

早期水稲のポリエチレンフィルムマルチ栽培システムに関する研究 (第1報) ポット水田の地温測定

永田雅輝*・日吉健二*・梅崎輝尚**

Mulching Cultivation System by Using Polyethylene Film for Early-Season Culture Rice —Measurement of Paddy Soil Temperature in Pot Experiment—

Masateru NAGATA*, Kenji HIYOSHI* and Teruhisa UMEZAKI**

(平成6年9月12日受理)

Some experiments were carried out to evaluate the mulching cultivation system by using polyethylene film for promoting a heading time and a time of maturing in early-season cultivation rice. This paper reported on the temperature of plastic film mulched paddy soil experiment pots. The size of the pots used in this experiment was 36 cm in width, 54 cm in length and 30 cm in height. The soil in pots was a sandy loam. The plot was covered with a clear polyethylene film of 0.02 mm in thickness. The control plot was without film. The film has cross holes in 5cm for transplanting young rice seedlings. The soil temperature was measured hourly by the multi-channel digital recorder with thermocouple sensors at the depth of 1cm, 3cm and 8cm from the soil surface.

The result showed that the highest temperature in a day was at 14 : 00 on the depth of 1cm, at 14 : 00-15 : 00 on the depth of 3cm, and at 17 : 00-18 : 00 on the depth of 8cm in each plot. The highest temperature in mulching plot was about 5°C higher than that in the control one at the depth of 3cm which was a growing point of rice seedlings, in April 1992. The temperature at the depth of 3cm in the mulching plot was about 1.5°C higher comparing with that in the control one at night. It proved that the mulching system had an effect of heat preservation at night. It was effective for increasing and growing tillers in rice seedlings because the soil temperature of the mulching plot was higher than that in the control one. This made it be possible for planting rice seedlings in early season.

Key words : Early-season culture rice, Mulching cultivation system, Paddy soil temperature

緒 言

宮崎県では早期水稲栽培が盛んで、日本一早い出荷

が消費者に好評を得ている。その作付面積は水稲栽培の約半分を占めている。本栽培は3月下旬から4月上旬にかけて移植、8月上旬に収穫、出荷という栽培型が一般的である。

このように市場性の高い栽培型を更に効果的にするために、より一層の早進化を図った超早場米への新技術の開発が切望されている。

これまでに、数例の早進化技術の試験例^{1)~5)}はあるが、本研究はより早期の低温下で水稻を移植栽培できるように、畑作で普及しているフィルムマルチ栽培システムを水田へ導入して、初期生育期間中の地温を高めて初期生育を促進し、出穂期、成熟期を安定的に早め、市場価値を高めて、かつ裏作導入の拡大を図り、さらには二次的付加価値として、減農薬、灌漑水の蒸発防止や節水、土壌の流亡防止等、環境保全への効果も期待できるような早期水稻マルチ栽培システムの技術確立を目的とするものである。第1報ではまず基礎実験として、1992年と1993年の2年に渡ってポット内のポリエチレンフィルムでマルチングされた水田土壌の温度測定を行い、地温変化等についての基本的資料を得たので報告する。

実験方法

1. 供試ポット

実験は宮崎大学農学部附属農場内に設置した小型ポットで行った。このポットは幅36cm、長さ54cm、深さ30cmでプラスチック製である。ポット内の供試土には砂壤土を用いた。

2. 供試マルチフィルム

マルチ資材として厚さ0.02mmの透明ポリエチレンフィルム（以下フィルムと称す）を供試した。フィルムはポット内表面を全面被覆するために、供試フィルム1枚の大きさをポットの寸より幅、長さを5cmずつ広くした46cm×64cmの大きさにして、稚苗を移植する長さ5cmの十字の切り込み穴を持つフィルムシートとした。

1992年は1ポット当たり5株植え、1993年は1ポット当たり10株植えとして実験を行ったので、供試年度毎にFig. 1のようなフィルムの大きさと穴の数と配置を持つフィルムを供試した。

3. 試験区

試験区は、ポット内の土壌を代かき状態にした後、その表面にフィルムを被覆したマルチ区と、フィルムを被覆しない対照区の無マルチ区を設けた。各区は3反復で試験した。

4. 供試苗と栽培様式

供試品種はコシヒカリであった。

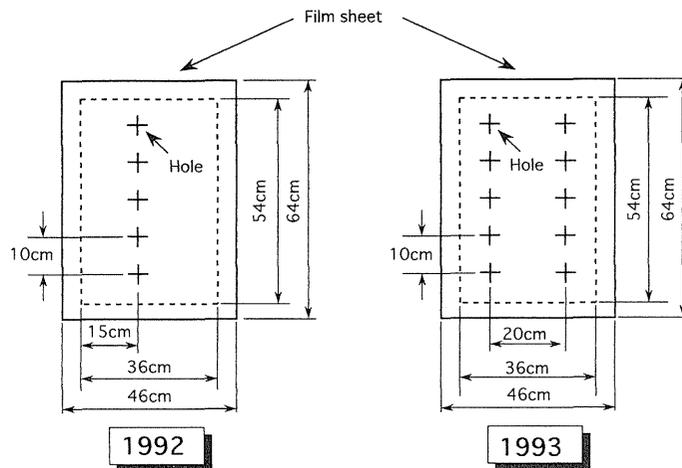


Fig. 1. Size of mulching film sheet, number and arrangement of holes for pot experiment.

1992年の試験では、3月5日に28cm×56cmの育苗箱に予措を行った催芽籾180gを播種し、4月3日に移植した。1株当たりの植付本数は4本で、栽植深度は約3cmとし、1ポットの栽植密度は1条の5株とした。フィルムの除去は無マルチ区が幼穂分化期に達したと推定された6月10日に行った。水深は約1cmを満水時の水位とし、1日に1、2回の灌水を行った。

1993年の試験では、1992年と同じ方法で3月4日に

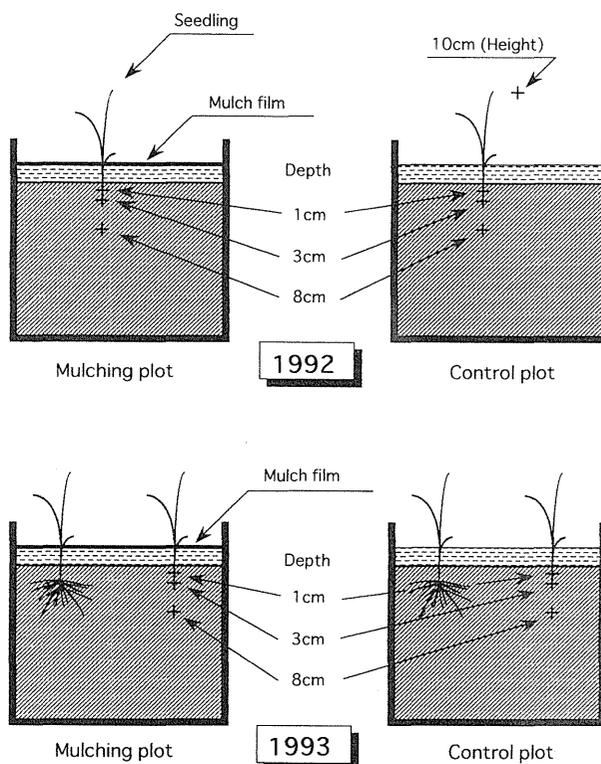
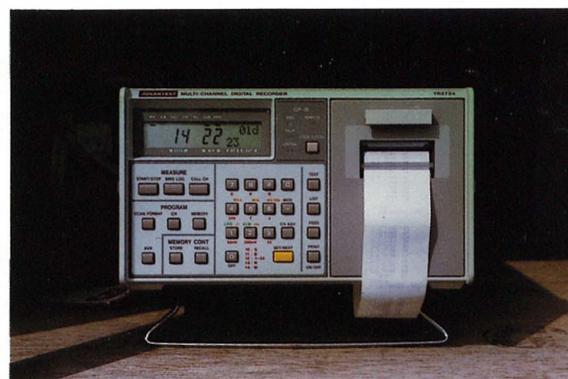
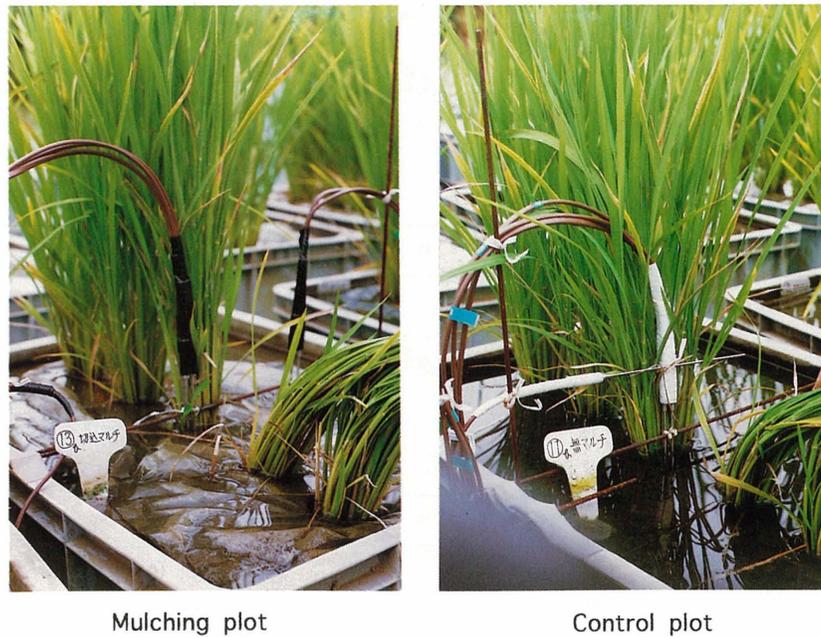


Fig. 2. Measuring points of soil temperature in the pot. ("+" is setting points of a sensor.)



Multi-channel digital recorder (TR-2724)

Fig. 3. Setting sensors and measuring instrument.

播種し、3月29日に移植した。1株当たりの植付本数は4本で、栽植深度は約3cmとし、生育調査等による個体間のばらつきを少なくするため、1ポットの栽植密度は2条の5株として合計10株とした。マルチの除去は6月9日に行った。約1cmの水深では減水深のために地表面が大気に晒され易くなるので、1993年には水深は約2cmを満水時の水位とし、1日に1、2回の灌水を行った。

5. 地温の測定

地温の測定には、銅・コンスタンタン熱電対温度センサとマルチチャンネルデジタルレコーダ（アドバンテスト社、TR-2724）を使用した。この熱電対温度センサをFig. 2に示すように、地表面、生長点付近および根部の温度変化を経時的に測定するために各試験区に移植した稚苗株元の地表面から1cm深、3cm深、

8cm深の土壤中に設置した。以下それぞれの温度測定ポイントを深度1cm、深度3cm、深度8cmと称す。移植日からフィルム除去日までの約3ヶ月間の地温を1時間毎に自動計測した。1992年にはポットの土壌表面から10cm高の大気温の自動計測も行った。Fig. 3はポットに設置された地温測定センサ及び測定器による測定中の写真である。

結果と考察

1. 地温の経時的変化

Fig. 4とFig. 5は1992年と1993年の4、5、6月における地温の時間的変化を深さ別に平均値で表したものである。使用した温度測定データは1992年については4月4日から6月10日までの67日間、1993年につい

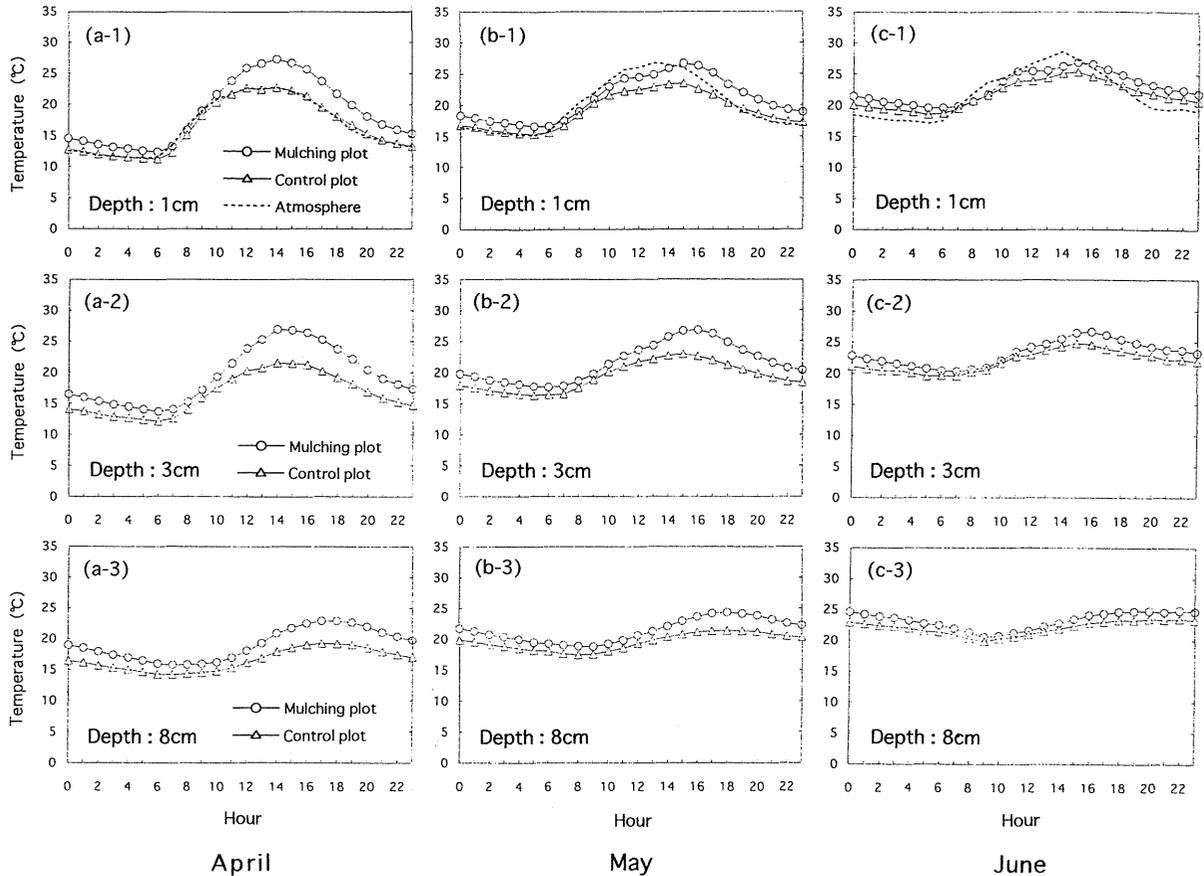


Fig. 4. Transition of hourly soil temperature on April, May and June 1992.

ては4月1日から6月9日までの69日間である。

1) 1992年の試験結果

a) 深度1 cm

4月における深度1 cm (Fig. 4, a-1) での無マルチ区での地温日変化は、気温の日変化とほぼ一致し、6時に最低地温 (11.3°C), 14時に最高地温 (22.8°C) を示した。一方、マルチ区では6時に最低地温 (12.5°C), 14時に最高地温 (27.3°C) を示した。即ち、マルチ区は無マルチ区より最高温度時の地温が4.5°Cも高くなっていることが判る。

地温の日較差ではマルチ区は14.8°Cを示し、無マルチ区よりも3.3°C程大きな値を示した。

5月 (Fig. 4, b-1) での気温は4月に比べ全体的に5°C程度上昇した。最高地温は15時にマルチ区で26.7°C, 無マルチ区で23.5°Cとなり、両者の温度差は3.2°Cとなった。6月 (Fig. 4, c-1) にはこの差が1.5°Cとなり、徐々に両区の差が縮まった。この理由は水稻が生長し分けつが増殖して葉部の繁茂によって地表面への日光が遮られ、株元が影になってきたためと推察される。

上記のように深度1 cmでの地温上昇の傾向は、気温の上昇につれて地温の上昇がみられる追従型パターンを示した。また、10時を過ぎた頃から無マルチ区の地温の上昇度は緩やかになり、12時過からはほぼ平衡状態となるパターンであったが、マルチ区はさらに14時まで地温上昇が続くパターンを示した。このことから、透明ポリエチレンフィルムでマルチングすることによって水田面における熱収支に変化が起き、熱エネルギーを吸収保存したことが判る。特にこの傾向は4月が顕著であった。このメカニズムについては土壌条件の影響も考えられることから、さらに研究を進めていく。

b) 深度3 cm

4月における深度3 cm (Fig. 4, a-2) では、マルチ区、無マルチ区とも最低、最高地温が発生する時刻はほぼ近い時間帯に存在した。最低地温は6時にマルチ区で13.7°C, 無マルチ区で12.2°Cを示し、最高地温は14~15時にマルチ区で26.9°C, 無マルチ区で21.6°Cを示した。最高地温時の両区の差はマルチ区が5.3°C上回った。

18時から翌日の6時の夜間から早朝の時間帯に着目

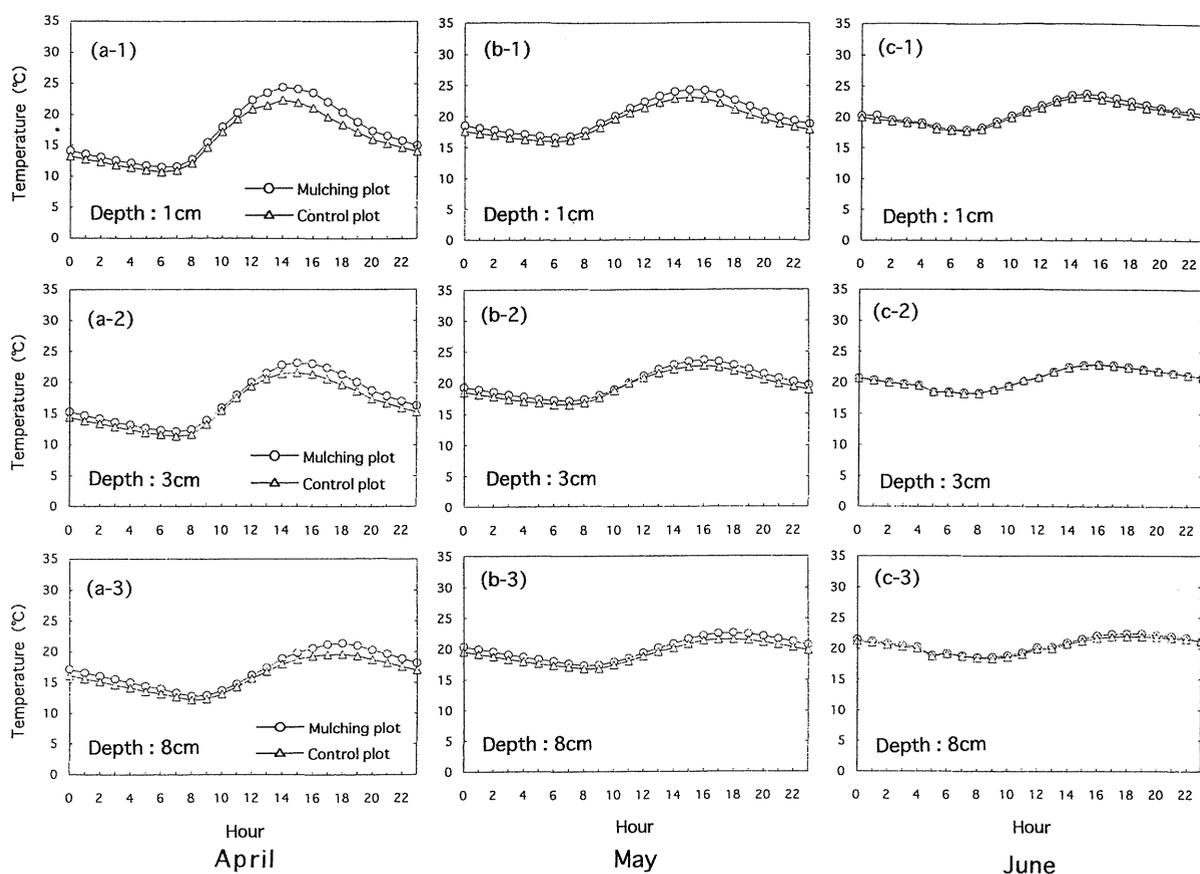


Fig. 5. Transition of hourly soil temperature on April, May and June 1993.

すると、マルチ区で昼間に獲得した熱量は、夜間になると地熱の放射によって徐々に低下していくものの、それでも一日で最も気温の冷え込む6時では1.5℃程度マルチ区が高く、同区の保温効果を認めた。

日較差はマルチ区が13.2℃を示し、無マルチ区のもれよりも3.8℃程大きな値を示した。

この深度3 cmという深さは栄養生長期間中の生長点が存在する深さであり、この付近の温度は根部の温度よりも水稲の生育に大きな影響を及ぼすことが確認されていることから、この部位の地温上昇は早進化への重要な要素となる。

5月 (Fig. 4, b-2)、6月 (Fig. 4, c-3) になると、マルチ区と無マルチ区の温度差は縮まり、日較差も徐々に小さくなった。

c) 深度 8 cm

4月における深度8 cm (Fig. 4, a-3) では、地表面に近い深度1 cmと比べると地温の最高温度を示す時刻は各区とも約4時間遅れて18時頃となっている。この地点での最高地温の両者の差はマルチ区が3.7℃程度高い値を示した。

2) 1993年の試験

a) 深度 1 cm

4月 (Fig. 5, a-1) におけるマルチ区の最低地温は6時に11.5℃、最高地温は14時に24.5℃を示した。一方、無マルチ区での最低地温は6時に10.5℃、最高地温は14時に22.3℃を示した。最高地温時の両区の差は4月が2.2℃、5月 (Fig. 5, b-1) が1.2℃、6月 (Fig. 5, c-1) が0.5℃となり、マルチ区が無マルチ区より高いが、その差は徐々に縮まってくる。一方、日較差は4月のマルチ区では13.0℃、無マルチ区では11.6℃、5月では各々7.7℃、7.2℃、6月では各々5.9℃、5.6℃となり、次第に日較差が小さくなった。

b) 深度 3 cm

4月 (Fig. 5, a-2) におけるマルチ区の最低地温は7時に12.1℃、最高地温は15時に23.1℃を示し、無マルチ区では最低地温は7時に11.3℃、最高地温は15時に21.5℃を示した。最高地温時の両区の差は4月が1.4℃、5月 (Fig. 5, b-2) が1.0℃であったが、6月 (Fig. 5, c-2) は殆ど差がみられなくなった。日較差は初期生長期間となる4月ではマルチ区で11.0

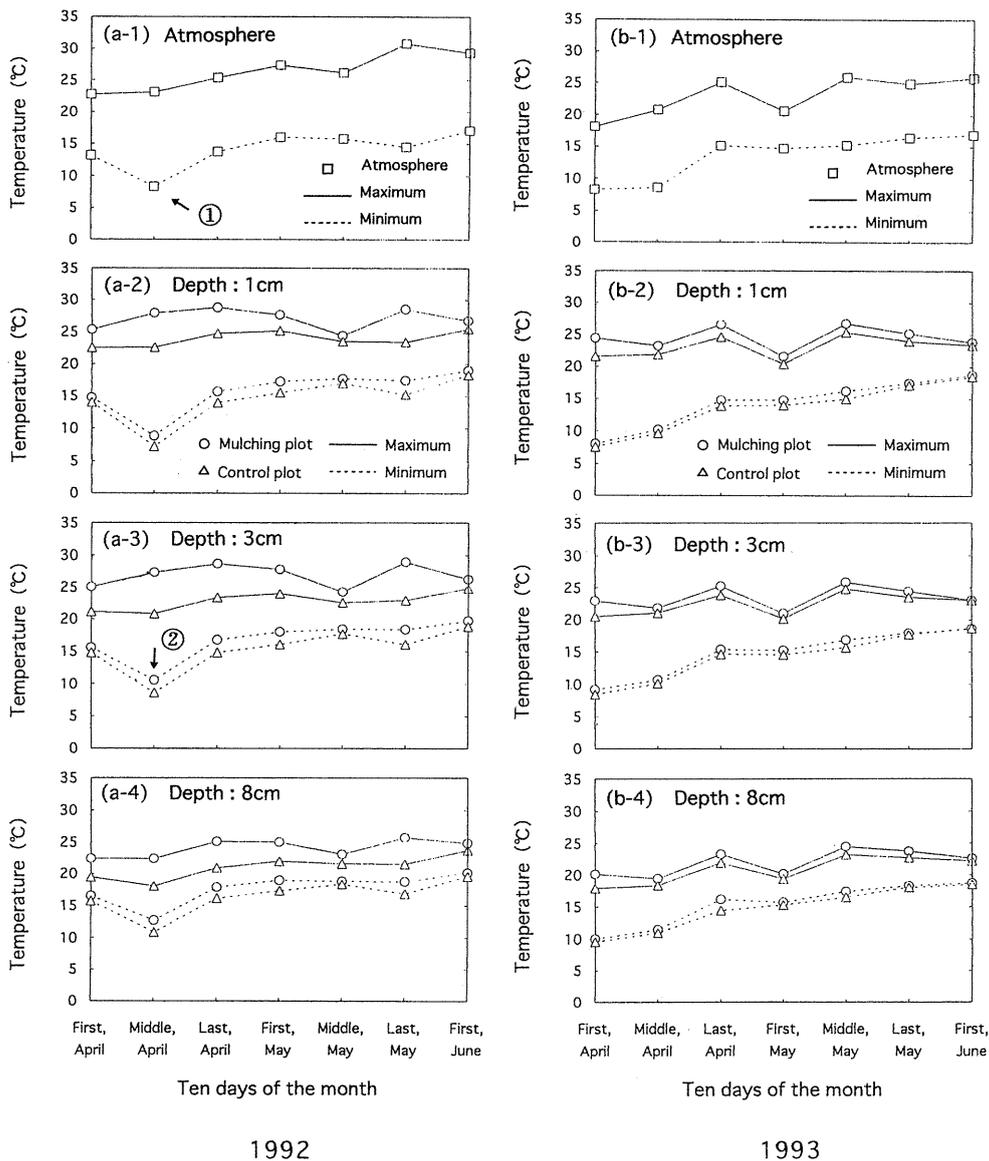


Fig. 6. Transition of seasonal soil temperature in 1992 and 1993.

℃, 無マルチ区で10.2℃と大きな値を示したが, 5, 6月は4.7~6.4℃程度であった。

c) 深度 8 cm

4月 (Fig. 5, a-3) におけるマルチ区の最低地温は8時に12.7℃, 最高地温は18時に21.4℃を示し, 無マルチ19.5℃を示した。最高地温時の両区の差は4月が1.9℃, 5月 (Fig. 5, b-3) が1.1℃となりマルチ区が高いが, 6月 (Fig. 5, c-3) には殆ど差がみられなくなった。

2. 最高・最低地温の推移

Fig. 6は1992年と1993年の地温と気温の旬平均最高, 最低値の推移を深さ別に示したものである。1993年の気温は宮崎地方気象台資料による。

1992年4月中旬を例にみると, 最低気温は8.3℃ (Fig. 6, a-1, 矢印①)で, 水稻の茎基部つまり生長点が存在すると考えられる深度3cmでの地温は無マルチ区においては, ほぼ気温に等しく8.6℃であった。一方, マルチ区では10.6℃ (Fig. 6, a-3, 矢印②)で2℃程高くなった。また, 同時期の最高気温は23.1℃で, 深度3cmでの無マルチ区の最高地温は20.8℃で, 気温より約2.3℃低くなっているのに対して, マルチ区は27.4℃で, 約4.3℃高くなった。この最高地温と最低地温の差を地温の旬平均地温日較差でみると, マルチ区では16.8℃, 無マルチ区では12.2℃となった。茎頂を含む茎基部の温度較差が大きいほど分けつ増殖とその伸長には有効であるから⁶⁾, 水稻の初期生長に

に対するマルチの効果は期待できるといえる。

1993年の試験では、マルチ区が無マルチ区より若干地温が高くなったが、その差は1~2℃前後にとどまった。その理由として、1993年の気温が1992年より平均的に低かったこと、水深が比較的深かったこと、2倍の栽植密度による繁茂度の違いが要因と考えられた。

1992年、1993年とも期間を通して、最高と最低の地温差は旬が経過するにつれて徐々に縮まっている。また、マルチ区と無マルチ区の地温差も徐々に縮まっている。これは水稲の葉部の繁茂により、各試験区とも株元に到達する日射量が減少し、差が小さくなったためであると考えられるため、マルチによる地温上昇効果を引き出すには稚苗移植直後の初期生育が重要な期間といえる。

今回の実験は小型のプラスチック製コンテナで行われているため、実際の水田とは異なり外気に影響される度合いが極めて大きいと推察される。ポット側面からの日射量吸収や熱の放射により、実際の水田より温度変化が大きくなる傾向があると思われる。今後は実際の水田の温度変化のシミュレーションならびに温度測定を実施していきたい。

3. 水深と地温の関係

1992年は水深を1cmと比較的浅水管理を行ったため、特に深度1cmにおいて日中の地温上昇が著しかった。1993年は満水時水位が約2cmと深かったことや、1992年と気象条件が違ふこともあり温度上昇が顕著ではなかった。浅水管理は土壌の保温性が低いことから霜害等の懸念もあるので水深とマルチングによる地温上昇の関係を早急に解明することが必要であり、今後の課題とする。

摘 要

1. ポット試験における地中の温度変化を測定した。供試水田は砂壤土が入った幅36cm×長さ54cm×深さ30cmのポット（プラスチック製）を用いて、厚さ0.02mmの透明ポリエチレンフィルムで水田面を被覆したマルチ区と裸地のままの無マルチ区とした。フィルムに長さ5cmの十字の切り込み穴を作り、その中へ水稲の稚苗を移植した。地温の測定は熱電対温度センサを用いて、深度1cm、3cm、8cmのポイントを1時間毎に測定した。

2. 地温の最高温度を示す時刻はマルチ区、無マルチ区とも深度1cmでは14時、深度3cmでは14~15時、深

度8cmでは17~18時であった。

3. 生長点が存在する深度3cmにおける地温は、1992年4月において最高地温でマルチ区が無マルチ区より約5℃程上回った。

4. 最低地温はマルチ区が無マルチ区より1.5℃高く、夜間の保温効果が認められた。

5. マルチングは地温の日較差を大きくし、水稲の分げつ増殖とその生育に有効であると思われた。

6. 移植してから約2か月後のマルチ区と無マルチ区の最高および最低地温の差が縮まってきたのは、水稲の葉部の繁茂により株元へ到達する日射量が減少するためであると推察された。このことから、マルチ栽培は初期生育に効果が期待される。

謝 辞

本研究の遂行にあたって、1993年度の研究では平成5年文部省科学研究費補助金試験研究(B)(2)の採択を受けて実施したもので、関係各位に心から御礼申し上げます。

キーワード：早期水稲、マルチ栽培、水田土壌温度

引用文献

- 1) 梅木佳良・牧 慧・坂本真一・村社久米夫・江藤博六：暖地早期水稲の収穫期早進化技術、移植時期と苗の種類（第1報）、九農研、48、28（1986）
- 2) 坂本真一・梅木佳良・津田安敬・村社久米夫：同上、中苗の育苗法（第2報）、九農研、48、29（1986）
- 3) 梅木佳良・竹前 彬・坂本真一・村社久米夫：同上、防風網の設置（第3報）、九農研、48、30（1986）
- 4) 坂本真一・竹前 彬・梅木佳良・江藤博六・吉田浩一・津田安敬：同上、ポリエチレン資材の水面被覆（第4報）、九農研、49、31（1987）
- 5) 梅木佳良・牧 慧・坂本真一・吉田浩一・津田安敬：同上、ビニールハウス栽培（第5報）、九農研、49、32（1987）
- 6) 松島省三・田中孝幸・星野孝文：水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究、茎葉部・茎基部・根部の各部に対する温度処理が分げつ発

生に及ぼす影響（第75報），日作紀，34，
478～483（1966）

7）宮崎地方気象台：宮崎県農業気象月報，4月～6
月（1993）