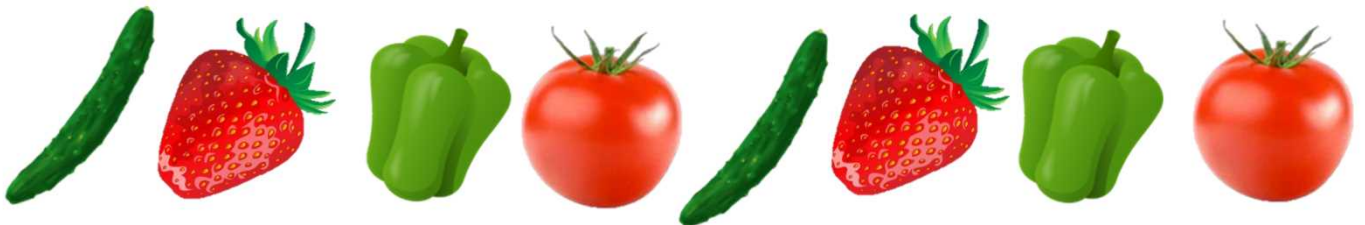


スマート農業導入の手引き 施設野菜編

～収量向上のために、データを活用して

ハウス環境と栽培管理の最適化を目指しましょう～



2023年3月
茨城県農業総合センター

はじめに

施設園芸経営において、面積当たりの収量の向上を目指すためには、スマート機器を活用した環境制御が有効です。

導入に当たっては、光合成などに係る植物生理を理解したうえで、目標収量に応じた機器を導入することが必要です。スマート機器を活用したハウス内環境と栽培管理の最適化を目指していただくため、当手引きを作成しましたので、活用いただければ幸いです。

なお、この手引きは品目や新技術の追加に伴い随時改訂していく予定ですので、利用にあたっては最新版を参考にして下さい。

初版 2022年3月
第1回改訂 2023年3月（構成の見直し、イチゴ編、ピーマン編を追記）

目次

【基礎編】

1	スマート農業導入のメリット	1
2	スマート農業導入のステップ	2
3	生育診断とデータ活用のフロー	3
4	スマート農業導入前のチェックポイント	4

【実践編】

トマト編	1	生育診断とデータ活用	5
	2	現地実証事例	12
	3	導入シュミレーション	15
	4	参考	16

飛躍的な増収のための「高軒高ハウス」活用

高軒高ハウスにおける県園芸研究所での管理目安

イチゴ編	1	生育診断とデータ活用	18
	2	現地実証事例	23
	3	参考	26

「いばらキス」における生育診断と管理目安

高需要期 収量安定のための夜冷育苗栽培での「クラウン冷却技術」の活用

「いばらキス」における県園芸研究所での管理目安

ピーマン編	1	現地実証事例	30
	2	参考	31

「みおぎ」における光合成特性

半促成ピーマン養液土耕栽培における県鹿島地帯特産指導所での管理目安

キュウリ編	1	現地実証事例	33
-------	---	--------	----

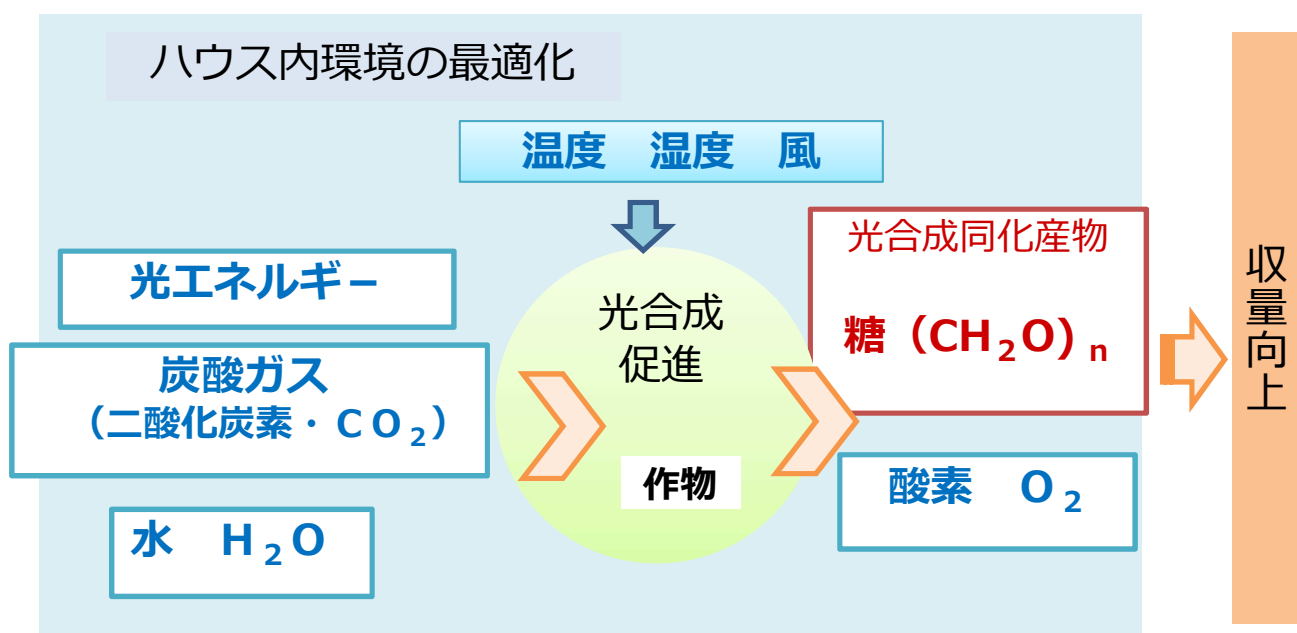
【共通参考資料】

I	植物生理	35
II	設備と機能	38

1 スマート農業導入のメリット

メリット

- スマート機器を活用して（光を最大限に活用できるよう）**「光合成」に最適な環境を作ること**で、収量向上が期待できます。
- 収量向上には植物生理を理解した環境制御が必要です。



導入に当たって注意点

- 併せて、以下に取り組むことが重要です。
 - ・**収穫期間の長期化**
 - ・**栽植密度の最適化**
 - ・**病害虫の予防・初期防除**
 - ・**適切な肥培管理**
- 増収に伴い、労力が增大するため**収穫の労力確保**を計画しましょう。

2 スマート農業導入のステップ

- ◎ 植物生理をよく理解し、最適な生育環境のイメージを持った上で、実際のハウス内環境を測定するところから始めましょう。

STEP1

環境モニタリング「ハウス環境の見える化」

環境を測定し問題点を把握 → 炭酸ガス不足



環境測定器
の設置



⇒環境データで
問題点を確認

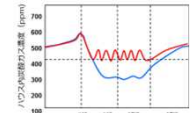
STEP2

スマート機器の導入

炭酸ガス発生装置導入 → 環境を改善



炭酸ガス施用



⇒外気濃度並み
400ppm以上確保

STEP3

生育診断とデータ活用 ※p3に詳細

自ら生育調査・診断 → 環境・栽培管理の最適化



自ら生育調査
・生育診断
「生育の見える化」

⇒翌日・翌週の
環境と管理
の改善

収量向上・品質安定

- ◎ 導入に当たっては、事前に経営試算を行い、経営改善効果の検討を十分に行うことが大切です。

【例】促成トマトの収量・品質向上のために、
環境測定器と炭酸ガス発生装置
を導入する場合

現況

(10aあたり)
収量 13t
(単価300円/kg)
売上 390万円
費用 250万円
所得 140万円

収量 1.5倍
所得 1.7倍

導入後

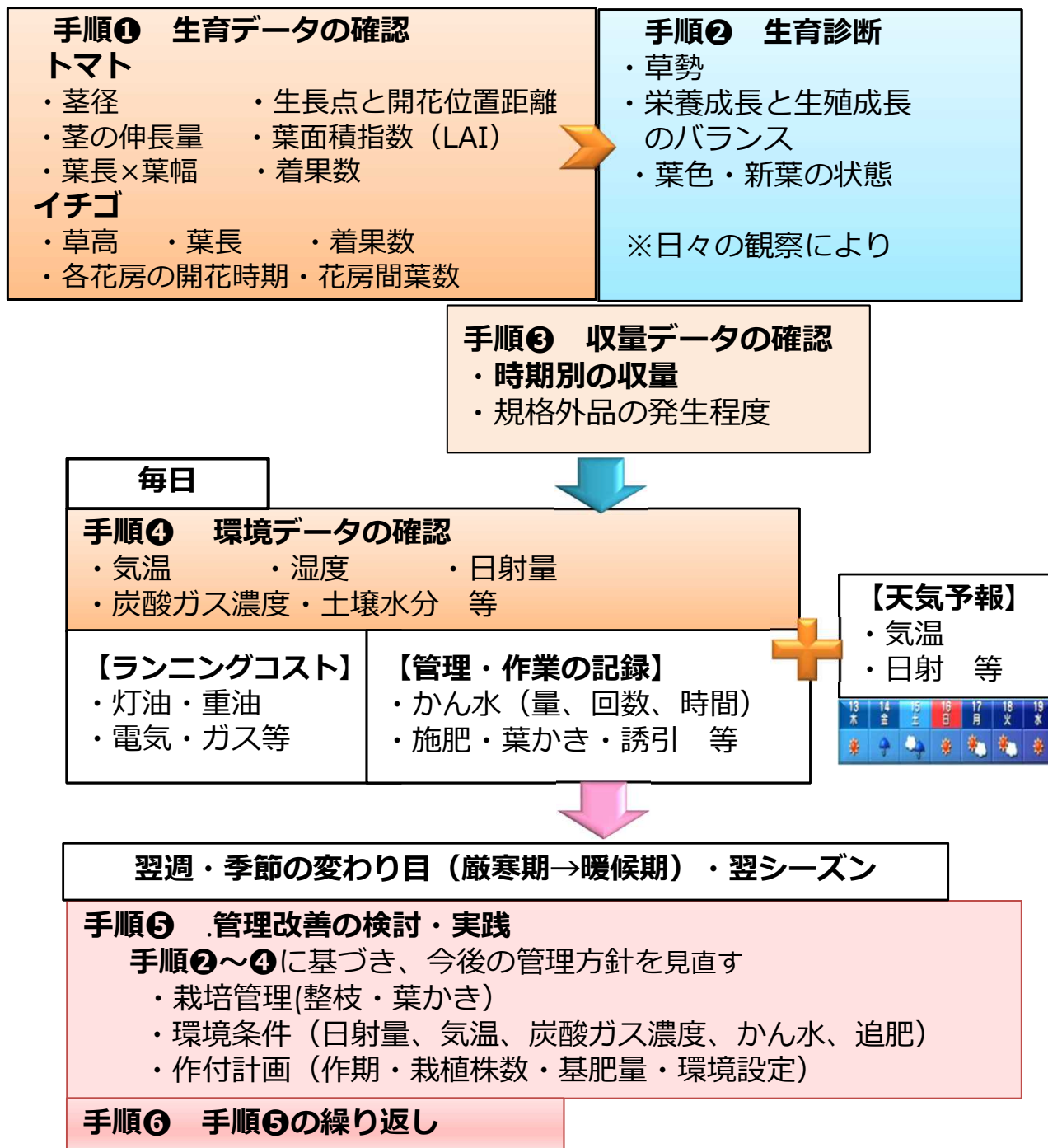
(10aあたり)
収量 **20t**
(単価300円/kg)
売上 **600万円**
費用 **368万円**
所得 **232万円**

費用増加の内訳 計118万円
減価償却費 17万円
動力光熱費 8万円
通信料 4万円
出荷経費 46万円
雇用費 43万円

3 生育診断とデータ活用のフロー

生育診断と環境データより、栽培管理の検証・改善を繰り返しましょう

データ（生育・収量・環境・ランニングコスト・管理作業）から、定期的（1～2週間）に栽培中の問題点を把握し、管理改善に活用します。



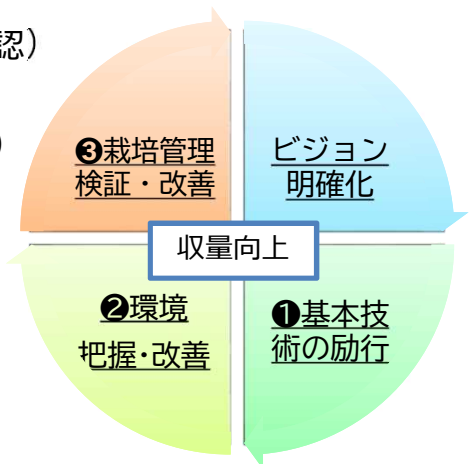
当年や過去のデータを比較し、
今後及び翌シーズンの栽培管理の改善につなげる
～ PDCAサイクルの実施 ～

4 スマート農業導入前のチェックポイント

ステップ1 基本技術を励行しましょう

☞技術的な問題点を把握して、順調な生育のための基本対策を講じてますか？

- 管理の適期励行（作業管理台帳・履歴の確認）
- 適正品種の選定
- 病虫害対策の徹底（予防策と対応策の検討）
- 適正な土壌改良と施肥
（土壌診断・生育診断に基づく肥培管理）
- 栽植本数や収穫期間は、栽培条件
（施設・環境・品種）に対して適正ですか。



ステップ2 環境を把握し、環境の改善をしましょう

☞環境診断（日射量、炭酸ガス、給水量、温度、湿度等）を行いし、問題点を確認しましょう。

- 「光合成に好適な条件かどうか」
時期別（厳寒期、暖候期）に環境データを確認します。
- 問題点と対策を検討します。

☞環境を改善するための導入機器・設備の検討をしましょう。

- 環境モニタリング →環境測定器
- CO₂不足 →炭酸ガス発生装置
- 晴天時の湿度低下or高温 →ミスト発生装置、遮光資材
- 複数の環境要因を自動制御 →環境制御機器
- 養水分の自動制御 →養液土耕システム(AI、日射比例等)
- 光環境改善 →施設軒上げ（高軒高ハウス導入）

ポイント1 環境データと生育診断により、栽培管理の検証・改善を繰り返します

各データ（環境・生育・収量・ランニングコスト）から、定期的に栽培中の問題点を見つけ、栽培管理や機器設定の改善を行います。

ポイント2 植物生理と環境制御に必要な知識を備えましょう

例) ① 収量・品質向上の植物生理

② データ（環境・生育・収量）の活用法

③ 作物が順調に生育しているか確認

- ・着花や数は安定している？
- ・花のサイズ、色、果形は適正？
- ・樹勢は維持されている？
- ・栄養成長と生殖成長のバランスは？

④ 施設機器の校正や操作法の確認

トマト編

目的 **草勢および生育のバランスを適正に保つ**
着花を維持し、糖を転流するシンク（果実）を確保する
要因：温度 等

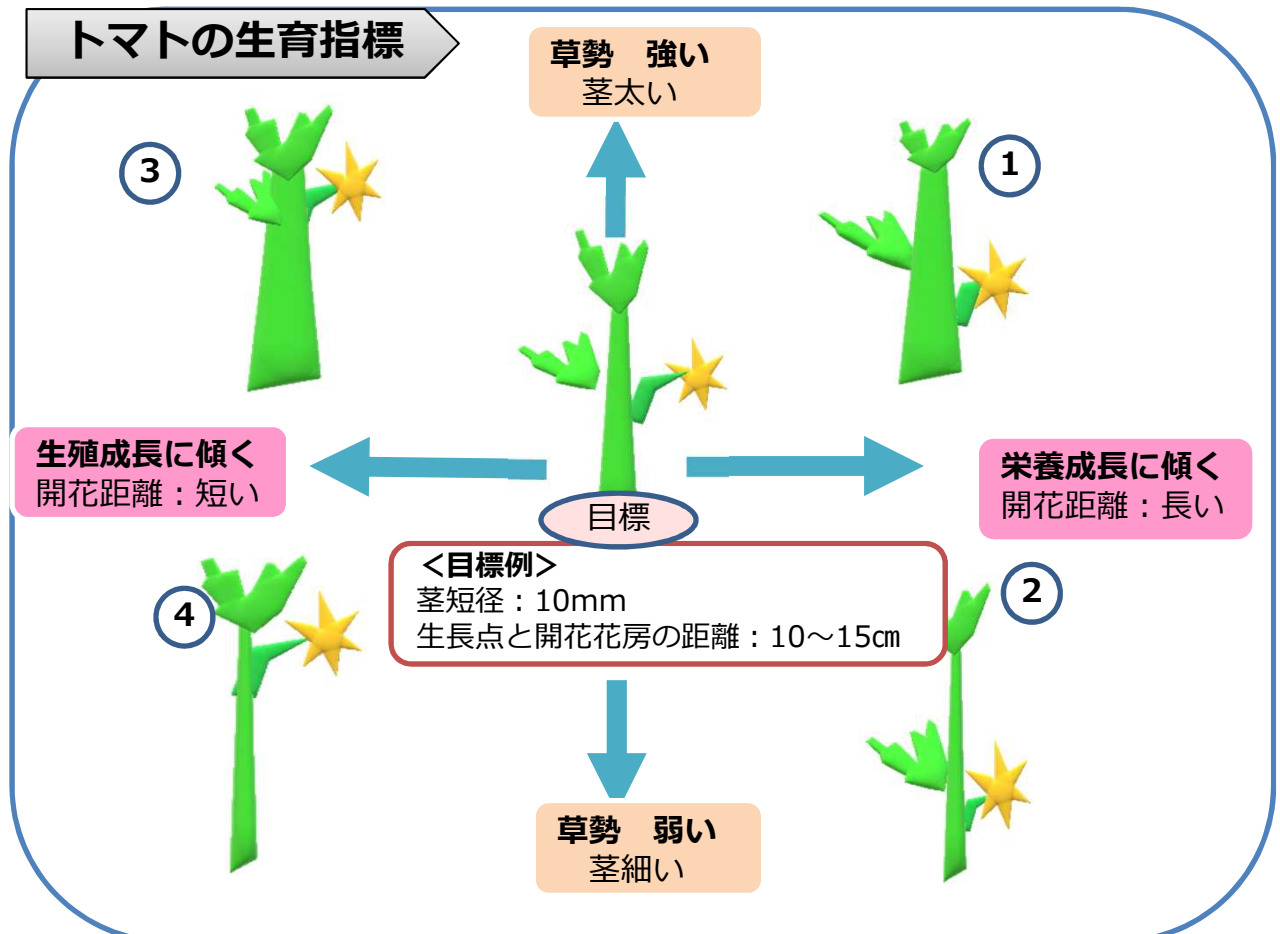
【草勢】

- 茎径が太いほど⇒草勢が強い（下図①③）
- // 細いほど⇒草勢が弱い（下図②④）

【生育バランス】

- 生長点から開花花房までの距離が長いほど⇒栄養成長（下図①②）
- // 短いほど⇒生殖成長（下図③④）

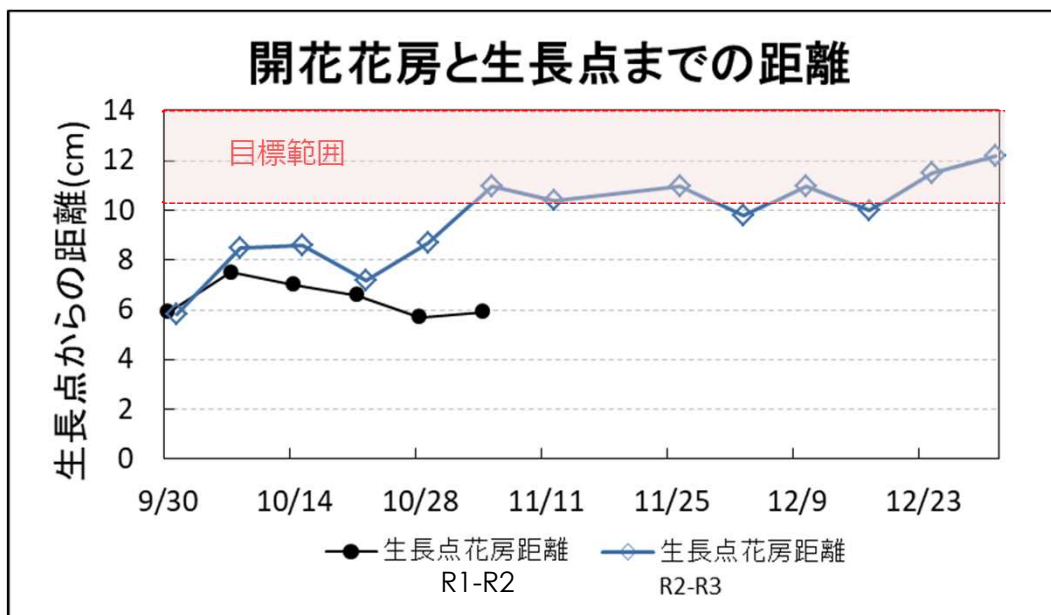
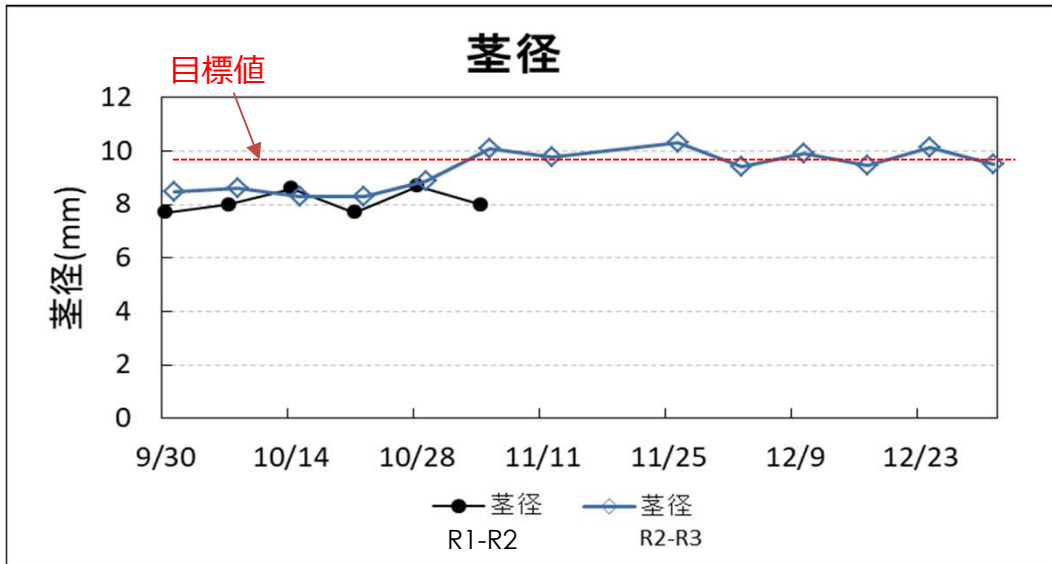
- ・ **栄養成長**：葉や茎などを形成し、作物体を大きくする。
※栄養成長を促進させすぎると葉や茎を生産するのに糖が使われ、着果や果実の肥大が抑制される。
- ・ **生殖成長**：花や果実などの生殖器官を形成する。
※生殖成長に傾きすぎると一時的に果実肥大は良くなっても、ソースである葉の面積が増えないため、株あたりの純光合成速度を高く保てず、結果、収量が低下する。



* 条件（品種や目標収量・品質）で適正值は異なります。

生育データ

目標値を参考に、現在の草勢、生育バランスを確認し、今後の管理方針を立てます。特に変化があった場合は原因を検証し、対策を考えます。



- ・調査値は折れ線グラフに示して、時系列で変化があるかどうかを確認します。
- ・生育データの変化は過去のハウス内環境と栽培管理の結果です。生育データを環境データ・収量データとともにリアルタイムで確認します。

◆調査方法 茎短径 (mm)

【草勢をチェック】

- 茎径が太いほど⇒草勢が**強い**
- // 細いほど⇒草勢が**弱い**

適正な目安 大玉トマト10mm程度

調査方法：生長点下15cmの
茎の短径（細い方）
を測る

使用器具：ノギス



◆調査方法 生長点と最上位開花花房までの距離 (cm)

【成長のバランスをチェック】

開花花房までの距離が

- 長いほど ⇒**栄養成長**
- 短いほど ⇒**生殖成長**

適正な目安 15cm程度

※この値は花の開花タイミングによつて変動する

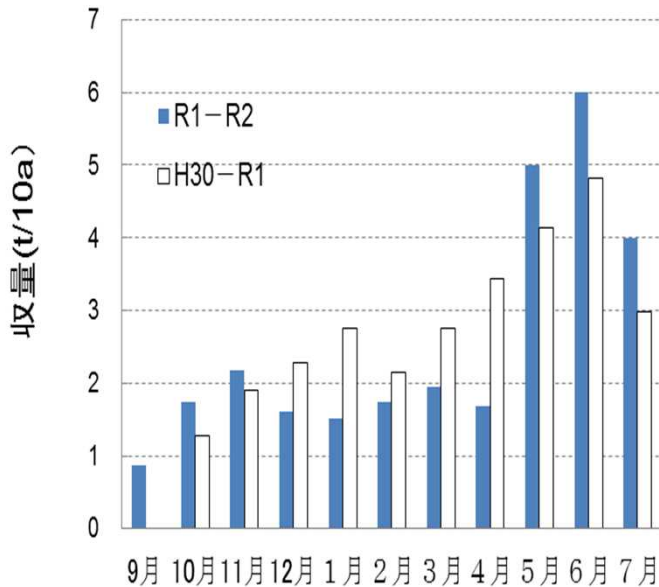
調査方法：生長点と最上位
開花花房の距離を測る

使用器具：テープメジャー

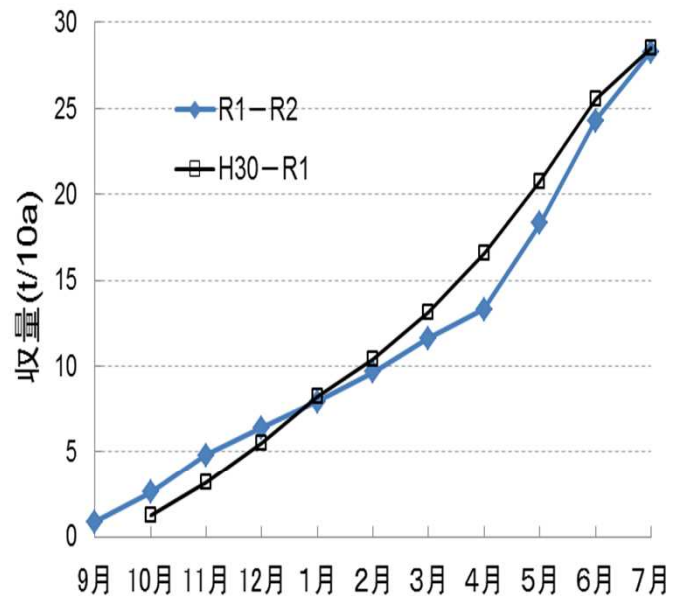


収量データ

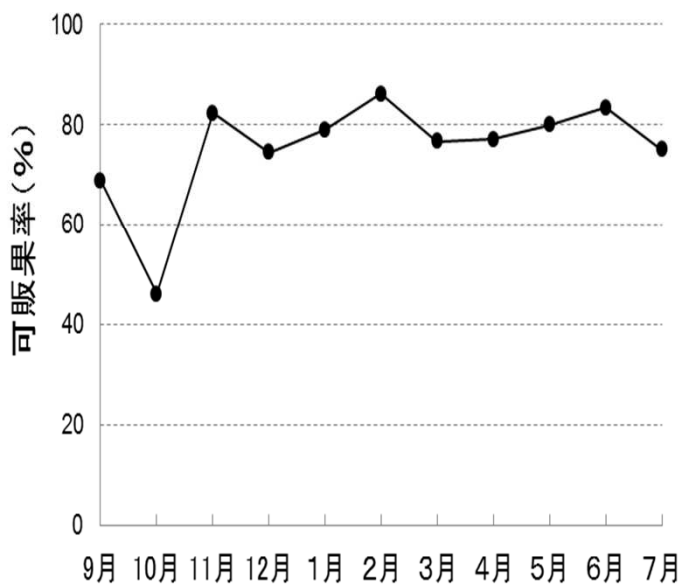
過去のデータや目標と比較し、収量の増減の要因を検証し、今後の管理方針を立てます。



10aあたり 月別収量



10aあたり積算収量

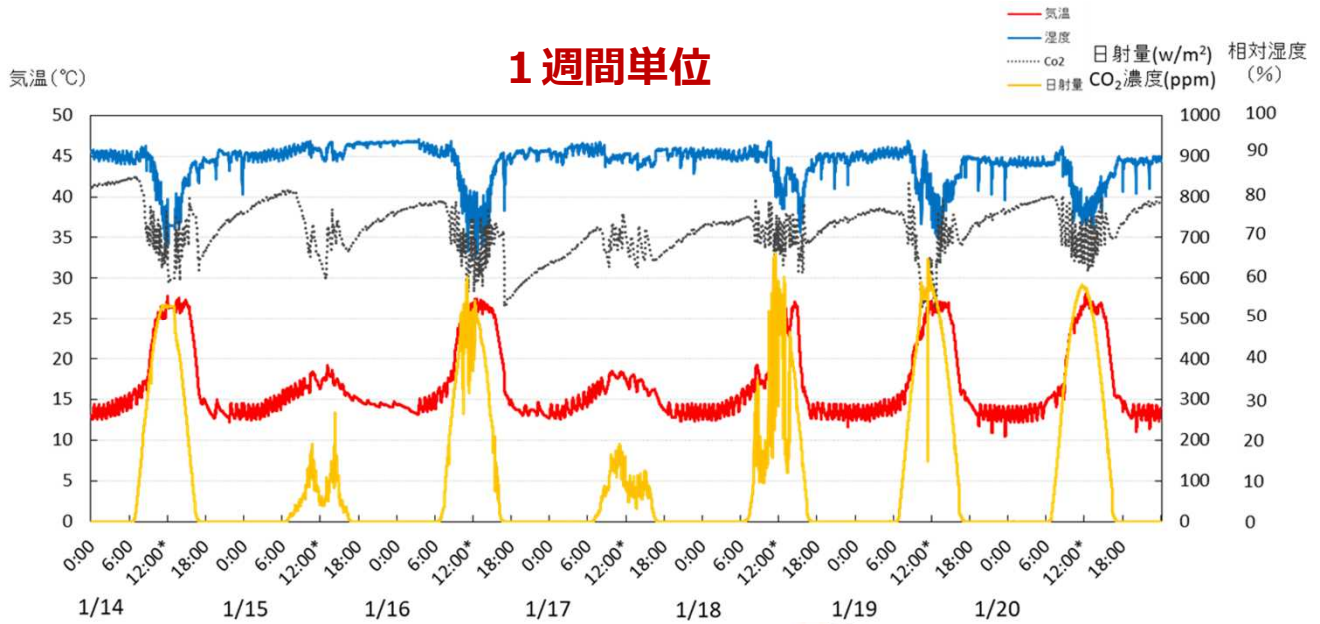


可販果率

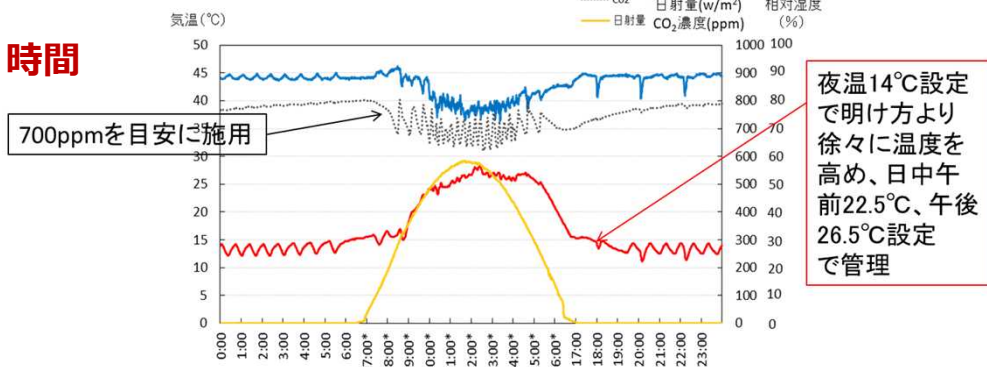
- ・毎週、1株当たりの収量を確認します。ハウス全体の出荷量から合計株数での割り戻しがよいです。
- ・できれば可販果率（または廃棄果率）を調査し、品質を評価し問題があれば、要因を検証します。
- ・昨年と比較し、どの時期が、どう変化したか（時期別収量）、目標に対しどのように推移しているか（積算収量）を確認します。

環境データ

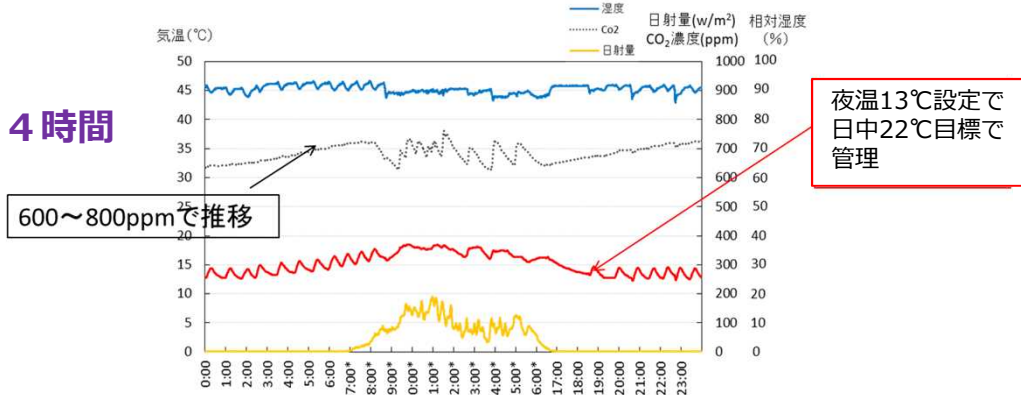
1週間と24時間（1日）の変化を確認し、生育データ・収量データと比較します。日射量の異なる晴天日や曇雨天日で目標とする管理ができているかを確認します。



晴天日 24時間



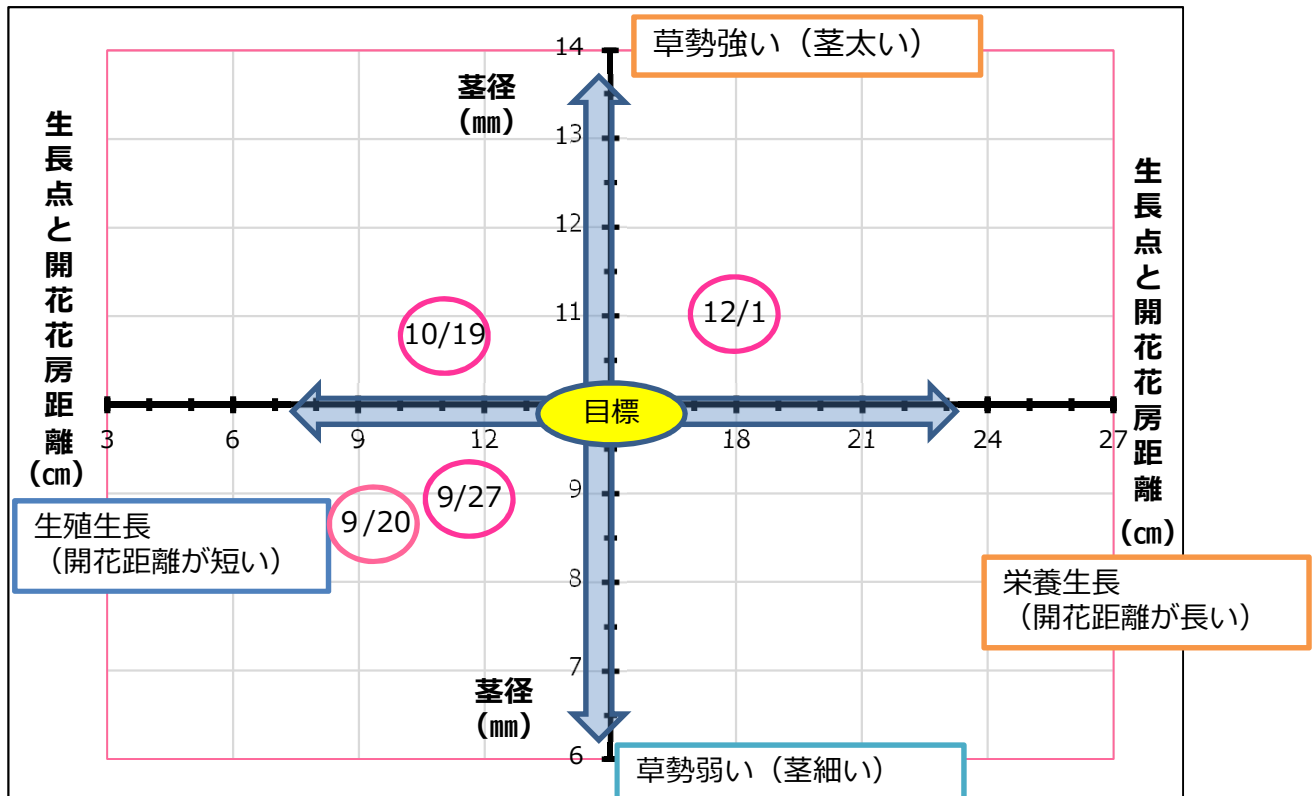
曇天日 24時間



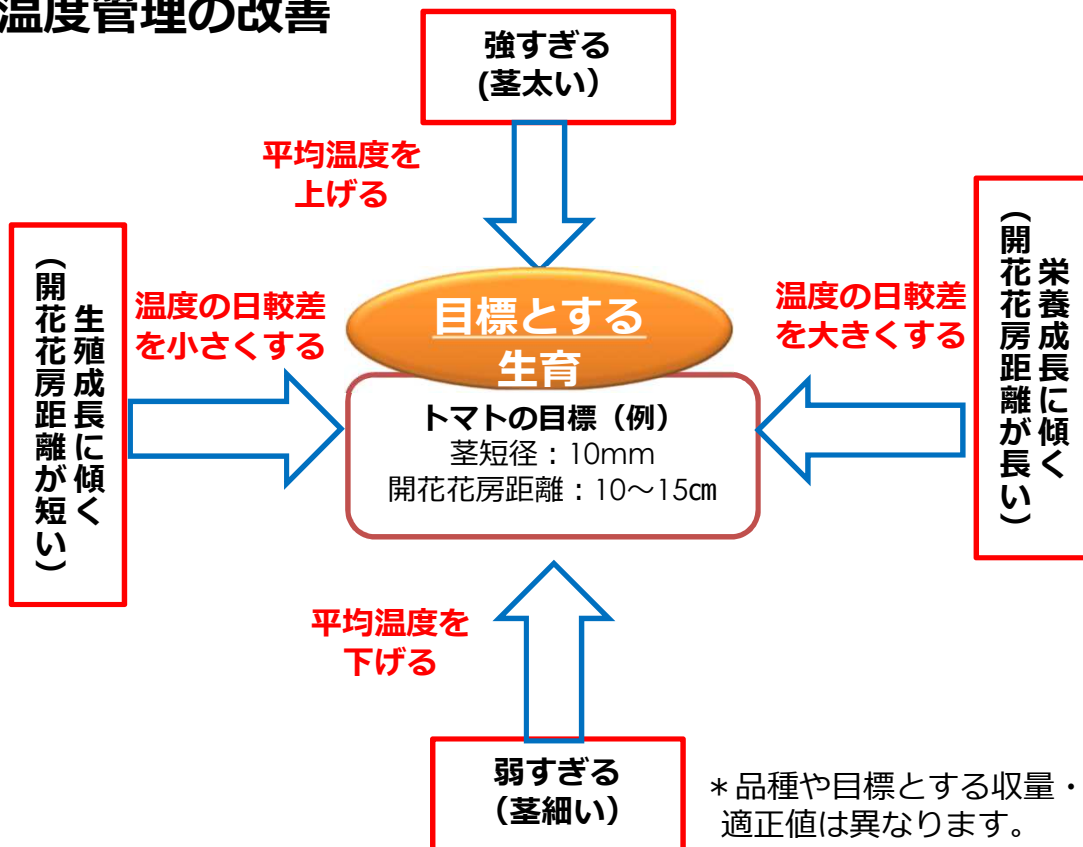
気 温 — 相対湿度（または飽差） —	日射量 — 炭酸ガス濃度 ····· など
---	---

↑ グラフの線の色を、直感的に分かりやすい色に統一し、データを比較します。

◆ バランスシートを作成し、生育状況の変化を確認



◆ 温度管理の改善



トマト編 1 生育診断とデータ活用
 【⑤管理改善の検討と実践（その他）】

◆環境制御や管理による
 生育バランスと草勢のコントロール

【草勢のコントロール】

項目	草勢を弱める	草勢を強める
24時間の平均温度	上げる	下げる
午後温度	上げる	下げる
かん水EC	低くする	高くする
着果負担	大きくする	小さくする
葉の枚数	少なくする	多くする

【生育バランス】

管理	項目	栄養生長に向ける	生殖生長に向ける
環境	昼夜温度差	小さくする	大きくする
	湿度	高くする	低くする
	飽差	下げる	上げる
	CO ₂ 濃度	下げる	上げる
養水分	EC	下げる	上げる
	かん水量・頻度	少量多頻度	多量少頻度
作業	葉かき	少ない/低頻度	多い/高頻度
	収穫頻度	多くする	少なくする

(参考「富山スマートアグリ次世代施設園芸拠点大規模施設園芸導入・運営マニュアル」)



経営の概要

- ・品目：促成トマト（養液栽培）
- ・品種：「かれん」
- ・作付面積：32a
- ・労力：8名（うち雇用：5名）
- ・目標単収：30t/10a

時期	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
栽培											
管理	定植	収穫									摘芯

導入設備

- ・環境測定器
- ・炭酸ガス発生装置
- ・ハウスクーテン位置のかさ上げ工事（誘引高220cm→280cm）
- ・環境制御装置
- ・ミスト発生装置
- * 施設：鉄骨ハウス（軒高3m）、養液装置

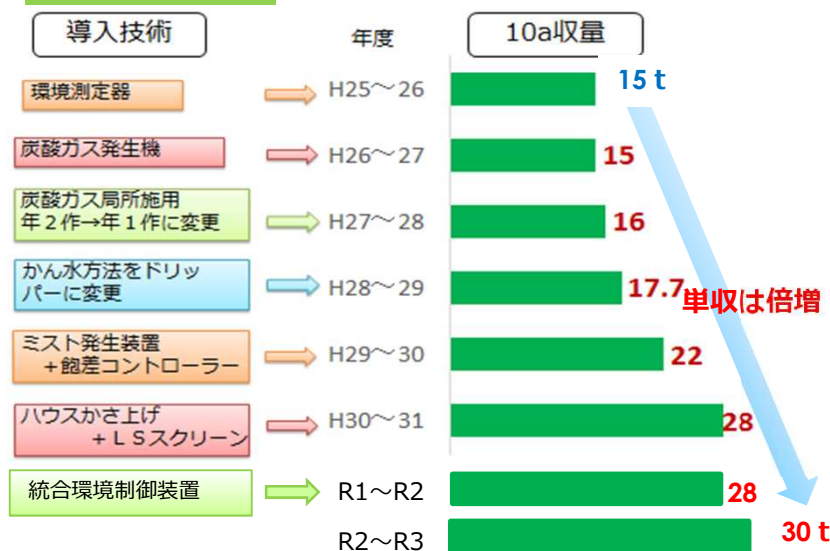


ハウスクーテン位置をかさ上げすることによる光環境改善

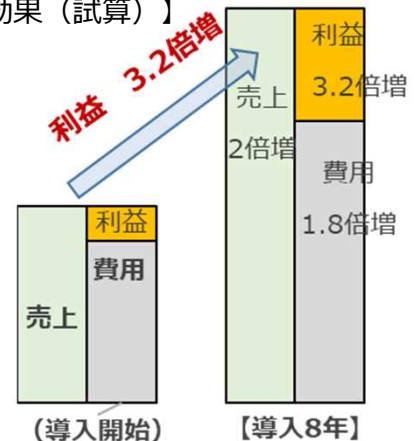
取組の特徴

- ・はじめに、環境測定器でハウス内環境を見える化し、改善すべき点を把握した。
- ・週1回の生育調査結果（茎伸長量、開花花房距離、茎径、LAI）により、**茎径9~10mm**を目標に、適正な環境制御や養液管理を目指している。
- ・炭酸ガス発生装置やミスト発生装置の導入、ハウスクーテン位置のかさ上げ等により、ハウス内の光環境を改善するなど、段階的にハウス内環境の改善に取り組んだ。
- ・統合環境制御装置を導入し、日射量に応じて炭酸ガス濃度や温度設定を変える等複合的な制御を行った。（炭酸ガス施用濃度：冬季：400~700ppm、春・秋季：400ppm）
- ・収量増加によって、新たな販路を開拓したり、雇用を増やした。

増収の効果



【経営効果（試算）】



- ・スマート機器の段階的な導入により、収量は取組開始後から15→30tに**倍増**した。費用は1.8倍に増加したものの、**利益は3.2倍に増加**した。

生産者の声

- ・複合的に環境を適正化することで、収量増加・品質の向上、管理の省力効果を実感しました。収量は年々増加し、取組開始後8年間で30t/10aを達成、今後は単収35tを目指したいです。
- ・スマート機器を活用して効果をあげるには、植物生理を理解し、また環境と作物をよく観察して管理することが重要です。



経営の概要

- ・品目：促成トマト(土耕栽培)
- ・品種：「CFハウス桃太郎」
- ・作付面積：63a
- ・労力：13人（うち雇用：10名）
- ・目標単収：30t/10a ・目標糖度：6%(Brix)

時期	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
栽培												
管理	定植								収穫			摘芯

導入設備

- ・環境測定器 ・環境制御装置
- ・炭酸ガス発生装置（+外気導入）
- ・ハウス軒上げ工事
- * 施設：鉄骨ハウス（軒高3.0m）



ダクトを利用した炭酸ガスの効率的な局所施用

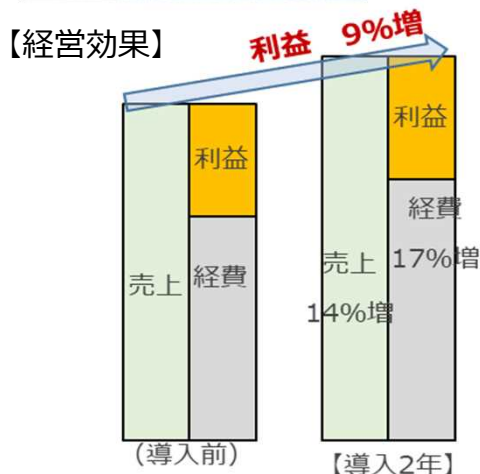
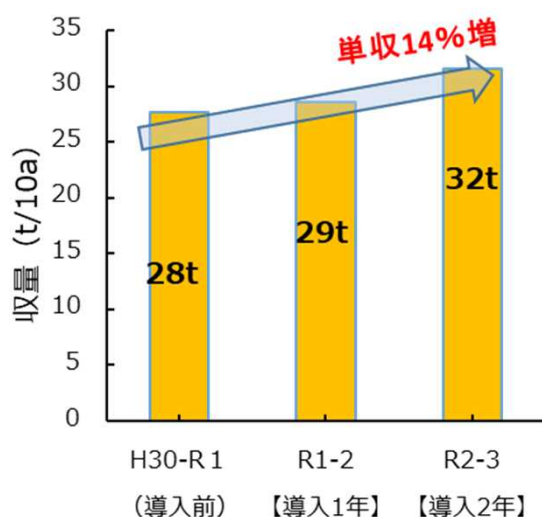
取組の特徴

- ・経験豊富な篤農家技術に、1歩でも早く近づくために、データを活用した環境制御により、収量と果実品質の向上を目指した。
- ・生育調査のデータを活用して、**莖径8mm程度**を目標に、環境データをモニタリングしながら、外気中炭酸ガス濃度（400ppm）を下回らないようにする等、環境改善や養水分管理を行った。



外気導入を行い、24時間通風を実施（炭酸ガス施用のダクト併用）

増収の効果



- ・導入前より単収は、**単収は14%増**、目標30tを達成。収穫段数も1段増加した。
- ・環境制御装置や炭酸ガス発生装置の導入により、費用は17%増加したものの、**利益は9%増加**した。

生産者の声

- ・ハウス内環境データを見ることで、リアルタイムの管理に役立ちました。また、過去の環境データと生育データを合わせ確認することで、管理の振り返り・改善を行えました。
- ・炭酸ガスの局所施用により草勢・果実肥大が良くなり、空洞果が減って果実品質は向上しました。
- ・外気導入を炭酸ガス施用ダクトを活用して通風させ、通気性が改善され、病害が減少しました。

トマト編 2 現地実証事例③ 夏越しミニトマト養液栽培 【高糖度栽培における高温期の環境制御による収量安定】



経営の概要

- 品目：長期夏越しミニトマト
(樽・養液栽培)
- 品種：「サマー千果」
- 作付面積：36a
- 目標収量：12t/10a
- 労力：7人 (うち雇用：4名)
- 目標糖度：8~10%(Brix)

時期	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
栽培										
管理	定植						収穫			摘芯

導入設備

- 環境測定器
- 環境制御装置
- 外気導入装置
- *施設：鉄骨ハウス (軒高3.0m)

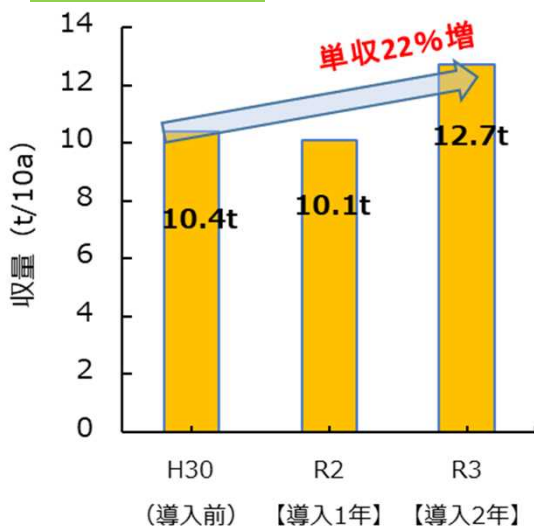
取組の特徴

- 夏越し作型における果実の高糖度と収量安定を目指し、データ (環境・生育・収量) を確認し、環境制御及び摘葉・摘果量の調整を行った。
- 品種比較調査を行い、適正品種を選定した。
- 毎週生育調査を行い、管理指標として茎径6.0~6.5mmを目安とした。
- 天気予報を確認しながら、日射量に応じて灌水や液肥濃度、遮光タイミングを日々調整し、高温期の草勢を維持した。
- 株元への外気導入による通風により病害の出にくい環境をを目指した。

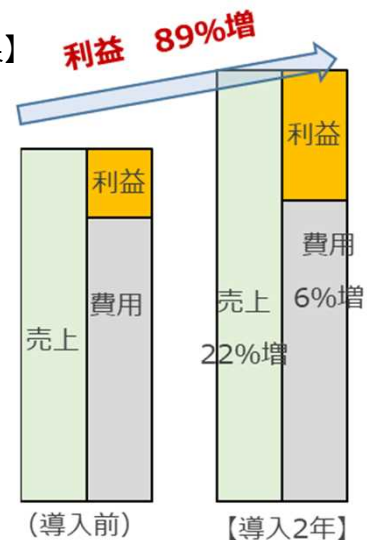


樽栽培の様子と
子ダクトでの外気導入の様子

増収の効果



【経営効果】



- 高温期に草勢維持や着果数の確保ができるようになり、糖度を維持しながら、単収は目標12tを達成。導入前より**22%増加**した。
- 環境制御装置や外気導入装置を導入して、費用は6%増加したものの、**利益は89%増加**した。

生産者の声

- ハウス内環境が数値で見えるようになり、栽培管理がしやすくなりました。
- 日射比例灌水にすることで、収量向上の効果のみでなく、肥料費の削減及び省力化につながり、利益向上につながりました。
- 株元への外気導入や株間の拡大により、通気性が改善し病害の発生を減少させることができました。

トマト編 3スマート農業の導入シミュレーション

目標収量に応じた導入機器と経営モデル【栽培面積 40a 自家労力 3名】

	現況 (収量 13t)	【目標収量 20t】	【目標収量 30t】	【目標収量 35t】
環境測定器 (300,000円)	← ハウス内環境の測定 (温度、湿度、炭酸ガス、日射量等) →			
炭酸ガス発生装置 (1,000,000円)	← 炭酸ガスの補給による光合成量の増加 →			
統合環境制御装置 (3,000,000円)	← 各種機器を制御して植物に生育に最適な環境を整える →			
ミスト発生装置 (3,000,000円)	← ハウス内湿度を最適に維持する →			
AI養液土耕システム (2,000,000円)	← 生育に応じた効率的な施肥・水分管理を行う →			
カーテンのかさ上げ (8,000,000円)	← 光環境を改善し、光合成を促進する →			
課題	・環境モニタリングに基づく適正管理	・炭酸ガス施用による生産性強化	・複合環境制御 ・ハウス内湿度の適正化	・AI養液土耕システムによる養水分制御 ・光環境の抜本的改善
期待される経営改善効果 (費用対効果)	・販売金額1,560万円 ・経費合計1,244万円 = 所得316万円	・販売金額2,400万円 ・経費合計1,692万円 = 所得708万円 所得上昇率224%	・販売金額3,600万円 ・経費合計2,452万円 = 所得1,148万円 所得上昇率363%	・販売金額4,200万円 ・経費合計2,900万円 = 所得1,300万円 所得上昇率411%
労力	自家労働3人	自家労働3人 + 雇用568時間 (臨時1名)	自家労働3人 + 雇用2,181時間 (臨時3名)	自家労働3人 + 雇用3,067時間 (臨時4名)
10aあたり所得 (万円)	79	177	287	325
10aあたり収量 (kg)	13,000	20,000	30,000	35,000
販売価格(円/kg)	300	300	300	300
10aあたり粗収入 (万円)	390	600	900	1,050
10aあたり費用 (万円)	311	423	613	725
〃 減価償却費 (万円)	55	59	81	116
所得率 (%)	20	29	32	31
10aあたり労働時間	1,114	1,519	2,044	2,305

※導入機器・施設の価格は参考価格です (工事費込み)。

【飛躍的な増収のための「高軒高ハウス」活用】

【特徴】

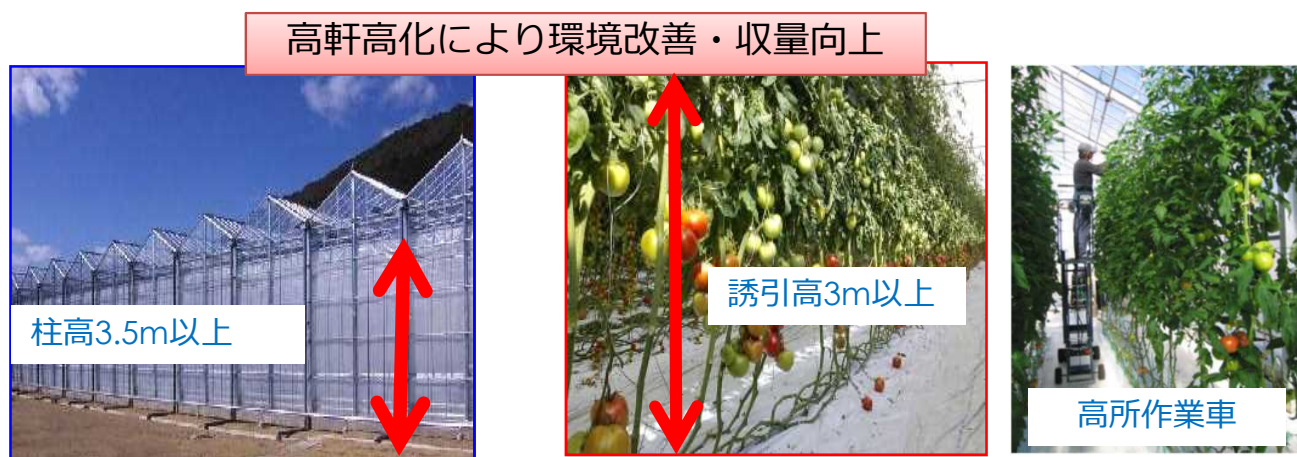
高軒高ハウスは、軒高を約3.5m以上と高くし、誘引高を高めたり、容積を増やすことができます。ハイワイヤー誘引を導入することで、作物にストレスの少ない誘引が可能となります。併せて、採光性が向上するため、一層の収量向上を目指す上で有効な施設です。

【導入のメリット】

- ・空間の容積が増大するため、環境の急激な変化が少なく夏期の高温を緩和できる。
- ・上部スペースが確保できるため、養液栽培装置、ミスト発生装置を導入しやすい。
⇒高温期の生産安定・収穫期延長
- ・採光性が優れるため、光環境が改善できる。 ⇒光合成促進
- ・誘引高が高くなるため、誘引作業を省力化できる。 ⇒省力化

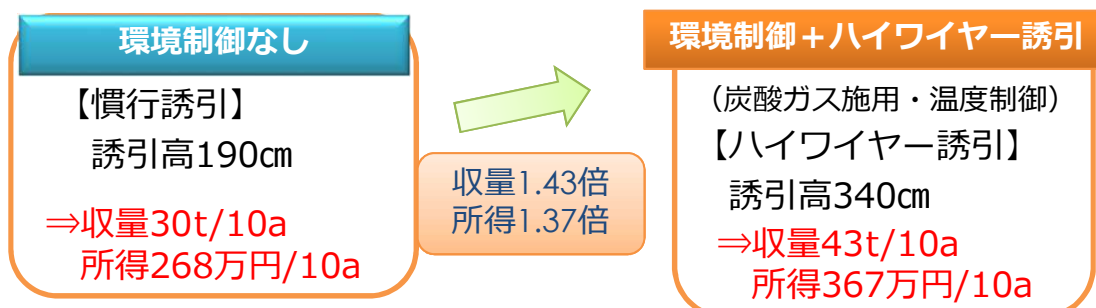
【留意点】

- ・構造部材の耐候性をより強化する必要があるため、コスト高となる。
- ・施設に適する付帯設備（カーテン、各装置）を選択・設置する必要がある。
- ・高所作業車での作業に慣れるまで、作業者の労働時間を多く要する。



農園芸研究所 高軒高ハウス多収技術 研究結果 (H28年度)

高軒高ハウス (柱高4.2m 誘引高 3.4m)



品質：平均糖度 5 % (Brix)、A品率60%以上

* 品種：「風林火山」 栽植株数：2,877株/10a

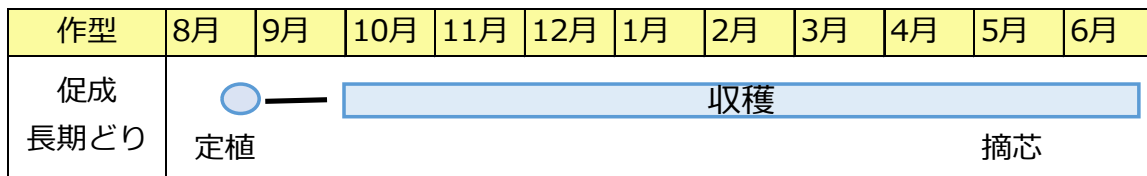
収穫期間：H28年10月11日～H29年6月30日

* 高軒高ハウスの取得価格4000万円/10a (1/2補助事業活用) により試算。

トマト編 4 参考

【高軒高ハウス栽培における県園芸研究所での管理目安】

【作型】 促成栽培 定植 8月下旬 収穫期間 10月上旬～6月
【収量】 43.2t/10a
【栽植株数】 2,877株/10a **【栽植密度】** 株間 22cm うね間 158cm
【品種】 穂木「風林火山」 台木「グリーンガード」
【施設種類】 高軒高鉄骨ハウス（軒高4.2m）



【栽培管理の目安】

時期		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
温度 (°C)	最高	27~30		27	27	27	27	27	27	27	27	27
	最低	-	-	12	12	12	12	12	12	12	12	-
	平均	-	-	23~19	19~18	18~17	17~16	17~18	18~19	19~20	20~21	20~21
日中湿度 (%RH)		-	-	75~80	75~80	75~80	75~80	75~80	75~80	75~80	75~80	75~80
日中飽差 (g/m³)		-	-	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7
CO ₂ (ppm)	時刻	-	-	6~15時		7~15時			6~15時			
	設定濃度	-	-	400~ 450	500~600							
	(換気時)	-	-	400								
ミスト 噴霧	始動温度	28°C以上										
	始動湿度	75%RH以下										
	噴霧方法	60秒 噴霧 30秒 休止	20秒噴霧20秒休止									
遮光	遮光率	30~ 50%	30%	-						30~50%		
	(晴天時)											
	日射条件	晴天時										
	設定気温	30°C以上			-						30°C以上	
施肥管理	土壌EC	0.7~1.0			0.8~1.3				0.7~ 1.0	0.5~0.8		0.5
	1株N量 (mg/株・日)	~10	10~30	30~50	70~100						50	
土壌水分	pF値	pF 1.8~2.2										

イチゴ編

目的 草勢および生育のバランスを適正に保つ

現在の生育を把握するために、草勢を維持し、花芽分化を促進しながら、連続的な着果により、シンク（果実）に糖を転流させる
 要因：温度 日照 等

【草勢】

- 草高が高いほど⇒草勢が強い
- " 低いほど⇒草勢が弱い

<目標>

草高（収穫開始時期）：
 いばらキッス 15～20cm
 とちおとめ 20cm

【生育バランス】

- 花房間葉数 が多いほど⇒栄養成長に傾く
- " 少ないほど⇒生殖成長に傾く

<目標>

花房間葉数：4～5枚

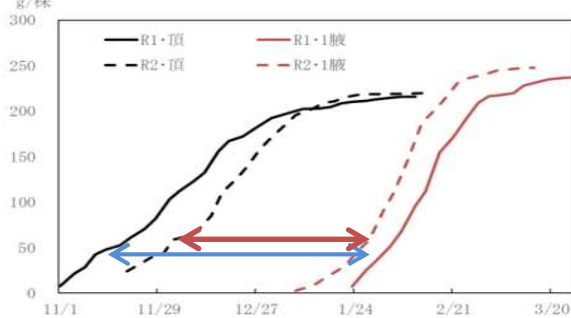
*条件（品種や目標収量・品質）で適正值は異なります。

- ・**栄養成長**：葉や茎などを形成し、作物体を大きくする。
 ※栄養成長を促進させすぎると葉や茎を生産するのに糖が使われ、着果や果実の肥大が抑制される。
- ・**生殖成長**：花や果実などの生殖器官を形成する。
 ※生殖成長に傾きすぎると一時的に開花や収穫が早まっても、ソースである葉の面積が増えないため、株あたりの純光合成速度を高く保てず、結果、収量が低下する。

生育指標（草高）の活用方法：（例）頂花房と第1次腋花房の収穫間隔と温度の関係

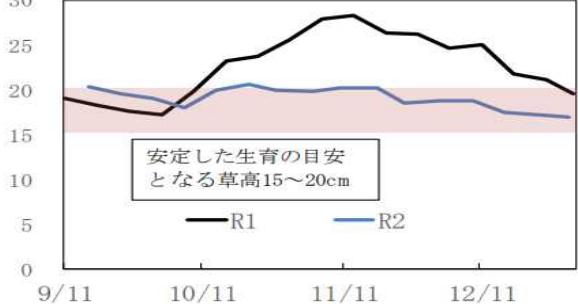
品種：「いばらキッス」 定植日：R1 9/5、R2 9/7 （出典：R3年園芸研究所 研究主要成果）

頂花房と第1次腋花房の積算収量



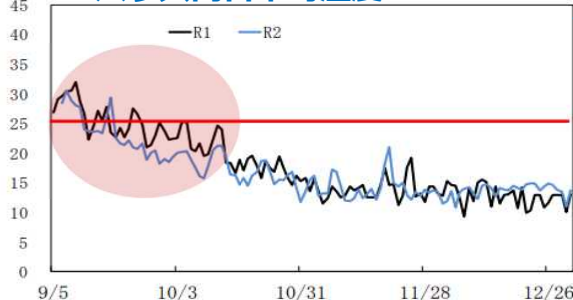
令和2年作では頂花房と第1次腋花房間の収穫間隔が令和元年作より短く、連続的に収穫された。

草高



令和2年作は、「いばらキッス」の管理目標 15～20cm の範囲内で概ね推移した。令和元年作は、管理目標より高く推移。

ハウス内日平均温度



令和2年作は令和元年作より、定植～10月中旬までのハウス内日平均気温は低く推移しており、花芽分化を阻害する25℃を概ね下回っている。

※定植後1か月の気温は、第1次腋花房の花芽分化に強く影響を及ぼす

イチゴ編 1 生育診断とデータ活用

【① 生育データの確認・② 生育診断】

◆調査方法 草高 (mm)

【草勢をチェック】

○草高が高いほど⇒草勢が**強い**

○ 〃 低いほど⇒草勢が**弱い**

適正な目安 収穫開始時期
いばらキッス 15~20cm
とちおとめ 20cm

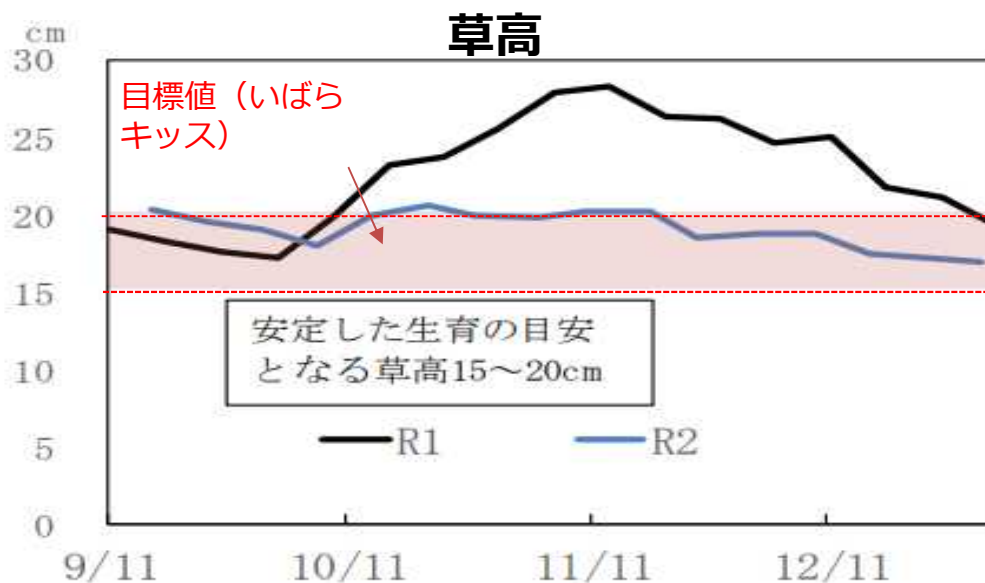
調査方法：株の地上部の高さを測る

使用器具：メジャー



◆生育データ確認

目標値を参考に、現在の草勢や開花・着果状況を確認し、暖候期や次年度の管理方針の参考にします。特に変化があった場合は原因を検証し、対策を考えます。

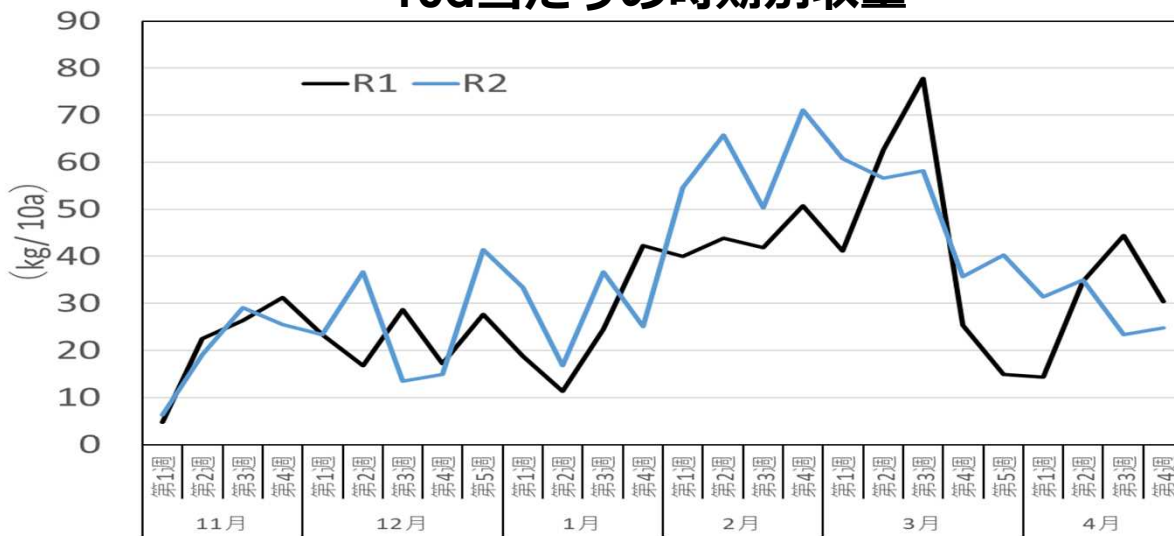


- ・調査値は折れ線グラフに示して、目標値に対し、時系列で変化があるかどうかを確認します。
- ・生育データの変化は、過去のハウス内環境と栽培管理の結果です。生育データを環境データ・収量データとつぎ合わせて確認します。

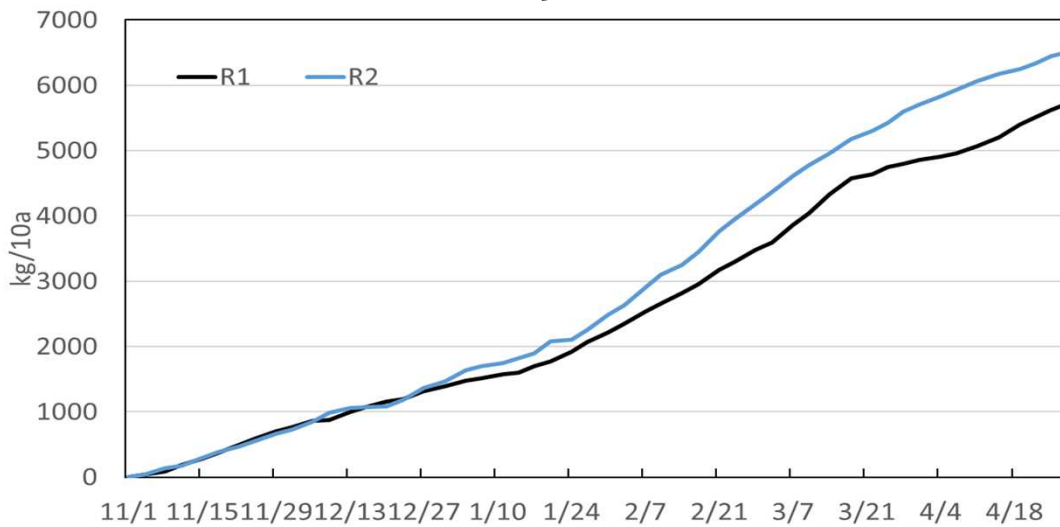
収量データ

過去のデータや目標と比較し、収量の増減の要因を検証し、今後の管理方針を立てます。

10a当たりの時期別収量



10a当たりの積算収量



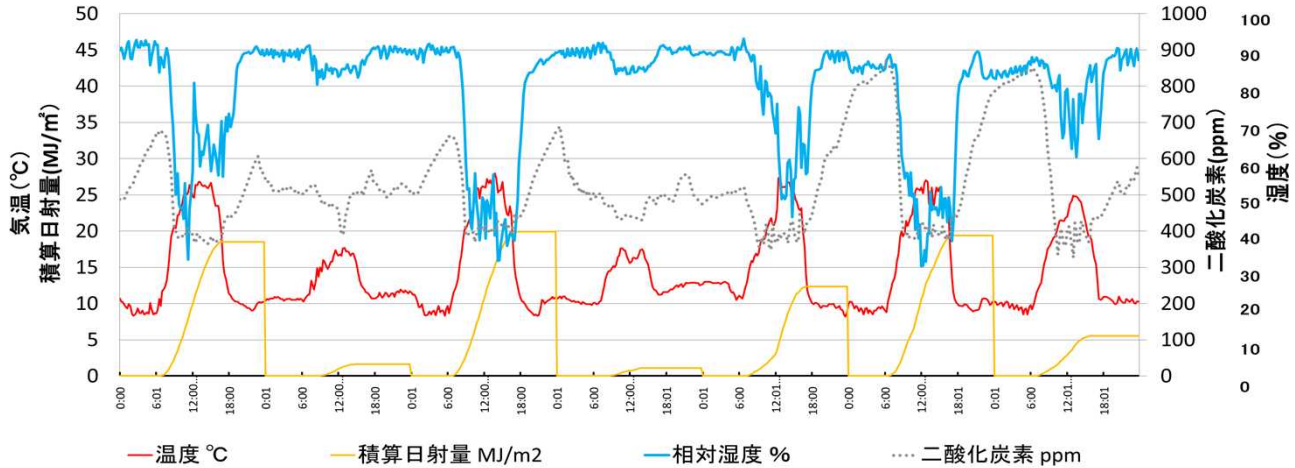
- ・毎週、1株当たりまたは10a当たりの収量を確認します。ハウス全体の出荷量を定植株数で割り戻しをしても確認できます。
- ・できれば可販果率（または廃棄果率）を調査し、品質を評価し問題があれば、要因を検証します。
- ・昨年と比較し、どの時期が、どう変化したか（時期別収量）、目標に対しどのように推移しているか（積算収量）、を確認します。

環境データ

1週間と24時間（1日）、シーズン単位（例：気温）の変化を確認し、生育データ・収量データと比較します。日射量の異なる晴天日や曇雨天日で目標とする管理ができているかを確認します。

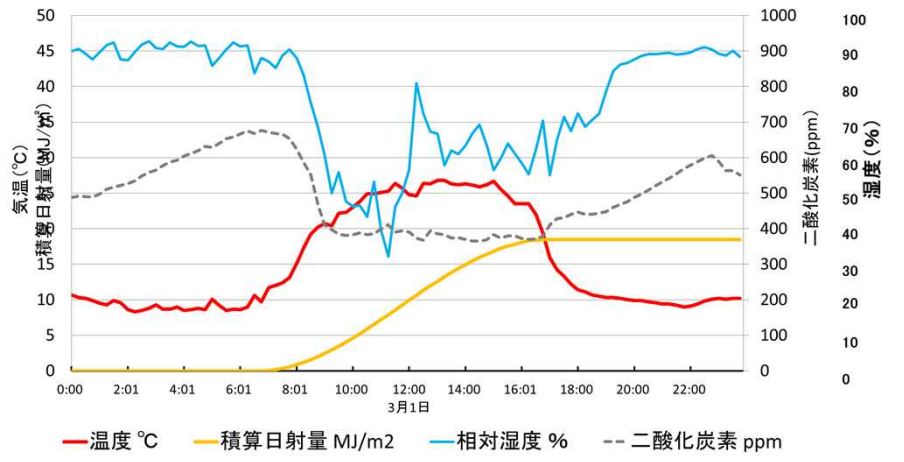
1週間単位

1週間（〇〇年〇月〇日～〇月〇日）



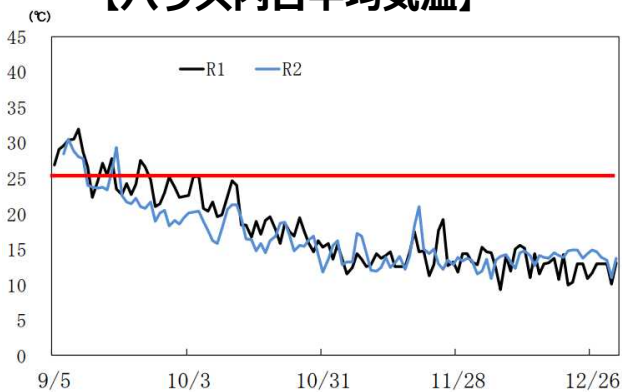
日単位（晴天日）

晴天日（〇〇年〇月〇日）

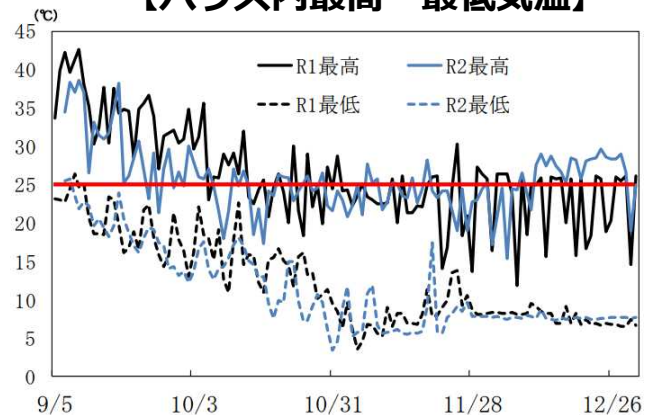


シーズン単位

【ハウス内日平均気温】



【ハウス内最高・最低気温】



※概ね、25℃（赤線）以上は花芽分化を阻害する

【草勢のコントロール】

項目		草勢を弱める	草勢を強める
24時間平均温度	(秋・春)	上げる	下げる
	(厳寒期)	下げる	上げる
CO ₂ 濃度		下げる	上げる
かん水量・頻度		少なくする	多くする
窒素施用量		少なくする	多くする

【参考データ】 ステージごとの環境要因

項目	日長・温度の条件
花芽の分化 " 発育	短日・低温 (+ 低窒素) 長日・高温
休眠の開始 " 打破 " 打破後の生育	短日・低温 低温 長日・高温
果実の肥大 " 成熟	低温 高温 (+ 強日照)

必要な温度条件

項目	温度条件
<u>生育</u>	光合成に適する 22～28℃、炭酸ガス濃度が高いほど適温は高い
	最低温度 約6℃、これ未満の温度ではほぼ成長しない
<u>地温</u> 水分吸収	9℃以上、 <u>適温18～21℃</u> 、25℃未満
(地表15cm) 肥料吸収	12℃以上、 <u>適温18～21℃</u> 、25℃未満
<u>花芽分化</u>	20℃以下で分化しやすい、25℃以上で分化しにくい
<u>果実の肥大</u>	昼温：10℃以上、 <u>適温20～24℃</u> 、限界35℃ 夜温：0℃以上、 <u>6～10℃</u> 、14℃
<u>果実の成熟</u>	6℃以上、 <u>最適16～20℃</u>
休眠打破	5℃以下の遭遇時間 品種により異なる
低温の障害	氷点下で形成中花粉に障害発生しやすい

* 条件（品種や目標収量・品質）で適正値は異なります。

イチゴ編 2現地実証事例① いばらキスの養液土耕栽培



【直売イチゴ経営における スマート農業技術による高収益経営体系の実証】

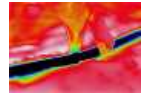
経営の概要

- ・経営面積：32a
- ・実証面積：10a
- ・施設：5.4m間口 パイプハウス
- ・品種：いばらキス
- ・栽植株数 6400株/10a
- ・保温：ウオーターカーテン
- ・労力：8名（うち雇用：6名）
- ・炭酸ガス施用：ランタンさん
- ・目標収量：実証前より収量3割増
- ・作型：夜冷育苗栽培 ※定植後クラウン冷却処理

取組の特徴

○直売型イチゴ経営の発展のために、スマート営農技術を検証

①生産にかかる環境制御は、導入コストが低く中小規模施設との親和性が高いユビキタス環境制御システムを用いる。制御は、ハウスの自動換気、CO2施用、地下水利用のクラウン冷却を行う。同時に、ハウス内環境のモニタリングも可能で、ハウス内気温、湿度、CO2濃度、日射量などのデータ確認を実施した。（使用機器）「アルスプラウト」



②従来手作業によるバルブの開閉によって行っていた灌水作業を、AI養液土耕装置を導入することにより、土壤データに基づいた高精度な、給液・肥培管理を行う。（使用機器）「ゼロアグリ」

導入技術

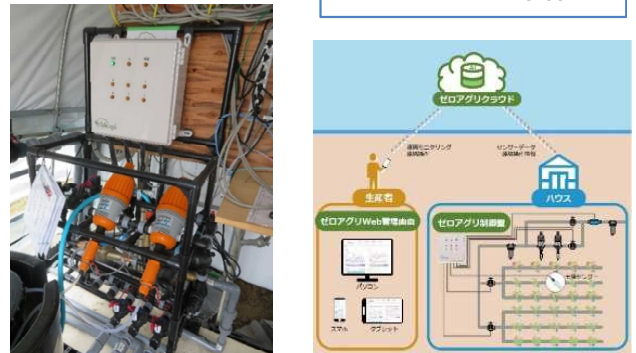
①中小規模ハウスに適した環境制御装置

アルスプラウト



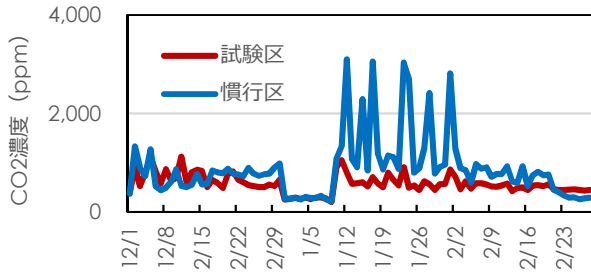
②AI養液土耕装置

ゼロアグリ本体

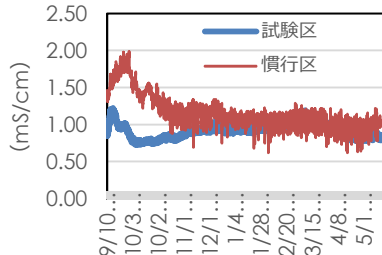


データ

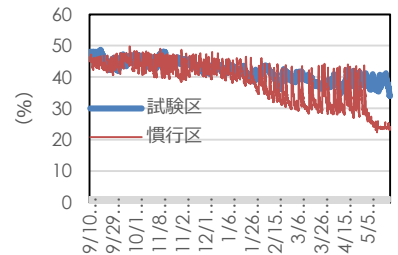
厳寒期の炭酸ガス濃度



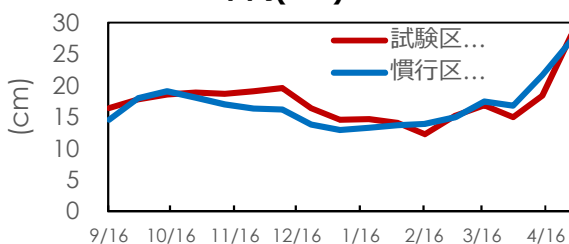
土壤EC



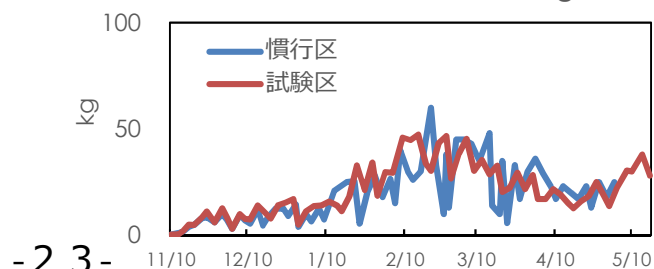
土壤水分（体積含水率）



草高(cm)

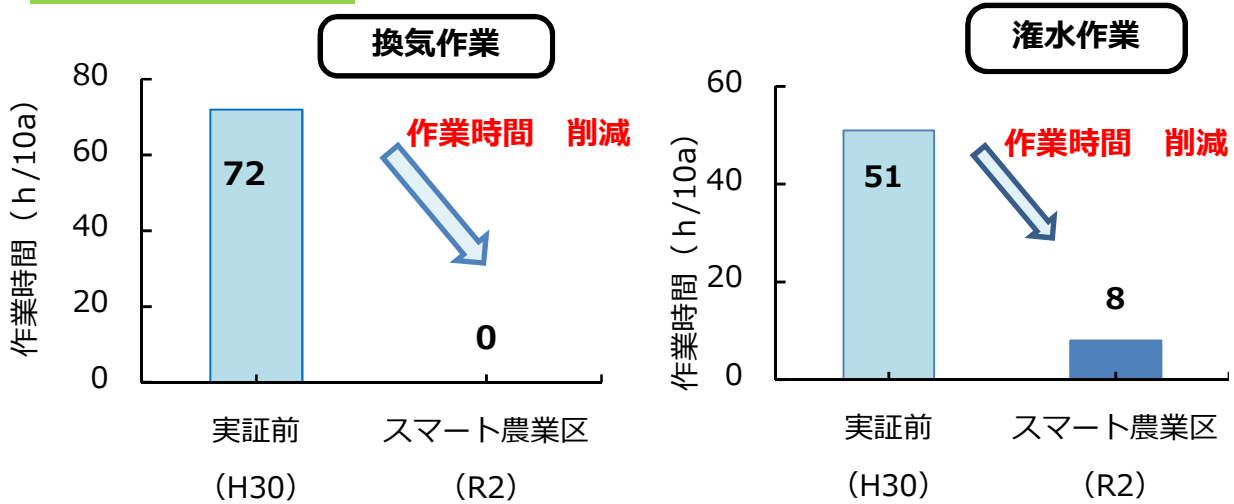


ハウスあたりの日収量 (kg)



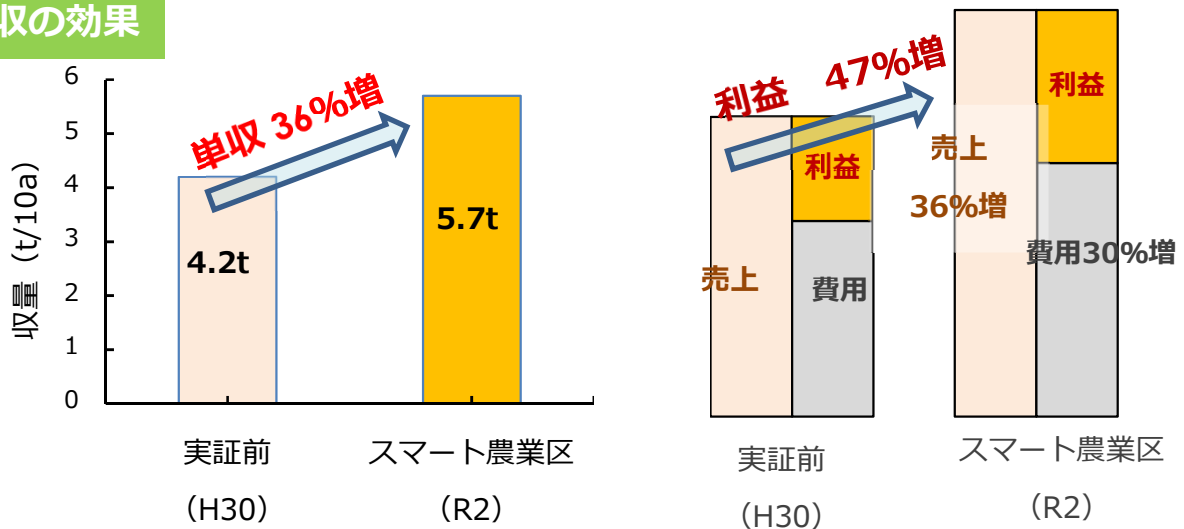
実証結果

作業時間削減



- ・換気作業がすべて自動化され、一作を通じた作業時間削減は72時間/10aとなった。
- ・灌水作業の自動化により、作業時間削減が43時間/10aとなった。

増収の効果



- ・スマート機器の活用により、収量は取組開始後から4.2t→5.7tと36%増加した。
- ・費用は30%増加したものの、利益（農業所得）は47%増加した。

生産者の声

- * 地上部環境をアルスプラウトで、地下部をゼロアグリで自動制御を行うことで、管理作業の省力化につながった。
- * ハウス内環境は日々タブレットで確認し、必要に応じて制御条件を手軽に変更することができた。
- * イチゴの生育（新葉の伸長、葉色）、着果量、食味を確認しながら、天気に応じて環境条件を設定した。食味を重視し、収量アップにつなげることができた。



経営の概要

- ・栽培品目：イチゴ
- ・作付面積：32a
- ・労力：6名

導入設備

「マッスルスーツEvery」（㈱イノフィス）
（1台：約15万円）

取組の特徴

- 空気で動作、電力不要
 - ・悪天候時の屋外作業でも安心して利用できる。
 - ・動作時間を気にせずご利用できる。
- 中腰姿勢で一定期間同じ作業が続くシーンで活用事例ある。

作業負担軽減

作業後の腰痛軽減効果が認められ、労働環境改善、雇用の安定につながると評価された。

作業時間削減

【年間作業時間 5.17%減 10a当たり130時間短縮（R2-3年度作）】
* 作業強度の高い作業4工程「育苗作業」「定植作業」「マルチ張り」「収穫（2月以降）」において作業時間が短縮できた。

経済性効果

費用8.3万円の削減（内訳）減価償却費：4.7万円増加、雇用費：13万円削減）

経営の概要

- ・農業従事の人材不足のため、雇用の安定確保が課題。
- ・中腰姿勢の負荷による作業員や従業員の慢性的な腰痛が問題。



定植作業



作業時間 17%削減

マルチ張り



作業時間 16%削減

収穫作業



作業時間 8%削減

生産者の声

- * 作業途中の「腰伸ばし」が減り、作業効率が良い。⇒効率化
- * 一定の姿勢、ペースで作業できる。
- * 当日や翌日に腰痛や疲労感を持ち越さないで済む。⇒負担軽減
- * 湿布などのアフターケアの必要がない。

※ 「いばらキッス」マニュアル参照

【ポイント】

- ①定植～収穫開始期：第1次腋花房の分化促進、A品率向上のため、草勢を旺盛にしすぎない。
- ②厳寒期：草勢を抑えすぎず、適正に維持する。
- ③暖候期：生育旺盛となるため、肥切れ・かん水不足に注意。温度を高めすぎない。

「いばらキッス」

目標とする草姿
(収穫開始時期 目安)
草高15～20cmを維持



- (1) 温度管理 「定植」～「12月中旬まで」、「2月中旬～」は低温にする。
「厳寒期（12月下旬～1月）」は草勢を見ながら少し高める。

時 期	日中の温度	最低夜温	備 考
～10月		7℃	可能な限りハウスを開放
保温開始～12月下旬	20～23℃	7℃	ハウス内気温の急上昇回避
12月下旬～1月下旬	25～28℃	8℃	少し高めて、生育停滞回避
1月下旬～2月下旬	23～25℃	7℃	昼夜の温度をやや下げる
2月下旬～3月下旬	20～23℃	5℃	低温管理で生育抑えめに

(年内と2月以降は、「とちおとめ」の目標日中温度25℃、最低夜温7～8℃より低めに管理)

(2) かん水

生育状態を見ながら少量多灌水 (pF測定：土深15cm)

時 期	かん水開始点(pF)	備 考
活着後～出蕾	2.0	土壌水分で生育をコントロール
出蕾～12月下旬	1.9	不足するとがく焼けを生じる
12月下旬～2月下旬	2.0	食味向上のため灌水量を制限
2月下旬～3月下旬	1.9	暖候期の著しい灌水不足に注意

(「とちおとめ」目標pF1.8より、高め=やや乾燥気味に管理)

(3) 二酸化炭素施用

厳寒期は日中400ppmを維持する

厳寒期はハウス内の炭酸ガス濃度が低下しやすいいため施用効果が高い。
2月以降の増収効果が顕著となる。肥切れ、かん水不足に注意する。

- 管理目標濃度：ハウスが閉まっている時間帯 700ppm
換気を行っている時間帯 400ppm

イチゴ編 3参考【高需要期 収量安定のための 夜冷育苗栽培での「クラウン冷却技術」の活用①】

【ねらい】

クラウン部の温度制御は、草勢と花芽分化のコントロールに有効な技術である。生長点のあるクラウン部は、特に花芽分化への温度影響の高い部位である。夜冷育苗栽培において定植後から概ね1か月間の高温期にクラウン部を局所的に冷やすことにより、第一次腋花房の花芽分化の促進効果が期待できる。現在、1月の高需要期の収量安定につながる技術として本県で実証中である。

【方法】

- ・冷水源：地下水(目標温度：水温15～18℃程度)
- ・主な使用資材：「恵水クーリングチューブ」
(穴の開いていない硬質性灌水チューブ)
関連配管資材

- ①チューブがクラウン部に確実に接触するよう設置する。
- ②ハウス内気温が高いときに、通水する。
(定植直後から約1か月間、気温20℃以上条件下で、クラウン部冷却温度目標 約20℃)
- ③第一次腋花房が確実に分化したことを確認し、
通水を完了する。

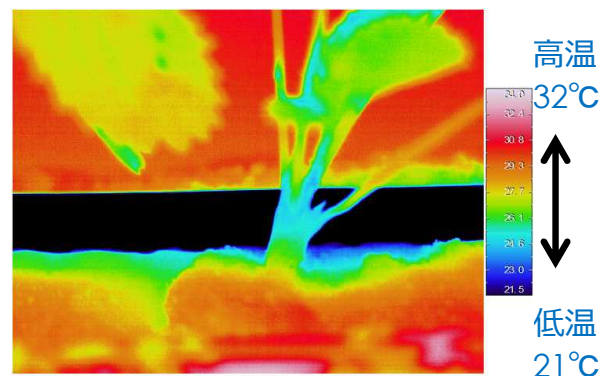


【留意点】

- 定植時期の早い作型、夜冷育苗栽培において効果が期待される技術である。
- かん水との兼ね合いで水圧が不足する場合、かん水時間をずらすなどの対応をする。
- 通水は基本的にかけ流しとなるため、排水場所を確保する。
- 生育後半の収量安定のために、収穫期である12月以降の肥培管理や温度、炭酸ガスを適正に管理し、草勢が低下しないよう注意する。

【コスト】 1棟270㎡当たり(1棟50m 8条植えの場合)：約3万円

【資材内訳】 ●チューブ部 1条毎に穴なし硬質チューブ・押さえピン(2～3mおき)
●配管資材 水源分岐から圃場：三方弁・耐水ホース・ゲートバルブ等
ハウス内：塩ビ管・継ぎ手資材等



クラウン冷却中のサーモカメラにおけるイチゴ植物体の温度(9月中旬)

イチゴ編 3参考【県園芸研究所における「クラウン冷却技術」の活用②】

園芸研究所 研究結果 (R3-4年度)

【試験概要】

- ・作型：夜冷育苗栽培 9月上旬定植の作型
- ・施設：間口5.4m パイプハウス ・栽植密度：6667株/10a
- ・クラウン部冷却：18℃の冷却水を穴なし灌水チューブで通水し、クラウン部に接触させた。
- ・炭酸ガス施用：400~700ppmを換気開度に応じて株元施用（液化炭酸ガス気化方式）

11/下~12/下	: 400ppm	1/上~2/上	: 700ppm
2/中~2/下	: 600ppm	3/上~4/下	: 400ppm

【結果】

- 「いばらキス」の夜冷育苗栽培の問題点として、定植後の高温条件（残暑）により、第1次腋花房の花芽分化の遅れがある。
- この対策として、定植直後にクラウン冷却を行うことで、第1次腋花房の分化及び収穫開始時期は遅れることなく（表1・2）、高需要期の12月下旬以降の収量は増加した。
- 総収量は、クラウン冷却により1株当たり1030g（=10a換算収量7t）となり、対照区対比10%の増収効果を確認した。

第1次腋花房の収穫遅れの回避

表1

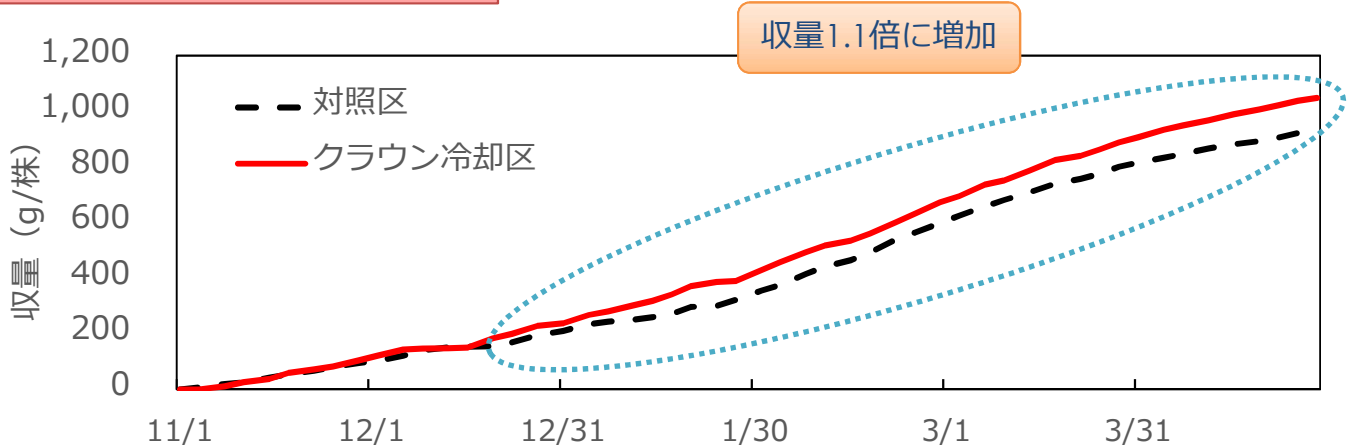
頂果房と第1次腋花房間の葉数	
処理区	花房間葉数
対照区	5.4 ± 2.7
クラウン冷却区	3.7 ± 1.7

※平均値±標準偏差 (n=12)

表2 各花房の収穫開始時期

処理区	頂花房	第1次腋花房	第2次腋花房	第3次腋花房	第4次腋花房
対照区(A)	11月8日	1月20日	2月10日	3月14日	4月19日
クラウン冷却区(B)	11月11日	12月23日	2月3日	3月7日	4月4日
収穫開始が早まった日数(A-B)		27	7	7	15

クラウン冷却による増収



イチゴ編 3参考

【いばらキッスにおける県園芸研究所での管理目安】

農業総合センター園芸研究所 R3年度研究結果より

【品種】 「いばらキッス」

【作型】 定植 9月上旬 収穫期間 11月上旬～4月下旬

【収量】 7t/10a

【夜冷処理】 8月上旬から夜温15℃、明期8時間、暗期16時間で定植当日まで処理

【栽植株数】 6,667株/10a 【栽植密度】 株間 25cm 条間30cm、2条千鳥植え

【施肥】 基肥：窒素-リン酸-カリ 各10kg/10a、追肥：10月下旬～、窒素総量13kg/10a

【施設種類】 パイプハウス（間口5.4m）

作型	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
促成（夜冷育苗）		夜冷	○	定植	*マルチング							収穫
促成（ポット育苗）					○	定植	*マルチング					収穫

【栽培管理の目安】

時期		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
温度（℃）	最高	-	30	20～23	20～23	20～23	25～28	23～25	20～23	25	30	
	最低	-	20	6	6	6	8	7	6	5	5	
日中湿度（%RH）		-	70	60	60	70	70	70	70	-		
CO ₂ （ppm）	時刻	-				7～16時						-
	設定濃度	-				400	700	600	400	-		
	（換気時）	-				400						-
遮光	遮光率	30%	-									
	日射条件	強光・高温期				-						
土壌水分	土壌 pF	-	pF2.0	pF1.9	pF2.0	pF1.9	-					

ピーマン編

- 「データ活用の手法」はトマトに準じます

ピーマン編 1 現地実証事例 半促成ピーマン栽培

【環境モニタリングと炭酸ガス施用による単収向上の取組】



経営の概要

- ・半促成ピーマン（12月下旬定植）
- ・品種：みおぎ（園芸植物育種研究所）
- ・労力：6名（うち雇用3名）

導入技術

- ・環境モニタリング機器（（株）ネポン）
- ・炭酸ガス発生機（（株）ネポン）

取組の特徴・ポイント

- ・環境モニタリング機器により、環境データを参考に気温や湿度の管理を実施している。これまでの管理でどこが適切な管理だったのか、改善が必要なのかを確認ができる。
 - ・炭酸ガスの効率的な施用のため、子ダクトを敷設し株元に局所施用を行った。施用濃度は栽培開始時にやや高め（700ppm程度）とし、季節が進み換気量が増加するに従い徐々に大気と同程度（400ppm程度）まで低下させ、400ppmを下回らないように制御した。最適化のために、今後も検討が必要である。
 - ・生長及び果実肥大速度が上がるため、**整枝管理**や**収穫の間隔を慣行よりも短縮**する必要がある。また、消費する肥料成分が増えるため、**窒素施肥量は慣行対比1.2~1.5倍**となった。
- ※整枝剪定や収穫の手間及び労力が増加するため、全面積に一気に環境制御技術を導入するのではなく、小面積で必要労力を見定めて徐々に拡大する。

時期	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
栽培管理		●	→ 収穫					
定植		●						



CO₂発生装置



CO₂局所施用に使用するダクトファン

取組の効果

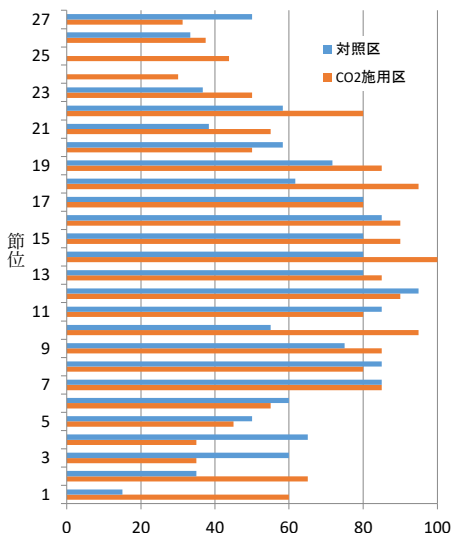


図1 半促成栽培における主枝節位着果率

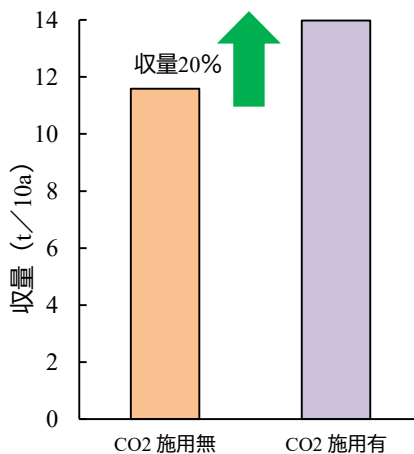


図2 CO₂施用の収量への影響

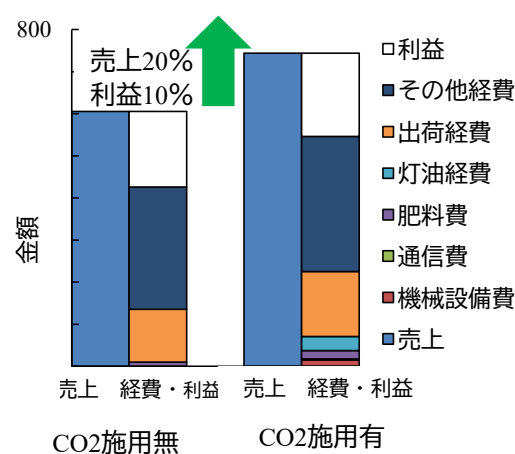


図3 CO₂施用による経営収支の変化

- ・着果率(図1)や側枝数の増加により、**単収は20%増加し、利益は10%向上した(図2,3)。**

生産者の声

メリット：生長速度が速くなり収量が増える。ハウス内の環境変化が数値で把握できる。

注意点：そもそも基礎技術(剪定や病害虫管理)ができていないと増収しない。

本技術を上手く使うためには：現状で労力に余裕があること、こまめに数値や植物の状態を把握すること、管理を遅らせないことが重要である。

鹿島地帯特産指導所 研究結果 (R3年度)

【調査方法】 品種：みおぎ
 調査施設：人工気象室内（相対湿度50～65%に調整）
 光合成測定装置：LI-6400XT (Li-Cor社)
 測定部位：主枝の生長点から5～6節目に着生する展開葉の中心部分。

個葉の光合成速度が高まる環境条件

- 個葉の光合成速度は、光量 (PPFD) 0～1,500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、葉温15～35℃、炭酸ガス濃度50～800ppmの範囲内で、これらの値が大きくなるほど高まる(図1,2,3)。
- 炭酸ガス濃度400ppmの場合では、光量が1,500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、葉温が30～35℃の条件下で、個葉の光合成速度は最も高まる(図1)。
- 葉温25℃の場合では、炭酸ガス濃度800 ppmで管理すると、個葉の光合成速度は最も高まる(図2)。

図1 炭酸ガス濃度400ppmにおける
葉温と光 - 光合成の関係※

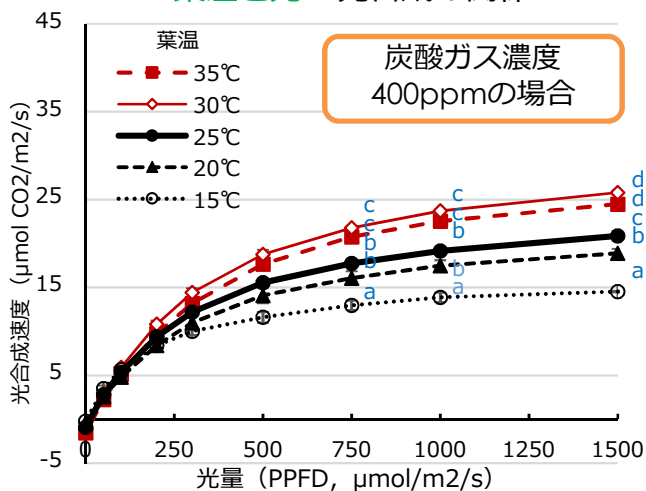


図2 葉温25℃における
炭酸ガス濃度と光 - 光合成の関係※

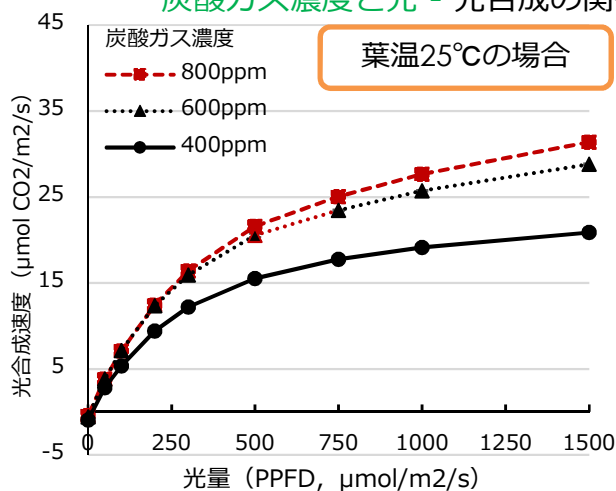
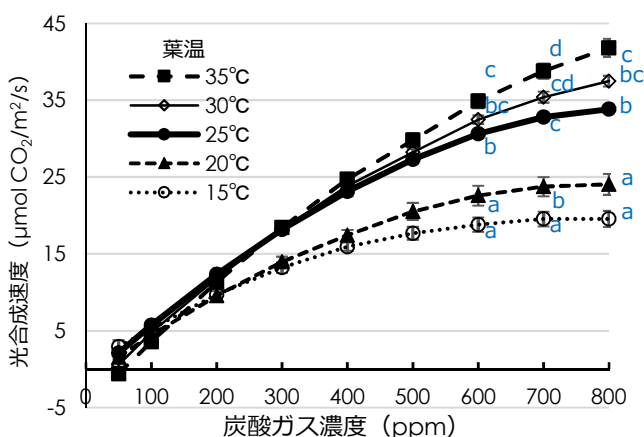


図3 光量 (PPFD) 1,500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 条件下における
葉温と炭酸ガス - 光合成の関係※



光量 (PPFD)
1,500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の場合

※誤差線は標準誤差を示す (n=3)。
異なる符号間はTukey法による
有意差あり (P<0.05、n=3)。

光量PPFD参考値
例) 夏至正午：約1900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
冬至正午：約950 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

【半促成ピーマン養液土耕栽培における
県鹿島地帯特産指導所での管理目安】

- 【作型】 加温半促成栽培 定植 1月上旬 収穫期間 2月中旬～6月中旬
- 【収量】 13t/10a
- 【栽植株数】 1,350株/10a 【栽植密度】 株間45cm うね間150cm
- 【品種】 「みおぎ」
- 【施肥】 養液土耕栽培 窒素-リン酸-カリ 各45-39-65kg/10a
- 【施設種類】 フッ素系硬質フィルム鉄骨ハウス（間口8.1m×高さ4.5m）

【栽培管理の目安】

作型	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
促成			○	— 収穫 —								
			定植	誘引								
加温半促成						○	— 収穫 —					
						定植	誘引					
無加温半促成							○	— 収穫 —				
							定植	誘引				
抑制	○	— 収穫 —									○	
	誘引											定植

項目		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
温度 (°C)	最高	28~30											
	最低	—			18			16-17		18			
日中湿度 (%RH)		75~80											
日中飽差 (g/m³)		3~6											
CO2 (ppm)	時刻	7~15時											
	設定濃度	—			380~420 (局所株元施用)								
	(換気時)	—			380~420								
ミスト 噴霧	始動飽差	下限値 6 g/m³、上限値 10 g/m³											
	噴霧方法	3分間噴霧2分間休止											
遮光	遮光率	30~40%			—						30~40%		
	(晴天時)												
	日射条件	強光・高温期			—						強光・高温期		
	設定気温	30℃以上			—						30℃以上		
施肥管理	土壌EC	0.8~1.2											
	土壌溶液EC (dS/m)	1.0~2.0											
土壌水分	土壌pF	pF1.7											

キュウリ編

- 「データ活用の手法」はトマトに準じます

キュウリ編 1 現地実証事例① 促成キュウリ土耕栽培 「日射量に応じた炭酸ガス施用・灌水により増収」



経営の概要

- ・品目：促成キュウリ（土耕） ・品種：「ニーナZ」 ・作付面積：27a
- ・労力：6名（うち雇用：4名） ・目標単収：30t/10a

時期	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
栽培管理		定植				収穫	



環境制御装置



養液土耕装置

導入設備

- ・環境測定器 ・環境制御装置
- ・炭酸ガス発生装置 ・養液土耕装置
- ・ヒートポンプ
- *施設：鉄骨ハウス（軒高2m）



専用ダクトを利用した炭酸ガスの局所施用

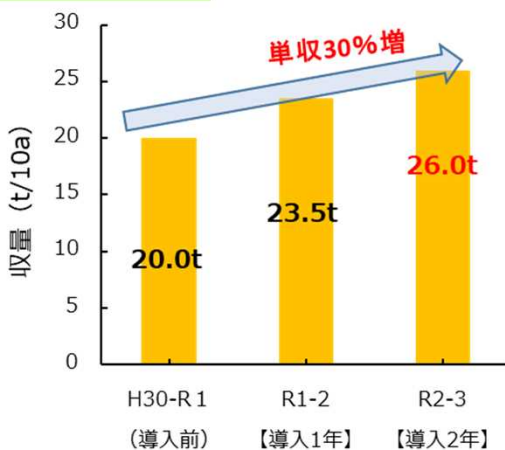
取組の特徴

- ・環境測定器導入により、ハウス内環境が見える化し、改善すべき点を把握した。
- ・環境制御装置を活用し、日射量に応じて炭酸ガス濃度や灌水量を変え、光合成効率を高めるようにした。
- ・遮光カーテンや遮熱剤の併用による遮熱対策を実施した。
- ・収量増加に対応するため雇用を増やした。

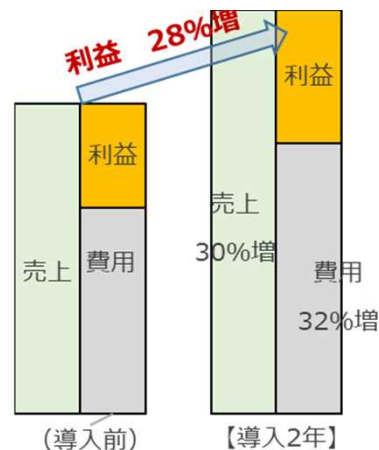
<日射量・時期別の炭酸ガス施用濃度>

日射量	1~2月	3~6月
200w/m ² 以上	400 ppm	400 ppm
400w/m ² 以上	800~900 ppm	700 ppm

増収の効果



【経営効果（試算）】



- ・スマート機器の活用により、収量は取組開始後から20t→26tと30%増加した。
- ・費用は32%増加したものの、利益（農業所得）は28%増加した。

生産者の声

- ・光合成の大切さを認識して、管理作業を重視するようになりました。収量の増加とともに、品質の向上も目指します。
- ・従業員の労務管理を向上し、働きやすい職場環境を作りたいです。

キュウリ編 1 現地実証事例② 促成キュウリ土耕栽培 【高濃度炭酸ガス施用と環境制御による収量向上】



経営の概要

- ・品目 促成キュウリ（土耕）
- ・品種：「ニーナZ」
- ・作付面積：26a
- ・労力：3名（雇用無し）
- ・目標単収：30t/10a

時期	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
栽培管理		●	— 収穫					
	定植							

導入設備

- ・環境測定器
 - ・炭酸ガス発生装置
 - ・ヒートポンプ
 - ・環境制御装置
 - ・養液土耕装置
- *施設：鉄骨ハウス（軒高2m）



環境制御装置



日射計・養液土耕装置

取組の特徴

- ・環境制御装置を導入して、ハウス内環境を遠隔で制御できるようになり、管理が効率的になった。
- ・生育調査（草丈・葉数・葉面積指数）を行い、日々の環境制御や養液管理に活かしている。
- ・日中のハウス内炭酸ガス濃度を高め光合成の促進を図っている。

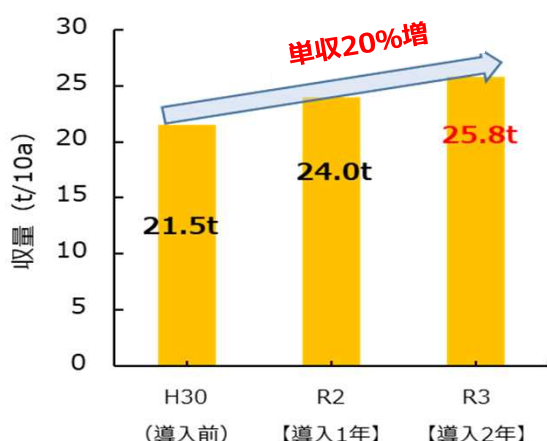


温風ダクトを利用した炭酸ガスの局所施用

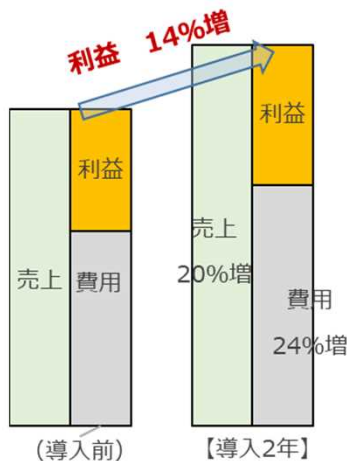


炭酸ガス施用濃度（厳寒期）
9-12時：700ppm 12-15時：600ppm

増収の効果



【経営効果（試算）】



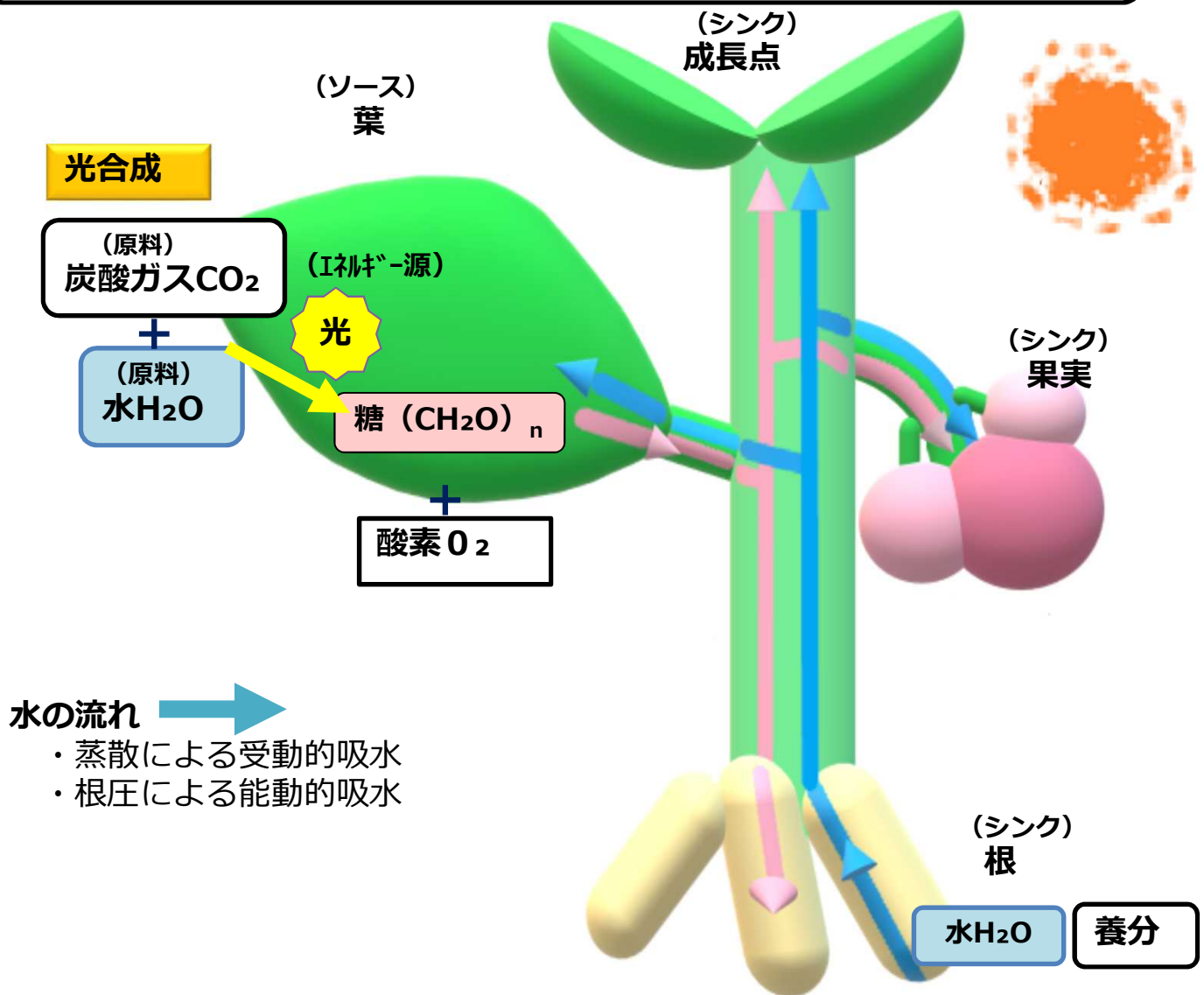
- ・スマート機器の活用により、収量は取組開始後から21.5t→25.8tと20%増加した。
- ・費用は24%増加したものの、利益（農業所得）は14%増加した。

生産者の声

- ・ハウスの状況が、身近で、いつでも確認できるので生活にゆとりができました。
- ・環境制御により年々収量が増加しています。研修会や検討会等で情報収集し、さらに技術を高め30t/10aを目指したいです。

共通参考資料

- その1 **光合成を促進させる**
光合成同化産物（糖）の生産力向上をめざす



- その2 **光合成の同化産物（糖）を果実に転流させる**
 - ・作物は光合成と同時に、シンク（果実・生長点・根）に糖を転流させる
 - ・光合成で生産された糖を効率的に、**果実に転流**させ、収量や品質向上をめざす。

糖の転流 → 「ソース（葉）」から「シンク（果実、成長点、根）」へ※

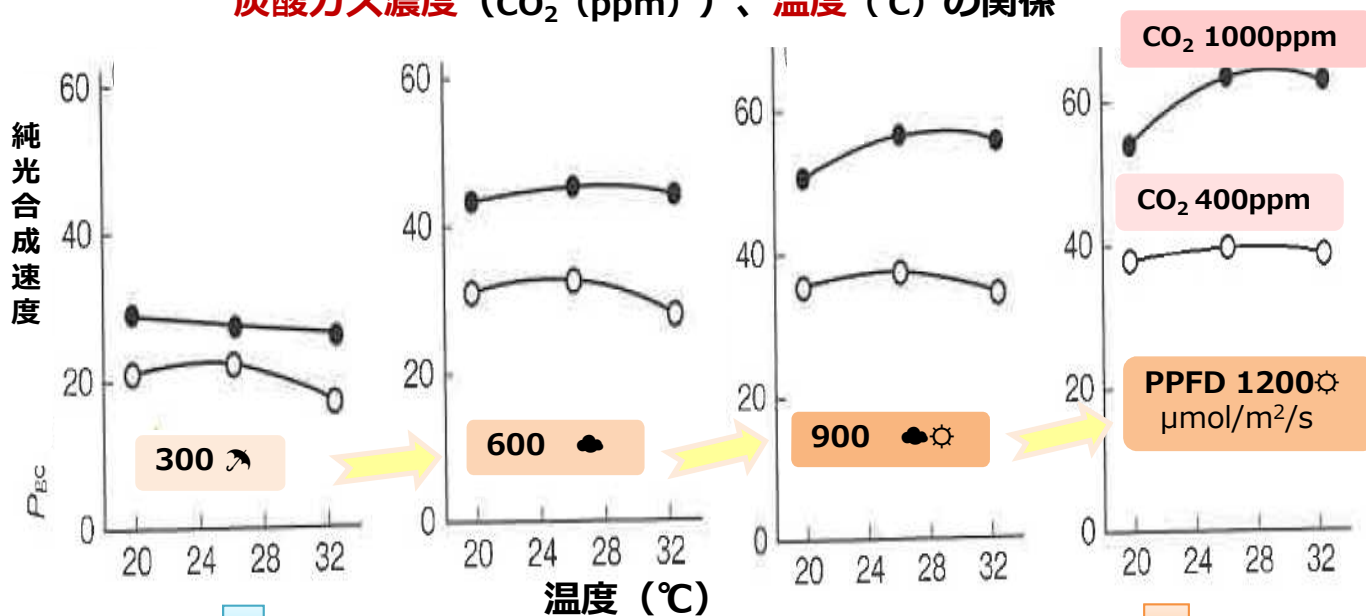
※果実数が多いほど・果実が大きいくほど、糖を引きつける力（=シンク強度）は強く、糖が分配されやすいと考えられています。

※適正な着果をしたトマト栽培では、転流される糖の約2/3が果実へ分配されます。

I 植物生理 【光合成・転流②】

◆光合成を促進させる環境要因 光の強さup> 炭酸ガス濃度up> 温度up

【トマト例】 群落の純光合成速度（=光合成速度-呼吸速度）と
 光の強さ（光合成有効光量子束密度 PPFD ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ））、
 炭酸ガス濃度（ CO_2 (ppm)）、温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）の関係



<光が弱い場合> 曇雨天日 ☁️🌧️

⇒ 光合成速度は制限される

- 炭酸ガス施用効果は小さい
- 温度が高いと、呼吸が増え、作物内の光合成同化産物（糖）の消費が増えるため、**温度は晴天時より、低めが良い**

<光が強い場合> 晴天日 ☀️

⇒ 光合成速度は環境の最適化により、高めることができる

- 大気濃度400ppmより、1000ppmの方が施用効果は高い※
- 炭酸ガス濃度と温度（適正範囲内）が高い条件下では、光合成は一層促進する

※ 整枝法・仕立て方による群落条件によって、効果の高い濃度は異なる

◆糖の転流を促進させる環境要因 温度 up

転流は光合成よりも、高い温度で促進されるため、
 日射量が多い条件下では、温度をやや高めに管理するとよい
 （特に光が強い11時～日没前30分まで）

※光合成が活発に行われても、葉内に光合成同化産物（糖）が蓄積すると、光合成速度は徐々に低下します。より一層、光合成促進をねらう場合、光合成と同時に転流促進を意識した温度管理が必要です。

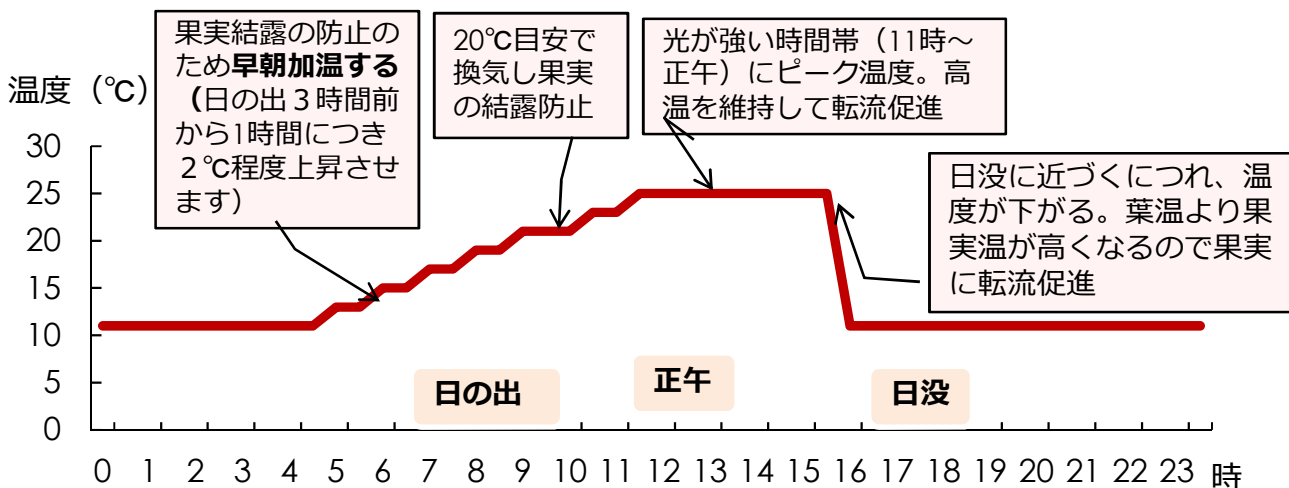
※光合成が活発に行われすぎた場合は、草勢が強くなりやすいので、平均温度を高めません。

I 植物生理 【光合成・転流③】

◆光合成と転流を促進させるための温度管理 パターン

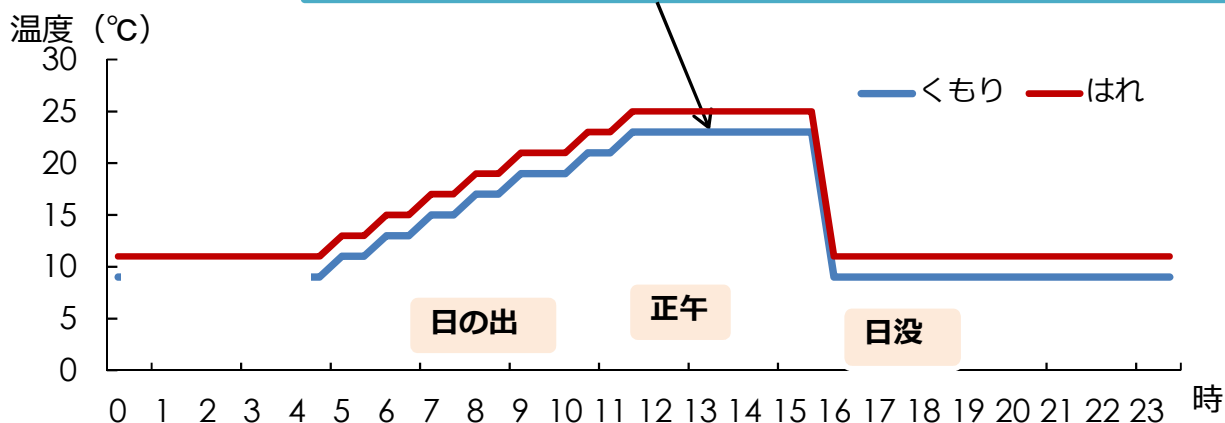
晴天日 ☀

日中に炭酸ガス施用ができれば、さらに高めの温度管理をします
⇒光合成促進と転流促進 ⇒果実の肥大促進・茎葉の生育促進



曇雨天日 ☁☔

曇雨天時は、呼吸抑制のため管理温度を低くします
日没後も晴天時より温度をやや下げます⇒呼吸による糖の消費抑制



☞光合成を促進させるためのポイント

1 群落の光環境を改良する

・被覆資材の透光性を改善 ・最適な誘引・摘葉管理

2 炭酸ガス濃度を高める (大気400ppm以上に)

湿度を適切に保ち、空気の流れをつくる (微風)

3 生育適温内に保つ

湿度低下と生育バランスにも注意する

Ⅱ 設備と機能 【環境測定器】

- ハウス内の環境（温度、湿度、日射量、風速、二酸化炭素濃度等）を各種センサーで自動測定できます。また、過去のデータを確認することもできます。
- ハウスから離れた場所でも、P C、スマートフォンなどからハウス内環境をリアルタイムで確認できます。

【導入費用】

機種名	めぐりログ	プロファイダーⅣ	アグリネット
イメージ			
参考価格	ログBOX (基本機器一部込) 約15~20万円	測定器 約20万円 通信Box 約9万円	センサーセット 14.8万円
その他・手数料他	初期手数料 5,000円	メーカー会員加入料 1.2万円/年	加入料158,000円
利用料金	約3.1万円/年	2,500円/月	約3,000円/月
温度/湿度(飽差)	○	○	○
CO2濃度	○	○	○(オプション)
光	○(オプション)	○	○(オプション)
露点	○	○	○(オプション)
土壌EC・水分	○(オプション)	○(オプション)	○(オプション)
地温	○(オプション)	○(オプション)	○(オプション)

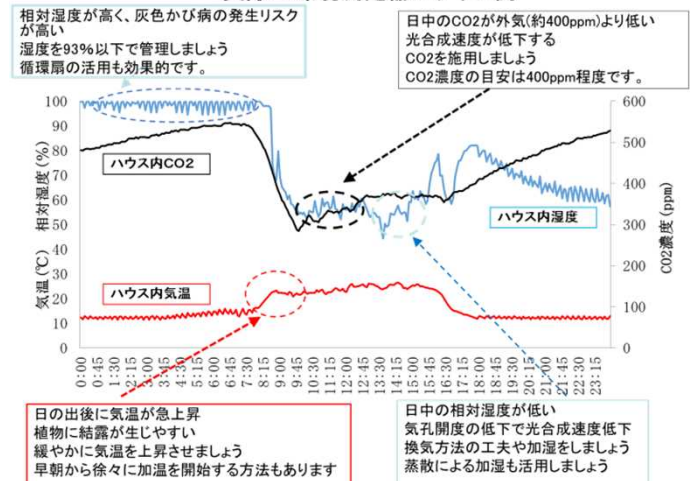
【留意点】

- センサーは作物の群落内中央部に設置します。
- センサーの校正を必ず行ってから設置します。
- 適正に動作しているかを定期的を確認します。



群落内に
センサー設置

実際の環境測定器のグラフ例



Ⅱ 設備と機能 【炭酸ガス発生装置①】

- ハウス内の炭酸ガス濃度をモニタリングし、外気濃度（400ppm）より低くなった場合に、炭酸ガスを施用することで光合成を促進させ、収量増加や品質安定が可能になります。
※特に厳寒期は換気量が少ないため、光合成の盛んな日中はハウス内の炭酸ガス濃度が低くなりやすく、施用効果が高いです。
- 作物の群落内に施用する局所施用は、天窓が開いている時に、効率的に作物に吸収されやすい施用方法です。ただし、局所施用のためのダクトやチューブ等の配管が必要です。
- 全層施用をする場合は、循環扇を使って、ハウス内の炭酸ガス濃度のムラを少なくすることが重要です。

【導入費用】

◆炭酸ガス発生装置本体

機種名	グロウエア	タンセラ	光合成促進機 ZOさん	真呼吸
				
参考価格 (10a)	約36万円	約25万円	約32万円	約150万円 (規模10～20a) ※オイルタンク・ダクトファン込み
機能	8.07kg/時間	7.5kg/時間	3.62kg/時間	低温炭酸ガス局所施用 (プロファイnderⅣと 連動必要)
燃料	灯油、LPG	LPG	灯油	灯油

◆炭酸ガス送風装置（本体と連携して局所施用に用いる）

機種名	ダクトファン	タンセラ用 局所施用機
		
参考価格	約11万円	約60万円
施用手段	ポリダクト他	灌水チューブ

※別途工事費が必要となります。

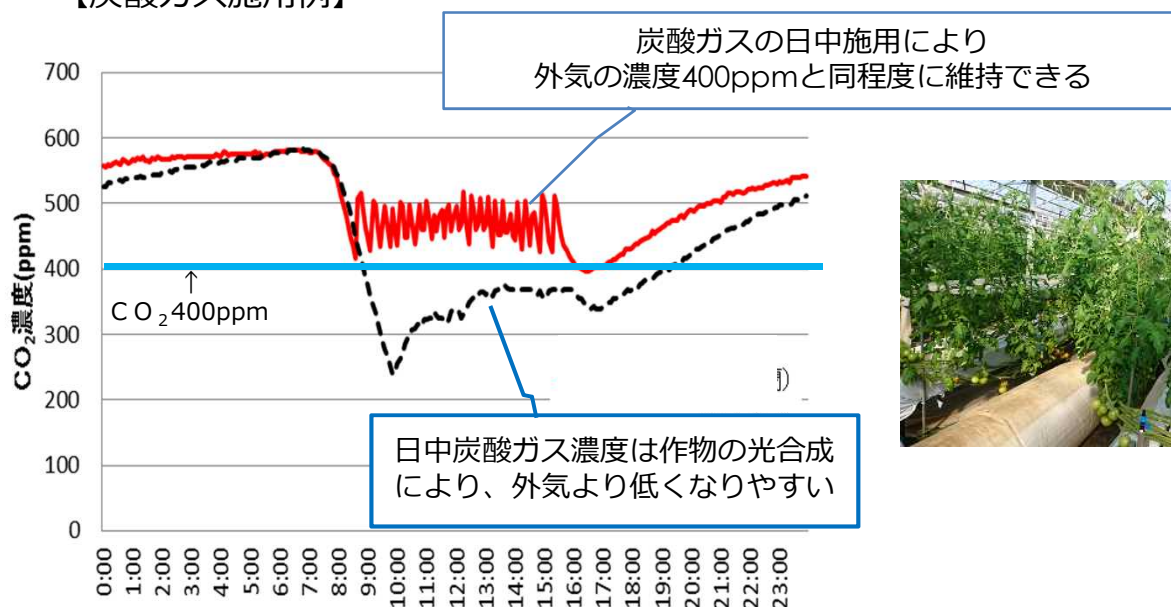
Ⅱ 設備と機能 【炭酸ガス発生装置②】

◆炭酸ガス制御盤 (炭酸ガス施用の濃度制御に必須)

機種名	CO ₂ 指南盤	FK-4CS	CO ₂ NAVI ADVANCE
イメージ			
参考価格	約11万円	約14万円	約15万円
設定濃度	200~2500ppm	0~3000ppm	0~5000ppm

※別途工事費が必要となります。

【炭酸ガス施用例】



【留意点】

- 土壌の有機物からも炭酸ガスは供給されるため、炭酸ガス発生装置の導入前に、炭酸ガス濃度の推移を確認し、導入の要否を検討します。
- 炭酸ガスの施用により増収するため、収穫作業の労力増加により、管理作用が遅れ、減収する事例があります。労力の確保を計画します。
- 日射量に応じた濃度設定、湿度または飽差を適正に管理することで、作物の炭酸ガス利用効率を高めることができます。
- 不完全燃焼には注意が必要です。定期的なメンテナンスを行います。

Ⅱ 設備と機能 【統合・複合環境制御装置①】

- 生産者による設定で、日射強度に応じた温度、湿度、炭酸ガス濃度などの環境要因を複合的に最適になるよう組み合わせることができます。具体的には、自動で天窓の開閉や暖房・炭酸ガス発生装置・灌水等の動作を行うことが可能です。
- データに基づく栽培により、ハウス内環境を適正に保ち、収量増加や品質安定が可能となります。

【導入費用】


◆大規模 鉄骨ハウス 向き

機種名	プロファインダーNext80	MC-6001
イメージ		
参考価格	約130万円/台	約45万円/台
1台の適用範囲	40a	40a
カーテン開閉	○	○
換気開度	○	—
灌水	○	—
液肥混入率調整	—	—
炭酸ガス施用	○	○
暖房稼働	○	○
コスト	中	低
使用の難易	中	易

※別途工事費が必要となります。

Ⅱ 設備と機能 【統合・複合環境制御装置②】

【導入費用】 ◆中小規模パイプハウス 向き

機種名	Arsprout (アルspraut) ※UECS
イメージ	
参考価格	約50万円 (基本機器一部込)
利用料金	約3万円/年 (ハウス自動換気装置と連動)
カーテン開閉	○
換気開度	○
灌水	○
液肥混入率調整	—
炭酸ガス施用	○
暖房稼働	○
コスト	低 (規模・用途に応じて 拡張可能)
使用の難易	中

【DIYが可能、
取扱説明書を見ながら組立作業】



制御ノードの内部

【アルspraut (UECS) の環境データ】



【留意点】

- 導入コストと機能の多様性に応じて導入設備を選択します。
- 機種によっては、ハウス自動開閉装置、暖房機等の既存付帯設備と接続できない場合があるので、導入前に機種の適合性の確認が必要です。



II 設備と機能 【ミスト発生装置＋飽差制御盤】

- ハウス内湿度（飽差）を適正に維持することで、葉の気孔開度が安定し、炭酸ガス吸収も安定します。結果、光合成促進による収量増加や品質安定が可能となります。
- 高温期のハウス内気温の低下に利用することで、高温障害の軽減が可能となります。
- 炭酸ガス施用を併用することで、炭酸ガス吸収が安定し、光合成促進効果が高まります。

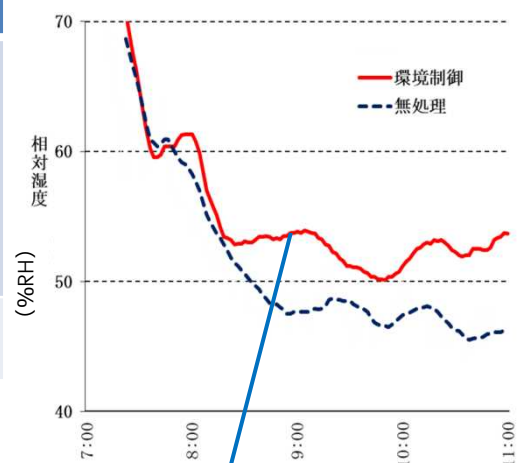
◆ ミスト発生装置本体

機種名	イノチオミストシステム	クールペスコンCH	クールネットプロ
イメージ			
機能	ミスト径約30 μ m 45ml/分 飛距離 3 m	ミスト径10~100 μ m	ミスト径約65 μ m 低水圧タイプ 夏場細霧冷房可能

◆ 飽差制御盤

機種名	飽差制御盤	飽差+
イメージ		
機能	飽差感度 0.1g/m ³	設定範囲0.0~20g/m ³ (0.1g/m ³ 単位)

【ミスト施用例】



※別途工事費が必要となります。

日中の湿度低下時に、ミスト施用を行い、湿度を維持できる
(例：50%RH維持)

【留意点】

- 高温条件下では病害発生を助長する可能性があるため、防除に留意します。

Ⅱ 設備と機能 【A I 養液土耕システム】

- 生産者による土質と作物の生育ステージに応じた設定に基づき、日射量、土壌水分値と土壌ECに対応した施肥・かん水管理を行うことができ、土壌中の養水分条件を適正に維持することができます。
- 施肥・かん水量の見える化、施肥・かん水量の過不足による生育速度低下のリスク低減、施肥・かん水作業の労働時間の削減が期待できます。

【導入費用】

機種名	ゼロアグリ
参考価格	約200万円/台
制御内容	土壌水分率・土壌EC ※養液土耕システム

【ゼロアグリ本体（上） 液肥混入タンク（下）】



※別途工事費が必要となります。

【ゼロアグリによる地下部の環境データ】



【留意点】

- 水源の水量が十分であること、水質が安定していること、水圧の確保が必要となり、導入前の確認が必要です。
- 自分の圃場・作物の生育に適した施肥量・かん水量、かん水タイミングなどを検討し、指標を作っていく必要があります。

※ 各現地実証事例は、以下の現地実証成果（関係生産者及び関係機関による調査結果）に基づきまとめたものである。

・ トマト・キュウリ：

「いばらきの儲かる園芸経営体モデル育成事業（令和1～3年度）」による
「県次世代施設園芸コンソーシアムによる現地実証圃」

・ イチゴ：

農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト（令和2～3年度）」による
「新しい時代を切り開く直売型スマートイチゴ生産・経営モデル実証コンソーシアム現地実証圃」

・ ピーマン：

農林水産省「スマート農業総合推進対策事業のうち次世代につなぐ営農体系確立支援事業」による
現地実証圃

【当手引きに関する問合せ先】

茨城県農業総合センター 専門技術指導員室

TEL：0299-45-8322

FAX：0299-45-8350

E mail：nogyosogo@pref.ibarafki.lg.jp