウスクサン サマ・執行正義・山内直樹. ライム果実の UV-B 処理による品質保持効果. 園芸学会平成 23 年度春季大会. 2011 年 3 月 20~21 日. 宇都宮大学. (宇都宮市)
- ⑨ 小合美江・梅野千鶴・執行正義・山内直樹. 緑色香酸カンキツの高温処理による貯蔵中の脱緑抑制. 園芸学会平成 23 年度春季大会. 2011 年 3 月 20~21 日. 宇都宮大学. (宇都宮市)
- ⑩ 宮田愛理・鈴木康生・寺井弘文. 貯蔵温度がエタノール蒸気処理によるブロッコリーの老化制御に及ぼす影響. 園芸学会平成 22 年度秋季大会. 2010 年 9 月 19~20 日. 大分大学. (大分市)
- ⑪ 駒田飛勇士・鈴木康生・寺井弘文. 収穫後のエタノール処理がニオンスイセン切り花の品質保持に及ぼす影響. 園芸学会近畿支部会. 2010 年 8 月 31 日. 神戸大学 (神戸市).
- ⑫ 鈴木康生. 青果物の貯蔵性に及ぼすエタノール蒸気処理の効果に関する生理・生化学的研究. *日本食品保蔵科学会第 59 回大会*. 2010 年 6 月 26~27 日. 沖縄県男女共同参画センター. (沖縄市)

[その他]

- ① 公開シンポジウム「園芸作物の物理的・化学的処理による品質改善および貯蔵中の品質保持効果」開催. 主催: “園芸作物の品質に及ぼすストレス処理の影響と新たな貯蔵技術の確立” 研究グループ (代表者: 山口大学農学部 山内直樹) 2012 年 3 月 17 日. 神戸大学 (神戸市)

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
山内 直樹 (YAMAUCHI NAOKI)
山口大学・農学部・教授
研究者番号: 60166577

(2) 研究分担者

執行正義 (SHIGYO MASAYOSHI)

山口大学・農学部・教授

研究者番号：40314827

寺井 弘文 (TERAI HIROFUMI)

神戸大学・農学研究科・名誉教授

研究者番号：30110802

鈴木康生 (SUZUKI YASUO)

神戸大学・農学研究科・助教

研究者番号：30335426

今堀義洋 (IMAHORI YOSHIHIRO)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：40254437

石丸 恵 (ISHIMARU MEGUMI)

近畿大学・生物理工学部・准教授

研究者番号：90326281

(3) 連携研究者

()

研究者番号：