

畦面被覆の微気象に関する研究

III 被覆の資材・方法の相違が作物の生育に及ぼす影響 (その1)

鈴木 晴雄, 上原 勝樹, 宮川 秀夫

STUDIES ON THE MICROMETEOROLOGY
OF THE MULCHED GROUND SURFACE OF THE ROWSIII Effects of the difference of the mulching materials and of
the mulching methods on the growth of the crop (Part 1)

Haruo SUZUKI, Masaki UEHARA and Hideo MIYAGAWA

In the previous work, some observations were made to clear the heat balances and the micro-meteorological properties of the black vinyl film mulched plot, the aluminum foil mulched plot, and of the styrofoam plates mulched plot which were made at the ground surface of the row. In this work, the experiments were made from May to August, 1972, to clear the effects of these mulching materials to the soybean plants which were cultivated at the experiment farm, Kagawa University, Japan.

The soybean plants were cultivated in each five plots, namely the no mulch plot, the aluminum foil mulched plot, the black vinyl film mulched plot, the night mulched plot, and the day and the night mulched plot.

The observations were performed especially with the relation between the underground temperature and the soybean growth. The following results were obtained. The root nodules were well grown in the day and the night mulched plot which the daily maximum temperature of the underground is not very high and the diurnal range is small, and most poor growth of the root nodules was gained in the black vinyl film mulched plot. Yields of fertile seed were most rich in the day and the night mulched plot too, and this yields accounted for about 30% increase comparing to that of the no mulched plot.

前報においては、畦面被覆に Albedo の著しく異なった資材を用い、或いは断熱材を用いて掛けはずしを行なった場合における、各処理区の熱収支・微気象特性について明らかにした。

今回は、それらの特性をもった被覆の、作物に対する影響をみるため、1972年5月から8月にかけて大豆の栽培を試みた。

既ち、裸地畦区、アルミ箔被覆区、黒色ビニールフィルム被覆区、半被覆区および全被覆区の5区について行ない、とくに地温と大豆の生育との関係について考察した。

得られたおもな結果は、日最高温度が余り高くなく日較差が小さい区、既ち全被覆区に根粒の発育がよく、黒色ビニールフィルム被覆区では最も悪かった。

また、子実の収量も全被覆区に最も多く、それは裸地畦区の30%増しであった。

I ま え が き

前報⁽¹⁻⁴⁾においては、Albedo の著しく異なった資材の黒色ビニールフィルム、アルミ箔および断熱材の発泡スチ

ロール板を用いて畦面被覆を行ない、既ち、被覆の資材と方法を異にし、かつ作物を栽培しなかった場合について、各区における熱収支特性、並びに微気象特性を明らかにした。

今回は、これらの各区に作物を栽培した場合、各被覆の資材・方法の如何によって創り出される特殊な地上・地下環境が、作物にどのような影響をもたらすかについて、検出を試みることにした。

既ち、1972年5月から8月にかけて、大豆を栽培した場合の一例についてその概要を報告する。

なお本報告の概要は、1973年12月8日開催の日本農業気象学会中国四国支部会において講演発表した。

II 実験の設備と方法

前報⁽¹⁻⁴⁾の各実験を行なった香川大学農学部附属農場において、畦の長さ9m、巾0.6m、高さ0.2mの東西畦に、前報と同じ資材を用いて次のような実験区を設けた。即ち

No. 1: 裸地畦区 (対照区)

No. 2: 0.02mm厚のアルミ箔被覆区

No. 3: 0.1mm厚の黒色ビニールフィルム被覆区

No. 4: 半被覆区 (18mm厚の白色発泡スチロール板を夜間被覆し、6~18時の昼間取り除く)

No. 5: 全被覆区 (同じ板を全日被覆)

の5区を設けて、大豆 (早生みどり) を栽培した。なお栽培の模様は Fig. 1 の如くである。

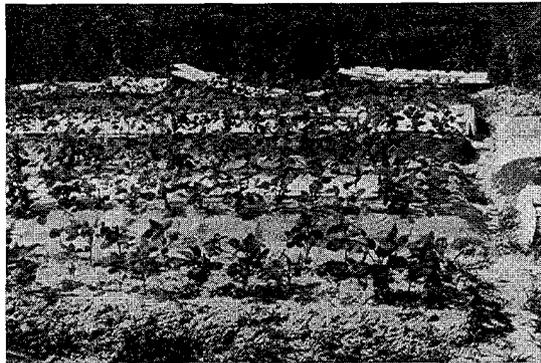


Fig. 1. Status of the soybean cultivation (11, June, 1972).

5月7日に播種して、8月11日に収穫するまで実験を継続した。そして各区における畦巾の中央部の株間において、地下2cmおよび10cmの地温を、0.5mmのCu-Co熱電対を使用して、栽培期間中電子式自動平衡記録計に接続して連続自記させた。また、地温を測定した各深さから土壌を採取し、炉乾法によって含水率を測定した。生育調査は播種後40日目の6月15日、同じく60日目の7月7日および収穫時の8月11日における計3回行ない、また莖長の調査は7日毎に行なった。

全実験期間を通じて、各区ともに無肥料で栽培し、また、かん水も毎回等量宛行ない、栽培管理に当っては各区とも同一条件になるよう特に注意を払った。

III 実験結果並びに考察

1. 生育期間中における地温

(1) 地温の日変化

播種日の5月7日、播種1カ月後の6月6日、同じく2ヶ月後の7月8日における地下2cmおよび10cmの温度日変化を示すと Fig. 2~4 の如くである。

まず、5月7日の日変化を示した Fig. 2 についてみると、当日は日照時間10.4時間、日射量 $561 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$

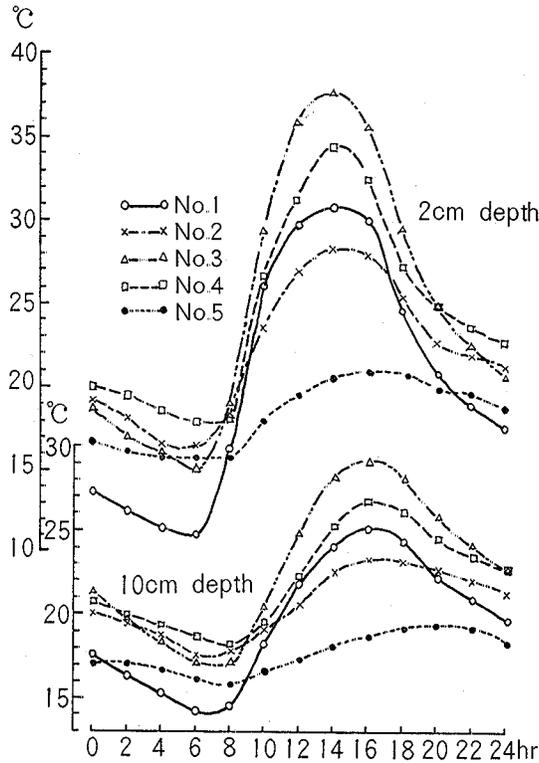


Fig. 2. Diurnal variation of underground temperature (7, May, 1972).
 No. 1: No mulch plot, No. 2: Aluminum foil mulched plot,
 No. 3: Black vinyl film mulched plot, No. 4: Night mulched
 plot, No. 5: Day and night mulched plot.

の晴天で、各区における地温の特性がよく現われている。

即ち、地下2cmの温度日変化は、No. 1の裸地畦区においては他の区に比べて夜間の放熱が顕著で、20時付近を除いて夜中最も低温を示し、最低温度は10.9°Cであった。被覆区においてはNo. 4の半被覆区が夜間に最も高温を示している。これは、前報⁽⁴⁾の如く半被覆区は夜間被覆を行ない放熱を抑制し、昼間取り除いて受熱を促進させたからである。

しかし、昼間の温度はNo. 3の黒色ビニールフィルム被覆区が最も高く、ついで半被覆区、裸地畦区、No. 2のアルミ箔被覆区の順で、No. 5の全被覆区が最も低く、日最高温度はそれぞれ37.3, 34.3, 30.9, 28.1, 20.8°Cであった。全被覆区が最も低温を示したのは発泡スチロール板の顕著な断熱作用によるものである。

日較差は黒色ビニールフィルム被覆区が最も大きく、ついで裸地畦区、半被覆区、アルミ箔被覆区の順で全被覆区が最も小さく、その値はそれぞれ22.3, 20.0, 17.3, 11.6, 5.3°Cで、日較差の最も小さかった全被覆区では、最も大きかった黒色ビニールフィルム被覆区の約1/4であった。

地下10cmにおける地温日変化についてみると、地下2cmと同様な傾向を示しているが、各区ともに地下2cmより最高温度は低く、最低温度は高い。またそれらの起時もおくれている。これらは被覆の資材・方法の相違によって熱伝導の様相が異なることを示すものである。

また、日較差も減少しているが、地下2cmと同じく黒色ビニールフィルム被覆区、裸地畦区、半被覆区、アルミ箔被覆区、全被覆区の順でそれぞれ12.5, 11.0, 8.6, 6.0, 3.7°Cを示している。

次に、播種1ヶ月後の6月6日における地温日変化を示したFig. 3についてみる。当日は日照時間11.6時間、日射量552cal \cdot cm⁻² \cdot day⁻¹の晴天で、各区における地温の特性が発現されやすい条件下にあった。

しかし、各区における地温の日最高・最低温度は、播種当時の5月7日に比べると地下2cm, 10cmともにやや昇

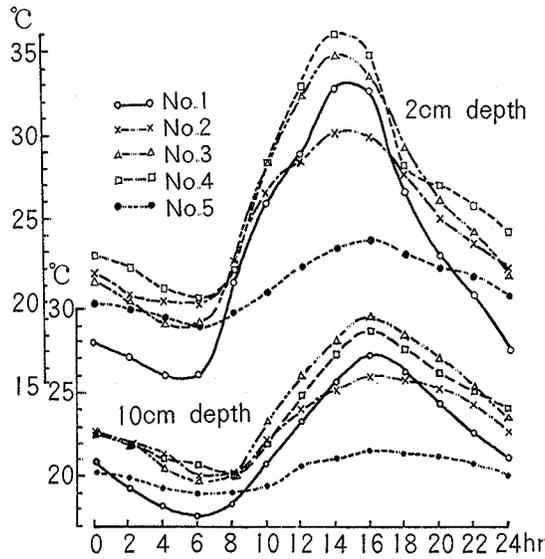


Fig. 3. Diurnal variation of underground temperature (6, June, 1972).

温しているが、地温日変化の較差はかえって減少し、また各区分における温度差も小さくなっている。即ち、地温日変化較差の現われ方は、地下 2cm, 10cm とともに播種当時と同じく黒色ビニールフィルム被覆区、裸地畦区、半被覆区、アルミ箔被覆区、全被覆区の順であるが、その値は地下 2cm ではそれぞれ 16.2, 17.4, 15.9, 10.2, 5.1°C、地下 10cm ではそれぞれ 9.7, 9.6, 8.6, 5.9, 2.6°C と何れも減少している。

即ち、この時期には Table 1 の如く大豆の莖長が約 15cm に生長していたので、地温の変化にその影響が現われて

Table 1. Mean heights of five soybean stems (cm)

	Jun. 3	Jun. 10	Jun. 17	Jun. 27	Jul. 1	Jul. 8	Jul. 15
No. 1	12.3	16.0	21.4	31.1	32.7	25.1	25.3
No. 2	9.5	13.2	18.9	29.5	32.7	31.5	30.4
No. 3	11.2	17.0	24.5	33.8	34.7	33.7	32.5
No. 4	8.5	11.3	14.4	17.6	18.0	17.6	17.8
No. 5	9.2	13.6	20.2	31.2	34.4	34.6	33.5

Remark: No. 1: No mulch plot, No. 2: Aluminum foil mulched plot, No. 3: Black vinyl film mulched plot, No. 4: Night mulched plot, No. 5: Day and night mulched plot.

きた。つまり大豆の莖葉が次第に繁茂して株間畦面へ達する日射量が減少し、いわゆる植被による自己マルチの作用が現われ始めたものと思われる。

次に、播種 2 ヵ月後の 7 月 8 日における地温日変化を示した Fig. 4 についてみる。当日は日照時間 6.8 時間、日射量 $385 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ の曇り一時晴れであった。

この時期には大豆の莖葉が更に繁茂し、生育のよい区においては莖長が 35cm に達した。従って、株間畦面への日射が遮断されて、Fig. 4 の如く地下 2cm, 10cm とともに地温の日変化は微弱で、また各区分における差異も小さくなっている。

即ち、当日は曇り一時晴れの天気ではあったが、日最高温度の最も高かった半被覆区においては地下 2cm, 10cm それぞれ 30.7, 28.3°C 程度であった。また地温の日較差は、地下 2cm, 10cm においてともに黒色ビニールフィルム被覆区、半被覆区、裸地畦区、アルミ箔被覆区、全被覆区の順で、それぞれ 4.8, 4.7, 4.4, 3.8, 1.8°C; 3.0, 2.7, 2.6, 2.0, 1.4°C を示し、何れも播種当時の値に比べて顕著に減少し、かつ地温日較差の各区分における差異も極めて小さい。これも大豆の莖葉繁茂による自己マルチの作用が顕著に現われた結果であると考えられる。

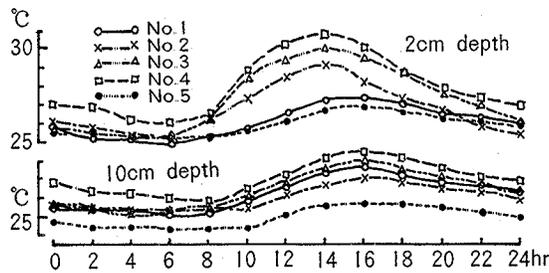


Fig. 4. Diurnal variation of underground temperature (8, July, 1972).

(2) 地温の半旬別変化

各区における大豆の栽培期間中の地温は、被覆の資材・方法の相違、大豆の茎葉繁茂の状態などに加え、気象環境条件の相違から生ずる株間畦面における熱の授受機構に関係する。従って、晴・曇・風・雨などの天気の状態に大いに支配されるので、とくに天気の持続性および週期性などから考えて⁽⁵⁻⁷⁾、旬間平均や月平均をとるより、半旬平均をとって考察する方が、天気の移り変りを示す上にも、またそれによる各区の特性や相違を適格に表示する上からも意味があると考えられる。

上述の理由により、栽培期間中の地温観測結果から、5月7日から7月31日までの、地下2cmおよび10cmの地温について、その半旬平均日最高および最低温度を示すと Table 2 の如くで、また半旬平均温度および半旬平均温度日較差を示すと Fig. 5~6 の如くである。

i) 半旬平均温度

まず Fig. 5 に示した地下2cm における各区の半旬平均温度についてみる。月日の経過につれて各区とも地温には

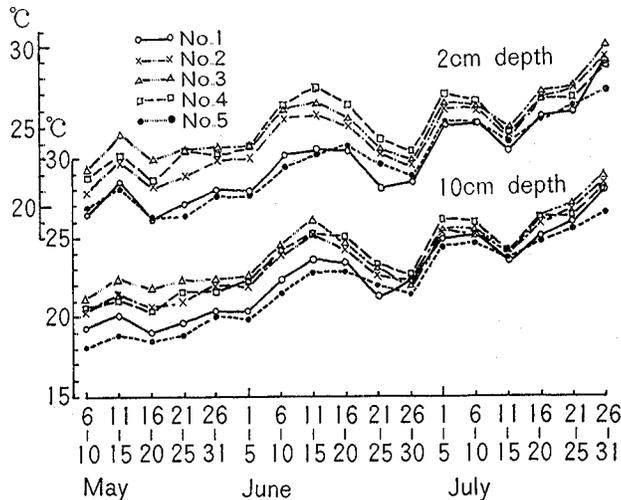


Fig. 5. Variation of the five-day average of underground temperature during the soybean cultivation.

fluctuation がみられるが次第に上昇している。そして温度変化の谷は雨天または曇天の多かった半旬に対応するものである。そして月日の経過につれて、各区分における地温の差異は減少している。即ち、大豆の生育初期には株間畦面への日射の透過が良好で、一般裸地と同様にそこが熱授受の主たる作用面となり、各被覆の特性が顕著に現われ、従って、その時期には各区分における地温の差異は大きい。しかし茎葉の繁茂が進むにつれて、熱授受の主たる作用面は次第に草冠附近に移行して、株間畦面における熱授受の作用は弱くなり、従って各区分における地温の差異は次第に減少してくる。

次に、各区における地下2cmの地温変化を詳細に考察する。播種当時から生育の初期にかけては、No.3の黒色ビニールフィルム被覆区がNo.4の半被覆区より半旬平均で約1°C高く経過し、全区の中で最も高温を示している。しかしその後生育が進むにつれて半被覆区との温度差は小さく、6月の第2半旬から生育の最繁茂期を中心に半被覆区が高く、全区の中で最も高温で経過し、この期間には両区の温度差は最高約1°Cに達している。しかしまた成熟期に近づく次第に下葉から枯れ始めた7月の第3半旬より、再び黒色ビニールフィルム被覆区が高く、全区の中で最も高温になっている。即ちこれは、生育の初期には畦面へ日射の透過が良好で裸地に近く、Albedoの小さい黒色ビニールフィルム被覆区が最も高温を示したものと考えられる。しかし生育が進み茎葉が繁茂してくると、畦面への日射が次第に遮断され、従ってAlbedoの差が地温におよぼす影響は微弱となり、そのため半被覆区の地温が高く現われたものと考えられる。また、成熟期に至って次第に下葉から落葉し始めると、畦面へ日射の透過が良好となり生育初期の状態にみられたように、再び黒色ビニールフィルム被覆区の地温が高くなったものと考えられる。

次に、全区を通じて低温で経過しているのは、No.5の全被覆区とNo.1の裸地畦区であるが、両区の温度差は小さく、差が大きいときでも0.5°C程度である。しかし6月の第3半旬までは全被覆区の方が低く、全区を通じて最も低温を示している。6月の第4半旬から7月の第1半旬にかけては裸地畦区が低くなり、全区中で最低温度を示している。以後両区の温度差は小さく、普遍性はみられない。即ち、生育の初期に全被覆区が最も低温で経過しているのは、全被覆のため断熱効果によるものと思われる。また、茎葉の繁茂期には両区とも畦面への日射が遮断され、全被覆区では畦面からの潜熱損失が遮断され裸地畦区との差が現われたものと考えられる。

No.2のアルミ箔被覆区は、全区の中ではほぼ中間の地温で経過をしている。即ち、生育初期には半被覆区に近く、繁茂期には黒色ビニールフィルム被覆区に、また成熟期には再び半被覆区に近い変化を示している。

次に、各区における地下10cmの地温についてみると、地下2cmにおける場合と同じ傾向を示している。しかし全被覆区では全期間を通じて最も低温で経過しており、裸地畦区がそれに続いている。

ii) 半旬平均温度日較差

Fig.6について、地下2cmにおける半旬平均温度日較差の変化をみると、各区間の差異は生育初期の頃に大きく、

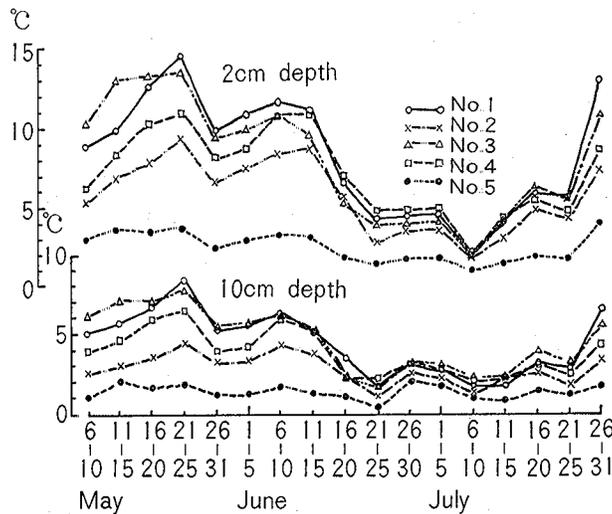


Fig. 6. Variation of the five-day average diurnal range of underground temperature during the soybean cultivation.

かつその期間には較差の値も大きく現われている。茎葉繁茂時期の6月第4半旬から7月第5半旬頃には較差の値も小さく、また各区間における差異も小さい。この時期においては茎葉繁茂のため、畦面への日射が遮断されたこと、さらに加えて梅雨時期に当たったこと等が原因と考えられる。従って、7月第6半旬からの較差の増大と、各区間における差異の増加は、成熟期における下葉の落葉によって畦面へ日射の透過が良好になったことを示すものと思われる。

次に、各区における日較差の特性についてみると、全被覆区においては全期間を通じて日較差は最も小さく、とくに 6 月第 4 半旬から 7 月第 5 半旬までの繁茂期にはさらに小さく約 1.5°C を、その他の時期には約 3.0°C を示している。裸地畦区と黒色ビニールフィルム被覆区においては、繁茂期を除いて他の各区より日較差は何れも大きい。そして生育のごく初期をすぎると裸地畦区の較差が僅かに大きく、全区中最大で 9~14°C を示している。半被覆区においては、生育初期や成熟期には裸地畦区や黒色ビニールフィルム被覆区より小さく 6~11°C を示している。これは断熱材によって夜間の放熱を抑制しているためであろう。アルミ箔被覆区においては、さらに半被覆区より全期間を通じて日較差は小さく、生育初期には 6~9°C、繁茂期には 2~5°C を示している。これは Albedo がとくに高かったためと思われる。

次に、各区における地下 10cm の日較差についてみると、旬別変化の模様や各区の特性は地下 2cm における場合と同じ傾向を示しているが、一般的に日較差は減少していることである。

iii) 半旬平均日最高および最低温度

地下 2cm における半旬平均日最高温度についてみると、Table 2 のように、月日の経過につれて各区とも fluctuation はみられるが次第に上昇している。また温度変化の谷は雨天または曇天の多かった半旬を示している。そして生育初期には各区間の温度差が大きく、繁茂期になると減少し、成熟期には黄変落葉して再び各区間の温度差が大きくなっている。

6 月第 1 半旬頃までは、黒色ビニールフィルム被覆区が最も高温で 28~32°C を示し、次いで半被覆区が 25~29°C、裸地畦区が 24~28°C、アルミ箔被覆区が 23~27°C で、全被覆区は最も低く 20~22°C を示している。この時期には畦面への日射の透過が良好で、Albedo の小さい黒色ビニールフィルム被覆区の地温が半被覆区より高く、最高を示したものと思われる。

Table 2. Maximum and minimum underground temperature (°C) in the five-day average during the soybean cultivation May, 1972

Number of days		6-10		11-15		16-20		21-25		26-31	
		2	10	2	10	2	10	2	10	2	10
No. 1	max.	23.6	21.8	27.1	23.6	26.0	22.6	28.0	24.1	26.4	23.1
	min.	14.8	16.8	16.4	17.9	13.5	15.9	13.6	15.6	16.9	17.9
No. 2	max.	23.2	21.3	26.1	23.0	25.4	22.3	26.8	23.1	26.4	23.4
	min.	18.0	18.7	19.3	19.8	17.6	18.7	17.5	18.6	20.0	20.1
No. 3	max.	27.6	24.4	31.7	26.6	29.9	25.4	31.1	26.3	28.8	25.1
	min.	17.3	18.2	18.6	19.4	16.6	18.4	17.6	18.5	19.4	19.8
No. 4	max.	25.0	22.4	27.8	23.9	28.0	23.5	29.5	25.1	28.1	23.9
	min.	18.9	18.6	19.4	19.3	17.9	17.6	18.6	18.6	20.1	20.1
No. 5	max.	20.3	18.4	21.5	20.7	20.7	19.4	22.0	19.6	21.7	20.5
	min.	17.4	17.4	18.0	18.6	17.3	17.7	18.3	17.7	19.3	19.3

June, 1972

Number of days		1-5		6-10		11-15		16-20		21-25		26-30	
		2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10
No. 1	max.	26.8	23.2	29.8	25.6	30.3	26.2	27.1	25.1	23.3	21.9	23.6	22.5
	min.	16.1	17.6	18.3	19.5	19.3	21.0	20.7	21.6	19.3	20.2	19.2	19.4
No. 2	max.	26.7	23.6	29.8	26.0	30.8	26.9	28.1	25.4	24.6	22.8	24.2	23.2
	min.	19.4	20.3	21.5	21.6	22.1	23.1	22.5	23.3	22.0	21.8	20.7	20.8
No. 3	max.	29.1	25.4	31.6	27.6	31.6	28.1	28.3	25.8	25.8	23.7	24.5	23.0
	min.	19.2	19.9	20.9	21.3	22.2	23.0	23.0	23.3	21.9	22.0	20.7	20.0
No. 4	max.	28.8	24.3	32.2	27.2	33.7	28.2	30.4	27.1	26.7	24.2	25.6	23.8
	min.	20.1	20.1	21.6	21.2	23.0	23.2	23.6	23.5	22.2	22.2	21.0	20.6
No. 5	max.	22.0	20.5	23.6	22.1	24.7	23.1	24.7	23.5	23.1	21.6	22.3	22.0
	min.	19.1	19.2	20.5	20.3	21.8	21.8	22.8	22.4	21.8	21.5	20.7	19.8

July, 1972

Number of days		1-5		6-10		11-15		16-20		21-25		26-31	
		2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10
No. 1	max.	27.7	26.2	27.0	25.9	26.0	24.5	28.9	26.7	29.9	27.6	36.4	31.6
	min.	23.3	23.4	25.1	24.2	22.3	22.8	23.2	23.5	24.6	24.8	23.8	24.9
No. 2	max.	28.2	26.4	27.7	25.8	26.5	24.9	29.5	27.2	30.8	28.0	32.9	29.7
	min.	24.6	24.2	26.0	24.5	23.6	23.9	24.7	24.7	26.7	26.3	25.8	26.3
No. 3	max.	28.5	26.8	28.4	26.5	27.4	25.2	30.9	28.2	31.3	28.7	35.0	31.4
	min.	24.5	23.8	26.5	24.3	23.5	23.1	24.8	24.4	26.0	25.6	25.7	25.9
No. 4	max.	29.8	27.5	28.6	26.8	27.2	25.2	30.0	27.6	30.1	27.7	33.5	29.9
	min.	25.1	24.8	26.5	24.9	23.1	23.2	24.7	24.6	25.6	25.4	24.9	25.6
No. 5	max.	26.1	25.0	25.9	25.0	24.7	24.2	26.3	25.5	27.4	26.4	29.0	27.2
	min.	24.4	23.4	25.0	24.0	23.4	23.5	24.5	24.1	25.8	25.3	25.1	25.4

6月第2半旬から7月第2半旬にかけては、半被覆区が最も高く26~34°Cで、次いで黒色ビニールフィルム被覆区が25~32°C、アルミ箔被覆区が24~31°C、裸地畦区が24~30°C、全被覆区は最も低く22~26°Cを示している。この時期には茎葉の繁茂が進み最繁茂期を迎えるので、畦面への日射が遮断され、Albedoの地温への影響は微弱となって、かえって半被覆の効果が勝るようになり、半被覆区が最も高温で経過するようになったものと考えられる。以後成熟期になってくると再び生育初期のような分布型にもどる。全被覆区は全期間で最低温度で経過しているが、これは顕著な断熱作用の結果と考えられる。

次に、各区における地下10cmの日最高温度についてみると、各区とも全般的に温度は低下しているが、分布や変化の傾向は地下2cmの場合と同様である。

各区における半旬平均日最低温度を同じくTable 2についてみると、地下2cmにおいては、日最高温度の場合と同様に月日の経過につれて fluctuation はみられるが次第に上昇している。

裸地畦区においては、夜間の放熱が良好で全期間を通じて各被覆区より低く最低を示している。各被覆区間の温度差は小さいが、被覆区と裸地畦区との温度差は5~6月に大きく2~4°Cで、7月には小さく1~2°Cを示している。

被覆区間の温度差は小さいが、半被覆区では殆んど全期間を通じて最も高温で経過している。これは夜間の放熱を抑制しているからであろう。

次に、各区における地下10cmの地温についてみると、その分布や変化の様子は地下2cmの場合と同じ傾向を示している。しかし被覆区と裸地畦区との温度差は減少している。

(3) 被覆区と裸地畦区の地温

各処理区の地温は、大豆の生長繁茂に従って、また晴・雨など天候の状態によってその分布や変化は一様ではない。しかし、生育の各段階毎に各区の特性を検出するため、各被覆区の特徴がその地温に発現され易い晴天日或いはそれに近い日を各月10日宛選んで、対照区の裸地畦区と各被覆区との地温の関係を求めた。

計算は、日平均地温について行ない。各区における地下10cmの測定値を使用した。

地下10cmにおける各被覆区と裸地畦区との関係式は(1)~(3)式の如くなった。

即ち、生育初期の5月においては

$$\left. \begin{aligned}
 y_2 &= 0.66x_1 + 8.25 & (r=0.72) \\
 y_3 &= 1.12x_1 + 0.46 & (r=0.92) \\
 y_4 &= 0.82x_1 + 5.33 & (r=0.72) \\
 y_5 &= 0.53x_1 + 8.41 & (r=0.55)
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

但し、 x_1 は裸地畦区における地下10cmの年平均温度、 y_2, y_3, y_4, y_5 はそれぞれNo.2のアルミ箔被覆区、No.3の黒色ビニールフィルム被覆区、No.4の半被覆区およびNo.5の全被覆区における地下10cmの温度、 r は相関係数である。

同じく生育中期から繁茂期の6月においては

$$\left. \begin{aligned}
 y_2 &= 0.88x_1 + 4.37 & (r=0.93) \\
 y_3 &= 0.83x_1 + 6.07 & (r=0.88)
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} y_4 &= 0.89x_1 + 4.64 & (r=0.93) \\ y_5 &= 0.70x_1 + 6.08 & (r=0.82) \end{aligned} \right\}$$

で、成熟期にかけての7月には

$$\left. \begin{aligned} y_2 &= 0.96x_1 + 1.36 & (r=0.82) \\ y_3 &= 0.98x_1 + 1.49 & (r=0.94) \\ y_4 &= 0.58x_1 + 11.75 & (r=0.87) \\ y_5 &= 0.63x_1 + 8.89 & (r=0.94) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

の如くであった。

ここに、 x_1, y_2, y_3, y_4, y_5 は(1)式と同じ区を現わしたものである。

これらによると、5月には裸地畦区における 1°C の地温変化に対して、黒色ビニールフィルム被覆区は 1.12°C であったが、他の各区では 1°C 以下であり、特に全被覆区とアルミ箔被覆区との差は小さい。即ち、この時期にはTable 1の如く茎長も低い時期で、畦面へ日射の透過がよく、Albedoの小さい黒色ビニールフィルム被覆区の温度変化が大きいことがわかる。そしてAlbedoの特に大きいアルミ箔被覆区では変化が小さく、全被覆区に近い。半被覆区では両者のほぼ中間にある。

次に、生育の中期から最繁茂期にかけての6月には、Table 1の如く茎長は9cmから34cmに繁茂し、畦面への日射は次第に遮断され、従って被覆資材のAlbedoの相違が地温に与える影響は弱くなり、(2)式の如く裸地畦区に対するアルミ箔被覆区、黒色ビニールフィルム被覆区の温度変化はほぼ等しくなる。また半被覆区、全被覆区においても同様で、結局これらの時期には自己マルチの影響で、 x_1 の係数は各被覆区間の差が小さく、かつ1より小さい。即ち、畦面における熱授受の作用が微弱になる。

次に、生育の最繁茂期から成熟期にかけての7月においては、(3)式の如くであった。即ち、成熟期になると次第に黄変落葉して、茎長変化もTable 1の如くなっていく。従って、畦面へ日射の透過が次第によくなり、地温への影響が次第に強くなる条件が揃ってくる。しかし、7月上旬頃は繁茂期で自己マルチの作用が強く、かつ梅雨末期等の影響も加わって、結局(3)式の如くなったものと思われる。

2. 大豆の生育並びに収量

前述の5区即ち、No. 1: 裸地畦区、No. 2: アルミ箔被覆区、No. 3: 黒色ビニールフィルム被覆区、No. 4: 半被覆区、およびNo. 5: 全被覆区に大豆(早生みどり)を1972年5月7日に播種し、8月11日に収穫した。その間各区とも無肥料で栽培し、かん水も毎回等量宛行ない、各区同一条件になるよう注意して栽培管理を行なった。

ここには以上のような畦面被覆の資材・方法の相違が、そこに栽培された大豆の生育・収量に如何なる影響を及ぼすかについて述べる。

まず、各区における土壌水分であるが、播種当時の5月10日においては、各区土壌の含水率は、No. 1からNo. 5までそれぞれ地下2cm: 14.0, 18.2, 14.1, 14.7, 14.4%, 地下10cm: 18.4, 19.6, 19.0, 18.7, 18.5%を示し、地下10cmの含水率が何れも高かった。そして各深さとも被覆区が裸地畦区より土壌水分は多い。これは被覆物による蒸発の防止作用によるものと思われる。

また、茎葉繁茂期の6月10日、7月17日にも含水率の測定を行なった。各区分における土壌の含水率は、地下2cmでは17~22%, 地下10cmは20~23%, 同じく7月17日にはそれぞれ16~18%, 17~19%の差を示していた。即ち、地下10cmの含水率が地下2cmより何れも高い。しかしその頃には各被覆区の含水率が裸地畦区より1~2%低かった。これは被覆物による降雨遮断の影響によるものと考えられる。

大豆は各区とも一夜浸漬した種子を2粒宛条間30cm, 株間20cmに5月7日播種した。播種量は各区184粒宛となった。発芽開始は各区とも5月10日で、初日の発芽数はNo. 1からNo. 5までそれぞれ1, 15, 25, 12, 8個体であった。その後5月15日までの合計における発芽率はNo. 1からNo. 5までそれぞれ56.5, 33.5, 50.0, 53.5, 29.0%で、最も多いのは裸地畦区で、全被覆区は最も少なく、アルミ箔被覆区はそれに次いでいた。即ち、発芽率が50%以上を示したのは、多い順に裸地畦区、半被覆区、黒色ビニールフィルム被覆区であったが、それらの区では何れも播種から発芽当時の地温日較差がFig. 6からわかる如く、他の少なかった2区即ちアルミ箔被覆区、全被覆区に比べて大きく、Table 2からわかる如く、日最高地温も高かった。また発芽率の最も悪い全被覆区においては、全区を通じて日較差は最も小さく、日最高および日平均地温も最低を示していた(Fig. 5~6, Table 2参照)。従って大豆種子

の発芽は、地温日較差の大小、地温の高低に密接な関係があることがわかる。なお、発芽後は間引きを行ない、また不発芽のところは補植して1株1本立とした。

次に、大豆は発芽後2〜3週間目になると根に根粒がみられるようになる。播種後約40日目の6月15日に各区における根粒重の調査を行なった。その結果はTable 3の如くで、これは5株当りの合計量を示したものである。

Table 3. Total weights of root nodule in five soybean hills (g)

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
fresh weight	3.0	3.0	0.8	2.2	3.6
dried weight	0.7	0.9	0.3	0.9	1.3

Table 3 についてみると、根粒の生重・乾物重ともに全被覆区においては3.6, 1.3g で最も多く、黒色ビニールフィルム被覆区は0.8~0.3g で最も少なかった。これらを裸地畦区に比べると、生重においては、最も多かった全被覆区では1.2倍、最も少なかった黒色ビニールフィルム被覆区では0.3倍、また乾物重ではそれぞれ1.9, 0.4倍であった。いま、黒色ビニールフィルム被覆区と全被覆区における根粒付着の状態を示すと Fig. 7 の如くである。

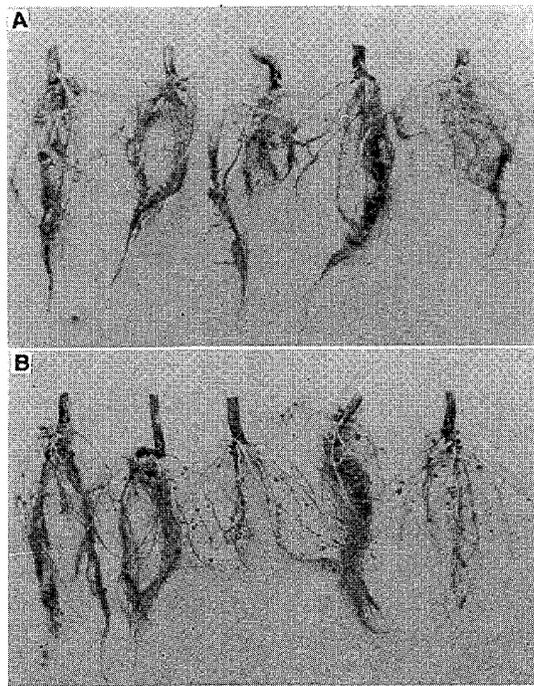


Fig. 7. Status of root and root nodule (11, August, 1972). A, black vinyl film mulched plot. B, day and night mulched plot.

根粒の乾物重は地温が18~33°Cの広い範囲にわたってすぐれ、特に地温が24°Cの時に最高を示すと報告⁽⁸⁾されているが、例えばTable 2の5月における半旬平均日最高温度をみると、黒色ビニールフィルム被覆区では30°C以上の日が多く、一方全被覆区では21°C前後で経過して両区の間には約10°Cの差があった。またFig. 5の半旬平均温度においても両区間には3~4°Cの差がみられる。さらに、Fig. 6の日較差についても、10°Cと顕著な差を示した日数が多かったこと等から、根粒は最高地温があまり高くなく、日較差が小さい場合においてその発達が促されたものと思われる。

次に、地上部重と地下部重を6月5日、並びに7月7日に測定した結果はTable 4の如くであった。なお表には5株平均で示してある。

Table 4. Total weights of five soybean hills (g)

		No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
top	June 15	65.5	12.1	103.8	20.4	137.0	28.9	62.5	14.5	73.3	14.6
	July 7	305.5	29.5	559.5	28.3	761.5	31.9	749.5	27.6	587.5	28.3
root	June 15	17.0	3.6	23.0	4.5	16.8	5.1	12.2	4.2	22.1	5.4
	July 7	40.0	9.2	79.0	27.0	97.5	23.9	71.5	20.7	73.5	18.2

Remark: a: fresh weight b: dried weight

まず、地上部重についてみると、6月15日の結果では、生重は半被覆区を除いて何れも裸地畦区より被覆区の方が大で、最も大きいのは黒色ビニールフィルム被覆区で、裸地畦区の約2.4倍の137gであった。半被覆区は裸地畦区より小さいがその差は僅かである。乾物重においては例外なく裸地畦区より被覆区が大で、生重の最大であった黒色ビニールフィルム被覆区に最大で、裸地畦区の約2.4倍の28.9gであった。

7月7日においては、地上部重は何れも6月の結果より全般に増加しており、生重は何れも被覆区が裸地畦区より大きく、最大を示した黒色ビニールフィルム被覆区においては約2.5倍の761.5gで、また小さい区でも2倍に近い値を示している。また乾物重の最大はやはり黒色ビニールフィルム被覆区の31.9gであったが裸地畦区とほぼ等しく、他は何れも裸地畦区より僅かに小さかった。

次に、地下部重についてみると、6月15日における各区の傾向は何れも明確ではないが、7月7日の調査結果では、生重は地上部重と同様に、被覆区は何れも裸地畦区より大きく、最大を示した黒色ビニールフィルム被覆区においては、裸地畦区の約2.4倍で、他の区でも約2倍に近い値を示している。乾物重についても同様に被覆区が大きい、生重の最大を示した黒色ビニールフィルム被覆区は裸地畦区の2.6倍であったが、アルミ箔被覆区が僅かに大きく最大であった。

以上の如く、地上部重・地下部重はともに裸地畦区に最も小さかったが、これはTable 2に示した日最低地温の半旬平均をみると、裸地畦区においては、栽培全期間を通じて全区中最低で経過していることと関係があるものと思われる。

また、黒色ビニールフィルム被覆区における地上部重・地下部重が、他の各区に比べて最大を示したのは、Fig. 5, Table 2に示した如く同区の日平均温度、日最高温度が他の各区に比べて最も高く経過したことと関係があるものと考えられる。

次に、8月11日の収穫時に行なった収量調査の結果はTable 5の如くであった。この表は10株平均で示してある。

Table 5についてみると、まず莢数・粒数は、半被覆区、全被覆区が他の各区に比べて約10%多く、裸地畦区では

Table 5. Yield of the soybean at harvest time (11, August, 1972)

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
pod number per hill	35.7	32.9	31.5	37.1	39.3
seed number per hill	64.4	60.9	52.6	68.3	65.3
pod weight per hill (g)	8.7	8.4	7.6	8.4	9.1
fertile seed weight per hill (g)	15.5	17.4	16.0	18.9	19.9
sterile seed weight per hill (g)	2.2	1.5	0.8	0.8	3.1
stem and root weight per hill (g)	6.0	6.1	6.4	5.3	7.0
100 seed weight (g)	239.9	284.9	304.2	276.0	304.6
seed/stem ratio per hill	2.9	3.1	2.7	3.7	3.3

被覆区4区の間にある。しかし、子実重量は裸地畦区より被覆区の方が何れも多い。特に全被覆区においては19.9gで最大を示し、裸地畦区の1.3倍であった。次いで半被覆区は18.9gで1.2倍、アルミ箔被覆区は17.4gで1.1倍、しかし黒色ビニールフィルム被覆区は16.0gで1.03倍で裸地畦区と殆んど変らなかつた。

なお、Fig. 6に示した日較差をみると、裸地畦区と黒色ビニールフィルム被覆区では、生育のごく初期以後は両区の差は僅かで、かつ他の各区に比べて何れも大きい値を示している。それに比べて、子実重量の最も多い全被覆区においては、日較差が最も小さく経過している。これらのことから子実重量には地温の日較差が大きな影響をしている

ものと思われる。

次に、百粒重についてみると、裸地畦区より被覆区が何れも大きい値を示している。そして、黒色ビニールフィルム被覆区と全被覆区が最高で、それぞれ 304.2, 304.6g を示しともに裸地畦区の 1.3 倍であった。次いでアルミ箔被覆区は 284.9g, 半被覆区は 276.0g でともに 1.2 倍であった。これから一粒当りの重量が大で、品質の良いのは黒色ビニールフィルム被覆区と全被覆区であると言えよう。

また、粒莖比を求めてみると、黒色ビニールフィルム被覆区および裸地畦区では小さかったが、他の区特に半被覆区では 3.69 と大きかった。

以上のように、大豆の生育・収量に対する地温の影響は大きく、また大変複雑である。大豆の生育と温度との関係については、夜温が地上部並びに地下部の発育におよぼす影響、温度較差と結実との関係等の報告⁽⁹⁻¹¹⁾があるが本報告においては、実験の方法・品種の相違等に加え、主として地温との関係についての圃場試験であったので、得られた結果を以上の諸報告と直接対応させることは困難であった。

IV む す び

この研究は、従来から経験的に行なわれている畦面被覆栽培において、より効果的な被覆の方法や被覆資材の種類などを開発するための基礎的研究である。

前報においては Albedo の極端に違った資材、即ち黒色ビニールフィルムおよびアルミ箔を用い、また断熱材の発泡スチロール板を用いて掛けはずしを行なう等、被覆の資材・方法の相違による各処理区の微気象、熱収支の特性を明らかにした。

今回は、それらの特性をもった被覆の作物に対する影響をみるために、1972年5月7日から8月11日まで大豆の栽培を試みた。

得られた結果を要約すると次の如くである。

(1) 香川大学農学部附属農場において、巾 60cm, 高さ 20cm, 長さ 9m の東西畦に、1畦1区としてそれぞれ裸地畦区、アルミ箔被覆区、黒色ビニールフィルム被覆区、断熱材を用いた半被覆区および全被覆区の5区を設け大豆を栽培した。

(2) 各区の畦中央部の株間において地下 2cm, 10cm の温度を熱電対温度計を用いて全期間連続記録し、地温の日変化、半旬別変化について、大豆の生育との関連において考察した。

(3) 地温の各区における分布は、大豆の生育繁茂との関係で単純ではないが、全期間を通じていえることは次の通りである。

日平均温度は裸地畦区と全被覆区間の差は僅かで、ともに最も低温で経過した。日最高温度は全被覆区が最も低く、また日最低温度は裸地畦区が最も低く、半被覆区が最も高かった。日較差は全被覆区に最も小さく、アルミ箔被覆区はこれに次いで低く経過した。

(4) 根粒重は全被覆区が最も多く、黒色ビニールフィルム被覆区に最も少なかった。各区における地温の考察から、根粒は日最高温度が余り高くなく、日較差が小さい区にその発達が促されたものと考えられる。

(5) 子実の収量は、全被覆区が最も多く裸地畦区の約 30% 増しであった。これは全被覆区の日較差が最も小さかったことに対応し、それが収量に好結果を与えたものと思われる。

おわりに、本実験を行なうに際して、本学部作物学研究室木暮秋助教授から、栽培に関して多くの示唆を戴いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

引用文献

- | | |
|--|---|
| (1) 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), 香川大農学報, 27, 21-32 (1976). | 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 2), 香川大農学報, 27, 33-41 (1976). |
| (2) 上原勝樹, 宮川秀夫, 鈴木晴雄: 畦面被覆の微気 | (3) _____, _____, _____: 畦面被覆の微気象に関する研究 II 断熱資材を用いて掛けはずし |

- を行なった場合 (その1), 香川大農学報, **27**, 43-52 (1976).
- (4) 上原勝樹, 宮川秀夫, 鈴木晴雄: 畦面被覆の微気象に関する研究 II 断熱資材を用いて掛けはずしを行なった場合 (その2), 香川大農学報, **27**, 53-62 (1976).
- (5) FUJIWHARA and NAKATA: On the persistence of weather, *Geophys. Mag.* **3** (1), 27-33 (1930).
- (6) S. WATANABE: On the theory of durability, *Geophys. Mag.* **7** (3), 307-317 (1933).
- (7) 高橋浩一郎: 気象統計, 41-64, 東京, 地人書館 (1961).
- (8) 加藤一郎, 古谷義人, 尾崎 薫: 作物大系, 第4編, 豆類, 9-67, 東京, 養賢堂 (1962).
- (9) 植木邦和, 井川正美: 大豆の生育に及ぼす高夜温の影響, 香川大農学報, **9** (3), 111-113 (1958).
- (10) 竹島溥二: 温度較差と大豆の結実との関係, 日作紀, **21** (2), 119-120 (1952).
- (11) 古谷義人: 夜温の差が大豆の生育及び結実に及ぼす影響, 農及園, **25**, 251-252 (1950).

(1976年9月30日 受理)