

温室メロン栽培における大型温室の利用に関する研究(2)

誌名	静岡県農業試験場研究報告 = Bulletin of Shizuoka Agricultural Experiment Station
ISSN	0583094X
著者	勝野, 留雄 木村, 進
巻/号	32号
掲載ページ	p. 17-22
発行年月	1987年12月

温室メロン栽培における大型温室の利用に関する研究

(第2報) 温風暖房機利用法の検討

勝野留雄*・木村 進*

I 緒 言

静岡県における温室メロンの生産は冬期の光環境を確保するためスリークォータ型温室を利用すると共に栽培ベッドも階段状として利用している。このため、温室一棟当りの面積も 100~150m²と小型温室で年間作付けを4回以上としている。現在メロン生産は増加傾向にあり競争力を持たせるためにも、省力と規模拡大への対応が必要となっている。このため、大型温室、自動かん水装置及び温風暖房機の利用法等一連の検討を進める必要があった。本報告はその研究の一部として実施したものである。

温室メロンは加温温度が高く、内外気温差で 20°C 余りにも及んでいる。従って大きな加温設備を持ち、この設備状況が悪いと気温むらを生じ、特に生育の早い温室メロンでは気温むらが生育や品質に大きく影響することがあるので、均一な温度確保が必要である。

現在は均一な温度確保のために温湯暖房の利用が一般化しているが、一棟当りの温室面積を拡大して利用する場合には、設備費や運転経費の軽減も当然考えなければならない。本報告はフェンロー型の大型温室利用における温室内気温分布の均一化、暖房機からの気流及び湿度環境等温室メロン栽培において温風暖房機利用上配慮しなければならない事項について、1985年から、'86年までの2カ年にわたって検討した結果である。

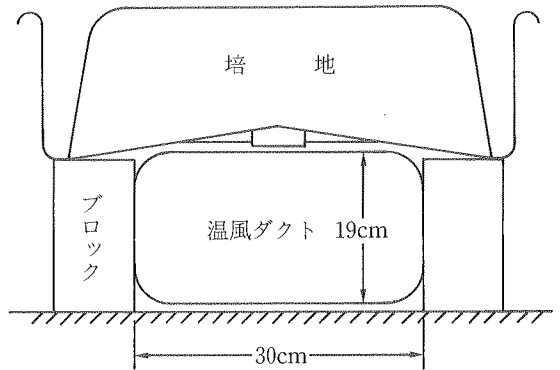
II 材料及び方法

1. 温室内気温分布の均一化

(1) ポリエチレンダクトの熱貫流率調査

メロン温室において温風暖房機を利用する方法として、第1図に示したようにFRP製の栽培ベッド下の両側にコンクリートブロックを並べ、この空間にポリエチレンダクトを置いて放熱させた。本調査ではこの状態と

地表面上におけるポリエチレンダクトの熱貫流率を求めた。



第1図 栽培ベッドと温風ダクト

供試ダクトは折径 40 cm、厚さ 0.1 mm、長さ 15 m とし、内部風速は 2.0, 3.5, 5.0 m/s の三段階とした。ダクト内の温度は 2 m 間隔で 7 点において 2 分ごとに 20 分間測定した。同時に周辺気温 2 点も測定し、次式により熱貫流率を求めた。

$$K = \ln \frac{t_x - t_o}{t_{x_0} - t_o} \times \frac{G \times 0.288}{-\pi \times D \times L} \dots\dots\dots(1)$$

K : 熱貫流率 (kcal/m²・h・°C)

t_x : ダクト出口温度 (°C)

t_{x₀} : ダクト入口温度 (°C)

t_o : 室内気温 (°C)

G : 風量 (m³/h)

π : 円周率

D : ダクトの直径 (m)

L : ダクトの長さ (m)

(2) ダクト配置と気温分布の均一化の検討

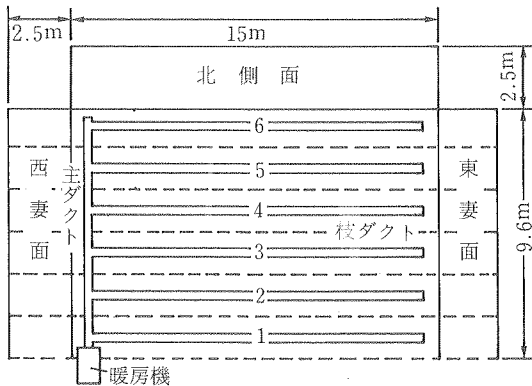
*施設部

第1表 供試温室の仕様

形式	間口 (m)	奥行 (m)	面積 (m ²)	棟高 (m)	軒高 (m)	表面積 (m ²)	内部カーテン
フェンロー	19.2(6連棟)	15.0	288.0	3.48	2.72	519.2	アルミ蒸着フィルム一層

第1表に示したフェンロー型温室において、長さ12mのFRPベッド(第1図)を12列並べた。さらに、暖房機を西側中央に設置し、南北方向に折径58cm、厚さ0.1mmの主ダクトを取り付け、この主ダクトより各ベッド下に枝ダクトを配置した。

暖房機から出る熱を均一に分配するため、室内を妻・側面を含めて12等分し(第2図点線)、それぞれ点線内を1区分として、各区分内における温室外への放熱分はその中にあるダクトからの放熱によって賄えるようにした。



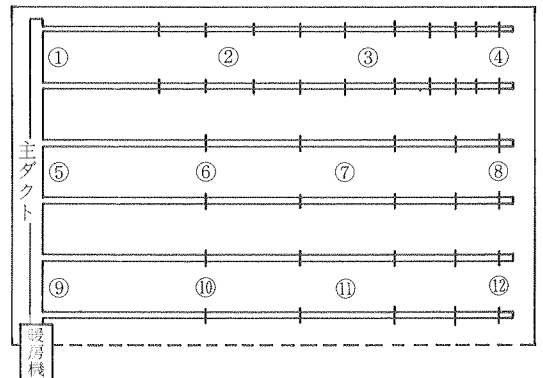
第2図 ダクトの配熱区分
(北側図示)

区分は12等分としたが、暖房機を中心に南北が対称になるので、実際には北側6区分の計算を行った。

計算は各区分ごとに温室外への放熱量を求め、次いでダクト表面からの放熱量を算出し、温室外への放熱量に満たない熱量分をダクトに穴をあけて賄った。各区分における必要穴個数及び実際にあけた穴個数は第2表に示した。

ダクトにあけた穴の位置は第3図に示したが、穴の位

置はダクト末部3分の2の長さにあけ、配熱区分1~4では末端を含め11個ずつとしたが、6は穴数が多くダクトの膨らみが失われるので、この分を5のダクトにあけることにし、それぞれ10個ずつ追加した。



第3図 ダクト穴あけ位置と気温測定位置
(| 印は両側2個穴あけ、北側図示)

さらに気温分布を均一化するため、温風暖房機内仕切板の利用、暖房機運転用温度センサの通風、配熱区分6に2本のダクト使用、南北側面にアルミ蒸着フィルムの追加による保温力の増強等を行い室内気温の均一効果を検討した。

温室内の気温は24カ所(第3図は北側半分を図示)において、高さ1.5mに熱電対を取り付け2分間隔で測定した。なお、気温分布は南北対称とみなし1986年には北側半分の測定とした。

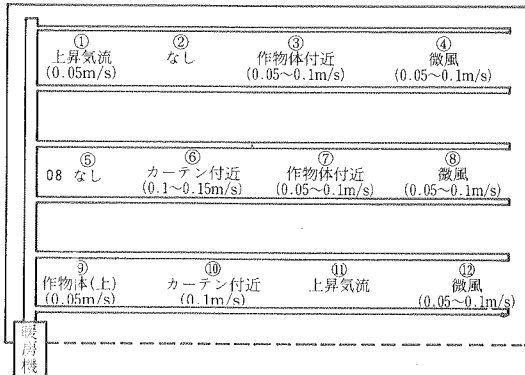
2. 気流および湿度環境調査

温風暖房機をメロン栽培に利用する場合、気流や湿度

第2表 ポリエチレンダクトによる熱量の配分

項目	配熱区分						備考
	1	2	3	4	5	6	
温室表面貫流熱量(kcal/h)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	4,344	熱貫流率2.5kcal/m ² ・h・°C, Δt=25°C
ダクト表面放熱量(kcal/h)	1,322	1,301	1,280	1,259	1,239	1,217	熱貫流率(kcal/m ² ・h・°C)主3.7, 枝4.3
穴1個当り放熱量(kcal/h)	123	121	119	117	115	113	$\pi \times (0.05)^2 / 4 \times 0.288 \times \Delta t \times 2.5 \times 3,600$
必要穴個数	5.5	5.8	6.1	6.3	6.6	27.7	穴の寸法直径5cm, 穴出入口風速2.5m/s
ダクトにあけた穴個数	11	11	11	11	21	21	

に変化があるかどうかを調べておく必要がある。まず気流調査は、ダクト穴から吹き出す強い気流について、吹き出し方向 50 cm 間隔に測定した。この測定は気温を熱電対で、風速を熱線風速計で行った。温室内の気流は温室北側半分の 12 カ所において、線香を焚いて風向を調べ、風速を熱線風速計により調査した。



第4図 気流調査（北側）

湿度環境については、特に気流があるため作物体からの蒸散に影響があるものと考えられたので、スリークォータ対比により蒸発量を調査した。調査は直径 5 cm、深さ 5 cm のプラスチック容器に水を入れ、この上に直径 9 cm の FRP の板を置き、上面に直径 9 cm のろ紙を載せ、この中心に穴をあけてろ紙から布を吊り下げ、常時ろ紙面を濡れた状態において、ろ紙面からの蒸発量¹⁾により判断した。調査時刻は 17 時から翌朝 8 時までとし、フェンロー型温室では暖房機と同列のベッド上及び通路に設置し、対照としたスリークォータ型温室では生育ステージの異なる 3 室において暖房管から離れた入口、中央及び奥部のベッド横に置いた。なお、気温及び相対湿度は 7 日巻き乾湿計により測定した。

III 結果及び考察

1. 室内気温分布の均一化

(1) ポリエチレングラウトの熱貫流率調査

第3表はダクト内温度を距離別に測定したものを、対数回帰式によって表わしたもので、相関係数は 0.9 以上の値を示していた。栽培ベッド下のコンクリートブロックは等間隔で、ダクトとベッドとの接触も同じになるよう留意したが、十分でなかったためか、相関係数は地表上に置いたものに対し僅かに低くなった。

第3表 ダクト内温度変化と熱貫流率（1985）

ダクト設置場所 ダクト内風速(m/s)	地 表 面			栽培ベッド下		
	2.0	3.5	5.0	2.0	3.5	5.0
定数項(A)	44.1	44.3	42.9	38.3	39.8	41.8
対数回帰 回帰係数(B)	-2.34	-1.74	-1.41	-2.04	-1.76	-1.50
相関係数(r)	-0.94	-0.96	-0.97	-0.92	-0.89	-0.92
熱貫流率(kcal/m ² ・h・°C)	3.40	3.90	4.03	3.75	4.30	4.90

(注) 対数回帰式は $y = A \times B \cdot \ln x$ で表せ、x = 距離(m), y = 温度(°C)

ポリエチレングラウトの熱貫流率はダクト内風速の増加につれ大きくなる傾向が見られた。また、ダクトをベッド下に置いたほうが、地表面上に置く場合より大きい値を示し、コンクリートブロックや栽培ベッドへの大きい熱流が認められた。

(2) ダクト配置と気温分布の均一化の検討

ポリエチレングラウト設置当初の気温分布は第4表に示したように気温むらが多く見られ、気温範囲も 6.4°Cにも達していた。特に南北方向の気温差が目立ち、平均気温で南側が 1.2°Cも高い値を示していた。この原因を調べたところ温風暖房機の出口温度に差が認められ、南出口の温風温度が 51.5°Cに達する時、北出口の温風温度は 45.0°Cと低いことが判った。これは南出口が燃焼バーナに近くなるために起こる現象で、この改善のため仕切り板を取り付けて、空気を迂回させ温風の出口温度を同程度にした。改善後気温範囲も 4.8°Cに縮小し、南北の気温差も 0.3°Cとなった。

さらに、暖房機用温度センサの気温感知を早めるため約 3.0 m/s の通風を行ったところ、温度範囲は 4.0°Cに縮小し、さらに均一度が高められる結果となった。

第4表 温風暖房時における気温分布調査（1985）

測定条件	調査 期日	室内気温(°C)					北半分気温(°C)		南半分気温(°C)		南北気温差 (°C)
		平均	標準偏差	最高	最低	範囲	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
設置直後	2. 2	24.5	1.17	28.2	21.8	6.4	23.9	0.88	25.1	1.13	1.2
仕切板改善後	2.27	25.9	0.99	28.1	23.3	4.8	26.0	0.93	25.7	1.05	0.3
通風センサー利用	2.27	25.4	0.86	27.3	23.3	4.0	25.5	0.77	25.3	0.92	0.2

第5表 側面カーテンの補強及び内外気温差の違いによる気温分布の変化(1986)

測定条件	調査期日 (月・日)	平均気温 (°C)	標準偏差 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	気温範囲 (°C)	外気温 (°C)	内外気温差 (°C)
側面ダクト2本(内外気温差大)	3・1	22.3	0.56	23.8	21.2	2.6	4.2	18.1
〃 2本(内外気温差小)	4・21	23.4	0.76	25.3	22.0	3.3	15.9	7.5
〃 1本(北側アルミフィルム追加)	3・1	22.3	0.62	23.5	20.9	2.6	1.8	20.3

1986年には、配熱区分5のダクトの穴数を1～4の穴数と同一とし、区分6にダクトを1本追加して2本とし、この追加ダクトの穴は元部より等間隔に10個開けて利用した。また、追加ダクトの使用を止めて、この熱量減少分をアルミ蒸着カーテン1層を側面につけて保温性を高めるようにした。この結果側面にダクトを2本つけるか、またはアルミ蒸着フィルム等で側面の保温性を高め、熱貫流量を軽減することも均一化に役立つことが伺われた。

温湯暖房では内外気温差が小さくなくても、配管内に入る温湯量が同じになると、室内気温が異常に高く²⁾なって、室温の制御がしにくくなることがある。第5表は温風暖房機を使用した時の内外気温差が18.1°C及び7.5°Cにおける室内気温変化について示した。この結果内外気温差が小さくなると室内の気温範囲は大きくなる傾向が見られたが、その範囲は小さく、問題になるほど大きくならないことが推察された。

以上の結果、内外気温差の大きい温室において均一な気温分布を得るには、枝ダクトを穴あきとして利用し、その穴数及び面積はダクト表面からの放熱量の不足分を賄うように算出し、ダクト末部3分の2の位置にあける方法で良かった。この場合、温室側面の枝ダクトは1本では熱量不足となるので、2本ダクトとし、うち1本の穴を末部まで均一にあけるか、またはダクトを追加する代わりに不足する熱量分を保温力のあるアルミ蒸着フィルムの1層を側面に追加する方法がよかった。また、温度センサへの通風も室内気温の均一化に効果的であることが伺われた。

第7表 温風暖房機利用温室における蒸発量(1985)

対象温室	平均気温 (°C)	相対湿度 (%)	飽差 (mmHg)	場所別蒸発量(mm)				備考	
				1	2	3	平均		
スリー クォータ	例1	22.4	70	6.09	0.52	0.76	0.96	0.76	場所 1は温室の入口部 2は中央部 3は奥部
	例2	23.1	76	5.09	0.53	0.53	0.64	0.57	
	例3	20.5	80	3.61	0.53	0.58	0.44	0.52	
フェンロー	例1	22.1	83	3.39	0.43	0.46		0.45	場所 1は中央畝上(東) 2は1近くの通路 3は暖房機近く
	例2	22.1	91	1.80	0.42	0.86	0.42	0.57	

2. 気流及び湿度環境調査

ダクトから出る気流は出口付近で6 m/sと大きかったが、1.0 mも離れば1.2 m/sまで低下し、栽培ベッド間隔が1.6 mあるので、気流が隣接畝に影響することは少ないものと思われた。一方、温風は気温が高められることによって相対湿度が低下するので、1.0 m離れた所では10%程度低下し、70%程度になっていたものと思われる(第6表)。

第6表 ダクト温風吹出し穴部の気流調査(1985)

ダクトからの距離(m)	0	0.5	1.0	1.5	備考
温風温度(°C)	41.8	30.5	28.2	27.0	室内気温 26.5°C
推定湿度(%)	34	62	66	77	室内湿度 80%
風速(m/s)	6.0	2.0	1.2	0.6	

夜間に相対湿度の低いことが必ずしも悪影響を及ぼすとは考えられないが、これが継続的になると体内水分の不足をもたらす恐れもあり、作物には温風を直接当てないほうが無難と思われた。本温室ではダクト穴から出る温風が直接作物を直撃しないようにするため、栽培ベッドの側面より塩ビフィルムを垂らした。

以上のように塩ビフィルムによって放出を抑えた状態にして、室内の気流を温室北側12カ所において調査した。この結果、暖房機の送風ファン近くで大きな気流が見られた以外は、上昇気流または最大0.15 m/s程度の横気流が見られる程度で、作物栽培上支障になる要因は

認められなかった。

夜間における相対湿度は温湯暖房のスリークォータ型温室に対し、むしろ高い値を示し、飽差では小さく算出された。第7表の飽差と蒸発量の関係を見ると両暖房方式とも大部分が一定の範囲にあったが、フェンロー型温室において飽差が1.8 mmHgと小さいにもかかわらず、通路上に置いた1点だけが0.86 mmHgと大きい蒸発量を示していた。この原因は蒸発量測定装置がダクトから出る温風に直接触れたためと考えられる。

以上の結果、温風暖房機を使用するため生ずる気流のうち、最も大きいのはダクト穴からのものであり、相対湿度も低めとなるので、ダクト穴から出る気流が作物と直接接触しないよう注意することが必要である。この注意が払われれば気流及び湿度環境としては従来から利用している温湯暖房機と同じような利用ができるものと思われる。

IV 摘 要

1. ポリエチレンダクトの熱貫流率は栽培ベッド下で大きくなり、風速3.5 m/sの時4.3 kcal/m²・h・°Cで

あった。

2. 温風暖房機からの熱配分は栽培ベッド下のポリエチレンダクトにより行ったが、内外気温差が大きい場合は穴あき法にすることにより均一化がはかられた。穴はポリエチレンダクト表面からの放熱量の不足分をまかない、枝ダクトの末部3分の2にあけ、温室側面はダクトを2本とするか、側面にアルミフィルム等を余分に付けて保温性を高める必要がある。また通風センサの利用は気温むらの軽減に役だった。
3. ダクトから出る気流は大きいので、直接作物に当たらない配慮が必要であり、これがなされれば温湯暖房機利用のスリークォータ型メロン温室と同じ環境を得ることが可能と思われる。

引用文献

- 1) 大後美保 (1981). 農業気象学通論, 養賢堂: 376~381.
- 2) 静岡農試 (1982). 昭和57年度試験成績書: 25.
- 3) 高田泰米 (1967). 暖房及び空気調和, 山海堂: 185~187.

Studies on large scale greenhouse for the cultivating muskmelon

II. Utilization of hot-air heater

Tomeo KATSUNO and Susumu KIMURA

Summary

1. The heat transmission coefficient of polyethylene duct was larger in the case of setting it under the cultivating bed than that between the two beds. Under the cultivating bed, value of heat transmission coefficient was $4.3\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$. When the wind velocity out of the greenhouse was 3.5m/s .
2. Heat from the hot-air heater was distributed through the polyethylene duct under the cultivating bed. It was necessary to make holes on polyethylene duct when thermal difference between inside and outside the greenhouse was large.

Deficiency of heat from the surface of polyethylene duct was supplied by the holes which were made at 2 parts from the end of the duct. It was necessary to use two polyethylene ducts at the side-wall of greenhouse or to use the aluminum film in order to raise the heat insulation of the greenhouse. Using of ventilated thermometer was useful for minimizing temperature difference in the greenhouse.

3. It was important to avoid exposing crops to direct wind from the duct. Under this condition, it may be possible to use hot-air heater in the Venlo type greenhouse as well as hot water heater.