

園学雑. (J. Japan. Soc. Hort. Sci.) 67(6) : 927-933, 1998.

## 土壌水分制限が大果系トマトのビタミンC, 糖, 有機酸, アミノ酸およびカロチン含量に与える影響

圖師一文\*・松添直隆\*\*

鹿児島大学農学部 890-0065 鹿児島市郡元1丁目21-24

Effect of Soil Water Deficit on Vitamin C, Sugar, Organic Acid, Amino Acid and Carotene Contents of Large-fruited Tomatoes

Kazufumi Zushi\* and Naotaka Matsuzoe\*\*

Faculty of Agriculture, Kagoshima University Korimoto, Kagoshima 890

### Summary

The effect of soil water deficit on vitamin C, sugar, organic acid, amino acids and carotene contents in fruits of five large-fruited tomato cultivars was examined.

1. The effect of soil water deficit on vitamin C content per fresh weight varied, depending on the cultivars; in some cultivars vitamin C content increased, whereas in others it was unaffected.
2. The amounts of glucose and fructose per fresh weight in water-stressed plants were larger than those of control treatment in almost all cultivars, but they were the same on dry weight basis. This indicates that the soil water deficit merely reduced water accumulation by the fruits.
3. The amounts of organic acid and free amino acid (per fresh and dry weights) were increased by water deficit treatment. Furthermore, the effect of the treatment on the composition of organic and free amino acids was different which suggests that soil water deficit affects the metabolic pathway of organic and free amino acids in tomato fruits.
4. In red and pink type cultivars, soil water deficit tended to increase the amount of lycopene per fresh weight in the outer pericarp region but it had no effect on the amount and distribution of the yellow pigments,  $\beta$ -carotene and xanthophyll.

**Key Words:** tomato, vitamin C, sugar, organic acid, amino acids.

### 緒言

高糖度トマトの生産量拡大に伴い、果実品質に与える培地内水分環境に関する研究は糖および有機酸含量を中心に行われてきた(番ら, 1994; 伊藤・河合, 1994; Mitchellら, 1991 a, 1991 b; 太田ら, 1991; 栃木・川里, 1989)。しかし、土壌水分を制限して生産されるトマト果実の品質形質に関して、糖や有機酸以外の成分については十分に明らかにされているとは言えない。例えば、外観的品質あるいは栄養価の重要な因子となる果色や色素含量に与える土壌水分の影響については、一致した結論は得られていない(本多・安井, 1976; Mooreら, 1958; 施山・阿部, 1977; Vittumら, 1962)。また生食用トマトを対象として、土壌水分制限が果実内ビタミンC含量に及ぼす影響(栃木・川里, 1989)、またアミノ酸含量へ与える影響に関する報告は少ない。

近年、野菜の栄養価や機能性成分に消費者の関心が高まっている(東尾, 1996)。そのため、トマトの果実品質を評価する場合、糖や有機酸量に加えてビタミン類、リコピンや $\beta$ -カロチンならびにアミノ酸等の成分についても検討する必要があると考える。一方では、生食用トマトの80%以上が‘ハウス桃太郎’や‘桃太郎’をはじめとする完熟系品種で占められているのが現状である。そこで本報告では‘ハウス桃太郎’の品質を他の品種と比較するために果色特性が異なる品種を供試した。すなわち、桃色系品種である‘ハウス桃太郎’と‘豊竜’、赤色系品種の‘ベストオブオール’ならびに橙色系品種の‘黄寿’と‘ジュビリー’を供試して、土壌水分制限が生食用トマト果実の品質、特にビタミンC, 糖, 有機酸, アミノ酸およびカロチン色素に与える影響について調査した。

### 材料および方法

#### 1. 供試品種, 栽培および処理概要種

供試品種として、‘ハウス桃太郎’、‘豊竜’、‘ベストオブオール’、‘黄寿’および‘ジュビリー’を用いた。砂を深

1997年8月18日 受付, 1997年12月15日 受理.

\*現在: 鹿児島県大崎農業改良普及所

\*\*現在: 熊本県立大学

さ 5 cm 入れた播種床に 1995 年 4 月 1 日に播種し、砂を詰めた 9 cm の育苗用ポットに鉢上げした。本葉が 5 葉程度に展開した 5 月 10 日にビニルハウス内のサンドポニックス砂栽培プラント（幅 60 cm、深さ 7 cm、隔離床）に各区 20 株を定植した。栽植密度は株間 20 cm、条間 30 cm の 2 条千鳥植えとし、整枝は 1 本仕立てで第 3 果房上の 2 葉を残して摘心した。また着果数は 1 果房 3 果にした。肥料は基肥として 1 株当たり、住友燐安液肥 (N : 7, K<sub>2</sub>O : 20) を 2.3 ml · plant<sup>-1</sup>、硫酸カリ (K<sub>2</sub>O : 50) および過燐酸石灰 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 17.5) を各 2.8 g · plant<sup>-1</sup> 施した。追肥は市販の複合液肥 (N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 15 : 8 : 17) を 500~1000 倍に希釈して生育に応じて与えた。なお、与えた液肥の水量は 1 日当たりのかん水量に含めた。追肥量は 16.7 g · plant<sup>-1</sup> であった。

土壤水分処理区として乾燥区と対照区を設け、1 反復とした。土壤水分量は処理区中央部の深さ 4 cm の位置に埋設した水分センサー (YZ-132, 矢崎計器) で、午前 9 時~10 時に測定し、水分センサー出力値と水分量曲線の関係 (第 1 図) から算出した。処理は、乾燥区では圃場容水量の 20~30%, 対照区では圃場容水量の 100% になるようにかん水した。なお、本実験に使用した砂の圃場容水量は 48.5% (含水比) であった。

## 2. 試料の調整および分析

供試果実の開花後の生育環境を同じにするために供試果実の開花日を揃えた。すなわち、供試果実は 'ハウス桃太郎'、'豊竜' および 'ベストオブオール' では第 2 果房、'黄寿' と 'ジュビリー' では第 1 果房の完熟果実とした。5 月下旬に開花した果実を供試果実とし、7 月中旬に各生育段階の果実を一斉に収穫した。収穫した果実の果色、糖度ならびに開花後日数を考慮して完熟果を選び出し、処理区当たり 10 個の供試果実を得た。各成分に関する抽出・分析方法を下記に示した。

### 1) 糖度 (Brix) およびビタミン C 分析

果実の 1 心室 (果皮、胎座および隔壁組織を含む) を

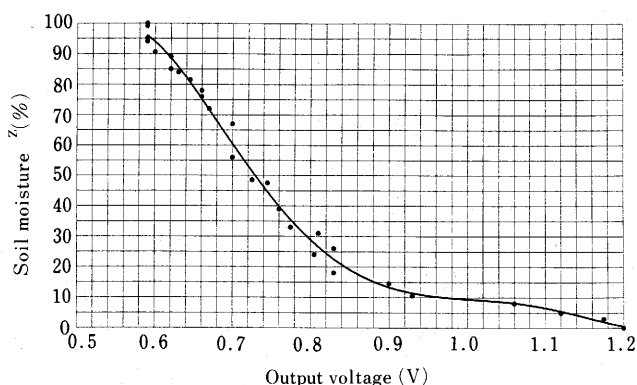


Fig. 1. Relation between soil moisture and output voltage of a moisture meter.

<sup>z</sup> Moisture percentage to field capacity.

破碎した後、遠心分離 (10000 rpm, 10 min) を 1 回行い上澄み液を得た。この上澄み液の糖度 (デジタル糖度計 TRM-110, 竹村電機) およびビタミン C (フードアナライザー NA-F 041, アジノキ) を測定した。

### 2) 糖, 有機酸およびアミノ酸分析

凍結乾燥させた試料約 0.5 g を 80% エタノールで抽出し、濾過液をロータリー・エバポレーターで濃縮し、蒸留水で 25 ml に定容した。定容液を孔径 0.45 μm のフィルターに通し高速液体クロマトグラフィー (HPLC) の試料とした。HPLC の分析条件を以下に示した。

糖分析は、カラム : Shim-Pack SCR-101C (内径 7.9 mm, 長さ 300 mm, 島津製作所), 移動相 : 蒸留水, カラム温度 : 80 °C および流速 : 1.0 ml/min の条件とした。検出は示差屈折計 (RID-6A, 島津製作所) で行った。有機酸分析は、カラム : Shodex RSpak KC-811 (内径 8 mm, 長さ 300 mm, 昭和電工), 移動相 : 0.01% リン酸, カラム温度 : 50 °C および流速 1.0 ml/min の条件とした。検出は電気伝導度計 (CD-5, 昭和電工) で行った。アミノ酸分析は、OPA プレカラム誘導体化 HPLC 法で行った。カラム : Crestpak C18S (内径 4.6 mm, 長さ 150 mm, 日本分光), カラム温度 : 35 °C および流速 : 1.0 ml/min の分析条件とした。移動相は 50 mM 酢酸ナトリウム (pH 6.0) およびメタノール・テトラヒドロフラン (90 : 10, v/v) を用いた。検出は蛍光検出器 (FP-920, 日本分光) を用い、励起波長を 345 nm, 蛍光波長を 455 nm とした。

### 3) 色素分析

抽出・分析は永田・山下 (1992) の方法に準じた。試料の赤道部から切り出した果皮部 (外・中・内果皮), 胎座部および隔壁部の各組織約 1 g にアセトン-ヘキサン (4 : 6, v/v) 20 ml と無水硫酸ナトリウムを適量加えて十分に破碎抽出した。約 1 時間静置後、上澄み液の吸光度 (505 nm, 453 nm) を分光光度計で測定し、リコピンと黄色色素類 (主に β-カロチンとキサントフィル類を含む) を定量した。

## 結 果

### 1. 実験期間中の栽培概要

ハウス内の気温とかん水量を第 2 図に示した。最高気温は 6 月までほぼ 30 °C~35 °C で推移し、収穫期頃には約 38 °C になった。最低気温は定植期の 15 °C から徐々に上昇し、収穫期には 25 °C になった。実験期間中の平均の 1 日当たりのかん水量は乾燥区で 360 ml · plant<sup>-1</sup>, 対照区で 680 ml · plant<sup>-1</sup> であった。

### 2. 茎葉および果実の生体重および乾物重

茎葉および果実の生体重と乾物重を第 1 表に示した。茎葉の発達は土壤水分制限により抑えられ、生体重の比 (乾燥区/対照区) は茎で 64~80%, 葉で 75~90%, 一

方乾物重の比(同上)は茎で76~100%,葉で73~90%であった。果実の生体重は乾燥区が対照区より減少する傾向が認められた。乾物重は処理間差がなかった。乾物率はすべての品種で乾燥区の方が対照区より有意に高かった。

### 3. ビタミンC含量

果実のビタミンC含量を第2表に示した。生体重当たりでは'ハウス桃太郎', '豊竜'および'ジュビリー'は乾燥区の方が高く, その他の品種には処理間差がなかった。乾物重当たりでは, 処理間差がない品種と乾燥区の方が対照区より低い品種が認められた。

### 4. 糖度(Brix), 糖含量および有機酸含量

糖度および糖含量を第3表に示した。糖度は全品種で乾燥区の方が対照区より高かった。糖含量は生体重当たりでは'ベストオブオール'以外の品種で乾燥区が対照区

より高かった。乾物重当たりでは'ベストオブオール'以外の品種で処理間差がなかった。

有機酸含量を第4表に示した。シュウ酸は生体重当たりでは'ジュビリー'以外の品種で乾燥区が対照区より高かった。乾物重当たりでは'豊竜'以外の品種で処理間差がなかった。クエン酸は生体重当たりでは全品種で乾燥区が対照区より高かった。乾物重当たりでは'ハウス桃太郎', '豊竜'および'ベストオブオール'で乾燥区が高かった。リンゴ酸は'豊竜'の生体重と乾物重当たりならびに'ジュビリー'の乾物重当たり以外では処理間差はなか

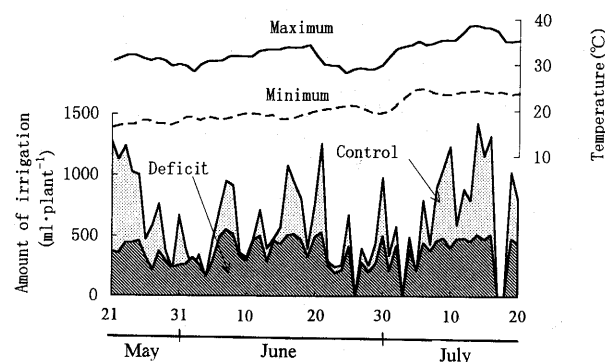


Fig. 2. Amount of irrigation (ml) per plant and maximum and minimum temperature (°C) during experiment. Temperature was represented by moving average of five days.

Table 2. Effect of soil water deficit on vitamin C contents in tomatoes.

Cultivar	Treatment	Vitamin C (mg/100g)	
		per fresh weight	per dry weight
Hausu momotarou	Deficit	12.9	133.9
	Control	10.4 ** <sup>z</sup>	134.6 n. s.
Houryu	Deficit	17.0	152.4
	Control	13.5 **	192.4 **
Best of all	Deficit	16.8	232.9
	Control	14.0 n. s.	220.5 n. s.
Oujyu	Deficit	10.6	150.2
	Control	11.8 n. s.	207.2 **
Jubilee	Deficit	9.9	147.16
	Control	8.2 *	148.27 n. s.

<sup>z</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

Table 1. Effect of soil water deficit on stem, leaf and fruit weights in tomatoes.

Cultivar	Treatment	Stem		Leaf		Fruit		
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Percentage of dry matter (%)
Hausu momotarou	Deficit	112	163	17	23	92.1	9.21	9.64
	Control	156 (72) <sup>z</sup>	218 (75)	20 (85)	29 (79)	115.3 ** <sup>y</sup>	8.65 n. s.	7.74 **
Houryu	Deficit	102	159	15	19	108.2	8.48	10.67
	Control	149 (68)	202 (79)	18 (83)	24 (79)	137.5 n. s.	9.05 n. s.	7.03 *
Best of all	Deficit	126	158	16	19	79.5	5.66	7.25
	Control	166 (76)	207 (76)	21 (76)	26 (73)	83.4 n. s.	5.21 n. s.	6.35 **
Oujyu	Deficit	131	165	16	19	167.4	11.04	7.05
	Control	163 (80)	184 (90)	16 (100)	21 (90)	186.6 n. s.	10.91 n. s.	5.72 **
Jubilee	Deficit	114	125	15	15	177.0	11.18	6.74
	Control	178 (64)	148 (84)	22 (68)	17 (88)	209.8 *	11.57 n. s.	5.53 **

<sup>z</sup> Figures in parentheses indicate the percentage of values for deficit to those obtained for control.

<sup>y</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

**Table 3.** Effect of soil water deficit on Brix, glucose and fructose contents in tomatoes.

Cultivar	Treatment	Brix (%)	% fresh weight		% dry weight	
			Glucose	Fructose	Glucose	Fructose
Hausu momotarou	Deficit	6.1	2.8	2.9	29.2	30.2
	Control	4.9 ** <sup>z</sup>	2.1 **	2.3 **	27.0 n. s.	30.2 n. s.
Houryu	Deficit	6.6	2.8	3.0	25.2	26.5
	Control	4.9 **	2.1 **	2.4 **	25.7 n. s.	29.5 n. s.
Best of all	Deficit	5.7	1.7	1.8	23.1	24.3
	Control	5.1 **	1.6 n. s.	1.7 n. s.	24.6 n. s.	27.1 **
Oujyu	Deficit	5.7	2.0	2.1	28.7	29.3
	Control	5.1 **	1.5 **	1.6 **	26.1 n. s.	28.6 n. s.
Jubilee	Deficit	5.5	1.7	1.8	25.5	26.6
	Control	4.7 **	1.4 *	1.5 *	25.3 n. s.	27.5 n. s.

<sup>z</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

**Table 4.** Effect of soil water deficit on organic acid contents in tomatoes.

Cultivar	Treatment	% fresh weight				% dry weight			
		Oxalic	Citric	Malic	PCA <sup>z</sup>	Oxalic	Citric	Malic	PCA
Hausu momotarou	Deficit	0.18	0.72	0.043	0.017	1.84	7.44	0.449	0.177
	Control	0.15 ** <sup>y</sup>	0.51 **	0.047 n. s.	0.007 **	2.01 n. s.	6.58 *	0.614 n. s.	0.094 *
Houryu	Deficit	0.19	0.89	0.093	0.011	1.74	8.01	0.825	0.100
	Control	0.16 **	0.61 **	0.044 **	0.007 **	1.95 **	7.44 **	0.546 **	0.085 *
Best of all	Deficit	0.16	0.59	0.066	0.009	2.23	8.11	0.910	0.127
	Control	0.14 *	0.39 *	0.064 n. s.	0.005 *	2.15 n. s.	5.96 *	0.980 n. s.	0.081 *
Oujyu	Deficit	0.13	0.63	0.046	0.013	1.87	8.89	0.655	0.187
	Control	0.11 **	0.48 **	0.037 n. s.	0.012 n. s.	1.89 n. s.	8.19 n. s.	0.637 n. s.	0.193 n. s.
Jubilee	Deficit	0.13	0.60	0.036	0.014	1.94	8.92	0.543	0.207
	Control	0.12 n. s.	0.47 **	0.041 n. s.	0.011 n. s.	2.13 n. s.	8.46 n. s.	0.743 *	0.200 n. s.

<sup>z</sup> PCA = Pyrrolidonecarboxylic acid

<sup>y</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

った。ピロリドンカルボン酸は、生体重および乾物重当たりで‘ハウス桃太郎’、‘豊竜’および‘ベストオブオール’において乾燥区が高かった。しかし‘黄寿’および‘ジュビリー’には処理間差がなかった。

糖と有機酸の比を第5表に示した。糖と有機酸の比は、‘豊竜’および‘ベストオブオール’で乾燥区が対照区より有意に低く、他の品種には有意差はなかった。

### 5. 遊離アミノ酸含量

トマト果実の主要な遊離アミノ酸含量を第6表（生体重当たり）と第7表（乾物重当たり）に示した。生体重当たりでは、‘ハウス桃太郎’、‘豊竜’および‘ベストオブオール’の調査したすべての遊離アミノ酸は乾燥区が対

照区より有意に高かった。‘黄寿’は処理間差がなかった。乾物重当たりでは、ハウス桃太郎’および‘ベストオブオール’で乾燥区が対照区より有意に高かった。

### 6. カロチノイド色素含量

果実内の各組織の色素含量を第3図に示した。リコピン含量は、調査した赤・桃色系トマトの‘ハウス桃太郎’、‘豊竜’および‘ベストオブオール’の果皮部において乾燥区が対照区に比べ明らかに高かった。‘ハウス桃太郎’と‘豊竜’の胎座組織では乾燥区が対照区より高く、隔壁組織では処理間差がなかった。‘ベストオブオール’では胎座組織で処理間差がなく、隔壁組織では乾燥区が高い傾向があった。一方、黄色色素類は3品種ともに組織にか

**Table 5.** Effect of soil water deficit on sugar-acid ratio in tomatoes.

Cultivar	Treatment	Sugar-acid ratio
Hausu momotarou	Deficit	6.00
	Control	6.16 n. s. <sup>z</sup>
Houryu	Deficit	4.86
	Control	5.53 **
Best of all	Deficit	4.21
	Control	5.67 **
Oujyu	Deficit	4.81
	Control	4.98 n. s.
Jubilee	Deficit	4.50
	Control	4.63 n. s.

<sup>z</sup> \*\* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level and no significant differences respectively.

**Table 6.** Effect of soil water deficit on free amino acid contents in tomatoes (mg/100g fresh wt).

Cultivar	Treatment	Amino acid contents (mg/100g fresh wt)				
		Glutamic	Glutamine	Aspartic	Asparagine	$\gamma$ -Amino-butyric
Hausu momotarou	Deficit	234.1	136.7	52.1	38.7	125.8
	Control	128.1 ** <sup>z</sup>	62.4 **	25.6 **	16.0 **	58.5 **
Houryu	Deficit	172.2	128.6	40.9	27.6	127.9
	Control	115.3 **	78.4 **	25.1 **	16.7 **	67.0 **
Best of all	Deficit	215.6	129.3	43.5	28.0	72.4
	Control	151.2 *	56.9 *	27.6 *	12.3 *	29.1 **
Oujyu	Deficit	141.8	122.3	40.8	33.7	123.7
	Control	141.8 n. s.	110.1 n. s.	35.5 n. s.	30.2 n. s.	81.6 n. s.
Jubilee	Deficit	186.7	106.5	46.5	32.5	64.4
	Control	126.8 **	81.2 n. s.	29.4 **	21.9 n. s.	55.0 n. s.

<sup>z</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

かわらず明瞭な処理間差はみられなかった。

## 考 察

土壌水分量がトマト果実の生体重当たりのビタミン C 含量に及ぼす影響について、栃木・川里 (1989) は土壌水分の少ない区ほど増加すると報告している。また Rudich ら (1977) は開花期までのかん水・その後の無かん水処理によりビタミン C 含量は最も高まったとする結果を示している。本実験では、土壌水分制限により、生体重当たりのビタミン C は増加する品種と影響がない品種があった。一方、乾物重当たりの含量は土壌水分制限により減少する品種と影響がない品種が認められた。この一要因として、葉面積獲得の品種間差が考えられる。

**Table 7.** Effect of soil water deficit on free amino acid contents in tomatoes (mg/100g dry wt).

Cultivar	Treatment	Amino acid contents (mg/100g dry wt)				
		Glutamic	Glutamine	Aspartic	Asparagine	$\gamma$ -Amino-butyric
Hausu momotarou	Deficit	2429	1425	540	403	1311
	Control	1652 ** <sup>z</sup>	812 *	332 **	209 **	758 *
Houryu	Deficit	1552	1166	367	250	1151
	Control	1416 n. s.	963 n. s.	308 n. s.	207 n. s.	822 **
Best of all	Deficit	2977	1779	600	386	998
	Control	2328 *	876 **	425 **	190 **	449 **
Oujyu	Deficit	2014	1736	578	479	1752
	Control	2485 n. s.	1920 n. s.	621 n. s.	527 n. s.	1413 n. s.
Jubilee	Deficit	2784	1589	694	485	954
	Control	2288 n. s.	1468 n. s.	531 *	397 n. s.	996 n. s.

<sup>z</sup> \*\*, \* and n.s. indicate significant differences by T test at 1 % level, 5 % level and no significant differences respectively.

すなわち、果実のビタミン C 含量は果実への光条件により異なるため (泉ら, 1990; 篠原ら, 1980), 葉による果実の遮光程度が品種により異なるために結果的にビタミン C 含量に違いが生じると推察される。さらに、土壌水分制限による乾物重当たりのビタミン C 含量の低下は、ヘキソースからビタミン C 合成の経路の抑制、あるいはビタミン C からシュウ酸や酒石酸の分解経路の促進に起因すると考えられるが、品種によって土壌水分制限がこれらの合成あるいは分解経路に与える影響が異なるためと推察された。これらの推察については今後、詳細に明らかにしたい。

果実の糖含量は、生体重当たりで土壌水分制限により高まったが、乾物重当たりでは処理間に差はなかった。Mitchell ら (1991 b) は、成熟期におけるトマト果実の乾物重当たりのヘキソース含量は土壌水分制限処理による水分ストレスの影響を受けないとしており、本実験も同様の結果となった。土壌水分制限による果実内糖含量の生体重当たりの増加は、主に果実内への水分移動の抑制により生じる水分含有率の変化に起因すると推察された。

果実の酸度および有機酸含量は、土壌水分制限により生体重当たりで高まるとする報告は多くある (今田ら, 1987; Mitchell ら, 1991a; Rudich, 1977; 崎山, 1968; 栃木・川里, 1989)。これらの中で、Mitchell ら (1991 a) は成熟果実のクエン酸含量は、土壌水分制限により生体重当たりでは増加するが乾物重当たりでは減少し、リンゴ酸含量は生体重、乾物重当たりで増加すると述べている。一方、崎山 (1968) はトマト果実の全酸含量は生体重当たりでは増加するが、乾物重当たりでは影響がない

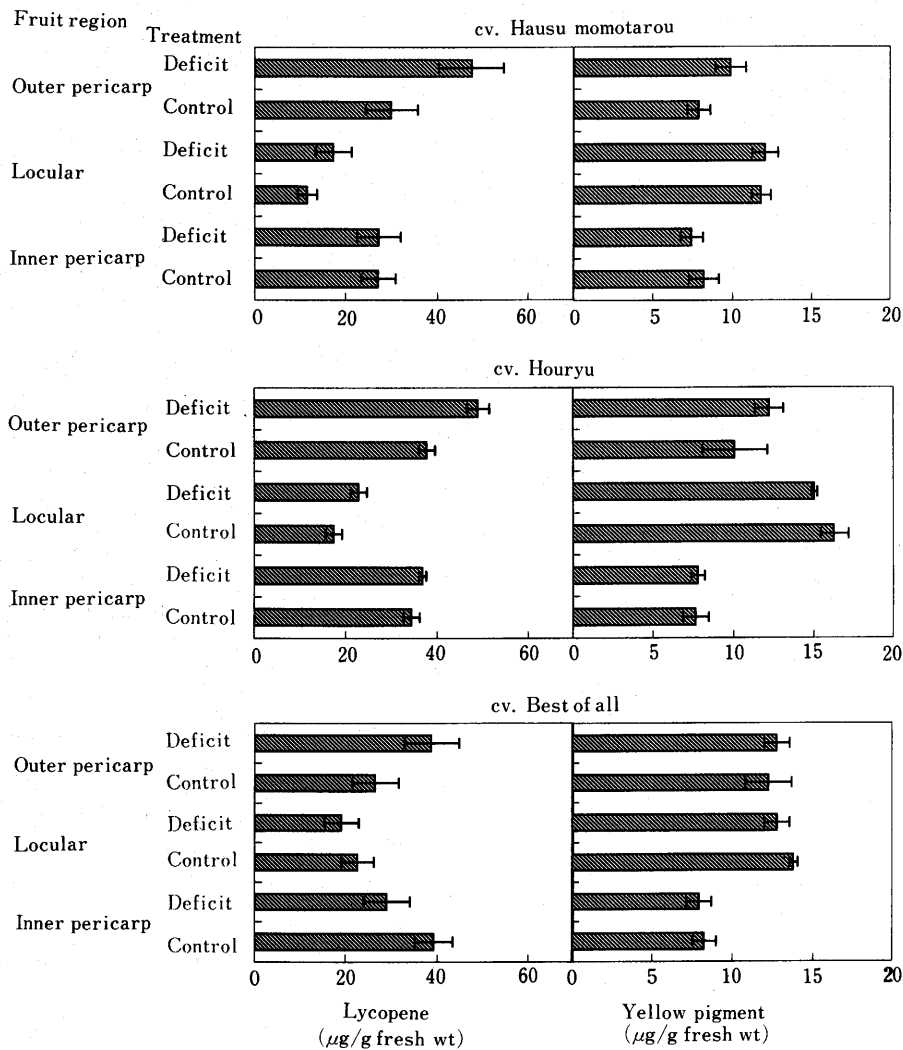


Fig. 3. Effect of soil water deficit on lycopene and yellow pigment contents per fresh weight in tomatoes. Each horizontal bar indicates the standard error.

ために生体重当たりの増加は果実内の水分含有率の変化に起因すると考察している。本実験では、クエン酸とピロリドンカルボン酸は生体重、乾物重当たりで増加する傾向があった。これらのことから、土壤水分制限による生体重当たりの有機酸含量の増加は、果実内の水分含有率の変化だけではなく、有機酸の代謝機構にも影響していると推察された。

水分ストレスとアミノ酸の関係について Good・Zaplachinski (1994) は、*Brassica napus* (品種: Westar) 葉内のアミノ酸濃度は土壤水分制限処理による水分ストレスにより高まり、その影響はアミノ酸の種類で異なると報告している。伊藤 (1994) は植物が水分ストレスを受けると、受動的に光合成産物を蓄積するだけでなくアミノ酸、有機酸、カリウムおよび塩素などを積極的に蓄積することがあると述べている。本実験においても、果実の遊離アミノ酸含量は土壤水分制限により生体重、乾物重当たりで増加する品種があり、土壤水分制限はアミ

ノ酸の生合成の代謝に影響を与えていると推察された。

土壤水分制限によるトマト果実のリコピン含量に関して、施山・阿部 (1977) は加工用品種において、土壤の水分制限によるリコピンの増加は果実の組織により異なり、外壁部 (果皮部) で顕著に現れるが胎座部では影響がないと報告している。生食用品種を対象とした本実験においても、すべての品種の果皮部で土壤水分制限によりリコピン含量 (生体重当たり) が高くなった。一方、黄色色素類 (主に  $\beta$ -カロチンとキサントフィルを含む) は果実の組織にかかわらず土壤水分制限の影響はないことが明らかになった。

土壤水分制限の影響は果実の各成分により異なった。すなわち、生体重当たりの増加は主に果実内の水分含有率の変化 (“濃縮効果”) に起因する成分、水分含有率の変化と乾物当たりの生成量の増加に起因する成分があった。糖度 (Brix)、ブドウ糖および果糖含量は主に “濃縮効果” の影響を、ビタミン C、有機酸およびアミノ酸

は“濃縮効果”と乾物当たりの生成量への影響が認められた。また、これらの影響の程度は品種により異なった。

‘ハウス桃太郎’の果実品質（生体重当たりの含量）を他の品種と比較すると、ビタミンC含量は‘豊竜’や‘ベストオブオール’に比べて若干少なかった。カロチン色素量には顕著な品種間差はなかった。一方、対照区と乾燥区ともにブドウ糖および果糖含量は‘豊竜’と同程度で、他の品種に比べて高かった。糖酸比は他の品種に比べ高い傾向がみられ、特に乾燥区内ではその傾向は顕著であった。各アミノ酸含量も乾燥区内では他の品種に比べて高くなる傾向がみられた。一般に、‘ハウス桃太郎’は他の品種に比べて味が濃厚で甘い品種と評価されているが、本実験からも同様の結果が示された。特に、土壤水分制限によりその傾向が強くなる品種であることが明らかになった。

### 摘 要

土壤水分制限がトマト果実のビタミンC, 糖, 有機酸含量, アミノ酸および色素含量に与える影響について、大果系5品種を用いて調査した。

1. ビタミンC含量は、生体重当たりで土壤水分制限により増加する品種あるいは影響を受けない品種があった。
2. ブドウ糖および果糖含量は、ほとんどの品種で土壤水分制限により生体重当たりでは増加したが、乾物当たりでは影響を受けなかった。生体重当たりのブドウ糖および果糖含量の増加は果実内への水分移動抑制の影響が大きかった。
3. 有機酸およびアミノ酸含量は生体重当たり、乾物重当たりともに土壤水分制限の影響を受けた。その影響は各構成成分により異なっていたことから、土壤水分制限は有機酸およびアミノ酸の代謝に影響を及ぼしていると推察された。
4. 赤・桃色系品種において、果皮のリコピン含量はすべての品種で土壤水分制限により高くなった。一方、黄色色素類（主に $\beta$ -カロチンとキサントフィルを含む）は果実部位にかかわらず、土壤水分の影響を受けなかった。

### 引用文献

- 番 喜宏・山下文秋・林 吾郎. 1994. 栽植密度及び水ストレスがトマトの果実糖度及び乾物生産に及ぼす影響. 愛知農総試研報 26 : 163-167.
- Good, A. G. and S. T. Zaplachinski. 1994. The effect of drought stress on free amino acid accumulation and

protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiol. Plant.* 90: 9-14.

東尾久雄. 1996. 栽培条件と機能性成分. とくに $\beta$ -カロチンを中心に. 園芸学会平成8年度秋季大会シンポジウム講演要旨 : 159-168.

本多藤雄・安井秀夫. 1976. 野菜の品質向上に関する栄養生理学的研究. III 加工トマトの収量, 並びに品質に及ぼす品種, 収穫期, 土壤水分, 及びN肥料の影響. 野菜試報. C2号 : 15-31.

今田成雄・施山紀男・宍戸良洋・清水光男. 1987. 土壤水分がトマト果実の肥大, 糖, 有機酸に及ぼす影響. 園学要旨. 昭62秋 : 280-281.

伊藤祐朗・河合伸二. 1994. トマト及びミニトマトの土壤水分管理と果実品質. 愛知農総試研報. 26 : 191-199.

伊藤亮一. 1994. 水ストレスと作物の光合成・生長. 作物の生長に対する水ストレスの影響. p. 118-127. 石井龍一編. 植物生産生理学. 朝倉書店. 東京.

泉 秀実・伊東卓爾・吉田保治. 1990. 樹冠内・外層の着果位置別にみたウンシュウミカン果実の発育中における糖とアスコルビン酸含量について. 園学雑. 58 : 877-883.

Mitchell, J. P., C. Shennan and S. R. Grattan. 1991a. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. *Physiol. Plant.* 83: 177-185.

Mitchell, J. P., C. Shennan, S. R. Grattan and D. M. May. 1991b. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 215-221.

Moore, J. N., A. A. Kattan and J. W. Fleming. 1958. Effect of supplemental irrigation, spacing, and fertility on yield and quality of processing tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71: 356-368.

永田雅靖・山下市二. 1992. トマト果実に含まれるクロロフィルおよびカロテノイドの同時, 簡便定量法. 日食工誌. 39 : 925-928.

太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志・東村英幸. 1991. 水耕ミニトマトの果実品質および収量に及ぼす培養液濃度と塩類処理の影響. 園学雑. 60 : 89-95.

Rudich, J., D. Kalmar, C. Geizenberg and S. Harel. 1977. Low water tensions in defined growth stages of processing tomato plants and their effects on yield and quality. *J. Hort. Sci.* 52: 391-399.

崎山亮三. 1968. トマト果実の酸含量に及ぼす灌水・温度・遮光の影響. 園学雑. 37 : 67-72.

施山紀男・阿部 勇. 1977. 加工用トマトの果肉色及び色素含量に影響する環境要因の解析に関する研究. 野菜試報. B1号 : 29-99.

篠原 温・鈴木芳夫・渋谷政夫・山本宗輝・山崎肯哉. 1980. トマト・ピーマンにおける施肥条件とアスコルビン酸含量について. 園学雑. 49 : 85-92.

栃木博美・川里 宏. 1989. トマトの促成栽培における土壤水分が果実品質に及ぼす影響. 栃木農試研報. 36 : 15-24.

Vittum, M. T., W. B. Robinson and G. A. Marx. 1962. Raw-product quality of vine-ripened processing tomatoes as influenced by irrigation, fertility level and variety. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 80: 535-543.