

Potの土壤温度調節に関する研究

I Wagner pot を用いた初秋における実験観測例*

鈴木 晴雄, 宮川 秀夫, 西岡みどり

Studies on the Regulation of the Underground Temperature in the Pot

I Results of the Wagner Pot Experiment and its Observation in Early Autumn

Haruo SUZUKI, Hideo MIYAGAWA, Midori NISHIOKA

Wagner pot has been used in the cultivation experiments of crops, vegetables and other plants. In these experiments, however, the environment condition of the root especially the underground temperature is different from one in the arable land.

Three plots were made, namely the no treatment pot, the black lacquer coated pot and the aluminum evaporated film covered pot. One set of the pots of these experimental plots was put on the ground and the other was buried in the ground remaining about 2 cm from the top. In this work, the distribution of solar radiation at the outer surface of the pot was calculated and the determination of the distribution of the underground temperature in each pot was performed. This report deals with the observation results on a clear day, 11, September, 1974.

From the calculation results of solar radiation at the outer surface of the pot, it can be considered that the solar radiation decided the distribution of the underground temperature in each pot; its daily variation and daily amounts were characteristic in each direction.

The characteristic tendency of the distribution of the underground temperature in the each pot was mainly obtained in the daily variation, the horizontal and the vertical distribution of the underground temperature, also the characteristic differences of the effects by the treatment of the outer surface of the pot were obtained in each direction of the underground in each pot.

The characteristic tendency of the distribution of the underground temperature in aluminum evaporated film covered pot was the most approximate to that of the arable land in the pots which were set on the ground, and then the effects of aluminum evaporated film covering were gained.

The amplitude of daily heat quantity variation of the underground in the pot of each plot was the greatest in the black lacquer coated pot.

* 昭和50年1月31日 日本農業気象学会 中四国支部会にて大要を発表

作物, 蔬菜の栽培試験では, Wagner pot がよく用いられている。そこでは根の環境, 特に土壤温度が一般耕地とは異なることにより種々の問題を提起している。そこで, 1974年9月11日, Wagner pot (1/2000 a) の外壁面の Albedo を調節し, また Pot は埋設処理と無処理を行い, Pot 外壁面での日射, 各区の処理効果, そして Pot 内の土壤温度分布特性について実験を試みた。

Pot 壁面での日射を計算により求めた結果, その日変化は, 各方位の壁面に夫々特有であり, また日総量とともに各処理区の Pot 内土壤温度に特有な分布を発現させたものと考えられた。

Pot 内土壤温度分布特性が, 日変化, 垂直及び水平断面の分布にみられ, また各 Pot 壁面処理効果も得られた。

地上設置の Pot では, アルミ蒸着フィルム壁面処理区が一般耕地に最も近似した土壤温度分布の様相を呈し, その処理効果が認められた。

Pot 内土壤中央部での地中熱交換量について計算した結果, 日変化較差は黒塗区が最も大であった。

I ま え が き

作物, 蔬菜等の栽培試験にはよく Pot が用いられ, 中でも Wagner Pot はその代表的なものになっていることは, 周知の通りである。そして, Pot は普通地上に設置されているので, 一般耕地に比較すると, 根の生育する地下環境, 特に土壤温度が特殊なものであることは十分推定でき, またそれに関しての報告もある⁽¹⁻⁶⁾。

Pot (鉢) は大別して化粧鉢と素焼鉢とがあり, その他紙鉢, ビート鉢等があり, その形状, 大きさ, 色彩については多種多様である⁽⁷⁾。そこで本実験では, 一般には様々な色彩の壁面をもつ Pot が存在するので, Pot 壁面の Albedo を極端に高く, また逆に低く処理を行なった。そして, Pot の埋設処理も行なって, 各処理 Pot 内の土壤温度特性を検出し, Pot 栽培作物とその地下環境についての基礎的資料を得ることを目的とした。それらのうち今回は, 香川大学農学部構内圃場において, 1974年9月11日に行なった初秋の観測結果の概要を報告する。

本文に先立ち, 筆者らをお導き下さった今は亡き恩師, 故上原勝樹教授(香川大学農学部農業環境学研究室)のご指導に感謝し, 先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

II 実験観測の設備と方法

香川大学農学部構内圃場において, Wagner Pot (Plastic 製, 1/2000 a) 各1個を用いて, 次のような実験区を設けた:

- No. 1: 無処理区 (対照区, Pot 壁面は白色)
- No. 2: 黒塗区 (Pot 壁面を lacquer にて黒塗)
- No. 3: アルミ蒸着フィルム被覆区
- No. 4: 埋設区 (Pot 壁上端 2 cm 以下を土中に埋設)

の計4区を設けた。

なお, Pot 内の土壤は花崗系砂壤土で, Pot 壁上端より 2 cm まで約13,700ml 充填した。

(1) 日 射 量

Pot 壁面および Pot 内地表面における日射の日変化と日総量については, 後に記した計算方法により求めた。

(2) 土 壤 温 度

土壤温度測定は 0.5mm の Cu-Co 熱電対を用い, 微小直流電圧計で読みとった。Pot 内の各測点は Pot 内地表面より 0, -1, -13.5, -27cm の各深さに, また各々の深さにあっては Pot の中央, 壁面から 0, 1, 5 cm 内部の東西南北に 1 Pot に計52点設け, 全日2時間毎に読み取った。

(3) 地 中 水 分

土壤温度を測定した各深さから土壌を採取して, 炉乾法によって含水率を測定した。

III 実験結果並びに考察

1. Pot 壁面における日射量

日射は Pot 内土壌温度の分布状況を支配する本源をなすものであり、またその Pot 壁面での日射量、日射の変化は平地におけるものとは大分相違のあることが考えられるので、香川大学農学部構内圃場（北緯34°16′）における Pot 内土壌温度測定当日の、1974年9月11日の Pot 壁面での理論日射量を求めた。

(1) 計算方法

太陽高度を h とし、太陽常数を S_0 とすると、地表面の単位面積が単位時間にうける日射量は $S_0 \sin h$ である。太陽高度 h は時刻とともに変化するから1日中にうける日射量は

$$Q = \int_{-t_1(\text{日没})}^{+t_1(\text{日没})} S_0 \sin h dt \tag{1}$$

であるがその地の緯度を φ 、太陽の赤緯を δ 、時間を t とすると

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \tag{2}$$

であるから

$$Q = \int_{-t_1(\text{日没})}^{+t_1(\text{日没})} S_0 (\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t) dt \tag{3}$$

を積分すればよい。実際には(2)式に求める場所の緯度（香川大学農学部は34°16′N）と求める期日の日赤緯および時角を入れて毎時間の $\sin h$ を計算する。 $S_0 = 1$ とすると平地の日射量は簡単に $\sin h$ で示される。

次に Pot 壁面のうける日射量は、壁面に対する太陽高度を h' とすると、単位時間、単位面積当りの日射量は $S_0 \sin h'$ であるが、壁面の各偏角を β 、太陽の方位を A とすれば、

$$\sin h' = \cos h \cos (A - \beta) \tag{4}$$

であるから、日射の日総量は

$$Q = \int_{t_1(\text{日没})}^{t_2(\text{日没})} S_0 \cos h \cos (A - \beta) dt \tag{5}$$

より求めることができる。この場合も $S_0 = 1$ とすれば壁面での日射量は $\sin h'$ である。ただしこれらは勿論大気による吸収がない場合である。

以上の方法によって S_0 を1とした場合の日射量を、平地および Pot 壁面の各16方位の面について求めた。

(2) 日射の日変化と日総量

Pot 壁面での各方位における日射量の日変化の模様を Fig. 1 に示した。この日の平地での日没は5時47分、日没は

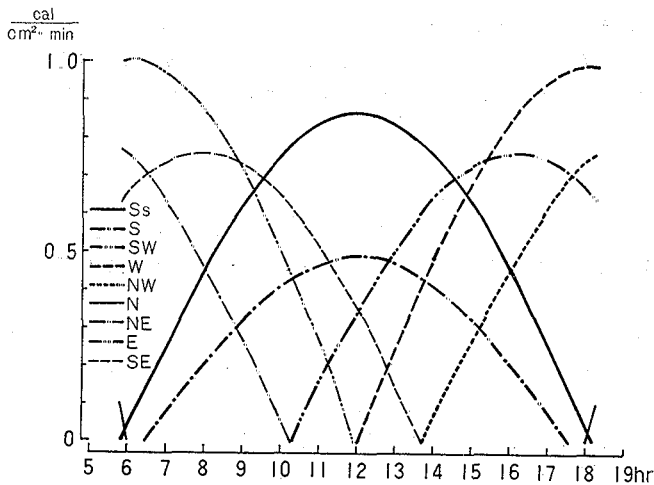


Fig. 1. Diurnal variation of solar radiation in each direction at the outer surface of the pot. Ss: Soil surface in the pot. Other symbols show each direction.

18時13分で可照時間は12時間と26分である。

南面は平地と同じく正午を中心に対称であり、また正午に最高値を示しているが、その値は平地の0.56倍程度である。そして平地より30分日出は遅く、日没は早い。北面も正午を中心に対称であるが、可照時間はほとんどない。東面では日出は平地と同じであり、日没は正午であるが、最高値は6時出現している。これは平地の正午の値の1.15倍に達している。そして北東面になると日出は平地と同時刻であるが、日没は1時間45分早まっており、最高値は平地より下まわっている。南東面では日出は平地と同時刻であるが、日没は東面より1時間45分遅れている。

西面側では東面側での曲線を、正午を中心に対称となっている。つまり西面では日出は正午であるが、日没は平地と同時刻である。北西面では日出が東面より1時間45分遅れているが、日没は平地と同じである。南西面は日出は東面より1時間45分早まっているが、日没は平地と同じ時刻となっている。

以上のごとく Pot 壁面の各方位では、それぞれ日出・日没が異なり、また方位によっては平地におけるような日変化でなく、各方位に独得な日変化曲線を有していた。これら Pot 壁面での日射量の変化が Pot 特有の土壌温度分布を生じさしめるものと考えられた。

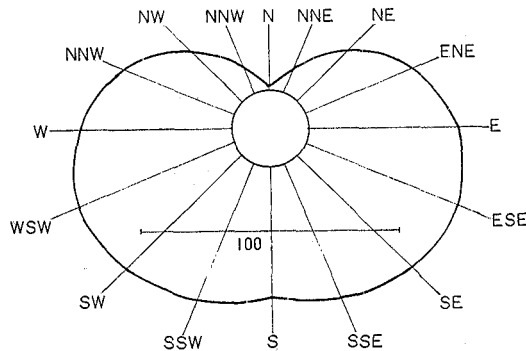


Fig. 2. Distribution of daily amounts of solar radiation in each direction at the outer surface of the pot.

また Pot 壁面の各方位における日射の日総量を Fig. 2 に示した。なお、これは平地における値を100として示したものである。北面は1日中ほとんど日射はなく、北北東(北北西), 北東(北西), 東北東(西北西), 東(西), 東南東(西南西), 南東(南西), 南南東(南南西), 南, のそれぞれ平地に対する比率は11, 28, 46, 58, 65, 64, 57, 51であり、すべての Pot 壁面各方位での日射量は、本実験観測実施のこの時期では平地より低く経過した。そして各方位中、東南東と西南西にその極大値となり、1日を通じてはその面に沿った土壌の昇温に及ぼす影響が大きいものと考えられた。

2. Pot 内の土壌温度

(1) 土壌温度の日変化

Pot の1/2H (-13.5cm)における中央(C)と壁面より1cm内側の S_1 , W_1 , N_1 , E_1 の各地点の日変化を Fig. 3 に示した。なお当日の気象状態は平均気温 20.7°C , 最高気温 25.7°C , 最低気温 15.9°C , 日照時間10時間, 日射量 $454\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ で晴天であった。

各区ともに夜間から6時頃迄は日射による受熱がないために、Pot 壁面と Pot 内地表面からの放熱により土壌温度は低下の一方にあり、地上に設置された各区間の差はほとんどみられない。しかし、No. 4 は埋設処理により、それほど低下はみられなく、Pot 内の各地点において 20°C 以上に保たれた。

6時以後になると各区の土壌温度は上昇をはじめ、各処理区間の差が顕著になった。Pot 壁面の各方位をみると、まず東面は平地と同時刻に日出を迎えるが、Fig. 1 に示したように急激に受熱がすすむので、Pot 内の他の地点より早く E_1 での昇温がみられた。特に No. 1, No. 2での昇温が顕著である。また両区ともに、最高温度発現時刻は10時頃である。10時以後にあっても急に低下しないのは、その時刻には Pot 内地表面においても十分な日射量に達しており、

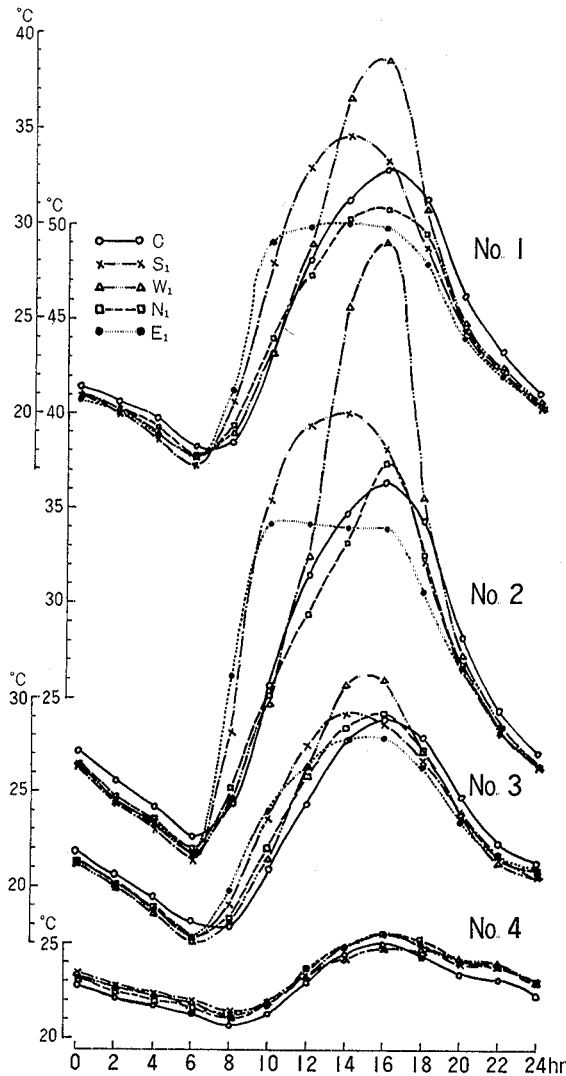


Fig. 3. Diurnal variation of underground temperature.
 C: Center of the underground of the pot.
 Other symbols show each direction.

Pot 内の太陽高度・方位側に近い高温部からの熱伝導によるものが考えられる。No. 3においても No. 1, No. 2ほど顕著ではないが、同様な傾向が現われている。No. 4では、Pot 内各地点の差異は埋設処理のためにほとんどみられない。S₁になると、地上に設置された No. 1, No. 2, No. 3 はいずれも14時頃に最高温度が出現している。No. 1は34.5°C, No. 2は39.9°C, No. 3は29.1°Cであり、No. 4は16時頃に最高温度が示され、24.7°Cである。W₁のPot壁面西側では13時50分頃に日出となり、日没近くにその面での日射の最高値を示すのであるが、W₁の土壌温度の経過をみると、Pot 内の他の地点と同じく平地での日出時から温度が上昇し続け、16時に各区ともに最高温度発現時刻となった。即ち、No. 1は38.3°C, No. 2は48.9°Cにも達し、作物の根の生育の場としては、明らかに温度環境は不適当であると言える。No. 3は壁面での大きい Albedo のため、31.2°Cに抑制され、No. 4はさらに低く24.7°Cである。そしてそれ以後、各区ともに土壌温度は低く経過した。Pot 壁面北側はほとんど日射をうけないのであるが、壁面各方位からの日射の受熱による熱伝導で、N₁の土壌温度は上昇し、いずれの区も16時頃に最高温度発現時刻となった。中

中央においても各区ともに, 16時に最高温度発現時刻となり, No. 1 は33.0°C, No. 2 は36.3°C, No. 3 は28.8°C, No. 4 は24.9°Cであった。

(2) 土壌温度の昼夜別平均・日平均・日較差

各処理区の土壌温度の昼夜別平均・日平均・日較差を Table 1 に示した。なお, それぞれ Pot 内中央値(C)と, 全面値(同一水平面に設けた各測点の測定値の平均値, A)とで表わした。

Table 1. Average temperature in day and night, the daily mean temp. and diurnal range of underground temp. (°C)

	Depth (cm)	Day		Night		Mean		Range	
		C	A	C	A	C	A	C	A
No. 1	0	28.7	28.6	18.3	18.1	23.5	23.3	18.4	18.6
	-1.0	27.8	27.6	18.7	18.7	23.2	23.2	16.9	17.2
	-13.5	27.4	28.3	21.5	20.7	24.5	24.5	14.5	15.4
	-27	26.4	26.9	22.5	21.7	24.4	24.3	9.7	10.9
No. 2	0	29.1	30.0	18.6	18.3	23.8	24.1	18.5	20.9
	-1	28.6	30.1	19.3	19.0	24.0	24.6	17.7	20.5
	-13.5	30.3	32.2	22.0	21.2	26.1	26.7	18.7	22.2
	-27	28.8	29.7	22.7	21.7	25.7	25.7	14.9	16.4
No. 3	0	27.6	27.4	17.8	18.0	22.7	22.7	16.8	16.5
	-1	26.2	26.6	18.5	18.6	22.4	22.6	14.6	15.1
	-13.5	24.6	25.4	21.2	20.5	22.9	23.0	10.7	11.7
	-27	24.6	25.3	22.1	21.2	23.3	23.2	8.5	9.5
No. 4	0	27.3	28.0	18.8	19.0	23.1	23.5	15.6	15.6
	-1	25.6	26.5	19.4	19.9	22.5	23.2	11.9	12.5
	-13.5	23.1	23.4	22.4	22.9	22.7	23.2	3.6	3.9
	-27	22.7	23.1	23.3	23.6	22.9	23.4	1.3	1.5

Remarks: C: Temperature in the center of the underground of the pot.

A: Average temperature of all direction containing the center value.

昼間平均値は全面値でみると, No. 2, No. 1, No. 3, No. 4 の順序で, いずれも地上に設置された Pot において受熱が促進され, 高温となった。No. 2 以外は Pot 内地表面に向うほど昇温するが, No. 2 では1/2Hに最高であった。

夜間平均では各区ともに Pot 内地表面に向うほど土壌温度は低下し, 夜間の熱伝導状態が示されたものとなっている。また Pot 内地表面からPot底までの平均では, 各処理区間の差はほとんどみられなかった。

以上の傾向から日平均では No. 2, No. 1, No. 3, No. 4 となり, Pot 内地表面に向うほど土壌温度が低下した。日較差は Pot 内地表面に向うほど大で, そして日中最も土壌温度が上昇する No. 2 に最も大で, 埋設の No. 4 に最も小となった。

中心値と全面値については, 両者の温度差は, Pot 内の土壌の昼間夜間の平均的な地中熱伝導機構を示したものである。

(3) 垂直断面の土壌温度分布

各処理区における特性が顕著に現われた, 14時のN-S断面, W-E断面の土壌温度分布を Fig. 4 に示した。この時刻には太陽高度は49°28', 方位50°03'であった。

各区, 太陽方位側に, N-S断面では南側, W-E断面では西側に高温であるが, No. 4 では埋設処理のために方位別の特性は現われなかった。地上に設置した No. 1, No. 2, No. 3 においては, Pot 内地表面と壁面に日射を受けるので, その三区の土壌温度分布の差異は, それぞれの壁面の光学的性質, 即ち Albedo の差によるものと考えられ

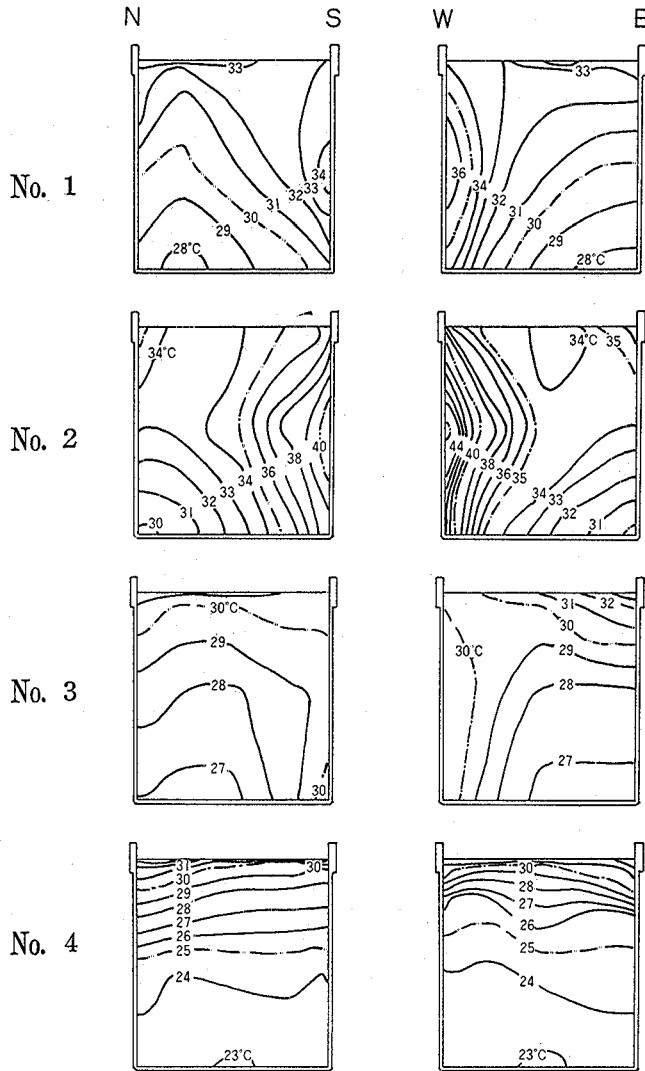


Fig. 4. Vertical distribution of underground temperature.

る。Pot 壁面での Albedo の正確な測定は、困難であるので実施しなかったが、各区の Pot 壁面、Pot 内地表面の Albedo の大小は明白である。

即ち、No. 2 では壁面の Albedo が Pot 内地表面より小であるので、壁面からの日射の吸収はより多いと考えられる。N-S 断面では南側の1/2H附近では40°Cで、他方北側ではその附近より7°Cも低く現われた。W-E 断面側面での1/2Hでは45°Cもあるが、東側は約35°Cである。このNo. 2の土壤温度分布においては、N-S 断面では南側が一般耕地の地表面のごとく日射を受熱し、北側は地下数10cmの地域に相当するごとの分布特性と言える。またこのNo. 2では、No. 1、No. 3においても同様であるが、Potの1/2Hに高温部が生じている。これはPotの上層部はPot内地表面からの蒸発潜熱のため、下層部はPotが置かれた平地へPot底面を通じて熱が失われ、その結果高温部となったものと考えられる。またNo. 2において顕著であったのは、Pot内土壤温度が最も高温であり、そのためにPot内地表面の蒸発が促されたことが推測される。

No. 1、No. 3では壁面での Albedo が高いので、主にPot内地表面において日射の受熱が促進されたものと考えら

れる。無処理の No. 1 においても一般耕地の土壤温度分布より特異的であり, Pot の1/2Hにおいて, N-S断面では南側は約34°C, 北側は約30°C, W-E断面では西側が約36°C, 東側は約30°Cとなっており, 同一の深さにおいてもかなりの方位別による温度差が出現した。No. 3 では南面, 西面からの受熱は No. 1, No. 2 に比べてそれほどなく, Pot 内地表面から下層部に等温線がほぼ水平に移行してきている。そして等温線の間隔も広く, 比較的温和な土壤温度分布が出現したと言える。

No. 4 では埋設処理により, 方位別の差異はほとんどない。また No. 4 はほぼ埋設地の地中温度と等しいと考えられる。よって地上に設置された Pot では, No. 3 が最も一般耕地に近似した土壤温度およびその分布特性を示すことになり, アルミ蒸着フィルムによる壁面処理効果はその意味で評価できるものと考えられた。

(4) 水平断面の土壤温度分布

各処理区各深さの水平断面の土壤温度分布にもそれぞれの特性が現われているので, 14時における変化を Fig. 5 に示した。

Pot 内地表面の 0 cm では, 各区ともに No. 1 から No. 4 までほぼ同様な傾向であり, 即ち太陽方位側南西の壁に沿

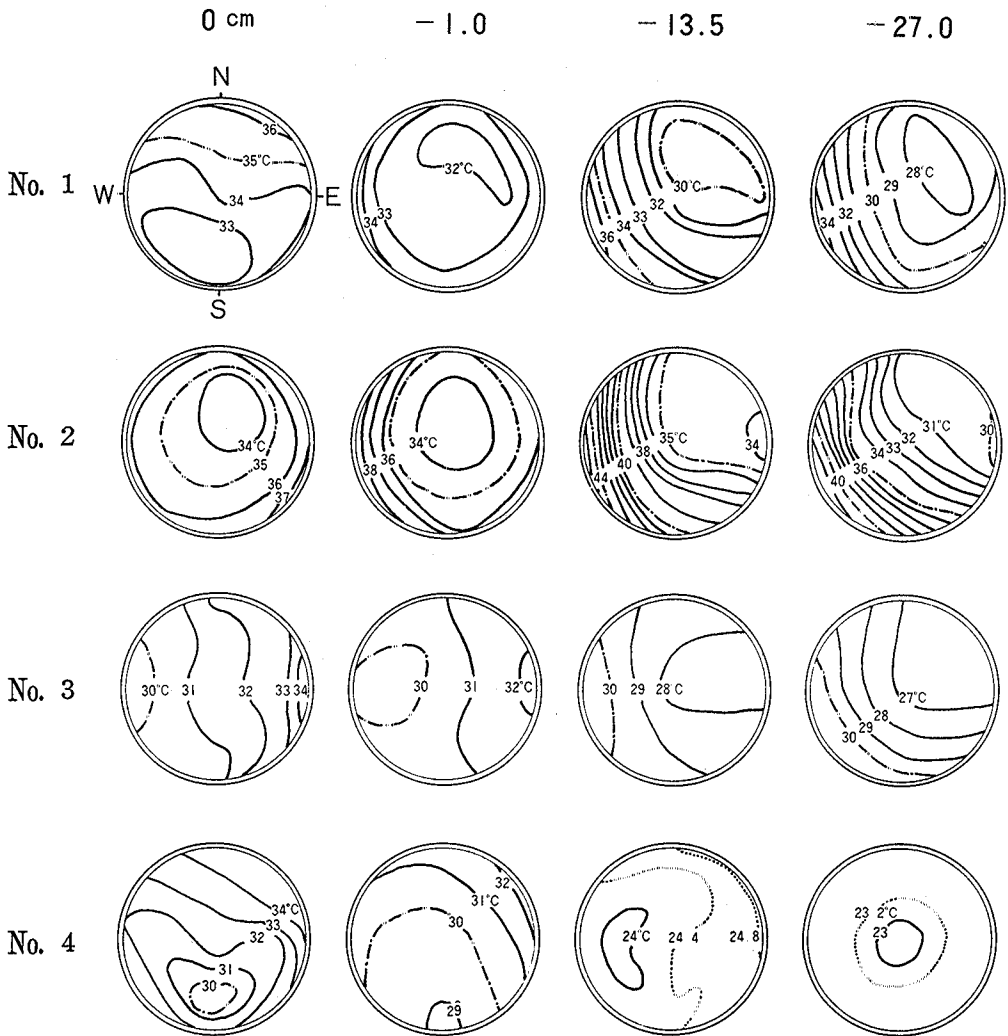


Fig. 5. Horizontal distribution of underground temperature.

って低温で、逆に北東壁に沿って相対的に高温となっている。これは Pot 内地表面より 2 cm の Pot 壁のたちあがりがあるので、その内壁面での反射短波が、北東の内壁面に沿った地表面に加わったために附近は高温になり、南西側ではそのたちあがりのために、日射を遮蔽することにより、相対的に低温をもたらしたものと考えられる。

地中では、壁面からの日射の影響が大きく現われた。-1 cm においては、No. 1 では南西側が高温となり、北東側はそれより約 2°C 低温であり、No. 2 ではそれがさらに顕著である。No. 4 においても同様な傾向が見られた。しかし、No. 3 においては逆に、東側に高温で、西側に低温となり、地表面での傾向と同様である。これは、先の Fig. 4 の No. 3 の土壌温度分布に見られるように、壁面の Albedo が著しく高いため、No. 3 では Pot 内地表面において主に日射の吸収が行なわれることになり、壁面からの熱伝導による昇温はあまりないためである。その結果、-1 cm では 0 cm での土壌温度分布と同傾向になったものと考えられる。-13.5 cm になると、地上に設置された Pot の土壌温度分布の傾向は各区ともに同じである。即ち、太陽方位側に高温となり、逆の方位側は相対的に低温であり、その間の温度差は No. 1 で約 6°C、No. 2 では約 10°C もあり、No. 3 で約 2°C であり、Pot 内の地中同一水平面にあっても作物の根圏の温度環境は方位によりかなり異なることが、この Fig. 5 から明確になった。Pot の底部の -27 cm にあっても、各処理区ともに傾向は等しかった。

(5) Pot 内の地中熱交換量

地表面は日中太陽熱を吸収して昇温し、それを地中内部へも伝えるが、夜間は地面が放熱して冷却し、地中内部の熱は地面に向かって流れ、地面から放出される。従って、土壌中に含まれている熱量は一日を周期として変化する。

いま、土壌中に単位面積の底を有し、地温日変化の消失する層までの、深さ H の垂直土壌中のある部分に、dh なる微小柱を考え、t₁, t₂ 時におけるその温度を θ₁, θ₂ とし、単位容積の土壌の熱容量を C、t₁, t₂ 時における土壌柱の熱量を u₁, u₂ とすれば、両時刻における熱量変化は、

$$u_2 - u_1 = \int_0^H C (\theta_2 - \theta_1) dh \tag{6}$$

である。もし C が深さに関して一定であるとすれば

$$\begin{aligned} u_2 - u_1 &= C \int_0^H (\theta_2 - \theta_1) dh \\ &= CH \left\{ \frac{1}{H} \int_0^H \theta_2 dh - \frac{1}{H} \int_0^H \theta_1 dh \right\} \\ &= CH (\Theta_2 - \Theta_1) \end{aligned} \tag{7}$$

ここに

$$\Theta_2 = \frac{1}{H} \int_0^H \theta_2 dh, \quad \Theta_1 = \frac{1}{H} \int_0^H \theta_1 dh$$

で、Θ₂, Θ₁ はそれぞれ t₂, t₁ 時における土壌柱全体の平均温度である。

Table 2. Daily variation of heat quantity in the underground (difference to diurnal mean value) (cal · cm⁻²)

Plot \ Time	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
No. 1	-41	-51	-66	-84	-55	7	65	96	96	58	5	-26
No. 2	-51	-72	-89	-109	-70	8	74	112	120	86	19	-27
No. 3	-19	-37	-53	-69	-46	-3	41	74	64	47	12	-15
No. 4	-7	-16	-24	-30	-24	0	23	38	34	11	-3	-7

この式を用いて、各区各 Pot の中央における地中熱量の日平均からの偏差を求めると、Table 2 のごとくになった。但し C は熱量変化の概略を知るため 0.5 cal とし、平均温度には Pot の底 27 cm までの平均を用いて計算した。

これによると、No. 1 ~ No. 4 までの各区における地中熱量の日変化較差は、それぞれ 180, 229, 143, 68 cal · cm⁻²

で, No. 2 が最も大きく, No. 4 が最も小さかった. No. 2, No. 3 および No. 4 は No. 1 のそれぞれ127, 79, 38%であった.

また, 地中熱量の最小は各区ともに6時に現われ, 最大は No. 1, No. 3, No. 4 においては何れも14時に, No. 2 は16時に現われた.

(8) 各区における地中含水量

各区における Pot 内土壌の含水率を, 炉乾法によって次式を用いて求めた. 即ち

$$w = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \quad (8)$$

ここに, w : 含水率, w_0 : 容器の重量, w_1 : (湿土+容器) の重量, w_2 : (乾土+容器) の重量で, 得られた値は, Pot 内中央の 0 cm, -13.5 cm, -27 cm の各地点での平均で示すと, No. 1 : 16.2%, No. 2 : 14.0%, No. 3 : 18.1%, No. 4 : 21.0% であり, 土壌温度の日較差, 日中の最高温度において最も大である No. 2 で低い含水率が示され, また埋設処理の No. 4 によっては含水率が高い結果となり, 地中含水量においても各 Pot 壁面の処理効果が示された.

引用文献

- (1) 飯塚一郎, 鴻海 実: 植木鉢の温度について (第1報) 鉢の種類及び灌水後の温度変化, 農業気象, 13, 25-29 (1957).
- (2) 高木康至, 草刈真一, 金関四郎: 土壌の熱処理時における土壌温度の実態と処理効果, 生物環境調節, 10, 16-21 (1972).
- (3) 中島庸三: 稲のポット栽培に就いて, 農業気象, 3, 29-36 (1945).
- (4) 西内 光: 鉢内土壌温度系および鉢内水温について, 園学雑, 17, 111-114 (1948).
- (5) BUNT, A. C., Z. J. KULWIEC: The effect of container porosity on root environment and plant growth, 1 Temperature, *Plant and Soil*, 32, 65-80 (1970).
- (6) 森口和夫: 菊の生長に及ぼす鉢温の影響, 農及園, 11, 49-57 (1936).
- (7) 鶴島久男: 鉢花のプログラム生産 [1], 113-126, 東京, 誠文堂新光社, (1972).
- (8) 上原勝樹: 傾斜地開発利用に関する物理気象的研究, 香川大学農学部紀要, 7, (1961).

(1977年5月31日受理)