

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450054

研究課題名(和文)モモにおけるオーキシン生合成機構の解明と軟化制御への応用

研究課題名(英文)Analysis of auxin biosynthesis of peach and regulation of fruit softening

研究代表者

立木 美保 (TATSUKI, Miho)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門 生産・流通研究領域・上級研究員

研究者番号：10355381

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：普通モモの果実は成熟期になるとオーキシン含量が増加し、エチレン生合成経路の酵素遺伝子(PpACS1)の発現を誘導する。PpACS1によって生成されたエチレンは、細胞壁修飾等に関わる酵素遺伝子発現を誘導し、これらの酵素の働きによって果肉硬度が低下する。本研究では、普通モモにオーキシン生合成阻害剤処理を行うことで、エチレン生合成と軟化の抑制が起こることを明らかにした。また、モモ軟化時の肉質に影響を与えると推測された酵素のアイソジーンについて発現様式を解析した結果、酵素のアイソザイム3がモモのメルティング質に深く関与する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The fruit of melting-flesh peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars produce high levels of IAA. IAA induce increased level of ethylene caused by high expression of PpACS1, resulting in rapid fruit softening at the late-ripening stage. In this study, we examined the regulation of fruit softening using some inhibitors of auxin biosynthesis. The melting-flesh peach which were treated with inhibitors, produce lower level of ethylene and keep firmer than control fruit. The cell wall modifying isozyme 3 may have some effect on melting-flesh during fruit softening.

研究分野：園芸科学

キーワード：モモ オーキシン エチレン

1. 研究開始当初の背景

普通モモは果実成熟期に達するとエチレン生成量が増加し、それによって軟化等の果実成熟が進行する。一方、硬肉モモは成熟に伴い普通モモと同様な果皮色の变化や糖度の上昇等は認められるが、エチレン生成量の増加や果肉の軟化は起こらない。これまでに我々は、硬肉モモが軟化しないのは、エチレン生成経路の鍵酵素である ACC 合成酵素遺伝子ファミリーの一つ *PpACS1* の発現が果実成熟時期に特異的に抑制されているためであることを明らかにした (Tatsuki et al, 2006)。さらに、硬肉モモと普通モモを用いた DNA マイクロアレイを用いた解析から、オーキシシンに関連した遺伝子の発現が *PpACS1* の発現パターンと一致することを明らかにした。さらに果実成長中の IAA 含量の測定等を通じて、普通モモは成熟後期にオーキシシン量が急増してエチレン生成が起こり軟化するが、硬肉モモではオーキシシン量が増加しないため軟化しないことを明らかにした (Tatsuki et al, 2013)。このようにオーキシシンがモモの軟化に及ぼすことが明らかとなったが、硬肉モモにおけるオーキシシン生成量が増加しない原因は不明で、また、オーキシシン合成阻害剤によるモモの軟化抑制効果は十分ではなかった。

2. 研究の目的

オーキシシンが普通モモ果実の軟化に重要な影響を及ぼしていると考えられる。そこで、本研究では、普通モモと、成熟期にオーキシシン生成量の増加が起こらない硬肉モモを用いて、オーキシシンがモモ軟化に及ぼす影響を分子レベルで明らかにする。モモの軟化にはエチレンが関与しているが、エチレン作用阻害剤である 1-MCP は、モモの軟化を抑制する効果は低い。そこで、エチレン生成の上流にあるオーキシシンの合成を阻害することで、モモの軟化を制御する技術について検討する。

3. 研究の方法

(1) オーキシシン合成阻害剤処理による普通モモの軟化抑制

普通モモの「あかつき」、「川中島白桃」収

穫後果実、オーキシシン合成阻害剤 A, B または X, Y を処理して、エチレン合成酵素 *PpACS1* の発現、エチレン生成および軟化に及ぼす影響について解析した。

(2) 硬肉モモを人為的に軟化させた時の果肉硬度の変化

硬肉モモ「まなみ」、「おどろき」の収穫後果実、エチレンまたは合成オーキシシン剤である 1-ナフチル酢酸(NAA)処理を行うことで人為的に軟化させた。この時のエチレン生成量、果肉硬度を測定した。

(3) モモの軟化に関わる遺伝子の発現解析

モモの軟化に関与する細胞壁修飾酵素の遺伝子発現について、単離した RNA を用いて、qRT-PCR 法を用いて解析した。

4. 研究成果

(1) オーキシシン合成阻害剤処理による普通モモの軟化抑制

収穫後の普通モモにオーキシシン合成阻害剤を処理した。阻害剤 A, B については 2 年間同様の試験を行ったが、エチレン生成および軟化抑制の効果が認められた。一方、新たに開発された剤 X, Y を用いたところ、抑制の傾向は見られるものの有意な差ではなかった。A, B と X, Y はオーキシシン合成経路の阻害箇所が異なり、A, B の箇所の方が阻害効果が高いものと推測された。一方、阻害剤の効果は果肉への浸透しやすさも大きく関与しているため、X, Y は浸透しにくい構造であった可能性も考えられる。

これまでの解析から、普通モモ果実においてオーキシシン生成量が増加するのは、収穫適期の直前であることから、収穫後果実よりも収穫前の樹上において処理をした方がより合成阻害の効果が高くなると期待されるため、今後樹上処理を検討する必要がある。

(2) 硬肉モモを人為的に軟化させた時の果肉硬度の変化

収穫した「まなみ」にエチレンの通気処理を行うと、処理 2 日後から果肉硬度は低下した。NAA 処理した果実では、収穫 2 日後には濃度に依存して果肉硬度は低下し、処理 8 日後にはエチレン処理をした果実と同程度の果肉と硬度となった (図 1)。

次に収穫した「おどろき」果実に同様にエチレンおよび NAA 処理をしたところ、「まなみ」と同様にエチレン、NAA 処理によってエチレン生成量の増加と果肉硬度の低下が認められた。硬肉モモ品種「まなみ」と「おどろき」果肉の肉質は異なるが、植物ホルモン処理で、同様に軟化することが明らかとなった。

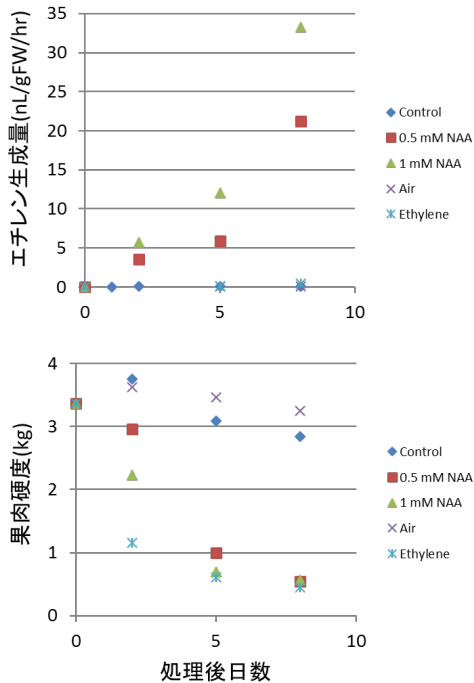


図1 硬肉モモ「まなみ」における植物ホルモン処理後のエチレン生成量（上段）および果肉硬度（下段）の変化。

(3) モモの軟化に関わる遺伝子の発現解析

モモ軟化時の肉質に影響を与えると推測された酵素のアイソジーン3種類を単離して遺伝子発現変動について調べた。酵素1および2の発現様式は、普通モモと硬肉モモの果実生育過程において違いは認められなかった。一方、酵素3は普通モモの果実成熟後期（軟化期）に発現量が増加したが、硬肉モモでは増加しなかった（図2）。これらの結果から酵素3はモモが軟化する時の肉質に深く関与する可能性が示唆された。

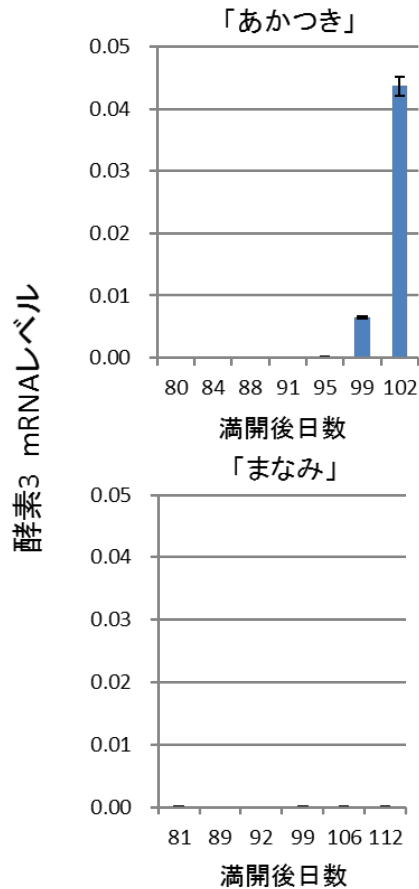


図2 普通モモ「あかつき」（上段）硬肉モモ「まなみ」果実における酵素3遺伝子発現様式の変化。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計1件)

立木美保, 中嶋直子, 添野和雄, 山崎千秋, 嶋田幸久「モモの果実軟化に及ぼすオーキシンの影響について」園芸学会平成26年度春季大会, 2014年3月29、30日 筑波大学(茨城県つくば市)

〔図書〕(計2件)

(1) 立木美保「遺伝子等の網羅的解析によるモモ研究の進展」2016年 果樹研究のバイオインフォマティクス(農研機構果樹研究所), 147-170

(2) 立木美保「モモの果実軟化におけるエチレンとオーキシンの影響 - 硬肉モモを使った研究から」2013年 植調(公益財団法人日本植物調節剤研究協会) 47(5), 12-18

6. 研究組織

(1)研究代表者

立木 美保 (TATSUKI, Miho)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構果樹茶業研究部門 生産・流通研
究領域・上級研究員

研究者番号：10355381

(2)連携研究者

嶋田 幸久 (SHIMADA, Yukihiisa)

公立大学法人横浜市立大学木原生物学研究
所・教授

研究者番号：30300875

添野 和雄 (SOENO, Kazuo)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構西日本農業研究センター 四国研
究拠点 傾斜地園芸研究領域・上級研究員

研究者番号：50392006