

# Ⅲ イチゴにおける環境制御ガイドライン

## 1 栽培管理・環境制御指針

## 2 管理のポイント

## 3 実証栽培結果

## 4 経営モデル

愛知県農業総合試験場 園芸研究部 野菜研究室  
愛知県経済農業協同組合連合会 営農総合室 営農支援センター

# I イチゴにおける環境制御ガイドライン

## 1 栽培管理・環境制御指針

- 品種 「ゆめのか」、「章姫」「紅ほっぺ」等
- 栽培槽 高設栽培にてプランタ「ゆりかごBOX」(トーヨー工業(株))、培地「ゆりかごソイル本圃用」(三河ミクロン(株))を利用。
- 収量目標 8 t / 10a
- 栽植密度 7,000株/10a (プランタ当たり7株千鳥植え)

項目		7月	8月	9月	10月
管理目標	CO <sub>2</sub> 濃度	—			—
	最高温度	—		30°C以下	25°C
	最低温度 <sup>1)</sup>	—		20°C以下	20°C以下
	湿度	—		70%	60%
	1日当たり給液量	—		250~300ml/株	250ml/株
	給液濃度	—		0.3~0.4 dS/m	0.5dS/m
	排液率	—		30~40%	
栽培管理		育苗		定植	マルチング
主な機器設定	CO <sub>2</sub> 施用	稼働時刻	—		
		温度別設定濃度	—		
	クラウン温度制御 <sup>2)</sup>	クラウン表面温度	—		
	ミスト噴霧 <sup>3)</sup>	稼働時刻	9~15時		
		稼働温度	20°C以上	23°C以上	
	給液装置	給液回数 <sup>4)</sup>	5秒稼働5秒停止もしくは濡れセンサー利用による連続噴霧 朝1回(6時)に強制給液した後、施設外積算日射量4MJ/m <sup>2</sup> 当たり72ml/株の給液		

項目		1月	2月	3月	4月
管理目標	CO <sub>2</sub> 濃度	施設密閉時700ppm 施設換気時400ppm			—
	最高温度	28°C		25°C	
	最低温度 <sup>1)</sup>	8°C(クラウン加温する場合は5°C)			5°C
	湿度	70%			—
	1日当たり給液量	200ml/株	250~300ml/株	300ml/株	350~400ml/株
	給液濃度	0.8dS/m	0.6~0.7dS/m	0.6dS/m	
	排液率	30~40%		40%	
栽培管理		収穫		収穫・CO <sub>2</sub> 施用終了・内張撤去	収穫
主な機器設定	CO <sub>2</sub> 施用	稼働時刻	7~16時	7~16時 <sup>5)</sup>	—
		温度別設定濃度	24°C未満700ppm 24°C以上400ppm	21°C未満700ppm 21°C以上400ppm	—
	クラウン温度制御 <sup>2)</sup>	クラウン表面温度	15~18°C	—	—
	ミスト噴霧 <sup>3)</sup>	稼働時刻	9~15時		
		稼働温度	23°C以上	20°C以上	
	給液装置	給液回数 <sup>4)</sup>	朝1回(6~7時)に強制給液した後、施設外積算日射量4MJ/m <sup>2</sup> 当たり72ml/株の給液	朝1回(6時)に強制給液した後、施設外積算日射量4MJ/m <sup>2</sup> 当たり80~90ml/株の給液	

### 【注意事項】

品種により環境制御の効果が現れる時期や効果の程度に差があります。指針の管理目標以上の過度なCO<sub>2</sub>施用や高温・加湿制御は避けましょう。

- 1) 厳寒期に早朝加温又は夕方加温を行うことで、一時的に増収効果が得られます(管理のポイント参照)。
- 2) 夜間のクラウン表面温度が15~18°C程度となるよう、温水をチューブに循環させてクラウン加温を行います。
- 3) 微粒ミスト装置使用：噴霧量100ml/分のノズル(粒径30μm以下)を100㎡当たり10個設置し、圧力は3.0MPa程度とします。



1 1 月	1 2 月
施設密閉時700ppm 施設換気時400ppm	
25°C	28°C
8°C(クラウン加温する場合は5°C)	
60%	70%
250ml/株	200ml/株
0.6~0.7dS/m	0.8dS/m
30~40%	
内張り被覆・暖房機稼働・収穫始め	収穫
7~16時	7~16時
21°C未満700ppm	24°C未満700ppm
21°C以上400ppm	24°C以上400ppm
15~18°C	
9~15時	
23°C以上	
5秒稼働5秒停止もしくは濡れセンサー利用による連続噴霧	
朝1回(6~7時)に強制給液した後、施設外積算日射量4MJ/m <sup>2</sup> 当たり72ml/株の給液	
5 月	6 月
—	—
30°C以下	
5°C	
—	—
400~500ml/株	
0.6dS/m	0.5dS/m
40%	
収穫	収穫終了
—	—
—	—
—	—
9~15時	
20°C以上	
5秒稼働5秒停止もしくは濡れセンサー利用による連続噴霧	
朝1回(6時)に強制給液した後、施設外積算日射量4MJ/m <sup>2</sup> 当たり80~90ml/株の給液	

微粒ミスト噴霧は、過度に乾いた圃場に限り行いましょう

- 4) 温暖期(2月以降)は、植物体の生育が旺盛となり吸水量が急激に増加します。排液率が30~40%となるよう留意しながら、品種や生育に応じて1回あたりの給液量を増やすなどして、給液不足が無いよう留意してください。
- 5) 日中に換気することが多くなるため、CO<sub>2</sub>施用は3月中旬に終了します。

## 2 管理のポイント

### (1) 基本的な考え方

#### ア 環境モニタリング下での栽培管理の実施

イチゴ栽培においては、CO<sub>2</sub> 施用機、自動給液装置等による管理が定着しています。今後、さらに高収益生産を目指して環境制御するためには、

**「環境モニタリング機器等を利用した施設内環境の管理」**

が重要となります。

環境モニタリング機器は、**環境を見える化し、目標に合わせて環境値を調整するのに大変有用で、導入すべき資材です。**

さらに、CO<sub>2</sub> 施用はこれまで、早朝の施設密閉時に限ったタイマー制御による施用が主流となっていました。今後は **CO<sub>2</sub> 濃度制御盤を利用した日中の長時間施用**が望ましいでしょう。CO<sub>2</sub> 濃度制御盤は施設内 CO<sub>2</sub> 濃度の維持機能のほか、曇雨天時や施設換気量の多い場合に CO<sub>2</sub> 施用量を節約するなど、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に効果的です。

#### イ 乾燥しやすい圃場では

乾燥した条件では、植物は CO<sub>2</sub> の取り込み口である気孔を閉じてしまいます。乾燥しやすい圃場では、**微粒ミスト装置による加湿が対策の一つとして挙げられます。**

#### ウ さらに高収益生産にむけて

基本の CO<sub>2</sub> 施用、温度管理での生産性をさらに高める技術として、(国研) 農研機構九州沖縄農業研究センターが開発した**クラウン温度制御技術**が挙げられます。この技術は、イチゴのクラウン部分に配置した軟質チューブに冷温水を循環させ、秋季にはクラウン部分を冷却することで花芽分化を促進し、冬季は加温することで、暖房設定温度を下げても草勢を維持することを目的としています。JA あいち経済連営農支援センターと愛知県農業総合試験場(以下、愛知農総試)では、2017年度までに冬季にクラウン部分を加温する(以下、クラウン加温)試験を行い、愛知県の栽培品種や栽培環境での効果を確認しました。

さらに、2018年度以降は、営農支援センターにおいては摘果管理について試験を行い、愛知農総試において日射比例に基づく給液管理について試験を実施しました。

具体的な CO<sub>2</sub> 施用、湿度・温度・摘果・給液管理の試験結果については、次ページ以降を御覧ください。

## ■ 環境の計測は必ず行いましょう

イチゴはトマトに比べて、1施設当たりの面積が小さく、環境制御に係る資機材の導入が少ないため、現状では統合環境制御機器の導入は過剰投資となり、導入事例は少ない状況です。しかし、高収量を得るには、適正な環境条件を確認した上での環境制御が必須となります。

まずは、「あぐりログ」((株)IT 工房 Z)等の環境モニタリング機器で施設環境をモニタリングして、各機器の利用を調節します。

2021年3月現在、「あぐりログ」は愛知県のイチゴ生産圃場で178台(愛知県内導入台数898台のうちの20%)が導入されています(図)。

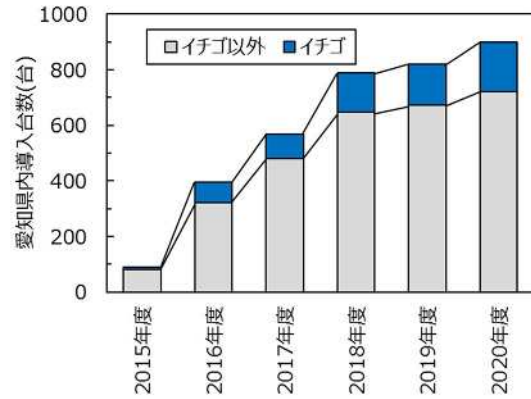


図 あぐりログ導入台数  
(青色が愛知県のイチゴ生産圃場での導入台数)

## (2) CO<sub>2</sub>

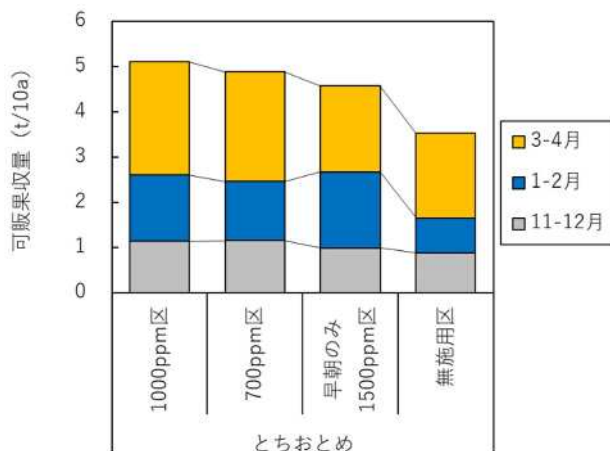
「とちおとめ」では、CO<sub>2</sub>濃度を日中施設密閉時に700ppm又は1,000ppmとなるよう濃度制御をした場合(施設換気時は外気と同程度の400ppmとした)、早朝のみ1,500ppmとした場合やCO<sub>2</sub>無施用と比べて増収しました(図III-1)。

ただし、「章姫」では日中1,000ppmとした場合、草勢が強くなりすぎて先青果や不受精果の発生が増えました(コラム■イチゴのCO<sub>2</sub>濃度は700ppmが適当(62ページ)参照)。

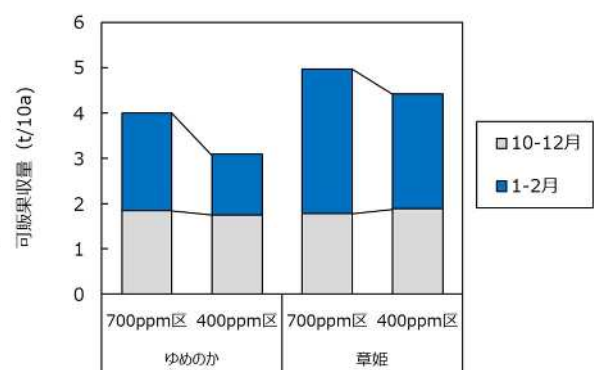
これらの結果から、

**イチゴのCO<sub>2</sub>施用は日中700ppm(換気扇動作時には外気並みの400ppmを維持)**

とすることを推奨します。



図III-1 CO<sub>2</sub>施用方法と収量の関係  
(愛知農総試、2014)



図III-2 CO<sub>2</sub>濃度700ppmと400ppmでの冬季の収量(愛知農総試、2016)

CO<sub>2</sub>濃度を日中 700ppm(換気扇動作時には外気並みの 400ppm とする)とした 700ppm 区と、換気の有無にかかわらず CO<sub>2</sub>濃度を一律 400ppm とする 400ppm 区で収量を比べたところ、700ppm 区は 400ppm 区より、「ゆめのか」で 29%、「章姫」で 12%増収しました(図III-2)。

CO<sub>2</sub>濃度は外気並の 400ppm とするより、施設密閉時は 700ppm、施設開放時は 400ppm となるよう施用することで、収量が増加します。

CO<sub>2</sub>施用に係る費用は、コラム■CO<sub>2</sub>施用の費用対効果(63 ページ)を参照してください。

## ■ イチゴの CO<sub>2</sub>濃度は 700ppm が適当

イチゴの光合成速度は CO<sub>2</sub>濃度が 0~1,000ppm の範囲で上昇し、1,000ppm を超えるとほとんど変わらないことが報告されています(図1)。「管理のポイント」図III-1(61 ページ)では、1,000ppm と無施用では 45%の収量差が見られたにもかかわらず、1,000ppm と 700ppm では収量の差はほとんどなく、1,000ppm の施用は効率的とは言えません。

愛知農総試では、CO<sub>2</sub>濃度を着果負荷の大きい 12 月から 1 月にかけて、基準の 700ppm より高い 1,000ppm に一時的に引き上げる試験を行いました。

その結果、可販果収量は高 CO<sub>2</sub>とした 1,000-700ppm 区で、700ppm 一律施用とした 700ppm 区とほぼ同じでしたが、1,000-700ppm 区では奇形果の発生が多くなりました(図2)。

イチゴの光合成速度が最大になると想定される 1,000ppm の CO<sub>2</sub>濃度下では、

- ・ 700ppm 施用と比べて収量はほぼ同等であること
- ・ CO<sub>2</sub>濃度が高まるほど、奇形果の発生が高まる傾向であること

以上の理由から、CO<sub>2</sub>濃度の基準は施設密閉時 700ppm が適正と考えられます。

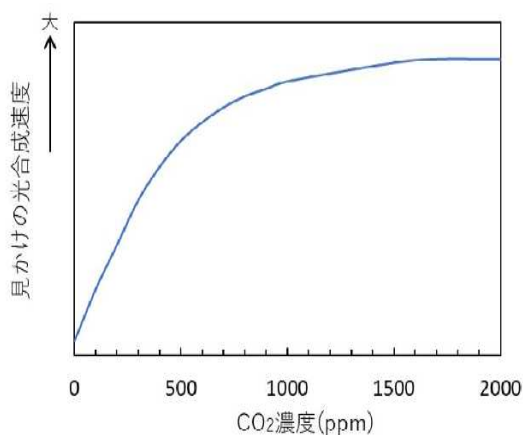


図1 イチゴの CO<sub>2</sub>濃度—光合成速度の概念図 (和田ら(2010)を元に作成)

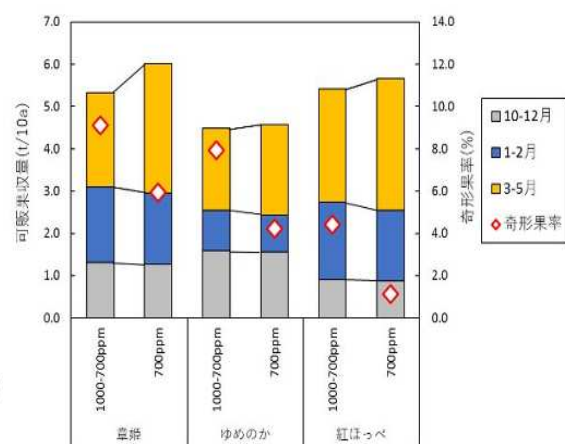


図2 CO<sub>2</sub>を一時的に高めた場合の収量 (愛知農総試、2015)

## ■ CO<sub>2</sub>施用の費用対効果

「管理のポイント」図Ⅲ－2（61 ページ）の試験で消費した液化 CO<sub>2</sub> 量を灯油使用量に換算して灯油経費を算出し、月別収量に同月の平均単価を乗じて販売金額を算出しました。10a 当たりの灯油経費は、700ppm 区で 400ppm 区より 52 千円多くなる一方、10a 当たりの販売金額は、700ppm 区で 400ppm 区より「ゆめのか」で 1,180 千円、「章姫」で 630 千円の増加が見込まれました(表 1、表 2)。

CO<sub>2</sub> 目標濃度 700ppm の施用で、「ゆめのか」、「章姫」とともに 1～2 月の収量が増加し、収支を計算すると収益の増加が期待できます。

表 1 CO<sub>2</sub> 施用に係る費用 (愛知農総試、2016)

試験区	灯油使用量 <sup>1) 3)</sup>		灯油経費 <sup>2) 3)</sup> 千円/10a
	L		
700ppm区	780		66
400ppm区	170		14
差	610		52

1) 試験で使用した液化CO<sub>2</sub>量を同量のCO<sub>2</sub>施用に必要な灯油量に換算して算出。  
2) 灯油1L当たり単価は85円/Lで算出。  
3) 灯油使用量、灯油経費は11月中旬から3月中旬のCO<sub>2</sub>施用期間全体の使用量及び経費を示す。

表 2 収益試算 (愛知農総試、2016)

試験区	ゆめのか		章姫	
	10a当たり単収 <sup>1)</sup>	販売金額 <sup>2)</sup>	10a当たり単収 <sup>1)</sup>	販売金額 <sup>2)</sup>
	t/10a	千円	t/10a	千円
700ppm区	3.99	5830	4.97	7170
400ppm区	3.08	4650	4.41	6540
差	0.91	1180	0.56	630

1) 7,000株/10aとして、2月末までに得られた株当たり収量に乗じて算出。

2) 10～2月のイチゴ1kg当たり月別平均単価(平成26～28年度の3か年の平均)を月別収量に乗じて算出。

CO<sub>2</sub>はイチゴの中身になるよ！  
ハウス内が低CO<sub>2</sub>にならないよ  
うに管理しよう！



## ■ CO<sub>2</sub>施用による養分吸収量の変化

施設密閉時に CO<sub>2</sub>濃度 700ppm(施設換気時 400ppm)とした場合、換気の有無にかかわらず一律 400ppm とした場合と比較して、養分吸収がどのように変化するか確認しました(図)。

700ppm 区では 400ppm 区よりいずれの多量要素も吸収が増加しました。400ppm 区に比べて著しい増加ではないものの、吸収量が漸増していることから、施肥は排液中の各要素濃度を確認して不足なく行う必要があります。

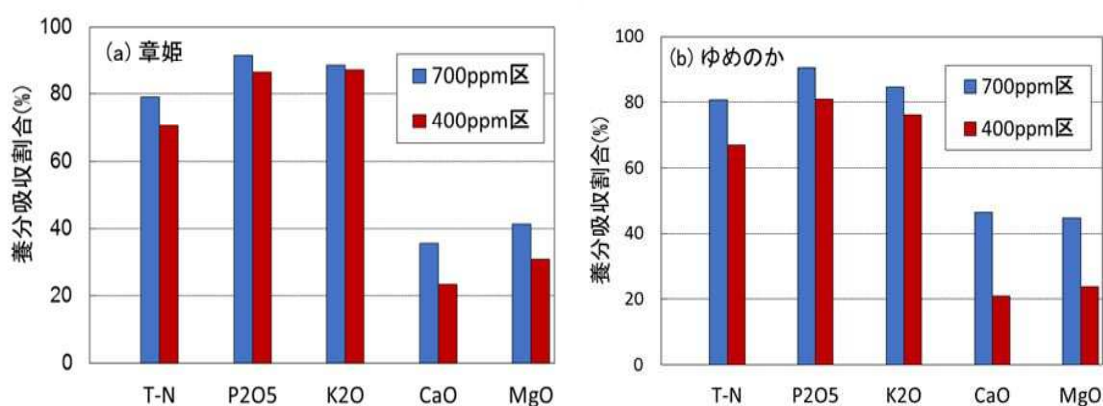


図 CO<sub>2</sub>施用濃度に応じた養分吸収割合の変化(愛知農総試、2016)

### (3) 湿度

トマトやバラでは高温対策や光合成促進のため、微粒ミスト装置の導入が進んでいます。トマトやバラでの普及を受けて、イチゴ生産圃場でも微粒ミスト装置を導入する圃場がみられますが、ごくわずかな数に限られています。

二重被覆をしたほとんどのイチゴ圃場では、成り行きの湿度管理をしても、生育を妨げない湿度が保たれています。

微粒ミスト噴霧による湿度管理を行う場合のチェックポイントは次に掲げる3つです。圃場の湿度状態をモニタリングして、過度に乾いた圃場に限り、微粒ミスト噴霧の利用を検討しましょう。

- ① 微粒ミスト噴霧を利用した加湿は、冬季(11月～1月)の間、日中平均相対湿度が50%以下となる圃場で効果があります
- ② 冬季に日中平均相対湿度が50%以上の圃場では、微粒ミスト噴霧の効果はほとんどありません
- ③ どのような圃場でも、施設開口部を開け放している春季・秋季では、微粒ミスト噴霧による加湿と気温の低下が期待できます

以下のコラム■微粒ミスト噴霧の施設内環境への効果(65ページ)、■高温対策のための微粒ミスト噴霧の活用(66ページ)で、イチゴ生産圃場の湿度の実態と、微粒ミスト噴霧時の効果を記載しました。



## ■ 微粒ミスト噴霧の施設内環境への効果

2012年から2013年にかけて、CO<sub>2</sub>施用と併せた微粒ミスト噴霧試験を行いました。

施設側面は二重被覆、天井は外張りのみとした施設で、11月中旬から3月末までミスト噴霧をした際の気温、湿度の推移を図1に示しました。

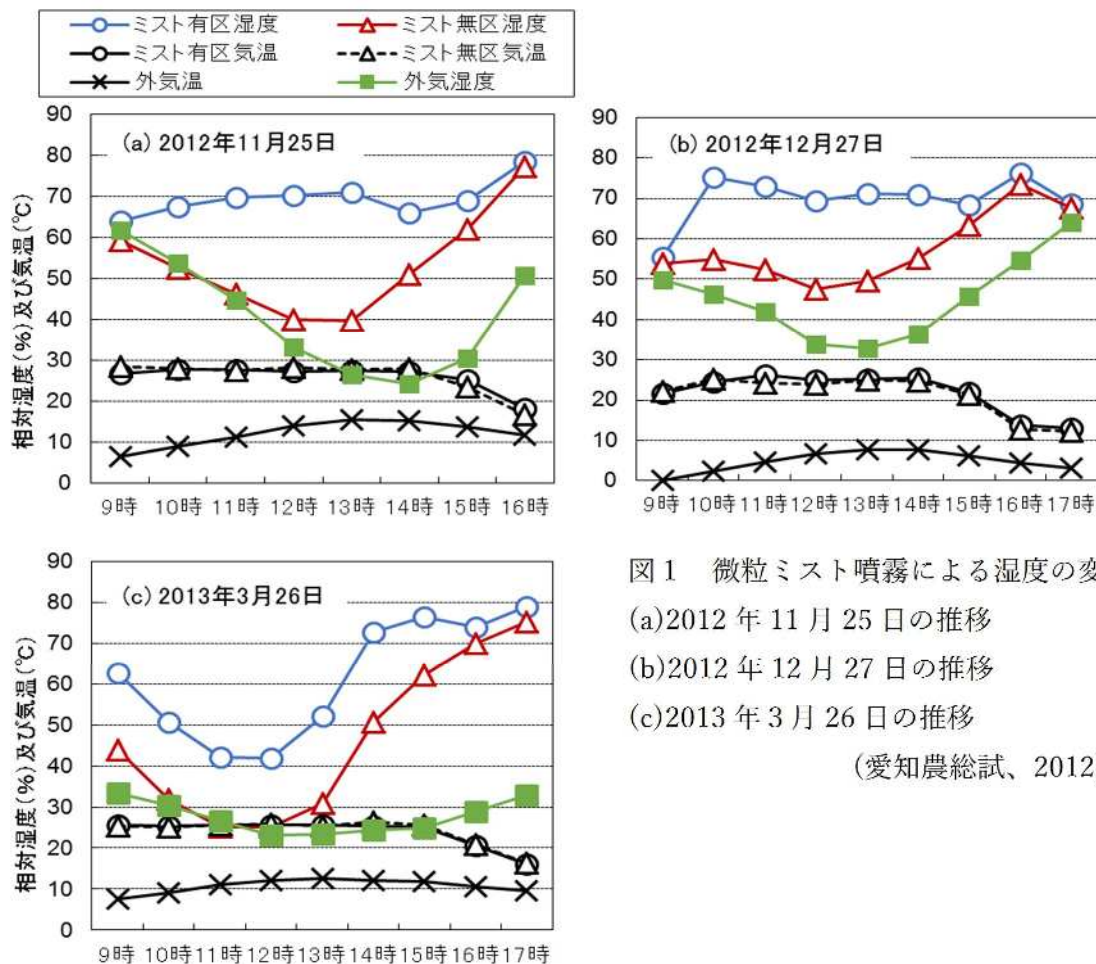


図1 微粒ミスト噴霧による湿度の変化  
 (a)2012年11月25日の推移  
 (b)2012年12月27日の推移  
 (c)2013年3月26日の推移  
 (愛知農総試、2012)

11月から12月にかけてミスト無区では相対湿度が40~50%まで下がったものの、ミスト有区では噴霧設定のとおり70%前後を維持できました。ミストの有り無しで収量を比較した結果、ミスト有区で「ゆめのか」は18%、「章姫」は4%、「紅ほっぺ」は5%収量が増え(図2)、相対湿度は70%程度を維持すると増収が期待できると考えられました。

ただし、天井、側面の両方を二重被覆した場合、ミスト噴霧をしなくても、11月から2月の相対湿度は比較的高い値で推移しました(図3)。施設側面を開放している9月や3月以降は、ミスト無区で相対湿度が大きく下がり、ミスト噴霧により施設内気温の低下効果と加湿効果がみられました。

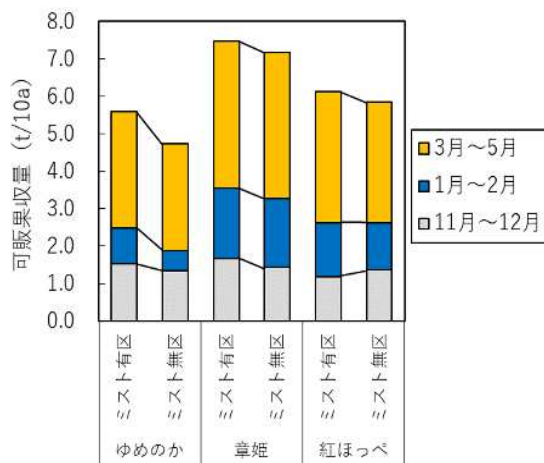


図2 ミスト噴霧の有無と収量  
(愛知農総試、2012)

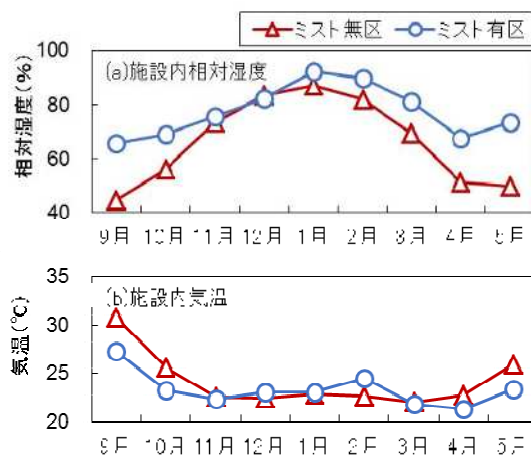


図3 二重被覆下におけるミスト噴霧と湿度・気温の日中平均値推移  
(愛知農総試、2013)

### ■ 高温対策のための微粒ミスト噴霧の活用

定植後の高温対策として微粒ミスト噴霧をした場合、9月下旬で施設内気温を5℃程度低下させることができるので、定植以降の活着、生育促進効果が期待できます(図1)。

ただし、定植後に微粒ミスト噴霧を開始して、以降10~11月も継続してミスト噴霧すると、総収量が低下する傾向が見られました(図2)。

定植後の高温対策として微粒ミストを噴霧した場合は、10~11月はミスト噴霧を停止するか、ごく低湿度の時のみミスト噴霧をするように管理するのが適当です。

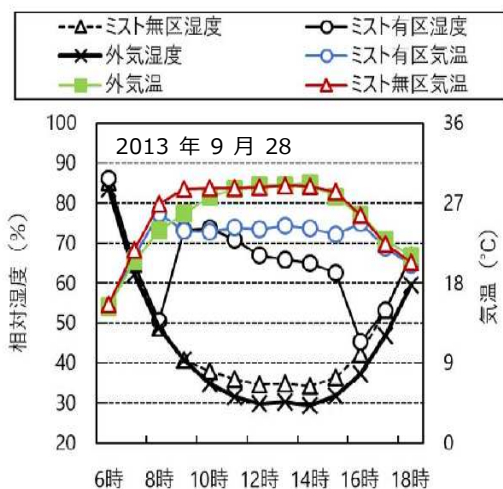


図1 定植後のミスト噴霧による気温の低下  
(愛知農総試、2013)

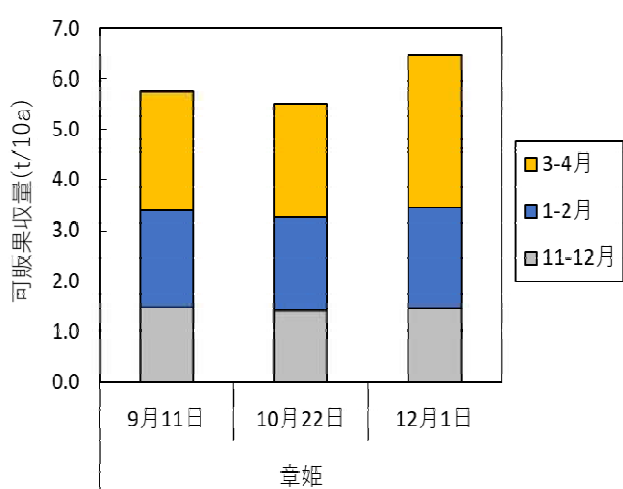


図2 ミスト噴霧開始時期と収量  
(図中の月日はミスト噴霧開始日を示す)  
(愛知農総試、2013)

#### (4) 温度

イチゴは一般的に気温が5℃より下がると花粉や雌ずいの活性が低下し、休眠が深まることから、**圃場の最低気温は5～8℃以上を目安に管理します**。また、日中の平均気温は光合成適温とされる20～25℃を保つことが目安となります。愛知県の主要栽培品種「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」の基本となる温度管理を表Ⅲ－1にまとめました。

表Ⅲ－1 品種別のハウス被覆時期と温度管理目標

(引用：(一社)農山漁村文化協会、イチゴ大事典(2016))

品種	ハウス被覆時期	温度管理目標		出典
		最高昼温	最低夜温	
ゆめのか	10月中～下旬 (初秋が温暖な年は一次腋花房の分化確認後に被覆)	27～28℃	土耕栽培：5℃程度 高設栽培：8℃程度	愛知県,2006
章姫	10月20～25日頃	出蕾～開花期：27～28℃ 果実肥大期：25～27℃ 収穫期：25～26℃ 4月以降：サイド開放	出蕾～果実肥大期：7℃ 収穫期：5～7℃ 4月以降：夜温10℃以上でサイド開放	野菜園芸大百科,2004
紅ほっぺ	10月20日頃	25～27℃	6～7℃	静岡県,2005

また、施設野菜では、夜間は低温にして呼吸消費を抑え、明け方から昼間にかけては光合成適温まで加温する変温管理が推奨されています。変温管理は夜間の過度な加温による燃油消費を抑え、果実の肥大に直結する光合成を行う時間帯に集中的に加温することになるため、これまでの温度管理に比べて費用対効果が大きくなると期待されています。

今回、愛知農総試では表Ⅲ－2のとおり、三つの温度管理について3か年に渡って試験を行いました。これらの結果について、以下に記述します。

表Ⅲ－2 各年度の温度試験概要

試験年度	試験区	加温方法	加温試験実施期間
2017	変温区	午前4時から午前8時：12℃以上 上記以外の時間帯：5℃以上	2017年11月1日～2018年3月14日
	慣行区	終日8℃以上	
2019	早朝加温区	午前7時～午前8時：12℃以上 上記以外の時間帯：8℃以上	2019年12月23日～2020年2月29日
	慣行区	終日8℃以上	
2020	夕方加温区	午後4時から午後8時：15℃以上 上記以外の時間帯：8℃以上	2020年12月7日～2021年2月25日
	慣行区	終日8℃以上	

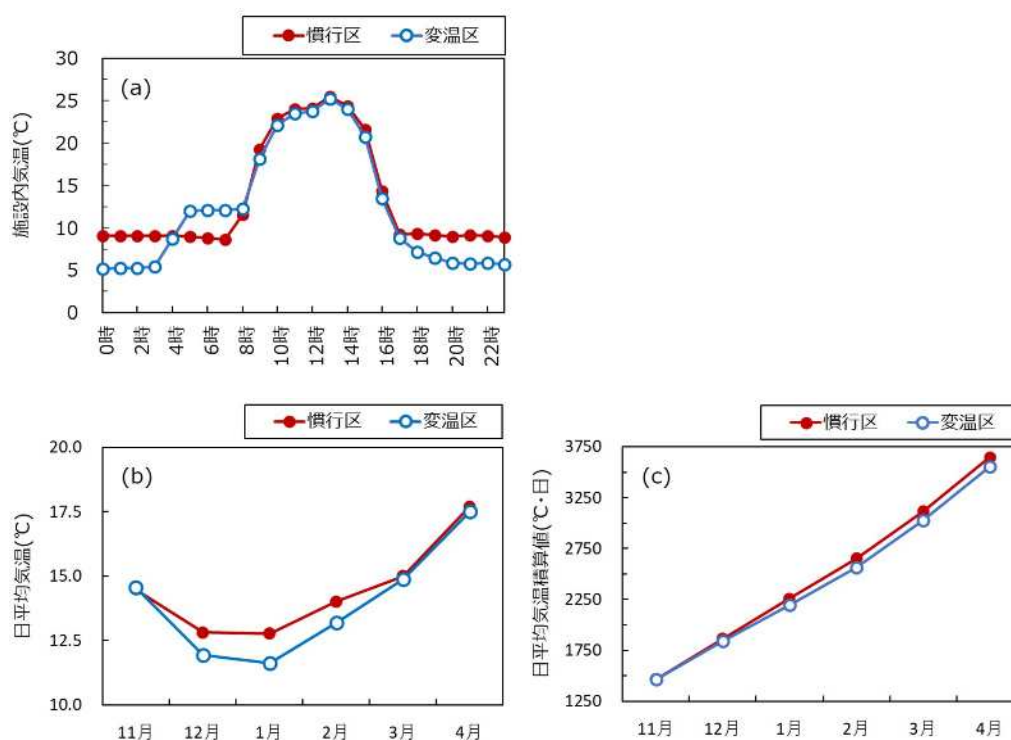
## ア 早朝加温の効果

愛知農総試では、早朝加温について下記①、②の試験を実施しました。

- ① 最低温度 5℃として夜間の呼吸消費を抑え、さらに早朝 4時から 8時にかけて 12℃として光合成が可能な早朝の時間帯の温度を高めた変温区と、最低温度 8℃とする慣行区の 2区での温度比較試験（表Ⅲ－2、2017年度）。
- ② 早朝加温区、慣行区ともに最低温度は 8℃として、午前 7時から 8時にかけては①と同様に光合成量を促進するため 12℃として温度を高めた早朝加温区と、早朝加温を行わない慣行区の 2区での温度試験（表Ⅲ－2、2019年度）。

### ① 変温管理試験の結果（2017年度）

試験区の温度推移を比較すると、日平均気温は最も寒い時期となる 12月から 2月にかけて、変温区で慣行区より 1℃程度低くなり、日平均気温の積算値は 1月以降に慣行区より変温区で小さくなりました（図Ⅲ－3）。



図Ⅲ－3 各区の温度推移(愛知農総試、2017)

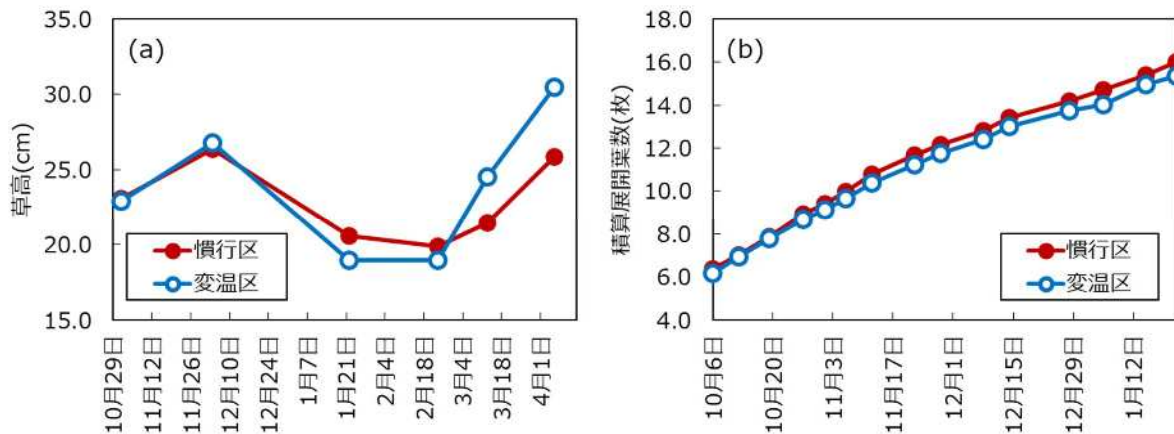
(a)2017年12月30日の施設内気温の推移

(b)日平均気温の推移

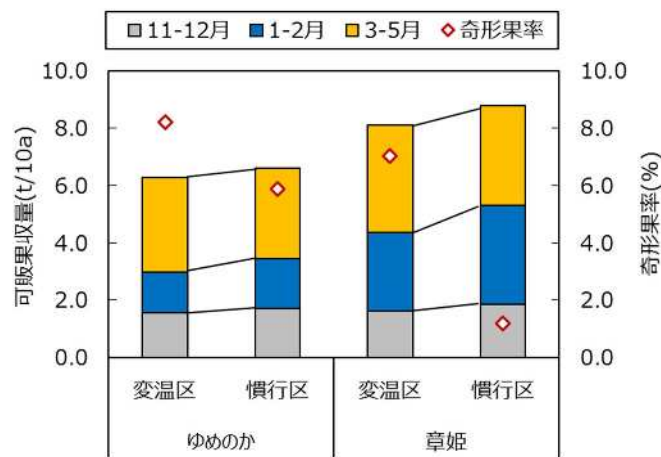
(c)定植日からの日平均気温の積算値

「章姫」の草高の推移は、3月以降は変温区で大きい値となったものの、厳寒期 2月中旬までは、草高と積算展開葉数ともに変温区で慣行区を下回りました(図Ⅲ－4)。併せて 11月から 2月までの収量は変温区で慣行区より少なく、4月中旬までの総収量も変温区で慣行区の 92%に留まりました(図Ⅲ－5)。

今回の試験では、変温区で夜間温度を低く設定した結果、厳寒期の日平均気温が下がり、地上部生育の低下につながったと判断しました。可販果数は可販果収量と同様に 11～2 月に変温区で慣行区より減少しました(データ略)。地上部生育が低下したこと、変温区では収穫果数に対する不受精果を主とした奇形果数が多く発生したことが、可販果収量と可販果数の減少の原因と考えられました。



図Ⅲ－4 変温管理における「章姫」の草高(a)と積算展開葉数(b)の推移  
(愛知農総試、2017)



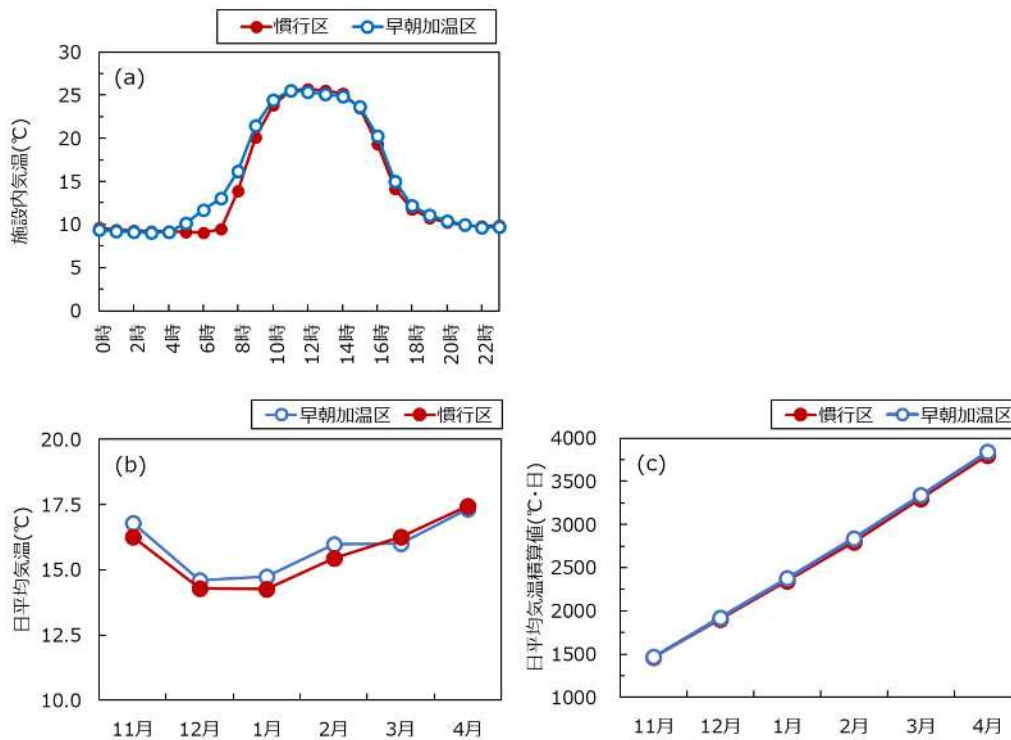
図Ⅲ－5 変温管理下の可販果収量(愛知農総試、2017)

## ② 早朝加温試験の結果 (2019 年度)

- ・ 早朝加温時間以外の最低温度は 8℃以上
- ・ 午前 5 時から 1 時間当たり 2℃上昇させて午前 7 時には 12℃以上とする

早朝加温区では以上 2 つの変更点を取り入れ、慣行区との温度比較試験を行いました。各区の温度変化は図Ⅲ－6 (a) のとおり推移し、日平均気温は試験実施中の 1～2 月中は 1℃未満の差で、積算値は①の変温区と慣行区の半分の差となりました (図Ⅲ－6)。

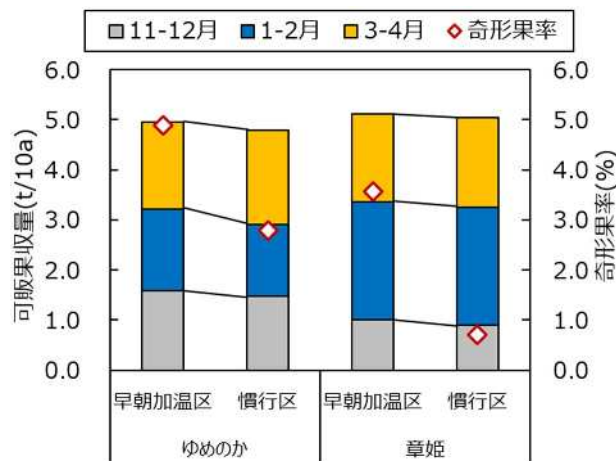




図III-6 各区の温度推移(愛知農総試、2019)

(a)2019年12月23日~2020年2月29日までの施設内気温の推移  
 (b)日平均気温の推移、(c)定植日からの日平均気温の積算値

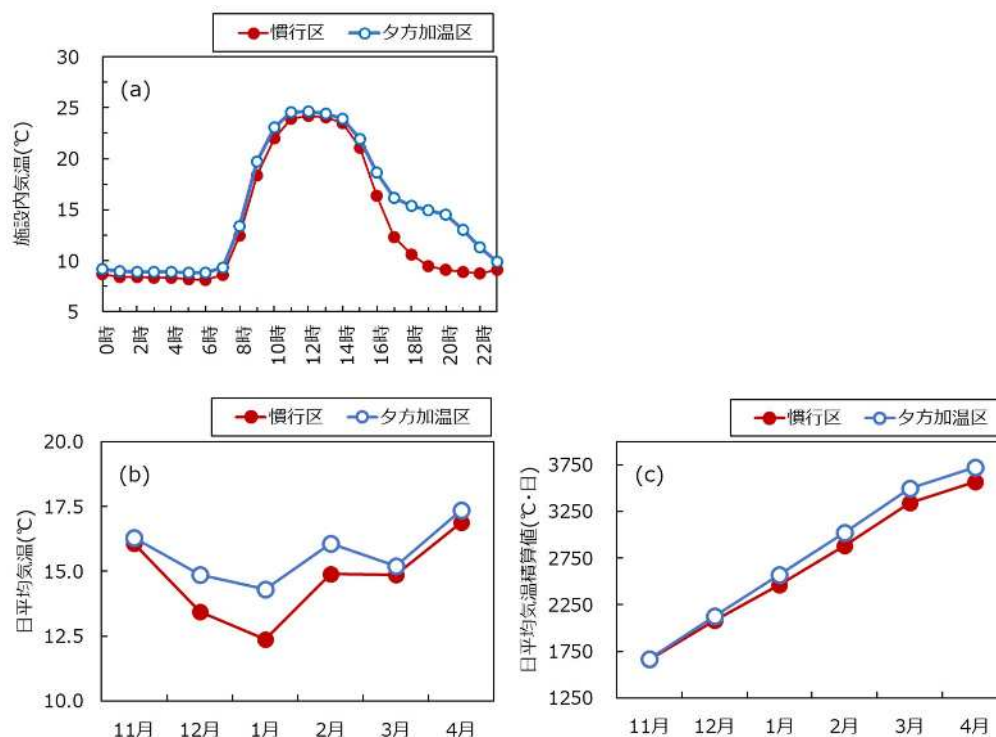
草高、展開葉数、花房の着花数、花房間葉数及び二次腋花房までの開花株率の推移は、早朝加温による増大・促進効果は認められず、開花から成熟までの積算温度や日数もまた、試験区間で差はなかったものの(以上データ略)、「ゆめのか」、「章姫」とともに12月から2月にかけての可販果収量がわずかに増加しました(図III-7)。栽培終了までの総可販果収量は両試験区でほぼ同等であり、今回の早朝加温では、生育及び総収量への効果はほとんどないものの、着果した果実の肥大成長が促進され、**早朝加温期間中は一時的に収量が増加した**と考えられました。



図III-7 早朝加温下の可販果収量(愛知農総試、2019)

## 4. 夕方加温の効果

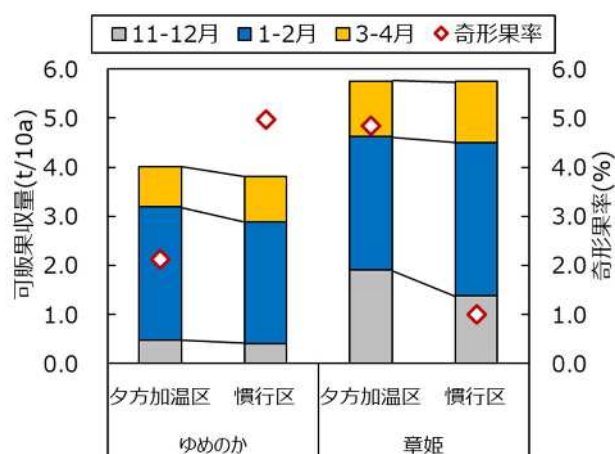
2020年度は、夕方から前夜半（午後8時）までの加温を実施し、生育と収量への影響を確認しました（表Ⅲ-2、2020年度）。夕方加温区では12月から2月にかけて、日平均気温が慣行区より1～2℃高まり、ア①の変温管理（68ページ）、②の早朝加温（69ページ）と比べて慣行区との日平均温度の差が大きく推移しました（図Ⅲ-8）。



図Ⅲ-8 各区の温度推移(愛知農総試、2020)

(a)2020年12月7日～2021年2月25日までの施設内気温の推移

(b)日平均気温の推移、(c)定植日からの日平均気温の積算値



図Ⅲ-9 夕方加温下の可販果収量(愛知農総試、2020)

試験の結果、夕方加温の生育と収量に対する効果として、12月の加温開始直後に開花が始まる花房の開花促進（データ略）を確認し、早朝加温と同様に12月から2月にかけての可販果収量の微増を確認したものの、その他の生育への効果は少なく、収量は慣行区と同等でした。ア②の早朝加温と同様に、夕方加温は厳寒期の一時的な収量の増加・確保に有効であり、生育促進効果は得られにくいと考えられました。

## ■加温試験の経費と収益について

早朝加温試験（2019年、2（4）ア②）と夕方加温試験（2020年、2（4）イ）の各慣行区に対する経費の増減は表1のとおりです。

経費収支をみると、12月から2月にかけての早朝加温及び夕方加温によって経費を考慮した収益は向上すると考えられました。前述したとおり、早朝加温、夕方加温ともに加温実施以後の生育への著しい効果は確認できなかったものの、一時的な収益増、厳寒期の冷えによる収穫量の損失を防ぐには効果があると考えられました。

表1 CO<sub>2</sub>施用に係る費用  
(愛知農総試、2019,2020)

年次	試験区	灯油使用量 <sup>1)3)</sup>	灯油経費 <sup>2)3)</sup>
		L	千円/10a
2019	早朝加温区	2757	234
	慣行区	2399	204
	差	358	30
2020	夕方加温区	7196	612
	慣行区	4711	400
	差	2485	211

1) 試験で暖房に使用した灯油量を元に、試験区設定温度の加温に必要な灯油量を10a当たりで換算して算出。

2) 灯油1L当たり単価は85円/Lで算出。

3) 各試験において早朝加温（あるいは夕方加温）の実施期間中の灯油使用量及び灯油経費を示す。

表2 収益試算  
(愛知農総試、2019,2020)

年次	試験区	ゆめのか		章姫	
		10a当たり単収 <sup>1)</sup>	販売金額 <sup>2)</sup>	10a当たり単収 <sup>1)</sup>	販売金額 <sup>2)</sup>
		t/10a	千円/10a	t/10a	千円/10a
2019	早朝加温区	3.22	7006	3.35	6898
	慣行区	2.91	6727	3.25	6728
	差		279		170
2020	夕方加温区	3.19	5416	4.62	8494
	慣行区	2.89	5065	4.5	8137
	差		351		357

1) 7,000株/10aとして、2月末までに得られた株当たり収量を乗じて算出。

2) 10~2月のイチゴ1kg当たり月別平均単価(平成30~令和2年度の3か年の平均)を月別収量に乗じて算出。

## ■早朝加温の開始時期について

早朝加温試験（2019年、2（4）ア②）と夕方加温試験（2020年、2（4）イ）は、供試品種「ゆめのか」の一次腋花房の開花期（調査株の30%の株で一次腋花房の頂花の開花が見られた時期）に加温を始めました。いずれの加温についても、2月までの収量が増加した効果から、早朝加温又は夕方加温の開始は早い方がいいと考えられました。しかし、2018年度に実施した早朝加温試験（試験区設定は表1を参照）において、「ゆめのか」の開花期以前に早朝加温を開始したところ、先端不稔の奇形果の発生が増えました（図1、2、注1）。

原因として、一次腋花房の頂花の開花以前に加温を始めたことで、花房の花芽の成長が進み、その結果、花托の成長が不十分な時期に開花してしまい、雌ずいの不稔を引き起こした可能性が挙げられます。



表 1 早朝加温試験の概要(愛知農総試、2018)

試験年度	試験区	加温方法	加温試験実施期間
2018	早朝加温区	午前6時から午前9時：12°C以上 上記以外の時間帯：8°C以上	2018年11月15日～2019年3月1日
	慣行区	終日8°C以上	

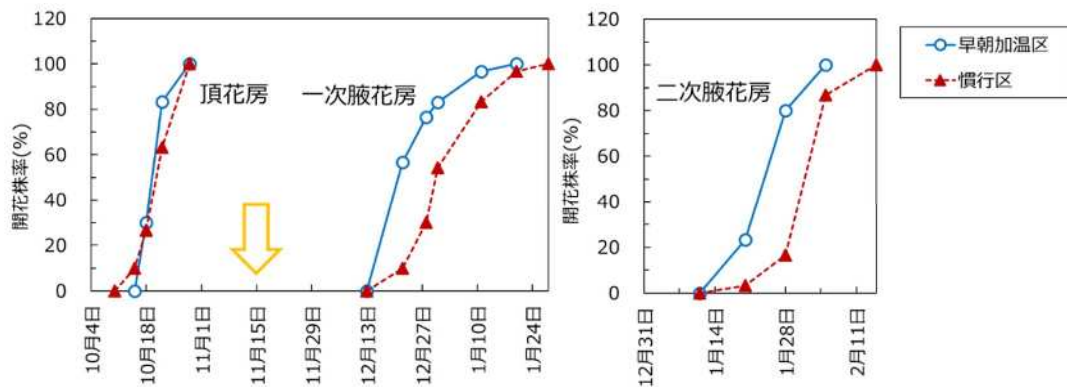


図 1 「ゆめのか」の開花株率の推移(愛知農総試、2018)

注) 図中矢印は加温開始時期を示す。

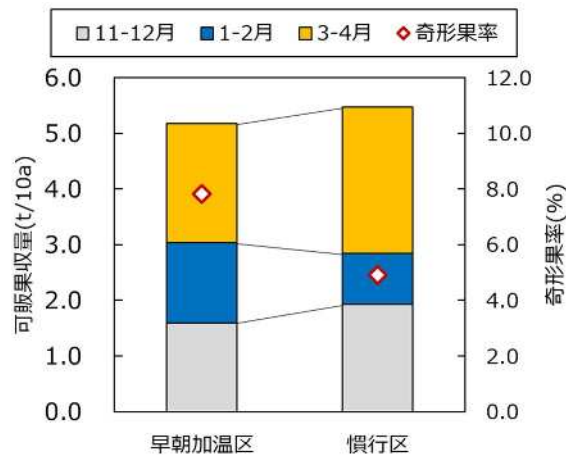


図 2 「ゆめのか」の可販果収量と奇形果発生率(愛知農総試、2018)

注) 奇形果率は、収穫開始から2月末までの早朝加温実施時期に発生した先青果や先端不稔果の発生数を総収穫果数で除した。

このため、早朝加温又は夕方加温の開始は、加温開始時期に出蕾、開花した花房の開花期を待ってから始めることを推奨します。

注 1) 本文中では、早朝加温又は夕方加温による生育促進効果はないと記載していますが、花房の開花については、二つの加温方法ともに加温開始以降は促進される傾向にありました。しかし、総収量、草高や葉の展開速度は変わらないままであるため、長期的な生育促進には、これらの加温方法による効果は小さいと考えられます。

## (5) クラウン加温

クラウン加温は冬季の効率的な収益増を期待できる技術です。図Ⅲ-10 のようにイチゴのクラウン部分に接するように軟質チューブを設置し、チューブ内に温水を循環させてクラウン表面の温度（以下、クラウン温度）を 15～18℃程度に維持します。温水のほかにも、クラウン部分に電熱線を設置して加温する方法もあります。

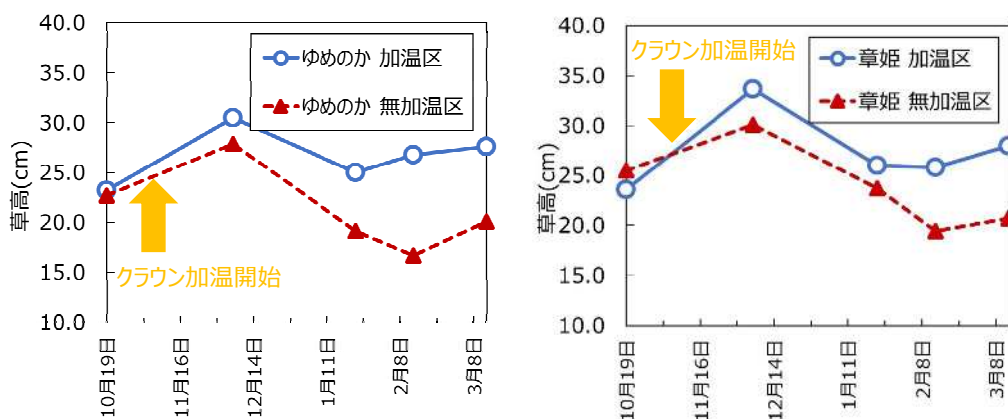
クラウン加温は 10 月末から翌年 2 月末にかけて行うことで、施設内加温を最低 5℃以上とした条件下でも十分な生育と収量増加の効果を得られます。

ただし、一次腋花房の花芽分化前にクラウン加温を始めると、高温により花芽分化が遅れる可能性があります。クラウン加温は、一次腋花房の花芽分化を顕鏡で確認した後に始めましょう。

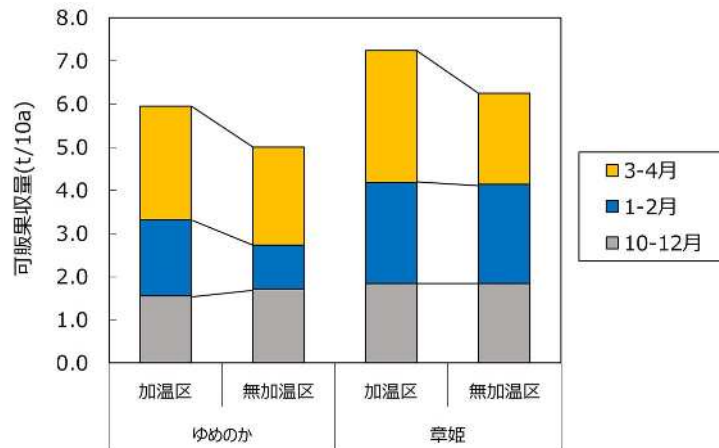


図Ⅲ-10 クラウン加温チューブ設置の様子  
(点線部分が温水を通すポリエチレンチューブ)

愛知農総試では、高設栽培において 35℃程度に温めた温水を利用したクラウン加温の試験を行いました。施設内最低温度を 5℃として温風暖房機による加温を行い、10 月末からクラウン加温を行った加温区（以下、「加温区」という。）、クラウン加温をしない無加温区（以下、「無加温区」という。）で生育を比べたところ、1 月以降に加温区で草高が増大しました(図Ⅲ-11)。4 月末までの収量は、加温区で無加温区より「ゆめのか」で 19%、「章姫」で 16%増加しました(図Ⅲ-12)。クラウン加温が時期別収量に及ぼす効果は品種により明らかに異なり、「ゆめのか」では 1～2 月の収量が 74%、「章姫」では 3～4 月の収量が 44%増加しました。



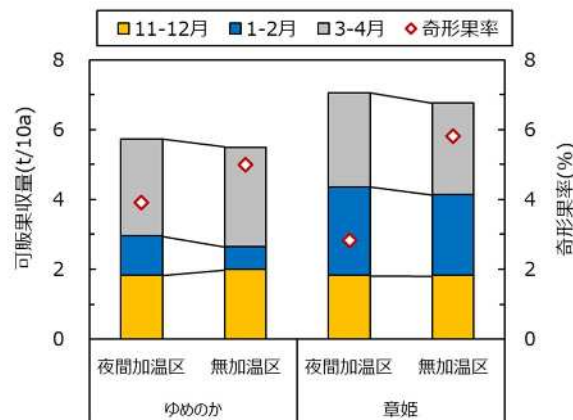
図Ⅲ-11 クラウン加温による草高の変化(愛知農総試、2017)



図III-12 クラウン加温と収量(愛知農総試、2017)

さらに、上記の試験では加温区で終日クラウン加温を行いましたでしたが、2018年度はクラウン加温を夜間(午後8時～翌朝8時の12時間)に限った夜間加温区を設け、クラウン加温をしない無加温区と生育、収量を比較しました。

その結果、夜間加温区で、無加温区より1～2月の収量が増加しました(図III-13)。

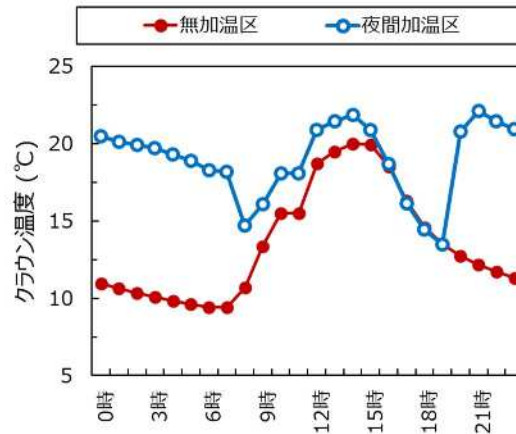


図III-13 加温時間を短縮した場合の可販果収量の変化(愛知農総試、2018)

注) 夜間加温区：午後8時～翌朝8時まで温水を用いてクラウン温度を18℃程度に加温  
 無加温区：クラウン加温せず(両区すべて室温は最低5℃で暖房機稼働)

夜間加温区におけるクラウン温度の推移は図III-14のとおりでした。これらの結果から、クラウン加温を行う場合、夜間(午後8時～翌朝8時)の間にクラウン表面温度を18℃目標として加温することで、暖房設定温度5℃の条件下で十分な生育と収量が得られることが判明しました。

ただし、クラウン加温は初期経費、ランニングコストともに大きく、厳寒期の増収効果のみでは過剰投資となり得ます。このため現在、農総試では厳寒期のクラウン加温のみではなく、秋季に冷水を用いたクラウン冷却も併用した生産安定を狙い、試験を実施しています。



図III-14 クラウン温度の推移(愛知農総試、2018)

注) 図III-12の加温区においても、この図の全日加温区と同程度の加温を実施した。

### ■ クラウン加温によるイチゴの変化

積算温度で花房の収穫の早晩が決定するのであれば、クラウン加温で積極的に加温することで、腋花房の収穫の前進化が期待できると考えました。しかし、クラウン加温期間中に開花する一次腋花房の頂果の成熟日数(開花から収穫に至るまでの日数)はほとんど変わりませんでした(表1)。果実の成熟には施設内気温が大きく影響していると考えられます。

表1 一次腋花房頂花の開花から収穫までの日数(愛知農総試、2017)

	単位:日			
	ゆめのか		章姫	
	クラウン加温区	クラウン無加温区	クラウン加温区	クラウン無加温区
成熟日数	47.7	48.0	52.3	54.3

では、クラウン加温はイチゴのどのような生育に影響するのでしょうか？

クラウン加温をすると草高が高くなる(「管理のポイント」図III-11 参照)とともに、展開葉数も多くなりました(図1)。花房間葉数は「ゆめのか」でやや多い傾向となりましたが、花房の開花は加温によって早まり、可販果数が増加しました(表2、図2)。

これらの結果から、クラウン加温(局所加温)は、草高の増大、葉と花房の展開促進と収穫果数の増加に効果があると考えられました。

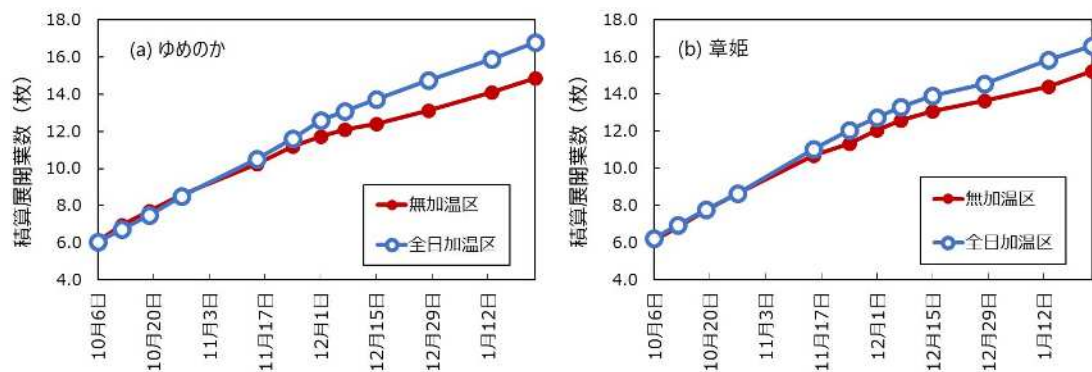


図1 クラウン加温と葉の展開推移(愛知農総試、2017)

表2 クラウン加温の有無と花房間葉数、可販果数の違い(愛知農総試、2017)

品種	試験区	花房間葉数			可販果数			合計
		定植～ 頂花房 (枚)	頂花房～ 一次腋花房 (枚)	一次腋花房～ 二次腋花房 (枚)	11月～12月 (果/株)	1月～2月 (果/株)	3月～4月 (果/株)	
ゆめのか	加温区	6.7	6.5	2.6	8.1	12.8	30.2	51.1
	無加温区	7.0	5.7	1.9	8.9	8.8	24.9	42.6
章姫	加温区	6.7	5.2	2.4	11.8	27.1	32.5	71.4
	無加温区	6.5	4.8	2.7	13.5	23.2	24.4	61.1

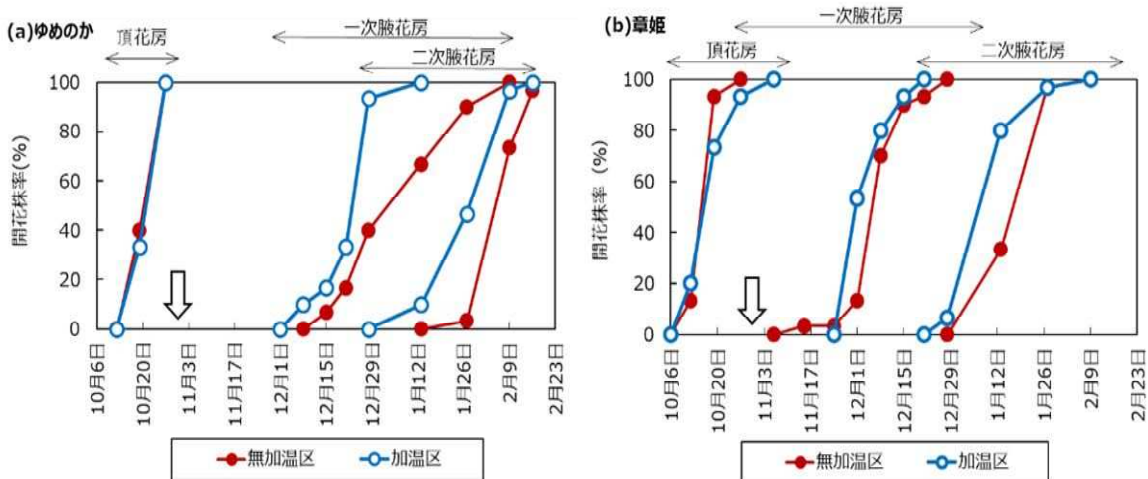


図2 クラウン加温中の花房の開花推移(愛知農総試、2017)

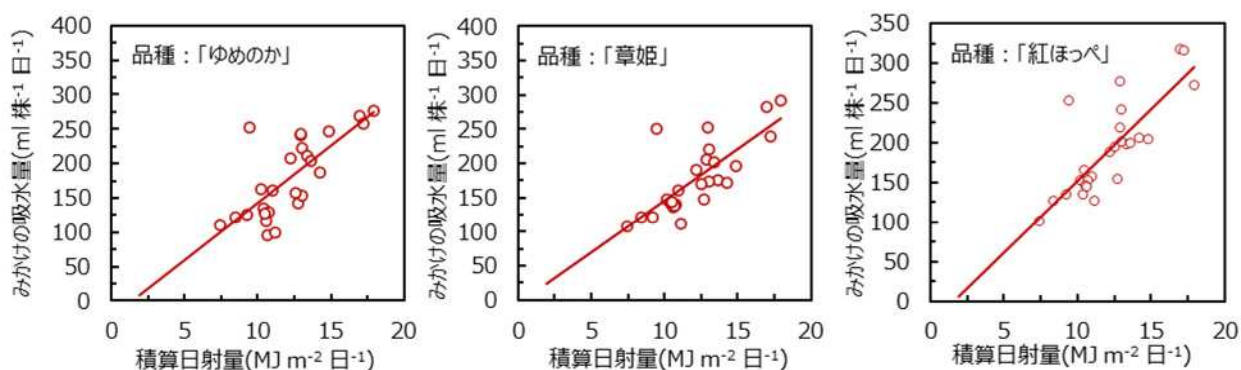
注) 図中の矢印はクラウン加温開始日を示す



## (6) 給液管理

CO<sub>2</sub> 施用下における給液管理について、日射に比例した給液管理を組み立てました。まず、施設外の積算日射量に対する見かけの吸水量を「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」の3品種で確認しました。

見かけの吸水量は、施設外積算日射量 1 MJ m<sup>-2</sup> 当たり「ゆめのか」で 16.5 ml 株<sup>-1</sup>、「章姫」で 15.0 ml 株<sup>-1</sup>、「紅ほっぺ」で 18.0 ml 株<sup>-1</sup>と算出されました（図Ⅲ-15、表Ⅲ-3）。



図Ⅲ-15 施設外積算日射量と見かけの吸水量(愛知農総試、2018)

表Ⅲ-3 施設外積算日射量当たり  
の見かけの吸水量  
(愛知農総試、2018)

品種	日射量当たり 吸水量 <sup>1)</sup> ml 株 <sup>-1</sup>	相関 係数 <sup>2,3)</sup>
ゆめのか	16.53	0.7451**
章姫	14.99	0.7581**
紅ほっぺ	17.98	0.8041**

1) 施設外積算日射量 1 MJ m<sup>-2</sup> 当たりのみかけの給水量(ml 株<sup>-1</sup>)

2) 図Ⅲ-15 の相関係数

3) 相関分析において\*\*は 1%水準で相関ありを示す

1 回の給液において、給液量の 30%が排液され、残り 70%が植物体に吸水されると仮定すると、植物体自体に 50 ml 株<sup>-1</sup> 回<sup>-1</sup> 吸水させるためには、

$$50 \text{ ml 株}^{-1} \text{ 回}^{-1} \div 0.7 = 71.43 \text{ ml 株}^{-1} \text{ 回}^{-1}$$

即ち 1 回の給液につき 72 ml 株<sup>-1</sup> の給液が適当と考えられます。給液量 72 ml 株<sup>-1</sup> 回<sup>-1</sup> を、各品種での 1 MJ m<sup>-2</sup> 当たりの見かけの吸水量で除して、1 回の給液に必要な積算日射量を求めました。「ゆめのか」の場合は、表Ⅲ-3 の値から、

$$71.43 \text{ ml 株}^{-1} \text{ 回}^{-1} \div 16.53 \text{ ml 株}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ m}^2 = 4.32 \text{ MJ m}^2$$

ゆえに、1回 50ml 株<sup>-1</sup>の吸水のためには、施設外積算日射量 4.32 MJ m<sup>-2</sup> 当たり 72 ml 株<sup>-1</sup>の給液を行うことが適当と算出されます。

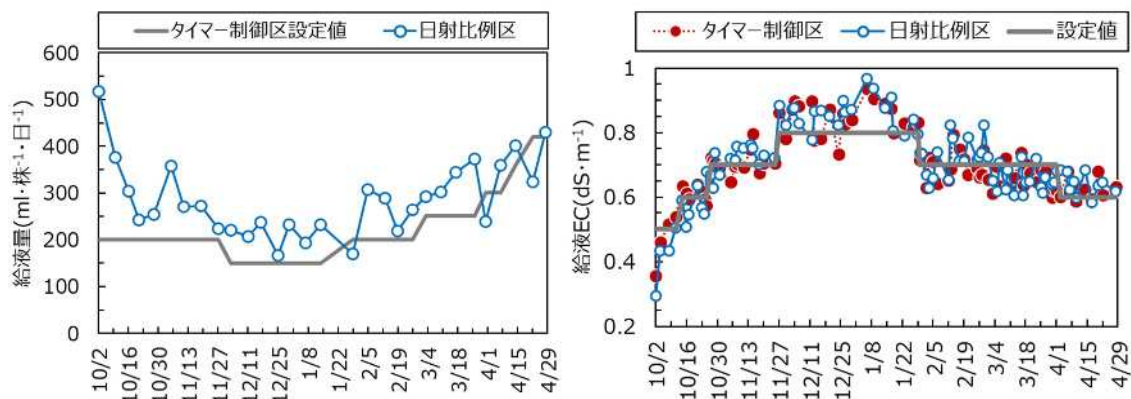
2019 年はこの積算日射量を基準として、表Ⅲ-4 の設計に基づき日射に応じた給液（日射比例給液）を行い、従来のタイマー制御の給液と生育、収量を比べました。

表Ⅲ-4 日射比例給液の試験設計(愛知農総試、2019)

試験区	処理方法	日射量設定値	1回当たり給液量
日射制御区	朝1回の強制給液の後、施設外積算日射量が設定値になる度に1回給液を行う。	4.32 MJ/m <sup>2</sup>	72ml/株
タイマー制御区	「ゆりかごシステム給液管理マニュアル」に従い、タイマーを利用して給液を行う。	なし	50ml/株

注) 日射制御区の1回当たり給液量は、「ゆめのか」での計算を基に設定した

表Ⅲ-4 の設計に従って給液をした経過を図Ⅲ-16 に示しました。給液 EC は従来のタイマー制御区と同等としました。給液量は、日射制御区でタイマー制御区より一時的に給液量が少なくなる時期もありましたが、1 作を通してはタイマー制御区の設定値より平均 86 ml 株<sup>-1</sup> 日<sup>-1</sup> 多い給液となりました。



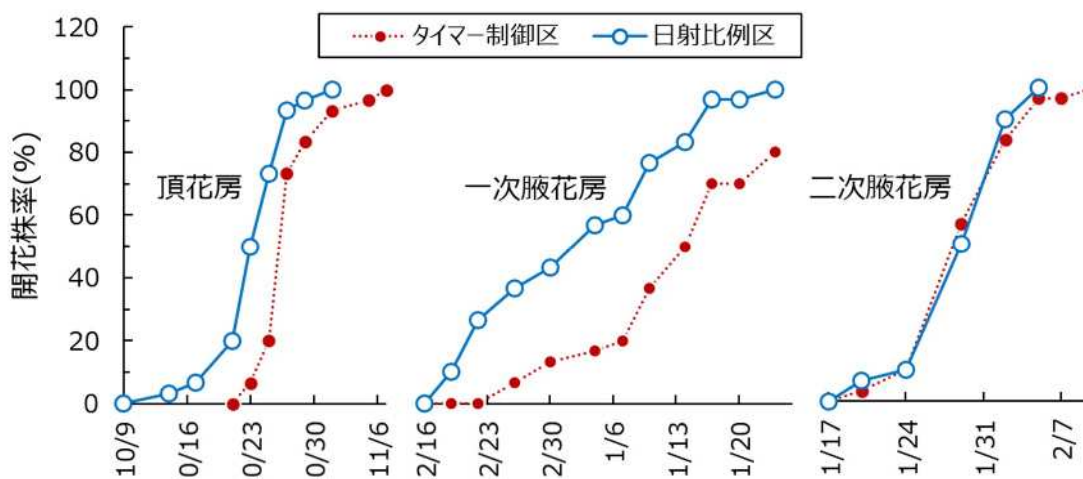
図Ⅲ-16 日射比例給液とタイマー制御給液の給液 EC と給液量の推移(愛知農総試、2019)

日射比例給液の試験区では、タイマー制御給液と比べて「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」3品種ともに腋花房の着花数が増え、開花が促進されました(図Ⅲ-17、表Ⅲ-5)。草高も収穫期間を通してタイマー制御給液よりも高く維持され(データ略)、4月中旬までの可販果収量は11~12%(2月末までは8~27%)増加しました(図Ⅲ-18)。

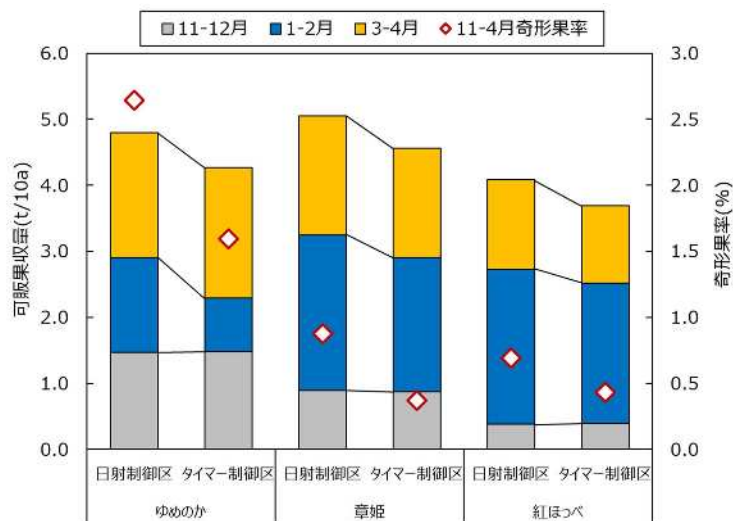
表Ⅲ-5 各花房の着花数と花房間葉数(愛知農総試、2019)

品種	試験区	着花数			花房間葉数 <sup>1)</sup>		
		頂花房	一次腋花房	二次腋花房	頂花房まで	頂花房～ 一次腋花房	一次～ 二次腋花房
ゆめのか	日射比例区	22.6	20.6	9.5	6.6	6.9	2.1
	タイマー制御区	24.1	18.2	8.5	6.9	6.4	2.0
章姫	日射比例区	25.6	22.4	11.8	6.3	6.3	1.7
	タイマー制御区	28.6	19.3	10.1	6.5	6.2	1.9
紅ほっぺ	日射比例区	12.4	17.8	9.4	7.5	6.4	1.8
	タイマー制御区	11.0	15.1	7.7	7.5	6.2	1.5

1) 「頂花房まで」の項目は、定植時の着生葉数を揃えた後、頂花房までの葉数を示す



図Ⅲ-17 「ゆめのか」の開花株率の推移(愛知農総試、2019)



図Ⅲ-18 可販果収量の推移(愛知農総試、2019)

以上の結果から、CO<sub>2</sub>施用条件下においては従来のタイマー制御の給液より、日射に応じた給液管理で、収量と生育が向上することが判明しました。



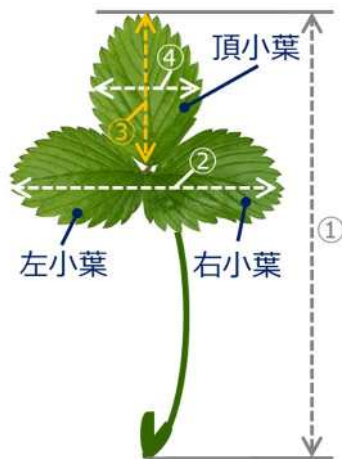
## ■ イチゴの複葉の葉面積の推定

愛知農総試では、イチゴ品種「ゆめのか」、「章姫」を対象に、複葉1枚当たりの葉面積の推定式を作成しました（表1、図1）。各品種で葉幅の調査値を基に、表1の推定式を用いることで、葉面積の測定装置を用いずに精度高く葉面積の推定を可能としました（図2）。

表1 「ゆめのか」、「章姫」における葉面積推定式

品種	model	1 複葉当たりの葉面積推定式	利用した数値 W (cm)
ゆめのか	1	$\text{Ln}(y) = 2.19\text{Ln}(W) - 1.12$	葉幅
ゆめのか	2	$\text{Ln}(y) = 2.06\text{Ln}(W) - 0.774$	葉幅
章姫	1	$\text{Ln}(y) = 1.97\text{Ln}(W) - 0.824$	葉幅
章姫	2	$\text{Ln}(y) = 1.92\text{Ln}(W) - 0.682$	葉幅

1) y : 複葉1枚当たりの葉面積 (cm<sup>2</sup>)



←図1 イチゴ複葉の調査部位

表1の推定式では、②の葉幅を測定して、その数値を利用する。

- ①葉長（頂小葉の先端から葉柄基部までの長さ）
- ②葉幅（左小葉の先端から右小葉の先端までの長さ）
- ③葉身長（頂小葉の縦の長さ）
- ④小葉幅（頂小葉の葉幅）

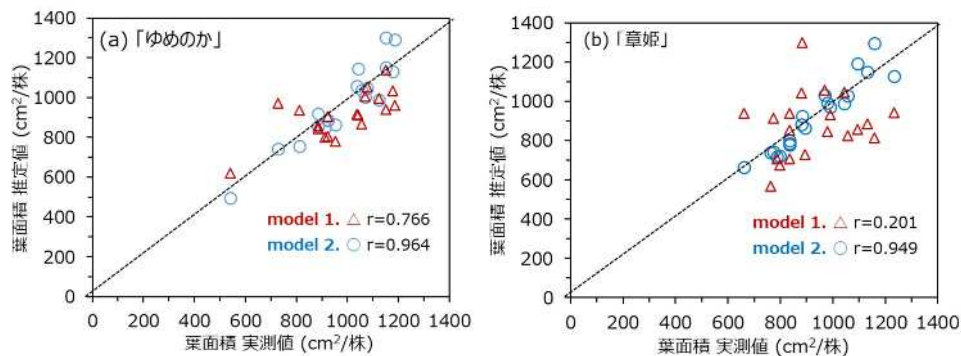


図2 推定式の精度検証

注) model 1.または 2 は表1の model に該当

今後、画像等デジタルデータを利用した葉面積調査の自動化が進むと考えられます。この複葉1枚当たりの葉面積推定式は、そうした自動計測技術の要素としての活用が期待されるほか、現状行われている生育調査において有用な調査方法に活用できると考えられます。

### 3 実証栽培結果

JA あいち経済連営農支援センターでは、「章姫」における摘果（※1）が収量増加・階級向上に及ぼす効果を検討しました。

※1 ここでの「摘果」は、頂果（一次果）開花の約1か月後に、蕾・花・果実を頂果から順に必要な数残し、その他を摘除することを示します。

#### (1) 2019年度の実証結果

2019年度は、表1の条件を設定し、表2の摘果を行いました。

表1 摘果方法（2019年度）

果房	頂果房から二次腋果房	三次腋果房以降
摘果方法	着果数の6割を残して摘果	摘果なし

注) 芽数は二次腋果房まで1芽に整理して、以降は管理せず。

表2 各果房の着果数と摘果後果数

	頂果房		一次腋果房		二次腋果房	
	着果数 <sup>1)</sup>	摘果後果数 <sup>1,2)</sup>	着果数 <sup>1)</sup>	摘果後果数 <sup>1,2)</sup>	着果数 <sup>1)</sup>	摘果後果数 <sup>1,2)</sup>
摘果区	17.8	10.7	15.6	9.3	12.2	7.3
無摘果区	18.6	18.6	15.0	15.0	11.0	11.0

1) 「着果数」は各果房頂果開花約1か月後の蕾・花・果実の合計を示し、「摘果後の果数」は、摘果後に残ったそれらの合計を示す。

2) 無摘果区は摘果せず。

摘果により5月末までの収量は4%減りましたが（図1）、平均果重は1.9g増えました。また3L品以上（17g以上）の発生率が重量ベースで24%増えました（図2）。総収量がやや減少したため、更に摘果数を減らす必要があると考えられました。

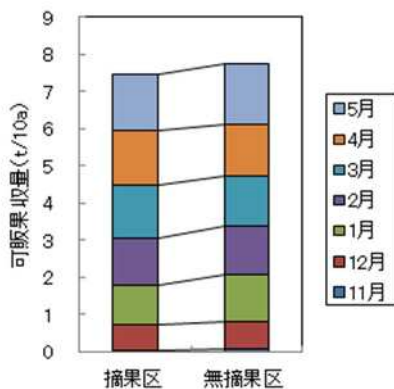


図1 摘果による収量の変化

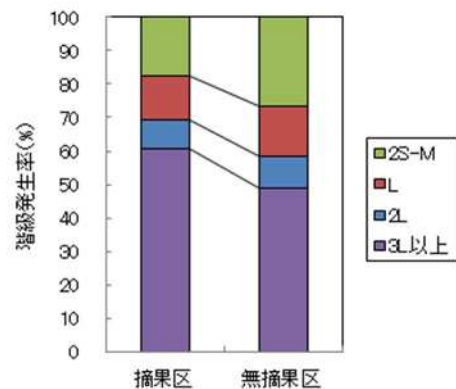


図2 摘果による階級発生率の変化

## (2) 2020 年度の実証結果

2020 年度は表 3 の摘果条件を設定し、表 4 のとおり摘果を行いました。

表 3 摘果方法 (2020 年度)

着果数	頂果房から二次腋果房	三次腋果房以降
25 果以上	18 果残して摘果	摘果なし
16~24 果	15 果残して摘果	
15 果以下	摘果なし	

注) 芽数は一次腋果房まで 1 芽に整理して、以降は芽数管理せず。

表 4 各果房の着果数と摘果後果数

	頂果房		一次腋果房		二次腋果房 <sup>1)</sup>	
	着果数	摘果後果数 <sup>2)</sup>	着果数	摘果後果数 <sup>2)</sup>	着果数	摘果後果数 <sup>2)</sup>
摘果区	28.9	18	22.7	15	24.1	15
無摘果区	27.1	27.1	22.0	22.0	24.5	24.5

1) 二次腋果房は株当たり 2 芽の場合があるため、株当たり着果数および果数とした。

2) 無摘果区は摘果せず。

摘果により 5 月末までの収量は 9% 増え (図 3)、3L 品以上 (17g 以上) の発生率が重量ベースで 12% 増えました (図 4)。

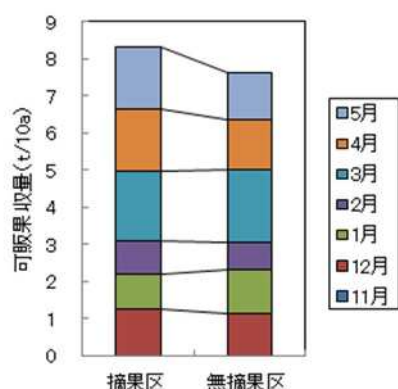


図 3 摘果による収量の変化

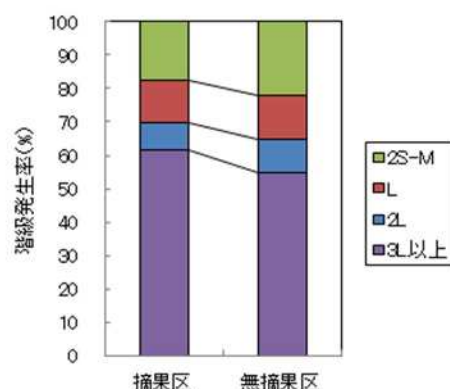


図 4 摘果による階級発生率の変化

## (3) 結論と今後の課題

環境制御下の「章姫」の高設栽培に置いて、頂果房から二次腋果房を着果数に応じて 15 果又は 18 果を残して摘果した場合、3L 品以上 (17g 以上) の発生率が 12% 増え、収量も増えました。3 年の実証結果から、光合成促進条件下においても摘果で果数を制限することは有効だと確認されました。本実証では具体的な果数で摘果条件を検討しましたが、今後の試験研究や技術開発が進めば、株ごとの光合成量や分配率から最適な着果数が算出できるようになると期待されます。

#### 4 経営モデル

環境制御指針に沿った栽培管理を行った場合の、目標となる経営収支を表しています。

	合計	イチゴ		
経営規模 (a)	30	30		
単収 (kg/10a)	8,000	8,000		
単価 (円/kg)	1,200	1,200		
粗収益(千円)	28,800	28,800		
収入合計(千円)	28,800	28,800		

生産方式等モデルの前提	
・	高設栽培30a、全て自作地。
・	多収品種の栽培面積拡大により収量の向上、高単価を目指す。
・	CO <sub>2</sub> の効率的施用による収量の向上。
・	モニタリング機器等を利用した施設内環境の効率的制御。
・	雇用を導入し、適期管理により収量を向上。
・	天敵、炭酸ガス防除機利用によるハダニ防除。

#### 経営費

費目	経営全体 (千円)	内訳 (千円/10a)		
		イチゴ		
種苗費	72	24		
肥料費	849	283		
農具費	165	55		
農薬費	471	157		
その他生産資材費	1,014	338		
動力光熱費	1,614	538		
荷造運賃手数料	5,184	1,728		
減価償却費	4,715	1,572		
修繕費	1,673	558		
雇用労賃等	1,319	440		
地代・賃貸料	0	0		
土地改良費	12	4		
農業共済掛金	240	80		
租税公課	534	178		
その他販管費	288	96		
合計	18,150	6,050		
農業所得	10,650	3,550		
農業所得率(%)	36	36		

#### 労働時間

作業名	経営全体 (時間)	内訳 (時間/10aあたり)		
		イチゴ		
育苗	258	86		
定植準備	33	11		
定植	96	32		
かん水	138	46		
施肥	18	6		
栽培管理	828	276		
防除	213	71		
収穫	1,869	623		
選別・出荷	2,304	768		
後片づけ	117	39		
合計	5,874	1,958		
うち雇用	1,374	458		

#### 主要施設・機械装備

(金額：千円)

区分	台数・規模	単価 <sup>注)</sup>	取得価格	耐用年数	年償却額	経費算入額	修繕費
ビニルハウス	3000㎡	11,000	33,000	14	2,376	1,188	330
育苗ハウス	450㎡	12,000	5,400	7	772	386	54
作業場	50㎡	-	3,600	24	151	76	36
高設栽培システム	3000㎡	8,000	24,000	7	3,432	1,716	720
空中採苗システム	450㎡	6,000	2,700	7	386	193	81
暖房機	3台	1,500	4,500	7	644	322	135
炭酸ガス施用機	3台	500	1,500	7	215	107	45
予冷库	1台	450	450	7	64	32	14
動力噴霧器	1台	800	800	7	114	57	24
軽トラック	1台	700	700	4	175	88	21
トラック	1台	1,500	1,500	5	300	150	45
短日夜冷装置	1式	4,000	4,000	7	572	286	120
炭酸ガス防除機	1式	1,300	1,300	7	186	93	39
環境モニタリング機器	3台	100	300	7	43	21	9
合計	-	-	83,750	-	9,430	4,715	1,673

#### 労働力

区分	人	労働時間
家族	2.5	4,500
雇用	0.8	1,374
合計	3.3	5,874

注) 単価は、10a当たり(又は1台当たり)の取得価格を示します。