

ヒートポンプ空調機を用いた湿度制御によるナスすすかび病の防除

下元祥史・山本敬司*

(高知県農業技術センター (現在) 高知県農業振興部環境農業推進課・*四国総合研究所)

Control of leaf mold on eggplant by humid control with the use of heat pump

By Yoshifumi SHIMOMOTO and Keiji YAMAMOTO*

(Kochi Agricultural Research Center, Hataeda 1100, Nankoku, Kochi, 783-0023, Japan (Kochi Prefecture Department of Agricultural Promotion Division, Marunouchi 1-7-52, Kochi, Kochi, 780-0850, Japan);

*Shikoku Research Institute Inc., Yashimanisimachi 2109-8, Takamatsu, Kagawa, 761-0113, Japan)

緒 言

近年、日本の施設加温栽培では、燃油価格の高騰により、暖房費節減のためヒートポンプ空調機の普及が急速に進んでおり、2014年時点で約1,500haの施設に約3万台が導入されている(林, 2015)。ヒートポンプ空調機の利用は主に暖房費節減が目的であるが、一部では湿度制御を目的にした利用法も検討されている(松尾, 2014)。一般的な農業用のヒートポンプ空調機は暖房機能および冷房機能を有している。暖房を行い施設内の温度を上昇させると相対湿度は低下する。しかし、ヒートポンプ空調機が十分な暖房能力を有していない場合、大きな相対湿度低下効果は認められにくい(馬場, 2009)。一方で、冷房運転を行うと10馬力クラスのヒートポンプ空調機では1時間あたり20L以上の除湿量になることもあり、絶対湿度は低下する。しかし、冷房除湿では温度も低下することから、作物病害の発生と密接に係る相対湿度は制御できないことが多い(馬場, 2009)。これらの問題点を解決するため、山本・工藤(2010)は施設内にヒートポンプ空調機4台を設置し、うち2台を暖房運転、別の2台を冷房運転させることで、温度を下げることなく相対湿度を制御し、ピーマン黒枯病を防除している。

本試験では、ヒートポンプ空調機の暖房装置としての利用に加え、より効率的に施設内の相対湿度

度を低下させて病害を防除することを目的に、林(2015)を参考にヒートポンプ空調機の除湿装置としての利用を検討した。その結果、ハウス内の相対湿度低下が認められ、ナスすすかび病の発病が減少したので、詳細を報告する。

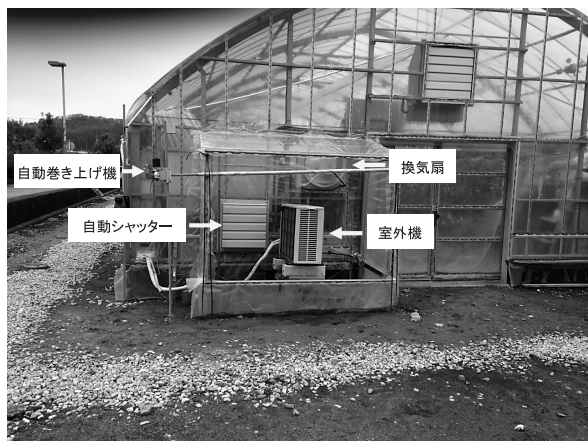
材料および方法

1. ヒートポンプ空調機の設置概要

高知県農業技術センター内のプラスチックハウス(面積1.1a, 軒高2m, 以下ハウス)2棟を用いて試験を実施した。2014年9月4日にナス(穂木, 土佐鷹: 台木, 台太郎)を1棟当たり46本定植(畦間1.8m×株間0.5m)し、主枝3本仕立てで栽培した。いずれのハウス内にも暖房機(KT-150, 昭和産業製: 熱出力41kw)を設置して、温度を11℃に設定した。

一方のハウスにヒートポンプ空調機(室内機, PK-RP40KA8: 室外機PUZ-ERP40SKA6, 三菱電機製: 暖房能力4kw)を設置した。室外機はハウス外に張り出し状に設置した高さ2m, 幅2m, 奥行き1mの小型プラスチックハウス(以下, 小型ハウス)内に設置した。小型ハウスの前面のプラスチックフィルムは自動巻き上げ機(くるファミAce, 誠和。)を用いて自動開閉式とした。また、ハウスと小型ハウスとの間に換気扇(EWF-45ESA, 三菱電機製)と電動シャッター(PS-

50SMTA, 三菱電機製)を設置した(第1図)。



第1図 ヒートポンプ空調機設置ハウスの状況

2. 温度および相対湿度の制御法および推移

ヒートポンプ設置ハウスでは、2014年11月7日以降、ハウス内温度が13℃まで低下すると14℃に上昇するまでヒートポンプ空調機による暖房を行った。この際、プラスチックフィルムを巻き上げることで小型ハウスの前面を開けた状態にし、自動シャッターは閉じ、換気扇は停止させ、室外機は屋外の空気を吸気するようにした。また、ハウス内温度が13℃を超える条件で相対湿度が90%に上昇すると、85%に低下するまでヒートポンプ空調機による暖房を行った。この際、小型ハウスのプラスチックフィルムを下げることで前面を閉じた状態にし、自動シャッターは開け、換気扇を稼働させ、室外機は栽培ハウス内の空気を吸気し、排気した空気をハウス内に送り込むようにした。

ハウス内の温度および相対湿度は、2014年11月11日12時から12日12時までの間、栽培環境測定装置(ハッピー・マインダー、四国総合研究所製)を用いて、1時間ごとに測定した。

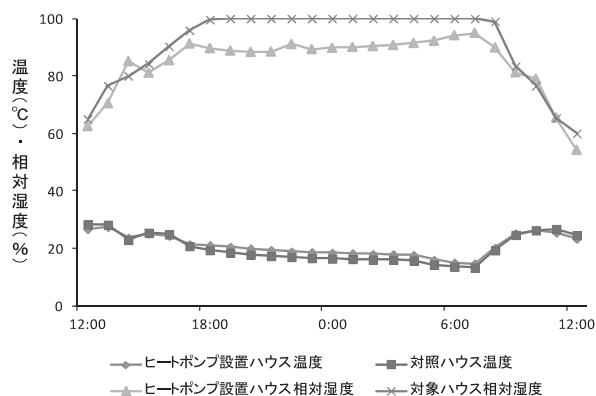
3. ナスすすかび病の発病推移

2014年11月20日、12月19日、2015年2月2日および3月18日に、あらかじめ選定した連続した5株、2箇所の計10株の主枝を対象に、ナスすすかび病の発生状況を発病程度別に調査した。発病程度は、0:発病なし、0.5:発病葉率3%未満、1:発病葉率3%以上10%未満、2:発病葉率10%以上25%未満、3:発病葉率25%以上50%未満、4:発病葉率50%以上とし、発病度は Σ (発病程

度別主枝数 \times 発病程度) / (総調査主枝数 \times 4) \times 100により算出した。

4. ヒートポンプ空調機の経済性

2014年11月7日から2015年3月11日の間に、暖房機が消費した灯油量と、ヒートポンプ空調機設置ハウスにおけるヒートポンプ空調機の稼働に要した電気使用量を調査した。また、灯油については、経済産業省資源エネルギー庁公表の2014年12月22日の店頭価格を基に100円/L、電気料金については、四国電力(株)の低圧電力、その他季を基に14円/kwhとし、暖房およびヒートポンプ空調機設置ハウスの除湿に要した経費を算出した。



第2図 温湿度の推移

注) 2014年11月11日12時から12日12時までの間、1時間間隔で測定した。

結果と考察

1. 温度および相対湿度の推移

ヒートポンプ空調機の除湿装置としての利用が認められた期間の温湿度の推移を第2図に示した。温度は両ハウス間でほとんど差は認められなかった。ヒートポンプ空調機が暖房運転中は、室内機側は凝縮器となり熱を放出して空気を加温し、室外機側は蒸発器となり熱を吸収して空気を冷却する。このため、室外機から排気される空気の温度は、吸気される空気より低くなる。したがって、ハウスの中では暖房が行われるが、換気扇により小型ハウスからハウス内に冷風が送られたことから、両ハウス間で温度差はほとんどなかったものと考えられた。

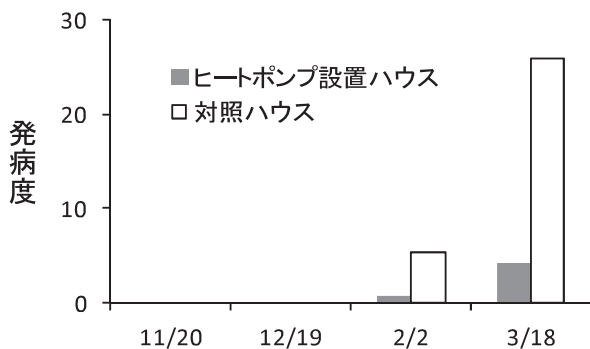
ヒートポンプ設置ハウスにおける相対湿度は、

11月11日12時から17時の間、暖房機のみハウスの湿度はほぼ同程度で上昇した。11月11日18時から11月12日8時の間は、暖房機のみハウスの湿度はほぼ100%であったが、ヒートポンプ空調機設置ハウスでは88%から94%の間で推移した。11月12日9時から12時の間は、再びほぼ同程度で下降した。すなわち、ヒートポンプ空調機設置ハウスでは、暖房機のみハウスの湿度と比較して、最大12%程度の湿度の低下が認められた。室外機で冷媒が吸熱する際に、室外機の熱交換器を通過する空気が露点温度以下になり結露が発生し、絶対湿度が低下する。この空気が小型ハウスからハウスに送り込まれる一方で、ハウス内では温度変化がほとんどない、すなわち飽和水蒸気量の変化がほとんどないことから、相対湿度が顕著に低下する結果になったと考えられた。

2. すずかび病の発病推移

すずかび病の発病推移を第3図に示した。2014年11月20日および12月19日には、いずれのハウスでも発病は認められなかった。その後、ヒートポンプ設置ハウスでの発病度は、2015年2月2日に0.8、3月18日に4.2、暖房機のみハウスの場合は2015年2月2日に5.4、3月18日に25.8となった。すなわち、2月から3月にかけて、暖房機のみハウスの発病が急増したが、ヒートポンプ空調機設置ハウスでの発病程度の増加は緩慢であった。

山口(2002)は、ナスすずかび病の病原菌接種から発病までの期間は、高湿度条件で栽培するほど短くなると報告している。今回の試験において、



第3図 ナスすずかび病の発病推移

注) 主枝を対象に、発病程度を程度別に調査し、発病度を算出した。発病程度0：発病なし、0.5：発病率3%未満、1：発病率3%以上10%未満、2：発病率10%以上25%未満、3：発病率25%以上50%未満、4：発病率50%以上、発病度=Σ(発病程度別主枝数×発病程度) / (総調査主枝数×4)×100

ハウス内相対湿度がほぼ100%となる時間帯において、ヒートポンプ空調機の湿度制御が稼働することによって相対湿度を最大12%程度低下させることができ、このことが本病の急激な発病増加の抑制につながったものと考えられた。

3. ヒートポンプ空調機の経済性

暖房機のみハウスの場合は暖房のために99,400円の灯油を消費した。ヒートポンプ空調機設置ハウスでは、ヒートポンプ空調機と暖房機のハイブリッド方式暖房により灯油料金は54,800円に減少した。一方で、暖房および除湿のためにヒートポンプ空調機を稼働させた電気料金は44,240円となった。したがってヒートポンプ空調機設置ハウスで暖房および除湿のために要した経費は99,040円となり、両ハウス間で大きな差は認められなかった(第1表)。

第1表 燃油および電力消費量および金額

	灯油消費量(L)	灯油料金(円)	電力消費量(kwh)	電気料金(円)	消費金額(円)
ヒートポンプ設置ハウス	548	54,800	3,160	44,240	99,040
対照ハウス	994	99,400	-	-	99,400

注) 消費金額は、灯油100円/L、電力14円/kwhで算出した。

今回、試験を実施したヒートポンプ空調機の利用による湿度制御技術は、無制御の場合とほぼ同じ温度推移を示しながら相対湿度を低下させることが可能である点で、冷房による湿度制御技術より優れている。また、本法は理論上、ヒートポンプ空調機1台の稼働で、山本・工藤(2010)の方法の暖房1台、冷房1台の計2台のヒートポンプ空調機の稼働とほぼ同等の除湿能力があり、非常に効率的である。今後、より規模の大きい試験条件で実用性を検証した後、本技術の普及を図っていきたい。

摘 要

ヒートポンプ空調機を暖房装置に加え、除湿装置としても利用し、湿度制御によるナスすずかび病の防除効果を検討した。

1. ヒートポンプ空調機による湿度制御時には、

- 最大12%程度の相対湿度の低下が認められた。
2. すずかび病の発病抑制効果が認められた。
 3. ヒートポンプ空調機設置ハウスの暖房および除湿に要した燃油代および電力料金は、暖房機だけのハウスの暖房に要した燃油代とほとんど差がなかった。

引用文献

- 馬場 勝 (2009)：第19章 除湿・湿度制御利用. 施設園芸におけるヒートポンプの有効利用 (林真紀夫編), 農業電化協会, 東京：105～109.
- 林真紀夫 (2015)：(4) ヒートポンプ. 施設園芸・植物工場ハンドブック (後藤英司ら編), 日本施設園芸協会, 東京：149～162.
- 松尾 定 (2014)：佐賀県の施設キュウリにおけるヒートポンプの利用. 施設と園芸, 165：17～21.
- 山口純一郎 (2002)：ナスすずかび病の発生生態と防除に関する研究. 佐賀県農業試験研究センター研究報告, 32：1～103.
- 山本敬司・工藤りか (2010)：ピーマンの施設栽培におけるヒートポンプ利用の効果. 農業電化 2010別冊特別号：42～46.