

山口県農林総合技術センター研究報告

第 16 号

令和 7 年（2025 年） 3 月

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No.16

March, 2025

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Mure, Hofu City, Yamaguchi Prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県防府市牟礼 10318

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri.

& For. Gen. Tech. Ctr.

山口県農林総合技術センター研究報告 第16号（令和7年3月）

目 次

1601	根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成 藤井 宏栄	1
1602	弱光下で冷蔵貯蔵した畑ワサビセル成型苗は定植後に旺盛な生育を示す 重藤 祐司	12
1603	集落営農法人就業者が農閑期に所得を確保する手法の検証 尾崎 篤史	23
1604	半樹別交互結実法による「せとみ」の連年安定生産と熟期促進 西岡 真理・中島 勘太・岡崎 芳夫	32

山口県農林総合技術センター投稿規程

根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成

藤井 宏栄

Breeding of 'CR Hanakkori 1 go' with Resistance to Clubroot Disease

FUJII Kouei

Abstract: 'CR Hanakkori 1 go,' a clubroot -resistant variety, was breed developed by crossing 'Hanakkori E2,' with the Chinese cabbage variety 'Kiai 65,' which carries the clubroot resistance gene *CRb*. Successive backcrossing with 'Hanakkori E2,' and selection using DNA markers led to its establishment. The results confirmed 'CR Hanakkori 1 go,' possesses a homozygous *CRb* gene, exhibits early maturity comparable to 'Hanakkori E2,' and demonstrates equal or greater yield and labor-saving properties.

Keywords: Chromosomes, Early maturity, High yield, Labor saving, Backcrossing

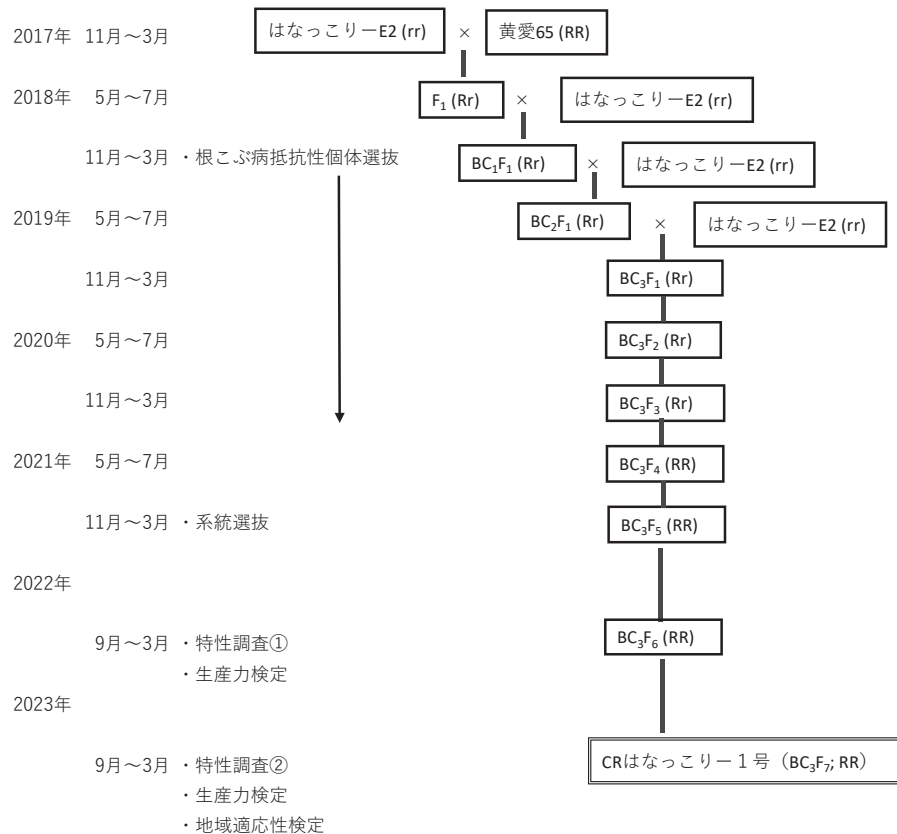
キーワード: 染色体、早生、高収量、省力性、戻し交雑

品種開発の背景

はなっこりーはサイシンとブロッコリーの交雑によって得られた合成ナプスで、花蕾とそれに続く茎や葉を食用とするナバナ野菜であり、1999年に山口県のオリジナル野菜として最初に品種登録され（松本ら、1997）、山口県全域で栽培面積を増やしながら普及した。その後、生産量の向上を目的に、最初に開発されたはなっこりー（以後、「初代はなっこりー」と呼ぶ）を年内収穫用の早生品種とし、厳寒期に生産性の高い中生品種「はなっこりーME」と晩生品種「はなっこりーL」を2010年に新たに開発した（藤井ら、2012）。これによって早生、中生、晩生品種が揃い、はなっこりーの生産性は大きく向上し、9月から翌年5月まで連続的に出荷する栽培体系が確立された。2016年には労働生産性の向上を目的に、「初代はなっこりー」を省力・多収品種へ改良し、新たな早生品種「はなっこりーE2」を開発した（藤井ら、2019）。はなっこりーは出荷袋の中で小花が開くと売れ残り品と見なされ、

商品性を失うため、調製時に開花している小花は手作業で除去することが必須となる。そこで、収穫時に蕾が開きにくい「はなっこりーE2」は労力削減に大きく貢献し、はなっこりーの労働生産性を大きく改善することとなった。このように、新たな早生、中生および晩生品種を開発し、産地に普及したことによって、実質的に、はなっこりーの安定生産や産地拡大が可能となった。しかし、産地の拡大に伴い、根こぶ病の被害が顕在化してきた。根こぶ病は *Plasmodiophora brassicae* Woronin によって引き起こされ（田中ら、1990）、キャベツ、ハクサイやブロッコリーなどのアブラナ科野菜にとって大きな被害となる土壌伝染性の難防除病害である。この根こぶ病菌は、現在4つのグループ（G1、G2、G3、G4）に分類されており（Hatakeyama ら、2004）、各病原菌グループに対して抵抗性のある遺伝子（*CRb*、*Crr1*、*Crr2*など）を利用してハクサイ、ナバナ、セイヨウナタネにおいて根こぶ病抵抗性の品種がこれまでに複数育成されている（田中ら、2023；Kawasaki ら、2021；松元ら、2017）。

根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成



第1図 CR はなっこりー1号の育成経過

根こぶ病抵抗性個体の選抜は抵抗性遺伝子 (*CRb*) マーカーと幼苗接種検定によって実施
rr: 罹病性ホモ、RR: 抵抗性ホモ、Rr: ヘテロを示す

県内のはなっこりー主要産地3か所で発生した根こぶ病について、様々な病原菌グループに抵抗性を持つハクサイ品種を指標とし、吉本・前田 (2001) のセルトレイ底面給液による方法で生物検定をしたところ、全ての産地で発生した根こぶ病はグループ3 (G3) であることが判明した。そこで、本研究では合成ナプスのはなっこりーへ、グループ3、4に抵抗性を示すと報告のある *CRb* 遺伝子 (Kato ら、2013) を持つハクサイ品種を交雑し、はなっこりーの連続戻し交雑とDNA マーカーによる選抜により根こぶ病抵抗性のはなっこりーを育成したので報告する。

本研究を遂行するに当たり、育成系統の評価等に協力いただいた山口県農林水産部の関係機関、山口県農業協同組合そして生産者の方々に感謝の意を表す。

育種目標

根こぶ病に抵抗性を持ち、早生性、収量性および省力性といった有用形質が「はなっこりーE2」と同等以

上の根こぶ病抵抗性のはなっこりーを育成する。

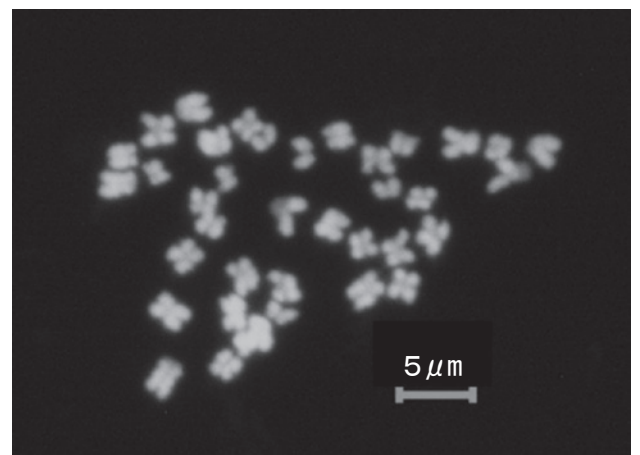
育成経過

交雑と選抜による育成経過を第1図に示した。2017年11月に「はなっこりーE2」を種子親、根こぶ病抵抗性 *CRb* 遺伝子をホモに持つハクサイ品種「黄愛65 (株 渡辺採種場)」を花粉親にして人工交雑によるF₁を育成した。2018年5月、同年11月、2019年5月に、「はなっこりーE2」を反復親として3回連続戻し交雑し、2018年7月、2019年3月、同年7月にBC₁F₁からBC₃F₁世代の種子を得た。2019年11月から2021年11月までは年2回のペースで選抜個体の固定と導入 *CRb* 遺伝子のホモ化を目的に5回の自殖と選抜を繰り返した。なお、BC₁F₁およびBC₂F₁世代では、頂花出蕾の早晩性や外観形態が「はなっこりーE2」に近い個体を選び、B0902マーカー (Kato ら、2013) を用いて *CRb* 遺伝子をヘテロに持つ個体を選抜した。BC₃F₁からBC₃F₄世代までは、早晩性と外観形態が

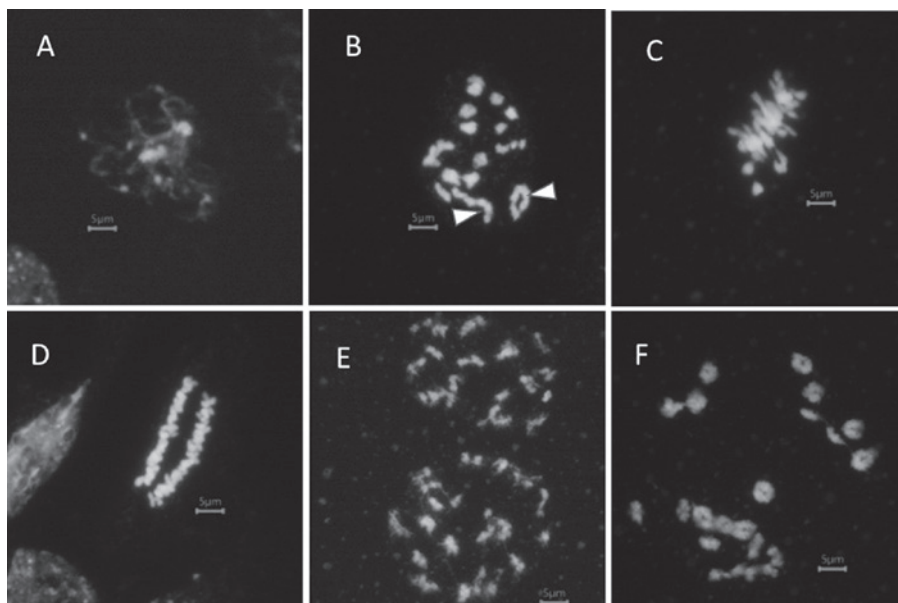
「はなっこりーE2」に類似し、更に収穫枝の花蕾が開花せずによく伸長する個体に対して *CRb* 遺伝子をホモもしくはヘテロに持つ個体を選抜した。BC₃F₃ 世代では収量性も考慮に入れて 19 系統 80 個体を選抜・自殖し、BC₃F₄ 世代では 80 個体から得た種子を各々系統として *CRb* 遺伝子をホモにもつ 33 系統を選抜した。BC₃F₅ 世代では、まず育苗時に各系統の一部に根こぶ病菌を接種することで、各系統の抵抗性の程度を苗の段階で確認し、根こぶ病菌に汚染されていないほ場に移植して、早晩性と外観形態および収穫枝の花蕾が開花せずによく伸長する特性が「はなっこりーE2」に類似し、かつ、収量性が「はなっこりーE2」と同等以上である系統を選抜した。同時に、根こぶ病菌に汚染されたほ場に移植し、根こぶ病を発病せずに「はなっこりーE2」以上の収量が得られる系統を選抜した。その結果、BC₃F₅ 世代で 3 系統選抜し各々後代を採種し BC₃F₆ とした。2022 年 9 月から 3 月にかけて 3 系統に関して生産力検定を行うと共に農林水産植物種類別審査基準ブロッコリーに準じて特性調査を実施した。つぎに、2023 年 9 月から 3 月にかけて生産力検定、特性調査および地域適応性検定として現地評価試験を行い、最終的に選抜した 1 系統を「CR はなっこりー1号」と命名して育成を完了し、2024 年 5 月に品種登録出願を行った。

細胞学的調査

AC ゲノム（染色体数 38 本）の *Brassica napus* の染色体構造を持つ合成ナプスの「はなっこりーE2」と A ゲノム（染色体数 20 本）の *B. rapa*（「黄愛 65」）との異なるゲノム間の交雑 F1 に「はなっこりーE2」の連続戻し交雑して「CR はなっこりー1号」を育成した。そこで、「CR はなっこりー1号」の最終的な染色体構造を確認するために、体細胞染色体と減数分裂を調査した。体細胞染色体は根端の分裂組織を用い、減数分裂は 1.1~1.4mm サイズの蒴を用いた。材料の染色体標本作成法は EMA 法（酵素解離空気乾燥法）で



第 2 図 「CR はなっこりー1号」の体細胞染色体
染色体数 38 本



第 3 図 減数分裂像

A~E: 「CR はなっこりー1号」、F: 「ななしきぶ（天然ナプス）」

A: パキテン期、B・F: ディプロテン期、C: 第一分裂中期、D: 第一分裂後期、E: 第一分裂終期(telophase I)
矢頭は四価染色体

根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成

行い、Fujii・Ohmido (2011) の方法と同様にプレパラートを作成した。なお、減数分裂については、天然ナプスの「はななしきぶ (染色体数 38 本)」も参考試料として比較調査した。

体細胞染色体は第2図のように、正確に 38 本の染色体で構成されており、特別に異常な染色体は確認できなかった。減数分裂においては、パキテン期から第二減数分裂まで確認した。第3図では、パキテン期から第一減数分裂までの過程を示した。ディプロテン期では、天然ナプスではほとんどの花粉母細胞において、環状と棒状の二価染色体で構成され、ナプス型染色体数の半数である 19 本が安定して観察された (第3図 F)。一方で、今回育成した「CRはなっこりー1号」は、ほとんどの花粉母細胞で頻繁に四価染色体が観察された (第3図 B)。

品種の特性

第1表 本研究報告における耕種概要 (2022 年～2023 年)

年次	場所	試験目的	播種日	セルトレイ (穴)	定植日	栽植密度		根こぶ病菌密度 (乾土1g当たり)	施肥	マルチ	摘心	収穫 開始日	収穫 終了日
						畝幅 (cm)	株間 (cm)						
2022	山口市大内 Aほ場 ^z	特性調査 生産力検定	8/15	128	9/7	150	40	未検定 発病歴なし	緩効性肥料40日 N 3.2kg/a	有	9/30	10/11	11/18
2022	山口市大内 Bほ場 ^z	根こぶ病調査 生産力検定	8/15	128	9/8	150	40	未検定 発病歴あり	緩効性肥料40日 N 3.2kg/a	有	9/30	10/11	11/18
2023	防府市牟礼 ^y	特性調査 生産力検定	8/8	128	8/29	150	40	未検定 発病歴なし	緩効性肥料40日 N 3.2kg/a	有	9/22	9/29	11/10
2023	山口市名田島① ^x	現地適応性検定	8/8	128	9/1	160	40	5.0×10 ⁶	即効性肥料 N 3.2kg/a	無	9/25	10/2	11/13
2023	山口市名田島② ^x	現地適応性検定	8/8	128	9/1	160	40	検出限界	即効性肥料 N 3.2kg/a	無	9/25	10/2	11/13

z 山口市大内は旧山口県農林総合技術センターのほ場：Aほ場は根こぶ病菌に汚染されていない、Bほ場は根こぶ病菌に汚染されている

y 防府市牟礼は現山口県農林総合技術センターのほ場：根こぶ病菌による汚染はない

x 山口市名田島は現地試験圃場：①は根こぶ病菌に汚染されている現地ほ場、②は根こぶ病に汚染されていない現地ほ場

第2表 各品種の頂花蕾収穫時における植物体特性

年次	品種・系統名	草姿	葉身の		草丈 (cm)	葉の長さ (cm)	葉の幅 (cm)	摘心日	葉柄の長さ (cm)	枝の長さ (mm)	花らい球分		花らい球の 重さ (g)	花らい球の 茎の長さ (mm)	花らい球の 茎の太さ (mm)
			葉色の 濃淡	凹凸の 強弱							高さ (mm)	直径 (mm)			
2022 ^z	CRはなっこりー1号	半直立	淡	中	35.5 c ^w	28.6 c	16.4 c	9/30	9.0 c	9.9 b	38.8 b	27.7 b	4.9 b	10.4 a	11.0 b
	はなっこりーE2	半直立	やや淡	弱	40.0 b	34.9 b	18.7 b	9/30	12.6 b	6.2 b	35.7 b	26.6 b	4.8 b	8.5 a	11.2 b
	初代はなっこりー	半直立	やや濃	弱	49.2 a	44.1 a	21.4 a	10/7	18.1 a	14.5 b	69.0 a	40.2 a	8.3 a	9.6 a	10.8 b
	スティックセニョール ^x	かなり直立	濃	弱	67.6	50.8	20.4	11/1	25.4	54.1	108.9	91.0	71.8	12.2	24.3
2023 ^y	CRはなっこりー1号	やや半直立	淡	中	35.8 b	28.6 c	17.7 b	9/22	10.7 b	13.2 b	48.0 b	32.3 b	5.3 b	10.8 b	10.3 ab
	はなっこりーE2	半直立	やや淡	弱	40.4 a	34.9 b	21.4 ab	9/22	12.2 b	14.7 b	48.0 b	33.7 b	4.6 b	9.1 b	8.9 b
	初代はなっこりー	半直立	やや濃	弱	40.9 a	48.0 a	22.7 a	9/27	20.8 a	11.6 b	62.4 a	49.1 a	10.0 a	8.5 b	11.5 b
	スティックセニョール ^x	かなり直立	濃	弱	77.4	60.7	23.2 a	10/23	30.5	40.8	101.8	83.0	71.4	13.1	25.5

z 2022 年の定植日は 9 月 7 日

y 2023 年の定植日は 8 月 29 日

x スティックセニョールは参考データとして示し、統計処理には含めていない

w Tukey(5%)検定により異なる英小文字は有意差があることを示す

も遅く、そのサイズは最も大きかった。「CR はなっこりー1号」の頂花蕾の大きさや形態は、「はなっこりーE2」と最も類似していた。また、「はなっこりーE2」の頂花蕾の抽苔形状は、幼葉に包まれたまま抽苔

してくるため出蕾が分かりにくかったのに対し、比較の見分けやすかった(第5図)。「CR はなっこりー1号」は、定植後、20~25日で出蕾する頂花蕾を摘心すると、その7~10日後から伸長した側枝を収穫でき



第4図 第1次側枝の収穫時期における草姿の比較(2022年)



第5図 頂花蕾の抽苔状況(真上から見た写真:2023年)
左:「CR はなっこりー1号」 右:「はなっこりーE2」



第6図 CR はなっこりー1号
可食部(側枝花蕾) (2023年)



第7図 各品種の頂花蕾の外観(2023年)

根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成

(第1表)、収穫した側枝花茎の外観は従来のはなっこりーとほとんど変わらなかった(第6図)。また側枝花茎の発生の仕方は「はなっこりーE2」と同様に強く、よく伸長し、株当たり一度に7本前後を一斉に収穫可能であった(第4図)。更に花蕾のしまりもよく、「はなっこりーE2」よりも優れていた(第7図)。

2) 生産力検定(収量性と省力性)

「CRはなっこりー1号」は「はなっこりーE2」と同時期に収穫開始となったが、「初代はなっこりー」はこれら両品種よりも5~7日遅かった(第3、4表、第8図)。収穫始めから40日間における収量は1次側枝花茎と2次側枝花茎が中心となった。「はなっこりーE2」と同様に収穫開始1週間のうちに1次側枝花茎が一斉に収穫され、収穫開始後3週間頃に2次

側枝花茎のピークがみられた(第8図)。総収量は、2022年、2023年度の両方において「初代はなっこりー」よりも有意に高く、「はなっこりーE2」とは有意差はなかったものの、両年とも優れる傾向にあり、特に2023年度は180.7kg/aと高い収量が得られた。(第3、4表)。20cm長の収穫花茎の1本重について、2022年度は品種間で有意差はなく同程度であった(第3表)。2023年度においては、20cm長の収穫花茎の茎径サイズ別の収量と1本重を算出した(第4表)。はなっこりーの出荷において最も主流となるMサイズの花茎収量は、「CRはなっこりー1号」と「はなっこりーE2」の間に有意な差はなく、細すぎるSサイズの花茎の割合も「CRはなっこりー1号」において総収量の2割を占めたものの品種間で有意な差はなかった。

第3表 収量および収穫時の開花割合の品種間差(2022年)

品種・系統	収穫 開始日 ^z	収穫期間40日間における収量 ^y			
		本数(本/a)	重量(kg/a)	1本重(g)	開花率(%) ^x
CRはなっこりー1号	10/11	10868 a ^w	121.1 a	11.2 a	1.1 c
はなっこりーE2	10/11	8966 a	96.7 ab	10.8 a	4.8 b
初代はなっこりー	10/17	5903 b	74.1 b	12.5 a	9.9 a

z 収穫期間：10月11日~11月18日

y 収量は調製した時に20cmの長さになる収穫花茎について算出

x 開花率は調製作業(花除去)が必要な花茎本数の割合を示す

w Tukey(5%)検定により異なる英小文字は有意差があることを示す

第4表 収量および収穫時の開花割合の品種間差(2023年)

品種・系統	収穫 開始日 ^z	収穫期間40日間における20cm長の花茎収量 ^y								
		花茎の茎径サイズ別の収量(kg/a)					花茎の茎径サイズ毎の平均1本重(g)			開花率 (%) ^v
		L ^x	M	S	総収量	Sの割合(%) ^w	M	S	平均	
CRはなっこりー1号	9/29	3.9 b ^u	158.8 a	18.0 a	180.7 a	20.5 a	15.3 a	6.7 a	13.6 b	16.6 b
はなっこりーE2	9/29	6.6 b	139.1 a	13.0 ab	158.6 ab	15.9 a	13.9 b	6.7 a	13.0 b	19.8 b
初代はなっこりー	10/4	26.9 a	91.1 b	6.2 b	124.2 b	11.7 a	15.2 a	6.8 a	16.0 a	50.3 a

z 収穫期間：9月29日~11月10日

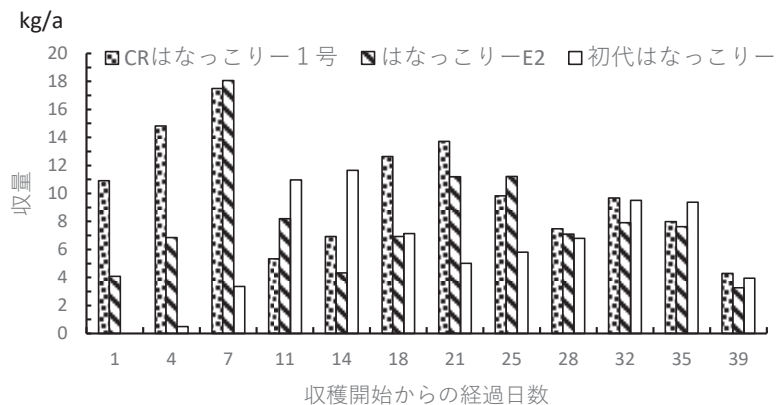
y 収量は調製した時に20cmの長さになる収穫花茎について算出

x L：茎径16mm以上、M：茎径7-16mm、S：茎径7mm未満

w Sの割合は7mm未満鉛筆よりの細い茎径の本数割合を示す

v 開花率は調製作業(花除去)が必要な花茎本数の割合を示す

u Tukey(5%)検定により異なる英小文字は有意差があることを示す



第8図 はなっこりー各品種における日別収量の推移(2022年)

一方で、「CR はなっこりー1号」のMサイズのみの収量は、「はなっこりーE2」の総収量に匹敵した。また、Mサイズの花茎1本重は、「CR はなっこりー1号」の方が「はなっこりーE2」よりも有意に優れた。

はなっこりーは、収穫時に開花している花は、調製時に除去する手間をかける必要がある。この調製作業が必要な割合を品種ごとに開花率で示した（第3、4表）。「CR はなっこりー1号」の開花率は2022年度で1.1%と有意に低く、2023年度は「はなっこりーE2」との間に有意差はなかったものの、品種間で最も低い値となった。

2 根こぶ病抵抗性

「CR はなっこりー1号」、感受性品種の「初代はなっこりー」、「はなっこりーE2」と「スティックセニョール」、抵抗性ハクサイ品種の「黄愛65」と「黄苑80」の若い葉からDNAを抽出した。PCRに用いたマーカーはB0902（第5表）で、反応条件等はKatoら（2013）の報告に従い（第6、7表）、DNA断片を増幅させ、アガロースゲル電気泳動によりバンドを確認した。「初代はなっこりー」、「はなっこりーE2」には抵抗性バンドは無く、感受性を示すバンドのみをもつ感受性ホモであった。「黄苑80」は抵抗性と感受性両方のバン

ドを持つヘテロであり、「黄愛65」と「CR はなっこりー1号」は160bpの抵抗性バンドのみを持つ抵抗性ホモであることが示された（第9図）。なお、「スティックセニョール」は感受性および抵抗性双方のバンドを持たず、はなっこりー特異的バンドと同じ位置にバンドを持っていた。

次に「CR はなっこりー1号」および「はなっこりーE2」に対して幼苗接種検定を実施した。グループ3の根こぶ病菌に汚染された土壌（根こぶ病菌密度 5.0×10^6 個/乾土1g）を採取・自然乾燥させ、5mmの篩を通し、採取土壌と購入培養土（与作：ジェイカムアグリ（株））を1：1に混合して育苗培地とした。検定方法は、吉本・前田（2001）のセルトレイ底面給液法を参考にした。50穴のセルトレイに1：1に混合した土壌を詰め、1穴に各品種4粒播種し、セルトレイの穴から不織布を垂らし、ここから底面給水し、播種後30日で根のこぶを調査した。「はなっこりーE2」は罹病し、こぶを形成したが、「CR はなっこりー1号」はこぶを形成せず抵抗性を示した（第10図）。

また実証として、2022年度に山口市大内のBほ場（第1表）に「CR はなっこりー1号」と「はなっこりーE2」を9月8日に定植し、栽培終了後の11月18日に根を掘り上げ、こぶの着生状態を確認した。「はなっこりーE2」は主根がこぶ化し、発病指数2.67と

第5表 PCRに用いた抵抗性遺伝子座とプライマー

遺伝子座	プライマー	配列	増幅断片(bp)
CRb	B0902-FW	AGCCTTGCGTAAAAGCAACTAC	160
	B0902-RV	GTTTGGAATCCGACAAATACATCCAT	

第6表 PCR反応液の調製

溶液	使用量(μl)
滅菌蒸留水	3.5
Quick Taq HS Dye Mix	5.0
プライマー-FW	0.5
プライマー-RV	0.5
鋳型DNA	0.5
合計	10.0

第7表 PCRサイクル条件

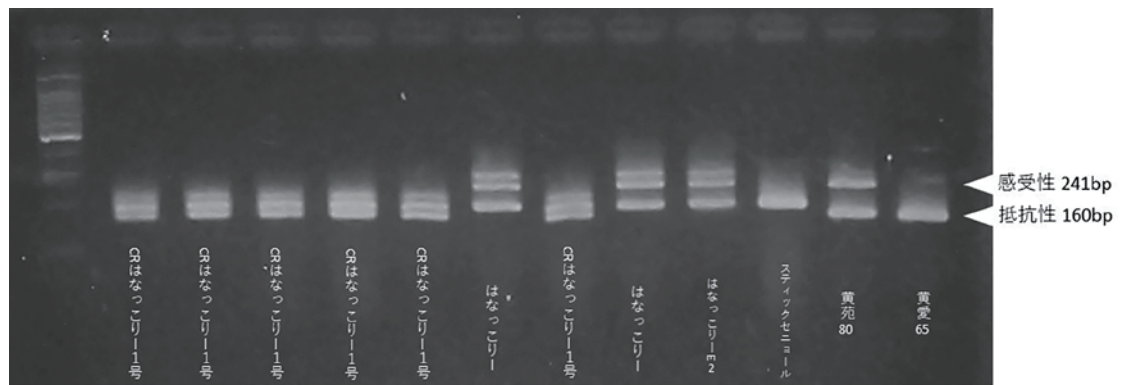
94℃	2分	} 35サイクル
94℃	30秒	
55℃	30秒	
68℃	30秒	
68℃	5分	
4℃	∞	

第8表 センター内根こぶ病菌汚染ほ場における発病状況（2022年）

ほ場	品種・系統	発病指数 ^z	発病度
山口市大内	CRはなっこりー1号	0.03	1.1
Bほ場	はなっこりーE2	2.67	88.9

z 0：こぶ無し、1：根全体の1～5%にこぶ、2：根全体の25～50%にこぶ、3：根全体の50%以上にこぶ

根こぶ病抵抗性「CRはなっこりー1号」の育成



第9図 各品種・系統の *CRb* 遺伝子座の PCR



第10図 根こぶ病菌の幼苗接種検定による播種30日後の根の状態(2022年)
矢印はこぶを示す



第11図 根こぶ病菌蔓延ほ場で栽培後の根部の状態



第12図 根こぶ病汚染ほ場における栽培後の根の状況(2023年度)

第9表 現地適応性試験の根こぶ病の発病状況 (2023年度)

ほ場	品種・系統	発病指数 ^x	発病度
山口市名田島①	CRはなっこりー1号	0.06	2.1
汚染ほ場 ^z	はなっこりーE2	2.52	83.9
山口市名田島②	CRはなっこりー1号	0.00	0.0
非汚染ほ場 ^y	はなっこりーE2	0.03	0.8

z 根こぶ病汚染ほ場の菌密度：5.0×10⁶個/乾土1g

y 非汚染ほ場の菌密度：検出限界

x 0：こぶ無し、1：根全体の1～5%にこぶ、2：根全体の25～50%にこぶ、
3：根全体の50%以上にこぶ

第10表 現地適応性検定における根こぶ病が収量等に及ぼす影響^z (2023年)

ほ場	品種・系統	収量(kg/a)					1本重(g)			開花率(%) ^u
		総収量	L ^w	M	S	S率(%) ^v	平均	M	S	
山口市名田島①	CRはなっこりー1号	190.7	8.0	166.9	15.9	8.3	13.9	16.1	5.1	11.4
汚染ほ場 ^y	はなっこりーE2	118.7	0.0	104.3	14.3	12.1	10.8	14.1	4.0	18.8
山口市名田島②	CRはなっこりー1号	141.7	0.0	126.6	15.2	10.7	13.3	15.0	6.9	15.6
非汚染ほ場 ^x	はなっこりーE2	137.6	0.6	121.5	15.6	11.3	11.7	13.3	6.0	26.4

z 収穫期間：10月1日～11月13日

y 根こぶ病菌汚染ほ場：菌密度は5.0×10⁶個/乾土1g、適宜灌水により水分条件は良い

x 非汚染ほ場の菌密度：検出限界、乾燥状態にあり水分条件が悪い

w L：茎径16mm以上、M：茎径7-16mm、S：茎径7mm未満

v 茎径7mm未満の細い本数割合を示す

u 調製作業（花除去）が必要な花茎本数の割合を示す

根全体の50%以上こぶ化している株が多く確認された一方で、「CRはなっこりー1号」にはほとんどこぶが確認されなかった(第8表、11図)。

3 現地適応性検定

根こぶ病菌汚染ほ場と非汚染ほ場における生産性

2023年に山口市名田島において「CRはなっこりー1号」の検定評価を行った。耕種概要を第1表に示した。ここでは、産地の主力品種である「はなっこりーE2」を対照品種とし、根こぶ病菌汚染ほ場「山口市名田島①」では、根こぶ病抵抗性である「CRはなっこりー1号」の効果や収量性を比較検討し、根こぶ病菌非汚染ほ場「山口市名田島②」では、「はなっこりーE2」のもつ本来の収量性に対して、比較検討した。なお、栽培環境条件として根こぶ病菌汚染圃場では、適切な灌水管管理が行われたことで十分な品種特性が発揮されたが、非汚染ほ場では、適切な灌水管管理ができなかったため、やや生育が不十分な状態であったことを言及しておく。また、ほ場の根こぶ病の菌密度は予めqPCRによって測定したものである(第9表)。更に、非汚染ほ場における試験では、根こぶ病の発生を確実に抑制するため、定植時に苗へのオラクル顆粒水和剤

(日産化学株式会社)の灌注処理を行った。

根こぶ病菌汚染ほ場で栽培した結果、第12図のように「CRはなっこりー1号」の根にはほぼこぶは無く発病指数もほぼ0であったが、「はなっこりーE2」の根はこぶだらけとなっており、発病指数も2.52と甚大な被害を受けていた(第9表)。一方で、非汚染圃場で栽培した結果は、「CRはなっこりー1号」および「はなっこりーE2」とともに発病指数はほぼ0であった(第9表)。次に第10表に汚染圃場と非汚染圃場で栽培した収量データを示した。汚染圃場では、「CRはなっこりー1号」の総収量が190.7kg/aと多収であるのに対して「はなっこりーE2」はその4割減と著しく低くなった。更にこれだけの収量差がありながら、総収量に占める細い花茎の割合(S率)は、「CRはなっこりー1号」の方が少なかった。一方、非汚染圃場における「CRはなっこりー1号」、「はなっこりーE2」の総収量は、ほぼ同程度であった。また、両圃場における1本重は、「CRはなっこりー1号」の方がやや重い傾向となり、開花率は「CRはなっこりー1号」の方がやや低い傾向となった。

考 察

「はなっこりーE2」を種子親、*CRb* 根こぶ病抵抗性遺伝子を持つハクサイ品種「黄愛 65」を花粉親に交雑し、その後「はなっこりーE2」の連続戻し交雑によって「CR はなっこりー1号」を育成した。「はなっこりーE2」はAC ゲノムの *B. napus* 型の染色体構造を持つ合成ナプスで染色体数は 38 本であり、「黄愛 65」はA ゲノムの *B. rapa* の染色体数は 20 本と両者のゲノム構造は異なるが、日向 (1984) が述べるように、この両種の交雑 F1 の獲得は容易であった。ところが、その後の戻し交雑の過程は、異数体との交雑となるため種子の獲得は困難であった。しかし、戻し交雑を繰り返すことによって次第に採種効率は良くなり、3 回戻し交雑した「CR はなっこりー1号」の体細胞染色体の調査から、正確に 38 本で構成されていることが明らかとなり、これまでの合成ナプスはなっこりーと同様の *B. napus* 型の染色体構造になっていると考えられる。一方、減数分裂のディプロテン期では、天然ナプスとの違いが見られた。天然ナプスではほぼ正確に二価染色体を形成して減数分裂が進んでいくのに対して、「CR はなっこりー1号」ではほとんどの花粉母細胞が四価染色体を形成していることが多かった。このことは Fujii・Ohmido (2011) の報告と同様に、合成ナプス特有の A ゲノムと C ゲノムの類似性の高さから生じる対合の異常によるものと考えられる。従って、Fujii・Ohmido (2011) が言及した合成ナプスでは後代形質の固定が困難になる問題が、「CR はなっこりー1号」も同様の問題が生じるものと推察する。

根こぶ病抵抗性の選抜には主として B0902 マーカーを利用した。マーカー選抜において「初代はなっこりー」および「はなっこりーE2」は感受性の 241bp の位置と抵抗性の 160bp の位置の間に特異的なバンドを必ず持っていた。これは、この位置に「スティックセニョール」のバンドもあることから、C ゲノム由来のバンドであると推測する。田中ら (2023) は B0902 マーカーを利用して *B. rapa* であるナバナ系統に *CRb* 遺伝子を交雑によって導入する中で 241bp の感受性遺伝子の他に 120bp の感受性遺伝子を確認している。この 120bp の感受性遺伝子は交雑によって分離し、160bp の抵抗性遺伝子だけをもつ完全な抵抗性遺伝子ホモ個体を得ているが、我々の確認した「はなっこりー」特異的なバンドは交雑を複数回繰り返しても分離することがなかったため、根こぶ病抵抗性には直接関与しない

ものと考え、241bp の位置に感受性遺伝子を持たず、160bp の位置に抵抗性遺伝子を持つ個体を完全な抵抗性ホモとして考えた。実際に抵抗性遺伝子をホモに持つ「CR はなっこりー1号」は、その後の後代でも分離することなく、生物検定においてもこぶの発現を抑制し、根こぶ病抵抗性としての特性を十分に発揮することを確認した。

「CR はなっこりー1号」の総収量、規格構成は、根こぶ病の非汚染ほ場においては、花粉親となる「はなっこりーE2」と比べてほぼ同等であったことから、「CR はなっこりー1号」は「はなっこりーE2」と同等の生産能力を持つものと考えられる。また、はなっこりーは収穫時に開花している花は調製時に除去する必要があるため、開花率は低いことが望ましい。ここで「CR はなっこりー1号」の方の開花率が低い傾向があることから「はなっこりーE2」よりも省力的な特性が強くなっていると考えられる。一方、汚染圃場の「CR はなっこりー1号」は非汚染ほ場に比べて総収量が著しく高くなった。これは単純に汚染圃場の方が栽培期間中において十分な灌水が施されたいためである。一方で、「はなっこりーE2」においては、十分に水を与えられていた汚染圃場よりも、水不足の非汚染圃場の総収量の方が高くなった。これは明らかに根こぶ病による影響が表れたデータであると考えられる。

以上のように、「CR はなっこりー1号」は、染色体数 38 本の *B. napus* 型の染色体構造を持つ合成ナプスであり、根こぶ病抵抗性遺伝子 *CRb* をホモ型に持つことで、根こぶ病菌のグループ 3、4 に抵抗性を示し、このグループの汚染圃場や非汚染圃場において安定して生産が行える。更に「はなっこりーE2」と同じ時期に栽培が可能で、摘心時期や収穫開始時期も同じで、同等以上の収量が得られ、調製作業の省力性も同等以上に優れることが明らかとなった。

「CR はなっこりー1号」を育成したことで、今後のはなっこりー産地への普及と生産拡大が期待される。

摘 要

根こぶ病抵抗性「CR はなっこりー1号」を育成した。「CR はなっこりー1号」は、「はなっこりーE2」に根こぶ病抵抗性遺伝子 *CRb* を持つハクサイ品種「黄愛 65」を交雑し、その後「はなっこりーE2」の連続戻

し交雑と DNA マーカーによる選抜によって育成した。本品種は、抵抗性の *CRb* 遺伝子をホモ型に持ち、「はなっこりーE2」と同等の早生品種で、収量性や省力性は同等以上であることが明らかとなった。

引用文献

- 藤井宏栄・岡藤由美子・陶山紀江. 2012. 新系統「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の育成および特性. 山口農総技セ研報. 3 : 25-30.
- Fujii, K. and N. Ohmido. 2011. Stable progeny production of the amphidiploid resynthesized *Brassica napus* cv. Hanakkori, a newly bred vegetable. *Theor Appl Genet.* 123: 1433-1443.
- 藤井宏栄・日高輝雄・重藤祐司・片川聖. 2019. 早生系省力型「はなっこりーE2」の育成と栽培. 山口農総技セ研報. 10 : 7-15.
- Mitsuyo Kawasaki, Takayoshi Ohara, Masahiko Ishida, Yoshihito Takahata and Katsunori Hatakeyama .2021. Development of novel clubroot resistant rapeseed lines (*Brassica napus* L.) effective against Japanese field isolates by marker assisted selection. *Breeding Science* 71 : 528-537.
- 日向康吉. 1984. 植物の種間交雑による育種. 化学と生物. 22 : No.12 : 833-840.
- 松元哲・畠山勝徳・高下新二・宮崎俊夫・近藤友宏. 2017. 2 つの根こぶ病抵抗性遺伝子(*Crr1*, *Crr2*)を有するハクサイ中晩生 F1 品種「CR 寒次郎」の育成. 農研機構研究報告. 野菜花き研究部門. 1 : 23-34.
- 田中義弘・尾松直志・樋口康一・竹之下佳久・湯田達也・畠山勝徳・松元哲. 2023. 根こぶ病抵抗 *CRb* を有するナバナ系統の育成. 鹿児島農総セ研報. 17 : 13-20.
- 松本理・岡藤由美子・金子和彦・片川聖. 1997. 胚珠培養による新野菜「はなっこりー」の育成. 山口農試研報. 48:21-24.
- 田中秀平・根来実・太田孝彦. 1990. 長崎県で発生した春ハクサイの根こぶ病. 山口大学農学部学術報告. 38 : 33-45.
- Takeyuki Kato, Katsunori Hatakeyama, Nobuko Fukino and Satoru Matsumoto. 2013. Fine mapping of the clubroot resistance gene *CRb* and development of a useful selectable marker in *Brassica rapa*. *Breeding Science.* 63: 116-124.
- 吉本均・前田和也. 2001. セルトレイ底面給液によるハクサイ根こぶ病菌の菌密度及び病原性の簡易生物検定法. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 2 : 143-148.

弱光下で冷蔵貯蔵した畑ワサビセル成型苗は 定植後に旺盛な生育を示す

重藤 祐司

Field Wasabi Plug Seedlings Stored Refrigerated Under Low Light Exhibit Vigorous Growth After Planting

SHIGEFUJI Yuuji

Abstract: The optimal refrigerated storage conditions for field wasabi plug seedlings have been determined. Under a 12-hour photoperiod, seedlings can be stored at a temperature of 2 - 4°C and a light intensity of 3 - 20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Under a 24-hour photoperiod, the optimal conditions are a temperature of 2 - 4°C and a light intensity of 1-10 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Under these conditions, seedlings can be stored for approximately six months. By planting the seedlings grown using this method in October, the growth can be advanced by over a month, allowing for a higher yield than conventional methods by mid-March of the following year. This technology also presents the potential for establishing new production areas that leverage the winter season in warm regions.

Keywords : global warming, LED, dormancy awakening
キーワード : 地球温暖化、LED、休眠覚醒

緒 言

日高ら (2015) は、これまでに底面給水掛け流し法によるワサビ超促成栽培技術を開発し、標高 400m 程度の山間部でも夏季に安定した育苗を可能とし、慣行促成栽培の 20 か月の栽培期間を 12 か月まで短縮し、1 年 1 作を実現した。しかしながら、地球温暖化の進展によって、本技術を利用してもワサビ苗が夏枯れする事例が多発したため、確実に夏越し育苗が可能な技術開発が求められていた。

他品目では古くから苗冷蔵貯蔵の研究が実施されており、キャベツやブロッコリーでは暗黒条件下で 1 か月程度 (小寺ら, 1993)、弱光条件下で 2 か月程度の冷

蔵苗貯蔵が可能 (久保田・古在, 1994) とされているが、産地においてはコスト面や品種による定植適期の制限から普及していない。一方でワサビは苗単価 (20 ~ 50 円/株) が他の葉菜類と比較して高く、冷蔵経費の吸収が見込めることから、長期間の苗冷蔵貯蔵に適した品目であると考えた。ワサビの植物工場的生産では、150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、15°C 程度が好適条件 (田中ら, 2008) とされるが、ここでは、苗の長期貯蔵なので、成長をさせずに生育を維持するために弱光 (1~90 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)・低温 (2~5°C) 条件下で好適な冷蔵貯蔵条件を検討することとし、定植後の生育収量への影響についても調査した。なお、今回の研究によって、畑ワサビ苗に適した冷蔵貯蔵条件、休眠特性並びに定

* 現 農業振興課

植適期が解明され、一連の技術について特許出願した。

特許出願「畑わさびの冷蔵苗生育方法」(YM01111)、
出願日；令和5年9月25日、出願番号；特願2023-
161515

材料および方法

1 苗冷蔵条件と苗質

1) 5℃、0~90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 条件

品種「奥多摩」を2021年9月22日に播種し、128穴セルトレイで12月10日まで慣行育苗した。これらに500倍の液肥(OK-F-1, OAT アグリオ株式会社)をトレイ1枚あたり500 ml 施用後、冷蔵庫内の植物育成棚に並べた。冷蔵庫の環境条件は、5℃一定(実測4.3~5.9℃, 平均4.9℃)とし、各棚に光源として、光強度が調節可能なパネル型LED(宇部興機株式会社)を設置した(第1図)。光源は、青色光(470 nm)：赤色光(630 nm)の比を1:2、明期：暗期時間を12 h:12 hとした。試験区は、光合成有効光量子束密度(PPFD)を、0、30、60、90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (以下0、30、60、90区)に調節し、各区の棚は暗幕で囲い、光が漏れないようにした。各区セルトレイ1枚を約2か月間冷蔵貯蔵した。2022年2月7日に各区8株について、草丈、葉数、最大葉のSPAD値(SPAD-502Plus、ミノルタ株式会社)、地上部乾物重、地下部乾物重を調査した。なお、育苗中の給水は底面給水によって実施した。

2) 4℃、0~10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 条件

品種「奥多摩」を2021年9月に播種し、128穴セルトレイで慣行育苗した。これらに500倍の液肥(OK-F-1, OAT アグリオ株式会社)をセルトレイ1枚あたり500 ml 施用後、2022年2月25日に冷蔵庫内の植物育成棚に並べた。冷蔵庫内の光源および明期：暗期時間は1)と同様で、試験区は光合成有効光量子束密度(PPFD)を、0、2、5、10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (以下0、2、5、10区)とし、供試株数は各区24株とした。1)は5℃で冷蔵したところ、底面給水のたまり水やワサビ苗の老化葉に雑菌が繁殖したため、冷蔵庫の設定温度を1℃下げて設定温度を4℃一定(実測3.6~4.5℃, 平均4.0℃)とした。入庫日から2、4、6カ月後に、各区8株について、草丈、生葉数、最大葉のSPAD値(SPAD-502Plus、ミノルタ株式会社)、地上部乾物重、地下部乾物重を調査した。なお、育苗中の給水は底面

給水によって実施した。

3) 日長や光強度と苗質の関係

品種「賀茂自交」を2023年3月15日に播種し、128穴セルトレイで5月1日まで慣行育苗した。これらに500倍の液肥(OK-F-1, OAT アグリオ株式会社)をセルトレイ1枚あたり500 ml 施用後、3.5℃(実測2.4~4.1℃, 平均3.1℃)に設定した冷蔵庫内の植物育成棚に並べた。24時間日長区の光源として蛍光灯型LEDライトA(商品名メーカー：不明, 50 cm 直下の光強度約20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、12時間日長区の光源として蛍光灯型LEDライトB(商品名：おやさいライト, 株式会社GT-Japan, 50 cm 直下の光強度約35 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$



第1図 パネル型LED



第2図 蛍光灯型LEDと配置

- ①：LEDライトA、中央ポール方式
 - ②：LEDライトB、中央ポール方式
 - ③：LEDライトA、各棚配置方式
 - ④：LEDライトB、各棚配置方式
- 棚高は各区30 cmおよび50 cm

・s⁻¹)を使用した。さらに、LEDを冷蔵庫中央に縦に設置する方式(以後「中央ポール方式」)、および各棚天板中央に設置する方式(以後「各棚配置方式」)、棚高は30 cmおよび50 cmとし、これらの光源・日長、設置方式、棚高を組み合わせた8試験区と対照区合わせて9区を設置した(第2図)。対照区は1)と同様のLEDパネルを利用し、50 cm直下のPPFDを約15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に調節した。各棚面の光強度を光量子計(ライトアナライザーLA-105、株式会社日本医化器械製作所)により10 cmメッシュで計測した後、各区1トレイの苗を2023年5月2日～9月25日の間冷蔵貯蔵した。2023年9月25日に各区1トレイ128株について、草丈と最大葉のSPAD値(SPAD-502Plus、ミノルタ株式会社)を調査した。なお、育苗中の給水は底面給水によって実施した。

2 冷蔵苗における定植後の生育および収量

1) 冷蔵苗の生育と定植時期による収量の違い

ワサビ品種「奥多摩」を2022年4月8日に播種し、128穴セルトレイでNFT育苗した。これらに500倍の液肥(OK-F-1、OATアグリオ株式会社)をトレイ1枚あたり500 ml施用後、6月15日に冷蔵庫内の植物育成棚に並べた。貯蔵条件としては、1-1)と同様の温度設定とし、LEDパネルで50 cm直下のPPFDを約20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に調節した。定植直前まで冷蔵庫内で貯蔵し、それらの冷蔵苗を10月12日、11月14日、12月9日に、岩国市錦町(標高400 m)のパイプハウス内に定植した。また、2022年3月11日に播種してNFT育苗(重藤ら, 2023)で夏越し後、10月12

日に定植する作型を慣行苗区とした。定植から1か月毎に各区30株の草丈を計測し、3月8日に生育中庸な各区12株の収量調査を行った。掘り上げた株は、葉柄と根茎以外を除去し、加工原料として出荷可能な状態とした(以後「セクズ」)。なお、10月12日定植区においては、5月10日にも収量調査を実施し、さらに、二度切り栽培の収量調査も実施した。二度切り栽培とは、3月8日には地上部のみを刈り取り、その後再生栽培させて5月10日に根茎ごと掘り上げる(セクズ)方法である。

2) 現地実証

1-3)と同様の方法で育苗・冷蔵(LEDライトB、中央ポール方式)した苗を、現地パイプハウス4か所と山口県農林総合技術センター露地ほ場(防府市牟礼)に定植した(第1表)。本県の畑ワサビ産地では標高400 m程度の寒冷地で栽培されることが多い(B氏、C氏、D氏)が、今回の現地試験のA氏は標高56 mのハウス栽培、農林総合技術センターでは標高31 mの温暖地におけるトンネル栽培も実施した。2024年3月12日～14日に生育中庸な各区8株について収穫調査を行った。

結 果

1 苗冷蔵条件と苗質

1) 5°C、0～90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 条件

約2か月冷蔵後の生育調査では、草丈、生葉数、SPAD値に有意差は無く、地上乾物部および地下部乾

第1表 現地試験ほ場の栽培条件と収量の違い(2023年度)

生産者	定植日	収穫日	標高	マルチ	栽植様式	施設	被覆資材等	収量 ^z kg/10a
山口農技セ	2023/10/23	2024/3/14	31m	白	株間25cm 2条	トンネル	常時50%遮光	3,947
A氏	2023/10/13	2024/3/12	56m	なし	株間25cm 2条	ハウス	内張りカーテン 冬期べたがけ	5,312
B氏	2023/10/16	2024/3/12	350m	なし	株間25cm 3条	ハウス	冬期べたがけ 3月に50%遮光	3,836
C氏	2023/10/13	2024/3/13	389m	黒	株間25cm 4条	ハウス	碎土不良 冬期べたがけ	2,417
D氏	2023/10/13	2024/3/13	402m	なし	株間25cm 2条	ハウス	内張りカーテン 常時べたがけ	3,631
平均								3,828

z 加工原料出荷用として、葉柄と根茎以外を除去して調製(セクズ)した重量

物重は光強度に応じて重くなった(第2表)。30区においては、すべての調査項目で入庫時の苗質を保持していたが、60区および90区の最大葉SPAD値は、有意差は無いものの低下する傾向にあり、新葉は明らかに葉色が赤～黄色に変化し、草姿は開張した(第3図)。本来は約6か月程度の長期貯蔵を目指していたが、この段階で60～90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ は適さないと判

断し、試験を中止した。

2) 4°C、0～10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 条件

0区は入庫2か月以降から軟弱徒長し、入庫6か月後に8株中7株が枯死した。草丈は2～10区で同様の傾向を示し、入庫以降わずかに伸長を続けた(第4図)。生葉数は2区で入庫時から維持され、5区お

第2表 冷蔵貯蔵中の光強度がワサビの苗質に及ぼす影響(2021年度)

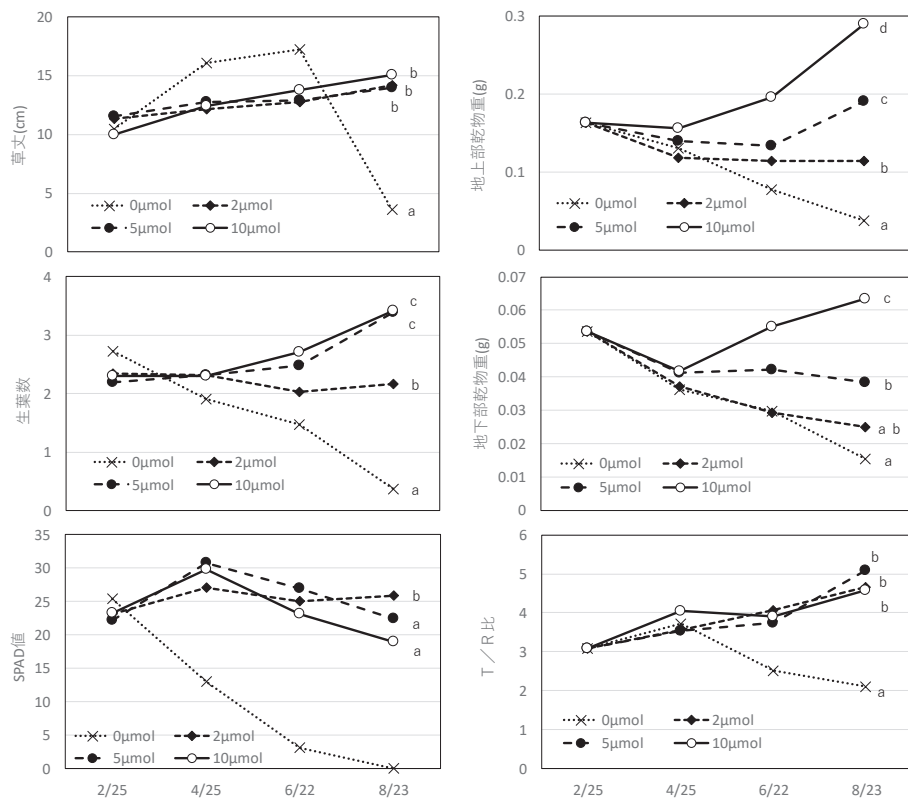
区	草丈	生葉数	SPAD	地上部乾物	地下部乾物
PPFD $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	cm	枚		g	g
入庫時平均	11.7	2.2	20.3	0.14	0.05
0	13.4	2.7	15.4	0.13 a ^Y	0.06 a
30	11.2	2.8	19.5	0.21 b	0.08 ab
60	12.4	2.8	9.3	0.29 c	0.12 bc
90	11.8	3.2	8.8	0.31 c	0.14 c
分散分析	n.s. ^X	n.s.	n.s.	***	***

Z 冷蔵庫入庫：2021年12月10日、出庫：2022年2月7日

冷蔵庫温度設定5°C一定、明期12時間、暗期12時間の繰り返し n=8

Y 異なる小英文字間に Tukey 法により5%水準で有意差あり

X *** は0.1%水準で有意差あり、n.s.は5%水準で有意差なし



第4図 ワサビセル成型苗を弱光下で6か月間冷蔵貯蔵した場合の苗質評価値の推移

温度設定：4°C一定(実測平均4.0°C)

日長：12 h/12 h

凡例の数値は光合成有効量子束密度で、単位は $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ n=8

異なる英文字間に Tukey 法により5%水準で有意差あり

弱光下で冷蔵貯蔵した畑ワサビセル成型苗は定植後に旺盛な生育を示す

よび 10 区では貯蔵期間に応じて増加した。SPAD 値は、2～10 区で入庫時から 2 か月は増加傾向であったが、4 か月以降は 2 区と比較して 5 区と 10 区で有意に減少した。なお、SPAD 値の減少については外観では判断できない程度であった（第 5 図）。地上部乾物重は、2 区で概ね維持、5 区および 10 区で増加し、地下部乾物重は 2 区で低下、5 区で概ね維持、10 区で増加した。T/R 比については 2～10 区で貯蔵期間に応じてわずかに増加したが、徒長した様子はなかった。

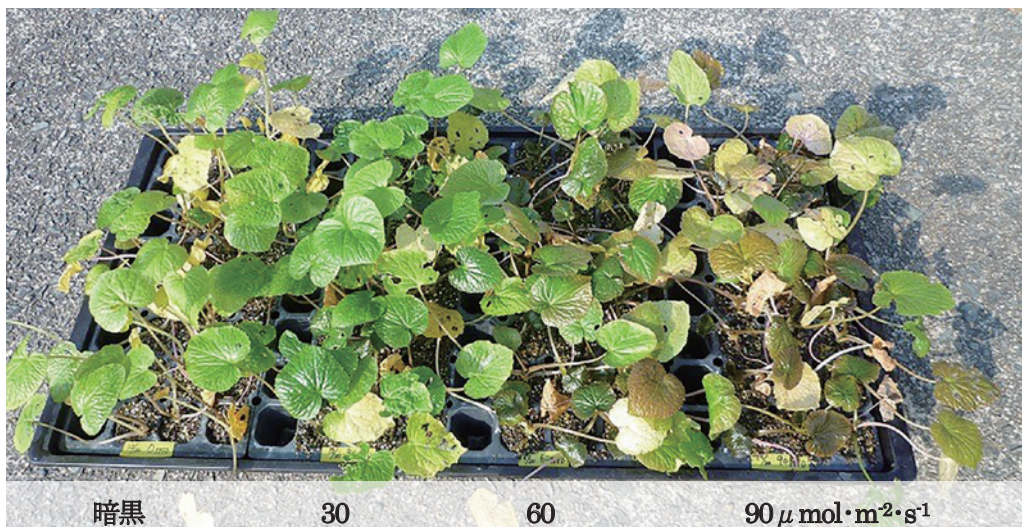
3) 日長や光強度と苗質の関係

各区について 10 cm メッシュの光強度を測定した結果をヒートマップで示した（第 6 図）。

1-1) および 2) の結果より、冷蔵中の光強度 2～30

$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を適正值とすると、対照区⑨はパネル式であるため光強度は適正值範囲で安定しており場所によるバラつきも少なかった。中央ポール区の①②⑥は、棚板間隔狭くかつ光源から遠いほど光強度が低下傾向となったが、⑤は適正值範囲となった。各棚配置区の④⑦⑧は、光源直下付近の光強度が高すぎる結果となったが、③は適正值範囲となった。

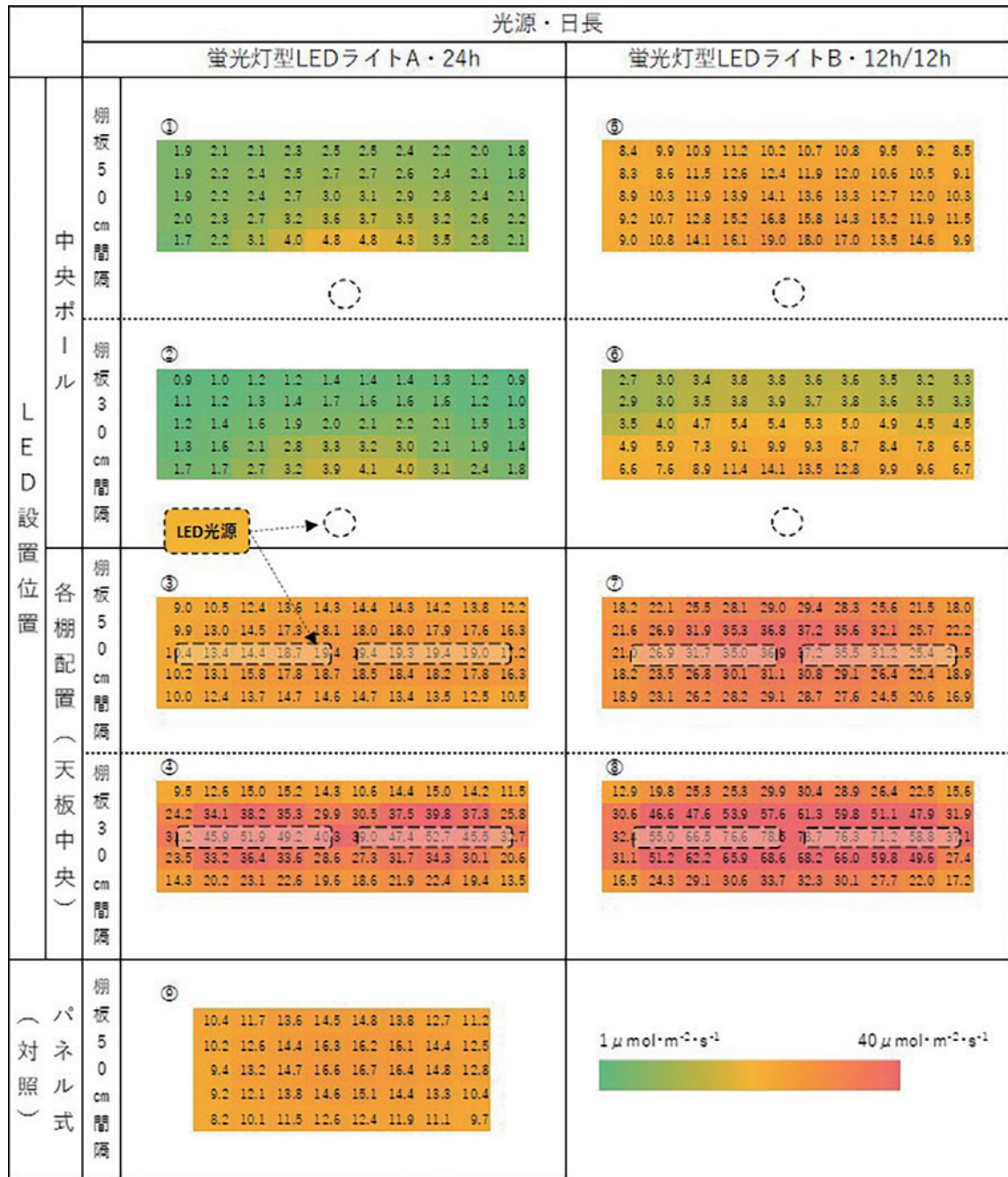
LED の設置方式によって光強度分布にバラつきが出たことを利用し、10 cm メッシュ光強度に対応したワサビ苗の SPAD 値について回帰分析した。24 時間日長区①②③④においては、光強度と SPAD 値の間に負の相関が認められ、光強度が高いほど SPAD 値が低くなった（第 7 図）。SPAD 値 15 以上を目標とすると、PPFD1～10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が SPAD 値を維持する



第 3 図 冷蔵貯蔵中の光強度がワサビセル苗の光阻害発生に及ぼす影響
5℃条件下で、2 か月貯蔵後の様子



第 5 図 ワサビセル苗を弱光下で 6 か月間冷蔵貯蔵した場合の苗質
4℃条件下で、6 か月貯蔵後の様子
図中の数値は光合成有効光量子束密度



第6図 10 cmメッシュの光強度のヒートマップ

LED ライト A : 商品名不明 LED ライト B : おやさいライト

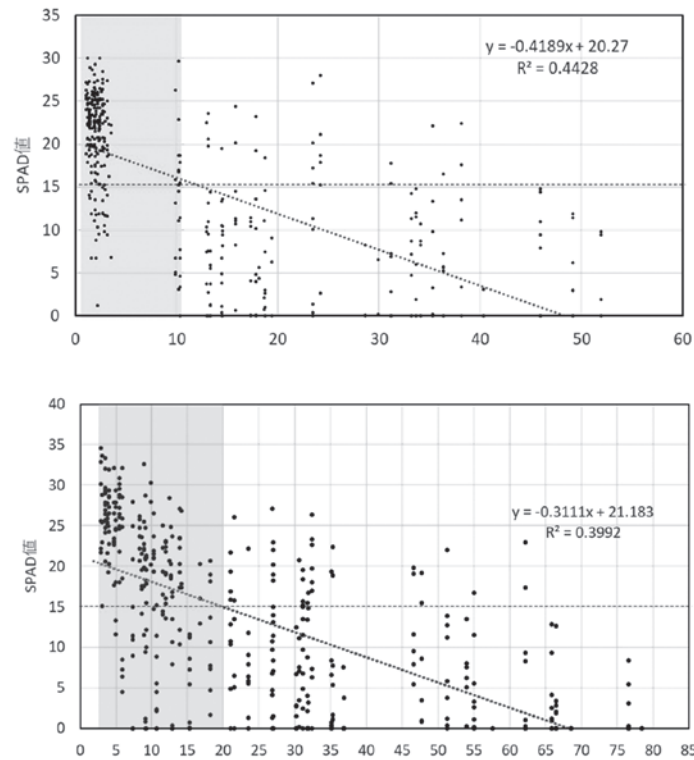
ための適正值となった。同様に、12 時間日長区においても光強度と SPAD 値の間に負の相関が認められ、光強度が高いほど SPAD 値が低くなった。SPAD 値 15 以上を目標とすると、PPFD 3~20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が SPAD 値を維持するための適正值となった。一方、草丈ではいずれの日長においても相関が認められなかった (第8 図)。

2 冷蔵苗における定植後の生育および収量

1) 冷蔵苗の生育と定植時期による収量の違い

2022 年 10 月 12 日定植では、冷蔵苗区が慣行苗区と比較して草丈が高く推移し、2023 年 3 月 8 日にピークとなった (第9 図)。一方で冷蔵苗区の 2022 年 11 月 14 日および 12 月 9 日定植では、10 月 12 日定植と比較して草丈が低かった (データ省略)。10 月 12 日定植冷蔵苗区の 10 a あたりセクス収量は、2023 年 3 月 8

弱光下で冷蔵貯蔵した畑ワサビセル成型苗は定植後に旺盛な生育を示す

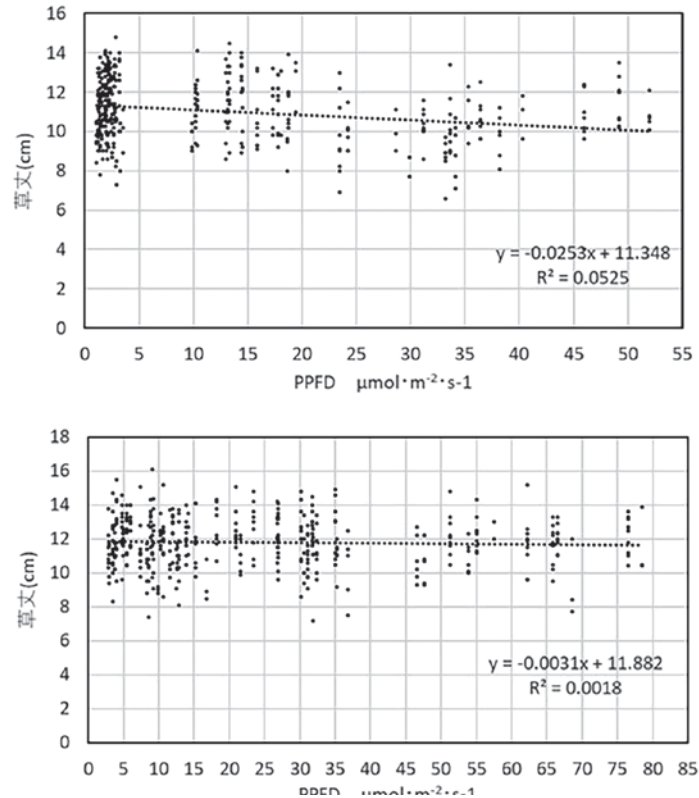


第7図 冷蔵棚の光強度分布と5か月貯蔵後の葉色（SPAD 値）の関係

上図：LED ライト A、日長：24 h、n=411

下図：LED ライト B、日長：12 h/12 h、n=414

設定温度：3℃（平均 3.1℃） 網掛け部部分は光強度の適正範囲を示す

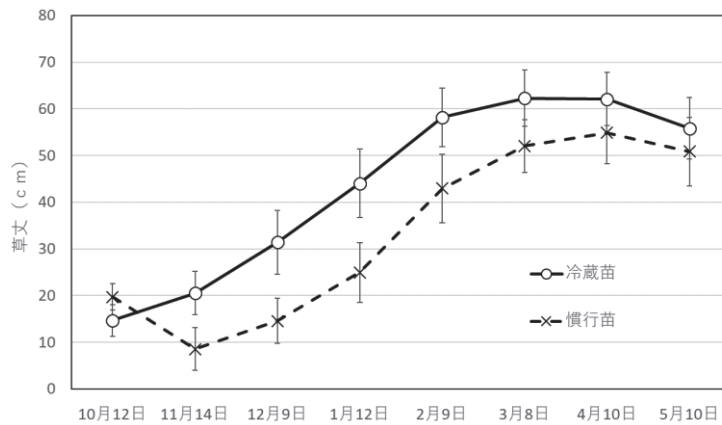


第8図 冷蔵棚の光強度分布と5か月貯蔵後の草丈の関係

上図：LED ライト A、日長：24 h、n=411

下図：LED ライト B、日長：12 h/12 h、n=414

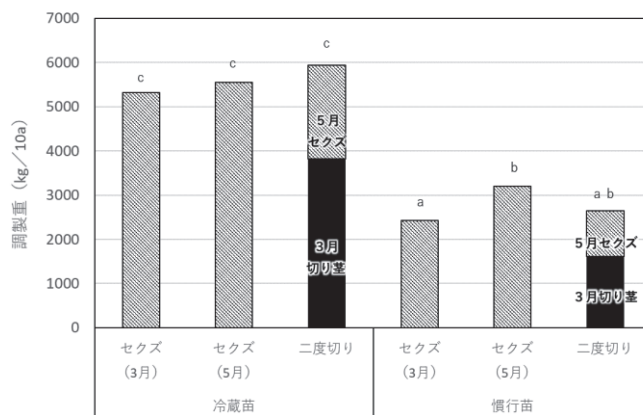
設定温度：3℃（平均 3.1℃）



第9 図 冷蔵苗と慣行苗の定植後の草丈の推移 (2022年)

定植日：2022年10月12日、場所：岩国市錦町（標高400 m）

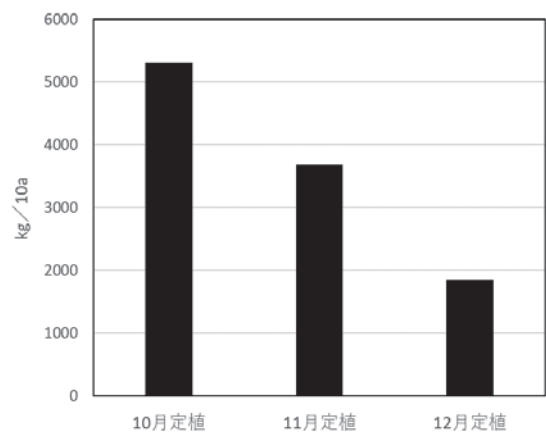
エラーバーは標準偏差 n=30



第10図 冷蔵苗と慣行苗の収量比較 (2022年)

2022年3月8日と5月10日に収穫

二度切り：2022年3月8日に地上部（切り茎）を収穫した後、再生した株を5月10日に掘り上げる方法
異なる英文字間にTukey法により5%水準で有意差あり n=12



第11図 冷蔵苗の定植時期とセクズ収量の関係 (2022年)

関係 (2022年)

定植日：10月定植区は2022年10月12日

11月定植区は11月14日

12月定植区は12月9日

日収穫で5,321 kg、5月10日で5,546 kgとなり、いずれも慣行苗区の2倍程度となった（第10図）。3月8日に地上部を収穫したあとと再生栽培させて5月10日にセクズを収穫する二度切り栽培では、冷蔵苗区で10aあたり合計収量が5,923 kgと最も多かった。冷蔵苗区において、2022年11月14日および12月9日定植では、10月12日定植と比較してセクズ収量が低下した（第11図）。なお、慣行苗区ではほとんどの株から花茎が発生したが、冷蔵苗区からは全く発生しなかった。

たりセクズ収量は平均3,828 kgとなった（第1表）。

標高56 mのA氏が5,312 kg/10aと最も多かった一方で、被覆資材による過剰な遮光等による収量低下も見られた。また、標高31 mの温暖地トンネル栽培においては、平均以上の3,947 kg/10aのセクズ収量を得ることができた。

考 察

1 苗冷蔵条件と苗質

一連の苗冷蔵試験において、安定して畑ワサビ冷蔵苗を育成する方法が明らかになった。約5℃（実測平

2) 現地実証

対照区含めた全ほ場における、3月中旬の10a当

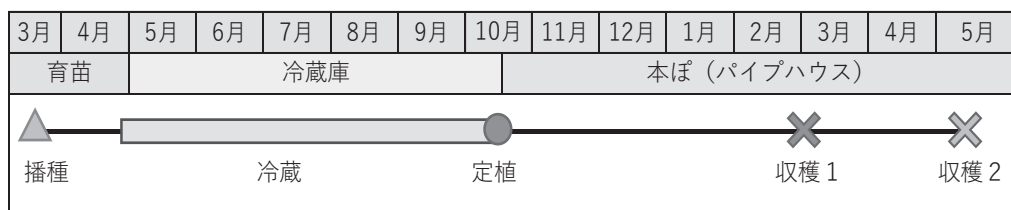
均 4.9℃) で冷蔵したところ、落葉した苗の下葉および底面給水の溜まり水に雑菌が繁殖したが、3~4℃にすることでこれらの問題は解消した。一方、約 3℃の低温設定で苗冷蔵することで、約 5℃では問題の無かった光強度 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ でも SPAD 値が低下する傾向にあったことから、温度設定によって光強度の適性範囲が変わると推察される。今回調査した条件下では、日長 12 時間で温度 2~4℃の場合は光強度 3~20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、日長 24 時間で温度 2~4℃の場合は光強度 1~10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が適すると判断した。今後、日長時間・冷蔵温度別の最適な光強度について詳細な追加調査が待たれる。

SPAD 値が低下する要因としては光障害が関係していると考えられる。光障害とは、過剰な光の吸収によって引き起こされる光合成能力の低下とその防御過程で起こる電子伝達効率の低下の両者を含んでいる。低温条件下では光合成速度が低下するため、過剰な光エネルギーを吸収することとなり、光障害が発生する危険性が増加する(向井, 2004)。例えば、越冬性の常緑樹木は冬期にも強い光にさらされるため、光障害を受けやすく(向井, 2004)、チャ葉についても光と低温の相互作用によって光合成障害が発生することが認められている(青木, 1986)。冷蔵中のワサビ苗も、温度が低いほど、日長が長いほど光障害が発生しやすくなるため、光強度を下げる必要がある。このように、ワサビ冷蔵苗への光強度適性については、温度と日長の複雑な交互作用を受けるが、高価なパネル型 LED を必要とするほど厳密に調節するレベルではないことも判明した。すなわち、冷蔵庫の棚上で光強度のバラつきが多少あっても、それが適正範囲内であれば高品質で斉一性の高い苗生産が可能となる。今回蛍光灯型の市販 LED で試験したように、パネル型 LED など特殊な育苗設備を必要とせず、安価な装置の組み合わせで実施可能であることが証明された。

2 冷蔵苗における定植後の生育および収量

冷蔵庫に入庫したワサビセル成型苗は、間もなく自発休眠に入り、その後一定の期間を経て休眠打破されると考えられる。ワサビの休眠に関する生理生態は解明されていないが、イチゴ同様に 5℃以下の低温遭遇時間で充足されるならば、ワサビ苗は冷蔵期間中に自発休眠が打破されていると推察される。したがってワサビ苗は、約半年間冷蔵する間に、休眠導入~自発休眠打破~強制休眠という過程をたどり、秋の定植を迎える。強制休眠状態の苗は、生育に好適な気温や日長条件下に移すことで、覚醒状態に移行することから、春に近い気候である 10 月に定植することで、ワサビは定植直後から旺盛な生育を示したと考えられる。一般的なワサビ栽培においても、年内に低温遭遇させた後に保温を開始することで、2 月以降に旺盛な生育を示すことが確認されている(日高・重藤, 2019、重藤ら, 2021)。一方で、11 月以降に定植した冷蔵苗は気温や日長が好適条件でないため、強制休眠状態が継続され、生育が遅延し、収穫量も少なかったと考えられる。これらの結果から、冷蔵苗を利用した最適な作型について示す(第 12 図)。なお、定植後に旺盛な生育を示したワサビの葉は低温耐性が低下していると考えられ、降霜時はハウス内においても葉柄の裂開や葉身の白化障害が発生しやすい。そのため、厳寒期はハウスの二重被覆やべたがけを実施することで、障害を回避する必要がある。

慣行作型では春に播種して秋に定植した場合は花芽形成して、2 月頃から花茎が収穫されるが、冷蔵苗を利用した場合はほとんど花芽形成をしないことが判明した。その生理生態は以下のとおりと考えられる。ワサビは秋定植以降、低温短日条件に遭遇して花芽形成し、花芽を抱えたまま休眠状態に入っていく(第 13 図)。通常、ワサビは一定の大きさになった植物体が外気温 15℃以下、連続 24 日程度で花芽形成と言われている(坂井, 2002)。一方、冷蔵苗の場合は播



第12図 冷蔵苗を利用した作型案

	夏（5～9月）	秋（10～11月）	冬（12～2月）
冷蔵苗	自発休眠導入～低温充足～強制休眠 （花芽分化の過程を経ずに休眠）	覚醒 （旺盛な栄養成長）	
慣行苗		花芽分化～自発休眠導入	低温充足～強制休眠～覚醒 （2月頃から旺盛な成育開始）

第13図 畑ワサビの休眠～覚醒の生理（促成栽培）

種後約1か月半程度適温条件で育成したセル成型苗を、突然約3℃の冷蔵庫に入庫するため、花芽形成する間もなく深い自発休眠に入る。その後、引き続き低温により自発休眠から脱し、10月に定植したワサビは、強制休眠からも覚醒して栄養成長状態に入るため、11月以降の低温短日条件に遭遇しても一定期間花芽形成することは無い。多くの植物で、果実肥大時には優先的に光合成産物がそれらに分配されることが判明していることから、花芽形成されない場合は、効率よく茎葉が生育すると考えられる。このように、冷蔵苗利用した場合は加工原料出荷に特化した作型になるため、花茎を出荷したい場合は、底面給水かけ流し法（日高ら, 2020）やNFT育苗（重藤ら, 2023）による、「花茎もとれる超促成栽培技術」を経営に組み合わせると良い。

冷蔵苗を利用することで、産地にもたらすメリットは極めて大きい。促成畑ワサビは5月頃に収穫されるが、2-2)の現地実証においては、収穫時期が1か月以上前進化し、3月中旬には平均約3.8tの収量を得ることができた。ワサビ全体の労働時間のうち約7割は収穫調製作業に集中する中で、ワサビ生産者は水稻や夏秋トマトとの複合経営が多いため、5月の労力競合が課題となっていた。3月から収穫ができることは、生産者にとって労力分散になり、規模拡大にも取り組みやすくなる。そのほか、3月は病虫害被害が少なく、通常は廃棄される葉身部分も商品化が可能となる等メリットが多い。一方、一次加工業者にとっても閑散期に加工場の稼働率を上げられるため、高単価で購入してもメリットがある。さらに、温暖地においてはトンネルを利用することで、山間部ハウス栽培並みの収量が得られることも確認できた。冷蔵苗利用によって、ワサビの在ほ期間は10月中旬～3月中下旬の5か月あまりとなることから、畑ワサビは寒冷地向け品目という位置づけから、温暖地の低温期を利用した新たな作型開発の可能性が示された。また、冷蔵苗育成技術だけ見ても、地球温暖化の影響を受けない育苗システ

ムとしての効果が大きいに期待できる。

摘 要

畑ワサビセル成型苗の冷蔵貯蔵条件を解明した。畑ワサビセル成型苗は、12時間日長の場合、温度2～4℃、3～20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、24時間日長の場合、温度2～4℃、1～10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で、6か月程度の貯蔵が可能である。この方法で育成した苗を10月に定植することで、生育が1か月以上前進化し、翌年3月中旬には慣行以上の収量を確保できる。本技術の開発により、温暖地の冬期を利用した新たな産地育成の可能性が示された。

引用文献

- 青木智. 1986. Interaction of Light and Low Temperature in Depression of Photosynthesis in Tea Leaves. *Japan Jour.Crop Sci.*55. (4) : 496–503.
- 日高輝雄・藤井宏栄・鶴山浄信. 2015. 畑ワサビ超促成栽培における播種期が生育、収量に及ぼす影響. *園芸学研究*. 14(別2) : 208.
- 日高輝雄・重藤祐司. 2019. ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育及び収量に及ぼす影響（第4報）. *園芸学研究*. 18(別2) : 406.
- 日高輝雄・木村 靖・鶴山浄真・藤井宏栄・茗荷谷紀文. 2020. 花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発. *山口農林技セ研報*. 11 : 34–47.
- 久保田智恵利・古在豊樹. 1994. Low temperature storage for quality preservation and growth suppression of broccori plantlets cultured in vitro. *HortScience* 29(10) : 1191–1194.
- 向井譲. 2004. 低温条件下で樹木が受ける光ストレス

弱光下で冷蔵貯蔵した畑ワサビセル成型苗は定植後に旺盛な生育を示す

とその防御機能. *J.Jpn.For.Soc.*86(1):48-53.

小寺孝政・海保富士男・河野信. 1993. ブロッコリー、
キャベツにおけるセル成型苗の低温貯蔵が定植後
の生育に及ぼす影響. *園学雑* 62 別 1: 250-251.

坂井崇人・刀祢茂弘・河村和成・陶山紀江. 2002. 畑
栽培におけるワサビの花芽発育過程と花芽分化に
影響を及ぼす要因. *山口農業試験場研報* 53: 41-
49.

重藤祐司・茗荷谷紀文・有吉真知子. 2023. 畑ワサ
ビの NFT 育苗技術. 新たに普及に移す試験研究
等の成果. 48:6-7.

[https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/atta
chment/166524.pdf](https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/166524.pdf) (2025 年 3 月 1 日時点)

重藤祐司・日高輝雄・木村 靖・鶴山浄真. 2021. ワ
サビ超促成栽培における保温開始時期が生育およ
び収量に及ぼす影響. *山口農林技セ研報* 12: 1-9

田中逸夫・舟橋芳人・嶋津光鑑. 2008. ワサビの人工光
栽培に関する研究. *Eco-Engineering*. 20(3):119-
124.

集落営農法人就業者が農閑期に所得を確保する手法の検証

尾崎 篤史

Verification of Methods for Securing Income During the Agricultural Off-season for Employees of Village Farming Corporations

OZAKI Atsushi

Abstract: This study examines initiatives implemented during the agricultural off-season to maintain the labor force of village farming corporations and ensure stable income for workers. The key findings are as follows: In regions where agriculture can continue during the off-season, workers can supplement their income by engaging in self-employed farming during non-working hours. In areas where agricultural activities are not feasible during the off-season, workers can secure income by taking on temporary assignments with other business entities. Corporations that have difficulty hiring workers even if they secure income in the off-season can secure labor by hiring workers through a federation of community farming corporations, or by hiring local self-employed farmers (nonmembers) on a temporary basis.

Keywords: side job, temporary secondment, securing labor force

キーワード: 副業, 在籍型出向, 労働力確保

緒 言

山口県では2023年3月31日現在で302の集落営農法人(以下、法人)が設立されているが、構成員の高齢化が進んでおり、小川によると本県法人の77%が「労働力の確保」を課題と感じている(小川ら, 2023)。このため、県では常時雇用(以下、就業者)の導入による労働力確保を推進している。しかし山口県の法人は、経営面積が20ha未満の法人が45%、30ha未満が72%を占めており、経営規模が小さいため就業者の雇用に必要な収益を確保することが難しい法人が多く存在する(小川ら, 2023)。また、本県の法人の91%は水稻が経営面積第1位の品目であり、「繁閑差が大きく周年雇用創出が難しい」ことも就業者を雇用する

うえでの課題となっている(山口県農林総合技術センター調べ, 2019)。就業者を雇用した法人においては、就業者のライフステージに応じた給与を支給することに苦慮している法人も少なくなく、「就業者の所得確保」が課題となっている(高橋, 2019)。

就業者の雇用に必要な収益を確保し周年作業を創出する一手法として、本県では法人への園芸品目導入を推進してきた。しかし、経営規模が小さい法人では、園芸品目に対する機械や労働力等への経営投資が難しい。また、本県の約7割を占める中山間地域に属する法人では、平野部と比べると冬期の気温が低く日照時間が少ないため単収をあげることが難しく、園芸品目導入に伴い発生する人件費に見合った収益が得られない。これらのことを考えると、すべての法人にとって

園芸品目に取り組むことが最適解とはいえない。また、積雪等の要因により冬期に農業を行うことが現実的でない地域も存在する。こうした状況を勘案し、これらの地域に属する法人が就業者を雇用し、就業者の所得を確保するためには、園芸品目導入以外の手法についても柔軟に検討することが必要ではないかと考えた。そこで本研究では、農閑期を活用して法人の周年雇用創出と就業者の所得向上を実現する取組手法（以下、農閑期の所得確保）について検討し、実施上のポイントを整理した。

本研究を実施するにあたり、調査にご協力いただいた法人関係者および関係機関の皆様に厚く感謝の意を表す。

材料および方法

1 法人代表者への農閑期の所得確保に対する需要調査

本調査では、「就業者を雇用していない法人の中には、農閑期の所得が確保できれば就業者を雇用したいと考えている法人が一定数いる」との仮説を検証すべく、すべての法人代表者に対しアンケート調査を実施した。主な調査項目は、「法人の経営規模」、「就業者の雇用に対する意向」、「農閑期の所得確保の活用意向」である。調査対象は、山口県集落営農法人連携協議会（以下、連携協）会員である216法人の代表者とし、2022年2～3月にアンケートを郵送し、回答のあった146法人（回答率68%）のうち143法人^{注1)}について分析を行った。

注1) 連携協会員法人は、地域の農地を面的に保全する担い手として活動する土地利用型法人が主体であり、大規模施設園芸主体の(株)Aは分析上の外れ値となることから除外した。(農)Bは圃場整備中であり、売上・面積が実態とかけ離れることから除外した。外1件は、記載不備により除外した。

2 就業者への農閑期の所得確保に対する需要調査

本調査では、就業者の需要に沿った農閑期の所得確保の方法を提案するため、就業者への農閑期の所得確保に対する需要調査を実施した。主な調査項目は、「農閑期の所得確保の活用意向」、「農閑期の所得確保で得たい収入」である。既述の法人代表者へのアンケート調査に就業者向けアンケートを同封し、連携協会員である216法人へ郵送した。

既述アンケートに回答のあった就業者169名のうち、60歳以上^{注2)}と(株)A^{注1)}、また回答内容から明らかに就業者ではないと判断した者を除いた71名について分析した。

注2) 本調査では就業者（期間の定めなく雇用されている労働者）を調査対象とすることから、従事分量配当を受け作業に従事していると推測される60歳以上の者については調査対象から除外した。

3 農閑期の所得確保実施事例への聞き取り調査

農閑期の所得確保を実施するうえでのポイントを整理することを目的に、調査対象として「就業者の副業自営農業に取り組む法人」、「森林組合への在籍型出向^{注3)}に取り組む法人」の2事例を選定した。また、既述のアンケート調査より、農閑期の所得確保を行っても就業者の雇用が難しい法人が一定数存在することが判明したため、これらの法人が労働力を確保する手法を解明することを目的に、「自営就農者との連携により労働力を確保している法人」の1事例を調査対象として選定した。調査方法は、取組実施主体である3法人と、連携先である森林組合1社および自営就農者1名に対し、対面方式による聞き取り調査を行った。調査項目は、「取組の経緯」、「事業スキーム」、「取組の評価および課題」、「取組の推進に必要な支援策」等である。また、これらの取組における法制面および労務管理面の注意事項等について、社会保険労務士に調査結果を説明し助言を受けた。

注3) 出向は、出向元事業主と何らかの関係を保ちながら、出向先事業主との間において新たな雇用契約関係に基づき相当期間継続的に勤務する形態である。在籍型出向については、出向元事業主と出向先事業主との間の出向契約により、出向労働者を出向先事業主に雇用させることを約して行われていることから、労働者派遣には該当しない。しかし、在籍型出向の形態は、労働者供給に該当するので、その在籍型出向が「業として行われる」場合には、職業安定法第44条により禁止される労働者供給事業に該当する。（出典：厚生労働省「労働者派遣と在籍型出向との差異」）

結果および考察

1 農閑期の所得確保に対する需要

1) 法人の需要

農閑期の所得確保は、「今後就業者を雇用する法人」で需要があった（第1表）。他方、「就業者雇用済」

の法人は82%が農閑期の所得確保を「活用しない」と回答した。これは、就業者を雇用している法人はすでに農閑期の仕事を創出しており、新たな取組を求めているためと推測される。

第1表 「農閑期の所得確保の活用意向」と「就業者の雇用の意向」との関係 (%)

		就業者の雇用の意向			
		雇用済 採用意向無	採用 予定	募集中	雇用したい が見込みが 立たない
農閑期の 所得確保の 活用意向	活用したい	0	11	20	4
	検討してもよい	18	44	40	33
	活用しない	82	44	40	63

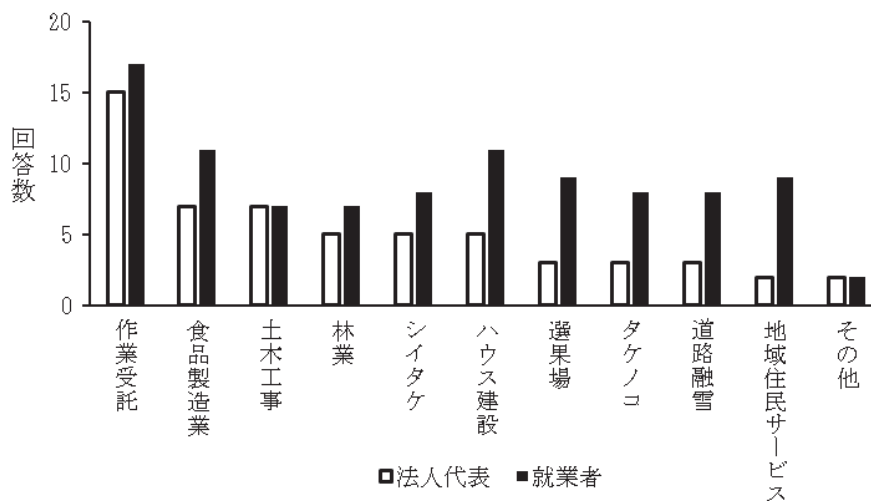
注) 端数処理を四捨五入により行っていることから、合計が100%にならない場合がある

2) 就業者の需要

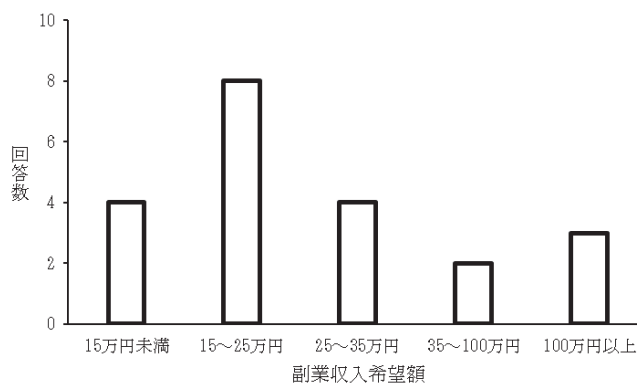
就業者は、農閑期の副業としては「作業受託」で「年間20万円程度の収入」が得られる取組を求めている(第1図、第2図)。これは、副業でも農作業に類する仕事内容を希望する就業者が多いためと推測できる。

2 農閑期の所得確保の実態解明と実施上のポイントの整理

上記の需要を勘案し、園芸品目での収益確保が難しい法人の就業者が「農閑期に」「農作業に類する仕事内容で」「20万円程度の収入が得られる」取組として、「就業者の副業自営農業」の事例を選定した。また、積雪等の要因により農閑期に農業を行うことが現実的でない地域(以下、農閑期に農業ができない地域)向けの取組として、「他の経営体との連携による作業確保」の事例を選定した。対象事例へ聞き取り調査を行



第1図 農閑期の所得確保として希望する職種(複数選択)



第2図 就業者が農閑期の副業で希望する年間収入額(中央値20万円)

い、実施上のポイントを整理した（第3図）。

1）就業者の副業自営農業

農閑期に農業が行える地域向けの取組として、就業者が就業時間以外を利用して自営農業を行うことで所得を確保する事例について説明する。

C法人は、中山間地域に属する経営面積50haの法人で、就業者6名を雇用していた。採用にあたっては地域への定住を条件としており、就業者3名は他出した地域住民から農地を購入して農家になっていた。C法人は、就業者の所得確保を目的に就業者の副業自営農業を支援しており、農地を所有する就業者は副業で露地野菜等の自営農業を行っていた。

本取組における実施上のポイントは、就農者が自営部門の作業を計画的に行える体制づくりである。C法人と就業者は年間労働時間で雇用契約を締結しており、就業者は農繁期の超過労働時間を農閑期に休暇をとることで消化していた。また、C法人は週休二日制を採用しており、C法人の作業がどうしても間に合わないときは、農地非所有の就業者3名と役員が休日出勤で対応する等して、自営農業を行う就業者が休日出勤する事態を回避していた。このことにより、農地を持つ就業者は週休日と休暇を活用して計画的に自営部門を営農することができる体制となっていた。

法人所有の経営資源を有効に活用することもポイントである。C法人は週休日に農機を使用しないため、就業者へ割安料金で農機の貸し出しを行っていた。自営部門の肥料・農薬については、就業者がC法人の大口割引を適用して購入できるよう取り計らっていた。自営部門の堆肥散布作業等についても、C法人は環境

保全型農業直接支払交付金を活用して、割安料金で作業を受託していた。

注意点としては、自営部門で生じた労災事故については法人の労災保険の対象とならないため、就業者自身による対応が求められる（第2表）。

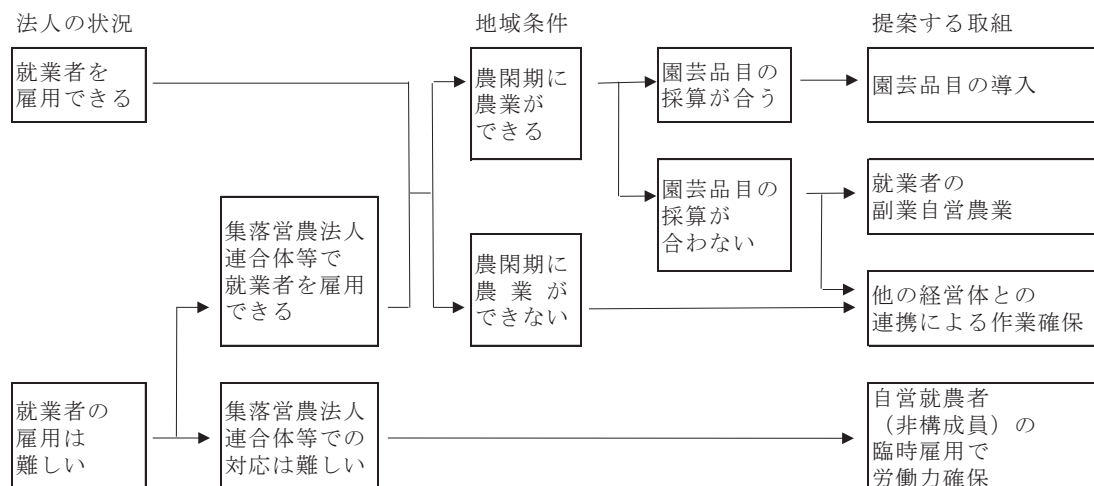
2）他の経営体との連携による作業確保

農閑期に農業ができない地域向けの取組として、就業者が他の経営体への在籍型出向を行うことで農閑期の所得を確保する事例について説明する。

D法人は、中山間地域に属する経営面積63haの法人で、就業者4名を雇用していた。D法人はE森林組合と出向契約を締結し、農閑期には就業者をE森林組合に出向させていた。出向契約を締結する際には、社会保険労務士に相談して契約条項を整備した。林務作業に必要な装備・道具類はD法人が整備した。就業者の林業技術習得にあたっては、県が主催する林業サポーター研修等を活用した。出向期間中の就業者の勤務時間や賃金単価は、E森林組合の新規採用職員と同等であった。就業者の作業内容については、造林保育や枝打ち等の軽作業からはじめた。

本取組を実施するうえでのポイントは、一定期間継続して出向することを前提とした作業計画や人材確保を行うことである。調査事例では、事前にD法人から出向可能な日をE森林組合に伝えることで就業者の出勤日を調整していたが、E森林組合からは「技術習得や現場の段取り等の都合上、一定期間連続で出向してほしい」との要望があった。

事前に就業者の出向に対する意向を確認することもポイントである。農閑期に出向させる前提で就業者を



第3図 農閑期の所得確保の活用条件の整理

雇用するのであれば、採用前にそのことを説明することが必要である。

出向先の選定においては、単なる雇用調整ではなく就業者のキャリア形成や出向先との人脈構築等のメリットがあることから、法人の事業や仕事内容と関連のある業種が望ましい。D 法人は鳥獣害に悩まされており、就業者に地域の里山を整備するための林業技術を習得させることを目的に、E 森林組合への出向を行っていた（第4図、第3表）。

3 農閑期の所得確保を行っても就業者の雇用が難しい法人における対応策の整理

1) 農閑期の所得確保を行っても就業者の雇用が難しい法人の属性

アンケート結果から、「就業者を雇用する予定がない」と回答した法人は全体の3/4を占め、「売上2500万円未満、経営面積40ha未満」の階層に集中していた（第5図、枠内）。これは、大分県が「常勤雇用を意識した経営規模」を「収入2500万円」としている（山浦，2019）ことや、田代が米の直接支払交付金

（7,500円/10a）廃止前に「20ha台の法人が就業者を確保するのは損益計算面からも苦しい」と試算している（田代，2019）ことを考えると、もっともな結果である。

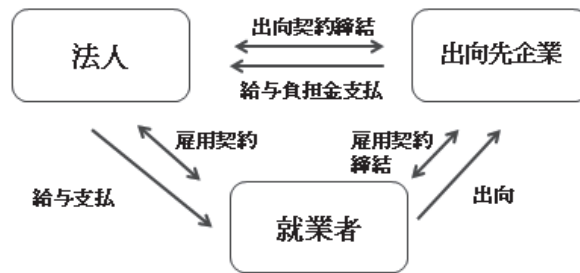
「就業者を雇用したいが見込みが立たない」と回答した法人が就業者を雇用できない理由は、「給料が払えない」が70%を占めた（第6図）。「給料が払えない」と回答した法人の不足額は「60万円以上」であった（第4表）。これらの法人が農閑期の所得確保で就業者を雇用することは現実的でないことから、「集落営農法人連合体^{注4)}による就業者の雇用」や「就業者の雇用以外の労働力確保の手法」等について検討する必要がある（第3図）。

注4) 集落営農法人連合体とは、複数の集落営農法人が集まって新たに法人を設立し、共同事業に取り組むことによって、所得や雇用の拡大を図る連携組織（新法人を設立する代わりに既存法人に複数の集落営農法人が出資し連携組織を形成する場合も含む）。（出典：山口県HP）

第2表 「就業者の副業自営農業」のポイント

取組内容		法人就業者が就業時間以外を利用して自営農業を行う
取組の流れ	就業規則整備	法人就業規則における副業規定に抵触しないよう、必要であれば見直しを行う ・ 副業に関する就業規則の作成については「モデル就業規則」参照（厚生労働省HP）
	作業時間の確保	就業者が計画的に自営部門で営農できる体制を整える ・ 週休日の固定化 ・ 朝夕に作業できる勤務時間体系 ・ 自営部門の作業スケジュールへの配慮 等
	農地・施設の確保	地域の農地・施設・機械を就業者が活用できるよう支援する ・ 農地・施設や遊休機械に関する情報提供・所有者との仲介 等
	機械の確保	
	肥料・農薬購入	法人所有資源を就業者が活用できるよう支援する ・ 法人所有農機を割安で貸出 ・ 肥料農薬を法人経由で購入することで大口割引適用 ・ 中山間直支等を活用し就業者個人では難しい作業を法人が割安で受託する 等
	農作業実施	
	就業者 労災保険加入	自営部門の事故については法人の労災保険の対象外のため、就業者自身による対応が必要（労災保険の特別加入等）
	実施法人の評価	就業者が自営部門で挑戦したことが法人経営にも活かされている ・ 自営部門で挑戦した有機農業を法人でも実践 等

集落営農法人就業者が農閑期に所得を確保する手法の検証

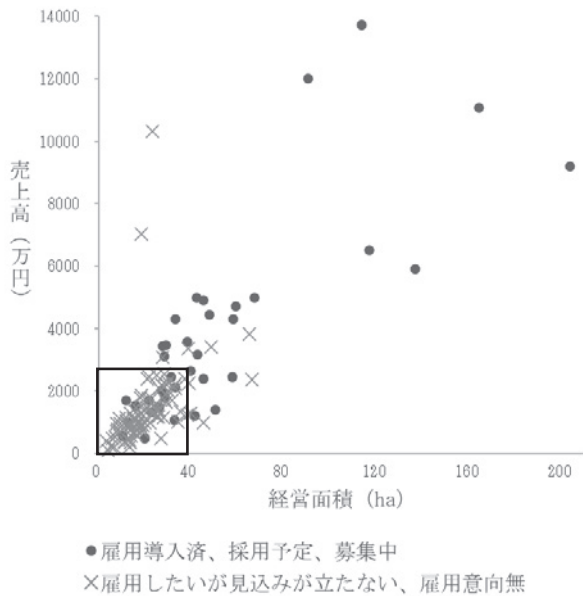


第4図 在籍型出向の事業スキーム

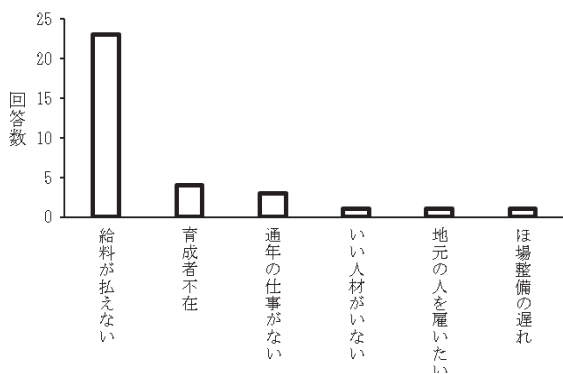
第3表 「他の経営体との連携による作業確保」のポイントと必要な支援策
(森林組合への在籍型出向の場合)

取組のポイント		必要な支援策	
取組の概要	法人就業者が森林組合へ出向し、森林組合直営班として従事		
関係者意向確認	法人の意向確認	以下の事項について理解しているか確認する ・冬期は一定期間連続で森林組合に出向すること ・取組は数年間継続すること（法人側の都合でやめないこと） ・労災リスクがあること（林業は労災が多い）	○出向に関する情報提供 ・事業スキーム、事例、支援策等 ○法人内の合意形成 ・法人向け説明会開催
	森林組合の意向確認	・森林組合が法人就業者に期待する作業内容、従事期間、作業単価等を確認する ・地拵え、植付、下刈なら未経験者でも取り組みやすい	出向元と出向先との仲介
	就業者本人の意向確認	・林業に従事することについて説明し、法人就業者の意向を確認する（林業は労災リスクが高いこと、森林組合で従事する作業内容等） ・今後雇用する就業者に林業をさせたい場合は、採用前に「冬期は林業に従事する」旨説明し、同意を得てから話を進める	（森林組合への出向の場合）農業でも林業でも活躍できる人材の育成
	就業者本人の林業適性判断	・事前に林業作業実地講習（（財）やまぐち森林担い手財団主催）を受講し、林業のイメージをつかんでおく（一般の林業就業者と同様の準備が必要）	研修受講費用の助成
事前準備	技術習得資格取得	・研修の受講 ・研修費用・資格取得費用の負担については要協議	・既存の研修への受講案内 ・研修受講費用・資格取得費用の助成
	機械・道具の整備	・必要な装備：防護服、作業靴、ヘルメット、鉋、鋸、刈払機等 ・法人・森林組合どちらが負担するかは要協議 貸出可能な森林組合も有	整備費用の助成
取組の流れ	就業規則整備	・就業規則に、出向規程を整備する（厚生労働省HP参照） ※ 就業規則を変更するためには、従業員の意見を聞くことと、就業規則を開示することが必要	社労士の派遣
	在籍型出向契約締結	・法人と森林組合でよく協議してから契約を締結する（作業内容、出向期間、勤務体系、賃金、社会保険料、休日休暇等） ・労災保険には必ず加入する	社労士の派遣 ・契約のひな形提供 ・注意事項の説明 等
出向契約締結	賃金	・法人は給与規定に従って法人就業者に給与を支払う。森林組合から受け取る給与負担金が法人の給与より少なければ、差額は法人負担となる。 ・一定の林業技術を習得するまでの期間は賃金単価が低いため、法人からの給与負担が必要となる。 ・森林組合が支払う給与負担金が、森林組合の他の従業員の給与水準と同等であれば、法人が負担する給与差額は法人の損金として計上できるが、森林組合が出向者の給与を全く負担しない場合や、他の従業員と比較して著しく低額な給与負担であった場合は、法人が負担する給与差額について、税法上「法人が森林組合に寄付した」とみなされる可能性がある。その場合、差額は税法上「寄付金」とみなされ、損金性が否認される。 ・給与負担金が給与より多ければ、差額を法人就業者に支払う ・森林組合で超過勤務が発生した場合、割増賃金の支払いが必要	「法人給与＞給与負担金」となる期間の差額の助成
	社会保険	・資格は法人で継続するが、出向期間中の事業主負担は原則森林組合が負担する （法人が負担した場合「寄付金」とみなされる可能性がある）	事務局経費の助成
	出向期間	・月単位が望ましい（月未満の場合、法人と森林組合で連携して労働時間等を管理しなければならない）	
	勤務体系	・森林組合の勤務体系にあわせる	
	休暇	・法人の就業規則を適用する。出向期間中に有給休暇を取得した場合の人事費をどちらが負担するかについては要協議	
	雇用契約締結	・森林組合と就業者の間で雇用契約を締結する	社労士の派遣
今後の展開		・スマート農業とスマート林業両方に対応できる人材の育成を行うことができれば、農業と林業のシナジー効果が期待できる	

※ 在籍型出向については「在籍型出向『基本がわかる』ハンドブック」（厚労省）参照



第5図 「就業者の雇用の意向」と「経営規模」との関係性



第6図 就業者の雇用が難しい理由

第4表 就業者の給与原資として不足する金額

不足額	法人数	割合 (%)
40～50万円	1	4.8
60万円以上	20	95.2

2) 就業者の雇用以外の労働力確保手法の検討

農閑期の所得確保を行っても就業者の雇用が難しい法人向けの取組として、地域の自営就農者（非構成員）を臨時雇用することで労働力を確保する事例について説明する。

F法人は中山間地域に属する経営面積40 haの法人で、役員9名を中心に営農していたが、不在地主の増

加や出役者の高齢化が課題となっていた。そこで、地域の自営就農者G氏（非構成員）に出役を依頼することで、若い労働力を確保していた。

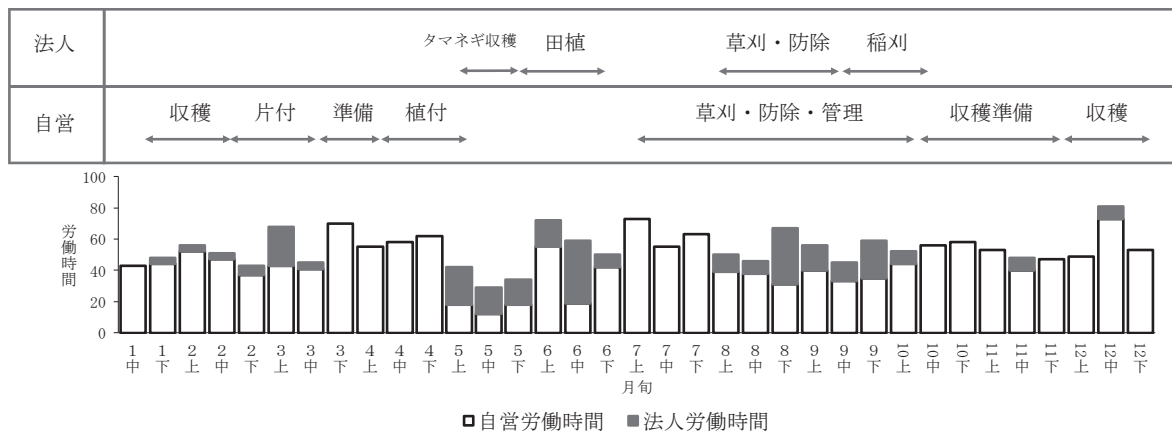
本取組を実施するうえでのポイントは、自営就農者の自営部門に影響が出ないよう配慮することである。F法人では、ほ場単位の作業（耕耘、草刈等）については、作業時期に融通の効く作業委託形式でG氏に依頼していた。作業は、担当するほ場を冬期に決定するという形で依頼し、委託料は面積に応じた出来高払いとしていた。作業単価はF法人の従事分量配当と同等であった。ほ場担当者決定後でも、同担当者同士で話し合い、担当ほ場を変更することができる等、G氏の自営部門の状況に応じて柔軟に調整できるような仕組みとなっていた。共同作業（田植え、稲刈等）については、雇用契約でG氏に作業を依頼していた。賃金は時給制で、単価はF法人の従事分量配当と同等であった。前月に作業計画を作成しG氏に出役可能な日を確認する、天候の都合で自営部門の作業スケジュールが急遽変更となった場合はF法人の作業スケジュールの方を調整して対応する等、G氏の自営部門に最大限配慮して作業スケジュールを組んでいた。自営就農者にとって法人出役はあくまでも「副業」であるため、F法人は心理的抵抗の少ない草刈から依頼し、様子を見ながら徐々にオペレーター作業も依頼することで、G氏が法人出役を負担に感じないように心掛けていた。

加えて、法人と自営就農者が良好な関係を築くこともポイントである。本取組は、G氏の就農時にF法人代表が農業委員として農地と住居を斡旋したことが縁となり始まったもので、F法人代表とG氏との個人的な関係性が取組の基礎となっている。人間関係は自動的に継承されないため、特定の法人役員が交代すると自営就農者との関係が切れてしまうといったことがないよう、法人全体で自営就農者との関係を共有することが取組の継続に不可欠である。

次に、自営就農者の賃金単価については、作業負荷や作業能率等を勘案し、自営就農者が不公平感を抱かないような設定にすることがポイントである。自営就業者に作業負荷の高い仕事が集中する、作業能率が極端に異なる法人構成員と同じ賃金単価を採用する等の状況は避けなければならない。自営就農者を単なる労働力ではなく、「地域の人材として育成する」という意識で接することが重要である。また、自営就農者にとってメリットになるような取組もできるとよい。G氏は法人出役のメリットとして、F法人の農機を借り

第5表 「自営就農者（非構成員）の臨時雇用」のポイント

取組内容	地域の自営就農者を臨時雇用し労働力を確保
就農者との関係構築	地域として就農者の受入に協力し良好な関係性を築く ・就農時の農地や住居の確保について、情報提供や所有者との仲介を行う 等 ・小さい取組からはじめて徐々に拡大する（まずは草刈から）
仕事の依頼	・早めに作業計画を作成し日程調整を行う ・基本的には自営部門を優先させる ・公平感のある仕事配分を心掛ける（きつい仕事ばかりまわさない）
取組の締結	・単独作業（耕耘等）は、時間に融通の効く作業委託が望ましい ・共同作業（田植等）は作業委託になじまないため、雇用契約が望ましい。 雇用する場合は、労災保険に加入し、労働条件通知書を交付する。
流れ	※ 非構成員を雇う場合は、雇用契約を締結していなければ労災保険の対象外となる
賃金単価	構成員と新規就農者の作業能率に差がある場合、その点を考慮した賃金単価設定とする ・単なる労働力ではなく「地域の人材として育成する」という意識で接する ・就農者が収入面以外のメリットを感じられるよう配慮する
良好な関係性の構築・継承	自営部門への法人農機の貸出 農業技術や農機の技術習得、資格取得支援 地域住民や農地所有者との関係構築支援 等 ・法人役員が交代しても良好な関係を継続できるようにする
実施法人の評価	・就農者は貴重な戦力となっている ・今後は時間に融通の効く作業委託を増やしてあげたい
新規就農者の評価	・初期投資不要で自営部門以外からの安定収入が得られ、不作時のリスクヘッジとなり、精神的に余裕が持てる ・作業を通じて農地所有者と知り合え、農地確保がしやすくなった



第7図 法人に臨時雇用された就農者の年間作業スケジュールのイメージ
(調査事例より)

られること等をあげていた。

注意点としては、法人が自営就農者を雇用する場合は、労災保険に加入する必要がある(第5表、第7図)。

摘要

本稿では、法人の労働力確保と就業者の所得確保を実現する農閑期の取組について検討を進めてきた。得られた知見を整理すると以下のとおりである。農閑期に農業が行える地域では、就業者が就業時間以外を利用して自営農業を行うことで所得を確保できる。農閑期に農業ができない地域では、就業者が他の経営体へ

の在籍型出向を行うことで農閑期の所得を確保できる。農閑期の所得確保を行っても就業者の雇用が難しい法人では、集落営農法人連合体等で就業者を雇用するか、もしくは地域の自営就農者（非構成員）を臨時雇用することで労働力を確保できる。

引用文献

厚生労働省. モデル就業規則

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/zigyonushi/model/index.html (2025年3月1日現在)

厚生労働省. 在籍型出向「基本がわかる」ハンドブック

<https://www.mhlw.go.jp/content/000739527.pdf8>

(2025 年 3 月 1 日現在)

厚生労働省. 労働者派遣と在籍型出向との差異

<https://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/02/dl/s0229-5d.pdf>

(2025 年 3 月 1 日現在)

小川景司・高橋一興・安藤光義. 2023. 集落営農法人の経営展開とその条件 ― 山口県におけるアンケート調査結果をもとに ―. 第 73 回地域農林経済学会大会個別報告要旨集. 12

https://a-rafe.org/uploads/file/file_20231005021436.pdf

(2025 年 3 月 1 日現在)

*個別報告要旨の詳細は下記よりダウンロード可能

小川景司・高橋一興・安藤光義. 2023. 集落営農法人の経営展開とその条件 ― 山口県におけるアンケート調査結果をもとに ―. 第 73 回地域農林経済学会大会資料

<https://researchmap.jp/keishi56/presentations/45755019> (2025 年 3 月 1 日現在)

山浦陽一. 2019. 中山間地域の集落営農法人の現状と展望 ― 定点観測 2-2-. 日本農業研究所研究報告『農業研究』第 32 号 : 33-360.

高橋一興. 2019. 農業法人で働く若手就業者の育成・定着のためのポイント. 新たに普及に移しうる試験研究等の成果,. 44: 1-3. 山口県農林総合技術センター

<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/61605.pdf> (2025 年 3 月 1 日現在)

田代洋一. 2019. 集落営農法人と連合体の展開 ― 山口県 ―. 土地の農業. 49:110-146.

<https://www.nouchi.or.jp/GOURIKA/pdfFiles/tochiAndNougyou/no49/110-146.pdf> (2025 年 3 月 1 日現在)

半樹別交互結実法による「せとみ」の連年安定生産と熟期促進

西岡 真理・中島 勘太*・岡崎 芳夫

Promotion of Maturity and Stable Annual Production of 'Setomi' Through a Half-Canopy Alternate Bearing System

NISHIOKA Mari, NAKASHIMA Kanta and OKAZAKI Yoshio

Abstract: This study investigated bearing methods, ethichlozate crown spraying, and short-term sheet mulch coverage as maturity promotion techniques to promote maturity and enable early harvesting of 'Setomi'. 1. The half-canopy alternate bearing system, which involves fruit thinning in the production area in late June and early August—ultimately reaching 1.8 times the conventional amount (leaf-to-fruit ratio of 60)—effectively promotes fruit enlargement and enhances quality. 2. A single application of 100 ppm ethichlozate crown spray in late August is suitable improving fruit quality. 3. Covering with sheet mulch for two months, from October to November, effectively enhances fruit coloration. By integrating these methods, the harvest period of “Setomi” can be advanced by 2 to 4 weeks, and eliminating the need for bagging to prevent cold weather damage. Additionally, the half-canopy alternate bearing system serves as an effective strategy to mitigate biennial production, a growing concern in recent years due to abnormal weather conditions.

Keywords: ethichlozate, sheet mulch, bagless cultivation, fruit bags

キーワード: エチクロゼート、シートマルチ、無袋栽培、果実袋

緒 言

「せとみ」は、山口県農業試験場大島柑きつ試験場（現：山口県農林総合技術センター農林業技術部柑きつ振興センター、以下柑きつ振興センター）において、「清見」を種子親に、「吉浦ポンカン」を花粉親として1981年に交配し、2004年に品種登録された山口県オリジナルの中晩生カンキツ品種である（宮田ら, 2003）。プチプチとした食感と高糖度で良食味であることから、市場からは高い評価を得ている。また、糖度13.5度以上、酸度1.35%以下などの一定の品質基準を満たした果実は、「ゆめほっぺ」の商標（2004年12月商標登録、権利者：山口県農業協同組合）で、平均単価656円/kg（2023年産JA山口県調べ）と高単価

で販売されている。

本品種は、山口県果樹振興計画の生産振興品目に位置付けられており、周防大島町を中心に生産拡大が図られてきたが、近年は面積拡大が伸び悩み、品種登録から20年経過した現在でも、栽培面積は45ha（県農業振興課調べ）に留まっている。その要因として、夏季の干ばつ、冬季の低温等の近年の気象変動がある。これらの極端な気象変動に起因する樹勢低下により、顕著な隔年結果や収量低下を招き、産地で問題となっている（兼常ら, 2021）。また、近年は強い寒波の襲来頻度が高まり、寒害リスクの増加や果実の品質低下にも影響を及ぼしている。さらに、寒害、鳥害防止を目的に行う袋かけ作業（山口県果樹栽培技術指針, 2021）が、生産者の負担になっていることも挙げら

* 現 周南農林水産事務所

れる。「せとみ」は立性で樹高が高くなりやすく（岡崎ら, 2020）、果実一つひとつへの袋かけ作業は作業負担が非常に大きい上に、袋かけ時期はウンシュウミカンの収穫時期と重なるため、労力確保も難しい。

そこで、連年安定生産と、寒害回避のために早期収穫を可能にする熟期促進を目的に、「せとみ」における半樹別交互結実法（以後、半樹結実または半樹と略す）の活用について検討した。ここで言う早期収穫とは、慣行の1月下旬収穫は寒害リスクが高いことから収穫期を2週間程度早い1月上旬とし、品質基準として収穫期に糖度13度以上、クエン酸1.5%以下、8分着色果8割以上を目標とした。

カンキツの持つ隔年結果性を逆手に取った隔年交互結実法は、様々なカンキツで報告があり、その交互結実法は樹別や半樹別、枝別など多様である（宮田ら, 2002、中川ら, 2003、藤原ら, 2008）。「青島温州」の樹別や半樹別結実においては、糖度向上および着色促進効果が認められたとの報告もある（宮田ら, 2002）。なお、この半樹別結実とは、一樹を東西に2分割して一方の面に結実部（生産部）、他方を無結実（遊休部）として、毎年交互に繰り返す方法である（宮田ら, 2002）。「せとみ」は、M・L階級が売れ筋のウンシュウミカンと異なり、大玉果実生産を目標とすることから、果実肥大期から成熟期にかけて樹勢の維持が必要となるため、樹別結実ではなく半樹結実が適すると考え、本試験では半樹結実法を選択した。そこで、「せとみ」の半樹結実において、大玉果実生産、糖度向上および着色促進に有効な着果程度や摘果時期について検討した。

次に、ウンシュウミカンにおけるエチクロゼート散布とシートマルチ栽培の組み合わせは、糖度向上や着色促進、果皮色の向上など高品質果実生産が可能になり（北園ら, 2008）、「トサブンタン」では糖度向上効果が確認されている（澤田, 2015）。これらと半樹結実法との組み合わせによる相乗効果が期待できると考え、カンキツの熟期促進に登録のあるエチクロゼートの「せとみ」における効果的な使用方法や、着色促進に有効なシートマルチの短期被覆、これらを組み合わせた体系的な技術について検討した。さらに、袋かけの省力化に向けて、果実袋の検討を行い、一定の成果が得られたので報告する。

材料および方法

1 結実方法の検討

1) 半樹結実法の摘果程度の違いが収量および果実品質に及ぼす影響

[2018年度、2019年度]

柑きつ振興センターの水田埋め立て造成圃場（4号圃場）に栽植の「せとみ」（「興津早生」を中間台木として2005年に高接更新）15年生樹を供試し、2018年と2019年に調査を行った。試験区は、①半樹結実1.5倍量区、②半樹結実2倍量区、③慣行区とし、1区1樹3反復とした。なお、果実の肥大抑制や反収の減少を避けるためにそれぞれ設定した1.5倍量（葉果比70）および2倍量（葉果比50）については、生産部の着果量として葉果比80~100とする慣行結実と比較した結実量である。遊休部は、6月下旬に全摘果し、生産部の摘果は6月下旬に粗摘果、8月下旬に仕上げ摘果と2回に分けて行った。両年とも有袋栽培とし、11月に果実袋を被覆した。なお、使用した果実袋は、現行の筋ハترون紙二重袋（商品名：オレンジ14号止入、横175mm/縦215mm、小林製袋株式会社製、以下二重袋）とした。2018年産は、2019年1月23日に採収し、2月1日に果汁内容、階級および着色、5月14日に着花程度（5段階評価で1:少~5:多）を調査した。2019年産は、2020年1月9日に採収し、1月10日に果汁内容、1月12日に収量および着色、5月15日に着花程度を調査した。

[2020年度]

2018年度および2019年度の試験結果から、慣行の2倍量着果は糖度向上効果が高い傾向にある一方で、果実肥大が抑制される傾向が認められたため、2020年度は、着果量を慣行の1.8倍量（葉果比60）に変更して半樹区を設定（第1図）し、慣行区と比較した。センター内に栽植された18年生の「せとみ」を供試し、試験規模は1区1樹3反復とした。半樹の摘果時期は慣行と同様とした。果実袋は両区とも被覆しなかった。年末に寒波予報あったことから2020年12月28日に採収し、12月28日に果汁内容、2021年1月13日に収量および着色を調査した。

2) 半樹結実法の摘果時期の違いが収量および果実品質に及ぼす影響

柑きつ振興センター内の水田埋め立て造成圃場の「せとみ」（「興津早生」を中間台木として2005年に高接更新した14年生）を供試した。試験区は、①半樹結実6月下旬粗摘果+8月上旬仕上げ摘果（以下、半

樹6月・8月摘果)区、②半樹結実8月上旬1回摘果(以下、半樹8月摘果)区、③慣行区(6月下旬粗摘果、8月上旬仕上げ摘果)とし、1区1樹3反復とした。半樹の着果量は慣行の1.5倍量とし、遊休部は6月下旬に全摘果した。なお、2019年11月21日に、全ての区の果実に二重袋を被覆した。2020年1月9日に採収し、1月10日に果汁内容、1月21日に収量および着色を調査した。

3) 半樹結実法が連年安定生産に及ぼす影響

柑きつ振興センター内の水田埋め立て造成圃場の「せとみ」(「興津早生」を中間台木として2005年に高接更新)を供試して、2018年度から2022年度の5か年について、半樹区と慣行区を設定した。半樹区のうち、2018年から2019年度の2か年は、生産部の着果量は慣行の1.5倍量と2倍量で、2020年から2022年の3か年は、慣行の1.8倍量で着果管理した。試験規模は、全ての年度において、半樹区が1区1樹6反復、慣行区が1区1樹3反復とした。各年度とも、樹当たり収量を元に、植栽間隔を4m×4mとし、10a当たり62本栽植として算出し、収量の変動と隔年結果指数を調査した。

2 植物成長調節剤エチクロゼートの樹冠散布が早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響

センター内の1.5m×1.5mコンクリート枠に栽植の「せとみ」10年生樹を供試した。試験区は、①エチクロゼート1回処理区、②エチクロゼート2回処理区、

③無処理区とし、1区1樹3反復とした。1回処理区は、2020年8月24日に、エチクロゼート100ppmを動力噴霧機により樹冠散布した。2回処理区は、8月24日と9月14日に同様に散布した。結実方法等は、慣行に準じて行った。慣行では1月下旬に収穫するところ、熟期促進を評価するためと年末に寒波予報があったことから、2020年12月29日に採収し、2021年1月5日果汁内容、1月18日に収量および着色を調査した。

3 シートマルチ被覆が早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響

柑きつ振興センター内水田埋め立て造成圃場の「せとみ」15年生樹を供試した。結実方法等は、慣行に準じて行った。試験区はシートマルチの被覆期間により、①8～9月被覆区、②10～11月被覆区、③8～11月被覆区、④無被覆区とし、1区1樹3～4反復とした。シートマルチは、中国製紙工業株式会社製「美味シ〜ト®」を使用した。なお、シートは、土壌に雨水を入れるため主幹部を30cm程度開けて被覆した(第2図)。2019年11月15日に、果実に二重袋を被覆した。慣行では1月下旬に収穫するところ、熟期促進を評価するため、2020年1月9日に採収した。なお、採収は樹冠外周部を上部、中部、下部に3分割し、それ以外を樹冠内部として区分して採収した(第3図)。1月10日に果汁内容および収量、1月23日に着果部位別の着色を調査した。

4 早期収穫を目的とした熟期促進技術体系の確立



第1図 「せとみ」の半樹別結実における収穫前の着果状況

注) 生産部の着果量は、慣行の1.8倍量設定



第2図 シートマルチの被覆方法

注) 主幹部を30cm程度開放して被覆する



第3図 採収時における着果部位の区分

柑きつ振興センター内の水田埋め立て造成圃場の「せとみ」（「興津早生」を中間台木として2005年に高接更新した15年生）を供試した。2020年と2021年に半樹、エチクロゼート処理およびシートマルチ被覆の組合せ試験を行った。2020年の試験区は、①半樹＋エチクロゼート＋マルチ区、②半樹＋エチクロゼート区、③半樹＋マルチ区、④慣行（慣行結実＋エチクロゼート無処理＋マルチ無被覆）区とし、1区1樹3～4反復とした。2021年の試験区は、2020年と同様に3種の組合せとしたが、エチクロゼートの散布時期は8月下旬の1回のみ、あるいは8月下旬と9月中旬の2回とした。2か年とも、半樹の遊休部は6月下旬に全摘果し、生産部は慣行区と同様に6月下旬に粗摘果、7月下旬に仕上げ摘果を行い、慣行区の1.8倍量を結実させた。なお、2020年のエチクロゼート処理は、8月24日と9月14日の2回、100ppmを動力噴霧機により樹冠散布した。2021年は、1回処理区は8月26日のみ、2回処理区は8月26日と9月19日の2回とし、いずれも100ppmを動力噴霧機により樹冠散布した。シートマルチは、両年とも中国紙工業株式会社製「美味シート®」を用い、2020年は10月1日に、2021年は9月30日に樹冠下に被覆した。なお、被覆の際は、土壌に雨水を入れるため主幹部を30cm程度開放した。両年とも、12月2日にシートマルチを巻き上げ、被覆期間は約2か月とした。果実袋については、2020年は被覆せず、2021年は11月12日に被覆した。2021年に使用した果実袋は、江見製袋株式会社製の柑橘袋（商品名：撥水T35止入I切、横190mm/縦215mm、純白紙一重袋、以下一重袋）とした。なお、この一重袋は、近年の秋冬季における温暖多雨な気象条件下において問題となっているヤケ果等の果皮障害を軽減する果実袋として選抜したもので（データ省略）、二重袋に比べて安価で装着が容易なことから、本試験で使用した。

2020年は、12月28日に採収し、同日に果汁内容、2021年1月12日に収量および着色を調査した。2021年では、12月23日に採収し、2022年1月5日に果汁内容、1月12日に収量および着色を調査した。なお、熟期促進の目標は1月上旬収穫であるが、両年とも、年末に寒波予報があったことから、年内収穫とした。

5 果実袋の検討

1) 果実袋の有無が正果率に及ぼす影響

柑きつ振興センター内水田埋め立て造成圃場の無袋栽培と有袋栽培の「せとみ」果実を供試した。有袋栽培は、2020年12月1日に現行の二重袋（小林製袋株式会社製）を被覆した。無袋栽培、有袋栽培ともに、鳥害対策として樹冠に糸張りを施した。供試した果実は、2020年12月28日に採収し、その後、3%程度の減量予措を行い、1月下旬から3月9日まで常温庫で貯蔵した。なお、貯蔵は、容量31.3L（486mm×329mm×202mm）のコンテナに果実を入れ、不織布貯蔵シートを被覆して行った。貯蔵後の3月12日に、JAの出荷基準に基づき、1級果、2級果、原料果および腐敗果を選別し、果数からそれぞれの等級割合を調査した。その結果をもとに経営試算を行った。なお、試算の有袋については、現行の二重袋と江見製袋株式会社製の一重袋とで比較した。

結 果

1 結実方法の検討

1) 半樹結実法の摘果程度の違いが収量および果実品質に及ぼす影響

[2018年度、2019年度]

2018年度試験は、半樹1.5倍量区および2倍量区ともに、慣行区に比べて m^3 当たり収量および果数が少なく、1果平均重は慣行区>1.5倍量区>2倍量区の順に大きい傾向であった（第1表）。なお、半樹2倍量区のL階級以上の割合は、慣行区に比べて有意に少なかった。果汁内容について、糖度は半樹区が14度台と慣行区に比べて高かったが、有意差は認められなかった。クエン酸含量は半樹2倍量区が半樹1.5倍量区および慣行区に比べて、有意ではないものの高い傾向であった。着色は、全ての区において8分着色以上であり、完着果の割合も9割以上と区間の差は認められなかった。

2019年度試験では、半樹区の m^3 当たり着果量は慣行

区に比べて有意に少なかった（第2表）。半樹区、慣行区とも1果平均重は同等であったが、L階級以上の割合については、半樹区が慣行区に比べて少ない傾向であった。果汁内容について、半樹2倍量区が慣行区に比べて糖度は有意に高かった。クエン酸含量は2018年度試験結果と逆で、半樹2倍量区が半樹1.5倍量区および慣行区に比べて有意ではないものの低い傾向であった。着色は、全ての区において、8分着色以上の割合が9割以上と高かったが、完着果の割合は、慣行区>2倍量区>1.5倍量区の順に高い傾向であった。

翌年の着花量は、半樹については前年の遊休部に着花程度4~5と、十分な着花量であったが、慣行の2019年は翌年の着花程度は1と少なく、年による差が大きく隔年結果した（第3表）。

[2020年度]

半樹1.8量区と慣行区における収量および1果平均重は、同等であった（第4表）。なお、L階級以上の割合も、半樹1.8倍量区と慣行区とも9割以上を占め同等であった。果汁内容は、半樹1.8倍量区の糖度は、慣行区に比べて有意に高かった。クエン酸含量は、慣

第1表 半樹結実法の結実量の違いが収量および果実品質に及ぼす影響（2018）

処理区	収量		1果平均重 (g)	階級割合(%) ^y		果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度(%) ^y	
	(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上					8分以上	うち完着
半樹 1.5倍量	1.3	7.9	162.7	41.5 ab	58.5 ab	170.4	76.4	14.2	1.39	100.0	91.7
半樹 2倍量	1.3	8.1	158.0	51.6 b	48.4 a	163.1	74.9	14.0	1.49	100.0	94.4
慣行	1.6	8.6	183.4	21.5 a	78.5 b	181.5	74.8	13.7	1.38	100.0	94.4
有意性 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-	n. s.

z: Tukeyの多重比較検定により異符号間で有意差あり(*: 5%水準、n. s.: 有意差なし)

y: アークサイン変換後に統計処理を実施

摘果: 粗摘果; 6月下旬、仕上げ摘果; 8月上旬、有袋栽培

採収日: 2019年1月23日 調査日: 2月1日

第2表 半樹結実法の結実量の違いが収量および果実品質に及ぼす影響（2019）

試験区	収量		1果平均重 (g)	階級割合(%) ^x		果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度(%) ^y	
	(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上					8分以上	うち完着
半樹 1.5倍量	1.5 a	9.9 a	157.5	48.8	51.2	179.0	74.7	13.6 ab	1.38	94.0	52.1
半樹 2倍量	1.7 a	10.4 a	161.3	43.2	56.8	178.1	73.8	14.4 b	1.27	97.2	63.3
慣行	2.4 b	14.9 b	158.0	36.7	63.3	184.0	73.5	13.1 a	1.32	97.6	70.7
有意性 ^z	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.

z: Tukeyの多重比較検定により異符号間で有意差あり(**: 1%水準、*: 5%水準、n. s.: 有意差なし)

y: アークサイン変換後に統計処理を実施

摘果: 粗摘果; 6月下旬、仕上げ摘果; 8月上旬、有袋栽培

採収日: 2020年1月9日、果実分析日: 1月10日、階級・着色調査日: 1月21日

第3表 半樹結実法の結実量の違いが翌年の着花量に及ぼす影響（2018、2019）

試験区	2018年産		2019年産	
	収量 (kg/m ³)	翌年の 着花程度 ^y	収量 (kg/m ³)	翌年の 着花程度 ^y
半樹 1.5倍量	1.3	5.0 b	1.5 a	4.7 b
半樹 2倍量	1.3	4.0 b	1.7 a	5.0 b
慣行	1.6	4.3 a	2.4 b	1.0 a
有意性 ^z	n. s.	**	*	**

採収日: 2018年産; 2019年1月23日、2019年産; 2020年1月9日

翌年の着花程度調査: 2018年産; 2019年5月14日、2019年産; 2020年5月15日

z: Tukeyの多重比較検定により異符号間に有意差あり

(*: 5%水準、**: 1%水準、n. s.: 有意差なし)

y: 翌年の着花程度 (5段階評価で1: 少~5: 多)

行区が半樹 1.8 倍量区に比べて高い傾向であったが、有意な差は認められなかった。着色は、8 分着色以上および完着果率ともに、半樹 1.8 倍量区と慣行区とで有意な差は認められなかった。

2) 半樹結実法の摘果時期の違いが収量および果実品質に及ぼす影響

採収時の収量および 1 果平均重について、区間に有意な差は認められなかった（第 5 表）。しかし、階級割合は、半樹 8 月摘果区の L 階級割合が慣行区に比べて少ない傾向であった。糖度は、半樹 8 月摘果区＞半樹 6 月・8 月摘果区＞慣行区の順に高い傾向であったが、区間の差は認められなかった。クエン酸含量は、半樹 8 月摘果区が、慣行区に比べて有意に高かった。着色は、全ての区がほぼ 8 分着色以上で、完着果率も区間の差は認められなかった。

3) 半樹結実法が連年安定生産に及ぼす影響

結実方法の違いが収量と連年安定生産に及ぼす影響について、第 6 表に示した。2018 年および 2019 年度の 10a 当たり収量は、半樹区が慣行区に比べて、15 %程度少なかった。2018 年、2019 年の 2 か年とも収量

が多かったため、2020 年度は両区とも収量が大幅に減少したが、半樹区でその減少幅は小さく、隔年結果性は低くなった。2021 年度の 10a 当たり収量は両区とも、2.1～2.2t/10a で同等であったが、2022 年度は再び慣行区で大幅に減少した一方で、半樹区の収量は前年度からは増加した。2018 年度から 2022 年度までの 5 か年の平均収量は、半樹区が 2.2t/10a に対して、慣行区は 1.7t/10a と、半樹区が多かったが、有意な差は認められなかった。半樹区は、慣行区に比べて収量の年次変動は少なく、隔年結果指数は小さくなり、5 か年の平均値においても有意な差が認められた。

2 植物成長調節剤エチクロゼートの樹冠散布が早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響

エチクロゼートの樹冠散布による採収時の収量および 1 果平均重、階級割合については、区間に有意な差は認められなかった（第 7 表）。採収時の 8 分以上着色果率について、エチクロゼート 1 回処理区と 2 回処理区は同等で、無処理区に比べて有意に高かった。採収時の糖度も、エチクロゼート 1 回処理区と 2 回処理区は同等で、無処理区に比べて有意に高かった。クエン酸含量は、エチクロゼート 2 回処理区が 1 回処理

第 4 表 半樹結実法が収量および果実品質に及ぼす影響（2020）

試験区	収量		1果平均重 (g)	階級割合(%) ^y		果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度(%) ^y	
	(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上					8分以上	うち完着
半樹 1.8倍量	1.5	8.0	184.0	10.0	90.0	175.3	76.3	14.0	1.44	73.3	40.7
慣行	1.5	8.2	185.6	8.0	92.0	189.5	74.8	13.5	1.61	73.5	38.9
有意性 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.

z: t 検定 (*:5%水準、n. s.:有意差なし)

y: アークサイン変換後に統計処理を実施

摘果: 粗摘果; 6 月下旬、仕上げ摘果; 7 月上旬、無袋栽培

採収日: 2020 年 12 月 28 日、果実分析日: 12 月 28 日、階級・着色調査日: 2021 年 1 月 13 日

第 5 表 半樹結実法の摘果時期の違いが収量および果実品質に及ぼす影響（2019）

試験区	収量		1果平均重 (g)	階級割合(%) ^y		果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度(%) ^y	
	(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上					8分以上	うち完着
半樹 6月・8月摘果	1.9	12.5	153.7	47.2	52.8	185.8	74.3	13.4	1.40 ab	97.3	72.3
半樹 8月摘果	2.0	13.6	147.2	54.8	45.2	190.8	75.1	13.6	1.65 b	98.3	74.1
慣行	2.4	14.9	158.0	36.7	63.3	184.0	73.5	13.1	1.32 a	97.6	70.7
有意性 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.

z: Tukey の多重比較検定により異符号間で有意差あり (*: 5%水準、n. s.: 有意差なし)

y: アークサイン変換後に統計処理を実施

結実量: 慣行の 1.8 倍量

採収日: 2020 年 1 月 9 日、果実分析日: 1 月 10 日、階級・着色調査日: 1 月 21 日

第 6 表 半樹結実法が収量および隔年結果指数に及ぼす影響 (2018～2022)

試験区	収量(t/10a)							隔年結果指数				
	2018	2019	2020	2021	2022	平均	5か年累積	2018～2019	2019～2020	2020～2021	2021～2022	平均
半樹結実	2.0	2.4	1.5	2.1	3.0	2.2	11.0	0.094	0.243	0.165	0.197	0.175
慣行結実	2.4	2.8	0.6	2.2	0.3	1.7	8.3	0.086	0.647	0.587	0.788	0.527
有意性 ^z	n. s.	n. s.	*	n. s.	**	n. s.	n. s.	*	**	**	**	**

z: 半樹結実量: 2018、2019 年度産; 慣行の 1.5 倍量と 2 倍量、2020、2021、2022 年度産; 慣行の 1.8 倍量

y: t 検定 (**:1%水準、*:5%水準、n. s.:有意差なし)

x: 隔年結果指数: |(前年収量)-(当年収量)|/(前年収量)+(当年収量)

隔年結果指数は、数値が大きいのほど隔年結果が大きい

第 7 表 「せとみ」におけるエチクロゼートの樹冠散布が
早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響 (2020)

試験区	収量		1果平均重	階級割合(%) ^x		果実重	果肉歩合	糖度	クエン酸	着色程度(%) ^x	
	(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上					8分≦～	うち完着
エチクロゼート ¹ 1回	2.3	13.3	169.9	22.8	77.2	166.6	73.0	14.8 b	1.48	94.5 b	73.3
エチクロゼート2回	2.4	13.1	182.6	15.5	84.5	178.7	71.6	14.8 b	1.63	94.5 b	75.0
無処理	2.5	14.1	178.8	14.4	85.6	176.0	70.6	14.1 a	1.42	86.7 a	70.6
有意性 ^y	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	*	n. s.

z:エチクロゼート処理日:1回;8月24日、2回;8月24日・9月14日、処理濃度:100ppm

y:Tukeyの多重比較検定により異符号間に有意差あり(*:5%水準、n. s.:有意差なし)

x:アークサイン変換後に統計処理を実施

採収日:2020年12月29日、調査日:2021年1月18日、果実分析日:1月5日

着果管理等は慣行に準ずる

区および無処理区に比べて有意差は認められなかったが、高い傾向であった。

3 シートマルチ被覆が早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響

シートマルチの有無による採収時の収量および1果平均重については、区間の差は認められなかった(第8表)。採収時の着色程度については、樹冠上部、中部、下部においては全ての区ではほぼ8分着色以上であった。樹冠内部は、無被覆区で8分着色以上が70.9%と低かったが、処理区間で有意な差は認められなかった。樹冠上部の完着果率は、無被覆区が60.3%に対して、10～11月被覆区は97.1%と有意に高かった。樹冠内部の完着果率は、8～9月被覆区が52.1%に対して、10～11月被覆区は89.3%と有意に高かった。樹冠下部の完着果率は、8～9月被覆区と無被覆区が60%未満であったが、10～11月被覆区は91%と有意に高かった。採収時の糖度は、被覆区が無被覆区に比べて高い傾向にあったが、区間に有意な差は認められなかった。また、8～11月被覆区で糖度およびクエン酸含量が高い傾向にあった。

4 早期収穫を目的とした熟期促進技術体系の確立

2020年は、慣行区が裏年に当たり、採収時の収量は半樹区に比べて少なく、果実は大玉傾向であった(第9表)。半樹、エチクロゼートおよびシートマルチの3種を組み合わせた区は、慣行区に比べて糖度は高かった。8分着色以上の割合は、3種組み合わせ区が91.7%と、慣行区の70.6%に対して高かったものの、有意な差は認められなかった。なお、3種組み合わせ区と、半樹とエチクロゼートあるいはシートマルチの2種組み合わせ区とを比較すると、3種の組み合わせ区において採収時の糖度は高い傾向で、着色はほぼ同等であった。

2021年における採収時の収量および階級割合は、区間の差は認められなかった(第10表)。果汁内容について、糖度は有袋区の3種組み合わせ処理区が慣行区に比べて高く、無袋区では有意差はなかったものの、有袋区と同様に3種組み合わせ処理区の糖度が慣行区に比べて高かった(第11表)。なお、エチクロゼートの散布回数の違いによる差は認められなかった。着色は、全ての区において8分着色以上の割合が9割以上と

高く、区間の差は認められなかった。

5 果実袋の検討

1) 果実袋の有無が正果率に及ぼす影響

果実袋の有無による出荷時の等級について、無袋区は有袋区に比べて、1 級果率が低く、2 級果率および原料果率が高かった（第 12 表）。また、貯蔵中の腐敗果

率も高かった。第 12 表の等級比率を元にした経営試算を、第 13 表に示した。無袋区の 10a 当たり粗収益は約 96 万円であったのに対して、有袋区の粗収益は約 118 万円で、無袋区と有袋区の粗収益の差は約 22 万円であった。

なお、有袋区について、一重袋 1 枚当たりの価格は、

第 8 表 シートマルチ被覆時期の違いが早期収穫時の収量および果実品質に及ぼす影響（2019）

試験区	収量		1果 平均重	着果部位別着色程度(%) ^x								果実重	果肉歩合	糖度	クエン酸
				上部		中部		下部		内部					
	(kg/m ³)	(個/m ³)	(g)	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	(g)	(%)	(Brix%)	(%)
10～11月被覆	2.6	14.5	179.6	100.0	97.1 b	100.0	88.8	100.0	90.6 b	100.0	89.3 b	177.6	72.8	13.6	1.38
8～11月被覆	1.6	9.9	167.1	99.3	79.5 ab	99.5	79.4	94.3	83.2 ab	97.4	68.4 ab	158.4	75.1	14.1	1.44
8～9月被覆	2.0	11.9	173.2	98.9	85.8 ab	98.6	74.5	94.8	58.8 a	94.4	52.1 a	164.4	74.6	13.4	1.38
無被覆	2.1	12.6	169.7	100.0	60.3 a	98.0	62.2	93.4	53.2 a	70.9	63.1 ab	169.0	75.2	13.1	1.15
有意性 ^y	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Tukey の多重比較検定により異符号間に有意差あり (*: 5%水準、**: 1%水準、n. s.: 有意差なし)

y: アークサイン変換後に統計処理を実施

着果管理等は慣行に準ずる

採収日: 2020 年 1 月 9 日、果実分析日: 1 月 10 日、収量・階級・着色調査日: 1 月 21 日

第 9 表 各種組み合わせ処理が果実品質に及ぼす影響（2020）

試験区	樹冠容積 (m ³)	収量		1果平均重 (g)	階級割合(%) ^v	
		(kg/m ³)	(個/m ³)		M以下	L以上
半樹 ^z + エチクロゼート ^y 1回 + マルチ ^x	23.7	1.5	8.3	184.1	22.8	77.2
半樹 + エチクロゼート 2回 + マルチ	24.3	1.4	8.0	171.8	39.7	60.3
慣行 + 無処理	26.1	1.5	8.9	169.7	30.3	69.7
有意性 ^w	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

z: 半樹結実: 慣行の 1.8 倍量、摘果: 粗摘果; 6 月下旬、仕上げ摘果; 7 月下旬 (慣行区同様)

y: エチクロゼート処理日: 8 月 24 日および 9 月 14 日の 2 回、処理濃度: 100ppm

x: マルチ被覆: 10 月 1 日被覆、12 月 2 日巻き上げ 果実袋: 無被覆

w: Tukey の多重比較検定により異符号間に有意差あり (*: 5%水準、**: 1%水準、n. s.: 有意差なし)

v: アークサイン変換後に統計処理を実施

採収日: 2020 年 12 月 28 日、調査日: 2021 年 1 月 12 日

第 10 表 組み合わせ処理が収量および階級に及ぼす影響（2021）

試験区	収量		1果 平均重	着果部位別着色程度(%) ^γ								果実重	果肉歩合	糖度	クエン酸
				上部		中部		下部		内部					
	(kg/m ³)	(個/m ³)	(g)	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	8分以上	うち完着	(g)	(%)	(Brix%)	(%)
10～11月被覆	2.6	14.5	179.6	100.0	97.1 b	100.0	88.8	100.0	90.6 b	100.0	89.3 b	177.6	72.8	13.6	1.38
8～11月被覆	1.6	9.9	167.1	99.3	79.5 ab	99.5	79.4	94.3	83.2 ab	97.4	68.4 ab	158.4	75.1	14.1	1.44
8～9月被覆	2.0	11.9	173.2	98.9	85.8 ab	98.6	74.5	94.8	58.8 a	94.4	52.1 a	164.4	74.6	13.4	1.38
無被覆	2.1	12.6	169.7	100.0	60.3 a	98.0	62.2	93.4	53.2 a	70.9	63.1 ab	169.0	75.2	13.1	1.15
有意性 ^z	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: 半樹結実: 慣行の 1.8 倍量、摘果: 粗摘果; 6 月下旬、仕上げ摘果; 7 月下旬 (慣行区同様)

y: エチクロゼート処理日: 1 回; 8 月 26 日、2 回; 8 月 26 日と 9 月 19 日、処理濃度: 100ppm

x: マルチ被覆: 9 月 30 日被覆、12 月 2 日巻き上げ

w: Tukey の多重比較検定により異符号間に有意差あり (n. s.: 有意差なし)

v: アークサイン変換後に統計処理を実施

採収日: 2021 年 12 月 23 日、慣行区のみ 12 月 23 日と 2022 年 1 月 21 日の 2 回 (寒害予報のため 12 月 23 日に早めた)

調査日: 1 月 4 日および 1 月 31 日、有袋: 11 月 12 日被覆、一重袋

第 11 表 組み合わせ処理および果実袋の有無が果実品質に及ぼす影響 (2021)

試験区		果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度(%) ^v	
						8分≦～	うち完着
有袋	半樹 ^z +エチクロゼート1回 ^y +マルチ ^z	165.2	75.8	14.5 b	1.66	94.1	69.2
	半樹+エチクロゼート2回+マルチ	156.6	75.3	14.5 b	1.61	95.5	78.1
	慣行+無処理	169.6	77.2	13.8 a	1.81	92.1	63.6
有意性 ^w		n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.
無袋	半樹+エチクロゼート1回+マルチ	160.0	77.2	14.4	1.79	96.0	68.3
	半樹+エチクロゼート2回+マルチ	164.6	75.5	14.4	1.59	97.4	70.3
	慣行+無処理	159.9	75.8	13.2	1.76	90.9	57.3
有意性 ^z		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

z:半樹結実:慣行の1.8倍量、摘果:粗摘果;6月下旬、仕上げ摘果;7月下旬(慣行区同様)

y:エチクロゼート処理日:1回;8月26日、2回;8月26日と9月19日、処理濃度:100ppm

x:マルチ被覆:9月30日被覆、12月2日巻き上げ

w:Tukeyの多重比較検定により異符号間に有意差あり(*:5%水準、n.s.:有意差なし)

v:アークサイン変換後に統計処理を実施

採収日:2021年12月23日 調査日:果汁内容;2022年1月5日、着色;1月12日

有袋:11月12日被覆、一重袋

第 12 表 果実袋の有無が出荷時の等級に及ぼす影響 (2020)

試験区	1級 (%)	2級 (%)	原料 (%)	腐敗 (%)
無袋	67.7	13.8	12.9	5.5
有袋	81.9	8.6	6.5	3.0

調査日:2021年3月12日、JAの出荷基準で選別

有袋は現行の二重袋

第 13 表 無袋栽培および有袋栽培における経営試算 (2021)

	重量 ^z (kg)				単価 ^y (円/kg)			粗収益	粗収益の差額	追加経費 ^x	利益の差額
	1級	2級	原料	腐敗	1級	2級	原料	(円/10a)	(円)	(円)	(円)
無袋	1,694	344	324	139	489			957,764	—	—	—
有袋(二重袋)	2,047	215	163	74	538	337	42	1,180,595	222,831	198,788	24,043
有袋(一重袋)										153,951	68,880

z:収量2.5/10aとして第12表の等級割合から算出

y:JA 山口県 2020 年度販売実績から算出

x:第14表参照

現行の二重袋より2円安い。また、袋かけにかかる作業時間は、一重袋が二重袋に比べて18%短縮できるため、資材費と労賃の追加経費は二重袋で約20万円であるのに対して、一重袋では約15万円となる(第14表)。したがって、10a当たりの利益は、二重袋による有袋区が無袋区に比べて、約2.4万円多かったが、一重袋を用いることで、さらに約6.9万円に向上する(第13表)。

考 察

2018年および2019年ともに、糖度については、慣行の1.5倍量および2倍量の半樹は、慣行に比べて高い傾向にあり、その程度は着果量の多い2倍量区で有意差が認められたことから、着果負担が大きいほど増糖効果は高いと示唆され、ウンシュウミカンにおいて

第 14 表 有袋栽培に必要な追加経費の内訳 (2021)

	総果数 ^z (個)	袋単価 (円/枚)	袋代 (円)		労賃 ^w		追加経費 (円)
					(時間)	(円)	
有袋 (二重袋)	14,706	6	88,235	袋かけ ^y	98	83,986	198,788
				除袋 ^x	31	26,567	
有袋 (一重袋)		4	58,824	袋かけ	80	68,560	153,951
				除袋	31	26,567	

z: 収量 2.5/10a、170g/果として算出

y: 二重袋の袋かけ作業は 150 枚/時間として算出、一重袋は二重袋の 18%作業時間短縮として算出

x: 除袋作業は、一重袋未調査のため同一時間として算出

w: 労賃は、2021 年度山口県最低賃金の 857 円で算出

葉果比を低くし着果負担をかけると、葉の水分ポテンシャルを低下させ、増糖・着色を促進する効果がある(宮田ら, 2002)との報告と、増糖の部分は一致した。一方で、両年とも着色期の気温が平年に比べて高く推移したことから、果皮の着色は促進され、半樹における着果量の違いによる着色促進効果は判然としなかった。果実肥大については、年による差はあるものの、生産部の着果量が慣行の 1.5 倍量、2 倍量とも小玉傾向となり、2 倍量でより強く現れている。この結果については、「青島温州」の若齢期を用いた半樹別結実率は、全面結実に比べて 1 階級小さくなるとの報告(宮田ら, 2002)や、「はるみ」における半樹別交互摘果において 1 果重が小さくなり L・M 階級割合が多くなるという報告(藤原ら, 2008)に概ね一致する。したがって、L・2L の大玉果実生産が目標となる「せとみ」の半樹結実法においては、果実肥大を抑制させず、かつ増糖効果が高い慣行の 1.8 倍量が生産部の着果量に適すると考えられる。なお、慣行の 1.8 倍量とは、慣行の葉果比 80~100 を基準にすると、葉果比 60 相当となる。また、摘果時期については、8 月上旬の 1 回摘果では、果実肥大が抑制されることから、慣行と同様に 6 月下旬から 7 月上旬の粗摘果と、7 月下旬から 8 月上旬の仕上げ摘果による 2 回摘果とし、粗摘果に重点を置く摘果方法が、果実肥大促進に有効である。

また、半樹結実法では、前年に結実させた生産部は、翌春、ほとんど着花しないが、前年の遊休部は翌年に十分な着花量を確保できる。そして、結実方法の違いによる収量は、表年では半樹が慣行に比べてやや減少するものの、隔年結果による収量の年次変動は大幅に解消され、毎年安定した収量を確保できるため、累積収量は増加している。この結果については、ウンシュウミカンの半樹結実における報告(宮田ら, 2002、中

川ら 2003)に概ね一致する。したがって、「せとみ」における半樹結実法は、近年の異常気象により問題となっている隔年結果対策としても有効な手法と考えられる。

「せとみ」におけるエチクロゼートの散布は、8 月下旬 1 回の散布でも、8 月下旬と 9 月中旬の 2 回散布と同等な糖度向上と着色促進効果が認められたことから、「せとみ」においては 8 月下旬の 1 回散布が適すると考えられる。本試験での 2 回散布によって落葉の増加は認められなかったが(データ省略)、ウンシュウミカンにおけるエチクロゼートの連年散布は細根量を減少させ、樹勢を低下させる(真子ら, 1987)との報告があることから、細根量の少ない「せとみ」(岡崎, 2020)における年複数回使用は、樹勢低下が懸念されるため、年 1 回での使用が適すると考えられる。

シートマルチ被覆については、10 月から 11 月にかけての短期被覆でも着色促進効果が認められた。「せとみ」は、7 月下旬から 9 月中旬までを -0.5~-0.7MPa の湿潤状態、9 月中旬から 11 月までを軽い乾燥状態で管理した場合、連年生産や糖度向上、着色促進に有効である(兼常ら, 2020)が、このような夏秋季のきめ細かい水分管理を可能にするには農研機構西日本農業研究センターが開発したマルドリ栽培の導入が必要となる。「せとみ」のマルドリ栽培において、シートマルチ被覆による着色促進効果は認められているが(山口県農林総合技術センター, 2013)、導入には多額のコストがかかる。10 月以降の短期被覆は、強日射による資材の劣化を軽減できることから、シートマルチの耐用年数増加による更新頻度の軽減により、コスト削減を図ることができ導入しやすいと考えられる。なお、「せとみ」でのシートマルチ被覆は、ウンシュウミカンで推奨されている全面被覆ではなく、降

雨を有効に活用するよう、主幹部を 30 cm 程度開放した被覆方法がよい（山口県農林総合技術センター、2013）。

「せとみ」において、前述した半樹結実法、エチクロゼート処理およびシートマルチ被覆の 3 種組み合わせは、2020 年試験では慣行区に比べて熟期促進効果が得られたが、当年は慣行区が裏年で着果量が少なかったことが影響している可能性がある。処理区間で着果量に差異がない 2021 年試験においては、有袋栽培および無袋栽培ともに、慣行の無処理区に比べて 3 種組み合わせ区で糖度向上が認められ、エチクロゼートの処理回数による差は認められなかったことから、3 種組み合わせにおいても 1 回処理が適すると考えられる。特に、2021 年産は、12 月下旬の寒波予報を受けて、これまでに最も早く収穫した年であるが、採取時の果実品質は、目標とする糖度 13 度以上、8 分着色 8 割以上を、3 種組み合わせ区はいずれも大きく上回った。クエン酸含量については、1.5% 以下という目標数値を満たさなかったが、1.8% 程度のクエン酸含量が「ゆめほっぺ」基準の 1.35% 以下に減酸するには、3 か月程度の貯蔵期間によって達成できるため（西岡、2018）、1 月に本貯蔵を開始した場合、通常の 3 月～4 月の出荷期間に「ゆめほっぺ」基準での出荷が可能と考えられる。

無袋栽培は鳥害や枝葉による果皮への付傷由来の腐敗や外観不良により出荷時の等級落ちが多く、粗収益が低下することから、早期収穫を前提としても有袋栽培が望ましいと考えられる。この時、価格の高い二重袋の使用は、作業負担が大きい割に所得が少ないが、一重袋に代替することで作業効率が高まり、収益性も向上する。

以上のように、半樹結実法により連年安定生産が図られ、熟期促進技術を組み合わせることで寒害回避が可能となる。さらに、収穫期の前進化が図られるため、二重袋に比べ耐寒性や耐久性に劣るものの省力的で安価な一重袋の使用が可能となったことは、本栽培体系における所得向上に寄与できると考えられる。

摘 要

「せとみ」の早期収穫を可能にする熟期促進と連年安定生産技術として、結実方法、エチクロゼートの樹冠散布およびシートマルチの短期被覆について検討した。1. 半樹交互結実は、生産部の摘果を 6 月下旬と

8 月上旬の 2 時期に行い、慣行の 1.8 倍量（葉果比 60）に最終的に仕上げることで、連年安定生産を確保し、果実肥大促進と品質向上に有効である。2. エチクロゼート 100ppm の樹冠散布は、8 月下旬の 1 回散布が品質向上に適する。3. シートマルチは、10～11 月の 2 か月間被覆が着色促進に有効である。これらを組み合わせることで、「せとみ」の収穫期を通常より 2～4 週間程度早められ、寒害防止を目的に行う袋かけを二重袋から省力的で低コストな一重袋に代替できる。本栽培体系は、近年の異常気象により問題となっている隔年結果対策および寒害回避に有効な方法であり、所得向上に寄与できると考えられる。

引用文献

- 藤原文孝・井上久雄. 2008. ‘はるみ’の結実管理法の違いが隔年結果性、炭水化物、品質に及ぼす影響 愛媛果樹試報 22:9-6
- 兼常康彦・世良友香・西岡真理. 2020. カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策. 山口農林総技セ研報 11:61-73
- 兼常康彦・中島勘太・西岡真理. 2021. 中晩生カンキツ「せとみ」の隔年結果軽減技術の開発 山口農林総技セ研報 12:36-47
- 河瀬憲次. 1999. 植物調整剤による摘果 42 の 2-42 の 7. 農業技術体系果樹編 1-I カンキツ. 農文協. 東京.
- 北園邦弥・榊英雄・藤田賢輔. 2008. 樹冠表層摘果、シートマルチ、エチクロゼートによる早生ウンシュウの果実品質向上効果. 熊本農業研究センター研究報告. 16:63-68
- 真子正史・広部 誠. 1987. エチクロゼートの連年散布がウンシュウミカン樹の生育、無機成分量、収量、果実品質に及ぼす影響. 神奈川園試研報 34:8-14
- 中川雅之・石川啓・向井義徳・松尾勇作・本田康弘・薬師寺弘倫・脇義富. 2003. ウンシュウミカンの隔年交互結実法に関する研究（第一報）成木樹における主幹別（半樹別）交互結実法による省力安定生産効果 愛媛果樹試報 16:7-16
- 宮田明義・橋本和光. 2002. 交互結実法が‘青島温州’若齢期の生育、収量および果実品質に及ぼす影響 園学雑 71(6):789-795

- 宮田明義・田中仁・岡崎芳夫. 2003. 高糖度で特徴的な食感の晩生カンキツ新品種「せとみ」(仮称)の育成. 園学雑 72(別2):300
- 西岡真理. 2018. 晩生カンキツ「せとみ」の長期貯蔵による出荷期間の延長. 果実日本 第73巻 第12号 p66-70
- 岡崎芳夫. 2020. せとみ. p. 352 の60-352 の67. 農業技術体系果樹編 1- I カンキツ. 農文協. 東京.
- 澤田定広. 2015. シートマルチ栽培およびフィガロン乳剤の散布が「トサブンタン」の果実品質に及ぼす影響. 高知農技セ研報 24:57-65
- 山口県農林水産部農業振興課. 2021. 山口県果樹栽培指針
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/62197.pdf> (2025年3月1日現在)
- 山口県農林総合技術センター. 2013. マルドリ方式導入による「せとみ」の高品質果実栽培方法
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/61576.pdf> (2025年3月1日現在)

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程

平成 21 年 6 月 1 日制定

平成 25 年 2 月 1 日改正

平成 26 年 7 月 16 日改正

令和元年 7 月 8 日改正

令和 4 年 6 月 16 日改正

1 目 的

山口県農林総合技術センター研究報告（以下「研究報告」という。）および山口県農林総合技術センター特別研究報告（以下「特別研究報告」という。）に係る投稿の取り扱いについては、この規程に定めるところによる。

2 著 者

(1) 著者は、山口県農林総合技術センターの研究職員または当センターの研究職員であった者に限る。ただし、前記以外の者であっても共同研究者を著者に含むことは差しつかえない。

(2) 著者として掲載されるためには、日本学術振興会「科学の健全な発展のために」の中で例示された四つの基準を満たさなければならない。

ア 研究の構想・デザインや、データの取得・分析・解釈に実質的に寄与していること。

イ 論文の草稿執筆や重要な専門的内容について重要な校閲を行っていること。

ウ 出版原稿の最終版を承認していること。

エ 論文の任意の箇所の正確性や誠実さについて疑義が指摘された際、調査が適正に行われ疑義が解決されることを保証するため、研究のあらゆる側面について説明できることに同意していること。

3 論 文

(1) 著者は「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン（文部科学省平成 26 年 8 月 26 日）」の主旨をよく理解し、公正な研究活動で得られた研究成果を研究報告に取りまとめるものとする。

(2) 研究報告に投稿できる論文は、山口県農林総合技術センター試験研究評価実施要領に規定する中間内部評価または事後内部評価において成果の取り扱いを研究報告とされた課題（以下「研究報告課題」という。）および受託試験事業で受託した課題（以下「受託課題」という。）についてとりまとめた報文または短報とする。論文は未発表のものに限り、2 重投稿は厳に禁止する。

ただし、学会などにおいて口頭・ポスター発表したもので、別途発表していないものはこの限りでない。

(3) 投稿できる期限は原則として、研究報告課題については評価を受けた年度の翌々年度、受託課題については課題が終了した年度の翌々年度までとする。

(4) 短報は、報文にまとめ得ないが速やかに発表すべき内容を持つもので、分割報告の形式はとらない。研究が完成した場合の再掲載は妨げない。

(5) 特別研究報告に投稿できる論文は、完了した試験研究課題の成果を総合的にとりまとめた報文一編で博士論文相当のものとする。

4 原稿の作成及び提出

- (1) 研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。その論文のページ数は、図表を含め原則として原稿 10 ページ以内とし、短報は 2 ページとする。
- (2) 研究報告に投稿する論文は、担当編集委員の校閲を受けた上で、編集委員会で定めた日までに編集委員会事務局に提出しなければならない。
- (3) 特別研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。
- (4) 特別研究報告に投稿する論文は、随時編集委員会事務局へ提出できる。

5 投稿された論文の掲載採否及び順位

- (1) 研究報告は、編集委員会において投稿された論文の掲載採否及び順位の案を作成し、農林総合技術センター所長（以下「所長」という）が決する。
- (2) 特別研究報告は、編集委員会において投稿された論文の採否の案を作成し、所長が決する。

6 校正及び印刷

- (1) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文は、編集委員会が必要と認めた場合、著者に原稿または図・表の校正を要求し、あるいは説明を求めることができる。
- (2) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文の著者による校正は原則として初校のみとし、文章、図・表の改変や追加は原則として認めない。
- (3) 研究報告に投稿された論文は、編集委員会でその内容に基づき報文と短報の区分替えを行うことができる。

7 その他

この規程に定めるもののほか、研究報告および特別研究報告について必要な事項は編集委員会で別に定める。

附則

- 1 平成 25 年 2 月 1 日改正は平成 25 年 4 月 1 日から施行する。
- 2 平成 25 年 7 月 16 日改正は平成 26 年 8 月 1 日から施行する。
- 3 令和元年 7 月 8 日改正は令和元年 8 月 1 日から施行する。
- 4 令和 4 年 6 月 16 日改正は令和 4 年 7 月 1 日から施行する。

山口県農林総合技術センター研究報告編集委員会 Editorial Board

編集委員長 Editor in Chief

白石 一剛
SHIRAISHI Kazuyoshi

編集委員 Editors

恵美奈 大作
KEBINA KDAISAKU

白石 勝己
SHIRAISHI KATSUMI

田戸 裕之
TADO Hiroyuki

増富 義治
MASUTOMI Yoshiharu

光永 拓司
MITSUNAGA TAKUJI

中谷 幸穂
NAKATANI Sachiho

藤井 宏志
FUJII KOUJI

山口県農林総合技術センター研究報告 第 16 号

発行日 令和7年（2025年）3月

発行 山口県農林総合技術センター
〒747-0004 山口県防府市牟礼10318
TEL 0835-28-1211 FAX 0835-38-4115

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER
No.16

CONTENTS

1601	Breeding of 'CR Hanakkori 1 go' with Resistance of Clubroot Disease FUJII Kouei	1
1602	Field wasabi plug seedlings stored refrigerated under low light shows vigorous growth after planting SHIGEFUJI Yuuji	12
1603	Verification of methods for securing income during agricultural off-season for employees of village farming corporations OZAKI Atsushi	23
1604	Promotion of Maturity and Stable Annual Production of 'Setomi' by half-canopy alternate bearing system NISHIOKA Mari, NAKASHIMA Kanta and OKAZAKI Yoshio	32