

かんきつ園でのドローンによる黒点病防除：飛行経路と混用散布

ドローン散布の効率化・さらなる省力化のため、有効な飛行経路・混用散布(殺菌+殺虫剤)を検討した。

混用試験 (R4): ジマンダイセン水+殺虫剤

供試品種 南柑20号(24年生)

散布日	薬剤名	希釈倍率	
		ドローン (8L/10a)	手散布
6/3	モベントフロアブル	40倍	2,000倍
6/28	ダントツ水溶剤	24倍	4,000倍
8/9	アドマイヤーフロアブル	40倍	2,000倍
8/29	アグリメック	24倍	4,000倍
全日	ジマンダイセン水和剤	10倍	600倍



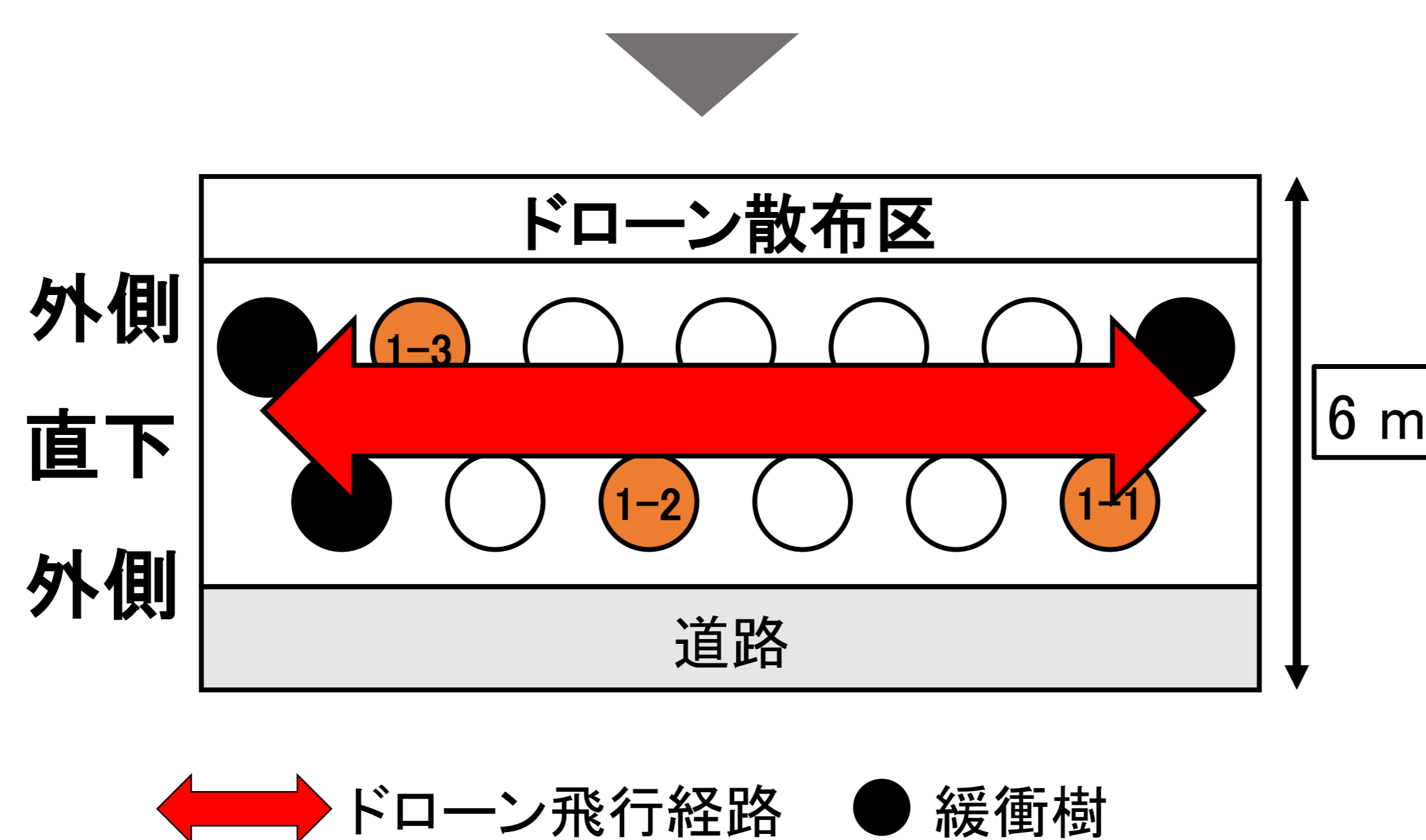
使用機体: AGRAS T20 (DJI社)

- 散布幅: 7 m
- 積載量: 16 L
- 自動航行可能 (本試験では手動航行)

使用機体の**散布幅**を基準に経路決定



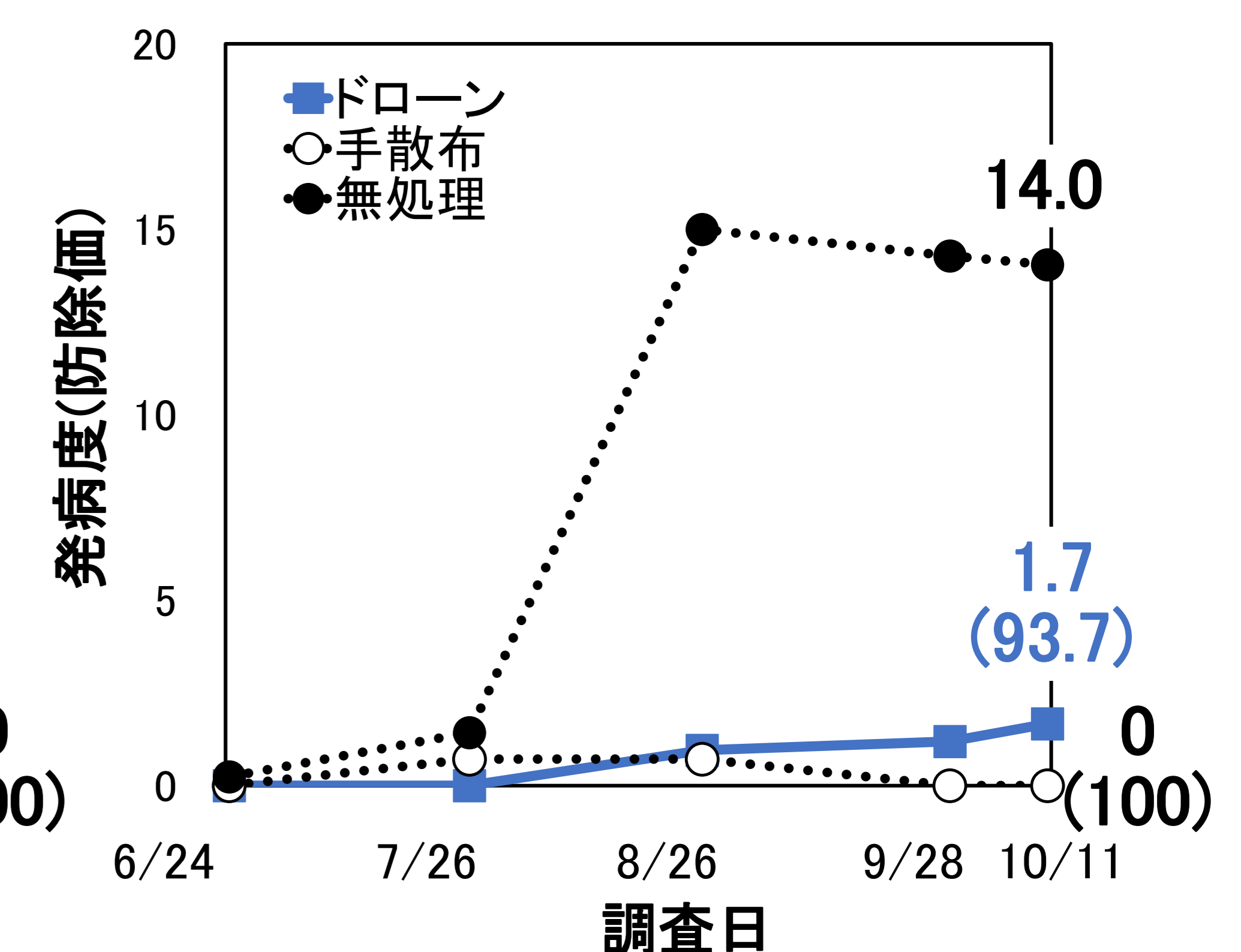
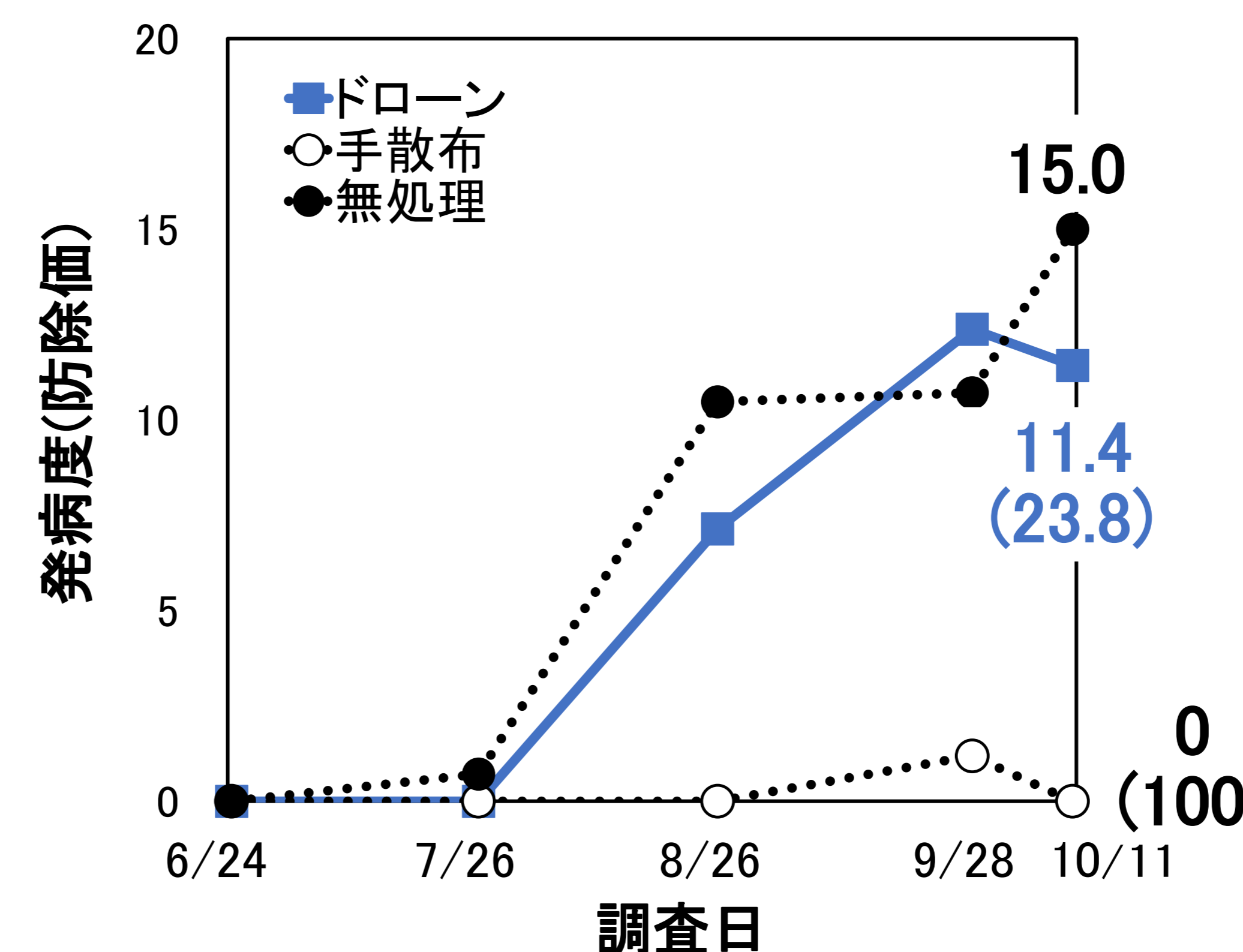
散布の様子



■ 発病度の推移

○外側: 防除効果**低い**

○直下: 防除効果**高い**



〈薬液の付着状況〉

(外側)



(直下)



付着ムラ
防除効果の
ふれに影響?

- 機体の散布幅(7m)に基づく経路では**防除効果のふれが見られた**。これは**付着ムラ**が一因である。
→ 散布幅を狭めた経路の設定。
- 混用散布による**薬害は確認されなかった**。
→ 単用散布との効果比較が必要である。

かんきつ園でのドローンによる貯蔵病害防除の検討

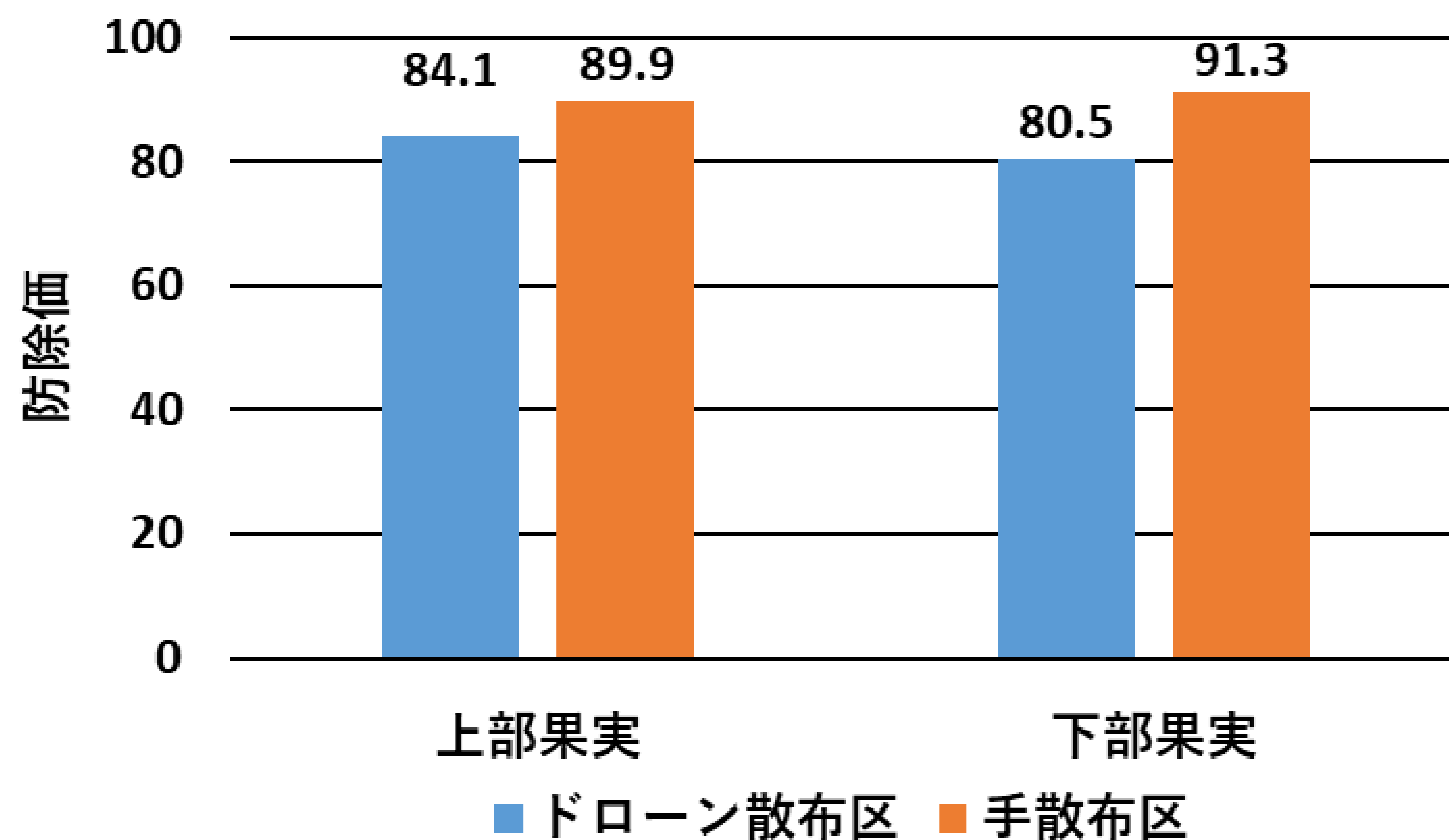
ドローン防除の実用化のため、貯蔵病害を対象に大規模散布を行い、防除効果と課題を検討した。

■ 試験概要

試験地：松山市 JAえひめ中央研修園 7a
 供試品種：はれひめ(7年生)
 散布日：2022年12月15日、収穫日12月16日
 使用機種：DJI T-10 事前測量して「自動航行」散布
 散布農薬：トップジンMゾル
 ドローン:30倍,手散布2,000倍

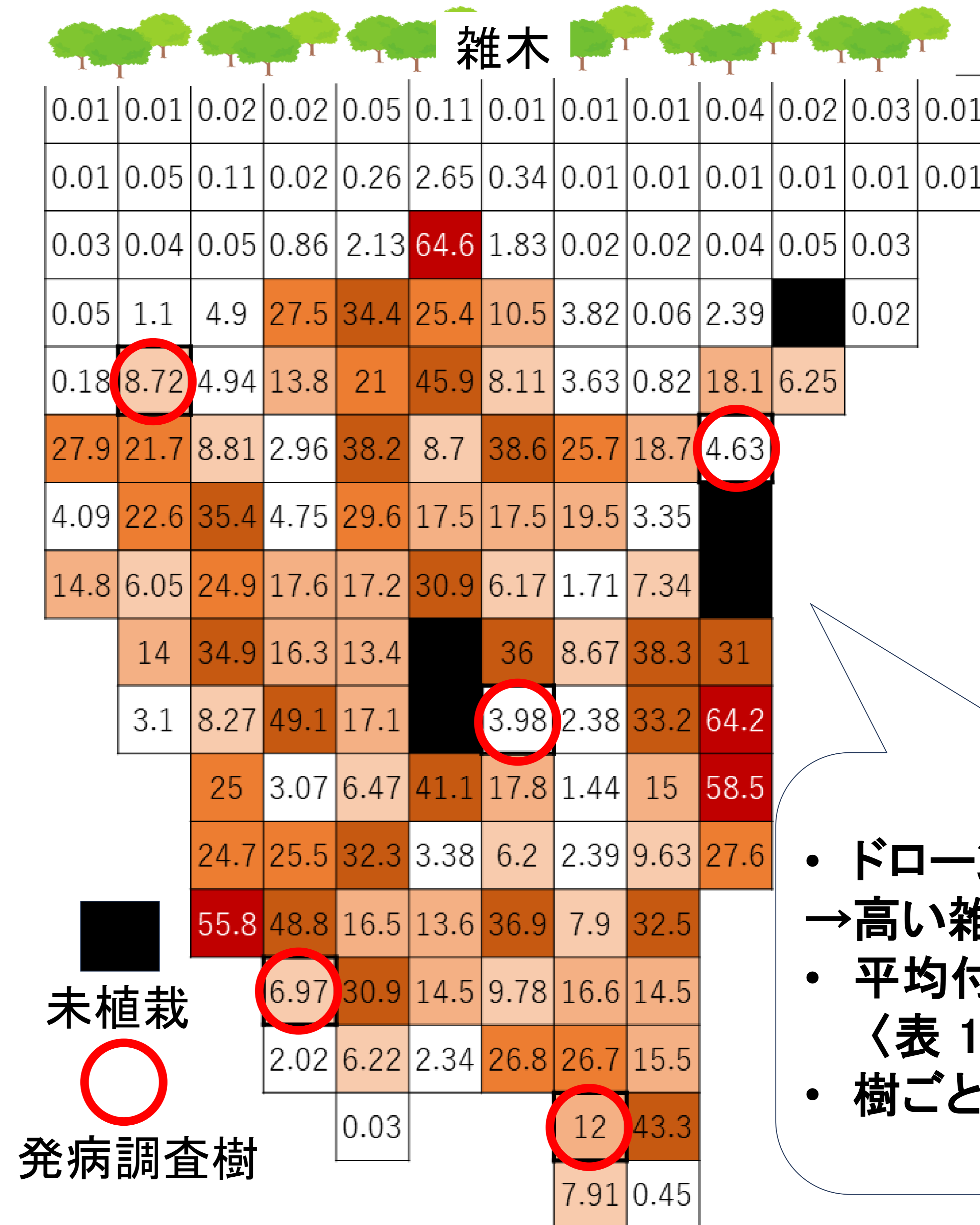
■ 防除効果試験(緑かび病接種)

方法：上部・下部から各10果ずつ収穫、針で付傷後、
 孢子懸濁液(100μL)を接種(4か所/果)。
 調査日：接種6日後(発病箇所率から防除価算出)
 防除価=100-((処理区の発病度/無処理区の発病度)×100)
 →数字が大きい方が防除効果が高い



ドローン区は手散布区と比べ同等～やや劣る防除効果。
 ドローン区は上部よりも下部の方が、防除効果がやや低い。

■ 感水紙の付着面積率(%) 濃い色ほど多く付着



- ドローンの安全装置が反応
→高い雑木周辺は散布困難
- 平均付着面積率
〈表 13.3%、裏 0.13%〉
- 樹ごとに散布ムラ発生

- 散布ムラはあったが、緑かび病については手散布と同等～やや劣る防除効果が得られた。
- 周辺に高い雑木などがあると園地全体を自動航行によりドローン散布するのは難しくなる。

かんきつかいよう病：銅剤の防除効果と混用散布の薬害発生

かいよう病防除のため、春葉での銅剤の効果比較と混用散布時の果実での薬害発生について検討した。

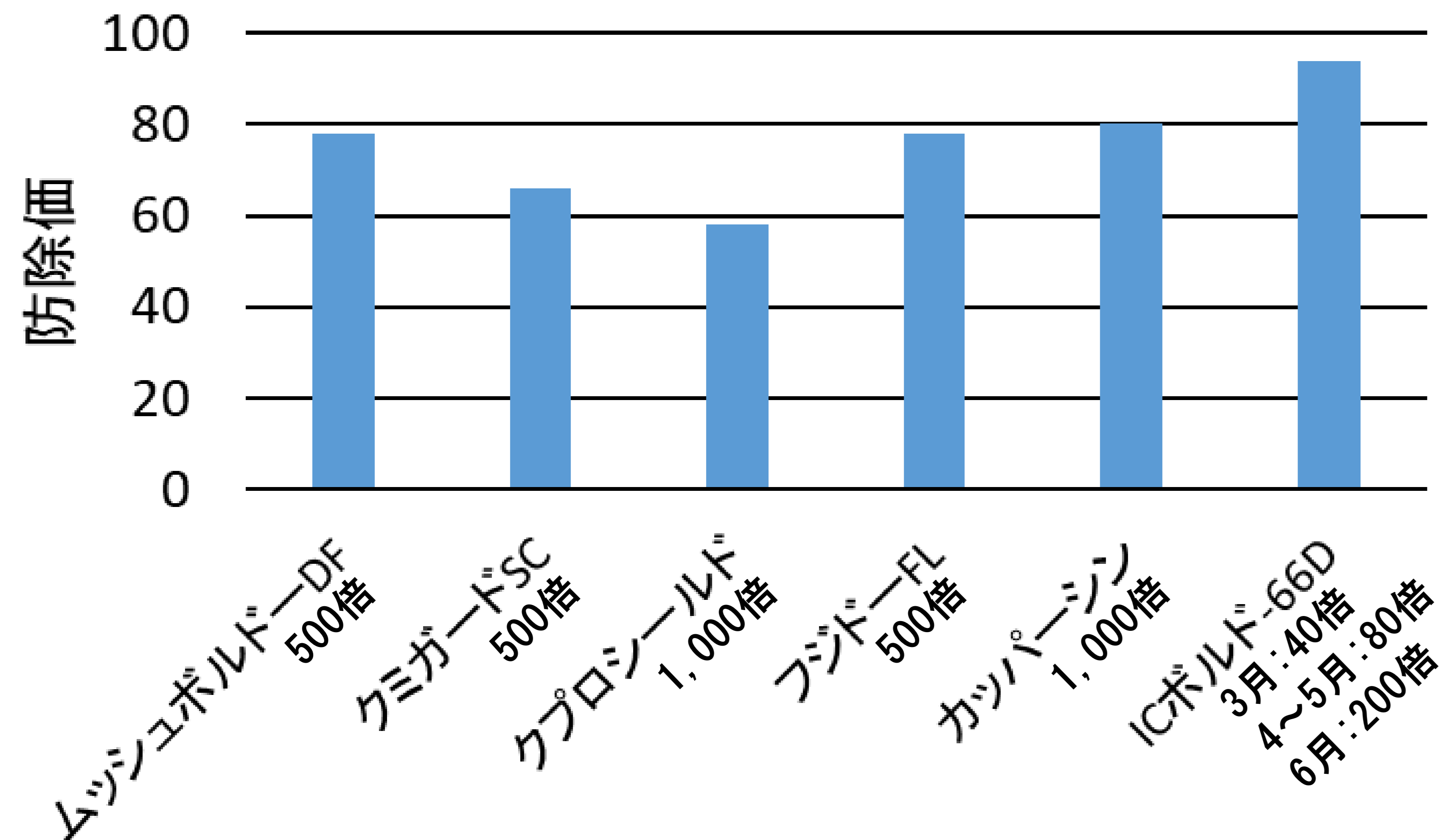
■ かいよう病

- 葉、枝梢、果実で発生し、病斑の中心部はコルク化
- 病斑からは病原細菌が流出し、周囲に伝染



■ 春葉での銅剤効果比較

供試品種：愛媛果試第28号(4年生) 1区1樹3反復

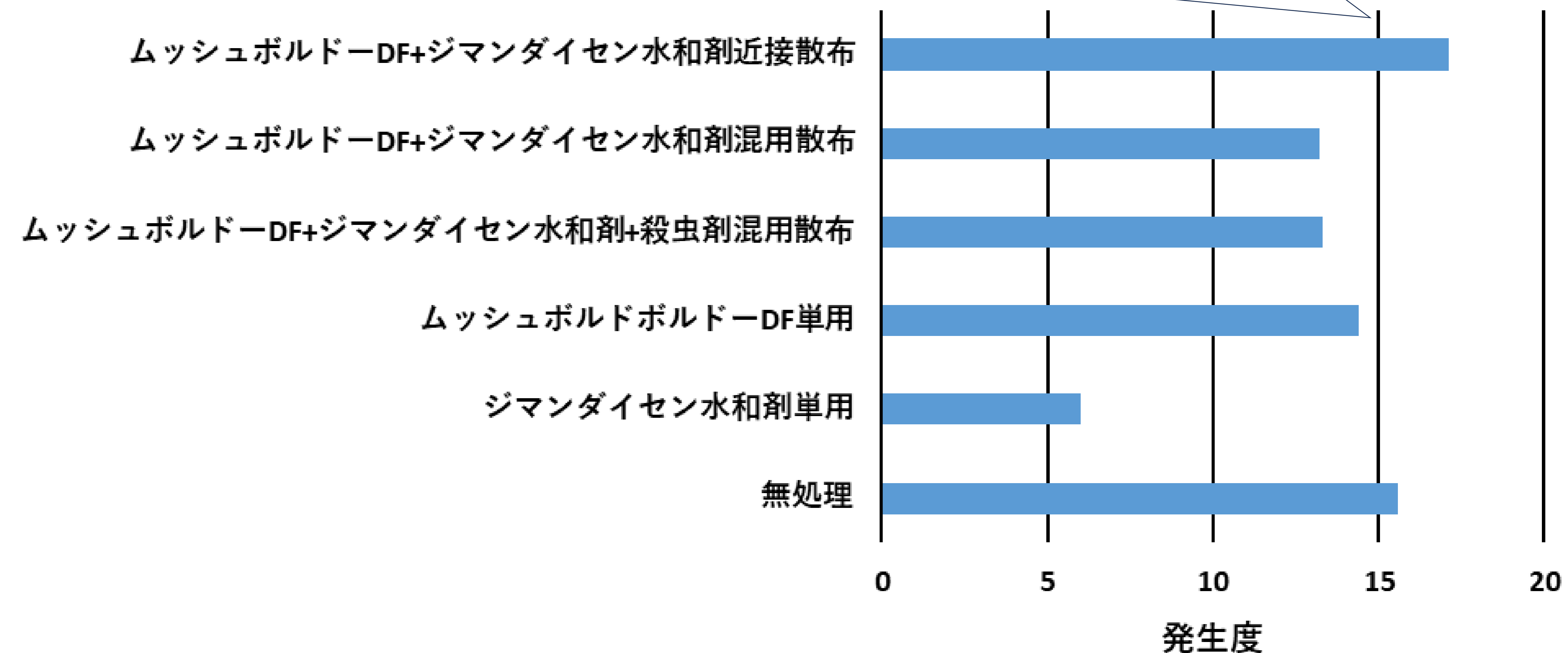


- 接種:2023年3月16日 10葉/樹(2か所/葉)
- 散布:2023年3月20日、4月19日、5月17日、6月16日、調査:7月12日
- 5月以降はICボルドー66D区以外にはアプロン200倍を加用
- 4月と5月のICボルドー66D区はアビオンE 1,000倍を加用

■ 混用散布による黒点症状(黒点病+銅の薬害)の発生

供試品種:甘平(13年生) 1区1樹3反復

混用による黒点症状の増加はないが、銅剤散布区では増加
→銅の薬害が発生



- ムッシュボルドーDF(1,000倍にアプロン200倍加用)、ジマンダイセン水和剤(600倍)
- 近接散布区 :ムッシュボルドーDF散布約1週間後にジマンダイセン水和剤を散布
- 殺虫剤混用区:5月アプロドエースフロアブル(2,000倍)、6月モスピラン顆粒水溶剤(2,000倍)
7月オリオン水和剤(1,000倍)、8月トランスフォームフロアブル(2,000倍)
- 散布日:2021年5月26日、6月23日、7月20日、8月30日、調査日:2021年9月9日

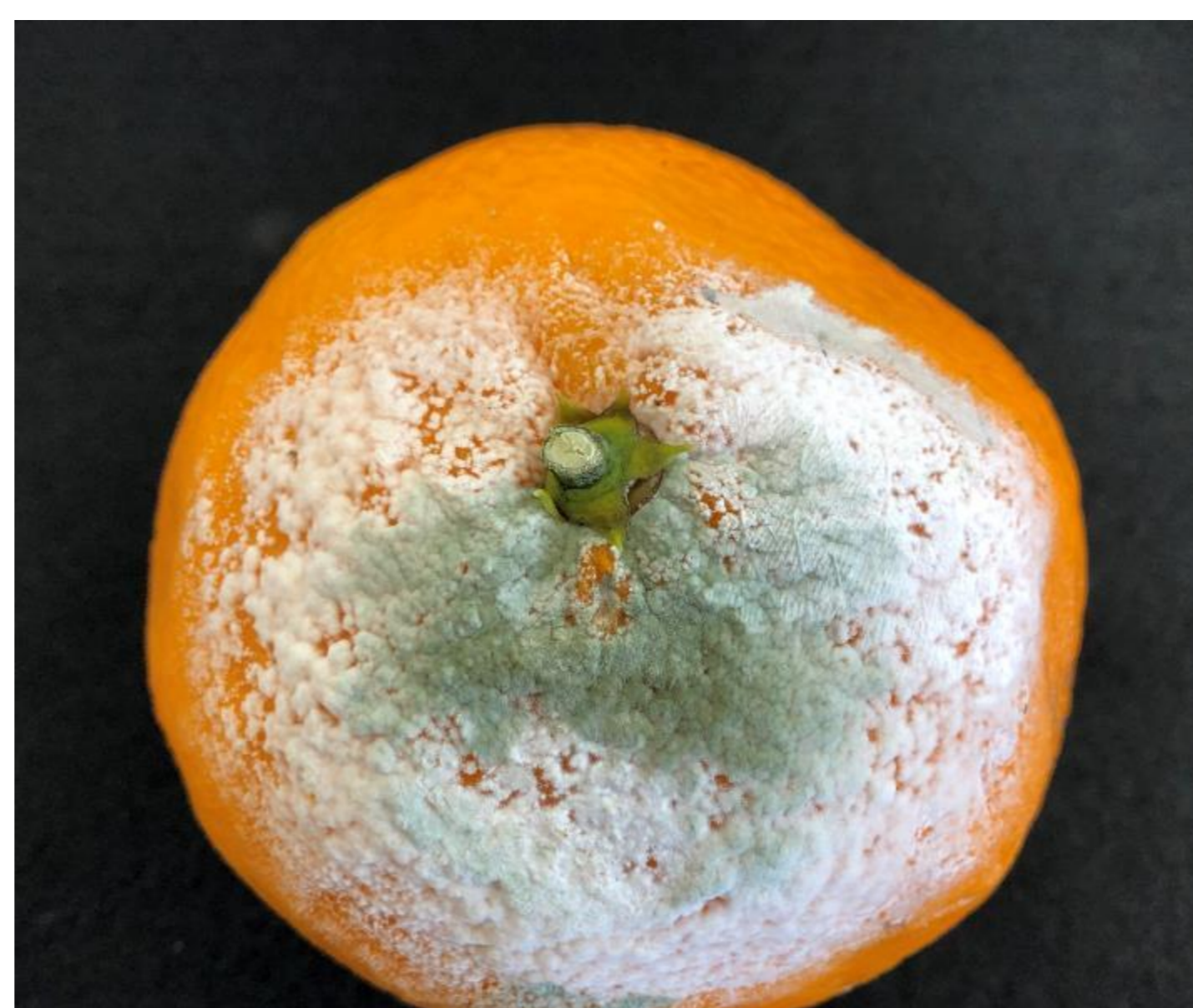
- 春葉で最も防除効果が高いのはICボルドー66D。
- 黒点症状(黒点病+銅の薬害)の発生にムッシュボルドーDFの単用と混用散布による差は認められなかったが、銅剤の夏季散布により薬害(スターメラノーズ)が発生。
- 春季防除の徹底により、発生を少なくしておくことが重要。

かんきつ貯蔵病害防除薬剤の検討（ベフラン代替剤の探索）

主要薬剤の「ベフラン液剤25」がR7年10月までに失効予定のため、緑かび病に対する各種薬剤の薬効・薬斑（汚れ）の評価を行い、代替剤を検討した。

■ 貯蔵病害とは

収穫後の果実が発生する病気。
最も被害が大きいのは**緑かび病**。病原菌は傷口から感染し、緑色の胞子を形成するのが特徴。



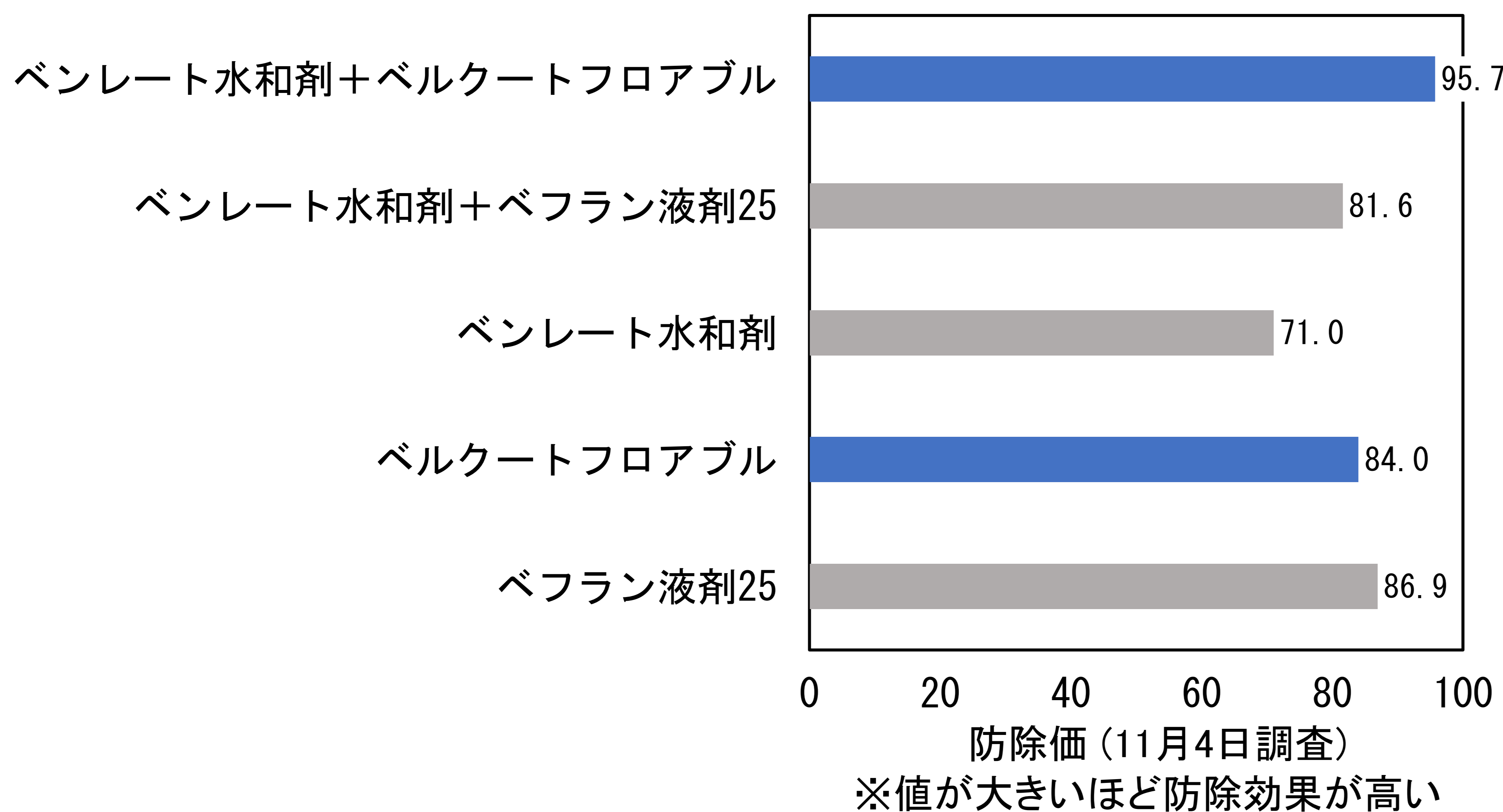
緑かび病

■ 薬効評価

供試品種 日南1号(32年生)
散布日 2022年10月6日(薬斑調査実施)
収穫日 2022年10月14日
→ 坂道を転がして付傷し、倉庫で貯蔵。
1週間ごとに発病を調査。

【供試薬剤と希釈倍率】
ベンレート水和剤: 4,000倍
ベルコートフロアブル: 1,000倍
ベフラン液剤25: 2,000倍

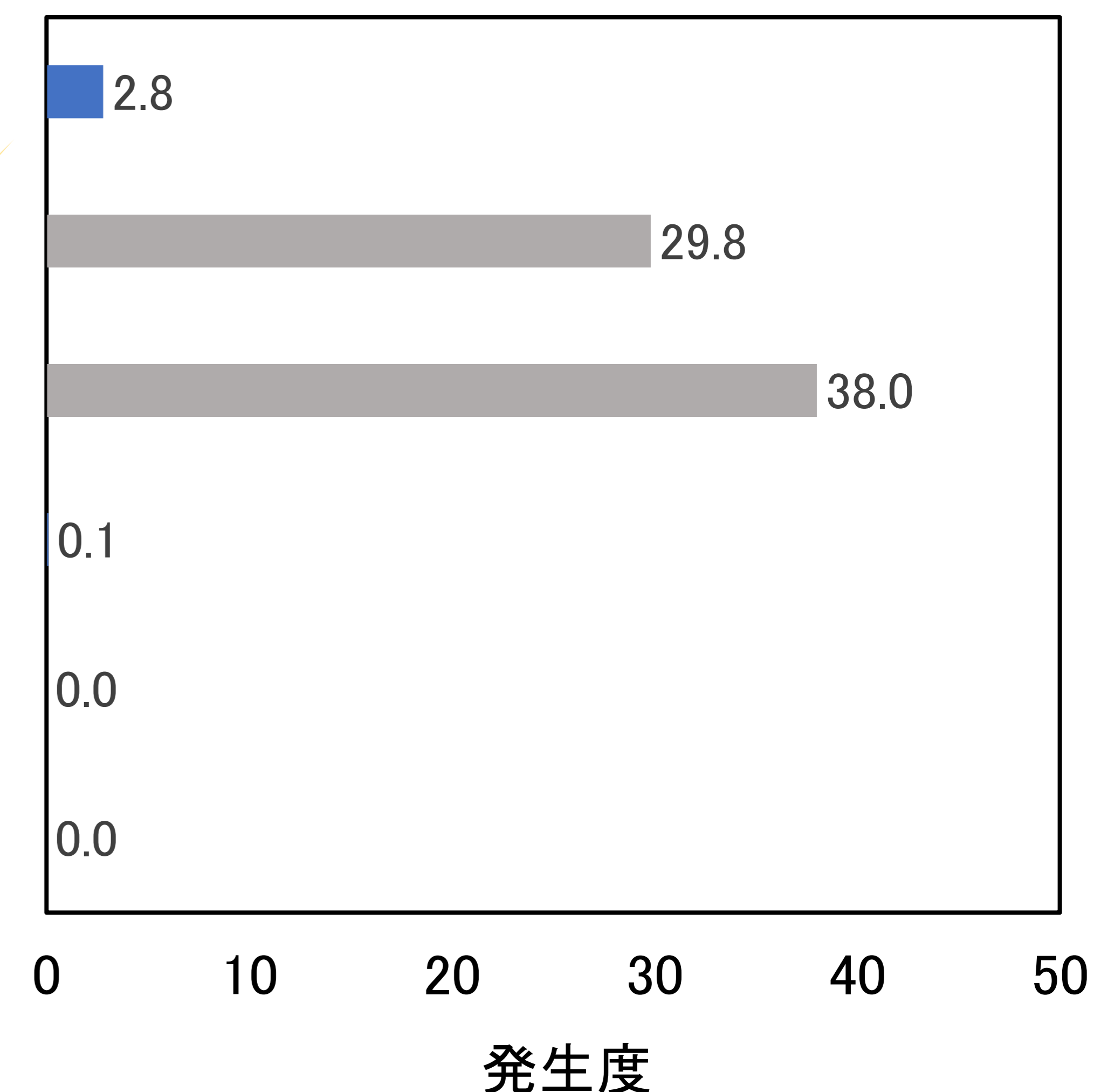
※防除価 = 100 - {(処理区発病率 / 無処理区発病率) × 100}



ベンレート水+ベルコートFで**最も防除効果が高く**、次いでベルコートFで効果あり（ベフラン液とほぼ同等）

■ 薬斑の発生度

ベンレート水和剤+ベルコートフロアブル
ベンレート水和剤+ベフラン液剤25
ベンレート水和剤
ベルコートフロアブル
ベフラン液剤25
無処理



ベンレート水+ベルコートFは**薬斑が少ない**



ベンレート水+ベルコートF



ベンレート水単用

白色の薬斑（汚れ）が発生

ベフラン代替剤として**ベルコートフロアブルが有望**。費用面から同剤の2,000倍の検討が必要。

かんきつ害虫に対するドローンの防除効果

ドローン防除用農薬の適用拡大が進んでいるものの、効果については不明点が多い。このため、3種害虫（ミカンクロアブラムシ、チャノホコリダニ、ハナアザミウマ）に対する効果について検討した。

1. ミカンクロアブラムシ（機種比較）



DJI社	T20	T30
最大積載量	16L	30L
ノズル	8個	16個
最大噴霧量	3.6L/分	7.2L/分

T20の次世代機
大規模園での
農薬散布に適応

供試品種：レモン（ポット栽培）
供試薬剤：アドマイヤーフロアブル
希釈倍率：ドローン区 40倍
手散布区 4,000倍
散布量：ドローン区 8L/10a
手散布区 0.6L/樹

表 ドローン機種別の感水紙付着面積率

試験区	付着面積率(%)		
	区全体	表	裏
T20	25.0	49.6	0.4
T30	24.7	48.6	0.8
有意差※	ns	ns	ns

※Mann-Whitney U検定

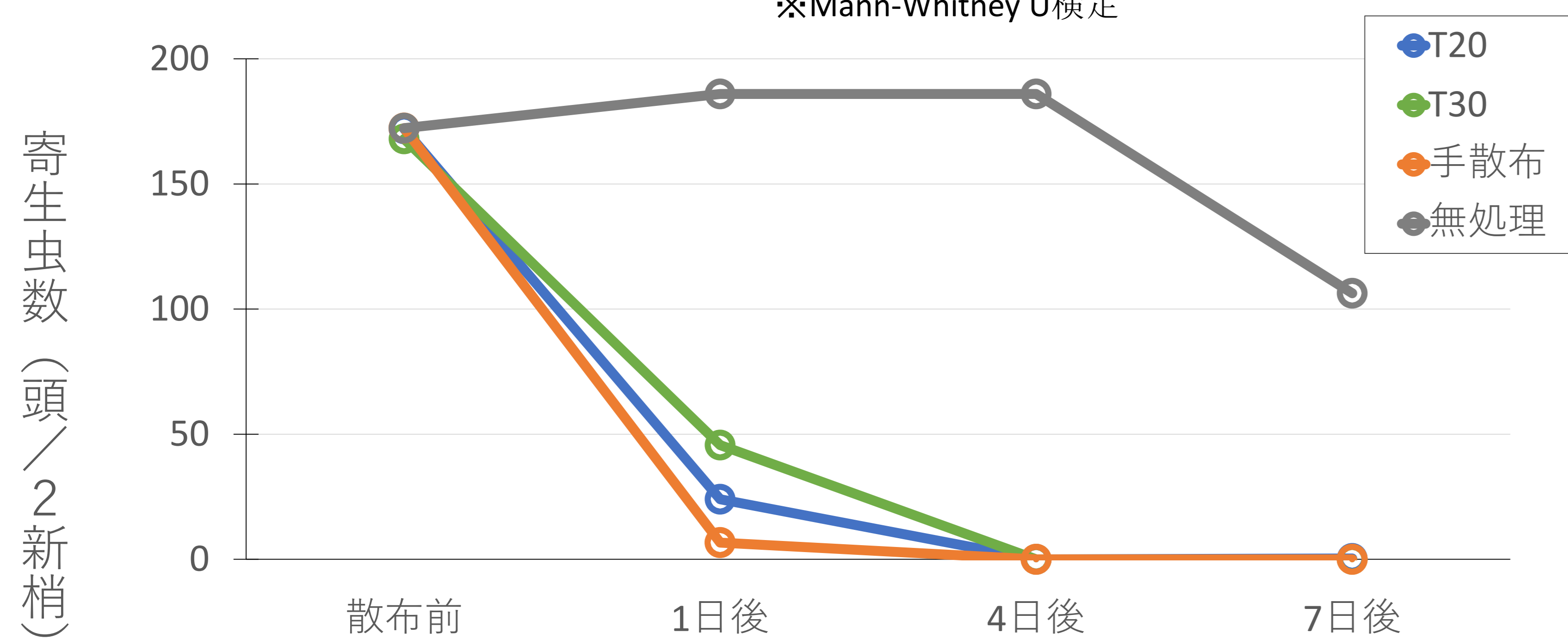


図1 ミカンクロアブラムシに対するドローンの防除効果

- ・アドマイヤーフロアブルはミカンクロアブラムシに対し高い効果
- ・機種の違いで防除効果、付着面積率に大きな差は見られない。

2. チャノホコリダニ

供試品種：レモン（ポット栽培）
供試薬剤：アグリメック
希釈倍率：ドローン区 24倍
手散布区 2,000倍
散布量：ドローン区 8L/10a
手散布区 0.6 L/樹

- ・アグリメックはチャノホコリダニに対し高い防除効果

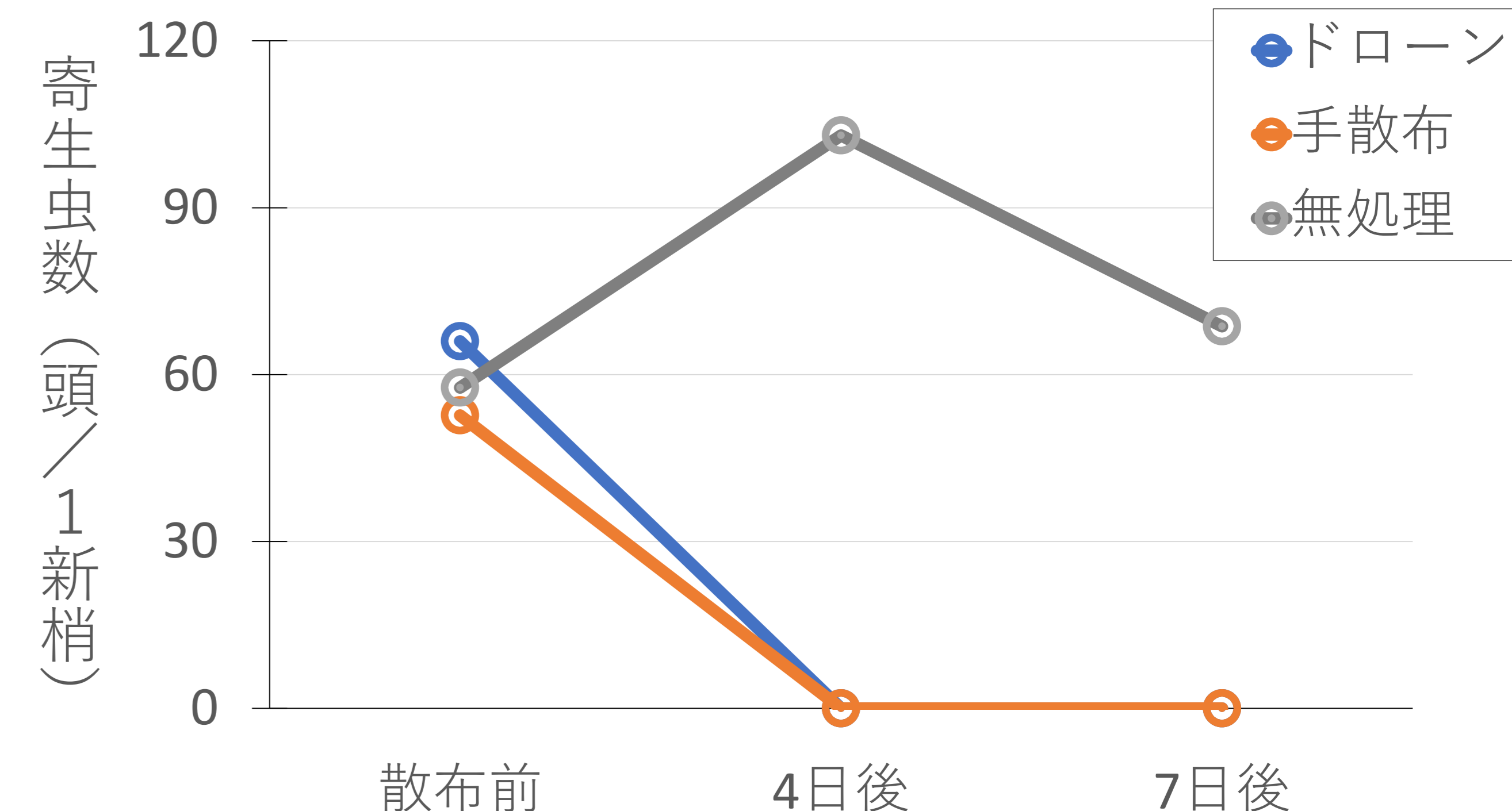


図2 チャノホコリダニに対するドローンの防除効果

3. ハナアザミウマ

供試品種：宮川早生（成木）
供試薬剤：A剤（ドローン防除では未登録）
希釈倍率：ドローン区 57.14倍
手散布区 5,000倍
散布量：ドローン区 8L/10a
手散布区 3.5L/樹

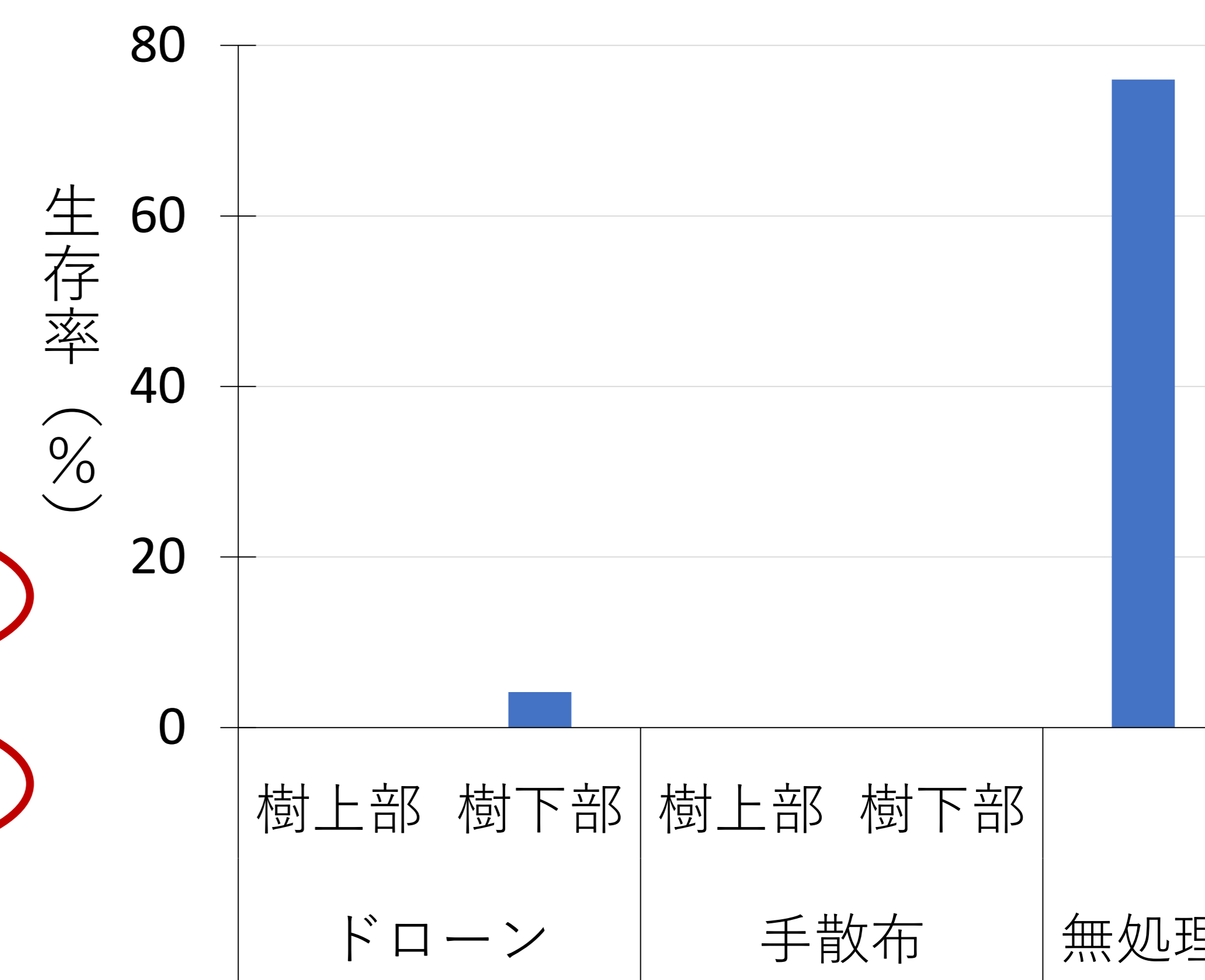
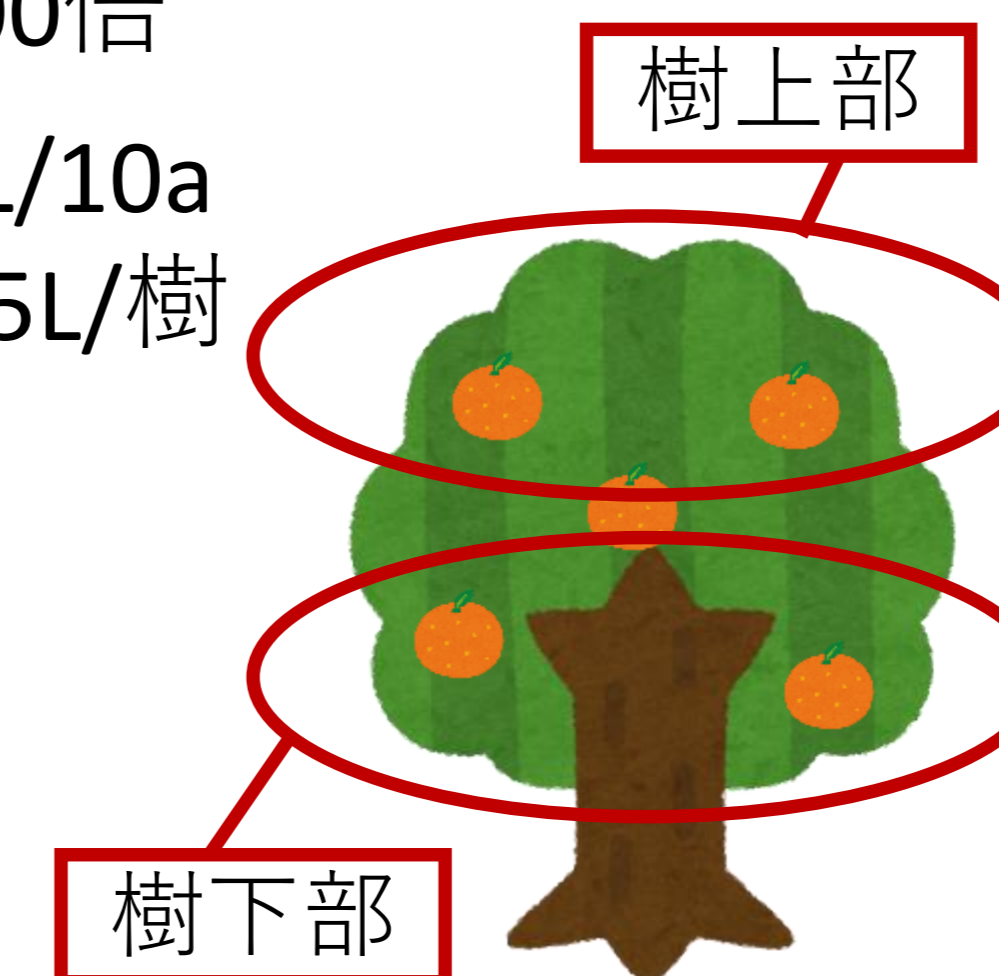


図3 ハナアザミウマに対するドローンの防除効果

- ・A剤はハナアザミウマに対して高い防除効果
- ・樹下部では樹上部に比べ効果がやや劣る

- ・今回供試した3種害虫に対し、ドローン防除で実用的な効果が得られた。
- ・成木では樹下部が樹上部と比べ効果がやや劣った。

かんきつのミカンキイロアザミウマに対する各薬剤の発育ステージ別効果

施設で栽培を行う愛媛県試第28号では、**ミカンキイロアザミウマ**が問題となっており、効果の高い薬剤の選定が求められている。過去の試験では遅効的な薬剤の効果不明であったことから、それらの剤も含めた**発育ステージ別（成虫・幼虫）の薬剤感受性の評価**を行った。

成虫に対する効果

室内試験：リーフディスク上にCO₂麻酔した雌成虫を放飼し、回転散布装置で虫体と葉に薬液を散布。3日後に成虫の生死を判定。



コテツフロアブル及びファインセーブフロアブルの効果は高いが、それ以外の薬剤の効果は低い。

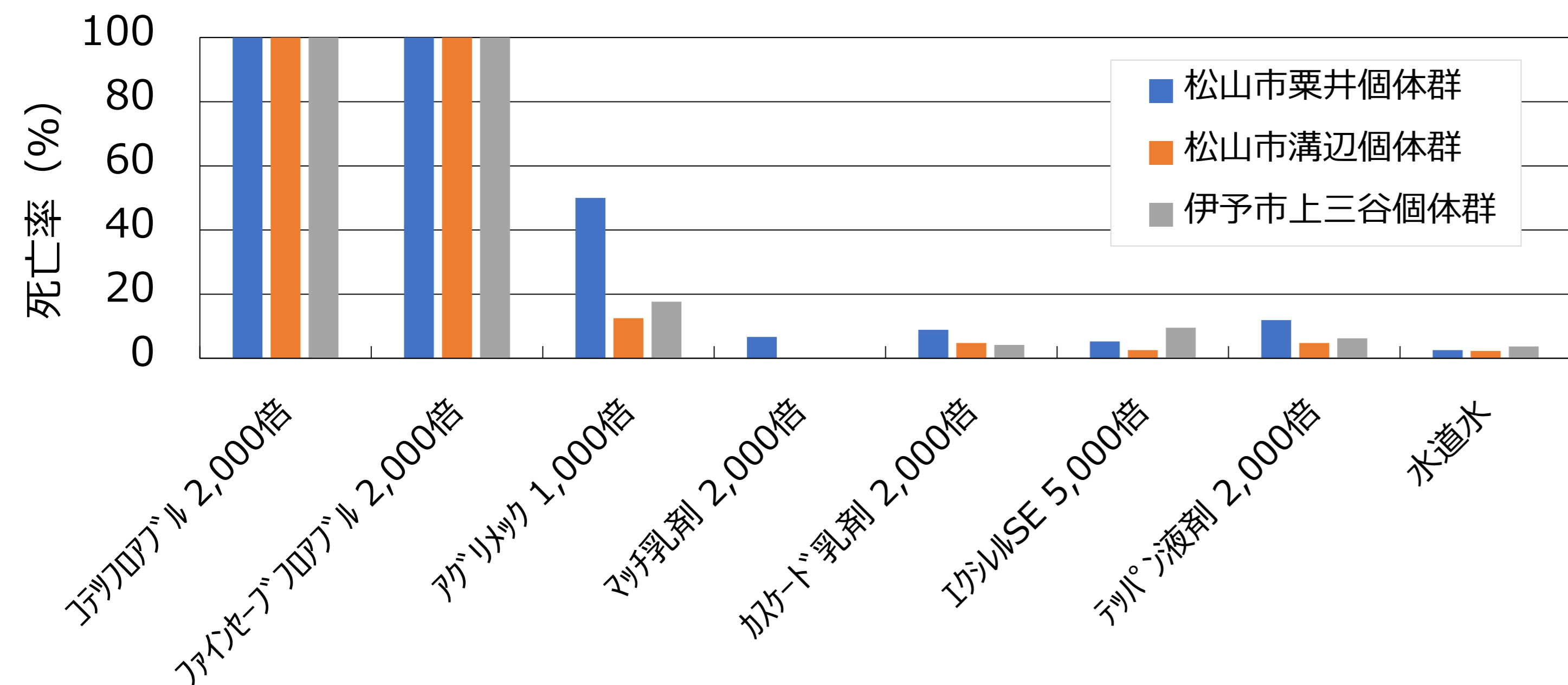


図 成虫に対する各薬剤の殺虫効果 (処理3日後調査)

上記リーフディスクから全ての成虫を除去し、4日後に発生していた次世代の生存幼虫を計数

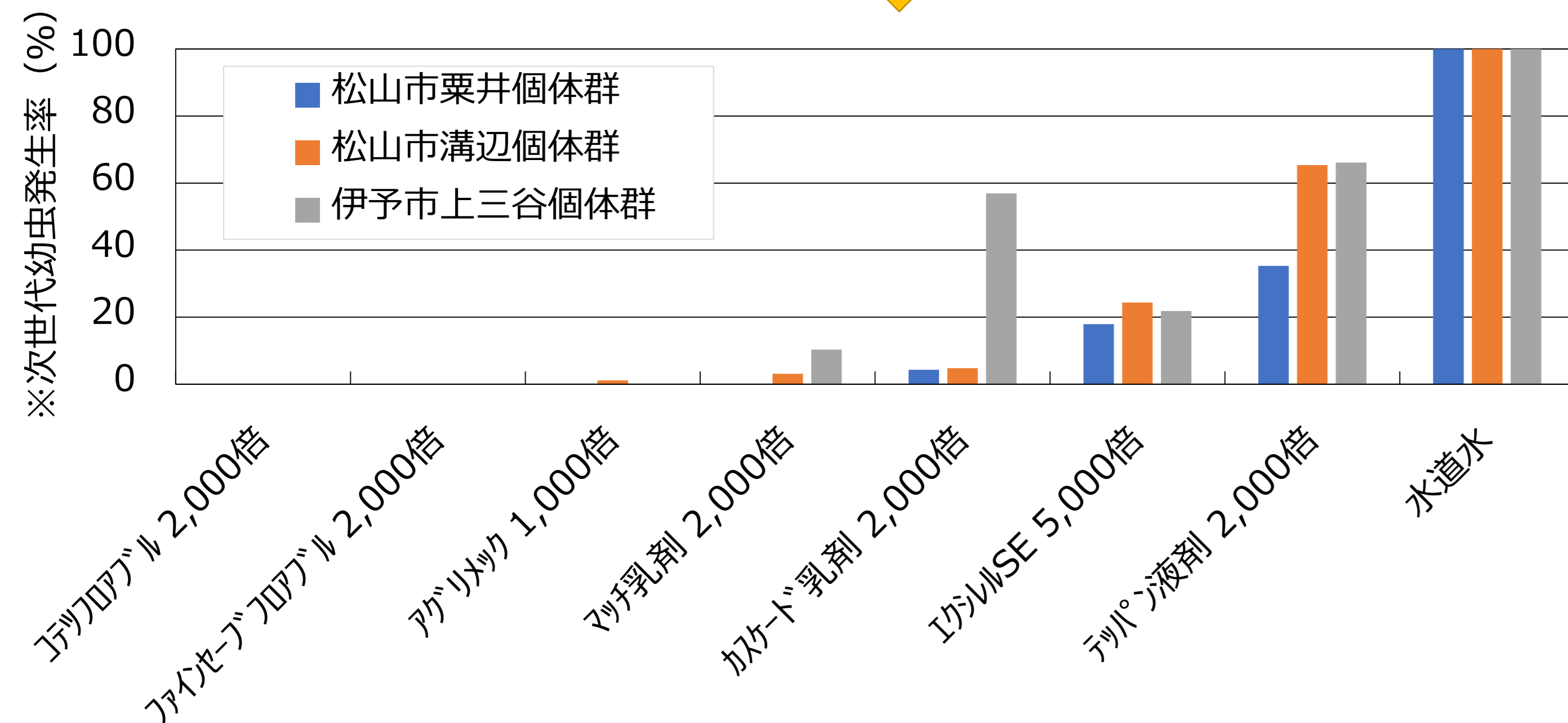


図 各薬剤成虫処理が次世代の幼虫発生数に及ぼす影響 (処理7日後調査)

※各個体群の水道水区の生存幼虫数を100として、各処理区の生存幼虫数の比率で算出

成虫への直接的な殺虫効果が低かった薬剤でも、**次世代の幼虫数を低減させる効果が認められた。**

幼虫に対する効果

室内試験：リーフディスク上に2齢幼虫を放飼し、回転散布装置で虫体と葉に薬液を散布。7日後に生死判定と蛹化・羽化した個体を計数。



成虫に対して効果の高い2剤に加え、**アグリメック、マッチ乳剤、カスケード乳剤**も一定の効果が認められた。

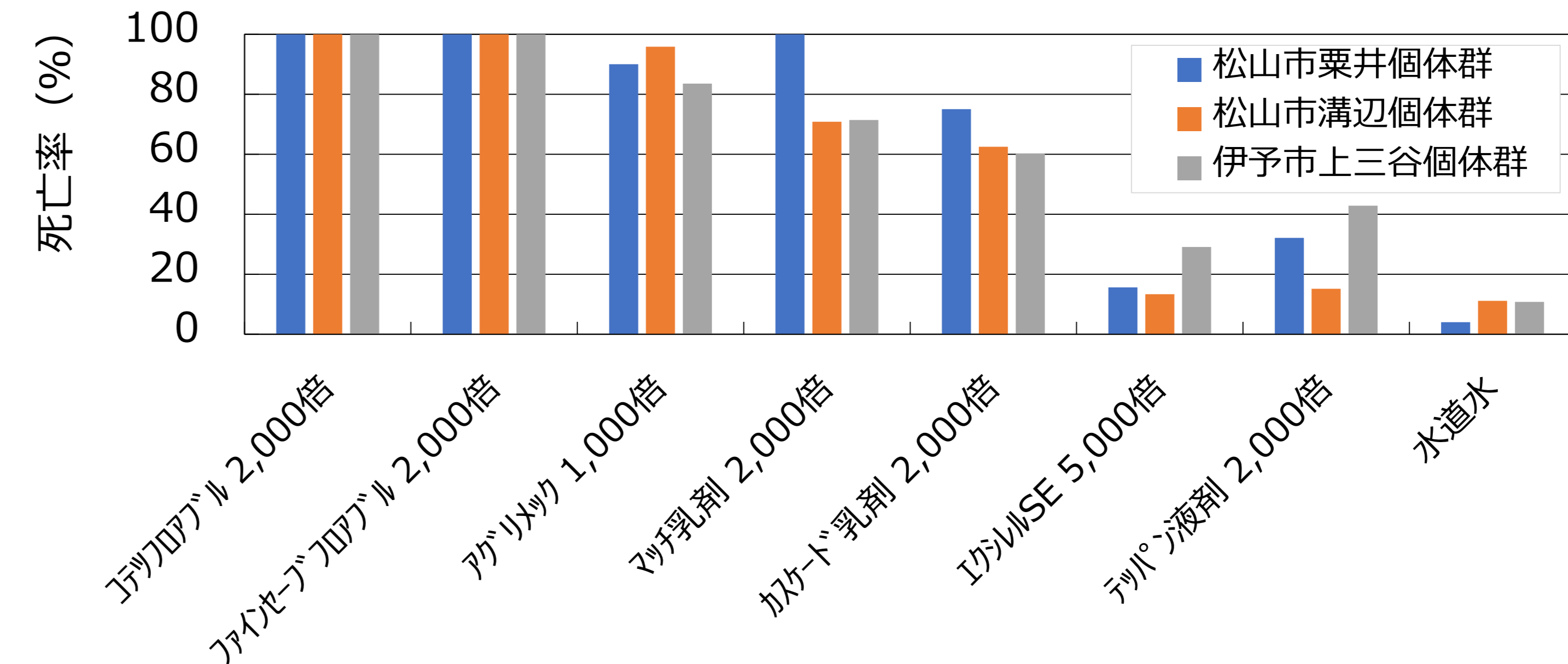


図 幼虫に対する各薬剤の殺虫効果 (処理7日後調査)

生存個体の内、蛹化・羽化している個体を計数

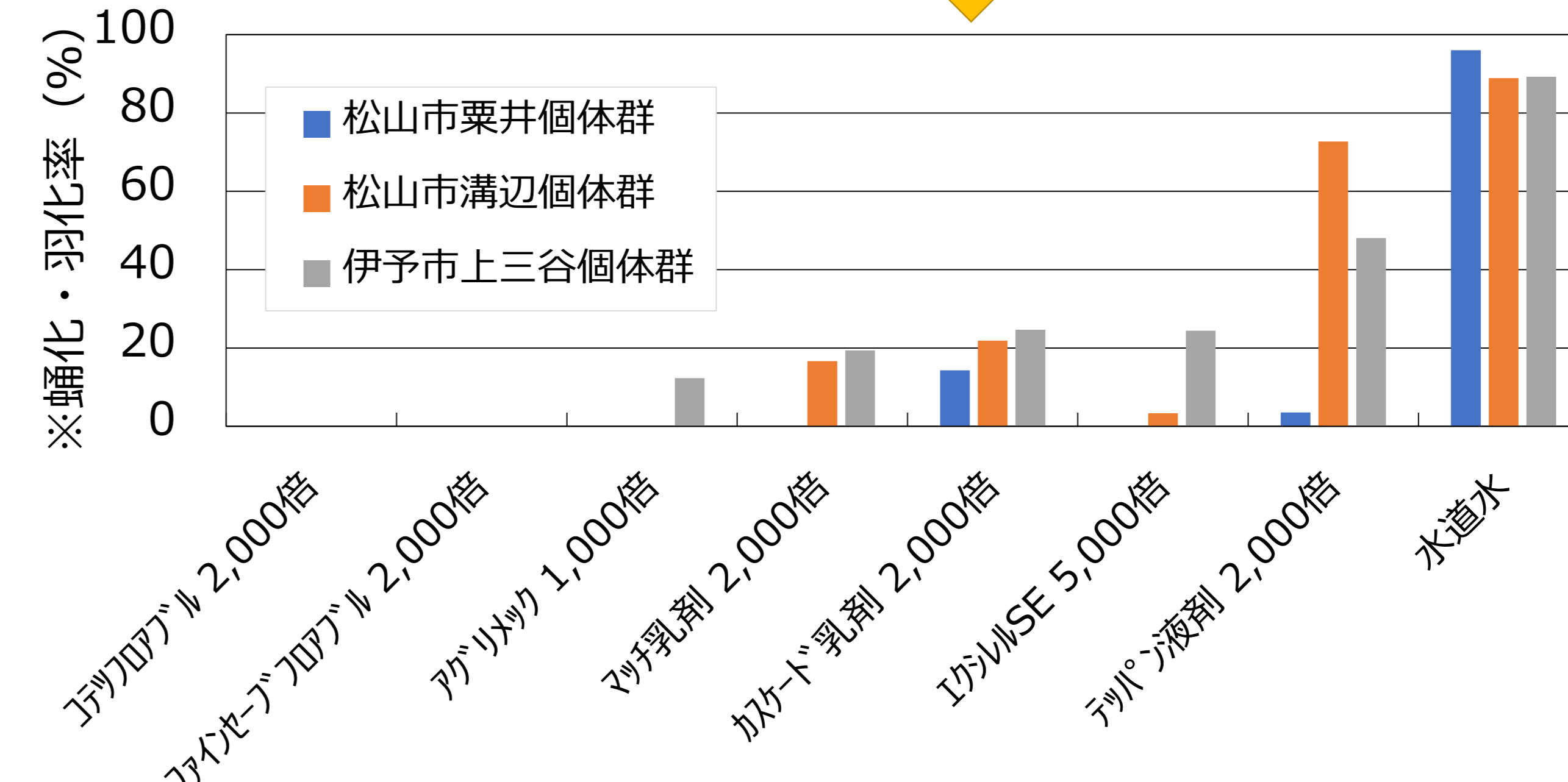


図 各薬剤幼虫処理がその後の蛹化・羽化に及ぼす影響 (処理7日後調査)

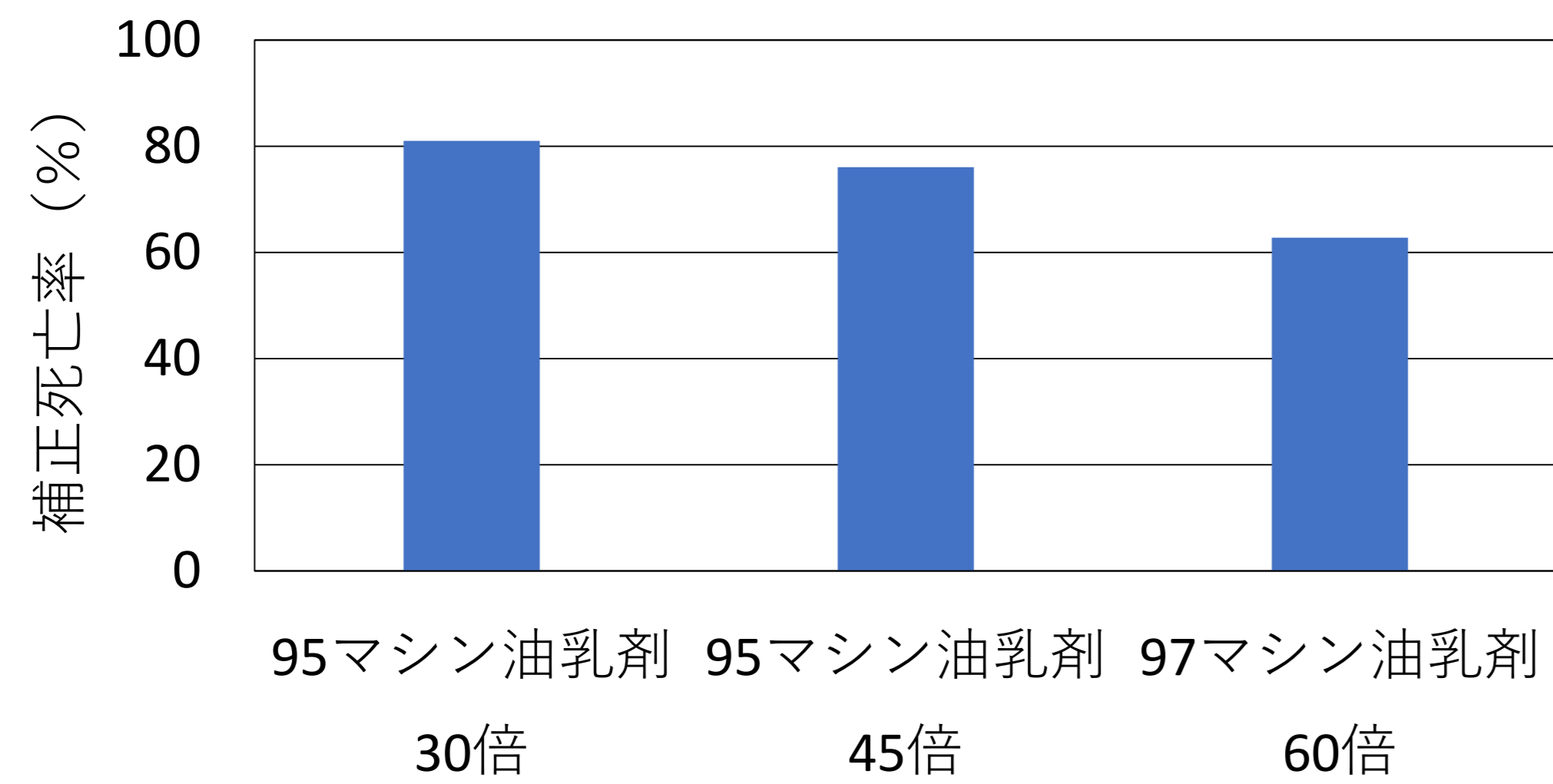
※蛹化・羽化率 = (蛹化・羽化個体数) / (全個体数)

上記薬剤に加え、死亡率が低かった**エクシレルSE、テッパン液剤**でも、蛹化・羽化する個体が減少しており、**成虫の発生を抑制する効果**があると考えられる。

IGR系などの遅効的な薬剤は、成虫に対する直接的な殺虫効果は低いものの、幼虫に対する殺虫効果や次世代の密度を抑制する効果が認められたことから、即効的な薬剤と組み合わせて体系的に使用することで、ミカンキイロアザミウマの密度抑制に有効であると考えられた。

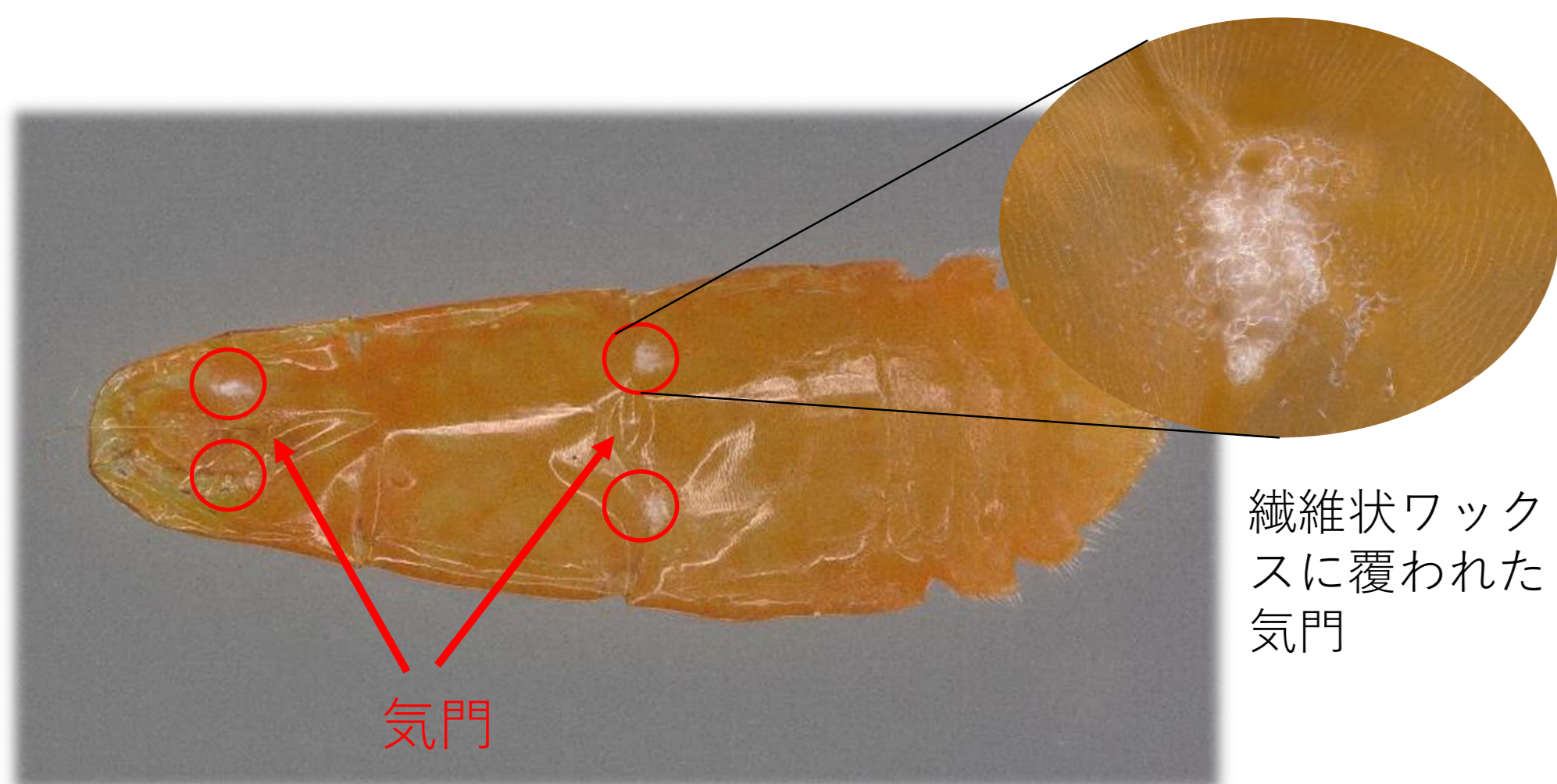
かんきつのカイガラムシ類に対するマシン油乳剤の効果

カイガラムシ類に効果の高い薬剤の登録失効が予定されており、冬季のマシン油乳剤によるカイガラムシ類の防除の重要性が増している。しかし、カイガラムシの種によっては十分な防除効果が得られないことから注意が必要であるため、代表種に対する効果を紹介する。



ヤノネカイガラムシに対するマシン油乳剤の効果は高い。死亡していない個体も、気門の閉塞（下記参照）などにより産卵数は減少する。

図 ヤノネカイガラムシに対するマシン油乳剤の効果
2007年2月19日散布 5月2日調査



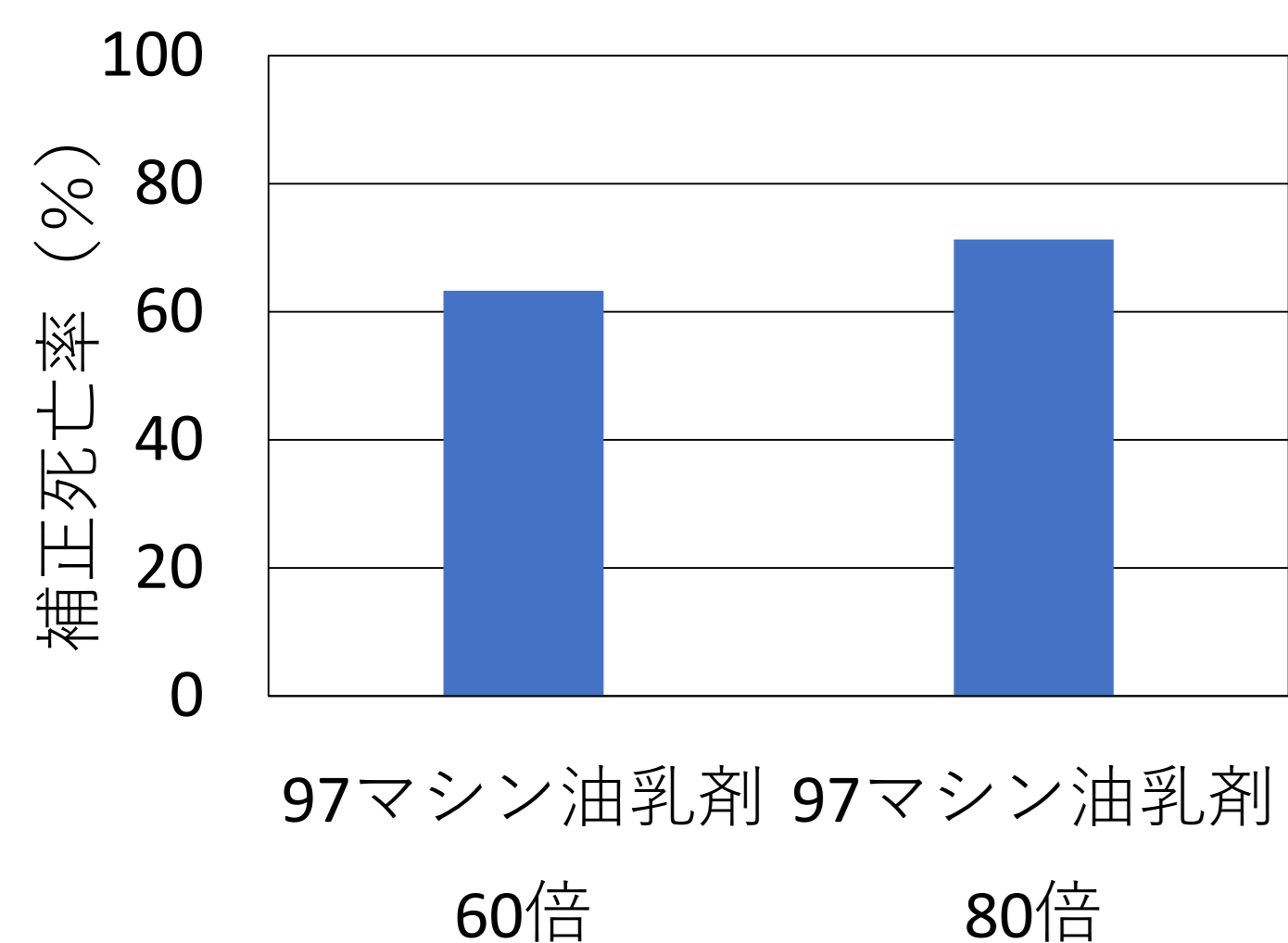
繊維状ワックスに覆われた気門



写真 繊維状ワックスがマシン油乳剤により溶解し、気門が閉塞されている様子

マシン油乳剤は、気門周辺の繊維状ワックスを溶解させ、気門を閉塞させることで効果が発現する。薬液が腹面の気門に到達するよう、十分量散布する必要がある。

写真 ヤノネカイガラムシ雌成虫腹面の2対の気門



アカマルカイガラムシに対するマシン油乳剤は、やや生存個体がみられるものの、密度低減効果がある。

図 アカマルカイガラムシに対するマシン油乳剤の効果
2009年3月10日散布 5月1日調査

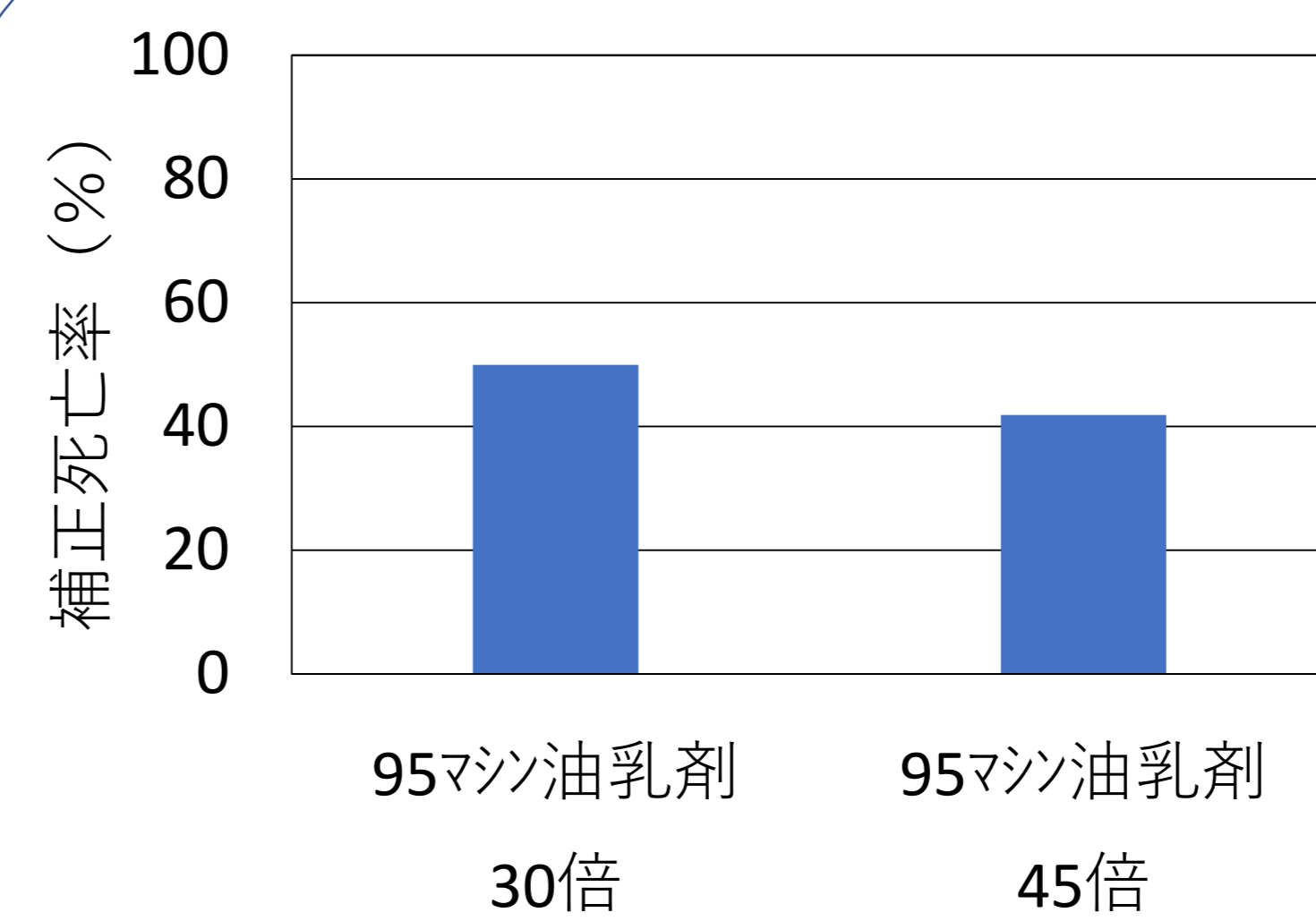


図 イセリヤカイガラムシに対するマシン油乳剤の効果
2008年1月9日散布 3月7日調査

イセリヤカイガラムシに対しては、濃度を濃くしても半数程度が生存しており、マシン油乳剤の効果はやや低い。

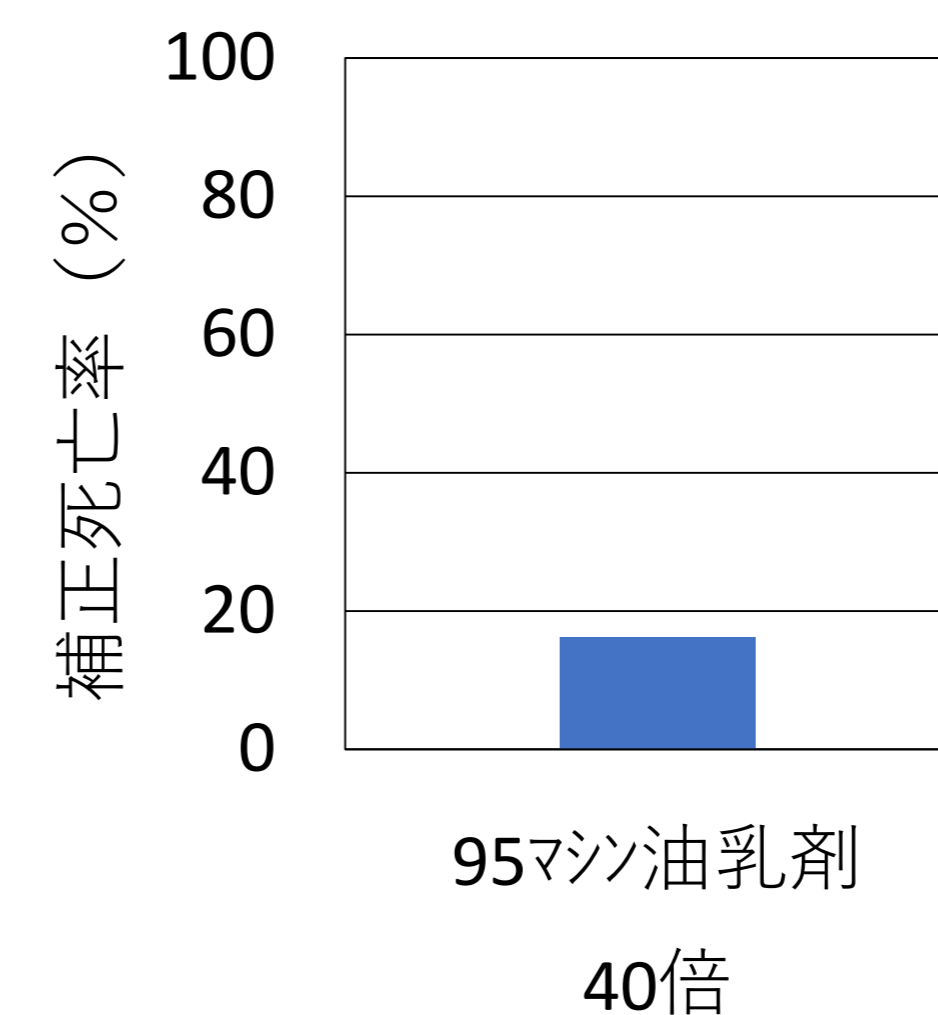


図 ツノロウムシに対するマシン油乳剤の効果
2007年1月30日散布、5月12日調査

ツノロウムシは、厚いロウ物質に覆われており、冬季のマシン油乳剤はほとんど効果がない。

その他のカイガラムシ類に対するマシン油乳剤の効果は、ナシマルカイガラムシに対しては高いが、コナカイガラムシ類に対しては低いことが明らかとなっている。**イセリヤカイガラムシ、ロウムシ類、コナカイガラムシ類等の効果の低い種に対しては、生育期に重点的に防除を行い密度低減を図る必要がある。**

かんきつのツノロウムシに対する各種薬剤の防除効果

カイガラムシ類に対し**有効な薬剤（スプラサイド剤）**の登録失効が予定されており、代替剤のツノロウムシに対する効果を昨年検討。しかし、**散布時期の遅れ**から、**効果が得られた薬剤はスプラサイドのみ**であった。そこで、本年は、**1齢幼虫主体の時期での効果を再検討**した。

- ・供試樹：愛媛果試第28号
- ・供試虫：ツノロウムシ
- ・供試薬剤：カイガラムシ類またはツノロウムシに登録がある剤

	令和4年	令和5年
散布日	7月17日	7月4日
散布時の 発育態	2齢幼虫後期主体	1齢幼虫主体
調査日	9月11日	9月11日



写真 ツノロウムシ ※数値は体長

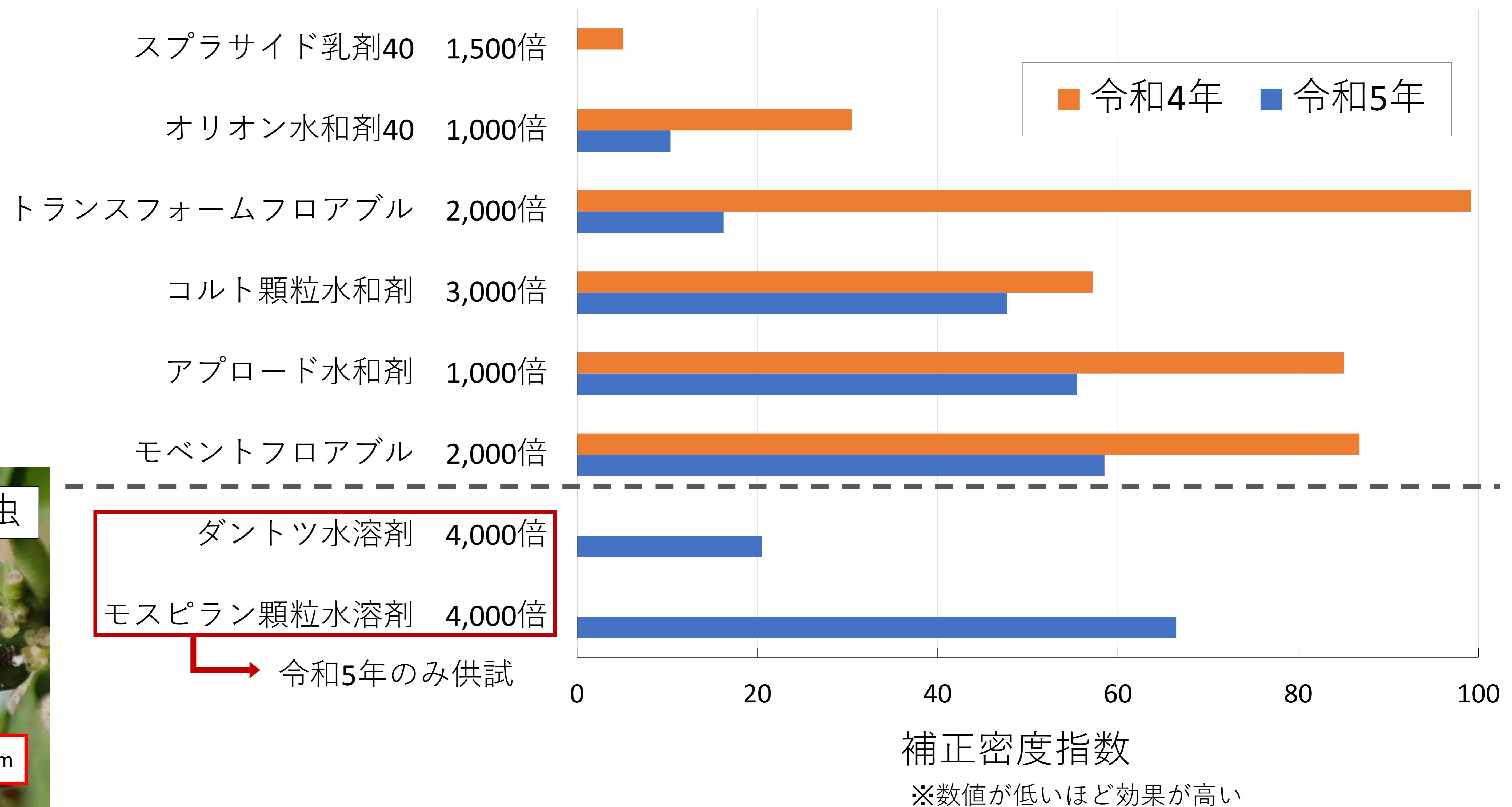


図 ツノロウムシに対する各種薬剤の防除効果

- ・スプラサイド乳剤40は時期（発育態）に関係なく高い防除効果
- ・オリオン水和剤、トランスフォームフロアブル、ダントツ水溶剤は、1齢幼虫が主体の時期に散布することである**程度の効果が得られた**
→**適期散布が重要**
- ・上記の剤以外は、1齢幼虫が主体の時期の散布でも十分な効果は得られなかった。
→**防除適期についてさらに検討（1齢幼虫発生初期）が必要**