

博士論文

三重県東紀州地域のカンキツ産業活性化のための
技術開発

(Development of technologies for citrus
industry activation in the Higashi Kishu area of
Mie Prefecture)

平成 31 年 3 月

市ノ木山 浩道

目次

緒言	-----	1
第1章	カンキツ類の栽培管理（摘蕾，防除）の省力化 ならびに鳥獣害軽減技術の開発	-----5
第1節	鉄砲ノズルを利用した水噴射によるウンシ ュウミカンの摘蕾方法の開発	-----5
第2節	畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除シ ステムによる省力防除方法の開発	-----16
	1. 移動式散水型防除システムに利用する畦畔 ノズルの性能の把握	
	2. 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除シ ステムの防除効果の実証	
第3節	糸ならびに訓練犬による鳥害軽減技術の開発	---29
	1. 糸によるウンシュウミカンの鳥害軽減	
	2. 訓練犬によるウンシュウミカンの鳥害軽減	
第4節	犬による猿害軽減効果と犬繫留装置の開発	-----48
	1. 犬のサル追い払い効果	
	2. 犬が園地を周回できる繫留装置の開発	
第2章	キクミカンが発生する生産環境と安定生産のた めの栽培管理技術の開発	-----57
第1節	キクミカンの嗜好性および発生状況	-----57
	1. キクミカンの嗜好性調査	
	2. マルチ栽培や土壌タイプがキクミカンの発生 に及ぼす影響	
第2節	栽培管理方法がキクミカン発生に及ぼす影響	---69
	1. 土壌乾燥がキクミカン発生に及ぼす影響	
	1) 土壌乾燥（7～11月）がキクミカン発生に 及ぼす影響	

2) 土壤乾燥の時期の違いがキクミカン発生に及ぼす影響	
2. 摘果方法がキクミカン発生に及ぼす影響	
第3章 特産果樹‘新姫’果実のもつ機能性の活用-----	92
第1節 ‘新姫’の全果実および部位別フラボノイド含量-----	92
第2節 ‘新姫’の搾汁時における果皮の有無が果汁のフラボノイド含量ならびに香味の質に及ぼす影響-----	102
1. 加圧圧力の違いが果汁の搾汁収率および果汁内容に及ぼす影響	
2. 加圧圧力の違いが果汁フラボノド含量に及ぼす影響	
3. 果汁の味覚評価	
4. 果汁のにおい評価	
総合考察-----	116
摘 要-----	126
Summary-----	133
謝 辞-----	145
引用文献-----	146

緒 言

ウンシュウミカンは昭和 30 年代後半に栽培面積を急速に拡大しリンゴとともに国民の果実需要を支えてきた主要な品目である。昭和 40 年代には生産過剰により大衆商品へと転換し、昭和 46 年にグレープフルーツ、平成 3 年にオレンジの輸入自由化が行われるなか、ウンシュウミカンの消費は緩やかな縮小局面に入っていた(香月・高橋, 2007)。

しかしながら、ウンシュウミカン生産は我が国の果物生産のなかでリンゴの 811,500t につづいて 777,800 t で 2 位であり(農林水産省, 2015a)依然として我が国の果物生産における主要品目となっている。一方、カンキツ類の輸入量はバナナの 959,680 t, パイナップルの 150,598 t につづいて、グレープフルーツが 100,960 t で 3 位、オレンジが 84,113 t で 4 位となっており、輸入カンキツのグレープフルーツやオレンジ類と国内産ウンシュウミカンは差別化されている状況である。今後も日本産みかんの「甘さ」、「みずみずしさ」、「皮が手で剥ける」の評価は高いと考えられ、大きく需要が低下するとは考えにくい。加えて、他の果物と比較してウンシュウミカンは品種を選ぶことで収穫期間を長くできる上に貯蔵性が高く、露地栽培では 9 月から翌年の 3 月まで長期にわたって生産、供給、消費される果物となっている。さらにウンシュウミカンは β -クリプトキサンチンの機能性表示食品(消費者庁, 2018)として認められており、健康増進にも寄与する食品として消費量の増加が見込めると考えられている。

一方、三重県の果樹産業を俯瞰してみると、栽培樹種が多岐にわたっており、東紀州地域のウンシュウミカン、中晩柑、中北勢地域のカキ、ナシ、伊賀地域のブドウなどそれぞれの地域の自然条件を生かした樹種選択がなされている。東紀州地域はウンシュウミカンを中心とするカンキツ生産の主役を担っており、栽培面積は三重県

の全果樹栽培面積（2,864ha）の約 57%（1,651ha）を占めている（農林水産省，2014）。

ここで，これまでの東紀州地域のウンシュウミカン生産の推移を概観する．三重県のカンキツ栽培が本格的に始まったのは明治中期で，東紀州地域ではウンシュウミカンと夏ミカンが増殖された．第二次世界大戦で廃園寸前にまで追い込まれたものの，戦後復興ブームに乗り再度増殖が進められ 1960 年頃からは開畑が急激に進み，1975 年のウンシュウミカン栽培面積は 1,158ha でピークに達した．しかし，34 年後の 2009 年には 864ha とピーク時の 74.6% にまで減少している（三重県，1975；三重県，2009）。

東紀州地域の経済は農林水産業とその生産物を加工する周辺産業，観光産業で成り立っている．このうち農業はカンキツ産業に大きく依存しており，カンキツ産業の低迷は働き手の高齢化と減少を招き，地域経済の崩壊につながる重大な問題である．一刻も早くカンキツ生産と周辺産業を活性化することで，地域経済を立て直す必要がある．そのためには，需要の大きいウンシュウミカンの高品質果実を省力的に安定生産する栽培技術を確立し地域商材に育て上げること，ならびに地域特産のカンキツ果実を使った加工品の開発が急務である．

そこで本研究では東紀州地域のカンキツ産地の気候，土壌，地形といった自然条件を積極的に利用しウンシュウミカンの高品質果実を省力的に安定生産する技術を開発することを目的とした．また，特産の香酸カンキツ‘新姫’が有する機能性成分を取り入れたジュースなどの加工品開発につながる基礎知見の収集も目的とした．

三重県東紀州地域のカンキツ産地の特徴は以下のように整理される．

1) 年間降水量が多い（3,221mm: 三重県熊野市新鹿町のアメダス 2008 年～2017 年平均）ものの，山間部では礫質土壌が広く分布し，乾き

やすい園地が多い。

2) 改良山成畑工（杉浦・丸山，1982；梅田ら，1987）によって造成された緩傾斜園地が広がっている。これらの園地では園内道が整備され，樹のそばまでスピードスプレーヤーや軽トラックなどでアクセスできる園が多い。

3) 三重県熊野市で発見された香酸カンキツ果実‘新姫’を特産果実として生産している。

これらの特徴を踏まえて，本論文は以下の3点について研究を展開し，成果をまとめた。

1. カンキツ類の栽培管理（摘蕾，防除）の省力化ならびに鳥獣害軽減技術の開発

東紀州地域は改良山成畑工などで整備された地域が多く，園内道が整備されている。そこで，軽トラックなどによるアクセスが容易な園が多い特徴を利用して，軽トラックと畦畔ノズルを使った薬剤防除システムや鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾方法を考案し，カンキツ生産の省力化を推進した。また，ヒヨドリやサルなどの鳥獣害対策として，低コストで導入できる釣り竿と糸を組み合わせた器具による鳥害軽減技術や犬を利用した鳥獣害軽減技術を開発した。

2. キクミカンが発生する生産環境と安定生産のための栽培管理技術の開発

東紀州地域は，降水量が多いものの乾きやすい土壌が分布している。このことは，夏～秋の乾燥で発生することが知られているキクミカンが露地栽培でも発生することからも明らかである（栗山，1972）。この高品質なキクミカンを地域の新商材として発信するために，いくつかの調査を実施した。まず，JA 三重南紀管内の選果場への出荷物を調査することで，キクミカンが発生し易い地域とその土壌特性ならびに栽培管理方法（マルチの有無，土壌タイプ）を明ら

かにした。その上で、安定してキクミカンを生産するための栽培管理方法（摘果方法，マルチ栽培）を検討した。

3. 特産果樹‘新姫’果実のもつ機能性の活用

近年，消費者の嗜好は糖度の高い高品質果実から機能性，安全性へと変化している。動脈硬化性疾患や糖尿病などの生活習慣病，アレルギー性疾患の急速な増加が高齢化社会の到来とともに大きな社会問題となってきたおり，果物を摂取することによる健康への期待はますます高まってきている（間芋谷・田中，2003）。たとえば，沖縄で自生しているシークワサーにはポリメトキシフラボンであるノビレチンが多く含まれ，抗腫瘍形成や抗腫瘍作用が報告されている（Murakamiら，2000；Satoら，2002）。三重県熊野市で発見された香酸カンキツ‘新姫’果実の果皮にもノビレチン（NBL）をはじめエリオシトリン（ECR），ナリルチン（NRT），ヘスペリジン（HSP），ナリンギン（NGIN）およびタンゲレチン（TNG）が多く含有されている（Miyake, 2006）。

そこで，‘新姫’の機能性成分（フラボノイド）の部位別の種類・濃度を明らかにし，さらに‘新姫’果実の搾汁方法と各成分の果汁への移行率ならびに味やにおいをセンサーで定量することで，‘新姫’果実を使った新ジュース商材の開発のための基礎知見を集めた。

第1章 カンキツ類の栽培管理（摘蕾，防除）の省力化ならびに 鳥獣害軽減技術の開発

第1節 鉄砲ノズルを利用した水噴射によるウンシュウミカンの摘 蕾方法の開発

三重県のウンシュウミカンはマルチ栽培の導入により高品質果実生産が実現するとともに非破壊選果機の導入による差別化で高品質な果実単価の上昇が実現している。しかしながら，農家の収益を向上させるためには高品質化に加えて高収量を得ることが必要である。ウンシュウミカンやカンキツ類は，生育期間中の異常気象や過着果等により翌年の花芽形成が阻害され，翌年の着花が極端に少なくなることが知られている。この花芽形成の阻害は，それ以降も繰り返されて，隔年結果と呼ばれる現象につながる（木原ら，2000）。隔年結果対策としては，摘果で対応する枝別全摘果法（藤田，1956；Kiharaら，1995），半樹別交互結実法（中川ら，2003a，b）や園地別交互結実法（宮田・橋本，1990；Okudaら，2002）が代表的な技術として取り上げられている。

一方，隔年結果対策としては摘果よりも確実に新梢を発生させることで，翌年の結果母枝を確保し着花不足を補う方法として摘蕾による着花確保技術が知られている（藤田，1956；石田・薬師寺，1960）。しかし，手作業で行う摘蕾作業は，手で除去しやすい大きさ（小豆大）である開花直前の約10日間に限られるため，実施期間が短い上に作業性が低い。隔年結果に陥ったウンシュウミカンの着果過多樹は，発芽期には既に新芽の先端が蕾の形状をしている（写真1）。この蕾を除去することで着花を減らし，翌年の結果母枝を確保することが可能であるが，手作業では蕾が小さいため作業性が劣る。

そこで，本研究では摘蕾期間の延長と省力化を目的に鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾方法を開発した。本装置に利用するノズルは農家が病虫害防除用に使用している動力噴霧器を利用できる

仕様とし、摘蕾作業時間、蕾除去率ならびに摘蕾後の新梢発生について手作業と比較検討した。また、早期の摘蕾は作業後の再発芽により再び蕾が発生し、追加の摘蕾作業が必要となるため、追加の摘蕾作業を含めた作業時間を調査した。

材料および方法

2015年、三重県農業研究所紀南果樹研究室内圃場に植栽されている樹齢32年生の‘興津早生’ (*C. unshiu* Marcow.) のうち、着果過多が予想される3樹(樹高 2.4 ± 0.14 m, 樹幅 3.4 ± 0.20 m) を供試し、鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾の作業性について調査した。水噴射処理は、新梢の半数が発芽した3月30日を発芽期とし、3月31日(発芽1日後; 蕾横径 1.24 ± 0.03 mm), 4月6日(発芽7日後; 蕾横径 2.30 ± 0.12 mm), 4月15日(発芽16日後; 蕾横径 2.86 ± 0.12 mm), 4月23日(発芽24日後; 蕾横径 4.99 ± 0.23 mm) に、側枝(平均旧葉数 65.5 ± 24.6 枚)を変えて実施した。

試験には噴板を入れ替えることで噴出水量を変えた2種類の鉄砲ノズル(ヤマホ工業(株)社製)を供した。鉄砲ノズルは狭い角度で噴射されるため狙い撃ちが可能で、霧になる一般的な果樹用ノズルに比べて水圧が強く噴出量も少ないのが特徴である(写真2)。

ノズル1区はヤマホ工業(株)社製の噴版 NNZ012(噴出水量 $43.8 \text{ml} \cdot \text{sec}^{-1}$) を装着したもので、ノズル2区は同社製の NNZ010(噴出水量 $29.3 \text{ml} \cdot \text{sec}^{-1}$) を装着したものである。また、対照区として手作業区を設け、各処理に対して1樹当たり3側枝を設定して、3樹反復で行った。

動力噴霧器に取付けた農薬散布用耐圧ホース(直径 8.5mm)の先端に上記の鉄砲ノズルを装着し、本田技研工業(株)社製エンジン(GX120: 最大出力 2.6kW/3,600rpm)に動力噴霧器用ポンプ(オリンピア工業(株)社製 G420: 最高圧力 50kgf/cm^2 , 吸水量 25-42ℓ/min)で水を噴射させた。ポンプ圧力は 30kgf/cm^2 とした。

摘蓄作業時間ならびに除去できなかった蓄の残数を，作業処理当日の3月31日，4月6日，4月15日，4月23日に調査した．また，新梢の発生数，伸長量および節数は7月29日に調査した．



3月31日	4月6日	4月15日	4月23日
発芽1日後	発芽7日後	発芽16日後	発芽24日後
蕾横径 1.24mm	蕾横径 2.30mm	蕾横径 2.86mm	蕾横径 4.99mm

写真1 摘蕾時の蕾（2015年）



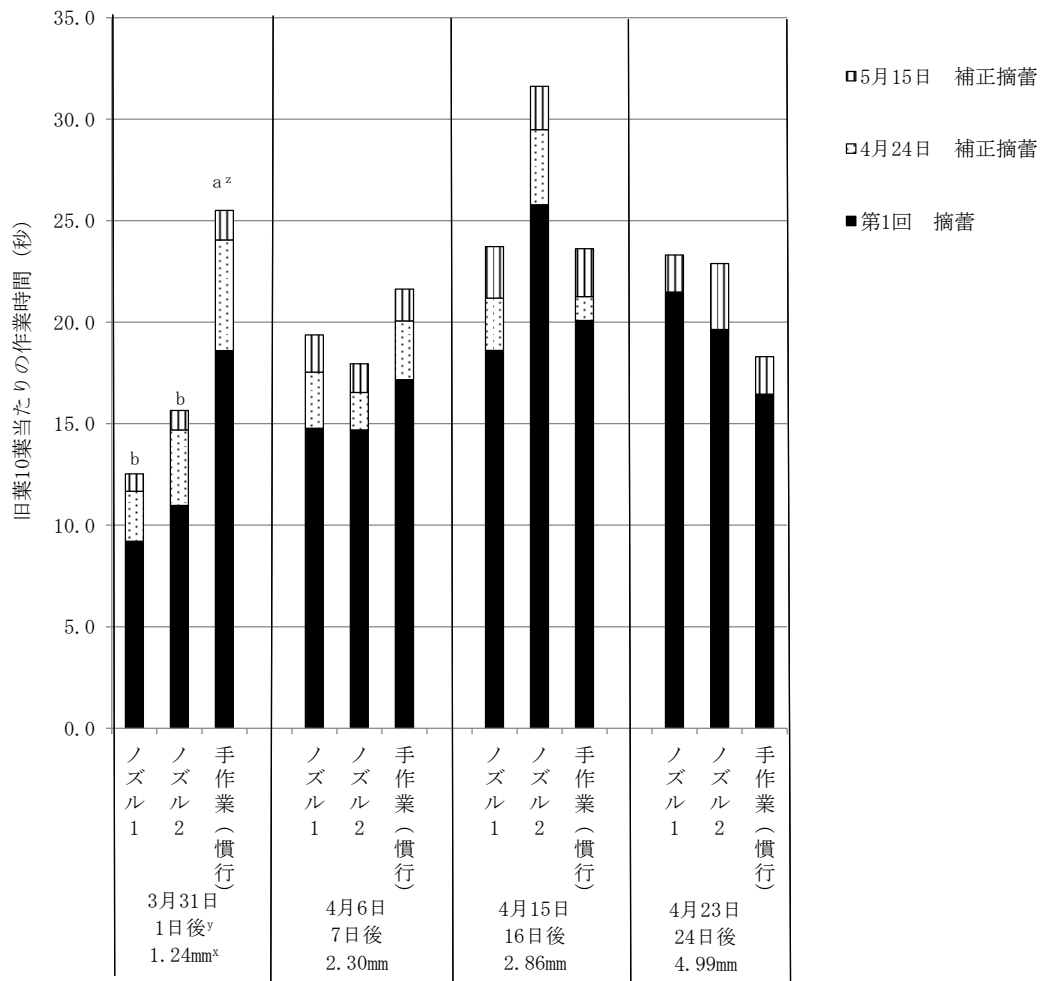
写真2 摘蕾用の鉄砲ノズル

結果および考察

鉄砲ノズルを利用した水噴射による作業時間は、3月31日処理（蕾横径 1.24mm）では旧葉 10 葉当たり手作業で 18.6 秒、ノズル 1 では 9.2 秒で手作業の 49.5% と少なかった。4月24日および5月15日の手作業による補正摘蕾時間を加えても3月31日処理（蕾横径 1.24mm）ではノズル 1 は 12.5 秒で手作業の 49.1%，ノズル 2 は 15.6 秒で手作業の 61.3% と少なかった。その後の補正摘蕾には、4月6日（蕾横径 2.30mm）、4月15日（蕾横径 2.86mm）、4月23日（蕾横径 4.99mm）処理とも、ほぼ同程度の作業時間を要した、鉄砲ノズルではノズル 1 およびノズル 2 とともに横径が大きくなるにつれて作業時間が増加する傾向がみられ、4月6日（蕾横径 2.30mm）以降の摘蕾では手作業とほぼ同程度の作業時間となった（第 1 図）。蕾の除去率は、3月31日（蕾横径 1.24mm）処理ではノズル 1 では 97.4% の蕾を除去することができた。4月6日（蕾横径 2.30mm）処理でも手作業に比べてノズル 1 では除去率が 96% 以上で高かった。しかし、4月15日（蕾横径 2.86mm）以後の処理はノズル 1 およびノズル 2 とともに蕾の除去率は低下した（第 2 図）。

摘蕾により伸長した新梢の形質を第 1 表に示した。3月31日（蕾横径 1.24mm）処理時のノズル 1 区の新梢長はノズル 2 区より短く、節数も少なかった。しかし、旧葉 10 葉当たりの発生本数および総伸長量では差は認められなかった。また、4月23日（蕾横径 4.99mm）処理時のノズル 1 区の節数は 4.4 節で手作業の 3.4 節より多かった。その他の処理時期においては、処理区間に新梢長、節数、旧葉 10 葉当たりの発生本数および総伸長量に差は認められなかった。

近年の高品質果実への需要の高まりを受け、マルドリ栽培（森永ら、2004a, b）などの水ストレス栽培が全国的に普及してきている。しかしながら、過剰な水ストレスによる樹勢低下は着花不足をもたらす懸念がある。ウンシュウミカン生産には新梢と花を適度なバラ

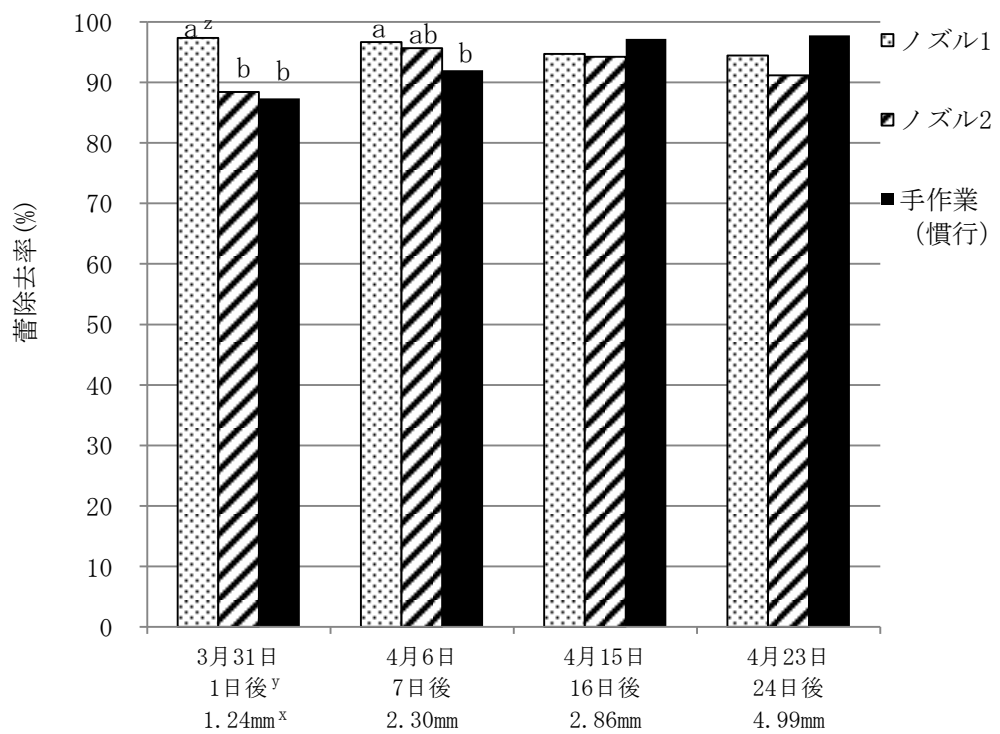


第1図 鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾作業時間 (2015年)

^z 同一処理時期の同一英文字間に有意差なし (Tukey法, 5%水準)

^y 発芽後の日数

^x 蕾横径



第2図 鉄砲ノズルを利用した水噴射での蕾除去率 (2015年)
^z同一処理時期の同一英文字間に有意差なし (Tukey法, 5%水準)
^y発芽後の日数
^x蕾横径

第1表 鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾処理が新梢発生に及ぼす影響

処理区	新梢本数 / 旧葉10葉						新梢長(cm)						節数 (節)					
	1日後 1.24mm ^x	7日後 2.30mm	16日後 2.86mm	24日後 4.99mm	1日後 1.24mm	7日後 2.30mm	16日後 2.86mm	24日後 4.99mm	1日後 1.24mm	7日後 2.30mm	16日後 2.86mm	24日後 4.99mm	1日後 1.24mm	7日後 2.30mm	16日後 2.86mm	24日後 4.99mm		
ノズル1	1.4	1.8	2.9	3.7	1.7 b	8.6	5.0	5.3	2.3 b	5.6	4.6	4.4 a						
ノズル2	1.5	1.4	3.7	3.4	6.5 a	4.6	3.9	3.6	5.7 a	4.6	4.1	4.1 ab						
手作業 (慣行)	2.1	2.0	3.3	3.2	4.8 ab	6.2	3.9	3.5	4.4 ab	5.1	4.0	3.4 b						
有意性 ^z	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	*		

^z同一処理時期の同一英文字間に有意差なし (Tukey法, *5%水準) (2015/07/29)

^y発芽後の日数

^x蕾横径

ンスにすることが収量および高品質果生産には重要とされている（大垣，1985）。したがって，マルチ栽培などでは，積極的に新梢と花のバランスを維持し隔年結果し難い樹相にする必要がある。摘蕾による新梢確保は地力の低い園地やマルチ栽培では必要度の高い技術と言える。

農家が一般的に農薬散布に使用する動力噴霧器に特別仕様の鉄砲ノズル1で蕾直径1.24mmの発芽直後の蕾に対して水噴射したところ，追加の補正摘蕾に要する作業も含めた総作業時間は手作業の49.5%であった。

発芽は一芽の腋から多く発蕾し，人の指が入りにくいため手作業による摘蕾は効率が劣る。ノズル1を使って水噴射したところ，発芽1日後（3月31日：蕾直径1.24mm）～発芽7日後（蕾直径2.30mm）の蕾に対しては除去率は手作業より高かった。しかし，蕾の成熟とともに鉄砲ノズルでは蕾の除去が困難になることが示された。したがって，鉄砲ノズルでの摘蕾作業期間は，蕾の直径が2.30mm程度となる発芽7日頃までが適当と考えられた。これ以降になると蕾の成長により花梗が太くなり，水の圧力では除去に時間がかかり，手作業との間に差が認められなくなった。

鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾により側枝から発生した新梢は，摘蕾時期に関わらず3cm～6cm程度の長さであった（第1表）。一方，発芽1日後（3月31日）の蕾直径1.24mmの頃にノズル1を使った摘蕾処理区の新梢長と節数は他の処理区に比べやや小さかったが，総伸長量には有意な差は認められなかった。ノズル2を使った場合の新梢発生については，どの調査項目でも手作業との差は認められなかった。このことは，新梢の伸長には側枝の形質（枝の太さ，発生角度，葉数）等が大きく関与し，本試験では側枝の旧葉数が 65.5 ± 24.6 枚と少なかったため，処理間の差が大きかったものと推察された。

中川ら（2003b）は，摘蕾作業は摘果に比べ作業時間が長く，実際に農家の経営面積からみて実施できる規模は限られると報告している．今回の鉄砲ノズルを使った水噴射による摘蕾作業は，若齢樹や樹勢の比較的弱い品種など樹冠容積が小さいウンシュウミカンへの利用が適していると考えられる．また，定植直後の幼苗などで，樹冠拡大のために全摘蕾が必要な場合の省力技術としても利用が可能である．さらに，本摘蕾方法は，摘果剤などの散布より経済的である．

また，摘蕾は摘果に比べ樹体の貯蔵養分が有効に利用されるため，樹勢回復の効果も期待される．

本試験により，鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾は摘蕾期間の延長と摘蕾作業の省力化に有効であることが示された．ノズル噴口は，水噴出量による作業時間の差は認められなかったことから，蕾の除去率が高かった NNZ012（ノズル 1）が，本装置の鉄砲ノズルの噴口として適当であると考えられた．

第2節 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムによる省力防除方法の開発

東紀州地域のカンキツ栽培の中心である御浜町では、1975年より生産地強化推進事業として国家プロジェクトに参加し、御浜地区国営農地開発事業として530ha（受益農家290戸）のカンキツ園を造成した。園地は改良山成畑工（杉浦・丸山，1982；梅田ら，1987）と呼ばれる段差のない傾斜果樹園として造成され、収穫時には軽トラックなどの走行が可能となっており収穫・運搬が軽労働化されている。また、造成カンキツ園地では、スピードスプレーヤーと呼ばれる乗用自走型の農薬散布機が導入され、農薬散布の省力化が図られている。しかしながら、スピードスプレーヤーの導入による営農モデルは経営面積4ha程度とされているため（熊本県，1999）、4ha未満の中小規模の農家にとっては過剰投資となってしまう（山本，1966）。これら中小規模の農家はノズルに噴口をセットした道具を使って1樹ずつ農薬散布を行う。ウンシュウミカンの農薬散布は年間14回程度必要な重要な作業の一つであり（山本，1966）、梅雨時期には雨天の合間を短時間で散布せざるを得ないため農薬散布の効率化と省力化が課題となっている。

一方、水稻栽培では、水田の畦畔から農薬を数十メートル飛散させて防除する方法が導入されており省力化が図られている（農林水産省，2010）。改良山成畑工で造成された園地は、幹線道路が園内に設置されているため、水田の畦畔から農薬を散布する要領で農薬散布できれば、カンキツ園地でも農薬散布の省力化が図れる。

そこで、水田用に開発された畦畔ノズルを軽トラックの荷台に載せた動力噴霧器に取り付け、園内を移動して農薬散布する方法を検討した。

材料および方法

1. 移動式散水型防除システムに利用する畦畔ノズルの性能の把握

三重県農業研究所紀南果樹研究室内圃場において2014年9月22日にヤマホ工業(株)社製の霧無し噴口を装着した4種類の畦畔ノズル, ①ステン畦畔15G(噴出量:13.0ℓ/分・1.2Mpa, ホース径8.5mm), ②ステン畦畔20G(噴出量:17.5ℓ/分・1.2Mpa, ホース径10mm), ③切替ステン畦畔15G(噴出量:先端18.1ℓ/分・1.5Mpa, 手元14.5ℓ/分・1.5Mpa, ホース径8.5mm), ④切替ステン畦畔20G(噴出量:先端22.7ℓ/分・1.5Mpa, 手元19.6ℓ/分・1.5Mpa, ホース径10.0mm)に長さ5m, 15m, 30mのホースを取り付け1分間の噴出量と到達距離を調査した. 調査は各処理区3反復とし, 到達距離は目視で計測した. ステン畦畔15Gおよびステン畦畔20Gは5頭口で, 切替ステン畦畔15Gおよび切替ステン畦畔20Gは手元のレバーで先端の1頭口と手元5頭口の切替散布が可能となっている(写真3). 使用した動力噴霧器は(株)丸山製作所のセット動噴S515EA-1で, エンジンは三菱GB181LN(3.4KW), 動力噴霧器用ポンプはMS515(最高圧力4MPa, 吸水量37ℓ/min)である. なお, ポンプ圧力は2.5Mpaとした. 畦畔ノズルは地上部から1.95mの位置で水平に設置した.



上面

ステン哇畔 15G, ステン哇畔 20G



上面

側面

切替ステン哇畔 15G, 切替ステン哇畔 20G
(切替レバーで先端 1 頭口と手元 5 頭口の切替を行う)

写真 3 供試した哇畔ノズル (ヤマホ工業 (株) 社製)

2. 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムの防除効果の実証

2014年に三重県南牟婁郡御浜町内の‘カラマンダリン’(*C. Unshiu* Marcow. × *C. nobilis* Loureiro) 30年生樹を対象に各処理区8樹を供試した。ヤマホ工業(株)社製のステン畦畔20G(噴出量:17.5ℓ/分・1.2Mpa, ホース径10mm), 切替ステン畦畔20G(噴出量:先端22.7ℓ/分・1.5Mpa, 手元19.6ℓ/分・1.5Mpa, ホース径10.0mm)を畦畔ノズル散布区, 新広角タテ2頭口(NN-C-6S, 噴出量4.4ℓ/分・1.5Mpa, ホース径8.5mm)を慣行区とした。動力噴霧器は前項の試験と同様である。第2表に散布実績を示した。なお, 6月25日と9月15日はハダニ剤を混用したため, 全ての処理区で新広角2頭口による慣行手散布とした。畦畔ノズル散布区は取り付けホースの長さを5m, ポンプ圧力を2.5Mpaとし, エンジンの回転数を最大で散布した。なお, 畦畔ノズルは軽トラックの荷台部分(地上部から1.95mの位置)に設置し, 植栽列(幅12m)の両側から散布した。また, 慣行散布はホース長50m, ポンプ圧力2.0Mpaで散布した。

防除効果を比較検証するため, 病害虫発生(黒点病, かいよう病, チャノキイロアザミウマ果梗部)調査を12月5日に1樹50果4樹について実施した。また, 8月20日に黄色の感水紙を4樹に貼り, 農薬の付着量を調査した。感水紙は樹冠外周および樹冠内部(主幹と外周の中間部分)の赤道部の東西南北4方向の葉表と葉裏に貼った。感水紙の液体付着量は「カンキツの調査方法」(農林水産省果樹試, 1987)に準じて0~10段階で調査した。また, 散布時間から散布量を算出した。なお, 病害虫の発生調査は日本植物防疫協会の調査方法により行った。

第 2 表 農薬散布の実績

散布時期	対象病害虫	使用薬剤	濃度	適応
6月9日	チャノキアザミウマ かいよう病	モスピラン顆粒水溶剤 I C ボルドー412	4,000倍 50倍	
6月25日 (生理落果期)	ハダニ類 カイガラムシ類 黒点病	ハーベストオイル スプラサイド乳剤 ジマンダイセン水和剤	200倍 1,500倍 600倍	全ての処理区を新 広角2頭口で散布
7月15日 (果実肥大期)	チャノキアザミウマ ミカンサビダニ 黒点病	コテツフロアブル ペンコゼブ水和剤	4,000倍 600倍	
8月20日 (果実肥大期)	チャノキアザミウマ 黒点病	オリオン水和剤 ジマンダイセン水和剤	1,000倍 600倍	
9月15日 (果実肥大期)	チャノキアザミウマ カメムシ ハダニ類 黒点病	スタークル顆粒水溶剤 ダニエモンフロアブル ジマンダイセン水和剤	2,000倍 4,000倍 600倍	全ての処理区を新 広角2頭口で散布
10月17日	黒点病	エムダイファー水和剤	600倍	

結果および考察

1. 移動式散水型防除システムに利用する畦畔ノズルの性能の把握

1 分間の噴出量はステン畦畔 15G および切替ステン畦畔 15G の手元では，ホース（ホース径 8.5mm）長 5m と 15m 間では差が認められなかったが 30m では減少した．ステン畦畔 20G，切替ステン畦畔 15G の先端，切替ステン畦畔 20G の先端と手元ではホース長が長いほど噴出量は低下した．ステン畦畔 20G の噴出量はホース長 5m では 1 分間に 28.1ℓ で最も多く，次いで切替ステン畦畔 20G の先端部の 27.4ℓ であった（第 3 表）．

散布液の到達距離は，ステン畦畔 20G，切替ステン畦畔 15G の先端および切替ステン畦畔 20G の先端ではホース長が長いほど短くなった．一方，ステン畦畔 15G ではホース長の違いによる到達距離には差がなく，切替ステン畦畔 15G の手元ではホース長 15m までは差がなかった．切替ステン畦畔 20G の手元ではホース長 5m よりホース長 15m で 70.5% に短くなった．供試した畦畔ノズルで最も到達距離が長かったのは，ホース長 5m の切替ステン畦畔 20G の先端で 18.4m であった．次いで，ホース長 5m の切替ステン畦畔 15G の先端で 16.6m であった（第 4 表）．

第 3 表 畦畔ノズルに取り付けるホース長が噴出量に及ぼす影響

ホースの長さ (m)	ステン 畦畔15G (ℓ/分)	ステン 畦畔20G (ℓ/分)	切替ステン畦畔15G		切替ステン畦畔20G	
			手元 (ℓ/分)	先端 (ℓ/分)	手元 (ℓ/分)	先端 (ℓ/分)
5	19.1 a	28.1 a	15.8 a	19.6 a	22.5 a	27.4 a
15	19.3 a	26.3 b	16.1 a	19.2 b	21.4 b	25.8 b
30	16.7 b	24.5 c	14.9 b	17.5 c	20.4 c	23.8 c
有意性 ^z	**	**	**	*	**	**

^z各項目において，同一英文字間に有意差なし (Tukey法，**1%，*5%水準)

第 4 表 畦畔ノズルに取り付けるホース長が散布液の到達距離に及ぼす影響

ホースの長さ (m)	ステン 畦畔15G (m)	ステン 畦畔20G (m)	切替ステン畦畔15G		切替ステン畦畔20G	
			手元 (m)	先端 (m)	手元 (m)	先端 (m)
5	9.6	12.5 a	10.5 a	16.6 a	13.9 a	18.4 a
15	9.6	11.0 b	10.8 a	14.3 b	9.8 b	14.7 b
30	9.5	9.6 c	9.3 b	13.7 c	9.8 b	12.9 c
有意性 ^z	NS	**	**	**	**	**

^z各項目において、同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%)

2. 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムの効果の実証

1 樹当たりの散布時間は、新広角 2 頭口の慣行手散布で 38.4 秒/樹と最も多かった。到達距離は 12.5m だが噴出量が最も多いステン畦畔 20G では 6.1 秒/樹、最も散布距離が長く噴出量も多い切替ステン畦畔 20G では 7.8 秒/樹でそれぞれ慣行手散布に比較してステン畦畔 20G では 16%、切替ステン畦畔 20G では 20%で、慣行手散布より 80%以上短かった。

また、1 樹当たりの散布量は、慣行手散布で 3.80/樹と最も多く、ステン畦畔 20G では 2.70/樹、切替ステン畦畔 20G では 3.00/樹で慣行手散布に比較してステン畦畔 20G では 70%、切替ステン畦畔 20G では 79%で、いずれの場合も 20%以上少なかった（第 5 表）。

樹体への薬剤付着量は、慣行の新広角 2 頭口では葉表には十分に薬剤が付着したが葉裏は付着指数 6 程度でやや少なかった。ステン畦畔 20G では外周の葉表には十分に薬剤が付着したが、葉裏の付着指数は 3.2 で少なかった。また、樹冠内部では、樹冠外周よりやや付着指数が小さかった。切替ステン畦畔 20G も同様の傾向があった（第 3 図）。

着色期における黒点病の発生は、慣行の新広角 2 頭口で切替ステン畦畔 20G に比べやや高かったが、被害指数 0 の果実の発生果率と発病度には差が認められなかった。また、かいよう病およびチャノキイロアザミウマによる被害は処理間に差が無かった（第 6 表）。

農家の高齢化が益々進行する中で、農薬散布の省力化は重要な課題となっている。今回試験を行った畦畔ノズルによる農薬散布は園内道の設置を前提とするが、その設置間隔は切替ステン畦畔 15G を使用すれば約 16m 程度、切替ステン畦畔 20G では 18m 程度とればよいことが明らかになった。一方、スピードスプレーヤーは薬液の到達距離が短く各列散布が必要である（上西ら、1994）ため、畦畔ノズルによる農薬散布はスピードスプレーヤーを利用する場合より効

率的であると考えられた。また，1 樹当たりの散布時間は慣行の手散布の 20% 以下と少ないため，晴れ間の少ない梅雨時期でも適期散布の可能性が高まり果実外観の向上が可能になる。さらに，収穫時期の台風来襲後の腐敗果対策のための農薬散布は収穫作業と重なるため，散布時間の短縮により余った時間を収穫に仕向けることができる。

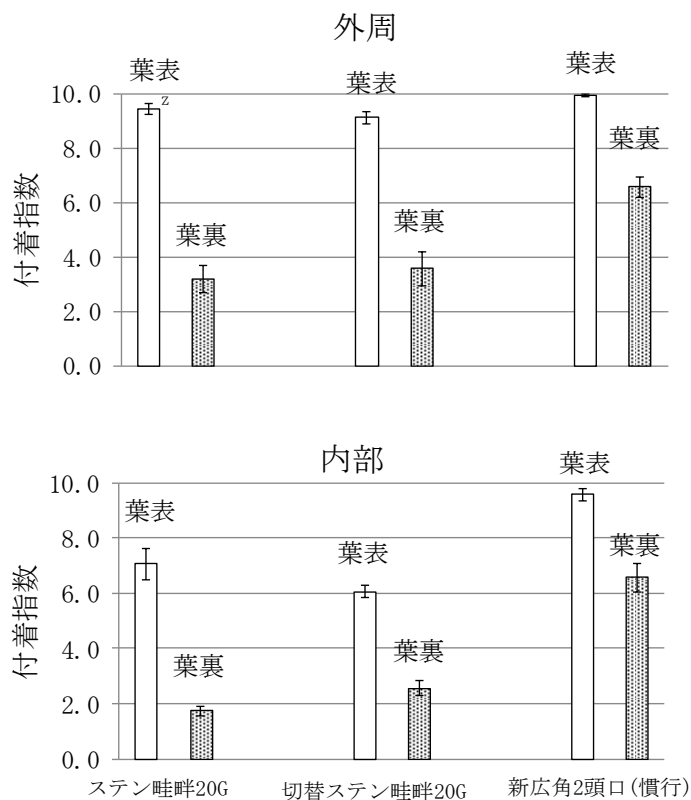
一方，農薬の付着量は，慣行の手散布に比べ葉裏で少ないことが明らかとなった。‘カラマンダリン’の被害果調査では畦畔ノズルによる散布でも黒点病，かいよう病，チャノキイロアザミウマ食害被害に問題がなかった。しかし，葉裏の農薬付着量が少ないことから，ミカンハダニ防除剤の散布は慣行の手散布で行う方が賢明であると考えられた。とくに，1 年に 2 回行われている機械油乳剤などの物理的作用による殺虫剤散布（大井ら，1998）は，十分な薬剤付着が効果を左右するため手散布で行う必要がある。

第 5 表 ノズル別の散布時間および散布量

処 理 区	1樹当たり	
	散布時間 (秒)	散布量 (ℓ)
ステン畦畔20G	6.1 b (16) ^y	2.7 b (70)
切替ステン畦畔20G	7.8 b (20)	3.0 ab (79)
新広角2頭口 (慣行散布)	38.4 a (100)	3.8 a (100)
有意性 ^z	**	*

^z 各項目において、同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%, *5%水準)

^y () はホース径 8.5mm・新広角2頭口を100としたときの割合%



第 3 図 ノズルの違いが薬剤の付着量に及ぼす影響

^z 縦線は標準誤差 (n = 4)

第 6 表 ノズルの違いが各種病害虫の被害果発生に及ぼす影響
黒点病

処理区	被害指数別発生果率(%)					発病度
	0	1	3	5	7	
ステン畦畔20G	97.0	3.0 ab	0.0	0.0	0.0	0.4
切替ステン畦畔20G	99.0	0.5 b	0.5	0.0	0.0	0.3
新広角2頭口 (慣行散布)	95.0	5.0 a	0.0	0.0	0.0	0.7
有意性 ^z	NS	*	NS	NS	NS	NS

かいよう病

処理区	被害指数別発生果率(%)					発病度
	0	1	2	3	4	
ステン畦畔20G	92.5	6.5	1.0	0.0	0.0	1.4
切替ステン畦畔20G	90.5	6.5	1.5	1.0	0.5	2.8
新広角2頭口 (慣行散布)	94.5	4.0	1.0	0.5	0.0	1.4
有意性 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	NS

チャノキイロアザミウマ (果梗部被害)

処理区	被害指数別発生果率(%)				発病度
	0	1	2	3	
ステン畦畔20G	94.5	5.5	0.0	0.0	0.9
切替ステン畦畔20G	82.0	16.5	0.5	1.0	4.0
新広角2頭口 (慣行散布)	93.0	6.0	1.0	0.0	1.5
有意性 ^z	NS	NS	NS	NS	NS

^z同一英文字間に有意差なし (Tukey 法, *5%水準)

【黒点病による果実発病調査基準】

0: 病斑がないもの, 1: 病斑が散見されるもの, 3: 病斑が果面の 1/4 以下に分布するもの, 5: 病斑が果面 1/4~1/2 に分布するもの (涙斑の軽いものを含む), 7: 病斑が果面の 1/2 以上に分布するもの (涙斑, 泥塊を含む)

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{発病指数} \times \text{該当傷果数}) / (7 \times \text{調査果数}) \times 100$$

【かいよう病による果実発病調査基準】

0: 病斑がないもの, 1: 病斑が 1~3 個, 3: 病斑が 4~10 個, 5: 病斑が 11~20 個, 7: 病斑が 20 個以上

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{発病指数} \times \text{該当傷果数}) / (7 \times \text{調査果数}) \times 100$$

【チャノキイロアザミウマによる果実被害調査基準】

果梗部被害: 0: 被害なし 肉眼的に見て被害が認められない, 1: リング状の被害が果梗を中心に 1 周しておらず, かつ, 被害程度の軽微なもの, 2: リング状の被害が果梗を中心に 1 周しているものの, ガク片に相似形となった被害の軽いもの, 3: リング状の被害のみならず, ガク片に相似形となった被害の発現しているもの

$$\text{被害度} = \Sigma (\text{被害指数} \times \text{該当傷果数}) / (6 \times \text{調査果数}) \times 100$$

第3節 糸ならびに訓練犬による鳥害軽減技術の開発

近年，シカ，サル，イノシシ等の獣類や，ヒヨドリ，ムクドリ，スズメ，カラス等の鳥類による果実の食害被害が頻発し，全国的に深刻な問題となっている（鈴木・吉永，1999）．現在，これら鳥獣による果実被害量は2016年度の農林水産省（農林水産省，2018）の調査では日本全国で11,711 tにおよぶとされ，そのうち，鳥類による被害量は46.0%に当たる5,389 t，被害金額は143,460万円となっている．三重県東紀州地域でも，10月上中旬に飛来するヒヨドリがカンキツを加害し，多大な損害を与えていることが報告されている（竹内ら，2002）．

一般的に，ヒヨドリ等の鳥類は防鳥網による被害防止が確実な方法とされているが，経費負担が大きいため生産現場での普及は必ずしも進んでいない．また，鳥を果樹園に寄せ付けない「追い払い方法」として，メチオカーブ等の忌避剤や爆音機等，様々な方法が提案されている（中村・岡ノ谷，1996）．

しかしながら，忌避剤を高濃度で使用すると果実への残留性が懸念され，低濃度で使用すると忌避効果の低下が懸念されている（Averyら，1993）．爆音機等の聴覚刺激を利用する方法は，初期に一定の効果が認められても，慣れを生じて効果が持続しない（鈴木・吉永，1999）．天敵に捕まった鳥が発生するディストレス・コールや猛禽類の模型を設置する等の効果も，鳥類の慣れによって長期間におよばないとされている（中村・岡ノ谷 1996）．

一方，犬を果樹園内に放すことがサル，タヌキ，イノシシ等による獣害対策として有効であること，ならびにこの忌避効果は犬の俊敏な応答行動や，天敵に対する恐怖心によるものであり慣れが生じにくいと推察されている（鈴木・吉永 1999）．

こうした報告は聞き取り調査に由来し，また鳥害に対する効果については言及されていない．したがって，効果的で持続性のある鳥

害防止対策の確立が望まれている。

本章では、まずポリエステル素材のミシン糸をヒヨドリに対する簡易な防鳥材として適当であるかどうか、鳥害被害軽減効果ならびに必要な経費、作業性の面から検討した。

また、訓練犬の果樹園への放飼効果については牧羊犬として知られる‘ボーダーコリー’種を繫留あるいは放飼して被害軽減効果を検討した。

材料および方法

1. 糸によるウンシュウミカンの鳥害軽減

ポリエステル製ミシン糸の防鳥効果を、被害果率と樹冠容積当たりの糸使用量（長さ）の関係で比較検討した。試験には、三重県南牟婁郡御浜町内の‘茶原早生’（*C. unshiu* Marcow.）成木 19 樹（樹高 2.6m，すそ高 0.2m，樹幅 4.0m，樹冠容積 27.5m³）を供試した。果実の完全着色期の 2012 年 10 月 25 日に、白色ポリエステル製ミシン糸（#60 番）を樹冠容積当たり 3～10m/m³ の範囲（平均 6.2m/m³）で被覆した。鳥類による食害果数の調査は、防鳥糸で覆った 11 日後（11 月 5 日），20 日後（11 月 14 日），32 日後（11 月 26 日）に実施した。また、使用した糸の長さを重さとの関係式から導き、防鳥糸の使用量（長さ）と食害被害果数との関係、および防鳥糸被覆コストと食害による被害額との関係を試算した。

なお、糸の被覆のため、写真 4 に示した器具を開発、利用した。開発した器具は、市販の釣竿（竿の長さ 2m，先端径 5mm，手元径 10mm）と、20 容ペットボトルの糸入れを利用し、糸を釣竿の手元から細い針金に縛って竿の芯に入れ、先端から取り出して樹に縛り付け、釣竿を左右上下に振りながら樹の枝に引っかけながら糸を張り巡らせるようにした。



釣竿 ^z

糸入れ ^y

写真 4 考案した防鳥糸の被覆用器具

^z 市販の釣竿（竿の長さ 2m, 先端径 5mm, 手元径 10mm）

^y 20 容 ペットボトルの糸入れ

（* : ミシン糸を腰に装着した糸入れから繰り出し、竿の中を通すことで糸が竿に絡まないようにする）

2. 訓練犬によるウンシュウミカンの鳥害軽減

訓練犬による追い払い効果の試験は、三重県科学技術振興センター農業研究部紀南果樹研究室の圃場内に植栽されているウンシュウミカン園 5.8a (樹齢 17 年生, 平均樹高 2.1m の‘宮川早生’と‘興津早生’ (12 本/列×8 列) で実施した。ミカン園は、外周の一辺にマキが植えられ、それ以外の三辺のうち、二辺は隣接ミカン園、残りの一辺は通路と接している (第 4 図)。

試験区は、同一ミカン園に犬を繋留 (もしくは放飼) する期間と犬を退出させる期間 (対照区) を交互に設定した。供試した犬種は‘ボーダーコリー’種で、園内に近づく鳥に“吠える”, “追いかける”などの威嚇行動をとった場合, “ほめる”ことで威嚇行動を学習させた雄 1 頭 (12 カ月齢, 体重 20kg) を供試した。

材料および方法

1) 訓練犬の繋留による鳥害軽減効果

試験区は、犬を繋留する期間 (つなぎ止め区) と犬を隔離する期間 (対照区) を交互に設定し、調査は果実の着色開始から収穫終了期まで、各区とも 4 回反復で実施した。つなぎ止め区は、2000 年 11 月 13~15 日 (第 1 回 ; 3 日), 11 月 27~30 日 (第 2 回 ; 4 日), 12 月 4~8 日 (第 3 回 ; 5 日), 12 月 11~15 日 (第 4 回 ; 5 日) の計 17 日間、対照区は、2000 年 11 月 16~20 日 (第 1 回 ; 5 日), 12 月 1~3 日 (第 2 回 ; 3 日), 12 月 9~10 日 (第 3 回 ; 2 日), 12 月 16~20 日 (第 4 回 ; 5 日) の計 15 日間とした。

繋留方法は、マキが植えられている側と反対側 (別のミカン園に接している) の樹列に沿った一辺に長さ 23m のワイヤーを張り、犬の首輪に取り付けた長さ 1m の鎖をワイヤーに連結して、犬が園内の一辺を自由に動くことができるようにした。犬をつなぎ止める時間帯は 7:00 から 17:00 までの 10 時間とし、それ以外の時間帯は園外に退出させた。なお、犬をつなぎ止めるワイヤーとミカン樹の

第 1 列との間隔は約 2m であった (第 4 図)。

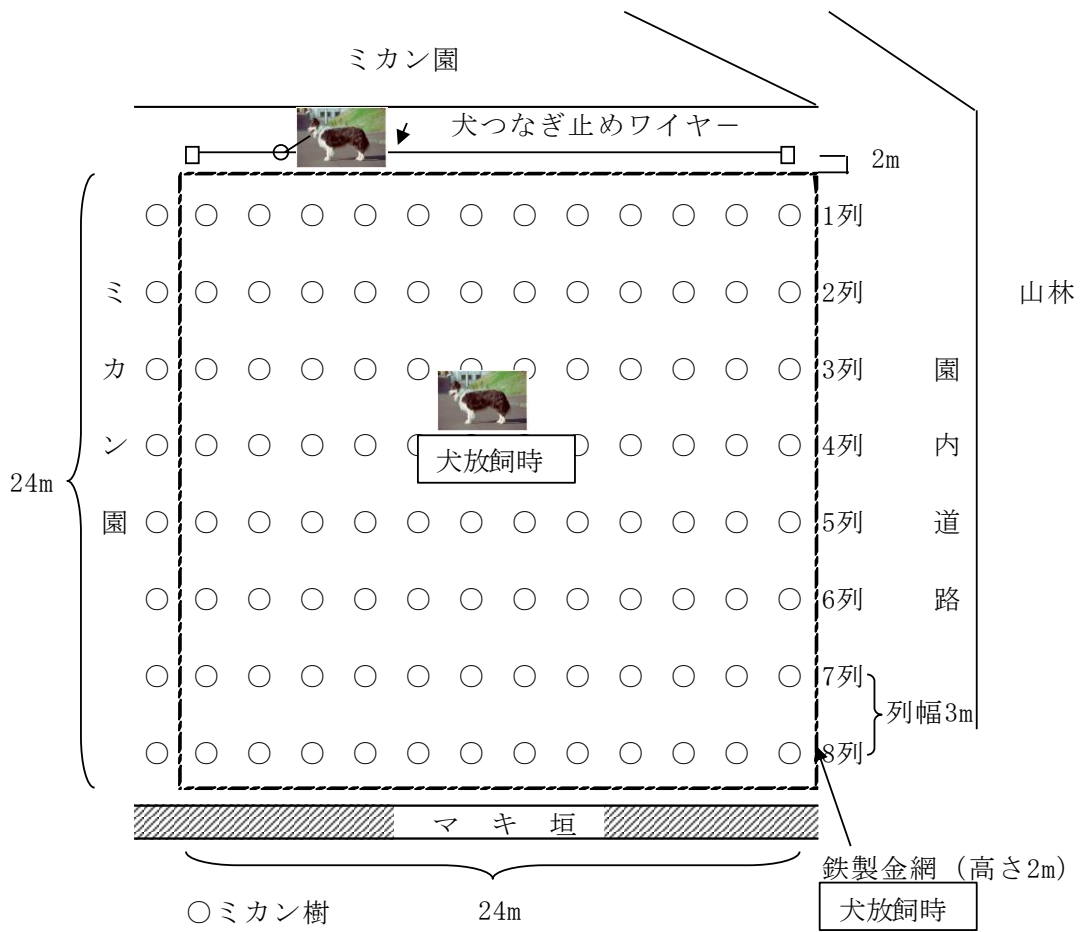
調査項目は、果実の食害程度、犬が吠えた回数および樹列ごとの犬の鳴き声の大きさ (騒音度) とした。食害程度は両区とも予め各樹列から無作為に選んでおいた 3 樹の被害果数を調査し、1 日当たりの各列の総被害果数を算出した。また、何らかの食害兆候がみられた果実は、各調査の終了後に摘果、廃棄した。

犬が吠えた回数は、2000 年 11 月 29 日と 12 月 7 日の 7:00 から 17:00 の間に吠えた回数を計測し、10 分間当たりの回数として集計した。吠えの騒音度は、犬を果樹園周縁の中央部に固定し、各樹列の 10 カ所で騒音計 (NA-20 型, リオン) を用いて計測、樹列ごとの平均値で表した。

2) 訓練犬の放飼による鳥害軽減効果

試験区は、前述のミカン園として四方に高さ 2m の鉄製金網 (マス目 15cm, 鉄筋径 5mm) を設置し、犬を放飼した。対照区は 2001 年 1 月 15~21 日, 同年 1 月 25~28 日および 2002 年 1 月 16~17 日の計 13 日間, 放飼区は 2001 年 1 月 22~24 日, 同年 1 月 29~30 日および 2002 年 1 月 12~15 日の計 9 日間とし, 期間中は毎日 7:00 から 17:00 までの 10 時間, 犬を放飼した (第 4 図)。

調査項目は、食害被害果数、犬の追い払い回数、犬の活動時間とした。食害は着果数が多かった 14 樹の中から 8 樹を無作為に選び、期間中に食害被害を受けた果実数を調査し、1 樹当たりの日平均被害果数として算出した。犬の追い払い回数は、2002 年 1 月 9 日 7:00~16:00 の間の回数を数え、1 時間当たりの追い払い回数として算出した。犬の活動時間は、犬が座るなどの静止状態以外の時間を集計して算出した。なお、犬の追い払いや行動調査は、試験園を見渡せる高い場所で目視観察して実施した。



第4図 訓練犬のつなぎ止めおよび放飼試験の概略図

騒音計は各列の樹間10カ所で計測

結果および考察

1. 糸によるウンシュウミカンの鳥害軽減

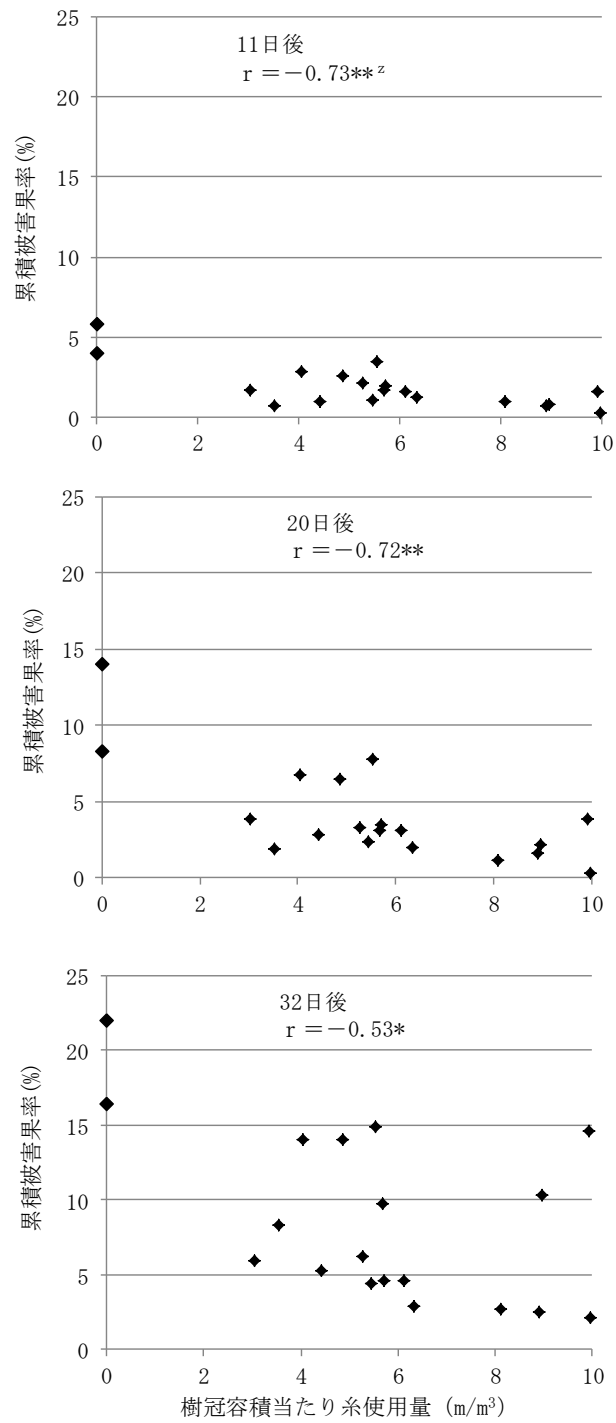
供試樹（19 樹）の平均樹高は 2.6m，平均樹冠容積は 27.5m³であった．1 樹に使用した糸使用量（長さ）は 169m/樹，作業時間は 142 秒/樹であり，樹高当たりの糸使用量（長さ）は 63.6m/m，作業時間は 47.9 秒/m，樹冠容積当たりの糸使用量（長さ）は 6.2m/m³，作業時間は 4.7 秒/m³であった（第 7 表）．

鳥類による食害被害は，被覆 11 日後の 11 月 5 日では，樹冠容積当たりの糸使用量（長さ）が 9.0m/m³では累積被害果率は 0.7%，6.1m/m³では 2.6%，0m/m³では 4.9%であった．また，20 日後の 11 月 14 日ではそれぞれ 1.0%，6.2%，11.1%，32 日後の 11 月 26 日ではそれぞれ 2.4%，14.4%，19.2%であった．このことから，被害量は当地域の早生ウンシュウの収穫が終わる 11 月下旬より顕著となることが明らかとなった．また，糸の使用量（長さ）と累積被害果率の間に負の相関がみられた（第 5 図）．早生ウンシュウの収穫の終了近くの 11 月 26 日頃ではヒヨドリによる食害が激しくなり，その効果は減少した．これは収穫の遅れが食害発生を誘発させた結果と考えられることから，地域全体の収穫管理の必要性が示唆された．

被覆経費および被害軽減額を試算したところ，被覆しない場合（無処理）は被覆 32 日後で 4,005 円/樹の減収が見込まれた．一方，1 樹当たり 256m（樹冠容積換算；9.0m/m³）の糸被覆を行った場合（処理：被害少ない）は被害額は 1,042 円/樹，経費は 105 円/樹であった．被覆しない場合に比べて 1 樹当たり 2,858 円/樹（4,005 円/樹 - （1,042 円/樹 + 105 円/樹））の被害額軽減が期待できた（第 8 表）．ポリエステル製のミシン糸を被覆材として利用することは，簡便に低コストで，しかも効果的に食害を軽減できる上，翌年の準備作業時に簡単に回収できるため，実用性の高い技術として期待できる．

第7表 防鳥糸の平均使用量および糸の被覆にかかる作業時間（2012年）

樹高 (m)	樹冠容積 (m ³)	糸使用量			作業時間		
		1樹当たり (m/樹)	樹高 当たり (m/m)	樹冠容積 当たり (m/m ³)	1樹当たり (秒/樹)	樹高 当たり (秒/m)	樹冠容積 当たり (秒/m ³)
2.6	27.5	169	63.6	6.2	142	47.9	4.7



第5図 防鳥糸の使用量が累積被害果率に及ぼす影響 (2012年)

^zrは単相関係数, (**は1%, *は5%で有意差あり)

第8表 防鳥糸の被覆経費と被害軽減額

処理区	調査樹数 (樹)	樹冠容積当たり 糸使用量 (m/m ³)	1樹当たり 糸使用量 (m/樹)	1樹当たり 作業時間 (秒/樹)	1 樹当たり被害額 (円/樹)			1 樹当たり糸を被覆する経費 (円/樹)	糸代金	労賃	合計
					11日後	20日後	32日後				
被害少ない	3	9.0	256	195	152	270	1042	51	54	105	
被害多い	4	6.1	162	148	361	767	1697	32	41	74	
無処理	2	0.0	0	0	1024	2323	4005	0	0	0	

1樹平均着果数758果, 1果重110g, 1kg単価250円, 糸代金1,000円/5,000m, 労賃1,000円/時間で試算
被害額は単位樹冠容積当たり糸使用量(m)と被害率の相関から算出

2. 訓練犬によるウンシュウミカンの鳥害軽減

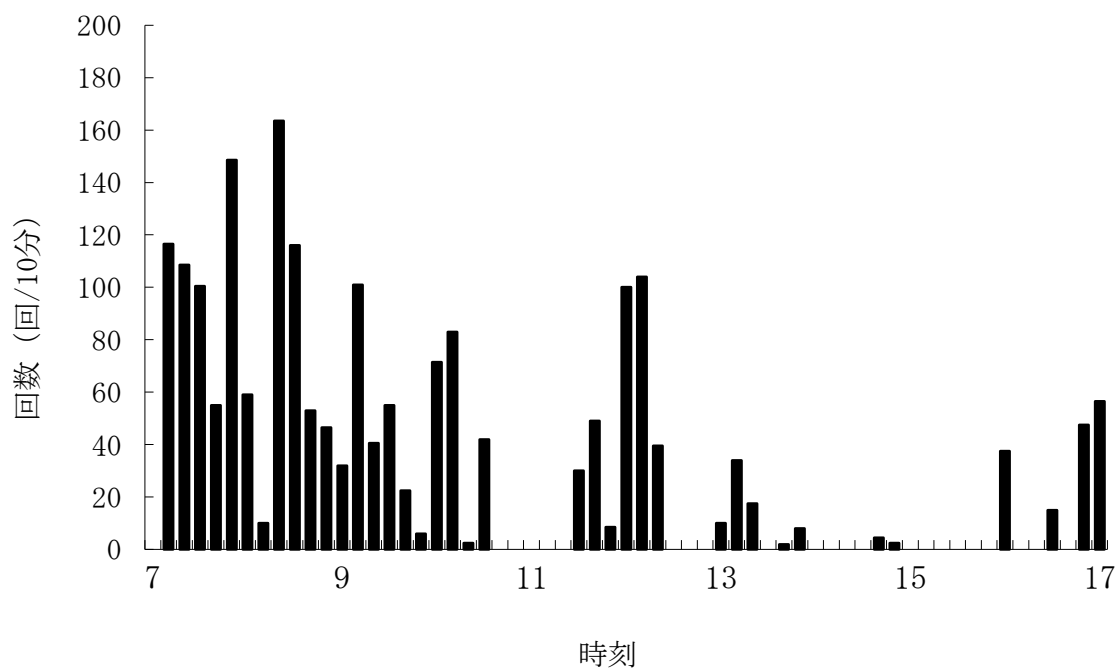
1) 訓練犬の繫留による鳥害軽減効果

訓練犬による追い払い効果に関する実験は、牧羊犬として育種改良され、スポーツドッグとしても評価が高い‘ボーダーコリー’種を利用した。‘ボーダーコリー’種は、人間の指示に対して従順であり、訓練による学習効果が高く、かつ運動能力に優れている。したがって、訓練次第では、セラピードッグやフレンドドッグとしての利用価値の高さも評価されている。

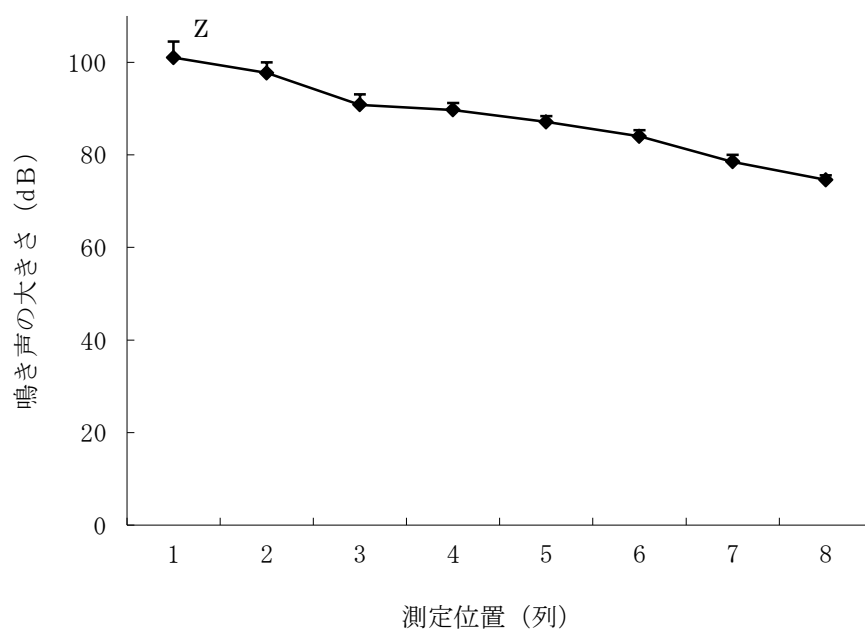
犬はヒヨドリやメジロが園近くに飛来すると直ちに、つなぎ止めた場所のワイヤー伝いに往復運動を繰り返し、吠えて威嚇する行動を示した。これは、鳥の飛来がある毎に観察され、吠えた回数は、11月29日は25.7回/10分、12月7日は41.0回/10分で、平均値は33.3回であった(第6図)。つなぎ止め直後から1時間の間の吠え回数は2日間の平均で98回/10分と多かった。吠える声の大きさは、つなぎ止め位置から2m離れた第1列目付近のミカン樹で101dB、23m離れた第8列目付近で75dBであった(第7図)。なお、これは同一果樹園に設置したガス爆音機からの音を20m離れたところで計測した102dBとほぼ同じであり、音の大きさよりも犬の機敏な応答による効果を期待すべきであると考えられた。

食害を受けた被害果数、食害頻度は犬の繫留によって減少する傾向が観察されたが、その効果は調査時期やミカン園内の位置(樹列)で大きく異なった(第9表)。すなわち、犬の繫留位置に最も近い第1列では、対照区 4.9 ± 4.9 、つなぎ止め区 0.3 ± 0.5 で、犬による顕著な鳥害軽減が観察された。しかし、第3列以降の樹列では有意差は認められず、ミカン園全体の日平均の被害果数は対照区 3.1 ± 0.9 、つなぎ止め区 1.9 ± 0.9 であった。これは、威嚇の吠えだけでは攻撃行動とはならず、犬による鳥の追い払い効果は自由に動き回ることができる果樹園周囲の一辺だけに限定されることを示唆している。

音による鳥の威嚇方法として、ガス爆音機のほかに、ディストレス・コール（鳥の悲鳴音）やアラームコール（鳥の警戒音）等が検討されている（藤岡，1996）。一方、音による威嚇はムクドリやヒヨドリに対しては限定的とする報告が多く、これは鳥が速やかに学習する結果とされている（池内，1997）。このことから、犬の効果が第1列で認められたのは、犬の動き回る姿がみえたことが関係していると考えられる。なお、第7列と第8列は他の樹列よりも食害が多く観察された。これは、ヒヨドリが犬をつなぎ止めたのと反対側の外周にあるマキ垣を基点にして果樹園に侵入したためで、防風樹等の影響も加味する必要がある。



第6図 ミカン園の一边に繋留した訓練犬が吠えた回数
(2000年11月29日・12月7日平均)



第7図 ミカン園の一辺に繫留した訓練犬の鳴き声の大きさの園内分布

²縦棒は標準誤差 (n=10)

(犬を果樹園周縁の中央部に固定し、各樹列について10カ所の騒音度を騒音計 (NA-20型, リオン) で計測し、平均値で表した)

第9表 ミカン園の一边に繫留した訓練犬による果実鳥害の軽減

試験区	調査日 (2000年)	樹列ごとの被害果数 (個/列・日) ²								平均
		1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列	
犬つなぎ止め区	11月13～15日	1.1±1.6	0	1.1±1.6	0	1.1±1.6	0	6.9±5.6	11.4±11.7	2.7±3.9
	11月27～30日	0	0	0	0	0	0	0	6.0±6.5	0.8±2.0
	12月4～8日	0	0	0	0	2.7±3.8	0.9±1.3	3.6±3.3	3.6±3.3	1.3±1.6
	12月11～15日	0	0	1.8±1.3	0	1.8±2.5	8.0±9.5	2.7±3.8	8.0±6.5	2.8±3.2
無処理区	11月16～20日	0	0	0	0	0.9±1.3	1.8±2.5	8.0±6.5	12.4±9.1	2.9±4.4
	12月1～3日	5.3±5.0	0	1.3±1.9	0	1.3±1.9	0	6.7±5.0	6.7±9.4	2.7±12.8
	12月9～10日	1.6±2.3	0	1.6±2.3	0	0	0	6.4±4.5	9.6±10.4	2.4±3.4
	12月16～20日	12.8±4.1	0	4.0±4.1	0	4.0±4.1	2.4±3.4	5.6±3.4	8.0±8.2	4.6±4.0
平均	犬つなぎ止め区	0.3±0.5	0	0.7±0.8	0	1.4±1.0	2.2±3.4	3.3±2.5	7.2±2.9	1.9±0.9
	無処理区	4.9±4.9	0	1.7±1.4	0	1.6±1.5	1.0±1.1	6.7±0.9	9.2±2.1	3.1±0.9

² 平均値±標準偏差 (n=3)

2) 訓練犬の放飼による鳥害軽減効果

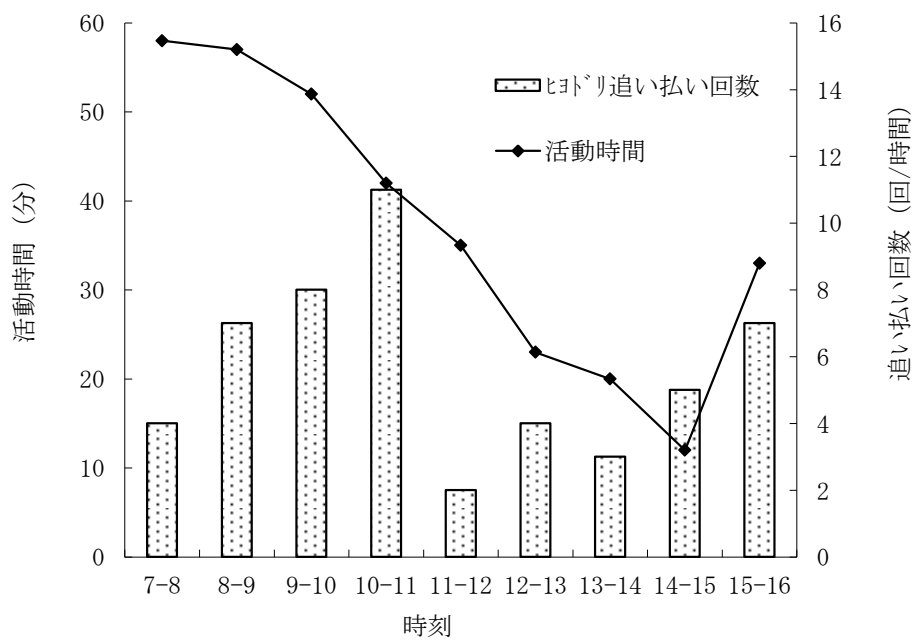
ミカン園 5.8a に牧羊犬 1 頭を放飼した場合，ヒヨドリの食害被害を 3 分の 1 にする効果が認められた（第 10 表）．犬の行動を 2001 年 1 月 9 日 7：00～16：00 の間に観察したところ，ヒヨドリの飛来を瞬時に認知し，鳥の群れの大小にかかわらず，執拗にヒヨドリが園外に飛び去るまで追跡する行動が観察された．また，犬はメジロの飛来に対しても敏感に反応し，特に，追跡をかわしながら樹と樹の間を飛び交うメジロに対して執拗に追跡したため，この行動がヒヨドリを追い払う効果にも貢献した．犬の活動時間（犬が座るなどの静止状態以外の時間）は，1 時間当たり平均 36.9 分（滞在時間の 62% に相当）に達した（第 8 図）．時間帯別の活動時間は，鳥が頻繁に飛来した 7～10 時の間は 1 時間当たり 50 分以上にわたって連続的に追跡し，鳥の飛来が少なかった 14～15 時の間は 12 分間と少なかった．犬が鳥を追い払った回数は 1 日当たり平均 51 回で，その回数は鳥の飛来が頻発する時間帯で高かった．また，鳥が飛来して来ない間も樹下で休息するために，自然の見張り番の役目を果たすと推察された．

1 樹当たりの日平均被害果数は，対照区 16.0 ± 5.1 ，放飼区 4.9 ± 1.0 であった（第 10 表）．この結果を踏まえて単純計算すると，1 日当たりの軽減量は 17.5 kg/a ($16.6 \text{ 樹/a} \times (16 - 4.9) \text{ 果/樹} \times 0.095 \text{ kg/果}$) となり，ウンシュウミカンの一般的な収量 300 kg/a の 5.8% に相当することになる．この値は，ウンシュウミカン収穫期間が 40 日前後であることを考慮すると，かなりの経営改善効果があるものと期待される．したがって，犬を活用する場合，つなぎ止めよりも放飼が顕著に効果的であること，またその効果は単位面積当たりの犬の頭数や熟練度によって変わりうることが示唆された．今後，犬種の適性，犬の頭数，密度と被害との関係について飛来する鳥の数等，総合的に調査する必要がある．とくに，ミシン糸を利

用した簡易防鳥材の被覆効果との相乗効果を検討することは極めて価値があると考えられる。

以上のように、ポリエステル製のミシン糸が簡易な防鳥材として有効であること、また訓練犬を園内に放飼して見張り番をさせて被害を軽減することが可能であること等、新たな知見を見出すことができた。

今回のミシン糸を使った簡易な防鳥対策技術は、農業関係の普及雑誌（市ノ木山，2011；市ノ木山，2016a，b）や新聞（日本農業新聞，2014）を通じて公開され、愛媛県の農業用資材開発会社の一色本店が商品化し、販売している（一色本店，2018）。



第8図 ミカン園に放飼した訓練犬の活動時間とヒヨドリ追い払い回数
(2002年1月9日)

第10表 ミカン園に放飼した訓練犬による果実鳥害の軽減

試験区	調査日	被害果数 ^z (個/樹・日)	
無処理区	2001年1月15～21日	13.3±5.9	
	2001年1月25～28日	23.1±4.9	
	2002年1月16～17日	11.5±5.6	
放飼区	2001年1月22～24日	4.9±2.3	
	2001年1月29～30日	3.7±1.7	
	2002年1月12～15日	6.2±2.9	
平均	無処理区	—	16.0±5.1
	放飼区	—	4.9±1.0

^z 平均値±標準偏差(n=8)

第 4 節 犬による猿害軽減効果と犬繫留装置の開発

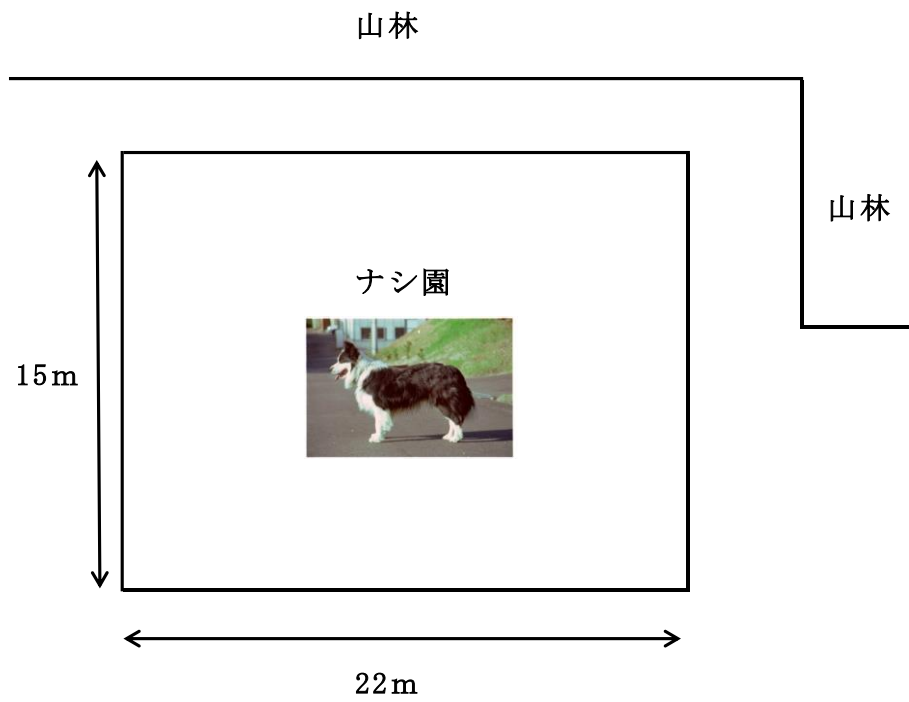
前節で犬が鳥類の天敵となり，ウンシュウミカン果実の食害軽減に効果があることが示された．東紀州地域では鳥害同様に猿害も拡大しており，2016年度の三重県におけるサルによる農作物の被害額は5,489万円で全国第4位（農林水産省，2018）となっている．三重県では，集落ぐるみの追い払いにより集落に近づくサルの被害に対して成果を上げている（山端，2010）．しかしながら，東紀州地域の山間部に点在する果樹園での導入は困難と考えられる．点在する山間部の果樹園では，サルから果実を守るために鉄製の柵と電柵をセットにした防御柵の設置が試みられている（農林水産省，2015b）が，柵の設置には経費がかかる．一方，犬の先祖とされるオオカミがサルに対して天敵であると言われている（丸山，2014）．市ノ木山・竹内（2008）は鳥に対して被害軽減効果を見出したことから，サルに対する被害軽減効果も期待される．そこで，犬が果樹園に出没するサルに対して被害軽減効果があるかを検討するとともに，犬が果樹園を周回できる装置を開発した．

材料および方法

1. 犬のサル追い払い効果

三重県科学技術振興センター農業研究部紀南果樹研究室の樹齢13年生の日本ナシ‘幸水’（平棚仕立て）が植栽されている圃場（15m×24m）の周囲を高さ2mの金網で囲って，中に犬を放飼した（第9図）．試験区は，同一ナシ園に犬を放す期間と犬を退出させる期間を交互に設定した．犬を放す期間は2001年7月9～16日（第1回；8日），7月27～29日（第2回；3日），8月11～12日（第3回；2日）の計13日間，犬を退出させる期間は，2001年6月8～7月8日（第1回；31日），7月17～26日（第2回；10日），7月30～8月10日（第3回；12日）の計53日間とした．犬を放す時間帯は6：00から19：00までの13時間とし，雨天も実施した．供試した犬種

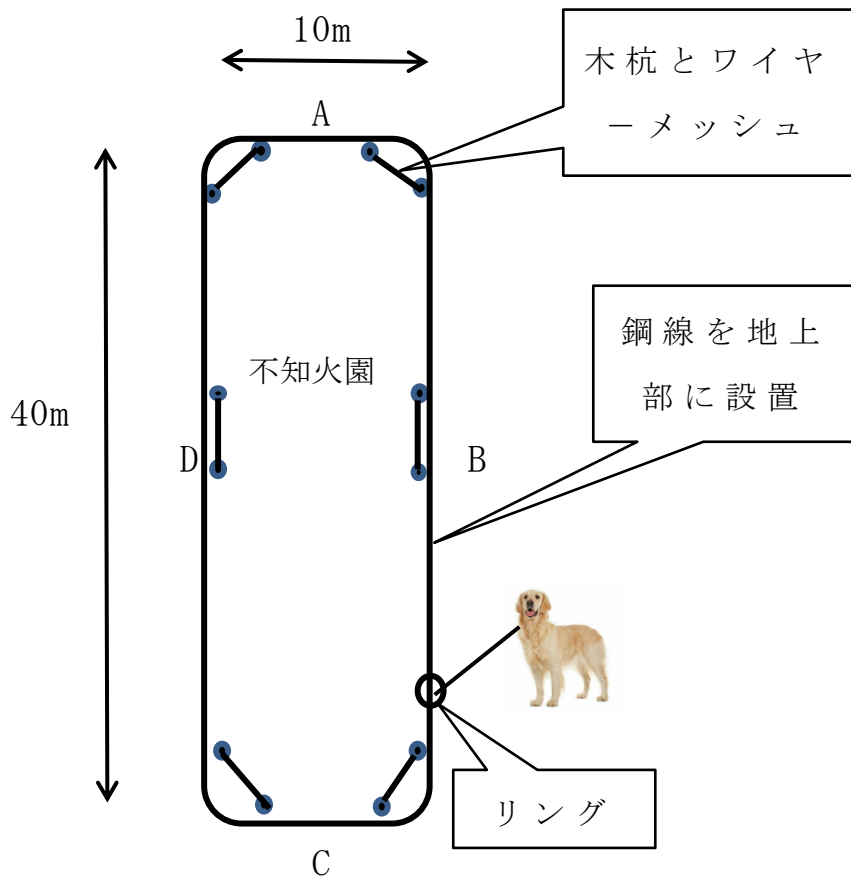
は‘ボーダーコリー’種の雄1頭（19カ月齢，体重18.5kg）とし，
犬の追い払い行動調査を試験園を見渡せる場所で目視で実施した．



第 9 図 犬を放飼したナシ園の見取り図

2. 犬が園地を周回できる繫留装置の開発

三重県南牟婁郡御浜町内の‘不知火’（(*C. unshiu* × *C. sinensis*) × *C. reticulata*) 園地（4a）に第 10 図のような犬が周回可能な装置を 2007 年 12 月に作成した。すなわち，園地の周囲に直径 6cm，長さ 180cm の木製の杭を 2 本用意し，杭間をワイヤーマッシュ（太さ 5mm，マス目 15cm，縦 1m×横 1m）で連結したものをユニットとして，6 ユニットの園地周囲に設置した。設置したユニットの外周に亜鉛メッキ鋼線（直径 2mm）を 1 本張り，犬の首輪と連結したリングを通して繫いだ（第 10 図）。供試した犬種は‘ゴールデンリトリバー’種の雄 1 頭（6 歳）で，犬の行動調査を 30 分間目視により実施した。



第 10 図 犬を繋留した‘不知火’園の見取り図

結果および考察

1. 犬のサル追い払い効果

7月8日と8月10日にサルによるナシの食害被害を受けたが、両日とも犬を放飼していない日であった。犬を放飼している7月9日～16日と7月27日～29日の間にはサルがナシ園の近くに出没したが、ナシ園には入らなかった。7月30日～8月10日までの12日間は犬を放飼せず、サルが近くに現れるかを観察したところ、8月10日にサルがナシ園に侵入して、ナシ果実の食害被害は甚大であった(第11表)。食害被害にあった後の8月11日～12日の2日間犬を放飼した結果、ナシ園の食害被害はみられなかった。これらの観察結果は、サルが犬の存在を認知し、犬がいる場合は食害を行わず、犬がいないのを確認した上で食害行動におよぶと推察された。

今回の試験においては、犬に対してサルを威嚇する行動の学習は特に行っておらず、‘ボーダーコリー’種の本能がサルを威嚇したものと考えられた。集団化しているサルの移動時は、サルの鳴き声が発せられることが多く、観察から犬は数百メートル離れた場所のサルの存在に気づくと判断された。

第 11 表 ナシ園での犬放飼がサルの食害に及ぼす影響

調査期間	調査日数 (日)	犬投入の 有無	サルによるナシ 食害の有無	観察記録
6月 8日 ~ 7月 7日	30	無し	無し	
7月 8日	1	無し	有り	
7月 9日 ~ 7月16日	8	有り	無し	近くにサル出没
7月17日 ~ 7月26日	10	無し	無し	
7月27日 ~ 7月29日	3	有り	無し	近くにサル出没
7月30日 ~ 8月 9日	11	無し	無し	
8月10日	1	無し	有り	ナシの食害被害甚大
8月11日 ~ 8月12日	2	有り	無し	

2. 犬が園地を周回できる繫留装置の開発

第 10 図のように犬が‘不知火’園地の周囲を周回する装置を作成して、犬の自主的な周回が行われるかを 30 分間観察した。その結果、園地の四辺（ABCD）における滞在時間は A 辺では 7 分、B 辺では 13 分、C 辺では 5 分、D 辺では 5 分で犬はどの一辺にも移動できることが分かった。さらに、ワイヤーメッシュの設置により犬のリードが木杭に絡むことは無く、犬の行動は制限されることはなかった（第 12 表）。

山間部のサルの移動は、山の木から木に移動し、果樹園には山から降りてきて食害することが多い。したがって、普通は山からの進入路に対して直角に往復運動が可能になるように犬を鋼線とリングを使って繋ぎ止めることが行われてきた。しかし、この方法では園地の他の三辺には移動できないため、サルへの威嚇圧力は少ないと考えられる。さらに、従来の往復運動のみの繫留では、犬がイノシシなどの野生動物に襲われる可能性が高いため、園地を周回させることにより犬の安全性も高まる。今回の試験に供試した犬種は‘ゴールデンリトリバー’で一般的には大型犬と呼ばれる。サルは 8kg 程度に成長するので（栗田，2007），サルを威嚇する犬はサルよりも体重が重く大型の犬が望ましいと推察される。しかし、犬は飼いやすさや性格などの要素も加味して選定する必要がある。今後この周回装置を使った事例をもとにサルの食害対策に好ましい犬種の選定が行われることを期待したい。

なお、本試験で開発した犬が果樹園を周回できる装置は三重県が特許を取得し、全国に実施許諾事務を行っている（特許番号 4724813 号；中日新聞，2012；山陽新聞，2014）。

第 12 表 犬を周回可能な装置に繫留した場合の行動記録

滞在場所	滞在時間 (分)
A	7 (23) ^z
B	13 (43)
C	5 (17)
D	5 (17)

^z () は滞在時間合計に対する割合 (%)

第2章 キクミカンが発生する生産環境と安定生産のための栽培管理技術の開発

第1節 キクミカンの嗜好性および発生状況

三重県東紀州地域は、ウンシュウミカンや‘不知火’、‘清見’(*C. unshiu* × *C. sinensis*)等の中晩生カンキツを始め、‘新姫’等の香酸カンキツの生産地としても全国に知られている。しかし、近年は海外から輸入される様々な果物や県外産地との市場競争も厳しく、また、生産者の高齢化が一層深刻化し、廃業する事例も多くみられる。こうしたカンキツ生産基盤の弱体化は、当該地域に限らず全国的な傾向となっている。三重県東紀州地域のカンキツ生産地は、土壌が礫質で一般作物を栽培するのに適していないことや、放棄された農園がサル、シカ、イノシシ等による農作物被害を拡大する等の理由から、カンキツに新たな付加価値を見出して、生産維持を図る必要がある。とくに、近年、ウンシュウミカンの消費は伸び悩んでおり、新商材の開発、販路拡大が強く求められている。

これまで、栽培農家が自家選果過程で貯蔵性が劣るなどの理由で出荷を見合わせていた果実にキクミカン(写真5)がある。キクミカンはユズ肌様の模様が果実表面に見られる非常に甘いウンシュウミカンである。これは、夏季に降水量の少ない年を中心にかねてからみられ、生産者周辺では、甘さやじょうのう膜の薄い点などの食味が評価されていたものの、日持ちが悪い、酸高果が混じるなどの理由からほとんど流通しなかった。しかし、近年では流通・販売方法の多様化や非破壊糖酸度選果機の普及によってキクミカン果実の市場が形成できる環境が整ってきたことから、新たな商品開発やブランド戦略として注目され始めている。三重県東紀州地域では約15年前から点滴灌水とシートマルチによる栽培が普及してきており、適度な乾燥ストレスが生み出すキクミカンの生産基盤が整備されている。さらに、当地域は乾きやすい礫質土壌が広く分布しており、

こうした利点を利用したキクミカンのブランド化が期待されている。

本章では，主にマルチ栽培園で生産されるキクミカンならびにキクの無いマルチミカン，露地ミカンを対象に，一般消費者の嗜好性を調査し，キクミカンの優位性を客観的に明らかにした．さらに，三重県紀南地域で生産される大半の果実が持ち込まれる JA 三重南紀統一選果場において，キクミカンの混入率を調査することで，どのような立地（土壌タイプ，マルチの有無など）でキクミカン発生が多いかを調査した．これらの調査から，新たなウンシュウミカンのブランド商品としてのキクミカンの優位性を見出すとともに，キクミカンが生産される環境ならびに安定生産技術を検討し，キクミカン商材開発の方針，戦略を提案している．



写真 5 キクミカン果実

材料および方法

1. キクミカンの嗜好性調査

JA 三重南紀管内で栽培され、2006 年 11 月 1 日に収穫された‘興津早生’果実を供試した。キクミカンは三重県熊野市内で 7 月からマルチ栽培を行うことで強い乾燥ストレスを与えた果実の中から、キク形状の認められるキクミカンの 2S~S 級果（果実径 50~61mm）を手選果した。また、マルチ栽培と露地栽培（対照区）由来のサンプルはキク形状の無い果実を JA 三重南紀統一選果場において選果済みの果実から選んだ。果実の Brix 糖度は、マルチ栽培のキクミカン果実で 16.3%、マルチ栽培のキク形状の無い果実で 12.8%、露地栽培のキク形状の無い果実で 11.3%であった。同様にクエン酸含量は、マルチ栽培のキクミカン果実で 0.89%、マルチ栽培のキク形状の無い果実で 0.59%、露地栽培のキク形状の無い果実（対照区）で 0.69%であった。果実重はマルチ栽培のキクミカン果実では 76.4g とやや小さく、マルチ栽培のキク形状の無い果実は 82.3g、露地栽培のキク形状の無い果実は 85.0g であった。

三重県および愛知県の 3 市で 2006 年 11 月 12 日~17 日に、食味に対するアンケート調査を実施した。16 歳以上の 302 名（男 127 名、女 175 名）を対象に、マルチ栽培のキクミカン果実、マルチ栽培のキク形状の無い果実、露地栽培のキク形状の無い果実を 1 果ずつ試食してもらい、最も好む果実を 1 タイプ選んでもらった。

調査対象者数の年齢構成は、46~55 歳が最も多く全体の 30%、次いで 36~45 歳と 56 歳以上が全体の約 24%を占めていた。アンケート結果は、男女別および年齢別（16~25 歳、26~35 歳、36~45 歳、46~55 歳、56 歳~）に集計した。

2. マルチ栽培や土壌タイプがキクミカンの発生に及ぼす影響

三重県熊野市周辺のマルチ栽培園と露地栽培園から JA 三重南紀統一選果場に出荷されたウンシュウミカンを対象に、2007 年 11 月

中旬の3日間キクミカンの出荷状況を調査した。キクミカンか否かは、果実表面のユズ肌様の模様の有無により肉眼で判定した。

調査対象は、マルチ栽培の39生産者（ロット）が出荷した1,016コンテナ分と、露地栽培の73生産者（ロット）が出荷した1,680コンテナ分の計2,696コンテナとした。なお、コンテナ単位の出荷重量はおよそ18～20kgで、Mサイズに換算すれば180～200玉である。

サンプリング方法は、まず、各出荷ロットの全コンテナ分を選果ラインにセットした後、直ちに選別前の100果を無作為にサンプリングした。キクミカンの発生状況は、調査果実数（100果）当たりのキクミカン数を日別に算出して3日間の平均値を求め、各生産者別のキクミカン混入率（%）として算出した。同様に、露地栽培とマルチ栽培別に集計し、キクミカン混入率（0～10%、10～20%、20%～）に応じて露地およびマルチ栽培生産者数の頻度（%）を調査した。

聞き取り調査は、キクミカン混入率が10%以下であったマルチ栽培の5生産者と20%以上の頻度で混入が確認された露地栽培の16園を対象とした。立地条件について調査し、出荷ロットの生産圃場が特定できた園地のうち、露地栽培でキクミカン発生が多い3園とマルチ栽培でキクミカン発生が少ない4園の位置を航空写真と土壌図に落とし込んで土壌タイプを判断した。

結果および考察

1. キクミカンの嗜好性調査

マルチ栽培でキクミカン果実に対する支持率は有効回答者全体の64.5%（195名）、マルチ栽培でキク形状の無い果実については19.9%（60名）、露地栽培でキク形状の無い果実については15.6%（47名）であった（第13表）。マルチ栽培のキクミカン果実は、年齢や性別に関係なく、他のタイプのウンシュウミカンよりも高く支持された。他のタイプの果実については、1) 露地栽培でキク形状の

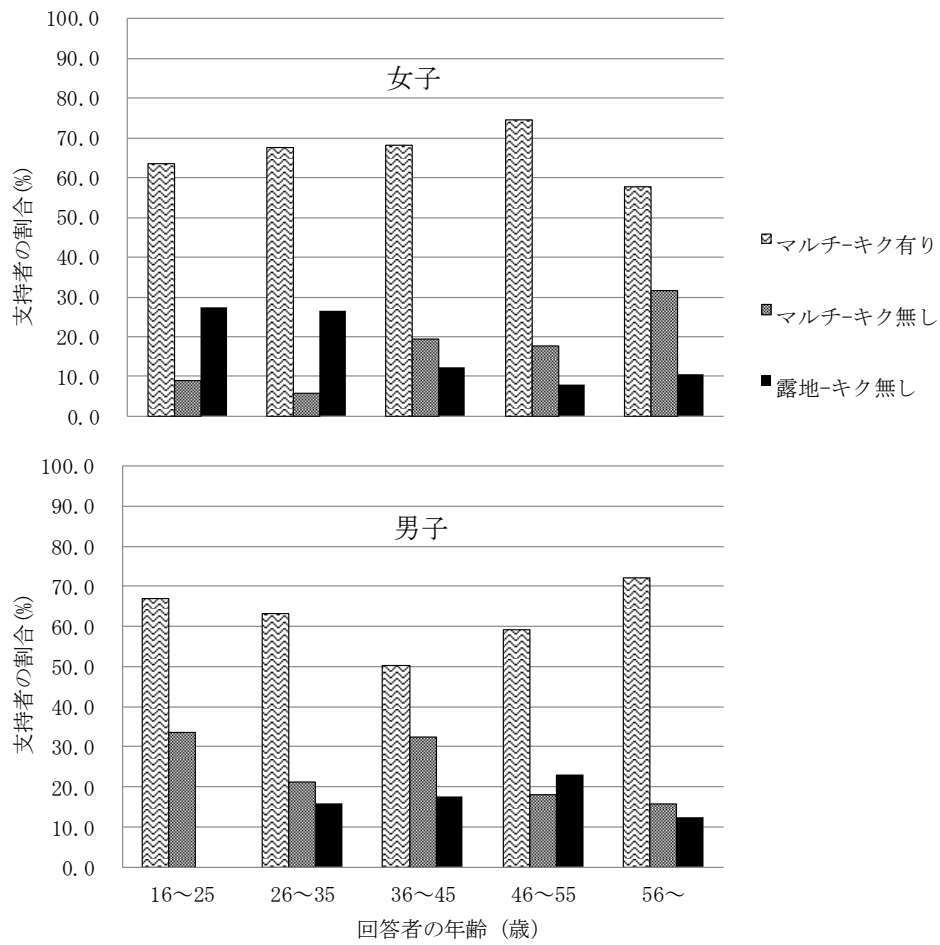
無い果実は、35歳以下の女性からの支持がそれ以外の層より高い傾向にあった。2) マルチ栽培でキクの無い果実は、45歳以下の男性からの支持が多い傾向にあった（第11図）。

以上のように、マルチ栽培のキクミカン果実は、年齢や性別を問わず、広く支持されていること、マルチ栽培のキク形状の無い果実は男性の支持が高く、露地栽培のキク形状の無い果実は相対的に若い年齢の女性からの支持が高い傾向にあった（第11図）。

キクミカンは世代や性別にかかわらず支持がもっとも高かったが、55歳以下の女性をターゲットにすれば安定した支持が得られると期待できた。今後はこの世代の女性をターゲットにした広報を展開する必要がある。並行してキクミカンを安定して生産できる立地や栽培マニュアルの確立が必要不可欠と考えられた。

第 13 表 栽培方法（マルチ・露地）と外観（キク形状の有無）の異なるウンシュウミカン果実の支持率（n=302）

処理区		支持の割合	支持者数
栽培方法	キク形状の有無	(%)	(人)
マルチ	有り	64.5	195
マルチ	無し	19.9	60
露地	無し	15.6	47



第 11 図 栽培方法（マルチ・露地）と外観（キク形状の有無）の異なるウンシュウミカン果実の年齢，男・女別支持率

2. マルチ栽培や土壌タイプがキクミカンの発生に及ぼす影響

マルチ栽培 39 園のなかでキクミカンを出荷した割合は 17.4%，さらに，100 果中にキクミカンが 20% 以上混入した生産者（団体を含む）の割合は 35.4%，キクミカンが 10～20% であった生産者の割合は 51.5% と極めて高い頻度で生産していることが明らかになった（第 14 表）。

露地栽培 73 園の 9.4% の園でキクミカンが出荷され，そのうちの 21.4% の園では 100 果中のキクミカン割合は 20% 以上であった。キクミカンの出荷割合が 10～20% の露地栽培園も 10.6% あった。しかし，多くの園（68.0%）ではキクミカンの出荷率は 10% 未満であった（第 14 表）。

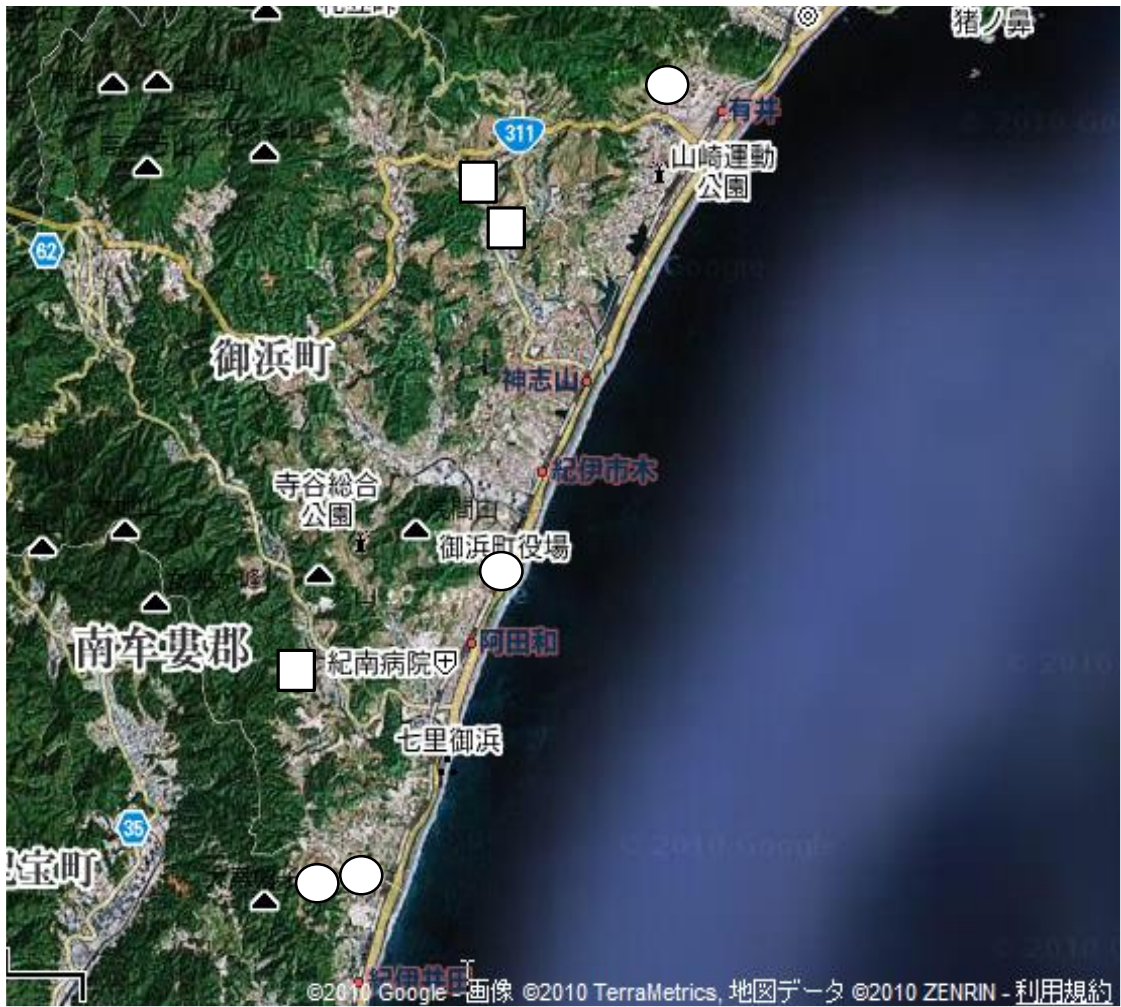
聞き取り調査の結果から，露地栽培においてキクミカンが 20% 以上混入した園は，排水性の良好な立地であると思われた。キクミカン生産には水はけ等の立地条件が大きく影響することが示唆された。そこで，マルチをしても乾きにくいと推測されるキクミカンの混入率が 10% 未満のマルチ栽培園 4 戸の生産者と，マルチせずとも乾きやすいキクミカン発生率 30% 以上の露地栽培園 3 戸の位置を航空写真，土壌図に落とし込んで検討した（第 12 図，第 13 図）。

その結果，露地栽培でキクミカンの発生が多かった園地は 3 園地とも高台にあり，マルチ栽培でキクミカンの発生が少なかった園地は 4 園地中 3 園地が低地にあった。また，露地栽培でキクミカンの発生が多かった 3 園地の土壌タイプは Gp（花崗班岩），Ur（泥岩），Gsm（礫・砂・泥の堆積物）で，マルチ栽培でキクミカンの発生が少ない園地は 4 園地中 3 園地が Gsm（礫・砂・泥の堆積物）であった。

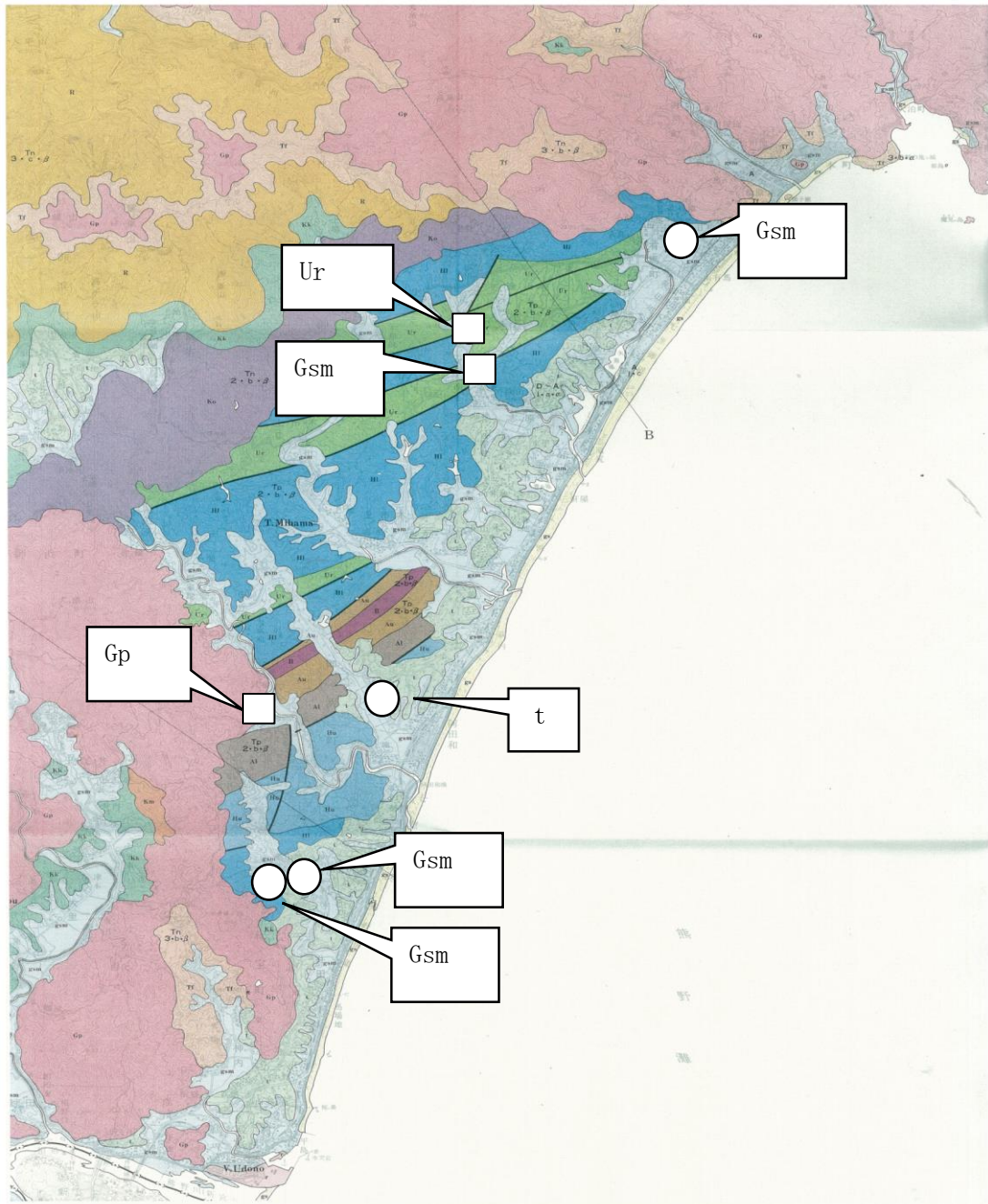
第 14 表 選果場に出荷されたロット内のキクミカン混入率

栽培方法	キクミカン 発生率 (%)	ロット毎のキクミカン混入率の割合		
		0～10%	10～20%	20%以上
マルチ	17.4	13.1	51.5	35.4
露地	9.4	68.0	10.6	21.4
有意性 ^z	**	**	**	*

^z t 検定により** 1%, *5%水準で有意差あり



第 12 図 マルチ栽培でキクミカン発生が少ない園地（○）と露地栽培でキクミカン発生の多い園地（□）の位置



第 13 図 マルチ栽培でキクミカン発生の少ない園地 (○) と露地栽培でキクミカン発生の多い園地 (□) の土壤型
 Gp (花崗班岩), Ur (泥岩), Gsm (礫・砂・泥の堆積物), t (礫を主とする堆積物)
 (土地分類基本調査「十津川」・「木本」・「新宮」・「阿田和」, 1997)

第 2 節 栽培管理方法がキクミカン発生に及ぼす影響

夏季における高温・少雨の気象条件やマルチ栽培が、果実の甘みを高め、糖酸度のバランスに優れた“こく”を高めることはよく知られている。前章では、栽培条件の異なるウンシュウミカンの中からキクミカン果実を選別して外観・形状と品質特性、および一般消費者による嗜好性を調査した結果、キクミカン果実は広い年齢層で好まれることを明らかにした。また、東紀州地域ではキクミカンは生産者の意図とは無関係に、かなり高い頻度で生産されている実態も明らかにした。

しかし、キクミカン生産は果実品質の向上と裏腹に、過度の乾燥ストレス付与による樹体ダメージも懸念されることから、実用化に向けてはキクミカン果実の品質と樹勢、収量の三者を調和させることが重要である。とくに、乾燥ストレスの程度を簡便に評価する技術ならびに水ストレス栽培のマニュアル化が強く望まれている。

一般に、乾燥ストレスはウンシュウミカン果実の肥大や果肉品質、翌年の着花数に直接的に影響することが知られている(真子・真壁, 1992; 吉川ら, 2001; 貝原ら, 2006)。また、奥田ら(2007)は、乾燥ストレスは主幹よりも周辺環境の変化の影響を受けやすい側枝により大きな影響を与えることを明らかにしている。加えて果実は葉より表面積が大きいために蒸散量も多く、着果は水ストレスの付与につながると考えられていることから、摘果方法により着果度を調節することで樹体内の水ストレス分布や果実肥大に影響されるものと推測される。

本章では、2005年～2007年の3年間、礫質土壌の金山パイロット農園(株)において、樹勢低下に配慮しながら適宜に灌水したマルチ(7月から11月)栽培と露地栽培の現地試験を実施、キクミカン発生率や着花度を継続調査した。

次に、‘興津早生’を供試して、マルチ被覆時期を変えることでキクミカンの発現に適する乾燥処理時期（果実発育前期，果実発育後期）について検討した。

さらに、樹冠上部摘果による樹冠下部への着果ストレスの付与が、キクミカン発生率に及ぼす影響を慣行間引き摘果と比較検討した。同時に、露地栽培における樹冠上部摘果の有効性も検討した。

材料および方法

1. 土壌乾燥がキクミカン発生に及ぼす影響

1) 土壌乾燥（7～11月）がキクミカン発生に及ぼす影響

2005～2007年の3年間、三重県熊野市内の金山パイロット農園（株）において露地およびシートマルチによるキクミカンの栽培試験を行った。供試樹として中程度の着果状態の約40年生の‘興津早生’10樹（植栽距離は1.9m×4.6m植）を供試した。そのうち、半数は地表面をシートマルチしたマルチ区、残りは被覆しない露地区とし、試験期間中（3年間）は同一樹に同じ処理を繰り返した。シートマルチの被覆期間は、2005年7月14日～11月24日、2006年7月14日～11月17日、2007年7月31日～11月21日で全面被覆した。

施肥および農薬散布は、露地区、マルチ区ともに、JA三重南紀の栽培マニュアルに従って管理した。灌水処理は、露地区は成り行きとし、マルチ区は、葉色や萎れの達観評価で樹勢が弱くなったと判断された場合、ネタヒュウム製ラム式灌水チューブ（30cmピッチ）1本により主幹より50cm程度離して灌水した。2005年における灌水回数は8/3～9/15の間に4回、灌水量は1回当たり28.9ℓ/樹であった。

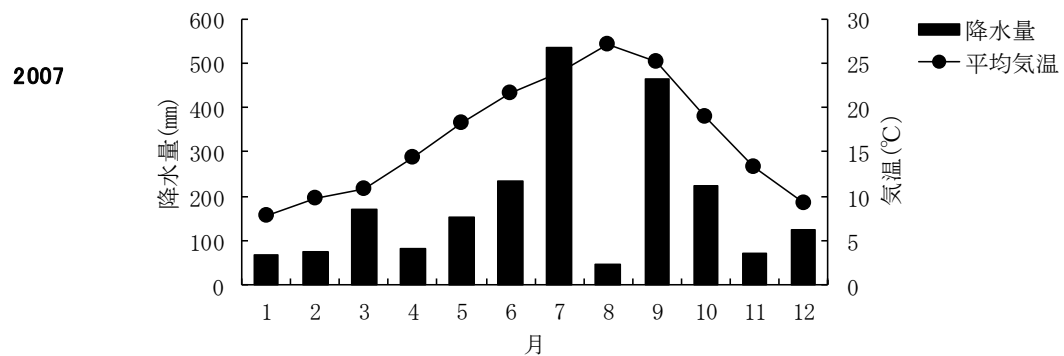
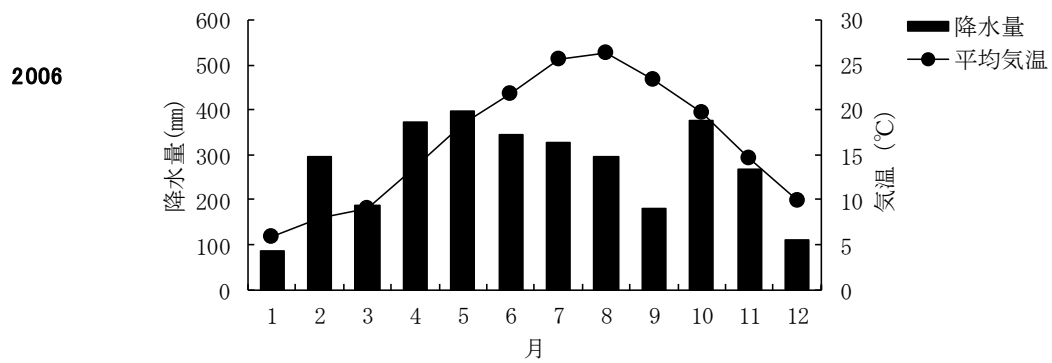
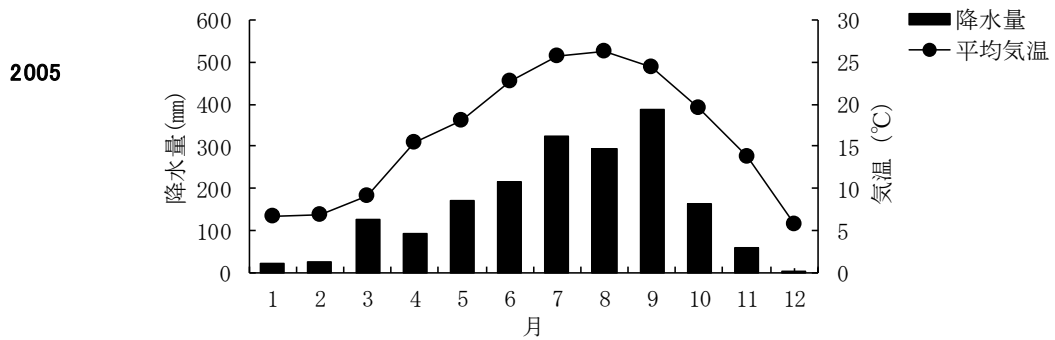
摘果作業は、2005年は7月26日と8月26日、2006年は7月18日と8月18日、2007年は7月4日と8月15日に実施し、7月の第1回目は達観で葉果比10～15になるように粗摘果を行い、8月の第

2 回目はサイズ摘果を実施した。

キクミカンの発生を 2005 年と 2006 年は 11 月 7 日，12 月 7 日の 2 回に分けて調査した。2005 年は 1 樹当たり平均 207 果，2006 年は 1 樹当たり平均 358 果を調査した。2007 年は 10 月 18 日，10 月 30 日の 2 回に分けて 1 樹当たり 75 果について調査した。

樹体調査を 2005 年 7 月 14 日に，着花調査を 2006 年 5 月 2 日，2007 年 5 月 2 日に 5 段階（1：少，2：やや少，3：中，4：やや多，5：多）で評価した。

なお，3 カ年の月別平均気温と降水量（アメダスデータ）は当地域内の熊野市新鹿町気象データから集計して，第 14 図に示した。



第 14 図 各調査年の月別平均気温および月別降水量の推移

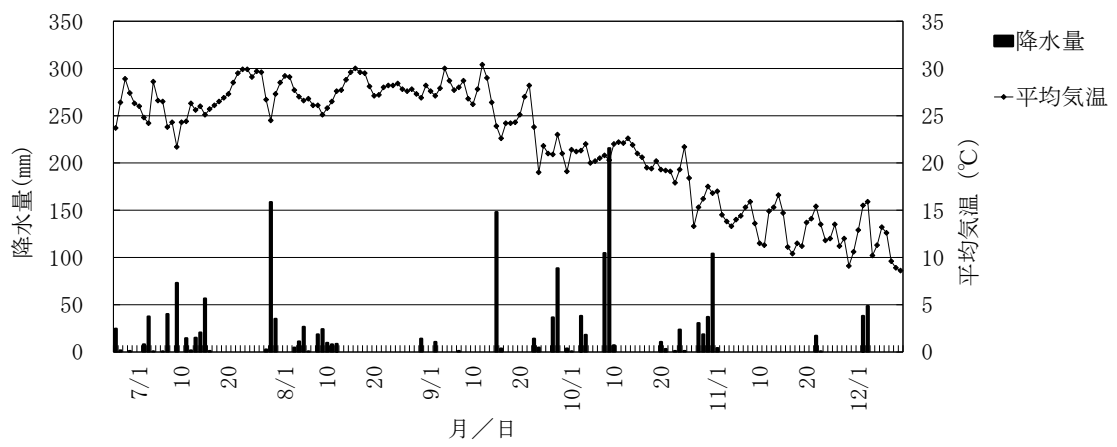
2) 土壌乾燥の時期の違いがキクミカン発生に及ぼす影響

2010年に三重県熊野市の金山パイロット農園(株)において‘興津早生’成木(約40年生)をマルチ(ハードタイプ・デュポン(株)製)栽培し、灌水調節により乾燥処理時期を変えることによるキクミカン発生率への影響を調査した。シートマルチの敷設は2010年7月28日に開始し、収穫期の12月10日まで実施した。乾燥処理はマルチ栽培園において灌水処理の時期を変えることで、果実発育の前期あるいは後期に与えた。乾燥処理Ⅰ区(果実発育前期ストレス)では9月1日まで無灌水で管理した後、9月2日、10日、14日、22日、24日、30日、10月4日、15日、22日、11月10日、22日の計11回、1回当たり3t/10aを灌水し、乾燥処理Ⅱ区(果実発育後期ストレス)は8月6日、9日、12日、16日、20日に灌水し、その後9月24日までの約1カ月間を無灌水で管理し、9月24日、30日、10月4日、15日、22日、11月10日、22日の計12回、1回当たり3t/10aを灌水した。乾燥処理Ⅰ区は7樹、乾燥処理Ⅱ区は13樹を供試した。灌水方法はネタヒュウム製ラム式灌水チューブ(30cmピッチ)を1樹当たり18穴となるように設置した。なお、両区とも、2007年7月26日に果実径32mm未満を、10月30日に51mm未満の果実をサイズ摘果した。

キクミカンの発生を2010年11月1日に調査した。供試樹から無作為に50果を抽出してキクミカンの発生を目視調査し、その発生率を①0~5%、②6~10%、③11~15%、④16~20%、⑤21~25%、⑥26~30%、⑦31~35%、⑧36~40%、⑨40%以上の9段階に分類した後、各処理区の樹体頻度を集計した。

果実品質は、11月30日にキクミカン果実が11%以上発生している樹体(処理Ⅰ:3樹、処理Ⅱ:8樹)からキクミカン果実を1樹当たり5果サンプリングして調査した。調査項目は、全重、横径、果形指数(横径/縦径)、果肉率(可食部重/全重)、果皮厚、果皮色、

果肉色，Brix 糖度，クエン酸含量，着色歩合とした．果皮の着色歩合は肉眼で 11 段階評価，果皮色および果肉色は農林水産省果樹試験場興津支場が作成したオレンジ系カラーチャートにより，果実品質は Brix 糖度とクエン酸（％）を糖酸度分析装置（NH-2000・HORIBA 製）により測定した．なお，試験期間中の日別降水量および平均気温は第 15 図に示した通りである．



第 15 図 降水量および平均気温の推移 (2010 年)

2. 摘果方法がキクミカン発生に及ぼす影響

2007年に三重県熊野市の金山パイロット農園(株)の‘興津早生’成木を供試し、マルチ栽培(ハードタイプ・デュポン(株)製)(マルチ区)および露地(露地区)栽培し、各処理区5樹について樹冠上部摘果および慣行間引き摘果を行い、キクミカンの発生率、収量および果実品質を調査した。シートマルチ敷設は2007年7月31日に開始し、果実収穫期に達した11月21日までの間約120日間実施した。

灌水はマルチ区のみを実施し、ネタヒュウム製ラム式灌水チューブ(30cmピッチ)を1樹当たり6穴となるように設置して果実の肥大と巻葉程度を観察して適宜行った。なお、試験期間中の日別降水量および平均気温は第18図に示した通りである。

樹冠上部摘果は、樹高の3分の2より上を2007年7月4日に全摘果し、8月27日に残りの果実を間引き摘果した。慣行間引き摘果処理は、2007年7月4日と8月15日に2回、それぞれ1側枝当たりの着果数と果実の大きさを考慮して実施した。

キクミカン発生は、2007年10月18日、10月30日の2回、1樹当たり30果を調査し発生率を求め、さらにキクミカンの程度を0(無)、1(軽)、2(中)、3(甚)の4段階で評価した。果実品質は2007年12月4日に1樹についてキク形状の有無にかかわらず5果をサンプリングして、前出の方法にしたがって調査した。また、収量は2007年11月5日、12月5日の2回に分けて収穫して調査した。得られたデータは分散分析を行い多重比較検定(Tukey-Kramer法)を行った。

結果および考察

1. 土壌乾燥がキクミカン発生に及ぼす影響

1) 土壌乾燥(7~11月)がキクミカン発生に及ぼす影響

供試した‘興津早生’の40年生樹の植栽密度は114本/10aで、

当地域で通常栽培されている植栽密度とほぼ同じであった。また、樹高、すそ高、樹幅、樹冠容積も当地域の同年齢期の樹体とほぼ同じであったが、露地区とマルチ区を比較すると、マルチ区の樹冠容積が露地区よりも幾分大きかった（第 15 表）。一般に、樹冠容積は果実の収穫量に関連する要因とされるが、成木期ではキクミカン発生への影響は考えにくいことから、露地区とマルチ区とも適切に設定されたと判断できる。

2005 年～2007 年の 3 カ年間の月別平均気温と降水量をみると、ウンシュウミカンの収穫量に重要な時期である果実発育後半の平均気温は 2005 年 8 月 26.3℃、9 月 24.4℃、10 月 19.6℃、2006 年 8 月 26.3℃、9 月 23.4℃、10 月 19.7℃、2007 年 8 月 27.1℃、9 月 25.1℃、10 月 19.0℃と、良好に推移した（第 14 図）。一方、降水量は、月別降水パターンが年によって大きく異なった。たとえば、2005 年は、2007 年や 2006 年よりも生育期間を通じて降水量が少なめだったが、7 月、8 月、9 月の 3 カ月間は 2006 年とほぼ同程度の降水量であった。2006 年は、9 月の降水量が他の月より幾分少なめであったが、5 月～10 月末まで平均 400mm 前後の降水量があった。2007 年の降水は 7 月と 9 月に集中し、両月とも 500mm 前後の降水量が記録された。その他の月は降水量 100～200mm で、とくに 8 月の 1 カ月間の降水量は 47mm と少雨であった。

過度な乾燥を防ぐため、マルチ区の灌水管理は第 16 図に示したとおり、2005 年 8/3～9/15 の間に 4 回、1 回当たり 28.9ℓ/樹、2006 年 7/31～11/1 の間に 13 回、1 回当たり 14.5～28.9ℓ/樹、2007 年 8/6～10/29 の間に 14 回、1 回当たり 14.5ℓ/樹となり、灌水回数および 1 回当たりの灌水量はそれぞれ年によって大きく異なった。2005 年は 7 月下旬～8 月上旬にかけて集中的に灌水を施し、2006 年と 2007 年は生育期間全般にわたってこまめに灌水した。

2005 年、2006 年、2007 年の 3 カ年平均のキクミカン発生率は露

第15表 試験開始時の供試樹の状況ならびにシートマルチ被覆が着花量に及ぼす影響

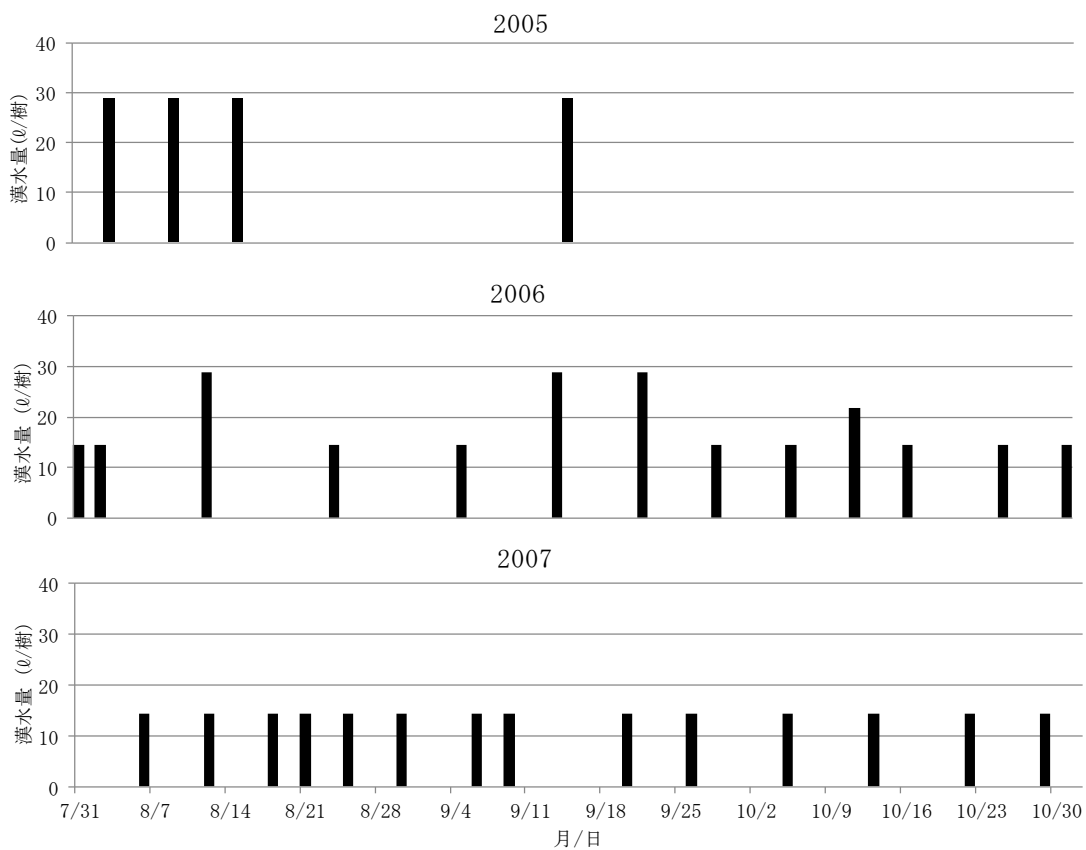
処理区	樹高	すそ高	樹幅	樹冠容積	着花指数 ^z	
	(m)	(m)	(m)	(m ³)	2006	2007 2カ年平均
マルチ	2.45±0.12 ^y	0.23±0.07	4.59±0.21	16.3±2.3	3.2	3.7
露地 (対照)	2.33±0.13	0.23±0.05	4.10±0.06	11.8±0.8	2.4	3.5
有意性 ^x					NS	NS NS

(調査日：2005年7月14日)

^z着花程度は2006年5月2日, 2007年5月2日に5段階 (1:少, 2:やや少, 3:中, 4:やや多, 5:多) で評価した

^y平均値±標準誤差 (n=5)

^xNSはt検定により5%水準で有意差なし



第 16 図 マルチ区における灌水の時期と量

マルチ期間：2005年7月14日～11月24日
 2006年7月14日～11月17日
 2007年7月31日～11月21日

地区 4.5%，マルチ区 24.5%で，マルチ区が露地区よりも 2005 年と 2006 年で有意に高かった（第 16 表）．また，マルチ区の平均キクミカン発生率は 2005 年 28.0%，2006 年 23.0%，2007 年 22.4%で，年次間差が小さく安定していたが，2007 年では，シートマルチ区の調査樹の 1 本でキクミカン発生が著しく低かったために，露地区との有意差は認められなかった．

一方，露地区のキクミカン発生率は 2005 年が 3.0%，2006 年が 5.0，2007 年は 5.6%であった．キクミカンの発生は，露地区ほど降水量の影響を受けやすいと考えられるが，栗山（1972）は，とくに 8 月から 9 月の土壤乾燥がキクミカン発生を左右するとしている．本試験において 2005 年は 8 月から 9 月にかけて 1 カ月間に 200mm 以上の降水がみられたが 2006 年は 9 月，2007 年は 8 月に降水量が少なかったことが記録されており，この期間の降水量の多寡が重要であることが示唆された．

また，平均着花指数（2006 年と 2007 年の 2 カ年平均）は露地区 3.0，シートマルチ区 3.5 と良好であり（第 15 表），各年ともに十分な収穫量が得られた．マルチ区でも適宜に灌水することでキクミカンを安定して発生させながら着花も維持できることが示された．

以上のように，三重県東紀州地域では，マルチ栽培によって 20% 以上の割合でキクミカンを安定生産できるポテンシャルがあると考えられた．また，露地栽培でも 10% 前後は期待できると推察された．

第16表 シートマルチ被覆がキクミカンの発生率に及ぼす影響 (2005～2007年)

処理区	2005	2006	2007
マルチ	28.0	23.0	22.4
露地 (対照)	3.0	5.0	5.6
有意性 ^z	*	*	NS

^z t検定により*5%水準で処理区間に有意差あり, NSは有意差なし

マルチ期間: 2005年7月14日～11月24日

2006年7月14日～11月17日

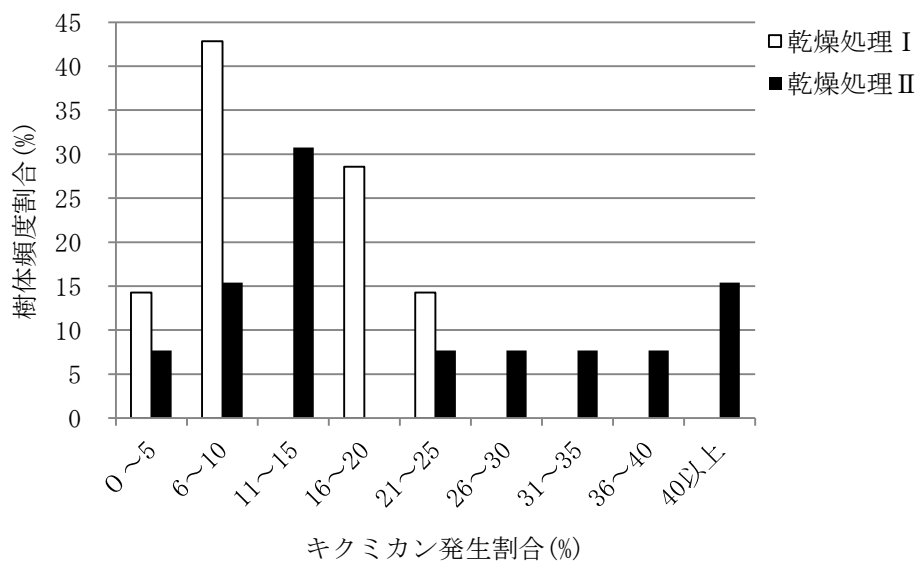
2007年7月31日～11月21日

2) 土壌乾燥の時期の違いがキクミカン発生に及ぼす影響

キクミカンの発生は土壌乾燥に加えて栽培条件でも大きく異なり、マルチ区、露地区内の樹間変動が大きい。したがって、キクミカン発生率を各処理区の単純平均値で評価するだけでは不十分である。そこで、各樹体のキクミカン発生率を9段階(①0~5%、②6~10%、③11~15%、④16~20%、⑤21~25%、⑥26~30%、⑦31~35%、⑧36~40%、⑨40%以上)に区分し、樹体頻度を比較した。その結果、キクミカン発生率および樹体頻度は、乾燥処理Ⅰ区(果実発育前期の乾燥処理)と乾燥処理Ⅱ区(果実発育後期の乾燥処理)間で大きく異なった。すなわち、乾燥処理Ⅰ区(果実発育前期の乾燥処理)では、キクミカン発生率が6~10%であった樹が全体の40%以上(樹体頻度)を占め、次いで発生率が16~20%の樹体頻度が30%であった。また、全樹において、キクミカン発生率は25%以下であった。一方、乾燥処理Ⅱ区(果実発育後期の乾燥処理)では、樹体頻度が最も高かったのはキクミカン発生率11~15%の区分で全体の30%を占め、次いでキクミカン発生率6~10%の区分と40%以上の区分の2つで樹体頻度はそれぞれ15%であった。また、乾燥処理Ⅰ区と乾燥処理Ⅱ区におけるキクミカン発生率の単純平均はそれぞれ12.6%と24.5%であった。これらのことから、キクミカン発生には、果実の生育期後半に乾燥ストレスを与える方がより有効であることが示唆された(第17図)。また、乾燥処理Ⅱ区においてキクミカン発生率の樹間変動が大きかったことはキクミカンの発現に乾燥以外の着果程度や果実サイズなどの樹体要因の関与が示唆された。

11月30日のキクミカンが11%以上発生した樹におけるキクミカンの果実品質は、果皮色を除いて、乾燥処理Ⅰ区と乾燥処理Ⅱ区の間で有意な差は認められなかった。Brix糖度は乾燥処理Ⅰ区、Ⅱ区ともに14%以上であった(第17表)。また、 β -クリプトキサンチンは乾燥ストレスで増加しやすいことが報告(福永ら, 2002)され

ており，乾燥処理Ⅰ区と乾燥処理Ⅱ区間の果皮色の差はβ-クリプトキサンチン含量の差を示唆するかもしれない．このことは，乾燥処理Ⅱ区への乾燥ストレスが乾燥処理Ⅰ区へよりも強かったことを示唆しており，キクミカン発生の増加と一致すると考えられた．乾燥処理Ⅰ区はシートマルチを敷設した7月28日から9月1日までの36日間，乾燥処理Ⅱ区は7月28日～8月6日までの無灌水処理の9日間と灌水処理を中断した8月20日～9月24日までの35日間，計44日間，それぞれ水切り状態にした．気象条件は，第15図に示したとおり当該地域における夏季の典型的な日平均気温と降水パターンを示し，高温と乾燥が厳しかった．平均気温は，7月16日の梅雨明けより25℃～30℃と高温で推移し，ようやく9月中旬に25℃を下まわった．この間，8月12日までは適度な降雨があったものの，その後は8月30日と9月2日の2回，合計で25mmの降雨があった．こうした好天に恵まれて外気温が高く，蒸発散量が促進された結果，無灌水の状態では土壌水分量が低下し樹体内の水ポテンシャルが高まり，乾燥ストレスが負荷されたと推察された．とくに，樹体量の増加が顕著な果実生育の後半ほど，樹体は乾燥の影響を受けやすい状況にあったと推察された．したがって，キクミカンの発生は，8月下旬から9月中旬の乾燥ストレスによって助長されることが示唆された．



第 17 図 乾燥時期の違いがキクミカン発生に及ぼす影響 (2010 年)

マルチ期間 : 7 月 28 日 ~ 12 月 10 日

乾燥処理 I (果実発育期の 7/28 ~ 9/1 にストレス付与)

乾燥処理 II (果実発育期の 8/20 ~ 9/24 にストレス付与)

第17表 乾燥時期の違いが果実品質に及ぼす影響(2010年)

処理区	全重 (g)	横径 (mm)	果形 指数	果肉率 (%)	果皮厚 (mm)	果皮 色 ^z	果肉 色 ^z	Brix (%)	クエン 酸(%)	着色歩 合(分)
乾燥処理Ⅰ	76.7	56.1	123.7	81.4	2.33	7.6	9.3	14.0	0.97	10.0
乾燥処理Ⅱ	82.7	58.0	130.0	82.2	2.26	8.0	9.5	15.4	1.01	10.0
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS

^z果皮色および果肉色はオレンジ系カラーチャート値

^y t 検定により*5%水準で有意差あり, NSは有意差なし

乾燥処理Ⅰ：7月28日～9月1日にストレス付与

乾燥処理Ⅱ：8月20日～9月24日にストレス付与

2. 摘果方法がキクミカン発生に及ぼす影響

10月18日におけるキクミカンの発生率は、露地・慣行摘果区で4.0%と低かったが、露地・樹冠上部摘果区で32.3%、マルチ・樹冠上部摘果区では31.3%と高かった。指数別発生率は指数2以上の発生はほとんどみられなかった。10月30日におけるキクミカンの発生率は10月18日より多くなり、露地・樹冠上部摘果区で37.0%、マルチ・樹冠上部摘果区では37.7%であった。キクミカンの指数別発生率は、マルチ栽培および露地栽培の樹冠上部摘果区でキク発生程度2の割合がそれぞれ7.7%、6.7%認められた(第18表)。

2007年の日別降水量は7月21日から9月9日までの51日間で降雨日は13日あったが5mm以上の降水量が認められたのは3日間のみで少雨傾向であった。また、この間の平均気温は25℃以上で高かった(第18図)。このため、露地・慣行摘果区でも2%のキクミカンの発生が認められたものと推測された。

一方、10月18日から10月30日にかけては14日中8日の降雨日があり、合計179mmの降水量があった。このことから、10月18日の調査日と10月30日の調査日のキクミカン発生率の違いは樹体へのストレスの追加によるものではなく、果実の成熟によるキクミカン発現の増加と考えられた。一般的に樹冠上部摘果法は、樹冠の下部を中心に果実を着果させるために果実への着果ストレスがかかりやすく、慣行摘果法に比較して高糖度な果実生産が可能である(高木ら、2009)。樹冠上部摘果区では第1回目の摘果時に樹冠上部3分の1の全果実を摘果するため、第2回目の摘果は慣行摘果区の第2回目の8月15日よりやや遅らせて8月27日に行った。この間の降水量は5.5mmと少なく、樹冠上部摘果区には慣行摘果区より着果ストレスが強かったことがキクミカン発生に影響したのかもしれない。

キクミカンの発生あるいは生産には、果実品質の向上と裏腹に、

過度の乾燥ストレスによる樹体ダメージがともなう。樹冠上部摘果はキクミカンの発生を促進する着果技術であることが示された一方で、単位樹冠容積当たりの収量はシートマルチや露地の慣行摘果区より少ない（第 19 表）。また、樹冠上部摘果が必ずしも果実糖度を向上させる結果とはならなかった（第 20 表）。樹冠上部摘果によりキクミカンの発生を促進できたが、品質と樹勢、収量の三者を調和させる樹体管理技術の開発が今後重要であると考えられた。

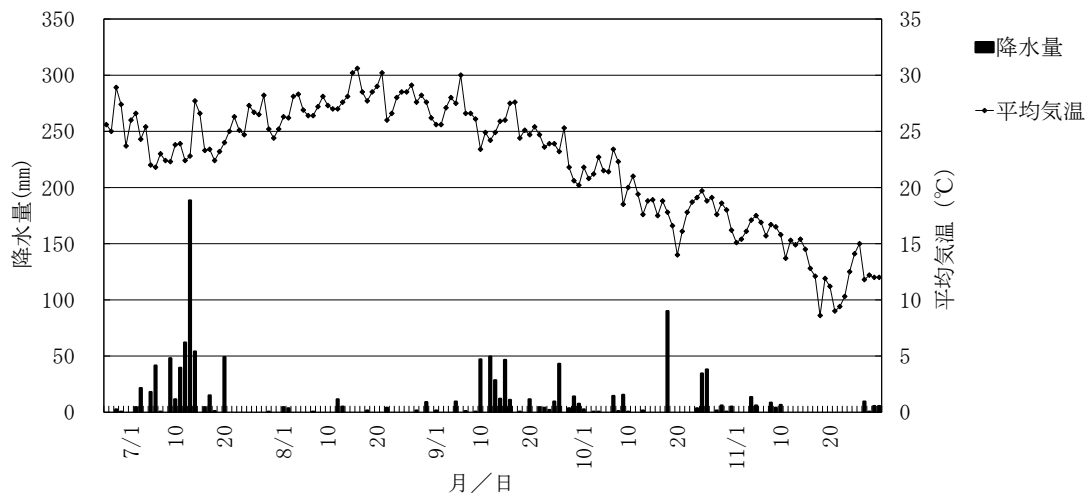
キクミカンの商品化にあたってはウンシュウミカンとは別の新たな規格が必要であろう。キクミカンは、果実表面にユズ肌様の模様が見られ、既存のウンシュウミカン果実とは外観からも住み分けられるべきである。導入済みの非破壊糖酸度選果機を改良し、キクミカン選果ラインを設けブランド化を図ることが重要と考えられる。

第 18 表 摘果方法の違いがキクミカンの発生に及ぼす影響 (2007 年)

調査日	処 理 区	発生割合 (%)	指数別発生割合 (%)			
			0	1	2	3
10月18日	マルチ ^z ・樹冠上部	31.3 ab	68.7 ab	31.3 ab	0	0
	マルチ・慣行	5.0 ab	95.0 ab	5.0 ab	0	0
	露地・樹冠上部	32.3 a	67.7 b	32.0 a	0.3	0
	露地・慣行	4.0 b	96.0 a	4.0 b	0	0
	有意性 ^y	*	*	*	NS	NS
10月30日	マルチ・樹冠上部	37.7 a	62.3 b	30.0 a	7.7 a	0
	マルチ・慣行	3.7 b	96.3 a	3.7 b	0 b	0
	露地・樹冠上部	37.0 a	63.0 b	30.3 a	6.7 a	0
	露地・慣行	2.0 b	98.0 a	2.0 b	0 b	0
	有意性	**	**	**	**	NS

^zマルチ期間：7月31日～11月21日

^y各項目において、同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%, *5%水準)



第18図 降水量および平均気温の推移 (2007年)

第 19 表 摘果方法の違いが収量および収穫果実の 1 果平均重に及ぼす影響 (2007 年)

処 理 区	収 量		1 果平均重 (g)
	1 樹当たり (kg/樹)	樹冠容積当たり (kg/m ³)	
マルチ ^z ・ 樹冠上部	39.1	2.8 c	83.9 b
マルチ ・ 慣 行	54.7	4.6 b	93.8 ab
露 地 ・ 樹冠上部	40.6	3.8 bc	93.8 ab
露 地 ・ 慣 行	54.7	6.3 a	100.7 a
有意性 ^y	NS	*	**

^zマルチ期間：7月31日～11月21日

^y各項目において，同一英文字間に有意差なし (Tukey法，**1%，*5%水準)

第20表 摘果方法の違いが果実品質に及ぼす影響（2007年）

処 理 区	全重 (g)	横径 (mm)	果形 指数	果肉率 (%)	果皮厚 (mm)	果皮 色 ^z	果肉 色 ^z	Brix (%)	クエン 酸(%)	着色歩 合(分)
マルチ ^y ・樹冠上部	83.3 b	58.8	127	79.8	2.39	9.0 a	8.6 c	14.1 a	0.56	10.0
マルチ・慣行	86.2 ab	58.7	128	79.5	2.36	8.6 b	9.1 ab	13.8 a	0.65	10.0
露地・樹冠上部	90.2 ab	59.7	127	79.9	2.39	8.7 b	8.8 bc	11.9 b	0.59	10.0
露地・慣行	93.7 a	60.7	130	80.7	2.38	8.9 ab	9.5 a	12.3 b	0.61	10.0
有意性 ^x	*	NS	NS	NS	NS	*	*	**	NS	NS

^z果皮色および果肉色はオレンジ系カラーチャート値

^yマルチ期間：7月31日～11月21日

^x各項目において、同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%, *5%水準)

第3章 特産果樹‘新姫’果実のもつ機能性の活用

第1節 ‘新姫’の全果実および部位別フラボノイド含量

わが国においては、食習慣の乱れによる生活習慣病の増加が問題となってきた。たとえば、糖尿病は様々な合併症を引き起こす原因であり、年齢とともに有病率が増加する疾病とされ、食生活などによる予防の重要性が指摘されている（間苧谷・田中，2003）。同様にその他の生活習慣病に対しては、日常の食生活の中で発病を予防する動きが活発化してきている（荒井，1999）。カンキツ類は、フラボノイド、カロテノイド、クマリン、テルペン、リモノイドなどの機能性成分を多く含有している（野方，2005）。フラボノイド類のヘスペリジンやナリンギンには、癌細胞のアポトーシス誘導作用（Kannoら，2003）や脂質代謝の改善作用（Kimら，2003）、タンゲレチンやノビレチンには癌細胞の浸潤・転移抑制作用（Brackeら，1994；Minagawaら，2001）、血漿VLDL（very low density lipoprotein）濃度の低下作用（Manthey，2000）、ならびに関節リウマチや関節破壊症に関与するマトリックスメタロプロテアーゼ産生阻害作用（Ishiwaら，2000）のあることが報告されている。これら機能性成分をカンキツ生産の活性化につなげようという動きがある（久保ら，1989；松田ら，1991；隅田ら，1999；Tanakaら，1998；矢野，1999）。たとえば、沖縄県特産のシークワサー（*C. depressa* Hayata）は、ポリメトキシフラボンであるノビレチン含量が多く抗腫瘍形成や抗腫瘍作用が認められ（Murakamiら，2000；Satoら，2002）、生産が活性化している（太田，2004）。また、和歌山県特産の‘じゃばら’（*C. Jabara hort ex. Y. Tanaka*）も、花粉症の症状を緩和する効果のあるナリルチン含量が多いことから、生産の振興に大きく貢献している（木村ら，2003；中地，2003）。

三重県では、1997年に品種登録された香酸カンキツ‘新姫’や三重県鳥羽市で「市の木」に指定されているタチバナ（*Cs. tachibana*）

が嗜好性に優れ，生食用や果汁飲料用として栽培面積が年々増加しており，地域特産カンキツとして期待が高まっている．これまで，タチバナ果実のフラボノイド含量については野方（2005）が45種類のカンキツを比較調査し，エリオシトリン，ナリルチン，ヘスペリジン，ネオポンシリン，ディオスミン，ネオディオスミン，シネンセチン，ノビレチンおよびタンゲレチンを豊富に含むことを報告している．したがって，タチバナの類縁と考えられている‘新姫’（財団法人 農産業振興奨励会，1992）についても，タチバナと同様に機能性成分であるフラボノイドを多く含有することが期待されていた．Miyake(2006)は，‘新姫’果実の果皮と果汁中のフラボノイド成分を分析した結果，果皮にエリオシトリン，ナリルチン，ヘスペリジン，ナリンギン，ノビレチンおよびタンゲレチンを多く含有すると報告している．果汁商品としての利用が考えられる‘新姫’には果皮の有効利用が必須であり，果皮の部位別フラボノイド含量や，搾汁後の残渣となる果肉部分の含量など，詳細な検討が求められている．

そこで，本研究では，三重県で特産化されてきている香酸カンキツ‘新姫’の機能性成分であるフラボノイド含量をフラベド，アルベド，維管束，じょうのう膜，砂じょうおよび種子別に明らかにし，類似カンキツ類であるシークワサー，タチバナと比較検討した．

材料および方法

1. 供試材料

三重県科学技術振興センター農業研究部（紀南果樹研究室）の実験圃場内で栽培されている‘新姫’，シークワサーおよび当地域の“花の窟神社”（三重県熊野市）に自生するタチバナの成熟果実を供試した．‘新姫’およびタチバナは2005年1月5日，シークワサーは2005年1月11日に採取した．‘新姫’とシークワサーは3樹から1樹当たり5果を採取し，タチバナは2樹から15果を

採取し，それぞれ 5 果を 1 群として 3 反復で分析に供試した．採取した果実サンプルは水洗後，果皮部と果肉部に分離し，さらにフラベド，アルベド，維管束，じょうのう膜，砂じょうおよび種子に分離し，直ちにナイロンバックに密封して分析に供試するまで -70°C で凍結保存した．

2. サンプル調製

分析用サンプルは，分析直前に凍結乾燥（東京理化，EYELAFD-1000）した後，コーヒーミル（IWATANI-1000）で粉砕して供試した．粉砕サンプルからの抽出は，Kawai ら（1999）の方法にしたがった．まず，粉砕サンプル 100mg を蓋付き試験管に秤量し，抽出溶媒 1ml [メタノール：ジメチルスルホキシド（1:1, v/v）] を加え，超音波（Yamato, BRANSON 3200）処理しながら室温で 10 分間抽出した．その後，遠心分離（12,000rpm, 15min）して上清を回収した．沈殿に抽出溶媒 1ml を加え，上清を回収する操作を 3 回繰り返す，5ml 容メスフラスコに定容した後，メンブランフィルター（孔径 $0.2\ \mu\text{m}$ ）で濾過して HPLC 分析に供した．

3. 供試試薬および HPLC 分析条件

エリオシトリン（ECR），ナリルチン（NRT），ヘスペリジン（HSP），ネオポンシリン（NPNC）およびシネンセチン（SNT）の標品として市販されている純品（フナコシ）を用い，ノビレチン（NBL）とタンゲレチン（TNG）の標品は，（独）農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所カンキツ研究興津拠点から提供されたものを供した．

各フラボノイド成分は，高速液体クロマトグラフ法にしたがって分離同定し，フラバノン は 285nm ，ポリメトキシフラボンは 360nm の吸収スペクトルを記録して定量した（Vandercook and Tisserat, 1989）．すなわち，TSK-GEL SUPER ODS カラム（ $\phi 4.6\text{mm}\times 50\text{mm}$ ）を装着した高速液体クロマトグラフ（島津製作所，LC-10 システム，フォトダイオードアレイ検出器）を用い，カラムオープン温度 40°C ，

移動相の流速 $1\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ とし, 2ステップもしくは3ステップによる2液グラジエント法 (A液: 10mMリン酸, B液: メタノール) によって分離した. エリオシトリン, ナリルチンおよびヘスペリジンのサンプル注入量は $4\mu\text{l}$ とし, 分離条件は (1) 0-50分: 20-80% A液, (2) 50-60分: 100-0% A液とした. シネンセチン, ノビレチン, タンゲレチンおよびネオポンシリンのサンプル注入量は $10\mu\text{l}$ とし, 分離条件は (1) 0-20分: 30-70% A液, (2) 20-30分: 60-40% A液, (3) 30-40分: 100-0% A液とした. 得られたデータは分散分析を行い, Tukey-Kramer法により多重比較検定を行った.

結果および考察

‘新姫’, タチバナおよびシークワサーの新鮮重と乾物重の部位別重量を第21表に示した. 新鮮重は, いずれでも砂じょうの割合が最も高かった. ‘新姫’では, 砂じょうの次にフラベドで高く, アルベド, 維管束の重量割合は低かった. 乾物重は新鮮重と比較して, いずれの種・品種でも砂じょうの割合が低くなり, 種子の割合が高くなった.

‘新姫’, タチバナおよびシークワサーのフラボノイド含量を第22表に示した. 7種類のフラボノイド成分は, シークワサーのエリオシトリンを除き, 供試した全てのカンキツで検出され, 各フラボノイド含量の種・品種間に有意差が認められた. すなわち, ‘新姫’はタチバナよりもエリオシトリン, ナリルチン, ヘスペリジン, ネオポンシリン, シネンセチンおよび総フラボノイド含量が高く, ノビレチン含量に有意差は認められず, タンゲレチン含量は低かった. また, ‘新姫’はシークワサーよりもエリオシトリン, ナリルチン, ネオポンシリンおよびシネンセチン含量が高く, ヘスペリジン含量に有意差は認められず, ノビレチンとタンゲレチン含量は低かった. フラボノイド成分別では, 供試した全てのカンキツにおいてヘスペリジン含量がエリオシトリン, ナリルチン, ネオポンシ

リン，シネンセチン，ノビレチンおよびタンゲレチンよりも高かった。

‘新姫’，タチバナおよびシークワサーの部位別フラボノイド含量を第 23 表に示した。各フラボノイド含量には，部位間で差が認められた。‘新姫’のエリオシトリン含量はフラベドとアルベドで最も高く，次いでじょうのう膜で高く，維管束と砂じょうにも認められた。タチバナではフラベドで高く，アルベドでも検出された。なお，タチバナのフラベドでの含量は‘新姫’のおよそ 43%であった。一方，シークワサーでは全く検出されなかった。‘新姫’のナリルチン含量は維管束，じょうのう膜，アルベドの順に高く，フラベドでも検出された。タチバナとシークワサーのナリルチン含量も維管束，じょうのう膜，アルベドの順に高く，その他の部位では検出されなかった。ヘスペリジンは，供試した全てのカンキツで最も多く含まれるフラボノイド成分で，種子以外の部位で検出された。‘新姫’のヘスペリジン含有量はアルベド，維管束，じょうのう膜の順に多く，砂じょうでも検出された。また，タチバナとシークワサーでも維管束，アルベド，じょうのう膜，砂じょうの順に多かった。ネオポンシリンは，‘新姫’では維管束，アルベド，じょうのう膜，フラベドの順に高かった。なお，シークワサーでは，フラベドおよびアルベドでは検出されなかった。ポリメトキシフラボンのシネンセチン，ノビレチンおよびタンゲレチンは，供試した全てのカンキツのフラベドとアルベドで検出され，フラベドにより多く含有されていた。

野方（2005）は，成熟果実をフラベド，アルベド，じょうのう膜，果肉に分画して調査し，本研究で調査対象としたフラボノイド成分についてタチバナでは，エリオシトリン，ナリルチン，ヘスペリジン，シネンセチン，ノビレチン，タンゲレチンがフラベドに多く，アルベドでも検出されること，ヘスペリジンとシネンセチンはアル

ペドで最も多かったことを報告している。また、シークワサーでも、各フラボノイドの部位別分布パターンは、タチバナと同様の傾向であることを報告している。本研究では‘新姫’、タチバナおよびシークワサーとも、各フラボノイド成分が分布する主要な組織・器官はほぼ同様の傾向を示し、エリオシトリン、シネンセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量はフラベドで最も高く、ナリルチンとネオポンシリン含量は維管束で最も高く、ヘスペリジンは維管束とアルペドで最も高かった。これは、野方（2005）が維管束とアルペドを同一分画として分析したことを考慮すれば、ほぼ一致する。また、Miyake(2006)は、‘新姫’の抗酸化活性はシークワサーより有意に高く、その理由としてエリオシトリン含有量が高いことと関係していると報告している。本研究においても、‘新姫’にはエリオシトリンが多く含まれることが認められた。

一方、野方（2005）によれば、タチバナ生果実 100g 当たりのエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオポンシリン、シネンセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量はそれぞれ 9.1, 6.1, 328, 2.6, 6.5, 54.3, 42mg, シークワサーではそれぞれ 2, 6, 411, 3.2, 1.8, 30.3, 18mg であった。たとえば、ヘスペリジンを例とした場合、本研究で得られたタチバナとシークワサー果実の乾物部位別フラボノイド濃度から部位別のフラボノイド含量を算出し、さらに部位別新鮮重量割合を乗じて算出した生果実 100g 当たりのヘスペリジン含量は、それぞれ 166.8mg と 274.8mg であり、野方(2005)の分析値 328mg と 411mg よりも顕著に低かった。また、本研究に供したタチバナのエリオシトリン、シネンセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量は、野方(2005)の分析値のそれぞれ 63%, 43%, 44%, 53% であった。一方、シークワサーのナリルチン、シネンセチン、タンゲレチンは、野方(2005)の分析値のそれぞれ 76%, 200%, 160% であり、ノビレチンはほぼ同じ含量であった。含有成分が様々

な要因によって変動することは、一般にみられる現象である。たとえば、シークワサーについては多くの系統が報告されており、果皮に含まれるフラボノイド含量にも差がみられる(寺本(稲福)ら, 2010)。このように、本研究の結果と野方(2005)のフラボノイド成分含量の違いについても、系統間差異(Kawai ら, 1999)、成熟に伴う変化(土田ら, 1996)、産地間差異、地形・日当たり条件などに起因する個体間差などが影響した結果と推察された。

また、Miyake(2006)は、‘新姫’のフラボノイド成分の抽出条件を吟味した結果、5分間抽出では60分間抽出の収率の50%に止まると報告している。野方(2005)の分析と本研究での分析における抽出溶媒は、いずれもメタノール:ジメチルスルホキシド(1:1, v/v)で同一であったが、抽出時間は、本研究で採用した室温10分×3回に対して、野方(2005)は室温12時間であった。このような抽出時間の違いもフラボノイド成分の分析値に影響したと考えられる。

これらフラボノイドに焦点を当てた機能性食品の開発においては、料理用生食の他、果汁製造方法も重要な課題と思われる。‘新姫’は、本来じょうのう膜や果肉を摂取する生食用よりも、果汁製造用としての用途の可能性が高い。アルベドやフラベドに多く含まれるノビレチンやタンゲレチンは、果実に十分圧力をかけないと抽出できない。‘新姫’のフラボノイド成分の抽出には熱水抽出が有効であるとの報告もあり(Miyake, 2006)、これら加圧方法や抽出方法の違いとフラボノイド成分の果汁への移行率については、今後、検討される必要がある。

以上のように、‘新姫’はタチバナやシークワサーよりもエリオシトリン、ナリルチン、ネオポンシリン、シネンセチンを多く含有し、これらフラボノイド成分はフラベド、じょうのう膜、維管束に多く分布することが認められた。

第21表 3種の香酸カンキツにおける成熟果の部位別重量

調査部位	部位別重量 (生果)			部位別重量 (乾物)		
	新姫 (g)	タチバナ (g)	シークワーサー (g)	新姫 (g)	タチバナ (g)	シークワーサー (g)
フラベド	2.9 b ^z (14.2) ^x	1.9 b ^z (12.1)	1.8 b ^z (15.0)	0.7 bc ^y (17.8)	0.5 d ^y (12.3)	0.6 bc ^y (17.3)
アルベド	0.6 d (2.9)	0.3 c (1.9)	0.2 b (2.0)	0.2 de (4.8)	0.1 e (2.2)	0.1 c (2.6)
維管束	0.4 d (2.1)	0.3 c (1.7)	0.4 b (3.2)	0.1 e (3.6)	0.1 e (2.3)	0.1 c (4.3)
じょうのう膜	1.9 c (9.4)	2.6 b (16.4)	1.4 b (10.9)	0.5 cd (13.5)	0.8 cd (19.3)	0.5 c (13.2)
砂じょう	12.6 a (62.7)	7.9 a (50.1)	7.2 a (57.4)	1.4 a (36.3)	1.0 b (24.0)	1.2 a (34.4)
種子	1.8 c (8.7)	2.8 b (17.8)	1.4 b (11.5)	0.9 b (24.0)	1.7 a (39.9)	1.0 ab (28.2)
全体重量	20.2 (100)	15.7 (100)	12.5 (100)	3.9 (100)	4.2 (100)	3.5 (100)

^x括弧内の数値は果実重に対する構成割合 (%) を示す

^{z, y}各項目において、同一英文字間に有意差なし (Tukey法, ^z1%水準, ^y5%水準)

第22表 3種の香酸カンキツの成熟期における乾燥果実に含まれるフラボノイド含量

種・品種	フラボノイド含量 ^z ($\mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1} \text{dry weight}$)							総量
	ECR ^y	NRT ^y	HSP ^y	NPNC ^y	SNT ^y	NBL ^y	TNG ^y	
新姫	124.7 a ^w	99.3 a ^w	1273.8 a ^w	63.9 a ^w	42.3 a ^w	86.8 b ^x	30.4 b ^w	1721.2 a ^x
タチバナ	23.1 b	49.9 b	671.0 b	34.3 b	11.2 b	95.7 ab	90.1 a	975.2 b
シークワサー	0.0	17.7 c	1188.6 a	11.5 c	15.5 b	133.1 a	125.5 a	1491.8 a

^z果実の部位別フラボノイド濃度に部位別乾燥重量割合を乗じて算出した

^yECR; エリオシトリン, NRT; ナリルチン, HSP; ヘスペリジン, NPNC; ネオボンシリン, SNT; シネンセチン, NBL; ノビレチン, TNG; タンゲレチン

^{w, x} 各項目において, 同一英文字間に有意差なし (Tukey法, ^w 1%水準, ^x 5%水準)

第23表 3種の香酸カンキツの成熟果実における部位別のフラボノイド含量

種・品種	調査部位	フラボノイド含量($\mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ dry weight)							
		ERC ^z	NRT ^z	HSP ^z	NPNC ^z	SNT ^z	NBL ^z	TNG ^z	
新姫	フラベド	422 ^y a (61.3) ^w	5 d ^x (0.9)	1895 ^x (26.8)	29 ^y (8.3)	223 ^x a (93.7)	455 ^a x (93.4)	157 ^a x (92.5)	
	アルベド	383 a (15.0)	223 c (10.5)	6562 a (24.6)	293 b (20.6)	55 b (6.3)	108 b (6.1)	42 b (6.8)	
	維管束	57 c (1.6)	919 a (33.2)	5709 b (16.1)	577 a (32.4)	0 (0)	0 (0)	2 c (0.3)	
	じょうのう膜	160 b (17.5)	406 b (55.4)	2042 c (21.8)	183 b (38.7)	0 (0)	3 c (0.5)	1 c (0.4)	
	砂じょう	16 c (4.6)	0 (0)	375 d (10.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	種子	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
タチバナ	フラベド	180 ^a x (95.8)	0 (0)	998 ^c y (18.2)	20 ^c x (7.2)	88 ^a x (96.5)	748 ^a y (96.0)	700 ^a y (95.3)	
	アルベド	45 b (4.2)	85 ^c y (3.7)	4158 b (13.5)	73 bc (4.6)	18 b (3.5)	165 b (3.8)	184 b (4.5)	
	維管束	0 (0)	456 a (21.6)	5418 a (19.0)	365 a (25.2)	0 (0)	8 c (0.2)	8 c (0.2)	
	じょうのう膜	0 (0)	193 b (74.7)	1249 c (35.9)	112 b (63.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	砂じょう	0 (0)	0 (0)	386 d (13.4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	種子	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
シークワサー	フラベド	0 (0)	0 (0)	1772 ^c x (25.7)	0 (0)	29 ^a x (97.1)	387 ^a x (96.8)	242 ^a x (96.2)	
	アルベド	0 (0)	18 ^c x (2.7)	5153 b (11.5)	0 (0)	18 b (2.9)	240 b (3.2)	162 b (3.8)	
	維管束	0 (0)	200 a (48.5)	7828 a (28.2)	116 ^a x (41.9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	じょうのう膜	0 (0)	65 b (48.8)	2107 c (23.3)	52 b (58.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	砂じょう	0 (0)	0 (0)	391 d (11.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	種子	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	

^zERC; エリオシトリン, NRT; ナリルチン, HSP; ヘスベリジン, NPNC; ネオポンジリン, SNT; シネンセチン, NBL; ノビレチン, TNG; タンゲレチン

^{x, y}各項目の同一品種における部位間で同一英文字間に有意差なし (Tukey法, ^x1%水準, ^y5%水準)

^w括弧内の数値は各フラボノイド成分の部位別割合 (%)

第 2 節 ‘新姫’の搾汁時における果皮の有無が果汁のフラボノイド含量ならびに香味の質に及ぼす影響

カンキツ類は、フラボノイド、カロテノイド、クマリン、テルペン、リモノイドなどの機能性成分を多く含有している(野方, 2005)。とりわけ、フラボノイド類は果皮に多く含まれることが知られており(Kawai ら, 1999)、ノビレチン含量の高い沖縄県特産のシークワサーからは多くの加工品が開発されてきた(太田, 2004)。一方、三重県では、1997年に品種登録された香酸カンキツ‘新姫’(財団法人 農産業振興奨励会, 1992)は風味に優れ生食用や果汁飲料用として栽培面積も年々増加している。Miyake(2006)は、‘新姫’の果皮にエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ナリンギン、ノビレチンおよびタンゲレチンが多く含まれることを、また、市ノ木山ら(2012)は‘新姫’のフラベドにエリオシトリン、シネンセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンが、維管束にナリルチンとネオポンシリンが、維管束とアルベドにヘスペリジンが多く含まれることを報告している。果皮に多く含まれるフラボノイドを果汁に添加できれば、果汁製品の機能性強化につながり、消費者の健康維持に貢献できると考えられる。Takenaka ら(2007)はシークワサーを材料に果皮の機能性成分の果汁への添加を行う搾汁方法を検討した結果、ベルトプレス搾汁機で搾った全果搾汁果汁(以降、全果汁)中にビタミンCが多く、ポリメトキシフラボンも添加されること、ならびに風味が高いことを報告した。これは、果実全体に加圧して果汁を搾る方法が風味を損なわずに果皮の機能性成分を果汁に添加できることを示唆している。

本試験では、‘新姫’の未熟果および成熟果を油圧式の圧搾搾汁機で搾汁した場合の搾汁圧力が全果汁中のフラボノイド含量ならびに果汁内容(糖、酸度、果汁色)ならびに味覚、においに及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1. 供試材料およびサンプル調製

熊野市紀和町古里公社より 10 月 24 日に収穫した‘新姫’の未熟果と 12 月 5 日に収穫した成熟果を供試した。供試サンプルは、約 5℃で冷蔵した後、果実サンプルを水洗、風乾し、搾汁試験には‘新姫’未熟果および成熟果各 5.0kg を供し、3 反復とした。全果汁の搾汁には油圧式の圧搾搾汁機（HC-JH0-2B 型、サンフードマシナリー（株）、ケージ容量 62ℓ）を使用した。加圧圧力は 6Mpa、8Mpa、10Mpa、12Mpa、14Mpa の 5 段階に設定し、加圧時間を 5 分とした。なお、加圧開始から 5 分間の再加圧回数と再加圧時の圧力メーター値を目視で記録した。搾汁液は直ちに凍結し、分析時まで-70℃で保存した。対照区は果皮と果肉を手で分離し（30 果）、果肉をハンドジューサーで搾汁して果肉のみの果汁を用いた。

2. フラボノイド成分分析

搾汁サンプルは凍結乾燥したサンプルをコーヒーミル（IWATANI-1000、岩谷産業（株））で粉碎した後、Kawai ら（1999）の方法にしたがって機能性成分の抽出を行った。すなわち、粉碎サンプル 100mg を抽出溶媒（メタノール：ジメチルスルホキシド（1:1, v/v））1ml 中で、超音波（BRANSON 3200、日本エマソン（株））下におき室温で 10 分間抽出し、遠心分離後（12,000rpm, 15min）、その上清液を回収した。さらに、沈殿残渣に同様の抽出操作を 3 回繰り返す、上清液を回収、合わせて HPLC 分析試料とした。

各フラボノイド含量は、高速液体クロマトグラフ法により分離同定し、フラバノン は 285nm、ポリメトキシフラボンは 360nm で検出したピーク面積をあらかじめ標品によって作成した検量線に基づいて定量した（Kawai ら, 1999）。すなわち、TSK-GEL SUPER ODS カラム（φ 4.6mm×50mm）を装着した高速液体クロマトグラフ（LC-10 システム、フォトダイオードアレイ検出器、（株）島津製作所）を用い、

移動相の A 液には 10mM リン酸水溶液，B 液にはメタノールを用いた．カラムオープン温度を 40℃，移動相の流速 $1\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ とし，配糖体分析の場合は B 液濃度を 20% で開始し，直線勾配で 50 分後に 100%，その後 10 分間 100%．アグリコン分析の場合は B 液濃度を 30% で開始し，直線勾配で 10 分後に 60%，20 分後に 100%，その後 10 分間 100% とした．

3. 果汁特性および味覚特性

果汁の糖度および酸度は糖酸度計 (NH-2000, 日本園芸農業協同組合連合会)，果汁色は分光測色計 (CM-5, コニカミノルタセンシング (株)) (高橋・山野, 2010)，pH は pH メーター (pH-mV METER MODEL COM-8, 電気化学計器 (株)) でそれぞれ測定した．果汁の味覚評価は味認識装置 (TS-5000Z, (株) インテリジェントセンサーテクノロジー) (釘宮, 2005) で測定した．また，果汁の臭気をにおい識別装置 (FF-2020, (株) 島津製作所) (喜多ら, 2008) により評価した．得られたデータは分散分析を行い，Tukey-Kramer 法により多重比較検定を行った．

結果および考察

1. 加圧圧力の違いが果汁の搾汁収率および果汁内容に及ぼす影響

搾汁のための加圧回数は 5 分間当り 2 から 5 回で，加圧圧力の低い処理程少なかった．再加圧は設定圧力より約 4.0Mpa 低い圧力に達したときに行われた．加圧圧力が高いほど果実が破壊され，果実の形状を維持する力が弱くなることにより，再加圧回数が増加したものと考えられた．搾汁圧の増加にともなう加圧回数の増加は，搾汁率および果汁中のフラボノイド含量に影響を及ぼすと推察された (第 24 表)．

‘新姫’果実の果肉のみの搾汁率は熟度によって異なり，成熟果 (39.4%) が未熟果 (34.0%) よりも高かった (第 25 表)．全果汁の搾汁率はいずれの熟度でも搾汁圧が低いほど小さい傾向がみられ

第24表 ‘新姫’未熟果, ‘新姫’成熟果における搾汁時の圧力と加圧回数

処理区	圧力平均 (Mpa)		加圧回数 (回/5分)	
	上限	下限		
新姫 (未熟果)	6 Mpa	6.1	2.2	2.0
	8 Mpa	8.1	4.2	3.0
	10 Mpa	10.1	6.1	3.0
	12 Mpa	12.0	8.0	3.3
	14 Mpa	14.1	10.1	3.7
新姫 (成熟果)	6 Mpa	6.0	2.0	2.7
	8 Mpa	8.2	4.1	4.0
	10 Mpa	10.1	6.1	4.0
	12 Mpa	12.0	8.0	4.0
	14 Mpa	14.0	10.0	5.0

た． 6Mpa での搾汁率は， ‘新姫’ 未熟果 21.5%， 成熟果 29.2% であった．

太田（1983）は 11 月収穫のユズ果汁の搾汁率についてベルト式搾汁機で 18.0%， インライン式搾汁で 43.1% と報告し， Takenaka ら（2007）はベルト式搾汁機による搾汁率はシークワサーの 11 月収穫果で 38%， 12 月収穫果で 42% と報告している． これらの香酸カンキツの結果と比較して， 本試験における ‘新姫’ 未熟果， 成熟果の搾汁率はほぼ一致した．

加圧圧力の違いによる ‘新姫’ の未熟果および成熟果の果汁糖度， 酸含量および果汁 pH に有意差は認められなかった．

加圧圧力の違いによる果汁の水分含量に ‘新姫’ 成熟果では有意な差は認められなかったが， ‘新姫’ 未熟果では全果汁より果肉のみの果汁中水分含量がやや高く， これは果皮の繊維質成分や精油成分等の物質の移行によるものと考えられた． なお， 搾汁残渣中の水分含量は， ‘新姫’ の未熟果では加圧圧力が高い程少なくなる傾向を示したが ‘新姫’ の成熟果では有意差はみられなかった．

果汁の明暗を表す L 値から， 果皮ごと搾汁した場合は， 果汁の明度が大きく低下する傾向が明らかになった． 赤色と緑色の間の位置指標に相当する a 値から， ‘新姫’ の未熟果， 成熟果ともに果肉のみ由来の果汁で赤色が強く， 搾汁圧による影響はみられなかった． 黄色と青の間の位置指標に相当する b 値については， L 値の場合同様に果皮ごと搾汁することで有意に低下した．

2. 加圧圧力の違いが果汁フラボノド含量に及ぼす影響

加圧圧力の違いが各果実の果汁のフラボノド含量に及ぼす影響を第 19 図に示した． 今回調査したフラボノイドはエリオシトリン， ナリルチン， ヘスペリジン， ネオポンシリン， シネンセチン， ノビレチン， タンゲレチンの 7 種類である． このうち果肉のみを搾った果汁に含まれる主なフラボノイドはエリオシトリン， ナリルチン，

ヘスペリジン，ネオポンシリンの4種類であった．

また，全果汁に含まれるフラボノイドは7種類で，このうち，搾汁時の加圧圧力が高まるにつれて果汁中濃度が高まったのは，‘新姫’未熟果および成熟果のポリメトキシフラボンのシネンセチン，ノビレチン，タンゲレチンおよび‘新姫’成熟果のエリオシトリンであった．

このことから，‘新姫’では果実全体で搾汁することにより果皮に多く含まれるポリメトキシフラボンのシネンセチン，ノビレチン，タンゲレチンが移行し，その移行性は搾汁圧が高まるほど増加することが明らかになった．Takenakaら(2007)はシークワサーの搾汁に際して，ジメチルノビレチン，ノビレチンおよびタンゲレチンの果汁への移動率はスクリュープレス式搾汁機よりベルト式搾汁機で高かったと報告している．また，市ノ木山ら(2012)は‘新姫’，タチバナおよびシークワサー果皮，特にフラベドにおいてノビレチンおよびタンゲレチンが多いことを報告している．本実験の結果はフラベドに多く含有されるポリメトキシフラボンのシネンセチン，ノビレチンおよびタンゲレチンが，油圧式圧搾搾汁機によっても果汁に移行することを示している．一方，果肉にも多く含まれるフラバノン類のヘスペリジンとナリルチンは，油圧式の搾汁機で搾汁した全果汁には果肉のみの果汁と同等か低い傾向であった．

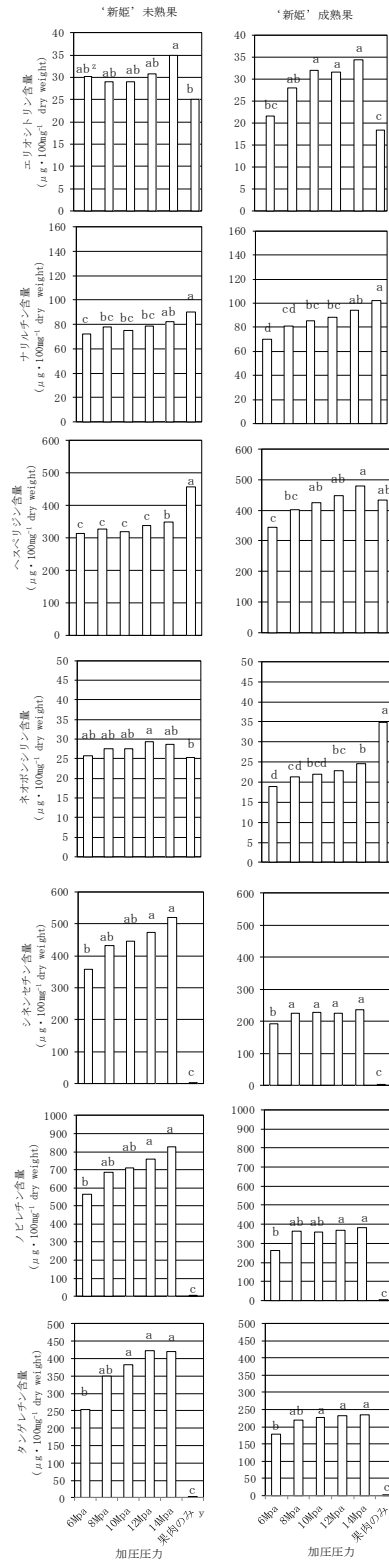
第25表 ‘新姫’ 未熟果, ‘新姫’ 成熟果における加圧圧力の違いが搾汁率および果実内容に及ぼす影響

処理区	搾汁率 (%)	Brix (%)	酸含量 (%)	pH	水分		果汁色			
					搾汁残渣	果汁	L*	a*	b*	
新姫 (未熟果)	6 Mpa ^z	21.5 d	8.0	6.08	2.47	79.8 a	90.9 ab	6.70 b	-0.28 c	10.85 b
	8 Mpa	28.8 c	9.7	6.56	2.35	79.4 ab	90.7 bc	5.69 b	-0.03 bc	9.41 b
	10 Mpa	32.5 b	8.5	5.84	2.41	78.8 bc	90.7 bc	5.37 b	0.13 b	9.16 b
	12 Mpa	33.9 ab	9.1	5.79	2.39	78.4 cd	90.6 c	5.72 b	0.25 b	9.42 b
	14 Mpa	36.0 a	8.2	5.66	2.36	77.9 d	90.5 c	5.31 b	0.23 b	8.91 b
果肉のみ ^y	34.0 ab	7.6	5.52	2.54	75.3 e	91.1 a	17.48 a	6.81 a	25.74 a	
有意性	**	NS	NS	NS	**	*	*	*	*	**
新姫 (成熟果)	6 Mpa	29.2 e	9.2	3.73	2.75	81.0 a	90.4	9.05 b	0.58 b	14.89 b
	8 Mpa	32.3 d	8.9	3.57	2.73	80.6 a	90.7	7.75 bc	0.70 b	12.85 bc
	10 Mpa	35.0 c	9.5	3.68	2.76	80.2 a	90.2	7.24 cd	0.52 b	11.98 cd
	12 Mpa	36.1 bc	8.5	3.36	2.74	79.9 a	90.2	6.87 cd	0.81 b	11.31 cd
	14 Mpa	37.7 ab	9.0	3.52	2.61	79.2 a	90.1	5.97 d	0.74 b	10.10 d
果肉のみ	39.4 a	8.3	3.73	2.65	75.2 b	90.5	15.65 a	9.18 a	23.58 a	
有意性 ^x	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	*	*

^z異なる圧力で果実全体を搾汁したときの果汁

^y果皮と果肉を手で分離し, 果肉をハンドジュースーサーで搾汁した果肉のみの果汁

^x各項目の同一品種の処理間で同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%水準, *5%水準)



第 19 図 ‘新姫’ 未熟果, ‘新姫’ 成熟果の搾汁果汁において果皮の有無および加圧圧力の違いが果汁のフラボノド含量に及ぼす影響

^z 同一英文字間に 5%水準で有意差なし (Tukey 法)

^y 果肉のみは, 果皮と果肉を手で分離し果肉をハンドジューサーで搾汁した果肉のみの果汁, それ以外は異なる圧力で果実全体を搾汁したときの果汁

3. 果汁の味覚評価

味認識装置は人工脂質膜が呈味物質に応答して膜電位変化を引き起こすことを利用したセンサーを装備し，人間の舌と類似した機序で味を数値化できる (Tahara・Toko, 2013). これまでにも味認識装置を使いコーヒー，精油類および生薬等の味の評価について報告事例がある (小林ら, 2001; 安食, 2007; 安食, 2012). 一般に味認識装置による味覚評価では，苦味のキレや旨味の余韻の違いを評価する後味測定も行われる. 本試験における苦味，渋味，旨味コクの評価も後味の評価結果である. それ以外は食品を口に含んだ瞬間の味である先味の評価である.

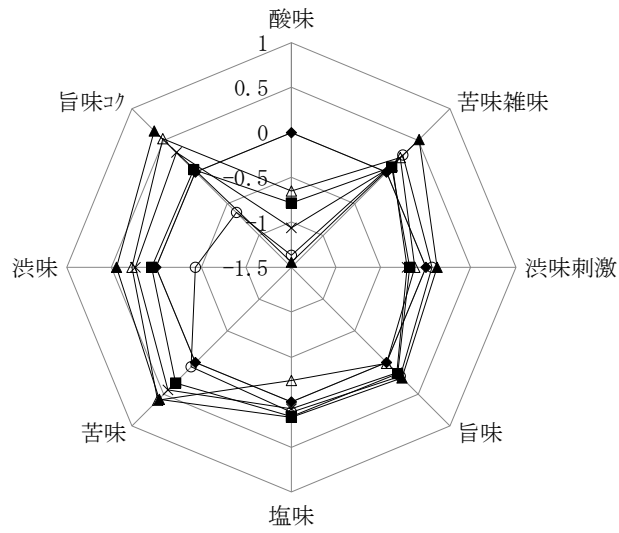
味認識装置は，試料液と基準液 (30mM 塩化カリウムと 0.3mM 酒石酸からなる水溶液) との電位差を先味，その後センサーを基準液で軽く洗浄，基準液中に浸漬して再度測定した時と基準液との電位差を後味として測定している. 各センサーの電位データは，装置の付属ソフトウェアによりそれぞれの味評価値に変換し第 20 図に示した. 味認識装置の評価値 1 の違いは人間が味の違いを識別できるレベルとされている.

‘新姫’未熟果では，旨味コクおよび渋味で搾汁圧力が高まるほど高くなった. 渋味では果肉のみの果汁と全果汁の差が 1 に近く，識別が可能と考えられた. ‘新姫’成熟果では，果肉のみの果汁より全果汁の苦味，渋味，塩味，旨味が高く，渋味では人間にも感じる程度の違いを示した. 特に，渋味は搾汁圧力が高い程高まった.

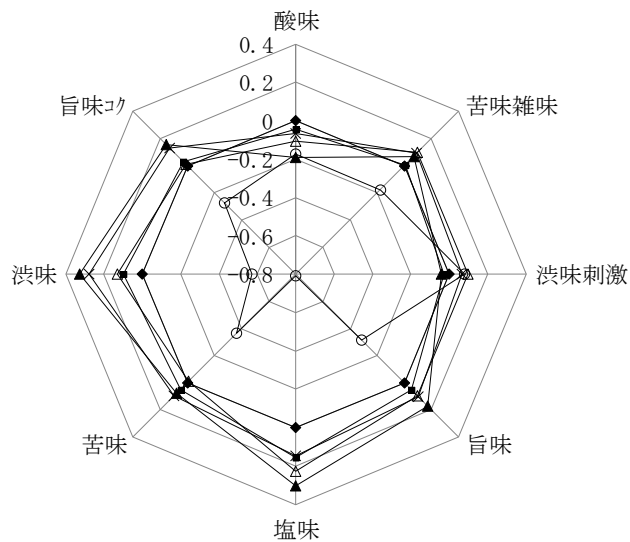
以上のことから，全果汁は果肉のみの果汁とは異なり，渋みや苦味が強くなる傾向にあることがわかった. カンキツ類における苦味は，一般的にナリンギンやノミリンに由来すると言われている (橋永ら, 1977). 福谷・宮本 (1983) は，中晩柑でのノミリンは果皮，じょうのう膜，特に種子中の濃度が高いことを報告している. さらに，搾汁時の圧力が低い場合には，苦味の少ない果汁が得られるこ

とを報告している。今回の供試品種の‘新姫’成熟果の全果汁では、果肉のみの果汁に比べ苦味が強かったが、搾汁時の圧力の違いとの関連ははっきりしなかった。しかし、渋味は‘新姫’未熟果で搾汁時の圧力が大きい程強く、福谷・宮本（1983）の苦味に関する結果と同様であった。

◆6Mpa ■8Mpa △10Mpa ×12Mpa ▲14Mpa ⊖ 果肉のみ^z



‘新姫’未熟果



‘新姫’成熟果

第 20 図 ‘新姫’未熟果，‘新姫’成熟果の搾汁果汁において果皮の有無および加圧圧力の違いが味識別装置の各味覚要素に及ぼす影響

^z果肉のみは、果皮と果肉を手で分離し果肉をハンドジュースーで搾汁した果肉のみの果汁，それ以外は異なる圧力で果実全体を搾汁したときの果汁

4. 果汁のにおい評価

果汁のにおいの評価をにおい識別装置により実施した。におい識別装置はにおいを類似度と臭気寄与で数値化することで定量できる。類似度は、サンプルガスと各基準ガスの類似性を0から100%で表示したもので、基準ガスのパターンと数学的な類似性を意味する。また、臭気寄与は人間が感じるにおいの強さに相当し、各基準ガスについて予測した数値に人間の感度の補正を行い算出されるもので、硫化水素およびアンモニア以外で3以上の差のある系統が2つ以上あれば、人間の嗅覚で十分識別できると言われている(青山,2006)。

におい識別装置による臭気類似度を第26表に、臭気寄与を第27表に示した。‘新姫’未熟果および‘新姫’成熟果の全果汁の臭気類似度と臭気寄与について、加圧圧力の違いによる差は小さかった。加圧圧力の違いによるにおいの違いは、臭気寄与で3以上の差がある系統がないため、人によるにおいの識別は難しいと考えられた。

‘新姫’の未熟果と成熟果における全果汁の類似度は果肉のみの果汁にくらべて硫黄系、アミン系、炭化水素系が高く、生臭いにおいが高まったと推察された。また、臭気寄与については類似度で高かった硫黄系、アミン系、炭化水素系に加えて、アンモニア、アルデヒド系、エステル系、芳香族系が高く、果肉のみの果汁に比べて全果汁はにおいが強いことが示された。

におい識別の評価例としてはグレードの異なる日本茶の評価や異なる産地の類似性などがある。また、市販ヨーグルト5種類のにおいの臭気寄与を計測したところ2つのグループに分けられる事例が見られている(青山,2006)。今後、におい識別が、果皮成分混入の客観的な指標になり、品質にすぐれた製品の開発に有効な手段として利用されるための検討も必要と考えられる。

第26表 ‘新姫’ 未熟果, ‘新姫’ 成熟果における加圧圧力の違いが搾汁果汁の臭気類似度に及ぼす影響

処理区	硫化水素	硫黄系	アンモニア	アミン系	有機酸系	アルデヒド系	エステル系	芳香族系	炭化水素系	
新姫 (未熟果)	6 Mpa ^z	1.81 b	48.16 a	6.27	43.65 a	3.99 b	44.26	9.59	10.28	28.00 a
	14 Mpa	1.55 b	46.48 a	6.29	41.32 a	4.06 b	41.80	9.86	12.73	28.50 a
	果肉のみ ^y	8.21 a	34.91 b	6.82	9.63 b	53.06 a	43.72	14.31	11.64	7.02 b
有意性	**	**	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	**
新姫 (成熟果)	6 Mpa	1.98 b	44.22 a	3.46 b	53.36 a	5.18 b	33.42 b	8.09 b	8.70 b	16.09 b
	14 Mpa	1.66 b	45.29 a	3.40 b	53.85 a	5.19 b	34.81 a	8.30 b	8.87 b	16.77 b
	果肉のみ	11.32 a	8.17 b	6.60 a	6.99 b	9.46 a	18.24 c	8.65 a	7.81 a	5.51 a
有意性 ^x	**	**	**	**	**	*	*	*	**	**

^z異なる圧力で果実全体を搾汁したときの果汁

^y果皮と果肉を手で分離し, 果肉をハンドジュースーサーで搾汁した果肉のみの果汁

^x各項目の処理間で同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%水準, *5%水準)

第27表 ‘新姫’未熟果, ‘新姫’成熟果における加圧圧力の違いが搾汁果汁の臭気寄与値に及ぼす影響

処理区	硫化水素	硫黄系	アンモニア	アミン系	有機酸系	アルデヒド系	エステル系	芳香族系	炭化水素系	
新姫 (未熟果)	6 Mpa ^z	21.99	40.10 a	2.82 a	40.03 a	34.30 b	41.58 b	28.47 b	27.05 b	27.60 b
	14 Mpa	21.23	39.91 a	2.85 a	39.77 a	34.35 b	41.26 b	28.57 b	27.95 b	27.65 b
	果肉のみ ^y	21.85	24.96 b	0.23 b	22.48 b	42.20 a	28.77 a	19.78 a	9.66 a	2.20 a
有意性	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	**
新姫 (成熟果)	6 Mpa	21.80	38.76 a	1.89 a	40.41 a	35.44 a	40.10 a	27.12 a	25.12 a	23.91 a
	14 Mpa	21.00	38.89 a	1.87 a	40.47 a	35.44 a	40.27 a	27.26 a	25.27 a	24.17 a
	果肉のみ	20.07	3.58 b	0.24 b	5.22 b	29.24 b	9.94 b	2.11 b	0.00 b	0.00 b
有意性 ^x	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	**

^z異なる圧力で果実全体を搾汁したときの果汁

^y果皮と果肉を手で分離し, 果肉をハンドジューサーで搾汁した果肉のみの果汁

^x各項目の処理間で同一英文字間に有意差なし (Tukey法, **1%水準)

総合考察

近年、果物類の消費動向は全体的に拡大傾向がみられ、特に海外から輸入される熱帯産果樹のバナナ、パイナップル、アボカドなど、多種多様な品物が年間を通じて豊富に提供されている。その中で、国内産の果物類は宮崎産マンゴー、山形のさくらんぼなどの高級特産ブランドを除いては、消費量は停滞もしくは減少傾向にある。三重県東紀州地域の特産品であるウンシュウミカンの生産量も減少傾向が続いている。当該地域におけるウンシュウミカンやカンキツ類の低迷は外国産の果物やカンキツ類の販売価格の安さも一因であるが、代わりばえのしない味に消費意欲を失ったり、また、産地や年度による味・品質の違いに対する失望も指摘されている。こうした消費意欲を改善するため、共同選果場の整備や共同出荷の充実を図り、品質規格なども整備することで徐々に“紀南ブランド”が市場関係者や消費者などに浸透されつつある。

一方で、多くの産地同様に東紀州地域においても後継者不足や高齢化により新たな取り組みがなされていない状況が出始めている。産地においては消費動向を踏まえ消費意欲を先導する取り組みが必要であり、近年の作付面積の減少とあわせて危惧すべき状況にある。

こうした地域事情を踏まえて、三重県は新規参入者および後継者が新事業としうるカンキツ新品種の育成および機能性成分を活かしたカンキツ加工品の開発、従来カンキツ果実の高品質果実化と省力栽培技術の開発を進めてきた。

三重県東紀州地域におけるカンキツ栽培上の優位性は、年間日平均気温 16.7℃、冬季最低気温 -2.0℃（三重県熊野市新鹿町のアメダス：2008 年～2017 年平均）と温暖な気候に恵まれていることにある。一方、多雨（年間降水量 3,221mm）とりわけ夏から秋の降水はカンキツ類の品質低下を招く要因であり、排水不良な立地条件にある園ではマルチ栽培などを行う必要がある。しかしながら、東紀州で

は山間部を中心に礫質土壌が広く分布，排水性良好な園が多い点は有利である。

また，多くの他のカンキツ産地同様に東紀州地域のカンキツ園も山を切り開いた園地なため平坦部が少なく，園内道も未整備であったが，三重県および御浜町は 1975 年より国家プロジェクトの生産地強化推進事業に参加，御浜地区国営農地開発事業として御浜町に 530ha のカンキツ園が造成されたことで緩やかな平坦地を確保することができた。

国内のカンキツ消費動向の中で，残念ながら栽培面積は減少した一方，東紀州の主たる産地が好条件の立地に集中していることを一つの好転機と捉えて，新しい時代にあわせた樹種・品種や高い品質の果実を生産販売し，加工業などとも連携することで地域産業および地域社会の活性化につながるものと期待されている。

本論文では，年間を通じてカンキツを生産できる温暖な地域，三重県東紀州地域におけるカンキツ生産に関する総合技術の開発について以下の通り論じた。

1. 栽培管理の省力化と鳥獣害軽減技術の開発

1) 鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾方法の開発

第 1 章では栽培管理の省力化と鳥獣害軽減技術の開発を目指した。まず，栽培管理の省力化では労働時間を多く必要とする結実管理作業について水噴射による摘蕾方法を考案し，省力性を明らかにした。東紀州地域で生産されるカンキツの主要品種であるウンシュウミカンの生産安定のためには隔年結果を緩和する必要があるものの，近年普及している高品質果実生産のためのマルチ栽培では樹勢低下から翌年の花芽が減少し，隔年結果に陥りやすい（矢羽田ら，2002）。隔年結果を是正する対策として様々な摘果法が開発されてきたが，摘果後に結果母枝となりえる新梢が発生しなければ隔年結果の是正につながらない。東紀州地域のように礫質で地力が低い土壌では摘

果しても充実した新梢の発生はあまり期待できない。さらに、過摘果により収量が減る可能性も高い。このような欠点があるにもかかわらず、摘果に焦点があてられてきたのは蕾数を制御する省力・簡易的な摘蕾技術が確立されていなかったからである。これまでの着蕾数の管理は手作業による摘蕾が基本であり、短期間に適正水準に着蕾数を制御することは不可能であった。本研究で鉄砲ノズルを使った水噴射による摘蕾法方法を考案、摘蕾作業の省力化を目指したところ発芽 1 日後の摘蕾作業にかかる時間は手作業の約 50% に短縮され、摘蕾枝からの新梢の発生も確認された (Ichinokiyama and Okuda, 2018)。水噴射による早期の摘蕾は東紀州地域のような地力の低い土壌で栽培されるウンシュウミカン生産に適した結実管理技術といえる。

2) 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムによる省力防除方法の開発

次に、病虫害防除の省力化を目指し、軽トラックと畦畔ノズルを利用した省力防除技術を開発した。農薬散布は年間 14 回程度行われる栽培上不可欠な作業であり (山本, 1966)、天候によっては雨天の合間を短時間で散布する必要がある。そこで、水田管理で利用されている畦畔から農薬を数十メートル飛散させる畦畔ノズルを利用したところ噴出量は 200/分以上で、散布液の到達距離は切替ステン畦畔 15G の先端からは 18.4m まで薬液を運ぶことが明らかになった。畦畔ノズルを利用した 1 樹当たりの散布時間は慣行手散布に比較して 20% 程度に少なくなることも明らかになった。‘カラマンダリン’を対象にした防除効果の検証では、収穫時期の黒点病、かいよう病およびチャノキイロアザミウマによる被害は慣行の手散布と同等であることが確認された。

畦畔ノズルを装着した動噴を軽トラックに載せて車上から農薬散布するシステムは低コストなうえに、多くの園で園内道が整備され

ている東紀州地域では導入し易い技術と期待されている。

3) - (1) 鳥害軽減技術の開発 (樹冠への糸被覆)

鳥害の軽減を目的として、主にヒヨドリによる食害軽減を目標にミシン糸を使った糸被覆および犬による追い払いの有効性と、これらの知見を基にした対策技術を提案した。

ウンシュウミカンの鳥害被害は極めて深刻で、多い年は生産量の30%程度におよぶこともある。ヒヨドリ等の鳥類による食害対策は農家収益の安定化には不可欠な要素となっており、防鳥網や果実への袋かけが確実な方法として一般的に提唱されているものの、1樹全体に防鳥網を被覆するのは労力が多くかかり、根本的な対策は実施しにくい。糸の鳥害防止効果は、カラスなどの大型の鳥類に認められ(鈴木, 2001)、柿などの鳥食害対策として効果を發揮している。そこで、軽量で一人でも作業しやすい防鳥糸による鳥害軽減を検討した。

本研究では、防鳥糸の材質および被覆方法を改良した。現在市販されている鳥害防止用の糸はナイロン製なため手では糸が簡単に切れない。そこで、ポリエステル製のミシン糸に変更し、簡単に手で切ることができ回収も容易にできるようにした。また、釣竿や廃棄物であるペットボトルなどを利用して簡単に糸を樹冠全体に被覆できる器具を開発をした。このアイデアに基づき、糸を樹に張りめぐらす器具が商品化されている。

この器具を使うことで簡単に糸を意図した密度で被覆することができるようになった。また、糸の被覆密度(樹冠容積当たり糸使用量)とヒヨドリによる食害被害の関係が収穫時期別に明らかにされたことで、飛来が多い時に必要な密度や逆に少ない時の密度が概ね把握できるようになった。糸を展張する器具の開発により、鳥の飛来程度に合わせて臨機応変に対応できる仕組みになっている。

ヒヨドリは渡り鳥で三重県南部には9月下旬頃から知多半島より

渡ってくる。ヒヨドリの主食は山の木の実であり木の実の豊凶がウンシュウミカンの被害割合に強く影響する（竹内ら，2002）。ヒヨドリの鳴き声が近隣の林野で聞こえても必ずしもウンシュウミカンへの加害が多いとは限らない場合がある。本法は近隣の園地や自園地の状況を見ながら対応できる点が利点である。

こうした防鳥糸の被覆は，果実の販売単価が高いマルチ栽培園や収穫時期を遅らせて出荷するキクミカン園などでは，早めに高密度で糸を被覆することが経営上有利である。ミシン糸を使った鳥害軽減方法は網などで園地を覆う方法に比べ，ヒヨドリの食害強度や樹別の果実販売単価や収穫予定時期を勘案しながらヒヨドリ対策を行えるメリットがある。

3) - (2) 鳥害軽減技術の開発（訓練犬による追い払い）

ヒヨドリは視覚刺激などでは慣れにより忌避効果が得られないが，天敵は命に係わるので慣れを生じさせにくい。そこで，運動能力の高い牧羊犬‘ボーダーコリー’種 1 頭をミカン園 5.8a に繋留あるいは放飼による軽減効果を検討した。繋留では犬の行動範囲が限られるため鳥害軽減効果は限定的であったが，放飼したところヒヨドリの飛来を瞬時に認知し，執拗にヒヨドリが園外に飛び去るまで追跡する行動が観察された。その結果，ヒヨドリの食害被害を 3 分の 1 に減らす効果が認められた。

4) 猿害軽減技術の開発

犬は鳥害軽減に有効であるばかりでなく，サルを園地に近づけない忌避効果のあることを明らかにした。さらに，果樹園の外周を犬が自由に周回できる装置を開発，所属先の三重県が特許を取得した（特許番号 4724813 号）。

2. キクミカンが発生する生産環境と安定生産のための栽培管理技術の開発

第 2 章では，消費が伸び悩んでいるウンシュウミカンの付加価値

を高めるために東紀州地域の新商材として（ウンシュウミカンの）キクミカンの可能性を消費者の嗜好，当地域の栽培適性や具体的な栽培技術から論じた．

近年，シートマルチにより樹体に水ストレスを与えることによってウンシュウミカン果実の果汁濃度を高める栽培が普及している．このようなウンシュウミカン栽培の時流にあって排水性の高い土地でマルチ栽培すると干ばつ年には水ストレスが樹に強くかかり過ぎて果実は小玉化，果面は凸凹なキクミカンと呼ばれる極めて濃厚な味覚をもつウンシュウミカンが発生する場合がある．

東紀州の山間部は礫質な土壌が多いため，露地でも干ばつ年を中心にキクミカンが発生していた．そこで，当地域のキクミカン発生園地の適性を明らかにするためにJA三重南紀の選果・出荷場に出荷されているキクミカンの出荷実態を調査した．その結果，マルチ栽培園でキクミカンの出荷が確認された生産者割合は17.4%，その内，キクミカンを20%以上出荷した生産者は35.4%，10～20%を出荷した生産者は51.5%であり，ほとんどの生産者がかなりの割合でキクミカンを生産していることが明らかになった．また，露地栽培でも9.4%の園地がキクミカンを生産しており，このうち21.4%の園地の出荷物におけるキクミカン混入率は20%以上であった．このように露地栽培でもキクミカンを高率で発生させる土壌タイプを調査したところ花崗斑岩，泥岩が主であることが明らかになった．これらのことから当地域はキクミカン発生の適性が高いと判断された．

キクミカンの嗜好性調査の結果は若い世代よりも中高年の世代にキクミカンは好まれ，男性よりも女性層に評価されることも判明した．キクミカンの商材化にあたっては中高年の女性をターゲットにした商品化が不可欠と判断された．

キクミカン生産に適性があることの判明した東紀州地域の排水良好な礫質土壌でシートマルチ栽培（7～11月）することで，キクミ

カンが安定して発生するか検討したところ、樹勢低下を防ぐために適宜灌水を実施してもキクミカンの発生率は3カ年平均で28%と高かった。とくに、果実生育の後半期（8月20日～9月24日）に灌水を止めて、水ストレスを付与することによってキクミカンの発生率が高まることを明らかにした。

また、樹冠の上部1/3を全摘果し、それより下部に着果させることでキクミカンの発生率が高まることも明らかとした。これは、‘青島温州’の樹冠上部摘果と果実生育の後半期にあたる9月期の無灌水処理が果汁糖度を最も高くするとの報告（古田，2008）と一致する。したがって、当地域の排水良好な園地でマルチ栽培し、樹冠上部摘果することによりキクミカンを安定して生産できることが期待できる。

全国のウンシュウミカン産地の土壌は、火山灰土壌や水田転換園などの排水不良な園地が多いためキクミカンの発生は少ない。また、従来の高糖度な果実生産を行ってきた産地は排水性のよい段々畑が主体であるため、シートマルチの敷設が困難なためキクミカンの発生は限定的と考えられる。

三重県東紀州地域では排水良好な礫質土壌がひろがり、緩い勾配の平坦地でマルチ栽培することで安定してキクミカンを生産できる。この利点は、三重県東紀州地域以外のウンシュウミカン産地にはあまり見当たらない。このことは、三重県東紀州地域の園地条件がキクミカン栽培に有利な点であり、他産地との産地間競争に耐えうる点として利用しなければならない。

さらに、本研究においてキクミカン生産および販売における課題も明らかにできた。①糖度が高い一方で減酸が遅れるため、完熟栽培が必要である。②果皮が薄いため貯蔵、輸送性が劣る。③完熟栽培により鳥害被害の割合が高まるため、鳥害対策が必要である。④完熟栽培で樹上に遅くまで果実を着果させておくと翌年の花芽が減

少し、隔年結果に陥るリスクが高まる（木原ら，2000）ために，連年安定生産のための結実管理対策が必要である．

これらの対策は，一般のウンシュウミカン栽培においても考慮しなくてはならない課題であるが，キクミカン栽培ではさらに深く考慮しなくてはならない．流通販売における腐敗果対策としては，収穫前の殺菌剤散布が対策として考えられる．現在，一般のウンシュウミカンの腐敗果対策として，収穫直前の殺菌剤散布が基本として行われているが，キクミカン販売には収穫直前の追加散布が必要となるであろう．また，収穫後の青色 LED 光処理が青カビ病菌の菌生育抑制に効果があると報告されている（山家ら，2014 年）．さらに，今後は園地レベルでの青カビ病菌や緑カビ病菌の菌密度の変化のモニタリングや腐敗果実除去などの耕種的防除も大切であろう．

3. 特産果樹 ‘新姫’ 果実のもつ機能性の活用

特産果樹 ‘新姫’ 果実のもつ機能性を活用することでカンキツ生産の周辺産業への貢献を企図して研究を展開した．

東紀州地域特産の ‘新姫’ は熊野市で発見，品種登録されたタチバナの類縁種と考えられている香酸カンキツの新品種である． ‘新姫’ を材料として全果実および部位別のフラボノイド含量を検討した．その結果， ‘新姫’ はタチバナやシークワサーよりも 1 果中のエリオシトリン，ナリルチン，ネオポンシリン，シネンセチンを多く含有し，これらフラボノイド成分はフラベド，じょうのう膜，維管束に多く分布することを明らかにした．また，カンキツ類に特有な機能性成分で抗腫瘍形成や抗腫瘍作用が認められている（Murakami ら，2000；Sato ら，2002）ノビレチンが含まれることを明らかにした．さらに， ‘新姫’ のアルベドやフラベドに多く含まれるノビレチンやタンゲレチンを抽出して利用するために，搾汁時の加圧圧力とフラボノイド成分の果汁への移行について関係性を明らかにした．

カンキツの搾汁方法としては、インライン搾汁とベルトプレス搾汁が一般的であるが、果皮の成分を移行させるには果皮も同時に加圧するベルトプレス搾汁が望ましい。本研究では果実を果皮ごと圧搾して搾汁する油圧式搾汁機を使って搾汁し、フラボノイド成分の果汁への移行割合について調査した結果、‘新姫’の未熟果と成熟果でフラボノイド類の果汁への移行が確認された。また、‘新姫’に多く含まれるポリメトキシフラボンのシネンセチン、ノビレチン、タンゲレチンは未熟果に多く含まれ、圧搾搾汁により果汁への移行量が多いことが明らかになった(市ノ木山ら、2015)。熊野市紀和町古里公社にはベルトプレス搾汁機が導入され、果実も成熟期の‘新姫’よりポリメトキシフラボンの含量が多い未熟果の果汁が使われて商品化されている。

一方、果汁の味覚評価について、渋味は‘新姫’未熟果で搾汁時の圧力が大きい程強かった。また、においの評価では、‘新姫’の未熟果、成熟果とも生臭さに関わるにおい成分が高まると推察された(市ノ木山ら、2015)。味、においに関しては今後、機能性強化果汁など、新商品開発や販売戦略の中でどのように活かしていくかを検討する必要がある。

機能性表示食品制度が2015年から制度化された(消費者庁、2018)。ウンシュウミカンに含まれる β -クリプトキサンチンはこれまでの疫学調査結果に基づいて表示が認められた。しかし、カンキツ類に含まれるフラボノイド類は、マウス実験などで数々の機能が報告(矢野、1999)されているが、機能性表示食品として認められていない。今後の登録表示に向けた疫学調査が積み重ねられ、機能性表示食品として認められる期待と可能性は極めて高い。フラボノイド類は高熱に比較的安定であることから(前川・市ノ木山、2005)、加工食品への果汁添加も有効であり、菓子類の開発にも活用できる機会が高いと考えられる。カンキツ果汁は食用酢、菓子類、麺類への

添加など，用途を拡大しやすく，自然にカンキツの健康増進効果を受ける機会が高まると考えられる．

本論文内で論じた技術は，いずれも実利性が高く一般化が可能と判断されるものを取り上げている．したがって，これらの成果は直ちに生産現場に還元できるものである．また，高品質なキクミカン果実生産のための園地選定と水管理技術，一般的に使える結実管理や防除の省力化，鳥獣害軽減のための複数の技術，これらは園地の事情に応じて a la carte に選択し体系化して実施することで飛躍的に成果が得られるものと期待している．

冒頭でも述べたとおり，今後，三重県のカンキツ産地では，少子高齢化による担い手不足が一層進行する中，ウンシュウミカン農家の栽培面積拡大および収益力の向上と高い付加価値を持つ中晩生カンキツをバランスよく農家経営に取り入れることが必要と考えられる．さらに，産地間競争や海外との商品競合は今後も加速すると考えられる．このような背景にあって農家経営の安定化を支援する省力栽培技術の開発やキクミカンの安定生産技術，カンキツ‘新姫’の消費拡大のための機能性利用技術は三重県のカンキツ産地が発展するための支援技術として極めて有用と考えられる．個々の経営形態に合った対策技術が選択されるためには，多くの対策技術が提供されなければならない，本論文で示した対策技術がその一助となれば幸いである．

摘 要

カンキツ産業は三重県東紀州地域の基幹産業の一つである。しかしながら、カンキツ産業の中心であるウンシュウミカン生産は昭和50年以降に栽培面積、専業農家数とも減少し、高齢化も進んでいる。本研究の対象地域である東紀州地域のカンキツ産地は以下のような特徴をもつ。

- 1) 昭和50年代の造成によって緩やかで平坦な園が多い。
- 2) 年間降水量3,000mm以上の多雨地帯であるものの、排水性の高い礫質土壌が広がっている。
- 3) 三重県初のカンキツ新品種として‘新姫’を登録し、普及を進めている。

本論文はこのような背景を活かして東紀州地域のカンキツ産業振興のためカンキツ類の栽培管理の省力化技術、鳥獣害対策技術、高品質果実生産技術ならびに特産カンキツ‘新姫’を使った新商材開発に資する研究をまとめたものである。

第1章 カンキツ類の栽培管理（摘蕾，防除）の省力化ならびに鳥獣害軽減技術の開発

第1節 鉄砲ノズルを利用した水噴射によるウンシュウミカンの摘蕾方法の開発

鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾方法を開発した。着果過多が予想される樹齢32年生の‘興津早生’を用い、発芽から1日後の3月31日（蕾横径1.24mm）、7日後の4月6日（蕾横径2.30mm）、16日後の4月15日（蕾横径2.86mm）、24日後の4月23日（蕾横径4.99mm）に水噴射で側枝別に摘蕾した。水噴射時の噴出水量が異なる2種類のノズル（ノズル1：43.8ml/秒；ノズル2：29.3ml/秒）を使って摘蕾に必要な時間と除去率を比較検討したところ、ノズル1は芽の除去率がノズル2より優れた。ノズル1による蕾の除去作業

時間は、発芽から1日後の蕾横径1.24mm処理で手作業の49.5%と少なく、除去率は96%であった。発芽後の日数が経過するほど蕾の花梗が硬くなるため、除去には時間がかかった。発芽後7日以降は作業時間に差は認められなかったことから水噴射による摘蕾は発芽後7日（蕾横径2.3mm）までが有効と考えられた。このことから水噴射による摘蕾は、発芽直後の小さな芽を除去するためには有効であると考えられた。

第2節 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムによる省力防除方法の開発

軽トラックの荷台から水田用に開発された畦畔ノズルを使って農薬散布を行う散水型防除システムを開発した。

1. 移動式散水型防除システムに利用する畦畔ノズルの性能の把握

噴出量はステン畦畔20Gで1分間に28.1ℓで最も多く、次いで切替ステン畦畔20Gの先端部分の27.4ℓであった。散布液の到達距離が最も長かったのは切替ステン畦畔20Gの先端の18.4mで、次いで切替ステン畦畔15Gの先端の16.6mであった。最大噴出量、最大到達量ともにホース長は最も短い5mで記録された。

2. 畦畔ノズルを利用した移動式散水型防除システムの防除効果の実証

ノズル別の1樹当たり散布時間はステン畦畔20Gでは慣行手散布の16%、切替ステン畦畔20Gでは20%であった。黒点病、かいよう病およびチャノキイロアザミウマによる果実被害は、畦畔ノズル散布が慣行の手散布と同程度であった。

第3節 糸ならびに訓練犬による鳥害軽減技術の開発

ウンシュウミカン園において糸の樹冠全体への展張や訓練犬の放飼が鳥害軽減に及ぼす影響を検討するとともに防鳥糸展張用の器具を開発した。

1. 糸によるウンシュウミカンの鳥害軽減

ポリエステル製ミシン糸を樹冠全面に蜘蛛の巣状にかけることで鳥害は軽減された。累積果実被害果率（ヒヨドリ）と樹冠容積当たりの糸使用量（約 $3-10\text{m}^3$ ）の単相関係数は被覆11日後は -0.73^{**} 、20日後 -0.72^{**} で収穫終期の処理32日後は -0.53^* であり、強い相関関係が認められ、糸の使用量が多いほど被害果率は小さかった。被害の少なかった糸使用量 9.0m^3 で被覆するのに要する作業時間は195秒で、経費は105円（糸代金51円、労賃54円）であり、1樹当たり被害軽減額は2,858円であった（32日後の無処理樹の被害額：4,005円—処理樹の被害額：1,042円）。

2. 訓練犬によるウンシュウミカンの鳥害軽減

収穫期に達した5.8aのミカン園を用いて、ウンシュウミカンの鳥害に対する牧羊犬（‘ボーダーコリー’種）の防止効果について調査した。園の四周の一辺に張ったワイヤーに長さ1mの鎖で1匹の犬をつなぎ、犬がワイヤーに沿って自由に動き回ることができるようにした場合は、犬に近接したミカン樹列では鳥害が減少する傾向が見られたが、犬から離れた樹列においては鳥害は軽減されなかった。一方、同じミカン園の四周を金網塀で囲み、園内に1匹の犬を放飼した場合は、犬は飛来した鳥を執拗に追跡して追い払い、その結果、園全体にわたって鳥害が軽減された。この方法による果実増収効果は1日当たり約 17.5kg/a に相当した。これらのことから、ウンシュウミカンの鳥害防止に牧羊犬を活用する場合、犬をつなぎ止めずに園内に放飼することが有効であることが示された。

第4節 犬による猿害軽減効果と犬繫留装置の開発

東紀州地域ではサルによるカンキツ類への食害被害が顕著で対策が必要となっている。そこで、犬が果樹園に出没するサルに対して被害抑制効果があるかを検討し、合わせて安価に犬が果樹園を周回できる装置を低コストで開発した。

1. 犬のサル追い払い効果

日本ナシ‘幸水’（平棚仕立て）が植栽されている圃場（15m×24m）の周囲を高さ 2m の金網で囲って中に犬を放飼したところ，サルは犬がいないのを確認した上で食害行動におよぶと推察された．

2. 犬が園地を周回できる繋留装置の開発

適当な間隔をとった 2 本 1 組の柱の間にワイヤーメッシュを張ったユニットを作り，園地の外周 6 カ所に設置した．園を囲うように外周に鋼線を張り，リングを通し，リングにリードをつけ犬を繋留した．観察の結果，犬は自由に外周を周回できることが明らかになった．

第 2 章 キクミカンが発生する生産環境と安定生産のための栽培管理技術の開発

第 1 節 キクミカンの嗜好性および発生状況

夏から秋の乾燥で発生するキクミカンは，礫質土壌が多い東紀州のカンキツ産地ではマルチすることにより安定して発生すると推測される．そこで，キクミカン果実をブランド商品とするために，まず，マルチ栽培したキクミカンの嗜好性の高さをアンケート調査で明らかにするとともに，JA の選果場に出荷される果実を分類調査し，キクミカンが生産されやすい立地条件（シートマルチ，土壌タイプ）を明らかにした．

1. キクミカンの嗜好性調査

キクミカンに対する消費者の嗜好性を評価するため，マルチ栽培でキク形状の有るキクミカン果実，マルチ栽培でキクの無い果実および露地栽培でキクの無い果実の嗜好性アンケートを 16 歳以上の 302 名（男 127 名，女 175 名）を対象に実施した．マルチ栽培のキクミカン果実は，平均 Brix 糖度とクエン酸含量が 16.3% と 0.89% で，マルチ栽培でキクの無い果実，露地栽培でキクの無い果実よりも Brix 糖度が有意に高かった．アンケート調査の結果，キクミカンは男女を問わず，各年齢層から高い支持を得た．とくに，55 歳以下の

女性からの支持が高かった。

2. マルチ栽培や土壌タイプがククミカンの発生に及ぼす影響

マルチ栽培園でククミカンが出荷された園の割合は 17.4%、このなかでククミカン混入率が 20%以上の園の割合は 35.4%、混入率 10~20%の園の割合は 51.5%であった。このことから、マルチによる土壌乾燥がククミカン発生には重要であることが示唆された。

また、露地栽培でククミカンを出荷した園の割合は 9.4%、このなかでククミカン混入率 20%以上の園は 21.4%であった。ククミカンを高率で発生させる露地栽培園について立地を調査したところ、高台の乾燥しやすい土壌で土壌タイプは花崗班岩、泥岩、礫・砂・泥の堆積物であり、逆にマルチをしてもククミカンの発生の少ない園は低地にあり、土壌タイプは礫・砂・泥の堆積物であった。これらのことからククミカンの発生には、園地の標高や土壌タイプの影響を受けることが明らかになった。

第 2 節 栽培管理方法がククミカン発生に及ぼす影響

シートマルチによる土壌乾燥ならびに樹冠上部摘果による着果ストレスの付与がククミカン発生に及ぼす影響について検討した。

1. 土壌乾燥がククミカン発生に及ぼす影響

1) 土壌乾燥（7~11月）がククミカン発生に及ぼす影響

2005~2007年の3カ年にわたって7月~11月にシートマルチすることでククミカンの発生率は3カ年の平均で24.5%となり、露地区の4.5%の約5倍であった。また、マルチ区ではククミカン発生率の変動が小さい傾向にあり、降水の影響を受けにくいことが示唆された。

2) 土壌乾燥の時期の違いがククミカン発生に及ぼす影響

果実発育の前期あるいは後期に乾燥ストレスをかけた2区間でククミカンの発生率を比較した。前期水ストレス区は7/28-9/1、後期水ストレス区では8/20-9/24の間は灌水を控えた。ククミカンの発

生は，果実発育後期に水ストレスをかけた区が多かったことから果汁が蓄積される果実発育後期の水ストレスがキクミカン発生に有効であることが示唆された．

2. 摘果方法がキクミカン発生に及ぼす影響

マルチ栽培および露地栽培において樹冠上部摘果および慣行間引き摘果処理を行い，キクミカンの発生率を比較したところ，樹冠上部摘果ではマルチ区で 37.7%，露地区で 37.0%であったのに対し，慣行摘果区のキクミカン発生率は，マルチ区で 3.7%，露地区で 3.0%であった．これらのことは樹冠上部の 1/3 を全摘果し，それ以下の果実は間引き摘果することで着果ストレスをかけることはキクミカン発生を促進することを示唆するものであった．

第 3 章 特産果樹 ‘新姫’ 果実のもつ機能性の活用

三重県熊野市の特産カンキツである香酸カンキツ ‘新姫’ を使ったジュース商材の開発に資するため ‘新姫’ 果実のフラボノイド含量を全果実および部位別に定量した．また，搾汁圧と果汁中フラボノイド含量の関係を調査し，果皮に多く含まれるフラボノイド成分の果汁移行度を明らかにした．同時に，果汁の味覚，においを機器分析により定量した．

第 1 節 ‘新姫’ の全果実および部位別フラボノイド含量

香酸カンキツ ‘新姫’，タチバナ，シークワサー成熟果実のフラボノイド含量をフラベド，アルベド，維管束，じょうのう膜，砂じょうおよび種子に分別して比較検討した．フラボノイドは高速液体クロマトグラフ法にしたがって分離同定し，エリオシトリン，ナリルチン，ヘスペリジン，ネオポンシリン，シネンセチン，ノビレチン，タンゲレチンを定量した．その結果，7 種類のフラボノイド含量に，種・品種間および部位間で有意差が認められた．‘新姫’ は，シークワサーとタチバナよりもエリオシトリン，ナリルチン，ネオポンシリン，シネンセチンの含量が多かった．また，7 種類のフ

ラボノイド含量の総和は、タチバナより多かった。一方、ノビレチン含量はシークワサーの65%と有意に少なく、タチバナと同程度であった。タンゲレチン含量は、タチバナとシークワサーのそれぞれ30%、24%と有意に少なかった。‘新姫’果実の部位別のフラボノイド含量は、エリオシトリン、シネンセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンがフラベドで最も多く、ナリルチンとネオポンシリンが維管束で最も多く、ヘスペリジンはアルベドで最も多かった。

第2節 ‘新姫’の搾汁時における果皮の有無が果汁のフラボノイド含量ならびに香味の質に及ぼす影響

‘新姫’未熟果および成熟果の果実全体を供し、圧搾搾汁機を使って種々の加圧圧力(6, 8, 10, 12, 14Mpa)で搾汁した。搾汁率はいずれの品種、熟度でも搾汁圧が低いほど小さい傾向がみられた。全果汁に含まれるフラボノイド(エリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオポンシリン、シネンセチン、ノビレチン、タンゲレチン)類を高速液体クロマトグラフで分離・定量したところ、‘新姫’未熟果の全果汁中においてポリメトキシフラボンのシネンセチン、ノビレチン、タンゲレチンは搾汁圧が高まるほど増えた。全果汁の味覚を味認識装置で評価したところ、果肉のみの果汁とは異なり、渋みや苦味が強くなる傾向にあった。さらに、におい識別装置によりにおいの評価を行ったところ、全果汁では果肉のみの果汁にくらべアミン系のにおいが高まった。

Summary

The citrus industry has been a key industry in the Higashi Kishu area of Mie Prefecture. However, the number of fulltime farmers and the area for Satsuma mandarin production have decreased since 1975. The characteristics of the citrus industry in the Higashi Kishu area are as follows.

- 1) Many orchards are located on gentle plains due to their preparation for agriculture after 1975.
- 2) Although the area have much rain more than 3000 mm per year, the soil in most of the citrus growing district contains a high proportion of gravel and can drain water efficiently.
- 3) A new citrus cultivar, 'Niihime', which contains many functional ingredients, has been found and registered as a new cultivar in this area and has spread.

To energize the citrus industry using the above characteristics, some management technologies for labor saving, high quality fruit production, and the prevention of bird and animal damage are being developed, and some studies for new products of the new citrus cultivar 'Niihime' are being conducted. This thesis is compiled from these results.

1. Development of technologies for labor saving in disbudding and pest control and for the prevention of bird or animal damage

1.1 Development of a disbudding method in Satsuma mandarin using a water jet nozzle

A new disbudding method using a water jet nozzle has

been developed in order to reduce fruit thinning labor. An experiment was conducted on 32-year-old Satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marcow. cv. Okitsu Wase) bearing many fruits. The disbudding treatment was applied to selected lateral shoots, one day after budding (March 31, transverse bud diameter: 1.24 mm), seven days after budding (April 6, transverse bud diameter: 2.30 mm), 16 days after budding (April 15, transverse bud diameter: 2.86 mm), or 24 days after budding (April 23, transverse bud diameter: 4.99 mm). Two types of nozzles with different discharge volumes (nozzle 1: 43.8 ml/s; nozzle 2: 29.3 ml/s) were compared based on the bud removal rate and time required. As a result, nozzle 1 was more successful in removing buds. When the nozzle with the higher discharge volume (nozzle 1) was used one day after budding, the time required was 49.5% of that needed for manual disbudding, and the removal rate was 96%. The time required to remove buds increased with an increase in days after budding, because the peduncle became thick with time. No significant difference was found in the required time when the treatment was applied more than seven days after budding. From these findings, it was considered that treatment up to seven days after budding (bud diameter 2.3 mm) was effective for disbudding using the water jet nozzle.

1.2 Development of a new pest control system combining a power sprayer with a boom sprayer nozzle and a light

truck

The pest control system that combines a light truck with a power sprayer connected to a boom sprayer nozzle for paddy fields was developed.

1.2.1 Performance comparison of stainless boom sprayer nozzles for rice fields

The ejection rate per minute is about 28.1 liters by a 20G stainless boom sprayer, followed by a 20G stainless boom sprayer with a switchable nozzle with a rate of 27.4 liters per minute. The reaching distance was 18.4m by a 20G stainless boom sprayer and was followed by a 15G stainless boom sprayer with switchable nozzle with a reaching distance of 16.6m. Both the most ejection volume and the longest reaching distance were achieved when using the shortest hose of 5 m, among the three lengths applied.

1.2.2 Demonstration of the pest control system using a boom sprayer nozzle

As compared to the conventional power sprayer nozzle, the per tree time required for spraying was 16% (84% less) with the 20G stainless boom sprayer and 20% (80% less) with a 20G stainless boom sprayer with a switchable nozzle. The pest controlling effect for canker and scirtothrips dorsalis with the stainless boom sprayer is the same as the conventional nozzle.

1.3 Development of technologies for preventing bird and animal damage by a method of covering the tree canopy with sewing thread and by using a trained dog

A method of covering the tree canopy with sewing thread and the pasturing of trained dogs in Satsuma mandarin orchards were investigated in relation to preventing damage from birds, and a device for making cobweb-shaped coverings for trees with sewing thread was developed.

1.3.1 Protection of Satsuma mandarin from bird damage by covering the canopy with polyester sewing thread

Bird (mainly brown-eared bulbul) damage was decreased by covering trees with cobweb-shaped sewing thread. The correlation coefficient between the length of sewing thread for the canopy volume (ranging from about 3-10 m/m³) and the accumulated number of fruits damaged by birds was -0.73** (11 days after treatment), -0.72** (20 days after treatment), and -0.53* (32 days after treatment, late of harvesting time). The accumulated number of fruits damaged by birds decreased as the per tree length of sewing thread increased. The cost and benefit were estimated in the case of a tree covered with a 9.0m/m³ length of sewing thread. The work time required for covering the tree was 256 seconds, and the cost was 105 yen (sewing thread cost: 51 yen; labor cost: 54 yen). The benefit was estimated to be 2,858 yen per tree; fruit damage cost in control trees was 4,005 yen, while that in treated trees 32 days after treatment was just 1042 yen.

1.3.2 Protection of Satsuma mandarin from bird damage by using a tained dog (*Canis lupus familiaris*)

The effectiveness of using a dog (*Canis lupus familiaris*) to protect citrus fruits from bird damage was investigated using a citrus orchard (5.8 a in area) during harvest season. A border collie shepherd (male) was tied to a wire extended along one side of a square orchard to allow the dog to run along the inner side of the orchard. This watchdog system was effective in reducing fruit damage by birds (mainly brown-eared bulbul) only in the citrus tree row nearest to the dog runway. The orchard was enclosed with a tall chain-link fence, and the same dog was allowed to move freely in the orchard. In this case, the dog persevered in chasing birds until they flew away from the orchard. This watchdog system effectively reduced bird damage to citrus fruits all over the orchard, resulting in an increase of crop yield by about $17.5 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$.

1.4 Effect of dogs on preventing damage inflicted by monkeys and the development of the dog mooring device

Damage inflicted by monkeys has been remarkable in the Higashi Kishu area, therefore some emergency countermeasures have been required. The ability of dogs to prevent from fruit damage by monkeys was investigated, and a low cost device by which the dog is able to circle the orchard was developed.

1.4.1 The monkey-repelling effect of dogs

A dog was unleashed in a Japanese pear orchard (15 m×24 m) surrounded by a wire net 2 meters high. Observation results suggested that the monkey could confirm the

presence of the dog in the orchard and began causing damage when the dog was not present.

1.4.2 Development of the dog mooring device which enables the dog to circle the orchard

The mooring device consists of post units, steel wire, and a ring. The ring secures a leash for chaining the dog. A post unit consists of a pair of wooden posts with a suitable interval between which wire mesh was installed. Six units were arranged around the circumference of the orchard, and a steel wire was placed along the units so that the orchard was surrounded, and the wire was passed through the ring to attach a leash to the ring. Observation showed that the dog could move freely around the circumference of the orchard.

2. Production environment for the occurrence of the creasing fruit and the development of management technologies to ensure their stable production

2.1 Preferences of creasing fruit of Satsuma mandarin and its occurrence

The creasing fruits with uneven fruit surfaces and high sugar content could occur in hot and dry summers. It is, therefore, supposed that creasing fruit is stably produced by mulching cultivation in gravelly soil, the dominant soil type in the citrus production area. To promote branding of the mulch-cultured creasing fruit of Satsuma mandarin, a questionnaire survey was carried out to confirm the preference of consumers for creasing

fruit, and good growing conditions—such as local conditions, soil type, and mulching cultivation—were then investigated based on the classification results of the containers gathered in the JA fruit packing place.

2.1.1 Preference of creasing fruit of Satsuma mandarin

A survey was carried out to determine the preferences of Japanese consumers regarding Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marcow. cv. Okitsu Wase) produced by different cultural practices. Respondents included in this study were at least 16 (sixteen) years of age; the sample size was 302, of which 127 were male, and 175 were female. The average sugar concentration of mulching-cultured creasing fruit was 16.3%, significantly higher than that of non-creasing fruit in mulching cultivation or open fields cultivation. The average acid concentration of mulching-cultured creasing fruit was 0.89%. According to the questionnaire survey, the creasing fruit were favored for respondents regardless of age and sex. Especially women under 55 years of age strongly favor the fruit.

2.1.2 Effects of mulching cultivation and soil type on the occurrence of creasing

The ratio of orchards shipping creasing fruit was 17.4% of all orchards on which any sheet covers the land. The creasing fruit mixing rate in the 35.4% of orchards shipping creasing fruit was over 20% and that in 51.5% of them was 10–20%. This suggests that soil drought by mulching could be necessary for creasing fruit to occur.

As well as orchards cultivated with sheet mulch, some open field orchards produced creasing fruit. Moreover, the ratio of orchards shipping creasing fruit was 9.4% of all open field orchards investigated. The creasing fruit mixing rate in the 21.4% of orchards shipping creasing fruit was 20% over. Upon investigation, it was clear that open field orchards on high ground produced creasing fruit relatively easily. Their soil types were granite porphyry, mudstone, or a mixture of gravel, sand, and clay. On the contrary, it was clear that lowland orchards could not produce creasing fruit even with mulching cultivation. This suggests that some locational conditions, such as land altitude and soil type, could influence the ease in the occurrence of creasing fruit.

2.2 Effects of cultural management on the occurrence of creasing in Satsuma mandarin fruit

The effects of soil drought stress by sheet mulching and fruit thinning on the occurrence of fruit creasing in Satsuma mandarin were investigated.

2.2.1 Effect of soil drought stress on the occurrence of creasing in Satsuma mandarin fruit

2.2.1.1 Effect of soil drought from July to November on the occurrence of creasing in Satsuma mandarin fruit

Experiments to clarify the effect of sheet mulching on the occurrence of creasing were repeated for three years. The average rate of the occurrence of creasing fruit in trees grown on mulching cultivation using a

water vapor-permeable sheet from July to November was 24.5%, about five times higher than that of trees in open field culture. The fluctuation in the occurrence of creasing on mulching cultivation was also small, and the influence of rain was difficult to determine.

2.2.1.2 Effect of mulching time on the occurrence of creasing in Satsuma mandarin fruit

The rates of the occurrence of creasing were compared between trees with early water stress and late water stress. Water stress was applied by laying a vapor-permeable sheet on the ground. Early water stress was applied from July 28 to September 1, and late water stress was done from August 20 to September 24. The rate of the creasing occurrence was higher with late treatment, in which water stress was applied in late-August to mid-September. The late treatment period corresponding to the juice accumulation time could, therefore, be a critical period for enhancing the occurrence of creasing.

2.2.2 Effect of fruit thinning method on the occurrence of creasing in Satsuma mandarin fruit

Rates of the occurrence of creasing were compared between trees in which all fruits on the top one-third portion of the tree canopy were removed and almost no fruit was thinned on the lower two-third of it, and control trees subjected to conventional thinning. Similar comparisons were conducted for mulching cultivation and open field cultivation. The rate of the

occurrence of fruit creasing in the treated trees was 37.7% for mulching cultivation and 37.0% for open field cultivation. Conversely, the rate in the control trees was 3.7% for mulching cultivation and 2.0% for open field cultivation. These results suggest that excessive fruit bearing on the lower two-thirds portion of trees could enhance the occurrence of fruit creasing.

3. Application of the functionality of the flavorful acid citrus cultivar 'Niihime'

To develop new juice products using 'Niihime', a special acid citrus cultivar in the Higashi Kishu area, the flavonoid contents of whole and various tissues of the fruit were investigated. Furthermore, the mobility of flavonoids in peel into the juice was investigated from the relationship between flavonoid content and squeezing pressure. At the same time, juice flavor and the taste of the juice were investigated by instrumental analysis using biosensors.

3.1 Flavonoid contents of whole fruit and various tissues of a new acid citrus, 'Niihime'

A new acid citrus, 'Niihime,' Tachibana (*Citrus tachibana* Tanaka), and Shiikuwasha (*C. depressa* Hayata) were examined for their flavonoid contents of the whole fruit and tissues (flavedo, albedo, vascular tissue, segment membrane, juice vesicle, and seed) at the maturing stage. Seven flavonoid substances, eriocitrin (ECR), narirutin (NRT), hesperidin (HSP), neoponcirin (NPNC), nobiletin (NBL), sinensetin (SNT), and

tangeretin (TNG), were determined using HPLC analysis. The three acid citrus contained all flavonoid substances determined in the present study, except that no ECR was detected in Shiikuwasha. 'Niihime' contained more ECR, NRT, NPNC, and SNT than did Tachibana and Shiikuwasha. The total contents of the seven flavonoids in the fruit of 'Niihime' were higher than those in Tachibana. On the contrary, 'Niihime' contained significantly less NBL (65%) than did Shiikuwasha, while its content was similar to that of Tachibana. 'Niihime' contained significantly less TNG than did Tachibana and Shiikuwasha (30% and 24%, respectively). The flavonoid contents in individual fruit parts of 'Niihime' were as follows: ECR, SNT, NBL, and TNG were highest in the flavedo; NRT and NPNC were highest in vascular tissue; and HSP was highest in the albedo.

3.2 Effects of fruit peel on flavor quality and flavonoid contents in juices from citrus 'Niihime'

Using a compressed juice machine, the juices of whole fruit of immature and mature 'Niihime' were squeezed at various levels of pressure: 6, 8, 10, 12, and 14 Mpa. The squeezing ratio increased as the pressure rose regardless of the cultivar or fruit's maturity. The flavonoid content of whole fruit juice was determined by the HPLC method. The juice of immature 'Niihime' contained significant amounts of polymethoxyflavonoids sinensetin, tangeretin and nobiletin, and they increased as the squeezing pressure rose. The taste of whole fruit

juice was evaluated with a taste sensor system. The whole fruit juice showed higher values for astringency and bitterness as compared with juice that did not include the peel. Furthermore, the smell of whole fruit juice was slightly fishy, and evaluation using a smell sensor revealed that it contained more amine components than did the other juices.

謝辞

本研究を行うにあたり、終始懇篤なご指導とご助言を頂き本論文のとりまとめにあたってはご校閲の労を賜った三重大学大学院生物資源学研究科教授奥田 均博士，同教授平塚 伸博士，同教授梅崎輝尚博士に対して衷心より感謝の意を表します。

また、フラボノイド分析にあたって直接ご指導いただいた元果樹研究所興津拠点チーム長矢野昌充博士，伴野安彦博士に対して心より感謝の意を表します。

また、種々有益なご助言と研究遂行にあたってご便宜を図っていただいた元三重県農業研究所大野秀一総括研究員，田中一久副所長，元三重大学大学院生物資源学研究科教授後藤正和博士，研究遂行に際し多大な協力を惜しまなかった三重県工業研究所藤原孝之総括研究員，三重県農業研究所須崎徳高主幹研究員の各位に深く感謝いたします。さらに、三重県農業研究所紀南果樹研究室の職員には、ご協力を頂いたことに対して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 安食菜穂子．2007．味認識装置による漢方処方味の評価に関する研究(第3報) 苓桂朮甘湯に関する検討．生薬学雑誌 61:6-13.
- 安食菜穂子．2012．味認識装置を用いた精油類の化学的品質評価．日本食品化学学会誌 19:32-37.
- 青山 佳．2006．におい識別装置と食品・飲料のにおい評価への応用．食生誌．17:266-270.
- 荒井綜一．1999．食品の機能の研究と実践 現状および未来像．農及園．74:221-225.
- Avery, M. L., L. J. Cummings, D. G. Decker, J. W. Johnson, J. C. Wise and J. I. Howard. 1993. Field and aviary evaluation of low-level application rates of methiocarb for reducing bird damage to blueberries, Crop Protec. 12:95-100.
- Bracke, M. E., E. A. Bruyneel, S. J. Vermeulen, K. Vennekens, V. V. Marck and M. M. Mareel. 1994. Citrus flavonoid effect on tumor invasion and metastasis. Food Technol. 48:121-124.
- 中日新聞．2012年10月25日付朝刊．
- 藤岡正博．1996．鳥害研究の現状と今後の方向．果実日本．51:44-48.
- 藤田克治．1956．温州蜜柑の摘花(蕾)と摘果．農及園．31(6):803-806.
- 福永悠介・坂本等・満田実．2002．温州ミカンのシートマルチ栽培による果実中の β -クリプトキサンチン含量の増加．九州沖縄農業研究成果情報 17:287-288.
- 福谷敬三・宮本 等．1983．柑橘果実の苦味物質の含量と時期別変化．日食工誌．30:642-649.
- 古田貴裕・木谷小喜・正中めぐみ・長森健一・阿部礼奈・大森慶子・

- 澤田佳江・檜垣まきこ・神野匡永・水谷房雄．2008．樹冠上部摘果時期の違いが‘青島温州’の果実品質及び翌年の着花量に及ぼす影響．愛媛大学農学部農場報告 30:7-10.
- 橋永文男・江島 宏・永井秀人・伊藤三郎．1977．カンキツ類のリモノイドに関する研究．I．ポンカン，タンカン，早生ウンシュウ，ナツダイダイ果実のリモノイド組成の時期別変化．鹿児島大農学報．27:171-179.
- 市ノ木山浩道．2011．鳥獣害から果樹園を護る-犬を利用したカンキツの鳥害防止策-．果実日本．8:25-29.
- 市ノ木山浩道．2016a．ミカンミシン糸でぐるぐる巻き．現代農業．9: 216-217.
- 市ノ木山浩道．2016b．糸を使ったウンシュウミカンのヒヨドリ食害対策．農耕と園芸．71(2):50-53.
- 市ノ木山浩道・前川哲男・後藤正和．2012．香酸カンキツ‘新姫’の全果実及び部位別フラボノイド成分量．園学研．11:387-391.
- 市ノ木山浩道・奥田 均・後藤正和．2015．‘新姫’および‘カラマンダリン’の搾汁時における果皮の有無が果汁のフラボノイド含量ならびに香味の質に及ぼす影響．園学研．14:283-289.
- Ichinokiyama, H. and H. Okuda. 2018. Using a Water Nozzle for Disbudding Satsuma mandarins. Japanese Journal of Farm Work Research. Vol. 53:81-86.
- 市ノ木山浩道・竹内雅己．2008．犬によるウンシュウミカンの鳥害防止．農作業研究 43(1):1-6.
- 池内 温．1997．鳥害の生態と防除法．果樹園芸．50:22-27.
- 石田善一・薬師寺清司．1960．温州みかんの摘果，摘蕾に関する研究．愛媛果樹試報．1:27-42.
- Ishiwa, J., T. Sato, Y. Mimaki, Y. Sashida, M. Yano and A. Ito. 2000. A citrus flavonoid, nobiletin, suppresses

- production and gene expression of matrix metalloproteinase 9/gelatinase B in rabbit synovial fibroblasts. *J. Rheumatol* 27:20-25.
- 一色本店. 2018. らくらく防鳥糸掛け器・実之守 F1・小太郎.
<<https://a117.co.jp/products/archives/156>>.
- 貝原洋平・宮本輝仁・新堂高広. 2006. 根域制限栽培のウンシュウミカン‘上野早生’における水分ストレス付与程度の違いが果実品質に及ぼす影響. *園学雑*. 75(別 2):99.
- Kanno, S., A. Shouji, K. Asou and M. Ishikawa. 2003. Effects of naringin on hydrogen peroxide induced cytotoxicity and apoptosis in P388 cells. *J. Pharmacol. Sci.* 92:166-170.
- 香月敏孝・高橋克也. 2007. 温州みかん高品質化生産の動向. *農業総合研究* 49 (3) :59-120.
- Kawai, S., Y. Tomono, E. Katase, K. Ogawa and M. Yano. 1999. Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. *J. Agric. Food Chem.* 47:3565-3571.
- Kihara, T., I. Iwagaki, H. Okuda and K. Kawase. 1995: Alternate branch fruit cluster in Satsuma mandarin: New fruit control method for biennial bearing prevention and quality improvement. *Bull. Fruit Tree Res. Stn.* 27:11-26.
- 木原武士・小中原実. 2000. ウンシュウミカンにおける隔年結果の現状と対策. *果樹試研報*. 34: 111-136.
- Kim, H. K., T. S. Jeong, M. K. Lee, Y. B. Park and M. S. Choi. 2003. Lipid-lowering efficacy of hesperetin metabolites in high cholesterol fed rats. *Clin. Chim. Acta* 327:129-137.
- 木村美和子・山西妃早子・尾崎嘉彦・実宝智子. 2003. カンキツ果実の脱顆粒抑制作用の探索. *和歌山県工業技術センター研究報*

- 告 2003:1-2.
- 喜多純一・青山佳弘・木下太生. 2008. におい識別装置による, におい質の詳細表現. 日本味と匂学会誌 15:597-600.
- 小林義和・池崎秀和・東久保里江子. 2001. 味認識装置を用いたコーヒーにおける抑制効果の検討. 日本食品化学学会誌 75:275.
- 久保道德・矢野眞紀・松田秀秋. 1989. 柑橘類果実の薬理学的研究. (第1報)ウンシュウミカン果実の抗アレルギー作用 その1. 薬学雑誌 109:835-842.
- 釘宮雄一. 2005. 世界に唯一, 味のものさし味認識装置 SA402B (人間の舌を模倣した味覚センサ). 計測技術. 33:32-33.
- 熊本県. 1999. 農業研究所の新しい技術. 熊本県農政部.
- 栗田博之. 2007. 中学1年生のニホンザルに関する知識についての予備調査ー野猿公園での理科教育のすすめー. 霊長類研究 23:17-23.
- 栗山隆明. 1972. 温州ミカンの柚肌, 浮皮の発現と防止策. 農及園. 47:857-860.
- 前川哲男・市ノ木山浩道. 2005. カンキツ 'カラ' の果皮および果実搾汁粕中のフラボノイド類含有量の乾燥および加熱等処理による変化. 園学雑. 74 (別2) :563.
- 真子正史・真壁敏明. 1992. ウンシュウミカンの高糖化をねらった断根及びマルチ処理が樹勢, 収量, 果実品質に及ぼす影響. 神奈川園試研報. 42:11-19.
- Manthey, J. A. 2000. Biological properties of flavonoids pertaining to inflammation. Microcirculation 7: S29-S34.
- 間苧谷 徹・田中敬一. 2003. くだもののはたらき. p.40-92. 日本園芸農業共同組合連合会. 東京.
- 丸山直樹. 2014. オオカミが日本を救う. p.202-216. 白水社. 東京.
- 松田秀秋・矢野眞紀・久保道德・飯沼宗和・大山雅義・水野瑞夫.

1991. 柑橘類果実の薬理学的研究（第2報）ウンシュウミカン果実の抗アレルギー作用 その2 フラボノイド成分について. 薬学雑誌 111:193-198.
- 三重県.1975.昭和50年刊三重県統計書.三重県戦略企画部統計課.
- 三重県.2009.平成21年刊三重県統計書.三重県戦略企画部統計課.
- Minagawa, A., Y. Otani, T. Kubota, N. Wada, T. Furukawa, K. Kumai, K. Kameyama, Y. Okada, M. Fujii, M. Yano, T. Sato, A. Ito and M. Kitajima. 2001. The citrus flavonoid, nobiletin, inhibits peritoneal dissemination of human gastric carcinoma in SCID mice. Jpn. J. Cancer Res. 92: 1322-1328.
- Miyake, Y. 2006. Characteristics of flavonoids in Niihime fruit-a new sour citrus fruit. Food Sci. Technol. Res. 12:186-193.
- 宮田明義・橋本和光. 1990. ‘青島温州’の強制的隔年結果栽培. 第1報. 結実及びせん定方法が果実品質, 樹体の生育に及ぼす影響. 園学雑. 59(別2):32-33.
- 森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・関野幸二・村松 昇・長谷川美典. 2004a. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の効果. 園学研. 3:33-37.
- 森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・村松 昇・長谷川美典. 2004b. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の開発. 園学研. 3:45-49.
- Murakami, A., Y. Nakamura, K. Torikai, T. Tanaka, T. Koshiba, K. Koshimizu, S. Kuwahara, Y. Takahashi, K. Ogawa, M. Yano, H. Tokuda, H. Nishino, Y. Mimaki, Y. Sashida, S. Kitanaka and H. Ohigashi. 2000. Inhibitory effect of citrus nobiletin on phorbol ester-induced skin

inflammation, oxidative stress, and tumor promotion in mice. *Cancer Res.* 60:5059-5066.

中地克之. 2003. 香酸カンキツの最新情報を探る 筏下りと共に北山村の活性化を支える柑橘「ジャバラ」. *果実日本*. 58:22-25.

中川雅之・石川 啓・向井義徳・松尾勇作・本田康弘・薬師寺弘倫・脇 義富. 2003a. ウンシュウミカンの隔年交互結実法に関する研究. 第一報. 成木樹における主幹別（半樹別）交互結実法による省力安定生産効果. *愛媛果樹試報*. 16:7-16.

中川雅之・本田康弘・薬師寺弘倫・脇 義富. 2003b. ウンシュウミカンの隔年交互結実法に関する研究. 第二報. 中生ウンシュウ若木園における園地別交互結実法による省力安定生産効果. *愛媛果樹試報*. 16:17-31.

中村和雄・岡ノ谷一夫. 1996. 鳥獣害とその対策. p.189. *植物防疫*. 東京.

日本農業新聞. 2014年11月11日付朝刊.

野方洋一. 2005. カンキツ果実の機能性成分の検索とその有効利用に関する研究. *近畿中国四国農研報*. 5:19-84.

農林水産省. 2010. 周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書. 農林水産省消費安全局.

農林水産省. 2014. 平成24年果樹生産出荷統計. 農林統計協会. 東京.

農林水産省. 2015a. 平成26年果樹生産出荷統計. 農林統計協会. 東京.

農林水産省. 2015b. 鳥獣被害対策関連制度早わかりマニュアル. 農村振興局.

農林水産省. 2018. 野生鳥獣による農作物被害状況（平成28年度）. 農林水産省農村振興局.

農林水産省果樹試験場興津支場. 1987. カンキツの調査方法. p.83.

静岡.

- 奥田 均・岩崎光徳・佐藤景子. 2007. 水管理の異なるウンシュウミカン樹の TDR 法による枝体積含水率の変化. 園学研. 6:529-533.
- Okuda, H., T. Kihara, K. Noda and T. Hirabayashi. 2002. Systemized Alternate Bearing Method for Mature Satsuma Mandarin Trees. Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci. 161-169.
- 大垣智明. 1985. 果樹全書 カンキツ. p.113-115. II 栄養生長期. 農文協. 東京.
- 大井利光・高須康年・橋爪 裕・佐藤亮助. 1998. 盛夏期における高精製マシン油乳剤の低濃度散布がカンキツに及ぼす影響. 九病虫研究会報. 44:104-107.
- 太田英明. 1983. ユズ果汁の搾汁と品質特性に及ぼす搾汁機の影響. 日本食品工学会誌 30(11):629-635.
- 太田英明. 2004. 地域特産物の生理機能性・活用便覧. p.490-495. サイエンスフォーラム. 東京.
- 山陽新聞. 2014年7月20日付朝刊.
- Sato, T., L. Koike, Y. Miyata, M. Hirata, Y. Mimaki, Y. Sashida, M. Yano and A. Ito. 2002. Inhibition of activator polymethoxy flavonoid, results in augmentation of tissue inhibitor of metalloproteinases-1 production and suppression of production of matrix metalloproteinases-1 and -9 in human fibrosarcoma HT-1080 cells. Cancer Res. 62:1025-1029.
- 消費者庁. 2018. 機能性表示食品制度届出データベース. <http://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/foods_with_function_claims/>.
- 杉浦征治・丸山和彦. 1982. 傾斜地農業と農用地開発の最近の動向.

- 農業土木学会誌 50 (11) :929-934.
- 隅田孝司・東 誠広・小川浩史・田中卓二. 1999. 温州ミカン果汁の β -クリプトキサンチン高含有粉末によるアゾキシメタン誘発ラットの大腸ガン前駆病変抑制. 食科工誌. 46: 473-479.
- 鈴木勝征・吉永勝一. 1999. 果樹栽培における鳥獣被害及び防止法の現状. 果樹試場報告 32:39-64.
- 鈴木勝征. 2001. 果樹における鳥獣被害の実態と対策. 福岡の果樹. 5: 28-32.
- Tahara, Y and K. Toko. 2013. Electronic Tongues-A Review. IEEE SENSORS JOURNAL. Vol. 13:3001-3011.
- 高木信雄・政本泰幸・笹山新生・藤原文孝. 2009. 温州みかんの樹冠上部摘果による中玉高糖均質果連年安定生産. 愛媛果樹試報. 1:1-8.
- 高橋 誠・山野井勇太. 2010. ユーザビリティを追求した測色計(分光測色計 CM-5・色彩色差計 CR-5). 計測技術. 38:41-45.
- Takenaka, M., K. Nanayama, S. Isobe, K. Ozaki, K. Miyagi, H. Sumi, Y. Toume, S. Morine and H. Ohta. 2007. Effect of Extraction Method on Yield and Quality of Citrus depressa Juice. Food Sci. Technol. Res. 13:281-285.
- 竹内雅己・山上尚史・輪田健二. 2002. 環境に優しい鳥害防止対策(第1報)カンキツ園における鳥害と防除方法の効果. 三重科技農研報. 29:53-60.
- Tanaka, T., K. Kawabata, M. Kakumoto, K. Matsunaga, H. Mori, A. Murakami, W. Kuki, Y. Takahashi, H. Yonei, K. Satoh, A. Hara, M. Maeda, T. Ota, S. Odashima, K. Koshimizu and H. Ohigashi. 1998. Chemoprevention of 4-nitroquinoline 1-oxide-induced oral carcinogenesis by citrus auraptene in rats. Carcinogenesis 19:425-431.

- 寺本（稲福）さゆり・山本雅史・金城秀安・北島 宣・和田浩二・川満芳信．2010．沖縄本島北部のカンキツ遺伝資源およびそのポリメトキシフラボン含量．園学研．9:263-271.
- 土田貴志・山本知枝・山本恵一・人見信之・小坂昇・鹿野英士・岡野正道・小松かつ子・難波恒雄．1996．柑橘類生薬の基源と品質に関する研究（第1報）Citrus属5種の果皮の成分の成分及び組織形態の成熟に伴う変化．生薬学雑誌 50:114-127.
- 上西啓資・大野秀和・市ノ木山浩道・古崎和義．1994．カンキツ園の機械化に対応した樹園地管理技術の確立．三重県農業技術センター試験成績書 H6:33-34.
- 梅田安治・長沢徹明・水谷 環．1987．改良山成畑工による農地の造成と保全（I）斜里山麓・南後志地域における調査事例．北大農学部邦文紀要 15(4):337-344.
- Vandercook, C. E., B. Tisserat. 1989. Flavonoid changes in developing lemons grown *in vivo* and *in vitro*. *Phytochemistry* 28:799-803.
- 矢羽田第二郎・松本和紀・牛島孝策．2002．ウンシュウミカンの花芽分化の品種間差異と結果負担の及ぼす影響．園学雑．71（別2）:301.
- 山端直人．2010．集落ぐるみのサル追い払いによる農作物被害軽減効果-三重県内6地区での検証-．農村計画学会論文特集号 28:273-278.
- 山家一哲・高橋哲也・石井香奈子・加藤光弘・小林康志．2014．青色LED光照射によるウンシュウミカン果実の青かび病抑制効果．園学研．（別2）:116.
- 山本栄一．1966．ミカン園におけるスピードスプレーヤに関する研究（第1報）周年防除の一事例．九州病害虫研究会報 12: 79-81.
- 矢野昌充．1999．果実類の生理機能．農及園．74:113-118.

- 吉川(山西)弘恭・中尾誠司・長谷川美典・森永邦久．2001．夏季の
小雨が周年マルチ点滴灌水施肥法で栽培した温州ミカンの品質
に及ぼす影響．園学雑．70(別2):241．
- 財団法人 農産業振興奨励会．1992．平成2・3年度新果樹探索調査
委託事業報告書．p.189-200．