

寒冷地の施設野菜栽培における太陽熱の有効な蓄熱暖房の実用化試験

——水槽熱交換方式による環境特性——

佐々木 丈夫・高橋 伸・庄子 孝一・日野 義一*

(宮城県園芸試験場・*宮城県農業センター)

Practical Trial on Effective Utilization of Solar Heating for Vegetable
Culture under Structure in the Cold District

—— Environmental conditions under water-air heat exchange system ——

Takeo SASAKI, Naoshi TAKAHASHI, Kōichi SHŌJI and Giichi HINO*

(Miyagi Prefectural Horticultural Experiment Station・
*Miyagi Prefectural Agricultural Research Center)

1 は し が き

化石エネルギーの逼迫と価格高騰により、寒冷地における施設園芸は重大な危機に直面している。東北の気象環境での安定的生産を維持するため、新たな技術対策を目的として、水槽熱交換方式による蓄熱暖房について検討を行った。

2 試 験 方 法

水槽熱交換区と対照区(温風加温機による従来の方式)を設け、両区の供試ハウス規格は同一のものとし、鉄骨両屋根型FRA被覆による南北棟で、ハウス規模は間口14 m、奥行23.8 m²、床面積330 m²、ハウス側面積201.5 m²、ハウス上面積355.2 m²、屋根勾配3.5/10とした。ハウス内部の保温被覆方法は、天井部分を透明ポリ一層カーテン、サイドを透明ポリとシルバーポリトウの二層カーテンとした。

水槽熱交換装置は、ハウス両サイドに水槽(1槽当たり水量10 m³)を設置し、水槽内に内径10 cmの塩ビパイプを1槽当たり21本通して、蓄熱及び放熱用の有圧ファン(HF-50 ETB, 1台風量65 m³/min)を1槽当たり1台設置した。熱交換用塩ビパイプの床面積比は0.8である。また、水槽内にポンプ循環式攪拌器を設置、蓄熱及び放熱時に有圧ファンと連動して作動するようにした。

水槽熱交換装置の作動条件は、日中、ハウス内気温が25℃以上で蓄熱し、夜間は、ハウス内気温が13℃以下で放熱するようにした。ハウス内気温が30℃以上では天窓による換気を行い、12℃以下では温風加温機(50,000 kcal/h)で補助暖房をした。

キュウリ“ときわ光3号P型”を供試し、55年11月21日に播種、黒ダネカボチャを台木として呼接ぎを行い、12月24日に定植した。栽植距離は、ベッド幅100 cm、通路幅70 cm、株間30 cm、1条植とした。

3 結 果 及 び 考 察

水槽内の水温は、蓄熱及び放熱時に温度較差を生じ、蓄熱時には水槽南側上層部が最も高く、水槽北側下層部が最も低く、温度較差が2℃程度あり、蓄熱ロスが生じると考えられた。水槽内にポンプ循環式攪拌器を設置し、水槽内の温度較差を解消することができた。

蓄熱及び放熱に伴う水温の変化をみると、日中蓄熱後平均で4.0℃上昇し、日射量、日照時間等の蓄熱条件が良い場合は最大で7.3℃上昇した。夜間の放熱後は、平均して4.3℃下降、最大で6.8℃下降した。

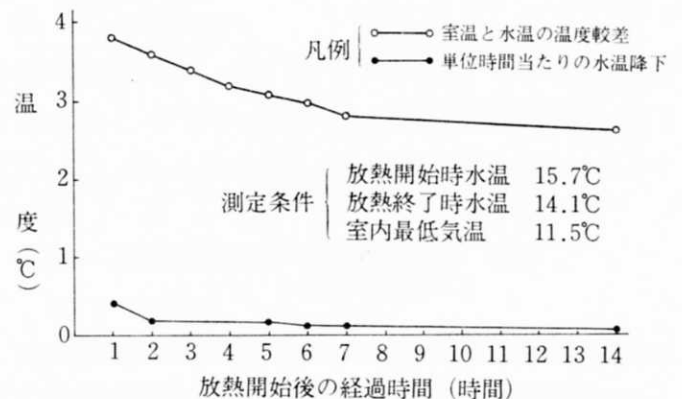


図1 水槽熱交換方式の放熱量

放熱時の単位時間当たりの水温降下の程度は、図1に示すとおり、水槽水温が室温に近づくほど小さくなり、水槽水温と室温との較差が3.0～2.8℃以下ではほとんど放熱しなくなった。温度較差が3.0～2.8℃以下になっても引き続き放熱のため有圧ファンを作動させると補助暖房の熱によって逆に水槽に蓄熱する恐れもあり、有圧ファン運転経費の点からも、放熱時の温度制御について更に検討する必要がある。

日射量と蓄熱との関係は、図2及び図3に示すとおり、屋外日総日射量と水温上昇との間に相関がみられ、蓄熱するためには284 cal/cm²・day以上必要で、被覆資材の日射

透過率 51.1% では 2 月下旬以前の水槽蓄熱は有効でないが、日射透過率の高い被覆資材を使用すれば、蓄熱可能な期間は更に前進することが期待できる。

ベッド下 20cm の深さの地温は、対照区と比較して水槽熱交換区が 3 月中旬ころまで低く、その差は平均で 1℃ であった。水槽熱交換区の地温が低いのは、水槽への蓄熱によるものと思われ、蓄熱を行っていても天窓が開くようになる 3 月中旬以降は差がなくなることと一致する。

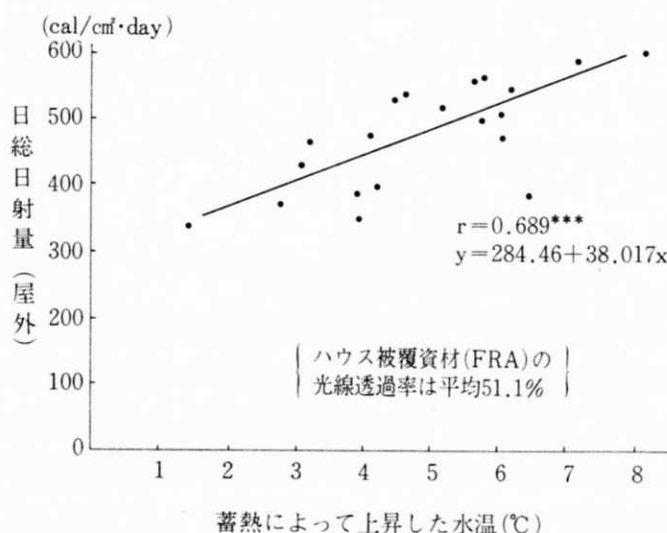


図 2 日総日射量と水温上昇との相関

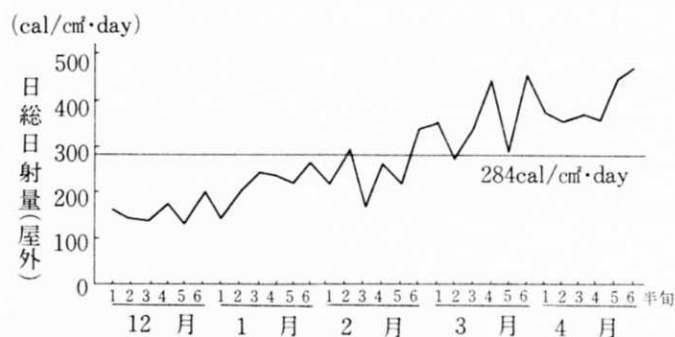


図 3 施設暖房期間中の日総日射量
(半月別平均値)

一般に地中熱交換方式では、蓄熱効率を高めるために、ハウスを密閉する時間が長くなり、ハウス内が多湿となって病害発生が多くなることが早くから指摘されていた。しかし、本試験では、一日の最高湿度は対照区がやや低いものの一日の経時変化をみると明らかな差は認められなかった。水槽熱交換区の湿度がそれほど高くなかったのは、蓄熱及び放熱時の有圧ファン作動によるハウス内空気の攪拌や、日中 30℃ 以上での天窓換気、栽培床のマルチ等が関与したためと考えられる。

キュウリの生育は、定植後、初期生育の段階から対照区がすぐれ、側枝発生、雌花着生においても同様であり、こ

れは、蓄熱による日積算温度の低下と最低地温の低下が影響したものと思われる。

a 当たり総収量は、対照区が 2,179kg に対し、水槽熱交換区が 2,047kg で 6.0% 少なかったが、良果率は両区とも 85% 台で差がみられず、果実品質も、果色、果実光沢、果揃い、ブルームの発生等で明らかな差は認められなかった。水槽熱交換区の収量が少なかったのは 2～3 月の初期収量が低かったためで、初期生育の遅延が影響したものと思われる、6～7 月の後期の収量は逆に水槽熱交換区が多かった。

灰色かび病、菌核病、斑点細菌病の発病株率、発病果率は、栽培期間を通じて両区とも低かったが、水槽熱交換区が対照区より低かった。

厳冬期の節油効果は明らかでないが、3 月の屋外日総日射量の平均値 360 cal/cm²·day で重油節減率は 24%、4 月の屋外日総日射量の平均値 397 cal/cm²·day で 60% 節減された。

曇雨天で蓄熱が不可能な場合の対策として、水槽熱交換方式では、地中熱交換方式と異なって日中の比較的気温の高い時間帯に追焚によって水槽水温を高めておいて夜間の放熱に利用することができる。追焚に使用する燃料は木質系燃料、もみ殻等自給燃料がコスト的に望ましいが、本試験では灯油ボイラーで追焚を行った。追焚装置利用の効果をみると、熱効率は低いものの、屋外最低気温が -5℃ 以下となるような厳冬期でも、放熱開始前の水温が 25.2℃ で補助暖房機の節油率は 37.8% であった。1～2 月の厳冬期には、宮城県太平洋沿岸地域での太陽エネルギー利用の蓄熱には限界があり、代替エネルギー利用の追焚との併用により、節油効果が期待される。

4 ま と め

水槽熱交換方式は蓄熱媒体に熱容量の大きい水を使うので、地中熱交換方式と比べて蓄熱媒体の容積が少なくてもよいので、蓄熱水槽はハウスサイドの通路部分を利用して設置することができる。

水槽熱交換方式は 2 月中旬以降の比較的日射量の多い条件下で一応の成果が得られたが、2 月中旬以前の厳冬期でも安価な代替燃料利用による追焚装置の活用で、重油節減が期待できる。

水槽熱交換方式で、より効率的な熱交換をはかるためには、ハウス被覆資材の種類の検討、熱交換風量の把握、蓄熱及び放熱時の温度制御等について更に検討する必要がある。