



---

---

# あたらしい 農業技術

---

No.667

---

カンキツ園の防除・施肥  
を目的とした  
無人ヘリコプターの利用方法

令和2年度

# 要 旨

## 1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 農薬散布、施肥ともに、無人ヘリコプターは植栽列上を飛行させます。
- (2) 農薬散布では散布列の総距離を踏まえて、農薬登録されている散布水量、選択するノズルの吐出量から、飛行速度と散布行程数が決定します。
- (3) 農薬登録の散布水量に幅がある場合は水量が多いほど高い効果が期待される一方で、効率性が低下し、運用コストが上昇するので、防除目的にあった選択が必要になります。
- (4) 無風状態では散布粒径が小さいノズルほど防除効果が高まると考えられますが、吐出量が低くなり効率性が低下します。散布粒径が小さいほど、液滴が風に流されやすくなるので、気象条件にあわせてノズルを選択する必要があります。
- (5) 施肥は、効率性を重視して年1回型用に配合した固形肥料を用います。無人ヘリコプターは植栽列上を飛行させ、散布装置の開度を調整して、根が分布する樹冠下に筋蒔きします。

## 2 技術、情報の適用効果

- (1) 黒点病や貯蔵病害に濃厚少量散布の農薬登録がある薬剤により、散布粒径が比較的大きいノズル(180 $\mu$ m)を用いて、散布水量4L/10a(黒点病)または10L/10a(貯蔵病害)の無人ヘリコプター散布により、慣行散布と同等の効果が得られます。この条件では1日あたり最大で12ha(黒点病)または4.8ha(貯蔵病害)への散布が可能です。
- (2) 年1回型に配合した固形肥料を用いた無人ヘリコプター散布により、1日あたり1haへの施用が可能です。また、肥効に問題がないことが確認されています。

## 3 適用範囲

- (1) ウンシュウミカンをはじめとするカンキツ栽培圃場に適用できます。
- (2) 無人ヘリコプターは、ヤマハ発動機㈱製L31(Fazer-R)、散布装置は本機用に開発されたL59(農薬用)およびL48(肥料用)を用いて本技術を構築しました。

## 4 普及上の留意点

- (1) 無人ヘリコプターを利用した農薬散布、施肥、種子散布は航空法を遵守しなければなりません。法律で規制されている項目について国土交通省に許可・承認を受ける必要があります。
- (2) 農薬散布については農薬取締法も遵守しなければなりません。濃厚少量散布の登録を確認するとともに、登録に沿った散布量になるように散布条件を設定する必要があります。安全な農薬散布のために農林水産省のガイドラインに沿った運用が必要です。
- (3) 令和3年1月現在、ウンシュウミカンに濃厚少量散布できる農薬は8剤(殺菌剤4剤、殺虫剤4剤)あり、このうち5剤がカンキツにも使用できます。今後、登録が進められることが期待されます。
- (4) 無人ヘリコプター散布の効率性を発揮し、運用コストを抑えるためには、1日あたりの運用面積や年間の導入面積を拡大する必要があることから、産地内での合意形成が必要になります。

## 目 次

はじめに	1
1 法律等に基づく手続きと安全を担保した運用	1
(1) 航空法に基づく許可・承認の申請	
(2) 無人航空機飛行マニュアルおよび無人ヘリコプターによる農薬の空中散布に係る 安全ガイドラインに基づく運用	
(3) 農薬取締法に基づく農薬の使用	
2 農薬散布における無人ヘリコプターの利用	2
(1) 散布薬液の樹冠内における付着特性	
(2) 散布計画の策定	
(3) 防除効果	
3 施肥における無人ヘリコプターの利用	4
(1) 固形肥料の選定と施肥設計	
(2) 施肥方法	
4 無人ヘリコプターの運用モデル	5
(1) 運用体制	
(2) 散布条件と実施規模	
おわりに	6
参考文献	6

## はじめに

農業の担い手の減少や高齢化が進む中で、カンキツ産地を持続的に発展させるために栽培作業の省力化が求められています。これまで、基盤整備地を中心にスピードスプレーヤ（SS）等の機械が導入され、防除作業をはじめとする各種作業の省力化が図られてきました。その一方で、全体の約40%の圃場はSSの導入が不可能な斜度15度以上の急傾斜地に立地しています。傾斜地における防除や施肥は農業者の肉体的負担が大きい作業であることから、省力化が急務となっています。そこで、傾斜地での運用が可能な無人ヘリコプターの利用した防除や施肥技術を検討しました。

## 1 法律等に基づく手続きと安全を担保した運用

無人ヘリコプターによる実際の作業を行うには、事前に関係法令を正しく理解する必要があります。

### （1）航空法に基づく許可・承認の申請

無人ヘリコプターを用いて農薬、肥料、種子等を散布することは、航空法で定める物件投下に該当し、この他にも規制されている行為に該当することから、事前に国土交通省に許可・承認の申請を行う必要があります。申請にあたっては、使用する無人ヘリコプターの性能、適正な点検・整備、操縦者の技能等、安全を確保するために必要な体制、第三者賠償責任保険への加入等が求められます（国土交通省・農林水産省，2020）。

### （2）無人航空機飛行マニュアルおよび無人ヘリコプターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドラインに基づく運用

無人航空機の飛行に関する標準マニュアルは国土交通省から示されており、無人ヘリコプターによる農薬の空中散布については農林水産省から安全ガイドラインが示されています。ガイドラインでは、散布計画の作成と都道府県への届け出、実績報告、実施区域周辺での告知・表示を求めるとともに、事故防止のための留意事項が示されています。ドリフト等の農薬事故防止のためには、適正な経路設定とともに適切な飛行高度、飛行間隔、飛行速度の設定が必要とされています。中でも飛行高度は作物上3～4m以下に設定すること、散布時の風速は1.5mにおいて3m/秒以下であることが示されています。

### （3）農薬取締法に基づく農薬の使用

無人ヘリコプターによる農薬散布は、農薬取締法を遵守する必要があります。特に濃厚少量散布にあたっては適用作物、病害虫、薬剤とその希釈倍数や散布水量を確認した上で、基準にあった散布量となるように飛行・散布条件を設定する必要があります。

以上を踏まえて、次頁からカンキツの防除・施肥における無人ヘリコプターの具体的な利用方法について紹介します。

## 2 農薬散布における無人ヘリコプターの利用

### (1) 散布薬液の樹冠内における付着特性

無人ヘリコプター散布は効率性を発揮して運航コストを抑えるために、濃厚少量散布を行う必要があります。慣行のスピードスプレーヤ散布（200～700L/10a）と比べ、無人ヘリコプター散布は10aあたり4～50Lの少量散布で農薬登録が行われているとともに空中から下方に向けて散布することから、樹冠内の高さや付着面の向きによって、薬液による被覆面積率<sup>1)</sup>が大きく変動します（図1）。被覆面積率は、防除の成否を決定しますが、散布条件や気象条件によって変動すると考えられるため、散布目的や環境条件に合わせて、(2)に示す散布計画の策定の中で効率性も考慮しながら調整する必要があります。

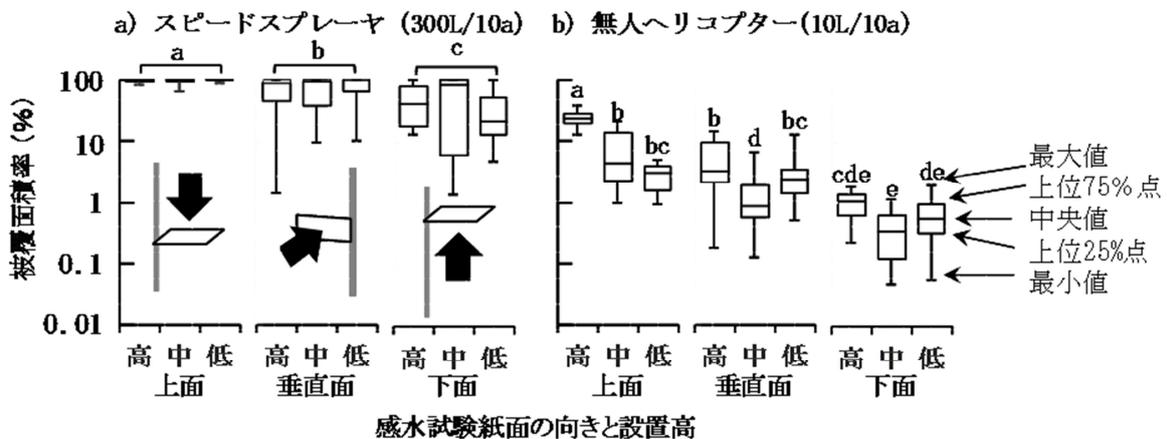


図1 薬剤散布したカンキツ樹冠内に設置した感水試験紙の被覆面積率の分布(増井ら, 2020)  
矢印は評価した感水試験紙<sup>2)</sup>の面を示します。高は感水試験紙の設置高さ200cm、中は100cm、低は50cmを示します。各図中の異なる英字間には5%水準で有意差があります。この試験では、スピードスプレーヤは列間の通路を1行程走行し、無人ヘリコプターは植栽列上を3往復(6行程)して散布しました。

### (2) 散布計画の策定

#### ア 飛行経路の決定と散布する植栽列の総距離の算出

無人ヘリコプター散布では各植栽列上の飛行を基本とします(増井ら, 2021)。薬剤散布を計画するには、まず、散布を予定している圃場の列植図等から、植栽列の総距離を算出します(図2)。例えば1haの圃場で列間5mであれば総距離は約2000m、列間3.5mであれば約2900mになります。

#### イ 散布水量の決定

対象病害虫の農薬登録にしたがっ



図2 無人ヘリコプター散布の飛行経路と距離

て、農薬の希釈倍率と散布水量を決定します。農薬登録の散布水量に幅がある場合は水量が多いほど樹冠内の被覆面積率は高くなり（図3）、防除効果は安定すると考えられます。一方で、散布水量が多いと1日当たりの散布可能面積が減少し運航コストが高くなります。

#### ウ 散布ノズルの決定

散布粒径が小さいノズルを使用したほうが、樹冠内の被覆面積が高くなる傾向にあります（図4）。一方で、小さい散布粒径では液滴が風で流れやすく、効果が不安定になるとともに隣接地へ薬液が飛散するリスクが増大することから、散布時の風条件に応じてノズルを選択する必要があります。なお、無人ヘリコプターに搭載されている加圧ノズル式の散布機では散布粒径が小さいノズルは単位時間あたりの吐出量が減少するため、この点にも注意しながら条件設定を行う必要があります。

#### エ 飛行行程数と飛行速度

散布する植栽列の総距離、散布水量、ノズル吐出量、散布行程数から図5を参考にして飛行速度が時速10km前後になるように調整します。1行程（列上の片道飛行）または2行程（往復飛行）により飛行速度が変動します。

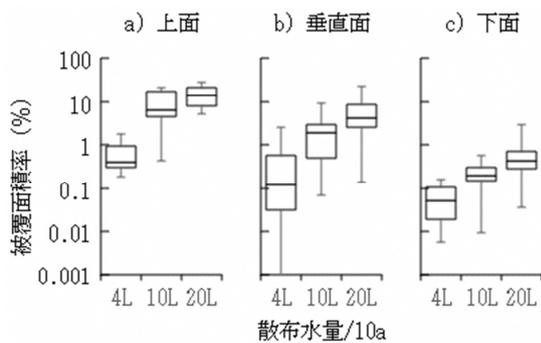


図3 無人ヘリコプター散布による  
散布水量と樹冠内の被覆面積率の関係  
使用ノズル：TX-VK26  
行程数：4L（1行程）、10L（2）、20L（4）

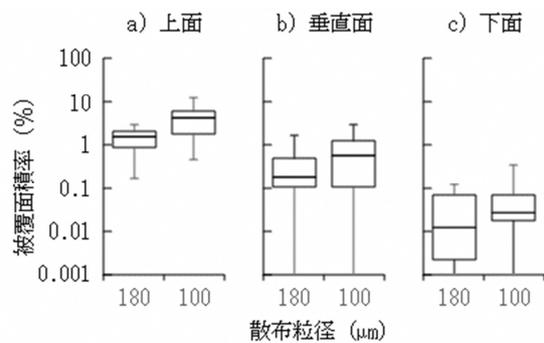


図4 無人ヘリコプター散布による  
散布粒径と被覆面積率の関係  
使用ノズル：TX-VK26（180μm）  
TX-VK8（100μm）  
散布水量：10L/10a

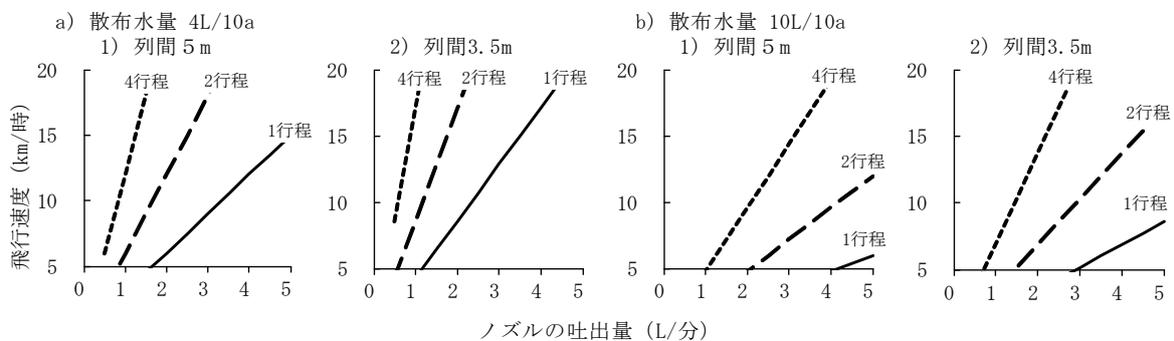


図5 散布水量とノズル吐出量に応じた飛行速度と散布行程数の調整

$$\text{飛行速度 (km/時)} = \text{植栽列の総距離 (km)} \div (\text{散布水量 (L)} \div \text{吐出量 (L/時)}) \times \text{行程数}$$

### (3) 防除効果

濃厚少量散布の登録がある農薬のうち、黒点病を対象としたジマンダイセン水和剤、貯蔵病害を対象としたトップジンMゾルについては、散布粒径が比較的大きい180 $\mu$ mのノズルを用いた散布で、散布液滴による被覆面積率が低いにもかかわらず慣行散布と同等の防除効果は確認されています(表1)。今後は、農薬登録が促進されることで、各種病害虫に対する対応が可能になると期待されます。農薬登録が進められている害虫防除の場面では、100 $\mu$ m程度の小さい散布粒径が求められる可能性があります。

表1 無人ヘリコプター散布による防除効果

対象 病害虫	供試薬剤	希釈 倍率	散布 水量	使用 ノズル	散布 粒径	被覆面積率(%)*			防除** 効果	薬害
						上面	垂直面	下面		
黒点病***	ジマンダイセン 水和剤	×5	4L	TX-VK26	180 $\mu$ m	0.426	0.039	0.004	◎	無
				TX-VK8	100 $\mu$ m	1.309	0.095	0.004		
貯蔵病害	トップジンMゾル	×20	10L	TX-VK26	180 $\mu$ m	5.861	0.799	0.049	◎	無

\*) 薬液の被覆面積率は地上1mの位置における中央値を示します。

\*\*) ◎：慣行(手散布)と同等の効果がみられました。

\*\*\*) 黒点病は6月にノズルTX-VK26、8月にTX-VK8を使用し、薬剤散布を行いました。

## 3 施肥における無人ヘリコプターの利用

### (1) 固形肥料の選定と施肥設計

無人ヘリコプター散布用の肥料は、成分割合の高い肥料で粒径の揃ったものを選択し、表2に示した配合例のようにNPK等が所要量に達するように配合を行います。運航コストを抑制するためには施肥重量が小さくなるように設計することがポイントです。

表2 無人ヘリコプター散布用肥料の配合例(影山ら, 2020)

肥料名	溶出日数 (日)	配合 割合(%)	成分量(%)				粒径 (mm)	嵩比重
			N	P	K	Mg		
エコロング413	40, 70	21.0	14	11	13	2~4	0.95	
エコロング250	140	14.0	20	5	10	2~5	0.95	
エココート	40, 140	3.5	41			2~5	0.71	
エコカリ	70, 100	9.5	2		38	2~4	1.25	
スーパーエココート	70, 100	12.0	40			2~4	0.71	
スーパーエコロング413	100	6.5	14	11	13	2~4	0.95	
苦土入りセルカ2号 粒状		16.0			6	7	2~4	0.80
スーパーマグ		10.0				33	2~4	-
苦土重焼燐		7.5		35		4.5	2~5	1.00
施肥量(168kg/10a)			22.0	10.7	16.0	8.0		

\* 冬季に施用する年1回型の配合例

### (2) 施肥方法

#### ア 飛行経路

図2に示した農薬散布と同様に植栽列上を複数回往復飛行して固形肥料を散布します。散布装置の開度を調整することで根が分布する樹冠下への筋蒔きが可能で(図6)、肥効に関

題がないことが確認されています（影山ら，2020）。

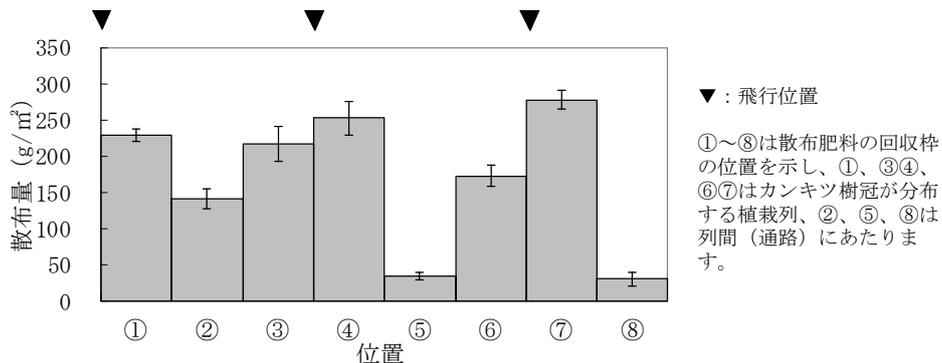


図6 無人ヘリコプター散布を行った肥料の分布（影山ら，2020）

#### 4 無人ヘリコプターの運用モデル

##### (1) 運用体制

無人ヘリコプターの運用を効率的に行うためには、操縦者、補助誘導者とともに農薬の調合や肥料の補給を行う人員が必要になります（図7）。農薬散布は1回の飛行が10～20分、施肥は2～3分になることから、その間に予備タンクに農薬や肥料の補給を行います。これらの業務を運航会社に委託する場合は、委託者側と受託者側で作業の分担を明確にする必要があります。また、夏季の水稲防除と重なる時期は既存の機体や人員の調整が難しいため、新たな体制を構築する必要があります。

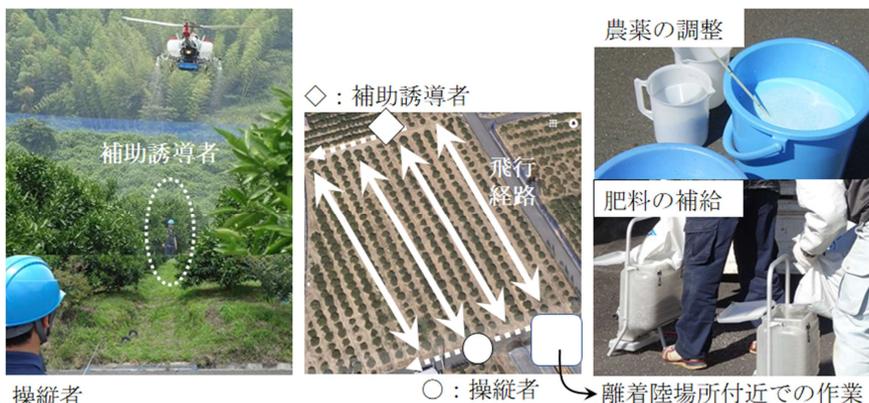


図7 無人ヘリコプター運航時の人員配置と分担

##### (2) 散布条件と実施規模

無人ヘリコプターによる農薬散布は、従来から農薬登録されている単位面積当たりの散布水量（4～10L/10a）から32Lを搭載できる機種では1回の飛行で32～80aに散布が可能です。また、散布水量と選択するノズルの吐出量（L/分）によって、所要時間が決定され、1日あたり

の散布面積が推定できます。さらに、各防除適期に無人ヘリコプターを稼働できる日数を仮定することで1機導入による普及規模も推定されます(表3)。農薬登録上の散布水量と現状のノズル吐出量から散布水量40L/haの場合、1日あたり散布可能面積6~12ha、散布水量100L/haでは2.4~4.8haと推定されます。また、1機を

表3 無人ヘリコプターの農薬散布条件と実施規模

散布水量 L/ha	ノズルと散布粒径		吐出能力 L/分	散布* 時間 分/ha	散布** 面積 ha/日	普及*** 規模 ha/機
	型番	粒径 個数				
40	TX-VK8	100µm	2	20	6.0	48
40	TX-VK26	180µm	4	10	12.0	96
100	TX-VK8	100µm	2	50	2.4	19
100	TX-VK26	180µm	4	25	4.8	38

(前提条件)

\*圃場の植栽列間を5mとした推定です。

\*\*1日8時間中の散布機稼働率を25%とした推定です。

\*\*\*防除適期別稼働可能日数を8日とした推定です。

導入した場合にコストを抑制するのに必要な普及規模は19~96haと推定されます。年1回型肥料の散布は、施肥量を160kg/10aとした場合、1回の飛行で2aに施用が可能で、1日あたり1ha程度に施用可能と推定されます。

以上の散布効率性の推定と1日あたりの委託費をもとに単位面積あたりの運用経費が試算できます。カンキツの防除施肥に専用の体制を構築する場合には、機体の年間コスト(諸費用含め約350万円)や人件費、普及規模から運用経費が試算できます。

## おわりに

カンキツ園の防除・施肥に無人ヘリコプターを利用するための課題として、農薬登録促進と運用コストの抑制が挙げられます。令和3年1月現在、無人ヘリコプターによる農薬の濃厚少量散布は「みかん」では8剤が、黒点病、そうか病、貯蔵病害、アザミウマ類、ゴマダラカミキリ、カメムシ類等を対象に農薬登録されており、このうち5剤は「カンキツ」にも使用できます。今後さらに農薬登録を進めることで、無人ヘリコプターの利用場面が拡大すると期待されます。カンキツ園における無人ヘリコプターの運用コストを抑制するためには、1日あたりの実施面積を拡大させるとともに、年間の運用面積を拡大させる必要があります。これには、機体や散布装置の改良などの技術的改善とともに産地の合意形成が求められます。

## 参考文献

- 1) 影山智津子ら, 2020. 無人ヘリコプターによるカンキツ園への固形肥料散布. 静岡農技研報, 13, 51-58.
- 2) 国土交通省, 2020. 無人航空機飛行マニュアル(国土交通省航空局標準マニュアル(空中散布))(令和2年12月25日版).
- 3) 国土交通省・農林水産省, 2020. 空中散布を目的とした無人ヘリコプターの飛行に関する許可. 承認の取り扱いについて(令和2年9月23日一部改正).
- 4) 増井伸一ら, 2020. 無人航空機を用いた少量散布によるカンキツ樹冠内の液滴の付着特性. 関東東山病害虫研究会報, 67, 始頁-終頁.
- 5) 増井伸一ら, 2021. カンキツ防除における産業用無人ヘリコプターの効果的散布経路. 静岡

農技研報, 14, (印刷中) .

- 6) 農林水産省, 2020. 無人ヘリコプターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドライン (令和2年5月18日施行) .

## 用語解説

### 1) 被覆面積率

散布薬液の付着性の指標とされ、薬液が付着した面積率を示します。スピードスプレーヤ等による慣行散布で高い効果を得るためには40~90%以上の被覆面積率が必要との報告がありますが、濃厚少量散布で効果が得られる被覆面積率に関する情報は限られています。

### 2) 感水試験紙

防除機等の散布条件を設定する際に使用される黄色の試験紙で、水に濡れた部分が青色に変色することから薬液の付着状況を視覚的に判断することが可能です。この画像を電子データ化することで被覆面積率を計算しています。

#### 農林技術研究所果樹研究センター

上席研究員 増井 伸一 (現果樹環境適応技術科長)

上席研究員 江本 勇治

主任研究員 土田 祐大

果樹環境適応技術科長 影山智津子 (退職)

上席研究員 中村 明弘 (現農林技術研究所)

#### 農林技術研究所

上席研究員 山根 俊

上席研究員 中村 浩一 (現清水高等技能専門校)

上席研究員 牧田 英一