栽培ポットの微気象

鈴木晴雄・三田俊次*・宮本硬一

(香川大学農学部)

On the Micrometeorology of the Cultivated Pot

Haruo SUZUKI, Shunji SANDA and Koichi MIYAMOTO

(Faculty of Agriculture, Kagawa University)
(Miki-cho, Kagawa Pref., Japan, 761-07)

1. はじめに

ポットは従来、試験研究で大いに用いられていたが、最近ではハウスによる花卉栽培において、ますます栽培用ポットの需要が伸びつつある現状である(農林省農蚕園芸局, 1978)。ポットでは根圏の環境が、普通の畑地の場合とかなり異なる事は容易に予想でき、これに関連した報告も若干みられるが、微気象の見地のものは比較的少ない(森口, 1936; 大後ら, 1937; 中島, 1945; 西内, 1948; 飯塚ら, 1957; Bunt et al., 1970; Bunt et al., 1971; 高木ら, 1972)。筆者の一人である鈴木も、これについては1974年からポットの壁面を処理して、ポットの土壤環境(温度と含水量)に対する影響を調べて報告しているが(鈴木ら, 1977; 1978 a; 1978 b), ここでは人参を用いた春季から夏季の場合をとりあげた。

ポットは、現実に種々の色彩とタイプのものが存在するので、本実験でも色彩の差異を、ポットの壁面アルベドの差異としてとらえ、そのタイプについては通常の円筒型のものをとりあげた。また、実際の栽培ではポット群としてよく使用されているが、ここでは基本的な1個体の特性を得ることにし、主に、ポットの壁面における日射量の分布、およびポット内土壤温度の分布と土壤水分について春季から夏季にわたって調べた。各々のポットには、“Ms4寸”人参を植付け、それらの生育差から、各ポットにおける壁面処理の効果をみて、栽培ポットにおける微気象の役割の一端を明らかにしようとした。

2. 実験方法

ポットは、1/2000aのワグナー(Wagner)ポットを用い、その材質は、熱伝導率 $2.4 \sim 3.3 \times 10^{-4} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

昭和52年12月2日 中四国支部例会にて発表

昭和54年1月25日 受理

* 現在：東西産業貿易KK

$\text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ (推定)(村橋ら, 1963)のプラスチックであった。下記の実験区を設けて、1977年4月27日より7月16日まで、香川大学農学部構内圃場にて実験を行った。

No.1; 無処理区(対照区、ポット壁面は無処理)

No.2; 黒塗区(ポット壁面をラッカーにて黒塗)

No.3; アルミ蒸着フィルム被覆区(以下、アルミ蒸着区と略述する)

No.4; 埋設区(ポット壁上端2 cm以下を土中に埋設)

なお、各区のポット壁面処理によるアルベドを、No.1はポットを横に9個ほど密接に設置し、No.2とNo.3は平板に塗布および被覆し、それぞれの面が太陽光線に直角になるようにして、農試電計型日射計(中野製作所)にて測定した。晴天日のアルベドはNo.1よりNo.3までそれぞれ52%, 5%, 62%であった。

いずれの区も、土壤(花崗系砂壤土)をポット壁の上端より2 cmまで、約13,700 ml 充填した。また各区ごとに、無植栽:1, 植栽:10, および土壤水分測定用:1の計12ポットを個々の間隔を十分とり、設置した。

日射量: 壁面(傾斜角 90°)での日射量の実測は、測器の零点浮動等による困難が伴うので、計算の都合から太陽常数を1, 大気による吸収を考慮しない場合の直達理論日射量を求め(上原勝樹, 1961; 日照計画研究会, 1976), 壁面16方位での傾向を得た。

土壤温度: 径0.5 mmのCu-Co熱電対を使用し、Absoluteに接続し、微少直流電圧計(大倉電機製)の読みから求めた。ポット内の各測点は、地表面より深さ1, 13.5, 27 cmとして各深さごとにポットの中央部と、周辺部、すなわち東西南北方向に壁面より2 cm内部(それぞれE, W, S, N点とする)の計15点設けた。またポットの中央部における深さ5 cmの土壤温度は、実験期間中、連続的に自記記録させた。6月9日と7月15日

には一昼夜を2時間間隔で、その他の日には、午前10時、午後4時に全測点の値を読みとった。

土壌水分：中央部の深さ5 cmの土壌を適宜採取して熱乾法により求めた。また実験期間中は同じ場所で、ガラスブロック電気抵抗素子(26×1.9×0.8 cm, 島津製作所)を使用し、連日午前10時に値を読みとるようにした。

栽 培：各ポットの中央部と壁面より東西南北とも2 cm内部に、欧洲系“Ms 4 寸”人参を計5個体、5月13日に移植(4月27日には種育成したもの)し、7月16日の収穫期までの生育を調べた。また移植後、根が活着するまでの1週間、十分かん水し、各ポットがほぼ同じ含水率を維持するようにした。さらに、全生育期間中無肥料で栽培し、各区とも同一条件になるよう、栽培管理を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 ポット壁面上の直達理論日射量

6月9日における壁面各方位の日変化を、Fig.1に示した。これによると壁面における各方位間の日変化に大きな差異のあることが、一目りょう然である。ただ、実際には、ポットを設置した付近の地面より壁面各方位への反射短波放射や、天空よりの散乱放射などが考えられる。よって、各方位面における日射量の差は小さくなるはずであるが、当日は、日中幾分か雲量はあったものの、日射の日総量は535 cal/dayの晴天であったので、直達放射成分が日射量の大半を占めたものと考えられる。したがって日出直後および日入直前以外は図の理論曲線とほぼ同様な傾向をたどったと思われる。

図の示すところによると、ポット壁面の各方位における日変化曲線はかなり特異的で、一般の耕地における快

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

晴日の正弦波に近い曲線とは大きく異なっている。すなわち、日出時には、すでにNE, E, N, SE面の日射量は平地のそれを上回っており、特にNE面では最高値を示していた。よって、日出時には、ポットの東面側の受熱が促進される。南面ではこの時期には日の当るのが遅く(8時30分ごろより)、日中における最高値もかなり小さく、平地のわずか約1/5 ($0.19 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)であり、夏季における南向き傾斜面の典型的かつ極端な分布曲線ということもできる。西側の日変化曲線は、東側各方位面のものを、正午を対称軸としたものである(真太陽時による表現のため)。よって壁面の各方位における日射の日総量分布も、Fig.2に示したように正午について対称となった。なお、この図は平地における日総量を100とした場合で表わしてある。6月9日にはそれが16方位平均で平地の日射量の35%であり、各方位面とも1日の日射量は平地より大きく下回り、しかも最大値を示したW面およびE面においても、平地の52%にすぎなかった。一方、N面ではそれが19%であったのに対して、S面はN面の約半分にすぎず、平地とは違った夏季特有の現象がみとめられた。

Fig. 2 Distribution of daily amount of direct solar radiation calculated, in each direction on the pot wall.

各方位面での日射の日総量の分布は、この実験期間中も6月9日の場合とほぼ同様に推移し、すでに上原(1961)が傾斜地で得てあるように、7月中旬になるとN面とS面との差は次第になくなるが、最高値はいぜんとしてW面およびE面に存在していた。

このようにポットの壁面が受ける日射量は、一般の耕地とはかなり異なっていることに注目したい。

3.2 ポット内の土壌環境

(1) 日変化

a. 土壌温度

実験期間中に1日観測を実施した6月9日の結果について述べる。各区の無植栽ポットでの土壌温度変化を、昼夜別平均、日平均でFig.3に示した。図中の実線は、各ポットの中央部での値で、破線は、中央を含む各深さ

Fig. 3 Vertical distributions of mean diurnal, nocturnal and daytime soil temperatures in the pot. Solid line shows the temperature at center. Dotted line shows the average of five temperatures at center and the four points towards N, E, S and W near wall. Numbers refer to treatments of the pots: No. 1, control; No. 2, outer wall surface coated with black laquer; No. 3, outer wall surface coated with aluminum film by vaporization; No. 4, buried almost on a level with the ground.

ごとに同一水平面の全測点(計5点)の平均温度を示している。それによると、ポットの壁面処理による土壌温度の影響が出現している。すなわち、各区ともに夜間平均が小で、昼間平均が大であるのは当然のことであるが、特に黒塗のNo. 2では壁面のアルベドが小さいため、土壌温度の日較差は大きく、無処理のNo. 1に比べると、深さ13.5 cmの中央部で4.4°Cの差がみられた。また地上に壁面の露出しているNo. 1, No. 2, No. 3のポットでは、地表面はもとより、深さ27 cmにおいても昼夜間の温度差が顕著であり、埋設したNo. 4のポットとは異なった分布を示した。壁面における熱の出入りは、ポットの底部においても相当大きな影響を与えていることが分かった。ただ、アルミ蒸着フィルム被覆のNo. 3は壁面無処理(No. 1)の場合とは、日較差に大きな差異がみられなかった。

次に各深さごとに、中央部の値と同一深部の全測点の平均値との温度差をみると、黒塗区(No. 2)では他のい

ずれの区よりもそれが大きく、昼夜とも平均1°C以上の差が認められた。埋設区(No. 4)を除いて各区とも、昼間には中央部の値より全測点平均値が高温で、夜間にはそれと反対となって壁面処理の影響が、土壌温度分布で示されていた。それに対して埋設のポット(No. 4)では日中、地表面ではわずかに全測点平均値の方が、中央部の値より高温を示した程度で、深さ13.5 cm以下ではすべて温度差がなくなり、夜間においては地表、地下を問わず、温度差は認められなかった。

以上のように、壁面での日射量の分布が、ポット内の土壌温度に顕著な影響を与えていると思われるので、さらに各区ごとに各測点の経時変化を6月9日の値と比較してみた。深さ13.5 cmでの土壌温度をみるとFig. 4のようになる。日出が4時50分ごろであるから、6時ごろまでは主にポットの壁面および地表面からの放熱によって土壌温度は低下しつづけ、各方位間の差は少なかった。ただ地上に設置した区では、6時ごろまでは中央部の値が周辺部より約1°C高温で経過していたので、夜間から早朝にかけてはポットの中央部より壁面各方位への熱流があったものと考えられる。

次にポット内の各方位別壁面における受熱の影響は、黒塗区(No. 2)で最も著しく、典型的な形で土壌温度の

Fig. 4 Diurnal variations of soil temperature at 13.5 cm in each pot. C: Center of the pot. Other symbols show the positions.

経時変化が示された。すなわち、E点の土壌温度の推移をみると、6時ごろより急速に上昇して、他のいずれの測点の温度より高くなるが、ピーク時(14h)の土壌温度は周辺部の他の点より1~8℃も低く、きわだった特徴を示していた。また、ピーク時の各方位における土壌温度を比較してみると、W点が群を抜いて高く、43℃にも達し、以下S、N点の順で低くなっていた。これらの傾向はNo.1、No.3でも認められたが、埋設区(No.4)では方位別の温度差がきわめて小さかった。

こうした土壌温度の変化はFig.1ですでに示した日射の日変化に強く影響されたものと思われる。すなわち、東側壁面の日射の日変化は6時ごろにピークに達し、8時以後になると急激に減少するが、このような日射量の推移がE点の午前における土壌温度の上昇を促進したと考えられる。日中、最も高温を示した西側壁面の日射をみると正午ごろから急激に増加して17時すぎに最高となっていた。これに対応して土壌温度も16時ごろまで上昇を続けた。日射は南側壁面では9時ごろから始めて正午になってから、また北側では日出直後に、ピークになる。このような日射の推移が土壌温度の日変化に密接に関係したものと思われる。

さらに、これらの土壌温度(ポット中央部三点平均)の日変化は、Fourier級数で表わすことができる。

No.1~No.4までの変化は次のようになる。ただし、 x は度換算の時刻、 $y_1 \sim y_4$ はそれぞれの区の土壌温度である。

$$y_1 = 25.69 - 5.48 \sin(x + 57^\circ 23') - 1.81 \sin(2x - 67^\circ 12') - 0.25 \sin(3x - 90^\circ) \quad (1)$$

$$y_2 = 27.51 - 7.98 \sin(x + 32^\circ 12') + 1.62 \sin(2x + 32^\circ 43') + 0.03 \sin(3x - 90^\circ) \quad (2)$$

$$y_3 = 25.47 - 6.01 \sin(x + 30^\circ 27') + 1.16 \sin(2x + 40^\circ 03') + 0.01 \sin(3x - 90^\circ) \quad (3)$$

$$y_4 = 24.18 - 3.13 \sin(x + 42^\circ 58') + 0.52 \sin(2x + 85^\circ 47') + 0.07 \sin(3x - 90^\circ) \quad (4)$$

上式にみられるように、地上設置のポットは埋設のもの(No.4)より平均温度は高くなっており、特に黒塗区(No.2)は19.5~35.5℃の大きい較差を示し、壁面の処理効果が強く現われた。一方、No.1、No.3の壁面のアルベドの差異程度では、平均温度や較差にはほとんど影

響がなかったといえる。

b. 地中熱交換量

各区について無植栽ポット内中央部の、地表面よりポットの底部までの地中熱交換量を求め、壁面処理による効果をみた。

ポット内の土壌表面より深さ H の底面までの垂直土壌中のある部分に、 dh なる微小柱を考え、 t_1 、 t_2 時におけるその温度を θ_1 、 θ_2 とし、単位容積の土壌の熱容量を C 、 t_1 、 t_2 時における土壌柱の熱量を u_1 、 u_2 とすれば、両時刻における熱量変化は、

$$u_2 - u_1 = \int_0^H C(\theta_2 - \theta_1) dh \quad (5)$$

である。もし C が深さに関して一定とすれば

$$\begin{aligned} u_2 - u_1 &= C \int_0^H (\theta_2 - \theta_1) dh \\ &= CH(\Theta_2 - \Theta_1) \end{aligned} \quad (6)$$

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、 Θ_2 、 Θ_1 はそれぞれ t_2 、 t_1 時における土壌中全体の平均温度である。なおここでは熱量変化の概略を知るため $C=0.5 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ とし、平均温度にはポットの底27 cmまでの平均を用いて計算した。

上記の方法により6月9日の結果をTable 1に示した。これまでの各区の土壌温度の推移や分布からも推測できるように、地中熱交換量の最高値の発現時刻はNo.4以外はすべて16時であり、熱交換量の最大は黒塗区でみられた。最低値はすべて6時に発現し、No.2においては他に比較し最小となった。つまり、ポット壁面の黒塗処理によって、日中、壁面よりの受熱が最も盛んになり、ポット内の土壌における貯留熱が夜間にはそれだけ多量に逸出するので、このような結果になったものである。また埋設区(No.4)の受熱放熱は、主にポットの地表面で行われるので、熱交換量の最高、最低値ともに小さく、特に最高値では、地上設置の無処理区(No.1)の半分にもみなかった。なお壁面の無処理区(No.1)とアルミ蒸着区(No.3)は、熱交換量の最高値、最低値ともにほとんど差はなかった。以上のような傾向は各植栽ポットにあって同様であった。また7月15日における観測

Table 1. Deviations of the soil heat quantity at center averaged over the depth of the pot from daily mean values ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2}$).

Time	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	Range
No. 1	-22	-43	-63	-76	-60	-28	39	75	86	62	33	9	162
No. 2	-36	-64	-85	-105	-73	-1	59	100	116	84	37	-1	221
No. 3	-22	-45	-64	-77	-60	-18	36	72	85	64	35	7	162
No. 4	-11	-22	-31	-53	-24	-4	18	38	35	28	20	8	91

結果からも同様な傾向が認められ、各無植栽ポット下での交換量の日較差はNo.1からNo.4までそれぞれ124, 169, 123, 31 cal/cm²であった。これらの値は、地上設置の3区の場合、いずれも6月9日の量の約76%であったのに対して、埋設のNo.4では49%であった。すなわち、季節的な太陽高度の低下にともなう日射量の減少は、地上設置のポット中央部における地中熱交換量には、一般の耕地ほど、影響を与えていないようである。

c. 地中含水量

Fig.5は、6月9日におけるポットの中央部地下5 cmでの水分日変化を示したもので、土壤温度の変化を考慮したガラスブロックの検定曲線から読みとったものである。各区の土壤含水率(水分量/湿土重×100)の経時変化は、ポットの処理によってそれぞれ明確にその特徴を示した。すなわち0時より24時に、全般的に各区ともに水分は低下していた。No.1, No.3, No.4の低下はNo.2に比べて比較的緩慢であったが、埋設のNo.4はやや高水分で経過した。一方、黒塗のNo.2では午前中には土壤含水率は約26~27%であったが、14~20時までは大幅に水分が減少して、約1.2%h⁻¹の割合で19%近くまで低下し、その後は若干増加した。この低水分は、黒塗によって日射の受熱が多かったので、日中の土壤温度が他の区より上昇し、その結果ポットの土壤面蒸発が盛んになって、1日を通して含水率は低く経過したものと思われる。ところが村上(1969)によると、下層からの補給水がある畑地の畦内における土壤含水率

Fig. 5 Diurnal variation of soil moisture at 5 cm in each pot.

の日変化(地下5 cm)は、朝方に最高となって14~20時には最低になり、その後は朝方のものと同程度まで回復するような周期的曲線になって、ポットの場合とかなり違った傾向を示している。ポットの土壤含水率は、1日を単位としてかなり低下がすすむことになり、No.2で、それが顕著に示されたと言えよう。

(2) 栽培期間中の推移

a. 土壤温度

栽培期間中(5月13日~7月16日)におけるポットの中央部、地下5 cmの半旬別平均温度をFig.6に示した。

Fig. 6 Seasonal variation of the five-day averages of soil temperature at 5 cm in the center of each pot and air temperature during the growing period of carrot.

すなわち、最高温度では、各処理の効果が明確に現われ、黒塗区(No.2)では他の区より全期間にわたって約2℃以上高く維持されていた。No.1とNo.3の差は日変化の場合(Fig.4)と同様にあまりなかったが、6月の6半旬以後は逆転して、アルミ蒸着区(No.3)が無処理区よりわずかに高温となった。埋設区(No.4)は全期を通じて他の2区より低く推移した。

最低温度では逆にNo.4が高温となり、他の3区に比し期間中約1℃以上の差があった。地上設置の3区間にはあまり温度差がみられず、最低温度の出現が一般に夜間であるため、Buntら(1970)も述べているように、

壁面の色彩(アルベド)には無関係といってよい。しかし、No.3でわずかながら高い傾向を示した。これは壁面被覆処理のため、薄い空気層の存在による断熱保温作用があったものと考えられる。平均温度について各区の推移をみるとNo.2が最も高温となり、他のNo.1, No.3, No.4区の間には余り差がなかった。

以上のように地上設置の場合、各ポットにおける土壌温度は日変化の項にも述べたように、一般の耕地とは異なり、壁面における日射の受熱が大きく関与してそれぞれの日射量の差およびアルベドの差が、ポット内地温の季節的変化の違いにまで影響を与えたものと思われる。さらに、人参栽培期間の中期(5月25日～6月25日)におけるポットの昼間の土壌温度と水平面日射量との関係を求めると、次式のようになる。

$$T_1 = 17.6 + 1.55 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r \approx 0.86^{**}) \quad (7)$$

$$T_2 = 16.5 + 2.45 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r \approx 0.85^{**}) \quad (8)$$

$$T_3 = 17.7 + 1.39 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r \approx 0.85^{**}) \quad (9)$$

$$T_4 = 19.4 + 0.99 \cdot 10^{-2} \cdot R_S \quad (r \approx 0.85^{**}) \quad (10)$$

ただし、 R_S は実測日射量($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)、 T_1 , T_2 , T_3 , T_4 は各区の昼間の平均土壌温度(無植栽ポット中央部地下5 cm, 8～18時の平均)である。

すなわち、地上設置の3区(No.1～No.3)の R_S の係数はいずれも 1×10^{-2} 以上で大きく、中でも黒塗のNo.2は埋設のNo.4の約2.5倍であり、一般の耕地に類似するNo.4とはかなり異なっている。これは地上設置による日射受熱が、ポットの地表面のみではなく、壁面に及んでいることと、No.2においては壁面アルベドが低いことによる受熱の増加が加わるからである。

b. 地中含水量

期間中における土壌水分の変化をFig.7に示した。5日ごとの測定のため、推移は必ずしも滑らかではなかったが、一応の傾向は示された。日変化の場合(Fig.5)と同様、No.2が最も低い水分率で経過しており、各区とも全般的に土壌温度の上昇に伴って含水率は低下の傾向をたどり、両者は逆比例の傾向となった。なお、各区とも期間中の平均をみると、No.1より順に28.8

Fig. 7 Seasonal variation of soil moisture in each pot.

%, 26.9%, 28.5%, 29.5%となって大きな差はみられなかった。ただ、No.2は全期間を通じて土壌水分が少なく、6月下旬以後における各区間の差はやや顕著であった。

3.3 人参の生育収量

ポットに植付けた人参の生育収量をTable 2に示した。まず、地上に設置した3区についてのべると、区間および区内各測点での生育差が認められた。それを地下部の乾物重についてみると、No.1のS地点、同E地点、No.2のC地点に比較的多い傾向であった(最小有意差5%, 2.06 g)。また同一ポット内で比較すると、生育差が得られたのは、No.2のみで、それぞれS-W, S-E, S-C

Table 2. Yield of carrot at harvest time (July 16, 1977). C: Center of the pot. Other symbols show the positions.

		top dry weight(g/hill)	root dry weight(g/hill)	top/root ratio	root length (cm)	root width (cm)
No.1	S	2.76	5.54	0.50	9.2	2.6
	W	2.73	4.35	0.63	10.5	2.4
	N	2.38	4.31	0.55	9.4	2.4
	E	3.01	5.36	0.56	9.7	2.6
	C	2.88	4.52	0.64	8.1	2.6
No.2	S	2.61	4.31	0.61	9.9	2.3
	W	1.76	2.38	0.74	6.9	1.9
	N	2.83	4.23	0.67	8.5	2.5
	E	2.42	3.78	0.64	7.8	2.4
	C	3.61	5.29	0.68	9.0	2.6
No.3	S	2.66	4.06	0.65	8.5	2.2
	W	2.83	4.07	0.70	10.4	2.3
	N	2.80	4.41	0.63	8.9	2.4
	E	1.96	2.96	0.66	7.7	2.0
	C	2.89	4.53	0.64	7.7	2.3
No.4	S	0.82	1.20	0.68	6.2	1.6
	W	1.70	1.48	1.15	6.7	1.5
	N	1.24	1.75	0.69	7.4	2.0
	E	0.95	1.29	0.73	5.8	1.6
	C	1.12	1.14	1.15	4.9	1.6

地点間にみられた(5%水準)。一方、埋設のNo.4は明らかに地上設置の各区より生育不良であり、測点ごとの生育も不均一なものがあって、一定の傾向は得られなかった。この区では栽培の初期(4月27日～5月24日)から中期ごろまでは、特に生育不良の徴候はみられなかった。しかし、根部の肥大開始期(鈴木, 1975)にあたる6月2半旬以後6月中は、曇雨天が続いたことから、排水不良による土壤中酸素量の低下が推測され、籠橋ら(1970)も指摘しているように、根の生育に悪影響があったものと考えられる。

さらに、は種した各区の全地点について、積算温度(地下13.5 cm, 10時と16時の平均値を積算)と地下部の乾物重との関係を見たが、明りょうではなかった。また、各区ごとの地点平均の積算温度と地下部の乾物重についても同様で、はっきりした傾向はみられなかった。

しかるに、各区地点間の比較をしたところ、No.2においてのみ積算温度と人参の生育量との間に、一定の関係が得られた(Fig.8)。すなわち、この積算温度の範囲内では、低温なほど生育に対して好条件であることが示された。これに関連したものとして、堀ら(1970)は人工気象ガラス室で、“Ms 4寸”と同品種群の“金港三寸”を用い、気温と土壌温度を制御した実験結果を述べている。報告によると、根の肥大は土壌温度に大きく影響を受け、気温の高低にかかわらず土壌温度18℃～23℃が適温とされている。この温度と、筆者らの平均温度(期間中、10時と16時の平均)とは直接比較できないが、筆者らの積算温度を平均温度に直してみると、大まかに

みて22℃～29℃と考えられ、黒塗のNo.2で得られた温度と生育量との関係は、大体妥当なものと考えられる。さらに、地下部(乾物重)の大であったNo.1のS地点、同E地点、No.2のC地点ではいずれも21～22℃であったことも指摘しておく。いずれにせよ、これらのより厳密なる考察にあたっては、全地点の土壌含水率の動態を知る必要がある。なお地下部貯蔵根の着色は、その成熟度を示すものと言われるが(Banga等, 1968), 収穫後の目視観察によるかぎり、いずれの区、地点間においてもその差はみられなかった。

以上に述べてきたように、栽培ポットの根の土壌環境は、一般耕地と比較してかなり特異的であるが、ポットの壁面処理による人参の栽培例から、栽培される作物ごとにそれに適した壁面処理をすることによる土壌環境の調節によって、有利なポット栽培の可能性が示されたものと考えられる。今後の問題としては、ポットを対象とした熱収支、一般気象との関連、ポット個体とポット群における土壌環境発現の相異などが、残されている。

4. 要 約

従来よりポット栽培における微気象の研究は、ほとんどなされていない実情である。そこで、Wagner pot (1/2000a) 壁面のアルベドを高低に調節し、またポットを埋設した区を設け、無処理のポットを対象区として、それぞれのポット中央部と東西南北側計5地点に、“Ms 4寸”人参を1本あて植付けた。実験は1977年4月27日より7月16日まで行い、ポット壁面での日射量の分布、ポット内の土壌温度および地中水分、さらに各地点における人参の生育について調べ、次のことが得られた。

ポット壁面での直達理論日射量の各方位における日変化は、それぞれの方位に特有なものであった。6月9日の日総量では、東または西面で平地の52%で、各方位の中で最大を示し、北面は19%、南面は北面の約1/2であり、16方位の平均では35%であった。それらの日射量はポット内の土壌温度に大きく影響をおよぼした。またポット壁面のアルベドの差異は、ポット内の土壌温度および地中水分に影響したものと思われ、特に黒塗ポットにおいてそれが著しかった。ポットの中央部での地中熱交換量の較差(6月9日)は、黒塗区では無処理区、およびアルミ蒸着区の約36%大、埋設ポットの約2.4倍であった。地中含水量では、黒塗区が他のいずれの区よりも低く経過した。この区における日変化の様相は、一般の耕地とは異なり、1日を周期として、かなりの減少が目立った。

人参の地下部乾物重は、無処理区の南地点、同区の東地点および黒塗区の中央部に比較的多い傾向であった。

Fig. 8 Relation between accumulated soil temperature (13.5 cm depth) and dry matter weight of carrot in each position of No. 2. C: Center of the pot. Other symbols show the positions.

黒塗区では地点間に生育差が認められ、各地点での積算土壌温度（生育期間）と地上および地下部乾物重間に一次式が成立して温度要因の影響が認められ、従来の研究結果とも傾向としては一致した。

引用文献

- Banga, O. and De Bruyn, J. W., 1968: Effect of temperature on the balance between protein synthesis and carotenogenesis in the roots of carrot, *Euphytica*, **17**, 168-172.
- Bunt, A. C. and Kulwiec, Z. J., 1970: The effect of container porosity on root environment and plant growth I Temperature, *Plant and Soil*, **32**, 65-80.
- Bunt, A. C. and Kulwiec, Z. J., 1971: The effect of container porosity on root environment and plant growth II Water relations, *Plant and Soil*, **35**, 1-16.
- 大後美保・小野三郎, 1937: 水田および実験用植木鉢の地中温度の比較, 気象集誌第二輯, **15** (1), 29-37.
- 飯塚一郎・鴻海 実, 1957: 植木鉢の温度について(第1報)鉢の種類および灌水後の温度変化, 農業気象, **13**, 25-29.
- 堀 裕・新井和夫・土岐知久, 1970: 培地温と気温の組合せがそ菜の生育ならびに養分吸収に及ぼす影響. II, ニンジン, セルリー, ピーマン, つぎ木キュウリと台木用カボチャに関する実験, 園試報A, **9**, 189-219.
- 籠橋 悟・川西英之・小島昌弘・東 駿次・松村安治, 1970: そ菜類の水田と畑における生育比較, 東海近畿農試研報, **20**, 1-14.
- 森口和夫, 1936: 菊の生長に及ぼす鉢温の影響, 農及園, **11**, 49-57.
- 村橋俊介・小田良平・井本 稔編集, 1963: プラスチックハンドブック, 279-291, 東京, 朝倉書店.
- 中島庸三, 1945: 稲のPot栽培に就いて, 農業気象, **3**, 29-36.
- 西内 光, 1948: 鉢内土壌温度系および鉢内水温について, 園学雑, **17**, 111-114.
- 日照計画研究会, 1976: 真太陽時による日照計画の進め方, 7-10, 東京, 彰国社.
- 農林省農蚕園芸局編集, 1978: 花き情報, **24** (No. 3) 1-48, 東京, 農林統計協会.
- 鈴木芳夫, 1975: 生育のステージと生理生態, 農業技術大系野菜編 9, 275-362, 東京, 農山漁村文化協会.
- 鈴木晴雄・宮川秀夫・西岡みどり, 1977: Potの土壌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, 香川大農学報, **29** (1), 35-44.
- 鈴木晴雄・長尾みどり・上原勝樹, 1978a: Potの土壌温度調節に関する研究II Wagner potを用いた冬季における実験観測例, 香川大農学報, **30** (1), 35-42.
- 鈴木晴雄・田辺良一・上原勝樹, 1978b: Potの土壌温度調節に関する研究III Wagner potを用いた秋季における栽培例, 香川大農学報, **30** (1), 43-52.
- 高木康至・草刈真一・金関四郎, 1972: 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.
- 上原勝樹, 1961: 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**, 1-113.

Summary

There have been only a few reports which demonstrated the micrometeorology of the cultivated pot. The objective of this study is to elucidate the effect of albedo of the pot wall on soil environment in pot. For this purpose, four different wall conditions were prepared using Wagner pots (1/2000a). The outer surface of pots were coated with black lacquer, covered with aluminum film by vaporization, respectively, while one pot was buried almost in a level with the ground. On May 13, 1977, the seedlings of carrot (cultivar 'MS yonsun') were planted at the center and at four positions off the center towards east, west, south and north in each pot. Observations terminated on July 16. The features of the distribution of direct solar radiation on the pot wall, of soil temperature, soil moisture and the growth of carrot in the pot were investigated.

The diurnal course of direct solar radiation on the pot wall varied according to directions of the pot wall. The daily amount was greatest at the east and west walls, and 52 percent as much as that on a horizontal surface. At the north and south walls the ratios were calculated to be 19 and 10 percent, respectively. The directional distribution of solar radiation affected greatly the soil temperature in the pot.

Soil temperature and soil moisture in each pot were affected by albedo of the pot wall, and its effect was more remarkable in the black pot. The range of variation of the soil heat quantity at the center of the black pot was 1.37 times as large as those of the control and the aluminum-covered pots, and was about 5.5 times that of the buried one on June 9. Soil moisture was lowermost in the

black pot, in which the moisture decreased markedly in the daytime and recovered only slightly at night.

Dry matter weights of carrot roots at the south position and east position of the control pot and at the center of the black pot were relatively larger than those in the other conditions. Differences in the dry matter weight of root were recognized as significant only in the black pot, in which the accumulated soil temperature (May 13–July 16) was negatively correlated with top and root dry matter weights, it almost of the same experimental results in other reports.