

## リンゴの交雑育種に関する基礎的研究(10)

誌名	弘前大学農学部学術報告 = Bulletin of the Faculty of Agriculture, Hirosaki University
ISSN	0073229X
著者	斎藤, 健一 新関, 稔 肥田野, 豊
巻/号	48号
掲載ページ	p. 126-135
発行年月	1987年12月

# リンゴの交雑育種に関する基礎的研究

## 第10報 種間交雑における結実率および種子稔性

斎藤 健一・新関 稔・肥田野 豊\*

育種学講座

(昭和62年10月31日受付)

### 緒 言

近年、リンゴ栽培においては、我が国の内外の急激な情勢変化に対応し、生産費の低減が強く望まれている。その中で耐病性品種の育成は薬剤散布を減らし、それに要する労力、費用などを軽減するばかりでなく、保健衛生上も重要である。また自家結実性品種の育成によって受粉操作にかかわる諸問題を根本的に解決し、経済的かつ定安的に結実率を高めることが可能である。したがって、耐病性ならびに自家結実性の向上はリンゴ育種の緊急課題である。そこでこれら特性に関与する遺伝子を栽培品種 (*Malus pumila* MILLER var. *domestica* SCHNEIDER) 以外の *Malus* 属の species に求める種間交雑育種法の重要性が高まってきた。アメリカの黒星病抵抗性品種 Prima などの育成は、我が国から導入された *M. floribunda* の抵抗性遺伝子が栽培品種に組み入れられた好例である (3,6,27)。

本報では種間交雑育種の効率を高めるための基礎資料をうる目的で、種間交雑の結実率、種子稔性ならびに胚珠(種子)の発育経過および交雑親の斑点落葉病抵抗性について実験したので、その結果の概要を報告する。

本研究の実施に御協力下さった弘前大学育種学講座の石岡ヒロ江事務官および卒業生の塚本秀樹、長内明人、松浦香織(旧姓 柳本)、今 修、八木橋明浩の諸氏ならびに本学附属藤崎農場の関係諸氏に感謝の意を表する。

なお、本研究は文部省の科学研究費補助金(課題番号 60480029)によった研究の一部である。これを機会に謝意を表する。

### 材料および方法

斑点落葉病抵抗性の検定には栽培品種および *Malus* 属 species を各4種供試した。抵抗性の検定方法(有傷ならびに無傷接種による切離葉検定)および判定基準(無病斑 0~全葉枯死4の5段階)は既報(17,18,20)と同様である。

供試菌株は AKI-3 および M-8 の2種(20,26)で、成木の最新展開葉を処理当り5葉供

\* 弘前大学教育学部

弘大農報 No.48: 126-135, 1987.

試した。有傷および無傷検定はそれぞれ接種2日および6日後に抵抗性程度を判定した。

交雑による果実の結実率および種子稔性の調査には、栽培品種“印度”“王鈴”“紅玉”(Jonathan)，“恵”および“Richared Delicious”による品種間交雑(種内交雑)5組合せおよび、その他の4 species (*M. asiatica* NAKAI, *M. baccata* BOURKH, *M. robusta* No. 5 および *M. scheideckeri* ZABEL)と“印度”との種間交雑など12組合せ(第2表参照)を供試した。

いずれの交雑も既報(19,21)と同様、組合せ当り供試花数を30~40とし、開花1~2日前の風船状花期(balloon stage)に除雄し、前年に採取した貯蔵花粉を綿棒で受粉し、直ちに紙袋をかけて自然交雑を防ぐよう留意した。

結実率(花叢または花単位で算出)は除袋した6月上旬と収穫期に調査した。除袋時に果梗へ毛糸を結び付け、その色で交雑組合せを識別した。収穫期に採取された果実内の稔実種子数を調査し、果実当り稔実種子数を種子稔性とした。

胚珠(種子)の発育を調査するため、“印度”に“Richared Delicious”, *M. baccata* および *M. Sieboldii* を前述の方法によって1987年5月7日に交雑し、受粉後14日から126日まで14日毎に計9回、各交雑組合せとも5~9個(平均 約7個)の幼果(果実)を採取し、胚珠(種子)の発育状態を調査した。なお、胚珠を受精胚珠と不受精胚珠に区分し、前者を発育が正常なものと異常なものに区別し、それらの数と重量を調査した。果実毎に平均値と変異係数(C.V.)を算出し、その平均値に基づいて分散分析を行い、Tukeyの方法によって平均値間差の有意性を検定した。

## 結 果

### 1. 斑点落葉病抵抗性

耐病性は侵入抵抗性と発病抵抗性とに区分される(12)が、前者は無傷接種、また、後者は

第1表 *Malus*属における斑点落葉病抵抗性の変異

年 次	1984年			1985年					
	有 傷 (2日)			有 傷 (2日)			無 傷 (6日)		
接 種 方 法	AKI-3 <sup>1)</sup> M-8 <sup>1)</sup> 平均値 <sup>2)</sup>			AKI-3 <sup>1)</sup> M-8 <sup>1)</sup> 平均値 <sup>2)</sup>			AKI-3 <sup>1)</sup> M-8 <sup>1)</sup> 平均値 <sup>2)</sup>		
品 種									
Jonathan (紅玉)	2.8	1.8	2.3 <sup>b</sup>	2.8	2.2	2.5 <sup>b</sup>	0.7	0.6	0.7 <sup>a,b</sup>
Megumi (恵)	0.9	0	0.5 <sup>a</sup>	2.0	1.6	1.8 <sup>a,b</sup>	0	0	0 <sup>a</sup>
Indo (印度)	4.4	3.8	4.1 <sup>c</sup>	4.2	4.0	4.1 <sup>a</sup>	5.0	5.0	5.0 <sup>c</sup>
Orei (王鈴)	3.9	3.5	3.7 <sup>c</sup>	4.8	4.2	4.5 <sup>a</sup>	4.1	4.2	4.2 <sup>c</sup>
<i>M. asiatica</i> NAKAI	0	0	0 <sup>a</sup>	1.6	1.0	1.3 <sup>a</sup>	0	0	0 <sup>a</sup>
<i>M. baccata</i> BOURKH	0.2	0.2	0.2 <sup>a</sup>	1.6	1.0	1.3 <sup>a</sup>	0.3	0.2	0.3 <sup>a</sup>
<i>M. robusta</i> No.5	0.3	0.1	0.2 <sup>a</sup>	1.9	1.0	1.5 <sup>a</sup>	1.0	0.8	0.9 <sup>a,b</sup>
<i>M. scheideckeri</i> ZABEL	2.4	2.3	2.4 <sup>b</sup>	3.5	3.8	3.7 <sup>c</sup>	2.5	1.0	1.8 <sup>b</sup>

1) 供試菌株、 2) 同一アルファベットの付いている平均値間には有意差がないことを示す (Tukey-検定)。

有傷接種による切離葉検定によって判定可能である。第1表から明らかのように、供試菌株ならびに年次によって多少変動したが、病斑指数の平均値で比較すると、栽培品種の“紅玉”および“恵”では無傷接種で0.7および0であり、侵入抵抗性は強いが、有傷接種での値は、2.4および1.2（2ヶ年平均）となり発病抵抗性はやや弱い。他方“印度”“王鈴”での病斑指数は有傷、無傷いずれの接種でもおおむね4～5と大きな値となり、侵入、発病抵抗性はともに著しく弱い。

果実が小さく栽培品種と species を異にする *M. asiatica* NAKAI, *M. baccata* BOURKH および *M. robusta* No. 5 での病斑指数はいずれの接種でも0～1.5の範囲であり、侵入、発病の両抵抗性は共に著しく強かったのに対し、*M. scheideckeri* ZABEL では無傷接種での病斑指数は1.8であり、侵入抵抗性はやや弱く、発病抵抗性はかなり弱いと判断され（有傷接種での病斑指数は2.4～2.7）抵抗性の遺伝変異は大きかった。また黒星病抵抗性についても *Malus* 属の species や栽培品種の間にも大きな遺伝変異があった（4）。これらの結果から *M. asiatica* NAKAI, *M. baccata* BOURKH ならびに *M. robusta* No. 5 は斑点落葉病抵抗性品種育成のための優れた育種材料であると考えられる。

## 2. 結実率および種子稔性

6月上旬の調査時点では、“印度”“王鈴”“紅玉”および“恵”の栽培品種間交雑（種内交雑）4組合せの結実率は92～100%であり年次ならびに組合せの間に差異は認め難かったが、収穫期での年次間差異が顕著な組合せもあった（第2表）。例えば“印度×王鈴”および“印度×紅玉”の2組合せでは年次間差異がそれぞれ27%および22%と大きかった。この原因としては気象的要因も無視できないが、生理的あるいは病理的原因による供試樹の樹勢などの差異によるところが大ききように観察された。他方、“印度”と *M. asiatica*, *M. baccata* および *M. robusta* との種間交雑8組合せの結実率は年次によって変動し、6月上旬調査で33～100%（平均87%）収穫期の結実率は23～99%（平均76%）であった。正逆交雑を比較すると、一般に *M. robusta* および *M. asiatica* を母本とする組合せでの値に比較して栽培品種の“印度”を母本とする逆交雑での結実率は高かった。

種子稔性は種内交雑では7.3～8.7、平均8.1であったのに対し、種間交雑では1.8～8.0、平均3.7であり、種内交雑に比較して平均値で約1/2と低かった。このような種間交雑の間にみられる種子稔性の変異は両親の遺伝的類縁関係の差によるものと考えられる。また、種間交雑での正逆交雑の種子稔性を比較すると結実率同様、栽培品種“印度”を母本とする組合せは、その逆交雑に比較して高く、特に *M. baccata* および *M. robusta* との組合せでは正・逆の差が認められた。

自家結実性の強い品種“恵”の自家受粉では、6月上旬および収穫期の結実率が83%および79%、種子稔性は4.3であり、種間交雑の平均値に近似し、品種間交雑に比較していずれの値も小さく、既報（19,22,25）の結果とよく一致した。なお *M. robusta* × *M. asiatica* および *M. baccata* × *M. asiatica* の種間交雑では不結実であったことから、これらは互に交雑不和合であると推定された。

*M. scheideckeri* は完全雄性不稔性であること（23）から、無受粉処理によって得られる果実および種子は、それぞれ単為結果および apomixis に起因するものと推定され、結実率および

種子稔性はそれぞれ 90%および 2.9と高かった。*M. scheideckeri* と“印度”または“紅玉”

第2表 *Malus* 属の種内および種間交雑における結実率および種子稔性

	交雑組合せ	結実率 (%)		種子 <sup>1)</sup> 稔性	異常 <sup>3)</sup> 個体 (%)	年次
		6月上旬	収穫期			
品 種 間 (種 内)	Indo×Orei (玉鈴)	{ 100	97	7.6	3.2	1984
		{ 100 <sup>2)</sup>	70	8.4	3.9	1985
	Indo×Jonathan (紅玉)	{ 100	77	8.1	0	1984
		{ 100	99	8.6	—	1985
	Indo×Megumi (恵)	100	98	8.7	11.8	1985
	Megumi×Indo (印度)	92	91	7.3	6.8	1984
交 雑	平 均 値	98.4 ±1.6	88.7 ±5.0	8.1 ±0.2	5.1 ± 2.0	
	Megumi×Megumi	83	79	4.3	1.6	1984
種 間 交 雑 A	<i>M. asiatica</i> ×Indo	{ 57	43	2.4	—	1984
		{ 93	68	2.2	48.5	1985
	Indo× <i>M. asiatica</i>	{ 95	85	3.0	27.8	1984
		{ 100 <sup>2)</sup>	74	2.9	40.0	1985
	<i>M. baccata</i> ×Indo	{ 97	73	2.7	54.5	1984
		{ 100	99	3.2	29.1	1985
	Indo× <i>M. baccata</i>	100	98	5.8	24.2	1985
	<i>M. robusta</i> ×Indo	33	23	6.3	—	1984
	Indo× <i>M. robusta</i>	98	91	8.0	18.8	1985
	<i>M. scheideckeri</i> ×Indo	93	92	2.6	—	1985
	〃 ×Jonathan	100	88	1.8	—	1985
	平 均 値	86.6 ±7.2	75.8 ±7.2	3.7 ±0.6	34.7 ±5.0	
種 間 交 雑 B	<i>M. scheideckeri</i> ⊗ <sup>4)</sup>	100	90	2.9	—	1985
	<i>M. robusta</i> × <i>M. asiatica</i>	3	0	—	—	1984
	<i>M. baccata</i> × <i>M. asiatica</i>	0	—	—	—	1984
	<i>M. asiatica</i> ⊗	0	—	—	—	1984

1) 果実当たり稔実種子数、2) 花叢単位で算出した、3) 一印の部分は欠測値、4) 無受粉で袋掛した。

との種間交雑での結実率はそれぞれ90%および80%，種子稔性はそれぞれ 2.6および 1.8であり，無受粉袋掛処理での値に比較して大差は認められなかった。前述のように *M. scheideckeri* の apomixis の程度はかなり高いことから，栽培品種の花粉を受粉して得られた果実ならびに種子は完全な交雑によるものでないことも予測されるので，それらの実生を（1984年に播種）育成中であるが，現時点では apomixis ならびに種間交雑による実生の形態的特性間に差異が認められない。

本葉4，5枚程度の幼苗時での異常個体割合（第2表）は種内交雑で0～12%，平均5.1%

と低かったのに反し、種間交雑では19~55%, 平均35%と極めて高かった。

### 3. 胚珠(種子)の発育

果実当り胚珠数は品種によって異なるが、“印度”では通常10個である。受粉後14日目の時点で、正常に発育している胚珠と発育が停滞ないしは停止したものとは、観察によって容易に判別できるので、前者を受精胚珠とした。その後、受精胚珠の発育が順調な場合と停滞する場合があるので、前者を正常胚珠、後者を異常胚珠とした。第3表には各調査時点の果実当り平均値に基づいて算出した値を示した。

第3表 交雑組合せと胚珠数ならびに胚珠重との関係 (1987年)

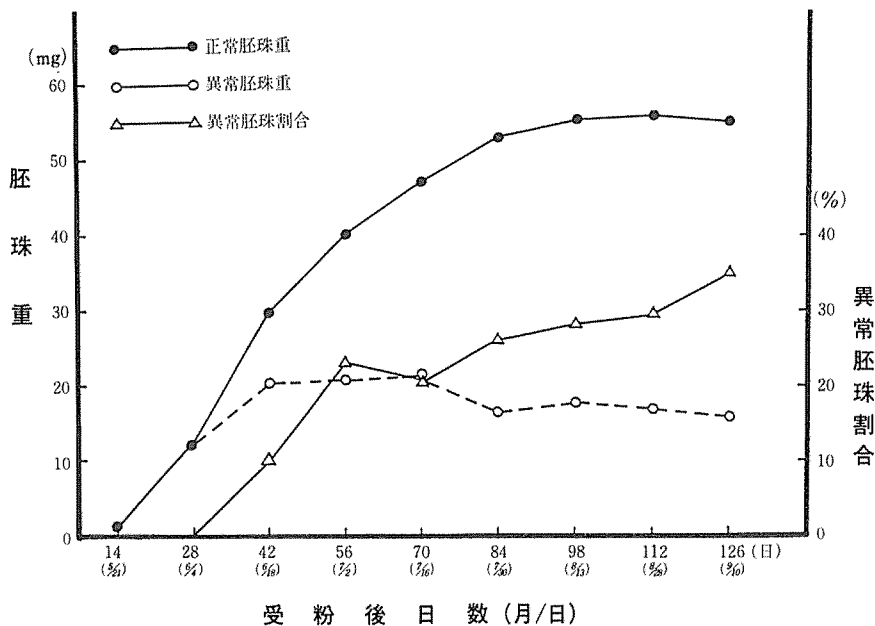
交雑組合せ	胚珠(種子)数 <sup>1)</sup>				胚珠(種子)重 <sup>1)</sup>			花粉 発芽率 <sup>3)</sup>	結実率(%)	
	受精	正常	異常	(%)	正常	異常	C.V. <sup>2)</sup>		6/4	10/10
Indo×R.Delicious <sup>4)</sup>	8.7 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	0.2 <sup>b</sup>	(2.3)	39.5 <sup>b</sup>	—	14.1 <sup>b</sup>	86	96	94
Indo× <i>M. baccata</i>	8.6 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	1.7 <sup>a</sup>	(19.8)	38.8 <sup>b</sup>	18.6	30.0 <sup>a</sup>	70	98	91
Indo× <i>M. Sieboldii</i>	4.5 <sup>b</sup>	4.4 <sup>c</sup>	0.1 <sup>b</sup>	(2.2)	43.9 <sup>a</sup>	—	10.6 <sup>b</sup>	17	78	75

1) 5月21日~9月10日まで2週間毎に調査した9回の平均値(mg)を示す。

同一アルファベットの付いている平均値間には有意差がないことを示す(Tukey-検定)。

2) C.V.は変異係数(%)を示す。3) 置床5時間後の平均発芽率(%)。4) Richard Delicious。

受精、正常および異常;それぞれ受精した胚珠、正常胚珠および異常胚珠を示す。



第1図 交雑組合せ“印度×*M. baccata*”における胚珠重および異常胚珠割合の推移 (1987年)

種間交雑“印度× *M. baccata*”での受精胚珠（種子）数は8.6で、種内（品種間）交雑の“印度× Richared Delicious”での値8.7とほぼ等しかったが、“印度× *M. Sieboldii*”では4.5と少なく、およそ1/2であった。異常胚珠は種内交雑および種間交雑“印度× *M. Sieboldii*”では、いずれの時点でも極めて少なく、それぞれ2.4%および1.3%であった。他方、種間交雑“印度× *M. baccata*”では受粉後28日目以降に異常胚珠が急増し、受粉後56日の時点での異常胚珠割合は23%に達した。その後、漸増し受精後126日（9月10日）では35%となり、受精胚珠の約1/3が発育異常を呈した。このように“印度× *M. baccata*”では異常胚珠が多かったので、正常と異常な胚珠それぞれについて重量（生体重）を調査し、その推移を示したのが第1図である。なお、種内交雑および“印度× *M. Sieboldii*”での正常胚珠重の推移は“印度× *M. baccata*”のそれとほぼ一致した。正常胚珠の重量は、いずれの交雑組合せにおいても受粉後約100日で最大に達し、以後やや漸減する傾向がみられた。他方、異常胚珠は受粉後42日で平均20mgであるが、正常なものに比較して10mg 軽かった。この時点以降正常と異常な胚珠の重量較差は急増し、正常胚珠が直線的に増加した受粉後84日の時点（7月30日）で、両者の較差はほぼ最大（37mg）に達した。それ以降、大きな変化が認められず、異常胚珠の重量は平均値で20mg未満で停滞し、不稔種子となった。これらの結果は“印度× *M. asiatica*”での結果（2）と一致した。

交雑に用いた花粉の発芽率を第3表に示したが3種の間には顕著な差異が認められ、“Richared Delicious”（86%）および、*M. baccata*（70%）が良好であったのに対し、*M. Sieboldii*（17%）は不良であった。結実率（第3表）は“印度× Richared Delicious”および“印度× *M. baccata*”で高く（90%以上），“印度× *M. Sieboldii*”ではやや低かった（約75%）。また前述のように“印度× *M. Sieboldii*”の受精胚珠ならびに正常胚珠の数も他組合せに比較して少なかったことは *M. Sieboldii* の花粉発芽率が不良であったことと関連があると思はれるので再検討が必要である。

## 考 察

アメリカで育成された黒星病菌 (*Venturia inaequalis* (Cke.) WINT) に対する抵抗性品種“Prima”は、1862年、我が国からアメリカに導入された *M. floribunda* 821（黒星病抵抗性遺伝子 *Vf* をもつ）と栽培品種“Rome Beauty”（芦川）との交雑に由来し、1934年に見出された黒星病抵抗性個体を第1次交雑母本とした。その後3回の交雑によって育種が進められ、1970年品種として発表されたものである。この黒星病抵抗性品種育成は、3大学の共同研究により実施された。1977年迄に約3,000組合せ以上の交雑、延約35万個体を接種対象とする大規模でしかも困難な育種の成果として“Prima”や“Priscilla”が1970年以降になってようやく発表された（6, 27）。この事例ばかりでなく、海外での数多くの事例（27）からも明らかのように、我が国においても高度な耐病虫性または耐寒性のリンゴ品種の育成に際しては *Malus* 属での種間交雑、またはバラ科 *Rosaceae* での属間交雑（14, 15）による育種を積極的に進めるべきと考える。例えば、高度の斑点落葉病抵抗性品種育成に際しては、侵入、発病抵抗性がともに優れている *M. baccata*, *M. asiatica* または *M. robusta* が有し、栽培品種にない優性の抵抗性遺伝子（24）導入を計る種間交雑育種は重要と考える。また、省力栽培に有用な自家結実性品種または、種子繁殖可能な栽培品種や台木品種育成には、*M. baccata* などに比較し斑点落葉病抵抗性はやや

劣るが apomixis や単為結果性の強い *M. scheideckeri* (23) のもつ優良遺伝子を栽培種に導入することも考慮されるべきであろう。果実の小さい species の利用に際し、不良な小果実性と望ましい斑点落葉病抵抗性ととのリンケージの強さが懸念されるが、黒星病抵抗性品種育成の過程で調査された (3) ように、そのリンケージの強さについて検討する必要がある。

*M. asiatica* に限らず、*M. robusta*, *M. baccata* は完全な自家不和合性を示すが、“印度”の自家結実率 (15~30%) は“恵”に比較して低いが、やや自家和合性を示す (22) ので交雑に際しては除雄を必要とする。したがって、*Malus* 属でも除雄操作を省略できる完全な自家不和合性および、雄性不稔性の利用によって交雑効率を高めることは重要である。しかしながら完全雄性不稔性である *M. scheideckeri* のような apomixis の強いものを母本とすれば、受精胚を獲得できる確率は極めて低くなる。その際には、標識遺伝子の利用による交雑 (13) および細胞融合などの新しい育種技術の応用による育種効率の向上が必要であろう (11, 16)。

種間あるいは属間交雑育種における供試個体数は種内 (品種間) 交雑に比較して、かなり多くなければ望ましい遺伝子型のものを見出す確率は極めて低くなる。また、種間交雑では果実当りの稔実種子数は少なく、一般的には種内交雑の約 1/2 であることから、同数の雑種育成を前提とすると、種間交雑に供試する花数は種内交雑の少なくとも 2 倍必要となる。また、“印度×*M. baccata*”の組合せでは正常に發育しない異状胚珠の割合が 9 月上旬には約 35% にも達し、種子稔性が著しく低下するので胚珠または胚の培養による雑種育成効率の向上が望まれる。

リンゴの胚培養、胚珠培養については多くの研究報告 (1, 2, 5, 7, 9, 10, 16 など) が発表されており、胚培養によって長期に亘る休眠を打破し幼苗育成期間を短縮するとともに胚の發育不全を克服できる (10)。完全な個体をうるための胚培養時期についての実験結果 (1, 2, 7, 9) によると、栽培品種では開花後約 50 日以降で完全な個体を育成できるが、それ以前ではカルスが形成されるのみであるという点でほぼ一致している。我が国では、リンゴの栽培品種や台木の胚珠ならびに胚の培養については石原 (5)、原田ら (1)、斎藤ら (16)、また、著者らは種間交雑による胚珠培養を行っているが、最適培養条件を解明できていない (2)。本実験での種間交雑“印度×*M. baccata*”および既報 (2) での“印度×*M. asiatica*”で多くみられる異状胚珠を減少させる受粉方法ならびに胚の發育不全を防ぐための胚培養法を確立し、雑種の育成効率を高めることは今後ともリンゴの種間交雑育種における重要課題である。

## 摘 要

リンゴ栽培品種の主要形質である耐病虫性、自家結実性、耐寒性などの改良に際し、種間交雑育種の効果は大きいが困難な点も多い。本報では種間交雑に関連する諸問題、特に斑点落葉病抵抗性の遺伝変異、結実率、種子稔性および胚珠 (種子) の發育について検討し、次のような結果を得た。

1. 斑点落葉病抵抗性の種間変異は栽培品種間変異 (種内変異) に比較して小さく、*M. baccata*, *M. robusta* および *M. asiatica* は栽培品種でみられない高度の抵抗性を示した。

2. 種内交雑 (品種間交雑) に比較し、種間交雑での結実率はやや低く、種子稔性も低く、約 1/2 であった。他方、異常個体の割合は著しく多く、雑種の育成効率は極めて低かった。

3. 不受精胚珠および異常胚珠はそれぞれ“印度×*M. Sieboldii*”および“印度×*M. baccata*”



で特に多く、異常胚珠の発育は受粉後42日以降に停滞した。

### 引用文献

1. 原田 久・大石 惇・細井寅三：*In vitro* におけるモモおよびリンゴの胚の生長と分化能。園学要旨・昭62春：194-195, 1987.
2. 肥田野 豊・斎藤健一・新関 稔：*Malus* 属の種間交雑に関する研究 2. 種子の発育と胚培養。育雑 37 (別1)：366-367, 1987.
3. HOUGH, L. F. : A survey of scab resistance of foliage on seedlings in selected apple progenies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 44 : 260-272, 1944.
4. HOUGH, L. F., J. R. SHAY and D. F. DAYTON : Apple scab resistance from *Malus floribunda* Sieb. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62 : 341-347, 1953.
5. 石原愛也：リンゴおよび台木の茎頂培養による無ウイルス苗木育成に関する研究。昭和56, 57年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書1-17, 1983.
6. 石山正行：アメリカのリンゴ事情。海外の最新りんご事情(青森県りんご試験場園生会編集) 1-120, 1979.
7. JAMES, D. J., A. J. PASSEY and D. C. DEEMING : Adventitious embryogenesis and the *in vitro* culture of apple seed parts. *J. Plant Physiol.* 115 : 217-229, 1984.
8. KOUIDER, M., S. S. KORBAN, R. M. SKIRVIN, and M. C. CHU : Influence of embryonic dominance and polarity on adventitious shoot formation from apple cotyledons *in vitro*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 : 381-385, 1984.
9. KOUIDER, M., S. S. KORBAN, R. M. SKIRVIN and H. JOUNG : The relationship of apple embryos and their cotyledons to maturity, dormancy, and the potential to form shoots *in vitro*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110 : 93-96, 1986.
10. NICKELL, L. G. : Embryo culture of weeping crabapple. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57 : 401-405, 1951.
11. NIIZEKI, M., Y. HIDANO, and K. SAITO : Callus formation from isolated protoplasts of apple, *Malus pumila* MILL. *Japan. Breed.* 33 : 369-374, 1983.
12. 小野小三郎：いもち病に対する稲品種抵抗性の変動に関する問題。育種学最近の進歩 第3集 26-35, 1962.
13. SCHMIDT, H. : Contributions on the breeding of apomictic apple stocks. 4. On the inheritance of apomixis. *Z. Pflanzenzüchtg.* 78 : 3-12, 1977.
14. 志村 勲・清家金嗣・穴倉豊光：ニホンナシとリンゴの属間交雑。育雑30：170-180, 1980.
15. 志村 勲・伊藤裕司・清家金嗣：ニホンナシ (*Pyrus serotina* REHD) とマルメロ (*Cydonia oblonga* MILL.) との属間雑種。園学雑 52 : 243-249, 1983.
16. 斎藤 彰・肥田野 豊・新関 稔・斎藤健一：リンゴカルスからの再分化及び細胞融合。植物組織培養シンポジウム(第10回)講演要旨 183, 1987.
17. 斎藤健一・中山林三郎・武田和義：リンゴの交雑育種に関する基礎的研究 第4報 リンゴ斑点落葉病抵抗性の検定方法。弘大農報 24 : 41-48, 1975.
18. 斎藤健一・武田和義・中山林三郎：リンゴの交雑育種に関する基礎的研究 第5報 リンゴ斑点落葉病に対する果実ならびに葉身における抵抗性の相互関係。弘大農報 26 : 42-49, 1976.
19. 斎藤健一・武田和義・中山林三郎：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, 1978.
20. 斎藤健一・新関 稔・和気真理・肥田野 豊: リンゴの交雑育種に関する基礎的研究 第9報 リンゴ斑点落葉病菌 (*Attemaria mali* ROBERTS) の病原性とポリオキシン耐性の変異. 弘大農報 40:23-30, 1983.
  21. 斎藤健一・武田和義: リンゴ斑点落葉病抵抗性の遺伝—リンゴの交雑育種に関する研究 (第8報) 育雑 34:197-209, 1984.
  22. 斎藤健一・新関 稔: リンゴの自家不和合性に関する研究 3. 自家結実性と自家不和合性ならびに単為結果性との関係. 育雑 34 (別2):102-103, 1984.
  23. 斎藤健一・新関 稔: *Malus* 属の種間交雑に関する研究 1. 結実率, 稔実率および雑種の特性. 育雑 35 (別2):244-245, 1985.
  24. 斎藤健一・新関 稔: リンゴ斑点落葉病抵抗性に関する研究 XI. 種間交雑における抵抗性の遺伝分析. 育雑 37 (別1):320-321, 1987.
  25. 斎藤健一・新関 稔: リンゴの自家不和合性に関する研究 4. 自家結実性の遺伝変異および環境変異. 育雑 37 (別2):202-203, 1987.
  26. 沢村健三: リンゴ斑点落葉病に関する研究. 弘大農報 18:152-235, 1972.
  27. 吉田義雄: リンゴ育種をめぐる諸問題[6],[7],[8]. 農及園 61:788-792, 788-792, 999-1004, 1986.

FUNDAMENTAL STUDIES ON BREEDING OF THE APPLE  
X. FRUIT SET AND SEED FERTILITY  
IN INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION

Ken-ichi SAITO, Minoru NIIZEKI and Yutaka HIDANO\*

*Laboratory of Plant Breeding*

SUMMARY

In the improvement of apple cultivar, an interspecific hybridization is considerably important to introduce many useful characters such as disease and insect resistance, cold hardiness, and self-fruitfulness of wild species.

In order to carry out apple breeding by the interspecific hybridization, the genetic variation of resistance to *Alternaria* blotch was examined in several cultivars and wild species. Also, the fruit-set ability, seed fertility and ovule development were examined in the intra- and interspecific crosses. The results are summarized as follows:

1. The variation of resistance to *Alternaria* blotch among the wild species was smaller than that of the cultivars. The wild species, *M. baccata*, *M. robusta* and *M. asiatica*, however, showed remarkably higher resistance than the cultivars.

2. The interspecific crosses indicated somewhat lower fruit set than the intraspecific crosses and only about half of the seed fertility of the intraspecific crosses. In addition, many interspecific hybrid seedlings exhibit deformity and a few interspecific hybrids developed normally.

3. In the interspecific cross, 'Indo  $\times$  *M. Sieboldii*', many unfertilized ovules were observed and resulted in an average of only 4.5 seeds per fruit. On the other hand, in the cross, 'Indo  $\times$  *M. baccata*', many abnormal fertilized ovules appeared about 28 days after the pollination and 35% of ovules ceased their development.

Bull. Fac. Agric. Hirosaki Univ. No. 47 : 126-135, 1987.

---

\* Faculty of Education, Hirosaki University.