

核果類の人工受粉における溶液受粉の利用

萩原栄揮・富田 晃・山下(土橋)路子¹・新谷勝広

¹ 現 山梨県峡南農務事務所

キーワード：モモ， スモモ， オウトウ， 人工受粉， 溶液受粉

緒 言

モモは自家和合性であるが，‘夢しずく’，‘浅間白桃’，‘川中島白桃’などの品種は花粉が無いか極めて少ない雄性不稔性を示す。従って，結実確保には他の品種の花粉で受粉する必要がある。また，スモモおよびオウトウは殆どの品種が自家不和合性であるため，交配親和性のある品種の花粉で受粉することが結実確保に必要となる。花粉を媒介する訪花昆虫の働きや，異なる品種間を互いに受粉する交互受粉でも結実は可能であるが，安定した結実は期待できない。このような理由から，山梨県では雄性不稔性のモモ品種・スモモ・オウトウの経済栽培を行う上で，採集した花粉を用いた人工受粉を行うことが必須作業となっている。しかし，人工受粉には花粉の調整も含めて 10 a あたりモモで約 16 時間，スモモで約 35 時間，オウトウで約 72 時間を要するとともに¹⁾，開花期の短期間に作業が集中するため，人工受粉の効率化・省力化が求められている。

人工受粉は毛バタキに花粉を付着させて柱頭に受粉させる方法が一般的であるが，近年，花粉を懸濁させた液体を花に散布して受粉させる溶液受粉が考案されている²⁾。キウイフルーツ³⁾やナシ⁴⁾等では溶液受粉の実用化が進んでおり，省力的な人工受粉技術として注目されている。本試験では，モモ・スモモ・オウトウなど核果類の人工受粉においても溶液受粉が利用可能か検討し，そ

の実用性について評価したので結果を報告する。

材料および方法

1. 溶液組成の検討

試験にはモモ‘白鳳’，スモモ‘ハリウッド’，オウトウ‘ナポレオン’の粗花粉をヘキササンで精製し，シリカゲルとともに-20℃で貯蔵した花粉を供試した。花粉懸濁液の組成としては，ショ糖，増粘剤，展着剤等の種類や濃度を検討した。ショ糖濃度の検討では，寒天 0.1%水溶液にショ糖 5%，10%，20%を添加した溶液を使用した。増粘剤の検討では，ショ糖 10%水溶液に寒天を 0.1%または 0.2%，キサントガム(XG) (ピストップ D-300，三栄源エフエフアイ)を 0.05%または 0.1%で添加した。展着剤等の検討では，ショ糖 10%水溶液に展着剤のアプローチ BI (丸和バイオケミカル) 0.1%，スカッシュ (丸和バイオケミカル) 0.1%，まくピカ (石原バイオサイエンス) 0.01%をそれぞれ添加した。また，界面活性剤の Tween20 1%もしくは Tween80 1%を添加した溶液についても検討した。出庫した貯蔵花粉を室内で一晩順化させた後，各種溶液に 0.5% (w/v) 濃度で懸濁し，20℃で 2 時間静置した。その後，発芽培地 (寒天 1%，ショ糖 10%) 上に溶液を散布して 20～25℃で 2～3 時間培養した後，花粉の発芽・不発芽を観察して発芽率を求めた。

2. 花粉濃度の検討

モモ‘白鳳’，スモモ‘ハリウッド’，オウトウ‘ナポレオン’の当年採取した花粉もしくは貯蔵した花粉をヘキサソールで精製して使用した。結実率の判定には，山梨県果樹試験場場内圃場（山梨市江曾原）に植栽されたモモ‘夢しずく’，スモモ‘ソルダム’，オウトウ‘佐藤錦’を供試した。2009～2011年に花粉を各濃度で溶液（ショ糖 10%，寒天 0.1%，2010・2011年は Tween80 1% を添加）に懸濁し，ハンドスプレーで散布して受粉を行った。処理は満開日を目安に 1 回行い，処理時にまだ開花していない花は計測から除外した。なお，訪花昆虫の影響を避けるため，処理区の枝は開花直前から落花まで 1mm 目合の防虫網で被覆した。対照は毛バタキによる慣行の受粉とし，被覆なしで満開日を中心に 2～3 回受粉し，結実率を比較した。

また，経済栽培に必要な十分な結実率は新谷ら⁵⁾の基準を参考に以下のとおり設定した。モモは，過去の試験から最終結果数が総花数の 4～5% であることが示されているため，必要結実率をその約 1.5 倍の 7% とし，予備摘果・仕上げ摘果を前提とした十分な結実率を必要結果数の約 4 倍の 20% とした。スモモ‘ソルダム’の場合，最終結果数を 30 cm の結果枝に 5 果，その結果枝の花数を 60 花とし，必要結実率を 8% とした。摘果を 2 回行うと仮定した場合の十分量をその 2 倍の 10 果とし，十分な結実率を 16% とした。オウトウについては，クラスター当たり花数を 20 花とし，必要量は 2 果で 10%，十分量は 3 果で 15% とした。

3. 散布方法の検討

開花終わりにショ糖 10%・寒天 0.1% の溶液を用いて，横向きおよび下向きの花に対して 3 種類の散布方法で模擬的に受粉を行い，受粉に必要な散布液量を調査するとともに，作業時間を慣行の毛バタキによる受粉と比較した。果樹試験場植栽のモモ‘夢しずく’（開心自然形），スモモ‘サマーエンジェル’（開心自然形，平棚仕立て），オウトウ‘佐藤錦’（開心自然形）の成木をそれぞれ供試し，散布方法としては，ハンドスプレー，市販の背負い式電動噴霧機（めっちゃミニ助，容量 10 L，丸山製作所），丸山製作所が溶液受粉用に開発

した試作機を用いた散布について検討を行った。ハンドスプレー区および試作機区ではノズルの先端を花から約 10 cm 離して散布した。電動噴霧機区はノズルの先端を花から約 30 cm 離して散布した。散布液量および作業時間は，作業員 2～3 人の計測結果を平均し，処理区の受粉は 1 回，慣行区は毛バタキを用いてモモで 2 回，スモモおよびオウトウでは 3 回受粉するものとして算出した。

4. 濡れた花における溶液受粉の効果

散水処理区は，受粉直前の花に対して十分量散水した後，ハンドスプレーを用いて溶液受粉を行った。花粉濃度は，モモとオウトウは 1%，スモモは 2% とし，溶液の組成はショ糖 10%，寒天 0.1%，Tween80 1% とした。対照区では濡れていない花に対して処理区と同じ溶液受粉を行い，慣行区では毛バタキによる受粉を行って結実率を比較した。使用花粉，供試樹，その他の試験方法は試験 2 に準ずる。

結果

1. 溶液組成の検討

モモとスモモ，オウトウの花粉の懸濁に適した溶液の組成について検討した。浸透圧の調節を主目的としたショ糖濃度について 5～20% (w/v) の範囲で検討したところ，懸濁 2 時間後の発芽率は，3 樹種ともショ糖濃度が高いほど発芽率は高くなり，20% のショ糖濃度で最も高かった（第 1 表）。しかし，スモモとオウトウでは 10% と 20% のショ糖濃度に有意な差は認められなかった。また，柱頭への付着性を高めるために添加する増粘剤の種類（寒天または XG）や濃度の違いは，花粉の発芽率に影響しなかった（第 2 表）。

次に，花粉の懸濁性の向上や柱頭付着性の向上を目的に，展着剤および界面活性剤の添加について検討した。まず，モモでスクリーニングを行った結果，花粉の発芽率を低下させる剤が多い中で，アプローチ BI および Tween80 は花粉に対する影響が小さく，Tween80 は濃度 1% でも発芽率への影響が殆どみられないことが明らかになった（第 3 表）。

第1表 ショ糖濃度が花粉発芽率に及ぼす影響

ショ糖濃度 (w/v)	花粉発芽率 (%)		
	モモ	スモモ	オウトウ
5%	9.2 a ^z	27.2 a	4.1 a
10%	23.5 b	38.7 b	6.9 ab
20%	35.5 c	39.1 b	15.6 b

^z 角変換後のTukey法により異符号間に5%水準で有意差あり
懸濁前の花粉発芽率：モモ47%，スモモ41%，オウトウ14%

第2表 増粘剤が花粉発芽率に及ぼす影響

増粘剤	花粉発芽率 (%)		
	モモ	スモモ	オウトウ
寒天0.1%	23.5	38.7	6.9
寒天0.2%	32.9 NS ^z	46.0 NS	9.6 NS
XG0.05%	11.8	30.3	12.1
XG0.1%	13.6 NS	29.3 NS	9.2 NS

^z NS:角変換後の分散分析により有意差なし
懸濁前の花粉発芽率：モモ（上段）47%，モモ（下段）18%，スモモ（上段）41%，
スモモ（下段）31%，オウトウ（上段）14%，オウトウ（下段）14%

アプローチBI および Tween80 については、スモモおよびオウトウの花粉発芽率に及ぼす影響を調査した。スモモとオウトウにおいて、これらの剤を溶液に添加しても発芽率の低下は小さかった（第4表）。

また、これらの剤を添加した溶液（ショ糖10%、寒天1%）に擬似花粉として石松子を懸濁し、モモ柱頭に散布して石松子の付着数を調査した。その結果、無添加の溶液に比べて柱頭への付着性が向上することが確認できた（データ省略）。

2. 花粉濃度の検討

結実確保に必要な花粉濃度について検討した。モモ‘夢しずく’では、濃度1%で3年間とも15%以上の結実率を確保できたが、花粉濃度0.5%では年によって経済栽培上必要な結実率である7%を下回った（第1図）。このため、花粉濃度は1%が適当であると考えられた。

スモモ‘ソルダム’では0.5~2%の濃度で検討

を行った（第2図）。スモモは結実率の年次変動が大きく、2010年は花粉濃度が最も濃い2%でも、慣行の毛バタキ受粉と同じく必要結実率の8%に満たなかった。しかし、2%の濃度では慣行の受粉方法と同等もしくはそれ以上の結実率が得られており、花粉濃度は2%での利用が妥当であると考えられた。

第3表 展着剤等が花粉発芽率に及ぼす影響（モモ）

資材名	濃度	発芽率 (%)
アプローチBI	0.1%	57.5 (86)
スカッシュ	0.1%	29.7 (44)
まくピカ	0.01%	8.2 (12)
対照		67.0 (100)
Tween20	1%	43.6 (49)
Tween80	1%	80.1 (91)
対照		88.4 (100)

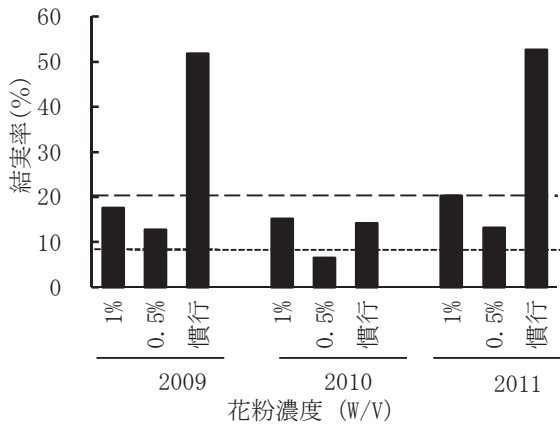
各資材を添加した溶液に花粉を懸濁し、2時間静置した後に発芽率を調査
()内は対象（ショ糖10%）を100とした場合

第4表 展着剤等が花粉発芽率に及ぼす影響（スモモおよびオウトウ）

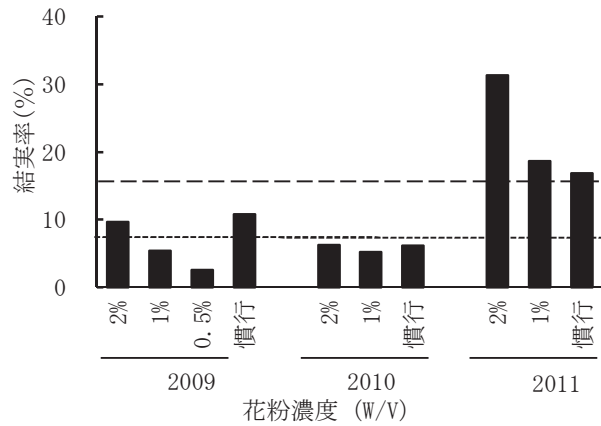
資材名	濃度	発芽率 (%)	
		スモモ	オウトウ
アプローチBI	0.1%	57.3 (85)	39.1 (92)
Tween80	1%	63.9 (95)	55.4 (131)
対照		67.6 (100)	42.4 (100)

各資材を添加した溶液に花粉を懸濁し、2時間静置した後に発芽率を調査

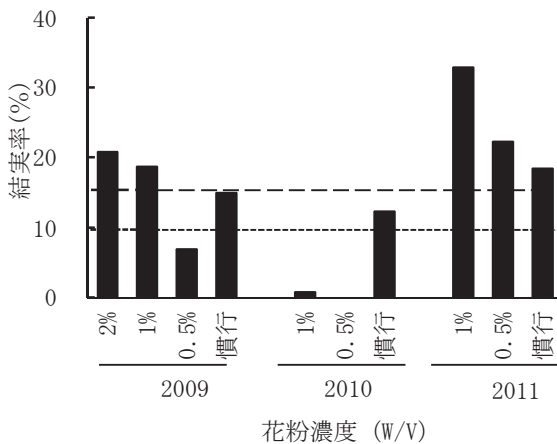
()内は対象（ショ糖10%）を100とした場合



第1図 花粉濃度がモモ‘夢しずく’の結実率に及ぼす影響
 ハンドスプレーにより溶液受粉を行った。処理は満開日を目安に1回行い、処理区は防虫網で被覆した。慣行は毛バタキを用いて受粉した。点線は必要結実率の7%、破線は十分な結実率の20%を示す



第2図 花粉濃度がスモモ‘ソルダム’の結実率に及ぼす影響
 ハンドスプレーにより溶液受粉を行った。処理は満開日を目安に1回行い、処理区は防虫網で被覆した。慣行は毛バタキを用いて受粉した。点線は必要結実率の8%、破線は十分な結実率の17%を示す



第3図 花粉濃度がオウトウ‘佐藤錦’の結実率に及ぼす影響
 ハンドスプレーにより溶液受粉を行った。処理は満開日を目安に1回行い、処理区は防虫網で被覆した。慣行は毛バタキを用いて受粉した。点線は必要結実率の10%、破線は十分な結実率の20%を示す

オウトウ‘佐藤錦’の場合、花粉濃度1%では2009年と2011年に必要な結実率となる10%を越える結実率が得られた。しかし、2010年では慣行受粉の結実率12%に対して、溶液受粉では殆ど結実が得られなかった(第3図)。2010年は開花期の気温が低く全体的に結実率が低下したが、溶液受粉では慣行法に比べて環境要因の影響を受けや

すい可能性が示唆された。

3. 散布方法の検討

各散布方法における必要な溶液量および作業時間を第5表に示した。いずれの樹種においても市販の電動噴霧機を利用した場合で作業時間が最も短縮できたが、使用液量が多いため現実的な利用は困難と思われた。ハンドスプレーおよび試作機を使用した場合も、慣行法に比べて作業時間を短縮することが可能であった。溶液受粉に必要な溶液量(10aあたり)は、ハンドスプレーを用いるとモモで17L、スモモで18L(平棚仕立ては9L)、オウトウで24Lと推定された。試作機ではモモで15L、スモモで16L(平棚仕立ては7L)、オウトウで21Lの溶液が必要になると推察され、電動噴霧機に比べると少量の溶液で散布が可能であった。

4. 濡れた花における溶液受粉の効果

降雨後に花が濡れていると慣行の毛バタキを利用した方法では受粉できないため、その場合に溶液受粉が利用可能か調査した。結実不良年であった2010年はスモモおよびオウトウのみで検討したが、双方とも結実率が低く、散水処理区のスモモは1.6%、オウトウは0.2%の結実率であった

第5表 散布方法別の使用液量および作業時間

試験区	モモ			スモモ						オウトウ		
	開心自然形			開心自然形			平棚仕立て			開心自然形		
	使用量(L)	作業時間(h)	慣行比 ²	使用量(L)	作業時間(h)	慣行比	使用量(L)	作業時間(h)	慣行比	使用量(L)	作業時間(h)	慣行比
ハンドスプレー	17	6.9	88	18	7.2	53	9	3.0	45	24	9.9	46
試作機	15	5.0	64	16	7.6	55	7	2.8	42	21	8.9	41
電動噴霧機	54	4.3	55	58	3.9	28	28	1.8	27	86	4.7	22
毛バタキ(慣行)	-	7.8	100	-	13.7	100	-	6.7	100	-	21.7	100

² 慣行の作業時間を100とした場合の割合

開心自然形は20樹/10 a、平棚仕立ては15樹/10 aとして算出

(第6表). 一方, 気象条件の良かった2011年は, モモで12.7%, スモモで23.7%, オウトウで34.0%と, いずれも経済栽培上十分な結実率を越えていた. よって, 降雨後でも溶液受粉により結実確保が可能と考えられたが, 受粉時の気象条件によっては結実率の差が大きいことが明らかとなった.

第6表 散水後の溶液受粉による結実

樹種	試験区	結実率 (%)	
		2010	2011
モモ	散水处理区		12.7
	対照区	-	24.9
	慣行区		74.9
スモモ	散水处理区	1.6	23.7
	対照区	5.2	31.4
	慣行区	6.1	16.9
オウトウ	散水处理区	0.2	34.0
	対照区	0.8	32.9
	慣行区	12.3	18.4

散水处理区は受粉前の花に散水した後, モモとオウトウは1%, スモモは2%の花粉濃度で溶液受粉を行った. 対照区は無散水で処理区と同じ溶液受粉, 慣行区は毛バタキにより受粉を行った

考 察

本試験では結実確保が重要となる一部のモモとスモモ, オウトウにおいて, 省力的な受粉方法として注目される溶液受粉が利用可能か検討した.

溶液受粉で良好な結実を得るためには, 花粉の発芽率を維持した上で, 噴霧機での散布が可能で, 柱頭への付着性に優れる懸濁溶液を明らかにする必要があります. このため, まず溶液の組成について検討した. 溶液中のショ糖濃度はキウイフルーツで5%³⁾, ナシでは10%⁴⁾が採用されている. 本試験で検討した5~20%の範囲では, ショ糖20%溶液がモモとスモモ, オウトウの花粉発芽率の維持に優れていた. ただし, モモを除いて10%と20%の間では有意差は認められず, 経済性を考慮すると花粉の懸濁にはショ糖10%溶液が良いと考えられた. また, 増粘剤の種類や濃度は花粉発芽率に影響しなかったが, 粘性が高いと散布時の拡散面積が極めて小さくなるため, 対象花数が多く密集して開花する核果類においては, 拡散面積が広く安価で入手容易な寒天0.1%が適していると考えられた. さらに, アプローチBIやTween80は花粉に対しての影響が小さく, 柱頭への花粉付着量の増加が期待できることが分かった. このうち, Tween80は濃度1%でも発芽率にほとんど影響しないため, 核果類の花粉を懸濁する溶液として, ショ糖10%, 寒天0.1%水溶液に界面活性剤であるTween80を1%添加した溶液が適していると考えられる.

溶液受粉により必要な結実率を確保できる花粉濃度は, モモで1%であることを明らかにした. スモモでは2%, オウトウでは1%の花粉濃度が有望であったが, 年によっては必要結実率に達しない年も認められた. キウイフルーツでは0.2% (w/v)³⁾, ナシ‘幸水’では0.3% (w/v)⁴⁾の花

粉濃度で溶液を散布すれば実用的な結実率が得られている。しかし、これらの樹種と比べると核果類では結実確保に必要な花粉濃度が高く、年次変動も大きい。この理由としては、キウイフルーツやナシと比較して核果類では、柱頭が小さいこと、元々の結実率が低いこと、開花期が早く気象の影響を受けやすいことなどが影響したと考えられる。

本試験で調査したいずれの散布方法においても慣行法に比べて受粉時間の短縮が可能で、溶液受粉により受粉作業を省力化できる可能性が示された。しかし、結実確保に必要な花粉濃度と使用液量から算出した 10 a あたりに必要となる花粉量（精製花粉）は、ハンドスプレーを利用した場合で、モモで 170 g、スモモで 360 g（平棚仕立てでは 180 g）、オウトウで 240 g になると推定される。これは、品種や樹齢にもよるが、慣行法で使用する精製花粉量をおよそ 50 g（粗花粉では 200 g 程度）とすると、慣行法に比べて 3.5~7 倍の花粉量に相当する。

現在、モモ・スモモ・オウトウの栽培では受粉用の花粉を確保するために生産者自らが花の採取・採葯・開葯等を行っており、必要花粉量が倍増すると花粉採集の労力も倍増する。このため、核果類において慣行法に替えて溶液受粉を利用することは現状困難であると考えられた。ただし、濡れた花に対する受粉方法として溶液受粉が利用できることが明らかとなった。慣行法では降雨後の受粉は困難であるため、受粉に好適な条件（温暖、適湿、無風）が揃えば、降雨後の受粉において溶液受粉が利用できると考えられる。

摘 要

本試験では結実確保が重要となる一部のモモとスモモ、オウトウの人工受粉において、省力的な受粉方法として注目される溶液受粉が利用可能か検討した。

1. モモとスモモ、オウトウの花粉を懸濁する溶液としては、シヨ糖 10%、寒天 0.1%に Tween80 を 1%添加した溶液が適していると考えられた。

2. 結実確保に必要な花粉濃度 (W/V) について検討したところ、モモでは 1%、スモモでは 2%での利用が適当であると考えられた。オウトウでは、花粉濃度としては 1%が妥当であったが、殆ど結実しない年次もあり、慣行法に比べて溶液受粉では環境要因の影響を受けやすい可能性が示唆された。
3. 溶液受粉では、検討したいずれの散布方法でも慣行法に比べて作業時間の短縮が可能であった。ハンドスプレーを使用すると、10 a 当たりモモで 17 L、スモモで 18 L（平棚仕立ては 9 L）、オウトウで 24 L の溶液が必要であった。
4. 花が濡れていても、受粉時の気象条件が整えば、溶液受粉により必要な結実が確保できると考えられた。
5. 核果類の溶液受粉には、慣行法と比べて 3.5~7 倍の花粉量が必要になると推定され、現状での利用は困難であると考えられた。しかし、降雨後において溶液受粉が活用できる可能性が示された。

引用文献

- 1) 山梨県 (2005). 農業経営指標 (果樹・野菜・花き・作物・特作・畜産). 山梨.
- 2) Hopping, M. E. and L. M. Simpson (1982). Supplementary pollination of tree fruit. 3. Suspension media for kiwifruit pollen. N. Z. J. Agri. Res. 25:245-250.
- 3) 矢野 隆・清水康雄・新開志帆 (2002). 果樹における液体増量剤を用いた人工受粉 (第 1 報) キウイフルーツでの結実性, 果実品質, 作業効率. 園学雑. 71 (別 1) : 242.
- 4) 阪本大輔 (2009). 溶液受粉技術. 農業技術大系. 果樹編第 3 巻:技 30 の 6-10. 農文協. 東京.
- 5) 新谷勝広・富田 晃・池田二三高・萩原栄揮・渡辺晃樹・猪股雅人・光畑雅弘 (2011). 核果類の加温栽培における受粉作業へのマルハナバチの利用. 山梨果試研報. 12 : 67-76.

Utilization of Spray Pollination for Artificial Pollination in Stone Fruits

Eiki HAGIHARA, Akira TOMITA, Michiko DOBASHI-YAMASHITA¹ and Katsuhiko SHINYA

Yamanashi Fruit Tree Experiment Station, 1204 Ezohara, Yamanashi-shi, 405-0043, Japan

Current address :

¹ Yamanashi kyonan Agriculture Office, Ichikawamisato, Yamanashi, Japan

Summary

Artificial pollination is important to secure fruit set in peach varieties of male sterility, in plum and sweet cherry indicating self-incompatibility. However, efficiency and labor saving of the artificial pollination are demanded because the labor that artificial pollination requires is big, and work centers in a short term of the flowering stage. In late years, spray pollination was developed as saving of labor-like artificial pollination, and practical use of the spray pollination advances with kiwifruit or Japanese pear. In this examination, the use of spray pollination with stone fruits that includes peach, plum and sweet cherry were examined and evaluated the utility.

It was revealed that solution of 10% sucrose, 0.1% agar and 1% Tween80 were suitable for the solution to suspend the pollen of stone fruits. In pollen density (w/v), it was thought that 1% was suitable with peach and sweet cherry, and 2% was suitable with plum. Shortening of the time for pollination was possible than the current method by all dispersion methods investigated. However, it was thought that the practical use was difficult because the quantity of the pollen to use for spray pollination with stone fruit was 3.5 - 7 times of the current method. But it was suggested that spray pollination could be used after the rain that could not be pollinated by the current method.