

論文内容の要旨

氏名	中川正博			
学位の種類	博士(農学)			
学位記番号	農第182号			
学位授与の日付	平成24年9月13日			
学位授与の要件	学位規程第5条			
学位論文題目	マンゴーの花成機構の解明による新規作型の開発に関する研究			
論文審査委員(主査)	教授	宇都宮	直	樹
(副主査)	教授	松田	克	礼
(副主査)	教授	林	孝	洋

マンゴーは、主に、熱帯亜熱帯で栽培され、世界で果実の生産が多い果樹の1つである。わが国においても、20年前から経済栽培が行われるようになった。しかし、これまで栽培される品種は‘アーウィン’だけであり、その果実の収穫時期も5月から9月までと限定されているため、市場性が頭打ちになっている。今後、マンゴーの市場価値を高めてゆくためには、果実の生産時期の拡大によって、その消費を拡大する必要がある。本研究は、マンゴーにおける花成関連遺伝子の解析により花成機構を明らかにすることによって、その開花調節技術を発達させ、マンゴー果実の生産時期の拡大の可能性を検討した研究である。その内容は以下に示すとおりである。

1. マンゴーにおけるFLOWERING LOCUS T (MiFT)の単離および同定
マンゴーの成葉からFLOWERING LOCUS T (FT)ホモログの完全長cDNAを単離し、そのアミノ酸配列が180アミノ酸残基から構成されていると推定した。また、このFTホモログが他の植物のFTとも高い相同性を持ち、FTの機能発現に必要な配列が保存されていることを明らかにし、MiFTと命名し登録した。このMiFTは、低温下においてのみ葉で強く発現する、また、MiFTが強く発現すると芽や花などで花芽分裂組織決定遺伝子APETALA1 (API)が発現した。さらに、花成誘導に促進的な条件下でも、強い着果負担やGA₃処理するとMiFTが発現しない結果を得た。また、GA代謝関連遺伝子の発現と着果負担との関係を調査し、MiFTが発現しなかった着果負担の強い樹では、GAを増加させるGA代謝関連遺伝子の発現が増加することを見出した。以上のような結果から、マンゴーの花成誘導遺伝子はMiFTである可能性が高く、その発現にはGA代謝関連遺伝子が関与していることを示した。

2. 昼夜の温度変化が花成誘導と花成関連遺伝子の発現及ぼす影響
昼夜低温(LL)区、昼夜高温(HH)区、昼低温夜高温(LH)区、昼高温夜低温(HL)区を設けて、昼夜温の差がマンゴーの花成関連遺伝子の発現に及ぼす影響を調査した。その結果、LL区では処理開始後1~2週間以内にMiFTの発現が誘導されたが、それ以外の処理区ではMiFTは発現せず、高温や低温に遭遇してもその高温に遭遇するとMiFTの発現は抑制された。さらに、LL区では、遮光をするとMiFTの発現が誘導されないことや夜間になると徐々にその発現量が低下する現象から、MiFTの発現に光が関与していることを示した。

これらの昼夜温処理1ヶ月後に、各処理区の樹を25°Cと15°Cで生育させ、花穂形成を観察した。その結果、25°CではMiFTを形成していたLL区を含むいずれの処理区の樹

においても花穂は形成されなかった。一方、15°C下では、MiFTが発現していなかったLH,HL,HH区を含むすべての区の樹において花穂が形成された。15°C下では花芽分裂組織決定遺伝子MAP1が発現したが、25°C下ではそれが発現しなかった。このことから、マンゴーでは、萌芽時にMiFTが発現していることによってMAP1の発現が誘導されて花穂が形成されることを明らかにした。

3. 摘葉処理がマンゴーの花成誘導と花成関連遺伝子の発現に及ぼす影響

マンゴーは花成に好適な条件下で頂花穂を除去するとえき芽が花穂へと成長する。本研究では、この現象を利用してえき芽の成長段階ごとに摘葉を行い、MiFTやMAP1などの花成関連遺伝子の発現と花成誘導との関連性を検討した。

15°C下において頂生花穂が形成されたマンゴー樹において花穂を除去したのち、えき芽の長さが0(摘穂直後)、2、5、10mmになった時に摘葉を行った。その結果、摘穂後に摘葉しなかった樹では、えき芽はすべて花穂へと発達したが、摘穂直後に摘葉した樹ではえき芽はすべて花穂を形成せず、栄養枝へと発達した。摘葉時のえき芽が大きいくほど、花穂へと発達するえき芽の割合が増加し、10mmの大きさの時の摘葉ではえき芽のすべてが花穂へと発達した。葉では常時MiFTが発現していたが、えき芽におけるMAP1の発現は摘穂直後には認められず、えき芽が2、5mmの摘葉時には認められた。これらのことから、マンゴーではMiFTが葉で発現し、えき芽が成長を開始してMAP1が発現するようになると花穂形成が開始し、えき芽の大きさが10mmに達する時期にはえき芽での生理的な花芽分化が終了することを示唆した。

さらに、2月に摘葉処理を行い、それが頂芽の花成に及ぼす影響を調査した。その結果、3月から4月にかけて摘葉しない樹では90%の頂芽が花穂を形成したが、摘葉樹ではすべての頂芽が栄養枝となった。実験期間中、葉ではMiFTが常時発現しており、摘葉しない樹の頂芽では萌芽直前にMAP1が強く発現した。しかし、摘葉した樹の頂芽ではMAP1がほとんど発現しなかった。これらのことから、摘葉をした2月には花成は誘導されておらず、3月以降の萌芽直前に花芽が形成されることを示した。

以上のようなえき芽と頂芽を用いた調査結果から、マンゴーでは、萌芽直前にMiFTとMAP1が発現することにより、短時間で花成誘導が起きることを示唆した。

4. 抑制栽培に適した品種の探索と開花調節による抑制栽培の可能性

マンゴー果実の生産期間を拡大するためには、花成調節の技術を確認するとともに栽培する品種の選択が重要になる。そこで、15品種における収穫時期、果実の品質、

官能評価を調査した。その結果、収穫時期は‘アーウィン’果実8月中旬から開始し、最も早くなった。他の品種の収穫は9月から10月中旬までであった。果実品質や官能評価の結果、調査した品種のうち‘スピリッツ’や‘センセーション’は食味評価が高くなり、市場性が高いことが示唆された。特に、‘センセーション’は収穫時期が最も遅く、抑制栽培に適した品種であることが示された。

そこで、‘センセーション’を供試して、えき芽での花成誘導を行うことによって開花時期を遅らせ、抑制栽培の可能性を検討した。花成に好適な条件下で頂芽を除去するとえき芽が花穂へと発達し、その開花時期を約1か月遅らせることができたが、収穫時期を遅らせることはできなかった。しかし、果実の収穫は‘アーウィン’に比べると約3か月遅い11月中旬であったことから、この品種を用いた抑制栽培の可能性が高いことを示した。

論文審査結果の要旨

わが国でマンゴーが本格的に栽培されるようになって約20年が経過している。この間ハウス栽培法が確立され、西南暖地を中心に栽培地域が広がり、果実生産量も増加している。しかし、栽培に用いられている品種はほとんどが‘アーウィン’であり、市場へ出荷される時期も5月から8月くらいまでと制限されている。このため、マンゴー果実の市場価値が低下しつつある。果実の市場性を高めるためには他品種の導入や収穫時期の拡大を図る必要がある。本論文は、マンゴーの花成誘導機構を解明することによって、果実生産の時期を拡大させる開花調節技術を開発させ、現在のマンゴー栽培における問題を解決することを目的としている。

本研究では、最初に、マンゴー成葉から180アミノ酸残基から構成されていると推定されるFTホモログを単離した。このFTホモログは、他の植物のFTホモログと高い相同性を示すことやFTの機能発現に必要な配列が保存されていることを明らかにし、MiFTと命名し登録した。このMiFTは、花成誘導される低温下において葉で強く発現し、それに伴って花芽分裂組織決定遺伝子(API)が発現することなどから、マンゴーの花成誘導因子であると判断した。また、MiFTは強い着果負担やGA処理によって発現が抑制されることを明らかにしたり、MiFTとGA代謝関連遺伝子との関係を調査するなど、本研究はマンゴーの花成誘導遺伝子に関する重要な情報を提供している。

次に、昼夜温の変化が花成関連遺伝子の発現に及ぼす影響を調査し、花成誘導との関連性を検討している。調査の結果、昼夜にかかわらず高温に遭遇するとMiFTは発現せず花成誘導が起らない、花成が誘導されるのはMiFTが発現する昼夜低温の時だけであることを明らかにした。さらに、温度処理が花成誘導関連遺伝子の発現に及ぼす影響を調査し、低温から高温に樹を移動させると、低温下で発現していたMiFTの発現が消失する結果を得た。一方、高温から低温に移動させると、MiFTが発現し、萌芽開始とともにMAP1が発現して花成が誘導されることを確認した。この結果から、マンゴーでは芽が成長を開始するまで葉でMiFTが発現していることが必要であるとの結論を導いている。

本研究では、摘葉処理が花成誘導と花成関連遺伝子の発現に及ぼす影響を調査し、花成が誘導される期間を推定した。低温下において頂芽を除去した直後に摘葉するとえき芽へのMiFTの供給がなくなったために花成は誘導されなかった。えき芽が2mmぐらいまで着葉させておくと花芽が形成されるようになり、10mmになるまで着葉させておくと確実に花芽が形成されることを明らかにした。また、実験期間中は葉でMiFTが強く発現し、えき芽が成長を開始するとAPIが発現することも明らかにした。同様な現象が頂芽でも起きることを確認し、マンゴーでは、葉でMiFTが発現している間に芽の成

長が開始してAPIが発現することによって花芽誘導が始まり、芽が一定のステージに達するまで葉からMiFTが供給され続けることによって花成の生理的誘導が完了することを示唆した。本研究は15°C下で行われており、その場合、芽の成長開始後約15日目から花成誘導が開始され、その後10日間葉でMiFTが発現することによって花芽が確実に形成されることを示し、マンゴーの花成誘導機構を明らかにする大きな手がかりを与えた。

最後に、本研究では、品種の選択とこれまでに得られた花成誘導に関する成果をもとに、開花調節による抑制栽培の可能性を調査した。その結果、‘センセーション’を用いることによって‘アーウィン’よりも収穫時期を遅くできることを明らかにした。さらに、頂花穂摘除によって花成誘導を遅らせることによって、さらに収穫時期を遅らせる試みを行ったが、その効果を明確に得ることはできなかった。

以上のように、本研究では、これまで明らかにされていなかったマンゴーの花成誘導遺伝子MiFTの単離に成功した。さらに、このMiFTの発現様式を温度処理、GA処理、摘葉処理、着果負担などとの関連で明らかにすると同時に、芽における花芽分裂組織決定遺伝子APIとの関連性も明らかにし、マンゴーの花成誘導機構を考察した。その結果、マンゴーでは低温によりMiFTの発現が強くなるが、それと同時に芽におけるAPIの発現が伴わなければ花成は誘導されず、また、MiFTとAPIの両方が発現すると短時間で花成誘導が完了すると結論付けた。そして、芽が成長を開始したのちに低温処理すると短時間で花芽形成が起きる可能性を示した。これらの成果は、マンゴーの開花調節技術の改良やそれによる果実の生産時期の拡大技術に役立つ基礎的な知見を与えるものである。よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、審査にあたっては、論文に関する専攻内審査および公聴会など所定の手続きを経たうえ、平成24年7月17日、農学研究科教授会において、論文の価値ならびに博士の学位を授与される学力が十分であると認められた。