

II 温室の保温性向上技術

内張カーテンの開閉

内張カーテンは温室内が適温に達した後に開放し、温室内の温度が下がらないうちに閉めましょう。また、開閉をタイマーで設定している場合は、その時期の日長（日の出、日の入り時刻）に応じて開閉時間の設定を調節しましょう。

また、内張カーテンを自動開閉させる際は、加温シーズン開始時に試験的に開閉させて隙間の点検を行いましょう。

その他の留意事項

加温期間（冬期）における北風は温室の保温機能を低下させる要因になります。断熱資材（シルバー、発泡資材等）を温室北面に固定張りすることも、温室の保温機能の確保に有効な対策です。

また、内張カーテンに結露水等が溜まり、右の写真のように金魚鉢状に膨らむことがあります。被覆資材が破損する要因になるため、持ち上げて水を抜く、小さな穴を開けて水を抜くなど、適切に対処しましょう。



内張カーテンの自動開閉



温室北面へ断熱資材を固定張り



金魚鉢状に膨らんだ内張カーテン

II 温室の保温性向上技術

4 保温効果の高い被覆設備の導入

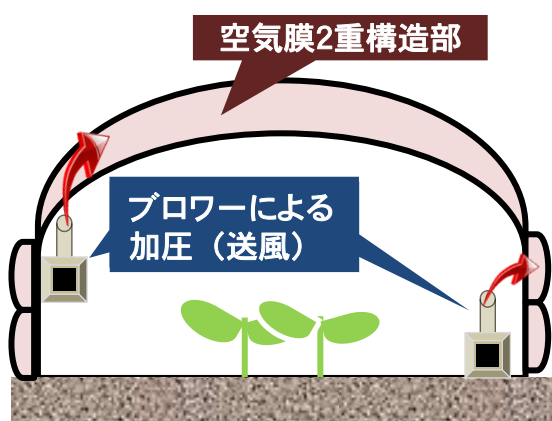
① 空気膜2重被覆

空気膜2重被覆は、温室の屋根面（または天井面）等の被覆資材を2重（2層）展張し、その間にブローヤーや送風ファンで空気を送り込んで空気の断熱層を形成することにより温室の保温性を向上させる技術で、省エネ効果が期待できます。

また、妻面、側面も一体的に空気膜2重構造とすることにより、さらに保温性を高めることも可能です。

空気膜がいったん膨らむと空気の流入がなくなるため、膜内の埃による汚れがなく光透過率の低下は少ないとされています。

なお、夏期・高温期の日中は室内が高温になりやすいため、適切な換気に留意する必要があります。



外張が空気膜2重被覆の温室



内張が空気膜2層被覆の温室



空気膜2重被覆（屋根部）



空気膜2重被覆（側面部）

② 外張の固定2重化

垂木などを用いてフィルムで屋根部や天井部を2重に固定張りし、加圧せずに断熱層を設ける方法があります（固定2重化）。

この場合、高い光線透過性があり、光線不足による作物への影響を抑制できる被覆資材が有効とされています。



フッ素系硬質フィルムによる固定2重化

II 温室の保温性向上技術

③ 多層断熱被覆資材（布団資材） ※今後、普及が予想される技術

ポリエステル綿などを挟んだ多層断熱被覆資材（布団資材）は、従来の保温用被覆資材に比べて2～3倍高い断熱性があります。

現在、各方面で研究開発や技術実証が進められていますが、資材の軽量化、収納時（内張カーテンを開けた時）の取扱性の向上、耐久性の向上、導入コストの低減等の課題が改善されれば、温室への普及が進み、省エネルギーに大きな効果を発揮することが期待されます。



収納時の布団資材



展張時の布団資材



布団資材の妻面への垂れ下げ



布団資材の構造（例）

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

1 施設園芸作物の適温管理

作物には品目・品種・生育ステージ毎に生育適温（最も良好な生育を示す温度域）があります。

作物の生育適温にふさわしくない過度の省エネルギー対策によって作物の生育不良や生産物の品質低下、収量減を招くことを避けるため、まずは、栽培している作物の生育適温を確認しましょう。

① 野菜の生育適温

主な野菜の一般的な生育適温は表-2のとおりですが、地域で奨励されている品目や品種によって適温範囲が異なるので、栽培開始前に必ず普及センターやＪＡ等の営農指導機関に確認しましょう。



野菜は地上部が多少低温または高温であっても、地温が適温であれば生育するといわれていますが、イチゴの高設栽培などは地面から隔離されているため、温室内の設定温度を土耕栽培に比べて高めに設定しなければならないなどの事例もあります。

表-2 作物別生育適温並びに限界温度

作 物		昼気温（℃）		夜気温（℃）		地 温（℃）		
		最高限界	適 温	適 温	最低限界	最高限界	適 温	最低限界
ナス科	トマト	35	25～20	13～8	5	25	18～15	13
	ナス	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	ピーマン	35	30～25	20～15	12	25	20～18	13
ウリ科	キュウリ	35	28～23	15～10	8	25	20～18	13
	温室メロン	35	30～25	23～18	15	25	20～18	13
	スイカ	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	カボチャ	35	25～20	15～10	8	25	18～15	13
イチゴ		30	23～18	10～5	3	25	18～15	13

出典：施設園芸ハンドブック

同じ品種であっても、栽培方式により温室内の管理温度に差が生じる場合もあるので注意しましょう。

② 花きの生育適温

切り花、鉢もの類、観葉植物それぞれの標準管理温度は表-3～5のとおりです。

同一品目であっても、タイプ別（スプレーや輪物など）、品種別、生育ステージ別（栄養生長や花芽分化・花芽発達段階など）に適温が異なるため、品目や品種別の適温、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。



表-3 切り花の冬期の標準管理温度

種類	昼温	夜温	備考
キク	25℃以下	14～18℃	品種による
バラ	23～25℃	15～18℃	
カーネーション(大輪)(周年)	20℃	12℃	
カーネーション(房咲)(周年)	18～20℃	10～12℃	
シュッコンカスミソウ	22℃以下	8～10℃	草丈20cmまでは夜温15℃ 若苗利用は夜温15℃
アルストロメリア	20℃	5～10℃	
スターチス(シヌアータ)	25℃以下	8～10℃	
スターチス(Hyb)	25℃以下	10℃	
キンギョソウ	20℃以下	5～10℃	
スイートピー	18℃	5℃	曇雨天は夜温2℃
ユーストマ	25℃	13～15℃	
テッポウユリ	25℃以下	13～15℃	
アジアティックHyb	25℃以下	13～15℃	
オリエンタルHyb	25℃以下	15～18℃	
チューリップ	25℃以下	14℃	
ハナモモ	20℃	20℃	
ユキヤナギ	25℃	5℃	

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

表－４ 鉢ものの類の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アザレア	12～18℃	10℃
インパチェンス		15℃
ガーベラ	25℃以下	15℃
カランコエ	25℃以下	10℃
ベゴニア（エラチオール）		18℃
ベゴニア（センパ）		10℃
シクラメン	20℃以下	12～15℃
シネリリア		5～12℃
ゼラニウム	20℃以下	8～12℃
ハイドランジア		12～18℃
ハイビスカス		18℃
プリムラ（オポコニカ）	25℃以下	10～12℃
プリムラ（ポリアンタ）	25℃以下	5～8℃
プリムラ（マラコイデス）	25℃以下	5～10℃
ペラルゴニウム		8～10℃

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

表－５ 観葉植物の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アジアンタム		12～15℃
アロエ		8℃
アンズリウム		18～20℃
インドゴム	20℃以上	13℃
ベンジャミンゴム		20℃
クズマニア		18℃
クロトン		18～20℃
サンセベリア	20～25℃	13℃
シンゴニウム	20℃以下	16～18℃
シェフレラ		12～13℃
スパティフィラム		16～18℃
ディフェンバキア		20℃
ドラセナ・マッサンゲアナ	25℃	20℃
パキラ		18℃
フィロデンドロン（セロム）		10～11℃
ポトス	35℃以下	20℃

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

③ 果樹の生育適温

果樹の開花期・果実肥大成熟期における生育適温は表－６、７のとおりです。

果樹の温度管理では、昼温は高温障害を防ぐための換気管理が主体であり、加温栽培の特徴は夜温の管理になります。

野菜や花きと同様に、品種別、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。



表－６ 開花期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	20～22℃	7～8℃
スモモ	18～22℃	7～8℃
モモ	18～20℃	8～9℃
ナシ	20～25℃	8～12℃
カキ	25～28℃	12～15℃
ブドウ		
有核（ネオマス、巨峰など）	25～28℃	15～18℃
無核（デラウェア）	23～25℃	8～10℃
温州みかん	23～25℃	15～18℃
ビワ	15～20℃	5～7℃

出典：農業技術体系 果樹編 8巻

表－７ 果実肥大成熟期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	22～25℃	10～15℃
スモモ	25～28℃	10～15℃
モモ	25～28℃	10～15℃
ナシ	25～28℃	10～15℃
カキ	25～30℃	18～20℃
ブドウ	25～28℃	15～20℃
温州みかん	25～30℃	20～22℃
ビワ	20～25℃	8～15℃
イチジク	25～30℃	15～20℃

出典：農業技術体系 果樹編 8巻

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

2 天敵資材や花粉媒介昆虫の活動適温

施設園芸において省力化や品質向上に大きな役割を果たしている天敵資材、花粉媒介昆虫の活動適温は、表－8、9のとおりです。

天敵資材や花粉媒介昆虫の種類ごとに活動適温が異なります。使用の際は必ず事前に活動適温を確認するとともに、栽培作物の生育適温とバランスをとった温度管理が重要になるため、管理温度が不明確な場合は、必ず普及センターやJA等の営農指導機関に確認しましょう。

表－8 天敵資材の最適活動温度

天敵資材	活動可能温度 (湿度)	活動適温	適湿度 (最適)
チリカブリダニ	12～30℃ (>50%)	22～25℃	65～75%
ククメリスカブリダニ	12～35℃ (>60%)	21～23℃	65～75%
スワルスキーカブリダニ	15～35℃ (>60%)	28℃ (夜温15℃以上推奨)	高湿度を好む
ナミヒメハナカメムシ	15～35℃ (>50%)	21～23℃	(65～75%)
タイリクヒメハナカメムシ	(13～32.5℃)	21～23℃	(65～75%)
ヤマトクサカゲロウ	15～35℃	24～26℃	70～90%
ショクガタマバエ	16～35℃	20～24℃	75～85%
オンシツツヤコバチ	15～30℃	20～24℃	60～90% (最適75%)
コレマンアブラバチ	5～30℃	20～24℃	55～65%
イサエアヒメコバチ	15～30℃	20～25℃	—
ハモグリコマユバチ	15～30℃	15～20℃	—

出典：施設園芸ハンドブック に一部追記



スワルスキーカブリダニ
写真提供：アリスタライフサイエンス

表－9 花粉媒介昆虫の最適活動温度

花粉媒介昆虫	活動可能温度	活動適温
マルハナバチ	5～30℃	17～23℃
ミツバチ	15～30℃	23～25℃

出典：施設園芸ハンドブック



3 温度ムラの改善（送風ダクト、循環扇の有効利用）

温室内の温度ムラは農作物の生育に影響を及ぼすだけでなく、無駄な加温による燃料消費量の増加につながります。

まずは、温室内の複数箇所において温度を測定し、温度ムラの有無や温度差を確認しましょう。この際、以下の点に留意しましょう。

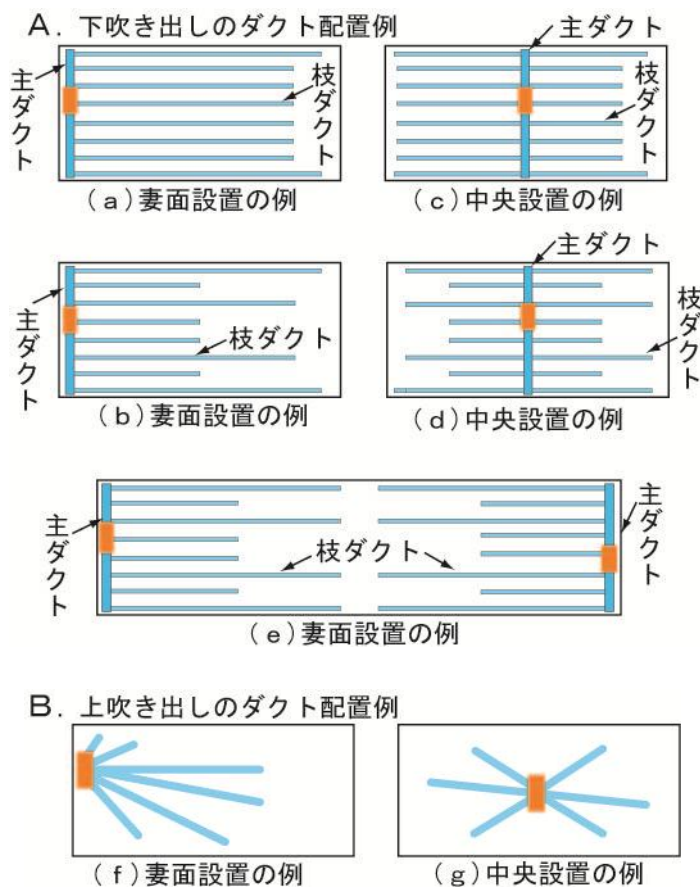
- 暖房機の温度センサーと同様に作物付近（生長点付近）の高さで温室温度を測定すること
- 複数の温度計（特に市販の棒温度計）を使用する場合は個々の温度計間の誤差を予め把握し、必要な補正を行うこと

温室内の温度ムラの有無や温度差を確認したうえで、これらを改善するため、送風ダクト、循環扇を有効に利用しましょう。

① 送風ダクトの適切な配置

右図は基本的な主ダクト、分枝ダクトの配置例ですが、温室において温度ムラを改善するためには、いくつかの工夫が必要です。

- 厚みのないポリダクトを使用する場合、送風ダクトの表面からの放熱が大きいため、暖房機付近では温風の吹き出し量を少なく、遠くでは吹き出し量を多くする等の工夫が必要。
- 温室内で冷え込みが厳しい箇所では送風ダクトの本数を増やしたり、吹き出し穴の大きさ・間隔を増やす等の工夫が必要。
- 主ダクトの直径や分枝ダクトの本数・直径は暖房機の送風量に依じて選択する必要があるため、事前に暖房機取扱説明書での確認が必要。



送風ダクトの設置方法（例）



下吹き出しのダクトの設置例



上吹き出しのダクトの設置例

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

以上のとおり、温風暖房では送風ダクトの配置や吹き出し穴の大きさ・間隔を工夫して温度ムラの改善を図りますが、これだけで温室内の作物に影響が生じない程度の温度ムラに抑えることは容易ではありません。

このため、循環扇をうまく配置して温室内に大きな空気の流れをつくり、温度ムラを改善することが有効と考えられます。

② 循環扇の適切な配置

暖房時の温室では暖房機や温風ダクト周辺の空気が暖められて上昇し、天井面に沿って流れるうちに冷やされて下降し、上昇気流が生じているところに向かって流れるという対流が起きています。

このため、上昇気流付近は高温に、下降気流付近は低温になることにより、温度ムラが生じてしまいます。

循環扇は温室内に水平方向の流れ（強制対流）をつくることによって、暖房時の自然対流による温度ムラを改善するタイプのものが多く、この場合、自然対流よりも強い強制対流をつくり出すための配置が重要になります。



● 循環扇の配置のポイント

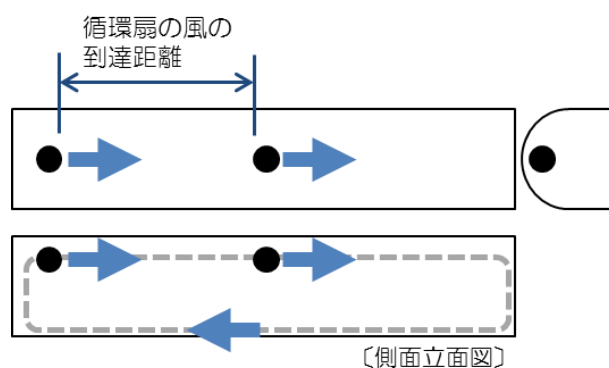
循環扇の正面では強い風が吹くため、栽培作物に風が直接当たらないような位置（一般的には作物の最頂部と温室の天井部の間）に設置しましょう。

右上図のように、風の到達距離を目安に循環扇の設置間隔を設定しましょう。

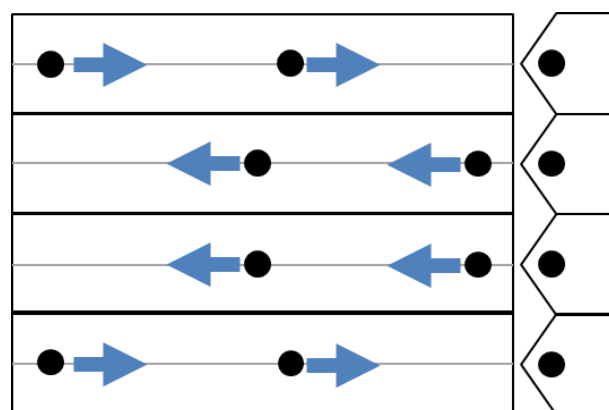
単棟ハウスなど間口の狭い温室の場合には、同一方向に送風して温室の下層部で戻りの気流が形成されるように設置しましょう。

一方、連棟ハウスなど間口の広い温室の場合には、右下図のように複数の対流の渦が形成されるように設置すると効果的であるとされています。

循環扇を設置することによって温度ムラの改善だけでなく、多湿病害の抑制や光合成促進の効果も期待できるため、それぞれの温室に適した配置方法を工夫しながら効果的な省エネルギー対策に取り組みましょう。



間口の狭い温室の循環扇の設置（例）



間口の広い温室の循環扇の設置（例）

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

4 多段サーモ機能を活用した変温管理

① 多段サーモ装置による変温管理

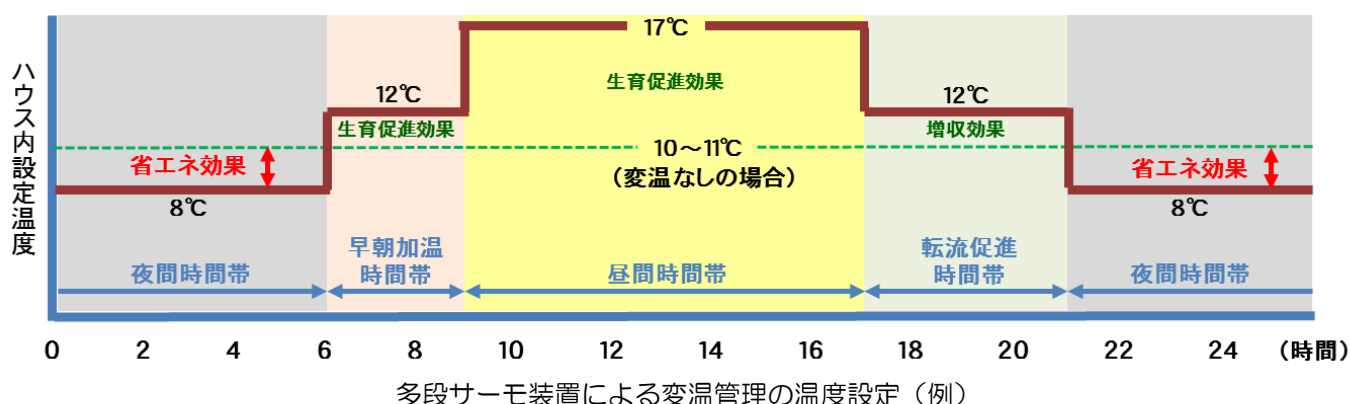
複数の温度設定が可能な多段サーモ装置を活用することで作物の生理に合わせた一日の温度管理（変温管理）を行うことが可能となり、恒温管理（変温なし）に比べて作物の生育促進と省エネルギー化が期待できます。



多段サーモ装置

下図のとおり、一般的な恒温管理（変温なし）では夜温を一定に保つよう暖房するのに対し、変温管理では夕方、夜中、早朝と設定温度を変化させます。

これは、夜中の呼吸抑制や早朝の光合成促進等に合わせて温度調整を行う技術で、夜間の設定温度を引き下げることで省エネ効果が得られます。



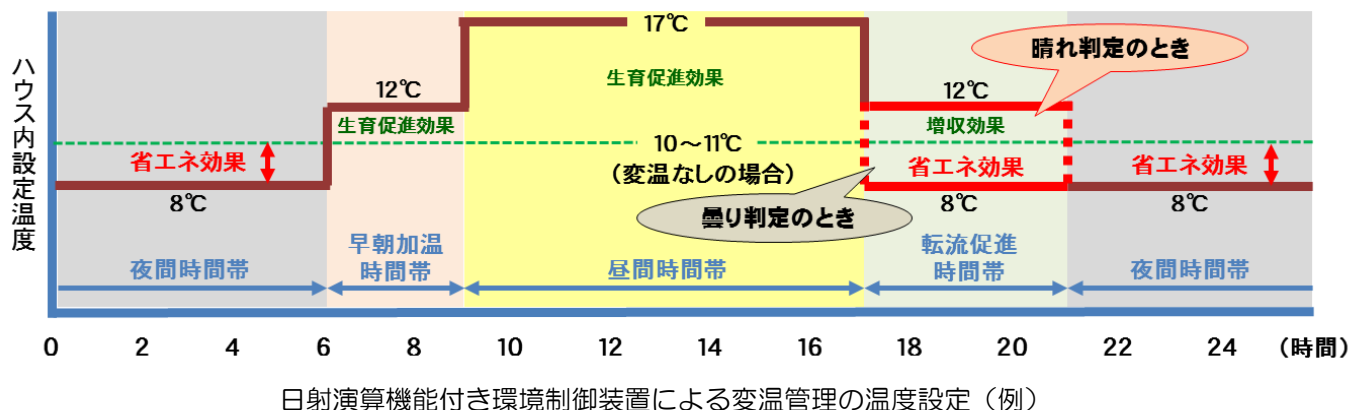
② 日射演算機能の付加

変温管理機能に日射演算機能を付加※させることで、晴れの日と曇りや雨の日の転流促進時間帯の温度を変化させ、光合成の促進やさらなる省エネ効果が期待できます。

※ 日射演算機能付きの環境制御装置及び日射センサーが必要です



日射センサー



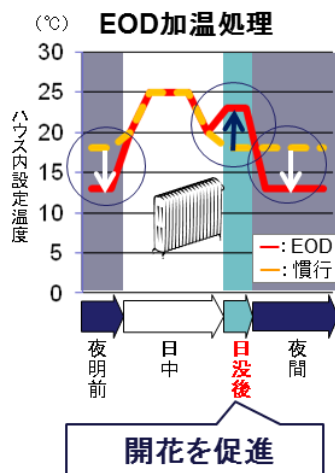
日射演算機能付き環境制御装置による変温管理の温度設定（例）

変温管理を行う際は、栽培作物の収量・品質が低下しないように留意する必要があります。各品目の試験研究結果等を参考にして適正な温度管理を行いましょう。

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

【参考】 花き生産における日没後（EOD）加温技術
※今後、普及が予想される技術

温度や光に対する感受性の高い日没後の時間帯（End of Day：EOD）に温室内の設定温度を高めると夜間を低温管理にしても生育・開花が確保され、栽培期間中の燃料使用量を削減が可能となります（EOD加温処理）。

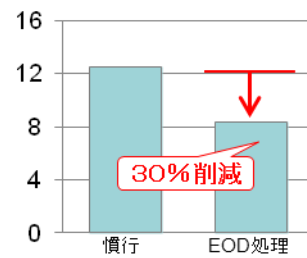


導入
メリ
ット

EOD加温処理 スプレーギクの事例

夜間の温度を下げても、切り花品質を確保でき、暖房費を大幅に削減

重油消費量の比較（kL/10a）



出典：「農業新技術2013」

Ⅲ 省エネのための温度管理技術

5 作物の局所加温技術 ※今後、普及が予想される技術

温室全体の管理温度は低めに設定し、作物の根圏や生長点を局所的に加温することにより、燃料消費量の低減など省エネ効果が期待できます。

① イチゴのクラウン温度制御技術

冬の低温期にイチゴの生長点が集中する株元（クラウン部）を局所的に20℃前後に維持することで温室内の夜間管理温度を低く設定することが可能となり、収量増や果実肥大が促進されるとともに、暖房経費を大幅に削減できます。

クラウン温度制御では、ヒートポンプによる冷温水製造装置と2連チューブを組み合わせた装置や、テープ状の加熱器（「テープヒーター」）によりクラウン部を加温する方法等が開発されています。

装置の導入コストが必要になりますが、収量の増加や燃料コスト低減により所得向上が期待できます。

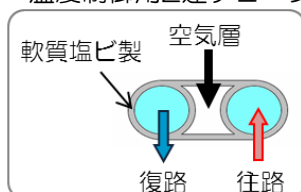


冷温水製造装置



クラウン部

温度制御用2連チューブ



クラウン部

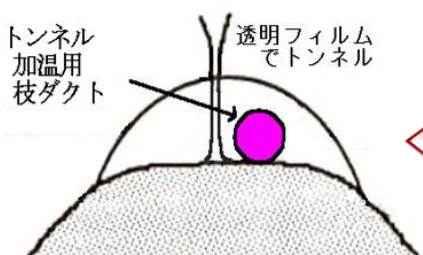


テープヒーター

出典：「農業新技術2009」

② ナスの株元加温技術

ナスの畝上に設置した透明フィルムのトンネル内に送風ダクトを挿入する「ダクト加温」により、株元を局所的に加温することで12月以降の収量を確保するとともに、慣行よりも温室内設定温度を下げることで燃油コストの低減が期待できます。

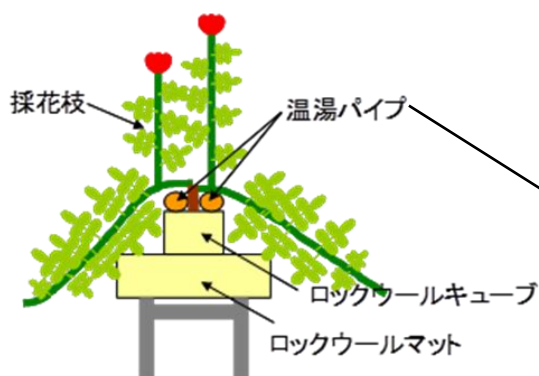


出典：（独）農研機構
九州沖縄農業研究センター資料

III 省エネのための温度管理技術

③ バラの株元加温技術

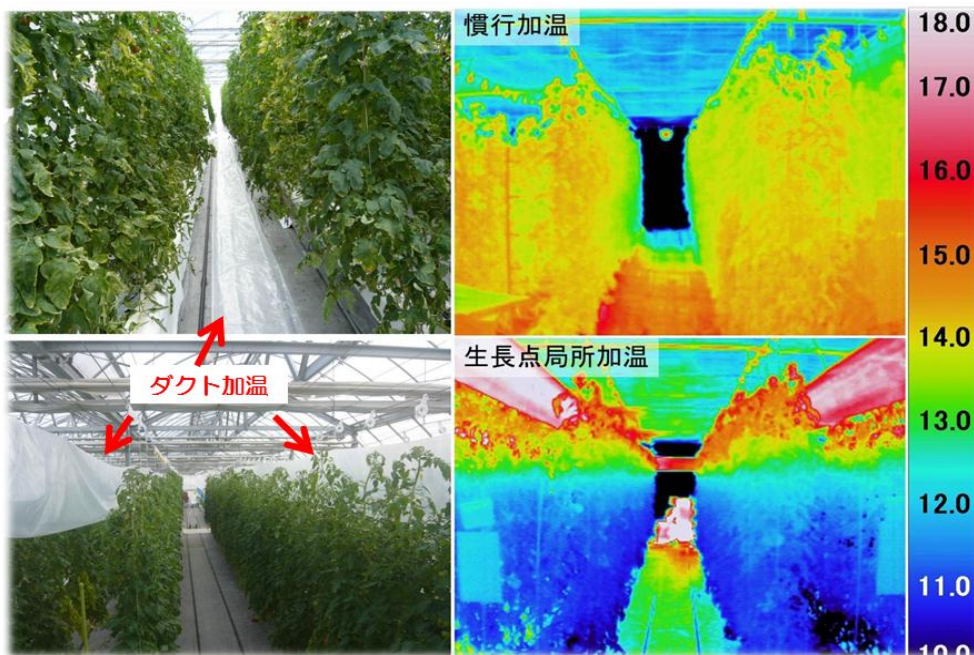
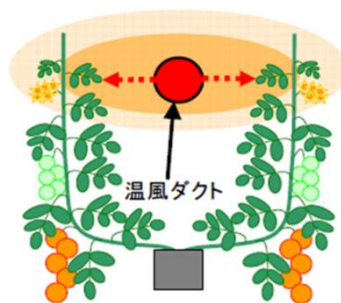
施設バラ栽培において、株元に温湯パイプを設置した加温システムを導入することにより暖房効率を高め、バラの出芽・伸長の促進、高品質な切り花の採花とともに、省エネ効果が期待できます。



出典：神奈川県農業技術センター資料

④ トマトの生長点加温技術

通常は、温室の通路上に配置する送風ダクトをトマト群落上に吊り下げて生長点付近を加温することにより、慣行栽培方法と比較して収量の低下を招くことなく省エネ効果が期待できます。



植物体表面の垂直温度分布の比較（℃）
【1月中旬、夜間】

出典：（独）農研機構
野菜茶業研究所資料

あとかき

「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル」及び「施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート」の改定にあたっては、学識経験者、施設園芸関係者等からなる施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル等検討委員会を設置し、専門的見地から検討していただきました。

施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル等検討委員会委員名簿

【検討委員会委員】（敬称略、五十音順）（所属及び役職は平成25年12月現在）

かわしま 川嶋	ひろき 浩樹	農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター 傾斜地園芸研究領域主任研究員
------------	-----------	---

くろかわ 黒川	かずや 和哉	株式会社イーズ営業本部長
------------	-----------	--------------

つくへ 築部	たかし 孝	一般社団法人日本施設園芸協会開発部長
-----------	----------	--------------------

はやし 林	まきお 真紀夫	東海大学開発工学部教授
----------	------------	-------------

ひだか 日高	まさひろ 正裕	宮崎県農政水産部農産園芸課長
-----------	------------	----------------

ひろもと 広本	なおき 直樹	J A全農営農販売企画部営農・技術センター生産資材研究室長
------------	-----------	-------------------------------

みき 三木	さとし 聡	株式会社相愛木質バイオマス事業課長
----------	----------	-------------------

むとう 武藤	あきよし 明義	ネポン株式会社営業本部営業部農用グループ主任
-----------	------------	------------------------

【意見聴取者】

おおやま 大山	ゆたか 寛	全国野菜園芸技術研究会会長
------------	----------	---------------

このマニュアルに関するご意見・ご質問につきましては、
お手数ですが、下記担当までお問い合わせください。

農林水産省生産局農産部農業環境対策課 資源循環推進班

TEL 03-3593-6495