

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

NO. 14 March 2026

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第14号

令和8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】

- 夏秋ギク型スプレーギク新品種‘紀州サマーリンド’の育成経過とその特性————— 1～11
水落俊良・松本比呂起・井溪奏一朗・島浩二
- シントウ新品種‘ししわかまる’の養分吸収特性の解明————— 12～18
橋本真穂

【農業試験場暖地園芸センター】

- 実エンドウ‘光丸うすい’の秋播きハウス冬春どり栽培における初期収量向上に関する
研究————— 19～31
宮前治加・田中寿弥・東卓弥・片山泰弘
- 暖地におけるトルコギキョウの育苗条件がロゼット株の発生に及ぼす影響————— 32～42
花田裕美・吉廣卓哉

【果樹試験場】

- ウンシュウミカン新品種‘あおさん’の果実生育特性と栽培適地、貯蔵特性————— 43～53
宮井良介・熊本昌平・井口豊・沼口孝司
- ‘はるき’の幼木管理および着果管理技術の確立————— 54～66
衛藤夏葉・下村友季子・中谷章・熊本昌平
- カンキツ園地におけるドローン用肥料の散布方法と土壤理化学性および樹体への影響— 67～82
衛藤夏葉・下村友季子・中谷章・熊本昌平
- ウンシュウミカンにおけるドローンを用いた夏季の防除体系————— 83～91
下村友季子・松山尚生・衛藤夏葉

【果樹試験場うめ研究所】

- ウメ‘南高’の摘心およびカットバック処理による青梅生産性の向上————— 92～101
城村徳明・仲慶晃・大江孝明・稲葉有里・下村友季子・綱木海成・土田靖久
- ウメ‘露茜’安定生産のための「片側一文字仕立て」栽培管理技術の開発————— 102～112
向日春輔・柏木悠里・綱木海成・城村徳明・土田靖久
- 不作年における開花前および開花期間中の気象条件がウメ‘南高’の着果に及ぼした
影響————— 113～121
道上想・沼田晃千月・綱木海成・金丸丈能・山本圭太
- 包装資材の違いがウメ‘南高’の貯蔵中の褐変障害発生および果実品質に及ぼす影響— 122～132
田嶋皓・大江孝明・金丸丈能・道上想・沼田晃千月・梶野高志
- 和歌山県のウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの発生生態と吸汁被害による影響 133～144
裏垣翔野・向日春輔・柏木悠里・金丸丈能・下村友季子

【林業試験場】

- 和歌山県産スギ・ヒノキ原木の強度性能における簡易測定法の適合性————— 145～150
栗原香名子・松久保康輔・一岡直道・山裾伸浩
- ヒサカキに発生する枝葉枯病に対する薬剤防除効果————— 151～156
田中作治・坂口和昭・杉本小夜

【水産試験場】

- 和歌山県の沿岸漁場における環境指標種としてのカタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia* (多毛綱, ギボシイソメ科) の有効性————— 157～170
上出貴士

【学会誌掲載論文抄録】

- 和歌山県におけるチュウゴクアミガサハゴロモの寄主植物————— 172
井口雅裕・児玉 洋
- Possible existence of *Colletotrichum horii* resistant to sterol demethylation inhibitor(DMI) fungicides on persimmon————— 173
Yoko Otani
- Development of an insecticidal bait for combined use with netting to control the invasive red-necked longhorn beetle, *Aromia bungii*, emerging from tree trunks 174～175
Shigeaki Tamura, Takuto Hirooka[※], Yuichi Yamamoto, Kanako Shiotsuka, Hiromi Mukai, Masahiko Tokoro, Takao Konishi, Kazushige Uemori, Hisatomo Taki, Takeshi Matsumoto, Etsuko Shoda-Kagaya and Eiriki Sunamura
※共同筆頭著者
- 和歌山県護摩壇山における針葉樹人工林の間伐処理方法の違いが広葉樹の更新に及ぼす影響————— 176
山下由美子・大谷美穂
- アーカイバルタグの記録で示された和歌山県沿岸に設置された表層型浮魚礁に蝟集したカツオの鉛直移動————— 177～178
山根弘士・安江尚孝・青木良徳・松原直人・上田優哉・津田裕一・清藤秀理

夏秋ギク型スプレーギク新品種 ‘紀州サマーリンド’の育成経過とその特性

水落俊良・松本比呂起¹・井溪奏一朗¹・島浩二²

和歌山県農業試験場

The Breeding Process and Characteristics of New Summer-to-Autumn Flowering Spray Type Chrysanthemum Cultivar ‘Kishu Summer Lindo’

Shunsuke Mizuochi, Hiroki Matsumoto¹, Soichiro Itani¹ and Koji Shima²

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒言

和歌山県において、キクは花き産出額の6%を占める主要品目のひとつである(農林水産省, 2025)。特に、スプレーギクは県内のキク出荷量の約8割を占め、那賀地域や有田地域を中心に全国第6位の産地を形成している(農林水産省, 2021)。

キクは、日長反応性、ロゼット性等の生態的特性に基づき、夏ギク、夏秋ギク、秋ギク、寒ギクの4種類に大別される(川田・船越, 1988)。夏秋ギクは、秋ギクから育成された品種群で、秋ギクに比べ高温条件下による開花遅延や切り花品質の低下が小さい(川田, 1995; 柴田, 1997)。また、夏秋ギクと秋ギクは限界日長を持ち(川田・船越, 1988)、暗期中断処理による花芽分化の抑制と、長日期のシェードを用いた短日処理による計画的な出荷が可能である。このようなキクの特性を活用し、本県スプレーギク産地では、7~9月に夏秋ギク型品種を、10~6月に秋ギク型品種を出荷する周年出荷体系を構築している。

近年、切り花単価の低迷による収益の低下や種苗会社に支払う栽培許諾料が農家経営を圧迫していることから、夏秋ギク型品種では栽培許諾料が安価な県オリジナル品種の育成が望まれている。育成した品種を産地に導入するには、優れた形質や開花特性を有することが必要である。本県では、80cm調製長で調製重40gを満たす切り花が最上位規格の2Lとして出荷され、この2Lの切り花が高い割合で採花可能であることが求められる。また、夏秋ギク型品種の出荷期間は3か月程であるが、スプレーギクは仏花としての需要が高く、夏季は盆や彼岸といった物日の引き合いが強い時期である。物日に合わせた計画的な出荷を行うには、暗期中断打ち切り(以下、消灯)後一定期間で安定的に開花し、開花揃いが良いことが望ましい。

そこで、和歌山県農業試験場(以下、当試験場)では消灯後、12~13時間日長管理において7週程度で開花し、開花揃いが良く、秀品率が高い夏秋ギク型品種の育成に取り組み、本県初のオリジナル品種となる‘紀州サマーリンド’を育成したので、その育成経過と品種特性について報告する。

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局鳥獣害対策課

²現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局研究推進課

材料および方法

1. 育成経過

育成経過を図 1 に示す。‘紀州サマーリンド’は、当試験場選抜系統「WSM160502」を種子親とした自然交雑によって得られた品種である。「WSM160502」は、草丈伸長が良く、切り花重量が重い系統であった。

2018 年 11 月に「WSM160502」を含む複数品種・系統を混植したハウス内で訪花昆虫による自然交雑を行い、2019 年 1～2 月に「WSM160502」から交雑種子を採種した。得られた 313 粒の種子を 2019 年 4 月 10 日に育苗トレイに播種し、4 月 24 日～25 日に 304 個体の実生を 128 穴セルトレイに移植した。5 月 13 日に、実生苗 266 個体を幅 90cm の栽培ベッドに 15cm×15cm、6 目のフラワーネットを用い、1 目当たり 2 株、6 条植えて定植し、無摘心栽培とした。定植直後から深夜 5 時間（21:30～2:30）の暗期中断を実施した。6 月 11 日に消灯し、7 月 11 日までシェードによる 13 時間日長、それ以後は開花まで自然日長で管理した。開花した個体の中から、茎葉の硬さやボリュームが優れる 10 個体（系統）を選抜した。

一次選抜個体について、茎葉の硬さ、ボリュームや草丈伸長が優れる、消灯後 7 週間後で開花することを基準に系統選抜を行い、2020 年の二次選抜で 10 系統から 3 系統を、2021 年の三次選抜で 3 系統から 1 系統「WSM190707」を選抜した。2022 年～2023 年にかけて現地適応性試験を行い、生産現場においても優れた形質を有することが確認されたことから、‘紀州サマーリンド’と命名して 2024 年 6 月に品種登録出願を行い、同年 10 月に出願公表となった（出願番号：第 37497 号、図 2）。

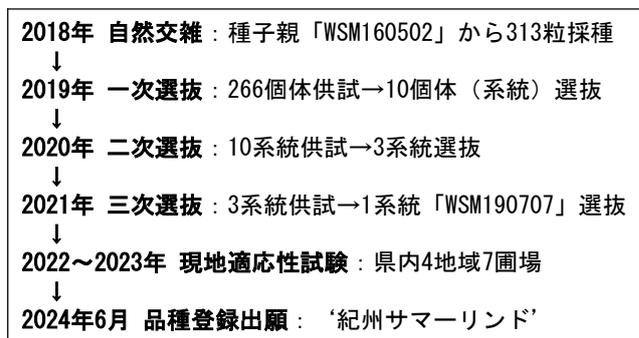


図 1 ‘紀州サマーリンド’の育成経過

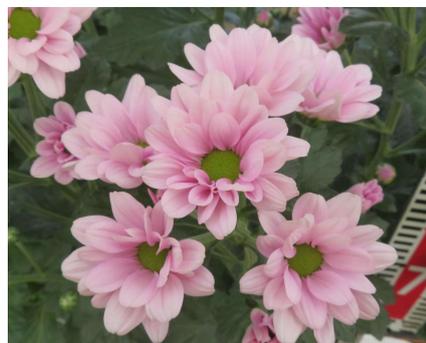


図 2 ‘紀州サマーリンド’

2. 品種特性調査

1) 栽培試験

(1) 耕種概要

①2020 年（二次選抜調査）

2020 年 1 月上旬に、前年に開花した株を掘り起こしてポットに移植し無加温ハウスで低温遭遇させた一次選抜株を 15℃加温、深夜 5 時間（21:30～2:30）の電照条件のハウスに移動した。2 月上旬に冬至芽を摘心し、発生した側枝から採穂した。その穂を 2 月下旬～3 月上旬に挿し芽し、発根苗をプランターに定植した。挿し芽時から、15℃加温、深夜 5 時間（21:30～2:30）の電照条件で管理し、親株として用いた。

親株から得られた挿し穂を、5 月 19 日に当試験場の硬質プラスチックフィルムハウス内の栽培ベッドに直挿した。栽植様式は、幅 90cm の栽培ベッドに 15cm×15cm、6 目のフラワーネットを用

い、1目当たり2株、6条植えの無摘心栽培とした。直挿し直後から75Wの白熱電球を使用し、6月3日まで深夜5時間（21:30～2:30）、6月4日から消灯まで深夜7時間（21:00～4:00）の暗期中断を実施した。6月30日に消灯し、以降開花まで18:30～20:00および4:00～5:30にシェードを展張する13時間日長管理とした。基肥として4月30日に固形肥料であるJA紀の里4号ペレット（N-P₂O₅-K₂O=6-6-6、片倉コープアグリ（株））を6.4kgN/10a施用し、追肥として6月17日に液肥であるOK-F-3（N-P₂O₅-K₂O=14-8-25、OATアグリオ（株））を0.5kgN/10a、7月3日にJA紀の里4号ペレットを6.4kgN/10a施用した。対照品種として、‘アリエス’（全国農業協同組合連合会育成）を供試した。

②2021年（三次選抜調査）

2021年1月上旬に、前年に開花した株を掘り起こしてプランターに移植し無加温ハウスで低温遭遇させた二次選抜株を15℃加温、深夜5時間（21:30～2:30）の電照条件のハウスに移動した。1月中旬～下旬に冬至芽を摘心し、発生した側枝から採穂した。得られた穂を3月中旬に挿し芽し、発根苗をプランターに定植した。挿し芽時から、15℃加温、深夜5時間（21:30～2:30）の電照条件で管理し、親株として用いた。

親株から得られた挿し穂を、5月27日に当試験場の硬質プラスチックフィルムハウス内の栽培ベッドに直挿しした。栽植様式は2020年と同様とした。直挿し直後から75Wの白熱電球を使用し、消灯まで深夜7時間（21:00～4:00）の暗期中断を実施した。7月5日に消灯し、以降開花まで18:30～20:00および4:00～5:30にシェードを展張する13時間日長管理とした。基肥として5月11日にJA紀の里4号ペレットを6.4kgN/10a施用し、追肥として6月29日と7月27日にOK-F-3を0.5kgN/10a、7月6日にJA紀の里4号ペレットを6.4kgN/10a施用した。対照品種として、‘アリエス’を供試した。

③2023年（特性調査）

親株は、2023年2月下旬～3月上旬にかけて挿し芽し、発根苗をプランターに定植した。挿し芽時から、15℃加温、深夜5時間（21:30～2:30）の電照管理とした。

親株から得られた挿し穂を、5月24日に当試験場の硬質プラスチックフィルムハウス内の栽培ベッドに直挿しした。栽植様式は2020年および2021年と同様とした。直挿し直後から75Wの白熱電球を使用し、消灯まで深夜7時間（20:45～3:45）の暗期中断を実施した。7月5日に消灯し、以降開花まで18:30～20:00および4:00～5:30にシェードを展張する13時間日長管理とした。基肥として5月8日にJA紀の里4号ペレットを6.4kgN/10a施用し、追肥として6月19日と29日に液肥であるOK-F-1（N-P₂O₅-K₂O=15-8-17、OATアグリオ（株））を0.5kgN/10a、7月6日にJA紀の里4号ペレットを6.4kgN/10a施用した。対照品種として、‘ワカミレイユ’（和歌山県農業協同組合連合会育成）を供試した。

(2) 消灯時生育特性、開花特性および形態的特性

消灯時生育特性調査は、2021年と2023年に消灯時の草丈と節数について実施した。開花特性調査は2020年、2021年および2023年に実施し、開花日、開花時の切り花長、切り花重、調製重、節数、莖径、花序数、頂花花柄長、スプレーフォーメーションについて調査した。調製重は、切り花を80cmに調製し、基部から20cmまでの葉を除去した際の切り花重とした。莖径の計測は頂花から

40cm 下部で行い、花序数は舌状花に着色が見られた花序の数について調査した。また、2023 年には農林水産植物種類別審査基準キク属に記載のある形質および特性について調査した。

2) 鮮度保持試験

‘紀州サマーリンド’の対照品種として‘ムジャキ’（全国農業協同組合連合会育成）を供試した。2022 年 8 月 3 日午前に、現地圃場において採花した切り花を新聞紙で包み、なりゆき温度（約 30℃）の室内で夕方まで保管した。夕方に切り花を 80cm 長に出荷調製し、前処理剤であるクリザールバラ（クリザール・ジャパン（株））500 倍希釈液に基部を浸漬して 5℃で一晩吸水させた。8 月 4 日午前に、乾式輸送の条件を再現するため吸水後の切り花を新聞紙で包み、出荷用の立箱に詰めて水揚げ試験を開始し、2 日間保管した。8 月 6 日午前に立箱を開封し、ステンレス製の花筒に切り花を 10 本ずつ入れ、水道水で 2 日間水揚げを行った。立箱での保管および水揚げは、25℃の室内で行った。前処理前、前処理後/乾式保管前、乾式保管後/水揚げ前、水揚げ後に調製重を調査した。

8 月 8 日午前に水揚げした切り花を基部から 10cm 切り戻し、花筒を 24 時間照明、25℃設定のインキュベーターに移して日持ち性試験を開始した。以降は、2～3 日間隔で水道水を入れ替え、9 月 2 日まで試験を継続した。花色の退色、花粉による汚れの発生について調査した。

3. 現地適応性試験における開花特性

現地適応性試験は、2022 年～2024 年にかけて県内 4 地域（紀の川市、海南市、有田川町、広川町）で実施した（表 1）。2022 年は有田川町 1 圃場において、2023 年は紀の川市 2 圃場、海南市 1 圃場、有田川町 2 圃場、広川町 1 圃場において、2024 年は紀の川市 4 圃場、海南市 1 圃場、有田川町 3 圃

表 1 現地適応性試験における耕種概要

年次	圃場	定植日	定植方法	摘心日	消灯日	消灯後日長管理	矮化剤処理 ²	
							処理日	処理濃度
2022	有田川町①	5/7	直挿し	なし	6/14	消灯～開花：12時間日長	無し	無し
2023	紀の川市①	5/9	直挿し	なし	6/13	消灯～開花：13時間日長 消灯～7/31：13時間日長	無し	無し
	紀の川市②	6/12	直挿し	なし	7/14	8/1～8/18：自然日長 8/19～開花：13時間日長	無し	無し
	海南市①	4/20	直挿し	なし	6/5	消灯～開花：13時間日長	6/3, 6/10, 6/17	1000倍
	有田川町②	4/29	発根苗	5/11	6/4	消灯～開花：13時間日長 (サイド開放)	無し	無し
	有田川町③	5/17	直挿し	なし	6/15	消灯～7/4：12.5時間日長 7/5～7/14：自然日長 7/15～開花：12.5時間日長	無し	無し
	広川町①	5/22	発根苗	5/30	6/27	消灯～開花：13時間日長	無し	無し
2024	紀の川市③	4/23	直挿し	なし	5/23	消灯～6/23：13時間日長 6/24～開花：自然日長	消灯後、 7～10日間隔で3回	3000倍
	紀の川市④	4/23	直挿し	なし	5/23	消灯～開花：自然日長	消灯後、 7～10日間隔で3回	3000倍
	紀の川市⑤	5/21	直挿し	なし	6/20	消灯～7/20：自然日長 7/21～開花：12時間15分日長	6/28, 7/8	1000倍
	紀の川市⑥	6/19	直挿し	なし	7/20	消灯～開花：自然日長	無し	無し
	海南市②	4/13	直挿し	なし	6/6	消灯～開花：13時間日長	6/4	7500倍
	有田川町④	4/20	発根苗	5/5	6/1	消灯～開花：13時間日長 (サイド開放)	無し	無し
	有田川町⑤	5/17	直挿し	なし	6/16	消灯～開花：12時間15分日長	6/20, 6/27, 7/5	1000倍
	有田川町⑥	6/2	直挿し	なし	7/8	消灯～開花：12時間15分日長	7/6, 7/13, 7/23	7/6：3000倍 7/13, 7/23：1000倍
	広川町②	5/20	発根苗	5/27	6/25	消灯～7/21：12.5時間日長 7/22～8/8：13時間日長 8/9～開花：自然日長	6/25, 7/9	6/25：1000倍 7/9：500倍

² 矮化剤：ダミノジッド水溶液（商品名：ビーナイン®）

場，広川町1圃場において7～9月開花作型で栽培し，各生産者の慣行に準じた栽培管理とした．調査は，開花特性として開花日，切り花長，切り花重，調製重について行った．現地適応性試験における各圃場の耕種概要を表1に示す．

結 果

1. 品種特性

1) 栽培試験

(1) 消灯時生育特性

2021年の栽培試験において，‘紀州サマーリンド’の草丈は42.4cmで，‘アリエス’の38.4cmより4.0cm高かった(表2)．2023年の栽培試験では，両品種の節数は同等であったが，草丈は，‘紀州サマーリンド’が37.6cmで，‘ワカミレイユ’の29.5cmより8.1cm高かった．

表2 ‘紀州サマーリンド’と対照品種の消灯時生育特性

年次	品種名	調査株数	草丈 (cm)	節数 (節)
2021	紀州サマーリンド	16	42.4	19.3
	アリエス	12	38.4	18.5
2023	紀州サマーリンド	39	37.6	19.8
	ワカミレイユ	40	29.5	19.2

注) 2021年：5月27日直挿し，直挿し～消灯まで深夜7時間電照，7月5日消灯，調査
2023年：5月24日直挿し，直挿し～消灯まで深夜7時間電照，7月5日消灯，調査

(2) 開花特性および形態的特性

2020年の栽培試験において，‘紀州サマーリンド’の消灯後開花日数(以下，開花日数)は49.4日であり，‘アリエス’と同等であった(表3)．‘紀州サマーリンド’の切り花は，切り花長122.0cm，切り花重84.1gで，‘アリエス’より7.5cm長く，17.6g重かった．調製重は53.0gで，2L出荷規格の基準である40gを上回っていた．また，莖径は5.5mmで‘アリエス’の4.6mmより0.9mm太かった．花序数は，‘紀州サマーリンド’が14.9個で，‘アリエス’の18.1個より3.2個少なかった．頂花花柄長は‘紀州サマーリンド’が4.9cmで‘アリエス’と同等であった．スプレーフォーメーションは，両品種ともAタイプであった．

2021年の栽培試験において，‘紀州サマーリンド’の開花日数は46.6日であり，‘アリエス’の48.0日より1.4日早かった(表3)．切り花長は104.9cm，切り花重は56.8gと，‘アリエス’と同等であった．莖径は5.7mmで，‘アリエス’の5.0mmより0.7mm太かった．頂花花柄長は5.9cmで，‘アリエス’と同等であった．スプレーフォーメーションは，両品種ともAタイプであった．

2023年の栽培試験において，‘紀州サマーリンド’の開花日数は50.2日で，‘ワカミレイユ’の61.0日より10.8日開花が早かった(表3)．‘紀州サマーリンド’は，明るい桃色(RHSカラーチャート75D)の花弁を持つシングル咲き品種で，‘ワカミレイユ’よりもやや小輪であった(表4，図3)．花弁の抱えは良く，咲き進んでも反り返りの程度が小さかった．莖葉は硬く，葉は濃緑色でやや斜上して着葉していた．‘紀州サマーリンド’の切り花長は102.8cmであり，‘ワカミレイユ’の83.2cmより19.6cm長かった(表3，図4)．一方，切り花重は‘ワカミレイユ’が71.8gであるのに対し，‘紀州サマーリンド’が64.3gと7.5g軽かった．節数は，43.3節で‘ワカミレイユ’の46.3節より3節少なかった．頂花花柄長は‘紀州サマーリンド’が4.3cmで，‘ワカミレイユ’

の 5.6cm より 1.3cm 短く、莖径と花序数は同等であった。スプレーフォーメーションは、‘紀州サマーリンド’が A タイプ、‘ワカミレイユ’が A-B タイプであった。

表 3 ‘紀州サマーリンド’ と対照品種の開花特性および切り花品質

年次	品種名	調査株数	開花日	到花 ^z 日数 (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	調製重 ^y (g)	節数 (節)	莖径 ^x (mm)	花序数 ^m (個)	頂花 花柄長 (cm)	SF ^v
2020	紀州サマーリンド	9	8/18	49.4	122.0	84.1	53.0	47.1	5.5	14.9	4.9	A
	アリエス	10	8/18	49.1	114.5	66.5	39.8	51.6	4.6	18.1	4.3	A
2021	紀州サマーリンド	10	8/20	46.6	104.9	56.8	42.3	40.7	5.7	10.9	5.9	A
	アリエス	10	8/22	48.0	104.8	56.9	41.2	42.8	5.0	12.6	5.3	A
2023	紀州サマーリンド	10	8/24	50.2	102.8	64.3	- ^u	43.3	5.6	14.5	4.3	A
	ワカミレイユ	10	9/4	61.0	83.2	71.8	-	46.3	5.7	13.8	5.6	A-B

注) 2020年：5月19日直挿し、直挿し～消灯まで深夜5～7時間電照、6月30日消灯、消灯～開花まで13時間日長、8月17日～8月19日調査
 2021年：5月27日直挿し、直挿し～消灯まで深夜7時間電照、7月5日消灯、消灯～開花まで13時間日長、8月20日～8月23日調査
 2023年：5月24日直挿し、直挿し～消灯まで深夜7時間電照、7月5日消灯、消灯～開花まで13時間日長、8月23日～9月5日調査

^z 消灯から開花までに要した日数

^y 切り花を80cm長に調製し、基部から20cmまでの葉を除去した際の重量

^x 頂花から40cm下部を計測

^m 舌状花に着色が見られた花序の数

^v スプレーフォーメーション、頂花と側花との位置関係から花房の形態を表す指標

(A：頂花が側花よりも上位にある、B：頂花と側花が同じ高さにある、C：頂花が側花より下位にある)

^u -は未調査を示す

表 4 ‘紀州サマーリンド’ と ‘ワカミレイユ’ の形質および特性（相違点のある項目を抜粋）

形質および特性	ワカミレイユ	紀州サマーリンド
草丈	高	かなり高
托葉の大きさ	無又は極小	小
葉の表面の緑色の濃淡	中	濃
頭花の直径	中	小
頭花の花柄の長さ	中	やや短
舌状花の断面の形状	外反	平
舌状花の先端の形	丸	窪む
舌状花の表面の色	NN155B	75D
舌状花の裏面の色	N155C	69D
表面と比較した裏面の類似性	類似する	著しく異なる
日長感応グループ	9週間	7.5週間

注) 表記は、農林水産植物種類別審査基準キク属に基づき記載

‘紀州サマーリンド’：2023年8月25日調査

‘ワカミレイユ’：2023年9月7日調査



図 3 ‘紀州サマーリンド’ と ‘ワカミレイユ’ の花序の形態



図 4 ‘紀州サマーリンド’ と ‘ワカミレイユ’ の草姿

2) 鮮度保持試験

採花から夕方までのなりゆき温度条件での保管により，‘紀州サマーリンド’と‘ムジャキ’ともに調製重の減少や葉の萎れが確認されたが，その後，1 晩の前処理を行ったことで回復した．前処理後，2 日間の乾式保管によって，‘ムジャキ’の調製重は前処理前時の 94.3% に減少したが，乾式保管後の水揚げによって 111.0% まで増加し，乾式保管前と同等まで回復した（図 5）．‘紀州サマーリンド’も，乾式保管によって調製重が 96.5% に減少したものの，その後の水揚げにより 118.6% まで増加し，‘ムジャキ’と同等以上に調製重の回復が認められた．また，‘紀州サマーリンド’の花弁は，日持ち性試験開始後 2 週目頃から退色が見られたものの，試験開始後 3 週目においても花粉による汚れは認められなかった（図 6）．

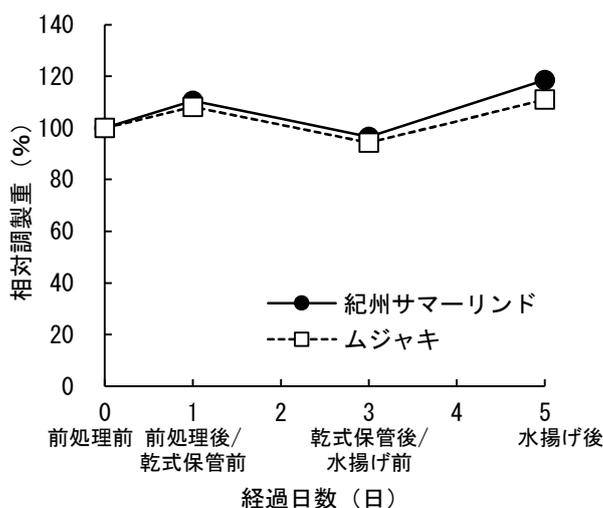


図 5 ‘紀州サマーリンド’の乾式保管および水揚げによる切り花調製重の変化

相対調製重：前処理前の調製重を 100 としたときの相対値

試験期間：2022 年 8 月 3 日～2022 年 8 月 8 日，前処理：8 月 3 日～8 月 4 日，

乾式保管：8 月 4 日～8 月 6 日，水揚げ：8 月 6 日～8 月 8 日



図 6 ‘紀州サマーリンド’の日持ち性試験中の外観変化

試験期間：2022 年 8 月 8 日～2022 年 9 月 2 日

2. 現地適応性試験における開花特性

3 年間の現地適応性試験の結果を表 5 に示す．開花に関し，消灯後 1 か月間を 12～13 時間日長管理とした圃場では，消灯後 6.5～7.5 週程度で開花したが，消灯後 1 か月以内に自然日長に切り替えた紀の川市②，紀の川市⑤や消灯後開花まで自然日長管理とした紀の川市④，紀の川市⑥では開花遅延の発生が認められた．その遅延の程度は，紀の川市④では消灯後 50 日時点で一部の株の舌状花

に着色が見られる程度で（図7），その他の圃場は消灯後9～11週で開花していた．また，切り花品質を調査したのべ15圃場のうち10圃場が，2Lの基準である80cm調製重40gを満たした．

表5 現地適応性試験における‘紀州サマーリンド’の開花特性

年次	圃場	開花調査			切り花調査			
		調査株数	開花日	到花日数 ^z (日)	調査株数	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	調製重 ^y (g)
2022	有田川町①	20	8/2～8/5	49～52	10	123.5	74.7	50.5
2023	紀の川市①	10	7/31～8/2	48～50	10	115.2	83.0	59.4
	紀の川市②	10	9/15～9/20	63～68	10	128.7	79.6	51.6
	海南市①	10	7/26～7/28	51～53	10	119.0	66.6	48.2
	有田川町②	17	7/23～7/27	49～53	10	91.3	35.7	30.0
	有田川町③	13	8/1～8/5	47～51	10	95.1	33.3	27.5
	広川町①	10	8/12～8/13	46～47	10	119.9	59.0	43.1
2024	紀の川市③	10	7/5～7/8	43～46	10	114.6	77.5	54.7
	紀の川市④		7/13（消灯後50日）時点で一部の株の舌状花が着色		- ^x	-	-	-
	紀の川市⑤	5	8/24～8/27	65～68	5	97.8	66.4	52.7
	紀の川市⑥	10	9/25～10/5	67～77	10	96.0	36.4	29.0
	海南市②	10	7/23～7/27	47～51	10	152.5	76.4	36.3
	有田川町④	10	7/16～7/19	45～48	10	114.7	44.8	31.0
	有田川町⑤	10	7/30～8/2	44～47	10	110.2	69.4	53.6
	有田川町⑥	10	8/22～8/25	45～48	10	119.8	84.4	66.9
	広川町②	10	8/14～8/17	50～53	10	98.5	61.1	53.1

^z 消灯から開花までに要した日数

^y 切り花を80cm長に調製し，基部から20cmまでの葉を除去した際の重量

^x -は未調査を示す



図7 現地適応性試験における異なる日長管理が‘紀州サマーリンド’の開花に及ぼす影響

2024年4月23日直挿し，5月23日消灯，7月8日（消灯後46日）撮影

A：紀の川市③（消灯後1か月間13時間日長，その後自然日長）

B：紀の川市④（消灯後開花まで自然日長）

考 察

スプレーギクの育種は、種苗メーカーの他、国公立研究機関でも行われており、耐暑性や商品性等を付与した、各県の課題や需要に対応する新品種が育成されている（長谷川ら，2014；長谷川ら，2015；南ら，2024；山田・岩崎，2010）。本研究では、本県の栽培環境で優れた切り花品質や開花特性を有する初のオリジナル品種‘紀州サマーリンド’を育成した。

栽培試験では、現在産地で栽培されている桃色品種‘アリエス’と‘紀州サマーリンド’の種子親の交配親である桃色品種‘ワカミレイユ’を対照品種として供試した。‘紀州サマーリンド’は、‘アリエス’と同等以上、‘ワカミレイユ’より強い伸長性を有する品種で、2Lの基準である切り花長80cmを安定して超える（表3）。節数は‘ワカミレイユ’よりやや少なかったことから、‘紀州サマーリンド’は節間が伸長するタイプであると考えられる。切り花重は、‘ワカミレイユ’よりやや軽いものの‘アリエス’とは同等以上であり、調製重に関しても‘アリエス’と同等以上で2Lの基準である40gを上回った（表3）。また、現地適応性試験において、のべ15圃場のうち10圃場で2Lの基準を満たす切り花が得られたことから（表5）、‘紀州サマーリンド’は本県の栽培条件において秀品の採花が可能な品種であると考えられた。一方、‘紀州サマーリンド’は草丈が良く伸長するが、過剰な伸長はボリュームの低下に繋がるため、植物成長調整剤の施用が望ましいと思われる。スプレーギク生産では、切り花のボリュームアップや花首の伸長抑制を目的に矮化剤としてダミノジッドが施用され（石川，2011）、現地適応性試験で切り花が2Lの基準を満たした圃場でも多くの生産者が施用していた。しかし、‘紀州サマーリンド’における効果的な施用方法は不明であるため、今後の技術確立が必要である。

‘紀州サマーリンド’は、系統選抜、特性調査、現地適応性試験において消灯後1か月以上を12～13時間日長で管理すると消灯後7週間後で開花することが確認された（表3，5）。しかし、消灯から開花まで自然日長で管理した圃場や消灯後1か月以内に自然日長管理に切り替えた圃場では、開花の遅れが認められた（表5）。定植日および消灯日が同じである2024年現地適応性試験の紀の川市③と④の圃場に注目すると、消灯後1か月間を13時間日長管理、その後を自然日長管理とした紀の川市③が消灯後6.5週で開花したのに対し、消灯から開花まで自然日長管理とした紀の川市④は消灯後7週を経過した時点でも一部の株で舌状花に着色が見られるのみであった（図7）。船越（1989）は、キクが光周性花成において感知する日長は、日の出から日の入りまでの時間に朝夕各30分を加えた時間であるとしている。これに従うと、紀の川市④の消灯後1か月間（2024年5月23日～6月23日）におけるキクが感知する日長は、およそ15時間10分～15時間30分と推定される（船越，1989；国立天文台暦計算室）。川田・船越（1988）は、夏秋ギクの適日長限界を12～14時間であるとしていることから、紀の川市④は適日長限界を上回っていたために開花遅延が生じたものと考えられる。2023年紀の川市②と2024年紀の川市⑤の圃場の自然日長管理期間（紀の川市②：2023年7月31日～8月18日、紀の川市⑤：2024年6月20日～7月20日）における日長はそれぞれおよそ14時間20分～14時間50分、15時間10分～15時間30分、紀の川市⑥の消灯後1か月間（2024年7月20日～8月20日）の日長はおよそ14時間20分～15時間10分と推測され（船越，1989；国立天文台暦計算室）、14時間日長を超えていた。このことから、これらの圃場において生じた開花遅延も日長管理による影響であると考えられるが、高温による開花遅延の可能性も否定できず、この点は今後普及を進めるうえで慎重に検討する必要がある。また、柴田（1997）は夏秋ギク型品種を用いて12時間日長の短日処理期間が到花日数に及ぼす影響を検討しており、3週間以下で

は開花の遅れが見られたが、4 週以上では開花まで処理を行った場合とほぼ変わらないことを報告している。本研究においても、消灯後 1 か月以上短日処理を行っている圃場では概ね 6.5~7.5 週で開花している (表 5)。これらのことから、‘紀州サマーリンド’は無シェード栽培には適さず、7 週程度で安定的に開花させるには消灯後 1 か月以上は 12~13 時間日長で管理することが必要であると考えられた。

鮮度保持試験では、産地で栽培されている白色品種‘ムジャキ’を対照品種として供試した。水揚げ試験において、‘紀州サマーリンド’の調製重は乾式保管によって減少したが、その後の水揚げによって‘ムジャキ’と同等以上に回復した (図 5)。このことから‘紀州サマーリンド’の水揚げは対照品種と遜色なく、乾式輸送中に生じる萎れは回復可能であると考えられた。また、日持ち性試験では、試験開始後 3 週間が経過しても花粉による汚れは無く (図 6)、切り花は 2~3 週間の日持ちが期待されたことから、花持ちも良好であると考えられた。

スプレーギクは、白、桃、黄の 3 色の品種が主として栽培されるため、今後、‘紀州サマーリンド’と同様に 12~13 時間日長下で到花週数 7 週前後の白、黄色品種の育成が必要と考えられる。花きの育種では、従来の交雑育種の他に突然変異育種が行われている。突然変異育種は、目的とする形質のみを改良する方法として知られ (山口, 2012)、スプレーギクにおいても花色変異体の作出事例が複数報告されている (玉木ら, 2017; Tanokashira et al., 2016)。今後、当試験場では交雑育種と突然変異育種を併行して行い、本県オリジナル白、黄色品種の育成に取り組む予定である。

摘 要

本県初となるスプレーギクオリジナル新品種‘紀州サマーリンド’を育成した。品種特性は、以下の通りである。

1. 花弁は明るい桃色、花形はシングル咲き品種で、やや小輪である。
2. 消灯後 12~13 時間日長管理を行うことで、7 週前後で開花する。
3. 草丈は非常に良く伸長し、2L の基準 (80cm) を超える。
4. 茎葉は硬く、葉は濃緑色でやや斜上して着葉する。
5. 切り花は水揚げ良好で、2~3 週間の日持ちが期待できる。

‘紀州サマーリンド’の育成にあたり、現地適応性試験に協力していただいた和歌山県スプレーギク研究会の関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 船越桂市. 1989. 開花調節技術. pp. 28-38. 船越桂市編著. 切り花栽培の新技术. 改訂キク上巻. 誠文堂新光社. 東京.
- 長谷川徹・竹内良彦・渡邊孝政・野村浩二・伊藤健二・二村幹雄・青木献・石川高史・荻野智洋・椎名宏太. 2014. 夏秋系スプレーギク新品種「スプレー愛知夏 1 号」の育成. 愛知県農総試験報. 46: 135-138.

- 長谷川徹・竹内良彦・野村浩二・渡邊孝政・二村幹雄・青木猷・伊藤健二. 2015. 秋系スプレーギク新品種「スプレー愛知秋1号」の育成. 愛知県農総試研報. 47: 163-166.
- 石川高史. 2011. 成長調整剤の処理法. pp.146-151. 大石一史編著. キクをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 川田穰一・船越桂市. 1988. キクの生態的特性による分類. 農及園. 63: 985-990.
- 川田穰一. 1995. 品種群の開花生態とその調節. 夏秋ギク. 農業技術体系. pp.105-109. 農業技術体系花卉編6 キク(クリサンセマム). 農文協. 東京.
- 国立天文台暦計算室. 各地のこよみ. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/>.
- 南公宗・今給黎征郎・白山竜次・若松健一. 2024. 夏秋スプレーギク新品種「サザンサマーホワイト」および「サザングレイス」の育成とその特性. 鹿児島県農総セ研報. 18: 21-31.
- 農林水産省. 2021. 令和元年産花き出荷統計. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001134202&cycle=7&year=20190>. (2025年12月12日検索)
- 農林水産省. 2025. 令和5年生産農業所得統計. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001226983&cycle=7&year=20230>. (2025年12月12日検索)
- 柴田道夫. 1997. 夏秋ギク型スプレーギクの温度・日長反応と育種に関する研究. 野菜茶試研報. 12: 1-71.
- 玉木克知・山中正仁・林依子・阿部知子・小山佳彦. 2017. キクの品種特性が炭素イオンビーム照射による花色突然変異体の出現に及ぼす影響. 園学研. 16: 117-123.
- Tanokashira Y., S. Nagayoshi, G. Watanabe and Y. Hase. 2016. Efficient breeding of yellow mutants by ion-beam irradiation in spray-mum 'Southern Chelsea'. JAEA-Review 2015-022: 98.
- 山田栄成・岩崎勇次郎. 2010. スプレーギク「グリーンドリームナース」の育成経過と緑花色の遺伝. 静岡県農林研報. 2: 1-7.
- 山口博康. 2012. イオンビームおよびガンマ線による突然変異育種に関する研究. 花き研報. 12: 47-83.

シシトウ新品種 ‘ししわかまる’ の養分吸収特性の解明

橋本真穂

和歌山県農業試験場

Elucidation of Nutrient Uptake Characteristic in New Non-pungent Sweet Pepper Cultivar ‘Shishiwakamaru’

Maho Hashimoto

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のシシトウ栽培は、中山間地を中心に、作付面積が 10ha、収穫量 129t で全国 7 位の生産量となっている（農林水産省，2023）。長年、県内在来系統を選抜・固定し育成した品種‘紀州ししとう 1 号’（松本，2005）が栽培され、現在は‘葵ししとう’が主力品種となっている。和歌山県では、2013 年から辛味果実が全く発生しないシシトウ品種の開発に取り組み、2019 年に育成を完了し（田中ら，2022）、2020 年 3 月 25 日に種苗法に基づく品種登録出願を行い、2025 年 6 月 26 日に‘ししわかまる’として品種登録された（出願番号第 34586 号）。‘ししわかまる’は、辛味果実が全く発生しないという品種特性から、今後需要が拡大すると期待されるが、‘ししわかまる’の収量や秀品率は、‘紀州ししとう 1 号’と比べると同等であるものの、‘葵ししとう’と比べるとやや劣る（和歌山県，2020；田中ら，2022）。この要因として、強勢・多収な F1 品種である‘葵ししとう’に比べると吸肥力が弱いことや、枝が水平に伸びて垂れやすい草姿であることなどが考えられているが、‘ししわかまる’は育成後すぐに有田地域での栽培が開始されたため、養分吸収特性などは明らかにされないまま、‘葵ししとう’と同じ栽培管理が行われている。そこで本研究では、‘ししわかまる’の主作型である露地夏秋栽培において、‘葵ししとう’と同等の収量や秀品率を可能にする栽培管理技術を確立するため、‘ししわかまる’の養分吸収特性について明らかにした。

材料および方法

和歌山県農業試験場（紀の川市貴志川町高尾 160 番地）内の露地圃場において、シシトウ‘ししわかまる’を供試し、栽培試験を実施した。試験区は、窒素施用量を 30, 45, 60, 90kg/10a とした 4 試験区とし（以下 N30, N45, N60, N90）、対照区はシシトウの主力品種である‘葵ししとう’（窒素施用量 30kg/10a）とした（表 1）。試験は N30 および N60 は 1 区あたり 1.6m×28m, N45, N90 および対照区は 1 区あたり 1.6m×2.8m とし、各試験区 3 反復とした。2022 年 2 月 1 日に‘ししわかまる’および‘葵ししとう’をそれぞれ 128 穴セルトレイに播種し、3 月 9 日に 12cm ポットに鉢上げした。苗は播種から発芽までは

30℃、発芽から定植までは 20℃で管理した。4 月 7 日に窒素施用量 5kg/10a となるように有機配合 (6-4-5) を基肥として施用し、4 月 25 日に畝幅 160cm, 株間 70cm, 1 条植えで定植した。定植時から 6 月 24 日まではトンネル被覆 (定植から 5 月 10 日までは日中はサイドを透かし夜間は閉め切り, 5 月 10 日から 6 月 23 日まではサイドを開けて雨除け) を行った。7 月以降はビニルトンネルを取り除き, 地上 2m の高さに遮光資材 (ら〜くらくスーパーホワイトライト (遮光率: 45%): 日本ワイドクロス株式会社) で平張り全面遮光をした。5 月 16 日から 10 月 19 日まで, 養液土耕 2 号 (14-8-25) 500 倍希釈液を, N30 および ‘葵ししとう’ は 25kgN/10a 相当量, N45 は 40kgN/10a 相当量, N60 は 55kgN/10a 相当量, N90 は 85kgN/10a 相当量となるように, 1.25kgN/10a/回ずつ 2 週に 1 回から週に 3 回程度施用した (表 1)。液肥施用時に追肥しない試験区は同量の灌水を行った。‘ししわかまる’ は 4 本の主枝を上から紐で吊り上げ, 6 月 3 日から 2 週間に 1 度, 主枝先端から約 5 節以下の側枝を 3 節で摘心し, かつ懐枝を除去した。8 月下旬以降は側枝の整枝は行わず放任とした。‘葵ししとう’ は第 1 分枝の上 10~20cm の位置にフラワーネットを設置し, 主枝および側枝は放任とした。栽培期間中, 病害虫防除は適宜実施した。収穫期間は 5 月 27 日から 10 月 28 日で, 収穫した果実重量, 規格別重量を調査した。N30 と N60 は, 整枝の際の除去枝葉の重量と, 4 月 25 日, 6 月 23 日, 8 月 4 日, 9 月 9 日, 10 月 28 日に各区から 3 個体 (4 月 25 日は定植苗を 5 個体, 10 月 28 日は 4 個体) ずつ地際から採取し, 樹体と果実において生重量, 乾燥重量, 乾物率, 養分含有率を調査した。養分含有率は, 60℃で 48 時間以上乾燥後, 微粉碎した試料を供試し, 全窒素を CN コーダー法で, 全リンを硫酸分解-バナドモリブデン酸法で, 全カリウムを硫酸分解-炎光光度法で測定した。

‘ししわかまる’ の養分吸収量は次のとおり算出した。

樹体: 調査日の幹・枝・葉の養分吸収量と調査日までの整枝により除去した枝葉 (除去枝葉) の養分吸収量の合算とした。調査日の養分吸収量は幹・枝・葉重量に乾物率と養分含有率を乗じて算出した。除去枝葉の養分吸収量は, 調査日までの除去枝葉の積算値に調査日の幹・枝・葉乾物率と含有率を乗じて算出した。

果実: 前回調査日からの果実重量の積算値 (収量調査による) と調査日の果実重量の合算に調査日の果実乾物率と養分含有率を乗じて算出した。

(例) 9 月 9 日の養分吸収量は以下のとおり。

$$(8 月 5 日 \sim 9 月 8 日 の 果 実 の 積 算 重 量 + 9 月 9 日 の 果 実 重 量) \times 9 月 9 日 の 果 実 乾 物 率 \\ \times 養 分 含 有 率$$

表 1 試験区の構成と施肥量

試験区	供試品種 ^z	施肥量 (kg/10a)								
		基肥 ^y			追肥 ^x			合計		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N30	葵ししとう ししわかまる	5.0	3.3	4.2	25.0	14.3	44.6	30.0	17.6	48.8
N45	ししわかまる	5.0	3.3	4.2	40.0	22.9	71.4	45.0	26.2	75.6
N60	ししわかまる	5.0	3.3	4.2	55.0	31.4	98.2	60.0	34.8	102.4
N90	ししわかまる	5.0	3.3	4.2	85.0	48.6	151.8	90.0	51.9	156.0

z: ‘ししわかまる’ は主枝 4 本を誘引し側枝を 3 節で摘心する整枝栽培, ‘葵ししとう’ は放任栽培とした。

y: 有機配合 (6-4-5) 施用。

x: 養液土耕 2 号 (14-8-25) 500 倍希釈液施用を 1.25kgN/10a ずつ N30 は 20 回, N45 は 32 回, N60 は 44 回, N90 は 68 回施用。

結 果

規格外品を含む総収量について、‘ししわかまる’は施肥量の増加に伴い増加する傾向を示したが、N90でやや減少に転じた（表2）。また、いずれの施肥量でも‘葵ししとう’より少なかった。規格別割合のうち秀品の割合について、‘ししわかまる’は施肥量の増加に伴い高くなるが、N90で低下する傾向を示した。可販果率（秀品と優品の割合）も同様に、‘ししわかまる’は施肥量の増加に伴い高くなるが、N90で低下する傾向を示した。また、N45とN60で‘葵ししとう’に比べて有意に高くなった。可販果収量について、‘ししわかまる’は施肥量の増加に伴い増加する傾向を示したが、N90でやや減少に転じた。また、N30で‘葵ししとう’に比べて有意に少なかった。

表2 施肥量が‘ししわかまる’の総収量と規格別割合、可販果収量に及ぼす影響

試験区	品種	総収量 ^z (t/10a)	規格別割合 ^y (%)				可販果率 ^x	可販果収量 ^w (t/10a)
			秀品	優品	曲り果	その他		
N30	葵ししとう	8.46 c	44.7	29.7	10.9	14.6	74.4 a	6.30 b
	ししわかまる	4.82 a	53.8	26.6	4.7	14.9	80.4 ab	3.88 a
N45	ししわかまる	6.50 ab	55.1	26.6	3.7	14.6	81.8 bc	5.31 b
N60	ししわかまる	7.38 bc	61.1	23.4	3.6	11.9	84.4 c	6.23 b
N90	ししわかまる	6.55 ab	49.8	29.0	3.7	17.4	78.8 ab	5.17 b

収穫期間：2022/5/27～10/28.

z:全長4cm以上の果実を収穫し、個体あたりの収穫量と栽植密度(893個体/10a)から算出した.

y:全収量に対する規格別の収量の割合。秀品および優品の規格はありだ農協の‘ししわかまる’出荷規格に準拠する.

x:可販果(優品および秀品)の割合.

w:総収量と可販果率から算出.

異文字間に5%水準で有意差有り(Tukey-Kramer法).

N30の葵ししとうとN45およびN90はn=12, N30のししわかまるとN60はn=8.

施用窒素 1kg あたりの総収量について、‘ししわかまる’は施肥量の増加に伴い減少し、N90で大きく減少した（表3）。また、いずれの施肥量でも‘葵ししとう’に比べて有意に少なかった。施用窒素 1kg あたりの可販果収量も、施肥量の増加に伴い減少する傾向を示し、N90で有意に減少した。また、いずれの施肥量でも‘葵ししとう’に比べて有意に少なかった。

表3 施肥量が‘ししわかまる’の施肥効率に及ぼす影響

試験区	品種	施用窒素1kgあたりの収量 ^z (kg/kgN)	
		総収量	可販果収量
N30	葵ししとう	269.3 d	185.1 c
	ししわかまる	160.8 c	117.3 b
N45	ししわかまる	144.4 bc	109.5 b
N60	ししわかまる	123.0 b	100.3 b
N90	ししわかまる	77.1 a	58.0 a

z: 収量(kg)/施用窒素量(kg).

異文字間に5%水準で有意差あり(Tukey-Kramer法).

N30の葵ししとうとN45およびN90はn=12, N30のししわかまるとN60はn=8.

‘ししわかまる’の乾物生産量は、6月23日までは施肥量による差はなかったが、6月23日以降はN30に比べてN60で多くなった(図1)。また、施肥量にかかわらず期間を通じて果実より樹体が多かった。果実の乾物生産量は、N30では6月23日から10月28日までほぼ一定の割合で増加し、N60では9月9日から10月28日で増加率が最も高くなった。樹体の乾物生産量は、N30とN60のいずれでも8月4日から9月9日に最も増加率が高かった。樹体と果実をあわせた全体の乾物生産量も樹体と同様となった。

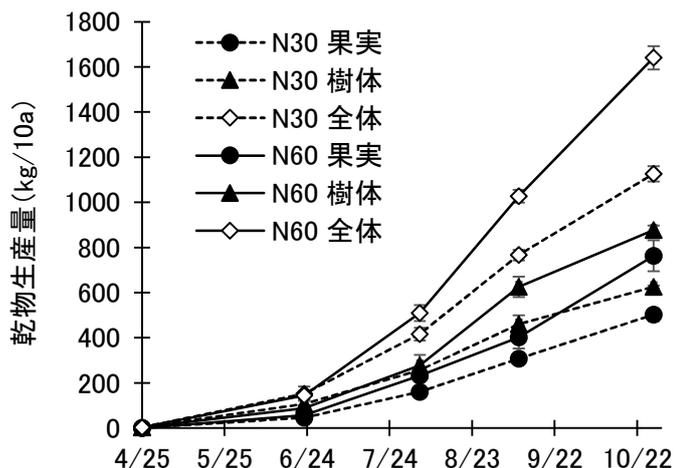


図1 ‘ししわかまる’の乾物生産量の経時的変化

果実: 収穫果実. 樹体: 果実を除く地上部. 全体: 樹体と果実の合計.
エラーバーは標準偏差を示す. n=8.
栽培期間: 2022/4/25~10/28. 収穫期間: 5/27~10/28.
試料採取日: 4/25, 6/23, 8/4, 9/9, 10/28.

‘ししわかまる’の養分含有率は、N、PおよびKのいずれでも、果実でほぼ一定となったが、樹体で変動が大きく、NとKは6月23日に、Pは定植時に最も高く、その後は栽培終了時まで低下した(図2)。また、NとKはN30に比べてN60でやや高く、Pは施肥量による差はなかった。

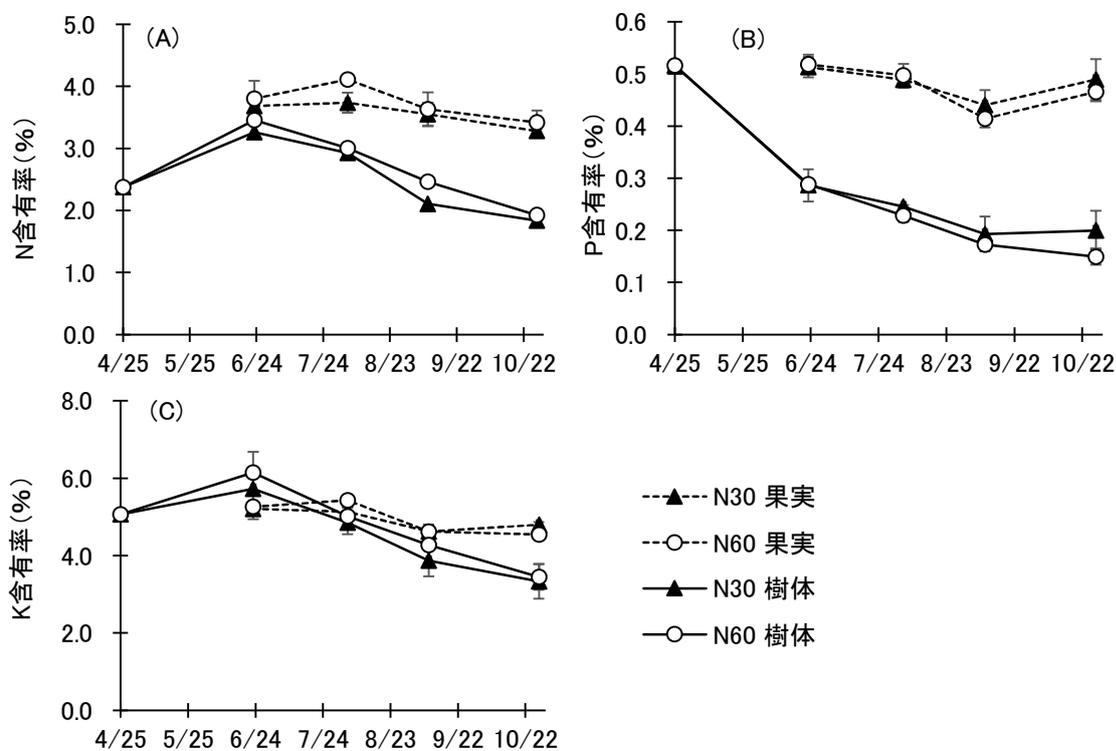


図2 ‘ししわかまる’の養分含有率の経時的変化

値は105°C乾燥換算値. 果実: 収穫果実. 樹体: 果実を除く地上部. エラーバーは標準偏差を示す. n=8.
栽培期間: 2022/4/25~10/28. 収穫期間: 2022/5/27~10/28. 試料採取日: 2022/4/25, 6/23, 8/4, 9/9, 10/28.

‘ししわかまる’のN吸収量は、N30とN60のいずれでも、6月23日から9月9日までは果実より樹体で多かったが、10月28日には樹体より果実で多くなった(図3A)。全体で見ると、N30では定植後からほぼ直線的に増加し、N60では6月23日から10月28日までほぼ直線的に増加した。P₂O₅吸収量は、N30では8月4日までは樹体と果実でほぼ同量となり、9月9日以降に樹体より果実で多くなった(図3B)。N60では6月23日までは樹体と果実でほぼ同量となり、8月4日以降に樹体より果実で多くなった。全体で見ると、N30とN60のいずれでも6月23日から10月28日までほぼ直線的に増加した。K₂O吸収量は、N30とN60のいずれでも期間を通じて果実より樹体で多かった(図3C)。全体で見ると、N30とN60のいずれでも6月23日以降ほぼ直線的に増加した。

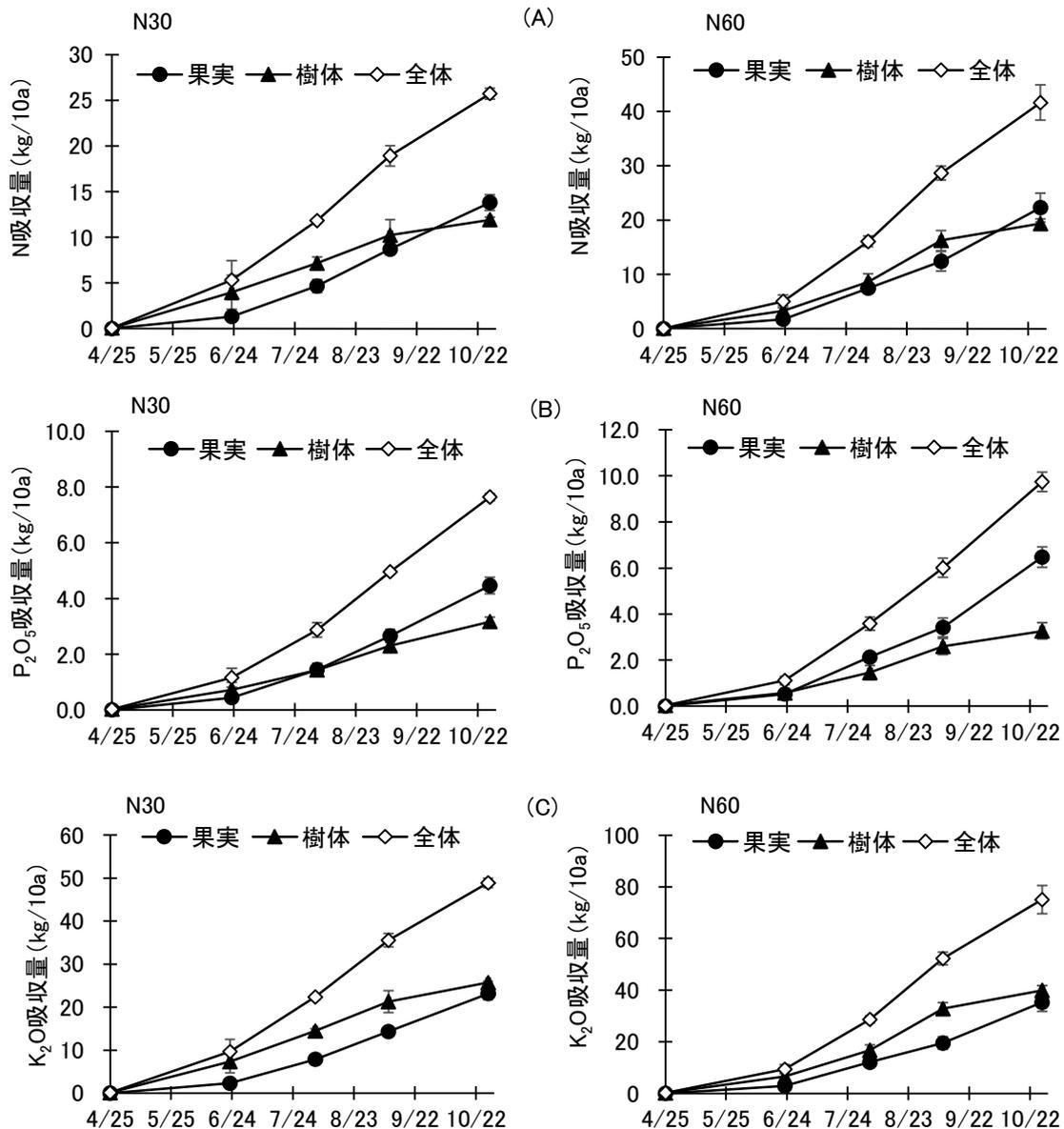


図3 ‘ししわかまる’の養分吸収量の経時的変化

エラーバーは標準偏差を示す。n=8。果実:収穫果実。樹体:果実を除く地上部。全体:果実と樹体の合計。
栽培期間:2022/4/25~10/28。収穫期間:2022/5/27~10/28。試料採取日:2022/4/25, 6/23, 8/4, 9/9, 10/28。

‘ししわかまる’の見かけの肥料利用率は、N、P₂O₅、K₂OのいずれでもN30に比べてN60で有意に低く、N30ではそれぞれ85.7、44.4、100.1%、N60ではそれぞれ69.3、28.0、73.4%となった(表4)。

‘ししわかまる’の必要養分量は、乾物生産量1kgあたりではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ24.7、6.2、45.4gとなり、収量1kgあたりではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ5.8、1.5、10.7gとなった(表5)。

表4 ‘ししわかまる’の肥料利用率

試験区	見かけの肥料利用率 ^z (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N30	85.7	44.4	100.1
N60	69.3	28.0	73.4
t検定 ^y	*	***	**

z: 吸収量/施肥量×100.

y: * = 5%水準, ** = 1%水準, *** = 0.5%水準で有意差有り(t検定).

n=8.

表5 ‘ししわかまる’の乾物生産量および収量1kgあたりの必要養分量

	養分吸収量 ^z (g/kg)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
乾物生産量	24.7	6.2	45.4
収量	5.8	1.5	10.7

z: 養分吸収量(g)/乾物生産量(kg)または総収量(kg).

考 察

‘ししわかまる’の総収量は、施肥量の増加に伴い増加したが、‘葵ししとう’の慣行施肥量である窒素30kg/10aの3倍量まで増やしても‘葵ししとう’には及ばず(表2)、既報(和歌山県, 2020)どおり、‘ししわかまる’は‘葵ししとう’に比べると収量性が低いことが明らかとなった。施用窒素1kg当たりの総収量が、いずれの施肥量でも‘葵ししとう’に比べて有意に少なかったことから(表3)、「ししわかまる」の収量性が低い要因の一つとして、肥料の利用効率が悪いことが考えられた。しかし、「ししわかまる」の見かけの肥料利用率は、N30ではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ85.7、44.4、100.1%、N60ではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ69.3、28.0、73.4%と、いずれもNとK₂Oでは高かった(表4)。このことから、「ししわかまる」の収量性が低い要因は、吸肥力の弱さではなく、果実の生産効率が悪いことに起因するものと推察された。

‘ししわかまる’の秀品率や可販果率は‘葵ししとう’に比べると高かったが、これは、‘葵ししとう’は放任栽培であったのに対し、「ししわかまる」は整枝を行ったためと考えられた。夏秋ピーマンでは主枝を誘引すると受光条件が向上し品質が向上する(藤沢・吉池, 1987)が、シシトウも同様と考えられる。特に‘ししわかまる’は、放任栽培にすると枝が水平に伸びて垂れやすい草姿をしているため、主枝を4本に仕立てて誘引し、側枝を摘芯または除去することで受光条件が向上し、秀品率や可販果率が向上したと考えられた。さらに、施肥量の増加に伴い可販果率も向上した(表2)ことから、「ししわかまる」の果実品質には施肥量も影響するものと推察された。

‘ししわかまる’の施肥量について、総収量や可販果率、可販果収量がN60で最大となりN90では減少したこと(表2)、施肥効率(施用窒素1kgあたりの収量)がN90で大きく低下した(表3)ことから、N60程度の施肥量が適切であると考えられた。N60(N:P₂O₅:K₂O=60:34.8:102.4kg/10a施用)における見かけの肥料利用率は、N、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ69.3、28.0、73.4%と、NとK₂Oで高いがP₂O₅で低かった。また、養分必要量は、乾物1kgあたりではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ24.7、6.2、45.4、収量1kgあたりではN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ5.8、1.5、10.7であった(表5)。このことから、「ししわかまる」の養分吸収比率は、N:P₂O₅:K₂O=4:1:7程度であると推察された。速水ら(2020)は、促成栽培のシシトウにおいて収量1kgあたりの養分要求量がN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ4.3、0.9、5.9gと報告しており、本

試験における‘ししわかまる’の養分要求量はやや多いが概ね妥当であると考えられた。以上のことから、‘ししわかまる’で最大収量を得るための適切な施肥量は、N, P₂O₅, K₂O でそれぞれ 60, 15, 105kg/10a 程度であると推察された。

‘ししわかまる’の時期別の養分吸収量が、N, P₂O₅, K₂O のいずれも乾物生産量に比例して 6 月 23 日以降にはほぼ直線的に増加した（図 3）ことから、初期生育（定植から 2 か月程度）の間は養分要求量が少なく、それ以降は栽培終了時までほぼ一定の割合で増加すると考えられた。また、本試験では、定植の約 1 か月後から収穫終了の 1 週間前まで、一定間隔で一定量を施肥した結果、肥料の利用率は P₂O₅ を除いて高かった（表 4）。以上のことから、‘ししわかまる’では、生育初期の養分供給を控えめにし、収穫期間中はほぼ一定に保つような施肥方法が適していると考えられた。

摘 要

シシトウ新品種‘ししわかまる’の露地夏秋作型において養分吸収特性について明らかにした。

1. ‘ししわかまる’の総収量は、主力品種である‘葵ししとう’の慣行施肥量（窒素 30kg/10a 相当）の 3 倍量まで増やしても‘葵ししとう’より少なかった。
2. ‘ししわかまる’の総収量や可販果率、可販果収量は、施肥量の増加に伴い増加するが、窒素 60 kg/10a で最大となり、90 kg/10a では減少した。
3. ‘ししわかまる’の乾物生産量や養分吸収量は、定植から 2 か月程度の初期生育の間は小さく、それ以降は 10 月末の収穫終了時までほぼ直線的に増加した。
4. ‘ししわかまる’の養分吸収比率は、窒素：リン酸：加里＝4：1：7 程度であり、‘ししわかまる’の最大収量を得られる適切な施肥量は、窒素 60kg/10a、リン酸 15kg/10a、加里 105kg/10a 程度となった。

本課題の共同担当者である橋本拓真氏と川西孝秀氏、および試験に多大なご協力を頂きました農業試験場の職員の皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 藤沢修・吉池貞蔵. 1987. ハウス夏秋ピーマンの増収安定栽培法-第 3 報-省力のための主枝直立仕立法. 東北農業研究. 40: 291-292.
- 速水悠・宗石佳奈. 2020. 促成栽培シシトウの養分吸収特性. 土肥誌. 91: 33-36.
- 松本満夫. 2005. トウガラシ類の系統と品種. p. 基 7-15. 農業技術大系野菜編. 第 5 巻. ナス・ピーマン・シシトウ・トウガラシ・カボチャ. 農文協. 東京.
- 農林水産省. 2023. 令和 5 年産野菜生産出荷統計. <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0002122532> (2025 年 12 月 15 日検索)
- 田中寿弥・小谷泰之・片山泰弘・林泰弘. 2020. 辛味果実の発生しないシシトウ新品種‘ししわかまる’の育成. 令和 2 年度和歌山県農林水産試験研究成果情報. https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/kanko/d00208361_d/fil/2-1_seika02.pdf (2025 年 12 月 15 日検索)
- 田中寿弥・南山泰宏・小谷泰之・高垣昌史・片山泰弘・林恭弘. 2022. 辛味果実の発生しないシシトウ新品種‘ししわかまる’の育成. 園学研. 21: 123-128.

実エンドウ ‘光丸うすい’ の秋播きハウス冬春どり栽培における 初期収量向上に関する研究

宮前治加・田中寿弥¹・東卓弥²・片山泰弘³

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

Study on Improvement of Initial Yield of Pea Cultivar 'Mitsumaru Usui' in Fall Seeding Culture in Greenhouse

Haruka Miyamae, Toshihiro Tanaka¹, Takaya Azuma² and Yasuhiro Katayama³

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県では実エンドウの栽培が盛んで、夏播き年内どり、秋播きハウス冬春どり、秋播き春どり、早春播き初夏どりの作型を組み合わせ、10月～6月までの長期間にわたり関西市場を中心に出荷が行われている。なかでも秋播きハウス冬春どり栽培は、主として日高地域において作付けが行われており、秋播き春どり栽培での出荷が出回る前の2月～3月に収穫盛期となる収益性の高い作型である。産地ではこれら全ての作型において、収量、莢形質、食味が優れる‘きしゅううすい’が主要品種として作付けされている。しかし、秋播きハウス冬春どり栽培でこの品種を栽培すると、その草丈の高さから、誘引、収穫等の作業は、踏み台に乗り降りしながら行う必要があり、栽培管理の省力化が長年の課題となっている。

産地の‘きしゅううすい’栽培圃場において発見された矮性個体より育成した‘光丸うすい’（大野，2022）は、莢や子実の外観形質が‘きしゅううすい’と同等で、節間長が‘きしゅううすい’の約75%と短い特性があり、ハウス栽培において、草丈を低く抑えて栽培できるため、収穫等の作業の省力化につながる有望な品種である（田中ら，2020）。一方で‘きしゅううすい’よりも晩生であり2月末までの初期収量が少ない、莢がやや小さい、厳寒期の秀品率が低いなどの特性を有するため、‘きしゅううすい’と同じ方法で栽培すると、収量面での課題がある（田中ら，2020）。このため、産地導入を推進するうえで、本品種に適した栽培技術の確立が求められる。

本試験では上記の課題のうち、開花・収穫開始期の前進による初期収量の確保を目指した。そこで、有効と考えられる播種期の前進、エンドウの開花促進技術として定着している種子冷蔵および電照処理の期間、ならびに種子採種時の温度条件が開花・収穫開始期および収量に及ぼす影響を調査し、‘光丸うすい’に適した開花・収穫開始期の前進技術を検討した。

材料および方法

¹現在：和歌山県農業試験場

²現在：和歌山県果樹試験場

³元和歌山県農業試験場暖地園芸センター

1. 播種期が収穫開始期および収量に及ぼす影響（実験 1）

‘光丸うすい’および‘きしゅううすい’を供試した。供試種子は、2020年6月9日に秋播き春どり栽培において、株の中段（第6～10節）の莢から採種したものをを用いた。‘光丸うすい’は、2020年9月10日、9月15日、9月20日、9月25日、9月30日、10月5日に、‘きしゅううすい’は、同年9月15日、9月25日、10月5日に播種した。

播種は、外張りビニールを外した露地条件下の鉄骨ハウスで行い、畝幅160cmで白黒マルチを敷設した畝に20cm間隔で1穴あたり4粒播きとした。発芽後、生育の揃った3本を残し、畝1m当たりの植栽本数を主枝15本となるように間引いた。側枝は全て除去した。

本作型で‘きしゅううすい’を栽培する場合、開花促進処理を行う必要がある。産地の早期に播種する作型では種子冷蔵処理が、それ以外は電照処理が一般的に行われている。このため、本実験では産地の処理方法に従い、9月10日および15日播種区には種子冷蔵処理を、その他の播種区には電照処理を行った。種子冷蔵処理は、次の方法で実施した。種子を30分間流水下で吸水処理を行った後、トレイに入れて湿潤状態のバーク堆肥に埋没させ、20℃暗黒下で30時間催芽処理を施した。催芽後、トレイを2℃暗黒下に移し、20日間冷蔵処理を行った。電照処理は、播種日から本葉8葉期までの期間、白熱電球で終夜照射を実施した。各播種日における電照処理の終了日は、9月20日播種区で10月13日、9月25日播種区で10月20日、9月30日播種区で10月27日、10月5日播種区で11月4日であった。ただし、10月6日～9日の3日間は台風のため電照を中断した。

施肥は有機配合肥料で基肥として、N、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ12、16、12kg/10a施用し、追肥として開花期、収穫開始期、収穫盛期にN成分で各6kg/10a施用した。11月5日に外張りビニールを展張し、12月1日～3月31日まで加温設定温度5℃で管理した。

調査は各区30株の2反復とし、第1花節位、収穫開始日、月別収量を調査した。

2. 開花促進処理方法の検討

1) 種子冷蔵処理期間が開花および時期別収量に及ぼす影響（実験 2）

‘光丸うすい’および‘きしゅううすい’を供試した。種子は実験1と同一のものをを用い、種子冷蔵処理は、実験1と同様の手順で実施した。冷蔵処理期間を‘光丸うすい’は20、25、30、40日間、‘きしゅううすい’は20日間とした。

冷蔵処理後の種子は、2020年9月15日に硬質フィルム展張ハウスに実験1と同様の方法で播種した。栽植本数と加温方法は実験1に準じて行った。施肥は、基肥として有機配合肥料をN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ10、13、10kg/10a施用した。追肥は収穫開始期にN成分で5kg/10aを施用し、それ以外は液肥（OK-F-1、N-P₂O₅-K₂O：15-8-17）の500倍液を11月11日～3月19日の期間、数回に分けてN成分で10.2 kg/10a施用した。また、12月1日～3月24日の期間において、日中400～600 ppmのCO₂を施用した。

調査は各区24株の2反復とし、実験1と同様に調査した。

2) 電照処理期間が開花に及ぼす影響（実験 3）

‘光丸うすい’を供試した。25Lポットに園芸用土（花と野菜の土、タキイ種苗株式会社）を20L充填し、2020年10月5日に実験1で用いた種子を8粒播種し、出芽後4本に間引いた。試験区は電照処理期間の違いによる影響を検討するため、以下の5処理区を設けた。対照となる慣行区は、

本葉 3～8 葉期まで 2 週間照射し、これに対し、開始時期を 1 週間早めた前期 3 週間区、終了時期を 1 週間遅らせた後期 3 週間区、開始・終了時期の両方を変更した 4 週間区、および電照処理を行わない無処理区を設定した。電照処理は白熱電球を用い、終夜照射を行った。各処理区の照射期間は、2 週間区は 10 月 16 日～10 月 30 日、前期 3 週間区は 10 月 9 日～10 月 30 日、後期 3 週間区は 10 月 16 日～11 月 6 日、4 週間区は 10 月 9 日～11 月 6 日であった。

栽培はガラス温室で行い、主枝 1 本の行灯仕立てとした。追肥は 11 月 24 日にエコロング 413 (N-P₂O₅-K₂O : 14-11-13, 100 日タイプ) をポット当たり N 成分で 4.2g 施用し、加温は 12 月 1 日から実験終了まで設定温度 5℃とした。

調査は 1 区 4 株の 4 反復（ただし、慣行区は 8 反復）とし、電照処理中の本葉数、第 1 花節位、開花開始日および生育（節数、莖径、小葉長、2 莢率）を調査した。

3. 採種条件の違いが開花および収量に及ぼす影響（実験 4）

‘光丸うすい’および‘きしゅうすい’を供試した。登熟期の温度条件が異なる種子を得るため、当センター内の秋播きハウス冬春どり栽培において、2018 年 12 月 30 日、2019 年 2 月 1 日、3 月 1 日、4 月 1 日に開花した成熟莢から種子を採種した。さらに、同年秋播き春どり栽培（露地栽培）において、2019 年 6 月 3 日に下段および上段の成熟莢から種子を採種した。これら登熟時期の異なる 6 種類の種子を、それぞれ 1 月区、2 月区、3 月区、4 月区、露地下段区、露地上段区（‘きしゅうすい’は 1 月区および 4 月区のみ）とし、2019 年 9 月 25 日に当センター内硬質フィルム展帳ハウスに播種し、3～8 葉期に白熱電球で終夜照射した。栽培は、畝幅を 150cm、栽植本数を 12 本/m とし、仕立て方法、加温方法は実験 1 と同様とした。施肥は、基肥として有機配合肥料を N、P₂O₅、K₂O でそれぞれ 9.4、12.5、9.4kg/10a 施用し、追肥は開花開始期および収穫開始期に N 成分で各 5.5kg/10a を施用した。

調査は各区 12 株の 2 反復（‘きしゅうすい’は反復なし）とし、開花日、第 1 花節位、収穫開始日、時期別収量、莢品質を調査した。

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験 5）

‘光丸うすい’の登熟条件が異なる種子を供試した。低温期に登熟した種子（以下、低温種子）は、2020 年 12 月にセンター内の秋播きハウス冬春どり栽培において開花した莢から採種し、高温期に登熟した種子（以下、高温種子）は、同一ハウスにおいて 2021 年 4 月 1 日以降に開花した莢から採種した。これら 2 種類の種子について、電照処理期間を 0～10 葉期に照射する長期区と 3～8 葉期に照射する慣行区の 2 処理区を設け、合計 4 処理区を設定した。各処理区の種子を 2021 年 10 月 5 日にガラス温室内に播種し、栽培管理は実験 4 に準じて実施した。電照処理は、長期区が 10 月 10 日～11 月 2 日までの 23 日間、慣行区は、10 月 15 日～10 月 29 日までの 14 日間、白熱電球で終夜照射した。施肥は、基肥として有機配合肥料で N、P₂O₅、K₂O を各 6kg/10a 施用し、追肥は開花開始期、収穫開始期、収穫盛期に N 成分で各 6kg/10a 施用した。

調査は各区 14～17 株の 2 反復（ただし、収量調査および生育調査は各区 10 株の 2 反復）とし、開花開始日、第 1 花節位、収穫開始日、時期別収量、莢品質および収穫終了時に生育を調査した。

結 果

1. 播種時期が収穫開始時期および収量に及ぼす影響（実験1）

‘光丸うすい’における第1花節位は、9月10日播種区で24.8節と最も高く、播種日が遅くなるにつれ低くなり、10月5日播種区では18.3節と最も低かった（表1）。また、同一播種日では、‘光丸うすい’と‘きしゅううすい’には明らかな差は見られなかった。‘光丸うすい’における収穫開始日は、9月10日播種区で12月9日と最も早く、播種日が遅い区ほど遅延し、10月5日播種区では2月8日と最も遅かった（表1）。また、同一播種日において、両品種を比較すると、播種日が9月25日以降の区で差が顕著となり、‘光丸うすい’は‘きしゅううすい’よりも9月15日播種区で3日、9月25日播種区で15日、10月5日播種区で13日遅い収穫開始となった。一方で‘光丸うすい’を5日早く播種した時の収穫開始日を比較すると、‘きしゅううすい’の9月15日播種区に対し、‘光丸うすい’の9月10日播種区では1日の遅れ、同様に9月25日播種区に対し9月20日播種区では0日、10月5日播種区に対し9月30日播種区では3日の遅れと、収穫開始日の差は小さかった。

‘光丸うすい’における12～1月の収量は、9月10日区で993kg/10aと最も多く、播種日が早い区ほど多収となった（表1）。同一播種日において両品種を比較すると、‘光丸うすい’は‘きしゅううすい’よりも、12～1月の収量が9月15日播種区で315kg/10a、9月25日播種区で252kg/10a少なかった。10月5日播種区では2月までの収量が390kg/10a少なかった。また、‘光丸うすい’の播種日を‘きしゅううすい’よりも5日早めた場合の初期収量を比較すると、‘きしゅううすい’の9月15日播種区に対し‘光丸うすい’の9月10日播種区では1月までの収量は176kg減、同様に9月25日播種区に対し9月20日播種区では128kg減、10月5日播種区に対し9月30日播種区では2月までの収量は150kg減と、同一日に播種したときと比較して、その差は小さかった。

収穫時期別の収量を見ると、‘きしゅううすい’の収穫盛期は、9月15日播種区で1～2月、9月25日播種区で2月、10月5日播種区では2～3月であったのに対し、5日早く播種した場合の‘光丸うすい’では、9月10日播種区で1～3月、9月20日播種区で2～3月、9月30日播種区で3月と、‘きしゅううすい’よりも遅れる傾向が見られた（表1）。

表1 実エンドウにおける播種時期が第1花節位、収穫開始日および時期別収量に及ぼす影響

品種	播種日	第1花節位 (節)	収穫 開始日	時期別収量 (kg/10a)					計
				12月	1月	2月	3月	4月	
光丸 うすい	9月10日	24.8	12月9日	332	661	626	841	567	3,027
	9月15日	24.1	12月11日	166	688	803	745	552	2,955
	9月20日	20.9	12月28日	7	261	672	816	395	2,151
	9月25日	20.6	1月12日	0	144	795	910	388	2,238
	9月30日	19.9	1月29日	0	3	547	1376	453	2,379
	10月5日	18.3	2月8日	0	0	310	1506	356	2,171
きしゅう うすい	9月15日	24.3	12月8日	308	861	690	357	504	2,720
	9月25日	20.3	12月28日	2	394	923	443	328	2,089
	10月5日	18.0	1月26日	0	21	679	990	252	1,942

注) 作型：2020年作秋播きハウス冬春どり、栽植密度：15本/m、調査株数：各区30株、2反復
 開花促進処理：9月10日、9月15日播種；催芽種子を2℃で20日間の種子冷蔵、その他；0～8葉期に白熱電球による終夜電照
 使用種子：秋まき春どり作型で、株の中段（6～10段目）の莢から、2020年6月9日に採種

2. 開花促進処理方法の検討

1) 種子冷蔵処理期間が開花および時期別収量に及ぼす影響（実験 2）

‘光丸うすい’の各処理区における第1花節位は、22.5～23節であり、冷蔵処理期間による明らかな差は見られず、‘きしゅうすい’の20日処理区の23.5節と同等であった（表2）。開花開始日も同様に、11月1日～11月2日と冷蔵処理期間による明らかな差は見られなかった（表2）。収穫はいずれの処理区においても12月から開始されたが、40日処理区では総収量が他区に比べてやや少なかった（表2）。また、‘光丸うすい’の全処理区における12月～1月の収量は、‘きしゅうすい’よりもやや少なかったが、2月～4月の収量は、40日処理区を除いた区で‘きしゅうすい’よりも多く、総収量も多かった（表2）。

表2 ‘光丸うすい’における種子冷蔵処理期間が第1花節位、開花開始日および収量に及ぼす影響

品種	種子冷蔵期間	第1花節位 (節)	開花 開始日	時期別収量 (kg/10a)					合計
				12月	1月	2月	3月	4月	
光丸うすい	20日	23.0	11月2日	517	424	682	583	232	2,437
	25日	22.8	11月2日	553	474	572	579	255	2,433
	30日	22.5	11月1日	618	444	561	598	251	2,473
	40日	22.6	11月2日	495	487	553	538	236	2,309
きしゅうすい	20日	23.5	11月3日	653	488	425	608	209	2,383

注) 播種日：2020年9月15日、調査株数：各区24株、2反復
 種子冷蔵：30分間の吸水処理を行った種子をバーク堆肥へ埋没させ、20℃で30時間催芽処理後に、2℃で冷蔵処理
 使用種子：秋播き春どり作型で、2020年6月9日に株の中段（6～10段目）の莢から採種

2) 電照処理期間が開花に及ぼす影響（実験 3）

各処理区の電照開始から終了までの展開葉数は、2週間処理区で2.6～7.1葉、前期3週間区で0～7.1葉、後期3週間処理区で2.6葉～9.7葉、4週間処理区で0～9.6葉であった（表3）。

第1花節位は20.9～22.1節であり、いずれの処理区においても無処理区の28.9節よりも低くなったが、処理期間による顕著な差は見られなかった（表4）。一方、開花開始日は、2週間処理区の12月3日に比べ、3週間処理区で12月1日、12月2日、4週間処理区で11月30日と電照処理期間が長くなるほど早まった。

1月6日時点における節数は、いずれの処理区においても30.9～31.1節で処理による差は認められなかったが、無処理区に比べて1節程度少なかった（表5）。一方、茎径および小葉長は、2週間区に比べて3週間処理区で小さく、4週間区ではさらに小さくなった。2莢率は、無処理区が86%と最も高く、次いで2週間処理区、前期3週間処理区、後期3週間処理区、4週間処理区の順となり、電照処理期間が長くなるほど低い傾向が見られた。

表3 ‘光丸うすい’における電照処理期間中の本葉展開数の推移

試験区	電照期間	本葉数（葉） ²					電照期間中の ^y 展開葉数（葉）
		10月9日	10月16日	10月23日	10月30日	11月6日	
2週間区（慣行）	10/16～10/30	0	2.6	4.8	7.1	9.6	4.5
前期3週間区	10/9～10/30	0	2.6	4.8	7.1	9.7	7.1
後期3週間区	10/16～11/6	0	2.6	4.8	7.1	9.7	7.1
4週間区	10/9～11/6	0	2.6	4.8	7.1	9.6	9.6
無処理区	—	0	2.5	4.7	7.0	9.3	—

注) 播種日：2020年10月5日、調査株数：各区4株、4反復（ただし、慣行区のみ8反復）、電照方法：白熱電球による終夜照射
 表中の■は、電照処理期間

²地中部の不完全葉2節を除く数値、^y電照終了時の本葉数-電照開始時の本葉数

表4 ‘光丸うすい’における電照処理期間が開花に及ぼす影響

試験区	第1花節位 ^z (節)	開花開始日 ^y (月/日)
2週間区 (慣行)	21.6 ± 0.3	12/3 ± 0.9
前期3週間区	20.9 ± 0.3	12/1 ± 0.5
後期3週間区	22.1 ± 0.2	12/2 ± 1.2
4週間区	21.5 ± 0.2	11/30 ± 0.8
無処理区	28.9 ± 0.8	12/29 ± 2.2

注) 播種日: 2020年10月5日

調査株数: 各区4株、4反復 (ただし、慣行区のみ8反復)

電照方法: 白熱電球による終夜電照

^z地中部の不完全葉2節を含む節数、^y平均値±標準誤差

表5 ‘光丸うすい’における電照処理期間が生育に及ぼす影響

試験区	節数 (節)	茎径 ^z (mm)	小葉長 ^y (mm)	2莢率 ^x (%)
2週間区 (慣行)	30.9	6.9	76.2	35.0
3週間 (前期) 区	31.0	6.6	73.8	25.3
3週間 (後期) 区	31.1	6.6	72.4	6.3
4週間区	31.1	6.3	69.7	3.6
無処理区	32.3	7.9	78.8	86.2

注) 調査日: 2021年1月6日

調査株数: 各区4株、4反復 (ただし、慣行区のみ8反復)

^z20節目と21節目の間の主枝中央部を測定^y20節目の複葉基部の小葉1枚を測定^x各節に着生する花房のうち2莢 (花) の割合

3. 採種条件の違いが開花および収量に及ぼす影響 (実験 4)

‘光丸うすい’における第1花節位は、1月区、2月区、3月区、露地下段区、4月区、露地上段区の順に低くなった (表6)。最も低い1月区と最も高い露地上段区では3.5節の差が認められた。開花開始日は、1月区および2月区が最も早く、次いで3月区、露地下段区、4月区、露地上段区の順となった (表6)。最も早い1月区および2月区と露地上段区では10日の差があった。収穫開始日は開花開始日が早い区ほど早かったが、開花日に比べてその差は大きかった (表6)。1月区および2月区の収穫開始日 (12月20日) に比べ、3月区で8日、露地下段区で15日、4月区で16日、露地上段区では24日遅かった (表6)。採種時の条件が同じ‘きしゅううすい’と比較すると、1月区、4月区ともに‘光丸うすい’で第1花節位がやや高く、開花開始日は同等かやや遅かったが、収穫開始日は、1月区で7日、4月区で5日遅かった。

収量について、‘光丸うすい’では、12~1月の初期収量は、2月開花区が最も多く、次いで、1月開花区および3月開花区、4月開花区および露地下段区となり、露地上段区が最も少なかった (表7)。一方、2月以降の収量は、4月開花区および露地下段区、露地上段区および3月開花区、2月開花区および1月開花区の順に多かった。‘きしゅううすい’と比較すると、採種時の条件が同じ種子では、12~1月の初期収量は、1月、4月区ともに‘きしゅううすい’よりも少なく、2月以降の収量は逆に多かった。総収量および収穫莢数は、露地下段区および4月区で他の区に比べて多かった (表7)。また、‘きしゅううすい’と比較すると、総収量、収穫莢数は1月区、4月区ともに‘光丸うすい’の方が多かった。特に、1月区の収量は‘きしゅううすい’の1.4倍となった。平均1莢重は、‘光丸うすい’では4月区、露地下段区、露地上段区で10.6~10.8gと、1月区、2月区、3月区に比べて重かった。L莢率は、1月区で86%と他区の90~93%に比べてやや低かった (表7)。

表6 採種条件が異なる種子における開花促進条件下での第1花節位および開花、収穫開始日

品種	採種条件	第1花節位 ^z (節)	開花開始日 ^y (月/日)	収穫開始日 ^x (月/日)
光丸 うすい	1月区	17.7 ± 0.2	11/4 ± 0.5	12/20 ± 1.3
	2月区	17.9 ± 0.2	11/4 ± 0.5	12/20 ± 1.2
	3月区	18.8 ± 0.1	11/8 ± 0.5	12/28 ± 1.7
	4月区	20.5 ± 0.1	11/11 ± 0.3	1/6 ± 1.3
	露地上段区	21.2 ± 0.1	11/14 ± 0.3	1/14 ± 1.0
きしゅう うすい	1月区	17.3 ± 0.1	11/2 ± 0.3	12/13 ± 1.0
	4月区	19.7 ± 0.4	11/11 ± 0.3	1/1 ± 1.0

注) 播種日: 2019年9月25日、供試株数: 各区12株、2反復 (‘きしゅううすい’は反復なし)

種子: 1~4月区は秋播きハウス栽培で、それぞれの時期に開花した莢から、露地区は秋播き露地栽培で下位節と上位節に着生する莢からそれぞれ採種した

開花促進処理: 2019年10月7日~21日の間、白熱電球による終夜照射

^z地中の不完全葉を含めた節位、^y初めて開花が確認できた日、^x初めて莢を収穫した日^z数値は平均値±標準誤差

表7 採種条件が異なる種子における開花促進条件下での時期別収量および莢品質

品種	採種条件	時期別収量 (kg/10a) ^z					収穫莢数 ^z (莢/m ²)	1莢重 ^y (g/莢)	L莢率 ^x (%)
		12~1月	2月	3月	4月	合計			
光丸 うすい	1月区	476	594	522	410	2,003	212.7	9.4	86
	2月区	531	653	567	355	2,106	216.7	9.7	92
	3月区	443	680	588	398	2,109	211.3	10.0	90
	4月区	371	802	854	500	2,528	233.7	10.8	93
	露地下段区	331	828	890	523	2,572	242.3	10.6	92
	露地上段区	229	793	713	350	2,084	193.3	10.8	93
きしゅう うすい	1月区	756	230	105	334	1,425	170.7	8.3	86
	4月区	635	670	449	449	2,201	229.3	9.6	87

注) 2019年9月25日播種、調査期間：収穫開始から2020年4月30日、調査株数：各区12株、2反復（‘きしゅううすい’は反復なし）

^z実入り1粒以上の可販莢の合計、^y合計収量/収穫莢数 ^x収量に占めるL莢（実入り4粒以上で極端な欠粒のない莢）の重量割合

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験5）

第1花節位は、低温種子では長期電照区で17.3節、慣行電照区で18.1節、高温種子では長期電照区で20.8節、慣行電照区で21.6節であり、低温種子が高温種子よりも低く、また、長期電照区が慣行電照区よりも低くなった（表8）。開花開始日は、低温種子では長期電照区が11月18日、慣行電照区が11月21日、高温種子では長期電照区が11月29日、慣行電照区が12月3日であった。低温種子が高温種子よりも11~12日早く、長期電照区が慣行電照区よりも3~4日早かった。収穫開始日は、低温種子では長期電照区が1月22日、慣行電照区が1月27日、高温種子では長期電照区が2月5日、慣行電照区が2月15日であった。低温種子では高温種子に比べ、長期電照区で14日、慣行電照区で19日早かった。また、同一種子内において、電照処理間で比較すると、低温種子では長期電照区で慣行電照区よりも5日、高温種子では10日収穫開始が早かった。

収量について、1~2月の収量は、低温種子が高温種子よりも多く、長期電照区で慣行電照区よりも多かった（表9）。一方、3~4月の後半の収量は、高温種子が低温種子よりも多く、同じ種子では慣行電照区で長期電照区よりも多かった。総収量は、高温種子の慣行電照区が2,720kg/10aで最も多く、次いで高温種子の長期電照区（2,576kg/10a）および低温種子の慣行電照区（2,532kg/10a）が同等となり、低温種子の長期電照区が2,438kg/10aと最も少なかった。1莢重は各区10.4~10.8gの範囲にあり、処理による顕著な差は見られなかった（表9）。L莢率は、高温種子の慣行電照区が79.7%と他区の89.3~92.9%に比べて低かった（表9）。また、3月中旬~下旬にかけて子実肥大不良莢が発生したが、高温種子が低温種子よりも、また慣行電照区が長期電照区よりも多い傾向が見られた。特に、高温種子の慣行電照区で他区に比べて発生莢数が多かった。

茎径は、下位節、上位節にかかわらず、低温種子が高温種子よりも小さく、また、長期電照区が慣行電照区よりも小さい傾向が認められた（表10）。収穫終了時の生育節数は、低温種子が高温種子よりも4.5~5.1節少なく、また、長期電照区が慣行電照区よりも1.3~1.9節少なかった。

表8 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期と電照処理期間が開花および収穫開始日に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	第1花節位 (節)	開花日 (月/日)	収穫開始日 (月/日)
低温	長期	17.3 ± 0.10	11/18 ± 0.34	1/22 ± 0.3
	慣行	18.1 ± 0.11	11/21 ± 0.35	1/27 ± 1.0
高温	長期	20.8 ± 0.11	11/29 ± 0.49	2/5 ± 1.0
	慣行	21.6 ± 0.15	12/3 ± 0.47	2/15 ± 1.4

注) 播種: 2021年10月5日、電照処理: 長期区は10月10日~11月2日まで、慣行区は10月15日~10月29日まで白熱電球で終夜照射
調査: 各区14~17株、2反復、表中の数値は平均値±標準誤差

表9 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期及び電照処理期間が収量および莢品質に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	収量 (kg/10a)				収穫莢数 ^z (莢/m ²)	1莢重 ^y (g/莢)	L莢率 ^x (%)	子実肥大不良莢数 ^w (莢/m ²)
		1~2月	3月	4月	合計				
低温	長期	850	1,117	471	2,438	233	10.5	92.9	0.8
	慣行	744	1,380	408	2,532	242	10.5	89.3	2.0
高温	長期	596	1,427	553	2,576	238	10.8	90.0	3.6
	慣行	460	1,678	582	2,720	262	10.4	79.7	14.4

注) 播種: 2021年10月5日、調査期間: 収穫開始~2022年4月30日、調査株数: 各区10株、2反復

^z全収穫莢数、^y合計収量/収穫莢数、^x収量に占めるL莢(実入り4粒以上で極端な欠粒のない莢)の重量

^w外観がL莢で子実が3粒以下の莢

表10 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期および電照処理期間が茎径および収穫終了時の生育節数に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	茎径 ^z (mm)					生育節数 ^y (節)
		20-21節間	25-26節間	30-31節間	35-36節間	40-41節間	
低温	長期	6.4 ± 0.2	6.4 ± 0.2	5.9 ± 0.3	4.8 ± 0.3	4.2 ± 0.2	52.4
	慣行	7.1 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.1 ± 0.4	5.9 ± 0.4	4.3 ± 0.3	53.7
高温	長期	7.0 ± 0.2	7.3 ± 0.3	7.5 ± 0.3	6.6 ± 0.4	5.0 ± 0.3	56.9
	慣行	7.4 ± 0.2	8.4 ± 0.3	8.6 ± 0.3	7.3 ± 0.4	5.8 ± 0.4	58.8

注) 調査: 2022年5月2日、調査株数: 各区10株、2反復、表中の数字は平均値±標準誤差

^z節間の中央部を測定、^y調査時点での節数

考 察

1. 播種時期の検討 (実験1)

本県の実エンドウ産地における秋播きハウス冬春どり栽培では、地域により播種時期が異なる。印南町では冷蔵種子を用いて9月中旬に、みなべ町では9月下旬に、日高川町では10月上旬にそれぞれ播種が行われる。実験1では、一般的な採種作型である秋播き春どり栽培の採種種子を用いて、9月10日から10月5日の期間、5日おきに播種し、播種日を早めることによる収穫開始期の前進化を検証するとともに、‘きしゅうすい’の代表的な播種日である9月15日、9月25日、10月5日に対応する同時期収穫開始のための‘光丸うすい’の播種適期を検討した。その結果、播種日が早いほど、収穫開始日が早まり、収穫盛期も前進する傾向が確認され、早期播種による収穫開始期の前進と初期収量の増加が確認された(表1)。また、‘光丸うすい’は‘きしゅうすい’

い’ と同一の播種日では、播種期にかかわらず収穫開始日は遅延したが、5日早く播種することで、ほぼ同時期の収穫開始日となった。したがって、‘きしゅううすい’の播種日（9月15日、9月25日、10月5日）に対応する‘光丸うすい’の播種適期は、それぞれ9月10日、9月20日、9月30日であると考えられた。また、それぞれの播種日における‘光丸うすい’の収穫盛期は、‘きしゅううすい’よりも遅れたが、‘きしゅううすい’と同等の初期収量の確保には、播種日を5日以上早めることで対応できると考えられる。しかし、近年、本作型の播種時期である9月～10月が高温であるため、産地では、発芽不良や草勢低下を回避するために播種日を遅らせる傾向にある。このため、現行より5日以上播種日を早める技術の導入は栽培上のリスクが高く、播種日の前進だけでなく他の方法を組み合わせることが必要と考えられた。

2. 開花促進処理方法の検討（実験2、実験3）

1) 種子冷蔵による開花促進

エンドウは、花芽形成に対して春化効果が認められており、花芽分化や開花は、催芽期または幼苗期の低温により促進される（藤岡，2000）。エンドウにおける冷蔵処理による開花促進については、佐田ら（1987a, 1987b）により詳細に検討されている。同報告によると、2℃、20日間の冷蔵処理下では、種子の吸水直後から2～3葉期の生育ステージにおける処理で開花促進効果が高く、その効果には品種間差異があり、‘オランダ’や‘きしゅううすい’などの晩生品種ほど促進効果が高いとされている。産地ではこの知見に基づき、吸水種子または催芽種子を2℃で20日間冷蔵する技術が定着している。また、処理期間に関する報告として、サヤエンドウの‘美笹’は、処理期間3週間と4週間で到花日数や収穫開始日に差は認められないが、‘美笹’より晩生の‘赤花53号’では、処理期間4週間で到花日数と収穫開始日がより短縮されたことが報告されている（田旗・浜田，1991）。そこで、実験2では‘きしゅううすい’に比べて晩生の‘光丸うすい’において、冷蔵期間を延長することで、さらなる開花促進効果が得られるかを検討した。本実験では、無処理区を設けていないが、実験で用いた種子は、秋播き春どり栽培の採種種子であり、この作型で採種した種子は、開花促進処理なしで栽培した場合、第1花節位は33～34節になる（未発表）。本実験の第1花節位は23節であり、冷蔵処理による開花促進効果は確認されたものの、処理期間の延長による開花および収穫開始期のさらなる前進効果は見られず、‘紀州うすい’より初期収量は少なかった（表2）。このことから、‘光丸うすい’では開花促進に必要な種子の冷蔵期間は20日間で充足すると考えられ、冷蔵処理だけでは、‘きしゅううすい’と同等の初期収量の確保は困難であることが示唆された。

また、実験2では、実験1の9月15日播種区と同様の方法で種子冷蔵処理を実施し、同日に播種したが、実験1に比較して両品種ともに12月の収量が多く、1月～4月の収量は少なかった（表1、表2）。この要因として、実験1では播種から11月4日までは露地栽培であったのに対し、実験2では播種時から被覆条件下で栽培したこと、さらに12月1日からCO₂施用を開始したことで、栽培温度が高く推移し、収穫期が前進したことが考えられる。一方で、高温による草勢の低下が後半の減収に影響したと推察される。

2) 電照による開花促進

和歌山県の野菜栽培指針（和歌山県農林水産部，2021）では実エンドウの電照処理として、本葉3～8葉期に白熱電球を用いて深夜4時間の暗期中断または24時間日長での照射が推奨されている。

佐田ら (1987a) は、電照処理による開花促進効果にも品種間差異があり、晩生の‘オランダ’や‘きしゅううすい’は、早生品種に比べて促進効果が高いことを明らかにしている。また、開花促進効果が高い‘オランダ’と‘きしゅううすい’では、5~8葉期（不完全葉を含まない場合は、3~6葉期）の生育ステージが最も開花促進効果が高く、8葉期以降に処理をしても、開花は促進されないことを報告している(1987b)。実験3において、電照期間を慣行区の2週間（3~8葉期）よりも1~2週間長くした結果、第1花節位は慣行区と同等となり、佐田らの報告(1987b)と同様の結果となったが、開花日については、2週間延長した4週間処理（0~10葉期）区で早まり、開花促進効果が認められた。生育については、佐田ら(1987b)は電照期間を発芽後から11葉期、16葉期までと長くすると、生育が抑制されることを報告しているが、本実験においても、電照処理期間を長くすると茎径や小葉長が小さくなり、草勢が弱くなることが確認された（表5）。

3. 採種時の登熟条件の違いが開花および収量に及ぼす影響（実験 4）

エンドウは登熟中の低温で春化され、‘きしゅううすい’では、15℃以下で登熟した種子は、20℃以上で登熟した種子と比較して開花が早い（藤岡ら，2001）。また、採種する作型によっても種子の早晩性は異なり、秋播きハウス冬春どり栽培、夏播き年内どり栽培、秋播き春どり栽培の順に開花が早くなる（藤岡ら，2001）。

実験 4 では、採種条件の違いが種子の開花特性に与える影響を調査し、開花および収穫開始期の前進に有効な種子の採種条件について検討した。秋播きハウス冬春どり栽培では、1~2月区で最も開花、収穫開始日が早く、以降は採種時期が遅くなるほど収穫開始日も遅延し、4月区では、1~2月区より17日遅れた（表6）。これは、1~2月区では、開花、登熟期間を低温で経過したのに対し、4月区ではその期間が高温となったためと考えられた。また、秋播きハウス冬春どり栽培で採種した種子であっても、4月区のは藤岡らの報告（2001）で最も晩生とされる秋播き春どり栽培と同等の開花・収穫開始日となった（表6）。したがって、開花、収穫開始時期を早めるために用いる種子としては、秋播きハウス冬春どり栽培においても、低温期に開花した莢から採種する必要がある。‘きしゅううすい’の高温期に登熟した種子（4月区）と同程度の早晩性の種子を得るには、3月1日までに開花した莢から採種することが望ましいと考えられた。また、秋播き春どり栽培での採種においても、上段区は下段区よりも収穫開始日が10日遅延、総収量が20%減少し、早晩性と収量性に顕著な差が確認された（表6, 7）。

産地において栽培に供される種子には、市販の購入種子と生産者が青果用栽培ハウス内で採種した種子（自家採種種子）の2種類がある。‘光丸うすい’の種子は現時点では市販されていないが、‘きしゅううすい’を除く県内育成品種の販売種子は、橋本市の秋播き春どり栽培で生産されている。‘光丸うすい’においても同様の条件下での採種を想定した場合、本実験の結果から、同一ロットの種子であっても生育にばらつきが生じる可能性が示唆された。したがって、この作型で採種する場合は、開花の遅い花蕾を除去し開花期を揃えるなどの工夫が必要と考えられる。一方、自家採種種子については、‘光丸うすい’は種苗登録された品種であるため、育成者権者からの許諾を得たうえで、低温期に開花した莢から採種することで、開花の早い種子を確保できると考えられる。

また、収量についてみると、低温種子（1~3月区）は、1月末までの早期収量が多いのに対し、高温種子（4月区、露地下段区）は3月以降の収量が多く、低温種子に比べて1莢重が重く、総収量も多い特性があり（表7）、同じ条件で栽培しても、使用する種子の採種条件が異なると、収穫

時期や収量性が異なることから、使用する種子の特性に応じた栽培管理の必要性が示唆された。

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験5）

実験5では、登熟時の温度条件が異なる低温種子と高温種子を用い、電照期間を慣行（3～8葉期）と長期（0～10葉期）で設定し、初期収量向上に最も効果的な組み合わせを検討した。

この結果、いずれの登熟種子においても、長期電照により開花・収穫開始日が早まり、初期収量も増加することが示された（表8, 9）。しかし、開花促進や初期収量の増加に対しては、種子の登熟時の温度条件の影響がより強く現れ、高温種子では、長期電照を実施した場合でも、低温種子の慣行電照よりも高い開花促進効果は得られなかった。エンドウの開花促進は、種子冷蔵処理と電照処理の併用で最も効果が高いとされている（佐田ら, 1987a）。この知見に基づくと、低温種子が高温種子よりも開花促進された要因として、低温種子は登熟中に春化作用を受けており、種子冷蔵処理との併用と同様の効果が発現し、開花がより促進されたためと推察される。

一方、総収量については、実験4の結果と同様に、低温種子で少なく、長期電照ではさらに減収した。佐田らは‘きしゅううすい’および‘オランダ’を用いて電照期間を延長すると、両品種ともに草勢が低下するものの、2月下旬までの収量は‘きしゅううすい’では減少したのに対し、‘オランダ’では、多くなったと報告している（1987b）。‘きしゅううすい’の早晩性は‘オランダ’よりも早生であることから、早生品種は、晩生品種に比べ、長期電照による草勢の低下による影響を大きく受けると考えられる。したがって、早生性を示す低温種子では、長期電照により草勢が低下し、総収量の低下につながったと推察される。

高温種子は、慣行電照では初期収量が少なくなる傾向が見られ、さらに他の区に比べて子実肥大不良莢が多発した。子実肥大不良莢は、日中の低温と寡日照下で発生するとされ（川西ら, 2010）、発生のしやすさには品種間差があり、莖が太く、莢重に対する子実重量の割合が低い品種で発生率が高いことが知られている（西森ら, 2007）。また、子実肥大不良莢は、栽培畝の日表面よりも日当たりの悪い日裏面に発生が多い（平ら, 2010）。高温種子で子実肥大不良莢が増加した要因として、‘光丸うすい’では‘きしゅううすい’よりも節間が短い缘故に、草勢が強いために葉が大きくなり、莢への日当たりが不良となったことで莢の温度が上がらず、より温度の上がりやすい葉や成長点への同化養分の分配量が多くなり、子実への分配が少なかったことが考えられる。しかし、草勢と子実肥大不良莢の発生との関連性については不明であり、今後の検討課題である。

以上の結果から、‘光丸うすい’の初期収量が最も増加する種子の種類と電照期間の組み合わせは、低温種子の長期電照であった。しかし、産地では低温と高温のどちらの種子も使用されることが想定される。産地で最も播種が遅い10月播種作型において、低温種子では、慣行（本葉3～8葉期）の電照期間では、2月までの収量は総収量の30%であり、長期電照の35%と大差はなかったが、総収量は長期電照で、やや少なくなった。一方、高温種子では、慣行の電照期間では、収穫開始日が遅く、2月までの収量は総収量の17%と顕著に少なくなり、さらに子実肥大不良莢の発生も多くなった。したがって、低温種子を使用する場合は、慣行の電照期間とし、高温種子を使用する場合は、播種日を早めるとともに、長期電照を行うことが初期収量増加だけでなく品質向上にも有効であると推察された。

近年、2～3月の気温が高く、生育適温が15～20℃であるエンドウでは、早くから草勢が低下し後半の減収が問題となっている。‘光丸うすい’は、‘きしゅううすい’より草勢が強く、後半の収量が多い特性があり、これら2品種を組み合わせることで収穫期の労力分散が図られるとともに、

産地においては長期間の安定出荷に貢献できることが期待される。

摘 要

実エンドウの秋播きハウス冬春どり栽培において、栽培管理の省力化が期待できる短節間品種‘光丸うすい’の開花および収穫開始時期を前進し、初期収量を増加させる方法を検討した。

1. ‘光丸うすい’を9月15日、9月25日、10月5日播種の‘きしゅううすい’よりもそれぞれ5日早く播種すると、収穫開始が‘きしゅううすい’と同時期となり、初期収量も増加した。
2. 種子冷蔵処理による開花促進効果は、‘きしゅううすい’と同様に2℃、20日間の処理で認められたが、処理期間延長によるさらなる前進効果は認められなかった。
3. 開花促進のための電照期間を慣行の3-8葉期（2週間）よりも長い、0~10葉期（4週間）とすると、第1花節位には差は認められなかったが、開花日が前進し、草勢の低下が認められた。
4. 秋播きハウス冬春どり栽培で、12月31日~3月1日までに開花し、登熟期を低温で経過した莢から採種した種子（低温種子）は、同じ作型で登熟期を高温で経過した4月以降に開花した莢から採種した種子や秋播き春どり栽培で採種した種子（高温種子）に比べて開花が早く、1月末までの初期収量も多かった。
5. 登熟時の温度条件の異なる低温種子と高温種子を用い、長期電照と慣行電照を組み合わせたところ、どちらの種子においても、長期電照で開花、収穫開始期の前進効果が認められ、初期収量は増加した。低温種子の長期電照で初期収量が最も増加した。

謝辞

本研究報告は、令和2~4年度競争力アップ技術開発事業において実施した成果の一部を取りまとめたものである。試験の実施にあたり、種子や本品種の貴重な情報を提供して下さった育成者の大野光男氏ならびに、多大なご助言を頂いたJAわかやま紀州地域本部の営農指導員の方々、日高振興局農林水産振興部農業水産振興課の方々に深謝する。

引用文献

- 藤岡唯志. 2000. 開花促進. pp. 基 99-103. 農業技術体系. 野菜編 10 (マメ類・イモ類・レンコン). 農文協. 東京.
- 藤岡唯志・花田裕美・加藤一人. 2001. 登熟温度と莢の低温処理がエンドウの開花に及ぼす影響. 和歌山県農林水産研報. 2: 93-98.
- 川西孝秀・神藤宏・福島総子・佐藤卓・三原弘光・西森裕夫・東卓弥. 2010. 実エンドウ栽培における子実肥大不良莢の発生要因の解明 第1報 遮光, 昼夜温が莢および胚珠の発達に及ぼす影響. 園学研. 9: 183-189.
- 西森裕夫・東卓弥・川西孝秀・神藤宏・福島総子. 2007. 実エンドウのハウス栽培における子実肥大不良莢発生の品種間差と発生防止のための温度管理. 園学研 6 (別 1) : 196.
- 大野光男. 2022. 光丸うすい. 品種登録 29046.
- 佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987a. ハウスエンドウの開花促進に関する研究 (第1報) 長日,

低温処理の効果とその品種間差異について. 和歌山県農試研報. 12: 33-38.

佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987b. ハウスエンドウの開花促進に関する研究（第2報）日長および種子低温処理が開花および生育・収量に及ぼす影響. 和歌山県農試研報. 12: 39-46.

田旗裕也・浜田豊. 1991. サヤエンドウにおける種子の低温処理期間が生育と収量に及ぼす影響. 東京都農試研報. 23: 21-28.

平貴志・東裕嗣・橋本倫代・田中俊史・平岡美和・富田栄一. 2010. ハウス栽培エンドウ‘きしゅううすい’の子実不良（空気莢）の抑制対策（2）. 農業および園芸. 85: 958-966.

田中寿弥・川西孝秀・小谷泰之・東卓弥. 2020. 実エンドウ新品種‘みなべ短節間1号’の特性. 和歌山県農林水研報. 8: 43-56.

和歌山県農林水産部. 2021. ウスイエンドウ（秋まきハウス冬春どり）. pp. 32-33. 野菜栽培指針.

暖地におけるトルコギキョウの育苗条件が ロゼット株の発生に及ぼす影響

花田裕美¹・吉廣卓哉²

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Effect of Seedling Growing Conditions on Rosette Formation in *Eustoma grandiflorum* in Warm Regions

Hiroimi Hanada¹ and Takuya Yoshihiro²

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum*) は、高い需要を背景に全国で栽培される人気の切り花品目である。和歌山県では温暖な気候を活かし、8月下旬に定植し年内と翌春の二度収穫を行う「二度切り栽培」が主流である。しかし、育苗期間が夏季(7月~8月)の高温期と重なるため、高温によるロゼット株の発生が課題となっている。植物が低温や乾燥など生育に適さない環境を耐え抜くため生育を一時的に停止することを休眠というが、トルコギキョウのロゼット化はこの休眠状態になると生じる現象である。育苗時にロゼット化するとその後の茎の伸長が抑制され、葉が放射状に展開したまま開花に至らないため、生産現場では収量と品質の低下に直結し非常に大きな問題となっている。トルコギキョウでは育苗時の光量不足(Ohkawaら, 1991)や培地の乾燥(竹崎ら, 2003)および夜間に一定期間20℃以上の高温へ遭遇すること(Ohkawaら, 1991; 大川ら, 1996; 吾妻・犬伏, 1988)でロゼット化が誘導されると報告されている。そして、このロゼット株の休眠を打破するには、一定期間の低温(10-15℃で5-6週間)に遭遇することが最も効率的であると報告されている(竹田, 1995)。この育苗後に低温へ遭遇させて休眠を打破する方法は育苗期間に加えて冷蔵期間が必要となるため定植までの期間が長くなる。そのため、より簡易で育苗期間が短くロゼット化しない育苗方法の研究が行われてきた。播種後、夜間温度15-17℃で管理すると昼間は自然条件で管理してもロゼット株にならないことや(吾妻・犬伏, 1988)、比較的ロゼット性が弱い品種では吸水した種子を低温処理すると、その後、高温条件下で育苗してもロゼット株が発生しないことが報告されている(谷川ら, 2001)。安江・多田(2005)は種子冷蔵処理と夜間の冷房育苗を組み合わせた夜冷育苗でロゼット株を抑制する効果が高まることを報告しており、「トルコギキョウの低コスト冬季生産の考え方と基本マニュアル」(農研機構花き研究所, 2012)では、夜冷育苗とは種子冷蔵(10℃)を行った後、日中はなりゆき気温で管理し、夜間冷房15℃で育苗する方法と定義されており、夜冷育苗はトルコギキョウの一般的な育苗方法となっている。し

¹現在：和歌山県農業試験場

²和歌山大学システム工学部

かし、和歌山県内のトルコギキョウ生産者から頭上ミスト灌水で夜冷育苗を行った場合にロゼット株を発生する品種があり生産に支障をきたしているため、和歌山県に適した育苗方法を検討して欲しいとの要望があった。そこで、本研究では、和歌山県に適したトルコギキョウの育苗条件の検討を目的とする。

材料および方法

試験 1 育苗方法と灌水方法がロゼット化に及ぼす影響

供試品種として、早生品種の‘プロポーズ’（株式会社住友化学）、‘ボヤージュ（I型）さくら’（株式会社サカタのたね）、中晩生品種の‘ハピネスホワイト’（株式会社ミヨシ）‘レイナホワイト’（株式会社サカタのたね）、‘レイナラベンダー’（株式会社サカタのたね）の5品種を用いた。2017年5月18日にメトロミックス350（株）ハイポネックスジャパン）を充填した406穴のペーパーポット（縦2cm×横2cm×深さ5cm）に播種し、十分灌水した後、ビニルで被覆して10℃の暗黒条件下で35日間（5月18日-6月22日）種子冷蔵を行った。種子冷蔵後、高性能フッ素樹脂フィルム展張ハウス（ハウスクールで内部遮光40%）内の高設ベンチに簡易ビニルハウスを設置して、各試験区の温度、灌水管理をおこない8月9日まで育苗を行った。温度管理は終日なりゆきで管理するなりゆき育苗，日中7:00-17:30までなりゆき気温で17:30-7:00まで15℃まで冷房する夜間冷房育苗，クーラー室（5:00-6:00 20℃，6:00-19:00 25℃，19:00-20:00 20℃，20:00-5:00 15℃）で育苗するクーラー育苗を設定した。灌水方法は、頭上ミスト灌水（6:00-19:00，30分毎60秒頭上ミスト灌水）と底面給水（樋に給水マットを垂らし，1日3回樋を満水）で行った。試験区は温度管理と灌水方法の組み合わせで行い，なりゆき気温と頭上ミスト灌水を組み合わせた「なりゆき区」，夜間冷房と頭上ミスト灌水を組み合わせた「夜冷ミスト区」，夜間冷房と底面給水を組み合わせた「夜冷底面区」，クーラー育苗と底面給水を組み合わせた「クーラー区」の4区とした。育苗中のペーパーポットの中央に土壤水分センサ（GS3，DECAGON社，現在メータージャパン株式会社）を差し込み，育苗土の地温と土壌体積含水率を測定した。気温と湿度はデータロガー（TR-52，株式会社T&D）を育苗場所から60cm上に設置し通風状態で測定した。8月8日，9日に定植前の苗の縦径，横径，草丈を測定した。各区各品種60株を2017年8月10日に真砂土とバーク堆肥を1:1（v/v）で混合した栽培土を入れた隔離ベット（うね幅60cm，土層20cm，白黒マルチ被覆）に株間10cm中央2目飛ばしの4条植えて定植した。施肥は元肥を5-5-5kg/10a（N:P₂O₃:K₂O）とし，追肥は液肥（OK-F-1，OATアグリオ株式会社）で0.3-0.16-0.34kg/10a（N:P₂O₃:K₂O）を2週間毎に施用した。ロゼット株の確認は2018年1月8日に草丈20cm以下で発蕾が認められない個体をロゼット株として調査した。

試験 2 育苗温度がロゼット化に及ぼす影響

供試品種には、早生品種の‘プロポーズ’，‘ボヤージュ（I型）さくら’，‘マキアライトピンク’（株式会社サカタのたね），‘グラナスピンク’（カネコ種苗株式会社），中晩生品種の‘ハピネスホワイト’の5品種を用いた。2018年6月4日に試験1と同一の育苗培地に播種し，播種後十分に灌水を行った育苗トレイをビニルで被覆し，10℃暗黒下の冷蔵庫で7月9日まで種子冷蔵を行った。2017年と同一の高性能フッ素樹脂フィルム展張ハウス（ハウスクールで内部遮光40%）内で7月9日から8月23日まで育苗を行った。温度管理は，なりゆき気温と夜間冷房育苗

(7:00-17:30 までなりゆき気温, 17:30-7:00 まで 18°C および 23°C) で行い, 灌水方法は試験 1 と同様の方法で頭上ミスト灌水を行った. 育苗中のペーパーポットの中央に試験 1 と同一の土壤水分センサ (GS3) を差し込み, 地温, 土壤体積含水率を測定した. 処理毎に各品種 48 株を 2018 年 8 月 24 日に試験 1 と同一の隔離ベットへ株間 10cm 中央 2 目飛ばしの 4 条植えて定植し, 施肥は試験 1 と同様に行った. ロゼット株の確認は 2019 年 1 月 18 日に草丈 20cm 以下で発蕾していない個体をロゼット株として調査した.

試験 3 和歌山県に適した育苗方法の確認

供試品種は試験 2 と同一の 5 品種に 'レイナホワイト' を加えた 6 品種を用いた. 2019 年 5 月 16 日に試験 1, 2 と同一の育苗培地に播種, 灌水を行い, ビニル被覆をした状態で 10°C 暗黒下の冷蔵庫で 6 月 27 日まで種子冷蔵を行った. 2017, 2018 年と同一の高性能フッ素樹脂フィルム展張ハウス (ハウスクールで内部遮光 40%) 内で 6 月 27 日から 8 月 7 日まで育苗を行った. 育苗時の温度管理は, 7:00-17:30 までなりゆき気温, 17:30-7:00 まで 18°C および 20°C で冷房する夜間冷房を行った. 灌水方法は試験 1, 2 と同様の方法で頭上ミスト灌水を行った. 育苗中のペーパーポットの中央に試験 1 と同一の土壤水分センサ (GS3) を差し込み, 地温, 土壤体積含水率を測定した. 処理毎に各品種 40 株を 2019 年 8 月 8 日に試験 1 と同一の隔離ベットへ株間 10cm 中央 2 目飛ばしの 4 条植えて定植し, 施肥は試験 1 と同様に行った. ロゼット株の確認は 2019 年 12 月 27 日に草丈 20cm 以下で発蕾していない個体をロゼット株として調査した.

結 果

試験 1 育苗方法と灌水方法がロゼット化に及ぼす影響

2017 年 6 月 22 日から 7 月 14 日までの各処理区の日平均地温は, なりゆき区が 25.2°C, クーラー区が 19.6°C, 夜冷ミスト区が 20.9°C, 夜冷底面区が 22.5°C であり, Tukey の多重検定の結果, すべての区の組み合わせに対して有意差が確認された (表 1). 7:00-18:00 までの日中平均地温を見ると, なりゆき区は 27.0°C, 夜冷底面区は 27.4°C と同程度であったが, 夜冷ミスト区は 25.5°C で, 灌水方法を底面給水より頭上ミスト灌水にすることで日中の地温は低下することが確認された. 18:00-7:00 までの夜間平均地温をみると, なりゆき区が 23.8°C と最も高く, 夜間 15°C の管理でも夜冷底面区は 18.7°C, 夜冷ミスト区は 17.5°C と夜冷ミスト区に比べ夜冷底面区の地温は高かった (表 1). 育苗条件ごとの気温と地温の変動では, 地温が気温より低くゆるやかに推移していた (図 1). 最高気温をみると, なりゆき区は 27.8°C, 夜冷底面区は 28.6°C およびクーラー区は 27.5°C で, 夜冷ミスト区の 25.9°C は他の 3 区より低かった (図 1). 最低気温をみると, 夜冷ミスト区で 15.6°C と夜冷底面区の 15.4°C より高かった. 最低地温も同様に夜間の夜冷ミスト区は 15.2°C, 夜冷底面区は 14.8°C と日中の気温に関係なく, 夜冷底面区は夜間の最低気温, 最低地温ともに夜冷ミスト区より低くなることを確認された (図 1). 18:00-6:00 までの夜間湿度は夜冷ミスト区が 98.6%, 夜冷底面区が 86.4%, なりゆき区が 71.1% と夜冷ミストで高く推移していた. また, 8:00-17:00 の日中湿度をみると夜冷ミスト区は 82.4% であったが, 夜冷底面区は 68.2%, なりゆき区は 54.2% と夜冷ミスト区より低かった (図 2).

表1 育苗方法が地温に及ぼす影響

育苗方法	日平均地温 (°C)	育苗期間		日中平均 (°C) (7:00-18:00)	夜間平均 (18:00-7:00)
		最高 (°C)	最低 (°C)		
夜冷底面	22.5±2.2 ^{c z)}	33.8	12.7	27.4±2.3 ^c	18.7±2.6 ^c
夜冷ミスト	20.9±1.1 ^b	30.9	14.1	25.5±1.7 ^b	17.5±1.3 ^b
クーラー	19.6±0.2 ^a	26.2	12.7	24.1±0.5 ^a	16.4±0.2 ^a
なりゆき	25.2±1.5 ^d	32.0	19.7	27.0±2.0 ^c	23.8±1.3 ^d

(調査期間 2017年6月22日-7月14日)

z) Tukeyの多重検定の結果、異文字間に5%水準で有意差あり

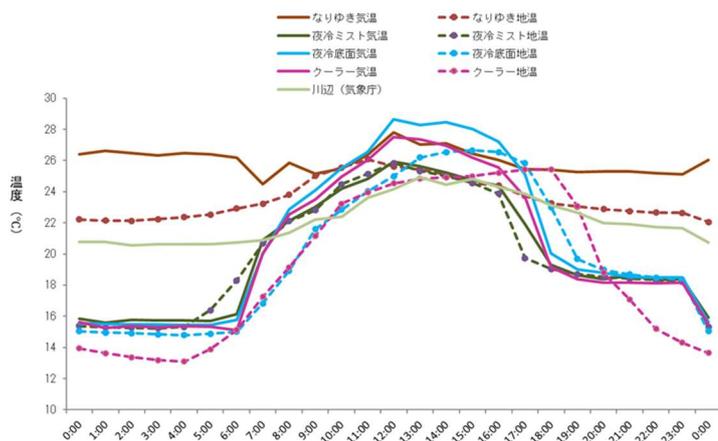


図1 育苗方法が時間毎平均気温および地温に及ぼす影響

(調査期間: 2017年6月26-28日, 測定間隔10分, 1時間の測定値の平均を時間温度とし3日間平均温度を指示
川辺は気象庁データベースの気温)

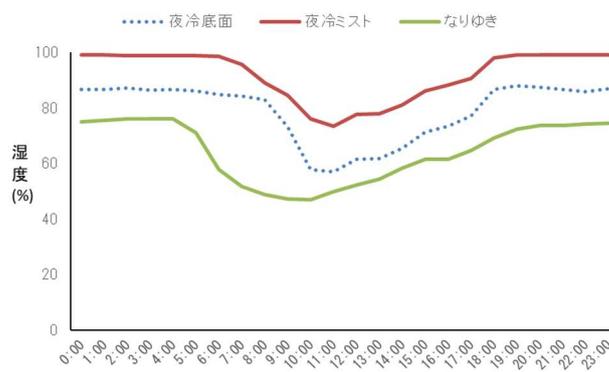


図2 育苗方法が時間平均湿度に及ぼす影響

(調査期間2017年7月3-7日 1時間の測定値の平均を時価湿度とし5日間平均湿度を指示)

育苗方法が土壌体積含水率に及ぼす影響を調査した。日平均の土壌体積含水率について Tukey の多重検定を行った結果、なりゆき区とクーラー区が a 群で、夜冷底面区と夜冷ミスト区が b 群になった。そして、a 群と b 群に 5%水準で有意差が認められた。夜冷ミスト区、クーラー区およびなりゆき区において日中 (7:00-18:00) と夜間 (18:00-7:00) の土壌体積含水率に有意差は認められなかったが、夜冷底面区の日中と夜間で 5%水準の有意差が認められた。このことから、夜冷底面区の土壌水分含量は夜間より日中で有意に少なく、土壌はミスト区より乾燥していることが確認された (表2)。

表2 育苗方法が日中および夜間の土壌体積含水率に及ぼす影響 (%)

育苗方法	日平均	日中 (7:00-18:00)	夜間 (18:00-7:00)
夜冷底面	62.7±2.1 ^{b z)}	61.8±2.1 ^{b z)} * y)	63.7±1.4
夜冷ミスト	64.3±2.3 ^b	64.5±2.3 ^c n.s.	64.3±2.4
クーラー	57.3±0.9 ^a	57.2±0.9 ^a n.s.	57.5±0.9
なりゆき	56.9±0.8 ^a	57.2±0.8 ^a n.s.	56.8±0.7

z) TukeyのHSD多重検定の結果、異文字間に5%水準で有意差あり

y) *処理区毎に日中と夜間で t 検定を行った結果、5%水準で有意差あり n.s. 有意差なし

育苗期間中の育苗温度と灌水方法がロゼット株の発生率に与える影響を調査した（表3）．クーラー区の全品種においてロゼット株の発生はなかった．夜冷底面区は夜冷ミスト区と比べてロゼット株の発生率が低かった．一方，なりゆき区において‘ハピネスホワイト’，‘ボヤージュ（I型）さくら’，‘レイナホワイト’および‘レイナラベンダー’の4品種でロゼット株が発生した．しかし‘プロポーズ’は全ての試験区においてロゼット株が発生しなかった．また，‘ボヤージュ（I型）さくら’，‘レイナホワイト’，‘レイナラベンダー’3品種のロゼット株発生率は， χ^2 検定の多重比較の結果，なりゆき区が他の3処理区と5%水準で有意に差があった（表3）．‘ハピネスホワイト’のなりゆき区，夜冷底面区，クーラー区のロゼット株発生率は χ^2 検定の多重比較の結果，5%水準で有意な差は認められなかったが，夜冷ミスト区は他の3区と5%水準で有意な差があった．この結果より，夜間の温度と灌水方法の違いがロゼット株の発生率に影響することが確認された（表3）．育苗温度と灌水方法が育苗時の苗の生育に及ぼす影響を調査した．すべての品種において，育苗時の温度，灌水方法により葉の長さ（縦径，横径）および茎長で生育の差が生じることが確認された（表4，図3）．葉の縦径と横径はなりゆき区で小さく，夜冷ミスト区，夜冷底面区で大きくなる傾向が認められた（表4）．

表3 育苗条件がロゼット株の発生率に及ぼす影響（%）

育苗方法	品 種				
	プロポーズ	ボヤージュ (I型) さくら	ハピネス ホワイト	レイナ ホワイト	レイナ ラベンダー
夜冷底面	0.0	1.7 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
夜冷ミスト	0.0	6.7 ^a	38.3 ^b	5.0 ^a	0.0 ^a
クーラー	0.0	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
なりゆき	0.0	17.9 ^b	6.7 ^a	31.7 ^b	35.0 ^b

供試個体数：60株（20株×3反復）

ロゼット株：2018年1月8日時点で草丈20cm以下で発蕾が認められなかった個体

2) ボンフェローニ補正を適用した χ^2 検定の多重比較の結果，異なる字間には5%水準で有意差あり

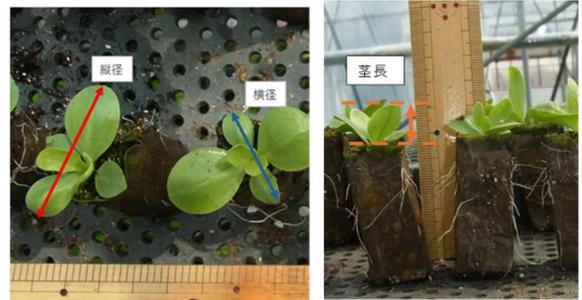


図3 定植苗の生育調査
(2017年8月8日撮影，なりゆき区‘ハピネスホワイト’)

表4 育苗条件が定植苗の生育に及ぼす影響

品種名	育苗方法	葉の平均縦径(cm)	葉の平均横径(cm)	平均茎長(cm)	平均縦横比
プロポーズ	なりゆき	1.71 ± 0.27	1.12 ± 0.15	2.08 ± 0.95	1.55 ± 0.26
	クーラー	1.59 ± 0.22	1.24 ± 0.28	1.00 ± 0.44	1.34 ± 0.28
	夜冷ミスト	2.63 ± 0.41	1.97 ± 0.27	1.12 ± 0.33	1.35 ± 0.19
	夜冷底面	2.37 ± 1.26	1.71 ± 0.88	1.76 ± 0.47	1.38 ± 0.20
ボヤージュI型さくら	なりゆき	0.80 ± 0.14	0.56 ± 0.09	1.37 ± 0.38	1.43 ± 0.32
	クーラー	1.03 ± 0.21	0.55 ± 0.21	0.91 ± 0.43	2.05 ± 0.72
	夜冷ミスト	1.88 ± 0.27	1.69 ± 0.25	0.76 ± 0.38	1.12 ± 0.12
	夜冷底面	2.13 ± 0.36	1.82 ± 0.21	1.38 ± 0.42	1.17 ± 0.12
ハピネスホワイト	なりゆき	0.85 ± 0.14	0.78 ± 0.14	2.60 ± 1.54	1.13 ± 0.30
	クーラー	1.03 ± 0.12	0.73 ± 0.15	1.00 ± 0.30	1.48 ± 0.36
	夜冷ミスト	1.57 ± 0.25	1.28 ± 0.19	0.95 ± 0.37	1.24 ± 0.18
	夜冷底面	2.85 ± 0.46	2.25 ± 0.40	1.90 ± 2.42	1.30 ± 0.26
レイナホワイト	なりゆき	0.70 ± 0.15	0.68 ± 0.15	1.60 ± 0.37	1.07 ± 0.39
	クーラー	1.11 ± 0.15	0.93 ± 0.17	1.25 ± 0.60	1.23 ± 0.21
	夜冷ミスト	2.68 ± 0.49	2.03 ± 0.31	1.77 ± 0.96	1.34 ± 0.24
	夜冷底面	3.56 ± 0.57	2.25 ± 0.37	1.09 ± 0.42	1.61 ± 0.32
レイナラベンダー	なりゆき	0.71 ± 0.15	0.72 ± 0.15	1.16 ± 0.32	1.03 ± 0.36
	クーラー	1.11 ± 0.19	0.80 ± 0.23	1.15 ± 0.53	1.48 ± 0.44
	夜冷ミスト	2.94 ± 0.49	2.16 ± 0.30	1.69 ± 0.64	1.36 ± 0.18
	夜冷底面	2.67 ± 0.48	1.78 ± 0.32	1.30 ± 0.49	1.52 ± 0.28

(調査個体数：各区40-50個体を測定，平均縦横比は各個体毎の縦横比の平均値を示した)

試験2 育苗温度がロゼット化に及ぼす影響

2018年度試験の灌水方法は、底面給水より管理が容易で栽培現場で導入されている頭上ミスト灌水のみとした。試験1の結果、夜冷底面区は夜冷ミスト区より日中の土壌体積含水率が低く、夜間の地温が高いことでロゼット株の発生率が低くなったことから、日中の土壌体積含水率を低下させ、夜間の地温を約1℃上げることがロゼット株の発生を抑制するために重要と考えた。そこで2017年度で設定した15℃より高い18℃と23℃の夜間冷房温度を設定した。その結果、18℃区の‘ボヤージュ（I型）さくら’でロゼット株は8.3%発生したが、その他の品種にロゼット株の発生は認められなかった（表5）。夜間冷房温度23℃区をみると‘ボヤージュ（I型）さくら’は16.7%と18℃区の8.3%に比べて高く、‘グラナスピンク’もロゼット株発生率は18℃で0%であったが23℃は4.2%であった。一方、‘プロポーズ’、‘ハピネスホワイト’、‘マキアライトピンク’はロゼット株の発生が認められなかった。‘ボヤージュ（I型）さくら’のロゼット株発生率については、なりゆき区で25%と18℃区の8.3%や23℃区の16.7%より高かったが、 χ^2 検定の多重比較の結果、3区に有意な差は認められなかった。しかし、‘マキアライトピンク’のロゼット株発生率は、なりゆき区で20.8%、18℃と23℃は0%で多重検定を行った結果、5%水準で有意な差が認められた。これらのことから、18℃区のロゼット株発生率は他の2区より低くなり、なりゆき区は他の区よりロゼット株発生率が高くなる品種もあることが確認された（表5）。

表5 夜間冷房温度がロゼット株の発生率に及ぼす影響（%）

夜間温度	品 種				
	プロポーズ	ハピネス ホワイト	ボヤージュ (I型)さくら	グラナス ピンク	マキア ライトピンク
18℃	0.0	0.0	8.3 n.s. z)	0.0 n.s.	0.0 a
23℃	0.0	0.0	16.7 n.s.	4.2 n.s.	0.0 a
なりゆき	0.0	0.0	25.0 n.s.	0.0 n.s.	20.8 b

供試個体数：48株（24株×2反復）

ロゼット株：2019年1月18日に草丈20cm以下で発蕾が認められなかった個体

z) 異なるアルファベットを付した処理区間には、ボンフェローニ補正を適用した χ^2 検定の多重比較において、5%水準で統計的に有意差あり。n.s.：5%水準で有意差なし

2018年7月22日から8月6日までの日平均地温は、夜間冷房18℃区が23.7℃、23℃区が26.2℃、なりゆき区が27.5℃であり、Tukeyの多重検定の結果、全試験区間の組み合わせにおいて5%水準で有意な差が認められた（表6）。また7:00-18:00の日中平均地温も同様に全試験区間の組み合わせにおいて5%水準で有意な差が認められた。

表6 夜間冷房温度が地温に及ぼす影響

夜間温度	日平均地温	育苗期間中地温		日中平均地温	夜間平均地温
		最高	最低	(7:00-18:00)	(18:00-7:00)
18℃	23.7±6.2 a z)	35.9	17.4	28.4±5.2 a	18.6±2.8
23℃	26.2±5.1 b	35.8	15.2	29.7±4.0 b	22.4±2.8
なりゆき	27.5±3.7 c	36.7	22.3	30.8±2.8 c	25.3±1.4

z) Tukeyの多重検定の結果、異文字間に5%水準で有意差あり

夜間冷房 18℃区、23℃区およびなりゆき区の日平均土壌体積含水率において、なりゆき区は最も高く、18℃区は最も低かった（表7）。また、Tukeyの多重検定の結果、3区とも5%水準で有意に差が認められた。それぞれの区において日中と夜間の土壌体積含水率を比較した結果、なりゆき区は5%水準で有意差がみとめられたが、夜冷18℃区と23℃区に有意な差はなかった（表7）。

表7 夜間冷房温度が土壌水分体積含水率に及ぼす影響（%）

夜間温度	日平均	日中(7:00-18:00)	夜間(18:00-7:00)
18℃	55.4±0.7 ^{a z)}	55.4±0.7	55.5±0.7 ^{n.s. y)}
23℃	57.9±0.7 ^b	57.9±0.7	58.0±0.7 ^{n.s.}
なりゆき	59.1±1.2 ^c	59.7±0.8	58.6±1.3 [*]

（測定期間：2018年7月22日-8月6日）

z) 育苗方法間で TukeyのHSD多重検定の結果、異文字間に5%水準で有意差あり

y) *日中と夜間でt検定を行った結果、5%水準で有意差あり。 n.s. 有意差なし

試験3 和歌山県に適した育苗方法の確認

試験1, 2の結果から、和歌山県の気象条件で頭上ミスト灌水を行う場合、ロゼット株の発生を抑制するのに適した夜間冷房温度は18℃前後であると考えられたことから、夜間冷房温度を18℃および20℃とし、地温、土壌体積含水率およびロゼット株発生率を調査した。日平均地温をみると夜間冷房18℃区は22.7℃、20℃区は22.9℃と近い温度であったが、t検定の結果5%水準で有意差が認められた（表8）。日中の平均地温は18℃区で27.4℃、20℃区で27.3℃と有意差は認められなかったが、夜間の平均地温は18℃区で18.9℃、20℃区で19.3℃とt検定の結果、1%水準で有意差が認められた。日平均の土壌体積含水率は、18℃区で57.6%、20℃区で60.5%と18℃区で低く、t検定の結果1%水準で有意差が認められたが、各区内の日中と夜間の土壌体積含水率に有意差は認められなかった（表8）。また18℃区と20℃区ともに全ての品種でロゼット株の発生は認められなかった（表9）。

表8 育苗中の夜間冷房温度が地温と土壌体積含水率に及ぼす影響

	夜間温度	日平均	日中(7:00-18:00)	夜間(18:00-7:00)
地温(℃)	18℃	22.7 ± 4.9 ^{* z)}	27.4 ± 3.1 ^{n.s. z)}	18.9 ± 2.4 ^{** z)}
	20℃	22.9 ± 4.5	27.3 ± 2.9	19.3 ± 1.8
土壌体積含水率(%)	18℃	57.6 ± 0.4 ^{** z)}	57.3 ± 2.4 ^{** z)}	57.7 ± 0.3 ^{n.s. y)}
	20℃	60.5 ± 0.5	60.6 ± 0.7	60.5 ± 0.3 ^{n.s. y)}

（調査期間：2019年7月22日-8月6日）

z) *: 18℃区と20℃区間でt検定の結果、5%水準で有意差あり ** 1%水準で有意差あり。 n.s. 有意差なし

y) n.s. 各温度区において日中と夜間の土壌体積含水率でt検定を行った結果、有意差なし

表9 夜間冷房温度がロゼット株の発生率に及ぼす影響（%）

夜間温度	品種名					
	プロポーズ	ハピネスホワイト	ポヤージュ(I型) さくら	グラナスピンク	マキアライトピンク	レイナホワイト
18℃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20℃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

供試個体数：40株（20株×2反復）

ロゼット株：2019年12月25日に草丈20cm以下発蕾が認められなかった個体

考 察

トルコギキョウの栽培は F₁ 品種が育成された 1980 年代後半から盛んになり、その当時からロゼット株の発生は栽培現場で問題になり、多くの研究が行われてきた。大川ら (1990) は種子を吸水後、平均気温を 25℃以上、かつ日最低気温を 20℃以上で育苗するとロゼット株が発生する品種が多く、苗の高温感応は子葉展開時期 (播種後 2 週間) まだが特に敏感で本葉が 2 対完全に展開した段階 (播種後 6 週間) で感応性は消失すると報告している。当時の供試品種はすでに栽培されており、本試験では現在の栽培品種で試験を行ったが、現在の切り花用品種でも夜間冷房温度 15℃、18℃、20℃でロゼット株の発生がほぼ抑制されたことから、トルコギキョウの育種が進み育成された新しい品種でもロゼット株の発生を抑制する育苗中の夜間温度は 20℃以下が適していることが確認された (表 3, 5, 9)。

育苗方法について、安江・多田 (2005) は 10℃で 30 日間種子冷蔵を行った後、夜間冷房温度 15℃で育苗を行うとロゼット株の発生が抑制できると報告している。また、農研機構のマニュアルでも夜間冷房育苗の夜間温度を 15℃設定で冷房して育苗することとされている。本試験をみると夜間冷房温度を 15℃とした場合、頭上ミスト灌水で育苗を行うとロゼット株の発生が確認された (表 3)。この要因として試験地の気象条件の違いについて検討した。本試験の結果をみると夜間冷房温度 15℃で頭上ミスト灌水を行うとロゼット株の発生が確認されたが、底面給水で灌水を行うとロゼット株の発生は抑制されている (表 3)。地温をみると夜冷底面区の日平均地温は 27.4℃、夜冷ミスト区は 25.5℃であり、夜冷底面区の夜間平均地温は 18.7℃、夜冷ミスト区は 17.5℃と夜冷ミスト区は夜冷底面区より夜間の地温が低い (表 1)。加えて夜間に 20℃以上の高温に遭遇していないことから、本試験のロゼット化は温度以外の要因が考えられた。安江・多田 (2005) が試験を行った岐阜県と和歌山県の気象条件を比較するため、育苗時期 (6-8 月) の湿度を気象庁データで比較した。気象庁の湿度データ測定は県庁所在地のみであるため、県庁所在地の湿度を参考とした。2019 年の平均湿度をみると和歌山県 (和歌山市) は 76%、岐阜県 (岐阜市) は 71%、最小湿度は和歌山県で 29%、岐阜県で 24%と和歌山県の湿度が高かった。2020 年も同様に平均湿度をみると和歌山県は 75%、岐阜県は 71%、最小湿度は和歌山県で 29%、岐阜県で 17%と和歌山県は岐阜県より湿度が高いことが確認された。また、試験 1 の育苗時の日中湿度において夜冷ミスト区は 82.4%であったが、夜冷底面区は 68.2%と夜冷ミスト区より低く、ロゼット株の発生も低かった。高湿度条件になるとナスは蒸散が抑制される (池田・茨木, 1997) ことや、トマトやキュウリは相対湿度が高くなるについて光合成速度はわずかに増加するが、蒸散速度は急激に低下することから湿度は光合成に比べて蒸散速度に大きく影響する (長岡ら, 1984) との報告がある。このことから、和歌山県は岐阜県より夏季の湿度が高いため日中に乾燥しにくく、夜冷 15℃で頭上ミスト灌水を行うと湿度が高くなるため蒸散が抑制されると考えられた。

土壌体積含水率をみると、ロゼット株が発生しなかった夜冷底面区の日中は 61.8%、夜間は 63.7%と日中は夜間より低くなっていたが、ロゼット株が発生した夜冷ミスト区の日中は 64.5%、夜間は 64.3%と日中と夜間で土壌水分に差は認められなかった (表 2)。このことから、夜間の地温が十分に低い場合でも日中の土壌体積含水率が高いとロゼット化を誘発する一要因になると考えられた。竹崎ら (2003) は育苗時の土壌体積含水率を 25% (乾燥) にするとロゼット株

発生率は70%で、土壌体積含水率を40%以上に保つとロゼット株発生率は0%と育苗中に水ストレスが生じないように管理することがロゼット株を抑制するうえで重要であると報告している。本研究の試験1で夜冷ミスト区の日中土壌体積含水率は64.5%と竹崎の40%より高い。育苗土の種類や供試品種が異なるため一概には言えないが、トルコギキョウは育苗土中の乾燥だけではなく、土壌体積含水率が高い状態も乾燥と同様にストレスになると考えられた。タバコはpF2.7から気孔が閉まり、pF3.4を超える乾燥状態になると蒸散が抑制されるとの報告もある(上堂, 1975)。トルコギキョウも土壌の乾燥でロゼット株の発生が高くなることから、ロゼット化の誘導は蒸散の抑制が関与している可能性が示唆された。

試験1の結果から夜冷底面区の夜間地温18.7°Cで夜冷ミスト区の17.5°Cより高いことから、頭上ミスト灌水でも夜間の設定温度を15°Cより高くするとロゼット化が抑制できる可能性を考え、夜間の冷房温度を18°Cと23°Cにした。18°C区の平均地温は18.6°C、23°C区は22.4°C、なりゆき区は25.3°Cとなった(表6)。ロゼット株が発生した品種数をみると、なりゆき区は‘ボヤージュ(I型) さくら’と‘マキアライトピンク’の2品種、23°C区は‘ボヤージュ(I型) さくら’と‘グラナスピンク’の2品種であったが、18°C区は‘ボヤージュ(I型) さくら’の1品種であった(表5)。ロゼット株発生率は18°C区で最も低く、なりゆき区は23°C区より高くなったことから、最低気温20°C以上でロゼット株が発生する品種が多くなるというOhkawa et al. (1991)の知見と一致した。

ロゼット株の発生率は品種により異なっており、試験1の‘プロポーズ’は全ての区でロゼット株の発生がなかったが、それ以外の品種ではロゼット株が発生しており、なりゆき区において‘ハピネスホワイト’は6.7%、‘ボヤージュ(I型) さくら’は17.9%、‘レイナホワイト’は31.7%、‘レイナラベンダー’は35.0%と多くのロゼット株が発生した(表3)。試験2においても同様になりゆき区でロゼット株が発生しており、‘ボヤージュ(I型) さくら’は25.0%、‘マキアライトピンク’は20.8%であったが‘プロポーズ’、‘ハピネスホワイト’、‘グラナスピンク’ではロゼット株の発生は無く、品種間でロゼット株の発生率に差が認められた(表5)。「ボヤージュ(I型) さくら」は試験1, 2ともになりゆき区でロゼット株が発生しており、試験2では各試験区間のロゼット株発生率について χ^2 検定を行った結果、試験区間で5%水準の有意差が認められなかった(表5)。このことから、「ボヤージュ(I型) さくら」は品種としてロゼット株が発生しやすいと考えられた。同様に全ての試験区でロゼット株の発生が認められなかった‘プロポーズ’はロゼット株が発生しにくい品種であると考えられる。安江・多田(2005)や大川(1996)もロゼット株の発生率は品種間差が大きいことを報告しており、本試験の結果も同様にロゼット株が発生する育苗条件は品種により異なることが示唆された。

試験3において、試験1, 2で得られた知見をもとに和歌山県に適した夜間冷房温度として考えられた18°Cと20°Cで夜間冷房育苗を行った結果、すべての品種でロゼット株は認められなかった(表9)。これは、夜間の平均地温が両区とも20°C以下となっており、日中の土壌体積含水率でも18°C区は57.3%、20°C区は60.6%と試験1の夜冷ミスト区より低く推移していたことでロゼット株の発生を抑制できたと考えられた(表8)。これらのことから、トルコギキョウのロゼット株発生要因は、育苗時に夜間20°C以上の高温に遭遇することだけではなく、育苗時の日中の土壌水分

状態が関与しており、土壌水分条件が高くなるとロゼット化を助長する可能性が新たに確認された。和歌山県に適したトルコギキョウの育苗条件としては、30日間10℃の暗黒条件で種子冷蔵を行った後、頭上ミスト灌水を行う場合は夜間冷房を18℃で行い、底面給水などで日中の土壌水分状態を低く管理できる場合は夜間冷房を15℃にすることでロゼット株が発生しにくい育苗が可能となると考えられる。

摘 要

トルコギキョウにおいて育苗時のロゼット株の発生要因は夜間の高温遭遇だけではなく、日中の過剰な土壌水分により蒸散を抑制されることが一因となる可能性が示唆された。和歌山県において頭上ミスト灌水で育苗を行う場合、夜冷温度を18℃前後にすることで日中の土壌水分が低く推移し、ロゼット株の発生を抑制できる育苗条件であることが確認された。また、夜冷温度が15℃の場合、日中の土壌水分を低く管理できる底面給水灌水を行うことでロゼット株の発生は抑制された。

引用文献

- 吾妻浅男・犬伏貞明. 1988. トルコギキョウの開花調節に関する研究(第1報)ロゼット化の要因とロゼット防止について. 高知県園試研報. 4: 19-29.
- 池田浩暢・茨木俊行. 1997. 蒸散抑制による夕方収穫したナスの鮮度保持. 福岡県農総試研報 16: 59-62.
- 上堂秀一郎. 1975. 作物の気孔運動と水分生理に関する研究. 第3報. タバコの気孔開度と蒸散量の同時記録とこれらに対する土壌水分ストレスの影響. 日作紀. 44: 166-171.
- 長岡正昭・高橋和彦・新井和夫. 1984. トマト・キュウリの光合成・蒸散に及ぼす環境条件の影響. 野菜試報. 12: 97-117.
- 農研機構花き研究所. 2012. トルコギキョウの低コスト冬季計画生産の考え方と基本マニュアル(確定版). https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/eustoma_manual_201203.pdf (2026年2月9日検索)
- 大川清・兼松紘一・是永勝・狩野敦. 1990. トルコギキョウのロゼット化に及ぼす高温の範囲と処理期間並びに苗齢の影響. 園学雑. 59(別1): 498-499.
- Ohkawa, K., A. Kano, K. Kanematsu and M. Korenaga. 1991. Effect of air temperature and time on rosette formation in seedling of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Scientia Horticulturae*. 48: 171-176.
- 大川清・山口繁雄・三好学・山崎文. 1996. トルコギキョウのロゼット苗の低温処理による促成栽培. 生物環境調節. 34: 45-52.
- 竹田義. 1995. トルコギキョウのロゼット苗の抽だいと開花に及ぼす低温処理の影響. 園学雑. 64: 359-366.
- 竹崎あかね・吉田裕一・藤井寛也・藤野雅文・梶田正治. 2003. 強日射条件下での培地の乾燥がトルコギキョウの葉温とロゼット化に及ぼす影響. 園学研. 2: 89-92.
- 谷川孝弘・小林泰生・松井洋・國武利浩. 2001. 苗齢, 苗の高温および低温遭遇, 並びに低温遭遇後の生育温度がトルコギキョウの抽だいに及ぼす影響. 園学雑. 70: 501-509.

安江隆浩・多田幸広. 2005. トルコギキョウのロゼット回避技術の検証. 岐阜県中山間研報. 5: 29-31.

ウンシュウミカン新品種 ‘あおさん’ の 果実生育特性と栽培適地，貯蔵特性

宮井良介・熊本昌平¹・井口豊²・沼口孝司³

和歌山県果樹試験場

**'Aosan', a New Satsuma Mandarin Cultivar: Fruit Growth Characteristics,
Cultivation Suitability, and Storage Properties**

Ryosuke Miyai, Syohei Kumamoto¹, Yutaka Iguchi² and Koji Numaguchi³

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

ウンシュウミカン新品種 ‘あおさん’ は和歌山県湯浅町内のカンキツ栽培圃場で1樹変異として発見された極晩生ウンシュウミカンである。本品種は、2013年に湯浅町内の生産者から枝変わりとして和歌山県果樹試験場に情報提供されたものである。

これまでのウンシュウミカンには無い特徴として、年明けに成熟期を迎えること、浮皮の発生が非常に少ないこと、同時期に流通する晩生品種と比較してじょうのう膜が薄く食味が良いなど、優れた特徴をもっていることが確認されている（岩倉ら，2022）。これらの特徴に基づき、果樹試験場では ‘あおさん’ 発見者と協力し、2018年より品種登録のための特性調査を開始した。発見者は2021年に品種登録を出願し、同年6月に出願公表、2024年3月12日に品種登録（登録番号30111）された。

‘あおさん’ はその優れた特性から、ウンシュウミカン主産地である有田地域をはじめ、県内カンキツ産地で有望な品種として注目されている。2025年春から2年生苗の流通も開始されており、今後、栽培面積および生産量の増加が見込まれる。しかし、‘あおさん’ に関する栽培特性については未だ把握されておらず、育成地（湯浅町）以外での成熟期や適正な摘果方法といった栽培特性の把握が必要である。また、これまでになく熟期が遅いため、年内に収穫される既存の晩生品種では問題にならなかった果実の凍害が発生する恐れがある。そのため、普及が想定される地域での凍害発生の危険性を検証するとともに、有利販売のための出荷期間延長も想定した貯蔵特性を検証する必要がある。

そこで、本研究では果樹試験場と育成地において果実品質・肥大特性の調査を行い、適正な摘果基準を検討した。また、凍害の発生しやすい地域を把握し、危険性が高い地域での早期収穫も含め、各地域での収穫適期を検討するため、複数の現地試験園を設け、果実特性を調査した。加えて、出荷期間の延長を目的として、貯蔵特性を調査した。

¹現在：和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

²現在：和歌山県那賀振興局農林水産振興部農業水産振興課

³現在：神戸大学大学院農学研究科

材料および方法

試験 1 果実肥大特性の解明

和歌山県果樹試験場内 4 号園の‘あおさん’‘林温州’および湯浅町内育成地の‘あおさん’‘青島温州’‘林温州’を用いた。

両園において 7 月中旬から 1 月中旬の間、およそ 15 日間隔で果実横径を測定した。

試験 2 適切な収穫時期の検討

‘あおさん’現地試験園を表 1 のとおり設置し、2022 年から 2024 年の 3 か年、12 月中旬から 2 月下旬にかけて概ね 15 日おきに果実調査を行った。樹冠内部に温度データロガー (T&D おんどとり Jr. RTR-502) を設置し、気温を測定した。

調査項目は、横径、果実重、果肉重、糖度、クエン酸含有率、着色程度、および浮皮度を調査し、調査果実は各園地 5 果を供試した。糖度はデジタル糖度計 (アタゴ PR-101α) により測定し、クエン酸含有率は中和滴定により測定した。着色程度は 10 段階 (0 : 無～10 : 完全着色) とした。浮皮度は 4 段階 (0 : 無～3 : 甚) として調査した (農林水産省果樹試験場興津支場, 1987)。

表 1 現地試験園一覧

調査園地	高接ぎ年	標高	調査園地	高接ぎ年	標高
広川町山本	2018	約 5m	有田川町吉原	2018	約 60m
有田市宮原町須谷	2018	約 100m	有田川町長谷川	2018	約 80m
海南市下津町上 (傾斜地)	2018	約 70m	有田川町中井原	2018	約 75m
海南市下津町上 (平地)	2018	約 15m	有田川町西ヶ峯	2018	約 280m
海南市下津町小畑	2018	約 290m	湯浅町青木 (育成地)	2014	約 25m
有田川町丹生	2018	約 25m	有田川町奥 (場内 4 号園)	2014	約 110m

注: すべて高接ぎ 1 樹

試験 3 ‘あおさん’の貯蔵特性の解明

和歌山県果樹試験場内 4 号園, 9 号園の果実を供試した。2024 年 1 月 26 日に収穫後、コンテナに入れたまま貯蔵室 (鉄骨造) で保管し、1 月 31 日より貯蔵した。

処理区は、コンテナ (PP 製, 約 535×370×高さ 305mm) を縦に 5 段重ね、透湿性シート (タイベック・ソフトタイプ) を 1 重被覆して貯蔵室の庫外で貯蔵する「タイベック区」(写真 1), 蔵出しを想定し、貯蔵室の木箱 (縦 635mm, 横 565mm, 高さ 100mm) 内の果実を新聞紙で覆い貯蔵室の庫内の貯蔵庫 (木造) に貯蔵する「木箱区」(写真 2), コンテナを無被覆で貯蔵室で貯蔵する「無処理区」を設定した (写真 3)。各区コンテナに新聞紙を敷き、果実 50 果を入れ、貯蔵室内で 10 日程度予措した果実を供試した。なお、貯蔵期間中は各区の上段に温湿度データロガー (T&D 製 RTR507) を設置し、温湿度を計測した。

調査は以下のとおり、相対果実重 (貯蔵開始時点における 1 果平均重を 100 とした場合の各調査日における 1 果平均重の割合)、果実のしなび・へた枯れ・コハン症・腐敗、および果実品質 (糖度、クエン酸含有率を各区平均的な 5 果分析)。なお、各調査における程度の指標は、しなび : 0 (無), 1 (軽 : 果実表面積の 1/4 以下), 2 (中 : 果実表面積の 1/4～1/2), 3 (甚 : 果実表面積の 1/2 以上) の 4 段階で評価。へた枯れ・コハン症 : カンキツの調査方法 (1987) に基づいて 0

(無)，1 (軽)，2 (中)，3 (甚) の4段階で評価した。



写真1 タイベック区



写真2 木箱区



写真3 無処理区

結 果

試験1 果実肥大特性の解明

肥大調査の結果，対照の晩生品種（‘林温州’，‘青島温州’）が，期間を通じて肥大が続いたのに対し，‘あおさん’は11月中旬以降に横径の増加が鈍化した（表2）。

1月下旬の収穫時にMサイズ（横径61～67mm）となった果実は，生育時の横径が，9月1日時点で45.1～53.1mm，10月1日時点で51.6～60.3mmであった（表3，図1）。

表2 ‘あおさん’と‘林温州’，‘青島温州’の果実横径の推移（mm）

	8月1日	8月15日	9月1日	9月15日	10月1日	10月15日	11月1日	11月15日	12月1日	12月15日	12月28日
‘あおさん’	36.7	38.7	44.6	47.2	49.6	53.1	56.1	58.3	57.9	58.8	58.2
‘林温州’	34.0	39.0	45.5	48.4	51.1	55.8	61.5	62.5	63.5	64.3	64.6
‘青島温州’	37.3	40.8	47.2	50.3	52.5	56.5	60.5	62.5	63.7	64.2	63.2

表3 収穫時にMサイズとなる‘あおさん’果実の各時期の横径（mm）

	8月1日	8月15日	9月1日	9月15日	10月1日	10月15日	11月1日	11月15日	12月1日	12月15日	1月5日	1月20日
上限	43.9	46.6	53.1	56.7	60.3	64.8	66.5	66.0	65.6	67.2	67.5	66.4
下限	36.6	39.7	45.1	48.0	51.6	55.2	57.4	59.1	59.7	60.4	60.4	60.7

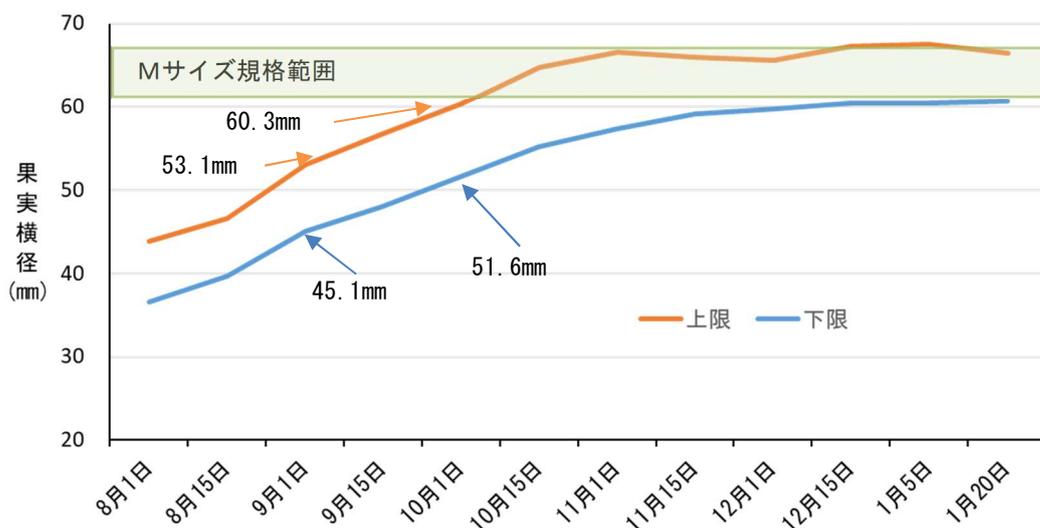


図 1 1 月下旬に M サイズとなる ‘あおさん’ 果実の横径の推移

試験 2 適切な収穫時期の検討

‘あおさん’ の着色歩合，糖度を 12 月下旬と 1 月下旬で比較すると，すべての園地で 12 月下旬には完全着色にはならず，1 月下旬にほとんどの園地で完全着色となった（図 2）．糖度は有田川町長谷川の 1 園地を除き，12 月下旬より 1 月下旬で高くなった（図 3）．

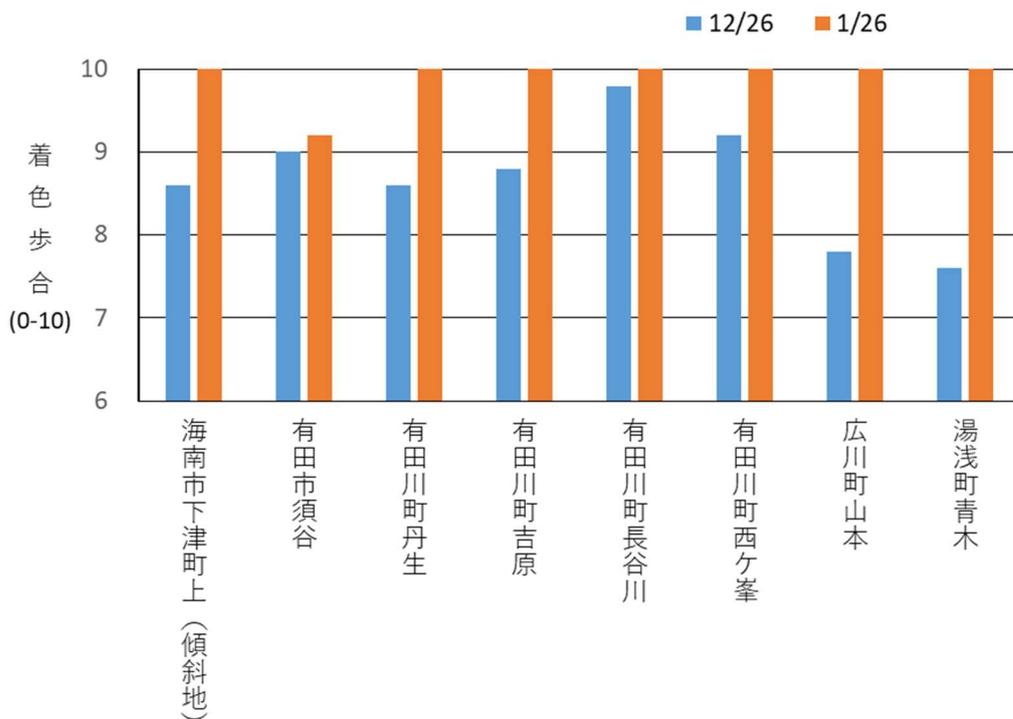


図 2 各園地における ‘あおさん’ の着色歩合

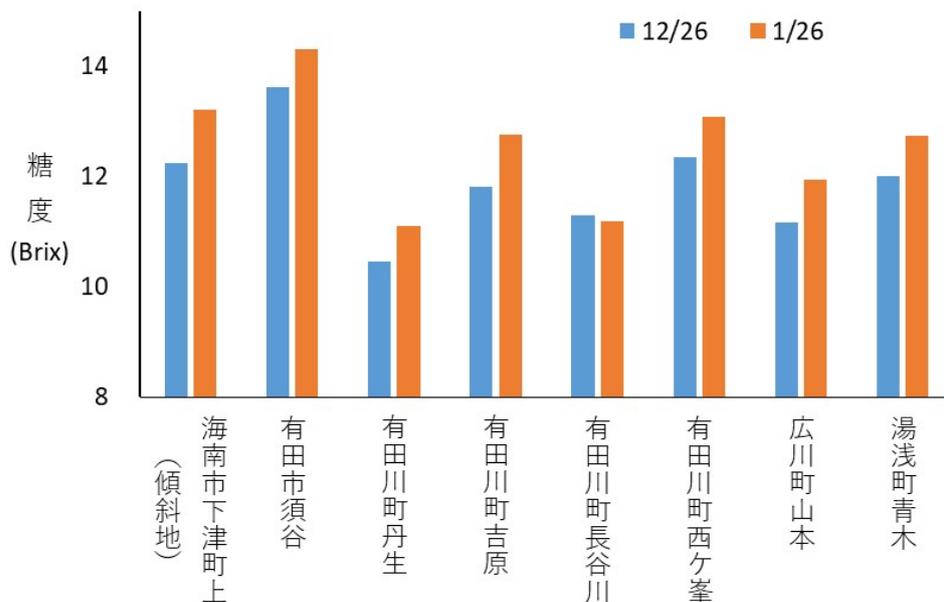


図3 各園地における‘あおさん’の糖度

凍害の発生について，3年間のうち2022年産で1果のみ，海南市下津町小畑で凍害によるす上がりと思われる果実が確認された（表4）。

同地で凍害を生じたと思われる2023.1.24～25の気温経過をみたところ-3℃以下が14時間，うち-4℃以下が4.5時間であった。同日，凍害発生園地と標高に近い有田川町西ヶ峯においても同程度の低温に遭遇したが，こちらでは凍害の発生は確認されなかった。2023年産，2024年産においても同様に調査を行い，-4℃以下の低温に遭遇した園地はあったが凍害は確認されなかった（表5，6）。

表4 2022年産の各園地における最低気温と果実凍害の発生状況

調査園地	-3.0℃以下を記録した日	記録回数 (回)※10分ごと計測			-3.0℃以下を連続して記録した最長時間(分)	-4.0℃以下を連続して記録した最長時間(分)	果実凍害 す上がり
		-3.0℃以下	-4.0℃以下	-5.0℃以下			
		広川町山本	2023.1.22	2			
海南市下津町上(斜面)	-	0	0	0	0	0	-
海南市下津町上(平地)	2023.1.22	23	1	0	150	0	-
海南市下津町小畑	2023.1.24～1.25	84	43	0	840	270	+
	2023.1.25						
有田川町丹生	2023.1.22	8	0	0	60	0	-
有田川町吉原	2023.1.22	13	0	0	60	0	-
有田川町長谷川	2023.1.24～1.25	17	0	0	60	0	-
	2023.1.25						
有田川町西ヶ峯	2023.1.24～1.25	87	78	4	850	780	-
	2023.1.25						
湯浅町青木(育成地)	2023.1.22	13	2	0	110	0	-
有田川町奥(場内4号)	-	0	0	0	0	0	-

注)調査期間:2022.12.20～2023.1.31

なお，有田市須谷と有田川町中井原は着果しなかった
凍害評価基準 +:発生あり -:発生なし

表5 2023年産の各園地における最低気温と果実凍害の発生状況

調査園地	-3.0℃以下を 記録した日	記録回数 (回)※10分ごと計測			-3.0℃以下を	-4.0℃以下を	果実凍害		
		-3.0℃以下	-4.0℃以下	-5.0℃以下	連続して記録した	連続して記録した	凍害	す上がり	苦み
					最長時間(分)	最長時間(分)			
広川町山本	2024.1.14	6	0	0	30	0	-	-	-
有田市宮原町		0	0	0	0	0	-	-	-
海南市下津町上(斜面)		0	0	0	0	0	-	-	-
海南市下津町上(平地)	2024.1.9	35	13	0	330	60	-	-	-
	2024.1.14	18	11	0	140	110	-	-	-
	2024.1.17	22	8	0	220	30	-	-	-
	2024.1.30	22	0	0	90	0	-	-	-
海南市下津町小畑	2024.1.14	1	0	0	10	0	-	-	-
有田川町丹生	2024.1.14	17	0	0	100	0	-	-	-
	2024.1.17	12	0	0	90	0	-	-	-
有田川町吉原	2024.1.14	14	5	0	110	50	-	-	-
	2024.1.17	15	0	0	70	0	-	-	-
有田川町長谷川	2024.1.14	16	0	0	130	0	-	-	-
	2024.1.17	13	0	0	40	0	-	-	-
有田川町栗栖川	2024.1.9	5	0	0	20	0	-	-	-
	2024.1.14	20	3	0	150	10	-	-	-
	2024.1.17	12	0	0	60	0	-	-	-
有田川町西ヶ峯	-	0	0	0	0	0	-	-	-
果樹試験場内	2024.1.14	3	0	0	30	0	-	-	-
	2024.1.17	3	0	0	30	0	-	-	-

注)調査期間:2023.12.21~2024.2.19

凍害評価基準 +:発生あり -:発生なし

表6 2024年産の各園地における最低気温と果実凍害の発生状況

調査園地	-3.0℃以下を 記録した日	記録回数 (回)※15分ごと計測			-3.0℃以下を	-4.0℃以下を	果実凍害			
		-3.0℃以下	-4.0℃以下	-5.0℃以下	連続して記録した	連続して記録した	凍害	す上がり	苦み	
					最長時間(分)	最長時間(分)				
湯川園	広川町山本	2025.2.12	1	0	0	15	0	-	-	-
的場園	有田市宮原町須谷	-	0	0	0	0	0	-	-	-
中西園	海南市下津町上(斜面)	-	0	0	0	0	0	-	-	-
松下園	海南市下津町上(平地)	2025.1.5	2	13	0	30	0	-	-	-
		2025.2.12	22	12	0	330	150	-	-	-
		2025.2.14	23	6	0	345	60	-	-	-
池田園	海南市下津町小畑	2024.1.14	1	0	0	10	0	-	-	-
決得園	有田川町丹生	2025.2.7	8	2	0	120	15	-	-	-
		2025.2.10	8	0	0	120	0	-	-	-
		2025.2.12	12	0	0	90	0	-	-	-
		2025.2.14	11	0	0	165	0	-	-	-
花折園	有田川町吉原	2025.1.18	2	0	0	15	0	-	-	-
		2025.2.7	6	0	0	90	0	-	-	-
		2025.2.14	5	0	0	45	0	-	-	-
日茂園	有田川町長谷川	2025.2.7	3	0	0	45	0	-	-	-
上田園	有田川町西ヶ峯	2025.1.10	25	0	0	375	0	-	-	-
		2025.2.5	9	0	0	105	0	-	-	-
		2025.2.6	13	0	0	195	0	-	-	-
		2025.2.7	9	4	0	135	45	-	-	-
		2025.2.7~8	37	13	0	555	165	-	-	-
林園	湯浅町田	-	0	0	0	0	0	-	-	-
宮井園	有田市山田原	-	0	0	0	0	0	-	-	-
湯川園	湯浅町青木(育成地)	2025.2.12	1	0	0	15	0	-	-	-
4号園	果樹試験場内	-	0	0	0	0	0	-	-	-

注)調査期間:2024.12.20~2025.2.20

凍害評価基準 +:発生あり -:発生なし

試験3 ‘あおさん’の貯蔵特性の解明

調査期間中，温度は各区で大きな差はなかったものの，木箱区で温度変化が緩やかに推移する傾向で，2月中下旬を除き，貯蔵直後から3月上旬にかけて概ね5~10℃の範囲で推移し，以降10℃を超え徐々に上昇した（図4）．湿度はいずれの処理区でも無処理区より高く推移し，もっとも高い木箱区では100%に近い値で推移した（図5）．

貯蔵期間中の相対果実重は，木箱区でやや高く保たれ，タイベック区は無処理区と同程度であった（表7）．

果皮障害の発生状況のうち，しなびの発生割合は木箱区とタイベック区で無処理区より低く推移し，木箱区でより低かった（表8）．無処理区では2月末から発生が始まり，以降急激に増加した．ヘタ枯れの発生割合は，木箱区とタイベック区でやや低く推移し，両区間に大きな差はなかった．また，発生開始時期も同程度であった．コハン症はいずれの区でも発生がみられなかった．

貯蔵中の腐敗果の発生は，無処理区でやや多いものの，各処理区に大きな差はみられなかった．貯蔵期間中の糖度，クエン酸含有率に処理区による違いはみられなかった（表9）．

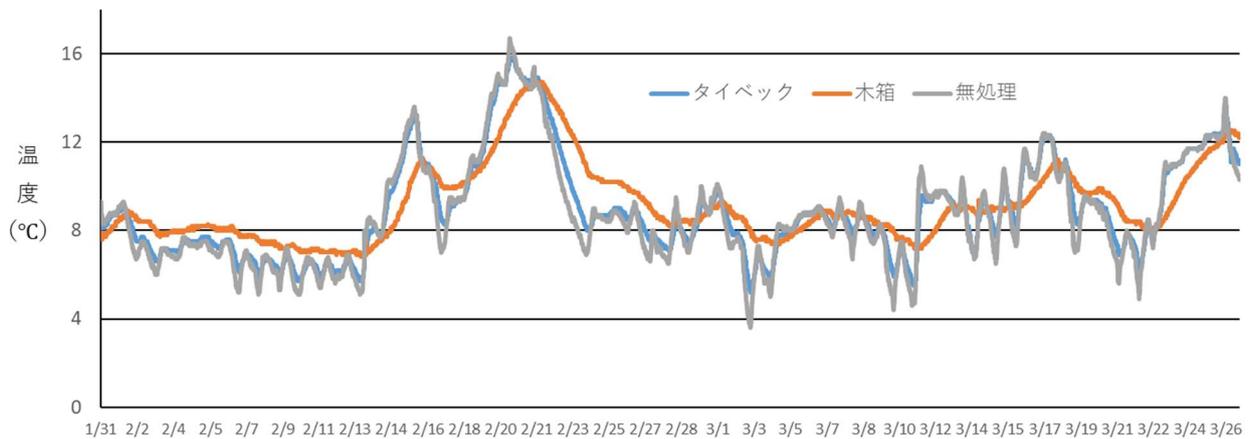


図4 貯蔵中の各処理区の温度の推移（2024）

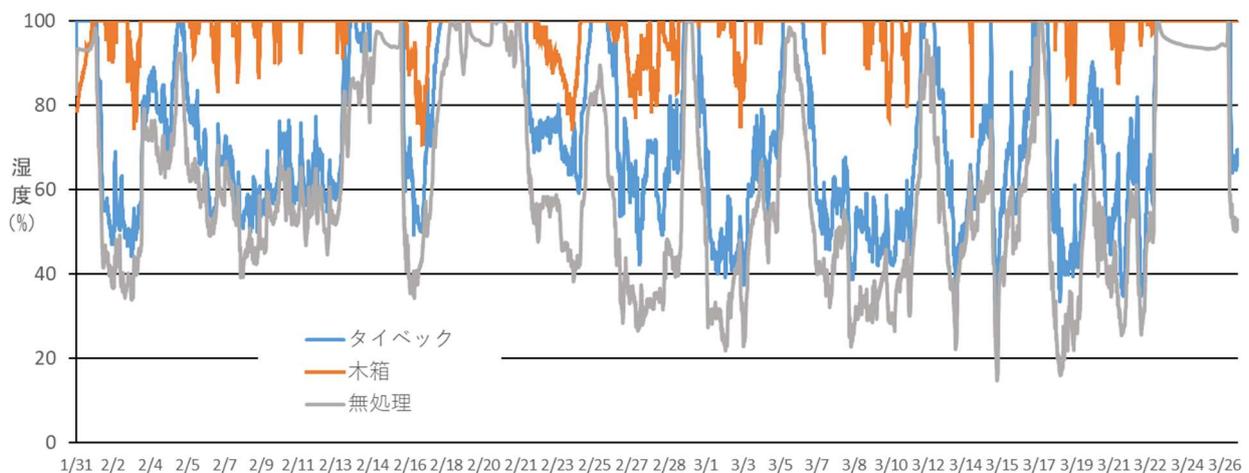


図5 貯蔵中の各処理区の湿度の推移（2024）

表7 貯蔵期間中の各処理区における相対果実重

試験区	圃場名	1/31	2/13	2/29	3/14	3/27
タイベック	9号	100.0	98.0	95.6	91.0	89.9
木箱	9号	100.0	98.8	97.3	96.9	95.3
Pプラス	9号	100.0	98.7	97.4	96.8	95.3
無処理	9号	100.0	97.5	94.7	93.4	91.8

注) 表中の値は、調査開始時点(1/31)の1果平均重に対する各調査日の1果平均重の割合(%)を示す

表8 各処理区における果皮障害および腐敗の発生状況

試験区	圃場名	発生果実割合(%)				
		2/13	2/29	3/14	3/27	
しなび	タイベック	4号	0.0	0.0	1.3	11.3
		9号	0.0	0.0	6.7	20.0
	木箱	4号	0.0	0.0	0.0	7.9
		9号	0.0	0.0	0.0	3.7
	無処理	4号	0.0	1.1	6.3	25.0
		9号	0.0	0.8	11.5	48.1
へた枯れ	タイベック	4号	0.0	4.4	36.3	52.5
		9号	2.2	5.0	35.2	62.9
	木箱	4号	3.3	11.1	36.8	43.4
		9号	0.0	4.2	25.9	34.3
	無処理	4号	1.1	6.7	61.3	68.8
		9号	3.3	4.2	45.2	61.5
コハン症	タイベック	4号	0.0	0.0	0.0	0.0
		9号	0.0	0.0	0.0	0.0
	木箱	4号	0.0	0.0	0.0	0.0
		9号	0.0	0.0	0.0	0.0
	無処理	4号	0.0	0.0	0.0	0.0
		9号	0.0	0.0	0.0	0.0
腐敗	タイベック	4号	0.0	0.0	0.0	0.0
		9号	0.0	2.0	3.0	5.0
	木箱	4号	0.0	2.0	4.0	6.0
		9号	0.0	2.0	2.0	2.0
	無処理	4号	0.0	0.0	1.0	5.0
		9号	0.0	4.0	5.0	8.0

注1) 調査開始時はいずれも4号n=90、9号n=120

表9 各処理区における貯蔵期間中の糖度とクエン酸含有率

試験区	圃場名	糖度(Brix)				クエン酸含有率(%)			
		1/31	2/28	3/13	3/27	1/31	2/28	3/13	3/27
タイベック	4号	11.7	11.6	12.6	12.8	0.89	0.96	0.79	0.80
	9号	12.4	13.1	12.6	13.1	0.78	0.98	0.76	0.79
木箱	4号	11.7	12.0	12.8	12.6	0.89	0.92	0.84	0.75
	9号	12.4	12.8	13.2	13.3	0.78	0.70	0.61	0.67
無処理	4号	11.7	12.1	12.7	12.0	0.89	0.93	0.95	0.90
	9号	12.4	12.7	13.4	12.6	0.78	0.80	0.62	0.62

考 察

‘あおさん’は生産者向け研修会，テレビ番組等でも頻繁に取り上げられ，生産者だけでなく，流通関係者や一般消費者にも注目されている．生産拡大への高い期待がある一方で，栽培技術や貯蔵にかかる知見が少なく，1月下旬に成熟期を迎えるウンシュウミカン品種は他にないことから，1月下旬収穫の‘あおさん’の果実肥大特性や適した収穫時期と凍害の危険性の検証，貯蔵特性の解明に取り組んだ．

‘あおさん’の肥大特性は，晩生品種（林温州，青島温州）と比較し，11月以降の肥大量が減少することが明らかになった．このため，‘あおさん’の摘果等管理をこれまでの晩生品種と同様とした場合では，収穫時に想定の実サイズに届かない可能性がある．‘あおさん’の果実が収穫時にMサイズ（横径61～67mm）となる生育中の横径を調査したところ，9月1日時点で45.1～53.1mm，10月1日で51.6～60.3mmであった．早生ウンシュウミカンでの果実肥大モデル（宮本ら，2007）では，収穫時期に果実横径が66.0mmとなる場合，9月1日時点で50.0mm，10月1日時点で59.0mmとされており，今回調査した‘あおさん’のMサイズとなる横径範囲に入っており，早生と同様に行うことが適当であると考えられる．よって，栽培管理はこれを目安に行うのが望ましいと思われるが，園地条件や気候による変動に留意する必要がある．

本品種の成熟期は1月下旬であり，収穫はこの時期以降に行うこととなるが，厳寒期に差し掛かるため，低温による果実への凍害が懸念される．そこで，県内現地12カ所で高接ぎ樹を設置し，収穫時期と低温被害について検討した．

まず，本来の成熟期より1カ月早い12月下旬収穫の可能性を検討したが，1月下旬収穫と比べて，着色が劣り，糖度も十分に高まらないことが明らかになったことから，12月下旬収穫は不適であると考えられた．また，1月下旬収穫とした場合の凍害は，3年間の現地調査でわずか1果の発生であった．その際の低温遭遇条件は -3°C 以下が14時間，うち -4°C 以下が4.5時間であり，この条件よりさらに低温に遭遇した調査地点でも，凍害による被害は確認されなかった．したがって，有田・下津地域で標高が300m程度を下回る園地であれば，凍害の危険性が極めて低いと考えられた．しかしながら，ウンシュウミカン栽培の冬期の最低極温が -5°C 以上とされていることから（農林水産省，2025），今回のように -4°C を下回ると，わずかながら凍害の可能性が出てくるため注意が必要であると考えられた．

以上のことから，‘あおさん’の果実は1月下旬以降の収穫時期が適していると考えられた．なお，収穫時期の前進は不適であるため，より低温になる和歌山県北部地域や標高300m程度を上回る地域では，導入について十分注意する必要がある．また，県内のウンシュウミカンの収穫は年内でほぼ終了してしまうことから，餌を求めて飛来するヒヨドリ等の鳥害を受ける可能性が高いため，鳥害対策を行いやすい園地への植栽が推奨される．

一方，年明け以降はウンシュウミカンの流通量が減少していき，それに伴って販売単価が上昇していく．‘あおさん’を貯蔵することで販売期間を延ばせば，さらに収益性を高められるため，貯蔵方法についても検討した．試験区は，ウンシュウミカン‘きゅうき’で効果が確認されている（中地ら，2017），タイベックでコンテナごと被覆するタイベック区，下津地域で行われている蔵の中の木箱で貯蔵する蔵出しみかんを想定した木箱区，これらに対して倉庫に直接コンテナで貯蔵する無処理区を設定した．貯蔵中は木箱区，タイベック区，無処理区の順で湿度が高く保たれ，温度変化はタイベック区と無処理区でほぼ同程度に推移したが，木箱区では変動の幅が小さかった．

期間中の温度は、2月中下旬の温暖な時期を除き、概ね5~10℃の範囲で推移し、3月上旬以降は徐々に上昇し10℃を超える日が多くなった。ウンシュウミカンの貯蔵適温は3~6℃とされており、2℃を下回ると低温障害が、10℃を超えると腐敗果の発生が多くなるとされている（牧田，2002）。また、貯蔵温度が10℃付近で、食味関連成分の変化が少ないともされており（Matsumoto and Ikoma, 2012）、3月上旬頃までは貯蔵適温に近い状態を保てたと考えられた。

貯蔵中のしなびおよびへた枯れは、気温の上昇する3月以降無処理区で急激に増加した。これに対し、木箱区では期間を通じて他の2区より発生が少なかった。タイベック区ではしなびの発生は無処理区より低く抑えられたものの発生は見られ、へた枯れは無処理区と同等であった。

これらのことから、木箱で貯蔵することで、より果皮障害の発生を抑えることができるため、すでに木箱がある場合は活用が推奨される。しかしながら、新規に設備を準備するにはコストがかかるため、木箱がない場合はタイベックで果実の入ったコンテナごと被覆することにより、より簡便に大量のコンテナを比較的安価に貯蔵することが可能になり、果皮障害の発生を軽減することができる。

摘 要

ウンシュウミカン新品種‘あおさん’は1月下旬が成熟期であり、これまでにない熟期であるため、果実肥大特性や凍害の発生状況および貯蔵特性について検討した。

1. ‘あおさん’の果実がMサイズ（横径61~67mm）となる条件は、横径が9月1日時点で45.1~53.1mm、10月1日で51.6~60.3mmであった。
2. 12月下旬収穫と1月下旬収穫を比較すると、12月下旬収穫では完全着色には至らず、糖度が低かったため、不適であると考えられた。
3. 凍害の発生状況は、3か年の調査期間中1果のみの発生であり、有田・下津地域の標高300m程度を下回る園地では、凍害の危険性が極めて低いと考えられた。
4. コンテナをタイベックで被覆するタイベック区、木箱に貯蔵する木箱区、コンテナを倉庫内で貯蔵する無処理区を設定した。貯蔵中の湿度は、木箱区、タイベック区、無処理区の順で高く、温度はタイベック区、無処理区は同程度で推移し、木箱区は変化が緩やかであった。
5. 貯蔵中、しなびはタイベック区、木箱区で発生がやや抑えられ、へた枯れは木箱区でやや抑えられた。貯蔵中の糖度、クエン酸含有量は差がみられなかった。

引用文献

- 岩倉拓哉・井口豊・田嶋皓・宮井良介. 2022. 1月に成熟する極晩生ウンシュウミカン‘あおさん’. 園学研. 21 (別1) : 151.
- 牧田好高. 2002. 農業技術体系果樹編. カンキツ. 基本技術編. pp. 355-360. 農文協. 東京.
- Matsumoto H. and Y Ikoma. 2012. J. Agric. Food Chem. 60(39): 9900-9909.
- 宮本久美・森敏紀・前田隆昭. 2007. ブランドみかん生産のための果実横径肥大モデル. 平成19年度和歌山県農林水産試験研究成果情報. https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/kanko/h19joho_d/fil/1909.pdf (2025年12月17日検索)
- 中地克之・岡室美絵子・中谷章・水上徹. 2017. ウンシュウミカン‘きゅうき’の簡易貯蔵と幼木

時の管理方法．平成 29 年度和歌山県農林水産試験研究成果情報．https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/kanko/h29joho_d/fil/3_1_kyuuki.pdf (2025 年 12 月 17 日検索)

農林水産省．2025．果樹農業の振興を図るための基本方針（果樹農業振興基本方針）．p. 15.

農林水産省果樹試験場興津支場．1987．カンキツの調査方法．pp. 5-12.

‘はるき’の幼木管理および着果管理技術の確立

前田公博・沼口孝司¹・宮井良介・井口豊²

和歌山県果樹試験場

Cultivation Techniques for Young Tree Management and Fruit Load Control of 'Haruki'

Kimihiko Maeda, Koji Numaguchi¹, Ryousuke Miyai and Yutaka Iguchi²

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

県産カンキツの競争力を強化するため、中晩柑の県オリジナル品種が求められていたことから、和歌山県果樹試験場では初めてのオリジナル中晩柑品種‘はるき’（清見×中野3号ポンカン、2021年10月21日品種登録）を育成した（田嶋ら、2019）。

‘はるき’は糖度13～14度程度、サクサクした食感が特徴の品種で、3月に出荷が可能であり、ウンシュウミカンに続く県オリジナル品種のシリーズ出荷を拡大する品種として期待できる。和歌山県果樹農業振興計画書では、「いよかんやネーブルオレンジについては、端境期に出荷可能な品種や‘はるき’等食味が良好な県オリジナル品種への転換を進める」ことが記載されており（和歌山県、2021）、既存品種からの改植候補として‘はるき’の生産拡大が推進されている。

しかし、先に行った県内主要産地における現地栽培試験では、4年生の‘はるき’の樹容積（樹の大きさ）にバラツキが見られた。その要因として、幼木の適切な枝梢管理法が未知であったことや、園地の土壌条件によって水分不足の期間が生じたことが考えられた。このため、今後現地へのスムーズな普及を図るには、枝梢の適正な処理や土壌保水性の安定化によって初期生育を安定させる技術の確立が必要と考えられた。また、結実させる樹齢に到達した後、適正なサイズの果実を連年安定して生産するには、摘果の基準となる最適な葉果比に加え、結実が安定する結果母枝長を明らかにしておく必要がある。

そこで、本研究では‘はるき’のスムーズな普及・産地化を図るために、幼木管理技術及び着果管理技術について検討した。

材料および方法

試験1 幼木に対する切返し・芽かき・摘心処理が樹体生育に及ぼす影響

2022年4月7日に‘はるき’2年生苗木を60Lポットに植え付け、試験に供試した。なお、培土は山土：山砂：パーライト：バークたい肥を体積比で2.5：1：1：1で混合したものをを用いた。かん水は随時十分量を行い、施肥は千代田化成(N：P：K=15：14：9)を2022年4月～2023年3月までは毎月上旬に1ポットあたり約7g(窒素成分で約1g)、2023年4月～2023年10月までは毎月

¹現在：神戸大学大学院農学研究科

²現在：和歌山県那賀振興局農林水産振興部農業水産振興課

下旬に 1 ポットあたり約 11g(窒素成分で 1.7g)施用した。

処理区として、枝梢処理区と放任区を設定した。枝梢処理区は植え付け時に主枝を 3 本に制限し、前年の夏梢の途中で切り返しを行うとともに、新梢発生後に 1 節あたり 1 芽になるよう芽かきを実施し、春梢は 8~10 葉、夏梢・秋梢は 10~12 葉程度で摘心した。2 年目は前年の秋梢基部の直下で切り返すとともに、芽かき・摘心は 1 年目と同様に実施した。放任区は植え付け時に切り返しや発芽後の芽かき・摘心を行わず、着蕾が見られた場合は随時摘蕾を実施した。2 年目は 5 月に全摘蕾を実施するのみとし、枝梢に対する処理は行わなかった。

供試樹のうち生育の揃った樹について 2022 年 12 月 8 日に 4 樹、2023 年 11 月 29 日に 3 樹を調査樹に選び、各年次ともに当年生枝の総伸長量および乾物重、幹周（接ぎ木部の上 10cm 程度）と地下部の乾物重を測定した。なお当年生枝は春梢・夏梢・秋梢に分けて調査した。

試験 2 土壤保水材の施用が樹体生育に及ぼす影響

(1) ポット試験

‘はるき’ 2 年生苗木を供試した。培土を山土：山砂：パーライト：バークたい肥を体積比で 2：1：1：1 で混合したものとし、2023 年 4 月 13 日に 29L ポットに植え付けた。定植時に土壤保水材（三洋化成工業社サンフレッシュ GT-1）を培土に 1 樹あたり 50g 混和した区（SGT50 区）、150g 混和した区（SGT150 区）、混和しない区（無処理区）を設けた。定植後はポットを露地に置き、十分量のかん水を継続した。7 月 11 日にハウス内に移設し、その後は無かん水で管理した。すべての樹が枯死するまでポット重量を継続的に測定して重量保持率を算出するとともに、樹体の状態を観察した。

(2) 露地試験

‘はるき’ 2 年生苗木を供試し、和歌山県果樹試験場内 10 号園（平坦畝立て園、褐色森林土、土性：埴壤土）に 2023 年 4 月 12 日に定植した。定植時に土壤保水材を 1 樹あたり 50g 混和した区（SGT50 区）、150g 混和した区（SGT150 区）、混和しない区（無処理区）を設けた。2024 年 3 月 7 日および 2025 年 2 月 10 日に新梢発生本数および新梢長、2023 年 4 月 20 日、2024 年 3 月 7 日、2025 年 2 月 10 日に幹周および樹容積（7 掛け法）を調査した。

試験 3 適正葉果比の検討

和歌山県果樹試験場 7 号園植栽の‘はるき’（2022 年に 6 年生）を供試した。2022 年は 6 月 22 日に全着葉数および全着果数を計測し、7 月 1 日に粗摘果で最終摘果量の 7 割程度摘果した後、8 月 9 日に仕上げ摘果を行った。2023 年は 7 月 6 日に全着葉数および全着果数を計測し、7 月 18 日に粗摘果、8 月 17 日に仕上げ摘果を行った。両年とも葉果比を 80, 120, 160 に設定し（各区 3 樹）、翌年の着花数（2023 年 5 月 12 日、枝先 20cm 法）、果実肥大（2022 年 7 月 15 日~12 月 15 日および 2023 年 7 月 18 日~2024 年 2 月 26 日に、調査開始時点で各調査樹の平均的な果実 10 果を継続して調査）、樹容積（2023 年 2 月 27 日および 2024 年 3 月 6 日）を調査した。また 2023 年 2 月 22 日および 2024 年 2 月 26 日に収穫し、各調査樹で平均的な大きさの果実を 2023 年は 1 樹あたり 10 果、2024 年は 1 樹あたり 3 果選び、果実品質（糖度・クエン酸含有率）、着色歩合、浮皮度を調査した。また収量および階級構成を調査した。なお階級は親品種である清見を参考に、果実横径が 88mm 以上を 3L、80mm~88mm を 2L、73mm~80mm を L、67mm~73mm を M、61mm~67mm を S、61mm 未満を 2S とした。

試験4 着花・着果確保に適した結果母枝長の検討

和歌山県果樹試験場内7号園植栽の‘はるき’（2022年に6年生）を4樹供試した。結果母枝を長さ4～8cm, 8～12cm, 12～16cm, 16cm以上の4段階に分け、各段階ごとに1樹あたり6枝の結果母枝を無作為に選び調査枝とした。それぞれの結果母枝長（2022年4月13日, 2023年4月20日）、節数および基部径（2023年4月20日）、着花数（直花, 有葉花）（2022年5月10日, 2023年5月9日）、着果数（直果, 有葉果）（2022年6月20日, 2023年6月28日）、新梢の発生本数および長さ（2024年3月6日）を調査した。

結 果

試験1 幼木に対する切返し・芽かき・摘心処理が樹体生育に及ぼす影響

幹周は植え付け1年目（以下, 1年目と記す）では両区で同等であったが、植え付け2年目（以下, 2年目と記す）では放任区で太い傾向であり、根乾物重は1年目, 2年目ともに放任区の方が重かった（表1, 2）。1年目の新梢乾物重は、夏梢で枝梢処理区で重い傾向であったが、春梢および秋梢では区間に顕著な差は認められなかった（表3）。2年目は春梢では明確な差はなかったが夏梢は放任区で、秋梢は枝梢処理区でそれぞれ重い傾向であった（表4）。1年目の総新梢長については、春梢および秋梢は放任区で長い傾向であり（表5）、2年目については夏梢は放任区、秋梢は枝梢処理区でそれぞれ長い傾向であった（表6）。1年目の新梢長あたりの乾物重については、春梢, 夏梢及び秋梢いずれも枝梢処理区で重い傾向であり（表7）、2年目については春梢および夏梢は枝梢処理区で重い傾向であったが、秋梢では区間に顕著な差は認められなかった（表8）。

表1 枝梢管理の違いが樹体生育に及ぼす影響(定植1年目)

試験区	幹周(cm)	根乾物重(g)
枝梢処理区	6.1 ± 1.1	100.3 ± 5.9
放任区	6.8 ± 1.4	180.3 ± 8.3

注) 数値は平均値±標準誤差(n=4)

表2 枝梢管理の違いが樹体生育に及ぼす影響(定植2年目)

試験区	幹周(cm)	根乾物重(g)
枝梢処理区	8.2 ± 0.2	245.0 ± 16.5
放任区	9.3 ± 0.3	538.3 ± 37.4

注) 数値は平均値±標準誤差(n=3)

表 3 枝梢管理の違いが新梢乾物重に及ぼす影響(定植 1 年目)

試験区	新梢乾物重 (g)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	26.1 ± 3.3	17.4 ± 4.6	1.8 ± 1.0
放任区	25.3 ± 2.1	9.1 ± 0.4	1.8 ± 1.1

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=4)

表 4 枝梢管理の違いが新梢乾物重に及ぼす影響(定植 2 年目)

試験区	新梢乾物重 (g)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	50.8 ± 9.2	42.0 ± 6.0	14.5 ± 4.6
放任区	44.0 ± 6.1	61.0 ± 12.1	3.8 ± 1.0

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=3)

表 5 枝梢管理の違いが総新梢長に及ぼす影響(定植 1 年目)

試験区	総新梢長 (cm)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	456.8 ± 47.3	300.2 ± 61.7	26.4 ± 10.9
放任区	749.0 ± 56.9	278.6 ± 22.9	60.4 ± 25.2

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=4)

表 6 枝梢管理の違いが総新梢長に及ぼす影響(定植 2 年目)

試験区	総新梢長 (cm)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	722.6 ± 132.2	1370.0 ± 141.2	477.3 ± 147.2
放任区	820.2 ± 38.6	2793.2 ± 282.3	128.1 ± 24.9

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=3)

表 7 枝梢管理の違いが新梢長あたり乾物重に及ぼす影響(定植 1 年目)

試験区	新梢長あたり乾物重(mg/cm)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	57.6 ± 6.0	56.0 ± 4.2	57.9 ± 15.2
放任区	34.3 ± 4.1	33.6 ± 3.9	24.8 ± 5.8

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=4)

表 8 枝梢管理の違いが新梢長あたり乾物重に及ぼす影響(定植 2 年目)

試験区	新梢長あたり乾物重(mg/cm)		
	春	夏	秋
枝梢処理区	71.7 ± 5.4	30.7 ± 2.7	29.9 ± 0.7
放任区	55.0 ± 10.1	21.5 ± 3.1	29.5 ± 8.2

注) 数値は平均値 ± 標準誤差 (n=3)

試験 2 土壌保水材の施用が樹体生育に及ぼす影響

(1) ポット試験

重量保持率は無処理区および SGT50 区で同様の減少傾向を示し、SGT150 区では他の 2 区と比較して減少幅が大きい傾向であった (図 1)。また SGT150 区でその他 2 区と比べて落葉および枯死の進行がやや遅れる様子が観察されたが、2023 年 8 月 10 日時点でほぼ全樹が枯死に至った (表 9)。

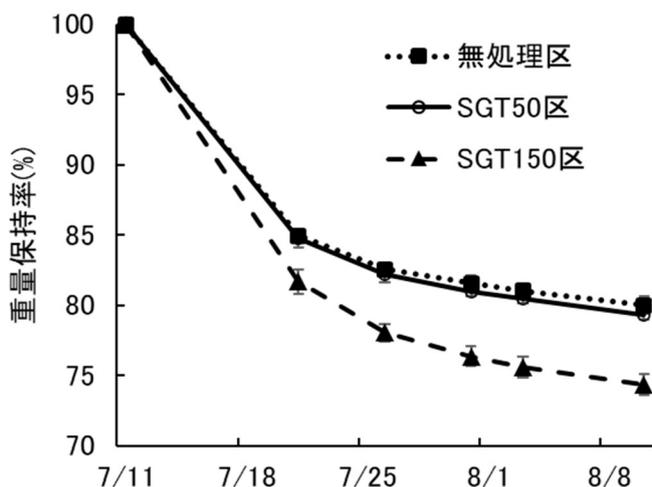


図 1 各処理区におけるポットの重量保持率の推移 (2023)

注) エラーバーは標準誤差 (n=3)

SGT50: 土壌保水材をポットあたり 50g 施用

SGT150: 同 150g 施用

2023 年 4 月 13 日定植後, 露地で十分量かん水

2023 年 7 月 11 日にポットをハウスに搬入し, 以降無かん水で管理

表 9 樹の生育状況(ポット試験)

調査日	試験区 ²		
	無処理区	SGT50区	SGT150区
2023/7/11		ハウスに搬入	かん水中止 試験開始
2023/7/21	落葉開始	落葉開始	変化なし
2023/7/26	落葉進む	落葉進む	落葉開始
2023/7/31	3樹とも枝先から枯死開始	1樹枝先から枯死開始	落葉進む
2023/8/3	3樹ともほぼ落葉	2樹ほぼ落葉、1樹3割落葉	3樹で3割～5割程度落葉
2023/8/10	3樹とも枯死	3樹とも枯死	3樹ともほぼ枯死

² SGT50: 土壌保水材を植栽あたり 50g 施用, SGT150: 同 150g 施用

(2) 露地試験

2023年4月20日および2025年2月10日時点での幹周およびその増加率に、試験区間の顕著な差は認められなかったが、樹容積およびその増加率はSGT150区で他の2区と比較して大きい傾向であった(表10)。新梢発生本数、平均新梢長および総新梢長は定植2年目の平均新梢長を除き、SGT150区で無処理区と比較して大きい傾向であった(表11, 12)。

表 10 幹周, 樹容積およびその増加率

試験区 ²	幹周 (cm)		増加率 (%)	樹容積 ($\times 10^{-2} \text{m}^3$)		増加率 (%)
	2023/4/20	2025/2/10		2023/4/20	2025/2/10	
SGT50区	5.1 \pm 0.1	11.3 \pm 0.4	223.0	3.5 \pm 1.1	190.6 \pm 17.8	5448.0
SGT150区	5.1 \pm 0.1	12.7 \pm 0.6	250.7	3.4 \pm 0.4	292.4 \pm 45.4	8690.2
無処理区	4.8 \pm 0.2	11.8 \pm 0.1	245.8	4.8 \pm 0.4	253.4 \pm 15.9	5235.4

注) 数値は平均値 \pm 標準誤差 (n=3)

² SGT50: 定植時に土壌保水剤を1樹あたり50g土壌混和, SGT150: 同150g土壌混和

表 11 定植1年目の新梢発生本数および総新梢長

試験区 ²	新梢発生本数	平均新梢長 (cm)	総新梢長 (cm)
SGT50区	30.3 \pm 2.8	18.2 \pm 3.0	534.0 \pm 53.6
SGT150区	34.7 \pm 5.2	23.5 \pm 1.6	802.7 \pm 111.5
無処理区	25.3 \pm 0.5	18.8 \pm 1.8	474.5 \pm 34.9

注) 2023年4月12日定植, 2024年3月7日調査

数値は平均値 \pm 標準誤差 (n=3)

² SGT50: 定植時に土壌保水剤を1樹あたり50g土壌混和, SGT150: 同150g土壌混和

表 12 定植 2 年目の新梢発生本数および総新梢長

試験区 ²	新梢発生本数	平均新梢長 (cm)	総新梢長 (cm)
SGT50区	267.3 ± 48.4	11.5 ± 0.4	3085.7 ± 599.1
SGT150区	323.0 ± 58.4	12.9 ± 0.5	4197.7 ± 841.5
無処理区	229.7 ± 15.9	12.3 ± 0.9	2791.3 ± 40.5

注) 2023 年 4 月 12 日定植, 2025 年 2 月 10 日調査

数値は平均値±標準誤差 (n=3)

² SGT50: 定植時に土壤保水剤を 1 樹あたり 50g 土壤混和, SGT150: 同 150g 土壤混和

試験 3 適正葉果比の検討

2022 年度の試験では, 12 月 15 日時点の果実横径は大きい順に 160 区>120 区>80 区であった (図 2). 収穫時の果実品質のうち, 横径及び果実重は 80 区で他の 2 区より小さい傾向であり, 度及びクエン酸含有率は 80 区で他の 2 区より高い傾向であった (表 13). 樹容積あたりの収量及び着果量は多い順に 80 区>120 区>160 区であり, 階級構成は 80 区では M 級が最も多く, 120 区及び 160 区では L 級が最も多かった (表 14).

2023 年 5 月 12 日時点での着花数は葉果比 80 区で他の 2 区より少ない傾向であった (図 3). 果実横径はいずれの区も 11 月中旬頃まで増加し, それ以降はほぼ横ばいで推移した (図 4). 収穫時の果実横径は葉果比 80 区で最も大きく, 120 区と 160 区は同程度であった (表 15). 果実重は葉果比 80 区で最も重く, 120 区と 160 区では同程度であった. 糖度およびクエン酸含有率は葉果比 80 区で最も低く, 120 区と 160 区は同程度であった (表 15). 樹容積あたりの収量は葉果比 160 区で最も多く, 続いて葉果比 120 区, 80 区の順であった. 階級構成については, 葉果比 80 区では L 級が最も多く, 葉果比 120 区および 160 区では M 級が最も多かった (表 16).

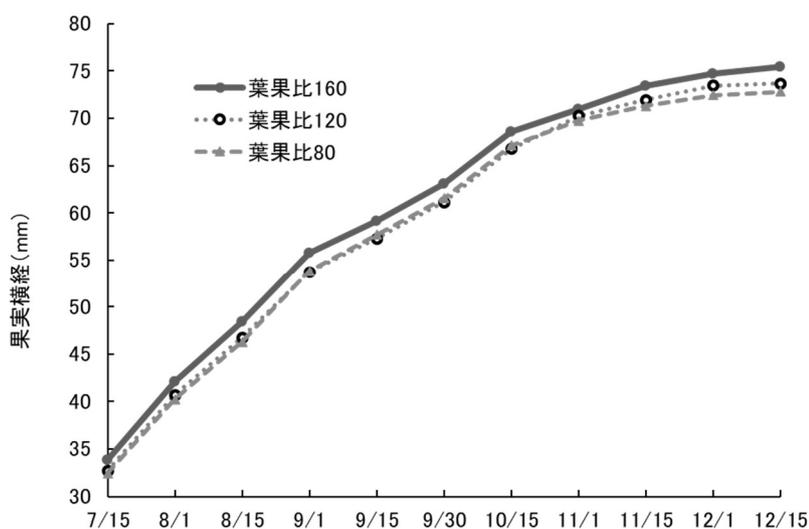


図 2 葉果比設定 1 年目の ‘はるき’ の果実肥大推移 (2022)

表 13 試験 1 年目の収穫時の果実品質(2023 年 2 月 22 日)

葉果比	横径 (mm)	果形 指数	果実重 (g)	果肉 歩合 (%)	糖度 (Brix)	クエン酸 含有率 (%)	着色歩合 (0-10)	浮皮度 (0-3)
80	70.9	122.2	149.8	82.2	14.3	1.64	10	0.9
120	74.4	113.1	167.6	82.8	13.3	1.30	10	1.0
160	73.4	118.1	166.2	78.4	13.2	1.32	10	1.3

注 1) 1 区 3 樹, 1 樹あたり 10 果調査

注 2) 果形指数 = (横径/縦径*100)

注 3) 浮皮度 = 触感により無(0), 軽(1), 中(2), 甚(3)とした

表 14 試験 1 年目の収量及び階級構成(2023 年 2 月 22 日)

葉果比	収量		階級構成(%) ^z					
	(kg/m ³)	(果/m ³)	3L	2L	L	M	S	2S
80	3.29	22.0	0.0	4.6	32.8	42.2	18.8	1.7
120	2.64	17.1	0.0	2.3	42.7	40.9	13.3	0.7
160	1.28	7.6	1.0	13.5	46.6	29.4	6.5	2.9

^z 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 未満とした

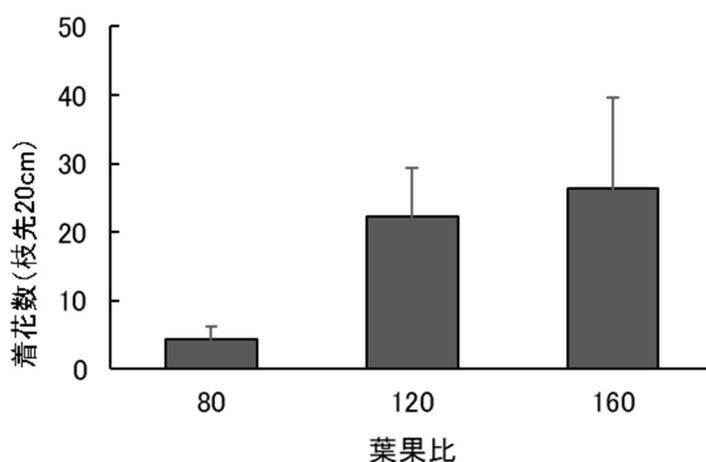


図 3 葉果比設定 2 年目の着花数(2023 年 5 月 12 日)

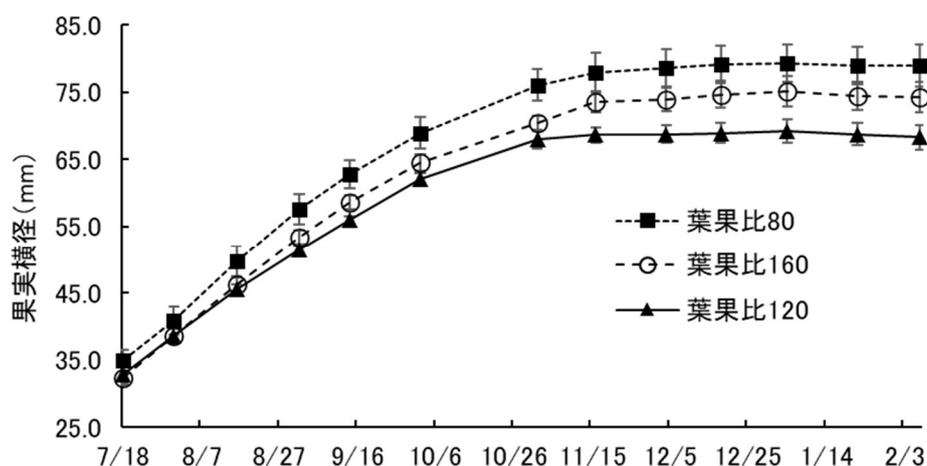


図4 葉果比設定2年目の‘はるき’の果実肥大推移 (2023)

表15 試験2年目の収穫時の果実品質 (2024年2月26日)

葉果比	横径 (mm)	果形指数 ^z	果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix)	クエン酸含有率 (%)	浮皮度 ^y
80	76.3	117.4	190.1	81.0	14.5	1.42	0.1
120	70.0	120.3	144.1	83.2	15.4	1.58	0.4
160	70.1	124.9	140.0	85.6	15.3	1.81	0.6

注)1 区3樹, 1樹あたり3果調査

^z 横径/縦径×100で算出

^y 浮皮が0:なし, 1:果梗部周辺のみ, 2:果実の半分程度, 3:果実全体として評価

表16 試験2年目の葉果比別の収量及び階級構成 (2024年2月26日)

葉果比	樹容積 (m ³) ^z	収量 (kg)	樹容積あたり収量 (kg/m ³)	階級構成 (%) ^y					
				3L	2L	L	M	S	2S
80	9.6	6.9	0.7	8.0	30.0	36.0	19.0	5.0	2.0
120	8.0	9.4	1.3	0.5	13.5	22.7	34.6	24.3	4.3
160	8.2	13.2	1.7	0.7	7.5	27.7	33.3	23.2	7.5

^z 7掛け法で算出

^y 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未満とした

試験 4 着花・着果確保に適した結果母枝長の検討

2022 年度は全体的に着花が少ない状況であり、結果母枝 1 本あたりの着花数は 4 個以下であった（図 5）。調査した結果母枝 96 本中 10 本（10.4%）で着花が確認され、着花 24 個に対し着果 20 個と着果率が高かった。なお、16cm 以上の結果母枝では着花が確認されなかった（表 17）。

2023 年度の調査では結果母枝が長いほど節数は多く、基部径も太かった。また、長い結果母枝では有葉花が多く、短い結果母枝では直花が多い傾向であった。さらに 16 cm 以上の長い結果母枝で着果数が多い傾向にあった。なお、その時点で着果していた果実はほぼすべて有葉花由来であった。新梢発生本数は結果母枝が長いほど多く、その長さも長い傾向であった（表 18）。

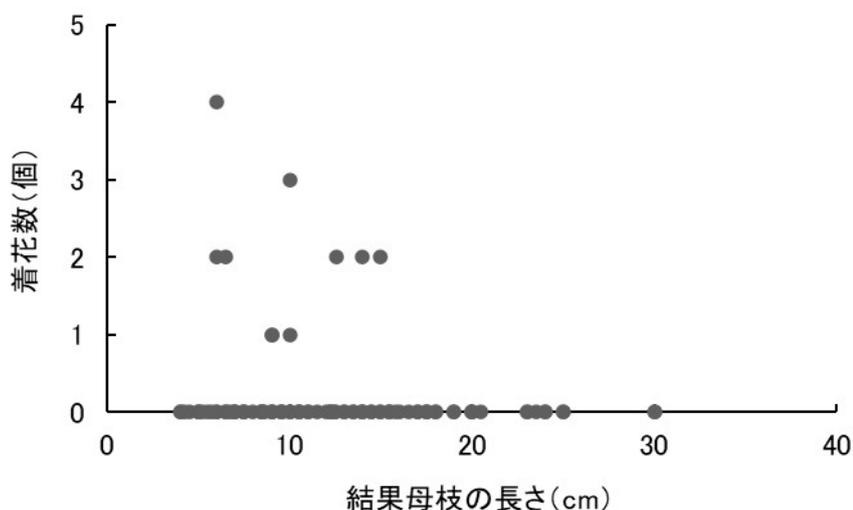


図5 結果母枝長別の着花数(2022)

表 17 結果母枝の形質と着花および着果の関係(2022)

結果母枝長	調査枝数 (本)	着花枝数 (本)	着花数(個)			着果数(個)			着果率(%)		
			有葉花	直花	合計	有葉果	直果	合計	有葉花	直花	合計
4~8cm未満	24	3	7	1	8	7	1	8	100	100	100
8~12cm未満	24	4	7	1	8	6	0	6	86	0	75
12~16cm未満	24	3	8	0	8	6	0	6	75	0	75
16cm以上	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	96	10	22	2	24	19	1	20	86	50	83

表 18 結果母枝の長さ毎の節数, 基部径, 着花数, 着果数および新梢発生(2023)

階級 ^z	節数 (個)	基部径 (mm)	着花数(個)		着果数(個)		新梢発生	
			有葉花	直花	有葉果	直果	本数	長さ(cm)
1	6.1 ± 0.2 ^y	2.0 ± 0.1	0.9 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.4 ± 0.1	0.0 ± 0.0	2.7 ± 0.3	6.6 ± 0.3
2	7.8 ± 0.3	2.3 ± 0.0	1.1 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.4 ± 0.1	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.7	6.5 ± 0.4
3	9.3 ± 0.2	3.0 ± 0.2	1.3 ± 0.6	0.2 ± 0.2	0.7 ± 0.4	0.0 ± 0.0	5.2 ± 0.2	8.8 ± 1.3
4	13.8 ± 0.3	3.8 ± 0.1	2.8 ± 0.5	0.1 ± 0.1	1.5 ± 0.3	0.0 ± 0.0	9.5 ± 0.3	8.7 ± 0.8

^z 1: 4 cm~8 cm, 2: 8 cm~12 cm, 3: 12 cm~16 cm, 4: 16 cm 以上

^y 数値は平均値±標準誤差(n=4)

考 察

本研究では、和歌山県オリジナル中晩柑品種‘はるき’の円滑な普及および安定生産を目的として、幼木管理および着果管理技術について検討した。

カンキツ苗木の樹冠を早期に拡大させる方法として、新梢の競合を避けるために本数を減らし、主枝・亜主枝候補となる新梢を早く充実させるために摘心するとともに、競合する周辺の芽を欠くのが一般的である(岩垣, 2000)。さらに、近似品種の‘不知火’においては、早期成園化を図るため、定植後1~2年間は芽かきや摘心を繰り返し、できる限り枝数と葉数を確保する(池田, 2011)とされている。また、ウンシュウミカン‘きゅうき’では、切り返しに芽欠き・摘心を加えることで新梢伸長量、葉面積が増加し、早期に樹冠拡大を図る枝梢管理として有効である(中地ら, 2019)とされている。

‘はるき’苗木の早期樹冠拡大のための枝梢管理方法について検討した結果、切返しや芽かき、摘心を組み合わせた枝梢管理を行うことで新梢長あたりの乾物重が重くなる傾向を示し、枝の充実度や太さの点では一定の効果が認められた。一方、放任管理とした場合、根乾物重および総新梢長が枝梢管理を行うより大きく、特に地下部の生育が促進される傾向が認められた。結果として、樹体全体の生育量という観点では放任区が優れており、早期に樹容積を確保したい定植初期段階においては、過度な枝梢管理は必ずしも有効ではないと考えられる。

これらのことから、‘はるき’は定植後2~3年程度は切返し・芽かき・摘心等の枝梢管理を控え、放任的に管理することで根量の増加と樹冠拡大を優先させ、その後に樹形形成を目的とした枝梢管理へ移行することが、早期成園化を図る上で有効であると考えられた。

土壌保水材(サンフレッシュ GT-1)を施用した露地試験では、1樹あたり150g施用区において樹容積、新梢発生本数および総新梢長が他区より大きい傾向を示した。幹周には明確な差が認められなかったことから、主として枝葉量の増加に寄与したものと推察される。また、ポット試験においても150g施用区で枯死の進行がやや遅延する傾向が観察され、保水材による土壌水分保持効果が確認された。このことから、土壌保水材の施用が‘はるき’幼木の初期生育を促進すると考えられた。先に実施した現地試験の結果から‘はるき’は生育の初期段階において水分条件の影響を受けやすい可能性があり、特に保水性に劣る園地では本資材の施用が有効であると考えられる。ただし、施用量の上限や長期的な土壌物理性への影響については未検討であるため、今後はコスト面や土壌条件を考慮した適正施用量の検討が必要である。

カンキツの摘果基準の一つは葉果比であるが、樹勢や葉の大きさなどにより一様ではなく、ハッサクでは 60～80、イヨカンでは 100～120、ポンカンでは 130～150 が適当とされ（富田，1987）、不知火では 100～120 とされている（高木ら，1997）。これらの品種を参考に‘はるき’の適正葉果比を検討したところ、‘はるき’における葉果比の違いは、果実品質、収量および翌年の着花量に大きく影響した。葉果比 80 区では、1 年目は果実が小さい傾向を示し、収量が多くなるものの、翌年は着花数が減少し大果となるなど、隔年結果の兆候が認められたため、不適であると考えられた。逆に葉果比 160 区では果実が大きくなる傾向を示すものの着果量が抑制され、収量が減少する傾向が見られた。葉果比 120 区では、80 区と 160 区との中位的な傾向が認められた。

これらのことから、‘はるき’では葉果比 120 程度を目安に摘果を行うことで、果実サイズ、品質および収量のバランスが保たれ、連年安定生産が可能になると考えられるが、今後複数年にわたって引き続き確認する必要がある。

結果母枝については、基部径が太い枝ほど有葉花および着果数が多くなる傾向が認められた。特に短い結果母枝では直花が多く、着果後の新梢発生も少ない傾向にあったことから、樹勢維持および翌年の結果母枝確保の観点からも不利であると考えられる。したがって、‘はるき’では中～長果枝を主体とした結果母枝構成にすることを意識した枝梢管理が、安定した着果と樹勢維持の両立に有効であると示唆された。そのためには、強めの切り返し剪定を取り入れることなども必要であると考えられるが、適正な剪定方法については今後の課題である。

摘 要

和歌山県果樹試験場で育成した中晩柑品種‘はるき’の幼木管理技術および着果管理技術について検討した。

1. 定植後の切返し・芽かき・摘心を行わない放任管理区において、根乾物重および総新梢長が大きく、初期生育が優れる傾向が認められた。
2. 切返し・芽かき・摘心処理により、新梢の長さあたりの重量が増加し、充実した新梢が発生する傾向であった。
3. 土壌保水材（サンフレッシュ GT-1）を 1 樹あたり 150g 施用することで、樹容積および新梢生育が促進された。
4. 葉果比 120 程度を目安とした摘果により、果実サイズ、収量および翌年の着花量のバランスが良好となった。
5. 以上のことから、‘はるき’幼木の枝梢管理は、定植後の 2～3 年は放任管理とし、その後に切返しや芽かき、摘心を実施する管理が適しており、1 樹あたり 150g の土壌保水材の施用も有効であると考えられた。着果管理としては、葉果比を 120 で管理することが、安定生産に有効であると考えられた。

引用文献

- 池田裕朗. 2011. 農業技術体系果樹編 1. カンキツ. 基本技術編. pp. 351-352 の 15 の 6.
- 岩垣功. 2000. 整枝・剪定の方法. 果樹園芸大百科 1 カンキツ. pp. 339-343.
- 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. 和歌山県農林水研報. 7:45-54.
- 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.

高木信雄・菊池泰志・笹山新生・藤井栄一. 1997. 「不知火」の品質向上, 樹勢維持及び安定生産に対する早期一回摘果の効果. 四国農業研究成果情報. pp. 124-125.

富田栄一. 1988. 高品質果実生産技術の現状と問題点. 昭和 62 年度果樹課題別研究会資料「中晩柑に関する現状と問題点」. pp. 19-22.

和歌山県. 2021. 果樹農業振興計画書. p. 7. https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070300/keikaku/index_d/fil/r3_kajyu_sinnkoukeikaku.pdf (2026 年 2 月 2 日検索)

カンキツ園地におけるドローン用肥料の散布方法と 土壌理化学性および樹体への影響

衛藤夏葉¹・下村友季子・中谷章・熊本昌平²

和歌山県果樹試験場

Application Methods of Drone-Specific Fertilizers and Their Effects on Soil Chemistry and Tree Growth in Citrus Orchards

Kayo Eto¹, Yukiko Shimomura, Akira Nakatani and Shohei Kumamoto²

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

和歌山県では果樹生産が盛んであるが、産地では生産者の高齢化が進んでおり（和歌山県，2017）、今後、栽培面積の減少が加速すると見込まれている。栽培面積を維持するためには、担い手への農地集積による農家1戸あたりの経営規模拡大が急務であり、栽培管理作業にかかる負荷の軽減、時間の短縮による省力化が求められる。カンキツ栽培において、施肥作業は身体への負荷が大きいことなどから経営規模拡大の阻害要因の1つとなっており（宮崎ら，1999）、これまで、平坦地では作業道の敷設とそれによって導入できる肥料散布機の活用等により施肥作業の省力化が図られてきた（宮崎ら，2002）。しかし、和歌山県のカンキツ主産地には急峻な傾斜園地が多いため、このような技術の導入が難しかった。

近年、ロボット、AI、IoT等の革新的な技術を農作物の生産に積極的に導入する、いわゆるスマート農業への取り組みが各地で進んでおり（松本，2020）、農業用ドローンは傾斜園地でも活用可能な技術の1つとして注目されている（熊本ら，2021）。本技術は、これまで使用されてきた産業用無人ヘリコプタよりも安価で軽量であるなどのメリットがあり（佐藤ら，2018）、主に農薬散布において活用が進んでいる（舟木，2024）。農業用ドローンの粒剤散布装置を用いれば農薬だけでなく、粒状肥料の散布も可能であるが、既存の肥料をドローンで必要量散布するにはドローンの積載量や飛行時間が十分でなく、何度もバッテリー交換や肥料の充填を行うこととなるため、肥料散布の実用化にあたっては果樹に適したドローン用肥料の開発が必要である。

和歌山県では、果樹栽培における施肥作業の省力化に向けて、OATアグリオ株式会社と共同でカンキツ、カキ、ウメ栽培に適したドローン用肥料の開発に取り組んできた。開発肥料はドローン散布に適した粒状、非プラスチックコーティングの高濃度化成・肥効調節型肥料であり、肥料成分や溶出タイプの異なる中期肥効型（以下、中期型）と長期肥効型（以下、長期型）の2種類がある（表1）。ウンシュウミカンでは、中期型は年2回、長期型は年1回の施用を想定しているが、一方でウンシュウミカン栽培において、これらの肥料を実際にドローンで施用した場合、散布後に肥料が園地内でどのように分布するのかやその肥効等については明らかになっていない。

¹現在：和歌山県農業試験場

²現在：和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

そこで、本研究ではウンシュウミカン園地において、ドローンによる中期型、長期型の施用が地表面での肥料粒分布パターン、土壌の理化学性、収量、果実品質等に及ぼす影響を調査した。

表1 供試肥料の特性と施肥設定

肥料の種類	成分組成 (N:P:K)	肥効の種類	肥効期間	年間 施肥回数 ²	1回のN施用量 (N kg/10a)	1回の施用量 (kg/10a)	年間施用量 (kg/10a)
ドローン用 中期肥効型	22:5:10	リニア型	70日	2 (3, 10月)	10	45.5	91
ドローン用 長期肥効型	30:0:5	シグモイド型	180日	1 (10月)	20	66.7	66.7
ペレット状 有機配合	7:4:3	-		2 (3, 10月)	10	142.9	285.8

²施肥日は2023年3月16日、10月18日、2024年3月12日、10月22日、2025年3月24日。

材料および方法

試験1 ドローン散布による地表での肥料粒の分布状況調査

1) ドローンの飛行高度および機種の違いが肥料の散布幅に及ぼす影響

2023年10月18日に肥料の最大積載重量約10kgのP30 (XAG社、吐出量設定値495kg/ha)、2024年10月12日に最大積載重量約50kgのP100 (XAG社、吐出量設定値455kg/ha) で試験を実施した。各試験日に、和歌山県果樹試験場内のアスファルトの平坦地においてドローン飛行経路に対し垂直方向に、真下から1m間隔で4または5m地点までコンテナ (間口52×36cm、内側にポリ袋を敷設) を3反復で設置し (図1、散布幅の半分を調査)、地表から4、6、8mの各高度でドローンを飛行速度1m/秒で片道飛行させ、中期型を散布した。各高度での散布終了毎に、コンテナ内の肥料を回収し、重量を調査した。

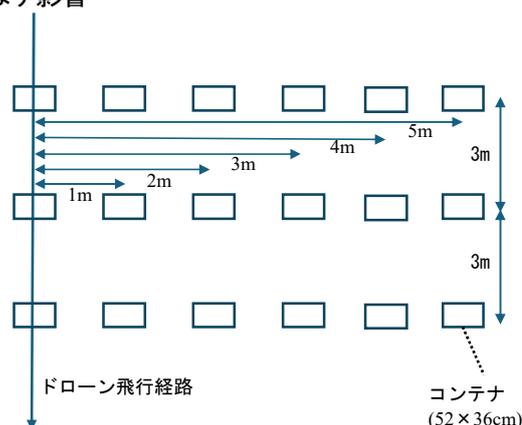


図1 ドローンの飛行経路とコンテナ配置位置

2) ウンシュウミカン緩傾斜園地におけるドローン飛行経路が散布幅に及ぼす影響

2024年3月12日、果樹試験場内緩傾斜のウンシュウミカン園地 (52年生‘宮川早生’、樹高2.5 - 3.0m、10または11樹列、樹間約3.5m) においてドローン (P30) の飛行経路を樹列に対し平行とし、樹列上の直線を片道飛行する区 (樹列上飛行区) と2樹列の間の通路上の直線を片道飛行する区 (樹列間飛行区) とを設けた。樹列上飛行区では中央樹列の樹冠下、樹間各3ヶ所、樹列間飛行区では4ヶ所、樹列に対し垂直にそれぞれコンテナ9個を飛行経路直下から両側に1m間隔で並べて配置した (図2A)。ドローン (P30) により、吐出量495kg/ha、1m/秒、樹上3または4m (地表からは5~7m程度) の設定でそれぞれの経路を飛行させ、散布後、各コンテナから肥料を回収し、重量を調査した。

3) ウンシュウミカン緩傾斜園地におけるドローン散布時の肥料粒分布状況

2023年10月18日、試験1-2) と同じ圃場において、ドローン (P30) の飛行経路を樹列に対し平行に、樹列上、樹列間とする区をそれぞれ1区約5a、3樹列 (約40m/1列、樹列間約3.5m) で設定し、各試験区の中央樹列の地表面に樹冠下、樹間各3ヶ所にそれぞれコンテナ10個を樹列に対し垂直に、コンテナの短辺を互いに密着

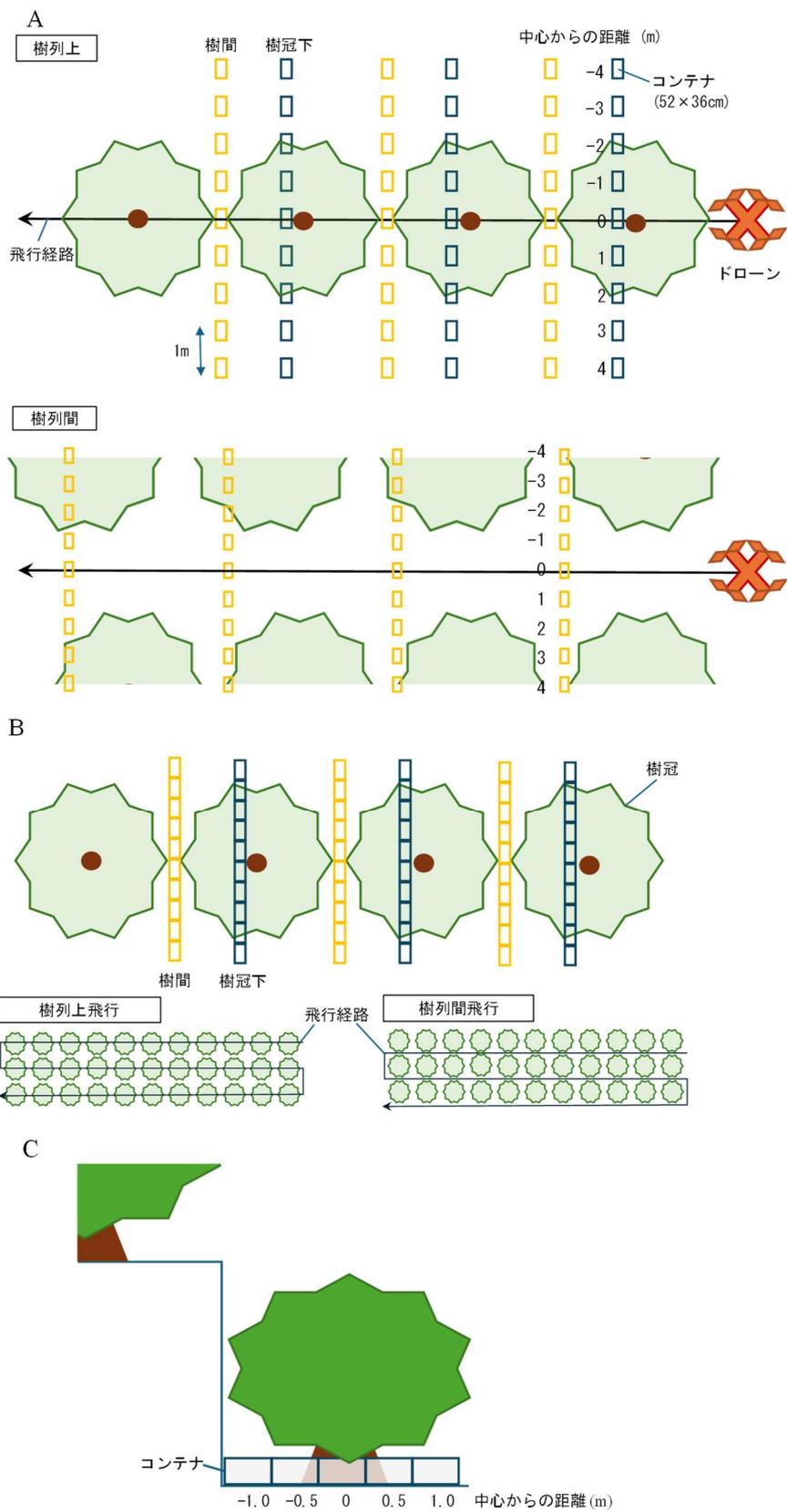


図2 コンテナの配置位置(A, B: 俯瞰図、C: 側面図)

注) Aは1-2), Bは1-3), Cは1-4)の試験におけるコンテナ配置位置および飛行経路を示す。

させて直線上に並べ、5、6番目のコンテナの間が樹幹の中心に位置するように配置した(図2B)。試験1-2と同様の設定で3列の樹列上または樹列間を片道飛行させて中期型を45.5kg/10a散布した。散布後、各コンテナから肥料を回収し、重量を調査した。

4) ウンシュウミカン階段園地におけるドローン散布時の肥料粒の分布状況

2025年3月26日、海南市下津町の約9.5aのウンシュウミカン園(‘林温州’、樹高2.5~3m、樹間約3m)階段園地(段幅約2.5m、高さ約2m、8段)において試験1-2)の樹列上飛行区と同様の条件で、コンテナ設置数は5個/地点(図2C)とした。ドローン(P30)は階段園の上段から1段ずつ樹上を飛行させ、中期型を45.5kg/10a散布した。散布後、各コンテナから肥料を回収し、重量を調査した。

試験2 ドローン用開発肥料が土壌の理化学性およびウンシュウミカンの樹体生育・収量・果実品質に及ぼす影響

果樹試験場内のウンシュウミカン園(30年生‘日南1号’、樹高約2m)において試験を実施した。中期型と長期型の2種類の肥料をそれぞれドローンで散布する区(以下、中期型区、長期型区)とペレット状有機配合肥料を手散布する有機配合区を8樹/区(8×15m/区、4樹×2列、株間4m、畝間4m)となるように設けた。中期型区および有機配合区は2023年3月16日、10月18日、2024年3月12日、10月22日、2025年3月24日に1回10aあたり窒素成分量で10kg、長期型区は2023年10月18日、2024年10月22日に1回10aあたり窒素成分量で20kgを施用した(表1)。ドローンはP30(XAG社)を使用し、樹上約3m、1m/sで飛行させ、肥料を散布した。

1) 土壌理化学性

各処理区の土壌中無機態窒素、可給態リン酸、交換性カリウム含有量を2023年3月から2025年10月にかけて調査した。中期型区および有機配合区で2023年3~9月に概ね3か月に1回、その後全ての区で2023年11月~2025年10月に概ね1月1回、各区3樹の樹冠下各1カ所から約200g/樹採取した土壌を混合し、供試サンプルとした。土壌サンプルは風乾後、2mm目のふるいを通し、無機態窒素、可給態リン酸、交換性カリ含有量をそれぞれ標準的な手法(無機態窒素:プレムナー法、可給態リン酸:トルオーグ法、交換性カリ:原子吸光法)を用いて分析した。

また、各処理区の土壌水溶液を2023年10月から2025年3月にかけて調査した。2023年10~11月は各区1樹、12月以降は各区3樹の樹冠下各1カ所、土壌深度約15cmに設置したミズツール(大起理化工業株式会社)を用い、2023年10月16日から2025年3月7日にかけて5~37日間隔で土壌水溶液を採集し、硝酸態窒素濃度およびECを簡易測定機器(堀場製作所、LAQUAtwinシリーズ)で測定した。

2) 葉色および葉の成分含有率、収量、果実品質

葉色および葉の成分含有率の調査には、2023年8月25日、2024年9月19日、2025年8月13日に1区あたり5樹について不着果新梢の中位葉を1樹あたり10葉採取し、供試した。2023年は中期型区と有機配合区、2024、2025年は全区を調査した。葉色は葉緑素計(SPAD502)でSPAD値を測定した。サンプルを乾燥、粉碎後、窒素含有量はケルダール法、リンおよびカリウム含有量はサンプルを乾式灰化し6N塩酸で溶解後希釈し、リンはモリブデンブルー法、カリウムは原子吸光法で測定した。

収量は2023年10月3、4日および2024年10月25日に3樹/区について樹ごとの全収穫果実重を測定した。樹容積は各区収量調査を行った3樹について、2024年3月27日、2025年3月14日に各樹の縦長、横長、高さを計測し、7かけ法(縦長×横長×高さ×0.7(m³))で算出した。

果実品質は、2023~2025年の各区5樹の収穫果実から平均的な果実を1樹あたり10果選び、糖度およびクエン酸含有率を調査した。

結果

試験1 ドローン散布による地表での肥料粒の分布状況調査

1) ドローン飛行高度および機種の違いが肥料の散布幅に及ぼす影響

ドローン (P30) による肥料散布時、下に樹体のない平坦地において、4, 6, 8mいずれの高度で飛行した場合も片側約2m, 両側約4mの範囲ではコンテナあたり3g以上の肥料粒が落下し, 3, 4m離れた地点への落下量はほとんどがコンテナあたり1g未満と少なかった (図3A). 高度が高い方が経路直下の落下量はやや少なくなる傾向であったが, 経路から1m以上離れると大きな違いはなかった. 大型のP100ではP30よりも散布幅が広く, いずれの高度でも経路から3m離れた地点への落下量がP30で散布した際の2m地点と同程度であった (図3B). 高度8mでは経路から3m以上離れた地点での落下量が他区より多く, 散布幅が4, 6mよりも広がった.

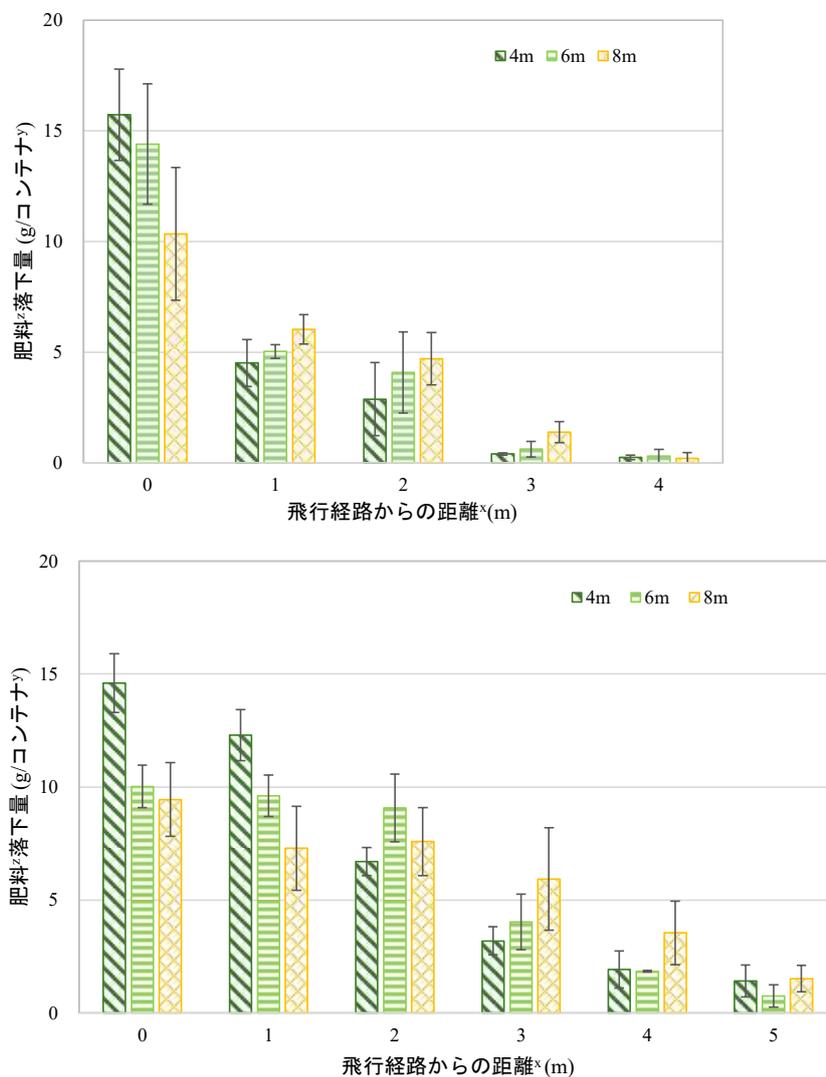


図3 ドローン(P30 : A, P100 : B)の飛行高度別肥料落下パターンの比較

※ 肥料は中期型を使用した。

▽ コンテナの縦、横は36×52cm。縦の辺が経路に水平になるように配置した。

※ 飛行経路に垂直の3直線上にそれぞれ、1m間隔でコンテナを配置した。

エラーバーは標準偏差を示す。Aの4mのみn=2, その他n=3。

2) ウンシュウミカン緩傾斜園地におけるドローン飛行経路が散布幅に及ぼす影響

ウンシュウミカン緩傾斜園地において、飛行経路を樹列上または樹列間としてドローン（P30）から中期型を散布した場合の散布幅を比較した。散布幅は樹列上の樹間，樹冠下および樹列間とも約2mであり，樹列上飛行では樹間で樹冠下よりもやや落下量が多く，樹列上飛行時の樹間と樹列間飛行時の肥料落下パターンは近似した。経路による散布幅の明確な違いはなかった（図4）。

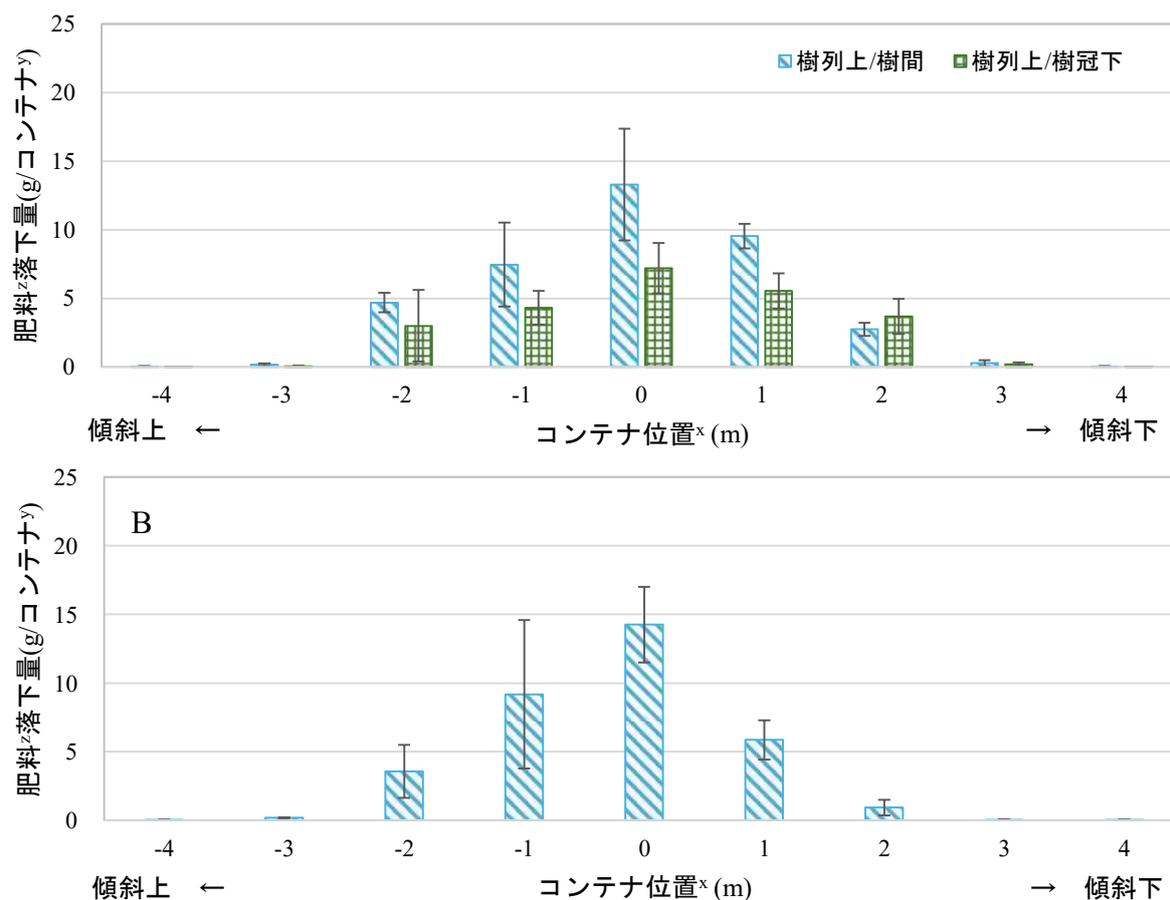


図4 ウンシュウミカン傾斜園地でのドローン肥料散布時の散布幅

A:樹列上飛行, B:樹列間飛行

z 肥料は中期型を使用した。

y コンテナの縦, 横は36×52cm, 縦の辺が経路に水平になるように配置した。

x 飛行経路に垂直の3直線上にそれぞれ, 1m間隔でコンテナを配置した。経路直下を0とした。

エラーバーは標準偏差を示す。n=3。

3) ウンシュウミカン緩傾斜園地におけるドローン散布時の肥料粒分布状況

ウンシュウミカン緩傾斜園地において、飛行経路を樹列上、樹列間として各3樹列、ドローン (P30) から中期型を散布し、中央樹列の経路から幅約2.5m内の肥料落下量を比較した。樹列上から散布した結果、傾斜上側では樹間と樹冠下が同程度、傾斜下側では樹冠下が樹間よりも肥料落下量が少なく、樹間では傾斜の上側が下側よりも少ない傾向となったが、いずれも樹列中心から約2.5mの位置まで落下が認められた (図5A)。樹列間上空から散布した結果、肥料落下量は-1.8および2.3m地点を除き、いずれの地点も樹間、樹冠下の差は小さく、樹列上空からの散布と比較して通路に近い樹列外側で多く、樹列中央側で少なかった (図5B)。樹列上飛行では特に樹列中央に近い部分で樹列間飛行よりも落下量が多く、コンテナの位置による落下量の差は少なかった。

なお、本試験は収穫直前の散布であったが、肉眼での観察では果皮への付傷は認められなかった。

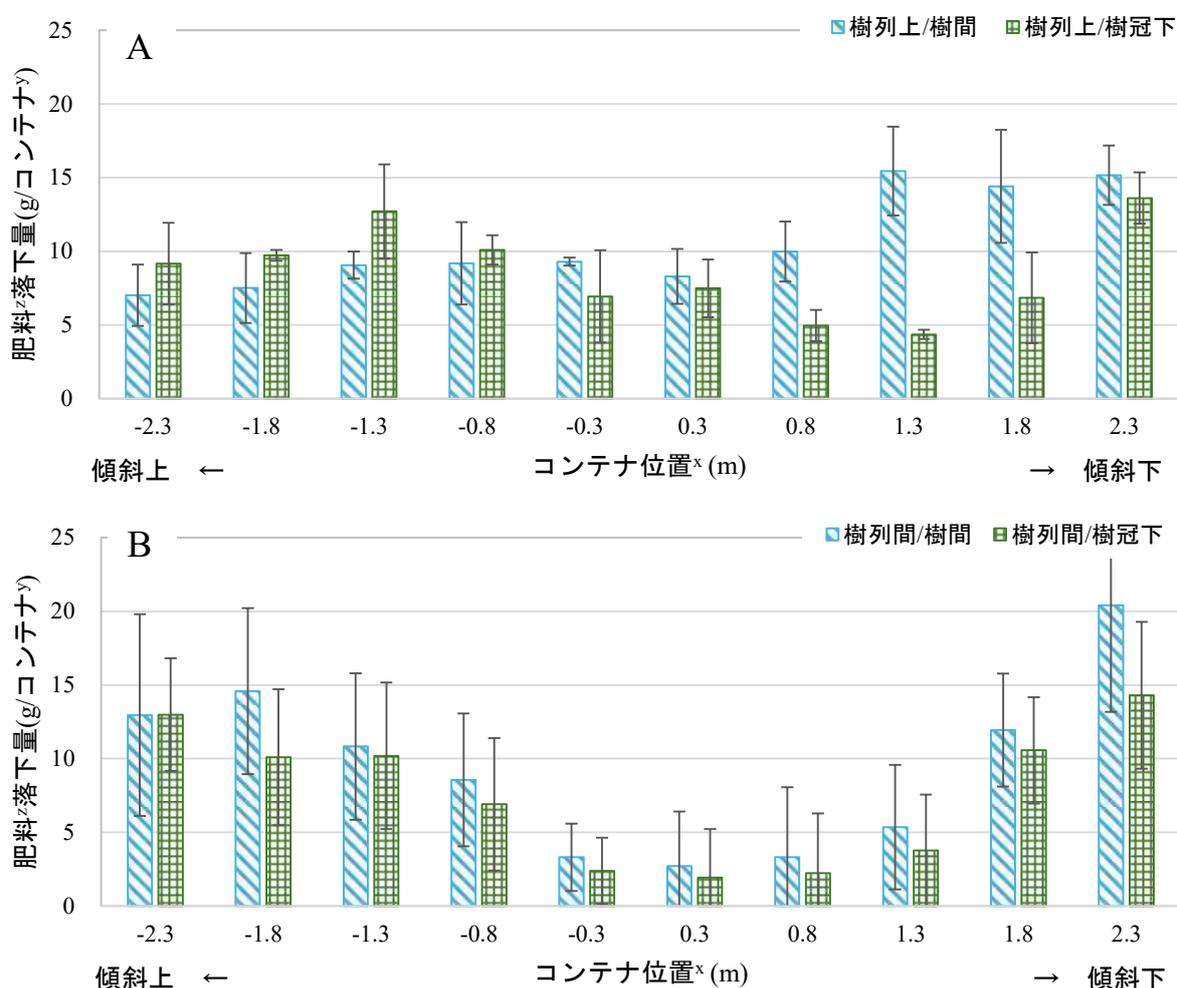


図5 ウンシュウミカン緩傾斜園地でのドローン飛行経路による樹冠下、樹間への肥料落下パターンの違い

A:樹列上飛行, B:樹列間飛行

^z 肥料は中期型を使用した。

^y コンテナサイズは縦×横36×52cm, 縦の辺が経路に水平になるように配置した。

^x 地表面の飛行経路に垂直な3直線上にそれぞれコンテナを10個並べた。数値は樹列の中央から各コンテナの中心までの距離を示す。

エラーバーは標準偏差を示す。n=3。

4) ウンシュウミカン階段園地におけるドローン散布時の肥料粒の分布状況

ウンシュウミカン階段園地において飛行経路を樹列上として中期型を散布した結果、肥料の分布は樹冠下で葉の重なりが多い飛行経路からの距離が-0.5~1.0mのコンテナでは樹間よりも少なかった(図6)。また、樹間、樹冠下とも上段側(壁側)で多い傾向があったものの、その差は小さく、コンテナの位置による落下量の大きな偏りは認められなかった。

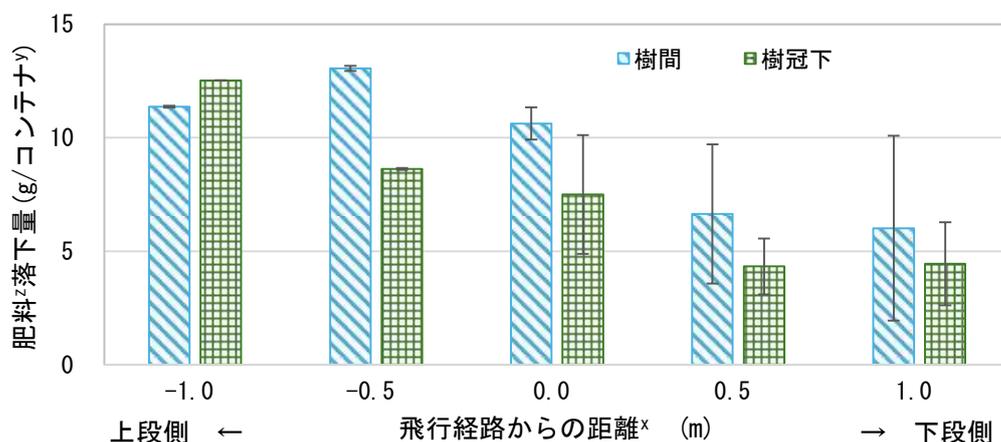


図6 ウンシュウミカン階段園地でのドローン樹列上飛行における肥料散布幅

z 肥料は中期型を使用した。

y コンテナの縦、横は36×52cm。飛行経路に垂直の3直線上にそれぞれコンテナを5個、縦の辺が隣り合うように並べた。

x 中央のコンテナ中心を0とし、各コンテナ中心までの距離を示した。

エラーバーは標準偏差を示す。n=3。

試験2 ドローン用開発肥料が土壌の理化学性およびウンシュウミカンの樹体生育・収量・果実品質に及ぼす影響

1) 土壌理化学性

土壌中の無機態窒素含有量は2024年秋期を除き、全ての区で施肥後に増加する傾向であり、増加量は有機配合区で他の区より大きかった(図7A)。有機配合区で3月施肥後にピークが認められる時点を除くと、2024年以降、概ね3区の含有量は1~3mg/100g乾土で推移した。可給態リン酸含有量は有機配合で増減幅が大きかったが、いずれの区も概ね200~400mg/100g乾土の範囲で推移した(図7B)。交換性カリ含有量はいずれの区も概ね10~35mg/100g乾土の範囲で安定して推移し(図7C)、3区の変動パターンは近似していた。

土壌水溶液のECは、中期型区および有機配合区では2023年10月の施肥後、2024年2月上旬から3月上旬にかけて低下し、3月の施肥後に高まり、有機配合区では2024年5月に中期型区よりも高いピークがあった(図8A)。長期型区は2023年12月中旬から2024年3月にかけて他の区よりも高く推移し、3月から4月にかけて有機配合区と同程度まで低下した。その後は中期型区および有機配合区と近似して推移した。2024年6月以降、3区の推移に明瞭な違いはなく、2024年10月の施肥後にはECは上昇しなかった。硝酸態窒素濃度は2023年11月末、2024年5月初旬、8月末にいずれの区でもピークがあった(図8B)。2023年12月中旬から2024年3月末にかけて、長期型区で中期型区および有機配合区よりも高い値であり、ECと概ね一致するパターンを示した。

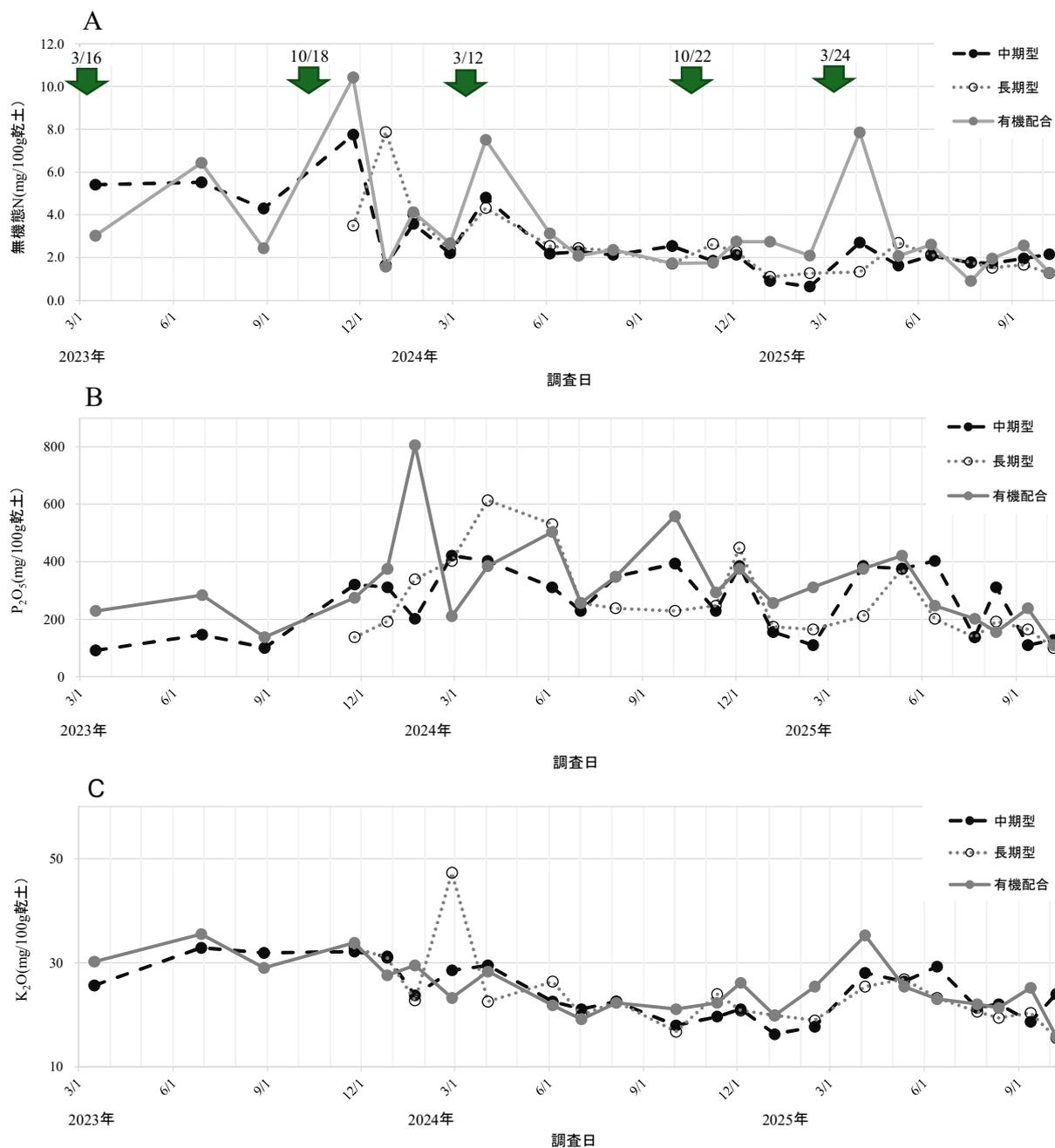


図7 各区の土壤中無機態窒素(A), 可溶態リン酸(B), 交換性カリ(C)含有量の推移
注) 矢印は施肥時期を示す。10月は全ての区で、3月は長期肥効型以外の区で施肥。

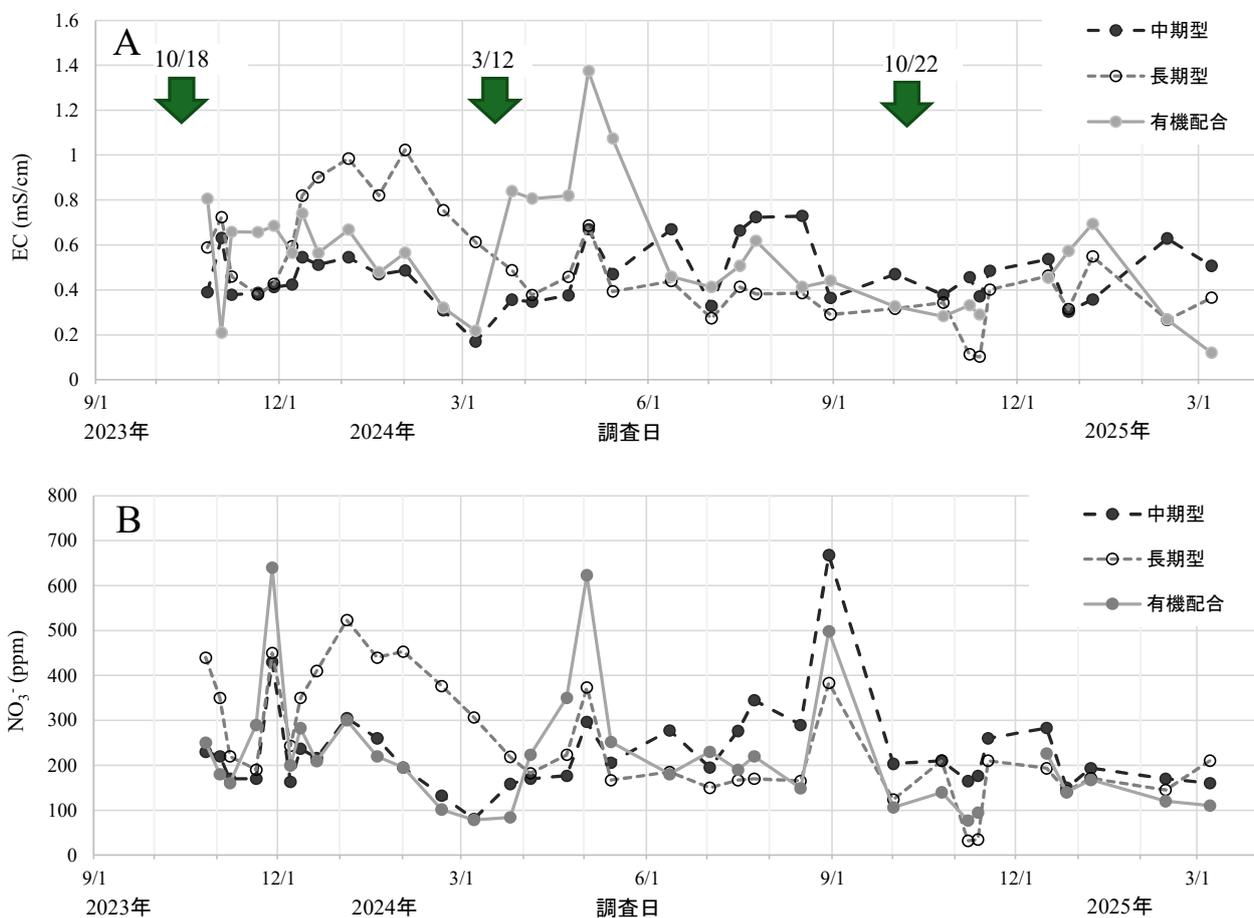


図8 土壌水溶液の電気伝導度(A)および硝酸態窒素濃度(B)の推移(2023.10.26~2025.3.7)

注) 矢印は施肥時期を示す。10月は全ての区で、3月は長期肥効型以外の区で施肥。2023年10月16日から2025年3月7日にかけて、2023年10~11月は各区1樹、12月以降は各区3樹の樹冠下、土壌深度約15cmに設置したミズツール(大起理化学工業株式会社)を用い、土壌水溶液を採集した。少降水量、サルの被害等により、一部の値は反復なまたは2反復の平均。

2) 葉色および葉の成分含有率、収量、果実品質

葉色についてはいずれの年も区間の差は小さかった (図9)。葉の成分含有率は、中期型区において2023、2024年に窒素含有率が、2025年にカリウム含有率が有機配合よりも低かった。長期型区では2024、2025年に窒素含有率が有機配合区よりも低かった (図10)。

2023年の樹容積1m³あたりの収量は有機配合区と比較して中期型区は同程度、長期型はやや少なかったが、反復間のばらつきが大きく、有意差はなかった。2024年は3区とも同程度の収量であり、2年間の収量の合計を比較すると区間に差はなかった (図11)。

有機配合区と比較して、中期型区は糖度がいずれの年も低かったがその差は0.4~0.9と小さく、クエン酸含有率が2023年のみ0.21低かった。長期型区は糖度が2025年のみ低かったがその差は0.5と小さく、クエン酸含有率が2023、2024年はそれぞれ0.21、0.17低かった (図12)。

各試験でのドローンによる中期型または長期型散布後、目視により観察した結果、樹体に肥料粒が残ることはほとんどなかったが、肥料の粉が残る部分は散見された。3年間継続して観察した結果、問題になるような障害が樹体に発生する事例は認められなかった。

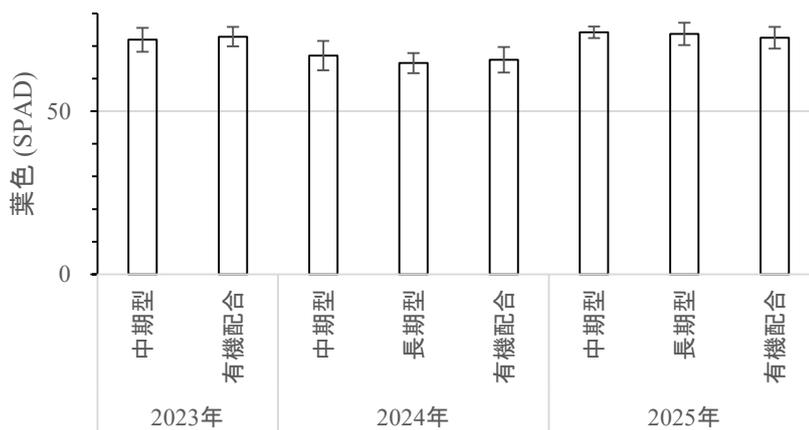


図9 各処理区の葉色 (SPAD)

注) 葉色は各区5樹、10枚/樹の平均値。エラーバーは各樹10葉平均値の標準偏差を示す。同年のいずれの区間にも5%水準で有意差なし (2023年はt検定、2024および2025年はTukeyの多重検定)。

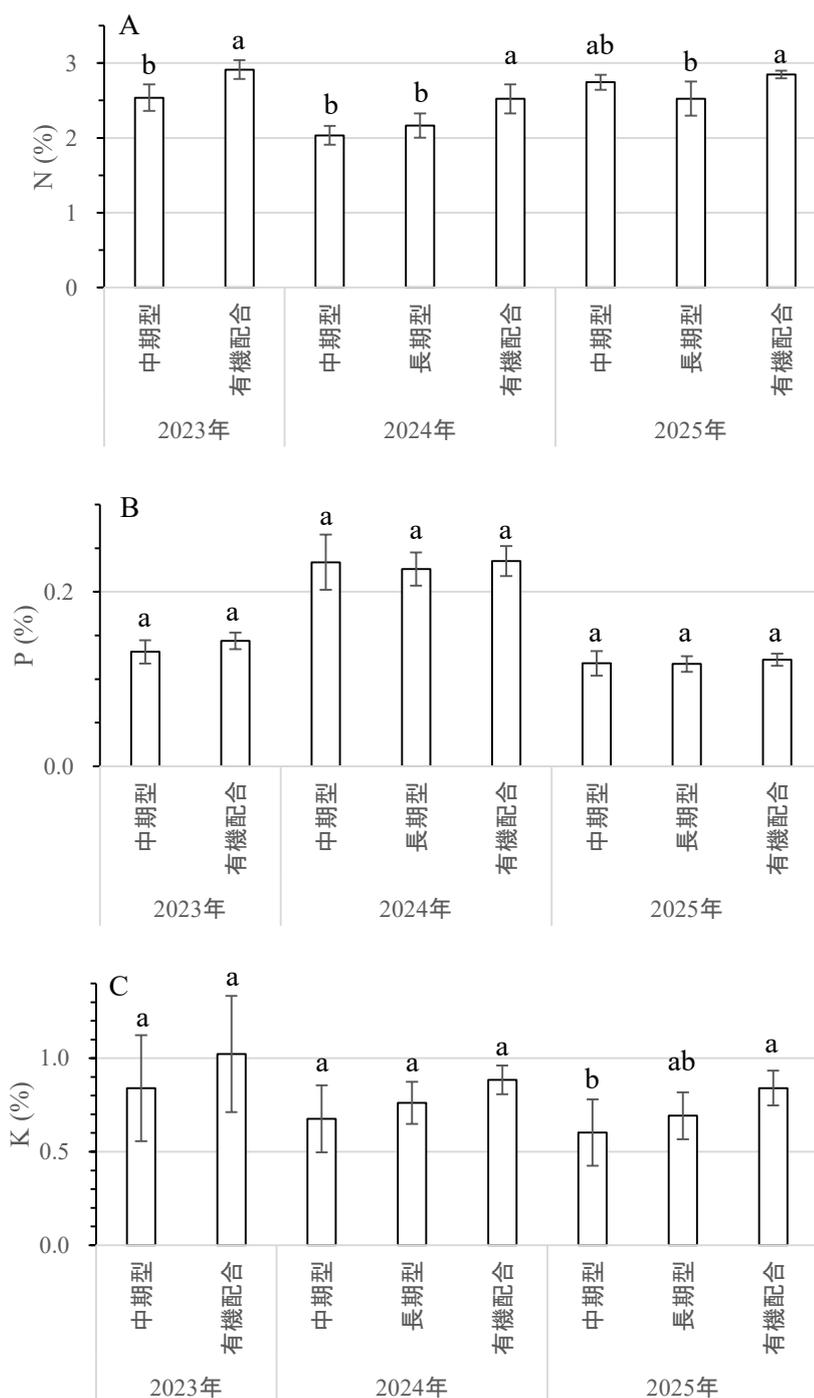


図10 葉の窒素(A), リン(B), カリウム(C)含量(%)
 注) 各区5樹, 10枚/樹を供試した. 分析は樹ごとに実施した. エラーバーは標準偏差を示す. 同年の異なる小文字アルファベット間には5%水準で有意差があることを示す(2023年はt検定, 2024および2025年はTukeyの多重検定).

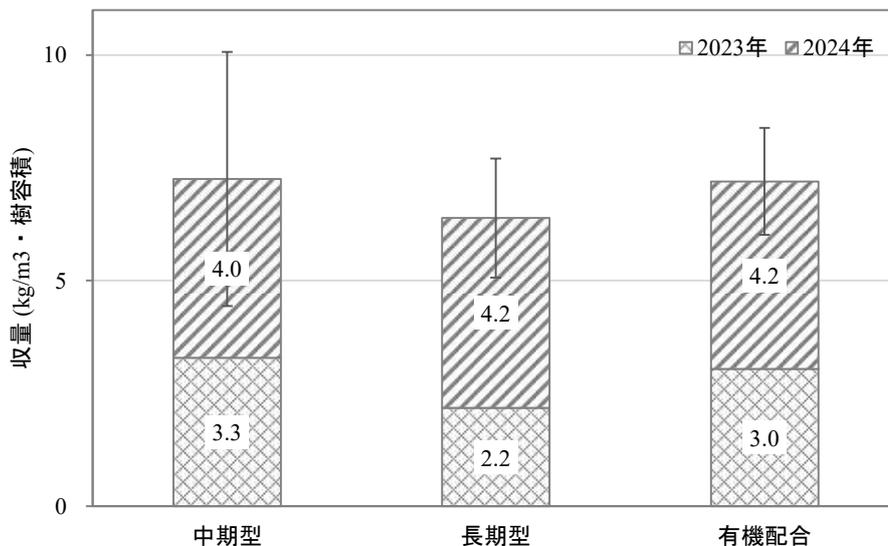


図11 各処理区の果実収量 (kg/m³)

注) エラーバーは樹容積1m³あたり収量の2年間合計の標準偏差を示す。n=3。2023, 2024年ともいずれの区間にも5%水準で有意差なし (Tukeyの多重検定)。

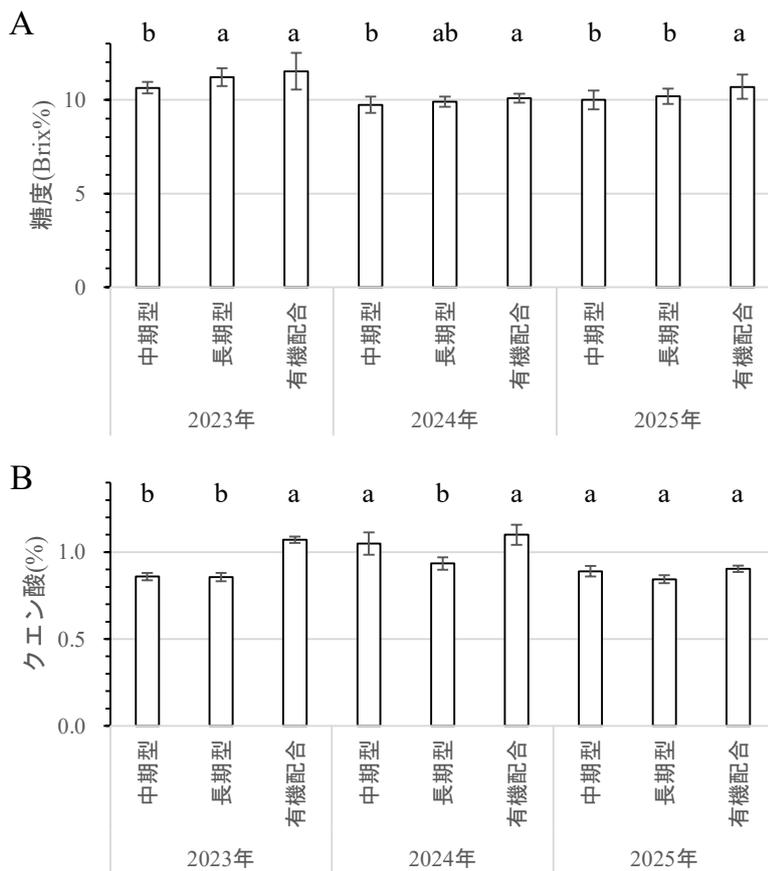


図12 各試験区果実の糖度 (Brix%, A)およびクエン酸 (%、B)

注) 各区5樹から平均的な10果を供試した。エラーバーは標準偏差を示す。同年の異なる小文字アルファベット間には5%水準で有意差があることを示す (Tukeyの多重検定)。

考 察

ドローン (P30) による肥料散布では、4, 6, 8mいずれの高度で飛行した場合も片側約2mの範囲内にほとんどの肥料粒が落下したことから (図3)、高度4~8mの範囲では散布幅の大きな違いはなく、飛行時の枝への接触を回避することなどを考慮すると、飛行高度は樹上3m (樹の高さ+3m) 程度が適すると考えられた。積載重量の異なる2機種と比較において、P100ではいずれの高度でも経路から3m離れた地点への落下量がP30で散布した際の2m地点と同程度であり、両機体の散布幅には片側1m、両側2m程度の違いがあることが示され、機体の違いが散布幅に影響すると考えられた。また、P100は8mの高度では散布幅が広がり、畝幅を大きく上回ったため、この条件では樹列上から散布するよりも樹列を考慮せずに経路を設定する方が散布時間は短縮できる。小型機の場合は1秒あたり散布できる量が少ないため、速度を上げることができないが、大型機の場合は速度を上げることも可能であり、肥料散布に適する飛行高度および経路については今後検討を要する。

ウンシュウミカン傾斜園地において、飛行経路を樹列上としてP30から中期型を散布した結果、樹冠下において樹間よりもやや落下量が少ない傾向ではあったが大きな差はなく (図5)、樹上から散布された肥料は、葉に当たってやや拡散されながらも地表面まで落下したと思われた。葉上に残る肥料も観察されなかったため、ドローンからの粒状肥料の散布に問題はないと考えられた。飛行経路を樹列上、樹列間としてそれぞれ樹間、樹冠下の肥料落下量を比較した結果から、樹列上飛行の方が地表面での肥料落下量の偏りが少なく、適すると考えられた。階段園における散布では、段に沿って散布することで散布幅に重なりができたことや、石壁に当たって跳ねた肥料が上段側のコンテナに分布したことにより、下段側よりも上段側の壁面近くで肥料分布量がやや多くなった (図6) と推察されるものの、樹単位の施用量に大きな違いはないと考えられ、実用性があると思われた。

今回、供試肥料は中期型のみとしたが、中期型と長期型の形状には大きな違いはないため、長期型でも同様の分布特性を有すると考えられる。

中期型および長期型施用時の土壌の理化学性について、中期型区では土壌中無機態窒素含有量は各年3月施肥前の値を比較すると徐々に減少したが、2024および2025年では3月施肥後から10月までの年次間差は小さかった (図7A)。また、中期型区は有機配合区と比較すると増減幅は小さいが、概ね近似する増減パターンを示した。土壌水溶液のECおよび硝酸態窒素濃度についても同様の傾向であった (図8)。中期型の成分溶出程度は温度によって決まるため、年によって土壌中の成分含有量の推移がやや異なり、緩効性であることにより、有機配合区よりもその増減幅は小さかったと考えられる。中期型区の土壌中可給態リン酸および交換性カリ含有量は調査期間を通して概ね一定であり、有機配合区との明瞭な差はなく (図7B, C)、今回の施用条件では慣行と同程度の溶出であったと考えられた。

長期型区のドローン散布は年1回、10月に実施した。2023年の施用後、土壌中無機態窒素含有量は12月下旬に中期型区および有機配合区から遅れてピークがあったが、それ以外は大きな変動はなく、概ね1~3mg/100g乾土の範囲内で推移した (図7A)。土壌中可給態リン酸含有量は、2024年中は2023、2025年と比較して高い値で推移した (図7B)。2025年7月以降は200mg/100g乾土以下で推移したため、長期型がリンを含まないために土壌中の可給態リン酸が減少した可能性も考えられるが、調査を開始した2023年11、12月も同程度の値であったことからさらに調査の継続が必要であると考えられる。交換性カリ含有量は2024年2月の一時的なピーク以外は中期型区および有機配合区と同様、概ね安定して推移し (図7C)、今回の施用条件では慣行と同程度の溶出であったと考えられた。土壌水溶液のECおよび硝酸態窒素濃度は2023年12月上旬から2024年3月上旬にかけて他の区よりもやや高い値で推移した (図8)。1回の窒素施用量を比較すると中期型区および有機配合区の2倍量であるため、2023年10月の施肥後に肥料成分の溶出に適した条件が続いた可能性がある。その後は中期型区および有機配合区と同程度か、やや低い値で推移し、春から秋の生育量が大きい時期には安定した条件

であったと考えられる。

中期型区，長期型区施用時の樹体への影響について，葉色，葉のN，P，K含有率，果実の糖酸度は年により有機配合区との差が認められたが，その差は小さく，また，収量は有機配合区と比較して差はなかった（図9，10，11，12）。これらのことから，今回供試した2種類のドローン用肥料の成分，施肥時期，施肥量の設定は概ね適切であったことが示唆された。過去にエコログの年1回施肥を検討した事例では，樹冠が小さい圃場では，施用した肥料が畝間に流れ，葉中窒素含有率が低く推移したことが報告されている（静岡県経済産業部，2018）。今回の試験は，1圃場の小規模な試験区における短期間の試験事例であるため，さらに長期間施用を続けた場合や樹齢，環境条件，品種等の異なる圃場で施用した場合などについては，改めて検証する必要がある。また，長期型については年1回の散布であり，省力化効果は高いもののリンを含まないため，施用前に散布予定圃場の土壌分析を行い，土壌中可給態リン酸含有量が少ない場合は中期型を選択するなどの対応が必要である。

今回の供試肥料は高濃度化により，慣行の有機配合の年間施用重量に対し，中期型は約32%，長期型は約23%に削減される。また，散布作業を手散布からドローン散布に変更することにより，圃場内での移動および手散布の作業が不要となることで作業時間が短縮され，身体への負荷も軽減される。省力化の効果は大きく，今後，カンキツ産地での活用が期待される。なお，カンキツと並行してカキ，ウメにおいても研究が実施されており，2025年にOATアグリオ株式会社より当該肥料の販売が開始された。

摘 要

ドローン散布用の高濃度化成肥料のカンキツにおける施用技術を確立するため，ウンシュウミカン園地での肥料散布におけるドローンの飛行条件とドローン用肥料が土壌理化学性およびウンシュウミカンの樹体・収量・品質に及ぼす影響とを検討した。肥料の施用条件は，中期型は3，10月の年2回，N10kg/10a・回，長期型は10月の年1回，N20kg/10aとした。

- 1) 今回使用した小型ドローンでは，飛行高度を樹上約3m，経路を樹列上として緩傾斜園地，階段園地においてドローン用肥料を散布できた。飛行ルートは樹列間よりも樹列上の方が肥料落下量に偏りが少なかった。
- 2) 土壌理化学性は，中期型区，長期型区とも概ね有機配合区と近似した推移を示した。
- 3) 葉色および葉の窒素，リン，カリウム含有率，果実の糖度は，中期型，長期型ともに有機配合との差はなにか，小さい傾向であった。
- 4) ドローン散布による葉，果実への付傷，障害の発生等はなく，悪影響は認められなかった。
- 5) 樹容積あたり合計収量は，中期型，長期型とも有機配合と同程度であった。
- 6) 以上から，ウンシュウミカンにおけるドローン用肥料の散布において，今回の施用条件により，これまでとほぼ同等の生育，収量が確保できると考えられた。

本試験の実施あたりご協力いただきました，OATアグリオ株式会社，株式会社未来図，ながみね農業協同組合（現在：和歌山県農業協同組合ながみね地域本部）の皆様，現地試験圃場の園主様，果樹試験場の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 舟木勇樹. 2024. ドローンによる農薬散布の適用性に関する検討. 植物防疫. 78: 418-425.
- 熊本昌平・衛藤夏葉・武田知明. 2021. ドローンを用いたマンゼブ水和剤散布によるウンシュウミカンにおけるカンキツ黒点病に対する防除効果. 和歌山県農林水研報. 9: 47-54.
- 馬門克明. 2019. 水稻における農業用ドローンによる薬剤散布技術確立に向けた取り組み. 技術と普及. 56 (11) : 54-56.
- 松本賢英. 2020. スマート農業の社会実装に向けた取り組み. 日本農薬学会誌. 45: 141-145
- 宮崎昌宏・岡崎紘一郎・石束宣明・高辻豊二・猪之奥康治・関野幸二・山本博・長崎裕司・田中宏明・角川修. 2002. 近中四農研センター研報. 1: 1-48.
- 宮崎昌宏・高辻豊二・山本博・猪之奥康治・関野幸二・石束宣明・田中宏明. 1999. 園地改良と小型機械化体系導入による急傾斜地カンキツ園の軽作業化及び省力化. 農作業研究. 34: 203-210.
- 佐藤彰・中西弘明・大川宏久. 2018. 日本航空宇宙学会誌. 66: p. 356.
- 静岡県経済産業部. 2018. 施肥作業を大幅に省力化できる柑橘の年1回施肥法. 新しい農業技術. No. 638.
- 和歌山県. 2017. 和歌山県長期総合計画. 第2章 pp. 63-65.

ウンシュウミカンにおけるドローンを用いた夏季の防除体系

下村友季子・松山尚生¹・衛藤夏葉²

和歌山県果樹試験場

Summer Pest Control Measures by Drone Spraying in Citrus

Yukiko Shimomura, Naoki Matsuyama and Kayo Eto

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

和歌山県内のカンキツ栽培ほ場は急傾斜地が多く、防除作業にかかる負担が極めて大きい。特に、夏季には高温下での防除衣やマスクの着用による熱中症のリスクがあり、負担軽減が求められる。そのため、近年は地形の影響を受けず、薬液調製等の準備から散布作業に要する時間を大幅に短縮できる、無人航空機（以下、ドローンと呼称）による高濃度少量散布（以下、ドローン散布と呼称）が注目されている（塩谷，2023）。

これまでの研究により、カンキツの主要病害虫に対応できる農薬の登録が進んできたが、夏季に問題となる病害虫のうち、ミカンハダニに対するドローン散布の効果は報告が少ない。また、舟木（2024）は、有効成分投下量は同等でも、散布水量の違いや対象病害虫によってドローン散布の効果が異なり、カンキツのヤノネカイガラムシと黒点病では、散布水量が多い方が効果は優れると報告している。一方で、その試験事例は10L/10a以下であり、さらに散布水量を増やした試験は実施されていない。しかし、近年は16L/10aで48倍の希釈倍率など、より散布水量が多い濃度でも農薬登録が進んでいるため、それぞれの病害虫に対応した試験を行い適切な散布水量を検討する必要がある。また、前に挙げた病害虫以外では検討はされていない。加えて、ドローンによる薬剤散布を現場で普及するためには、単用の散布ではなく、殺菌剤と殺虫剤の混用散布が求められる。

そこで、本研究では、ウンシュウミカンにおける6月から9月までの夏季のドローンによる防除体系の確立を目的とし、まず、ミカンハダニに対し、ドローン散布で防除効果の高い殺ダニ剤を選定し、散布水量の違いがその効果に及ぼす影響について検討した。さらに、夏季の殺虫剤と殺菌剤を混用した防除体系モデルを作成し、その効果を検討した。

材料および方法

試験1. ミカンハダニに対する各種殺ダニ剤のドローン散布による防除効果の比較

2023年5月25日に果樹試験場内の‘田口早生’15年生を用いて、1区1樹3反復で試験を行った。試験期間中の気温および降雨量は場内の気象観測装置で測定した。供試薬剤および散布条件は表1のとおりとし、ドローン散布はXAG社製P20、対照の手散布は背負い式バッテリー噴霧機を使用した。供試薬剤を水道水で所定の希釈倍数に調製し、ドローン散布区には樹上約2mを速度2m/s

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局鳥獣害対策課

²現在：和歌山県農業試験場

で主幹から半径約 0.5m の円を 1 周旋回する飛行により、0.1L/樹 (8L/10a) の割合で散布し、対照区には 5L/樹 (400L/10a) を葉の表裏が十分に濡れるよう散布した。

調査は散布前 (5 月 25 日)、散布 4 日後 (5 月 29 日)、散布 11 日後 (6 月 5 日)、散布 20 日後 (6 月 14 日)、散布 29 日後 (6 月 23 日)、散布 40 日後 (7 月 4 日) に、各樹の任意の 50 葉に生息するミカンハダニ雌成虫を計数し、散布 11、20、29 日後の雌成虫数から次式により防除効率を算出した。

$$\text{防除効率} = (1 - C_b / T_b \times \sum t_{ai} / \sum c_{ai}) \times 100$$

C_b : 無処理区の処理前雌成虫数 T_b : 処理区の処理前雌成虫数

c_{ai} : 無処理区の処理 i 日後雌成虫数, t_{ai} : 処理区の処理 i 日後雌成虫数

$i=11, 20, 29$

表 1 散布試験における供試薬剤と処理条件 (試験 1)

供試薬剤名 ²⁾	希釈倍数	散布水量	散布方法
ミルベメクチン水和剤	24		
エトキサゾール水和剤	24		
スピロメシフェン水和剤	24	8L/10a	ドローン散布
シエノピラフェン水和剤	36		
ピフルブミド水和剤	24		
ピフルブミド水和剤	2000	400L/10a	手散布

2) スピロメシフェン水和剤およびピフルブミド水和剤のみドローン散布に適用あり (2025年12月時点)

試験 2. 各種殺ダニ剤の濃度および散布水量の違いによる防除効果の比較

試験 1 で効果の高かった 3 剤を選定し、希釈倍数および散布水量を 24 倍、8L/10a と 48 倍、16L/10a の 2 基準としてドローンによる散布を行った。なお、試験 1 で効果が高かったミルベメクチン水和剤は、県内の一部地域で感受性の低下が確認されたため (松山, 2024)、除外した。2023 年 10 月 13 日に果樹試験場内の '日南 1 号' 30 年生を用いて、1 区 1 樹 3 反復で試験を行った。試験期間中の気温および降雨量は場内の気象観測装置で測定した。供試薬剤は表 2 のとおりとし、ドローン散布は XAG 社製 P20、対照の手散布は背負い式バッテリー噴霧機を使用した。供試薬剤を所定の希釈倍数に調製し、ドローン散布区には樹上約 2m を速度 2m/s で、主幹から半径約 0.5m の円を 24 倍区は 1 周、48 倍区は 2 周旋回する飛行により、24 倍区は 0.1L/樹 (8L/10a)、48 倍区は 0.2L/樹 (16L/10a) を散布し、対照区には 8L/樹 (650L/10a) を葉の表裏が十分に濡れるよう散布した。

調査は、散布前 (10 月 13 日)、散布 3 日後 (10 月 16 日)、散布 10 日後 (10 月 23 日)、散布 20 日後 (11 月 2 日)、散布 31 日後 (11 月 13 日)、散布 41 日後 (11 月 23 日) に、各樹の任意の 50 葉に生息するミカンハダニ雌成虫を計数し、試験 1 と同様の手法で散布 10、20、31 日後の雌成虫数から防除効率を算出した。

表 2 散布試験における供試薬剤と処理条件（試験 2）

供試薬剤名 ²⁾	希釈倍数	散布水量	散布方法
エトキサゾール水和剤	24	8L/10a	ドローン散布
エトキサゾール水和剤	48	16L/10a	
スピロメシフェン水和剤	24	8L/10a	
スピロメシフェン水和剤	48	16L/10a	
ピフルブミド水和剤	24	8L/10a	
ピフルブミド水和剤	48	16L/10a	
ピフルブミド水和剤	2000	650L/10a	手散布

2) スピロメシフェン水和剤およびピフルブミド水和剤24倍および48倍のみドローン散布に適用あり
(2025年12月時点)

試験 3. 夏季におけるドローンによる防除体系モデルの作成およびその効果

2024年に果樹試験場内の‘日南1号’31年生を用いて、1区1樹3反復で試験を行った。試験期間中の気温および降雨量は場内の気象観測装置で測定した。ドローン散布はXAG社製P20、対照の手散布は背負い式バッテリー噴霧機を使用した。夏季での主要病害虫に対する防除を体系化するにあたり、2024年6月時点でドローン散布に適用がある薬剤から防除体系モデルを作成し、6月から9月にかけて散布を行った（表3）。各散布日に、供試薬剤を水道水で所定の希釈倍数に調製し、ドローン散布区には樹上約2m、速度2m/sで往復する飛行により散布し、対照区は8L/樹(650L/10a)を葉の表裏が十分に濡れるよう散布した。

対象病害虫は、ミカンハダニ、チャノキイロアザミウマ、黒点病とし、被害程度を調査した。

ミカンハダニの調査は、最終散布前（9月4日）、散布4日後（9月9日）、散布10日後（9月15日）、散布20日後（9月25日）に、各樹の任意の30葉に生息するミカンハダニ雌成虫を計数し、試験1と同様の手法で散布4、10日後の雌成虫数から防除効率を算出した。

チャノキイロアザミウマの調査は、本虫に効果のある剤の最終散布日である8月7日から39日後（9月19日）に、各樹の任意の50果について、果梗部および果頂部の被害を以下の基準で調査し、各区の被害果率および次式による被害度を算出した。

果梗部被害 無：被害なし 少：リング状の被害が果梗を中心に1周しておらず、被害程度の軽微なもの 中：リング状の被害が果梗を中心に1周しているが、ガク片に相似形となった被害の軽いもの 多：リング状の被害のみならず、ガク片に相似形となった被害も発現しているもの。

果頂部被害 無：被害なし 少：柱点を中心とした被害の直径が、果実横径の1/5程度の被害 中：同1/2程度の被害 多：同2/3程度の被害

以上の調査基準から、それぞれ次式で被害程度を算出した。

$$\text{被害度} = \left[\frac{\{(\text{少} \times 1) + (\text{中} \times 3) + (\text{多} \times 6)\}}{\text{全果数} \times 6} \right] \times 100$$

黒点病の調査は 8 月 6 日, 10 月 7 日に各樹の任意の 50 果について, 発生予察事業の調査実施基準(農林水産省生産局植物防疫課, 2001)で調査し, 発病果率および次式による発病度を算出した。なお, 黒点病は全ての区で発病果率 95%以上だったため, 程度別指数 3 以上の果実で発病果率を算出した。

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{程度別発病数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$$

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

表 3 散布試験における供試薬剤と処理条件(試験 3)

散布日	薬剤	ドローン散布区 (希釈倍数、散布水量)		手散布区 (希釈倍数、散布水量)	
		希釈倍数	散布水量	希釈倍数	散布水量
6月13日	クロチアニジン水溶剤	48	16L/10a	2,000	650L/10a
	マンゼブ水和剤	20		600	
7月9日	アバメクチン乳剤	24	8L/10a	2,000	650L/10a
	マンゼブ水和剤	10		600	
8月7日	イミダクロプリド水和剤	80	16L/10a	3,000	650L/10a
	マンゼブ水和剤	20		600	
9月5日	ピフルブミド水和剤	48	16L/10a	2,000	650L/10a
	マンゼブ水和剤	20		600	

結 果

試験 1. ミカンハダニに対する各種殺ダニ剤のドローン散布による防除効果の比較

ドローン散布による防除効率は, 対照の手散布区によるピフルブミド水和剤と比較してエトキサゾール水和剤が 96, ピフルブミド水和剤が 95 と同等, 次いでミルベメクチン水和剤が 89, スピロメシフェン水和剤が 87 でやや劣り, シエノピラフェン水和剤が 59 と低い結果となった(図 1)。全ての区で葉と果実に薬害は確認されなかった。

なお, 試験期間中の気温は 17.8℃から 26.8℃で推移した(図 2)。散布 9 日後の 6 月 2 日に 396mm の多雨があり, 期間中は合計 676mm の降雨がみられた。

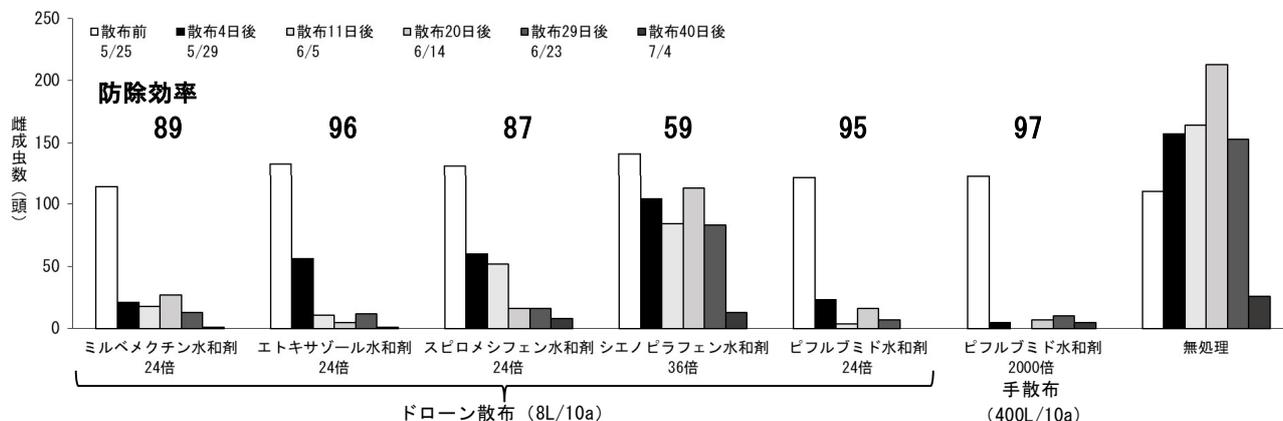


図 1 ミカンハダニの雌成虫数の推移(試験 1)

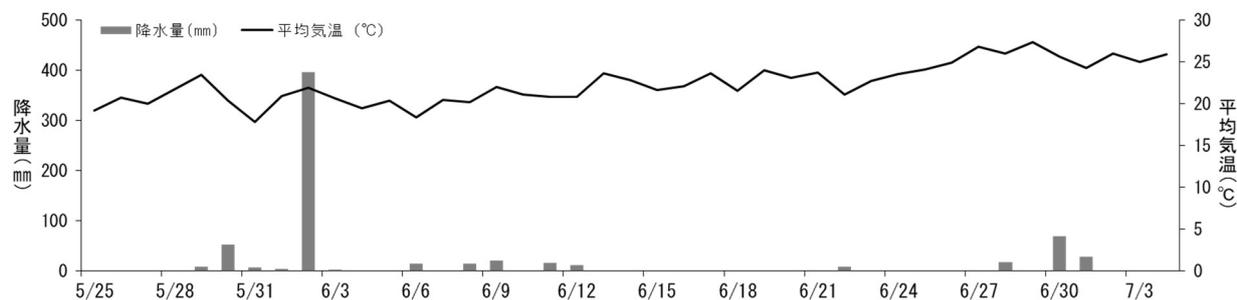


図2 試験期間中の気温および降雨量（試験1）

試験2. 試験1で選定した各種殺ダニ剤の濃度および散布水量の違いによる防除効果の比較

エトキサゾール水和剤 24 倍は 48 倍よりも効果が高く、他のドローン区と比較して防除効率が最も高かった（図3）。スピロメシフェン水和剤は 24 倍と 48 倍で同等、ピフルブミド水和剤は 24 倍の方が 48 倍よりも高かった。全ての区で葉と果実に葉害は確認されなかった。

なお、試験期間中の気温は 7.8℃から 23.3℃で推移した。散布 1 から 2 日後に合計 51mm の降雨があり、期間中は合計 181mm の降雨がみられた（図4）。

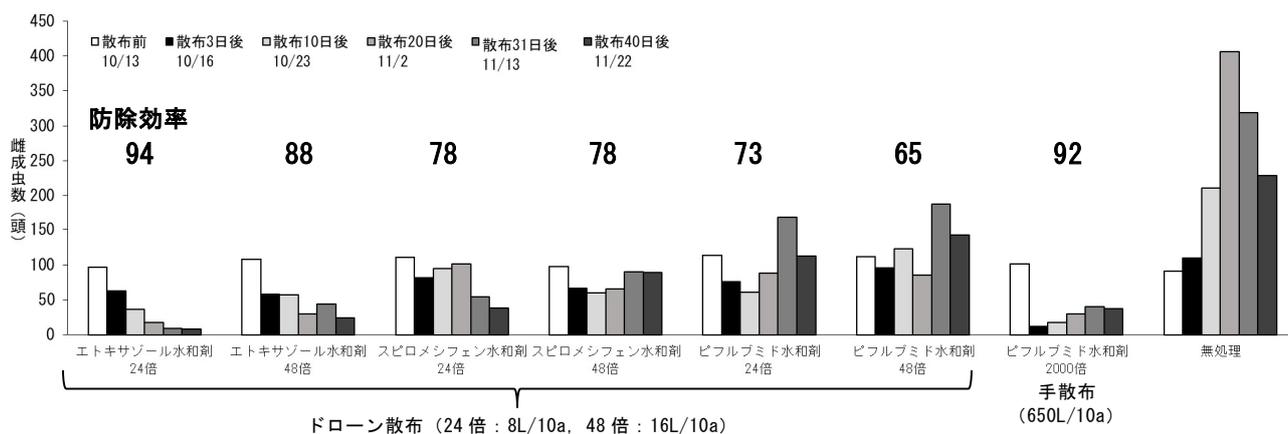


図3 ミカンハダニの雌成虫数の推移（試験2）

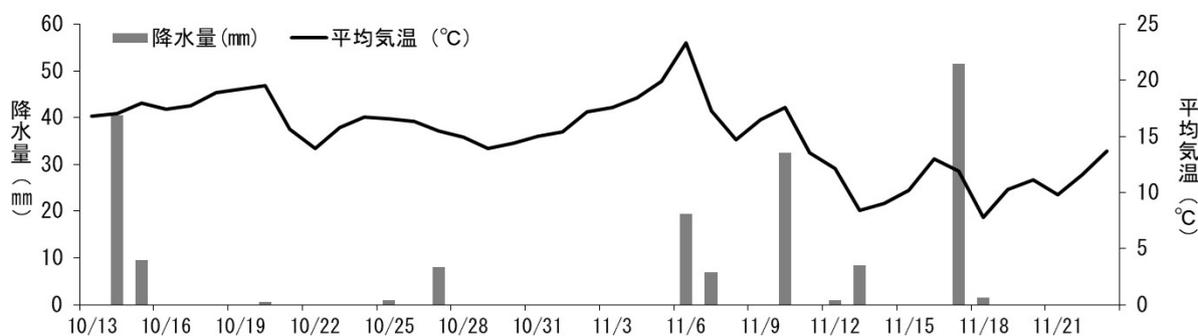


図4 期間中の気温および降雨量（試験2）

試験 3. 夏季におけるドローンによる防除体系モデルの作成およびその効果

ミカンハダニの防除効率は、ドローン散布区では 92、手散布区では 81 となり、ドローン散布区の方が効果は高かった (図 5)。チャノキイロアザミウマの被害は果梗部ではみられず、果頂部のみでの判定となった。果頂部の被害果率は、ドローン散布区は 18.7%、手散布区は 11.3%、無処理区は 30.7%であった (図 6)。チャノキイロアザミウマの被害度は、ドローン散布区は 3.3、手散布区は 2.3、無処理区は 5.6 となり、ドローン散布区は手散布区より低く、無処理区より高い効果を示した。黒点病の程度別指数 3 以上の発病果率は、8 月 6 日 (2 回目散布からの累積降水量 98.5mm) 時点でドローン散布区が 68.7%、手散布区で 44%、無処理区で 92.7%、10 月 7 日 (3 回目散布からの累積降雨量 104mm) 時点でドローン散布区が 71.3%、手散布区が 34%、無処理区が 97.3%であった (図 7)。発病度は、8 月 6 日時点でドローン散布区が 39.3、手散布区が 28.4、無処理区が 59.9、10 月 7 日時点でドローン散布区が 38.5、手散布区が 24.2、無処理区が 61.1 となり、ドローン散布区は手散布区より低く、無処理区より高い効果を示した。全ての区で葉と果実に薬害は確認されなかった。

なお、試験期間中の気温は 20.5℃から 30.5℃で推移し、累積降水量は 836.5mm であった (図 8)。

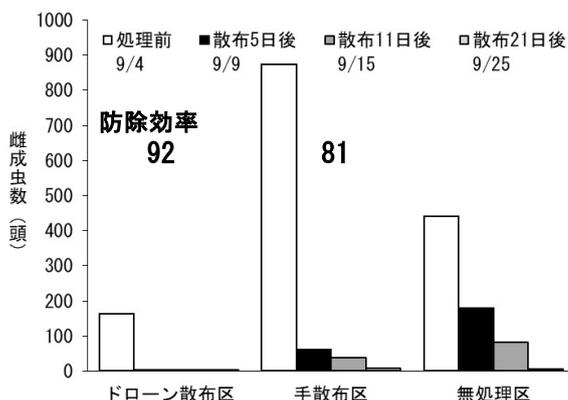


図 5 ミカンハダニの雌成虫数の推移 (試験 3)

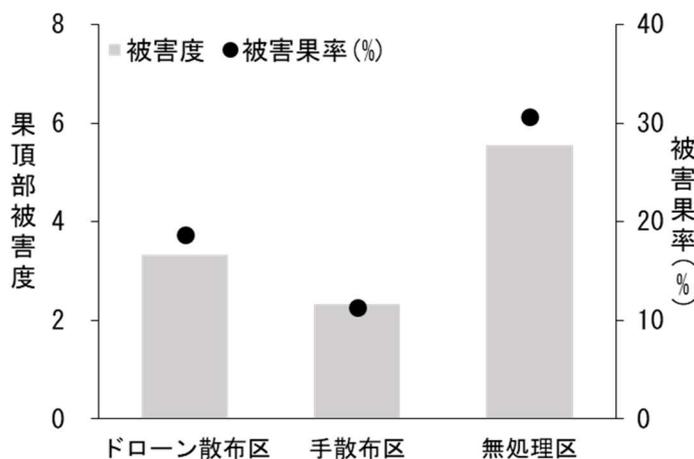


図 6 チャノキイロアザミウマの被害程度

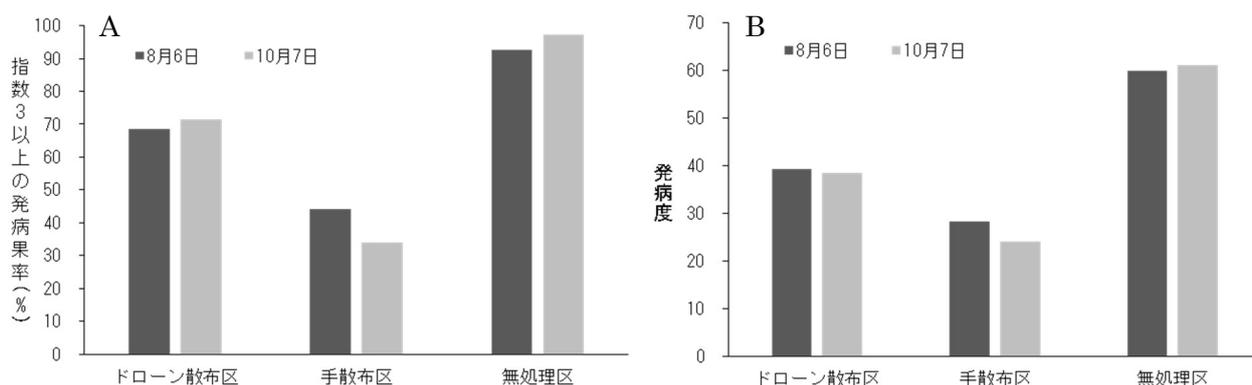


図7 黒点病の被害程度 (A: 指数3以上の発病果率 B: 発病度)

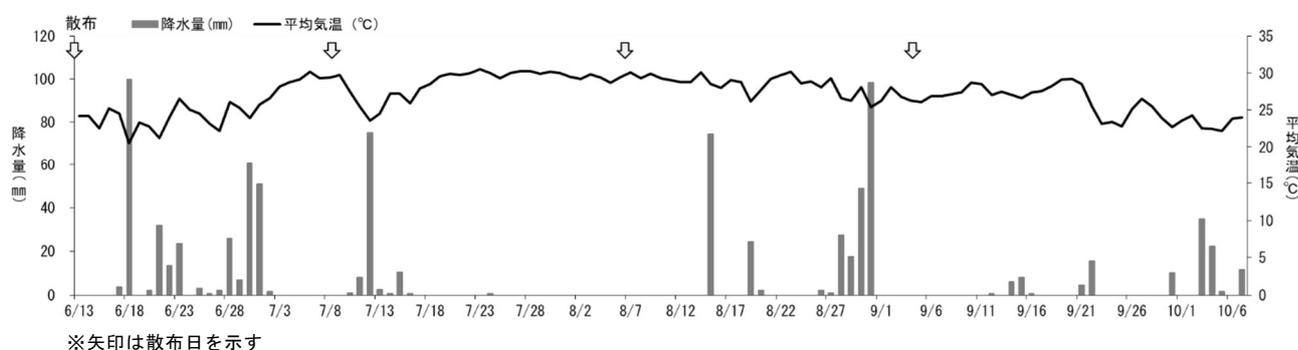


図8 試験期間中の気温および降雨量 (試験3)

考 察

試験1, 2の結果, ドローン散布による殺ダニ剤のミカンハダニに対する効果はエトキサゾール水和剤24倍が最も高かった(図1, 3). また, 試験2より, エトキサゾール水和剤およびピフルブミド水和剤では24倍の方が効果が高く, スピロメシフェン水和剤は24倍および48倍で同等の効果がみられた. このことから, ミカンハダニにおいては高濃度で散布水量が少ない方が, 効果が高いことが示唆された. カンキツに対するドローン散布では, 薬液の付着は樹冠表層, 葉表, 果実の上側に集中することが報告されている(熊本ら, 2021). 試験1, 2では降雨により濃度が薄まった可能性があり, そのため, より高濃度である24倍の方が効果が高く, 手散布では葉裏などにも薬液が付着しているため効果が持続したと考えられた. 薬液が葉表に集中するため, 動力噴霧機による通常濃度での散布よりも, ドローン散布の方が降雨による影響を受けやすいと考えられる.

また, 薬液の付着が集中している葉表等にミカンハダニが移動することで, ドローン散布による効果が発揮される. 試験1では散布9日後に約400mmの降雨があり, 多雨条件であったが, ピフルブミド水和剤24倍の防除効率は95であるのに対し, 散布1, 2日後に合計50mmの降雨しかない試験2では, 同じ薬剤, 濃度にも関わらず効果が低下している. 一方で, 手散布のピフルブミド水和剤の防除効率は, 試験1, 2でほぼ同等であった. このことから, ミカンハダニが薬液の付着している箇所へ移動するには, 3日から8日ほど必要となり, 移動までに降雨があった場合は防除効率が低下する可能性が高い. これらのことから, ドローンによる殺ダニ剤散布は, 散布直後に降雨が無

い条件下で実施する必要があると考えられた。

試験 3 では、夏季のドローン散布の防除体系モデルを作成し、各種殺虫剤と殺菌剤であるマンゼブ水和剤との混用散布を 6 月から 9 月にかけて行った。ミカンハダニの防除効率はドローン散布区の方が高い結果となった（図 5）。ミカンハダニの防除効率が試験 1 の結果と異なり、ドローン散布区で高くなった理由については、混用の影響や降雨量など、複合的な理由が考えられ判然としないため、引き続き試験を重ねる必要がある。チャノキイロアザミウマおよび黒点病においては、手散布区には劣るものの、無処理区より優れた効果が得られた。黒点病については、熊本ら（2021）や岡崎（2024）のマンゼブ水和剤単剤で行った試験でも同様の結果が得られており、マンゼブ水和剤を殺虫剤と混用しても効果の程度が変わらないことが示唆された。

以上により、ドローン散布において、ミカンハダニに効果の高い薬剤としてエトキサゾール水和剤を選定するとともに、6 月から 9 月における夏季の防除体系の確立に向けた防除効果を確認することができた。しかしながら、殺ダニ剤で最も効果が高かったエトキサゾール水和剤は高濃度での農薬登録がない（2025 年 12 月現在）ため、本剤を含む効果の高い剤の登録が望まれる。また、カンキツの主要病害虫に対するドローンを用いた防除は一定以上の効果がみられたが、対象とする病害虫によっては手散布に比べ効果が劣るため、熱中症のリスクと併せて勘案した上で導入を検討する必要がある。手散布と同等の効果を得るためには、様々な要因が考えられるが、そのひとつとして散布のムラを解消することが重要となる。これまでに、ドローン散布は飛行速度を速くし、吐出量を多くすることで、樹冠下部まで薬液が付着して黒点病の防除効果が高くなるほか、パラフィン成分とした固着性展着剤を加用することでも同様に防除効果が高まることが明らかになっている（岡崎，2024）。また、今回はいずれも緩傾斜園地における試験であったが、急傾斜地では、稜線方向に飛行する場合と斜面を上下方向に飛行する場合では、上下方向に飛行する方が、広範囲に薬液が落下することが報告されている（増井，2024）。これらを考慮した上で、引き続き対象病害虫と薬剤の散布水量について、効果を検討していく必要がある。

摘 要

ドローン散布において、ミカンハダニに対する効果が高い薬剤の探索および散布濃度の検討、夏季の防除体系の検討を行った。

- 1 ミカンハダニを対象とした殺ダニ剤 3 剤のドローン散布において希釈倍数 24 倍と 48 倍を比較した結果、エトキサゾール水和剤 24 倍が最も効果が高く、薬剤の違いにより散布水量の少ない 24 倍の方が効果が高いことが示された。殺ダニ剤は散布直後の降雨の影響を受けやすく、散布する際は直近の天候を確認する必要があると考えられた。
- 2 各種殺虫剤とマンゼブ水和剤の混用によるドローンの防除体系モデルを作成し、6 月から 9 月にかけて試行した結果、チャノキイロアザミウマおよび黒点病において、手散布よりは劣るものの、無処理より高い効果が確認された。

引用文献

- 舟木勇樹. 2024. ドローンによる農薬散布の適用性に関する検討. 植物防疫. 78: 418-425.
- 熊本昌平・衛藤夏葉・武田知明. 2021. ドローンを用いたマンゼブ水和剤散布によるウンシュウミカンにおけるカンキツ黒点病に対する防除効果. 和歌山県農林水産研報. 9: 47-54.

- 増井伸一. 2024. 傾斜地カンキツ栽培における無人航空機 (UAV) を利用した病虫害防除と今後の展望. 植物防除. 78: 30-36
- 松山尚生. 2024. 県内各地域から採集したミカンハダニに対する各種薬剤の殺卵効果. わかやま果試ニュース. 103: 4
- 農林水産省生産局植物防疫課. 2001. 病虫害発生予察事業の実施について～発生予察事業の調査施基準～. pp.137-158.
- 岡崎芳夫. 2024. 農薬散布用ドローンを活用したカンキツの効率・省力的防除技術体系の確立. 植物防疫. 78: 494-499.
- 塩谷浩. 2023. ドローンを用いた果樹病虫害の効率化. 果実日本. 78: 26-30.

ウメ ‘南高’ の摘心およびカットバック処理による 青梅生産性の向上

城村徳明・仲慶晃¹・大江孝明²・稲葉有里³・下村友季子⁴・綱木海成⁵・土田靖久

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Improvement of Fruit Productivity in Japanese Apricot 'Nanko' through Pinching and Cut Back Pruning

Noriaki Jomura, Yoshiaki Naka, Takaaki Oe, Yuri Inaba, Yukiko Shimomura, Kaisei Tsunaki
and Yasuhisa Tsuchida

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県においてウメは産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2025年の収穫量は43,000tで、全国生産量の58%を占める（農林水産統計）。主産地のみなべ町および田辺市ではその大半が完熟収穫され梅干しの原料として塩漬けされているが、5月中旬から6月中旬にかけて青梅収穫も行われている。和歌山県のウメ収穫量に対する青梅販売実績の比率は過去3年間で8.3~9.3%（農林水産統計およびJA青梅販売実績より算出）と少なく、市場からの要望量を十分供給できていない状況が続いている。産地ブランドの維持と県外他産地との差別化を図るためには、青梅市場への安定出荷による一定シェアを確保することが重要と考えられる。

青梅の生産量が少ない要因として、‘南高’は強樹勢で成木が樹高4.0m以上となり、青梅生産では収穫などに脚立等が必要となるため、収穫作業に要する時間が長くなることが挙げられる。ウメ栽培面積が100a未満の農家では専業農家率が低く後継者も少なく、このような小規模農家では休日等に樹上果実を一気に収穫する青梅中心の出荷を行っている。一方で、100a以上の農家では毎日収穫作業が必要になるものの、作業効率が良い完熟収穫による白干梅への加工の割合が大きくなる（辻ら、2005）。これらが青梅生産量が少ない要因と推察される。

そこで、本研究では青梅栽培の軽労化を図るため、カットバック処理により低樹高化した場合の収量への影響および省力化程度を検証するとともに、処理に伴う収量低下を補完するための枝梢管理技術である摘心処理を追加し、慣行栽培と同程度の収量が得られるか検証を行った。

¹現在：和歌山県東牟婁振興局農林水産振興部農業水産振興課

²現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局研究推進課

³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

⁴現在：和歌山県果樹試験場

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

材料および方法

1. 試験区の構成

2016 年から、うめ研究所植栽の 15 年生「南高」開心自然形を用いて、2020 年（19 年生）にかけて調査した。

摘心処理は、2016 年 4 月から、三宅・根来（2007）、竹中ら（2011）の報告を参考に、電動バリカン（ニシガキ工業株式会社 高速バリカン N-903）を用いて年間 2～3 回行った。1 回目は 4 月中下旬に、主枝や亜主枝など背部から直上発生した長さ 20～30cm の新梢を基部から 10cm 程度残して先端を切り返した。2 回目は、5 月中下旬～収穫後に摘心部周辺から発生した二次伸長梢が 20cm 程度伸長後に 5～10cm 残して再度切り返した。3 回目は、2 回目と同様に二次伸長梢が 20cm 程度伸長後に 5～10cm 残して再度切り返した。

カットバック処理は、2016 年の摘心処理を行った後の 11 月下旬にチェーンソーを用いて行い、高さ 3.7m～4.0m の樹を 2.5m に切り下げた。

試験区は、カットバック区、摘心+カットバック区および慣行区を設定し、各区 3 反復とした。樹容積は長径×短径×（樹高－第一主枝までの高さ）×0.7、樹幹占有面積は長径/2×短径/2×3.14 で算出し、2016～2018 年は 10 月、2019 年は 11 月、2020 年は 12 月に調査した。発育枝発生本数は、基部が木化した 50cm 以上の 1 年生枝本数とし、2016 年と 2017 年は 11 月、2018 年は 10 月、2019 年は翌年 1 月、2020 年は 12 月に調査した。収穫量は、2016 年は 6 月 9 日、2017 年は 6 月 13 日、2018 年は 6 月 7 日、2019 年は 6 月 11 日、2020 年は 6 月 4 日に調査した。階級構成は収穫量調査時に果実直径による選別を行い、S は 30mm 未満、M は 30～33mm、L は 33～37mm、2L は 37～41mm、3L は 41～45mm、4L は 45mm 以上とした。薬剤散布量および薬剤散布時間は、2016 年は 3～5 月に 4 回、2017～2020 年は 3～5 月に 5 回行った合計散布量および合計時間とした。摘心時間は、2016 年は 4 月と 5 月に 2 回、2017 年は 4 月と 5 月に 3 回、2018 年は 4 月と 5 月および 7 月に 3 回、2019 年は 4 月と 6 月に 2 回、2020 年は 4 月と 5 月に 3 回行った合計時間とした。せん定時間、せん定枝片付け時間およびせん定枝重は、いずれの年も翌年の 1 月に調査した。収穫時間および収穫時脚立使用時間は、2020 年 6 月 4 日に調査した。

なお、各処理区の作業時間の測定は、薬剤散布、摘心、せん定およびせん定枝片付け時間については、作業員 1 名による時間とした。収穫および収穫時脚立使用時間の測定は、作業員 2 名による作業時間の合計とした。

結 果

1. 低樹高処理が樹体生育に及ぼす影響

冬季せん定前の樹容積は、カットバック処理前の 2016 年はいずれの処理区で同程度であったが、2017 年以降は、カットバック区および摘心+カットバック区で慣行区より小さく推移した（図 1）。カットバック区では、慣行区より小さく推移したが年々樹容積が拡大した。一方で、摘心+カットバック区では、試験期間中の樹容積拡大は認められず、2020 年には慣行区の 35%の樹容積となった。

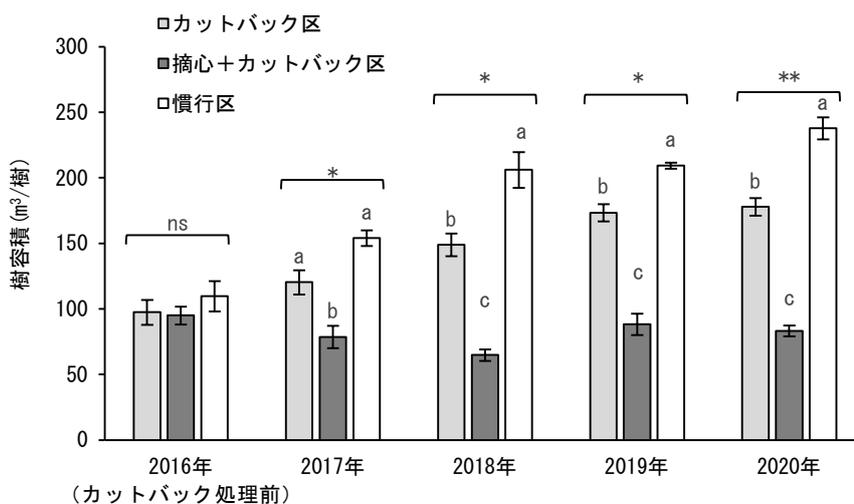


図1 樹容積の推移

注)2016~2018年は10月、2019年は11月、2020年は12月に調査

Tukeyの多重比較により、異なる符号間に**は1%、*は5%水準で有意差あり、nsは有意差がないことを示す(n=3)

縦棒は標準誤差を示す

発育枝発生本数は、1樹および樹冠1m²あたりの本数ともに、いずれの年も摘心+カットバック区でほとんどの新梢を摘心処理したため少なくなった(表1)。

1樹あたりの樹冠占有面積は、2017年まで処理による差は見られなかったが、2018年および2020年は摘心+カットバック区で慣行区より小さくなった(表1)。

表1 処理別の発育枝発生本数、樹冠占有面積

試験区	発育枝発生本数 ^z		樹冠占有面積 ^y	
	(本/樹)	(本/m ²)	(m ² /樹)	
2016年 (カットバック 処理前)	カットバック区	259.0 a	8.2 a	32.3
	摘心+カットバック区	125.7 b	3.8 b	33.6
	慣行区	290.3 a	7.9 a	37.0
	有意差 ^x	*	*	ns
2017年	カットバック区	316.0 a	8.5 a	37.3
	摘心+カットバック区	30.7 b	0.9 b	38.6
	慣行区	340.0 a	7.3 a	47.5
	有意差 ^x	**	**	ns
2018年	カットバック区	365.0 a	8.5 a	43.5 ab
	摘心+カットバック区	35.3 b	1.0 b	35.4 b
	慣行区	456.0 a	8.4 a	53.7 a
	有意差 ^x	**	**	*
2019年	カットバック区	375.0 a	7.3 a	51.7
	摘心+カットバック区	43.3 b	0.9 b	49.3
	慣行区	446.0 a	7.8 a	57.0
	有意差 ^x	**	**	ns
2020年	カットバック区	316.0 a	8.0 a	50.9 ab
	摘心+カットバック区	50.3 b	1.1 b	43.8 b
	慣行区	492.0 a	8.3 a	59.5 a
	有意差 ^x	**	**	*

^z発育枝は基部が木化した50cm以上の1年枝とし、2016年と2017年は11月、2018年は10月、2019年は翌年1月、2020年は12月に調査

^y樹幹占有面積は、2016~2018年は10月、2019年は11月、2020年は12月に調査

^xTukeyの多重比較により、異なる符号間に**は1%、*は5%水準で有意差あり、nsは有意差がないことを示す(n=3)

2. 低樹高処理が収穫量に及ぼす影響

1 樹あたりの収穫量は、摘心の効果が現れない 2016 年は慣行区でカットバック区および摘心+カットバックより少ない傾向であった (図 2) . 2017 年および 2018 年は、慣行区でカットバック区より多かった。2019 年は、摘心+カットバック区でカットバック区より多い傾向となり、摘心+カットバック区において 2016 年の 237%となった。2020 年は、摘心+カットバック区および慣行区でカットバック区より多い傾向であった。

1m²あたりの収穫量は、摘心の効果が現れない 2016 年はカットバック区および慣行区で摘心+カットバック区より多い傾向であった (図 3) . 2017 年は、摘心+カットバック区および慣行区でカットバック区より多い傾向であった。2018 年は、摘心+カットバック区および慣行区でカットバック区より多くなった。2019 年および 2020 年は、摘心+カットバック区でカットバックおよび慣行区より多い傾向であった。

収穫果実の階級構成は、いずれの年も処理に関係なく 2L 果以上の果実の割合が同程度であった (図 4) .

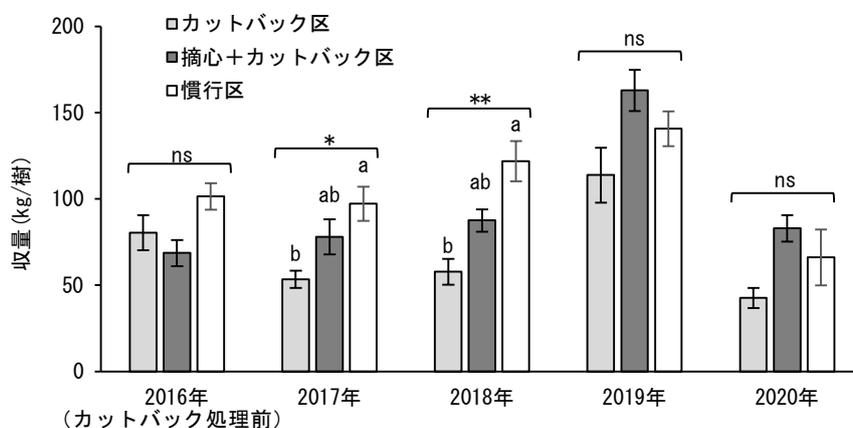


図 2 1 樹あたり収穫量の推移

注) 2016 年は 6 月 9 日, 2017 年は 6 月 13 日, 2018 年は 6 月 7 日, 2019 年は 6 月 11 日, 2020 年は 6 月 4 日に収穫した果実を調査
Tukey の多重比較により, 異なる符号間に**は 1%, *は 5%水準で有意差あり, ns は有意差がないことを示す (n=3)
縦棒は標準誤差を示す

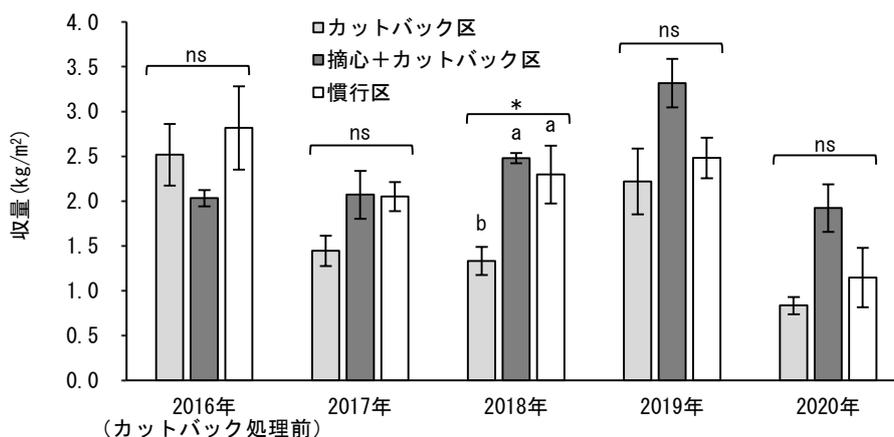


図 3 1m²あたり収穫量の推移

注) 2016 年は 6 月 9 日, 2017 年は 6 月 13 日, 2018 年は 6 月 7 日, 2019 年は 6 月 11 日, 2020 年は 6 月 4 日に収穫した果実を調査
Tukey の多重比較により, 異なる符号間に*は 5%水準で有意差あり, ns は有意差がないことを示す (n=3)
縦棒は標準誤差を示す

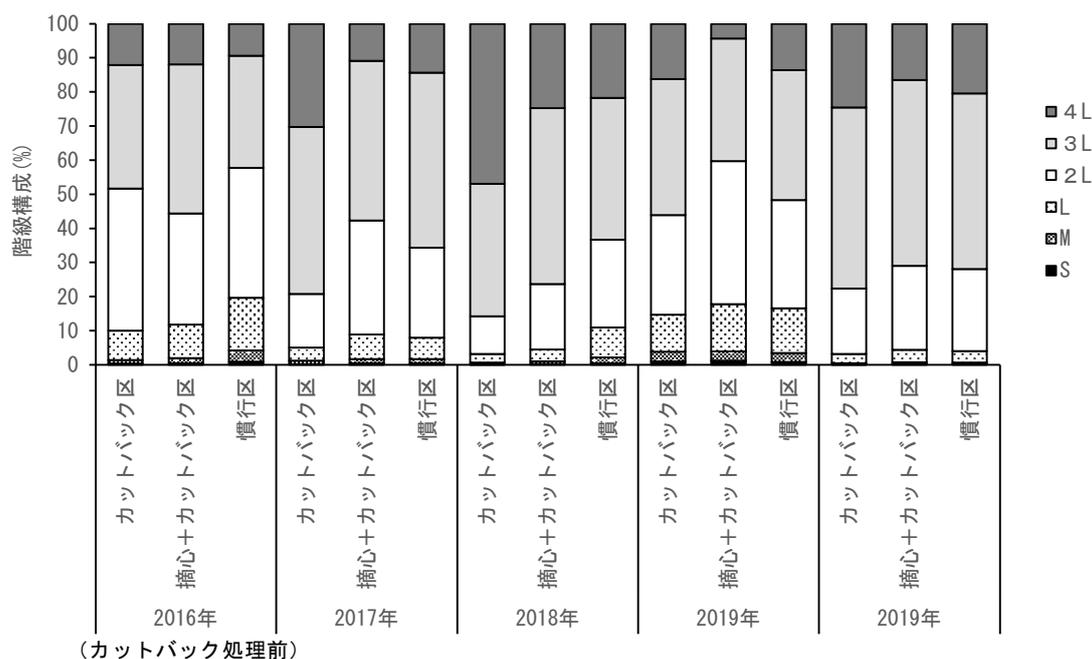


図4 処理別の階級構成

注)2016年は6月9日, 2017年は6月13日, 2018年は6月7日, 2019年は6月11日, 2020年は6月4日に収穫した果実を調査
果実直径による選別, S: 30mm未満, M: 30~33mm, L: 33~37mm, 2L: 37~41mm, 3L: 41~45mm, 4L: 45mm以上

3. 低樹高処理が省力効果に及ぼす影響

薬剤散布量は, 2016年は慣行区で摘心+カットバック区より多くなった(図5)。2017年および2018年は, 慣行区でカットバック区および摘心+カットバック区より多くなった。2019年は, 慣行区で最も多く, 摘心+カットバック区, カットバック区の順で少なくなった。2020年は, 摘心+カットバック区および慣行区でカットバック区より多くなった。

薬剤散布時間は, 2019年まで摘心+カットバック区で慣行区より短くなった(表2)。2020年はカットバック区で摘心+カットバック区および慣行区より短くなった。

摘心時間は, 摘心+カットバック区のみで発生した(表2)。

冬季せん定時間は, 2019年まで摘心+カットバック区でカットバック区および慣行区より短くなった(表2)。2020年は処理による差は見られなかった。

1 樹あたりせん定枝重量は, 摘心+カットバック区で発育枝の発生本数が少なくなり, 慣行区の11.0~21.4%, カットバック区の11.7~21.8%となった(図6)。それに伴い, せん定枝片付け時間も摘心+カットバック区で他の処理区より短くなった(表2)。

薬剤散布時間と枝梢管理時間の合計は, 2018年はカットバック区および摘心+カットバック区で慣行区より短くなった(表2)。2019年は摘心+カットバック区で慣行区より短くなった。2020年は, 摘心+カットバック区で薬剤散布時間とせん定時間が前年までと比較して長くなったため, 処理による差は見られなかった。

果実1kgあたり収穫時間は, カットバック区で摘心+カットバック区より短い傾向となった(図7)。

1 樹あたり収穫時の脚立使用時間は, カットバック区では不使用で, 摘心+カットバック区で3段脚立を13.3分使用し, 慣行区で7段脚立を12.8分使用した(図8)。

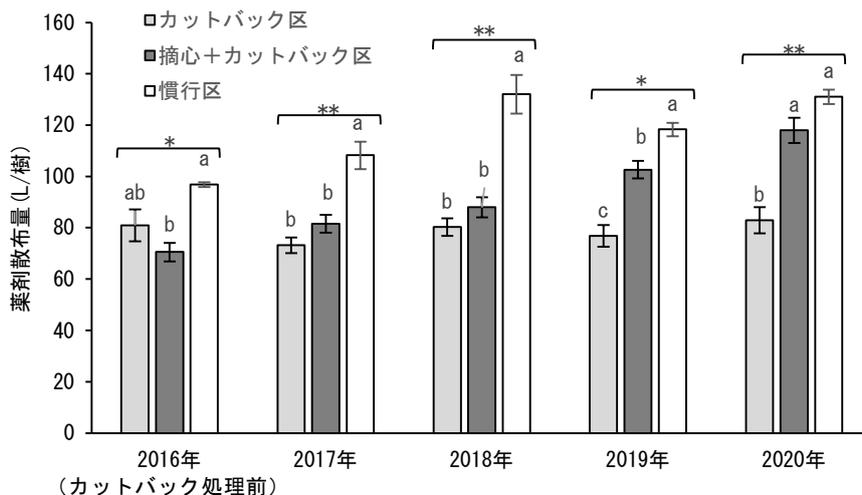


図5 1樹あたり薬剤散布量の推移

注) 3~5月に2016年は4回、2017~2020年は5回行った合計薬剤散布量

Tukeyの多重比較により、異なる符号間に**は1%、*は5%水準で有意差があることを示す(n=3)

縦棒は標準誤差を示す

表2 1樹あたり薬剤散布時間と枝梢管理時間 (単位: 分)

	試験区	薬剤散布 ^z	摘心 ^y	せん定 ^x	せん定枝片付け ^w	合計 ^v
2016年 (カットバック 処理前)	カットバック区	11.4 ab	0.0 b	21.3 b	—	32.7
	摘心+カットバック区	9.8 b	8.0 a	8.0 c	—	25.8
	慣行区	13.5 a	0.0 b	31.0 a	—	44.5
	有意性 ^u	**	**	**	—	—
2017年	カットバック区	10.2 b	0.0 b	35.7 a	—	45.8
	摘心+カットバック区	11.3 b	23.3 a	19.3 b	—	53.9
	慣行区	15.0 a	0.0 b	44.7 a	—	59.7
	有意性 ^u	**	**	*	—	—
2018年	カットバック区	10.7 b	0.0 b	32.6 a	10.8 b	54.2 b
	摘心+カットバック区	11.7 b	13.9 a	17.1 b	4.0 c	46.7 b
	慣行区	17.6 a	0.0 b	43.2 a	14.3 a	75.2 a
	有意性 ^u	**	**	*	*	*
2019年	カットバック区	9.2 c	0.0 b	43.7 a	13.6 a	66.4 ab
	摘心+カットバック区	12.2 b	15.6 a	27.7 b	2.7 b	58.2 b
	慣行区	14.1 a	0.0 b	52.8 a	16.4 a	83.2 a
	有意性 ^u	*	**	*	**	*
2020年	カットバック区	9.9 b	0.0 b	47.3	17.5 a	74.7
	摘心+カットバック区	14.0 a	27.0 a	46.7	6.7 b	94.4
	慣行区	15.6 a	0.0 b	55.3	22.9 a	93.8
	有意性 ^u	**	**	ns	**	ns

^z薬剤散布間は、3~5月に2016年は4回、2017~2020年は5回行った合計時間

^y摘心時間は、2016年は4月と5月に2回、2017年は4月と5月に3回、2018年は4月と5月および7月に3回、2019年は4月と6月に2回、2020年は4月と5月に3回行った合計時間

^xせん定時間は、いずれの年も翌年の1月に調査

^wせん定枝片付け時間は、2016年および2017年はデータなし、2018~2020年は翌年の1月に調査

^v薬剤散布、摘心、せん定およびせん定枝片付け時間の合計

2016年および2017年は、せん定枝片付け時間未データのため統計処理は行っていない

^uTukeyの多重比較により、異なる符号間に**は1%、*は5%水準で有意差があり、nsは有意差がないことを示す(n=3)

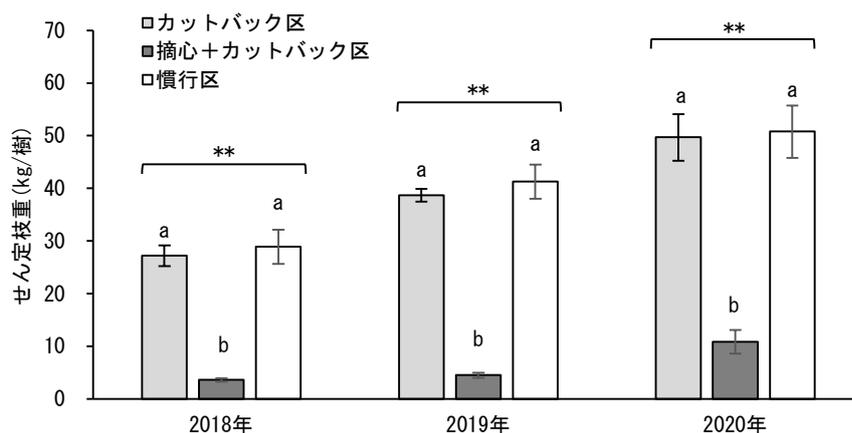


図6 1樹あたりせん定枝重の推移

注)いずれの年も翌年の1月に調査

Tukeyの多重比較により、異なる符号間に**は1%水準で有意差があることを示す(n=3)

縦棒は標準誤差を示す

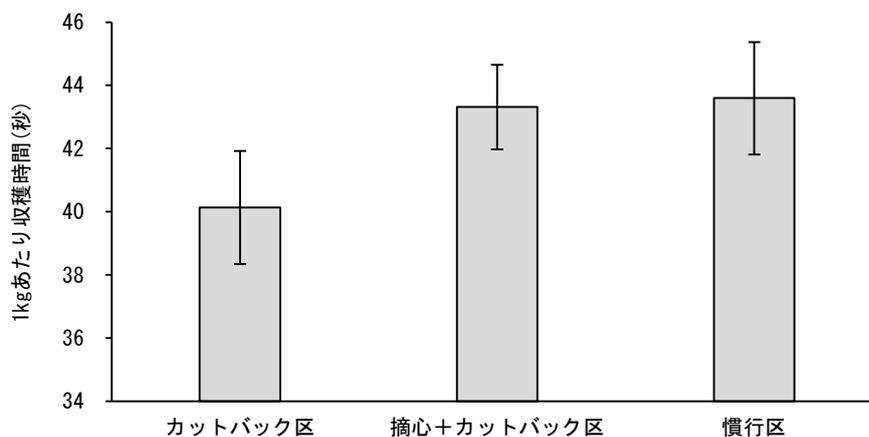


図7 果実1kgあたり収穫時間(2020年)

注)2020年6月4日に調査

縦棒は標準誤差を示す(n=3)

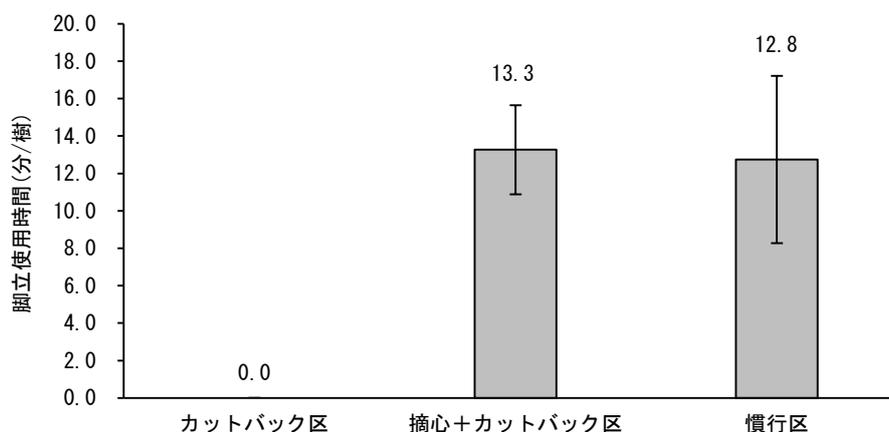


図8 1樹あたり収穫時の脚立使用時間(2020年)

注)2020年6月4日に調査

摘心+カットバック区は3段、慣行区は7段の脚立を使用

縦棒は標準誤差を示す(n=3)

考 察

青梅生産農家が現在抱えている課題として、「作業の省力化」，「大玉果生産」，「連年安定生産」が挙げられる。果樹の省力技術として、主枝を一定の高さで切除するカットバック処理（低樹高処理）が一般的であるが、樹容積が減少し収穫量が減少する。そこで、カットバック処理による収穫量低下を補完するため、着果量の増加効果のある摘心処理を組み合わせ、省力的かつ増収効果の得られる栽培技術を検討した。

‘南高’にカットバック処理を行うと、樹容積は小さくなった（図 1）。村岡（1989）は、ウメにカットバック処理を行うと樹容積は 5 年目に実施前と同程度まで回復すると報告している。本研究でも、カットバック区と慣行区を比較すると、処理 4 年後の 2020 年までカットバック処理による縮小効果は認められたが、毎年回復傾向であった。一方で、2016 年の春季に摘心処理を行い冬季にカットバック処理を行った摘心+カットバック区では、連年摘心処理を行うと、処理 4 年後も樹容積は小さく維持された。‘南高’および‘古城’の春季の摘心処理により発育枝の発生数が少なくなると報告されている（三宅・根来，2007；竹中ら，2011；城村ら，2021）。本研究でも、摘心処理により発育枝の発生数が少なくなったため、2020 年の処理 4 年後でも樹容積が小さく維持されたと考えられる。村岡ら（1992）は、‘白加賀’にカットバック処理を行うと樹冠占有面積は小さくなるが、樹容積と同様に徐々に回復すると報告している。本研究では、樹冠面積に影響しない上部のみのカットバック処理であったため、カットバック区では樹冠占有面積の縮小効果は認められなかったが、摘心+カットバック区では垂主枝や側枝の先端を含め当年に発生したほとんどの新梢を連年摘心処理したため、2020 年の処理 4 年後でも樹冠占有面積は他の処理区より小さく維持された（表 1）。このことから、摘心処理樹で樹冠拡大を図る場合は、垂主枝や側枝の先端から発生した新梢の摘心処理は控える必要がある。

収穫量は、カットバック処理のみではいずれの年も処理区中最も少ない値となった（図 2, 3）。‘白加賀’（村岡ら，1992）、並びにクリ‘筑波’および‘銀寄’（木村ら，1991）においてカットバック処理を行うと、樹冠容積が減少し収量が減少すると報告されており、本研究でも同様の結果となった。しかし、カットバック処理前に摘心処理を行うと、収穫量は減少することなく増加し、2019 年の処理 3 年後には 1 樹あたりおよび 1m²あたりともに慣行区より多い傾向となった。三宅・根来（2007）は、‘南高’の摘心処理により樹冠内部の光環境を改善することにより花芽着生の促進につながり、結果枝の増加が図られると報告し、松波（2003）は、‘白加賀’平棚樹において、日照の導入が極めて良好であり、枝や花器の充実が図られ結実が増加すると報告している。本研究でも、摘心処理により光環境が改善され花芽着生の促進につながったため、収穫量が増加したと考えられる。また、摘心処理により収穫量が増加したが、2L 果以上の果実の割合が他の処理区と同程度であった（図 4）。これは、葉への日当たりが良好となり光合成能力が高まったため、果実の肥大効果が優れた（三宅・根来，2007；竹中ら，2011）と考えられる。

2020 年産の和歌山県のウメ収穫量は 2019 年より約 3 割減少（農林水産省統計）した不作の年であったが、摘心+カットバック区では慣行区より多い収穫量となった。このことから、不作の年でも摘心処理により結果枝が多くなるため、影響を受けにくいと考えられる。

薬剤散布量は、摘心にカットバック処理を組み合わせることにより処理 3 年後まで慣行区より少なくなり（図 5）、それに伴い薬剤散布時間も短縮された（表 2）。薬剤散布時間と枝梢管理作業の合計時間は、摘心にカットバック処理を組み合わせることにより処理 3 年後まで短縮された（表

2)．‘南高’および‘古城’の春季の摘心処理により発育枝の発生が抑制され、冬季のせん定作業の短縮につながる事が報告されている（竹中ら，2011；城村ら，2021）．本研究でも，摘心＋カットバック区では，2019年の処理3年後まではせん定時間の短縮が確認された．これは，摘心処理により発育枝の発生が少なく，剪除する枝梢がほとんどない樹姿であったためである．しかし，2020年の処理4年後には連年の摘心処理により結果層が骨格枝から50cm程度まで高くなり，結果層を低く抑える細かいせん定が必要になったためせん定時間が長くなり，薬剤散布時間についても同様に結果層が高くなり薬剤散布量が多くなったため長くなったと考えられる．

せん定枝重は，摘心＋カットバック区で慣行区の10.9～21.4%と少なくなった（図6）．これは，上述のとおり摘心処理により発育枝の発生を抑制したためである．それに伴い，せん定枝片付け時間も摘心＋カットバック区で他の処理区より短縮された．

収穫時間は，人数と総収穫時間および収穫量から1kgを収穫するのに要する時間で比較した．2020年の処理4年後において，カットバック区で摘心＋カットバック区より短縮される傾向が見られた（図7）．‘南高’ムカデ整枝仕立て（竹中，2013），‘南高’ジョイント仕立て（柴田ら，2013）および‘白加賀’カットバック処理の低樹高仕立て（村岡ら，1992）で，果実の着生位置が低下することにより収穫時間が短縮すると報告している．これらのことから，カットバック処理のみの低樹高化においても同様に収穫時間が短縮されたと考えられる．一方で，2020年の処理4年後の摘心＋カットバック区の収穫時間は慣行区と同程度であった．これは，上述のように結果層が高く繁茂し，果実に手が届きにくくなったため収穫時間が長くなったと考えられる．

収穫時の脚立使用時間は，摘心＋カットバック区と慣行区で差は見られなかった（図8）．しかし，摘心＋カットバック区で3段，慣行区で7段の脚立の使用となり，樹高が低く抑えられた摘心＋カットバック区で低い脚立の使用が可能となった．

以上により，‘南高’成木に摘心とカットバック処理を組み合わせることにより，発育枝の発生の少ないコンパクトな樹形に改造できると考えられる．また，処理3年後まで薬剤散布，冬季のせん定およびせん定枝の片付けにかかる時間が大幅に短縮することが明らかとなった．収穫量は，カットバック処理を行っても事前に摘心処理を加えているため，処理翌年より減少することなく増加し，処理3年後には慣行樹よりも多くなり，不作年でも影響を受けにくい樹形であることが明らかとなった．一方で，処理4年後には連年の摘心処理により結果層が高くなり，薬剤散布量の増加，薬剤散布時間，収穫時間および冬季のせん定に要する時間が慣行区と同様となった．連年摘心処理を行っても結果層が繁茂しないよう，冬季のせん定方法を収量性の影響も含め今後検討する必要がある．

摘 要

本研究では，‘南高’の青梅生産性の向上のため，春季の摘心処理と果樹の一般的な低樹高化技術であるカットバック処理を行い，樹体生育，収穫量および省力効果に及ぼす影響について検討した．結果，以下の5点が明らかになった．

1. ‘南高’成木に摘心処理とカットバック処理を行うと，低樹高で発育枝の発生の少ないコンパクトな省力樹形となる．
2. ‘南高’にカットバック処理を行っても事前に摘心処理を行っているため，収穫量は処理翌年より減少することなく増加し，処理3年後には慣行樹より増加する．

3. ‘南高’が不作の年でも摘心処理により収穫量が増加し、不作の影響を受けにくい。
4. ‘南高’に摘心とカットバック技術を導入する場合は、①春季の摘心処理を行い翌年の結果枝を確保し、その後、同年の②秋冬季にカットバック処理を行うと、収穫量は減少することなく年々増加傾向となる。
5. ‘南高’に摘心処理とカットバック処理を組み合わせることにより、作業時間は処理3年後まで短縮される。しかし、連年摘心を行うと、結果層が高くなり薬剤散布、収穫およびせん定にかかる時間が長くなる。このため、結果層が高くなる前に冬季のせん定で結果層を毎年一定の高さに剪除または間引く必要があるが、収量性等への影響も含め今後検討が必要である。

引用文献

- 城村徳明・仲慶晃・下村友季子・大江孝明・稲葉有里・竹中正好・赤木芳尊・前田起男・佐原重広・橘実. 2021. ウメ‘古城’の結実安定および早期摘果による樹脂障害果の軽減対策. 和歌山県農林水研報. 9. 99-109.
- 木村茂夫・大崎伸一. 1991. クリの樹形改造に関する研究. 熊本県農研セ研報. 2. 25-36.
- 松波達也. 2003. ウメの平棚栽培法. 群馬県園試研報. 8. 19-31.
- 三宅英伸・根来圭一. 2007. 摘心処理がウメ‘南高’の収量性に及ぼす影響. 園学研. 6 (別2). 470.
- 村岡邦三. 1989. ウメ. 基本技術編. 整枝・剪定. 樹高の切下げ. 樹高切下げの実際. p. 74 の 2-74 の 7. 農業技術大系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 村岡邦三・松波達也・柿沼博之・蓼沼優・三好恒和. 1992. ウメのカットバックによる低樹高化. 群馬県農業研究 D 園芸. 7. 35-40.
- 柴田健一郎・曾根田友暁・小泉和明・小林正伸. 2013. ウメ低樹高ジョイント仕立て6年生樹の生産性と栽培管理の省力, 低コスト化. 園学研. 73 (別2). 612.
- 竹中正好・三宅英伸・根来圭一. 2011. 春季の摘心処理がウメ‘南高’の収量性および作業性に及ぼす影響. 和歌山県農総技セ研報. 12. 63-68.
- 竹中正好. 2013. ウメ. 基本技術編. 整枝・剪定. 徒長枝利用の剪定法. 南高むかで整枝法. p. 74 の 20-74 の 25. 農業技術大系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 辻和良・西岡晋作・熊本昌平・大西敏夫・藤田武弘. 2005. 果樹単作型主産地におけるウメ経営の特質と課題—和歌山県南部地域を事例として—. 和歌山県農総技セ研報. 6. 87-101.

ウメ ‘露茜’ 安定生産のための 「片側一文字仕立て」栽培管理技術の開発

向日春輔・柏木悠里¹・綱木海成²・城村徳明・土田靖久

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Development of One-Sided Single-Cordon Training Techniques for Stable Yield of Japanese Apricot ‘Tsuyuakane’

Shunsuke Mukai, Yuri Kashiwagi¹, Kaisei Tsunaki², Noriaki Jomura and Yasuhisa Tsuchida

Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

ウメ ‘露茜’ は、現・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門で育成され、2009年に品種登録されたニホンズモモとウメの種間交雑種である（山口ら、2008）。果皮および果肉が赤色に着色する特性を持ち（山口ら、2008）、果実を梅酒や梅シロップなどに加工すると鮮やかな赤色の製品が得られるため、加工原料として価値が高い品種である。令和4年産特産果樹生産動態等調査（農林水産省）によると、和歌山県での栽培面積は12.3haであり、現在は和歌山県日高郡みなべ町を中心に栽培されている。しかし、八重垣ら（2012）が栽培上の留意点として挙げているように、‘露茜’は樹勢が弱く結果枝が下垂するため、1年枝に切り返しを行い枝梢の発生を促す必要があることや、翌年の結果部位となる花束状短果枝の維持が難しいといった課題がある。そのため、翌年以降の結果枝確保のための予備枝の設定が必要であることなど、和歌山県のウメ主要品種である‘南高’とは異なる特性を持つ。さらに、樹齢10年程度で樹勢の低下がみられることに加え、着果負担により枯死する可能性があることから、連年の安定生産が難しい品種である。樹勢維持のための技術として、現場では主幹形仕立てが普及しているが、さらなる‘露茜’の安定生産に繋がる技術が求められている。さらに、労働力の減少や高齢化が進むなか、単に収量を確保するだけでなく、管理作業を簡素化することにより作業効率を高め、継続的に管理できる樹形の確立が必要である。



図1 片側一文字仕立て（4年生）

¹現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局食品流通課

²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

そこで、斜立した枝に着果しやすいという‘露茜’の特性（竹中ら，2014；下ら，2017）を活かした仕立て方「片側一文字仕立て（以下，片側一文字，図 1）」における，反収向上，作業性向上および樹勢維持を目的として栽培管理方法の検討を行った。

材料および方法

1. 片側一文字の仕立て方および育成方法

片側一文字仕立ては，主幹を一定の高さで水平に誘引して仕立てる樹形である．仕立て方は図 2 のとおりとした．1 年目は鉄管を地面から 70cm（下段）および 140cm（上段）の高さに 2 段に設置し，1 年生苗木を 2019 年 12 月および 2020 年 12 月に定植して，1 か月後に根が活着した段階で下段の鉄管に誘引した．主幹背面から伸ばした新梢は強風による枝折れを防ぐために上段の鉄管に誘引した．2 年目以降の剪定は主幹背面の発育枝を 30～50cm で切り返して側枝として育成し，3 年目以降は先端部から複数発生した強勢枝のうち 1 本は側枝の先端として 30～50cm の長さに切り返して，残りの強勢枝は 5～10cm の長さに短く切り返し予備枝として育成した．先端が衰弱または枯死した場合や，樹高が約 2m 以上（収穫時に手が届かない高さ）の場合は，予備枝まで切り戻して更新を行った．なお，本稿では片側一文字の主幹の水平部分の長さで処理区を区別しており，主幹の水平部分が 2m の処理区を片側 2m 区，1m の処理区を片側 1m 区とした．

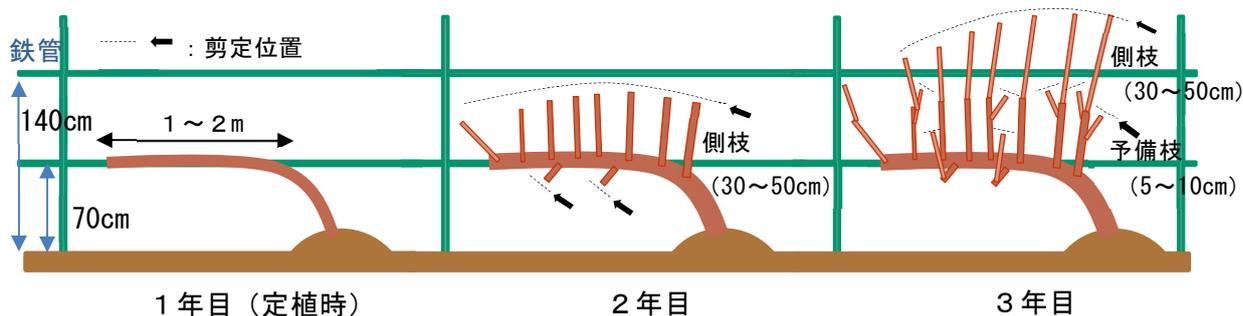


図 2 片側一文字仕立てのイメージ図

2. 試験方法

試験 1. 樹形の違いが収量および費用対効果に及ぼす影響

和歌山県うめ研究所植栽の 2021 年時点で 3 年生の片側一文字および主幹形の‘露茜’を供試し，試験区は片側 2m 区，片側 1m 区，慣行を主幹形区として比較した．各試験区 4 反復を設定し，2021 年～2024 年の各年の 1 樹当たり収量を調査し，10a 当たり収量に換算した．なお，10a 当たり収量は 1 樹当たり収量に 10a 当たりの植栽本数（片側 2m 区；200 本，片側 1m 区；250 本，主幹形区；160 本）を乗じた値とした．植栽本数は樹冠占有面積（2023 年；5 年生調査時の値）から算出した．なお，樹冠占有面積は片側 2m 区で 5m²（縦 2.5m×横 2m），片側 1m で 4m²（縦 2m×横 2m），主幹形で 6.25m²（縦 2.5m×横 2.5m）であった．

費用対効果については，各試験区の初期費用および定植 1 年目から 4 年目までの粗収益（10a 当たり収量×2023 年産‘露茜’果実単価 425 円/kg）を算出して，初期費用の回収に要する定植後の年数および利益を試算した．

試験 2. 樹形の違いが作業性に及ぼす影響

2024 年時点で 6 年生の片側一文字および主幹形の‘露茜’を供試し、収穫作業および剪定作業を対象に調査を行った。片側 2m 区および片側 1m 区は 8 反復、主幹形区は 4 反復を設定した。作業員 1 名で 1 樹当たり剪定時間および収穫時間を測定して、10a 当たり剪定時間、10a 当たり収穫時間および 10kg 当たり収穫時間を算出した。

試験 3. 樹形の違いが樹体生育に及ぼす影響

2022 年時点で 4 年生の片側一文字および主幹形の‘露茜’を供試し、片側 2m 区および片側 1m 区は 8 反復、主幹形区は 4 反復を設定し、花束状短果枝数および樹勢の評価として幹肥大指数（2022 年 12 月の台木接木部から 15cm 上の幹周を 100 としたときの 2024 年 11 月の値）を調査した。試験 2 と同じ処理区および反復数で、2024 年に花束状短果枝数を調査して、樹冠占有面積当たりの花束状短果枝数に換算した。

試験 4. 若齢期における施肥量の違いが樹体生育に及ぼす影響

2021 年に 2 年生の片側一文字の‘露茜’を供試し、試験区は 1 樹当たり年間窒素成分量が同じ樹齢の‘南高’基準施肥量に対し、2 倍量を施用する 2 倍量区、同量を施用する同量区、半量を施用する半量区を設置し、2023 年まで同様の施肥管理を継続した（表 1）。各年の窒素成分施用量は表 1 のとおりとし、N に合わせ、P、K も増減させた。肥料は肥効調節型肥料 40 日タイプ（N:P:K=14:11:13）および肥効調節型肥料 180 日タイプ（N:P:K=14:11:13）を 1:1 の比率で混和し施用した。1 樹当たりの樹容積は各試験区 3~4 反復を設定し、直方体（縦×横×高さ）として測定した。発育枝本数（50cm 以上の 1 年枝）および幹肥大指数（2021 年 3 月の台木接木部から 15cm 上の幹周を 100 としたときの 2024 年 2 月の値）は各試験区 3 反復を設定し調査した。

表 1 2 年生～4 年生の成分施用量（単位：g/樹）

	2 倍量区			同量区			半量区		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
2 年生	200	157.1	185.7	100	78.6	92.9	50	39.3	46.4
3 年生	280	220	260	140	110	130	70	55	65
4 年生	400	314.3	371.4	200	157.1	185.7	100	78.6	92.9

結 果

試験 1. 樹形の違いが収量及び費用対効果に及ぼす影響

1 樹当たり収量は、主幹形区と比較して片側 2m 区で 4 年生まで多い傾向となり、片側 1m 区で 4 年生まで多かった。5、6 年生の 1 樹当たり収量は、片側 2m 区および片側 1m 区ともに主幹形区と差はみられなかった（図 3）。10a 当たり収量は、主幹形区と比較して片側 2m 区で 5 年生まで多い傾向となり、片側 1m 区で 5 年生まで多かった（図 4）。6 年生の 10a 当たり収量は、片側 2m 区および片側 1m 区ともに主幹形区と差はみられなかった。一方で、10a 当たり累積収量は、主幹形区と比較

して片側 2m 区で 6 年生まで多い傾向となり、片側 1m 区で 6 年生まで多かった (図 5)。費用対効果を、10a 当たりで試算した結果、定植 1, 2 年目は未収益期間のため初期費用分 (片側 2m 区: 約 57 万円, 片側 1m 区: 約 63 万円, 主幹形区: 約 27 万円; 表 2) がマイナスのまま推移し、定植 3 年目から収益を得られるようになり、各樹形とも定植 4 年目で初期費用を上回る収益となった (図 6)。定植 4 年目の利益は主幹形区が約 25 万円だったのに対し、片側 2m 区で約 41 万円, 片側 1m で約 48 万円となり、主幹形区より片側 2m 区では約 16 万円, 片側 1m 区では約 23 万円多かった。

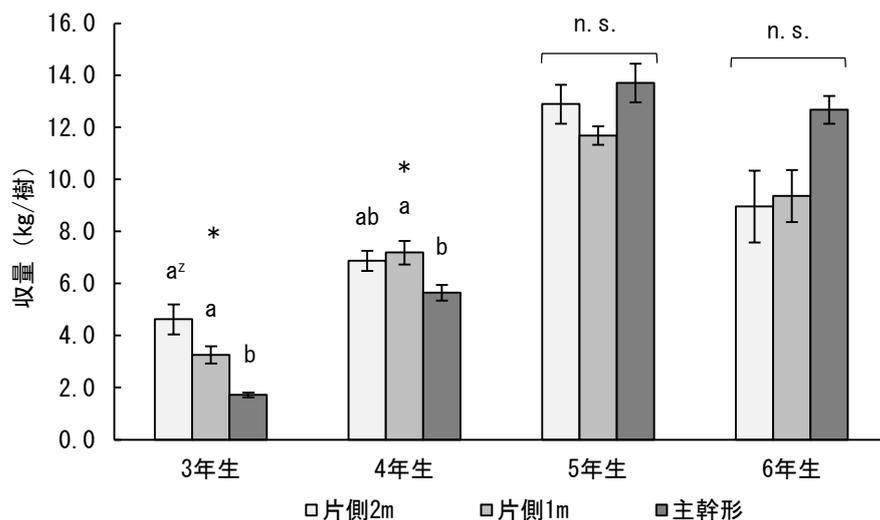


図 3 各樹形の 1 樹当たり収量

注) 縦棒は標準誤差を示す (n=4)。

²Tukey 法により、異符号間に*は 5%水準で有意差があり、n. s. は有意差がないことを示す。

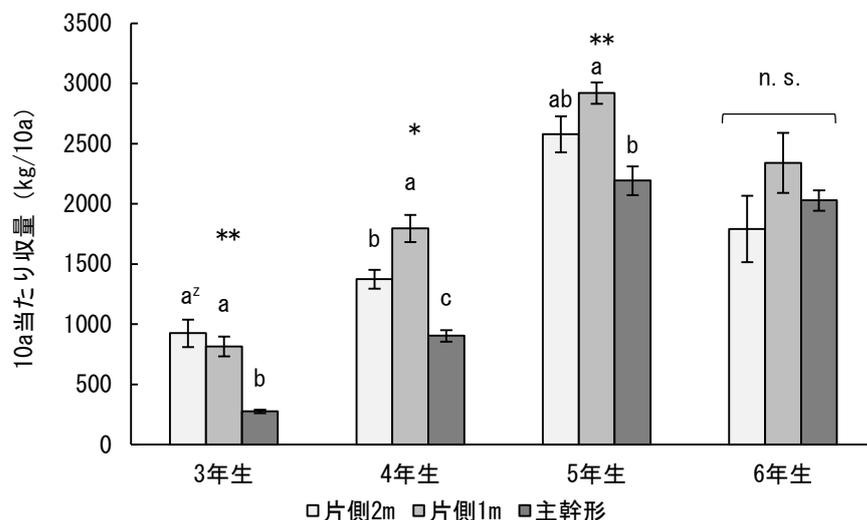


図 4 各樹形の 10a 当たり収量

注) 10a 当たり植栽本数を片側 2m は 200 本, 片側 1m は 250 本, 主幹形は 160 本として 1 樹当たり収量を 10a 当りに換算した。縦棒は標準誤差を示す (n=4)。

²Tukey 法により、異符号間に**は 1%水準, *は 5%水準で有意差があり、n. s. は有意差がないことを示す。

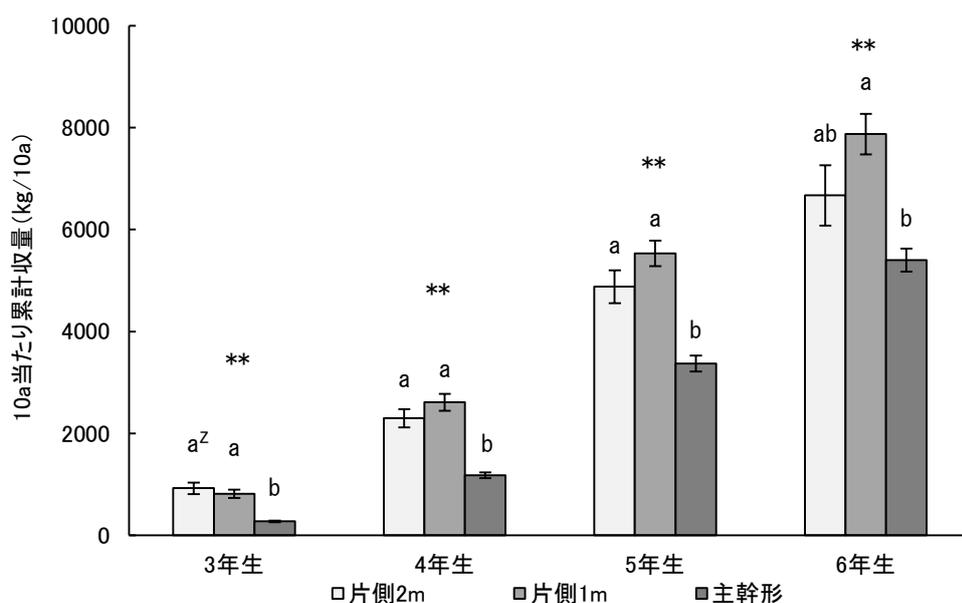


図5 各樹形の10a当たり累積収量

注) 10a 当たり植栽本数を片側 2m は 200 本, 片側 1m は 250 本, 主幹形は 160 本として 1 樹当たり収量を 10a 当りに換算した.

縦棒は標準誤差を示す (n=4) .

表2 各樹形における10a 当たり初期費用の比較

試験区	名称	規格	数量	単価 (円) ²	金額 (円)
片側2m	鉄パイプ	長さ5.5m, パイプ径25.4mm	202	1,400	282,800
	パイプ十字固定用金具	25mm×25mm	304	150	45,600
	露茜苗	1年生	200	1,200	240,000
	合計金額				568,400
片側1m	鉄パイプ	長さ5.5m, パイプ径25.4mm	202	1,400	282,800
	パイプ十字固定用金具	25mm×25mm	304	150	45,600
	露茜苗	1年生	250	1,200	300,000
	合計金額				628,400
主幹形	鉄パイプ	長さ5.5m, パイプ径25.4mm	53	1,400	74,200
	露茜苗	1年生	160	1,200	192,000
	合計金額				266,200

²2023年のうめ研究所での購入価格(税込)から算出.

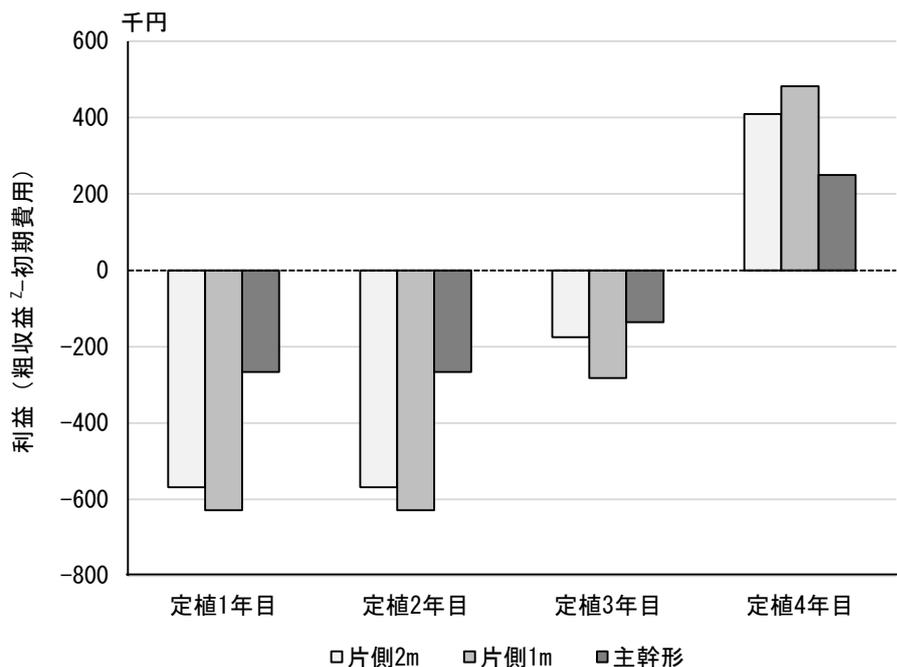


図 6 各樹形の 10a 当たり初期費用回収試算の推移

注) 点線 (0 円) は初期費用の回収タイミングを示す。

²粗収益 = 10a 当たり収量 × 2023 年産 ‘露茜’ 果実単価 425 円/kg

試験 2. 樹形の違いが作業性に及ぼす影響

1 樹当たり剪定時間は片側 2m 区および片側 1m 区ともに主幹形区より短縮され、主幹形区の 19.7 分に対して片側 2m 区で 12.9 分、片側 1m 区で 11 分となり、片側 2m 区で約 7 分、片側 1m 区で約 9 分短縮された (表 3)。10a 当たり剪定時間について、10a 当たり植栽本数が片側 2m 区で 200 本、片側 1m 区で 250 本と主幹形区の 160 本より多いにもかかわらず、作業時間に差はみられなかった。10a 当たり収穫時間は、片側 2m 区および片側 1m 区ともに主幹形区に対して差はみられなかったが、片側 2m 区は片側 1m 区より約 7 時間短縮された。これらの理由は、10a 当たり収量が試験区間で異なることによると考えられたため、収穫効率を示す 10kg 当たり収穫時間で比較したが、各試験区間で差はみられなかった。

表 3 各樹形の剪定時間および収穫時間 (2024 年)

試験区	剪定時間		収穫時間	
	(分/樹)	(時間/10a)	(時間/10a)	(分/10 kg)
片側 2m	12.9 b	43.1	18.9 b	6.1
片側 1m	11.0 b	46.0	26.3 a	7.2
主幹形	19.7 a	52.5	24.1 ab	7.2
有意差 ²	*	n. s.	*	n. s.

注) 6 年生時に作業員 1 名で調査。

10a 当たり植栽本数は片側 2m で 200 本、片側 1m で 250 本、主幹形で 160 本。

²Tukey 法により、*は異符号間に 5%水準で有意差があり、n. s. は有意差がないことを示す (n=4-8)。

試験3. 樹形の違いが樹体生育に及ぼす影響

樹冠占有面積当たり花束状短果枝数（図7）は、片側2m区および片側1m区ともに主幹形区と差はみられなかった。幹周は2024年で片側1m区が主幹形区より小さかったが、幹肥大指数は片側2m区および片側1m区ともに主幹形区と差はみられなかった（表4）。

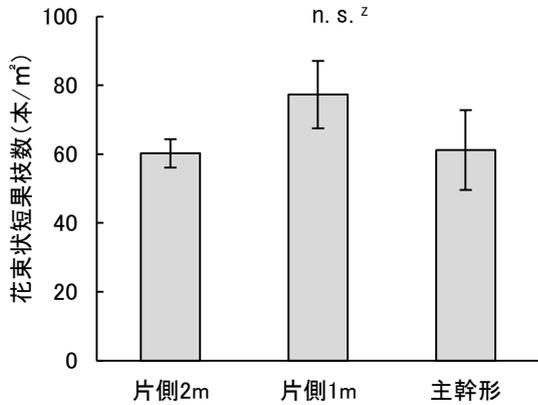


図7 樹冠占有面積当たり花束状短果枝数（2024年）

注) 6年生樹を調査。

縦棒は標準誤差を示す(n=4~8)。

^zTukey法により n. s. は有意差なし。

表4 各樹形の幹周および幹肥大指数

試験区	幹周 (cm) ^z		幹肥大指数 ^y
	2022年	2024年	
片側2m	14.8	21.8 ab	148
片側1m	14.4	20.7 b	143
主幹形	15.1	23.0 a	153
有意差 ^x	n. s.	**	n. s.

注) ^z台木接木部から15cm上の幹周。

^y2022年12月の値を100としたときの2024年11月の値。

^xTukey法により、異符号間に**は1%水準で有意差があり、n. s. は有意差がないことを示す(n=4~8)。

試験4. 若齢期における施肥量の違いが樹体生育に及ぼす影響

発育枝本数は4年生で2倍量区が半量区より多い傾向がみられ、同量区と2倍量区の間には差はみられなかった（図8）。樹容積は4年生で2倍量区および同量区が半量区より大きい傾向がみられ、同量区と2倍量区の間には差はみられなかった（図9）。また、幹周は2021年で2倍量区が半量区より大きかったが、幹肥大指数は各試験区間で差はみられなかった（表5）。

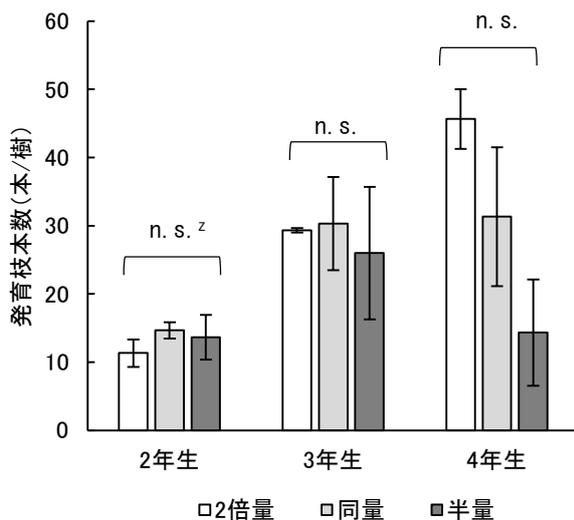


図8 施肥量別の徒長枝本数

注) 縦棒は標準誤差を示す(n=3)。

^zTukey法により n. s. は有意差なし。

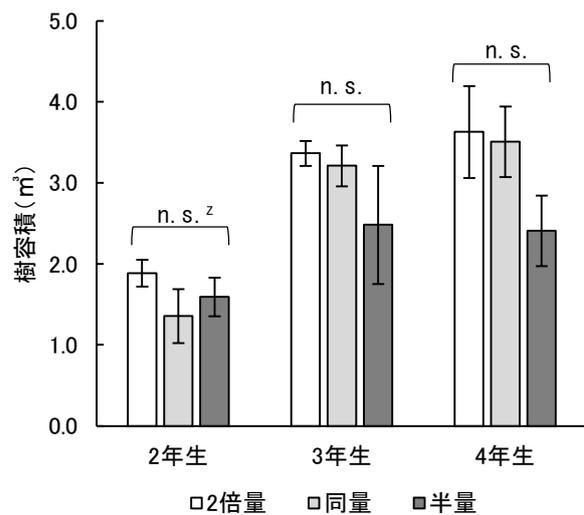


図9 施肥量別の樹容積

注) 縦棒は標準誤差を示す(n=3~4)。

^zTukey法により n. s. は有意差なし。

表 5 施肥量別の幹周および幹肥大指数

試験区	幹周 (cm) ^z		幹肥大指数 ^y
	2021 年	2024 年	
2 倍量	7.1 a	13.9	198
同量	6.5 ab	14.3	220
半量	5.9 b	12.7	216
有意差 ^x	*	n. s.	n. s.

注) ^z 台木接木部から 15cm 上の幹周.

^y 2021 年 3 月の値を 100 としたときの 2024 年 2 月の値.

^x Tukey 法により, 異符号間に*は 5%水準で有意差があり, n. s. は有意差がないことを示す (n=3).

考 察

本研究では, ‘露茜’のさらなる安定生産のため, 片側一文字仕立てで生育させた場合の収量, 作業性および樹体生育への影響を調査した. さらに, 片側一文字仕立て樹における若齢期の施肥量の違いが樹体生育に及ぼす影響も調査した.

樹形の違いによる収量性について, 定植 5 年目までは主幹形と比較して 10a 当たり収量および累計収量が片側一文字仕立てで多くなる傾向であった (図 4, 5). これは, 片側一文字仕立てがコンパクトな樹形であるため, 樹冠占有面積が主幹形より小さくなり, 10a 当たりの植栽本数が多くなる (片側 2m 区: 200 本, 片側 1m 区: 250 本, 主幹形区: 160 本) ことによる. また, 片側一文字仕立ては主幹形より初期費用のコストがかかるが, 定植 4 年目以降の短期間で費用が回収され, 定植 4 年目の利益が主幹形区より片側 2m 区では約 16 万円, 片側 1m 区では約 23 万円多かったことから (図 6), 主幹形より費用対効果が高い仕立て方であると考えられた. この早期多収効果は, ニホンナシ ‘玉水’ およびモモ ‘あかつき’ のジョイント V 字トレリス樹形 (以下, V 字ジョイント) と同様の理由により, その優位性が裏付けられる. すなわちニホンナシ ‘玉水’ の V 字ジョイントでは, 定植後 3 年目から 5 年目までの 3 年間の 10a 当たり累積収量は慣行の二本主枝仕立ての約 6.2 倍であり, V 字ジョイントが密植 (10a 当たり植栽本数は V 字ジョイントで 190 本, 二本主枝仕立てで 41 本として計算) により早期成園化が図られたと報告されている (藤原ら, 2025). モモ ‘あかつき’ の V 字ジョイントでは, 樹齢 4 年目から 7 年目までの 10a 換算収量が対照の開心自然形より多くなり, 早期多収は密植による効果だと報告されている (三田村・安達, 2022). 以上により, ‘露茜’片側一文字仕立ても同様に, 密植による早期多収が可能と考えられた.

樹形の違いによる作業性について, 1 樹当たり剪定時間は片側 2m 区および片側 1m 区ともに主幹形区と比較して短縮された (表 3). 10a 当たり剪定時間では差はみられなかったが, 植栽本数が主幹形区より多いにもかかわらず同等の作業時間であった. この理由として, 片側一文字は樹高が低く作業に脚立を必要とせず, かつ作業動線が直線であるため, 短時間かつ効率的に剪定作業ができたことによると考えられた. 収穫作業についても低樹高で直線的な作業動線をもつことから効率化

が期待されたが、10a 当たりおよび 10kg 当たり収穫時間は主幹形区に対して片側 2m 区および片側 1m 区ともに差はみられなかった（表 3）。剪定作業の効率向上は、モモ‘あかつき’およびリンゴ‘ふじ’V 字ジョイント樹形と同様の理由により、その優位性が裏付けられる。すなわちモモ‘あかつき’V 字ジョイントでは、10a 当たり整枝剪定作業時間が対照区の開心自然形仕立ての 54%に短縮され、管理作業全体の合計時間も V 字ジョイントは開心自然形仕立ての 80%に短縮されたと報告されている（三田村・安達，2022）。また、リンゴ‘ふじ’の V 字ジョイントでは、慣行の立木樹と比較した作業時間の削減率が整枝・剪定作業で 29.7%，年間主要作業時間合計で、33.0%であったと報告されている（高嶋，2021）。これらは、樹高を低く列状密植にして、水平にした主幹から側枝を斜立誘引したことで作業動線が単純化されたため、管理作業の省力化に繋がったことによると報告されている。‘露茜’片側一文字仕立ても低樹高で直線的な作業動線を持つことから、モモ‘あかつき’やリンゴ‘ふじ’で確認されたような作業時間の短縮に効果があったと考えられた。2 年生時の側枝育成の観点からは、主幹形では主幹から徒長枝が 360 度全方向に発生するため、上下左右の空間配置を考慮しつつ側枝の育成を行う必要がある。一方で、片側一文字は水平にした主幹背面から発育枝が概ね真上に揃って発生し、側枝の育成は高さを調節するのみであるため、着果特性を活かしつつ側枝の育成を簡素的に行うことができると考えられた。なお、片側 1m は片側 2m より 10a 当たり収量が多いことから、10a 当たり収穫時間が増加したが、10kg 当たり収穫時間に差はみられなかったことから、収穫効率は同程度と考えられた。しかし、片側 1m が片側 2m より主幹が短い分、側枝と予備枝の育成で枝が密集しやすくなり、収穫作業がしづらかったため、収穫効率は片側 2m の方が優位と考えられた。

樹形の違いによる樹体生育について、1m² 当たりの花束状短果枝数および幹肥大は片側 2m、片側 1m とも主幹形と同程度であったことから、片側一文字は主幹形と同程度の生育を維持できると判断された。なお、宗田ら（2022）はイチジク‘榊井ドーフィン’において、一文字整枝に比べ主幹部を長くした片側一文字整枝は、主幹長を 1m から 1.5m と長くすることで、結果枝の伸長と結果枝当たりの収量を維持しながら、結果枝中の可溶性糖含量が多くなるとともに果実の着色を向上させることができたと報告している。このことから、‘露茜’片側一文字仕立ても主幹の長さの違いで、着果安定性、果実の着色向上、果実品質に影響を及ぼす可能性があるため、さらなる調査が必要であると考えられた。

若齢期（2～4 年生）の施肥量の違いが樹体生育に及ぼす影響について、同樹齢の‘南高’の基準施肥量（N に合わせ P、K も増減させた量）の半量で生育させた場合、同量や 2 倍量で生育させた場合と比べて、幹肥大は差はみられなかったが、4 年生時点で発育枝本数および樹容積に抑制傾向がみられたため、半量は不適と考えられた。一方、城村ら（2014）は‘南高’における実肥の窒素を多施用にすることで、樹容積の拡大は旺盛になると報告されている。しかし、本研究では‘南高’基準施肥量の 2 倍量では同量と比較して、樹容積には差がみられなかったことから、‘露茜’片側一文字仕立ての若齢期における施肥量は‘南高’の基準施肥量が適当であると考えられた。

以上のことから、‘露茜’を片側一文字仕立てにすることで、従来の主幹形と比較して、反収向上、剪定作業時間の短縮および同程度の生育を維持できることが確認された。片側一文字仕立ての低樹高および作業動線が直線的である特徴は、今後のスマート農業技術の導入にも適していると考えられ、さらに作業の省力化が実現できると期待される。

なお、今後の現場への普及に際しては、反収増加および費用対効果が高い片側 1m を推奨する。また、樹齢を重ねていくことで、片側 1m より片側 2m で主幹先端周辺の側枝等が枯れ込む個体が多く

みられたことから（データ省略）、主幹先端の枯れ枝をせん除することが少なく、圃場の空間を効率的に活用し側枝の育成もできる片側 1mの方が優位性が高いと考えられた。

摘 要

本研究は、樹勢が弱く安定生産が難しい品種であるウメ「露茜」を対象に、反収向上、作業性向上、および樹勢維持を目指し、斜立した枝に着果しやすい特性を活かした「片側一文字仕立て」の栽培技術の検討を行った。

1. 主幹の水平部分を 2m または 1m とした片側一文字仕立て（以下、片側 2m、片側 1m）は、主幹形に比べて初期収量が多く、定植 4 年目で初期費用を回収し、主幹形よりも 10a 当たり約 16～23 万円多い利益となった。
2. 作業性について、片側 2m および片側 1m は、10a 当たり剪定時間が主幹形に比べて植栽本数が多いにもかかわらず差はみられなかった。一方で、10a 当たり収穫時間は、片側 2m および片側 1m とともに主幹形区と差はみられなかったが、片側 2m は片側 1m より約 7 時間短縮された。10kg 当たり収穫時間は各試験区間で差はみられなかった。
3. 樹体生育については、片側 2m および片側 1m は、主幹形と同程度の花束状短果枝数および幹肥大指数を維持できる傾向が確認された。
4. 若齢期（2～4 年生）の施肥量は、「南高」の基準施肥量（N に合わせ、P、K も増減させた量）の半量で樹体生育（発育枝本数および樹容積）に抑制傾向がみられ、2 倍量と同量で差はみられなかったため、「南高」と同量が適当と考えられた。
5. 片側 2m および片側 1m との比較では、片側 1m で反収増加および費用対効果に優れ、年生の増加に伴う先端部の枯れ込みも少なく、効率的に側枝育成できるため、片側 1m の方が優位性が高いと考えられた。

これらのことから、片側一文字仕立てが、「露茜」の安定生産と管理作業の効率化を両立させる技術体系の確立に繋がると考えられた。

引用文献

- 藤原菜々子・古澤典子・瀬戸山安由美・松下竜一. 2025. 新品種「玉水」のジョイント V 字トレリス樹形における定植後 5 年目までの樹体生育、果実生産性および省力・軽労効果. 福岡県農林試研報. 11. 22-29.
- 城村徳明・岡室美絵子・大江孝明. 2014. ウメ「南高」における窒素施用量の違いが果実の熟度と機能性成分含量および梅酒品質に及ぼす影響. 和歌山県農林水研報. 2: 105-114.
- 三田村諭・安達義輝. 2021. モモ・オウトウのジョイント V 字トレリス樹形. 果実日本. 76:60-64.
- 三田村諭・安達義輝. 2022. ジョイント V 字トレリス栽培におけるモモ「あかつき」の樹体生育、果実生産性および側枝管理方法の検討. 園学研. 21: 189-196.
- 下博圭・竹中正好・北村祐人・佐原重広・川村実. 2017. ウメ「露茜」の安定生産のためのせん定法の確立. 和歌山県農林水研報. 5: 99-105.

- 宗田健二・松浦克彦・真野隆司. 2022. 整枝法と主幹部の長さの違いがイチジク‘柵井ドーフィン’の樹体生育, 収量および果実品質に及ぼす影響. 農生技管誌. 28: 63-71.
- 高嶋名世瑠. 2021. リンゴ「ふじ」における省力樹形「ジョイントV字樹形」. 果実日本. 76: 55-59.
- 竹中正好・佐原重広・北村祐人・下博圭. 2014. ウメ‘露茜’のせん定強度および枝の発生角度が着果に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2) : 112.
- 八重垣英明・山口正己・土師岳・末貞佑子・三宅正則・木原武士・鈴木勝征・内田誠. 2012. ウメ新品種‘露茜’. 果樹研報. 13: 1-6.
- 山口正己・八重垣英明・末貞佑子・土師岳・三宅正則・内田誠. 2008. ウメ新品種‘露茜’. 園学研. 7 (別1) : 299.

不作年における開花前および開花期間中の気象条件が ウメ ‘南高’ の着果に及ぼした影響

道上想・沼田晃千月・綱木海成¹・金丸丈能²・山本圭太³

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effects of Pre- and During-Flowering Meteorological Conditions on Fruit Set in Japanese Apricot ‘Nanko’ During a Low-Yield Year.

Soh Michiue, Kiseki Numata, Kaisei Tsunaki¹, Takenori Kanamaru² and Keita Yamamoto³

Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

ウメは、開花前と開花期間中の気象条件に作柄が大きく左右される果樹である（渡辺，1984）。例えば開花前に気温が高く推移すると、開花が早まり花器が未発達な不完全花の発生が増加すること（鈴木ら，1993），それにより結実不良が引き起こされること（高松・鈴木，1995）が知られている。またウメでは、主要品種である‘南高’をはじめ多くの品種が自家不和合性であり、結実には他品種の花粉が受粉する必要があるため、訪花昆虫であるミツバチの活動時間はその年の着果数に大きな影響を与えている（Maeda et al.，2023）。ミツバチによる授粉活動は低温条件下で低下する（渡辺，1984）。このように、ウメで十分な着果量を得るためには、開花前および開花期間中に適切な気象条件であることが求められる。

2024年の和歌山県のウメ収穫量は29,700 tと、過去10年間で最も少なく、記録的な不作の年であった（農林水産省，2024）。また、2025年の和歌山県ウメ収穫量は43,000 tと平年と比較して22%減少しており、この年も不作であった（農林水産省，2025）。このように、和歌山県におけるウメ収穫量は2年連続で平年を大きく下回る結果となっており、深刻な問題となっている。

そこで、2024年と2025年の開花前および開花期間中の気象条件の分析を行い、それぞれの年に不作となった原因について検証を行った。

材料および方法

1. 開花前の気温条件の調査

和歌山県うめ研究所（日高郡みなべ町東本庄）に設置された、気温計用通風筒（横河電子機器株式会社；E-834）内に装着した温度計感部（同社；E-734）により、2016年～2025年の11月1日から開花始期までの日平均気温を記録した。

¹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

²現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

³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. 開花期の調査

うめ研究所内‘南高’（2025年度に24年生）を供試樹とし、2016年～2025年に開花始期（2割開花した日）、開花盛期（8割開花した日）、開花終期（8割落弁した日）の調査を行った。

3. 不完全花率の調査

‘南高’の不完全花率について、開花盛期に開花した花を100花採取し、松原ら(1938)の方法を参考に、雌ずいの長さが雄ずいと同じかそれ以上である完全花と、雌ずいの長さが雄ずいよりも短いまたは欠損した不完全花に分類して求めた。調査は2021年、2022年、2024年、2025年に行った。供試樹は、2021年と2022年は2021年時点で6年生の‘南高’を、2024年と2025年は2024年時点で23年生の‘南高’を調査した。

4. ミツバチ活動可能時間の調査

1) うめ研究所の開花期間におけるミツバチ活動時間の算出

うめ研究所に設置された気温発信器、転倒ます型雨量計（横河電子機器株式会社；WB0013-05）、風向風速発信器（同社；A7401-30-00）より、2016年～2025年の開花期間（開花始期から開花終期）の特別平均気温、特別平均風速、日降水量を記録した。これらの気象データをもとに、開花期間中にミツバチが活動可能であった時間を積算した。ミツバチは、降雨時、低温条件下、強風時に活動が低下すること（Hennessy et al. , 2021 ; Maeda et al. , 2023 ; Riessberger and Crailsheim, 1997 ; 渡辺, 1984）、日照条件下で活動すること（Abrol, 2006）が知られている。これらを参考に、ミツバチが活動可能であった時間は「日降水量が0mmである日の7:00～18:00の時間帯で、平均気温13℃以上かつ、平均風速3m/s以下を満たす時間」と定義した。また、過去にうめ研究所で行われた調査で、‘南高’は開花4日後まで受精能力が高く、5日後以降は受精能力が下がることが明らかにされている（未発表データ）。このことから、開花始期～開花盛期4日後までのミツバチ活動時間も併せて算出した。

2) 2025年における地区別ミツバチ活動可能時間の算出

和歌山県内で‘南高’の主要産地である日高・西牟婁地域で、10園地以上着果調査が行われている9地区（みなべ町岩代、みなべ町上南部、みなべ町高城、みなべ町清川、印南町印南、日高川町旧川辺地区、田辺市上芳養、田辺市三栖、上富田町上富田・白浜町白浜）を対象に、地区ごとのミツバチが活動可能であった時間を算出した。地区割りは、日高果樹技術者協議会および西牟婁地方果樹技術者協議会の着果調査に準じた。農研機構が提供しているメッシュ農業気象データ（大野ら, 2016）から、2024年11月1日から2025年3月31日までの日最高気温および日最低気温を取得した。データを取得する際は、各地区のパイロット園などウメ園地が集中している地点の緯度・経度を使用した（表1）。各地区の気温データから、開花始期と開花盛期を予測できる‘南高’開花予測プログラム（北村ら, 2020）を用いて推定した（以下、推定開花始期、推定開花盛期）。開花終期については、2016年～2025年におけるうめ研究所での開花盛期～開花終期の平均日数が14日であったことから、推定開花盛期から14日後と設定した（以下、推定開花終期）。メッシュ農業気象データより、各地区の推定開花始期～推定開花終期間の特別気温、日降水量、日平均風速を取得し、ミツバチ活動可能時間を算出した。この際、メッシュ農業気象データでは日平均風速のみ取得可能であるため、ミツバチ活動可能時間の条件は「日降水量が0mmかつ日平均風速3m/s以下である日の7:00～18:00の時間帯で、平均気温13℃以上である時間」と定義した。算出されたミツバチ活動

可能日数と、4月に各地区で調査された100節あたり着果数（日高果樹技術者協議会、西牟婁地方果樹技術者協議会）との相関係数（ピアソン）と1次回帰式を算出した。

表1 各地区の調査園地数と気象データを取得した地点の緯度・経度

市町村名	地区名	調査園地数	気象データを取得した地点	
			緯度	経度
日高川町	川辺	13	33.9150	135.2189
印南町	印南	11	33.8264	135.2554
みなべ町	岩代	22	33.8032	135.2800
みなべ町	上南部	33	33.8076	135.3051
みなべ町	高城	11	33.8483	135.3265
みなべ町	清川	10	33.8441	135.3838
田辺市	上芳養	13	33.8192	135.3779
田辺市	三栖	11	33.7422	135.4327
上富田町・白浜町	上富田・白浜	10	33.7300	135.4541

地区割は日高果樹技術者協議会および西牟婁地方果樹技術者協議会の着果調査に準じた。

結 果

1. 2024年産について

うめ研究所における開花前の気温推移について、2023年12月の月別平均気温は、2016～2025年の平均（以下、平年）と比較して1.9℃高く推移し、2024年1月の月別平均気温は、平年と比較して1.3℃高く推移した（図1）。開花始期は1月19日で、平年と比較して20日早かった（表2）。また、開花期間は26日間と、平年と比較して4.7日長かった（表2）。不完全花率は32.3%であり、2021、2022、2025年（2.2～2.4%）と比較して非常に高かった（表3）。開花期間中における日別の気象条件およびミツバチ活動可能時間は表4の通りであり、開花始期から開花盛期4日後のミツバチ活動時間は積算で34時間であった。開花期間中の降雨日割合は30.8%であり、平年と比較して1.1倍であった（表6）。開花期間中にミツバチが活動可能であった時間は、総時間で84時間、日数は14日であり、平年と比較して総時間は14時間、日数は3日多かった（表7）。100節あたり着果数は3.0果と、平年と比較して11.1果少なかった。また、樹冠占有面積あたり収穫量も1.3kg/m²と、平年と比較して1.1kg/m²少なかった（表8）。

2. 2025年産について

うめ研究所における開花前の気温推移について、2024年12月の月別平均気温は、平年と比較して0.8℃低く推移した。同様の比較で、2025年の1月は0.8℃高く、2025年の2月は1.5℃低く推移した（図1）。開花始期は3月1日で、平年と比較して20日遅かった（表2）。また、開花期間は12日間と、平年と比較して9日短かった（表2）。不完全花率は2.2%であり、暖冬年ではなかった2021、2022年と同様の値を示した（表3）。開花期間中における日別の気象条件およびミツバチ活動可能時間は表5の通りであり、開花始期から開花盛期4日後のミツバチ活動時間は11時間であった。開花期間中の降水日割合は50.0%であり、平年と比較して1.7倍となった（表6）。開花期間中にミツバチが活動可能であった時間は、総時間にして43時間、日数では5日であり、平年

と比較して総時間は 35 時間、日数は 6 日少なかった（表 7）。100 節あたり着果数は 8.4 果と、平年と比較して 5.7 果少なかった。また、樹冠占有面積あたり収穫量も 2.23kg/m²と、平年と比較して 0.2 kg/m²少なかった（表 8）。2025 年における、各地区のミツバチ活動可能日数と 100 節あたり着果数（表 9）の間には正の相関（ $r=0.82$, $p<0.05$ ）が見られた（図 2）。

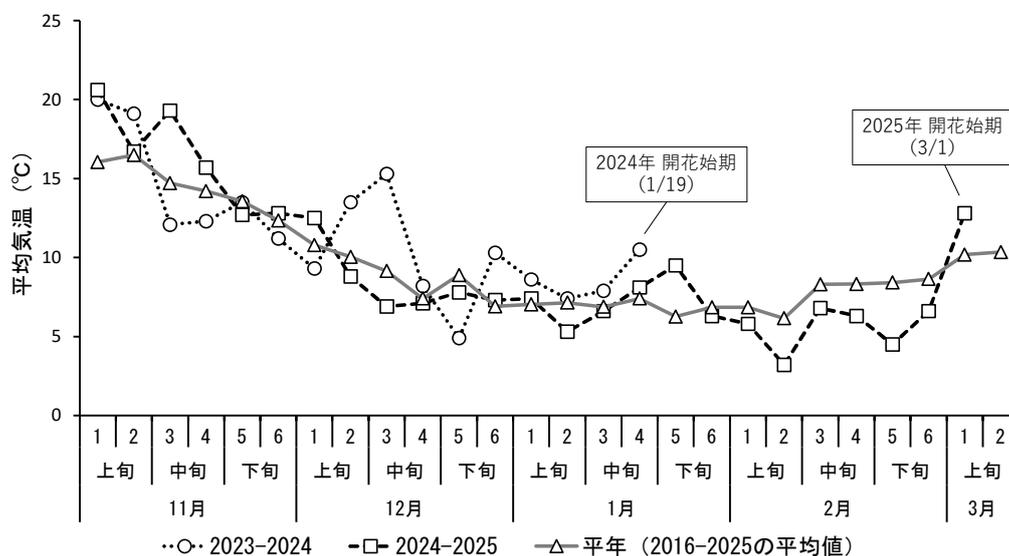


図 1 うめ研究所における前年 11 月から開花始期までの半月ごとの平均気温の推移

表 2 うめ研究所調査樹の開花時期および期間

調査年	開花始期 ^z	開花盛期 ^y	開花終期 ^x	開花期間 (日)	開花始期～ 開花盛期(日)	開花盛期～ 開花終期(日)
2024	1月19日	1月29日	2月14日	26	10	16
2025	3月1日	3月3日	3月13日	12	2	10
平年 (2016～2025)	2月8日	2月15日	3月2日	21.3	6.6	14.7

^z 2 割開花となった日

^y 8 割開花となった日

^x 8 割落弁となった日

表 3 うめ研究所調査樹の不完全花率

調査年	不完全花率 ^z (%)
2021	2.4
2022	2.2
2024	32.3
2025	2.2

^z 不完全花率は、各年の開花盛期に調査した。

道上・沼田・綱木・金丸・山本：不作年における開花前および開花期間中の気象条件が
ウメ‘南高’の着果に及ぼした影響

表4 2024年のうめ研究所における開花期間中の日別の気象条件とミツバチ活動時間

開花期 日付	開花始期													開花盛期		
	1月19日	1月20日	1月21日	1月22日	1月23日	1月24日	1月25日	1月26日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日	1月31日			
最高気温 (°C)	17.8	17.5	16.5	19.4	7.8	6.7	6.4	9.7	12.2	12.7	16.7	18.8	17.9			
最大平均風速 (m/s)	3.6	4.6	3.6	2.9	3.8	3.2	2.7	3.1	2.8	2.6	2	2.2	2			
降水量 (mm)	0.5	0.5	24.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2			
ミツバチ活動可能時間 (h)	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	7	9	0			

開花期 日付	開花始期													開花終期
	2月1日	2月2日	2月3日	2月4日	2月5日	2月6日	2月7日	2月8日	2月9日	2月10日	2月11日	2月12日	2月13日	2月14日
最高気温 (°C)	14.4	14.1	17.2	16.8	12.4	13.6	14.1	14.9	17.6	16.7	13.7	13.9	20.3	23.5
最大平均風速 (m/s)	3.9	3.3	3	3.2	3.9	3.3	3	3.5	3.1	2.6	2.1	3	2.3	2.1
降水量 (mm)	0	0	8.5	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミツバチ活動可能時間 (h)	7	3	0	0	0	2	5	6	6	6	3	2	10	10

表5 2025年のうめ研究所における開花期間中の日別の気象条件とミツバチ活動時間

開花期 日付	開花始期		開花盛期											開花終期
	3月1日	3月2日	3月3日	3月4日	3月5日	3月6日	3月7日	3月8日	3月9日	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	
最高気温 (°C)	22.7	20.2	17.6	13.3	13.2	12.8	11.5	15.4	17.3	19	16.2	23.9	20	
最大平均風速 (m/s)	1.9	1.6	4.2	5.5	4.2	3.5	4.1	1.8	2.8	2.3	2.5	2.5	2.5	
降水量 (mm)	0	5	18	3.5	1.5	0	0	0	0	0	8	0.5	0	
ミツバチ活動可能時間 (h)	11	0	0	0	0	0	0	4	6	10	0	0	12	

表6 うめ研究所における開花期間中の気象条件

	開花期間 (日)	降水日 ^z	開花期間中の 降水日割合 (%)
2024	26	8	30.8
2025	12	6	50.0
平年 (2016-2025)	21.3	6	28.7

^z 降雨が観測された日

表7 うめ研究所における開花期間中のミツバチ活動可能時間および日数割合

調査年	開花期間 (日)	ミツバチ活動可能時間 ^z		ミツバチ活動可能 日数割合 (%)
		日数	総時間 (h)	
2024	26	14	84	53.4
2025	12	5	43	41.7
平年 (2016~2025)	21.3	10.8	78.2	45.9

^z ミツバチ活動可能時間は、降水量 0 mm である日の、平均気温 13°C 以上かつ
日最大平均風速 3m/s 以下、の条件を満たす時間を指す。

表8 うめ研究所調査樹の着果数および収穫量

調査年	着果数 ^z (個/100節)	樹冠占有面積あたりの 収穫量 (kg/m ²) ^y
2024	3.0	1.27
2025	8.4	2.23
平年 (2016~2025)	14.1	2.43

^z 100 節あたり着果数は 4 月上旬に調査した。

^y 収穫量を 6 月上旬に、樹冠占有面積を 11 月上旬に測定し、樹冠占有面積あたりの収穫量を算出した。

表 9 2025 年の各地区における着果数並びに、開花期間中のミツバチ活動可能時間

市町村名	地区名	着果数 (個/100節)	ミツバチ活動可能時間	
			日数	総時間
日高川町	川辺	4.4	7	51
印南町	印南	3.5	6	34
みなべ町	岩代	3.8	5	35
みなべ町	上南部	4.5	6	53
みなべ町	高城	5.9	8	71
みなべ町	清川	8.8	9	82
田辺市	上芳養	6.1	10	84
田辺市	三栖	3.5	7	58
上富田町・白浜町	上富田・白浜	5.3	8	64

^z 着果数の調査は、日高果樹技術者協議会、西牟婁地方果樹技術者協議会による。着果数は各地区の平均値。

^y ミツバチ活動可能時間は、降水量 0 mm かつ日平均風速 3m/s 以下である日の、平均気温 13℃以上の条件を満たす時間を指す。

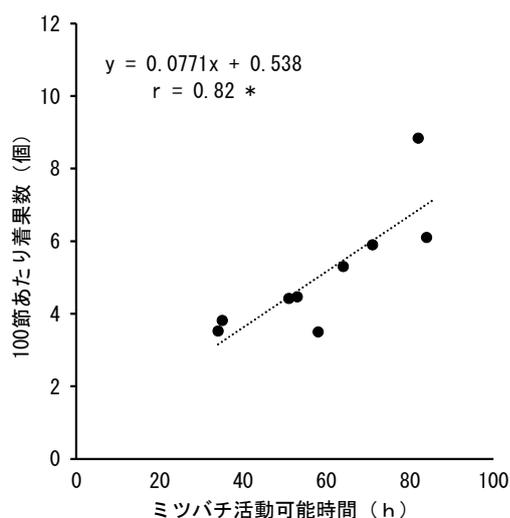


図 2 2025 年における各地区のミツバチ活動可能時間と着果数の関係 (n=9)

* は 5%水準で有意であることを示す。

考 察

1. 2024 年産について

開花前の高温により開花が早くなり、不完全花率が高くなること（鈴木ら，1993），また不完全花が増加することで結実不良となること（高松・鈴木，1995）が報告されている。またアンズでは、不完全花発生率と初期の結実数の間に負の相関関係があることが報告されている（青木・山田，1942）。2024 年にうめ研究所で行った本調査でも開花前の高温により（図 1），早期開花（表 2），不完全花率の上昇（表 3），着果数の減少（表 8）が認められている。一方，開花期間中のミツバチ

活動可能時間が平年よりも長かったことから（表 7），ミツバチによる授粉活動は十分に行われていたと考えられる。以上より，2024 年の不作は開花前に高温で推移したことで開花が早まり，不完全花が多発したことによる受精不良が原因であることが示唆された。このような開花前の暖冬条件による不作は，2020 年にも発生している。この年も，開花前に平均気温が高く推移し，不完全花が多く見られ，着果数と収穫量が減少した（データ省略）。なお，開花前後の高温により不良花が発生し結実量が減少する現象は，甘果オウトウやモモでも報告されている（別府ら，1997；Kozai et al., 2004）。

2. 2025 年産について

開花前に低温で推移したことで（図 1），開花が遅くなり（表 2），不完全花の発生はほとんど見られなかった（表 3）。そのため，2025 年の不作は不完全花発生の影響を受けなかったと考えられる。

2025 年に着果数が減少した原因として，開花が短期間に集中したが，その間にミツバチによる授粉活動が十分に行われなかったことが考えられる。

2025 年における開花始期は平年と比較して 20 日遅く，開花期間が 9 日短くなった。‘南高’やその他品種での開花期について調査した先行研究で，開花始めが早い年は開花期間が長く，開花始めの遅い年は開花期間が短くなることが報告されている（上野・松山，1969；渡辺ら，1979）。この結果は，2025 年の結果と一致している。また，ウメにおける他発休眠期間中の低温条件と開花の関係を調査した先行研究では，他発休眠期間に低温で推移することで一斉に開花することが報告されている（Zhang et al., 2023）。2025 年においても，開花前の 2 月に低温で推移し（図 2），開花始期から開花盛期までの期間は 2 日と平年と比較して 4.6 日短くなっており（表 2），先行研究と同様に一斉に開花していたことが伺える。

ミツバチの活動と着果の関係を調査した先行研究で，開花期間中のミツバチ活動時間と初期の着果率には正の相関があると報告されている（Maeda et al., 2023）。2025 年においても，開花期間が短く，さらに開花期間に対するミツバチの活動可能な日数の割合も平年と比較して低かった。そのため，ミツバチが活動可能であった総日数，時間共に少なくなっており（表 7），着果数も少なくなっている（表 8）。さらに 2025 年は，開花期間中にミツバチが活動可能な気象条件である時間が長かった地区については着果数が多くなり（表 9），短かった地区では着果数が少なくなる傾向が見られた（図 2）。2025 年は地区ごとの着果数にばらつきが見られたが，それらはミツバチの活動時間の差によるものであることが示唆された。

2025 年に開花期間中のミツバチの活動可能時間が短くなった要因として，開花期間中の天候が挙げられる。降雨のあった日数については平年と比較して差は見られなかったものの，開花期間の日数が短かったため，開花期間中の降水日割合は平年のおよそ 2 倍であった（表 6）。これらの結果から，2025 年のミツバチ活動時間減少には，開花期間中の降雨が影響を及ぼしていたことが示唆された。さらに，2025 年は受精能力が高い花が多く結実に大きな影響を与えていると考えられる開花始期～開花盛期 4 日後において降雨日，強風日，低温日が集中しており，ミツバチが活動可能である気象条件となったのは開花始期の 1 日のみであったため（表 5），このことも着果不良を招いた原因であると考えられる。一方で満開後 5 日後からミツバチが活動可能である気象条件となる日の増加が認められたが（表 5），この段階でミツバチによる授粉活動が活発に行われても，受精能力の高い花が少ないため，結実に大きく影響していなかったと考えられる。

なお 2025 年は、100 節あたり着果数が平年の 13.1 果と比較して 5.7 果と著しく少なかったが、樹冠占有面積あたり収穫量は平年と比較して 0.2 kg/m²しか下がらなかった。これは、着果数が少なかった分、果実肥大が進んだことが原因であると考えられる。

2025 年の着果数減少を受け、うめ研究所内で授粉樹に対する着果枝の位置と着果数の関係の調査が行われた。授粉樹との位置関係により‘南高’の着果枝を分類し着果数を調査したところ、授粉樹に近い位置にある枝から順に、着果数が多くなる傾向が見られた（データ省略）。この結果は、授粉樹を適正に配置し、授粉樹に隣接する‘南高’の着果枝を増やすことで、ミツバチの活動時間の少ない年でも着果数の減少を抑えることができると考えられた。

摘 要

本調査は、2024 年と 2025 年の‘南高’の生育調査の結果と開花前および開花期間中に観測された気象データを分析し、それぞれの年に不作となった要因を明らかにすることを目的とした。

- 1) 2024 年は、開花前の 12~1 月に高温で推移したことで、早期開花し、不完全花が多発した。それにより結実不良が発生し、着果数および収穫量が少なくなった。
- 2) 2025 年は、開花期間が短く、さらに開花期間中のミツバチ活動可能時間の割合が少なかった。それにより、ミツバチによる十分な授粉が行われず、着果数および収穫量が少なくなった。
- 3) 2025 年は、各地区のミツバチ活動可能時間と 100 節あたり着果数に正の相関が見られた。

現地の着果数データをご提供いただきました日高果樹技術者協議会および西牟婁地方果樹技術者協議会の皆様、および所内で生育調査の実施および気象データの取得を担当していただきました歴代の職員の皆様に厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- Abrol, D. P. 2006. Diversity of pollinating insects visiting litchi flowers (*Litchi chinensis* Sonn.) and path analysis of environmental factors influencing foraging behaviour of four honeybee species. *J. Apic. Res.*, 45, pp.180-187.
- 青木二郎・山田四郎. 1942. 杏の花と自然状態に於ける結實に就て. *園学雑*. 13 : 277-280.
- 別府賢治・岡本茂樹・杉山明正・片岡郁雄. 1997. 開花期前後の温度環境が甘果オウトウ‘佐藤錦’の花器の発育と結実に及ぼす影響. *園学雑*. 65: 707-712.
- Hennessy, G., C. Harris, L. Pirot, A. Lefter, D. Goulson and F.L.W. Ratnieks. 2021. Wind slows play: increasing wind speed reduces flower visiting rate in honey bees. *Anim. Behav.*, 178: 87-93.
- 北村祐人・沼口孝司・仲慶晃. 2020. 花芽の温度要求性モデルを利用したウメ‘南高’における開花期予測簡易プログラムの実装. *和歌山県農林水研報*. 8: 79-84.
- Kozai, N., K. Beppu, R. Mochioka, U. Boonprakob, S. Subhadrabandhu and I. Kataoka. 2004. Adverse effects of high temperature on the development of reproductive organs in ‘Hakuho’ peach trees. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79: 533-537.
- Maeda, T., M.K. Hiraiwa, Y. Shimomura and T. Oe. 2023. Weather conditions affect pollinator activity, fruit set rate, and yield in Japanese apricot. *Scientia Horticulturae*. 307: 111522.

- 松原茂樹・飯田章・徳永信八郎. 1938. 梅の不完全花発生並に稔性に關する實驗. 園学雜. 9: 187-211.
- 農林水産省近畿農政局. 2024. 近畿におけるうめ収穫量等の概要 (和歌山県)
https://www.maff.go.jp/kinki/toukei/d/pdf/06_ume.pdf
- 農林水産省近畿農政局. 2025. 近畿におけるうめ収穫量等の概要 (和歌山県)
https://www.maff.go.jp/kinki/toukei/d/pdf/07_ume.pdf
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江. 2016. 実況値と数値予測, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象. 16: 71-79.
- Riessberger, U. and K. Crailsheim. 1997. Short-term effect of different weather conditions upon the behavior of forager and nurse honey bees (*Apis mellifera carnica Pollmann*). Apidologie, 28: pp.411-426.
- 鈴木登・王心燕・片岡郁雄・井上宏. 1993. ウメ‘南高’の開花と花粉発芽の温度条件. 園学雜. 62: 539-542.
- 高松善博・鈴木登. 1995. ウメにおける開花期の早晚による雌ずいの発達の違いについて. 近畿大農学部紀要. 28: 21-30.
- 上野晴久・松山良樹. 1969. ウメの生産安定に関する研究 (第1報) 花および果実について. 和歌山県果試研報. 2: 1-8.
- 渡辺茂雄・石橋寛己・佐久綱章・猪野洋子・長門寿男・曾良久男. 火山灰土地帯に適したウメ品種. 1979. 千葉県農研報. 1: 25-32.
- 渡辺進. 1984. ウメの生産安定と品質改善. 農業技術. 39: 363-368.
- Zhang, Y., k. Ma and Q. Li. 2023. Effects of low-temperature accumulation on flowering of *Prunus mume*. Horticulture, 9: 628.

包装資材の違いがウメ ‘南高’ の貯蔵中の褐変障害発生および 果実品質に及ぼす影響

田嶋皓・大江孝明¹・金丸丈能²・道上想・沼田晃千月・梶野高志²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effects of Different Packaging Products on the Browning Disorder and Fruit Quality of ‘Nanko’ Japanese Apricot During Storage

Hikaru Tajima, Takaaki Oe¹, Takenori Kanamaru², Sou Michiue, Kiseki Numata and Takashi Kajino²

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

ウメは和歌山県において、産出額がミカンに次ぐ基幹品目であるが、近年は国内需要に加え、香港や東南アジア諸国においても家庭で梅酒等に加工する需要が増加しており、本県産‘南高’青果はこれらの地域へ輸出されている（森口，2017）。しかし，JAグループから2018年に船便で輸出されたウメの多くで褐変障害が発生する問題が生じ，現在は高コストな航空便による輸出が行われている。

褐変障害は，果実内部や果皮周辺が褐色化する生理障害であり，その発生には果実の成熟度や貯蔵環境が大きく関与することが，さまざまな果樹で報告されている。例えば，リンゴの貯蔵においては，成熟が進んだ果実ほど貯蔵中の褐変障害発生率が高まることが示されている（Kweon et al., 2013）。また，貯蔵中のガス組成に関して，高濃度CO₂条件下では果実内部の代謝が変化し，嫌気呼吸の促進やエタノール・アセトアルデヒドの蓄積が生じやすく，複数の果樹において褐変障害が発生する可能性が報告されている（Imahori et al., 1998）。本県でも上記記事の発生を受け，果実収穫後の保存条件（大江ら，2023）や果実の熟度および果実サイズ（大江ら，2024）と褐変障害発生との関連について報告がなされており，包装資材内のCO₂濃度が高い条件下で褐変障害の発生が増加する傾向が確認されている。また，ウメは熟度の進行に伴い果皮の黄化が進むが，海外での販売に際して，黄化果実は劣化した果実とみなされ商品性が低い（森口，2017）。青果の主要な輸出先である香港への船便での輸出では，収穫から販売まで2週間程度（土田ら，2016），シンガポールやマレーシアではさらに長期間を要するため，青果の長期貯蔵が可能となる鮮度保持技術が必要である。

以上のように，果実の成熟度，貯蔵環境および包装資材内のガス組成と果実褐変障害との関係については一定の知見が蓄積されているが，実際の生産・流通現場で使用される各種包装資材の違いが，褐変障害の発生および果実品質に及ぼす影響については，十分に検討されていない。特に，船便輸出を想定した長期低温貯蔵や，輸送中に高温条件に曝露された場合における品質維持に適した包装資材の検討は，船便輸出再開に向けて必要不可欠である。

¹現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局研究推進課

²現在：和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

そこで本研究では、複数の包装資材を用いてウメ‘南高’を貯蔵し、褐変障害の発生状況および果実品質の変化を比較検討することを目的とした。本研究により、褐変障害の発生および果皮の黄化を抑制し、高品質な青果を長期貯蔵できる包装資材の選定を行い、船便輸出に適した貯蔵・流通技術の確立に資する知見を提供することを目指す。

材料および方法

試験 1 包装資材の違いが冷蔵貯蔵後の褐変障害および果実品質に及ぼす影響

2021 年から 2024 年にかけて、和歌山県果樹試験場うめ研究所（日高郡みなべ町東本庄）で収穫した‘南高’果実を供試した。果実の階級は、青果輸出における中心階級である 2L（約 30g）および 3L（約 36g）とした。果実は収穫日にコンテナに入れ、大江ら（2023）と同様、5°C で 1 日間予冷した後、10kg ずつ各種包装資材で包装し、10kg 段ボール箱に入れて 5°C で貯蔵した（図 2）。包装資材として、2021 年は P プラスウメ用（住友ベークライト社製）を二重にして使用した。対照区には、輸出当初に使用されていたオーラパック（ベルグリーンワイズ社製）を用いた。2022 年以降は、冷蔵による長期貯蔵に適した包装資材の探索を目的として、フィルム素材および孔数の違いによりガス透過量が調節された P プラス各種資材の間で比較を実施した。なお、P プラス各種はすべて同じ大きさであった。

2022 年以降の処理区は、ウメ用の一重包装（以下、ウメ用一重）、ウメ用の二重包装（以下、ウメ用二重）、ブロッコリー用、リンゴ 20kg 用（以下、リンゴ用 20）、リンゴ 10kg 用（以下、リンゴ用 10）、湿度コントロール用（以下、湿度 Con）、対照として貯蔵中に褐変障害の発生が確認されたベジフレッシュ（ホリック社製）とし、それぞれ開封日を決めた箱を用意した。冷蔵貯蔵後、包装資材内の O₂ および CO₂ 濃度を測定し、その後直ちに開封して褐変障害発生率、果実の黄化程度および結露度合を調査した。なお、各調査は冷蔵貯蔵後に加え、店頭での販売を想定し、さらに 24 時間室温で静置した後に行った。O₂ および CO₂ 濃度は O₂/CO₂ 計（AMETEK 製 CheckPoint3）を用いて測定した。褐変障害発生率は、100 果以上を無作為に抽出し、障害部分の面積に基づいて、褐変大（50%以上）、中（10~50%）、小（10%未満）に分類した（図 1）。なお、褐変大および中は青果として販売不可能な程度とした。黄化程度は収穫直後を 0 とし、目視により 0, 2, 4, 6, 8, 10 の 6 段階で評価した（図 3）。結露度合は、果実表面が完全に乾燥している状態を 0、水滴が全面に付着している状態を 10 とし、黄化程度と同様の 6 段階で評価した。その後、果実 10 果を無作為に抽出し、大江ら（2023 年）が‘南高’果実の黄化指標としている赤道部果皮色の h* 値（100 以下を黄化の目安）を分光色差計（日本電色社製 NR11）で測定した。また、果実硬度は大江ら（2023）と同様に、レオメーター（サン科学社製）で直径 5 mm の円柱プローブ 1 mm 侵入時の値を測定した。



図1 褐変障害果
(左から褐変障害小・中・大)



図2 包装の様子

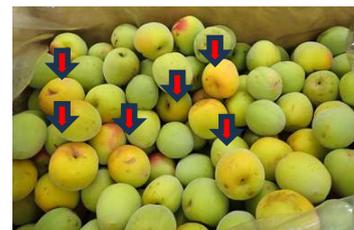


図3 黄化した果実（矢印）

試験2 包装資材の違いが高温遭遇後の褐変障害および果実品質に及ぼす影響

試験1と同様、各種包装資材で包装した果実を10kg段ボール箱に入れ、5℃で貯蔵した。輸送中の船舶輸送とトラック輸送間の積み換えを想定し、冷蔵貯蔵中に一度庫内から出し、24時間室温に遭遇させ、再冷蔵する処理を行った。2024年は、冷蔵貯蔵23日後に室温に遭遇させ再冷蔵した。さらに11日後（貯蔵35日後）に開封し、包装資材内の O_2 および CO_2 濃度を測定し、その後直ちに開封して褐変障害発生率、黄化程度および結露度合を調査した。続いて、果実10果を無作為に抽出し、果皮色 h^* 値および果実硬度を測定した。2025年は、対照に袋なし区を設定したうえで、冷蔵貯蔵4日後に室温に遭遇させ再冷蔵した。さらに15日後（貯蔵20日後）に2024年と同様の方法で調査を行った。なお、2025年は貯蔵7日後に開封せず目視で褐変障害発生率のみ追加調査を行った。調査方法は試験1と同様の方法を用いた。

試験3 Pプラスリング用による包装が長期貯蔵後の褐変障害および果実品質に及ぼす影響

2024年までの調査で貯蔵性に優れると考えられたPプラスリング用を用いて、長期冷蔵貯蔵後の褐変障害および果実品質を調査した。2025年にリング用20およびリング用10で包装した果実を10kg段ボール箱に入れ5℃で貯蔵した。対照は袋なし区とした。貯蔵7日後に包装資材を開封せず、目視で褐変障害発生率のみ調査した。20、28、40日後は開封し、 O_2 および CO_2 濃度、褐変障害発生率、黄化程度、結露度合を調査した。その後果実10果を無作為に抽出し、果皮色 h^* 値、果実硬度を調査した。調査方法は試験1と同様の方法を用いた。

なお、今回の試験で供試した2024および2025年の‘南高’果実は、ほぼすべてが雹害による傷果であったが、傷口が癒合し乾燥していたため、褐変障害や黄化への影響はないものとして調査に用いた。

結 果

試験1 包装資材の違いが褐変障害および果実品質に及ぼす影響

(1) 褐変障害発生率

2021年の褐変障害発生率は、オーラパックでは貯蔵期間が長くなるほど高くなったのに対し、ウメ用二重では20日後まで10%以下を維持した（図4左）。また、さらに室温で保存した後も同様の傾向であった（図4右）。さらにオーラパックは褐変大の発生率が高かった。

2022年は貯蔵20日後の果実の褐変障害発生率はウメ用二重、ブロッコリー用およびベジフレッシュで10%以下と低かった（図5左）。室温で24時間保存したあとはいずれも10%以上となった（図5右）。2023年は貯蔵20日後までの褐変障害発生率はウメ用一重、二重、ブロッコリー用で

10%以下と低かったが、ベジフレッシュでは10%以上となった(図6左)。貯蔵20日後室温で24時間保存したあとは、ウメ用二重、ブロッコリー用で10%以下を維持した(図6右)。2024年は貯蔵23日後の褐変障害発生率がいずれも10%以下と低く、室温で24時間保存したあとは、ウメ用二重、ブロッコリー用、リンゴ用20、湿度Conで10%以下を維持した(図7)。

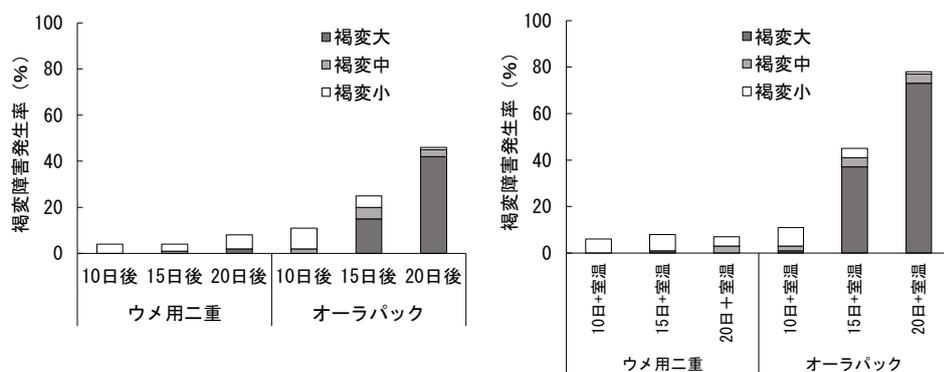


図4 各包装資材と褐変障害発生率(2021年, 左:貯蔵後, 右:貯蔵後24時間室温で保存)

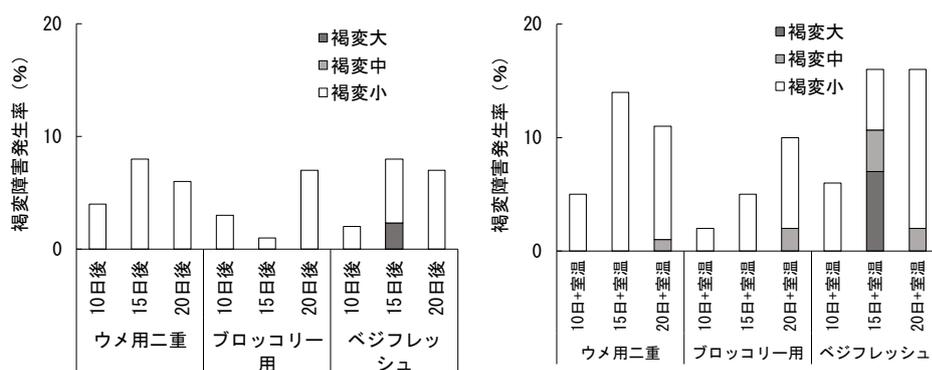


図5 各包装資材と褐変障害発生率(2022年, 左:貯蔵後, 右:貯蔵後24時間室温で保存)

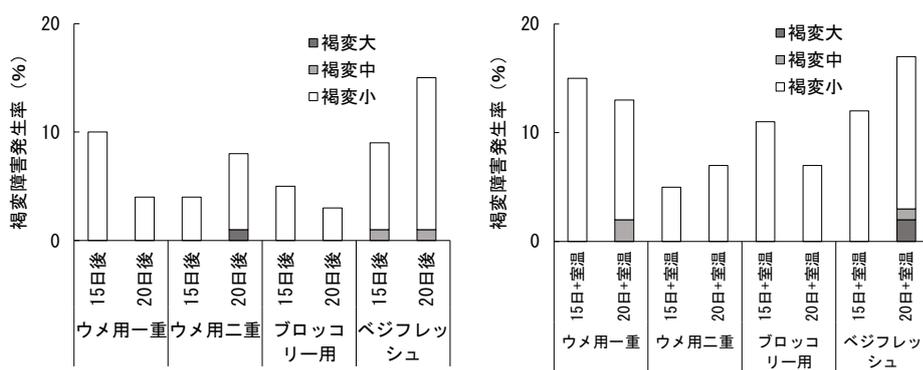


図6 各包装資材と褐変障害発生率(2023年, 左:貯蔵後, 右:貯蔵後24時間室温で保存)

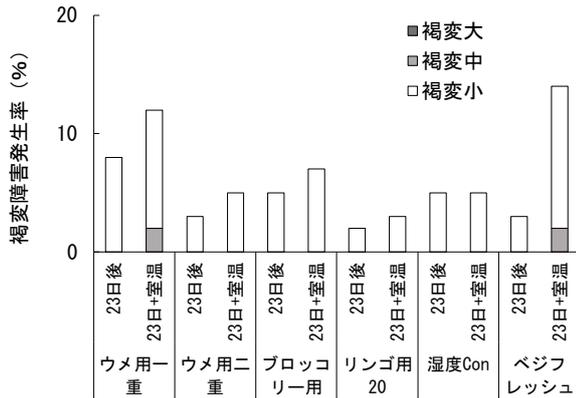


図7 各包装資材と褐変障害発生率 (2024年)

(2) 果皮色，果実硬度および包装資材内の結露度合とガス組成

黄化程度と果皮色 h^* 値について，2021 年はウメ用二重で黄化程度は 2 であったが，果皮色 h^* 値はいずれも 100 以上で緑色を維持した（表 1）。2022，2023 年はうめ用一重，二重，ブロッコリー用，ベジフレッシュで黄化程度 0~4 であったが，果皮色 h^* 値はいずれも 100 以上で緑色を維持した。2024 年はウメ用二重，リンゴ用 20，ベジフレッシュで黄化程度 2~4，果皮色 h^* 値は 100 以上であったが，その他の区は 100 未満となり，店頭での販売が不可能な程度まで黄化した。

2023 年はウメ用二重の果実硬度が他の区より高く，2024 年ではウメ用二重，リンゴ用 20 の果実硬度がウメ用一重およびブロッコリー用より高かった。

結露度合について，2021，2022 年はいずれの区でも発生はみられなかったが，室温保管後は，オーラパックで結露度合 6（2021 年），ウメ用二重で 8（2022 年）と多くの結露がみられた（表 2）。2023 年以降はいずれの区も，ベジフレッシュより結露度合が小さかった。室温保管後のガス組成について， O_2 濃度はウメ用二重で低く，ブロッコリー用で高い傾向であり，ベジフレッシュで CO_2 濃度が高い傾向であった。

表 1 各包装資材と果実品質 (2021-2024 年)

年次	包装資材	収穫日		貯蔵後 ^z		
		果皮色h [*] 値 ^y	果実硬度	黄化程度 ^x	果皮色h [*] 値	果実硬度
2021	ウメ用二重	105.6	2.32	2	104.6	1.63
	オーラパック			0	104.4	1.67
	有意差 [®]	-	-	-	n. s.	n. s.
2022	ウメ用二重	110.5	2.00	0	107.4	1.80
	ブロッコリー用			2	105.5	1.55
	ベジフレッシュ			0	106.9	1.87
	有意差			-	-	-
2023	ウメ用一重	109.2	1.99	4	104.9	1.63 b
	ウメ用二重			2	107.7	2.07 a
	ブロッコリー用			2	106.9	1.61 b
	ベジフレッシュ			2	107.7	1.92 ab
	有意差			-	-	-
2024	ウメ用一重	108.1	1.77	8	93.3	0.91 b
	ウメ用二重			4	103.9	1.82 a
	ブロッコリー用			6	98.3	1.13 b
	リンゴ用20			2	104.7	1.65 a
	湿度Con			4	97.2	1.12 b
	ベジフレッシュ			4	100.6	1.42 ab
	有意差	-	-	-	n. s.	*

^z貯蔵後日数は2023年は15日後、2024年は23日後^y平均値 (n=10)、値が低いほど黄化傾向で100未満が販売不可の目安^x0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど黄化[®]Tukeyの多重比較により*は異なる符号間に5%水準で有意差があること、n. s. はないことを示す

表 2 各包装資材内の結露度合とガス組成 (2021-2024 年)

年次	包装資材	貯蔵後 ^z			貯蔵+室温		
		結露度合 ^y	O ₂ 濃度 (%)	CO ₂ 濃度 (%)	結露度合	O ₂ 濃度 (%)	CO ₂ 濃度 (%)
2021	ウメ用二重	0	13.9	8.9	4	3.1	17.0
	オーラパック	0	3.4	23.3	6	0.6	38.1
2022	ウメ用二重	0	6.5	15.6	8	0.6	29.1
	ブロッコリー用	0	17.3	5.3	4	8.9	13.1
	ベジフレッシュ	0	0.9	22.8	4	0.1	39.1
	ウメ用一重	6	17.5	4.7	4	11.0	10.7
2023	ウメ用二重	2	14.8	7.3	4	5.2	14.2
	ブロッコリー用	2	18.2	3.6	4	10.0	10.9
	ベジフレッシュ	6	7.7	12.3	6	0.7	19.5
	ウメ用一重	2	19.9	1.3	6	8.9	11.6
2024	ウメ用二重	2	17.5	4.3	4	3.0	16.8
	ブロッコリー用	0	18.0	4.3	2	11.2	11.3
	リンゴ用20	2	15.3	5.7	4	2.7	15.2
	湿度Con	0	19.6	2.1	4	8.4	14.4
	ベジフレッシュ	4	18.7	2.3	6	5.0	19.3

^z貯蔵後日数は2021-2023年は15日後、2024年は23日後^y0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど水滴が多い

試験 2 包装資材の違いが高温遭遇時の褐変障害および果実品質に及ぼす影響

(1) 褐変障害発生率

2024年の貯蔵35日後の褐変障害について、いずれの処理区にも褐変程度中の果実が発生した(図8左)。発生率はウメ用二重、ブロッコリー用、リンゴ用20で15%以下と比較的低かった。

2025年の貯蔵7日後の褐変障害発生率は7日後で袋なし区のみ発生がみられた（図8右）。20日後にはウメ用一重，袋なしで40%前後の発生率であったが，ウメ用二重，リンゴ用20およびリンゴ用10では20%以下と比較的低かった。なお，いずれの年も室温保管中の箱内の最高温度は17℃であった（データ略）。

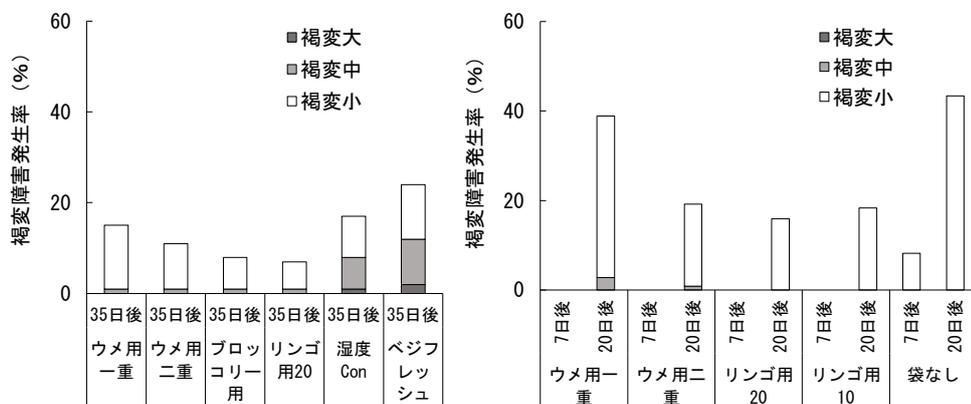


図8 各包装資材と高温処理後の褐変障害発生率（左：2024年 右：2025年）

注) 2024年は5℃(23日間)，室温(24時間)，5℃(11日間)貯蔵後に調査

2025年は5℃(4日間)，室温(24時間)，5℃(2, 15日間)貯蔵後に調査

(2) 果皮色，果実硬度および包装資材内の結露度合とガス組成

黄化程度と果皮色 h*値について，2024年は，いずれの区でも黄化が一定程度進んだが，中でもウメ用一重，湿度 Con で程度 8 となった。果皮色 h*値はいずれの区でも 100 未満で黄化が進んだが，リンゴ用 20 の値がもっとも高く黄化が抑えられた（表 3）。2025年はウメ用二重，リンゴ用 20，リンゴ用 10 で黄化程度 2，果皮色 h*値は 100 以上で緑色を維持した。果実硬度は黄化程度が小さいほど値が高く，軟化が抑えられる傾向であった。袋なしでは果皮の陥没が多数みられた（データ略）。

結露度合について，2024年はブロッコリー用，湿度 Con で結露度合 2~4 と少なかった（表 3）。2025年はウメ用二重，リンゴ用 20，リンゴ用 10 で結露度合 4 と少なかった。袋なしでは結露の発生はみられなかった。ガス組成の傾向としては，ウメ用二重で O₂ 濃度が低い傾向がみられた。

表 3 各包装資材と果実品質と包装資材内の結露度合およびガス組成 (2024-2025 年)

年次	包装資材	収穫日		貯蔵後 ^z			貯蔵後 ^z		
		果皮色h*値 ^y	果実硬度	黄化程度 ^x	果皮色h*値	果実硬度	結露度合 ^w	O ₂ 濃度(%)	CO ₂ 濃度(%)
2024	ウメ用一重			8	90.2 b	0.84	6	19.0	2.6
	ウメ用二重			6	96.1 ab	1.28	6	15.3	6.0
	ブロックリー用	108.1	1.77	6	93.1 ab	0.86	2	18.5	3.4
	リンゴ用20			4	99.5 a	1.37	6	16.1	5.2
	湿度Con			8	93.7 ab	0.92	4	19.9	1.3
	ベジフレッシュ			6	93.9 ab	1.15	6	19.4	1.9
有意差 ^v	-	-	-	*	n. s.	-	-	-	
2025	ウメ用一重			6	98.2 b	0.85 b	6	18.7	3.1
	ウメ用二重			2	106.4 a	1.65 a	4	13.7	8.6
	リンゴ用20	109.9	1.73	2	105.9 a	1.42 a	4	12.4	7.8
	リンゴ用10			2	106.6 a	1.56 a	4	11.0	8.1
	袋なし			8	94.4 b	0.49 b	0	20.5	0.5
	有意差			-	-	-	*	*	-

^z貯蔵後日数は2024年は35日後、2025年は20日後

^y平均値 (n=10)、値が低いほど黄化傾向で100未満が販売不可の目安

^x0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど黄化

^w0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど水滴が多い

^vTukeyの多重比較により*は異なる符号間に5%水準で有意差があること、n. s. はないことを示す

試験 3 P プラスリンゴ用による包装が長期貯蔵後の褐変障害および果実品質に及ぼす影響

(1) 褐変障害発生率

冷蔵貯蔵 7 日後はリンゴ用 20 およびリンゴ用 10 で褐変障害の発生はみられなかったが、袋なしでは発生が確認された (図 9)。冷蔵貯蔵 20 日後以降はすべての区で褐変障害の発生がみられたが、28 日後はリンゴ用 20 で 12%、リンゴ用 10 で 10%と比較的低かった。冷蔵貯蔵 40 日後はいずれの区でも 30%以上となった。

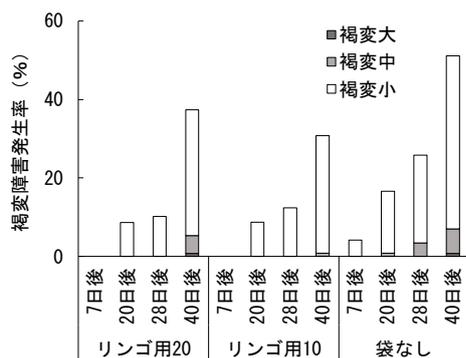


図 9 各包装資材と長期貯蔵後の褐変障害発生率 (2025 年)

(2) 果皮色, 果実硬度および包装資材内の結露度合とガス組成

黄化程度と果皮色 h*値について、貯蔵後 20 日の袋なしでは、黄化程度 8、果皮色 h*値は 100 以下と、店頭での販売が困難な果皮色となったが、リンゴ用 20 およびリンゴ用 10 では黄化程度は 2 と良好な果皮色を維持した (表 4)。28, 40 日後はリンゴ用 20 およびリンゴ用 10 で黄化は進んだ

が、果皮色 h*値は 100 以上を維持した。果実硬度は 20 日後に袋なしで 1 以下となり、急速な軟化が進んだが、リンゴ用 20 およびリンゴ用 10 では収穫直後とほぼ変わらない果実硬度を維持した。ガス組成の傾向について、リンゴ用 10 はリンゴ用 20 より O₂濃度が低い傾向がみられた（表 5）。袋なしでは 20 日後以降果実に多くの低温陥没がみられた（データ略）。

表 4 各包装資材と果実品質（2025 年）

包装資材	収穫日			20日後			28日後			40日後		
	果皮色h*値	果実硬度 ^z	黄化程度 ^y	果皮色h*値	果実硬度	黄化程度	果皮色h*値	果実硬度	黄化程度	果皮色h*値	果実硬度	
リンゴ用20			2	104.9 a	1.43 a	4	104.3 a	1.60 a	6	101.3 a	1.66 a	
リンゴ用10	109.9	1.73	2	105.3 a	1.49 a	4	106.2 a	1.66 a	4	103.1 a	1.65 a	
袋なし			8	99.8 b	0.72 b	8	95.4 b	0.60 b	8	89.7 b	0.50 b	
有意差 ^w	-	-	-	*	*	-	*	*	-	*	*	

^z平均値 (n=10)

^y0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど黄化

^wTukeyの多重比較により*は異なる符号間に5%水準で有意差があること。n. s. はないことを示す

表 5 各包装資材内の結露度合とガス組成（2025 年）

包装資材	20日後			28日後			40日後		
	結露度合 ^z	O ₂ 濃度(%)	CO ₂ 濃度(%)	結露度合	O ₂ 濃度(%)	CO ₂ 濃度(%)	結露度合	O ₂ 濃度(%)	CO ₂ 濃度(%)
リンゴ用20	2	12.0	7.7	2	13.6	6.8	4	15.1	6
リンゴ用10	2	12.2	6.1	2	6.6	9.9	4	8.5	9.7
袋なし	0	20.5	0.5	0	20.5	0.5	0	20.5	0.6

^z0, 2, 4, 6, 8, 10の6段階で大きいほど水滴が多い

考 察

本試験は、JA グループが船便でウメを輸出した際に多くの果実で褐変が発生したこと（図 1）を契機に開始された。これまでに、収穫後の保存条件（大江ら，2023）や果実の熟度および大きさ（大江ら，2024）が褐変障害の発生に及ぼす影響が報告されている。また、香港への輸送中の品質変化については、複数の梱包方法の中でアルミ蒸着袋が低温障害果の抑制に有効であることが示されている（土田ら，2016）。本試験では、住友ベークライト社製 P プラスを中心に複数の資材を用い、褐変障害の発生率と、販売時の重要な果実品質となる果皮の黄化程度および果実硬度との関係を調査した。

包装資材の違いによる影響を調査した結果、褐変障害の発生は年次差がみられたものの、複数年でウメ用二重包装が発生を抑える傾向を示した（図 4～7）。また、鮮度指標である黄化程度および果皮色 h*値は、2024 年の結果から、ウメ用二重包装、リンゴ 20kg 用、ベジフレッシュで、黄化程度 2～4、h*値 100 以上と高い値を示し、店頭での販売が可能な果皮色を維持した（表 1）。果実硬度は、ウメ用二重包装およびリンゴ 20kg 用で値が高く良好な結果であった。

一方、結露については、果皮褐変との関連が既報で指摘されているが（北野ら，1984；大江ら，2023，2024），本試験では 2024 年のベジフレッシュを除き、複数年で一定の傾向は認められなかった（表 2）。ガス組成についても明確な傾向はみられなかったが、O₂および CO₂濃度が大きく変動した条件では褐変障害が多い傾向があり（図 4，5，表 2），何らかの関与が示唆された。

以上より、ウメ用二重包装は複数年で褐変障害と黄化および軟化を抑制し、2024 年の結果からはリンゴ用 20 も同等の効果を有することが示された。ウメ果実は常温では熟度の進行が早いた

め、これまでに鮮度保持期間の延長を目的に様々な研究がなされてきた。ガス交換できる資材で包装を行い資材内にエチレン除去剤を入れると、果実から放出されるエチレンが除去され、鮮度保持期間が延長される（宮崎，1983）ことが報告されているが、多量の果実を出荷するにはコストの面で不利である。本試験で用いた P プラスを始めとする包装資材は、購入数が増えれば価格が安くなるため、多量のウメを輸出する際には有用であると考えられる。なお、海外輸送時の包装資材の活用については、土田ら（2016）がアルミ蒸着袋（福助工業社製）での包装が、低温障害や黄化などの抑制に効果が高いことを示している。しかし、褐変障害や果皮色については未検証であるため、今後、コストの面からも本試験で使用した P プラスとの比較検証が必要と考えられる。

次に、輸出時の船への積み込みや到着後の流通時に冷蔵状態から常温に曝露される状況を想定し、高温遭遇の影響を検討した。5℃貯蔵中に 1 日間室温（最高 17℃）に置いた後再び 5℃に戻した場合、2024、2025 年とも、終始 5℃で貯蔵した場合に比べ褐変障害が増加する傾向が認められた（図 8）。実際の輸送中に温度上昇の可能性があることから（森口，2017）、高温遭遇時でも品質を維持できる資材の選択が重要である。資材別では、ウメ用二重包装、ブロッコリー用、リンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用で褐変障害が抑えられ（図 8）、黄化抑制効果はウメ用二重包装、リンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用で優れていた（表 3）。リンゴ用は一重で効果がみられたことから、コスト面でも有利であった。

さらに、ウメ用二重包装と同等の効果を示したリンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用を用いて長期貯蔵試験を行った。リンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用では褐変障害の発生率は同程度で、貯蔵 20 日後まで 10%以下に抑えられた（図 9）。また、黄化程度および果皮色 h^* 値は貯蔵 40 日後まで販売可能な水準を維持した（表 5）。以上より、P プラスのリンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用は、1 枚使用でも高い貯蔵効果を示し、コスト面からもウメ‘南高’果実の船便輸出に適した資材であると判断された。ウメ果実は、冷蔵貯蔵中に包装資材内が嫌気状態になりすぎると CO_2 濃度が高まり、褐変障害が発生する（大江ら，2023）。住友ベークライト社製 P プラス各種は、常温での保存を前提に販売されている商品であるが、その中から本試験でウメの長期冷蔵に適した資材を見出すことができた。一方、包装資材内のガス組成と褐変障害や黄化に明瞭な傾向は認められなかったため、そのメカニズムについては、今後より詳細な調査が必要である。

摘 要

本試験ではウメの船便での輸出につなげるため、褐変障害や果実の鮮度を示す果皮色、果実硬度を調査し、ウメ‘南高’果実の冷蔵輸送に適した包装資材を明らかにした。

1. 果実の 5℃貯蔵中の褐変障害および黄化について複数年で調査を行ったところ、P プラスウメ用の二重包装で、もっとも軽減することが明らかとなった。
2. 果実の褐変障害および黄化の軽減に関して、P プラスリンゴ 20kg 用での包装は P プラスウメ用二重包装と同等の効果があつた。
3. 冷蔵貯蔵中に高温（17℃程度）に遭遇した場合でも、P プラスウメ用二重包装、リンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用での包装で褐変障害の発生を抑えられることが明らかとなった。
4. P プラスリンゴ 20kg 用およびリンゴ 10kg 用で包装し 5℃で貯蔵した場合、少なくとも 20 日間は褐変障害発生率を 10%以下に抑えられ、コストの面からもウメの船便輸出に適した資材であると判断された。

包装資材をご提供いただいた株式会社ケイネット，株式会社住友ベークライト，また輸出に関する情報提供をいただいたわかやま農業協同組合紀南地域本部に深く感謝の意を表す。

引用文献

- Imahori, Y., M. Kota, Y. Ueda, H. Yoshioka and K. Chachin. 1998. Relationship between low-oxygen induced injury and respiration in several fruits under hypoxia. *Food Preservation Science*. 24: 303-308.
- 北野欣信・小川正毅・角田秀孝・前阪和夫・山下重良. 1984. ウメ果実の予冷法に関する研究. 和歌山県果樹園試研報. 8: 10-21.
- Kweon, H., I. Kang, M. Kim, J. Lee, Y. Moon, C. Choi D. Choi and C. B. Watkins. 2013. Fruit maturity, controlled atmosphere delays and storage temperature affect fruit quality and incidence of storage disorders of ‘Fuji’ apples. *Scientia Horticulturae*. 20: 60-64.
- 宮崎丈史. 1983. 青ウメの鮮度保持に及ぼす包装とエチレン除去の効果. *園学雑*. 52: 85-92.
- 森口仁文. 2017. 青梅香港輸出の取り組みと輸送試験・貯蔵試験の結果について. *和歌山の果樹*. 68(5): 42-46.
- 大江孝明・下村友季子・梶野高志・稲葉有里・土田靖久・菱池政志. 2023. ウメ‘南高’果実の収穫後の保存条件が褐変障害果発生に及ぼす影響. *和歌山県農林水研報*. 11: 31-41.
- 大江孝明・下村友季子・梶野高志・稲葉有里・土田靖久・菱池政志. 2024. フィルム包装したウメ‘南高’果実の熟度および大きさが褐変障害果発生に及ぼす影響. *和歌山県農林水研報*. 12: 17-25.
- 土田靖久・廣畑佳和・榎本雄司・下岡三穂・廣畑賢一. 2016. ウメ‘南高’果実の香港への輸送中における品質変化. *和歌山県農林水研報*. 4: 77-84.

和歌山県のウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの発生生態と吸汁被害による影響

裏垣翔野・向日春輔・柏木悠里¹・金丸丈能²・下村友季子³

和歌山県果樹試験場うめ研究所

The Ecology of *Singapora Shinshana* (Matsumura) (Hemiptera:Cicadellidae) and the Effect of Sap-Sucking Damage on Leaves in Japanese Apricot Orchards, Wakayama Prefecture.

Shono Uragaki, Shunsuke Mukai, Yuri Kashiwagi¹, Takenori Kanamaru² and Yukiko Shimomura³

Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

モモヒメヨコバイ *Singapora shinshana* (Matsumura) (カメムシ目ヨコバイ科, 以下, 本種) は, 成虫および幼虫が葉を吸汁し, 加害が激しい場合には早期落葉を引き起こす(兼田・中西, 2021). 被害初期には, 淡黄色から黄白色の吸汁痕が生じ(Kim et al., 2021), 個体群密度が高くなると葉全体が白く退色する. 本種の分布は, 国外では韓国, 中国, 台湾で, 国内では沖縄県のみであったが, 2019年に和歌山県田辺市の複数のウメ圃場で被害が確認(下村, 2022)されて以降, 関東以西の府県で発生が確認されている(三代, 2023). 国内ではウメ, モモ, スモモ, アンズ, オウトウ, ハナモモ, ハナウメで被害が確認されており(三代, 2023), 国外ではそれら以外に, バラ科のリンゴ, カリン, サトザクラ, バラ, バンレイシ科のポポー, ヤナギ科のポプラ, ムクロジ科のイロハモミジ, グミ科のアキグミ, ニレ科のケヤキで被害が報告されている(Cao et al., 2014; Kim et al., 2021). 本種の生態として, 徳島県のウメでは, 夏季から秋季にかけて幼虫と成虫が混在し, 11月下旬以降は成虫のみが認められている(兼田・中西, 2021). 和歌山県では, ウメの落葉後はサンゴジュやヒサカキ等の常緑樹の葉上で越冬することが確認されており, 3月のウメの展葉時期に樹上で成虫が認められている(下村, 2022). また, 韓国では, 4月下旬から10月下旬まで発生が見られ, 6月下旬と8月下旬に多発することが確認されている(Lee and Chung, 2011). しかしながら, ウメの大規模産地を擁する和歌山県内において, 本種の詳細な発生生態は明らかになっておらず, 加えて, 本種の吸汁被害が葉の生理機能に及ぼす影響について調べられた事例はない.

そこで本研究では, 和歌山県における本種の発生生態と吸汁被害による葉への影響を調査したので報告する.

¹現在: 和歌山県農林水産部農林水産政策局食品流通課

²現在: 和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

³現在: 和歌山県果樹試験場

材料および方法

1. 和歌山県におけるモモヒメヨコバイの越冬樹種（試験 1）

2022～2024 年にウメ落葉後の 1～2 月に和歌山県田辺市，印南町，みなべ町内のウメ栽培圃場付近の常緑樹を対象に，叩き落し法によって粘着板（発生予察粘着板，信越化学工業製）上に昆虫を採集し，本種の有無を確認した。

2. ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの発生生態（試験 2）

調査は，2023 年と 2024 年に和歌山県田辺市の慣行防除を実施している圃場（以下，慣行防除圃場）で，2024 年と 2025 年にみなべ町の無防除のうめ研究所内圃場（以下，無防除圃場）で行った。慣行防除の実績は表 1 のとおりであった。なお，慣行防除圃場では，収穫前の 5 月までの防除に加え，2023 年は 8 月，2024 年は 9 月にも防除が行われた。

表 1 慣行防除圃場における調査期間中の殺虫剤散布実績

2023年		2024年	
散布日	薬剤名	散布日	薬剤名
3月14日	フルバリネート水和剤	3月2日	フルバリネート水和剤
3月28日	ジノテフラン水溶剤	3月14日	プロフェジン水和剤
4月10日	プロフェジン水和剤	3月30日	ジノテフラン水溶剤
4月24日	ビフェナゼート水和剤	4月30日	ビフェナゼート水和剤
5月10日	フルベンジアミド水和剤	5月24日	フルベンジアミド水和剤，ジノテフラン水溶剤
8月6日	ジノテフラン水溶剤	9月25日	ジノテフラン水溶剤

1) 黄色粘着トラップを用いた成虫の誘殺消長

青色粘着トラップよりも黄色粘着トラップで多く誘殺されたとの報告(Kim et al., 2021)に基づき，本研究では黄色粘着シート（ITシートイエロー 幅 10cm，サンケイ化学製）を長さ 27cm に切断し，供試した。各調査圃場で 3 箇所ずつ地面に鉄パイプを打ち込み，水平方向に鉄パイプ 2 本をパイプ固定具で固定した。粘着シートの上端が地面から高さ 1m の位置になるように縦向きにして，ダブルクリップで上下を水平の鉄パイプに固定した。黄色粘着シートは，慣行防除圃場では 8～12 日おきに，無防除圃場では 2024 年は 8～12 日，2025 年は 3～7 日おきに交換し，回収したトラップに誘殺された本種の成虫を計数した。

2) 葉に寄生する成幼虫の発消長と被害程度

圃場内で 3 樹を選定し，1 樹につき 100 葉，計 300 葉に寄生する本種の成虫および幼虫数を計数した。併せて同じ 300 葉を吸汁被害面積別に 5 段階の被害度に分類した（図 1）。慣行防除圃場では，2023 年は 3 月 30 日，2024 年は 4 月 11 日，無防除圃場では 2024 年は 4 月 11 日，2025 年は 4 月 4 日から調査を開始した。慣行防除圃場では 8～12 日おきに，無防除圃場では 2024 年は 8～12 日おき，2025 年は 3～7 日おきに，落葉するまで調査を実施した。

3) 性比および成熟卵保有雌個体割合

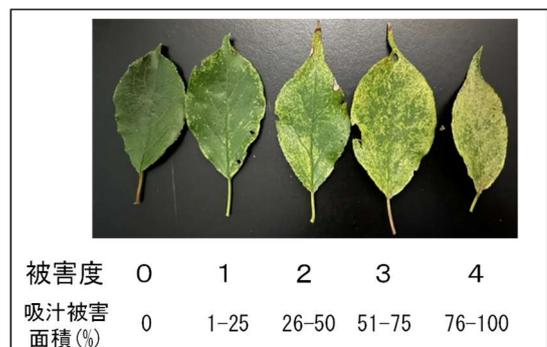


図 1 モモヒメヨコバイ吸汁被害面積別の被害度

2025年の3月下旬から12月中旬にかけて捕虫網(直径36cm, 深さ75cm)で本種の成虫を捕獲した。捕獲個体を無作為に吸虫管で採集し、雌雄別に計数した。採集した成虫のうち雌12~30頭を解剖し、卵巣小管内に成熟卵を保有している雌の割合を算出した。3月25日から9月30日までは無防除圃場内で成虫を採集し、10月以降、調査圃場内のウメが落葉したことで成虫が見られなくなり、採集できなくなった。このため、10月16日の調査時には成虫が発生している近隣の圃場のウメの樹から採集し、11月20日と12月15日の調査時には圃場付近のスギ・ヒノキで越冬している個体を採集した。性比については、理論値を1:1としたカイ二乗適合度検定により解析した。

3. モモヒメヨコバイによる吸汁被害が葉に及ぼす影響(試験3)

2023年の8月または9月に印南町の現地ウメ栽培圃場で、2023年10月、2024年8月および10月にうめ研究所内圃場で、「南高」成木から試験2の2)と同じ5段階の被害度別に葉を採取し、以下の項目を測定した。

1) 乾燥ストレス

水ポテンシャルを調査した。2023年9月1日、10月12日、2024年10月31日の午前5時および2024年8月21日の午前4時30分に葉を採取し、プレッシャーチャンバー(DIK-7002, 大起理化製)を用いて測定した。

2) クロロフィル含量

2023年8月31日、10月10日、2024年8月20日、10月21日の各時期に採取した葉を乳鉢に入れ、石英砂、80%アセトンを加えてすりつぶし、上澄み液について、分光光度計(V-750, JASCO製)を用いて波長645nmおよび663nmでそれぞれの吸光度を測定し、それぞれA645, A663とした。Arnon(1949)の以下の計算式によりクロロフィル含量(mg/L)を算出し、生重1gあたりのクロロフィル含量を算出した。

$$\text{クロロフィル含量(mg/L)} = 20.2 \times A645 + 8.02 \times A663$$

3) 光合成速度

2023年8月31日、10月11日、2024年8月21日、10月31日の午前10時に葉を採集し、光合成測定装置(LI-6400, Licor製)を用いて測定した。

結 果

1. 和歌山県におけるモモヒメヨコバイの越冬樹種(試験1)

スギ、ヒサカキ、イヌマキ、アラカシ、ウバメガシ、シキミ、サンゴジュ、マサキ、ナンテン、キンモクセイ、カナメモチ、チャノキ、ツバキ、カンキツの常緑樹12科14種の樹上で本種成虫の越冬が確認された(表2)。

2. ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの発生生態(試験2)

1) 黄色粘着トラップを用いた成虫の誘殺消長

慣行防除圃場における2023年と2024年の誘殺数は、3月中旬から増加し、3月下旬に最も多かった。4月上旬から6月下旬までほとんど誘殺されず、7月以降に再び増加した(図2)。7月以降、2023年には7月下旬、8月下旬、10月上旬にピークがあり、10月下旬以降、ほとんど誘殺されず、10頭以下で推移した。2024年には8月上旬、9月中旬にピークがあり、10月上旬以降、ほとんど誘

表 2 モモヒメヨコバイの越冬が確認された常緑樹

科	樹種	科	樹種
ヒノキ科	スギ	ニシキギ科	マサキ
モッコク科	ヒサカキ	メギ科	ナンテン
マキ科	イヌマキ	モクセイ科	キンモクセイ
ブナ科	アラカシ、ウバメガシ	バラ科	カナメモチ
シキミ科	シキミ	ツバキ科	チャノキ、ツバキ
スイカズラ科	サンゴジュ	ミカン科	カンキツ

殺されなかった。

無防除圃場における誘殺数は、2024 年には 3 月中旬から増加し、3 月下旬にピークがあった。4 月上旬以降は減少し、6 月中旬以降に再び増加した (図 3A)。6 月下旬、8 月中旬、9 月下旬にピークがあり、8 月中旬に最も多く誘殺された。10 月下旬以降は、ほとんど誘殺されなかった。2025 年は 3 月第 5 半旬から 6 半旬にかけて増加し、4 月以降は減少したものの、6 月第 4 半旬から再び増加し、6 月第 5 半旬、7 月第 6 半旬、10 月第 1 半旬にピークが認められた (図 3B)。11 月第 1 半旬以降はほとんど誘殺されなかった。

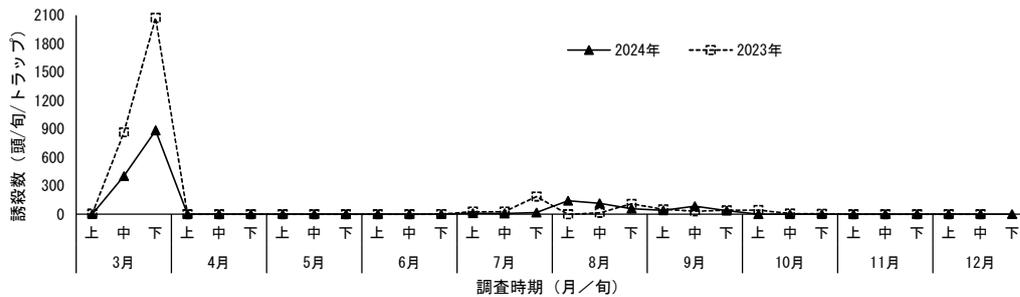


図 2 田辺市の慣行防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの誘殺消長
※横軸の上、中、下は旬を示す。

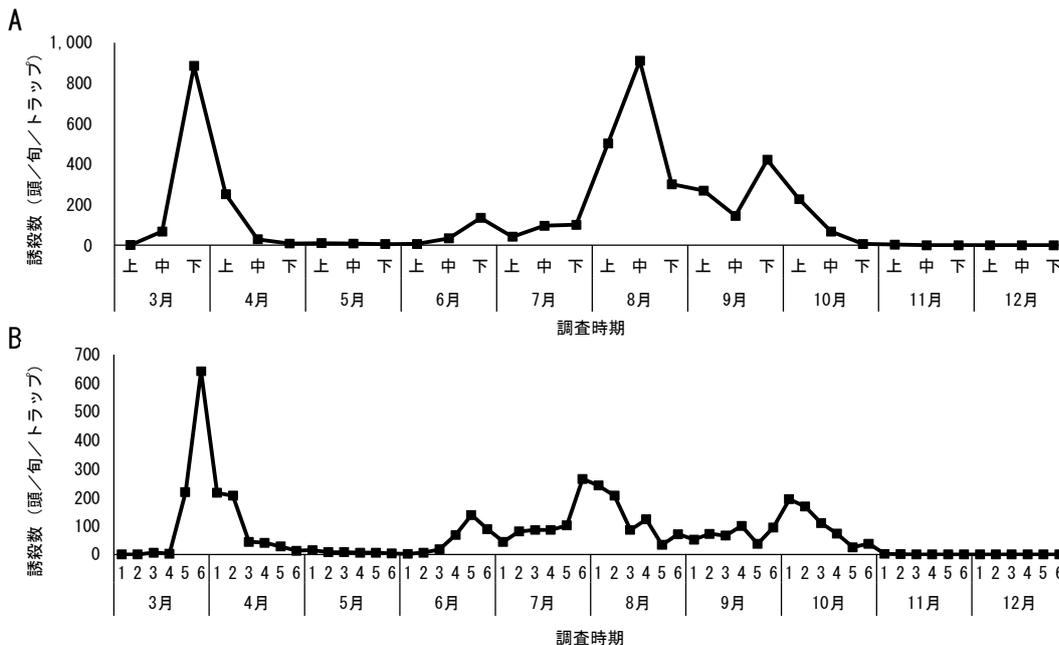


図 3 みなべ町の無防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの誘殺消長 (A : 2024 年, B : 2025 年)
※横軸の上、中、下は旬を、1~6 は半旬を示す。

2) 葉に寄生する成幼虫の発消長と被害程度

慣行防除圃場では、2023年には6月30日に初めて幼虫の寄生が認められ、幼虫数は7月21日から8月2日にかけて増加したが、薬剤散布直後の8月12日には幼虫は認められなかった(図4A)。その後、幼虫数は8月22日から9月11日にかけて再び増加した。7月21日以降、被害葉が増加するとともに被害程度が高まった後、11月下旬以降には被害度4以上の葉の割合が減少した(図4B)。落葉により12月21日には着生する葉がなくなったため、調査を終了した。2024年には7月11日に初めて幼虫の寄生が認められ、以降、9月2日にかけて幼虫数は増加した(図5A)。薬剤防除後の10月2日以降、寄生はほとんど認められなかった。7月22日以降、被害葉が増加するとともに被害程度が高まった(図5B)。落葉により12月20日には着生する葉がなくなったため、調査を終了した。

無防除圃場では、2024年には5月10日に初めて幼虫の寄生が認められた。幼虫数は7月10日から8月9日にかけて増加し、8月21日にはやや減少したが、8月30日に再び増加した(図6A)。7月10日以降、被害葉が増加するとともに被害程度が高まり、8月30日以降、被害度3以上の葉が9割以上を占めた(図6B)。落葉により10月21日には着生する葉がなくなったため、調査を終了した。2025年には5月20日に初めて幼虫の寄生が認められ、6月10日、7月18日、8月5日にピークが認められた。幼虫数は8月25日以降、低く推移した(図7A)。6月16日以降、被害葉が増加するとともに被害程度が高まり、8月15日以降、被害度3以上の葉が9割以上を占めた(図7B)。落葉により10月16日には着生する葉がなくなったため、調査を終了した。

3) 性比および成熟卵保有雌個体割合

成熟卵を保有する雌の割合は、3月25日には0%であったが、4月22日から5月26日まで100%であった(図8)。以降は減少したが、7月15日にかけて再び増加した。8月13日以降は0%で

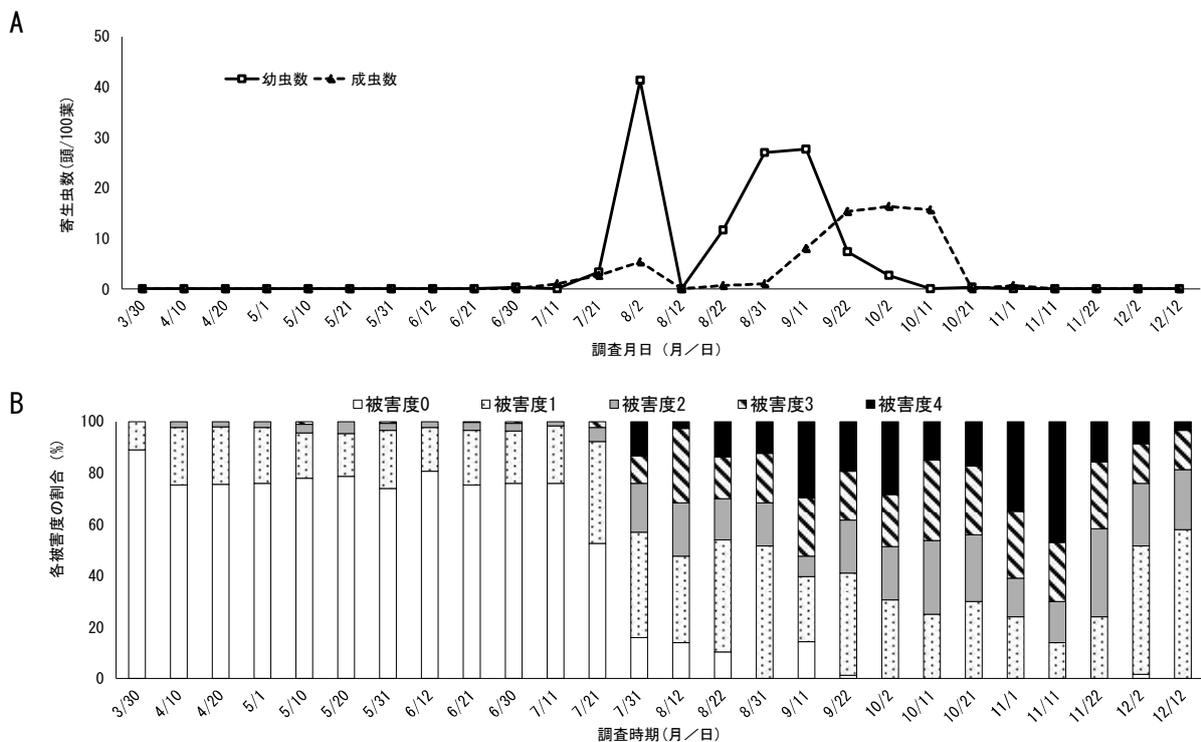


図4 田辺市の慣行防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの寄生成虫および幼虫数 (A), 被害程度の推移 (B) (2023年)

推移した。性比は 4 月 22 日から 5 月 26 日にかけて雌がほとんどを占めた(図 9)。性比が 1:1 であったのは 6 月 19 日から 30 日, 9 月 1 日から 9 月 30 日, 11 月 20 日から 12 月 15 日で, 他は性比に偏りがあった。

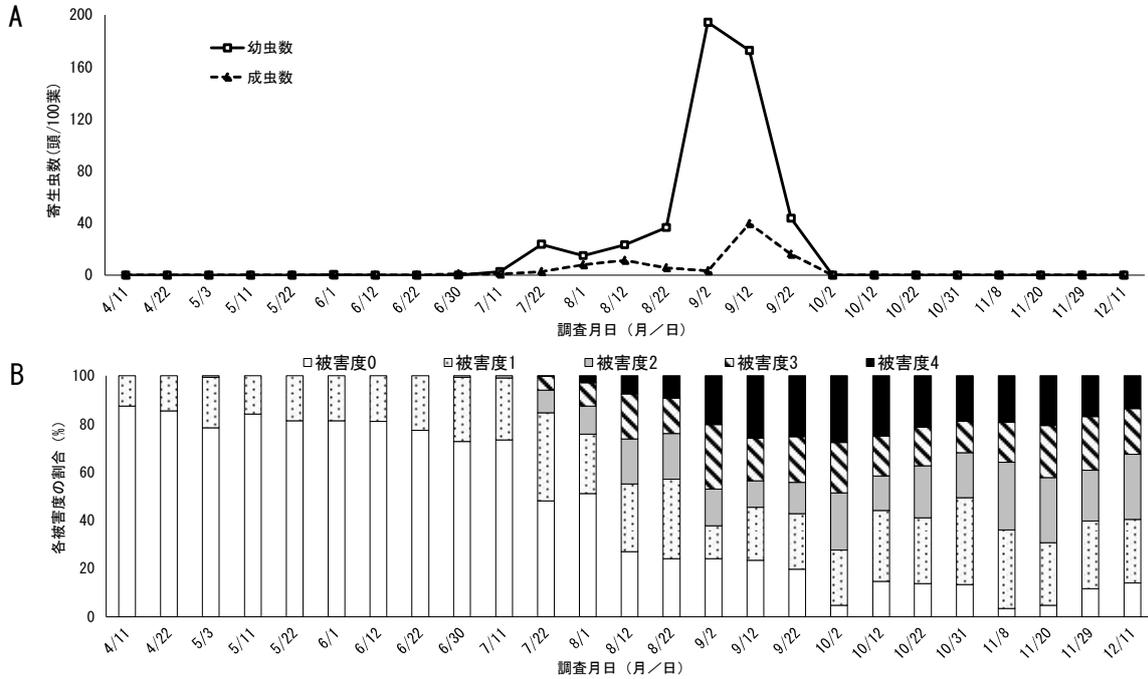


図 5 田辺市の慣行防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの寄生成虫および幼虫数 (A), 被害程度の推移 (B) (2024 年)

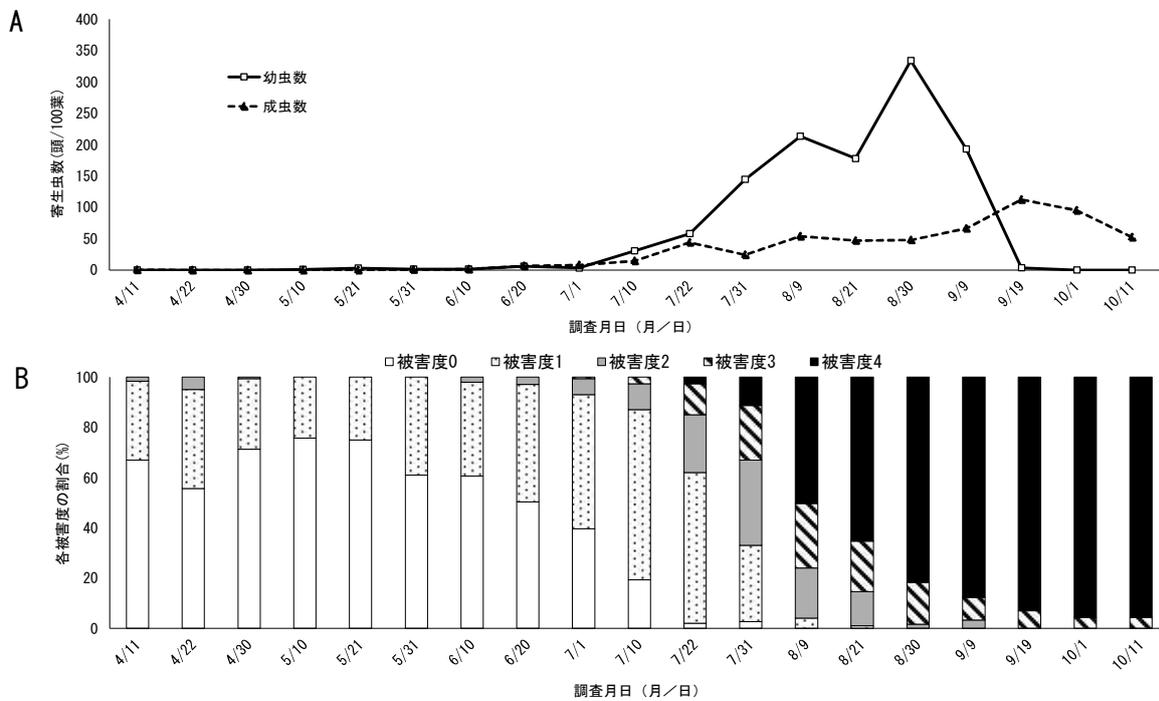


図 6 みなべ町の無防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの寄生成虫および幼虫数 (A), 被害程度の推移 (B) (2024 年)

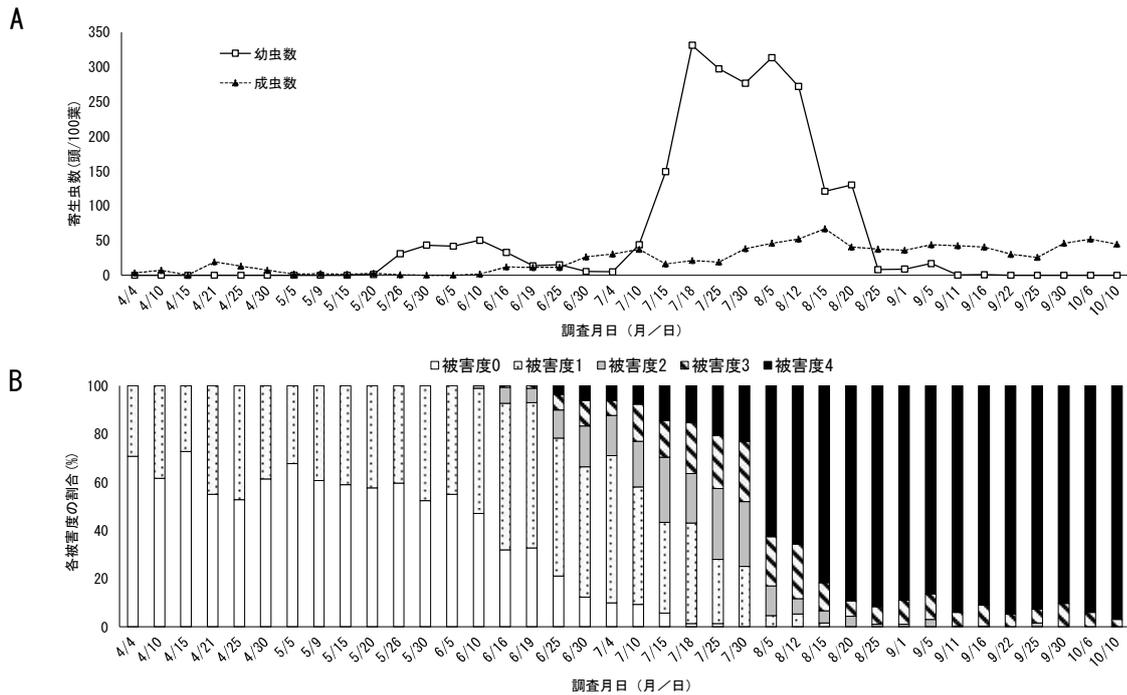


図7 みなべ町の無防除ウメ栽培圃場におけるモモヒメヨコバイの成虫および幼虫数(A), 被害程度の推移(B) (2025年)

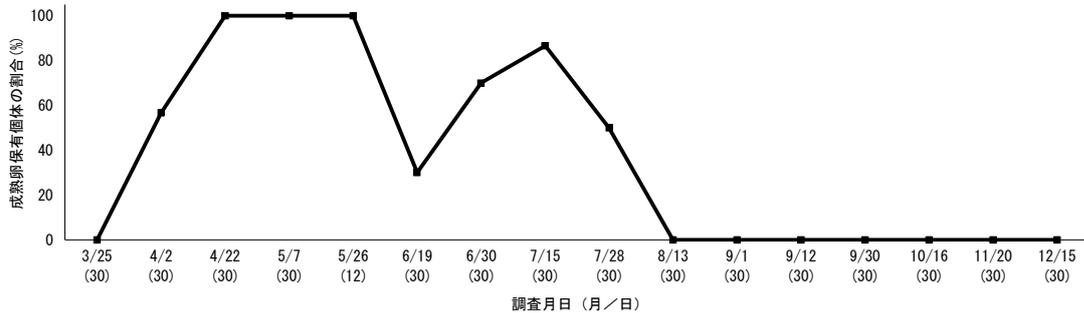


図8 ウメ栽培圃場で採集したモモヒメヨコバイ雌成虫における成熟卵保有個体の割合(2025年)

※調査月日の下()内の数字は解剖雌数を示す。

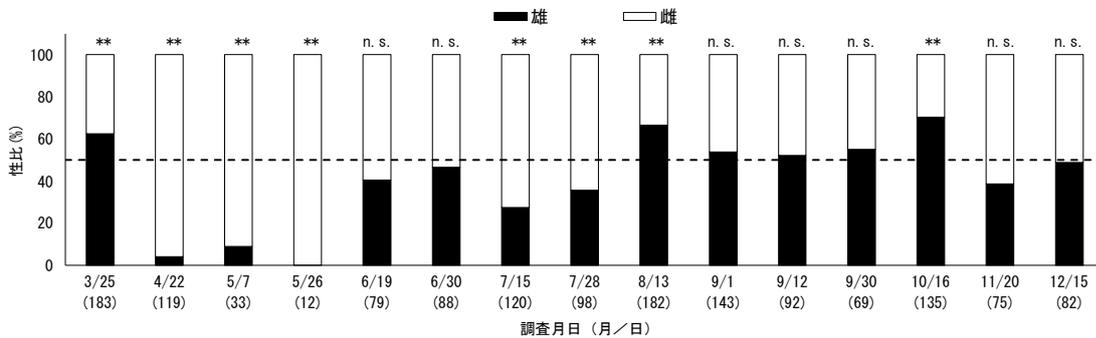


図9 ウメ栽培圃場で採集したモモヒメヨコバイの性比(2025年)

※調査日の下()内の数字は採集虫数を示す。

棒グラフ上の記号はカイニ乗適合度検定の結果, 性比1:1に対して有意差があることを示す (**: $P < 0.01$, n.s.: 有意差なし). 点線は性比1:1(50%)のラインを示す。

3. モモヒメヨコバイによる吸汁被害が葉に及ぼす影響（試験 3）

水ポテンシャルは、被害度が高いほど低い傾向があり、いずれの時期も被害度 1 以下と 3 以上で差が認められた(図 10). クロロフィル含量(図 11) および光合成速度(図 12)は、被害度が高いほど低い傾向があり、いずれの時期も被害度 0 と被害度 4 の間に差が認められた.

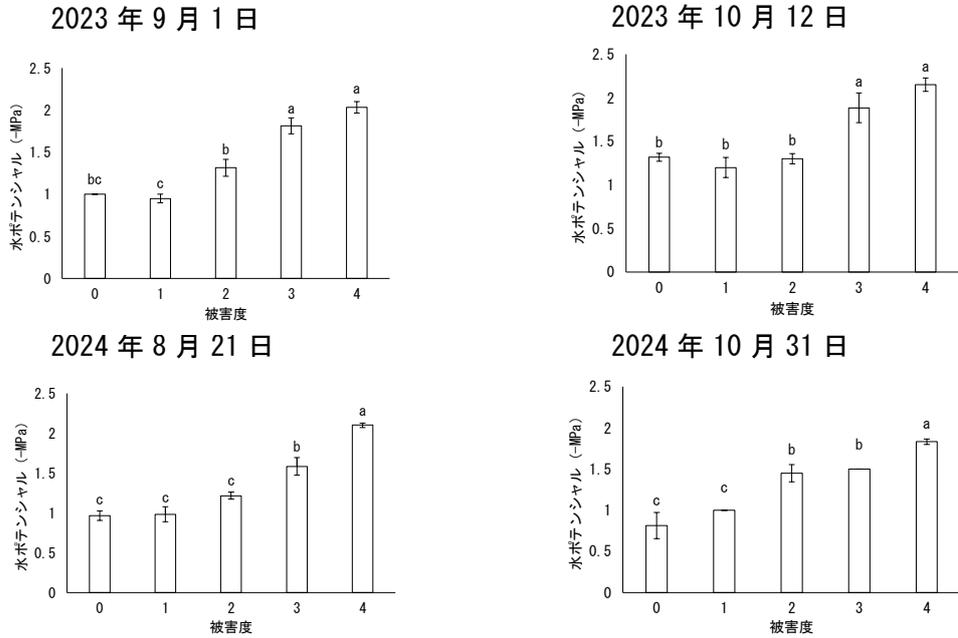


図 10 モモヒメヨコバイ被害度別のウメ葉の水ポテンシャル

※縦棒は標準誤差を示し、Tukeyの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり (n=3)

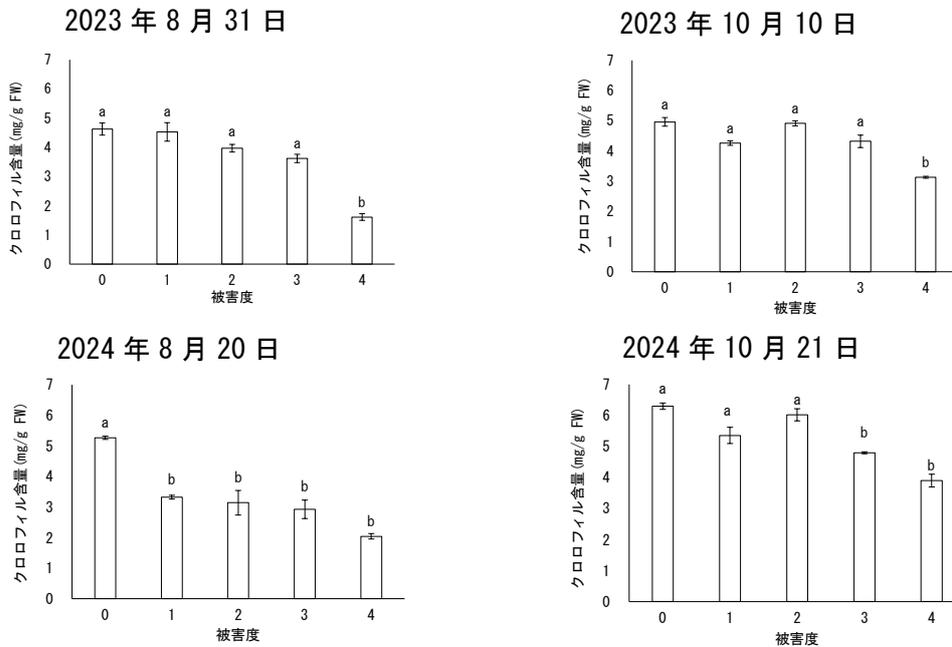


図 11 モモヒメヨコバイ被害度別のウメ葉のクロロフィル含量

※縦棒は標準誤差を示し、Tukeyの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり (n=3)

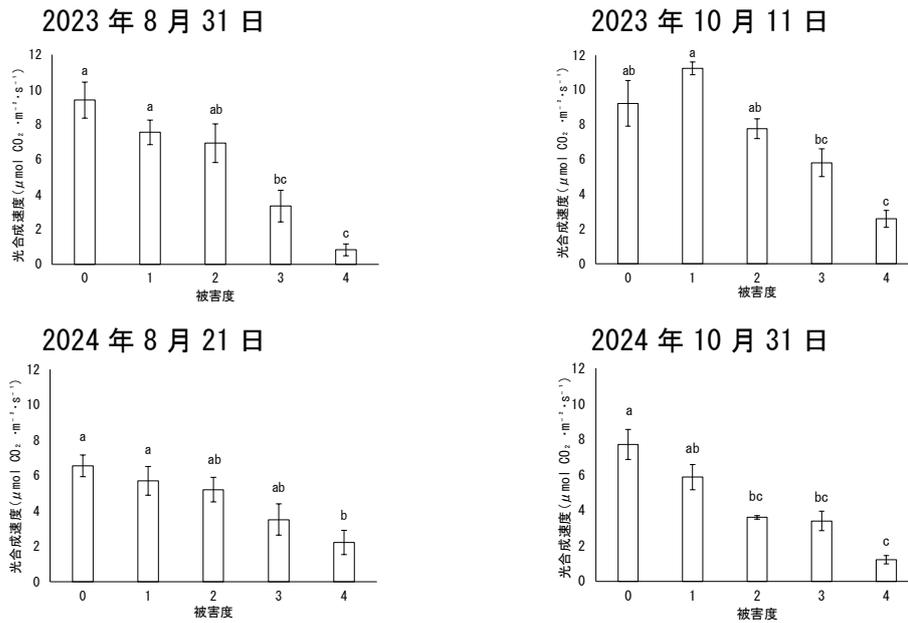


図 12 モモヒメヨコバイ被害度別のウメ葉の光合成速度

※縦棒は標準誤差を示し、Tukeyの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり (n=3)

考 察

モモヒメヨコバイは、和歌山県においてこれまでヒサカキとサンゴジュで越冬することが確認されていたが(下村, 2022), 本研究の結果から新たに常緑樹 12 種で越冬することが明らかとなった。これらはいずれも圃場付近の植栽または自生樹であることから、近隣の発生源であったウメ圃場から飛来し、越冬していたものと推察される。

3月から5月にかけて殺虫剤が5回散布された慣行防除圃場および無防除圃場のいずれにおいても、本種成虫の誘殺数は3月下旬に1回目のピークを示した後、4月以降は低く推移し、7月以降に幼虫密度および被害程度が高まる傾向が確認された。無防除圃場では、5月上中旬に第1世代の幼虫の寄生が認められ、以降増加した。一方で、慣行防除圃場では、4月から6月中旬まで成虫がほとんど誘殺されず、6月下旬以降、初めて幼虫の寄生が認められた。7月以降、無防除圃場において慣行防除圃場よりも早期に被害葉が増加し、被害程度が高まったことから判断して、慣行防除を行うことで6月までの密度を低く維持できたと考えられる。特に2024年、2025年で共通して3月下旬のジノテフラン水溶剤が散布されて以降、誘殺数が激減したことから、同剤が成虫に対して効果を示した可能性が高いと考えられる。ジノテフラン水溶剤は、室内試験で本種の成虫および幼虫に対し高い殺虫効果が認められており(兼田・中西, 2021), 今回、2023年8月6日にジノテフラン水溶剤が散布された慣行防除圃場において、散布前の8月2日に確認された幼虫が散布6日後の8月12日には認められなくなったことから、圃場においても高い殺虫効果を示す可能性が示唆された。その後は、8月22日に幼虫の発生が認められ、9月11日にかけて増加したことから、本剤による残効は概ね2週間程度であると推察された。2024年についても、9月25日にジノテフラン水溶剤が散布されて以降、成虫および幼虫の葉上での寄生がほとんど認められなかったことから、ジノテフラン水溶剤の効果が再度確認され

た。

慣行防除圃場で7月以降に葉上の密度が急増したのは、防除が不十分な近隣の圃場で発生した成虫が飛来し、圃場内で繁殖したことによる可能性が考えられる。本種は、*Prunus* 属への選好性が高いことが確認されており (Kim et al., 2021)、ウメ、モモ、スモモ等の無防除圃場や、サクラ等のバラ科街路樹で増殖した個体が、慣行防除圃場へ拡散している可能性がある。したがって、慣行防除圃場における本種の発生時期は、周辺の環境、つまり発生源の有無によって変動すると推察される。防除に際しては、圃場内外の観察が重要になると考えられる。

2025年の無防除圃場では3月第6半句以降、減少していた誘殺数が6月第3半句以降に増加し、幼虫の寄生が5月20日に確認された。さらに、性比については、3月25日には雄の割合が高かったのに対し、4月26日から5月26日にかけて雌が大半を占め、全ての雌が成熟卵を保有していたが、6月中旬には再び雄の割合が上昇し、成熟卵を保有している雌の割合が低下した。以上の結果から、6月19日以降に採集された個体には新世代の成虫が含まれると考えられ、越冬世代から第1世代への世代交代が5月下旬から6月中旬の間に行われたと推察される。4月26日から5月26日にかけて雌が大半を占めた要因については判然としなかったため、今後の検討課題である。

2023年の慣行防除圃場では9月11日まで幼虫数が増加した。一方、2025年の無防除圃場では、8月中旬に被害度3以上の葉が大半を占め、これ以降、成熟卵を保有する雌成虫は確認されなくなり、9月以降は寄生幼虫数が減少した。無防除圃場においては、葉の被害程度が高まった8月中旬以降は雌成虫が卵を成熟させることができなくなり、結果として幼虫密度が低下したと推察される。Lee and Chung (2011) によると、韓国の有機栽培圃場では4月下旬から発生し始め、8月中旬に密度がピークに達した後急減したのに対し、薬剤散布圃場では6月上旬から発生し始め、10月以降も高い密度が維持されたとされている。本研究においても、これと同様の傾向を示した。本調査の供試虫は無防除圃場から採集したが、8月中旬以降も葉の被害程度が高まっていない圃場の個体を調査すれば、同時期でも成熟卵を保有する成虫が存在する可能性が高いと考えられる。また、成虫、幼虫の発生ピークは第2世代以降では判然とせず、規則性は確認されなかった。このため年間の発生回数を予測することは困難であった。

無防除圃場では、葉の被害程度が高まった2024年は9月上旬以降、2025年は8月中旬以降に密度が低下したが、2023年の慣行防除圃場では秋季も葉の被害程度が無防除圃場よりも低く維持されたにもかかわらず、9月11日以降、幼虫数が減少に転じた。徳島県においても、夏季から秋季にかけては本種の幼虫と成虫が混在するものの、11月下旬以降は成虫のみが確認されており (兼田・中西, 2021)、この減少要因として、日長の変化による産卵停止が考えられる。ヒメヨコバイ亜科であるフタテンヒメヨコバイ (*Arboridia apicalis*) では、9月上旬になると卵巢中の成熟卵が見られなくなり、臨界日長である14時間以下の日長では産卵を停止することが報告されている (宮崎, 1991)。本研究の慣行防除圃場における9月中旬以降の幼虫数の減少は、臨界日長以下の日長を感知して産卵を停止したことによる可能性が高い。産卵を停止した個体は、成虫態で休眠するものと推察される。

本種の吸汁によって、被害程度が高いほど水ポテンシャルが低下する傾向であったことから、激しく吸汁されると乾燥ストレスが増大すると考えられる。また、ヒメヨコバイ亜科は葉の柔組織を吸汁しており (Kobiałka et al., 2025)、被害程度が高いほどクロロフィル含量が減少することに加え、光合成速度が低下する傾向が示された。これらのことから乾燥ストレスやクロロフィル含量の減少は、光合成を阻害する一因として推察される。なお、本種の被害によって早期落葉すること

が報告されており（兼田・中西，2021），本研究でも慣行防除圃場では12月に落葉したのに対し，早期から激しく吸汁された無防除圃場では10月に落葉した．2023年の慣行防除圃場において，10月まで一貫して増加していた被害度4の葉の割合が11月下旬以降に減少しているが，これは重度の被害葉が早期に落葉したことを示している．落葉果樹においては，夏季から秋季は翌年の開花・結実のための貯蔵養分を蓄積する重要な時期である．したがって，この時期の光合成阻害や早期落葉は，翌年以降の樹体生育や収量に影響を及ぼすことが懸念される．現時点では生産現場で大きな問題となっていないが，早期落葉による着花量等への影響については短期間で判断することは難しいため，長期間に渡って調査を行う必要がある．

本研究で示された発生生態を考慮すると，本種の発生密度を抑制するには，5月まで慣行防除を行った上で，夏季以降の個体数増加前に薬剤散布を行うことが必要であると考えられる．先行研究では，ジノテフラン水溶剤，イミダクロプリド水和剤，アセタミプリド水溶剤，トラロメトリン水和剤，DMTP水和剤が室内試験で本種の成虫および幼虫に対して，高い殺虫効果を示すことが報告されており（兼田・中西，2021），本研究ではジノテフラン水溶剤が圃場で一定の防除効果を持つことが示唆された．しかし，無処理と比較した場合の効果が不明である．また，他の薬剤では圃場の効果が確認された事例はない．防除対策の確立に向けて，圃場で効果が高い薬剤を選定することが今後の課題である．

摘 要

和歌山県のウメ栽培圃場において，モモヒメヨコバイの発生生態と吸汁被害が葉の生理機能に及ぼす影響を調査した．

1. 越冬はウメ圃場付近の常緑樹12科14種で確認された．
2. 無防除圃場では，成虫の誘殺数のピークが年間に4回確認された．また，4月下旬から5月下旬まで雌が優占し，成熟卵を保有する雌の割合は100%であった．5月上中旬には第1世代の幼虫が認められ，7月以降に寄生密度が高まった．葉の被害程度が高まると幼虫数は減少し，成熟卵を保有した雌の割合は0%で推移した．
3. 慣行防除圃場では，3月下旬に誘殺数のピークを記録した後はしばらく低密度で推移したが，果実収穫後の7月以降に再び成幼虫の密度が増加し，葉の被害程度が高まった．9月下旬以降には幼虫数が減少したが，これは日長が短くなり，産卵が停止したことによるものと推察された．
4. 吸汁被害の影響については，被害程度が高い葉では，乾燥ストレスの増大，クロロフィル含量の減少，光合成速度の低下が認められた．また無防除圃場では慣行防除圃場よりも早期に落葉した．

本試験を実施するにあたりご協力いただいた生産者の皆様に深謝いたします．また，試験に多大なご協力をいただいた果樹試験場うめ研究所の職員の皆様に厚く御礼申し上げます．

引用文献

- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1–15.

- Cao, Y., M. Yang and Y. Zhang. 2014. Review of the leafhopper genus *Singapora* Mahmood (Hemiptera: Cicadellidae: Typhlocybinae: Erythroneurini). *Zootaxa*. 3774: 333-350.
- 兼田武典・中西友章. 2021. ヨコバイ科の一種 *Singapora shinshana* の徳島県での発生と有効薬剤. *植物防疫*. 75: 522-524
- Kim, H. G., M. F. Kabir, H. J. An, A. O. Mwamula, S. Oh, S. Jung, and D. W. Lee. 2021. Seasonal phenology and damage by *Singapora shinshana* (Hemiptera: Cicadellidae) and other leafhoppers on ornamental trees in Korea. *Entomol. Res.* 51: 423-431.
- Kobiałka, M., D. Świerczewski, M. Walczak and W. Urbańczyk. 2025. Extremely distinct microbial communities in closely related leafhopper subfamilies: Typhlocybinae and Eurymelinae (Cicadellidae, Hemiptera). *Am. Soc. Microb.* 10(7): e0060325.
- Lee, H. S. and B. K. Chung. 2011. Occurrences of major pests in Japanese apricot, *Prunus mume* Siebold & Zucc. in Gyeongnam Province. *Kor. J. Appl. Entomol.* 50: 21-27.
- 三代浩二. 2023. モモヒメヨコバイの発生と現状. *植物防疫*. 77: 522-524.
- 宮崎稔. 1991. フタテンヒメヨコバイの生態とその防除法. *島根県農試研報*. 25: 53-70
- 下村友季子. 2022. 最近話題となっている病害虫. *植物防疫所病害虫情報*. 126: 6.

和歌山県産スギ・ヒノキ原木の強度性能における 簡易測定法の適合性

栗原香名子・松久保康輔・一岡直道¹・山裾伸浩

和歌山県林業試験場

Suitability of Simplified Measurement Method for Strength Performance of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Logs Produced in Wakayama Prefecture

Kanako Kurihara, Kosuke Matsukubo, Naomichi Ichioka and Nobuhiro Yamasuso

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

2021年10月、「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律（通称：都市（まち）の木造化推進法）」により、公共建築物だけでなく民間の建築物の木材利用が推進されている。本県においても、「和歌山県木材利用方針」（和歌山県，2021）によって建築物等における木材の利用促進に関する事項を定めており、また、「紀州材を利用した公共建築物の整備のすすめ」（和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課，2023）によって公共建築物への紀州材の活用を促進している。それに伴い、強度性能が明らかな JAS（日本農林規格）製品の需要が高まっており、その効率的な供給が必要となっている。そのためには、原木段階で強度性能、すなわち変形しにくさを表す指標であるヤング係数に応じた選別を行うことが有効であると考えられる。実際、推定密度を用いたヤング係数の測定手法による原木の強度等級判別は、原木段階におけるラミナの強度等級予測においても有効であり、原木の強度等級判別にかかるコストの面でも実用的な手法であるとの報告がある（岸ら，2022）。

これまで、本県では県産スギ・ヒノキ原木を対象に、簡易な方法によって強度性能に応じた選別を行うための基礎資料を得ることを目的として、木口面をハンマーで打撃することで得られる振動周波数によってヤング係数を測定できる機器を使用し、余尺（実際の材長と公称長との差）を考慮せず所定の密度を用いて計算した簡易な方法によるヤング係数（以下、「簡易ヤング係数」という。）を測定することで、合計 12,000 本超のデータを集計し、報告している（山裾・一岡，2021）。しかし、実測の材長および密度を用いて更に詳しく計算したヤング係数（以下、「詳細ヤング係数」という。）との間に生じる乖離については、十分な考察を行っていない。

そこで、今回は簡易ヤング係数と詳細ヤング係数を比較することで、詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の適合性を評価したので報告する。

¹現在：和歌山県日高振興局農林水産振興部林務課

材料および方法

1. 材料

2022～2025 年の 4 か年，県内の民間事業者所有の土場，原木市場において，スギ 622 本，ヒノキ 601 本，計 1,223 本の原木を供試した．公称長は 3m 又は 4m で，径級はスギ原木で 10～44cm，ヒノキ原木で 10～36cm であった．

2. 原木の試験方法

測定項目は，材長，重量並びに両木口面（元，末）の短径および長径とした．両木口面における直径は短径と長径の平均値とし，原木の平均直径は両木口面における直径の平均値とした．重量は，フォークリフトと吊り秤を用いて測定した（図 1）．

原木の密度については，重量(kg)を材積（以下の式より算出）により除した値とした．

$$V=L \times (D/2)^2 \times \pi / 10^6$$

V:材積(m³)，L:材長(m)，D:平均直径(mm)， π :円周率

さらに，簡易型強度測定器（(株) エーティーエー製 HG2020sp，図 2）を用いて木口面をハンマーで打撃して得られる固有振動周波数を測定した（図 3）．そして，以下の式を用いてヤング係数を計算した．

$$E=4 \times f^2 \times L^2 \times \rho / 10^6$$

E:ヤング係数(GPa)，f:周波数(Hz)，L:材長(m)， ρ :密度(g/cm³)

本報告では，①公称長および密度 0.7g/cm³ 一定（簡易型強度測定器の標準設定）として計算した簡易ヤング係数，②実測の材長および密度を用いて計算した詳細ヤング係数の 2 種類を求めることで両者を比較し，簡易ヤング係数の適合性を評価することとした．



図 1 原木の重量測定



図 2 簡易型強度測定器



図3 木口打撃による周波数測定

結果および考察

1. 原木の測定結果

原木の測定結果は表1のとおりであった。なお、スギ、ヒノキの材長は公称長の3m又は4mに近い長さで揃えられているが、公称長との差を余尺として示した。

ヒノキの方がスギよりも簡易および詳細ヤング係数が高く、また、スギ、ヒノキともに、詳細ヤング係数の方が簡易ヤング係数よりも高くなる傾向が得られた。

表1 原木測定の結果

樹種	本数	余尺 (mm)	平均直径 (mm)	密度 (g/cm ³)	簡易ヤング係数 (GPa)	詳細ヤング係数 (GPa)	
スギ	622	平均	190	280	0.796	7.43	9.14
		最大値	583	504	1.121	14.10	15.59
		最小値	-45	129	0.453	2.99	3.90
		標準偏差	78	65	0.121	1.52	1.64
ヒノキ	601	平均	166	244	0.740	10.06	11.42
		最大値	593	386	1.070	15.25	16.23
		最小値	-2	118	0.453	4.91	6.84
		標準偏差	65	47	0.104	1.74	1.50

2. 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係および強度等級区分

簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係を図4に示す。相関係数について、スギは $R^2=0.477$ 、ヒノキは $R^2=0.337$ となり、スギ、ヒノキともに簡易ヤング係数と詳細ヤング係数には有意水準1%の正の相関が認められ、簡易な方法でも実際のヤング係数を概ね把握することが可能であると推察された。

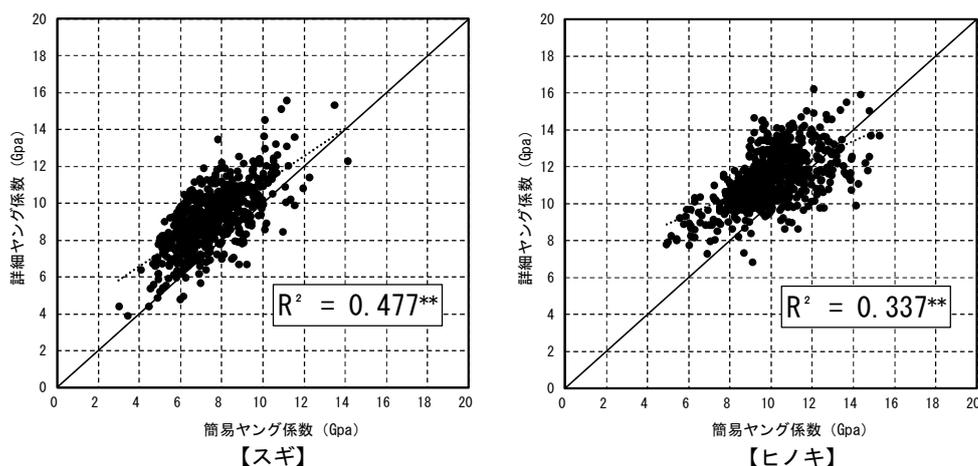


図 4 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係

** : 1%水準で有意

県産スギおよびヒノキ原木の強度等級分布を図 5 に示す。なお、強度等級の区分については、素材の日本農林規格（農林水産省，2022）の縦振動ヤング係数区分に準拠した。スギの場合、簡易ヤング係数では Ef70，詳細ヤング係数では Ef90 が最頻となった。一方、ヒノキの場合、簡易ヤング係数および詳細ヤング係数ともに Ef110 が最頻となった。なお、今回の強度等級分布は合計 1,223 本の原木によるデータであるが、12,000 本超を対象とした当試験場の既報（山裾・一岡，2021）とおおむね一致することから、県産スギ、ヒノキ原木を対象とした簡易ヤング係数の適合性について検討するうえで、妥当なデータであると考えられた。

各等級の出現頻度を高い方から見ると、スギの場合、簡易ヤング係数では Ef70，Ef90 であったのに対し、詳細ヤング係数では Ef90，Ef110 であった。また、ヒノキの場合、簡易ヤング係数では高い方から順に Ef90，Ef70 であったのに対し、詳細ヤング係数では Ef110，Ef130 であり、スギ、ヒノキともに最も高い頻度、次に高い頻度の等級を見ても、詳細ヤング係数の方が高くなることが確認された。以上のことから、原木の強度性能に基づく選別において簡易ヤング係数の数値を採用することで、その原木は想定以上の性能を有する場合が多くなると考えられるため、所定の強度性能が要求される製材品へ加工する際に、目安となることが期待できる。

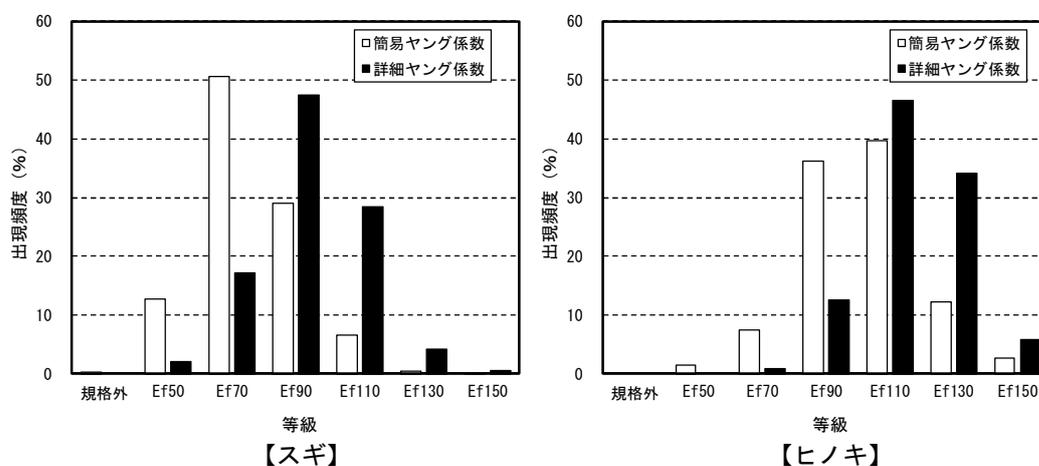


図 5 スギ・ヒノキ原木の強度等級分布

3. 余尺および密度の影響

本報告で用いた打撃振動によるヤング係数の計算式 ($E=4 \times f^2 \times L^2 \times \rho / 10^6$) には、材長 L および密度 ρ が因子として含まれている。今回の簡易ヤング係数では、公称長および所定の密度 (0.7g/cm^3) を用いているため、詳細ヤング係数との乖離は余尺および実測密度との差に起因している。そこで、スギ、ヒノキそれぞれ 3m 材と 4m 材に分けて、それらを比較した結果を表 2 に示す。余尺が長く材長に占める割合が大きくなるほど、また、密度が 0.7g/cm^3 よりも高くなるほど、簡易ヤング係数は詳細ヤング係数と比べて低い数値となる。余尺が材長に占める割合が平均 4.1% (ヒノキ 4m 材) ~5.9% (スギ 3m 材) であったこと、また、密度の平均値がいずれの樹種、材長の区分においても平均値が 0.7g/cm^3 を超えていたことから、簡易ヤング係数が詳細ヤング係数に比べて平均 82% (スギ 4m 材) ~90% (ヒノキ 3m 材) となることが確認された。ただし、余尺および実測密度によっては 55~142% の原木が出現することもあってばらつきが大きく、特に簡易ヤング係数が過大評価となることもあるので注意が必要である。

表 2 余尺、実測密度との差、並びに詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の比

【スギ】

	3m材 (n=28)				4m材 (n=594)			
	余尺	余尺が材長に占める割合	密度差 ^z	ヤング係数比 ^y	余尺	余尺が材長に占める割合	密度差 ^z	ヤング係数比 ^y
	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)
平均	189	5.9	0.012	89	190	4.5	0.100	82
最大	342	10.2	0.250	115	583	12.7	0.421	138
最小	65	2.1	-0.181	61	-45	-1.1	-0.247	55
標準偏差	75	2.2	0.108	13	79	1.8	0.120	13

【ヒノキ】

	3m材 (n=178)				4m材 (n=423)			
	余尺	余尺が材長に占める割合	密度差 ^z	ヤング係数比 ^y	余尺	余尺が材長に占める割合	密度差 ^z	ヤング係数比 ^y
	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)	(mm)	(%)	(g/cm^3)	(%)
平均	152	4.8	0.019	90	170	4.1	0.049	88
最大	379	11.2	0.277	133	593	12.9	0.370	142
最小	17	0.6	-0.247	66	-2	-0.1	-0.239	60
標準偏差	51	1.5	0.091	12	70	1.6	0.108	14

^z密度差 (g/cm^3) = 実測密度 - 所定の密度 (0.7)

^yヤング係数比 (%) = 簡易ヤング係数 / 詳細ヤング係数 \times 100

摘 要

県産スギ・ヒノキ原木を対象に、簡易な方法によって強度性能に応じた選別を行うための基礎資料を得ることを目的として、余尺を考慮せず所定の密度を用いて計算した簡易ヤング係数と、実測密度および材長を用いて更に詳しく計算した詳細ヤング係数を比較することで、詳細ヤング係数に対する簡易ヤング係数の適合性を評価した。

1. 県産スギの平均簡易ヤング係数は 7.43GPa、平均詳細ヤング係数は 9.14GPa であり、県産ヒノキの平均簡易ヤング係数は 10.06GPa、平均詳細ヤング係数は 11.42GPa であった。また、スギ、ヒノキともに、詳細ヤング係数の方が簡易ヤング係数よりも高くなる傾向が得られた。
2. 簡易ヤング係数と詳細ヤング係数の関係について、スギ、ヒノキともに有意水準 1%の正の相関が認められ、簡易な方法でも実際のヤング係数を概ね把握することが可能であると推察された。
3. 原木の強度性能に基づく選別において簡易ヤング係数の数値を採用することで、その原木は想定以上の性能を有する場合が多くなると考えられるため、所定の強度性能が要求される製材品へ加工する際に、目安となることが期待できる。
4. 余尺および密度の影響によって、簡易ヤング係数が詳細ヤング係数に比べて平均 82~90%となった。ただし、余尺および実測密度によっては簡易ヤング係数が詳細ヤング係数の 55~142%の原木が出現することもあるため、特に簡易ヤング係数が過大評価となることもあるので注意が必要である。

引用文献

- 岸和実・神代圭輔・明石浩和・足立亘・瀧上佑樹・古田裕三. 2022. 原木における製材品の簡便な強度等級予測手法の開発 京都府産原木からラミナを製材する場合における予測手法の有効性および原木測定コストの検証. 木材学会誌. 68: 124-131.
- 農林水産省. 2022. JAS 1052 素材の日本農林規格. 4. 1. 2. https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standards/attach/pdf/index-177.pdf (2025年12月23日検索)
- 和歌山県. 2021. 和歌山県木材利用方針: 1-3. https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/kisyuzai/riyohoushin_d/fil/riyohoushin20211208.pdf (2025年12月24日検索)
- 和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課. 2023. 紀州材を利用した公共建築物の整備のすすめ 山裾伸浩・一岡直道. 2021. 次世代優良品種(スギ, ヒノキ, マツ)の創出と選抜 県内原木市場における原木段階での強度調査. 和歌山県林業試験場業務報告. 79: 18-19.

ヒサカキに発生する枝葉枯病に対する薬剤防除効果

田中作治・坂口和昭・杉本小夜

和歌山県林業試験場

Chemical Control Effect of *Brown theard blight* that Occers *Eurya japonica* Thunb.

Sakuji Tanaka, Kazuaki Sakaguchi and Sayo Sugimoto

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

ヒサカキ (*Eurya japonica* thunb.) は、本県では地方名ビシヤコと呼ばれ、やや乾いた山地に多く生える常緑低木または亜高木であり (邑田・米倉, 2024), 本州 (岩手県, 秋田県以南), 四国, 九州, 沖縄, 朝鮮南部, 台湾, 中国に分布する (北村, 1979).

用途は、西日本では仏に供える墓花とされ、東日本では神事に使うサカキの代用品とされている。

本県では、古くから各地でヒサカキの生産が盛んに行われており、2024 年は 168t と全国有数の生産量を誇っている。しかし、生産者の高齢化等により、ヒサカキの管理が滞る栽培地や放棄される栽培地が増加し、年々生産量は減少してきている。そのような背景下、2008 年に田辺市龍神村のヒサカキ栽培地において、枝の下部から上部に向かって葉が枯れ上がり、枝枯れに至る枝葉枯れ症状が確認された (図 1~3)。その後、被害は県内各地で確認されている。

当試験場で枝葉枯れ症状の原因を調査したところ、病原菌による被害であると考えられたため、2018 年~2020 年に国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所関西支所 (以下、森林総研関西支所とする) へ被害枝葉を提供し、菌の同定を依頼した。その結果、2024 年に新属新種の菌であることがわかり (市原, 2024), 2025 年 8 月にヒサカキの「枝葉枯病」として日本植物病名目録に掲載された (日本植物病理学会, 2025)。なお、病原菌の学名については未定のため、本文では枝葉枯病菌と称する。

県外では、茨城県, 石川県, 静岡県, 鹿児島県において枝葉枯病が確認されている (市原, 2024)。



図 1 ヒサカキの枝葉枯病



図 2 枝葉枯病の菌糸束



図 3 枝から葉に這う菌糸束

当試験場では、枝葉枯病の生態および防除について、2020 年から森林総研関西支所の技術協力を得ながら研究を実施してきた。その結果、枝葉枯病が進行しやすい時期は梅雨及び秋雨時期と考えられること（田中・坂口，2020），枝葉枯病の被害は5月中旬から11月中旬に見られ，菌糸は10～30℃で伸長し，特に25℃で最も伸長すること，被害枝の葉は落ちず，翌年6月以降に再び被害が拡大すること（田中・坂口，2023），シュートの表面を付け根から先端に向かって褐色の菌糸束が這って覆い，葉と蕾が枯死することがわかった（市原，2024）。また，効果的な防除を行うためには，罹病枝葉の除去と手入れ（間伐，断幹，整枝）を実施し，発病初期（5月末）に薬剤散布をすることでより高い効果が期待できると考えられた（田中・坂口，2024）。

本報では，ヒサカキ枝葉枯病の防除技術を確立するため，菌の各種殺菌剤に対する感受性検定により有効な殺菌剤を選定し，農薬登録に向けた薬剤の野外効果試験を行ったので報告する。

材料および方法

1. 各種殺菌剤に対する枝葉枯病菌の感受性検定

PDA 培地上に枝葉枯病菌（以下，菌とする）と殺菌剤を浸潤させたペーパーディスクを設置する対峙法により検定を行った。

殺菌剤は，樹木等に農薬登録されている 10 種類を使用する濃度に希釈したものを滅菌ペーパーディスク（直径 8mm）に浸潤させて用いた（表 1）。

菌は，森林総研関西支所から提供された菌株を PDA 培地で培養し，広がった菌叢の外縁側部分を殺菌したコルクボーラ（直径 4mm）で抜き取った培地片を用いた。

培地片とペーパーディスクをシャーレ内の PDA 培地上に 40mm 離して設置した（図 4）。

叢外縁端と間の距離を測定し，抵抗長とした（図 4）。その値により防除効果を評価した。1 剤当たりの繰り返しは 10 回とした。

2. 殺菌剤の野外効果試験

表 1 感受性検定を行った殺菌剤

	薬剤名 (商品名)	希釈倍率 (倍)	グループ名	FRACグループ コード
①	塩基性硫酸銅剤 (Zボルドー水和剤)	500	無機化合物	M1
②	マンゼブ剤 (ペンコゼブ水和剤)	600	ジチオカーバメート類 及び類縁体	M3
③	チオファネートメチル剤 (トップジンM水和剤)	1,000	MBC殺菌剤	1
④	ベノミル剤 (ベンレート水和剤)	2,000	MBC殺菌剤	1
⑤	アゾキシストロビン剤 (アミスター10フロアブル)	1,000	Q _o I 殺菌剤	11
⑥	クレンキシムメチル剤 (ストロビードライフロアブル)	3,000	Q _o I 殺菌剤	11
⑦	メバニピリム剤 (フルピカフロアブル)	2,000	AP殺菌剤	9
⑧	フルジオキシニル剤 (セイビアーフロアブル20)	1,000	PP殺菌剤	12
⑨	ジエトフェンカルブ剤・ チオファネートメチル剤 (ゲッター水和剤)	1,000	N-フェニル カーバメート類	10
⑩	トリフルミゾール剤 (トリフミン水和剤)	2,000	DMI殺菌剤	3

感受性検定において最も防除効果があったトリフルミゾール剤を選定した。また、菌の薬剤抵抗性の獲得を回避するため、有効成分が異なり過去の現地試験において一定の防除効果を確認したベノミル剤の2薬剤を供試した（田中・坂口，2020，田中・坂口，2021）。

なお、試験及び薬効の評価は、「農薬（製剤）の薬効及び薬害の試験方法等に関する審査ガイダンス」（農林水産省，2022）に基づき行った。

2023年5～7月に田辺市龍神村西地内（以下試験地1，図5），有田郡広川町下津木地内（以下試験地2，図6）に栽培され樹高約2.5mに仕立てられたヒサカキ（樹齢20年生）において、被害の発生を目視により確認した枝を供試枝とした。試験の実施方法は、表2のとおりとし、手動

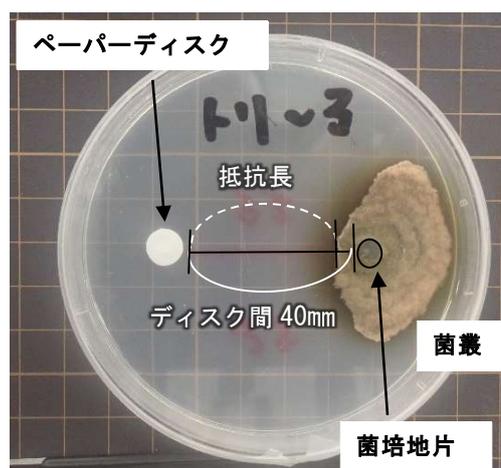


図4 抵抗長の測定方法

小型ポンプ噴霧器で、希釈した薬剤をムラなく散布した。ベノミル剤は6月29日，トリフルミゾール剤は7月6日に罹病部の薬剤散布後の拡大長を測定するとともに目視により薬害調査を行った。

薬剤の効果を評価する指標である防除価は、下記の計算式により算出した。また、防除価に対する薬効の評価は表3のとおりとした。

$$\text{防除価} = 100 -$$

$$[(\text{散布区における罹病部の平均拡大長}) / (\text{無散布区における罹病部の平均拡大長}) \times 100]$$



図5 試験地1の状況



図6 試験地2の状況

表2 殺菌剤の野外効果試験の実施方法

試験地	試験区	希釈濃度	散布期間	散布間隔	回数	供試枝数
1 田辺市龍神村	ベノミル剤	2,000倍	2023/5/25～6/29	7日	6回	10本×3反復
	トリフルミゾール剤	2,000倍	2023/5/25～6/22	7日	5回	10本×3反復
	対照区（無散布）					10本×3反復
2 有田郡広川町	ベノミル剤	2,000倍	2023/5/25～6/29	7日	6回	10本×3反復
	トリフルミゾール剤	2,000倍	2023/5/25～6/22	7日	5回	10本×3反復
	対照区（無散布）					10本×3反復

表 3 防除価に対する薬効の評価

防除価	薬効の評価
80以上	十分な効果が認められる。
60以上80未満	効果が認められる。
40以上60未満	一定の効果が認められる。
40未満	効果が認められない。

注) 農林水産省の評価基準を一部改変

結果および考察

1. 各種殺菌剤に対する枝葉枯病菌の感受性検定

対照区と比較して抵抗長が長く、防除効果が高いと考えられた剤は 5 剤みられ、そのうち 4 剤で有意差があった (図 7)。その中で最も抵抗長が長かったのは、トリフルミゾール剤であり、続いてフルジオキシニル剤、クレソキシムメチル剤、アゾキシストロビン剤であった。過去の現地試験において一定の防除効果を確認しているベノミル剤の抵抗長は、対照区よりも長かったが、今回の検定では有意差はなかった。その他の 5 薬剤については、対照区よりも抵抗長が短く防除効果が低いと考えられた。

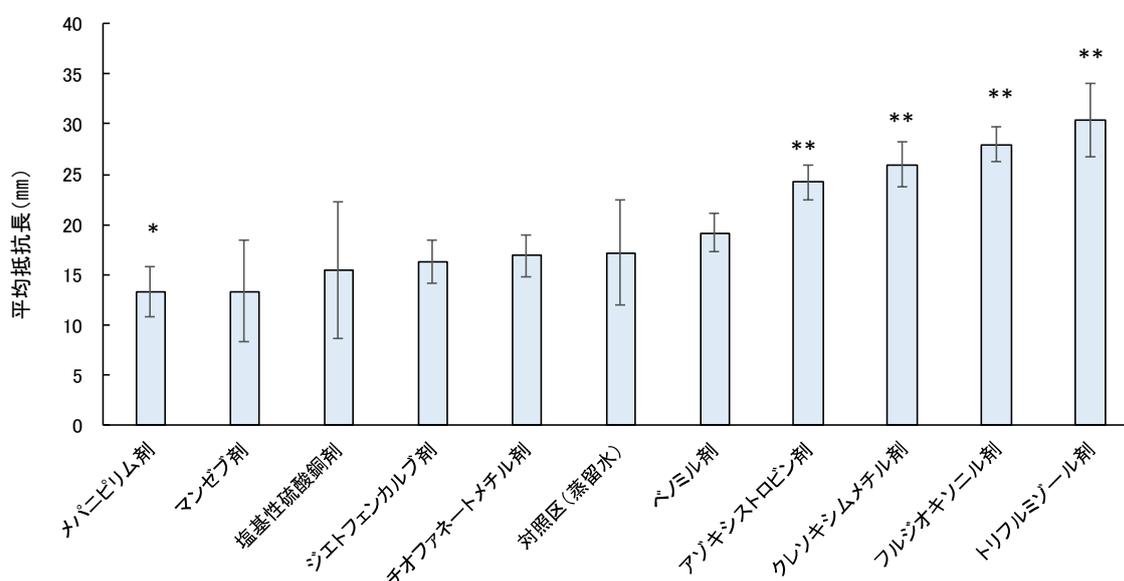


図 7 各薬剤の枝葉枯病菌に対する抵抗長

注) エラーバーは標準偏差 (n=10)

対照区と比較して*は 5%水準で、**は 1%水準で有意差あり (t 検定)

2. 殺菌剤の野外効果試験

罹病部の平均拡大長について、ベノミル剤は、試験地 1 では無散布 (対照区) が 88mm に対して

0mm, 試験地 2 では対照区が 110mm に対して 2mm であった (表 4). トリフルミゾール剤は, 試験地 1 では対照区が 70mm に対して 3mm, 試験地 2 では対照区が 93mm に対して 1mm であった (表 5).

防除価について, ベノミル剤は, 試験地 1 は 100, 試験地 2 は 98.5 であり, トリフルミゾール剤は, 試験地 1 は 96.1, 試験地 2 は 98.6 であった (図 8).

両薬剤とも防除価は 80 以上となり十分な効果が認められた.

なお, 薬剤による薬害は, いずれの試験区においても確認されなかった.

ベノミル剤は感受性検定では防除効果が低かったが, 野外効果試験では高い効果を示した.

今回の試験データを各薬剤メーカーに提供した結果, トリフルミゾール剤 (商品名: トリフミン水和剤) は, 農薬登録申請手続きを経て, 2026 年 3 月に使用可能となった. ベノミル剤 (商品名: ベンレート水和剤) は, 農薬再評価申請中であるため, 完了後に農薬登録申請手続きを促す予定である.

表 4 ベノミル剤効果試験結果

区分	試験地 1 (田辺市龍神村)			試験地 2 (有田郡広川町)			
	供試薬剤名	反復	供試枝数 (本)	罹病部の平均拡大長 (mm)	反復	供試枝数 (本)	罹病部の平均拡大長 (mm)
ベノミル剤		①	10	0 ± 0	①	10	2 ± 6
		②	10	0 ± 0	②	10	3 ± 9
		③	10	0 ± 0	③	10	0 ± 0
		平均		0 ± 0	平均		2 ± 6
対照区 (無散布)		①	10	85 ± 32	①	10	106 ± 22
		②	10	104 ± 26	②	10	130 ± 19
		③	10	74 ± 2	③	10	94 ± 18
		平均		88 ± 28	平均		110 ± 24

調査日: 2023年7月6日

表 5 トリフルミゾール剤効果試験結果

区分	試験地 1 (田辺市龍神村)			試験地 2 (有田郡広川町)			
	供試薬剤名	反復	供試枝数 (本)	罹病部の平均拡大長 (mm)	反復	供試枝数 (本)	罹病部の平均拡大長 (mm)
トリフルミゾール剤		①	10	5 ± 11	①	10	2 ± 4
		②	10	2 ± 4	②	10	2 ± 6
		③	10	1 ± 3	③	10	0 ± 0
		平均		3 ± 7	平均		1 ± 4
対照区 (無散布)		①	10	62 ± 29	①	10	93 ± 22
		②	10	83 ± 25	②	10	105 ± 20
		③	10	64 ± 17	③	10	81 ± 17
		平均		70 ± 25	平均		93 ± 22

調査日: 2023年6月29日

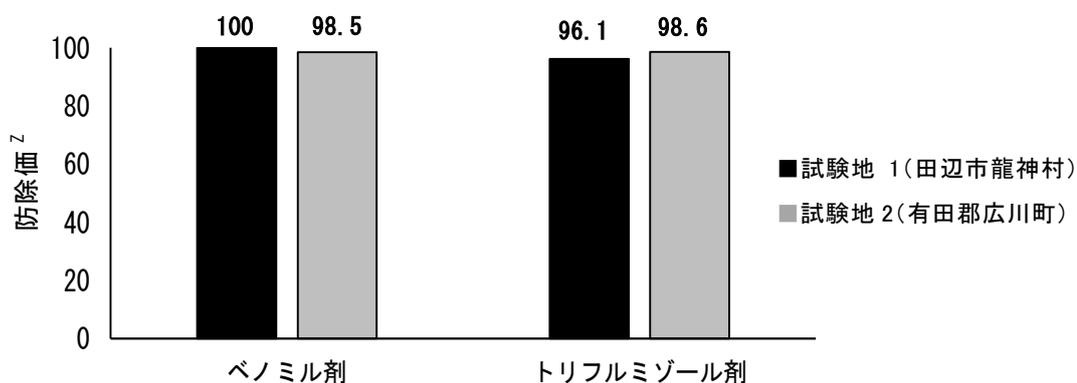


図 8 供試薬剤の防除価

Z: $100 - [(散布区における罹病部の平均拡大長) / (\text{無散布区における罹病部の平均拡大長}) \times 100]$

摘 要

1. 感受性検定の結果、最も高い防除効果が認められたのはトリフルミゾール剤であった。
2. ベノミル剤およびトリフルミゾール剤について、薬剤効果試験を実施した結果、いずれも枝葉枯病に対する防除価は 80 以上あり、十分な効果が認められた。また、両薬剤ともヒサカキに対する薬害は確認されなかった。
3. トリフルミゾール剤（商品名：トリフミン水和剤）は、農薬登録申請手続きを経て 2026 年 3 月に使用可能となった。

引用文献

- 市原優・升屋勇人・田中作治・坂口和昭. 2024. ヒサカキの枝葉枯れ症状の発生. 森林総合研究所 研究報告. vol. 23-No. 3 (No. 471): 93-95.
- 北村四郎・村田源. 1979. 原色日本植物図鑑 木本 [II]. pp. 144-145. 保育社. 大阪.
- 邑田仁・米倉浩司. 2024. 新図解 牧野日本植物図鑑. p. 954. 北隆館. 東京.
- 日本病理学会編. 2025. 日本植物病名目録 (2025 年 8 月版): 3349.
- 農林水産省. 2022. 農薬 (製薬) に薬効及び薬害の試験方法等に関する審査ガイダンス: 5-16.
- 田中作治・坂口和昭. 2020. 花木類の新たな病虫害等の防除に向けた調査・研究 ヒサカキ「枝葉枯れ症状」の薬剤効果試験. 和歌山県林業試験場業務報告. 78: 39.
- 田中作治・坂口和昭. 2021. 森林・特用林産物の病虫害防除に関する基礎研究 (II) ヒサカキ「枝葉枯れ症状」の薬剤効果試験 (第 2 報). 和歌山県林業試験場業務報告. 79: 33.
- 田中作治・坂口和昭. 2023. ヒサカキの新たな病害「枝葉枯れ症状」防除技術の早期確立. 和歌山県林業試験場業務報告. 81: 25-28.
- 田中作治・坂口和昭. 2024. ヒサカキの新たな病害「枝葉枯れ症状」防除技術の早期確立. 和歌山県林業試験場業務報告. 82: 27.

和歌山県の沿岸漁場における環境指標種としての カタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia* (多毛綱, ギボシイソメ科) の有効性

上出貴士

和歌山県水産試験場

**The Validity of *Scoletoma longifolia* (Iijima and Higuchi, 1975) (Polychaeta, Lumbrineridae)
As an Environmental Indicator in Fishing Grounds along the Coast of Wakayama, South-western Japan.**

Takashi Uede

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒 言

工場排水や都市排水による有機物負荷に対する環境からの応答としてマクロベントス群集の変化が知られ、その関係について古くから種々の検討がなされてきた (Pearson and Rosenberg, 1978). 我が国においても、環境指標生物としてマクロベントスが注目され、様々な知見が集積している (伊藤信夫, 1998 ; 玉井, 1998). また、魚類養殖による有機物負荷に伴うマクロベントス群集の組成や多様性の変化も知られており (Tsutsumi et al. , 1991 ; 上出, 2008a, 2008b), 和歌山県沿岸の養殖漁場の環境評価には底質と共にマクロベントス群集が指標として有効であることが明らかにされている (上出, 2010a, 2010b).

和歌山県沿岸の養殖漁場では、有機汚濁指標種として3種のマクロベントスが挙げられており、中でも特にカタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia* (Iijima and Higuchi)が底質の有機物濃度と密接に関連した分布をすることが知られている (上出, 2010a, 2010b). 本種は北海道から九州の潮間帯～水深 800m の海域に広く分布し (今島, 2001), 東京湾でも有機汚染の進んだ海域に出現することが知られており (風呂田, 1985 ; 石川ら, 1999), 強内湾性海域及び有機物過剰域に優占的に出現する種とされている (玉井, 1998). こうしたことから、本種の出現状況は、和歌山県沿岸における養殖漁場の環境を評価する上で重要な指標の一つになると考えられている (上出, 2010a, 2010b).

しかし、指標生物の科学的有効性については、技術的・理論的側面から様々な批判が加えられており、この概念を生態学研究に活用するには、十分なデータの蓄積とその統計学的な正当化の必要性が指摘されている (大垣, 2008). 著者は、こうした考えに基づき、2003年から2007年にかけて実施された和歌山県沿岸でのマクロベントス調査および底質環境調査の結果から、いくつかの種の生態学的知見の充実を図る研究を行ってきた (上出, 2010c, 2011, 2013, 2016, 2017).

こうした中で、カタマガリギボシイソメについては、春季の養殖漁場での堆積有機物との関係が検

表1 2003～2007年に和歌山県沿岸の潮下帯と潮間帯で行われたマクロベントス調査の概要

Table1 Summary of the survey on macrobenthic animal in the sublittoral zone and the intertidal zone along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007.

調査番号	調査年月	調査海域	延べ地点数
Survey number	Date	Survey area	Total number of station
I	Sep., 2003	和歌山県沿岸の養殖漁場 Fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture	53
II	May and Aug., 2003	和歌浦湾 Wakaura Bay	26
III	Apr., 2004	和歌山県沿岸の養殖漁場 Fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture	51
IV	Sep., 2004	田辺湾中央部漁場 Central fish farming area in Tanabe Bay	21
V	June and Sep., 2005	田辺湾 Tanabe Bay	41
VI	May, July, Sep., Nov., 2006 Jan., Feb., 2007	田辺湾古賀浦及び内ノ浦 Kogaura and Uchinoura in Tanabe Bay	36
VII	Aug., Oct., Dec., 2004 Feb., Apr., Jun., 2005	田辺湾内ノ浦と滝内の潮間帯 Intertidal zone in Uchinoura and Takinai, Tanabe Bay	51
VIII	Sep., 2006	田辺湾内ノ浦周辺の潮間帯 Intertidal zone in Uchinoura and its surrounding area, Tanabe Bay	28
Total			307

討されているが（上出，2008b），東京湾で知られているような夏季との分布の違い（風呂田，1985）や養殖漁業が行われていない海域での分布状況についてはほとんど知られておらず，和歌山県の沿岸漁場における環境指標生物として本種を評価するには，まだ十分な知見が不足している。

そこで本研究では，既に知られている2004年4月の養殖漁場における本種の分布状況（上出，2008b）と対比しながら，2003年9月の本種の分布状況を明らかにすることで，本種の季節的な変化を検討するとともに，養殖漁場海域以外の海域での分布についても併せて検討することで，和歌山県沿岸の漁場における環境指標種としてのカタマガリギボシイソメの汎用性について議論した。

材料および方法

調査データ

2003～2007年に実施された調査の概要を表1，潮下帯の調査地点を図1，潮間帯の調査地点を図2に示した。各調査には年代順にI～VIIIのローマ数字を付した。調査地点数はのべ307点であり，和歌山県沿岸の全ての内湾の潮下帯と田辺湾の砂泥底潮間帯を網羅していた。また，本研究では，潮下帯で養殖漁業が行われていない海域を一般海域と呼称し，養殖漁場海域と区別した。さらに，宝月（1996）に準じて，潮間帯を高潮線と低潮線に挟まれた海域，潮下帯を潮間帯の下部の海底およびその近傍の水深60mまでの海域とそれぞれ定義した。

本研究では，前述の調査の結果から，カタマガリギボシイソメが出現した地点を抽出した。これらの調査のうち，和歌山県沿岸の養殖漁場で一斉に行われた調査IとIIIのデータからは，養殖漁場における本種の分布と季節変化及び底質環境との関係を検討した。調査II，IV～VIのデータからは，潮下帯における一般海域（非養殖漁場海域）と養殖漁場海域における本種の出現状況の比較，調査IIとVのデータからは，和歌浦湾と田辺湾における本種の分布と生息環境を検討した。調査VIIとVIIIのデータからは，田辺湾における潮間帯の裸地とコアマモ *Zostera japonica* Ascherson and Graebner 群落での本

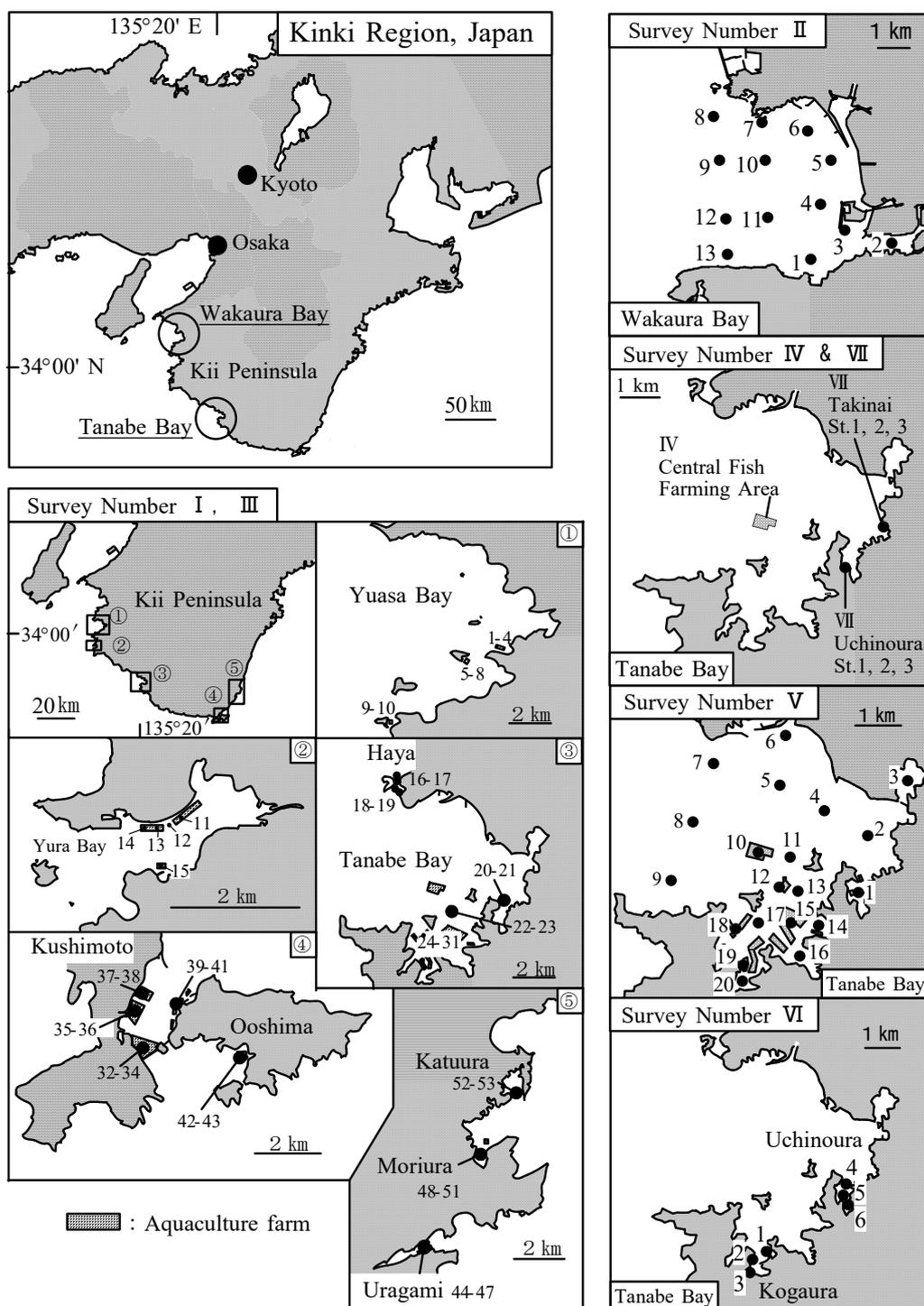


図1 2003～2007年に和歌山県沿岸の潮下帯で行われたマクロベントスと底質環境の調査海域と調査地点.

Fig. 1. Map showing the locations and the stations of the survey on macrobenthic animals and sediment environment in the sublittoral zone along the coast of Wakayama from 2003 to 2007.

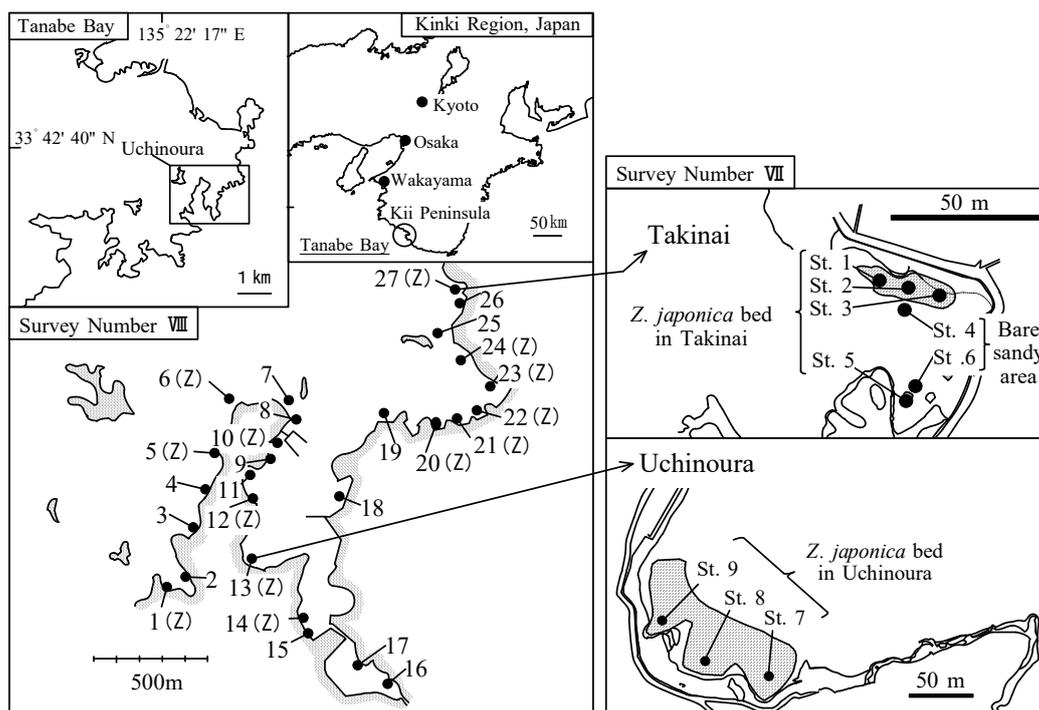


図 2 2003～2007 年に和歌山県田辺湾内ノ浦の潮間帯で行われたマクロベントスと底質環境の調査地点.

Fig. 2. Map showing the locations and the stations of the survey on macrobenthic animals and sediment environment in intertidal zone in Uchinoura, Tanabe Bay, Wakayama from 2003 to 2007.

種の分布と生息環境を比較検討した。

マクロベントスの採集方法

潮下帯でのマクロベントスの採集は、20cm×20cm のエクマンバージ採泥器を用いて 1 定点あたり 1 回実施した。但し、調査Ⅱでは 15cm×15cm のエクマンバージ採泥器を用いて 1 定点あたり 2 回の採集を行った。また、潮間帯では採集面積 25cm×25cm、深さ 25cm の底土をスコップで採集した。

採取した底土は現場において 0.5mm 目合の篩でふるった後、10%ホルマリンで固定し実験室に持ち帰った。固定後、更に 1mm 目合の篩でふるい、マクロベントスのソーティングを行い、種の同定、計数及び湿重量の計測を行った。本研究では、こうして得られたデータからカタマガリギボシイソメに関するものを抽出した。また、本種の和名及び学名は今島 (2001) に従った。

海底堆積物試料の分析方法

海底堆積物の分析項目は、酸揮発性硫化物量 (AVS)、全有機態炭素量 (TOC)、全窒素量 (TN)、全リン量 (TP) 及び含泥率である。試料の採集は、前述したマクロベントスと同様の方法で行い、採取した表層 1cm の海底堆積物を試料として用いた。AVS は検知管法で測定した (水産庁研究部漁場保全課, 1997; 門谷, 2003)。TOC 及び TN は、試料を恒量に達するまで乾燥し、1mol HCl を加えて無機炭素化合物を分解除去した後、再度乾燥して元素分析装置 (EA1112, ThermoElectron Italia 社) を用

いて定量した。TP は、恒量に達するまで乾燥した試料を用いて Ishio et al. (1986) による方法に準じて定量した。含泥率は、海底堆積物中における粒径 63 μ m 以下の泥及びシルトの割合を乾燥重量比で表した。

なお、AVS のデータは調査VIIで未取得であった。また、TOC と TN のデータは調査IIの5月、調査VIの2月、調査VIIで未取得であり、TP のデータはこれらの地点に加えて調査VIの1月で未取得であった。含泥率については、調査I、II、III、IVの全地点と調査VIの1、2月で未取得であった。

こうして得られたデータのうち、TOC、TN、TP 及び含泥率は季節による変動が認められないので（上出，2008b）、調査II、IV～VIIIのデータにおいて、海域別の生息環境を比較する際に出現した地点の平均値を用いて比較した。AVS については夏季に高くなる季節性を示すので（上出，2008b）、平均値は用いず、出現した地点の濃度範囲で検討した。

結 果

和歌山県沿岸の養殖漁場におけるカタマガリギボシソメの分布と生息環境

調査IおよびIIIの結果から、和歌山県沿岸の養殖漁場における本種の分布を検討すると、調査Iの2003年9月は全53地点中24地点で本種が出現し、図1に示す海域のうち、田辺湾を除く全ての海域に分布していた。調査IIIの2004年4月は全51地点中43地点で本種が出現し、図1に示す全ての海域に分布していた。

調査IとIIIの結果に基づいた和歌山県沿岸の養殖漁場における海底堆積物中のTOC及びAVSとカタマガリギボシソメの個体数密度及び湿重量の関係を図3に示した。2004年4月のTOCと湿重量

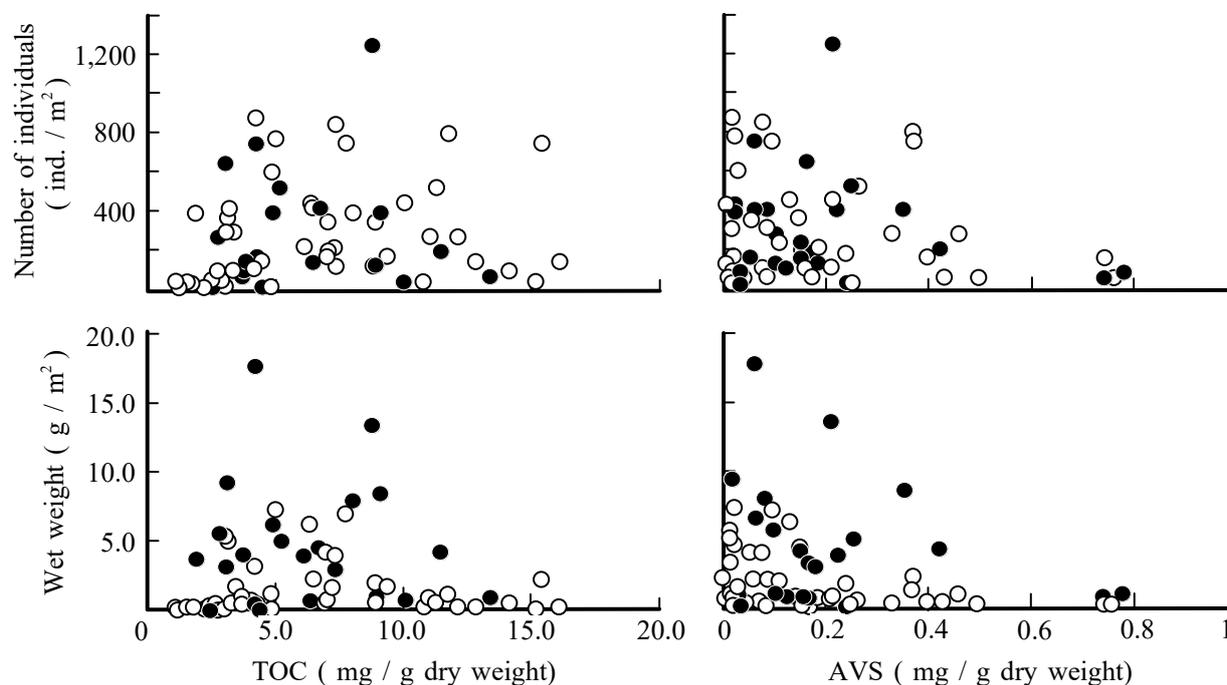


図3 養殖漁場の海底堆積物中の全有機態炭素含量 (TOC) 及び酸揮発性硫化物含量 (AVS) とカタマガリギボシソメの個体数密度及び湿重量の関係。●：2003年9月，○：2004年4月。

Fig. 3. Fluctuations in number of individuals and wet weight of *S. longifolia* regarding total organic carbon (TOC) and acid volatile sulfide (AVS) in sediment of fish farming areas.

の関係については上出 (2008b) を引用した。TOC と本種の関係を見てみると、2003 年 9 月の調査地点の TOC の濃度範囲は 1.3~17.3mg/g であり、本種が出現したのは 1.9~13.4mg/g の範囲であった。2004 年 4 月はそれぞれ 1.1~19.9, 1.1~16.1mg/g であった。個体数密度については、両季ともに TOC 1.7 mg/g 以下では 50 個体/m² 以下であった。また、9 月は 10.0mg/g を超えると個体数密度が減少する傾向が見られたが、4 月ではそうした傾向は見られなかった。湿重量は両季ともに TOC 2.7~9.1 mg/g の地点で 5 g/m² を超える地点が見られ、10 mg/g 以上の地点では 4.3 g/m² 以下、ほとんどで 1.3 g/m² 以下となった。

AVS と本種の関係を見てみると、2003 年 9 月の調査地点の AVS の濃度範囲は 0.00~1.08 mg/g であり、本種が出現したのは 0.02~0.78 mg/g の範囲であった。2004 年 4 月はそれぞれ 0.00~0.76, 0.00~0.76 mg/g であった。個体数密度は 9 月では AVS が 0.2 mg/g 以上、4 月は 0.4 mg/g 以上で 500 個体/m² を超える地点が見られなくなった。湿重量は両季ともに AVS 0.25 mg/g 以下で 5 g/m² を超える地点が多く見られ、0.45 mg/g を超えると 1.0 g/m² 以下となった。

なお、2003 年 9 月と 2004 年 4 月のカタマガリギボシイソメの個体数と湿重量を比較すると、個体数密度に差は無かったが (Welch's *t*-test: $t(44.526) = 0.413, P = 0.681$)、湿重量は 2003 年 9 月で有意に高かった (Welch's *t*-test: $t(28.343) = 3.000, P = 0.006$)。

潮下帯の一般海域と養殖漁場海域におけるカタマガリギボシイソメの出現状況

一般海域と養殖漁場海域における本種の出現状況を比較するために、潮下帯で行われた調査 II, IV ~VI ののべ 124 地点において本種が出現した地点のデータを底質分析結果とともに表 2 に示した。124 地点のうち、一般海域が 109 地点、養殖漁場海域が 15 地点であり、これらのうち本種が出現したのは一般海域 32 地点、養殖漁場 5 地点であった。一般海域の本種が出現した地点の平均水深は 12.9 ± 6.8m であり、個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 109.3 ± 153.5 個体/m², 1.05 ± 2.22g/m² であった。海底堆積物中の COD, TOC, TN, TP および含泥率の平均値は、それぞれ 7.56 ± 4.19, 7.94 ± 4.49, 1.01 ± 0.65, 0.72 ± 0.54 mg/g, 46.5 ± 25.1 % であった。なお、AVS の濃度範囲は 0.00 (検出限界以下) ~0.91mg/g であった。一方、養殖漁場海域の本種が出現した地点の平均水深は 17.4 ± 4.2m であり、個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 730.0 ± 349.7 個体/m², 3.70 ± 1.23 g/m² であった。また、海底堆積物中の AVS の濃度範囲は 0.20~0.57 mg/g, TOC, TN, TP および含泥率の平均値は、それぞれ 10.07 ± 3.76, 1.53 ± 0.63, 2.00 ± 0.63 mg/g, 40.9 ± 13.9 % であった。

調査 I と III の結果から、本種の季節による個体数変動は無いものと仮定し、表 2 に示した個体数密度の平均値を一般海域と養殖漁場海域の比較に用いた。その結果、個体数密度は養殖漁場海域で高い傾向が見られた (Welch's *t*-test: $t(4.244) = 3.910, P = 0.016$)。底質環境については、TOC, TN 及び含泥率の平均値に差は認められなかったが (Welch's *t*-test: それぞれ $t(6.414) = 1.120, P = 0.303$; $t(5.786) = 1.688, P = 0.145$)、TP は養殖漁場海域で有意に高くなった (Welch's *t*-test: $t(4.895) = 3.677, P = 0.015$)。

和歌浦湾と田辺湾におけるカタマガリギボシイソメの分布

和歌浦湾では調査 II で 2003 年の 5, 8 月に、田辺湾では調査 V で 2005 年 6, 9 月に湾内全域を対象にした調査が行われている。そこで、和歌山県沿岸の内湾域における本種の分布状況を検討するため、それらの結果を図 4 に示した。和歌浦湾では 13 地点中、2003 年 5 月は 4 地点、2003 年 8 月は 5 地点で本種の出現が確認された。ほとんどの地点では 100 個体/m² 以下の出現であった。田辺湾では 20 地点中、2005 年 6 月は 12 地点、2005 年 9 月は 10 地点で本種の出現が確認された。2005 年 6 月では、湾南奥部を中心に 100 個体/m² を超える密度で分布し、1,000 個体/m² 以上に達する地点も見られた。

表2 2003～2007年の和歌山県沿岸における一般海域と養殖漁場海域におけるカタマガリギボシイソメの分布（調査番号Ⅱ、Ⅳ～Ⅵ）
 Tabale 2 Distribution of *S. longifolia* in shallow waters (non fish farming areas) and fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. (Survey number Ⅱ, Ⅳ - Ⅵ)

一般海域 Shallow waters (non fish farming areas)											
日付	海域	採集場所	水深	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS (mg / g)	COD (mg / g)	TOC (mg / g)	TN (mg / g)	TP (mg / g)	含泥率 (%) Silt-clay content
Date	location	Station	Depth	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(%)
May 20th, 2003	Wakaura Bay	Ⅱ- 1	-	200.0	0.22	0.01	4.95	-	-	-	-
		Ⅱ- 5	-	22.2	0.22	0.00	1.71	-	-	-	-
		Ⅱ- 7	-	22.2	+	0.01	3.96	-	-	-	-
Aug. 29th, 2003	Wakaura Bay	Ⅱ- 11	-	22.2	+	0.07	13.18	-	-	-	-
		Ⅱ- 1	-	244.4	1.56	0.06	7.26	5.21	0.65	0.35	-
		Ⅱ- 4	-	44.4	1.33	0.07	8.43	6.76	0.81	0.42	-
		Ⅱ- 7	-	22.2	+	0.07	4.49	3.10	0.49	0.27	-
June 6th, 2005	Tanabe Bay	Ⅱ- 10	-	22.2	+	0.10	10.59	8.28	0.90	0.44	-
		Ⅱ- 11	-	22.2	0.22	0.07	13.51	10.46	1.16	0.48	-
		V- 4	6	175.0	10.00	0.02	-	5.90	0.77	0.39	57.5
		V- 6	7	25.0	+	0.01	-	3.44	0.44	0.24	34.4
Sep. 15th, 2005	Tanabe Bay	V- 8	27	50.0	0.25	0.11	-	14.68	1.70	0.73	70.5
		V- 13	16	275.0	0.50	0.08	-	8.92	1.41	1.51	25.9
		V- 14	15	250.0	1.25	0.23	-	11.61	1.72	1.90	52.0
		V- 16	15	175.0	0.75	0.91	-	19.40	2.85	2.39	55.5
		V- 17	18	50.0	0.25	0.34	-	10.94	1.68	1.10	63.5
		V- 20	11	275.0	0.25	0.41	-	8.46	1.01	0.79	42.1
		V- 5	9	25.0	0.25	0.03	-	3.00	0.38	0.30	31.6
		V- 6	7	25.0	+	0.03	-	0.94	0.15	0.21	1.4
		V- 8	28	25.0	+	0.16	-	11.14	1.51	0.69	80.5
		V- 11	27	25.0	+	0.29	-	13.51	2.02	1.11	83.9
Sep. 16th, 2005	Tanabe Bay	V- 13	6	25.0	+	0.01	-	1.67	0.26	0.59	9.1
		V- 14	8	425.0	1.25	0.06	-	2.10	0.26	0.49	11.5
		V- 17	17	25.0	+	0.28	-	10.75	1.53	1.16	62.7
		V- 21	6.5	25.0	+	0.41	-	5.57	0.66	0.48	43.6
May 18th, 2006	Kogaura	Ⅵ- 1	13.5	725.0	1.15	0.08	4.94	4.94	0.45	20.9	
July 13th, 2006	Uchinoura	Ⅵ- 3	10	50.0	0.05	0.37	-	10.53	1.04	0.78	
Nov. 9th, 2006	Uchinoura	Ⅵ- 3	6.1	25.0	+	0.24	-	11.57	1.29	0.45	
Jan. 11th, 2006	Kogaura	Ⅵ- 2	10	25.0	0.25	0.11	-	4.96	0.40	40.0	
		Ⅵ- 1	12.1	25.0	+	0.08	-	8.64	0.68	-	

日付	海域	採集場所	水深	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS (mg / g)	COD (mg / g)	TOC (mg / g)	TN (mg / g)	TP (mg / g)	含泥率 (%)
Date	location	Station	Depth	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay content
Feb. 9th, 2006	Kogaura	VI-1	11.7	50.0	0.05	0.09	—	—	—	—	—
		VI-2	9.2	100.0	0.10	0.01	—	—	—	—	—
	平均值	Mean	12.9	109.3	1.05	0.15	7.56	7.94	1.01	0.72	46.5
	標準偏差	SD	6.8	153.5	2.22	0.19	4.19	4.49	0.65	0.54	25.1
	最大值	Max.	28	725.0	10.00	0.91	13.51	19.40	2.85	2.39	89.1
	最小値	Min.	6	22.2	0.05	0.00	1.71	0.94	0.15	0.21	1.4
養殖漁場 Fish farming areas											
June 6th, 2005	Tanabe Bay	V-12	22	450.0	3.25	0.48	—	11.85	1.87	2.69	48.0
		V-15	19	875.0	4.25	0.36	—	10.54	1.66	2.57	46.6
		V-18	12	1200.0	5.50	0.57	—	15.13	2.33	2.22	56.0
		V-19	14	800.0	2.25	0.28	—	5.79	0.82	0.90	21.1
Sep. 16th, 2005	Tanabe Bay	V-12	20	325.0	3.25	0.20	—	7.02	0.96	1.64	32.9
	平均值	Mean	17.4	730.0	3.70	0.38	—	10.07	1.53	2.00	40.9
	標準偏差	SD	4.2	349.7	1.23	0.15	—	3.76	0.63	0.74	13.9
	最大值	Max.	22	1200.0	5.50	0.57	—	15.13	2.33	2.69	56.0
	最小値	Min.	12	325.0	2.25	0.20	—	5.79	0.82	0.90	21.1

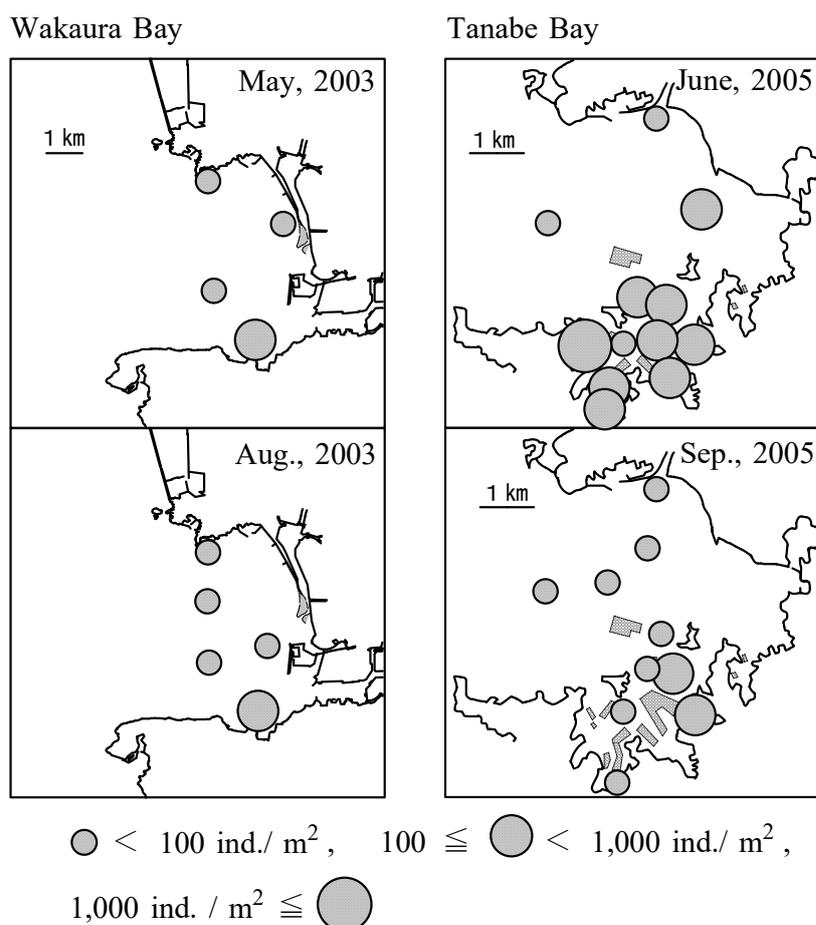


図 4 和歌浦湾と田辺湾におけるカタマガリギボシソメの分布。田辺湾中の斜線は養殖漁場を示す。

Fig. 4. Distributions of *S. longifolia* in Wakaura Bay and Tanabe Bay. Shaded areas in Tanabe bay show fish farming areas.

2005年9月には、6月より個体数密度は低くなり、特に湾南奥部での減少が著しかった。

田辺湾の潮間帯でのカタマガリギボシソメの出現状況

田辺湾の潮間帯での本種の分布状況を検討するため、調査VIIとVIIIの結果から、本種が出現した地点のデータを底質分析結果とともに表3に示した。調査VIIとVIIIののべ79地点のうち、植生の無い裸地は15地点、コアマモ群落は64地点であった。これらのうち、本種が出現したのは25地点であり、裸地が4地点、コアマモ群落が21地点であった。裸地では、本種の個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 56.1 ± 52.4 個体/ m^2 、 0.99 ± 1.14 g/m^2 であった。また、海底堆積物中のTOC、TN、TPおよび含泥率の平均値は、それぞれ

2.02 ± 0.38 , 0.24 ± 0.07 , 0.19 ± 0.03 mg/g , 12.0 ± 5.8 %であった。なお、AVSの濃度範囲は0.02~0.24 mg/g であった。一方、コアマモ群落では、本種の個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 88.9 ± 48.0 個体/ m^2 、 1.06 ± 0.95 g/m^2 であった。また、海底堆積物中のAVSの濃度範囲は0.03~0.09 mg/g 、TOC、TN、TPおよび含泥率の平均値は、それぞれ 2.30 ± 1.69 , 0.24 ± 0.04 , 0.21 ± 0.05 mg/g , 15.5 ± 12.5 %であった。

なお、前述の調査IとIIの結果から、個体数に季節変化はないものと仮定して個体数密度の平均値を比較すると、裸地とコアマモ群落の個体数密度に有意差は認められなかった (Welch's *t*-test: それぞれ $t(4.482) = 1.234$, $P = 0.279$; $t(5.263) = 0.113$, $P = 0.914$)。また、TOC、TN、TP及び含泥率についても有意差は認められなかった (Welch's *t*-test: それぞれ $t(4.744) = 0.804$, $P = 0.460$; $t(6.490) = 0.187$, $P = 0.858$; $t(4.481) = 0.938$, $P = 0.397$; $t(4.045) = 0.511$, $P = 0.636$)。

表3 2003～2007年の和歌山県沿岸における潮間帯の裸地とコアマモ群落におけるカタマガリギボシイソメの分布 (調査番号VII, VIII)

Table 3 Distribution of *S. longifolia* in bare bottoms and *Z. japonica* beds in intertidal zone along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. (Survey number VII, VIII)

裸地 Bare bottom										
日付	海域	採集場所	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS	TOC	TN	TP	含泥率 (%)	
Date	location	Station	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay contnet	
Sep. 6th, 2006	Uchinoura	?- 6	22.2	0.44	0.04	1.84	0.28	0.23	3.6	
		?- 9	88.9	0.44	0.03	1.69	0.19	0.24	8.2	
		?- 10	111.1	0.89	0.09	2.88	0.25	0.14	18.2	
Sep. 7th, 2006	Uchinoura	?- 20	133.3	2.44	0.05	2.80	0.26	0.23	31.8	
		平均値 Mean	88.9	1.06	0.05	2.30	0.24	0.21	15.5	
		標準偏差 SD	48.0	0.95	0.03	0.62	0.04	0.05	12.5	
		最大値 Max.	133.3	2.44	0.09	2.88	0.28	0.24	31.8	
		最小値 Min.	22.2	0.44	0.03	1.69	0.19	0.14	3.6	
コアマモ群落 <i>Z. japonica</i> beds										
日付	海域	採集場所	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS	TOC	TN	TP	含泥率 (%)	
Date	location	Station	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay contnet	
Aug. 3rd, 2004	Takinai	?- 2	44.4	0.89	-	-	-	-	-	
		?- 3	22.2	0.44	-	-	-	-	-	
Oct. 12th, 2004	Uchinoura	?- 8	44.4	0.22	-	-	-	-	-	
		?- 7	22.2	+	-	-	-	-	-	
		?- 8	44.4	0.44	-	-	-	-	-	-
Dec. 9th, 2004	Uchinoura	?- 7	22.2	+	-	-	-	-	-	
		?- 9	22.2	+	-	-	-	-	-	
Feb. 14th, 2005	Uchinoura	?- 7	22.2	0.22	-	-	-	-	-	
		?- 8	22.2	0.67	-	-	-	-	-	
Apr. 11th, 2005	Takinai	?- 1	22.2	0.44	-	-	-	-	-	
		Uchinoura	?- 7	177.8	0.67	-	-	-	-	-
			?- 8	88.9	2.67	-	-	-	-	-
June 8th, 2005	Takinai	?- 9	66.7	1.11	-	-	-	-	-	
		?- 3	22.2	0.22	-	-	-	-	-	
		Uchinoura	?- 7	177.8	4.44	-	-	-	-	-
?- 9	88.9		2.22	-	-	-	-	-		
Sep. 6th, 2006	Uchinoura	?- 5	22.2	0.44	0.02	1.55	0.16	0.23	4.6	
		?- 11	44.4	0.22	0.09	1.74	0.35	0.18	15.5	
		?- 14	22.2	+	0.24	2.12	0.24	0.17	19.0	
		?- 15	155.6	1.33	0.15	2.13	0.21	0.16	13.3	
Sep. 7th, 2006	Uchinoura	?- 22	22.2	0.22	0.07	2.53	0.22	0.20	7.7	
		平均値 Mean	56.1	0.99	0.11	2.02	0.24	0.19	12.0	
		標準偏差 SD	52.4	1.14	0.09	0.38	0.07	0.03	5.8	
		最大値 Max.	177.8	4.44	0.24	2.53	0.35	0.23	19.0	
		最小値 Min.	22.2	0.22	0.02	1.55	0.16	0.16	4.6	

考 察

養殖漁場での調査 I と III の結果では、カタマガリギボシイソメの個体数密度に差は無かったが、湿重量は調査 I (9月) で有意に高かった。若狭湾のベントス群集では、9月は4月よりも個体数密度が低い傾向を示す季節的な変動パターンが知られているが(林・北野, 1988)、本研究ではそうした傾向は見られなかった。本研究では、湿重量が9月に高くなったことから、4月よりも9月に大きな個体が採集された傾向がうかがえ、本種が春から秋にかけて成長していることが示唆された。

カタマガリギボシイソメは、TOC と AVS がそれぞれ 16.1, 0.78 mg/g を超える養殖漁場下の地点では出現しなかった。こうした濃度帯は上出 (2010b) が“危機的漁場”と定義した養殖漁場環境に相当した。高い濃度の TOC と AVS は硫化水素が高く、溶存酸素濃度が低い環境であると考えられる (Jorgensen, 1977; 伊藤, 1996)。本種は比較的貧酸素濃度下でも生存が可能な有機汚濁指標種とされているが (伊藤, 1998; 今尾ら, 2004)、危機的漁場のような富栄養化の進んだ環境では生息できない

ものと考えられる。また、田辺湾南奥部のような危機的漁場とされるような海域で9月に本種が出現しなかったため、出現地点数が4月の43地点に比べて9月では23地点と減少していた。東京湾北部でも夏季に環境が悪化し、本種が分布しなくなることが報告されている(風呂田, 1985)。田辺湾南奥部では7~9月にかけてしばしば溶存酸素濃度が4.3mg/g以下に低下し貧酸素水塊が形成されることが知られているが(上出, 2004, 2006), こうした環境の悪化が本種の出現地点が減少した原因であると考えられる。

潮下帯の一般海域と養殖漁場海域を比較すると、養殖漁場海域で個体数密度が有意に高く、湿重量は季節変動が示唆されたため比較はできなかったが、総じて養殖漁場海域で高い傾向が見られた。これらの値は、調査IやIIIと比べると低い水準であるが、一般海域よりも養殖漁場海域に本種が高密度で分布していることを示唆している。本種は、養殖漁場直下において養殖漁業由来の残餌や魚糞などを餌として利用しており、高い個体数を示すことが知られている(Yokoyama and Ishihi, 2007; 横山, 2009)。本研究での結果からも、本種が養殖漁業から負荷される有機物を餌として個体数や湿重量を増大させていることが推測される。ただし、一般海域の調査地点V-16の6月の調査では、AVS濃度0.91 mg/gで本種の分布が確認された。この結果は、溶存酸素濃度の低下が起こらない時期には、高いAVS濃度下でも本種が分布し得ることを示すものであり、AVS測定による漁場環境評価は、溶存酸素濃度が低くAVSとマクロベントスの関係が明瞭になる夏季に行うべきとの著者の従来の主張(上出, 2010a, 2010b)を支持するものである。また、養殖漁場ではTPが有意に高い傾向を示したが、これは魚類養殖に用いられる餌の残りやそれを摂餌した魚類の糞に由来するカルシウム結合型リン化合物の堆積によるものと考えられる(上出, 2007)。

潮間帯でのカタマガリギボシソメの分布をみると、コアマモ群落と裸地を比較した場合、本種では植生の有無による個体数密度と湿重量の有意差は認められなかった。ウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (Dunker)などの二枚貝類は裸地よりもコアマモ群落で湿重量が高く(上出ら, 2013)、ミズヒキゴカイ *Cirriformia tentaculata* (Montagu)やコケゴカイ *Simplisetia erythraeensis* (Fauvel)を主体とした多毛類の個体数密度と湿重量もコアマモ群落で高いことが知られているが(上出ら, 2013)、本種はこれらの底生動物とは異なった分布を示した。

以上のことから、カタマガリギボシソメは潮間帯より潮下帯において高密度に分布し、潮下帯では一般海域より養殖漁場海域で高密度に分布していることが明らかになった。また、養殖漁場では魚類養殖に伴う残餌や魚糞の堆積が見られ(上出, 2007; Uede, 2010)、そのことが本種の高密度な分布と関係していることが示唆された。養殖漁場下において、本種はTOCが2.7mg/gより低い環境では、個体数密度と湿重量が低い水準であり、TOCが2.7~9.1mg/g、AVSが0.25~0.45mg/gの濃度範囲で個体数密度と湿重量が最も高い水準に達し、それ以上では再び低くなり、TOCとAVSの濃度がそれぞれ16.1, 0.78 mg/gを超える有機物汚濁が進んだ海域には分布しなかった。こうした結果は、本種が和歌山県沿岸、特に養殖漁場の有機物負荷を指標する有力なマクロベントスであることを示唆している。こうした知見を基に、沿岸環境、特に養殖漁場の有機物汚濁の状況を的確にモニタリングすることが可能になるとともに、周辺海域の漁場や生態系の保全にも役立てることができると考える。一方で海域環境とそこに形成されるマクロベントス群集は様々な要因によって長期的に変動していることが考えられるため、海域環境とマクロベントスの分布については継続的なデータ取得によって定期的に検証する必要があると考える。

摘 要

和歌山県沿岸の漁場における環境指標種としてのカタマガリギボシイソメの汎用性について議論した。2003～2007 年に和歌山県沿岸で実施された調査データからカタマガリギボシイソメに関するものを抽出した。これらのデータを用いて、1) 養殖漁場における本種の分布と季節変化及び底質環境との関係、2) 潮下帯における一般海域（非養殖漁場海域）と養殖漁場海域における本種の出現状況の比較、3) 和歌浦湾と田辺湾における本種の分布と生息環境、4) 田辺湾における潮間帯の裸地とコアマモ群落での本種の分布と生息環境の 4 つの視点から環境指標種としての本種の有効性を検討した。

1) カタマガリギボシイソメの個体数密度に季節による差は認められなかったが、湿重量は 9 月で有意に高くなった。このことは本種が春から秋にかけて成長していることを示唆している。また、本種は海底堆積物中の TOC の増加にしたがって増えたが、“危機的漁場”と定義される富栄養化の進行した地点には分布しなかった。

2) 潮下帯の一般海域と養殖漁場海域を比較すると、養殖漁場海域で個体数密度が有意に高かった。このことは、養殖漁業に由来する有機物を餌として本種が増殖していることを示しており、環境指標としての本種の有効性を示唆するものである。

3) 本種は和歌浦湾及び田辺湾の湾内に広く分布した。特に養殖漁場のある田辺湾南部で多い傾向が見られたが、9 月に大きく減少した。田辺湾南部では、7～9 月にかけてしばしば貧酸素水塊が形成されるため、こうした環境悪化が本種の減少した原因と考えられた。

4) コアマモ群落と裸地で本種の分布を比較したところ、植生の有無による個体数密度と湿重量の有意差は認められなかった。二枚貝類やミズヒキゴカイなどの他の多毛類とは異なり、本種は潮間帯の植生で高密度に分布することはなかった。

これらの結果から、カタマガリギボシイソメは潮間帯より潮下帯において高密度に分布し、潮下帯では一般海域より養殖漁場海域で高密度に分布していることが明らかになった。また、養殖漁場下において、本種は TOC が 2.7～9.1mg/g、AVS が 0.25～0.45mg/g の濃度範囲で個体数密度と湿重量が最も高い水準に達し、それより富栄養化した海域には分布しなかった。このことは本種が和歌山県沿岸、特に養殖漁場の有機物負荷を指標するマクロベントスであることを示唆している。

引用文献

- 風呂田利夫. 1985. 東京湾の底生動物. 海洋と生物 40: 346-352.
- 林勇夫・北野裕. 1988. 若狭湾主湾部のマクロベントス群集－Ⅱ 季節変動. 日水研報. 38: 159-169.
- 宝月欣二編著. 1996. 潮下帯生物, 潮間帯生物. p. 920. 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆編. 岩波生物学事典第 4 版. 岩波書店. 東京.
- 今尾和正・鈴木輝明・高倍昭洋. 2004. 溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測手法. 水産工学. 41: 13-24.
- 今島実. 2001. 環形動物, 多毛類Ⅱ. p. 542. 生物研究社. 東京.
- 石川公敏・風呂田利夫・小山利郎・山崎孝史. 1999. 東京湾の内湾域におけるマクロベントスの季節変化. 月刊海洋. 31: 495-503.
- Ishio, S., M. Kuwahara and H. Nakagawa. 1986. Conversion of $AlPO_4\text{-P}$ to Fe-bound P in sea sediments. Nihon Suisan Gakkaishi. 52: 901-911.
- 伊藤和夫. 1996. 底質環境中の硫黄化合物の分析方法と動態. pp. 77-116. 寒川喜三郎・日色和夫編.

- 最新の底質分析と化学動態. 技報堂出版. 東京.
- 伊藤信夫. 1998. 環境指標生物. pp. 814-831. 平野敏行監修. 沿岸の環境圏. フジ・テクノシステム. 東京.
- Jorgensen, B. B. 1977. The sulfur cycle of a coastal marine sediment (Limfjorden, Denmark). *Limnol. Oceanogr.* 22: 814-832.
- 門谷茂. 2003. 硫黄化合物. pp. 233-236. 竹内均監修. 地球環境調査計測辞典第3巻 (沿岸域編). フジ・テクノシステム. 東京.
- 大垣俊一. 2008. 指標生物の論理. *日本ベントス学会誌*. 63: 56-63.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.
- 水産庁研究部漁場保全課. 1997. 漁場保全対策推進事業調査指針. p. 113. 水産庁. 東京.
- 玉井恭一. 1998. マクロベントスの分布と生産. pp. 244-253. 平野敏行監修. 沿岸の環境圏フジ・テクノシステム. 東京.
- Tsutsumi H, T. Kikuchi, M. Tanaka, T. Higashi, K. Imasaka and Miyazaki. 1991. Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. *Mar. Poll. Bul.* 23: 233-238.
- 上出貴士. 2004. 田辺湾における養殖漁場環境の変動について. *和歌山県農林水技セ研報*. 5: 117-124.
- 上出貴士. 2006. 田辺湾南部における1985年から2000年までの溶存酸素の変動について. *和歌山県農林水技セ研報*. 7: 123-130.
- 上出貴士. 2007. 魚類養殖漁場における海底堆積物の化学的特性とリンの存在形態. *日水誌*. 73: 62-68.
- 上出貴士. 2008a. 和歌山県沿岸の養殖漁場における環境指標としての酸揮発性硫化物含量の有効性とその基準値の設定の試み. *日水誌*. 74: 402-411.
- 上出貴士. 2008b. 和歌山県沿岸の養殖漁場における春季の海底堆積物の化学的特性と優占するマクロベントス種との関係. *日水誌*. 74: 832-840.
- 上出貴士. 2010a. 魚類養殖漁場の環境をどう評価するか～その1 硫化物が教えてくれる海の状態～. *アクアネット*. 13(5): 64-67.
- 上出貴士. 2010b. 魚類養殖漁場の環境をどう評価するか～その2 底生動物が教えてくれる海の状態～. *アクアネット*. 13(6): 76-80.
- 上出貴士. 2010c. 和歌山県沿岸におけるイヨスダレ *Paphia undulata* (BORN, 1778) (二枚貝綱, マルスダレガイ科) の分布. *南紀生物*. 52: 159-165.
- 上出貴士. 2011. 和歌山県沿岸におけるキヌタレガイ *Petrasma pusilla* とアサヒキヌタレガイ *Acharax japonica* (二枚貝綱, キヌタレガイ科) の分布と生息環境. *南紀生物*. 53: 1-77.
- 上出貴士. 2013. 和歌山県沿岸の潮下帯におけるウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (二枚貝綱, ツキガイ科) の分布と生息環境. *南紀生物*. 55: 105-111.
- 上出貴士. 2016. 和歌山県沿岸における内湾性底生二枚貝の分布と生息環境 I—チゴトリガイ *Fulvia hungerfordi*, チヨノハナガイ *Raetellops pulchellus* 及びシズクガイ *Theora lata*—. *南紀生物*. 58: 135-142.
- 上出貴士. 2017. 和歌山県沿岸における内湾性底生二枚貝の分布と生息環境 II—ケシトリガイ *Alvenius ojanus*, ヒメカノコアサリ *Veremolpa micra* 及びまとめ—. *南紀生物*. 59: 16-21.
- Uede, T. 2010. The effect of the methods of farming on the environment and growth of cultured red sea bream, *Pagrus major*. *Bull. Fish. Res. Agen.* 29: 29-38.

- 上出貴士・高橋芳明・山内信・井関和夫. 2013. 和歌山県田辺湾の潮間帯におけるコアマモ群落の底質環境とベントス群集組成. 水産増殖. 61: 61-72.
- 上出貴士・山内信・高橋芳明. 2014. 和歌山県田辺湾内ノ浦の潮間帯のコアマモ *Zostera japonica* 群落におけるウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (二枚貝綱, ツキガイ科) の分布と生息環境. 日本ベントス学会誌. 68: 28-36.
- 横山寿. 2009. 魚類養殖の環境インパクトと持続的生産. 日水誌. 75: 96-98.
- Yokoyama, H. and Y. Ishihi. 2007. Variation in food sources of the macrobenthos along a land-sea transect: a stable isotope study. Mar. Ecol. Prog. Ser. 346: 127-141.

Summary

This paper discusses the validity of *Scoletoma longifolia* (Polychaeta) as an environmental indicator in fishing grounds along the coast of Wakayama Prefecture. The data regarding *S. longifolia* were extracted from the survey conducted along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. Using these data, I examined the effectiveness of this species as an environmental indicator from four perspectives: 1) the distribution, the seasonal changes and the relationship with sediment environments of this species in fish farming area, 2) a comparison of the occurrence of this species in non-fish farming areas and fish farming areas, 3) the distribution and the habitat environment of this species in Wakaura Bay and Tanabe Bay, and 4) the distribution and the habitat environment of this species in bare bottoms and *Zostera japonica* beds in the intertidal zone in Tanabe Bay.

1) No seasonal differences were observed in the number of individuals of *S. longifolia*, but the wet weight was significantly higher in September. This suggests that this species grows from spring to autumn. Furthermore, this species increased with the increase of TOC in the sediments, but it was not found in areas classified as 'critical area' where eutrophication has progressed.

2) Comparing the non-fish farming areas with the fish farming areas, it was found that the number of individuals was significantly higher in the fish farming areas. This indicates that this species is proliferating using organic matter derived from fish farming, suggesting the effectiveness of this species as an environmental indicator.

3) This polychaeta was widely distributed within Wakaura Bay and Tanabe Bay. It was especially abundant in the southern part of Tanabe Bay having a lot of fish farming cages, but it significantly decreased in September. In the southern part of Tanabe Bay, hypoxia are often formed from July to September, so it is considered that this environmental degradation caused the decrease of the polychaete.

4) When comparing the distribution of this species between *Z. japonica* beds and bare bottoms, no significant differences in population density and wet weight were observed due to the presence or absence of vegetation. Unlike bivalves and other polychaetes such as *Cirriformia tentaculata*, *S. longifolia* did not exhibit a high-density distribution in the intertidal vegetation.

From these results, it was found that *S. longifolia* was densely distributed in the sublittoral zone compared to the intertidal zone. Furthermore, this species was revealed to have a higher density in fish farming areas than in non-fish farming areas. In the fish farming areas, this species reached the highest levels of individual density and wet weight in a concentration range of TOC at 2.7 to 9.1 mg/g and AVS at 0.25 to 0.45 mg/g, and did not occur in areas that were more eutrophic areas. This suggests that *S. longifolia* is a valuable benthic indicator of organic load in the coastal areas of Wakayama Prefecture, especially in fish farming sites.

学会誌掲載論文抄録

和歌山県におけるチュウゴクアミガサハゴロモの寄主植物

井口雅裕¹・児玉 洋²

¹和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

²日本農薬株式会社

Host plants of *Pochazia shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae)
in Wakayama Prefecture, Japan

Masahiro Iguchi¹, Hiroshi Kodama²

¹*Lab. of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.*

²*Nihon Nohyaku Co., LTD*

Abstract

To identify the host plants of *Pochazia shantungensis* (Chou & Lu, 1977), this study investigated plant species showing egg-laying scars of *P. shantungensis* in fruit orchards, public parks, home gardens, and streets in northern Wakayama Prefecture. A total of 85 plant species belonging to 41 families, including fruit, ornamental and street trees, were found to be oviposited on by this species. Among fruit trees, the number of egg-laying scars was relatively high on Japanese apricot, peach, plum, citrus species, sansho, persimmon, blueberry, and pawpaw.

摘要

中国原産の外来種チュウゴクアミガサハゴロモ *Pochazia shantungensis* は 2024 年 12 月現在、和歌山県北部に広く分布していた。本種の産卵痕が確認された植物は広範で、果樹、庭木、街路樹など 41 科 85 種であった。果樹ではウメ、モモ、スモモ、カンキツ類、サンショウ、カキ、ブルーベリー、ポポーで産卵痕数が比較的多かった。産卵痕は通常は細い枝で見つかるが、カンキツ類の一部では例外的に葉裏の主脈でも認められた。

Possible existence of *Colletotrichum horii* resistant to sterol demethylation inhibitor (DMI) fungicides on persimmon

Yoko Otani

Lab. of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.

Abstract

Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) anthracnose is a serious plant disease caused by *Colletotrichum horii* B.S. Weir & P.R. Johnston and other closely related species. Sterol demethylation inhibitor (DMI) fungicides are effective against *C. horii*. Difenoconazole is a systemic fungicide that belongs to the DMI fungicides. In this study, we investigated the sensitivity of *C. horii* isolates collected from six commercial persimmon orchards in Wakayama Prefecture to difenoconazole. The sensitivity to difenoconazole was evaluated using both a medium test and a bioassay analysis. The medium test results revealed that the EC₅₀ values of difenoconazole ranged from 0.002 ppm to 54.54 ppm. The bioassay analysis indicated that *C. horii* isolates exhibiting EC₅₀ values of 1 ppm or higher in the medium test were resistant to difenoconazole. The results demonstrated the possibility of the presence of DMI-resistant *C. horii* on persimmons.

カキにおけるステロール脱メチル化阻害剤 (DMI 剤) 耐性

Colletotrichum horii の存在の可能性

カキ炭疽病は *Colletotrichum horii* とその近縁種により引き起こされる深刻な病害である。ステロール脱メチル化阻害剤 (DMI 剤) は *C. horii* に有効であるが、和歌山県内の *C. horii* に対して DMI 剤の一つであるジフェノコナゾール水和剤の防除効果が低い事例が認められた。そこで、県北部 5 市町 6 ほ場から採集した *C. horii* 8 菌株のジフェノコナゾールに対する感受性を調査した。薬剤添加培地による検定では、感受性が低下していると考えられる菌株が 4 ほ場で確認され、カキ果実を用いた生物検定でも、これらの菌株に対するジフェノコナゾール水和剤の効果は低いことが明らかになった。以上の結果から、カキにおいて DMI 剤耐性の *C. horii* が存在する可能性が示された。現時点で確認できる限りでは、*C. horii* における DMI 剤耐性菌の発生はこれまで報告がない。

Development of an insecticidal bait for combined use with netting to control the invasive red-necked longhorn beetle, *Aromia bungii*, emerging from tree trunks

Shigeaki Tamura,^{a†} Takuto Hirooka,^{b†} Yuichi Yamamoto,^c Kanako Shirotsuka,^c Hiromi Mukai,^d Masahiko Tokoro,^a Takao Konishi,^a Kazushige Uemori,^a Hisatomo Taki,^a Takeshi Matsumoto,^a Etsuko Shoda-Kagaya^a and Eiriki Sunamura^{a*}

** Corresponding author*

† These authors contributed equally to this work.

a Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, Japan

b Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Wakayama, Japan

c Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, Osaka, Japan

d Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Kyoto, Japan

Abstract

BACKGROUND

Invasive wood-boring pests cause significant damage to trees worldwide. Here we designed an insecticidal bait device to attract and kill adult red-necked longhorn beetles (*Aromia bungii*; Coleoptera: Cerambycidae) that emerge from tree trunks and are captured in netting installed around the trunks.

RESULTS

Insecticides were screened in laboratory dietary toxicity tests and attractants were evaluated in net-cage choice tests. Acetamiprid was selected as the active insecticide and sugar–vinegar solution as the attractant. Bottle-based bait devices were constructed to deliver the liquid bait via an exposed wick from which the adult beetles could feed. In a quasi-field trial, the bait devices achieved 100% mortality of adult *A. bungii* within several days of their emergence from

netted peach branches. In field trials targeting adults emerging from cherry tree trunks, mortality rates were lower and varied from 22% to 81%. Increasing the size of the bait device improved its killing efficacy.

CONCLUSION

Insecticidal baits have the potential to effectively control adult *A. bungii* emerging from netted trees. However, for practical application, further improvements in efficacy are needed, particularly through the identification of more potent attractants and the optimization of bait formulations.

和歌山県護摩壇山における針葉樹人工林の間伐処理方法の 違いが広葉樹の更新に及ぼす影響

山下由美子・大谷美穂¹

和歌山県林業試験場

Effects of different thinning treatment methods on broad-leaved tree regeneration in conifer plantations on Mt Gomadanzan, Wakayama Prefecture, Japan.

Yumiko Yamashita, Miho Otani

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

Abstract

We investigated the effects of different thinning treatments on tree regeneration in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* plantations on Mt. Gomadanzan, Wakayama Prefecture, Japan. Experimental plots were established for group thinning and line thinning, with or without mammal exclusion fencing, tree extraction, or felled trees placed horizontally. At 3–5 years after thinning, there were 32 tree species in the experimental plots, comprising 29 hardwood and three conifer species. The number of species and tree density (individuals/100 m²) were highest in the group thinning and felled tree extraction treatments, followed by the fenced group thinning treatment. There were more tree density of tall tree species in the group thinning and felled tree extraction treatments, whereas density of sub-tall tree species were more abundant in all other plots. The growth of tall trees may have been inhibited by shading by raspberry bushes in the fenced group thinning and fenced line thinning treatments. Both number of species and tree density were highest in a fenced plot following felled tree extraction after group thinning situated on a ridge adjacent to a natural forest, implying that these conditions were highly effective for natural broad-leaved tree regeneration.

摘 要

和歌山県田辺市にある護摩壇山のスギ・ヒノキ人工林において、各種間伐後の更新状況を調べた。間伐方法、防獣ネット柵の有無、伐倒木の処理方法によって試験区を設定した。間伐から3～5年経過後に更新した樹種は32種（広葉樹29種、針葉樹3種）で、種数と100 m²あたりの本数は群状間伐・搬出区で特に多く、群状間伐・柵有区が続いた。群状間伐・搬出区では高木種の本数が小高木種よりも多かったが、それ以外の区では高木種よりも小高木種の本数が多かった。群状間伐・柵有区、列状間伐・柵有区ではキイチゴ類の繁茂が更新木の生育を阻害している可能性が考えられた。本地域の針葉樹人工林において、広葉樹天然林に隣接した尾根部で群状間伐を行い、伐倒木搬出後に防獣ネット柵を設置した場合、更新木の種数・本数のどちらも多く、広葉樹の天然更新に有効であると考えられた。

¹現在：退職

アーカイバルタグの記録で示された和歌山県沿岸に設置された表層型浮魚礁に蝟集したカツオの鉛直移動

山根弘士^{1a}, 安江尚孝¹, 青木良徳², 松原直人², 上田優哉^{2b}, 津田裕一², 清藤秀理²

¹和歌山県水産試験場 649-3503 和歌山県東牟婁郡串本町串本 1557-20

²(国研)水産研究・教育機構水産資源研究所 236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

Vertical movement of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* associated with the surface-type fish aggregating devices on the coast of Wakayama revealed by archival tag records

KOJI YAMANE¹, NAOTAKA YASUE¹, YOSHINORI AOKI², NAOTO MATSUBARA², YUYA UEDA², YUICHI TSUDA² AND HIDETADA KIYOFUJI²

¹Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station, 1557-20 Kushimoto, Kushimoto, Higashimuro, Wakayama 649-3503, Japan

²Fisheries Resource Institute, Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

Abstract

Vertical movement of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* provides fundamental information for considering fishing effort and eliminating the effect of fishing location on catch per unit effort. Vertical movement of skipjack tuna associated with the surface-type fish aggregating devices (FADs) on the coast of Wakayama, Japan, was examined using the archival tag records. Based on nine fish that were recaptured around the surface-type FADs where they had been released on 24 June 2020, the elapsed period between release and recapture was from 3 days 19 hours to 10 days 20 hours. Skipjack tuna remained shallower than 20 m in depth for 91.2–99.5% of the time during both the nighttime and daytime. The differences in mean swimming depth between nighttime and daytime were as small as 0.3–3.7 m. Overall, the results of the present study suggested that there was no clear pattern of vertical movement between nighttime and daytime in skipjack tuna associated with the surface-type FADs on the coast of Wakayama. The peritoneal cavity temperatures were generally above 22°C regardless of the ambient temperature, suggesting that skipjack tuna maintained its body temperature to maintain its metabolism.

摘要

カツオの鉛直移動に関する知見は漁獲努力量を検討したり、単位漁獲努力量当たりの漁獲量に及ぼ

す操業場所の影響を取り除いたりするうえで基礎的な情報になる。本研究では、和歌山県沿岸に設置された表層型浮魚礁に蛸集したカツオの鉛直移動をアーカイバルタグを用いて調べた。放流と再捕が同じ表層型浮魚礁であった2020年6月24日放流の9個体では、放流から再捕までの経過期間は3日19時間から10日20時間であった。各個体は昼夜とも91.2%から99.5%の時間、深度20 m未満を遊泳した。夜間と昼間の平均遊泳深度の差は0.3 mから3.7 mと小さかった。一般的に、表層型浮魚礁に蛸集したカツオは1日の多くの時間で深度20 m未満を遊泳し、明確な昼夜の鉛直移動のパターンを示さないと考えられた。腹腔内温度は周囲の水温に関わらず22°C以上であることが多かったことから、代謝維持のための体温を維持していたと考えられる。

^a 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

^b 現在: 北海道大学大学院水産科学院

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第 1 4 号

発行 令和 8 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
