

岡山県における主要なモモ品種の花粉稔性及び果肉色の遺伝子型の推定

田村 隆行・日原 誠介

Determination of Male Sterility and Flesh Color Genotypes
in the Main Cultivars of Japanese Peach in Okayama Prefecture

Takayuki Tamura and Seisuke Hihara

緒言

岡山県は、高品質なモモの産地として古くから栽培が盛んで、近年は本県産のモモを「岡山白桃」の名で商標登録し、ブランド化を図っている。岡山県農林水産総合センター農業研究所では、本県の気候風土に適した白肉種で、果皮着色が少なく、栽培が容易で生産が安定し、高糖度で食味の優れたモモ新品種の育成を主要な目標とし、育種を行っている。これまでに、晩生の‘白麗’（笹邊ら，2001）、中晩生の‘おかやま夢白桃’（笹邊ら，2005）、及び早生の‘さきがけはくとう’（日原ら，2012）などを育成し、品種登録した。

モモの新品種を育成する上で重要となる形質は、果実品質面では果実重、果肉色、肉質、果皮着色程度、糖度、香りなどであり、栽培面では花粉稔性、生理的落果の多少、病虫害抵抗性、樹勢、成熟期などが挙げられる。これら形質の多くは量的形質と考えられるが、花粉稔性と果肉色は質的形質であり、花粉稔性は稔性が不稔性に対して、果肉色は白肉が黄肉に対してそれぞれ優性である（森，1953；金戸ら，1967）。本県では、白肉種であることは言うまでもなく、花粉の稔性があることは結実が安定すること、受粉作業を要しないことから育種の上で重要視される。遺伝的に稔性、白肉ともに優性であることから、優性ホモの個体を交配親に用いると、交配相手の遺伝子型に関わらず、全ての後代が稔性、白肉となる。このため、交配に用いる品種・系統の両遺伝子型を把握しておくことは効率的に育種を行う上で有効と考えられる。

そこで、これまでの交配結果から、交配に用いた品種・系統の花粉稔性と果肉色の遺伝子型について検討した。

材料及び方法

1. 交配の組合せと表現型の分類

2003年から2010年のうち、2005年と2009年を除く6か年に、24品種と県育成5系統による交雑97組合せ、放任受粉11組合せ、自殖1組合せの計109組合せ（表1）で得られた後代897個体について、花粉稔性を897個体、果肉色を876個体で調査した。花粉稔性は、開花期に花粉の有無を目視で確認し、花粉を有するものを稔性、有さないものを不稔性とした。果肉色は、成熟果実の側面を切り出し、目視で白肉と黄肉に分類した。

2. 遺伝子型の判定

交配に用いた品種・系統の表現型と後代の表現型の分離から、交配親の遺伝子型を推定した。

花粉稔性、果肉色ともに質的形質であり、交配親の表現型が優性形質で、その後代が全て優性形質の場合は優性ホモ、交配親の表現型が優性形質で、後代の表現型に分離がある場合はヘテロ、交配親の表現型が劣性形質の遺伝子型は後代の表現型に係わらず、劣性ホモと推定した。ヘテロと推定した品種・系統で、ヘテロの交配相手との後代が20個体以上または劣性ホモの交配相手との後代が10個体以上ある品種・系統は、 χ^2 検定を用いて後代の表現型の分離比について有意水準5%で適合度検定を行った。理論値はヘテロとの交雑は優性形質：劣性形質=3:1とし、劣性ホモとの交雑

は優性形質：劣性形質 = 1:1とした。劣性ホモと推定した品種・系統で、ヘテロの交配相手との後代が10個体以上ある品種・系統は、同様に有意水準5%で適合度検定を行い、その理論値は優性形質：劣性形質 = 1:1とした。なお、果肉色については劣性ホモである黄肉品種の交配の多くが自然交雑又は黄肉品種同士の交配で、ヘテロとの交雑が少ないため、検定は行わなかった。

結果及び考察

1. 花粉稔性

供試した24品種・5系統を片親に用いた後代における花粉稔性の分離と推定遺伝子型を表1に示した。‘華清水、日川白鳳、早生桃山’を片親に用いた交配では、全ての後代が稔性であった。このため、これら3品種の花粉稔性の遺伝子型は優性ホモ (DD) と推定した。また‘もちづき’を種子親として用いた場合 (n=20)

は全ての後代が稔性であったものの、花粉親として用いた場合 (n=6) に不稔性の後代が1個体確認された。この交雑では種子親に稔性の品種を用いたことから、自殖していたと考え、‘もちづき’についてもDDと推定した。

前述の4品種を除いた稔性の‘清水白桃、白麗、岡山モモ6号’などの14品種4系統を片親に用いた交配では、後代の花粉稔性に分離があったため、これら品種・系統の花粉稔性の遺伝子型はヘテロ (Dd) と推定した。その中で、Ddまたは劣性ホモ (dd) との交雑による後代の個体数が比較的多い9品種3系統について、後代における花粉稔性の分離比の適合度検定を行ったところ、‘白麗’のDdとの交雑を除いた全ての組合せで理論値と適合した (表2)。‘白麗’とDdとの交雑は適合しなかったが、当品種は花粉稔性があること、ddとの交雑では高い適合率であったことからDdと考えられた。

表1 モモの品種・系統の後代における花粉稔性の分離と推定遺伝子型

品種・系統名	花粉稔性	種子親として用いた場合 の後代の分離		花粉親として用いた場 合の後代の分離		推定遺伝子型 ²⁾
		稔性	不稔性	稔性	不稔性	
華清水	稔性	-	-	55	0	DD
日川白鳳	稔性	1	0	25	0	DD
もちづき	稔性	20	0	5	1	DD
早生桃山	稔性	-	-	18	0	DD
岡山モモ1号	稔性	38	10	8	9	Dd
岡山モモ6号	稔性	31	11	4	3	Dd
岡山モモ7号	稔性	-	-	41	11	Dd
清水白桃	稔性	55	14	27	8	Dd
清水白桃RS	稔性	1	0	58	27	Dd
末木白桃	稔性	1	1	23	18	Dd
なつおとめ	稔性	31	5	17	6	Dd
白秋	稔性	39	26	11	21	Dd
白鳳	稔性	3	1	18	2	Dd
白麗	稔性	79	32	26	28	Dd
はなよめ	稔性	1	0	27	19	Dd
山根白桃	稔性	29	3	19	9	Dd
あかつき	稔性	-	-	18	3	Dd
岡山モモ3号	稔性	19	3	-	-	Dd
ゴールデンビーチ	稔性	31	5	12	5	Dd
つきあかり	稔性	1	0	12	1	Dd
長沢白鳳	稔性	8	6	3	2	Dd
まさひめ	稔性	1	1	15	4	Dd
あきぞら	不稔性	29	12	-	-	dd
岡山モモ2号	不稔性	91	38	-	-	dd
おかやま夢白桃	不稔性	36	26	-	-	dd
白陽	不稔性	17	22	-	-	dd
山手清水	不稔性	18	16	-	-	dd
大和白桃	不稔性	32	28	-	-	dd
上海水蜜	不稔性	21	4	-	-	dd

²⁾D=稔性、d=不稔性

不稔性の‘おかやま夢白桃, 大和白桃, 岡山モモ2号’などの6品種1系統は dd と推定した(表1). その中で Dd との交雑による後代の個体数が比較的多い5品種1系統について, 後代における花粉稔性の分離比の適合度検定を行ったところ, 全ての組合せで理論値と適合した(表3).

Dd と推定した‘あかつき, ゴールデンピーチ, つきあかり, 長沢白鳳, まさひめ, 岡山モモ3号’, dd と推定した‘上海水蜜’は, その品種・系統の花粉稔性と後代の花粉稔性の分離を考慮すると, 推定した遺伝子型である可能性が高いものの, 後代の個体数が少ないため, 検定が出来なかった. 既に‘あかつき’は Dd と報告されているが(金戸ら, 1980), その他の品種・系統は再度交配を行い, 後代の個体数を増やして検証を行う必要がある.

近年, SSR (Simple Sequence Repeat) マーカーを用いた花粉稔性, 果肉色を含む4種類の質的形質と4種類の量的形質の判別方法が開発された(山本ら, 2008). 大橋ら(2012)はSSRマーカーを用いた判別で, ‘日川白鳳, もちづき’は DD , ‘あかつき, 清水白桃, なつおとめ, 白秋, 白鳳, まさひめ,’は Dd , ‘上海水蜜, 大和白桃’は dd の遺伝子型であると報告しており, これは本報告と一致していた. 一方で, ‘山根(愛知)白桃’は dd , ‘あきぞら’は Dd の遺伝子型と報告して

いるが, 表現型はそれぞれ稔性及び不稔性であり, 本報告ではそれぞれ Dd 及び dd と推定され, 一致していなかった. これはSSRマーカーは目的の遺伝子との間に距離があるために組み換えが生じることや, 変異が生じることで, 低い確率ではあるが本来の遺伝子型との不一致が起こるためと考えられる.

2. 果肉色

供試した24品種・5系統を片親に用いた後代における果肉色の分離と推定遺伝子型を表4に示した. ‘長沢白鳳, 白鳳, 早生桃山, 岡山モモ7号’を片親に用いた交配では, 全ての後代が白肉であった. このため, これら3品種1系統の果肉色の遺伝子型は優性ホモ(YY)と推定した. この3品種1系統を除いた白肉種の18品種3系統を片親に用いた交配では, 後代の果肉色に分離があったため, これら品種・系統の果肉色の遺伝子型はヘテロ(Yy)と推定した. その中で Yy との交雑による後代の個体数が比較的多い15品種2系統の後代における果肉色の分離比の適合度検定を行ったところ, ‘おかやま夢白桃, はなよめ’を除く13品種2系統で理論値と適合した(表5). 適合しなかった両品種ともに白肉であること, 黄肉の後代が多かったことから, Yy と考えられる.

果肉色関連遺伝子は白肉が黄肉に対して優性であることから, 黄肉の3品種1系統は劣性ホモ(yy)と推定

表2 Dd と推定した品種・系統の後代における花粉稔性の分離

品種・系統名	Dd と推定した品種との交雑				dd と推定した品種との交雑			
	実生数		χ^2 (3:1)	p	実生数		χ^2 (1:1)	p
	稔性	不稔性			稔性	不稔性		
岡山モモ1号	-	-	-	-	7	4	0.82	0.37
岡山モモ6号	16	9	1.61	0.20	-	-	-	-
岡山モモ7号	31	6	1.52	0.22	10	5	1.67	0.19
清水白桃	80	21	0.95	0.33	-	-	-	-
清水白桃RS	34	7	1.37	0.24	25	20	0.56	0.46
末木白桃	-	-	-	-	12	13	0.04	0.84
なつおとめ	37	8	1.25	0.26	-	-	-	-
白秋	22	10	0.67	0.41	9	18	3.00	0.08
白鳳	21	3	2.00	0.16	-	-	-	-
白麗	44	28	7.41	0.01	21	20	0.02	0.88
はなよめ	15	8	1.17	0.28	13	11	0.17	0.68
山根白桃	27	9	0.00	1.00	8	3	2.27	0.13

表3 dd と推定した品種・系統と Dd の交雑による後代における花粉稔性の分離

品種・系統名	実生数		χ^2 (1:1)	p
	稔性	不稔性		
あきぞら	6	7	0.08	0.78
岡山モモ2号	31	20	2.37	0.12
おかやま夢白桃	33	25	1.10	0.29
白陽	17	22	0.64	0.42
山手清水	13	10	0.39	0.53
大和白桃	30	28	0.07	0.79

表4 モモの品種・系統の後代における果肉色の分離と推定遺伝子型

品種名	果肉色	種子親として用いた場合 の後代の分離		花粉親として用いた場合 の後代の分離		推定遺伝子型 ²⁾
		白肉	黄肉	白肉	黄肉	
岡山モモ7号	白肉	-	-	51	0	YY
長沢白鳳	白肉	14	0	4	0	YY
白鳳	白肉	4	0	20	0	YY
早生桃山	白肉	-	-	18	0	YY
あきぞら	白肉	29	12	-	-	Yy
岡山モモ2号	白肉	84	29	-	-	Yy
岡山モモ6号	白肉	27	15	4	3	Yy
おかやま夢白桃	白肉	38	24	-	-	Yy
清水白桃	白肉	55	13	29	6	Yy
清水白桃RS	白肉	1	0	60	25	Yy
末木白桃	白肉	2	0	31	10	Yy
なつおとめ	白肉	31	4	18	5	Yy
白秋	白肉	47	15	20	8	Yy
白陽	白肉	31	8	-	-	Yy
白麗	白肉	72	39	41	13	Yy
はなよめ	白肉	0	1	31	15	Yy
華清水	白肉	-	-	32	10	Yy
日川白鳳	白肉	0	1	19	6	Yy
まさひめ	白肉	1	1	16	3	Yy
大和白桃	白肉	47	13	-	-	Yy
山根白桃	白肉	28	3	21	7	Yy
あかつき	白肉	-	-	11	7	Yy
岡山モモ3号	白肉	20	2	-	-	Yy
上海水蜜	白肉	22	4	-	-	Yy
もちづき	白肉	12	8	6	0	Yy
岡山モモ1号	黄肉	2	46	7	10	yy
ゴールドンピーチ	黄肉	0	36	0	17	yy
つきあかり	黄肉	1	0	8	5	yy
山手清水	黄肉	4	30	-	-	yy

²⁾Y=白肉, y=黄肉

表5 Yyと推定した品種・系統間の交雑による後代における果肉色の分離

品種名	実生数		χ^2 (3:1)	p
	白肉	黄肉		
あきぞら	24	9	0.09	0.76
岡山モモ2号	36	12	0.00	1.00
岡山モモ6号	15	9	2.00	0.16
おかやま夢白桃	35	21	4.67	0.03
清水白桃	52	19	0.12	0.73
清水白桃RS	59	25	1.02	0.31
末木白桃	33	10	0.07	0.79
なつおとめ	35	9	0.48	0.49
白秋	42	11	0.51	0.48
白陽	31	8	0.42	0.52
白麗	76	29	0.38	0.54
はなよめ	24	16	4.80	0.03
華清水	31	10	0.01	0.93
日川白鳳	19	7	0.05	0.82
まさひめ	17	4	0.40	0.53
大和白桃	47	13	0.36	0.55
山根白桃	30	10	0.00	1.00

した(表4)。

Y_y と推定した‘あかつき、上海水蜜、もちづき、岡山モモ3号’は白肉であり、後代の分離を考慮すると、 Y_y である可能性が高いものの、後代の個体数が少ないため、検定が出来なかった。既に‘あかつき’は Y_y と報告されているが(金戸ら, 1980), その他の品種・系統は再度交配を行い、後代の個体数を増やして検証を行う必要がある。

大橋ら(2012)はSSRマーカーを用いた判別で、‘白鳳’は YY 、‘あかつき、あきぞら、清水白桃、上海水蜜、なつおとめ、日川白鳳、まさひめ、もちづき、大和白桃、山根(愛知)白桃’は Y_y の遺伝子型と報告しており、これらは本報告と一致していた。一方で、‘白秋’は YY の遺伝子型と報告しているが、本報告では Y_y と推定され、一致しておらず、更なる検討が必要である。

以上のように、供試した24品種5系統の中で、花粉稔性は4品種、果肉色は3品種1系統を優性ホモと推定した。これら優性ホモの品種・系統を用いて交配を行えば目標とする優性形質の後代を効率的に得ることが出来る。また、‘早生桃山’は両形質の遺伝子型が優性ホモであることから、全ての後代が稔性かつ白肉となるため、両形質を出現させる上で有用な交配親と考えられる。

本報告で優性ホモと推定した品種・系統数はかなり少ないため、新たな品種・系統の遺伝子型を調査し、優性ホモと推定される品種・系統を増やしていくことが、効率的な育種を行うためには必要である。また、近年はSSRマーカーなどのDNAマーカーを利用した遺伝子型の判定がモモにおいても可能となってきていることから、今後はDNAマーカーを用いて交配親や後代の遺伝子型について判定することも有効である。

摘要

モモの特性を判断する上で重要な質的形質である花粉稔性と果肉色について、過去の6年間の交配で得た後代の表現型から岡山県の主要品種を中心とした24品種5系統の遺伝子型を推定した。

花粉稔性は、‘華清水、日川白鳳、もちづき、早生桃山’の4品種を優性ホモ、‘清水白桃、白麗、岡山モモ1号’など14品種、4系統をヘテロ、‘おかやま夢白桃、大和

白桃、岡山モモ2号’など6品種1系統を劣性ホモと推定した。

果肉色は‘長沢白桃、白鳳、早生桃山、岡山モモ7号’の3品種1系統を優性ホモ、‘清水白桃、白麗、岡山モモ2号’など18品種2系統をヘテロ、‘ゴールデンピーチ、山手清水、岡山モモ1号’などの3品種1系統を劣性ホモと推定した。

これら優性ホモの品種を交配親に用いると、花粉が稔性、白肉の後代を効率よく出現させることができ、中でも‘早生桃山’は両遺伝子型ともに優性ホモであるため、全ての後代の花粉が稔性かつ白肉となり、両形質を出現させる上で有用な交配親である。

引用文献

- 大橋義孝・小野勇治・木幡栄子・岡田初彦・佐藤守・山本正己・西谷千佳子・山本俊哉(2012)モモの形質に関連したSSRマーカーの取得. 福島農総研報, 4: 39-52.
- 金戸橋夫・吉田雅夫・栗原昭夫・牧野好伸(1967)モモの雄性不ねん性に関する研究. 園芸試験場報告, 6: 91-103.
- 金戸橋夫・吉田雅夫・栗原昭夫・佐藤敬雄・原田良平・京谷英寿(1980)モモの新品種‘あかつき’について. 果樹試報, A7:1-6
- 笹邊幸男・藤井雄一郎・各務裕史・片岡正治・木村剛・紅谷文夫・平松竜一・依田征四(2001)モモの新品種‘白麗’の育成. 岡山県農試研報, 19: 25-27.
- 笹邊幸男・藤井雄一郎・各務裕史・片岡正治・木村剛・紅谷文夫・平松竜一(2005)モモの新品種‘おかやま夢白桃’の育成. 岡山県農試研報, 23: 13-16.
- 日原誠介・藤井雄一郎・笹邊幸男(2012)モモの新品種‘さきがけはくとう’. 岡山県農業研報, 3: 11-15.
- 森英男(1953)落葉果樹(桃, 日本梨, 柿)の主要形質の遺伝に関する研究. 農業技術研究所報告, E2: 1-66.
- 山本俊哉・西谷千佳子(2008)判別方法によるモモの重要形質の連鎖マーカー取得と新しい育種システムの開発 1. 連鎖マーカーの取得. DNAマーカーによる効率的な新品種育成システムの開発, 209-212