



兵庫県内における 環境制御技術導入の 実践事例集

発行 兵庫県次世代施設園芸技術習得支援協議会(平成31年3月)
事務局 兵庫県農政環境部農林水産局農産園芸課
TEL.078-362-3445 FAX.078-362-4092



はじめに

野菜施設園芸農家のトマトやいちごの栽培技術は、経験則や勘に頼っており、温度、湿度、炭酸ガス濃度等の施設内環境を制御する技術（環境制御技術）を導入している農家はごく一部です。

今後、施設園芸の後継者や新規就農者等が環境制御技術を導入することにより、環境測定や生育のデータの見える化ができます。さらに、この見える化したデータを基に施設環境の最適化に取り組むことにより、技術習得の加速化と収量増加による経営安定を図ることが期待できます。

本冊子では、兵庫県内で環境制御技術の導入に先進的に取り組む生産者の実践事例を紹介しています。環境制御技術の導入の参考にご活用いただければ幸いです。

目次

I	施設園芸におけるICT活用について	P1
II	環境制御機器等の種類について	P2
III	環境制御技術を導入している県内生産者の実践事例について	
	1. (株)東馬場農園	P3
	2. (有)藤田農園	P5
	3. 畠農園	P7
	4. (株)淡路の島菜園	P9
	5. (資)あぐり丹波	P11
	6. その他、新たに環境制御技術を導入した生産者	P13

[参考資料]

樹勢・生育バランスと温度管理	P25
高湿度時の病害対策	P28
モニタリングと生育調査方法	P29



施設園芸におけるICT活用について

施設園芸における環境制御の目的は、作物の生育に最適な環境をつくることです。そのためには、環境モニタリングや生育調査等のデータを基に施設内の被制御機器および植物体そのものをコントロールする必要があります。

環境制御とは、外気温度・施設内温度・湿度・日射・炭酸ガス・風向・風速・降雨などを測定したデータを基に、栽培環境を作物に最も適した状態にするため、暖房機や遮光・保温カーテン、炭酸ガス発生装置、換気等を複合的に調整することです。

環境制御のメリット

- 作業の合理化等による生産性の向上
- 栽培管理の精緻化による品質・収量の向上
- 自動制御による省力化
- 経営や業務の効率化
- データ化による生産性の見える化
- 栽培技術の平準化による人材の活用

現在、この調節をICT活用により、パソコンで自動設定することができます。また、スマートフォンで施設内の環境モニタリングデータを遠近問わず、いつでも見ることができます。

II

環境制御機器等の種類について

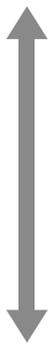
(1) 環境制御機器

環境制御機器とは、日射量や温度、湿度、炭酸ガス濃度等を複数センサーで計測し、その情報に基づいて、暖房機や炭酸ガス発生装置等の複数機器を組み合わせて動作させ、ハウス内の環境を制御する機器のことをいいます。

環境制御機器は各メーカーから、数多くの種類が開発されています。予算や導入目的に応じて選定する必要があります。

〈環境制御機器の例 (括弧内はメーカー名)〉

上級者向け



初級者向け

イージー

isii (イノチオアグリ株)

プロファームコントローラー (株デンソー/トヨタネ株)

MC-6001 (ネポン株)

HouseNavi (株NIPPO)

スーパーミニEX (三基計装株)

YoshiMAX (岡山大学/株ワビット/三基計装株)

プロファインダーNEXT80 (株誠和)

※上級になるほど、制御する項目や連動させる機器の数を拡張できるものがありますが、組み立てや設定を行うなど知識や技術が必要となる場合があります。

(2) 被制御機器

被制御機器とは、暖房機、炭酸ガス発生装置、天窓、カーテン、循環扇、換気扇、灌水装置等、環境制御機器からの指令に基づいて、施設内の環境を最適化する機器のことをいいます。



環境制御技術を導入している 県内生産者の実践事例について

1 株式会社東馬場農園 (平成28年度導入)

所在地	神戸市北区
品目	トマト(大玉、中玉、ミニ)

導入施設面積	6,000㎡ (6連棟+8連棟)
--------	---------------------

(1) 環境制御導入のきっかけ

安定生産、収量・品質の向上、従業員の栽培管理技術の向上のために環境制御技術を導入。

(2) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液							○	▲		□		
								□					

(3) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダー-NEXT80	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	

(4) 環境制御技術の導入効果

○安定生産の実現

植物の生育に合わせた管理を実践することで、外部環境や病気等の影響を最小限に抑え、時期毎の収量を概ね毎年同程度生産できるようになった。

○改善による収量・品質の向上

データを残すことで毎年課題を認識することができ、翌年の改善を実施することで毎年の収量・品質を向上させることができるようになった。

○データ分析を通じた従業員の栽培管理技術の向上

毎週、植物の状態や環境測定データ等を確認する検討会議を実施することで栽培管理に関する理解が早まり、農業未経験の従業員が1年半～2年程度で環境制御技術を活用した施設の管理を行えるようになった。

(5) 考 察

導入効果にあげたように、環境制御技術の導入は多くのメリットがある。一方、管理費用の増加や春先の収量が増えすぎ、販売のハードルが上がってしまうといったデメリットもある。環境制御技術を導入することで起こるデメリットも考慮しつつ、収支が改善できることを意識しなければ過剰投資になってしまうので注意が必要である。



(プロファインダーNEXT80)



(コンクリート通路で作業性UP)



(トマト栽培の様子)



(作業台車用レール)

2

有限会社藤田農園 (平成28年度導入)

所在地 神戸市西区

品目 大玉トマト

導入施設面積 6,000㎡

(1) 環境制御導入のきっかけ

1～4月の収量の低下に悩んでいた。原因と対策を調べるために環境制御技術を導入。

(2) 栽培概要

(▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	ロックウール 養液栽培							□	▲		□		

(3) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	

(4) 環境制御技術の導入効果

○12～2月の灰色かび病の発生がほぼゼロ

早朝加温や、自動除湿制御により果実がぬれないような温度・湿度管理の実施と生育調査により樹勢の低下やその他要因のチェックを行うことで病気の発生を抑えることができるようになった。

○3～6月までの収量が増加

12～2月の厳寒期に生育調査を行い、環境測定データを基に植物の状況に応じた施設内環境に整えることができた。併せて、増枝や着果数管理を行うことで収量が増加した。

○年2作から周年栽培へ

作付開始から1年間、植物の管理と施設内環境の管理を行うことで、生産量が安定した。周年栽培（長期長段）に移行し、年間を通じて光合成が最大化される管理に努めることで収量が飛躍的に上がった。

(5) 考 察

1 病害管理ができる

環境制御技術により病害（灰色かび病）の発生リスクを管理することができるので、リスクを低下させることができる。

2 トマト品質の安定化

環境測定データや生育調査により栽培するトマトについて糖度よりも果肉の品質を重視した結果、棚持ちが良くなり出荷先に喜ばれている。



(プロファインダー-NEXT80)



(トマト栽培の様子)



(溶液給液装置)

3

畠農園（平成29年度導入）

所在地 加古郡稲美町

品目 大玉トマト

導入施設面積 1,500㎡
(3連棟)

(1) 環境制御導入のきっかけ

養液土耕栽培において、温度、湿度、炭酸ガス濃度を調整し、収量と品質の向上を目指すため、環境制御技術を導入。

(2) 栽培概要

(○播種 △仮植 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液土耕					□	○	△	▲		□		

(3) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダー-NEXT80	◎	◎		○	◎		◎	○	

(4) 環境制御技術の導入効果

○施設内環境の状況を把握

プロファインダーにより、施設内環境が把握できるようになり、トマトの生育調査データと合わせて、栽培の問題点が明確になり、早期解決しやすくなった。

○冬期の灰色かび病等の病気が減少

プロファインダーで施設内の湿度を把握することにより、灰色かび病の条件を回避でき、廃棄が減少した。

○収量の向上

導入2年目には、炭酸ガスの施用や高温管理によって、冬期の収穫日数が長くなる時期に、合間なく収穫ができるようになり、増収が実感できた。

(5) 考 察

施設内環境の把握ができることにより、温度・湿度・炭酸ガスの状況がリアルタイムにつかめることができるようになった。また、細やかな温度管理・炭酸ガスの施用が可能となり、灰色かび病等の病気の発生が抑えられ、トマトの生育もコントロールしやすくなったことから、品質・収量の向上が実現できた。



(プロファインダー-NEXT80)



(液化炭酸ガスによる施用)



(外気象測定機器)



(PCモニターでの施設内環境の見える化)

4

株式会社淡路の島菜園 (平成29年度導入)

所在地 淡路市谷

品目 中玉トマト

導入施設面積 3,000㎡
(2連棟×3)

(1) 環境制御導入のきっかけ

より高度な環境制御を行い、目指す施設内環境を実現し収量を向上させる。多棟管理でそれぞれの施設を自動化し、労力を削減。

(2) 栽培概要

(▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液栽培							□	▲		□		

(3) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器									
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備		
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン	
イージーコンパクト	◎	◎				◎		◎		

(4) 環境制御技術の導入効果

○地下部環境から灌水の善し悪しが把握でき、栽培技術が向上

これまで日射に応じた灌水管理は行ってきたが、正しく灌水が出来ているのか確認する手段がなかった。地下部の計測をする「トルティナ」を導入したことで、給液や廃液率、スラブ内水分や根量(植物個体重)などの地下部環境を把握でき、これまでの管理でわからなかった点が明確になり、環境制御技術が向上した。

○要素を反映した栽培管理が可能になり、収量が向上

炭酸ガス濃度や日射量、灌水量等を反映した栽培管理が可能になり、収量が向上。温度条件と日射条件など複数の要素に基づいた制御ができるようになった。より環境変化を緩やかにするなど目指す施設環境に近づけることができた。

○多棟管理が可能になり、環境制御にかかる労力が軽減

10a規模の施設を複数管理する栽培を行っているため、施設の制御や管理に大きな労力がかかっていた。環境制御機器の中でも、多棟管理が可能な「イージーコンパクト」の導入により、効率的に全棟の管理が行えるようになった。

(5) 考 察

「イージーコンパクト」および「トルティナ」を導入したことで、これまで把握しきれなかった地下部環境をデータにより可視化でき、栽培技術と知識が向上した。

また、効率的に目指す施設内環境を実現できるようになった。今後は蓄積した情報を十分に活用するため、より植物への理解を深める必要がある。

なお、環境制御機器の設定管理が複雑になる分、社員の育成方法を検討する必要がある。



(イージーコンパクト)



(環境測定機器 トルティナ)



(培地部の重量を量るトルティナ)



(トマト栽培の様子)

5

合資会社あぐり丹波 (平成29年度導入)

所在地 丹波市氷上町新郷

品目 いちご

導入施設面積 1,050㎡
(3連棟)

(1) 環境制御導入のきっかけ

経験や勘に頼っていた栽培管理から、環境測定データに基づいた管理による収量・品質の向上および作業省力化を目的に導入。

(2) 栽培概要

(○ポット上げ △ランナー切離し ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	養液土耕 (とこはる式)							○	○	▲			□

(3) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		谷	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
ワビットUECS制御機器		○	◎	○	◎		◎		

(4) 環境制御技術の導入効果

○環境制御機器による施設内環境の見える化と環境測定データに基づいた栽培管理の実践

日中と夜間の温度差、湿度や炭酸ガス濃度の変化などが具体的な数値として把握でき、生育に応じたきめ細かな栽培管理がしやすくなった。また機器の故障や誤作動の時に、その時期を検証しやすくなった。

特に見落としがちな時間帯(夜間や施設を離れているとき)の施設内環境を把握することが可能となった。

○炭酸ガス発生装置導入による初期生育の向上

導入した機種は、濃度管理(4段階の設定)が可能で、現在は夜間(18:00~7:00)を200ppm、日中(7:00~18:00)を400ppmで管理している。その結果、慣行ハウスに比べて初期生育が旺盛となり、初期収量が増加した。

○換気設備(谷換気および循環扇)導入による高温対策

環境制御非連動機器ではあるが、換気設備(谷換気および循環扇)の導入により、育苗期間中の高温障害を抑制し、苗の生育・揃いが良好になった。また、高温時における作業環境の改善にもつながり、作業者が快適に作業できる時間帯が増えた。

(5) 考 察

環境測定データに基づいた栽培管理を実践した結果、初期生育の向上、高温障害抑制などの効果が得られた。今後は、環境制御の自動化による作業省力化をすすめるとともに、環境測定データを十分に活用し、より精度の高い栽培管理を実践し収量・品質の向上を図る必要がある。



(フビットUECS制御機器)



(施設内気象測定機器)



(いちご栽培の様子)



(炭酸ガス発生装置)

6

その他、新たに環境制御技術を導入した生産者 株式会社KY田中農園（平成29年度導入）

所在地 宍粟市山崎町

品目 大玉トマト

導入施設面積 3,800㎡
(2連棟+5連棟)

(1) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液土耕							○		▲		□	
								□					
半促成	養液土耕			□				□			○		▲

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダー-NEXT80	◎	◎		○	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

スマート農業の時代の流れにのること。今までの感覚での栽培と施設内環境の見える化により品質と収量をあげるために導入。



(トマト栽培の様子)



(プロファインダー-NEXT80)



(プロファインダー-IV)



(炭酸ガス発生装置)

チームしんすけ農場 (平成29年度導入)

所在地 姫路市豊富町

品目 中玉トマト

導入施設面積 700㎡
(3連棟)

(1) 栽培概要

(△仮植 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	養液土耕			□					□		▲		
抑制	養液土耕			□					▲		□		

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎		○		◎	◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

施設内の環境を把握し、光合成量を高くし、高収量高品質のトマトを目指すために導入。



(新設の施設に導入)



(ヒートポンプを活用した環境制御)

中田 直 (平成29年度導入)

所在地 淡路市新村

品目 大玉トマト

導入施設面積 2,000㎡
(2連棟+1棟)

(1) 栽培概要

(▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
抑制	養液栽培	□							▲		□		
半促成	養液栽培		▲		□			□					

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器									
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備		
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン	
フビットUECS制御機器	◎	◎				◎		◎	○	

(3) 環境制御導入のきっかけ

現在48aで大玉トマト栽培を行っているが、環境制御技術を実践し、収量・品質を向上させ経営安定につなげたいと考えて導入。



(トマト栽培の様子)



(フビットUECS制御機器)



(ホールダクトでの炭酸ガス施用)

中西 郁 (平成29年度導入)

所在地 三田市上相野

品目 いちご

導入施設面積 2,300㎡
(4連棟×2)

(1) 栽培概要

(▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	養液土耕 (徳寿工業方式)						□			▲			□

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
ワビットUECS制御機器	◎	◎	○	◎	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

誰でも管理ができるように、施設内環境の状況を数値化、栽培技術のマニュアル化を実施したいと考えて環境制御機器を導入。



(いちご栽培の様子)



(ワビットUECS制御機器)



(施設内気象測定機器)

株式会社ナナ (平成29年度導入)

所在地 美方郡香美町

導入施設面積 2,400㎡
(7棟)

品目 いちご

(1) 栽培概要

(▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
夏秋どり	養液土耕 (兵庫方式)				▲	□							□

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
ワビットUECS制御機器			◎	○					

(3) 環境制御導入のきっかけ

夏どりのいちごの養液土耕栽培において、夏季の高温障害の発生が問題となっていたことから、環境制御システムによるハウスサイド被覆の自動開閉を導入し高温障害を抑制するとともに、作業の省力化を実現するために導入。



(いちご栽培の様子)



(ワビットUECS制御機器)



(リレー盤により7棟を連動)

竹田農園 (平成30年度導入)

所在地 たつの市揖保川町

品目 大玉トマト

導入施設面積 1,035㎡
(3連棟)

(1) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	土耕		□				□		○		▲		

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎		○	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

施設内環境の最適化とデータ共有化により、高糖度トマトの増収、品質向上を目指す。また、自動化による人手不足の対応と新規就農者への客観的アドバイスを実施できるようにするために導入。



(トマト栽培の様子)



(プロファインダーIV)

坪井農園 (平成30年度導入)

所在地 朝来市山東町

品目 いちご

導入施設面積 1,065㎡
(3連棟)

(1) 栽培概要

(○ポット上げ △ランナー切離し ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	養液土耕 (兵庫方式)						○			○			
							□			▲		□	

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80			◎	◎	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

経験と勘で生産を行ってきたいちご栽培では、冬場に灰色かび病の発生が多く、収量が安定しない状況となっていた。また、収量増加を目的に炭酸ガス発生装置を導入していたが、生育や収量への効果ははっきりと分からず、施設内の炭酸ガス濃度を精密に計測したことはなかった。

いちご栽培に必要な温度、湿度、光、炭酸ガス濃度などのデータ収集「見える化」の必要性を実感し、それらのデータを基に適正管理をして行うことで、施設内環境の課題を見つけ、病害抑制や光合成促進による収量増加を目的に導入。



(いちご栽培の様子)



(換気扇の環境制御連動)

とりちよき竹田農場 (平成30年度導入)

所在地 たつの市揖保川町

導入施設面積 5,719㎡
(4連棟+5連棟+6連棟)

品目 大玉トマト

(1) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	NFT							○ ▲ □		□			
抑制	固形培地								○ ▲		□		□
促成	固形培地	▲		□				□					○

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窓	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎		○	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

環境制御担当者以外にも環境制御技術の共有を図る。また、栽培技術の平準化と安定・省力・省エネを実現するために導入。



(緊急時の旧制御機器への切替装置)



(ココバック栽培を1ハウスで開始)



(給養液装置)

宮本農園 (平成30年度導入)

所在地 たつの市揖保川町

品目 大玉トマト

導入施設面積 3,360㎡
(5連棟+2連棟)

(1) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
促成	ロックウール						□	○	▲			□	
促成	ロックウール						□		○	▲			□
抑制	ロックウール		□	○ ▲				□					

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダー-NEXT80	◎	◎	◎	○	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

栽培施設内の環境を把握すること、また、今までしてきた栽培管理方法の良し悪しの判断と新たな栽培管理の模索するために導入。



(プロファインダー-NEXT80)



(灌水装置を追加)

安尾昭紀農園 (平成30年度導入)

所在地 神戸市西区岩岡町

導入施設面積 1,980㎡
(3連棟)

品目 大玉トマト

(1) 栽培概要

(○播種 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液土耕							□	○	▲			□

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎		◎	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

長段栽培の作型を開始したが、12～3月の期間、収穫量の減少や空洞果の増加による秀品率の低下、灰色かび病等により安定せず、また暖房コストが大きく、負担になっていた。温度むらを解消するため循環扇を導入し、従来の制御盤で温度管理を中心に行った結果、4月以降からの収量は増加したが、作型全般でみると大きく改善したと実感することはなかった。

今回、環境制御機器と炭酸ガス発生装置を導入することで、温度のみの管理から植物の光合成を活かすための日射量や炭酸ガス濃度等、施設内環境の管理を総合的に行うために導入。



(炭酸ガス局所施用)



(液化炭酸ガスの設置)



(施設内環境の見える化)

山二農園 (平成30年度導入)

所在地 神戸市西区平野町

品目 大玉トマト

導入施設面積 1,958㎡
(4連棟)

(1) 栽培概要

(○播種 △仮植 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
長期長段	養液土耕						□	○	▲		□		

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器									
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備		
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン	
プロファインダーNEXT80	◎	◎	○			◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

軽量鉄骨ハウスとビニルハウスでの作り方が違いすぎて悩んでいた。高糖度トマトを作っているが、収量が少なく収入が伸びなかった。

そこで、いままでの管理だけでなく、環境制御機器での管理を行うことで、高品質で生産性の高い栽培ができると思い導入。



(プロファインダーNEXT80)



(施設の外観)



(環境測定機器)



(モニターPC)

松井農園 (平成30年度導入)

所在地 加古郡稲美町

品目 大玉トマト

導入施設面積 1,958㎡
(4連棟)

(1) 栽培概要

(○播種 △仮植 ▲定植 □収穫)

作型	栽培方式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
半促成	養液土耕	▲		□				□			○	△	

(2) 設置機器

(◎環境制御連動機器、○環境制御非連動機器)

環境制御機器	被制御機器								
	カーテン	換気設備			暖房設備		炭酸ガス発生装置	冷房設備	
		天窗	サイド	循環扇	重油	ヒートポンプ		ミスト	パット&ファン
プロファインダーNEXT80	◎	◎	◎	◎	◎		◎		

(3) 環境制御導入のきっかけ

養液土耕栽培において、温度、湿度、炭酸ガス濃度を調整し、収量と品質の向上を目指すため、環境制御技術を導入。また、環境制御することにより、栽培管理を省力化し、人手不足の解消もねらう。



(新設ハウス)



(環境測定機器)



(炭酸ガス発生装置)

1 日平均気温の管理

温度が光合成に及ぼす影響は限定的で、15~28℃の広い範囲で変わらないとされています。生長は光の総量で決定され、発育は温度に依存します。同化産物の供給と消費のバランスを考えた温度管理が必要です。

光合成産物量が同じである場合、日平均気温が高いほどトマトの伸長速度は速くなり、エネルギー利用も多くなります。その結果、光合成によって獲得したエネルギーよりも伸長速度が上回る場合、樹勢は弱くなります。

一方、日平均気温が低くなると、トマトの伸長速度が鈍化し、その分エネルギー利用も少なくなります。その結果、樹勢は強くなります。

これらの特性を活かして、日平均気温を管理することでトマトの伸長速度を増減させ、樹勢の強弱をコントロールすることができます。

〈日射と温度管理の基本的な考え方〉

時期	日射	光合成 同化産物	温度管理	トマトの生育
冬季	少ない	少ない	低め	発育速度が低下するが、発育速度に見合って展開してくる葉や花房に十分な同化産物を供給でき、樹勢が低下しにくい。
			高め	少ない同化産物が果実へ多く配分され、成長点での利用割合が減り、樹勢が低下しやすい。
春季	多い	多い	高め	発育速度の増大に見合った十分な同化産物を供給でき、樹勢のバランスがとりやすい。
			低め	葉、花房の展開、果実成熟の速度低下により、同化産物の分配が滞り、樹勢が強くなりすぎる。

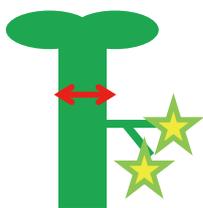
2 昼夜温度差の管理

昼夜温度差は、その差が大きいほど植物にストレスを与えることができます。したがって、昼夜温度差を大きくすると、トマトの生育は生殖生長に傾きやすくなります。一方、昼夜温度差を小さくするとストレスが小さくなり、トマトの生育は栄養生長に傾きやすくなります。

これらの特性を活かし、昼夜温度差によりトマトの生育バランスをコントロールできます。

〈樹勢の強弱および栄養生長/生殖生長のバランスの考え方〉

【樹勢が強い】

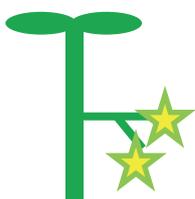


植物がエネルギーを多く蓄えている状態。着果負担が少ない時、温度が低く生育速度が遅い時などになりやすい。

→判断基準：茎径が太い、伸長量が多い、葉が大きく葉色が濃いなど

※エネルギー=同化産物

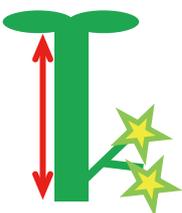
【樹勢が弱い】



植物のエネルギーが不足している状態。着果負担が大きい時、温度が高く生育速度が速い時などになりやすい。

→判断基準：茎径が細い、伸長量が少ない、葉が小さく葉色が薄いなど

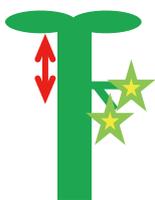
【栄養生長】



エネルギーが栄養器官（根・茎・葉）により多く利用されている状態。昼夜温度差によるストレスが少ない時になりやすい。

→判断基準：開花花房距離が長い、花梗がまっすぐ立ち上がる、着果が遅いなど

【生殖生長】



エネルギーが生殖器官（花・果実）により多く利用されている状態。昼夜温度差によるストレスが多い時になりやすい。

→判断基準：開花花房距離が短い、花梗が太短い、着果が早いなど

〈具体的な温度管理例〉

① 樹勢が強く、栄養生長に寄りすぎている場合

樹勢を弱めて、生殖生長に傾ける必要がある。

日平均温度を上げ、昼夜温度差を大きくする。

例：日中平均温度を上げる

② 樹勢が弱く、栄養生長に寄りすぎている場合

樹勢を強くして生殖生長に傾ける必要がある。

日平均温度を下げ、昼夜温度差を大きくする。

例：夜間平均温度を下げる

③ 樹勢が強く、生殖生長の場合

樹勢を弱めて栄養生長に傾ける必要がある。

日平均温度を上げ、昼夜温度差を小さくする。

例：夜間平均温度を上げる

④ 樹勢が弱く、生殖生長の場合

樹勢を強くして、栄養生長に傾ける必要がある。

日平均温度を下げ、昼夜温度差を小さくする。

例：日中平均温度を下げる

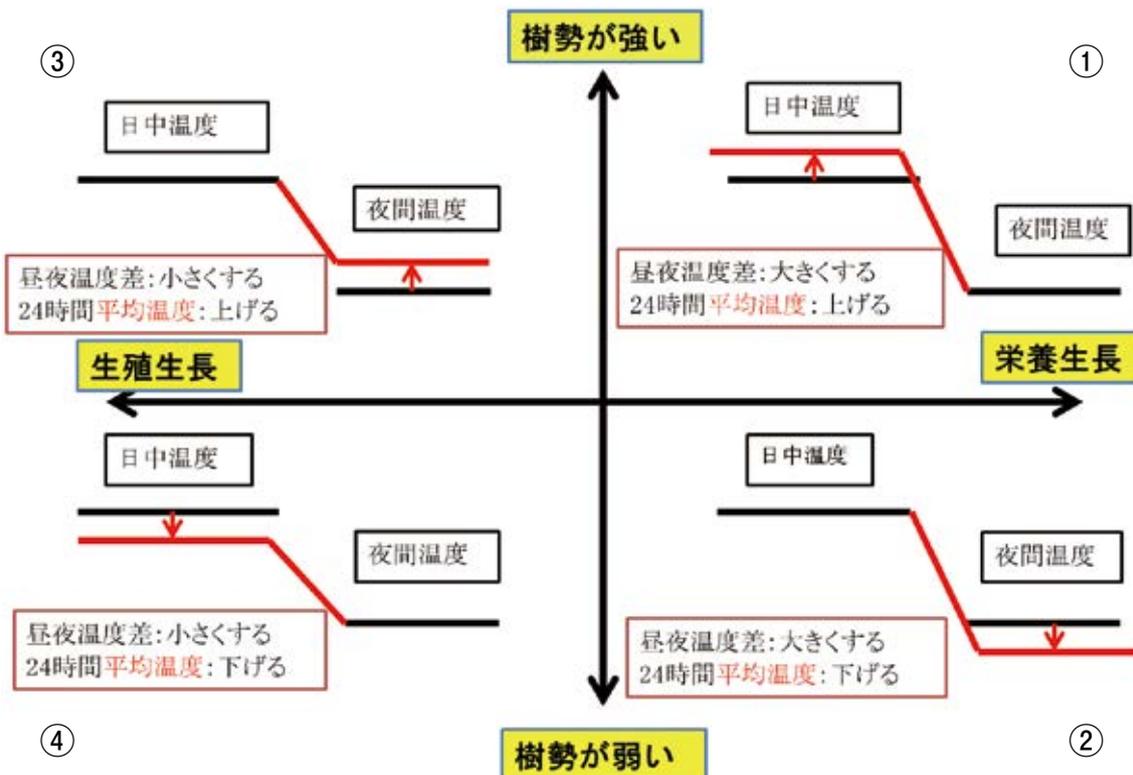


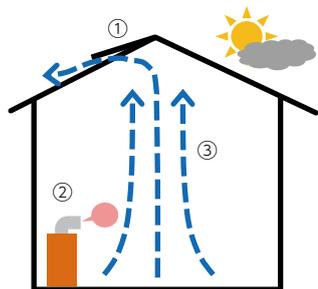
図 具体的な樹勢および生殖/栄養生長バランスのコントロールのための温度管理例
(施設と園芸No.166より一部改変)

1 除湿のための換気方法

冬季に換気が少ない場合、作物の蒸散により施設内の水蒸気はすぐに飽和に達します。過度な高湿度環境は蒸散を抑制し、養水分の吸収低下にもつながります。

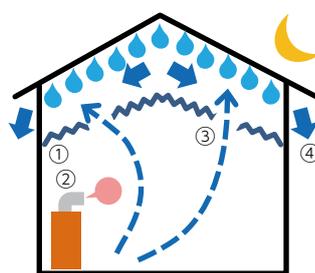
そこで、日中にはこまめな換気と加温を組み合わせることで、多湿空気を効率的に排出することができます。また、夜間には暖房機の設定温度をやや高め、保温カーテンをわずかに開けることにより、施設内外の温度差を利用して外部被覆資材の内側に結露させることができ、結露水を排水することで空中湿度を下げるすることができます。

冬季の曇雨天日における日中の除湿管理



- ①天窓をわずかに開ける
- ②暖房機を通常の換気温度よりやや低い温度設定で稼働させる
- ③緩やかな上昇気流が起こり、多湿空気を緩やかに排出できる

冬季の夜間における除湿管理



- ①保温カーテンをわずかに開ける
- ②暖房機を通常暖房温度よりやや高く設定し稼働させる
- ③多湿空気がカーテンの隙間から屋根付近へ移動
- ④外被の内側に結露させ、樋などで受けて外部へ排水する

図 日中および夜間における除湿手法(トマトの長期多段どり栽培より一部改変)

2 早朝加温

灰色かび病や葉かび病の発生は、結露による植物体の濡れが大きな要因となります。高湿度（低飽差）であるほど露点温度が高くなるため、日の出後、気温と比べ温度が上昇しにくい果実では温度差により果実表面に結露が発生しやすくなります。

例えば、気温14℃、相対湿度90%の空気の露点温度は12.4℃であり、この状況では気温よりわずか1.6℃差で結露が発生することになります。

そこで、日の出前から加温を開始し、日射により急激に温度上昇が起こる日の出までに、施設内気温を高めておきます。ただし、暖房により急激に施設内気温が高まると、暖かい空気と冷えた果実との温度差により結露を生じるため、暖房温度の設定値は1時間当たり1~2℃程度の上昇幅となるような階段状の設定とします。

3 温度ムラ対策

同じ施設内でも、場所や高さによって温度ムラが発生します。例え1℃の気温差でも、相対湿度は5%以上の差がみられることもあるため、注意が必要です。

温度ムラを少なくするには、暖房機のダクトの活用や配置の見直し、さらにダクトや内張資材に破れがないかを確認します。また、循環扇を設置し施設内の空気を攪拌・循環することも有効です。

【参考資料】 モニタリングと生育調査方法

作物の生育に関わる環境要因（温度、湿度、炭酸ガス濃度など）を環境測定装置により機械的に測定し（写真参照）、環境データを計測・記録することを環境モニタリングと言います。また、作物の生育（茎径、葉数など）を定期的に調査することを生育モニタリングと言います。

これらのモニタリングにより作物生育に関わる要因を『見える化』することができます（写真、図参照）。



測定装置による環境モニタリングの様子

1 環境モニタリング

(1) 温度 (8.5℃ : 写真モニター画面数値)

施設内の温度は、作物の生育、病害虫の発生に影響します。



環境モニタリングのモニター画面

(2) 相対湿度 (53.8%)

相対湿度は、施設内温度においてその空気に最大含むことができる水蒸気量と実際含まれる水蒸気量の比率です。高い相対湿度が続くと病害の発生のリスクが高まります。また、低すぎると葉からの水分の蒸散を防ぐため、気孔が閉じます。

(3) 飽差 (4.0g/m³)

飽差は一定容積の空気にとどれくらい水蒸気を含むことができるかを示す指標で、乾きやすさの目安となります。

(4) 日射量 (21W/m²)

太陽から受ける放射エネルギー量です。値が大きいほど、光合成量は増えます。

(5) CO₂ (二酸化炭素) 濃度 (379ppm)

空気に含まれるCO₂の割合で、施設内では夜間、呼吸により増加し、昼間は光合成により低下します。通常、外気で400ppm程度の濃度です。

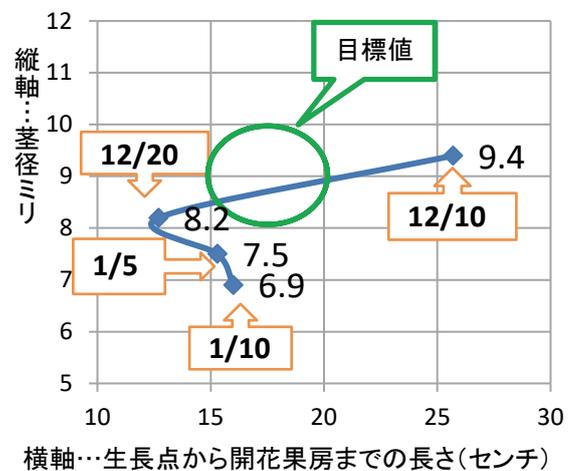


図 トマトの生育の推移

2

生育モニタリング

トマトでは、下表のように生長点から開花果房までの長さ、茎径、葉長、葉幅、生葉数、開花段数、収穫段数、着果数を定期的に調査し、作物の生育状況の『見える化』により、目標とする生育に近づける栽培管理を行うことができます。また、イチゴでも次ページの表のような定期調査により、『見える化』が可能です。

表 トマト生育調査(モニタリング)について

測定項目(単位)	測定方法	判 断
生長点長 (〇.〇cm) 0.5cm間隔で可	生長点(見た目の先端部分)から開花花房(1~2花以上開花)までの長さ(黄色部分) 	栄養生長 生殖生長
茎 径 (〇.〇mm)	生長点から15cm下の茎の太さ (ノギスの下から赤ラインが15cm:赤の矢印の位置で測定) 	樹勢
葉 長 # (〇cm) 葉 幅 # (〇cm)	開花花房の直下葉の茎から先端までの長さ と最大葉幅 	生長量 (#葉面積指数LAI と関連した項目)
生葉数# (〇枚/株)	1株内における葉長20cm以上の葉の数 (摘葉があるので葉にマジックでナンバーリングすると数えやすい。)	
開花段数 (〇段目)	調査日に開花している最上段数	生育ステージ
収穫段数 (〇段目)	調査日に収穫している段数	生育ステージ
着 果 数 (個/株)	1株当りの目で確認できる着果数(段数毎)	着果負担

調査地点	環境測定装置周辺の定点
調査株数	5株 : 定点連続。枯れた場合は続きの株で調査
調査間隔	1週間毎に実施 調査曜日の固定
調査時間	午前中の定時を設定(収穫前)

表 イチゴ生育調査(モニタリング)について

測定項目(単位)	測定方法	判断
草丈(〇.〇cm)	地際から自然のままの草姿で最高位までの高さ (定規 0.5cm間隔で可)	樹勢
葉長(〇.〇cm)	完全展開第1葉の先端の小葉の付け根から葉先までの長さ(定規)	(葉面積指数LAI)
葉幅(〇.〇cm)	完全展開第1葉の先端の小葉の付け根から葉先まで最も広い部分の長さ (定規)	
生葉数(〇枚/株)	同化作用を行っている葉面積が1/2以上 残った完全展開葉の枚数	← [葉ヘマジックで ナンバーリング]
花房間葉数(〇枚)	定植時～第1花房までの葉数および次の花果までの葉数	生育速度
着果数(〇個/株)	1株に着果している果実数	着果負担



調査地点 環境測定装置周辺の定点
 調査株数 **5株** : 定点連続。枯れた場合は続きの株で調査
 調査間隔 2週間毎に実施 調査曜日の固定
 調査時間 午前中の定時を設定(収穫前)

発行 兵庫県次世代施設園芸技術習得支援協議会(平成31年3月)
事務局 兵庫県農政環境部農林水産局農産園芸課
TEL.078-362-3445 FAX.078-362-4092