

無人ヘリコプターによるカンキツ園への固形肥料散布

影山智津子¹⁾・江本勇治²⁾・増井伸一²⁾・土田祐大²⁾・中山博典³⁾・河島和幸⁴⁾

¹⁾ 現所属なし, ²⁾ 静岡県農林技術研究所果樹研究センター, ³⁾ ヤマハ発動機株式会社,
⁴⁾ 静岡スカイテック株式会社

Solid Fertilizer Application in Citrus Fields with an Unmanned Industrial Helicopter

Chizuko Kageyama¹⁾, Yuji Emoto²⁾, Shinichi Masui²⁾, Yuta Tsuchida²⁾,
Hironori Nakayama³⁾ and Kazuyuki Kawashima⁴⁾

¹⁾ no affiliation, ²⁾ Shizuoka Res. Inst. Agric. and For., Fruits tree Research Center,
³⁾ Yamaha Motor Co., Ltd., ⁴⁾ Shizuoka Skytech. Co., Ltd.

Abstract

To develop methods for using an industrial unmanned helicopter in agricultural fields, this study examined the fertilizer application methods and influence of these on citrus trees. When the uniform spraying of a field was carried out using a granule spraying device attached to an unmanned helicopter or the granular blending fertilizer for the annual fertilization system, although the starting point of the spraying and the areas on both sides of the field were less, the spraying was carried out in a moderately uniform manner in the flight direction. However, the variation in the lateral direction of the flight was large. Next, when the fertilizer was applied in a 4 m width, mainly right above a tree, it spreads more under the crown and this method is considered to be more suitable for citrus cultivation. The spraying efficiency was reduced from 36% to 21% compared to hand spraying, but no improvement was observed considering the hours of labor. The soil chemical properties, inorganic components in the leaves of citrus trees, and fruit quality in the first year after fertilizer application by an unmanned helicopter were not significantly different from those when the same fertilizer was hand-applied or when a conventional fertilizer was applied. In the future, it will be necessary to further investigate the long-term effects of repeated multiannual spraying of fertilizers using the unmanned helicopter on citrus trees, to develop an optimal spraying method for steep slopes, and also to consider the spraying efficiency of the method used.

キーワード: 産業用無人ヘリコプター, 肥料散布, カンキツ, 樹園地

I 緒 言

本県の耕地面積 66,400ha(平成 29 年)のうち樹園地は 41% を占めており²⁾, 高品質なカンキツやチャの生産で知られ, 本県農業を支えてきた。しかし, 平成 2 年から 29 年までの 27 年間で樹園地は 29%減少しており, これは農業就業人口がこの間に 66%減少しているとともに, 65 歳以上が 64%を占めている(平成 27 年)⁴⁾ ことが大きな要因と考えられる。一般に

樹園地では機械化が難しいとされる斜度 15%以上の急傾斜地の割合が高く, ウンシュウミカン園では 44%が急傾斜地(平成 14 年)であり³⁾, 農薬散布や施肥に年間 380 時間(ha)を要している(静岡県, 内部資料)。これは, 機械化可能なミカン園に比べ 7 倍の労働時間となっており, 農地集積や経営の大規模化を妨げる要因となっている。樹園地の減少を阻止し生産を維持するためには, 作業の省力・軽労働化が求められている。

無人ヘリは水稻の病害虫防除を中心に 42 道府県で 1,041 千 ha 実施され、マルチローターによる病害虫防除は水稻、だいず等で 543 ha (2017 年 1 月末現在) 実施されている⁷⁾。肥料散布についても、水稻での実施事例が報告されているが⁸⁾、果樹ではまだ実用化の報告はない。そこで、傾斜地でも利用可能な産業用無人ヘリコプター(以下、無人ヘリ)を利用した作業体系のうち、施肥技術についてカンキツ園での利用を検討するため、散布方法の検討と果実や樹体に与える影響を調査した。

Ⅱ 材料及び方法

1. 無人ヘリによる肥料散布の散布量と均一性

(1) 試験時期と場所

無人ヘリによる散布試験は、現地農家の畑地帯総合整備事業で整備された緩傾斜のカンキツ圃場において 3 年にわたり 3 回実施した。1 回目は 2017 年 2 月 28 日、静岡市清水区草ヶ谷において、2 回目は 2018 年 1 月 23 日、同市同区尾羽において、3 回目は 2019 年 1 月 9 日に 2 回目と同じ圃場で実施した。

(2) 供試植物と植栽間隔

1 回目の圃場には‘太田ポンカン’10 年生が列幅 3.7m×樹幅 1.9m に、2,3 回目の圃場には‘青島温州’18 年生(2018)が列幅 5.0m×樹幅 3.5m に植栽されていた。

(3) 供試肥料と散布量

緩効性被覆肥料を主体に粒状の苦土と石灰を組み合わせた年 1 回施肥型の粒状配合肥料を用いた。1 回目はエコロン、NK エコロン、スーパーエココート、エコカリコート、苦土入りセルカ 2 号、スーパーマグの組み合わせで、散布量 200kg/10a(N:25.0kg, P:11.0kg, K:21.4kg)を目標に実施した。2 回目はエコロン、スーパーエココート、エコカリコート、苦土重焼燐、苦土入セルカ 2 号、スーパーマグ等の組み合わせで、散布量 168kg/10a(N:22.0kg, P:10.7kg, K:16.0kg)を目標に実施した。3 回目は市販のミカンロン(JA しみず)を用いて、散布量 180kg/10a(N:19.8kg, P:10.8kg, K:16.2kg)を目標に実施した。肥料の配合割合と概ねの粒径、嵩比重は表 1 に示した。

(4) 散布方法

散布に使用した無人ヘリは、ヤマハ発動機(株)製造の FAZER R (散布 1 回目、3 回目)及び FAZER(散布 2 回目)を用いた。粒剤散布装置は両機用に開発された型式 L48 (FAZER R)及び型式 L4A (FAZER) (いずれも吐出方法が直径 300mm のスピナ方式、吐出量 2.5kg/分、インペラ回転数 720rpm)を用いた。型式 L48 は容量 15kg のホッパーを 2

個搭載、型式 L4A は容量 10kg のホッパーを 2 個搭載している (https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/heli/fazer_r.html#sparging-apparatus; 図 1, <https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/heli/fazer.html#sparging-apparatus>)。

散布の実施に当たっては、既に静岡県内で産業用無人ヘリによる農薬散布、肥料散布、水稻直播、除草剤散布等の業務を請け負っている静岡スカイテック株式会社のオペレーター 2 名が行った。

1 回目は樹上からの高さ 3~5m を時速 8km で飛行し、散布幅 7.5m で往路のみ散布し、復路は散布しなかった。圃場全体への均一な散布を目標としていたため、圃場を 2 分割し 50kg (30kg1 回と 20kg1 回) ずつ、合計 4 回散布した。散布位置は指定せず、オペレーターの判断で均一となるよう散布を依頼した(無人ヘリによる粒剤散布装置で水稻圃場等に散布する方法)。

2 回目は、樹上からの高さ 3~5m を時速 8km 飛行し、7.5m 幅で均一に 240kg(12 飛行)を往復散布した。散布装置の開度を 14 に設定し、両端の散布では区域外への飛散防止のため両サイドは開度を半分にして散布幅を狭くした。

3 回目は、樹上からの高さ 3~5m を飛行し、樹冠下に多く散布するため樹の列上を飛行し、散布幅の目標を 4m として、1 列 100m に 1 往復で 30kg を散布した。事前の散布試験から飛行速度を 15km/h、散布装置の開度を 24 に設定し、1 列(5a) 当り 90kg(3 飛行)を散布した。

(5) 散布面積

1 回目は 5a (34m×14.8m)、2 回目は 15a(100m×15m)、3 回目は 25a(100m×25m)に散布した。

(6) 調査方法

散布量や均一性を調査するため、1 回目は樹の周囲 1.8m×3.8m に 2 枚のシートを設置し、中に落下する肥料の量を測定した(図 2-1 回目)。2 回目は 1.65×1.75m の枠を 80 ヶ所設置し、中に落下する肥料を測定した(図 2-2 回目)。3 回目は 1.65×3.5m の枠を 32 ヶ所設置し、中に落下する肥料を測定した(図 2-3 回目)。

表1 各試験に用いた肥料の配合割合と成分量、粒径と嵩比重

1回目

肥料名	溶出 日数(日)	配合 割合(%)	成分量(%)				粒径 ^W (mm)	嵩比重 ^V
			N	P	K	Mg		
エコロング413	40, 100	50	14	11	13		2~5	0.95
NKエコロング203	100	7	20		13		2~5	-
スーパーエココート	100	10	40				2~4	0.71
エコカリ	70	6	2		38		2~4	1.25
苦土入りセルカ2号(粒状)		17			6		2~5	0.80
スーパーマグ		10				33	2~4	-
施肥量(200kg/10a) ^Z			25.0	11.0	21.4	9.0		

2回目

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	10.0	14	11	13		2~4	0.95
エコロング250	140	7.5					2~5	0.95
エココート	40, 140	21.0	41				2~5	0.71
エコカリ	70, 100	14.0	2		38		2~4	1.25
スーパーエココート	70, 100	3.5	40				2~4	0.71
スーパーエコロング413	100	9.5	14	11	13		2~4	0.95
苦土入りセルカ2号 粒状		12.0			6	7	2~4	0.80
スーパーマグ		6.5				33	2~4	-
苦土重焼燐		16.0		35		4.5	2~5	1.00
施肥量(kg/10a) ^Y			22.0	10.7	16.0	7.99		

3回目

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		
エコカリコート	70	10.0	2		38			1.25
エコロング250	140	17.0	20	5	10			0.95
スーパーエココート	70, 100	14.5	40					0.71
ブレンドセルカ		20.0			6			-
粒状有機		10.0					2~5	-
水マグ 粒状		7.0				60		1.10
アグリエースE11		3.0						0.90
燐 安		13.0	18	46				-
硫加 粒状		5.5			50			1.20
施肥量(kg/10a) ^X			19.8	10.8	16.2	7.6		

Z 200kg/10a 散布時の施肥量, Y 168kg/10a 散布時の施肥量, X 180kg/10a 散布時の施肥量

W エコロング, エココート等はメーカーより開取り, 他は実測値

V エコロング, エココート等はメーカーより, 他は経済連より開取り, ‘-’ はデータ無し



図1 無人ヘリ (FAZER R, ヤマハ発動機(株))

2. 無人ヘリによる肥料散布の効率

(1) 試験方法

試験は1. と同じ試験の2回目と3回目の時に同様に実施した。手散布を実施した時期は無人ヘリ散布の翌日で、散布した圃場面積は2回目は無人ヘリと同じく15a、3回目は10aであった。散布に要した人数は、手散布は2名、無人ヘリはオペレーター2名、肥料供給1名の計3名で実施した。

2回目と3回目ではホッパーへの容量と肥料の供給方法が異なった。2回目はホッパー容量20kgで、肥料ホッパーの交換は散布中に予備ホッパーに肥料を投入し、無人ヘリの着陸後にホッパーを交換した。3回目はホッパー容量30kgで、ホッパーへの肥料の投入は、無人ヘリの着陸後に装着したままのホッパーへ肥料を投入する形で実施した。

(2) 調査方法

無人ヘリによる散布と手散布にかかる作業別時間を計測した。

3. 無人ヘリによる肥料が土壌化学性、カンキツ葉中無機成分量の推移と果実品質に与える影響

(1) 試験方法

試験は1. の1回目の試験時に調査した。同じ肥料を手散布で同量散布した手散布区、園主が実施する慣行肥料区を無人ヘリ区と比較した。手散布区は樹冠下へ散布した。

慣行肥料区は、晩柑ロング (JA しみず) を 120 kg/10a (N:19.2kg, P:9.6kg, K:15.6kg) , 4/11 に施与した。

(2) 調査方法

土壌調査は2017年の処理前(2月24日)と8月18日、11月8日に各区6ヶ所採土し、pH、EC、可給態リン酸、交換性塩基を測定した。可給態りん酸、交換性塩基はICP発光分光分析装置(パーキンエルメージャパン・Optima8300)、窒素はNCアナライザー(住化分析センター・NC-22F)により分析した。

葉中成分は2017年8月18日、11月8日に各区6樹について樹当たり20葉採取し、N、P、K、Ca、Mgを調査した。

果実調査は、2017年12月4日に各区4樹から中庸な果実を5果ずつ採取し、果実重、果皮歩合、比重、糖度、酸度をカンキツの調査方法¹⁾に基づいて調査した。糖度とクエン酸含量の測定には、果皮を剥いた果実を手動ジュースで搾汁した果汁を用いた。果汁の糖度はデジタル糖度計(アタゴ・PR-101)でBrixを、酸含量は0.156N水酸化ナトリウムを用いた中和滴定でクエン酸含量として測定した。

III 結果及び考察

1. 無人ヘリによる肥料散布の散布量と均一性

小面積の5aに散布した1回目の試験では、試験圃場全体の分布を調査したが、散布開始(A)と圃場の左右両端(①、⑧)の散布量が少なく、位置によるばらつきが大きかった(図3)。試験圃場のうち①～④列と⑤～⑧列への散布量は同量となるように計画したが、散布はオペレーター任せとなるため、飛行位置のずれや重なりの有無により、散布量が位置により不均一となったと思われる。試験圃場の散布開始と両端が少ないのは、試験区外への肥料の飛び出しを避けるために散布区域を小さく調整しているためで、植栽範囲を考慮して散布区域を設定すれば問題ないと考えられた。

1列100mの大面积圃場の3列15aに均一に散布した2回目の試験では、飛行方向に対し横方向への散布量を比較すると、圃場の両端が少ないことは1回目の試験と同様であったが、圃場の両端は樹が植栽されていない場所であり問題はなかった(図4)。内部は比較的均一であったが、飛行方向への散布の均一性は横方向よりも高かった(図5)。3回目の試験では、2回目と同じ大面积圃場に、散布幅を狭くし樹列上に散布した場合、樹間よりも樹上に多く散布することが可能であった(図6)。無人ヘリコプターに付属の粒剤散布装置は元々均一散布のための装置であるが、工夫によりカンキツ栽培に適した散

布方法が可能であることが明らかとなった。散布位置で散布量のばらつきは見られるが、当日の風の影響や、オペレーターへの慣れも影響すると推測される。

カンキツへの肥料散布は、樹冠下に散布するのが通常であるため、水稲や他の畑作物のような圃場全面への均一散布で

は無駄が多いと考えられる。しかし、粒剤散布装置の回転数や開度等を調整することにより、樹冠下により多く散布することが可能であったため、無人ヘリによる肥料散布においてもカンキツへの応用が可能と考えられた。

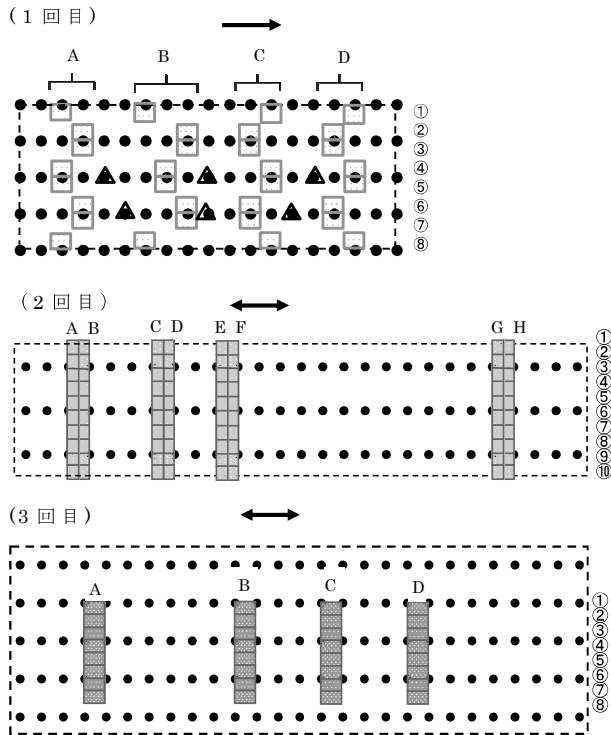


図2 無人ヘリによる肥料散布試験での肥料採取枠の位置

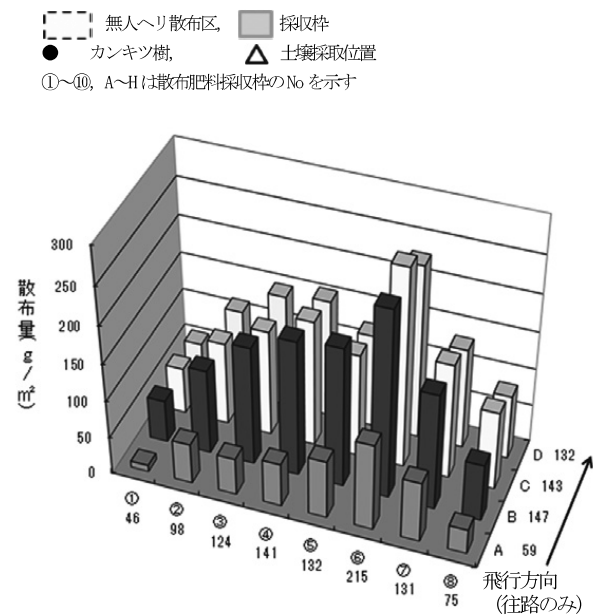


図3 無人航空機による固形肥料散布の均一性(1回目)

ラベル下、右の数字は列、行の平均散布量 (g/m²)

散布面積 503 m² (34×14.8m)

①～⑧、A～Dは散布肥料採取枠のNoを示す

樹列は①の左、②と③、④と⑤、⑥と⑦の間、⑧の右

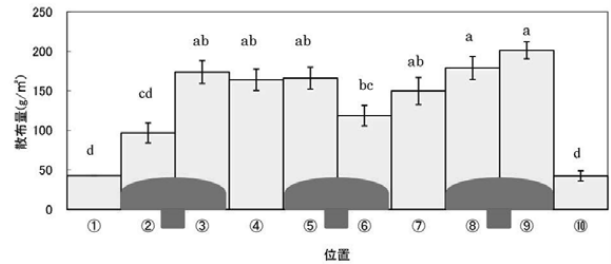


図4 飛行方向に対し横方向への散布の均一性(2回目)

データは各8ヶ所の平均、エラーバーは標準偏差、Tukeyの多重検定により異符号間には5%水準で有意差有り、図中の①～⑩は散布肥料採取枠の列Noを示す、樹の絵はミカン樹の列位置を示す、図中①と⑩に当たる圃場の両端は散布量を半分に設定した

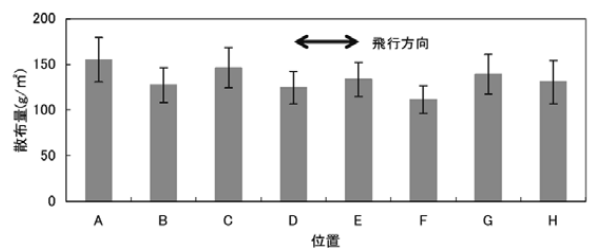


図5 飛行方向への散布の均一性(2回目)

データは各10ヶ所の平均、エラーバーは標準偏差、分散分析により1%水準で有意差なし、A～Hは散布肥料採取枠の位置Noを示す

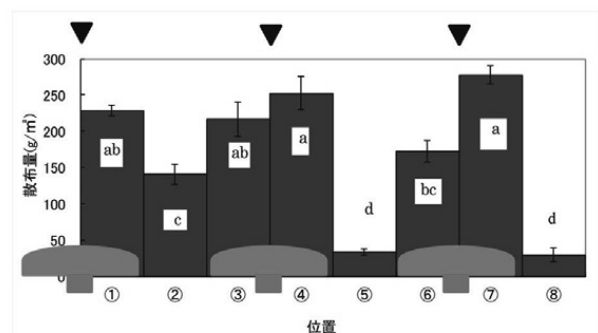


図6 飛行方向に対し横方向への散布状況(3回目)

データは各4ヶ所の平均、エラーバーは標準偏差、Tukeyの多重検定により異符号間には5%水準で有意差有り、図中の樹はミカン樹の列位置を、①～⑧は散布肥料採取枠の列No、▼は飛行位置を示すが、肥料ホッパーの交換は散布中に予備ホッパーに肥料を投入し、無人ヘリの着陸後にホッパーを交換した。

表 2 無人ヘリ及び手散布での固形肥料散布時間(2 回目)

無人ヘリ 散布			手 散布	
作業名	分：秒／回	分：秒／10a	作業名	分：秒／10a
肥料ホッパー交換	0：20	2：48	肥料運搬	4：32
エンジンスタート～散布開始	0：23	3：16	肥料散布	28：04
散布	1：20	11：12		
散布終了～エンジン停止	0：25	3：32		
計	2：28	20：48	計	32：36

実施時期：無人ヘリ 2018 年 1 月 23 日，手散布 1 月 24 日

散布人数：無人ヘリ 3 名，手散布 2 名，散布量：168kg/10a

無人ヘリホッパー容量：20kg，肥料ホッパーの交換は散布中に予備ホッパーに肥料を投入し，無人ヘリの着陸後にホッパーを交換した

表 3 無人ヘリ及び手散布での固形肥料散布時間(3 回目)

無人ヘリ 散布			手 散布	
作業名	分：秒／回	分：秒／10a	作業名	分：秒／10a
ホッパーに肥料を入れる	1：08	6：48	肥料運搬	7：15
エンジンスタート～散布開始	0：28	2：48	肥料散布	18：00
散布	0：57	5：42		
散布終了～エンジン停止	0：28	2：48		
その他	0：19	1：54		
計	3：20	20：00	計	25：15

実施時期：無人ヘリ 2019 年 1 月 9 日，手散布 2019 年 1 月 10 日

散布人数：無人ヘリ 3 名，手散布 2 名，散布量：180kg/10a

無人ヘリホッパー容量：30kg，ホッパーへの肥料の投入は，ホッパーの交換ではなく，無人ヘリの着陸後に肥料を投入する形で実施した

2. 無人ヘリによる肥料散布の効率

2 回目と 3 回目の肥料散布試験時に，散布に要した時間を測定したが，散布回により肥料の追加方法を異なる形で実施した。2 回目は無人ヘリホッパー容量は 20kg であったが，肥料ホッパーの交換は散布中に予備ホッパーに肥料を投入し，無人ヘリの着陸後にホッパーを交換した。3 回目は無人ヘリホッパー容量は 30kg で，ホッパーへの肥料の投入は，ホッパーの交換ではなく，無人ヘリの着陸後に肥料を投入する形で実施した。

2 回目の試験で散布に要した時間は，無人ヘリ散布が 10a 当たり 20 分 48 秒，手散布が 32 分 36 秒となった(表 2)。使用したホッパーの容量が 20kg で，10a 当たり散布量は 168kg のため，飛行回数は 8.4 回/10a であった。

3 回目の試験では，散布に要した時間は無人ヘリ散布が 10a 当たり 20 分，手散布が 25 分 15 秒となった(表 3)。使用したホッパーの容量が 30kg で，10a 当たり散布量は 180kg のため，飛行回数は 6 回/10a であった。

2 回目と 3 回目の肥料散布時間を比較すると，無人ヘリ散布では，3 回目散布が 2 回目散布より 10a 当たり 4%短縮されたが，10a 当たり飛行回数が 29%短縮されているので，もっ

と短縮されてよいはずであるが，ホッパーへの肥料追加と交換方法が異なったためそれ程短縮されなかった。時間短縮のためには，予備ホッパーに肥料を入れておきホッパー交換をする方が望ましい。また，無人ヘリ散布は手散布より 10a 当たり 2 回目で 36%短縮，3 回目で 20%短縮されていた。手散布が 2 回目と 3 回目で大きく異なるのは，散布者が異なることによる能力差と考えられた。また，無人ヘリ散布では散布に必要な人数はリモコン操縦者と無人ヘリの折り返し点を伝えたり周囲の安全状況を注視する補助者と最低 2 人必要で，肥料散布ではさらに肥料を追加する者が 1 人必要となる。今回の手散布では 2 人で実施しているので，3 人で実施する場合は無人ヘリと同時間かやや短くなる可能性がある。

3. 無人ヘリによる肥料散布が土壌化学性，カンキツ葉中無機成分量の推移と果実品質に与える影響

無人ヘリ散布区での処理前，処理後の土壌化学性への影響を手散布区，慣行区と比較すると，手散布区で 8 月のリン酸，カルシウムが低く，11 月の pH，リン酸，マグネシウムが低く，慣行区で 8 月のカリ，11 月のリン酸が低かった(表 4)。手散布区では無人ヘリと同じ肥料を同量散布しているので，差

表4 無人ヘリの肥料散布による土壌化学性への影響（深さ0-10cm）^Z

試験区	pH (H ₂ O)			EC (mS/m)			Total-N (%)		
	処理前	8 月	1 1 月	処理前	8 月	1 1 月	処理前	8 月	1 1 月
無人ヘリ 散布	7.1	6.7	7.0 ^Y _a	22.3	39.4	27.8	0.75	0.75	0.77
手 散布	7.1	6.4	6.5 _b	21.0	43.5	29.1	0.69	0.57	0.69
慣行	7.4	6.5	6.8 _{ab}	19.4	55.3	29.3	0.74	0.77	0.85
有意性 ^X	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
改善基準 ^W	5.5-6.0			—			—		

試験区	Truog-P2O ₅ (mg/100g)			交換性塩基 (mg/100g)					
	処理前	8 月	1 1 月	K ₂ O			CaO		
無人ヘリ 散布	388	423 _a	462 _a	91	112 _{ab}	99	1434	1531 _a	1348
手 散布	366	286 _b	300 _b	92	125 _a	113	1424	1266 _b	1153
慣行	405	384 _{ab}	367 _b	97	99 _b	82	1520	1531 _a	1384
有意性	n.s.	*	**	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	n.s.
改善基準	20-100			15-50			260-380		

試験区	交換性塩基 (mg/100g)			Ca/Mg 当量比				Mg/K 当量比			
	MgO										
	処理前	8 月	1 1 月	処理前	8 月	1 1 月	処理前	8 月	1 1 月		
無人ヘリ散布	152	150	141 ab	6.8	7.3 a	6.9	3.9	3.2 b	3.4		
手散布	148	157	134 b	7.0	5.9 b	6.3	3.9	3.0 b	3.4		
慣行	145	171	153 a	7.9	6.5 ab	6.5	3.5	4.0 a	2.4		
有意性	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.		
改善基準	55-90			4-8				2-6			

Z 調査月日：処理前（2017年2月24日），8月18日，11月8日

Y Tukey 法により5%の危険率で異符号間に有意差有り

X 分散分析により*，**は危険率10，5，1%水準で有意差有，n.s.は有意差無し

W 静岡県土壌肥料ハンドブック（2017.3）

表5 無人ヘリの肥料散布による葉中無機成分への影響^Z

試験区	N(%)		P(%)		K(%)		Ca(%)		Mg(%)	
	8 月	11 月	8 月	11 月	8 月	11 月	8 月	11 月	8 月	11 月
無人ヘリ 散布	2.94	2.85	0.13	0.12	1.22	1.02	5.19	5.51	0.39	0.37
手 散布	2.98	2.85	0.13	0.12	1.18	0.82	5.14	5.15	0.44	0.38
慣行	2.92	2.85	0.13	0.11	1.13	0.82	4.82	4.90	0.44	0.37
有意性 ^Y	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
適量	2.9-3.4		0.16-0.20		1.0-1.6		3.0-6.0		0.3-0.6	

Z 調査月日：2017年8月18日，11月8日

Y 分散分析によりn.s.は有意差無し

表6 無人ヘリ散布の果実品質への影響^Z

試験区	調査果平均重 g	果皮歩合 %	比重	糖度	酸含量 %	着色歩合 0-10
無人ヘリ散布	165	22.7	0.89	10.8	0.97	7.8
手散布	151	22.3	0.91	11.1	1.20	8.0
慣行	163	24.5	0.88	11.0	1.25	7.6
有意性 ^Y	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Z 調査月日：2017年12月4日

Y 分散分析により n. s. は有意差無し

が出た理由は不明であるが、改善基準と比較して全体にpHや各成分が高く推移しており、不足は見られなかった。

葉中無機成分は試験区による差は見られず、改善基準と比較してすべての区のリン酸、手散布区と慣行区の11月のカリがやや少ないものの、それ程大きな過不足は見られなかった(表5)。また、果実品質においても、各処理区間で有意な差は見られなかった(表6)。カンキツのような永年作物では貯蔵養分等があるため、葉中無機成分や果実品質の1年だけの調査結果では、結論を出せないと考えられるため、今後継続的な調査が望まれる。

IV 摘 要

水稲等で利用が進んでいる産業用無人ヘリコプターのカンキツ圃場での利用法を開発するため、本研究では肥料散布方法の検討とカンキツ樹に与える影響を調査した。無人ヘリに付属の粒剤散布装置と年1回施肥体系用の粒状配合肥料を用いて、圃場への均一散布を実施したところ、散布開始付近と両端が少なく、飛行方向には比較的均一に散布されたが、飛行の横方向にはばらつきが大きかった。次に、樹の直上を中心に4m幅で散布したところ樹冠下に多く散布され、本方法の方がカンキツの栽培に適していると考えられた。散布効率は手散布に比較して、36～21%削減されたが、作業にかかる人工を考慮すると向上効果が認められなかった。無人ヘリによる肥料散布後の1年目の土壌化学性、カンキツ樹の葉中無機成分及び果実品質は、同じ肥料を手散布した場合、慣行肥料を散布した場合と大きな違いはなかった。今後、カンキツ樹に与える長期的な影響の調査と急傾斜地での散布方法の開発と散布効率の検討が必要である。

謝 辞

本研究は静岡県経済産業部の新成長戦略研究「無人航空機を活用した樹園地の超省力・精密化管理システムの開発」(2016～2018)において実施した。

引 用 文 献

- 1) 農林水産省果樹試験場興津支場編：カンキツの調査方法。1987
- 2) 農林水産統計年報・統計資料 3.主要農業指標の累年統計（都県別・市町村別）静岡県．関東農政局
http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/nenpou/attach/xls/22_pref.xls
- 3) 平成16年度第2回食料・農業・農村政策審議会生産分科会果樹部会 資料7 果樹農業の現状（データ）P3
https://www.maff.go.jp/f/council/seisaku/kazyu/h16_2/pdf/data7.pdf
- 4) 平成29～30年(2017～2018年) 関東農林水産統計年報2. 農業構造の部 3 販売農家 http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/2019data/attach/xls/2018_02_03.xls
- 5) 丸山拓治(2017): 標高700m地帯における6次産業を組み入れた水田農業の展開. 北陸作物学会報 52: 80-83.
- 6) 三堂博昭・石川 啓 (2016): ‘宮川早生’ウンシュウミカンにおける肥効調節型肥料を用いた効率的な1回施肥法. 園学研 15(2), 145-152.
- 7) 柳 真一(2017): 農薬製剤・施用技術の最新動向⑩航空防除(有人・無人航空機)～その特徴と展望～. 植物防疫, 71(11), 745-7