

同一LAI条件におけるマルチ下地温の変化

新谷康介・ボンサアヌティン ティーラサク・鈴木晴雄

Soil Temperature Changes beneath Film Mulches in plots with the same LAI condition

Kousuke Shintani, Teerasak Pongsa-anutin and Haruo Suzuki

Abstract

The purpose of this paper was to clarify the effects of vegetation and mulch on the soil temperature under the same leaf area index (*LAI*) conditions ($LAI=1.0$), but with different vegetation structures. Under the same *LAI* conditions, the soil temperature at 6:00 a.m. in non-mulched plots was higher when plant coverage was higher. In mulched plots, the soil temperature was higher when plant coverage was lower. In non-mulched plots at 15:00, the soil temperature was higher when plant coverage was lower. The same tendency was also observed in mulched plots. The soil temperature differences depending on vegetation structures were smaller in plots with lower plant coverage. This tendency was particularly obvious in mulched plots. As for the combined effects of the mulch and vegetation, mulch obviously affected the soil temperature. Mulched vegetation almost constantly suppressed the soil temperature.

Key words : *LAI*, Mulch, Plant coverage, Soil temperature.

1. 緒 言

マルチ資材は栽培において広く使われており⁽¹⁾、被覆下の地温変化は作物栽培に及ぼす影響が大きい。栽培環境や作物種に合ったマルチ資材を選択する為には、作物種ごとの植被下の地温特性を明らかにすることが必要である。植被の繁茂と地温変化の関係を検討する場合、植被型の違いや生育期間など、植被繁茂の指標が必要となる。葉面積指数や植被率は、植被の指標としてよく用いられている。葉面積指数が同一である場合でも、植被の構造によって地温変化に及ぼす影響が異なることが報告⁽²⁾されている。

本実験では、同一葉面積指数条件下における植被型の差異が、地温効果に及ぼす影響を明らかにするために、マルチ単独の効果、模型植被を用いて植被型による植被単独の効果、マルチと植被の複合効果について検討した。

2. 実験区の設置及び測定方法

2.1 実験区の設置

実験は2005年5月19日から11月19日にかけて、香川大学農学部内構内圃場において行なった。畦長10.8m、畦幅90cm、畦高20cmの東西方向畦（花崗岩質系植壤土）を2本たて、1畦を6等分して、各々を1つの実験区とした。

実験区は、黒色ポリエチレンフィルム（厚さ0.03mm）の有無、植被の有無、植被率、空間占有度⁽³⁾の違いにより計14区（1区当たり180cm×90cm）を設定した（Table 1）。対照区として、無マルチ状態で模型植被を

Table 1 Experimental details.

Plot		LAI	Plant coverage	Space share
No mulch	Mulch	cm ² /cm ²	%	cm ³ cm ⁻²
L ₁	Lm ₁	1	100.0	4.17
L ₂	Lm ₂	1	50.2	7.11
L ₃	Lm ₃	1	32.1	7.76
L ₄	Lm ₄	1	25.0	8.54
L ₅	Lm ₅	1	20.0	8.81
L ₆	Lm ₆	1	16.7	9.03
Nn	Mn	0	0.0	0.00

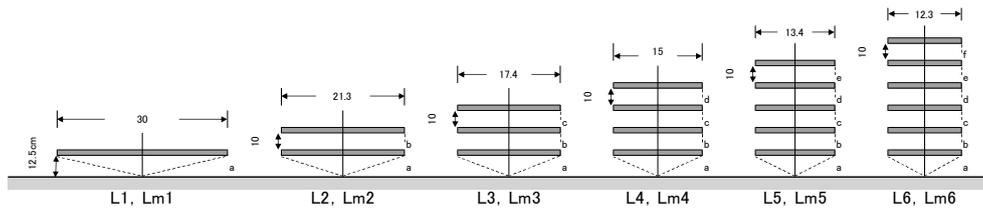


Fig. 1 Type of imitation canopy. "a", "b", "c", "d", "e" and "f" were parts of space shape in each canopy. Plot symbols (L_1 to L_6 , Lm_1 to Lm_6) were the same as in Table 1.

設置しない無マルチ無植生区 (Nn) と、マルチ被覆のみを行ったマルチ無植生区 (Mn) を設置した。

マルチ畦の各区では、直径6.5cmの植穴を条間60cm, 株間30cmとして空けた。模型植被の葉は合板 (I類合板, 厚さ4.0mm, 無塗装) にて作成し, 緑色に塗装を施した。茎は鉄線 (4mmと8mm) で作成した。各植被模型のLAIは, 同一LAI下に於ける植被構造の違いによる地温効果の相違を調べるため, いずれも1.0に設定した。無マルチ畦の各区を L_1 ~ L_6 (植被1枚~6枚), マルチ畦の各区を Lm_1 ~ Lm_6 とし, 各区の植被率はそれぞれ100% (植被1枚), 50.2%, 32.1%, 25.0%, 20.0%, 16.7% (植被2枚~6枚) の6段階に設定した (Fig. 1)。これら各区の植被模型の配置は, いずれも畦頂部に条間30cm, 株間30cmの3条植えとし, 15株ずつ配置した。

2.2 測定方法

実験は主に地温, 畦面上の熱収支, 土壌水分について測定した。地温の測定は, 銅—コンスタンタン熱電対 (T型, 径0.65mm) による地温センサーを使用した。地温センサーは, 熱電対の先端をハンダで接合した後, 接着剤で防水処理をし, 各区の中央部地下10cmに埋設した。記録はデータロガーを用いて連日6時, 15時の値を記録した。また, 各区の地表面, 地表面下2.5, 5, 10, 20, 30cmの各深さに地温センサーを埋設した。さらに, 2005年6月13日18時から翌14日18時, 及び2005年9月30日10時から翌10月1日10時にかけて2時間毎の24時間観測を行った。

アルベドの測定は, アルベド計 (英弘精機, MR-21) を用いた。測定は, 各区の植被の高さに応じて群落面上50cmの高さで行なった。測定は2005年6月24日の晴天日に行った。

純放射量は無マルチ畦の対照区 (Nn), マルチ畦の対照区 (Mn) において, 両実験区中央部の50cm高に純放射計 (英弘精機, CN-6) を設置して測定した。地中伝導熱量は熱流版 (英弘精機, CN-8) を用い, 実験区の畦中央部付近に約2mm覆土して埋設した。顕熱伝達量 L と潜熱伝達量 V の和は, 熱収支式の残余として算出し

た⁽⁴⁾。これらの測定は, 10分毎の瞬時値をロガーで収録した。

土壌水分の測定はテンシオメータ (大起理化学工業, DIK-8343) を用いた。テンシオメータは各区の中央部に設置し, 地表面下10cm付近の土壌水分張力を連日8時および15時に読み取った。また, 実験期間中, 各区の10cm深の土壌を採取し, 熱乾法にて土壌水分含水率を求めた。実験終了後には各区の土壌硬度と三相分布を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 各区の熱収支

実験期間中 (2005年5月19日~11月19日) の気象条件は, 例年に比べて平均気温はやや高く降水量は少なく, 日照時間と平均風速はほぼ平年並みであった。

無マルチとマルチのそれぞれの対照区であるNn区とMn区の熱収支を, Table 2に示した。なお, 熱収支の測定日における日射の日総量は, 23.1MJ/m²の晴天日であった。ここでの熱収支の符号は, 純放射量については天空から地面に与えられるときを正に, 他の熱収支項は地表面から地上地下へ熱が流れるときを正とした。 Σ は1日の収支とした。顕熱伝達量 L と潜熱伝達量 V の和は, 熱収支式の残余として算出した。Mn区では畦表面がマルチされているので, V は0とみなすことができる⁽⁵⁾。また, マルチ資材の温度変化に使われる熱量は微小のため, 省略した。

Table 2 Daily amounts (MJ m⁻² day⁻¹) of heat balance components on July 16 in 2005.

	No mulch (Nn)			Mulch (Mn)		
	R	B	L+V	R	B	L+V
+	11.7	1.9	9.7	14.2	1.8	12.4
-	-1.7	-0.5	-1.2	-2.1	-0.6	-1.4
Σ	9.9	1.4	8.6	12.2	1.2	11.0
%	(100)	(14)	(86)	(100)	(10)	(90)

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

Table 2によると、純放射量 (R_n) の正值と1日の収支 (Σ) では、Nn区で $11.7\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $9.9\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ であり、Mn区では $14.2\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $12.2\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ を示した。Nn区と比べてMn区のほうがそれぞれ $2.5\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $2.3\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ 高くなった。負値においてもMn区が $0.5\text{MJ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ほど高くなった。Mn区では黒色マルチフィルムの被覆によってアルベドが低くなったため、日中の純放射量はNn区と比べ高くなったとみられた。

地中伝導熱量 (B) のNn区とMn区の区間差は僅少であった。Mn区の地中伝導熱量が少ない理由として、マルチフィルムと土壌表面との間の薄い空気層の存在が考えられた⁽⁵⁾。

顕熱・潜熱伝達量はMn区で高い値を示した。正味の割合でみると両区は純放射量のそれぞれ86%、90%が顕熱・潜熱伝達量に使われている。マルチ被覆は土壌水分保持効果が高く^(4,5)、Mn区では実際には潜熱伝達量は0に近いことから、純放射量のほとんどが顕熱伝達量に移行したと考えられた。

このようにマルチにより純放射量の正值、および1日の収支における増加がみられ、さらに顕熱・潜熱伝達量の純放射量に対する割合が増加した。よってマルチ被覆による熱収支の変化は、地表面付近の地温に大きく影響すると考えられた。

3.2 マルチと植被下の地温

3.2.1 地温の日変化

24時間観測による2時間毎の測定結果を基に、無マルチの $L_1\sim L_3$ 、マルチ区の $L_{m1}\sim L_{m3}$ における地温のイソプレットをFig. 2に示した。

Fig. 2によると、無マルチ下 L_1 の10時では等温線は垂直状で、深さごとの地温差は殆んどみられなかった。12時には地表面温度が高くなり、等温線の幅は最も狭くなった。地表面温度は14時に 31°C の最高地温になったが、6時まで徐々に低下した。10cm深では、最高地温(30.1°C)は16時に発現した。18時には地表面温度が地表面下と逆の関係となりはじめ、4時の高低関係は完全に日中の逆になり、深くなるほど高い地温となった。10cm深の最低地温 (21.1°C) は10時に発現した。

L_2 の12時には、地表面温度は最高 (37.2°C) を示し、10cm深における最高地温は L_1 と同様に16時に発現した。 L_3 においても L_2 とほぼ同様の地温変化であった。なお、 L_1 と比べて、10cm深地温は18時から6時にかけて約 2°C 低く推移した。

無マルチの区では、植被率が小さい区ほど高地温となり、さらに等温線の幅は狭くなった。Batenら⁽⁶⁾は、群落内の表面温度において植被(キャノピー)直下と他の測点を比べて地温ピーク値の違いを示している。本実験

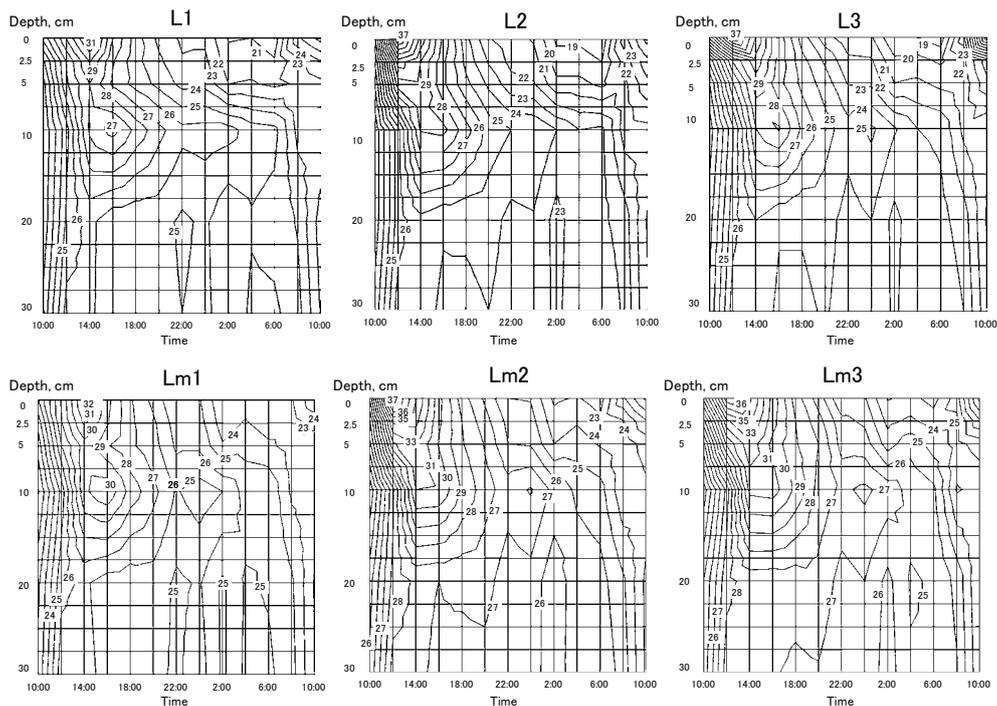


Fig. 2 Isotherm of soil temperature ($^\circ\text{C}$) from 10:00 on September 30 to 10:00 on October 1 in 2005.

では各区の測点は各株間の中間であるが、 L_1 では植被構造により植被直下に測点があるため、 L_2 、 L_3 と比べて地温の経時変化は異なるとみられた。また夜間の L_1 は地温の下降が緩やかであり、保温効果がみられた。

次にマルチ下になると、 Lm_1 はマルチによる地温上昇効果により L_1 と比べて等温線の幅は狭くなった。地表面の最高地温 (32.3°C) は L_1 と同様に14時に発現した。 Lm_2 、 Lm_3 の地表面温度はいずれも12時に最高となった。また、マルチ下の経時変化は Lm_1 を除いて Lm_2 、 Lm_3 はほぼ同様であったが、無マルチ下よりも全体的に地温上昇が遅くなった。

各区を比較すると、無マルチ下の各区では植被率が小さいほど高地温で推移したが、マルチ下で変化は小さかった。また、植被構造によって地温および発現起時が異なった。

3.2.2 期間平均値

各区の10cm地温における6時と15時の10点平均地温、および地温日較差をFig. 3に示した。

Fig. 3によると、6時における地温の高低関係は、模型植被による違いはあまりみられなかった。無マルチ下 (L_1 : 22.7°C , L_2 : 22.5°C , L_3 : 22.7°C , L_4 : 22.5°C , L_5 : 22.5°C , L_6 : 22.4°C) の各区では地温差は微小であった。マルチ下では Lm_1 (23.6°C) が最も低い地温となったが、立性植被下 (Lm_2 : 24.2°C , Lm_3 : 24.5°C , Lm_4 : 24.3°C , Lm_5 : 24.7°C , Lm_6 : 24.6°C) では各区に大きな地温差はなかった。

15時の無マルチ下では、 L_1 (24.5°C) が最も低い地温となった。 L_1 に次いで L_2 (25.6°C) が低地温となったが、各区 (L_3 : 25.9°C , L_4 : 26.2°C , L_5 : 26.0°C , L_6 : 25.9°C) の地温差にはあまり差はみられなかった。マルチ下においても無マルチ下と同様の傾向がみられ、 Lm_1 (26.4°C)

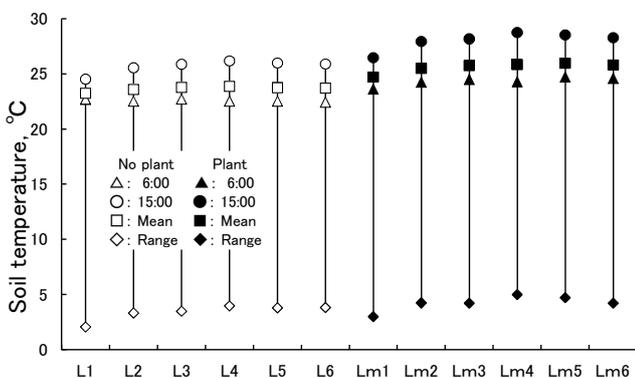


Fig. 3 Average values of mean soil temperatures for 10 points at 10 cm depth from May 19 to November 19 in 2005.

が最も低い地温となり、 Lm_1 (28.7°C) が高地温となった。植被量が多くなるにつれて高地温になる傾向が僅かにみられた。 L_3 ~ L_6 や Lm_3 ~ Lm_6 では、地温差があまりみられなかった。

平均地温では、無マルチ下、マルチ下とも15時地温と同様に L_1 ・ Lm_1 が低地温となり、植被下では差はみられなかった。

各区の地温較差を比較すると、無マルチ下では 2.0 ~ 4.0°C の較差がみられたが、マルチ下は 3.0 ~ 5.0°C であった。 L_1 では植被の保温効果^(3,7)によっては較差が小さくなった。

期間平均値は、最低地温では差はあまりみられなかったが、最高地温では植被高が高くなると高地温になる傾向が僅かにみられた。平均地温では L_1 ・ Lm_1 が低くなり、日較差においても L_1 ・ Lm_1 が小さくなった。

3.2.3 地温推移と植被

植被構造の違いが地温に及ぼす影響を、各処理区と対照区 (Nn , Mn) との比較で示した。対照区と各処理区間との地温差の変化をみるために、無マルチ各区の対照区 (Nn) に対する地温差 (半旬平均値) と無マルチ無植生区 (Nn) の地温との関係を、Fig. 4 (a, b) に示した。また、マルチ畦における植被単独の効果、及びマルチと植被の複合効果をみるために、マルチ各区の対照区 (M) に対する地温差とマルチ無植生区 (Mn) との関係、及びマルチ各区の対照区 (N) に対する地温差と無マルチ無植生区 (Nn) との関係をそれぞれFig. 4 (c, d), Fig. 4 (e, f) に示した。

6時: 6時の地温差は無マルチ (Fig. 4, a) において L_1 を除いた処理区では、負の値となり、対照区よりも低くなった。 L_1 では対照区地温が 17°C 以下の時に対照区よりも高地温となったが、 17°C 以上では対照区の地温が上がるほど、地温差は負で大きくなった。 L_2 では対照区の地温に関わらず、対照区よりも約 0.8°C 低い地温となり、この傾向は L_5 も同様であった。 L_3 、 L_4 、 L_6 の各区では対照区の地温が上がるほど地温差が小さくなり、 L_6 ではこの傾向が顕著にみられた。植被率が小さい区ほど対照区地温に近づき、また対照区地温が高地温になるほど植被による影響が小さくなった。

マルチの区 (Fig. 4, c) では、 Lm_1 、 Lm_4 、 Lm_5 、 Lm_6 の各区は対照区地温が上昇するほど地温差は大きくなった。これは高地温になるほど、植被によって日中の地温が抑制されたためとみられた。 Lm_2 、 Lm_3 では地温差が小さくなり、高地温になるほど植被による影響が小さくなった。マルチ区では Lm_1 を除いて、対照区地温が高い時の地温差が 0.6 ~ 0.8°C に集中したことから、植被によ

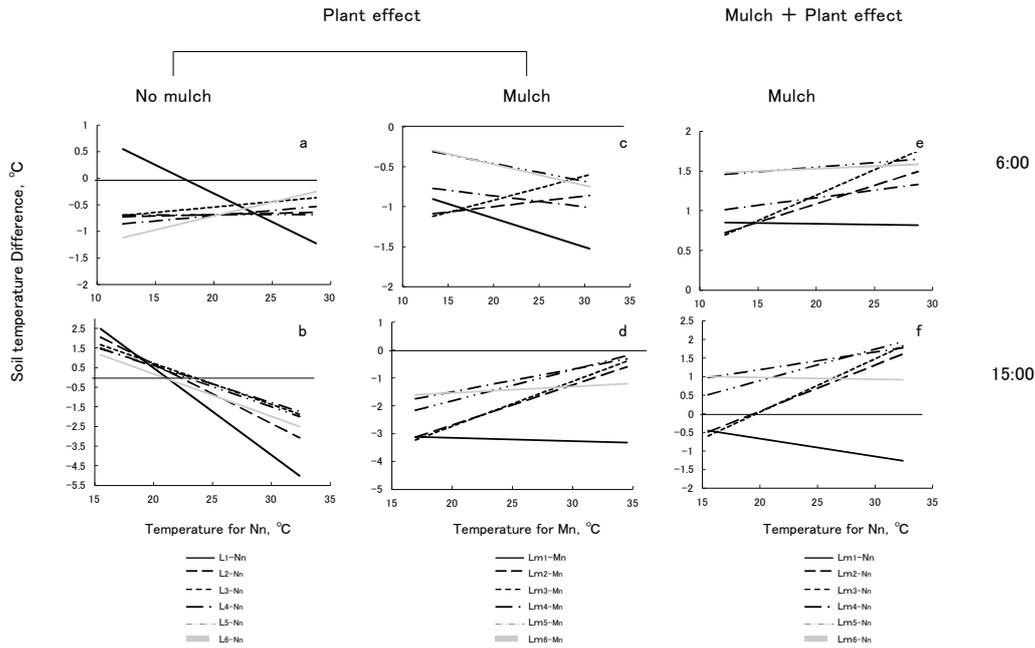


Fig. 4 Change in soil temperature difference 10cm depth between respective plot and the control as influenced by the soil temperature for the control plot (five-day mean) from May 19 to November 19 in 2005.

る影響は僅かであった。

マルチと植被の複合効果 (Fig. 4, e) についてLm₁では、対照区地温が上昇するほど地温差は小さくなり、Lm₁以外では地温差が大きくなった。各区においてNnとの地温差は、正の値となり対照区よりも高地温となった。

6時地温では、対照区が高地温になるほど植被の影響は小さくなった。

15時地温：無マルチ下 (Fig. 4, b) の各区と対照区の地温差は、対照区地温が約21~23℃以下の時は対照区よりも高く、約21~23℃以上の時は対照区よりも低くなった。回帰直線の傾きは各区ともに負値となった。各区の地温差の大小関係は、対照区地温が約21~23℃以下の時L₁>L₂>L₃>L₄>L₅の順に大きくなり、対照区地温が約21~23℃以上では順位が逆転した。

このように植被率が大きいほど日射遮蔽が大きくなり、地温上昇が抑制された。L₆ではこれらの推移とは異なり、対照区地温が約21℃以下では他の処理区の中で最も小さい地温差となり、約21℃以上ではL₂とL₃の中間的な値となった。

マルチ下 (Fig. 4, d) では、Lm₁は対照区地温が上昇するほど地温差は大きくなった。Lm₂, Lm₃, Lm₄, Lm₅の各区では、対照区地温が上昇するほど地温差は小さくなった。Lm₆はL₆と同様に、処理区とは異なる推移をした。各区のMnとの地温差は負となり、対照区よりも低

くなった。

アッチャーナら⁽²⁾によると、対照区の地温よりも処理区の地温が高く、これは植被により夜間の上向きの長波放射が遮られたためとしている。本実験では測定期間が異なることから、夏期においては夜間の模型植被による保温効果よりも、昼間の地温上昇抑制効果が顕著に現れたため、処理区の地温が対照区よりも低くなったと考えられた⁽⁷⁾。

マルチと植被の複合効果 (Fig. 4, f) では、各区のNnとの地温差はLm₁とは異なった。対照区が20℃以下の時、Lm₂, Lm₃で負の値となり、他の区 (Lm₄~Lm₆) は正の値であった。Lm₁では対照区の地温が上がるほど負の地温差が大きくなった。Lm₂, Lm₃, Lm₄, Lm₅の各区では、対照区地温が上昇するほど地温差は大きくなった。

植被が地温へ及ぼす影響は、無マルチ下では植被構造による地温差が顕著であった。マルチ下では植被により地温は低くなったが、植被構造による差異は不明確であった。

3. 2. 4 地温日較差比

植被の地温に及ぼす効果を地温の日較差比⁽⁸⁾で表し、Fig. 5 (a, b, c) に示した。無マルチ (L₁~L₆)、マルチ (Lm₁~Lm₆) の各処理区について、それぞれの対照区であるNn, Mnの地温日較差で、それぞれの区の日較差を

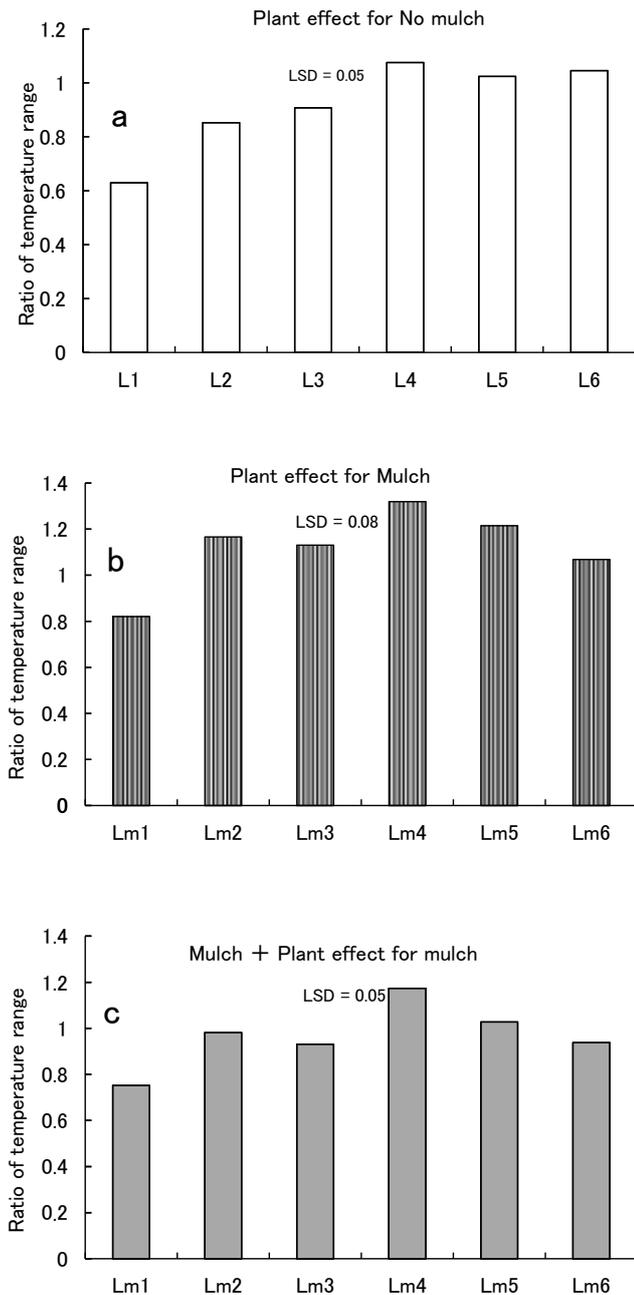


Fig. 5 Ratio of diurnal range of soil temperature for each plot at 10 cm depth to that of control plots from May 19 to November 19 in 2005. L.S.D.: Significant at 5% level.

割って無次元化した。

無マルチ下 (Fig. 5, a) において, L_1 の日較差比は0.63と低く, $L_2 \sim L_4$ では植被高が高くなると日較差比は高くなった。 $L_4 \sim L_6$ の区間差は明確でなかった。この日較差比は, $L_1 \sim L_6$ にかけて増加した。

マルチ下 (b) では, Lm_1 の日較差比は0.82となった。 $Lm_2 \sim Lm_6$ の各区では1.00を超え, Lm_4 では1.31と最も高く, Lm_6 は1.02と小さくなった。マルチ下各区の日較差

比の大小関係からは, 植被による影響は明らかではなかった。マルチ下では無マルチ下と比べると, Lm_1 は L_1 よりも日較差比が1.00に近く, $Lm_2 \sim Lm_6$ においても無マルチ下と比べて大きくなった。このことから, 植被による地温への影響度はマルチ下では減少したとみられた。

マルチと植被の複合効果 (c) をみると, Lm_1 の日較差比は0.75となり, 先の植被単独 (a, b) と比べるとマルチ (b) の値に近かった。 $Lm_2 \sim Lm_6$ においてもマルチ (b) に近いことから, マルチ被覆による影響が大きいとみられた。

日較差比では, 植被高が高い植被ほど地温上昇の抑制は小さくなった。また, マルチ下の地温効果は植被よりも大きいことが判明した。

3. 2. 5 地温差と植被

本実験の同一LAI下では, 植被率, 空間占有度は各区で異なっている。LAIと植被率間の関係を見るために, 地温日較差比と植被率・空間占有度との関係をTable 3に示した。

植被率: Table 3によると, 無マルチ区 (Pn) では植被率が大きいほど地温日較差比は小さくなった。マルチ区 (Pm) およびマルチと植被の区 (PM) でも植被率が大きいほど地温日較差比は小さくなったが, 回帰係数は無マルチ区と比べて低くなった。鈴木ら⁹⁾は植被率と地温日較差比の関係について, 実験期間に留意する必要があるとしている。本実験においてもマルチと植被の地温効果は既報²⁾と差異があり, これは主に測定期間の相違によるものと考えられた。

空間占有度: 無マルチ区 (Pn) では, 空間占有度が高いほど地温日較差比は大きくなった。マルチ区 (Pm) でも空間占有度が高いほど地温日較差比は大きくなった。マルチと植被の区 (PM) でも, 無マルチ区 (Pn) と同様の傾向であった。また空間占有度は植被率とともに比較的高い相関係数であったが, 相関係数は空間占有

Table 3 Relations between ratio of diurnal range of soil temperature at 10 cm depth (Y) and plant coverage (X), between the ratio (Y) and space share (X) from May 19 to November 19 in 2005.

	X	Y	
Plant coverage	Pn	$Y = -181.6X + 208.1$	$r = 0.966$
	Pm	$Y = -148.3X + 206.8$	$r = 0.800$
	PM	$Y = -169.6X + 204.7$	$r = 0.744$
Space Share	Pn	$Y = 10.6X - 2.2$	$r = 0.976$
	Pm	$Y = 8.6X - 2.1$	$r = 0.805$
	PM	$Y = 10.0X - 2.1$	$r = 0.761$

Pn: No mulch, Pm: Mulch, PM: Mulch + Plant

度の方が若干高く得られた。

上記のように、地温日較差比と植被率の関係は植被率が高いほど日較差比は小さくなったが、空間占有度では占有度が高いほど地温日較差比は低くなった。

4. 結 論

同一LAI下の各区において、6時地温の無マルチ下では植被率が大きいほど高地温となった。マルチ下では、植被率が小さいほど高地温となった。15時地温になると、無マルチ下では植被率が小さいほど高地温となり、マルチ下でも同じ傾向となった。

植被構造の違いによる影響は、植被率が小さいほど植被による地温差は小さく、その傾向はマルチ下では特に顕著となった。マルチと植被の複合効果では、マルチの地温効果が顕著にみられ、植被による地温上昇の抑制はマルチ被覆による高地温化と相殺され、各区の地温は期間を通してほぼ一定となった。また、植被高が高いほど植被による日射の遮蔽度は小さくなった。なお、本実験の葉面積指数 ($LAI=1.0$) は実際の栽培期間を通じて高

い値ではないが、日較差比と地被率の関係ではダイズ植生 ($LAI > 1.0$) においても今回の $LAI=1.0$ の場合と近似した傾向がみられている。同一LAI下においては、植被構造によって地温変化への影響の異なることが明らかとなった。

要 約

本実験では、マルチ栽培の植被とマルチが地温に及ぼす影響を、同一葉面積指数 ($LAI=1.0$) 条件下における植被構造の違いから明らかにすることを目的とした。

同一LAI下において、6時地温の無マルチ下では植被率が大きいほど高地温となった。マルチ下では植被率が小さいほど高地温となった。15時地温の無マルチ下では、植被率が小さいほど高地温となり、マルチ下でも同じ傾向となった。植被率が小さいほど植被構造の違いによる地温差は小さく、マルチ下では特に顕著となった。マルチと植被の複合効果では、マルチの地温効果が顕著にみられ、植被による地温上昇の抑制はマルチ被覆によって期間を通してほぼ一定となった。

引 用 文 献

- (1) 椎名幹郎・今久・松岡延浩：ポリエチレンフィルムによる地表面被覆が気温と湿度に及ぼす影響，農業気象，55 (3)，261-265 (1999)。
- (2) アチャナ デュアンパン・鈴木晴雄・中西景子・奥田延幸・松井年行・藤目幸擴：作物の植被型がフィルムマルチ下地温に及ぼす影響，農業気象，58 (1)，23-32 (2002)。
- (3) 岩切敏：水稻植被が繁茂にともなう水面熱収支特性の変化について，農業気象，19 (3)，89-95 (1964)。
- (4) 上原勝樹・松田松二・鈴木晴雄：畦面被覆の微気象に関する研究 I Albedoの著しく異なった資材を用いた場合 (その1)，香川大学農学部学術報告，27，21-32 (1976)。
- (5) 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 (4)，243-248 (1980)。
- (6) Md.Abdul Baten, Hisashi Kon and Nobuhiro Matsuoka: Spatial variability in micrometeorology at soil surface below a potato canopy with two row orientations, *J. Agric. Meteorol.*, 52 (4)，301-310 (1996)。
- (7) 瀬尾理恵・鈴木晴雄・アチャナ デュアンパン・松井年行・藤目幸擴：フィルムマルチと畦の凹凸が地温に及ぼす影響，農業気象，57 (3)，135-144 (2001)。
- (8) 鈴木晴雄・白須大造・武政剛弘：フィルムマルチの植穴径と地温効果，日本農業気象学会中国四国支部会誌，4，1-9 (1991)。
- (9) 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大豆の植生と黒色有孔ポリエチレンフィルムが地温に及ぼす影響，農業気象，38 (2)，135-144 (1982)。

(2011年10月31日受理)