

リンゴ‘ふじ’に対する受粉作業の効率化

上 村 大 策 ・ 森 田 泉 ・ 金 塚 朱 美
田 口 辰 雄 ・ 久 米 靖 穂 ・ 田 口 茂 春

目 次

I. 緒 言	1
II. 各種受粉機の効果	1
1. 材料及び方法	1
1) 訪花昆虫遮断条件下での受粉機の効果(試験1)	1
(1) 結実への影響	1
(2) 果実品質への影響	2
2) 自然条件下での受粉効果と作業性(試験2)	2
(1) 結実への影響	2
(2) 果実品質への影響	2
(3) 作業性の比較	3
2. 結果及び考察	3
1) 訪花昆虫遮断条件下での受粉機の効果(試験1)	3
(1) 結実への影響	3
(2) 果実品質への影響	3
2) 自然条件下での受粉効果と作業性(試験2)	5
(1) 結実への影響	5
(2) 果実品質への影響	6
(3) 作業性の比較	7
III. 背負い式動力散布機の有効利用	7
1. 材料及び方法	7
1) ショ糖液散布による受粉効果(試験3)	7
2) 改良ノズルによる受粉効果(試験4)	8
2. 結果及び考察	8
1) ショ糖液散布による受粉効果(試験3)	8
2) 改良ノズルによる受粉効果(試験4)	9
IV. 総合考察	10
V. 摘 要	11
VI. 引用文献	12

I. 緒 言

‘ふじ’はリンゴの主要品種であり、全国のリンゴ品種構成の約50%を、秋田県では60%以上を占めている(10)。さらに、ふじの枝変わりである‘やたか’や‘みしまふじ’などが増加しており、‘ふじ’系統への偏重傾向が続いている。このため、受粉樹の不足による結実の不安定や果実形状への影響など、様々な問題が出始めている。

秋田県のリンゴ栽培における人工受粉は、1953、1954年の県北部におけるモニリア病の多発生後に耕種的防除の一つとして行われるようになったが、その後、作業の

省力化を図るため訪花昆虫利用の研究が進み、1972年からマメコバチ、1973年からミツバチを導入してから人手による人工受粉は次第に少なくなってきた(8)。

近年の就農者の減少、高齢化、婦女子化が深刻な問題となっている中で、作業労働時間の短縮、軽労化が求められている。

このため、摘果作業の省力化と高品質生産を維持させるためには、中心果の結実を確保した上での、摘花剤や摘果剤の使用が前提となることから、こうした技術を安全に、かつ、効果的に利用するためにも人工受粉が見直されつつある。

Williams (12)によるとリンゴの柱頭の受粉能力は一般的に約5日間と言われ、受粉作業はこの限られた開花期間内で作業を行わなければならない。しかし、人手による人工受粉は、20,000花/10aに行う場合、約20時間(9)と多くの労働力、時間が必要であり、作業面積が限られてくる。そのため、省力的かつ効果的な受粉方法が求められている。

本報では、すでに開発されている人工受粉機を利用した場合の結実や果実品質に対する受粉効果、受粉作業の効率性について検討したのでその結果を報告する。

なお、本報告を取りまとめるに当たり、ご校閲、ご教示頂いた当試験場職員の方々、試験を遂行するに当たり、処理、調査等に多大な御協力を頂いた高橋輝子氏、奥隆嗣氏に厚く御礼を申し上げます。また、本報告の一部は平成8年度園芸学会東北支部大会で報告した。

II. 各種受粉機の効果

1. 材料及び方法

1) 訪花昆虫遮断条件下での受粉機の効果(試験1)

(1) 結実への影響

各受粉機の効果を確認するため、訪花昆虫を遮断した条件で1996、1997年の2か年試験を行った。供試樹はマルバカイドウ台木‘ふじ’33年生樹を用い、1区1側枝3反復として開花前に白寒冷紗(#200)で側枝を覆った。バルーン期であった1996年5月16日、1997年5月9日に中心花の花弁を除去した後、各受粉方法で受粉を行い、再び被覆した。使用した花粉は発芽率80%以上の‘王林’の当年花粉で、花粉1に対して石松子3に容量比で希釈したものを用いた。処理の内容は第1表のとおりである。背負い式動力散布機(以下背負式 株式会社

第1表 処理区の構成(試験1)

処 理 区
① 電池式羽毛回転型受粉機
② 背負い式動力散布機
③ 綿棒受粉
④ 対照無処理

ハツタ製JH-35(写真1)はエンジン回転数目盛り3、花粉吐出量目盛り2で使用し、電池式羽毛回転型受粉機(以下電池式 株式会社ミツワ製SK-3 写真2、3)は花粉吐出量目盛り5で使用した。綿棒を用いた人手による人工受粉(以下綿棒式)は受粉用梵天を用いて受粉を実施した。

調査は花粉柱頭付着量、結実率について行った。花粉

第2表 処理区の構成(試験2)

処 理 区
① 電池式羽毛回転型受粉機
② 背負い式動力散布機
③ 綿棒受粉
④ 対照無処理

柱頭付着量は、各処理10花を供試して、受粉を実施した後、直ちに花を採取して、花器から雌ずいを切除し、1%Tween20®水溶液を満した試験管に雌ずいを浸し、超音波洗浄器で約5秒間振とうしてから花粉を分離、顕微鏡で花粉付着数をカウントした。結実率は1996年6月3日、1997年6月2日に開花数に対する結実数で算出した。

(2) 果実品質への影響

受粉による果実品質への影響を検討するために、収穫は1996年は11月2日、1997年は11月7日に行い、果重、果実形状、果実径、非対称指数、種子数を調査した。果実形状の調査は果形指数1～5の5段階に分類して行った(写真4参照)。果形指数1は正形の果実、2は若干斜形であるが、商品性があると評価できる果実、3はや

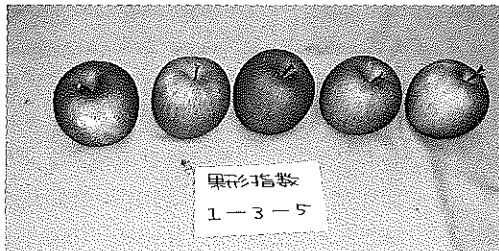


写真4 果形指数

- 果形指数 1: 正形(商品価値良好)
 2: 若干斜形(商品価値あり)
 3: やや斜形(商品価値やや劣る)
 4: 斜形(商品価値劣る)
 5: 著しい斜形(商品価値かなり劣る)



写真1 背負い式

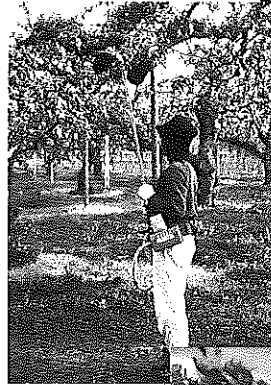


写真2 電池式

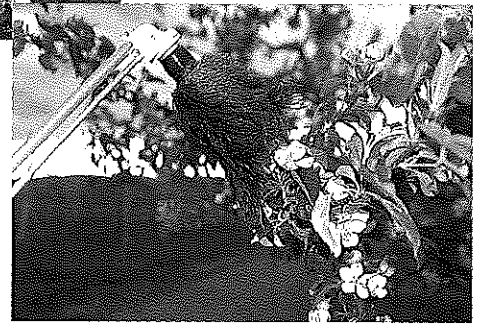


写真3 電池式(先端部)

や斜形で商品性がやや劣る果実、4は果実が斜形で商品性が劣る果実、5は果実が著しい斜形で商品性はかなり劣るのものとした。非対称指数は(最大径-最小径)/最大径×100として算出した。

2) 自然条件下での受粉効果と作業性(試験2)

(1) 結実への影響

実際の受粉機の使用場面を想定し、1996、1997年に訪花昆虫による受粉を前提とした場合の受粉機の利用効果について試験を行った。供試樹はM.9を中間台としたマルバカイドウ台木‘ふじ’16年生樹を用い、1区1樹5～7反復として、中心花満開期の1996年は5月17日に、1997年は5月9日にそれぞれの処理を実施した。処理は第2表のとおりである。受粉機の使用方法は試験1と同様とした。結実率は1996年が6月3日、1997年が6月2日に開花数に対する結実数で算出した。

(2) 果実品質への影響

収穫は1996年が11月5日、1997年が11月7日に行い、果重、果実形状、種子数を試験1と同様の方法で調査した。

(3) 作業性の比較

各受粉機について作業時間、使用花粉量の調査を行った。調査は各区3～7樹について受粉に要した作業時間、花粉使用量を計測し、125本/10a換算で算出した。

2. 結果及び考察

1) 訪花昆虫遮断条件下での受粉機の効果(試験1)

(1) 結実への影響

花粉柱頭付着量は、1996年と1997年との間で年次変動が大きかった。1996年の付着量は綿棒式が最も多く1花当たり304個、次いで電池式は142個と多かったが、背負式では44個と有意に少なかった。1997年は、綿棒式が1020個、電池式が372個、背負式が59個の順で、有意な差が

みられた(第3表)。また、試験1の中心果結実率は綿棒式が兩年ともに95%前後とほとんどすべてが結実した。次いで電池式で1996年が73%、1997年が71%と十分な結実が認められたが、背負式では1996年が45%、1997年が21%となり、その効果が劣った(第3表)。

以上のことから、花粉付着量が多くなれば、結実率が向上する傾向がみられた。

(2) 果実品質への影響

果実の大きさは、1996年の平均果重が綿棒式は341gと良好な肥大がみられたのに対して、電池式が295g、背負式は271gとやや小さい傾向であった。1997年も同様の傾向であり、綿棒式が平均318gと最も大きく、次いで電池式、背負式の順であった(第4、5表)。また、1996年

第3表 1花当たりの花粉付着量と結実率に対する受粉処理の影響(試験1)

処 理 区	花粉柱頭付着量(個)		中心果結実率(%)	
	1996年	1997年	1996年	1997年
電 池 式	142b (48)	372b (36)	73.3a	71.1b
背 負 式	44c (14)	59c (6)	44.5b	20.5c
綿 棒 式	304a (100)	1020a (100)	95.0a	94.7a
対 照 無 処 理	4c (1)	19c (2)	8.9	6.9

表中の異符号はダンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

対照無処理の結実率は反復数不足のため検定から除く

() は綿棒式を100とした割合

第4表 果実の大きさと形状に対する受粉処理の影響(1996, 試験1)

処 理 区	果重 (g)	果形 指数 ^z	タテ (cm)	ヨコ (cm)	種子数 (個)
電 池 式	295b	2.7	8.1b	8.8b	7.3b
背 負 式	271c	3.0	7.9c	8.5c	3.9c
綿 棒 式	341a	2.0	8.2a	9.2a	12.1a
対 照 無 処 理	247	4.1	7.5	8.4	3.4

表中の異符号はダンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

対照無処理は反復数不足のため検定から除く

^z 1: 正形 2: 若干斜形 3: やや斜形 4: 斜形 5: 著しい斜形

第5表 果実の大きさと形状に対する受粉処理の影響(1997, 試験1)

処 理 区	果重 (g)	果形 指数 ^z	タテ (cm)	ヨコ (cm)	非対称指数 ^y		種子数 (個)	有種子 心室数
					タテ	ヨコ		
電 池 式	266ab	1.9	8.0b	8.3b	7.1a	3.9	5.3b	3.6b
背 負 式	261b	3.7	8.2b	8.2b	12.7b	3.7	1.9c	1.6c
綿 棒 式	318a	1.6	8.6a	8.8a	6.7a	3.4n.s	8.7a	4.9a
対 照 無 処 理	297	2.7	8.2	8.8	8.2	6.7	1.3	1.3

表中の異符号はダンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

対照無処理は反復数不足のため検定から除く

^z 1: 正形 2: 若干斜形 3: やや斜形 4: 斜形 5: 著しい斜形 ^y (最大径-最小径)/最大径×100

の収穫果の果重分布は300 g以上の果実の割合は綿棒式では約80%と多かったが、電池式は約45%、背負式は25%であった。1997年の300 g以上の果実は、綿棒式では約65%であったのに対して、電池式が約9%、背負式が14%であり、綿棒式より有意に少なかった（第6表）。

果実の形状については、1996年の果形指数は綿棒式が平均2.0、電池式は2.7、背負式3.0であり、商品性のある果実として評価できる果形指数1と2の割合は、綿棒式の約77%、電池式は約45%、背負式は約35%であった（第4、7表）。1997年の果形指数は綿棒式が1.6、電池式が1.9であったのに対し、背負式は3.7と有意に高く、

果実縦径の非対称指数も同様に有意な差が認められた。また、果形指数1、2の割合は綿棒式で約85%、電池式で約72%となったが、背負式では約14%と少なかった（第5、7表）。

種子数については1996年は綿棒式が1果平均12.1個と最も多く、次いで、電池式の7.3個であったが、背負式は3.9個と少なかった。また、綿棒式は種子数が11個以上形成されている果実が70%以上であったのに対して、電池式、背負式の順で明らかに種子数は少なかった（第4、8表）。1997年は綿棒式が8.7個であり、電池式が5.3個、背負式が1.9個と有意な差が認められ、分布も同様に

第6表 果重分布に対する受粉処理の影響（試験1）

処 理 区	年次	400 g 以上	350 ～399	300 ～349	250 ～299	249 g 以下
電 池 式	1996	4.5%	9.1%	31.8%	35.1%	19.5%
	1997	0	6.1	3.0	51.5	39.4
背 負 式	1996	0	4.9	20.1	43.8	31.3
	1997	0	0	14.3	57.1	28.6
綿 棒 式	1996	12.3	29.5	38.4	16.4	3.4
	1997	7.4	13.0	44.4	29.6	5.6
対 照 無 処 理	1996	0	0	15.8	36.8	47.4
	1997	0	0	0	66.7	33.3

第7表 果形指数分布に対する受粉処理の影響（試験1）

処 理 区	年次	1	2	3	4	5
電 池 式	1996	9.1%	34.4%	39.0%	11.7%	5.8%
	1997	42.4	30.3	24.2	3.0	0
背 負 式	1996	6.3	28.5	34.0	25.7	5.6
	1997	14.3	0	28.6	14.3	42.9
綿 棒 式	1996	22.6	54.8	22.6	0	0
	1997	59.3	27.8	11.1	1.9	0
対 照 無 処 理	1996	0	0	26.3	42.1	31.6
	1997	0	0	0	66.7	33.3

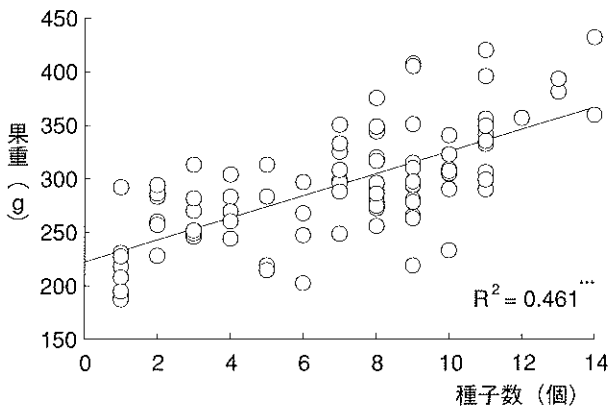
第8表 種子形成数分布に対する受粉処理の影響（試験1）

処 理 区	年次	4 個 以下	5 ～ 6	7 ～ 8	9 ～ 10	11 個 以上
電 池 式	1996	37.5%	8.6%	11.8%	14.5%	27.6%
	1997	45.5	21.2	12.1	15.2	6.1
背 負 式	1996	69.4	18.8	7.6	2.8	1.4
	1997	100.0	0	0	0	0
綿 棒 式	1996	2.7	2.7	8.9	13.7	71.9
	1997	7.4	1.9	35.2	31.5	24.1
対 照 無 処 理	1996	73.7	10.5	10.5	0	5.3
	1997	100.0	0	0	0	0

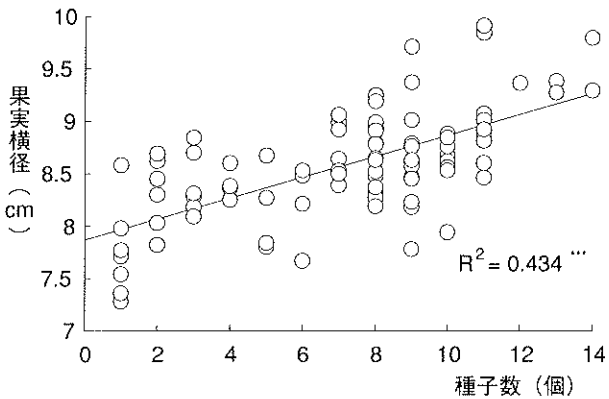
明確な差が認められた。有種子心室数については綿棒式が4.9とほとんどすべての心室に種子形成がみられたが、電池式が3.6、背負式が1.6と少なかった（第5、8表）。

1997年の1果当たりの種子数に対し果重が $R^2=0.461^{***}$ 、果実横径が $R^2=0.434^{***}$ 、1果当たりの有種子心室数に対し果重が $R^2=0.351^{***}$ 、果実横径が $R^2=0.334^{***}$ 、1果当たりの種子数と有種子心室数との間には $R^2=0.788^{***}$ と正の相関が認められた（第1～5図）。

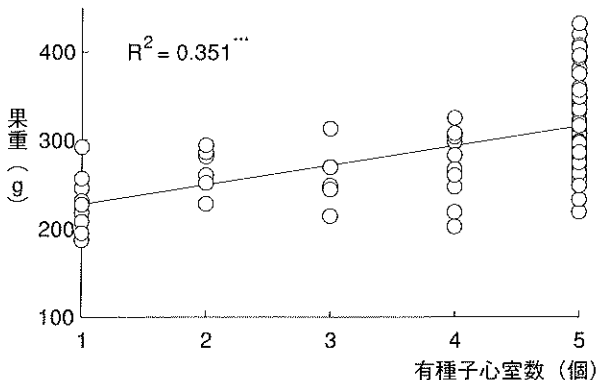
以上のことから、果実肥大及び果実形状と種子数及び有種子心室数の間には正の相関関係が認められ、果実肥大及び果実形状に対する種子の影響が大きいことが認められた。



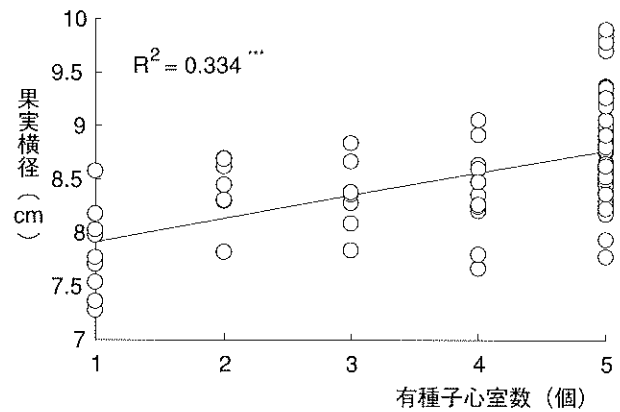
第1図 種子数と果重の関係（1997，試験1）



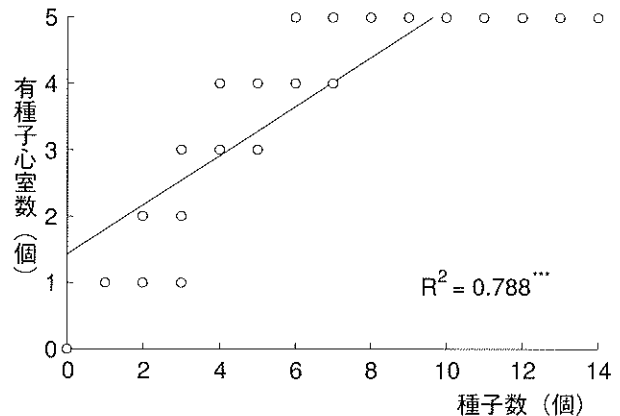
第2図 種子数と果実横径の関係（1997，試験1）



第3図 有種子心室数と果重の関係（1997，試験1）



第4図 有種子心室数と果実横径の関係（1997，試験1）



第5図 種子数と有種子心室数の関係（1997，試験1）

2）自然条件下での受粉効果と作業性（試験2）

（1）結実への影響

訪花昆虫による受粉が行われる自然条件下で試験を行った結果、1996年の中心果結実率は各区ともに95%以上であり、差が認められなかった。しかし、1997年は対照無処理の中心果結実率は77%であったのに対して、綿棒式が15%、電池式が6%の向上効果が認められたが、背負式では対照無処理と同等の結実率で、受粉効果は認められなかった（第9表）。このように、実際場面での受粉機の効果は、結実が良好な年は差が明確ではなかつ

第9表 受粉処理の結実率に対する影響（試験2）

処 理 区	中心果結実率（%）	
	1996年	1997年
電 池 式	99.4	82.0
背 負 式	96.0	71.0
綿 棒 式	95.3	92.9
対 照 無 処 理	97.7	76.6

たが、結実が悪い年には、結実良好年と不良年の結実率のふれ幅を小さくする効果が認められた。

(2) 果実品質への影響

果実肥大について1996年の平均果重は、背負式、対照無処理でそれぞれ平均300 g以上となり、綿棒式、電池式も300 g弱と、果実肥大は良好であった(第10表)。また、果重分布も、同様に背負式、対照無処理で300 g以上の果実の割合が多い傾向で、綿棒式、電池式もほぼ同等であった(第11表)。

1997年は各処理区ともに300 g前後の果実となり、綿棒式、電池式が300 g以上の果実は全体の約65%であったのに対し、背負式の場合は約50%であった(第11表)。

果実の形状については1996年の果形指数は、電池式が

指数1の割合が高い傾向であったが、商品性に問題のないレベルである指数1と2では処理区間でほとんど差はなかった(第10、12表)。1997年は商品性のある果実の割合が綿棒式が約86%、電池式が76%と高かったが、背負式が約61%、対照無処理が約63%と低かった(第10、12表)。

種子数については、1996年は各区間に差は認められなかった。1997年は1果当たり9個以上の種子形成が認められた果実は綿棒式が63%と最も多く、次いで電池式、対照無処理が約40%、背負式が約30%と効果が劣った(第13、14表)。

果実品質に対する受粉機の効果は、結実率の調査結果と同様に、結実良好な年は各受粉方法の間では違いが認

第10表 果実の大きさと形状に対する受粉処理の影響(1996, 試験2)

処 理 区	果重 (g)	タテ (cm)	ヨコ (cm)	果形指数 ^z
電 池 式	299	7.8	8.8	1.8
背 負 式	316	7.9	9.1	1.7
綿 棒 式	296	7.9	8.8	1.5
対 照 無 処 理	328n. s	8.0n. s	9.1n. s	1.6

^z 1: 正形 2: 若干斜形 3: やや斜形 4: 斜形 5: 著しい斜形

第11表 果重分布に対する受粉処理の影響(試験2)

処 理 区	年次	400 g 以上	350 ~399	300 ~349	250 ~299	249 g 以下
電 池 式	1996	4.0%	13.2%	28.5%	35.8%	18.5%
	1997	7.5	26.9	34.3	17.9	13.4
背 負 式	1996	4.3	18.8	43.6	24.8	8.5
	1997	1.6	11.5	39.3	32.8	14.8
綿 棒 式	1996	2.9	11.7	37.2	27.7	20.4
	1997	15.0	27.4	23.3	19.2	14.1
対 照 無 処 理	1996	12.7	19.8	37.3	23.8	6.3
	1997	3.8	13.5	36.5	30.8	15.7

第12表 果形指数分布に対する受粉処理の影響(試験2)

処 理 区	年次	1	2	3	4	5
電 池 式	1996	32.7%	52.7%	14.0%	0.7%	0%
	1997	43.3	32.8	13.4	7.5	3.0
背 負 式	1996	41.1	42.0	15.2	1.8	0
	1997	26.2	34.4	27.9	9.8	1.6
綿 棒 式	1996	62.8	28.5	8.0	0.7	0
	1997	56.2	30.1	13.7	0	0
対 照 無 処 理	1996	30.8	37.3	9.5	0.8	0
	1997	52.4	32.7	17.3	15.4	3.8

第13表 果実の大きさと形状に対する受粉処理の影響 (1997, 試験2)

処 理 区	果重 (g)	タテ (cm)	ヨコ (cm)	非対称指数 ²		果形 指数 ³	種子数 (個)
				タテ	ヨコ		
電 池 式	318ab	8.1	8.9ab	7.2ab	3.4ab	1.9	8.4ab
背 負 式	298b	8.1	8.7b	8.1b	3.3ab	2.3	7.6b
綿 棒 式	328a	8.3	8.9a	6.0a	3.1a	1.6	9.3a
対 照 無 処 理	305b	8.1n.s	8.7ab	7.9b	3.8b	2.3	7.9b

表中の異符号はゲンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

対照無処理は反復数不足のため検定から除く

² 1:正形 2:若干斜形 3:やや斜形 4:斜形 5:著しい斜形 ³ (最大径-最小径)/最大径×100

第14表 種子数分布に対する受粉処理の影響 (試験2)

処 理 区	4 個以下	5 ~ 6	7 ~ 8	9 ~ 10	11個以上
電 池 式	19.4%	20.9%	19.4%	25.4%	15.0%
背 負 式	27.9	18.0	23.0	18.0	13.1
綿 棒 式	8.2	6.8	21.9	43.8	19.2
対 照 無 処 理	23.1	19.2	17.3	26.9	13.2

第15表 受粉処理法と花粉使用量及び作業時間 (試験2)

処 理 区	花粉使用量 (g/10 a)	作業時間 (時間/10 a)
電 池 式	362.7	7.1
背 負 式	965.0	1.8
綿 棒 式	173.3	24.6

められないが、不良年では試験1と同様の受粉方法の違いが認められた。

(3) 作業性の比較

花粉使用量については、綿棒式が10 a 当たり173.3 gであったのに対して、電池式が約2.1倍の362.7 g、背負式は約5.6倍の965 gと大量の花粉が必要であった(第15表)。

作業時間については、綿棒式が10 a 当たり24.6時間であったのに対して、電池式が約1/3の7.1時間、背負式が約1/10の1.8時間であった(第15表)。

以上のことより、綿棒式と比較して、電池式は使用花粉量が多いが、省力効果も大きく、実用性が高いと考えられた。これに対して、背負式は省力効果が極めて高いが、使用花粉量がかなり多くなり、処理効果も劣るため、実用性は低いものと考えられた。

Ⅲ. 背負い式動力散布機の有効利用

1. 材料及び方法

1) ショ糖液散布による受粉効果 (試験3)

背負式の受粉効果を高めるため、1995年にショ糖液の散布によって雌ずいの花粉付着性を高める試験を行った。

マルバカイドウ台木‘ふじ’32年生樹を供試して、1区1側枝3反復で、開花前に白寒冷紗(#200)で側枝単位に覆い、バルーン期の5月8日に中心花の花弁を除去して、第16表に示す処理を実施した。背負式はエンジン回転数目盛り3、花粉吐出量目盛り4で使用し、電池式は花粉吐出量目盛り5で使用した。花粉は発芽率80%以上の‘王林’の当年花粉を供試し、花粉1に対して石松

第16表 処理区の構成 (試験3)

処 理 区
① 電池式羽毛回転型受粉機
② 背負い式動力散布機
③ 10%ショ糖液+背負い式動力散布機
④ 綿棒受粉
⑤ 対照無処理 (訪花昆虫遮断)

子5に容量比で希釈して用いた。ショ糖液の濃度は10%とし、背負式の使用直前に動力散布機で散布した。調査は、処理後直ちに花粉柱頭付着量を、6月7日に結実率、11月5日に収穫を行い、果径、種子数について試験1と同様に行った。

2) 改良ノズルによる受粉効果(試験4)

M.9を中間台としたマルバカイドウ台木‘ふじ’16年生樹を供試し、1区1樹5反復で、中心花満開期であった4月28日に処理を第17表のとおりに行った。背負式は、エンジン回転数目盛り3、花粉吐出目盛り2で使用した。ノズル(硬質ビニール製)の改良は写真5のように行った。改良ノズル1は、花粉の吹き出し口を小さくして、花粉を柱頭に集中的に付着できるようにしたものである。改良ノズル2はノズル内にスクリー状に8枚の壁を作り、一旦花粉をその壁にぶつけて、花粉の流れを乱すことによって付着性を高めようとしたものである。改良ノズル3は、吹き出し口に2枚の壁を作り、改良ノズル2と同様の効果をねらったものである。調査は、処理後直ちに花粉柱頭付着量を、5月18日に結実

率、11月13日に収穫をして、果実品質、果形指数、種子数について、試験1と同様に調査を行った。

2. 結果及び考察

1) ショ糖液散布による受粉効果(試験3)

花粉柱頭付着量は、綿棒式が1花当たり303個であったのに対して、背負式のみの場合52個であり効果が劣った。しかし、ショ糖液を散布直後に背負式を使用すると132個の付着が認められ、柱頭の付着性を高めることによって、背負式の効果が高まることが確認された(第18表)。

結実率は、綿棒式が78%と高く、背負式のみは66%とやや低い傾向であったが、ショ糖+背負式は81%と綿棒式とほぼ同等の結実率であり、花粉柱頭付着量と同様にショ糖液散布による背負式の効果向上が認められた。

果実肥大について、綿棒式の果重は337gで背負式は346gであった。ショ糖+背負式は315gと背負式と比較してやや小さい傾向が認められた(第19表)。種子数は綿棒式が8.3個と比較して、背負式が5.9個、ショ糖+背負式が5.0個で有意に少なかった。また、種子数の分布については、綿棒式と比較して各処理区で少なかったが、処理区間では差がみられなかった(第19表、第6図)。

このように背負式使用直前のショ糖液散布によって、柱頭の花粉付着性が高まり、結実率向上効果がみられたが、収穫果の果実肥大、種子数を増やす効果は明らかでなかった。

第17表 処理区の構成(試験4)

処 理 区
① 改良ノズル1
② 改良ノズル2
③ 改良ノズル3
④ 通常ノズル
⑤ 綿棒受粉

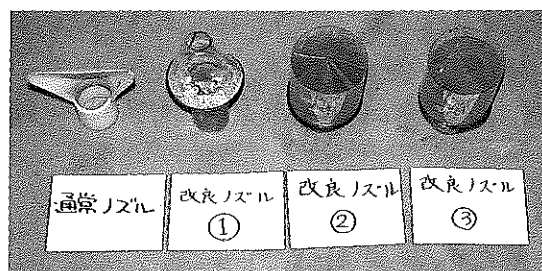
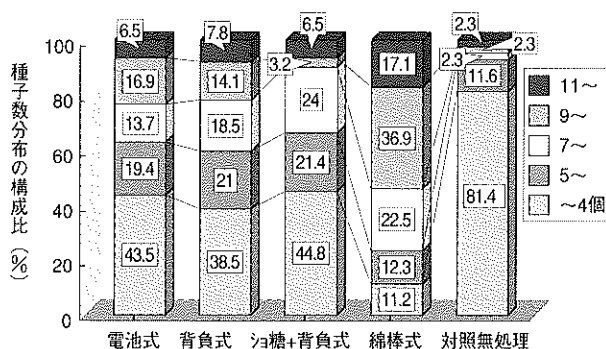


写真5 改良ノズル

改良ノズル1：先端を細くしたもの
改良ノズル2：スクリー状に8枚の羽根をつけたもの
改良ノズル3：放射状に2枚の羽根をつけたもの



第6図 種子数分布に対する受粉処理の影響(1995, 試験3)

第18表 花粉柱頭付着数と結実率に対する受粉処理の影響(1995, 試験3)

処 理 区	花粉柱頭 付 着 量	開花数	結実数	結実率 (%)
背 負 式	52.2	287	190	66.2
10%ショ糖液+背 負 式	132.3	346	279	80.6
綿 棒 式	302.8	235	183	77.9
対 照 無 処 理	6.1	200	15	7.5

第19表 果実品質に対する受粉処理の影響 (1995, 試験3)

処 理 区	果重 (g)	タテ (cm)	ヨコ (cm)	L/D比	種子数 (個)
背 負 式	346a	8.8a	9.1a	0.97a	5.9b
10%ショ糖液+背 負 式	315b	8.4b	8.8bc	0.96b	5.0b
綿 棒 式	337ab	8.7a	8.9b	0.98a	8.3a
対 照 無 処 理	292c	8.0c	8.7c	0.92c	3.2c

表中の異符号はダンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

第20表 結実率と果実品質に対する受粉処理の影響 (1998, 試験4)

処 理 区	花粉柱頭 付 着 量	結実率 (%)	果重 (g)	タテ (cm)	ヨコ (cm)	果形 指数 ^z	種子数 (個)
改良ノズル1	30	93.3	377b	8.9a	9.4ac	2.1	8.1b
改良ノズル2	38	93.3	376b	8.8a	9.5ab	2.0	6.6b
改良ノズル3	30	96.7	362bc	8.7a	9.2bc	1.9	7.5b
通常ノズル	12	90.0	337c	8.4b	9.1c	1.6	6.8b
綿 棒 式	432	100.0	416a	9.0a	9.7a	1.3	11.3a
対 照 無 処 理	—	88.3	361c	8.7a	9.3bc	2.2	7.5b

表中の異符号はダンカンの多重検定により5%レベルで有意差あり

^z 1: 正形 2: 若干斜形 3: やや斜形 4: 斜形 5: 著しい斜形

2) 改良ノズルによる受粉効果 (試験4)

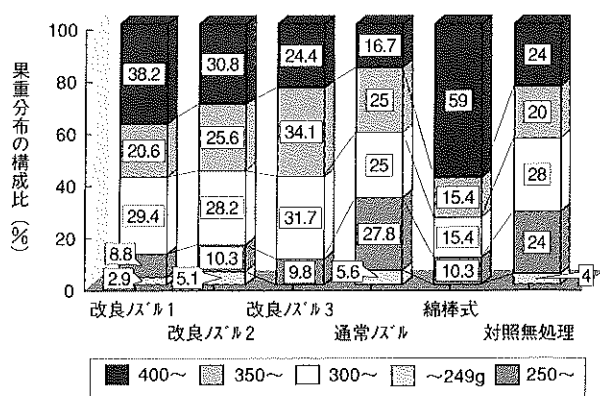
1花当たりの花粉柱頭付着量は、通常ノズルが12個、改良ノズル1が30個、改良ノズル2が38個、改良ノズル3が30個といずれの改良ノズルも通常ノズルと比較して、花粉の付着性は向上していたが、綿棒式の432個と比較すると1/10以下と付着数は極端に低かった。

結実率は、対照無処理の88.3%と比較して、改良ノズル1、改良ノズル2が93.3%、改良ノズル3が96.7%、通常ノズルが90.0%、綿棒式が100%と高い傾向であったが、有意な差ではなかった (第20表)。

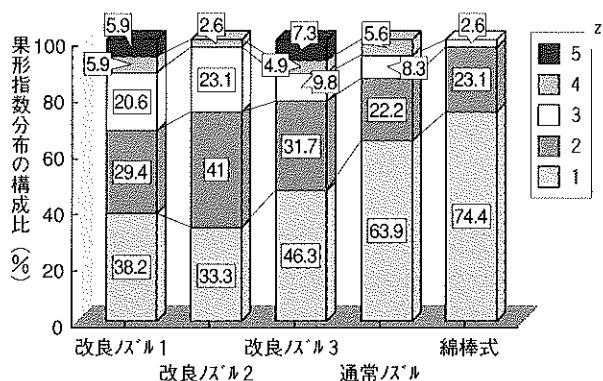
果実肥大について、1果の平均果重は、改良ノズル1が379g、改良ノズル2が374g、改良ノズル3が365g、通常ノズルが338gであり、花粉柱頭付着量と同様にノ

ズルの改良効果が認められたが、綿棒式の416gと比較すると果実肥大は有意に劣った (第20表)。この時の果重分布も、綿棒式の約75%が350g以上の果実であり、通常ノズル区は約42%、改良ノズル区はそれぞれ約58%、55%、58%と綿棒式と比較して、少ない傾向であった (第7図)。

果形指数について、商品性があると判断される果実 (果形指数1と2) の割合は、綿棒式では約97%であったが、各改良ノズルは67%~86%であり、通常ノズルは56%と低かった (第8図)。

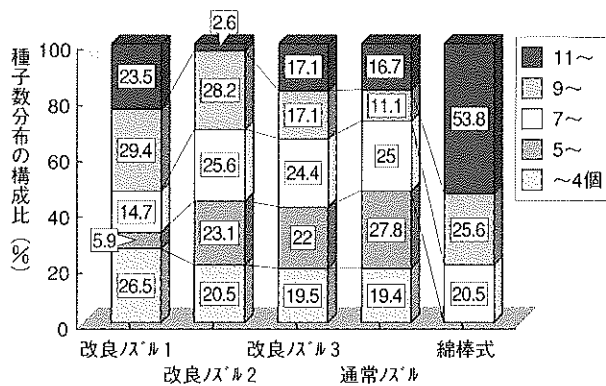


第7図 果重分布に対する受粉処理の影響 (1998, 試験4)



第8図 果形指数分布に対する受粉処理の影響 (1998, 試験4)

- ^z 1: 正形 (商品価値良好)
 2: 若干斜形 (商品価値あり)
 3: やや斜形 (商品価値やや劣る)
 4: 斜形 (商品価値劣る)
 5: 著しい斜形 (商品価値かなり劣る)



第9図 種子数分布に対する受粉処理の影響 (1998, 試験4)

種子数は、綿棒式ではすべての果実が7個以上の種子形成が認められ、9個以上の果実も約80%であった。これに対して、各改良ノズルは約30%~50%であり、通常ノズルは36%と少なかった(第9図)。

以上のことより、通常ノズルと比較すると、ノズル部の改良を行うことによって、花粉柱頭付着量、果実肥大に対して効果向上が認められたが、対照無処理と比較した場合の付加効果、さらに、綿棒式より効果が劣ることから実用的なレベルには達していないと考えられた。

Ⅳ. 総合考察

リンゴが着果するためには健全な花の柱頭に活力のある他品種の花粉が付着し、その花粉が発芽して、花柱を通り、子房内の胚珠に達し、受精して種子ができなければならない。リンゴの結実率を下げる要因としては、以前から第一に単植が上げられているが、‘ふじ’が高価に販売されていたことから、単植園がかなり増加している。また、秋田県における‘ふじ’の開花時の5月上旬は低温や降雨、凍霜害、強風など気象的に不安定な場合が多く、訪花昆虫だけに頼ることは危険であることから、人工受粉が試験研究されてきた経緯がある(11, 15)。

リンゴの場合、柱頭上での花粉管伸長は、発芽花粉が20個以下の場合には悪く、40個以上だと良好であるとし、1花当たり200個以上の花粉の付着が必要とされている(14)。本報では綿棒式が1996年、1997年ともに十分な付着量が認められ、電池式は綿棒式と比較して有意に付着量は少なかったものの、電池式は実用的には十分な付着量であった。これに対して、背負式は綿棒式の約10%程度の付着量しか認められず、効果が低かった。

果実肥大と種子形成の関係について、本報では種子数の多少によって、肥大には明らかに差があり、種子数が多くなれば肥大も良好になる傾向が認められた。この結果は‘旭’でA.braultら(9)、『ふじ’で久米ら(7)も同様の傾向を認めている。また、有種子心室とその部位の果実肥大については、A.braultら(9)は果実の心と

維管束を結んだライン上での肥大に明らかな差があるとしている。ナシ‘幸水’で加藤ら(6)の試験では稔実種子側の果実肥大が不稔側より良好であったとしている。しかし、本報では有種子心室の部位と果実肥大の関係については明確ではなかった。さらに、種子数の他にしいな数と果実肥大の関係についても関係を認めているが(9, 12)、本報告では‘ふじ’を供試しており、『ふじ’の場合、心室が小さくなるため、しいな数の確認が難しく、関係は明確でなかった。

また、リンゴについて、種子の発達は開花後40日頃で停止し、この種子の発達停止期と果実の細胞分裂期が一致する(19)という報告があるが、本報では各受粉方法間での初期の果実肥大には明確な差は認められなかった(データ略)。

1果当たりの種子数と果実肥大(果径、果重)、果実形状、1果当たりの有種子心室数と果実肥大、果実の形状とはそれぞれ正の相関関係が認められており、特に、前者についてはA.braultらの報告(9)と一致していた。また、久米ら(7)は、1986年に秋田県南部の‘ふじ’の種子数と果形を調査したところ、丸形の正形果では種子数が多く、10個以上種子形成された果実が61%であり、偏円形、長円形、星型の不正形果では種子数が少なく、また、一部の心室に偏在していた。本報でも‘ふじ’の場合、種子が8個以上形成されると果実が300g以上と大きくなり、さらに、均等に心室に形成されると、正形(商品価値の高い果実)になるという結果となった。心室に均等に種子が形成されるためには9個以上の種子形成が必要であり、多くの種子が入ることの重要性が再確認された。

一般的には結実樹と受粉樹は、3倍体品種の場合は受粉樹の割合を最低20%、間隔は10m程度、2倍体品種では10~15m前後は必要とし(18)、『Elstar’では10~12mの範囲で受粉樹が必要である(20)などの報告がある。しかし、前述したとおり、本報の試験は場は受粉樹が隣接する条件であるため、気象条件(気温15℃以上)や花器に障害がないことなどの条件が整えば確実に結実する環境である。このような条件の中で、1996年は天候が良く、処理日の最高気温は18.2℃、平均気温13.1℃と訪花昆虫の活動と受精に適した温度である15℃以上(11, 13, 15)の年であった。そのため、自然状態においても95%以上の結実が認められ、結実率に対する受粉機の効果については判然としなかった。さらに、収穫果の品質についても果重、果実横径等の果実肥大にも差がみられなかった。

1997年は処理日の最高気温が15.2℃、平均気温が9.9℃、さらに、比較的風が強く、受粉条件は悪い年であり、自然状態では約77%の結実率にとどまった。こうした状況の下、綿棒式、電池式については高い結実が認められた。しかし、背負式については対照無処理とほぼ同

等であり、処理による効果が認められなかった。これは、綿棒式、電池式は双方ともに先端が毛ばたき状のものであり、この毛ばたきを介して直接、柱頭へ受粉作業を行うため、効果が高かったと考えられた。一方、背負式は花器に向けて吹き付けるタイプで間接的に受粉を行うため、効果が低かったと考えられた。

受粉機を利用するためには花粉採取が必要であり、乾燥薬重量31 g採取するためには、花卉付き重量で1 kg（花数4,760）が必要となり（1）、花摘み作業は多くの労力が必要となる。さらに、この他に葯取り、開葯、花粉精選の作業を要する。こうしたことから、背負式は受粉作業時間の省力化は認められたが、大量の花粉が必要なため、これら、花摘みや花粉採取、花粉調整にかかる時間を考慮に入れると、省力効果は小さくなる。また、花粉を購入する場合、平成11年度現在、葯付き花粉は183.3円/g、石松子は9.2円/gである。このため、石松子で1:3に希釈したとすると、綿棒式の場合、経費は9,138円/10 aであるが、電池式は19,123円/10 aであり、背負式は50,994円/10 aと多くの経費がかかることになる。こうしたことから、作業時間、経費等から考えると電池式の実用性は高いが、背負式の実用性は低いものと考えられた。

以前から、受粉作業の省力化を図るため溶液受粉（3, 4, 5, 16）、ダスター（17）やコンプレッサー利用受粉機（2, 4）などの試験が行われている。溶液受粉については、以前の報告（3, 4, 5, 16）で自然受粉と比較して効果が高いとしているが、著者らが1995年に10%ショ糖液10ℓに葯殻付き花粉50 g、ホウ酸10 gを加えて、動力散布機で散布したところ、その効果が判然とせず、受粉作業の省力化には有効ではなかった（データ略）。また、この手法は既報（16）では、ショ糖溶液に花粉を混合後1時間であれば、発芽率に問題はなく、2時間後では花粉発芽率の低下が認められたとしている。しかし、著者らの行った時は、ショ糖液との混合後10分程度で花粉の発芽がみられ、実用的ではないと考えられた。

また、背負式については、1993年頃から普及が始まり、現時点では最も普及している受粉機であるため効果向上の対策は必要であると考えられる。背負式の効果的利用法としてショ糖溶液散布後に背負式で受粉を実施したところ、花粉の付着性は高まり、既報（17）の結果と一致した。このように、雌ずいに付着性を付与することによって背負式の効果は高まるものと考えられたが、果実肥大、種子数に対する効果は本試験では明確でなかった。さらに、本報では花粉の付着性を高めるため、ノズルの改良を行った。通常使用しているノズルは、受粉機から毎分8 m³の風を発生し、直接、花に花粉を吹き付けるものである。そこで著者らはノズル部の改良を行い、一度ノズル部の壁に花粉を当てて、風の流れを変えるこ

とによって、花粉が柱頭に吹き付けられているのではなく、ふりかけられているような状態となり、花粉の付着性が高まるのではないかと考え、試験を行った。その結果、通常ノズルと比較して、花粉の付着量は増加したが、実用的なレベルには到達できなかった。これに伴って、収穫果の果実品質も通常ノズルと比較して向上したが、綿棒式に比べて有意に劣る果実であり、ノズルの改良は有効ではなかった。

以上のことより、綿棒式、電池式については、降雨時もしくは花器が濡れている状態での作業は不可能であるが、前述のとおり、直接花器に花粉を付着させる方法であるため、確実性が高いと考えられる。一方、背負式については、花器が濡れていても作業は可能であり、天候に大きく左右されないが、効果の弱さや花粉を大量に必要とする点から、実用性は低いと考えられた。

このように、各受粉方法にはそれぞれ長所と短所があるので実用場面での使用の際には判断が必要となる。現時点での処理効果を総合的に判断すると、受粉機として電池式は綿棒式とほぼ同等で効果が高いが、背負式の効果はやや劣ると考えられた。

V. 摘 要

リンゴ受粉作業における綿棒を用いた手作業（綿棒式）、羽毛回転型電池式受粉機（電池式）及び背負式動力散布機（動散式）の効果を確認し、受粉機の省力性、実用性を調査した。さらに、果実品質と種子数、有種子心室数の関係について解析した。また、動散式の有効利用を図るため、ショ糖液の散布効果、ノズル部の改良効果について調査した。

1. 花粉の柱頭付着量は綿棒式が最も多く、次いで電池式であったが、動散式では有意に少なかった（訪花昆虫遮断条件下での試験：試験1）。
2. 果実の肥大は、綿棒式、電池式が良好であり、300 g以上の果重分布は綿棒式、電池式が多く、動散式は電池式の半分以下であり（試験1）、この傾向は試験2（自然条件下での試験）でも認められた。果実の形状の正常果割合は綿棒式、電池式、動散式の順で多かった（試験1）。
3. 種子数は綿棒式が最も多く、次いで、電池式、動散式で少なく、有意な差が認められ、種子数の分布も同様に明確な差が認められた。有種子心室数は綿棒式が4.9とほぼすべての心室に種子形成がみられたが、電池式が3.6、動散式が1.6と少なかった（試験1）。
4. 種子数と果重や果実横径との間に正の相関が認められた（図1, 2）。また、有種子心室数と果重や果実横径、種子数と有種子心室数との間にもそれぞれ正の相関が認められた（図3, 4, 5）（試験

- 1) .
5. 花粉使用量は、綿棒式と比較して、電池式が約2.1倍、動散式は約5.6倍と多かった。作業時間は、綿棒式に対して、電池式が約1/3、動散式が約1/10と省力効果が認められた(試験2)。
6. ショ糖液を散布後に、動散式で花粉を散布することによって、結実率、花粉の柱頭付着率が高まることが確認された。
7. 動散式のノズルの改良により、花粉の柱頭付着量は、いずれも向上したが、綿棒式と比較すると1/10以下と効果は極端に低かった。中心果結実率には、有意な差はみられなかった。また、収穫果の平均果重、果重分布、果形指数の分布、種子数の分布は花粉の柱頭付着量と同様にノズルの改良効果が認められたが、綿棒式より有意に劣る傾向が認められた。
8. 以上の結果より、処理効果、経済性等について総合的に判断すると、電池式は受粉効果が高く、省力的であり、実用性が高いと考えられる。一方、動散式は、受粉効果が低く、花粉を多量に必要とすること等から、実用性は低いと考えられた。

VI. 引 用 文 献

- 1) 青森県 (1993). 平成5年リンゴ指導要項 (生産編)
- 2) 青森県りんご試験場 (1969). 青森県りんご試験場報告. 第13号31 - 33.
- 3) 青森県りんご試験場 (1971). 青森県りんご試験場報告. 第15号29 - 30.
- 4) 青森県りんご試験場 (1972). 青森県りんご試験場報告. 第16号32 - 33.
- 5) 青森県りんご試験場 (1973). 青森県りんご試験場報告. 第17号32 - 33.
- 6) 秋田県果樹試験場 (1984). 秋田県果樹試験場業務報告. 第28巻198 - 199.
- 7) 秋田県果樹試験場 (1986). 秋田県果樹試験場業務報告. 第30巻68 - 69.
- 8) 秋田県果樹協会 (1976). 秋田りんごの100年. p154.
- 9) Brault, A and O. Domingos (1995). Seed Number and Asymmetry Index of 'McIntosh' Apples. HortScience 30 (1) : 44 - 46.
- 10) 日本園芸農業協同組合連合会 (1999). 平成11年度版果樹統計
- 11) 細貝節夫 (1961). リンゴの栽培技術. 朝倉農芸新書. p. 90 - 105.
- 12) KAYRYUGO (1993). 果樹の栽培と生理. 文永堂出版. p79 - 87.
- 13) 工藤仁郎・玉田隆・高橋正治・三上敏弘・小原信実・吉田亜義 (1968). 気象と結実の関係解明に関する調査. 寒冷地果樹に関する試験研究打ち合わせ会議資料 (栽培) 45 - 50.
- 14) 生井兵治 (1991). 栽培植物における受粉生物学のすすめ (13) 農業及園芸第66巻 第9号95 - 100.
- 15) 森 英男 (1958). りんご栽培全書. 朝倉書店. p. 190 - 203.
- 16) 定盛昌助・吉田義雄・村上兵衛・石塚昭吾 (1957). リンゴの人工受粉に関する研究 (第1報). 東北農業試験場研究報告 14号 74 - 81.
- 17) 定盛昌助・吉田義雄・土屋七郎・羽生田忠敬 (1964). リンゴの人工受粉に関する研究 (第2報). 園芸試験場報告C第2号 9 - 15.
- 18) SOLTESZ, M. (1998). The location of varieties in apple orchards Acta Horticulture No 437 : 441 - 443.
- 19) 田村勉・福井博一・今河茂・三野義雄 (1981). リンゴの果実及び種子の発達に及ぼす果実発育初期の温度の影響. J. Japan. Soc. Hort. Sci 50 (3) : 287 - 296.
- 20) WIT, J. DE (1998). Don't overdoit with pollenizers Fruitteelt (Den Haag) 88 (13) 16 - 17.

Efficiency of Artificial Pollination to 'Fuji' Apple Tree.

Daisaku Uemura, Izumi Morita, Akemi Kaneduka,
Tatsuo Taguchi, Yasuho Kume and Shigeharu Taguchi

Summary

The effects of some artificial pollination methods, i.e. hand pollination (HP), battery machine pollination (BP) and spray machine pollination (SP), for pollination of apple trees were investigated. The practicability and labor saving of pollination machines, and the relationship of fruit quality to seed number and loculus number with a seed were investigated. Moreover, to improve the effect of SP machine, the spraying of sucrose solution and the improved nozzle were also tested.

1. Based from the experiment without bees, HP had the greatest pollen adhesion on stigma followed by BP and SP is third, having the least in the significant level (Experiment 1).
2. Fruit enlargement was good in HP and then BP. In addition, many fruits weighing more than 300 grams developed. In SP, the percentage of the fruit weighing more than 300 grams was only half. The shape of the fruit was good in the same order (Experiment 1).
3. Seed number was significantly different in the following order : HP, BP and SP. HP admitted a seed for all of 5 loculi, but BP admitted a seed for 3.6, and SP for 1.6 (Experiment 1).
4. A positive correlation was seen between fruit weight and seed number, and also fruit horizontal diameter (Figs. 1, 2). And it was seen also each other among the number of loculi with a seed, fruit weight and fruit horizontal diameter (Figs. 3, 4, 5) (Experiment 1).
5. To compare the amount of pollen used in HP, BP used 2.1 times and SP used 5.6 times. Labor saving effect was best in SP, and working time is about one tenth compared to HP. And it was about one third in BP (Experiment 2).
6. In SP after sucrose solution spraying , the rate and amount of pollen adhesion on stigma increased (Experiment 3).
7. In SP, pollen adhesion slightly increased when an improved nozzle was used. This is compared to HP, the effectiveness was low by equal to or less than one tenth. A significant difference was not seen in the percentage of central fruit set in a cluster. By using an improved nozzle in SP, positive effects were seen in mean fruit weight, fruit weight distribution, distribution of fruit shape index and seed number distribution such as an increase in the amount of pollen adhesion on stigma. However, effects were significantly less than using HP (Experiment 4).
8. Considering the effects and costs economically from these results, BP was effective and admitted a reduction of labor saving practicality. On the other hand, SP did not have any practicality, because of low effect on pollination and using a large amount of pollen.

ベンズイミダゾール系薬剤耐性リンゴ褐斑病菌の出現

佐 藤 裕 ・ 水 野 昇

目 次

I. 緒 言	14
II. 薬剤感受性検定	14
1. 材料及び方法	14
1) 病原菌株の由来及び分離方法	14
2) 各薬剤に対する感受性検定	14
2. 結果	15
1) 薬剤感受性検定の結果	15
2) 検定培地における培養後の分生子の動態について	17
III. ベンズイミダゾール系薬剤耐性菌に対する 薬剤防除効果	18
1. 材料及び方法	18
2. 結果	18
IV. 考 察	18
V. 摘 要	19
VI. 引用文献	19

I. 緒 言

リンゴ褐斑病（7）は多発すると果実発病や激しい落葉を引き起こし、果実品質の低下や翌年の花芽形成に悪影響を与えることから、本県でもリンゴの主要病害として防除を行っている。本病はボルドー液を始めとした無機銅剤による防除効果が高く、現地では発生の見られない時期が長く続いたが、リンゴ栽培における無袋栽培化、非ボルドー体系への移行とともに、再び各地で発生が見られるようになってきた。

高橋ら（21）は、7月中旬から8月中旬に1～2回チオファネートメチル水和剤（以下TM水和剤）を保護殺菌剤に加用した場合、本病の防除に有効であることを見いだした。その後、この防除方法は褐斑病の特別散布として、いち早く本県で普及し、現在でも広く使用されている。

リンゴ褐斑病に卓効を示したベンズイミダゾール系薬剤は、連続又は連年使用により耐性菌の出現が様々な病原菌で報告されている薬剤でもある。本県の果樹病害では、リンゴの黒星病（1）、ブドウ灰色かび病（4）、芽枯病（5）、オウトウ灰星病（17）などで耐性菌の出現が問題となっており、薬剤の使用が大きく制限されている。

本病原菌について、筆者らが1992年と1995年にチオファネートメチル（以下TM）感受性検定を行った結果、耐性菌は検出されず、本県におけるTM耐性菌はないと考えら

れてきた（15,16）。

1998年9月上旬から本県を含め各地のリンゴ栽培地で褐斑病が急激に増加し、激しい落葉と果実発病が認められ、多発園では樹の全体が落ち、翌年の花芽が10月頃から咲き始める現象も見られた。このため、本病原菌に対するベンズイミダゾール系薬剤感受性検定を行い、耐性菌の有無を明らかにする必要があった。

そこで、県南部を中心に12園地から採集したリンゴ褐斑病菌について、4種のベンズイミダゾール系薬剤とジェトフェンカルブ、他6薬剤に対する感受性を調査した。さらに、ベンズイミダゾール系薬剤耐性菌のTM水和剤に対する防除効果も検討したので、ここに報告する。

本報告を取りまとめるに当たり、多くのご助言をいただいた農林水産省農業環境研究所殺菌剤動態研究室長石井英夫博士、国内では入手の困難なMBC剤「Derosalフロアブル」を分譲下さった日本曹達(株)大庭一夫氏、ジェトフェンカルブを分譲下さった住友化学工業(株)河合史郎氏、褐斑病菌の分離に協力をいただいた果樹試験場臨時職員の矢野由紀子、熊谷淳子両氏並びに本稿を取りまとめるに当たりご校閲、ご教示いただいた当試験場職員の方々に心より感謝申し上げます。

なお、本研究の一部は1999年10月に行われた日本植物病理学会東北部会にて発表したものである。

II. 薬剤感受性検定

1. 材料及び方法

1) 病原菌株の由来及び分離方法

1998年9月から11月にかけて、秋田県果樹試験場ほ場の他、県南部の1市3町の現地ほ場、合計12地点から褐斑病の発病葉を採取し、25℃暗黒下の湿室で数日間保持した後、分生子層から噴出した分生子塊を滅菌針でかき取り、少量の滅菌水で懸濁させた分生子懸濁液をジャガイモ煎汁ブドウ糖寒天培地（以下PDA培地）あるいはジャガイモ煎汁ショ糖寒天培地（以下PSA培地）に滴下した。その後、23℃暗黒下で7～10日間ほど培養し形成された菌そうを供試した。分離菌株はすべて1葉から1分生子層を選び、単胞子分離したものを供試した。

2) 各薬剤に対する感受性検定

本病原菌の培養株は、菌糸伸長が極めて遅く、形成された分生子の粘性も高いことから、リンゴ斑点落葉病や核果