

ハウスミカン栽培におけるヒートポンプの有効活用技術

1. はじめに

近年、ハウスミカン栽培では、燃油価格の高騰に対応するため、様々な省エネ対策技術の検討、開発がなされてきました。

その中でも暖房経費の大幅な削減が期待できるヒートポンプは県内でも導入が進み、現在は更新の時期を迎える園地も増えていると思います。

今回は、これまでの試験結果をもとに、ヒートポンプの効率的な活用方法と今後期待される利用技術について紹介します。

2. ヒートポンプによる暖房の低コスト活用技術

一般的にハウスの加温に利用される重油加温機は暖房能力が高く、短時間でハウス内を暖めることができますが、多くの重油を使用するため、重油価格の高騰により加温経費が高くなってしまいます。一方で、ヒートポンプは、暖房効率が高く重油使用量を削減できますが、外気温が低い条件では暖房能力が低下しやすいという特徴があります。そこで、それぞれの長所を活かし、短所を補うため、重油加温機とヒートポンプを組み合わせた複合運転について試験を行いました。

(1) 重油加温機との効率的な複合運転

ヒートポンプは重油加温機に比べて送風部の温度が低く、昇温速度も遅いため、暖房効率を高めるにはヒートポンプの停止回数を減らし、長時間連続して運転させることが重要です。そこで、ヒートポンプを主暖房として運転し、ハウス内温度が設定値を下回った場合にのみ重油加温機が補助的に作動する方式としました。この運転方法により、ハウス内の温度を安定的に維持しながら重油使用量の削減が期待できることから、その最適な運転条件について検討しました。

設定温度 20℃条件においては、重油加温機の始動温度差をヒートポンプの設定温度より約 2℃低く設定することで、ヒートポンプの作動割合を高めながら夜温を設定温度に近く維持できました(図 1、2)。また、重油加温機の単独運転と比較して重油使用量を 54%削減できました。

さらに、現地試験において 10a 当たり 10 馬力のヒートポンプ 3 台を設置した複合加温を行ったところ、重油削減率は約 70～80%に達すると推定されました。

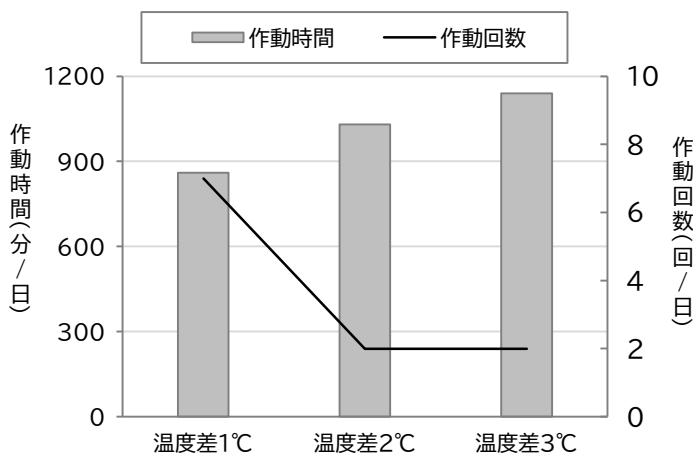


図 1 ヒートポンプの作動時間・回数
(佐賀県果樹試 2009)

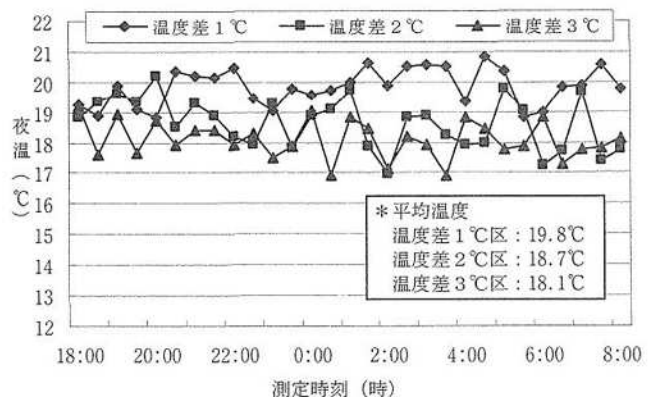


図 2 20℃設定における処理別の
夜温の推移(佐賀県果樹試 2009)

(2) 暖房時期に応じた運転条件

続いて、暖房時期に応じた効率的な運転方法について検討しました。試験に使用した一体送風型ヒートポンプは、既存の重油加温機の送風ファンを利用することで、比較的低コストで導入できるよう開発された機種です。重油加温機と複合運転し、暖房時期に応じて運転条件を調整することで、重油使用量の削減と安定した暖房の両立が期待できます。

設定温度が 18℃の暖房期間（12/17-2/23）は、始動温度差 1.5℃で設定温度±1℃以内での室温維持が可能であり、設定温度 20℃の暖房期間（2/24-3/23）は、温度差 1.5～2.0℃で設定温度の±1.5℃以内での室温維持が可能でした。また、設定温度 24℃の暖房期間（3/24-5/8）においては、始動温度差による違いは認められませんでした。

このことから、加温開始から 3 月頃までは温度差 1.5～2.0℃、外気温が高くなる 4 月以降は温度差 3.0℃とすることで、設定温度を維持しながら重油使用量を抑えられることが分かりました。

また、一体送風型ヒートポンプを導入した試算では、重油加温機との複合運転を行うことで、年間の暖房経費は重油加温機単独運転と比較して削減され、燃油価格の影響を受けにくい暖房体系として期待されます（図 3）。

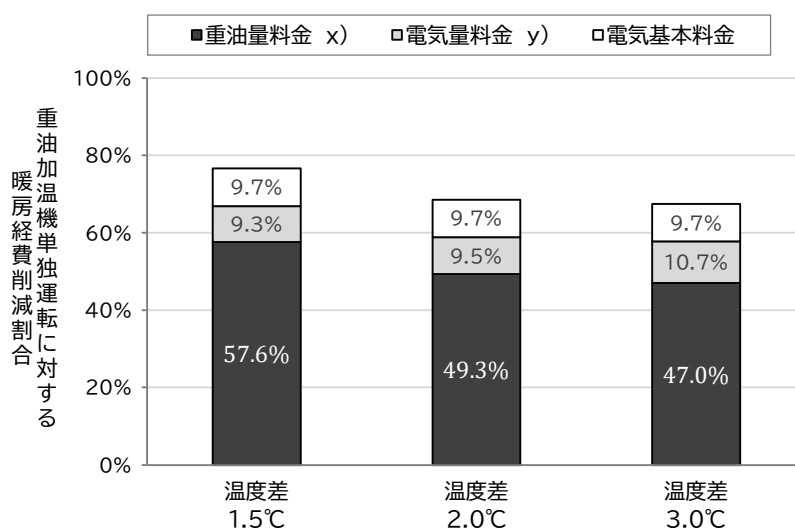


図 3 複合運転時の始動温度差条件と年間の暖房経費削減割合（佐賀県果樹試 2016）

x) 重油量料金は、重油単価 70 円/ℓ とした。

y) 電力量料金および電気基本料金は、九州電力の低圧季時別電力プランで算出した。

※送風一体型ヒートポンプは来年で製造中止予定のため、今後導入される際は空気熱源式ヒートポンプと重油加温機をそれぞれ購入する必要があります。

※送風一体型ヒートポンプは冷房運転には対応していません。

3. ヒートポンプの冷房技術

ヒートポンプは暖房だけでなく冷房機能を利用することで、その利用範囲を広げることができます。近年は温暖化の影響により、夏季の高温による着色遅延や秋季の着花不良が課題となっており、これらを改善する技術として夜間冷房の試験を行ってきました。

1) 夏季の夜間冷房による着色促進技術

ウンシュウミカンは着色期に気温が高い状態が続くと、果皮の着色が進みにくくなることが知られています。そのため、着色期にヒートポンプを利用した夜間冷房を行い、着色促進効果を検証しました。

試験では、10a 当たり 2～3 台（10 馬力）のヒートポンプを導入し、着色歩合が 1 分程度から収穫前

日の 51 日間、夜間 22 時から翌 4 時までハウスを閉め込み、冷房運転を行いました。

その結果、夜間の外気温が 26℃を超える高温日でも、ハウス内温度を対照区より最大約 6.5℃低く保つことができました。また、この温度低下により、収穫時には果実の着色不良による格外果率（着色 6 分未満設定とした場合）が 44%から 9%まで低下し、粗収益が 42%増加しました。

さらに、冷房期間を 51 日間から 29 日間へ短縮した場合でも、長期冷房とほぼ同等の着色促進効果が得られました（図 4、5）。また、短期冷房では長期冷房と比べて消費電力および電気料金を約半減できました（表 1）。

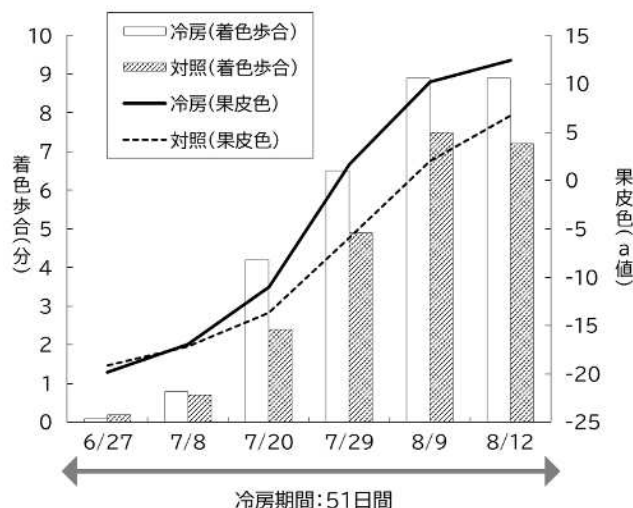


図 4 夜間冷房による着色促進効果
（佐賀県果樹試 2010）

※）長期冷房は、加温開始日を 2010.12.18、
収穫日を 2011.8.18-23 とした。
※）冷房期間は 6 月 27 日から 8 月 17 日とした。

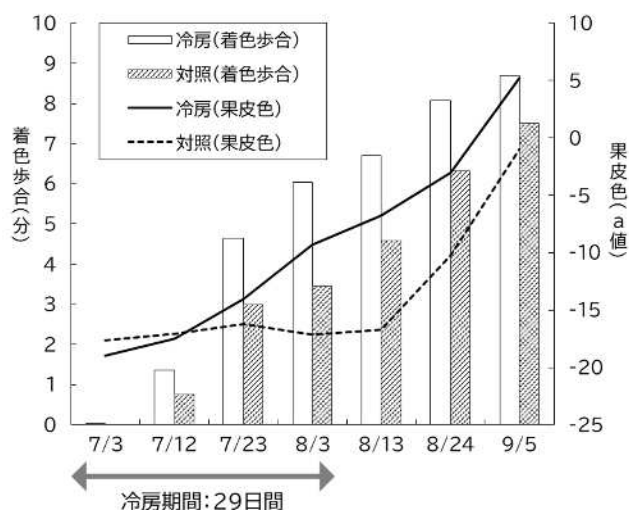


図 5 夜間冷房の期間短縮が着色促進効果に及ぼす影響
（佐賀県果樹試 2011）

※）短期冷房は、加温開始日を 2011.12.30、
収穫日を 2012.9.5 とした。
※）冷房期間は 7 月 5 日から 8 月 3 日とした。

表 1 冷房期間の違いとヒートポンプの消費電力および電気料金（2010～2011）

冷房期間	消費電力		電気料金		
	(kwh)	(kwh/日)	基本料(円)	使用料(円)	合計(比率)
【長期冷房】 1 分着色～51 日間	9,620	189	94	96.3	190.3 (100)
【短期冷房】 1 分着色～29 日間	5,372	185	47	53.8	100.8 (52.7)

※）電気料金は、(株)九州電力の低圧季時別料金メニューにより算出

以上の結果から、着色初期から夜間冷房を実施することで、効率よく着色を促進できることがわかりました。また、昼間は寒冷紗を利用してハウス内の温度上昇を抑えることで、より効率的な着色効果が期待できます。

2) 秋季冷房による花芽促進技術

近年は秋季の高温により、翌年の着花が不安定になる園地が増えています。そこで、秋季にもヒートポンプを利用した夜間冷房を行い、着花への影響を調査しました。

試験では、11 月中旬から 12 月上旬にかけて夜間冷房を実施したところ、夜間のハウス内温度は無処理区より平均 1.6℃低く保たれました。加温開始後の総着花数は無処理区の約 2 倍となり、特に直花が

増える傾向が認められました（図6）。

現在は、夜間冷房に加えて地中冷却を組み合わせた試験も進めています。根域温度を制御することで、より安定した花芽形成技術の確立を目指しています。

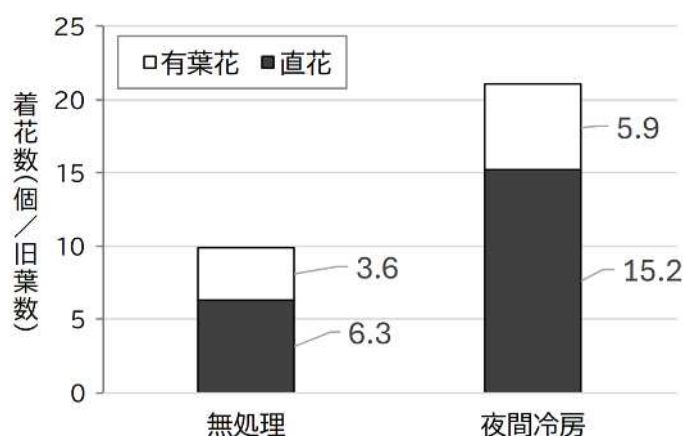


図6 夜間冷房が加温後の着花に及ぼす影響（佐賀県果樹試 2017）

4. 今後期待される技術

これまで紹介した暖房・冷房技術は、主に空気熱源ヒートポンプを利用したものです。現在は、さらなる省エネルギー化や燃油使用量の削減を目指し、地中熱や水熱などの自然エネルギーを活用したヒートポンプの利用に取り組んでいます。

地中熱は年間を通じて温度変化が小さいため、夏季は冷房、冬季は暖房の熱源として利用できる可能性があります。また、水熱は地中熱より導入コストが安価で熱効率も高くなるなど、新たな熱源としての利用が期待されます。今後、冷房能力や消費電力量、COPなどを評価し、より効率的な利用技術の確立を目指しています（図7）。



図7 地中熱ヒートポンプ

5. おわりに

ヒートポンプは県内のハウスミカン主産地では普及が進んでおり、加温経費を抑えることで安定的な経営に役立ってきました。さらに、近年は高温の影響による着色促進や着花の不安定化への対応にも活用が期待でき、ヒートポンプの利用期間を拡大できる可能性があります。

これまで導入を見送られていた方も、今回紹介した活用方法が、ヒートポンプの導入を改めて検討する際の参考になれば幸いです。

一方で、温暖化により栽培環境が大きく変化しており、ヒートポンプの活用だけでなく適切な水切り時期の把握や土壌改良による樹勢維持など、栽培管理を含めた総合的な対応がこれまで以上に重要になると考えられます。

今後もハウスミカンを安定生産するために栽培環境の変化に対応した技術開発を進めるとともに、生産現場で利用しやすいヒートポンプの活用方法を明らかにし、普及を図っていきたいと考えています。