

## リンゴの交雑和合性

石山正行<sup>1)</sup>・北山弘・佐藤耕  
石沢清<sup>2)</sup>・中村喜治<sup>3)</sup>  
鈴木長蔵<sup>4)</sup>・山田三智穂<sup>5)</sup>

(青森県りんご試験場)

## Field Pollination Tests in Apple

Masayuki ISHIYAMA<sup>1)</sup>, Hiroshi KITAYAMA, Takashi SATO,  
Kiyoshi ISHIZAWA<sup>2)</sup>, Yoshiharu NAKAMURA<sup>3)</sup>,  
Cyouzo SUZUKI<sup>4)</sup> and Michiho YAMADA<sup>5)</sup>

Aomori Apple Experiment Station  
Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

---

<sup>1)</sup> 現青森県畑作園芸試験場  
<sup>2)</sup> 現青森県営農大学校  
<sup>3)</sup> 現津軽地区病害虫防除所  
<sup>4)</sup> 青森県黒石市境松2-4  
<sup>5)</sup> 青森県南津軽郡浪岡町女鹿沢字平野126-7

<sup>1)</sup> Aomori Field Crops and Horticultural Experiment Station, Gonohe, Aomori 039-15.  
<sup>2)</sup> Aomori Prefectural College of Vocational Agriculture. Shichinohe, Aomori 039-25  
<sup>3)</sup> Tsugaru Plant Protection Office. Kuroishi, Aomori 036-03.  
<sup>4)</sup> 2-4, Sakaimatsu, Kuroishi, Aomori 036-03.  
<sup>5)</sup> 126-7, Hirano, Megasawa, Namioka, Aomori 038-13.

目 次

I. 緒 言 .....	3
II. 材料及び方法 .....	3
III. 結 果 .....	4
1) 自家結実率 .....	4
2) 他家結実率 .....	4
(1) 祝 .....	4
(2) 印 度 .....	4
(3) 王 林 .....	4
(4) 王 鈴 .....	6
(5) ガ ラ .....	6
(6) 北の幸 .....	6
(7) 紅 玉 .....	7
(8) 紅 月 .....	7
(9) ゴールデン・デリシャス .....	7
(10) 国 光 .....	7
(11) 金 星 .....	8
(12) 世界一 .....	8
(13) 千 秋 .....	8
(14) ジョナゴールド .....	9
(15) つがる .....	9
(16) デリシャス .....	9
(17) デリシャス系統 .....	9
(18) 東 光 .....	9
(19) 夏 緑 .....	9
(20) ふ じ .....	11
(21) 北 斗 .....	11
(22) 陽 光 .....	11
(23) 恵 .....	11
(24) 陸 奥 .....	11
(25) メロー .....	13
(26) レッドゴールド .....	13
(27) ゴールデン・デリシャスの戻し交雑による結実率 .....	13
IV. 考 察 .....	13
V. 摘 要 .....	16
引用文献 .....	17
Summary .....	20

## I. 緒 言

リンゴは、他家受粉を主な結実様式とする果樹である(3、4、5、11、38、39)。リンゴの野生種でも、無配合生殖をする一部の倍数体を除けば、ほとんどの種が他家結実性である(15、32)。栽培品種の自家及び他家結実性については、これまでも多くの報告があり、ほとんどの品種が自家不和合性で、リンゴの結実には他家受粉が必要なことを示している(7、10、12、17、20、33、39、43)。他方、リンゴの他家不和合性もごく一部の品種や交雑実生の間で認められている(16、30、38、43、47)。

戦後、日本では非常に多くのリンゴ品種が育成された(44、46)。それらの品種は、明治から大正時代に外国から導入された‘国光’、‘紅玉’、‘デリシャス’、‘ゴールドン・デリシャス’及び日本原産といわれる‘印度’やこれらの品種の交雑によって育成された‘ふじ’、‘つがる’などを親としている。したがって、新しい品種の多くは、かなり近い血縁関係にあり、受粉樹の選択上、これらの品種間及び親品種との交雑和合性につ

いて検討が必要となった。

本報告は、昭和37年から平成3年の結果を主に、一部昭和30年代前半と平成5年の追試験の結果を加えて交雑和合性に関する試験結果を取りまとめたものである。結果の主要な点は、すでに「りんご指導要項」(生産編)(2)に掲載されてリンゴ栽培に生かされてきた。しかし、一部の組合せについては不明確な点が残されており、今後更に検討が必要である。

この試験には多くの方々がたずさわった。筆者ら以外にも、佐藤正氏、佐藤年治氏及び藤村泰樹氏がこの試験に関与された。ここに記して、これらの方々の労に感謝します。また、本稿の取りまとめに当たっては、青森県畑作園芸試験場次長小原信実氏及び青森県りんご試験場長山田雅輝博士から助言をいただき、また、米国コーネル大学の S. K. BROWN 博士には英文の校正をしていただいた、ここに深く感謝の意を表します。

## II. 材料及び方法

### 1. 供試品種

供試した品種は、表1に示した42品種(系統を含む)である。これらの品種の自家交配、正逆交配を含めて609組合せの交配を行なった。試験は、当場の1号園、2号園、3号園及び藤崎園場に植えられている樹を主に用いたが、開花の早い‘祝’の交配は、遅く開花する大鰐町駒の台及び碓ヶ関村古懸でも行なった。これらの樹の台木は、マルバカイドウ、M.26及びM.9Aで、樹齢は、マルバカイドウ台の樹が20~50年生、M.26及びM.9A台の樹が8~15年生である。

### 2. 花粉の調整

花粉は、風船状の花を採取し、花卉とがく片

を除去し、花柄付きのやくを25°Cの開やく器で開やくした。花粉は、使用中デシケータに保管した。昭和63年まではその年の花粉を、それ以後は貯蔵花粉も使用した。

### 3. 花粉発芽試験

ショ糖10%、寒天1%の培地に花粉を薄くまき、25°Cに4時間保った後、3~5視野(200~500花粉粒)検鏡した。

### 4. 交 配

花が風船状の時に、1花そう1花に調節し、除雄しないで交配した。交配後すぐにグラシン紙の袋を掛けた。自家交配は、それぞれの品種の花粉を交配した。交配花数は、1組合わせ50花である。

表1 交配に用いた品種

品 種 名	両 親	品 種 名	両 親
あかぎ	GD×不明	デリシャス系統	
祝	不明	デリシャス	
印度	不明	スターキングデリシャス	デリシャスの枝変わり
王林	GD×印度	リチャードデリシャス	デリシャスの枝変わり
王鈴	GD×デリシャス	ロイヤルレッドデリシャス	リチャードデイシャスの枝変わり
ガラ	GD×キッズオレンジ	レッドスパードデリシャス	スターキングデリシャスの枝変わり
北の幸	つがる×祝	ウエルスパードデリシャス	スターキングデリシャスの枝変わり
紅玉	不明	ミラースパードデリシャス	スターキングデリシャスの枝変わり
紅月	GD×紅玉	スタークリームソンドデリシャス	スターキングデリシャスの枝変わり
光鈴	GD×印度	エンペラー	スタークリームソンの枝変わり
国光	不明	夏緑	きたかみ×メク10
ゴールデンデリシャス	不明	はつあき	紅玉×GD
ゴールデンメロン	GD×印度	ふじ	国光×デリシャス
金星	GD×国光	北斗*	ふじ×陸奥
19号	GD×印度	陽光	GD×不明
新印度	印度×GD	45号	紅玉×GD
ジョナゴールド*	GD×紅玉	恵	国光×紅玉
スパイゴールド*	レッドスパイ×GD	陸奥*	GD×印度
世界一	デリシャス×GD	メロー	19号×印度
千秋	東光×ふじ	リー84	紅玉×GD
つがる	GD×紅玉	レッドゴールド	GD×リチャード
		早生16号	GD×早生旭

注) GD はゴールデンデリシャス、メク10はつがる×祝、\*は三倍体品種。

## 5. 結実調査

ジュエンドロップが始まる前の6月上旬に結

実した果実を採取し、果実の赤道部を切って充  
実した種子数を調査した。

## III. 結 果

### 1) 自家結実率

調査した27品種の、66.7%に当たる18品種が結実率10%以下であった。特に、'ガラ'、'北の幸'、'世界一'、'千秋'及び'リチャード・デリシャス'は、全く結実しなかった。'陽光'は、やや結実率が高かったが、試験は1年だけである。特に結実率が高かったのは'恵'で、6か年平均で59.4%であった。'恵'の結実率の年次変動は、昭和39年が24.0%で最も低く、昭和36年が88.6%で最も高かった。自家交配による充実した種子数は2個前後で、'恵'の4.2個を除けば、他家受粉と比較して非常に少なかった(表2)。

### 2) 他家結実率

#### (1) '祝'

多くの品種で試験年数が1年しかなく、不確

かな点は多いが、'印度'、'王鈴'、'国光'、'紅玉'、'ゴールデン・デリシャス'、'夏緑'及び'恵'が50%以下であった。これに対して、'ガラ'、'きたかみ'、'北の幸'、'世界一'、'千秋'及び'東光'が70%以上であった(表3)。

#### (2) '印度'

三倍体品種('ジョナゴールド'、'北斗'、'陸奥')を除けば、一般的に結実率が高かったが、'国光'及び'北の幸'が50%以下であった(表4)。'北の幸'の結実率の範囲は、30.0~46.0%であった。

#### (3) '王林'

'紅月'及び'東光'で低かったが、三倍体品種を除く他の品種では高かった(表5)。

#### (4) '王鈴'

石山ほか：リンゴの交雑和合性

表2 自家結実率

品 種 名	結実率 (%)	結実率の範囲	試験年数	1果当種子数	品 種 名	結実率 (%)	結実率の範囲	試験年数	1果当種子数
祝	16.0	—	1	2.3	つがる	0.5	0～2.0	2	0.5
印度	16.5	10.0～38.0	4	2.5	デリシャス	0.4	0～8.0	7	1.0
王林	18.7	0～24.0	3	1.3	東光	4.3	0～13.0	6	1.5
王鈴	8.2	1.0～23.0	6	1.7	夏緑	18.5	2.0～35.0	2	2.0
ガラ	0	—	1	—	ふじ	2.2	0～6.0	6	2.1
北の幸	0	—	1	—	北斗	12.7	6.0～26.0	2	1.9
紅玉	4.3	0～13.0	7	2.1	陽光	25.0	—	1	1.4
国光	12.0	0～28.0	5	3.1	恵	59.4	24.0～88.6	6	4.2
紅月	4.0	2.0～6.0	2	1.3	陸奥	6.0	0～13.0	6	1.6
ゴールデン	3.2	0～9.0	7	2.0	メロー	14.0	10.8・17.2	2	1.8
金星	2.0	—	1	—	リチャード	0	0	3	—
ジョナゴールド	7.0	—	1	1.3	レッドゴールド	2.5	0～11.0	6	1.8
世界一	0	—	1	—	スターキング	0.4	0～2.0	5	1.0
千秋	0	—	1	—					

注：種子数の調査年数は、王鈴、紅玉、ゴールデン・デリシャス、東光、陸奥、恵及びレッドゴールドが5年、国光及びデリシャスが4年で、他の品種は、調査年数と同じである。

表3 '祝' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
印度	37.3	3	ゴールデン	31.0	1	ふじ	50.0	1
王林	76.0	2	金星	54.0	1	北斗	30.0	1
王鈴	32.0	1	世界一	78.0	1	恵	26.5	2
ガラ	100.0	1	千秋	72.0	2	陸奥	22.0	3
きたかみ	80.0	1	つがる	60.2	3	メロー	66.0	1
北の幸	100.0	1	デリシャス	53.0	1	レッドゴールド	41.5	2
紅玉	38.0	3	東光	70.0	1			
国光	40.0	1	夏緑	18.0	1			

表4 '印度' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	72.5	6	ゴールデン	77.5	2	夏緑	88.0	2
王林	62.0	1	金星	90.0	1	ふじ	61.5	2
王鈴	58.0	1	ジョナゴールド	8.0	1	北斗	32.3	2
ガラ	73.0	2	世界一	92.0	1	陽光	82.0	1
北の幸	38.7	3	千秋	98.0	2	恵	80.0	3
紅玉	83.8	4	つがる	60.0	2	陸奥	37.4	8
国光	26.0	1	デリシャス	69.3	3	メロー	94.0	1
紅月	77.0	2	東光	76.1	6	レッドゴールド	71.7	3

表5 '王林' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	78.0	1	ゴールデン	67.3	3	夏緑	78.7	3
印度	88.0	1	金星	72.0	1	ふじ	96.0	1
王鈴	82.0	1	ジョナゴールド	22.0	3	北斗	39.3	3
ガラ	73.0	2	世界一	77.0	2	陽光	60.0	2
北の幸	60.2	2	千秋	57.0	2	恵	94.1	1
紅玉	63.0	2	つがる	52.7	8	陸奥	25.4	4
国光	90.0	1	デリシャス	65.9	4	メロー	100.0	1
紅月	23.0	2	東光	19.0	2	レッドゴールド	71.0	2

表6 '王鈴' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	72.5	6	ゴールデン	76.9	9	東光	63.0	9
印度	56.7	6	金星	84.0	1	ふじ	62.8	5
王林	84.0	1	世界一	32.0	1	恵	66.9	7
紅玉	62.0	9	つがる	56.0	1	陸奥	5.3	8
国光	67.6	7	デリシャス	63.9	14	レッドゴールド	64.0	8

表7 'ガラ' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	52.0	1	ゴールデン	68.0	1	夏緑	64.0	1
印度	57.3	1	金星	61.3	3	ふじ	62.0	1
王林	70.0	1	ジョナゴールド	24.0	1	北斗	10.0	3
北の幸	60.0	1	世界一	52.0	1	陽光	24.0	3
紅玉	68.0	1	千秋	52.0	1	陸奥	30.0	1
国光	52.0	1	つがる	60.0	1	メロー	80.0	1
紅月	61.0	2	デリシャス	52.0	1	レッドゴールド	60.0	1

表8 '北の幸' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	92.0	1	金星	84.0	1	夏緑	96.0	1
印度	12.3	4	ジョナゴールド	0	1	ふじ	70.0	1
王林	76.0	1	世界一	66.0	1	北斗	17.3	3
ガラ	84.0	1	千秋	72.0	1	陽光	76.0	1
紅玉	100.0	1	つがる	100.0	1	恵	100.0	1
国光	78.0	1	デリシャス	92.0	1	陸奥	20.0	1
紅月	90.0	1	東光	100.0	1	レッドゴールド	90.0	1

三倍体以外の品種では、'世界一'が低かったが、1年だけの成績である(表6)。

(5) 'ガラ'

三倍体以外の品種は、すべて50%以上の結実

率であった(表7)。

(6) '北の幸'

三倍体以外の品種では'印度'が低く(表8)、

4年間の結実率の範囲は、6.0~29.0%であっ

石山ほか：リンゴの交雑和合性

表9 '紅玉' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	83.8	5	ゴールデン	85.0	4	夏緑	86.0	1
印度	67.8	6	金星	98.0	1	ふじ	75.4	5
王林	80.0	1	ジョナゴールド	33.3	3	北斗	16.0	1
王鈴	59.6	9	世界一	76.0	1	陽光	98.0	1
ガラ	92.0	1	千秋	80.0	1	恵	64.4	10
北の幸	66.0	1	つがる	87.3	2	陸奥	40.0	10
国光	57.6	5	デリシャス	77.4	9	メロー	66.0	1
紅玉	48.0	1	東光	67.3	9	レッドゴールド	72.4	9

表10 '紅月' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	92.0	1	ゴールデン	81.0	2	夏緑	70.0	1
印度	62.0	1	金星	55.0	2	ふじ	66.5	2
王林	100.0	1	ジョナゴールド	0	1	北斗	6.0	1
ガラ	52.0	1	世界一	57.5	2	陽光	68.0	1
北の幸	76.0	1	千秋	98.0	1	陸奥	55.3	3
紅玉	80.0	1	つがる	3.0	6	レッドゴールド	70.0	1
国光	84.0	1	デリシャス	50.0	2			

表11 '国光' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
あかね	100.0	1	紅玉	80.0	1	夏緑	96.0	1
祝	87.9	7	ゴールデン	75.2	7	ふじ	77.4	7
印度	80.0	5	金星	89.0	2	北斗	30.0	1
王林	100.0	1	ジョナゴールド	8.0	2	陽光	80.0	1
王鈴	76.3	9	世界一	100.0	1	恵	71.6	9
ガラ	80.0	1	千秋	64.0	1	陸奥	19.5	8
きたかみ	100.0	1	つがる	100.0	1	メロー	70.0	1
北の幸	84.0	1	デリシャス	85.4	7	レッドゴールド	91.1	9
紅玉	83.6	5	東光	89.6	9			

た。

(7) '紅玉'

'紅月'が48.0%でやや低かったが、他の品種は、50%以上であった。'陸奥'が40.0%と、三倍体品種としては高かったが、結実率の範囲は15.0~75.0%で、年による変動が大きかった(表9)。

(8) '紅月'

'つがる'で結実率が3.0%と非常に低く(表10)、6年間の試験をとおして0~8.0%の低い

結実率であった。'陸奥'が55.3%と三倍体品種としては高く、3年間の結実率も50.0~66.0%で、変動が少なかった。

(9) '国光'

三倍体品種を除けば、いずれの品種も高い結実率を示した(表11)。

(10) 'ゴールデン・デリシャス'

'メロー'が39.0%とやや低かったが、他の品種では50%以上であった(表12)。

(11) '金星'

表12 'ゴールデン・デリシャス' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	77.0	6	紅月	100.0	1	ふじ	85.5	6
印度	78.6	5	金星	54.0	2	北斗	32.7	3
王林	92.0	1	世界一	100.0	1	陽光	100.0	1
王鈴	73.3	11	千秋	100.0	1	恵	71.0	9
ガラ	100.0	1	つがる	90.0	2	陸奥	18.4	7
北の幸	100.0	1	デリシャス	74.0	9	メロー	39.0	2
紅玉	73.0	5	東光	81.8	11	レッドゴールド	72.8	10
国光	81.0	5	夏緑	100.0	1			

表13 '金星' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	100.0	1	ゴールデン	76.0	2	ふじ	74.0	2
印度	100.0	1	ジョナゴールド	6.0	1	北斗	23.0	2
王林	66.0	2	世界一	75.0	1	陽光	65.0	2
ガラ	73.0	2	千秋	72.0	2	恵	8.7	3
北の幸	64.0	2	つがる	56.0	1	陸奥	8.0	1
紅玉	100.0	1	デリシャス	78.0	1	レッドゴールド	8.0	4
国光	96.0	1	東光	66.0	3			
紅月	74.0	2	夏緑	67.0	2			

表14 'ジョナゴールド' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	90.0	1	紅月	62.0	2	夏緑	14.4	5
印度	100.0	1	ゴールデン	9.5	4	ふじ	70.0	2
王林	100.0	1	金星	12.0	6	北斗	13.5	4
王鈴	84.0	1	世界一	74.0	1	陽光	11.0	6
ガラ	60.0	2	千秋	62.0	1	恵	19.0	2
北の幸	63.0	2	つがる	51.0	2	陸奥	15.0	3
紅玉	72.7	3	デリシャス	76.0	1	メロー	33.3	2
国光	64.0	2	東光	50.0	2	レッドゴールド	66.0	1

'恵'及び'レッドゴールド'で低く、それぞれ8.7%及び8.0%であった(表13)。その範囲は、'恵'で0~18.0%、'レッドゴールド'で0~16.0%であった。

(12) 'ジョナゴールド'

'ゴールデン・デリシャス'、'金星'、'夏緑'、'陽光'、'恵'及び'メロー'で50%以下であった(表14)。「ゴールデン・デリシャス」は、結実率の範囲が0~20.0%で、「金星」は6.0~28.0%、「夏緑」は6.0~24.0%、「陽光」は2.0~36.0%、「恵」

は16.0~22.0%、「メロー」は20.0~46.0%であった。

(13) '世界一'

'夏緑'と'陽光'の結実率がそれぞれ4.8%と3.0%で非常に低かった(表15)。「夏緑」は、5年間のうち3年は全然結実しなかった。最も結実率が高かった年でも20.0%であった。「陽光」は、最も高い年が20.0%で、あとの3年は0~4.0%であった。

(14) '千秋'



石山ほか：リンゴの交雑和合性

表15 ‘世界一’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
あかね	72.4	1	紅月	70.0	1	ふじ	69.3	3
祝	96.0	1	ゴールデン	69.3	3	北斗	21.0	2
印度	92.0	1	金星	54.0	3	陽光	3.0	4
王林	57.0	4	ジョナゴールド	4.5	4	恵	98.0	1
王鈴	53.0	2	千秋	55.0	2	陸奥	54.0	1
ガラ	59.0	2	つがる	72.0	1	メロー	100.0	1
北の幸	62.0	2	デリシャス	64.4	5	レッドゴールド	82.0	1
紅玉	52.0	2	東光	74.0	1			
国光	82.0	1	夏緑	4.8	5			

表16 ‘千秋’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	96.0	1	紅月	56.0	1	夏緑	97.0	2
印度	100.0	1	ゴールデン	92.0	1	ふじ	70.0	2
王林	66.0	1	金星	64.0	1	北斗	12.0	2
ガラ	68.0	2	ジョナゴールド	12.0	1	陽光	100.0	2
北の幸	84.0	1	世界一	100.0	1	陸奥	24.0	2
紅玉	100.0	1	つがる	86.0	1	レッドゴールド	80.0	1
国光	96.0	1	デリシャス	68.0	1			

表17 ‘つがる’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
あかね	86.7	2	国光	70.0	1	夏緑	85.0	2
旭	76.4	2	紅月	5.3	3	ふじ	74.0	1
祝	92.0	2	ゴールデン	80.7	3	北斗	18.0	4
印度	72.0	1	金星	60.0	1	陽光	72.0	1
王林	72.0	1	ジョナゴールド	28.0	3	恵	76.0	1
王鈴	70.0	2	世界一	90.0	1	陸奥	55.0	2
ガラ	56.0	2	千秋	57.0	1	メロー	86.0	1
北の幸	57.0	2	デリシャス	74.0	4	レッドゴールド	76.0	1
紅玉	96.6	2	東光	70.0	2			

三倍体以外の品種は、64.0～100.0%の結実率で、全般的に高かった (表16)。

(15) ‘つがる’

三倍体以外の品種では、‘紅月’で結実率が低く、3年平均で5.3%であった (表17)。その範囲も0～6.0%と非常に低かった。

(16) ‘デリシャス’

三倍体以外の品種は、51.3～95.0%の結実率で、特に劣る品種はなかった (表18)。

(17) ‘デリシャス’系統

‘デリシャス’の突然変異系統間では、いずれも結実率が低く、0～10.0%であった (表19)。

(18) ‘東光’

三倍体以外の品種では、63.0～100.0%の結実率で、全般的に高かった (表20)。

(19) ‘夏緑’

三倍体以外の品種では、‘陽光’で4年間全く

表18 'デリシャス' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
旭	62.7	9	紅月	90.0	1	ふじ	63.7	8
祝	59.7	7	ゴールデン	57.5	8	北斗	2.0	2
印度	62.7	9	金星	53.7	3	陽光	74.0	1
王林	51.3	3	ジョナゴールド	3.5	1	恵	55.8	8
王鈴	63.3	10	世界一	77.3	3	陸奥	18.3	10
ガラ	52.0	2	千秋	60.0	2	メロー	62.0	1
北の幸	52.0	1	つがる	95.0	1	レッドゴールド	66.0	11
紅玉	62.7	7	東光	52.0	12			
国光	54.5	6	夏緑	53.0	1			

表19 デリシャス系統間の交雑和合性

組み合わせ	結実率 (%)	試験年数	組み合わせ	結実率 (%)	試験年数
デリシャス×スターキング	4.3	4	レッドスパーク×スターキング	0	1
×リチャード	2.0	1	ミラースパーク×スターキング	0	1
スターキング×デリシャス	2.7	3	スタークリムソン×スターキング	1.0	1
×リチャード	1.0	1	ウエルスパーク×スターキング	0	1
リチャード×デリシャス	1.0	3	エンペラー×スターキング	10.0	1
×スターキング	0.3	4	ロイヤルレッド×スターキング	3.0	1

表20 '東光' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	80.0	6	紅月	96.0	1	夏緑	76.0	1
印度	78.2	10	ゴールデン	72.5	12	ふじ	65.0	7
王林	63.0	3	金星	84.0	1	北斗	2.0	1
王鈴	67.6	9	ジョナゴールド	36.7	3	陽光	84.0	1
ガラ	100.0	1	世界一	78.0	1	恵	81.8	6
北の幸	90.0	1	千秋	74.0	1	陸奥	17.6	6
紅玉	77.9	12	つがる	56.0	3	レッドゴールド	76.8	12
国光	67.0	6	デリシャス	79.4	13			

表21 '夏緑' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
印度	100.0	1	紅月	74.0	1	東光	82.0	1
王林	88.0	1	ゴールデン	85.0	1	ふじ	71.0	2
ガラ	68.5	1	ジョナゴールド	18.7	3	北斗	27.0	2
北の幸	73.0	1	世界一	3.3	3	陽光	0	4
紅玉	60.0	1	つがる	58.1	2	陸奥	25.0	1
国光	100.0	1	デリシャス	65.0	1	レッドゴールド	80.0	1

石山ほか：リンゴの交雑和合性

表22 ‘ふじ’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	83.7	6	紅月	66.0	1	夏緑	52.7	3
印度	74.7	6	ゴールデン	69.9	7	北斗	7.2	1
王林	96.0	1	金星	71.4	5	陽光	62.0	1
王鈴	69.0	7	ジョナゴールド	9.0	2	恵	72.0	6
ガラ	66.0	1	世界一	100.0	1	陸奥	27.9	7
きたかみ	80.0	1	千秋	64.0	2	メロー	100.0	1
北の幸	56.0	1	つがる	90.0	1	レッドゴールド	62.3	6
紅玉	76.4	7	デリシャス	62.4	8			
国光	77.4	7	東光	65.0	7			

表23 ‘北斗’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	62.0	2	ゴールデン	100.0	1	夏緑	100.0	1
印度	100.0	1	金星	57.0	1	ふじ	2.3	4
王林	51.0	2	ジョナゴールド	1.0	2	陽光	70.0	1
ガラ	100.0	1	世界一	100.0	2	恵	60.0	1
北の幸	57.0	1	千秋	90.0	1	陸奥	20.0	2
紅玉	2.8	5	つがる	75.0	1	メロー	92.0	2
国光	60.0	1	デリシャス	70.0	1	レッドゴールド	90.0	1
紅月	90.0	1	東光	80.0	1			

表24 ‘陽光’ (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
印度	90.0	1	ゴールデン	95.0	2	東光	60.0	1
王林	100.0	1	金星	90.0	1	夏緑	10.5	4
ガラ	100.0	1	ジョナゴールド	30.0	1	ふじ	100.0	1
北の幸	100.0	1	世界一	22.0	3	北斗	24.0	1
紅玉	100.0	1	千秋	70.0	1	恵	100.0	1
国光	50.0	1	つがる	80.0	1	陸奥	10.0	1
紅月	100.0	1	デリシャス	100.0	1	レッドゴールド	70.0	2

結実しなかった (表21)。

(20) ‘ふじ’

三倍体以外の品種では、52.7~100.0%の結実率であった (表22)。

(21) ‘北斗’

‘紅玉’ と ‘ふじ’ で結実率がそれぞれ2.8%と2.3%と低かった (表23)。「紅玉」は、5年間のうち3年は結実せず、最高の年で8.0%であった。「ふじ」は0~7.2%の範囲で、いずれの年も低かった。

(22) ‘陽光’

‘夏緑’ で結実率が低く、4年平均で10.5%であった (表24)。結実率の範囲は、0~20.0%であった。

(23) ‘恵’

すべての品種で結実率が高く、三倍体の‘陸奥’でも59.9%と高かった (表25)。

(24) ‘陸奥’

‘ゴールデン・デリシャス’ で結実率が低く、8年平均で2.6%であった (表26)。

表25 '恵' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
あかね	83.7	1	国光	92.2	7	東光	95.5	8
祝	95.0	6	紅月	100.0	1	夏緑	100.0	1
印度	94.7	9	ゴールデン	88.4	6	ふじ	98.3	6
王林	86.0	1	金星	70.0	1	陽光	98.0	1
王鈴	96.0	5	世界一	100.0	1	陸奥	59.3	8
ガラ	100.0	1	千秋	88.0	1	レッドゴールド	65.3	6
北の幸	88.0	1	つがる	78.0	1			
紅玉	90.4	9	デリシャス	89.7	10			

表26 '陸奥' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	77.0	6	紅月	92.0	1	東光	74.6	6
印度	63.7	10	ゴールデン	2.6	8	夏緑	98.0	1
王林	92.0	1	金星	80.5	2	ふじ	85.5	6
王鈴	52.2	6	ジョナゴールド	5.7	3	北斗	5.5	1
ガラ	56.0	1	世界一	54.0	4	恵	73.3	3
北の幸	76.0	1	千秋	92.0	1	メロー	27.0	2
紅玉	60.9	8	つがる	90.0	1	レッドゴールド	67.1	9
国光	64.2	5	デリシャス	72.5	10			

表27 'メロー' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	66.0	1	ゴールデン	39.0	2	ふじ	88.0	1
印度	94.0	1	金星	90.0	1	北斗	16.0	1
王林	78.0	2	ジョナゴールド	19.2	1	陸奥	28.0	1
ガラ	76.0	1	世界一	100.0	1	レッドゴールド	66.0	1
北の幸	100.0	1	つがる	86.0	1	19号	65.0	1
紅玉	66.0	1	デリシャス	100.0	1			
国光	70.0	1	夏緑	72.0	1			

表28 'レッドゴールド' (♀) の交雑和合性

♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数	♂	結実率 (%)	試験年数
祝	76.5	6	紅月	92.0	1	東光	72.4	11
印度	66.9	8	ゴールデン	67.7	11	夏緑	98.0	1
王林	88.0	1	金星	13.2	6	ふじ	82.5	6
王鈴	71.7	6	ジョナゴールド	3.0	2	陽光	74.0	1
ガラ	76.0	1	世界一	74.0	1	恵	61.0	2
北の幸	100.0	1	千秋	96.0	1	陸奥	22.9	8
紅玉	69.1	9	つがる	67.0	3	メロー	66.0	1
国光	73.5	9	デリシャス	56.6	15			

表29 ゴールデンの戻し交雑

♀品種	両親	結実率 (%)	試験年数
光鈴	ゴールデン×印度	100.0	1
ゴールデンメロン	ゴールデン×印度	90.0	1
早生16号	ゴールデン×早生旭	74.0	1
成保光	ゴールデン×ふじ	92.0	1
あかぎ	ゴールデン×不明	88.0	1
19号	ゴールデン×印度	100.0	1
はつあき	紅玉×ゴールデン	100.0	1
リー84	紅玉×ゴールデン	100.0	1
45号	紅玉×ゴールデン	76.0	1
スパイゴールド	レッドスパイ×ゴールデン	2.0	1
新印度	印度×ゴールデン	100.0	1

(25) ‘メロー’  
 ‘ゴールデン・デリシャス’でやや結実率が低かった(表27)。

(26) ‘レッドゴールド’  
 ‘金星’で6年間の平均結実率が13.2%と低かった(表28)。その結実率の範囲は、0～33.0%であった。

(27) ‘ゴールデン・デリシャス’の戻し交雑による結実率  
 ‘ゴールデン・デリシャス’を戻し交雑したとき、三倍体の‘スパイゴールド’以外は、‘ゴールデン・デリシャス’が種子親あるいは花粉親にかかわらず、いずれの品種でも結実率が高かった(表29)。

#### IV. 考 察

##### 1. 自家結実率

リンゴの自家結実性については多くの研究があり、自家結実性は、四倍体で高い品種が認められるが(37)、一般的には非常に低いと報告されている(10、15、24、30、33、43)。また、結実しても早期に落果する割合が高く、調査時期によって結実率がかなり異なる(8、23、30)。本試験では生理的落果(ジューンドロップ)が始まる前に結実を調査したため、結実率にその後の落果は考慮されていない。

リンゴの結実には、樹の栄養状態、花芽の素質、交配前後の環境条件などが影響するため、結実率は年によるふれが大きい(42)。星野は、16品種の自家和合性を調査した結果、自家結実率の範囲は、0.7～21.8%と報告している(10)。須佐は、28品種の自家和合性を調査し、その結実率の範囲は、0～33.2%としている(33)。本試

験で調査した品種は、星野及び須佐とはかなり異なるが、試験した26品種の自家結実率は、18品種が10%以下で、6品種が10～20%であった。25%以上の品種は、‘陽光’と‘恵’であったが、‘陽光’は1年だけの成績である(表2)。「恵」を除いた本試験の自家結実率の範囲0～38.0%は、星野及び須佐らとほぼ同じ結果であった。

自家結実率が例外的に高かった‘恵’は、6か年の平均結実率が59.4%で、年による変動の範囲が24.0～88.6%であった。「恵」の自家交配による平均種子数は4.2個で、他の品種よりかなり多かった(表3)。「恵」に二倍体11品種を交配したときの平均種子数は6.7個で(43)、これにやや近い種子数であった。「恵」の自家結実性は、自家和合性と単為結果性によるもので(13、22)、自家結実果の大きさは、他家受粉果よりやや劣るが(34)、「恵」の自家結実性は、遺伝することが明

らかにされた(23、26、27)。

‘デリシャス’の自家結実率の低いことはすでに報告があり(8、33)、本試験でも、‘デリシャス’とその枝変わりである‘スターキング・デリシャス’及び‘リチャード・デリシャス’の自家結実率は、非常に低かった。

## 2. 他家交配による結実率

42品種を用いた609組合せの中から、結実の劣ることがすでに知られている自家交配と花粉が不良な三倍体品種(14、28、29、31、39、42)を花粉親にした組合せを除く、二倍体品種×二倍体品種及び三倍体品種×二倍体品種の組合せでは、その92%が50%以上の結実率を示し、広く認められているように、リンゴ品種の多くは、相互に交雑和合性であった(図1)。他方、結実率が50%以下の組合せも40組合せ認められた(表3、表4、表5、表6、表7、表8、表10、表13、表14、表15、表17、表21、表23、表24、表26、表27、表28、表29)。

‘祝’の他家結実が他の品種より劣ることは、星野(10)及び須佐(33)も報告している。須佐が‘紅玉’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘デリシャス’及び‘印度’を交配したときの平均結実率は5.4%と低く、同一品種を交配した本試験では

39.8%と、須佐の結果よりかなり高かった。浅見は、他家交配による‘祝’の結実が低い理由として、‘祝’の雌性器官の欠陥を推定しているが(3)、本試験で調査した品種の中で、‘王林’、‘ガラ’、‘北の幸’、‘きたかみ’、‘世界一’、‘千秋’及び‘東光’の交配で、‘祝’は高い結実率を示し、また、他の結実調査でも花数結実率が70%と高かった(1、11)。「祝」は、非常にジューンドロップの多い品種で、特に側果の落果率は、80%に達する(35)。須佐による‘祝’の低結実率は、結実調査をジューンドロップの後に行ったためと考えられる。本試験で結実が劣った大部分の組合せでは、‘祝’の開花が早いため、側花の遅れ花に交配したためと考えられた。しかし、最も結実率の低い‘夏緑’については、この品種の花粉親が‘祝’であるので、さらに検討が必要である。

結実が不良な組合せの中で、‘印度’×‘国光’、‘王林’×‘紅月’、‘王林’×‘東光’、‘王鈴’×‘世界一’、‘ガラ’×‘陽光’、‘紅玉’×‘紅月’、‘金星’×‘恵’及び‘国光’×‘世界一’は、逆交配の結実率がいずれも50%以上であった。また、これらの品種の花粉の発芽率も高く(図2)、他の品種では高い結実率を示したことから、これらの組合せの低結実率は、遺伝的な交雑不和合性ではなく、交配に

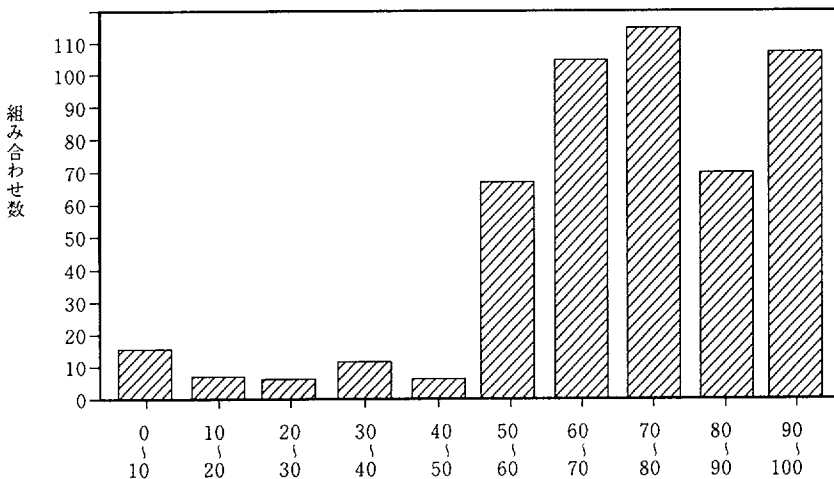


図1 結実率の度数分布

石山ほか：リンゴの交雑和合性

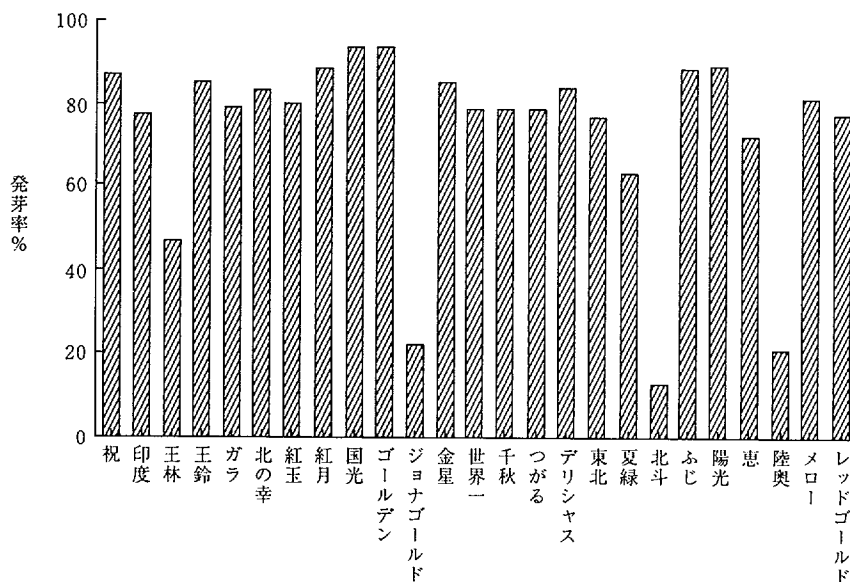


図2 花粉発芽率

表30 結実率の低い組合わせ

倍数性	組合わせ	結実率 (%)	範囲 (%)	試験年数	逆交配の結実率 (%)	範囲 (%)	試験年数
二倍体×二倍体	夏緑×世界一	4.0	0～10.0	4	4.8	0～12.0	5
	夏緑×陽光	0	0～0	4	10.5	0～20.0	4
	世界一×陽光	3.0	0～6.0	4	22.0	12.0～30.0	3
	紅月×つがる	3.0	0～8.0	6	4.5	2.0～12.0	4
	金星×レッドゴールド	8.0	0～16.0	4	13.2	0～33.0	6
三倍体×二倍体	ジョナゴールド×GD	9.5	0～20.0	4	12.4		1
	×金星	12.0	6.0～28.0	6	6.0		1
	×夏緑	14.4	6.0～24.0	5	18.7		1
	×陽光	11.0	2.0～36.0	6	30.0		1
	北斗×紅玉	2.8	0～8.0	5	16.0		1
	×ふじ	2.3	0～7.2	4	7.2		1
	陸奥×GD	2.6	0～6.0	8	18.4	13.0～33.0	7

注) GD: ゴールデン・デリシャス

用いた花の素質に原因があったと考えられた。

試験年数が3年以上で、相互交雑の結実率が30%以下の二倍体品種×二倍体品種及び三倍体品種×二倍体品種の組合せを表30に示した。これらの組合せは、結実率の範囲から遺伝的な交雑不和合性と考えられた。

二倍体品種×二倍体品種の交雑不和合性に関係している品種は、'夏緑'(45)を除けば、'ゴールデン・デリシャス'の雑種第一世代で、'ゴールデン・デリシャス'からの不和合性遺伝子を持つと考えられる。しかし、これらの品種は、'ゴールデン・デリシャス'と交雑和合性であるから(表12)、'ゴールデン・デリシャス'とは異なる不和合性遺伝子を持つと考えられる。'夏緑'、'世界一'及び'陽光'の3品種は、相互に不和合性なので、これらの品種は同一の不和合性遺伝子を有していると考えられる。しかし、これら3品種のうち、'世界一'だけが'ジョナゴールド'と不和合

性遺伝子を持つと考えられる。しかし、これらの品種は、'ゴールデン・デリシャス'と交雑和合性であるから(表12)、'ゴールデン・デリシャス'とは異なる不和合性遺伝子を持つと考えられる。'夏緑'、'世界一'及び'陽光'の3品種は、相互に不和合性なので、これらの品種は同一の不和合性遺伝子を有していると考えられる。しかし、これら3品種のうち、'世界一'だけが'ジョナゴールド'と不和合

性であり、‘世界一’は、‘夏緑’及び‘陽光’とは異なる不和合性遺伝子を持つと推定される。このように、共通の親から育成された品種の中には、その親とあるいは姉妹品種の間で交雑不和合性のあることが報告されている(18、19、20、38、42、47)。

三倍体品種の多くは、減数分裂しない卵細胞が受精してできた品種で(6、9、21、41)、種子親の不和合性遺伝子を有していると考えられる。‘ジョナゴールド’及び‘陸奥’が‘ゴールデン・デリシャス’と不和合性なのはこの理由による。‘北斗’も同じようにしてできた品種と考えられ、種子親の‘ふじ’と不和合性である。‘ジョナゴールド’及び‘陸奥’が‘ゴールデン・デリシャス’と不和合性遺伝子を有していることは、佐々ら(25)が花柱タンパク質の分析から明らかにした。しかし、‘北斗’が‘紅玉’と不和合性な理由については、‘北斗’の育成に‘紅玉’の関与は認められないので、‘北斗’の育成系統関係からは明

かでない。しかし、佐々らのS遺伝子の解析では、‘北斗’と‘ふじ’及び‘北斗’と‘紅玉’は、それぞれ同一の不和合性遺伝子を有している。

‘スパイゴールド’は三倍体品種で(40)、この品種に‘ゴールデン・デリシャス’を戻し交雑すると結実率が低かった。しかし、試験年数が2年で、また、年によるふれが非常に大きいため更に検討が必要である。

以上の組合せのほかにも‘ジョナゴールド’×‘恵’、‘ジョナゴールド’×‘メロー’(以上、表14)、『印度’×‘北の幸’(表2)とその逆交雑(表8)及び‘メロー’×‘ゴールデン・デリシャス’(表27)とその逆交雑(表12)で結実不良の傾向が認められた。‘印度’×‘北の幸’とその逆交雑を除けば、いずれも試験年数が2年と少なく、さらに検討が必要である。また、‘印度’×‘北の幸’とその逆交雑では、結実率が前者でやや高い傾向があり、これらについても更に検討が必要である。

## V. 摘

リングは一般的に自家不和合性で、自身の花粉では結実しない。しかし、少数の品種は、遺伝的な他家不和合性から相互に受精しないことが知られている。

在来品種と新品種の交雑和合性を調査するため、多年にわたって多数の品種の交配試験を行ってきた。ここでは、主に昭和37年以降に行なった42品種(系統を含む)609組合せの交配結果を取りまとめた。

1. 自家結実率は、ほとんどの品種が20%以下で、恵は例外的に高く、6か年平均で59.4%であった。
2. 自家交配と二倍体品種×三倍体品種の交配を除いた組合せでは、約92%が50%以上の結実率を示し、多くのリング品種は、相互に交雑和合性であった。
3. 二倍体品種×二倍体品種で正逆交配とも交

## 要

雑不和合性と考えられた組合せは、‘世界一’×‘夏緑’、‘夏緑’×‘陽光’、‘陽光’×‘世界一’、‘紅月’×‘つがる’及び‘金星’×‘レッドゴールド’であった。‘世界一’、‘夏緑’及び‘陽光’は、相互に交雑不和合性であった。これら3品種の中で、‘世界一’だけが‘ジョナゴールド’と和合性なので、‘世界一’は、‘夏緑’及び‘陽光’とは異なる不和合性遺伝子を持つと推定された。

三倍体品種×二倍体品種では、‘ジョナゴールド’×‘ゴールデン・デリシャス’、‘ジョナゴールド’×‘金星’、‘ジョナゴールド’×‘夏緑’、‘ジョナゴールド’×‘陽光’、‘北斗’×‘ふじ’、‘北斗’×‘紅玉’及び‘陸奥’×‘ゴールデン・デリシャス’が交雑不和合性であった。三倍体品種の‘ジョナゴールド’‘北斗’及び‘陸奥’は、いずれもその種子親と交雑不和合性であった。しかし、‘北斗’が

‘紅玉’と不和合性な理由は、‘北斗’の育



成系統関係からは明かでない。

## 引用文献

- 1) 青森県りんご試験場 (1981) 青森県りんご試験場50年史. p.199.
- 2) 青森県 (1992) 平成5年りんご指導要項 (生産編). りんご課資料318号. p.173.
- 3) 浅見與七 (1949) 果樹栽培汎論 [結実編]. 養賢堂. p.82-156.
- 4) BROWN, A. G. (1975) Apples. In : Advances in fruit breeding (Edited by JANICK, J. and J. N. MOORE). Purdue University Press, West Lafayette, Indiana. p.3-37.
- 5) CHANDLER, W. H. (1965) Deciduous Orchards. Lea & Febiger, Philadelphia. p.282-286.
- 6) CHI, Y. S. and N. F. WEEDEN (1984) Relative isozyme band intensities permit the identification of the 2n gametes parent of triploid apple cultivars, Hort Science. 19 : 818-819.
- 7) FLORIN, R. (1926) Pollen production and incompatibilities, apples and pears. Mem. Hort. Soc. N.Y. 3 : 87-114.
- 8) GRIGGS, W. H. and A. L. SCHRADER (1942) Comparison of certain varieties as pollinizers for the Delicious apple. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40 : 87-90.
- 9) HARADA, T., K. MATSUKAWA, T. SATO, R. ISHIKAWA and K. SAITO (1993) DNA-RAPDs detect genetic variation and paternity in Malus, Euphytica. 65 : 87-91.
- 10) 星野勇三 (1919) 苹果、梨及び桜桃における同種間受粉不結果性に関する実験成績. 札幌農林学報. 49 : 97-146.
- 11) 細貝節夫 (1964) 結実と摘果、りんご栽培全編 (木村甚弥編). 養賢堂. p.419.
- 12) HOUGH, L. F. (1940) The pollen value of apple varieties as determined by germination tests and field trials. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37 : 133-136.
- 13) 石山正行・佐藤耕・山田三智穂・鈴木長蔵・北山 弘 (1981) リンゴ‘恵’とその後代の自家和合性について. 東北農業研究. 29 : 191-192.
- 14) 石山正行・山田三智穂・鈴木長蔵・北山 弘・佐藤 耕 (1982) リンゴ品種の花粉稔性について. 東北農業研究. 31 : 221-222.
- 15) 石山正行・佐藤耕・瀬川一衛 (1987) リンゴ属植物の結実様式. 東北農業研究. 40 : 241-242.
- 16) JOHANSSON, E. (1946) Pollination experiments with apple, pears, plums and cherries. In : Abstract bibliography of fruit breeding and genetics to 1960. Malus and Pyrus by R. L. NIGHT. p.207.
- 17) 国澤高明・桑原 功 (1970) リンゴ‘ふじ’、‘スターキング・デリシャス’、‘陸奥’の交配親和性についての調査. 東北農業研究. 11 : 257-258.
- 18) 小森貞男・別所英男・副島淳一・伊藤祐司 (1993) ‘はつあき’、‘いわかみ’の戻し交雑実生群を用いたリンゴ交雑不和合性遺伝子の解明. 園学雑(別2). p.160-161.
- 19) 小森貞男 (1993) リンゴの不和合性遺伝子の解析. 果実日本. 48(12) : 78-20.
- 20) LATIMER, L. P. (1937) Self and cross-pollination in the McIntosh apple and some of its hybrids. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34 : 19-21.
- 21) MANGANARIS, A. G. and F. H. ALSTON (1989) Glutamate oxaloacetate transaminase is-

- ozymes in apple cultivars and rootstocks, J. Hort. Sci. 64(1) : 9-15.
- 22) 斉藤健一・武田和義・中山林三郎 (1978) リンゴの交雑育種に関する基礎的研究. 第6報 「恵」の自家結実性について. 弘大農報. 29 : 41-49.
- 23) 斉藤健一 (1979) リンゴの自家結実性品種育成に関する基礎的研究. 昭和52、53年度科学研究成果報告書. p.21.
- 24) 斉藤健一 (1988) リンゴの自家結実性品種育成に関する基礎的研究. 昭和60、61、62年度科学研究成果報告書. p.1-8.
- 25) 佐々英徳・間瀬誠子・平野 久・池橋 宏 (1993) リンゴの自家不和合性に関連した花柱タンパク質の同定. 育雑. 43(別2). p.316.
- 26) 佐藤 耕・石山正行・鈴木長蔵・北山 弘 (1982) リンゴ「恵」の後代における自家結実性について. 園学要旨・東北. p.21-22.
- 27) 佐藤 耕・石山正行 (1993) リンゴ「恵」の後代における自家結実性の遺伝. 育雑. 43(別2) : 318.
- 28) 佐藤正志 (1990) リンゴ三倍性品種「陸奥」の結実安定化に関する研究. 秋田県立農業短期大学研究報告. 16 : 1-52.
- 29) SEILHEIMER, M. und R. STOSSER (1982) Die Eignung verscheidener apfelsorten als pollenspenden. Erwerbsobstbau. 24 : 62-65.
- 30) SPIEGEL-ROY, P. and F. H. ALSTON (1982) Pollination requirements of new apple cultivars, J. Hort. Sci. 57(2) : 145-150.
- 31) STOTT, K. G. (1972) Pollen germination and pollen-tube characteristics in a range of apple cultivars. J. Hort. Sci. 47 : 191-198.
- 32) STOUT, A. B. (1925) Self-incompatibility in wild species of apples. In : Abstractt bibliograhay of fruit breeding and genetics to 1960. *Malus* and *Pyrus* by R. L. NIGHT. p.207
- 33) 須佐寅三郎 (1934) 苹果の自家並びに他家交配の研究. 園学雑. 5 : 194-221.
- 34) 武田和義・斉藤健一 (1978) リンゴの交雑育種に関する基礎的研究. 第7報 「恵」における自家受粉果、単為結実果ならびに他家受粉果の生長解析. 弘大農報. 30 : 32-46.
- 35) 後澤憲志・細貝節夫 (1957) リンゴ「祝」の早期落果防止. 農及園. 27 : 675-677.
- 36) 渡辺久昭・田中静幸・細貝節夫・峰岸恒弥・松井文雄・村松裕司・柿崎昌志 (1960) リンゴ新品種「ハックナイン」の育成について. 北海道立農業試験場集報. 60 : 87-98.
- 37) 渡辺智康 (1992) リンゴ四倍体品種の自家結実性. 青森県農業大学校平成4年度学生卒業論文集. p.124-129.
- 38) WAY, R. D. (1978 a) Pollination and fruit set of fruit crops. New York Food and Life Sciences Bulletin. 76 : 1-9.
- 39) WAY, R. D. (1978 b) Crab apple pollenizers. Pro. N.Y. State Hort. Soc. 123 : 97-101.
- 40) WAY, R. D., R. L. LABELLE and J. EINSET (1968) Jonagold and Spijon, two new apples from Geneva. N.Y. State Agr. Expt. Sta. Res. Circ. 12.
- 41) WEEDEN, N. F. and R. C. LAMB (1985) Identification of apple cultivars by isozymes phenotypes. J. Amer. Soc. Hort Sci. 110 : 509-515.
- 42) WILLIAMS, R. R., P. BRAIN, R. M. CHURCH and V. A. FLOOK (1984) Flower receptivity, pollen

transfer and fruit set variations during a single flowering period of Cox's Orange Pippin apple. J. Hort. Sci. 59 : 337-347.

- 43) 山田三智穂・鈴木長蔵・石山正行・佐藤 正・中村喜治・石沢 清 (1971) リンゴ品種相互ならびに自家受粉による結実率について. 東北農業研究, 12 : 282-285.
- 44) 山田三智穂 (1972) 戦後における品種の変遷. りんごの育種とわい化栽培. 青森県りんご育種同好会編, p. 70-77.
- 45) 山田三智穂・鈴木長蔵・石山正行・北山 弘・佐藤 耕 (1987) リンゴ新品種 '夏緑'・'北斗' について. 青森県りんご試験場報告, 24 : 1-10.
- 46) 山田三智穂 (1993) リンゴ種苗登録品種の特性. りんご品種改良の方向と展望. 青森県りんご育種同好会編, p. 214-224.
- 47) 吉田義雄・土屋七郎・定盛昌助 (1963) リンゴの品種及び交配実生間における交配不親和について. 園学雑, 32 : 96-102.

## Field Pollination Tests in Apple

Masayuki ISHIYAMA, Hiroshi KITAYAMA, Takashi SATO,  
Kiyoshi ISHIZAWA, Yoshiharu NAKAMURA,  
Cyouzou SUZUKI and Michiho YAMADA

Aomori Apple Experiment Station  
Kuroish, Aomori 036-03, Japan

### Summary

Apple cultivars are generally self-unfruitful ; they do not set fruits by their own pollen. However, a few apple cultivars also fail to fertilize each other because of genetic cross-incompatibility (YOSHIDA et al. 1963, YAMADA et al. 1971, WAY 1978 a).

From 1962 to 1993 we used field pollination tests to examine cross-compatibility of 42 apple cultivars. A preliminary report was published (YAMADA et al. 1971).

The results of our study are summarized below :

1. Almost all cultivars set less than 25% of the flowers that were self-pollinated. 'Megumi' was the one exception with a six year average of about 60% fruit set following selfing. This self-fruitfulness is due to both self-compatibility and parthenocarpy (SAITO et al. 1978, ISHIYAMA et al. 1981).
2. 42 apple cultivars were crossed with each other for a total of 609 combinations. With the exception of selfing and the crosses of diploid  $\times$  triploid about 92% of the combinations showed more than 50% fruit set.
3. Among diploid  $\times$  diploid and triploid  $\times$  diploid crosses, the combinations shown in Table 1 were found to be cross-incompatible. 'Natsumidori', 'Sekaiichi', 'Yoko', 'Kogetsu', 'Tsugaru', 'Kinsei' and 'Redgold' are all offspring of 'Golden Delicious'. Except 'Natsumidori', they are  $F_1$  hybrids of 'Golden Delicious' and were considered to inherit some incompatibility genes from it. However, they were considered to have a different combination since all of these cultivars were found to be cross-compatible with 'Golden Delicious'. 'Natsumidori', 'Sekaiichi' and 'Yoko' were considered to share the same incompatible genotype since they were incompatible with each other. However, among these three cultivars only 'Sekaiichi' pollen was incompatible with 'Jonagold', suggesting that 'Sekaiichi' has a different incompatible genotype than 'Natsumidori' and 'Yoko'.
4. 'Jonagold' was reported to result from the fertilization of a  $2n$  egg of 'Golden Delicious' with 'Jonathan' pollen (WEEDEN et al., 1985). It is cross-incompatible with 'Golden Delicious'. For the same reason, 'Mutsu' ('Golden Delicious'  $\times$  'Indo') and 'Ho-

kuto' ('Fuji' × 'Mutsu') are cross-incompatible with 'Golden Delicious' and 'Fuji', respectively. However, 'Hokuto' is also incompatible with 'Jonathan', and 'Jonathan' is not in the pedigree of this cultivar.

Table 1 Cross-incompatible pairs

ploidy	cross-combinations	% of fruit set	range (%)	No. years tested
diploid × diploid	Natsumidori × Sekaiichi	4.0	0~10.0	4
	Sekaiichi × Natsumidori	4.8	0~12.0	5
	Natsumidori × Yoko	0	—	4
	Yoko × Natsumidori	10.5	0~20.0	4
	Sekaiichi × Yoko	3.0	0~ 6.0	4
	Yoko × Sekaiichi	22.0	12.0~30.0	3
	Kogetsu × Tsugaru	3.0	0~ 8.0	6
	Tsugaru × Kogetsu	4.5	0~12.0	4
	Kinsei × Redgold	8.0	0~16.0	4
	Redgold × Kinsei	13.2	0~33.0	6
triploid × diploid	Jonagold × Golden Delicious	9.5	0~20.0	4
	Jonagold × Kinsei	12.0	0~28.0	4
	Jonagold × Natsumidori	14.4	6.0~24.0	5
	Jonagold × Yoko	11.0	2.0~36.0	6
	Hokuto × Jonathan	2.8	0~ 8.0	5
	Hokuto × Fuji	2.3	0~ 7.2	4
	Mutsu × Golden Delicious	2.6	0~ 6.0	8

Natsumidori=Kitakami × Meku 10, Sekaiichi=Golden Delicious (GD) × Delicious, Yoko=GD × unknown, Kogetsu=GD × Jonathan, Tsugaru=GD × Jonathan, Redgold=GD × Richarred Delicious, Kinsei=GD × Ralls Janet, Fuji=Ralls Janet × Delicious, Hokuto=Fuji × Mutsu, Mutsu=GD × Indo.