

暖地における地中熱交換ハウスの実用化試験

第2報 促成ピーマン栽培における実用性

平木永二・佐野 洋・竹前 彬・高橋英生・江藤忠育(宮崎県総合農業試験場)

HIRAGI, E., H.SANO, A.TAKEMAE, H.TAKAHASHI and T.ETO: Plastic House Heating by a Soil-Air Heat Exchange System in the Temperate Climate Area, Kyushu. 2. On the Forcing Culture of Sweet Pepper

暖地における地中熱交換ハウスの蓄熱能力、気象特性を解析し、実用化に必要な資料を得るため、本年は促成ピーマンについて検討したのでその概要を報告する。

1. 試験方法

①供試施設：ビニールハウス，単棟，南北方向，床面積206㎡(8.6×24.0m)，壁面積366㎡，保温比0.56，マルチ(透明ビニール，0.075mm)使用 ②保温被覆の方法：透明ビニール(0.075mm)＋2層カーテン(0.075mm，透明ビニール) ③作物の種類：ピーマン(新さきがけみどり)，播種1980年8月20日，定植10月4日，収穫10月20日～1981年5月31日，栽植密度200×50cm(100本/a)，施肥量(kg/a)：堆肥400，N5.6，P₂O₅4.5，K₂O4.5，苦土石灰15 ④暖房方法：地中熱交換＋補助暖房(温風暖房機) ⑤暖房設定温度：地交ファン18℃，補助暖房16℃ ⑥地中熱交換システムの概要：送風機架台65×65cm，送風機：有圧換気扇径50cm(KF-50ETB)2台，200V，400W パイプ：ポリエチレン製，内径100mm，埋設深度：70，80cmの上下2段，千鳥方式，埋設間隔44cm，妻面立上り間隔22cm，メインパイプ(ポリエチレン)径50cm，地交ファンの制御：日中25℃以上，夜間18℃以下で運転，但し補助暖房機運転時は停止，換気扇は日中32℃以上で運転 ⑦土質：細粒灰色低地土，但しパイプ周辺は砂質土 ⑧対照区の仕様：ビニールハウス，床面積132㎡(6.0×22.0m)，南北方向，保温比0.54，透明ビニール(0.075mm)＋2層カーテン(0.075mm，透明ビニール)，暖房方法：温風暖房，マルチ(透明ビニール，0.075mm)使用

⑨ハウス内外における観測気象要素並びに観測器具(○印が観測)

観測項目 及び場所	ハウス中央 (及び外)		気 温		地 温		日 射 量	純 放 射 量	地 中 伝 熱 量	風 速
	気 温	湿 度	送 風 口	送 風 出 口	ハウス 中央 (10cm)	パイプ 埋 より (10cm)				
測定器具	測 温 体	測 温 体	測 温 体	測 温 体	電	電	エネ コ ン ト メ ー タ	純 放 射 計	熱 流 板	熱 線 風 速 計
地中熱交換 ハウス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
対照ハウス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
外	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

⑩油量計：ドリップメータ(0.1～50l/h)

2. 結果及び考察

地中熱交換ハウス内の気温及び地温の旬別温度経過をみる。ここで地交ハウスと対照ハウスの気温についてみ

ると最高気温はほぼ大差なかったが，最低気温では地交ハウスが12月上旬～2月上旬にかけて平均すると15.7℃とやや低く，3月以降は高温に経過した。次にパイプ壁から10cm(水平方向)の地温は10月下旬～11月中旬には26～27℃程度あったが，12月上旬から下り始め，最高地温は1月中旬～下旬にかけて21～22℃と最も低くなった。そしてこの時期の最低地温は18～19℃程度迄下った。また，パイプ壁から10cmの地温日較差(平均)は12月中旬～2月上旬が最も大きく3.0℃となったがこの時期，夜間の地交ファンの運転時間は昼間のその2倍程度あった。またハウス中央地温(10cm)は地交ハウスが対照ハウスより全般にやや高めで経過しているが，11月下旬～2月上旬は最高地温では両ハウスともほぼ同じ22～24℃であるのに最低地温では地交ハウスの方が19～21℃と対照ハウスより2℃程度低く，この期間の地交ハウスでの地温日較差は3.1℃となった。作物の生育状況は，地交ハウス内の場所による差は認められず，12月上旬には葉面積指数も3.0に達した。次に月ごとの収量を第1表に示す。ここで収量は月ごとの山があるものの地交ハウス1.4t/a，対照ハウス1.3t/aとなりわずかに増収した。ただ

第1表 月別収量(kg/a, 個/a)

処理	月	10	11	12	1	2	3	4	5	計
		ハウス 地 交	①重量 個数	21.4 669	129.1 5,122	170.4 6,985	140.1 6,158	168.8 5,743	244.1 8,801	196.1 8,252
ハウス 対 照	②重量 個数	8.8 226	120.2 4,105	131.6 5,504	149.8 6,712	219.4 8,518	190.3 8,656	221.8 9,834	210.4 11,428	1,285.3 55,012
①/②×100		243	107	127	94	77	128	88	137	109

1～2月は対照ハウスと比べて落ち込みが大きいようだが，これはハウス内気温・地温等の影響と考えられる。また地交ハウスと対照ハウスとは規模が異なるが200㎡に補正して〔A重油95円/l，電気料金(低圧電気料金の場合：基本料金1150円，21円/kW)，(農用電気料金の場合：基本料金610円，12円/kW)とする〕，燃料消費量を第2表に示す。表より10～4月では燃料で60.8%の

第2表 ピーマン栽培中の燃料消費量(l:200㎡当り)及び電力消費量(kW:地交ハウス)

項目	重油消費量(l)		①/②×100	電力消費量(kW)	
	①地交ハウス	②対照ハウス		日 中	夜 間
10	0	0	0	75.3	8.4
11	0	98.7	0	208.7	71.0
12	179.2	423.7	42.3	220.5	440.6
1	281.9	446.4	63.1	222.8	395.6
2	82.8	256.5	32.3	191.7	272.5
3	11.4	174.4	6.5	181.8	163.5
4	1.4	18.7	7.5	215.7	25.7
計	556.7	1,418.4	39.2	1,316.5	1,377.3

節油となるが、電気料金を低圧電気用として考慮すると同程度の経費 (農電として考慮すると63.7%) となり、今後地交ファンを高温作物に使う場合は、効率的な運用方法が検討される必要がある。次に、ハウス内への日射量透過率を第3表に示す。表より透過率は1重2層被覆状態で53~61%程度迄変化している。これはハウス被覆面 (ビニール) そのものの汚れもあるが、太陽高度の影響が大きいと考えられる。また、12、1月は日射量自体少ないが、透過率が小さいのでハウス内日射量は一層少なくなった。また地中熱交換システムによる蓄熱量 (晴天日) 及び放熱量を第4表に示す。表より蓄熱量は2月

第3表 晴天日における地交ハウス内外の日射量 (cal/cm²・day)

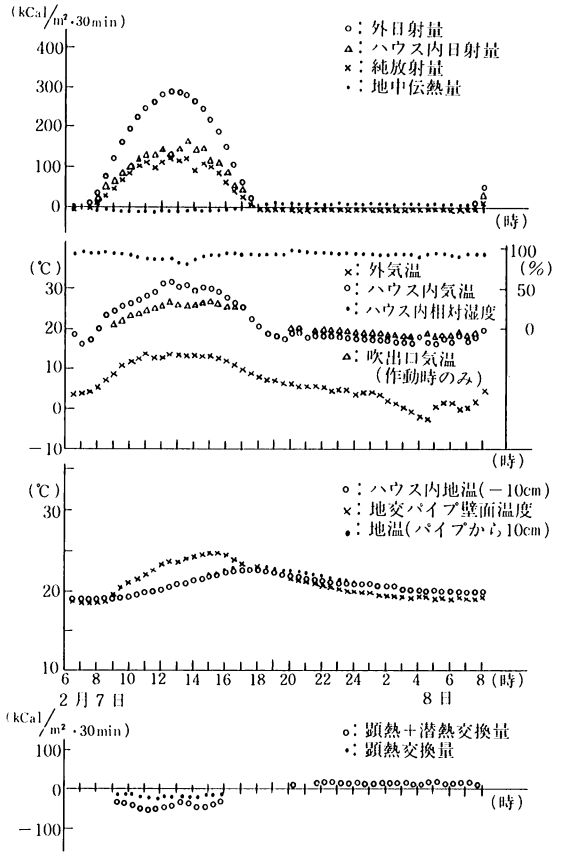
月日	① 外日射量			② ハウス内日射量			③ ハウス内純放射量		
	cal/cm ² ・day	cal/cm ² ・day	②/①×100	cal/cm ² ・day	cal/cm ² ・day	③/②×100	cal/cm ² ・day	cal/cm ² ・day	③/②×100
11月15日	312.2	177.5	56.9	137.2	43.9	77.3			
12月30日	293.0	156.3	53.3	108.3	37.0	69.3			
1月22日	327.2	177.5	54.2	134.6	41.1	75.8			
2月27日	458.3	260.5	56.8	176.3	38.5	67.7			
3月17日	503.0	301.5	59.9	210.9	41.9	70.0			
4月21日	603.6	366.1	60.7	265.6	44.0	72.5			

※被覆：一重2層状態

第4表 地中熱交換システムによる蓄熱量及び放熱量 (Kcal/day)

月日	2月2日	2月7日	2月8日	2月10日
蓄熱量	118,328	123,039	115,779	100,551
対日射量比	16.6	16.2	14.8	13.0
月日	12月29日~30日	1月5日~6日	2月7日~8日	2月8日~9日
放熱量	56,187	61,794	71,952	52,956
対日射量比	11.5	10.3	9.5	6.8

で外日射量の13~17%程度あるのに対して、放熱量1~2月) は7~12%程度 (対外日射量比) しかなかった。そして、蓄熱量の中では潜熱による蓄熱量が顕熱によるその約1.3倍となっており、換気した時よりしない時の方がこの比が大きくなった。また地交ファン運転中におけるパイプ吹出口の平均風速が5.3m/sとなったのに対して、ハウス内の風速分布 (高さ50, 150cm) は0.2~0.7m/sで、ハウス内30カ所の平均風速は0.3m/sとなり昨年とほぼ同じ結果となった。最後に地中熱交換ハウス内外各気象要素の代表的日推移を2月7~8日について第1図に示す。この図より、ハウス内の相対湿度は、日中地交ファン作動時には85~92%で、また換気扇作動時には78~80%で経過している。夜間では、補助暖房機作動時に一時的に下るものの90~96%で経過している。ただ、このような多湿条件が病害の原因となるようなことは認められなかった。また、この日の日射量(外)は367.9cal/cm²・dayであったが、日中 (8時~17時) における地中



第1図 地中熱交換ハウス内外各気象要素の日推移 (2月7日~8日)

伝熱量は15.9cal/cm²・9hourで日射量 (外) の4.3%であるのに対して、夜間 (17時~8時) の地中伝熱量による地中から地表面への伝熱量は14.9cal/cm²・15hourで、日射量(外)の4.1%となり、日中ハウス床面から蓄えられた熱量にほぼ匹敵する熱量が夜間ハウス床面から放熱されていた。

3. まとめ

地中熱交換ハウスを用いてピーマンの促成栽培を試みた結果、収益性を考慮した場合、ピーマンのような高温性作物を地中熱交換システムだけで栽培することは困難であり、適正規模の補助暖房を併用することが必要と考えられる。そしてその場合、効率的な方式、運用方法とともに地中熱交換システムに適した栽培方法も今後検討される必要がある。