

畦面被覆の微気象に関する研究

VIII ハウス栽培における植被と黒色ポリエチレンフィルムが地温に及ぼす影響*

鈴木 晴雄, 橋本 利之**, 宮本 硬一

STUDIES ON THE MICROCLIMATE OF THE MULCHED ROW SURFACE

VIII Effects of canopy and mulching with black polyethylene film on the soil temperature in plastic greenhouse*

Haruo SUZUKI, Toshiyuki HASHIMOTO** and Koichi MIYAMOTO

Summary

The purpose of this paper is to investigate the effects of mulching by black polyethylene film and a canopy on the soil temperature in plastic greenhouse.

The house and mulching materials had made use of translucent chloroethylene film (0.075 mm thick) and black polyethylene film (0.04 mm thick), respectively. Regulation of transmissivity of solar radiation was conducted with a model canopy made of lawns. The rows in the house and an open field were mulched, the model canopies were set and the cucumber cv. 'Shinko' was planted. This experiment was made from December in 1980 to July in 1981. The results obtained are as follows.

(1) In the plastic house, the net radiation and sum of latent and sensible heat fluxes on the row of mulched plot (No. 1) had increased 11-12 percent than that of unmulched one (No. 7) on May 18. But the soil heat flux of mulched plot had decreased 6 percent than that of unmulched one.

(2) The soil temperature difference (mulch-no mulch) as effect of film mulching on the soil temperature (-5 cm) was gained without regard to amount of solar radiation in the plastic house. But in the open field, it was gained with 26-123 cal cm⁻² day⁻¹ of solar radiation. And so, the temperature effect of mulching is remarkable in the plastic house.

(3) The ratios of diurnal range of soil temperature of mulched plots to that of control (no canopy or no canopy and no film mulch), which are the single effect of model canopy and the compound effect of canopy and mulching on soil temperature, were decreased with transmissivity of solar radiation was reduced in the house and the open field.

(4) The more the growing period was early, the more the effect of cucumber canopy on soil temperature in house was great, whether was mulching or not. And in the case of whole growing period, the effect of temperature in unmulched plot was greater than that of mulched plot.

本実験の目的は、ハウス内の畦面被覆栽培におけるフィルムマルチと植被が地温へ及ぼす影響を、微気象的に明らかにすることである。

ハウスには透明ビニール(厚さ0.075mm)を、マルチには黒色ポリフィルム(同0.04mm)を用いた。日射の抑制は、寒冷紗の枚数を調節した植生模型によった。ハウス内と露地にはそれぞれマルチと植生模型を設置し、マルチと日射抑制の各単独効果、及びそれら両者による複合効果を、主に地温を中心にみた。また、キュウリ“新光”を栽

* 昭和57年5月12日 日本農業気象学会全国大会にて発表

** 現在: 兵庫県経済農業協同組合連合会

植して植被の影響も検討した。

実験は、1980年12月より翌年7月に行った。

1) ハウス内の熱収支をみると、純放射量では日中、マルチの方が無マルチより12%も多く(4月18日)、顕・潜熱伝達量もマルチの方が11%多かった。しかし、地中伝導熱量では逆にマルチの方が無マルチより6%低かった。

2) マルチの単独効果を最高、最低、平均地温(地下5cm)でみると、露地(無孔フィルム)のマルチでは日射量が $26\sim 123 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ において地温効果(マルチ-無マルチ)が得られたのにハウスではそれが $0 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ でも効果が認められ、マルチによる地温上昇が顕著であった。

3) マルチと日射抑制(植生模型)による地温効果を地温日較差比からみると、日射抑制の単独効果、及び日射抑制とマルチによる複合効果のいずれの場合も、日射を強く制御するほど日較差比は小さくなるが、ハウスと露地間では大差がなかった。

4) ハウス栽培におけるキュウリ(植被)の地温に対する影響は、マルチ、無マルチともに生育の初期ほど大きい。生育全般を通じては無マルチの方がマルチより大きかった。

1. ま え が き

この実験はハウス栽培における畦面被覆の効果、つまり、フィルムマルチと植被の地温に対する影響について、微気象的にその特性を明らかにしようとして、トンネル栽培⁽¹⁾に引き続き行ったものである。

トンネル栽培においては、黒色フィルムマルチと植被の各単独効果、及びマルチと植被の複合効果を、主に地温の面からみた。

それによると、フィルムマルチによる地温上昇の効果は、トンネル内の方が露地の場合より少ない日射量でより大きいこと、寒冷紗を用いた植被の模型によって日射透過率を低下させた場合、その地温日較差比は小さくなるが、その程度はトンネル内の方が露地よりわずかに小さいこと等が得られた。

本実験では、トンネル被覆の場合と異なった容積、保温比をもつビニールハウスにおいて、マルチと植被による地温効果をみようとした。

なお、この実験は、昭和55年度・56年度の文部省科学研究費補助金(一般研究C)によって行ったものである。

2. 実験区の設定及び測定方法

実験は、香川大学農学部構内圃場において1980年12月より翌年7月にかけて行った。

実験区はハウスと露地に区分し、さらにマルチの有無、日射の抑制(寒冷紗の植生模型による調節)、植生(キュウリ)を組み入れて、次の計6区を設定した。各区の供試条件は、Table 1に示した。

A: ハウスマルチ・日射抑制区 (No. 1~7, No. 1は日射抑制の対照区)

B: 露地マルチ・日射抑制区 (No. 8~14, No. 8は対照区)

C: ハウスマルチ・植生区

D: ハウス無マルチ・植生区

E: 露地マルチ・植生区

F: 露地無マルチ・植生区

植生としてはキュウリ(品種:新光)を用い、 $30 \times 100 \text{ (cm)}$ の栽培距離で4月28日に定植、7月8日まで慣行に準じて栽培した。日射を抑制する植生模型は、黒色の寒冷紗(ティジン AE 135, T-600)を各区の畦面上10cmの高さに木枠($60 \times 100 \text{ cm}$)で水平に固定した。マルチについては黒色ポリエチレンフィルム(幅135cm, 厚さ0.04mm)で畦面を被覆し、各区の畦(畦長は10.0m, 畦幅1.0m, 畦高20cm)はすべて東西方向にした。有孔ポリフィルムは、径5.5cmの植穴が $20 \times 30 \text{ cm}$ の距離であけられている。ハウスは、奥行11.0m, 間口3.9m, 棟高2.15mの空間を、透明ビニールフィルム(厚さ0.075mm)で被覆した(保温比0.51)。

実験期間中の微気象観測については、Table 2に一括して示した。地温、土壌水分及び蒸発量は12月25日より連続的に観測し、熱収支項は4月18日と6月8日に24時間観測を実施した。なお、5月以後の日中には、ハウス内では高温になるため、適宜、肩換気を行った。

Table 1. Treatment in each plot

House	Plot	Open field	Mulch	Planting hole	Number of lawns	Transmissivity of solar radiation***	Cucumber canopy
A	B	No. 1	No. 8	*	0	100	
		No. 2	No. 9	*	1**	75	
		No. 3	No. 10	*	1	63	
		No. 4	No. 11	*	2	39	
		No. 5	No. 12	*	4	12	
		No. 6	No. 13	*	*	0	100
		No. 7	No. 14	*		0	100
C			*	*		*	
D				*		*	
	E		*	*		*	
	F			*		*	

*: Treatment; mulch material used black polyethylene film 0.04 mm thick, and the diameter of planting holes was about 5.5 cm.

** : Meshes of lawns was enlarged.

***: Measured on May 23 (12: 00) 1981.

Table 2. A list of the observation

Items	Plots	Points	Methods
Soil temperature	A(No. 1-No. 7), B(No. 8-No. 14), C, D, E, F	5 cm depth	Thermocouple
Air temperature	C, D and observation field	1.0 m height	Thermocouple
Humidity	C, D and observation field	1.0 m height	Thermocouple
Soil moisture	A(No. 1, 3, 5, 6, 7), B(No. 8, 10, 12, 13, 14), C, D	5 cm depth	Glass filter block
Evaporation	A(No. 1, 6, 7), B(No. 8, 13, 14), C, D	row surface	Evaporimeter
Solar radiation	In house and at observation field	2.0 m height (Plot A)	Pyranometer (Noushidenshi)
Transmissivity of solar radiation	C, D	row surface	Pyranometer
Net radiation	A(No. 1, 7), B(No. 8, 14), C, D	50 cm height	Net exchange radiometer
Soil heat flux	A(No. 1, 7), B(No. 8, 14), C, D	soil surface	Soil heat flow meter

3. 結果及び考察

3.1 マルチの有無と熱収支

ハウスにおけるマルチの有無によって、アルベドがどのような影響をうけるかをみると Table 3 のとおりで、4月18日の晴天の場合、マルチ区の方が無マルチ区より4.5%減少しており、それが露地では5.9%に拡大されていた。この差は、ハウスではビニールフィルムを透過した日射の散乱光の割合が、露地よりも大きくなったためと考えられる⁽²⁾。また、ハウスと露地のマルチ区では約7%で大差はなかった。しかし、無マルチ区ではハウスで11.2%、露地で13.2%であった。

こうした傾向は、6月8日でもみられた。

Table 3. Albedo (%) and solar radiation on the row surface in the experimental plots

	House (A)		Open field (B)		Solar radiation (cal cm ⁻² day ⁻¹)
	Mulch (No. 1)	No mulch (No. 7)	Mulch (No. 8)	No mulch (No. 14)	
Apr. 18 1981	6.7	11.2	7.3	13.2	462
Jun. 8 1981	8.5	13.4	8.4	16.0	537

Table 4. Daily amounts of heat balance components in house (plot A) and an open field (plot B) in cal cm⁻² day⁻¹.

	House (A)						Open field (B)						
	Mulch (No. 1)			No mulch (No. 7)			Mulch (No. 8)			No mulch (No. 14)			
	R _n	B	L+V	R _n	B	L+V	R _n	B	L+V	R _n	B	L+V	
Apr. 18	+	272.1	59.6	215.9	244.0	63.2	195.1	319.7	72.2	255.2	310.4	98.3	215.2
	-	33.5	33.1	3.8	16.1	30.4	0	49.1	48.4	8.3	50.2	39.1	14.3
	Σ	238.6	26.5	212.2	227.9	32.8	195.1	270.6	23.8	246.9	260.2	59.2	200.9
Jun. 8	+	287.5	64.0	227.5	247.8	101.5	157.1	335.7	77.4	261.4	263.6	117.6	147.4
	-	28.5	32.3	0.2	18.8	29.6	0	56.9	46.6	13.4	51.1	43.3	9.2
	Σ	259.0	31.7	227.3	229.0	71.9	157.1	278.8	30.8	248.0	212.5	74.3	138.2

R_n: Net radiation, B: Soil heat flux, L: Sensible heat flux, V: Latent heat flux, Σ: Daily total of each component.

次に、熱収支各項の値は、Table 4 のとおりである。これら熱収支項の符号は、純放射の場合、天空から地面に与えられるときを正に、他の収支項は、地表面から地上地下の両側へ熱が流れるときを正とした。顕熱伝導量と潜熱伝達量の和は、熱収支の残余として算出した。なお、マルチ区 (No. 1, 8) の潜熱 (V) はゼロと考え、フィルム自体の温度変化に使われる熱量は、微少のため省略した⁽¹⁾。

a) 純放射

日中の純放射量は4月18日の場合、ハウス、露地ともにアルベドの低いマルチ区 (No. 1, 8) のものが無マルチ区 (No. 7, 14) より3~12%多かった。この傾向は、日射量の多い6月8日になると一層顕著となって、マルチ区は16~27%増であった。

夜間のハウスでは、マルチ無マルチの差が大きく、マルチは無マルチの1.5~2.1倍であった。これは、夜間における露地の風速が平均約1.0m (4月18日)、1.5m (6月8日) であるのに対し、ハウスでは無風状態であることから、ハウス内のマルチ区は無マルチ区よりフィルムと土壌表面との密着度が高くなり、その結果、有効放射量が多くなったものと考えられる。

露地のマルチ無マルチ間の差は4月、6月ともほとんど無く、ほぼ 50 cal cm⁻² day⁻¹ 程度であった。

日総量についてみると、日中の受熱量が大きく影響し、ハウス、露地ともにマルチ区の方が無マルチ区より4月18日では4~5%、6月8日では13~31%も大きかった。

b) 地中伝導熱量

伝導熱量は4月18日の場合、ハウス、露地ともに日中はマルチ区より無マルチ区の方が大きく、ハウスでは6%、露地は36%、それぞれ増加した。また、6月8日も、ハウス、露地ともにマルチ区より無マルチ区の方が大きかったが、両無マルチ区とも52~59%増であった。

このハウスにおけるマルチ無マルチの差の大小には、実験期間中のハウスの換気状態が、関連するものと考えられる。すなわち、4月18日における密閉したハウス内ではほぼ無風となったので、マルチ無マルチの差は露地におけるよりも小さくなったものと考えられる。4月18日の露地においては平均 0.9ms⁻¹ の微風があり、その結果、露

地のマルチ区では風によってフィルムと地表面間に空気層が生じ, 無マルチの裸地に比べて地中伝導熱量はかなり小さくなり, 6月8日も同じであった⁽³⁾。一方, 6月8日のハウスでは肩換気をしていたので, ハウスと露地とは類似の条件となり, 結局, マルチ—無マルチの関係が露地と同じになったものと思われる。

また, ハウスと露地との比較では, 日中は全体的にハウスの方が露地より少なかった。

夜間の場合は, 4月, 6月ともにハウスと露地のマルチ—無マルチの差はそれほど大きいものでなく, トンネルの場合を含むこれまでの報告^(1,3) とほぼ同じであった。

次に, これら各区の伝導熱量を, 貯留比で示すと Table 5 のようになる。4月18日の値をみると, ハウス内のマ

Table 5. Storage ratio (B_0/R_n) in the experimental plots

	House (A)		Open field (B)	
	Mulch (No. 1)	No mulch (No. 7)	Mulch (No. 8)	No mulch (No. 14)
Apr. 18	0.22	0.26	0.23	0.32
Jun. 8	0.22	0.41	0.23	0.45

ルチ区では無マルチ区より15%減少しており, 露地ではマルチ区の減少程度が若干大きく29%となり, フィルムマルチと土壤表面の間にある空気層による顕著な断熱作用がみられた。6月8日では日射量が多いこともあって, 両区間の差はさらに拡大した。

なお, 4月18日と6月8日の比較から, ハウス, 露地ともマルチ区の貯留比は大同小異であり, したがって日射量の多少によってこれは大きく変動しないようである。

c) 顕・潜熱伝達量

日中における畦面への顕・潜熱伝達量は, 4月18日のハウスの場合, マルチ区は無マルチ区より11%増であった。しかも, マルチ区の値 ($215.9 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) はそれが被覆処理であることから, ほぼすべてが顕熱伝達量と考えられる。また, マルチ区の顕熱伝達量が無マルチ区より多いことは, 日中, 無マルチ区の地面温度が 44.0°C (5月20日12時) に対し, マルチ区のフィルム表面温度が 58.4°C であったことによっても示されている。

露地のマルチ区と無マルチ区では, ハウスのものよりそれぞれ18, 10%増であるが, マルチの有無による傾向はハウスの場合と同様, マルチ区が無マルチ区より大で, 既往の結果⁽³⁾ と同じであった。

6月8日におけるマルチの有無が顕・潜熱伝達量に及ぼす影響は, 4月18日の場合よりさらに顕著であり, マルチ>無マルチの傾向はハウス及び露地ともに変わらなかった。

なお, 夜間におけるマルチの有無の影響は, ハウス, 露地ともに小さかった。

以上, ハウスではマルチによって日中の純放射量が特に多くなること, 地中伝導熱量は逆にマルチ区の方が無マルチ区より少なくなり, 顕熱伝達量では純放射と同様にマルチの方が多くなること等が得られた。なお, 地中伝導熱量では換気の影響もみられた。また, ハウスと露地の比較では, 各取支項とも全体的にハウスの方が小さかった。

3.2 マルチと日射抑制の地温に対する効果

3.2.1 マルチの効果

ハウスと露地におけるフィルムマルチの地温に対する効果をみるため, それらの半旬平均の最高, 最低および平均地温についてマルチと無マルチの地温差を求め, それと日射量との関係を Fig. 1 に示した。

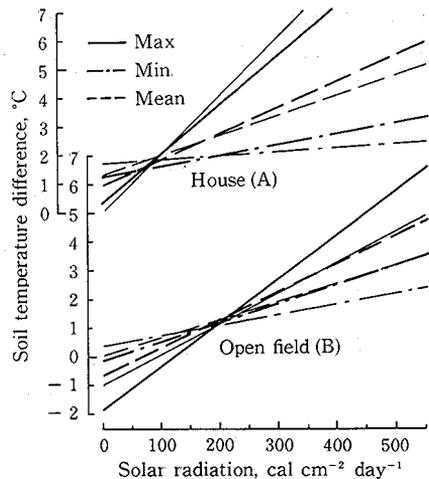


Fig. 1. Dependence of five-day mean of soil temperature (-5 cm) difference between two plots on solar radiation.

Bold line: House (No. 1–No. 7) and open field (No. 8–No. 14),
Fine line: House (No. 6–No. 7) and open field (No. 13–No. 14).

これによると全般的にハウス、露地とも日射量の増大に比例して、マルチによる地温上昇の程度も大きくなり、トンネルの場合⁽¹⁾と同じ傾向である。

a) 無孔フィルムの場合

ハウス、露地とも日射量の増大に伴うマルチ区の温度上昇率(変化係数)は、最高>平均>最低の順であったが、その程度には差があり、最高地温ではハウスと露地はほぼ同じ上昇率である。しかし、最低地温では、露地の方がハウスの場合より上昇率が增大した。また、ハウスにおいては日射量の多少に関係なく、マルチ区が無マルチ区より高温となり、顕著な昇温効果が得られた。しかし、露地においては若干ハウスの場合と異なっている。すなわち、露地の最高地温では $123 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 以上の日射量で昇温がみられ、最低地温では $26 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 以上、平均地温では $72 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 以上の場合にそれがみられた。

以上、ハウスの昇温効果を示す日射量の限界は、トンネルの場合と若干異なっている。トンネルではマルチ区の最高、最低、平均の各地温が無マルチ区より昇温を示すのは、日射量がそれぞれ $81, 41, 84 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 以上の場合であった。ハウスでは前述したように、いずれも $0 \text{ cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 以上でそれが認められている。

このハウスとトンネルとの差異については、後述のようにそれぞれの保温比が0.51, 0.37であること、換気の有無、実験期間の相異(ハウスは1980年12月~1981年7月、トンネルは1981年1月~4月)等が関係したと考えられるが、これらの点については今後、詳細に検討する予定である。

b) 有孔フィルムの場合

ハウスの最高地温について、日射量の変化に対する関係直線の変化係数を比較すると、有孔フィルムは無孔フィルムの18%増の 2.00×10^{-2} であるが、平均地温、最低地温では逆にそれぞれ24% (0.68×10^{-2}) 減、68% (0.12×10^{-2}) 減であった。露地においては、有孔フィルムの変化係数は無孔フィルムの32%減で、平均地温、最低地温でもそれぞれ37%、46%小さく、日射量の変化に対するマルチ下の地温変化は、無孔の場合よりも有孔の場合の方が小さく現われている。

以上のように、フィルムの植穴の有無により地温効果に差があること、ならびにハウスにおいてはマルチによる地温上昇効果が露地の場合より著しいこと等が得られた。

3.2.2 日射抑制の効果

a) 半旬平均値

寒冷紗を用いた植生模型(ハウス: No. 2~5, 露地: No. 9~12)による日射抑制の地温に対する効果をハウスと露地でみると、Fig. 2 のようになる。それは、日射抑制の各区と対照区(裸地)の地温差と、対照区の地温との関係を

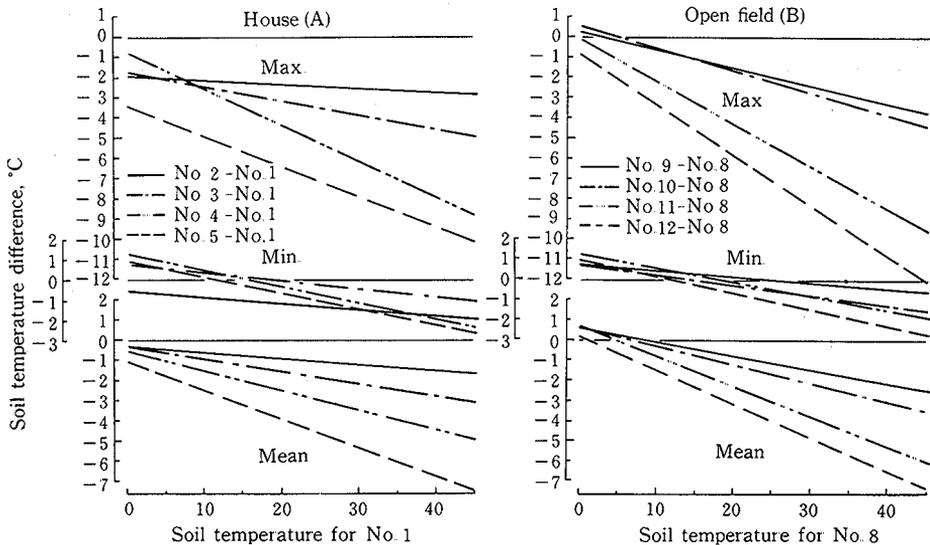


Fig. 2. Change in soil temperature difference (-5 cm) between respective plot and the control (house: No. 1, open field: No. 8) as influenced by the soil temperature for the control plot (five-day mean).

回帰式を基にして求めた。

ハウスの場合, 最高地温 (12月~7月, No. 1 では 16.8~42.3°C の変動幅) での日射抑制の効果は, 対照区の地温が高くなるほど日射を抑制した区の地温は低下した。ただ, 透過率が75% (No. 2) と63% (No. 3) では露地の場合より, 日射の抑制効果は若干大きい, 透過率39% (No. 4) と12% (No. 5) では逆にそれが小さくなった。

最低地温 (同 5.3~27.8°C) では, ハウスの場合, 処理区と対照区との地温差が比較的小さく, 期間中, どの区も4°Cの変動幅であった。また, 各処理区の地温差がゼロになるところ—対照区との交点—は, 対照区の地温でいうと10~20°Cの範囲 (No. 2 以外) にある。このように, 処理区によって多少の違いはあるものの, 大体 10°C 以下になれば, マルチの保温効果が示される。

なお, 地温の効果を1日の平均でみると (同 9.6~33.5°C), 対照区の地温が高いほど日射抑制の影響は大きい, 地温が低下するほど対照区との地温差は減少した。

一方, 露地における日射抑制が地温に及ぼす影響は, 既報⁽⁴⁾の場合とほぼ同じ傾向を示し, 昼間では対照区の地温がかなり低くても認められる。

以上のように植生模型がマルチ下の地温に及ぼす効果は, ハウス被覆の有無で大差はなかった。また, ハウスの夜間における保温効果はトンネルの場合⁽¹⁾ほど大きくはなかったが, これは主に土壌水分の相違にあると考えられる。

Table 6 によると, ハウスにおける土壌含水率のマルチ—無マルチの差は, 露地の場合と比較して2%程度で大差

Table 6. Soil moisture (-5 cm) in the experimental plot. Plots are the same as in Table 1

Plot	House (A)		Plot	Open field (B)	
	Mean	C. V.		Mean	C. V.
No. 1	29.8	24.1	No. 8	29.7	9.4
No. 3	28.8	27.9	No. 10	31.1	11.1
No. 5	29.4	23.3	No. 12	35.5	20.4
No. 6	29.8	9.6	No. 13	28.0	11.9
No. 7	18.3	21.6	No. 14	22.0	31.0

はなかった。ところがトンネルの場合ではそれが大きく, トンネルの方が露地よりも5.5%も高かった。こうしたことから, ハウスの保温効果がトンネルほど顕著でない点が理解されよう。

b) 日較差比

日射抑制 (植生模型) の地温に対する効果は, 地温の日較差でもみることができ, ハウスと露地について, 処理区の日較差を対照区 (ハウス: No. 1, 露地: No. 8) の日較差で割った, いわゆる日較差比を求めた。それは Table 7 の Ratio (1) のとおりである。なお, Ratio (2) はマルチと植生模型の複合効果を示すもので, 後述する。

Table 7. Ratios of diurnal range of soil temperature (-5 cm) in treated plots to those of controlled

Plot	House (A)		Plot	Open field (B)	
	Ratio (1)	Ratio (2)		Ratio (1)	Ratio (2)
No. 2	0.81	0.90	No. 9	0.81	0.89
No. 3	0.73	0.81	No. 10	0.82	0.89
No. 4	0.56	0.62	No. 11	0.55	0.60
No. 5	0.47	0.52	No. 12	0.44	0.48
L.S.D. (5%)	0.02	0.03	L.S.D. (5%)	0.02	0.06

Ratio (1): Effect of model canopy, control; No. 1 (house) and No. 8 (open field). Ratio (2): Total effect of film and model canopy, control; No. 7 (house) and No. 14 (open field).

これによるとハウス, 露地とも, それぞれにおける日射抑制の程度による地温効果には明かな区間差を認めるが, ハウスと露地の差は余りはっきりしていない。これは, トンネル栽培の場合と若干異なっている。この原因も前述と

同様 (3. 2. 2), 土壌水分によるものであろう。

また, これら地温の日較差比と日射透過率との関係は, 次式で示される。

$$R_M = 0.61 \cdot T_R + 0.36 \quad (r = 0.99^{**}) \quad (1)$$

$$R_0 = 0.66 \cdot T_R + 0.34 \quad (r = 0.98^{**}) \quad (2)$$

ただし, R_M , R_0 はそれぞれハウスと露地における地温日較差比 (No. 2~5/No. 1, No. 9~12/No. 8) であり, T_R は各区 (No. 2~5, No. 9~No. 12) の日射透過率を示す。それによると, 両区の差はほとんど無いが, いずれも日射透過率と地温日較差比とは比例関係であり, 既報⁽⁴⁾の結果と一致している。

3. 2. 3 マルチと日射抑制の複合効果

a) 半旬平均値

マルチと日射抑制 (植生模型) による地温の複合効果をみるため, 前記 (3. 2. 2) と同様, 処理区 (ハウス: No. 2~5, 露地: No. 9~12) と対照区 (ハウス: No. 7, 露地: No. 14) の地温差と, 対照区との関係を求め, Fig. 3 に示した。

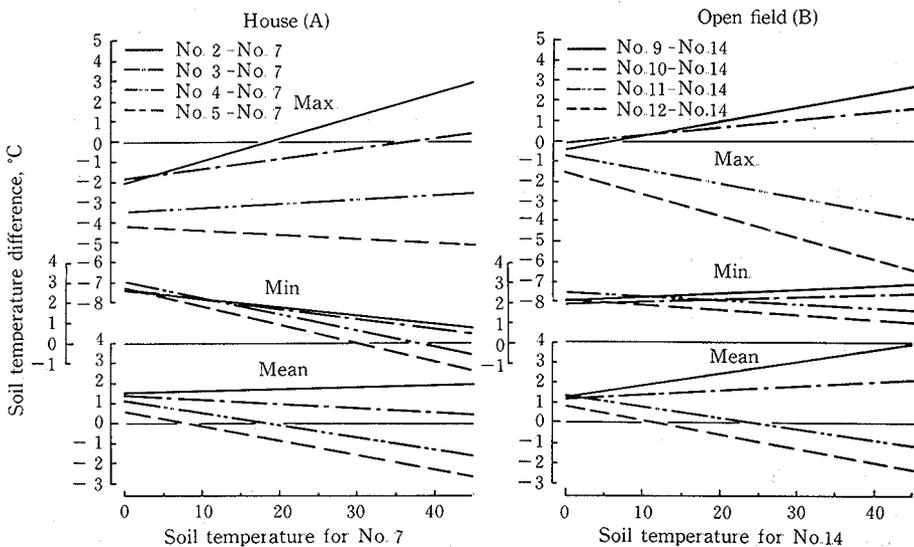


Fig. 3. Change in soil temperature difference (-5 cm) between respective plot and the control house: No. 7, open field: No. 14) as influenced by the soil temperature for control plot (five-day mean).

ハウスの場合, 最高地温 (12月~7月, No. 7 では 15.0~37.2°C) では, 透過率の高いマルチ区 (No. 2~3) は, 日射抑制による地温の低下よりもマルチによる上昇効果の方が大きく, 対照区の温度が高くなるにつれて, 処理区の地温が対照区を上まわるようになる。ただ, 透過率75%の区 (No. 2) では, 対照区の地温を下まわるのは 20°C 付近であり, 透過率が63% (No. 3) になると, 対照区の大部分の温度域で処理区の方が低温になる。透過率の低い No. 4, 5 の区では, 対照区との温度差は, その温度域にかかわらずほぼ一定している。

最低地温 (同 3.1~26.2°C) では, 対照区の温度域の大部分 (約 0~30°C) において, 処理区の地温は対照区より高温で, いずれもマルチによる保温効果が顕著である。

なお, この保温効果は, 対照区の地温が 15°C 付近から, 透過率が高い区ほど大きくなる。

平均地温 (同 7.5~29.8°C) では, 透過率の高い区 (No. 2, 3) の地温が対照区の地温より常に高かったが, 透過率の低い区 (No. 4, 5) では必ずしもそうした傾向は示していない。

なお, 露地におけるマルチと日射抑制の影響は, 既報⁽⁴⁾の場合とほぼ同じ傾向を示し, 特にマルチの保温効果は顕著である。

以上のように, ハウスにおけるマルチと日射抑制の複合効果は, 模型単独の場合より大きい, 露地との差は顕著ではない。

また, トンネルの複合効果において, 露地との差が顕著であったが, こうしたハウスとトンネルにおける複合効果の違いも, 前述の場合と同様, 土壌水分の影響によるものと考えられる.

b) 日較差比

前に示してある Table 7 の Ratio (2) をみると, ハウス, 露地ともに模型単独の場合 (Ratio (1)) より, 各区の日較差比は 4~9% も大きくなった. このことは, マルチに植生模型が加わることで, マルチ単独の場合 (Ratio (1)) に比べて, 地温日較差比に及ぼす影響が小さいことを意味する.

なお, これら地温の日較差比と日射透過率との関係は, 次式で表わすことができる.

$$R_{HP} = 0.70 \cdot T_R + 0.39 \quad (r = 0.99^{**}) \quad (3)$$

$$R_{OP} = 0.72 \cdot T_R + 0.38 \quad (r = 0.98^{**}) \quad (4)$$

ただし, R_{HP} , R_{OP} はそれぞれハウスにおける地温日較差比 (No. 2~5/No. 7), 露地における地温日較差比 (No. 9~12/No. 14) であり, T_R は各区 (No. 2~5, No. 9~12) における日射透過率を示す.

この式でみる限りハウス, 露地ともほとんど差が無く, 日射透過率と地温日較差比は同程度で比例関係にあるといえる. また, 日射透過率の変化係数は複合効果の場合, 模型単独の場合 (3. 2. 2) より若干大きい.

以上のように, ハウスにおける地温の日較差比からみたマルチと植生模型の複合効果は, 露地の場合とほとんど同じであり, また, 模型単独の場合に比べて地温に及ぼす影響は小さい.

3. 3 マルチとキュウリの植被による地温効果

マルチとキュウリの植被が地温 (-5 cm) に及ぼす単独効果, 並びに複合効果の季節変動は地温 (半旬平均) の日較差比を用いて検討した.

各区の季節変化は, Fig. 4 のようになる. なお, 図中のハウスにおける日較差比のうち, No. 1/No. 7 (露地では No. 8/No. 14) はフィルムマルチによる単独効果, Plot C/No. 1 (同 Plot E/No. 8) と Plot D/No. 7 (同 Plot F/No. 14) はそれぞれマルチ区, 無マルチ区における植被単独の効果, そして Plot C/No. 7 (同 Plot E/No. 14) はマルチと植被の複合効果をそれぞれ意味する.

これによると, ハウスにおけるマルチの単独効果を示す日較差比 (No. 1/No. 7) は, 期間中の平均で 1.10 となり, 平均的には裸地状態 (No.1) より 10% 大きくなった. しかも, 季節の進展に伴う日射量の増加による日較差比の増大はみられず, 期間中 1.00~1.25 の変動幅でほぼ一定していた. これに対して露地では日射量の増大と共に日較差比が大きくなっていった.

植被の単独効果を示す日較差比は, 6月2半旬まではマルチ区より無マルチ区の方が大きく経過し, 露地の場合とは異なった. しかし, 地被率が大きいほど日較差比が小さくなるという点では, ハウス, 露地とも同傾向である. 植被とマルチの複合効果については, 植被単独の場合とほぼ平行的で, 露地の場合も同じ傾向を示した.

次に, 地温日較差比と日射量との関係からマルチの効果をみると, 次式で示される.

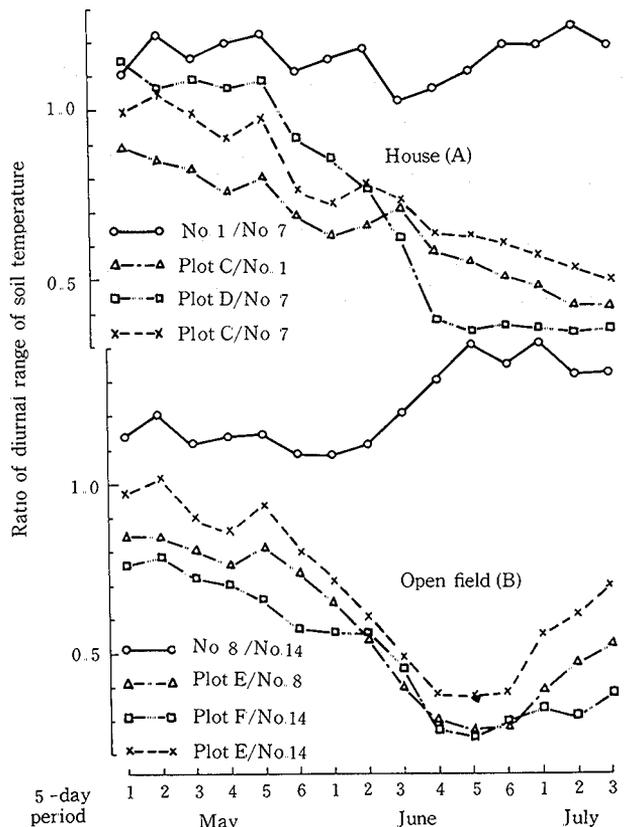


Fig. 4. Seasonal variations on ratios of diurnal range of soil temperature (-5 cm).

$$\text{ハウス} \quad R_M = 0.95 + 0.09 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r = 0.73^{**}) \quad (5)$$

$$\text{露地} \quad R_0 = 0.91 + 0.06 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r = 0.35^*) \quad (6)$$

ただし、 R_M , R_0 はハウス及び露地におけるマルチの単独効果を示す地温日較差比で、それぞれ No. 1/No. 7, No. 8/No. 14 であり、 R_S は日射量 ($\text{cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) を示す。

ハウスでは、日射量が多いほど日較差比は大きくなり、日射量の変化に対する勾配 (変化係数) は露地の場合よりも若干大きい。

また、キュウリの植被による効果は、地温日較差比と葉面積指数との関係から、ハウス内では次式のようになる。

$$\text{マルチ区} \quad T_{RM} = 0.58 - 0.07 \cdot \ln LAI \quad (r = 0.92^{**}) \quad (7)$$

$$\text{無マルチ区} \quad T_{R0} = 0.45 - 0.19 \cdot \ln LAI \quad (r = 0.98^{**}) \quad (8)$$

ただし、 T_{RM} , T_{R0} は地温日較差比 (ハウス内) でそれぞれ Plot C/No. 1, Plot D/No. 7 であり、 LAI は葉面積指数を示している。

これから、繁茂度と日較差比とは相関が高く、いずれかの区においても LAI が増大するにつれて、日較差比は減少する。また、マルチ区と無マルチ区の比較では、 LAI の増大に伴う日較差比の減少は、マルチ区の方が無マルチ区より小さくなっている。このように、キュウリのような蔓性の植被においても、大豆植被⁽³⁾ と同様な関係が得られている。

以上、ハウスと露地の比較においては、トンネル被覆の場合と傾向的に一致した点が多い。しかし、地温日較差比では、トンネル—露地の間に顕著な差がみられたのに対し、ハウス—露地にはほとんどなかった等の相違した結果も認められた。これには、ハウスとトンネルの被覆容積の大小、換気状態、土壤水分等が関与するものと思われ、今後はこうした被覆施設内の微気象とマルチ効果の関連性を明らかにする必要があるものと考えている。

引用文献

- (1) 鈴木晴雄：畦面被覆の微気象に関する研究, VII トンネル栽培における植被と黒色ポリエチレンフィルムが地温に及ぼす影響, 香大農学報, 34, 23-33 (1982).
- (2) 内島善兵衛・井上君夫・木村 進: Growth chamber 内の微気候 (6) —ビニールハウス内の散乱放射環境, 農業気象, 32, 117-125 (1976).
- (3) 鈴木晴雄・宮本硬一・松尾直幸: 畦面被覆の微気象に関する研究, V 大豆の植生と黒色ポリエチレンフィルムが地温に及ぼす影響, 農業気象, 38, 135-144 (1982).
- (4) 鈴木晴雄・桜井英二・宮本硬一: 畦面被覆の微気象に関する研究, IV 寒冷紗の遮蔽と黒色ポリエチレンフィルムの被覆による地温効果, 農業気象, 35, 243-248 (1980).

(1982年10月30日受理)