

べたがけ栽培下の地温変化

野田 哲也*, 鈴木 晴雄, 松村 伸二

Variations of Soil Temperatures under Direct
Covering at Cultivated Field

Tetsuya NODA*, Haruo SUZUKI and Shinji MATSUMURA

Characteristics of soil temperature were investigated in relation to the seasons, vegetation and ventilation when several contact-type row covers were used. Two nonwoven long fibers (PP and PETP) and two nonwoven staple fibers (PVA) were used for the covering. The experimental results obtained are as follows.

(1) Transmissivity of solar radiation under each row covered varied largely according to the weather conditions at the time of measurement. (2) The heat balance was characterized with covered materials (Table 2). (3) Air temperature and humidity under each cover corresponded to the degrees of evaporation inhibition by each cover. (4) The effect of soil temperatures under covering varied according to the depth and terms covered (winter or spring) and also varied whether vegetation and ventilation existed. (5) When soil temperatures at a 10 cm depth were measured at many horizontal points in each plot under a covering, the results showed some deviations in the same plot and a comparison of the soil temperature among plots was taken up with consideration given to these deviations (Tables 5 and 6).

本研究では、各種のべたがけ資材による被覆栽培下の地温特性を被覆季節の相違、植生の有無、換気の状態等の関連から検討した。使用したべたがけ資材は、長繊維不織布の2種(PP, PETP)と割繊維不織布の2種(PVA)の計4種である。得られた実験結果は、下記のごとくである。

(1)各資材下の日射透過率は、測定時の気象条件によって変動が大きかった。(2)トンネル仕様におけるべたがけ被覆下の熱収支は、被覆資材の種類ごとに特徴が得られた(Table 2)。(3)各べたがけ下の気温と湿度の高低順位は、被覆資材による蒸発抑制量の大小と対応した。(4)各べたがけ下の地温効果は地中の深さによって異なり、また地温効果はべたがけの被覆時期(冬期と春期)、植生(カブ)の有無、換気の有無によって異なった。(5)各べたがけ下の地温指示値にバラツキがあることから、バラツキを考慮したべたがけ下地温の区間比較を行った(Table 5, Table 6)。

1. はじめに

最近、簡易被覆資材であるべたがけ用資材の利用が急速に広まりつつある。しかし、同資材の作物生育への効果の諸要因については明らかでなく、中でも資材による微気象特性については研究が始まったばかりである。

*現在：岡山県経済農業協同組合連合会

べたがけに関するこれまでの研究は、主に資材の物理的特性の解明⁽¹⁾、資材による栽培試験を中心とした総合的効果の比較⁽⁴⁾、べたがけ栽培作物の地上部の微気象特性⁽⁵⁾等である。作物にとって重要な根圏環境についての研究例は数少ない⁽²⁾。

そこで本研究では、代表的なべたがけ資材を用いて、主に被覆季節の相違、換気及び植生の有無等の各状況における地温変化の特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験は香川大学農学部構内圃場において1987年7月より8月と、1988年1月より6月の両期間にかけて、下記のようにして行った。

すなわち、各実験区の地温測定には熱電対(T, ϕ 0.65 mm, 0.75級)を用いた。また、同熱電対を用いて乾球と湿球による無通風式の乾湿計を作成し、それによって気温と湿度を測定した。

各被覆資材による日射透過率の測定には、農試電試型日射計(中野製作所)を使用した。熱収支における純放射量の測定には純放射計(英弘精機, CN-2型)を畦中央部地表面上25 cm 高に設置し、地中伝導熱量は地中熱流板(英弘精機, CN-81型)を地表面下1 cm 深に埋設して求めた。潜熱と顕熱伝達量は熱収支式からの残差項として算出した。

蒸発量は各区の畦面に紙面蒸発計を設置し、連日9時に重量を測定して前日との差を測定した。土壌水分は目的とする深さの土壌をサンプリングして乾熱法によって求め、同時にテンシオメータも併用した。

各実験期間は下記のごとくである。

①1987年7月—8月：供試資材は長繊維不織布の2種(商品名：パオパオ90 (PP), パスライト (PETP)), 及び割繊維不織布の1種(タフベル3000N (PVA))の計3種である。東西方向に畦(畦長8.8 m, 畦幅1.2 m, 畦高25 cm)をたてて、畦面上10 cm に設置した木枠(1区での大きさ1.8 m \times 1.0 m)に各資材を展張した。測定項目は主として地温(0, 2.5, 5, 10, 20, 30 cm 深)と土壌水分(10 cm 深)である。

②1988年1月—3月：上記①と同じパオパオ90とパスライトを使用した。またタフベル3000Nに替わってそれと同じ素材の資材(商品名：ベルタフN2050 (PVA))を使用し、計3種の資材によってトンネル被覆(底幅100 cm, 高さ40 cm, 奥行4.4 m)を行った。測定は20 cm 高の気温と湿度、5 cm と10 cm 深の地温並びに地温のバラツキ(10 cm 深の10点)、紙面蒸発量、土壌水分(10 cm 深)について行った。

③1988年3月—5月：上記②と同じ資材でトンネル被覆を行ったが、上記の無植生区以外に新たに植生の区計3区を設置した(Fig. 1)。供試作物としてはカブ“耐病ひかり”を選び、3月23日に播種した(株間30 cm \times 条間25 cmの2条植)。トンネル内気温と湿度の測定高度は20 cm である。

以上のようにして実験を行ったが、各資材(パオパオ90, ベルタフN2050, パスライト, タフベル3000N)による被覆区を以降、順にP₀区, B₁区, P_s区, T_H区としてそれぞれを無被覆の対照区(B₀)と比較した。

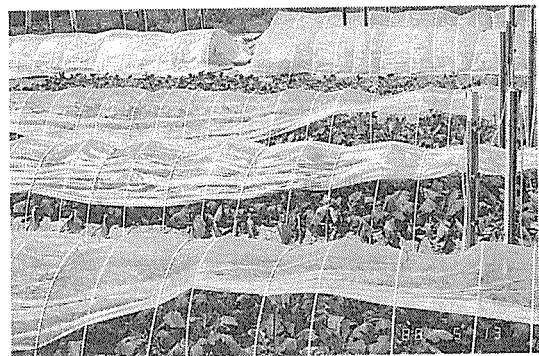


Fig. 1 Status of the turnip cultivation.

3. 実験結果及び考察

3.1 資材の特性

ベタがけ用被覆資材の主たる物理的特性としては日射透過率, 保温性, 通気性等があり, それらについては幾つか報告がなされている^(1,2). ここでは資材の基本的特性である日射透過率と, 通気性に関する被覆下の蒸発量についてみる (Table 1).

Table 1 Raw material, transmissivity of solar radiation and evaporation in each plot

Plot	Raw material	Transmissivity ¹⁾	Ratio of evaporation ²⁾
B _A	—	—	100.0%
P ₀	Polypropylene	83.9±4.4 ³⁾ %	46.6
B _L	Polyvinylalcohol	82.3±3.5	23.4
P _S	Polyester	81.0±3.9	40.5
T _H	Polyvinylalcohol	88.5±3.1	70.4

- 1) Mean value from October 7 to December 27 in 1989. Daily measurement was from 0 to 1 p.m.
- 2) Mean value from January 10 to March 25 in 1988
- 3) Standard deviation.

日射透過率: 一般に資材の日射透過率の測定は測定時刻, 日射条件, 測定法等によって変わる. すなわち, 測定時刻における太陽高度の変化, 直達日射と散乱日射の比率, 被覆資材と日射計との位置関係等によって同じ資材であっても透過率の値が変化する⁽¹⁾. そこで本実験では, 1989年10月7日より同年12月27日にかけて雨天以外の連日12時における測定を行い, 期間中の平均透過率を求めた.

Table 1によると, 透過率の最も高いのが T_H 区 (88.5%) であって, 同資材による高い値は他にも得られている⁽¹⁾. 逆に低いのが P_S 区 (81.0%) である. 前述したような測定条件の違いによって, 期間中, 同じ資材でも変動が大きくなっていることから (最大約10%), 透過率の測定については何らかの適正な基準が必要と考えている.

蒸発量: 期間中の各資材下の蒸発量については区間差が明瞭である. 蒸発量は対照区を100とした場合に T_H > P₀ > P_S > B_L の順序になっている. この蒸発量の関係については蒸発量を通風率に置き換えて区間比較をすることもできる⁽¹⁾. なお, Table 1 には示さなかったが1日ごとの蒸発量は各区とも日射量と明確な比例関係が得られており, いずれも日射量が増大するにつれて蒸発量は多くなる関係にあった. さらに, ハウス内のベタがけ下の蒸発量も測定した結果, ハウスの蒸発量と日射量との関係は露地の場合と同様な関係ではあった. しかし, 日射量に依存する程度は露地の場合よりも低く, 蒸発量は少なく区間差も小さい傾向であった.

3.2 熱収支各項の日量

ベタがけのトンネル仕様における B_L 区と P_S 区の熱収支について, 裸地状態の B_A 区と比較した (Table 2). なお, 各項の符号は, 純放射については天空から地面に与えられるときを正に, 他の項は地表面から地上, 地下の両側へ熱が流れる時を正とした. また, ここではいずれも正值を日中に, 負値を夜間におけるものとして集計した. フィルム自体の温度変化に使われる熱量は微少であるので無視した.

Table 2によると, 日中の純放射量 (正值) は P_S 区で多く (B_A 区の76.4%に相当), 他方の B_L 区 (同43.9%) では少なくなって両区の差が大きかった. 夜間 (負値) の放射量も P_S 区の方が多く (B_A 区の55.6%), B_L 区 (同43.0%) では P_S 区よりも放射が抑制されている.

これら日中の差については, 一般に日中の純放射が短波放射の多少によってほとんど決定されることから, 本結果

Table 2 Comparisons of heat balance for the experimental plots on June 6, 1988 ($\text{cal cm}^{-2} \text{day}^{-1}$). R: Net radiation, B: Soil heat flux, L: Sensible heat flux, V: Latent heat flux, Σ : Daily total of each component. Values in parentheses denote the percentages of daily amounts of soil heat flux to that of total net radiation, and sensible and latent heat fluxes to that of total net radiation, respectively

	Plot B _A			Plot B _I			Plot P _S		
	R	B	L+V	R	B	L+V	R	B	L+V
Day (positive value)	356.3	72.1	285.0	156.3	80.4	81.8	272.0	49.6	223.4
Night (negative value)	73.0	31.4	42.5	31.4	23.6	13.6	40.6	24.7	16.8
Total (Σ)	283.3 (100)	40.7 (14)	242.6 (86)	124.9 (100)	56.8 (45)	68.1 (55)	231.5 (100)	24.9 (11)	206.6 (89)

*Plot B_A, B_I and P_S are the same as in Table 1.

は資材の透過特性によるものと考えられる (Table 1)。夜間の放射量, つまり, 長波放射量の抑制量については, 資材の長波放射の透過特性によることが大きい。両資材の透過率が $P_S > B_I$ の関係であることから⁽¹⁾, 本実験でも B_I 区の方が P_S 区よりも放射量が少なくなっている。したがって, 日量になると P_S 区は B_I 区よりも多く, B_A 区より約 $50 \text{ cal cm}^{-2} \text{day}^{-1}$ 少ない 81.7% であるが, B_I 区は同 44.1% となった。

地中伝導熱量になると純放射量の場合とは異なり, 日中は B_I 区の方が B_A 区よりもわずかに多く, P_S 区では伝導熱量は少なく B_A 区の約 70% となった。なお, B_I 区で伝導熱量が多かったのは, 両資材の日射透過率の差が僅少であることから, 通風性の差に基づくものと思われる。夜間は被覆2区間の差は少なく, いずれも B_A 区の 80% 程度である。

したがって, 残差項として求めた顕熱・潜熱伝達量は日中, $B_A > P_S > B_I$ の順で, 特に B_I 区は少なく, B_A 区の $1/4$ となった。

これら各項の日量を純放射量に占める割合でみると, B_A 区では純放射量の 14% が地中伝導熱量へ, 86% が顕熱・潜熱伝達量に消費されている。 B_I 区では, 純放射量は地中伝導熱量と顕熱・潜熱伝達量にそれぞれほぼ等しく消費されている。 P_S 区では B_A 区と同様に純放射量の 90% 近くが顕熱・潜熱伝達量として消費されている。

このように, ベたがけ資材のトンネル下における純放射量は B_I 区と P_S 区ともに B_A 区のものより少なくなる傾向にあり, さらに3区の純放射量の地中伝導熱

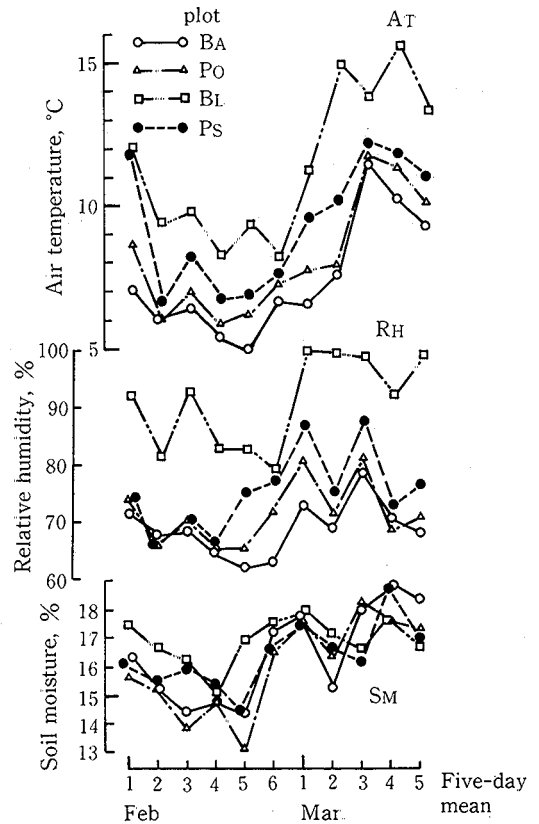


Fig. 2 Variations of air temperature at 20 cm height (A_T), relative humidity at 20 cm height (R_H) and soil moisture at 10 cm depth (S_M) in each plot. Daily measurements were at 9:00 A. M. Plots are the same as in Table 1.

量, 顕熱・潜熱伝達としての消費は昼夜とも区間差が大きかった。

3.3 気温・湿度・土壌水分の日変化

べたがけトンネル内における気象条件を, Fig. 2 に示した。なお, 各要因はいずれも無植生状態における連日 9 時測定のものである。

気温は期間中, ほぼ一定して B_L 区 > P_s 区 > P_o 区 > B_A 区の順序で経過しており, 中でも資材の蒸発抑制量の大きい B_L 区での高温が顕著である (Table 1)。次の P_s > P_o についても資材の蒸発抑制量に対応した温度の高低関係となっている。相対湿度についても気温の場合と同様に資材の特性に応じた経過である。

このようにトンネル仕様のべたがけ下の温湿度は, 資材の通風性にかかわる蒸発の抑制程度によって変化している。土壌水分の変化は, 温度と湿度の場合ほどでもないが, それらと近似した傾向がよくみられており, 区間差は明瞭でない。なお, 無被覆区では降雨の遮断がないので比較的高水分で経過した。

3.4 被覆下地温の特性

(1) 深さによる変化

被覆資材による地温効果は, 資材の特性以外に地中深さによっても異なる⁽¹⁰⁾。Fig. 3 には各深さ (地下 2.5, 10, 30 cm) の地温変化が明瞭に出現した夏期の場合を示した。なお, 各被覆区と各深さとも無被覆区との相関が高かったため, それらの回帰式を基にして x 軸には実験期間中 (1987 年 7 月 12 日—8 月 24 日) における無被覆区 (B_A) の地温変化を, y 軸には各被覆区と無被覆区との地温差を示した。

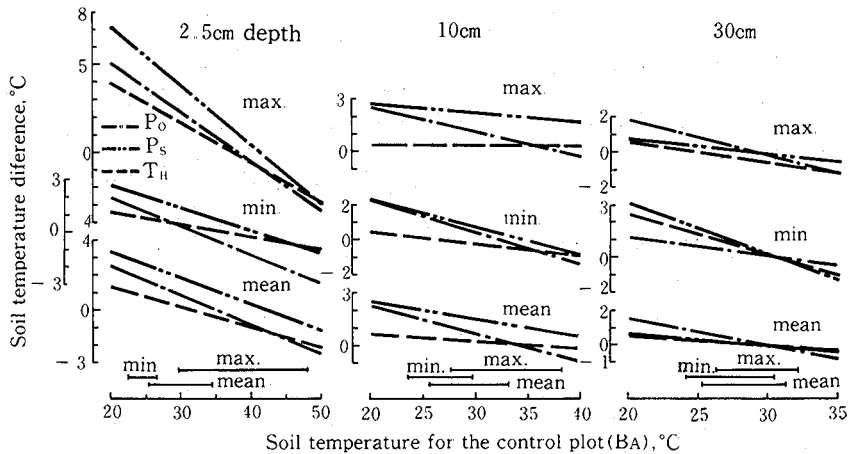


Fig. 3 Change in soil temperature difference between each plot and the control (B_A) as influenced by the soil temperature for the control plot from July 12 to August 24, 1987 (five-day mean) Plots are the same as in Table 1.

すなわち, 2.5 cm 深の温度を実測値 (対照区) の範囲内 (x 軸上の横線) で比較すると, 最高地温 (29.6°C—47.8°C) ではほぼ, P_s 区 > P_o 区 > T_H 区の順序である。ただ, 無被覆区地温が約 40°C 以上になると, 各被覆区も無被覆区より低下する傾向にあった。日中における P_s 区の顕著な地温上昇 (5 cm 深) は, 他にも報告されている⁽⁹⁾。

最低地温 (22.5°C—26.7°C) においても地温高低の順位は最高地温の場合と同じであり, 各被覆区とも無被覆区より高く, いずれも保温効果は顕著である。地温の上昇効果は対照区 (B_A) の地温変化, つまり時期によっても異なっている。したがって, 平均地温 (25.5°C—34.5°C) については, 無被覆区よりも各被覆区の方が高い。T_H 区では無被覆区と僅

差で経過している。

地下10 cm 深の最高地温 (27.6°C—38.3°C) では P_s と T_H の2区の直線勾配が小さいが2.5 cm の場合と異なって、各被覆区とも無被覆区より低温になることはなかった。最低地温 (23.6°C—29.7°C) と平均地温 (25.6°C—33.3°C) は、2.5 cm の場合とほぼ同じ傾向である。

さらに地下30 cm になると、最高地温 (26.3°C—32.2°C) は2.5 cm と10 cm の場合とは異なって、全般的に区間差は僅少となる。しかも、無被覆地温の29°C付近を境として各被覆区間の地温高低順位は異なっている。最低地温についても同様のことがいえるが、無被覆地温で約30°C以下の順位は P_s 区 > T_H 区 > P_o 区の関係であり、平均地温になるとこれらとは異なった傾向を示した。

以上のように被覆資材による地温効果は、地中深さによって各々特徴のあることが得られた。

(2) 被覆時期と植生による変化

地温効果に関しては、作物の根圏分布の深さとして深さ30 cm までを対象とする場合、0—30 cm の深さ平均地温は、12 cm 深における値に近いことが一つの測定事例から得られている⁽⁹⁾。そこで、10 cm 深の地温について地温変化をべたがけの被覆時期と植生の有無の場合とで比較で示したのが Fig 4 (a, b, c) である。すなわち、Fig 2 の場合と同様にして無被覆区と各被覆区間との回帰式を基にして、x 軸には測定期間中における無被覆区の地温変化を、y 軸には各地温差 (被覆区—無被覆区) の変化を示した。なお、被覆区は P_o, B_l, P_s の3区である。

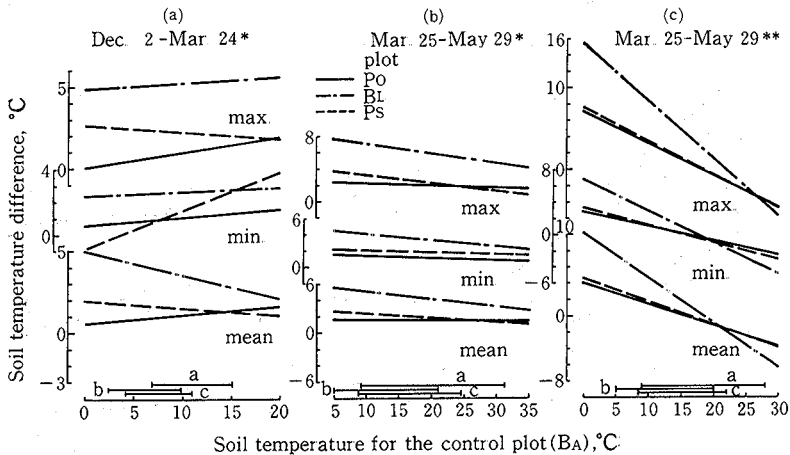


Fig 4 Seasonal change in soil temperature difference at 10 cm depth between each plot and the control (B_A) as influenced by the soil temperature for the control plot (five-day mean). Plots are the same as in Table 1. *: Uncultivated. **: Cultivated (Turnip).

すなわち、無植生の冬期 (a) についてみると (期間12月2日—3月24日)、最高地温 (無被覆区7.1°C—15.2°C) は B_l 区が最も高く推移し (12.1°C—20.4°C)、P_s 区 (9.3°C—17.1°C) と P_o 区 (7.7°C—16.4°C) が後に続いている。B_l 区と P_o 区では無被覆区地温が上昇するに従って直線勾配は上向くが、P_s 区は逆に下降する傾向にあった。

最低地温については各被覆区ともに無被覆区よりも高温となって、保温性が現れている。各区間の温度の順位は最高地温の場合とほぼ同じである。なお、P_s 区の温度変化は大きく、暖候期になるほど特に大きい保温性を示すようになる。平均地温のパターンは最高と最低の中間的変化といえる。

これに対して同じ無植生の春期 (3月25日—5月29日) についてみる。最高地温 (Fig 4 の b) では (無被覆区 8.5°C—31.8°C)、温度効果の順位は冬期 (a) の場合と同じであるが、ただ、P_o 区と P_s 区間の差は僅少 (区間差は最大

1.3°C)となっている。さらに、無被覆区の地温が上昇するに従い、冬期の場合とは反対に温度効果は小さくなる傾向にあった。最低と平均地温についても大方は最高地温と同様なことが示された。

上記の無植生の場合に対して同じ春期の植生(Fig. 3, C)では、(期間3月25日—5月27日)、測定期間は異なるが両者に若干の特徴がみられている。なお、期間中、各区での生育については、草高が4~8 cm(4月21日)により17~22 cm(5月21日)まで伸びた。

最高地温(無被覆区8.8°C—27.8°C)における各被覆区の傾向は無植生の場合と同じであるが、温度勾配はかなり大きくなっている。さらに、無被覆地温が約25°C以上になると、B₁区ではそれまでの顕著な地温上昇はみられず他の2被覆区よりも保温性は劣る傾向にあった。

最低地温(5.1°C—19.8°C)についても大略は最高地温の場合と同じであるが、無被覆地温が約20°Cに上昇すると、各被覆区の区間差もなくなって保温効果は消失している。平均地温についても同様な傾向である。

以上のように、べたがけ資材による地温上昇効果は春期と冬期の各被覆時期、並びに植生の有無によって特徴的な推移を示した。

(3) 各区地温の比較

各状況下における地温の推移をみてきたが、一般に温度の測定値にはバラツキがある。すなわち、同じ区で同じ深さにおける地温であってもバラツキがあり、しかも、それらのバラツキは1日毎の気象条件によっても異なる。従って、今回のような各被覆区における地温の比較を行うにあたっては、バラツキを考慮する必要がある。そこで既報⁶⁾に示したようにして、10点地温の測定値から期間中の地温高低の判定を1日毎にt検定によって行うことにした。

a. 各区の地温バラツキ

期間中における各区の10点地温のバラツキの推移を植生(カブ)のある場合で示すと、Fig. 5 のようになる。すなわち、日最高地温のバラツキについてみると時期によって各バラツキの大小があり、P_s区(期間平均0.6°C) > B₁区(0.4°C) > P_o区(0.3°C) > B_A区(0.3°C)の順序となっており、P_s区とB₁区でのバラツキの大きいのが顕著である。

最低地温では、最高地温の場合と異なって各区とも期間中バラツキは小さく推移している(B₁区以外約0.1°C—0.3°C)。B₁区では4月第2半旬より4月第5半旬にかけて若干大きく、0.3°Cのバラツキである。よって、平均地温のバラツキでは最高地温の場合と同様な傾向がみられている。この各資材の種類と地温バラツキの大小との関連性は、今回は明らかにはできなく、残された課題と考えている。

次にバラツキの変化に及ぼす原因は計測系による誤差もあるが、測定したバラツキには明確な日変化のあることから、既報⁶⁾にも述べたように気象要因が主要因と考えられる。そこで、無植生の場合における各区の地温バラツキを目的変数にし、説明変数を主たる要

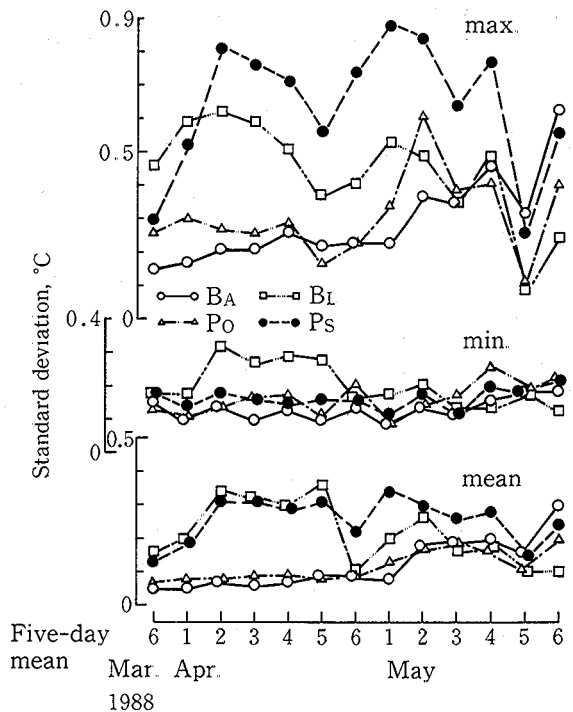


Fig. 5 Seasonal variations of standard deviations of 10 soil temperatures at 10 cm depth in each plot. Plots are the same as in Table 1

因としての日平均気温、降雨量、日射量、日平均風速の4要素と、それ以外に降雨後係数⁽⁷⁾、土壤水分張力を加えた計6要素とした重回帰分析を行った (Table 3)。降雨後係数とは、降雨後の土壤水分に対する影響を考慮に入れる必要を考え、便宜的に一定量以上の降雨 (今回は2 mm以上) があつた日を3とし、翌2日目を2、3日目を1としたものである。なお、重回帰分析はステップワイズ法で行い⁽⁶⁾、選択された各変数は変数間の相対的重要度をみるために、Table 3には標準偏回帰係数を示した。

Table 3 Standard partial regression coefficients in the multiple regression between the standard deviations of soil temperatures, meteorological factors and soil moisture at the uncultivated field from March 1 to June 31, 1988

Standard deviation	Plot ¹⁾	Meteorological factor ²⁾				Soil moisture ²⁾		Multiple regression coefficient ³⁾
		Te	Pr	Pk	Ia	Ue	Pf	
Maximum soil temp.	B _A				0.681		0.589	0.642**
	P ₀	-0.273	0.328		0.978		0.634	0.773**
	B _I	-0.277			0.844	-0.231	0.288	0.728**
	P _S	-0.356			0.924		0.381	0.765**
Minimum soil temp.	B _A	-0.536			0.519	-0.347		0.670**
	P ₀	-0.472		-0.267	0.521		0.450	0.707**
	B _I		-0.429					0.391*
	P _S	-0.481			0.285			0.468*

1) Plots are the same as in Table 1.

2) Notations: Te = daily mean air temp; Pr = amount of precipitation; Pk = coefficient of rain fall; Ia = amount of insolation; Ue = daily mean wind velocity; Pf = soil moisture suction.

3) Adjusted for the degrees of freedom.

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level.

すなわち、最高地温のバラツキをみると、各区とも日射量と土壤水分張力による影響が大きく、中でも被覆の3区ではそれらに平均気温が加わって、それぞれの区の地温バラツキに影響を及ぼしている。各区ともに選択された変数の中では日射量による影響が大きく、他の変数との関連において日射量が多くなるほどバラツキは大きくなること示されている。それに対して平均気温はバラツキに対して逆の作用を示す。

最低地温のバラツキになると、最高地温の場合とは若干異なる。各区を通じて日射量と平均気温がほぼ共通であるのは最高地温の場合と同じではあるが、土壤水分はほとんど選択されていない。つまり、土壤水分は考慮した6変数内でみれば、ほとんど最低地温のバラツキに対して影響がないものとなる。なお、B_I区では他の区と異なっている。

以上の無植生の場合に対し、植生の場合を示したのが Table 4 である。最高地温についてみると、全体的に無植生の場合と異なるのは、無植生の場合においては選択された変数が平均気温、日射量、土壤水分張力であるのに対して、植生の場合には降雨量と日射量の変数に集中し、B_I区とP_S区では土壤水分張力が加わっている点である。最低地温になると無被覆区以外はほとんど降雨後係数のみがバラツキに影響を及ぼしているものとみられる。すなわち、最高地温のバラツキには降雨量が、最低地温のバラツキには降雨後係数と雨量の要因が選択され、これらは植生の場合の特徴といえる。

Table 4 Standard partial regression coefficients in the multiple regression between the standard deviations of soil temperatures, meteorological factors and soil moisture at the cultivated field from March 1 to June 31, 1988

Standard deviation	Plot ¹⁾	Meteorological factor ²⁾				Soil moisture ²⁾	Multiple regression coefficient ³⁾
		Te	Pr	Pk	Ia	Pf	
Maximum soil temp.	B _A				0.529		0.496**
	P _O		0.454		0.748		0.651**
	B _L		0.348		0.812	0.435	0.534*
	P _S		0.434		1.052	0.411	0.731**
Minimum soil temp.	B _A						—
	P _O			-0.526			0.492*
	B _L	-0.584		-0.344	0.394		0.680**
	P _S			-0.376			0.317

1) Plots are the same as in Table 1

2) Notations are the same as in Table 3.

3) Adjusted for the degrees of freedom

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level

b. 区間の比較

上記のように同一深であっても各区の地温にはバラツキが生じ、バラツキは気象要因と植生の有無等によっても異なった。そこでここでは、10点地温を用いた区間比較を行うことにした。

まず、無植生の2区間の例を Table 5 に示す。冬期(1月22日-3月24日)と春期(3月25日-5月27日)ともに、表中の区の組み合わせではいずれも $\alpha > \beta$ の関係がほぼ100%となる。すなわち、期間中極めて安定した温度関係があり、 α の区は β の区に対して顕著な昇温を示した。

Table 5 Frequency (%) of types of order for soil temperature at 10 cm depth in each uncultivated plot in 1988

		Plot*		$\alpha > \beta$	$\alpha = \beta$	$\alpha < \beta$
		α	β			
Jan 22-Mar 24	Maximum soil temp.	B _L	P _O	100	0	0
		P _O	B _A	98	2	0
		B _L	B _A	100	0	0
	Minimum soil temp.	B _L	P _O	98	0	2
		P _O	B _A	100	0	0
		B _L	B _A	100	0	0
Mar 25-May 27	Maximum soil temp.	B _L	P _O	100	0	0
		P _O	B _A	100	0	0
		B _L	B _A	100	0	0
	Minimum soil temp.	B _L	P _O	100	0	0
		P _O	B _A	100	0	0
		B _L	B _A	100	0	0

*: Plots are the same as in table 1.

これに対して植生の場合を Table 6 に表す。なお、この場合、Table 5 の各区に新たに P_S 区を加えてあり、さらに地温の関係を無換気と換気の場合とで示した。

まず、植生 (Table 6 中の無換気) を先の無換気状態である無植生 (Table 4) の場合とで比較すると、植生がある場

Table 6 Frequency (%) of types of order for soil temperature at 10 cm depth in each cultivated plot from March 25 to May 27 in 1988

	Plot ¹⁾		Unventilated			Ventilated ²⁾		
	α	β	$\alpha > \beta$	$\alpha = \beta$	$\alpha < \beta$	$\alpha > \beta$	$\alpha = \beta$	$\alpha < \beta$
Maximum soil temperature	B _L	P ₀	100	0	0	33.3	50	16.7
	P ₀	B _A	88.5	3.8	7.7	0	0	100
	B _L	B _A	96.2	0	3.8	12.5	0	87.5
	B _L	P _S	100	0	0	33.3	50	16.7
	P _S	P ₀	61.5	38.5	0	8.3	75	16.7
	P _S	B _A	80.8	15.4	3.8	0	8.3	91.7
Minimum soil temperature	B _L	P ₀	100	0	0	66.7	20.8	12.5
	P ₀	B _A	100	0	0	37.5	16.7	45.8
	B _L	B _A	100	0	0	54.2	12.5	33.3
	B _L	P _S	100	0	0	66.7	33.3	0
	P _S	P ₀	77	19.2	3.8	16.7	66.6	16.7
	P _S	B _A	100	0	0	41.7	16.6	41.7

1) Plots are the same as in Table 1.

2) Natural ventilation

合は、期間中の生育変化があるのでバラツキへ一定した影響がないこともあるが、植生による大略の傾向は得られている。すなわち、最高地温の場合には、無植生の場合ほど区間差が生じなく、 $\alpha > \beta$ 以外の $\alpha = \beta$ と $\alpha < \beta$ の関係が最高地温の場合にはみられている。最低地温の場合には無植生、植生間の差はみられていない。

次に無換気と換気の場合の比較を行うと、最高地温の場合には例えば B_L 区と P₀ 区の間は無換気について $\alpha > \beta$ が 100% であるが、換気の場合ではそれが 33.3% と小さくなっている。また、 $\alpha = \beta$ は 50%、 $\alpha < \beta$ は 16.7% となって B_L 区の資材による保温性は換気によって減じたことになる。他の組み合わせについても同様なことが言え、特に P₀-B_A の組み合わせでは無換気と換気間の様相がほとんど逆転している。

同様なことが、最低地温の場合についても言える。無換気の場合では、どの組み合わせでもほぼ一定して資材による保温効果が得られているが、換気を行うとかなり大きく効果は減じられることになる。これらのことは、保温効果を目的にべたがけ資材を用いる場合、栽培管理において換気に留意する必要があることを示唆するものである。

以上、各べたがけ資材下の地温変化が得られた。被覆時期、植生の有無、さらには換気の状態によって地温効果の異なること等が判明したが、それら地温効果と資材の特性との定量的な解明については今後の課題にしたい。

謝 辞

本実験の実施に際し、各被覆資材を提供して戴いた日本農園芸資材研究会に謝意を表します。

引 用 文 献

(1) 陳 青雲, 岡田益己, 相原良安: べたがけ資材の長波放射特性と被覆下の正味放射量および葉温について, 農業気象, 44 (4), 281-286 (1989)

(2) 早川誠而, 鈴木義則, 日下達朗, 吉野 亨: べたがけ資材の物性が根圏温度環境に与える影響, 中

国・四国の農業気象, 第2号, 12-16, (1989).

(3) 小林 保: シュンギクの冬期生産におけるべたがけ資材の利用, 農耕と園芸, 43(2), 74-76 (1988).

(4) 日本農園芸資材研究会: 第2報べたがけ事例集, 日本農園芸資材研究会, P. 69 (1987).

- (5) 岡田益己, 五十嵐大造: ベタがけ下の環境と作物生育の特徴, 昭和62年度日本農業気象学会講演要旨, 172-173 (1987).
- (6) 奥野忠一, 久米 均, 芳賀敏郎, 吉沢 正: 多変量解析法, 25-152, 東京, 日科技連出版社, (1974).
- (7) 鈴木晴雄, 宮本硬一: 畦面被覆の微気象に関する研究IXフィルムマルチにおける植穴の有無が地温に及ぼす影響, 香川大農学報, 36 (1), 1-12, (1984).
- (8) 鈴木晴雄, 棚田英雄: フィルムマルチ下地温の水平方向のバラツキとマルチ効果, 農業気象, 44(2), 119-126 (1988).
- (9) SUZUKI, H.: Direct measurement of average temperature at different soil depths, *Tech. Bull. Fac. Agri. Kagawa Univ.*, 41 (2), 153-157, (1989).
- (10) 鈴木晴雄, 神近牧男, 松田昭美: 砂丘地における異なる被覆資材下の畦内地温の比較, 砂丘研究, 36 (1), 11-18, (1989).
- (11) 鈴木晴雄: 未発表

(1990年10月31日受理)