

島根農技研報  
Bull. Shimane  
Agric. Tech. Cent.

ISSN 0388-905X

BULLETIN  
OF THE  
SHIMANE AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER  
No. 53  
March 2026

---

# 島根県農業技術センター研究報告

第 53 号

令和 8 年 3 月

---

SHIMANE AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER  
IZUMO, SHIMANE, 693-0035, JAPAN

島根県農業技術センター

島根県出雲市



目 次

報 文

エゴマ新品種‘Vg’の育成とその特性

…… 大畑和也・板垣紀夫・伊藤淳次・清水由佳…………… 1

ブドウ‘神紅’における植物生育調節剤の処理方法の違いが果実品質に及ぼす影響

…………… 片寄志帆・梅野康行…………… 11

ブドウ‘デラウェア’における夏秋季の新梢管理方法の違いが翌年の生育に及ぼす影響

…………… 持田圭介…………… 19

タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の効果および防除

…………… 福間貴寿・山本隼佑・澤村信生…………… 31

ボタンにおけるDNAマーカーの活用に関する研究

…………… 持田耕平…………… 41

Bulletin of the Shimane Agricultural Technology Center  
No.53 March 2026

CONTENTS

Original Research Articles

- Kazuya Ohata, Norio Itagaki, Junji Ito and Yuka Shimizu:  
Breeding and Characteristics of New Perilla Cultivar a 'Vg' for Oil  
Extraction ..... 1
- Shiho Katayose and Yasuyuki Togano:  
Effects of Different Application Methods of Plant Growth Regulator on  
Fruit Quality of 'Shinku' Grapes ..... 11
- Keisuke Mochida:  
Effects of Different Shoot Management Methods in Summer to Autumn on  
Growth in the Following Year of 'Delaware' Grapes ..... 19
- Takatoshi Fukuma , Shunsuke Yamamoto and Nobuo Sawamura:  
Effects of High-Concentration CO<sub>2</sub> Fumigation on the Black Mold Disease  
of Onion Bulbs and the Disease Control Outcomes. .... 31
- Kohei Mochida:  
Study on the Applications of DNA Markers in Tree Peony Cultivars  
..... 41

## エゴマ新品種 ‘Vg’ の育成とその特性

大畑 和也<sup>1),2)\*</sup>・板垣 紀夫<sup>2)\*\*</sup>・伊藤 淳次<sup>2)\*\*</sup>・清水 由佳<sup>2),3)\*\*\*</sup>

## Breeding and Characteristics of New Perilla Cultivar a ‘Vg’ for Oil Extraction

Kazuya Ohata, Norio Itagaki, Junji Ito and Yuka Shimizu

## I 緒言

エゴマ (*Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens*) は東南アジア原産のシソ科シソ属に属する1年生の作物である(藤目, 2017)。エゴマとシソは同属同種の変種であり、油料用に特化したのがエゴマ、薬用または香味野菜用に特化したのがシソといえる(新田, 2003)。日本では縄文時代から栽培されていたと考えられ、子実から採る油が食用や灯明用として利用されてきた。近年、エゴマ油にはオメガ3系脂肪酸である $\alpha$ -リノレン酸が多く含まれていることが分かり、がん抑制、抗アレルギー作用、認知機能低下予防効果等があるとされている(伊藤ら, 1992; 山下, 2023)。2023年における国内のエゴマ栽培面積は308haであり、面積が最も広いのは福島県で、島根県、宮城県、北海道、富山県が続いている((公財)日本特産農産物協会, 2025)。島根県での栽培は2002年頃から川本町で始まり(山下, 2022)、その後県内各地へ広がり、2023年の栽培

面積は44haとなっている。国内および県内で栽培されているエゴマには極早生、早生、中生、晩生がある。極早生品種は登熟期が高温と重なり、登熟子実割合や千粒重の低下等で収量が低くなりやすく(平野ら, 2022)、早生品種は県内在来があるものの収量性が低く(データ未発表)、他県で育種された品種は育成者権の無い本県への導入は難しい。また、晩生品種を川本町や奥出雲町などの中山間地域で栽培した場合、11月上旬の収穫期に霜害を受けることがあるため、生産が安定しない。これらのことから、県内で栽培されている品種は中生の‘田村’が多くを占めており、開花期は9月中旬、収穫期は10月中旬となる。短日植物であるエゴマは、同一品種の場合、播種日を変えても開花日がほとんど変わらず、収穫期も影響を受けないため、収穫作業が集中する(田中ら, 2025)。そのため、限られた労力で多面積を栽培するには収穫時期の異なる複数の品種を導入する必要がある。そして、収穫作業は汎用コンバインを使用する場合もあるが、手刈りの生産

<sup>1)</sup> 島根県農業技術センター栽培研究部産地支援科

<sup>2)</sup> 島根県農業技術センター資源環境研究部特産開発科

<sup>3)</sup> 島根県農業技術センター資源環境研究部特産開発グループ

\*現在、栽培研究部特産園芸科

\*\*退職

\*\*\*現在、島根県西部農林水産振興センター

者が多いため、栽培面積は増加しにくく、子実の需要に応えられていない。この状態を受け、生産者からは労力分散と新たな商品開発等 6 次産業化への取り組みを進めるため島根オリジナル早生品種の育成と導入が求められてきた。また、成熟したエゴマ子実は収穫遅れ、機械収穫時の振動、倒伏等で分枝が重なった場合の収穫時における物理的な刺激等で甚大に脱粒するため大きく減収する。そして、子実が小さい品種は釣鐘状の萼筒から子実が落下しやすいとされる(中村, 2009)。そこで、当センターでは、県内産エゴマの収穫期を分散させるため、開花期と収穫期が中生の‘田村’と重ならず、霜害も受けず、収量性が‘田村’と同等以上で脱粒性が改善された早生品種の育成を目標として交雑育種を行い、新品種‘Vg’を育成した。

本研究では‘Vg’の育成過程経過を示し、その品種特性を農林水産植物種類別審査基準(シソ属)(農林水産省, 2021)に沿って明らかにした。さらに、現地適応性を検討するとともに、エゴマの収穫期間が短期に限定される要因の一つである子実の脱粒性についても調査した。

## II 材料及び方法

### 1 育成過程

農業技術センターで保有している晩生の‘中海’ (島根県内で収集) を種子親, 国内で栽培されている中生の‘田村’ (黒) (日本エゴマ協会) を花粉親として 2012 年に交配した(図 1)。獲得した F1 では 5 個体, F2 から F3 世代では集団育種法によって 30 個体で世代促進を行い, 開花時期が早い個体を選抜, 自殖した。早生性は開花始期で判断した。自殖は開花前の花穂にナシ用の袋(赤梨用一重袋, 小林製袋(株))を被せて自家受粉させることで行った。自殖系統の中から,

2015 年に開花が早く, 花穂が長い 1 個体を選抜し, 自殖を行い, その中から 2016 年に 2 系統(‘Vg’, ‘Vr’)を選抜した。2018 年まで自殖を繰り返して固定を図るとともに特性調査を行った。‘Vr’は固定度が低く, また子実の収量性も低かったことから, 有望系統からは除外した。‘Vg’は 2020 年と 2021 年に行った現地適応性試験の結果, ‘田村’より開花と収穫期が早く, 花穂の長いことで区別性が認められ, 2023 年に育成を完了した。‘Vg’は 2023 年 8 月 16 日に島根県職務育成品種となったが, 品種登録出願をしなかった。なお, ‘Vg’および‘Vr’の V は Variety, g および r は胚軸の色が green と red を示すものである。

### 2 品種特性

#### (1) 生育・花穂・収量特性

2018~2020 年に‘Vg’, ‘田村’および‘中海’を供試して, 生育・花穂・収量特性を調査した。また, 2022 年に上記 3 品種を供試して, 農林水産植物種類別審査基準(シソ属)(農林水産省, 2021)に基づき, 特性調査を実施した。試験は, 当センター内露地ほ場で実施した。

育苗は所内のビニールハウス内で行い, 播種は毎年 6 月上旬に行った。種まき培土(タキイ種苗株式会社)を充填した 128 穴セルトレイに 2~3 粒/穴を播種し, 薄く覆土をした後, 適宜かん水を行い, 発芽後本葉が展葉する頃に間引きを行って 1 本/穴とした。定植予定 1 週間前頃にセルトレイを液肥(くみあい液肥 2 号, 500 倍)に浸漬し, 事前に基肥は施用せずバーク堆肥を 200 kg/アール混和したほ場に, 7 月上旬に株間 40 cm, 畝間 150 cm の栽植密度(166.7 本/アール)で定植した。定植時は平畝とし, 定植後 1 か月を目安に中耕と培土を行った。定植後のかん水は株元への手かん水とし, 培土後は点滴チューブによるか

2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
交雑 F <sub>1</sub> 採種	世代促進 特性調査 F <sub>2</sub> 採種	世代促進 特性調査 F <sub>3</sub> 採種	有望系統選抜	固定 特性評価	固定 特性評価	固定 特性評価 系統再選抜	固定 特性評価	固定 特性評価 現地適応性試験	固定 特性評価 現地適応性試験	固定 特性評価	固定 特性評価
種子親: ‘中海’ × 花粉親: ‘田村’	F <sub>1</sub> 5 株より開花 の早い個体自殖 F <sub>2</sub> 獲得	F <sub>2</sub> 30 株より開花 の早い個体自殖 F <sub>3</sub> 獲得	F <sub>3</sub> より特に開花 が早く花穂の長 い 1 個体を自殖	‘Vg’ ‘Vr’ <sup>2</sup>			‘Vg’				

図1 エゴマ‘Vg’の育成経過

<sup>2</sup> 選抜中は‘Vg’および‘Vr’とした

ん水とした。施肥は化成肥料（S604，サンアグロ社製， $N:P_2O_5:K_2O=16\%:10\%:14\%$ ）を用い，1回あたりの窒素成分が2~3kg/10aとなるよう，生育状況を見ながら追肥を7月下旬と8月下旬の2回行った。なお，‘Vg’が開花する前にスズメ等による食害を防ぐため，ほ場の周囲および上部を25mm目の防鳥ネットで覆った。

開花期は，各株で20%程度の花穂が開花した時期とし，収穫は葉が黄化して半分以上落葉し，萼筒から子実が離れた時期を目安に行った。収穫した株は，通気性に優れた黒色の不織布に包み，施設内に吊るしながら扇風機を用いて乾燥させた。乾燥後，不織布の上から叩く，手で揉むなどの方法で子実を取り出し，取り出した子実は唐箕などを用いて登熟子実を選別した。収穫時に主茎長を測定し，主茎および1次側枝先端の花穂を切り離して長さ，花序段数を測定した。登熟子実の収量を計測し，栽植密度からアールあたりの収量を算出した。また，登熟子実を1.4mmから2.2mmまで0.2mm間隔で篩にかけて粒径別の割合を算出し，その割合に基づいて千粒重を測定した。搾油には60℃で1時間乾熱処理した70gの子実を用いた。子実を不織布に入れた後，簡易搾油機を用いて380kgf/cm<sup>2</sup>で10分間加圧して搾油を行い，搾油前後の種子と搾りカスの重量差から搾油率を算出した。

調査株数は2018年が13~15株/区の3反復，2019年が13株/区の2反復，2020年が6~13株/区の2~3反復であった。2022年の特性調査における調査株数は7株/区の3反復とした。

## （2）現地適応性

島根県におけるエゴマの主要生産地である大田市，奥出雲町および川本町において，‘Vg’および‘田村’を供試して2020年および2021年に現地適応性試験を行った。試験は大田市および奥出雲町では2年間それぞれ1か所，川本町では2020年のみ2か所で試験を行った。

(1)と同様に当センターで育苗した苗を各生産者へ配付し，栽培管理等は生産者に一任した。大田市のほ場は摘心栽培であり，他のほ場は無摘心栽培であった。収穫後の乾燥および調査も(1)と同様に行った。また，各生産者には早晩性，草丈，

脱粒性，収量性，病虫害発生程度，鳥害発生程度，栽培のしやすさ，総合評価について5段階評価でのアンケートを実施した。

## 3 振動による脱粒への影響

脱粒性の調査には‘Vg’，‘田村’および‘中海’を供試し，調査は2019年に3品種，2020年に‘Vg’および‘田村’で行った。6月中旬に播種後，(1)と同様に育苗を行い，7月中旬に土太郎（住友林業緑化（株））を充填した1/2,000aのワグネルポットに定植し，ガラス室で管理を行った。

9月上旬に，脱粒した子実が回収できるように各資材を取り付けた。すなわち，ワグネルポット内の用土表面に子実が落下しないようエゴマ主茎基部からワグネルポットの縁に向かって斜めに硬質プラスチック製ネットを設置し，その上を透明なビニールで覆った。さらに，周囲を白色ネットで覆い，ワグネルポット中央部に固定した（図2）。機械収穫を想定してワグネルポット中央に設置した主茎固定パイプを横方向に10回強く揺らす強振動区と屋外での風を想定した2回軽く揺らす軽振動区を設け，2019年は10月上旬から11月中旬まで5日程度の間隔で振動を与え，ワグネルポットに固定した白色ネット部分に落下した子実はハンディ掃除機を用いてすぐに回収した。回収した子実の重量を毎回測定し，11月中旬には未脱粒の子実を回収し，総子実重量に対する脱粒割合を算出した。また，2020年は振動区



図2 振動による脱粒試験の状況

のみとし、‘Vg’は開花後30日、34日、39日および45日、‘田村’は開花後25日、30日、36日および44日に振動処理および子実の回収を行った。処理を行ったポット数は2019年では各品種3ポット、2020年では各処理日毎に3ポットとした。

ワグネルポットのかん水はスプレーペンを用いたタイマー制御で行い、各ポットで1日あたり250～1,000mlとした。施肥には化成肥料(S604)を用い、各ワグネルポットあたり2gを8月上旬から9月上旬に3回施用した。

#### 4 統計処理

各試験における統計処理はエクセル統計2015バージョン4.10(株式会社 社会情報サービス)を用いて行った。

### III 結果

#### 1 品種特性

##### (1) 生育・花穂・収量特性

開花日は、‘Vg’が9月5日、‘田村’が9月15日、‘中海’が9月24日であった。収穫日は‘Vg’が10月4日と最も早く、‘田村’が10月16日、‘中海’が11月2日であった。(表1, 図3)。収穫時の草丈は‘Vg’が126cm、‘田村’および‘中海’がそれぞれ141cm、132cmとなった。‘Vg’の節数は13.2節で‘田村’と同程度、‘中海’より2.6節少なかった。花穂長は、主茎および1次側枝が‘Vg’で13.0cmおよび14.0cmであり、‘田村’および‘中海’と比較して3～5cm長くなった。花穂内にある花序段数は、主茎、1次側枝ともに‘Vg’が最も多くなり、花序密度は

‘Vg’が主茎および1次側枝で1cmあたり2段以下となった。収穫した種皮の色は、‘Vg’が白～灰、‘田村’が茶、‘中海’が灰～茶であった(図4)。子実の粒径別割合は、‘Vg’が1.60～1.79mm、‘田村’が1.40～1.59mm、‘中海’が1.60～1.99mmで多かった(表2)。千粒重は‘中海’が4.91g、と最も重く、‘Vg’が3.62g、‘田村’が2.93gと続いた。‘Vg’の子実収量は9.8kg/aであり、‘田村’の9.5kg/aと同程度、‘中海’の8.5kg/aより多かった。搾油率は‘田村’が37.9%と最も高く、‘Vg’が36.0%、‘中海’が31.3%であり、推定搾油量は‘Vg’および‘田村’がそれぞれ3.5kg/aおよび3.6kg/aと同程度で多かった(表3)。



図3 エゴマ‘Vg’の収穫期の状況

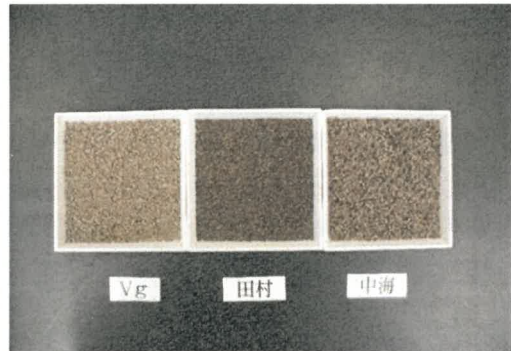


図4 エゴマ‘Vg’、‘田村’および‘中海’の子実

表1 エゴマ‘Vg’における生育および花穂特性<sup>2</sup>

品種名	開花日 (月/日)	収穫日 (月/日)	草丈 <sup>1</sup> (cm)	節数 (節)	花穂 <sup>1</sup>					
					主茎			1次側枝		
					花穂長 (cm)	花序段数 (段)	花序密度 (段/cm)	花穂長 (cm)	花序段数 (段)	花序密度 (段/cm)
Vg	9/5 c <sup>2</sup>	10/4 c	126.5	13.2	13.0 a	23.7 a	1.83	14.0 a	26.7 a	1.98
田村	9/15 b	10/16 b	141.8	13.4	9.9 ab	19.7 ab	2.00	10.9 ab	22.2 ab	2.06
中海	9/24 a	11/2 a	132.3	14.8	8.0 b	15.3 b	1.97	8.7 b	18.1 b	2.11
分散分析 <sup>3</sup>	**	**	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns

<sup>2</sup> 2018～2020年の平均値

<sup>1</sup> 無摘心栽培とした

<sup>3</sup> 分散分析により、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし

<sup>4</sup> Tukey-Kramerの多重検定により異符号間に5%水準で有意差あり

表2 エゴマ‘Vg’における子実粒径割合<sup>2</sup>

品種名	~1.39mm	1.40~	1.60~	1.80~	2.00mm~
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Vg	2.0	32.1	51.8 **	14.0	0.1
田村	5.1 * <sup>y</sup>	70.2 **	24.6 **	0.1 **	0.0
中海	0.4	9.3 **	44.2 **	44.0 *	2.1 *

<sup>2</sup> 2018~2020年の平均値

<sup>y</sup> X二乗検定後の残差分析により期待値に対して\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり

表3 エゴマ‘Vg’における子実特性、収量および搾油量<sup>2</sup>

品種名	千粒重	子実収量 <sup>y</sup>	搾油率 <sup>x</sup>	推定搾油量
	(g)	(kg/a)	(%)	(kg/a)
Vg	3.62 b <sup>y</sup>	9.8	36.0 a	3.5
田村	2.93 b	9.5	37.9 a	3.6
中海	4.91 a	8.5	31.3 b	2.7
分散分析 <sup>w</sup>	**	ns	**	ns

<sup>2</sup> 2018~2020年の平均値

<sup>y</sup> 6月上旬に播種し、7月上旬に株間40cm、畝間150cmで定植した

<sup>x</sup> 搾油は乾燥子実70gを不織布の袋に入れ、簡易搾油機を用いて380kgf/cm<sup>2</sup>で10分間加圧して行った

<sup>w</sup> 分散分析により、\*\*は1%水準で有意差あり、nsは有意差なし

<sup>v</sup> Tukey-Kramerの多重検定により異符号間に5%水準で有意差あり

主な形質特性を表4に示した。胚軸のアントシアニン着色は‘田村’で見られたが、‘Vg’および‘中海’ではみられなかった。‘Vg’は出穂期の植物体の高さが中で‘田村’および‘中海’よりも低かった。葉身の長さは‘Vg’および‘中海’で長く、葉身の幅は‘中海’で広く、葉身の形はいずれも卵形であった。葉柄の長さは‘Vg’でやや短であったのに対して、‘田村’および‘中海’で中程度であった。小花の大きさは‘Vg’および‘中海’で中、‘田村’で小となり、色はいずれも白であった。萼の大きさは‘Vg’で中となり、‘田村’および‘中海’と比較して大きくなった。ほうの大きさは‘Vg’および‘田村’で中、‘中海’で小となった。

## (2) 現地適応性試験

2019年に試験を行った4ほ場における生育および収量を表5に示した。‘Vg’の収穫期は‘田村’と比較して10日程度早くなった。収穫時の草丈は‘Vg’で低くなり、節数も少なかった。主茎の花穂は‘Vg’が長く、花序段数も多くなった。一方、1次側枝の花穂は大田市ほ場および川本町

表4 エゴマ‘Vg’の特性表

形質名 <sup>2</sup>	Vg <sup>y</sup>	田村	中海
胚軸のアントシアニン着色	無又は極弱	中	無又は極弱
幼苗の色	緑	緑	緑
植物体の高さ(出穂期)	中(93.2cm)	長(128.3cm)	長(128.2cm)
1次側枝の数	やや少(22.3本)	中(25.6本)	中(28.8本)
茎の断面の形	稜形	稜形	稜形
茎の毛	中	中	中
葉身の長さ	長(16.1cm)	中(14.4cm)	長(17.3cm)
葉身の幅	中(14.0cm)	中(12.9cm)	広(16.0cm)
葉身の形	卵形	卵形	卵形
葉柄の長さ	やや短(8.8cm)	中(10.2cm)	中(11.1cm)
花穂の位置	主に頂部	主に頂部	主に頂部
花穂の数	やや少	やや多	中
花穂の長さ	長(16.5cm)	短(10.4cm)	かなり短(7.9cm)
小花の型	一重	一重	一重
小花の大きさ	中(4.9mm)	小(3.0mm)	中(4.3mm)
小花の色	白	白	白
萼の大きさ	中(3.5mm)	小(2.8mm)	小(2.8mm)
萼のアントシアニン着色	かなり弱	かなり弱	かなり弱
ほうの大きさ	中(10.3mm)	中(9.1mm)	小(6.6mm)
開花期	早	中	晩
種子の大きさ	中(2.2mm)	小(2.0mm)	大(2.4mm)
種子の色	白~灰	茶	灰~茶
乾燥種子の重さ(1,000粒重)	中(3.76g)	軽(2.68g)	やや重(4.52g)

<sup>2</sup> 農林水産省シソ属審査基準(2021年9月)より一部抜粋

<sup>y</sup> 値は2022年調査データより

表5 エゴマ'Vg'における現地適応性試験地での生育

試験地	品種	栽植間隔		栽植株数 (株/a)	定植日 <sup>2</sup> (月/日)	収穫日 (月/日)	草丈 (cm)	節数 (節)	花穂						千粒重 (g)	換算収量 (kg/a)	搾油率 <sup>3</sup> (%)	推定 搾油量 (kg/10a)
		列間 (cm)	株間 (cm)						主茎 <sup>1</sup>			1次側枝						
									花穂長 (cm)	花序段数 (段)	花序密度 (段/cm)	花穂長 (cm)	花序段数 (段)	花序密度 (段/cm)				
大田市	Vg 田村	75	70	190	7/3	10/7	68.7	6.4	-	-	-	11.0	24.7	2.30	4.13	4.2	27.8	11.6
						10/20	102.3	5.7	-	-	-	11.2	20.9	1.87	3.65	5.0	32.3	16.2
奥出雲町	Vg 田村	75	45	296	7/17	10/8	73.9	9.6	18.5	34.5	1.89	13.9	27.7	2.01	4.68	9.8	26.0	25.4
						10/19	99.2	11.6	12.9	22.3	1.73	12.6	23.1	1.84	3.48	10.7	36.4	39.0
川本町A	Vg 田村	120	40	208	7/17	10/9	76.1	9.2	12.7	26.3	2.10	11.7	25.2	2.19	4.01	6.0	28.4	16.9
						10/20	95.2	11.9	11.4	20.1	1.77	12.1	22.3	1.83	3.55	8.3	34.0	28.2
川本町B	Vg 田村	100	50	200	7/28	10/9	72.0	9.5	19.8	34.5	1.77	15.9	26.5	1.68	4.62	6.2	29.0	18.0
						10/20	110.7	12.0	15.1	24.4	1.65	14.3	24.0	1.68	3.64	12.0	30.3	36.2

<sup>1</sup> 2020年6月9日に農業技術センターで播種し、育苗を行った

<sup>2</sup> 大田市では播種栽培を行ったため、主茎の花穂は無し

<sup>3</sup> 搾油は乾燥子実70gを不織布の袋に入れ、簡易搾油機を用いて380kgf/cm<sup>2</sup>で10分間加圧して行った

の1ほ場で'Vg'が'田村'と比較して短くなり、奥出雲町ほ場および川本町の1ほ場で'Vg'が長くなった。花序段数は全ほ場において'Vg'が多くなった。

千粒重は'Vg'で4.01~4.68gとなり、いずれのほ場でも'田村'と比較して重くなった。子実収量は、'Vg'が4.2~9.8kg/a、'田村'が5.0~12.0kg/aとなり、いずれのほ場でも'田村'が多かった。搾油率は'Vg'で低く、推定搾油量も少なかった。

生産者アンケートの結果、'Vg'は収量が少ないものの収穫期が早く、栽培が容易で、将来有望であるとの評価であった(表6)。

急強に高くなった。軽振動区の累積脱粒率は開花後43日に5%、48日後に12%、50日に19%となり、開花後日数とともに緩やかに上昇した。

一方、'田村'における強振動区の累積脱粒率は、開花後34日に1%、41日に9%、47日後に17%となり'Vg'と比較して低く推移した。軽振動区では開花後60日でも5%と低かった。'中海'での累積脱粒率は、強振動区では、開花後31日に5%、37日に24%、42日に45%と急強に高くなった。軽振動区では、開花後31日に1%、37日に3%、42日に7%、45日に11%となった。

IV 考察

エゴマは各地の気象や土壌条件に適した在来種が多く栽培されており(新田, 2003)、優良な在来種は遺伝資源としてジーンバンクに登録されている(小森・平山, 2023)。これまでに育成

表6 エゴマ'Vg'における現地試験実施後のアンケート調査

項目	評価	平均 <sup>2</sup>
早晩性	早い ←→ 遅い	4.8
草丈	高い ←→ 低い	1.5
脱粒	多い ←→ 少ない	3.0
収量	多い ←→ 少ない	2.3
病虫害発生	多い ←→ 少ない	2.5
鳥害発生	多い ←→ 少ない	2.8
栽培しやすさ	容易 ←→ 難しい	4.0
総合評価 (評点)	有望 ←→ 導入困難	3.8
	5 4 3 2 1	

<sup>2</sup> 4ほ場の栽培担当者の評点を平均したもの

2 振動処理が脱粒性に及ぼす影響

3 品種における強振動区および軽振動区の累積脱粒率を図5に示した。2019年における各品種の開花期は'Vg'で9月5日、'田村'で9月14日、'中海'で9月24日であり、図5では各調査日を開花後日数で示した。'Vg'における強振動区の累積脱粒率は、開花後35日に3%となり、40日で14%、43日に24%、48日に44%と

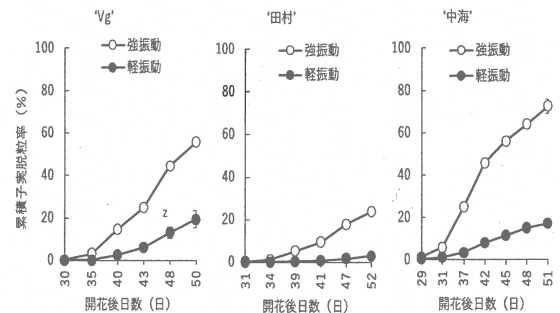


図5 ポット栽培のエゴマにおける振動の程度が累積子実脱粒率の推移に及ぼす影響

<sup>2</sup> 標準誤差

されたエゴマ品種も在来種の中から選抜されたものが多く(袖垣ら, 2014a; 安江ら, 2020)、近年になり交雑育種による品種育成が始まったば

かりである(甲村ら, 2024)。本県では福島県田村市で再発見され、搾油に適した‘田村’黒(村上, 2009)が栽培面積のほとんどを占めているため、栽培面積を増やすには収穫時期の異なる品種の導入が不可欠であった。そこで、当時着手されていなかった交雑育種法によって早生の新品種‘Vg’を育成した。

‘Vg’は開花期が9月上旬、収穫期が10月上旬であり、交配親の‘田村’および‘中海’とは収穫期が明らかに異なっていた。これまで県内での早生品種の栽培事例は少なく、‘田村’の収穫期と比較して10日程度早い‘Vg’の特徴は収穫期の分散および栽培面積の拡大に繋がると考えられる。そして、10月に飛来するアトリなどによる鳥害および9月中旬から10月上旬に未熟子実に幼虫が侵入するモンオビヒメヨトウによる食害(角ら, 2024)は早生品種である‘Vg’を導入することで回避できる可能性が高い。

‘Vg’の形態で特徴的なのは短稈で花穂が長いことである。同一日の播種と定植をした場合、‘Vg’は出穂時の草丈が低く、1次側枝数が‘田村’と比較して少ないにも関わらず、子実収量が同程度となっていたのは、子実がやや大粒であることと花穂が長く、花序段数が多い事も要因であると考えられる。子実収量に影響するのは開花までの生育日数と1次側枝の発達であると報告されている(伊藤ら, 2006; 宮崎ら, 2024)。中でも小花が多く着生する1次側枝の発達を促すことが大切であることから、1次側枝にできる花穂の長さや花序段数は子実収量に大きく影響すると考えられた。

生産者のアンケート結果から、‘Vg’は草丈が低く、収量性が低いことが指摘されている(表5)。茎長が短い草姿の場合、播種時期と栽植密度を変えることで子実収量が増加することが報告されている(伊藤ら, 2006)。予備試験において‘Vg’は7月播種をした場合発芽が不揃いとなり、5月下旬に播種することで発芽が安定し、栄養生長期間が長くなることで分枝および花穂数が多くなり、収量が増加する可能性が示されている(データ未発表)。一方、中山間地において5月上~中旬に播種した場合、低温によると考えられる発芽不良および生育不良が見られた。そして栽植密度

は生産者や地域によって異なり、200~300株/aとなっていたため、収量の違いにつながったと考えられる。これらのことから今後平坦地および中山間地において‘Vg’が正常に生育し、子実収量が多くなる播種時期および栽植密度について検討する必要がある。

また、子実収量を増加させる方法の一つとして摘心が考えられる。ソバ(道山ら, 1999)、トマト(Ohta-Ikeda, 2017)、ダイズ(箕田ら, 2015)などでは摘心をすることで分枝の発達が促され、花序数や莢数が増加するとしている。エゴマにおいても摘心することで子実収量の増加、倒伏防止、側枝の発達などの効果があることが報告されている(中村ら, 2004; 宮崎ら 2024; 農文教, 2009)。本報告における現地適応性試験においても、栽植密度が約200株/aの場合、‘Vg’は摘心をすることで‘田村’と比較して16%の子実収量減少であったのに対して、無摘心の場合28~49%の子実収量減少となり、‘Vg’は摘心によって収量がより安定する可能性が示された(表4)。今後は、最適な摘心栽培管理方法についても検討する必要がある。

エゴマは開花後約1ヵ月で成熟するが、成熟とともに花卉とほうは脱落し、萼筒が発達して子実を内包する。成熟した子実は萼筒基部から外れ、脱粒しやすくなる特徴がある(新田, 2003)。そのため、一般的な子実の収穫時期の目安は半分程度の葉が落葉する自然脱粒の頃であり(安江ら, 2022)、それは手作業での収穫適期と考えられる(山口ら, 2001)。一方、今後の生産者の高齢化や担い手不足を補うためには機械化が必要となるため、‘Vg’を含めたエゴマ3品種の脱粒性について調査した。‘Vg’および‘中海’は満開後30日を過ぎて落葉が70%程度になると振動による脱粒が始まり、40日頃にはそれぞれの脱粒率は14%および45%、50日頃には55%および72%となった。‘田村’の脱粒率は満開後50日頃でも‘Vg’および‘中海’と比較して明らかに低かった。また、‘Vg’の振動による脱粒率は落葉率100%になるとさらに増加していた(データ省略)。このことから、‘Vg’および‘中海’は開花後40日を過ぎてから機械収穫すると、コンバインの刈取部の振動によって脱粒しやすいと考えられた。山

戸・岩本(2021)は葉が半分程度落葉した頃から落葉が全て終わるまでにコンバインで収穫すると刈取部の振動による脱粒の収穫ロスを低減できるとしており, 'Vg' においてもこのタイミングでの機械収穫が適期と考えられる。

このように, 'Vg' はエゴマに特徴的な脱粒性が改善されていないことから, 他の品種と同様(袖垣ら, 2014b)脱粒性改善の余地は残る。なお, エゴマは台風等によって倒伏した場合, 脱粒が急激に進んで収穫ロスに繋がることから(袖垣ら, 2014a), 脱粒性のない品種の育成と同時に倒伏しない定植時期や施肥方法などの栽培体系を確立する必要がある。

エゴマは短日植物であるため, 定植時期を変えても開花日および収穫日が変わらないとされているが, 一部の系統では定植時期によって開花や収穫時期も変わるとの報告がある(田中ら, 2025)。今後は開花に対する日長感受性が低い系統を利用する, またはそのような品種を育種素材に用いて品種育成することで同一品種でも収穫作業が分散される可能性もある。

## V 摘要

収穫期を分散させるため, 早生性かつ高い収量性を持つエゴマ品種の島根県内産地への導入を目標として, 新品種 'Vg' を育成した。'Vg' は '中海' と '田村' の交雑 F3 集団から選抜・固定された。本品種は以下の特徴を持つ。

1 開花期は9月上旬, 収穫期は10月上旬の早生品種である。

2 花穂は長さが13 cmであり, '田村' と比較して約3 cm, '中海' と比較して約5 cm長い。

3 種皮の色は白~灰であり, '田村' の茶, '中海' の灰~茶とは異なる。

4 6月上旬播種, 7月上旬定植とした場合, 子実の収量は9.8 kg/a であり, '田村' と同等である。

5 子実の千粒重は3.6 gであり, '田村' と比較して重く, やや大粒である。

6 脱粒性は他品種と同程度であるため, 開花後30~40日の間で収穫を終える必要がある。

## 引用文献

- 平野達也・田中哲司・鬼頭雅也・川口稜司・山田直・杉浦宏之・道山弘康(2022) 早晩性が異なるエゴマ系統の生育および収量関連形質に及ぼす栽培地の影響. 日作紀91(1), 16-27.
- 藤目幸擴(2017) 栽培の基礎 エゴマ. 農業技術体系 野菜編 第11巻 追録42号. 農文協. 特産野菜57-59.
- 伊藤浩明・菊池 哲・山田攻功・鳥居新平・片桐雅博(1992) アトピー性皮膚炎に対する $\alpha$ -リノレン酸強化食療法の効果について. 日本小児アレルギー学会誌6(3), 87-91.
- 伊藤裕朗・山田良三・飯田孝則(2006) エゴマ極早生種の生育, 開花特性と多収生産技術. 愛知農総試研報38, 73-79.
- 角菜津子・澤村信生・山本隼佑(2024) 島根県におけるモンオビヒメヨトウ発生生態とエゴマ(種子)ほ場における防除について. 島根農技セ研報51, 49-57.
- 小森秀雄・平山 孝(2023) エゴマ在来種の特性. 東北作物研究66, 31-32.
- 甲村瞭次・田中哲司・鬼頭雅也・番 喜宏・瀧勝俊・大竹敏也・大野栄子・平野哲司・杉浦宏之・渡邊靖洋・稲垣怜那・久野哲志(2024) 収穫作業の分散が可能なエゴマ早生品種「No.7」の育成と識別DNAマーカーの開発. 愛知農総試研報56, 110-117.
- 道山弘康・館本篤志・林 久喜(1999) 普通ソバ(*Fagopyrum esculentum* Moench)の開花の進行および結実におよぼす摘花ならびに花房数制限の影響. 日作紀68(1), 91-94.
- 箕田豊尚・関口孝司付・加藤 徹(2015) 摘心がダイズ在来品種「行田在来」の収量および倒伏に及ぼす影響. 埼玉農総研研報14, 39-43.
- 宮崎美南・関口小百合・鷹木希世・小西湧希・秋本正博(2024) 異なる生育ステージに行った摘芯が十勝地方で栽培したエゴマ(*Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens*)の生育や収量に及ぼす影響. 日作紀93(1), 1-8

- 村上守行 (2009) 福島県田村市におけるエゴマの再発見と普及. 特産種苗第5号, 53-56.
- 中村 聡 (2009) エゴマ品種と栽培技術. 特産種苗第5号, 30-33.
- 中村 聡・斎藤満保・松森一浩 (2004) 圃場での摘芯処理がエゴマの生長および収量に及ぼす影響. 日作東北支部報 47, 73-74.
- 日本特産農産物協会 (2025) 地域特産作物 (工芸作物, 薬用作物及び和紙原料等) に関する資料 (令和5年産).
- 新田みゆき (2003) エゴマの起源と特性. 農業技術体系 野菜編 第11巻 追録25号. 農文協. 基礎1-11.
- 農林水産省 (2021) 審査基準・特性表 農林水産植物種類別審査基準シソ属 (*Perilla* L.) [https://www.maff.go.jp/j/shokusan/hinshu/info/sinsa\\_kijun\\_jp.html](https://www.maff.go.jp/j/shokusan/hinshu/info/sinsa_kijun_jp.html)
- Ohta katsumi and Ikeda Daisuke (2017) Effects of pinching treatment on harvest term and plant growth in processing tomato. *Can. J. Plant Sci.* 97, 191-98.
- 袖垣一也・川瀬あゆ子・前田 健・鍵谷俊樹 (2014a) 飛騨地域特産作物エゴマの新品種の育成と機能性を高める栽培法の開発. 岐阜県中山間研報 9, 19-24.
- 袖垣一也・川瀬あゆ子・前田 健・鍵谷俊樹 (2014b) 飛騨地域特産作物エゴマの機械化栽培体系の開発. 岐阜県中山間研報 9, 25-31.
- 田中哲司・平野達也・瀧 勝俊・道山弘康 (2025) 地域在来エゴマ「名倉」と交雑後代系統における定植時期の違いが開花・収穫時期および生育・収量に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 94 (1), 30-41.
- 山下一也 (2022) えごましょうゆの開発と島根県立大学の産学連携 (地域連携). 産学官連携ジャーナル 18 (12), 24-26.
- 山下一也 (2023) エゴマ油とその栄養効果. 島根県立大学出雲キャンパス 島根ヘルスケア・ジャーナル 1, 1-4.
- 安江隆浩・田中良憲・石橋裕也 (2022) エゴマの栽培方法が機能性成分含有率に及ぼす影響. 岐阜県中山間研報 17, 8~14.
- 安江隆浩・田中良憲・鍵谷俊樹 (2020) エゴマ新品種「飛騨小坂おんた号」の育成経過とその特性. 岐阜県中山間研報 15, 9-13.
- 山口良二・平島康一・加藤武市 (2001) 地域飼料資源としてのエゴマ栽培の可能性. 福井畜試研報 15, 18-21.
- 山戸陸也・岩本英伸 (2021) 熊本県の中山間・高冷地域における獣害を受けにくいエゴマの播種適期と機械化栽培技術. 熊本農研セ研報 28, 10-17.

## Summary

For the purpose of diversifying the harvesting period, we developed and bred a new perilla variety 'Vg' as a new oilseed crop. 'Vg' is a selected and fixed variety from F3 hybrid generation of 'Nakaumi' and 'Tamura', developed to introduce an early-maturing, high-yielding oilseed variety suitable for flat and mountainous regions of Shimane Prefecture. The characteristics of 'Vg' are as follows:

1. 'Vg' is an early-maturing variety with the flowering time in early September and the harvest time in early October.
2. The flower spike length of 'Vg' is approximately 13cm, which is approximately 3 cm longer than that of 'Tamura' and approximately 5 cm longer than that of 'Nakaumi'.
3. The seed coat color of 'Vg' ranges from white to gray, differing from 'Tamura' which has brown color seeds, and 'Nakaumi' which has gray to brown seeds.
4. When sown in early June and transplanted in early July, the seed yield of 'Vg' was 9.8 kg/a, which was almost the same as that of 'Tamura'.
5. The 1,000-kernel weight of 'Vg' was 3.6 g, which was heavier and slightly larger in seed size than 'Tamura'.
6. Since the seed-shedding habit of 'Vg' is almost the same as that of other cultivars, harvesting should be completed within 30 to 40 days after flowering.

# ブドウ‘神紅’における植物生育調節剤の処理方法の違いが 果実品質に及ぼす影響

片寄志帆<sup>1)</sup>・桐野康行<sup>1)</sup>

Effects of Different Application Methods of Plant Growth Regulator on Fruit Quality of ‘Shinku’  
Grapes

Shiho Katayose and Yasuyuki Togano

## I 緒言

ブドウ‘神紅’（図1）は、2008年に島根県農業技術センターにおいて、欧州系赤色品種‘ベニバラード’に欧州系雑種の黄緑色品種‘シャインマスカット’を交配して育成された大粒で食味に優れる赤色系品種である（坂本ら、2020；片寄、2024）。

県内における‘神紅’の栽植は2018年から始まり、2024年度末現在、主要ブドウ産地を中心に栽培面積は約6.6 haまで増加した（神紅産地戦略協議会、2025）。今後も栽培面積の拡大が見込まれており、2028年には12 ha、販売額（生食用）



図1 ブドウ‘神紅’の果房（収穫期）

2億円以上の目標が掲げられている。また、‘神紅’の普及に関する特徴的な事例として、これまでブドウがほとんど栽培されていなかった本県の中山間地域に位置する邑南町において積極的な産地化が図られており、2023年から本格的な出荷が始まった。

当初、‘神紅’の基本的な栽培管理は、県内で既に導入されている交配親‘シャインマスカット’の栽培管理体系を参考に行われてきた。例えば、無核化や果粒肥大を目的とした植物生育調節剤の使用は、ジベレリン（以下GA）の2回処理を基本とし、このうちの1回目処理にはホルクロルフェニユロン液剤（商品名：フルメット液剤、以下CPPU）3~5ppmを混用する方法が実施されていた。しかし、GAはブドウ果軸に対して硬化作用があり、その程度には品種間差があると報告されている（永田・栗原、1982）。とりわけ、‘神紅’では、交配親である‘ベニバラード’に由来する果梗硬化（里吉ら、2015）が顕著に表れることで、果粒肥大に伴う仕上げ摘粒の際に、果粒のもぐり込みや隙間を動かして房型を整える、いわゆる「玉直し」の作業に影響を及ぼす。その際に強い力を加えると、果粒が小果梗から脱落し、果実の商品性が著しく低下する恐れがある。さらに、過

1)島根県農業技術センター  
本研究の一部は2023年度園芸学会中四国支部において発表した。

度な果粒肥大に伴い果粒同士が圧迫されて脱粒し、その部位から腐敗が進行する果実障害(以下、腐れ果)が現地園において多発する事例も確認された(図2)。



験初年度の樹齢は9年生であった。試験期間中の基本的な栽培管理は、神紅産地戦略協議会で策定した神紅栽培暦に準じた。また、かん水および施肥管理は、樹冠下に点滴チューブを渦巻き状に配



図2 ブドウ‘神紅’の腐れ果発生果房

また、‘神紅’は栽培開始当初から果房重 600g に仕上げることを目標に設定され、果粒重が 15g 程度になるよう調整されてきた(神紅産地戦略協議会, 2025)。しかし、果粒が過度に肥大した場合、果皮が生食用の出荷基準まで十分に着色せずに成熟期を迎え、加工用または廃棄処分になるなど、植物生育調節剤の影響を強く受ける生産上の課題も生じた。

そこで、これらの課題を改善し、‘神紅’の商品化率を高めるための植物生育調節剤の処理方法について改めて検討したところ、一定の知見が得られたので報告する。

表1 ブドウ‘神紅’の植物生育調節剤の処理方法

処理区	植物生育調節剤処理濃度(ppm)				
	花穂発育 <sup>2)</sup>	GA1回目 <sup>3)</sup>		GA2回目 <sup>3)</sup>	
花穂発育	GA	CPPU	GA	CPPU	GA
有	1回	1	25	10	—
無		0	25	10	—
有	2回	1	25	5	25
無		0	25	5	25

<sup>2)</sup> 展葉6~8枚期に花穂浸漬処理

<sup>3)</sup> GA1回は満開3日後、GA2回は満開日にそれぞれ花穂浸漬処理

<sup>3)</sup> 満開15日後に果房浸漬処理

## II 材料及び方法

試験は、島根県農業技術センター内の果樹ほ場に栽植した雨よけハウス栽培‘神紅’(台木: テレキ5BB) 3樹を用い、2022年、2023年の2か年実施した。整枝法は一字長梢仕立てであり、試

置し、生育ステージに応じてかん水量と施肥濃度を調節するかん水同時施肥法により行った。

植物生育調節剤処理方法の違いが果実品質に及ぼす影響を明らかにするため、表1のとおり処理区を設定した。

すなわち、花穂発育促進を目的に行う CPPU 処理の有無に、GA2 回処理を基本に GA1 回のみの処理を組み合わせせた計 4 区とした。各処理は新梢単位で実施し、生育が中庸なものを 2022 年は 1 樹当たり 3 本、2023 年は 5 本選んだ。花穂は開花始期に主穂先端約 2cm の長さに調整した。花穂発育処理の CPPU 濃度は 0 ppm および 1 ppm の 2 水準とし、いずれも無核化を目的としてストレプトマイシン剤(商品名: アグレプト液剤) 200 ppm を混用して、展葉 6~8 枚期に浸漬処理し、同時に房先 5 枚を残して摘心した。GA1 回のみの処理は、満開 3 日後に GA25ppm 溶液に CPPU10ppm を混用して果房浸漬した。GA2 回処理では、満開日に GA25ppm 溶液に CPPU5ppm を加えた混用液、満開 15 日後に GA25ppm 単用液をそれぞれ果房浸漬した。摘粒は、最終的な着粒数が 2022 年は約 40 粒、2023 年は約 35 粒となるように 2 回に分けて行った。果実品質は、2022 年が 10 月 3 日、2023 年は 9 月 26 日に調査した。調査項目は、果房重、果粒重、果粒径、着色被度、果皮色、果実糖度および果汁酸度とした。着色被度は、果房から任意に 3 粒を採取し、果皮の着色割合を 0: 未着色, 1: 1~25%, 2: 26~50%, 3: 51~75%, 4: 76~100%の

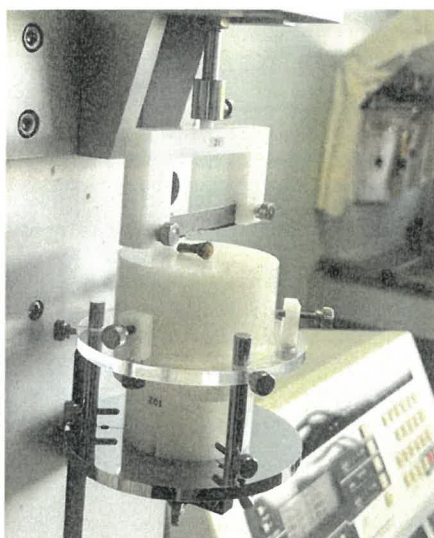


図3 レオメーターを利用した小果梗の測定方法

5段階に区分して目視により評価した。果皮色は、‘神紅’専用カラーチャート(2021年度版)を用いて0:薄~7:濃の5段階で判定した。果実糖度は、各果房の上部から下部にかけて5粒ずつ採取し、これらをまとめて搾汁後、デジタル糖度計(PAL-1, 株式会社アタゴ)で測った。果汁酸度は、搾汁液を中和滴定法で測定し、酒石酸含量に換算して示した。また、硬化程度を各調査果房の上部、赤道部および先端部付近から小果梗を1本ずつ採取し(計3本)、レオメーター(YAMADEN製, 型番: RE2-3305C)を用いた破断試験により求めた。小果梗は台座上で中央部付近を切断し(図3), 得られた破断強度を最大荷重(N)として評価した。プランジャーには剪断用(ナイフ型)を使用した。貫入速度は5mm/秒とした。2年目(2023年)

表2 植物生育調整剤処理方法の違いが‘神紅’の果実品質に及ぼす影響

年次	処理区		果房重 (g)	果粒重 (g)	果粒径 (mm)	着色被度 <sup>2)</sup>	果皮色 <sup>3)</sup>	果実糖度 (° Brix)	果汁酸度 (g/100ml)	
	花穂発育	GA								
2022	有	1回	472.7	11.8	23.2	3.8	3.8	25.3	0.47	
	無		438.5	11.4	22.7	3.8	4.0	26.3	0.46	
	有	2回	657.1	14.8	25.1	3.6	3.9	23.9	0.38	
	無		595.1	14.6	25.4	3.4	3.6	24.1	0.39	
	花穂発育 有		564.9	13.3	24.1	3.8	3.8	24.6	0.43	
	花穂発育 無		516.8	13.0	24.1	3.6	3.8	25.2	0.42	
	GA1回		455.6	11.6	22.9	3.8	3.9	25.8	0.43	
	GA2回		626.1	14.7	25.3	3.6	3.7	24.0	0.39	
	分散分析 <sup>4)</sup>									
		花穂発育(A)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
		GA(B)		**	**	**	**	n.s	**	**
		(A) × (B)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
2023	有	1回	378.5	11.0	23.2	3.8	3.1	24.0	0.39	
	無		371.7	10.9	22.8	3.8	3.2	24.2	0.38	
	有	2回	488.3	14.5	25.5	3.4	2.0	21.2	0.33	
	無		481.1	14.6	25.2	3.6	2.3	21.5	0.31	
	花穂発育 有		433.4	12.7	24.3	3.6	2.5	22.6	0.36	
	花穂発育 無		426.4	12.8	24.0	3.8	2.7	22.9	0.34	
	GA1回		375.1	11.0	23.0	3.8	3.1	24.1	0.38	
	GA2回		484.7	14.6	25.4	3.6	2.1	21.4	0.31	
	分散分析 <sup>4)</sup>									
		花穂発育(A)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*
		GA(B)		**	**	**	**	**	**	**
		(A) × (B)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

<sup>2)</sup>着色被度は、果粒全体に対する着色程度の違いで、0:未着色、1:1~25%、2:26~50%、3:51~75%、4:76~100%の5段階で判定した

<sup>3)</sup>果皮色は「2021年度版 神紅専用カラーチャート」を用いて、0:薄~7:濃の8段階で判定した

<sup>4)</sup>二元配置の分散分析により、\*\*:<sup>1)</sup>1%水準、\*:<sup>5)</sup>5%水準でそれぞれ有意差あり、n.s:有意差なし(n=3)

表3 植物生育調整剤処理方法の違いが‘神紅’の小果梗の最大荷重, 径および果梗強度に及ぼす影響

年次	処理区		最大荷重 (N)	小果梗径 (mm)	果梗強度 <sup>y)</sup> (N/mm)	
	花穂発育	GA				
2022	有	1回	17.5	-	-	
	無		26.3	-	-	
	有	2回	45.1	-	-	
	無		47.5	-	-	
	花穂発育 有		31.3	-	-	
	花穂発育 無		36.9	-	-	
	GA1回		21.9	-	-	
	GA2回		46.3	-	-	
	分散分析 <sup>2)</sup>					
	花穂発育(A)		*	-	-	
	GA(B)		**	-	-	
	(A) × (B)		n.s	-	-	
	2023	有	1回	26.4 b <sup>x)</sup>	3.9	6.7 b <sup>x)</sup>
		無		31.5 a	3.8	8.2 a
有		2回	57.9 a	4.9	11.9 a	
無			50.4 a	4.5	11.2 a	
花穂発育 有		41.7	4.4	9.3		
花穂発育 無		40.6	4.2	9.7		
GA1回		29.0	3.9	7.4		
GA2回		53.8	4.7	11.5		
分散分析 <sup>2)</sup>						
花穂発育(A)		n.s	*	n.s		
GA(B)		**	**	**		
(A) × (B)		*	n.s	*		

<sup>2)</sup> 二元配置の分散分析により, \*\*:1%水準, \*:5%水準でそれぞれ有意差あり, n.s:有意差なし(n=3)

<sup>y)</sup> 最大荷重(N)を小果梗径(mm)で除して算出した

<sup>x)</sup> 同一処理間内では異なる符号間には5%水準で有意差あり

は, 前述の方法に加えて小果梗径 (mm) を測定し, 最大荷重を小果梗径で除して「果梗強度 (N/mm)」で表した。

### III 結果

植物生育調整剤処理方法の違いが果実品質に及ぼす影響を表 2 に示した。2022 年の GA2 回処理の結果を 1 回処理の平均値で比較すると, 果房重は GA の 2 回処理が 626.1g であり, 1 回処理と比較し 170.5g 重かった。果粒重も同様に GA の 2 回処理が 14.7g であり, 1 回処理の 11.6g より

3.1g 大きかった。着色被度は GA の 1 回処理が 3.8 であり, 2 回処理の 3.6 に比べてやや高かったが, 果皮色には処理間差が見られなかった。果実糖度は, GA の 1 回処理が 25.8° で, 2 回処理の 24.0° より 1.8° 高く, 果汁酸度は GA の 1 回処理が 0.43g/100ml で, 2 回処理の 0.39g/100ml よりやや高かった。また, いずれの調査項目とも交互作用は認められなかった。

次に 2023 年の結果をみると, 果房重, 果粒重および果粒径は, いずれも GA の 2 回処理が 1 回処理に比べて大きく, 2022 年と同様な傾向を示した。着色被度は GA の 1 回処理が 3.8 で 2 回処

理の3.6よりやや高かった。果皮色はGAの1回処理が3.1であり、2回処理の2.1より1.0高かった。果実糖度は、GAの1回処理が24.1°であり、2回処理の21.4°より2.8°高かった。果汁酸度は、GAの1回処理が0.38g/100mlであり、2回処理の0.31g/100mlよりやや高かった。また、2022年と同様に各調査項目とも交互作用は認められなかった。

植物生育調整剤処理方法の違いが小果梗の最大荷重、径および果梗強度に及ぼす影響を表3に示した。2022年の結果を平均値で比べると、小果梗の最大荷重は、花穂発育処理有(1ppm)が31.3Nであり、無(0ppm)の36.9Nより低かった。また、GAの2回処理が46.3Nとなり、1回処理の21.9Nより高かった。

次に2023年の結果を平均値で比較すると、小果梗の破断強度は、GAの2回処理が53.8Nで、1回処理の29.0Nより高かった。また、測定値には交互作用が認められ、GAの1回処理では花穂発育処理無(0ppm)の破断強度が31.5Nで、有(1ppm)の26.4Nより高かった。これに対して、GAの2回処理では花穂発育処理有(1ppm)の破断強度が57.9Nで、無(0ppm)の50.4Nより高かった。小果梗径は、GAの2回処理が4.7mmであり、1回処理の3.9mmより大きかった。また、花穂発育処理の有無によっても差が見られ、花穂発育処理有(1ppm)が4.4mmであり、無(0ppm)は4.2mmであった。果梗強度は、GAの2回処理が11.5N/mmであり、1回処理の7.4N/mmより高かった。また、測定値には交互作用が認められ、GA1回処理では花穂発育処理無(0ppm)の果梗強度が8.2N/mmであり、有(1ppm)の6.7N/mmより高かった。これに対して、GA2回処理では花穂発育処理の有無による果梗強度に差はなかった。

#### IV 考察

2か年間実施した試験の結果、いずれの年次においてもGA1回処理の果粒重が2回処理に比べて75~79%まで減少した。GAとCPPUは植物ホルモンであるオーキシンのとの相乗作用により、GAは細胞伸長を、CPPUは細胞分裂を促進することが知られている(勝見, 1991)。特に、GA溶液にCPPUを混用して花穂(果実)に処理することでブドウ

の果粒肥大が促進される事例が数多く報告されている(石川ら, 2003; 小林ら, 2006; 持田ら, 2013; 小野ら, 1991; 里吉ら, 2015; 田辺ら, 1985)。したがって、GAの1回処理では、CPPU濃度が2回処理の2倍に相当する10ppmであったため、細胞分裂の促進による果粒重の増加が予想されたものの、実際には果粒肥大に対する影響は認められなかった。GAやCPPUの果粒肥大効果は、処理時期により異なり、開花期<開花10~15日後の順で、この期間内であれば遅いほど効果が高い(小林ら, 2006; 持田ら, 2013)。このことから、GA1回処理でみられた果粒重の減少は、満開後15日に実施する2回目のGA処理を行わなかったことが影響したと考えられた。また、GA処理を1回にすることにより果粒重を減少させる効果は、‘クイーンニーナ’や‘オリエンタルスター’、‘巨峰’など他のブドウ品種においても認められている(里吉ら, 2015; 里吉ら, 2019; 鈴木・菅沼, 2002)。一方で、高橋・持田(2022)は、‘シャインマスカット’において、本試験と同様の条件でGA処理方法の違いを比較したところ、果粒重に差は認められなかったと報告しており、果粒肥大に対する反応には品種間差があると推察された。

里吉ら(2019)は赤系ブドウ品種の‘クイーンニーナ’を供試材料にして、GAの1回と2回処理を比較し、GA1回処理で果皮色が向上することを明らかにし、この要因は果粒重が小さくなったためと推察している。本試験においても、前述の通りGA1回処理では果粒肥大が抑制され、2022年には着色被度、2023年には果皮色の改善効果が認められた。これは、GA1回処理の果粒重が2回処理と比較して小さくなったため、果皮内のアントシアニン含量が相対的に高まったと推察された。これに対しGA2回処理では、果粒肥大に伴う果皮の伸長により、単位面積あたりのアントシアニン含量が希釈され、果皮色に悪影響を及ぼしたと推察される(小野ら, 1991; 里吉ら, 2019)。実際の栽培現場でも、果粒が過度に肥大すると、果皮の着色が不十分になることが頻繁に確認されている。また、両年の同一処理間で果実重を比較した結果、大差は認められなかったが、果皮色は2022年が全般的に優れていた。Koshitaら(2007)は‘神紅’と同じ赤色系ブドウである‘安芸クイ

ン’において、夜温が果皮色に及ぼす影響を調査し、低夜温区の着色が優れたと報告している。これに従い、アメダスデータ（出雲市芦渡町）を調べてみると、2022 年 9 月の最低気温の平均値が 2023 年と比べて 2°C 程度低かったため、2022 年の着色が進んだと考えられた。

本研究の GA1 回処理では、両年とも果粒重は約 11 g で、生食用の最低出荷基準をわずかに満たす水準であった。通常、この程度の粒張りであれば、着色や果実糖度が優れるのは当然と考えられる。一方で、現地栽培園では 20g を上回るような粒重となる場合もあり、多くのは場で果粒が張りすぎることによる着色不良がみられるようになった。そのような園において出荷基準で秀品となる 15g 程度まで粒重を抑えるためには、GA の 1 回処理が有効と考えられるが、その程度の粒重に達した際の着色向上効果については再度確認する必要がある。

果実糖度は、両年とも GA の 1 回処理が 2 回処理に比べて高くなった。藤島ら (2012) は、「巨峰」を対象として 10a 当たりの着果量を同一にした条件下で、果実を大きさの異なる 3 水準に区分して品質を比較した。その結果、果房重が小さいほど果実糖度が高くなったことを報告している。また「シャインマスカット」においても年次の変動はあるものの、同様の傾向が認められている（関・小泉, 2021）。本試験では着果量の調整は行っていないが、GA の 1 回処理では 2 回処理に比べ果粒肥大が抑制されたことにより、果房重が減ったため、果実糖度が高くなったものと考えられた。また、一般に果実の糖度上昇は果汁酸度の低下と密接に関連するため、果実糖度の高かった GA の 1 回処理のみでは早期に減酸が進むと想定された。しかし、両年ともに GA の 2 回処理で酸度低下が早く進んだ。このことから、GA1 回処理の果房では成熟の進行が遅延したと考えられた。さらに、2023 年には花穂発育処理 (1 ppm) により酸度低下の遅延が確認されたため、GA1 回処理における成熟遅延は CPPU の影響が大きいと推察された。このように CPPU が関与する成熟遅延傾向は、高橋・持田 (2022) が「シャインマスカット」で報告した年次変動を伴う酸度低下の遅延と一致した。これらの結果から、CPPU は糖蓄

積および酸度低下に異なる影響を及ぼすことが示唆された。ただし、その作用機構については不明な点が多く、今後詳細な検討が必要である。

細見 (2002) は、レオメーターを用い果梗に固定した金属クリップを上方向に引くことで硬化程度（弾性率）を評価している。本試験では果梗を切断することで硬化程度を評価した。その結果、2022 年の調査では、GA の 1 回処理果房の小果梗は、2 回処理に比べ最大荷重 (N) が明らかに低く、小果梗の柔軟性がより優ると判断された。したがって、小果梗の硬化が抑制されたのは、2 回目の GA 25 ppm 処理を実施しなかったためと推察された。また、これらの最大荷重 (N) の差は、小果梗径の差に起因する可能性があることから、2023 年の調査では小果梗径を測定した後に破断試験を実施し、単位径当たりの最大荷重 (N/mm) を果梗強度として評価した。その結果、GA の 1 回処理において小果梗径が 2 回処理より細いことが明らかとなった。これは前述のとおり、2 回目の GA 25 ppm 処理を実施しなかったためと考えられる。また、果梗強度も GA の 1 回処理で低い値を示したことから、この処理間差は小果梗径の違いによるものではなく、柔軟性の向上に起因するものであることが改めて確認された。さらに、CPPU には細胞分裂促進作用があるため、小果梗の破断強度に影響を及ぼすと考えられた。しかし、2 か年の結果では年次間差が大きく、明確な傾向は判然としなかった。この要因は明らかでないが、ブドウの生育は栽培方法や気象条件、樹勢などの影響を受けることが知られており、今後はこれらを考慮した詳細な検討が必要である。

本試験期間中、GA2 回処理の果房では、「腐れ果」の発生をほとんど確認できなかった。これまでの調査において、「腐れ果」の発生した果房の果粒重はおよそ 17 g まで肥大していたことが明らかとなっている（データ略）。これに対し、本試験では、果粒重が約 15 g に抑えられており、過度な肥大に伴う果粒間の強い物理的接触が緩和されたため、「腐れ果」の発生が低減されたものと推察された。これらの成果を踏まえ、成園化した樹齢 4 年生以降の「神紅」では GA 処理の回数を従来行われていた 2 回から 1 回のみに変更した。その結果、従来法の GA2 回処理では果粒重

17 g 程度まで肥大した果粒に「腐れ果」が多く認められたが、1回のみ処理に変更したことで同程度まで肥大し物理的接触が生じて柔軟性が向上し、しなやかさが増した小果梗の影響でほとんど発生がみられず、これに起因する果実廃棄の問題がほぼ解消された。さらに、この改善に伴い玉直し作業も容易となり、房型の向上にも寄与したと考えられた。

以上の結果から、‘神紅’の商品化率をより高め、持続的な高品質安定生産のためには、展葉6~8枚期のCPPU1ppm花穂散布処理を行った上で、満開3~5日後にGA1回処理(GA25ppm+CPPU10ppm)を実施する方法が最適であることが明らかとなった。

## V 摘要

ブドウ‘神紅’における植物生育調節剤の処理方法の違いが果実品質に及ぼす影響を2か年にわたり検討した。その結果、果房重、果粒重および果粒径は、GA1回のみ処理が基本である2回処理と比較して小さかった。着色被度は両年ともGA1回処理で優れ、果皮色は2023年に向上した。果実糖度はGA1回処理で高く、果汁酸度はやや高い値を示した。小果梗径、果梗強度ともGA1回処理で低く、小果梗の柔軟性向上が示唆された。これらの結果は、「腐れ果」の抑制や房型改善につながる可能性があることを示しており、GA1回処理を導入することで、商品化率を改善できることが明らかになった。

## 引用文献

- 藤島宏之・松田和也・牛島孝策・矢羽田二郎・白石美樹夫・千々和浩幸(2012). ブドウ‘巨峰’のジベレリン処理果実と無処理果実の品種の差異. 園学研 11, 405-410.
- 細見彰洋(2002). ブドウ‘ピオーネ’の穂軸硬化を伴わないGA塗布処理. 農作業研究 37, 215-221.
- 石川一憲・馬場 正・谷澤貞幸・高橋久光・池田富喜夫(2003). ストレプトマイシンにより無核化したブドウ‘藤稔’の果粒肥大と品質に及ぼすジベレリンおよびCPPU処理の影響. 園学研 2, 209-213.
- 片寄志帆(2024). ブドウ各品種の栽培上の特性. 最新農業技術果樹 vol. 17, 311-312.
- 勝見允行(1991). 植物のホルモン. 裳華房, 45-107.
- 小林和司・武井和人・菊島昭子(2006). ジベレリンとホルクロルフエニユロンの混合液の1回処理によるブドウ‘ピオーネ’の種なし栽培技術. 山梨果試研報 11, 35-42.
- Y. Koshita, Y., T. Asakura, H. Fukuda and Y. Tsuchida(2007) Nighttime temperature treatment of fruit clusters of ‘Aki Queen’ grapes during maturation and its effect on the skin color and abscisic acid content. *Vitis* 46, 208-209.
- 持田圭介・牧 慎也・大西彩貴・内田吉紀・倉橋孝夫(2013). CPPU処理方法の違いがブドウ‘シャインマスカット’の果実品質に及ぼす影響. 園学研 12, 155-163.
- 永田賢嗣・栗原昭夫(1982). ブドウにおけるジベレリン処理反応の品種間差異について. 果樹試報 E4, 7-19.
- 小野俊朗・依田征四・高木信友(1991). ブドウ‘ピオーネ’の果実品質に及ぼすKT-30S液剤 {N-(2-クロル-4-ピリジル)-N-フェニルウレア} の影響. 岡山農試研報 9, 47-51.
- 坂本太智・倉橋孝夫・内田吉紀・安田雄治・持田圭介・中谷美里・梶野康行・姫宮雅美・杉山万里(2020). ブドウ新品種‘神紅’の育成とその特性. 島根農技研報 47, 29-38.
- 里吉友貴・宇土幸伸・齋藤典義・三森真里子(2015). ブドウ新品種における高品質安定生産に向けた諸試験第1報. 山梨果試研報 14, 55-65.
- 里吉友貴・宇土幸伸・塩谷諭史・小林和司(2019). ジベレリン処理方法の違いがブドウ‘クイーンニーナ’の果実品質に及ぼす影響. 山梨果試研報 16, 29-36.
- 関 達哉・小泉和明(2021). ブドウ‘シャインマスカット’の小房栽培が果房管理の省力化に及ぼす影響. 神奈川県農技セ報告 165, 18-28. 神紅産地戦略協議会(2025). 神紅の生産計画および販売方針について. 総会資

- 料, 10.
- 鈴木寛之・菅沼健二 (2002). ジベレリン 1 回処理による「巨峰」の種なし化技術. 愛知農総試研報 34, 127-132.
- 高橋利幸・持田圭介 (2022). 加温栽培ブドウ‘シャインマスカット’における糖度上昇を目的とした植物生育調節剤処理方法の検討. 島根農技セ研報 49, 13-22.
- 田辺賢二・林 真二・伴野 潔 (1985). KT-30 の処理時期および濃度と巨峰の果粒肥大, 着色の関係. 園学要旨, 中四国支部. 昭 60 秋: 585.

### Summary

The effects of different plant growth regulator treatments on fruit quality in ‘Shinku’ grapes were investigated over a two-year period from 2022 to 2023. Fruit weight, berry weight, and berry diameter were smaller in the gibberellin (GA) single-treatment group compared with the GA double-treatment group. Skin color coverage was superior under the GA single treatment in both years, and skin color improved in 2023. After single GA treatment, fruit soluble solids content was higher, while juice acidity showed slightly elevated values. Both pedicel diameter and pedicel strength were lower in the GA single-treatment group, suggesting increased pedicel flexibility. These results indicate a potential contribution to the suppression of shatter fruit and an improvement in cluster shape. Consequently, a single GA treatment is considered to improve grape fruit quality and the commercialization rate.

# ブドウ‘デラウェア’における夏秋季の新梢管理方法の違いが 翌年の生育に及ぼす影響

持田圭介<sup>1)</sup>

## Effects of Different Shoot Management Methods in Summer to Autumn on Growth in the Following Year of 'Delaware' Grapes

Keisuke Mochida<sup>1)</sup>

### I 緒言

島根県におけるブドウ栽培は、‘デラウェア’  
‘シャインマスカット’を中心に県内全域で行われ、そのほとんどが園地全体をビニールで被覆するハウス栽培である(農林水産省, 2022)。このうち、‘デラウェア’は早生の特徴を利用し、最も早出しの超早期加温栽培では12月中~下旬に加温を開始し、4月下旬には出荷を開始している(島根県農業協同組合, 2025)。この超早期加温栽培は、厳寒期に加温を開始することから、加温用燃料の使用量が極めて多く、概ね100万円/10aの経費を要し、ハウス施設を無償で借用している場合であっても、収量が1t/10aを下回ると収益がでない(島根農技セ, 2020)。このことから、確実に4月下旬~5月中旬に1t/10a以上の収量を得られる技術が求められるものの、近年の温暖化による自発休眠覚醒に必要な低温遭遇の遅れにより、年によっては発芽の不揃いや不発芽による低収、発芽遅延による出荷の遅れを招くケースがある。

一方で、発芽及びその後の養分転換期までの初

期生育は前年に蓄えられた貯蔵養分によって行われることから、その多寡は発芽や新梢生長、展葉に大きな影響を及ぼし(Zapataら, 2004)、養分転換後の生育にも少なからず影響を及ぼすものと考えられる。

本研究では、夏秋季の基葉の早期落葉とその後の副梢の伸長による、貯蔵養分並びに翌年の生育への影響について、ポット栽植樹を用いた基葉摘葉と副梢の管理方法を変えた再現試験で明らかにしようとした。さらに、現地の超早期加温栽培ほ場の実態調査により、一定の知見が得られたので報告する。

### II 材料及び方法

#### 1 夏秋季の基葉摘葉時期と副梢管理方法の違いが貯蔵炭水化物含量と翌年の初期生育に及ぼす影響(2005~2006)

供試樹は、30L鉢栽植(砂土:牛糞堆肥=1:1)の無加温栽培2年生‘デラウェア’(テレキ5BB台)54樹であった。各供試樹は、接ぎ木部直上部から発生した結果母枝1本のみを残して3~4芽

1)島根県農業技術センター

せん定した。発芽の早い2芽のみ伸長させてV字状に誘引し、残りは除芽した。新梢の摘心は、1回目のGA処理時に8葉残して実施した。その後伸長してくる副梢の摘心は、都度1葉残しての実施を繰り返した。1樹当たり3~4果房着果させ、植物生育調節剤処理は1回目が開花前約2週間にジベレリン100ppm+ホルクロールフェニユロン2ppmを、2回目満開後2週間にジベレリン100ppmを花(果)房浸漬処理した。各果房は、2回目のGA処理後速やかに80~100粒/房になるよう摘粒を行い、7月中旬に収穫した。

処理区は、夏秋季の早期落葉とその後の2次伸長を想定し、基葉摘葉時期及びその後伸長した副梢の管理方法の違いに加え、エスレル10(石原バイオサイエンス株式会社)500倍液を10月20日に葉面散布する処理区を設け、表1のとおり9処理区を設定し6樹反復とした。

全供試樹の基葉摘葉処理後の副梢伸長については、落葉後の11月10日に全副梢長を測定した。全供試樹の新梢2~3節間中間部分の長径、短径を8月19日、9月22日及び11月12日にデジタルノギスで測定し、断面積を求めた。新梢基葉と副梢葉の光合成速度の測定は、基葉は初期に生育した新梢の第5、6葉について、副梢葉は収穫期(7月)までの早い時期に伸長し、摘心して残した1葉と、8月の摘葉処理以降に伸長した副梢に着生した葉に分けて測定した。基葉及び収穫期までに発生した副梢葉については処理区③の、8月以降に伸長した副梢葉については処理区①の各6樹で3~4枚ずつを選出し、10月12日(晴

れ)10~12時に光合成蒸散測定装置(SPB-H4,株式会社島津製作所)を用いて測定した後、葉色値を葉緑素計(SPAD501,コニカミノルタ株式会社)で測定した。発芽と、その後の初期生育に使用される炭水化物の貯蔵器官は、旧枝や結果母枝ではなく根が主体であることから(Zapataら,2004),落葉後の11月8日に、直径2~5mmの根を地下5cm程度の部分2~3カ所から、1樹当たり計20cm程度採取して炭水化物含量を測定した。採取した根は、水洗後ペーパータオルで水分を拭き取り、細断後90℃の通風乾燥器(DN63,ヤマト科学株式会社)内で恒量になるまで乾燥させ、微粉碎機(WD-1,大阪ケミカル株式会社)を用いて粉碎した試料0.5gを秤量し80%熱エタノールで3回糖を抽出した。ロータリーエバポレーターでアルコール除去後0.3N水酸化バリウムと5%硫酸亜鉛で除タンパクした。糖抽出残渣を乾燥後0.2g秤量し、8.14N過塩素酸で3回デンプンを抽出した。糖、デンプンともにフェノール硫酸法で定量した。全樹について、落葉後に全2次伸長枝長を測定した。

各供試樹について、充実の良い新梢(結果母枝)1本を残して4芽せん定し、12月8日にCX-10(日本カーバイド工業株式会社)15倍液を散布処理後、12月19日に外張りフィルムを密封して無加温状態とし、翌年1月12日に最低温度13℃設定で加温を開始した。全樹について2月8日及び2月23日に発芽数を確認後、発芽の早い2芽から伸長した新梢について3月13日に新梢長を測定した。

表1 試験1の処理区設定

処理区No.	基葉摘葉 処理日	基葉摘葉程度	基葉摘葉処理後 二次伸長枝摘心方法 <sup>2</sup>
①		7~8枚(GA処理時摘心部分)	7~8節部分
②	8月17日	7~8枚(GA処理時摘心部分)	放任
③		無	放任
④		7~8枚(GA処理時摘心部分)	7~8節部分
⑤	9月15日	7~8枚(GA処理時摘心部分)	放任
⑥		無	放任
⑦	10月17日	7~8枚(GA処理時摘心部分)	放任
⑧	10月20日	無(エスレル散布 <sup>3</sup> )	放任
⑨	無	無	1節摘心繰り返し

<sup>2</sup>処理区①~⑧は基葉摘葉処理日までは副梢の1葉摘心を繰り返した

<sup>3</sup>エスレル10 500倍液250mL/樹散布処理

## 2 秋季の基葉摘葉処理が加温開始時期を変えた際の翌年の初期生育に及ぼす影響 (2006~2007)

供試樹は、30L鉢栽植(砂土:牛糞堆肥=1:1)の2月加温栽培3年生‘デラウェア’(テレキ5BB台)36樹であった。各供試樹のせん定、着果管理は試験1と同様に行った。処理区は、9月15日に基葉8~9葉を全摘葉後、2次伸長枝は放任状態とする摘葉区と対照区(基葉摘葉無し、副梢の1葉摘心の繰り返し)を設定し、各18樹ずつを用いた。両処理区で、次年作の加温開始日を12月21日、12月31日、及び翌年の1月10日の3時期設定し、各6樹ずつを供試した。被覆前の11月9日に、各供試樹から試験1と同様の方法で根を採取し、全炭水化物含量を測定した。各供試樹は、11月27日に充実の良い新梢1本を残して5芽せん定し、12月14日にCX-1015倍液を、12月21日に同20倍液を結果母枝に散布処理後、各加温開始処理日に最低温度15℃設定で加温を開始した。加温開始から1ヶ月間は10日間隔で、それ以降は7日間隔で全新梢の生育ステージを調査した。3月1日~4月2日に、開花期を迎えた花房が着生した新梢について、第5葉葉色及び葉幅を測定した後、全着生果房について、花冠不離脱果房発生程度を発生果房(1)、通常果房(0)で、着粒密度を完全花振るい(0)、やや花振るい気味(1)、適正着粒(2)、密着(3)にそれぞれ目視により判定した。さらに、全第2果房について果穂軸長を測定した。

新梢の摘心、果房の植物生育調節剤処理方法は、試験1に準じて行い、各供試樹とも3~4果房ずつ着果させた。5月18日に全果房を収穫し、果皮色を(独)果樹研究所作成のブドウカラーチャートで、等級を目視により秀(2)、優(1)、格外(0)にそれぞれ判定した。果実品質は、各樹の第2果房について、果房重、果粒重、着粒密度、果汁糖度及び酸度を調査した。

## 3 現地ほ場における貯蔵炭水化物含量と初期生育との関係 (2005~2007)

供試園は、出雲市、大田市及び益田市内の12月加温栽培の現地ほ場であり、2005年は8園、2006年は11園、2007年は7園について、1園あたり3~5樹を供試した。各供試園の整枝せん定法は

X字型もしくは一文字型整枝長梢せん定で、樹齢は6~17年生であった。加温開始前の根中炭水化物含量は、落葉後の11月上旬に、直径2~5mmの根を主幹から1m程度離れた位置で、対角線上の深さ20~30cmの位置2カ所から1樹当たり計20~30cm採取し、試験1と同様の方法で測定した。全供試樹のせん定後の芽数、扁平で表面がひび割れた結果母枝の割合をせん定後に調査した。催芽期の結果母枝中アミノ酸含量を測定するため、各供試樹から平均的な太さ、芽数の結果母枝5本を選出し、先端1芽分を切り返して採取した。枝部分のみを細断後微粉碎したものを試料とし、熱水抽出後ニンヒドリン法(元村・大川, 1995)で定量した。発芽率の調査は、各供試樹で最も早く発芽したものが4~5葉期に達した時点で、各樹とも主枝1本程度について行った。新梢の初期生育は、各供試樹から平均的な生育を示した5新梢を選出し、開花期に摘心部分までの長さ、節数、着房数、第2花房の花穂軸長、花冠不離脱果房が着生した果房数を調査した。同時に各新梢の第5葉を採取し、葉色値を葉緑素計で、葉面積を自動面積計(AAC-410, 林電工株式会社)で測定した。各個葉は葉身と葉柄に分け、葉柄中間部分1gを細断して4mLの純水とともに24時間抽出し、RQフレックス(関東化学株式会社)で硝酸イオン濃度を測定した。純水抽出残渣を用いて熱水抽出し、アミノ酸含量をニンヒドリン法で定量した。

全供試園データについて、直径2~5mmの根中炭水化物含量、催芽期結果母枝中アミノ酸含量、開花期新梢第5葉葉柄中硝酸イオン濃度、開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量、扁平ひび割れ結果母枝割合及びせん定後芽密度を説明変数に、発芽率、生育初期の樹体内各種成分含量及び新梢、花(果)房の初期生育に係る各形質を目的変数として単相関係数を求めた。

## III 結果及び考察

### 1 夏秋季の摘葉時期と副梢管理方法の違いが貯蔵炭水化物含量と翌年の初期生育に及ぼす影響

摘葉処理後の総副梢長は、8月17日処理各区が

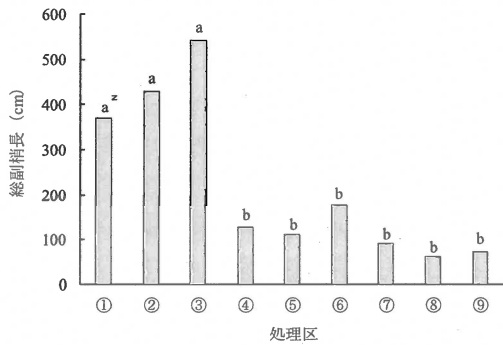


図1 無加温栽培‘デラウェア’における夏秋季の基葉摘葉処理及び二次伸長枝の摘心方法の違いが摘葉処理後の副梢伸長に及ぼす影響  
z Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差有り

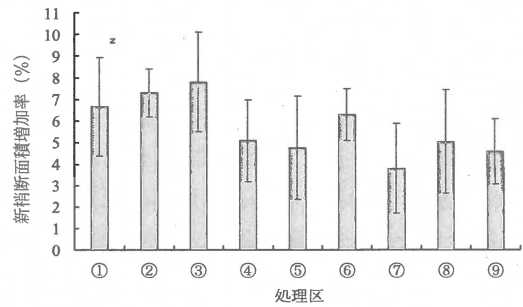


図2 無加温栽培‘デラウェア’における夏秋季の摘葉処理及び二次伸長枝の摘心方法の違いが処理後の新梢（結果母枝）断面積増加率に及ぼす影響  
z 縦棒は標準誤差を示す

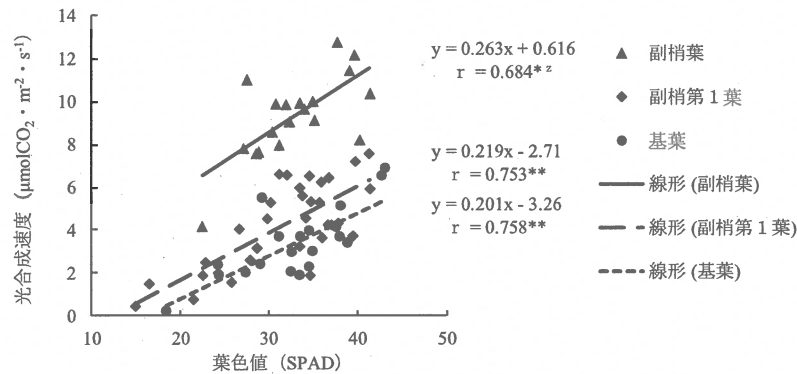


図3 秋季の基葉及び副梢葉における葉色値と光合成速度との関係  
z Pearsonの相関分析により\*\*；1%水準で、\*；5%水準で有意性有り

9月以降の各処理区及び無処理区より明らかに長かった。8月17日の各処理間及び9月以降の処理各区と無処理区の間には有意差はみられなかった(図1)。処理後の新梢断面積増加率は、総副梢長と同様の傾向がみられ、8月17日処理各区で比較的高かったものの有意差はみられなかった(図2)。秋季の基葉及び副梢葉の光合成速度は、同一の葉色値で比較すると夏季以降に伸長した副梢の葉が、その時点で成葉になっていた副梢第1葉及び基葉と比較し2倍もしくはそれ以上の高い値を示した(図3)。根中貯蔵炭水化物含量は、8月17日基葉摘葉処理を行った処理区①及び②が高く、ともに最も低かった10月17日基葉摘葉処理の処理区⑦より有意に高かった(図4)。個葉における光合成能は、果実が大きなシンクとして作用しているために光合成速度の低下が抑えられていることから、収穫期を境に急速に低下する(本條ら, 1989; 池田ら, 2010)。そのため、翌年の貯蔵養分蓄積のためには追肥を行っ

て葉色を高め、光合成速度を高く維持することや(森永ら, 1985)、秋季の光合成速度が高い副梢葉を確保することが重要である(小林・杉浦, 2000)。本研究での10月12日における個葉の光合成速度は、同一の葉色値であっても夏季の摘葉後に伸長した副梢葉の光合成速度が、基葉や早い

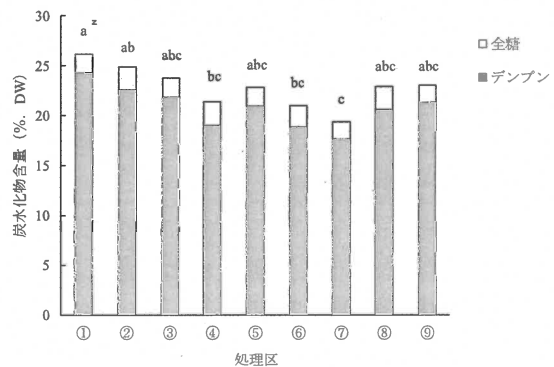


図4 無加温栽培‘デラウェア’における収穫後の摘葉処理及び二次伸長枝の摘心方法が根中炭水化物含量に及ぼす影響  
z Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差有り

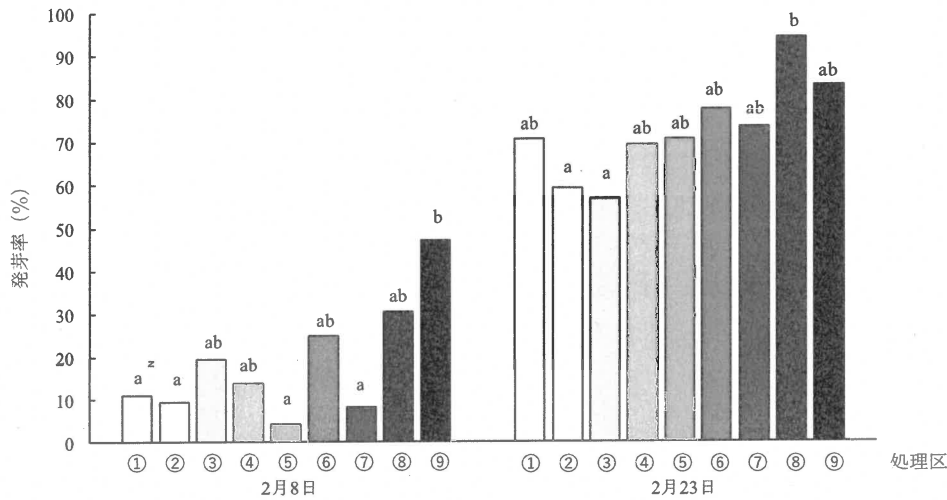


図5 無加温栽培‘デラウェア’における収穫後の摘葉処理及び二次伸長枝の摘心方法の違いが翌年の発芽率に及ぼす影響

<sup>z</sup> 逆正弦変換後のTukeyの多重検定により、同一調査日の異符号間に5%水準で有意差有り

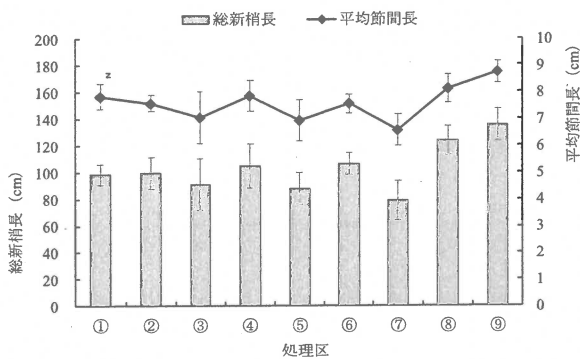


図6 無加温栽培‘デラウェア’における夏秋季の摘葉処理及び二次伸長枝の摘心方法の違いが翌年の新梢伸長に及ぼす影響

<sup>z</sup> 縦棒は標準誤差を示す

時期に展葉した副梢第1葉と比較し2倍程度高かった。これは、基葉を摘葉したことにより副梢の伸長が著しかった8月摘葉区で根中炭水化合物含量が比較的高かったことの裏付けとなる。一方で、個葉の光合成速度は、葉面積の拡大が終了し成葉となる展葉開始後30~40日で最大値に達することから(本條ら, 1989; Kriedmannら, 1970; 高木・井上, 1982), それまでに低温により落葉期を迎える10月中旬摘葉区では、副梢の伸長により浪費された養分を補うことができず、明らかに貯蔵養分の蓄積が劣った。本研究の結果から、9月までの基葉落葉であれば、その後伸長する副梢を8節までで摘心することにより貯蔵養分の蓄積に影響はみられなかった。一方で、10月以降の基葉落葉に起因する副梢伸長は、貯蔵養分の減少を回復できないことから、基葉の保全管理が重

要となる。

翌年の発芽率の推移について、2月8日時点で無処理区(処理区⑨)が約47%と最も高く、8月17日に基葉摘葉処理を行った処理区①及び②、9月15日に摘葉処理を行い副梢放任とした処理区⑤、10月17日に摘葉処理を行い副梢放任とした処理区⑦との間に有意差が認められた。2月23日時点では10月20日エスレル処理(処理区⑧)が約94%と最も高く、60%以下であった8月17日以降副梢を放任とした処理区②及び③との間に有意差が認められた(図5)。翌年の新梢生育について、無処理(処理区⑨)及び10月20日エスレル散布処理(処理区⑧)の節間長、総新梢長ともに長い傾向がみられ、10月17日基葉摘葉(処理区⑦)の生育が劣った(図6)。

貯蔵養分の多寡が発芽や初期生育に及ぼす影響について、特に‘ピオーネ’の二期作栽培の二期目前や12月上旬加温栽培のようなせん定時に落葉に至っていない場合、事前にエテホン200ppm液を葉面散布すると、葉から茎(翌年の結果母枝)及び根へ窒素養分が移行し、発芽後の葉中窒素濃度が高く、花穂着生数も増加する(岡山農試, 1998)。「巨峰」の二期作栽培においても、同様の処理により茎中窒素含量は無処理の1.6倍、デンプン含量は同1.2倍となることから、エテホン処理により養分が葉から茎に移行したものと推測され(島根農試, 1998)、デンプン含量の結果

については本試験と一致した。本県の‘デラウェア’超早期加温栽培は、12月中下旬に加温を開始するが、それまでに発芽を揃える目的で1~2回のシアナミド剤による休眠打破処理と地温上昇を目的とした半月以上の無加温期間をとるよう指導している(倉橋, 2013)。したがって、せん定は11月中旬までには終えておく必要があり、事前のエテホン散布による落葉促進は、貯蔵養分蓄積とともに作業能率向上の面でも有効で

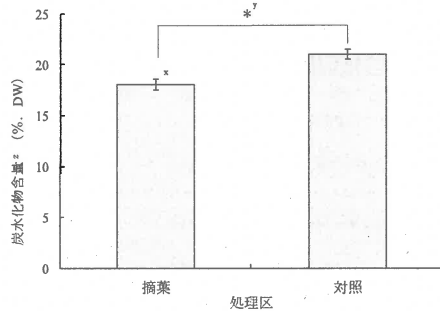


図7 加温栽培‘デラウェア’における秋季の基葉摘葉処理が根中炭水化物含量に及ぼす影響

<sup>z</sup> 直径2~5mmの根中炭水化物(全糖+デンプン)含量

<sup>y</sup> t検定により, \*; 5%水準で有意差有り

<sup>x</sup> 縦棒は標準誤差を示す

の副梢管理を怠った場合は主枝延長枝の肥大が旺盛でひび割れた結果母枝となり、翌春の発芽が不揃いとなり芽萎えの発生を助長したとしており、本試験の8月以降副梢管理を放任した処理区の結果と符合する。したがって、特に次年度超早期加温栽培を予定している園での早期落葉と、副梢伸長の放任は適正な生育を望めないことから、夏秋季の基葉の早期落葉防止の徹底と、万一早期落葉した場合は副梢葉で一定の葉面積を確保し、それ以降は摘心を繰り返し結果母枝の質を悪化させないことが重要と考えられた。

## 2 秋季の基葉摘葉処理が加温開始時期を変えた際の翌年の初期生育に及ぼす影響

摘葉区の根中炭水化物含量は約18%と、対照区の約21%に対し有意に低かった(図7)。加温開始後の生育速度について、12月20日加温開始では摘葉区の生育が加温開始58日以降有意に遅れた。それに対し、12月31日及び1月10日加温開始では明確な差はみられなかった(図8)。こ

表2 加温栽培‘デラウェア’における秋季の摘葉処理が翌年の加温開始日別果房及び葉の生育に及ぼす影響

処理区		第2果穂軸長 (cm)	花冠不離脱果房 発生程度 <sup>z</sup>	着粒程度 <sup>y</sup>	葉色 <sup>x</sup>	葉幅 (cm)
加温開始日	秋季摘葉					
12月20日	有	8.54	0.00	1.54	33.8	24.6
	無	9.54	0.08	1.20	36.1	23.1
	有意性 <sup>w</sup>	*	n.s.	n.s.	*	n.s.
12月31日	有	8.50	0.00	1.38	31.4	22.7
	無	10.38	0.50	1.70	35.2	24.0
	有意性	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1月10日	有	8.47	0.00	1.11	31.9	21.9
	無	9.21	0.33	1.49	33.5	21.8
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
全体	有	8.50	0.00	1.35	32.6	23.1
	無	9.63	0.30	1.46	33.8	22.8
	有意性	*	*	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>z</sup> 花冠不離脱(びっくり玉)果房; 1, 通常果房; 0で判定

<sup>y</sup> 完全花振るい; 0~密; 3で判定

<sup>x</sup> 新梢第5葉について, ミノルタSPAD501を用いて測定

<sup>w</sup> t検定により, \*; 処理間に5%水準で有意差有り, n.s.; 有意差無し

ある。

本試験では、貯蔵炭水化物含量が比較的多かった8月処理の、とりわけ副梢を放任した処理区②及び③の発芽が遅れた。これは、処理後の副梢伸長量が多く、結果母枝の断面積増加率が高かったことから、この期間の芽の発育が阻害されたことが要因と考えられる。持田(2018)は、‘シャインマスカット’の現地ほ場を調査した結果、秋季

は、12月20日加温の不発芽率が対照区で10%と低かったのに対し、摘葉区では43%と高かったことが主因である。果房及び葉の形質について、第2果穂軸長及び花冠不離脱果房発生は、摘葉処理により有意に抑制された。加温開始日別にみると、12月20日加温は第2果穂軸長及び葉色が摘葉処理により有意に劣った。それに対し、12月31日加温は第2果穂軸長のみ摘葉処理区で劣

り、1月10日加温では開花期の全生育項目で処理間差がみられなかった(表2)。収量及び果実品質について、全加温開始日の平均でみると、摘葉処理区で果粒重が明らかに抑えられたことにより、果房重及び収量が有意に劣った。また、果汁酸度が摘葉処理区で有意に高くなったが、加温開始日の違いによる一定の傾向はみられなかった(表3)。

現在、落葉果樹では自発休眠覚醒に必要な低温

遭遇時間を、7.2℃以下の気温の積算とし、低温要求量とする方法が一般的であるが(Weinberger, 1950)、ブドウの低温要求量については報告により200~3580時間と著しい差がある(松井, 1994)。久保田ら(2009)は同じ樹種でも栽培地の温度条件によって休眠完了に必要な低温遭遇量は異なるとしていることから、同一品種であっても産地毎に低温要求量は異なると考えられる。島根県における‘デラウェア’の低

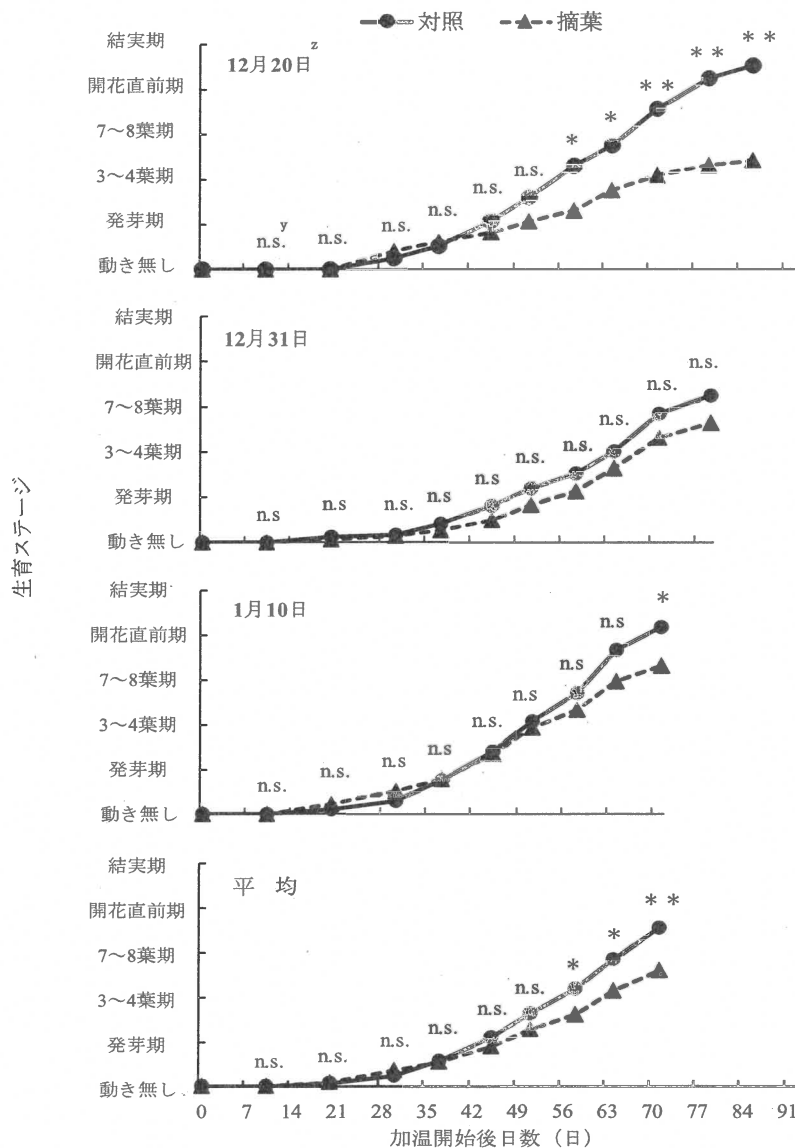


図8 加温栽培‘デラウェア’における秋季の基葉摘葉処理が翌年の加温開始日別初期生育に及ぼす影響

<sup>z</sup> 加温開始日

<sup>y</sup> t検定により, \*\* ; 1%水準で有意差有り, \* ; 5%水準で有意差有り, n.s. ; 有意差なし

表3 加温栽培‘デラウェア’における秋季の摘葉処理が翌年の加温開始日別収量及び果実品質<sup>2</sup>に及ぼす影響

処理区		収量	果房重	果穂軸長	果粒重	着粒密度 <sup>y</sup>	果皮色 <sup>x</sup>	等級 <sup>w</sup>	果汁糖度	果汁酸度
加温開始日	秋季摘葉	(g/樹)	(g)	(cm)	(g)	(粒/cm)			(° Brix)	(g/100mL)
12月20日	有	465	153	8.41	1.58	11.4	5.54	1.67	23.3	0.75
	無	648	160	9.54	2.11	7.6	5.10	1.20	22.7	0.73
	有意性 <sup>v</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
12月31日	有	666	134	9.14	1.73	8.6	5.00	1.13	21.5	0.83
	無	911	219	10.34	1.87	11.2	5.31	1.75	20.9	0.75
	有意性	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
1月10日	有	541	127	8.44	1.43	10.6	5.33	1.33	23.1	0.75
	無	656	169	9.59	1.94	9.1	5.63	1.25	24.4	0.62
	有意性	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*
全体	有	551	139	8.60	1.56	10.4	5.33	1.41	22.8	0.77
	無	733	179	9.77	1.98	9.1	5.37	1.37	22.9	0.69
	有意性	*	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

<sup>2</sup> 各供試樹の第2果房2房ずつを調査<sup>y</sup> 全着粒数/果穂軸長で算出<sup>x</sup> (独) 果樹研究所作成ブドウカラーチャート値<sup>w</sup> 秀; 2, 優; 1, 格外; 0で判定<sup>v</sup> 検定により, \* ; 処理間に5%水準で有意差有り, n.s. ; 有意差無し

温要求量について梅野 (2016) は, 7.2°C以下の積算で1,000時間程度が目安とし, 1月下旬頃完全に覚醒するとしている。したがって, 12月~1月に加温を開始する超早期加温及び早期加温作型では, 自発休眠覚醒に必要な低温遭遇時間に達するまでに加温を開始する必要がある。そのため, 通常管理としてシアナミド剤による休眠打破処理が行われており, 発芽までの日数が無処理に対し概ね40%削減される(広瀬ら, 2000)。さらに, 2回処理により1回処理に対し5日程度の促進効果がみられることから(梅野, 2016), 島根県ではシアナミド2回処理により概ね12月第6半旬頃休眠覚醒期となる。したがって, 12月中に加温を開始する超早期加温作型では, 年によって完全に自発休眠から覚醒する前に加温を開始することとなり, 発芽率の低下, 不揃い, 発芽までの期間の長期化を招きやすい。さらに, 12月加温では結果母枝や根中の糖含量が増加する前に加温を開始するため, デンプンなどの貯蔵物質を急速に分解しながら発芽の養分にあてていることから(岡本, 2015b), 貯蔵炭水化物含量の多寡が発芽等初期生育に大きく影響を及ぼすと考えられる。本試験では, 9月に基葉を全摘葉した後, 副梢の伸長を放任することにより, 貯蔵炭水化物含量が有意に減少したものの, 発芽及びその後の初期生育速度は加温開始日により異なった。すな

わち, 12月31日及び1月10日加温開始では初期生育が摘葉区と対照区との間にほぼ有意差がみられなかったのに対し, 12月20日加温開始では摘葉区の不発芽の発生が多かったことにより, 加温開始後56日以降の生育ステージが有意に抑えられた。一方, 開花期の花穂軸長や花冠不離脱果房率, 成熟期の果粒重, 果房重は全加温時期の平均で摘葉区が対照区より有意に劣った。このことから, 1月10日までに加温を開始する超早期加温作型予定のほ場では, 貯蔵養分が高まるよう適正着果負担とした上で, かん水, 施肥, 薬剤散布の適期実施により収穫後の基葉を健全に保ち, さらに副梢の遅伸びを抑えることが重要である。とりわけ, 初出荷を目指して12月20日のような自発休眠覚醒前の早い時点で加温を開始する場合は, 前提として夏秋季管理の徹底が必須である。

### 3 現地ほ場における貯蔵炭水化物含量と初期生育

現地の12月加温栽培各園における樹体内成分, 結果母枝形質及びせん定方法と初期生育との関係を表4に示した。根中炭水化物含量と発芽率, 開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量, 2花房以上着生新梢率との間に正の有意な関係が認

表4 現地12月加温栽培‘デラウェア’園における樹体内成分、結果母枝形質及びせん定方法と初期生育との単相関 (2005~2007, n=95)

説明変数	目的変数									
	発芽率 <sup>1</sup>	催芽期結果母枝中アミノ酸含量 <sup>2</sup>	開花期新梢第5葉葉柄中硝酸含量 <sup>3</sup>	開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量 <sup>4</sup>	花穂軸長 <sup>5</sup>	花冠不離脱果房率 <sup>6</sup>	2花房以上着生新梢率 <sup>7</sup>	新梢節間長 <sup>8</sup>	新梢第5葉	
	(%)	( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	(cm)	(%)	(%)	(cm)	葉色 <sup>9</sup>	葉面積 <sup>10</sup>
根中炭水化物含量 <sup>11</sup>	0.328 ** <sup>†</sup>	-0.039	-0.001	0.253 *	-0.033	0.166	0.302 **	-0.051	0.138	-0.227 *
催芽期結果母枝中アミノ酸含量	-0.077	-	-0.472 **	-0.570 **	0.192	-0.094	-0.220 *	-0.255 *	-0.534 **	-0.345 **
開花期新梢第5葉葉柄中硝酸含量	-0.033	-	-	0.288 **	-0.120	-0.123	0.066	0.030	0.125	0.123
開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量	0.445 **	-	-	-	0.176	0.557 **	0.445 **	0.225 *	0.299 **	0.144
扁平ひび割れ結果母枝割合	-0.215 *	-0.400 **	0.284 **	0.076	-0.482 **	-0.232 *	-0.242 *	-0.084	0.124	-0.046
せん定後芽密度	0.082	-0.427 **	0.285 **	0.142	0.005	-0.217 *	0.283 **	0.122	0.065	0.337 **

<sup>1</sup> グルタミン換算値

<sup>2</sup> 平均的な新梢の第2花房について開花期に測定

<sup>3</sup> 開花期に測定

<sup>4</sup> 直径2~5mmの根を11月上旬に採取して測定

<sup>†</sup> \*\*,1%水準で有意, \*5%水準で有意

められた。12月加温では、糖含量の増加が始まる前に加温を開始することから、根の活発な吸水や樹液の流動がない状態で発芽期に入る(岡本, 2015b)。したがって、貯蔵炭水化物含量が多いほど発芽率が高くなり、さらに糖と貯蔵窒素からより多くのアミノ酸が合成され、新器官に送られたものと推測される。ブドウの花芽中の花穂原器は、発芽とともに急速に発育を始め花房が形成されることから(岡本, 2015a)、12月加温では窒素等無機成分も含めた貯蔵養分の多寡が花房形成や初期生育、ひいては果実品質や収量に大きな影響を及ぼすものと考えられる。杉山ら(2006)は、‘青島温州’の冬季の根中デンプン含量と翌年の着花量との関係を調査したところ、根中デンプン含量と翌年の葉花比との間に負の有意な相関がみられ、根中デンプン含量から翌年の着花量を予測することが可能としている。また、‘デラウェア’の穂木重量を1.5gと5.0gに変えて挿し木試験した結果では、5.0g区で果房重は2.5倍、花蕾数は4倍多かったことから(新居, 1973)、貯蔵養分の花穂形成への影響は顕著であり、本研究の結果からも同様の関連性が示唆された。根中炭水化物含量とは対照的に、催芽期結果母枝中アミノ酸含量と開花期新梢第5葉葉柄中硝酸含量及びアミノ酸含量、2花房以上着生新梢率、新梢節間長、開花期新梢第5葉葉色及び葉面積との間に負の有意な相関関係が認められた。このことは、ブドウの発芽以降の初期生育に使用されるアミノ酸が、生育の極初期段階である催芽期にはすでに結果母枝から芽に移行し、発芽後の新梢の生

育に速やかに使用できる状態になっていることが、その後の新梢生育、花房着生、葉の生育に促進的に働くことを示している。実際、開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量と花冠不離脱花房率、2房以上着生新梢率、新梢節間長及び開花期新梢第5葉葉色との間に正の有意な相関が認められたことがその裏付けとなる。また、発芽率と開花期新梢第5葉葉柄中アミノ酸含量にも正の有意な相関がみられたことから、発芽が促されるような樹体条件が、その後のアミノ酸合成にも好影響を及ぼしていることがうかがえる。

扁平ひび割れ結果母枝割合と、発芽率、催芽期結果母枝中アミノ酸含量、花穂軸長、花冠不離脱果房率及び2花房以上着生新梢率との間に負の、開花期新梢第5葉葉柄中硝酸含量との間に正のそれぞれ有意な相関関係が認められた。山本(1989)は、作型や樹勢により、夏秋季における1年枝の再伸長、いわゆる二次伸びが発生する場合があります、それにより枝が再び肥大成長し断面が扁平、扁心状になって、表皮が破れて亀裂が入る。このような枝を結果母枝として残した場合、翌年は萌芽率や萌芽揃いが悪くなるとしており、本研究での結果も同様であった。とりわけ、自発休眠から十分覚醒していない年内に加温を開始する超早期加温栽培では発芽が不揃いになりやすく、結果母枝の質的な揃いは極めて重要である。扁平ひび割れ結果母枝由来の新梢の葉柄中硝酸含量は多かったものの、花穂の着生や発育には悪影響を及ぼしており、夏秋季の二次伸び発生は、翌年早期の加温栽培を予定している園地では特に注

意が必要で、摘心の徹底が重要である。

せん定後の芽密度と催芽期結果母枝中アミノ酸含量、花冠不離脱果房率との間に負の、開花期新梢第5葉葉柄中硝酸含量、2花房以上着生新梢率及び開花期新梢第5葉葉面積との間に正のそれぞれ有意な相関関係が認められた。田村ら(2002)は、‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’二度切り樹を用い、1芽せん定と5芽せん定で萌芽率の推移を調査した結果、5芽せん定で2~3日萌芽が早くなるうえ、花穂退化防止に有効で、正常花穂が増加することを明らかにしている。実際の栽培現場においても、短梢せん定(1芽せん定)樹と長梢せん定(3~5芽せん定)樹では明らかに長梢せん定樹の発芽が早く、着穂が多いことが観察される。このことから、早期に加温を開始する作型では長梢せん定が有利であり、さらに本試験では長梢せん定においてもせん定強度を弱くして芽数を多く残すことで花穂着生や葉面積拡大に有効であることを明らかにした。実際の栽培面では、芽数を多めに残し、発生新梢数が多すぎる場合、芽かきで調整することで初期生育を良好な状態に誘導できると推察される。

#### IV 摘要

本研究では、ブドウ‘デラウェア’樹の夏秋季における摘葉時期と副梢管理方法が、貯蔵炭水化物の蓄積及び翌年の初期生育に与える影響を調査した。8月17日までに摘葉を行うと、副梢の伸長が促進され、光合成能力の高い葉が維持されることで、貯蔵炭水化物の蓄積量が増加した。一方、10月以降の摘葉処理では貯蔵養分の蓄積が不足し、翌年の発芽率の低下や新梢の生育不良を引き起こした。特に、12月加温開始の超早期加温栽培においては、発芽率や初期生育が貯蔵養分量に大きく依存することが示された。加温開始時期が早い(12月20日)場合、発芽の不揃いや生育の遅れが顕著になり、貯蔵養分の確保がより重要となることが明らかになった。

さらに、現地ほ場調査の結果、根中炭水化物含量が高いほど発芽率や初期生育が良好であることが確認された。これらの結果から、適切な夏秋季の副梢管理と貯蔵養分の確保が、翌年の発芽や

新梢生育の安定化に重要であり、収量向上につながることを示唆された。

#### 引用文献

- 広瀬正純・加来靖英・藤田義明・渡辺久能・安野智江・小関洋介・中尾茂夫(2000)ブドウ、モモ、ナシの自発休眠完了に必要な低温要求量と休眠打破技術。大分農技セ研報30, 1-12.
- 本條 均・鴨田福也・朝倉利員(1989)ガラス室栽培ブドウ‘巨峰’の光合成特性。果樹試報A16, 65-82.
- 池田隆政・伊藤大雄・吉田 亮(2010)ニホンナシ短果枝葉の光合成能力の季節変化。園学研9(1), 87-92.
- 小林和司・杉浦俊彦(2000)収穫後から落葉期におけるブドウ‘巨峰’の光合成速度の経時変化。山梨果試研報10, 35-40.
- Kriedmann, P. E., W. M. Kliever, and J. M. Harris (1970) Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. *Vitis* 9, 97-104.
- 久保田尚浩・ポジャナピモンチャイワット・福田 丈夫・藤井雄一郎・小野俊朗・倉藤祐輝・尾頃敦郎・功刀幸博・小林和司・茂原 泉・山下裕之・藤島宏之(2009)積算温度によるブドウの芽の休眠完了予測。岡山大学農学部学術報告98, 9-16.
- 倉橋孝夫(2013)これからの果樹園管理 島根の果樹36(1), 43-51.
- 松井弘之(1994)ブドウ栽培における諸問題 IX. 日本ワイン学会5, 231-239.
- 持田圭介(2018)ブドウ‘シャインマスカット’における新梢萎凋(芽萎え)症状の発生要因と対策。島根農技セ研報45, 11-20.
- 森永邦久・池田富喜夫・木原武士(1985)カンキツの光合成作用と果実生産に関する研究 第1報ウンシュウミカンの光合成作用の個葉間の差異について。四国農試報45, 147-156.
- 元村佳恵・大川 亘(1995)植物生産農学実験マニュアル。ソフトサイエンス社, 299-300.

- 新居直祐 (1973) ブドウの発芽および生育に伴う枝条内貯蔵物質の利用に関する研究 (第1報) ブドウさし木の品種間差異. 園学雑 42(2), 122-130.
- 農林水産省 (2022) 園芸用施設の設置等の状況 (令和4年).  
(URL: [https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/sisetsu/haipura/setti\\_4.html](https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/sisetsu/haipura/setti_4.html))
- 岡本五郎 (2015a) 花穂, 花器の形態と発育. 農業技術大系ブドウ基礎編 農文協, 48.
- 岡本五郎 (2015b) 休眠と休眠覚醒. 農業技術大系ブドウ基礎編 農文協, 75.
- 岡山県立農業試験場 (1998) ブドウせん定前のエテホン (エスレル10液剤) 散布による樹体への養分還元. 1998年度 (平成10年度) 近畿中国農業研究成果情報  
(URL: [https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research\\_results/h10/kaju/cgk98177.html](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h10/kaju/cgk98177.html))
- 島根県農業協同組合 (2025) 令和7年産島根ぶどう取引協議会資料, 4.
- 島根県農業技術センター (2020) 2019年度特産作物の経済性調査結果, 26-30.
- 島根県農業試験場 (1998) エテホンによる二期作栽培ブドウの結果母枝充実技術. 1998年度 (平成10年度) 近畿中国農業研究成果情報  
(URL: [https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research\\_results/h10/kaju/cgk98176.html](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h10/kaju/cgk98176.html))
- 杉山泰之・大城 晃・瀧崎 櫻・澤野郁夫・小原 均 (2006) ウンシュウミカン ‘青島温州’ の樹体内デンプン含量の時期的変化と冬季の根中デンプン含量による着花量予測. 園学研5(3), 277-282.
- 高木伸友・井上襄吉 (1982) ブドウ ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’ の果粒の生長と葉における光合成速度の季節的变化. 園学雑51(3), 286-292.
- 田村史人・村谷恵子・藤井雄一郎 (2002) 夏季せん定と冬季5~7芽せん定とを組み合わせた枝管理が12月加温作型ブドウ ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’ の生育, 収量に及ぼす影響. 園学研1(4), 269-274.
- 梶野康行 (2016) 休眠と発芽促進. 農業技術大系ブドウ基本技術編 農文協, 231-234.
- Weinberger, J.H. (1950) Chilling Requirements of Peach Varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 56, 122-128.
- 山本孝司 (1989) 結果母枝の生育診断. 農業技術大系ブドウ基本技術編 農文協, 221.
- Zapata, C, E. Deléens, S. Chaillou and C. Magné (2004) Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). J. Plant. Physiol 161, 1031-1040.

## Summary

We investigated the effects of leaf removal timing and secondary shoot management methods in summer and autumn on the accumulation of reserve carbohydrates and early growth of Delaware grapevines in the following year. Our results showed that leaf removal by August 17 promoted secondary shoot growth and maintained leaves with high photosynthetic capacity, which facilitated an increase in the accumulation of reserve carbohydrates. On the other hand, leaf removal after October caused insufficient accumulation of reserve nutrients, resulting in a low germination rate and poor growth of new shoots in the following year. In particular, the germination rate and early growth were highly dependent on the amount of reserve nutrients in ultra-early heating cultivation starting in December. Samples in which heating started early (from December 20), uneven germination and delayed growth became more noticeable, making it more important to secure reserve nutrients. Furthermore, field surveys confirmed that the higher the carbohydrate content in the roots, the better the germination rate and early growth. These results suggest that proper leaf removal in summer and autumn and securing stored nutrients are important for stabilizing germination and shoot growth in the following year, leading to increased yields.

# タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の効果 および防除

福間 貴寿<sup>1)</sup>・山本 隼佑<sup>2)</sup>・澤村 信生<sup>1)</sup>

Effects of High-Concentration CO<sub>2</sub> Fumigation on the Black Mold Disease of Onion Bulbs and the Disease Control Outcomes.

Takatoshi Fukuma , Shunsuke Yamamoto and Nobuo Sawamura.

## I 緒言

タマネギ (*Allium cepa* L.) は、ヒガンバナ科 (*Amaryllidaceae*) ネギ属 (*Allium*) の多年生作物で、肥大したりん茎を食用とする。島根県におけるタマネギ生産は、秋に播種し、翌年の5月下旬から6月上旬にかけて収穫する秋播き栽培が主流である。収穫時のタマネギは、ほ場で葉鞘部を切断した状態で、3日程度地干しを行い、一次乾燥した後収穫する。収穫後は、貯蔵小屋で吊り玉乾燥貯蔵、あるいはポリコンテナに入れてハウス内での乾燥貯蔵などを行い、順次出荷している。この二次乾燥・貯蔵中に発生する貯蔵病害は、減収に直結するため、重要病害に位置づけられている。なかでも本県では、タマネギ黒かび病が長年問題になってきたが、その多発生要因については、未だ明らかになっていない。

タマネギが黒かび病に感染すると、りん茎表皮に黒色分生子が発生し、腐敗症状を伴う。具体的には、黒色分生子形成とともにりん片外側が軟腐状に崩壊する肌腐れ症やりん茎中央部が腐敗する芯腐れ症、またりん茎肩部が腐敗する肩腐れ症などの症状が認められている (田中, 1991)。

本病原菌 (*Aspergillus niger* van Tieghem) は、30℃から40℃の高温多湿条件を好み、夏期の高温は本病の発生を更に助長する。熱帯地方では、収穫したタマネギの80%以上に感染が認められる貯蔵病害と言われている (El-Nagerabi・Ahmed, 2003)。県内でも年次変動はあるものの、収穫したタマネギの30%以上が本病原菌に感染し、廃棄処分されている。更に多発ほ場では収穫したタマネギの80%以上が腐敗症状を呈し、目標収量を確保できない事案も発生している。

本県におけるタマネギ黒かび病の防除は、収穫直前の倒伏揃期に殺菌剤散布が行われてきた。しかし、本病に登録のある殺菌剤は少なく、ベノミル水和剤、ピコキシストロビン水和剤の2剤のみである (2025年時点) ため同一薬剤の連用により耐性菌が出現しやすい (田辺, 2013)。主要タマネギ生産県である佐賀県では、タマネギ黒かび病菌についてベノミル水和剤と同系統のチオファネートメチル水和剤に対して薬剤感受性が大きく異なる菌株群が認められており (田代・田中, 1997)、薬剤散布以外での防除手段が強く望まれているが、現状は未確立である。

<sup>1)</sup> 島根県農業技術センター

<sup>2)</sup> 島根県農業技術センター (現在、島根県西部農林水産振興センター)

菅野 (2017) は、高濃度二酸化炭素くん蒸処理をイチゴうどんこ病菌接種後に行うことにより、防除効果が高まることから殺菌的または静菌的に働いたと考察した。また、高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるイチゴに対する抵抗性誘導が補助的に作用している可能性を報告した。本研究に用いるタマネギ黒かび病菌は、イチゴうどんこ病菌と同じ子のう菌門に属しているため同様の効果が期待できると考えられた。

一方、Gill et al. (2015) はネギアザミウマ (*Thrips tabaci* Lindeman) がタマネギリん片腐敗病菌 (*Pantoea ananatis*) を媒介すると報告した。タマネギ黒かび病菌は糸状菌であり、細菌であるりん片腐敗病菌とは種類が異なるが、ネギアザミウマが黒かび病発病に影響を与える可能性もあると考えられた。高濃度二酸化炭素くん蒸処理には殺虫効果も認められており、処理によるタマネギに寄生するネギアザミウマの殺虫効果も考慮に入れる必要がある。

以上を踏まえて本研究では、同一薬剤連用による耐性菌発達の危険性を回避するため、薬剤散布以外の対策として、タマネギ黒かび病防除に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の効果について検討した。加えて、黒かび病発病に対するネギアザミウマの影響を調査した。

## II 材料及び方法

### 1 高濃度二酸化炭素くん蒸処理のタマネギ黒かび病に対する効果の検証

供試菌株は、2018 年に出雲市から採取した黒かび病菌 01 株 (*Aspergillus niger*) を用い、ジャガイモ・ブドウ糖寒天平板培地 (PDA, Difco 製、以下同様) で 30°C、3 日間前培養した。大畑ら (1995) の方法に準じて培養菌叢から  $1 \times 10^5$  個/ml の分生子懸濁液を作成し、PDA 培地に 1 枚あたり 0.1ml の分生子懸濁液を表面塗布した。

前述の分生子懸濁液を塗布した PDA 培地 5 枚に対し、高濃度二酸化炭素くん蒸処理を行った。二酸化炭素の充填は、網底コンテナ (採集コンテナ 2.0 長 52cm×幅 36cm×高 30cm, 安全興業株式会社; 以下、コンテナ) に分生子懸濁液を塗布した PDA 培地 5 枚を静置し、布団圧縮袋で密閉し

た状態で行った。高濃度二酸化炭素くん蒸処理は、二酸化炭素濃度を 30~90%、処理期間を 24~96 時間の範囲で設定した。また、二酸化炭素濃度の確認は、高濃度ガス検知器 (コスモテクター XP-3140, 新コスモス電機株式会社) で行い、コンテナを 25°C のインキュベータに静置した。処理後、実体顕微鏡を用いて分生子 100 個の発芽を確認し、菌糸伸長が認められなければ 30°C、暗黒条件下のインキュベータに 2 日間追加静置した。

効果の判定は、処理直後分生子が発芽し菌糸伸長が認められず 2 日間培養後に菌糸伸長した場合、静菌効果が認められるものとし、処理直後および 2 日間培養後も分生子が発芽していなければ殺菌効果が認められるものとして調査した。

高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるタマネギへの抵抗性誘導は、高濃度二酸化炭素くん蒸処理 (二酸化炭素濃度 60%、処理期間 24 時間) を前処理したタマネギに病原菌を接種することで調査した。供試品種として、中晩生品種 'もみじ 3 号' (株式会社 七宝) を用い、病原菌接種前に高濃度二酸化炭素くん蒸処理をタマネギ 5 球に対して行い、処理区とした。対照区として、無処理区を設けた。

十河 (2005) は、タマネギリん片の順位で黒かび病菌に対する感受性が異なることを報告した。そこで、図 1 に示したようにタマネギリん茎首部および茎盤部を包丁で切断し、鬼皮および外層の薄いりん片を除いた肥厚りん片を用い、処理区と無処理区のりん片順位が同一になるように調整した。次に、りん片内側の薄皮を剥ぎ、約 5cm 角の切片をタマネギ 1 球あたり 6 個作成した。このタマネギ切片中央部に針束で傷を付ける付傷処理を行った。

病原菌接種は、処理終了から 1 日および 7 日後に、大畑ら (1995) の方法に準じて接種源をタマネギ切片の付傷箇所に置床することで行った。接種源には、上述の 01 株の菌叢外縁部を直径 4mm コルクローラーで抜き取った含菌ディスクを用いた。接種後、滅菌水で湿らせた紙ワイパー (キムタオル, 日本製紙クレシア) およびアルミホイルを敷いたタッパーウェア内に置き 30°C、暗黒条件下のインキュベータにて 3 日間培養した。

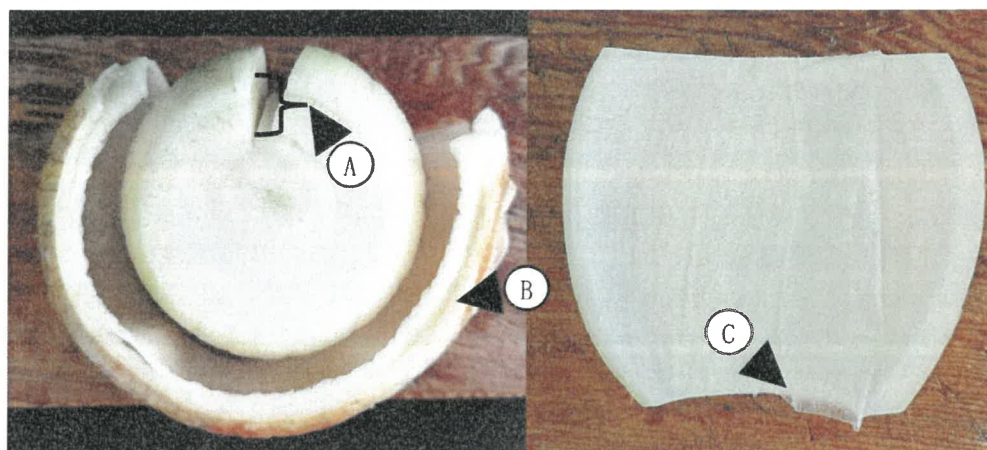


図1 抵抗性誘導の確認試験に供試するタマネギりん片部位および除去部位

A) 肥厚りん片 (供試部位) B) 鬼皮および外層の薄いらん片 (除去部位) C) 薄皮 (除去部位)

調査は、培養後に生じた病斑直径をデジタルノギス(標準ABS デジマチックキャリパ, Mitutoyo)で、1病斑あたり2方向で計測し、試験は3回行った。病斑直径平均値の有意差検定はt検定により行った ( $p < 0.01$ )。

## 2 ネギアザミウマ放飼がタマネギ黒かび病発病に及ぼす影響

供試植物として、10Lの土壌(JAの土, 全農アグリウエスト株式会社)を充填したプランター(縦65cm×横22.5cm×高さ18cm, プラスチック製)に10株移植栽培した無病のタマネギを用いた。01株の $1 \times 10^5$ 個/mlの分生子懸濁液を調整し、展着剤としてポリオキシエチレンソルビタンモノラウラート(東京化成工業株式会社; ツイーン20相当品)を0.02%添加後に、収穫後のタマネギ球10球に対して10mlを噴霧接種し、室温で乾燥した。

飼育容器(タイトボックスNo.5)に噴霧接種したタマネギ10球(試験1のみ6球)を静置し、

ネギアザミウマ20頭を放飼し、30-40日間貯蔵した。また、対照区として、アザミウマ無処理区を設けた。なお、容器には通気用の径3.5cmの穴を9つ開けネギアザミウマが逃げない様テロン製0.18mm目合いの網(NBC工業)で塞いだ。貯蔵環境は、24℃, 16L8Dの光周期条件とした。

調査は、放飼から30-40日後に行い、供試した全球に対してりん茎首部から茎盤部に向けて包丁を用いて二分に切断し、鬼皮を剥ぎ取り黒かび病分生子の有無を観察し、発病球率を算出した。試験は4回行い、発病球率の有意差検定はFisherの正確確率検定により行った ( $p < 0.01$ )。

## 3 タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の防除効果

試験は2018年、2019年、2020年および2022年の4か年行った。表1にタマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理試験の概要を示した。

供試したタマネギは、島根県出雲市内の生産者

表1 タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理試験の概要

試験年	ほ場	区		処理区		無処理区		収穫日	処理日	調査日	貯蔵日数(日)
		面積(m <sup>2</sup> )	配置	株総数	地点数	株総数	地点数				
2018	A	12	ランダム	100	2	100	2	6月15日	6月19日	9月13日	86
2019	A	12	ランダム	153	3	159	3	6月5日	6月7日	8月21日	75
2019	B	12	ランダム	153	3	153	3	6月10日	6月13日	8月26日	74
2020	B	12	ランダム	160	3	160	3	6月5日	6月8日	8月14日	67
2020	C	12	ランダム	164	3	165	3	6月15日	6月16日	8月24日	69
2020	D	12	ランダム	164	3	163	3	6月22日	6月24日	8月31日	68
2022	A	12	ランダム	150	3	150	3	6月7日	6月8日	8月10日	63

がそれぞれ異なる 4 ほ場から収穫したものをを用いた。高濃度二酸化炭素くん蒸処理は、各ほ場から収穫後、島根県農業技術センター（島根県出雲市芦渡町 2440）で行った。

試験区は、コンテナ単位とし、高濃度二酸化炭素くん蒸処理区と無処理区を設けた。

収穫は、掘り起こした後、葉鞘部を切断し、ほ場で数日間地干しした後、コンテナへ拾い上げた。1 地点あたり約 100 球を収穫し、そのなかから無作為に 50 球のタマネギ収穫球を高濃度二酸化炭素くん蒸処理区と無処理区のコンテナに分けて入れた。ほ場内の伝染源量等を均一化する目的で、1 ほ場 3 地点配置とする 3 連制試験とした。なお、2018 年は、ほ場規模が小さかったため 2 連制試験とした。

処理は、小山田・村井（2014）に準じて水封式処理装置を用い、条件はイチゴのナミハダニに対する登録内容に従った。すなわち、アルミ蒸着シート（1 m<sup>2</sup>）内にコンテナを静置し二酸化炭素を充填させ濃度を 60%、温度を吊り下げ式電気温風機（SF-1008A, 総和工業株式会社）を用いて 25-30℃に保った。二酸化炭素濃度の確認は、前述の検知器を用いて行った。処理中の温湿度はおんどとり（RTR-503, 株式会社ティアンドディ, 2018 年のみ TR-52, 株式会社ティアンドディ）を用いて 1 時間間隔で記録した。

処理後の貯蔵は、島根県農業技術センターのビニルハウス（奥行き 8.0m×間口 5.4m×高さ 3.0m, 換気はサイドビニル, ツマカンアミーゴ（渡辺パイプ）ともに雨天時以外開）に搬入し、試験区ごとにコンテナを 3 段積み上げた。コンテナが地面に接することを防ぐため、最下に空のコンテナを置いた。また、直射日光を防ぐためコンテナ上部

をデュポン™タイベック®（旭・デュポン フラッシュスパン プロダクツ株式会社）で覆った。貯蔵期間中のコンテナ内温湿度は、おんどとりを用いて 1 時間間隔で記録した。

各試験における高濃度二酸化炭素くん蒸処理中および貯蔵中の温湿度を表 2 に示した。

調査は、出荷終期にあたる収穫後 60~80 日目に行った。供試した全株について、りん茎首部から茎盤部に向けて包丁を用いて半分に切断し、以下の発病指数別に調査した。発病指数は 0: 病徴無, 1: 黒色分生子が認められる, 2: 黒色分生子かつ軟化腐敗が認められる, の 3 段階で判定した。

発病球率, 腐敗球率および防除価は以下のとおり算出した。

発病球率=指数 1, 2 の株数/調査株数×100

腐敗球率=指数 2 の株数/調査株数×100

防除価= [1- (処理区の腐敗球率平均/無処理区の腐敗球率平均)] ×100

高濃度二酸化炭素くん蒸処理による防除効果は、データ解析環境 R (R Development Core Teams, 2006) を用いて解析した。発病球率平均値, 腐敗球率平均値の有意差検定は Fisher の正確確率検定により行った (p<0.01)。また、7 つの独立した防除試験をメタアナリシスによって統合評価した。

### III 結果

#### 1 高濃度二酸化炭素くん蒸処理のタマネギ黒かび病に対する効果の検証

各処理条件におけるタマネギ黒かび病菌に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理による静菌および殺菌効果を表 3 に示した。全ての処理条件で黒かび病菌に対する静菌効果が認められたが、殺

表2 各試験における高濃度二酸化炭素くん蒸処理中および貯蔵中の温湿度

年	ほ場	処理中の温度 (°C)		処理中の湿度 (%)		貯蔵中の温度 (°C)		貯蔵中の湿度 (%)	
		平均値	最低値-最高値	平均値	最低値-最高値	平均値	最低値-最高値	平均値	最低値-最高値
2018	A	25.3	23.2-28.3	- <sup>2)</sup>	-	26.9	17.8-35.8	-	-
2019	A	30.1	27.7-31.8	86.5	73-93				
2019	B	29.6	25.3-31.6	76.9	48-92	27.5	18.6-37.2	70.6	44-96
2020	B	27.9	26.0-30.1	90.0	54-95				
2020	C	31.5	29.0-34.1	81.4	55-87	27.7	19.6-36.6	74.1	39-99
2020	D	32.5	29.1-35.8	80.6	58-89				
2022	A	25.7	24.5-27.8	94.3	92-97	30.5	23.3-37.9	59.6	30-85

<sup>2)</sup> 未調査

表3 タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理による静菌および殺菌効果

高濃度二酸化炭素くん蒸処理条件 (静菌効果, 殺菌効果 <sup>2)</sup> )				
二酸化炭素 処理濃度 (%)	処理時間 (時間)			
	24	48	72	96
30	静菌	静菌	静菌	静菌
40	静菌	静菌	静菌	静菌
50	静菌	静菌	静菌	静菌
60	静菌	静菌	静菌	静菌
70	静菌	静菌	静菌	静菌
80	静菌	静菌	静菌	静菌
90	静菌	静菌	静菌	静菌

<sup>2)</sup> 効果が認められた場合“静菌”または“殺菌”と表記した

表4 高濃度二酸化炭素くん蒸処理がタマネギ黒かび病菌の病斑直径に及ぼす影響

試験	反復	処理区病斑直径 (mm)				p値 ( $<0.01$ )	無処理区病斑直径 (mm)			
		平均	最大	最小	SE <sup>2)</sup>		平均	最大	最小	SE
処理1日後接種	1	9.4	16.7	6.0	0.4	0.49	9.9	19.9	0	0.7
	2	12.5	18.6	6.8	0.5	0.14	13.7	19.8	7.0	0.6
	3	14.3	20.3	0	0.7	0.14	15.5	20.6	10.4	0.5
処理7日後接種	1	13.0	20.6	6.9	0.7	0.45	12.2	21.3	6.7	0.7
	2	12.5	19.0	7.3	0.6	0.14	13.7	21.9	7.8	0.5
	3	14.3	17.0	8.2	0.5	0.57	15.5	17.8	9.1	0.4

<sup>2)</sup> 標準誤差

菌効果は認められなかった。

高濃度二酸化炭素くん蒸処理終了から1日後、7日後に、および無処理のタマネギに黒かび病菌を接種した病斑直径の変化を表4に示した。高濃度二酸化炭素くん蒸処理終了から1日後における処理区の病斑直径平均値は、9.4mm、12.5mm、14.3mm、無処理区は、9.9mm、13.7mm、15.5mmであり、p値は0.14-0.49を示し有意差は認められなかった。7日後の処理区の病斑直径平均値は、13.0mm、12.5mm、14.3mm、無処理区は、12.2mm、13.7mm、15.5mmであり、p値は0.14-0.57を示し同じく有意差は認められず、抵抗性誘導は認められなかった。

## 2 ネギアザミウマ放飼がタマネギ黒かび病発病に及ぼす影響

ネギアザミウマ放飼がタマネギ黒かび病発病に及ぼす影響を調査した結果を表5に示した。放飼区の発病球率は90-100%、無放飼区の発病球率は0-10%となり、ネギアザミウマ放飼がタマネギ黒かび病発病に及ぼす影響は有意に高く認められた ( $p<0.01$ )。

## 3 タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の防除効果

各試験におけるタマネギ黒かび病の発病球率、腐敗球率および防除価を表6に示した。2018年に行ったほ場A試験、2019年に行ったほ場AおよびB試験、2020年に行ったほ場D試験および2022年に行ったほ場A試験では、無処理区の発病球率が50.3-100%、腐敗球率が23.3-47.7%の中〜多発生条件であった。また、防除価は43.8-

表5 ネギアザミウマ放飼がタマネギ黒かび病発病に及ぼす影響

試験	放飼区			p値 <sup>2)</sup>	無放飼区	
	発病球数/調査球数	発病球率 (%)			発病球数/調査球数	発病球率 (%)
1	6/6	100		0.002 <sup>**Y)</sup>	0/6	0
2	10/10	100		$<0.001$ *	0/10	0
3	9/10	90		0.001 *	1/10	10
4	9/10	90		$<0.001$ *	0/10	0

<sup>2)</sup>  $p<0.01$  <sup>Y)</sup> Fisherの正確確率検定により1%水準で有意差が認められた

表6 各試験におけるタマネギ黒かび病の発病球率、腐敗球率および防除価

試験	処理区						無処理区			防除価
	年	ほ場	調査球数	発病球率 (%)	p値 <sup>2)</sup>	腐敗球率 (%)	p値	調査球数	発病球率 (%)	
2018	A	100	45.0	<0.001 <sup>※Y)</sup>	18.0	0.003 <sup>*</sup>	100	76.0	38.0	52.6
2019	A	153	87.6	<0.001 <sup>*</sup>	22.9	<0.001 <sup>*</sup>	159	100	44.7	48.8
2019	B	153	64.1	<0.001 <sup>*</sup>	26.8	<0.001 <sup>*</sup>	153	87.6	47.7	43.8
2020	B	160	58.1	0.048	10.6	0.029	160	69.4	20.0	46.9
2020	C	164	100	1	89.0	0.463	165	100	91.5	2.7
2020	D	164	15.2	<0.001 <sup>*</sup>	5.5	<0.001 <sup>*</sup>	163	50.3	23.3	76.5
2022	A	150	36.0	<0.001 <sup>*</sup>	21.3	<0.001 <sup>*</sup>	150	64.0	45.3	52.9

<sup>2)</sup> p<0.01 <sup>Y)</sup> Fisherの正確確率検定により1%水準で有意差が認められた

試験	年	ほ場	腐敗球数/調査球数 (%)	
			処理区	無処理区
2018	A		18/100 (18.0)	38/100 (38.0)
2019	A		35/153 (22.9)	71/159 (44.7)
2019	B		41/153 (26.8)	73/153 (47.7)
2020	B		17/160 (10.6)	32/160 (20.0)
2020	C		146/164 (89.0)	151/165 (91.5)
2020	D		9/164 (5.5)	38/163 (23.3)
2022	A		32/150 (21.3)	68/150 (45.3)

統合結果 (ランダム効果モデル)

異質性:  $I^2=96\%$ ,  $p<0.0001$

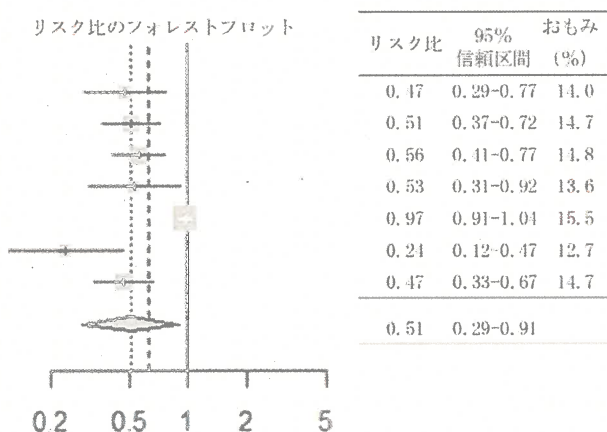


図2 高濃度二酸化炭素くん蒸処理を行った場合のタマネギ黒かび病による腐敗に対する抑制効果のメタアナリシスによる評価

76.5 であり、処理による防除効果は有意に認められた ( $p<0.01$ )。2020 年に行ったほ場 B 試験は、無処理区の発病球率が 69.4%、腐敗球率が 20.0%の多発生条件下での試験となり防除価は 46.9 であったが、高濃度二酸化炭素くん蒸処理区の発病球率および腐敗球率ともに無処理区との有意差が認められなかった ( $p=0.048, 0.029$ )。2020 年に行ったほ場 C 試験は、無処理区の発病球率が 100%、腐敗球率が 91.5%の甚発生条件下での試験となり防除価は 2.7 であり、処理による防除効果は認められなかった ( $p=1, 0.463$ )。上記 7 試験を池田 (2015) に準じてメタアナリシスによって統合評価した結果を図 2 に示した。統合した防除価 ( $(1-\text{リスク比}) \times 100$ ) は 49、リスク比の 95%信頼区間は 0.29-0.91 (防除価 9-71) と 1 を含まず防除効果は有意に認められた。

#### IV 考察

高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるタマネギ黒かび病菌に対する殺菌効果が確認できず、静菌効果のみが確認された。タマネギ黒かび病菌は、

傷口からのみ感染する (田中, 1991) ためタマネギ収穫時に生じた傷口が処理中に乾燥または癒合し、黒かび病菌が侵入しにくくなった可能性はあるが、表 2 に示したとおり処理中の湿度も高く、また処理時間も 24 時間と短いため大きな影響を与えているとは考えられない。

高濃度二酸化炭素くん蒸処理は、60%の二酸化炭素濃度の中に 24 時間静置する方法であるため、植物にとって高いストレス要因となる。高ストレス下に置かれた植物に抵抗性誘導が生じる現象は、佐藤 (2011) の熱ショックによる抵抗性誘導等の報告があるが、高濃度二酸化炭素くん蒸処理を行ったタマネギには抵抗性誘導の効果は認められなかった。接種源または接種部位等を変更すれば、無処理との有意差が出てくる可能性はあるが、黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の主たる効果であるとは考えられない。

黒かび病菌を噴霧接種したタマネギにネギアザミウマを放飼した結果、無放飼と比べて発病球率が高くなった。ネギアザミウマは、成虫・幼虫が口器を用いて葉の表皮を穿孔し、カスリ状の白斑つまり食害痕を形成する。1 雌あたり平均 73 個

産卵し、卵から20日で成虫になり、成虫の生存期間は21～47日と長期間加害する(梅谷ら, 1988)。また、タマネギ葉身部だけでなくりん茎部においても主要な寄生種である(中原ら, 2016)。本来、高濃度二酸化炭素くん蒸処理は貯穀害虫の防除を行ってきた臭化メチルの代替技術として開発され(中北・宮ノ下, 2003)、アザミウマ類に対し高い殺虫効果(関・村井, 2011, Seki・Murai, 2012a, b)を持つことが知られている。本研究では、収穫後のタマネギに高濃度二酸化炭素くん蒸処理を行うことでネギアザミウマが死滅し、貯蔵中に生じるタマネギりん片の食害が減少することで、黒かび病の発病が抑制されたと推察された。

タマネギ黒かび病対策として高濃度二酸化炭素くん蒸処理の有効性を4か年7試験にわたって調査したところ、このうち5試験で防除効果が有意に認められた。2019年に行ったほ場A試験および2020年に行ったほ場D試験では、殺菌剤散布との防除効果の比較を行っており、本処理は殺菌剤3回散布と同等ないしは優る効果を確認している(福間・近藤, 2020)。2020年ほ場Bは、他の試験と比較して無処理区の発病球率および腐敗球率が低かったため有意差が認められなかったと考えられる。防除価が2.7と高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるタマネギ黒かび病に対する防除効果が低かった2020年ほ場Cでは、ネギアザミウマによって葉身部に多数の食害痕が形

成されていた(図3)。横田・福田(2016)は、ネギアザミウマによる食害が、傷口から侵入する腐敗病などの腐敗症状を増加させる可能性について言及した。したがって、2020年ほ場Cの試験では生育期にタマネギ黒かび病菌の感染が既に成立しており、収穫後に行う高濃度二酸化炭素くん蒸処理の防除効果が低かったと考えられる。また、試験年によって発病球率および腐敗球率に多寡が生じているが、表2に示したとおり各試験における貯蔵時の温度および湿度は大差が無いため、ほ場環境の違いが影響していると考えられる。高濃度二酸化炭素くん蒸処理7試験をメタアナリシスによって統合評価した結果の防除価は49と高くないが、それは、メタアナリシスは多発生条件下の試験を重要視する傾向にあることが要因の1つと考えられた(川口, 2015)。また、7試験の95%信頼区間が重ならない事例があり、異質性が96%と高かった。95%信頼区間が重ならなかった2020年ほ場C試験を除いた6試験でメタアナリシスによって統合評価すると防除価が上昇し、95%信頼区間の範囲も短くなり、異質性も低くなった(結果省略)。したがって、高濃度二酸化炭素くん蒸処理による防除効果のばらつきの原因は、タマネギ生育期のネギアザミウマ発生密度によるものと考えられた。

以上のことから高濃度二酸化炭素くん蒸処理は、タマネギ黒かび病に対する薬剤散布以外の対



図3 2020年ほ場Cにおけるネギアザミウマによる食害痕

A) ほ場全体図 B) 株拡大図

策として有効であると考えられる。2025 年時点では、高濃度二酸化炭素くん蒸処理はタマネギに対する農薬登録が無い場合今後の適用拡大が期待される。また、ネギアザミウマがタマネギ生育期および貯蔵期に食害することで黒かび病の発病に大きな影響を与えていることが示唆された。島根県では、ネギアザミウマが増加するのはタマネギの生育後半にあたり、収量には影響がでないことから、本種を対象とした防除は行われてこなかった。今後は、ネギアザミウマの発消長を詳細に調査するとともに、タマネギほ場における殺虫剤によるネギアザミウマの防除が黒かび病発生に及ぼす影響を試験し、本種がタマネギ黒かび病多発要因の一要因となるかを明らかにする必要がある。

## V 摘要

タマネギ黒かび病に対する薬剤散布以外の対策を確立するために、高濃度二酸化炭素くん蒸処理による効果の検証および防除試験を行った結果、次のことが明らかになった。

1. タマネギ黒かび病菌に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理は、殺菌効果はなく静菌効果が認められた。
2. 高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるタマネギに対する抵抗性誘導は確認できなかった。
3. 黒かび病菌を接種したタマネギ収穫球にネギアザミウマを放飼すると、タマネギ黒かび病の発病球率が上昇した。
4. タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の防除効果は、7 試験中 5 試験で認められた。

## 引用文献

- El-Nagerabi, S. A. F and Ahmed, A. H. M (2003) Storability of Onion Bulbs Contaminated by *Aspergillus niger* Mold. *Phytoparasitica* 31 (5), 515-523.
- 福間貴寿・近藤亜美 (2020) タマネギ黒かび病に対する高濃度二酸化炭素くん蒸処理の防除効果. *日植病報* 86 (3), 206.
- Gill, H. K., Garg, H., Gill, A. K., Gillett-Kaufman, J. L. and Nault, B. A. (2015) Onion Thrips (Thysanoptera:Thripidae) biology, ecology, and management in onion production systems. *J. Integr. Pest Manag.* 6, 1-9.
- 池田健太郎 (2015) メタアナリシスで、もっと現場で使えるエビデンス. *EBC (Evidence-based Control) 研究会ワークショップ*, 7-11.
- 菅野英二 (2017) イチゴうどんこ病に対する高濃度炭酸ガスの処理効果. *北日本病虫研報* 68, 97-101.
- 川口 章 (2015) 圃場試験データの評価におけるメタアナリシスの活用. *土と微生物* 69, 3-6.
- 中原重仁・埴田陽介・箕浦和重 (2016) 中国産生鮮タマネギから発見される未成熟アザミウマの種構成. *植防研報* 52, 11-15.
- 中北 宏・宮ノ下明大 (2003) 貯穀害虫防除のイノベーション技術. *家屋害虫* 25, 13-26.
- 大畑貫一・荒木隆男・木曾 皓・工藤 晟・高橋廣治 (1995) 作物病原菌研究技法の基礎 - 分離・培養・接種 -. *日本植物防疫協会*, 15-16.
- 小山田浩一・村井保 (2014) 高濃度二酸化炭素くん蒸処理によるナミハダニ防除のイチゴ栽培における実用化について. *植物防疫* 68, 407-413.
- 佐藤達雄 (2011) 熱ショックによる野菜の病害抵抗性の誘導. *植物防疫* 65, 303-307.
- 関昌夫・村井保 (2011) ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) に対する高濃度炭酸ガスの殺虫効果. *応動昆* 55, 174-177.
- Seki, M. and Murai, T. (2012a) Responses of five adult thrips species (Thysanoptera:Tripididae) to high-carbon dioxide atmospheres at different temperatures. *Appl. Entomol. Zool.* 47, 125-128.
- Seki, M. and Murai, T. (2012b) Insecticidal effect of high carbon

dioxide atmospheres on thrips eggs

oviposited in plant tissue. Appl.

Entomol. Zool. 47, 433-436.

十河和博 (2005) 貯蔵タマネギの灰色腐敗病・

黒かび病防除. 四国植防研報40, 47-48.

田辺憲太郎 (2013) 殺菌剤の耐性菌発生リスク

評価. 農薬時代195, 18-21.

田中欽二 (1991) 黒かび病菌 (*Aspergillus*

*niger* van Tieghem) によるタマネギりん茎の

腐敗に関する研究. 佐賀大学農学部集報70,

1-54.

田代暢哉・田中欽二 (1997) カンキツおよびタ

マネギの黒かび病菌 (*Aspergillus niger*)

の薬剤感受性. 日植病報63 (3), 224.

梅谷献二・工藤 巖・宮崎昌久 (1988) 農作物

のアザミウマ: 分類から防除まで. 全国農村

教育協会, 283-292.

横田 啓・福田拓斗 (2016) 岩手県のタマネギ

春まき作型におけるネギアザミウマ被害実態

と有効薬剤. 北日本病虫研報67, 154-158.

## Summary

To establish non-chemical treatment measures against onion black mold disease caused by *Aspergillus niger* van Tieghem, we evaluated the effects of high concentration CO<sub>2</sub> fumigation and conducted disease control tests. Our results were as follows:

1. Although no fungicidal effect against the onion black mold pathogen was found, a fungistatic effect was observed after high concentration CO<sub>2</sub> fumigation.
2. Induced resistance was not confirmed in onions after high concentration CO<sub>2</sub> fumigation.
3. After releasing onion thrips onto harvested onion bulbs inoculated with the onion black mold pathogen, the incidence of onion black mold disease increased.
4. Control efficacy of high concentration CO<sub>2</sub> fumigation against onion black mold disease was confirmed in five of the seven trials we conducted.



# ボタンにおけるDNAマーカーの活用に関する 研究

持田耕平

Study on the Applications of DNA Markers in Tree Peony Cultivars

Kohei Mochida

## 目次

I 緒言	43	引用文献	70
第 1 章 ポタンの品種発達史と島根県における ポタン生産	44	Summary	73
第 1 節 ポタンの原種および品種発達と各品 種群の特徴	44	学会誌公表リスト	75
第 2 節 島根県におけるポタン栽培の現 状	47		
第 2 章 RAPD マーカーを用いた実用的な品種 識別法の確立	49		
第 1 節 RAPD 解析による品種識別	49		
第 2 節 開発した RAPD マーカーの実用性の 検討	56		
第 3 章 品種発達に関与する種間・亜属間雑種 識別マーカーの開発	57		
第 1 節 RAPD マーカーデータを用いた系統 解析	58		
第 2 節 品種群特異的 STS マーカーの 解析	62		
総合考察	67		
摘要	69		

## I 緒言

「立てば芍薬, 座れば牡丹」や「百花の王」とうたわれるボタンは, 花が大きく, 花型と花色のバリエーションが非常に豊富なことから, 富貴, 吉祥, 幸福のシンボルとして, 昔から親しまれている(劉, 2003). 観賞上利用されるボタン(Tree peony, *Paenonia suffruticosa* Andr.) は中国起源のボタン科(*Paenoniaceae*) ボタン属(*Paenonia*) の落葉性低木である. 中国では古来より根皮が漢方薬の材料として利用され, その後美しい花の観賞価値にも着目されるようになった. ボタンは薬用や観賞用として中国から世界に輸出され, 現在では30か国以上で栽培されている. 2000年近い栽培の歴史のなかで中国を中心に多数の品種が生まれ, 世界中に1500~2000品種が存在すると言われている(Cheng, 2007; Zhang ら, 2012; Zhao ら, 2019).

中国では唐の時代(618-906)にボタンの観賞が宮中から民衆に広がり, 長安(現在の陝西省西安)で盛んに栽培された. その後各地域で観賞用ボタンの栽培が盛んになり, 実生からの花の選抜も行われた. 10世紀から13世紀に育成された古い品種が現在も残っている. 中国名の牡丹の読みMudanが日本では「ぼたん」や「ほうたん」に, 西洋では「Moutan」と翻訳された(宮澤, 1940; Hosoki ら, 1997a; Cheng, 2007; 細木, 2016). 英名の「Tree Peony」はギリシャ神話の医薬を司る神Paeonまたは美しい妖精Paenoniaが由来とされる.

ボタンの日本への伝来は薬用と観賞用のどちらが先に導入されたかは定かではないが, 観賞用のボタンは平安時代(794-1192)には既に栽培されていたと考えられる(橋田, 1983). 観賞用ボタンの栽培は江戸時代には庶民に広がり, 明治・大正時代に生産が盛んになった(橋田, 1990). 戦後になると島根県の大根島(松江市八束町)が日本のボタン生産の中心になった(しまねの園芸研究, 2019).

日本への導入以降, 1000年を超えるボタン栽培の歴史のなかで観賞性に関する選抜が行われ, 花が巨大化し, 花卉数や花卉色の濃淡の多様性が

増加した. しかし, 時代による花容の大きな変化はなく, 江戸時代に育成された品種が現在でも一般的な品種として栽培されている. 選抜育種と交雑育種がボタン属において最も一般的な育種手法であり(Yang ら, 2020), 既存の品種をベースにした交配が繰り返されていることで目新しい新花の育成はほとんどない. そのようなボタン育種の状況において, 1880年代にそれまでのボタンとは花色が異なる黄色(*P. lutea*)や濃紫~暗赤色(*P. delavayi*)の2種類の原種が発見され, それらを交配材料に利用した種間交雑によりフランスやアメリカ合衆国で新品種が育成された. また1950年ごろにはシャクヤクを用いた亜属間交雑によりシャクヤクとボタンの雑種が育成された. これらの種間雑種, 亜属間雑種はそれまでにない画期的な新しい花色や花容を示すため人気が高い. ボタンの育種において, これまでに育成された品種の系譜が分かることで今後の育種の交配親選定や交配組み合わせ検討に利用でき, 育種の効率化が期待される.

一方, 日本のボタンの生産現場では産地間の交流による新規品種の導入や多数の育種家による新品種育成により, 形態的特徴あるいは名称が類似した品種が多く, しばしば品種の混同が起こる. 品種の混同や取り違えは産地の信頼に関わる大きな問題であるため, 品種管理が重要な課題となっている. 現在ではDNAを用いた解析が一般的であり, DNAマーカーを用いたボタン属の類縁関係の解析および品種や雑種の識別にはRandom Amplified Polymorphic DNA (RAPD) (Hosoki ら, 1997a), Simple Sequence Repeat (SSR) (Zhang ら, 2012), Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) (Suo ら, 2005) や Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) (Han ら, 2008; Hao ら, 2008) の有効性が報告されている(持田 ら, 2020). しかし, DNAマーカーを用いて多数のボタン品種を簡便にかつ網羅的に鑑定する手法は確立されていないことから, ボタンの品種管理に利用可能なDNAマーカーの開発が求められていた. また, ボタンの品種発達に関与した原種やシャクヤクとの交雑を識別するDNAマーカーができれば, 革新的な育種背景を裏付けることが

可能となり,さらには今後のボタン育種における有力なツールとなりうる。

本研究では, DNA マーカーを用いた品種管理の向上に向けた新しい品種鑑定方法の確立および品種発達の歴史を紐解く DNA マーカーの作成について取り組むことで,生産現場の抱える品種管理の課題や育種における問題点の解決を目指した。本論文の構成と各章の概要を以下に示す。

第 1 章ではボタンの品種発達の歴史と各品種群の特徴および栽培の現状について概説し,生産や育種における課題を提起した。

第 2 章ではボタンにおける DNA マーカーの利用を検討し,実用的な品種識別法を確立した。また,実際の利用現場における開発 DNA マーカーの実用性についても評価した(持田ら, 2020)。

第 3 章では DNA マーカーデータをもとに *P. lutea* や *P. delavayi* との種間雑種やシャクヤクとの亜属間雑種を識別する DNA マーカーの開発を行い,品種群の分類に適用した(Mochida ら, 2022)。

## 第 1 章

### ボタンの品種発達史と島根県におけるボタン生産

本章では様々な原種を利用して発達してきたボタンの品種発達の歴史と世界各国で生まれた品種群の特徴をとりまとめた。また,国内最大の生産地である島根県における生産の現状について概説し,生産や育種における課題を提起した。

#### 第 1 節 ボタンの原種および品種発達と各品種群の特徴

近年の分子遺伝学研究によると,日本や中国ボタンの園芸品種は今まで考えられていたような 1 原種由来ではなく数種の原種が関与して成立したと考えられている。この原種グループとは別に欧米ボタンの品種成立に関与した原種グループや,園芸化されていない原種などがある(Zhou ら, 2014)。ここでは本論文に関わる原種と,複数の原種が関与し複雑な品種群を構成しているボタンの品種発達史と各品種群の特徴について,形態的分類(細木, 2009)と分子分類(Cheng, 2007; Xue ら, 2021)に基づき整理した。

#### 1 原種の種類

ボタン属 (*Paeonia*) は分類学的に木本性のボタン (*Moutan* 節) と草本性のシャクヤク (*Onaepia* 節, *Paeon* 節) に大別される。シャクヤクの *Onaepia* 節は北アメリカに分布するグループで構成され, *Paeon* 節はヨーロッパを起源とする *P. officinalis* と中国を起源とする *P. lactiflora* Pall. を含むグループで構成される。ボタンとシャクヤクの最も大きな違いは,ボタンは冬芽が地上部の木質化した枝に形成されるのに対して,シャクヤクは冬芽が地下茎に形成されることである。ボタンはさらに 2 つの亜節: *Delavayanae* と *Vaginatae* で構成される (Stern, 1943; Cheng, 2007; Zhao, 2008; Xue ら, 2021)。ボタン原種



第1-1-1図 ボタン原種 (Xue ら, 2021)

の分類は,新たな原種が発見される度に議論されてきたが (Yang ら, 2020), 近年は DNA マーカーを用いた原種と品種間の系統関係の詳細な解析により,新たな分類が提案されている。最近では Xue らが原種の分類について以下のような 2 つの亜節に 9 種類の原種が存在すると報告している (Xue ら, 2021)。

##### *Delavayanae* 亜節

- *P. delavayi* Franch.
- *P. lutea* Delav. Ex Franch.
- *P. potaninii* Kom.
- *P. ludlowii* (Stern & G. Taylor)  
D. Y. Hong

##### *Vaginatae* 亜節

- *P. spontanea* Rehd.
- *P. qiui* Y. L. Pei et Hong
- *P. ostii* T. Hong et J. X. Zhang

- *P. rockii* (Haw et Lauener) Hong et Li  
subsp. *rockii*
- *P. decomposita* Hand. -Mazz.

これらの原種のなかで本研究に関連する原種は以下の2種類であり、それぞれの特徴を示す。

(1) *P. lutea* Delav. Ex Franch. または *P. delavayi* var. *lutea* (Franch.) Finet. & Gagnep.

花色が黄色で当年枝に複数の花が垂れて咲く。形態は *P. delavayi* に似ており、遺伝的にも非常に近い。かく下に8~12枚の総包がある点で *P. delavayi* と異なる。1883年にフランスの神父P. Delavayにより発見された。分布は雲南省、四川省南部、チベット南部である(第1-1-1図, 下段中央)。

(2) *P. delavayi* Franch.

花色は濃紫~暗赤色(栗色)で、当年枝に数輪の花が咲き、花首が垂れる。1884年にDelavay(前出)が中国雲南省で発見した。分布は同省の西北部、四川省南部およびチベット南東部の2300~3700mの山岳地で日当たりの良い傾斜地および草原である(第1-1-1図, 下段左)。

○*P. suffruticosa* Andr.

日本や中国ボタンの園芸品種の成立は、これまで *P. suffruticosa* の1原種由来と考えられてきたが、近年のDNAマーカーによる解析により、現在は *Vaginatae* 亜節の原種が複数関与してきたと考えるのが一般的である(Cheng, 2007; Zhou ら, 2014)。そのため本論文では、*P. suffruticosa* を原種ではなく栽培ボタンとして日本や中国の栽培品種全体を示す学名として用いた。

## 2 品種群とその特徴

ボタンの園芸品種は、形態の特徴や育成地の地理的な分類により4つのグループ; 中国品種群, 日本品種群, フランス品種群およびアメリカ品種群に大別される(劉, 2003; Wang ら, 2014)。これらの品種群の特徴を以下に概説する。

(1) 中国ボタン品種群

*P. suffruticosa* Andr.



第1-1-2図 中国ボタン品種「玉樓春」(左)と「綠樹環」(右)

中国では薬用として数千年の歴史があるが、5世紀に薬用のものから観賞用のボタンが育成されたと考えられる(Hosoki ら, 1997b)。中国ボタンの形態の特徴として一重咲きから万重咲きまであり、花弁数は多いものでは200枚以上になる(第1-1-2図)。花型は日本ボタンにはない盛り上がり咲きが中国ボタン独特の咲き方である。花色は現代では紅, 白, 桃, 黄, 紫, 藍, 緑, 黒と複色の9大色系がある。花弁数が多い盛り上がり咲きでは自重で花が垂れ下がる(Hosoki ら, 1991)。中国ボタンと原種との関係性について、葉緑体と核の遺伝子の分析により、中国ボタンの成立には *Vaginatae* 亜節の複数の原種が関与した可能性を示唆されている(Zhou ら, 2014)。中国ボタンは地理的分布からさらに4つのグループに分類される(Cheng, 2007)が、本論文では中国ボタンを一つの品種群として扱った。

(2) 日本ボタン品種群

*P. suffruticosa* Andr.

ボタンの日本への伝来は薬用として奈良時代または平安時代に導入されたと考えられるが定かではない。日本においてボタンは室町時代から桃山時代にかけて寺院や庭園に多く植えられ、これを描いた襖絵や屏風画が多く残されている(細木, 2009)。江戸期の生産は大阪府の池田市や兵庫県宝塚市が中心であったが、明治期になると新潟県の新潟市や五泉市で生産が盛んになった。戦後になると池田や宝塚の生産は連作障害などで衰退し、昭和40年ごろから島根県の大根島の生産量が日本一となった(細木, 2016)。

日本品種群と中国品種群は *P. suffruticosa* の種内変異を利用して成立したとされ、ルーツが同じであるにもかかわらず育成方針が異なることで品種群として分離したと考えられる。花弁数が多いことを重視する中国の育成方針に対して、日本では中国からのボタンの導入以降、大きな花

容、花の大きさ、横への広がりを重視した独自の育種方針で育成されてきた結果、上向きで花の直径が大きい品種群となった。そのなかで花の直径が 30~40 cm にもなる巨大輪の品種も育成された(劉, 2003 ; 第 1-1-3 図)。



第1-1-3図 大輪系日本ボタン品種‘天衣’ (左) と‘島大臣’ (右)

### (3) フランスボタン品種群

*P. lutea* × *P. suffruticosa*



第1-1-4図 フランスボタン品種‘金晃’ (左) と‘金帝’ (右)

20 世紀の前半にフランスの E. Lemoine や L. Henry により、*P. lutea* と中国ボタンや日本ボタンが交雑されてフランスボタンが作出された。いずれの品種も *P. lutea* の黄色色素カルコンを受け継いでおり、日本や中国ボタンにはない鮮やかな黄色を示す (Hosoki ら, 1991)。日本に導入された、‘Alice Harding’ は‘金晃’、‘L. Esperance’ は‘金帝’、‘Souvenir de Maxime Cornu’ は‘金閣’、‘Chromatella’ は‘金鴉’ と和名がつけられて普及した (第 1-1-4 図)。

### (4) アメリカボタン品種群

*P. lutea* または *P. delavayi* ) × *P. suffruticosa*



第1-1-5図 アメリカボタン品種‘ハイムーン’ (左) と‘チャイニーズドラゴン’ (右)

20 世紀中頃にアメリカ合衆国の A. P. Saunders (1869-1953) が暗赤色花の *P. delavayi* と日本ボタンを交雑してアメリカボタンの赤色系品種を作出した。また、Saunders は同時期に黄色花の *P. lutea* と日本ボタンを交雑して多くのアメリカボタンの黄色系品種を作出した。これらのほとんどの品種が *P. lutea* と *P. delavayi* からカルコンを受け継いでおり、日本や中国ボタンにはない鮮やかな黄色や黄色色素と混合したオレンジや栗色等のユニークな花色を呈す (Hosoki ら, 1991 ; 第 1-1-5 図)。

ボタン品種群は以上の 4 つの他に、品種群間のハイブリッドやシャクヤクとボタンの雑種グループがある。それらの特徴を以下に示す。

### (5) ダフニスハイブリッド

{ (*P. lutea* または *P. delavayi*) × *P. suffruticosa* } × *P. suffruticosa*



第1-1-6図 ダフニスハイブリッド‘黄冠’

Saunders の業績を引き継いだ N. Daphnis が育成した雑種品種群を示す。フランスやアメリカ品種はその希少な花色で人気があるが、花が小さく花首が垂れる欠点があった。そのため、Daphnis は花を上向きで保持する強い茎をもつ日本ボタンをアメリカボタンに戻し交雑するなどして、上向きで様々な花色をもつダフニスハイブリッドと呼ばれる雑種品種群を育成した (細木, 2009 ; Hao ら, 2013)。これらは花首が立ち、剛直で、フランスやアメリカ品種群の欠点を補う優れた形質を持つ。島根県の大根島で育成、2003 年に品種登録された‘黄冠’はアメリカボタン‘ハイムーン’に日本ボタンを交配したダフニスハイブリッドタイプの人気品種である (第 1-1-6 図)。

(6)伊藤ハイブリッド

*P. lactiflora* × (*P. lutea* × *P. suffruticosa*)



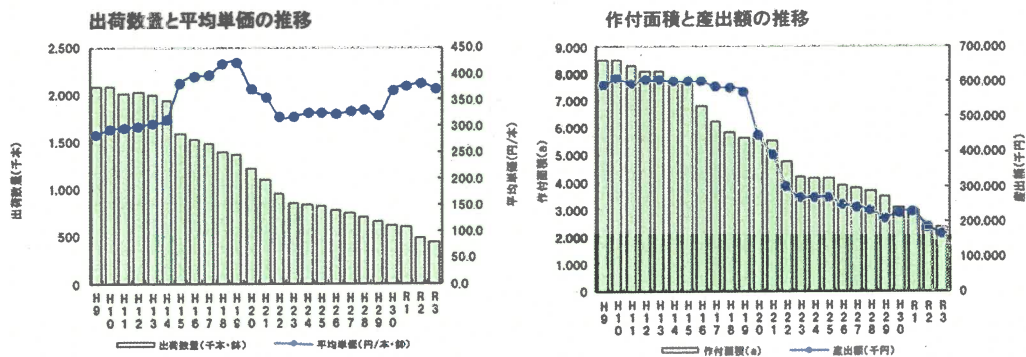
第1-1-7図 伊藤ハイブリッド‘オリエンタルゴールド’

東京都の植木屋伊藤東一（1895-1955）によって育成されたシャクヤクとボタンの亜属間雑種品種群であり、育成者に敬意を表してこの亜属間雑種を伊藤ハイブリッドと呼ぶ。1948年にシャクヤク‘花香殿’×フランスボタン‘金晃’の交

かったオレンジ色などの新たな花色が加わった（細木，2009）。フランスやアメリカボタンのような新たに発見された原種からの黄色色素導入やシャクヤクとの亜属間交雑は、ボタンの花色や品種の多様性を増大させ、目覚ましい品種発達を遂げた。本研究ではボタンにおける革新的な品種発達をもたらした原種との種間交雑やシャクヤクとの亜属間交雑に着目して品種発達との関連性について調査を行った。

第2節 島根県におけるボタン栽培の現状

日本におけるボタンの生産は江戸時代に現在の大阪府や兵庫県で始まり、その後、新潟県と島根県に主産地を移していった。歴史的な生産地である大阪府池田市や兵庫県宝塚市は戦後には連



第1-2-1図 島根県におけるボタン生産状況 (H9:1997～R3:2021)

(島根県農林水産部産地支援課，2022)

配で実生を得て、そこから10年の歳月を経て氏の没後1954年に開花したものをL. Smirnovがアメリカ合衆国に持ち帰り‘オリエンタルゴールド’として発表した。種子の得にくい遠縁交雑において*P. lutea*を橋渡し役にした同様の交配方法により複数の亜属間雑種品種が育成された。これらはいずれもシャクヤクとボタンの中間の開花時期であり、冬季には木本性のボタンと草本性のシャクヤクの中間的な性質を示し、地際部に芽をつける。これまで草本性のシャクヤクと木本性のボタンの雑種は種間雑種と表現されてきたが、近年、亜属間雑種と修正された (Zhouら，2020；Hong，2021) ため、本論文においても亜属間雑種として扱った。

欧米のボタンは20世紀半ばに黄色花の*P. lutea*や暗赤色花の*P. delavayi*に中国や日本品種が交雑されて成立し、それまでのボタンにはな

作障害などにより次第に衰退し、今ではボタンの商業生産はなくなった。本節では著者の出身地ならびに勤務地である島根県のボタン生産の現状を総括し、本論文に関わる課題を提起した。

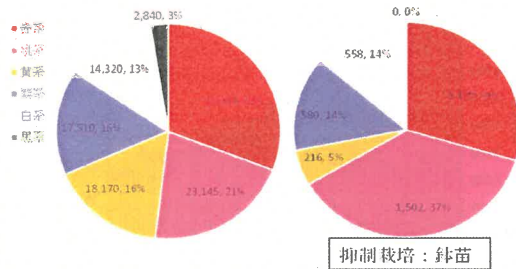
1 栽培状況 (具体的データ)

島根県の県花であるボタンは2021年(令和3年)の調査では、作付面積が約24haで、県主要花き品目のなかで70.5%の作付面積割合を占めていた。また、産出額は約1億6千万円であり、県主要花き品目のなかで33.7%の産出額割合であった(島根県令和3年産花き生産状況調査)。島根県のボタン苗出荷数量は1980年代前半に急増して横ばいとなった後、徐々に減少しているが、ピーク時には200万本以上の生産があった(鄭，1993)。2020年は年間約50万本のボタン苗の生産があり、その内訳は苗木が40万3千本、鉢物7万7千本、切り花2千本であった。ボタン

は県の主要花き品目であるものの、生産者の高齢化や後継者不足、円高や景気低迷により2003年(平成15年)以降急激に出荷数量が減少している。また近年は生産者の高齢化による作付けの減少と2019年(令和元年)からの新型コロナウイルス感染症の影響による販売機会の喪失により作付面積や出荷量が大幅に減少した(第1-2-1図)。

## 2 色別販売数量

日本でのボタン販売流通における花色の分類は概ね6系統であり、2021年産のボタン苗における色別の販売数量をみると、多い方から順に赤系、桃系、黄系、紫系、白系、黒系であった。鉢苗を冷蔵し、一年を通して開花させることが可能な抑制栽培では退色の少ない桃系が多くなり、黒系の取り扱いはなかった(第1-2-2図)。



第1-2-2図 2021年(令和3年)産色別ボタン苗委託販売数量  
(JAしまねくにびき地区本部八束支所, 2022)

## 3 品種

ボタンではかつては赤花や白花などの花色による販売が行われてきたが、最近ではインターネットなどによる詳細な園芸情報の取得により、品種名を指定した流通が主流である。2021年産の全体の流通量のうちボタン苗共販出荷における品種別の販売数量は赤系の‘新日月’を筆頭に黄系のダフニスハイブリッド‘黄冠’、紫系の‘島大臣’、黄系のアメリカボタン‘ハイヌーン’が続いた(第1-2-1表)。黄系を除き、いずれも日本ボタンに属す。各色系統で取り扱われている品種数は、桃系30品種、赤系20品種、白系19品種、紫系13品種、黒系7品種、黄系5品種であった(JAしまねくにびき地区本部八束支所)。

第1-2-1表 2021年(令和3年)産品種別ボタン苗販売数量上位10品種  
(JAしまねくにびき地区本部八束支所)

年次	本数(本)							
	アメリカ	カナダ	オランダ	イタリア	ドイツ	ロシア	台湾	計
2016	39,140	22,601	117,890	0	2,475	-	1,820	183,926
2017	28,650	22,500	136,380	640	2,805	-	1,200	192,175
2018	33,205	20,600	90,780	645	1,835	2,275	1,400	150,740
2019	22,600	14,733	83,335	3,320	2,950	0	1,520	128,458
2020	20,800	8,600	68,105	0	1,905	0	720	100,130
2021	20,425	9,800	55,080	0	460	500	600	86,865

※なし

## 4 海外への輸出

島根県で生産されるボタン苗は国内流通が主流であるが、海外への輸出も積極的に行っている。1955年(昭和30年代)頃から始まったボタン苗木の輸出は出荷量のおよそ30~40%を占め、最盛期である2004年(平成16年)には59万本の接ぎ木一年生苗がアメリカ合衆国、オランダ、ロシアや台湾へ輸出され、その品質や花容の多様性は評価も高い(私信)。海外への流通は現在も継続されており、2021年産は計約86,000本が輸出された(第1-2-2表)。

第1-2-2表 ボタン苗の海外輸出実績 (JAしまねくにびき地区本部八束支所)

品種	色系統	販売数量(本)
新日月	赤系	8,030
黄冠	黄系	7,880
島大臣	紫系	7,030
ハイヌーン	黄系	4,940
島の藤	紫系	4,230
八千代椿	桃系	3,850
島錦	赤系	3,800
大喜紅	赤系	3,690
五大州	白系	3,550
紫兎	紫系	2,550

## 5 育種

ボタンは毎年新品種が発表されて品種数は増加しており、日本に現存するボタン品種は500以上とされる。そのなかには国外で育成され、日本へ導入された中国、フランスやアメリカ品種が含まれる。日本で育成された品種のほとんどは、*P. suffruticosa*の同一種内の交雑で得られた実生からの選抜によって育成されており、‘黄冠’のような異種間の交雑品種は稀である。そこには種間交雑ではほとんど種子が得られないボタンの種間交雑の難しさが起因している。そのため一部の育種家を除き、限られた遺伝資源を用いて品種育成が行われてきたことで、種間雑種や亜属間雑種を除いて目新しい品種がないのが現状である。

## 6 品種整理を目的とした『牡丹名鑑』の発刊

数多あるボタン品種は生産者が各自で保有する母樹園のほか、植物園、公園、神社や寺院などの品種園で維持されているが、形態的特徴あるいは名称が類似した品種が多く、しばしば品種の混同が起こる。また、多数の品種を保有するボタン園などではラベルの脱落や破損により品種名が不明となった個体の鑑定に苦慮している。

このような状況を打開するべく松江大根島牡丹協議会を中心としたボタンプロジェクトは、ボタン品種の整理や保存・普及を目的に『牡丹名鑑』（松江大根島牡丹協議会、2015）を作成した。本名鑑中には日本ボタンおよび中国ボタン、フランスボタン、アメリカボタンやシャクヤクとボタンの交雑種などの各品種群から 353 品種が記載されており、これらの品種情報により形態的特徴に基づく品種管理が改善された。しかし形態的特徴が似た品種の識別や、流通段階における形態的特徴の差異が乏しい素掘り苗の品種識別など、品種識別が困難な事例があり、新たな品種識別方法の確立が求められてきた（持田ら、2020）。

以上のように、ボタンは中国を原産とする原種との遠縁交雑を利用して新しい品種群を形成し、発展してきた。世界各国で育成され、成立した品種群は現在では産地間の交流があり、日本においては各品種群が生産されている。このような状況のなか、生産現場では多数の品種が混在することで起こる品種の混同や類似品種の品種鑑定が課題であることが判明した。また、育種においては特徴ある売れる品種を育成するため、各品種群の類縁関係や系譜を把握した上で、種間雑種や亜属間雑種に由来する多様な新品種の育成を進める必要がある。

## 第2章

### RAPD マーカーを用いた実用的な品種識別法の確立

ボタンの生産現場における品種管理は、形態的特徴が詳細に示された『牡丹名鑑』（2015）により改善された。しかし、依然として形態的特徴だけでは品種識別が困難な事例があり、新たな品種識別方法の確立が求められていた。

そこで、本章ではボタン品種の識別方法を確立するため、第1節では『牡丹名鑑』掲載品種について DNA マーカーによる品種識別を試みた。また、第2節では開発した RAPD マーカーの実用性を検討した。

### 第1節 RAPD 解析による品種識別

ボタン品種における形態的特徴に頼らない新しい識別方法を確立するため、日本における現存品種の大半を網羅する『牡丹名鑑』掲載品種について RAPD 法を用いた品種識別を試みた。また、作成したマーカーの有効性を確認するため、本研究で得られた多型を用いて供試品種に含まれる枝変わり品種や類似品種の関係性を検証した。

### 材料および方法

#### 1 植物材料と DNA 抽出

植物材料として、『牡丹名鑑』に掲載されている 353 品種（第 2-1-1 表）を供試した。品種群の分類は『牡丹名鑑』や 1 章で述べた細木（2009）に従い、一部来歴の不明確な品種は来歴不詳とした。DNA 抽出には大根島で栽培され、『牡丹名鑑』作成時において、品種の特徴を記述する際の調査個体もしくは形態的特徴により品種確認され、各品種園に保存されている個体を用いた。DNA 抽出は、2011～2017 年に各品種の芽鱗片を取り除いた越冬芽を用いて行った。全 DNA を CTAB miniprep 法を改変した杉山（2004）の方法により抽出し、TE バッファー（10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH8.0）に溶解した。抽出した全 DNA について濃度を  $50 \text{ ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$  に調整後、 $-30^\circ\text{C}$  で保存しそれぞれ試験に供試した。

#### 2 RAPD マーカー解析

各品種の全 DNA をテンプレートとして RAPD マーカーによる品種識別を行った。PCR 反応には TaKaRa PCR Thermal cycler Dice TP600（タカラバイオ（株））を用い、最初に  $94^\circ\text{C}$  で 3 分の熱変性を行った後、 $94^\circ\text{C}$  で 45 秒の熱変性、 $42^\circ\text{C}$  で 1 分のアニーリングと  $72^\circ\text{C}$  で 1 分の伸長反応を 45 サイクル行った。反応を 10  $\mu\text{L}$  の系で行い、その組成は、10 mM Tris-HCl (pH8.3), 2.5 mM  $\text{MgCl}_2$ ,

50 ng DNA, 0.2 mM dNTPs, 0.5  $\mu$ M プライマーおよび 0.5 unit rTaq DNA ポリメラーゼ (東洋紡 (株)) とした。得られた増幅産物について, 0.25  $\mu$ g $\cdot$ mL<sup>-1</sup> のエチジウムブロマイドを添加した 2% アガロースゲルを用い, TAE バッファー中で 100 V, 30~45 分間の電気泳動を行った。泳動終了後, UV 照射下で増幅バンドを検出した。はじめに, 各品種群を含む 48 品種を供試し, 10 塩基のランダムプライマー 58 種類 (オペロンバイオテクノロジー (株), 現ユーロフィンジェノミクス (株)) を用いたプライマー選定を行った。バンドが不明瞭な一部のプライマーには 1~3 塩基を付加し, 計 178 種類のプライマーを用いて PCR を試行した。最終的に明瞭な増幅バンドが得られた 29 種類のプライマーに絞り込み, 分析に用いた (第 2-1-2 表)。RAPD バンドの再現性は解析を 2 回以上反復することで確認した。得られた多型により品種間の識別可否を判断した。

## 結果

### 1 RAPD 解析による『牡丹名鑑』掲載品種の品種識別

使用したランダムプライマー 178 種類のうち, 29 種類のプライマーからボタン品種間で多型を示す明瞭な増幅バンドが合計 48 本得られた (第 2-1-3 表)。これら 48 個の多型マーカーを用いて『牡丹名鑑』掲載の 353 品種を解析した結果, 得られた多型により, 枝変わり品種とその原品種間および 1 組 2 品種間を除くその他すべての品種の識別が可能であった。枝変わりと記載されている 8 組 18 品種, すなわち ‘太陽’ を原品種とする ‘島錦’, ‘皇嘉門’ を原品種とする ‘黒洋錦’, ‘島の藤’ を原品種とする ‘藤錦’, ‘花王’ を原品種とする ‘王華錦’, ‘島大臣’ を原品種とする ‘翠嵐’, ‘紫禁城’ と ‘越の舞姫’, ‘花競’ を原品種とする ‘瑞雲’, ‘御国の旗’ を原品種とする ‘御国の曙’ および ‘金閣’ を原品種とする ‘金鵝’ は, それぞれの枝変わり品種と原品種間において同一のバンドパターンを示した (第 2-1-1 図, 第 2-1-3 表)。後藤ら (1997) の方法に従い, ある品種が特定の品種と同じ DNA 型となる確率 (以下危険率と呼ぶ) を特定品種における各マーカーの出現頻度 (もしくは出現し

ない頻度) で算出した場合, 本試験で供試した枝変わり品種と原品種のうち最も高い危険率を示したのは ‘島大臣’ を原品種とする枝変わり品種グループであり, 危険率は  $1 \times 10^{-11}$  (1000 億分の 1) であった (第 2-1-3 表)。

本研究に供試した親子関係やきょうだい関係にある品種を含む日本ボタン品種およびその他の品種群の各品種の計 60 品種のバンドパターンを第 2-1-4 表に示した。多型が得られた品種間の多型バンド数は, ‘藤の香’ と ‘桜の輝’ 間 (第 2-1-4 表), ‘五節の舞’ と ‘花の帝’ 間, ‘磯の波’ と ‘桜鏡’ 間および ‘大正の誇’ と ‘錦獅子’ 間 (別表 1) で最も少なく, それぞれ 1 本であった。一方, 日本ボタンの ‘新菊牡丹’ とフランスボタンの ‘金陽’ 間 (第 2-1-4 表) で最も多い 33 本の多型バンドが得られた。多型の得られた品種間における多型バンド数の平均は 13.9 本であった。日本ボタン品種群で親子関係にある品種間では, ‘胡蝶の舞’ の実生 ‘N オーロラ’ は 48 個中 6 個のマーカーで, ‘花競’ の実生 ‘八束獅子’ は 4 個のマーカーで, また ‘シャントール’ の実生 ‘新世界’ と ‘ホワイトポラリス’ はそれぞれ 5, 10 個のマーカーで親品種と識別が可能であった。きょうだい関係にある ‘新世界’ と ‘ホワイトポラリス’ 間は 12 個のマーカーで識別が可能であった (第 2-1-4 表)。一方, きょうだい品種とされていた ‘花の里’ と ‘明日香’ は, バンドパターンに差がなく識別ができなかった (別表 1)。形態的特徴による識別が困難とされる品種間, すなわち ‘深輝門’ と ‘芳紀’ 間, ‘芳寿’ と ‘大華’ 間および ‘写楽’ と ‘貴城殿’ 間では, 48 個中それぞれ 12, 9 および 12 個のマーカーで識別が可能であった (第 2-1-4 表)。

各品種・品種群ごとのバンドパターンをみると, 日本ボタンや中国ボタンでは検出されず, フランスボタンとアメリカボタンに共通して検出されるマーカーが OPB18g\_1200 と OPC14c\_1100 の 2 個得られた (第 2-1-4 表)。この 2 個のマーカーは, ダフニスハイブリッドの ‘黄冠’ と ‘トリビュート’ や伊藤ハイブリッドの ‘オリエンタルゴールド’ (Punina, 2017) においても検出された。なお, ‘オリエンタルゴールド’ では, 48 個中 3 個のマーカーで, 他の品種と異なるバン

ドパターンが認められた。すなわち本品種のみで OPA08\_800 と OPA11\_500 が検出され、本品種以外で OPA11\_1500 が検出された (第 2-1-4 表)。

#### 考察

ボタン品種には、枝変わり品種と原品種の関係やきょうだい品種とされるもの、また品種間で形態的特徴が類似しているものが存在する。それらの多くは、品種育成年代が古い、あるいは育成記録がないことなどから真偽の検証が難しい。そこで本章ではそれらの品種間の関係性を検証可能な DNA マーカーの開発を行い、その開発したマーカーの正確性と再現性を確認した。

今回開発した 29 種類のプライマーにおける 48 個のマーカー解析では、8 組 18 品種の枝変わり品種とその原品種および 1 組 2 品種を除くすべての品種について 1~33 個のマーカーで識別が可能であった。一般的に識別に使用するプライマー数は少ないほど効率的であるが、マーカー数が少ない場合、異なる品種を同一のものと誤って識別する危険性が高くなる。後藤ら (1997) の方法で各品種の危険率を求めた結果、最も高い危険率は '芳紅' の  $6.2 \times 10^{-7}$  (約 160 万分の 1) であり (データ略)、本研究の 48 個のマーカーによる解析では、誤った識別結果となる可能性は非常に低いと考えられる。これらの結果から、本研究により開発された RAPD マーカーは現存するボタン品種の識別に幅広く有効であると考えられる。

14 個の RAPD マーカー (杉山, 2004) や SSR 解析 (Gao ら, 2013) で枝変わりの関係であると既に報告されている '島錦' とその原品種である '太陽' を用いて、48 個のマーカーによる品種識別を行った結果、2 品種間で同一のバンドパターンを示した。さらに原品種と花卉の色や形などにおいて明確な違いが認められているが、これまで DNA マーカー解析されていない 9 個の枝変わり品種について品種識別を行った結果、いずれの枝変わり品種においてもそれぞれの原品種と同一のバンドパターンを示した。RAPD マーカー解析でのバンドパターンに違いがないことと、いずれの組み合わせにおいても 2 品種間で形態的に明確な違いがあることから、今回新しく調査した 9 個の枝変わり品種はいずれの品種も原品種と枝変わりの関係にあることが確認された。一般

的に枝変わり品種は原品種のゲノム情報の一部の変異が起こるため、DNA マーカーの遺伝子座がその変異領域にない限り、枝変わり品種と原品種は同一のバンドパターンを示す。本研究においても枝変わり品種と原品種のバンドパターンが全く一致しており、本研究で開発した RAPD マーカーによる解析方法は、正確性および再現性が高いことが示された。一方、きょうだい品種とされていた '花の里' と '明日香' は、バンドパターンに差がなく形態的特徴による識別も困難なことから、異名同品種の可能性が示唆された。

*P. lutea* または *P. delavayi* を祖先に持つフランスボタン、アメリカボタン、ダフニスハイブリッドおよび亜属間雑種 'オリエンタルゴールド' に共通して検出される 2 個のマーカー (OPB18g\_1200, OPC14c\_1100) が得られた。この 2 個のマーカーは、*P. lutea* または *P. delavayi* と遺伝的関与のないとされる日本ボタンや中国ボタンで検出されないことから、日本ボタン品種群および中国ボタン品種群と *P. lutea* または *P. delavayi* を祖先に持つ品種群を明確に分類することが可能であった (第 2-1-4 表)。この 2 個のマーカーについては第 3 章で STS マーカーの作成に利用した。来歴が不詳である 'シルバーリバー' では *P. lutea* や *P. delavayi* 由来と推定される上述の特異マーカーが検出された。このことから本品種は *P. lutea* または *P. delavayi* の雑種後代の可能性が示唆された。

第2-1-1表 RAPD解析に用いたボタン353品種<sup>2</sup>

日本ボタン (309品種) <i>P. suffruticosa</i>
赤色系 (88品種)
‘朝陽’, ‘朝日港’, ‘アスリー’, ‘紅麒麟’, ‘紅小町’, ‘紅珊瑚’, ‘紅椿’, ‘美玉’, ‘美装’, ‘大神楽’, ‘大喜紅’, ‘大松山’, ‘富錦紅’, ‘牙城門’, ‘宜秋門’, ‘博愛’, ‘日暮’, ‘緋の司’, ‘緋扇’, ‘芳寿’, ‘芳紀’, ‘伯耆紅’, ‘芳紅’, ‘宝灯’, ‘百花撰’, ‘日向’, ‘今猩々’, ‘殷富門’, ‘出雲美人’, ‘日月錦’, ‘関西乙女の舞’, ‘花王’, ‘華王殿’, ‘金華殿’, ‘希世紅’, ‘幸華’, ‘見花殿’, ‘紅輝獅子’, ‘光彩’, ‘向陽’, ‘見羅殿’, ‘光山’, ‘舞華’, ‘満天紅’, ‘美濃’, ‘都錦’, ‘明紅の誉’, ‘浪花錦’, ‘錦獅子’, ‘錦の榊’, ‘日照’, ‘花魁’, ‘織姫’, ‘左大臣’, ‘彩霞’, ‘七宝殿’, ‘島娘’, ‘島の華’, ‘島の輝’, ‘島津紅’, ‘新菊牡丹’, ‘新鏡’, ‘新神楽’, ‘深輝門’, ‘新日月’, ‘新七福神’, ‘新島輝’, ‘祥花紅’, ‘昌運の華’, ‘昭陽殿’, ‘朱玉殿’, ‘淑婉’, ‘春光’, ‘春彩’, ‘新阿房宮’, ‘太平楽’, ‘大華’, ‘大正の光’, ‘太陽’, ‘宝船’, ‘帝冠’, ‘綴錦’, ‘山姥’, ‘淀の紅’, ‘楊貴妃’, ‘世々の誉’, ‘夕焼け空’, ‘瑞祥’
桃色系 (88品種)
‘明日香’, ‘明石獅子’, ‘明石鴉’, ‘曉の雪’, ‘安嘉門’, ‘有明’, ‘阿蘇の司’, ‘綾衣’, ‘千代の舞’, ‘長寿楽’, ‘大門桜’, ‘談天門’, ‘栄冠’, ‘絵の姿’, ‘富貴獅子’, ‘福寿殿’, ‘二上の夕映’, ‘月桂冠’, ‘五節の舞’, ‘御所桜’, ‘花恵比須’, ‘花心’, ‘花衣’, ‘花鏡’, ‘花の瞳’, ‘花の帝’, ‘花の里’, ‘花遊’, ‘花売り娘’, ‘平成桜’, ‘平和の春’, ‘卑弥呼’, ‘鳳王城’, ‘宝来紅’, ‘百花殿’, ‘海峰’, ‘花貴獅子’, ‘神姫’, ‘春日’, ‘春日野’, ‘霞ヶ関’, ‘桂獅子’, ‘花遊仙’, ‘傾国花’, ‘君の志’, ‘麒麟獅子’, ‘胡蝶の舞’, ‘越の舞姫(春の粧)’, ‘舞姫’, ‘桃山’, ‘向原’, ‘村松の誇’, ‘村松の桜’, ‘娘花桜’, ‘妙舞’, ‘Nオーロラ’, ‘西の海’, ‘錦島’, ‘踊り子’, ‘王妃’, ‘思の儘’, ‘佐保姫’, ‘桜御前’, ‘桜獅子’, ‘桜鏡’, ‘桜の輝’, ‘宣陽門’, ‘七福神’, ‘島美人’, ‘島根聖代’, ‘島の響’, ‘新世界’, ‘新桃園’, ‘獅子頭’, ‘春光寿’, ‘藻壁門’, ‘玉芙蓉’, ‘天衣’, ‘千鳥桜’, ‘鶴羽’, ‘薄化粧’, ‘八千代獅子’, ‘八千代椿’, ‘八重桜’, ‘八束獅子’, ‘八束の香’, ‘養神’, ‘吉野川’
白色系 (44品種)
‘貴婦人’, ‘大極殿’, ‘富士の峰’, ‘不老門’, ‘扶桑の司’, ‘二上’, ‘冬物語’, ‘冬の花火’, ‘玉天集’, ‘白香山’, ‘白鷗’, ‘白珠門’, ‘白雲格’, ‘白雲山’, ‘白翁殿’, ‘白王獅子’, ‘白楽殿’, ‘白神’, ‘比良の雪’, ‘飛翔’, ‘ホワイトボラリス’, ‘建春門’, ‘小町白’, ‘越の雪’, ‘御国の曙’, ‘御国の旗’, ‘明皇の宝’, ‘中村白’, ‘雪白山’, ‘島根白雁’, ‘島根連鶴’, ‘島根玉簾’, ‘新扶桑’, ‘新八束’, ‘白鷺’, ‘翔鶴’, ‘玉兎’, ‘天空’, ‘冬風華’, ‘渡世白’, ‘月世界’, ‘八十翁’, ‘雪燈籠’, ‘瑞星’
紫色系 (51品種)
‘右大臣’, ‘美福門’, ‘豊楽門’, ‘千歳藤’, ‘大紫殿’, ‘藤の香’, ‘藤染衣’, ‘不惜金’, ‘二上時雨’, ‘群芳殿’, ‘花大臣’, ‘春霞’, ‘平成の夢’, ‘平成紋り’, ‘豊麗’, ‘磯の波’, ‘鎌田藤’, ‘鎌田錦’, ‘貴城殿’, ‘紫式部’, ‘中村藤’, ‘南部の里’, ‘新鴻紫雲殿’, ‘大藤錦’, ‘大紫’, ‘パープルエリナ’, ‘麟鳳’, ‘彩雲’, ‘紫苑’, ‘紫城殿’, ‘紫禁城’, ‘紫晃’, ‘紫紅殿’, ‘島大臣’, ‘島根紫雲殿’, ‘島の藤’, ‘島の司’, ‘新鎌田’, ‘新国色’, ‘紫王殿’, ‘紫仙’, ‘昭和の夢’, ‘春興殿’, ‘島根長寿楽’, ‘染井殿’, ‘写楽’, ‘大正の誇’, ‘常磐津’, ‘八雲’, ‘社’, ‘夜鳥’
黒色系 (15品種)
‘古里’, ‘不夜城’, ‘初鳥’, ‘烏ヶ仙’, ‘皇嘉門’, ‘黒光の司’, ‘黒鳥’, ‘黒芳殿’, ‘黒龍錦’, ‘崑崙獅子’, ‘黒の司’, ‘綾綺門’, ‘深夜星’, ‘墨流し’, ‘墨の一’
絞り系 (6品種)
‘王華錦’, ‘藤錦’, ‘黒洋錦’, ‘島錦’, ‘翠嵐’, ‘瑞雲’
寒牡丹 (17品種)
‘寒紅錦’, ‘冬の嘉門’, ‘玄輝門’, ‘白峰’, ‘初日’, ‘初霜錦’, ‘龐飛羽’, ‘豊明’, ‘出雲の誇’, ‘寒桜獅子’, ‘錦王’, ‘群鳥’, ‘流れ星’, ‘二季の華’, ‘珊瑚界’, ‘太秋’, ‘戸川寒’
中国ボタン (16品種) <i>P. suffruticosa</i>
‘縁結び’, ‘玉楼春’, ‘緋王’, ‘寿老’, ‘架け橋’, ‘倚緑’, ‘まりも’, ‘緑胡蝶’, ‘仙鶴白’, ‘雪連’, ‘紫上’, ‘芝上楼’, ‘心紅’, ‘首案紅’, ‘桃源郷’, ‘豆緑’
フランスボタン (5品種) <i>P. lutea</i> × <i>P. suffruticosa</i>
‘金閣’, ‘金晃’, ‘金雉’, ‘金帝’, ‘金陽’
アメリカボタン (17品種) ( <i>P. lutea</i> または <i>P. delavayi</i> ) × <i>P. suffruticosa</i>
‘カナリーイエロー’, ‘バンクエット’, ‘ブラックパンサー’, ‘ブラックパイレーツ’, ‘チャイニーズドラゴン’, ‘ゴールデンアイズ’, ‘ゴールデンボール’, ‘ハイヌーン’, ‘ライトパープルバンクエット’, ‘マーチオネス’, ‘ミステリー’, ‘リージェント’, ‘リナウン’, ‘スプリングカーニバル’, ‘サンシャイン’, ‘サンダーボルト’, ‘ベズビアン’
ダフニスハイブリッド (2品種) { ( <i>P. lutea</i> または <i>P. delavayi</i> ) × <i>P. suffruticosa</i> } × <i>P. suffruticosa</i>
‘黄冠’, ‘トリビューツ’
伊藤ハイブリッド <sup>3</sup> (1品種) <i>P. lactiflora</i> × ( <i>P. lutea</i> × <i>P. suffruticosa</i> )
‘オリエンタルゴールド’
来歴不詳 (3品種)
‘シャントール’, ‘パープルヌーン’, ‘シルバーリバー’

<sup>2</sup>品種分類は松江大根島牡丹協議会 (2015) および細木 (2009) に従った<sup>3</sup>シャクヤク×ボタン (Puninaら, 2017)

第2-1-2表 RAPD解析に用いたプライマーの塩基配列

プライマー	配列 (5' -3' )
OPA03g	AGTCAGCCACG
OPA07a	GAAACGGGTGA
OPA08	GTGACGTAGG
OPA11	CAATCGCCGT
OPA16	AGCCAGCGAA
OPA19	CAAACGTCGG
OPB01g	GTTTCGCTCCG
OPB11c	GTAGACCCGTC
OPB18a	CCACAGCAGTA
OPB18g	CCACAGCAGTG
OPC06cg	GAACGGACTCCG
OPC06cga	GAACGGACTCCGA
OPC06cgg	GAACGGACTCCGG
OPC09	CTCACCGTCC
OPC13a	AAGCCTCGTCA
OPC14c	TGCGTGCTTGC
OPF14	TGCTGCAGGT
OPN08tt	ACCTCAGCTCTT
OPN11tt	TCGCCGCAAATT
OPN15g	CAGCGACTGTG
OPN15ga	CAGCGACTGTGA
OPN17	CATTGGGGAG
OPN19ag	GTCCGTA CTGAG
OPN19at	GTCCGTA CTGAT
OPO03	CTGTTGCTAC
OPO03g	CTGTTGCTACG
OPO03c	CTGTTGCTACC
OPO03t	CTGTTGCTACT
OPO04	AAGTCCGCTC

第2-1-3表 RAPDマーカーによる枝変わり品種と原品種のDNAタイピング

マーカー <sup>z</sup>	各品種におけるバンドパターン												マーカーの出現頻度 <sup>x</sup>							
	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	原品種 枝変わり	出現する	出現しない						
	太陽	島錦	皇嘉門	黒洋錦	島の藤	藤錦	花王	王華錦	島大臣	翠嵐	紫禁城	越の舞姫	花競	瑞雲	御国の旗	御国の曙	金閑	金鶴		
OPA03g_670	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.884	0.116
OPA07a_690	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.853	0.147
OPA08_800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.414	0.586
OPA08_760	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0.524	0.476
OPA08_460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.997	0.003
OPA11_1500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.552	0.448
OPA11_700	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0.133	0.867
OPA11_500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.997
OPA11_450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.026	0.974
OPA16_800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.450	0.550
OPA19_550	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0.762	0.238
OPB01g_1500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.003	0.997
OPB01g_310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.023	0.977
OPB11c_580	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.728	0.272
OPB11c_390	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.564	0.436
OPB18a_580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.057	0.943
OPB18a_320	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0.453	0.547
OPB18g_1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.080	0.920
OPB18g_440	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.793	0.207
OPB18g_400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.122	0.878
OPC06cg_800	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.734	0.266
OPC06cg_600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.070	0.930
OPC06cga_650	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.643	0.357
OPC06cgg_730	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0.564	0.436
OPC09_800	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0.592	0.408
OPC09_430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008	0.992
OPC09_410	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.997	0.003
OPC13a_730	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.960	0.040
OPC13a_700	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.737	0.263
OPC14c_1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.080	0.920
OPC14c_880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.020	0.980
OPC14c_660	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.490	0.510
OPF14_1000	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.666	0.334
OPN08tt_710	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.756	0.244
OPN11tt_760	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.739	0.261
OPN15g_600	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.878	0.122
OPN15g_420	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0.612	0.388
OPN15ga_730	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.878	0.122
OPN17_1200	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.439	0.561
OPN17_660	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.983	0.017
OPN19ag_560	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.524	0.476
OPN19af_680	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.507	0.493
OPN19at_490	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.422	0.578
OPO03_900	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.830	0.170
OPO03g_1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.929	0.071
OPO03c_600	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.592	0.408
OPO03t_890	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.975	0.025
OPO04_820	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0.258	0.742

危険率<sup>w</sup> 9×10<sup>-12</sup> 3×10<sup>-12</sup> 4×10<sup>-13</sup> 1×10<sup>-14</sup> 1×10<sup>-11</sup> 2×10<sup>-11</sup> 3×10<sup>-12</sup> 3×10<sup>-24</sup>

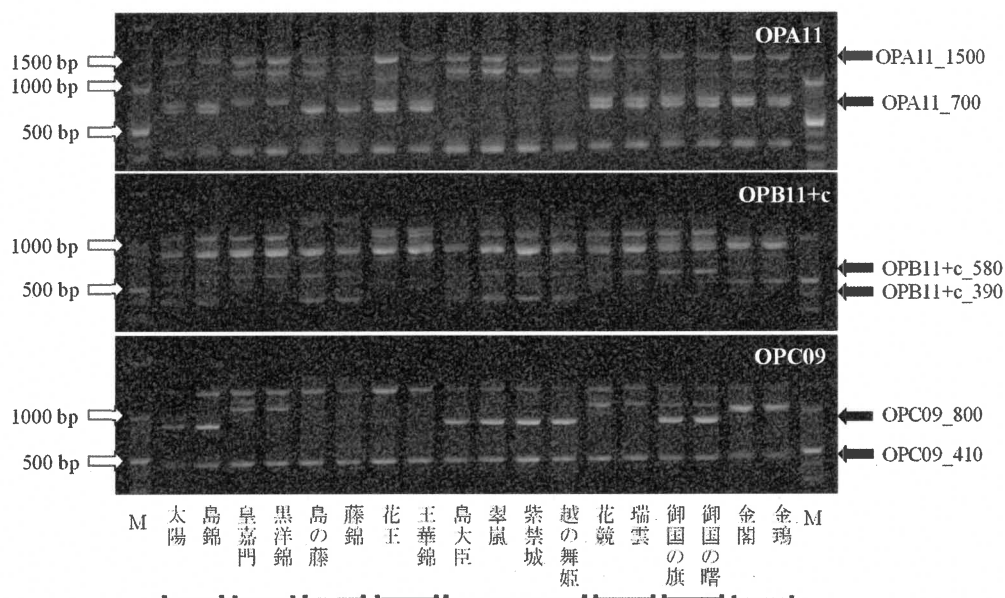
<sup>z</sup>プライマー名に付加した数字は目的バンドの推定サイズ (bp) を示す

<sup>y</sup>0がバンド無し, 1がバンド有りを示す

<sup>x</sup>353品種を供試した際の出現頻度

<sup>w</sup>任意の品種と同じDNA型となる確率: 各品種においてマーカーごとのバンドの出現する(1)頻度, もしくは出現しない(0)頻度を掛け合わせて求めた





第2-1-1図 枝変わり品種および原品種における3種類のプライマーを用いたPCR産物の電気泳動結果  
M: サイズマーカー, 黒矢印はマーカー名を示す, 品種名下部のバーは枝変わり品種と原品種の関係であることを示す, 各写真右上の英数字はプライマーを示す

## 第2節 開発した RAPD マーカーの実用性の検討

第1節では『牡丹名鑑』掲載品種を識別, 判別が可能となる48個のRAPDマーカーを開発した。また, すべてのマーカーを用いた場合, 間違った鑑定結果になる確率は非常に低いことが示唆された。しかし, 『牡丹名鑑』に記載されていない品種は多数あり, 実際の現場における品種の識別は, それらを含めた膨大な品種数のなかから特定の品種を識別する必要がある。そこで, 開発したRAPDマーカーを用いて, 実際のボタン園における品種鑑定を行いマーカーの実用性について検討した。

### 材料および方法

島根県内Aボタン園(出雲市)に植栽されたボタンを用いて品種鑑定を行った。植物材料として, 導入時のラベル記載品種名が明確な35個体と導入後に品種名が不明確になった個体, すなわち導入時のラベル記載品種名がわからなくなり, 形態的特徴や植栽位置などにに基づき推定された品種名が新たにラベルに記されている43個体の計78個体を用いた。これらの材料について, 第2章第1節と同様の方法で分析を行った。分

析結果について第2章第1節のRAPDマーカー解析で得られた各品種のバンドパターンと比較し, 品種照合した。

### 結果

Aボタン園の品種のうち導入時のラベル記載品種名が明確なもの35個体について, RAPDマーカーに基づく品種の推定を行った結果, 91.4%にあたる32個体で, RAPDマーカーにより推定される品種名とラベルの品種名とが一致した(第2-2-1表)。残りの3個体(8.6%)はRAPDマーカーにより推定される品種名とラベルの品種名とが異なった。このうち‘日月錦’と記載された1個体は3個のマーカーで‘日月錦’と異なり, ‘新日月’と同一パターンを示した。一方, 導入後に品種名が不明確となり形態的特徴などにより推定された品種名が新たにラベルに記されている43個体については29個体(67.4%)でマーカーにより推定される品種名とラベルの品種名とが一致した。残りの14個体は推定される品種名とラベルの記載品種とが異なった。

### 考察

本研究で調査したAボタン園では、導入時の品種名がしっかりと把握されている個体と、ラベルの脱落や破損により、導入時の品種名が不明となり、推定により品種名がラベルに記された個体が存在する。本研究では、開発したRAPDマーカーの実用性の検証を目的に、Aボタン園の2種類のボタン個体群、すなわち導入時のラベル記載品種名が明確な個体と導入後に品種名が不明確になり、推定により品種名がラベルに記された個体を用いて、品種鑑定を行った。その結果、導入時の品種名が明確な個体の91.4%において、マーカーのバンドパターンから推定される品種名とラベルに記載された品種名が一致した。このことから本研究で開発したRAPDマーカーを用いれば、高い精度で品種の特定を行うことができることが示された。マーカーにより推定される品種名とラベルの記載品種名が一致しなかった3個体(8.6%)について、1個体は‘新日月’を‘日月錦’とした誤りであり、類似した品種名に起因するものと考えられた。残りの2個体はマーカーによるバンドパターンがラベルの品種だけでなく、調査したいずれの品種とも一致しなかった。この2品種はRAPDマーカー開発に供試した品種以外の品種であった可能性がある。供試個体の9割以上で品種特定が可能であったことから、開発したRAPDマーカーの実用性は高いと考えられる。

一方、品種名が不明確となり形態的特徴などにより推定された品種名が新たにラベルに記されている個体の32.6%において、ラベルの記載品種名がRAPDマーカー解析により推定される品種名と異なった。上述で示したように、RAPDマーカーの品種識別の精度が非常に高いことからラベル記載の品種名ではなく、RAPDマーカーで推定される品種名が正しい可能性が高いと考えられる。

開発した新しい品種識別方法は、実際の生産場面でも活用されている。松江市の大根島で毎年開催されるボタン切り花品評会において、出品された品種名と実際の品種名が異なる(誤品種)が疑われる出品試料についてRAPDマーカーによる品種鑑定を行った。2018年度には誤品種の疑いのあった8個体を鑑定し、5個体の正しい品種名を

特定した。また、品種不明の3個体の品種を特定した。2019年度には1個体の品種名の誤りを特定した(データ未掲載)。また、切り花品評会では、育成された新品種の品評会も同時に行っており、新品種賞を受賞した品種は、RAPDマーカーの遺伝子情報を得るとともに既存品種との違いを確認している。

永年性作物であるボタンの全国各地の品種園では、長期間に及ぶ展示栽培により、品種ラベルの劣化や欠落が起こりやすい。そのため品種名が不明確になった個体について、形態的特徴や植栽場所などをもとに品種名が推定され、ラベルに記入されることがある。開花期以外に形態的特徴の差異が乏しいボタンでは、このような状況では誤った品種名がラベルに記される危険性が伴う。形態的特徴や植栽場所などだけに基づく品種の推定は誤る可能性が高いため、品種の推定をする場合は、今回開発したRAPDマーカーを用いて確認をする必要がある。

以上のことから、本章で開発したRAPDマーカーを用いたボタンの品種識別方法は、『牡丹名鑑』掲載品種についてだけでなく、世界中に存在する品種や今後育成される品種についても鑑定が可能であり、ボタンの品種管理に有用であると考えられる。

第2-2-1表 Aボタン園のボタン個体を用いたRAPDマーカーの品種識別能力の検証

材料	供試 個体数	RAPD解析による推定品種名と ラベル記載品種名との一致率	
		一致 (%)	不一致 (%)
導入時の記載品種名が明確な個体	35	32 (91.4)	3 (8.6)
導入後に改めて品種名の 推定を行った個体*	43	29 (67.4)	14 (32.6)

\*導入時のラベル記載品種名がわからなくなり、形態的特徴や植栽位置などに基づき推定された品種名がラベルに記載されている個体

## 第3章

### 品種発達に関与する

#### 種間・亜属間雑種識別マーカーの開発

第1章で述べたように、ボタンは大きく4つの品種群に大別され、そのほかにも品種群間の雑種や亜属間の雑種などいくつかの雑種グループが存在する。それらが混在している状況下において、各品種の系統関係や育成の過程を明らかにすることが、今後の育種における方向性や交配親選定のためにも重要である。そこで、本章では第2

章で作成した RAPD マーカーを用いて、第 1 節ではボタン品種群のクラスター解析を行った。第 2 節では得られたクラスターに特異的に認められるバンドについて STS マーカー化を行い、*Paeonia* 属原種と各品種群におけるバンドの保有を解析することによりボタン品種の発達史の背景との関係性を検討した。

### 第 1 節 RAPD データを用いた系統解析

ボタン各品種群の遺伝的な距離や関係性を明らかにするため第 2 章で開発した 48 個の RAPD マーカーを用いて、原種、シャクヤクやボタン各品種群の系統樹を作成し、それらの遺伝的な距離や系統関係の評価を行った。

#### 材料および方法

##### 1 植物材料と DNA 抽出

植物材料は第 2 章で用いた品種に加えて、ボタン属の 2 つの原種 (*P. lutea* および *P. delavayi*)、シャクヤク 4 品種、シャクヤクとボタンの亜属間雑種 13 品種を富山中央植物園 (富山県富山市)、しまね花の郷 (島根県出雲市) と島根大学生物資源科学部植物育種研究室のボタン遺伝資源コレクションから新たに採取した (第 3-1-1 表)。第 2 章と同じ品種はその DNA サンプルを用い、新たに追加した品種からは改めて DNA を抽出した。DNA 抽出は、2 種類の原種からは新葉を用いて Kobayashi ら (1998) の方法で行い、シャクヤクおよび亜属間雑種品種からは越冬芽を用いて第 2 章と同様に改変 CTAB 法で行った。

##### 2 RAPD マーカーを用いたクラスター解析

第 2 章で開発した 48 個の RAPD マーカーを用いて、2 種類の原種の他にシャクヤク、シャクヤクとボタンの亜属間雑種、日本ボタン、中国ボタン、アメリカボタンとフランスボタンを含む 56 品種系統の系統関係の分析を行った。第 2 章の品種データに新たに加えた品種のデータを追加して解析した。多型を示したバンドの有無に基づく 1-0 データマトリックスを作成し、各品種間の平方ユークリッド距離を算出後、統計解析プログラム Black-Box

<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BlackBox/BlackBox.html>

により、ウォード法でクラスター分析し、系統樹を作成した。

#### 結果

##### 1 RAPD データを用いたクラスター解析

RAPD 分析で得られたバンドパターンを基に系統樹を作成した (第 3-1-1 図)。48 個の RAPD マーカーを用いて新しく追加した原種、亜属間雑種やシャクヤクを含む、2 組の枝変わり品種間を除くすべての品種の識別が可能であった。2 組の枝変わり品種間 ‘金閣’ を原品種とする ‘金鷲’、‘オリエンタルゴールド’ を原品種とする ‘オリエンタルホワイト’ は、それぞれの枝変わり品種と原品種間において同一のバンドパターンを示した。系統樹は大きく 2 つのクラスターに分類された。クラスター I は日本ボタンと中国ボタンの属する *P. suffruticosa* の品種で構成された。クラスター II には原種、フランスボタン、アメリカボタン、シャクヤクとボタンの亜属間雑種とシャクヤクが含まれた。アメリカボタンと日本ボタンの雑種であるダフニスハイブリッドもクラスター II に分類された。

#### 考察

新しく追加した原種、亜属間雑種やシャクヤクを含めて、開発した RAPD マーカーによって枝変わりは枝変わりとしてすべての品種の識別ができ、この RAPD マーカーがボタン属の識別に有効であることが示された。日本ボタンと中国ボタンが同じクラスター I に分類され、2 つの品種群は他の品種群よりも遺伝的に近いことが示唆された。*P. suffruticosa* に属する日本ボタンと中国ボタンが原種 *P. lutea* や *P. delavayi* を含むそのほかのボタン品種群と遺伝的に遠縁であることは、浜田ら (1989) の行った形態的特徴による分類や細木ら (1997a) や Zhang ら (2012) が行った遺伝的な分類の結果と一致している。

*P. lutea* や *P. delavayi* は日本ボタンおよび中国ボタン品種群の発達には関与していないとされており (Hao ら, 2013)、DNA マーカーを用いた分析においても *P. suffruticosa* の栽培品

種は *P. lutea* や *P. delavayi* と異なる *Vaginatae* 亜節の複数の原種が関与して成立していると考えられる (Zhou ら, 2014) . このことから、クラスター解析による *P. suffruticosa* に属す日本ボタンや中国ボタン品種群のクラスター I とクラスター II が類別されたことは、関わった原種の違いを明確に表しているものと思われる. 品種群の成立の過程を見ると、フランス、アメリカボタン品種群やダフニスハイブリッドは中国ボタンとの交雑または日本ボタンとの交雑および戻し交雑により育成されているため、*P. suffruticosa* の血を 50~87.5% 含む. これらのフランスやアメリカ品種群はいずれも *P. lutea* または *P. delavayi* が関与しており、遺伝的に近縁であるため *P. suffruticosa* に属す日本ボタンや中国ボタン品種群のクラスターと異なるクラスターを形成したと考えられた.

一方で、遺伝的に遠縁な関係であると考えられるシャクヤクやシャクヤクとボタンの亜属間雑種がフランスやアメリカの品種群と同一のクラスター II に分類され、シャクヤクや亜属間雑種については本来の遺伝的距離を正確に示したものではないと考えられた. これは今回開発した RAPD マーカーがボタン品種の品種識別に特化したものであり、ボタン品種間で多型が得られるプライマーを選定し、多型バンドをマーカーとして選抜する一方で、ボタン品種またはシャクヤク品種に共通のバンド等をマーカーとして選抜しなかったことが原因と考えられた. 本研究においては品種識別マーカーとしては選抜しなかった、ボタンやシャクヤクそれぞれに共通のバンドや品種群特異的なバンドをマーカーとして採用することで、より詳細な遺伝距離の解析や系統解析を行うことが可能であると考えられる.

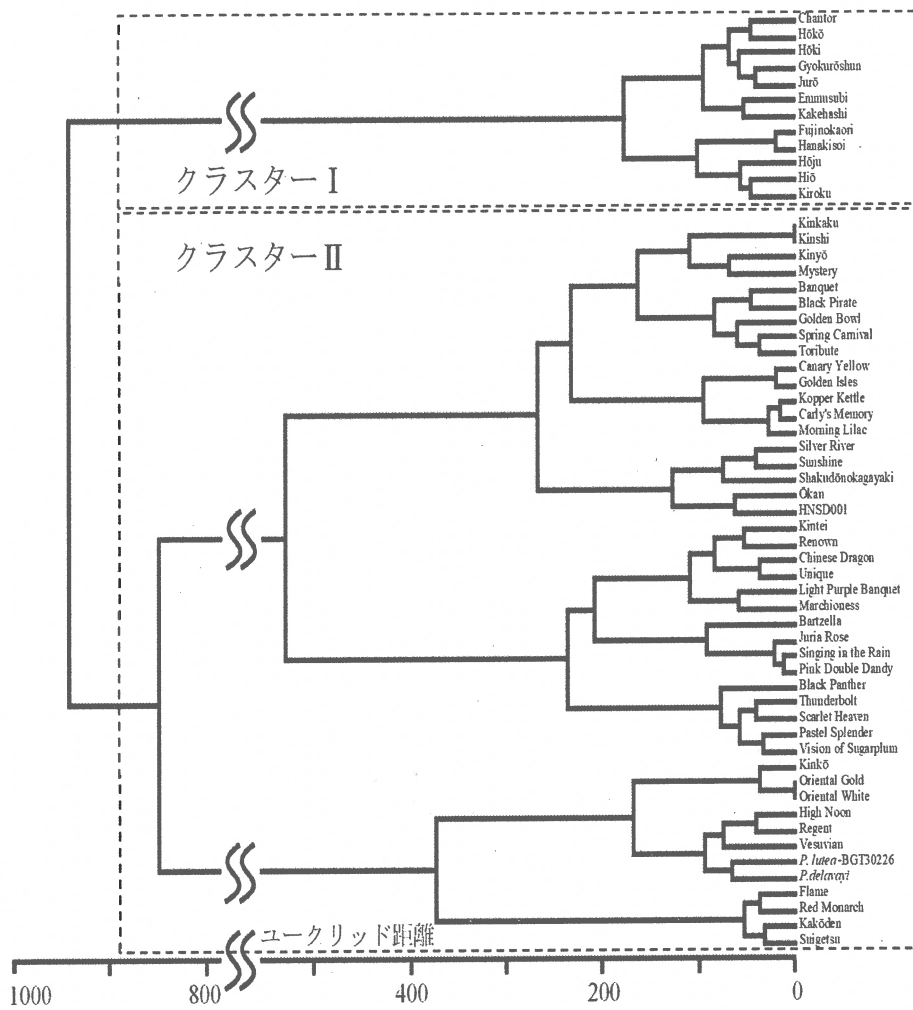
第3-1-1表 クラスタ分析に用いたボタン属原種および品種

供試材料	種・品種群 <sup>z</sup>
Chantor(シャントール)	日本
Fujinokaori(藤の香)	日本
Hanakisoi(花競)	日本
Hōju(芳寿)	日本
Hōki(芳紀)	日本
Hōkō(芳紅)	日本
Emmusubi(縁結び)	中国
Gyokurōshun(玉楼春)	中国
Hiō(緋王)	中国
Jurō(寿老)	中国
Kakehashi(架け橋)	中国
Kiroku(倚緑)	中国
Kinkaku(金閣)	フランス
Kinkō(金晃)	フランス
Kinshi(金鴉)	フランス
Kintei(金帝)	フランス
Kinyō(金陽)	フランス
Banquet(バンクエット)	アメリカ
Black Panther(ブラックパンサー)	アメリカ
Black Pirate(ブラックパイレーツ)	アメリカ
Canary Yellow(カナリーイエロー)	アメリカ
Chinese Dragon(チャイニーズドラゴン)	アメリカ
Golden Bowl(ゴールデンボール)	アメリカ
Golden Isles(ゴールデンアイズ)	アメリカ
High Noon(ハイヌーン)	アメリカ
Light Purple Banquet(ライトパープルバンケット)	アメリカ
Marchioness(マーチオネス)	アメリカ
Mystery(ミステリー)	アメリカ
Regent(リージェント)	アメリカ
Renown(リナウン)	アメリカ
Silver River(シルバーリバー)	アメリカ
Spring Carnival(スプリングカーニバル)	アメリカ
Sunshine(サンシャイン)	アメリカ
Thunderbolt(サンダーボルト)	アメリカ
Vesuvian(ベズビアン)	アメリカ
Ōkan(黄冠)	ダフニスハイブリッド <sup>y</sup>
Toribute(トリビュート)	ダフニスハイブリッド
Shakudōnokagayaki(赤銅の輝)	ダフニスハイブリッド
HNSD001(Lutea Hybrid)	ダフニスハイブリッド
Oriental Gold(オリエンタルゴールド)	伊藤ハイブリッド <sup>x</sup>
Oriental White(オリエンタルホワイト)	伊藤ハイブリッド
Kopper Kettle(コッパケトル)	伊藤ハイブリッド
Carly's Memory(カーリーズメモリー)	伊藤ハイブリッド
Morning Lilac(モーニングライラック)	伊藤ハイブリッド
Unique(ユニーク)	伊藤ハイブリッド
Bartzella(バートゼラ)	伊藤ハイブリッド
Juria Rose(ジュリアローズ)	伊藤ハイブリッド
Singing in the Rain(シンギングインザレイン)	伊藤ハイブリッド
Pink Double Dandy(ピンクダブルダンディ)	伊藤ハイブリッド
Scarlet Heaven(スカーレットヘブン)	伊藤ハイブリッド
Pastel Splendor(パステルスプレンドー)	伊藤ハイブリッド
Vision of Sugarplum(ビジョンオブシュガープラム)	伊藤ハイブリッド
Flame(フレイム)	シャクヤク
Kakōden(花香殿)	シャクヤク
Red Monarch(レッドモナーク)	シャクヤク
Suigetsu(酔月)	シャクヤク
<i>P. lutea</i> (BGT30226)	<i>P. lutea</i>
<i>P. delavayi</i>	<i>P. delavayi</i>

<sup>z</sup> 品種分類は松江大根島牡丹協議会 (2015) および細木 (2009) に従った

<sup>y</sup> { (*P. lutea* or *P. delavayi*) × *P. suffruticosa* } × *P. suffruticosa*

<sup>x</sup> *P. lactiflora* × (*P. lutea* × *P. suffruticosa*)



第3-1-1図 ボタン属試料における48RAPDマーカーのクラスタ分析結果

## 第2節 品種群特異的 STS マーカーの解析

第1節のクラスター分析では日本ボタンおよび中国ボタン品種群が属す *P. suffruticosa* の品種群とシャクヤクや原種, フランス, アメリカ品種群, およびそれらの交雑後代や亜属間雑種を含むクラスターとに大別された. この類別は品種群の成立に関わった原種の違い, 特に *P. lutea* や *P. delavayi* との関係性が大きく影響したと考えられた. また, 第2章における RAPD マーカーによるボタン属品種の解析では, アメリカおよびフランス品種群やシャクヤクとボタンの亜属間雑種に特異的にバンドが認められるマーカーを見出した. 同時にシャクヤクとボタンの交雑品種である‘オリエンタルゴールド’に特異的に認められるマーカーも見出した. そこで, これらのバンドを用いて成立過程の異なる品種群を分類する DNA マーカーの開発を行った.

### 材料および方法

#### 1 品種群特異的な RAPD バンドを用いた STS プライマーの作成

第2章の RAPD 分析において, 品種群特異的であった RAPD マーカー OPC14c\_1100, および OPA11\_1500 を用いて STS プライマーを作成した. RAPD マーカー OPC14c\_1100 はフランス, アメリカボタン品種群, ダフニスハイブリッドと‘オリエンタルゴールド’に特異的にバンドが検出され, OPA11\_1500 はほぼすべてのボタン品種で 1500bp のバンドが検出されたが, シャクヤクとボタンの亜属間雑種である‘オリエンタルゴールド’に特異的にバンドが検出されなかった. RAPD マーカー OPA11\_1500 は, バンドが検出された日本ボタンのバンドの塩基配列情報を基に STS プライマー作成を試みた. フランスとアメリカ品種群特異的な RAPD バンド OPC14c\_1100 および品種(‘オリエンタルゴールド’)特異的な RAPD バンド OPA11\_1500 を, それぞれアガロースゲルから切り出し, LaboPass Gel (北海道システム・サイエンス株式会社)を用いて精製した. その後, それらを Mighty cloning kit (TaKaRa) によってクローニングした. インサートが確認できた大腸菌から Xprep Plasmid DNA Mini Kit (PhileKorea, Inc.) を用いて Plasmid DNA を精製した. DNA シ

ーケンスは北海道システム・サイエンス株式会社 (<http://www.hssnet.co.jp>) に外注により行った. 得られた塩基配列情報を基に Primer3 Plus (<http://primer3plus.com/>) を利用し STS プライマー LuDeB および HPB を設計した (第 3-2-1 表). *P. lutea* と *P. delavayi* の特異的バンドを検出する LuDeB (Lutea Delavayi Band) マーカー, 並びにシャクヤクのバンドを検出する HPB (Herbaceous Peony Band) マーカーとして開発した. また, 得られた塩基配列は National Center of Biotechnology Information (NCBI ; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) の BLAST による相同性検索を行った.

## 2 STS マーカー分析

作成した 2 種類の STS プライマーを用いて, 2 原種と 78 品種について分析を行った. PCR は 0.25 unit の TaKaRa Ex Taq polymerase (タカラバイオ (株)) を用い, 50 ng のゲノミック DNA, 1× Ex Taq Buffer, 2 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 μM dNTPs および 1 pmoles の各プライマーを含む計 10μl の反応系で行った. PCR 反応には TaKaRa PCR Thermal cycler Dice TP600 (タカラバイオ (株)) を用い, 最初に 94°C で 3 分の熱変性を行った後, 94°C で 1 分の熱変性, 61°C で 1 分のアニーリングと 72°C で 2 分の伸長反応を 35 サイクル行った. その後最終伸長を 72°C で 4 分行った. 得られた増幅産物は, 2%アガロースゲルに 0.25μg・mL<sup>-1</sup> のエチジウムブロマイドを添加し, TAE バッファー中で 100 V, 50 分間 (LuDeB) または 35 分間 (HPB) の電気泳動を行った. 泳動終了後, UV 照射下で増幅バンドを検出した.

## 結果

### 1 品種特異的 DNA マーカーの解析

STS プライマー LuDeB を用いて PCR を行った結果, *P. lutea*, *P. delavayi* に加えてフランス, アメリカ品種および *P. lutea* や *P. delavayi* の交雑品種で想定された 263bp 付近に明瞭なバンドが検出された (第 3-2-1 図). 一方, 日本ボタン, 中国ボタンやシャクヤクでは 263bp 付近にバンドは検出されなかった (第 3-2-2 表, 第 3-2-1 図). LuDeB マーカーにおけるバンドの有無は,

RAPD マーカーOPC14c\_1100 の分析結果と一致した。

STS プライマーHPBを用いてPCRを行った結果、原種、フランスボタン、アメリカボタン、ダフニスハイブリッド、日本ボタンと中国ボタンで想定された 502bp に明瞭なバンドが検出された。一方、シャクヤク 4 品種および亜属間雑種 13 品種では日本ボタン品種で想定されたバンドサイズより 100bp 程度短い 395bp に明瞭なバンドが検出された(第3-2-2表, 第3-2-1図)。HPB マーカーにおける 502bp のバンドの有無は、RAPD マーカーOPA11\_1500 の分析結果と一致した。

供試したすべての原種および品種は LuDeB マーカーのバンドの有無で 2 つのグループに、HPB で得られるバンドサイズで 2 つのグループに分類でき、計 4 つのグループに分類された(第3-2-2表)。すべてのシャクヤクとボタンの亜属間雑種は LuDeB が (+) 型であり、HPB では 395bp のバンドが検出された。供試したすべての原種およびフランス品種、アメリカ品種とダフニスハイブリッドは LuDeB が (+) 型であり、HPB では 502bp のバンドが検出された。供試したすべてのシャクヤク品種は LuDeB が (-) 型であり、HPB では 395bp のバンドが検出された。供試したすべての日本ボタンと中国ボタンは LuDeB が (-) 型であり、HPB では 502bp のバンドが検出された。

## 2 相同性検索結果

STS プライマーLuDeB を作成する基となった RAPD マーカーOPC14c\_1100 のバンドの塩基配列を NCBI データベースで相同性検索した結果、相同性の高い配列は検出されなかった。一方、STS プライマーHPB を作成する基となった RAPD マーカーOPA11\_1500 のバンドの塩基配列は、ボタンの葉緑体 DNA (*P. suffruticosa* chloroplast MH793271) と高い相同性 (98%; 860/874) を示した。

### 考察

*P. lutea* や *P. delavayi* は交配親として用いられ、ボタンにおける黄色花品種の育成やオレンジ色や栗色等ユニークな花色の品種育成に貢献している。LuDeB マーカーは原種である *P. lutea* と *P. delavayi* とそれらの後代であるフランス、

アメリカ品種や *P. lutea* や *P. delavayi* を祖先に持つダフニスハイブリッドでバンドが検出された。このバンドはシャクヤクを種子親とし、フランスボタン品種‘金晃’を花粉親とする亜属間雑種‘オリエンタルゴールド’でも検出された。LuDeB マーカーのバンドは *P. lutea*, *P. delavayi* やその交雑後代で特異的に検出され、*P. lutea* と *P. delavayi* が品種の発達に関与していないとされる日本ボタンと中国ボタン (Hao ら, 2013) では検出されないことから、LuDeB マーカーは原種である *P. lutea* と *P. delavayi* の遺伝子導入を判別可能であると考えられた。そのため、本研究で開発した LuDeB マーカーは、黄色色素を持った品種の品種発達において *P. lutea* と *P. delavayi* の遺伝的関与を判別するマーカーであるといえる。

ボタンとシャクヤクの亜属間雑種は、花が美しいことに加えて、病害抵抗性や成長能力が高いことや、開花時期がシャクヤクに近くボタンと異なること、適応性が高いことや花数が豊富であるといったシャクヤクとボタンの特徴を併せもっているため利用価値が高い (Ma ら, 2012; Yang ら, 2020; Sun ら, 2021)。シャクヤク葉緑体 DNA の塩基配列情報 (*P. lactiflora* chloroplast MK860971) と HPB のプライマーの配列から HPB プライマーによってシャクヤク葉緑体 DNA で増幅される想定バンドサイズは 395bp であった。HPB プライマーで得られる 2 つのバンド (502bp および 395bp) は、いずれも葉緑体 DNA と高い相同性を有していた。ボタンとシャクヤクの葉緑体 DNA の配列情報から、HPB プライマーで得られるサイズの異なる 2 つのバンドは同じ領域のものであり、シャクヤクにはその領域に 107bp の欠失があることが分かった。その結果 502bp のバンドはボタンに特異的に認められるボタン型の葉緑体 DNA を示し、395bp のバンドはシャクヤクに特異的に認められるシャクヤク型の葉緑体 DNA を示すと考えられた。この HPB プライマーで得られる 2 種類のバンドは葉緑体 DNA 由来のため母性遺伝する (Kobayashi ら, 2013) ことから、HPB マーカーは亜属間雑種において種子親の推定にも利用可能であると考えられる。

LuDeB マーカーのバンドの有無により原種の *P. lutea*, *P. delavayi* とフランス, アメリカ品種およびその交雑後代が一つのグループに, シャクヤク, 日本ボタンと中国ボタンがもう一つのグループに大別された。LuDeB マーカーのバンドの有無によって分類された 2 つのグループは, HPB マーカーで得られるバンドサイズによりさらに 2 つに分かれ, 最終的に 4 つのグループに分類された。HPB マーカーでは, シャクヤクおよびシキヤクとボタンの亜属間雑種のグループと, *P. lutea*, *P. delavayi* やシキヤクが品種群の成立に関わっていないボタン品種のグループに分類された。

これらのことから LuDeB マーカーは, ボタン品種における *P. lutea* および *P. delavayi* との遺伝的関係を証明するマーカーであり, HPB マーカーはシキヤクとボタンの亜属間交雑の遺伝的関係を判定するマーカーであることが示された。また, 2 つのマーカーを用いた分析により, 品種群の成立に関わった原種や種ごとに 4 つのグループに分類されることが明らかとなった。

第3-2-1表 本研究で開発したSTSプライマーの塩基配列

プライマー	配列 (5' - 3')		サイズ(bp)
	Forward	Reverse	
LuDeB	GATCGATTGCGTGCTTGCA	CCCTCTCCAACGCATCCTC	263
HPB	TACGCACTTTCGTGAGGGTG	TCTCTTCAAGGAGGCAGCG	502 または 395

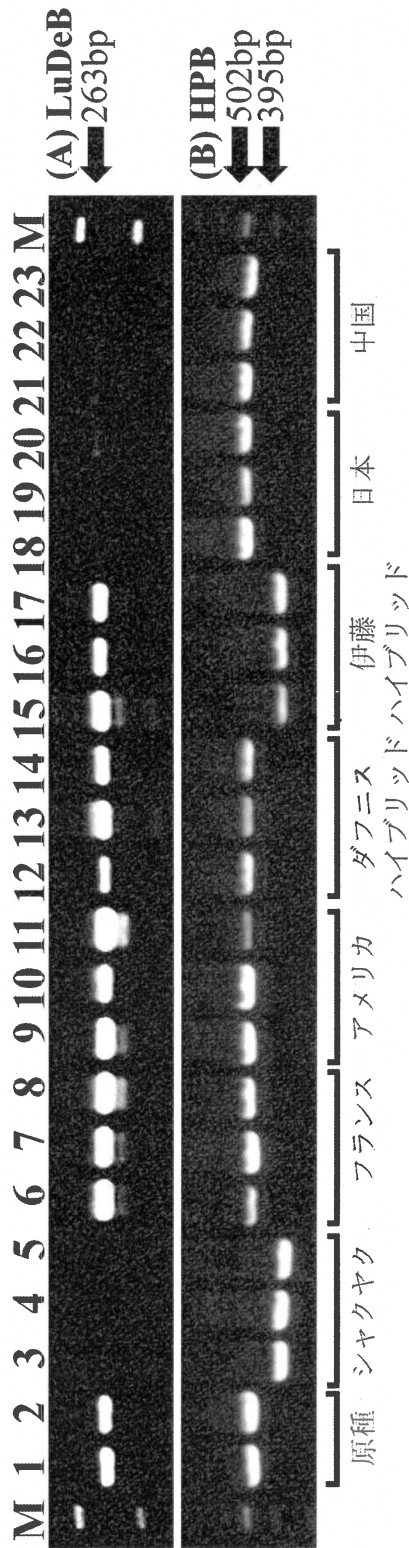
第3-2-2表 ボタン属原種および品種における本研究で開発したDNAマーカーのバンドパターン

LuDeB 263bp (+)		LuDeB 263bp (-)	
品種数	品種群 <sup>2)</sup> および種・品種名	品種数	品種群 <sup>2)</sup> および種・品種名
13	<p>○伊藤ハイブリッド(13)<sup>3)</sup>  <u><i>P. lactiflora</i> × (<i>P. lutea</i> × <i>P. suffruticosa</i>)</u>                      パートゼラ・カリーヌズメモリー・ジュリアロード・コッパークゲトル・                      モーニングライラック・オリエンタルゴールド・オリエンタルホワイト・                      パステルズブレンダー・ピンクダブルダンディ・スカレットヘブン・                      シンギングインザレイン・ユニック・ビジョンオブシュガープラム</p>	4	<p>○シヤクヤク(4); <i>P. lactiflora</i>                      フレーム・花香殿・レッドモナーク・酔月</p>
29	<p>○原種(2); <i>P. lutea</i>-BGT30226-<i>P. delavayi</i>                      ○フランス(5); <i>P. lutea</i> × <i>P. suffruticosa</i>                      金閣・金晃・金鸚・金帝・金陽</p> <p>○アメリカ(18); (<i>P. lutea</i> or <i>P. delavayi</i>) × <i>P. suffruticosa</i>                      バンクエット・ブラックパンサー・ブラックパイルート・                      カナリー・イエロー・チャイニーズドラゴン・ゴールデン                      ボウル・ゴールデンアイリス・ハイスーン・ライトパープル                      バンケット・マーチオネス・ミステリー・リージェント・                      リナウン・シルバリーパー・スプリングカーニバル・                      サンシャイン・サンダーボルト・ベズビアン</p>	34	<p>○日本(18); <i>P. suffruticosa</i>                      シヤントール・藤の香・花競・芳寿・                      芳紀・芳紅・貴城殿・胡蝶の舞・                      Nオーロラ・パープルヌーン・                      秘の輝・写染・新菊牡丹・深輝門・                      新世界・大華・ホワイトポラリス・                      八束獅子</p> <p>○中国(16); <i>P. suffruticosa</i>                      縁結び・玉楼春・緋王・寿老・架け橋・                      倚緑・まりも・緑胡蝶・仙鶴白・雪連・                      紫上・芝上楼・心紅・首案紅・桃源郷・                      豆緑</p>
HPB 395bp (-) 502bp (+)	<p>○ダフニスハイブリッド(4)                      ; (<i>P. lutea</i> or <i>P. delavayi</i>) × <i>P. suffruticosa</i> } × <i>P. suffruticosa</i>                      黄冠・トリビュート・赤銅の輝・HNSD001<sup>4)</sup></p>		

<sup>2)</sup> 品種群の分類は主に細木 (2009)に従った

<sup>3)</sup> 括弧内の数字は各品種群における品種(原種)数を示す

<sup>4)</sup> ハイスーン(アメリカ品種) × '島大臣'(日本品種)



第3-2-1図 開発したSTSプライマー：(A) LuDeB, (B) HPBにおけるPCR産物の電気泳動結果

M: サイズマーカー, 1: *P. lutea*, 2: *P. delavayi*, 3: 花香殿, 4: フレーム, 5: 酔月, 6: 金閑, 7: 金晃, 8: 金帝, 9: ハイヌーン,  
 10: ベズビアン, 11: ミステリー, 12: 黄冠, 13: トリビュート, 14: 赤銅の輝, 15: オリエンタルゴールド, 16: パートゼラ,  
 17: コッパケトル, 18: 花競, 19: 芳寿, 20: 貴城殿, 21: 玉楼春, 22: 緋玉, 23: 寿老; 矢印は推定されるバンドサイズを示す

### 総合考察

本研究では、ボタンの生産現場の抱える品種管理の課題や育種における問題点の解決を目指し、DNAマーカーを用いた品種管理の向上に向けた新しい品種鑑定方法の確立および品種発達の歴史を紐解くDNAマーカーの作成について取り組んだ。各研究項目や課題に関する総合的な考察を以下に述べる。

#### 1 本研究の成果

本研究では、『牡丹名鑑』掲載の353品種を用いてRAPD分析を行い、品種間で多型を示す48個のRAPDマーカーを開発した。これらのマーカーを用いた品種識別方法は高い正確性と再現性を示し、また、誤った判定となる可能性が低く、さらに遺伝的關係が近い親子品種やきょうだい品種の識別が可能であったことから、形態的特徴による鑑定と合わせて、より確実な品種鑑定の可能とし、生産現場の品種管理が向上した。

また、フランス、アメリカ品種群およびそれらとの交雑により得られた雑種グループや亜属間雑種品種群それぞれに特異的なRAPDマーカーを用いて、*P. lutea*と*P. delavayi*の遺伝的關係を検出するLuDeBマーカー、およびボタンまたはシャクヤク型の葉緑体DNAを判別するHPBマーカーを開発した。2つのDNAマーカーLuDeB、HPBはボタンの品種発達史における新しい形質を導入するために重要な役割を果たした、種間交雑や亜属間交雑を判定するマーカーであり、分析結果は品種発達の歴史を裏付ける貴重なデータとなった。

#### 2 RAPDマーカーによる品種識別

本研究で開発したRAPDマーカーを用いた品種識別方法は『牡丹名鑑』掲載の353品種の識別が可能であった。また、この品種識別方法は、実際のボタン園や切り花品評会において高い実用性を示した。

これまでボタン品種の形態的な特徴など大部分の情報は生産者が保有するものしかなかったが、『牡丹名鑑』の発刊により情報の共有が図れるようになった。形態的特徴によるボタンの品種鑑定は花容による鑑定が主要となるが、開花時期

が限られるため開花時の写真や蕾の状態または開花後の株を見て鑑定することが多く、正確な品種の判定は非常に難しい。一方、DNA情報を用いた品種鑑定は栽培条件、採取部位や時期などによる違いがなく、いつでも鑑定が可能である。またRAPD解析は高額な分析機器を必要とせず、小さな実験室レベルでも実施できるため、実際の利用を考えた場合において、より実用的である。形態的特徴の情報に、RAPD解析により得られたDNA情報を加えることで、より確実な鑑定が可能になり、品種管理を行ううえで重要な手段になると考えられる。

#### 3 ボタンの品種発達史の裏付け

ボタンの原種*P. lutea*または*P. delavayi*はフランス品種やアメリカ品種の育成に利用され、黄色色素を合成する遺伝子の導入など遺伝的に関与している。また、ダフニスハイブリッドやシャクヤクとボタンの亜属間雑種も、*P. lutea*または*P. delavayi*が関係して育成されている。本研究では*P. lutea*または*P. delavayi*の遺伝的関与を判別するLuDeBマーカーおよび保有する葉緑体がボタン型かシャクヤク型かを判別するHPBマーカーを確立した。

ボタンの品種発達において、原種からの黄色遺伝子の導入はボタン花色の多様性獲得に大きく貢献し、またシャクヤクとの亜属間交雑はシャクヤクの有用な特性をボタンに導入することに成功した。これまで、フランスやアメリカボタンの育成には*P. lutea*または*P. delavayi*が関わっていることや、シャクヤクとボタンの亜属間雑種の育成には、種子親をシャクヤクとし、花粉親を*P. lutea*の交雑後代であるボタン品種と言われてきた(Yangら, 2020)。今回開発した2つのDNAマーカーによる検出結果は、*P. lutea*または*P. delavayi*がフランスやアメリカ品種の発達に関与していること、*P. lutea*がシャクヤクとボタンの亜属間雑種の橋渡し植物として寄与していることの裏付けとなった。これまで形態的特徴を基に推察されてきたボタン属における革新的な品種発達がDNAマーカーを用いて証明できた。

#### 4 ボタン栽培への提言

島根県の県花であるボタンは花き生産においてキク、バラ、トルコギキョウやシクラメンに並び県主要花き品目の一つとして挙げられている。近年の生産者の高齢化や後継者不足、円高や景気低迷により作付面積や産出額は漸減傾向にあるが、県の花き生産において重要な品目であることに変わりはない。

ボタン生産者は各自で接ぎ木用の穂木を採取する母樹を植栽した品種園をもち、花のない時期に採穂しているため、多数の品種を扱う場合には品種の混同や異品種の混入が起きやすい。今後は産地としてそれらの問題を防ぐため、形態的特徴と DNA マーカーを用いた品種鑑定により、母樹園の品種を確認し、品種名の明らかとなった母樹から採穂することや、生産者間で共通の母樹から採穂するなど、体系化した取り組みが必要である。

松江市の大根島では一部の生産者は独自で品種育成し、増殖や販売をしているが、それらの品種は個人で所有しているにとどまっておらず、産地として保存・管理していない。こういった品種が多数あることが異名同品種など品種園の混乱を招く一因と考えられる。一方、大根島において育成されたダフニスハイブリッドタイプである‘黄冠’は育成者の意向もあり、大根島全体で栽培されている。また、‘黄冠’は 2003 年に品種登録されたボタンの登録第 1 号であるが、それから 2022 年 6 月現在まで登録出願されたのは出願取り下げも含めて 6 品種と少ない。切り花品評会で新品种賞を獲得した品種など優れたものは種苗管理の面からも‘黄冠’のように品種登録して産地全体で栽培していくような仕組みづくりも必要であろう。

ボタンは各地で育成され毎年新しい品種が生まれている。今回開発した RAPD マーカーは識別能力が高く、48 個のマーカーを用いた場合に誤った判定となる可能性は極めて低い。しかし、品種の鑑定はデータベースに登録した品種に限られるため、既存品種だけでなく、新たに育成された品種のデータを採取し、データベースを随時更新することで品種鑑定の精度の向上が期待できる。

#### 5 産地間の種苗管理

日本におけるボタン栽培は産地間の品種交流が行われ、複数の産地で多数の同名品種が扱われている。その結果、一部の品種では産地間で同名異品種と思われる事例がある。今後、品種の管理や保存をしていくうえで正しい品種の特定は、DNA マーカーが有用であり、産地間の同名異品種の鑑定など品種の整理に取り組む必要がある。

#### 6 今後の育種への提言

これら 2 つの原種の発見と種間交雑、亜属間交雑への利用はボタン属において革新的であり、花色の増加、品種の多様性の増大をもたらした。当時革新的であったそれらの品種は現在でも消費者に人気がある。同様の育種手法は現在でも一部で行われているが、種間交雑や亜属間交雑は種子の獲得が難しく、正常種子の獲得率は極端に低い。そのうえ獲得した種子を播種し、実生が得られたとしても開花するまでに 3~5 年、組み合わせによっては 10 年以上かかることなどから新品种の育成にまで至るケースは稀である。育種手法として、変異原や放射線を使った突然変異育種も行われているが成果はあまりない(Cheng, 2007)。そのため、今後のボタンの育種は既存の種間雑種品種を用いた自殖や戻し交雑が有効であると考えられる。開花までの期間が長いボタンの育種では、多数の実生を栽培するため一定程度の圃場面積が必要である。そうした場合に今回開発した DNA マーカーは原種の遺伝子導入を判定するマーカーであるため、選抜の効率化への利用が期待される。

一方で新しく見つかった原種のなかで、まだ育種利用されていない原種との交配による新規形質の獲得が期待できる。しかし、中国国内でこれまで発見されたボタン原種は絶滅危惧種や準絶滅危惧種に指定されており(Li ら, 2018)、新しく入手するのは困難である。そのため日本国内での限られた遺伝資源を用いて多様性を獲得していく必要がある。

今後、本研究で開発した品種識別方法や種間雑種、亜属間雑種判別 DNA マーカーを用いて、ボタン生産・育種の発展に寄与することを期待する。

### 摘要

ボタン (*Paeonia* spp.) は中国を原産とする観賞価値の高い植物であり、複数の原種が関係して多様な品種群が発達している。観賞用のボタンは日本においても昔から親しまれており、1000年を超える栽培の歴史がある。戦後からは島根県の大根島 (松江市八束町) が日本のボタン生産の中心となっている。大根島では毎年数十万本ものボタン苗生産があり、県の主要な花き品目の一つである。一方でボタンの生産現場では品種管理の課題や育種における問題点を抱えている。

本研究では、はじめにボタンの品種発達の歴史を概説し、島根県における生産の現状と問題点を提起した。次に、それらの課題を解決するため、DNAマーカーを活用して、品種管理の向上に向けた新しい品種鑑定方法を確立した。さらに、原種の遺伝的関与を検出するマーカーの開発を行い、遠縁交雑により育成された品種を解析して発達史を考察した。

第1章では、本論文に関わる原種の特徴とボタン各品種群の品種発達の歴史、および我が国最大の生産地である島根県のボタン生産の課題について総括した。ボタン品種は形態的特徴や地理的な背景、および育成に関係した原種によって中国、日本、フランス、アメリカの4つの品種群に大別される。これらの4品種群の他に、品種群間の雑種やシャクヤクとボタンの雑種グループがある。そのなかでフランス品種やアメリカ品種の成立には、黄花の *P. lutea* または濃紫花の *P. delavayi* と *P. suffruticosa* に属す日本ボタンや中国ボタンが関わっていること、シャクヤクとボタンとの亜属間雑種育成においても *P. lutea* が関与していることを詳説した。次に、島根県のボタン生産の現状について、生産現場では形態的特徴が類似した品種や品種名が類似していることによる品種の混同や混入などの問題が起こっていることから、品種管理の向上の必要性を提起した。また、育種面では主に同一種内の交雑によって品種育成が行われてきたことで、種間雑種や亜属間雑種を除いて目新しい品種がないことから、将来に向けた育種の効率化のため各品種群の系統関係や系譜の把握の必要性を提起した。

第2章では、ボタンにおける実用的な品種識別方法を開発するため、品種図鑑『牡丹名鑑』(松江大根島牡丹協議会, 2015) に掲載されている353品種についてRAPD分析を行った。29種類のプライマーから品種間で多型を示す48個のRAPDマーカーが得られた。これらのマーカーを用いることにより、8組18品種の枝変わりと原品種および異名同品種と示唆される1組2品種を除く、すべての品種の識別が可能であった。さらに遺伝的関係が近い親子品種やきょうだい品種の識別が可能であった。

各品種群の品種ごとのバンドパターンデータを比較した結果、フランス、アメリカ品種群やボタンとシャクヤクとの亜属間雑種が関連した品種群に特異的なRAPDバンドが検出された。

開発したマーカーの生産現場での有効性を検証するために、ボタン品種園における品種鑑定を行った結果、ほぼすべての調査個体において、RAPDマーカーのバンドパターンから推定される品種名とラベルに記載された品種名が一致した。

以上のことから、本章で開発したRAPDマーカーがボタンの品種管理に有用であることが示された。

第3章では第2章で得られたRAPDデータを用いて系統樹を作成し、ボタン属各品種群の系統関係の評価を行った。さらに、フランス、アメリカ品種群およびそれらとの交雑により得られた雑種品種群や亜属間雑種品種群それぞれに特異的なRAPDマーカーを用いて、*P. lutea* と *P. delavayi* の遺伝的関係を検出するLuDeBマーカー、およびボタンまたはシャクヤク型の葉緑体DNAを判別するHPBマーカーを開発した。LuDeBマーカーは *P. lutea* および *P. delavayi* との交雑によりこれまでになかった黄色の花色をもたらした遺伝的背景を証明するマーカーであることが示唆された。一方、HPBマーカーはシャクヤクの優れた形質をボタンに導入した、シャクヤクとボタンの亜属間交雑の判定が可能であると示唆された。

ボタン品種の発達史においては、異なる種や亜属との交雑による遺伝子導入によって、革新的な品種改良がなされた。LuDeB および HPB の 2 種類の DNA マーカーは、それらボタンの品種発達史における特記すべき品種改良を識別可能な画期的なマーカーである。これらのマーカーは異なる種からの遺伝子導入を判定できることから、種間交雑や亜属間交雑が難しいボタン育種において、効率的な選抜マーカーとしての活用が考えられる。

本研究の結果から、今回開発した RAPD マーカーを用いた品種識別方法は生産現場でのより確実な品種管理を可能とするものであることが示された。また、LuDeB, HPB の 2 種類の DNA マーカーによる分析結果は、ボタンの品種発達史において、新しい形質を導入するために重要な役割を果たした革新的な種間交雑や亜属間交雑の遺伝子導入を裏付けた。

これらのマーカーの活用により、ボタンの生産現場だけでなく流通、販売やボタン園等における品種管理の向上や、種間交雑や亜属間雑種を用いた新しい育種の切り口となることが期待される。

#### 引用文献

- Cheng, F. 2007. Advanced in the breeding of tree peonies and a cultivar system for the cultivar group. *Int. J. Plant Breed.* 90-102.
- Gao, Z., J. Wu, Z. Liu, L. Wang, H. Ren and Q. Shu. 2013. Rapid microsatellite development for tree peony and its implications. *BMC Genomics* 14: 886-896.
- 後藤 晋・渡辺敦史・池田浩一. 1997. RAPD マーカーによるハゼノキの品種識別. *日林誌.* 79: 229-233.
- 浜田守彦・細木高志・稲葉久仁雄. 1989. 多変量解析によるボタン品種の形態的分類. *園学雑.* 58: 697-704.
- Han, X. Y., L. S. Wang, Q. Y. Shu, Z. A. Liu, S. X. Xu and T. Tetsumura. 2008. Molecular characterization of tree peony germplasm using sequence-related amplified polymorphism markers. *Biochem. Genet.* 46: 162-179.
- Hao, Q., N. Aoki, J. Katayama, T. Kako, K. S. Cheon, Y. Akazawa and N. Kobayashi. 2013. Crossability of American tree peony 'High Noon' as seed parent with Japanese cultivars to breed superior cultivars. *Euphytica* 191: 35-44.
- Hao, Q., Z. A. Liu, Q. Y. Shu, R. Zhang, J. D. Rick and L. S. Wang. 2008. Studies on *Paeonia* cultivars and hybrids identification based on SRAP analysis. *Hereditas* 145: 38-47.
- 橋田亮二. 1983. ぼたん栽培の歴史をたどる. *植物と自然.* 17: 8-12.
- 橋田亮二. 1990. 現代日本の牡丹・芍薬大図鑑. p. 9-182, p. 242-246. 日本ぼたん協会編著. 講談社. 東京.
- Hong, D. Y. 2021. Peonies of the World, Part III: Phylogeny and Evolution. Royal Botanic Gardens, Kew.
- 細木高志. 2009. ボタンの研究 (1) - ボタンの原種および栽培品種の歴史と育種 - . *農業および園芸.* 84: 1141-1152.
- 細木高志. 2016. 第9章ボタン. p. 207-230.
- 柴田道夫編. 花の品種改良の日本史. 悠書館. 東京.
- Hosoki, T., M. Hamada, T. Kando, R. Moriwaki and K. Inaba. 1991. Comparative study of anthocyanins in tree peony flowers. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60: 395-403.
- Hosoki, T., D. Kimura, R. Hasegawa, T. Nagasako, K. Nishimoto, K. Ohta, M. Sugiyama and K. Haruki. 1997a. Comparative study of tree peony (*Paeonia suffruticosa* Andr.) cultivars and hybrids by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66: 393-400.
- Hosoki, T., D. Kimura, R. Hasegawa, T. Nagasako, K. Nishimoto, K. Ohta, M.

- Sugiyama and K. Haruki. 1997b. Comparative study of Chinese tree peony cultivars by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Sci. Hortic.* 70: 67-72.
- Kobayashi, N., T. Horikoshi, H. Katsuyama, T. Handa and K. Takayanagi. 1998. A simple and efficient DNA extraction method for plants, especially woody plants. *Plant Tissue Cult. Biotechnol.* 4: 76-80.
- Kobayashi, N., M. Matsunaga, A. Nakatsuka, D. Mizuta, M. Shigyo and M. Akabane. 2013. Chimeric inheritance of organelle DNA in variegated leaf seedlings from inter-subgeneric crossing of azalea. *Euphytica* 191: 121-128.
- 劉政安. 2003. ボタンの促成並びに抑制栽培に関する研究. 鳥取大学大学院連合農学研究科学位論文.
- Ma, J., N. Aoki and Q. Hao. 2012. Abilities of forcing culture of hybrid tree peony 'Oriental Gold' for December shipping. *J. Japan. Soc. Agr. Tech. Man.* 18: 197-203.
- 松江大根島牡丹協議会. 2015. 牡丹名鑑. 松江大根島牡丹協議会. 島根.
- 宮澤文吾. 1940. 花木園芸. p. 35-38. 養賢堂. 東京.
- 持田耕平・加古哲也・杉山万里・中務明・小林伸雄. 2020. ボタンにおけるRAPDマーカーを用いた実用的な品種識別方法の確立. *園学研.* 19: 121-129.
- Mochida, K., A. Nakatsuka, T. Kako and N. Kobayashi. 2022. Development of DNA Markers for Interspecific and Intersubgeneric Hybrids Involved in Tree Peony Cultivar Groups. *Hort. J.* 91: 382-387.
- Punina, E. O., E. M. Machsa, E. E. Krapivskayaa and A. V. Rodionova. 2017. Polymorphic sites in transcribed spacers of 35S rRNA genes as an indicator of origin of the *Paeonia* cultivars. *Russian J. Genet.* 53: 202-212.
- しまねの園芸研究. 2019. 『牡丹名鑑』の編纂とDNAマーカーを用いたボタンの品種識別. P. 43.
- Stern, F. C. 1943. Genus *Paeonia*. *J. R. Hortic. Soc.* 68: 124-131.
- 杉山万里. 2004. RAPDマーカーを利用したボタン主要品種の識別. *島根農試研報.* 35: 53-66.
- Sun, M., Y. Z. Wang, Y. Yang, M. W. Lv, S. S. Li, J. A. Teixeira da Silva, L. S. Wang and X. N. Yu. 2021. Analysis of chemical components in the roots of eight intersubgeneric hybrids of *Paeonia*. *Chem. Biodivers.* 18: e2000848. DOI: 10.1002/cbdv.202000848.
- Suo, Z., W. Li, J. Yao, H. Zhang, Z. Zhang and D. Zhao. 2005. Applicability of leaf morphology and intersimple sequence repeat markers in classification of tree peony (*Paeoniaceae*) cultivars. *HortScience* 40: 329-334.
- Wang, S., J. Xue, N. Ahmadi, P. Holloway, F. Zhu, X. Ren and X. Zhang. 2014. Molecular characterization and expression patterns of *PsSVP* genes reveal distinct roles in flower bud abortion and flowering in tree peony (*Paeonia suffruticosa*). *Canadian J. Plant Sci.* 94: 1181-1193.
- Xue, Y., R. Liu, J. Xue, S. Wang and X. Zhang. 2021. Genetic diversity and relatedness analysis of nine wild species of tree peony based on simple sequence repeats markers. *Hort. Plant J.* 7: 579-588.
- Yang, Y., M. Sun, S. Li, Q. Chen, J. A. Teixeira da Silva, A. Wang, X. Yu and L. Wang. 2020. Germplasm resources and

- genetic breeding of *Paeonia*: a systematic review. Hort. Res. 7: 107. DOI: 10.1038/s41438-020-0332-2.
- Zhang, J. J., Q. Y. Shu, Z. A. Liu, H. X. Ren, L. S. Wang and E. De Keyser. 2012. Two EST-derived marker systems for cultivar identification in tree peony. Plant Cell Rep. 31: 299-310.
- Zhao, M. and S. P. Wu. 2019. A review of the ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of tree peony (Sect. *Moutan*). South African J. Bot. 124: 556-563.
- Zhao, X., Z. Q. Zhou, Q. B. Lin, K. Y. Pan and M. Y. Li. 2008. Phylogenetic analysis of *Paeonia* sect. *Moutan* (Paeoniaceae) based on multiple DNA fragments and morphological data. J. Syst. Evol. 46: 563-572.
- 鄭光中. 1993. 島根県八束町におけるボタンと薬用人参の生産. 季刊地理学. 45: 98-110.
- Zhou, S. L., C. Xu, J. Liu, Y. Yu, P. Wu, T. Cheng and D. Y. Hong. 2020. Out of the Pan-Himalaya: evolutionary history of the Paeoniaceae revealed by phylogenomics. J. Syst. Evol. DOI: 10.1111/jse.12688.
- Zhou, S.L., X. H. Zou, Z. Q. Zhou, J. Liu, C. Xu, J. Yu, Q. Wang, D. M. Zhang, X. Q. Wang, S. Ge, T. Sang, K. Y. Pan and D. Y. Hong. 2014. Multiple species of wild tree peonies gave rise to the 'king of flowers', *Paeonia suffruticosa* Andrews. Proceedings of the Royal Society B: Biol. Sci. 281(1797). 20141687. DOI:10.1098/rspb.2014.1687.

## Summary

Tree peony (*Paeonia* spp.) is a shrub with high ornamental value originally from China. Several cultivar groups have developed involving several wild species. The ornamental tree peony has been popular in Japan from ancient times and has a cultivation history of more than 1000 years. After World War II, Daikonshima Island in Shimane Prefecture has been the center of tree peony production in Japan. Currently, hundreds of thousands of tree peony nurseries were produced in the island each year. Tree peony is the main floricultural products of Shimane prefecture. Some problems in curation of cultivars and breeding program are included in the production field.

In this thesis, the history of tree peony cultivars and their development were reviewed, firstly. The current status and problems of tree peony production in Shimane Prefecture were also explained.

And the practical method to identify cultivars using DNA markers was developed for improving the curation of tree peony cultivars. In addition, the DNA markers to detect the genetic involvement of the wild species were developed, and the genetic background of cultivars bred by distant hybridization were analyzed.

In Chapter 1, the characteristics of the wild species involved in this thesis and the history of cultivar development of each group of tree peony cultivars were summarized. The problems of tree peony production in Shimane Prefecture, the Japanese largest production area, are also explained.

The tree peony cultivars can be divided into four main groups; Chinese, Japanese, French, and American, according to their morphological characteristics and geographical background, as well as wild species involved in their breeding. In addition to these four cultivar groups, a hybrid group between the groups, and a group of inter-subgeneric hybrids between herbaceous and tree peony were bred. The French and American cultivars were developed by crossing *P. lutea* and *P. delavayi* with Japanese and Chinese cultivars belongs to *P. suffruticosa*. *P. lutea* was also involved in breeding of inter-subgeneric hybrids between herbaceous and tree peony.

Next, two problems in the current status of tree peony production in Shimane Prefecture were raised. One is the confusion and contamination of cultivars due to similar phenotypes and similar cultivar names in the production field. Another is the lack of cultivar innovation because of breeding based on cross progenies within *P. suffruticosa*, except for inter-specific and inter-subgeneric hybrids.

In Chapter 2, to develop a practical method to identify tree peony cultivars, Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) analysis were attempted to distinguish 353 tree peony cultivars cited in the "Botan meikan" directory (Matsue Daikonshima Tree Peony conference, 2015). Using 29 primers, 48 RAPD markers that identify polymorphisms among peony cultivars were obtained. All of the cultivars, except eight bud mutation groups and two presumed synonymous cultivars, could be distinguished using the 48 RAPD markers. Parents, offspring, and sibling cultivars could be distinguished using these markers.

On the comparison of RAPD band patterns between cultivar groups, specific bands of American

and French cultivar groups, and the cultivar group of inter-subgeneric hybrids with herbaceous peonies were obtained. To confirm the effectiveness of the developed markers in the field, cultivar identification was performed using specimens in an exhibition garden. The cultivar names inferred from RAPD markers were matched with the labeled names almost of all of the tested individuals.

These results indicate that the RAPD markers developed in this chapter are effective for the curation of tree peony cultivars.

In Chapter 3, phylogenetic relationships among major cultivar groups in the genus *Paeonia* L. were evaluated using a dendrogram reconstructed from band pattern data of RAPD markers developed in a Chapter 2. Two sequence tagged site (STS) markers were also developed using RAPD markers specific to the French and American cultivar groups and an inter-subgeneric hybrid. The developed LuDeB marker was suggested to be a marker to prove the genetic background of the introduction of the innovative yellow flower color from the crosses with *P. lutea* and *P. delavayi*. The HPB marker was suggested to be a marker—to identify the cpDNA of herbaceous peony in inter-subgeneric hybrid cultivars between herbaceous and tree peony which introduced superior traits of herbaceous peonies into tree peonies.

In the developmental history of cultivars of the genus *Paeonia*, innovative improvements were made by introducing genes through inter-specific and/or inter-subgeneric crossing. The developed two DNA markers; LuDeB and HPB, are innovative markers that can identify notable crossbreeding achievement in the history of peony cultivars. The DNA markers of identification of gene introduction from different species, are useful as selection markers in inter-specific and inter-subgeneric crosses for efficiency in the future tree peony breeding.

The results of this thesis indicate following. A new method to identify tree peony cultivars using RAPD markers which developed in this study, can be able to more certain curation of tree peony in the fields. The results of the analysis with two developed DNA markers; LuDeB and HPB, supported the introduction of innovative inter-specific and inter-subgeneric hybrid genes that played an important role in introducing new traits in the breeding history of cultivar development in the genus *Paeonia*.

The utilization of the developed DNA markers is expected to improve curation of cultivars not only fields but also distribution, sales and gardens, and to open the way for new breeding using inter-specific hybrids and inter-subgeneric hybrids of tree peony.

本論文の基礎となった学会誌公表論文リスト

第2章

持田耕平・加古哲也・杉山万里・中務明・小林伸雄. 2020. ボタンにおける RAPD マーカーを用いた実用的な品種識別法の確立. 園芸学研究. 19 : 121-129.

第3章

Kohei Mochida, Akira Nakatsuka, Tetsuya Kako and Nobuo Kobayashi. 2022. Development of DNA Markers for Interspecific and Intersubgeneric Hybrids Involved in Tree Peony Cultivar Groups. The Horticulture Journal. 91: 382-387.

## 他誌掲載論文リスト

島根県農業技術センターに所属する職員が著者となり、他誌に掲載された論文一覧  
(2025年4月～2026年3月発行分)

庄司浩一・安達康弘 (2025) 水稻の不耕起移植における植溝形成が生育・収量に与える影響. 農作業研究 60 (4), 147-159.

## 査読謝辞

上野 誠 氏 国立大学法人島根大学生物資源科学部

加古哲也 氏 国立大学法人島根大学生物資源科学部

本号の論文審査におきましては多大なる御尽力を賜りました。心よりお礼申し上げます。

島根県農業技術センター研究報告第53号編集委員長 中尾幸義

## 島根県農業技術センター研究報告 第53号

〈編集委員長〉 中尾幸義  
〈副編集委員長〉 金森健一  
〈編集委員〉 金森健一 \*  
                  姫宮雅美  
                  持田圭介  
〈査読者〉 朝木隆行  
                  安達康弘  
                  荒木卓久  
                  永島 進  
                  布野克仁  
                  道上伸宏  
                  持田耕平

(\*の編集委員は査読者を兼任)

(編集委員、査読者の氏名は五十音順)

## 島根県農業技術センター研究報告 第53号

令和8年3月31日 印刷

令和8年3月31日 発行

島根県農業技術センター

〒693-0035 島根県出雲市芦渡町 2440

TEL 0853-22-6697

FAX 0853-21-8380

E-mail: nougi@pref.shimane.lg.jp

