

園芸作物の省エネルギー栽培技術



左上：バラ栽培状況



右上：ハウスミカン栽培ほ場での
ヒートポンプ設置状況



左下：観葉植物栽培状況



右下：ハウスイチジク栽培状況

野菜、花き、果樹などの施設園芸は、愛知県の農業において重要な地位を占めています。しかし、近年の重油価格の高騰は、施設園芸農家の経営を大きく圧迫しています。

そこで、農業総合試験場では、効率的温度管理技術を開発するとともに、新たな省エネルギー資材や暖房方式の実用性を評価し、それらを総合的に組み合わせることで、収量や品質を低下させることなく、重油使用量を最大70%削減できる総合的な省エネルギー栽培技術を開発しました。本冊子では、そのポイントを紹介します。

「農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」(2006～2008年)による研究成果です。

先ずその前に

省エネルギー対策は、暖房機の清掃や、被覆カーテンの隙間を塞ぐなど、先ずはコストの掛からない対策が基本です。これらを十分に行った上で、作物の種類や生産体系に合った技術に取り組んでください。



A 重油農家購入価格の推移（農業物価統計）

効率的温度管理技術

暖房費を節減するための温度管理技術としては、次のような方法があります。

最適温度別管理：観葉植物の栽培では、多くの種類が一つの温室内で栽培されることが多いため、最も高温を必要とする種類に合わせて温度管理されています。そこで、各種類の最適暖房温度を把握することで、施設ごとに温度管理の同じ種類を集めたり、施設に仕切りを入れて加温する場所を分けたりします。

変温管理：一般に、「植物が寝ている時間」（光合成や養分転流が行われない時間）には、その植物に障害が出ない温度まで栽培温度を下げても大丈夫とされています。時間により温度を変化させる変温管理は、4段変温サーモなどの装置を取り付けるだけで確実な省エネルギー対策になります。植物の種類によって適切な変温範囲や時間帯が異なりますので注意が必要です。

局所加温：種類によっては、植物体の特定な部分（多くは株元や根）のみを加温すること（局所暖房）により、温室全体の暖房温度を下げられる場合があります。局所加温の方法としては、暖房機からの温風を通風ダクトにより直接根域に当てたり（根域局所加温）、栽培槽の下に発熱体を敷いて、ロックウール等の培地を温める（培地加温）方法が用いられます。

チャンバー暖房：ハウス全体を暖房するのではなく、ベンチの上をビニールトンネル（チャンバー）で覆い、中を電熱線（灌水マット内に配線）等により暖房すると、暖房体積を下げることにより、省エネルギーを実現できます。しかし、チャンバーの頻繁な開閉が必要な品種には不向きですし、チャンバー内は湿度が高くなりますので、出荷時には順化が必要です。

以上のような温度管理技術や加温法について、植物の種類毎に最適な条件を検討し、これらを組み合わせた効率的温度管理技術を開発しました。

1 観葉植物(最適温度別管理、変温管理、局所加温、チャンバー暖房)

観葉植物はその多くが熱帯、亜熱帯を原産とし、冬季20℃前後の暖房が行われています。しかし、一つの温室内で複数の種類を栽培することが多いため、各植物の最適暖房温度を把握して、温度管理が同じものを施設ごとに集めるようにします。

最適暖房温度と観葉植物の種類	
最適暖房温度	種類
20	スパティフィラム、ディフェンバキア、アフェランドラ、ポトス、カラテア
15	プティリス、フィカスプミラ

観葉植物の多くは、15 に暖房した温室で、後夜半を中心とする4時間以上の20 暖房管理、または3時間の25 暖房管理で生育が促進されます。ディフェンバキアでは0～4時、スパティフィラムやアフェランドラでは0～6時に20 に暖房することにより、20 一定で管理した場合と同等の生育になり、こうした変温管理によって40%程度の省エネルギー効果を得ることができます。

ディフェンバキアの暖房時間帯と生育

暖房時間帯・温度	葉数 (枚)	側芽数 (本)	株高 (cm)	株張り (cm)
15	33.0 a ¹⁾	7.8 a	43.3 a	40.5 a
16-20・20 ²⁾	38.6 a	8.9 a	45.0 ab	40.1 a
20-00・20	37.6 a	7.6 a	44.6 ab	39.0 a
0-4・20	42.6 ab	10.1 b	47.7 b	41.9 ab
4-8・20	35.1 a	8.3 a	44.9 ab	38.6 a
20	42.9 b	8.3 a	45.3 b	44.0 b

注1) Tukeyの多重検定。異符号間に5%レベルで有意差あり。

注2) 15 の温室で暖房時間帯のみ20 で管理。

スパティフィラムの暖房時間帯と生育

暖房時間帯・温度	葉数 (枚)	側芽数 (本)	株高 (cm)	株張り (cm)
15	7.9 a ¹⁾	2.5 a	17.1 ab	22.8 ab
00-02・20 ²⁾	9.3 ab	3.3 a	18.6 ab	23.3 ab
00-04・20	10.2 ab	3.6 a	15.8 a	22.6 a
00-06・20	10.7 ab	3.2 a	20.1 b	26.8 b
20	14.4 c	3.4 a	20.2 b	33.1 c

注1) Tukeyの多重検定。異符号間に5%レベルで有意差あり。

注2) 15 の温室で暖房時間帯のみ20 で管理。

アフェランドラ「ダニア」の暖房時間帯と生育

暖房時間帯・温度	葉数 (枚)	株高 (cm)	株張り (cm)
15	5.4 a ¹⁾	7.0 a	21.6 ab
00-02・20 ²⁾	5.6 a	7.7 ab	24.7 c
00-04・20	6.0 a	7.8 ab	24.0 bc
00-06・20	6.0 a	8.9 bc	25.2 c
20	8.0 b	10.1 c	22.9 abc

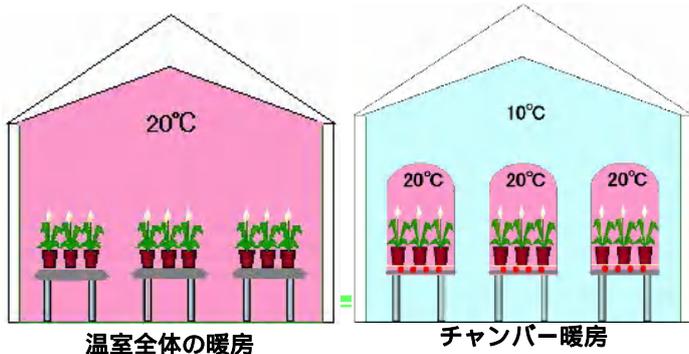
注1) Tukeyの多重検定。異符号間に5%レベルで有意差あり。

注2) 15 の温室で暖房時間帯のみ20 で管理。

下限温度を15 とした温室で、電熱線で根域を20～25 に局所加温すると生育促進効果が見られました。但し、省エネルギー効果を期待する場合、チャンバー暖房を併用する必要があります。図の方法で温室内の暖房温度を10 まで下げ、チャンバー内を20 で暖房した場合は、チャンバーの製作費を除けば、50%の削減が可能となります。



アフェランドラの根圏加温と生育



チャンパー暖房の方法による省エネのイメージ



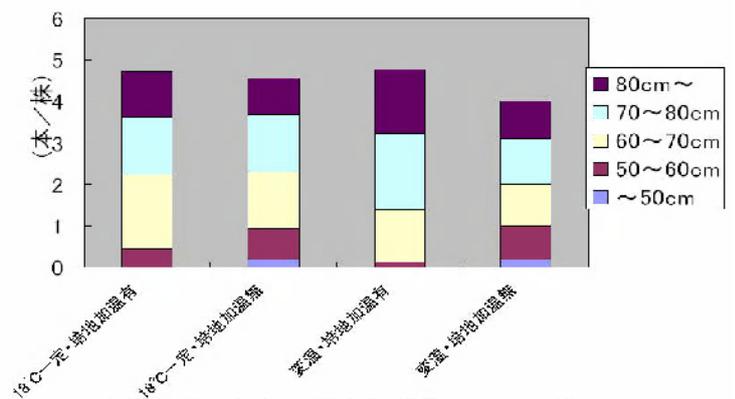
観葉植物のチャンパー暖房施設

2 バラ(変温管理、局所加温)

バラ(品種：ローテローゼ、マカレナ)では、後夜半6時を14℃まで下げても収量・品質に影響を与えませんでした。また、12℃まで温度を下げた場合、収量が減少しましたが、栽培槽への局所加温(培地加温、21℃)を組み合わせることにより、18℃一定の場合と同程度の収量となりました。

14℃への変温で13%、12℃への変温で19%程度の重油使用量の削減が見込まれます。培地加温が有利かどうかは、重油単価と局所加温資材の種類により異なりますが、重油の単価を60円/リットル前後とした場合では、14℃への変温管理のみの方がコスト削減効果は高いと試算されます。

変温管理の問題点としては、変温時に相対湿度が上がり、花卉等に結露を生じます。これが、時期によっては灰色かび病の多発を招きますので、注意が必要です。



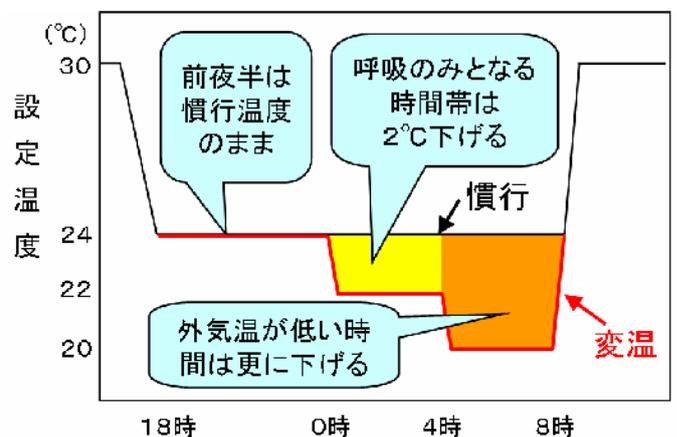
変温管理・培地加温と階級別切り花本数 (品種：マカレナ)



栽培槽に敷いた発熱体

3 ハウスミカン(変温管理)

ハウスミカンでは、減酸が遅れないことや収穫時期が遅れないことが重要です。暖房温度が24℃となる果実肥大期において、午前0~4時を22℃、午前4~8時を20℃で管理することにより、減酸等に与える影響が少なく、省エネルギーを達成できました。この時6.3%の重油削減が可能となります。但し、排水性が悪く水分ストレスがかかりにくい園地では、減酸や熟期が遅れることが懸念されます。

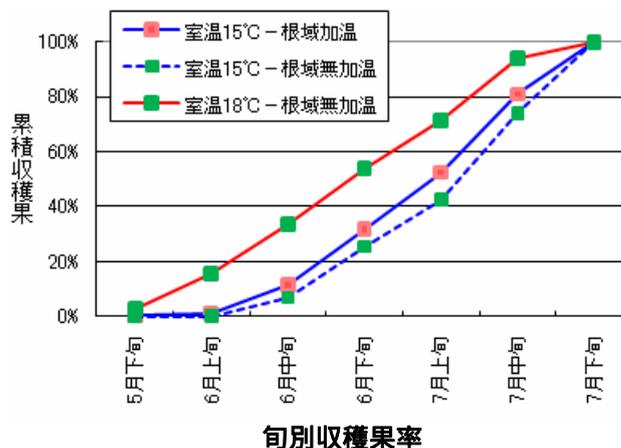
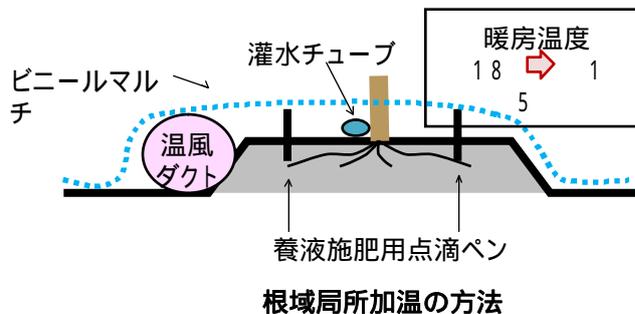


果実品質を低下させずに省エネルギーを達成できる変温管理の模式図 (果実肥大期、慣行24℃暖房の期間)

4 ハウスイチジク（局所加温）

ハウスイチジクでは、一般的に18で暖房を行います。畝部分に黒のビニールマルチを設置し、その下に通した暖房機からの温風ダクトを利用した根域への局所加温(プラス2～3)を行うことにより、暖房温度を15に下げても初期生育や発芽率に影響すること無く栽培できます。収穫時期はやや遅れますが、果実品質や収量は18暖房区と変わらず、重油消費量を15%程度削減できます。

実施の際は、マルチの下に灌水チューブや養液施肥用点滴ペンを設置するなど、灌水・施肥を可能にする栽培方法を組み合わせる必要があります。

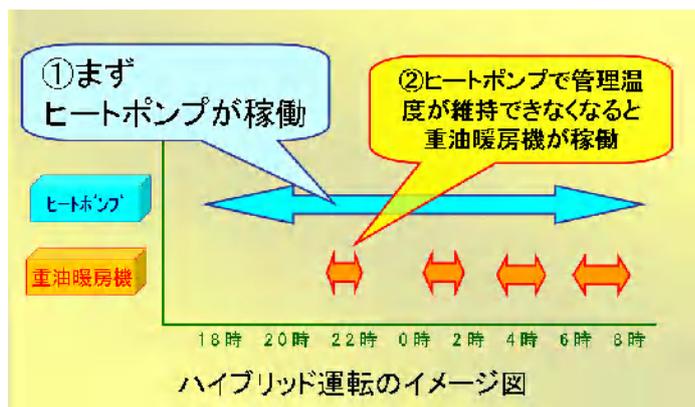


新素材、暖房方法

省エネルギーのために新しい資材や暖房方法が提案されています。そこで、その実用性を評価し、利用技術を開発しました。

1 ヒートポンプ

ヒートポンプは、重油を燃焼した場合に比べてエネルギー効率が高く、炭酸ガスの排出削減にも繋がり、重油が高騰した時期(2007～2008年)にはバラを中心に普及しました。ヒートポンプの導入により電気基本料金が生じるため、できる限り稼働時間を増やした方が単位電力量当たりのコストが下がります。したがって、重油暖房も併用し、ヒートポンプを優先的に稼働させ、その暖房能力が追いつかなくなった時に重油暖房を稼働させるハイブリッド運転が効率的です。



バラ(変温管理との組合せ)とハウスミカンでハイブリッド運転による暖房コストを試験結果に基づき試算しました。いずれも、重油価格が50円/リットル以上ならば、暖房のランニングコストにおいて、ヒートポンプを利用した方が有利でした。

但し、装置代金が高価ですし、付帯工事費が相当必要な施設もありますので、導入費用の償却を考慮した場合は、重油価格がかなり高い場合でないと、損益分岐点を超えないと推定されます。

**バラの変温管理とヒートポンプ暖房を組み合わせた場合の暖房に係る経費の推定
(全暖房期間・10a当たり)**

試験区 ¹⁾	ヒートポンプ 運転に係る 電気料金 ²⁾	重油代金と暖房に係る合計料金			
		重油代30円 の場合	重油代50円 の場合	重油代80円 の場合	重油代100円 の場合
18 一定区	0円	750,000円	1,250,000円	2,000,000円	2,500,000円
14 変温	543,400円	814,690円	995,550円	1,266,840円	1,447,700円
(参考)	0円	652,500円	1,087,500円	1,740,000円	2,175,000円

注1) 18 一定区は、温湯暖房のみ。

14 変温区は、後夜半6時間14 へ変温。18 加温の時ハイブリッド運転。

(参考)は温湯暖房のみで変温管理をした場合の試算

注2) 1kwh当たり20円で推定した。

ハウスミカンでのヒートポンプ導入による暖房コスト削減効果の試算

重油 単価	暖房コスト		差額	コスト 削減率	重油 単価	暖房コスト		差額	コスト 削減率
	ヒートポンプ 導入	ヒートポンプ 非導入				ヒートポンプ 導入	ヒートポンプ 非導入		
円/リットル	千円	千円	千円	%	円/リットル	千円	千円	千円	%
130	1,247	2,387	1,140	47.8	90	1,008	1,652	644	39.0
120	1,187	2,203	1,016	46.1	80	948	1,469	520	35.4
110	1,127	2,019	892	44.2	70	889	1,285	396	30.8
105	1,097	1,928	830	43.1	60	829	1,101	272	24.7
100	1,068	1,836	768	41.8	50	769	918	148	16.2

注) 作型は早期加温(11月20日加温)、面積10aにヒートポンプ2台、天井部三重被覆(P0・P0・農ビ)。

表中の-----および-----は、ヒートポンプ減価償却期間の5年および室内機保証期間の10年で算出した損益分岐点(差額=減価償却費or1年当たり初期費用)を示す。初期費用は315万円

2 排熱回収装置

排熱回収装置は、機種により若干構造が異なりますが、暖房機に取り付けて煙突から温室外へ逃げていく排熱を回収するものです。暖房温度により重油削減効果は異なりますが、管理温度が高い作目の場合では7%程度以上の重油削減効果が期待できます。



上記に述べた他に、この事業では多くの作物や資材について検討しました。その概要は東海農政局のホームページに掲載されていますので、参考にしてください。

<http://www.maff.go.jp/tokai/seisan/engei/gennyu/>

編集・発行

愛知県農業総合試験場

〒480-1193 愛知県愛知郡長久手町大字岩作字三ヶ峯1-1

TEL 0561-62-0085 内線322 (企画普及部)

FAX 0561-63-0815 <http://www.pref.aichi.jp/nososi>

問い合わせ 園芸研究部花きグループ 内線542

作物別省エネルギー技術対策指針

作物名 作型等	観葉植物	バラ(ロックウール栽培)	ハウスミカン 各作型複合	イチシク	
効率的温度 管理技術	改善 技術	<p>観葉植物 ポトス・スパティフィラム等</p> <p>・最適温度別管理 20 :スパティフィラム、ディフェンバキア、アフェランドラ、ポトス、カラテア 15 :プティリス、フィカスブミラ</p> <p>・変温管理 下限温度15 と最適暖房温度20 ~25 間の変温管理</p> <p>・局所加温 下限温度が15 下で電熱線により根圏を20~25 に加温する。</p> <p>・ピニールチャンパー暖房 従来の内張りに加え、更にベンチ上をピニールトンネル(チャンパー)で覆い、中を灌水マットに配線した電熱線で20 に暖房する。</p>	<p>バラ(ロックウール栽培) 周年栽培</p> <p>・変温管理 後夜半6時間を12~14 へ変温。 変温時間 11~2月: 0~6時 3~4月:23~5時</p> <p>・局所加温(21 程度) 栽培槽の下部に発熱体を敷き、ロックウールを加温する。発熱体の敷設費は重油価格が100円程度ならば概ね1年で償却できる。</p> <p>・気密性の向上 入り口戸や側窓の隙間を無くするなどの気密性の維持に留意する。</p> <p>・保温性のよい資材の利用 サイドや妻面には、保温性のよい種類の資材や中空二重構造被覆フィルムなどを使用する。</p>	<p>ハウスミカン 各作型複合</p> <p>・変温管理 夜間の管理温度が24 となる 果実肥大期において、 午前0~4時:22 午前4~8時:20 で管理。</p> <p>・土壌物理性の改善 暗渠排水の設置や有機物施用で、ほ場の排水性を改善することにより、果実肥大期の管理温度を下げる事が可能。</p> <p>・保温性のよい資材の利用 内張り二重(POフィルム、天井のみ)、中空二重構造被覆フィルム(サイド)</p>	<p>イチシク</p> <p>・加温温度の低下 加温開始から15 一定(通常は18 一定)</p> <p>・局所加温 畝部分(幅1.5m程度)に黒マルチを設置し、マルチ下に暖房機からの通風ダクトを設置する。マルチは加温開始1週間前に設置。収穫まで設置したままでよい。</p> <p>・機密性の向上 出入口や換気扇周辺の気密性を高める。破損箇所はこまめに補修する。</p> <p>・二重被覆</p>
	導入上 の 留意点	<p>・最適温度別管理 温度管理の同じ植物を施設毎にまとめたり、施設を間仕切りし、加温する場所を特定する。</p> <p>・変温管理 後夜半を中心に4時間以上の20 暖房管理や、3時間25 の暖房管理で生育を促進できる。但し、植物の種類によって暖房する時間帯、管理時間が異なるので、それぞれの品種にあった管理が必要になる。</p> <p>・局所加温 鉢用土が乾きやすくなるので毎日灌水する。また、生育促進効果があるが、省エネルギー効果を期待する場合、ピニール等で覆い、加温した熱を有効活用する必要がある。</p> <p>・ピニールチャンパー暖房 10 暖房の温室で実施すると省エネ効果が高い。チャンパー内は湿度</p>	<p>・変温管理 温度が高い時期は変温時に高湿度になり、灰色かび病等の発生の恐れがある。</p> <p>・局所加温 12 の変温管理については、培地加温を組み合わせないと収量品質に影響のある品種が多い。12 変温時に21 培地加温を行った場合、10a当たり7,500kwh程度の電気量が必要。</p>	<p>・変温管理 水はけが悪い園地では果実品質低下が懸念される。</p>	<p>・加温温度の低下 根域局所加温と組み合わせる。</p> <p>・局所加温 マルチ下に灌水、追肥が可能な条件を整える必要がある。灌水、施肥量は慣行と同等でよいが、ハウス内の湿度が低い場合は散水する。</p> <p>・二重被覆 内張り追加のため、既存の施設の改善等を要する。内張りの破損や隙間を無くするなど、気密性を高める。</p>
新素材及び 暖房方法	改善 技術	<p>・排熱回収装置</p> <p>・補助暖房装置 電熱線または面状発熱体</p>	<p>・ヒートポンプ ハイブリッド運転</p> <p>・排熱回収装置 エコノマイザーZ等</p>	<p>・ヒートポンプ</p> <p>・排熱回収装置</p>	<p>・排熱回収装置</p>
	導入上 の 留意点	<p>・排熱回収装置 設置用のスペースが必要。暖房機の種類によっては設置できない。ローサルファーA重油を使用する。</p> <p>・補助暖房装置 電熱線は設置に時間がかかるが、コストが安く温度管理がしやすい。面状発熱体はコストや温度管理が難しいが設置は容易。</p>	<p>・ヒートポンプ 重油価格が低い場合(60円以下)は、イニシャルコストの償却が難しい。時期により高湿度となる場合がある。</p> <p>・排熱回収装置 重油価格が低い場合(60円以下)は、イニシャルコストの償却が難しい。</p>	<p>・ヒートポンプ ヒートポンプの風量は重油暖房機に比べ小さいので温度ムラが生じやすい。循環扇設置等の対策が必要である。ハウスの形状や保温資材の違いにより省エネ効果が変わる。寒冷地ではヒートポンプの暖房効率が低くなる。初期投資額が大きく電気料金も増加するため、収益性の高い園地での導入が望ましい。</p> <p>・排熱回収装置 暖房機の稼働時間が長い作型ほど重油削減効果が高い。ローサルファーA重油を使用する。</p>	<p>・排熱回収装置 電源、設置用スペースの確保が必要。暖房機の機種によっては設置できないことがある。</p>