

果樹類の花粉・花蜜残留試験（2022年 自主研究） —うめ、すもも、ももの花粉・花蜜—

1. 目的

果樹（核果類）の花粉花蜜残留試験方法を検討する。

2. 試験概要

山梨試験場において、うめ、すもも、ももを対象に、それぞれの花の形状や開花状況、花粉・花蜜の採取可否と採取方法、および残留試験方法と残留濃度を調査検討した。

3. 試験場所及び試験担当者

(1) 生育調査及び残留試験

試験場所：一般社団法人日本植物防疫協会山梨試験場

試験担当者：森田久孝、後藤直人、丸山直哉、秋山空隆、中西秀明

(2) 残留分析

試験場所：茨城研究所

試験担当：荒井雄太、島崎祐樹、六原智子

3. 供試作物及び栽培条件

(1) うめ（品種：南高、14年生）、露地栽培、開心自然形（主枝3本仕立て）、

樹高：約2.3m、樹間：5m×6m

(2) すもも（品種：ソルダム、14年生）、露地栽培、開心自然形（主枝2本仕立て）、

樹高：約2.3m、樹間：5m×5m

(3) もも（品種：白鳳、14年生）、露地栽培、開心自然形（主枝3本仕立て）、

樹高：約2.3m、樹間：5m×6m

4. 試験期間

(1) うめ：2022年3月10日～3月17日

(2) すもも：2022年3月28日～4月4日

(3) もも：2022年4月7日～4月14日

5. 試験区構成

各樹種ともに、薬剤処理区と無処理区を設け、下記の規模を設定した。なお、栽植密度から求めた1樹当たりの面積は、うめとももは各30.0㎡、すももは25.0㎡であるが、試験開始時の樹の大きさ（枝の張りだし程度）から、うめとももは各16.0㎡、すももは22.5㎡とした。

(1) うめ：薬剤処理区112.0㎡・7樹、無処理区48.0㎡・3樹

(2) すもも：薬剤処理区67.5㎡・3樹、無処理区45.0㎡・2樹

(3) もも : 薬剤処理区 48.0 m²・3 樹、無処理区 32.0 m²・2 樹

試験区は、訪花昆虫の侵入を防ぐため、うめは試験開始 7 日前（開花中）、すももとももは開花前より試験区全体を 5mm 目合いの白色ネットで覆った（図 1）。



図 1.試験区の被覆と散布状況

6. 開花率、開花状況及び花の構造

各樹種ともに、開花始めから試料採取を終了するまでの開花の推移を調べるため、1 樹から任意に 2 垂主枝を選び、着生する全花数と開花数を計数して開花率を求めた。また、蕾の開き始めから落弁が始まるまでの状況と花の構造を画像で記録した。

7. 試験薬剤の散布

(1) 供試薬剤

ジノテフラン 20.0%顆粒水和剤（アルバリン顆粒水溶剤）

ペルメトリン 20.0%乳剤（アディオオン乳剤）

(2) 処理方法

両薬剤の 2000 倍希釈液混用液を作製した。各樹種ともに、エコシャワー H10（2 頭口）ノズルを装着した背負い式バッテリー動噴（丸山製作所 MSB1500Li）で、時間計測法により樹全体に均一に混用液を散布した。

散布時の試験区（うめ及びももは処理区、すももは無処理区）の開花率は、うめが 22.4%、すももが 86.8%、ももでは 45.9%で、特にすももでは満開に近い状態であった。

表 1. 各樹種の散布状況

作物名	散布月日	散布時刻	天候	風速	散布量(/10a)	開花率(%)*
うめ	2022年3月10日	15:00~15:30	晴れ	無風	347L	22.4
すもも	2022年3月28日	15:35~16:05	曇	弱風	350L	86.8
もも	2022年4月7日	14:07~14:20	晴れ	弱風	352L	45.9
*うめとももは処理区の開花率、すももは無処理区の開花率						

8. 試料の採取

(1) 試料の採取時期及び採取部位

各樹種ともに、無処理区は散布当日の散布前に、薬剤処理区は、処理直後（処理翌日午前中の処理後 24 時間以内）と、採取が可能な期間内に 2 回又は 3 回採取した。採取部位は、うめとすももは花粉、花蜜及び葯を、ももは花粉及び花蜜とした。

表 2. 各樹種の採取状況

作物名	採取年月日	採取時期	天候	採取部位	開花率(%)
うめ	2022年3月10日	処理前（無処理）	曇り	花粉、花蜜、葯	30.1
	2022年3月11日	処理直後（24時間以内）	晴れ	花粉、花蜜、葯	27.6
	2022年3月13日	処理3日後	晴れ	花粉、花蜜、葯	64.0
	2022年3月17日	処理7日後	曇り	花粉、花蜜、葯	91.5
すもも	2022年3月28日	処理前（無処理）	晴れのち曇り	花粉、花蜜、葯	86.8
	2022年3月29日	処理直後（24時間以内）	曇り	花粉、花蜜、葯	95.4
	2022年3月31日	処理3日後	晴れのち曇り	花粉、花蜜、葯	99.3
	2022年4月2日	処理5日後	晴れ	花粉、花蜜、葯	99.9
	2022年4月5日	処理8日後	晴れ	花蜜、葯	100
もも	2022年4月7日	処理前（無処理）	晴れ	花粉、花蜜	57.1
	2022年4月8日	処理直後（24時間以内）	晴れ	花粉、花蜜	70.9
	2022年4月10日	処理3日後	晴れ	花粉、花蜜	94.4
	2022年4月13日	処理6日後	晴れ	花粉、花蜜	99.7

(2) 採取器具

1) 花粉

クリーナー（メーカー名及び型式：いずれも不明）に接続チューブ（軟質ビニール、外径 14mm）をつなぎ、その先端に吸引チューブを装着した花粉吸引装置を使用した

(図2)。先端の吸引チューブは、採取中、花卉に触れない大きさとして外径9mmの軟質ビニールチューブを用い、花粉捕集用の内部フィルター、その上に葯等の異物混入防止用の外部フィルターを被せ、外れないように輪ゴムで留めて作製した(図2)。

内部フィルターには3層マスクの中間層の不織布を用い、外部フィルターは、うめとすももは吸引時に葯等が入らない目合いのトリコットニット(ポリエステル製)を、ももでは葯等が入らず、かつ花粉が目詰まりしにくい0.25mm目合いの白色ネット(ポリエチレン製)を使用した(図2)。



図2.花粉の採取に用いた器具

2) 花蜜

注射針を装着したシリンジ(1ml)を使用した(図3)。

3) 葯

ハサミを使用した(図3)。



図3.花蜜及び葯の採取に用いた器具

(3) 採取方法

1) 花粉

樹上の開花後の開葯が進んだ花から、吸引チューブの先端部分を花卉に触れないように葯に軽く当てて花粉を吸い取った。その際には、外部フィルターの目詰まりを防ぐため、フィルター1枚につき、うめでは100花又は120花、すももでは200花、300花又は500花、ももでは50花又は75花でフィルターを交換しながら目標量を採取した。採取後は、クリーナーから接続チューブ（吸引チューブ付き）を外し、ポリ袋を被せて試験場内の室内に持ち運んだ（図4）。

室内で吸引チューブから内部フィルターを取り出し、スパーテルで掻いて又は清浄な手袋をした指で軽く叩いて薬包紙に花粉を落とし、電子天秤で重量を測定した。なお、うめの無処理区では、外部フィルターの内側に付着した花粉も採取した。



図4.各樹種の花粉の採取状況

2) 花蜜

花粉採取作業前に、樹上から開花した花をピンセットで採取し、その場で花粉が蜜溜まりに落ちないように花を下又は横に向けた状態で花糸を切り落とし、ポリ袋に入れて試験場内の室内に持ち運んだ。花をポリ袋に入れたまま室内で1時間又は2時間保管後、シリンジで蜜溜まりから花蜜を吸い取り、エッペンドルフチューブに入れ、電子天秤で重量を測定した（図5）。



図 5.各樹種の花蜜の採取状況

3) 葯

花粉採取作業前に、開花後の開葯が始まっている花をピンセットで採取し、蓋付きのプラスチックケースに入れて室内に持ち運んだ。そこでハサミを用い、うめは葯に花糸がややついた状態で、すももでは極力葯のみを切り取ってプラスチック容器に入れ、それを葉包紙に集めて電子天秤で重量を測定した（図 6）。

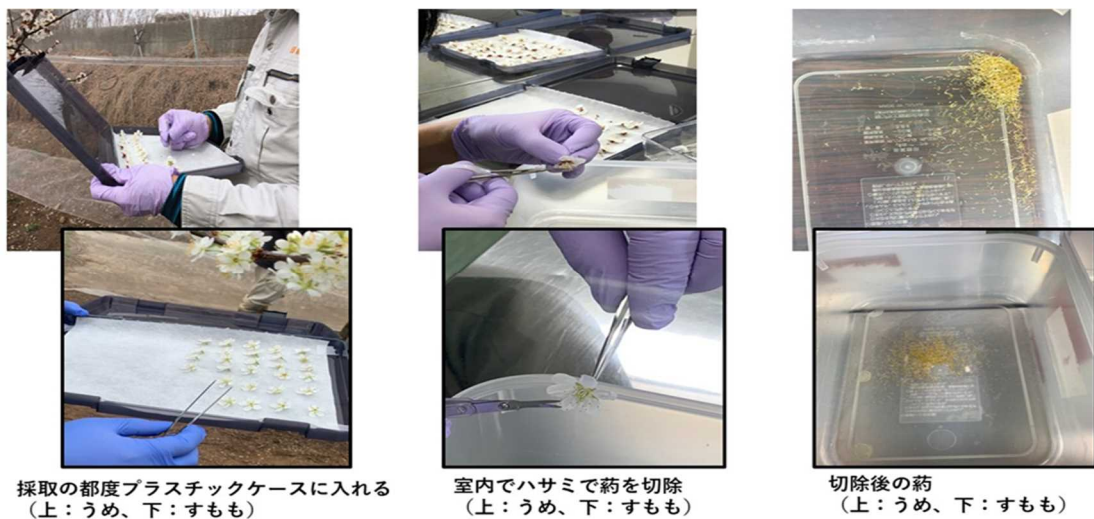


図 6.各樹種の葯の採取状況

(4) 試料の梱包及び送付方法

各試料はアルミ製のチャック付き袋に入れ、試料の識別ラベルを貼り付けた。花粉試料と葯試料は、ボックス内を -20°C に保冷できる保冷剤（アイスバッテリー）と共に専用の保冷ボックスに収容し、ヤマト運輸の冷凍便で翌日着で送付、又は直接

分析場所へ持ち運んだ。花蜜試料はダンボール箱に入れ、ヤマト運輸の冷蔵便で翌日着で送付、又は保冷剤と共に保冷容器に入れて直接分析場所へ持ち運んだ。

9. 分析の方法

各試料と供試農薬の組み合わせごとに十分な回収率と精度が確保できる方法を事前に確立した後、各2連で分析を実施した。

(1) 磨砕均一化

1) 花粉試料（うめ、すもも、もも）及び薬試料（うめ、すもも）

試料に超純水を加え、約 1,000rpm に設定した攪拌機で 3 分間磨砕した。磨砕後、ボルテックスで試料をよく攪拌してから 50mL 容遠心管に必要量を分取した。試料は有姿で保管し、分析直前に磨砕均一化を行った。

なお、薬試料は通常の攪拌棒を用いて磨砕均一化が出来なかったため、イボ付き仕様の攪拌棒を使用した。

2) 花蜜試料（うめ、すもも、もも）

磨砕均一化操作は実施せず、試料受領後にボルテックスでよく攪拌してから 50mL 容遠心管に必要量を分取し、抽出操作を行うまで冷凍保管した。

(2) 抽出・精製・定量操作

以下の方法を用いて各操作を行った。なお、詳細な分析法及び回収率等の結果は別添資料に示した。

1) ジノテフラン（花粉、薬試料）

秤量した試料に含水アセトニトリルを加え振とう抽出した。塩析、アセトニトリル／ヘキサン分配、及び連結ミニカラムによる精製を行った後、液体クロマトグラフ／タンデム型質量分析計を（LC-MS/MS）を用いて定量した。定量限界は 0.01mg/kg とした。

2) ジノテフラン（花蜜試料）

秤量した試料に含水アセトニトリルを加え振とう抽出した。塩析、連結ミニカラムによる精製を行った後、液体クロマトグラフ／タンデム型質量分析計を（LC-MS/MS）を用いて定量した。定量限界は 0.01mg/kg とした。

3) ペルメトリン（全分析試料）

秤量した試料に含水アセトニトリルを加え振とう抽出した。塩析、フロリジルミニカラムによる精製を行った後、液体クロマトグラフ／タンデム型質量分析計を（LC-MS/MS）を用いて定量した。定量限界は 0.001mg/kg とした。

10. 結果及び考察

(1) 開花期間、採取期間及び開花率

各樹種の開花期間（開花始め～開花終わり）と試料の採取が可能な期間を表3に、開花率の推移を表4に示した。また、開花の状況を経時的に記録した画像と、花の構造の画像を図7～図12に示した。

1) うめ

試験樹全体での開花期間は31日間であった。低温が影響してか、開花率は3月8日まではやや緩慢に推移したが、以降は気温の上昇と共に徐々に高くなった。3月8日以降、蕾が開き始めてから花粉が採取出来るまでは3～4日を要し、その後花粉、花蜜及び葯のいずれも7～8日間採取が可能であった。

花には30個前後の雄ずいがあり、先端に葯を形成していた。葯は黄色で、開葯が進むに従い色が濃くなり、大きさがやや小さくなった。花蜜は子房内部の周囲に溜まっており、目視により花蜜の有無が確認できた。

2) すもも

試験樹全体での開花期間は9日と短く、蕾が開き始めてから花粉が採取出来るまでは4～5日を要し、その後花粉は約5日間、花蜜と葯は約6日間、採取が可能であった。開花は3月26日を境に急激に進み、開花率は3月26日には13.1%だったのが、翌日（3月27）日には74.0%に達し、その2日後（3月29日）には95%を超えた。開花が一気に進むことに加え、1花あたりの開花期間もうめ、ももに比べて短いことから、花粉、花蜜の採取可能な期間は3樹種の中で最も短かった。

1花叢に多くの花を有し、花には20個程度の雄ずいがあり、その先端に葯を形成していた。葯は黄色で、開葯が進むに従い色が濃くなり、大きさがやや小さくなった。花蜜は子房内部の周囲に溜まっており、目視により花蜜の有無が確認できた。

3) もも

試験樹全体での開花期間は15日と、うめとすもものほぼ中間であった。蕾が開き始めてから花粉が採取出来るまでは7～8日を要し、その後花粉、花蜜は5～6日間採取が可能であった。開花は4月4日までは緩慢に推移したが、4月5日以降急に進んだものの、すももほど急激ではなかった。

花には30個前後の雄ずいがあり、先端に葯を形成していた。葯は開葯前は赤みを帯びており、開葯が進むに従い黄色くなった。花蜜は子房内部の周囲に溜まっていたが、花糸の根元で子房内部が塞がれて内部が見えないため、目視による確認はできなかった。

表 3. 開花期間と採取期間

作物名	品種名	供試樹全体の開花状況			1花の開花状況 (日数)		1花での採取可能期間 (日数)		
		開花始め (月日)	開花終り (月日)	開花期間 (日数)	蕾→開花*	開花→ 落弁始め	花粉	花蜜	葯
うめ	南高	2月21日	3月23日	31日	3~4日	7~9日	7~8日	7~8日	7~8日
すもも	ソルダム	3月24日	4月3日	9日	4~5日	約5日	約5日	約6日	約6日
もも	白鳳	4月3日	4月19日	15日	7~8日	7~8日	5~6日	5~6日	-

*蕾は花弁が開き始めた状態、開花は花粉の採取が可能な状態

表 4. 開花率の推移

うめ			すもも			もも		
調査月日	処理区	無処理区	調査月日	処理区※	無処理区	調査月日	処理区	無処理区
3月4日	3.4	5.2	3月21日	-	0.0	3月30日	0.0	0.0
3月5日	4.0	5.6	3月22日	-	0.0	3月31日	0.9	1.6
3月6日	6.5	7.4	3月23日	-	0.0	4月1日	1.0	1.8
3月7日	8.1	10.3	3月24日	-	0.7	4月2日	1.6	2.6
3月8日	11.1	15.8	3月25日	-	2.1	4月3日	2.8	5.0
3月9日	15.7	21.2	3月26日	-	13.1	4月4日	3.5	5.1
3月10日	22.4	30.1	3月27日	-	74.0	4月5日	16.1	23.2
3月11日	27.6	-	3月28日	-	86.8	4月6日	24.2	34.1
3月12日	48.1	-	3月29日	-	95.4	4月7日	45.9	57.1
3月13日	64.0	-	3月30日	-	97.9	4月8日	70.9	-
3月14日	73.4	-	3月31日	-	99.3	4月9日	91.4	-
3月15日	80.1	-	4月1日	-	99.9	4月10日	94.4	-
3月16日	89.2	-	4月2日	-	99.9	4月11日	97.4	-
3月17日	91.5	-	4月3日	-	100	4月12日	98.9	-
3月20日	98.5	-	※処理区には調査箇所は設けていないが開花状況は無処理区と同様の状況であった。			4月13日	99.7	-
3月23日	99.8	-				4月14日	99.9	-
3月25日	99.8	-						
2月21日に試験樹全体で8花開花								

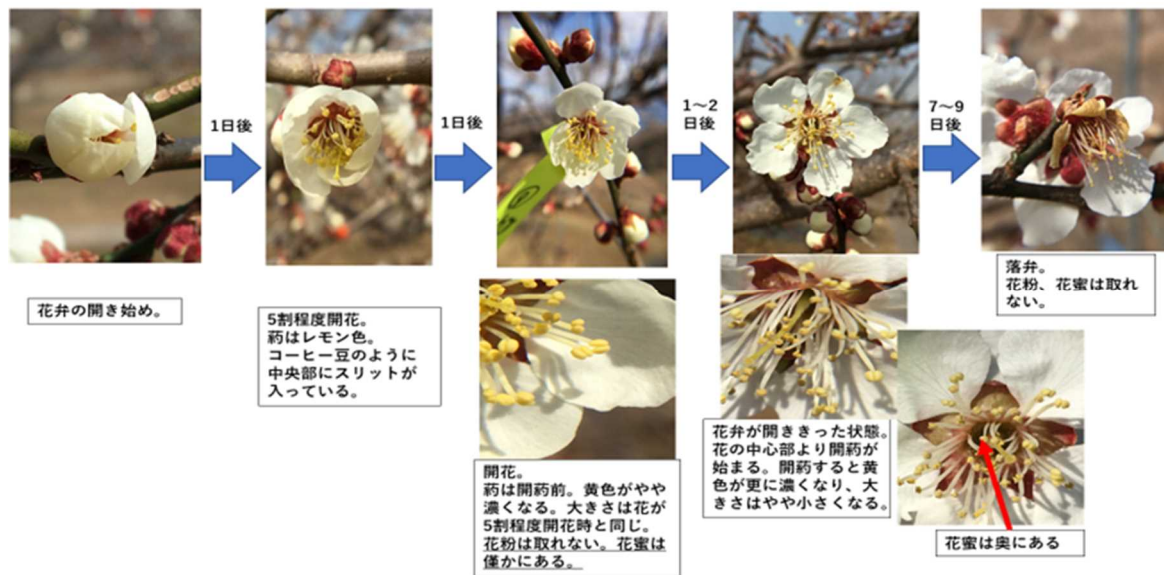


図 7.うめの開花状況

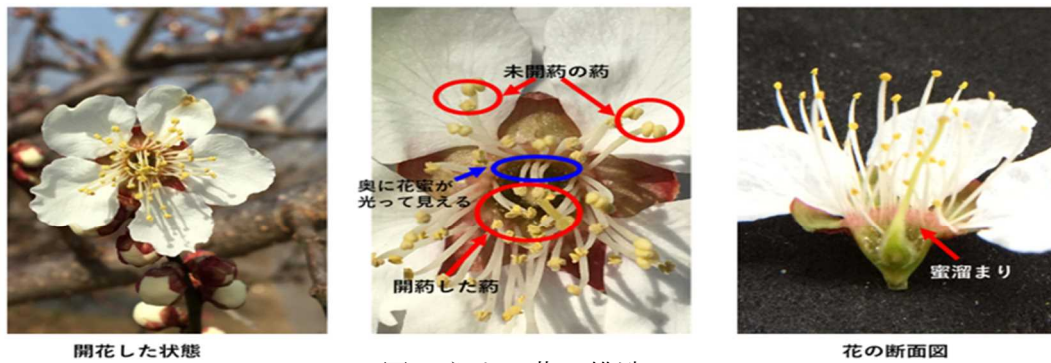


図 8.うめの花の構造

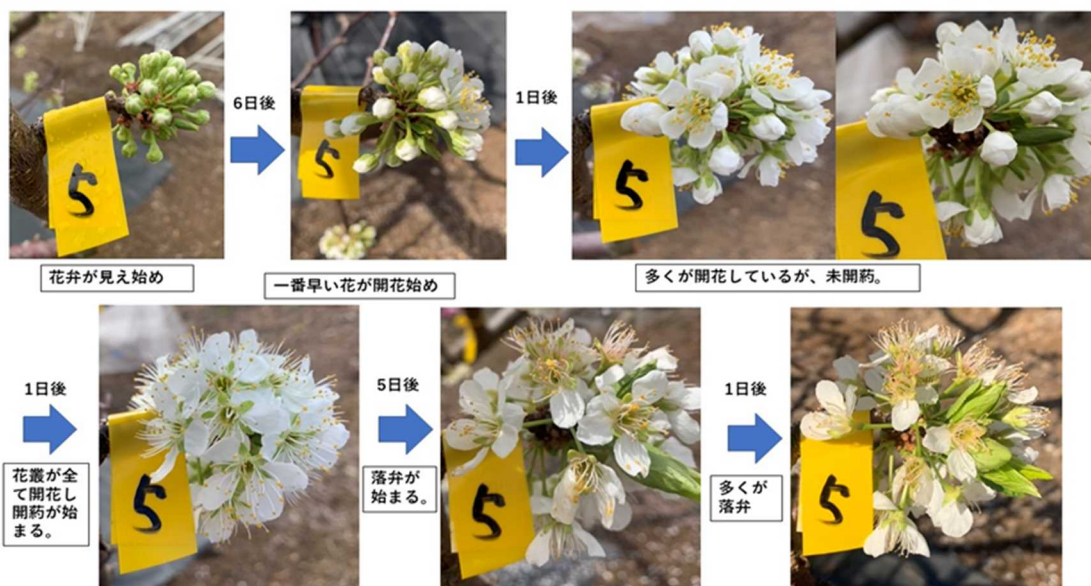


図 9.すももの開花状況



図 10.すももの花の構造

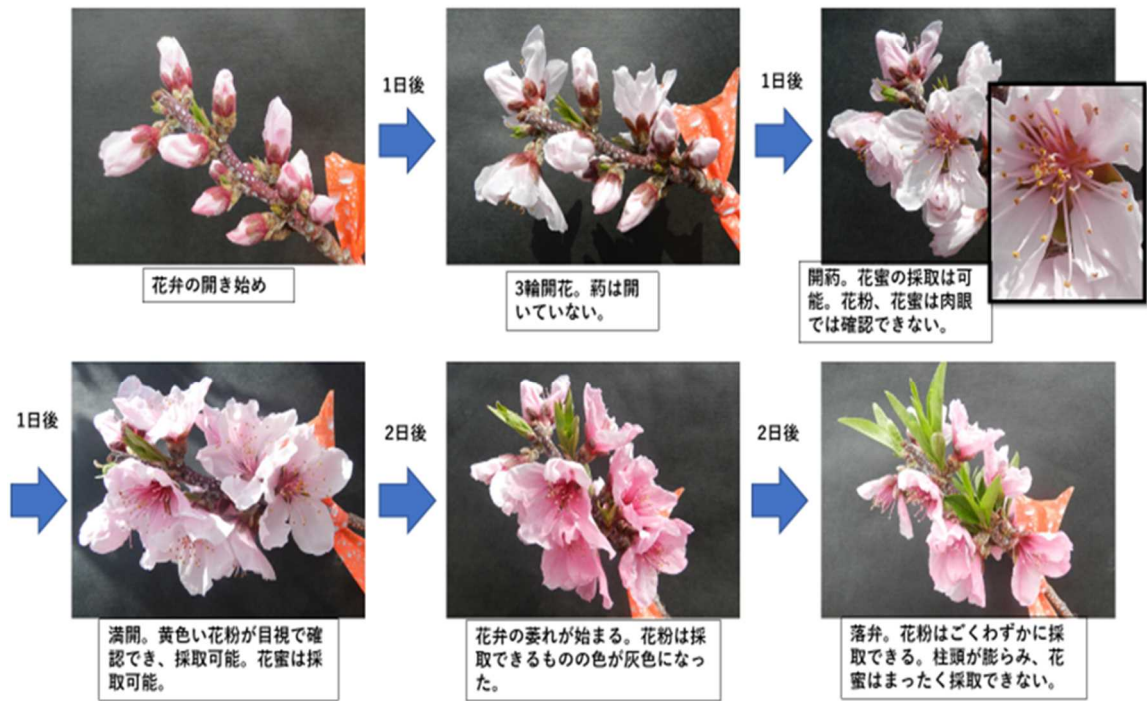


図 11.ももの開花状況



図 12.ももの花の構造

(2) 各試料の採取量

各樹種の部位別採取量及び採取時の開花率を表5～表7に示した。

1) うめ

花粉は、最少で1800花、最多で2800花から採取した。それらからの花粉の採取量は326mg～504mgで、1花あたりは0.116mg～0.253mgであった。1花あたり概ね0.2mgを採取出来たが、処理直後は他の採取日と比べ半分に留まった。その要因としては、採取時の開花率が27.6%と最も低く、開葯が十分に進んでなかった可能性があると考えられた。

花蜜は、最少で150花、最多で434花から採取した。それらからの花蜜の採取量は546mg～2428mgで、1花あたりは2.99mg～5.59mgであった。花蜜は、花粉と比べ1花あたりの採取量が多く、花粉で採取した1/10程度の花数で250mg以上の採取が可能と考えられた。

葯は、最少で61花、最多で320花から採取した。それらからの葯の採取量は300mg～2158mgで、1花あたりは2.70mg～6.74mgであった。開花率が高くなるにつれて採取量が減る傾向にあったが、開葯が進み花粉が放出され、葯が軽くなったためと考えられた。

参考として、採取した花のポリ袋内での保管(1～2時間)の有無による花蜜採取量の違いを、処理直後の試料を用いて調べた。その結果、保管せずに採取した場合は、50花から35mgの花蜜が採取され、1花あたり採取量は0.70mgとなり、保管有りの20%程度に止まった(データ非掲載)。このことから、花を採取後に一定時間ポリ袋内で保管することは、効率的に花蜜を採取する有効な手段と考えられた。また、葯について、花糸を極力排除した葯のみとした場合と、花糸付きの葯との採取量を、処理直後の試料で比較した(表5は花糸付き試料の結果)。その結果、葯のみの場合は140花から479mgが採取され、1花あたりの採取量は3.42mgとなり、花糸付きに対して約30%減となった(データ非掲載)。

表5. うめにおける部位別採取量

採取時期(月日)	花粉*			花蜜			葯			開花率(%)
	採取花数 (個)	採取量 (mg)	1花あたり 採取量(mg)	採取花数 (個)	採取量 (mg)	1花あたり採 取量(mg)	採取花数 (個)	採取量 (mg)	1花あたり 採取量(mg)	
無処理(3/10)	2060	504	0.245	434	2428	5.59	320	2158	6.74	30.1
処理直後(3/11)	2800	326	0.116	150	546	3.64	61	300	4.92	27.6
処理3日後(3/13)	1800	455	0.253	304	1445	4.75	185	504	2.72	64.0
処理7日後(3/17)	2000	402	0.201	271	811	2.99	246	664	2.70	91.5

* 無処理の花粉の採取量及び1花あたり採取量は、外部フィルターの内側に付着した花粉を含んだ量。

2) すもも

花粉は、最少で 6000 花、最多で 10800 花から採取した。それらからの花粉の採取量は 229mg～349mg で、1 花当たりの採取量は 0.022mg～0.048mg であった。うめやももに比べて多くの花を必要としたこと、また外部フィルターが目詰まりしにくかったことから、花粉は小さくて軽いと考えられた。フィルター上の花粉は比較的さらさらしており、粘性は低かった。処理直後と処理 3 日後の採取量に差はなかったが、処理 5 日後になると半減した。これは、処理直後の開花率が既に 95.4%と高く、処理 5 日後には花粉の多くが飛散していたこと、また、前回までに採取した花からの再採取の割合が高かったことが考えられた。なお、処理 8 日後に採取を試みたが、500 花を採取した時点で、外部フィルターへの付着がほとんど確認できなかったことから、規定量の採取が困難と判断し、採取を取り止めた。

花蜜は最少で 100 花、最多で 242 花から採取した。それらからの花蜜の採取量は 417mg～616mg で、1 花あたりは 2.06mg～6.16mg であった。試験期間を通して大きく減少することはなかったが、処理 3 日後は他と比べ 3 倍程度の量となった。これは、前日から採取当日にかけて、比較的湿度が高かったことが花蜜の分泌量に影響したと考えられた。

葯は、最少で 298 花、最多で 560 花から採取した。それらからの葯の採取量は 423mg～812mg、1 花あたりは 1.41mg～1.82mg であった。花粉の採取量が減少傾向にあったのに対し、葯の採取量が変わらなかったのは、花粉が非常に軽く、葯の重量に対する花粉重量の割合が低いため推察された。

参考として、花蜜採取前に花をポリ袋に保管する効果を検証するために、処理 2 日後(3 月 30 日)に、採取した花をポリ袋に保管せずに花蜜の採取を行った。その結果、50 花から 80mg の花蜜が採取され、1 花あたりの採取量は 1.6mg となった(データ非掲載)。同日にポリ袋に保管した条件での調査は行っていないため、同日での比較は出来ないが、試験期間を通して採取量は最も少なく、うめと同様にこの方法は効率的に花蜜を採取する有効な手段と考えられた。

表 6. すももにおける部位別採取量

採取時期(月日)	花粉*			花蜜			葯			開花率(%)
	採取花数(個)	採取量(mg)	1花当たり採取量(mg)	採取花数(個)	採取量(mg)	1花当たり採取量(mg)	採取花数(個)	採取量(mg)	1花当たり採取量(mg)	
無処理(3/28)	10800	349	0.032	242	551	2.28	560	812	1.45	86.8
処理直後(3/29)	6000	275	0.046	202	417	2.06	316	538	1.70	95.4
処理3日後(3/31)	6000	285	0.048	100	616	6.16	298	543	1.82	99.3
処理5日後(4/2)	10300	229	0.022	150	438	2.92	305	432	1.42	99.9
処理8日後(4/5)	-	-	-	196	534	2.72	300	423	1.41	100

*処理5日後の採取花数は、のべ花数(同日に2回採取した花を含む)。処理8日後は規定量の花粉が取れないと判断し、採取しなかった。

3) もも

花粉は、最少で 1125 花、最多で 3775 花から採取した。それらからの花粉の採取量は 349mg～738mg、1 花あたりは 0.145mg～0.584mg で、開花率が高くなるに従い採取量が増える傾向にあった。これは、開花初期の花粉は比較的粘性があり、外部フィルターの裏側に付着してややロスが生じたが、開花が進むにつれて乾燥気味となり、ロスが少なくなったことが要因と考えられた。なお、処理 3 日後までの花粉は黄色であったが、処理 6 日後には灰色にくすみ始めた。その後、開花終期には多くが灰色となり、花粉の質が変わったと感じられた。

花蜜は最少で 110 花、最多で 125 花から採取し、それらからの花蜜の採取量は 925mg～1334mg で、1 花あたりは 7.40mg～12.13mg であった。うめとすももの花蜜に比べて色が濃く、粘性があった。

参考として、うめやすももと同様に、花のポリ袋内での保管の有無による花蜜量を、無処理採取時に調べた。その結果、保管無し条件では 100 花から 413mg の花蜜が採取され、1 花あたりの採取量は 4.13mg となり、保管有り条件と比較して 1 花あたりの重量は半減した（データ非掲載）。このことから、うめやすももと同様に、ももにおいても、この方法は効率的に花蜜を採取する有効な手段と考えられた。

表 7. ももにおける部位別採取量

採取時期（月日）	花粉			花蜜			開花率(%)
	採取花数 (個)	採取量 (mg)	1花あたり 採取量(mg)	採取花数 (個)	採取量 (mg)	1花あたり採 取量(mg)	
無処理(4/7)	3775	738	0.195	112	1012	9.04	45.9
処理直後(4/8)	2400	349	0.145	120	1148	9.57	70.9
処理3日後(4/10)	1275	369	0.289	110	1334	12.13	94.4
処理6日後(4/13)	1125	657	0.584	125	925	7.40	99.7

4) 樹種間における 1 花あたりの採取量の比較

花粉は、うめとももはほぼ同量で、すももは他の 1/5 以下であった。

花蜜はももが最も多く、次いでうめ、すももの順であった。ももの花蜜はうめに比べて 2 倍程度、すももと比べては 3 倍程度であった。

薬はうめが多く、すももはうめの半分以下であった。うめの薬には花糸が含まれており、すももの薬は花糸を極力除去したことから、厳密な比較はできないが参考調査結果から、うめの花糸を除去した場合の薬の重量を 7 割としても、うめの方が多く採取出来ると考えられる。

3 樹種の中で、すももはいずれの部位も採取量が最も少なかった。

(3) 各試料の採取に要する作業時間

各樹種における部位別の採取に要する作業時間を表 8～表 15 に示した。

1) うめ

花粉は、250mg を 1 人で採取するのに最短で 1 時間 45 分、最長で 3 時間 22 分を要した。最長となった処理当日は、開葯が進んでない花が多かったためか、採取花数が最も多く、作業時間の長さに影響した。

花蜜採取は、圃場での花の採取及び花糸の切除作業と、室内での花蜜吸引作業があり、合わせて最短で 41 分、最長で 1 時間 20 分を要した。圃場と室内の作業作業は、ほぼ同じ割合であった。花蜜採取では、採取方法の項で述べたように、採取した花から花蜜を吸引する前に 1 時間又は 2 時間室内で保管した。この時間は作業時間に含まれていないが、その時間は花粉又は葯の採取等に当てたため、待ち時間は生じなかった。

葯採取も花蜜採取と同様に圃場と室内での採取作業があり、合わせた作業時間は最短で 40 分、最長で 1 時間 56 分を要した。作業時間の大部分を室内での葯の切除作業が占め、圃場での花採取作業の 4 倍程度を要した。はさみでの葯の切除は時間がかかり、より効率的な採取方法の検討が必要と思われた。

表 8. うめ花粉の採取に要する作業時間

採取時期	採取花数 (個)	作業時間*	採取量 (mg)	1花当たり 重量(mg)	250mg採取 に要する花数	250mg採取に 要する時間(1人 当たり)**
無処理	2060	3:35	504	0.245	1020	1:46
処理直後	2800	4:22	326	0.116	2155	3:22
処理3日後	1800	3:12	455	0.253	988	1:45
処理7日後	2000	3:19	402	0.201	1244	2:04
* 複数の採取者によるのべ時間						
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数						

表 9. うめ花蜜の採取に要する作業時間

採取時期	圃場		室内		採取量(mg)	1花当たり 重量(mg)	250mg採 取に要する 花数(個)	250mg採取に要する時間 (1人当たり)		
	採取花数 (個)	作業時間*	採取花数 (個)	作業時間*				花** (圃場)	花蜜** (室内)	合計
無処理	1062	7:47	434	3:24	2428	5.59	45	0:20	0:21	0:41
処理直後	165	2:00	150	1:28	546	3.64	69	0:50	0:40	1:20
処理3日後	321	1:58	304	2:18	1445	4.75	53	0:19	0:24	0:43
処理7日後	300	1:47	271	2:15	811	2.99	84	0:30	0:42	1:12
* 複数の採取者によるのべ時間										
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数										

表 10. うめ蒨の採取に要する作業時間

採取時期	圃場		室内		採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数(個)	250mg採取に要する時間(1人当たり)		
	採取花数(個)	作業時間*	採取花数(個)	作業時間*				花** (圃場)	蒨** (室内)	合計
無処理	320	0:44	320	5:03	2158	6.74	37	0:05	0:35	0:40
処理直後	216	1:39	61	1:29	300	4.92	51	0:23	1:14	1:37
処理3日後	185	0:54	185	2:59	504	2.72	92	0:27	1:29	1:56
処理7日後	323	1:25	246	3:03	64	2.70	93	0:24	1:09	1:33
* 複数の採取者によるのべ時間										
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数										

2) すもも

花粉は、250mg を 1 人で採取するのに最短で 4 時間 58 分、最長で 11 時間 04 分を要した。処理 5 日後では要した時間が突出したが、1 花あたりの採取量が少なく 250mg 採取に要する花数が多いことが影響した。

花蜜採取は、うめと同様に圃場と室内での採取作業があり、合わせた作業時間は最短で 24 分、最長で 2 時間 8 分であった。圃場と室内での作業時間の割合はほぼ同等であったが、1 花あたりの花蜜採取量が少ない日には室内作業に時間を要した。

蒨採取も花蜜と同様に圃場と室内での採取作業があり、合わせた作業時間は最短で 1 時間 56 分、最長で 2 時間 26 分であった。作業時間は圧倒的に室内での蒨の切除作業が占め、圃場での花採取の 4 倍以上を要し、うめと同様により効率的な採取方法の検討が必要と思われた。

表 11. すもも花粉の採取に要する作業時間

採取時期	採取花数(個)	作業時間*	採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数	250mg採取に要する時間(1人当たり)**
無処理	10800	11:24	349	0.03	8333	8:48
処理直後	6000	6:44	275	0.05	5000	5:37
処理3日後	6000	5:57	275	0.05	5000	4:58
処理5日後	10300	9:07	229	0.02	12500	11:04
* 複数の採取者によるのべ時間						
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数						

表 12. すもも花蜜の採取に要する作業時間

採取時期	圃場		室内		採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数(個)	250mg採取に要する時間(1人当たり)		
	採取花数(個)	作業時間*	採取花数(個)	作業時間*				花** (圃場)	花蜜** (室内)	合計
無処理	474	1:58	242	1:36	551	2.28	110	0:27	0:44	1:11
処理直後	208	1:30	202	2:07	417	2.06	121	0:52	1:16	2:08
処理3日後	200	1:00	100	0:30	616	6.16	41	0:12	0:12	0:24
処理5日後	200	1:07	150	0:43	438	2.92	86	0:29	0:25	0:54
処理8日後	205	1:21	196	1:00	534	2.72	92	0:36	0:28	1:04
* 複数の採取者によるのべ時間										
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数										

表 13. すもも葯の採取に要する作業時間

採取時期	圃場		室内		採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数(個)	250mg採取に要する時間(1人当たり)		
	採取花数(個)	作業時間*	採取花数(個)	作業時間*				花** (圃場)	葯** (室内)	合計
無処理	560	0:48	560	5:29	812	1.45	172	0:15	1:41	1:56
処理直後	320	0:48	316	3:43	528	1.67	150	0:23	1:46	2:09
処理3日後	302	0:54	298	3:39	543	1.82	137	0:24	1:41	2:05
処理5日後	305	0:40	305	3:00	432	1.42	177	0:23	1:44	2:07
処理8日後	300	0:39	300	3:28	423	1.41	177	0:23	2:03	2:26
* 複数の採取者によるのべ時間										
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数										

3) もも

花粉は、250mg を 1 人で採取するのに最短で 56 分、最長で 3 時間 11 分を要し、開花が進むに従い作業時間が短くなる傾向にあった。

花蜜採取は、うめやすももと同様に圃場と室内での採取作業があり、合わせた作業時間は最短で 18 分、最長で 31 分で 3 樹種の中で最も短く時間効率が良かった。これは、うめやすももに比べて 1 花当たりの採取量が多いためである。

表 14. ももの花粉の採取に要する作業時間

採取時期	採取花数(個)	作業時間*	採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数	250mg採取に要する時間(1人当たり)**
無処理	3775	8:06	738	0.20	1279	2:45
処理直後	2400	4:27	349	0.15	1719	3:11
処理3日後	1275	2:28	369	0.29	864	1:40
処理6日後	1125	2:26	657	0.58	428	0:56
* 複数の採取者によるのべ時間						
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数						

表 15. ももの花蜜の採取に要する作業時間

採取時期	圃場		室内		採取量(mg)	1花当たり重量(mg)	250mg採取に要する花数(個)	250mg採取に要する時間(1人当たり)		
	採取花数(個)	作業時間*	採取花数(個)	作業時間*				花** (圃場)	花蜜** (室内)	合計
無処理	3775	8:06	112	1:32	1012	9.04	28	0:04	0:23	0:27
処理直後	2400	4:27	120	1:56	1148	9.57	26	0:03	0:25	0:28
処理3日後	1275	2:28	110	1:23	1334	12.13	21	0:02	0:16	0:18
処理6日後	1125	2:26	125	1:40	925	7.40	34	0:04	0:27	0:31
* 複数の採取者によるのべ時間										
**作業時間/採取花数×250mg採取に要する花数										

4) 1人当たりの採取に要する作業時間の比較

1人で250mgを採取する場合の作業時間は、花粉採取ではうめとももはほぼ同程度で、すももはうめ及びももに比べ平均で3倍以上の時間を要した。花蜜採取（圃場と室内の合計）ではももの作業時間が最も短く、うめとすももはほぼ同程度で、ももに比べて平均で2倍以上の時間を要した。葯採取（圃場と室内の合計）では、うめの作業時間がやや短かった。

(4) 各試料の農薬残留濃度

1) うめ

農薬残留濃度は、各分析部位のいずれにおいても、ジノテフラン、ペルメトリン共に処理直後に最大を示し、葯>花粉>花蜜の順に高かった（表 16）。その後、日数の経過とともに急激に減衰し、処理7日後には処理直後に比べジノテフランの花粉と葯で約1%、花蜜で約4%、ペルメトリンはいずれにおいても1%以下に低下した。これは農薬の消失に加え、試料を採取した花に占める農薬の曝露状況が影響したと考えられた。すなわち、処理直後は開花状態で散布液に直接曝露した花から試料を採取したが、その後次々と新たな花が開花し、それらは花内部の直接曝露が少なく、それらからの採取割合が増えたため、採取試料の曝露量自体が減ったためと考えられる。

ジノテフランとペルメトリンを比較すると、処理直後の花粉と葯では約2倍、花蜜では約10倍、ジノテフランの残留濃度が高かった。また、日数経過に伴う残留濃度の低下率はペルメトリンが高く、特に花蜜で顕著であった。これは、ジノテフランの水溶解度及び浸透移行性が高いことによるものと考えられた。

なお、うめの約試料では作業効率化のために花糸をやや残して切除したが、参考調査として花糸を極力残さず葯のみを切除した試料との残留濃度の比較を、処理直後の試料を用いて行った。その結果、花糸付きの葯の残留濃度は、葯のみと比較しジノテフランは約1.6倍、ペルメトリンは約1.2倍高い値を示した。但し、処理直後のみのデータのため参考に留める。

表 16.うめの分析結果

作物名	分析対象物質	処理後 経過日数	農薬残留濃度(mg/kg)*			
			花粉	薬		花蜜
				花糸付き	薬のみ	
うめ	ジノテフラン	無処理	< 0.01	< 0.01	—	< 0.01
		処理直後	32.2	51.0	32.0	11.9
		処理3日後	8.96	24.4	—	2.87
		処理7日後	0.16	0.78	—	0.48
	ペルメトリン	無処理	< 0.001	< 0.001	—	< 0.001
		処理直後	15.2	20.4	17.2	1.22
		処理3日後	4.22	9.26	—	0.101
		処理7日後	0.045	0.016	—	< 0.001

*農薬残留濃度は、2連分析値の平均値

2) すもも

農薬残留濃度は、各分析部位のいずれにおいても、ジノテフラン、ペルメトリン共に処理直後に最大を示した（表 17）。両成分ともに花粉と薬の残留濃度はほぼ同程度で、花蜜はそれに比べて低濃度であった。その後、日数の経過とともに減衰し、処理 5 日後では処理直後に比べ、ジノテフランは花粉で約 24%、花蜜で約 40%（処理 8 日後では約 15%）、薬で約 45%（同約 29%）に低下し、ペルメトリンは花粉で約 15%、花蜜で約 8%（処理 8 日後では約 2%）、薬で約 34%（同約 19%）に低下し、うめに比べてその程度はやや緩やかであった。この要因の一つとしては、すももでは散布時の開花率が 86.8% に達していたため、散布後に新たに開花した花が少なく、採取した試料の多くは開花状態で散布液に曝露した花から採取したためと考えられた。

ジノテフランとペルメトリンの残留濃度を比較すると、うめと同様の傾向が見られ、特に処理直後の花蜜ではジノテフランが約 30 倍高かった。また、日数経過に伴う残留濃度の低下率はペルメトリンが高かった。

表 17.すももの分析結果

作物名	分析対象物質	処理後 経過日数	農薬残留濃度(mg/kg)*		
			花粉	薬	花蜜
すもも	ジノテフラン	無処理	< 0.01	< 0.01	< 0.01
		処理直後	88.4	100.2	19.0
		処理3日後	43.0	74.2	5.41
		処理5日後	20.8	45.6	7.58
		処理8日後	—	29.0	2.86
	ペルメトリン	無処理	< 0.001	< 0.001	< 0.001
		処理直後	47.1	45.4	0.571
		処理3日後	17.3	41.0	0.048
		処理5日後	7.26	15.6	0.043
		処理8日後	—	8.70	0.011

*農薬残留濃度は、2連分析値の平均値

3) もも

農薬残留濃度は、各分析部位のいずれにおいてもジノテフラン、ペルメトリン共に処

理直後に最大を示した（表 18）。処理直後の花蜜における残留濃度は、花粉に比べてジノテフランで 1/100、ペルメトリンでは 1/1000 程度と低く、その差は 3 樹種の中で最も大きかった。これは、他の樹種に比べて花蜜の量が多かったこと、花蜜の溜まる場所が花糸の根元によってやや塞がれているような構造のため、薬剤が到達しにくかったこと等が影響したと考えられた。その後、いずれも日数の経過とともに減衰し、処理 6 日後には処理直後と比べてジノテフランは花粉で約 14%、花蜜で約 20%に低下し、ペルメトリンは花粉で約 16%、花蜜で約 5%に低下した。日数経過に伴う残留濃度低下の程度は、うめとすももの中間であった。一方、散布時の開花率は 45.9%で、これもうめとすももの中間であった。

ジノテフランとペルメトリンの残留濃度を比較すると、うめ、すももと同様にジノテフランが高かった。また、日数経過に伴う残留濃度の低下率はペルメトリンが高かった。

表 18. ももの分析結果

作物名	分析対象物質	処理後 経過日数	農薬残留濃度 (mg/kg)*	
			花粉	花蜜
もも	ジノテフラン	無処理	< 0.01	< 0.01
		処理直後	68.8	0.65
		処理3日後	22.8	0.34
		処理6日後	9.85	0.13
	ペルメトリン	無処理	< 0.001	< 0.001
		処理直後	32.6	0.041
		処理3日後	8.78	0.008
		処理6日後	5.18	0.002

*農薬残留濃度は、2連分析値の平均値

1 1. 開花期間中の訪花昆虫

うめの試験圃場ではヒラタアブ、すももとももの試験圃場ではヒラタアブ、シロスジヒゲナガハナバチが、またすももの隣接圃場にある受粉樹（すもも用）ではニホンミツバチの訪花が確認された（図 13）。6 項で述べたように、各樹種のいずれも試験区全体を白色ネットで覆ったため、試験期間中に試験区への進入はなかった。



図 13. 開花期間中の訪花昆虫

1.2. 試験期間中の気象

試験期間中の気温及び降水量を表 19 に示した。本年の気温は、例年に比べ 2 月はやや低かったが、試験を開始した 3 月中旬以降は同じかやや高かった。降水量はほぼ同じであった。試験期間中の平均気温と積算の降水量は、うめが 12.5℃、2.5mm、ももが 17.0℃、0.0mm、すももが 9.9℃、66.0mm で、うめとももは試験前半が低温であったが、すももでは逆の傾向にあり、降水量も多かった。

表 19. 試験期間中の気温及び降水量（観測場所：日本植物防疫協会山梨試験場）

年月日	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	降水量 (mm)	年月日	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	降水量 (mm)	年月日	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	降水量 (mm)
2022年2月1日	2.8	10.6	-4.3	0.0	2022年3月1日	7.0	14.4	0.2	0.0	2022年4月1日	6.2	12.3	1.1	14.0
2022年2月2日	3.7	9.9	-2.4	0.0	2022年3月2日	8.5	16.2	2.6	0.0	2022年4月2日	6.5	14.4	-0.5	0.0
2022年2月3日	3.1	11.8	-3.9	0.0	2022年3月3日	7.2	16.0	0.9	0.0	2022年4月3日	5.3	6.6	4.1	23.5
2022年2月4日	2.9	9.3	-2.3	0.0	2022年3月4日	6.0	12.5	-0.6	0.0	2022年4月4日	5.4	8.7	3.0	23.0
2022年2月5日	1.8	7.2	-3.4	0.0	2022年3月5日	8.5	17.7	0.7	0.0	2022年4月5日	12.4	21.4	3.8	0.0
2022年2月6日	0.0	7.5	-6.0	0.0	2022年3月6日	4.6	10.3	-0.9	0.0	2022年4月6日	14.2	22.3	8.5	0.0
2022年2月7日	1.0	8.4	-6.2	0.0	2022年3月7日	5.3	12.5	-2.0	0.0	2022年4月7日	13.5	19.8	7.4	0.0
2022年2月8日	3.0	9.9	-1.2	0.0	2022年3月8日	6.3	13.6	0.5	0.0	2022年4月8日	15.2	23.5	8.9	0.0
2022年2月9日	3.9	12.0	-2.6	0.0	2022年3月9日	7.4	15.1	3.7	0.0	2022年4月9日	15.0	23.2	6.3	0.0
2022年2月10日	0.6	2.4	-0.4	3.0	2022年3月10日	7.2	15.0	0.9	0.0	2022年4月10日	17.5	27.1	9.1	0.0
2022年2月11日	2.4	8.5	-2.2	13.0	2022年3月11日	9.3	17.4	1.8	0.0	2022年4月11日	17.9	27.5	11.3	0.0
2022年2月12日	1.7	10.3	-4.0	0.0	2022年3月12日	12.0	21.7	3.2	0.0	2022年4月12日	19.8	28.6	13.8	0.0
2022年2月13日	1.0	5.3	-3.0	2.5	2022年3月13日	13.1	21.7	6.1	0.0	2022年4月13日	20.3	29.0	13.0	0.0
2022年2月14日	2.5	9.1	-1.2	9.0	2022年3月14日	15.8	24.4	8.6	2.0	2022年4月14日	15.8	18.6	12.4	2.0
2022年2月15日	3.6	9.8	-1.4	0.0	2022年3月15日	15.0	24.3	8.3	0.5	2022年4月15日	14.7	18.3	11.9	5.5
2022年2月16日	3.1	9.8	-2.4	0.0	2022年3月16日	13.6	22.6	5.1	0.0	2022年4月16日	13.1	20.2	5.4	1.0
2022年2月17日	0.0	6.3	-5.0	0.0	2022年3月17日	13.9	20.1	8.6	0.0	2022年4月17日	10.4	15.8	5.3	1.5
2022年2月18日	1.9	11.0	-5.2	0.0	2022年3月18日	7.7	10.8	4.8	29.5	2022年4月18日	11.7	14.4	10.0	17.0
2022年2月19日	4.2	12.6	-3.4	7.5	2022年3月19日	9.5	18.4	4.8	2.5	2022年4月19日	14.3	21.1	8.6	1.0
2022年2月20日	5.0	14.4	-0.9	2.0	2022年3月20日	7.5	15.4	1.4	1.5	2022年4月20日	14.5	20.3	11.0	0.0
2022年2月21日	1.0	6.0	-2.6	0.0	2022年3月21日	8.7	14.9	4.6	0.0	2022年4月21日	14.2	20.7	9.4	16.0
2022年2月22日	1.3	8.8	-4.3	0.0	2022年3月22日	4.0	7.4	0.0	11.0	2022年4月22日	18.0	27.7	10.3	6.0
2022年2月23日	1.9	9.6	-3.9	0.0	2022年3月23日	4.5	9.3	-0.3	0.0	2022年4月23日	20.7	28.8	14.7	0.0
2022年2月24日	1.4	9.9	-4.3	0.0	2022年3月24日	8.5	17.6	0.6	0.0	2022年4月24日	17.0	19.4	14.5	1.5
2022年2月25日	2.8	11.5	-6.0	0.0	2022年3月25日	10.1	18.3	2.4	0.0	2022年4月25日	19.7	28.6	13.4	0.0
2022年2月26日	4.6	13.2	-2.5	0.0	2022年3月26日	12.8	16.9	8.3	9.5	2022年4月26日	18.6	23.8	13.6	3.0
2022年2月27日	5.2	13.5	-1.3	0.0	2022年3月27日	16.7	25.4	12.0	0.0	2022年4月27日	21.2	26.2	16.6	1.0
2022年2月28日	6.4	15.1	-0.6	0.0	2022年3月28日	13.0	20.5	8.3	0.0	2022年4月28日	16.3	21.1	13.6	0.0
					2022年3月29日	10.6	13.3	8.3	0.0	2022年4月29日	12.9	16.7	10.5	32.0
					2022年3月30日	14.2	22.1	8.1	0.0	2022年4月30日	13.2	20.8	6.4	0.0
					2022年3月31日	15.4	23.2	9.1	5.5					

 うめの試験期間、
 すももの試験期間、
 ももの試験期間

1.3. まとめ

(1) 試料の採取

2020 年に日本植物防疫協会山梨試験場で実施した花粉花蜜の採取試験（もも、なし、りんご、温州みかん）において得られた結果より、本試験では、花粉はクリーナー、花蜜はシリンジによる採取を採用した。葯については、圃場から花を採取し、室内におい

てはさみで分離した。いずれの樹種においてもこれらの方法で試料を適切に採取することができた。ただし、ももの花粉は比較的粘性があるため、外部フィルターを他樹種よりも目の粗いものにする必要があり、0.25mm 目合いの外部フィルターが葯等を吸い込まず、かつ目詰まりしにくく最適であった。

樹種により開花の様子が異なり、すもも、もも、うめの順で開花速度が速かった。徐々に開花が進むうめは散布時期を判断しやすいが、すももはほぼ一斉に開花し、かつ1花の開花期間は5日程度と短いため、試料採取可能な期間が短く、散布時期を見極めることが難しいと考えられた。

1花あたりの花粉採取量は、うめとももは0.2mg程度でほぼ同等で、すももは0.04mg程度と少なかった。1花あたりの花蜜採取量は、ももが9.5mg程度、うめが4.2mg程度、すももが3.2mg程度であり、ももは花蜜が多く採取が容易であった。

花粉・花蜜採取にかかる作業時間は、もも（花粉・花蜜各250mg採取にかかる1人当たりの時間：約1.5～3.5時間）、うめ（同：2.5～4.5時間）、すもも（同：5.5～12時間）の順に短く、特にすももは多大な労力を要した。

花粉の代替としてうめとすももの葯の採取を検討したところ、試料を250mg採取するのに必要な花数は、花粉と比較してうめでは約5%、すももでは約2%の数で充足した。作業時間は、花粉と比較してうめでは約64%、すももでは約28%であった。

(2) 試料の農薬残留濃度

花粉と花蜜の農薬残留濃度を比較すると、いずれの樹種においても、ジノテフラン、ペルメトリン共に花粉での残留濃度が高かった。

花粉における両成分の残留濃度は、ももとすももでは処理直後の濃度及びその後の減少程度ともに比較的近い値を示し、若干すももの方が高い程度であった。うめでは処理直後の濃度がももとすももに比較して1/3～1/2程度とやや低く、その後の濃度低下が顕著であった。この要因のひとつとして、散布時の開花率が関係していると考えられる。処理時の開花率が高いと採取期間中の農薬残留濃度も高く、両者は比例していたことから、処理後の日数経過にともなう残留濃度は、散布時の開花率、言い換えれば散布後に新たに開花する花の数に大きく影響を受けることが推察された。

花蜜における両成分の残留濃度は、うめとすももでは処理直後の濃度は比較的近い値を示し、ももは顕著に低かった。その後の濃度は花粉と同様にうめで顕著に低下した。ももの花蜜の農薬残留濃度が低い要因は、前述したように、薬剤が蜜溜まりまで到達しにくい花の構造と、1花あたりの花蜜量が多く希釈されるためと推察された。

葯における両成分の処理直後の残留濃度は、花粉の96～158%と比較的近い値を示したが、減衰傾向は花粉に比べると同程度かやや緩慢であった。

(3) 花粉及び花蜜の採取に適した樹種

本試験で供試した3樹種のうち、すももは開花期間が非常に短く、花粉・花蜜の農薬残留試験には不適であった。

3 樹種のなかでは、ももは花蜜が比較的多く試料採取が容易であり、7 日程度は採取可能であることから、供試樹種として適していると考えられた。但し、1 花あたりの花蜜が多い分、花蜜の少ない樹種に比べると残留濃度が低くなる。とはいえ、ワーストケースを想定しようとするとは花蜜の少ない樹種を選ぶこととなり、採取が困難となるため現実的ではない。その特性を考慮したうえで試験に供試する必要があると考える。

うめはももに比べて花粉と花蜜の採取作業時間がかかり、また必要な花数も多いことからやや不向きである。しかし、薬と花粉における農薬残留濃度は近い傾向を示したことから、薬を花粉の代替とすれば、大幅に必要な花数を減らすことができ、作業時間は短縮され、ももとほぼ同程度となる。また、うめは開花が徐々に進むため、開花の様子を観察しながら散布の適期を判断しやすいメリットはある。