

# 栽培環境がトマト葉中の化学成分 及び果実の食味成分に及ぼす影響

定政 哲雄\*

## Influence of Growing Environments on Chemical and Mineral Constituents of Tomato Leaves and Taste Constituents of Tomato Fruits.

Tetsuo SADAMASA\*

栽培環境が、トマト葉中の化学成分及び果実の食味成分に及ぼす影響を調査した。

- 1 葉や果実の K 含量と果実の糖及び酸度との間に正の相関関係が認められた。
- 2 節水や高 EC による水分ストレスを与えて栽培したトマトでは、ストレスの無いものに比べて、果実は Brix 値が高く、葉のグルタミン酸-ピルビン酸トランスアミナーゼ活性及びアミラーゼ活性は高い場合が多かった。
- 3 冬季のトマトは、夏季のトマトに比べ、果実の Brix 値が同程度でも酸度はやや高く、グルタミン酸の含有量は約 3 分の 1 と低かった。

Key Words : トマト, Brix, 酸度, カリウム

### ・ 緒言

近年の食に対する関心の高まりから、野菜の消費においては食味や機能が重視されるようになってきている。トマトでは、強度の節水や、養液の EC を高めるなどして作り出した高糖度トマトが流通するようになり、一般に栽培されたものよりも高単価で販売されている。

野菜生産における施肥や作物体中成分の研究は、収量に及ぼす影響を調べたものが多い。例えば葉中の硝酸イオン濃度の測定による栄養診断については、様々な野菜で研究され、栽培現場にも普及している。一方、作物体中の成分と果実食味との関係を研究した事例は少なく、施肥養分等が食味に及ぼす影響は明らかでない。また以前は、節水栽培等による食味向上の要因として、導管経由の果実への水分流入の減少量に比べ、篩管経由の同化産物の転流量はあまり減少しないことや、果実水分の茎葉への逆流による濃縮と考えられていた。しかし、単なる濃縮ではなく、代謝が変化している可能性も指摘されており<sup>2)</sup>、水分ストレスによる食味向上のメカニズムは十分には解明されていない。

近年、作物体中のデンプンを加水分解する酵素であるアミラーゼ (AMYL) や、グルタミン酸を形成させる酵素であるグルタミン酸-ピルビン酸トランスアミナーゼ

(GPT) 及びグルタミン酸-オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT)<sup>3)</sup> と、果実の食味成分との関係がメロン等で検討されている<sup>8)</sup>。

そこで、高食味果実生産に資するため、栽培環境の違いがトマト作物体中の代謝にかかわる化学成分や果実中の Brix、酸度、グルタミン酸等の食味成分に及ぼす影響を調査した。なお、本試験は文部科学省地域科学技術研究促進事業「トマトの作物体中成分と食味成分の関係」として 2003 年から 3 ヶ年で実施したものである。

### ・ 試験方法

#### 1. 土壌の化学性がトマト果実の食味成分に及ぼす影響

福井県内の中玉トマト 越のルビー 栽培圃場 10 地点 (若狭地区 1~6, 福井地区 1, 坂井地区 1~3) の土壌の化学性と、トマトの食味成分を分析した。土壌の化学性分析には、2003 年の抑制裁培終了直後に採取した 2mm および 0.5mm のふるいに通した風乾細土を供試した。pH, EC は風乾細土:蒸留水=1:5 で測定した。全炭素, 全窒素は CN コーダ (YANACO MT-700) で測定した。無機態窒素は塩化カリウムで抽出しオートアナライザー (プランルーベ AACS-) で測定した。可給態燐酸はトルオーグ法で測定した。CEC 及び交換性陽イオンは酢酸アンモニウムで振とう抽出し、オートアナライザーおよび原子吸

\* 福井県農業試験場 園芸バイオテク部 野菜研究グループ

分光光度計（島津製作所 AA-6700F）で測定した。果実の食味成分の分析には、上記の圃場で生産された抑制栽培の中玉トマト 越のルビー の第 4 果房または第 5 果房の完熟果を供試した。果実を切断し、速やかに不織布製お茶パックに入れてハンドジューサーで搾汁し、適宜希釈したものを供試液とした。酸度、ブドウ糖、果糖はセンサーカード式酸糖度分析計（テクノメディカ SA-300）で測定した。Brix（糖度）はデジタル糖度計（ATAGO PR101）で測定した。グルタミン酸は小型反射式光度計（メルク RQflex プラス）で測定した。

### 2. 養液濃度の違いが葉中の化学成分に及ぼす影響

2004 年の半促成栽培期に 越のルビー をロックウール養液栽培した。培養液は大塚ハウス肥料 A 処方の EC = 2.4 及び 4.0dS/m の 2 水準とした。株間 20cm で定植し、第 1 花房上に 2 葉を残して摘心した。葉中の化学成分は、8 月 5 日（開花時）と 8 月 16 日に第 1 果房直上の小葉を採取後秤量し、葉身部をコルクボーラーで円形に打ち抜いた一定量の葉片（8mm×6 枚）を、破碎抽出濾過器（千穂田精衛）にて搾汁し、適宜蒸留水で希釈後、生化学分析計（富士ドライケム）で測定した。果実の Brix 及び酸度の分析は試験 1 と同様に分析した。

### 3. 灌水法の違いが葉中の化学成分に及ぼす影響

2004 年の抑制栽培期に 越のルビー を栽培し、供試材料とした。田土を充填した隔離ベッドに、株間 20cm で定植し、第 6 花房上に 2 葉を残して摘心した。施肥は被覆肥料による全量基肥施用で、窒素成分で 5.5g/株とした。灌水は、pF 値が 1.8 及び 2.5 に達した時点で、pF1.5 になる量を自動灌水した。

葉中の化学成分は、9:30、14:00、16:10 に第 4 果房直下の小葉からサンプリングし、試験 2 と同様に分析した。果実の Brix は、第 4 果房の完熟果を用い、試験 1 と同様に分析した。

### 4. 果実の成熟に伴う葉中化学成分と果汁中食味成分の変化

2005 年の半促成栽培期に田土を充填した隔離ベッドで 華小町 を栽培し、供試材料とした。株間 20cm で定植し、第 6 花房上に 2 葉を残して摘心した。施肥はエコロン 424 の 140 日タイプによる全量基肥施用で、窒素成分で 5.5g/株とした。灌水は、第 4 花房開花までは pF1.8、以降は pF2.3 に達した時点で、pF1.5 になる量を自動灌水した。

果実分析は、同日に開花した第 2 花房の第 2 果を、開花 15 日後からほぼ 7 日毎に幼果を 5 果ずつ採取し、搾汁したものを供試液とし、試験 1 と同様に測定した。また、開花 46 日後までは、果実採取時に、各第 2 果房直下葉の搾汁液中の化学成分を、試験 2 と同様に分析した。

### 5. トマトの果実中成分と葉中成分の関係

食味の異なる試料を得るため、2005 年の半促成栽培期に 越のルビー（中玉トマト）、レッドマンマ（中玉

トマト）、千果（ミニトマト）、ペペ（ミニトマト）の 4 品種をロックウール養液栽培し供試材料とした。培養液は大塚ハウス肥料 A 処方の EC = 2.4dS/m とした。1 品種 12 株を株間 35cm で定植し、第 2 花房上 2 葉を残して摘心した。

果実分析は完熟果を試験 1 と同様に、第 2 果房の基部、中間、末部の果実の平均値を、その株の分析値とした。葉中の化学成分は、収穫の 18 日前に第 2 果房直下の小葉を採取し、試験 2 と同様に分析した。

### 6. 果汁中の食味成分と無機成分の関係

2005 年の半促成栽培期に 越のルビー（中玉トマト）、レッドマンマ（中玉トマト）、千果（ミニトマト）、ペペ（ミニトマト）の 4 品種をロックウール養液栽培し供試材料とした。

果実の食味成分は試験 1 と同様に分析した。無機成分は、供試液を限外濾過（分画分子量 10,000）し、イオンクロマトグラフィー（ダイオネクス ICS2000）で測定した。

### 7. 収穫期の違いによる食味成分の違い

中玉トマトの 越のルビー と レッドマンマ を、2005 年の 4 月及び 9 月にロックウールに定植し、供試材料とした。食味の異なる果実を生産するため、培養液を大塚ハウス肥料 A 処方で EC = 1.8、2.4、4.0dS/m の 3 水準を設けて栽培した。

果実分析には、6～8 月及び 1～2 月に収穫した完熟果のうち、Brix が 6～10%のものを使用した。果実の Brix、酸度及びグルタミン酸濃度は、試験 1 と同様に分析した。

## ・ 試験結果

### 1. 土壌の化学性がトマト果実の食味成分に及ぼす影響

土壌の化学性は圃場により大きく違いがあった（第 1、2、3 表）。無機態窒素、可給態燐酸、交換性陽イオンは、福井県の基準値<sup>2)</sup>を大きく超えている圃場がほとんどであった。特に塩基飽和度は、すべての圃場で 100%を超えており、塩類集積が進んでいる傾向であった。

食味成分は、圃場により大きく違いがあった（第 4 表）。Brix の比較的高い果実は、他の食味成分も高い傾向であった。

果汁中の食味成分と土壌の化学性では、燐酸吸収係数とブドウ糖の間には高い負の相関がある事がわかる（第

第 1 表 越のルビー 栽培後の土壌化学性-1

|      | EC<br>(ds/m) | pH  | 全炭素<br>(%) | 全窒素<br>(%) | C/N  | NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/乾土100g) | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/乾土100g) |
|------|--------------|-----|------------|------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 若狭-1 | 2.0          | 6.4 | 2.84       | 0.35       | 8.2  | 66.6                              | 0.9                               |
| 若狭-2 | 0.9          | 6.4 | 2.42       | 0.26       | 9.3  | 16.4                              | 0.6                               |
| 若狭-3 | 1.5          | 6.4 | 5.49       | 0.42       | 13.2 | 18.6                              | 1.8                               |
| 若狭-4 | 0.8          | 5.9 | 4.57       | 0.36       | 12.9 | 31.9                              | 2.4                               |
| 若狭-5 | 0.6          | 6.1 | 2.69       | 0.28       | 9.6  | 23.9                              | 1.2                               |
| 若狭-6 | 0.4          | 6.6 | 2.29       | 0.24       | 9.5  | 16.4                              | 5.3                               |
| 福井-1 | 0.1          | 6.9 | 0.33       | 0.04       | 8.3  | 1.6                               | 0.4                               |
| 坂井-1 | 0.5          | 5.7 | 1.62       | 0.17       | 9.8  | 14.3                              | 1.1                               |
| 坂井-2 | 0.6          | 6.3 | 1.49       | 0.15       | 9.9  | 21.5                              | 0.7                               |
| 坂井-3 | 0.2          | 6.3 | 1.32       | 0.14       | 9.7  | 2.5                               | 1.1                               |

第2表 越のルビー 栽培後の土壌化学性-2

|      | 可給態燐酸<br>(mg/乾土100g) | 燐酸吸収<br>係数 | K <sub>2</sub> O<br>(mg/乾土100g) | CaO<br>(mg/乾土100g) | MgO<br>(mg/乾土100g) | Na <sub>2</sub> O<br>(mg/乾土100g) | CEC<br>(me/乾土100g) |
|------|----------------------|------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| 若狭-1 | 121.5                | 1.116      | 85.4                            | 688.9              | 158.7              | 33.8                             | 14.4               |
| 若狭-2 | 52.1                 | 747        | 69.7                            | 366.3              | 117.1              | 35.5                             | 13.0               |
| 若狭-3 | 226.0                | 1.133      | 17.9                            | 1006.6             | 123.7              | 11.1                             | 14.7               |
| 若狭-4 | 64.9                 | 705        | 162.4                           | 319.2              | 97.7               | 15.5                             | 16.4               |
| 若狭-5 | 98.5                 | 527        | 85.0                            | 309.4              | 61.2               | 6.6                              | 12.5               |
| 若狭-6 | 64.3                 | 1,070      | 58.4                            | 490.3              | 98.4               | 6.0                              | 19.0               |
| 福井-1 | 71.7                 | 277        | 13.4                            | 162.5              | 15.9               | 3.3                              | 4.2                |
| 坂井-1 | 40.6                 | 663        | 16.9                            | 356.2              | 35.6               | 6.2                              | 13.0               |
| 坂井-2 | 28.1                 | 879        | 41.3                            | 405.5              | 87.8               | 18.4                             | 14.0               |
| 坂井-3 | 14.3                 | 936        | 21.9                            | 295.8              | 54.7               | 11.7                             | 13.7               |

第3表 越のルビー 栽培後の土壌化学性-3

|      | 塩基飽和度<br>(%) | K飽和度<br>(%) | Ca飽和度<br>(%) | Mg飽和度<br>(%) | Na飽和度<br>(%) | Ca/Mg | Mg/K |
|------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------|------|
| 若狭-1 | 245.8        | 12.6        | 170.8        | 54.8         | 7.6          | 3.1   | 4.3  |
| 若狭-2 | 165.7        | 11.4        | 100.7        | 44.8         | 8.8          | 2.2   | 3.9  |
| 若狭-3 | 291.0        | 2.6         | 244.2        | 41.8         | 2.4          | 5.8   | 16.2 |
| 若狭-4 | 122.8        | 21.0        | 69.3         | 29.5         | 3.1          | 2.3   | 1.4  |
| 若狭-5 | 129.0        | 14.5        | 88.5         | 24.3         | 1.7          | 3.6   | 1.7  |
| 若狭-6 | 125.4        | 6.5         | 92.1         | 25.7         | 1.0          | 3.6   | 3.9  |
| 福井-1 | 164.3        | 6.7         | 136.6        | 18.6         | 2.5          | 7.3   | 2.8  |
| 坂井-1 | 116.0        | 2.8         | 98.1         | 13.7         | 1.5          | 7.2   | 4.9  |
| 坂井-2 | 144.8        | 6.3         | 103.2        | 31.1         | 4.2          | 3.3   | 5.0  |
| 坂井-3 | 102.7        | 3.4         | 76.8         | 19.7         | 2.7          | 3.9   | 5.8  |

第4表 県内10圃場の越のルビーの果汁中食味成分

|      | 果重<br>(g)   | 水分<br>(%)  | Brix<br>(%) | 酸度<br>(%) | ブドウ糖<br>(%) | 果糖<br>(%) | グルタミン酸<br>(ppm) |
|------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------------|
| 若狭-1 | 44.7 ± 7.1  | 94.9 ± 0.7 | 6.5 ± 0.4   | 0.6 ± 0.2 | 2.1 ± 0.1   | 2.5 ± 0.2 | 1,598 ± 324     |
| 若狭-2 | 31.9 ± 3.9  | 94.3 ± 1.4 | 8.4 ± 0.4   | 0.7 ± 0.2 | 2.7 ± 0.5   | 2.5 ± 0.6 | 2,312 ± 709     |
| 若狭-3 | 41.2 ± 6.7  | 93.6 ± 2.1 | 6.3 ± 0.2   | 0.4 ± 0.2 | 2.1 ± 0.6   | 2.0 ± 0.6 | 822 ± 447       |
| 若狭-4 | 42.3 ± 6.8  | 94.0 ± 1.5 | 7.7 ± 0.7   | 0.6 ± 0.1 | 2.8 ± 0.4   | 2.8 ± 0.7 | 2,376 ± 455     |
| 若狭-5 | 29.4 ± 3.2  | 89.9 ± 3.3 | 9.0 ± 0.8   | 0.6 ± 0.1 | 3.0 ± 0.6   | 2.7 ± 0.2 | 1,972 ± 316     |
| 若狭-6 | 50.8 ± 9.8  | 95.3 ± 0.2 | 5.8 ± 0.3   | 0.6 ± 0.1 | 2.0 ± 0.2   | 2.2 ± 0.4 | 1,062 ± 269     |
| 福井-1 | 39.2 ± 2.8  | 93.1 ± 2.2 | 7.4 ± 0.5   | 0.6 ± 0.2 | 2.7 ± 0.4   | 2.3 ± 0.7 | 1,801 ± 613     |
| 坂井-1 | 40.0 ± 5.6  | 92.9 ± 0.5 | 6.4 ± 0.4   | 0.4 ± 0.1 | 2.3 ± 0.1   | 2.6 ± 0.2 | 1,276 ± 643     |
| 坂井-2 | 39.2 ± 11.7 | 91.7 ± 1.0 | 7.6 ± 1.1   | 0.7 ± 0.1 | 2.4 ± 0.4   | 2.4 ± 0.3 | 2,028 ± 857     |
| 坂井-3 | 51.3 ± 6.1  | 95.5 ± 0.3 | 6.5 ± 0.3   | 0.6 ± 0.1 | 2.1 ± 0.5   | 2.4 ± 0.3 | 693 ± 125       |

注) 値は平均値 ± 標準偏差

第5表 果汁中食味成分と土壌の化学性の相関行列

|        | EC     | pH     | 全炭素    | 全窒素    | C/N    | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | 可給態P   | 燐吸     | K <sub>2</sub> O | CaO    | MgO    | Na <sub>2</sub> O | CEC    | K飽和    | Ca飽和   | Mg飽和   | Na飽和   | 塩基飽和   |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 果重     | -0.038 | 0.167  | -0.045 | -0.075 | 0.051  | -0.003             | 0.514              | -0.125 | 0.561  | -0.138           | 0.178  | 0.099  | -0.164            | 0.406  | -0.329 | -0.002 | -0.107 | -0.262 | -0.068 |
| 水分     | 0.185  | 0.269  | 0.068  | 0.099  | -0.008 | 0.073              | 0.353              | -0.059 | 0.536  | -0.003           | 0.217  | 0.364  | 0.305             | 0.336  | -0.148 | 0.077  | 0.265  | 0.257  | 0.121  |
| Brix   | -0.144 | -0.140 | -0.035 | -0.008 | -0.061 | -0.020             | -0.459             | -0.162 | -0.600 | 0.410            | -0.457 | -0.130 | 0.199             | -0.320 | 0.592  | -0.348 | 0.034  | 0.275  | -0.226 |
| 酸度     | -0.092 | 0.221  | -0.145 | -0.066 | -0.200 | 0.115              | -0.154             | -0.367 | -0.173 | 0.483            | -0.387 | 0.204  | 0.468             | -0.007 | 0.567  | -0.421 | 0.282  | 0.497  | -0.230 |
| ブドウ糖   | -0.310 | -0.169 | -0.099 | -0.129 | -0.044 | -0.124             | -0.365             | -0.221 | -0.820 | 0.438            | -0.624 | -0.361 | -0.039            | -0.445 | 0.632  | -0.432 | -0.208 | 0.060  | -0.357 |
| 果糖     | -0.073 | -0.605 | -0.083 | -0.001 | -0.109 | 0.292              | -0.292             | -0.473 | -0.466 | 0.677            | -0.600 | -0.140 | 0.215             | -0.048 | 0.742  | -0.655 | -0.124 | 0.196  | -0.517 |
| グルタミン酸 | 0.023  | -0.142 | -0.012 | 0.036  | -0.082 | 0.259              | -0.309             | -0.247 | -0.511 | 0.634            | -0.436 | 0.073  | 0.396             | -0.197 | 0.762  | -0.359 | 0.197  | 0.447  | -0.178 |

注) \*\*=1%, \*=5%水準で有意 (n=10)

5表). また, 交換性Kは果糖及びグルタミン酸とやや高酸とやや高い正の相関を示し, K飽和度はブドウ糖, 果糖及びグルタミン酸とやや高い正の相関を示した. Ca飽和度は果糖とやや高い負の相関を示した.

2. 養液濃度の違いが葉中の化学成分に及ぼす影響

9月中旬に収穫した果実のBrixは, EC=4.0ds/mの方が2.4ds/mより2%高かった(第8表). また, EC=4.0ds/mの酸度は, 2.4ds/mの約2倍と高かった.

8月5日測定では, GPT, GOT, AMYLの各酵素活性は, いずれもEC=4.0ds/mの方が2.4ds/mより高かった(第6表). ブドウ糖濃度(GLU)とCa濃度は, EC=2.4ds/mの方が高かった. K濃度は, ほぼ同じ値であった.

8月16日測定では, GPT, GOT, AMYLの各酵素活性は, いずれもEC=4.0ds/mの方が2.4ds/mより高かった(第7表). GLU濃度は, EC=2.4ds/mの方が高かった. K濃度とCa濃度は, EC=4.0ds/mの方が高く8月5日と異なった. また, 8月5日と比較してEC=4.0ds/mのブドウ糖濃度以外はすべて値が上昇した. 特にEC=4.0ds/mのGPT活性, AMYL活性, K濃度, Ca濃度は上昇幅が大きかった.

3. 灌水法の違いが葉中の化学成分に及ぼす影響

1果重はpF1.8がpF2.5より大きくなったが, BrixはpF2.5の方が高くなった(第9表).

GPT活性は, pF2.5がpF1.8より高く推移した(第1図).

第6表 養液濃度が果汁中Brixと酸度に及ぼす影響

|            | Brix<br>(%) | 酸度<br>(%)   |
|------------|-------------|-------------|
| EC=2.4ds/m | 7.5 ± 1.1   | 0.68 ± 0.14 |
| EC=4.0ds/m | 9.5 ± 0.8   | 1.15 ± 0.02 |

注) 値は平均値 ± 標準偏差

第7表 養液濃度が葉中化学成分に及ぼす影響(8/5)

|            | GPT<br>(U/L) | GOT<br>(U/L) | AMYL<br>(U/L) | GLU<br>(mg/dl) | K<br>(mEq/l) | Ca<br>(mg/dl) |
|------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| EC=2.4ds/m | 390          | 5630         | 89            | 570            | 104          | 430           |
| EC=4.0ds/m | 1050         | 7550         | 102           | 320            | 110          | 270           |

注) U/L: 酵素の活性値

第8表 養液濃度が葉中化学成分に及ぼす影響(8/16)

|            | GPT<br>(U/L) | GOT<br>(U/L) | AMYL<br>(U/L) | GLU<br>(mg/dl) | K<br>(mEq/l) | Ca<br>(mg/dl) |
|------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| EC=2.4ds/m | 484          | 6788         | 193           | 642            | 149          | 492           |
| EC=4.0ds/m | 3212         | 8596         | 2426          | 196            | 334          | 678           |

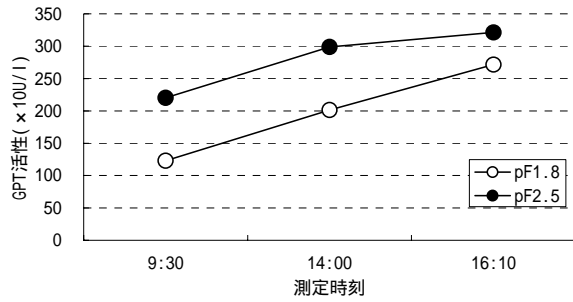
注) U/L: 酵素の活性値

第9表 灌水法の違いが果重, Brix, 酸度に及ぼす影響

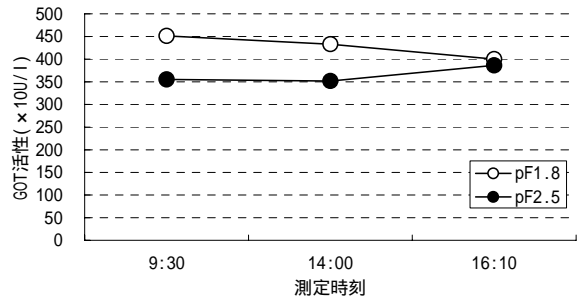
|        | 1果重<br>(%)  | Brix<br>(%) | 酸度 <sup>1)</sup><br>(%) |
|--------|-------------|-------------|-------------------------|
| pF1.8区 | 40.4 ± 13.4 | 6.7 ± 0.5   | 0.56                    |
| pF2.5区 | 23.7 ± 8.8  | 8.2 ± 1.3   | 0.82                    |

注) 値は平均値 ± 標準偏差

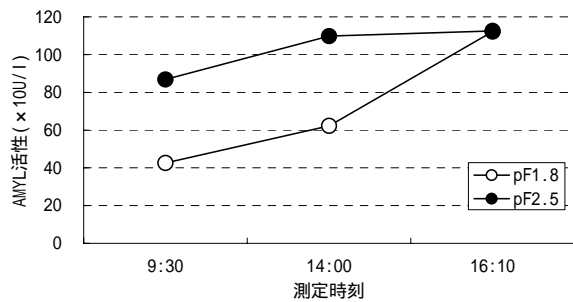
<sup>1)</sup> 抽出測定のため参考値



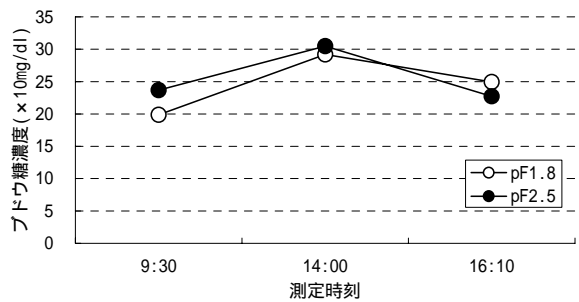
第 1 図 灌水法の違いが葉の GPT 活性に及ぼす影響



第 2 図 灌水法の違いが葉の GOT 活性に及ぼす影響



第 3 図 灌水法の違いが葉の AMYL 活性に及ぼす影響



第 4 図 灌水法の違いが葉のブドウ糖濃度に及ぼす影響

第 10 表 開花後の葉中化学成分の変化

| 開花後日数<br>(日) | AMYL活性<br>(U/L) | GPT活性<br>(U/L) | GOT活性<br>(U/L) | ブドウ糖<br>(ppm) | 無機リン<br>(ppm) | マグネシウム<br>(ppm) | カリウム<br>(ppm) |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| 15           | 519 ± 172       | 1669 ± 595     | 4846 ± 706     | 2471 ± 752    | 348 ± 49      | 468 ± 69        | 5223 ± 527    |
| 24           | 440 ± 101       | 1603 ± 305     | 4304 ± 354     | 1491 ± 272    | 324 ± 48      | 492 ± 76        | 5018 ± 603    |
| 32           | 479 ± 219       | 1664 ± 846     | 4108 ± 874     | 2428 ± 1435   | 272 ± 27      | 452 ± 72        | 4891 ± 286    |
| 39           | 550 ± 200       | 1220 ± 344     | 4106 ± 474     | 1567 ± 1140   | 264 ± 17      | 468 ± 53        | 5748 ± 1399   |
| 46           | 475 ± 134       | 1181 ± 319     | 3037 ± 695     | 920 ± 607     | 222 ± 116     | 519 ± 84        | 4216 ± 650    |

注) 値は平均値 ± 標準偏差

第 11 表 開花後の果実の各成分の変化

| 開花後日数<br>(日) | 生果重<br>(g)  | 乾物率<br>(%) | Brix<br>(%) | 酸度<br>(%)  | ブドウ糖<br>(%) | 果糖<br>(%) | グルタミン酸<br>(ppm) |
|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|-----------------|
| 15           | 4.6 ± 3.0   | 9.8 ± 0.6  | 4.9 ± 0.8   | 1.0 ± 0.24 | -           | -         | 67 ± 60         |
| 24           | 17.0 ± 5.5  | 9.5 ± 0.9  | 4.8 ± 0.3   | 0.7 ± 0.09 | 1.6 ± 0.1   | 1.5 ± 0.1 | 66 ± 59         |
| 32           | 24.6 ± 6.1  | 9.4 ± 1.6  | 5.2 ± 0.5   | 0.8 ± 0.10 | 1.7 ± 0.2   | 1.6 ± 0.2 | 45 ± 31         |
| 39           | 33.9 ± 11.3 | 8.4 ± 1.0  | 5.1 ± 0.3   | 0.8 ± 0.11 | 1.9 ± 0.1   | 1.6 ± 0.2 | 57 ± 21         |
| 46           | 36.8 ± 11.5 | 8.9 ± 0.4  | 7.0 ± 0.9   | 0.8 ± 0.05 | 2.6 ± 0.5   | 2.4 ± 0.7 | 308 ± 219       |
| 53           | 47.7 ± 9.6  | 9.7 ± 0.6  | 7.8 ± 0.6   | 0.7 ± 0.08 | 3.1 ± 0.3   | 2.9 ± 0.3 | 1022 ± 441      |

注) 値は平均値 ± 標準偏差

また、9時、14時、16時の測定ではいずれも夕刻に高くなった。GOT 活性は、pF1.8 が pF2.5 より高く推移したが、16:10 にはほぼ同じ値となった(第 2 図)。AMYL 活性は、pF2.5 が pF1.8 より高く推移したが、16:10 にはほぼ同じ値となった(第 3 図)。また、いずれの区も時間の経過とともに高くなったが、14:00 から 16:10 の上昇幅は、pF2.5 は少なく、pF1.8 は大きかった。ブドウ糖濃度は、pF2.5 と pF1.8 でほぼ同じ値であり、14:00 が最も高くなった(第 4 図)。

#### 4. 果実成熟に伴う葉中化学成分と果汁中食味成分の変化

葉の AMYL 活性、GPT 活性及びブドウ糖濃度は、開花後 46 日間は一定の傾向を示さず、測定の都度変動した(第 10 表)。葉の GOT 活性、無機リン及び K 含量は、開花後日数が進むに従い、減少傾向を示した。

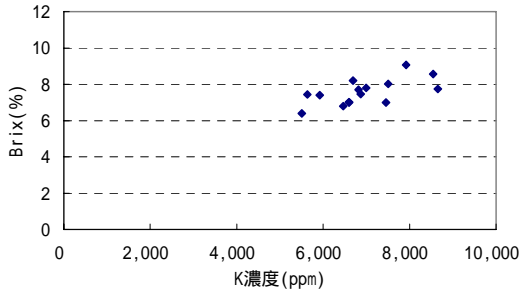
果汁中の Brix 及びブドウ糖、果糖含量は、開花後日数が進むに従い増加傾向を示した(第 11 表)。増加率(今回の測定値/前回の測定値)は開花 39 日後～46 日後がもっとも大きかった。

果汁中の酸度は開花 15 日後で最も高く、24 日後には

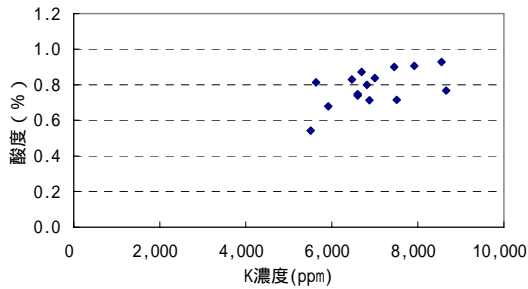
第 12 表 葉中化学成分と果汁中食味成分の相関

|           | 果汁中食味成分 |         |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           | Brix    | 酸度      | ブドウ糖    | 果糖      | グルタミン酸  |
| 葉中 AMYL活性 | 0.0309  | -0.2602 | 0.0949  | -0.0797 | 0.0788  |
| GPT活性     | -0.2212 | -0.4494 | -0.1267 | -0.0890 | -0.0196 |
| GOT活性     | 0.3323  | -0.0217 | 0.3469  | 0.2271  | 0.3524  |
| 化学 ブドウ糖   | 0.2718  | 0.3694  | 0.1987  | 0.0708  | 0.2241  |
| 無機リン      | -0.3065 | 0.1277  | -0.4143 | -0.4818 | -0.4637 |
| 成分 マグネシウム | -0.1191 | -0.0710 | -0.1017 | -0.1414 | -0.2250 |
| カリウム      | 0.6411  | 0.5552  | 0.5650  | 0.2209  | 0.3343  |

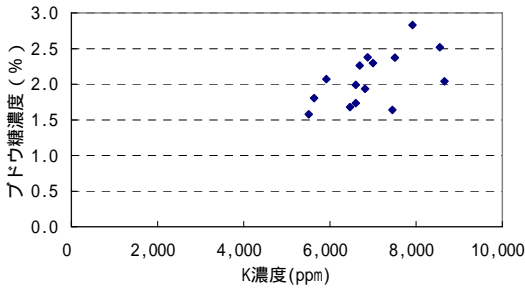
注) \* =5%水準で有意 (n=15)



第 5 図 葉中のカリウム濃度と果汁中の Brix の関係



第 6 図 葉中のカリウム濃度と果汁中の酸度の関係



第 7 図 葉中のカリウム濃度と果汁中のブドウ糖濃度の関係

減少し、その後はほぼ一定であった。

果汁中のグルタミン酸含量は、開花 32 日後までは減少傾向を示し、その後増加に転じ 46 日後以降大きく増加した(第 2 表)。増加率は開花 39 日後～46 日後が最も大きかった。

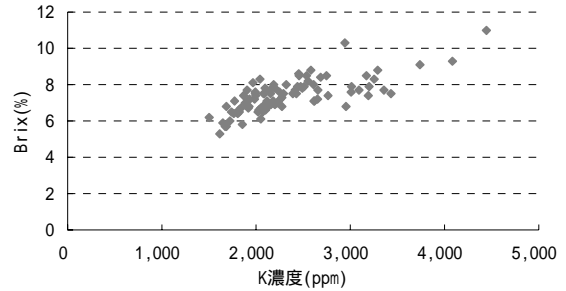
5. トマトの果実中成分と葉中化学成分との関係

果汁の Brix と葉の K 濃度との間には正の相関が認めら

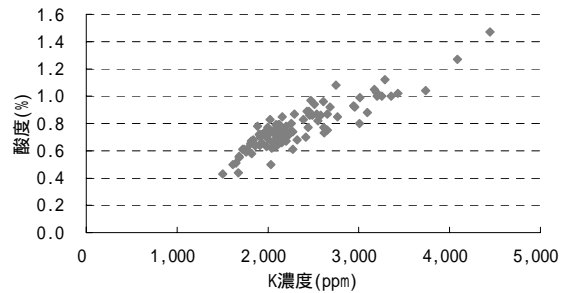
第 13 表 果汁中食味成分と無機成分の相関

|                                 | 果汁中食味成分 |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                 | Brix    | 酸度      | ブドウ糖    | 果糖      | グルタミン酸  |
| 果 Na <sup>+</sup>               | 0.1102  | 0.0813  | 0.1060  | 0.0455  | 0.0991  |
| 汁 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0.2166  | 0.3122  | -0.0175 | -0.0004 | 0.1017  |
| 中 K <sup>+</sup>                | 0.7400  | 0.9003  | 0.4915  | 0.2317  | 0.2900  |
| イ Mg <sup>2+</sup>              | 0.5816  | 0.7826  | 0.3685  | 0.1359  | 0.2241  |
| 才 Ca <sup>2+</sup>              | -0.1173 | -0.1709 | -0.0285 | 0.0225  | -0.1153 |
| ン PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup> | 0.5595  | 0.5739  | 0.5337  | 0.2849  | 0.2413  |

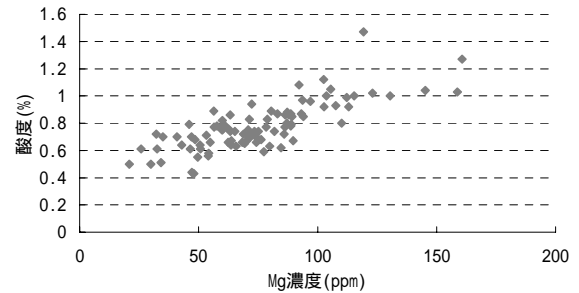
注) \*\* =1% , \* =5%水準で有意 (n=76)



第 8 図 果汁中のカリウム濃度と Brix の関係



第 9 図 果汁中のカリウム濃度と酸度の関係

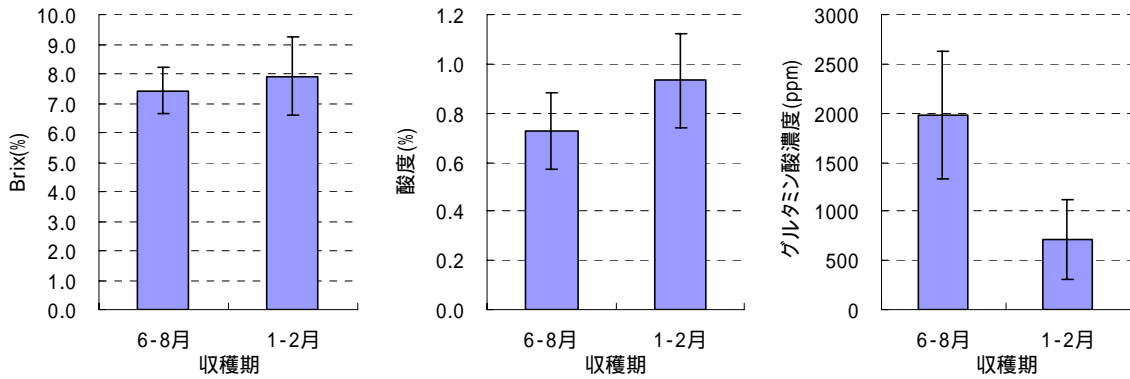


第 10 図 果汁中のマグネシウム濃度と酸度の関係

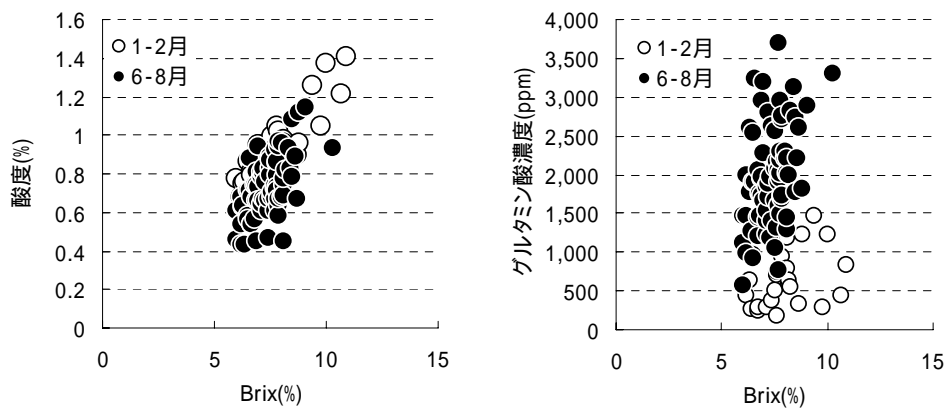
れた(第 12 表)。Brix 7.5 以上の果実は、葉中のカリウム濃度が 7,000ppm 以上であった(第 5 図)。

果汁の酸度と葉中の K 濃度との間には正の相関が認められた。酸度 0.8%以上の果実は、おおむね葉の K 濃度が 7,000ppm 以上であった(第 6 図)。

果汁のブドウ糖濃度と葉中の K 濃度には正の相関が認められた。ブドウ糖濃度が 2%以上の果実は、葉の K 濃度



第 11 図 収穫期が果汁中の食味成分に及ぼす影響（誤差線は標準偏差）



第 12 図 果汁中の Brix と酸度及びグルタミン酸濃度の関係

が 7,000ppm 以上であった(第 7 図)。果汁中の果糖及びグルタミン酸濃度と相関の強い葉中の生化学成分は無かった。

#### 6. 果汁の食味成分と無機成分の関係

Brix と  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$  との間には正の相関関係が認められた(第 13 表)。特に  $K^+$  とは  $r=0.7400^{**}$  とやや強い関係があり,  $K^+$  濃度が 1,500~4,500ppm では, ほぼ直線的な関係を示した(第 8 図)。

酸度と  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$  との間には正の相関関係が認められた。特に  $K^+$  とは  $r=0.9003^{**}$  と強い相関関係があり,  $K^+$  濃度が 1,500~4,500ppm では, ほぼ直線的な関係を示した(第 9 図)。また,  $Mg^{2+}$  とは  $r=0.7826^{**}$  とやや強い関係があり,  $Mg^{2+}$  濃度が 20~150ppm の間は, ほぼ直線的な関係を示した(第 10 図)。

ブドウ糖と  $K^+$  や  $PO_4^{3-}$  との間には正の相関関係が認められた。

果汁に関しては、果糖あるいはグルタミン酸と相関のある無機成分は認められなかった。また,  $Na^{2+}$ ,  $NH_4^+$  及び  $Ca^{2+}$  と相関のある食味成分は認められなかった。

#### 7. 収穫期の違いによる食味成分の違い

Brix は, 6~10 度のもを選んだことにより, 収穫期

の違いによる有意な差はなかった(第 11 図)。

Brix が同程度でも, 酸度は 6-8 月収穫の果実に比べ, 1-2 月収穫の果実が有意に高くなった。また, Brix と酸度との関係は, 6-8 月収穫の果実では  $r=0.5802$  であったのに対し, 1-2 月収穫の果実では  $r=0.8380$  と高くなった(第 12 図)。

Brix が同程度でも, グルタミン酸濃度は 6-8 月収穫の果実に比べ, 1-2 月収穫の果実は約 3 分の 1 と低くなった。

## 考察

試験 5 の結果から, 葉中の K と果実の Brix, 酸度及びブドウ糖との間に正の相関関係が認められ, 試験 6 の結果からは, 果汁中の K と Brix, K と酸度, K とブドウ糖, Mg と Brix, Mg と酸度, Mg とブドウ糖, リン酸と Brix, リン酸と酸度, リン酸とブドウ糖との間に正の相関関係が認められた。また, 試験 1 の結果から土壌中の K と果汁中の果糖, ブドウ糖, 及びグルタミン酸との関係が認められ, 調査点数が 10 点のため有意ではないものの, 土

壤中のKと果汁中のBrix及び酸度とも正の相関が認められた。したがって、Kは、トマト果実の主に糖と酸を構成する成分が増加するように影響を及ぼしていると考えられた。特に果汁中のKと酸度の相関係数は0.9003<sup>8)</sup>と非常に高く、崎山<sup>6)</sup>の報告と同様であった。作物体内でのカリウムの機能は十分には解明されていないが、物質代謝が正常に行われるよう細胞質のpHや浸透圧の調節に作用していると考えられている<sup>9)</sup>。Kは、植物の蒸散や細胞肥大、光合成、タンパク質合成、転流促進に重要な役割を果たしており<sup>10)</sup>、これらにより糖や酸が上昇したと推察された。また、果実酸度の上昇は、カチオンであるKの果実中集積に伴い、イオンバランスをとるために、アニオンである有機酸が蓄積するためとも考えられている<sup>5)</sup>。

中川ら<sup>4)</sup>は、トマト栽培における葉柄中Kの好適濃度範囲を4000ppm以上としている。試験5では、Brix7.5%以上(福井県産中玉トマトの秀品基準)を得るためには、葉中のK濃度が7000ppm以上必要であったが、試験4ではおおむねその値より低くなっている。また、酸度についても0.8%以上の値は、筆者が以前行った試験(平成17年度園芸学会北陸支部大会で発表)と異なる。したがって、Brixや酸度は、温度など他の環境要因の影響を大きく受ける<sup>7)</sup>と考えられ、食味に対する葉中K濃度の基準値の設定は困難と判断した。

第5表よりCaが食味に負の影響をする可能性が考えられる。これは植物体の吸収においてCaがKと拮抗的に働くことが要因と考えられた。

ロックウール養液栽培では、培養液濃度の高い方が葉中の各酵素活性は高く、隔離ベッドを用いた土耕栽培では、灌水開始のpF値を高くした方が、GPT及びAMYLの酵素活性は高くなった。この原因として、養液濃度が高まることによって施用養分量が多くなり酵素量が増えた、根圏の養液濃度の上昇や節水による吸水阻害により、作物体内の含水量が少なくなり体内成分が濃縮され相対的に酵素量が高まった、酵素量は変化しないが活性が高まった等が考えられる。しかし、試験2でブドウ糖や、カルシウムの濃度は必ずしも高くはなかったこと、また試験3では、灌水開始点を高くしてもブドウ糖濃度はあまり変わらなかったことから、単に吸水阻害による濃縮で酵素量が多くなったとは考えにくい。むしろ、作物がストレスを受けるとGPT、AMYLの酵素活性が高まるのではないかと推察された。したがって、試験4で、GPT及びAMYL活性が一定の傾向を示さず、測定の都度上下したのは、これらが短期的なストレスの影響で変化したのではないかと思われた。これら酵素活性の測定により、作物のストレス度合いの診断等に活用できる可能性があると考えられ、今後の研究が待たれる。

試験7で、夏季の果実に比べ冬季の果実は、Brixが同程度でも酸度はやや高くなり、グルタミン酸濃度が半分

以下しかないことが明らかになった。一般的に「トマトは旬である夏が美味しい」といわれるのは、冬季の果実の酸度上昇とグルタミン酸の低下が要因のひとつであろうと考えられた。

## 謝辞

本研究の実施に当たってご助言いただいた大阪府立大学大学院教授池田英男博士に、深く感謝の意を表する。また、園芸試験場野菜花き研究グループ員及び農業試験場野菜研究グループ員に深く感謝する。

## 引用文献

- 1) 福井県 (2005). 施肥の手引き. p.162-163
- 2) 東尾久雄 (1992). 食塩添加による野菜の品質向上. 農業技術体系 土壌施肥編 2 作物栄養 :72の13の20-72の14
- 3) 井上圭三・鈴木紘一・豊島聡・星元紀・大島泰郎・脊山洋右・畠中寛・渡辺公鋼・今堀和友・山川民夫 (1998). 生化学辞典第3版. 東京化学同人
- 4) 中川勝也・森俊人・桐村義孝・澤正樹・藤井浩 (1984). 園芸作物の品質評価要因に関する研究 第2報 ハウストマトにおける肥培管理効果と食味評価法の開発. 兵庫農セ研報 32:1-6
- 5) 中野明正 (1998). 野菜の品質と養水分管理. 研究ジャーナル 21(7):17-22
- 6) 崎山亮三 (1966). 培養液中のカリウムおよびカルシウム濃度がトマトの果実内酸含量におよぼす影響. 園学雑誌 35:260-268
- 7) 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. 園学雑誌 37:67-72
- 8) 静岡県農業試験場 (2003). フィールドアナライザーを用いた圃場でのリアルタイム栄養診断による野菜の環境保全型栽培技術の開発. 先端技術等地域実用化研究促進事業農林水産新技術実用化型研究成果報告
- 9) 高橋英一 (1987). 生理作用からみた元素の性格. 農業技術体系 土壌施肥編 2 作物栄養 :45-48
- 10) 山本友英 (1987). カリウムの吸収と生理作用. 農業技術体系 土壌施肥編 2 作物栄養 :85-90

# Influence of Growing Environments on Chemical and Mineral Constituents of Tomato Leaves and Taste Constituents of Tomato Fruits.

Tetsuo SADAMASA

## Summary

Influence of growing environments on chemical and mineral constituents of tomato leaves and taste constituents of tomato fruits were studied. The results are as follows;

1. Positive correlations were admitted between the content of potassium and the brix or the acidity of tomato fruits.
2. The GPT and the AMYL activity in leaves of tomato that produced fruits of the high sugar degree by the stress caused by water saving and high EC , were relatively high.
3. Even if brix of fruits was the same, about the acid degree was a little high and the glutamic acid was a half in the tomato harvested in winter compared with the one harvested in summer.