

リンゴの各S遺伝子型に対応する品種・系統の選抜*

小森貞男^{1**}・副島淳一¹・工藤和典^{2***}・小松宏光³・京谷英壽²・

伊藤祐司^{1****}・別所英男^{1*****}・阿部和幸¹・古藤田信博¹

¹ 果樹試験場リンゴ支場 020-0123 盛岡市下厨川

² 北海道農業試験場 062-0045 札幌市豊平区羊ヶ丘

³ 長野県果樹試験場 382-0071 長野県須坂市小河原

Selection of Apple Cultivars and Strains Corresponding to Each S-allele Genotype

Sadao Komori^{1**}, Junichi Soejima¹, Kazunori Kudo^{2***}, Hiromitsu Komatsu³, Hidetoshi Kyotani²,

Yuji Ito^{1****}, Hideo Bessho^{1*****}, Kazuyuki Abe¹ and Nobuhiro Kotoda¹

¹ Apple Research Center, National Institute of Fruit Tree Science, Morioka, Iwate 020-0123

² Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo 062-0045

³ Nagano Fruit Tree Experiment Station, Ogawara, Suzaka 382-0071

Summary

The self-incompatibility(S) genotypes of 'Hatsuaki'(H), 'Redgold', 'Kinsei', the progenies from H × 'Jonathan'(J), J × H, H × 'Golden Delicious'(GD), GD × H, 'H × 'Fuji'(F), F × H, H × 'Starking Delicious'(SD), SD × H, 'Iwakami'(Iw) × GD, GD × Iw and 'Ralls Janet' × J were analyzed to classify the genotypes of cultivars and strains corresponding to (S_Ja, S_Jc), (S_Ja, S_Je), (S_Ja, S_Jf), (S_Jb, S_Jc), (S_Jb, S_Jd), (S_Jb, S_Je), (S_Jb, S_Jf), and (S_Jd, S_Je) genotypes.

With our results the genotypes of 36 cultivars and strains (underlined ones) were newly recognized and categorized into the following 15 S- genotypes:

(S_Ja, S_Jb)= 'Golden Delicious'

(S_Ja, S_Jc)= (4)-424, (4)-425

(S_Ja, S_Jd)= 'Toukou'

(S_Ja, S_Je)= 'Redgold', 'Kinsei', Karo Fumei, Rero 18

(S_Ja, S_Jf)= (4)-4186, (4)-4195

(S_Jb, S_Jc)= 'Hatsuaki', Morioka 52, (4)-511

(S_Jb, S_Jd)= (4)-300, (4)-330, (4)-725, (4)-4189, (4)-4190

(S_Jb, S_Je)= (4)-150, (4)-743

(S_Jb, S_Jf)= Morioka 53, (4)-1, (4)-6, (4)-15, (4)-516, (4)-4187, (4)-4270, (4)-4271

(S_Jc, S_Jd)= 'Jonathan', 'Himekami'

(S_Jc, S_Je)= 'Delicious', (4)-161, (4)-247, (4)-267

(S_Jc, S_Jf)= 'Fuji', 'Shinkou', I-661, (4)-69, (4)-104

(S_Jd, S_Je)= Touhoku 5, I-172

(S_Jd, S_Jf)= 'Senshu', 'Iwakami', I-687

(S_Je, S_Jf)= 'Ralls Janet'

Key Words: apple, genotype, incompatibility, *Malus*, S-allele

緒言

1997年8月29日 受付. 1998年1月16日 受理.

本報告の一部は平成8年度園芸学会春季大会で発表した.

果樹試業績番号:1084.

* リンゴの交雑不和合性に関する研究(第5報)

** 現在:国際農林水産業研究センター沖繩支所

*** 現在:果樹試験場育種部

**** 現在:農業生物資源研究所放射線育種場

***** 現在:山梨県果樹試験場

現在までに SJa~SJf の 6 対立遺伝子の存在と, 9 品種の遺伝子型が明らかになっているが(小森ら, 1998), 対立遺伝子が 6 つとすると, S 遺伝子型はホモ型を除き 15 組合せ存在するはずである. このうち既に品種と対応のついた S 遺伝子型は 7 つあるが, (S_Ja, S_Jc), (S_Ja, S_Je), (S_Ja, S_Jf), (S_Jb, S_Jc), (S_Jb, S_Jd), (S_Jb, S_Je), (S_Jb, S_Jf),

(S₁d, S₁e)の8つのS遺伝子型については品種・系統との対応がつかない。本報告では、‘はつあき’および‘はつあき’戻し交雑実生群、‘いわかみ’と‘ゴールデン・デリシャス’の交雑実生、‘レッドゴールド’と‘金星’、‘国光’と‘紅玉’の交雑実生のS遺伝子型を解析することで、15組合せのS遺伝子型に対応する品種・系統を選抜した。

材料および方法

1992年から’97年までに行った合計208交雑組合せを遺伝解析に供試した。以下に供試品種・系統の親にあたる品種・系統の名前と略号を示した。

‘デリシャス’	D	‘はつあき’	H
‘リチャード・デリシャス’	RD	‘印度’	I
‘スターキング・デリシャス’	SD	‘いわかみ’	Iw
(上記3品種‘デリシャス’系)		‘紅玉’	J
‘ふじ’	F	‘国光’	RJ
‘ゴールデン・デリシャス’	GD	‘東光’	To

交雑試験に用いた各品種・系統の来歴、親品種を以下に示す。‘はつあき’(J×GD), ‘ふじ’(RJ×D), 東北5号(RJ×J), 盛岡52号(F×H), 盛岡53号(H×F), イ-172(RJ×J), イ-661(RJ×J), イ-687(RJ×J), (4)-1(H×F), (4)-6(H×F), (4)-15(H×F), (4)-69(H×F), (4)-104(H×F), (4)-110(H×F), (4)-150(H×SD), (4)-161(H×SD), (4)-247(H×SD), (4)-267(H×SD), (4)-300(H×J), (4)-330(H×J), (4)-424(H×GD), (4)-425(H×GD), (4)-511(F×H), (4)-516(F×H), (4)-725(J×H), (4)-743(SD×H), (4)-4177(Iw×GD), (4)-4186(Iw×GD), (4)-4187(Iw×GD), (4)-4189(Iw×GD), (4)-4190(Iw×GD), (4)-4195(Iw×GD), (4)-4196(Iw×GD), (4)-4270(GD×Iw), (4)-4271(GD×Iw)。以上35品種・系統は果樹試験場リング支場の育成, ‘新光’(RJ×J), ‘東光’(GD×I), ‘つがる’(GD×J), カロ不明(To×RD), レロ18(To×RD)は青森県リング試験場の育成品種・系統, ‘千秋’(To×F)は秋田県果樹試験場, ‘金星’(GD×RJ)は佐藤肇, ‘紅玉’(GD×J)は

谷内九郎, ‘レッドゴールド’(GD×RD)はアメリカのF.A. Schellの育成品種である。なお‘つがる’の親品種については原田ら(1991)の結果にしたがった。

1. ‘はつあき’のS遺伝子型

‘はつあき’のS遺伝子型を決定するために, ‘はつあき’と‘紅玉’の実生である(4)-300と‘東光’の正逆交雑, (4)-725と‘東光’の正逆交雑, および‘東光’×(4)-330の5交雑を行った。また‘東光’および(4)-300, (4)-330と, (4)-4177, (4)-4189, (4)-4190, ‘紅玉’, ‘つがる’の5品種・系統との16交雑を行い, 結実率および1果当たり種子数の異同を調査した。

2. はつあき’戻し交雑実生群からのS遺伝子型選抜系統

‘はつあき’と‘紅玉’, ‘はつあき’と‘ゴールデン・デリシャス’, ‘はつあき’と‘ふじ’, ‘はつあき’と‘スターキング・デリシャス’の各交雑実生から各S遺伝子型に対応する系統(以下, S遺伝子型選抜系統)を選抜するために, 花粉親との戻し交雑を行った。供試組合せ, 系統数は第1表に示した合計91組合せである。このうち偏父性不親和(寺見ら, 1946)を示さなかったもので, 自家結実率が低く, 樹勢に問題のない系統をS遺伝子型選抜系統とし, 第1表と逆の交雑も加えて偏父性不親和を示さないことを再確認した(第2表)。

3. ‘いわかみ’と‘ゴールデン・デリシャス’の交雑実生のS遺伝子型

‘いわかみ’と‘ゴールデン・デリシャス’の交雑実生から(S₁a, S₁d), (S₁a, S₁f), (S₁b, S₁d), (S₁b, S₁f)の各S遺伝子型選抜系統を獲得するために, 当該組合せの交雑実生である(4)-4186, (4)-4187, (4)-4189, (4)-4190, (4)-4195, (4)-4196, (4)-4270, (4)-4271の8系統に‘東光’, (4)-300, (4)-330, 盛岡53号, (4)-6をそれぞれ交雑した。

Table 1. Selected strains corresponding to each S-allele genotype in ‘Hatsuaki’ progenies.

Cross combination	No. of strains	Selected strains
(H×J)×J	20	(4)-300, (4)-330,
(J×H)×H	4	(4)-725
(H×GD)×GD	25	(4)-424, (4)-425
(GD×H)×H	4	
(H×F)×F	12	Morioka 53, (4)-1, (4)-6, (4)-15
(F×H)×H	14	(4)-516
(H×SD)×SD	8	(4)-150
(SD×H)×H	4	(4)-743

F: ‘Fuji’, GD: ‘Golden Delicious’, H: ‘Hatsuaki’, J: ‘Jonathan’,
SD: ‘Starking Delicious’

Table 2. Patroclinal incompatibility test in 12 'Hatsuaki' progenies.

Cross combination (Parent combination)	Year	Pollen Germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Cross combination (Parent combination)	Year	Pollen Germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit
Morioka 53 (H × F) × F	'95	34.0	90.0	-	(4)-424 (H × GD) × GD	'93	82.8	50.0	-
F × Morioka 53 (H × F)	'95	-	100	7.43	(4)-424 (H × GD) × GD	'97	23.2	100	6.33
(4)-1 (H × F) × F	'95	34.0	100	8.25	GD × (4)-424 (H × GD)	'96	52.2	90.0	8.22
(4)-1 (H × F) × F	'96	75.0	88.9	6.33	GD × (4)-424 (H × GD)	'97	82.9	100	7.93
(4)-6 (H × F) × F	'96	75.0	30.0	7.50	(4)-425 (H × GD) × GD	'93	73.0	71.4	-
F × (4)-6 (H × F)	'95	-	80.0	3.00	(4)-425 (H × GD) × GD	'96	90.9	90.0	8.88
(4)-15 (H × F) × F	'95	34.0	90.0	9.00	GD × (4)-425 (H × GD)	'96	55.2	70.0	7.14
(4)-15 (H × F) × F	'96	75.0	60.0	8.75	GD × (4)-425 (H × GD)	'97	30.3	87.5	7.12
(4)-150 (H × SD) × SD	'95	32.8	50.0	5.00	(4)-516 (F × H) × H	'95	18.2	50.0	6.60
SD × (4)-150 (H × SD)	'96	71.4	40.0	7.50	H × (4)-516 (F × H)	'96	50.0	80.0	7.00
(4)-300 (H × J) × J	'93	52.0	84.6	-	(4)-725 (J × H) × H	'92	20.0	68.4	-
J × (4)-300 (H × J)	'96	45.5	60.0	6.00	H × (4)-725 (J × H)	'96	63.5	90.0	6.33
J × (4)-300 (H × J)	'97	82.9	87.5	7.14	(4)-743 (SD × H) × H	'95	18.2	80.0	4.50
(4)-330 (H × J) × J	'93	52.0	31.3	-	H × (4)-743 (SD × H)	'96	58.2	90.0	11.60
J × (4)-330 (H × J)	'96	-	70.0	5.50					
J × (4)-330 (H × J)	'97	22.9	95.5	6.88					

H: 'Hatsuaki', F: 'Fuji', SD: 'Starking Delicious', J: 'Jonathan', GD: 'Golden Delicious', -: No data

4. 'レッドゴールド' および '金星' の S 遺伝子型

'レッドゴールド' と '金星' の S 遺伝子型を決定するために各 S 遺伝子型に対応している S 遺伝子型選抜品種・系統である (4)-150, (4)-743, 'はつあき', 盛岡 53 号, (6)-6, カロ不明, レロ 18 と 'レッドゴールド' および '金星' との交雑, 合計 12 交雑を行った。加えて 'レッドゴールド' と '金星' の正逆交雑も行った。

5. (S_Jd, S_Je) 型品種の選抜

(S_Jd, S_Je) に対応する S 遺伝子型選抜品種・系統を獲得するために '国光' × '紅玉' の実生である '新光', 東北 5 号, イ-172, イ-661, イ-687, の 5 品種・系統について, それぞれ 'ふじ', 'スターキング・デリシャス', '千秋' との交雑を行った。

交雑試験は前報 (小森ら, 1998) で示した方法で行った。すなわち, 交雑に当たっては原則としてバルーンステージの花を用い, 1 交雑当たり 1 花そう 1 花とした 10~15 花を供試し, 供試花の除雄は行わず, 受粉後袋かけを行った。対照として, 1 花そう 1 花で受粉を行わず袋かけのみを行った 10 花を設け, 自家結実性の有無を確認した。受粉に用いた花粉は全交雑終了の 2~4 週間後にショ糖 17%, 寒天 1% の花粉発芽用培地に置床し, 12 時間後に発芽率の調査を行った。結実率の調査は, 受粉後 3 週間以降に実施した。1 果当たり種子数は, 原則として結実した果実を成

熟期に収穫し, 各組合せごとに調査した。

なお, 結実率 15~30% が和合と不和合の境界と推定されたため, 15% 未満を不和合とした。15% 以上 30% 未満の場合は和合と不和合の混合領域とし, 単年度または片面交雑のみの結果では判断を保留した。30% 以上は和合とした。また 1 果当たり種子数についても, 1.5~3.0 個までが和合と不和合の境界と推定されたため, 1.5 個未満を不和合とした。1.5~3.0 個の場合は混合領域とし, 単年度

Table 3. Presumed S-genotype of 'Hatsuaki', and that of 'Hatsuaki' progenies which did not show patroclinal incompatibility in each cross combination.

Cross combination	Presumed S-genotype 'Hatsuaki' (S _J a, S _J c)(S _J b, S _J c)
(H × J) (J × H)	(S _J a, S _J d)(S _J b, S _J d)
(H × GD) (GD × H)	(S _J b, S _J c)(S _J a, S _J c)
(H × F) (F × H)	(S _J a, S _J f)(S _J b, S _J f)
(H × SD) (SD × H)	(S _J a, S _J e)(S _J b, S _J e)

H: 'Hatsuaki', J: 'Jonathan', GD: 'Golden Delicious'

F: 'Fuji', SD: 'Starking Delicious'

または片面交雑のみの結果では判断を保留した。3.0個より多い場合は和合とした。

結果および考察

交雑試験に供試した各品種・系統の平均の自家結実率および1果当たり種子数は、'紅月'が64.9%, 0個'金星'が11.1%, 0.66個で、それ以外は結実率0%であった。したがって'紅月'は1果当たり種子数で和合と不和合の判断を行うこととし、'金星'については結実率および1果当たり種子数とも和合と不和合の境界値である15%, 1.5個より低いため判断に影響は無いものと推定された。

1. 'はつあき'のS遺伝子型

前報(小森ら, 1998)で、'ゴールデン・デリシャス'から'東光'に伝わったS遺伝子をS_{Ja}と規定し、'東光'の

S遺伝子型を(S_{Ja}, S_{Jd})と設定し、'はつあき'の取り得るS遺伝子型は(S_{Ja}, S_{Jc}), (S_{Jb}, S_{Jc})の2とおりの可能性があることを示した。したがって'はつあき'のS遺伝子型は'東光'との関係で決定される。

'はつあき'戻し交雑実生のうち偏父性不親和を示さないS遺伝子型選抜系統は、'はつあき'の2とおりのS遺伝子型に対応して、各々2とおりの可能性がある(第3表)。たとえば、'はつあき'が(S_{Ja}, S_{Jc})の場合、'はつあき' x '紅玉'の交雑実生のS遺伝子型選抜系統は(S_{Ja}, S_{Jd})となり、'東光'と同じとなる。また'はつあき'が(S_{Jb}, S_{Jc})の場合、当該系統のS遺伝子型は(S_{Jb}, S_{Jd})となる。すなわち、'はつあき'と'紅玉'の実生のS遺伝子型選抜系統と'東光'との交雑親和性によって'はつあき'および'はつあき'戻し交雑実生の各組合せの選抜系統のS遺伝子型が決定される。実際には、'はつあき'と'紅玉'の実生の

Table 4. Cross compatibility test in (4)-300, (4)-330 and (4)-725 crossed with 'Toukou'.

Cross combination	Year	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit
(4)-300 × Toukou'	'95	36.4	100	6.00
'Toukou' × (4)-300	'95	13.4	100	11.33
'Toukou' × (4)-300	'96	45.5	33.3	8.00
'Toukou' × (4)-330	'96	5.8	40.0	4.33
(4)-725 × Toukou'	'96	31.5	60.0	3.00
'Toukou' × (4)-725	'96	63.5	50.0	7.40

Table 5. Inconsistency of cross-compatibility among 'Toukou', (4)-300 and (4)-330.

Cultivar and strain	Year	'Toukou' (♂)			(4)-300 (♂)			(4)-330 (♂)		
		Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit
(4)-4177	'95	36.4	80.0	12.50						
(4)-4177	'96				45.5	0				
(4)-4177 ^z	'95							46.7	0	
(4)-4189	'95	36.4	90.0	4.67						
(4)-4189	'96				45.5	0				
(4)-4190	'95	36.4	55.6	4.00						
(4)-4190	'96				45.5	0				
(4)-4190 ^z	'97				14.3	0				
'Kougetsu'	'95	36.4	100	13.50	66.7	0				
'Kougetsu' ^z	'96	36.6	40.0	7.33						
'Kougetsu'	'96				45.5	22.2	- ^x			
'Kougetsu'	'97				40.8	62.5	- ^y			
'Tsugaru'	'95	50.0	100	4.67	66.7	11.1	1.00			
'Tsugaru'	'96	31.5	90.0	10.29	45.5	0				
'Tsugaru' ^z	'95	66.7	100	8.50						
'Tsugaru' ^z	'97							10.2	4.2	- ^x

^z Reciprocal cross

^y No data

^x Number of fruit harvested was 0.

S 遺伝子型選抜系統である (4)-300, (4)-330, (4)-725 と '東光' との交雑は, いずれも和合性を示した (第 4 表). また '東光' と (4)-300, (4)-330 は, (4)-4177, (4)-4189, (4)-4190, '紅月', 'つがる' との交雑で, それぞれ和合と不和合の反応が異なった (第 5 表) ことから, 'はつあき' と '紅玉' の戻し交雑実生の選抜系統の S 遺伝子型は '東光' とは異なる (S_{j_b} , S_{j_d}) と推定され, したがって 'はつあき' の S 遺伝子型は (S_{j_b} , S_{j_c}) と判明した (第 3 表).

2. 'はつあき' 戻し交雑実生群からの S 遺伝子型選抜系統

上記のように 'はつあき' の S 遺伝子型が (S_{j_b} , S_{j_c}) と決定したので, それに応じて各 'はつあき' 戻し交雑実生の S 遺伝子型選抜系統の S 遺伝子型も決定した. すなわち, 'はつあき' と '紅玉' の交雑実生群から (S_{j_b} , S_{j_d}) 型選抜系統として (4)-300, (4)-330, (4)-725, 'はつあき'

Table 6. S-genotype and parent combination of selected strains.

Cross combination	S-genotype	Selected strain
(H × J)	(S_{j_b} , S_{j_d})	(4)-300, (4)-330
(J × H)	(S_{j_b} , S_{j_d})	(4)-725
(H × GD)	(S_{j_a} , S_{j_c})	(4) 424, (4)-425
(GD × H)	(S_{j_a} , S_{j_c})	
(H × F)	(S_{j_b} , S_{j_f})	Morioka 53, (4)-1, (4)-6, (4)-15
(F × H)	(S_{j_b} , S_{j_f})	(4)-516
(H × SD)	(S_{j_b} , S_{j_e})	(4)-150
(SD × H)	(S_{j_b} , S_{j_e})	(4)-743

F: 'Fuji', GD: 'Golden Delicious', H: 'Hatsuaki',
J: 'Jonathan' SD: 'Starking Delicious'

と 'ゴールデン・デリシャス' の交雑実生群から (S_{j_a} , S_{j_c}) 型選抜系統として (4)-424, (4)-425, 'はつあき' と 'ふじ' の交雑実生群から (S_{j_b} , S_{j_f}) 型選抜系統として 盛岡 53号, (4)-1, (4)-6, (4)-15, (4)-516, 'はつあき' と 'スターキング・デリシャス' の交雑実生群から (S_{j_b} , S_{j_e}) 型選抜系統として (4)-150, (4)-743 をそれぞれ選んだ (第 6 表).

なお, ('ふじ' × 'はつあき') × 'はつあき' の交雑で不和合性を示した 盛岡 52号, (4)-511 は, 'はつあき' と同一遺伝子型の (S_{j_b} , S_{j_c}) と考えられた. また ('はつあき' × 'スターキング・デリシャス') × 'スターキング・デリシャス' の交雑で不和合だった (4)-161, (4)-247, (4)-267 は 'スターキング・デリシャス' と同じ (S_{j_c} , S_{j_e}), ('はつあき' × 'ふじ') × 'ふじ' で不和合性を示した (4)-69 と (4)-104 は 'ふじ' と同一遺伝子型の (S_{j_c} , S_{j_f}) と推察された (第 7 表).

3. 'いわかみ' と 'ゴールデン・デリシャス' の交雑実生の S 遺伝子型

前報 (小森ら, 1998) で明らかにしたように, 'いわかみ' の S 遺伝子型は (S_{j_d} , S_{j_f}), 'ゴールデン・デリシャス' の S 遺伝子型は (S_{j_a} , S_{j_b}) である. したがって両者の交雑実生からは, (S_{j_a} , S_{j_d}), (S_{j_a} , S_{j_f}), (S_{j_b} , S_{j_d}), (S_{j_b} , S_{j_f}) の 4 とおりの S 遺伝子型が分離するはずである. この 'いわかみ' と 'ゴールデン・デリシャス' の交雑実生に, 上記 1 および 2 で明らかになった各 S 遺伝子型選抜系統を交雑した結果, 当該実生は 4 タイプに分けられた (第 8 表). すなわち (4)-4189 および (4)-4190 は (4)-300 および (4)-330 に対して不和合性を示したので (S_{j_b} , S_{j_d}), (4)-4187, (4)-4270, (4)-4271 の 3 系統は 盛岡 53号 および

Table 7. Strains showing patroclinal incompatibility.

Cross combination (Parent combination)	Year	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of fruit harvested
Morioka 52 (F × H) × H	'95	18.2	0	
Morioka 52 (F × H) × H	'96	45.7	0	
(4)-511 (F × H) × H	'95	18.2	0	
(4)-511 (F × H) × H	'96	45.7	10.0	0
(4)-161 (H × SD) × SD	'95	32.8	0	
(4)-161 (H × SD) × SD	'96	61.1	10.0	0
(4)-247 (H × SD) × SD	'95	32.8	0	
(4)-247 (H × SD) × SD	'96	61.1	0	
(4)-267 (H × SD) × SD	'95	32.8	0	
(4)-267 (H × SD) × SD	'96	61.1	0	
(4)-69 (H × F) × F	'95	34.0	0	
(4)-69 (H × F) × F	'96	75.0	0	
(4)-104 (H × F) × F	'95	34.0	0	
(4)-104 (H × F) × F	'96	75.0	0	

F: 'Fuji', H: 'Hatsuaki', SD: 'Starking Delicious'

(4)-6 との交雑で不和合性を示したので (S_jb, S_jf), (4)-4186 と (4)-4195 は交雑した 4 品種・系統すべてに対してと和合性を示したので (S_ja, S_jf) と判断された. なお (4)-4196 は '東光' と不和合性を示したので (S_ja, S_jd) の可能性が高いが, (4)-300 および (4)-330 との交雑結果

が明確でなく, なお調査が必要と考えられた.

4. 'レッドゴールド' および '金星' の S 遺伝子型

'レッドゴールド', '金星' の S 遺伝子型は (S_ja, S_je) ま

Table 9. Fruit set and number of seed per fruit in 'Redgold' and 'Kinsei' crossed with (4)-150, (4)-743, 'Hatsuaki', Morioka 53, (4)-6, Karo Fumei and Rero 18.

S-genotype	Cultiver and strain	'Redgold' (♀)				'Kinsei' (♀)		
		Year	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit
(S _j b, S _j e)	(4)-150	'95				21.2	90.0	5.75
	(4)-150	'96	71.4	70.0	9.33			
	(4)-150	'97	63.3	50.0	4.67			
(S _j b, S _j e)	(4)-743	'96	58.2	70.0	10.00			
(S _j b, S _j c)	'Hatsuaki'	'95	18.2	90.0	5.60			
	'Hatsuaki' ^z	'95				70.0	90.0	6.25
	'Hatsuaki' ^z	'96	80.8	100	6.50			
(S _j b, S _j f)	Morioka 53	'95				37.5	77.8	6.50
(S _j b, S _j f)	(4)-6	'95				50.0	80.0	8.00
	Karo Fumei	'95	72.0	0				
	Karo Fumei	'96				69.7	0	
	Rero 18	'95	77.5	0				
	Rero 18	'96				69.7	0	
	Rero 18	'97	70.4	0		70.4	0	
	'Redgold'	'93				67.0	0	
	'Redgold'	'94				85.7	0	
	'Kinsei'	'93	74.0	0				
	'Kinsei'	'95	70.0	10.0	0			

^z Reciprocal cross

Table 10. Fruit set and number of seed per fruit in 'Ralls Janet' × 'Jonathan' progenies crossed with 'Fuji', 'Starking Delicious' and 'Senshu'.

Cultiver and strain	Year	'Fuji' (♀)			'Starking Delicious' (♀)			'Senshu' (♀)			S-genotype
		Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seed/fruit	
'Shinkou'	'94	46.4	0		53.9	58.8	7.13	53.9	64.3	5.63	(S _j c, S _j f)
'Shinkou'	'95	37.3	0								
Touhoku 5	'94	31.1	50.0	6.71	40.0	50.0	6.60	40.0	71.4	5.67	(S _j d, S _j e)
I-172	'94	44.9	85.7	—	58.5	53.3	7.57	58.5	64.3	—	(S _j d, S _j e)
I-172	'97	—	22.2	4.00				41.9	66.7	10.00	
I-661	'94	43.1	0		66.7	53.3	—	66.7	64.3	4.80	(S _j c, S _j f)
I-661	'95	83.3	0								
I-661	'97				83.3	79.2	5.56				
I-687	'94	35.3	75.0	—	53.6	73.3	8.33	53.6	13.3	0	(S _j d, S _j f)
I-687	'95							51.1	0		
I-687	'97	81.5	100	7.55							

— : No data

たは (S_jb, S_je) であることが判明している (小森ら, 1998). そこで 'レッドゴールド' および '金星' と上記 1, 2, 3 で明らかになった (S_jb, S_je), (S_jb, S_jc), (S_jb, S_jf) 型の選抜品種・系統との交雑親和性を調査したところ, 'レッドゴールド', '金星' とともに (S_jb, S_je) 型の選抜品種・系統である (4)-150 を始めとする各 S 遺伝子型選抜品種・系統と和合性を示した (第 9 表). したがって両品種の S 遺伝子型は (S_ja, S_je) と考えられる.

また 'レッドゴールド' および '金星' とカロ不明, レロ 18 との交雑結果は, 結実率がともに 0% であった (第 9 表). '東光' (S_ja, S_jd) と 'デリシャス' 系の 'リチャードデリシャス' (S_jc, S_je) との交雑実生は (S_ja, S_jc), (S_ja, S_je), (S_jc, S_jd), (S_jd, S_je) の 4 つの S 遺伝子型が分離するはずである. すなわち, この組合せから (S_jb, S_je) は出現しないので, このことから 'レッドゴールド' の S 遺伝子型は (S_ja, S_je) と推定され, カロ不明 および レロ 11 の S 遺伝子型も (S_ja, S_je) と考えられる.

5. (S_jd, S_je) 型品種の選抜

'国光' の S 遺伝子型は (S_je, S_jf), '紅玉' は (S_jc, S_jd) と判明している (小森ら, 1998), '国光' と '紅玉' の交雑実生は (S_jc, S_je), (S_jd, S_je), (S_jc, S_jf), (S_jd, S_jf) の 4 とおりに分離するはずである. すなわち (S_jc, S_je) 型の実生は 'デリシャス' 系と, (S_jc, S_jf) 型の実生は 'ふじ' と, (S_jd, S_jf) 型の実生は '千秋' とそれぞれ不和合となるはずであり, これら 3 品種のいずれにも和合性を示す品種が (S_jd, S_je) 型と考えられる. 実際の交雑結果から, '新光', イ-661 が (S_jc, S_jf), イ-687 が (S_jd, S_jf), 東北 5 号と イ-172 が (S_jd, S_je) と推察された (第 10 表).

前報までに明らかになった結果 (小森ら, 1998) とあわせて, 現時点で S 遺伝子型が判明した品種・系統を第 11 表にまとめて示した. すなわち 6 対立遺伝子の 15 の S 遺

伝子型で品種・系統との対応が明らかになり, 45 品種・系統の S 遺伝子型が明らかになった. なお下線を施した 36 品種・系統の S 遺伝子型が本報告で新たに判明したものである. 各 S 遺伝子型と対応している系統の多くは果樹試験場リンゴ支場のみが有している系統なので, 今後一般的な品種との対応を図る必要がある.

現在, ニホンナシの自家不和合性遺伝子は 7 つの対立遺伝子の存在が明らかになっている (佐藤, 1992), リンゴについては Kobel ら (1939) によって 11 の対立遺伝子の存在が示唆されている. また Vondracek (1964) は, Kobel ら (1939) が示した品種と東欧の品種との交雑不和合性から 'Golden Pearmain', 'Hajek Muscat', 'Late flowering Silken' を (S₁, S₉) としている. また Manganaris・Alston (1987) は GOT-1 アイソザイムの a, b, c, d, e, n の 6 つ複対立遺伝子と S 遺伝子の連鎖を用いて 25 品種 13 系統の S 遺伝子型を設定している. Battle ら (1995) は Kobel ら (1939) が S 遺伝子型を設定した 10 の 2 倍体品種と 'Cox's Orange Pippin' と 'Idared' の GOT-1 アイソザイム型を解析し, Manganaris・Alston (1987) と Kobel ら (1939) の結果の対応関係を調査している. また Janssens ら (1995) は S 遺伝子に特異的な PCR を用いて, Kobel ら (1939) と Manganaris・Alston (1987) の解析結果をふまえて S 遺伝子型の解析を行っている. 上記の一連の研究のうち, 著者らと品種が重なるものは 'ゴールデン・デリシャス' (S₂, S₉) と '紅玉' (S₇, S₉) である. しかしながら, 著者らの 'ゴールデン・デリシャス' (S₁a, S₁b) のいずれかが S₂ に対応し, いずれかが S₉ かは現状では不明である. 同様に '紅玉' (S₇c, S₇d) の詳細も不明である.

一方, 上記の研究とは別個に Knight ら (1962) はワタムシ抵抗性遺伝子と S 遺伝子が密接に連鎖しているとし, 'Northern Spy' と 'M.9' の交雑不和合性から両者の S 遺伝

Table 11. The S- genotype of cultivars and strains.

S- genotype	Cultivar and strain
(S ₁ a, S ₁ b)	'Golden Delicious'
(S ₁ a, S ₁ c)	<u>(4)-424, (4)-425</u>
(S ₁ a, S ₁ d)	'Toukou'
(S ₁ a, S ₁ e)	'Redgold', 'Kinsei', <u>Karo Fumej, Rero 18</u>
(S ₁ a, S ₁ f)	<u>(4)-4186, (4)-4195</u>
(S ₁ b, S ₁ c)	<u>'Hatsuaki', Morioka 52, (4)-511</u>
(S ₁ b, S ₁ d)	<u>(4)-300, (4)-330, (4)-725, (4)-4189, (4)-4190</u>
(S ₁ b, S ₁ e)	<u>(4)-150, (4)-743</u>
(S ₁ b, S ₁ f)	<u>Morioka 53, (4)-1, (4)-6, (4)-15, (4)-516, (4)-4187, (4)-4270, (4)-4271</u>
(S ₁ c, S ₁ d)	'Jonathan', 'Himekami'
(S ₁ c, S ₁ e)	'Delicious', <u>(4)-161, (4)-247, (4)-267</u>
(S ₁ c, S ₁ f)	'Fuji', ' <u>Shinkou</u> ', <u>I - 661, (4)-69, (4)-104</u>
(S ₁ d, S ₁ e)	<u>Touhoku 5, I - 172</u>
(S ₁ d, S ₁ f)	'Senshu', 'Iwakami', <u>I - 678</u>
(S ₁ e, S ₁ f)	'Ralls Janet'

Established newly in this report

子型を(S₁, S₂), 'Lane's Prince Albert', 'M.12' および 'M.13' と 'Northern Spy' との交雑実生のワタムシ抵抗性個体の出現頻度の解析から, これら3品種はS₁ 遺伝子をもつことを示している.

日本においては, 吉田ら(1963)が'国光'(S₁, S₂)または(S₄, S₂), '紅玉'(S₂, S₃), 'デリシャス'(S₄, S₅), 'ふじ'(S₂, S₅)または(S₂, S₃), '恵'(S₁, S₃), イ-661(S₂, S₅), ロ-329(S₄, S₅)または(S₁, S₃)としている. 著者らの結果から, 'ふじ' とイ-661は不和合性を示すことが明らかなので, 'ふじ' のS遺伝子型を(S₂, S₅), また仮に'国光' を(S₄, S₂)として, 著者らとの対応関係を考察すると, S₂=S_{Jf}, S₃=S_{Jc}, S₄=S_{Je}の可能性がある. しかし, その場合でもS₂=S_{Jf}では'紅玉'の解析結果に不一致が生じ, S₃=S_{Jc}では'デリシャス'に不一致が生じる. 今後さらに調査が必要と考えられる.

一方, 間瀬ら(1994)および佐々ら(1994)はリンゴ柱頭のS糖タンパクの2次元電気泳動によって品種のS遺伝子型を同定している. 間瀬ら(1994)および佐々ら(1994)と著者らで, 材料として同じ品種を用いているものは, 'ふじ'(S^c, S^f), 'はつあき'(S^b, S^c), 'スターキング・デリシャス'(S^c, S^e)[以上, 間瀬ら(1994)], 'ゴールデン・デリシャス'(S^a, S^b), '紅玉'(S^c, S^e), '国光'(S^a, S^f), '東光'(S^a, S^e)[以上, 佐々ら(1994)]である. このうち'ゴールデン・デリシャス', 'ふじ', 'はつあき'は著者らの結果と全く一致している. また, 著者らの結果では'紅玉'(S_{Jc}, S_{Jd}), '東光'(S_{Ja}, S_{Jd})であるから, '紅玉'と'東光'の結果からS_{Jd}とS^eは同一と推定される. 一方, '国光'ではS_{Je}とS^aの不一致が生じており, さらに多数の品種で比較検討する必要がある. この他にも, 齋藤ら(1994)が花柱のRNaseアイソザイム, Matsumotoら(1995)がDNAフィンガープリントと, さまざまな手法でリンゴ品種のS遺伝子型の同定が試みられており, 今後実際の不和合現象との対応がますます重要になると考えられる.

摘 要

前報までに品種との対応のつかなかった(S_{Ja}, S_{Jc}), (S_{Ja}, S_{Je}), (S_{Ja}, S_{Jf}), (S_{Jb}, S_{Jc}), (S_{Jb}, S_{Jd}), (S_{Jb}, S_{Je}), (S_{Jb}, S_{Jf}), (S_{Jd}, S_{Je})の各S遺伝子型に対応する品種・系統を選抜するため, 'はつあき', 'レッドゴールド'および'金星'のS遺伝子型の解析, 'はつあき'戻し交雑実生群, 'いわかみ'と'ゴールデン・デリシャス'の交雑実生群, '国光'x'紅玉'の交雑実生群の解析を行った. その結果, 以下に示した15種類のS遺伝子型に対応する品種・系統が決定された. そのうち下線を施した品種・系統のS遺伝子型が本報告で新たに判明したものである.

- (S_{Ja}, S_{Jb}) 'ゴールデン・デリシャス'
 (S_{Ja}, S_{Jc}) (4)-424, (4)-425
 (S_{Ja}, S_{Jd}) '東光'
 (S_{Ja}, S_{Je}) 'レッドゴールド', '金星', カロ不明,

レロ 18

- (S_{Ja}, S_{Jf}) (4)-4186, (4)-4195
 (S_{Jb}, S_{Jc}) 'はつあき', 盛岡 52号, (4)-511
 (S_{Jb}, S_{Jd}) (4)-300, (4)-330, (4)-725, (4)-4189,
(4)-4190
 (S_{Jb}, S_{Je}) (4)-150, (4)-743
 (S_{Jb}, S_{Jf}) 盛岡 53号, (4)-1, (4)-6, (4)-15,
(4)-516, (4)-4187, (4)-4270, (4)-4271
 (S_{Jc}, S_{Jd}) '紅玉', 'ひめかみ'
 (S_{Jc}, S_{Je}) 'デリシャス', (4)-161, (4)-247, (4)-267
 (S_{Jc}, S_{Jf}) 'ふじ', '新光', イ-661, (4)-69, (4)-104
 (S_{Jd}, S_{Je}) 東北 5号, イ-172
 (S_{Jd}, S_{Jf}) '千秋', 'いわかみ', イ-687
 (S_{Je}, S_{Jf}) '国光'

引用文献

- Battle, I., F. H. Alston and K. M. Evans. 1995. The use of the isozymic marker gene *Got-1* in the recognition of incompatibility S alleles in apple. *Theor. Appl. Genet.* 90: 303-306.
- 原田竹雄・石川隆二・新関 稔・齋藤健一. 1991. PCR法を用いたDNAフィンガープリントによるリンゴ栽培品種の花柱親の判定. 日本育種学会第80回講演会.
- Janssens, G. A., I. J. Goderis, W. F. Broekaert and W. Broothaerts. 1995. A molecular method for S-allele identification in apple based on allele-specific PCR. *Theor. Appl. Genet.* 91: 691-698.
- Knight, R. L., J. B. Briggs, A. M. Massee and H. M. Tydeman. 1962. The inheritance of resistance to woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hsmnn.) in the apple. *J. Hort. Sci.* 37: 207-218.
- 小森貞男・副島淳一・伊藤祐司・別所英男・阿部和幸・古藤田信博. 1998. リンゴ主要数品種の自家不和合遺伝子型の解析. 園学雑. (印刷中)
- Kobel, F., P. Steinegger and J. Anliker. 1939. Weitere Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse der Apfel und Birnsorten. *Landow. Jb. Schweiz.* 160-191.
- Manganaris, A. G. and F. H. Alston. 1987. Inheritance and linkage relationships of glutamate oxaloacetate transaminase isozymes in apple. *Theor. Appl. Genet.* 74: 154-161.
- 間瀬誠子・佐々英徳・平野 久・池橋 宏. 1994. S糖タンパク質の分析によるリンゴ品種の自家不和合性遺伝子型の同定. *育学雑.* 44(別1): 305.
- Matsumoto, S., N. Hoshi, T. Tsuchiya, J. Soejima, S. Komori and S. Ejiri. 1995. S-RNase like genomic sequences in apple for DNA fingerprinting. *Acta Hort.* 392: 265-274.
- 齋藤健一・半澤勝拓・原田竹雄・新関 稔. 1994. リンゴ自家不和合性に関する研究 8. *Malus* 属の花柱リボヌクレアーゼの品種間差. *育学雑.* 44(別1): 304.
- 佐々英徳・碓田輝頭・木庭卓人・池橋 宏. 1994. S糖タンパ

ク質の分析によるリンゴ品種の自家不和合性遺伝子型の同定Ⅱ:東光,つがる,陽光,国光のS遺伝子型. 育学雑. 44(別2): 265.

佐藤義彦. 1992. ニホンナシの自家和合性品種の育成. 園芸学会平成4年度秋季大会シンポジウム講演要旨. 12-22.

寺見廣雄・鳥潟博高・島津裕吉. 1946. 日本梨各品種間の不稔

性因子の分析. 園芸学研究集録. 3: 267-271.

Vondráček, J. 1964. Oplodňovací poměry u jabloní. Rostlinná Výroba 10:729-749.

吉田義雄・土屋七郎・定盛昌助. 1963. リンゴの品種および交配実生間における交配不親和について. 園学雑. 32(2): 96-102.