

BULLETIN
OF THE
WAKAYAMA PREFECTURAL EXPERIMENT STATIONS
OF
AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES

NO. 10 March 2022

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第10号

令和4年3月

和歌山県農林水産部

Wakayama Prefectural
Agriculture, Forestry and Fisheries Department

目 次

【農業試験場】

- キヌサヤエンドウを加害するハナアザミウマの発消長と防除対策について ————— 1～12
高岸香里・岡本 崇・内西浩一・薮野佳寿郎
- 和歌山県の露地栽培ショウガにおける根茎腐敗病の防除 ————— 13～18
菱池政志

【農業試験場暖地園芸センター】

- スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインライラック’、‘紀州ファインオーシャン’
の育成経過と特性 ————— 19～31
宮前治加・小川大輔

【果樹試験場】

- 中生ウンシュウミカン‘きゅうき’の高品質安定生産技術 ————— 33～41
中谷 章・中地克之・生駒美侑・岡室美絵子
- カンキツ‘津之望’の少核果実生産に向けた開花期におけるネット被覆法 ————— 43～49
井口 豊・宮井良介・岩倉拓哉
- CAPS マーカーを用いた和歌山県育成カンキツの品種識別技術 ————— 51～59
岩倉拓哉・田嶋 皓

【果樹試験場うめ研究所】

- ウメ‘橙高’の樹冠拡大期における枝梢管理方法 ————— 61～65
綱木海成・土田靖久・城村徳明・下村友季子・大江孝明・仲 慶晃
- 芳香成分を高めた‘南高’梅酒製造のための原料果実の簡易選定指標 ————— 67～74
大江孝明・山崎哲弘・占部恵理・石原紀恵・岡室美絵子
- 露地栽培のウメにおける各種抗生物質剤の残留性 ————— 75～81
柏本知晟・丸 章彦・松浦聖子・沼口孝司

【畜産試験場養鶏研究所】

- 絶滅危惧日本鶏「龍神地鶏」を基にした新たな地鶏品種の開発 ————— 83～91
湯橋宏美・橋本典和・小松広幸

【林業試験場】

- サカキを加害するサカキブチヒメヨコバイに対する薬剤防除効果 ————— 93～100
田中作治・坂口和昭・坂本 淳
- 県産未利用広葉樹(シイ)の建築資材等への利用拡大のための技術開発 ————— 101～112
岡本憲治・一岡直道・濱口隆章・坂本 淳

【水産試験場】

紀伊水道東部海域における栄養塩濃度の月変化および年変化 ————— 113~122
陶山公彦・安江尚孝

【学会誌掲載論文抄録】

ビワキジラミ成虫に対する各種薬剤の殺虫効果 ————— 123
松山尚生

海上輸送による北米地域への輸出に向けた渋ガキ3品種の軟化抑制技術の検討 ————— 124
古田貴裕・大槻 巧・岡田留伊・河井 崇・福田文夫・牛島幸一郎
久保康隆・中野龍平

Effect of Irrigation Amount on Flower Bud Growth and Fruit Set in Japanese
Apricot 'Nanko' ————— 125
Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura

萌芽更新したウバメガシとアラカシの開花結実特性 ————— 126
山下由美子

煙樹ヶ浜松林におけるマツ類枯死木の増加要因について ————— 127
法眼利幸・山下由美子・米光 裕・五味裕和・大森裕也・津村直希

紀伊水道および紀伊水道外域におけるマルアジの脂肪含量の季節変動 ————— 128
武田崇史・安江尚孝

キヌサヤエンドウを加害するハナアザミウマの 発生消長と防除対策について

高岸香里, 岡本 崇¹, 内西浩一², 藪野佳寿郎

和歌山県農業試験場

Seasonal occurrence of *Thrips hawaiiensis* (Morgan) that damage Kinusaya pea and its control

Kaori Takagishi, Takashi Okamoto, Koichi Uchinishi and Kazuo Yabuno

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のエンドウ栽培は全国 2 位の生産量を誇り、サヤエンドウは県内の野菜産出額の 18% を占める重要品目である（和歌山県農林水産部, 2021a）。近年、本県日高地域の露地栽培のキヌサヤエンドウ（以下、キヌサヤ）で、莢のガク枯れや白ぶくれ症莢が発生している。ガク枯れはアザミウマ類の幼虫が吸汁することで起こり、収穫時にガクが枯死したり黄化したりする（岡本, 未発表）。このような症状が発生すると、出荷調整時にガクを除去する必要があり、等級が下がる。白ぶくれ症は、アザミウマ類の産卵痕が白く膨れたもので、トマトやオクラ（豊田, 1972）、スナップエンドウ（柿元ら, 2017）でも同様の症状が確認されている。日高地域のキヌサヤでは、どちらの障害もハナアザミウマ（*Thrips hawaiiensis* (Morgan)）が原因であると考えられている（岡本, 未発表）。しかし、ハナアザミウマの飛来源、キヌサヤへの飛来時期、効果的な薬剤が明らかになっていないため、積極的な防除が行われず、2010~2020 年の発生ほ場率の平均が 95%（和歌山県農作物病虫害防除所調べ）と、被害が多い状態で推移している。本研究では、日高地域における被害莢の発生を減らすため、ハナアザミウマの飛来源と飛来時期を解明するとともに、各種薬剤の防除効果を検討した。また、鹿児島県のスナップエンドウ栽培では、ピリダリル水和剤やアセタミプリド水溶剤の感受性が低下したハナアザミウマが発生している（柿元, 2018）。現在効果の高い薬剤についても、感受性低下を遅らせるため連用を避ける必要がある（和歌山県農林水産部, 2021b）、今後は薬剤のみでは防除が不十分となる可能性がある。このため、薬剤以外の防除方法である、光反射マルチの設置（柿崎, 1996）及び白色防風ネット挟み込み栽培（和歌山県農業試験場, 2017）による物理的防除の効果についても併せて検討した。

なお、本研究は 2018~2020 年度に和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業により実施した。

¹現在：農業試験場暖地園芸センター

²現在：東牟婁振興局地域振興部

材料および方法

1. 飛来源の調査

2017年9月26日, 10月29日, 11月21日に和歌山県日高郡印南町印南, 西ノ地のキヌサヤほ場周辺において, 開花していた植物の分布と, それらに生息するハナアザミウマの雌成虫数を調査した。

各調査日に印南(調査移動距離約3.0 km)と西ノ地(調査移動距離約1.5 km)のキヌサヤ栽培ほ場周辺(総調査移動距離約4.5 km)を歩きながら, 開花している植物(栽培されているキヌサヤも含む)を選定し, 1地点あたり6か所で5花序を目標に計30花序を採集した。6か所以上見つからない場合は1か所あたりの採集花序数を増やした。採集植物の分布は, 6か所以上に分布し簡単に採集できる植物を“多”, 探せば6か所で採集できる植物を“中”, 1~5か所で採集できる植物を“少”とした。採集した花序はただちにポリ袋に入れて密閉し, 採集当日に虫体の抽出作業を行った。

虫体の抽出は以下の手順でエタノール洗浄により行った。ポリ袋に70%エタノールを花序が浸かるまで入れ, 10秒以上振とうした後, エタノールと花序をビーカーに移した。ポリ袋は少量の70%エタノールで2回洗浄し, ポリ袋に残った虫体すべてをビーカーに移した。ビーカー内の花序はエタノール中で虫体を洗い出しながら取り出した。エタノールに抽出された虫体を紙ワイパー(商品名:キムタオル, 日本製紙クレシア製)でろ過して回収した後, 種の判別を行った。種の判別は, 千脇・佐野(2011)を参考に, 実体顕微鏡を用いて触角の配色および頭部, 胸部の刺毛の有無等で行い, 雌成虫のみを計数した。

2. 飛来時期の調査

2018~2020年の8~11月に, クズ, セイタカアワダチソウが優占している雑草地近辺のキヌサヤほ場に青色粘着トラップ(商品名:ホリバー, 10cm×25.7cm, アリスタライフサイエンス製)を上端が地表面から高さ0.7~1.0mになるように設置し, 10~14日間隔で交換した。2018年は5ほ場16か所, 2019年は3ほ場8か所, 2020年は3ほ場9か所に設置した。

トラップ両面のハナアザミウマ雌成虫誘殺数を実体顕微鏡で調査し, 旬ごとに集計した。種の判別は, 前記の飛来源の調査と同様の方法で行った。

3. 効果的な薬剤の探索

1) 室内試験

2015年10月に印南町西ノ地の露地栽培キヌサヤから採集し, 芽だしソラマメを用いて25℃, 16L8Dの恒温器内で累代飼育したハナアザミウマ雌成虫を用いた。供試薬剤は, 「さやえんどう」に適用がある薬剤を中心に, 表2に示した8剤とした。

試験は, 柴尾(2013)の方法を参考に, 葉片をインゲンマメ初生葉に変更して行った。供試薬剤は, 展着剤(ポリオキシエチレンニルフェニルエーテル10.0%・ポリナフチルメタンスルホン酸ナトリウム6.0%剤, 商品名:グラミン)を0.02%加用した水道水で所定濃度(「さやえんどう」適用濃度およびその10倍希釈濃度)に希釈した。容量15mlのスチロール棒瓶を試験容器と

し、内部を薬液で満たし、薬液を捨ててから風乾した。インゲンマメ葉片（φ28mm）1枚を薬液に10秒間浸漬し、ペーパータオル上で風乾した。この葉片を、直径9cmの円形ろ紙を中心から放射状に8等分したものと同時にスチロール棒瓶に入れた。この中に、雌成虫10～15頭を放飼し、開口部を接木テープ（商品名：メデール、アグリス製）で密閉した。無処理として、水道水（同展着剤0.02%加用）を同様に処理した。試験は3反復行った。25℃、16L8Dの恒温室内で48時間飼育した後、実体顕微鏡下で供試虫の生死を計数した。このとき、苦悶虫（柄付き針で触っても歩行困難な虫）は死亡虫とした。各供試薬剤について全3反復の生存虫数を合計した後、Abbott（1925）に従い補正死虫率を算出した。殺虫効果は補正死虫率で判断し、90%以上を高い、70%以上で認められる、70%未満で低いとした。

2) ほ場試験

供試薬剤は、「さやえんどう」に適用がある薬剤を中心に、表3に示した6剤とした。

2018年10月26日、11月5日の2回、所定濃度の薬液を背負式電動噴霧機で10a当たり300L散布した。薬液には展着剤（ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル10.0%・ポリナフチルメタンスルホン酸ナトリウム6.0%剤、商品名：グラミン）を0.02%加用した。処理時の作物ステージは開花盛期であった。1区25株3反復とした。

第1回処理前（10月26日）、第1回処理4日後（10月30日）、第1回処理7日後（11月2日）、第1回処理10日後・第2回処理前（11月5日）、第2回処理9日後（11月14日）、第2回処理15日後（11月20日）、第2回処理21日後（11月26日）に調査を行った。各区30莢（莢長2～8cm、厚さ2mm以内）について、白ぶくれ症莢数を計数した。防除効果は第1回処理前を除く全調査日の平均白ぶくれ症莢率で判断し、10%以下を高い、30%以下で認められる、50%以下でやや低い、51%以上を低いとした。

4. 物理的防除法の検討

1) 光反射マルチの設置

2018～2020年の9～11月、印南町のキヌサヤほ場において、農家慣行の白黒マルチの上から白色反射マルチ（商品名：タイベック700AG、丸和バイオケミカル製）またはシルバーマルチ（商品名：ボーチャーシルバーL、東罐興産製）を50cm幅で畝の両側に設置した。慣行区は農家慣行の白黒マルチのままとした。2018、2019年は1ほ場、2020年は3ほ場で試験を行った。2018、2020年は白色反射マルチ、シルバーマルチ両区を設置し、2019年は白色反射マルチ区のみとした。

10月下旬から12月上旬まで1～2週間隔で、収穫適期の莢（7cm程度）について、ガク枯れ、白ぶくれ症の有無を調査した。

2) 白色防風ネット挟み込み栽培

挟み込み区は、カーテンフック（金属製Bフック）とゴムバンド（商品名：Nバンド、染谷製）を用いて白色防風ネット（実目合3.5×4.5mm、幅1m、ポリエチレン製、ラッセル網、日本マタイ製）2枚でキヌサヤを挟み込むように被覆を行った（図1）。ネット上端の高さは生育に応じてキヌサヤの草丈がネット上端から出ないように、ゴムバンドを動かして変更した。慣行区は白色防風ネットの被覆を行わなかった。

調査は、前記の光反射マルチ設置試験と同様の方法で行った。

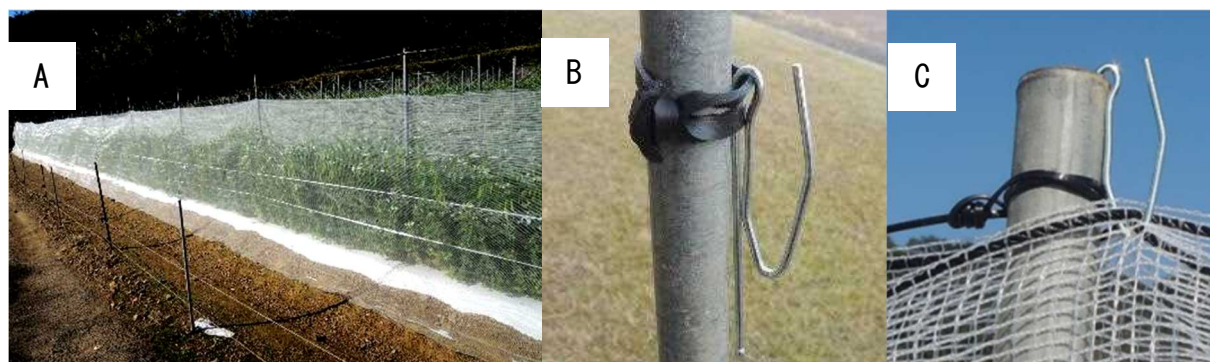


図 1 白色防風ネット挟み込み栽培の様子 (A) とネットの固定方法 (B, C)
 B: ゴムバンドで任意の高さにカーテンフックを固定し, ネットをかける
 C: 支柱の上端にカーテンフックを固定し, ネットをかける

結 果

1. 飛来源の調査

調査結果は表 1 のとおりであった。

キヌサヤほ場周辺において、9 月に植物の分布が“多”であったのは、クズ、サヤエンドウ、ナルトサワギク、コセンダングサ、ヨモギ、ヒメムカシヨモギ、メヒシバ、エノコログサ、ママコノシリヌグイ、ツユクサ、キツネノマゴであった。10 月に植物の分布が“多”であったのは、サヤエンドウ、セイタカアワダチソウ、ナルトザワギク、コセンダングサ、ノゲシ、アキノゲシ、ヤブチョロギ、ホトケノザ、ママコノシリヌグイであった。11 月に植物の分布が“多”であったのは、サヤエンドウ、セイタカアワダチソウ、ナルトザワギク、ヤブチョロギ、ホトケノザ、リモニウムであった。

また、ハナアザミウマ雌成虫の生息虫数が最も多かった植物は、9 月はクズで 1072 頭、10 月、11 月はいずれもセイタカアワダチソウで 72 頭、91 頭であった。

植物の分布が“多”で、かつ生息虫数が最多であった植物は、9 月はクズ、10 月、11 月はセイタカアワダチソウであった。

2. 飛来時期の調査

旬別の青色粘着トラップの平均ハナアザミウマ誘殺数は図 2 のとおりであった。

誘殺数が山状になった時期（グラフ上で隣り合った値同士を線分で結んだ際、誘殺数の推移の傾きが正から負に切り替わる集計時点）を誘殺数のピークとしたところ、2018 年は 9 月下旬と 11 月上旬（図 2A）、2019 年は 9 月下旬～10 月上旬（図 2B）、2020 年は 10 月上旬と 11 月上旬（図 2C）にそれぞれ誘殺数のピークがあった。2019 年は、最終調査時の 11 月下旬の誘殺数が 1 回目のピーク以降で最多となっていたため（図 2B）、ピークと見なした。以上から、ハナアザミウマは 9 月下旬～10 月上旬と 11 月の計 2 回、飛来のピークがあった。

表1 キヌサヤほ場周辺の植物²⁾の分布と花序におけるハナアザミウマ雌成虫の生息数

調査時期	植物の分布とハナアザミウマ雌成虫頭数 ^{y)}		
9月	マメ科	クズ (多, 1072), サヤエンドウ (多, 1), ヤブツルアズキ (少, 0)	
	キク科	ナルトサワギク (多, 3), アメリカタカサプロウ (中, 0), コセンダングサ (花卉無) (多, 0), コセンダングサ (花卉有) (多, 2), ヨモギ (多, 0), ヒメムカシヨモギ (多, 0)	
	カタバミ科	カタバミ (中, 0), ハナカタバミ (中, 4)	
	イネ科	メヒシバ (多, 0), エノコログサ (多, 5), ネズミノオ (中, 0)	
	キジカクシ科	ツルボ (中, 5)	
	タデ科	イヌタデ (中, 0), ママコノシリヌグイ (多, 0)	
	ヒユ科	イノコズチ (中, 2)	
	ヒルガオ科	ホシアサガオ (中, 0)	
	ツユクサ科	ツユクサ (多, 0)	
	キツネノマゴ科	キツネノマゴ (多, 0)	
	クマツヅラ科	アレチハナガサ (中, 0)	
	10月	マメ科	サヤエンドウ (多, 3), マルバハギ (少, 0)
キク科		セイタカアワダチソウ (多, 72), ヨシノアザミ (中, 7), ヨメナ (少, 5), ツワブキ (中, 2), ナルトサワギク (多, 0), コセンダングサ (花卉無) (多, 0), コセンダングサ (花卉有) (多, 0), ノゲシ (多, 0), オニタビラコ (中, 0), アキノゲシ (多, 0)	
カタバミ科		カタバミ (中, 0), ハナカタバミ (中, 0)	
シソ科		ヤブチヨロギ (多, 0), ホトケノザ (多, 0)	
ムラサキ科		ハナイバナ (中, 0)	
ナス科		イヌホオズキ (中, 1)	
アブラナ科		ナズナ (少, 0)	
タデ科		ギンギン (中, 10), ママコノシリヌグイ (多, 0)	
ヒルガオ科		ホシアサガオ (中, 0)	
クマツヅラ科		ランタナ (中, 9), アレチハナガサ (中, 0)	
11月		マメ科	サヤエンドウ (多, 3)
		キク科	セイタカアワダチソウ (多, 91), ヨメナ (中, 19), タイキンギク (中, 9), ナルトサワギク (多, 3), ノゲシ (中, 0), ヤクシソウ (少, 0)
	カタバミ科	ハナカタバミ (中, 1)	
	シソ科	ヤブチヨロギ (多, 0), ホトケノザ (多, 1)	
	ムラサキ科	ハナイバナ (中, 0)	
	ケシ科	ムラサキケマン (中, 0)	
	アブラナ科	ナズナ (中, 0)	
	タデ科	イヌタデ (中, 0)	
	イソマツ科	リモニウム (多, 0)	
	クマツヅラ科	ランタナ (少, 0), アレチハナガサ (少, 0)	

z) 栽培されているサヤエンドウも含む

y) カッコ内の左側に分布、右側に頭数を記載

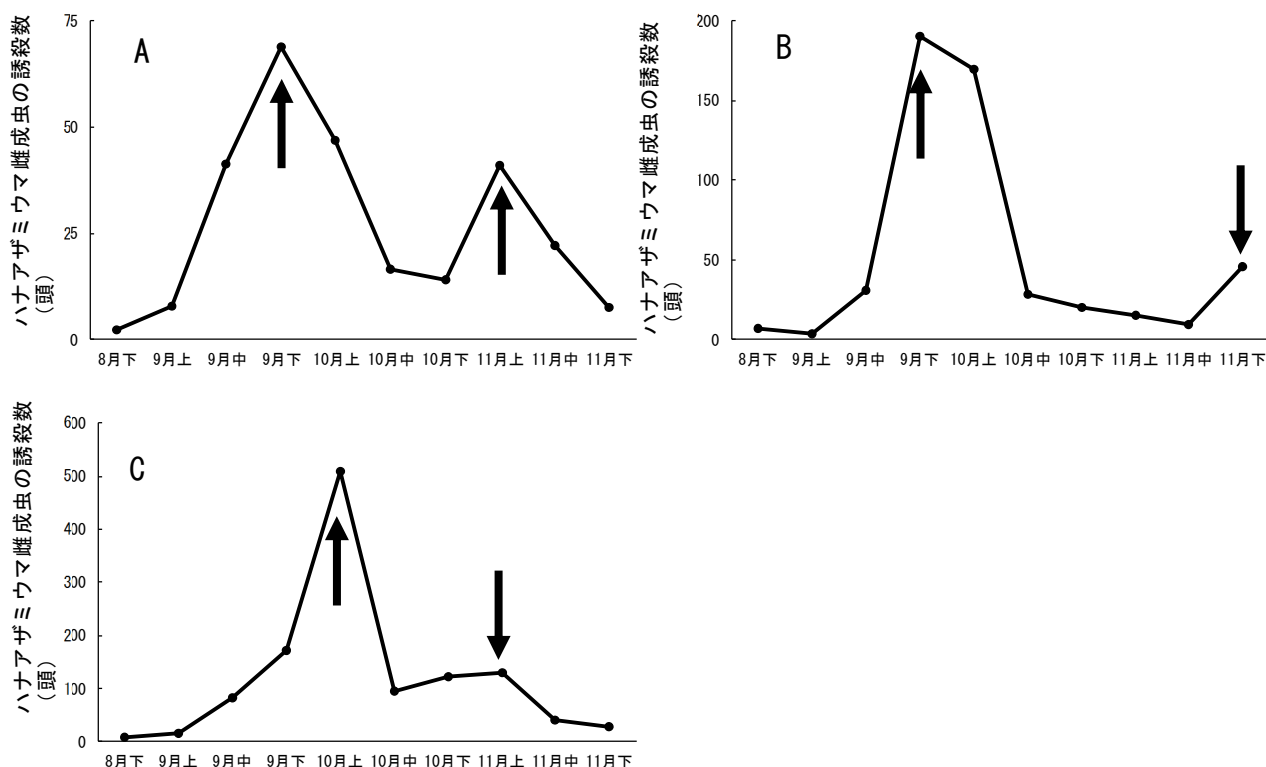


図 2 ハナアザミウマ雌成虫の旬別誘殺数（2018～2020 年）
 A:2018 年 B:2019 年 C:2020 年
 図中の矢印は誘殺のピークを示す。

2018 年は 5 ほ場 16 か所，2019 年は 3 ほ場 8 か所，2020 年は 3 ほ場 9 か所の平均を示す。

3. 効果的な薬剤の探索

1) 室内試験

スピノサド顆粒水和剤，スピネトラム水和剤およびエトフェンプロックス乳剤は，「さやえんどう」適用濃度およびその 10 倍希釈濃度で高い殺虫効果を示した。クロルフェナピルフロアブルは「さやえんどう」適用濃度で殺虫効果が高く，その 10 倍希釈濃度でも殺虫効果が高かった。エマメクチン安息香酸塩乳剤，アセタミプリド顆粒水溶剤，カルタップ水溶剤は「さやえんどう」適用濃度で殺虫効果が高く，その 10 倍希釈濃度では殺虫効果が低かった。レピメクチン乳剤は，「さやえんどう」適用濃度および 10 倍希釈濃度において殺虫効果が低かった（表 2）。

表2 室内試験における各種薬剤のハナアザミウマに対する殺虫効果

系統名 ^{z)}	供試薬剤名	希釈倍率 ^{y)}	供試虫数 ^{x)}	補正死虫率 ^{w)} (%)
スピノシン系(5)	スピノサド顆粒水和剤	5,000	36	100
		50,000	36	100
	スピネトラム水和剤	5,000	36	100
		50,000	36	100
ピロール(13)	クロルフェナピルフロアブル	2,000	38	100
		20,000	38	80.7
アベルメクチン系 ミルベメクチン系(6)	エマメクチン安息香酸塩乳剤	2,000	32	93.8
		20,000	38	58.9
	レピメクチン乳剤	2,000	33	0.2
		20,000	37	0
ピレスロイド系(3A)	エトフェンプロックス乳剤	1,000	35	100
		10,000	34	100
ネオニコチノイド系(4A)	アセタミプリド顆粒水溶剤	4,000	32	90.0
		40,000	29	50.2
ネライストキシン類塩体(14)	カルタップ水溶剤	1,500	32	100
		15,000	31	49.9
	無処理		36	0

z) カッコ内はIRACコード

y) 各薬剤の上段が適用濃度、下段が10倍希釈濃度

x) 3反復の合計

w) 補正死虫率(%) = {(無処理区生存率 - 処理区生存率) / 無処理区生存率} × 100

2) ほ場試験

エトフェンプロックス乳剤は白ぶくれ症発率が22.0%と最も低く、白ぶくれ症の防除効果が認められた。スピノサド顆粒水和剤、カルタップ水溶剤が31.1%、アセタミドプリド顆粒水溶剤が33.3%、エマメクチン安息香酸塩乳剤が40.2%、クロルフェナピルフロアブルが46.7%と防除効果がやや低かった(表3)。

表3 ほ場試験における各種薬剤処理前後の白ぶくれ症莢数の推移と平均白ぶくれ症莢率

供試薬剤名	処理濃度	連制	調査莢数 (莢/回)	白ぶくれ症莢数								合計 ²⁾	平均白ぶくれ 症莢率 ¹⁾ (%)
				処理前 (10/26)	第1回処理 4日後 (10/30)	第1回処理 7日後 (11/2)	第1回処理 10日後 (11/5)	第2回処理 9日後 (11/14)	第2回処理 15日後 (11/20)	第2回処理 21日後 (11/26)	合計		
スピノサド顆粒水和剤	5000	I	30	4	5	8	6	9	7	8	43	23.9	
		II	30	4	7	11	7	8	6	8	47	26.1	
		III	30	6	17	18	14	11	8	10	78	43.3	
		合計	90	14	29	37	27	28	21	26	168	31.1	
クロルフェナピルフロアブル	2000	I	30	3	9	9	14	14	3	13	62	34.4	
		II	30	6	12	7	9	17	19	18	82	45.6	
		III	30	7	12	21	18	21	24	12	108	60.0	
		合計	90	16	33	37	41	52	46	43	252	46.7	
エマメクチン安息香酸塩乳剤	2000	I	30	5	9	16	15	19	15	17	91	50.6	
		II	30	4	6	11	9	7	9	9	51	28.3	
		III	30	8	10	12	17	14	12	10	75	41.7	
		合計	90	17	25	39	41	40	36	36	217	40.2	
エトフェンブロックス乳剤	1000	I	30	3	8	9	8	2	2	0	29	16.1	
		II	30	5	5	3	4	1	1	1	15	8.3	
		III	30	12	16	16	15	11	6	11	75	41.7	
		合計	90	20	29	28	27	14	9	12	119	22.0	
アセタミプリド顆粒水溶剤	4000	I	30	5	4	8	8	4	7	7	38	21.1	
		II	30	4	10	10	11	7	9	5	52	28.9	
		III	30	9	17	20	17	13	13	10	90	50.0	
		合計	90	18	31	38	36	24	29	22	180	33.3	
カルタップ水溶剤	1500	I	30	6	7	10	8	4	3	7	39	21.7	
		II	30	7	8	11	10	6	7	8	50	27.8	
		III	30	5	10	15	15	12	15	12	79	43.9	
		合計	90	18	25	36	33	22	25	27	168	31.1	
無処理		I	30	4	8	10	15	22	16	15	86	47.8	
		II	30	8	16	10	11	16	14	17	84	46.7	
		III	30	8	19	19	21	22	18	22	121	67.2	
		合計	90	20	43	39	47	60	48	54	291	53.9	

z) 処理前を除く調査日の合計値

y) 平均白ぶくれ症莢率=(白ぶくれ症莢数の合計/540)×100

4. 物理的防除法の検討

1) 光反射マルチの設置

各年度のガク枯れ莢率は図 3A, 白ぶくれ症莢率は図 3B のとおりであった。

(1) 2018 年の試験

白色反射マルチ区のガク枯れ莢率は 2.0%, 白ぶくれ症莢率が 4.4% であった。シルバーマルチ区のガク枯れ莢率は 2.4%, 白ぶくれ症莢率は 6.3% であった。これらは、慣行区のガク枯れ莢率 (8.4%), 白ぶくれ症莢率 (14.6%) と比較して低かった。

白色反射マルチ区はシルバーマルチ区と比べて被害が低い傾向があった。

(2) 2019 年の試験

白色反射マルチ区のガク枯れ莢率は 10.5%, 白ぶくれ症莢率が 13.7% であった。これらは、慣行区のガク枯れ莢率 (22.3%), 白ぶくれ症莢率 (18.7%) と比較して低かった。

(3) 2020 年の試験

試験した 3 ほ場の結果に差があった。

ほ場 1 の白色反射マルチ区のガク枯れ莢率は 7.4%, 白ぶくれ症莢率が 4.4% であった。シルバーマルチ区のガク枯れ莢率は 13.3%, 白ぶくれ症莢率は 3.7% であった。これらは、慣行区のガク枯れ莢率 (14.2%), 白ぶくれ症莢率 (7.7%) と比較すると、白色反射マルチ区はガク枯れ莢率、白ぶくれ症とも慣行区より低く、シルバーマルチ区のガク枯れ莢率は慣行区と同等で、白ぶくれ症莢率は慣行区よりやや低かった。

ほ場 2 の白色反射マルチ区のガク枯れ莢率は 1.1%, 白ぶくれ症莢率が 28.5% であった。シルバーマルチ区のガク枯れ莢率は 0.9%, 白ぶくれ症莢率は 26.9% であった。これらは、慣行区のガク枯れ莢率 (0.8%), 白ぶくれ症莢率 (30.5%) と同等であった。

ほ場3の白色反射マルチ区のカク枯れ率は2.3%、白ぶくれ症率が15.3%であった。シルバーマルチのカク枯れ率は0%、白ぶくれ症率は9.3%であった。これらは、慣行区のカク枯れ率(0.2%)、白ぶくれ症率(17.5%)と比較すると、白色反射マルチ区のカク枯れ率はやや高く、白ぶくれ症率は慣行区と同等であった。また、シルバーマルチ区は、カク枯れ率、白ぶくれ症率ともに慣行区より低かった。

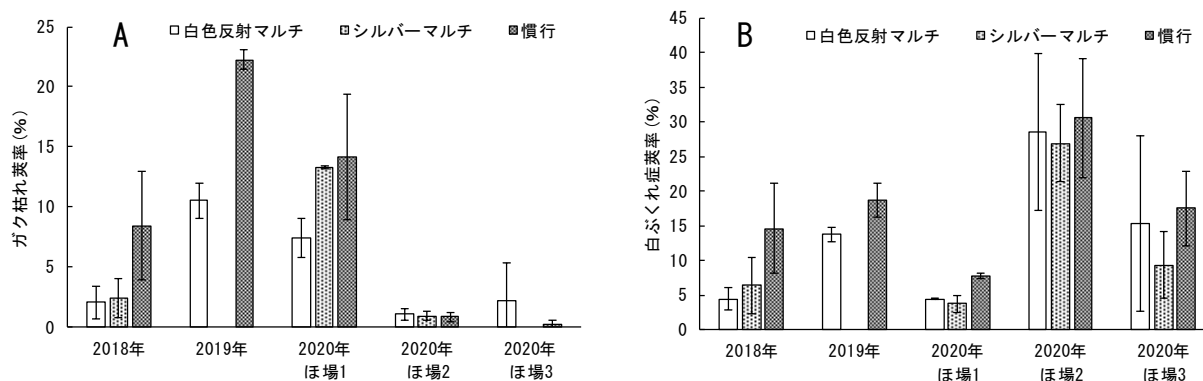


図3 光反射マルチ設置によるハナアザミウマ被害の防除効果

A: カク枯れ率 B: 白ぶくれ症率

エラーバーは標準偏差

2) 白色防風ネット挟み込み栽培

各年度のカク枯れ率は図4A、白ぶくれ症率は図4Bのとおりであった。試験を行った3年通じて、挟み込み区は慣行区と比較して被害率が低かった。

(1) 2018年の試験

挟み込み区のカク枯れ率は1.0%、白ぶくれ症率は2.0%であった。これらは、慣行区のカク枯れ率(5.3%)、白ぶくれ症率(10.3%)と比較して低かった。

(2) 2019年の試験

挟み込み区のカク枯れ率は0.7%、白ぶくれ症率は1.1%であった。これらは、慣行区のカク枯れ率(5.6%)、白ぶくれ症率(11.0%)と比較して低かった。

(3) 2020年の試験

挟み込み区のカク枯れ率は0%、白ぶくれ症率は5.2%であった。これらは、慣行区のカク枯れ率(0.2%)、白ぶくれ症率(17.5%)と比較して低かった。

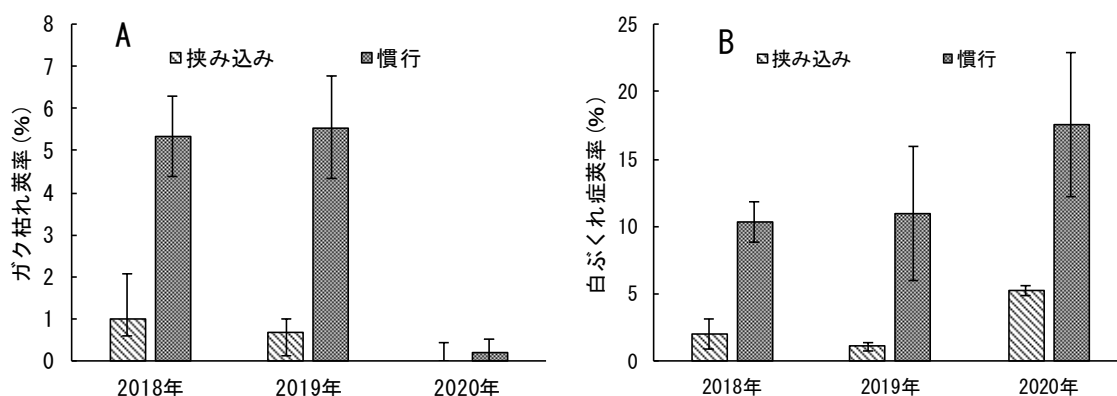


図4 白色防風ネット挟み込み栽培によるハナアザミウマ被害の防除効果
A:ガク枯れ莢率 B:白ぶくれ症莢率
エラーバーは標準偏差

考 察

東・入料 (2015) は鹿児島県のエンドウほ場周辺雑草で、ハナアザミウマの生息虫数を調査した結果、9～10月はハイメドハギ、10月はセイタカアワダチソウ、9～11月はアユキセンダングサで生息虫数が多く、これらの雑草種で増殖したハナアザミウマがエンドウ類に飛来している可能性を示唆している。また、クズにおいては、他の雑草種に比べて少なかったことから重要視されていないものの、7月に生息が確認されている。

本研究で、キヌサヤほ場周辺で開花していた雑草を調査したところ、クズとセイタカアワダチソウにハナアザミウマが多数生息しており、これらの植物は、ほ場周辺の分布も多かったため、飛来源になる可能性があると考えられる。また、ハナアザミウマの飛来のピークは、9月下旬～10月上旬と11月の合計2回であった。クズの花が咲き終わる時期は9月下旬であり、セイタカアワダチソウは10月下旬から開花をはじめ、11月下旬まで開花が続く (岩瀬, 2007)。これらのことから、クズおよびセイタカアワダチソウで生息していたハナアザミウマが、それぞれの開花期終了とともにキヌサヤに飛来すると考えられた。

以上から、クズやセイタカアワダチソウの開花程度を見ながら、飛来のピークに合わせてキヌサヤほ場の薬剤防除を行うことで、ハナアザミウマの効率的な防除が期待できると考えられる。

また、水稻では水田畦畔を除草することで、アカスジカスミカメ越冬世代幼虫の密度が低減すると報告されている (横田・鈴木, 2008)。同様に、ほ場周辺のクズやセイタカアワダチソウを開花前に除草することにより、ハナアザミウマの密度を低減できると期待される。

春山・松本 (2013) は、栃木県のイチゴほ場から採集したハナアザミウマについて室内で殺虫効果試験を行い、スピノサド顆粒水和剤およびスピネトラム水和剤のハナアザミウマに対する効果が高く、レピメクチン乳剤の殺虫効果は低いことを報告した。本研究の結果はこれらの結果と同様であった。

「さやえんどう」に適用のある薬剤のハナアザミウマに対する防除効果をは場で確認したところ、最も白ぶくれ症の防除効果が高かったのは、エトフェンプロックス乳剤であった。エトフェンプロックス乳剤は、同じくキヌサヤの重要害虫であるウラナミシジミにも高い防除効果がある (岡本,

2018)．ウラナミシジミの加害開始時期はキヌサヤの開花開始時期であり，ハナアザミウマの飛来時期と重なる．このことから，エトフェンプロックス乳剤をキヌサヤの開花開始時期に散布することでこれらの害虫の同時防除が期待できる．ただし，エトフェンプロックス乳剤は「さやえんどう」の「アザミウマ類」に対する登録がなく，普及に向けての課題である．

畝の両側に光反射マルチを設置することで，ハナアザミウマの被害をやや抑えることができたが，効果が不安定で，年次間差やほ場間差が認められた．効果の低かったほ場は，キヌサヤが他のほ場より繁茂していたことに加え，光反射マルチ上をほ場の土が覆ったことにより露出幅が狭くなっていた．このことから，光反射マルチの露出幅が狭くなると防除効果が低くなると推察される．今後は光反射マルチの露出幅や設置場所等，マルチ設置の効果を高める方法の検討が必要と思われる．

白色防風ネット挟み込み栽培は，安定してハナアザミウマの被害を抑えることができた．白色防風ネット挟み込み栽培は，元々ウラナミシジミの被害軽減を目的に開発された技術である（和歌山県農業試験場，2017）．また，4mm目合いのネットは，ハスモンヨトウ，オオタバコガといった他のチョウ目害虫も防ぐことができる．生育初期から白色防風ネット挟み込み栽培を行うことでこれらの害虫を同時に防除できるため，有用である．なお，管理作業時にネット被覆を開ける必要があり，作業性の面で改良の余地があると思われたので，今後の課題である．

摘 要

和歌山県のキヌサヤにおけるハナアザミウマの防除対策として，飛来源，飛来時期を明らかとし，効果的な薬剤を探索した．また，光反射マルチ設置及び白色防風ネット挟み込み栽培の防除効果について検討した．

1. キヌサヤエンドウほ場周辺で開花していた植物を調査したところ，クズとセイタカアワダチソウの分布が多く，それらの花にハナアザミウマが多数生息していたことから，飛来源と推察された．
2. ハナアザミウマの飛来のピークは，9月下旬～10月上旬と11月の合計2回であった．1回目はクズの花が咲き終わる時期，2回目はセイタカアワダチソウの満開後であった．
3. 「さやえんどう」に適用のある薬剤のハナアザミウマに対する殺虫効果を室内で確認したところ，スピノサド顆粒水和剤，スピネトラム水和剤，エトフェンプロックス乳剤の効果が高かった．
4. 「さやえんどう」に適用のある薬剤のハナアザミウマに対する防除効果をほ場で確認したところ，最も白ぶくれ症被害が少なかったのはエトフェンプロックス乳剤であった．
5. 畝の両側に光反射マルチを設置することで，ハナアザミウマの被害を抑えることができたが，効果に年次間差やほ場間差があった．
6. 白色防風ネット挟み込み栽培を行うと，慣行栽培と比べて被害率率が大幅に低下した．

本研究の実施にあたり，現地調査ではキヌサヤエンドウ生産者の皆様に快くご協力いただいた．また，紀州農業協同組合営農指導員，和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課普及グループ職員には多大なご協力をいただいた．厚く御礼申し上げる．

引用文献

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18 : 265-267.
- 千脇健司・佐野敏広. 2011. 粘着トラップに誘殺されたアザミウマ類の簡易同定法. pp. 35-37. アザミウマ類の見分け方. 日植防. 東京.
- 春山直人・松本華苗. 2013. 栃木県の園芸作物に発生したアザミウマ類6種に対する各種薬剤の殺虫効果. 関東病虫研報. 60 : 121-124.
- 東幸男・入料珠美. 2015. 指宿地域におけるマメ類ほ場および周辺雑草におけるアザミウマ類の発生状況. 鹿児島農総セ研報. 9 : 43-47.
- 岩瀬徹. 2007. 形とくらしの雑草図鑑. 全国農村教育協会. 東京.
- 柿元一樹・松比良邦彦・井上栄明・中島純・伊藤由香. 2017. スナップエンドウおよびソラマメにおけるアザミウマ類の種構成. 関西病虫研報. 59 : 1-7.
- 柿元一樹. 2018. スナップエンドウでの効果的な防除技術の確立に向けたハナアザミウマおよびナモグリバエに対する殺虫剤の効力比較. 関西病虫研報. 60 : 107-110.
- 柿崎昌志. 1996. さやえんどうのヒラズハナアザミウマに対するシルバーマルチの被害防止効果. 北日本病虫研報. 47 : 114-117.
- 岡本崇. 2018. エンドウを加害するウラナミシジミに対する各種薬剤の殺虫効果. 関西病虫研報. 60 : 65-69.
- 柴尾学. 2013. 野菜・花き害虫：アザミウマ類. pp. 55-58. 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル. 日植防. 東京.
- 豊田久蔵. 1972. トマトおよびオクラ果の白ぶくれ症(新称)について. 九病虫研会報. 18 : 23-27. 和歌山県農業試験場. 2017. ウラナミシジミ被害防止のためのキヌサヤエンドウ挟み込み被覆栽培マニュアル.
- 和歌山県農林水産部. 2021a. 和歌山県の野菜・花き.
- 和歌山県農林水産部. 2021b. 令和3年度農作物病害虫及び雑草防除指針.
- 横田啓・鈴木敏男. 2008. 水田畦畔におけるアカスジカスミカメ越冬世代幼虫の密度低減に効果的な草刈時期. 北日本病虫研報. 59 : 116-119.

和歌山県の露地栽培ショウガにおける根茎腐敗病の防除

菱池政志¹

和歌山県農業試験場

Control of Soft Rot in Open-field Cultivated Ginger in Wakayama Prefecture.

Masashi Hishiike

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のショウガ (*Zingiber officinale* Roscoe) 栽培において最も問題となる病害は、*Pythium myriotylum* Drechsler が引き起こすショウガ根茎腐敗病である。本病は種根茎伝染だけでなく、土壌や水を介して伝染するため、一旦ほ場に侵入すると一気にほ場全体に蔓延する可能性のある難防除土壌病害である。これまで本県における本病の対策は施設栽培を対象に検討されている(衛藤ら, 2013; 一谷, 1980; 一谷・新須, 1981a) が、露地栽培については知見がなく、防除対策の確立が求められていた。

本病の防除薬剤として長年使用されてきた土壌消毒剤である臭化メチルくん蒸剤が 2012 年末をもって全廃された。その代替技術として、臭化メチル代替くん蒸剤による種根茎定植前の土壌消毒、定植後の防除(以下、生育期防除)、耕種的防除を組み合わせた体系防除が開発された(森田, 2012; 森山, 2012)。このうち、生育期防除は発病前からの予防的な防除が効果的であるとされているが(森山, 2013)、防除開始時期は例年の初発時期を基に決定しており、実際の感染時期は考慮されていない。そこで、筆者は、本病の生育期防除の効果向上を目的に、露地栽培における本菌によるショウガ根茎への感染リスクが高い期間を、5月下旬から9月中旬であると推定した(菱池, 2021)。

本研究では、推定された感染リスクの高い期間に生育期防除剤を処理することで、十分な防除効果を得ることができるか検証した。また、本病は土壌伝染性病害であることから、定植前の土壌消毒が必須の作業となっているため、定植前の土壌消毒と生育期防除を組み合わせた体系防除の防除効果も併せて検証した。

材料および方法

1. 人工汚染ほ場

以下の試験は、和歌山県農業試験場内に設けた人工汚染ほ場で行った。V8 ジュース液体培地で 25℃、80 回転/分で 3 週間振とう培養した根茎腐敗病菌(2015 年に和歌山市のショウガから分離)を、滅菌砂と十分混和して接種源とした。2018 年 2 月 27 日に農業試験場内の露地ほ場(水田転換畑)に

¹現在：和歌山県果樹試験場うめ研究所

混和接種した。

2. 生育期防除試験（試験1）

2018年5月1日、人工汚染ほ場に200g程度の重量に分割した種根茎（品種「土佐一」）を、株間40cm、2条千鳥植えて定植した。処理区は、生育期前半2回区、生育期前半2回+降雨前区、2週間隔区、3週間隔区、4週間隔区および無処理区とした。なお、生育期前半2回+降雨前区の降雨前の処理日は、前回の処理から2週間以上が経過かつ天気予報（気象庁）で降雨が予想される前日を基準とした。処理日および処理薬剤は表1のとおりとした。出芽期から収穫期まで、定期的に地上部の発病を肉眼で調査した。地上部の発病は、偽茎が倒伏し、簡単に引き抜けるものを発病偽茎と判断した。偽茎の発病が確認された株は、調査時に株ごと除去した。残った株は12月3日、4日に収穫し、根茎（地下部）の発病を調査した。生育期の地上部調査から収穫時の地下部調査までの累積発病株数から発病株率を算出した。防除価は発病株率から算出した。1区12株、3反復とした。

表1 処理日と処理薬剤

処理区	処理日と処理薬剤						
生育期前半2回	5/23	6/4					
	Cy	Az/Me					
生育期前半2回+降雨前	5/23	6/4	6/19	7/2	7/27	8/23	
	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me	
生育期2週間隔	5/23	6/4	6/19	7/2	7/18	7/27	8/14
	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me	Am
生育期3週間隔	5/23	6/13	7/2	7/23	8/14		
	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me	Cy		
生育期4週間隔	5/23	6/13	7/9	8/6			
	Cy	Az/Me	Cy	Az/Me			

注) Cy: シアゾファミドフロアブル 500倍 1L/m²

Az/Me: アゾキシストロビン・メタラキシルM粒剤 18kg/10a

Am: アミスルブロム顆粒水和剤 2,000倍 1L/m²

3. 土壌消毒と生育期防除の体系防除試験（試験2）

2018年3月18日に、人工汚染ほ場にダズメット粉粒剤30kg/10aをバスこまき（アグロカネショウ）を用いて処理し、混和した。0.05mm厚ポリフィルムで被覆した後、適量かん水した。4月19日に被覆を除去し、ガス抜きを十分行った。2018年5月1日に、試験1と同様に種根茎を定植した。処理区は、土壌消毒+生育期前半2回区、土壌消毒+生育期前半2回+降雨前区、土壌消毒+2週間隔区、土壌消毒+3週間隔区、土壌消毒+4週間隔区、土壌消毒のみ区および無処理区とし、無処理区は試験1と共通とした。生育期防除の処理日および処理薬剤は表1のとおりとした。調査は試験1と同様に行った。

結 果

1. 生育期防除試験（試験1）

結果を表2に示した。無処理区の初発は7月10日で、発病株率は82.9%であった。生育期2週

間隔区の防除価が 82.3 と最も高く、生育期前半 2 回+降雨前区がそれに次いだ。生育期前半 2 回区、生育期 3 週間隔区および生育期 4 週間隔区は防除効果が認められなかった。また、処理間隔が短いほど初発が遅れる傾向であった。

表 2 生育期防除の防除効果

処理区	反復	調査株数	累積発病株数										発病株率(%)	防除価
			7/上	7/中	7/下	8/上	8/中	8/下	9/上	9/中	9/下	12/上		
生育期前半2回	I	11	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9.1	
	II	8	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	50.0	
	III	11	0	0	3	8	10	11	11	11	11	11	100	
	計	30	0	0	3	9	13	15	16	16	16	16	53.3	35.6
生育期前半2回+降雨前	I	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	11	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	18.2	
	III	12	0	0	0	0	2	3	3	5	6	7	58.3	
	計	34	0	0	0	0	2	3	3	5	8	9	26.5	68.1
生育期2週間隔	I	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	11	0	0	0	0	1	3	4	5	5	5	45.5	
	III	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	34	0	0	0	0	1	3	4	5	5	5	14.7	82.3
生育期3週間隔	I	12	0	0	0	0	0	0	1	5	5	7	58.3	
	II	11	0	0	0	0	1	2	3	7	10	10	90.9	
	III	11	0	0	0	3	7	7	7	9	9	10	90.9	
	計	34	0	0	0	3	8	9	11	21	24	27	79.4	4.2
生育期4週間隔	I	8	0	0	0	0	2	0	0	3	5	5	62.5	
	II	9	0	0	2	3	3	5	6	6	6	7	77.8	
	III	11	0	0	0	0	0	0	1	8	9	9	81.8	
	計	28	0	0	2	3	5	5	7	17	20	21	75.0	9.5
無処理	I	12	0	0	2	3	4	8	9	10	10	10	83.3	
	II	11	0	0	0	0	4	5	5	6	7	7	63.6	
	III	12	1	1	6	10	12	12	12	12	12	12	100	
	計	35	1	1	8	13	20	25	26	28	29	29	82.9	

2. 土壌消毒と生育期防除の体系防除試験（試験 2）

結果を表 3 に示した。無処理区の初発は 7 月 10 日で、発病株率は 82.9% であった。土壌消毒のみ区では 8 月下旬から発病が認められ、防除価は 64.5 であった。土壌消毒+生育期前半 2 回+降雨前区、土壌消毒+生育期 2 週間隔区、土壌消毒+生育期 3 週間隔区で発病が認められなかった。

表 3 土壌消毒と生育期防除の体系防除の防除効果

処理区	反復	調査 株数	累積発病株数										発病株 率 (%)	防除価	
			7/上	7/中	7/下	8/上	8/中	8/下	9/上	9/中	9/下	12/上			
土壌消毒 + 生育期前半2回	I	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	III	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	30.0	
	計	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9.1	89.0
土壌消毒 + 生育期前半2回 + 降雨前	I	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	III	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
土壌消毒 + 生育期2週間隔	I	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	III	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
土壌消毒 + 生育期3週間隔	I	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	III	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
土壌消毒 + 生育期4週間隔	I	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.3		
	II	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	III	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.3		
	計	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5.6	93.3	
土壌消毒のみ	I	10	0	0	0	0	0	3	4	5	6	7	70.0		
	II	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	III	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	25.0		
	計	34	0	0	0	0	0	3	4	5	6	10	29.4	64.5	
無処理	I	12	0	0	2	3	4	8	9	10	10	10	83.3		
	II	11	0	0	0	0	4	5	5	6	7	7	63.6		
	III	12	1	1	6	10	12	12	12	12	12	12	100		
	計	35	1	1	8	13	20	25	26	28	29	29	82.9		

考 察

試験 1 では、感染リスクが高いと推定された期間に、異なる防除間隔で生育期防除剤を処理し、防除効果を検討した。生育期防除剤には、現地での使用実績から、シアゾファミド水和剤およびアゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤を主に使用した。無処理区の発病株率が 82.9% と多発生条件の中、生育期 2 週間隔区では、防除価が 82.3 と高い防除効果が認められた。このことから、既報（菱池，2021）で感染リスクが高いと推定した期間に生育期防除を行うことで、高い防除効果が得られることが確認された。山崎・森田（2012）は、薬剤を処理したポット植栽ショウガに病原菌の遊走子を接種して発病を調べる方法で、生育期防除剤の残効期間を検討しており、シアゾファミド水和剤 1,000 倍・3L/m²、アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤 18kg/10a とともに、処理 1 週間後の接種で発病が認められず、処理 2 週間後で防除効果が低下することを報告している。本研究では、シアゾファミド水和剤の処理分量がやや少ないが、両剤とも 1~2 週間の残効期間が期待でき、2 週間隔区で防除効果が認められたと考えられた。一方、生育期前半 2 回散布区、生育期 3 週間隔区および 4 週間隔区では防除効果が認められなかった。生育期前半 2 回区は、初期防除に重点を置いて労力およびコスト削減を狙って設けた区であるが、今回の結果から感染リスクが高い期間中は防除を継続する必要があると考えられた。また、上述の山崎・森田（2012）の結果から、生育

期3週間隔区および4週間隔区では処理間隔が残効期間よりかなり長くなるため、防除効果が認められなかったと考えられた。本病は水媒伝染し、大雨や台風等で発病が助長される危険性が高まる(山崎・森田, 2012)。また, Kim et al., (1997) は, グロースチャンバーを用いた試験において, 90%以上の相対湿度や土壌水分がほ場容水量の80%以上の条件で病斑の拡大が促進されると報告している。このため, 生育期前半2回+降雨前区を設けたところ, 生育期2週間隔区には劣ったものの防除効果が認められ, 降雨前処理は有効な処理方法と考えられた。

土壌伝染する本病では土壌消毒が必須の作業として定着していることから, 試験2では土壌消毒と試験1と同様の生育期防除を組み合わせ、防除効果を検討した。土壌消毒のみ区は3反復中1反復で生育期間中に地上部に発病が認められた。発病が認められた区は, 土壌消毒時のビニル被覆の周縁部に位置し, 消毒効果が劣った可能性がある。また, 土壌消毒のみでは二次伝染を抑えることができないため, 初発後発病が広がり, 防除価がやや低くなったと考えられた。ただし, 初発が無処理区と比べて約2か月遅れたことから, 土壌消毒により土壌中の病原菌密度は大きく低下していたと考えられた。土壌消毒と生育期防除を組み合わせた区では, 土壌消毒+生育期前半2回+降雨前区, 土壌消毒+2週間隔区および土壌消毒+3週間隔区で, 発病が認められなかった。また, 土壌消毒+生育期前半2回区と土壌消毒+4週間隔区で, 収穫調査時に発病(根茎の褐変)が認められたが, いずれの区も生育期間中に地上部に病徴は現れず, 高い防除効果が認められた。試験1で防除効果が認められなかった処理に土壌消毒を組み合わせることで, 高い防除効果が得られたことから, 土壌消毒の防除効果の高さが推察される。しかし, 土壌消毒のみで完全に発病を抑えることは難しく, 生育期の予防的な防除を組み合わせることで防除効果を高めることができると考えられた。

森田(2012)は, アゾキシストロビン・メタラキシルM粒剤もしくはシアゾファミド水和剤を6月下旬から3週間隔で計5回散布することを, 森山(2013)は, シアゾファミド水和剤を7月中旬から3週間隔で計3回散布することを提案している。いずれも本病の例年の初発時期から生育期防除の開始時期を決定している。森山(2013)は, ダゾメット粉粒剤による土壌消毒と上記の生育期防除の体系防除で防除価が58.1であったと報告している。ほ場の条件や汚染程度, 気象条件が異なるため単純に比較できないが, 本研究では同様のダゾメット粉粒剤による土壌消毒と3週間隔の生育期防除で発病が認められなかった。このことは, 実際の感染期間を考慮して防除時期を決定することの重要性を示していると考えられた。

以上の結果, 既報(菱池, 2021)で推定した感染リスクの高い期間に生育期防除を行うことの有効性が確認された。また, この期間に2週間隔で生育期防除を行うと高い防除効果が得られることがわかった。一方で, 必須の作業である定植前の土壌消毒の効果が高いため, 土壌消毒と組み合わせることで生育期防除の防除間隔を長くできる可能性が示された。また, 一谷・新須(1981b)は本病の既発生ほ場の周辺土壌に病原菌が残存していることを報告しており, 筆者もこの事象を確認している(データ未発表)。このため, 本病の既発生ほ場で栽培する場合や周辺ほ場で本病の発生が認められる場合は, 大雨によるほ場外からの汚染土壌の流入や, 農機や人の出入りによる汚染土壌の持ち込みの危険性がある。定期的な生育期防除は, このような生育期中の病原菌の汚染対策にもなると考えられる。

摘 要

ショウガ根茎腐敗病に対して効率的な生育期防除を行うため、既報で推定した病原菌の感染リスクが高い期間に生育期防除を行うことで高い防除効果が得られることを確認した。また、土壌消毒と生育期防除を組み合わせることでより高い防除効果が得られた。

1. 5月下旬から9月中旬の感染リスクの高い期間に、2週間隔で生育期防除剤を処理すると、生育期防除のみでも高い防除効果が得られた。また、生育期防除剤の降雨前処理は2週間隔の処理に次ぐ効果で、有効な処理方法であった。
2. 土壌消毒と生育期防除を組み合わせると、生育期防除のみより高い防除効果が得られた。

引用文献

- 衛藤夏葉・安井（大谷）洋子・間佐古将則・岡本晃久・島津 康. 2013. 施設ショウガ栽培におけるヨウ化メチルくん蒸剤の効果と処理条件. 和歌山農林水研報. 1 : 7-15.
- 菱池政志. 2021. 露地栽培ショウガにおけるショウガ根茎腐敗病菌の感染リスクが高い期間の推定. 関西病虫研報. 63 : 99-101.
- 一谷多喜郎. 1980. 連作ハウスにおける新ショウガの根茎腐敗病の防除. 関西病虫研報. 22 : 7-11.
- 一谷多喜郎・新須利則. 1981a. 連作ハウスにおけるショウガ根茎腐敗病菌の動向と根茎腐敗病の発生経過. 日植病報. 47 : 151-157.
- 一谷多喜郎・新須利則. 1981b. 連作ハウス周辺土壌からのショウガ根茎腐敗病菌 *Pythium zingiberum* の検出. 日植病報. 47 : 158-165.
- Kim, C. H., Yang, S. S. and Hahn, K. D. 1997. Ecology of ginger rhizome rot development caused by *Pythium myriotylum*. Korean J. Plant Pathol. 13 : 184-190.
- 森田泰彰. 2012. 高知県の露地ショウガ産地のための脱臭化メチル栽培マニュアルの開発. 植物防疫. 66 : 660-664.
- 森山美穂. 2012. 熊本県の露地ショウガ産地のための脱臭化メチル栽培マニュアル：これからのショウガは、四つの「C」で安定生産. 植物防疫. 66 : 665-670.
- 森山美穂. 2013. ショウガ根茎腐敗病に対する効果的で省力的な生育期の防除法. 植物防疫. 67 : 108-112.
- 山崎睦子・森田泰彰. 2012. ショウガ根茎腐敗病に対する各種殺菌剤の予防または治療効果の判定. 四国植防. 46 : 1-5.

スターチス・シヌアータ新品種 ‘紀州ファインライラック’ ‘紀州ファインオーシャン’ の育成経過と特性

宮前治加・小川大輔¹

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Breeding Process and Characteristics of New *Limonium sinuatum* Mill. Cultivar ‘Kishu Fine Lilac’ and ‘Kishu Fine Ocean’

Haruka Miyamae and Daisuke Ogawa

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のスターチス・シヌアータ（以下スターチス）の作付面積は 72.4ha、生産量は 6,500 万本（農林水産省，2020a）であり，その生産額は 18 億円で，和歌山県の花き生産額の 34%を占める重要な品目である（農林水産省，2020b）．主産地は御坊市，印南町の海岸線沿いの冬季日照量が多く温暖な地域にあり，10 月から 6 月まで長期間出荷されている．本県の出荷期間にあたる 10 月から 6 月の東京都中央卸売市場におけるスターチスの入荷量は，12 月と 3 月に特に多く，物日である年末と 3 月彼岸の需要が大きいことがうかがえる．また，切り花単価は 3 月までは比較的安定して高単価で推移し，4 月に急落する特徴がある．具体的には過去 5 年間（2015 年～2019 年）の 4 月の平均単価は 3 月の 39%となっている．したがって，産地としては需要期に必要な量を安定して供給すること，個々の経営では 3 月彼岸までの切り花本数を確保することが重要と考えられる．一方，栽培面では 2005 年の重油価格高騰を契機に，加温コストを抑えるために無加温や霜よけ程度の 1~3℃で加温する低夜温管理が一般的な栽培方法として定着している．しかしながら，スターチス主要品種の夜温と収量との関係を調査した結果では，最低夜温 3℃管理は 12℃管理に比べて 3 月末までの切り花本数が 10~30%程度減少する（未発表）ことや，県育成品種では 1~2 月の切り花本数が 30~80%減少する（未発表）ことが確認されている．このように低夜温管理栽培では，比較的切り花が高単価で安定している 3 月彼岸までの切り花本数が減少する課題がある．このため，生産現場で実践されている低夜温管理栽培に適した 3 月彼岸までの切り花本数が多い品種の育成を目標にし，ブルー系の 2 品種 ‘紀州ファインライラック’ および ‘紀州ファインオーシャン’ を育成したので，その育成経過と品種特性を報告する．

通常スターチスの促成栽培では，高温下で育苗した苗を用いると開花が遅延する（吾妻ら，1983；藤田・西谷，1982；古屋・藤岡，2010；深山ら，1998）が，冷涼な条件で育苗した苗は開花遅延が生じない（吾妻・犬伏，1986；古屋・藤岡，2010；萩原ら，1997）ことから，冷房育苗や冷涼地で育苗した苗を用いることが必須とされている．また，古屋・藤岡（2010）は，県オリジナル品種を用いて，順化，鉢上げ前の培養苗を培養容器のまま低温処理をすると収量が増加することを明らかにした．

¹現在：和歌山県工業技術センター

かにしており、生産現場では低温処理をした冷房育苗苗が定植されている。一方、県育成品種である多くの品種は、和歌山県農業試験場暖地園芸センター（以下当センター）内の夏季冷房による温度制御を行わない遮光した育苗ハウス（無冷房）下で育苗した苗でも冷房育苗苗と同等の収量が得られる（宮前・小川，2019）こと、さらに従来実施している培養容器内での低温処理をせずに、無冷房下で育苗した‘紀州ファインラベンダー’は低温処理苗と同等の収量が得られる（未発表）ことが確認されている。低温処理の省略や無冷房下での育苗は冷蔵や冷房施設に係る設備費や電気代を削減できるため種苗費の低減が期待できる。そこで、本研究で育成した 2 品種においても、低温処理をしていない苗や無冷房下で育苗した苗の利用が可能かを併せて検証した。

材料および方法

1. ‘紀州ファインライラック’の育成経過と特性

1) 育成経過

‘紀州ファインライラック’は県内で育成された品種・系統間の交雑によって得られた品種である。種子親は‘紀州ファインラベンダー’で花粉親は不明である。

2013 年 4 月に県内で育成された品種・系統を混植したハウス内にミツバチを放飼し交配させ、同年 6 月に‘紀州ファインラベンダー’など 6 品種・28 系統から 63,406 粒を採種した。同年 7 月 16 日に種子冷蔵処理を行わずに 12,491 粒を 288 穴セルトレイに播種した。同年 7 月下旬に生育が良好な 5,102 個体を 9cm ポリポットに鉢上げし、無加温ガラス温室、自然日長下で管理した。同年 12 月末までに抽苔した 3,123 個体の中から、草姿、花房の形がよい個体を 117 個体選抜した。選抜個体は小川らの方法（小川・上山，2016）で組織培養により増殖し、2014 年 7 月に発根培地に移植後 5 週目の発根率を、同年 9 月に低温処理を行わずに冷房下（昼間 25℃、夜間 15℃）で育苗した培養苗の定植前の抽苔率を調査し、培養が容易で抽苔の早い 37 系統を選抜した。

2014 年～2018 年の 5 年間、特性調査および生産力検定を行うとともに、2017 年、2018 年の 2 年間現地適応性試験を実施した。その結果、がく色がブルー系で花房が整い、低夜温栽培下において、‘紀州ファインラベンダー’など既存のブルー系県育成品種と比べて、特に収量性が高い‘13B11’を有望と認めた。また、5 年間の調査により形質の安定性も確認された。そこで、2019 年 3 月に‘13B11’を‘紀州ファインライラック’と命名し育成を完了した。2019 年 3 月 26 日、農林水産省に品種登録出願を行い、同年 6 月 17 日に出願公表された（出願番号 33813）。

2) 特性調査

(1) 育苗

苗は一般社団法人日高川町ふるさと振興公社バイオセンター中津（和歌山県日高川町）（以下バイオセンター中津）から入手した 288 穴セルトレイに移植した培養苗（培養温度 20℃、発根培養後セルトレイに移植する前に、培養容器のまま 20 日間 2℃の低温処理を実施し、セルトレイに移植後約 30 日間 20℃で発根を促進させた後、ビニルハウス内の冷房（昼間 25℃、夜間 15℃）下で育苗）を用いた。タキイセル培土 TM-1 を充填した 7.5cm ポリポットに苗を鉢上げし、昼温（6:00～20:00）25℃、夜温（20:00～6:00）15℃、遮光率 70%の条件下で定植前日まで育苗した。液肥は、0K-F-9（14-14-14）の 1000 倍液を 10 日おきに 1 回施用した。2017 年、2018 年ともに 8 月 3 日に鉢上げを行った。

(2) ほ場での栽培

①2017年作付け

栽培は当センター内ガラス温室で行った。9月6日に幅90cmのベッドに株間30cm、条間40cm、2条千鳥植えで定植した。基肥はN-P₂O₅-K₂Oをベッド1m²あたり7-7-7g(花配合7-7-7)を施用した。追肥は液肥(OK-F-2 14-8-16またはOK-F-9 14-14-14)を11月から3月まで2週間に1回程度1回あたりベッド1m²当たり、窒素成分で0.7~1g施用した。定植から20日間は遮光率60%の遮光資材を展張したが、曇雨天日は開放した。株養成のため9月27日までは花茎を除去した。日中は天窓換気温度25℃、冬季の最低夜温は1℃、夜間は現地慣行栽培に合わせて、側窓を2~5cm程度開けて管理した。

②2018年作付け

栽培は硬質フィルム展張温室で行った。基肥、植栽方法は2017年と同様とし、定植は9月3日に行った。株養成は9月24日まで実施し、栽培管理は2017年と同様に行った。

(3) 形態的特性

対照品種を‘紀州ファインラベンダー’および‘アナブルー(福花園種苗(株))’とした。‘アナブルー’は、種苗メーカーより入手した定植苗を用いた。調査は1区10株2反復とし、農林水産省品種登録出願審査基準に基づいて2018年12月6日に実施した。なお、花房の長さおよび幅については、審査基準に規定がないため、収穫適期の頂花の長さおよび幅を測定した。

(4) 収量特性及び切り花特性

調査は2017年と2018年に実施した。対照品種を‘紀州ファインラベンダー’、‘アナブルー’および‘紀州ファインブルー’(2017年のみ)とした。調査株数を2017年は1区8株、2018年は1区10株2反復とした。2017年は11月8日から2018年3月14日、2018年は10月20日から2019年3月15日に採花した切り花長40cm以上の切り花を対象とした。階級については、切り花長、花房数がそれぞれ、2L級を70cm以上かつ5個以上、L級を60cm以上かつ4個以上、M級を50cm以上かつ3個以上、S級を40cm以上かつ2個以上とした。茎径は切り花の中央付近の花茎を測定した。

2. ‘紀州ファインオーシャン’の育成経過と特性

1) 育成経過

‘紀州ファインオーシャン’は県内で育成された品種・系統間の交雑によって得られた品種である。種子親は‘紀州ファインバイオレット’で花粉親は不明である。

2015年4月に県内で育成された品種・系統を混植したハウス内にミツバチを放飼し交配させ、同年6月に‘紀州ファインバイオレット’など4品種・12系統から10,495粒を採種した。同年8月6日に種子冷蔵処理を行わずに4,996粒を288穴セルトレイに播種した。同年8月20日に生育が良好な2,016個体を9cmポリポットに鉢上げし、無加温ガラス温室、自然日長下で管理した。同年12月末までに抽苔した526個体の中から、草姿、花房の形がよい個体を10個体選抜した。選抜個体は小川ら(小川・上山, 2016)の方法で組織培養により増殖し、2016年7月に発根培地に移植後5週目の発根率を、同年9月に低温処理を行わずに冷房下(昼間25℃、夜間15℃)で育苗した培養苗の定植前の抽苔率を調査し、培養が容易で抽苔の早い9系統を選抜した。

2016年~2018年の3年間、特性調査および生産力検定を行うとともに、2017年、2018年の2年間現地適応性試験を実施した。その結果、‘紀州ファインラベンダー’など既存のブルー系県育成品種と比べて、がくの青味が濃く、鮮やかながく色を有したブルー系で、低夜温栽培下において‘紀

州ファインラベンダー’等と比べて切り花本数が多い‘15B1’を有望と認めた。また、3年間の調査により形質の安定性も確認された。そこで、2019年3月に‘15B1’を‘紀州ファインオーシャン’と命名し育成を完了した。2019年3月26日に農林水産省に品種登録出願を行い、同年6月17日に出願公表された（出願番号33812）。

2) 特性調査

以下特に記載がない場合、‘紀州ファインライラック’に準じて実施した。

(1) 育苗，ほ場での栽培

‘紀州ファインライラック’と同様に実施した。

(2) 形態的特性

対照品種を‘紀州ファインラベンダー’および‘インペリアルラベンダー（株）カネコ種苗’とした。‘インペリアルラベンダー’は、種苗メーカーより入手した定植苗を用いた。

(3) 収量特性及び切り花特性

対照品種を2017年作は‘紀州ファインラベンダー’，‘アナブルー’および‘紀州ファインブルー’，2018年作は‘紀州ファインラベンダー’および‘インペリアルラベンダー’とした。

3. ‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’の現地における収量性

2017年と2018年に前記の方法で育苗した苗を御坊市名田町の現地パイプハウスにおいて栽培した。2017年は9月2日、2018年は9月6日に定植し、栽培方法は産地慣行（冬季無加温栽培），対照品種を‘紀州ファインラベンダー’または‘紀州ファインブルー’とした。

4. ‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’における培養容器での低温処理の有無および育苗温度が収量に及ぼす影響

植物材料は、発根した培養苗を培養容器のまま蛍光灯下16時間照明、2℃で20日間低温処理を行ったもの（低温処理苗）と低温処理を行っていないもの（無処理苗）の2種類の288穴セル苗をバイオセンター中津から入手して用いた。これらの苗を2018年8月3日にタキセル培土TM-1を充填した7.5cmポリポットに鉢上げした。鉢上げ後、昼間（6:00-20:00）25℃、夜間（20:00-6:00）15℃、遮光率70%の冷房育苗条件下で育苗する冷房育苗区と遮光率70%、天窗25℃換気、側窓および入り口を開放したガラス温室下で育苗する無冷房育苗区を設け、低温処理苗と無処理苗を各育苗条件下で育苗した。育苗中、液肥（OK-F-9、1000倍液）を3回施用した。栽培は2018年の作付けと同様に実施した。調査は1区8株とし、切り花本数を調査した。

結 果

1. ‘紀州ファインライラック’の特性

1) 形態的特性

‘紀州ファインライラック’の草丈は、77.2cmであり、対照品種の‘紀州ファインラベンダー’および‘アナブルー’より低かった（表1、図1）。花序の数は26.8本であり‘紀州ファインラベンダー’の20.6本、‘アナブルー’の16.7本より顕著に多かった。花茎の太さは対照品種に比べて細かった。また、一次分枝の長さは26.4cmと対照品種より短かった。着花一次分枝数は7.1本であり、対照品種と同等であった。がくの直径は、‘アナブルー’より小さく、‘紀州ファイン

ラベンダー’より大きかった（図2）。がくの色は，‘紀州ファインラベンダー’よりやや赤味のある淡い青紫色（N82C）で，‘アナブルー’と同じであった。花房長は，‘紀州ファインラベンダー’より小さいが，幅はやや大きく，丸味があった。

表1 ‘紀州ファインライラック’と対照品種の形態的特性

	‘紀州ファインライラック’	‘紀州ファインラベンダー’	‘アナブルー’
草丈（cm）	77.2	88.7	96.6
花序の数 ^z （本）	26.8	20.6	16.7
葉の長さ（cm）	28.7	31.5	37.4
葉の幅（cm）	7.5	6.7	7.8
葉身の形	狭倒卵形	狭倒卵形	狭倒卵形
花茎の長さ（cm）	71.4	80.1	80.4
花茎の太さ（mm）	4.2	4.9	5.2
一次分枝の長さ（cm）	26.4	30.9	35.4
着花一次分枝数（本）	7.1	7.1	7.0
がくの長さ（mm）	13.0	12.8	14.0
がくの直径（mm）	8.1	6.5	9.4
がくの主な色 ^y	N82C	N87D	N82C
花冠の大きさ（mm）	5.1	5.1	5.6
花冠の色 ^y	NN155A	NN155A	NN155A
柱頭の形	トウモロコシ状	乳頭状	トウモロコシ状
花房の長さ（mm）	51.0	56.6	66.9
花房の幅（mm）	26.0	25.1	29.7

注)調査日:2018年12月6日、調査:1区10株 2反復、品種登録出願審査基準により特性を調査

^z 定植から12月6日までに抽苔した花序の総本数

^y RHSカラーチャート色票番号



図1 ‘紀州ファインライラック’ および対照品種の草姿



図2 ‘紀州ファインライラック’及び対照品種の花房(A)とがく(B)

左から‘アナブルー’，‘紀州ファインライラック’，‘紀州ファインラベンダー’

2) 切り花本数および切り花品質

調査期間を通じた総切り花本数は，いずれの品種も2017年で2018年よりも少なかった（表2）。2017年では，10～12月の切り花本数は‘紀州ファインライラック’で6.1本と対照品種に比べて2.5～3.7本多かった。1～3月では‘紀州ファインライラック’で6.8本となり，‘アナブルー’と同等

、‘紀州ファインラベンダー’および‘紀州ファインブルー’より2.3本多かった。この結果、総切り花本数は、‘紀州ファインライラック’で12.9本となり、‘アナブルー’より3.1本、‘紀州ファインラベンダー’より5.4本、‘紀州ファインブルー’より6本多かった。2018年では、10～12月には‘紀州ファインライラック’で14.2本と‘紀州ファインラベンダー’より3.6本、‘アナブルー’より7.8本多かった。1～3月では‘紀州ファインライラック’で9.9本と‘紀州ファインラベンダー’より2.6本、‘アナブルー’より2.1本多かった。この結果総切り花本数では、‘紀州ファインライラック’で24.1本と‘紀州ファインラベンダー’より6.2本、‘アナブルー’より9.9本多かった。

表2 ‘紀州ファインライラック’と対照品種の時期別切り花本数

栽培年度	品種名	10～12月	1～3月	全期間
		(本/株)	(本/株)	(本/株)
2017年 ^z	‘紀州ファインライラック’	6.1	6.8	12.9
	‘紀州ファインラベンダー’	3.0	4.5	7.5
	‘アナブルー’	3.6	6.1	9.8
	‘紀州ファインブルー’	2.4	4.5	6.9
2018年 ^y	‘紀州ファインライラック’	14.2	9.9	24.1
	‘紀州ファインラベンダー’	10.6	7.3	17.9
	‘アナブルー’	6.4	7.8	14.2

注) 冬季加温設定温度1℃で管理, 切り花長40cm以上の切り花を調査

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日～2018年3月14日

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日～2019年3月15日

切り花品質について、切り花長は、すべての品種において2018年で2017年より短く、また2017年、2018年ともに10～12月で1～3月より短かった(表3)。「紀州ファインライラック」の切り花長は、両年とも全期間を通して対照品種より短く、特に2018年では全期間の平均が65.7cmと顕著に短かった。「紀州ファインライラック」の茎径は、2017年では10～12月においては「紀州ファインブルー」を除く対照品種と同等であったが、1～3月では対照品種より細かった。一方、2018年では全期間を通して「アナブルー」より細く、「紀州ファインラベンダー」と同等であった。「紀州ファインライラック」の分枝数は、2017年では6.7本となり、収穫期間を通してほぼ変わらず、また対照品種と同等であった。一方、2018年では年内より1～3月において1本程度少なく、この傾向は「紀州ファインラベンダー」にもみられた。「紀州ファインライラック」の花房数は、2017年では全期間を通して12.5個程度でほぼ変わらず、また対照品種と同等であった。一方、2018年では、年内に比べて1～3月で少なく、分枝数同様、この傾向は「紀州ファインラベンダー」においてもみられた。

表3 ‘紀州ファインライラック’と対照品種の時期別切り花品質

栽培年度	品種名	10月～12月				1月～3月				全期間			
		切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)
2017年 ^z	‘紀州ファインライラック’	72.5	5.8	6.8	12.5	82.9	5.9	6.6	12.6	77.9	5.9	6.7	12.5
	‘紀州ファインラベンダー’	76.2	5.9	6.7	11.7	96.5	6.5	6.7	12.3	88.4	6.3	6.7	12.0
	‘アナブルー’	82.7	5.8	5.9	10.6	96.0	7.1	6.8	14.1	91.1	6.6	6.5	12.8
	‘紀州ファインブルー’	86.1	6.8	6.1	10.6	101.7	7.7	6.3	11.4	96.3	7.4	6.3	11.2
2018年 ^y	‘紀州ファインライラック’	64.9	4.7	6.9	12.9	67.0	4.7	5.8	9.4	65.7	4.7	6.4	11.5
	‘紀州ファインラベンダー’	70.2	4.4	6.1	10.4	74.6	4.6	5.2	8.6	72.0	4.5	5.7	9.7
	‘アナブルー’	70.6	5.0	6.1	12.3	87.0	6.2	6.6	13.6	79.6	5.7	6.3	13.0

注) 冬季加温設定温度1℃で管理, 切り花長40cm以上の切り花を調査

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日～2018年3月14日, 1区8株反復なし

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日～2019年3月15日, 1区10株2反復

‘紀州ファインライラック’の2L率は、両年ともにいずれの対照品種よりも低かったが、2017年では2L級の切り花本数は10.4本となり、「紀州ファインブルー」および「アナブルー」より多かつ

た(表4)．2018年では2L級の切り花本数は8本となり，‘紀州ファインラベンダー’および‘アナブルー’より少なかった．

表4 ‘紀州ファインライラック’と対照品種の階級別切り花本数

栽培年度	品種名	切り花本数(本/株)				合計	2L率 ^x (%)
		2L	L	M	S		
2017年 ^z	‘紀州ファインライラック’	10.4	2.0	0.5		12.9	80.6
	‘紀州ファインラベンダー’	6.8	0.6	0.1		7.5	90.0
	‘アナブルー’	9.4	0.3	0.1		9.8	96.2
	‘紀州ファインブルー’	6.6	0.1	0.1		6.9	96.4
2018年 ^y	‘紀州ファインライラック’	8.0	12.7	3.0	0.4	24.1	33.3
	‘紀州ファインラベンダー’	11.6	4.2	1.9	0.2	17.9	65.0
	‘アナブルー’	11.8	1.1	0.6	0.7	14.2	83.4

注)2L: 切り花長70cm以上、花房数5個以上、L: 切り花長60cm以上、花房数4個以上、M: 切り花長50cm以上、花房数3個以上、S: 切り花長40cm以上、花房数2個以上

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日~2018年3月14日

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日~2019年3月15日

^x 2Lの切り花本数/総切り花本数×100

2. ‘紀州ファインオーシャン’の特性

1) 形態的特性

‘紀州ファインオーシャン’の草丈は88.2cmであり，対照品種の‘インペリアルラベンダー’よりやや高く，‘紀州ファインラベンダー’と同等であった(表5, 図3)．花序数は25.2本と‘紀州ファインラベンダー’の20.6本，‘インペリアルラベンダー’の19.3本より多かった．花茎の太さは‘紀州ファインラベンダー’と同等で，‘インペリアルラベンダー’より太かった．また，一次分枝の長さは，22.2cmと対照品種より短かった．着花一次分枝数は5.5本と対照品種より少なかった．がくの直径は，‘インペリアルラベンダー’より小さく，‘紀州ファインラベンダー’より大きかった(図4)．がくの色は，対照品種より青味の強い鮮やかな淡い青紫色(N88C)であった．花房の長さは65mmであり，対照品種より大きく，花房の幅は26.4mmと対照品種と同等であった．

表5 ‘紀州ファインオーシャン’と対照品種の形態的特性

	‘紀州ファインオーシャン’	‘紀州ファインラベンダー’	‘インペリアルラベンダー’
草丈 (cm)	88.2	88.7	82.7
花序の数 ^z (本)	25.2	20.6	19.3
葉の長さ (cm)	30.9	31.5	24.8
葉の幅 (cm)	7.0	6.7	5.4
葉身の形	狭倒卵形	狭倒卵形	狭倒卵形
花茎の長さ (cm)	72.3	80.1	76.9
花茎の太さ (mm)	4.8	4.9	4.0
一次分枝の長さ (cm)	22.2	30.9	35.0
着花一次分枝数 (本)	5.5	7.1	7.4
がくの長さ (mm)	14.2	12.8	13.9
がくの直径 (mm)	7.7	6.5	9.7
がくの主な色 ^y	N88C	N87D	N88D
花冠の大きさ (mm)	5.0	5.1	6.4
花冠の色 ^y	NN155A	NN155A	NN155A
柱頭の形	トウモロコシ状	乳頭状	トウモロコシ状
花房の長さ (mm)	65.0	56.6	59.7
花房の幅 (mm)	26.4	25.1	26.2

注)調査日: 2018年12月6日, 調査: 1区10株 2反復、品種登録出願審査基準により特性を調査

^z 定植から12月6日までに抽苔した花序の総本数

^y RHSカラーチャート色票番号



インペリアルラベンダー 紀州ファインオーシャン 紀州ファインラベンダー

図3 '紀州ファインオーシャン' および対照品種の草姿



図4 '紀州ファインオーシャン' および対照品種の花房(A)とがく(B)

左から'インペリアルラベンダー', '紀州ファインオーシャン', '紀州ファインラベンダー'

2) 切り花本数および切り花品質

調査期間を通じた総切り花本数は、いずれの品種も2017年において2018年よりも少なかった(表6)。2017年では10月~12月の切り花本数は'紀州ファインオーシャン'で4.4本と対照品種よりも0.8~2本多かった。1~3月では'紀州ファインオーシャン'で7.0本となり、'アナブルー'より0.9本、'紀州ファインラベンダー'および'紀州ファインブルー'より2.5本多かった。この結果、総切り花本数は、'紀州ファインオーシャン'で11.4本となり、'アナブルー'よりも1.6本、'紀州ファインラベンダー'よりも3.9本、'紀州ファインブルー'よりも4.5本多かった。2018年では10~12月の切り花本数は'紀州ファインオーシャン'で12.9本と'紀州ファインラベンダー'よりも2.3本、'インペリアルラベンダー'よりも2.5本多かった。1~3月では'紀州ファインオーシャン'で10.2本と'紀州ファインラベンダー'よりも2.9本、'インペリアルラベンダー'よりも1.8本多かった。この結果総切り花本数では、'紀州ファインオーシャン'で23.0本と、'紀州ファインラベンダー'よりも5.1本、'インペリアルラベンダー'よりも4.2本多かった。

表6 '紀州ファインオーシャン'と対照品種の時期別切り花本数

栽培年度	品種名	10~12月 (本/株)	1~3月 (本/株)	全期間 (本/株)
2017年 ^z	'紀州ファインオーシャン'	4.4	7.0	11.4
	'紀州ファインラベンダー'	3.0	4.5	7.5
	'アナブルー'	3.6	6.1	9.8
	'紀州ファインブルー'	2.4	4.5	6.9
2018年 ^y	'紀州ファインオーシャン'	12.9	10.2	23.0
	'紀州ファインラベンダー'	10.6	7.3	17.9
	'インペリアルラベンダー'	10.4	8.4	18.8

注) 冬季加温設定温度1°Cで管理、切り花長40cm以上の切り花を調査

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日~2018年3月14日

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日~2019年3月15日

切り花品質について、切り花長は、すべての品種において2017年、2018年ともに10～12月で1～3月より短く、また、2018年において2017年より短かった（表7）．‘紀州ファインオーシャン’の切り花長は、2017年では‘アナブルー’，‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインラベンダー’より短く、2018年では‘紀州ファインラベンダー’および‘インペリアルラベンダー’と同等であった．‘紀州ファインオーシャン’の茎径は、2017年では1～3月に‘紀州ファインラベンダー’，‘アナブルー’および‘紀州ファインブルー’より細かったが、2018年では全期間対照品種と同等であった．‘紀州ファインオーシャン’の分枝数および花房数は、両年とも10～12月より1～3月で少なく、対照品種よりやや少なかった．

表7 ‘紀州ファインオーシャン’と対照品種の時期別切り花品質

栽培年度	品種名	10月～12月				1月～3月				全期間			
		切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)
2017年 ^z	‘紀州ファインオーシャン’	75.2	6.1	6.3	10.5	88.1	5.8	5.3	8.4	83.1	5.9	5.7	9.2
	‘紀州ファインラベンダー’	76.2	5.9	6.7	11.7	96.5	6.5	6.7	12.3	88.4	6.3	6.7	12.0
	‘アナブルー’	82.7	5.8	5.9	10.6	96.0	7.1	6.8	14.1	91.1	6.6	6.5	12.8
	‘紀州ファインブルー’	86.1	6.8	6.1	10.6	101.7	7.7	6.3	11.4	96.3	7.4	6.3	11.2
2018年 ^y	‘紀州ファインオーシャン’	70.1	4.8	5.4	8.9	73.7	4.8	4.5	6.5	71.7	4.8	5.0	7.8
	‘紀州ファインラベンダー’	70.2	4.4	6.1	10.4	74.6	4.6	5.2	8.6	72.0	4.5	5.7	9.7
	‘インペリアルラベンダー’	69.2	4.1	6.7	12.7	73.6	4.4	5.3	8.2	71.1	4.2	6.1	10.7

注) 冬季加温設定温度1℃で管理、切り花長40cm以上の切り花を調査

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日～2018年3月14日, 1区8株反復なし

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日～2019年3月15日, 1区10株2反復

‘紀州ファインオーシャン’の2L率は、‘紀州ファインブルー’および‘アナブルー’よりやや低く、‘紀州ファインラベンダー’および‘インペリアルラベンダー’と同等であった（表8）が、2L級の切り花本数は‘紀州ファインオーシャン’で対照品種に比べて多かった．

表8 ‘紀州ファインオーシャン’と対照品種の階級別切り花本数

栽培年度	品種名	収量(本/株)					2L率 ^x (%)
		2L	L	M	S	合計	
2017年 ^z	‘紀州ファインオーシャン’	10.1	1.1	0.1		11.4	89.0
	‘紀州ファインラベンダー’	6.8	0.6	0.1		7.5	90.0
	‘アナブルー’	9.4	0.3	0.1		9.8	96.2
	‘紀州ファインブルー’	6.6	0.1	0.1		6.9	96.4
2018年 ^y	‘紀州ファインオーシャン’	14.7	6.8	1.1	0.5	23.0	63.9
	‘紀州ファインラベンダー’	11.6	4.2	1.9	0.2	17.9	65.0
	‘インペリアルラベンダー’	12.0	5.4	1.2	0.3	18.8	63.6

注) 2L: 切り花長70cm以上、花房数5個以上, L: 切り花長60cm以上、花房数4個以上, M: 切り花長50cm以上、花房数3個以上, S: 切り花長40cm以上、花房数2個以上

^z 定植: 2017年9月6日, 調査期間: 2017年11月8日～2018年3月14日

^y 定植: 2018年9月2日, 調査期間: 2018年10月20日～2019年3月15日

^x 2Lの切り花本数/総切り花本数×100

3. ‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’の現地における収量性

総切り花本数は、供試したいずれの品種も2017年よりも2018年で多かった（表9）．また、‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’ともに対照品種より多く、さらに‘紀州ファインライラック’は‘紀州ファインオーシャン’より約2本多かった．また、10～12月および1～3月の各期間においても同様に、‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’では対照品種より多く、‘紀州ファインライラック’において‘紀州ファインオーシャン’より多かった．

表9 現地における‘紀州ファインライラック’、‘紀州ファインオーシャン’および対照品種の時期別切り花本数

栽培年度	品種	切り花本数(本/株)		
		10～12月	1～3月	合計
2017年 ^z	‘紀州ファインライラック’	9.2	10.1	19.3
	‘紀州ファインオーシャン’	9.0	7.5	16.5
	‘紀州ファインラベンダー’	7.1	5.4	12.5
2018年 ^y	‘紀州ファインライラック’	16.5	12.0	28.5
	‘紀州ファインオーシャン’	15.7	10.5	26.2
	‘紀州ファインブルー’	8.9	9.4	18.3

注) 御坊市市名田町パイプハウス、冬季無加温栽培

^z 定植: 2017年9月2日、切り花調査: 2017年10月28日～2018年3月13日^y 定植: 2018年9月6日、切り花調査: 2018年11月6日～2019年3月18日

4. ‘紀州ファインライラック’ および ‘紀州ファインオーシャン’ における培養容器での低温処理の有無および育苗温度が収量に及ぼす影響

‘紀州ファインライラック’の切り花本数は、10～12月では各区同程度であったが、1～3月では低温処理無+無冷房区が他区よりやや多かった(図5)。一方、‘紀州ファインオーシャン’では育苗温度にかかわらず低温処理無区において低温処理有区より総切り花本数が少ない傾向が見られ、低温処理有区内では、育苗時に無冷房とした区で1～3月の切り花本数がやや多かった。

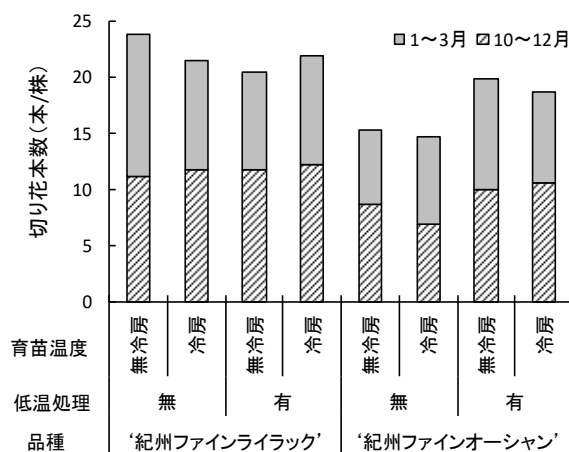


図5 スターチス ‘紀州ファインライラック’ および ‘紀州ファインオーシャン’ における育苗時の低温処理および冷房育苗の有無が切り花本数に及ぼす影響

注) 育苗時の低温処理: 発根培養苗を蛍光灯下16時間照明、2℃で20日間実施
 育苗温度: 冷房育苗は遮光率70%、昼間(6:00-20:00)25℃、夜間(20:00-6:00)15℃で育苗、無冷房育苗は遮光率70%、天窗25℃、側窓、入りを開放したガラス温室で育苗

定植: 2018年9月3日

切り花調査: 2018年10月30日～2019年3月18日

考 察

本研究では、最低夜温1℃とした低夜温栽培において、収量性が高く、がくの色合いが異なるブルー系スターチス‘紀州ファインライラック’および‘紀州ファインオーシャン’を育成した。

‘紀州ファインライラック’の形態的な特性として、生育初期から花序数が非常に多い、草丈が短く、茎径はやや細いが分枝数、花房数が多い、花房は小さく丸みがあり、がく色は既存の育成品種‘紀州ファインラベンダー’よりも赤味のある淡い青紫色であるという点が挙げられる(表1, 図1, 図2, 小川ら, 2014)。また, ‘紀州ファインオーシャン’の形態的な特性として, ‘紀州ファインライラック’に劣るものの, 生育初期から花序数が非常に多い, 草丈は‘紀州ファインラベンダー’と同等かやや短く, 分枝数, 花房数はやや少ないが, 花房が大きい, がく色は既存の県育成ブルー系品種の中でも青味の濃い‘紀州ファインブルー’よりもさらに青味の強い鮮やかな淡い青紫色であるという点が挙げられる(表5, 図3, 図4, 小川・上山, 2016)。

2017年, 2018年の栽培試験では, 供試したいずれの品種においても2017年の切り花本数は2018年に比べて少なく, 特に, 12月までの切り花本数が極端に少なかった(表2, 表6)。これに対して切り花長や花房数, 2L率等の切り花品質は, 2018年の方が2017年よりも劣った(表3, 表4, 表7, 表8)。この要因を気象庁のデータ(観測地点: 川辺)から推察すると, 2017年の10月における日照時間は平年の64%と寡日照であり, 12~2月までは低温の日が続き, 平年より平均気温で0.9~1.9℃低かった。一方, 2018年では10, 11月に晴天が多く, 日照時間は平年の120%と日照条件が良好であった。また, 12~2月も平年より平均気温が0.6~1℃高く, 暖冬で経過した。スターチスの促成栽培では, 定植後の遮光期間が長い場合や強遮光により抽苔本数が少なくなる(未発表)。また, 日中の気温や夜温が低いと切り花本数が少なくなる(未発表)。これらのことから, 2017年では日照不足が影響して株養成終了後に抽苔した花茎数が少なく, その結果10~12月の切り花本数が少なかったと考えられる。また, 年明け以降も低温で経過したため, 総切り花本数も少なくなったと考えられる。対して, 2018年では10~11月の日照量が多かったため, この期間の抽苔本数が2017年に比べて多く, 気温も高く推移したことから年内の切り花本数が多くなった。また, 年明け以降も暖冬傾向であった結果, 総切り花本数が増加したと考えられる。一方で抽苔本数が多かったことや気温が高く到花日数が短くなったことから, 切り花品質が低下したと推察される。

上記のような気象条件の異なる2ヶ年の栽培試験において, ‘紀州ファインライラック’, ‘紀州ファインオーシャン’の収量性をみると, 両年ともに対照品種よりも切り花本数が多く(表2, 表6, 表9), 育成した2品種は気象条件や栽培条件にかかわらず対照品種よりも収量性の高い品種といえる。次に, 切り花の形質についてみると, ‘紀州ファインライラック’では, 対照品種に比べて切り花長が短く, 特に切り花本数が多かった2018年にはその特性が顕著であり, 花房数が多いにもかかわらず, 切り花長が2L級の規格に満たない切り花が多く, L級中心の階級構成となった(表3, 表4)。近年量販店向けの花束需要が多いキクなどの品目においては, 従来の主流となっている長い切り花規格では短く切り戻す手間と大量の残渣が発生することから, 短茎規格の切り花が求められており, そのための生産技術について検討されている(今給ら, 2017)。仏花需要中心のス

ターチスにおいても今後、短茎規格の需要が増えていく可能性があるが、現状では2L級規格の切り花単価が高く、2L率が低い特性は生産者の品種選択時に敬遠されやすい。現地ほ場では、収穫初期の草丈は短いものの、追肥と灌水量を増やすことで12月以降徐々に草丈が高くなり、年明け後も草勢を維持している事例があり、今後好適な肥培管理方法について検討していく必要がある。一方、‘紀州ファインオーシャン’は対照品種よりも分枝数と花房数がやや少ない特性があるものの、2L級規格の割合は、2L率が高いとされる‘紀州ファインラベンダー’（小川ら、2014）と遜色がない（表7、表8）。

県育成品種を導入するメリットの一つに安価な幼苗を購入し、自家育苗することで種苗費を低減できることがある。スターチスは高温で育苗すると開花遅延が生じることから、夏季冷涼な条件下で育苗する必要がある（吾妻・犬伏、1986；古屋・藤岡、2010；萩原ら、1997）ため、このメリットを享受できるのは、冷房育苗施設を所有する生産者に限定される。‘紀州ファインピンク’を除く県育成品種は夏季無冷房下で育苗しても冷房育苗苗と同等以上の収量が得られることが示されており（宮前・小川、2019）、冷房育苗施設を所有していない生産者でも自家育苗が可能である。本研究で育成した2品種は夏季無冷房下で育苗しても、冷房育苗苗と概ね同等の収量を得られることが確認できた（図5）。ただし、‘紀州ファインオーシャン’では、鉢上げ前に低温処理をしない場合、切り花本数が少なくなったことから、通常実施されているように低温処理をした苗を用いるのが安全と考えられる。

本研究によりブルー系2品種が追加され、県育成のブルー系品種は4品種となった。本県のスターチスの生産戸数は182戸で（振興局農業水産振興課調べ、令和2年3月現在）、個々の生産者の経営目標も様々である。同系色でも色合いや収量、切り花特性の異なる品種が複数あることで経営目標にあった品種の選択が可能となり、さらに今後、無冷房による自家育苗技術が導入可能な品種として広く利用されることが期待される。

一方、育成した2品種については、試作段階において採花初期の切り花の水揚げが悪いことが産地関係者から指摘されている。生産現場ではこの対策として、切り花の茎の半分くらいまで水に浸けて水揚げを行っている事例があるが、栽培方法を含めて改善法の検討が必要である。また、‘紀州ファインオーシャン’では、がくが退色しやすいことも指摘されており、本品種を栽培する際の留意点として、収穫間隔を長くしないことや、特に3月以降気温の上昇とともに退色が早くなるため、収穫終期を早めに切り上げる等これらの特性を理解した上で導入することが推奨される。水揚げや退色の難易は、収量性や切り花長等の切り花形質と異なり、選抜過程において選抜対象とする特性として重要視されにくいのが、切り花を生産する上では重要な特性であるため、今後育種を進める過程においてこれらの特性についても考慮して選抜する必要がある。

摘 要

ブルー系のスターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインライラック’と‘紀州ファインオーシャン’を育成した。品種の特性は次のとおりである。

1. ‘紀州ファインライラック’

1) がくの色は赤味のある淡い青紫色（RHSカラーチャート色票番号：N82C）である。

- 2) 生育初期から抽苔本数が多く、収量性が非常に高い。
- 3) 既存のブルー系県育成品種に比べて、草丈が低く、2L率が低い。
- 4) 花房はやや小さいが数が多い。
- 5) 低温処理をせずに無冷房下で育苗した苗でも、低温処理した冷房育苗苗と同等の収量が得られる。

2. ‘紀州ファインオーシャン’

- 1) がくの色は青味の濃い鮮やかな淡い青紫色（RHSカラーチャート色票番号：N88C）である。
- 2) 生育初期から抽苔本数が多く、収量性が非常に高い。
- 3) 分枝数、花房数は少ないが、花房が大きいため、ボリュームがある。
- 4) 無冷房下で育苗した苗でも、冷房育苗苗と同等の収量が得られる。

引用文献

- 吾妻浅男・犬伏貞明. 1986. スターチス・シヌアータの種子春化苗が高温を受けるときの苗齢と脱春化との関係. 園学雑. 55 (2) : 221-227.
- 吾妻浅男・島崎純一・犬伏貞明. 1983. 種子の低温処理によるスターチス・シヌアータの開花促進について. 園芸学雑. 51 (4) : 466-474.
- 藤田政良・西谷年生. 1982. スターチス・シヌアータの促成栽培に関する研究（第1報）各種苗齢における低温要求性. 和歌山農試研報9 : 15-22.
- 古屋拳幸・藤岡唯志. 2010. 冬秋期におけるスターチス・シヌアータの切り花増産のためのプラスチック苗低温処理の利用と冷房育苗温度. 近畿中国四国農業研究17 : 15-20.
- 今給黎征郎・白山竜次・渡辺剛史・上野敬一郎・永吉実孝・久松 完. 2017. 花束加工需要に対応したスプレーギクの多収生産技術. 園学研16(1) : 51-59.
- 深山貴世・稲本勝彦・土井元章・今西英雄. 1998. 培養増殖中の温度と継代がスターチス・シヌアータの開花に及ぼす影響. 園学雑67 (4) : 632-634.
- 宮前治加・小川大輔. 2019. 和歌山県育成スターチス・シヌアータ品種における夏季無冷房育苗が促成栽培での生育および開花に及ぼす影響. 和歌山農林水研報7 : 23-35.
- 農林水産省. 2020a. 令和2年産花き生産出荷統計. (オンライン), 入手先<<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032129877&fileKind=0>>, (公表2021-10-20) .
- 農林水産省. 2020b. 令和2年生産農業所得統計. (オンライン), 入手先<<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files/data?sinfid=000032159285&ext=xls>>, (公表2021-12-24) .
- 小川大輔・宮本芳城・藤岡唯志. 2014. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインラベンダー’の育成経過と特性. 和歌山農林水研報2 : 41-48.
- 小川大輔・上山茂文. 2016. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインブルー’の育成経過と特性. 和歌山農林水研報4 : 21-29.
- 萩原雅彦・湯地健一・土屋由起子・長田龍太郎・郡司定雄. 1997. スターチスにおける培養レベルでの春化処理後の育苗方法及び育苗期間が開花に及ぼす影響. 園学雑66 (別1) : 62

中生ウンシュウミカン ‘きゅうき’ の高品質安定生産技術

中谷 章・中地克之・生駒美侑¹・岡室美絵子²

和歌山県果樹試験場

High Quality Stable Production Techniques of Middle-aged Satsuma Mandarin Cultivar ‘Kyuki’

Akira Nakatani, Katsuyuki Nakachi, Miyu Ikoma and Mieko Okamuro

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

‘きゅうき’は有田市宮原町内で発見された‘向山温州’の1樹変異で、2014年2月27日に品種登録された中生ウンシュウミカンである。品種登録後、有田郡市内を中心に植栽が進み、2018年産の特産果樹生産動態等調査（農林水産省、2021）によると23.6haで栽培されている。

‘きゅうき’の特性として、親品種である‘向山温州’と比較して浮皮の発生が少ないことが挙げられる（水上、2015）。また、糖度やクエン酸含有率などの果実品質は‘向山温州’と同程度であるものの、樹体の特徴は‘向山温州’と比較して節間が短く葉が小さく、樹勢がやや弱い（水上、2015）。そのため中地ら（2019）は苗木定植後の枝梢管理および結実管理について検討し、強めの芽欠きと早期の摘心が有効であり、苗木定植後少なくとも2年間は全摘蕾や全摘果により着果させずに樹冠拡大を図る必要があるとしているが、結実開始後の樹勢維持対策については検討されていない。

また、栽培面積が増加するにともない、園地ごとの果実品質のバラツキが課題となっており、高品質果実を安定的に生産するための技術を確立する必要がある。

そこで本研究では、結実開始後の‘きゅうき’の樹勢維持を目的とした部分全摘蕾、部分全摘果および収穫後のジベレリン処理による新梢発生効果を検討するとともに、高品質果実生産のための仕上げ摘果時期および透湿性シートによるマルチの品質向上効果について検討した。

材料及び方法

1. 部分全摘蕾および部分全摘果が処理後の新梢発生におよぼす影響（試験1）

和歌山県果樹試験場内1号園（平坦・高畝園）の6年生‘きゅうき’を供試した。部分全摘蕾区

¹ 現在：和歌山県農林大学校

² 現在：退職

は 2018 年 5 月 2 日に主枝先端約 50cm の全摘蓄を行った。また部分全摘果区は同年 6 月 1 日に主枝先端約 50cm の全摘果を行った。慣行区は摘蓄、摘果とも行わなかった。各区とも 5 樹設定した。各区とも 7 月 26 日および 8 月 8 日に処理した主枝先端以外の粗摘果、10 月 11 日に仕上げ摘果を行った。10 月 25 日に処理部から発生した新梢の本数および長さを調査し、11 月 26 日に糖度およびクエン酸含有率を調査した。11 月 27 日に全果実を収穫し、階級構成を調査した。

2. 収穫後のジベレリン処理が翌年の着花および新梢発生におよぼす影響（試験 2）

和歌山県果樹試験場内 1 号園の‘きゅうき’（2018 年に 6 年生で初結実）を供試した。試験開始時は初結実前であったため、収穫後に相当する 2017 年 11 月 28 日、12 月 21 日および 2018 年 1 月 19 日に手押し式肩掛け噴霧器を用いてジベレリン処理を行った。ジベレリンの処理濃度は 25ppm 単用（GA25ppm 区）および 2.5ppm にマシン油乳剤（97%）60 倍加用（GA2.5ppm+マシン油区）とした。各区とも 5 樹処理した。開花期の 2018 年 4 月 25 日から 27 日に枝先 50cm（4 本/樹）の旧葉数および着花数を調査し、6 月 21 日に発生した新梢の長さおよび本数を調査した。

また、同園地の‘きゅうき’を供試し、2019 年 12 月 18 日に肩掛け噴霧器を用いて主枝先端 50cm にジベレリン処理を行った。ジベレリン濃度は 2.5ppm とし、マシン油乳剤 60 倍を加用した区（GA2.5ppm+マシン油区）と機能性展着剤（有効成分：ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン脂肪酸エステル）1,000 倍を加用した区（GA2.5ppm+展着剤区）を設定した。8 樹を用い、同一樹の 3 本の主枝のうち、1 本を GA2.5ppm+マシン油区、1 本を GA2.5ppm+展着剤区、もう 1 本を無処理区とした。2020 年 5 月 1 日から 7 日に処理した部位の旧葉数および着花数を調査し、6 月 15 日から 19 日に発生した新梢の長さおよび本数を調査した。

3. 仕上げ摘果時期およびマルチ処理が果実品質におよぼす影響（試験 3）

有田市宮原町内の 20 年生‘きゅうき’を供試した。2020 年 7 月 27 日に粗摘果を実施した後、8 月 18 日に仕上げ摘果を実施した区（慣行摘果区）と 9 月 28 日に仕上げ摘果を実施した区（後期摘果区）を設定した。摘果の程度は粗摘果で総摘果量の 2~3 割程度、仕上げ摘果後の最終葉果比は 25 程度を目安とした。また、両摘果区に透湿性シートを 8 月 3 日に敷設する区を設け、それぞれ慣行摘果+マルチ区、後期摘果+マルチ区とした。各区とも 3 樹設定した。7 月 29 日から 11 月 26 日まで毎月 2 回、果実横径、糖度およびクエン酸含有率を調査した。葉の水ポテンシャルは宮本ら（2009）の方法に基づき、8 月から 10 月にかけて、日没直後に不着果新梢の中位葉を採取し、速やかに食品用ラップで包み、チャック付ポリ袋に密閉して室内に持ち帰り、プレッシャーチャンバー（PMS600）を用いて測定した。12 月 7 日に全果実を収穫し、階級構成を調査した。

結 果

1. 部分全摘蓄および部分全摘果が処理後の新梢発生におよぼす影響（試験 1）

新梢発生本数は部分全摘蓄区が他区より有意に多く、部分全摘果区および慣行区は同程度であった。新梢長は有意な差ではないものの部分全摘果区が最も長く、部分全摘蓄区が最も短かった。総新梢長についても有意な差ではないが、部分全摘蓄区と部分全摘果区がほぼ同等で、慣行区より長い傾向であった（表 1）。

果実品質について、糖度は部分全摘果区で 10.0 と部分全摘蓄区の 10.8、慣行区の 11.0 と比較し

て有意に低かった。またクエン酸含有率は部分全摘蕾区で 0.51%，部分全摘果区で 0.54%と慣行区の 0.66%より有意に低かった（表 2）。

階級構成は、部分全摘蕾区および部分全摘果区では L 級果が最も多く次いで 2L 級果が多かったのに対し、慣行区では L 級果に次いで M 級果が多かった（図 1）。

表 1 主枝先端の部分全摘蕾および部分全摘果が新梢発生量におよぼす影響（2018）

処理区	本数 (本)	新梢長 cm/本	総新梢長 (cm)
部分全摘蕾区	29.7 b	4.76	141.8
部分全摘果区	21.3 a	6.64	143.4
慣行区	22.1 a	5.16	111.3
有意性 ^z	*	n. s.	n. s.

※部分全摘蕾は主枝先端 50cm を 2018 年 5 月 2 日に摘蕾
 部分全摘果は主枝先端 50cm を 2018 年 6 月 1 日に摘果
 新梢量は 2018 年 10 月 25 日に調査
 z: Tukey の多重検定により異なる文字間に 5% レベルで有意差あり (n=5)

表 2 主枝先端の部分全摘蕾および部分全摘果が果実品質におよぼす影響(2018)

試験区	1果平均重 g/果	果肉歩合 %	糖度 Brix	クエン酸 %
部分全摘蕾区	95.5	78.4	10.8 b	0.51 a
部分全摘果区	91.8	77.9	10.0 a	0.54 a
慣行区	82.4	77.4	11.0 b	0.66 b
有意性 ^z	n. s.	n. s.	*	*

※果実品質は 2018 年 11 月 26 日調査

z: Tukey の多重検定により異なる文字間に 5% レベルで有意差あり (n=5)

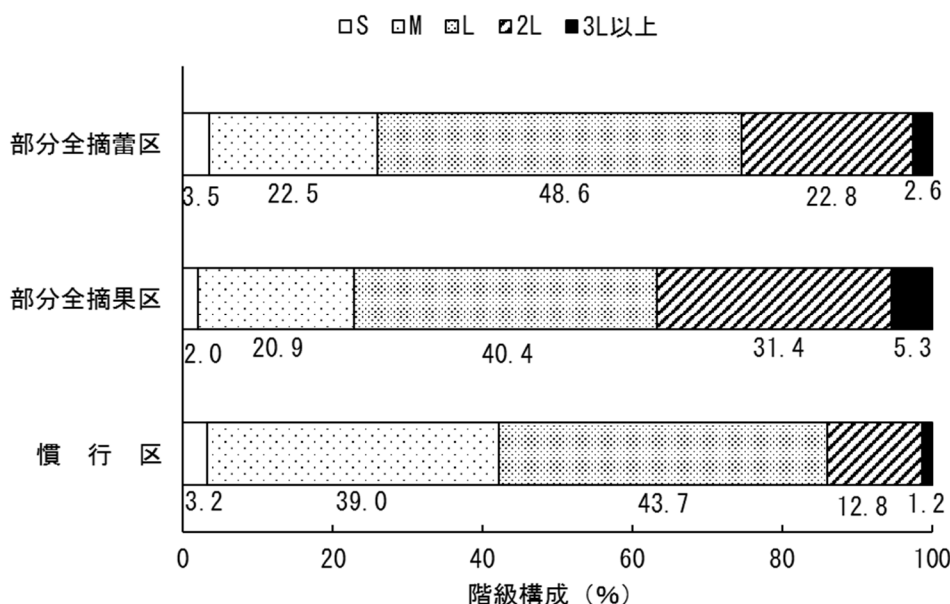


図 1 部分全摘蕾および部分全摘果が収穫果実の階級構成におよぼす影響
 収穫日：2018 年 11 月 27 日

2. 収穫後のジベレリン処理が翌年の着花および新梢発生におよぼす影響（試験2）

2018年の試験では、旧葉100枚あたりの着花数は無散布区の187.3に対し、GA25ppm区で25.8～44.4、GA2.5ppm+マシン油区で15.8～54.1といずれの処理時期においてもジベレリン処理により着花数が有意に減少した。新梢発生数は無散布区の27.1本に対してGA25ppm区で15.5～16.6本、GA2.5ppm+マシン油区で14.0～16.7本とジベレリン処理区で少ない傾向であったものの、平均新梢長は無散布区の2.7cmに対してGA25ppm区で7.4～9.6cmと有意に長く、GA2.5ppm+マシン油区で5.6～5.7cmと有意な差ではないものの長い傾向であった。総新梢長は無散布区の72.3cmが最も短く、次いでGA2.5ppm+マシン油区の72.9～95.2cmであり、GA25ppm区の122.0～143.6cmが最も長い傾向であった（表3）。

表3 ジベレリン処理が翌年の着花数および新梢発生量におよぼす影響（2018）

処理区	散布日	旧葉100枚当たりの着花数				新梢発生量		
		旧葉数	直花	有葉果	合計	本数 (本)	新梢長 cm/本	総新梢長 (cm)
GA25ppm区	11/28	27.8	7.9 b	17.8 b	25.8 b	16.3 a	8.3 b	127.4 abc
	12/21	29.2	16.8 b	27.6 b	44.4 b	16.6 ab	7.4 b	122.0 abc
	1/19	28.5	8.3 b	20.7 b	29.0 b	15.5 b	9.6 b	143.6 b
GA2.5ppm+ マシン油区	11/28	26.6	10.3 b	25.6 b	35.9 b	15.1 ab	5.6 ab	82.6 ac
	12/21	29.9	25.3 b	28.8 b	54.1 b	14.0 b	5.6 ab	72.9 ac
	1/19	38.7	7.2 b	8.6 b	15.8 b	16.7 ab	5.7 ab	95.2 abc
無散布区		50.0	135.6 a	51.8 a	187.3 a	27.1 a	2.7 a	72.3 a
有意性 ^z			*	*	*	*	*	*

※処理日：2017年11月28日、12月21日、2018年1月19日、マシン油乳剤はアタックオイル™を使用
2018年4月25～27日に着花量、2018年6月21日に新梢量を調査

z: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり(n=5)

2020年の試験では主枝先端50cmの旧葉100枚あたりの着花数は、無処理区の117.5に対してGA2.5ppm+マシン油区で41.5、GA2.5+展着剤区で49.0と、いずれの処理区も着花数が有意に減少した。新梢発生量はいずれも有意な差ではなかったものの、新梢発生数は無処理区の29.1本に対してGA2.5ppm+マシン油区で32.9本、GA2.5ppm+展着剤区で37.9本と増加する傾向であり、

表4 収穫後のジベレリン処理が翌年の着花数および新梢発生量におよぼす影響（2020）

処理区	旧葉100枚当たりの着花数			新梢発生量		
	直花	有葉花	合計	本数 (本)	平均 (cm/本)	総新梢長 (cm)
GA 2.5ppm+マシン油区	34.4 a	7.1	41.5 a	32.9	5.8	183.8
GA 2.5ppm+展着剤区	39.5 a	9.5	49.0 a	37.9	6.6	243.8
無処理区	110.5 b	7.0	117.5 b	29.1	4.8	158.5
有意性 ^z	*	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.

※処理日：2019年12月18日、マシン油乳剤はアタックオイル™、機能性展着剤はソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル（農薬名：スカッシュ™）を使用

2020年5月1～7日に着花量、2020年6月15～19日に新梢量を調査

z: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり(n=8)

新梢長は無処理区の4.8cmに対してGA2.5ppm+マシン油区で5.8cm、GA2.5ppm+展着剤区で6.6cm

と、いずれの処理区も長くなる傾向であった。総新梢長はGA2.5ppm+展着剤区で243.8cmと最も長く、次いでGA2.5ppm+マシン油区の183.8cmであり、無処理区が158.5cmと最も短い傾向であった(表4)。

3. 仕上げ摘果時期およびマルチが果実品質におよぼす影響(試験3)

果実の横径は各区とも同様に推移したが、仕上げ摘果時期にかかわらずマルチ区でやや小さく推移する傾向であった(図2)。糖度については、9月下旬までは各区とも同様に推移したが、以降は慣行摘果区で最も低く推移し、次いで後期摘果区で高く推移した。仕上げ摘果時期にかかわらずマルチ区で高く推移したが、収穫直前の調査では後期摘果+マルチ区が最も高かった(図3)。クエン酸含有率は各区とも同様に推移したが、1%を下回った時期は慣行摘果区の10月下旬に対し、後期摘果区および慣行摘果+マルチ区は11月下旬であった。なお、後期摘果+マルチ区では樹ごとのバラツキが大きいものの、11月下旬に1%を上回っていた(図4)。日没直後の葉の水ポテンシャルは各区とも8月中旬にかけて低下したが、その後の降雨により上昇した。9月以降は両マルチ区

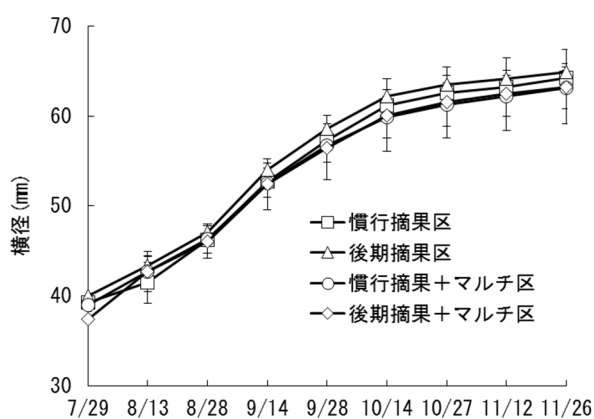


図2 仕上げ摘果時期およびマルチの有無が果実肥大におよぼす影響(2020)
エラーバーは標準誤差(n=3)

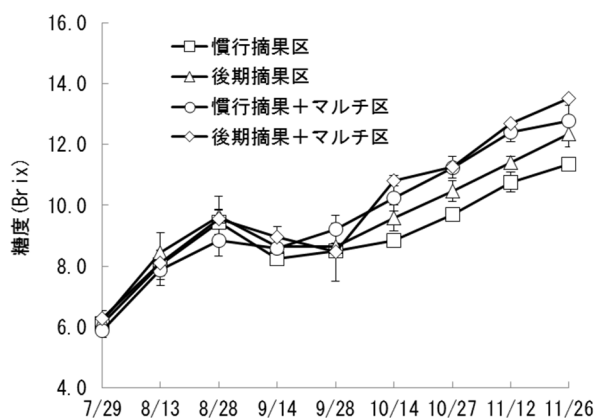


図3 仕上げ摘果時期およびマルチの有無が糖度におよぼす影響(2020)
エラーバーは標準誤差(n=3)

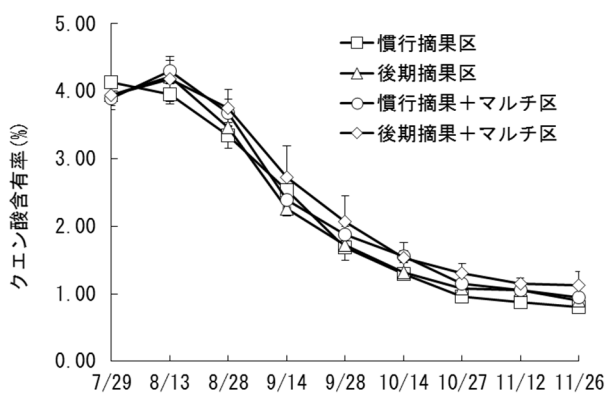


図4 仕上げ摘果時期およびマルチの有無がクエン酸含有率におよぼす影響(2020)
エラーバーは標準誤差(n=3)

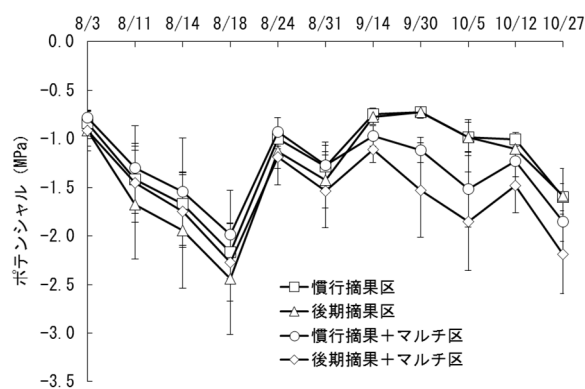


図5 仕上げ摘果時期およびマルチの有無が日没直後の葉の水ポテンシャルにおよぼす影響(2020)
エラーバーは標準偏差(n=3)

で低く推移し、バラツキはあるものの後期摘果+マルチ区で最も低く推移した(図5)。収穫果実の階級構成は、慣行摘果区および慣行摘果+マルチ区でM級果が最も多く、後期摘果区および後期摘果+マルチ区ではS級果が最も多かった。また後期摘果+マルチ区のみ2S級果が20%を上回った(図6)。

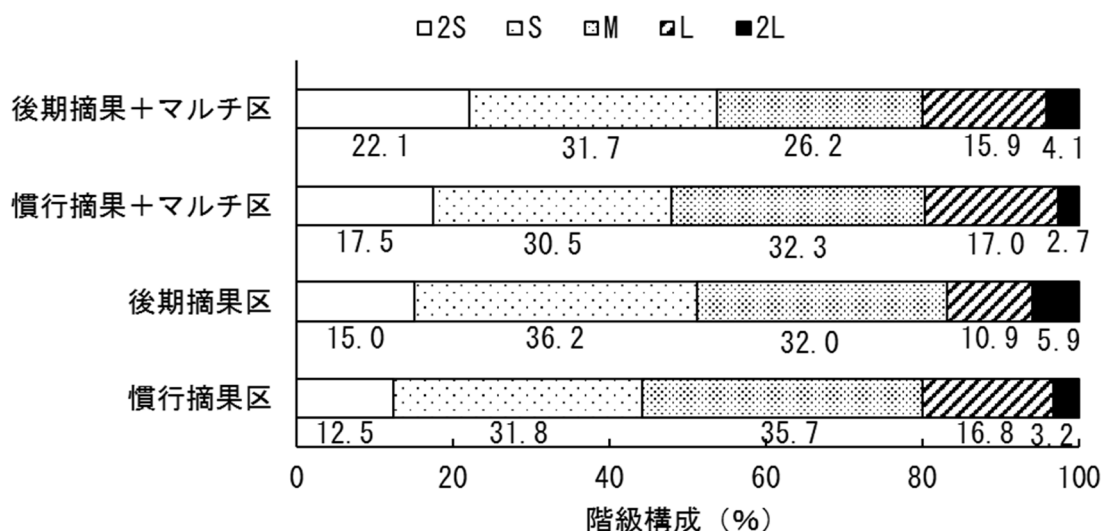


図6 仕上げ摘果時期およびマルチの有無が収穫果実の階級構成におよぼす影響

収穫日：2020年12月7日

考 察

‘きゅうき’は親品種である‘向山温州’と比較して葉が小さく、枝梢や節間が短いなど中生ウシユウミカンとしては樹勢がやや弱い品種であり、着花性が良好で着果しやすいとされている(水上, 2015)。しかしながら, ‘宮川早生’で着果数が多いほど樹体の生長量が少なくなり, 特に細根量が著しく減少したとの報告(中村ら, 2010)があるとおおり, 適正な着花, 着果管理を行わなければ樹体生育が損なわれ, より樹勢が低下し, 安定した収穫量を得ることが困難となると考えられる。そこで, 主枝先端約50cmの部分全摘蕾および部分全摘果を実施し, 処理後の新梢発生におよぼす影響を調査したところ, いずれの処理においても総新梢長が増加する傾向がみられた。果実品質については処理区で糖度が低くなる傾向がみられたものの, 階級構成は処理区でやや果実肥大が良好であるなど, 一定の樹勢維持効果があると考えられた。なお, 本試験は幼木の初結実でのデータであり, 成木における果実品質への影響についてはさらに検討する必要がある。

摘蕾や摘果は花芽の着生を確認してからの対策技術であるが, より省力的な技術として収穫後のジベレリン処理が実用化されている。花芽抑制による樹勢維持を目的としたジベレリン処理はその処理濃度が25ppm~50ppmと高く, コスト面から一部の使用にとどまっていた。しかしながら, 近年マシン油乳剤または機能性展着剤(有効成分:ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン脂肪酸エステル)との混用により, 従来の10分の1以下である2.5ppmで花芽抑制効果があるとの報告がなされ(阿部ら, 2016; 山名, 2020), 農薬登録の適用が拡大され, より低濃度での散布が実用化されている。そこで本研究では‘きゅうき’に対するジベレリンとマシン油乳剤および機能性

展着剤（有効成分：ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル）の混用処理による花芽抑制および新梢発生効果を検討した。11月下旬から1月中旬まで時期を変えて、ジベレリン 25ppm 単用処理とジベレリン 2.5ppm とマシン油乳剤 60 倍の混用処理を行ったところ、いずれの処理時期でも着花数が減少した。新梢発生本数は無散布区で多い傾向であったものの、平均新梢長は処理区で長く、総新梢長も長い傾向であった。単用処理と混用処理を比較すると、単用処理でより平均新梢長、総新梢長とも長くなる傾向ではあったが、混用処理においても効果は認められた。また、ジベレリンとマシン油乳剤および機能性展着剤（有効成分：ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル）の混用処理の効果を検討したところ、いずれにおいても着花数、特に直花が減少し、新梢数、新梢長、総新梢長ともに増加した。これらのことから、花芽抑制効果や新梢発生効果はジベレリン 25ppm 単用処理で高いものの、ジベレリン 2.5ppm とマシン油乳剤もしくは機能性展着剤（有効成分：ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル）の混用処理についても、十分実用的であると考えられた。ただし、2022年1月4日現在、花芽抑制による樹勢維持に農薬登録があるマシン油乳剤はアタックオイル™のみ、ジベレリン散布用に登録のある機能性展着剤はソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル（農薬名：スカッシュ™）のみであるため注意が必要である。

ウンシュウミカンの品質向上対策として、透湿性シートを土壤に被覆することにより降雨を遮断し、水分ストレスを付与する技術が広く普及している。また、粗摘果を軽く行い、樹体に着果負担をかけた後に仕上げ摘果で適正着果量まで摘果する、いわゆる後期重点摘果により果実品質を向上させることができるとされており（井上, 2008）、宗田・中山（2016）が‘宮川早生’、岡室ら（2017）が‘田口早生’で後期重点摘果による品質向上効果を報告している。そこで、本研究では‘きゅうき’において透湿性シートによるマルチと仕上げ摘果時期が果実品質におよぼす影響を調査した。その結果、果実がやや小さくなる傾向はみられたものの、摘果時期にかかわらずマルチによる品質向上効果が認められ、マルチを行わない場合でも仕上げ摘果時期を8月中旬から9月下旬に遅らせることで、果実品質を向上させることができた。これらのことから、‘きゅうき’の果実品質を高めるためにマルチが有効であり、後期重点摘果が‘きゅうき’の果実品質向上に有効であると考えられた。本研究の結果から、仕上げ摘果時期に関わらずマルチ区で糖度が高かったことから品質向上対策としてマルチを基本とするのが良いと考えられるが、園地条件や労力の問題からマルチが困難な場合は、やや効果は劣るものの後期重点摘果が有効であると考えられる。なお、収穫期の糖度は後期重点摘果とマルチの組み合わせが最も高かったが、樹によってクエン酸含有率が高くなる場合があるため、水分ストレスの程度によっては適切なかん水管理が必要であると考えられる。本研究では‘きゅうき’の適切なかん水管理方法については検討していないが、今回高品質な果実が生産できた両マルチ区の葉の水ポテンシャルが、宮本ら（2009）や鯨ら（2011）が報告した早生ウンシュウミカンの高品質果実生産のための適正域に近い値で推移していたことから、早生ウンシュウミカンと同様のかん水管理が適用できると思われる。

以上の結果から、‘きゅうき’の高品質安定生産のためには収穫後のジベレリン散布による花芽抑制に加え、着花数が多い場合は部分全摘蓄や部分全摘果により新梢発生を促し、8月以降マルチによる水分ストレスの付与が有効であると考えられた。また、マルチが困難な場合は9月下旬に仕上げ摘果を行うことで、マルチより効果は劣るものの果実品質を向上することが可能であるため、園地条件や労力などに応じて必要な技術を組み合わせることが重要であると考えられた。

摘 要

中生ウンシュウミカン‘きゅうき’について、樹勢維持のため主枝先端約50cmの部分全摘蕾と部分全摘果による新梢発生効果およびジベレリン処理による花芽抑制、新梢発生効果について検討した。また高品質果実生産技術確立のため、仕上げ摘果時期およびマルチの有無が果実品質におよぼす影響を調査した。

1. 主枝先端50cmの部分全摘蕾および部分全摘果により総新梢長が増加し、樹勢維持に有効であると考えられた。
2. 収穫後のジベレリン処理により、着花数が減少し、総新梢長が増加した。処理濃度はジベレリン25ppm単用、ジベレリン2.5ppmにマシン油乳剤（農薬名：アタックオイル™）60倍加用、ジベレリン2.5ppmに機能性展着剤（有効成分：ソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステル、農薬名：スカッシュ™）1,000倍加用のいずれも効果が認められ、従来より低コストでの処理が可能であると考えられた。
3. 透湿性シートによるマルチにより、仕上げ摘果時期にかかわらず糖度の向上が可能であるが、マルチを敷設できない場合、仕上げ摘果を慣行の8月下旬から9月下旬に遅らせることで、糖度を向上することが可能である。

本試験を実施するにあたり、現地での摘果およびマルチの試験に快くご協力いただき、果実を提供いただいた‘きゅうき’育成者の久喜護氏に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 阿部健一・高森亜矢子・伊藤俊明・山口秀一・無田上重治・河瀬憲次. 2016. ウンシュウミカンの花芽抑制を目的としたジベレリンの最適散布処理時期と低濃度ジベレリンとマシン油乳剤との混用散布. 宮崎県総合農業試験場研究報告. 50:25-32.
- 井上久雄. 2008. カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル. 弱剪定と後期重点摘果. pp. 5-8. 農研機構近畿中国四国農業研究センター.
- 鯨幸和・山本浩之・中谷章・宮本久美. 2011. 早生ウンシュウミカンの新しい灌水指標に基づくWeb灌水情報. 和歌山. 和歌山農林水産総合技術センター研究成果情報.
- 宮本久美・土井真純・中谷章・山本浩之. 2009. 早生ウンシュウミカンの高品質・連年生産のための好適LWP域. 園芸学研究8(別1):80.
- 水上徹. 2015. 「話題の品種」238 温州ミカン「きゅうき」. 果実日本70(5):8.
- 宗田健二・中山雅裕. 2016. 淡路地域における夏肥施肥および後期重点摘果が早生ウンシュウミカンの収量・果実品質に及ぼす影響. 兵庫県農林水産総合技術センター研究報告農業編64:13-19.
- 中地克之・岡室美絵子・中谷章・水上徹・鯨幸和. 2019. ウンシュウミカン‘きゅうき’幼木時の枝梢管理および結実管理が樹体生育に及ぼす影響. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告7:45-54.
- 中村隆志・近泉惣次郎・水谷房雄. 2010. ‘宮川早生’ウンシュウミカン幼木の着果数の違いが樹

- 体成長、養分含量並びに果実品質に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告 32 : 7-16
- 農林水産省. 2021. 平成 30 年産特産果樹生産動態等調査. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500503&tstat=000001020907&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001032892&tclass2=000001150626> (2021 年 12 月 15 日閲覧)
- 岡室美絵子・中地克之・中谷章. 2017. 後期重点摘果がウンシュウミカン‘田口早生’の果実肥大・果実品質に及ぼす影響. 園芸学研究 17(別 1):312.
- 山名宏美. 2020. 機能性展着剤の利用によるジベレリンの着花抑制効果の向上とカンキツの隔年結果の平準化技術の開発. 植物の成長調節 55(19):57-62.

カンキツ ‘津之望’ の少核果実生産に向けた 開花期におけるネット被覆法

井口 豊・宮井良介¹・岩倉拓哉

和歌山県果樹試験場

Net Covering Method during Flowering Period for Production of Fruit with Few Seeds in Citrus Cultivar ‘Tsunonozomi’

Yutaka Iguchi · Ryosuke Miyai and Takuya Iwakura

Wakayama Fruits Tree Experiment Station

緒 言

‘津之望’は、農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所において‘清見’に‘アンコール’の花粉を交配し育成された早生カンキツで、浮き皮しにくく、機能性成分のβ-クリプトキサンチンが豊富に含まれるという特徴を持つ(野中ら, 2019)。「津之望」は、和歌山県においては12月上中旬頃に成熟期を迎え、年内に収穫・出荷が可能である。県内では海南市や紀の川市、日高川町などで導入が進み、県全体で5.7ha(2018年時点)の栽培面積となっており(農林水産省, 2021)、早生ウンシュウミカンに続いて出荷できる品種として期待されている。

一方で、「津之望」は花粉が健全であり種子形成能力も強いことから、不完全種子を含む種子が多数形成されやすく(野中ら, 2019)、食味を落とす要因となっている。特に県内産地では、ハッサクやナツミカンといった花粉の多い品種が広く栽培されており、それらの花粉が訪花昆虫により運ばれ受粉することにより、種子数が増加していると考えられる。

カンキツの無核果実や少核果実生産に関する研究は、「ヒュウガナツ」(牧田, 1984; 和田, 1983; 吉倉, 2008)、「古山ニューサマー」(浜辺ら, 2020)、「江上ブント」(岩政ら, 1980)及び「清見」(牧田, 1984)など、主に自家不和合性や雄性不稔性が強い品種で多数取り組まれている。一方、自家和合性品種では「アンコール」(近泉ら, 2000)についての報告はあるが、「津之望」に関する報告はない。

そこで、露地栽培の「津之望」において、開花期のネット被覆が少核化に及ぼす影響を調査した。また、ネット被覆には多大な労力や費用を要することから、農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターにより開発された、防鳥ネットを簡易に設置することができる「らくらく設置3.5」(山口, 2019)を参考にし、より省力的な被覆方法についても検討した。

¹現在:和歌山県日高振興局地域振興部企画産業課

材料および方法

1. 開花期に被覆するネットの目合いが種子形成と果実品質に及ぼす影響（試験 1）

果樹試験場内 10 号園（平坦，樹間 2.5m×列間 4.5mの並木植え）に植栽された‘津之望’6 年生（2018 年時点）の 12 樹を供試（1 区 4 樹）した。供試樹の周囲には受粉樹となりうるカンキツ樹が複数植栽されている条件であった。6 月中旬に粗摘果，8 月中旬に仕上げ摘果を行い，最終葉果比で 100 程度の着果量とした。

被覆区は，1mm 目のネット（ダイオサンシャイン S-2000，（株）ダイオ化成，透光率約 90%）を用いた 1mm 目区，及び 4mm 目のネット（サンシャインマルハナネット p-6060，（株）ダイオ化成，透光率約 96%）を用いた 4mm 目区を設け，対照として無被覆区を設けた。ネットは開花前の 2018 年 4 月 25 日から開花終了後の 5 月 28 日までの間，1 樹ずつ隙間ができないよう被覆し，ネット内への訪花昆虫の侵入を防止した（写真 1）。



写真 1 被覆の様子

果実の横径，縦径，果実重，種子数は，各区それぞれ十分着花している 2 樹について，樹冠外周部で平均的な大きさである果実を 1 樹につき 15 果選び，2018 年 11 月 29 日に調査した。なお，種子は縦径が 5mm 以上のものを数え，内部の胚が正常に発育している完全種子と，完全種子に比べ小さく厚さが薄い不完全種子に分類した。また，完全種子と不完全種子のないものを無核果とし，供試果実に占める無核果の割合を無核果率とした。

果汁の糖度（Brix）はデジタル糖度計（アタゴ製 PR-101α）で，またクエン酸含有率は 0.156N 水酸化ナトリウムによる中和滴定で，ともに 1 区あたり 5 果を 2018 年 11 月 29 日に調査した。

2. 「らくらく設置 3.5」の手順に沿ったネット被覆が種子形成と果実品質に及ぼす影響（試験 2）

果樹試験場内 10 号園（平坦，樹間 2.5m×列間 4.5mの並木植え）に植栽された‘津之望’7 年生（2019 年時点）を供試した。供試樹の周囲には受粉樹となりうるカンキツ樹が複数植栽されている条件であった。試験は 2019 年，2020 年の 2 ヶ年行い，被覆区は 8 樹，無被覆区は 4 樹設けた。摘果は試験 1 と同様の方法で行った。

被覆資材には 1mm 目のネット（ダイオサンシャイン S-2000，短辺 2.7m×長辺 20m，（株）ダイオ化成，透光率約 90%）を用い，3 枚を長辺で繋ぎ合わせた。被覆に用いる支柱類や被覆手順は「防鳥網の簡易設置『らくらく設置 3.5』設置マニュアル（農業・食品産業技術総合研究機構，2018）」を参考にした。

長さ 2.5m，太さ 22.2mm の直管パイプを，畝の両側に 1.5m 間隔で約 50cm の深さまで打ち込んだ。この直管パイプの上端を円弧状に繋ぐ形となるよう，長さ 3m，太さ 5mm の弾性ポールを直管パイプに差し込み，ネット被覆の骨組みを形成した。なお，弾性ポールが直管パイプ内に深く入りすぎるのを防ぐため，水道用ホースの切片（約 4cm）を予め弾性ポールの両端に差しておいた。ネットはこの円弧状の弾性ポールの上を滑らせて被覆した（写真 2. 3. 4）。ネットの地際部に隙間ができないよう単管パイプやコンクリートブロック等で押さえ，ネット内への訪花昆虫の侵入を防止した。被覆期間は開花前から開花終了後までとし，2019 年は 4 月 26 日から 6 月 3 日，2020 年は 4 月 24 日から 6 月 1 日までそれぞれ被覆した。

果実の横径，縦径，果実重，種子数は，各区それぞれ十分に着花している2樹について，樹冠外周部で平均的な大きさである果実を1樹につき15果を，また糖度及びクエン酸含有率は5果をそれぞれ選び，2019年12月23日と2020年12月21日に調査した．果実の階級構成も同日に調査した．



写真2 直管パイプ等設置後の被覆前の様子



写真3 被覆途中の様子



写真4 被覆後の様子

3. 「らくらく設置3.5」の手順に沿ったネット被覆の現地実証（試験3）

紀の川市荒見の‘津之望’5年生（2020年時点）の16樹（平坦，樹間2.5m×列間3.5mの並木植え）を供試し，被覆区（8樹）及び対照として無被覆区（8樹）を設けた．周囲には受粉樹となりうるカンキツ樹が複数植栽されている条件であった．摘果は園主による慣行摘果とし，8月上旬に粗摘果，10月上旬に仕上げ摘果を行った．

ネットの被覆方法は試験2と同様とし，開花前の2020年4月26日から開花終了後の6月3日まで被覆した．被覆作業は2人（男性，30代）で行い，所要時間を測定した．また，被覆方法による作業時間の違いを明らかにするため，1樹ずつ隙間が出来ないように被覆する区（試験1，写真1）も設けて所要時間を測定した．なお，資材の準備にかかった時間は含めず，園地での資材設置及び被覆にかかった時間のみを測定した．

果実の横径，縦径，果実重，種子数は，各区それぞれ十分に着花している2樹について，樹冠外周部で平均的な大きさである果実を1樹につき15果を，また糖度及びクエン酸含有率は5果をそれぞれ選び，試験1と同様の方法で2020年12月4日に調査した．

結 果

1. 開花期に被覆するネットの目合いが種子形成と果実品質に及ぼす影響（試験1）

完全種子数は被覆を行った区で明らかに少なく，特に1mm目区で少なかった（表1）．一方，不完全種子数は1mm目区で最も多かった．完全種子数と不完全種子数を合計した総種子数は，被覆を行った区で無被覆区の半分以下であった．無核果率は1mm目区でもっとも高く，無被覆区で0.0%だった．糖度は被覆した区でやや低い傾向であったが，横径，果形指数，クエン酸含有率については試験区による明確な差はなかった．

表 1 開花期に被覆するネットの目合いが「津之望」の種子形成と果実品質に及ぼす影響

試験区	横径 (mm)	果形指数 ^z	果実重 (g)	糖度 (Brix)	クエン酸 含有率 (%)	種子数(個/果)			無核果率 (%)
						完全	不完全	総種子 ^y	
1mm目	73.0	127.4	161.4	10.6	0.92	1.2	11.4	12.6	13.3
4mm目	75.0	123.5	177.7	10.7	0.84	3.9	9.6	13.5	3.3
無被覆	72.3	127.0	155.2	11.2	0.95	17.1	9.8	27.0	0.0

^z (横径/縦径) × 100^y 完全種子 + 不完全種子

2. 「らくらく設置 3.5」の手順に沿ったネット被覆が種子形成と果実品質に及ぼす影響 (試験 2)

完全種子数, 及び不完全種子数は, いずれの年次も被覆区で少なかった. 無核果率は被覆区で 6.7~13.3%, 無被覆区で 0.0%だった. 横径, 果形指数, 果実重, 糖度及びクエン酸含有率については, 被覆の有無による一定の傾向は認められなかった (表 2).

表 2 開花期における「らくらく設置 3.5」の手順に沿った 1mm 目ネット被覆が「津之望」の種子形成と果実品質に及ぼす影響

調査年次	試験区	横径 (mm)	果形指数 ^z	果実重 (g)	糖度 (Brix)	クエン酸 含有率 (%)	種子数(個/果)			無核果率 (%)
							完全	不完全	総種子 ^y	
2019	被覆	74.8	123.7	181.8	13.3	0.72	2.3	5.8	8.2	6.7
	無被覆	79.1	125.1	209.0	12.9	0.65	10.3	11.0	21.4	0.0
2020	被覆	80.5	126.3	218.1	12.1	0.67	1.1	5.0	6.0	13.3
	無被覆	81.6	126.2	223.0	12.2	0.65	11.7	8.8	20.5	0.0

1 果平均重は着果数の多かった 2019 年の被覆区でやや軽かったが, 着果数が同程度であった 2020 年はほとんど差がなかった. 2019 年の階級構成については, 被覆区で L 級, 次いで M 級が多く, 無被覆区で L 級, 次いで 2L 級が多かった. 一方, 2020 年は両区とも L 級, 次いで M 級が多かったが, 被覆区で 2L 級以上が多かった. 2 ヶ年の階級構成調査から, 被覆の有無による一定の傾向は認められなかった (表 3).

表 3 開花期における「らくらく設置 3.5」の手順に沿った 1mm 目ネット被覆が「津之望」の階級構成に及ぼす影響

調査年次	試験区	個数/樹	1果平均重 (g)	階級構成(%)					
				3L	2L	L	M	S	2S
2019	被覆	96.5	175.8	0.0	15.5	52.3	25.9	5.7	0.5
	無被覆	83.0	219.1	0.6	45.8	51.8	1.8	0.0	0.0
2020	被覆	64.0	224.1	0.8	15.6	42.2	30.5	10.2	0.8
	無被覆	63.0	221.4	0.0	5.6	56.3	30.2	7.9	0.0

3L: 横径88mm以上~95mm未満, 2L: 80mm以上~88mm未満, L: 73mm以上~80未満, M: 67mm以上~73mm未満, S: 61mm以上~67mm未満, 2S以下: 61mm未満

3. 「らくらく設置 3.5」の手順に沿ったネット被覆の現地実証（試験 3）

完全種子数は被覆区で明らかに少なかったのに対し、不完全種子数は被覆区が多かった。無核果率は被覆区で 0.0%、無被覆区で 3.3%だった。糖度は被覆区で無被覆よりやや高く、横径、果形指数、果実重、クエン酸含有率については、被覆の有無による差はほとんどなかった（表 4）。

表 4 開花期における「らくらく設置 3.5」の手順に沿った 1mm 目ネット被覆が‘津之望’の種子形成と果実品質に及ぼす影響（紀の川市現地試験）

試験区	横径 (mm)	果形指数 ^z	果実重 (g)	糖度 (Brix)	クエン酸 含有率 (%)	種子数(個/果)			無核果率 (%)
						完全	不完全	総種子 ^y	
被覆	70.9	159.9	159.9	11.9	0.79	6.0	16.3	22.3	0.0
無被覆	69.4	150.8	150.8	10.9	0.79	14.6	11.4	26.0	3.3

^z (横径/縦径) × 100

^y 完全種子 + 不完全種子

「らくらく設置 3.5」の手順に沿ったネット被覆を 2 人で行った場合の所要時間は、1 列 8 樹（幅 2.5 × 長さ 20m）あたり 34 分であった。これに対し 1 樹ごとに被覆した場合では、8 樹あたり 80 分を要した（表 5）。なお、「らくらく設置 3.5」の手順に沿って 2 人で被覆資材を撤去した場合の所要時間は、8 樹あたり 14 分であった（データ略）。

表 5 「らくらく設置 3.5」の手順に沿ったネット被覆及び 1 樹ずつのネット被覆に要した作業時間

「らくらく設置 3.5」の手順に沿った被覆 ^z		1 樹ずつの被覆 ^y	
作業内容	作業時間(分) ^x	作業内容	作業時間(分)
直管パイプ設置	2	ネットの展張	8
直管パイプ打込み	12	ネットの固定	72
弾性ポール設置	12		
ネットの展張及び固定	8		
合計	34	合計	80

^z 1 列（幅 2.5m × 長さ 20m、植栽本数 8 樹）による調査

^y 1 樹あたりの被覆に要した時間を測定し、8 本あたりに要した時間に換算した

^x 作業人数 2 人（男性、30 代）

考 察

浜辺ら（2020）は、自家不和合性で単為結果性を有する‘古山ニューサマー’において開花期にネットを被覆し、9 割を超える無核果が得られたことを報告している。本研究では、周囲に受粉樹となりうるカンキツ樹が複数植栽されている条件下において、‘津之望’を開花期にネット被覆することで、種子数を減少させることができた。

試験 1 において、ネットの目合いの違いが種子数に及ぼす影響を調査した結果、4mm 目に比べて

1mm 目で完全種子数が少なく、不完全種子数が多くなる傾向が認められたが、それらを合計した種子数は同程度となった。今回、1mm 目のネットを被覆することで訪花昆虫の侵入を防いでも無核果がほとんど確認できなかったこと、‘津之望’の花粉は健全である（野中ら、2019）こと、カンキツの花粉は粘性が高く風媒による受粉がおこりにくい（岩堀、1999）ことから、‘津之望’は自家和合性であると推測される。しかし、開花期にネット被覆し訪花昆虫の侵入を防ぐことで明らかに種子数が減少したことから、‘津之望’種子数の多少は、自家受粉に加えて、虫媒による他家受粉も寄与していると考えられた。

試験 1 において 1 樹ずつネット被覆することで少核化できることを認めたが、広範囲でネットを被覆するには多大な労力や費用を要する。そこで、試験 2, 3 では農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターが開発した防鳥ネット簡易設置手法「らくらく設置 3.5」に準じて被覆した場合、省力化を図れるかどうか検討した。被覆に用いるネットの目合いについては、台風など強風による倒壊の恐れのない 1 か月程度（開花期のみ）の被覆期間であることを考慮し、試験 1 で結果が良好であった 1mm 目を採用した。結果として、試験 1 と同様に少核化できることを確認できた。一方で、開花期中のネット被覆が果実品質に明確な悪影響を及ぼすことはなかった。また、種子数と果実重の間には正の相関が見られる品種があることから（高原ら、1979）、種子数の減少が階級構成に及ぼす影響が懸念されたが、2 ヶ年の調査では一定の傾向が認められなかった。

試験 3 においてネット被覆の所要時間を検証した。2 人で被覆した場合、「らくらく設置 3.5」に沿った手順では 1 樹ごとの被覆に要した時間の半分以下で済み、省力化を図れることを確認できた。また、設置した直管パイプや弾性ポールをそのままにしておけば、次年度以降はネット展張と固定（8 分）のみで被覆を完了できる。さらに、「らくらく設置 3.5」の手順に沿った被覆の撤去作業も容易であった。今回は平坦地（並木植え）において検討を行ったが、傾斜地であっても列植されていれば設置は可能と思われ、様々な園地条件で検証を重ねることが今後の課題である。なお、実際に導入する際には、風当たりの強い園では被覆期間中に倒壊する恐れがあることに留意する必要がある。

摘 要

‘津之望’の少核果のため、開花期のネット被覆による効果を明らかにするとともに、省力的なネット被覆の方法を検討した。

1. 周囲に受粉樹となりうるカンキツ樹が複数植栽されている条件下において、1mm 目及び 4mm 目のネットを‘津之望’の開花期に被覆した。結果、訪花昆虫による他家受粉を防ぎ、完全種子数が減少し、不完全種子数と合わせた 5mm 以上の種子数についても減少する傾向であった。また、1mm 目は完全種子数が少なくなる傾向であった。
2. 「らくらく設置 3.5」を参考にした被覆方法により、1mm 目のネットを省力的に被覆できた。

本試験を実施するにあたりご協力いただいた生産者、並びに紀の里農業協同組合の営農指導員の皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 近泉惣次郎・日野昭・秋好廣明・水谷房雄. 2000. 開花期の温度が‘アンコール’の種子数に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告. 21: 11-17.
- 浜部直哉・馬場明子・前田未野里・勝岡弘幸・種石始弘・久松奨・野田勝二. 2020. 開花期にネットを被覆した‘古山ニューサマー’における無核果の着果量. 着果特性および果実品質. 園学研. 19 (4) : 331-337.
- 岩堀修一・門屋一臣編. 1999. 花粉と雄性器官の形成. 岩政正男編著. カンキツ総論. pp. 269-271. 養賢堂. 東京.
- 岩政正男・大庭義材. 1980. 自家不和合性による江上ブントンの無核性. 佐大農彙. 49: 39-45.
- 牧田好高. 1984. 有核性カンキツの無核果生産に関する研究. (2): ジベレリンペースト利用によるヒュウガナツと清見の無核果生産. 静岡柑試研報. 20: 21-29.
- 野中圭介・松本亮司・奥代直己・高原利雄・生山巖・吉岡照高・山本雅史・國賀武・内原茂・今井篤・深町浩・吉永勝一・山田彬雄・石内傳治・三谷宣仁・浅田謙介・稗圃直史・池宮秀和・村田 広野. 2019. カンキツ新品種 ‘津之望’ 農研機構報告果樹茶部門. 3: 47-59.
- 農業・食品産業技術総合研究機構. 2018. 農研機構(2018)「防鳥網の簡易設置「らくらく設置 3.5」設置マニュアル」. <https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/carc/2017/17_077.html>. (2021年12月6日閲覧)
- 農林水産省. 2021. 平成30年産特産果樹生産動態等調査. <<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500503&tstat=000001020907&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001032892&tclass2=000001150626>>. (2021年12月6日閲覧)
- 高原利雄・生山巖・石内伝治・奥代直己. 1979. カンキツ類の種子数と果実の大きさの関係について. 九州農業研究. 41: 189.
- 和田稔・波多野洋・下郡嘉勝・川上郁男・松田儀史朗・串間新一. 1983. タネナシ日向夏の実用化. 宮崎総農試研報. 17: 1-19.
- 山口恭弘. 2019. 鳥害の現状と最近の対策. 農作業研究. 54(2): 65-74.
- 吉倉幸博. 2008. ヒュウガナツの多目的ネット栽培法. 宮崎総農試研報. 43: 8-26.

CAPS マーカーを用いた和歌山県育成カンキツの品種識別技術

岩倉拓哉・田嶋 皓¹

和歌山県果樹試験場

Identification of Citrus Cultivars Bred in Wakayama Prefecture by CAPS Markers

Takuya Iwakura and Hikaru Tajima

Wakayama Fruits Tree Experiment Station

緒 言

和歌山県では、温暖な気候を生かしてウンシュウミカンを中心にカンキツ類の栽培が盛んであり、中晩生カンキツでは、‘ハッサク’で国内流通量の 70.4% (28,175t) , ‘清見’で国内流通量の 42.1% (14,729t) が生産されている (農林水産省, 2021)。しかし、近年の異常気象による果皮障害の発生や産地間競争の激化などにより、生産者からは果実品質に優れ栽培しやすいカンキツ品種が求められている。そのため、和歌山県果樹試験場では交雑育種による新品種育成に取り組み、3 月に出荷可能で食味が優れるカンキツ新品種 ‘はるき’ (田嶋ら, 2019) を育成した。現在、果樹試験場ではさらに ‘はるき’ の流通時期の前後を埋める優良品種の開発に取り組んでいるところである。

今後 ‘はるき’ などの新品種が産地に普及し、生産者所得の向上につながっていくことが期待されるが、全国的に認知度が上がった品種において、不適切な持ち出しにより海外へ流出する事例が散見される (植物品種等海外流出防止対策コンソーシアム, 2020)。品種育成には長い年月と多額の費用がかかることから、県育成品種については知的財産として適切に利用される必要がある。民間育成品種についても同様に育成者の意思に基づいた利用がなされる必要がある。また、愛媛県では有望系統の不適切な持ち出しに備えて、品種登録前の段階で遺伝子型による有望系統の識別を行っており (岡本, 2018)、選抜段階から権利侵害への対策を行うことも重要である。

育成者権の侵害が疑われる場合、これまでは当該品種と類似品の樹体特性や果実特性などの比較により、侵害か否かが判定されてきた。近年ではより効率的で迅速に判定する技術として DNA による品種識別技術の開発が様々な果樹で進められている (谷口, 2021)。カンキツでは、Cleaved Amplified Polymorphic Sequence (CAPS) マーカーを用いて愛媛県や農研機構果樹茶業研究部門で育成されたカンキツの品種識別が報告されている (二宮ら, 2015; Nonaka et al., 2017)。また、ミカンゲノムデータベース (<https://mikan.dna.affrc.go.jp/>) で公開されている遺伝子のアノテーションやローカス情報を持つ 2,696 種類の CAPS マーカーの中から、カンキツの品種識別に適した 26 種類の CAPS マーカーを選定し、国内の流通量の 94% を占める主要カンキツ 24 品種の遺伝子型が報告されている (Fujii et al., 2019)。これらの研究成果を基に ISO (国際標準化機構) の基準に準拠してマーカーの妥当性が確認された「カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル」 (農研機構, 2019) が農研機構種苗管理センターのホームページで公開されている。加えて、香酸カンキツにおいても、Fujii ら (2019) が開発した生食用カンキツの DNA 品種識別に適した 26 種類

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課

の CAPS マーカーを用いて、国内流通量の多い主要な香酸カンキツ品種・系統と近年、農研機構と徳島県で育成された香酸カンキツ品種の遺伝子型が報告されている（新見ら，2021）．これらにより、国内で流通する主要なカンキツの品種識別技術は概ね確立されたといえる．しかしながら、和歌山県育成の‘はるき’や現在選抜中の系統、また和歌山県内民間育成品種の‘早和の香’や‘春峰’といった現在の果実流通は無いまたは少ないものの、今後の産地化が期待される品種についてはこれまで検討されていない．

そこで本研究では、Fujii ら（2019）が開発した生食用カンキツの DNA 品種識別に適した CAPS マーカーのうち、「カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル」（農研機構，2019）で利用されている 11 種類の CAPS マーカーと、新見ら（2021）によりプライマー配列を再設計された 4 種類の CAPS マーカーを用いて、和歌山県育成品種や育成中の有望系統、和歌山県内の民間育成品種の DNA 品種識別技術を確立した．併せて、‘はるき’については得られた遺伝子型データから親子鑑定を行ったのでその結果を報告する．

材料および方法

1. 供試材料と DNA の抽出

供試材料として、和歌山県果樹試験場で栽培している和歌山県が育成した‘はるき’と育成中の 4 系統、および和歌山県内民間育成品種の‘早和の香’、‘春峰’に加え、対照品種としてウンシュウミカンから‘ゆら早生’、‘はるき’の親品種である‘清見’、‘中野 3 号ポンカン’、‘はるき’同様‘清見’とポンカンの交配で得られた既存品種から‘不知火’、‘はるみ’、‘せとみ’（山口県より供試）、和歌山県の育成系統の親品種から‘イエローポメロ’、‘あすみ’、‘みはや’を用いた（表 1）．ゲノム DNA は各品種・系統の 2019 年 8 月にサンプリングした葉から CTAB 抽出法（Dellaporta ら，1983）により抽出した．

表 1 CAPS 分析に供試した 16 品種・系統

調査番号	供試種・育成品種・育成系統	品種・系統・交配組み合わせ
1	はるき	清見×中野3号ポンカン
2	早和の香	水晶文旦×（水晶文旦×黄金柑）
3	春峰	清見×水晶文旦
4	KY1	清見×イエローポメロ
5	YB12	ゆら早生×はるみ
6	No. 1099	あすみ×春峰
7	No. 1184	みはや×春峰
8	ウンシュウミカン	ゆら早生
9	清見	宮川早生×トロビタオレンジ
10	ポンカン	中野3号ポンカン
11	不知火	清見×中野3号ポンカン
12	はるみ	清見×ポンカンF-2432
13	せとみ	清見×吉浦ポンカン
14	イエローポメロ	ハッサク×平戸ブント
15	あすみ	興津46号×はるみ
16	みはや	津之望×No. 1048

2. CAPS 分析

Fujii ら（2019）が開発した生食用カンキツの DNA 品種識別に適した CAPS マーカーのうち、「カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル」（農研機構，2019）で利用されている 11 種類の CAPS マーカーと、新見ら（2021）によりプライマー配列を再設計された 4 種類の CAPS マーカーの計 15 種（表 2）を適用した．CAPS 分析方法は、すべての CAPS マーカーにおいて Fujii ら（2019）の手順に従って実施したが、PCR プログラムのみ、「カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル」（農研機構，2019）に記載の条件で一律に行った．

表 2 品種識別に用いた CAPS マーカー

CAPS マーカー 番号	CAPS マーカー		増幅断片サイズ (bp) ^z				アレルの種類	増幅断片サイズ (bp) ^z				アレルの 共通断片長	スクヤ フォー ルド	遺伝子座	引用 ^x
	STS名	制限酵素	Forward プライマー	Reverse プライマー	a アレル	b アレル		c アレル	d アレル						
1	Bf0036-2	<i>Msp</i> I	CAGGTTTCCTTTGTTAGCATATTGCC	CTGTGTGGATCAAAATGGTTCC	700	400	300		1	Ciclev10008751m.g	1				
2	Tf0168-3	<i>Rsa</i> I	GCATACITTTTCAGGAAGCA	CCCTAGTTAAGCAAGGGNA	500	300	200		1	Ciclev10007563m.g	2				
3	Bf0158-3	<i>Pvu</i> II	AAAGCATTACAGAGGAGTTGAC	GGAAATTCATTAAACCGTATCGGCA	350	200	150		3	Ciclev10021285m.g	1				
4	Tf0420	<i>Hae</i> III	TGGAGGCATTTCTTATTAGA	CTCTGACCCAGGGATCA	450	225			3	Ciclev10022018m.g	1				
5	Tf0001	<i>Msp</i> I	AAAGITTCAGAAGTAGGAGGG	AGCAATCCTTTGAGAATACGCA	650/450 ^w	325	325	325 ^w 125 ^w	3	Ciclev10020248m.g	1				
6	Tf0300	<i>Dra</i> I	GCTGCGATTAGGGTTGC	TAAACATATCCCACCGAAGCAT	750	500	250		3	Ciclev10022370m.g	1				
7	Tf0419	<i>Pvu</i> II	GGTATGAGAAGCCAACTTAT	ATCTTGATCATGGGAAAT	650	400	150	100	3	Ciclev10019228m.g	1				
8	Tf0293-3	<i>Hind</i> III	TTCTGGAGTCAACGAATGCC	AAAGACTCGTAAAGCTCTCT	600	300	300		3	Ciclev10019219m.g	2				
9	Tf0318	<i>Hinc</i> II	GACGACTACCGCTACTACTAC	ACAGCCAGGAACAAGCTTT	600	600	100		4	Ciclev10031873m.g	1				
10	Tf0208	<i>Hinf</i> I	AATATTTCTGGCAATCACTGA	GCAACCCACACCAAGGA	550	300	250		5	Ciclev10001680m.g	1				
11	Tf0271	<i>Rsa</i> I	AGTATCCAAAGGAACTCT	CATGGCAACTTTGTAGTTC	700	400	300		6	Ciclev10010976m.g	1				
12	Tf0386	<i>Msp</i> I	GACAAGAAATTAATATACGG	GGAAATCAACCCATGAGTGACA	500	300	200		6	Ciclev10012022m.g	1				
13	Tf0326-2	<i>Hha</i> I	TTAGCGGTGGATTAATGGAG	CTCCAGACAGAAGCTGATAG	700	450	250		7	Ciclev10024695m.g	2				
14	Tf0013-3	<i>Rsa</i> I	TGAATTCCTGTCAAGTTGGT	TTGTGTAGAAGCCAGGGATAG	800	300	300	200	8	Ciclev10027769m.g	2				
15	Tf0150	<i>Hinf</i> I	ACAGAAGGCGCACAATCT	TTTCTTCAGCTAAGGCTCAC	500	350	150		8	Ciclev10028292m.g	1				

^z 100bp ラダマーカーから推定した増幅断片サイズ

^y クレメンティンのゲノム情報はPhytozome (<https://phytozome.jgi.doe.gov/bz/porta1.html>) を参照

^x 1 は Fujii ら (2019) , 2 は 新見ら (2021) に基づく

^w 本研究の供試材料では検出されないアレルの増幅断片サイズ

3. 遺伝子型データ分析法

遺伝型データの分析は Fujii ら (2019) および新見ら (2021) の方法に従って以下のように行った。得られた電気泳動図から各マーカーのアレルの増幅断片の構成を整理して、泳動距離の短いアレルバンド順、つまり増幅断片長が長い順にアルファベット「A」、「B」、「C」で記述し、各品種・系統の遺伝子型をその組み合わせで表記した。

得られた CAPS マーカーの遺伝子型データについて、すべての品種・系統を識別することができる最少の DNA マーカーセットを算出するため、最少マーカーセット検出ソフトウェア Minimal Marker (Fujii et al., 2013) を用いた。また、和歌山県育成品種・系統については、親子関係を推定するソフトウェア MARCO (藤井ら, 2010) を用いて、CAPS マーカーで明らかとなった遺伝子型が、交雑親と遺伝的に矛盾がないか解析を行った。さらに、育成者権の存続する‘はるき’および‘早和の香’を他の品種・系統から識別するための最少マーカーセットを算出した。

結 果

1. CAPS 遺伝子型分析

表 1 に記載されているカンキツの 16 品種・系統について、15 種類の CAPS マーカー (表 2) を用いて分析した結果、全品種・系統で明瞭な電気泳動図が得られ、すべての CAPS マーカーにおいて遺伝子型の判定が可能であった (図 1)。供試したカンキツ 16 品種・系統と既報のカンキツ 27 品種・系統の遺伝子型 (Fujii et al., 2019; 新見ら, 2021) と合わせて表 3 に示した。

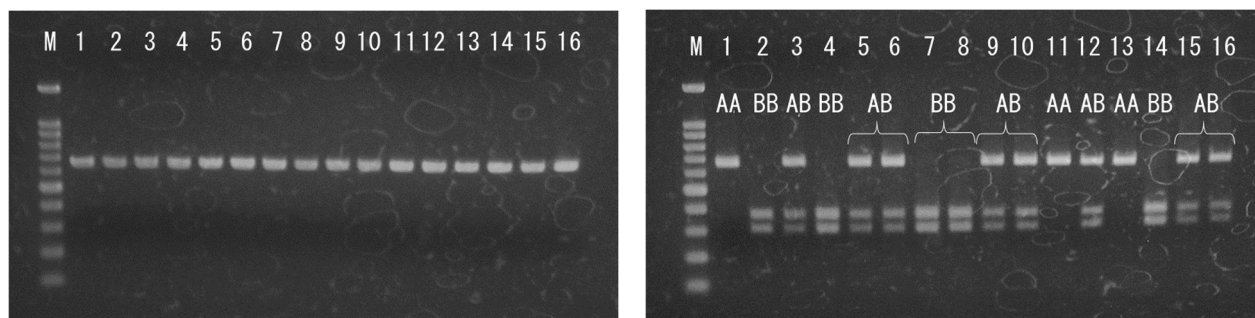


図 1 Bf0036-2 の PCR 増幅断片 (左) と制限酵素 *Msp I* 処理した増幅断片 (右) の電気泳動図
注) M: 100bp ラダー, 1-16: 第 1 表の調査番号に準じる

各品種の遺伝子型は調査番号の下に記す

2. 和歌山県または和歌山県内民間の育成品種識別のための最少マーカーセット

Tf0001/*MSP I* は‘阿波すず香’において泳動パターンが不明瞭である (新見ら, 2021) ため、解析から除外し、明瞭な電気泳動パターンが得られている 14 種類の CAPS マーカーの遺伝子型データを解析した。供試した品種・系統に加え、生食用カンキツの遺伝子型データ (Fujii et al., 2019) および香酸カンキツの遺伝子型データ (新見ら, 2021) を加え、合計で 43 品種の遺伝子型データを解析に用いた。Minimal Marker を用いて、すべての品種を識別するために必要な最少マーカーセットを算出したところ、7 種類の CAPS マーカーから構成される 4 組み合わせの最少マーカーセットが存在した。そのうち、クレメンティン (*C. clementina hort. ex Tanaka*) の物理地図に CAPS マーカーをマップした場合に (表 2)、すべて異なるスキュフォールドにマップされる CAPS マーカーか

表3 供試したカンキツにおける15種類のCAPSマーカーの遺伝子型

調査番号	供試種・育成品種・育成系統	品種・系統・交配組み合わせ	CAPSマーカー														
			Bf0036-2	Tf0168-3	Bf0158-3	Tf0420	Tf0001	Tf0300	Tf0419	Tf0293-3	Tf0318	Tf0208	Tf0271	Tf0386	Tf0326-2	Tf0013-3	Tf0150
			Msp I	Rsa I	Pvu II	Hae III	Dra I	Msp I	Pvu II	Hae III	Hinc II	Hinf I	Msp I	Hha I	Rsa I	Hinf I	
1	はるき	清見×中野3号ポンカン	AA	AA	AB	AA	AB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	BB	AB	BB	
2	早和の香	水島文目×(水島文目×黄金柑)	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
3	義峰	清見×水島文目	AB	AA	BB	AB	BB	AB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
4	KY1	清見×イエローホメロ	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
5	YB12	ゆら早生×はるみ	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
6	No. 1099	あすみ×義峰	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
7	No. 1184	みはや×義峰	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
8	ウシユウミカン	ゆら早生	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
9	清見	宮川早生×トロピオオレンジ	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
10	ポンカン	中野3号ポンカン	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
11	不知火	清見×中野3号ポンカン	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
12	はるみ	清見×ポンカンF-2432	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
13	せとみ	清見×吉浦ポンカン	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
14	イエローホメロ	ハッサク×平戸フンダン	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
15	あすみ	興津46号×はるみ	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
16	みはや	津之置×No.1048	BB	AA	BB	AB	BB	BB	BB	AA	BB	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z グレープフルーツ	ダンカン	BB	AA	BB	AA	AA	AA	AB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z スイートオレンジ	トロピオオレンジ	BB	AA	BB	AA	AA	AA	AB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z イヨ	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ナツダイヤ	川野ナツダイヤ	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ハッサク	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 麗紅	不明×マーコット	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 津之置	Ky0w No. 14×アンコール	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 西南のひかり	En0w No. 21×陽香	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 津之置	清見×アンコール	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z はるひ	興津46号×阿波オレンジ	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z せとか	KyEn No. 4×マーコット	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z はれひめ	E-647×宮川早生	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z あすき	興津46号×はるみ	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 甘平	西之香×ポンカン	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 愛媛県試第28号(紅まどんな)	南香×天草	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z レモン	リスポン	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z スダチ	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z シンクワサー	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z カボス	大直味クガニー	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ライム	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ダイダイ	タヒチライム	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ユコウ	カブス	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z ジャバラ	無核柑柑	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 辺塚ダイダイ	和歌山県果樹試験場標準木	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 阿波すず香	カンキツ研究領域保存系統 y	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 理の香	スダチ(速水本田4倍体)×ユズ(山根系)	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	
引用データ	z 瑞の香	リスポンレモン×ニューガナツ	BB	AA	BB	AA	AA	AA	BB	BB	AA	AA	AA	AB	AB	BB	

z Fujiri (2019)で報告されているCAPSマーカーのうち15種類のCAPSマーカーの遺伝子型を参照データとして引用
 y 農研機構果樹茶業研究部門カンキツ研究領域
 * 新見ら (2021)で報告されているCAPSマーカーのうち15種類のCAPSマーカーの遺伝子型を参照データとして引用
 ** 泳動パターンが不明瞭であることから未記載

ら構成される最少マーカーセットの組み合わせは 1 組み合わせであった (表 4)。

‘はるき’と‘早和の香’について、統合した 43 品種の遺伝子型データを用いて同様に最少マーカーセットを算出した。‘はるき’を識別する最少マーカーセットは、2 種類の CAPS マーカーから構成される 1 組み合わせであった (表 5)。「早和の香」の最少マーカーセットは、2 種類の CAPS マーカーから構成される 10 組み合わせの最少マーカーセットが存在し、そのうちスキヤフォールドの位置が異なる構成のマーカーセットは 8 組み合わせであった (表 5)。

表 4 43 品種・系統の品種識別をするための最少マーカーセット

最少マーカーの サブセット番号	CAPSマーカー(スキヤフォールド ²)						
サブセット 1	Bf0036-2/ <i>Msp</i> I (1)	Bf0158-3/ <i>Pvu</i> II (3)	Tf0318/ <i>Hinc</i> II (4)	If0208/ <i>Hinf</i> I (5)	Tf0386/ <i>Msp</i> I (6)	Tf0326-2/ <i>Hha</i> I (7)	Tf0013-3/ <i>Rsa</i> I (8)

²クレメンティンのゲノム情報はPhytozome (<https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>) を参照

表 5 ‘はるき’、‘早和の香’ と他の 42 品種を識別するための最少マーカーセット

最少マーカーの サブセット番号	‘はるき’の最少マーカーセット (クレメンティンのスキヤフォールド番号) ²		‘早和の香’の最少マーカーセット (クレメンティンのスキヤフォールド番号) ²	
サブセット 1	Bf0036-2/ <i>Msp</i> I (1)	Tf0326-2/ <i>Hha</i> I (7)	Bf0036-2/ <i>Msp</i> I (1)	Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)
サブセット 2			Tf0168-3/ <i>Rsa</i> I (1)	Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)
サブセット 3			Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)	Tf0318/ <i>Hinc</i> II (4)
サブセット 4			Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)	If0208/ <i>Hinf</i> I (5)
サブセット 5			Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)	Tf0386/ <i>Msp</i> I (6)
サブセット 6			Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)	Tf0326-2/ <i>Hha</i> I (7)
サブセット 7			Tf0300/ <i>Dra</i> I (3)	Tf0150/ <i>Hinf</i> I (8)
サブセット 8			Tf0318/ <i>Hinc</i> II (4)	If0208/ <i>Hinf</i> I (5)

²クレメンティンのゲノム情報はPhytozome (<https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>) を参照

3. 和歌山県育成品種・系統の親子鑑定

‘はるき’は‘清見’と‘中野 3 号ポンカン’の組み合わせで得られた品種で、15 種類の CAPS マーカー遺伝子型について MARCO を用いて親子鑑定を行った。15 種類のマーカーのうち、両親で多型を示すマーカーは 9 種類あり、‘はるき’は両親のいずれかのアレルを受け継いだ遺伝子型を有していた。育成中の系統について、‘KY1’は‘清見’と‘イエローポメロ’の組み合わせで得られた系統で、両親で多型を示すマーカーは 9 種類あった。‘YB12’は‘ゆら早生’と‘はるみ’の組み合わせで得られた系統で、両親で多型を示すマーカーは 9 種類あった。‘No. 1099’は‘あすみ’と‘春峰’の組み合わせで得られた系統で、両親で多型を示すマーカーは 8 種類あった。‘No. 1184’は‘みはや’と‘春峰’の組み合わせで得られた系統で、両親で多型を示すマーカーは 6 種類あった。いずれの系統も両親のいずれかのアレルを受け継いだ遺伝子型を有していた。

考 察

本研究では、Fujii ら (2019) が開発した生食用カンキツの DNA 品種識別に適した CAPS マーカーのうち、「カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル」(農研機構, 2019) で利用されている 11 種類の CAPS マーカーと、新見ら (2021) によりプライマー配列を再設計された 4 種類の CAPS マーカーを用いた。Fujii ら (2019) と新見ら (2021) により、流通しているカンキツでは 34 種類のカンキツの識別が可能で遺伝子型データが得られているが、今回、既に品種として流通しているも

のでは‘はるき’、‘早和の香’、‘春峰’、‘せとみ’、‘イエローポメロ’の遺伝子型データが新たに得られた。品種識別技術の確立のためには、高精度で安定したDNAマーカーを開発するとともに、多数の品種に適用して、その結果を蓄積する必要がある(二宮ら, 2015)。本研究によりCAPSマーカーを用いた品種識別の適用範囲が広がったため、これに寄与したといえる。

また、ウンシュウミカンについては、これまでにCAPSマーカーを用いて‘宮川早生’、‘池田温州’、‘山田温州’、‘青島温州’、ウンシュウミカンの原木複製樹において、同一の遺伝子型データが得られている(Fujii et al., 2019)。ウンシュウミカンの‘ゆら早生’についても適用したすべてのCAPSマーカーで既報のウンシュウミカンと同じ遺伝子型であることが明らかとなった。さらに、‘清見’、‘中野3号ポンカン’、‘不知火’、‘はるみ’、‘あすみ’、‘みはや’についてもFujiiら(2019)と同じ遺伝子型データが得られ、再現性が確認できた。

Tf0001/MSP Iを除く14種類のCAPSマーカーの遺伝子型データを解析したところ、7種類のCAPSマーカーを用いることにより、43種類の品種・系統を識別することができた。現在和歌山県で育成中の4系統についても今後いずれかの系統が品種登録された場合には品種識別が可能となる。また、‘はるき’および‘早和の香’について、2種類のCAPSマーカーを用いることでそれぞれを他の品種・系統から識別することが可能であった。最少マーカーセットの情報を用いてCAPS分析を行い、供試サンプルの遺伝子型が‘はるき’あるいは‘早和の香’の遺伝子型と合致すれば、供試サンプルがいずれかの品種であることが簡易に判定できる。

品種のDNA鑑定において、親子関係にある3品種を用いたトリオ解析により、交雑親のいずれかのアレルが後代に遺伝することが確認されており、カンキツの育成品種の親子鑑定に利用できることが報告されている(二宮ら, 2015; Nonaka et al., 2017)。15種類のCAPSマーカーを用いて和歌山県育成品種‘はるき’の親子鑑定を行ったところ、‘はるき’は種子親である‘清見’と花粉親である‘中野3号ポンカン’のいずれかのアレルを受け継いだ遺伝子型を有しており、親子関係に矛盾がないことが示された。また、育成系統の‘KY1’、‘YB12’、‘No.1099’、‘No.1184’についても、それぞれの種子親と花粉親のいずれかのアレルを受け継いだ遺伝子型を有しており、親子関係に矛盾がないことが示された。

交配組み合わせが似た個体同士では、識別可能なマーカー数が少なくなる傾向がある(岡本, 2018)。「はるき」と同様に‘清見’とポンカンの交配により得られた品種は多く、供試品種の中では‘不知火’、‘はるみ’、‘せとみ’が該当する。ポンカンについてはこれまでに‘太田ポンカン’、‘吉田ポンカン’、‘中野3号ポンカン’、‘F-2432 ポンカン’でCAPSマーカーが適用されているが、いずれも同じ遺伝子型が得られている(Fujii et al., 2019)。そのため、‘清見’とポンカンの交配組み合わせで得られた品種の遺伝子型は、花粉親のポンカンの系統が異なる場合でも識別性が低い可能性が考えられたものの、本研究で用いたCAPSマーカーにより、‘はるき’、‘不知火’、‘はるみ’、‘せとみ’のそれぞれを識別可能であった。

国内で交雑育種により育成された生食用カンキツでは、ウンシュウミカンと‘清見’などのウンシュウミカンの後代を繰り返し用いて得られた品種が多く、由来の似た品種を交配に使い続けることにより、アレルに偏りが生じる可能性がある。今後、今回用いた15種類のCAPSマーカーでは識別できなくなることも考えられるため、引き続き適用するCAPSマーカー数を増やしていくことが必要である。また、由来の似た品種を交配に使うことで、その後代が既存品種と差別化しにくくなることも懸念される。そのため、これまで交雑育種に用いられることが少なかった品種・系統の育種親としての利用も、既存品種の差別化を図るうえで重要であるとともに、育成された品種の識別性を高めるうえでも重要である。

以上のことから、本研究により和歌山県育成品種や育成中の有望系統、和歌山県内の民間育成品種においても品種識別が可能となった。今後‘はるき’など新品種の普及に伴い権利侵害の発生が懸念されるが、本研究で得られた知見をもとに権利侵害か否か迅速に対応できるようになるとともに、本技術が品種盗難の抑止力となることで、育成品種の権利保護が進むと思われる。

摘 要

‘はるき’などの和歌山県オリジナルの新品種が産地に普及するに伴い、今後不適切な持ち出しなどの権利侵害が発生する可能性が考えられるため、和歌山県育成品種・系統と和歌山県内の民間育成品種について品種識別技術の確立に取り組んだ。

1. 16 種類のカンキツの品種・系統について、これまでに国内で流通する主要なカンキツの品種識別に適用可能であった 15 種類の CAPS マーカーを用いて遺伝子型を調査した結果、供試した全ての品種・系統において利用可能であった。
2. Tf0001/*Msp* I を除く 14 種類の CAPS マーカーの遺伝子型データを用いて Minimal Marker プログラムで最少マーカーセットを算出したところ、和歌山県で育成した品種・系統と県内の民間育成品種の合わせて 7 品種・系統と国内で流通する 36 種類のカンキツを含むカンキツ 43 品種・系統は 7 種類の CAPS マーカーで相互に品種・系統を特定できることが明らかとなった。
3. MARCO プログラムを用いて和歌山県で育成された ‘はるき’ の親子関係を鑑定したところ、‘はるき’ が両親のいずれかから受け継いだアレルを有し、親子関係に矛盾がないことが示された。

本試験を実施するにあたり、技術指導していただくとともに研究機器を使用させていただきました農研機構果樹茶業研究部門カンキツ研究領域の島田武彦博士、藤井浩博士に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- Dellaporta, S.L., J. Wood and J.B. Hicks. 1983. A plant DNA miniprep: Version II. *Plant Mol Biol Rep* 1(4): 19-21.
- 藤井浩・山下浩之・保坂ふみ子・寺上伸吾・山本俊哉. 2010. DNA マーカー型データから親子関係を推定するソフトウェアの開発. *園学研*. 9 (別 1): 34.
- Fujii, H., T. Ogata, T. Shimada, T. Endo, Tomoko, H. Iketani, T. Shimizu, T. Yamamoto and M. Omura. 2013. Minimal Marker: an algorithm and computer program for the identification of minimal sets of discriminating DNA markers for efficient variety identification. *J. Bioinform. Comput. Biol.* 11: 1250022.
- Fujii, H., T. Narita, H. Oshino, T. Endo, T. Kawakami, H. Goto, T. Yoshioka M. Omura and T. Shimada. 2019. CAPS markers with stability and reproducibility for discriminating major citrus cultivars in Japan. *DNA polymorphism* 27: 71-79.
- 田嶋皓・中地克之・宮井良介・岩倉拓哉. 2019. カンキツ新品種 ‘はるき’. *園学研*. 18 (別 2): 313.
- 谷口郁也. 2021. 果樹における品種識別技術の開発. *農村と都市をむすぶ*. 71(8): 41-45.
- 新見恵理・藤井浩・太田智・岩倉拓哉・遠藤朋子・島田武彦. 2021. CAPS マーカーを用いた

- 香酸カンキツの品種識別技術の確立. 園学研. 20: 17-27.
- 二宮泰造・島田武彦・遠藤朋子・野中圭介・大村三男・藤井浩. 2015. CAPS マーカーによるカンキツの品種識別法の開発と親子鑑定. 園学研. 14: 127-133.
- Nonaka, K., H. Fujii, M. Kita, T. Shimada, T. Endo, T. Yoshioka and M. Omura. 2017. Identification and parentage analysis of citrus cultivars developed in Japan by CAPS markers. Hort. J. 86: 208-221.
- 農研機構. 2019. カンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術マニュアル — CAPS マーカーによるカンキツ 22 品種の DNA 品種識別技術 —. <https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130601.html> (2021 年 12 月 24 日閲覧)
- 農林水産省. 2021. 平成 30 年産特産果樹生産動態等調査. <<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500503&tstat=000001020907&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001032892&tclass2=000001150626>>. (2021 年 12 月 24 日閲覧)
- 岡本充智・奥貞丈博・山本紗綺・二宮泰造. 2018. 愛媛県育成カンキツ品種識別法の妥当性検証に利用可能な CAPS マーカーの選抜. 愛媛果樹セ研報. 6: 1-10.
- 植物品種等海外流出防止対策コンソーシアム. 2020. 農業知的財産（育成者権，商標権等）の保護活用・侵害対策と事例. <https://pvp-conso.org/page_12/> (2021 年 12 月 24 日閲覧)

ウメ ‘橙高’ の樹冠拡大期における枝梢管理方法

綱木海成・土田靖久・城村徳明¹・下村友季子・大江孝明・仲 慶晃²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Branch Management during Canopy Growth of Japanese Apricot 'Toko'

Kaisei Tsunaki, Yasuhisa Tsuchida, Noriaki Jomura¹, Yukiko Shimomura, Takaaki Oe and Yoshiaki Naka²

Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

ウメ ‘橙高’ は和歌山県果樹試験場うめ研究所で育成し、2009年9月に品種登録された品種である。ウメは果実類の中で、比較的β-カロテンを豊富に含み（田中，2002；矢野ら，2002），その中でも‘橙高’は完熟落下果実（以後完熟果）の果皮および果実が橙色に着色し、β-カロテンを多く含む特徴を有する（根来ら，2007）。これまでに栽培方法の観点からβ-カロテン含量を高める方法が検討されており、β-カロテン含量を高めるのに適した樹形は主幹形であることが報告されている（土田ら，2018）。このように‘橙高’の機能性成分の含量を高める栽培技術については検討されているものの、収量性を向上する栽培技術については十分に確立されていない。

‘橙高’は自家和合性を有しており（根来ら，2007），天候不順などによる訪花昆虫の活動の鈍化の影響を受けづらく、安定した着果が見込まれるが、和歌山県の主要品種である‘南高’は果実重が30g程度となる2Lおよび3L果が主体となるのに対して‘橙高’ではそれより小さいMおよびL果が中心となる傾向があるため、サイズの大きい果実を多く得ることが課題である。

ここでは‘橙高’樹冠拡大期における増収および大玉果生産を目的とした枝梢管理方法を検討した。

材料および方法

1. 樹形の違いが収量および階級構成に及ぼす影響

うめ研究所圃場植栽の‘橙高’（2017年時点で5年生）について2017年は主幹形6樹、開心自然形8樹を供試し、2018～2019年は主幹形3樹、開心自然形4樹をそれぞれ供試した。6月の収穫期に供試樹の下部にネットを敷き、完熟果を毎日収穫した。収穫後、重量および30果重を測定するとともに選果機で階級別（S：約10g，M：約15g，L：約20g，2L：約25g，3L：約35g，4L：約45g）に分け、階級構成を調査し、10aあたり収量は主幹形48本/10a、開心自然形30本/10aとして算出した。1樹あたり果数については、（重量）/（30果実重/30）として算出した。なお、この試験での主幹形の植栽本数は塩崎（1993）の方法で示された半密植樹に概ね従い、48本とした。

¹現在：和歌山県有田振興局農林水産振興部農業水産振興課

²現在：和歌山県海草振興局農林水産振興部農業水産振興課

2. 側枝間隔の違いが樹体生育および収量に及ぼす影響

和歌山県田辺市の上芳養地区圃場植栽の‘橙高’（2018年時点で4年生）の主幹形16樹を供試した。側枝の間隔が15, 20および30cmとなるように整枝し、それぞれ15cm間隔区、20cm間隔区、30cm間隔区とし、各区4反復設置した。2017年は6月10日から6月22日、2018年は6月12日から6月27日、2019年は6月12日から6月25日にかけて果実を収穫し、収量を調査した。また、各供試樹の樹体生育について2019年11月27日、2020年11月16日に幹周および樹容積（楕円柱としてタテ半径×ヨコ半径×3.14×高さで算出）を調査した。

3. 切り返し強度が収量および階級構成に及ぼす影響

うめ研究所圃場植栽の‘橙高’（2020年時点で8年生）の開心自然形4樹を供試した。主枝ごとに2020年12月に1年生中果枝（10cm以上～30cm未満の枝）と長果枝（30cm以上で徒長枝でない枝）を長さ15cmに切りそろえた15cm区、1年生長果枝のみを30cmに切りそろえた30cm区および1年生中果枝と長果枝の切り返しを行わない無処理区を各区4反復設置した。なお、いずれの区においても徒長枝（50cm以上かつ基部が木質化した枝）は基部から剪除し、短果枝（10cm未満の枝）については剪定を行わなかった。2021年6月15日の青果収穫盛期にすべての果実を収穫し、収量および階級構成を調査した。

結 果

1. 樹形の違いが収量および階級構成に及ぼす影響

2018年（6年生）の主幹形で1樹当たり収量および10a当たり収量が開心自然形と比較して多い傾向がみられ、2019年（7年生）の主幹形では1樹当たり収量に差はなかったものの、10a当たり収量が多かった（図1）。また、1樹当たり果数は2018年（6年生）および2019年（7年生）の主幹形で、開心自然形と比較して多い傾向がみられた。

階級構成について、2017年（5年生）と2019年（7年生）は両樹形ともに2L果中心であり、5年生時には主幹形で2L以上の大玉果の割合が多かったのに対し、7年生時には開心自然形で2L以上の大玉果の割合が多かった（図2）。

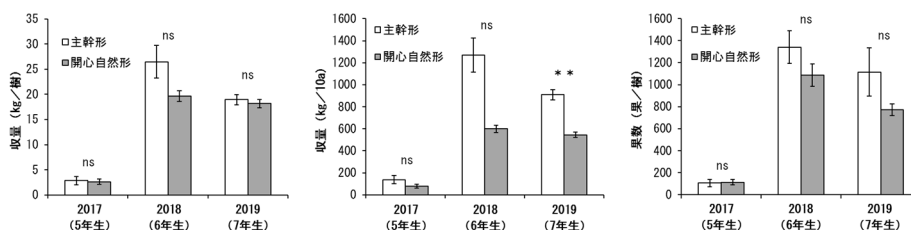


図1 樹形別の収量および果数

t検定により、**は1%水準で有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す

(2017年はn=6~8, 2018, 2019年はn=3~4)

縦棒は標準誤差を示す

10a当たり収量は主幹形48本/10a, 開心自然形30本/10aとして算出

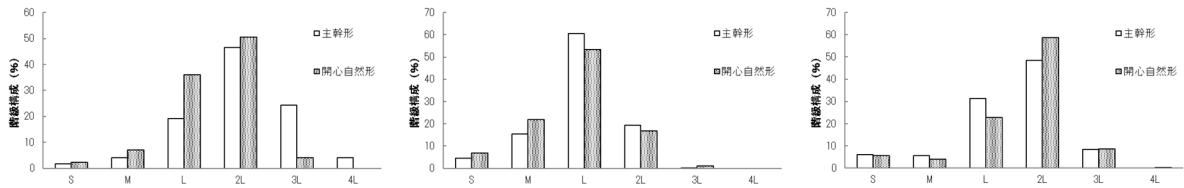


図2 樹形別の階級構成（2017年（左），2018年（中），2019年（右））

2. 側枝間隔の違いが収量に及ぼす影響

20cm 間隔区の収量，果数は2020年（6年生）で他の区よりも多い傾向がみられ，2021年（7年生）でも20cm 間隔区で収量が30cm 間隔区よりも多い傾向がみられた（図3）．一方で，幹周肥大および樹容積は側枝間隔の違いによる差がなかった（表1）．

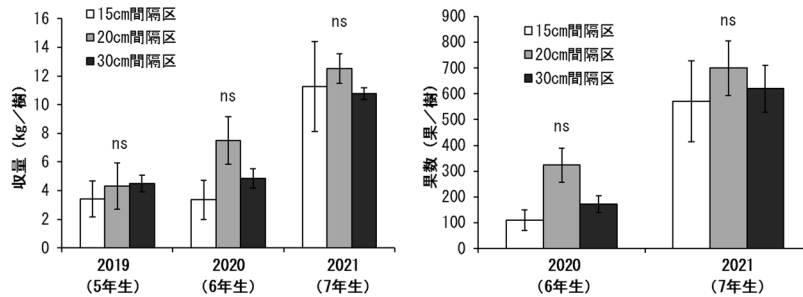


図3 側枝間隔の違いと収量および果数

Tukeyの多重比較により，nsは有意差がないことを示す（n=4）
縦棒は標準誤差を示す

表1 側枝間隔の違いと樹体生育

試験区	幹周 (cm)			幹周肥大指数 ^z	樹容積 (m ³) ^y
	2018年	2019年	2020年		
15cm間隔区	11.3±0.7 ^x	15.5±1.9	19.0±1.9	167±8.8	9.6±1.1
20cm間隔区	11.0±0.6	16.2±0.4	19.7±1.0	179±7.6	7.2±0.6
30cm間隔区	10.3±0.4	14.6±0.7	17.8±1.0	173±8.7	7.1±1.0
有意差 ^w	ns	ns	ns	ns	ns

^z幹周肥大指数は2018年の値を100とした2020年の値

^y樹容積はタテ半径×ヨコ半径×3.14×高さで算出

^x平均値±標準誤差（n=4）

^wTukeyの多重比較により，nsは有意差がないことを示す

3. 繰り返し強度が収量および階級構成に及ぼす影響

15cm 区，30cm 区，無処理区の順で2L および3L 果の割合が高かったが，収量は30cm 区で15cm 区よりも多く，無処理区と比較しても多い傾向がみられた（図4，5）．

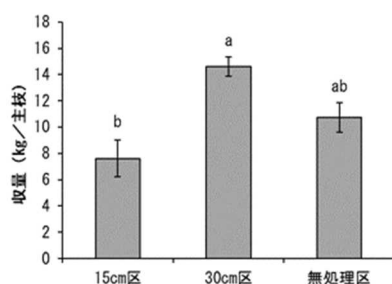


図4 切り返し強度別の階級構成および収量
Tukeyの多重比較により、異符号間に1%水準で有意差があることを示す (n=4)

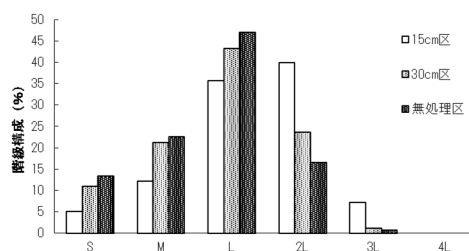


図5 切り返し強度別の階級構成

考 察

10a 当たり収量は7年生の主幹形で910kgであり、開心自然形の550kgと比較しておよそ1.7倍であった。7年生時の1樹当たりの収量は主幹形と開心自然形で同等であったため、これは主幹形が10a 当たり48本と開心自然形の30本の1.6倍の植栽本数であることが反映されたことによると考えられた。ウメ‘南高’では主幹形の密植栽培により、開心自然形と比較して早期に収量確保が可能であることが報告されており(竹中ら, 2015), ‘橙高’においても同様の結果となった。階級構成では主幹形、開心自然形ともに5年生および7年生時では2L果中心であったが、主幹形と開心自然形で収穫果数に差がない5年生時には、主幹形で2L以上の大玉果の割合が多かったのに対し、主幹形で開心自然形よりも収穫果数が多い傾向がみられた7年生時には、開心自然形で2L以上の大玉果の割合が多かった。ウメでは1果当たり葉数が少ないと小玉果が多くなることが報告されていることから(渡辺, 1984), 7年生時の主幹形では開心自然形と比較して結果数が多い傾向を示したために相対的に1果当たりの葉数が減り、果実が小さくなったと考えられた。このことから、階級構成では樹形による影響がないと推察された。

次に主幹形における側枝間隔の違いによる1樹当たり収量および果数は、5年生時で20cm間隔区が他の区よりも多い傾向を示し、収量については6年生時でも20cm間隔区で30cm間隔区よりも多い傾向を示したことから、‘橙高’主幹形の側枝間隔は20cmが適当と考えられた。

8年生の開心自然形における切り返し強度の違いでは、30cm区は無処理区と比較して1樹当たり収量が多い傾向を示したのに対し、15cm区では1樹当たり収量が無処理区よりも少ない傾向であった。筆者らの調査で、‘橙高’の中果枝、長果枝において結果枝の先端部に果実が多く、基部では果実が少ない傾向があることから(データ省略), 15cm区では果実数が多い先端部を過剰に切り落とすこととなり、収量が少なくなったと考えられた。階級構成では切り返し強度が強いほど2Lおよび3L果の割合が多くなった。さらに、30cm区および無処理区ではL果が主体であるのに対して、15cm区では2L果が主体となった。ウメ‘白加賀’では摘果を行って果実数を少なくすることによって果実が肥大することが報告されている(村岡, 2020)。また、ウメ‘紅サシ’では結果枝上の果実の間隔が広いほど果実が大きくなることが示されており(村岡, 2020), 本研究の‘橙高’においては、結果枝先端と比較して着果数が少ない結果枝基部の占める割合が最も多い15cm区で果実の間隔が広くなり、2L果が主体になったと推察された。一方で、収量は15cm区で30cm区よりも少なく、15cm区と30cm区で2L果の収量の差はないことから、‘橙高’の切り返し処理は1年生長果

枝のみを 30cm に切りそろえるのが適当と考えられた。ただし、開心自然形で調査したため今後、主幹形での検討が必要である。

以上のことから、‘橙高’の樹冠拡大期における増収および大玉果生産では、樹形を主幹形とし、枝梢管理は側枝間隔を 20cm、1 年生長果枝を 30cm に切り返すのが適当と考えられた。

摘 要

本試験では、ウメ‘橙高’の増収および大玉果生産を目的として、樹形および枝梢管理の違いが収量性および樹体生育に及ぼす影響について検討した。

1) 10a 当たり収量は 6 年生の主幹形で収量は 910kg であり、開心自然形の 550kg と比較して 1.7 倍であり‘橙高’では主幹形とすることで増収が見込まれた。一方で、階級構成では主幹形、開心自然形ともに 2L 果主体となり、処理後 2 年目では主幹形で収穫果数が増加するものの、2L 果の割合は主幹形で開心自然形よりも少なかった。

2) 側枝間隔の違いでは 20cm 間隔区が他の区よりも多い傾向を示したため、‘橙高’主幹形の側枝間隔は 20cm とするのが適当と考えられた。

3) 階級構成では長中果枝の切り返し強度が強いほど、2L および 3L 果の割合が高かったが、収量は 30cm 区が 15cm 区よりも多い傾向を示したため、‘橙高’では長果枝を 30cm に切り返すのが適当と考えられた。

引用文献

- 村岡邦三. 2020. 生育過程と技術. ウメ. pp. 24-26. 農業技術体系・農文協. 東京.
- 根来圭一・林 恭平・岩本和也・大江孝明. 2007. ‘南高’と‘地蔵’の交雑による β -カロテン含量の高い自家和合性ウメ品種の育成. 園学研. 6 (別 2) : 469.
- 塩崎雄之輔. 1993. リンゴの栽植密度, 樹形が作業能率に及ぼす影響. 農作業研. 28 : 33-39.
- 竹中正好・行森 啓・中西 慶. 2015. ウメの早期成園化技術の開発. 和歌山農林水研究成果情報.
- 田中敬一. 2002. 農業技術体系果樹編 8. pp. 141-148. 農文協. 東京.
- 土田靖久・根来圭一・赤木知裕・岡崎一誠・行森 啓・大江孝明. 2018. ウメ‘橙高’果肉の β -カロテン含量が高まる要因と加工品への適用. 和歌山農林水研報. 6 : 79-86.
- 渡辺 進. 1984. ウメの生産安定と品質改善. 農業技術. 39 : 363-368.
- 矢野昌充・川崎あけみ・加藤雅也・生駒吉織・田中敬一・山田昌彦・松本 光・杉浦 実. 2002. カロテノイド供給源としての果実. 日本フードファクター学会講演要旨集. 7 : 23.

芳香成分を高めた‘南高’梅酒製造のための 原料果実の簡易選定指標

大江孝明¹・山崎哲弘^{2,3,4}・占部恵理^{3,4}・石原紀恵²・岡室美絵子^{1,5}

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所

²キリンビール（株）

³メルシャン（株）

Simplified Selecting Method of Fruit for High Aroma Components in Processed Liqueur of Japanese Apricot 'Nanko'

Takaaki Oe¹, Tetsuhiro Yamasaki^{2,3}, Eri Urabe³, Norie Ishihara² and Mieko Okamuro¹

¹*Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station*

²*Kirin Brewery Company, Limited.*

³*Mercian Corporation*

緒 言

和歌山県のウメの主力品種である‘南高’は、果実の成熟後期にフルーティーな香りを放ち、このような果実を用いることでモモ様の香りをもつ梅酒に仕上がる。これまでに筆者らは、‘南高’を用いた梅酒の芳香には、 γ -デカラクトン（モモ様）、 δ -デカラクトン（モモ様）、酪酸エチル（リンゴ様）および酢酸ブチル（パイナップル様）が大きく関与し、これら芳香成分は原料果実の熟度が進んだ梅酒で多いことを明らかにした（大江ら，2012b）。また、これら芳香成分を多く含む梅酒製造のための‘南高’果実の収穫熟度指標として、黄色みを示す果皮色 b^* 値（McGuire, 1992）および果実硬度が利用できることを明らかにした（大江ら，2012b）。一方、和歌山県では落下果実をネットで受けて効率的に収穫する方法が普及しており（橋本，2005）、一部梅酒製品では落下果実が用いられている。しかし、同一樹でも落下は2週間程度続き、同一日でも色や大きさの異なる果実が混在している。また、追熟した果実を梅酒に用いた場合、大きさが芳香成分に影響することを確認している（大江ら，2011）。

そこで本研究では、梅酒用原料として落下果実を用いる場合において、採取時期、色および大きさの違いと梅酒品質との関係を調査するとともに、芳香成分を高めるための原料果実の簡易選定指標として、既報（大江ら，2014）で作成したカラーチャートの利用を検討した。

材料および方法

1. 原料果実の果皮色と梅酒の芳香成分（試験1）

⁴現在：キリンホールディングス（株）

⁵現在：退職

2013 年にうめ研究所内の成熟時期が異なる 2 園 (A 園, B 園) に植栽された '南高' を供試し, 完熟落下始期 (着果数の 2 割程度が落下) から終期 (同 8 割程度が落下) まで 3 日ごとに落下果実を収穫した (A 園は 6 月 15 日~6 月 24 日, B 園は 6 月 20 日~7 月 2 日). 目視で果実全体が橙色のもの (以下, 橙), 果実全体が黄色のもの (以下, 黄), 部分的に緑色の残るもの (以下, 緑) に黄化程度で分け, 各 10 果を供試して果梗部, 赤道部および果頂部における果皮色 b^* 値および成熟とともに減少傾向を示す色相角の h^* 値 (大江ら, 2007) を分光色差計 (NR11, 日本電色) で測定した. なお, A 園の 6 月 24 日の橙および B 園の 7 月 2 日の緑は得られた果実数が少なかったため調査しなかった. また, 直射日光による変質を防ぐため, 果実は前日 18 時頃から朝 8 時頃にかけて落下したものをを用いた. その後, 果実 1kg あたり, 氷砂糖を 0.8kg, 35%果実酒用アルコール (ホワイトリカー) を 1.8L の割合で混合し, 冷暗所にて 6 ヶ月間漬け込み梅酒を作成し, 芳香成分を測定した. 芳香成分は既報 (大江ら, 2012b) で '南高' を用いた梅酒のフルーティーな香りに関係が強いと判断した γ -デカラクトン, δ -デカラクトン, 酪酸エチルおよび酢酸ブチルの 4 成分とし, GC/MS で測定し, 果皮色 b^* 値および h^* 値との関係を調査した.

2. 原料果実の果皮のカラーチャート値と梅酒の芳香成分 (試験 2)

試験 1 の果皮色を測定した際, 既報 (大江ら, 2014) で作成したカラーチャートの値 (10 段階) を果梗部, 赤道部および果頂部で測定し, 果皮色 b^* 値および h^* 値並びに梅酒の芳香成分量との関係を調査した.

3. 原料果実の大きさと梅酒の香気成分 (試験 3)

うめ研究所に植栽された '南高' より, 2011 年 7 月 1 日に試験 1 と同様の方法で落下果実を採取し, 供試した. 果皮色による区分をせず, 選果機により果実を S, M, L, 2L, 3L および 4L の出荷階級に分け, 赤道部で果皮色 b^* 値および色相角を示す h^* 値並びに果実硬度を測定した. 果実硬度は果実赤道部 (各果 1 か所) をレオメータ (COMPACT-100, サン科学) により測定し, 測定条件は, 直径 5mm の円柱形プランジャーを装着して, $1\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の速度で 1mm 貫入する時の最大負荷とした. その後, 試験 1 と同じ方法で梅酒を作成した. なお, L 以上の果実は 3 反復で加工し, S と M は採取量が少なかったため, S と M を混合し反復なしで加工した. 漬け込み終了後, 試験 1 と同じ 4 種の芳香成分を測定するとともに, フルーティーとは逆の青っぽい香気成分として安息香酸エチル (シバ様) を測定した.

結 果

1. 原料果実の果皮色と梅酒の芳香成分 (試験 1)

A 園および B 園ともに同一採取日では, 果皮色 b^* 値は果梗部, 赤道部および果頂部ともに, 橙および黄が緑よりも大きい傾向であり, 果皮色 h^* 値は果梗部, 赤道部および果頂部ともに, 緑, 黄, 橙の順に大きかった (表 1). 採取時期による一定の傾向はみられなかった. A 園および B 園ともに, 同一採取日では橙, 黄, 緑の順に, 加工した梅酒の γ -デカラクトン, δ -デカラクトン, 総デカラクトン量 (γ -デカラクトンおよび δ -デカラクトンの総和) および酪酸エチルが多く, 採取時期による一定の傾向はみられなかった (表 2). また, 採取日に関係なく橙および黄の果実が原料のものは総デカラクトン量がほぼ $500\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上であった. 測定部位に関係なく果皮色 b^* 値および

表1 目視で着色を区分した果実の果皮色 b*値および h*値 (2013 年)

		果皮色 b*値									果皮色 h*値								
		果梗部			赤道部			果頂部			果梗部			赤道部			果頂部		
		緑 ^z	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙
A園	6/15	41.3	53.7	57.0	49.6	52.3	56.1	43.1	51.4	54.4	104.9	93.0	87.4	98.8	92.1	86.2	104.4	92.5	88.6
	6/18	50.7	51.6	53.1	50.5	53.9	54.7	44.9	52.3	53.1	94.9	92.2	83.7	95.6	90.8	83.9	98.9	88.3	86.0
	6/21	54.2	55.9	55.2	53.4	53.5	56.4	53.7	54.5	56.7	93.1	89.4	85.1	92.3	89.6	85.9	91.6	89.3	83.4
	6/24	49.3	55.3	—	52.1	53.0	—	50.5	51.8	—	97.4	86.3	—	91.5	89.0	—	91.3	87.9	—
B園	6/20	47.1	55.5	53.4	47.7	53.9	56.2	50.8	52.7	53.2	100.8	88.9	85.1	98.8	90.2	86.6	97.0	90.1	84.9
	6/23	44.6	54.6	52.6	44.1	52.9	53.3	46.4	53.9	53.3	101.5	86.8	84.1	101.9	88.8	81.7	100.6	88.1	84.1
	6/26	50.3	49.9	48.8	49.4	51.4	54.0	48.9	50.7	50.0	94.8	91.5	88.1	95.2	91.4	85.9	97.3	92.3	87.2
	6/29	48.5	51.7	54.1	47.6	53.1	55.2	47.9	52.5	53.3	95.0	89.0	85.0	94.8	88.7	86.8	95.8	90.5	86.9
	7/2	—	50.5	55.1	—	50.3	53.0	—	51.8	51.7	—	92.0	85.0	—	91.2	88.5	—	91.0	87.2

^z目視で緑色、黄色および橙色に区分し、各10果調査

表2 目視で着色を区分した果実を用いた梅酒の芳香成分量 (2013 年)

		γ-デカラクトン ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			δ-デカラクトン ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			総デカラクトン ^y ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			酪酸エチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			酢酸ブチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)		
		緑 ^z	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙
		A園	6/15	192	575	877	23	65	95	215	641	971	53	140	160	5
	6/18	348	604	1081	53	95	134	401	699	1215	75	125	223	2	3	5
	6/21	284	483	536	41	74	74	324	556	610	95	105	185	4	2	4
	6/24	382	550	—	59	99	—	440	650	—	96	112	—	2	3	—
B園	6/20	133	753	1171	25	112	186	158	865	1357	59	232	266	7	10	8
	6/23	20	652	866	4	102	123	23	754	990	14	194	323	2	6	9
	6/26	254	376	569	39	72	105	293	447	674	104	123	130	3	2	2
	6/29	501	639	944	62	79	105	563	718	1049	84	96	132	3	3	6
	7/2	—	731	880	—	107	118	—	837	997	—	118	123	—	10	11

^z目視で緑色、黄色および橙色に区分

^y総デカラクトンはγ-デカラクトンおよびδ-デカラクトンの総和

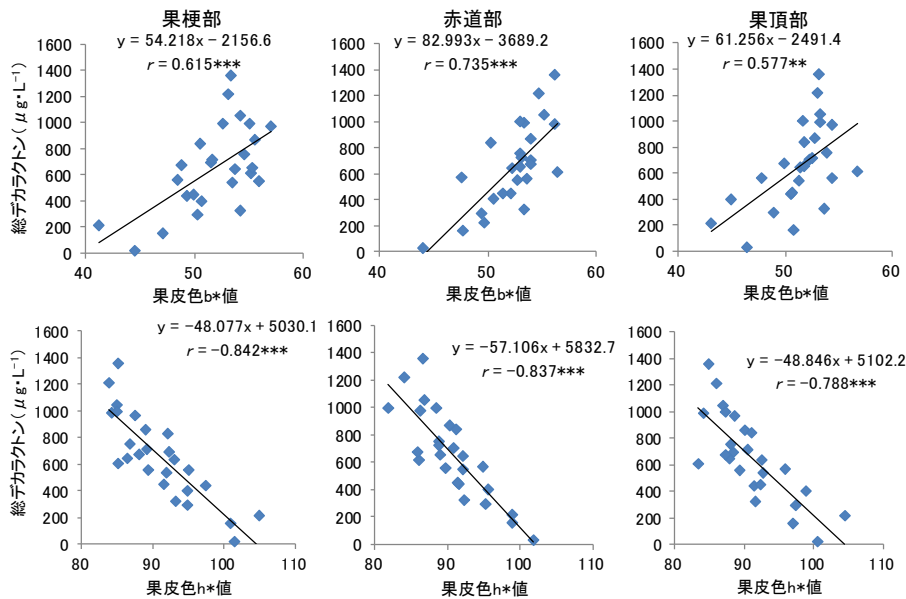


図1 原料果実の果皮色 b*値および h*値と梅酒の総デカラクトン量との関係 (2013 年)

***は 0.1%水準, **は 1%水準で有意であることを示す (n=26)

総デカラクトンはγ-デカラクトンおよびδ-デカラクトンの総和

h*値は総デカラクトン量とそれぞれ正および負の強い相関関係がみられ、特に果梗部および赤道部でのh*値と総デカラクトン量との間にはそれぞれ、 $r = -0.842$ および -0.837 ($p < 0.0001$) の強い負の相関関係がみられた(図1)。また、測定部位に関係なく果皮色b*値およびh*値は芳香成分4種総量(γ-デカラクトン、δ-デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルの総和)ともそれぞれ正および負の強い相関関係がみられた(データ略)。

表3 目視で着色を区分した果実のカラーチャート値(2013年)

		果梗部			赤道部			果頂部		
		緑 ²	黄	橙	緑	黄	橙	緑	黄	橙
A園	6/15	6.2	10.0	10.0	4.5	9.1	9.8	4.3	8.5	9.4
	6/18	8.4	10.0	10.0	6.9	9.5	9.7	6.1	8.8	9.7
	6/21	9.8	10.0	10.0	9.0	9.7	10.0	8.7	9.4	9.9
	6/24	9.7	10.0	—	8.5	9.9	—	8.2	9.9	—
B園	6/20	8.7	10.0	10.0	6.4	9.8	9.9	6.1	9.1	9.7
	6/23	6.2	10.0	10.0	5.4	10.0	10.0	5.2	9.8	10.0
	6/26	9.0	10.0	10.0	7.9	9.7	10.0	7.9	9.7	10.0
	6/29	9.2	10.0	10.0	8.7	9.9	10.0	8.9	9.9	10.0
	7/2	—	9.9	10.0	—	9.5	10.0	—	9.5	9.9

²目視で緑色、黄色および橙色に区分し、各10果調査

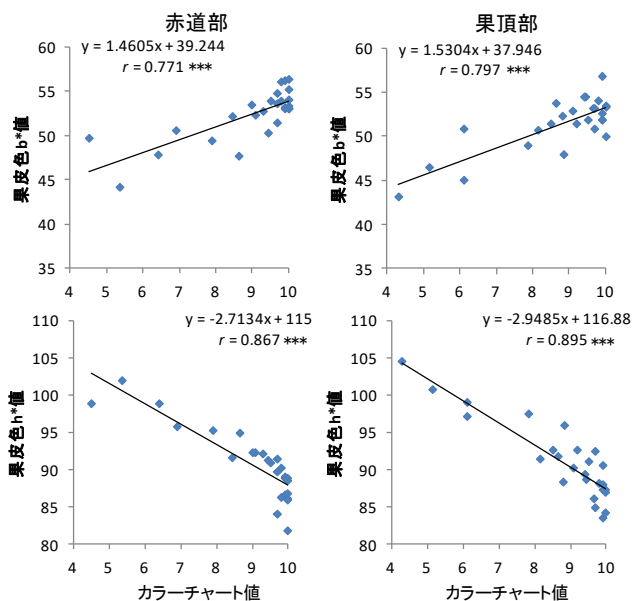


図2 原料果実のカラーチャート値と果実形質との関係(2013年)

***は0.1%水準で有意であることを示す(n=26)

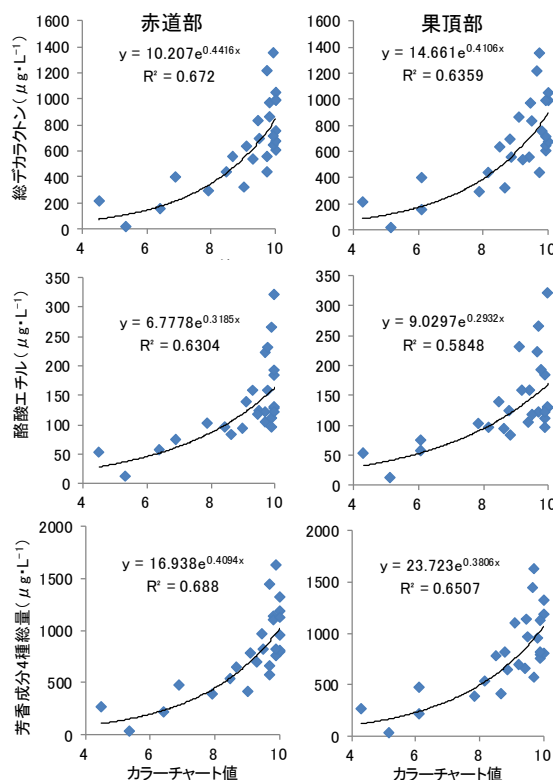


図3 原料果実のカラーチャート値と梅酒の芳香成分量との関係(2013年)

総デカラクトンはγ-デカラクトンおよびδ-デカラクトンの総和

芳香成分4種総量はγ-デカラクトン、δ-デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルの総和

2. 原料果実の果皮のカラーチャート値と梅酒の芳香成分（試験 2）

果実のカラーチャート値は、果梗部では黄および橙が、赤道部では橙が採取時期に関係なくほぼ最大値の 10 であった（表 3）。測定部位に関係なくカラーチャート値は果皮色 b*値および h*値との間にそれぞれ正および負の強い相関関係がみられ、特に赤道部および果頂部の h*値との関係が強かった（図 2）。カラーチャート値が大きいほど総デカラクトン、酪酸エチルおよび芳香成分 4 種総量が多い関係性が認められ、果頂部のカラーチャート値が 9 以上であれば梅酒の総デカラクトン量はほぼ $500 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上であった（図 3）。

3. 原料果実の大きさと梅酒の香り成分（試験 3）

同一日の落下果実において、2L までは階級が大きいほど果皮色 h*値および果実硬度が小さい傾向を示し、果皮色 b*値が大きい傾向を示した（表 4）。梅酒の芳香成分について、原料果実の階級が 2L までは大きいほど δ -デカラクトン量が、3L までは大きいほど梅酒の γ -デカラクトンおよび総デカラクトン量が多い傾向であった（表 5）。酪酸エチルは 2L および 3L で、酢酸ブチル量は 3L で少ない傾向であった。安息香酸エチルは、3L までは階級が大きいほど少ない傾向であった。

表 4 原料果実の階級と果実形質との関係²

階級	果皮色		果実硬度 (kg)
	b*値	h*値	
S・M	41.3 ± 1.4 ^y c ^x	100.3 ± 1.2 a	0.96 ± 0.17 a
L	46.4 ± 0.8 b	96.0 ± 0.9 a	0.49 ± 0.07 b
2L	53.1 ± 0.7 a	88.7 ± 1.1 b	0.33 ± 0.03 b
3L	51.7 ± 1.0 a	90.1 ± 1.2 b	0.30 ± 0.02 b
4L	54.4 ± 0.6 a	88.2 ± 1.1 b	0.29 ± 0.01 b
有意性	**	**	**

²果皮色および果実硬度は赤道部で測定

^y平均値 ± 標準誤差 (n=10-15)

^xTukeyの多重比較により、**は1%水準で異符号間に有意差があることを示す

表 5 原料果実の階級と梅酒の香り成分量との関係

階級 ²	芳香成分 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)						安息香酸エチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)				
	γ -デカラクトン	δ -デカラクトン	総デカラクトン	酪酸エチル	酢酸ブチル						
S・M	169	-	42	-	211	-	104	-	97	553	-
L	183 ± 29 ^y b ^x	42 ± 6 b	225 ± 34 b	109 ± 8 ab	76 ± 18	285 ± 36 a					
2L	267 ± 31 ab	74 ± 7 a	341 ± 38 ab	76 ± 8 b	68 ± 10	151 ± 8 b					
3L	315 ± 25 a	87 ± 8 a	403 ± 33 a	85 ± 7 b	53 ± 6	110 ± 1 b					
4L	388 ± 27 a	103 ± 7 a	491 ± 34 a	124 ± 7 a	79 ± 10	105 ± 7 b					
有意性	*	*	*	*	ns	**					

²S・Mは反復なし、その他は3反復

^y平均値 ± 標準誤差

^xTukeyの多重比較により、**は1%水準で、*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

考 察

筆者らは熟した‘南高’果実を原料とした梅酒の芳香成分の一部が γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルであることを明らかにした（大江ら，2012b）。また、これら芳香成分量は収穫を遅らせて黄化させた果実を用いた方が多く、原料果実を追熟して黄化させた場合にも増加することを明らかにした（大江ら，2012b；大江ら，2012d）。一方、一部梅酒製品ではネット上に落下させた果実を用いているが、同一日に採取した果実でも色や大きさの異なるものが混在していることから、落下果実でも黄化程度の違いと梅酒品質との関係を調査した。その結果、同一日では黄化程度が大きい順に、加工した梅酒の γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、総デカラクトン量（ γ -デカラクトンおよび δ -デカラクトンの総和）および酪酸エチルが多い傾向であった。

(表 2) . 筆者らは‘南高’を用いた梅酒の芳香成分の中でもモモ様の香りに寄与するラクトン類に特に着目しており、官能評価から、総デカラクトン量が $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上ではっきりと、 $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上で強くモモ様の香気を感じられると判断している(大江ら, 2012b) . 目視で橙および黄と判断した果実を用いた梅酒は採取時期に関わらず、総デカラクトン量がほぼ $500 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上であり(表 2) , 落下果実においても梅酒の芳香成分を高めるための原料選定の目安として黄化程度が利用できると考えられた.

そこで次に、黄化程度を示す客観的な指標について検討した. 黄化程度を示す数値として果皮色 b^* 値が用いられ(Hagen et al., 2007) , 筆者らも熟度進行とともに‘南高’の果皮色 b^* 値が増加することを確認している(大江ら, 2007 ;大江ら, 2012a) . 既報(大江ら, 2012c) で樹上から採取した果実の果皮色 b^* 値と加工した梅酒の芳香成分含量との関係について調査したところ、総デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルとの間に正の強い相関関係が認められ、果皮色 b^* 値が 34.5 より小さい果実や硬度(レオメータ値)が 0.98kg より大きい果実を排除することで芳香成分が多い梅酒を製造できることを明らかにした(大江ら, 2012c) . このことから、落下果実についても果皮色 b^* 値が梅酒の芳香成分含量を高めるための原料選定の指標となるかを次に調査した. その際、既報(大江ら, 2007) で熟度進行とともに減少傾向を示すことが確認された h^* 値についても検討した. その結果、総デカラクトンおよび芳香成分 4 種総量は、果梗部、赤道部および果頂部で測定した果皮色 b^* 値および h^* 値との間に正および負の強い相関関係が認められた(図 1) . このように、果皮色 b^* 値および h^* 値は指標として利用できることが示されたが、汎用性を高めるため、次に簡便な指標を検討した.

簡便な収穫熟度指標として、カラーチャートがニホンスモモ(富田ら, 2012 ;富田ら, 2013) , ブドウ(小林ら, 2012 ;小林ら, 2013) 等で作成されている. ウメにおいても種子色に基づくもの(石澤ら, 1995) , ‘南高’(大江ら, 2014) および‘露茜’(北村ら, 2018) の果皮色に基づくものが作成されている. このうち、‘南高’果皮色に基づくものを用いた場合、果梗部のカラーチャート値が 6.5 以上となった時期の果実を用いることで、レオメータ値や弾性指標(大江ら, 2013) を用いるよりも精度は劣るものの、機能性成分等の品質に優れた梅酒づくりのための原料選定指標として利用できると判断している(大江ら, 2014) . そこで次に、落下果実を用いた梅酒の芳香成分を高めるための原料果実の熟度指標としてカラーチャートが利用可能かを調査した.

通常、落下果実の熟度は青果収穫熟度よりも進んでいることから、着色進行が果梗部よりも遅い赤道部および果頂部を測定部位に加え、芳香成分が多い梅酒を製造するための収穫指標の検討も行った. その結果、果梗部では黄および橙のカラーチャート値が最大値の 10 に達しており、それらの黄化程度の違いを判別できなかった(表 3) . 一方、赤道部および果頂部のカラーチャート値では小さいものの差が認められ、果皮色 b^* 値および h^* 値との間に強い正および負の相関関係が認められた(図 2) . そこで、測定部位を赤道部および果頂部としてカラーチャート値と梅酒の芳香成分含量との関係を調査したところ、カラーチャート値が大きいほど総デカラクトン、酪酸エチルおよび芳香成分 4 種総量が多い関係性が認められ、果頂部のカラーチャート値が 9 以上であれば梅酒の総デカラクトン量はほぼ $500 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上であったことから(図 3) , 落下果実においても芳香成分の多い梅酒の原料選定指標として利用できることが明らかとなった.

最後に大きさと梅酒の芳香成分含量の関係について、筆者らはこれまでに、採取時の階級(L~3L) が大きいほど追熟して加工した梅酒の芳香成分含量が多いことを確認している(大江ら, 2011) . 落下果実を収穫する場合においても、階級は加工した梅酒の香気成分含量に影響し、 γ -デカラクト

ン量は 2L 以上、 δ -デカラクトンおよび総デカラクトン量は 3L 以上の果実を原料とした場合に多い傾向となることが明らかとなった（表 5）。一方、未熟な果実を原料とした梅酒の青っぽい香氣に關与する成分の一つは、安息香酸エチルと判断しているが（大江ら，2012b），原料果実の階級が大きいほど安息香酸エチルが少ない傾向となることも明らかとなり，3L 以上の果実を用いることでフルーティー感を高めることができると判断された。なお，2L 以上の果実は果皮色 b*値が大きく，果皮色 h*値および果実硬度が小さい傾向であることから（表 4），階級の違いによる芳香成分量の差は成熟度合の違いに起因すると判断された。

以上のことから，落下果実を用いる場合，果皮色 b*値および h*値並びに出荷階級は梅酒の芳香成分を高めるための選定指標となることが明らかとなり，カラーチャートは簡易な選定指標として利用できると判断された。実際に，果皮色および出荷階級をもとに選別された落下果実が梅酒原料として調達されているが，加工方法によっては腐敗臭のような香氣が感じられるため，この点は留意する必要がある。

摘 要

本試験では梅酒用原料として落下果実を用いる場合において，色および大きさの違いと梅酒品質との関係を調査するとともに，芳香成分を高めるための原料果実の簡易選定指標として，カラーチャートの利用を検討した。

1. 果皮色が橙および黄の果実が原料の梅酒は採取日に関わらず，総デカラクトン量がほぼ $500 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上であり，梅酒の芳香成分を高めるための原料選定の目安として黄化程度が利用できると判断された。
2. 梅酒の総デカラクトン量は原料果実の果皮色 b*値および h*値とそれぞれ正および負の強い相関関係がみられ，特に果梗部および赤道部での h*値と総デカラクトン量との間にはそれぞれ， $r = -0.842$ および -0.837 ($p < 0.0001$) の強い負の相関関係がみられた。
3. 原料果実のカラーチャート値が大きいほど梅酒の総デカラクトン，酪酸エチルおよび芳香成分 4 種総量が多い関係性が認められ，果頂部のカラーチャート値が 9 以上であれば梅酒の総デカラクトン量はほぼ $500 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上であった。
4. 2L または 3L 以上の果実を原料とした場合に梅酒の γ -デカラクトン， δ -デカラクトンおよび総デカラクトン量が多い傾向で，安息香酸エチルが少ないことから，3L 以上の果実を用いることでフルーティー感を高めることができると判断された。

以上の結果から，カラーチャート値や出荷階級は芳香成分の多い梅酒原料の選定指標として利用できると明らかとなった。

引用文献

- Hagen, S. F., G. I. A. Borge, G. B. Bengtsson, W. Bilger, A. Berge, K. Haffner and K. A. Solhaug. 2007. Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation. *Postharvest Biol. Technol.* 45: 1-10.
- 橋本卓爾. 2005. 地域産業複合体とウメ産業. 地域産業複合体とウメ産業. 田辺・南部地域におけるウメ産業の形成過程. p. 24. 橋本卓爾ら編著. 地域産業複合体の形成と展開. 農林統計協会. 東

京.

- 石澤ゆり・京谷英壽・西村幸一・山口正己・垣内典夫. 1995. ウメ収穫期判定のためのカラーチャート. 果樹試報. 28: 15-24.
- 北村祐人・大江孝明・下博圭・竹中正好・城村徳明・佐原重広・植田栄仁・川村実. 2018. ウメ‘露茜’果実の大量追熟法およびそれに適した収穫時期簡易判定法の開発. 和歌山農林水研報. 6: 37-50.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2012. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫期の把握. 園学研. 11 (別2) : 337.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2013. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫期の把握 (第2報). 園学研. 12 (別2) : 305.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27: 1254-1255.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・北村祐人・小西博文・原大輔. 2014. ウメ‘南高’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発. 和歌山農林水研報. 2 : 115-124.
- 大江孝明・櫻井直樹・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・中西慶・細平正人. 2012a. 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 235-240.
- 大江孝明・櫻井直樹・土田靖久・中西慶・細平正人. 2013. 携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用. 園学研. 12: 57-65.
- 大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2012b. ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香り成分および苦み成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 273-279.
- 大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2012c. 高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標. 園学研. 11: 515-521.
- 大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・中西慶・土田靖久・細平正人. 2012d. ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 371-378.
- 大江孝明・山崎哲弘・奥井弥生・岡室美絵子. 2011. 香りを高めた梅酒加工品の開発 (第2報) ウメ‘南高’果実の追熟条件の違いが梅酒加工品の香り成分に及ぼす影響. 園学研. 10 (別1) : 65.
- 富田晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一. 2012. スモモ‘サマービュート’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研. 11 (別2) : 357.
- 富田晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一・山下路子. 2013. スモモ‘サマーエンジェル’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研. 11 (別2) : 310.

露地栽培のウメにおける各種抗生物質剤の残留性

柏本知晟¹・丸 章彦^{2, 3}・松浦聖子^{2, 4}・沼口孝司^{1, 5}

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所

²日本曹達株式会社

Evaluation of in-the-field Durability of Antibiotics in Japanese Apricot (*Prunus mume*)

Tomoaki Kashiwamoto¹, Akihiko Maru^{2, 3}, Seiko Matsuura^{2, 4} and Koji Numaguchi^{1, 5}

¹Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

²Nippon Soda Co. Ltd.

緒 言

細菌性病害は防除が困難であり、これまでに多種多様な作物において深刻な被害を与えてきた。細菌性病害に対する化学的防除の手段は限られており、抗生物質の散布が主である (McManus et al., 2002)。しかし生産現場においては、抗生物質は単に定期的に散布されているに過ぎないことが多い。このような使用方法では、抗生物質の効果を十分に発揮できないだけでなく、細菌が抗生物質への抵抗性を発達させる要因にもなり得る。抗生物質の適切な散布タイミングについて議論するためには、散布後の抗生物質の露地栽培条件における動態に関する基礎的なデータが必要であるが、それを実験的に示した研究はほとんどない。そこで本研究ではウメを用いて、露地栽培における各種抗生物質の残留濃度の推移について調査を行うこととした。

ウメ (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) は年間 71,100 トンの収穫量を誇る果樹である (農林水産省, 2020)。重要な細菌性病害はウメかいよう病 (病原: *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum*) であり、発病果実では暗赤色の穿孔により商品価値が著しく低下する (富永ら, 1983)。また、主感染期 (3~5 月) に強風雨が発生した年は多発し、防除が困難となることが知られる。本病害の防除は、主に抗生物質剤の散布により行われる。ウメでは当初ストレプトマイシン (以下, STM) が広く用いられてきたが、和歌山県では耐性菌が蔓延しており (島津ら, 1997)、効力の低下が認められたため、現在ではオキシテトラサイクリン (以下, OTC) が広く用いられている。OTC は 1999 年の登録以来、かいよう病菌の主感染期において 10~14 日の間隔で散布するよう指導されており、現場では連用されることも少なくない。そのため、OTC においても耐性菌の発生が懸念されるが、興味深いことに、OTC は STM と同様に耐性菌発生リスクが高い (FRAC, 2021) にも関わらず、本県のウメにおいて耐性菌が発生したという報告は現在のところない。この違いには STM と OTC との間に、作用機構以外の要因 (例えば、露地栽培における残留性) が関係する可能性が考えられるが、詳細は未だ明らかになっていない。

以上のことから本研究では、現在広く利用されている 5 種の抗生物質剤を露地栽培のウメに散布

³現在：株式会社ニッソーグリーン

⁴現在：BASF ジャパン株式会社

⁵現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

し、果実の定期的なサンプリングおよび液体クロマトグラフ質量分析 (LC-MS/MS) により残留濃度の推移を調査し、その残留性について比較検討を行ったので報告する。

材料および方法

1. ウメ果実サンプルの準備

調査はすべて和歌山県果樹試験場うめ研究所 (和歌山県日高郡みなべ町) で実施した。降雨量の測定には降雨計 WB0013 (横河電機) を使用した。

(2018 年試験)

5 月 14 日に OTC 水和剤 (マイコシールド, 日本曹達) 1,500 倍を 7 年生 '南高' 3 樹に動力噴霧器を用いて十分量 (1 樹あたり 10–15L) 散布した。樹上果実は散布当日, 1 日後, 2 日後, 3 日後, 4 日後, 7 日後, 11 日後および 14 日後に約 30 g ずつサンプリングした。果実は核を取り除き, 抗生物質の抽出に供するまで -30°C で保存した。

(2019 年試験)

5 月 13 日に OTC 水和剤 1,500 倍, STM 液剤 (アグレプト液剤, 明治製菓ファーマ) 1,000 倍, オキシニック酸 (以下, OA) 水和剤 (スターナ水和剤, 住友化学) 1,000 倍, カスガマイシン (以下, KSM) 液剤 (カスミン液剤, 北興化学工業) 500 倍, バリダマイシン (以下, VM) 液剤 (バリダシン液剤 5, 住友化学) をそれぞれ 8 年生 '南高' 3 樹に動力噴霧器を用いて十分量 (1 樹あたり 10–15L) 散布した。樹上果実は散布当日, 1 日後, 3 日後, 7 日後, 14 日後, 21 日後および 28 日後に約 30 g ずつサンプリングした。果実は核を取り除き, 抗生物質の抽出に供するまで -30°C で保存した。

2. 標準物質

分析における標準物質には, オキシテトラサイクリン標準品 (富士フィルム和光純薬), ストレプトマイシン標準品 (Dr. Ehrenstorfer GmbH), ジヒドロストレプトマイシンセスキ硫酸塩標準品 (林純薬工業), オキシニック酸標準品 (関東化学), カスガマイシン塩酸塩一水和物標準品 (富士フィルム和光純薬) およびバリダマイシン A 標準品 (富士フィルム和光純薬) を使用した。

3. サンプルの抽出および調製

果実からの抗生物質の抽出は厚生労働省の手順に則って以下の通り行った。

1) OTC

果実 20 g を EDTA 含有のクエン酸塩緩衝液中で磨砕し, 遠心分離した。水相を Sep-Pak PS2 カラム (Waters) を用いて精製した。

2) STM

果実 20 g を 1%リン酸とジクロロメタンを 2:1 の割合で含む混合液中で磨砕し, 遠心分離した。水相を Oasis WCX カラム (Waters) を用いて精製した。

3) OA

果実 20 g を 12 M 塩酸とメタノールを 1:9 の割合で含む混合液中で磨砕し, グラスファイバークラウド紙でろ過した。ろ液に 5%塩化ナトリウム水溶液 200 ml とジクロロメタン 100 ml を混合した。ジクロロメタン相を回収して濃縮し, Oasis HLB カラム (Waters) を用いて精製した。

4) KSM

果実 20 g をエタノールと 2%酢酸を 1:1 の割合で含む混合液中で磨砕し、ろ過した。ろ液を Sep-Pak C18 カラム (Waters) で精製し、続いて Oasis MCX カラム (Waters) を用いて精製した。

5) VM

果実 20 g を 90%メタノール中で磨砕し、ろ過した。ろ液を回収して濃縮し、Sep-Pak PS2 カラム (Waters) を用いて精製した。

4. LC-MS/MS 分析

LC-MS/MS 分析には Xevo TQ-S マイクロトリプル四極子マススペクトメーター (Waters) を接続した ACQUITY UPLC H-class Plus system (Waters) を用いた。まず、以下に各抗生物質の分析における LC 条件の概要について述べる。

1) OTC

分析カラムには L-column2 ODS (50mm×2.0mm, 粒子径 3 μm, 化学物質評価研究機構) を用いた。移動相は 0.1% (v/v) ギ酸溶液 (A 液) およびアセトニトリル (B 液) とし、流速 0.2 ml/min で送液した。グラジエント条件は、B 液の割合: 5% (0 分) →42.5% (10 分) とした。カラム温度は 40°C とし、サンプル注入量は 40 μl とした。

2) STM

分析カラムには ACQUITY UPLC BEH HILIC (100mm×2.1mm, 粒子径 1.7 μm, Waters) を用いた。移動相は 0.1%アセトニトリル溶液 (A 液) と 0.1%ギ酸溶液 (B 液) とし、流速 0.3 ml/min で送液した。グラジエント条件は B 液の割合: 20% (0 分) →90% (10 分) とした。カラム温度は 40°C とし、サンプル注入量は 10 μl とした。

3) OA

分析カラムには ACQUITY UPLC HSS T3 (100 mm×2.1 mm, 粒子径 1.8 μm, Waters) を用いた。流動相は 0.1%ギ酸溶液 (A 液) と 0.1%アセトニトリル含有の 10 mM ギ酸アンモニウム溶液 (B 液) とし、流速は 0.2 ml/min で送液した。グラジエント条件は B 液の割合: 5% (0 分) →95% (10 分) とした。カラム温度は 40°C とし、サンプル注入量は 10 μl とした。

4) KSM

分析カラムには ACQUITY UPLC BEH HILIC (100 mm×2.1 mm, 粒子径 1.7 μm, Waters) を用いた。移動相はアセトニトリル (A 液) と 0.1%ギ酸溶液 (B 液) とし、流速は 0.2 ml/min で送液した。グラジエント条件は B 液の割合が 10% (0 分) →80% (10 分) とした。カラム温度は 40°C とし、サンプル注入量は 10 μl とした。

5) VM

分析カラムには ACQUITY UPLC BEH HILIC (100 mm×2.1 mm, 粒子径 1.7 μm, Waters) を用いた。移動相はアセトニトリル (A 液) と 0.1%ギ酸溶液 (B 液) とし、流速 0.2 ml/min で送液した。溶出は B 液の割合 60% で 4 分間保持し、カラム温度を 40°C として行った。サンプル注入量は 10 μl とした。

次に、質量分析装置の条件について述べる。イオン化法エレクトロスプレーイオン化 (ESI+) を用い、ソース温度を 150°C, 脱溶媒温度を 450°C とした。各抗生物質の定量イオン (m/z) および定性イオン (m/z) は次の通りである。

1) OTC

461.22→426.06 (定量), 461.22→201.01 (定性)

2) STM

582.28→263.11 (定量および定性)

ジヒドロストレプトマイシン : 582.28→263.13 (定量および定性)

3) OA

262.00→244.00 (定量), 262.00→216.00 (定性)

4) KSM

380→112 (定量), 380.0→200.2 (定性)

5) VM

498.5→498.6 (定量), 498.5→178 (定性)

結果

ウメ果実に散布した抗生物質濃度の推移

2018年にウメ果実に散布した OTC 濃度の推移を図 1a に示す。散布直後の OTC の濃度は 2.9 ppm であったが、3 日後にはほぼ半減し、7 日後には 0.2 ppm まで減少した。2019 年にも同様の傾向が認められ (図 1c), OTC の初期濃度は 2.4 ppm であったが、散布 7 日後には 0.15 ppm と急激に減少した。一方、STM 濃度の減少は OTC よりも緩やかであり、初期濃度は 1.5 ppm と OTC よりも低かったものの、散布 7 日後でも 0.54 ppm 残留し、0.15 ppm まで減少したのは散布 28 日後であった (図 1c)。OA, KSM および VM は初期濃度が 0.4–0.6 ppm と非常に低く、散布 7 日後には OTC と同程度まで減少した (図 1c)。なお、両年とも調査期間中に降雨があったものの、降雨のタイミングでの残

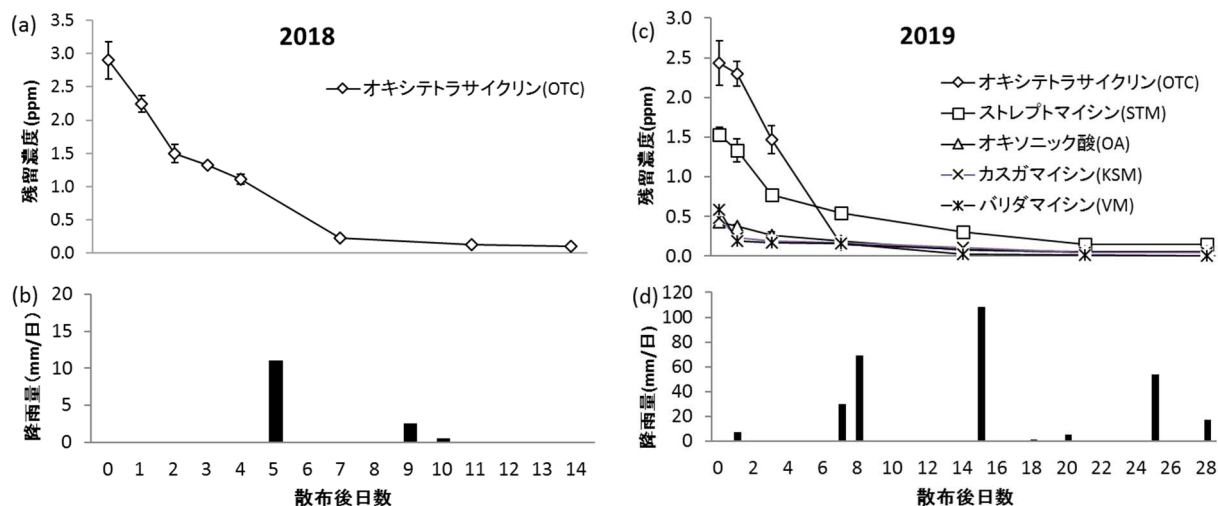


図 1 ウメ果実へ散布した時の各種抗生物質剤の残留濃度の推移 (2018(a)、2019(c))

散布後の降水量は 2018(b), 2019(d)に示す。

バーは標準誤差を示す (n = 3).

留濃度の急激な減少が確認できないことから、試験の実施に大きな影響を与えるものではなかった

ものと判断された (図 1b, d).

考 察

1. 5 種の抗生物質の露地における残留性

本研究では、5 種の抗生物質 (OTC, STM, OA, KSM および VM) の露地栽培のウメ果実における残留性について比較検討した。OTC 以外の抗生物質に関する試験結果は単年度のものであることに留意する必要があるが、STM と比較して、OTC は露地栽培条件では速やかに消失するものと考えられた。OA, KSM および VM は、OTC および STM と比較して散布後の初期濃度が非常に低く、本研究で得られたデータのみで残留性について議論することは困難であった。環境省が示す各抗生物質の水中光分解性のデータでは STM に比べ OTC の半減期は非常に短く (表 1)、本試験において観察された傾向とも矛盾しないものと考えられた。また、Khan et al. (2021) は実用濃度の OTC 溶液または STM 溶液を浸み込ませ、乾燥させた直径 7 mm のろ紙ディスクを準備し、それぞれ直射日光 (屋外, 7 日または 14 日間)、UV 照射 (385-400 nm, 48 時間) での処理または暗所 (7 日または 14 日間) での保管後、大腸菌 *Escherichia coli* または枯草菌 *Bacillus subtilis* の懸濁液を塗布した LB 培地上に置床し、それぞれの細菌に対する静菌効果を比較した。その結果、暗所で保管したディスクと比較して、OTC の静菌効果はどの試験区においても急激に低下した一方、STM の静菌効果の低下は緩やかであった。本結果からも、露地栽培条件における OTC および STM の残留性の違いに両者の太陽光 (UV) への分解性の違いが関係していることが強く示唆される。以上のような、露地における抗生物質の残留性について具体的に比較検討した例は他にほとんどなく、本研究で得られた知見はウメだけでなく、他の作物を栽培する農業者への技術指導でも有用であるものと思われる。

表 1 各種抗生物質の半減期

物質名	半減期 (25°C, 水中光分解性) ²	溶媒
オキシテトラサイクリン (OTC)	19.4 分	精製水
ストレプトマイシン (STM)	1.99-19.4 日	自然水, 滅菌精製水
オキシニック酸 (OA)	31.5 時間	滅菌蒸留水
カスガマイシン (KSM)	14 日	滅菌自然水
バリダマイシン (VM)	27 時間-4.0 日	自然水, 滅菌蒸留水

² 環境省ホームページを参照 (<http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/ki jun.html>).

2. 抗生物質の残留性と耐性菌の発生

Chow et al. (2021) は最小発育阻止濃度 (MIC) を超える抗生物質の存在下において、大半の環境細菌の生育は抑えられるが、抗生物質耐性に関して強力な選抜下にあると述べている。また、MIC 以下の濃度であっても遺伝子組み換えや変異、遺伝子の水平伝播の発生割合に重大な影響を与える可能性を示唆しており、抗生物質の残留性が高いほど耐性菌の発生リスクが高いと考えられる。本研究では、STM が露地栽培のウメにおいて比較的長期に渡って残留することが示唆された。STM はウメかいよう病防除に広く用いられてきたが、本県では実用濃度をはるかに超える MIC の耐性菌が大半を占め (島津ら, 1997)、効力低下が認められたため、現在は OTC が広く用いられている。一方で OTC は、1999 年の農薬登録以降、同病の主感染期 (3~5 月頃) に最大 4 回と頻繁に使用されている

にも関わらず、県内で耐性菌が発生したという報告は現在のところない。FRAC Code List 2021によると、STMとOTCの作用機構は、ともにリボソームにおけるタンパク質合成阻害であり、耐性菌発生リスクは高い(FRAC, 2021)。しかし、本県の生産現場において、両者の耐性菌発生状況が異なっていることは興味深い。本研究およびKhan et al. (2021)の結果から、STMとOTCのウメにおける残留性の違いが耐性菌の発生に影響を及ぼしている可能性が推察される。つまり、OTCはSTMと比較して、効力を発揮した後に急速に環境から消失するために、耐性菌が選抜されにくくなっている可能性がある。

しかし、OTCを含め、抗生物質の適切な使用を農業者に指導しなければならないことは今後も変わらない。例えば、強風雨の前日など、最大限の効果が見込まれるタイミングでの使用を心がけるとともに、作用機構の異なる殺菌剤との併用により抗生物質の使用回数を可能な限り減らし、農薬としての効力を維持する取り組みを継続していくことが重要である。

摘 要

本研究では、5種の抗生物質の露地栽培のウメにおける残留性について、果実への散布、継続的なサンプリングおよびLC-MS/MSを用いた分析により比較検討した。

1. オキシテトラサイクリン(OTC)の散布直後の果実付着濃度は2 ppm程度であったが、散布3日後にはほぼ半減し、7日後にはほぼ検出されなくなった。
2. ストレプトマイシン(STM)散布直後の付着濃度は1.5 ppmとOTCよりも低かったが、散布7日後でも0.54 ppm残留し、0.15 ppmにまで減少するまでに28日を要した。
3. オキシリニック酸、カスガマイシンおよびバリダマイシンの散布直後の付着濃度は0.4–0.6 ppmと非常に低く、その残留性は判然としなかった。
4. 以上のことから、OTCはSTMと比較して露地栽培のウメ果実からは速やかに消失することが示唆された。

本研究への協力並びに原稿執筆時に種々の助言をいただいた川原正見氏(日本曹達株式会社)並びに宮形 栞氏(日本曹達株式会社)に深く感謝の意を表す。

引用文献

- Chow, L. K. M., T. M. Ghaly and M. R. Gillings. 2021. A survey of sub-inhibitory concentrations of antibiotics in the environment. *J. Environ. Sci.* 99: 21-27.
- FRAC. 2021. FRAC Code List ©. 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering).
URL: <https://www.frac.info/home>. (2021年12月20日アクセス)
- Khan, S., A. Osborn and P. J. Eswara. 2021. Effect of sunlight on the efficacy of commercial antibiotics used in agriculture. *Front. Microbiol.* 12: 645175.
- McManus, P. S., V. O. Stockwell, G. W. Sundin, and A. L. Jones. 2002. Antibiotic use in plant agriculture. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 443-465.
- 島津 康・間佐古将則・家村浩海. 1997. ウメかいよう病に対する抗生物質剤の防除効果及び培

地上での感受性. 関西病虫害研究会報. 39: 41-42.

富永時任・高梨和雄・西山幸司・岸 国平. 1983. ウメかいよう病細菌の同定. 日本植物病理学会報. 49: 627-632.

農林水産省. 2020. 令和2年産びわ、おうとう、うめの結果樹面積、収穫量及び出荷量

URL:https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kajyu/biwa_momo_ume/r2/index.html (2021年12月20日アクセス)

絶滅危惧日本鶏「龍神地鶏」を基にした新たな地鶏品種の開発

湯橋宏美・橋本典和¹・小松広幸

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

New Local Chicken Breeds Developed from Endangered Japanese Chickens “Ryujin-Jidori”

Hiromi Yuhashi, Norikazu Hashimoto and Hiroyuki Komatsu

Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒言

和歌山県田辺市龍神村では日本鶏「龍神地鶏」が古くから飼育されており、他の日本鶏品種と交わることなく長年小規模集団での交配を繰り返してきた。その結果、近親交配が進み、遺伝的多様性が低下することによる絶滅が危惧されていた（岡ら，2009）。このことから当所では2012年度から龍神地鶏の保護・増殖に取り組み始め、2015年度からこの龍神地鶏を新たな商用品種¹の原種鶏として活用することで、龍神地鶏の恒久的な保存と地域振興を目指した。

新品種開発には龍神地鶏（雄）と商用品種（雌）を交配し、商用品種には卵用の改良が進んだ国産鶏2品種（ロードアイランドレッド，岡崎おうはん）を用いた。交雑種の性能を比較した後、掛け合わせを決定し、新品種¹の特性調査と飼育方法の検討を行ったのでその概要を報告する。

材料および方法①

交雑鶏の卵用性能及び肉用性能の調査を行った。供試鶏として当所で飼育している龍神地鶏（雄）とロードアイランドレッド（雌）（独立行政法人家畜改良センター岡崎牧場，YC系統）または岡崎おうはん（雌）（同牧場，XSYC系統）の自然交配または人工授精により供試鶏（「×ロード」または「×おうはん」）を作出した。2017年11月と2018年5月に作出し、雌は卵用試験，雄は肉用試験に供した。

初生雛の羽装について、「×ロード」では茶色のみが確認された。「×おうはん」では雌で黒色と茶色，雄で頭部に白い斑点がある黒色と白色の4種類が確認された。

1. 卵用試験

1) 試験区分及び供試羽数

「×ロード」と「×おうはん」の比較には表1のとおり供した。「×おうはん」の羽装色別の比較には表2のとおり供した。

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局畜産課

表1 卵用試験の区分と供試羽数

区分	初生雛の羽装	羽数
×ロード	茶	42
×おうはん	黒または茶	42

表2 「×おうはん」羽装色別比較のための卵用試験の区分と供試羽数

区分	初生雛の羽装	羽数
×おうはん 黒	黒	42
×おうはん 茶	茶	42

2) 飼養管理及び飼料

0～5週齢まで電熱式バタリー育雛器，5～14週齢まで育成ケージ（開放鶏舎），14週齢以降は単飼ケージ（開放鶏舎）で飼育した。ワクチネーションは当所の常法で行った。すなわち，ふ化時にマレック病生ワクチン（ワクチノーバ株式会社）を皮下投与，ふ化時と71日齢に日生研穿刺用鶏痘ワクチン（日生研株式会社）を翼膜接種，9日齢にND・IB混合生ワクチン（一般財団法人化学及血清療法研究所）を飲水投与，17日齢にIBD生ワクチン（バーシン2）（ゾエティスジャパン株式会社）を飲水投与，50日齢にオイルバックス7R（ND，IB2価，EDS，鶏伝染性コリーザA・C型，Mg）（一般財団法人化学及血清療法研究所）を皮下投与，71日齢にオイルバックスSETi（鶏サルモネラ症不活化ワクチン）（一般財団法人化学及血清療法研究所）を皮下投与した。飼料は，0～6週齢まで採卵鶏幼雛用（CP21%以上，ME2,900kcal以上），6週齢～10週齢まで採卵鶏中雛用（CP18%以上，ME2,800kcal以上），10週齢～16週齢まで採卵鶏大雛用（CP15%以上，ME2,800kcal以上），以降採卵鶏成鶏用飼料（CP17%以上，ME2,850kcal以上）を給与した。

3) 調査項目

産卵成績として，21～73週齢までのヘンデイ産卵率，平均卵重，日産卵量，飼料消費量，飼料要求率を調べた。卵質成績として，23～73週齢までの卵殻厚（ミットヨ社製デジマチック標準外側マイクロメータ），卵重，ハウユニット，卵殻破壊強度，卵黄色（株式会社ナベルDIGITAL EDD TESTEER DET6500）を測定した。

4) 統計分析

各測定項目については，「×ロード」と「×おうはん」間または「×おうはん黒」と「×おうはん茶」間で一元配置の分散分析およびスチューデントのT検定で分析した。P<0.05を有意差があるものとし，0.05<P<0.1を傾向があるものとした。

2. 肉用試験

1) 試験区分及び供試羽数

表3のとおり。一般鶏肉との比較のためチャンキー種を用いた。

表 3 肉用試験の区分と供試羽数

区分	初生雛の羽装	羽数
×ロード	茶	31
×おうはん	黒または白	34
チャンキー種	—	10

2) 飼養管理及び飼料

「×ロード」および「×おうはん」は0～42日齢まで電熱式バタリー育雛器にて飼育し、雌雄鑑別後、42日齢以降で平飼い（開放鶏舎）し、121日齢でと殺、解体した。飼育密度5羽/m²とし、ワクチネーションは当所の常法で行った。すなわち、ふ化時にマレック病生ワクチン（ワクチノーバ株式会社）を皮下投与、日生研穿刺用鶏痘ワクチン（日生研株式会社）を翼膜接種、9日齢にND・IB混合生ワクチン（一般財団法人化学及血清療法研究所）を飲水投与、17日齢にIBD生ワクチン（バーシン2）（ゾエティスジャパン株式会社）を飲水投与した。飼料は、0～42日齢まで採卵鶏幼雛用（CP21%以上、ME2,900kcal以上）、43日齢からブロイラー後期用（CP18%以上、ME3,150kcal以上）、と殺前7日間はブロイラー仕上げ用（CP18%以上、ME3,150kcal以上）を給与した。

チャンキー種はマレック病と鶏痘のワクチン接種済の初生雛を導入、平飼いし（解放鶏舎）、50日齢でと殺、解体した。ワクチネーションは当所の常法で行い、「×ロード」および「×おうはん」と同日齢でND・IB混合生ワクチンとIBD生ワクチンを飲水投与した。飼料は0～21日齢までブロイラー前期用（CP22%以上、ME3,100kcal以上）、22日齢からブロイラー後期用（CP18%以上、ME3,150kcal以上）、と殺前7日間はブロイラー仕上げ用（CP18%以上、ME3,150kcal以上）を給与した。

3) 調査項目

「×ロード」と「×おうはん」は育成率、体重、飼料要求率、解体成績を調べた。胸肉の成分分析は「×ロード」、「×おうはん」およびチャンキー種で測定した。測定項目はイノシン酸（高速液体クロマトグラフィー）、アンセリン（アミノ酸自動分析法）、カルノシン（アミノ酸自動分析法）（測定：一般財団法人日本食品分析センター）とした。

4) 統計分析

育成率は「×ロード」と「×おうはん」間でカイ2乗検定で分析した。体重、正肉重量、正肉割合については「×ロード」と「×おうはん」間で一元配置の分散分析とスチューデントのT検定で分析した。胸肉成分については「×ロード」、「×おうはん」およびチャンキー種の間で一元配置の分散分析とTukey-Kramerの多重比較検定で分析した。P<0.05を有意差があるものとした。

結果①

1. 卵用試験

「×ロード」と「×おうはん」を比較した産卵成績を表4、卵質成績を表5に示した。産卵率は「×ロード」の方が有意に高く、日産卵量も「×ロード」が高い傾向にあった（P=0.089）。平均卵重は「×おうはん」が有意に高くなった。卵質成績では、ハウユニットは「×ロード」の方が有意に高くなり、卵重、卵殻厚、卵殻破壊強度については「×おうはん」の方が有意に高くなった。

「×おうはん」の羽装色別に比較した産卵成績を表6、卵質成績を表7に示した。産卵率、日産

卵量、飼料消費量は「×おうはん 茶」の方が有意に高く、卵殻厚は「×おうはん 黒」の方が有意に高かった。

表4 「×ロード」及び「×おうはん」の産卵成績

区分	ヘンディ産卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g)	飼料消費量 (g/羽/日)	飼料要求率
×ロード	78.0±9.7*	42.2±2.3	32.7±2.5	81.2±4.3	2.49±0.27
×おうはん	73.8±8.8	43.6±3.1*	31.9±2.1	81.0±2.4	2.54±0.19

各数値は平均値±標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり (P<0.05)

表5 「×ロード」及び「×おうはん」の卵質成績

区分	卵重 (g)	ハウユニット	卵殻厚 (10 ⁻³ mm)	卵殻破壊強度 (kg/cm ²)	卵黄色
×ロード	42.1±3.5	81.6±6.4*	306±26	3.57±0.6	10.8±1.2
×おうはん	43.2±4.2*	80.6±5.7	312±27*	3.69±0.7*	10.9±1.6

各数値は平均値±標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり (P<0.05)

表6 「×おうはん」羽装色別の産卵成績

区分	ヘンディ産卵率 (%)	平均卵重 (g)	日産卵量 (g)	飼料消費量 (g/羽/日)	飼料要求率
×おうはん 黒	72.2±9.7	43.8±3.0	31.3±2.4	79.9±2.0	2.57±0.22
×おうはん 茶	75.6±8.1*	43.4±3.2	32.6±2.1*	82.0±3.1*	2.52±0.17

各数値は平均値±標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり (P<0.05)

表7 「×おうはん」羽装色別の卵質成績

区分	卵重 (g)	ハウユニット	卵殻厚 (10 ⁻³ mm)	卵殻破壊強度 (kg/cm ²)	卵黄色
×おうはん 黒	43.3±4.0	80.7±6.4	315±27*	3.7±0.7	10.9±1.3
×おうはん 茶	43.2±4.2	80.4±5.7	308±27	3.6±0.7	10.9±1.6

各数値は平均値±標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり (P<0.05)

2. 肉用試験

育成率，体重，正肉重量，正肉割合のいずれについても「×ロード」と「×おうはん」間に有意差は認められず，いずれの掛け合わせについても体重が2 kgを超えることはなかった（表8）．胸肉中の成分については，「×ロード」と「×おうはん」のいずれもチャンキー種より有意に高かった（表9）．

表8 「×ロード」及び「×おうはん」の肉用試験結果

区分	育成率 (%)	体重 (g)	飼料要求率	正肉重量 (g)	正肉割合 (%)
×ロード	100.0	1673.9±161	4.47	601.6±63	36.0±2.0
×おうはん	95.0	1718.2±144	4.69	629.0±62	36.6±1.4

体重，正肉重量，正肉割合は平均値±標準偏差で表示．

表9 「×ロード」及び「×おうはん」の胸肉の成分分析

区分	イノシン酸 (mg/100mg)	アンセリン (mg/100mg)	カルノシン (mg/100mg)
×ロード	210±20a	1020±37a	280±20a
×おうはん	190±12a	1000±54a	270±43a
チャンキー種	130±22b	625±92b	120±30b

各数値は平均値±標準偏差で表示．

Tukey-Kramer の多重比較検定により，異符号間に有意差あり (P<0.01)

3. 普及用品種の決定

これらの結果から産卵性能が高く，羽装が1色で羽装による成績差が生まれにくい「×ロード」を普及用品種とした．

材料および方法②

普及用品種「×ロード」卵と一般白色卵を比較した特性調査及び鶏同士のつき被害軽減のための飼養方法の検討を行った．

1. 特性調査

1) 供試鶏卵

「×ロード」と一般白色卵には当所で飼養している白色レグホン種，各6羽を用いた．遊離グルタミン酸含量の測定には各羽1個の鶏卵を供した．官能評価には各区，3日分の鶏卵各8個を供した．

2) 調査項目

全卵中の遊離グルタミン酸含量を測定（アミノ酸自動分析法）した（測定：一般財団法人日本食品分析センター）．また，生卵黄の分析型官能評価を行った．官能評価はパネリスト12名で5段階の採点法によって行い，旨味，甘味，塩味，コク（味の濃さ）及び後味の良さについて評価した（評価：同センター）．

3) 統計分析

遊離グルタミン酸含量については一元配置の分散分析およびスチューデントの T 検定で分析した。P<0.05 を有意差があるものとし、0.05<P<0.1 を傾向があるものとした。官能評価については T 検定で分析した（一般財団法人日本食品分析センター）。P<0.05 を有意差があるものとした。

2. 鶏同士のつつき被害軽減のための飼養方法の検討

前述の肉用試験において鶏同士によるつつき被害が認められたため、止まり木設置による行動改善と生産性への影響を調査した。

1) 試験区分と供試羽数

「×ロード」を表 10 のとおり供した。

表 10 止まり木試験区分と供試羽数

区分	止まり木	羽数
試験区 雄	あり	15
対照区 雄	なし	15
試験区 雌	あり	15
対照区 雌	なし	15

2) 飼養管理及び飼料

0 日齢から平飼い（飼育密度 5 羽/m²）し、154 日齢でと殺、解体した。試験区では止まり木として 5cm 角材を地面から高さ 30cm と 120cm の位置に設置した。ワクチネーションは当所の常法により、ふ化時にマレック病生ワクチン（ワクチノーバ株式会社）を皮下投与、日生研穿刺用鶏痘ワクチン（日生研株式会社）を翼膜接種、9 日齢に ND・IB 混合生ワクチン（一般財団法人化学及血清療法研究所）を飲水投与、17 日齢に IBD 生ワクチン（バーシン 2）（ゾエティスジャパン株式会社）を飲水投与した。飼料は 0～21 日齢までブロイラー前期用（CP22%以上、ME3, 100kcal 以上）、22 日齢からブロイラー後期用（CP18%以上、ME3, 150kcal 以上）、と殺前 7 日間はブロイラー仕上げ用（CP18%以上、ME3, 150kcal 以上）を給与した。

3) 調査項目

育成率、体重、解体成績を調査するとともに、つつき被害の状況を調べた。つつき被害はつつきによる羽毛の脱落、創傷の有無、死亡数によって判断した。

4) 統計分析

性別ごとに試験区と対照区間で分析した。育成率と被害羽数はカイ 2 乗検定で分析し、体重と解体成績については分散分析と T 検定で分析した。P<0.05 を有意差があるものとし、0.05<P<0.1 を傾向があるものとした。

結果②

1. 特性調査

全卵中の遊離グルタミン酸含量は「×ロード」卵の方が高い傾向にあった（P=0.097）（図 1）。

官能評価について、一般白色卵の結果を0としたときの「×ロード」卵の結果を図2に示した。「×ロード」卵で味の濃さであるコクが一般白色卵より有意に高かった。パネリストから「卵黄の粘性が高く、その分濃厚な味わいとなった」とのコメントがあった。

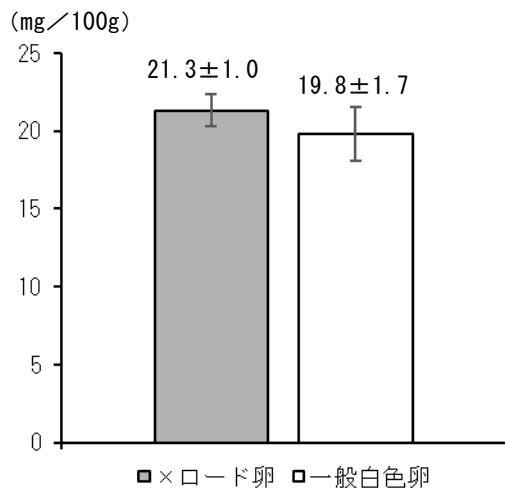


図1 全卵中の遊離グルタミン酸含量

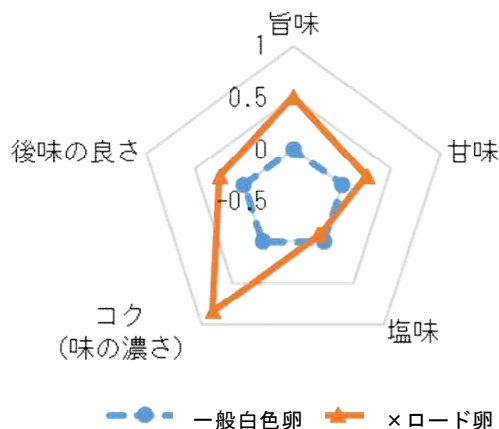


図2 生卵黄の官能評価結果

2. 鶏同士のつき被害軽減のための飼養方法の検討

雄の結果を表11に示した。試験区で被害羽数が減少する傾向が認められた ($\chi^2=3.840$)。体重は試験区の方が小さい傾向にあった ($P=0.093$) が、正肉割合は有意に高くなった。

雌の結果を表12に示した。対照区で産卵開始後の被害が大きく2羽斃死した。体重、正肉重量、正肉割合について試験区が有意に高くなった。

表11 雄の止まり木設置結果

区分	育成率 (%)	被害羽数 (羽)	体重 (g)	正肉重量 (g)	正肉割合 (%)
試験区 雄	100	0	1729 ± 97	663.8 ± 46.1	38.4 ± 1.5 *
対照区 雄	100	5	1798 ± 119	643.8 ± 59.5	35.8 ± 1.9

体重、正肉重量、正肉割合は平均値 ± 標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり ($P < 0.05$)

表12 雌の止まり木設置結果

区分	育成率 (%)	被害羽数 (羽)	体重 (g)	正肉重量 (g)	正肉割合 (%)
試験区 雌	100	5	1338 ± 76.1 *	460.6 ± 32.7 *	34.4 ± 1.6 *
対照区 雌	86.7	7	1231 ± 94.8	407.1 ± 37.5	33.1 ± 1.4

体重、正肉重量、正肉割合は平均値 ± 標準偏差で表示。

*はスチューデントのT検定により有意差あり ($P < 0.05$)

考 察

本研究により、和歌山県固有の「龍神地鶏」を活用した本県独自の地鶏品種を作出することができた。

龍神地鶏成鶏の体重は雄 1309.3g, 雌 952.4g, 産卵率は 23.6% であり, 観賞用として明治以前から飼養されてきた(橋本ら, 2019)。龍神地鶏と商用品種を交配し, 雌は卵用, 雄は肉用に活用することを期待し, 掛け合わせの商用品種には家畜改良センターで改良が進められてきた卵肉兼用種(ロード, おうはん)を選定した。

いずれの掛け合わせによる交配でも龍神地鶏と比べ産卵率が大きく改善した。岡崎おうはんとの交雑雌は初生時から羽装が黒色と茶色に分かれており, 成長後羽装色により産卵性能に差異が認められた。これは岡崎おうはんが黄斑プリマスロックとロードアイランドレッドとの交雑鶏であるため(米田, 2009), 龍神地鶏との交配によりそれぞれの親鶏種の形質が現れたためだと推察された。一方, ロードアイランドレッドとの交雑鶏は羽装が一色であり, 岡崎おうはんとの交雑鶏と比べると卵重は小さかったが産卵率が高いことで日産卵量も高い傾向となった。卵殻厚と卵殻破壊強度は岡崎おうはんとの交雑鶏の方が高かったが, いずれの掛け合わせでも 73 週齢まで卵殻強度 3.0 kg/cm² 以上を維持した。これらの結果から, 産卵性能が高いロードアイランドレッドとの交雑鶏を卵用向けの普及用品種とした。

普及用品種卵は重さが 40g 程度と小ぶりで, 鶏卵規格の SS サイズに該当する。卵黄の分析型官能評価では一般白色卵より味の濃さであるコクが高く, パネリストからは「卵黄の粘性が高く, その分濃厚な味わいとなった」とのコメントがあった。小ぶりであるものの「コク」が高いという特徴があり, これらの原因究明については今後の課題である。

交雑雄の肉用鶏としての活用を考え試験した結果, 原種である龍神地鶏より増体はよいものの体重は 2 kg には到達しなかった。一方, 鶏肉の成分をチャンキー種のもの比べると, うま味成分であるイノシン酸, 機能性成分であるアンセリン, カルノシンが有意に高く, 他の地鶏肉と同様の結果が得られた(佐藤ら, 2010)。今後はこれらの特徴を活かしつつ, 増体のよい肉用 3 元交雑鶏を作出することとしている。

普及用品種は肉用の平飼い飼育においてつつき行動が見られたため, 止まり木設置による行動改善についても検討した。結果, 被害は減少し, 雄で可食部割合が増え, 雌でも増体と可食部割合の増加が認められた。これは止まり木が避難場所となり被害が軽減されたことと高い位置に飛び乗ることで筋力を使い筋肉量が増加したためと考えられた。今回は肉用飼育について調査したが, 卵用平飼い飼育においても同様につつき被害があり, 止まり木設置によって被害が軽減することが推察される。止まり木の設置は生産性を向上させることが示唆された。

普及用品種は「龍神コッコ」と名付けられ, 2021 年度から龍神地鶏発祥の地である田辺市龍神村で生産・販売が開始された。生産者, 地元商工会, 観光協会等からなる龍神コッコ普及協議会が設立され, 地域一体となって普及に取り組んでいる。龍神コッコが普及することで, 原種鶏である龍神地鶏の必要性が高まり恒久的な保存が期待される。今後は今以上に生産性能力を向上させるため, 龍神コッコに適した飼養管理の検討を行い, これまでされていなかった龍神地鶏そのものの育種改良を進めることとしている。

摘 要

本県田辺市龍神村で古くから維持され絶滅の危険性が示唆される日本鶏「龍神地鶏」を活用した新たな地鶏品種を開発した。

1. 開発品種の掛け合わせは「龍神地鶏（雄）」と「ロードアイランドレッド（雌）」とした。
2. 産卵率は78.0%，日産卵量は32.7gで，卵用主体の品種とした。
3. 卵黄の官能評価では一般白色卵より味の濃さである「コク」が有意に高かった。
4. 鶏肉の成分分析では一般鶏肉よりイノシン酸含量などが有意に高かったが，増体に課題が残った。
5. 2021年度から「龍神コッコ」と名付けられ，龍神地鶏発祥の地である龍神村で生産が開始された。

本研究において，交配品種の選定にご助言いただいた独立行政法人家畜改良センター岡崎牧場山本力也氏に深謝する。

引用文献

- 橋本典和・伊丹哲哉・松井望. 2019. 龍神地鶏の産卵特性調査. 和歌山県農林水研報. 7:137-143.
- 岡孝夫・井野靖子・高橋幸水. 2009. マイクロサテライト DNA 多型情報にもとづく龍神地鶏の遺伝的多様性. 東京農大農学集報. 53 (4) : 363-367.
- 佐藤直人・菊池雄・伊藤修. 2010. 異なる品種間の鶏肉における遊離アミノ酸, ジペプチド, イノシン酸量. 東北農業研究. 63:73-74.
- 米田勝紀. 2009. 岡崎おうはんの開発と普及. 畜産の研究. 63 (4) :432-436.

サカキを加害するサカキブチヒメヨコバイに対する薬剤防除効果

田中作治・坂口和昭・坂本 淳

和歌山県林業試験場

Chemical control effect of *Stictotettix cleyeræ* that harms *Cleyera japonica*

Sakuji Tanaka, Kazuaki Sakaguchi and Jun Sakamoto

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

サカキ (*Cleyera japonica*) は別名マサカキと云われ、山地に自生する常緑高木である。樹高は約 10m になり、本州 (関東地方南部以西)、四国、九州、沖縄、海外では、台湾、中国等に分布する。西日本では、サカキは神木とされ神事に枝葉が広く使われることから、神社に植えられていることが多い。

和歌山県では、古くからサカキの生産が盛んに行われており、国産サカキ生産量の 6~7 割を占めると云われている。1985 年頃から田辺市龍神村や日高郡日高川町美山地区のスギ・ヒノキ林の樹下にサカキが植栽され始め、今日では栽培面積は県全体で約 200ha になっている。しかし、生産者の高齢化に伴い、次第に植栽されたサカキの管理が滞り、放置される栽培地が増加してきている。

2002 年に田辺市龍神村のサカキの葉に原因不明の白点被害が確認された (図 1)。その後、被害は県内各地に拡大し、サカキの品質低下による産地の維持が懸念されるようになった。本試験場で白点被害の原因を調査したところ、害虫による被害であると考えられた。2015 年に九州大学へ被害木で多く採取された昆虫の同定を依頼した結果、2013 年に発見されたオビヒメヨコバイ族の新属新種ヨコバイ (大原, 2013) と同種であることがわかった (大原, 私信)。その後、新種ヨコバイは 2019 年に新属新種として学名 : *Stictotettix cleyeræ* が発表され (Ohara et al, 2019), 2020 年に標準和名サカキブチヒメヨコバイとして報告された (紙谷ら, 2020) (図 2)。

最近では、高知県 (藤本ら, 2020), 鹿児島県 (米森・川口, 2020), 佐賀県 (多良, 2020) 等の西日本各地でも被害が確認されるようになった。



図 1 サカキ葉の白点



図 2 サカキブチヒメヨコバイの成虫

本試験場では、サカキブチヒメヨコバイの生態および防除について、2016 年から研究を実施してきた。その結果、サカキブチヒメヨコバイは、成虫および幼虫が葉裏から吸汁し、その吸汁痕が葉表で白点化すること（坂本・坂口，2016）、サカキの新葉には白点被害が生じないこと、成虫は黄色に誘引されやすいことが明らかになった（坂本・坂口，2017）。また、成虫の発生ピークは 5 月，8 月，10 月であること、成虫越冬し、年間を通じて発生することも確認した（坂本・坂口，2018）。

本報では、サカキブチヒメヨコバイの防除体系を確立するため、各種殺虫剤の感受性検定により有効な殺虫剤を選定し、農薬登録に向けた効果試験を行ったので報告する。

材料および方法

1. 各種殺虫剤に対するサカキブチヒメヨコバイ成虫の感受性検定

- 1) アセタミプリド粒剤（商品名：ダイリーグ®粒剤）に対するサカキブチヒメヨコバイ成虫の感受性を明らかにするため、薬液を吸収させた枝葉を用い、葉鞘浸漬法（松村，2016）に準じて感受性検定を行った。育苗成形培地（4.5cm×4.5cm×H 3.5cm）に、長さ 5 cm のサカキの枝（葉数 4 枚）を挿したものを、成形培地と同体積の水にアセタミプリド粒剤を規定量（0.03g）希釈した薬液を入れたビーカーに設置し、インキュベーター（25℃・16h 日長）に 1 日置き、薬液を吸収させた。この処理を行ったサカキの枝を挿した成形培地を入れた容器にサカキブチヒメヨコバイ成虫 10 頭（処理区・無処理区、繰り返し 3）を入れ、48 時間経過後に生存および死虫数を計数した。
- 2) 液剤に対するサカキブチヒメヨコバイ成虫の感受性を明らかにするため、葉鞘浸漬法による感受性検定を行った。液剤は、適用害虫に「ヨコバイ」が含まれる有効成分の異なる 14 種類を選定した。検定方法は、概ね大きさが同じ葉 1 枚を所定濃度の希釈液に 1 分間浸漬し（表 2）、取り出した後に室内で風乾した。この処理を行った葉とサカキブチヒメヨコバイ成虫 5 頭（処理区・無処理区、繰り返し 3）を容器に入れ、インキュベーター（25℃，16h 日長）に置いた。48 時間経過後に生存および死虫数を計数した。

2. 農薬登録に向けた殺虫剤の効果試験

サカキブチヒメヨコバイの薬剤抵抗性獲得を回避するため、感受性検定を行った殺虫剤から有効成分の異なる薬剤を選択し、野外における効果試験を行った。試験には、アセタミプリド粒剤と MEP 乳剤（商品名：スミチオン®乳剤）とシペルメトリン乳剤（商品名：アグロスリン®乳剤）を使用した。

- 1) アセタミプリド粒剤の効果試験は、2018 年 10 月に田辺市龍神村広井原（標高 400m）のスギ人工林内の下層に植栽されたサカキ（樹齢 25 年生）を対象に行った。薬剤処理区、無処理区ともに供試木は、樹高約 2.0m の 3 本とした。

供試木の根元に薬剤（30g/m²）をドーナツ状（直径 1.5m，幅約 20 cm）に散布した（図 3）。供試木毎の無被害葉 10 枚を残した枝 3 本に対し、それぞれにポリエステル製の網袋（60cm×60cm メッシュの大きさ 0.5mm）を被覆した（図 4）。散布直後から 1 週間毎に 1 つの網袋の中に成虫 10 頭を放虫し、その 1 週間後に枝ごと網袋を回収し、死虫数と葉 1 枚当たりの白点数および薬害症状を調査した。調査は、3 週間行い、白点数は 5 段階（0：無被害，1：1～10 点，2：11～20 点，3：21～100 点，4：101 点以上）で区分した。



図3 アセタミプリド粒剤散布状況



図4 サカキ供試木の網袋被覆状況

2) MEP 乳剤およびシペルメトリン乳剤の効果試験は、2018年12月と2019年10月に本試験場圃場内の大型ポットに植栽したサカキ（樹齢7～8年生）を対象に薬剤処理区・無処理区各3本で行った。

事前に薬剤処理区のサカキ1本につき葉10枚を残した2枝に対し、MEP乳剤は1,000倍、シペルメトリン乳剤は2,000倍に希釈した薬液（200ml/枝）を手動噴霧器で、葉の両面にむらなく散布し、乾燥するまで置いた。その後、1枝毎にポリエステル製の網袋で被覆し、散布当日と散布2日後にサカキブチヒメヨコバイ成虫を10頭ずつ放虫し、翌日に死虫数と薬害症状を調査した。

結果および考察

1. 各種殺虫剤に対するサカキブチヒメヨコバイ成虫の感受性検定

アセタミプリド粒剤と液剤14種類について、48時間後のサカキブチヒメヨコバイ成虫の補正死虫率は、処理区では100%であったのに対し、無処理区では死虫率は0%であった（表1、表2）。

このため、サカキブチヒメヨコバイ成虫は、今回の15種類全ての薬剤に対する感受性があることが確認された。

表1 サカキブチヒメヨコバイ成虫のアセタミプリド粒剤に対する感受性検定結果（2017年）

試験日	供試薬剤名 (有効成分)	商品名	サブグループ (代表的な有効成分)	1次作業 部位	散布量 (g/m ²)	供 試 枝	48時間後			
							供 試 虫 数	供 試 虫 状 況	死 虫 率 (%)	補 正 死 虫 率 ^z (%)
11/9	アセタミプリド粒剤 (アセタミプリド1.0%)	ダイリーグ®粒剤	ネオ ニコチノイド系	神経作用	30	I	10	0	10	
						II	10	0	10	
						III	10	0	10	
	合計	30	0	30	100	100				
	無処理区	I	10	10	0					
		II	10	10	0					
III		10	10	0						
合計	30	30	0	0	-					

^z 補正死虫率 (%) = (1 - 薬剤処理区の生存虫率 / 無処理区の生存虫率) × 100

表2 サカキブチヒメヨコバイ成虫の各種液剤に対する感受性検定結果(2018年)

浸漬日	供試薬剤名 (有効成分)	商品名	サブグループ (代表的な有効成分)	1次作業 部位	希釈 倍数 (倍)	供 試 枝	48時間後				
							供 試 虫 数	供試虫 状況 生存	死亡	死虫率 (%)	補正 死虫 率z (%)
4/23	MEP乳剤 (MEP50.0%)	スミチオン®乳剤	有機リン系	神経作用	1,000	I	5	0	5	100	100
						II	5	0	5		
						III	5	0	5		
						合計	15	0	15		
PAP乳剤 (PAP50.0%)	エルサン®乳剤	有機リン系	神経作用	2,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
シベルメトリン乳剤 (シベルメトリン6.0%)	アグロスリン®乳剤	ピレスロイド系	神経作用	2,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
無処理区						I	5	5	0	0	-
						II	5	5	0		
						III	5	5	0		
						合計	15	15	0		
エトフィンブロックス乳剤 (エトフィンブロックス20.0%)	トレボン®乳剤	ピレスロイド系	神経作用	2,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
5/7	ベルメトリン乳剤 (ベルメトリン20.0%)	アディオ®乳剤	ピレスロイド系	神経作用	3,000	I	5	0	5	100	100
						II	5	0	5		
						III	5	0	5		
						合計	15	0	15		
トルフェンピラド水和剤 (トルフェンピラド15.0%)	ハチハチ®フロアブル	METI系	エネルギー 代謝	1,500	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
無処理区						I	5	5	0	0	-
						II	5	5	0		
						III	5	5	0		
						合計	15	15	0		
5/14	ピリフルキナゾン水和剤 (ピリフルキナゾン20.0%)	コルト®顆粒水和剤	ピリジン	神経作用	2,000	I	5	0	5	100	100
						II	5	0	5		
						III	5	0	5		
						合計	15	0	15		
カルタップ水和剤 (カルタップ塩酸塩75.0%)	パタン®SG水溶剤	ネライストキシン 類縁体	神経作用	1,500	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
フロニカミド水和剤 (フロニカミド10.0%)	ウララ®DF	フロニカミド	神経作用	1,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
無処理区						I	5	5	0	0	-
						II	5	5	0		
						III	5	5	0		
						合計	15	15	0		
5/21	イミダクロプリド水和剤 (イミダクロプリド50.0%)	アドマイヤー®顆粒水和剤	ネオ ニコチノイド系	神経作用	10,000	I	5	0	5	100	100
						II	5	0	5		
						III	5	0	5		
						合計	15	0	15		
キアメトキサム水和剤 (キアメトキサム10.0%)	アクタラ®顆粒水和剤	ネオ ニコチノイド系	神経作用	3,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
クロチアミジン水和剤 (クロチアミジン16.0%)	ダントツ®水溶剤	ネオ ニコチノイド系	神経作用	4,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
無処理区						I	5	5	0	0	-
						II	5	5	0		
						III	5	5	0		
						合計	15	15	0		
5/28	ニテンピラム水和剤 (ニテンピラム10.0%)	ベストガード®水溶剤	ネオ ニコチノイド系	神経作用	2,000	I	5	0	5	100	100
						II	5	0	5		
						III	5	0	5		
						合計	15	0	15		
ブプロフェンジン水和剤 (ブプロフェンジン20.0%)	アブロード®フロアブル	ブプロフェンジン	生長調整	3,000	I	5	0	5	100	100	
					II	5	0	5			
					III	5	0	5			
					合計	15	0	15			
無処理区						I	5	5	0	0	-
						II	5	5	0		
						III	5	5	0		
						合計	15	15	0		

z 補正死虫率(%)=(1-薬剤処理区の生存虫率/無処理区の生存虫率)×100

2. 農薬登録に向けた殺虫剤の効果試験

1) アセタミプリド粒剤は、無処理区の死虫率は7日後に6.7%、14日後に6.7%、21日後に10.0%であったのに対し、散布区では7日後に死虫率は53.3%、補正死虫率は50.0%、14日後に死虫率は76.7%、補正死虫率は75.0%と最も高くなり、21日後に死虫率は30.0%、補正死虫率は22.2%に低下した(表3)。葉の白点数の区分は、無処理区では7日後に3.0、14日後に3.3、21日後に3.0であった。散布区では7日後に2.1、14日後に1.7、21日後に2.5となり、14日後に最も白点被害が少なく、7日後と14日後は無処理区との間に有意差が認められた。

これらのことから、アセタミプリド粒剤は、サカキブチヒメヨコバイに対する防除効果があると考えられた。その効果は14日後に最も高くなり、その後低下することから、散布する時期は、効果が最も高くなるまで要する期間を考慮して決定する必要があると考えられた。また、散布後、いずれの期間でも薬害症状は確認されなかった。

なお、2019年に高知県でも本剤の薬剤効果試験が実施され、防除効果があることが確認された一方、薬害症状は確認されなかった(藤本ら, 2020)。

表3 サカキブチヒメヨコバイ成虫に対するアセタミプリド粒剤の効果試験結果 (2018年)

供試薬剤名	散布量 (g/m ²)	区分	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	散布7日後(10/17)					散布14日後(10/24)					散布21日後(10/31)							
					供試虫数	供試虫状況		補正死虫率 ^z (%)	白点数区分 ^y (葉1枚当たり)	薬害	供試虫数	供試虫状況		補正死虫率 ^z (%)	白点数区分 ^y (葉1枚当たり)	薬害	供試虫数	供試虫状況		補正死虫率 ^z (%)	白点数区分 ^y (葉1枚当たり)	薬害
						生存	死亡					死虫率 (%)	生存					死亡	死虫率 (%)			
アセタミプリド粒剤	30	I	2.1	2.1	10	5	5		1.9	-	10	3	7		1.8	-	10	7	3		2.7	-
		II	2.3	2.0	10	4	6		2.1	-	10	2	8		1.9	-	10	6	4		2.2	-
		III	2.4	2.1	10	5	5		2.3	-	10	2	8		1.3	-	10	8	2		2.8	-
		合計			30	14	16	53.3	50.0	2.1*		30	7	23	76.7	75.0	1.7*		30	21	9	30
無処理区	-	I	1.8	2.0	10	9	1		3.3		10	9	1		3.3		10	10	0		3.0	
		II	2.0	2.0	10	9	1		3.2		10	9	1		3.2		10	9	1		3.0	
		III	2.8	2.1	10	10	0		3.3		10	10	0		3.3		10	8	2		3.1	
		合計			30	28	2	6.7	-	3.3		30	28	2	6.7	-	3.3		30	28	2	10.0

薬剤散布日：2018年10月11日

薬剤散布し、1週間後および2週間後、3週間後に別々の試験枝葉の網袋内にヨコバイを放虫し、それぞれの1週間後に枝葉を採取して供試虫の死虫数を調査。

^z 補正死虫率 (%) = (1-薬剤処理区の生存虫率/無処理区の生存虫率) × 100

^y 白点数は5段階に区分 (0:無被害, 1:1~10点, 2:11~20点, 3:21点以上, 4:全面)

*はt検定により無処理区との間に有意差があることを示す (P<0.05)

2) MEP 乳剤およびシペルメトリン乳剤は、両薬剤とも無処理区の死虫率は0%であるのに対し、散布区の1日後、3日後いずれも補正死虫率は100%であった。この結果は、2018年、2019年いずれも同じであった。これらのことから、MEP 乳剤及びシペルメトリン乳剤はサカキブチヒメヨコバイに対する防除効果があると考えられた。その効果は散布3日後も持続することがわかった(表4, 表5)。また、両薬剤とも薬害症状は確認されなかった。

3) 農薬登録するためには2例の薬剤効果試験データが必要である。本県と高知県が連携して試験データを農薬メーカーに提供した結果、2021年4月までにダイリーグ®粒剤、スミチオン®乳剤、アグロスリン®乳剤が農薬登録され使用可能となった(表6)。これらの薬剤を用いて防除する場合、持ち運びしやすい粒剤は急傾斜地で、乳剤は噴霧器での散布が容易な緩斜面から平地での使用が効率的と考えられる。また、いずれの薬剤もサカキブチヒメヨコバイ成虫の発生ピーク5月、8月、10月とそれぞれの薬剤効果の高い期間を考慮することにより、散布適期を決定できる

と考えられる。さらに、現在管理が不十分なサカキ栽培地を施業（間伐・断幹・整枝）を行うことにより栽培環境の改善，サカキブチヒメヨコバイ防除薬剤の面積あたりの使用量を低減できると考えられる。

なお、カメムシ類のように移動能力が高く、複数の生息地間を広域分散して頻繁に圃場に侵入してくる害虫に対しては、「圃場単位」での防除に限界がある（田淵・滝，2010）。サカキブチヒメヨコバイ成虫も飛翔により防除区域の外から流入することも想定されるため、生産者単独の防除よりも地域全体で防除することが効果的であると考えられる。

県内の産地にサカキブチヒメヨコバイの防除方法を早急に普及するため、これまでの研究成果をとりまとめた「サカキを加害する新種ヨコバイ（サカキブチヒメヨコバイ）防除マニュアル」を作成した。

表4 サカキブチヒメヨコバイ成虫に対する MEP 乳剤およびシベルメトリン乳剤の効果試験結果(2018年)

区 分			散布1日後(12/11)							散布3日後(12/13)									
供試薬剤名	散布量(ml/本)	希釈倍数	供試木	樹高(m)	地際直径(cm)	1m高さ直径(cm)	供試虫数	供試虫状況		死虫率(%)	補正死虫率 ^z (%)	薬害	供試虫数	供試虫状況		死虫率(%)	補正死虫率 ^z (%)	薬害	
								生存	死亡					生存	死亡				
MEP乳剤	200	1,000	I	1.5	3.5	1.0	10	0	10			-	10	0	10				-
			II	1.6	3.0	1.2	10	0	10			-	10	0	10				-
			III	1.6	3.0	1.3	10	0	10			-	10	0	10				-
			合計					30	0	30	100	100		30	0	30	100	100	
シベルメトリン乳剤	200	2,000	I	1.4	3.0	1.0	10	0	10			-	10	0	10				-
			II	1.7	2.8	1.5	10	0	10			-	10	0	10				-
			III	1.3	3.0	1.5	10	0	10			-	10	0	10				-
			合計					30	0	30	100	100		30	0	30	100	100	
無処理区	-		I	1.5	2.5	1.3	10	10	0				10	10	0				
			II	1.5	3.0	1.3	10	10	0				10	10	0				
			III	1.7	2.8	1.5	10	10	0				10	10	0				
			合計					30	30	0	0	-		30	30	0	0	-	

薬剤散布日：2018年12月10日

薬剤散布し、薬剤乾燥した後、当日及び2日後に試験枝葉の網袋内にヨコバイを放虫し、1日後及び3日後に枝葉を採取して供試虫の死虫数を調査。

^z 補正死虫率(%)=(1-薬剤処理区の生存虫数/無処理区の生存虫数)×100

表5 サカキブチヒメヨコバイ成虫に対する MEP 乳剤およびシベルメトリン乳剤の効果試験結果(2019年)

区 分			散布1日後(10/10)							散布3日後(10/12)									
供試薬剤名	散布量(ml/本)	希釈倍数	供試木	樹高(m)	地際直径(cm)	1m高さ直径(cm)	供試虫数	供試虫状況		死虫率(%)	補正死虫率 ^z (%)	薬害	供試虫数	供試虫状況		死虫率(%)	補正死虫率 ^z (%)	薬害	
								生存	死亡					生存	死亡				
MEP乳剤	200	1,000	I	1.9	2.8	1.5	10	0	10			-	10	0	10				-
			II	1.8	2.8	1.3	10	0	10			-	10	0	10				-
			III	1.8	3.2	1.4	10	0	10			-	10	0	10				-
			合計					30	0	30	100	100		30	0	30	100	100	
シベルメトリン乳剤	200	2,000	I	1.6	3.1	1.2	10	0	10			-	10	0	10				-
			II	1.8	2.7	1.1	10	0	10			-	10	0	10				-
			III	1.7	2.7	1.0	10	0	10			-	10	0	10				-
			合計					30	0	30	100	100		30	0	30	100	100	
無処理区	-		I	1.7	2.8	1.2	10	10	0				10	10	0				
			II	1.3	2.6	1.1	10	10	0				10	10	0				
			III	1.5	2.4	1.0	10	10	0				10	10	0				
			合計					30	30	0	0	-		30	30	0	0	-	

薬剤散布日：2019年10月9日

薬剤散布し、薬剤乾燥した後、当日及び2日後に試験枝葉の網袋内にヨコバイを放虫し、1日後及び3日後に枝葉を採取して供試虫の死虫数を調査。

^z 補正死虫率(%)=(1-薬剤処理区の生存虫数/無処理区の生存虫数)×100

表 6 農薬登録へ向けた防除薬剤試験の実施状況

薬剤名 (商品名)	1 例目 (試験実施日)	2 例目 (試験実施日)	農薬登録認可日
アセタミプリド粒剤 (ダイリーグ®粒剤)	和歌山県で実施 (2018年10月11日)	高知県で実施 (2019年9月28日)	2021年1月27日
MEP乳剤 (スミチオン®乳剤)	和歌山県で実施 (2018年12月10日)	和歌山県で実施 (2019年10月9日)	2021年4月7日
シペルメトリン乳剤 (アグロスリン®乳剤)	和歌山県で実施 (2018年12月10日)	和歌山県で実施 (2019年10月9日)	2021年3月27日

摘 要

1. サカキブチヒメヨコバイは、15種類の農薬に対する感受性があることを確認した。
2. ダイリーグ®粒剤、スミチオン®乳剤、アグロスリン®乳剤について、いずれもサカキブチヒメヨコバイの防除効果があると考えられた。また、サカキに対する薬害は確認されなかった。
3. ダイリーグ®粒剤、スミチオン®乳剤、アグロスリン®乳剤は、2021年4月7日までに3種類全て農薬登録され、サカキブチヒメヨコバイに対して使用可能となった。
4. 本成果を早急に普及するために、「サカキを加害する新種ヨコバイ（サカキブチヒメヨコバイ）防除マニュアル」を作成した。

引用文献

- 藤本浩平・黒岩宣仁・渡辺直史. 2020. サカキ・シキミの栽培技術向上に関する研究. 高知県立森林技術センター令和元年度研究成果報告書. pp. 27-28.
- 紙谷聡志・大原直道・林正美. 2020. 北部九州におけるサカキブチヒメヨコバイ. PULEX 九州・沖縄昆虫学会誌. 99. p. 815.
- 松村正哉. 2016. イネウンカ類の薬剤感受性検定マニュアル. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター. p. 3.
- 大原直道. 2013. 日本昆虫学会第73回大会講演要旨. pp. 544-545. 東京.
- Ohara, N. Hayashi, M. & Kamitani, S. 2019. New genus of dikraneurine leafhopper (Heiptera; Cicadellidae; Typhlocybinae) from Japan, with description of two new species. pp. 9-13.
- 坂本淳・坂口和昭. 2016. 森林・特用林産物の病害防除に関する基礎研究：サカキの新たな吸汁被害に向けた生態等実態調査. 和歌山県林業試験場業務報告. 74 : pp. 52-55.
- 坂本淳・坂口和昭. 2017. 森林・特用林産物の病害防除に関する基礎研究：サカキの新たな吸汁被害に向けた生態等実態調査. 和歌山県林業試験場業務報告. 75 : pp. 27-30.
- 坂本淳・坂口和昭. 2018. サカキを加害する新種ヨコバイの防除体系の確立. 和歌山県林業試験場業務報告. 76 : pp. 36-41.
- 田淵研・滝久智. 2010. 植物防疫. 64. pp. 251-255.
- 多良勇太. 2020. ヨコバイ類によるサカキ被害状況調査. 佐賀県林業試験場業務報告書. pp. 68-

89.

米森正悟・川口エリ子. 2020. サカキを加害するヨコバイに関する調査. 鹿児島県森林技術総合センター業務報告. 68. p. 14.

県産未利用広葉樹（シイ）の建築資材等への利用拡大のための 技術開発

岡本憲治¹・一岡直道・濱口隆章²・坂本 淳

和歌山県林業試験場

Technical development to expand the usage of unused hardwood (*Castanopsis cuspidata*) produced in Wakayama Prefecture for building and exterior materials

Kenji Okamoto, Naomichi Ichioka, Takaaki Hamaguchi and Jun Sakamoto

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

シイ類は和歌山県内に豊富な資源量があるが、乾燥に伴う著しい変形や割れが発生しやすい材質のため、用材としてはほとんど利用されておらず、製紙用チップや薪等の低位な利用にとどまっている。このため、大径木化が進行し、このまま放置すると紀州備長炭原木のウバメガシ等を食害するカシノナガキクイムシの繁殖源となることが懸念される。

一方、シイ類のような比較的硬さのある木材は、フローリング材としてのニーズが高い。また、外材広葉樹の割合が高い外構材分野では、伐採規制等により外材広葉樹の供給が不安定化しているため、代替材としてシイ類等の国産広葉樹への期待が高まっている。シイ類をフローリング材や外構材として利用するためには人工乾燥が不可欠となるが、前述のとおり乾燥させるのが難しい材質であることから、乾燥技術が確立されていない。

そこで、和歌山産コジイ（以下、コジイ）をフローリング材や外構材として利用拡大を図るため、製材時の歩留まり調査試験、乾燥技術確立のための乾燥試験、フローリング材の性能評価試験および外構材使用を想定した性能評価試験を行ったので報告する。

材料および方法

1. 製材時の歩留まり調査試験

試験体原木は、末口径 20cm 上（平均 24cm）のコジイを用いた。原木 136 本から断面寸法 140mm×24mm、材長は 1,200mm および 2,200mm の板材を製材し、末口径別の製材歩留まりを調査した。なお、試験体原木の調達は 2018 年 7 月 17 日（原木 49 本（串本町 32 本、田辺市 17 本））と 2018 年 11 月 29 日（原木 37 本（みなべ町））、2019 年 10 月 2 日（原木 50 本（みなべ町））に行った。

¹現在：（一社）わかやま森林と緑の公社

²現在：東牟婁振興局農林水産振興部林務課

2. 乾燥試験

乾燥試験を行うための予備試験として、人工乾燥における適正温度の推定を行った(寺沢, 1965)。

試験体はコジイの無欠点板目材を、幅 100mm×厚さ 20mm×長さ 200mm に加工したものをを用いた。試験体の重量を測定し、恒温器に試験体の側面(柁目面)を下にして通気よく置き、100℃で急速乾燥を行った(図1)。乾燥開始2時間後から7時間後まで1時間おきに重量測定し、木口割れ、表面割れ等の様子を観察した。全乾まで乾燥後、試験体の長さ方向中央部で鋸断し、内部割れ、変形の様子を観察した(図2)。そしてこれらの観察結果をもとに人工乾燥における適正温度の目安を45℃と推定した(岡本・濱口, 2018)。



図1 適正温度推定試験の状況



図2 内部割れ, 変形の状況

試験体原木は、末口径 20cm 上(平均 26cm)のコジイとし、そこから、断面寸法 140mm×24mm、材長 1,100mm および 2,100mm の試験体を採取した。まずは試験区 A(人工乾燥試験区)と試験区 B(天然乾燥+人工乾燥試験区)の2通りを、その後は試験区 A, B の結果を踏まえ、試験区 C, D(天然乾燥+人工乾燥試験区)を設定した。

天然乾燥試験は屋外屋根付きで直射日光が当たらない条件下に棧積みし、下記の条件で行った。
 試験区 B: 生材→含水率 20% (乾燥期間: 2018 年 7 月 19 日 → 2018 年 10 月 11 日) 85 日間乾燥
 試験区 C: 生材→含水率 20% (乾燥期間: 2018 年 12 月 3 日 → 2019 年 3 月 12 日) 100 日間乾燥
 試験区 D: 生材→含水率 40% (乾燥期間: 2019 年 10 月 7 日 → 2019 年 11 月 18 日) 42 日間乾燥

人工乾燥試験は除湿式人工乾燥装置(UNI—TECHX. JAPAN 製, 乾燥容量 10m³)を用い、適正温度推定試験の結果に基づき、下記の条件で行った。

試験区 A: (天然乾燥なし) →含水率 8%, 人工乾燥温度 45℃, 湿度コントロールなし
 試験区 B: 含水率 20%天然乾燥材→含水率 8%, 人工乾燥温度 45℃, 湿度コントロールなし
 試験区 C: 含水率 20%天然乾燥材→含水率 8%, 人工乾燥温度 45℃, 湿度コントロールなし
 試験区 D: 含水率 40%天然乾燥材→含水率 8%, 人工乾燥温度 38~45℃, 湿度コントロールなし

あらかじめ全試験体の片側から小片 1 体を採取し、この小片の全乾重量を測定した。含水率測定のため天然乾燥では全試験体を概ね 3~4 日間隔で、また、人工乾燥では原木が偏らないように抽出した 15~20 枚の試験体を概ね 2~3 日間隔で重量を測定し、小片の全乾燥重量をもとに含水率を算出した。

乾燥前後の試験材中央部の幅および厚さの寸法変化を測定して乾燥による試験材の収縮率を算出した。また、乾燥後の割れおよび変形を測定した（図3，図4）。

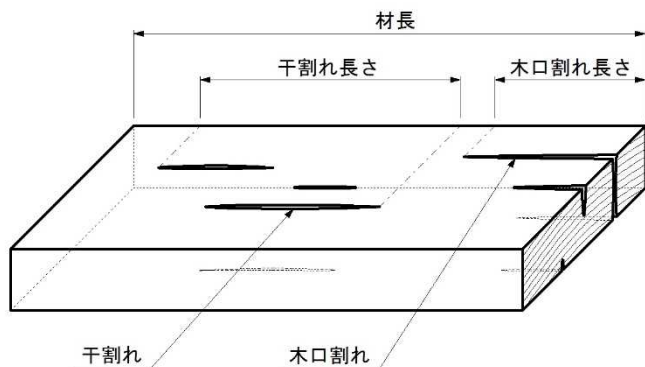


図3 割れ長さ測定区間

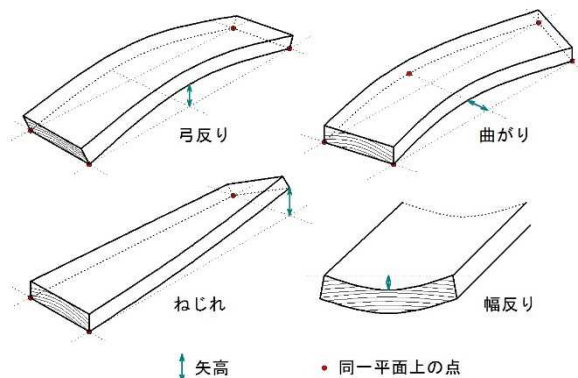


図4 乾燥による変形の種類

3. フローリング材の性能評価試験

試験体は、働き幅 105mm×厚さ 15mm×長さ 1,000mm、本実加工及び反り止め用溝加工を施したコジイフローリング材を用いた。また、比較のため同規格に加工した県産スギ，ヒノキフローリング材を併せて供試した。なお，試験体数は以下の各試験につきコジイ 30 体，スギ，ヒノキ各 10 体とした。

1) 曲げ破壊試験

長さ 1,000mm の試験体から，長さ 600mm の試験体を採取した。万能材料試験機（AG-50kNXDplus，株式会社島津製作所製）を用いてスパン 500mm，荷重速度 10mm/min の中央集中荷重方式で行い，荷重と変位の関係から曲げヤング係数を，また，最大荷重から曲げ強度を算出した。

2) 表面硬さ（ブリネル硬さ）試験

長さ 1,000mm の試験体から，長さ約 50mm の試験体を採取した。JIS Z 2101:2009 「木材の試験方法」を参考に，万能材料試験機（AG-50kNXDplus，株式会社島津製作所製）を用いて試験体の板目面木表側に対し 1 試験体当たり 3 カ所において，直径 10mm の鋼球を 0.5mm/min の速度で深さ 0.32mm までめり込ませて最大荷重を測定し，3 カ所の平均値を求めた。そして，以下の式を用いてブリネル硬さを算出した。

$$H_B = P/10$$

H_B :ブリネル硬さ(N/mm²)，P:鋼球を深さ 0.32 mmまでめり込ませたときの最大荷重平均値 (N)

3) 含水率試験

1) の曲げ破壊試験終了後，長さ約 50mm の試験体を採取した。「フローリングの日本農林規格」を参考に，試験体の重量を測定してから 103℃，24 時間で乾燥した後に再び重量を測定して算出した。

4) 接触冷温感試験

長さ 100mm の試験体を作製し，精密迅速熱物性測定装置（KES-F7 サーモラボ IIB，カトーテック株式会社製）を用いて，20℃に調整した材料に 40℃のセンサーが接触した時（ $\Delta T=20^\circ\text{C}$ ）の瞬間的な熱の移動量 q_{max} (W/cm²) を，1 試験体あたり 3 回測定した。

4. 外構材使用を想定した性能評価試験

試験体はコジイを使用し、耐朽及び耐候性処理として最高処理温度 220℃による熱処理（以下、サーモ処理）を施したサンプルと無処理サンプルを用意し、以下の試験を行った。なお、サーモ処理の効果や影響を確認するため、サーモ処理を施した試験体と無処理の試験体は同一材から採取した。

1) 室内防腐性能試験

幅 20mm×厚さ 10mm×長さ 20mm に加工した試験体を用い、JIS K 1571:2010 「木材保存剤—性能基準及びその試験方法」に準拠して試験を行い、質量減少率を測定して評価した。なお、試験体数は各 9 体とし、併せてオオウズラタケ、カワラタケに対する防腐性能を比較するため、スギ辺材をコントロールとして供試した。

2) 曲げ試験

幅 20mm×厚さ 20mm×長さ 320mm、二方桁もしくは追桁に加工した試験体を用いた。JIS Z 2101:2009 「木材の試験方法」に準拠し、支点間距離 280mm、中央部への荷重は桁目面もしくは追桁面から加えて試験を行った。荷重速度は無処理材 5mm/min、サーモ処理 2mm/min とした。そして、荷重と変位の関係から曲げヤング係数を、最大荷重から曲げ強度を算出した。なお、試験体数はサーモ処理 13 体、無処理 11 体とした。

結果および考察

1. 製材時の歩留まり調査試験

製材時の歩留まり調査結果を表 1 に示す。末口径による大きな差は見られず、平均歩留まりは 47.8%となった。また、これはナラ板材の標準歩留まりと同等の結果であり（富田ら、1985）、広葉樹板材としては妥当であると考えられる。

表 1 製材時の歩留まり調査結果

末口径 (cm)	本数	原木材積 (m ³)	平均製材枚数	製材枚数	製材材積 (m ³)	製材歩留まり (%)
20~25	68	5.623	7.4	505	2.763	49.6
26~30	49	5.981	10.6	521	2.736	45.2
31~44	19	3.854	18.3	347	1.846	47.7
全体	136	15.458	10.1	1373	7.345	47.8

2. 乾燥試験

乾燥日数は、試験区 A では、人工乾燥により生材から平均含水率 8%を下回るまで 32 日を要した（表 2，図 5）。

表 2 試験区 A, B の目標含水率までの乾燥日数と含水率

試験区	乾燥方法	材長 (m)	試験体数	目標含水率までの乾燥日数 (日)	平均含水率 (%)	
					初期	最終
A	人工乾燥 (除湿乾燥)	1.1	75	32	128.0	7.7
		2.1	70			
B	天然乾燥 (屋外棧積)	1.1	126	85 ^z	126.2	20.6
		2.1	60			
	人工乾燥 (除湿乾燥)	1.1	126	12	20.6	7.8
		2.1	60			

z：天然乾燥期間は 2018 年 7 月 19 日～2018 年 10 月 11 日

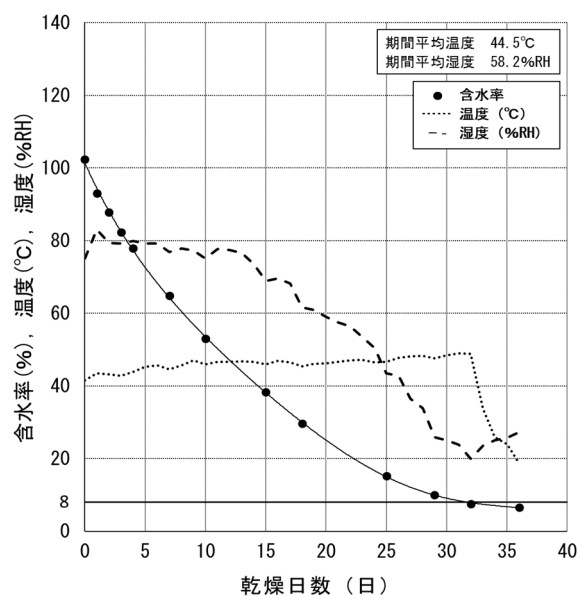


図 5 試験区 A 人工乾燥経過

注) 含水率は、原木が偏らないように抽出した試験体 15 枚の平均値。

試験区 B では、天然乾燥により生材から平均含水率 20%に達するまで 85 日を要した。その後、人工乾燥により平均含水率 8%を下回るまでさらに 12 日を要した（表 2，図 6，図 7）。

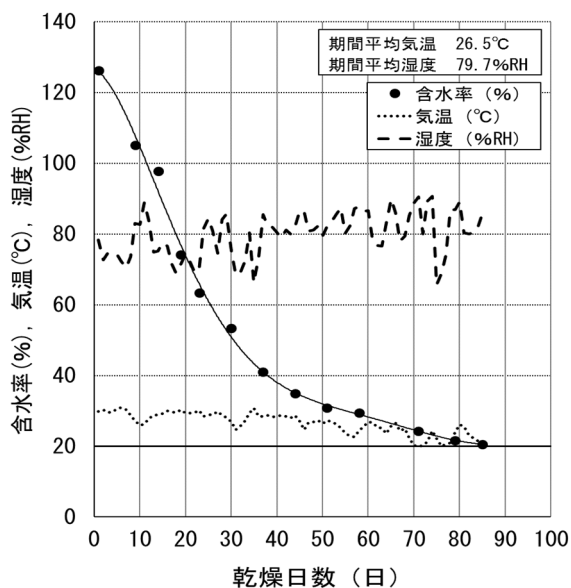


図6 試験区B 天然乾燥経過
注) 含水率は、全試験体の平均値。

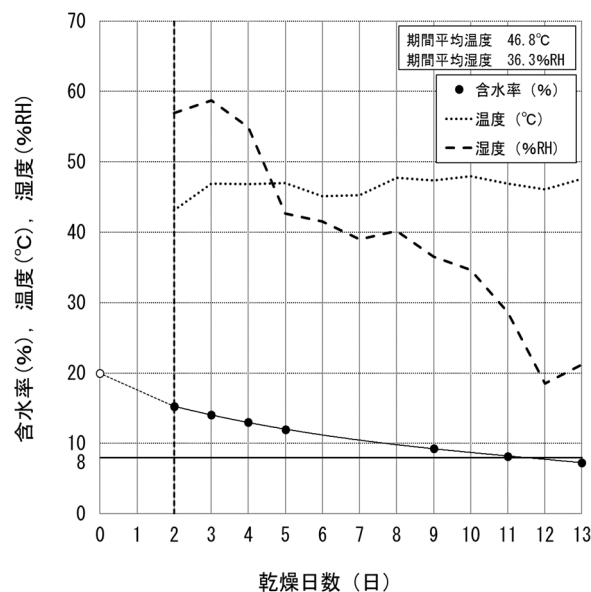


図7 試験区B 人工乾燥経過
注) 含水率は、原木が偏らないように抽出した試験体20枚の平均値。

収縮率は、幅、厚さ方向とも試験区Bは試験区Aより若干少なかった(表3)。乾燥割れは、試験区Bは試験区Aより発生本数率、割れ長さとも著しく少なかった(表4)。変形量(弓反り、曲がり、ねじれ、幅反り)は全般的に試験区Bが試験区Aより少なかった(表4)。特にねじれ、幅反りは試験区Aで1~2mm程度、試験区Bより大きくなっていることから、厚さ方向の歩留まりに少なからず影響すると考えられた。なお、心持ち材では著しい収縮等が確認され、用材利用に不向きと考え、評価対象から除外した。

表3 試験区A, Bの乾燥に伴う平均収縮率(心持ち材を除く)

試験区	試験体数	収縮率 (%)	
		幅方向	厚さ方向
A	92	6.8	5.4
B	175	5.6	4.3

表4 試験区A, Bの乾燥後における割れおよび変形の状況(心持ち材を除く)

材長 (m)	試験区	試験体数	割れ発生本数率 (%)		割れ長さの平均値 (mm)		変形量の平均値 (mm)			
			干割れ	木口割れ	干割れ ^z	木口割れ ^y	弓反り	曲がり	ねじれ	幅反り
1.1	A	49	8.2	63.3	13	90	3.1	2.3	3.9	2.9
	B	120	1.7	35.0	5	57	2.6	1.9	2.6	1.8
2.1	A	43	32.6	62.8	93	123	3.0	4.3	3.9	3.1
	B	55	3.6	43.6	17	85	3.2	3.1	3.1	1.2

z : 干割れが発生した区間の長さの合計

y : 木口割れが発生した区間の長さの合計

以上の結果から、乾燥材の品質や歩留まりへの影響を考慮すると、天然乾燥と人工乾燥の組み合わせが適切と考えられた。このため、天然乾燥と人工乾燥を組み合わせた試験区 C, D を設定し、試験区 B と合わせて考察した。

試験区 C では、天然乾燥により生材から平均含水率 20% に達するまで 100 日を要した。その後、人工乾燥により平均含水率 8% を下回るまでさらに 10 日を要した（表 5）。試験区 D では、天然乾燥により生材から平均含水率 40% に達するまで 42 日を要した。その後、人工乾燥により平均含水率 8% を下回るまでさらに 25 日を要した（表 5）。

各試験区（C, D）における天然乾燥の乾燥経過（気温（℃）、湿度（%RH）、含水率（%））を図 8、図 9 に、人工乾燥の乾燥経過（温度（℃）、湿度（%RH）、含水率（%））を図 10、図 11 にそれぞれ示す。また、各試験区における乾燥日数（天然乾燥と人工乾燥の日数）を図 12 に示す。

表 5 試験区 C, D の目標含水率までの乾燥日数と含水率

試験区	乾燥方法	材長 (m)	試験体数	目標含水率ま での乾燥日数 (日)	平均含水率 (%)	
					初期	最終
C	天然乾燥 (屋外 棧積)	1.1	62	100 ^z	126.4	19.4
		2.1	57			
	人工乾燥 (除湿乾燥)	1.1	62	10	19.7	7.8
		2.1	57			
D	天然乾燥 (屋外 棧積)	1.1	125	42 ^y	102.6	39.6
		2.1	150			
	人工乾燥 (除湿乾燥)	1.1	125	25	39.6	7.8
		2.1	150			

z : 天然乾燥期間は 2018 年 12 月 3 日～2019 年 3 月 12 日

y : 天然乾燥期間は 2019 年 10 月 7 日～2019 年 11 月 18 日

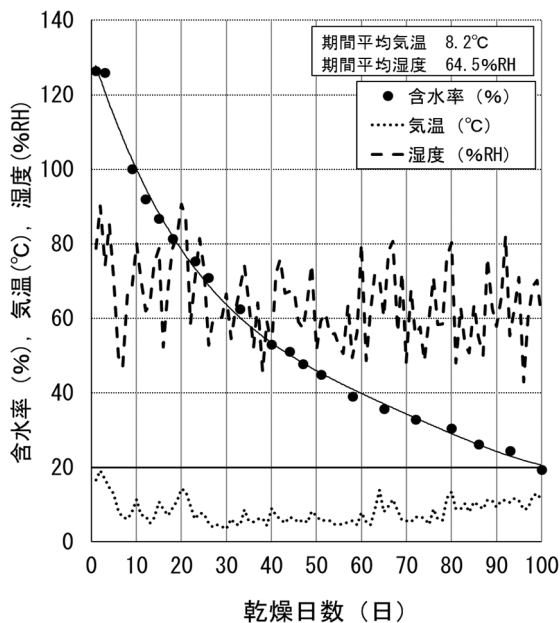


図 8 試験区 C 天然乾燥経過
注) 含水率は、全試験体の平均値。

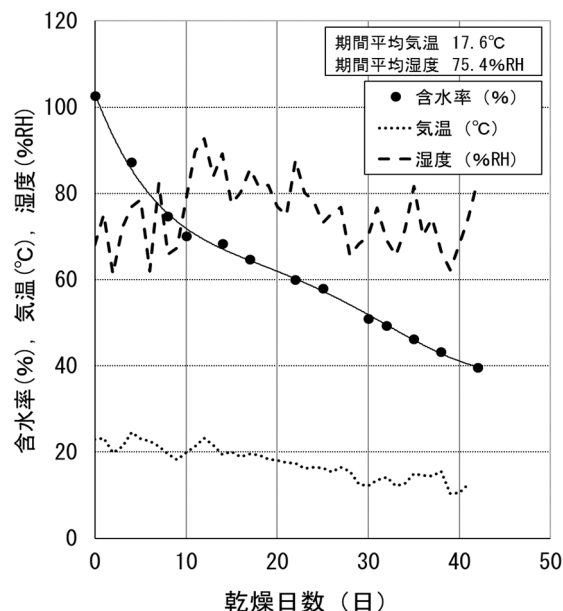


図 9 試験区 D 天然乾燥経過
注) 含水率は、全試験体の平均値。

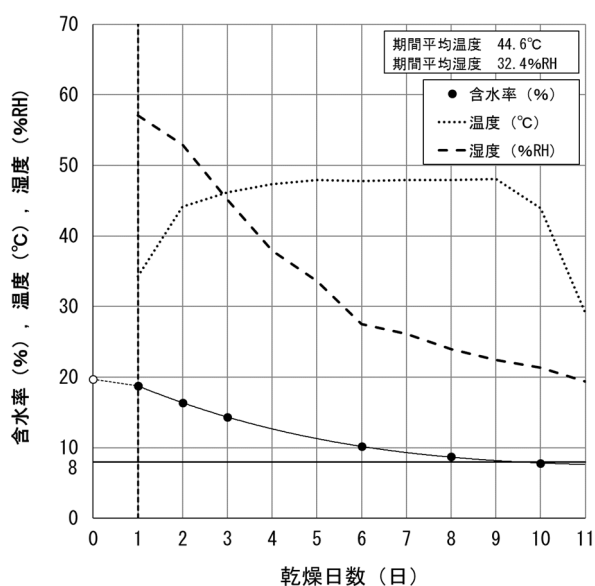


図 10 試験区 C 人工乾燥経過
注) 含水率は、原木が偏らないように抽出した試験体 15 枚の平均値。

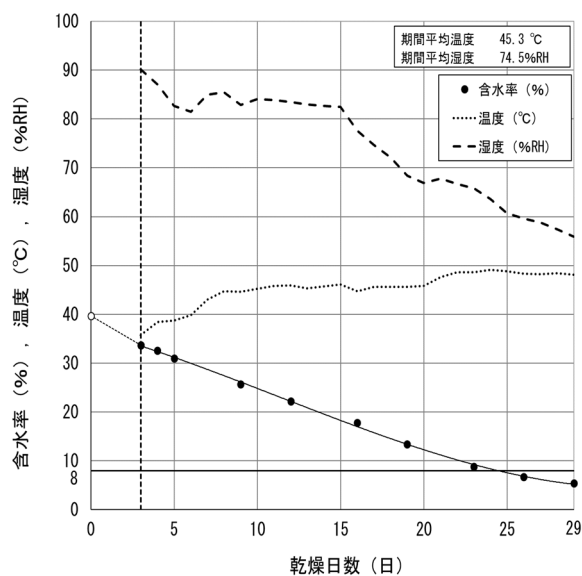


図 11 試験区 D 人工乾燥経過
注) 含水率は、原木が偏らないように抽出した試験体 20 枚の平均値。

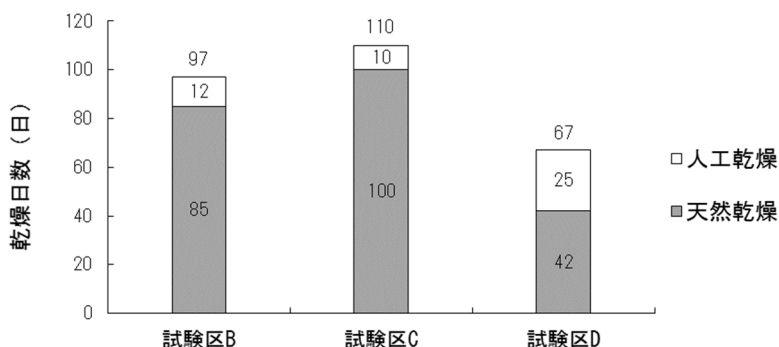


図 12 天然乾燥と人工乾燥を組み合わせた各試験区の乾燥日数の比較

乾燥日数については、試験区 D は試験区 B より 30 日、試験区 C より 43 日それぞれ短縮された (図 12)。乾燥後の平均収縮率は、幅、厚さ方向とも試験区 D は試験区 B, C より減少した (表 6)。乾燥割れについて、発生本数率は干割れについては試験区 D が試験区 C より概ね減少し、木口割れは、試験区 D が試験区 B, C より減少した (表 7)。弓反り、曲がり、ねじれについては、全般的に試験区 D と試験区 B, C との大きな差は認められなかったが (Tukey の多重比較検定により 5% レベルで有意差なし)、幅反りに関しては差が認められた (Tukey の多重比較検定により B と C 間に 5% レベルで有意差あり、それ以外は 1% レベルで有意差あり)。なお、材長が長くなることにより、曲がりの変形量が大きくなることが認められた (t 検定により 1% レベルで有意差あり (表 7))。

試験区 D が試験区 B, C と比較して乾燥割れや幅反りが抑制された理由として、天然乾燥で含水率が 40% に到達した時点で人工乾燥に移行することで、含水率 20% まで天然乾燥を行った場合と

比べて人工乾燥期間中に乾燥室内の湿度が低下しすぎず、穏やかな乾燥条件にすることができたためと推測される。

表 6 試験区 C, D の乾燥に伴う平均収縮率（心持材を除く）

試験区	試験体数	収縮率（%）	
		幅方向	厚さ方向
(B	175	5.6	4.3) ^z
C	119	5.6	4.2
D	262	4.5	3.2

z：比較のため表 3 のデータを再掲

表 7 試験区 C, D の乾燥後における割れおよび変形の状況（心持材を除く）

材長 (m)	試験区	試験体数	割れ発生本数率 (%)		割れ長さの平均値 (mm)		変形量の平均値 (mm)			
			干割れ	木口割れ	干割れ ^z	木口割れ ^y	弓反り	曲がり	ねじれ	幅反り
1.1	(B	120	1.7	35.0	5	57	2.6	1.9	2.6	1.8) ^x
	C	62	9.7	29.0	11	41	2.6	1.7	3.1	1.2
	D	119	5.0	17.6	17	49	2.0	1.6	1.5	0.8
2.1	(B	55	3.6	43.6	17	85	3.2	3.1	3.1	1.2) ^x
	C	57	7.0	66.7	8	103	2.9	2.4	2.3	1.6
	D	143	5.6	20.3	38	36	3.3	3.0	2.8	1.1

z：干割れが発生した区間の長さの合計

y：木口割れが発生した区間の長さの合計

x：比較のため表 4 のデータを再掲

以上の結果から、天然乾燥において平均含水率 40%到達時点で人工乾燥に切り替えた場合、人工乾燥における乾燥温度を 38℃～45℃の穏やかな設定とし、乾燥室内の湿度を低下させすぎないように乾燥することにより、乾燥材の品質を低下させることなく乾燥日数を短縮することが可能であることが確認された。

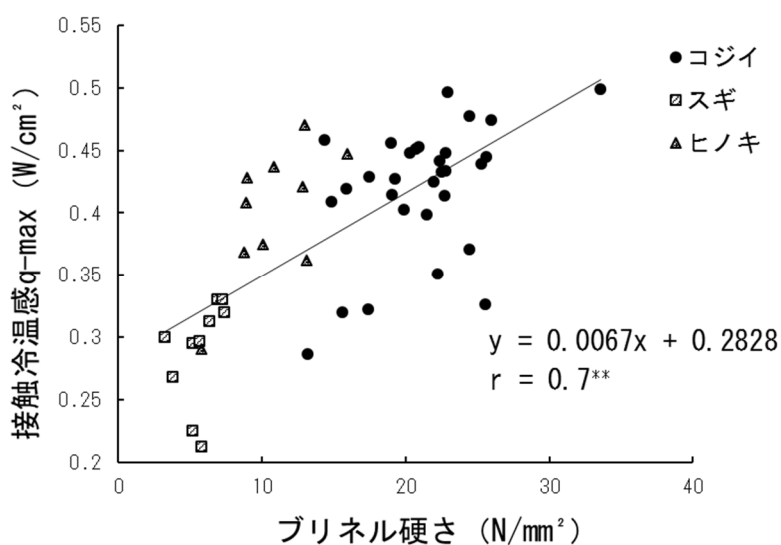
3. フローリング材の性能評価試験

各試験項目の結果を表 8 に示す。コジイの曲げ強度性能はスギに比べて大幅に高かった（t 検定により 1%レベルで有意差あり）。また、ブリネル硬さ試験はスギ、ヒノキと比較してかなり高い数値を示した（Tukey の多重比較検定により 1%レベルで有意差あり）。

表8 各種フローリング材の性能評価試験結果

		見かけ密度 (g/cm ³)	曲げ強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ブリネル硬さ (N/mm ²)	含水率 (%)	接触冷温感 q-max (W/cm ²)
コジイ (n=30)	平均値	0.59	107.8	12.64	21.1	9.9	0.419
	最大値	0.72	121.7	15.45	33.6	11.0	0.499
	最小値	0.52	84.1	9.52	13.2	9.5	0.287
	標準偏差	0.05	8.2	1.21	4.2	0.3	0.053
スギ (n=10)	平均値	0.35	51.4	7.17	5.7	13.5	0.289
	最大値	0.40	65.2	9.08	7.4	14.6	0.330
	最小値	0.30	43.0	4.76	3.3	12.1	0.212
	標準偏差	0.04	7.7	1.39	1.4	0.7	0.041
ヒノキ (n=10)	平均値	0.47	87.3	11.64	10.8	12.8	0.401
	最大値	0.53	101.3	14.48	15.9	13.7	0.471
	最小値	0.40	72.2	8.58	5.8	11.7	0.291
	標準偏差	0.04	9.8	1.59	2.9	0.7	0.052

ブリネル硬さと接触冷温感の関係を図13に示す。ブリネル硬さと接触冷温感に相関関係がみられ、材質が硬いほど肌接触時の熱移動が大きくなると考えられた。

図13 ブリネル硬さと接触冷温感 ($\Delta T=20^{\circ}\text{C}$) の関係

**1%レベルで有意

以上のことから、コジイはスギ・ヒノキと比較して、肌で触れた際の温かみは相対的に低くなるが、フローリング材に適した硬さを有することが確認されたため、フローリング材として利用できると考えられる。

4. 外構材使用を想定した性能評価試験

1) 室内防腐性能試験

コジイへのサーモ処理により、腐朽による質量減少率が大幅に減少し、オオウズラタケ、カワラタケに対する高い防腐性能が確認された (図14)。

2) 曲げ試験

サーモ処理による曲げヤング係数の変化は確認されなかったが（t 検定により 5%レベルで有意差なし）、曲げ強さは無処理材と比較して約 2 割低下した（t 検定により 1%レベルで有意差あり（図 15））。

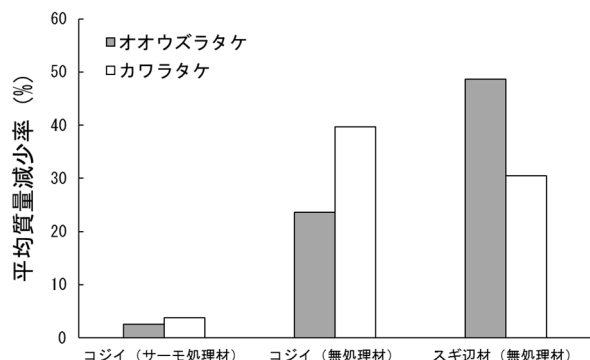


図 14 室内防腐性能試験（平均）

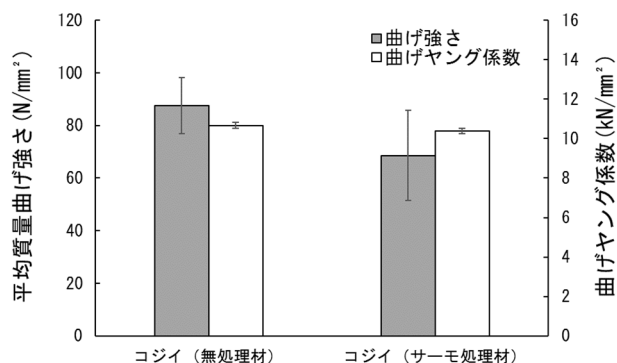


図 15 コジイの曲げ試験結果（平均）

以上の結果により、サーモ処理によって、防腐性能の著しい向上が確認されたことから、コジイを外構材として利用するにあたりサーモ処理が有効であることが確認された。

一方、曲げ強度の低下が確認されたことから、荷重のかかる部材への使用には注意が必要であると考えられる。

摘 要

1. 製材時の歩留まり調査の結果、平均歩留まりは 47.8%となった。
2. 乾燥試験の結果、天然乾燥で含水率 40%まで低下させた後、人工乾燥にて含水率 8%まで、乾燥温度 38℃～45℃、湿度を低下させすぎないように乾燥することにより損傷を抑制できる可能性が認められた。
3. コジイはスギ・ヒノキと比較して、肌で触れた際の温かみは相対的に低くなるが、フローリング材に適した硬さを有することが確認された。
4. コジイを 220℃で熱処理することにより、防腐性能の著しい上昇が確認されたが、曲げ強度は約 2 割低下した。
5. コジイは外材広葉樹の代替材として活用できる可能性、特にフローリング材のような内装材利用に適していることが確認された。

この研究を実施するにあたり、乾燥試験においてご指導いただいた国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所、齋藤周逸様ならびに木材乾燥研究室の皆様方に深くお礼申し上げます。

引用文献

- フローリングの日本農林規格. 別記(第3条及び第4条関係). 3 試験方法(1) 含水率試験.
- JIS K 1571:2010 木材保存剤—性能基準及びその試験方法. 5. 2. 防腐性能.
- JIS Z 2101:2009 木材の試験方法. 15 曲げ試験.
- JIS Z 2101:2009 木材の試験方法. 21 表面硬さ(ブリネル硬さ)の測定.
- 岡本憲治・濱口隆章. 2018. 県産未利用広葉樹(シイ)の建築資材等への利用拡大のための技術開発(1)木材乾燥スケジュールの推定試験(100℃試験). 和歌山県林業試験場業務報告. 76: pp. 24-26.
- 寺沢真. 1965. 05. 木材乾燥スケジュールの簡易決定法. 木材工業 20(5). pp. 216-221.
- 富田守泰・野原正人・香川紘一郎・杉山正典. 1985. 広葉樹小径材の材質特性及び乾燥技術に関する研究. 岐阜県林業センター研究報告. 14: p. 22.

紀伊水道東部海域における栄養塩濃度の月変化および年変化

陶山公彦・安江尚孝

和歌山県水産試験場

Monthly and Yearly Changes in Nutrient Concentrations in the Kii Channel

Kimihiko Suyama and Naotaka Yasue

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒 言

瀬戸内海において、1973年の瀬戸内海環境保全臨時措置法（後に特別措置法）の施行以降、海水中の栄養塩濃度は低下傾向である（阿保ら、2018）。瀬戸内海で栄養塩濃度の低下が進むことによって、ノリの色落ちが頻発するようになり、因果関係は科学的に立証されていないものの、瀬戸内海周辺の府県の漁獲量が減少した（反田ら、2014）。このように、栄養塩濃度の高低は漁獲量と関係している可能性があり、栄養塩濃度の長期変化を明らかにすることは、漁業資源の変動を説明する上で必要な情報の一つであると考えられる。

和歌山県の漁業生産量は海面漁業生産統計調査によると、1970年代は約6~7万tであり、1986年に約8万tの最高値を示したが、1990年代は約5~7万t、2010年代は約2~3万tとなっており（独立行政法人統計センター）、漁業生産量は長期的には減少傾向である。紀伊水道東部海域において、栄養塩濃度は和歌山県水産試験場が海洋観測調査の中で長期間にわたって測定してきた。紀伊水道への栄養塩の流出入については、高志ら（2002）が外洋からの流出入と海洋構造との関係を季節別に報告した。また、諏訪（2005）は1994年から2003年の栄養塩濃度データを用いて、季節変化とその要因について報告した。さらに、諏訪（2006）は1976年から2000年の栄養塩濃度データを黒潮離岸期と接岸期に分類し、両期の違いについて報告した。しかしながら、紀伊水道東部海域において、近年を含む栄養塩濃度の月変化やより長期にわたる栄養塩濃度の年変化は報告されていない。

本研究では、紀伊水道東部海域における栄養塩濃度の月変化と長期的な年変化を明らかにした。また、紀伊水道の海洋環境は黒潮の流路変動と関係が強く（柳、1996；竹内、2005）、黒潮の流路変動は紀伊水道への栄養塩の供給に影響を与えることから（笠井ら、2001；高志ら、2002）、黒潮の流路変動と紀伊水道東部海域における栄養塩濃度との長期的な関係を調べた。

材料および方法

1. 栄養塩濃度の測定

栄養塩濃度のデータは、和歌山県水産試験場が 1972 年 2 月から 2019 年 11 月までの間に、原則として年 4 回（2, 5, 8, 11 月）、紀伊水道東部海域で行った 15 定点の海洋観測調査から得た（図 1）。この調査では、日中に漁業調査船を用いて、定点ごとに 2 層、表層ではバケツ採水、底層では CTD 観測装置または採水器を用いて海底直上の水深でそれぞれおおよそ 1 L の採水を行った。採集した海水サンプルは帰港後、原則として翌日までにろ過を行った後、冷凍庫に保管した。後日解凍し、ガス分画連続流れ方式の分析装置を用いた比色法によって測定した。栄養塩濃度（ $\mu\text{g/L}$ ）の測定は硝酸塩（以下、 NO_3 ）、亜硝酸塩（以下、 NO_2 ）、アンモニア（以下、 NH_4^+ ）、りん酸塩（以下、 PO_4 ）について行い、このうち NO_3 と NO_2 と NH_4^+ を合計し溶存無機態窒素（以下、DIN）を算出した。

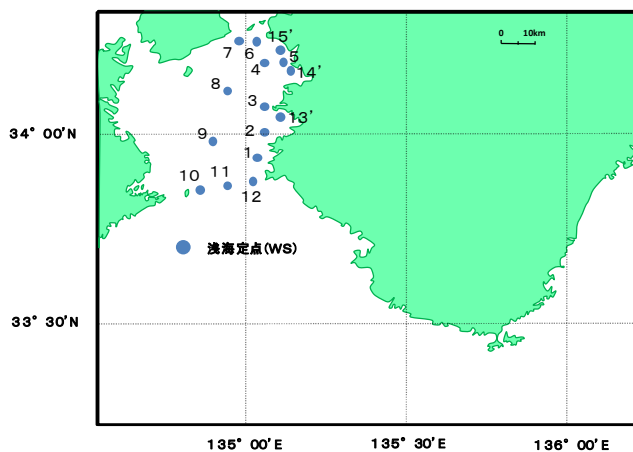


図 1 紀伊水道における海洋観測調査の定点図

2. 使用したデータとデータの解析

各月の栄養塩濃度は、全定点のうちの 10 定点以上の定点で測定結果が得られた場合を採用し、そのデータの平均値とした。採用したデータ数は、表層 DIN が 164、底層 DIN が 164、表層 PO_4 が 160、底層 PO_4 が 161 であった。

栄養塩の年変化を調べる場合においては、季節の違いが栄養塩濃度に及ぼす影響を軽減するため、5 項（1 年）移動平均値（データの欠測した月を含めた、当該月と前後二月ずつのデータの平均値）を用いた。5 項移動平均後のデータ数は、表層 DIN、底層 DIN、表層 PO_4 、底層 PO_4 のいずれも 188（1972 年 8 月～2019 年 5 月）であった。なお、栄養塩の年変化を月別に調べる場合においては、移動平均を行わなかった。

黒潮流路の変動が栄養塩濃度に及ぼす影響を調べるため、串本と浦神の潮位差（串本の潮位から浦神の潮位を引いた値。以下、潮位差）（藤田，2001）と栄養塩濃度との関係を調べた。潮位差は黒潮の流路を知るうえで有効であり、潮位差が大きいときは、潮岬から黒潮北縁までの距離が近い傾向がある（竹内，2005）。潮位差データは、気象庁（2021）が公表しているもののうち、栄養塩濃度の測定を行った月のデータを用いた。潮位データの欠測月を除いたデータ月数は 182（1972 年 2 月～2019 年 11 月）であった。

栄養塩濃度の月変化においては、DIN と PO_4 それぞれで、月間に差があるかどうかを検討するため、クラスカル・ウォリス検定を行った。また、月別の表層 DIN と底層 DIN との関係、表層 PO_4 と底層 PO_4 との関係を検討するため、ピアソンの相関分析を行った。栄養塩濃度の年変化においては、DIN と PO_4 それぞれの濃度の増減を検討するため、回帰分析を行った。また、月別の年変化に

ついて検討するため、DIN と PO₄ それぞれについて回帰分析を行った。さらに、潮位差と DIN 濃度との関係、潮位差と PO₄ 濃度との関係を検討するため、回帰分析を行った。

結 果

1. 栄養塩濃度の月変化

図 2 に表層 DIN、底層 DIN、表層 PO₄ 及び底層 PO₄ の濃度の月変化を示す。表層 DIN 濃度（平均 ± 標準偏差）は 2.57 ± 2.20 μg/L（8月）～6.89 ± 2.97 μg/L（2月）、底層 DIN 濃度は 4.16 ± 2.43 μg/L（11月）～6.47 ± 2.74 μg/L（2月）の範囲で変化した。DIN 濃度は表層（クラスカル・ウォリス検定、 $\chi^2 = 56.3$, $df = 3$, $p < 0.001$ ）および底層（クラスカル・ウォリス検定、 $\chi^2 = 20.4$, $df = 3$, $p < 0.001$ ）のどちらとも月によって異なっていた。表層では 2 月に最も高く、5 月から 8 月にかけて低下し、11 月に上昇した。底層でも 2 月に最も高かった。

表層 PO₄ 濃度は 0.17 ± 0.15 μg/L（8月）～0.40 ± 0.23 μg/L（2月）、底層 PO₄ 濃度は 0.39 ± 0.19 μg/L（11月）～0.43 ± 0.23 μg/L（2月）の範囲で変化した。表層の PO₄ 濃度は月によって異なっており（クラスカル・ウォリス検定、 $\chi^2 = 43.1$, $df = 3$, $p < 0.001$ ）、2 月に最も高く、5 月から 8 月にかけて低下し、11 月に上昇した。一方、底層では有意な月変化は見られなかった（クラスカル・ウォリス検定、 $\chi^2 = 1.3$, $df = 3$, $p = 0.73$ ）。

図 3 に月別の表層 DIN と底層 DIN との濃度の関係、および表層 PO₄ と底層 PO₄ との濃度の関係を示す。表層 DIN と底層 DIN との関係においては、2 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.898$, $n = 38$, $p < 0.001$ ）、5 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.440$, $n = 43$, $p < 0.01$ ）、8 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.476$, $n = 43$, $p < 0.01$ ）、11 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.896$, $n = 40$, $p < 0.001$ ）のいずれも有意な正の相関があった。また、表層 PO₄ と底層 PO₄ との関係においては、2 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.941$, $n = 36$, $p < 0.001$ ）、5 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.799$, $n = 43$, $p < 0.001$ ）、8 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.732$, $n = 43$, $p < 0.001$ ）、11 月（ピアソンの相関分析、 $r = 0.794$, $n = 38$, $p < 0.001$ ）のいずれも有意な正の相関があった。すなわち、表層の栄養塩濃度が高いときは底層も高かった。

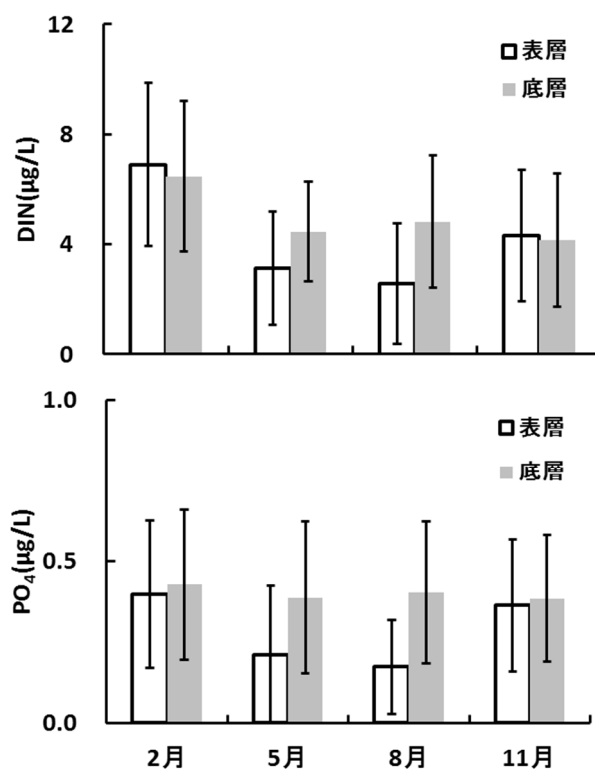


図 2 DIN 濃度および PO₄ 濃度の月変化
※棒グラフは平均値、バーは標準偏差を示す

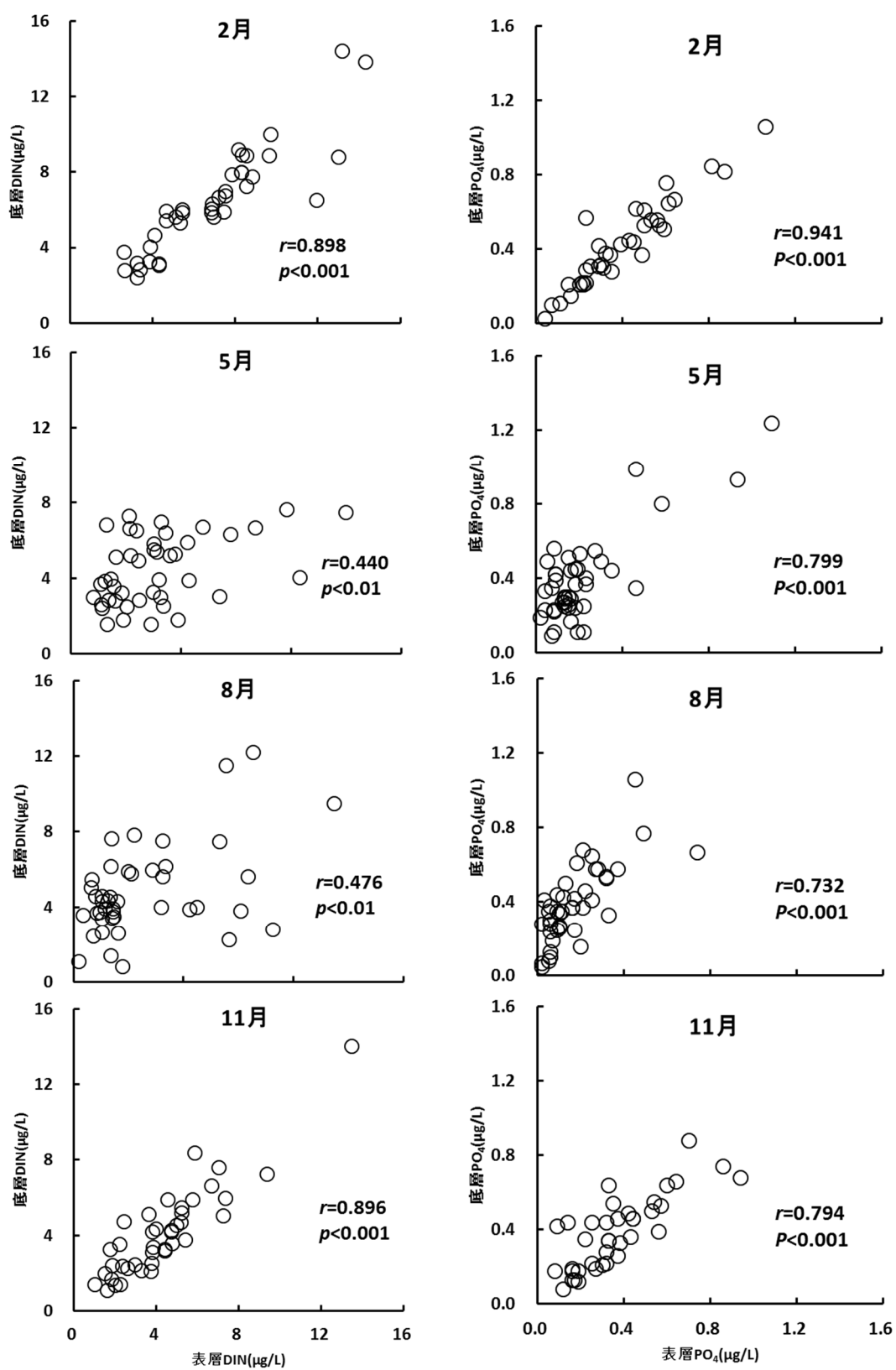


図3 月別の表層DIN濃度と底層DIN濃度との関係および表層PO₄濃度と底層PO₄濃度との関係

2. 栄養塩濃度の年変化

図4に栄養塩濃度の年変化を示す。年変動は大きいものの、表層DIN濃度は長期的には低下しており（回帰分析, $y = -0.00680x + 4.7960$, $r = -0.235$, $n = 188$, $p < 0.01$ ）、回帰式から計算すると、1972年8月～2019年5月で $1.28 \mu\text{g/L}$ (26.7%) 低下した。また、底層DIN濃度も長期的には低下しており（回帰分析, $y = -0.00627x + 5.5656$, $r = -0.235$, $n = 188$, $p < 0.01$ ）、回帰式から計算すると、 $1.18 \mu\text{g/L}$ (21.2%) 低下した。

年変動は大きいものの、表層 PO_4 濃度も長期的には低下しており（回帰分析, $y = -0.00102x + 0.3682$, $r = -0.406$, $n = 188$, $p < 0.001$ ）、回帰式から計算すると、1972年8月～2019年5月で $0.19 \mu\text{g/L}$ (52.1%) 低下した。また、底層 PO_4 濃度も長期的には低下しており（回帰分析, $y = -0.00153x + 0.5466$, $r = -0.577$, $n = 188$, $p < 0.001$ ）、回帰式から計算すると、 $0.29 \mu\text{g/L}$ (52.6%) 低下した。DIN濃度と比較すると、 PO_4 濃度は顕著に低下していた。

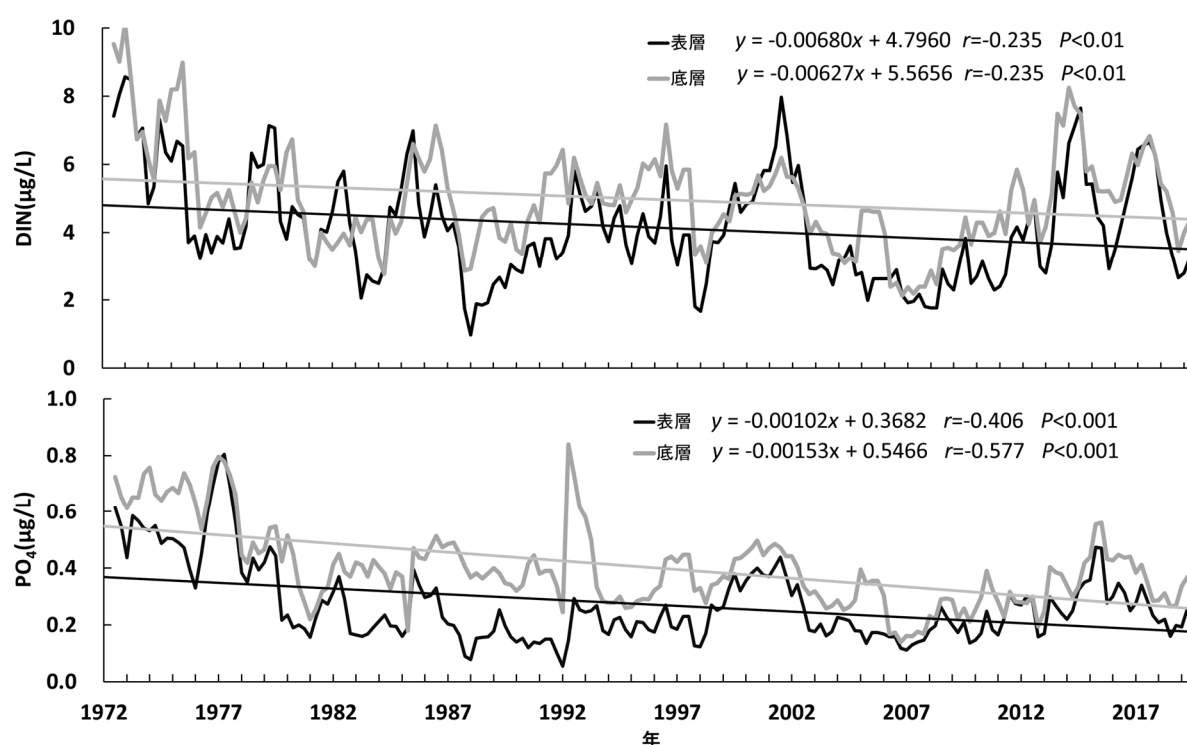


図4 DIN濃度および PO_4 濃度の年変化

3. 月別の栄養塩濃度の年変化

図5にDIN濃度の月別の年変化を示す。2月では、表層（回帰分析, $n = 38$, $p = 0.131$ ）および底層（回帰分析, $n = 38$, $p = 0.236$ ）とも有意な年変化は見られなかった。5月では、表層で長期的な低下傾向が見られたが（回帰分析, $y = -0.0451x + 4.1911$, $r = -0.306$, $n = 43$, $p < 0.05$ ）、底層では有意な年変化は見られなかった（回帰分析, $n = 43$, $p = 0.196$ ）。8月では、表層（回帰分析, $n = 43$, $p = 0.926$ ）および底層（回帰分析, $n = 43$, $p = 0.462$ ）とも有意な年変化は見られなかった。11月では、表層（回帰分析, $n = 40$, $p = 0.142$ ）および底層（回帰分析, $n = 40$, $p = 0.381$ ）とも有意な年変化は見られなかった。総じて、いずれの月においても、表層および底層

のどちらも年変動が大きく、明瞭な長期的変化は見られなかった。

図6にPO₄濃度の月別の年変化を示す。2月では、表層（回帰分析, $n = 36, p = 0.242$ ）および底層（回帰分析, $n = 36, p = 0.156$ ）とも有意な年変化は見られなかった。一方、5月では、表層（回帰分析, $y = -0.00698x + 0.3754, r = -0.456, n = 43, p < 0.001$ ）および底層（回帰分析, $y = -0.00975x + 0.6180, r = -0.577, n = 43, p < 0.001$ ）とも長期的に低下していた。8月では、表層（回帰分析, $y = -0.00504x + 0.2976, r = -0.488, n = 43, p < 0.001$ ）および底層（回帰分析, $y = -0.00491x + 0.5272, r = -0.320, n = 44, p < 0.05$ ）とも長期的に低下していた。11月では、表層（回帰分析, $y = -0.00497x + 0.4900, r = -0.351, n = 38, p < 0.001$ ）および底層（回帰分析, $y = -0.00466x + 0.5039, r = -0.345, n = 38, p < 0.05$ ）とも長期的に低下していた。DIN濃度と比較すると、PO₄濃度は顕著に低下していた。

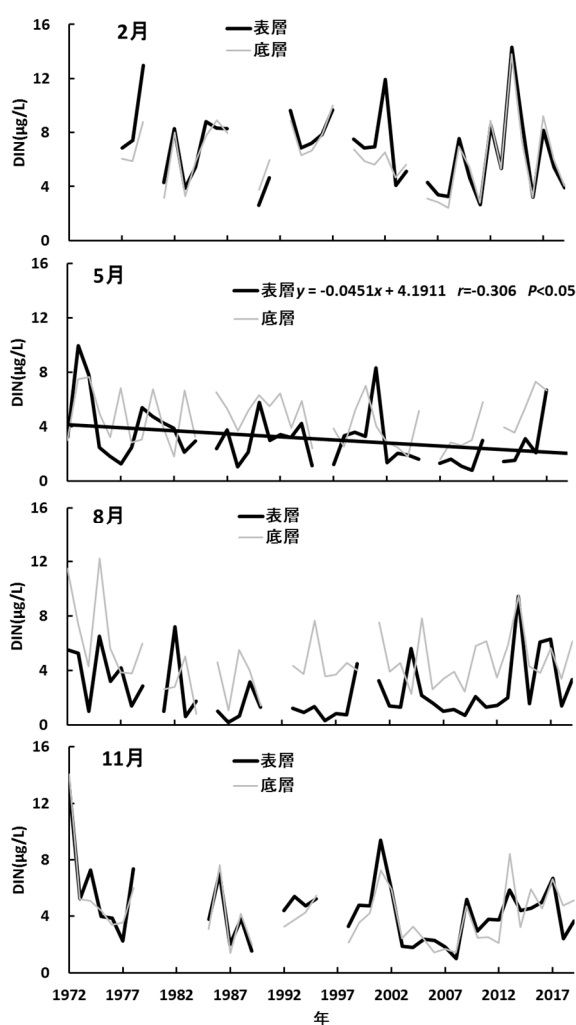


図5 月別のDIN濃度の年変化

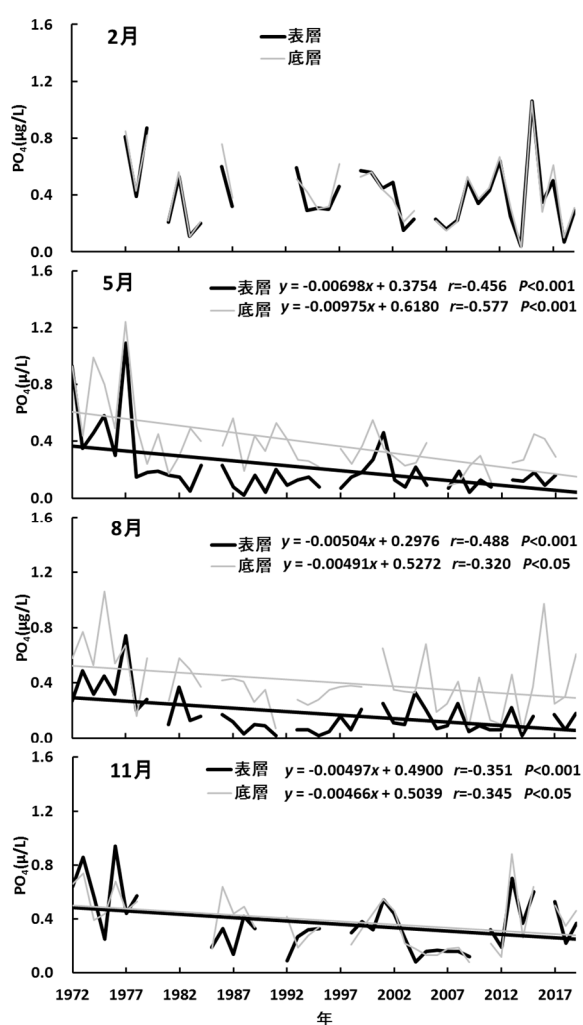


図6 月別のPO₄濃度の年変化

4. 串本と浦神の潮位差と栄養塩濃度との関係

図7に潮位差とDIN濃度との関係、潮位差とPO₄濃度との関係を示す。表層DIN濃度では潮位差と有意な負の関係があったが(回帰分析, $y = -0.0838x + 5.0562$, $r^2 = 0.052$, $n = 155$, $p < 0.01$), 底層DIN濃度では有意な関係が見られなかった(回帰分析, $n = 155$, $p = 0.70$)。表層PO₄濃度では潮位差と有意な負の関係があったが(回帰分析, $y = -0.00803x + 0.3681$, $r^2 = 0.083$, $n = 151$, $p < 0.001$), 底層PO₄濃度では有意な関係が見られなかった(回帰分析, $n = 152$, $p = 0.09$)。潮位差が大きいほど表層の栄養塩濃度は低かった。

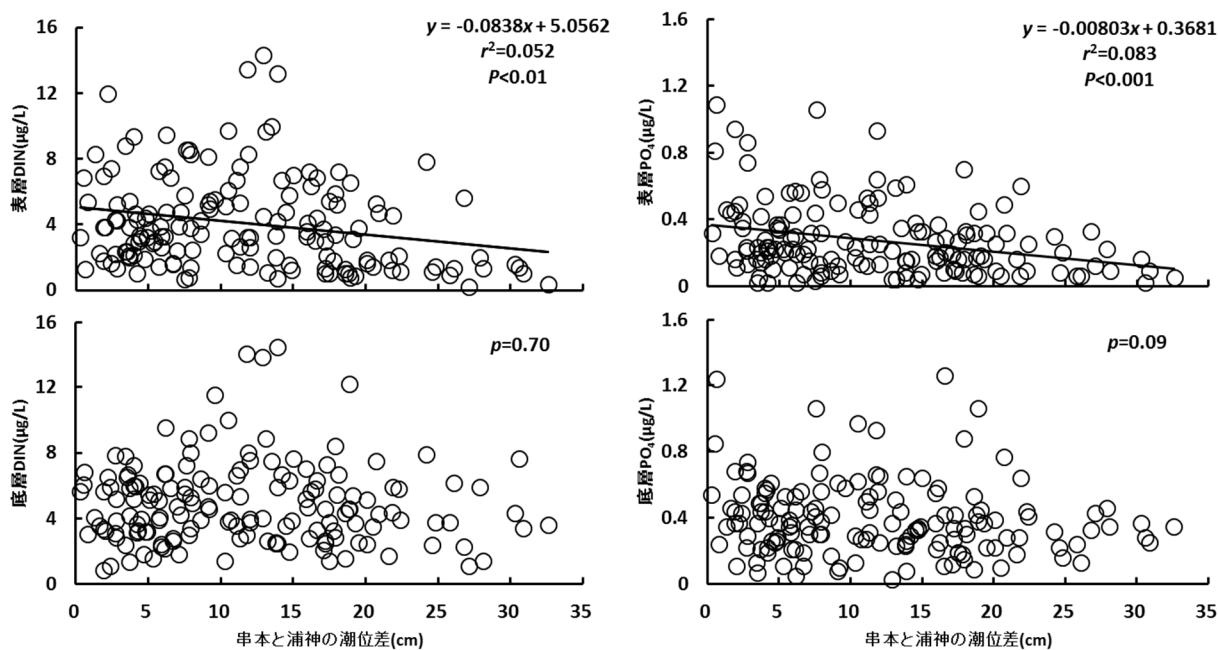


図7 潮位差とDINおよびPO₄濃度の関係

考 察

本研究では、各月の栄養塩濃度は、紀伊水道東部海域の海洋観測全15定点のうちの10定点以上で測定結果が得られた場合を採用し、それらの定点の平均値とした。すなわち、本研究の結果は、紀伊水道東部海域の栄養塩濃度の平均的な特徴を明らかにしたものである。

栄養塩濃度の月変化では、表層の月変化は底層と比較すると明瞭であった。DIN濃度、PO₄濃度ともに、表層は春季(5月)から夏季(8月)に低く、秋季(11月)から冬季(2月)に高くなった。秋季から冬季にかけての上昇は、鉛直混合によって底層の栄養塩が表層に供給されたためと考えられ、底層と表層の栄養塩濃度が類似した値になることと矛盾しなかった(諏訪, 2005)。春季における表層の栄養塩濃度の低下は、春季ブルームによる植物プランクトンの増加によって表層の栄養塩が消費された可能性がある。表層DIN濃度と底層DIN濃度との関係、および表層PO₄濃度と底層PO₄濃度との関係はいずれも高い正の相関を示し、表層の栄養塩濃度が高いときは底層も高かった。特に、2月のDIN濃度が $r = 0.898$, 11月のDIN濃度が $r = 0.896$, 2月のPO₄濃度が $r = 0.941$ と相対的に高い相関を示しており、秋季から冬季の鉛直混合を反映したものと考えられる。

栄養塩濃度の年変化については、紀伊水道東部海域において、年変動は大きいものの、1972年8

月～2019年5月でDIN濃度は表層で26.7%、底層で21.2%低下しており、 PO_4 濃度は表層で52.1%、底層で52.6%低下していた。栄養塩濃度の低下については、瀬戸内海環境保全臨時措置法などの環境施策に伴う陸域からの負荷量削減が大きな要因であるが、底泥や外海からの供給量の低下や近年の全天日射量の増加も栄養塩濃度の低下に影響を及ぼしていると考えられている（阿保ら、2018）。瀬戸内海において、DINは瀬戸内海周辺のいずれの府県においても低下傾向であるが、 PO_4 では一貫した傾向は見られていない（反田ら、2014）。紀伊水道東部海域では、 PO_4 濃度は低下しており、その度合いはDINと比較して顕著であった。

月別に栄養塩濃度の年変化を調べると、DIN濃度では、5月に表層で低下が見られたのを除き、有意な低下は見られなかった。これは、年変動が大きいことや1970年代から80年代までにデータの欠測が多かったことによると考えられる。しかしながら、有意ではないもののいずれの月と層においても低下傾向にあり、すべての月をプールして長期変化を調べたときに、各月の低下が積み重なって有意な低下となったと考えられる。一方、月別の PO_4 濃度では、2月では有意な傾きが見られなかったが、他の月の表層と底層においては有意な低下が見られた。有意な低下傾向になった理由としては、DIN濃度と同様に、年変動が大きく1970年代から80年代にデータの欠測が多かったが、より低下傾向が顕著であったことによると考えられる。栄養塩濃度の高い傾向にある1970年代から80年代の特に2月のデータの欠測が多いことから単純な比較は難しいが、総じて、 PO_4 濃度は月にかかわらず低下していた。

串本と浦神の潮位差と栄養塩濃度との関係では、表層DIN、表層 PO_4 のいずれも潮位差が大きいほど栄養塩濃度は低くなったことから、黒潮の接岸時には、表層の栄養塩濃度は低くなると考えられる。小林ら(2004)は、黒潮の離岸時には、紀伊水道では外海起源の窒素・リンが流入して高栄養になり、接岸時には貧栄養となることを報告した。また、諏訪(2005)は、表層DINは冬季から夏季に、表層 PO_4 は周年にわたって接岸時より離岸時で高くなる傾向があることを報告した。しかしながら、本研究で得られた潮位差と栄養塩濃度との関係の決定係数(r^2)は表層DINが0.052、表層 PO_4 が0.083と低く、また底層では有意な関係が見られないことから、栄養塩濃度が黒潮の流路変動以外の影響も受けていると考えられる。潮汐(山田ら、1977)による紀伊水道外との恒常的な海水交換などが影響している可能性がある。

本研究では、一次生産にとって必要である栄養塩の濃度が長期的に低下していることを明らかにした。陶山・安江(2021)は、透明度の変化が水質の変化を総合的に表したものと仮定し、紀伊水道東部海域の海水が長期的により透明になったこと報告した。栄養塩濃度の低下、透明度の上昇、漁獲量の減少は紀伊水道東部海域における生物生産力の低下を示している可能性がある。多田ら(2014)は、栄養塩濃度が低下していく過程で、植物プランクトンの生物量が減少するのかどうかについては明らかではなく、栄養塩濃度の減少に対しては、生物量としての減少よりも、種組成の変化という応答を示す可能性が高いと報告した。和歌山県水産試験場の海洋観測調査においては、植物プランクトンの種組成のデータは得られておらず、種組成の年変化を調べることは不可能である。植物プランクトンの生物量の年変化を明らかにすることが今後の課題である。

摘 要

本研究では、紀伊水道東部海域における栄養塩濃度(DINと PO_4)の月変化と長期的な年変化を明らかにするとともに、串本と浦神の潮位差(黒潮の流路変動)と栄養塩濃度との関係を調べた。

1. 栄養塩濃度は、DIN 濃度、PO₄濃度ともに、表層は5月から8月に低く、11月から2月に高くなったのに対し、底層は変化が小さかった。
2. 1972年8月～2019年5月で、DIN 濃度は表層で26.7%、底層で21.2%低下した。また、PO₄は表層で52.1%、底層で52.6%低下した。
3. 表層 DIN、底層 DIN、表層 PO₄、底層 PO₄のいずれも潮位差が大きい（黒潮が潮岬に接岸する）ほど濃度が低くなる傾向があった。

引用文献

- 阿保勝之・秋山 諭・原田和弘・中地良樹・林 浩志・村田憲一・和西昭仁・石川陽子・益井敏光・西川 智・山田京平・野田 誠・徳光俊二. 2018. 瀬戸内海における栄養塩濃度等の水質変化とその要因. 沿岸海洋研究. 55 : 101-111.
- 独立行政法人統計センター. 政府統計の総合窓口 e-start 海面漁業生産統計調査 長期累年. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalistsearch/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500216&tstat=000001015174&cycle=0&tclass1=000001034726> (2021年11月19日閲覧)
- 藤田弘一. 2001. 日本南岸の黒潮流路の変動と串本・浦神の潮位差との関連に関する研究. 三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告. 10 : 1-50.
- 笠井亮秀・藤原建紀・多田光男. 2001. 紀伊水道の海洋構造と栄養塩輸送. 海岸工学論文集 48 : 436-440.
- 気象庁. 2021. 海洋の健康診断表 黒潮の数か月から十年規模の変動 (流路). https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/b_2/kuroshio_stream/kuroshio_stream.html (2021年11月22日閲覧)
- 小林志保・高志利宣・藤原建紀. 2004. 瀬戸内海における栄養塩輸送の長期変動とその低次生態系への影響. 海と空. 80 : 61-67.
- 諏訪 剛. 2005. 紀伊水道東部海域における栄養塩の季節変化. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 6 : 169-184.
- 諏訪 剛. 2006. 黒潮離岸期と接岸期における紀伊水道東部海域の表層海洋環境. 黒潮の資源海洋研究. 7 : 67-72.
- 陶山公彦・安江尚孝. 2021. 和歌山県沿岸海域における透明度の月変化および年変化. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告. 9 : 131-136
- 多田邦尚・西川哲也・樽谷賢治・山本圭吾・一見和彦・山口一岩・本城凡夫. 2014. 瀬戸内海東部海域の栄養塩低下とその低次生物生産過程への影響. 沿岸海洋研究. 52 : 39-47.
- 高志利宣・藤原建紀・住友寿明・竹内淳一. 2002. 外洋から紀伊水道への窒素・リンの輸送. 海岸工学論文集. 49 : 1076-1080.
- 竹内淳一. 2005. 紀伊半島周辺の海洋構造と変動および漁業への影響. 和歌山県農林水産総合技術センター特別研究報告. 8 : 1-123.
- 反田 實・赤繁 悟・有山啓之・山野井英夫・木村 博・團 昭紀・坂本 久・佐伯康明・石田祐幸・壽 久文・山田卓郎. 2014. 瀬戸内海の栄養塩環境と漁業. 水産技術. 7 : 37-46.
- 山田 久・坂本久雄・久岡 実. 1977. 紀伊水道域における海況の短期変動に関する研究. 南西海

区水産研究所研究報告. 10 : 33-52.

柳 哲雄. 1996. 大阪湾・紀伊水道の海況変動に対する外洋の影響. 沿岸海洋研究. 34 : 53-57.

学会誌掲載論文抄録

ビワキジラミ成虫に対する各種薬剤の殺虫効果

松山尚生

和歌山県果樹試験場

Effect of insecticides to adult of loquat psyllid, *Cacopsylla biwa*

Naoki Matsuyama

Wakayama fruit tree Experiment Station

Abstract

We investigated the toxicity of 31 insecticides to adult loquat psyllids, *Cacopsylla biwa*, collected from loquat trees in Wakayama Prefecture. Alanycarb, chlorpyrifos, malathion, methidathion, phenthoate, ethiprole, silafluofen, and cartap were toxic, resulting in a corrected mortality of more than 90%.

和歌山県のビワ樹から採集したビワキジラミ成虫に対し、31 剤の殺虫剤の殺虫効果を調査した。アラニカルブ、クロルピリホス、マラソン、DMTP、PAP、エチプロール、シラフルオフエン、カルタップ剤は、補正死亡率 90%以上で殺虫効果が高かった。

海上輸送による北米地域への輸出に向けた渋ガキ 3 品種の軟化抑制技術の検討

古田貴裕^{1,2}・大槻 巧²・岡田留伊²・河井 崇²・福田文夫²・
牛島幸一郎²・久保康隆²・中野龍平^{3*}

¹ 和歌山県果樹試験場かき・もも研究所 649-6531 和歌山県紀の川市粉河

² 岡山大学大学院環境生命科学研究科 700-8530 岡山市北区津島中

³ 京都大学大学院農学研究科附属農場 619-0218 京都府木津川市城山台

Control of fruit softening during marine transport bound for North America in three astringent-type persimmons

Takahiro Furuta^{1,2}, Takumi Otsuki², Rui Okada², Takashi Kawai², Fumio Fukuda², Koichiro Ushijima², Yasutaka Kubo² and Ryohei Nakano^{3*}

¹ *Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Pref., Kokawa, Kinokawa, Wakayama 649-6531*

² *Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, Okayama 700-8530*

³ *Experimental Farm of Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kizugawa, Kyoto 619-0218*

摘 要

和歌山県産渋ガキ 3 品種 ‘刀根早生’, ‘平核無’, ‘中谷早生’ の海上輸送による米国などへの輸出に向けた軟化抑制技術として, 防湿段ボールでの最適輸送温度および 1-MCP 処理の効果を検討した. また, ‘刀根早生’ では MA (Modified Atmosphere) 包装の効果についても検討した. 概して, ‘刀根早生’ の果実軟化は 25°C から 0°C まで低温ほど抑制された. ただし, 5°C および 10°C では保持期間の延長に伴って低温障害の兆候が見られた. 1-MCP の軟化抑制効果は, 25°C および 20°C で処理後 2 週間, 15°C および 10°C では処理 3 週間, 5°C では処理後 4 週間程度であった. 0°C では処理後 4 週間保持し 25°C 移行後 1 週間程度軟化が抑制された. ポリエチレン袋による MA 包装も低温環境では明確な軟化抑制効果を示した. ただし, 1-MCP 処理と併用しても相加的な効果はごくわずかであった. 0°C で 4 週間保持し 25°C に移行した ‘中谷早生’ では 1-MCP 処理した果実も移行直後から軟化の進行が認められた. ‘平核無’ では, 1-MCP 処理の有無にかかわらず, 25°C 移行後 10 日程度, 軟化果実は発生しなかった.

以上のことから, 北米地域への約 1 か月と想定される海上輸送における最適温度は 0°C であり① ‘中谷早生’ では脱渋時の 1-MCP 処理のみでは輸送後の商品性を維持することが困難であること② ‘刀根早生’ では 1-MCP 処理または MA 包装により輸送後の商品性を 7 日以上維持できること③ ‘平核無’ は 1-MCP 処理をしていなくても, 輸送後の商品性を 10 日程度維持できることが示唆された.

Effect of Irrigation Amount on Flower Bud Growth and Fruit Set in Japanese Apricot ‘Nanko’

Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura

*Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Minabe, Wakayama
645-0021, Japan*

Yield optimization of young Japanese ‘Nanko’ apricot (*Prunus mume* Siebold et Zucc.) trees requires adequate and timely irrigation. Here, different irrigation amounts (5, 10, 15, and 20 mm) were applied to three-year-old trees from July (initiation of flower bud differentiation stage) to March (fruit setting stage), when the pF meter reading was 2.7. Then, the effects on flower buds and fruit setting rate were assessed. Trees supplied with the 5 and 10 mm irrigation amounts experienced severe drought stress. Limited water supply reduced flower-bud growth and flower-bud number, possibly caused by several factors including inhibition of flower-bud differentiation in summer and abscission of immature buds just before anthesis. Limited irrigation did not inhibit complete flower formation, except under the 5 mm irrigation treatment, but flower size and fruit-setting rate were negatively affected. These findings indicated that insufficient irrigation caused poor flower formation and low fertility. Combined, these effects explained the observed yield reduction and all irrigation treatments, except for the 20 mm one, severely affected productivity. Based on these results, we recommend that the amount of water applied to young Japanese apricot trees from flower-bud differentiation to fruit set should be no less than 20 mm to achieve adequate flower bud growth and a high fruit-setting rate for high fruit yield.

灌水量がウメ‘南高’の花芽生育および着果に及ぼす影響

ウメ‘南高’の収量を維持するためには適宜必要量の灌水を行うことが重要である。本研究では3年生樹にpFメーターが2.7を示した時点で、異なる灌水量(5, 10, 15および20mm)を7月(花芽分化開始期)から3月(結実期)まで行い、花芽生育や着果率への影響を調査した。5および10mmの灌水を行った樹体は強い水分ストレスを受けていた。灌水量が少なくなるほど花芽生育の抑制と花芽数の減少が認められた。これらは花芽分化の抑制や開花前の落下により引き起こされたと考えられる。完全花の形成は、5mm区を除いて妨げられなかった。しかし灌水量が少なくなるとともに花は小さくなり、着果率は低くなった。このことから、「南高」の若木では灌水量が十分でないと、花の形成が不十分になり、受精が抑制されることが示唆された。灌水量の減少によるこれらの影響が収量の減少につながり、20mmより少ない灌水量では果実の生産性が低下することが示された。

萌芽更新したウバメガシとアラカシの開花結実特性

山下 由美子

和歌山県林業試験場

Flowering and fruiting characteristics on sprouting of *Quercus phillyraeoides* and *Q. glauca* in Japan

Yumiko Yamashita

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

Abstract

In this study, we examined the flowering and fruiting characteristics of *Quercus phillyraeoides* and *Q. glauca* at 3, 5, and 11 years after logging in binchō charcoal wood forests in Japan. We surveyed flowering in four stands in spring 2014, and fruiting in three stands in autumn 2015. The mean height and mean stem base diameter were greater in *Q. glauca* than in *Q. phillyraeoides* at all but one site. For *Q. phillyraeoides*, we observed flower set and fruiting in 3 and 4 years, respectively, and for *Q. glauca*, we observed fruiting in 4 years. The minimum heights of individual flowering trees was 0.55 m in *Q. phillyraeoides*. The minimum heights of individual fruiting trees were 0.96 and 2.17 m in *Q. phillyraeoides* and *Q. glauca*, respectively. The ratio of flowering and fruiting individuals was higher in *Q. phillyraeoides* than in *Q. glauca* at all sites where flowering and fruiting were observed. These results imply that *Q. phillyraeoides* and *Q. glauca* may exhibit reproductive precocity in starting seed production during the early growth stage, and flowering and fruiting start earlier in *Q. phillyraeoides* than in *Q. glauca*.

萌芽更新したウバメガシとアラカシの開花結実年齢を調べるため、伐採後経過年数が3, 5, 11 (2林分) 年と異なる備長炭原木林4林分で調査を行った。開花調査は2014年春 (1林分のみ2011年春) に、結実調査は1年半後の2015年秋に3林分で行った。調査個体の平均樹高と平均地際径は一つの調査地をのぞいて、ウバメガシよりもアラカシで大きかった。萌芽更新したウバメガシは3年で着花し、4年で結実することを確認できた。萌芽更新したアラカシは、4年時に結実した。ウバメガシの開花最小樹高は0.55mであった。結実個体の最小樹高はウバメガシ0.96m, アラカシ2.17mであった。開花・結実がみられた全ての調査地において、開花・結実個体の割合は、アラカシよりもウバメガシで高かった。以上から、ウバメガシ、アラカシとも成長初期段階で堅果生産を開始する繁殖早熟性があると考えられた。さらに、ウバメガシの開花結実はアラカシよりも早く開始され、早い段階で堅果生産する個体が多いことが示唆された。

煙樹ヶ浜松林におけるマツ類枯死木の増加要因について

法眼利幸¹, 山下由美子¹, 米光 裕², 五味裕和³, 大森裕也⁴, 津村直希⁵

¹和歌山県林業試験場 649-2103 和歌山県西牟婁郡上富田町生馬 1504-1

²和歌山工業高等専門学校生物応用科学科 644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77

³和歌山県伊都振興局 648-8541 和歌山県橋本市市脇 4 丁目 5 番 8 号

⁴和歌山県林業振興課 640-8585 和歌山県和歌山市小松原通一丁目 1 番地

⁵美浜町 644-0044 和歌山県美浜町和田 1138 番地の 278

The cause of increased pine death in the coastal forest of Enjyugahama

Toshiyuki Hougen¹, Yumiko Yamashita¹, Hiroshi Yonemitsu², Hirokazu Gomi³, Yuya Omori⁴
and Naoki Tsumura⁵

¹ *Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station, 1504-1 Ikuma, Kamitonda-cho, Wakayama 649-2103*

² *National Institute of Technology, Wakayama College, 77 Noshima, Nada-cho, Gobo-shi, Wakayama 644-0023*

³ *Ito Promotion Bureau, Wakayama Prefecture, 4-5-8, Ichiwaki, Hashimoto-shi, Wakayama 648-8541*

⁴ *The forestry promotion department, Wakayama Prefecture, 1-1, Komatstubara-dori Wakayama city 640-8585*

⁵ *Mihama Town, 1138-278, wada, Mihama-cho, Wakayama 644-0044*

摘 要

和歌山県美浜町にある煙樹ヶ浜松林では、マツ類の枯死木本数が2018年度以降急増した。原因を明らかにするため、松林約78ha内で2019年春～夏季に確認された482本のマツ類当年度枯死木のうち、分布がほぼ均等になるよう90本(クロマツ39本, アカマツ43本, テーダマツ8本)を選定し毎木調査を実施した。枯死原因別に区分したところ、マツ材線虫病(LAMP法)13本(14.4%), 被圧4本(4.4%), 潮風害61本(67.8%), 不明12本(13.3%)となった。以上から煙樹ヶ浜松林において2018年から続いているマツ類枯死木の増加は、マツ材線虫病によるものも含まれるが、主として2018年の台風21号による激しい潮風害によるものであった。潮風害はクロマツ, アカマツ, テーダマツのいずれの樹種でも最も多い枯死原因であったが、クロマツでは潮風害に被圧が影響を及ぼしており、海側林縁から100m以内の強い被圧により枝葉の減少したものが多く枯れていた。クロマツは潮風害に強いものの、激しい潮風を浴び続けたことで葉枯れが発生し、それほど被圧されていないものは部分的な枝葉枯れに留まったが、強度の被圧状態にあるものは被圧のために少なくなっていた枝葉をさらに失って枯死に至ったと考えられた。アカマツは海側林縁からの距離や被圧状態に関わらず枯れており、風当たりが良いものが被害を受けた可能性がある。

紀伊水道および紀伊水道外域におけるマルアジの 脂肪含量の季節変動

武田崇史・安江尚孝

和歌山県水産試験場, 和歌山県東牟婁郡串本町, 649-3503

Seasonal variability in lipid content of Japanese scad *Decapterus maruadsi* in the Kii Channel and the outer waters adjacent to the Kii Channel, Japan

Takashi TAKEDA and Naotaka YASUE

*Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station, Kushimoto 1557-20, Kushimoto, Higashimuro,
Wakayama 649-3503, Japan*

Abstract

The seasonal variabilities in lipid content of muscle, intraperitoneal fat-body ratio and hepatosomatic index of Japanese scad were examined in the Kii Channel and the outer waters adjacent to the Kii Channel to clarify the relationship between nutritional condition and spawning. The fatty acid content of muscle was also examined in the spawning and non-spawning seasons. The spawning season was from April to August based on the gonadosomatic index. Lipid content of muscle was relatively low from July to August, and intraperitoneal fat-body ratio was nearly zero in the spawning season. Lipid content of muscle and intraperitoneal fat-body ratio increased after the spawning season. These results suggest that the seasonal variabilities in lipid content of muscle and intraperitoneal fat-body ratio are related to the spawning cycle. Hepatosomatic index was relatively high from April to June. The fatty acid compositions were similar between the spawning and non-spawning seasons. The individuals with higher lipid content tended to have higher fatty acid content such as C16: 0 and C18: 1.

本研究では、紀伊水道および紀伊水道外域で漁獲されたマルアジについて、魚体の栄養状態と産卵との関係に関する知見を得ることを目的として、身中の脂肪含量、腹腔内脂肪組織重量指数および比肝重値の季節変動を明らかにした。加えて、産卵期と非産卵期には、身中の脂肪酸含量を明らかにした。生殖腺指数に基づくと、産卵期は4月から8月であった。脂肪含量は7月から8月に低下し、腹腔内脂肪組織重量指数は産卵期には0に近くなった。産卵後、脂肪含量および腹腔内脂肪組織重量指数は増大した。このように、脂肪含量および腹腔内脂肪組織重量指数の季節変動は、産卵と関係していると考えられる。比肝重値は4月から6月にやや増大した。脂肪酸組成は産卵期と非産卵期で類似していた。C16:0やC18:1のような各種脂肪酸の含有量は、脂肪含量が高い個体ほど多い傾向があった。

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第10号

発行 令和4年3月
発行所 和歌山県農林水産部
〒640-8585
和歌山県和歌山市小松原通1-1
TEL 073-441-2997
FAX 073-433-3024
