

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 1 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22780023

研究課題名（和文）

種子の発育とGA供給からみたモモ果実の開花日および発育日数と品質の関係

研究課題名（英文）

Relationships between fruit quality and blooming time with respect to different seed development and supplying of gibberellic acid

研究代表者

福田 文夫 (Fumio Fukuda)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・准教授

研究者番号：60294443

研究成果の概要（和文）：

モモ樹内の果実品質のばらつきと開花日との関係を明らかにするために、開花日の異なる果実の発育および種子発育とジベレリン生成との関係を調査した。果実の成長や糖蓄積を促進するジベレリンの生成は、胚が成長する第2期までは種子で高く、その後果肉で高まることが示された。開花日の遅い果実は、いずれも種子の占める割合が相対的に高く、第3期初めの胚乳や胚のサイズが大きかった。開花日が遅い果実は、早い果実と比べて、収穫直前まで肥大し続ける一方、果肉でスクロース合成酵素の活性が高く、糖蓄積が優れた。

研究成果の概要（英文）：

In order to clarify the relationships between fruit qualities such as size and soluble solid contents and flowering time of fruit within one peach tree, fruit development of some fruit bore in different flowering time and gibberellic acid generation in seed were investigated. There was higher gibberellic acid content in seed than flesh during the latter half of Stage 2 of fruit growth and 1 week after the content in flesh had been increased. Late blooming fruit had relatively higher rate of seed weight / fruit weight at that time, and the sizes of endosperm and embryo were larger in late blooming fruit compared with those of early blooming fruit. Growths of late blooming fruit continued until harvest time and sugar accumulation was superior because of high activity of sucrose synthetic enzyme. On the above results, the stability of fruit quality in late blooming fruit may be contributed by high ability of sugar accumulation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：果樹園芸学

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：モモ，果実肥大，種子成長，糖蓄積

1. 研究開始当初の背景

モモにおいて、樹内の果実品質が大きく変動することは、以前から知られていたものの、果実品質の樹内変動と密接に関係する要因については十分に理解されておらず、これまでは、日照条件が異なり、光合成産物の供給量が樹冠の上部の方が豊富であることから、着果位置の関係が大きいことが報告されているのみであった。著者らは、ほぼ同じ着果位置であっても、果実品質に大差があることを明らかにした。一方、同じ着果位置内でも開花日が大きく異なることが示された。このことから、開花日が果実品質に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

また、果実の肥大や糖の蓄積に密接な関係を持つ植物成長調節物質として、ジベレリンの存在が知られているが、果実のシンク力を高めるジベレリンがモモにおいてどのように供給されているかは明確となっていなかった。そのため、果実品質と関係すると推察されるジベレリンの供給過程やそれと関わる果実発育の項目を調査し、関連付けを行う必要がある。

2. 研究の目的

本研究課題の目的として、果実品質の安定化を目指した基礎資料を得るために、第1に開花日がどのような果実品質と関係しているか、また普遍的なものかを調査すること、第2に重要な果実品質の一つの果汁糖度の上昇に及ぼす影響とその機構の解析を進めること、第3に果実への同化産物の供給に密接な関係を持つ内生ジベレリンの挙動と種子の関係を明らかにすること、および第4に開花日の違いが種子の発育に及ぼす影響を明らかにすることを挙げた。

3. 研究の方法

(1) 開花日と果実品質との関係

2010年～2012年にかけて、岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センターに植栽の‘紅清水’と‘清水白桃’を供試した。開花期間中、樹体全体で開花が始まってから3,4日間隔で、開葯した花各樹50-100個ずつにラベルを付けた。栽培管理は、岡山県の栽培指針に準じて行い、ラベルした果実が残るように、着果管理した。収穫適期に果実を採取し、果実の大きさと重さを測定した後、糖度計で果汁糖度、レオメーターを用いて果肉硬度を算出した。また、一部の果実については、25℃で1時間インキュベートし、ヘッドスペースのエチレン発生量をガスクロマトグラフで測定した。

(2) 開花日を異にした果実の糖蓄積様相と糖代謝関連酵素の活性

2010年と2011年に、(1)で供試した‘紅清水’樹の開花日をラベルした果実から、果実発育第3期半ばから収穫直前まで定期的に果実を採取した。また、収穫適期に採取した果実も分析に供した。果肉を80%エタノールで磨砕抽出し、可溶性アルコール画分を得た。エタノールを除去して、イオン交換樹脂カラムで精製した。その精製液を用いて、高速液体クロマトグラフで、糖の含量と組成を分析した。さらに、2011年には開花日の早かった4月9日と、遅かった4月16日の果実の果肉を供試して、定法に従って粗酵素液を回収した。各種の糖を基質として酵素反応を行い、糖代謝関連酵素のうち、スクロースリン酸合成酵素活性を調査した。

(3) 種子と果肉のジベレリン生成

2010～2012年に、‘清水白桃’を供試し、果実発育第2期に果実を採取した。果実から種子を取り出し、新鮮重を測定した後、一部の果

肉とともに -30°C で冷凍保存した。種子は、ジベレリンの抽出を始める前に、縦断して胚長を測定し、胚が急速に成長し、その長さに違いがみられたサンプリング時期について、ジベレリン含量の分析を行った。種子は全体、果肉は3gを以下のジベレリン含有物の抽出に供した。まず、メタノールで摩砕し、リン酸バッファーと酢酸エチルで分液を繰り返し、夾雑物を取り除いた。高速液体クロマトグラフおよびフラクションコレクターによって精製と分画(2分/フラクション)した。さらに、イネ‘短銀坊主’を用いた点滴法によるバイオアッセイで、各フラクションのジベレリン含量を測定した。

(4) 開花日を異にした果実の種子発育

2012年に、‘紅清水’で果実発育第2期に当たる6月15日と22日および第3期半ばに当たる7月9日と16日に、果実を採取した。果実重を測定した後、種子を摘出し、新鮮重を測定した。その後、縦断して、胚乳および胚の成長を調査した。また、果実に占める種子の割合を比較するため、種子と果実の新鮮重比を算出した。

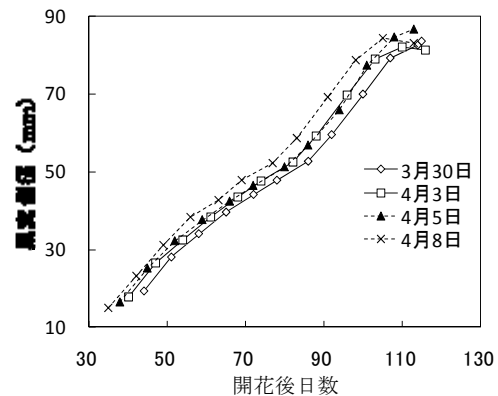
4. 研究成果

(1) 開花日と果実品質との関係

2010年に3月30日、4月3日、5日および8日に開花した果実について、果実側径における肥大様相を比較したところ、開花後日数で見ると、開花日の遅い4月8日の果実で他の開花日より肥大が早く進んだ(第1図)。一方、開花の遅い果実は、果実発育第3期の肥大が遅れるとともに、劣ることが示された。

開花日を異にする果実間で収穫時の品質を比較した結果、果実重は開花日の遅い方が大きい傾向がみられ、糖度は相対的に開花の早い果実で劣る傾向であった(第1表)。開花日が遅い程、果実発育日数は短い傾向であり、

糖度の高さと発育日数の間には逆の関係が存在することが示された。果肉硬度やエチレン生成量には明確な傾向はみられなかった。栽培年によって、開花時期は前後したが、この



第1図 開花日を異にする‘紅清水’果実の肥大様相。

ような開花期の早晩と果実品質との関係は2011年および2012年の実験でも確認された。

第1表 開花日を異にする果実における果実重と糖度ならびに発育日数の比較

開花日	果実重 (g)	糖度 (%)	発育日数 ²
3月30日	268.1	12.6 ab ^y	113.0
4月3日	256.8	12.2 b	108.6
4月5日	292.3	14.2 a	109.0
4月8日	271.3	13.5 ab	104.7
4月10日	298.8	13.9 ab	102.8

²開花日～収穫日の日数

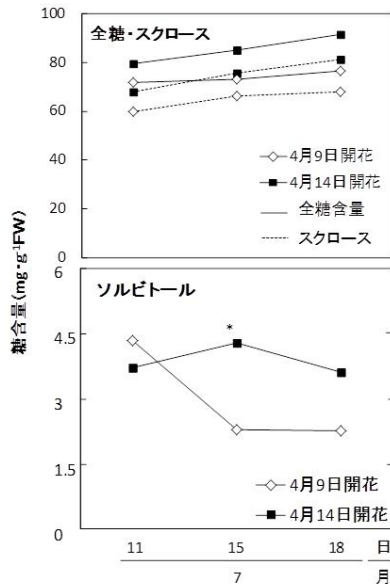
^y異なる文字間にTukey検定で5%水準の有意差あり

このように開花期が早く収穫までの日数が長い果実で品質が劣るとの報告はこれまで例がなく、モモの果実品質の安定を考える際に、開花日を重要視する必要があることを示すことができた。

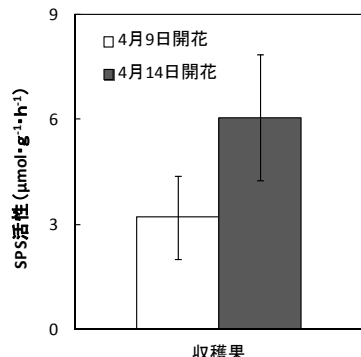
(2) 開花日を異にした果実の糖蓄積様相と糖代謝関連酵素の活性

2011年に、果肉の糖組成を4月9日と14日に開花した果実間で比較したところ、4月14日に開花した果実では、収穫直前の7月18日までスクロースの蓄積が持続したのに対し、4月9日に開花した果実では第3期半ばからスクロース含量は一定であった(第2図)。モモの転流

糖であるソルビトールの含量でも両開花日間に違いがみられた。さらに、収穫果において、スクロース合成酵素のスクロースリン酸合成酵素 (SPS) の活性は、開花日の遅い果実の方が早い果実よりも高かった (第3図)。



第2図 開花日の早晚が果肉の全糖とスクロース(上)およびソルビトール(下)含量に及ぼす影響。

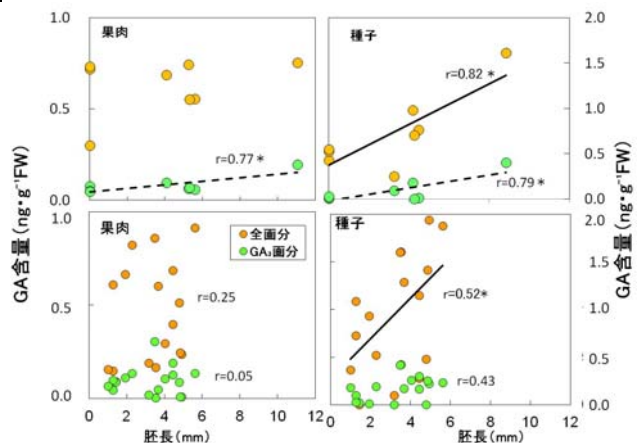


第3図 開花日の早晚が果肉のスクロースリン酸合成酵素の活性に及ぼす影響。収穫果を供試。バーは標準偏差 (n=6)。

収穫期の糖の急上昇と糖代謝関連酵素の活性増大との間には密接な関係があることは、様々な果樹で知られているが、開花日間でも違いが生じたことは興味深い結果と考えられた。今後、糖代謝酵素の活性に影響する要因を明らかにすることで、糖蓄積様相に違いが生じる原因を検討していくことができると考えている。

(3) 種子と果肉のジベレリン生成

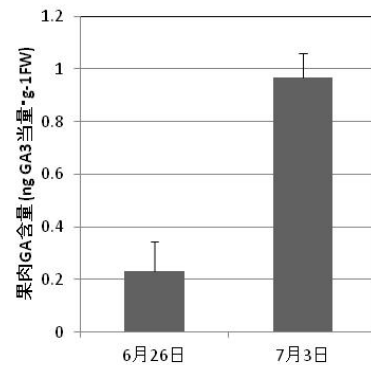
モモ‘清水白桃’において、2010~2012年に、胚の成長が急速となる時期を中心に種子と果肉のジベレリン含量を測定したところ、種子のジベレリン含量が果肉よりも約2倍高く、胚の成長に応じてジベレリン含量が増加することが明らかとなった (第4図)。これまでも果実発育に種子が重要である時期には、種子がジベレリンを含む植物成長調節物質のソースであることはよく知られており、それ



第4図 胚長と果肉(左)および種子(右)のジベレリン含量との関係(上:2010年,下:2011年)。

GA₃画分:HPLCでGA₃標品が検出された画分。

2012年には、果肉のGA含量の変化を調査したところ、種子でジベレリン供給が旺盛であった時期の1週間後には果肉のジベレリン含量が約4倍と急速に高まった (第5図)。



第5図 モモ‘清水白桃’の果肉のジベレリン含量の変化(2012年)。バーは標準偏差 (n=6)。

これらのことから、果実肥大を再開する時期に、果肉のジベレリン含量が急増すること

が明らかとなり、種子からのジベレリン供給によって、果実へ同化産物の供給が維持され、果肉でのジベレリン生成が円滑に進むことが重要であると考えられた。また、果実肥大の再開が早かった開花日の早い果実では、ジベレリン生成が高いと推測された。今後、果肉で生成されたジベレリンが光合成産物をどのようにひきつけるかを調査していく必要がある。

(4) 開花日を異にした果実の種子発育

2012年に調査した新鮮重の変化からみた果実に占める種子の割合は、果実発育第2期半ばの6月15日には開花日間に大差なかったのに対し、6月22日には果実重に大差なく、開花日の遅い果実の方が種子の割合が高くなった(第2表)。

第2表 果実発育第2期末の果実重、種子重および種子の割合における開花日間の比較

開花日	果実重 (g)	種子重 (g)	種子の割合 (%)
4月12日	74.91	0.87	1.179
4月15日	68.90	0.81	1.184
4月18日	72.70	0.85	1.177
4月22日	70.21	0.86	1.233

種子の割合: 種子重/果実重 × 100

次に、果実発育第3期の初めに、開花日を異にする果実の種子発育を比較した。果実重が開花の遅いもので高くなり始めたが、種子の割合は果実重の高い区の方が高く、胚乳および胚の長さもそれらの区で優れる傾向であった(第3表)。第3期に達しても胚が最大長(種子長)に達しない果実が多かった。

第3表 開花日を異にする果実の果実発育第3期初めの果実重、種子の割合および種子発育の比較

開花日	果実重 (g)	種子重 (g)	種子の割合 ^a (%)	胚乳長 (mm)	胚長 (mm)	胚成長停止割合 ^b (%)
4月12日	169.6	0.74	0.44 c*	18.2 bc	13.2	22.2
4月15日	182.8	1.09	0.63 ab	20.2 ab	15.9	0
4月18日	159.5	0.89	0.57 bc	18.2 c	14.1	0
4月22日	173.1	1.07	0.63 ab	20.4 a	16.3	0

^a種子の割合: 種子重/果実重 × 100

^b胚成長停止割合: 未熟胚で種子内容物を消耗した種子の割合

*異なる文字間にはTukey検定において5%水準で有意差あり

また、開花が早かった4月12日区の果実には、胚が未熟な段階で種子の内容物を消耗し

ている「胚成長停止」種子を有するものが含まれることが示された。

このように、開花日の早晚が種子の発育に影響を及ぼし、その後の果実発育と関係していることが推察された。

以上のことから、開花日が遅い果実は、種子の成長が良好であるため、果実発育第3期の肥大再開が早く、開花の遅い果実と比べて糖代謝関連酵素の活性が高いため、光合成産物を集積しやすいと考えられた。これまで、国内外とも開花日が果実品質と密接に関連することが知られていなかったことから、開花日の関連やその過程を提案出来たことは意義があったと推察している。今後、この研究をさらに展開し、開花日の遅い果実が、肥大の再開が早まることや光合成産物をひきつけるメカニズムを明確にしていく必要があると考えられた。

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3件)

・福田文夫・山崎朋子・津谷健太・久保田尚浩: モモ‘紅清水’における着果位置と開花日、果実発育日数が果実重と糖度に及ぼす影響. 園芸学研究, 11: 497-503. (2012)

・福田文夫・近藤毅典・山本 昭・岩堂治美・甲元久美子・久保田尚浩: モモ‘紅清水’における果実肥大と糖度との関係. 岡山大学農学部センター報告, 34: 7-10. (2012)

・福田文夫・今任公象・久保田尚浩: モモ‘清水白桃’の生理的落果に及ぼす果実へのジベレリン処理の影響. 園芸学研究, 10: 209-215. (2011)

[学会発表] (計4件)

・福田文夫・米田愛理・木村優子・平野 健・

森永邦久・久保田尚浩：モモ‘清水白桃’における生理的落果と種子の発育およびジベレリン含量との関係。園芸学会，2012年9月22日，福井県立大学。

・福田文夫・大筋はるか・藤井雄一郎・平野健・森永邦久・久保田尚浩：モモ‘清水白桃’果実の収穫時期に及ぼす果実袋内温度とエテホン処理時期の影響。園芸学会中四国支部会，2012年7月21日，岡山大学。

・福田文夫・山田正隼・久保田尚浩：モモ‘白鳳’の収穫前落果と果梗離脱果の特徴および果梗部の形態的異常。園芸学会，2011年9月25日，岡山大学。

・福田文夫・横山 愛・久保田尚浩：モモ‘清水白桃’の収穫時期，果実品質および果梗離脱果発生に及ぼす果実袋とエテホン処理の影響。園芸学会，2010年9月19日，大分大学。

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕（計0件）

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

〔その他〕

岡山県農林水産総合センターの農業改良普及員研修において、開花日の早晩と果実品質との関係についての研究成果を紹介した（2012年7月3日）。

国際モモシンポジウム（2013年6月17-20日，イタリア）の招待講演において、本課題の研究成果を紹介する予定である。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田 文夫 (Fumio Fukuda)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・准教授

研究者番号：60294443

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：