

## 点滴法によるハウス内果樹の用水量算定

### 二次元的土壤水分減少法について

山本太平\*・野村安治\*\*・長谷川紘一\*\*・井上光弘\*\*\*

昭和62年5月30日受付

## Irrigation Water Applied by Drip Method for Fruit Trees Cultivated in the Plastic Green House Two-Dimensional Soil Moisture Depletion Method

Tahei YAMAMOTO\*, Yasuji NOMURA\*\*, Koichi HASEGAWA\*\*  
and Mitsuhiro INOUE\*\*\*

Some characteristics of two-dimensional soil moisture depletion method were discussed on determining of irrigation quantity applied by drip and perforated pipe methods for guajava trees which were rowplanted in the plastic green house. The soil moisture content was measured by the methods of tensio-meter and soil sampling.

Iso-matric potential lines obtained from Warrick's analytical results were compared with the results measured in the drip irrigation fields. The soil moisture extraction patterns were obtained under the condition of two-dimensional arrangement of drip irrigation, which was compared with the result obtained from one-dimensional customary irrigation using the perforated pipe. Evapo-transpirations obtained from drip irrigation field were relatively smaller than the results obtained from perforated pipe field. As a result, irrigation interval and water quantity per irrigation were decided from the factors of matric potential distribution, soil moisture extraction pattern and evapo-transpiration.

In order to estimate the drip irrigation quantity for fruit trees exactly, further studies are necessary to clarify the factor of initial soil moisture content distribution in the root zone before the beginning of water consumption cycle, and the factors of hysteresis on the  $pF-\theta$  curve and of the peak evapo-transpiration.

---

\* 鳥取大学農学部附属砂丘利用研究乾燥地農学情報解析室

\* Sand Dune Research Institute, Faculty of Agriculture, Tottori University

\*\* 鳥取大学農学部農林総合科学科生産環境工学講座

\*\* Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University

\*\*\* 鳥取大学農学部農林総合科学科情報科学講座

\*\*\* Department of Agricultural Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

## ま え が き

点滴灌溉によるハウス内果樹の用水量は、露地の場合に比べ種々の要因を考慮して算定する必要がある。ハウス内における用水量は、(1)有効雨量が評価されない、(2)気温、湿度、風速等微気象条件が異なる、(3)果樹の植栽間隔が密植になりやすい、(4)生育最盛期には降雨が遮断されているので根群分布が異なる、等の要因により大きく左右される。従って、点滴法の用水量は、このような環境条件下において、土壌水分特性調査、畑地水分消費調査、気象特性調査を行い、それらの計画諸元値を明らかにして求める必要がある。土地改良事業計画指針「点滴かんがい」(案)<sup>3,4)</sup>によれば、点滴法の用水量は一次元的な(深さ方向の)給水と水消費を対象とする従来法とは異なり、二次元的、三次元的な観点より算定することを指摘している。

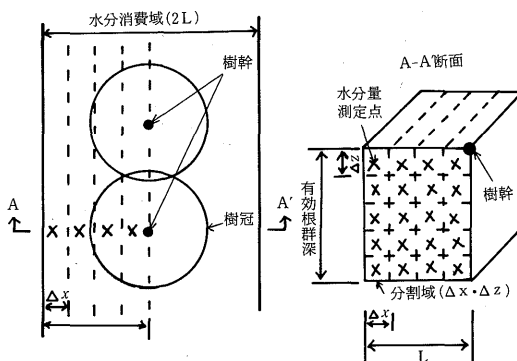
ここでは、ハウス内果樹としてグアバを対象とし、点滴法下における二、三の計画諸元値を求め、土壌水分減少法を用いて用水量算定に関する基礎的事項の検討を試みた。

## 二次元的土壌水分減少法

点滴灌溉では、土壌湿潤域がエミッターを中心にして形成される。点滴灌溉はこの湿潤域を重点的に給水する部分灌水であり、作物の給水根が湿潤域に集中する傾向がみられる。点滴法の用水量算定では、給水と水消費に関し部分的湿潤域を対象とするので、一般に用水量算定を二次元的三次元的に行う必要がある。点滴法における二次元的分布は、一般に滴下管をヤサイ類のような列条作物に沿って配置する場合に相当する。三次元的分布は、果樹やスイカ類のような幅広い間隔の作物において、根元だけにエミッターを配置する場合に相当する。

畑地かんがい設計基準<sup>5)</sup>では、簡便な消費水量測定法として土壌水分減少法をあげている。この方法によれば、制限土層の水分量が24時間容水量から灌水点水分量まで減少するパターンにおいて、有効根群深の総減少水分量を消費水量としている。

ハウス内果樹の植栽間隔は、樹冠の大きさ、繁茂度、栽培管理、灌水方式等によって決められる。施設栽培では露地の場合と異なり、集約的な栽培を行う必要があるため列条に密な植栽間隔に仕立てられる場合が多い。ここでは、列条方向に密植された果樹の場合を対象にする。点滴チューブを列条方向に配置すれば、土壌水分は二次元的な分布を示すことになる。この結果、点滴チューブを



第1図 二次元的分布における水分消費域と水分量測定点

中心として帯状の部分的湿潤域が形成され、根群はこの湿潤域に集中する二次元的分布が考慮される。

ここでは、給水の湿潤域と根群の水消費域が同じ領域にあり、二次元的分布を示すと仮定しモデルを設定した。このような条件下における二次元的な土壌水分減少法のモデルが第1図のように示される。対象果樹の水分消費域は各等土壌水分域で分割される。消費水量は各分割域の減少水分量を追跡することによって従来の手法で求められる。各分割域において、分割域の大きさを  $V_p(\text{cm}^3) = \text{一定}$ 、水分量を  $\theta(i, j)(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$  とすれば、分割域における平均換算水深  $H(i, j)(\text{cm})$  と水分消費域における水分量の平均換算水深  $\Sigma H(\text{cm})$  は次式のように示される。

$$H(i, j) = \theta(i, j) \cdot V_p / \Delta x \quad (1)$$

$$\Sigma H = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \{ \theta(i, j) \cdot V_p \} / L \quad (2)$$

ここで、 $i, j$  :  $x$  軸および  $z$  軸方向における各分割域の配列番号、 $L$  :  $1/2$  の水分消費域における地表面距離 (cm)、 $\Delta x : v_p = \Delta x \cdot \Delta z$  において分割域の  $x$  座標距離 (cm)、 $\Delta z$  : 分割域の  $z$  座標距離 (cm)、 $D$  : 有効根群深 (cm)、 $M, N$  :  $z$  軸および  $x$  軸方向における分割域数で  $M = D / \Delta z$ 、 $N = L / \Delta x$ 、である。

従来法の場合には、有効根群域を24時間容水量(初期条件)に設定した後、水消費に伴う各深さ別の減少水分量を追跡している。ハウス内の点滴灌水条件下では、二次元の水分消費全域が24時間容水量を示さないため、ここでは初期条件として、点滴灌水後24時間後の水分量分布  $\theta_f(i, j)(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$  を用いた。すなわち、各分割域

の土壌水分量を基準にして、いずれかの分割域の水分量が灌水点水分量  $\theta_i(j, j)$  に達するまでの期間を一つの水分消費サイクルとした。一水分消費サイクルにおいて、水分消費域の総減少水分量に対する各分割域の減少水分量の割合が二次元的分布における水分消費パターンになる。最も早く灌水点水分量に達した分割域を制限分割域とすれば、制限分割域における水分消費パターン  $SMEP_c(\%)$  と減少水分量  $\Delta H_c = (\theta_e - \theta_i)_c$  (cm) によって、総迅速有効水分量が求まる。

$$SMEP_p(i, j) = \Delta H(j, j) * 100 / \Sigma \Delta H \quad (3)$$

$$TRAM_p = \Delta H_c * 100 / SMEP_c \quad (4)$$

ここで、 $SMEP_p(j, j)$  : 各分割域における二次元分布の水消費パターン (%),  $\Delta H(i, j)$  : 各分割域における減少水分量の水深換算値 (cm),  $\Sigma \Delta H$  : 水分消費域における総減少水分量の水深換算値 (cm),  $TRAM_p$  : 水分消費全域を対象にした総迅速有効水分量 (cm), である。

実際の圃場においては、滴下点から片方の水分消費域までを対象として、土壌面方向に対して  $\Delta x$  を 10~20cm 間隔、深さ方向に対して  $\Delta z$  を 10cm 間隔に区分して、一つの分割域の大きさを設定する。測定点数は、少なくとも分割域数だけ必要になり従来法に比べて非常に多い。従って、測定器埋設による土壌構造の破壊や水分動態の変化、作物生育への影響等を十分配慮する必要がある。例えば、水分測定器にテンシオメータを用いる時、土壌面方向の各位置において深さ方向の測点数だけテンシオメータが必要になり、その位置の地表面にまとめて設置した方が望ましい。

実験装置と方法

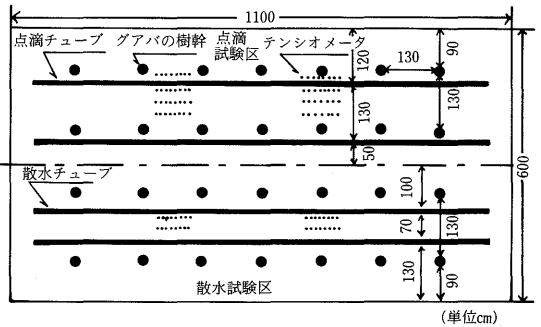
トンネル型のハウス(間口6m, 長さ11m, 高さ3m)内における樹齢5年のグアバ (*psidium guajava*, Linn) を対象果樹として、第2図に示すような灌漑試験区を設けた。試験区は点滴区と散水区に分れ、それぞれの試験区では周囲に1.3mの深さまでゴムシートを埋設し水の側方浸透ができるだけ遮断してある。

点滴試験区では、パイウォール型チューブをグアバの樹列に対応して地表配置した。点滴チューブは、昭和60年の場合各樹列の両側(点滴チューブ間隔70cm)に、昭和61年度の場合各樹列の片側(点滴チューブ間隔130cm)に配置して点滴灌漑を行った。散水区の場合には、散水チューブを50~70cm間隔に配置し試験区全面ができるだけ

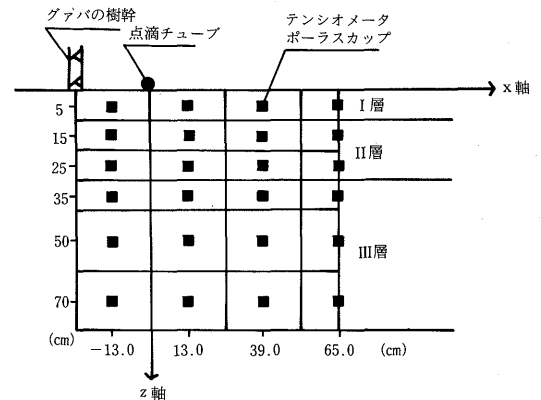
均一に散水できるように給水管理した。

灌漑水量は蒸発散比法<sup>2)</sup>に基づいて設定した。すなわち、一回あたりの灌水量は、前の灌漑サイクルの総蒸発計蒸発量の1.0~1.2倍の灌漑水深を点滴区と散水区とも同量給水した。間断日数は、点滴区および散水区とも同じで3~7 day であり時期的に変えた。また一回の灌水時間は、点滴区の場合4~6 hr, 散水区の場合15~20min を要した。

試験区内の所定の位置において、深さ5, 15, 25, 35, 50, 70, 90, 110cmにテンシオメータを埋設して、毎日定時に土壌中のマトリック・ポテンシャルの測定した。点滴区では、二次元的水分動態を考慮して試験区の大きさを第2, 3図のように設定した。テンシオメータの設置位置は、60年の場合点滴チューブ間の領域において点滴チューブ側方15cmと30cm(点滴チューブ間の中央)の2か所、61年の場合には、点滴チューブの両側15cmと、



第2図 ハウス内における灌漑試験区(昭和61年の場合)



第3図 点滴灌漑試験区におけるテンシオメータの配置(点滴チューブ間隔130cmの場合)

点滴チューブ間の領域において点滴チューブ側方39cm, 65cm (点滴チューブ間の中央) の4か所に設置した。各位置においてテンシオメータは, 点滴チューブに対して平行な線状の地表面に, 10~20cmの間隔で設置した。設置後の期間を十分おいてから測定を開始し, 設置後の土壌, 植生条件が対象圃場の標準的条件になるように努めた。

散水区は, 60, 61年度とも散水チューブ間の第2図に示す位置にテンシオメータを配置した。

なお各年度ともテンシオメータ試験区は, 点滴区および散水区の中の標準的位置にそれぞれ2か所ずつ設け, マトリック・ポテンシャルの値を求めた。また採土法によって適宜土壌水分量を測定し, テンシオメータの値との比較を行った。

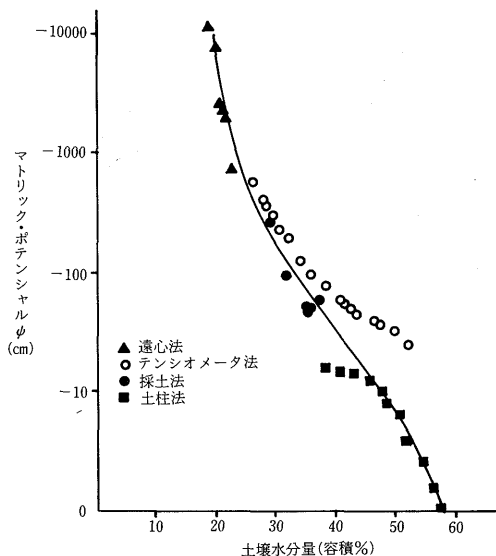
一方, グアバの生長量を定期的に測定すると同時に, ハウス内の気温, 湿度, 蒸発計 ( $\phi 20\text{cm}$ ) 蒸発量の観測を毎日定時に行った。

### 結果および考察

#### 1. 土壌の物理性

ハウス内試験区の土壌は茶褐色の砂質植壤土である。土壌面から深さ方向に物理的性質の変化がみられたので, 深さ0~100cmの間を3層に分けてそれぞれの層における, 土壌の物理性, マトリック・ポテンシャル  $\psi$  と水分量  $\theta$  の関係を検討した。これらの結果のうち, 二, 三の土壌物理性, 第1表にI層(0~10cm深)の  $\psi-\theta$  曲線を第4図に示した。 $\psi-\theta$  の関係は, 採土法, 遠心法, 土柱法, テンシオメータ法を利用して作成した。遠心法, テンシオメータ法は脱水過程, 土柱法は湿潤過程について求めたものである。点滴灌水条件下では, 湿潤と乾燥の過程が短い間隔で生ずるので, ヒステリシスの問題が考えられる。ここでは, 水消費域における灌水後24時間後の水分量分布を採土法を用いて求めた。

#### 2. 計算による等マトリック・ポテンシャル線の分布



第4図 マトリック・ポテンシャルと土壌水分量の関係

土壌中において二次元の定常状態における水分量分布は次の基礎方程式によって表される<sup>1,7)</sup>。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) - \frac{\partial K}{\partial z} - S = 0 \quad (5)$$

ここで,  $K$ : 不飽和透水係数,  $\psi$ : マトリック・ポテンシャル ( $\text{cm H}_2\text{O}$ ),  $S$ : 水消費の強度 ( $\text{cm}^{-1}$ ),  $x$ : 土壌面の水平方向の座標,  $z$ : 鉛直 (深さ) 方向の座標で下向きを正とする。

ここでは, Warrick ら<sup>7)</sup> によって導入された(5)式の解析解を用いて, 点滴チューブ間におけるマトリック・ポテンシャル分布について検討した。すなわち, 水消費項  $S$  を考慮しない条件下では, (5)式の解析解が次式のように表される<sup>7)</sup>。

第1表 試験区土壌の物理的性質

土層	真比重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	仮比重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	24時間容水量 $\theta_r$ (容積%)	生長阻害水分点 水分量 $\theta_c$ (容積%)	$\theta_r - \theta_c$ (容積%)
I層	2.61	0.95	37.7	24.3	13.4
II層	2.50	0.91	37.0	22.3	14.7
III層	2.64	0.88	37.6	20.5	17.1

$$\phi(X, Z) = \frac{q}{2\pi} [2\exp(Z) \cdot K_0(\sqrt{X^2 + Z^2}) - 2(m+1) \exp\{(2+m)Z\} \int_z^\infty \exp\{-(1+m)p\} K_0(\sqrt{X^2 + P^2}) dp] \quad (6)$$

ここで、 $m$ ：地表面からの水損失（蒸発）を表す定数、 $P$ ：被積分変数、 $K_0$ ：第一種修正ベッセル関数、 $X, Z$ ：無次元の変数で  $X = \alpha x / 2, Z = \alpha z / 2, \phi$ ：マトリック・フラックス・ポテンシャル、である。また、 $\phi = \int_z^\infty K dh = K / \alpha, K = K_0 \cdot \exp(\alpha h), K_0$ ：飽和透水係数 (cm/min),  $\alpha$ ：土壌の特性値 ( $\text{cm}^{-1}$ )、であり多くの土壌について求められている<sup>1,3)</sup>。

つぎに、2線源間（滴下間隔  $L$ ）におけるマトリック・フラックス・ポテンシャル  $\phi_L$  は次式で表わされる。

$$\phi_L(X, z) = \phi(x, z) + \phi(L - x, z) \quad (7)$$

植物による水消費モデルとしてここでは次の2種類の場合を取り上げた。

$$\left. \begin{aligned} S(z) &= u / z_0 & 0 < z < z_0 \\ S(z) &= 0 & z > z_0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$S(z) = u \cdot \exp(-z/\delta) / \delta \quad 0 < z < \infty \quad (9)$$

ここで、 $u$ ：蒸散速度 (cm/d)、 $z_0$ ：有効根群深 (cm)、 $\delta$ ：植物根による水消費パターン型を表す特性値 (cm)<sup>9)</sup>、である。すなわち二次元の水消費域において、(8)式は  $S$  が全領域で一定の値を示す場合であり、(9)式は水消費域の各位置において地表面から指数関係のパターンで水消費が生ずる場合を示す。

(8)または(9)式を水消費のマトリック・フラックス・ポテンシャル  $\phi_s(z)$  に変換して、(6)式または(7)式に加えれば、水消費を考慮した単一線源または2線源間のマトリック・フラックス・ポテンシャル  $\phi_r(x, z)$  が求まる。

$$\phi_r(z, z) = \phi(x, z) + \phi_s(z) \quad (10)$$

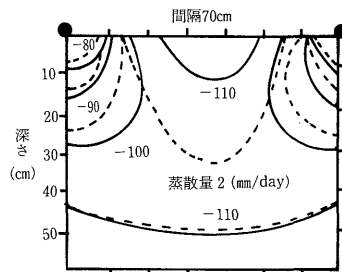
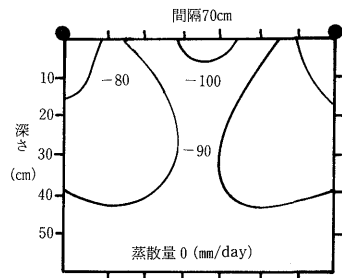
$$\phi_r(x, z) = \phi_L(x, z) + \phi_s(z) \quad (11)$$

土壌面蒸発による損失を考慮する場合、土壌面蒸発量  $q_{ev}$  と  $m$  の関係が次のように示される。

$$q_{ev} = m \cdot q / (m + 2) - S \cdot m \cdot L \cdot \{1 - \exp(-az_0) / a \cdot (m + 2)\} \quad (12)$$

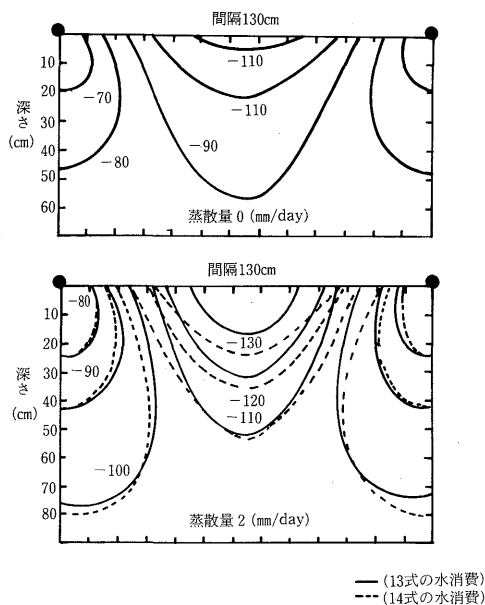
以上の解析モデルでは、作物の蒸散量  $u$ 、根群深  $z_0$ 、土壌面蒸発量  $q_{ev}$ 、土壌における  $\alpha, K_0$  の値および線源強度  $q$  が計算条件として必要になる。計算は、(12)式で  $m$  の計算→(6)式または(7)式で  $\phi$  または  $\phi_L$  の計算→(10)式または(11)式で  $\phi_r$  の計算、の順序になる。なお  $\phi_r$  と  $\psi$  (cm H<sub>2</sub>O) との関係は、 $\psi = \ln(\alpha \cdot \phi / K_0)$  で示される。

ここでは、ハウス内土壌（砂質植壤土）から求めた  $\alpha = 0.0369$  ( $\text{cm}^{-1}$ )、 $K_0 = 11$  (cm/d) と二三の本実験条件を(6)~(11)式に適用して2線源間における等マトリック・ポテンシャル線を求めた。これらのなかで、点滴チューブ間隔が70cmの場合を第5図に、点滴チューブ間隔が130cmの場合を第6図に示す。蒸散量の増加に伴って、点滴チューブ間の地表面中央部領域のマトリック・ポテンシャルが著しく小さくなっている。解析解は、定常解であり



— (13式の水消費)  
 --- (14式の水消費)

第5図 計算による2線源間における等マトリック・ポテンシャル線の分布 (線源強度 4 mm/day, 有効根群深 40cm)



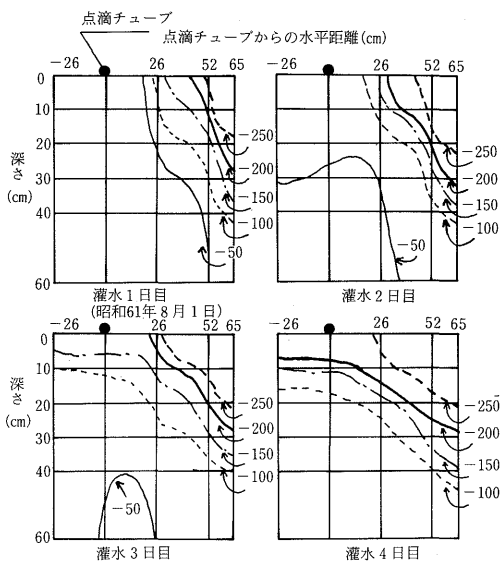
第6図 計算による2線間における等マトリック・ポテンシャル線の分布  
(線源強度 4 mm/day, 有効根群深40cm)

しかも土壤が等方均一性を示し、水消費パターンが(8)、(9)式の条件下で生じると仮定しているため、実際の圃場条件とは異なっている。しかしこれらの解析解に基づいて、点滴チューブの間隔、果樹の植栽間隔等を検討することができよう。

### 3. 圃場における等マトリック・ポテンシャル線の分布

点滴法では一般に滴下管を植状にそって地表定置して給水するため、2.において述べたように、土壤中には滴下点を中心とした等マトリック・ポテンシャル線が形成される。二次元的分布の場合、等マトリック・ポテンシャル線は給水後土壌面(滴下管と直角な)方向および深さ方向に対して発達する。等マトリック・ポテンシャル線は種々の要因によって複雑に変動し、しかも Warrick の解析解には数多くの仮定条件を含んでいるため、計算によって圃場条件下の値を推定するにはまだいくつかの問題点が考えられる。

テンシオメータのデータを利用し、点滴チューブ間隔が130cmの圃場条件下における等マトリック・ポテンシャル線を第7図に示す。この等マトリック・ポテンシャル線は、灌水後1~2 dayの場合定常解析解と同様な傾向を示すが、灌水後3~4 dayの水消費期間では解析解の



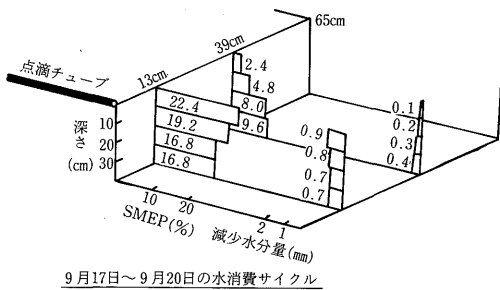
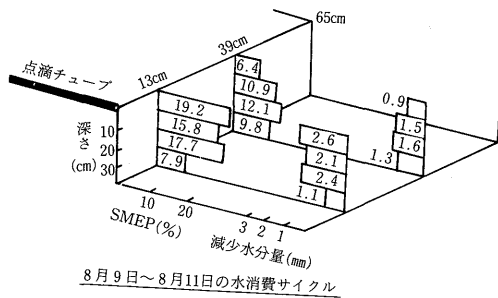
第7図 点滴灌漑における等マトリック・ポテンシャル線の経日変化 (点滴チューブ間隔130cmの場合)

場合と異なっている。この理由として、灌水1~2 day後の水分消費域には灌水と水消費に伴う定常的な水分動態が生ずるのではないかと推定された。その後水消費日数に伴って水分量の減少がみられ、等マトリック・ポテンシャル線が地表面に平行な状態になり始めている。

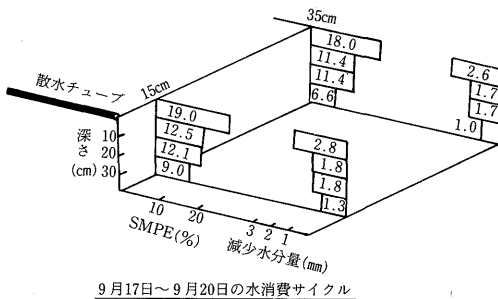
### 4. 水消費パターン

(1)~(3)式を利用して水消費パターンについて検討した。このうち、点滴チューブ間隔130cmの場合の  $SMEP_p(i, j)$  を第8図に示す。従来法による散水区の水消費パターンを第9図に示す。

点滴区においては、x軸方向における水消費パターンが異なり線源に近い程増加する傾向を示した。水消費パターンがピーク値を示す制限分割域は線源に最も近い表層において生じた。また、点滴チューブから65cmの位置では減少水分量がみられなかった。この結果、点滴チューブ直下の線源を原点として土壌面方向をx軸深さ方向をz軸にとれば、ここで対象とする水消費域は、x座標方向において点滴チューブ間隔が70cmの場合  $x = 0 \sim 35$  cm, 点滴チューブ間隔が130cmの場合  $x = 0 \sim 52$  cmとした。また深さ別のマトリック・ポテンシャル分布とグアバの根群分布等を検討した結果、z座標方向の対象水消



第8図 点滴試験区における水消費パターン(点滴チューブ間隔130cmの場合)



第9図 散水灌漑区における水消費パターン(昭和61年の場合)

費域(有効根群域)は $z = 0 \sim 40\text{cm}$ とした。

一方散水区の場合、地表面の各位置における水消費パターンは、地表面に近い程大きな値を示し、各位置とも同じような傾向を示した。すなわち、散水区の水消費パターンは一次元的な分布を示すと考えられ、しかも制限層は表層に生じている。

5. 蒸発散量

点滴灌漑では、部分的湿潤域に給水するため水分消費特性が他の灌漑の場合と異なってくる。従来法においては、水分消費特性値を左右する要因として土壌、作物、気象及び灌漑条件があげられた。点滴法の場合には、従来法の水分消費特性値に湿潤幅や水分消費域等を加味して検討する必要がある。

点滴法の場合、蒸発散量の実測法として従来法と同様に土壌水分減少法、ライシメータ法、熱収支法等があげられている。しかし点滴法の蒸発散量は、従来法と異なる値を示すので、対象圃場の環境条件下においてできるだけ実測することが望ましい。

ここでは、前述したように点滴区と散水区に土壌水分減少法を適用してグアバの蒸発散量を求めた。観測は、昭和60年8～10月、62年6～9月の間行った。このうち、ここでは、各年において水消費の比較的大きい時期と小さい時期をとりあげて検討した。点滴法の蒸発散量を第2表に、散水法の蒸発散量を第3表に示す。グアバの蒸発散量は、いずれの年も散水区に比べ点滴区の方が小さくなっている。

一般に、無降雨条件下で部分的湿潤域が形成されている場合には消費水量の対象域が部分的湿潤域に限定されてくるので、従来法の全面灌水の場合に比べて土壌面蒸発域が小さくなる。この結果点滴法は、消費水量が小さくなり節水的な灌漑法とみなされている<sup>1,2)</sup>。とくに本実験のように従来法と間断日数が同じような場合には、点滴法の消費水量は土壌面蒸発域に左右されるので、従来法より小さくなったものと推定される。

第2表 点滴灌漑試験区におけるグアバの日蒸発散量(ET)と蒸発散比(ET/E<sub>p</sub>)

対象年	期 間	ET (mm/day)	E <sub>p</sub> (mm/day)	ET/E <sub>p</sub>
昭和60年	9月20日～9月25日	2.8	0.5	5.60
	10月12日～10月17日	3.0	0.8	3.75
61年	8月9日～8月11日	6.8	3.6	1.88
	9月17日～9月20日	1.4	0.7	2.0

第3表 散水灌漑試験区におけるグアバの日蒸発散量(ET)と蒸発散比(ET/E<sub>p</sub>)

対象年	期 間	ET(cm/day)	E <sub>p</sub> (mm/day)	ET/E <sub>p</sub>
昭和 60年	9月20日～9月25日	4.0	0.5	8.00
	10月12日～10月17日	5.2	0.8	6.50
61年	8月9日～8月11日	7.3	3.6	2.03
	9月17日～9月20日	2.5	0.7	3.57

E<sub>p</sub>: 蒸発計(φ20cm) 蒸発量

一方、ハウス内においては蒸発計蒸発量が小さいので、蒸発散比は点滴区および散水区とも露地の場合に比べ大きくなった。

#### 6. 総迅速有効水分量と間断日数

一般に施設園芸の場合、限定された圃場内で作物の収量・品質をできるだけ高めるため、露地の場合とは異なった集約的な栽培法の適用される傾向がある。灌漑に関しても、設計基準値に比べて、一回の灌水量を増加したり間断日数を小さくして、対象作物毎にきめ細かな水管理が行われる。

ここでは、ハウス(無降雨)の果樹栽培条件下において、土壌水分減少法を適用して用水量算定のための総迅速水分量と間断日数を求めてみた。前述したように線源からの水分動態は二次元的に求めることができた。またグアバの水消費パターンと水消費量も二次元的に考えられ、線源から離れる程減少する傾向を示した。これらの結果から求められた総迅速有効水分量(TRAM<sub>p</sub>)と間断日数を第4表に示す。

点滴灌漑の設計指針では、露地(降雨)栽培条件下の場合湿潤域と水分消費域の大きさが異なるので、TRAM<sub>p</sub>は湿潤面積率P(P%=湿潤面積/水分消費域の面積)を乗じて、水分消費域における平均水深に換算しておく必要がある<sup>3,4)</sup>。

ハウス内の作物や果樹の灌漑条件下においては、湿潤域以外の乾燥領域で根群の少なくなることが推定されるので、湿潤域と水分消費域は同じ大きさを示すと考えられる。この結果、TRAM<sub>p</sub>の値を最大消費水量で除した値が計画間断日数になる。60年および61年に得られたTRAM<sub>p</sub>と消費水量を用いて間断日数が求められた。

これらの計画諸元値が明らかになれば、純灌漑水量、圃場灌漑水量、粗灌漑水量等の水量が求まり、施設容量の大きさが決定できる<sup>4)</sup>。

### 総 括

ここでは、降雨を遮断したハウス内において、列条に植栽されたグアバ果樹を対象として点滴法と従来(散水)

第4表 点滴および散水試験区における総迅速有効水分量(TRAM<sub>p</sub>)と間断日数

試験区	対象年 (昭和)	水消費パターン SMEP <sub>p</sub>		TRAM <sub>p</sub> (mm)	日蒸発散量 mm/日	間断日数 (日)
		減少水深 (mm)	(%)			
点滴区	60年	5.4	35.8	37.4	3.0**	12
	61年	2.6	20.8*	32.2	6.8	4
散水区	60年	8.0	30.8	43.5	5.2**	8
	61年	5.4	37.0	36.2	7.3	4

TRAM<sub>p</sub> = (θ<sub>r</sub> - θ<sub>l</sub>) / SMEP<sub>p</sub>; 61年点滴区の場合

TRAM<sub>p</sub> = (θ<sub>r</sub> - θ<sub>l</sub>) / N × SMEP<sub>p</sub> (N: x軸方向の分割域数)

\* : 8月9～11日と9月17～20日の水消費サイクルの平均値を用いた。

\*\* : 60年は夏期の測定値がなかったため、ここでは10月12～17日のETを日最大消費水量として間断日数を求めてみた。



法で灌漑試験を行い、点滴法による二次元的な土壌水分減少法の特徴と基礎的事項について検討し、用水量算定の計画諸元値を求めた。

1. 計算法により点滴法下における二次元の等マトリック・ポテンシャル線の分布を2種類の水消費モデルを用いて、定常条件下において検討した。圃場条件下で測定された等マトリック・ポテンシャル分布と比較した結果、灌水後1~2 dayの水分条件下において同様な傾向がみられた。

2. 点滴法下の水消費パターンは、線源からの距離によって減少し二次元的な分布傾向を示した。この水消費パターンにおいて、従来法の制限層に相当する制限分割域が線源近くの表層に生ずることが認められた。

3. 二次元の土壌水分減少法を利用して、グアバの栽培期間のうち、水消費の比較的大きい時期と比較的小さい時期の平均日蒸発散量を求めた結果、点滴法下の蒸発散量は従来法に比べて小さかった。

4. 総迅速有効水分量と間断日数について検討し、ハウス内の条件下で点滴法に必要な水管理の基礎的事項について検討した。

本報は、土地改良事業計画指針「点滴かんがい—第3章用水計画—」の第一次案と第二次案をベースにしており、さらにこの考え方に制限分割域の要因を加味し、二次元的土壌水分減少法について検討を加えたものである。本研究において、(1)水消費を開始する初期土壌水分分布、(2) $\psi-\theta$ 曲線におけるヒステリシス、(3)ピーク蒸発散量の値、等の事項についてはまだ十分でなく、今後さらに検

討を行う必要がある。

#### 引用文献

- 1) Amoozegar-Fard. A., Warrick. A. W., and Lomen. D. O. : Design nomographs for trickle irrigation systems, *Jour. Irrigation and Drainage Engineering*, **110** 107-120 (1984)
- 2) Doorenbos. J. and Pruitt. W. O. : Crop water requirement, Irrigation and Drainage paper 24, FAO, Rome, (1975) pp. 57-83
- 3) 計画基準改定委員会点滴かんがい部会：土地改良事業計画指針「点滴かんがい」(第1次案), 農業土木学会, 東京, (1985) pp. 19-52
- 4) 計画基準改定委員会点滴かんがい部会：土地改良事業計画指針「点滴かんがい」(第2次案), 農業土木学会, 東京, (1986) pp. 14-31
- 5) 農林水産省構造改善局：土地改良計画設計基準, 計画・畑地灌漑編, 農業土木学会, 東京, (1982) pp. 28-44
- 6) Raats P. A. C. : Steady flows of water and salt in uniform soil profiles with plant roots, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **38**, 717-722 (1974)
- 7) Warrick. A. W., Amoozegar-Fard. A. and Lomen. D. O. : Linearized moisture flow from line sources with water extraction, *Trans. ASAE*, **22**, 549-559 (1979)