

ハウスミカン栽培におけるヒートポンプの利用技術

誌名	佐賀県果樹試験場研究報告
ISSN	03852822
著者名	池田,繁成 新堂,高広 田中,要
発行元	佐賀県果樹試験場
巻/号	17号
掲載ページ	p. 9-18
発行年月	2012年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ハウスミカン栽培におけるヒートポンプの利用技術

池田 繁成¹・新堂 高広¹・田中 要²

キーワード：ハウスミカン，ヒートポンプ，複合加温

The utilization technology of heat pump for growing Satsuma mandarin in plastic greenhouse

Shigenari IKEDA¹, Takahiro SHINDO¹, Kaname TANAKA²

¹Saga Prefectural Fruit Tree Experiment Station, Haruke, Ogicity, Saga 845-0014

²Kyushu Electric Power Inc. Research Institute, Takagise, Sagacity, Saga 849-0922

Summary

We studied the efficient use of heat pump (HP) and effect of HP on the reduction of fuel oil cost in mandarin house cultivation in Saga Prefecture.

In HP, compared with a warm air oil heater using crude petroleum, the temperature of the warm air was 10°C lower and the increasing rate of temperature was slower. Therefore, energy saving efficiency increased with reducing the frequency to stop its operation as possible.

Running rate of HP was increased by regulating the starting temperature of the oil heater so that it was 2°C lower than that of HP in combined heating.

Although we tried to operate HP by introducing heat energy from the air within the green house and an outdoor unit structure to improve the heating efficiency of HP, the clear effect was not observed.

In the case where average of 3.3 HP units with 10 hp capacity were installed per 10a, the mean fuel reduction rate in two years of field test in the Saga Prefectural Fruit Tree Experiment Station was 57%, while it was 79% in the local field trials during two years.

When three HP units with 10 hp capacity were installed per 10a, the fuel reduction rate in combined heating was estimated to be 70% to 80%. Based on the results of corroborative field trials, the break-even point was calculated on trial to be 70.6 yen/ L of oil prices, when the depreciation of HP was considered to be seven years.

Key Words : green house mandarin, heat pump, compound warming

緒言

佐賀県のカンキツ産業においてハウスミカンは重要な地位を占め、平成22年産で約150ha（省加温を含む）が栽培されており全国第1位の産地を形成している。しかしながら、A重油価格高騰により収益性が低下したことから栽培面積は減少傾向にあり、最盛期の60%程度となっている。また、A重油価格は需給状況に加え国内外の政治経済状況により価格変動が激しく、長期的な経営計画にもとづいた生産を行うことが困難な状況となっている。

このような状況において、持続的にハウスミカン栽培を行っていくためには、A重油使用量の削減を図ると同時にA重油以外の熱源を積極的に活用していく必要がある。近年複数機種が販売されている農業用空気熱源ヒートポンプ

（以下HP）は、重油加温機と比較して暖房効率が高いことから、代替加温方法として有望であると考えられる。このため、ハウスミカン栽培におけるHPの活用技術や重油削減効果および経費削減効果について検討した。

材料および方法

佐賀県果樹試験場内ハウスミカン施設において、HPの加温特性の解明および効率的な活用法の解明をおこなった。また、HPの導入効果の実証試験を佐賀県東松浦郡玄海町の農家圃場において実施した。

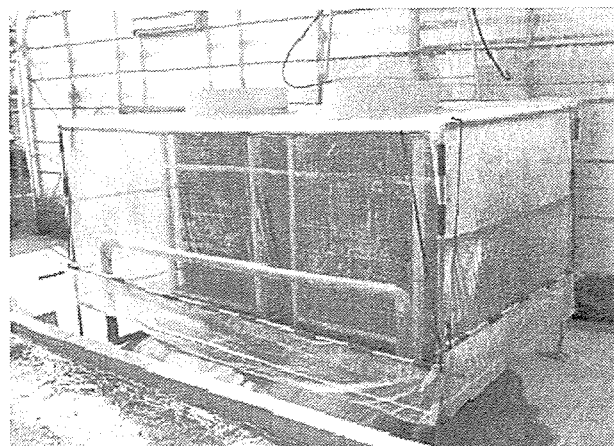
1. HPの加温特性の解明

佐賀県果樹試験場内のアーチパイプハウス（面積3a，

¹佐賀県果樹試験場 〒845-0014 佐賀県小城市小城市町晴気91

²九州電力㈱総合研究所生物資源研究センター 〒849-0922 佐賀県佐賀市高木瀬東一丁目10番1号

以下APハウス)内に設置したHP(28kW/10馬力, 日立社製RP-NP280CSPを改造し送風用ダクトを3ヶ所設置可能にしたもの)1台および重油加温機(87.2kW/7.5万Kcal, ネボン社製HK4025)1台を供試した。2007年12月に設定温度23℃で作動させ, 送風用ビニルダクトを設置しない状態で, 温風吹き出し部の温度を20秒間隔で自記温度計を用いて測定した。測定は温度上昇が2分間観察されなくなった時点まで行った。調査時のハウス内温度は14~16℃, 外気温度は7~8℃であった。また加温機停止から30分後に再始動させ, その後の温度上昇を同様に調査した。



第1図 一部開放処理時

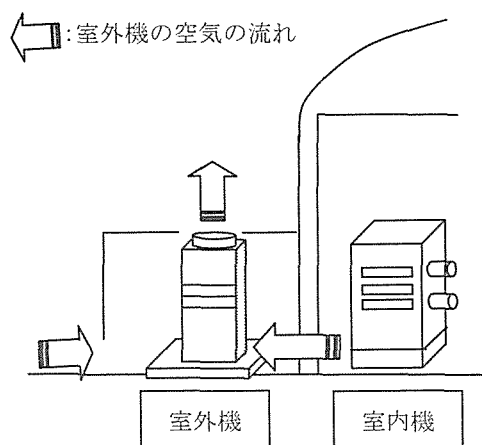
2. HPの効率的運転方法の検討

1) 室外機保温による暖房効率の向上

佐賀県果樹試験場内の2連棟APハウス(面積3a)に, HP(28kW/10馬力, 日立社製RP-NP280CSP)2台を設置し試験を行った。

2007年4月に室外機周辺部を厚さ0.15mmのPOフィルムで被覆し, 被覆程度を(1)開放(被覆面積率49.1%), (2)半開放(同74.2%), (3)一部開放(同94.2%, 第1図), (4)全面被覆(同100%)とした。処理ごとに室外機および室内機の送風部の風速を10秒間隔で10回測定し, この測定を10回行って処理間の比較を行った。また室外機の吸い込み部と吹き出し部の温度を10分間隔で測定し, 温度差を比較した。

2008年12月に室外機周辺部をアルミニウム含有PEフィルムで被覆し, 被覆程度を(1)保温①(被覆面積率94.2%), (2)保温②(同100%), (3)無処理(同0%)とした。さらに保温①は室内機の送風ダクトより分岐して温風を還流させ(第2図), 保温②はハウスの被覆資材を一部開放して温風を還流させた(第3図)。各処理を1日単位で実施し, ハウス内温度および室外機吸い込み部と室内機送風部から3mの位置の送風ダクト内の温度を調査した。

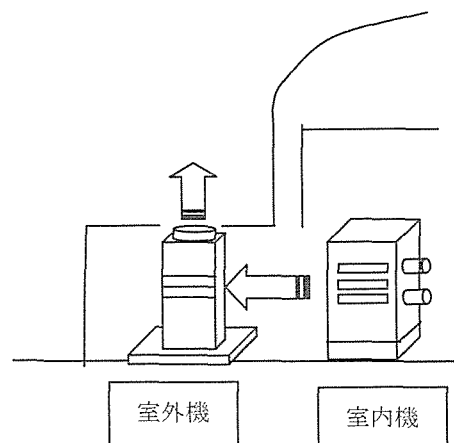


第2図 保温①処理方法

2) 複合加温時の効率的な加温機の制御方法

佐賀県果樹試験場内のAPハウス(面積3a)において, HP(28kW/10馬力日立社製RP-NP280CSP)1台と重油加温機(87.2kW/7.5万kcal, ネボン社製HK4025)1台を用いて複合加温試験を行った。2008年はHPの設定温度を始動22℃, 停止25℃とし, 重油加温機との作動温度差を0~3℃(HPより0~3℃低い温度で作動)とした(第1表)。2009年は重油加温機の作動温度をHPより1~3℃低く, HPの設定温度18℃, 20℃, 24℃で加温を行った(第2表)。

試験処理は1日単位で行い, 2008年および2009年とも12月から翌年4月にかけて実施した。処理別のHPの作動時間や消費電力, 重油加温機の作動時間や作動回数, ハウス内温度について調査を行った。



第3図 保温②処理方法

第1表 効率的な加温機の制御方法 (2008年度処理)

処理区	作動 温度差	HP		重油加温機	
		始動	停止	始動	停止
設定①	3℃	22℃	25℃	19℃	22℃
設定②	2℃	22℃	25℃	20℃	23℃
設定③	1℃	22℃	25℃	21℃	24℃
設定④	0℃	22℃	25℃	22℃	25℃

第2表 効率的な加温機の制御方法 (2009年度処理)

処理区	重油加温機作動温度	設定室温
温度差 1℃	HP より-1℃	18℃
温度差 2℃	HP より-2℃	× 20℃
温度差 3℃	HP より-3℃	24℃

結 果

1. HPの加温特性の解明

送風部の温度は、重油加温機では最高温度約50℃まで上昇したのに対して、HPは約40℃であり、10℃程度低かった。また、重油加温機は最高温度に到達するまでの時間が約8分であったが、HPはその2倍の約16分を要した。また再運転時には重油加温機は最高温度到達まで約5分と短くなっていたが、HPでは変化はみられなかった(第4図)。

測定時間ごとの温度上昇は、重油加温機、HPとも運転開始直後が最も大きい傾向がみられ、重油加温機で最大3.6℃上昇し、HPは1.9℃上昇した(第5図)。再運転条件では、重油加温機はほぼ同様の傾向であったが、HPは運転後1分で最も温度が上昇し、その上昇温度も5.5℃と高かった(第6図)。

2. HPの効率的運転方法の検討

1) 室外機保温等による暖房効率の向上

2007年度において、室外機吹き出し部の風速は開放処理、半開放処理、一部開放処理で処理間に有意差はなく、全面被覆処理では有意に風速が低下した。一方で室内機の風速は処理間に差はみられなかった(第3表)。

開放処理と一部開放処理で室外機の吸い込み部と吹き出し部の温度差を比較すると、最大値は開放処理で5.7℃、一部開放処理で2.2℃と3.5℃の差がみられたものの、平均値は開放処理で1.3℃、一部開放処理で1.1℃であり処理間に明確な差はみられなかった(第4表)。

2008年度において、ハウス内温度は保温①および無処理では設定温度20℃に対して1℃程度の変動で推移した。一方、保温②では測定開始から設定温度を下回る傾向がみられ、設定温度より約2℃低く推移した。このことはHP作動時にハウス内に負圧が生じ、温度の低い外気が流入したことが原因と考えられた(第7図)。

室外機の吸い込みと吹き出し部の温度差は、保温①および無処理は明らかな差はなく、2℃程度で推移する時間帯が多かった。一方で保温②区4℃程度で推移する時間帯が多かった。各処理とも不定期に温度差が小さくなる場合があり、保温①及び無処理では温度差がマイナスとなる時間帯がみられたが、これはデフロスト運転中の測定であったためと思われた(第8図、第5表)。

3. 複合加温の重油削減効果および経費削減効果

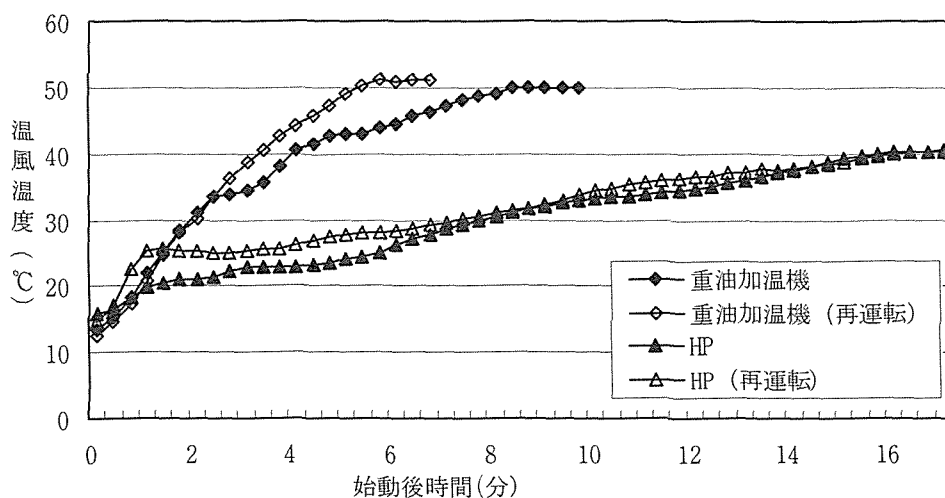
佐賀県果樹試験場内の面積3aのAPハウスにおいて、HP(28kW/10馬力、日立社製RP-NP280CSP)1台と重油加温機(87.2kW/7.5万kcal、ネポン社製HK4025)1台を用いた複合加温試験を行った。試験区は複合加温区および重油加温機単独で加温する慣行加温区とし、同一ハウスにおいて複合加温と慣行加温を2~3日間隔で繰り返した。処理は加温開始の12月から翌年5月にかけて行った。

2009年度はHPと重油加温機の作動温度差を2~3℃(重油加温機の温度を2~3℃低くする)とし、時期をずらして最低温度18℃、20℃、24℃で試験を行った。2010年度はHPと重油加温機の作動温度差を2℃とし、加温開始から加温停止まで断続的に処理を行った。処理別の供試日数は、2009年度は27日間、2010年度は26日間とした。調査はHPの稼働時間および電力消費量、重油加温機の稼働時間および重油消費量について行った。またこれらのデータからA重油価格別の加温経費を算出して比較した。

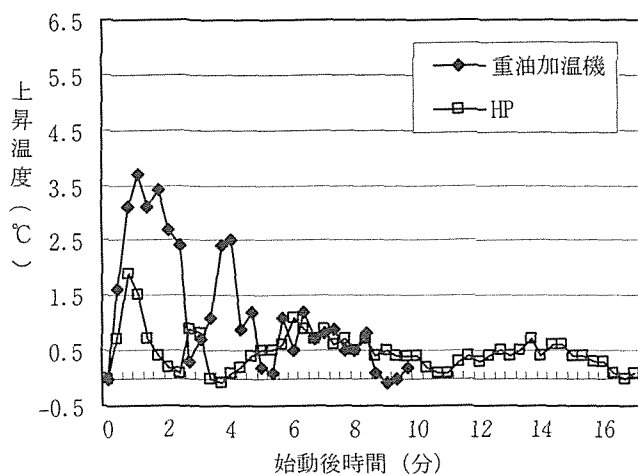
4. 複合加温栽培の現地実証試験

佐賀県東松浦郡玄海町の‘宮川早生’植栽ハウス(面積9a、中期加温)にHP(28kW/10馬力、ネポン社製NGP104TX)3台を設置して、既設の重油加温機との複合加温を行った。試験は2009年度、2010年度の2ヶ年実施し、重油加温機の作動温度をHPより1.5~2℃低く制御した。

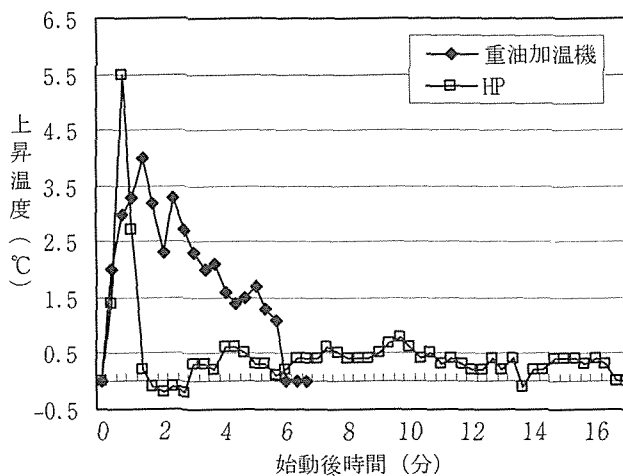
加温開始から加温停止までのHPの稼働時間、電力消費量および重油加温機の作動時間、重油消費量を調査した。HPの稼働時間は、複合制御盤に記録される電力料金時間帯別の稼働時間を調査した。電力消費量には、消費電力計を用いた。重油消費量は加温機に近接した給油管にオイルメーターを設置して調査した。またHP導入前3ヶ年の重油消費量を調査し、この平均値と比較した重油削減効果およびコスト低減効果を検討した。さらに、年次ごとの単収、収穫時の果実品質を調査した。



第4図 送風部における温風温度変化 (2007)



第5図 測定時間ごとの上昇温度 (2007)



第6図 測定時間ごとの上昇温度 (再運転時) (2007)

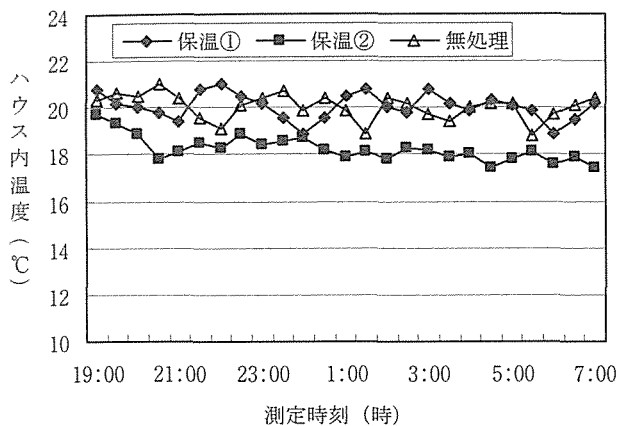
第3表 室外機の被覆程度が室外機及び室内機の送風部風速に及ぼす影響 (2007.4.5)

処 理	室外機			室内機			
	被覆率 (%)	平均 (m/s)	最大 (m/s)	最小 (m/s)	平均 (m/s)	最大 (m/s)	最小 (m/s)
開 放	49.1	8.19 a	8.33 a	8.08 a	3.11 a	3.37 a	2.85 a
半 開 放	74.2	8.12 a	8.27 a	7.94 a	3.21 a	3.48 a	2.92 a
一部開放	94.2	8.05 a	8.24 a	7.89 a	3.04 a	3.38 a	2.56 a
全面被覆	100.0	6.30 b	6.73 b	5.88 b	3.06 a	3.38 a	2.75 a

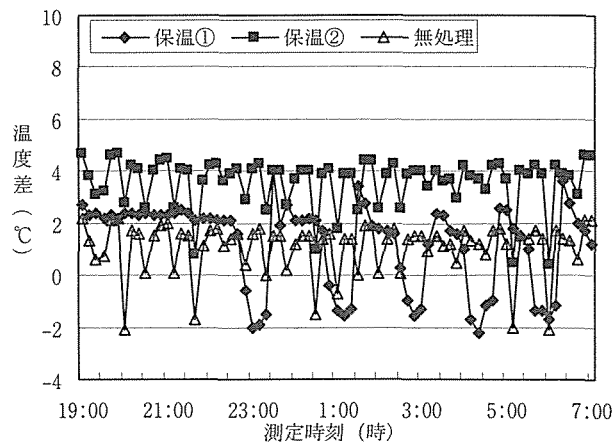
*Tukeyの多重検定により、異符号間では5%水準で有意差あり。

第4表 室外機吸い込み部と吹き出し部の温度差 (2007)

処理区	温度差		
	平均 (°C)	最大 (°C)	最小 (°C)
開放	1.3	5.7	-2.2
一部開放	1.1	2.2	-2.1



第7図 処理別のハウス内温度 (2008)



第8図 室外機の保温方法の違いが吸い込み部と吹き出し部の温度差に及ぼす影響 (2008)

第5表 室外機吸い込み部と吹き出し部の温度差 (2008)

処理区	温度差		
	平均 (°C)	最大 (°C)	最小 (°C)
保温①	1.2	4.0	-2.2
保温②	3.6	4.7	0.4
無処理	1.1	2.2	-2.1

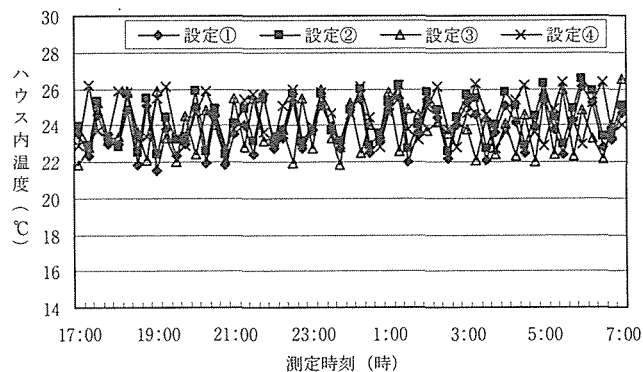
2) 複合加温時の効率的な加温機の制御方法

2008年における夜間の施設内温度は、各処理とも22~26°Cの範囲で推移し、平均温度では1°C未満の差であった。HPと重油加温機が同じ設定で運転した設定④区は、やや温度の変動幅が小さい傾向にあった(第9図)。HP及び重油加温機の作動状況を見ると、設定①~③区はHPの作動時間が14時間以上あったが、設定④区では6.5時間と少なかった。HPの作動時間に対する重油加温機の作動時間の割合では、設定④区の作動割合が高かった(第6表)。

2009年では処理別の1日当りのHPの作動時間は設定温度にかかわらず温度差1°C区が最も少なく、温度差2°C区、

温度差3°C区の順であった。一方で一日当りの作動回数は、設定温度にかかわらず温度差1°C区が最も多くなった。さらに設定温度18°Cでは、温度差2°C区が温度差3°C区より多かったが、設定20°Cでは両区に差は無く、設定24°Cでは温度差3°C区が多くなった(第10図、第11図)。

設定温度20°Cで区ごとの夜間温度を比較すると、温度差1°C区は他の区より高く推移する傾向にあった。一方で温度差2°C区および3°C区は、設定温度より低温となっている場合が多かった。調査期間中の平均温度は、温度差1°C区で19.8°C、温度差2°C区で18.7°C、温度差3°C区で18.1°Cとなった(第12図)。



第9図 処理別のハウス内夜温の推移 (2008)

第6表 処理別のヒートポンプ及び重油加温機の作動状況 (2008)

処理区	ヒートポンプ			重油加温機				
	通常時間 ^{z)} (hr)	深夜時間 ^{y)} (hr)	合計 ^{x)} (hr)	電力使用量 (kwh)	重油使用量 (L)	作動回数 (回)	作動時間 ^{w)} (hr)	作動 ^{v)} 割合
設定①	5.4	8.9	14.3	172	45	43	3.5	0.24
設定②	7.4	9.3	16.7	209	67	43	5.2	0.31
設定③	6.7	9.0	15.7	172	55	31	4.2	0.27
設定④	2.3	4.2	6.5	77	65	46	5.0	0.77

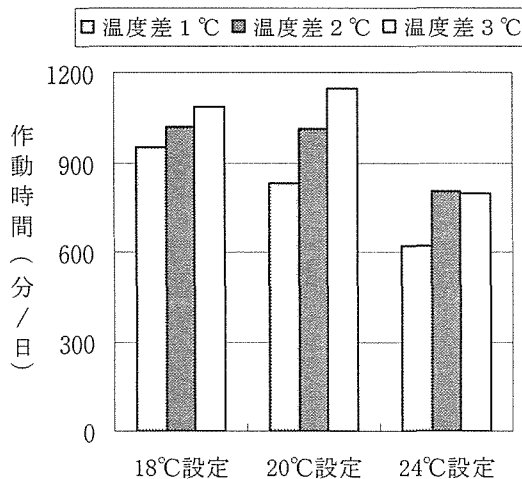
z) 8:00~22:00

y) 22:00~8:00

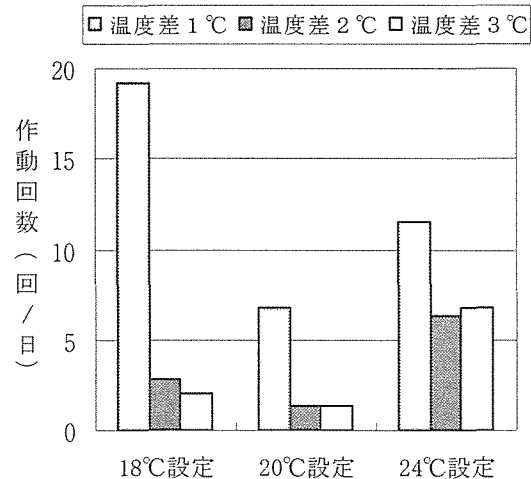
x) 1日の稼働時間

w) 重油使用量/13L (1時間当りのバーナー重油使用量)

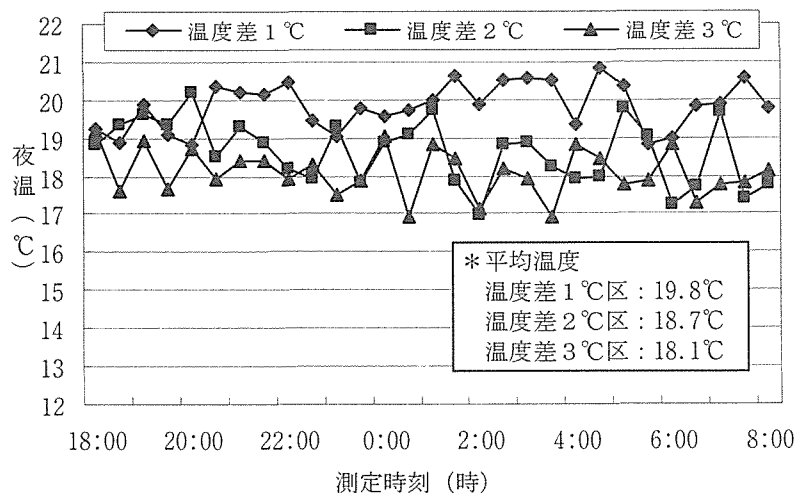
v) w/x



第10図 設定温度別H.P.の作動時間 (2009)



第11図 設定温度別のH.P.作動回数 (2009)



第12図 20°C設定における処理別の夜温の推移 (2009)

3. 複合加温の重油削減効果および経費削減効果

2009年度における試験期間中の外気温は、同時期の処理間で大きな差はなかった(第7表)。重油使用量は、両区とも3月19日から4月1日に実施した24°C加温で最も多かった。慣行加温に対する複合加温の比率では、気温の低かった1月6日から実施した18°C複合加温が0.57と最も高く、

4月17日から実施した24°C複合加温が0.34と最も低くなった。処理を通じた複合加温の重油使用量は慣行加温比で0.47であった(第8表)。HPの電気料金を含めた複合加温の経費を重油価格別に慣行加温と比較すると、重油価格60円/Lでは複合加温の経費削減率は20%となり、80円/Lで28%、100円/Lで33%と試算された(第13図)。

2010年度における試験期間中の外気温は、設定18℃では複合加温が慣行加温より1.2℃低く、設定20℃および24℃では0.9℃～1.1℃高かった（第9表）。慣行加温に対する複合加温の重油削減率は最低温度設定18℃で最も高く、ついで24℃、20℃の順であった。また試験期間を通じた複合加温

の重油削減率は、61%であった（第10表）。HPの電気料金を含めた複合加温の経費を重油価格別に慣行加温と比較すると、重油60円/Lで26%、80円/Lで34%、100円/Lで40%と試算された（第14図）。

第7表 処理期間における区別の処理日数と外気温（2009年度）

処理区	処理時期	処理日数 (日)	平均 (℃)	最高 (℃)	最低 (℃)
① 18℃複合加温	1/6-1/19	7	4.9	8.9	1.0
	18℃慣行加温	7	5.0	9.2	1.3
② 20℃複合加温	1/23-2/12	6	9.1	14.0	4.5
	20℃慣行加温	6	9.2	13.8	5.1
③ 24℃複合加温	3/19-4/1	7	12.3	17.6	7.6
	24℃慣行加温	7	11.1	15.7	6.6
④ 24℃複合加温	4/17-4/30	7	20.0	25.1	16.1
	24℃慣行加温	7	19.9	24.9	15.5

第9表 処理期間における区別の処理日数と外気温（2010年度）

処理区	処理日数 (日)	平均 (℃)	最高 (℃)	最低 (℃)
① 18℃複合加温	7	3.9	11.6	-3.0
	18℃慣行加温	7	5.1	12.2
② 20℃複合加温	6	7.0	17.0	-1.2
	20℃慣行加温	6	5.9	15.6
③ 24℃複合加温	13	12.3	24.5	2.5
	24℃慣行加温	13	11.4	24.7

第8表 処理別の重油使用量（2009年度）

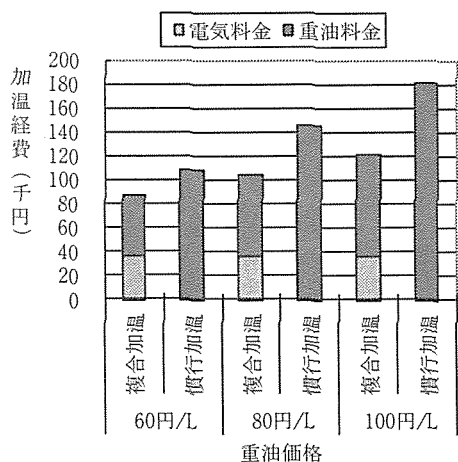
処理区	重油使用量 (L)	比率 ^{z)}	
① 18℃複合加温	253.5	0.57	
	18℃慣行加温	442.0	1.00
② 20℃複合加温	182.0	0.47	
	20℃慣行加温	383.5	1.00
③ 24℃複合加温	286.0	0.46	
	24℃慣行加温	617.5	1.00
④ 24℃複合加温	123.5	0.34	
	24℃慣行加温	364.0	1.00
合計	複合加温	845.0	0.47
	慣行加温	1807.0	1.00

第10表 処理別の重油使用量（2010年度）

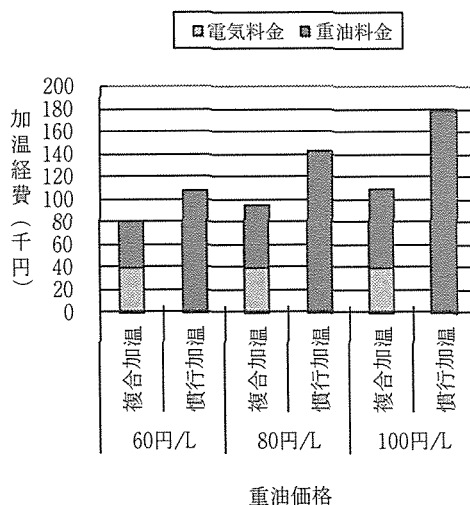
処理区	重油使用量 (L)	比率 ^{z)}	
① 18℃複合加温	141.7	0.36	
	18℃慣行加温	394.0	1.00
② 20℃複合加温	200.6	0.46	
	20℃慣行加温	432.2	1.00
③ 24℃複合加温	355.7	0.38	
	24℃慣行加温	948.5	1.00
合計	複合加温	698.0	0.39
	慣行加温	1774.7	1.00

z) 慣行加温を1.00として計算した

z) 慣行加温を1.00として計算した



第13図 重油価格別の経費試算（2009年度）



第14図 重油価格別の経費試算（2010年度）

4. 複合加温栽培の現地実証試験

現地試験における複合加温実施前の重油使用量は、2005年～2007年の平均で21.5kL/10aであった。複合加温により重油消費は大幅に減少し、2009年で4.2kL/10a、2010年で4.7kL/10aとなった。2ヶ年の平均値では慣行加温と比較して79%減少した。一方で電気使用量は複合加温実施前が5,314kWh/10aであったのに対し、2ヶ年の平均値で51,179 kWh/10aとなり、慣行加温対比964%となった（第11表）。重油価格を60円/L～100円/Lとして加温経費を比較すると、60円/Lでは慣行加温が1,417千円に対し複合加温では1,183千円となり、加温経費削減率は16.5%と試算された。同様に重油価格80円/Lでは31.9%、100円/Lでは40.1%の削減と試算された（第12表）。なお、複合加温試験を実施した2ヶ年間の平均果実出荷量は5,377kg/10aであり、ハウス内に2樹設置した生育調査樹の収穫期の果実品質は、糖度11.2、酸度0.85%であった。

考 察

1. HPの加温特性の解明

HPと重油加温機の加温特性では、HPの温風温度は重油加温機より10℃程度低く、温度の上昇速度も緩やかであることが明らかとなった。また重油加温機は暖房停止後も缶体が一定時間熱を保持しているため、30分後に再度運転した場合は最高温度までの上昇時間が短縮された。一方でHP

では同様の温度上昇時間の短縮はみられなかった。これらのことから、HPを効率的に活用する条件として、運転停止回数を極力少なくし稼働時間が長くなるように制御することが重要と考えられた。

2. HPの効率的運転方法の検討

1) 室外機保温等による暖房効率の向上

HPは熱源となる外気の温度が低くなると暖房効率は低下する。これは室外機が取込む単位時間当りの熱量が低下することや、室外機表面に霜が付着することによる取込み空気量の減少、霜を除去するためのデフロスト運転による暖房停止時間の増加などが原因である。このため、低温時の暖房効率向上試験を実施した。

2007年度は室外機周辺をPOフィルムで被覆する処理を行った。被覆面積率を100%とすると室外機送風部の風速が低下した。他の処理ではこのような傾向はなく、95%以下の被覆面積率であればHPの運転に影響はないと考えられた。しかしながら、室外機の吸い込み部と吹き出し部の温度差は開放処理と一部開放処理の間に明らかな差は無く、暖房効率の改善効果はみられなかった。

2008年度はPOフィルムより保温効果の高いアルミニウム含有PEフィルムによる室外機被覆と室内機ダクトによる温風還流やハウス本体との一体化によるハウス内部からの集熱を組み合わせることで試験を実施した。室外機の吸い込み部と吹き出し部の温度差は、室外機被覆+温風還流処理

第11表 加温方法別の年間重油使用量および電気使用量

処理区	年次	ビニル被覆 管理	重油使用量		電力使用量	
			(kL/10a)	慣行比率	(kWh/10a)	慣行比率
複合加温	2009	2重被覆	4.2	0.20	53,121	10.00
	2010	3重被覆	4.7	0.22	49,236	9.27
	平均		4.5	0.21	51,179	9.64
慣行加温	2005～2007	2重被覆	21.5	1.00	5,314	1.00

第12表 重油価格別の加温経費比較

処理区	重油価格 (円/L)	重油		電気		加温経費 ^{y)}	
		(kL/10a)	(千円/10a)	(kWh/10a)	(千円/10a) ^{z)}	(千円/10a)	削減率 ^{w)} (%)
複合加温	60	4.5	270	51,179	913 (467) ^{x)}	1,183	16.5
	80	4.5	360			1,273	31.9
	100	4.5	450			1,363	40.1
慣行加温	60	21.5	1,290	5,314	127	1,417	-
	80	21.5	1,720			1,847	-
	100	21.5	2,150			2,277	-

z) 低圧季特別料金、基本料金は使用11ヶ月、不使用1ヶ月として試算

y) 重油料金+電気料金

x) 基本料金額

w) 慣行加温に対する複合加温の経費削減割合

を組み合わせた保温①は無処理と差は無かったが、室外機保温+ハウス内部集熱処理を組み合わせた保温②では一定の効果がみられた。しかしながら、ハウス内部に負圧が生じ外気が流入したため室温が低下する傾向がみられ、暖房効率向上にはつながらなかった。

内部集熱運転に関しては、今回の試験処理と室外機の吹き出し方法は異なるが、佐瀬ら(2009)がHPを内部集熱運転した場合の熱負荷解析を行い投入電気エネルギーの利用効率を通常運転と比較している。これによると内部集熱運転は外部の熱負荷が低い場合の運転効率が低く、通常運転より消費電力量が40%程度増加するとしている。

これらのことから、低温時にHPの暖房効率向上を図るためには、室外機の保温と外部の熱源(複合加温時の重油加温機の排熱や昼間蓄熱した太陽熱等)を組み合わせる必要があると考えられた。

2) 複合加温時の効率的な加温機の制御方法

複合加温栽培においては、暖房効率の高いHPの運転割合をできるだけ高くすること、HPの停止回数を少なく運転することが省エネ・コスト低減につながる。このためHPと重油加温機の効率的な制御方法を検討した。

HPと重油加温機の始動温度に0~3℃の格差(重油加温機の温度を0~3℃低くする)を設けて複合加温を行うと、0~1℃とした場合はHPの運転時間が減少し運転回数は増加する傾向がみられた。このことはハウス内温度が設定温度を上回り(オーバーシュート現象)、HPが停止する頻度が高かったことを示している。原因としては重油加温機

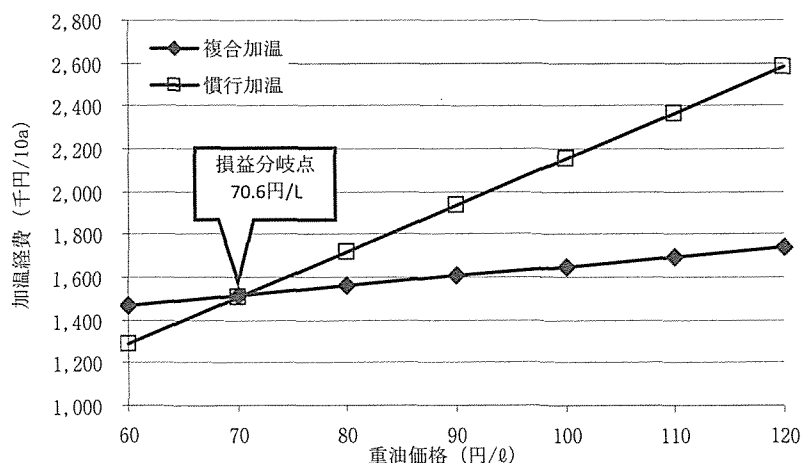
のバーナー停止後の冷却運転時に発生する温風によるものと考えられた。また始動温度差2℃および3℃で比較すると、温度差3℃では室温がやや低く推移する傾向がみられた。これらのことから、オーバーシュート現象を極力起こさずにHPと重油加温機を制御する最適な始動温度差は2℃と思われた。

なお現地ハウスで複合加温を行うに当たっては、ハウスの形状や面積、重油加温機的能力等によってオーバーシュート現象が発生する温度差は、若干異なると考えられる。よって温度差2℃を基本として運転を行いつつ、室温やHPの作動状況を確認して圃地ごとに最適な設定とすることが必要と思われた。

3. 複合加温の重油削減効果および経費削減効果

複合加温の重油削減率は2009年処理で53%、2010年処理で61%であった。本美(2008)、本美ら(2010)の報告では、3重被覆実施ハウスにおいて10馬力HPを2台/10a導入した場合の重油削減率を66%程度としている。本試験でのHP導入台数を10a換算すると3.3台となるため、重油削減率としてはやや低い数値となっている。このことは、試験ハウスの面積や使用したHPの使用温度別の暖房効率等が影響していると考えられた。

経費削減効果については、電力使用量をもとに九州電力低圧季時別料金メニューから電気料金を算出し、重油価格別に試算を行った。2ヶ年の試験結果から経費削減率は重油価格60~100円/Lで23%~37%と試算された。



第15図 重油価格別の複合加温の経費削減効果と損益分岐点

* 複合加温はHP、三重被覆、循環扇の減価償却費(償却年数7年)を含む

** 複合加温は県単補助事業(補助率: 県1/3, 市町村1/10)の活用を含む

4. 複合加温栽培の現地実証試験

複合加温の導入により、重油使用量は慣行加温の20%程度に減少した。なお複合加温処理では3重被覆となっているが、3重被覆の重油削減率は13~17%とされている(佐賀農技防セ2011)。また、10a当たりのHPの設置台数は3.3台となる。これらのことから、HPの10a当りの設置台数を3台とし、3重被覆を実施している園地における重油削減率は70~80%程度と考えられた。

電気使用量には、HPの他に循環扇、重油加温機、換気扇の使用量も含まれる。換気扇の電気使用量は慣行加温時と同等と推定される。重油加温機および循環扇の電気使用量は、稼働時間や時間当たりの電力消費量から考えると複合加温の電気使用量に占める割合は低く、電気使用量の大部分はHPによるものと考えられた。

複合加温の経費削減率は、重油価格60~100円/Lで16.5~40.1%と試算された。またHPの設置に関わる費用を減価償却年数7年として試算すると、損益分岐点は70.6円/Lと推定された(第15図)。なお実証試験農家からの聞き取りでは、年間経費は削減されるものの月ごとの電気料金の支払いが負担となるという意見もあり、実際の普及にあたっては電気料金の一時立て替え等の制度整備も必要になると考えられた。

摘 要

ハウスミカン栽培におけるHPの効率的活用法と重油削減効果および加温経費削減効果を検討した。

HPは重油加温機と比較して、温風温度が約10℃低く温度上昇速度が遅いため、極力停止回数を少なく長時間作動させることで省エネ効果が向上する。

複合加温を行う場合は、HPと重油加温機の始動温度差を2℃程度で制御することでHPの作動割合が高まった。

HPの暖房効率向上のために室外機周辺の被覆およびハウス内部からの集熱による運転を試みたが、明らかな効果は確認されなかった。

10a当たり10馬力HP3.3台を設置した場合の複合加温における重油削減率は、場内試験において2ヶ年平均で57%であった。現地実証試験では2ヶ年平均で79%程度であった。

10a当たり10馬力HP3台を導入した複合加温の重油削減率は、70~80%程度と考えられた。また現地実証試験の結果から、HPの減価償却期間を7年とした場合の損益分岐点は、重油価格で70.6円/Lと試算された。

引用文献

- ヒートポンプ実証研究協議会. 2011. 「ハウスみかん栽培へのヒートポンプ適用実証研究」研究報告書: 41-43
- 佐瀬勘紀・奥島里美・石井雅久・高倉直・林真紀夫. 2009. ヒートポンプ暖房温室における暖房法の比較. 農業施設. 123号: 21-28
- 本美善央. 2010. 空気熱源ヒートポンプと重油暖房機の併用によるハウスミカンの暖房費削減技術. 施設と園芸. 151号: 34-37
- 本美善央・兼子欣也・原広志・袴田富治・市川登. 2008. ハウスミカンにおける空気熱源ヒートポンプを利用したハイブリッド暖房方式の重油及びコスト削減効果. 園芸学会東海支部発表要旨. 2008巻: 10
- 佐賀県農業技術防除センター. 2011. 施設園芸における省エネルギー対策資料. 追録版: 5-10