



農薬散布用ドローンを活用した かんきつの省力・効率防除技術体系の確立 効果的な散布方法や樹形、防除に適した薬剤の選抜

山口県農林総合技術センター 農林業技術部 柑きつ振興センター 専門研究員 岡崎芳夫

山口県のかんきつ産地は、高齢化による面積減少が著しく、かんきつの生産量はピーク時の5%以下まで減少しており、担い手の育成や担い手への園地集積による産地の維持が急務である。現在、担い手への園地集積のために基盤整備事業を導入しているが、現状では小面積の棚田で未基盤整備園地が多いうえに、防除はほぼ手散布となっているため、労力負担が大きい防除の省力化は重要な課題である。

そこで、普及が進んでいる農薬散布用ドローンをかんきつで実用化するために、当センターでは、令和元年から散布方法や樹形、防除効果などの試験を行っているのを紹介する。

防除効果の高いドローンの飛行方法を検証

かんきつのドローン防除では、薬液が葉の表面に付着し、葉の裏にはほとんど付着しない。また、樹冠上部には多く付着するが、下部や内部では少なく、バラツキが大きい。そこで、ドローン防除での効果的な飛行方法を検証するため、「AGRAS MG-1」（写真1）を使用して、樹上1.5m飛行で、10a当たりの散布量を同等とし、①速度2m/秒、吐出量700ml/分、往復散布②速度2m/秒、吐出量1,400ml/分、片道散布③速度1m/秒、吐出量700ml/分、片道散布の3つの試験区を設定し、「ジマンダイセン水和剤」（5倍・4L/10a）を4回散布した。試験には「南柑20号」15年生を用い、赤道部から樹冠上部と下部に分けて黒点病の発病を調査した。

樹冠上部では、飛行方法①の発病果率が低く、樹冠下部では、飛行方法②の発病果率が低かった。飛行方法③は、飛行方法①および②に比べ、樹冠上下とも発病果率



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)

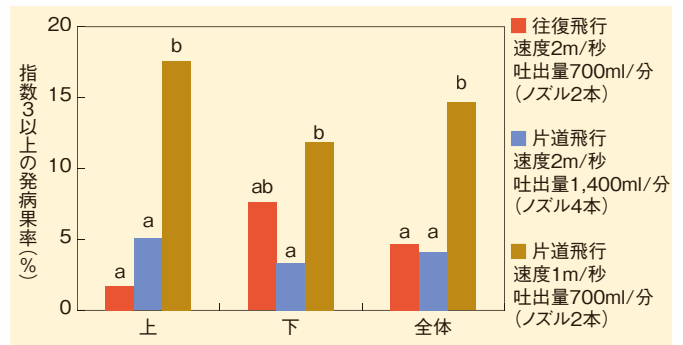


図1 飛行方法の違いが黒点病の発病果率におよぼす影響
品種：「南柑20号」15年生、樹幅1.8m、樹高1.3m
散布：2019年6月5日、7月2日、7月24日、9月3日に「AGRAS MG-1」で「ジマンダイセン水和剤」（5倍・4L/10a）を散布
調査：2019年11月22日に、各部位40果における発病を調査
調査部位(上、下、全体)ごとに統計処理を実施、異なる英字間は、Steel-Dwassの多重比較により有意差あり

が高かった。樹冠全体では、飛行方法①および②の差はほぼなかった（図1）。この結果から、かんきつのドローン防除では、飛行速度を速くし吐出量を多くすると、樹冠下部まで薬液が付着し、防除効果が高くなると考えられた。同様に、ドローンも機体が大きくなるほど、散布幅は広く、ダウンウォッシュ*が強くなることから、樹冠全体に薬液が付着するものと思われる。

*：回転翼から吹き下ろされる風

「ジマンダイセン水和剤」では、無人航空機による散布として10a当たり5倍/4L、10倍/8L、20倍/16Lが登録されている（2024年2月現在）。散布量が多い20倍/16Lの防除効果が最も高くなるが、ドローンのタンク容量や作業時間を考慮し、散布濃度と散布量を決定する必要がある。

かんきつ防除に適するのは扇形ノズル

「AGRAS MG-1」を使用し、円環形（中空円錐形）ノズルと扇形ノズルによる黒点病の防除効果を「興津早生」30年生を用いて比較した。薬剤は「ジマンダイセン水和剤」（5倍・4L/10a）を用い、樹上1.5m、速度2.0m/秒、吐出量1,000ml/分で往復散布し、樹冠上部と下部で発病を調査した（図2）。その結果、薬液の付着は円環形ノズルでバラツキが大きく、扇形ノズルでは均一であり（データ省略）、樹冠上部では発病果率の差はないが、

樹冠下部、内部および全体では、扇形ノズルで発病果率が低くなった（図3）。このことから、かんきつ防除におけるノズルは、付着量や均一性、防除効果から、扇形ノズルが適していると考えられる。

ドローン防除に適するのは縦開窓樹形

ドローン防除では、樹冠内部や下部での薬液の付着が少ないことから、樹の中心部に向けてくさび型の窓（空間）を3カ所つくる縦開窓樹形（写真2）と基本樹形である開心自然形で、黒点病の防除効果を比較した。

試験は「ジマンダイセン水和剤」（5倍・4 L/10 a）を4回散布し、樹の部位別に黒点病の発病果率を調査した。その結果、縦開窓樹形は、開心自然形に比べて、樹冠の下部や内部の発病果率は低くなり、樹全体の防除効果が向上することから、ドローン防除には有効な樹形であることがわかった（図4）。縦開窓樹形は、樹冠内部へ空間をつくることで表面積を拡大させるので、取量減にはならない。



図2 防除ノズル

はならない。

なお、ドローン防除は、密植園では防除効果が低くなり、特に樹冠下部で効果が低下することから、間伐して密植を解消することが求められる。

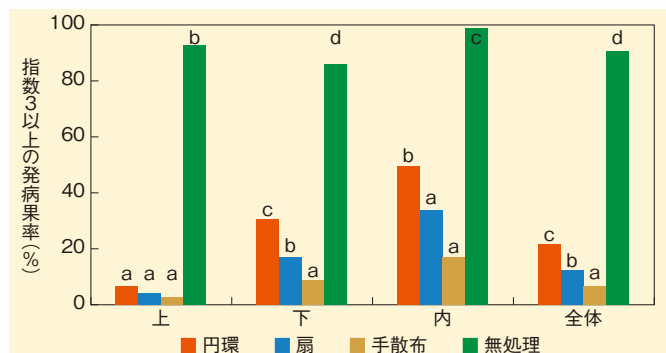


図3 ノズルの違いが「興津早生」の樹冠各部位別での黒点病の発生におよぼす影響

品種：「興津早生」30年生、樹幅3.5m、樹高2.5m
 散布：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・4 L/10 a）を散布、手散布は600倍を散布
 調査日：11月6日
 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）



写真2 縦開窓樹形

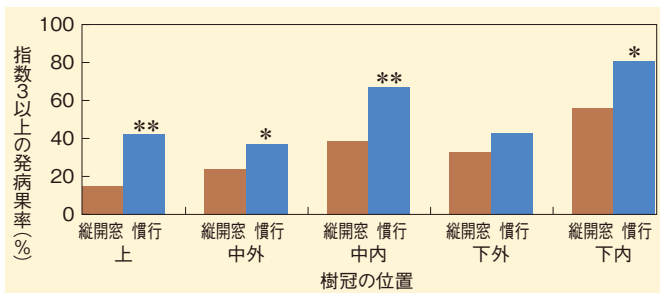


図4 ドローン防除における樹形の違いが黒点病の発病果率におよぼす影響

品種：「興津早生」31年生、樹幅3.5m、樹高：2.3m
 散布日：2021年5月28日、6月24日、7月20日、8月25日に「AGRAS T-20」で「ジマンダイセン水和剤」（5倍・4 L/10 a）を散布
 調査日：11月18日
 有意性：t検定 **：1%水準、*：5%水準

ドローン防除に適した薬剤の選抜

ドローン防除が可能な登録薬剤が少ないことから、使用できる薬剤を増やすために、数薬剤の防除試験を行った。殺菌剤は、かきよう病の「ICボルドー66D」、灰色かび病の「パレード15フロアブル」は、手散布と防除効果はほぼ同等で、現在、無人航空機による散布薬剤として農業登録された。「ICボルドー66D」は、2倍液・10 L/10 aと高濃度ではあるが、ノズルが詰まることはなく、果実への薬害は手散布と同等で、実用上問題のない程度であった（表1）。また、ドローンでの黒点病防除の「ジマンダイセン水和剤」5倍液に固着性展着剤でパラフィン成分とした「アビオンE」500倍を加用すると、防除効果が向上した（データ省略）。

殺虫剤では、樹冠外周部の果実に被害が多いチャノキイロアザミウマにはドローン防除による防除効果が認められた。しかし、葉裏へほとんど付着しないことから、対象害虫は限られるが、今後、浸透移行性があるミカンハダニ剤などが開発されれば、普及はいっそう進むと思われる。

表1 かんきつかきよう病におけるドローン防除と手散布との果実への防除効果および薬害の比較

試験区	希釈倍数	調査果数	発病率(%)	発病度	防除値	薬害(%)				
						-	+	++	+++	発生率
ICボルドー66D ドローン散布	2倍・10L /10 a	200	8.5	2.1	92	81.5	14.5	4.0	0.0	18.5
ICボルドー66D 手散布	80倍	200	3.5	0.5	98	81.0	15.5	3.5	0.0	19.0
無処理	—	200	50.5	24.6	—	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0

品種：「南津海シードレス」高接ぎ更新11年目、樹幅2.5m、樹高2.5m
 散布日：2021年4月30日、5月28日、6月24日、7月20日、8月25日、9月25日に「AGRAS MG-1」で「ICボルドー66D」（2倍・10 L/10 a）を散布、手散布は80倍液を散布
 調査日：11月18日

指数0：病斑なし、指数1：病斑数1～3個、指数3：病斑数4～10個、
 指数5：病斑数11～20個、指数7：病斑数21個以上
 発病度 = $\frac{\sum(\text{指数} \times \text{発病程度別葉数} \cdot \text{果数}) \times 100}{7 \times \text{調査葉数} \cdot \text{果数}}$
 -：薬害を認めない、+：軽微な薬害症状を認める、++：中程度の薬害症状を認める、+++：重度の薬害症状を認める