

# 園芸作物研究室

# イチゴ・トマト用環境制御栽培システム 「Evoマスター」の特徴

担 当	園芸作物研究室 野菜栽培グループ ○重藤 祐司・鶴山 浄真
研究課題名 研究年度	イチゴ・トマト栽培におけるUECS「農の匠」モデルの パッケージ化 平成31年度～令和3年度

## 背 景

本県農業の重要品目であるイチゴ・トマト等果菜類の生産者が安定経営を実現するには、環境制御システム等の施設設備を整え、より高い生産性を発揮する必要がある。また、新規就業者は、経営安定に向けた早期技術習得が必要不可欠であり、高単収を上げているベテラン農家「農の匠」からの技術継承が求められている。

## 目 的

地元企業と連携して低コスト環境制御装置を開発し、ハウス付帯設備の標準モデルを示す。併せて、本県の気象条件に適し、かつ高単収農家に学んだ環境制御プログラムを制御装置に導入する。

## 成 果

### 1 開発した低コスト環境制御装置の特徴

- (1) 本機は、施工性、堅牢性に優れたシーケンサ「UECS-Pi Neuron」を採用し、緊急時に ON-OFF 操作できる手動スイッチを配置した仕様である（図1）。
- (2) 令和2年12月18日に(株)サンポリより商品名「Evo マスター」として販売開始。価格は、約120万円（モニタリング機器込み、設置経費別）で、一般流通機種（130～400万円）と比較して最も低コストである。



図1 Evo マスター

### 2 標準となるハウス付帯設備

- (1) アクチュエーター制御点数は最大19点で、10～20a規模の連棟ハウスでも1台で十分に対応可能な仕様とした（表1）。アクチュエーターを標準化することで、製造・メンテナンス・設定作業の単純化を可能にした。
- (2) 本機導入により個別機器の制御盤等（サイド・谷換気装置制御盤、CO<sub>2</sub>制御盤・センサー、タイマーボックス等）が省略できる。

表1 標準アクチュエーター

端子No.	アクチュエーター名
1	暖房機
2	巻上機1(サイド)
3	巻上機2(谷)
4	天窓原動機
5	循環扇
6	灯油式CO <sub>2</sub>
7	換気扇
8	電照
9	自動カーテン装置
10	自動カーテン装置
11	細霧冷房
12	液化CO <sub>2</sub> バルブ
13	灌水バルブ1
14	灌水バルブ2
15	灌水バルブ3
16	灌水バルブ4
17	予備
18	予備
19	予備

### 3 「農の匠」プログラムの構築

- (1) 制御ソフト「UECS-Pi Neuron」は、PID制御等により、目標とするイチゴ・トマト高単収農家のハウス内環境の再現が可能である（図2）。
- (2) 現状得られた情報から、光合成速度向上や灰色かび病回避に有効と考えられる制御プログラム（表2）や、安定的な灌水が可能となる制御プログラムを取り入れた（図3）。

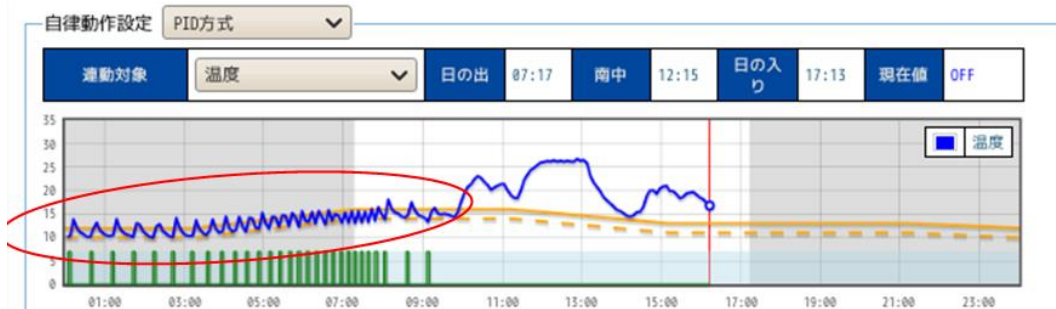


図2 暖房機のPID制御設定画面

※ 日の出4時間前から1時間に1°Cのペースで早朝加温設定した。目標値としてオレンジ色のグラフを設定すると、実測値（青色）が追従する。

表2 主な制御プログラム

	アクチュエーター	制御の特長
基本設定	暖房機	PID方式によって、日の出前から日の出頃にかけて徐々に気温上昇させる。 グラフによる条件設定で、簡易に「匠」の再現が可能
	換気窓	PID方式によって、AMは徐々に気温上昇、PMは日没までできるだけ気温を維持させる。 グラフによる条件設定で、簡易に「匠」の再現が可能
	CO <sub>2</sub> 施用機	換気時は400ppmを維持し、換気していない時は500~800ppm
	循環扇	日中はCO <sub>2</sub> 施用と連動、換気窓開放時は停止、夜間は間欠運転、暖房機と連動
	灌水バルブ	早朝強制灌水+日射比例灌水と併せて、圧力センサー付きテンシオメーター値が設定値を超えた時に補正灌水することで、適正土壌水分を維持する。
	換気扇	強風時と35°C以上の高温時に稼働
応用設定	日射警報	換気窓のPID制御に一定の積算日射量で、高温管理に移行する動作を追加 暖房機のPID制御に一定の積算日射量で、高温管理に移行する動作を追加
	飽差警報	換気窓のPID制御に、飽差の急激な上昇で換気窓を閉める動作を追加（細霧冷房が無い場合）
	推定結露ポイント	推定結露条件（気温-露点<1.5°C、相対湿度>90%）でポイントを積算する。今のところ制御への連動は無し。
	光合成有効ポイント	光合成に有効な条件（気温20°C以上、日射0.1kw/m <sup>2</sup> 以上、CO <sub>2</sub> 濃度400ppm以上、飽差7.0g/m <sup>2</sup> 以下）が一致すればポイントを積算する。クラウド連携してモニタリングで活用。今のところ制御への連動は無し。

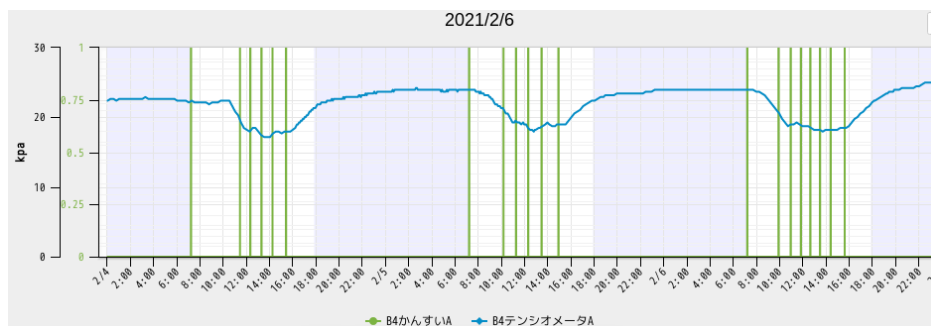


図3 灌水バルブ開閉とテンシオメーター圧力値（kpa）のモニタリング画面

※ 圧力値が日中約17kpa（pF≒2.2）になるよう、積算日射量（2MJ前後で100ml/株を灌水）を調節した。

環境モニタリングで見える生産者のハウス管理の特徴	
担 当	園芸作物研究室 野菜栽培グループ ○鶴山 浄真・重藤 祐司
研究課題名 研究年度	イチゴ・トマト栽培におけるUECS「農の匠」モデルのパッケージ化（令和元年度～令和3年度）

## 背 景

本県の重要品目であるイチゴ・トマト等果菜類の安定生産に向けて当センターでは、低コストで導入可能なユビキタス環境制御システム（以下：UECS）による統合環境制御機能を付加したイチゴ高設栽培システムおよび果菜類栽培システムを県内企業<sup>※1</sup>と共同開発した。

## 目 的

開発した栽培システムの制御プログラム構築を目指し、高単収を上げる熟練した「農の匠」生産者のハウス管理の特徴を明らかにする。

## 成 果

- 1 県内各地のイチゴ産地で、安定高単収を得ている6生産者を「農の匠」とした（表1）。各生産者の立地は、冬期 12月から2月までの日射量と平均温度から、①日照が多く温暖な瀬戸内沿岸、②日照が多いが低温な中山間地、③温暖だが寡日照となる日本海沿岸の3つに分類した（図1）。
- 2 各生産者のハウス管理状況は、環境モニタリングデータおよび予測光合成速度<sup>※2</sup>を旬毎にまとめて時別平均値で示すことで、温度管理やCO<sub>2</sub>施用のパターン、光合成速度などの特徴が明らかになる（図2）。
- 3 1月上旬の予測光合成速度より、生産者Bの夜明け前からの段階的早朝加温、生産者Dの午後日没までの気温維持、生産者Eの早朝加温を兼ねた積極的CO<sub>2</sub>施用が、光合成促進に有効であることが分かる（図2）。
- 4 生産者は、葉の大きさ（葉身長）に応じた摘葉管理により、株当たり葉面積を一定に維持している（図3）。
- 5 土壌水分を日射比例制御で一律に管理する生産者がいる一方で、タイマー制御の適切な設定変更で一律に管理する生産者や、日射比例でも春先に乾燥傾向となる生産者もいる（図4）。土壌水分制御は、気象と植物体生育変化を踏まえた制御パラメータの見直しが重要である。
- 6 上記管理手法は、冬期のイチゴハウス管理方法として県内で共通利用できるが、秋および春期のハウス管理への切り替え時期は立地分類により異なる。

※1 株式会社サンポリ（防府市）

※2 日射量、気温およびCO<sub>2</sub>濃度から、個葉の光合成速度を精度よく予測するモデル数式(Farquhar, G. D. et al., 1980)により算出

表1 「農の匠」生産者の栽培方式および施設設備

生産者	地区	栽培方式	施設設備			
			温風暖房機	換気装置	CO <sub>2</sub> 施用器	灌水
A	岩国市	地床	温度制御	手動	なし	手動
B	柳井市	高設	温度制御	温度制御	濃度制御	日射比例+水分センサ
C	柳井市	高設	温度制御	手動	なし	日射比例
D	山口市	高設	温度制御	手動	タイマー制御	タイマー
E	下関市	高設	温度制御	温度制御	タイマー制御	日射比例
F	長門市	高設	温度制御	温度制御	濃度制御	タイマー

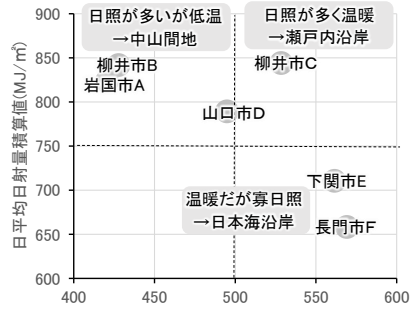


図1 「農の匠」生産者の立地と地域の気候特性

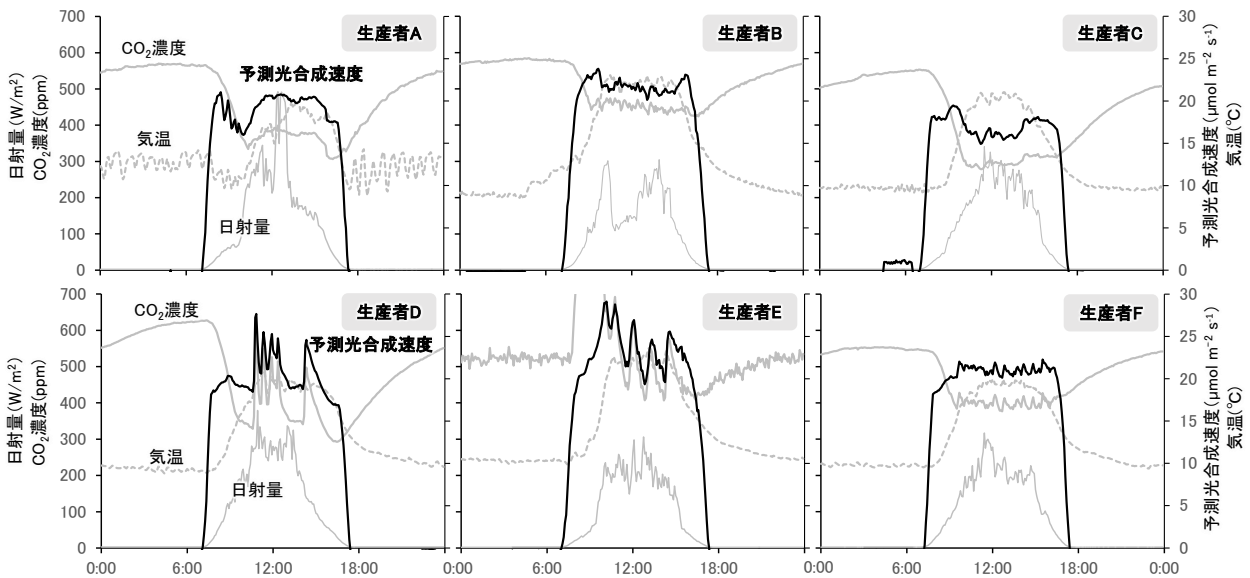


図2 「農の匠」生産者のハウス内気象から予測した光合成速度(2019年1月上旬)

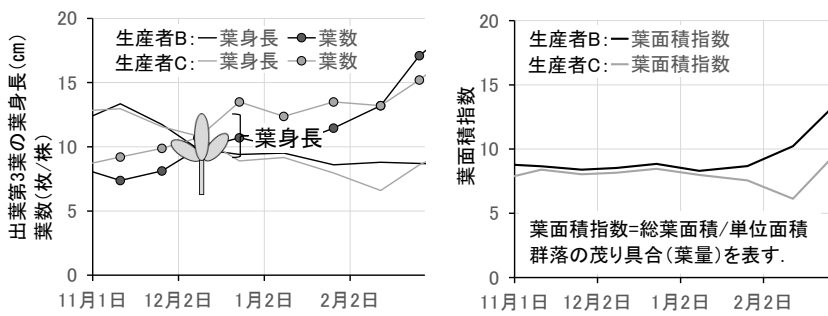


図3 栽培期間中の出葉第3葉の葉長および株当たり葉数の推移(左)と、葉面積指数の推移(右)

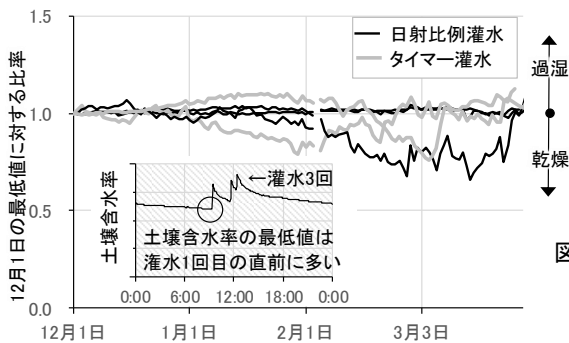


図4 各生産者の12月1日の土壌水分最低値を基準とした、栽培期間中の土壌水分最低値の推移

<b>はなっこりーの出荷予測技術確立に向けた生育モデル化</b>	
担 当	園芸作物研究室 野菜栽培グループ ○宇佐川 恵・重藤 祐司・藤井 宏栄
研究課題名 研究年度	ICTを活用した山口県オリジナル品種の出荷予測技術 開発 令和元年度～令和3年度

## 背 景

山口県が育成したオリジナル野菜はなっこりーは県内のみで生産され、市場からは安定的な計画出荷が求められるものの、出荷時期や出荷量の変動が大きい。需要と供給のマッチングによる戦略的な生産・販売を実現するためには、産地と流通関係者の間での出荷予測技術情報の共有化が求められる。

## 目 的

はなっこりーの各品種「E2（早生）」、「ME（中生）」、「L（晩性）」について、メッシュ農業気象データシステムと連動した高精度な出荷予測システム確立に向けた生育モデルを作成する。

## 成 果

### 1 頂花蕾の摘芯日予測

はなっこりーは、頂花蕾の摘芯後に、側枝（収穫する花茎）が伸長を開始するため、頂花蕾の摘芯日予測が重要である。花芽分化に周辺温度が影響を及ぼしており、低温で花芽分化が促進される傾向にある（図1）。

- (1) メッシュ農業気象データシステムでは、定植日を入力すると、その後26日先までの日平均気温の予測値を得られ、この値を基に摘芯日の予測が可能となる。
- (2) 定植日から26日後までの日平均気温と定植日から摘芯日までの有効積算気温<sup>※1</sup>に正の相関があり、摘芯日の予測に有効である（図2）。

※1 得られた日平均気温から毎日5℃を差し引いた値の積算

### 2 花茎収穫日の予測

- (1) メッシュ農業気象データシステムでは、頂花蕾摘芯日を入力すると、その後の日平均気温の予測値が得られ、この値と頂花蕾摘芯後の積算気温モデル（図3）から、各花茎の収穫日が予測できる。
- (2) エクセルを活用した収穫日予測シート（試行版）を作成した。これに、植被率算出アプリ<sup>※2</sup>から得られるデータを組み合わせることで、日別出荷量の予測も可能となる（図4）。

※2 山口大学と共同開発中のアプリ。定植から一定の時期にタブレット端末等で撮影した画像から植被率を算出し、出荷率を推定することができる。

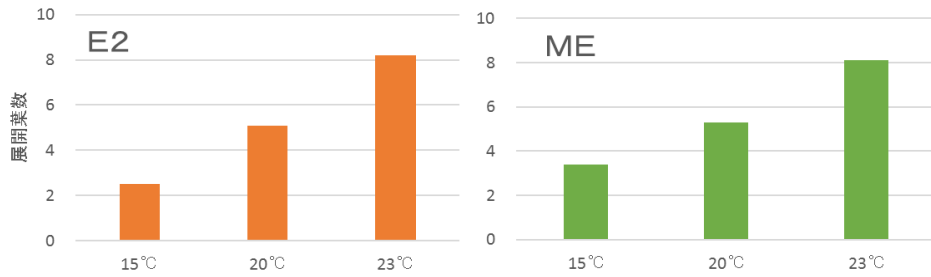


図1 気温と花芽分化までの展開葉数  
 グロースキャビネットの温度を各区条件（15℃、20℃、23℃）で設定し、はなっこりをセルトレイで育成した。入庫14～51日の段階で分解調査し、実体顕微鏡で花芽分化を確認した時点の展開葉数を調査した。内包された未展開葉数については、花茎葉との区別が困難であったため、同等と仮定して比較した。

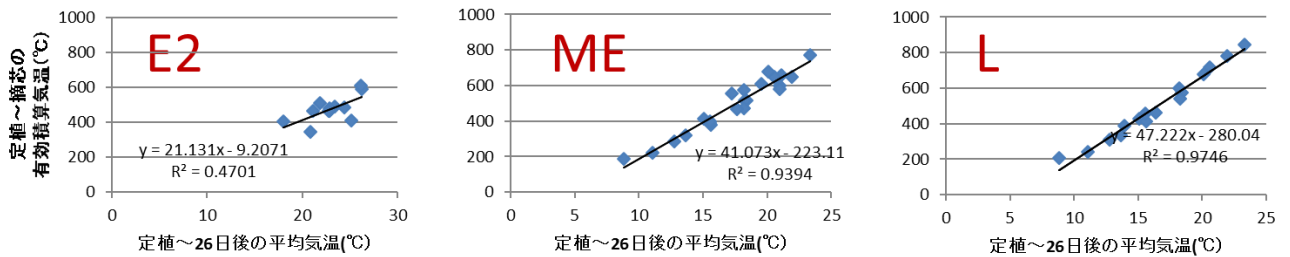


図2 定植日から摘芯日を予測するための回帰式  
 2013～2020年のセンター内ほ場における栽培記録と気象データを利用した。

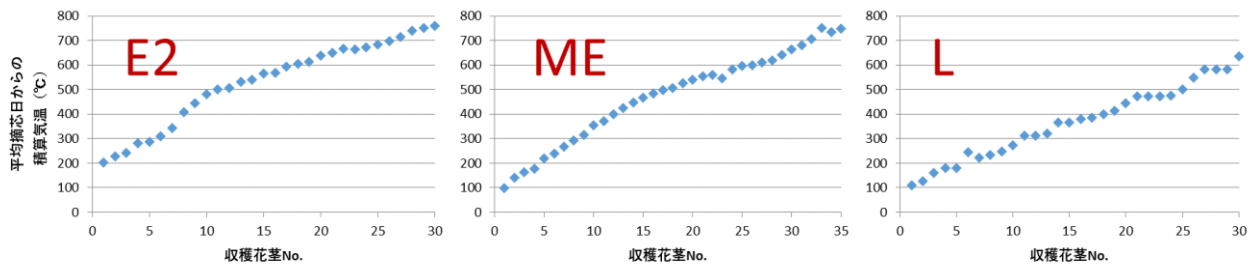


図3 摘芯日から各花茎の収穫日を予測するための積算気温モデル  
 2013～2020年のセンター内ほ場における栽培記録と気象データを利用した。

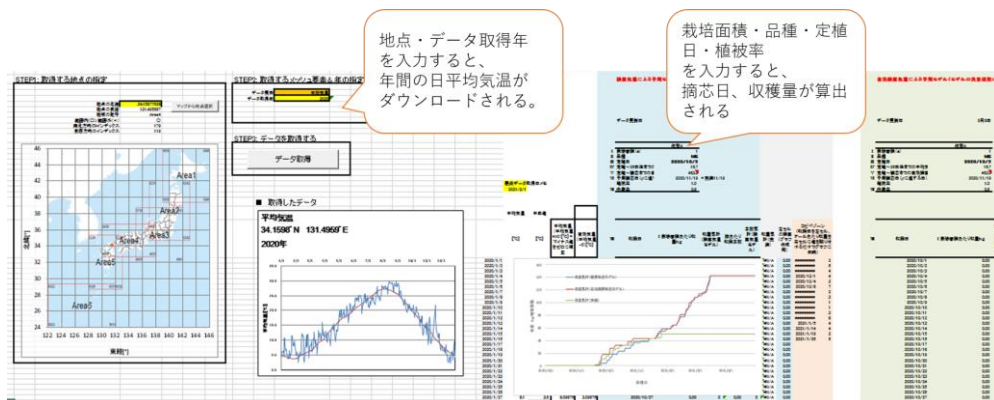


図4 エクセルを利用した予測シート(試行版)  
 農研機構から提供されているメッシュ農業気象データ取得エクセルファイル「AMGSDS\_1d\_win\_v3.4.xlsm」を利用した。今後改良を加え、栽培圃場での検証

早生ナシ「早優利」の大玉生産・収穫期前進技術	
担 当	園芸作物研究室 果樹栽培グループ ○河村 康夫、岡崎 仁、安永 真
研究課題名 研究年度	山口ナシを構成する新たな品種の導入 平成 29 年度～令和 2 年度

## 背 景

山口県内のナシ産地では、7月下旬から8月上旬に早生の「愛甘水」を共販出荷しているが、収量性が劣るため「愛甘水」に替わる品種を探索している。

## 目 的

早生ナシの有望品種である「早優利」の大玉果実生産・単収確保技術を確立する。

## 成 果

- 1 果実重は着果量の多少よりも、摘果時期の早晩が影響し、早期（満開後 20 日）に本摘果することが良い（表 1）。
- 2 ジベレリン（GA）ペースト剤の満開後 30 日処理により L 級主体（270g 以上）の果実が 7 月下旬から収穫できる。着果量多（ $m^2$  当たり 8～10 果または側枝 1 m 当たり 4～5 果）で、10 a 当たり 2 t 以上の収量が期待できる（表 2）。
- 3 GA 処理＋着果量多は、翌年に必要な花芽（短果枝、腋花芽）は確保できる（表 3）。
- 4 満開後 20 日の本摘果・満開後 30 日の GA 処理・適正着果数（側枝 1 m 当たり 4～5 果）の組み合わせにより大玉生産・収穫期前進が可能となる（表 4）。



表1 摘果時期及び着果量及の違いが果実品質及び収量に与える影響 (平成29年)

摘果時期 (満開後日数)	着果量 (m <sup>2</sup> 当たり)	果実重 (g)	糖度 (Brix)	pH	果肉 硬度 (lbs)
20日	少 (5~6果)	313 a [27]	14.6	4.6	6.6
40日	少 (5~6果)	263 b [28]	14.8	4.6	6.7
20日	多 (8~10果)	308 a [31]	14.9	4.6	6.7
40日	多 (8~10果)	245 b [24]	15.0	4.6	6.9
		*	n.s.	n.s.	n.s.

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。  
[ ]は調査個体数。他の項目についても同数のため省略。

表2 GA処理時期及び着果量の違いが果実品質と収穫時期に与える影響 (令和元年)

GA処理時期 (満開後日数)	着果量 (m <sup>2</sup> 当たり)	果実重 (g)	糖度 (Brix)	pH	果肉硬度 (lbs)	収量 (kg/10a)	時期別収穫割合(%)		
							7月6半旬	8月1半旬	8月2半旬
30日	少 (5~6果)	313 a [37]	14.4	4.3	4.8	1,326(1,168)	47	42	11
30日	多 (8~10果)	273 ab [110]	14.5	4.3	4.8	3,437(2,728)	58	33	3
無処理	少 (5~6果)	252 ab [66]	14.4	4.5	4.5	1,566(1,094)	26	51	23
無処理	多 (8~10果)	239 b [93]	14.4	4.6	4.4	2,534(1,455)	29	51	20
		*	n.s.	n.s.	n.s.	-	-	-	-

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。  
ニホンナシカラーチャート6を基準に収穫  
収量は実収量/樹冠占有面積(m<sup>2</sup>)の10a換算値。( )はM級以上の収量。  
[ ]は調査個体数。他の項目も同数のため省略。

表3 GA処理時期及び着果量が翌年の側枝資質に与える影響(令和元年12月)

GA処理時期 (満開後日数)	着果量 (m <sup>2</sup> 当たり)	調査 側枝数	側枝 年数	側枝長 (cm)	健全花芽数(/m)		
					短果枝	えき花芽	計
30日	少 (5~6果)	5.3	2.6	153.2	4.2	5.5	9.7
30日	多 (8~10果)	4.7	2.6	194.6	4.5	4.8	9.3
無処理	少 (5~6果)	6.3	2.3	140.4	3.6	5.8	9.4
無処理	多 (8~10果)	5.0	2.5	163.2	5.2	5.0	10.2

頂芽は除外

表4 大玉生産・収穫期前進技術

摘果時期	GAペースト処 理	着果量 (側枝1m当たり果数)
満開約20日後に側枝1m当たり4~5果叢にそれぞれ1果に本摘果	満開後30日	4~5果



図1 改良むかで整枝の着果状況

中生ナシ「凜夏」「ほしあかり」の盆後出荷割合確保	
担 当	園芸作物研究室 果樹栽培グループ ○岡崎 仁・安永 真・河村 康夫
研究課題名 研究年度	山口ナシを構成する新たな品種の導入 平成29年度～令和元年度

## 背 景

ナシの新規就農・就業者の経営安定のためには、市場出荷、直販、観光等産地の販売方法に応じて、早生品種～晩生品種の組み合わせにより、ナシの作業時期の分散と長期出荷を図る必要がある。豊田産地では、盆後から豊水が出始めるまでの間に出荷できる中生品種が求められている。

## 目 的

「凜夏」、「ほしあかり」は、収穫期が8月の下旬となっており、結実管理や植調剤の利用により8月中旬からの収穫へ前進化させる。

## 成 果

- (1) 「幸水」と「豊水」の端境期に収穫する中生品種としては、「凜夏」、「ほしあかり」とも利用できる。
- (2) 「凜夏」の結実管理については、短果枝の低番花を使用することで、端境期の出荷割合が60%以上となる。また、短果枝の着生が維持しやすく果実品質も安定している(図1、表1)。
 

「ほしあかり」については番花の違いにより、品質への影響を及ぼす場合がある(表2)。
- (3) 植調剤の利用について、「ほしあかり」については、満開30日後にGA処理をすることで、端境期にあたる8月第4半旬～第5半旬までの出荷割合が68%となり盆後の出荷が可能と考えられる(図2)。
 

「凜夏」は、GA処理による熟期促進効果は判然としない(表3)。

果実重は、GA処理を行うことで「凜夏」、「ほしあかり」とも大きくなる(表3、表4)。
- (4) 「ほしあかり」、「凜夏」を組み合わせることで、盆後の8月4半旬から9月3半旬までが出荷可能となり、「幸水」の収穫終了後から「豊水」の収穫開始期までの空白期間を補てんすることが可能である。

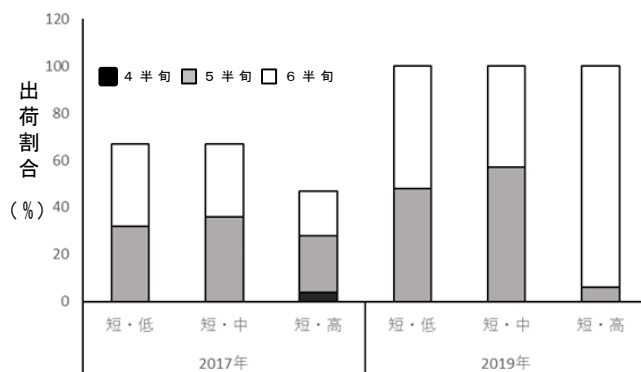


図1 花芽の種類、番花の位置と時期別収穫割合 (2017-2019 凜夏)

表 1 花芽の種類と番花位置が果実品質に与える影響（凜夏）

花芽	番花	果実重		糖度		pH		果肉硬度	
		2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年
短果枝	低	533	536 a	12.2	11.9	4.7	4.7	4.3	4.0
	中	508	479 ab	12.4	11.8	4.7	4.7	4.4	4.1
	高	514	443 b	12.4	11.9	4.7	4.8	4.4	4.0
有意差		n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。

表 2 花芽の種類と番花位置が果実品質に与える影響（ほしあかり）

花芽	番花	果実重(g)		糖度(Brix)		pH		果肉硬度(lbs)	
		2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年
短果枝	低	390	379 a	14.0 abc	13.7	5.0	5.3	5.2	3.9
えき花芽	低	440	459 ab	14.0 abc	13.9	5.0	5.3	4.9	3.6
短果枝	中	389	441 ab	13.7 a	13.7	5.1	5.2	5.1	4.0
えき花芽	中	448	467 ab	14.3 b	13.7	5.0	5.2	4.9	3.4
短果枝	高	461	365 a	13.7 a c	13.8	5.0	5.2	4.9	3.9
えき花芽	高	460	515 b	14.2 abc	13.8	5.0	5.3	4.7	3.4
有意差		n.s	**	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。

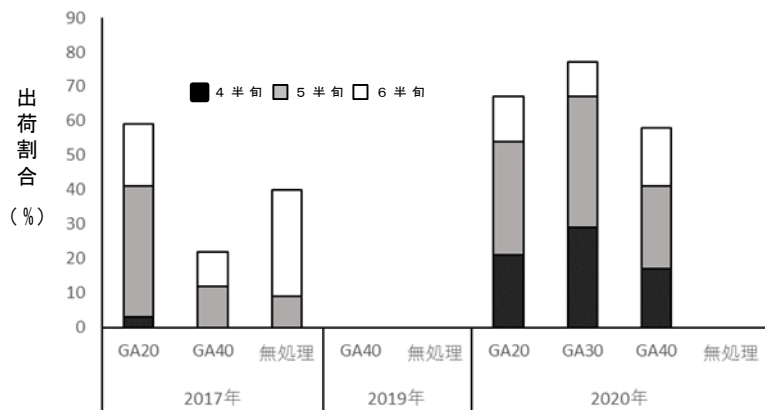


図 2 GA 処理時期と時期別収穫割合 (2017、2019、2020 ほしあかり)

注) 2019年は鳥害により欠測

表 3 GA処理時期と果実品質（凜夏）

GA処理時期 (満開後日数)	果実重(lbs)		糖度(Brix)		pH		果肉硬度(lbs)	
	2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年	2017年	2019年
20日	615 a	-	11.5 a	-	4.7	-	4.2	-
40日	593 ab	565	11.6 ab	11.5	4.7	4.7	4.3	4.0
無処理	508 b	479	12.4 b	11.8	4.7	4.7	4.4	4.1
有意差	*	*	**	n.s.	n.s	n.s.	n.s	n.s.

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。

表 4 GA処理時期と果実品質（ほしあかり）

GA処理時期 (満開後日数)	果実重(g)			糖度 (Brix)			pH			果肉硬度(lbs)		
	2017年	2019年	2020年	2017年	2019年	2020年	2017年	2019年	2020年	2017年	2019年	2020年
20日	509 a	-	413	13.8	-	13.3	5.1	-	5.3	5.0	-	4.0
30日	-	-	446	-	-	13.3	-	-	5.3	-	-	4.0
40日	475 a	509	432	13.9	14.0	13.6	5.0	5.1	5.3	4.8	4.1	3.9
無処理	389 b	441	458	13.7	13.7	13.9	5.1	5.2	5.4	5.1	4.0	3.5
有意差	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tukeyの多重比較検定(5%水準)により同一文字間に有意差なし。