

# ナス科果菜の生育及び収量に及ぼす土壤水分の影響

鐘 鈴鋒・加藤 徹

(農学部蔬菜園芸学研究室)

## Influence of Soil Moisture on the Growth and Yield in Solanaceous Fruit Vegetables

Lingfeng ZHONG and Toru KATO

*Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture*

**Abstract** : Tomato cv. 'Fukuzyu No.2', eggplant cv. 'Hayabusa' and sweet pepper cv. 'Shinsakigakemidori' were grown in pots (1/5000 a) and field under vinylhouse conditions in order to clarify the species differences in response to various soil moisture conditions.

1. Low soil moisture treatment decreased dry weight in each crop with high partitioning percentage of dry matter to the root, especially in eggplant, but the higher soil moisture promoted growth of plants with increased stem percentage of dry matter distribution in the following descending order : eggplant, sweet pepper and tomato.
2. Transpiration rate and apparent net assimilation of the plants grown under low soil moisture were suppressed, especially in eggplant as compared to the other crops, while they increased in eggplant and sweet pepper by increasing the soil moisture. There was no change between medium and high moisture treatments in tomato.
3. Tomato treated with medium soil moisture, and eggplant with high soil moisture showed higher yield than those under different soil moisture, respectively, while there was no significant difference between medium and high soil moisture treatments in sweet pepper.
4. The plants with a large number of thick roots showed large and deep root system distribution, and a positive correlation between the number of thick roots over 1 mm in diameter and yield in each crop was obtained.
5. From these results, it may be concluded that tomato had a greater tolerance to low soil moisture condition, conversely eggplant prefer high soil moisture to other soil moisture and sweet pepper had rather similar responses of eggplant to soil moisture.

### 緒 言

ナス科果菜の土壤水分に対する生育反応について、五島ら<sup>1)</sup>はトマトで pF 1.7~2.5, ナスとピーマンでは pF 1.7~2.7の間で収量の差異が見られないが、多湿で病害が発生しやすいことを考慮すると、灌水開始点はトマトで pF 2.5, ナスで pF 2.7, ピーマンで pF 2.3~2.5が適当ではないかと報告している。トマトについては、SAITER<sup>2)</sup>は pF 2.0, 湯村ら<sup>3)</sup>と、沖森ら<sup>4)</sup>は pF 1.7に達した時に灌水すると、生育ならびに収量が最大なることを報告している。ナスでは、位田<sup>5)</sup>が pF 2.3で灌水したときに、松原ら<sup>6)</sup>は pF 1.5に保つようにしたときに生育ならびに収量がよかったと報告している。ピーマンについては、沖森ら<sup>7)</sup>は pF 2.0~2.3, 大友ら<sup>8)</sup>は pF 1.5で灌水したときに収

量が高かったと報告している。須藤ら<sup>9)</sup>はピーマンでは少土壌水分の低空気湿度条件下で生育はやや阻害されたが、多土壌水分条件下では生育に大きな影響が見られず、またトマトでは低空気湿度条件下で生育が阻害されたが、高空気湿度条件下では生産された乾物の茎葉への分配が多くなり、収量も中空気湿度区よりも低下したことを報告している。鴨田ら<sup>10)</sup>はトマトで pF 2.3-2.4, ナス, ピーマンでは pF 2.4-2.5 から光合成が低下すると報告している。以上のように、ナス科果菜の生育および収量に及ぼす灌水の影響についての研究報告は数多くあるが、その結果は必ずしも一致していない。そこで、本実験ではトマト, ナス, ピーマンの生育および収量に及ぼす土壌水分の影響について調査し、各果菜の水分特性を明らかにしようとした。

## 実験方法

実験1：トマト‘福寿2号’、ナス‘はやぶさ’、ピーマン‘新さきがけみどり’を1985年3月1日に播種し、子葉展開後1/5000 a のポットに鉢上げ、ビニルハウス内で栽培した。床土として土とパークは等量で作成し、三要素各 3 kg/a, 苦土石灰12kg/a を施用した。少水分区（土壌水分15-20%, 地面から20cmの土を用いて測定する）、中水分区（23-18%）および多水分区（30-35%）を設けた。予備実験では少水分区に毎朝100-125ml, 中水分区に200-250ml, 多水分区に350-400mlを灌水して夕方土壌水分を測定した結果、それぞれ上記の値を得たので、これに基づき、灌水した。なお天気及び生育に伴って生育速度を考慮して灌水量をやや増加した。実験は5月25日まで行い、その間にみかけの同化量をパンチ法によって、蒸散速度を塩化コバルト法によって、葉緑素含有量を80%アセトン抽出後、分光光度計によってそれぞれ測定するとともに最後に全株を葉、茎（葉柄を含む）、根にわけて葉面積および各部位の乾物重を測定した。

実験2：トマト、ナス、ピーマン（品種は実験1と同じ）を1985年3月1日に播種し、子葉展開後12cmのポットに鉢上げ、育苗した。床土として土とパークは等量で作成し、三要素各 3 kg/a, 苦土石灰12kg/a を施用した。育苗はハウス内で行い、4月24日に本圃（ビニルハウス）に定植した。本圃の水分処理はドリップ灌水方式で灌水量を調節して、少水分区は毎日1-2mm, 中水分区は4-6mm, 多水分区は8-10mmを供給して処理した。また本圃での元肥は三要素 3 kg/a, 苦土石灰12kg/a を施用した。うね幅は130cmで、株間はトマトでは40cm, ナス, ピーマンでは70cmで、1列植えて、乱塊法で1区5株の3回復とした。トマトでは1本仕立てで、側芽は早期に除去し、花房当り4-5果とし、第5花房で摘心した。ナスとピーマンでは4本仕立てで側枝は一節で摘心した。なお6月と7月中旬2回住友液肥1号で1リットル/aを追肥し、消毒は適宜行った。トマトとナスの結実を促進するためにトマトトーン100倍液で単花処理し、出荷時の大きさあるいは熟度に達した果実を収穫し、重さを測った。8月8日に実験を打ち切り、株の生育及び根系分布を調査した。地上部は茎（葉柄を含む）と葉に分けて、生体重を測った。根では一部壟壕法で根系分布を調査し、一部は株元を中心に半径20cm, 深さ30cmに掘り取った円筒内の根について重さと太さ別根数を測定した<sup>11)</sup>。

## 結 果

### 実験1

1. 生育 Table 1に見られるように、少水分で生育が強く阻害され、乾物重が少なかった。根よりも地上部とくに茎での乾物重の減少がより顕著であった。トマトとピーマンはほぼ同じ位で、その乾物重の減少が少なかったが、ナスでは乾物重の減少が著しく多かった。ナスとピーマンでは土壌水分が多くなるにつれて生育が促進され、とくにナスでは一層促進された。しかし、トマトでは

Table 1. Influence of soil moisture on the growth in solanaceous fruit vegetables

Crop	Soil moisture	Leaves	Stems	Roots	Total	
		Dry weight g/plant				
Tomato	Low	3.09	3.08	1.34	7.51 b *	(42.2)*
	Medium	7.11	7.70	2.90	17.71 a	(100.0)
	High	7.01	8.56	2.43	18.00 a	(101.6)
Eggplant	Low	1.83	0.82	0.70	3.35 c	(28.3)
	Medium	6.15	3.60	2.10	11.85 b	(100.0)
	High	6.93	4.43	2.21	13.57 a	(114.5)
Sweet pepper	Low	1.97	1.19	0.89	4.05 c	(41.3)
	Medium	4.60	3.21	2.00	9.81 b	(100.0)
	High	4.80	4.00	1.92	10.72 a	(109.4)

\* Relative growth rate, compared with medium soil moisture treatment

\* Mean separation by Duncan's multiple range test, 5% level.

多水分区の乾物重は中水分区よりもわずかながら多かったが、両処理区間では著しい差異は見られなかった。

各部位の乾物分配率は Fig. 1 に示した。トマトでは、乾物の分配は茎に多いのに対し、ナスとピ

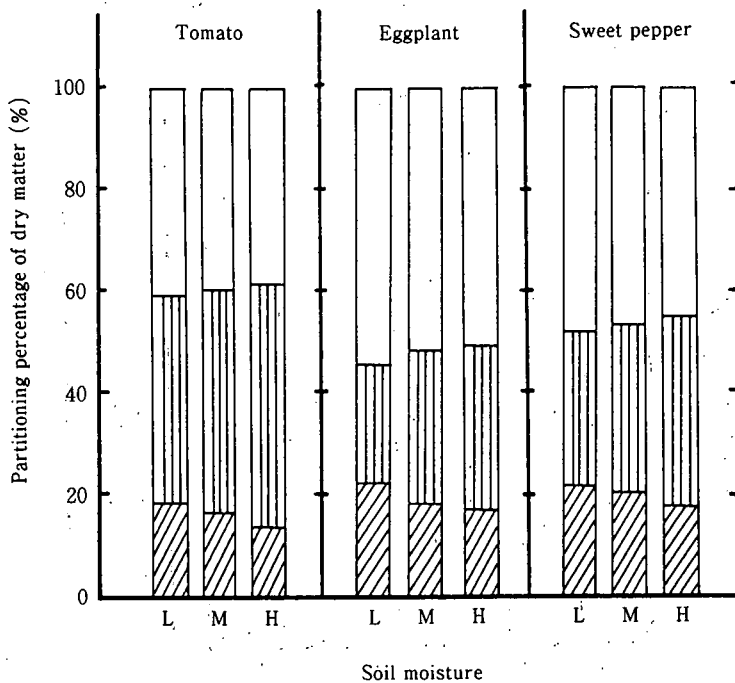


Fig. 1. Influence of soil moisture on the partitioning percentage of dry matter in solanaceous fruit vegetables.

□ Leaves ; ▨ Stems ; ▩ Roots.

Soil moisture : L, low ; M, medium ; H, high.

ーマンでは葉への分配が多かった。各作物とも少水分区で根への乾物分配率が高くなったが、土壤水分が多くなるにつれて根への乾物分配が減少し、茎への分配が増加した。

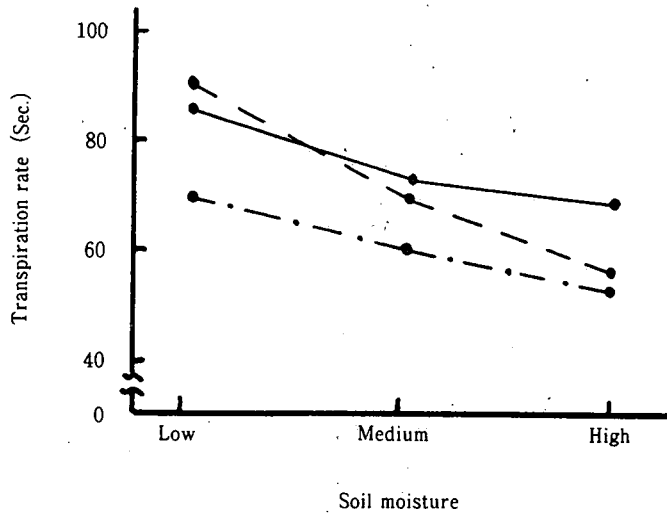


Fig. 2. Influence of soil moisture on the transpiration rate in solanaceous fruit vegetables.

— Tomato ; --- Eggplant ; - · - · - Sweet pepper.

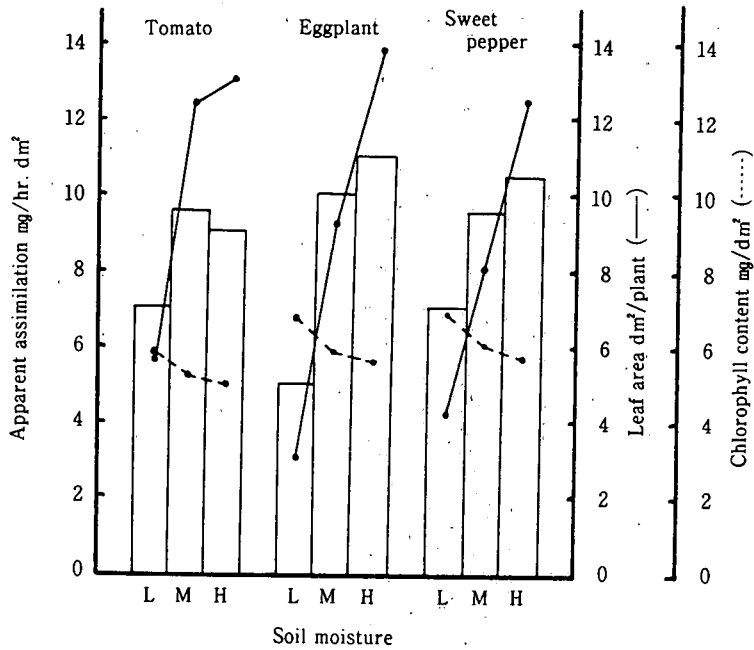


Fig. 3. Influence of soil moisture on the apparent assimilation, chlorophyll content and leaf area in solanaceous fruit vegetables.

Soil moisture ; L, low ; M, medium ; H, high.

2. 蒸散速度 Fig. 2に見られるように、ピーマンは蒸散速度が他作物よりも速かった。少水分で蒸散が抑制され、とくにナスでは著しかった。しかし土壌水分が多くなるにつれてナスとピーマンでは蒸散が強くなったが、トマトは中、多水分区間でほとんど変わらなかった。

3. みかけの同化量 Fig. 3に見られるように、少水分区でのみかけの同化量は中水分区に比べて少なく、とくにナスでは著しく少なかった。トマトのみかけの同化量は中水分区で最も高く、多水分区でやや減少したが、大きな差異は見られなかった。これに対し、ナス、ピーマンは土壌水分が多くなるにつれてみかけの同化量が増加した。葉面積は少水分区で著しく少なく、土壌水分が多くなるにつれて増加し、トマトはその増加程度がナス、ピーマンよりも少なかった。しかし、葉面積と反対に、葉緑素含有率は少水分区で高く、土壌水分が増加するにつれてその含有率は低下した。

#### 実験 2

1. 本圃での生育および収量 Fig. 4に見られるように、トマトは少水分区で生育が抑制されたが、中、多水分区では生体重がほとんど変わらなかった。ナスとピーマンでは土壌水分が多いほど生体重が増加した。とくにナスではその増加がより多かった。収量については、トマトは中水分区で一番多く、多水分区は少水分区よりも収量が多かったが、両区間では有意差は認められなかった。こ

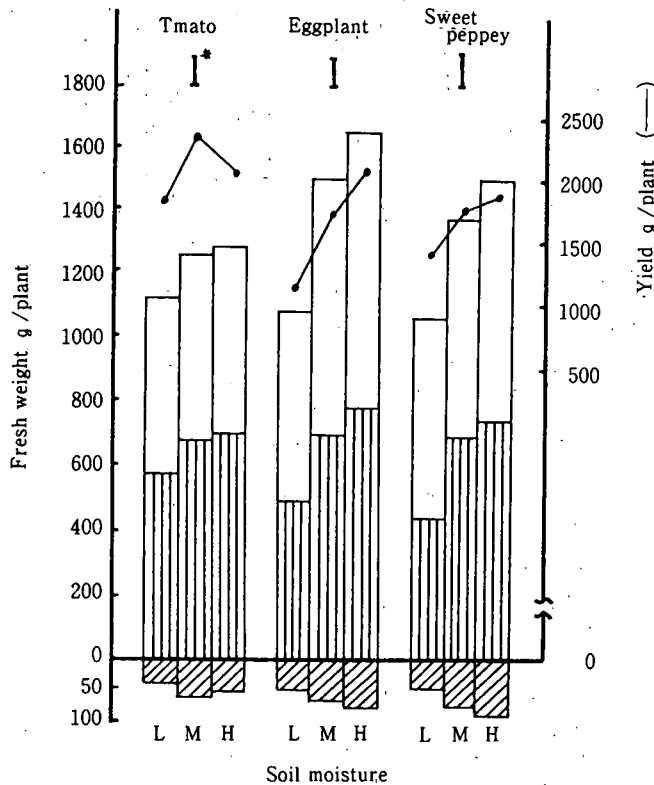


Fig. 4. Influence of soil moisture on the growth and yield in solanaceous fruit vegetables at final harvest time.

□ Leaves ; ▨ Stems ; ▩ Roots

Soil moisture : L, low ; M, medium ; H, high.

\*Yield : LSD at 5 % level.

れに対し、ナスは土壌水分が多いほど収量が有意に増加した。ピーマンも土壌水分の増加で収量が高くなったが、中、多水分の両区間では有意差は認められなかった。

2. 太さ別根数および根系分布 Fig 5に見られるように、少水分区で株元の直径4 mm以上の太根

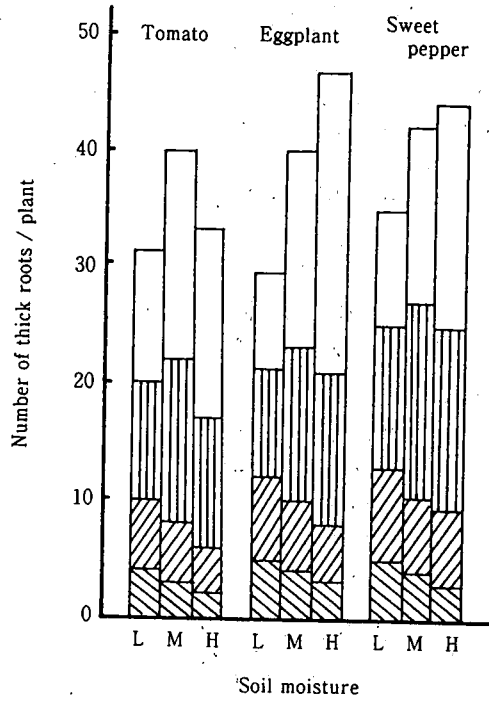


Fig. 5. Influence of soil moisture on the number of thick roots in solanaceous fruit vegetables. Soil moisture : L, low ; M, medium ; H, high.

□ 1.0~1.9mm ; ▨ 2.0~3.9mm ; ▩ 4.0~5.9mm ; ▧ over 6.0mm.

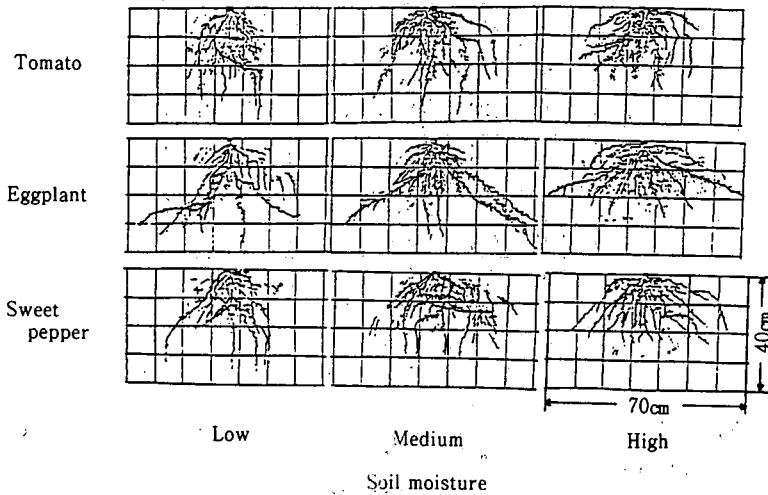


Fig. 6. Influence of soil moisture on the root system distribution in solanaceous fruit vegetables at final harvest time.

が多かったが、土壤水分の増加で減少する傾向を示していた。株元の直径 1 mm 以上の総太根根数は各作物とも少水分区で著しく少なかった。作物別に見ると、トマトが中水分区で多く、多水分区で減少したのに対して、ナスとピーマンは多水分下ほど根数が増加した。とくにナスにおいて著しく多かった。

次に根系分布について見ると (Fig. 6), 各作物とも少水分下で横への根系の広がりには少なかった。トマトは中水分区; ナスとピーマンは多水分区で、根系分布が広く、深い傾向が見られた。

3. 太根根数と収量との関係 Table 2 に見られるように、株元の直径 1 mm 以上の太根根数と収量との間には高い正の相関が認められた。つまり、株元の太根根数が多くなると、収量も増加する傾向が見られた。

Table 2. Correlation between the number of thick roots over 1 mm in diameter and yield in solanaceous fruit vegetables

Crop	Correlation coefficient (r)
Tomato	0.986**
Eggplant	0.978**
Sweet pepper	0.938**

\*\*Significant at 1 % level

## 考 察

本実験では、各作物とも少水分区で生育が阻害されたが、根よりも地上部とくに茎で著しく阻害された (Table 1 と Fig. 4)。同様なことが SHARP ら<sup>12)</sup>によっても認められている。少水分条件下で生育抑制は蒸散速度及びみかけの同化量の減少と密接に関係していると思われた (Fig. 2 と 3)。乾燥した土壤では大部分の根毛が機能を失ってしまうといわれていることから<sup>13)</sup>、養水分吸収とサイトカイニンなどのホルモン生産が阻害され、光合成が低下し、ひいては生育量の低下となるものと考えられる。ナスはトマトとピーマンに比べて乾燥による蒸散速度とみかけの同化量の減少が多いので、生育の阻害も大であった。このことから、ナスはトマトとピーマンに比べて乾燥に極めて弱い作物と思われた。

トマトの生育は中、多水分区間でほとんど変わらなかったが、多水分区での収量が中水分区に比べて著しく減少した (Table 1 と Fig. 4)。トマトでは乾物分配が茎に多く、しかも多水分条件下で根への乾物分配が減少し、茎への分配が増加したので、果実肥大が阻害され、収量が減少したものと思われる。ナスは土壤水分が多いほど生育が促進され、収量が著しく高くなった。ナスは植物全体に占める葉の割合が著しく大きいので (Fig. 1)、トマトに比べて要水量が多いうえに耐水性があると思われる。一般に土壤の酸素濃度の減少で生育が著しく抑制されるが、通気が少なくとも良く生育するのは地上部から根に酸素の提供があるものと考えられており<sup>14)</sup>、位田<sup>15)</sup>はトマトとナスを比較し、同じような畑状態で生育したものでは地上部から根へ供給される酸素量に差がないが、通気の悪い状態に置かれたナスの根の皮層部に通気組織が発達しやすく、通気不良状態に適応しやすく報告している。トマトは地上部の生育が旺盛で、しかも着果が多いために根が弱りやすいことによってもその耐水性が影響されるのかも知れない。一方、ピーマンは中、多水分区間で収量がほとんど変わらなかったことから、広い土壤水分適応性を持っているように思われる。

光合成と蒸散速度の間には密接な関連があり、蒸散速度が低下すると、みかけの同化量も減少した (Fig. 2 と 3)、鴨田ら<sup>10)</sup>は光合成と土壤水分との関係について調査し、土壤水分が減少すると

光合成、蒸散ともに低下し、光合成と蒸散の間には高い正の相関が見られると報告しており、本実験の結果と一致している。一方、葉のクロロフィルの含有量は各作物とも少水分区で高く、土壤水分が多くなるにつれてやや減少した。乾燥下では作物の葉面積拡大が阻害されるので、クロロフィルが葉で濃縮された結果であると思われる。したがって、土壤水分が多い場合には生育が促進され、葉面積の拡大速度が増加するので、葉のクロロフィルが薄められるものと思われる。しかし、これが光合成の低下をもたらす要素にはなっていないように思われる。本実験の場合にはみかけの同化量はクロロフィル含有量よりも蒸散速度に強く影響されているように思われる。

根系分布は土壤水分によって強く影響され、中、多水分区では地表面付近に細根が密集し、太根も多く根張りが良好なのに対し、少水分区では太根がかなり深かったが、総太根根数および細根が少なかったため、全体として根系分布は貧弱な様相が見られた。同様なことが高橋<sup>16)</sup>によっても報告されている。作物別では、トマトの根系分布は、太根根数に対応して、ナス、ピーマンよりも狭く、浅い傾向を示していた。ナスでは太根が多いのは葉から根へ光合成産物の好転流による根中の高い炭水化物含有率と関係していると思われる<sup>17)</sup>。また太根根数と収量との間には高い正の相関が認められ、既報の結果<sup>11)</sup>と一致していた。太根根数の多い株は根系が広く深く、ホルモン生成および養水分吸収が盛んに行われるので、増収につながるものと思われる。

以上の結果より、トマトは乾燥に強く、耐乾性があるのに対して、多湿下で徒長しやすく、果実生産は低下しやすい。ナスはトマトとは逆に乾燥に極めて弱く、耐乾性がないのに対して多湿を好み、耐水性もある。ピーマンは乾燥にもまた多湿にもよく耐え、広い土壤水分適応性を持っているように思われる。

## 要 約

トマト、ナス、ピーマンの水分特性を明らかにするために、灌水量を変えて少水分区、中水分区及び多水分区を設け、生育及び収量に及ぼす土壤水分の影響について調査した。

1. 少水分によって生育が阻害されたが、ナスは他作物よりも顕著であった。土壤水分が増加するにつれて生育が促進され、とくにナスでは著しく、次いでピーマン、トマトの順となった。少水分で各作物とも根への乾物分配が増加したが、土壤水分が多いと、根への分配が減少し、莖への分配が増加した。
2. 少水分区では蒸散速度及びみかけの同化量が他処理区に比べて低く、とくにナスではより顕著に低下した。トマトは中、多水分区間で蒸散速度とみかけの同化量がほとんど同じであったが、ナスとピーマンでは土壤水分の増加によって蒸散速度及び同化量は増加した。
3. トマトは中水分区での収量が他処理区に比べて有意に高かったが、ナスでは土壤水分が多いほど増収した。ピーマンもナスと同様な傾向を示したが、中、多水分区間での収量に有意差は認められなかった。
4. 各作物とも株元の直径1 mm以上の太根根数と収量との間には高い正の相関が認められた。
5. 以上より、トマトは乾燥に強く、耐乾性があるが、多湿下では徒長しやすい傾向が見られた。ナスはトマトとは逆に、乾燥に極めて弱く、多湿を好み、耐水性もある。ピーマンは乾燥にも、また多湿にもよく耐え広い土壤水分適応性を持っているように思われた。

## 文 献

- 1) 五島 康・荒木陽一・柴田 明：施設野菜のかん水開始点とかん水量に関する研究 ナス科果菜につ



- いて. 野試報, A10, 147-160 (1982).
- 2) SAITER, P. J.: The effects of different water regimes on the growth of plants under glass. 1. Experiments with tomato. (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 29, 258-264 (1954).
  - 3) 湯村義男・中島田誠: 施設栽培における土壤水分とかん水点に関する研究. 野試報, A1, 141-171 (1974).
  - 4) 沖 森当・大友譲二・松田 栄: ハウスそ菜に対する灌水試験 (第2報) 土壤の水分張力とトマトの生育収量について, 農及園, 42, 1421-1422 (1967).
  - 5) 位田藤久太郎・尾上重幸: 野菜の生産と土壤水分に関する研究 (第1報) 砂質土における土壤の水分張力と果菜の生育, 三重大農学報, 30, 1-9 (1964).
  - 6) 松原茂樹・富高弥一平: そ菜の蒸発散量に関する研究 かん水量の相違がナスの蒸発散量と生育収量におよぼす影響について. 秋季園学要旨, 184-185 (1969).
  - 7) 沖 森当・大友譲二・松田 栄: 栽培室におけるそ菜の水管理合理化に関する研究. 広島農試報, 30, 91-110 (1971).
  - 8) 大友譲二・沖 森当・津田安敬: ハウスピーマンに対するかん水試験. 園学中四国要旨, 47, 404 (1972).
  - 9) 須藤憲一・安藤隆夫: ピーマン, トマトの蒸散及び体内水分状態に及ぼす空気湿度, 土壤水分及び土壤塩類濃度の影響. 野試報, A2, 49-63 (1975).
  - 10) 鴨田 福・伴 義之・志村 清: 野菜の光合成及び蒸散に関する研究 1 光合成, 蒸散の作物間差異及び土壤水分との関係. 野試報, A1, 109-139 (1974).
  - 11) 加藤 徹・鐘 鈴鈴: ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第3報) 生育, 収量ならびに養分吸収に及ぼす微量要素添加の影響. 生物環境調節, 25, 83-89 (1987).
  - 12) SHARP, R. E. and DAVIES, W. J.: Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plant. *Planta.*, 147, 43-49 (1979).
  - 13) 石原 邦・倉石 晋・田崎忠良・橋本 康共訳・田崎忠良監修: 水環境と植物, p. 121-146, 養賢堂, 東京 (1986).
  - 14) 位田藤久太郎: 菜の根の生理に関する研究 (第3報) 茎葉の有無が根の酸素要求量に及ぼす影響について. 園学雑, 22, 24-27 (1953).
  - 15) 位田藤久太郎: 菜の根の生理に関する研究 (第4報) 土壤空気の酸素濃度が果菜類の生育, 養分吸収に及ぼす影響. 園学雑, 25, 85-93 (1956).
  - 16) 高橋和彦: 温床床土に関する研究 (第2報) 床土の土壤水分がトマト苗の生育に及ぼす影響. 園学雑, 29, 313-322 (1960).
  - 17) 鐘鈴鈴・加藤 徹: ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第5報) 生育, 早期収量並びに根系発育に及ぼす施肥量の影響. 生物環境調節, 25, 153-157 (1987).

(昭和63年9月30日受理)

(昭和63年12月27日発行)

