

フィルムマルチの被覆幅が地温に及ぼす影響

新谷康介・ポンサアヌティン ティーラサク・鈴木晴雄

Effects of Coverage width of Film Mulch on Soil Temperature

Kousuke SHINTANI, Teerasak PONGSA-ANUTIN and Haruo SUZUKI

Abstract

The purpose of this paper is to elucidate soil temperature characteristics of zones with aluminum foil mulches with the same coverage rate, but different coverage widths. Aluminum foil mulches were placed at even intervals with bare ground. Six experimental zones were established in total; three vegetation-free zones with coverage width of 50, 25, and 12.5 cm (2Nn, Nn, and 0.5Nn) and three vegetation zones with coverage width of 50, 25, and 12.5 cm (2Np, Np, and 0.5Np).

Vegetation-free, the soil temperature during daytime was higher when the coverage width was narrower. With vegetation, the minimum soil temperature tended to be higher. At night, the soil temperature was higher in vegetation-free zones than vegetation zones. The difference of the coverage width of the aluminum mulches exerted only small effects on the period average of soil temperature. The dispersion of soil temperature was smaller in zones with narrower coverage width aluminum mulches. The dispersion was larger during the day. Despite all zones having the same coverage rate, the soil temperature varied depending on the coverage width under vegetation-free conditions. With vegetation, the effects of coverage width on the soil temperature were small.

Key words : Aluminum foil mulch, Coverage width, Soil temperature.

1. 緒 言

フィルムマルチの利用は、直接的に作物生産の増大及び安定化につながるため、栽培現場では広く使われている。マルチ被覆下の地温調節に関しては、栽培の諸環境や作物種ごとにマルチ資材とその使用法の改善がなされている。マルチ使用にあたり、資材の量を極力抑制して地温効果をあげることは経済的にも重要である。このマルチ利用において、マルチ資材の使用量を少なくしてマルチ効果を得ることができるならば、マルチ利用における大きな改善となる。

このような見地から本実験では、マルチの被覆率が同一の場合で被覆幅が異なるマルチ被覆下の地温特性について、無植生下と植生下において比較検討した。

2. 実験区の設置及び測定方法

2.1 実験区の設置

実験は2004年4月10日から7月3日にかけて、香川大学農学部内構内の実験圃場において行なった。

実験圃場に畦長5.5m、畦幅1.0m、畦高20cmの南北畦（花崗岩質系の植壤土）を6本たて、1畦を1つの実験区とした。各畦表面にはアルミニウム箔（厚さ12 μ m）を被覆したアルミ被覆部と、被覆しない裸地部を等間隔に交互に設定し、いずれの区もマルチ被覆率が50%となるようにした（Fig. 1）。

さらにアルミ箔の被覆幅を50cm、25cm、12.5cmの3通りにして、それぞれを無植生の区（2Nn, Nn, 0.5Nnの各区）と植生の区（2Np, Np, 0.5Npの各区）とし、計6区を設けた。アルミによる畦面被覆は4月10日に行なった。植生としてのダイズ（早生枝豆）は同年4月13日に播種し、各区ともに株間25cm、条間40cmとした。

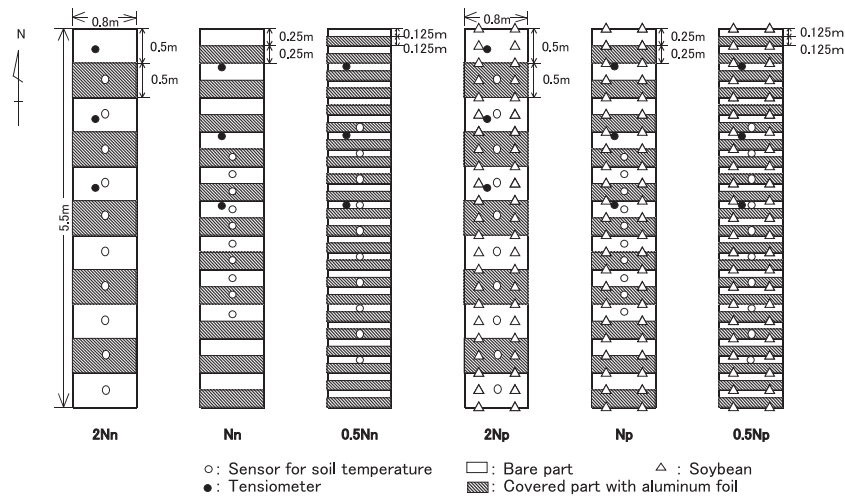


Fig. 1 Experimental plots.

2.2 測定方法

実験期間中は主に放射量, 地温, 土壌水分について測定した⁽¹⁾.

全天日射量の測定は, 農試電子型日射計(中野製作所)を用いて行なった. アルベドの測定はアルベド計(英弘精機, MR-21)を用い, 無植生の区では畦面上50cmの高さで, 植生の区では植被面上50cmの高さで行なった. 純放射量の測定は純放射計(英弘精機, CN-6)を用い, アルベドと同様にして行なった.

地温の測定には, 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. センサーは各区の条間中央部の地表面, 地表面下25, 5, 10, 20, 30cmの各深さに, 30cm間隔で10本ずつ埋設した. 地表面温度は, T型熱電対と放射温度計(タスコジャパン, THI-700L)を用いて測定した. 測定は, 連日6時と15時に行なった. 記録にはデータロガー(横河電機, TYPE 3874)を用いた. なお, 地温と放射量については2004年6月14日10時から翌15日10時にかけて, 2時間毎の24時間観測を行なった.

土壌水分の測定はテンシオメータ(大起理化工業, DIK-8343)を用いて, 各区の地表面下10cm付近の土壌水分張力を連日15時に読み取った. なお, テンシオメータは各区の裸地部とアルミ被覆部に10点ずつ設置した. また実験期間中, 裸地部とアルミ被覆部の境界における鉛直下1cm深から2.5cm深までの土壌を採取し, 土壌水分含水率を求めた.

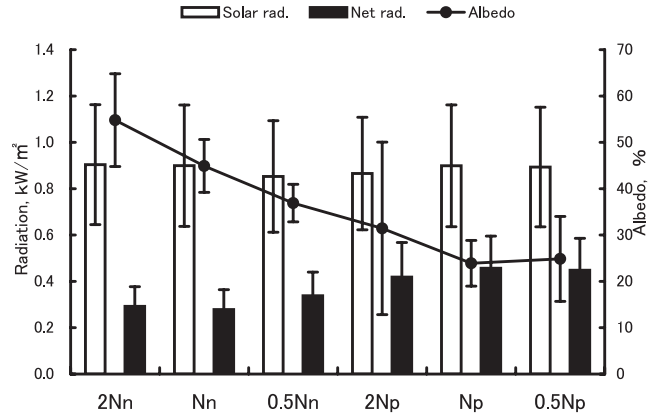


Fig. 2 Mean values of global solar radiation, net radiation, albedo from April 13 to July 2 in 2004.

3. 実験結果および考察

3.1 アルベドと純放射量

各区の全天日射量, アルベド, 純放射量の期間平均値をFig. 2に示した. Fig. 2によると, 測定時における全天日射の区間差はほとんどなかった. アルベドは無植生下において, $2Nn (54.8\%) > Nn (44.9\%) > 0.5Nn (36.9\%)$ の順となり, 被覆幅が広いほどアルベドは高い傾向がみられた. これは被覆幅の相違とアルベド計の測定範囲におけるアルミ箔部占有面積の違いの影響とみられ, 富井⁽²⁾の実験結果とも一致している. 植生下では $2Np (31.5\%)$ が高く, $Np (23.9\%)$, $0.5Np (24.9\%)$ は低かった. これに関して崔ら⁽³⁾は, 反射スペクトルは受光エネルギーに対して影響する葉面積指数以外の要因, 群落構造や葉の反射特性なども反映するとしている. 群落下の地表面の特性が大きく異なる本実験では, 植生の生長量によるよりもアルミ被覆幅が大きく影響し

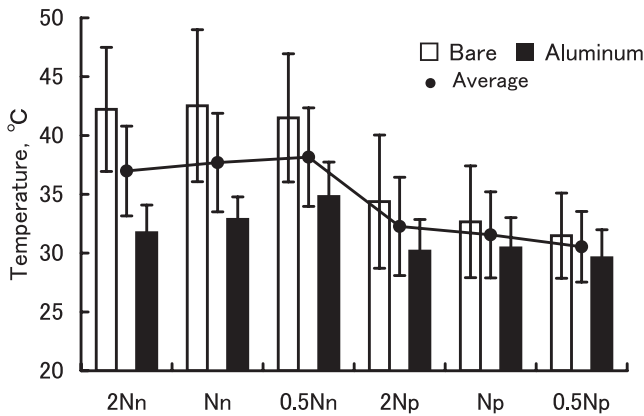


Fig. 3 Mean values of row surface temperature from April 13 to July 2 in 2004.

たとみられた。

次に純放射量について無植生下では、0.5Nn (0.34 kW/m²) が若干高かったが、2Nn (0.29 kW/m²), Nn (0.28 kW/m²) との差は小さかった。植生下ではNp (0.46 kW/m²) が高かったが、無植生と同様に区間差は小さかった。無植生下の各区に対して植生下の各区の平均値は、約10 kW/m²ほど高くなった。

以上、アルミ被覆幅の相違による影響はアルベドではみられたが、純放射量では大差がなかった。

3.2 地表面温度

各区の裸地部とアルミ被覆部の表面温度を、Fig. 3 に示した。Fig. 3によると、裸地部とアルミ部の平均値は、無植生下でも2Nn (37.0°C) < Nn (37.7°C) < 0.5Nn (38.2°C) の関係となるが、区間差は小さかった。植生下では、2Np (32.3°C) > Np (31.6°C) > 0.5Np (31.0°C) となり、区間差はあまりみられなかった。

裸地部を比較すると無植生下では、Nn (42.5°C) > 2Nn (42.2°C) > 0.5Nn (41.5°C) となって差はほとんどみられなかった。植生下では、2Np (34.4°C) > Np (32.7°C) > 0.5Np (31.5°C) となって高低関係は明確になった。

無植生下と植生下の地表面温度には10°C程度の差があり、植生による日射遮蔽の地温上昇抑制効果が顕著にみられた。

アルミ被覆部の無植生下は0.5Nn (34.8°C) > Nn (32.9°C) > 2Nn (31.7°C) となり、被覆幅が狭いほど高い地温となった。大後ら⁽⁴⁾の敷藁を用いた実験によると、敷藁は比熱が小さいので日中は日射により容易に昇温し、夜間は降下するとしている。アルミ箔も比熱が小さいので、温度上昇はアルミ幅が狭いほど裸地部の高温の影響を受けたものとみられた。

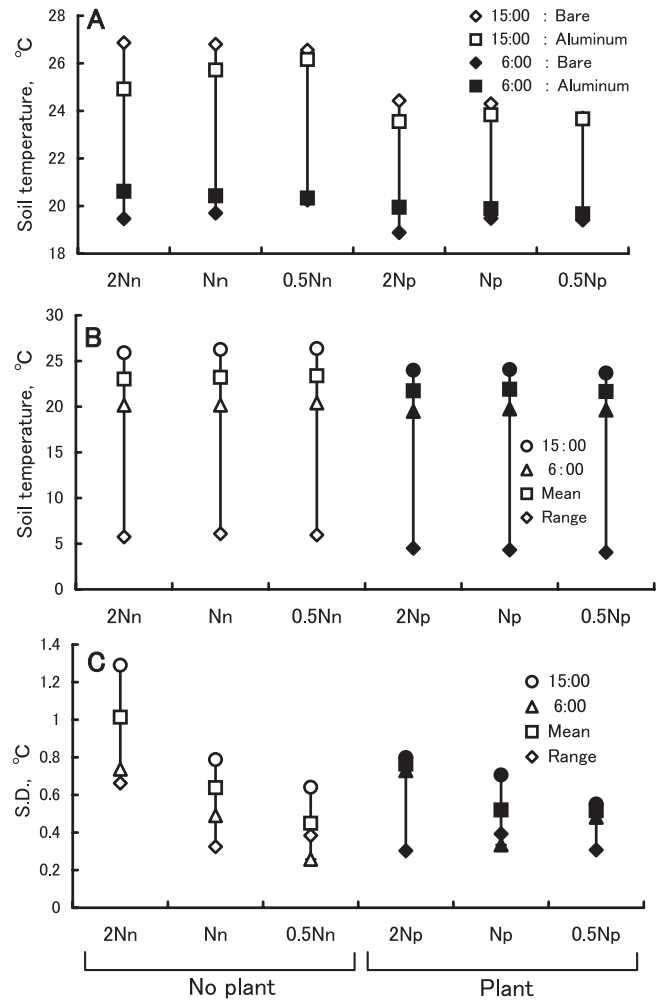


Fig. 4 Mean soil temperature at 10 cm depth from April 13 to July 2 in 2004. A: Each temperature at bare portion and covered portion with aluminum foil, B: Mean temperature at the bare and the covered, C: S.D. of the 10 soil temperatures at the bare and the covered.

植生下ではNp (30.4°C) > 2Np (30.2°C) > 0.5Np (29.6°C) となるが、あまり差はなかった。

各区の裸地部とアルミ被覆部の地温差は、無植生下ではアルミ被覆部の幅が広いほど顕著に大きくなったが、植生下では無植生下ほどの差はなかった。植生の地温上昇抑制効果は裸地部で顕著にみられたが、アルミ被覆による差はみられなかった。無植生と植生の地表面温度間の差は大きかった。

3.3 期間平均値

各区の10cm地温の期間平均値を、Fig. 4に示した。15時と6時における各区の裸地部5点平均とアルミ被覆部5点平均の期間平均値をFig. 4 (A)に、裸地部とアルミ被覆部を合わせた10点平均の期間平均と地温日較差を

(B) に、10点地温の標準偏差を (C) に示した。

Fig. 4 (A) によると、15時の高低差関係は、表面温度 (Fig. 3) の場合と同様に、いずれの区も裸地部がアルミ被覆部より高くなった。2Nnの裸地部とアルミ被覆部間の差は大きく生じた。この裸地部—アルミ被覆部間の地温差について無植生下では、2Nn (2.0°C) > Nn (1.1°C) > 0.5Nn (0.4°C) となり、植生下では、2Np (0.9°C) > Np (0.5°C) > 0.5Np (0.0°C) となって、ともに被覆幅が広いほど地温差が大きくなった。これについて裸地部地温は、無植生下 (2Nn (26.9°C) ≒ Nn (26.8°C) > 0.5Nn (26.6°C))、植生下 (2Np (24.4°C) ≒ Np (24.3°C) > 0.5Np (23.7°C)) ともに差があまりなかった。アルミ被覆部では被覆幅が広いほど地温抑制が大きかったが、被覆幅の狭い0.5Nnと0.5Npでは、裸地部とアルミ被覆部間の日中の地温差はほとんどみられなかった。

6時ではいずれの区もアルミ被覆部が裸地部より高温を示し、アルミ被覆による保温効果が示された⁽⁵⁾。無植生下の裸地部は、各区分 (2Nn (19.5°C) < Nn (19.7°C) < 0.5Nn (20.3°C)) の差が小さく、アルミ被覆部 (2Nn (20.6°C) > Nn (20.4°C) > 0.5Nn (20.3°C)) でも同様であった。植生下の裸地部は、2Np (18.9°C) が他の2区 (Np: 19.5°C, 0.5Np: 19.4°C) より0.5°C程度低下し、アルミ被覆部では区分差 (2Np: 19.9°C, Np: 19.9°C, 0.5Np: 19.7°C) はみられなかった。

Fig. 4 (B) によると、15時の無植生下では、2Nn (25.9°C) < Nn (26.2°C) < 0.5Nn (26.4°C) となって区分差は小さく、植生下 (2Np (24.0°C) < Np (24.1°C) < 0.5Np (23.7°C)) でも同様であった。無植生—植生間では2.0°C程度の地温差があった。6時では、無植生下 (2Nn: 20.2°C, Nn: 20.2°C, 0.5Nn: 20.4°C) と植生下 (2Np: 19.5°C, Np: 19.7°C, 0.5Np: 19.6°C) ともに地温差は小さかった。

平均地温について無植生下では、2Nn: 23.0°C, Nn: 23.2°C, 0.5Nn: 23.4°Cと差はみられず、植生下 (2Np: 21.7°C, Np: 21.9°C, 0.5Np: 21.7°C) でも同様であった。無植生と植生間の差は1~2°C程度であった。また地温日較差について、無植生下の各区は6.0°C程度、植生下は4°C程度であった。このことから、期間の平均地温には被覆幅の相違による影響はみられなかった。

標準偏差の高低関係 (Fig. 4 (C)) をみると、6時が15時よりも大きく、また両時刻ともに被覆幅が狭いほど偏差は小さくなった。なお、植生下の6時ではNpでのバラツキが最も小さくなったが、Npではダイズの根量が多く、それによる低土壌水分によるものとみられた。

以上、日中の15時のアルミ被覆下では、被覆幅が広いほど地温低下が大きく、早朝6時ではいずれの区もアル

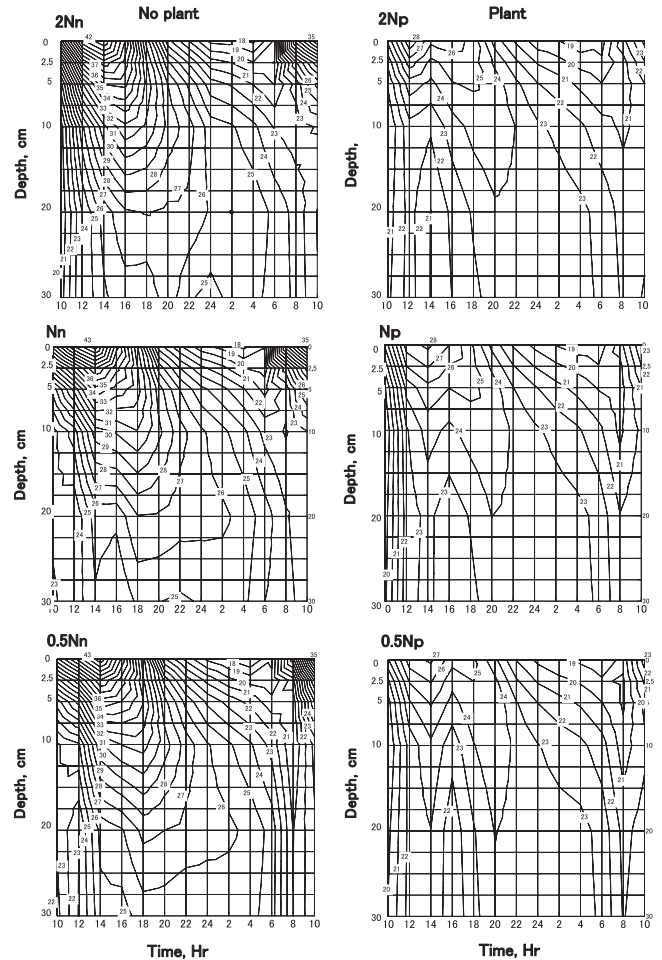


Fig. 5 Isoleth of soil temperature from June 14 at 10:00 to June 15 at 10:00 in 2004.

ミ被覆下の方が裸地部より高温を示した。

3.4 イソプレット

各区における地温のイソプレットを、Fig. 5に示した。Fig. 5によると、無植生下の2Nnでは10時から12時まで深さによる地温変化は小さいが、14時には等温線の幅が狭くなった。18時の10cm以下では等温線がかなり疎になり、その後4時では、地表と地中の高低関係は日中とは逆となり、深くなるほど高地温となった。6時には等温線の幅は最も広くなり、6時以降の地表面付近は幅が狭くなった。同じ無植生下のNnでは、2Nnより全体的に等温線の間隔は若干広く、0.5NnはNnとほぼ同様の变化であった。

植生下の2Npでは、無植生下2Nnと比べて等値線の幅は顕著に広く、夜間の地表面温度は無植生下2Nnより1~2°C高くなった。植生下のNpと0.5Npを比較すると、被覆幅が狭くなるほど日中から8時まで21°Cの等値線が明確に右下りとなった。これは0.5Npで地温低下の大き

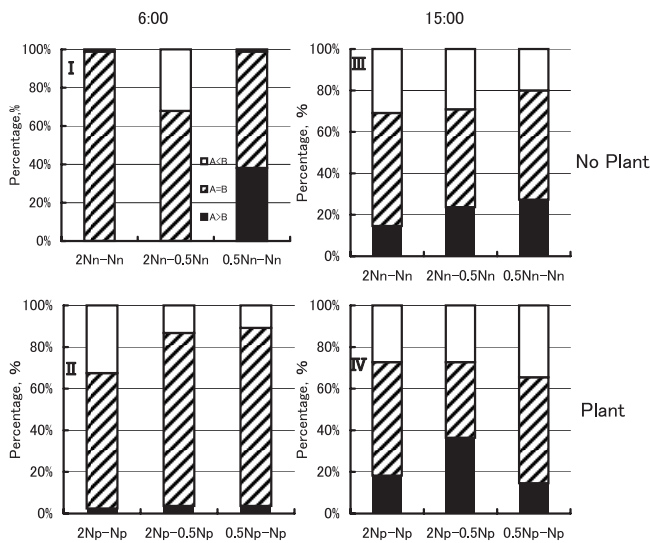


Fig. 6 Frequency (%) of order relation for the means of 10 soil temperatures at 10 cm depth between 2 plots from April 13 to July 2 in 2004.

いことを示している。

イソプレットによる無植生—植生間の特徴の違いはみられたが、全般的に被覆幅の相違による地温差は明確でなかった。

3.5 2区間地温の高低関係

2区間の地温高低比較を、同一深10点地温の t 検定により行った (Fig. 6) ⁽⁶⁾。なお、 t 値が有意でない場合は2区間に差はないものとした。

6時：Fig. 6 (I) によると、無植生下の2Nn-Nn間の差はほとんどなく (98.8%)、アルミ被覆幅による地温差はみられなかった。2Nn-0.5Nn, 0.5Nn-Nnではどちらも被覆幅が狭い0.5Nnが高地温となる頻度が40%ほどみられた。これらの頻度から、無植生下3区間の関係は、 $2Nn \approx Nn \leq 0.5Nn$ となった。期間平均値 (Fig. 4 (B)) では各区間差は0.2°C程度で、差はほとんど無いとみられたが、Fig. 6の高低関係では被覆幅による差が明確になった。

植生下 (II) では、無植生下と (I) と比べて全体として両者間の差が増したが、差のない頻度は約60~80%を占め、区間差は明確でなかった。

このように6時地温の高低関係は、被覆幅によって関係が異なり、また区間差のない頻度が多くみられた。

15時：無植生下 (III) では、2区間に差のある頻度が6時 (I) よりも増加し、区間差のない頻度は約50%となった。2Nn-Nn間では、2Nnが高地温となる割合 (14.5%) がNnが高地温となる割合 (30.9%) よりも低かった。2Nn-0.5Nn間, 0.5Nn-Nn間の関係から高低関係は、 $2Nn \leq Nn \leq 0.5Nn$ となり、被覆幅が狭いほど高地温となる割合が増加した。

次に植生下 (IV) では、区間差のない頻度は約40~50%となり、6時の場合と比べて2区間に差のある頻度が多くみられた。

以上、被覆幅による6時のアルミ被覆下の地温は、被覆幅が狭いほど高地温となる頻度が増えた。15時では被覆幅による高低関係が6時と比べて増加し、高低関係は

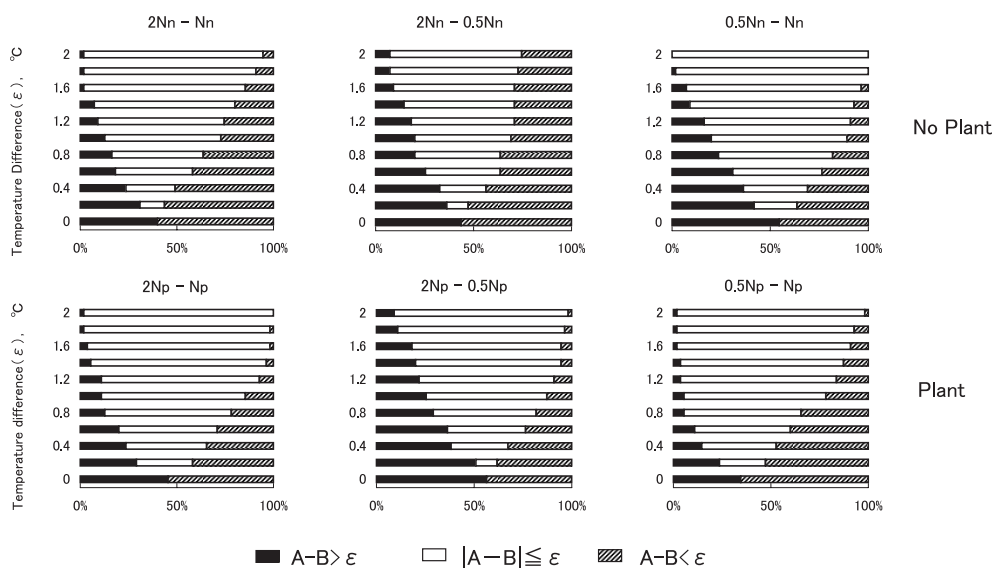


Fig. 7 Ratio of 3 categories ($A - B > \epsilon$, $|A - B| \leq \epsilon$, $B - A > \epsilon$) plotted on different values of the threshold (ϵ). The threshold is expressed by the soil temperature difference between plot A and plot B. Soil temperature was measured at 10 cm depth at 15:00 from April 13, 2004 to July 2, 2004. Plot symbols are the same as in Fig. 1.

明確になった。

3.6 閾値による高低判定

連日の地温高低関係(15時)について閾値を用いて分類し, Fig. 7に示した。なお, 閾値は0℃から2.0℃までの範囲とし, さらにその間を0.2℃毎に区切った⁽⁶⁾。

Fig. 7の無植生下では, 2Nn-Nn間の閾値0℃で, 2Nn>Nnの割合が40.0%, 2Nn<Nnの割合は60.0%となった。閾値が大きくなるにつれて2Nn≒Nnの割合が多くなり, 閾値2℃では同関係が89.1%を占めた。2Nn-0.5Nn間では閾値2℃においても, 2Nn<0.5Nnの割合は25.5%となり, 0.5Nnが高地温となる割合が多くみられた。0.5Nn-Nn間は, 2Nn-Nn間とほぼ同じ傾向であるが, 0.5Nnが高地温となる割合と, Nnが高地温となる割合が各閾値でほぼ等しく, 2℃では0.5Nn≒Nnの割合が100%となった。

植生下についてみると, 各区における両者の高低割合はほぼ無植生下と変わらなかった。特に0.5Np-Np間では, Npが高地温となる割合が若干多くみられた。

このように, 無植生下の地温高低関係は, 閾値0℃において2Nn<Nn<0.5Nnとなり, 被覆幅が狭い区ほど高地温となる割合が多くみられた。植生下では, 2Np≒Np>0.5Np(閾値0℃)の関係となった。

4. 結 論

日中の無植生下では, アルミ被覆幅が狭い区ほど高地温となり, 植生下では最低地温が高くなった。夜間では, 無植生下の各区は植生下よりも高地温となった。

また裸地部とアルミ部の幅の相違は, 期間平均地温には顕著に出現しなかったが, 地温バラツキでは被覆幅が狭いほど小さいバラツキとなった。日中になるとバラツ

キは大きく生じた。

これらのことから, 被覆率が同一であっても被覆方法, 植生の有無によって各区の被覆部, 裸地部の地温とそのバラツキの高低関係は異なった。マルチ栽培の現場では被覆部や裸地部の割合を変え, 植生とマルチ下の地温への複合効果が, 高温・低温のどちらにはたらくかを考慮する必要があると考えられた。また, 閾値による2区間地温の高低判定は, 季節や気象条件を考慮した閾値の設定が必要と考えられた。今後は年間を通じた測定を行い, 各季節におけるマルチ被覆幅による特性を明らかにする必要がある。

摘 要

本実験は, マルチ資材としてのアルミ箔の被覆率が各区で同一で, 被覆幅が異なる場合の地温特性について検討した。実験区は, アルミ箔を裸地部と等間隔になるように被覆し, 被覆幅の異なる50cm, 25cm, 12.5cmの3区を, それぞれ無植生区(2Nn, Nn, 0.5Nn)と植生区(2Np, Np, 0.5Np)に設定し, 計6区とした。測定は, 地温, 全天日射量, アルベド, 純放射量, 気温, 土壌水分張力, 含水率について行った。植生にはダイズ(早生枝豆)を用い, 草高および植生率を測定した。

得られた結果として, 日中の無植生下ではアルミ被覆幅が狭い区ほど地温は高く, 植生下では最低地温が高くなった。夜間は無植生下が植生下よりも高地温となった。裸地部とアルミ幅の相違は, 期間平均地温には現れなかったが, バラツキではアルミ被覆幅が狭い区ほど小さくなった。また日中はバラツキが大きく生じた。被覆率が同一にも関わらず, 無植生下では被覆幅によって地温差が生じたが, 植生下の被覆幅による影響は小さく生じた。

引 用 文 献

- (1) 日本農業気象学会編: 農業気象の測器と測定法. 農業技術協会, 119-123 (1997).
- (2) 富井航: マルチの同一被覆率における被覆幅の違いが地温に及ぼす影響. 平成15年度香川大学農学部卒業論文, pp. 72 (2003).
- (3) 崔毅年・井上吉雄: ダイズ群落における蒸散, 蒸発散と日射強度および分光反射特性の関係—リモートセンシングと日射法に基づいた群落蒸散の簡易評価について—. 農業気象, 60 (1), 43-53 (2004).
- (4) 大後美保・丸山榮三: 敷藁の効果に対する微気象的研究. 農業気象, 7 (2), 38-42 (1952).
- (5) 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).
- (6) Pongsa-anutin, T., Suzuki, H. and Matsui, T.: Deviations in horizontal distribution of soil temperature beneath film mulch in a greenhouse. *Journal of Agricultural Meteorology*, 60, 697-700 (2005).

(2010年11月8日受理)