

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

— 地中熱交換方式による環境特性 —

佐々木丈夫・高橋 伸・鈴木 信隆・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 Region

— Environmental conditions under soil-air heat exchange system —

Takeo SASAKI, Naoshi TAKAHASHI, Nobutaka SUZUKI,

Kōichi SHŌJI and Giichi HINO*

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

1 は し が き

今日の世界的な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、これまで安価な石油に依存してきた施設園芸は一大転換を余儀なくされることになり、東北の気象環境の中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、地中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

地中熱交換区と対照区(温風加温機による従来の方式)の2区を設け、両区の供試ハウスは同一のものとし、鉄骨両屋根型FRA被覆による南北棟で、ハウス規模は間口14m、奥行23.8m、床面積330㎡、ハウス側面積201.5㎡、ハウス上面積355.2㎡、軒高2.25m、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。

地中熱交換装置は、ハウス南側妻面近くに、蓄熱及び放熱用の有圧ファン(HF-50 ETB, 1台風量65㎡/min)を

4台設置し、内径10cmのポリエチレンパイプを地中40cmと80cmの深さに30cm間隔で上段40本、下段40本、合計80本埋設した。

地中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13℃以下で放熱するようにした。また、ハウス内気温が30℃以上では天窓換気を行い、12℃以下では温風加温機(50,000 kcal/h)で補助暖房した。

キュウリ“ときわ光3号P型”を供試し、1月5日に播種、1月14日に黒ダネカボチャ台木に呼接ぎして、2月8日に定植し、7月5日に栽培を打ち切った。栽植距離は、ベッド幅100cm、通路幅70cm、株間30cm、1条植とした。

3 試験結果及び考察

地中熱交換装置の作動は3月8日に開始し、4月30日まで継続した。パイプ吸気口の風速は上段パイプが平均5.5m/s、下段パイプが平均6.0m/sで、パイプ1本当たりの平均風量は、上段パイプが2.6㎡/min、下段パイプが2.8㎡/minであった。パイプ80本の合計風量は216㎡/minであった。

晴天日の蓄熱時に、吸気口と吹出口気温を測定すると、図1に示すとおり、吹出口気温は吸気口気温より5～6℃

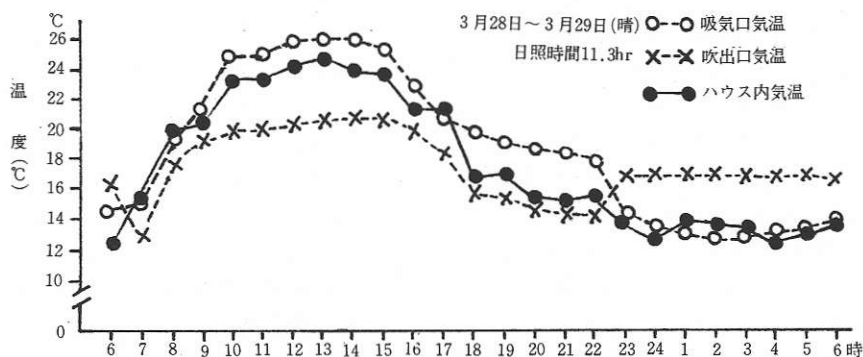


図1 地中熱交換ハウスにおける吸気口、吹出口、ハウス内気温の経時変化

低く、その較差分の熱量が地中に蓄熱され、地温を上昇させた。ベッド面から65cmの深さに埋設された上段パイプ間の地温(パイプの中心から水平に15cm離れた地点)は、蓄熱開始前と蓄熱終了後では1℃前後上昇したのに対し、対照ハウスにおける同位置の地温は、昼夜の変化がみられず一定であった。

晴天日の日中蓄熱が行われた場合、夜間の放熱時に吸気口気温と吹出口気温を測定すると、吹出口気温は吸気口気温より3~4℃高かった。地中熱交換区のパイプ埋設部の最低気温は、3月第4半旬で17.2℃、4月第1半旬で19.2℃、4月第5半旬で20.9℃あり、より効率的な熱利用を検討する必要があると考えられる。

ハウス内最高気温の推移を比較すると、地中熱交換区は3月の平均で3.3℃低く、4月の平均で1.5℃低く経過した。これは、地中熱交換区のハウス内温度が25℃以上になると蓄熱ファンが作動して、ハウス内の余剰熱を地中に蓄熱することによると考えられる。

日最高湿度を比較すると、3月の平均値は地中熱交換区が75.7%に対し、対照区は76.2%で、4月の平均値は地中熱交換区が84.1%に対し、対照区は83.9%であった。また、夜間最低湿度を比較すると、3月の平均値は地中熱交換区が57.8%に対し、対照区が66.0%で、4月の平均値は地中熱交換区が76.2%に対し、対照区は76.4%で、懸念された地中熱交換ハウスの蓄熱目的のための密閉による多湿現象及び多湿に伴う病害多発の徴候は認められなかった。これは、日中蓄熱時であってもハウス内気温が30℃以上に上昇する場合は自動天窓換気にしたこと、及び日中の蓄熱時と夜間の放熱時に有圧ファンの作動によりハウス内の空気が十分攪拌されたためと思われる。

定植後のキュウリの生育は、葉数及び最大葉の葉長、葉幅については差が認められなかったが、草丈の伸長速度は対照区が早く、したがって地中熱交換区のキュウリは節間がつまって締りのある生育様相を示した。

10アール当たり収量は、図2に示すとおり、地中熱交換区が21.1トンに対し、対照区が22.2トンで、地中熱交換区の収量が対照区より5.0%低かったが、初期収量の差が総収量に影響を及ぼしたと思われる。

病害は主として灰色かび病と菌核病を重点的に調査したが、その結果は表1に示すとおりである。地中熱交換区で病害の発生が少なかったのは、ハウス内が多湿にならなかったことが1つの大きな要因であると考えられる。

地中熱交換区の重油消費量は、3月8日から3月31日の期間で528.7ℓで、対照区と比較して30.7%節減され、4月1日から4月30日の期間では209.4ℓで50.1%節減された。3月は4月と比較して、日中の日射量が少ないため蓄

熱量も少なく、また、夜間の最低外気温も低く経過するため、節減率が低かったと考えられる。

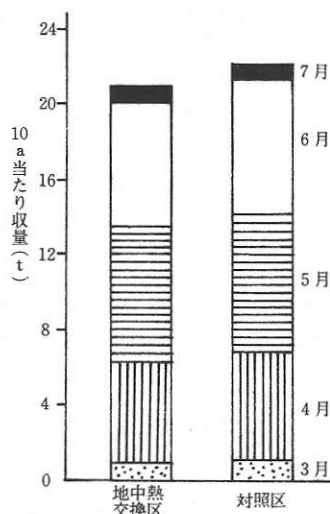


図2 10a 当たり時期別収量

表1 灰色かび病及び菌核病の発病果率調査

病 害 名	調査月日	地中熱交換区		対 照 区	
		調査果数 (果)	発病果率 (%)	調査果数 (果)	発病果率 (%)
灰色かび病	4月8日	1,310	1.3	1,210	0
	4月23日	3,567	1.5	3,786	0.1
	5月7日	4,392	1.9	4,786	0.1
	5月28日	3,903	2.0	4,258	0.4
菌 核 病	4月23日	3,567	0	3,786	0.2
	5月7日	4,392	0	4,786	0
	5月28日	3,903	0	4,258	0

4 ま と め

本試験では、比較の日射量の多い3~4月について、地中熱交換方式の一応の成果が得られたが、重油消費量の節減率をより高めるには、さらに効率的な熱交換を行う必要がある。そのためには、循環風量の増大、熱伝導率が高く強度のあるパイプの選定、地中熱交換装置の放熱ファンサーモと補助ボイラーサーモとの合理的な連動操作法、日中蓄熱開始時のハウス内気温の設定基準の把握、土壌水分と土壌比熱の関係等について、さらに検討することが必要である。