

試験研究等成果資料
No. 47

新たに普及に移しうる試験研究等の成果

令和5年(2023年)1月

山口県農林総合技術センター

はじめに

山口県農林水産部では、平成30年度に、10年先の本県農林水産業のあるべき姿を見据えた「やまぐち農林水産業成長産業化行動計画」を策定し、中核経営体を核とした本県農林水産業の成長産業化に向けた様々な取組を展開しています。

農林総合技術センターでは、これらの施策目標達成に向けた取組を技術面から支えるため、「山口県農林総合技術センター研究開発・担い手育成推進計画」に基づき、山口県農林業の特性・強みを活かす新技術の開発をはじめ、集落営農法人など中核経営体の所得向上や新規就業者の就農促進に資する技術の実用化などに重点化して研究開発を進めてきたところです。

この度、令和3年度までに実施した試験研究成果から、生産現場等に普及可能な技術や技術指導上の参考となる技術を計3課題選定し、専門分野毎に取りまとめました。

こうした研究成果が本県農林業の生産現場等で活用され、農林業に携わるみなさまの課題解決に役立つものとなれば幸いです。

令和5年（2023年）1月吉日

山口県農林総合技術センター

所 長 久田 恒夫

新たに普及に移しうる試験研究等の成果 No. 47

(令和5年1月)

目 次

	頁
I 農業技術	
<柑きつ>	
1 カンキツ栽培における通信型マルドリシステムの開発	1
<病虫害>	
1 農薬散布用ドローンを活用したカンキツの効率・省力的防除 技術体系の確立	5
2 <small>なつみ</small> 「南津海シードレス」のかいよう病防除対策	10

カンキツ栽培における通信型マルドリシステムの開発

マルドリ方式にIoT技術を導入して、テレマネジメント(遠隔操作)とテレモニタリング(園地状況の見える化)を可能とする「通信型マルドリシステム」を開発した。本システムでは、異なる品種の園地に対応して、定期的に「供給したい濃度の液肥」を「供給したい量」だけ施用できる。

成果の内容

1 通信型マルドリシステムの概要

通信型マルドリシステムは「メインユニット」と「サブユニット」で構成されており、メインユニットは液肥の量や濃度を調節し、メインユニットから通信を受けたサブユニットでは、電磁弁を開閉し、メインユニットで調整された設定量の液肥を定時に供給する。サブユニットの電源は太陽光パネルを使用することで、電力を確保できる(図1)。

2 テレマネジメント(遠隔操作)機能

- (1) 現行のマルドリ方式は、液肥施用量は一濃度の液肥を電磁弁の開放時間で設定しているが、通信型マルドリシステムでは、流量計、定量ポンプ、電磁弁を組み合わせ、園地毎に指定した濃度と量を正確に施用できる(図2)。液肥タンクの液肥濃度、施用する園地の液肥濃度・施用量を登録すると、定量ポンプが自動計算で必要量の液肥を水と混用する。液肥混入の有無を確認するため、流量計にECセンサーを接続し、タンクの液肥残量は水位計で計測し、通水状況は水圧センサーで確認している。
- (2) 1回の液肥施用で「灌水→液肥→灌水」というルーチンをプログラム管理している。まず、灌水量の10%は、液肥を均等に施用するために水のみを流して、点滴チューブ内に水を充填させ、次に、設定量の70%で液肥を施用し、最後の20%は水を流し、チューブ内に残る液肥を確実に園地に入れ、かつ、チューブやディスクフィルターに残る液肥や汚れを除去する(図3)。
- (3) メインユニットとサブユニット間の通信は、少ない電力で広い範囲をカバーできるLPWA(長距離低消費電力)を使用し、インターネット上へは携帯電話回線通信網を使用している。送信されたデータはクラウドに保管され、使用者はスマートフォンやパソコンからホームページに接続し、園地情報やシステムの状況を確認できる。同様に、液肥や灌水の設定もスマートフォン等のできる(図4)。ホームページの操作画面に「タスク」と「定期実行」を設けてあり、「タスク」で供給する園地への液肥濃度と供給量、「定期実行」では施用時刻を設定し、干ばつ時の追加灌水も想定し、水のみも設定できる(図5)。

3 テレモニタリング(園地の見える化)機能

- (1) バルブの開閉、水圧、施用時刻と流量、液肥残量は、データ可視化システムから確認できる。併せて、気象観測装置を設置し、気温、地温、湿度、時間雨量、風速、風向データが取得でき、Webカメラで園地状況を見ることができる(図6)。
- (2) 液肥が施用されない、タンクの液肥残量が少ない等の異常があれば、電子メールやLINEで通知される。LINEでは、通信型マルドリシステムを使用する生産者がグループLINEすることにより、情報共有もできる。現在は、液肥残量が少なくなったときと、灌水の不具合が発生した場合に通知するようにしており、液肥補充と灌水異常の早期発見に活用できる(図7)。

成果の活用面・利用上の留意事項

本システムは日進工業株式会社、エコマス株式会社と特許を取得しており、システムの導入は両社が行う。

現行システムでは、個人での導入はコスト高となるので、安価な部材やセンサー、提供する情報の選択によるコスト削減と、通信料やメンテナンスをパッケージした販売体系の構築を進めている。

具体的なデータ

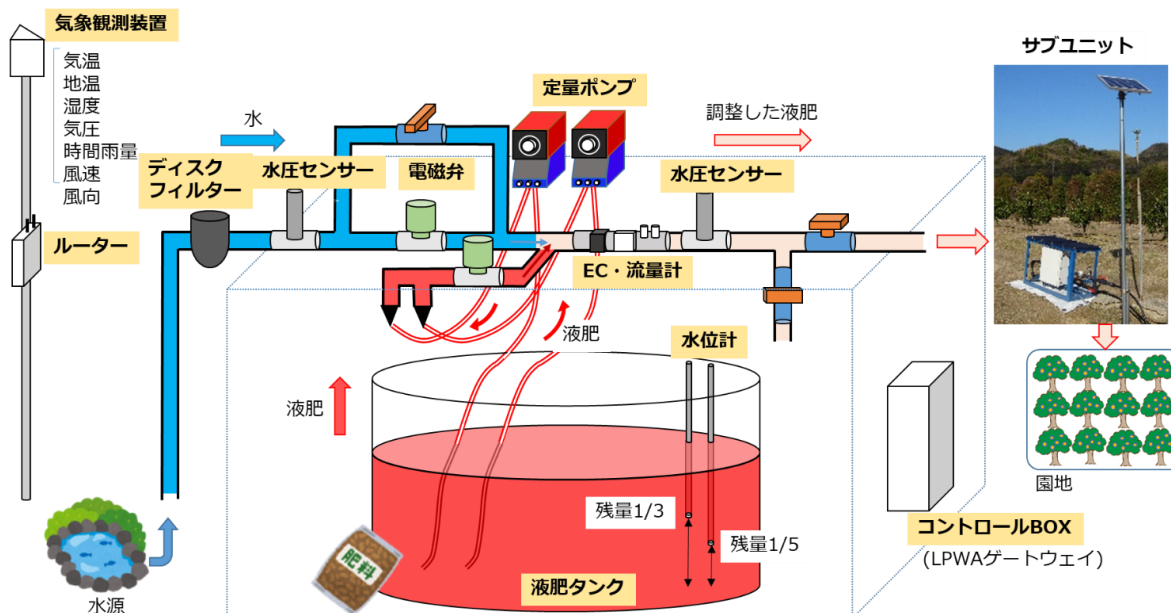
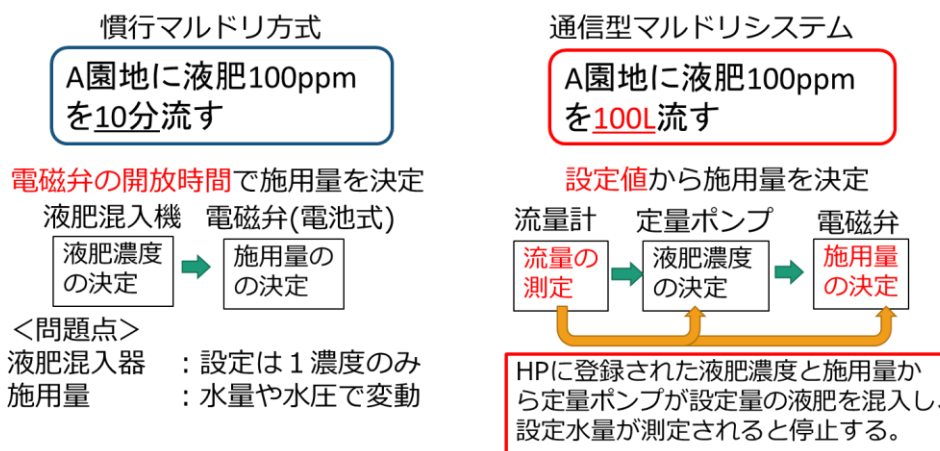


図1 通信型マルドリシステムメインユニットおよびサブユニット



流量計と定量ポンプの組み合わせにより、高低差などの園地条件や配管の状態に左右されず、設定した液肥の濃度・量を各園地に正確に供給できる。

図2 慣行マルドリ方式と通信型マルドリシステムとの液肥施用方法の違い

例：液肥150ppmを100L施用した場合

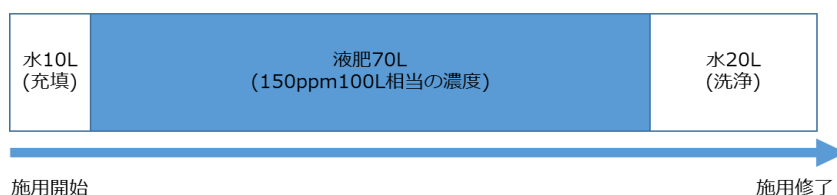


図3 液肥の施用ルーチン

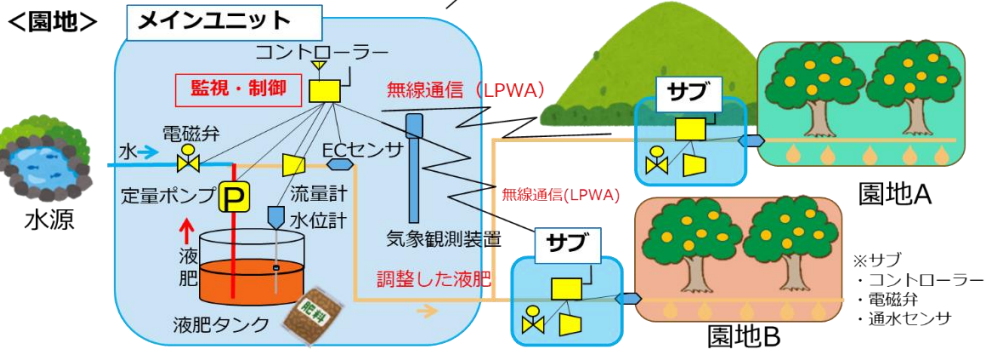
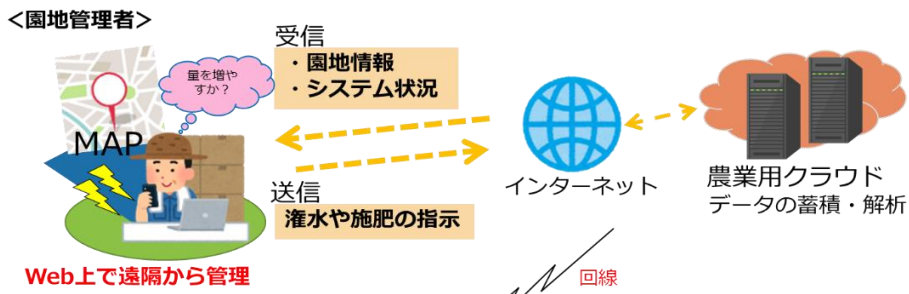


図4 通信型マルドリシステムの通信方法

タスク画面(園地・水量・濃度)



タスク画面で処理設定を、定期実行画面で
実行するタスクの選定と施用時刻を設定する

定期実行画面 (何時に開始)



図5 ホームページの操作画面

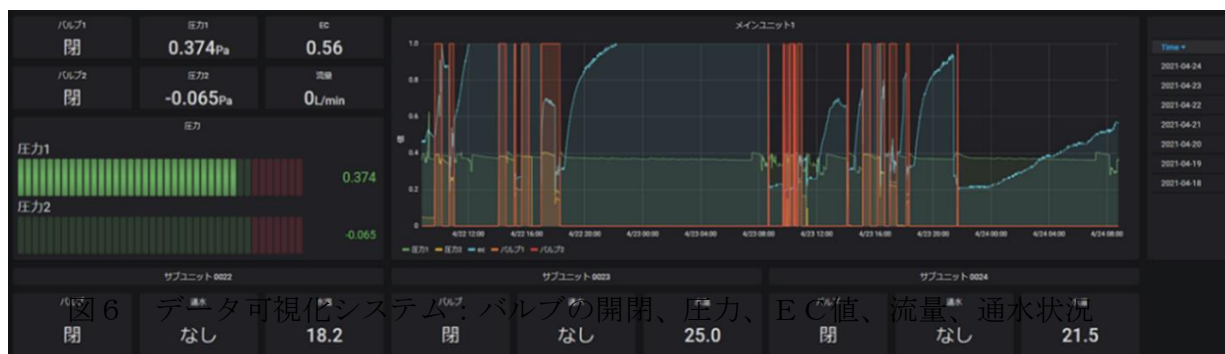


図6 データ可視化システム：バルブの開閉、圧力、EC値、流量、通水状況

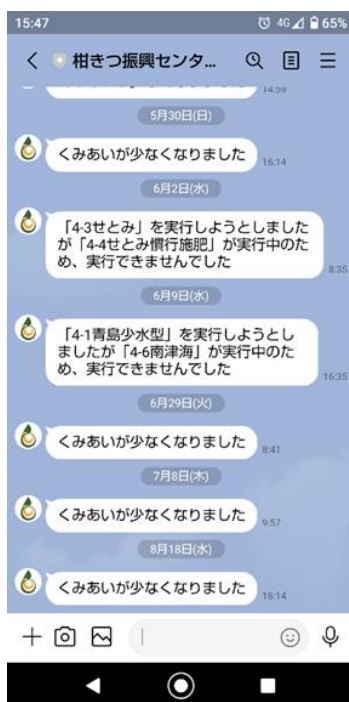


図7 LINEによる異常の通知

関連文献等

なし

研究年度	平成30年～令和3年（2018年～2021年）
研究課題名	スマートマルドリを活用したカンキツの少水・低コスト型マルドリシステム等の構築
担当	農業技術部 柑きつ振興センター 岡崎芳夫・明田郁夫・中島勘太（現柳井農林水産事務所）

農薬散布用ドローンを活用したカンキツの 効率・省力的防除技術体系の確立

農薬散布用ドローンは黒点病、かいよう病、灰色かび病、貯蔵病害、チャノキイロアザミウマの防除が可能であり、作業時間は手散布の80%減と大幅に削減できる。園地の間伐による樹間確保と縦開窓樹形とすることでドローン防除の効果は向上する。

成果の内容

1 ドローンの防除特性の把握

- (1) ドローン散布（写真1）では、薬液は主に葉表に付着し、葉裏にはほとんど付着しない。また、樹の上部には多く付着するが、下部や内部では少なく、部位によってばらつきが大きい（図1）。
- (2) 農薬散布用ドローンでの黒点病の防除は、手散布とほぼ同等の防除効果がある（図2）。同じ薬剤投下量では、片道散布（樹上1回散布）と往復散布（樹上2回散布）は、黒点病の発病果率に差はなかった。飛行速度2 m/秒（ノズル4本）区は、1 m/秒（ノズル2本）区と比較して発病果率が低いことから、より短時間で散布できる片道散布で、飛行速度は2 m/秒（ノズル4本）とすることが有効である（図3）。
- (3) 樹冠全体の付着状況は、円環形ノズルは薬液の付着は多いがばらつきは大きく、一方、扇形ノズルでは薬液の付着は少ないが均一である（データ省略）。「AGRAS MG-1」を使用した黒点病防除は扇形ノズルで防除効果が高い（図4）。
- (4) 樹の1.5m上空航行のドリフト調査では、ドローン散布および手散布とも、風下20mの樹にわずかに薬液の飛散が認められ、ドローン散布のドリフト距離は手散布と同程度である（表1）。なお、飛行高度が高くなるほど、ドリフトは多くなるため（データ省略）、樹から1 m～2.5m程度の高さが望ましい。
- (5) ドローン散布と動力噴霧機を使用した手散布との防除時間の比較では、ドローンの散布時間は手散布の78%減となり、省力化に有効である。一方、スピードスプレー散布との比較でも42%減に短縮できる（図5）。

2 ドローンの防除に適した樹形や園地条件の検討と薬剤の選抜

- (1) 密植状態に比べて、間伐や縮抜で樹間を広くすると防除効果は向上する（図6）。また、樹冠下部や内部で薬液の付着が少ないため、スプリンクラー防除用に開発した、樹に3か所、主幹に向かいくさび形の空間を確保する縦開窓樹形（写真2）とすることで、薬液が内部や下部まで付着しやすくなり、防除効果が向上する（図7）。
- (2) 黒点病、かいよう病、灰色かび病、貯蔵病害において、ドローン防除における実用性が認められる。また、チャノキイロアザミウマもドローン防除は可能である。黒点病ではパラフィン系展着剤（商品名：アビオンE）500倍を加用することで、防除効果が向上する（図8）。

成果の活用面・利用上の留意事項

- 1 ドローン防除の登録農薬が少ないことから、使用できる農薬の確認が必要である。混用事例がないため、当面は単用での散布となる。

- 2 農薬散布用ドローンの価格やメンテナンス、操作や免許取得を考えると、一農家が所有することは難しく、散布においては業者委託となる。業者委託の作業料金を考慮すると、1回の防除でまとまった面積を行うことが必要である。

具体的なデータ



写真1 農薬散布用ドローン

左：AGRAS MG-1 右：AGRAS T-20 T-20は自動航行可能

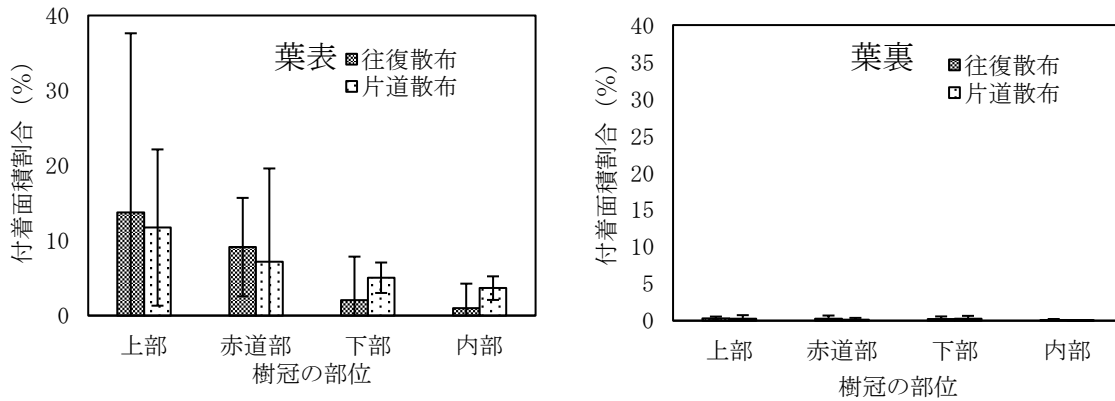


図1 ドローン防除の飛行方法が「宮川早生」への薬剤付着面積割合に及ぼす影響

往復散布：樹上0.5～1m、吐出量700mL/分（ノズル2本）、速度2m/秒で2回散布
 片道散布：樹上0.5～1m、吐出量1400mL/分（ノズル4本）、速度2m/秒で1回散布
 機種：「AGRAS MG-1」、供試品種：「宮川早生」26年生（平均樹冠容積7.5 m³）
 散布日：2019年9月3日

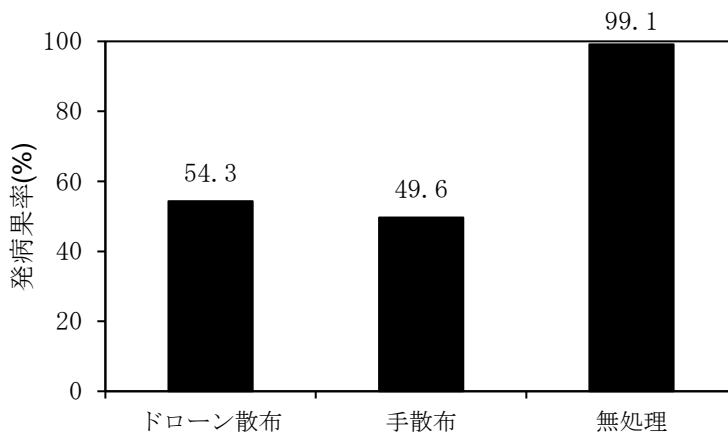


図2 ジマンダイセン水和剤のドローン防除と手散布における黒点病発病果率

供試品種：「興津早生」29年生（平均樹冠容積10.6 m³）
 散布日：2019年6月5日、7月2日、7月24日、9月3日 調査日：11月7,8日
 「AGRASU MG-1」を使用し、ジマンダイセン水和剤5倍液を樹上1m、速度2m/秒、吐出量1000m³で往復散布、手散布はジマンダイセン水和剤600倍を散布

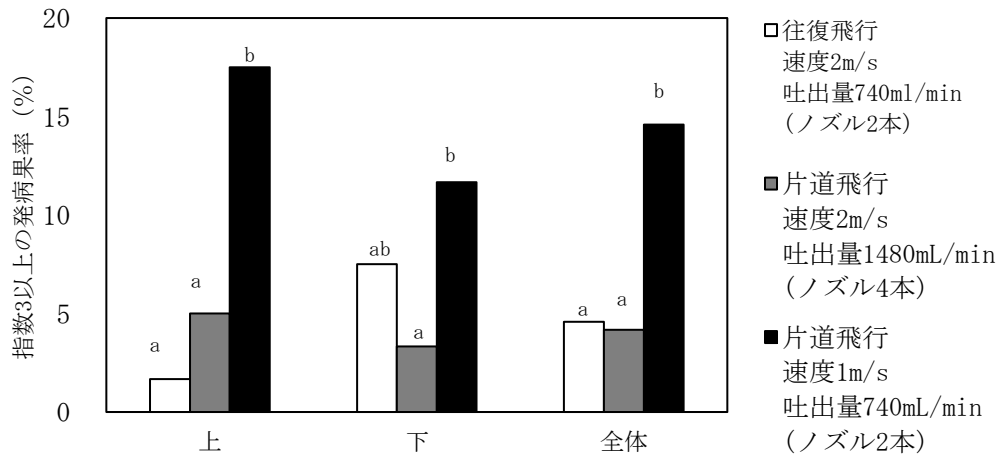


図3 ドローンの飛行方法の違いが黒点病発病果率に及ぼす影響

機種：「AGRAS MG-1」 供試品種：「南柑20号」 15年生（平均樹冠容積・樹高・2.8m³・1.3m）
 薬散：2019年6月5日、7月2日、7月24日、9月3日にジマンダイセン水和剤（5倍・4L/10a）を散布
 調査：2019年11月22日に、各部位40果における発病を調査
 調査部位（上、下、全体）ごとに統計処理を実施。異なる英字間は、Steel-Dwassの多重比較により有意差あり（5%水準）

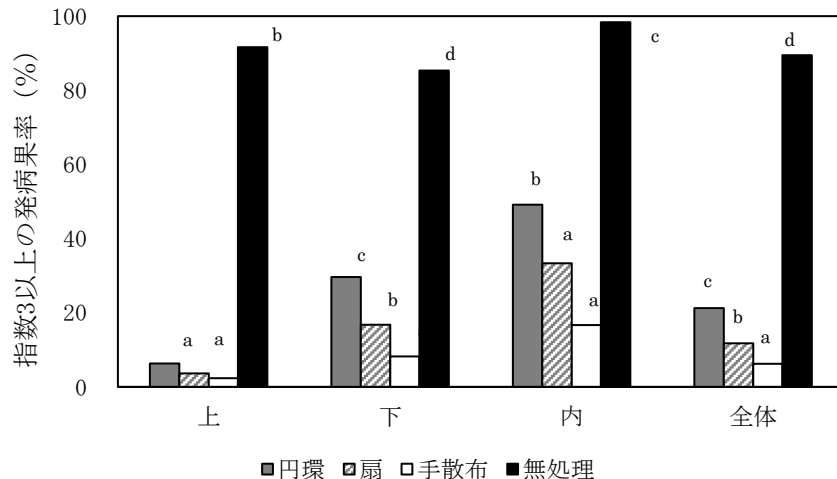


図4 ドローン防除でのノズルの違いが黒点病発病果率に及ぼす影響

機種：「AGRAS MG-1」 供試品種：興津早生30年生（平均樹冠容積・樹高：16.7m³・2.4m）
 薬散：2020年5月27日、6月22日、7月15日、8月20日にジマンダイセン水和剤（5倍・4L/10a）を散布
 調査：2020年11月6日 実際の被害水準となる、黒点病発生指数3以上の割合を調査。
 調査部位（上、下、内）ごとに統計処理を実施。異なる英字間は、Steel-Dwassの多重比較により有意差あり（5%水準）

表1 ドローン防除と手散布防除における薬液の飛散状況

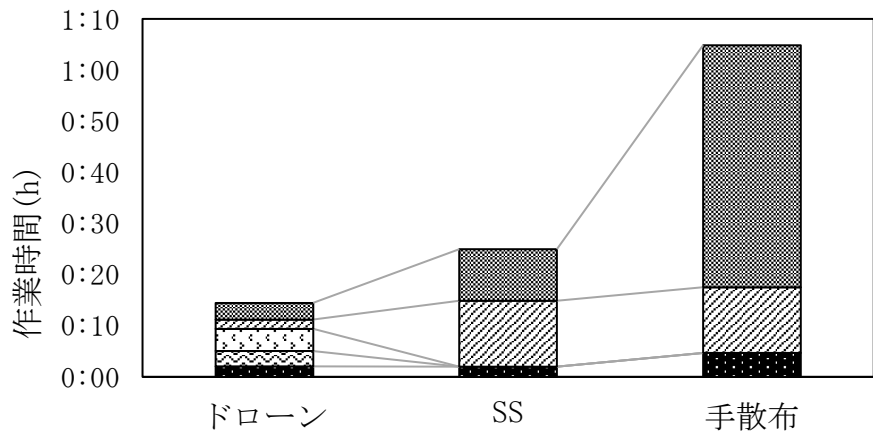
試験区	風向・東										風速(m/s)	
	西					東					最大	平均
	20m	15m	10m	5m	1m	1m	5m	10m	15m	20m		
ドローン	1	1	3	4	6	0	0	0	0	0	5.9	2.0
手散布	1	1	2	7	7	4	0	0	0	0	5.8	1.5

機種：「AGRAS MG-1」 樹上1.5m、秒速1m/秒・毎秒700mlで往復散布

手散布：動力噴霧機を使用し、鉄砲ノズルで散布

調査日：2021年3月3日

数値は農林水産航空協会の薬液付着指標 0~8段階で数値が大きいほど付着している



■ 散布機材の準備 □ ほ場確認 □ 試験飛行 □ 散布液の準備 ■ 散布
図5 ドローン防除と各散布方法の10a 当たり散布時間

調査日:2021年3月3日 供試品種:「せとみ」植栽間隔5×6m 33本/10a
 ドローン散布は3名で対応、SS(スピードスプレー)と手散布は1名で散布
 ドローン散布:1.5m/s 片道散布、手散布は動力噴霧機による散布

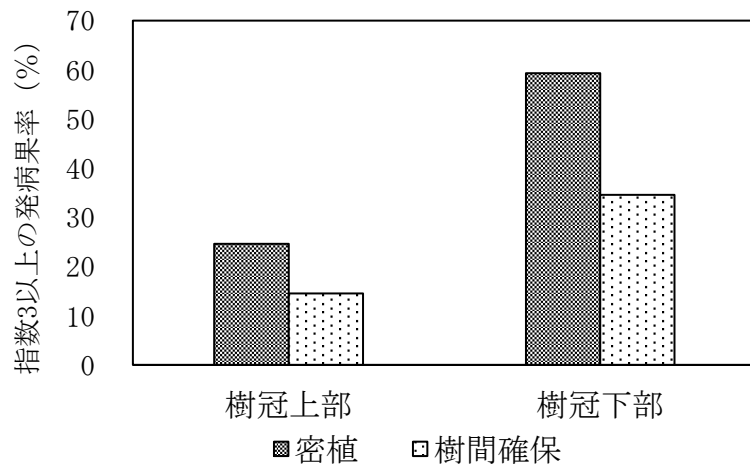


図6 ドローン防除での樹間の違いが黒点病発病果率に及ぼす影響

平均樹間(左右、前後): 密植(0.4m、0.1m)、樹間確保(1.4m、0.5m)
 供試品種品種:「宮川早生」26年生(平均樹冠容積・樹高:8.2m³・1.8m)
 処理:2020年5月27日、6月22日、7月15日、8月20日 AGRAS MG-1で
 ジマンダイセン水和剤5倍・4L/10aを散布
 調査:2020年10月26日



写真2 縦開窓樹形

主幹に向かい枝をせん定して、くさび形の空間を3か所確保する

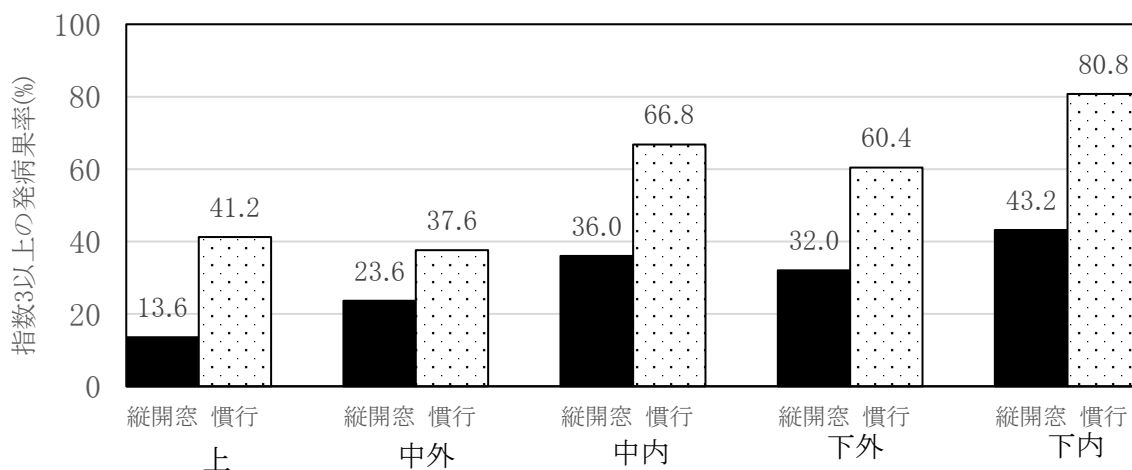


図7 ドローン防除における縦開窓樹形と慣行樹形の部位別黒点病発病率

品種：「興津早生」31年生

処理：2021年5月28日、6月24日、7月20日、8月25日

AGRAS T20の自動航行でジマンダイセン水和剤（5倍・4L/10a）を散布

11月18日に1樹当たり樹冠上部、中部の内成と外成、下部の内成と外成それぞれ50果を調査

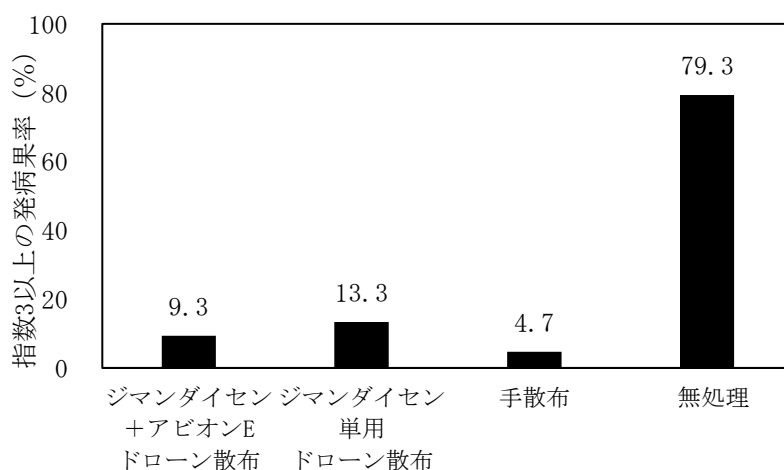


図8 ジマンダイセン水和剤へのアビオンE加用が防除効果に及ぼす影響

供試品種：「石地」5年生（平均樹冠容積・樹高：・5.5 m³・1.9m）

薬散：2020年5月27日、6月22日、7月15日、8月20日に

AGRAS MG-1でジマンダイセン水和剤（5倍・4L/10a）を散布

調査：2020年11月17日に1樹あたり樹冠赤道部50果を調査

関連文献等

なし

研究年度	令和元年～令和3年（2019年～2021年）
研究課題名	農薬散布用ドローンを活用したカンキツの効率・省力的防除技術体系の確立
担当	農業技術部 柑きつ振興センター 岡崎芳夫・明田郁夫・中島勘太（現柳井農林水産事務所）・世良友香（退職）

なつみ 「南津海シードレス」のかいよう病防除対策

塩基性硫酸銅（商品名：クプロシールド）の単用散布は果実の汚れが少ないため、「南津海シードレス」の収穫直前のかいよう病防除に使用できる。また、夏秋期の薬剤防除と罹病葉除去により、春の重要な伝染源である微小病斑の発生が大きく減少する。

成果の内容

1 かいよう病防除薬剤の選定

- (1) 4月以降に収穫する「南津海シードレス」では、果実の汚れが問題となるため、かいよう病の重点防除時期である3月～4月にはICボルドー66Dや炭酸カルシウム剤（商品名：クレフノン）を加用したコサイド3000の散布はできず、収穫後に防除が行われている。3月～4月に散布する場合には、クプロシールド単用または高い濡れ広がり性能を有する展着剤（商品名：ブレイクスルー、ミックスパワー）を加用したコサイド3000を使用すると果実の汚れが少ない（図1）。
- (2) クプロシールドを用いた防除体系は、3月～4月にICボルドー66D等を散布するイヨカンやアマナツなどの慣行防除体系と比べて防除効果に差はない（図2、図3）。
- (3) 3月～4月にクプロシールドを単用で散布した果実は、選果場で洗浄処理を行うと汚れがなくなる（図4、図5）。
- (4) 以上のことから、「南津海シードレス」における収穫直前のかいよう病防除には、クプロシールド単用散布が適している。

2 苗木におけるかいよう病防除体系の実証

- (1) 夏秋期に薬剤散布と合わせて、苗木の夏秋梢の罹病葉を除去することで、春のかいよう病の重要な伝染源である微小病斑が大きく減少する（図6）。

成果の活用面・利用上の留意事項

- 1 クプロシールドを除く多くの銅水和剤は、果実の着生時期には炭酸カルシウム剤を加用せずに使用することはできない（2022年8月現在）。
- 2 本試験ではクプロシールドの単用散布を夏季に実施しても薬害は認められなかったが、樹勢や気象条件などにより発生する可能性があるため、夏季に実施する場合は炭酸カルシウム剤を加用することが望ましい。
- 3 本成果は、4月から5月に収穫するナツミカン等でも活用できる。

具体的なデータ

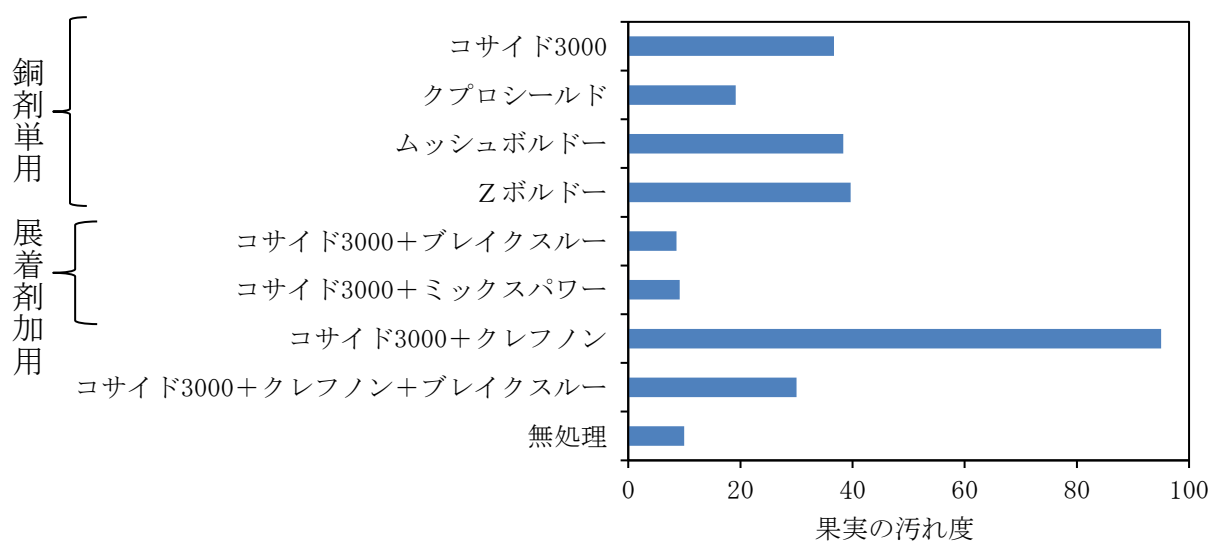


図1 収穫直前のかいよう病薬剤散布が「南津海シードレス」果実の汚れに及ぼす影響

薬剤散布：2017年4月13日、調査：4月25日

汚れ度 = $\{ \sum (\text{指数} \times \text{汚れ程度別果数}) \times 100 \} / (4 \times \text{調査果数})$

コサイド3000：3,000倍、クプロシールド：2,000倍、ムッシュボルドー：1,000倍、Zボルドー：1,000倍、ブレイクスルー：10,000倍、ミックスパワー：3,000倍、クレフノン：200倍

表1 「南津海シードレス」のかいよう病防除体系試験の試験区概要 (2019)

試験区	散布日				
	果実収穫前		収穫後 (生育期)		
	3/25	4/18	5/29	6/25	7/26
クプロシールド区	クプロシールド 2,000倍		ICボルドー-66D 80倍 (アピオンE 1,000倍加用)	ICボルドー-66D 80倍 (アピオンE 1,000倍加用)	クプロシールド 2,000倍
コサイド3000 (クレフ ノン+ブレイクスルー 加用) 区	コサイド3000 1,000倍 (クレフノン200倍+ブ レイクスルー10,000倍 加用)	コサイド3000 2,000倍 (クレフノン200倍+ブ レイクスルー10,000倍 加用)			コサイド3000 2,000倍 (クレフノン200倍 加用)
ICボルドー-66D区 (慣行防除体系)	ICボルドー-66D 40倍	ICボルドー-66D 80倍 (アピオンE1,000倍加 用)			コサイド3000 2,000倍 (クレフノン200倍 加用)
無処理区	—	—	—	—	—
備考	果実収穫前のため、薬斑の残る薬剤は使用不可		慣行防除に準じる		高温期でICボルドー使 用不可

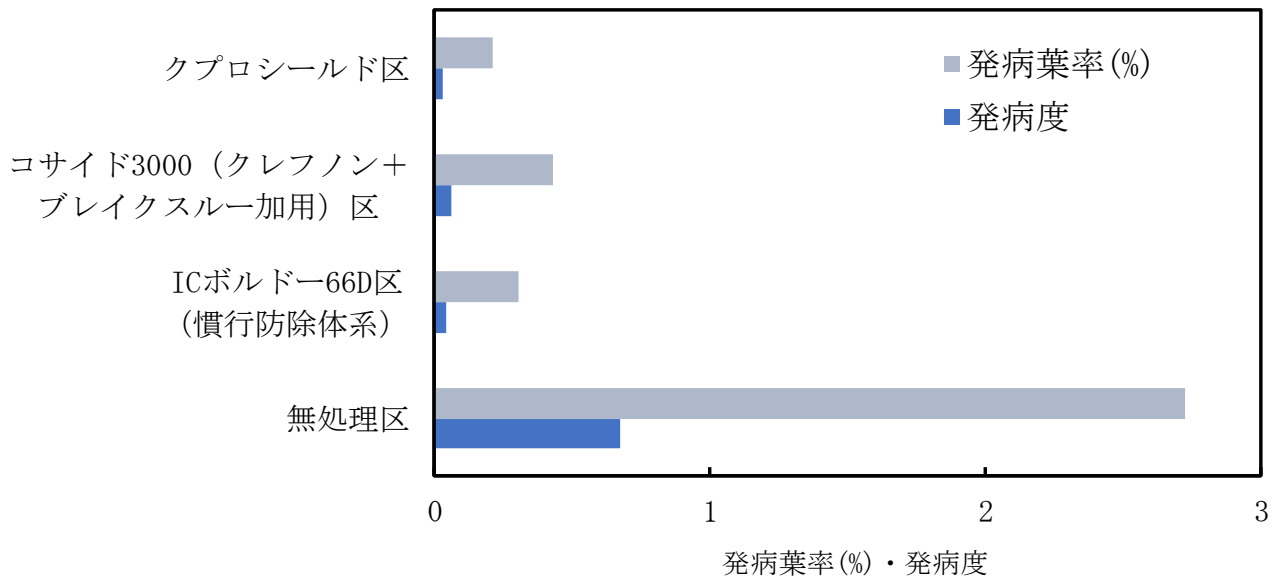


図2 「南津海シードレス」のかいよう病防除体系における春葉に対する防除効果 (2019)
 調査：2019年7月11日
 発病度は発生予察事業の調査実施基準による

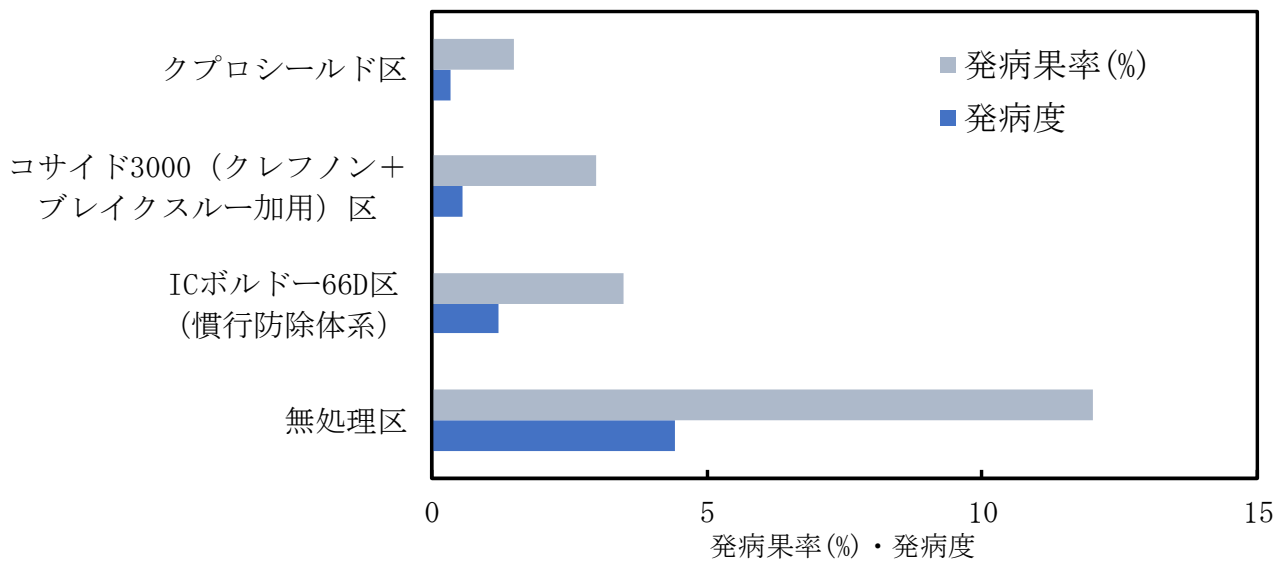


図3 「南津海シードレス」のかいよう病防除体系における果実に対する防除効果 (2019)
 調査：2019年10月23日
 発病度は発生予察事業の調査実施基準による



図4 「南津海シードレス」の果実収穫前防除による果実の汚れ（収穫後洗浄前）（2019）
 写真左より、クプロシールド区、コサイド3000（クレフノン+ブレイクスルー加用）区、
 ICボルドー66D区（慣行栽培）、無処理区

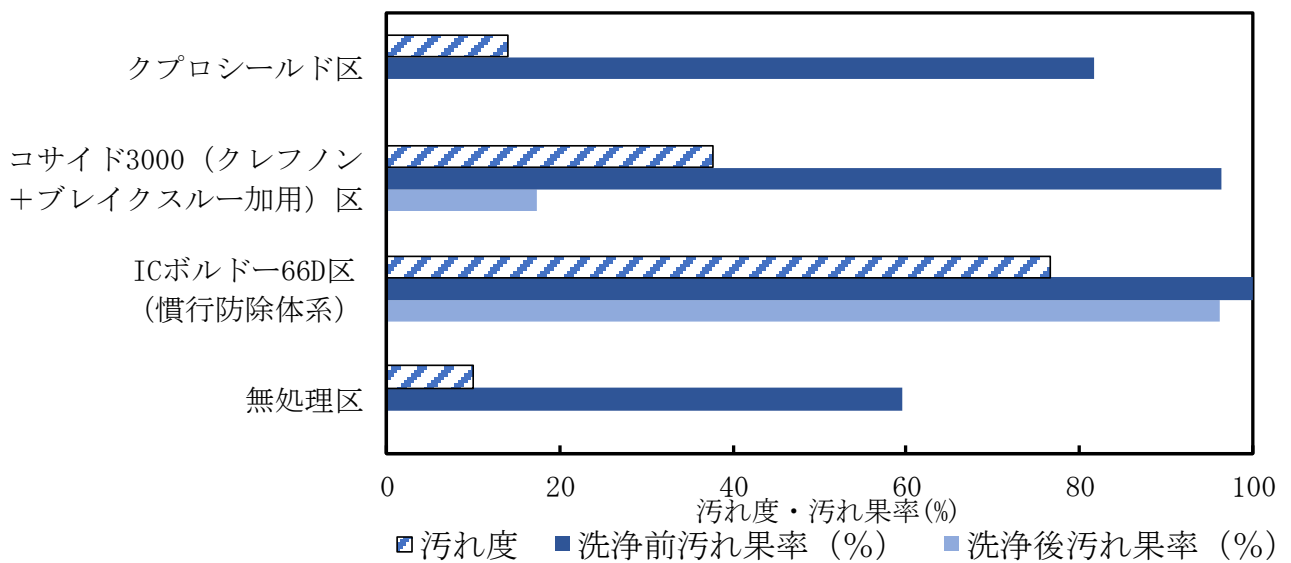


図5 「南津海シードレス」の果実収穫前防除が果実の汚れに及ぼす影響（2019）
 洗浄前調査：2019年4月24日、洗浄後調査：4月25日、洗浄はJA山口県久賀選果場

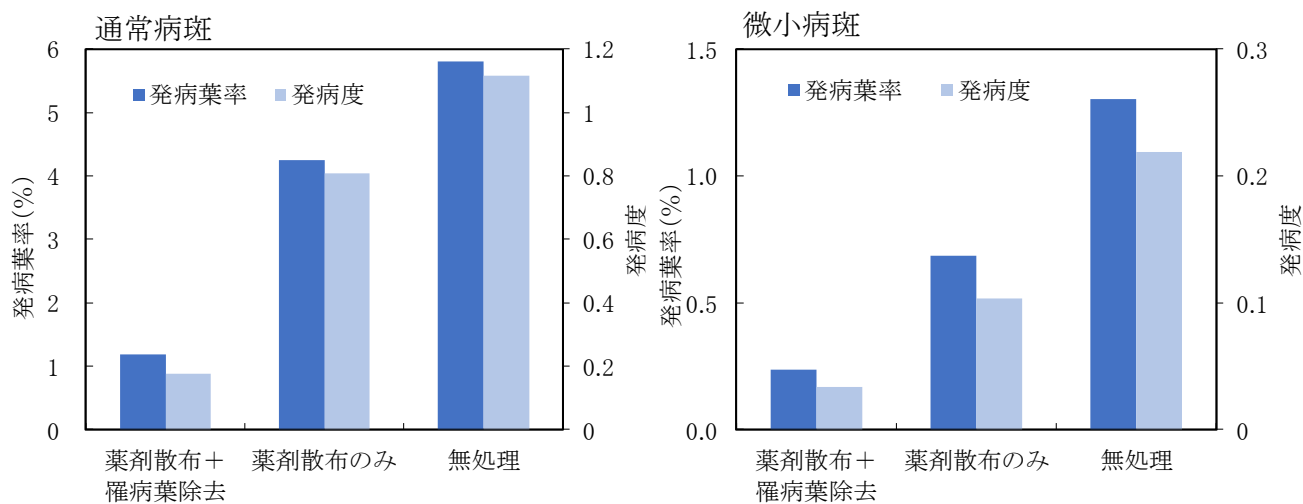


図6 防除管理の違いがかいよう病の病斑形成に及ぼす影響 (2020)

薬剤散布：2020年8月21日、罹病葉除去：9月11日、10月13日、調査：2021年3月8日
 直径0.2mm以下の病斑を微小病斑、それより大きい病斑を通常病斑として分けて調査
 発病度は発生予察事業の調査実施基準による

関連文献等

なし

研究年度	2017年～2021年
研究課題名	「南津海シードレス」の施設拡大に向けた栽培技術の確立
担当	農業技術部 柑きつ振興センター 世良友香（退職）・西岡真理・岡崎芳夫・明田郁夫

新たに普及に移しうる試験研究等の成果

第 47 号

発行日 令和 5 年（2023 年）1 月

発 行 山口県農林総合技術センター

〒753-0231

山口県山口市大内氷上一丁目 1 番 1 号

T E L 083-927-0211

F A X 083-927-0214
